

HV 2019-16
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Klópang í Breiðafirði, útbreiðsla og magn

Karl Gunnarsson, Julian Burgos, Lilja Gunnarsdóttir, Svanhildur Egilsdóttir,
Gunnhildur I. Georgsdóttir og Victor F. Pajuelo Madrigal

REYKJAVÍK MARS 2019

Klópang í Breiðafirði, útbreiðsla og magn

Karl Gunnarsson, Julian Burgos, Lilja Gunnarsdóttir,
Svanhildur Egilsdóttir, Gunnhildur I. Georgsdóttir og
Victor F. Pajuelo Madrigal



Upplýsingablað

Titill: Klóþang í Breiðafirði, útbreiðsla og magn		
Höfundar Karl Gunnarsson, Julian Burgos, Lilja Gunnarsdóttir, Svanhildur Egilsdóttir, Gunnhildur I. Georgsdóttir og Victor F. Pajuelo Madrigal		
Skýrsla nr: HV 2019-16	Verkefnisstjóri: Karl Gunnarsson	Verknúmer: 9236
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 20	Útgáfudagur: 20. mars 2019
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Kristinn Guðmundsson
Ágrip Klóþang er ríkjandi tegund í grjót- og klettafjöllum við Norður Atlantshaf. Það er tiltölulega hægvaxta tegund sem getur orðið a.m.k. 50 ára gömul. Hún er nýtt í nokkrum mæli í Kanada, Írlandi, Skotlandi og Noregi auk Íslands. Í Breiðafirði hafa á undanförunum áratugum verið tekin rúm 15 þúsund tonn af klóþangi á ári. Í kjölfar aukins áhuga á að nýta klóþang í Breiðafirði voru gerðar athuganir á dreifingu og magni klóþangs í firðinum. Beinar mælingar á lífmassa og stærð plantna voru gerðar á 37 stöðvum sem voru dreifðar um allan fjörð frá Ólafsvík í suðvestanverðum firðinum, inn um fjörur og eyjar og út að Haukabergsvaðli norðan við fjörðinn. Til að meta heildarþekju klóþangs í firðinum voru notaðar loftmyndir og gervitunglamyndir. Klóþang er ríkjandi þangtegund í fjöllum í Breiðafirði. Þéttleiki þess er að meðaltali um 13,5 kg m⁻². Hann er lægstur í mynni fjarðarins um 8 kg m⁻² að jafnaði og eykst eftir því sem innar dregur og er 18 kg m⁻² innst. Heildarflatarmál fjöru sem er þakið klóþangi í Breiðafirði er um 91 ferkílómetrar skv. greiningu loftmynda. Greining gervitunglamynda benti til þess að um 107 ferkílómetrar væru þaktir klóþangi. Heildarmagn klóþangs í Breiðafirði var reiknað og fengust um 1,06 milljón tonn ef notaðar voru þekjur af loftmyndum. Um 1,37 milljón tonn fengust ef þekjur úr greiningu gervitunglamynda voru notaðar. Niðurstöður mats á heildarmagni þangs í Breiðafirði eru mikilvægur liður í að tryggja sjálfbæra nýtingu þangs í firðinum. Það er hins vegar einnig nauðsynlegt í þessu samhengi að afla upplýsinga um endurvöxt þangsins eftir tekju og áhrif þangtekjunnar á lífríkið.		
Lykilorð: Klóþang, lífmassi, stærð, Breiðfjörður, klettafjörur		
Undirskrift verkefnisstjóra: 	Undirskrift forstöðumanns sviðs: 	

Tengill: karl.gunnarsson@hafogvatn.is

Heimilisföng höfunda:

¹ Hafrannsóknastofnun, ráðgjafar- og rannsóknastofnun hafs og vatna, Skúlagötu 4, 101 Reykjavík

²Náttúrufræðistofnun Íslands, Urriðaholtsstræti 6-8, 210 Garðabæ

³ Svarmi ehf, Árleyni 22, 112 Reykjavík

Efnisyfirlit	Bls.
Inngangur	2
Efniviður og aðferðir	4
Athugunarstöðvar	4
Gagnasöfnun	4
Loftmyndir	6
Drónamyndir	7
Gervitunglamyndir	7
Gagnameðhöndlun	8
Niðurstöður	9
Þéttleiki/lífmassi klóþangs	9
Flatarmál þangþekju	11
Heildarlífmassi klóþangs	13
Umræða	16
Samantekt	19
Þakkir	19
Heimildir	20

Töfluskrá

Tafla 1. Meðallífmassi annarra þangtegunda en klóþangs í Breiðafirði.

Tafla 2. Mat á heildar flatarmáli klóþangs í Breiðafirði ásamt útreikningum á heildarlífmassa þangsins í firðinum. Matið er annars vegar gert út frá hefðbundnum loftmyndum og hins vegar gervitunglamyndum (Landsat).

Myndaskrá

1. mynd. Árstíðabreytingar á sjávarhita árið 2016 nálægt yfirborði við Flatey í Breiðafirði. Mælirinn er á um 2 m dýpi neðan við meðal-stórstraumsfjörumörk. Gögn fengin af vef Hafrannsóknastofnunar (2019).

2. mynd. Dreifingu 37 athugunarstöðva um Breiðafjörð (gulir deplar), þar sem beinar mælingar voru gerðar á þangi. Endurvaxtartilraunastöðvar eru merktar með grænum deplum.

3. mynd. Mælingar á lífmassa þangs og lengd klóþangsplantna. Á hverjum söfnunarstað var þang athugað í tveimur sniðum frá efri mörkum klóþangsbeltisins að neðri mörkum. Ljós.: Svanhildur Egilsdóttir.

4. mynd. Landsat-8 gervitunglamynd, samsett úr þremur myndum sem teknar voru af Breiðafirði dagana 28. febrúar og 2. mars 2017. Myndirnar voru teknar um stórstraumsfjöru og voru notaðar til að meta flatarmál þangþekju í Breiðafirði

5. mynd. Dreifing fjölda hæðarstöðva á hverju sniði. Milli stöðva var 25 cm hæðarmunur.

6. mynd. Dreifing á mældum gildum fyrir lífmassa klóþangs í Breiðafirði. Athugið að lífmassinn var mældur á $0,25 \text{ m}^2$ reitum en hefur hér verið umreiknaður yfir í kg m^{-2} .

7. mynd. Niðurstaða GAM-líkans sem sýnir hvernig lífmassi þangs breytist með staðsetningu í firðinum frá um 8 kg m^{-2} sunnantil í fjarðarmynni til um 18 kg m^{-2} í fjarðarbotni í norðaustanverðum firðinum.

8. mynd. Samsett loftmynd af fjörunni skammt norðan við Bjarnarhöfn við Breiðafjörð. Myndirnar voru teknar með dróna í október 2016, á fjöru, um stórstraum.

9. mynd. Samsett loftmynd af fjöru við Þingvelli suðaustur af Stykkishólmi. Myndirnar voru teknar með dróna í nóvember 2016 um stórstraumsfjöru.

10. mynd. Samanburður á þekju klóþangs eins og hún birtist við greiningu loftmynda (rauður litur, vinstra megin) og Landsat gervitunglamynda (gulur litur, hægra megin). Myndirnar sýna þrjá staði í Breiðafirði sem dæmi. Efsta parið sýnir svæðið í mynni Kjálkafjarðar. Í miðið sjást Svefneyjar, Hvallátur, Skáleyjar og Sviðnur í Vestureyjum. Neðsta myndaparið sýnir fjöru í námunda við Stykkishólm.

11. mynd. Mismunandi gerðir klóþangsfjara í Breiðafirði. Ljós.: Svanhildur Egilsdóttir og Karl Gunnarsson.

