BS – ritgerð Desember 2022

Endalok eða endurnýjun Bæjarstaðarskógar?

Björg Sigurjónsdóttir

Landbúnaðarháskóli Íslands
Agricultural University of Iceland

Endalok eða endurnýjun Bæjarstaðarskógar?

Björg Sigurjónsdóttir

10 eininga lokaverkefni sem hluti af

Bachelor of Science-prófi í Skógfræði

Leiðbeinendur: Bjarni Diðrik Sigurðsson, Emmanuel Pierre Pagneux og Steinunn Hödd Harðardóttir

Náttúra & skógur

Landbúnaðarháskóli Íslands

Hvanneyri, desember 2022

Íslenskur titill: Endalok eða endurnýjun Bæjarstaðarskógar?
Enskur titill: Imminent deforestation or natural regenaration of Bæjarstaðarskógur?
10 eininga lokaverkefni sem hluti af bakkalárgráðu í skógfræði

Höfundarréttur © 2022 Björg Sigurjónsdóttir
Öll réttindi áskilin

Skógfræði
Náttúra & skógur

Landbúnaðarháskóli Íslands
Hvanneyri
311 Borgarnes
Sími: 433 5000

Skráningarupplýsingar:
Björg Sigurjónsdóttir, 2022, *Endalok eða endurnýjun Bæjarstaðarskógar* BS ritgerð, Skógfræði, Landbúnaðarháskóli Íslands, 38 bls.

Yfirlýsing

Hér með lýsi ég því yfir að verkefni þetta er byggt á mínum eigin athugunum, er samið af mér og að það hefur hvorki að hluta né í heild verið lagt fram áður til hærri prófgráðu.

_____

Nafn nemanda

Ágrip

Verkefnið fjallar um stöðuna sem upp er komin í Bæjarstaðarskógi. Þar eru elstu torfur skógarins búnar að ná háum aldri og þar farnar að verða umfangsmiklar skemmdir sökum vinds á síðastlðnum árum. Gerð var drónakönnun á svæðinu og upprétt loftmynd til að meta trjáfallið með fjarkönnun. Síðan var farið inn í skóginn og gerð vettvangsrannsókn til að taka út raunverulegt trjáfall og skemmdir. Niðurstöður voru svo bornar saman til að kanna áreiðanleika fjarkönnunarinnar. Einnig var gerð könnun á þéttleika og samsetningu botngróðurs í föllnum rjóðrum og samanburðarreitum. Helstu niðurstöður voru að fjarkönnun var gott tæki til að meta fjölda fallinna dauðra trjáa en þar fékkst jákvætt samband með aðhvarfsstuðul upp á 0,98. Með uppfærðum útreikningum á þessum niðurstöðum kom í ljós að um 9% fullvaxinna trjáa í skóginum hefur drepist á síðastliðnum 6 árum og tæpur þriðjungur þeirra skemmst. Niðurstöður varðandi endunýjun voru þær að sjáfsáning er afar sjaldgæf en um helmingur fallinna trjáa er að endurnýja sig kynlaust. Sjáfsáning var aðeins sýnileg þar sem grunnflötur standandi trjáa var minnstur eða 4m²/ha. Samkvæmt rannsókn þessari mun Bæjarstaðarskógur áfram standa á þeim stað sem hann er með einhverjum hætti um ókomin ár. Frekari rannsókna er þó þörf bæði í Bæjarstaðarskógi og einnig á öðrum gömlum birkiskógum sem standa frammi fyrir sömu þróun á næstu árum.

Lykilorð: Bæjarstaðarskógur, Bæjarstaðarbirki, endurnýjun gamals birkiskógar, kynlaus endurnýjun, sjáfsáning

Þakkir

Þakka af heilum hug leiðbeinendum mínum fyrir veitta aðstoð og skilning; Bjarni Diðrik Sigurðsson, Emmanuel Pierre Pagneux og Steinunn Hödd Harðardóttir. Vil einnig þakka þjóðgarðinum fyrir ótakmarkað aðgengi að rannsóknarsvæðinu.

Efnisyfirlit

1. Inngangur ... 1
1.1 Tilurð verkefnisins ... 1
1.2 Gróðurfarssaga birkiskóga hér og erlendis ... 1
1.3 Einkenni íslenska birkisins ... 2
1.3.1 Æxlunarlíffræði birkis ... 2
1.4 Fjarkönnun í skógarúttektum ... 3
1.5 Bæjarstaður ... 3
1.5.1 Saga Bæjarstaðarskógar ... 3
1.5.2 Gróðurfar í Bæjarstaðarskógi ... 4
1.5.3 Bæjarstaðarbirkið ... 4
1.6 Markmið og rannsóknarspurningar ... 4

2. Efni og aðferðir ... 5
2.1 Staðarlýsing ... 5
2.1.1 Staðhættir og einkenni skógarins ... 5
2.1.2 Merki um sauðfjárbeit í Bæjarstað sumarið 2021 ... 6
2.1.3 Veðurfar ... 6
2.1.4 Rask á skóginum á síðari árum ... 7
2.1.5 Skráningar á trjáfalli í Bæjarstaðarskógi ... 7
2.2 Gagnasöfnun 2021 ... 9
2.2.1 Stærð gamla skógarins ... 9
2.2.2 Val á svæði ... 9
2.2.3 Fjarkönnun ... 9
2.2.4 Mat á þéttleika trjáfalls ... 10
2.3 Staðarúttekt ... 10
2.3.1 Úttekt á trjáfalli og trjáskemmdum ... 10
2.3.2 Mælingar á sjálfsánu birki ... 11
2.3.3 Mælingar á þéttleika lifandi skógar og aldurs ... 11
2.3.4 Úttekt á kynlausri endurnýjun ... 12
2.3.5 Úttekt botngróðurs ... 12

3. Niðurstöður ... 18
3.1 Fjarkönnun ... 18
3.1.1 Stærð og staðsetning gamla skógarins ... 18
3.1.2 Kortlagt flatarmál og trjáskemmdir ... 19
3.2 Staðarúttekt ... 20
3.2.1 Afmörkun rjóðra ... 20
3.3 Aldursgreining ... 22
3.3.1 Trjáfall innan rjóðra ... 23
3.4 Endurnýjun ... 25
3.4.1 Sjálfsáning ... 25
3.4.2 Kynlaus æxlun ... 27
3.5 Gróðurúttekt ... 27

4. Umræður ... 29
4.1 Hvert er flatarmál „gamla Bæjarstaðarskógar“? ... 29

4.2 Er mögulegt að meta trjáfall í birkiskógum með fjarkönnun? 29
4.3 Hversu umfangsmikið er trjáfallið orðið í skóginum? 30
4.4 Er hafin endurnýjun þar sem skógurinn hefur opnast? 30
4.5 Mun Bæjarstaðarskógur standa áfram? 31
4.6 Mat á trjáfalli í skóginum öllum 32

5. Ályktanir / lokaorð 33
5.1 Ályktarnir 33
5.2 Áframhaldandi rannsóknir 33

6. Heimildaskrá 34

7. Viðaukar 37
7.1.1 Samsetning botngróðurs innan rjóðra og samanburðarreita 37
7.1.2 Samsetning botngríðurs innan samanburðarreita 38

1. Inngangur

1.1 Tilurð verkefnisins

Verkefnið varð til að frumkvæði leiðbeinanda Bjarna Diðriks Sigurðssonar, en hann hefur um árabil fylgst með framþróun í Bæjarstaðaskógi. Bæjarstaðarskógur er gamall náttúrulegur birkiskógur (*Betula pubescens)* og nú er skógurinn kominn á þann aldur að hann er farinn að falla í stórum stíl og margir stofnar að drepast. Það sem vakti áhuga undirritaðrar var að komast að því hvort þetta yrðu endalok Bæjarstaðaskógar á upprunalegum stað eða hvort að gamli skógurinn muni endurnýja sig með einhverjum leiðum og halda þá áfram að vaxa og dafna á þeim stað sem hann er staðsettur nú. Náttúruleg endurnýjun eldri íslensks birkiskógar sem er að falla úr elli hefur ekki verið rannsökuð áður hérlendis og því vakti þessi nýuppkomna staða athygli mína. Það má síðan reikna með að á næstu árum muni aðrir birkiskógar hérlendis fylgi í kjölfarið og fari að falla sökum aldurs. Það er þess vegna áhugavert að rannsaka hvort, og þá með hvaða hætti endurnýjun muni fara fram í Bæjarstað til að bera saman við aðra skóga á öðru svæðum sem eru uppbyggðir af örðum kvæmum en Bæjarstaðarbirkinu.

1.2 Gróðurfarssaga birkiskóga hér og erlendis

Á norðurhveli jarðar er birkið sú tegund sem var einna fyrst að nema land og mynda skóg eftir hop ísaldarjökulsins, og í suðurhluta Noregs hafa fundist leyfar af birki sem má rekja allt að 12000 ár aftur í tímann og um þúsund árum síðar á nyrstu slóðum Skandinavíu (Wielgolaski, Karlsson og Thannheiser, 2005).

Hérlendis er birkið eina innlenda tegundin sem hefur myndað eintegundaskóg eftir síðasta ísaldarskeið (Sigurðsson, 1977). Töluvert hefur verið ritað um útbreiðslu birkiskóga á Íslandi og hvernig hún hefur dregist saman frá landnámi. Rannveig Ólafsdótttir o.fl. (2001) hafa áætlað útbreiðslu þessara skóga út frá breytingum á hitastigi. Þeirra niðurstaða var að fullvaxta birkiskógur, það er hærri en tveir metrar hafi þakið um 8000 km² við landnám. Christoff Wöll (2008) leiddi hins vegar af því líkum að þetta flatarmál hávaxnari birkiskóga hefði verið allt að 26% um landnám og ástæðan fyrir lægra mati Rannveigar (2001) væri að hún notaði norska hitastigsþröskulda fyrir útbreiðslu birkis sem vanmeta útbreiðslu þess í hafrænna loftslagi. Árið

2016 eða um 1000 árum síðar þekur birkiskógur aðeins um 1,5% af yfirborði Íslands (Arnór Snorrason o.fl., 2016) eða aðeins 5-6% af upphaflegu skógarþekjunni (Wielgolaski o.fl., 2005).

1.3 Einkenni íslenska birkisins

Hérlendis er birki oftast fremur smávaxið tré, frá hálfum metra og upp í 14-15 metra (Pétur Halldórsson, 2022). Á Íslandi eru birkiskógar afar fjölbreyttir og mikill breytileiki í hæð, stærð, vaxtarlagi og ævilengd plantna. Hávöxnustu birkiskógarnir eru helst inn til landsins á Norðaustur- og Austurlandi (Arnór Snorrason o.fl., 2016). Það er ýmislegt sem skiptir máli við afkomu skóganna en utanaðkomandi þættir eins og hitafar, vindafar og jarðvegsgerð hafa mikil áhrif á lifun og vaxtarlag birkis auk þess sem sauðfjárbeit hefur einnig haft mikil áhrif (Snorri Sigurðsson o.fl., 2022).

Íslenskir birkiskógar voru nánast gjörnýttir fram eftir síðustu öld og því eru þeir trjástofnar sem við almennt sjáum í íslenskum birkiskógum hlutfallslega ungir og náttúruleg endurnýjun í þeim enn fremur sjaldséð (Þröstur Eysteinsson, 2021).

Forsenda endurnýjunar birkiskóga hefur lengi verið talin algjör beitarfriðun og hafa úttektir á beitarfriðuðum svæðum eins og í Þórsmörk skýrt gefið til kynna ávinningin af beitarfriðun (Arnór Snorrason o.fl., 2016). Í Skotlandi var þetta rannsakað í fallandi skógi og kom í ljós að með hæfilegri beit geti eðlileg endurnýjun birkis átt sér stað (Pollock o.fl., 2005). Hægt er að bera þetta saman við það sem hefur raungerst á Skeiðarársandi þar sem beitarálag hefur alla tíð verið fremur lítið (Bryndís Marteinsdóttir, Kristín Svavarsdóttir og Þóra Ellen Þórhallsdóttir, 2007). Þar hefur þó ekki verið rannsökuð endurnýjun heldur sjáfsáning sem á sér stað á auðum aurum umhverfis skóginn. En við vitum að á Skeiðarársandi hefur sjálfsáning gengið upp og er þar nú að rísa villtur skógur þrátt fyrir lausagöngu fjár yfir sumartímann (Þóra Ellen Þórhallsdóttir o.fl., 2022).