Inngangur

Klópang er ríkjandi tegund í skjólsælum og miðlungsbrimasömum fjörum við allt Norður-Atlantshaf. Við strendur Evrópu vex það frá Hvítahafi suður til Portúgal og Ameríku megin frá Baffinslandi í NA-Kanada suður til New York fylkis, BNA. Klópang vex umhverfis allt Ísland og er líklega sú tegund lífvera sem mest er af í fjörum hér við land.

Klópang er fjölær planta sem vex tiltölulega hægt og getur orðið a.m.k. 50 til 60 ára gömul (Åberg 1992). Plantan lengist með vexti í endum greina en endurnýjar sig einnig með sprotum sem vaxa upp af festu og hliðargreinum sem vaxa út frá svokölluðum vaxtarkrikum sem dreifðir eru á jaðri greinanna upp eftir plöntunni. Þegar grein slitnar neðan við toppinn hættir hún að vaxa á lengdina en við taka hliðargreinar. Þegar plantan rofnar, slitnar eða er skorin, ræðst endurvaxtarhraði hennar m.a. af því hve mikið af vaxtarkrikum verður eftir til að taka við vextinum en það er háð því hvað plantan slitnar langt ofan við festu (Baardseth 1970).

Um þessar mundir er klópang nýtt í talsverðum mæli á austurströnd Kanada, við Maine á norðausturströnd Bandaríkjanna, við strendur Frakklands, Írlands og Skotlands, í Noregi auk Íslands. Ýmist er það handskorið (Kanada, Frakkland og Írland) eða skorið með mismunandi gerðum sérútbúinna þangsláttupramma (Maine í BNA, Skotland, Noregur og Ísland). Stór hluti af þanginu fer til framleiðslu gúmmíefnisins algínats en það fer einnig til framleiðslu á áburði, fóðri, fæðubótarefnum og fleiru.

Klópang hefur verið nýtt hér við land um aldir. Allt fram í byrjun 20. aldar var notkunin fyrst og fremst sem eldsneyti, til eldunar og hússhitunar. Þang var skorið í fjöru og þurrkað og síðan geymt á þurru stað heima við bæi (Lúðvík Kristjánsson 1980). Árin 1939-41, 1959 og síðast 1968 voru gerðar tilraunir með þangskurð og framleiðslu þangmjöls á Eyrarbakka og Stokkseyri en framleiðslan var skammvin (Andersen 2011). Árið 1975 hófst þangskurður og framleiðsla þangmjöls á Reykhólum við Breiðafjörð. Síðan þá hefur verið samfelld nýting á klóþangi í Breiðafirði. Á síðustu tveimur áratugum hefur uppskeran oftast numið milli 15 og 20 þúsund tonnum af klóþangi á ári.

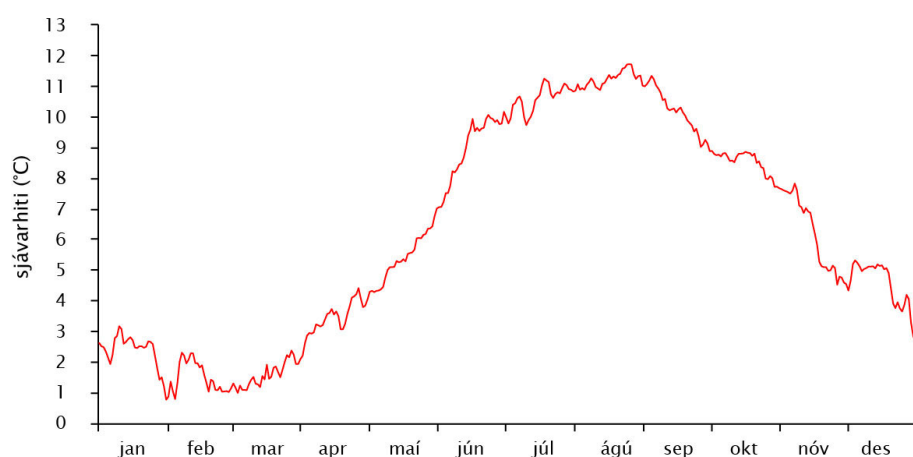
Á undanförunum árum hefur áhugi á nýtingu þörunga almennt, aukist um allan heim. Það á einnig við um nýtingu þangs. Nýlega hafa nokkrir aðilar sýnt áhuga á aukinni nýtingu þangs í Breiðafirði enda Breiðfjörður þekktur fyrir mikinn þangvöxt. Eyjar og sker eru sögð óteljandi í firðinum og hvergi við landið er munur flóðs og fjöru meiri en á Breiðafirði, um 4,3 m að meðaltali um stórstraum (Landhelgisgæsla Íslands 2016). Í Breiðafirði er einnig fjöruhalli víðast hvar lítill. Þetta gerir það að verkum að víðátta

fjörusvæða er gríðarlega mikil í firðinum. Agnar Ingólfsson (1975) hefur til dæmis getið sér til um að meira en helming af öllum þangfjörum við Ísland sé að finna í Breiðafirði.

Í framhaldi af áformum um aukna þangtekju í Breiðafirði ákváðu stjórnvöld að setja lög og reglur um sjálfbæra nýtingu sjávargróðurs í atvinnuskyni. Árið 2016 var lagt fyrir alþingi frumvarp um breytingar á lögum um umgengni um nytjastofna sjávar, um stjórn fiskveiða og um veiðigjald þar sem bætt er við ákvæðum um nýtingu sjávargróðurs en lítið sem ekkert var minnst á sjávargróður í fyrri lögum.

Til að tryggja sjálfbæra nýtingu klóþangs í Breiðafirði er nauðsynlegt að vita hve mikið er af klóþangi í firðinum og hversu mikið af því er óhætt er að taka. Það síðarnefnda ræðst m.a. af því hvernig plantan vex og endurnýjar sig eftir tekju. Auk þess ber að haga tekjunni þannig að hún sé sjálfbær hvað varðar áhrif á annað lífríki í firðinum.

Í þessari skýrslu er gerð tilraun til að meta heildarmagn klóþangs í Breiðafirði. Matið byggir á tvenns konar gögnum, annars vegar mælingum á lífmassa á hverja flatareiningu í fjörum og hins vegar á mati á heildarflatarmáli fjöru sem þakin er klóþangi. Til að meta lífmassa klóþangs voru gerðar beinar uppskerumælingar á 37 stöðum við fjörðinn (2. mynd). Til að meta heildarflatarmálið voru notaðar loft- og gervitunglamyndir. Heildarlífmassi klóþangs var síðan reiknaður út frá þessum tveimur þáttum.



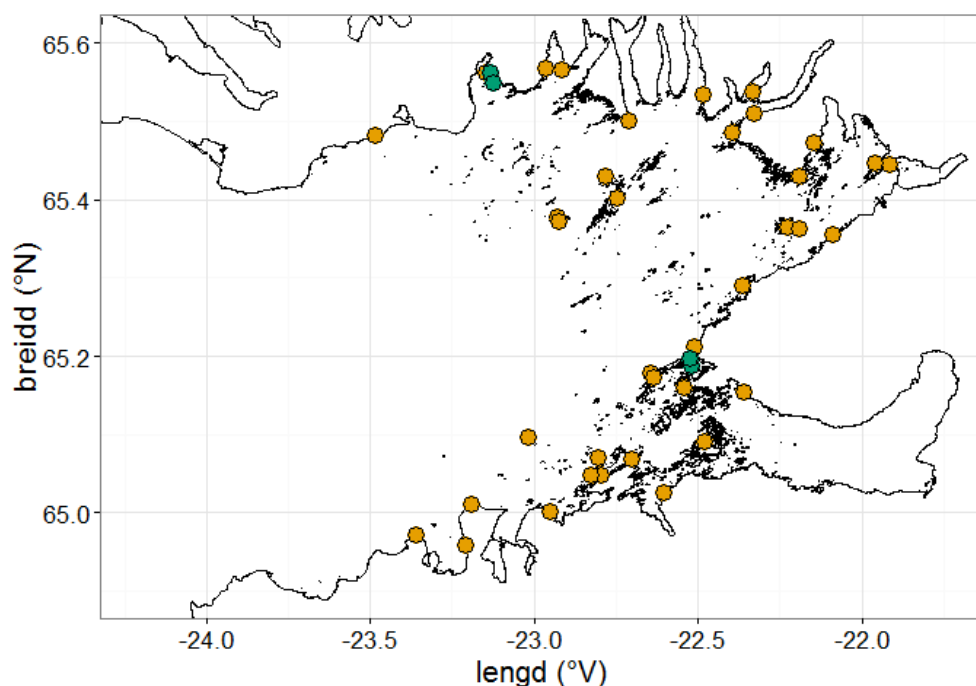
1. mynd. Árstíðabreytingar á sjávarhita árið 2016 nálægt yfirborði við Flatey í Breiðafirði. Mælirinn er á um 2 m dýpi neðan við meðal-stórstraumsfjörumörk. Gögn fengin af vef Hafrannsóknastofnunar (2019).

Efniviður og aðferðir

Athugunarstöðvar

Rannsóknasvæðið var í Breiðafirði innan línu sem hugsast dregin frá Hrínsesi við Haukabergsvaðal á Barðastönd norðan fjarðarins, suður í Látravík skammt innan við Ólafsvík á norðanverðu Snæfellsnesi. Síritandi hitamælir er í Flatey sem sýnir sjávarhita í firðinum (1. mynd). Það má búast nokkru meiri breytingum í hitastigi milli árstíða í botni fjarðarins en við Flatey sem er í miðjum firði vegna meiri áhrifa frá landi. Þar sem vitað er að hitastig hefur talsverð áhrif á vöxt þangs er þessi hitaferill sýndur hér.

Athugunarsvæðið nær inn í mynni Hvammsfjarðar en megnið af Hvammsfirði er utan við athugunarsvæðið. Valdir voru 40 staðir sem endurspegla breytileika í helstu þáttum sem taldir eru hafa áhrif á vöxt þangs: brimasemi, undirlag, halli, strauma og selta (2. mynd). Einnig var tekið tillit til þess við val á stöðum að þeir dreifðust um allt svæðið. Þremur staðanna var sleppt þar sem aðgengi eða aðrar aðstæður voru óhentugar.



2. mynd. Dreifing 37 athugunarstöðva um Breiðafjörð (gulir deplar), þar sem beinar mælingar voru gerðar á lífmassa þangs og lengdum klóþangsplantna. Endurvaxtar-tilraunir voru gerðar á stöðvum sem eru merktar með grænum deplum.

Gagnasöfnun

Byrjað var að mæla uppskeru klóþangs í apríl 2016 og var farið um hvern nothæfan stórstraum til mælinga þar til mælingum lauk í byrjun júlí. Unnið var um stórstraumsfjöru og var miðað við að safna gögnum einungis þá daga sem sjávarhæð

um fjöru væri lægri en 0,3 m yfir 0-punkti sjómælinga (Landhelgisgæsla Íslands 2016). Vinna í fjörunni hófst að jafnaði um þremur tímum fyrir háfjöru og lauk yfirleitt um þremur til fjórum tímum eftir háfjöru.

Á hverri athugunarstöð voru merkt tvö snið hornrétt á fjöruna ofan frá efstu klóþangsplöntum (við neðri mörk klappaþangsbeltis) niður að lágfjörumörkum. GPS hnit voru skráð á efstu og neðstu stöð sniðanna. Milli sniðanna voru hafðir 50 eða 100 metrar. Ef nægilega stór einsleitur kafli var til staðar, voru hafðir 100 m milli sniðanna, annars voru 50 m látnir duga. Byrjað var efst í fjöru. Snið 1 var unnið niður en snið 2 unnið upp fjöruna.



3. mynd. Mælingar á lífmassa þangs og lengd klóþangsplantna. Á hverjum söfnunarstað var þang athugað í tveimur sniðum, frá efri mörkum klóþangsbeltisins að neðri mörkum. Ljósm.: Svanhildur Egilsdóttir.

Á hvoru sniði voru sett út 10 reitapör ef því var við komið (hver reitur var 50 x 50 cm stálrammi; 0,25 m²). Efsta parið var sett á stöð rétt neðan við neðri mörk klappaþangsbeltis, það næsta 25 cm lægra í fjörunni og þannig koll af kolli niður fjöruna, að neðri mörkum klóþangsbeltisins eða að lágfjörumörkum (3. mynd). Á sniði 2 var byrjað við neðsta þang og reitapörin lögð með 25 cm hæðarmun upp fjöruna á sama hátt og endað við efri mörk klóþangsbeltisins. Hæðarmunurinn var mældur með tveimur jafnlöngum, kvörðuðum stikum. Lesið var af kvarðanum á efri stikunni og var neðri stikan færð niður eftir sniðinu þar til toppur á henni bar við sjóndeildarhring og við kvarðann á efri stikunni, 25 cm neðan við toppinn. Þar var næsti reitur fyrir neðan hafður. Þegar farið var upp fjöruna á 2. sniði var farið öfugt að og reitunum fundinn staður með 25 cm hæðarbili upp fjöruna. Þá sjaldan land eða eyja byrgði sýn og sjóndeildarhringur sást ekki, var miðað við sömu hæð í gagnstæðri fjöru, í stað sjóndeildarhrings. Fjarlægð milli reita var einnig mæld. Hæð reita yfir 0-punkti sjómælinga var ákvörðuð út frá mælingum á mun milli hæðar neðsta reits og sjávarhæðar um háfjöru, miðað við sjávarfallatöflu (Landhelgisgæsla Íslands 2016).

Í flestum tilfellum náðist að mæla þang í um 10 reitapörum (9,5 að meðaltali) á hverju sniði. Á allmörgum stöðum í innri hluta fjarðarins voru aðstæður þó þannig að færri en 10 reitapör voru frá efri mörkum niður að neðri mörkum klóþangs, þar þraut þangið og við tók leir.

Áætluð þekja hverrar þangtegundar (klappa-, bólu-, skúf- og klóþangs) var skráð í tugum prósentu fyrir hvern ramma. Allt þang sem var fast innan rammans var skorið 3 cm frá festu og hver þangtegund vigtuð sér í vigtarneti með handvog (ElectroSamson krókvog, Salter Brecknell, USA) sem hafði 10 g nákvæmni.

Við hvern reit voru valdar 4 klóþangsplöntur sem voru lengdarmældar með kvörðuðum hæðarstikunum. Til mælinga voru valdar þær plöntur sem voru næstar hornum reitsins. Sú grein hverrar plöntu sem náði lengst frá festu var mæld frá festu að enda greinar.

Skráð var, á hverju sniði, almenn lýsing á gróður- og dýralífi í fjörunni og hvort ásætur voru á þanginu. Ennfremur var skráð gerð undirlags og aðrar aðstæður auk þess sem allmargar myndir voru teknar.

Loftmyndir

Til að meta heildarflatarmál þangþekju í firðinum voru notaðar loftmyndir frá Loftmyndum ehf. Í landupplýsingaforritinu QGIS 2.18.0 (QGIS development team 2017) og ArchMap 10.3.1 voru afmarkaðir skikar þar sem sást að þang óx. Metin var þekja þangs í hverjum skika í prósentum (30, 50, 70 eða 90%). Engar loftmyndanna eru

teknar á háfjörum en lang oftast sáust þangflekki vel á myndunum. Þetta gerir það að verkum að efri mörk þangsins ættu að vera tiltölulega vel afmörkuð af loftmyndunum en neðri mörkin mun síður. Það leiðir líklegt af sér að heildarflatarmálið er vanáætlað. Þar sem því var við komið voru yfirlitsmyndir frá Samsýn (<http://kort.samsyn.is/gagnavefsja/>), Landmælingum Íslands (<http://kortasja.lmi.is/>), „Google-maps“ (www.google.is/maps/) og „Bing-maps“ (www.bing.com/maps/) hafðar til hliðsjónar og skikarnir leiðréttir ef hægt var. Einnig voru tiltækar ljósmyndir af fjörum Breiðafjarðar notaðar í sama tilgangi.