1.3.1 Æxlunarlíffræði birkis

Birki er trjátegund sem hefur einkynja blóm sem eru mörg saman í reklum og eru bæði karl- og kvenreklar á sama trénu. Kvenreklar eru um 2 cm á lengd og uppréttir um blómgunartímann en karlreklar lengri og hanga niður. Aldinið verður síðan að örsmárri hnotu með allbreiðum væng (Hörður Kristinsson, Jón Baldur Hlíðberg og Þóra Ellen Þórhallsdóttir, 2018). Vængjað aldinið verður til þess að dreifing birkis stólar að miklu leiti á vinddreyfingu

og geta þau jafnvel ferðast með vindi um allt að 10 km leið áður en þau setjast í heppilegt fræset og spíra þar og verða að nýrri plöntu (Þóra Ellen Þórhallsdóttir, Anna Helga Jónsdóttir, Hulda Margrét Birkisdóttir og Kristín Svavarsdóttir, 2022).

1.4 Fjarkönnun í skógarúttektum

Fjarkönnun hefur hingað til ekki mikið verið notuð við mat á skógarútbreiðslu en hún hefur verið notuð með ágætum árangri við gróðurfarsúttektir til að mynda í Surtsey (surtsey.is, 2022).

1.5 Bæjarstaður

1.5.1 Saga Bæjarstaðarskógar

Bæjarstaðarskógur var lengi talinn einhver þróttmesti birkiskógur hérlendis með hvítbarka trjám sem eru beinvaxnari en almennt gerist með íslenskt birki (íslenski ferðavefurinn, 2022). Í Skaftafelli er líklegt að birkiskógur hafi í einhverri mynd viðhaldist um árþúsundir (Borgþór Magnússon o.fl. 2022).

Bæjarstaðarskógur var að öllum líkindum gjörnýttur fyrr á öldum eins og aðrir íslenskir skógar, bæði til beitar og kolagerðar en algengt var að íslenskir skógar gengdu því meginhlutverki langt fram á 19. öld en upp úr 1870 hafi kolagerð að mestu lagst af hérlendis (Þröstur Eysteinsson, 2021). Í Bæjarstaðarskógi er talið að kolagerð hafi lagst af aðeins fyrr eða um 1850, en þá ku skógurinn hafa verið gjörfelldur, en um áratug síðar var hann byrjaður að vaxa upp aftur (Borgþór Magnússon o.fl. 2022, Guðjón Jónsson, 1996).

Mikið jarðvegsrof var á svæðinu í kringum skógartorfurnar í Bæjarstað um 1930 og hafði Hákon Bjarnason, þá framkvæmdarstjóri Skógræktarfélags Íslands, milligöngu um að skógurinn var afgirtur árið 1936. Það ár skrifaði Hákon um þessa framkvæmd og ástæður hennar. Hann áætlaði að skógartorfan væri um 10 ha að flatarmáli. Girðingin náði aftur á móti utan um 22 ha svæði sem innihélt elsta skóginn og autt svæði þar í kring (Hákon Bjarnason, 1936). Girðingin var aldrei alveg fjárheld og sérstaklega ekki þegar frá leið og skógurinn breiddist lítið eða ekkert út fyrstu fjóra áratugina (Bjarni Diðrik Sigurðsson, munnlegar upplýsingar, 23.11.2022). Þessi girðing var svo tekin niður þegar þjóðgarðurinn í Skaftafelli var girtur af árið 1976, en þá dró einnig mikið úr fjárbeit á svæðinu, og henni lauk svo alfarið þegar búskapur í Bölta í Skaftafelli lagðist af upp úr 1985 (Borgþór Magnússon o.fl. 2022).

Þegar Skeiðará færðist vestur í farveg Gígjukvíslar sumarið 2009 þá opnaðist skógurinn aftur fyrir sauðfé sem gengur á Skeiðarársandi. Öræfingar hafa haft ítölu á fjölda fjár sem sleppt er á sandinn, eða um 190 fjár (Bjarni Diðrik Sigurðsson, munnlegar uppl. 23.11.2022), og hefur beitarálagið verið það lítið að birki hefur getað vaxið upp af sjálfsáningu sem hófst fyrir 1990 á sandinum (Bryndís Marteinsdóttir o.fl., 2007).

1.5.2 Gróðurfar í Bæjarstaðarskógi

Gróðurfar er fjölbreytt og tegundaríkt á þessu svæði. Náttúrufræðistofnun hefur fylgst með framvindu gróðurs í og við Skaftafell um árabil. Niðurstöður þessarar vöktunar voru að við Bæjarstaðarskóg voru einna tegundaríkustu reitirnir innan Skaftafells með > 50 tegundir æðplantna (Borgþór Magnússon o.fl. 2022). Árið 1951 gerði Ingólfur Davíðsson úttekt á gróðri sem fannst þá í Morsárdal og greindi hann 77 mismundandi tegundir blómjurta og birkninga (Ingólfur Davíðsson, 1983).

1.5.3 Bæjarstaðarbirkið

Tré sem ræktuð hafa verið að Bæjarstaðarfræi eru talin bera af öðrum trjám af öðrum skógarsvæðum. Kvæmatilraun í fjórum landshlutum á um 50 kvæmum leiddi í ljós að kvæmi ættuð úr Bæjarstað, Núpsstað og Steinadal stóðu sig almennt vel í öllum landsfjórðungum, og betur en önnur kvæmi (Brynjar Skúlason og Brynja Hrafnkelsdóttir, 2022).

1.6 Markmið og rannsóknarspurningar

Markmið verkefnisins voru tvíþætt, annars vegar var það að komast að því hvort, og þá með hvaða hætti skógurinn mundi endurnýja sig í kjölfar viðamikils trjáfalls sökum aldurs. Og hins vegar hvort fjarkönnun sé heppilegt mælitæki við rannsóknir er lúta að trjáfalli og endurnýjun.

Í upphafi verkefnis var lagt upp með 5 rannsóknarspurningar og í vinnslu verkefninsins reynt að svara þeim með þeim tækjum og tólum sem við höfðum. Spurningarnar voru eftirfarandi:

1 - Hvert er flatarmál ,,gamla Bæjarstaðarskógar“?

2 - Er mögulegt að meta trjáfall í birkiskógum með fjarkönnun og hversu nákvæmar eru slíkar mælingar miðað við úttekt á jörðu niðri?

3 - Hversu umfangsmikið var trjáfallið orðið í skóginum öllum vorið 2021?

4 - Er hafin endurnýjun þar sem skógurinn hefur opnast?

5 - Mun Bæjarstaðarskógur standa áfram?

2. Efni og aðferðir

2.1 Staðarlýsing

2.1.1 Staðhættir og einkenni skógarins

Bæjarstaður, eins og öræfingar nefna jafnan skóginn, eru nokkrar þykkar skógartorfur utan í hálsi sem gengur út úr fjallinu Rauðhellrum í versturhlíð Morsárdals í Skaftafelli og snýr á móti suðaustri (1. mynd). Jarðvegurinn í gömlu skógartorfunum er þykkur fokjarðvegur og gamli birkiskógurinn sem á þeim vex er orðinn mjög aldraður með háum trjám og gróskumiklum botngróðri (sjá nánar í kafla 1.1.2. í Inngangi).

Fyrst fór að bera á að skógurinn færi að sá sér út þegar beitin minnkaði upp úr 1978 (Bjarni Diðrik Sigurðsson, munnlegar upplýsingar 23.11.2022). Í bakgrunni 1. myndar má sjá hvernig gömlu skógartorfurnar eru nú umkringdar miklum ungskógi sem hefur vaxið upp af fræi frá gamla skóginum.

Gamli skógurinn í Bæjarstað hefur verið þéttleikamældur á fjórum mismunandi stöðum þar sem ekkert vindfall hefur átt sér stað og samkvæmt þeim mælingum er meðalþéttleiki gamla skógarins 843 birkitré á hvern ha (Tafla 1.) Hæstu trén, yfirhæðartrén eru að jafnaði meira en 100 ára gömul og um 10-13 m á hæð. Trén í gamla skóginum eru flest einstofna og að jafnaði eru stofnar >15 cm sverir (Tafla 1).

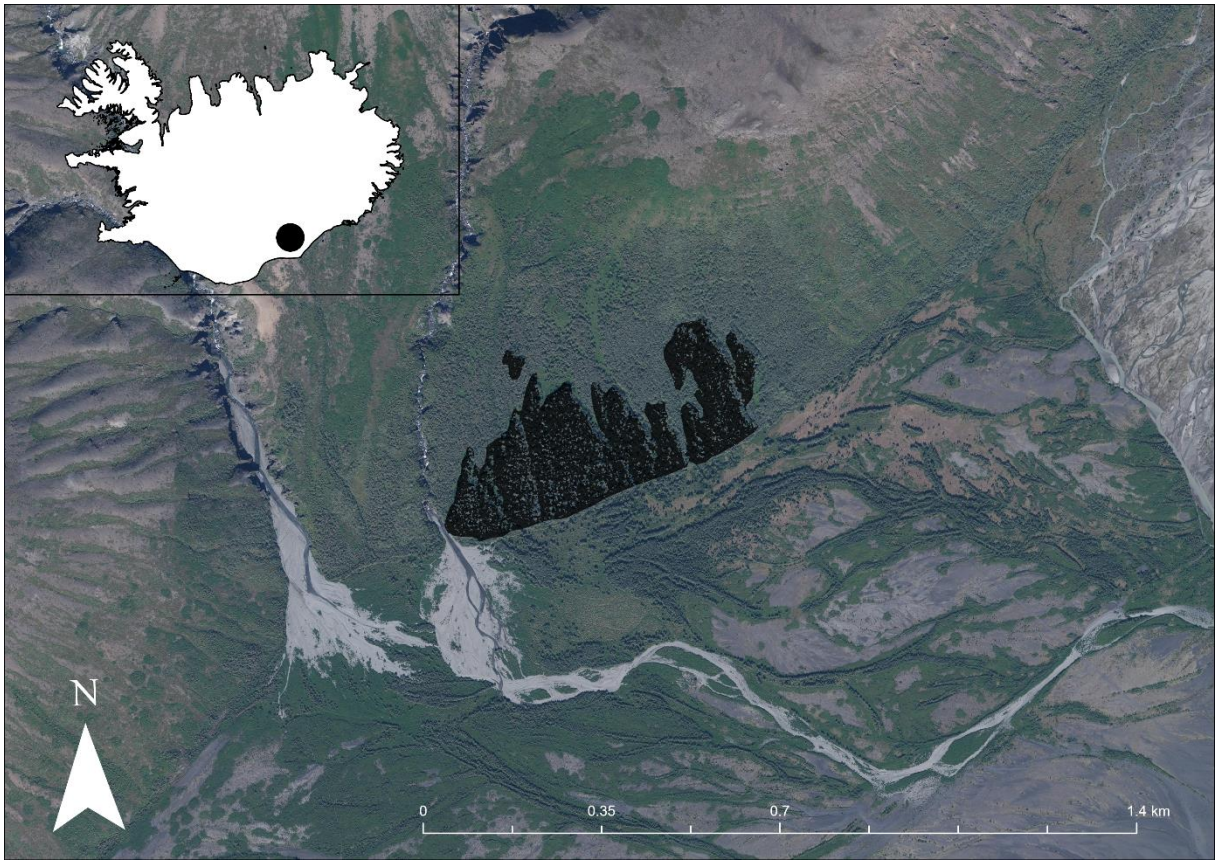
Tafla 1. Helstu breytur sem lýsa trjávexti í gamla Bæjarstaðarskógi. Óbirt gögn frá Bjarna Diðrik Sigurðssyni og Guðmundu Frey Kristjánssyni.

Reitur	Yfirhæð	Aldur	Þéttleiki	Aukastofnar	Meðalþvermál	Grunnflötur
	m	ár	tré/ha	#/tré	cm	m^2/ha
BAE1	10,9	-	638	1,3	16,6	17
BAE2	10,3	-	1000	1,1	14,2	14
BAE10	13,0	107	866	1,6	18,6	38
BAE12	12,3	112	867	1,0	14,0	31
Meðaltal	**11,6**	**110**	**843**	**1,3**	**15,8**	**25**
±SE	0,6	-	75	0,1	1,1	5,8

Ólafur Eggertsson (2002) aldursgreindi nokkur stærstu trén í skóginum árið 2001 og komst að þeirri niðurstöðu að meðalaldur trjánna í Bæjarstaðarskógi reyndist vera 109 ár í hnéhæð (0,5 m) og 100 ár í brjósthæð (1,3 m). Elsta tréð reyndist hafa 133 árhringi í hnéhæð og 121 árhring í brjósthæð. Sama rannsókn leiddi í ljós að hæðalhæðarvöxtur mældra trjáa frá 0,5 m hæð var um 7 cm á ári og út frá þessum mælingum hægt að álykta að rannsökuðu trén hafi byrjað að vaxa upp af fræi eða rót á tímabilinu 1855-1870 (Ólafur Eggertsson, 2002).