Drónamyndir

Drónar voru notaðir við myndatöku á tveimur svæðum í sunnanverðum Breiðafirði, við Bjarnarhöfn og við Þingvelli á Þórsnesi. Myndirnar voru teknar á háfjörum um stórstraum, í október við Bjarnarhöfn og í nóvember við Þingvelli. Við myndatöku voru gerðar staðlaðar endurvarpsmælingar við jörð til að leiðrétta endurvarpsgildi myndeininga við breytileg birtuskilyrði.

Við Bjarnarhöfn voru myndir teknar í 140 m hæð. Heildarsvæðið sem var myndað var 0,4 km² og náðust bæði fjölrásamyndir (*multispectral*, með 16 cm upplausn á myndeiningu) og venjulegar litmyndir (RGB, með 4,19 cm upplausn).

Við Þingvelli voru teknar drónamyndir úr 200 m hæð af 0,4 km² svæði. Snjór var yfir landinu í nóvember sem gerði fjölrása myndatöku erfiða, því voru eingöngu teknar hefðbundnar litmyndir (4,98 cm upplausn) þar. Við Þingvelli var ein af athugunarstöðunum 37 inn á myndatökusvæðinu. Mælingarnar sem höfðu verið gerðar á þeirri stöð voru hafðar til hliðsjónar við greiningu á myndunum. Drónamyndirnar voru fyrst og fremst notaðar til kvörðunar á gervitunglamyndum.

Gervitunglamyndir

Auk loftmynda voru notaðar gervitunglamyndir til að fá mat á flatarmáli þangþekju í fjörum Breiðafjarðar. Unnið var með gervitunglamyndir, teknar með Landsat 8 tungli (30x30 m upplausn, USGS, 4. mynd). Notaðar voru þrjár Landsat myndir sem saman þekja allan Breiðafjörð; ein mynd tekin 28. febrúar og tvær 2. mars 2017. Myndirnar voru teknar um miðjan dag, en báða þessa daga var stórstraumsfjara og heiðskír himinn.



4. mynd. Landsat-8 gervitunglamynd, samsett úr þremur myndum sem teknar voru af Breiðafirði dagana 28. febrúar og 2. mars 2017. Myndirnar voru teknar um stórstraumsfjöru og voru notaðar til að meta flatarmál þangþekju í Breiðafirði.

Notuð voru 6 mismunandi litrófsbil við greiningu á Landsat myndunum. Upplýsingar af dróna myndunum voru notaðar til grundvallar við flokkun myndeininga á gervitunglamyndunum. Flokkarnir voru: 1) land og annar gróður, 2) sjór og 3) klóþang. Landupplýsingaforritið QGIS var síðan notað til að greina útbreiðslu og þekju klóþangs af Landsat myndunum. Með samanburði dróna mynda og gervitunglamynda fékkst einnig mat á áreiðanleika útreikninga á flatarmáli þangþekju út frá gervitunglamyndum. Vegna fyrrnefndra annmarka á hefðbundnum loftmyndum og vandkvæða við afmörkun svæða af þeim sem þakin voru þangi (þangskika) var ekki talið ráðlegt að reikna skekkjuna af þeim eins og af gervitunglamyndunum. Með frekari greiningu og fleiri svæðum sem mynduð yrðu með drónum er vonast til að það verði hægt síðar.

Gagnameðhöndlun

Allir útreikningar voru gerðir með R gagnavinnsluforriti (R Core Team 2016). Halli fjöru var reiknaður út frá GPS mælingu á efsta og neðsta reit á hverju sniði og hæðarmun milli reita. Fyrir þau snið sem vantaði annað eða bæði GPS hnitin var hallinn reiknaður út frá samanlagðri mældri fjarlægð milli reita á viðkomandi sniði og hæðarmun milli efsta og neðsta reits. Sjávarhæð var leiðrétt fyrir mismun í loftþrýstingi, um 10 cm fyrir hver 10 millibör sem loftþrýstingur var yfir eða undir meðaltali (sjá Landhelgisgæsla Íslands 2016). Loftþrýstingsgildi voru fengin fyrir hvern dag frá sjálfvirkum veðurstöðvum Veðurstofu Íslands.

Gögn um brimasemi fengust frá Náttúrufræðistofnun Íslands þar sem brimasemi hafði verið metin með WEMo 4.0 líkani frá NOAA (Gunnhildur I. Georgsdóttir o.fl. 2016). Til að tengja lífmassa þangs við brimasemi var reiknað meðaltal af öllum brimasemisgildum í 100 metra radíus út frá hverri stöð.

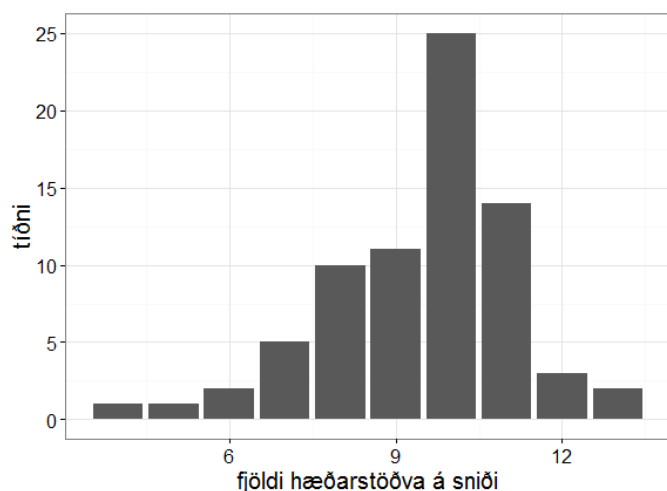
Til að kanna samband milli lífmassa klóþangs og brimasemi, halla, staðsetningu og víxlverkanir á milli þessara þátta voru prófuð nokkur líkön. Líkönin voru borin saman með AIC gildum (Akaike information criterion). Þau líkön sem voru prófuð voru línulegt líkan og GLS líkan (Generalized Least Squares). Endanlegt líkan sem var valið var GAM (Generalized Additive Model) líkan þar sem samband lífmassa, brimasemis og halla voru skoðuð sem línulegt fall og bætt við landfræðilegri staðsetningu. Líkanið notar „tweedie“ dreifingu og lógaritmískt tengifall.

Þekja þangs var metin af loftmyndum annars vegar og gervitunglamyndum hins vegar. Lífmassi þangs í hverjum þangskika fjarðarins var síðan reiknaður úr frá GAM líkani og niðurstöðurnar teknar saman til að finna heildarlífmassa þangs á rannsóknasvæðinu.

Niðurstöður

Þéttleiki/lífmassi klóþangs

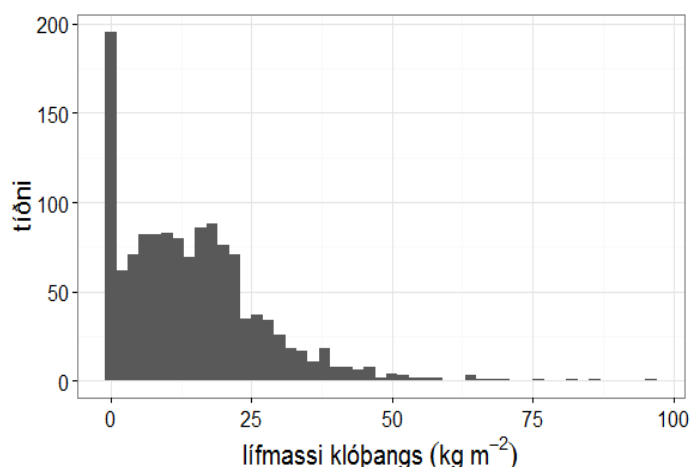
Í flestum tilfellum náðist að mæla milli 8 og 11 hæðarstöðvar á sniði (5. mynd). Minnst náðust aðeins 4 stöðvar og mest 13. Að meðaltali náðust 9,46 stöðvar á hverju sniði. Út frá þessu sést að klóþangsbeltið var að jafnaði rétt rúm 2 m að hæð en mest um 3 m. Að jafnaði náðust færri hæðarstöðvar í innanverðum firðinum en utar, þar sem leir þakti oft neðsta hluta fjörunnar í mjög skjólsælum fjörum.



5. mynd. Dreifing fjölda hæðarstöðva á hverju sniði. Milli stöðva var 25 cm hæðarmunur.

Klóbæng var ríkjandi þangtegund í fjörum Breiðafjarðar á öllum athugunarstöðvum nema ystu stöðvunum, við Krossanes sunnan fjarðarins og Skjaldvararfoss norðan hans. Þar var bólubæng og skúfbæng ríkjandi. Við Skjaldvararfoss var bólubæng ríkjandi um mest alla fjöruna. Þar var talsverður sandur í kring og þar er brimasamt. Það er því líklegt að sandurinn hamli vexti klóbængs. Við Krossanes er erfiðara að skýra það að klóbæng vantar. Þar er fjörubeðurinn grjót og klöpp.

Af 1400 reitum sem voru mældir var klóbæng á 1296. Algengast var að lífmassi klóbængs á hverjum reit ($0,25 \text{ m}^2$) mældist á bilinu frá 0 til 6 kg en mest fengust 24 kg af klóbængi af einum $0,25 \text{ m}^2$ reit (6. mynd). Meðalþyngd klóbængs, umreiknuð á fermetra, ef allir reitir eru teknir með var 13,53 kg (95% öryggisbil: 12,86 – 14,19 kg m^{-2}).



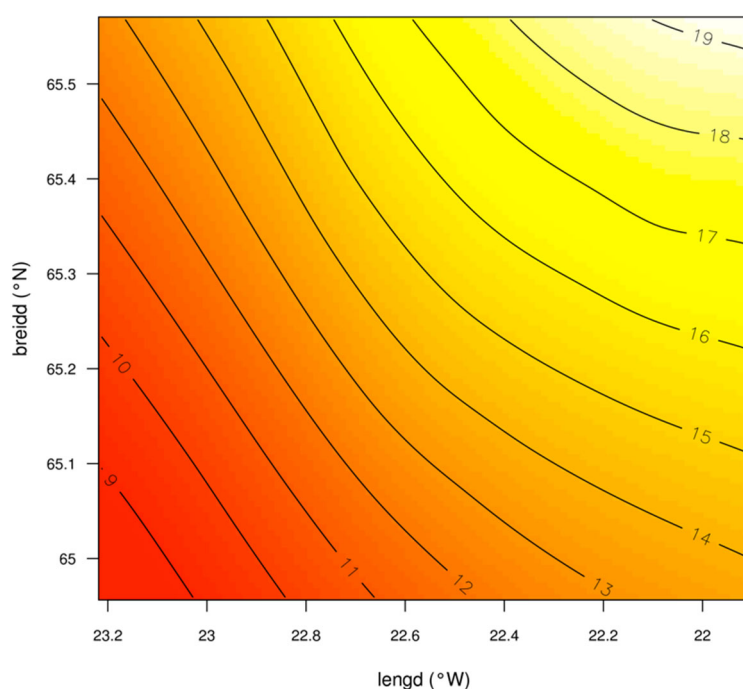
6. mynd. Dreifing á mældum gildum fyrir lífmassa klóbængs í Breiðafirði. Athugið að lífmassinn var mældur á $0,25 \text{ m}^2$ reitum en hefur hér verið umreiknaður yfir í kg m^{-2} .

Á tveimur ystu athugunarstöðum var lítið af klóbængi eins og áður segir. Við Krossanes, var bólubæng ríkjandi í efri hluta fjörunnar ($1,6 \text{ kg m}^{-2}$ að meðaltali) en skúfbæng í neðri hlutanum ($1,5 \text{ kg m}^{-2}$ að meðaltali). Við Skjaldvararfoss var bólubæng ríkjandi ($4,7 \text{ kg m}^{-2}$ að meðaltali). Bólubæng og skúfbæng voru að jafnaði í mjög litlu magni (tafla 1). Auk þeirra finnast í Breiðafirði þangtegundirnar klappabæng og dvergþæng sem vaxa efst í fjörunni, ofan við þann hluta fjörunnar sem athuginin náði til.

Tafla 1. Meðallífmassi annarra þangtegunda en klóbængs í Breiðafirði metið út frá öllum athugunarreitum

	<i>lífmassi kg m^{-2}</i>
<i>bólubæng</i>	1,06
<i>skúfbæng</i>	0,2
<i>ógreint þæng</i>	0,01

Skoðað var samband milli mælds lífmassa, brimasemi, halla fjöru og staðsetningar með GAM líkani. Ekki var marktækt samband milli lífmassa, brimasemis eða halla í okkar mælingum. GAM líkanið sýndi hins vegar marktæka breytingu á lífmassa klóþangs eftir staðsetningu í firðinum (7. mynd). Með því að taka einnig tillit til brimasemi jókst spágildi líkansins lítillega. Líkanið útskýrði 62% af breytileikanum í lífmassa klóþangs. Lífmassinn samkvæmt líkaninu fer úr um 8 kg m^{-2} yst í firðinum í 18 kg m^{-2} innst. GAM líkanið var notað við útreikninga á heildarlífmassa í firðinum (sjá aftar).



7. mynd. Niðurstaða GAM-líkans sem sýnir hvernig lífmassi þangs breytist með staðsetningu í firðinum frá um 8 kg m^{-2} sunnantil í fjarðarmynni til um 18 kg m^{-2} í fjarðarbotni í norðaustanverðum firðinum.

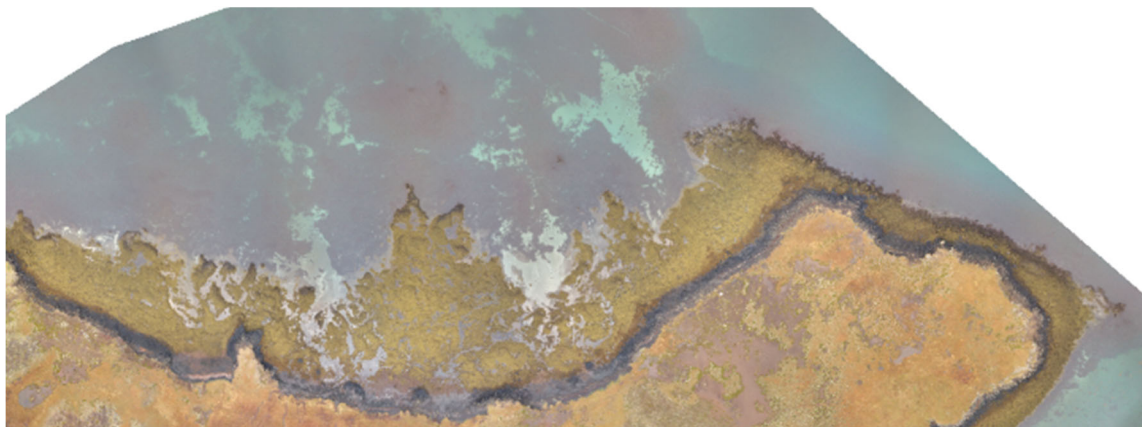
Flatarmál þangþekju

Þangfleckir sáust sæmilega vel á nærri öllum loftmyndunum. Mismikið hafði þó fallið út þegar myndirnar voru teknar. Engar myndanna voru teknar á háfjöru. Niðurstöður af afmörkun þangskika út frá loftmyndunum sýna efri mörk klóþangsþekjunnar í fjörunni og er oftast hægt að greina dökkt klappapang (efsta þangbeltið) frá klóþangi sem er ljósara á myndunum. Í mörgum tilfellum mátti einnig sjá neðri mörkin, einkum á þeim myndum sem teknar voru þegar stutt var í háfjöru eða þar sem skörp skil voru milli þangs og leirs við neðri mörk þangsins og þar sem sjór var yfir, en var tær og sléttur svo vel sást til botns á myndunum. Einnig mátti vel greina skúfþang og þara þar sem þau uxu neðst í fjöru og voru mun dekkri en klóþang. Oftast voru neðri mörkin þó

óljós eða sáust alls ekki á loftmyndum, þá hafði ekki fallið út nema að hluta þegar myndirnar voru teknar.