2.1.2 Merki um sauðfjárbeit í Bæjarstað sumarið 2021

Engin skýr beitarmerki sáust á birkiplöntum í og við skóginn við úttektina, eða á botngróðri í skóginum, en þó sáust merki (kindaskítur) um að sauðfé hefði farið um skóginn um sumarið.



1. mynd. Umfang Bæjarstaðarskógar 15. september 1954 (Emmanuel Pagneux hnitaði af loftmynd, óbirt gögn). á bak við er loftmynd frá 2022 sem sýnir gróðurfar svæðisins. Grunngögn: lmi.is, loftmyndir.is

2.1.3 Veðurfar

Í Öræfum er veðurfar almennt milt og úrkomusamt og því góð gróðurskilyrði (Borgþór Magnússon o.fl. 2022). Ársúrkoma í skaftafelli hefur að meðaltali mælst 1550 mm (Veðurstofa Íslands, 2022). Ekki eru til upplýsingar um úrkomu eða vindafar í Morsárdal. Við vettvangsskoðum virðist þó sem mestu skemmdirnar séu í nyrsta hluta skógarins á móti austri. Ekki fengust heimildir fyrir því í hvaða vindáttum mestu skemmdir verða á skóginum en það er tilfinning starfsfólks þjóðgarðsins að mestu skemmdir verði einmitt í norðlægum áttum.

2.1.4 Rask á skóginum á síðari árum

Um miðja síðustu öld (1945 og 1954) urðu nokkuð stór Skeiðarárhlaup með um 10000m³/sek hámarksrennsli, sem heimildir eru til um að hafi rofið talsvert framan af Bæjarstaðarskógartorfunni (Bjarni Diðrik Sigurðsson, munnleg heimild 23.11.2022). Hins vegar hafa öll Skeiðarárhlaup sem hafa komið frá 1954 verið innan við hálfdrættingar af þessum tveimur (Magnús Tumi Guðmundsson o.fl., 1995), að Gjálparhlaupinu 1996 undanskildu. Það hlaup var fjórum sinnum stærra en hlaupin 1945 og 1954 (Helgi Björnsson, 2009), en þá hafði Skeiðarárjökull hopað svo langt inn með Jökulfelli að flóðið hafði ekki í för með sér neitt rof framan af Bæjarstaðarskógartorfunni (Bjarni Diðrik Sigurðsson, munnleig heimild 23.11.2022). Á 1. mynd sjást útlínur Bæjarstaðarskógar síðsumars 1954. Skeiðarárhlaupið sem tók framan af skóginum 1954 hófst þann 15. september 1954 (Sigurður Þórarinsson, 1954), og er því eitthvað rof sem átti sér stað eftir að myndin var tekin.
Árið 1982 féll svo stór aurskriða í gegnum skóginn (Aðalheiður Jóhannsdóttir og Snorri Baldursson, 1995), og við það vöknuðu spurningar við gerð þessa verkefnis hvort flatarmál skógartorfanna hefði minnkað umtalsvert af þessum sökum.

2.1.5 Skráningar á trjáfalli í Bæjarstaðarskógi

Fyrstu merki um að trjáfall væri að hefjast í skóginum var skrifað um í nemendaskýrslu frá 2013 (Landbúnaðarháskóli Íslands, 2013). Í henni er mynd af stóru föllnu birkitré, en í fyrri skýrslum sem voru unnar á árabilinu 2006-2011 var ekki getið sérstaklega um slík merki þegar emendur gengu um gamla skóginn með Bjarna Diðrik. Þó munu einstaka tré hafa fallið eða brotnað fyrr í skóginum, og á til dæmis Bjarni Diðrik ljósmynd (2. mynd) af gömlu birkitré sem hafði brotnað í um 2 m hæð frá árinu 2006. Á þessum árum var slíkt svo sjaldgæf sjón að það varð þá gjarnan að tilefni til myndatöku.

2. mynd Kristján Jónsson stendur við brotið birkitré í Bæjarstaðarskógi haustið 2006 þegar starfsmenn Landshlutaverkefnanna í skógrækt fóru í starfsmannaferð í skóginn undir leiðsögn BDS (Ljósmynd: Bjarni Diðrik Sigurðsson).

Trjáfallið fór að aukast upp úr þessu. Í nemendaferð sem farin var í ágúst 2015 voru kortlögð 10 fallin tré í skóginum sem voru á bilinu 6,8 til 10,3 m á lengd (Landbúnaðarháskóli Íslands, 2015). Nemendur skráðu þá einnig hvort finna mætti teinung við rótarháls þessara trjáa og fundu hann í 60% tilfella. Árið 2017 er enn getið um að trjáfall sé að hefjast í skóginum og nemendur lögðu út einn mæliflöt í gamla skóginum þar sem hann hafði ekki fallið (BAE01: Tafla 1) til að fylgjast mætti með endurnýjun þar þegar og ef sá hluti skógarins félli í framtíðinni (Landbúnaðarháskóli Íslands, 2017). Í ágúst árið 2019 hafði trjáfallið greinilega aukist umtalsvert í skóginum (Landbúnaðarháskóli Íslands, 2019). Í nóvember 2019 voru lagðir út fleiri skógmælingafletir inni í gamla skóginn (BAE01, 02, 10, 12) og gerðar skógmælingar í þeim í sambandi við óútgefið verkefni Guðmundar Freys Kristjánssonar á útbreiðslu birkis út fyrir gamla Bæjarstaðarskóg (Bjarni Diðrik Sigurðsson, persónulegar upplýsingar, 23.11.2022). Þarna var jafnframt ákveðið að tímabært væri að hefja úttekt á trjáfallinu um hugsanlegri endurnýjun gamla skógarins sem þessi ritgerð fjallar um.

2.2 Gagnasöfnun 2021

2.2.1 Stærð gamla skógarins

Stærð elsta hluta skógarins var reiknuð út frá greiningu skógarumfangs (Emmanuel Pagneux, óbirt gögn) sem gerð var eftir loftmynd sem tekin var 15. september 1954 úr 3500 m hæð. Myndin tilheyrir loftmyndasafni Landmælinga Íslands (lmi.is, 2022).

2.2.2 Val á svæði

Þrjú rjóður voru valin sem höfðu einna þéttasta trjáfallið og mesta opnun á laufþakinu og þar voru lagðir út 10x10m stórir reitir, einn í hverju rjóðri og í þeim var gerð úttekt á botngróðri og leitað að sjálfsánum plöntum. Til samanburðar var farið í nálægan skóg og valin svæði með litlu eða engu trjáfalli og mikilli skuggun og þar lagðir út samanburðarreitir í sömu stærð sem metnir voru með sama hætti.

2.2.3 Fjarkönnun

Sumarið 2021 voru framkvæmdar tvær kannanir með Mavic Pro dróna í eigu Landbúnaðarháskólans. Uppréttar loftmyndir (e. orthophotographs) og yfirborðslíkön (e. Digital Surface Model) voru unnin úr loftmyndum sem teknar voru með drónanum, með myndmælingaforriti og notaðar við vinnslu verkefnisins. Fyrri upprétta myndin er frá ferð sem var farin 6. maí, áður en trén fóru að laufgast og sú seinni 18. júní þegar öll trén voru laufguð. Við vinnslu fyrri myndarinnar voru teknar 515 myndir en vegna vinds og lágrar flughæðar í efsta hluta skógarins voru aðeins 448 þeirra nothæfar til myndvinnslu eða 86%. Svæðið sem var undir nær yfir 28.97 ha. Staðarupplausn á þessari mynd var ~2cm. Það komu þrjár afurðir út úr þessari vinnslu það eru: upprétt mynd, yfirborðslíkan og hæðarlíkan af svæðinu í sömu upplausn.

Seinni upprétta myndin var unnin á sama hátt en hún var samansett úr alls 312 myndum og af þeim voru aðeins 161 nothæf eða 51%. Það voru slæm veðurskilyrði fyrst og fremst sem gerðu það að verkum að myndataka í seinna skiptið tókst verr, bæði var meiri vindhæð og þar að auki úrkoma sem truflaði myndatöku. Aðeins náðust rúmir 23 ha inn á seinni uppréttu myndina.

Til að athuga hversu mikil áhrif hefðu orðið eftir aurskriðuna 1982 var notuð loftmynd sem tekin var í nóvember 1982 (lmi.is, 2022). Myndin frá 1982 var hins vegar gróf og tekin úr mikilli lofthæð og hentaði því ekki vel til myndsamanburðar í ArcGis Pro. Við það að bera myndirnar saman sjónrænt var það sjónrænt mat höfundar að skerðing á upphaflegu flatarmáli skógarins væri óverulegt þó vissulega væri það eitthvað.

2.2.4 Mat á þéttleika trjáfalls

Með Kernels þéttleika falli í ArcGis Pro var hægt að forgreina hvar þéttleiki fallinna trjáa væri mestur. Notast var við 25 metra leitarradíus í þessum þéttleikagreiningum. Út frá þeim greiningum voru teiknaðir flákar þar sem þéttleikinn var mestur og valdir 5 gps punktar sem féllu innan þeirra svæða og þessir punktar síðan heimsóttir um sumarið. Upprétta myndin frá 6. maí var notuð til að telja fallna einstaklinga þ.e. merkt handvirkt inn á myndina alls staðar þar sem sýnilegt þótti að trjástofn væri láréttur. Það var svo farið kerfisbundið yfir alla uppréttu myndina í mikilli stækkun og handvirkt merkt inn á þá staði sem þótti óumdeilt að væru fallnir stofnar, ýmist alveg eða að hluta.
Á seinni loftmyndinni var eins og áður sagði komið lauf á lifandi greinar. Í ArcGis Pro voru myndirnar tvær lagðar hver ofan á aðra og borið saman hvort fallnir stofnar væru sjáanlegir á þeim báðum.

2.3 Staðarúttekt

Af upphaflegu 5 mögulegu rannsóknarsvæðum (rjóðrum), sem Kernells þéttleikafallið í GIS skilgreindi, voru svo valin þrjú svæði sem buðu upp á samfellt trjáfall af nægjanlegri stærð til staðarmælinga og samanburðar við fjarkönnunina. Út frá rjóðrunum þremur voru mæld og merkt fallin tré og þau metin m.t.t. þess hvort þau væru dauð eða lifandi og ef lifandi þá með hvaða hætti þau væru að endurnýja sig.

2.3.1 Úttekt á trjáfalli og trjáskemmdum

Öll fallin tré í rjóðrinu og jaðri þess voru merkt og stærð úttekarsvæðisins (rjóðursins) afmörkuð þannið að talin væru um 50 fallin tré innan þess. Þegar því var lokið var svo gengið umhverfis rjóðrið með hand gps tæki og teknir punktar við ysta jaðar föllnu trjánna sem voru talin. Punktarnir voru svo færðir inní ArcGis Pro og teiknaðir flákar eftir útlínum rjóðranna og samanburðarreitir einnig merkir inn skv. gps punktum.

Í rjóðrunum þremur voru mæld og merkt fallin tré og brotin og þau metin með tilliti til þess hvort þau væru dauð eða lifandi (Tafla 3) og ef lifandi þá með hvaða hætti þau væru að endurnýja sig (sjá 2.3.2). Þessar mælingar fóru einungis fram í rjóðrunum þar sem lítið var um trjáfall á samanburðarsvæðunum.

Eftirfarandi kvarði var notaður til að skrá og meta trjáfallið og trjáskemmdir:

- Er tréð fallið eða brotið F/B
- Ef brotið > eða < brjósthæð
- Dautt eða lifandi D/L

Til þess að stofn væri metinn fallinn þurfti hann að vera fallinn til jarðar, þeir stofnar sem enn stóðu uppi að hluta eða voru aðeins byrjaðir að halla voru metnir brotnir (B). Svo voru brotnu stofnarnir metnir með tilliti til þess hvort brotið væri yfir eða undir brjósthæð. Ef eitthvað lífsmark fannst af rót eða stofni fallna/brotna einstaklingsins var hann merktur sem lifandi.

2.3.2 Mælingar á sjálfsánu birki

Í hverju rjóðri var lagður út 10x10 m stór reitur og til samanburðar var farið í nálægt óraskað svæði í skóginum með litlu eða engu trjáfalli og samfelldri krónuþekju og þar lagður út samanburðarreitur í sömu stærð. Í þessum sex 100m² reitum var leitað að sjálfsánum birkiplöntum og sömuleiðis skimað eftir þeim í skóginum öllum.