Niðurstöður mælinga af hefðbundnum loftmyndum eru að um 91 ferkílómetri af fjörum séu vaxnir klóþangi í Breiðafirði. Gera má ráð fyrir að heildarþekjan sé nokkru meiri þar sem niðurstöður greininganna eru vanmat á heildarþekju þangs í firðinum eins og gerð var grein fyrir hér að framan.

Hægt var að greina þrjár mismunandi þörungakekkjur á drónamyndunum sem samsvöruðu ríkjandi þang- og þarategundum (8. og 9. mynd); klappaþangi sem vex efst í fjöru og klóþangi sem er ríkjandi yfir megnið af fjörunni frá neðri mörkum klappaþangsþekjunnar niður að stórfjörumörkum. Neðst í fjörunni voru stundum áberandi flekkir af hrossapara og beltispara sem sáust einnig vel á dróna myndunum (8. mynd).



8. mynd. Samsett loftmynd af fjörunni skammt norðan við Bjarnarhöfn við Breiðafjörð. Myndirnar voru teknar með dróna í október 2016, á fjöru, um stórstraum.

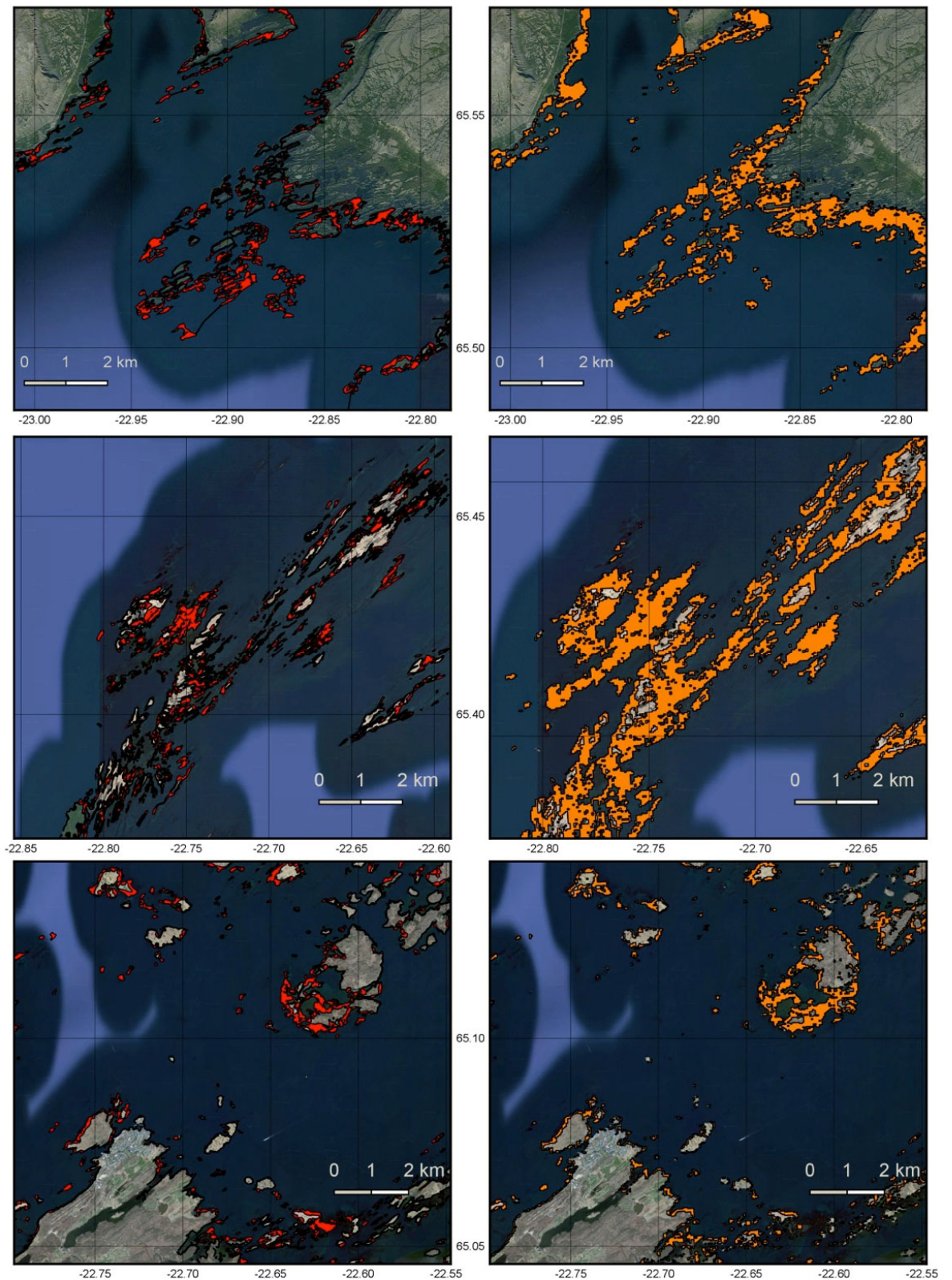
Endurvarp frá klóþangi eins og það kemur fram á dróna myndunum var borið saman við endurvarp á gervitunglamyndum til að flokka myndeiningar gervitunglamyndanna. Greining Landsat gervitunglamynda sýndi svipaða útbreiðslu klóþangs í Breiðafirði og greining loftmyndanna gaf til kynna (10. mynd) þó að flatarmálið væri nokkuð meira. Niðurstaða greiningar gervitunglamyndanna var að heildarflatarmál fjara með klóþangi í firðinum væri um 106,7 ferkílómetrar.



9. mynd. Samsett loftmynd af fjöru við Þingvelli suðaustur af Stykkishólmi. Myndirnar voru teknar með dróna í nóvember 2016, á fjöru, um stórstraum.

Heildarlífsmassi klóþangs

Ef við tengjum niðurstöður GAM líkansins, annars vegar við þekju klóþangs eins og hún var afmörkuð á loftmyndum og hins vegar við þekjuna sem fengin var af Landsat gervitunglamyndum fást tvær óháðar áætlanir á heildarmagni klóþangs í Breiðafirði.



10. mynd. Samanburður á þekju klóþangs eins og hún birtist við greiningu loftmynda (rauður litur, vinstra megin) og Landsat gervitunglamynda (gulur litur, hægra megin). Myndirnar sýna þrjá staði í Breiðafirði, sem dæmi. Efsta parið sýnir svæðið í mynni Kjálkafjarðar. Í miðrið sjást Svefneyjar, Hvallátur, Skáleyjar og Sviðnur í Vestureyjum. Neðsta myndaparið sýnir fjörur í námunda við Stykkishólm.

Skekkja í áætlun um heildarlífmassa klóþangs, byggt á gervitunglamyndum, var metin á eftirfarandi hátt. Á Landsat myndunum mátti greina 3927 myndeiningar sem flokkuðust sem klóþang. Með samanburði við drónamyndir fékkst að í 21,12 % tilfella var um ofmat að ræða þ.e. myndeiningar voru taldar sýna þang þegar ekkert þang var til staðar. Á hinn bóginn fékkst með sama hætti að í 17,84 % tilfella var talið að myndeiningar sýndu ekkert þang þegar þang var í raun fyrir hendi. Ofmat á þekjunni er því mun algengara en vanmat vegna þess að upplausn gervitunglamyndanna er mun minni en drónamyndanna.

GAM greining á niðurstöðum mælinga á lífmassa klóþangs gaf spá um þéttleika klóþangs í hverjum afmörkuðum skika ásamt staðalskekkju þeirrar spár fyrir þann skika. Til að fá mat á heildarskekkju fyrir lífmassamatið voru gerðar 1000 hermingar. Í hverri hermingu var eftirfarandi framkvæmt: Fyrir hvern skika var þéttleikagildi valið með slembiúrtaki og notað til þess meðaltal og staðalfrávik úr GAM spá fyrir þann skika. Mat á flatarmáli hvers þangskika á Landsat mynd var margfaldað með slembitölu með jafnri dreifingu á bilinu 0,7888 til 1. Það var gert til að taka tillit til tilviljunarkennds möguleika á að stærð skikans væri ofáætluð sem nemur 0 til 21,12%.

Þá var flatarmál hvers skika og þéttleiki klóþangs í honum margfaldað saman og að lokum var lífmassi í öllum klóþangsskikum lagður saman.

Hefðbundnu loftmyndirnar sem voru notaðar eru margar. Þær voru teknar á löngu árabili, við mismunandi birtuskilyrði. Þær hafa mismunandi upplausn og eru teknar við mismunandi sjávarstöðu. Erfitt er að áætla skekkju í mati á klóþangsþekju af loftmyndunum vegna þess hve ólíkar myndirnar eru. Það veldur því að skekkja á þangþekju á einum stað hefði aðeins gilt fyrir lítinn hluta myndanna. Við mat á heildarmagni klóþangs út frá loftmyndum er því einungis tekið tillit til skekkju af spá GAM líkansins.

Tafla 2. Mat á heildarflatarmáli klóþangs í Breiðafirði ásamt útreikningum á heildarlífsmassa þangsins í firðinum. Matið er annars vegar gert út frá hefðbundnum loftmyndum og hins vegar gervitunglamyndum (Landsat).

	<i>þekja (km²)</i>	<i>heildarlífsmassi (tonn)</i>	<i>95% öryggismörk</i>	
<i>Loftmyndir</i>	91,279	1.056.456	1.042.079	1.070.485
<i>Landsat</i>	106,752	1.373.849	1.341.290	1.406.408

Greining sem byggir á handteiknuðum skikum á loftmyndum gefur um milljón tonn af fersku klóþangi (tafla 2). Sambærilegt mat út gervitunglamyndum gefur heildarlífsmassa upp á um 1,4 milljónir tonna.

Umræða

Í þessari skýrslu er fjallað um rannsóknir á klóþangi í Breiðafirði sem efnt var til vegna áforma um aukna tekju þangs í Breiðafirði. Markmiðið var m.a. að áætla heildarmagn klóþangs í firðinum. Það var talin ein forsenda fyrir mati á því hvort ráðlegt væri að auka þangtekju í firðinum.

Klóþangsfjörur Breiðafjarðar eru mjög misjafnar að gerð. Sums staðar er samfelld þekja klóþangs yfir alla fjöruna frá efstu mörkum niður að stórstraumsfjöru. Annars staðar er klóþangið gisnara, allt niður í að vaxa á mjóum klapparönnum innan um víðáttumikla leirfláka (11. mynd).



11. mynd. Mismunandi gerðir klóþangsfjara í Breiðafirði. Ljós.:Svanhildur Egilsdóttir og Karl Gunnarsson.

Þéttleiki klóþangs í grjó- og klappafjörum við Breiðafjörð er einnig talsvert breytilegur ($8 - 18 \text{ kg m}^{-2}$). Þessi breytileiki tengist staðsetningu í firðinum (sjá 7. mynd). Minnstur er þéttleikinn að jafnaði yst og mestur innst í firðinum. Sambærilegar athuganir á þéttleika þangs annars staðar við landið eru ekki margar en benda til að þéttleiki klóþangs sé fremur hár í Breiðafirði. Munda (1964) mældi t.d. að meðaltali um $6,3 \text{ kg m}^{-2}$ í fjörunni milli Ölfusár og Þjórsár. Agnar Ingólfsson (2006) gerði mælingar á lífmassa þangs í fjörum allt í kringum land. Hann mældi um $5,5 \text{ kg}$ á fermetra (umreiknað af 800 cm^2) að meðaltali fyrir fjöru í norðanverðum Breiðafirði og á Vestfjörðum. Mestan þéttleika fann hann í fjörum á Austurland, $7,8 \text{ kg}$ á fermetra að meðaltali. Þéttleiki þangs virðist því talsvert meiri í Breiðafirði en annars staðar við landið. Líklegt er þó að þéttleiki þangs sé breytilegur eftir árum sem ræðst helst af því hvernig veður og ís leikur þangið. Á undanfórnum árum hefur verið fremur hlýtt við landið, vetur mildir og lítill ís á Breiðafirði. Hugsanlega hefur það þau áhrif að magn klóþangs í fjörum var mikið árið 2016 þegar við mældum.

Hingað til hafa engar haldbærar tölur verið til um heildarmagn klóþangs í Breiðafirði en heildarflatarmál grjó- og klapparfjara í Breiðafirði hefur verið talið um 144 km^2 (Agnar Ingólfsson 1975). Í þessari skýrslu er metið að klóþang þeki milli 91 og 106 km^2 af fjörum Breiðafjarðar. Munur milli talnanna liggur fyrst og fremst í því að klóþang þekur aðeins hluta fjörunnar og að hluti fjörunnar er þakinn öðrum þangtegundum eins og klappaþangi.

Okkar áætlun um heildarmagn klóþangs í Breiðafirði byggir á mælingum á þéttleika klóþangs í fjörunni og flatarmáli fjara sem vaxnar eru klóþangi. Mælingar á þéttleika eru í sjálfu sér einfaldar. Þar sem fjöldi mælinga var mjög mikill (1400 reitir) og þær dreifðust vel um fjörðinn með tilliti til þátta eins og staðsetningar, brimasemi og gerð fjöru má gera ráð fyrir að niðurstöður gefi býsna góða mynd af þéttleika klóþangs í Breiðafirði.

Áætlanir um heildarflatarmál fjara sem þaktar eru klóþangi eru hins vegar ýmsum annmörkum háðar. Loftmyndirnar sem voru notaðar eru mjög breytilegar hvað varðar birtuskilyrði, upplausn og hvernig stóð á sjávarföllum þegar þær voru teknar. Það var því oft snúið að afmarka klóþangsþekju af loftmyndunum. Það á sérstaklega við um neðri hluta fjörunnar. Vegna þess að mismikill hluti fjörunnar var hulinn sjó þegar myndirnar voru teknar er líklegt að mat á flatarmáli klóþangsþekju út frá loftmyndum sé vanmat.

Gervitunglamyndir eru í mismunandi upplausn eftir því úr hvaða tungli þær eru teknar. Á myndum frá Landsat-8, eins og notaðar voru í þessu verkefni, samsvarar hver

myndeining 30x30 m fleti af yfirborði jarðar við sjávarmál. Þó svo að myndeiningarnar hafi verið kvarðaðar með drónamyndum sem hafa upplausn sem nemur nokkrum fersentimetrum eru Landsat myndirnar samt það grófar að það er líklegt að þær ofáætli þekju klóþangs. Drónamyndirnar sem notaðar voru til að kvarða gervitunglamyndirnar voru teknar í tveimur, tiltölulega líkum fjörum. Kvörðunin takmarkast því við eina gerð fjöru en er notuð fyrir allan fjörðinn. Líklega fengist betra mat ef drónamyndir væru teknar af mörgum ólíkum fjörum.