2.3.3 Mælingar á þéttleika lifandi skógar og aldurs

Þéttleiki lifandi skóga í og umhverfis hvern mælireit, innan og utan rjóðra, var metinn sem grunnflötur (m² trjástofna per ha) með handvirkum grunnflatarmæli (e. relascope). Einnig stóð til að taka borkjarna, í hnéhæð, úr þremur sverustu, standandi trjánum innan allra reitanna sex til aldursgreiningar með talningu árhringja. Þetta tókst í fimm af sex reitum en í einum reitnum R-3 voru öll standandi trén innan reitarins orðin fúin svo þar voru sóttir borkjarnar úr trjám í næsta nágrenni fyrir utan 10x10m reitinn. Borkjarnarnir voru þurrkaðir og límdir á stikur á rannsóknarmiðstöð skógræktarinnar við Mógilsá og síðan tálgað af þeim til að auðvelda talningu en eftir þessa meðferð voru árhringir taldir í víðsjá frá berki og inn að miðju.

2.3.4 Úttekt á kynlausri endurnýjun

Við mat á kynlausri endurnýjun þeirra einstaklinga sem reyndust með lífsmarki var eftirfarandi kvarði notaður:

- Teinungur Já/Nei
- Stubbskot Já/Nei
- Greinaskot Já/Nei

Endurnýjun allra skemmdra og/eða fallinna trjáa (E_{alls}) í hverju rjóðri var metin sem:

$E_{alls} = (1-D/F_{alls}) \times 100$

Þar sem F_{alls} er summa allra trjánna sem voru fallin eða skemmd á úttektarstað (í rjóðri) og D er fjöldi dauðra fallinna trjáa án endurnýjunar.

2.3.5 Úttekt botngróðurs

Til að fá betri gögn um svarðgerð, sem mögulega hefur áhrif á möguleika birkis til sjálfsáningar, þá voru lagðir út 16 punktar með meters millbili innan hvers 10x10 m reitar. Á hverjum punkti var lagður niður 20x50 cm rammi og hann notaður til að skrá hlutfallslega þekju plöntuhópa og svarðgerðar, auk þess sem að dýpi svarðlags og hæð hæstu plöntu var skráð. Eftirfarandi breytur voru mældar: i) svarðlag: a) feyra eða opinn jarðvegur, b) dauður viður, c) mosi eða fléttur; ii) gróðurlag: d) byrkningar, e) einkímblöðungar, f) tvíkímblöðungar og iii) g) grunnlag. Hvert „lag“ í sverði og botngróðri (i, ii og iii) var skráð sérstaklega og heildarþekja gat því orðið > 100%. Þessar mælingar voru framkvæmdar dagana 30. júní, 6. júlí og 3. ágúst.
Samskonar svarðgreining var einnig gerð umhverfis allar sjálfsánar birkiplöntur sem fundust.

3. mynd. Tvær sjálfsánar birkiplöntur í úttektarreit í júní 2021 í Bæjarstaðarskógi þar sem trjáfall hefur orðið og rjóður myndast. Ljósmynd: Bjarni Diðrik Sigurðsson

4. mynd. Tvær sjálfsánar birkiplöntur í júní 2021 að vaxa upp úr dauðum trjástubbi í Bæjarstaðarskógi sem býður upp á set fyrir fræplöntur ofan við þéttan samkeppnisgróðurinn sem þekur skógarsvörðinn þar sem gömlu trén hafa fallið. Þessar plöntur voru utan úttektarreitanna í þessari rannsókn. Ljósmynd: Bjarni Diðrik Sigurðsson.

5. mynd. Ríkulegur teinungur við rótarháls fallins birkitrés í Bæjarstaðaskógi í mars 2021. Ljósmynd: Bjarni Diðrik Sigurðsson

6. mynd. Vel laufguð stubbskot á brotnum stofni í Bæjarstaðaskógi, myndin er tekin 30. júní 2021. Ljósmynd: Björg Sigurjónsdóttir.

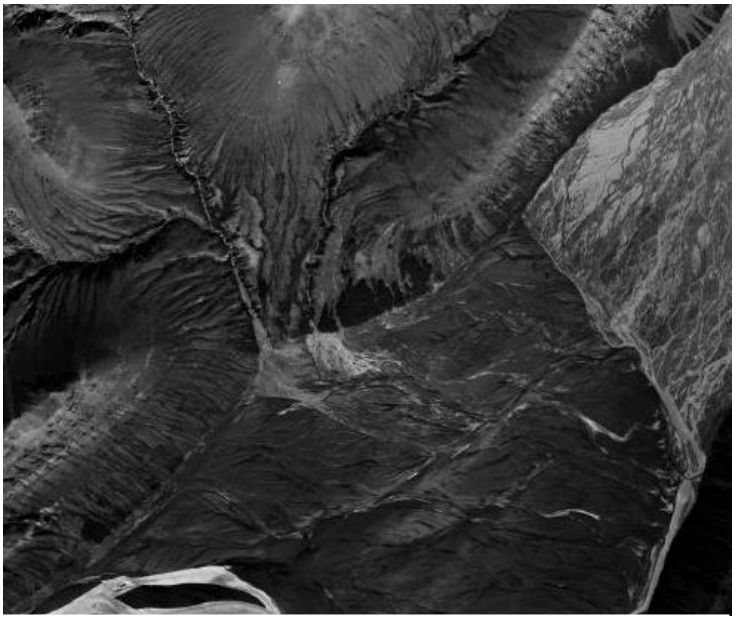
7. mynd. Sýnir það sem var merkt sem stubbskot, sem sagt teinungur sem óx út frá stofni eða grein, í sumum tilfellum kom teinungurinn beint úr greinum en í öðrum tilfellum beint úr stofninum. Ljósmynd: Björg Sigurjónsóttir

3. Niðurstöður

3.1 Fjarkönnun

3.1.1 Stærð og staðsetning gamla skógarins

Flatarmál skógarins árið 1954 var samkvæmt mælingum í ArcGis 10,0 ha síðsumars árið 1954 (1. mynd).
Við úrvinnslu verkefnisins vöknuðu spurningar um hvort heildarflatarmál gömlu skógartorfunnar hafi minnkað eftir árið 1954, t.d. vegna Skeiðarárhlaupa eða aurskriðunnar sem féll árið 1982. Minnkað flatarmál vegna Skeiðarárhlaupa eða aurskriða var erfitt að áætla með nákvæmni en aurskriðan sem féll árið 1982 skóf vissulega úr jöðrum tveggja gilja og var það metið sjónrænt með loftmynd sem tekin var haust 1982 (8. mynd) og borin saman við útlínur skógarins frá 1954 (1. mynd). Samkvæmt sjónrænu mati var minnkun á heildarflatarmáli elsta hluta skógarins óveruleg eftir aurskriðuna 1982 og er því lokaniðurstaðan um stærð gamla skógarins að hann hafi verið um 10 ha á þessum tíma.

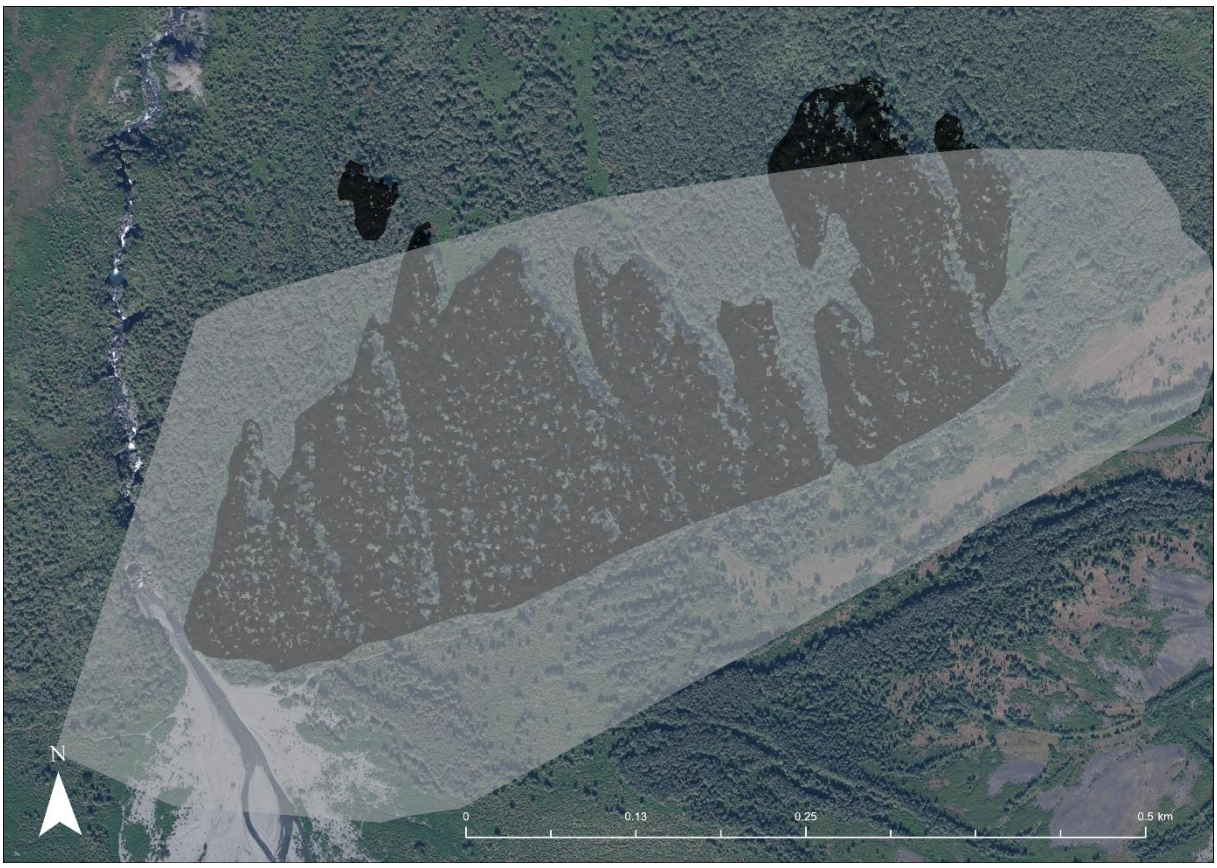


8. mynd er loftmynd frá 1982 tekin í 6096m hæð. Fengin frá lmi.is

3.1.2 Kortlagt flatarmál og trjáskemmdir

Í tvígang var farið með dróna í skóginn og þess freistað að ná loftmyndumum í góðri upplausn af elsta hluta skógarins svo hægt væri að rétta þær upp og vinna með í myndvinnsluforritinu ArcGis Pro.

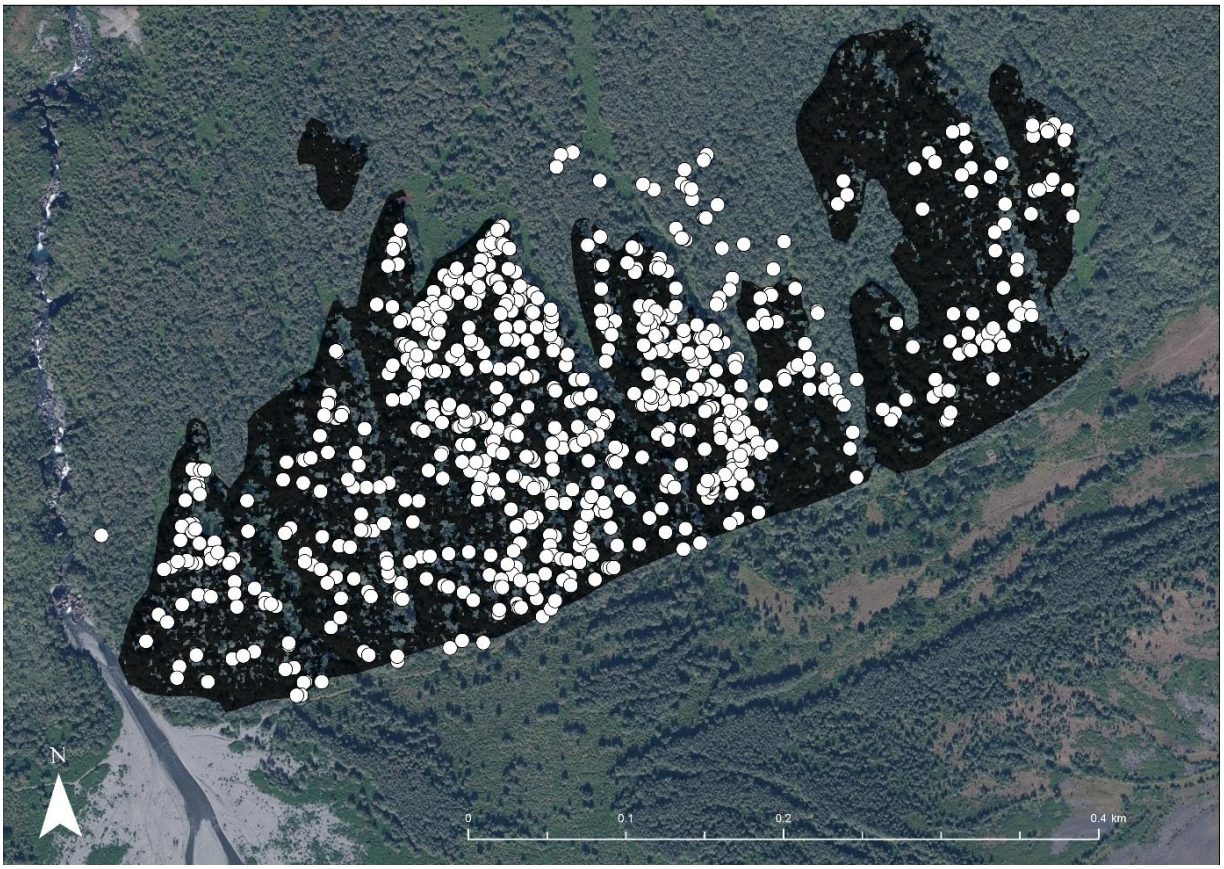
Með myndvinnslu í ArcGis Pro var reiknað út að svæðið sem náðist inn á loftmynd eru 9,3 ha eða 93% af upphaflega skóginum (9. mynd).



9. mynd. Sýnir útlínur þess svæðis sem upprétta myndin, unnin úr drónamyndum frá 6. maí 2021 nær yfir. Grunngögn: Loftmyndur ehf. Umfang skogarins 1954: Emmanuel Pagneux.

Á 10. mynd er sýnd dreifing allra þeirra föllnu stofna sem voru hnitaðir inn af uppréttu myndinni. Samtals voru þeir 758. Eins og myndin sýnir greinilega eru langflest föllnu trén innan útlína gamla skógarins. Þéttast virðist trjáfallið vera um miðjan gamla skóginn á móti norðaustri, nema austasta torfan virðist hafa sloppið að mestu.

Á 10. mynd má sjá að þarna voru einnig fallin tré staðsett utan útlína elsta hluta skógarins og reyndust það vera 32 einstaklingar. Það eru því 726 fallin tré sem falla innan marka gamla skógarins. Flatarmálsmæling á útlínum gamla skógarins gáfu okkur að 9,3 ha af gamla skóginum hafi náðst inn á uppréttu myndina og þar af leiðandi eru út frá talningunni 726/9.3= 78 fallin tré á hvern ha.

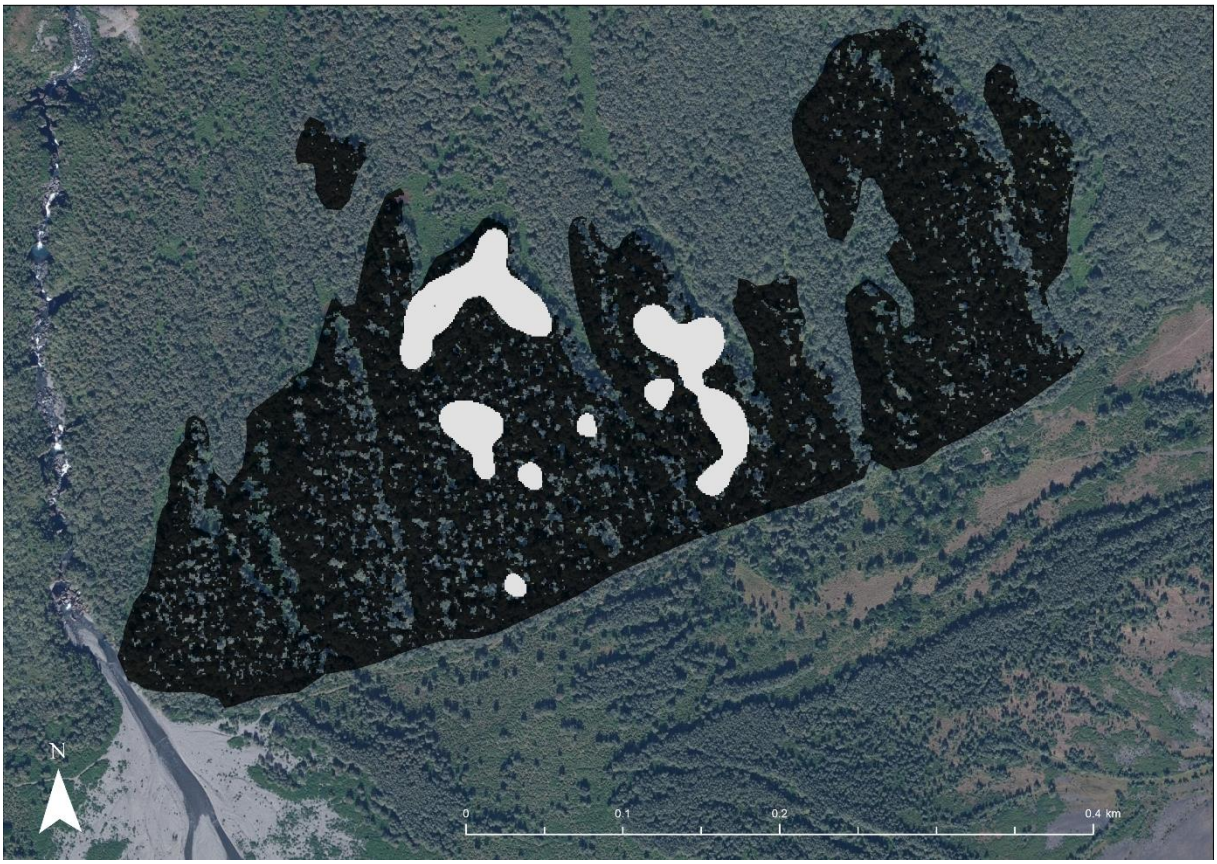


10. mynd. Staðsetning og fjöldi fallinna trjáa samkvæmt handgerðri hnitun sem unnin var úr 1. mynd. Grunngögn: Loftmyndir ehf. Umfang skógarins 1954: Emmanuel Pagneux.

3.2 Staðarúttekt

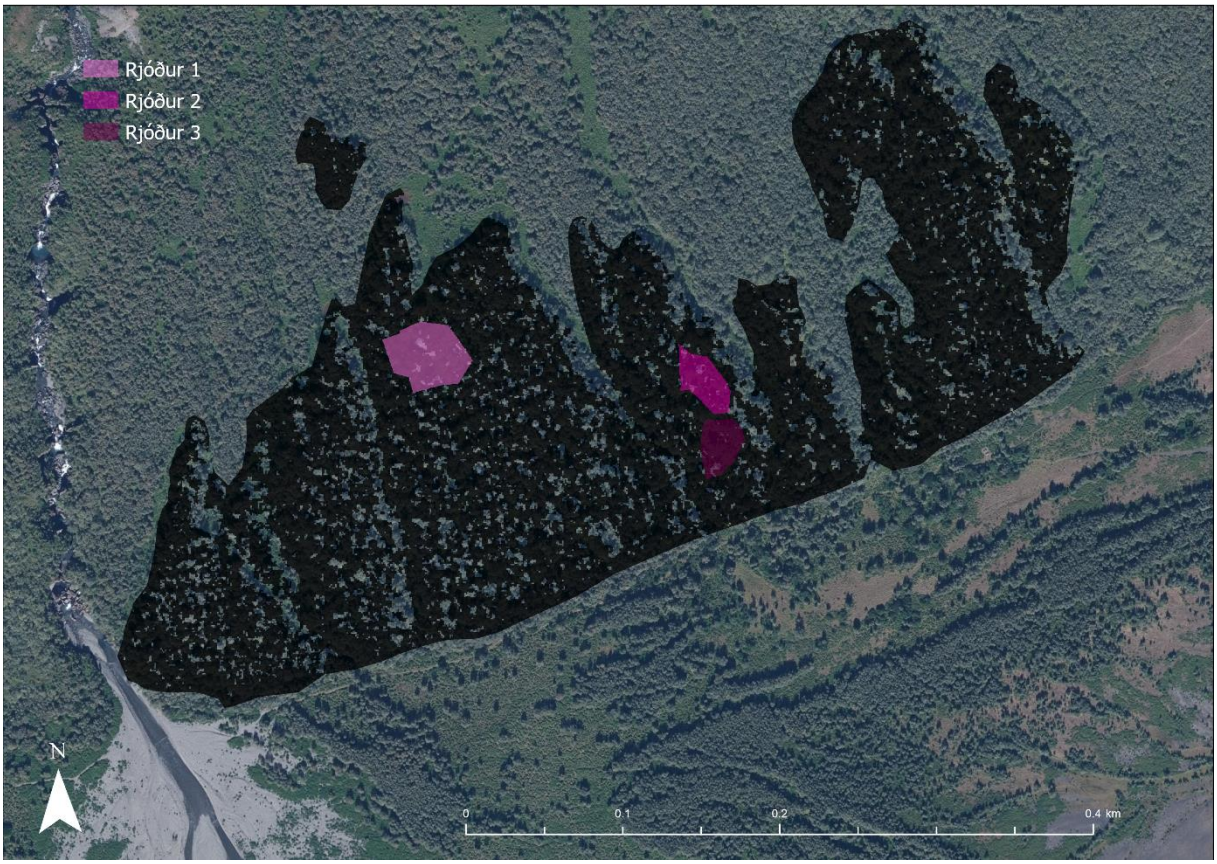
3.2.1 Afmörkun rjóðra

Með aðstoð Kernels þéttleika útreinkninga í ArcGis Pro var hægt að sjá hvar þéttleiki föllnu trjánna var mestur (11. mynd).



11. mynd. Kernells Density sýnir myndrænt hvar er mesti þéttleiki fallinna trjáa en hvítu flákarnir eru þau svæði sem gáfu mesta þéttleika fallinna trjáa miðað við 25m leitarradíus. Grunngögn: Loftmyndir ehf. Umfang skógarins 1954: Emmanuel Pagneux.

Út frá þessum útreikningum voru fundin hnit á myndinni og sett í gps tæki. Því næst var farið á staðinn og 3 rjóður valin sem voru með mikið af föllnum trjám og opnu laufþaki. 12. mynd sýnir svo hvar rjóðrin 3 voru staðsett. Samanlagt flatarmál rjóðranna reyndist út frá gps punktum vera 0,34 ha.



12. mynd. Sýnir raunverulegar útlínur rjóðranna þriggja sem áður er minnst á. Rjóðrin eru skv. ArcGis útreikningum samtals 0,34 ha að stærð. Grunngögn: Loftmyndir ehf. Umfang skógarins 1954: Emmanuel Pagneux.

3.3 Aldursgreining

Tafla 2 sýnir aldursdreifingu samkvæmt árhringjamælingum, bæði innan og utan rjóðra. Ekki var marktækur munur á aldri þessara trjáa á milli rjóðranna og samanburðarreitanna í standandi skógi (Einþátta fervikagreining, P=0,79) en meðalaldur þessara trjáa var 101,3 ár í rjóðrunum og 98,1 ár í samanburðarreitunum. Elsti einstaklingur var 146 ára og sá yngsti 50 ára. Miðgildi aldurs var 109 ár í rjóðrunum og 105 ár í samanburðarreitunum.

Tafla 2. útlistun á þremur einstaklingum í hverju rjóðri og hverjum samanburðarreit sem sýnir fjölda árhringja í sverustu uppstandnandi einstaklinganna í hverjum reit fyrir sig.

	fjöldi árhringja		fjöldi árhringja
R 1	67	S 1	124
R 1	110	S 1	122
R 1	146	S 1	114
meðaltal	108		120
R 2	109	S 2	101
R 2	110	S 2	50
R 2	87	S 2	90
meðaltal	102		80
R 3	63	S 3	113
R 3	118	S 3	105
R 3	102	S 3	64
meðaltal	94		94

3.3.1 Trjáfall innan rjóðra

Tafla 3 sýnir hversu margir fallnir bolir voru innan hvers rjóðurs fyrir sig út frá loftmyndinni í GIS og síðan hversu mörg tré reyndust fallin og dauð á vettvangi. Það sem Tafla 3 sýnir okkur er að miðað við fjölda trjáa sem voru talin á 10. mynd og raunverulega fallinna dauðra trjáa er leiðréttingastuðull 0,98. Það sem taflan sýnir okkur einnig er að þegar eru talin föllnu dauðu trén og þau sem voru lifandi en fallin til jarðar er vanmat upp á margfeldið 1,58. Taflan sýnir enn fremur að ef mið er tekið af öllum skemmdum trjám, bæði föllnum og brotnum, og bæði dauðum og lifandi þá væri leiðréttingastuðullinn 3,08.

Alls voru talin og greind 149 fallin tré innan rjóðranna þriggja (hluti af öllum föllnu trjánum á 10.mynd). Þetta gefur okkur 438 fallin tré á hvern ha af rjóðrum. Það sem Tafla 3 dregur fram eru þrír mismunandi leiðréttingastuðlar. Miðað við mínar niðurstöður þá er leiðréttingarstuðull fyrir fallin dauð tré 0,98±0,11. Þegar talin voru öll fallin tré, það er bolir sem fallnir voru alveg til jarðar, bæði dauðir og lifandi komst ég að því að leiðréttingarstuðull fyrir þá einstaklinga var 1,58±0,16. Mesta skekkjan var svo fyrir alla skemmda einstaklinga en hann reyndist 3,08±0,83.

Tafla 3. Sýnir fjölda fallinna trjáa og gerð skemmda í hverju rjóðri fyrir sig, annars vegar samkvæmt fjarkönnun og hins vegar vettvangsrannsókn.

Mælibreyta	Rjóður 1	Rjóður 2	Rjóður 3	Leiðr.stuðull	±SE
Fjarkönnun fallin tré	24	16	12		
Staðarmælingar				-	
Fallin dauð tré á vettvangi	20	19	11		
Leiðréttingastuðull f fallin dauð tré	**0.83**	**1.19**	**0.92**	**0.98**	**0.11**
Fallin en lifandi tré á vettvangi	14	5	12		
Summa lifandi og dauðra fallinna trjáa	33	24	20		
Leiðréttingastuðull f lifandi+dauð fallin tré	**1.65**	**1.26**	**1.82**	**1.58**	**0.16**
Brotin dauð tré	5	7	14		
Brotin en lifandi tré	5	13	19		
Alls skemmd tré	44	44	56		
Leðréttingastuðull f. skemmd tré	**1.83**	**2.75**	**4.67**	**3.08**	**0.83**

Ef skoðaðar eru upplýsingar úr Töflu 1, þá stóðu að jafnaði 843 tré/ha í Bæjarstaðarskógi (áður en hann tók að falla). Miðað við það og að stærð skógarins er 10,0ha, þá má áætla að í gamla Bæjarstaðarskógi hafi staðið um 8400 gömul birkitré áður en hann fór að falla. Samtals voru merkt 726 fallin tré inni í gamla Bæjarstaðarskógi í fjarkönnuninni (10. mynd) Þar sem fjarkönnunin náði til 93% af flatarmáli gamla skógarins (9. mynd), þá má hækka þessa matstölu upp í um 780 tré fyrir skóginn allan, með því að gefa sér að tíðni fallinna trjáa hafi verið sambærileg á þeim svæðum sem ekki náðu inn á fjarkönnunina. Samkvæmt Töflu 3, þar sem fjarkönnunin var sannreynd með staðarmælingum á dauðum liggjandi trjám í þremur rjóðrum (12. mynd) þá ofmat hún í raun fjölda dauðra, fallinna trjáa örlítið. Eftir að hafa leiðrétt töluna með leiðréttingastuðlu (0,98) þá fékk ég um 760 dauð fallin tré í skóginum öllum eða um 9% af trjám skógarins. Ef tekið er mið af leiðréttingastuðlinum þar sem fallin lifandi tré eru talin með, þá má á sama hátt áætla að trjáfallið í skóginum öllum nái til um 1859 trjáa (760 tré x 1,58). Það gefur að um 1200 tré eða um 14% af gömlu trjánum hafa skemmst af völdum veðurs síðan um 2015. Út frá sömu forsendum er hægt að gefa sér að í skóginum öllum séu skemmd tré 760 x 3,08 eða um 2340 sem gefur okkur 2340/8400 = 0,28 x100 eða um 28%.

Samkvæmt útreikningum sem voru útlistaðir í kafla 2.3.4. kom eftirfarandi í ljós.

Í rjóðri 1 voru 54% einstaklinga skemmd eða fallin (1-20/44) x100

Í rjóðri 2 voru 57% einstaklinga skemmd eða fallin (1-19/44) x100

Í rjóðri 3 voru 80% einstaklinga skemmd eða fallin (1-11/56) x100

3.4 Endurnýjun

3.4.1 Sjálfsáning

Sjálfsáning var sjáanleg í einu af rjóðrunum þremur en hvergi í samanburðarreitum (Tafla 4). Rjóðrið sem var með sjáfsáðu plönturnar var með minnsta grunnflatarmál standandi trjáa samkvæmt mælingu með relascope, eða 4 m². Það þýðir að mest sólarljós barst niður á skógarbotninn í þessu rjóðri af öllum rannsóknarreitunum. Lúpína var einnig sjáanleg einungis í þessu sama rjóðri sem mögulega tengist því að það var með minnsta skuggun.

Tafla 4. Þarna er hægt að sjá samanburð á grunnfleti standandi trjáa að meðaltali í rjóðrunum og samanburðarflötunum. P-gildi upp á 0.003 sýnir fram á tölfræðilega marktækan mun á þéttleika þessara svæða.

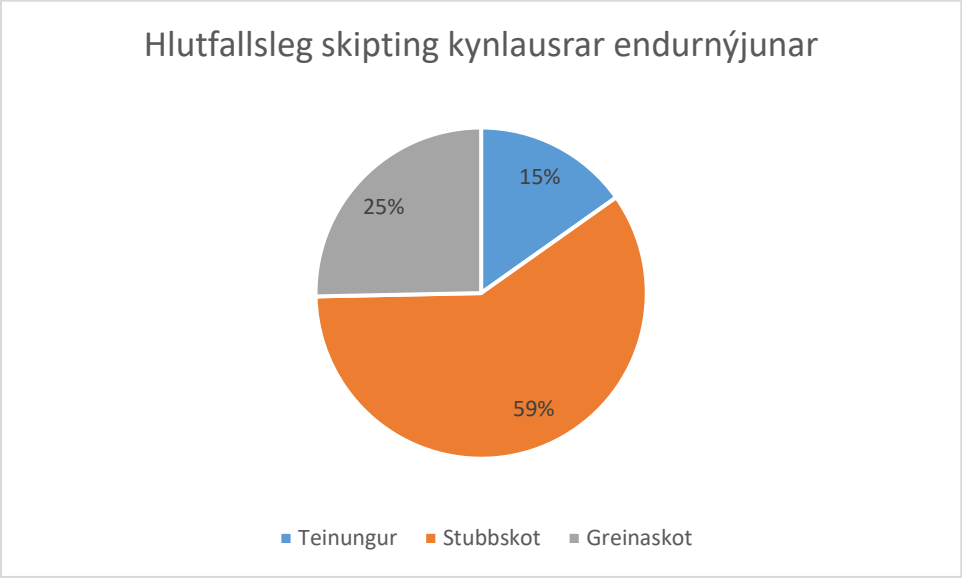
Gerð endurnýjunar/tré						
Rjóður	**Rjóður 1**	**Rjóður 2**	**Rjóður 3**	**Meðaltal**	**±SE**	**Tölfræðilegur munur (P-gildi)**
Grunnflötur (þéttleiki;m²/ha)	4	12	6	7.33	2.40	0.003
Sjálfsánar birkiplöntur á 10x10 m mælifleti	3	0	0	100±100*		Ekki metið **
Standandi skógur	**Flötur 1**	**Flötur 2**	**Flötur 3**			
Grunnflötur (þéttleiki;m²/ha)	36	34	26	32.00	3.06	
Sjálfsánar birkiplöntur á 10x10 m mælifleti	0	0	0	100±100*		Ekki metið **

Sjálfsánu plönturnar þrjár fengu vinnuheitin Planta 1, Planta 2 og Planta 3. Planta 2 og jafnframt sú stærsta hafði náð 175 cm hæð en hinar tvær voru minni. Plöntur 1 og 3 uxu báðar utan í þúfu en Planta 2 óx á flötu landi innan um blágresi. Planta 1 var ekki í samkeppni við tvíkímblöðunga en gróðurlendið umhverfis hana samanstóð af mosa 100%, feyru 30%, birkningum 20% og einkímblöðungum 20%. Planta 3 óx einnig utan í þúfu og var samsetning gróðurs umhverfis hana í hlutföllunum: mosi 60%, dauður viður 40%, birkningar 5%, einkímblöðungar 30% og tvíkímblöðungar 5% sem í þessu tilfelli var lúpína. 13. mynd sýnir eina af þremur sjálfsáðu plöntunum sem fundust í rjóðri 1.

13. Mynd. Planta 1 sem fannst í rjóðri 1. Ein af þremur sjálfsáðum plöntum sem fundust við gagnasöfnun í júní 2021.

3.4.2 Kynlaus æxlun

Við skoðun föllnu trjánna kom í ljós eins og áður sagði að aðeins 54% voru ekkert að endurnýja sig (Tafla 3). Þau tré sem voru á lífi voru flokkuð m.a. út frá því hvort þau hefðu teinung eða ekki, einhver þeirra voru með stubbskot og enn önnur með lifandi greinar eða teinung út frá greinum. 14. mynd sýnir okkur svo hvernig endurnýjun er háttað í rjóðrunum þremur. Þarna eru allir skemmdir einstaklingar sem eru með lífsmarki.



14. mynd. Tekur til þess með hvaða hætti endurnýjun kom fram á þeim föllnu einstaklingum sem voru með lífsmarki. Langalgengast var að stubbskot væru farin að myndast, greinaskot þar næst algengasta leiðin og teinungur sjaldgæfast.

Stubbskot voru skilgreind þannig að teinungurinn óx út úr stofni trésins en teinungur af hann óx upp af rótarhálsi undir yfirborði jarðvegs. Greinaskot voruskilgreind þegar nýju greinarnar komu út úr greinum á trénu. Teinungar voru skilgreindir sem greinar sem uxu beint upp af rótarhálsi. Skífuritið á 14. mynd sýnir hlutfall þeirrar endurnýjunar sem átti sér stað hjá þeim einstaklingum sem voru með lífsmarki. 58% þeirra trjáa sem voru á lífi höfðu búið til stubbskot og þar með er það langalgengasta formið af endurnýjun í þeim rjóðrum sem skoðuð voru. Teinungar sem við hefðum kannski haldið að væri aðalendurnýjunarleiðin, fyrir úttektina, var einungis að finna hjá 15% trjáa. og greinaskot hjá 25%.

3.5 Gróðurúttekt

Tafla 5 sýnir okkur gróðurgreiningu á botngróðri í rjóðrunum þremur og samanburðarreitunum. Aftasti dálkurinn sýnir svo einþátta fervikagreiningu á milli rjóðra og samanburðarreita. Það er ekki tölfræðilega marktækur munur á botngróðri á opnu og lokuðu

svæðunum. Ef eitthvað er er meiri gróðurþekja í samanburðarreitunum en samanlagt var gróðurþekjan þar að meðaltali 221% á meðan hún var 206% í rjóðrunum.

Tafla 5. Hér má sjá samantekt á heildargróðurþekju innan rjóðra og samanburðarflata. Aftasti dálkurinn gefur til kynna marktæki á mismunandi niðurstöður og hvergi nær munurinn nálægt því að vera tölfræðilega marktækur. Ef eitthvað er virðist þéttari gróðurþekja innan rjóðra en samanburðarreita.

Botngróðursgreining	**Rjóður 1**	**Rjóður 2**	**Rjóður 3**	**Tölfræðilegur munur (P-gildi)**
Gróðurhæð (cm)				
hæsta planta	67	60	59	0.77
þykkt svarðlags	20	13	9	0.93
Þekja % af heildaryfirborði				
mosi	57	48	0	0.96
feyra	31	58	81	0.59
dauður viður	8	0	5	0.32
birkningar	50	23	26	0.75
einkímblöðungar	15	40	49	0.86
tvíkímblöðungar	5	47	64	0.64
runnalag	3	0	7	0.33
Heildargróðurþekja %	169	216	232	0.46

Standandi skógur	Flötur 4	Flötur 5	Flötur 6
Gróðurhæð cm			
hæsta planta	70	58	62
þykkt svarðlags	15	12	16
Þekja % af heildaryfirborði			
mosi	75	24	10
feyra	46	74	82
dauður viður	1	2	2
birkningar	32	33	25
einkímblöðungar	38	39	33
tvíkímblöðungar	34	50	61
runnalag	0	1	2
Heildar gróðurþekja	226	223	215

4. Umræður

4.1 Hvert er flatarmál „gamla Bæjarstaðarskógar“?

Eins og fram kom í kafla 3.1.1. hef ég komist að þeirri niðurstöðu með mínum mælingum að flatarmál Bæjartaðartorfunnar hafi verið 10,0 ha síðsumars árið 1954. Þetta passar við áætlun Hákons Bjarnasonar (1936) en þá áætlaði hann einmitt að stærð skógarins væri um 10 ha. Þórunn Pétursdóttir (2003) gerði rannsókn á útbreiðslu alaskalúpínu í Morsárdal með fjarkönnun, þ.e. loftmyndir og LUK. Hún mat flatarmál alls Bæjarstaðarskógar 11,4 ha á loftmynd frá 1988, eftir að aurskiðurnar höfðu fallið. Árið 1965 mat hún að skógurinn allur hefði þakið 12,7 ha. Ekki er þó alveg ljóst hvort eitthvað af þessu flatarmáli var utan við gömlu skógartorfurnar þó það verði að teljast líklegt. Skógurinn tók svo að sá sér út fyrir gömlu torfurnar upp úr 1988 og þakti alls 22,4 ha árið 2000 (Þórunn Pétursdóttir, 2003). Þetta þýðir að hann hafði meira en tvöfaldað flatarmál sitt frá því að gömlu skógartorfurnar voru friðaðar 65 árum fyrr.

Ekki ber öllum heimildum saman um stærð skógarins á áttunda og níunda áratugnum. Sigurður Blöndal (1986) sagði til að mynda að Bæjarstaðarskógur væri þá metinn 24 ha á stærð, en það er einungis um helmingur þess sem Þórunn Pétursdóttir (2003) kortlagði af loftmynd frá 1988, og getur því ekki passað. Mögulegt er að hér hafi flatarmál gömlu giðringarinnar (22 ha) verið notað en hún var rúmlega tvöfalt umfangsmeiri að flatarmáli en skógurinn sjálfur. Einnig er möguleiki að kjarrleifar í Jökulfelli og Hálsaskógi í Morsárdal hafi þarna verið taldar með.

4.2 Er mögulegt að meta trjáfall í birkiskógum með fjarkönnun?

Það er samkvæmt niðurstöðum þessa verkefnis vel hægt að nota fjarkönnun til þess að meta trjáfall í íslenskum birkiskógum. Gæði slíkrar fjarkönnunnar velta þó að miklu leiti á ytri aðstæðum eins og veðurfari t.d. en ég komst að því að vindur og úrkoma höfðu mikil áhrif á gæði þess efnis sem náðist í drónamyndatökum. Önnur gagnleg niðurstaða var að myndir sem teknar eru eftir laufgun eru gagnslausar í því skyni að meta ástand trjáfalls því laufin skyggja á boli sem liggja á jörðinni. Gæði og upplausn eldri loftmynda eru einnig grundvallaratriði svo þær séu nothæfar til marktæks samanburðar eins og ég komst að í kafla 3.1.1.

Eins og fram kom í kafla 3.3.1. er í þessari könnun mjög sterkt línulegt samband á milli fjölda fallinna dauðra trjáa og stofna sem taldir voru á drónamynd og staðarúttektar í rjóðrum, eða með aðhvarfsstuðul upp á 0,98, sem hlýtur að teljast mjög gott. Sambandið á milli annarra

breyta var ekki eins gott og var leiðréttingarstuðullinn kominn upp í 1,58 af talin voru öll fallin tré í staðarúttekt, bæði þau sem voru að endurnýja sig og hin sem lágu dauð á jörðinni, og ef öll föllnu og skemmdu trén á vettvangi voru talin var leiðréttingarstuðullinn kominn upp í 3,08.

Ekki er hægt að fullyrða um það hvort sömu niðurstöður fengjust í öðrum skógum eða þegar trjáfall er meira en raunin var í Bæjarstaðarskógi og því nauðsynlegt að halda þessum rannsóknum áfram og gera fleiri úttektir með fjarkönnun sem staðfestar eru með staðarúttektum við fjölbreyttari aðstæður.

4.3 Hversu umfangsmikið er trjáfallið orðið í skóginum?

Eins og fram kom í kafla 3.3.1. reiknaði ég út með leiðréttingarstuðlinum 0,98 að um 9% af trjám í skóginum hafi verið fallin og dauð snemmsumars 2021 en það gera um 760 einstaklinga í skóginum öllum. Að sama skapi var reiknað út að 14% (um 1200 tré) væru fallin, bæði dauð og lifandi og að lokum að öll föllnu skemmdu trén væru um 28% (um 2340 tré) af heildarfjölda trjáa í skóginum öllu.

Í þessari rannsókn er stuðullinn þó reiknaður út frá rjóðrum sem voru valin út frá því að vera með þéttasta mynstur fallinna trjáa svo það gæti valdið einhverri skekkju á niðurstöðunum á skóginum öllum og gefur tilefni til frekari rannsókna. Þetta gefur okkur samt ákveðna vísbendingu um hvernig ástatt var fyrir skóginum sumarið 2021 og ljóst að stór hluti gömlu skógartorfanna hafi orðið fyrir einhverjum skaða frá árinu 2015. Það er því fullt tilefni fyrir Vatnajökulsþjóðgarð að fylgja þessari rannsókn eftir því ljóst að þróun mála er hröð þessi misserin. Niðurstaðan hér er að á sex árum eða frá 2015, hafi tæpur þriðjungur einstaklinga í skóginum orðið fyrir skemmdum eða fallið og það ætti að vera hvetjandi fyrir frekari vöktun og rannsóknir.

4.4 Er hafin endurnýjun þar sem skógurinn hefur opnast?

Í stuttu máli sagt þá er það niðurstaða þessa verkefnis að um helmingur fallinna einstaklinga í Bæjarstaðarskógi sýni merki um endurnýjun. Það var athyglisvert að eingöngu í því rjóðri sem var með minnstan grunnflöt standandi trjáa og þar með opnasta laufþakinu fundust þrjár sjáfsánar plöntur sem höfðu þrátt fyrir mjög þéttan botngróður náð að spíra og komast á legg. Það er því ef til vill samband af miklum og ríkulegum botngróðri og of miklum skugga inni í skóginum á meðan hann hefur ekki fallið á samfelldari stærri svæðum, sem kemur í veg fyrir endurnýjun með sjálfsáningu. Það að finna hins vegar kímplöntur birkis vaxandi utan í brotnum trjábolum, sem buðu upp á fræset ofan þykks botngróðursins (4. mynd) bendir til

þess að það sé ef til vill ekki síður mikil samkeppni á skógarbotni sem komi í veg fyrir sjálfsáningu þar sem birtan leyfir þó að kímplöntur komist upp. Það er vel þekkt að birki á erfitt með að komast á legg með sáningum í þéttum gróðri (Ása Aradóttir og Dagmar Hagen, 2013).

Það að finna þó einhverjar sjáfsánar plöntur í opnasta rjóðrinu gefur tilefni til ákveðinnar bjartsýni um að eftir því sem skógurinn opnist meira muni fleiri plöntur ná að stinga sér niður og vaxa upp fyrir botngróðurinn með sjálfsáningu. Það hversu ríkulegur botngróðurinn er inni í gamla skóginum og að ekki hafði orðið marktæk opnun á skógarbotninum við stormfallið í rjóðrunum er þó ákveðið áhyggjuefni fyrir örugga og mikla sjáfsáningu í framtíðinni. En eins og fram kom í Töflu 5 mældist heildargróðurþekjan á bilinu 169% - 232% sem verður að teljast nokkuð þétt gróðurþekja. Ef meira rask yrði á skógarbotninum þannig að steinefnajarðvegur opnaðist þá yrði sjálfsáning örugglega mun meiri. Að gera slík inngrip til að tryggja sjálfsáningu er stundað í ræktuðum skógum erlendis (Ashton og Kelty, 2018). Þar sem Bæjarstaður er innan Vatnajökulsþjóðgarðs þá er það í höndum þjóðgarðsins að taka afstöðu gagnvart slíkum inngripum.

4.5 Mun Bæjarstaðarskógur standa áfram?

Sú staðreynd að um helmingur allra föllnu trjánna sýni merki um einhvers konar endurnýjun í formi kynlausrar æxlunar (stubbskota, greinaskota eða teinunga af rótarhálsi) gefur tilefni til bjartsýni og er vísbending um að skógurinn muni áfram standa þarna á þessum torfum í einhverri mynd um ókomna framtíð. Hversu þéttur skógurinn verður í næstu kynslóð veltur hins vegar á því hversu mikil sjálfsáning verður, á meðan laufþakið er tiltölulega opið.

Algengasta form kynlausrar æxlunar í Bæjarstað eru smágreinar sem vaxa út úr stofni eða svokölluð stubbskot. Undirrituð hafði reiknað með að algengasta formið yrði teinungur af rótarhálsi svo þetta voru athyglisverðar niðurstöður. Erfitt er að áætla út frá einni könnun hver útskýringin á þessu sé. Stafar þetta af miklum þéttleika í botngróðri sem hindar teinungavöxt, af beitinni sem hefur (eða hafði fyrir einhverjum áratugum) fjarlægt teinunginn, eða eru þarna aðrar ástæður að baki? Undirritaðri þykir ólíklegt að þarna sé beit í dag um að kenna því stubbskotin voru langflest í þeirri hæð á stofninum að þau ættu að vera bitin til jafns við teinung sem kæmi af rótarhálsi. Ef til vill hefur þéttleiki botngróðurs eitthvað að segja.

Til þess að geta áætlað eitthvað með vissu um hvort þessi kynlausa æxlun leiðir til öruggrar endurnýjunar þarf að fylgja þessu ferli áfram, en þar sem trjáfallið er enn svo nýtt má áætla að aðstæður eigi eftir að breytast á komandi árum.

4.6 Mat á trjáfalli í skóginum öllum

Það er niðurstaða þessa verkefnis að snemmsumars 2021 hafi um 9% einstaklinga í Bæjarstaðarskógi drepist á síðustu 6 árum sökum vindfalls og um 28% allra einstaklinga í skóginum orðið fyrir vindskemmdum. Þetta er að gerast vegna þess að stofnarnir eru að ná hámarksaldri sínum og það er þekkt erlendis að vindskemmdir, ásamt skordýraskemmdum, eru megin leiðirnar í endurnýjun slíkra gamalla birkiskóga þar sem þeir vaxa norðan, eða ofan barrskógarmarka (Marquiz, á.á.).

Síðan vettvangsrannsóknin var gerð hefur gert þarna óveður og því verður að teljast líklegt að þar sem rjóðrin voru byrjuð að opnast hafi trjáfall enn aukist. Þetta þarf að skoða með frekari vettvangsrannsóknum og jafnvel með fjarkönnun.

5. Ályktanir / lokaorð

5.1 Ályktarnir

Helstu niðurstöður eftir vinnslu þessa verkefnis eru þær að kynlaus endurnýjun virðist enn sem komið er vera ráðandi form endurnýjunar og þá stubbskot. Sjáfsáning er lítil innan gamla skógarins og mældist einungis 100tré/ha á úttektarsvæðunum.

Áhugavert var að í rjóðrinu sem hafði allar sjáfsánu plönturnar var grunnflöturinn lægstur, eða aðeins um 4m², og má því reikna með að laufþakið sé mikið opið og birtuskilyrði betri fyrir spírun birkifræja. Hinsvegar er hinn mikli og þétti botngróður sennilega annar og ef til vill afar mikilvægur þáttur sem hindrar að kímplöntur komist upp inni í skóginum eftir trjáfall. Það kom á óvart að ekki var farið að gæta neinna marktækra áhrifa á grósku skógarbotnsins eftir trjáfallið. En þar hefði rask á þykkum botngróðrinum væntanlega bætt spírunarskilyrði birkifræja, en jafnframt má búast við enn aukinni grósku þegar trén hætta að skyggja á skógarbotninn (Kinnaird, 1974).

Ekki er hægt að fullyrða neitt um áhrif núverandi sauðfjárbeitar í skóginum á endurnýjun hans út frá niðurstöðum úttektarinnar. Það er þó óhætt að áætla að sá litli beitarþungi sem viðgengst í Bæjarstaðarskógi sé ekki að koma í veg fyrir að skógurinn endurnýji sig með einhverjum hætti. Því til stuðnings má benda á að ríkuleg sjáfsáning er utan skógarins og engin greinileg beitarmerki fundust á plöntum, stubbskotum eða teinungi í þessu verkefni.

5.2 Áframhaldandi rannsóknir

Það er augljóst að til þess að fá skýra mynd af endurnýjun íslenskra birkiskóga eftir stormfall er frekari rannsókna þörf. Bæði væri gagnlegt að skoða önnur landsvæði, með annars konar birki og annars konar botngróður. Einnig munu aðstæður í Bæjarstaðarskógi að öllum líkindum breytast með tímanum, bæði má búast við frekara stormfalli og einnig mun botngróður eiga eftir að aðlagast breyttum aðstæðum en rannsókn þessi er gerð mjög stuttu eftir að rjóðrin opnast og áhrifa vaxandi sólarljóss ef til vill ekki farið að gæta á skógarbotninum.

6. Heimildaskrá

Aðalheiður Jóhannsdóttir og Snorri Baldursson. (1995). Russel-lúpína á Nýja Sjálandi og alaskalúpína í þjóðgarðinum í Skaftafelli. *Morgunblaðið* 160 tlbl. bls 23.

Andrés Arnalds. (2018). Ecosystem Disturbance in Iceland. *Arctic and Alpine Research*, 19(4)508-513, DOI: 10.1080/00040851.1987.12002633

Arnór Snorrason, Björn Traustason, Bjarki Þór Kjartansson, Lárus Heiðarsson, Rúnar Ísleifsson og Ólafur eggertsson. (2016). Náttúrulegt birki á Íslandi – Ný úttekt á útbreiðslu þess og ástandi. *Náttúrufræðingurinn* 86:97-111.

Ashton, M., S. og Kelty, M., J. (2018). *The Practice of Silviculture, applied forest ecology* (10. útg). Oxford: John Wiley and sons Inc.

Ása Aradóttir og Dagar Hagen. 2013. Ecological restoration: approaches and impacts on vegetation, soils and society. *Advances in Agronomy*. 120:173-222. DOI: https://doi.org/10.2307/2258992

Borgþór Magnússon, Sigurður H. Magnússon, Kristbjörn Egilsson, Rannveig Thoroddsen, Járngerður Grétarsdóttir, Ingibjörg Eyþórsdóttir og Eyþór Einarsson. (2022). *Gróðurbreytingar í Skaftafelli í kjölfar friðunar og hlýnandi veðurfars*. Náttúrufræðistofnun Íslands: Garðabær.

Guðjón Jónsson. (1996). Bæjarstaðarskógur í 140 ár. *Skógræktarritið*, 1996 (1): 113-124.

Guðmundur Freyr Kristjánsson og Bjarni Diðrik Sigurðsson. (á.á). BSc. verkefni. óbirt. Landbúnaðarháskóli Íslands

Hákon Bjarnason. (1936). Friðun Bæjarstaðarskógar. *Ársrit Skógræktarfélags Ísland.* 1936 (1): 45-56.

Helgi Björnsson. (2009). *Jöklar á Íslandi.* Bókaútgáfan Opna. Reykjavík.

Ingólfur Davíðsson. (1983). Komið í Bæjarstaðaskóg 1951. *Skógræktarritið*, 1983(1): 43-44

Íslenski ferðavefurinn. (2022). Bæjarstaðarskógur, is.nat.is/baejarstadarskogur/

Kinnaird J., W. (1974). Effects of site conditions on the regenaration of birch *(Betula pendula roth* and *B. pubescens Ehr). Journal of Ecology*, 1974(62):467-472.

Landbúnaðarháskóli Íslands. (2013). *Ferðabók Skóga Íslands* 2013. Óútgefin skýrsla. Skógfræðibraut LbhÍ, 37 bls.

Landbúnaðarháskóli Íslands. (2015) Skógar Íslands. *Ferð nemenda í skógfræði árið 2015*. Óútgefin skýrsla. Skógfræðibraut LbhÍ, 43 bls.

Landbúnaðarháskóli Íslands. (2017). *Greinargerð skógfræðinema LBHÍ um fræðsluferð hringinn í kringum landið*. Óútgefin skýrsla. Skógfræðibraut LbhÍ, 40 bls.

Landmælingar Íslands (1954). LI2-0939. Tökudagur 15/9/1954. Flughæð 3500 m. Akranes:Loftmyndasafn Landmælinga Íslands. Sótt [12.09.2022] á https://www.lmi.is/is/vefsjar/korta-og-loftmyndasofn/loftmyndasafn

Magnús Tumi Guðmundsson, Helgi Björnsson og Finnur Pálsson. (1995). Changes in jokulhlaup sizes in Grimsvotn, Vatnajokull, Iceland. *Jökull* 41(138): 163-272.

Marquiz, A., D. (á.á.). *Silvical Requirements for natural birch regenaration*. Forest Service, US Department of agriculture. Upper Darby: USA.

Bryndís Marteinsdóttir, Kristín Svavarsdóttir, og Þóra Ellen Þórhallsdóttir. (2007). Landnám birkis á Skeiðarársandi. *Náttúrufræðingurinn, (*75):2-4

Hörður Kristinsson, Jón Baldur Hlíðberg og Þóra Ellen Þórhallsdóttir. (2018). *Flóra Íslands, blómplöntur og byrkningar*. Vaka Helgafell: Reykjavík.

Ólafur Eggertsson og Hjalti J. Guðmundsson. (2002). Aldur Birkis (betula pubescens Ehrh.) í Bæjarstaðarskógi – áhrif veðurfars á vöxt þess og þroska. *Skógræktarritið* (2) 85-89.

Pétur Halldórsson. (2022). Birki. Skógræktin. sótt 23.11.2022 á https://www.skogur.is/is/um-skograektina/frettir-og-vidburdir/frettir-og-pistlar/birki

Pollock, M.L., Milner, J.M., Waterhouse, A., Holland, J.P. og Legg, C.J. (2005). Impacts of lifestock in regenerating upland birch woodlands in Scotland. *Biological Conservation.* 123:4(443-452). DOI: 10.1016/j.biocon.2005.01.006.

Rannveig Ólafsdóttir, Schlyter, P. og Hörður V. Haraldsson. (2001). Simulating Icelandic vegetation cover during the Holocene implications for long-term land degradation. Geografiska Annaler, *Series A. Physical Geography* (83). 203-215.

Sigurður Þórarinsson. (1954). Athuganir á Skeiðarárhlaupi og Grímsvötnum 1954. *Jökull* 4:34-37.

Skógræktarfélag Íslands: *Skóglendi á Íslandi. Athuganir á stærð þess og ástandi.* Reykjavík. (1977). (fjölrit).

Snorri Sigurðsson, Borgný Katrínardóttir, Ester Rut Unnsteinsdóttir og Sunna Björk Ragnarsdóttir. *Samantekt Náttúrufræðistofnunar Íslands um stöðu líffræðilegrar fjölbreytni á Íslandi*. Málsnúmer : 202203-0041 Fygiskjal III. Náttúrufræðistofnun Íslands.

Surtsey.is. (2022). Sótt á https://surtsey.is/15-11-2022-nytt-rit-um-rannsoknir-i-surtsey/ þann 6.12.2022.

Wielgolaski, F.E., Karlsson, P.S. og Thannheiser, F.E. (2005). *Plant Ecology, Herbivory, and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Springer.

Wöll, C. (2008). *Treeline of mountain birch (Betula pubescens Ehrh.) in Iceland and its relationship to temperature.* [Diploma thesis in forest botany., Technical University Dresden]. Tharandt Þýskaland.

Þóra Ellen Þórhallsdóttir, Anna Helga Jónsdóttir, Hulda Margrét Birkisdóttir og Kristín Svavarsdóttir. (2022). Establishment of mountain birch (*Betula pubescens* ssp. *tortuosa*) on a glacial outwash plain: Spatial patterns an decadal processes. *Ecology and Evolution.* 12:10 doi: https//doi.org/10.1002/ece3.9430

Þórunn Pétursdóttir. (2003). *Notkun fjarkönnunar við mat á gróðurfarsbreytingum.* Ráðunautafundur 26. árg.

Veðurstofa Íslands. *Ársmeðaltöl fyrir stöð 748 – Skaftafell.* https://www.vedur.is/Medaltalstoflur-txt/Stod_748_Skaftafell.ArsMedal.txt [skoðað 11.11.2022]

Þröstur Eysteinsson. (2021). Kynslóðaskipti, *Skógræktarritið*, 2021(1): 96-111.

7. Viðaukar

7.1.1 Samsetning botngróðurs innan rjóðra og samanburðarreita

Eins og fram kom í Töflu 5 var ekki marktækur munur á milli botngróðurs í rjóðrum og samanburðarreitum. Tegundir voru einnig þær sömu en í öllum reitum voru blágresi, vallelfting og eski ráðandi tegundir. Hrútaber

7.1.1.1 Rjóður 1

Skv. mælingum með relascope var grunnfötur lifandi trjáa í rjóðrinu (þéttleiki skógar) aðeins 4m2/ha. Algengustu tegundirnar voru eski, blágresi, vallelfting og geithvönn, sveifgrös og lúpína. Um 25% af reitnum var þakið gulvíði en hann var allur uppétinn af asparglyttu. Það sem strax vakti mesta athygli í þessum reit var að það fundust 3 sjáfsáðar birkiplöntur en þarna var þéttur botngróður og mikill mosavöxtur. Planta 2 og jafnframt sú stærsta hafði náð 175cm hæð en hinar tvær voru minni. Plöntur 1 og 3 uxu báðar utan í þúfu en planta 2 plantan óx á flötu landi innan um blágresi. Planta 1 var ekki í samkeppni við tvíkímblöðunga en gróðurlendið umhverfis hana samanstóð af mosa 100%, feyru 30%, birkningum 20% og einkímblöðungum 20%. Planta 3 óx einnig utan í þúfu og var samsetning gróðurs umhverfis hana í hlutföllunum; mosi 60%, dauður viður 40%, birkningar 5% einkímblöðungar 30% og tvíkímblöðungar 5% sem var í þessu tilfelli lúpína. Mynd 13 sýnir eina af þremur sjálfsáðu plöntunum sem fundust í rjóðri 1.

7.1.1.2 Rjóður 2

Í rjóðri 2 var mikið af föllnu birki og nokkur lifandi tré. Áberandi voru stubbskot af brotnum stofnum og á einu tré var teinungur. Engin sjálfsáð birkiplanta. Skv relascope mælingu var flatarmál standandi viðar 12m2/ha sem er þrefalt á við það sem vari í rjóðri 1. Þarna þakti gulvíðir um 10-15% af svæðinu og var uppétinn af glyttu eins og annars staðar í skóginum. Algengustu botntegundir voru blágresi, vallelfting, brennisóley, sveifgras og hrútaber.

7.1.1.3 Rjóður 3

Þarna þakti gulvíðirinn 30-40% af reitnum, rjóðrið var opið og mikið af dauðum trjám án teinungs eða stubbskota. Í þessu rjóðri var farið í nærliggjandi tré til að finna hentuga borkjarna þar sem trén innan reitarins voru rotin og ekki hægt að ná heilum kjarna úr þeim. Grunnflötur standnandi trjáa þessa rjóðurs var skv. relacope 6m2/ha. Algengustu tegundir voru blágresi, brennisóley, vallelfting eski, hrútaber og sveifgras.

7.1.2 Samsetning botngríðurs innan samanburðarreita

7.1.2.1 Samanburðarreitur 1

Staðsettur rétt norðan við fyrsta rjóðrið. GRunnflötur í þessum reit mældist 36m2/ha með relascope. Þarna var runnalag með uppétnum gulvíði sem þakti um 15% reitarins. Þarna voru 16 standandi birkitré með meðaltalsþvermál upp á tæpa 13 cm. Algengustu botntegundir voru eski, vallelfting, blágresi, hrútaber, sveifgras, geithvönn og brennisóley. Ekki að sjá teinung hjá birkitrjánum en þarna voru 3 einstaklingar með myndarleg stubbskot sem voru 1-2 m á hæð. Amennt mjög þéttur og marglaga botngróður, lítið um dauða stofna en mosi, feyra, birkningar, einkímblöðungar og tvíkímblöðungar í öllum reitum.

7.1.2.2 Samanburðarreitur 2

Staðsettur suðvestur af rjóðrum 2 og 3. samkvæmt relascope mælingu var þéttleiki standandi viðar í þessum reit 34m2/ha. Runnalag með uppétnum gulvíði þakti um 20%. Eins og í samanburðarreit 1 voru þarna 16 standandi birkitré með meðaltalsþvermál upp á tæpa 11 cm. Töluvert var af teingungi á lifandi trjám og að því er virðist nokkurra ára gamlir teinungar sums staðar sem spjara sig vel. Í þessum reit voru mest áberandi botntegundirnar vallelfting, brennisóley, blágresi, sveifgras, geithvönn, hrútaber og ætihvönn.

7.1.2.3 Samanburðarreitur 3

Staðsettur rétt austan við samanburðarreit 2 og suðvestur af rjóðrum 2 og 3. Runnalag með uppétnum gulvíði þakti um 10% reitarins. Þarna voru 10 standandi tré með meðaltalsþvermál upp á 12.96 cm. Relascope mæling gaf þéttleika upp á 26m2/ha. Algengustu tegundir voru; blágresi, geithvönn, vallelfting, brennisóley, ætihvönn, hrútaber og sveifgras. Í þessum reit var eitthvað um teinunga á lifandi trjám en annars lítið um það enda þéttleikinn aðeins minni en í hinum samanburðarreitunum tveimur og því kannski ekki komið að endurnýjun.