Til eru gervitunglamyndir með mun meiri upplausn en Landsat myndir, eins og t.d. SPOT gervitunglamyndir með 10x10 m myndeiningar og RapidEye myndir sem hafa 5x5 m myndeiningar. Ef þær myndir væru notaðar fengist væntanlega nákvæmara mat á heildarþekju klóþangs í firðinum. Til þess þyrfti myndir sem teknar eru þegar það er heiðskírt og þekja allan fjörðinn á stórstraumsfjöru. Drónamyndir hafa mikla upplausn og henta mjög vel sem hjálpargögn við greiningu gervitunglamynda sem hafa miklu minni upplausn. Þær má nota þannig til kvörðunar á gervitunglamyndunum og til að meta skekkju í þekjumatinu.

Í þessari skýrslu er borið saman mat á heildarþekju klóþangs með tveimur aðferðum. Annars vegar með afmörkun klóþangskika af loftmyndum sem getur verið mjög nákvæmt en er afar tímafrekt verkefni. Nákvæmnin ræðst þó af því hve góðar loftmyndirnar eru og hvort þær eru teknar á háfjöru eða ekki. Hins vegar voru notaðar gervitunglamyndir sem auðvelt og fljótlegt er að greina eftir að þær hafa verið kvarðaðar með drónamyndum. Með gervitunglamyndum með hærri upplausn og fleiri hágæða drónamyndum til kvörðunar mætti fá nákvæmara mat á lífmassa þangs í fjöru. Í þessu verkefni hafa verið þróaðar aðferðir og verkferlar við greiningu og flokkun gagna úr gervitunglamyndum sem geta flýtt fyrir greiningu á þeim myndum.

Niðurstöður sem eru tíundaðar í þessari skýrslu eru hluti af þeim upplýsingum sem eru nauðsynlegar til að geta ráðlagt um sjálfbæra nýtingu klóþangs í Breiðafirði. Auk þeirra upplýsinga um magn og dreifingu þangsins sem birtar eru hér þarf að afla upplýsinga um vöxt þangsins. Mælingar á vexti þangs og sérstaklega endurvexti eftir þangtekju hófust í ágúst 2016 á fjórum stöðum í firðinum og munu þær mælingar taka nokkur ár. Þeim athugunum er einnig ætlað að sýna hvernig þangtekja með þangsláttuprómmum, þeirrar gerðar sem Þörungaverksmiðjan á Reykhólum notar, leikur þangið og hvernig það endurnýjar sig. Þess ber að geta að þangsláttur hefur verið stundaður með þangsláttuprómmum í Breiðafirði í rúm 40 ár. Nú þegar er komin löng reynsla af því hve lengi það tekur þangið að ná sér eftir þangskurð með þangsláttuprómmum. Ef önnur tæki yrðu notuð við öflun þangs þyrftu einnig að liggja

fyrir svipaðar upplýsingar um áhrif þeirra á þangið og endurnýjun þess eftir að það hefur verið skorið.

Þegar þang er tekið úr fjöru hefur það áhrif á annað líf í fjörunni. Hluti af búsvæðinu er fjarlæggt. Það breytir umhverfisskilyrðum fyrir þær lífverur sem eftir eru. Lífrænt efni sem ella hefði nýst að hluta til í firðinum hverfur út úr lífkeðjunni. Hvaða breytingar verða af þessu raski og hversu mikil áhrif þær hafa vitum við lítið um. Upplýsingar um það eru nauðsynlegar til að hægt sé að koma í veg fyrir að þangtekja valdi óásættanlegri röskun á lífríki Breiðafjarðar og öðrum nytjum sem menn hafa af lífverum sem beint eða óbeint eru háðar lífríki fjörunnar í firðinum. Það er brýnt að hefja slíkar rannsóknir sem fyrst.

Samantekt

Klóbang er ríkjandi þangtegund í fjörum í Breiðafirði. Þéttleiki þess er að meðaltali um $13,5 \text{ kg m}^{-2}$. Hann er lægstur í mynni fjarðarins um 8 kg m^{-2} að jafnaði og eykst eftir því sem innar dregur og er 18 kg m^{-2} þar sem þéttleikinn er mestur innst í firðinum.

Heildarflatarmál fjöru sem er þakið klóbangi í Breiðafirði er um 91 ferkílómetrar skv. greiningu loftmynda. Greining gervitunglamynda benti til þess að um 107 ferkílómetrar væru þaktir klóbangi.

Heildarmagn klóbangs í Breiðafirði var reiknað og fengust um 1,06 milljón tonn ef notaðar voru þekjur af loftmyndum. Um 1,37 milljón tonn fengust ef þekjur úr greiningu gervitunglamynda voru notaðar.

Þakkir

Verkefnið var styrkt af AVS rannsóknasjóði í sjávarútvegi. Það var unnið í samvinnu við fyrirtæki í þörungavinnslu, þau Miðhraun, Deltagen og Þörungaverksmiðjuna sem öll komu að undirbúningi og framkvæmd verkefnisins með okkur. Við viljum þakka Alice Beniot Cattin, Bylgju Sif Jónsdóttur, Hlyni Péturssyni, Hlyni Þorleifssyni, Kristni Guðmundssyni, Mariana Tamayo, Stefáni Áka Ragnarssyni og Steinunni Hilmu Ólafsdóttur, fyrir gott samstarf við söfnun gagna í Breiðafirði. Agnesi Eydal þökkum við aðstoð við greiningu loftmynda og Hans H. Hansen fyrir brimasemisútreikninga. Kristinn Guðmundsson las yfir handrit af skýrslunni og þökkum við honum góðar ábendingar. Við þökkum einnig Jóhannesi Haraldssyni og Birni Samúelssyni fyrir að slá fyrir okkur tilraunareiti vegna endurvaxtarmælinga. Finni Árnasyni hjá

Þörungaverksmiðjunni á Reykhólum þökkum við margháttaða aðstoð við framkvæmd verkefnisins. Að lokum viljum við þakka landeigendum við Breiðafjörð gott samstarf og fyrir að leyfa okkur að vinna í fjörum á þeirra landareign.

Heimildir

Åberg, P. (1992). Size based demography of the seaweed *Ascophyllum nodosum* in stochastic environments. *Ecology* 73: 1488-1501.

Agnar Ingólfsson. (1975). *Lífriki fjörunnar*. Rit Landverndar 4: 61-99.

Agnar Ingólfsson. (2006). *The intertidal seashore of Iceland and its animal communities*. Í Gísli M. Gíslason, Pétur Jónasson & Jón G. Ottóson (ritstj.) The Zoology of Iceland, vol 1 part 7. Zoological Museum, University of Copenhagen. 85 bls.

Andersen, Ó.K. (2011). Eyrarbakki - Saga og atburðir. <http://eyrbekkingur.blogspot.is> (sótt í mars 2017).

Baardseth, E. 1970. Synopsis of biological data on knobbed wrack, *Ascophyllum nodosum* (Linneus) Le Joli. Rev. 1. *FAO Fisheries Synopsis* 38: 1-48.

Gunnhildur I. Georgsdóttir, Karl Gunnarsson, Sigríður Kristinsdóttir og Guðmundur Guðmundsson. (2016). *Vistgerðir í fjöru*. Í Jón G. Ottóson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir (ritstj.), Vistgerðir á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr 54, 214-280.

Hafrannsóknastofnun. (2019). [https://sjora.hafro.is/siritar/vefur/\(sott\)](https://sjora.hafro.is/siritar/vefur/(sott)) 11. mars 2019)

Lúðvík Kristjánsson. (1980). *Íslenskir sjávarhættir I*. Bókaútgáfa menningasjóðs.

Munda, I.M. (1964). The quantity and chemical composition of *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. along the coast between the rivers Olfusa and Thjorsa (southern Iceland). *Bot. Mar.* 7: 76-89.

QGIS development team. (2017). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/>

R Core Team. (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>

Sjómælingar Íslands. (2016). *Sjávarfallatöflur 2016*. Sjómælingadeild Landhelgisgæslunnar, Reykjavík. 27 p.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna