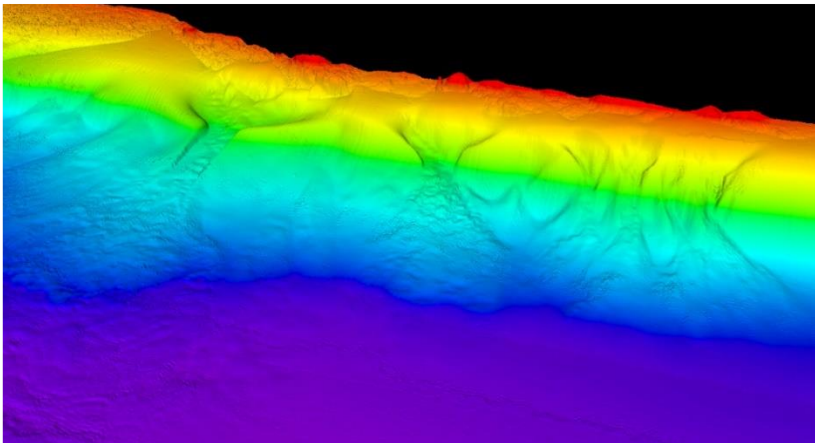


# Kortlagning á jarðfræði hafsbotsins í Seyðisfirði og Norðfirði

Neðansjávarskriður, botngerð  
og strandgerð



Ögmundur Erlendsson  
Árni Hjartarson  
Anett Blischke  
Guðmundur Birkir Agnarsson

Unnið fyrir Vegagerðina

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1699  
Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. – Sími: 528 1500 – Fax: 528 1599  
isor@isor.is – www.isor.is

Skýrsla nr. ÍSOR-2022/014	Dags. Mars 2022	Dreifing <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill Kortlagning á jarðfræði hafsbotnsins í Seyðisfirði og Norðfirði. Neðansjávarskriður, botngerð og strandgerð.		Upplag 1 Fjöldi síðna 30 + 4 kort (í sérskjali)
Höfundar Ögmundur Erlendsson, Árni Hjartarson, Anett Blischke og Guðmundur Birkir Agnarsson		Verkefnisstjóri Ögmundur Erlendsson
Gerð skýrslu / Verkstig		Verknúmer 21-0150
Unnið fyrir Vegagerðina		
Samvinnuaðilar Landhelgisgæsla Íslands		
Útdráttur Verkefnið snýr að neðansjávarjarðfræði- og jarðvarkortlagningu í Seyðisfirði og Norðfirði. Firðirnir eiga það sameiginlegt að þar má sjá greinileg merki um neðansjávarskriður sem hugsanleg jarðvá stafar af. Eitt af aðalmarkmiðum verkefnisins er að varpa ljósi stærð og umfang skriðanna, ásamt því að kortleggja og bæta þekkingu á botngerð og strandgerð fjarðanna. Meginniðurstaða verkefnisins er falin í útgáfu á þrennskonar mismunandi kortum af fjörðunum báðum, þ.e. jarðfræði- og jarðvarkorti, botngerðarkorti og strandgerðarkorti ásamt með jarðfræðiskýrslu. Vonast er til að þessar grunnathuganir nýtist við almennt mat á jarðvá og umhverfisáhrifum á viðkomandi stöðum og að litið verði til þeirra varðandi skipulag, staðarval og ýmsar framkvæmdir í eða við sjó. Alls voru 33 skriður kortlagðir, 26 í Seyðisfirði og 7 í Norðfirði, og helstu tölulegum upplýsingum safnað, s.s. um flatarmál, mestu lengd, úthlaupshorn o.fl. Skriðurnar skiptast í tvo flokka, þ.e. skriður sem fallið hafa af landi í sjó fram og skriður sem fallið hafa úr óstöðugum sethjöllum neðansjávar. Þótt ekki séu til staðfest tilfelli frá sögulegum tíma um neðansjávarskriður í íslenskum fjörðum sýna þessar rannsóknir að slíkar skriður hafa orðið fyrr á tímum. Þær benda einnig til að þar sem skriður hafa fallið eru líkur á að þær endurtaki sig. Hér er því á ferðinni náttúruvá sem þarf að hafa vakandi auga með.		
Lykilorð Neðansjávarskriður, skriður, jarðvá, botngerð, strandgerð, Seyðisfjörður, Norðfjörður, Vegagerðin, ÍSOR	Undirskrift verkefnisstjóra  Yfirfarið Gunnlaugur M. Einarsson	



## Efnisyfirlit

<b>1 Inngangur</b> .....	7
<b>2 Rannsóknargögn og -verkefni</b> .....	7
2.1 EMODnet-verkefnið .....	8
2.2 Fjölgeisladyptarmælingar .....	8
2.3 Botngerðarsýni.....	10
<b>3 Jarðsaga og landmótun fjarðanna frá ísaldarlokum</b> .....	10
<b>4 Jarðfræði og jarðvá á hafsbotni fjarðanna</b> .....	11
4.1 Skriðuföll á landi .....	13
4.1.1 Seyðisfjörður .....	14
4.1.2 Norðfjörður .....	14
4.2 Neðansjávarskriður.....	14
4.2.1 Seyðisfjörður .....	18
4.2.2 Norðfjörður .....	21
<b>5 Botngerðarkort</b> .....	22
5.1 Seyðisfjörður .....	23
5.2 Norðfjörður .....	24
<b>6 Strandgerðarkort</b> .....	25
6.1 Seyðisfjörður .....	25
6.2 Norðfjörður .....	26
<b>7 Helstu niðurstöður</b> .....	28
<b>8 Heimildaskrá</b> .....	29

## Töflur

Tafla 1. Yfirlit um helstu botngerðarannsóknir í Seyðisfirði og Norðfirði .....	10
Tafla 2. Tölulegar upplýsingar um kortlagðar skriður í Seyðisfirði og Norðfirði .....	16

## Myndir

Mynd 1. Fjölgeisladyptarmælingar LHG úr Seyðisfirði .....	9
Mynd 2. Fjölgeisladyptarmælingar LHG úr Norðfirði .....	9
Mynd 3. Olex-dýptarkort af Seyðisfjarðardjúpi og nágrenni.....	11
Mynd 4. Fjölgeisladyptarmælingar LHG af Seyðisfirði .....	12
Mynd 5. Sjá má skýra farvegi neðst í sethjöllunum undan ströndum Brimnes .....	13
Mynd 6. Ummerki um skriður á hafsbotni innst í Seyðisfirði .....	18
Mynd 7. Skriður 20–24 hafa fallið úr kanti sethjallans út af Látrum .....	20
Mynd 8. Neðansjávarskriður sem fallið hafa í kanti sethjalla út af Skálanesi í mynni Seyðisfjarðar ..	20
Mynd 9. Skriður 27–33 úti fyrir ströndum Neskaupstaðar í Norðfirði.....	21

Mynd 10. Botngerðarkort af hafsvæðunum umhverfis Ísland .....	22
Mynd 11. Botngerðarkort af Seyðisfirði með sjö flokka FOLK-kornastærðarflokkun .....	24
Mynd 12. Botngerðarkort af Norðfirði með sjö flokka FOLK-kornastærðarflokkun .....	25
Mynd 13. Strandgerðarkort af Seyðisfirði.....	26
Mynd 14. Strandgerðarkort af Norðfirði.....	27

## Kort (í sérskjali)

- Kort 1.** Kortlagðar skriður og önnur jarðfræðifyrirbrigði í Seyðisfirði. Fjölgeisladyptarmælingar frá LHG og hæðarlíkan ÍslandsDEM, útgáfa 1.0 frá LMÍ. Kort í mælikvarða 1:25.000.
- Kort 2.** Kortið sýnir reiknaðan halla yfirborðs bæði á landi og hafsbotni við Seyðisfjörð. Fjölgeisladyptarmælingar frá LHG og hæðarlíkan ÍslandsDEM, útgáfa 1.0 frá LMÍ. Kort í mælikvarða 1:25.000.
- Kort 3.** Kortlagðar skriður og önnur jarðfræðifyrirbrigði í Norðfirði. Fjölgeisladyptarmælingar frá LHG og hæðarlíkan ÍslandsDEM, útgáfa 1.0 frá LMÍ. Kort í mælikvarða 1:25.000.
- Kort 4.** Kortið sýnir reiknaðan halla yfirborðs bæði á landi og hafsbotni við Norðfjörð. Fjölgeisladyptarmælingar frá LHG og hæðarlíkan ÍslandsDEM, útgáfa 1.0 frá LMÍ. Kort í mælikvarða 1:25.000.

# 1 Inngangur

Hjá ÍSOR hefur verið unnið að jarðfræðirannsóknnum og kortlagningu, bæði á landi og hafsbotni, til áratuga. Með tilkomu mjög nákvæmra dýptamælinga (fjölgeislaamælinga) af fjörðum landsins, sem sjómælingasvið Landhelgisgæslu Íslands (LHG) hefur aflað á mælingabátnum Baldri síðastliðin ár, hafa opnast nýir möguleikar á að kortleggja landmótun, jarðfræði og jarðvá fjarðanna með nákvæmum hætti og bera saman við jarðfræði sem sjá má á landi. Einnig eru til botngerðarmælingar úr þessum fjörðum og á grundvelli þeirra hafa verið teiknuð botngerðarkort. Með notkun loftmynda og DEM-hæðarlíkans er hægt að túlka og kortleggja jarðfræði og strandgerð fjarðanna.

Rannsóknir og kortlagning á skriðuföllum er hluti af þeim verkefnum sem ÍSOR hefur unnið að til fjölda ára ásamt samstarfsaðilum sínum (s.s. Veðurstofa Íslands). Árið 2021 hlaut ÍSOR styrk hjá rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar til að vinna að þessu verkefni sem snýr að jarðfræði- og jarðvarkortlagningu strandsvæða í Seyðisfirði og Norðfirði. Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar.

Firðirnir eiga það sameiginlegt að þar má sjá greinileg ummerki um neðansjávarskriður og skriður sem fallið hafa af landi og teygt sig langt út í sjó. Ljóst er að hætta getur stafað af sambærilegum skriðuföllum. Eitt af aðalmarkmiðum verkefnisins er að varpa ljósi á gerð, stærð og umfang skriðanna. Vel þekkt er að skriður sem þessar geta komið af stað flóðbylgjum (tsunami) sem farið geta langar leiðir og valdið miklu tjóni og hættu fyrir sjófarendur, nærliggjandi sveitarfélög, mannvirki og samgöngukerfi fjarðanna. Þar sem neðansjávarskriður hafa fallið í fjörðum er ákveðin vísbending um að þar séu óstöðugar hlíðar og jafnframt er hugsanlegt að slíkir atburðir geti endurtekið sig með mögulegri hættu á flóðbylgju.

Litlar rannsóknir hafa verið gerðar á neðansjávarskriðum umhverfis Ísland en víða á landi hafa skriður og skriðusvæði verið nokkuð vel rannsökuð og kortlögð. Nýlegir atburðir á Seyðisfirði hafa sýnt að bæta þarf í rannsóknir á skriðum um allt land, ekki síst í ljósi breytinga á veðurfari og loftslagi. Rannsókn og kortlagning á neðansjávarskriðum við Seyðisfjörð og Norðfjörð geta varpað ljósi á það við hvaða aðstæður þær verða. Mikilvægt er að auka skilning á umhverfi og jarðfræði fjarðanna og þeim hættum sem þar kunna leynast til geta tekið skynsamlegar ákvarðanir við umhverfismat, þróun byggða og skipulagningu og uppbyggingu á samgöngukerfinu.

Fjögur lykilkort fylgja skýrslunni í sérskjali.

## 2 Rannsóknargögn og -verkefni

Hjá ÍSOR hafa verið dregnar saman viðamiklar upplýsingar um hafsbotsrannsóknir á strand- og hafsvæðum við landið. Byggður hefur verið upp gagnagrunnur hafsbotsrannsókna sem inniheldur m.a. fjölgeisladýptarmælingar, jarðlagamælingar, borholur, kjarna og botngerðarsýni ásamt víðtæku yfirlit um rannsóknarleiðangra á haf- og strandsvæðum umhverfis landið. Þessara gagna hefur verið aflað í gegnum árin og áratugina í fjölda erlendra og innlendra rannsóknarleiðangra. Frá því árið 2013 hefur EMODnet-verkefnið (European Marine Observation Data Network) verið eitt þeir verkefna sem lagt hefur grunninn að gagnasöfnun, úrvinnslu og túlkun fjölgeisladýptarmælinga og botngerðasýna af landgrunni Íslands í samstarfi ÍSOR við Hafrannsóknastofnun og Landhelgisgæslu Íslands.

Verkefnið sem hér er greint frá nýtur góðs af þeim gagnagrunni og þekkingu sem ÍSOR hefur aflað og byggt upp. Helstu rannsóknargögn sem unnið var með í þessu verkefni eru fjölgeisla- og eingeisladýptarmælingar, botngerðarsýni, loftmyndir, hæðarlíkön (ÍslandsDEM, Landmælingar Íslands) ásamt gögnum og upplýsingum úr eldri rannsóknarskýrslum og tímaritsgreinum.

## 2.1 EMODnet-verkefnið

Verkefnið er samvinnuverkefni fjölmargra stofnana í löndum Evrópu sem starfa að haf-rannsóknum og er fjármagnað af Evrópusambandinu. Helsti tilgangur verkefnisins er að draga saman og samræma rannsóknargögn og útbúa ýmis jarðfræðikort. Í framhaldinu eru upplýsingar um gögnin og jarðfræðikortin gerð aðgengileg á rafrænu formi jafnt fyrir einstaklinga sem og opinbera aðila. Nú þegar hafa sjö fagsvið verið skilgreind: sjómælingar, jarðfræði hafsbotsins, eðlisfræði, efnafræði, líffræði, búsvæði lífvera og mannleg umsvif. ÍSOR sinnir jarðfræðasviðinu sem er skipt á milli nokkurra vinnuhópa. Þau kort sem ÍSOR hefur unnið að á landgrunni Íslands eru: botngerðarkort með upplýsingum um setgerð og setmyndunarhraða, berggrunns- og landmótunarkort, jarðvárkort, strandhegðunar- og strandgerðar kort, kort sem sýnir efni og jarðrænar auðlindir o.fl. (Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson, 2018).

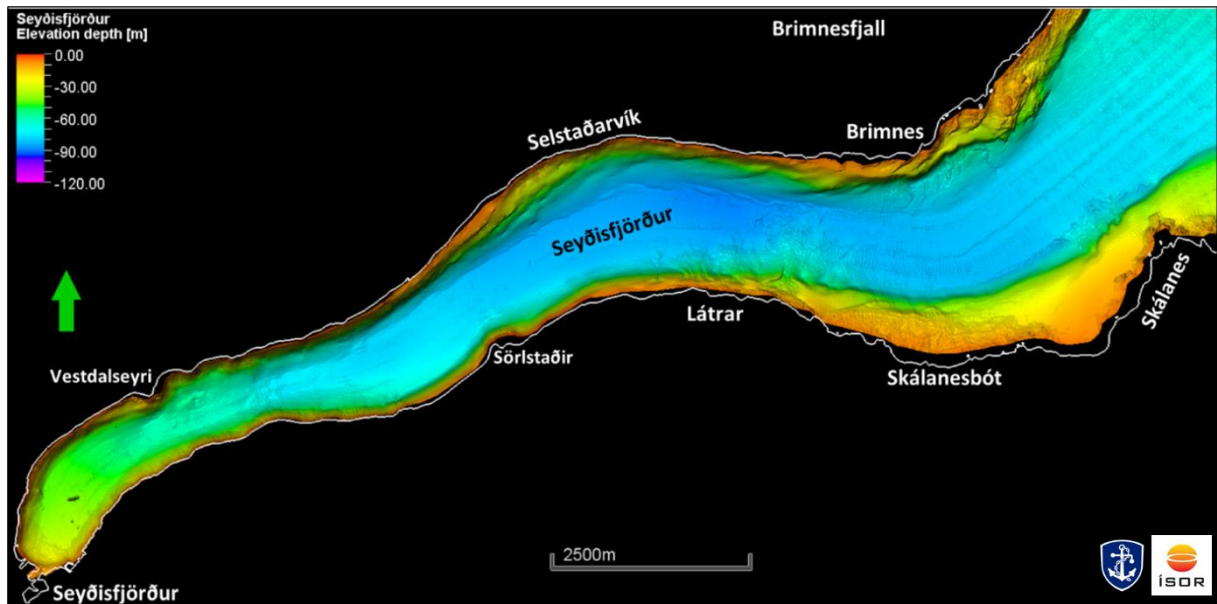
## 2.2 Fjölgeisladýptarmælingar

Sjómælingasvið Landhelgisgæslu Íslands (LHG) hefur það hlutverk að sjá um dýptarmælingar á grunnsævi umhverfis landið eða þar sem hafdýpi er um 100 m eða minna. LHG hefur þ.a.l. mælt fjölmarga firði landsins með fjölgeislamæli sjómælingabátsins Baldri. Dýptarmælingar með fjölgeislamæli snúast í einföldu máli um að mæla fartíma hljóðbylgju sem endurvarpast af hafsbotni. Þessi fartími er svo umreiknaður í dýpi með aðstoð mælinga á hljóðhraða í sjó á mælingasvæðinu. Fjölgeislamælir sendir frá sér marga hljóðgeisla samtímis undir mismunandi horni. Þannig er hægt að mæla breitt svæði á hverri siglingarlínu. Vegna gríðarlegs fjölda hljóðgeisla sem mælirinn sendir út næst mjög nákvæm mæling á sjávardýpi og lögun hafsbotsins en það gerir okkur kleift að kortleggja nákvæmlega landmótun, jarðfræði og jarðvá hafsbotsins.

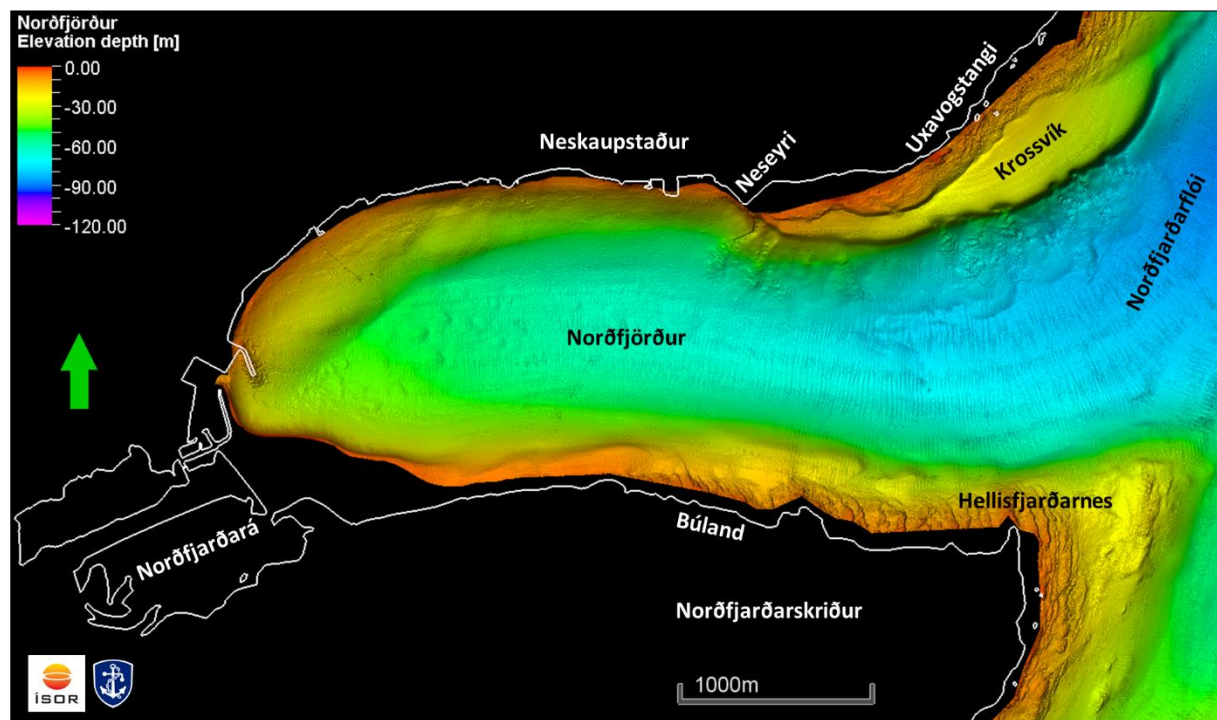
ÍSOR fékk aðgang að fjölgeislamælingum LHG úr Seyðisfirði og Norðfirði í tveggja metra upplausn (myndir 1 og 2). Sjómælingarbáturinn Baldur aflaði gagnanna sumarið 2004 í fjórum mælingaferðum (NA-102, NA-103, NA-108, NA-109) með þáverandi fjölgeislamæli Baldurs af gerðinni RESON-8101. Gögnin eru af mjög góðum gæðum og sáu starfsmenn sjómælingasviðs LHG um úrvinnslu og hreinsun þeirra.

Fjölgeislamælingarnar voru settar upp í jarðvísindahugbúnaðinn PETREL sem er í senn gagnagrunnskerfi og tæki til vinnslu og túlkunar gagna þar sem unnið var með þau í tví- og þrívídd. Túlkunin var síðan færð yfir í landfræðilegt upplýsingarkerfi ArcGIS til kortagerðar. Flestar myndirnar af fjölgeislagögnunum eru með ýktan dýptarskala þannig að hæðin er fjórtilfimmföld á móti lengd.





Mynd 1. Fjölgeisladyptarmælingar LHG úr Seyðisfirði.



Mynd 2. Fjölgeisladyptarmælingar LHG úr Norðfirði.

## 2.3 Botngerðarsýni

Nokkrum fjölda botngerðarsýna hefur verið aflað með botngreip í Seyðisfirði og Norðfirði. Þau hafa verið kornastærðargreind og flokkuð í tengslum við leit að byggingarefnum í sjó og vegna rannsókna á lífríki hafsbotsins fyrir umhverfismat og áform um fiskeldi (tafla 1). Þessi sýni eru hluti af gagnagrunni ÍSOR og er staðsetning sýnanna sem svartir hringir á botngerðarkortunum í kafla 5.1 og 5.2.

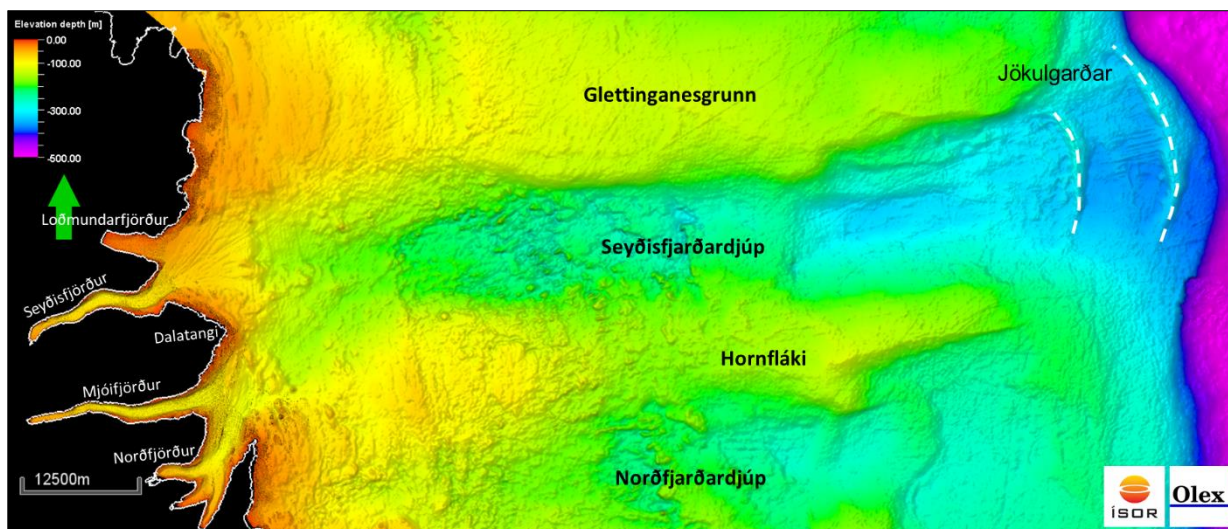
Fjöldi botngerðarmerkinga á sjókartum eru einnig höfð til hliðsjónar við úrvinnslu botngerðarkorta, einkum þar sem engar aðrar upplýsingar er að hafa. Þessar merkingar eiga rætur sínar að rekja til dýptarmælinga og sýnatöku sem Danir stunduðu hér á síðustu áratugum 19. aldar og tveimur fyrstu áratugum 20. aldar. Lítið er vitað um þessi sýni og hvort einhverjar kornastærðarmælingar hafi verið gerðar á þeim. Einnig má gera ráð fyrir því að staðsetning sýnanna sé frekar ónákvæm miðað við nútímakröfur.

Tafla 1. Yfirlit um helstu botngerðarannsóknir í Seyðisfirði og Norðfirði

Staður	Fjöldi botnsýna	Heimildir
Seyðisfjörður	10	Kjartan Thors og Þórdís Ólafsdóttir, 1975. Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975.
Seyðisfjörður	13	Sigmar Arnar Steingrímsson, 2009. Botndýralíf í Seyðisfirði: Rannsókn gerð í tengslum við undirbúning á laxeldi í sjó.
Seyðisfjörður	16	Erlín E. Jóhannsdóttir o.fl., 2018. Rannsóknir á lífríki Seyðisfjarðar.
Norðfjörður	15	Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003. Botndýr í botni Norðfjarðar.

## 3 Jarðsaga og landmótun fjarðanna frá ísaldarlokum

Í Seyðisfjarðardjúpi, út undir landgrunnsbrún, 100 km úti af Dalatanga, eru miklir jökulgarðar sem taldir eru frá hámarki síðasta jökulskeiðs, sem var fyrir um 20 þúsund árum (mynd 3) (Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson, 2018). Þegar jökuljaðarinn var þar hefur líklega ekki sést í nein fjöll umhverfis Seyðisfjörð. Undir þykkum jökulísnum var berggrunnurinn og landslag hans að mestu komið í líkt horf og enn er í dag. Ísröndin hörfaði hratt til lands á síð-jökultíma og fyrir um 15 þúsund árum voru strandfjöll og ystu annes auð en jöklar fylltu firði og dali. Um alllangt skeið hafa aðstæður síðan verið þannig að jökull skreið út Seyðisfjörð og úr þverðölum hans og skálum á meðan háfjöllin beggja vegna stóðu upp úr ísnum. Ísaldarjökullinn í Seyðisfirði virðist hafa verið langlífari en jöklar í flestum fjörðum Austfjarða. Það sést á því að engin ummerki eru um háa sjávarstöðu í fjarðarbotninum. Slík ummerki, sjávarhjallar og fornar strandlínur, má sjá í flestum eða öllum öðrum fjörðum á Austurlandi. Jökultunga hefur teygst sig út í Seyðisfjörð og náð út fyrir Vestdal allt til þess tíma að sjór var siginn niður að eða niður fyrir núverandi sjávarmál í ísaldarlok, fyrir um 10.700 árum (Árni Hjartarson o.fl., 1981). Jökullinn hvarf þó að lokum og skildi eftir sig allmikil merki, svo sem hin þykku jökulurðarlög á Neðri-Botnum ofan við Seyðisfjarðarbæ og jökulgarða sem þar er að finna, bæði stóra og smáa. Bæði Seyðisfjörður og Norðfjörður eru umluktir bröttum fjöllum með lítið undirlendi eins og sjá má á halla landslagsins á kortum 2 og 4 sem fylgja skýrslunni.



**Mynd 3.** Olex-dýptarkort af Seyðisfjardardjúpi og nágrenni. Miklir jökulgarðar eru við landgrunnsbrúnina um 100 km út af Dalatanga.

Neðansjávar ber landslag fjarðanna greinleg ummerki þess að vera sorfið af ísaldarjöklinum sem mótaði U-laga dali í berggrunninn, með bröttum hlíðum og flötum botni. Víða hafa síðan sethjallar myndast neðansjávar meðfram stöndum fjarðanna og sjást þeir vel á fjölgeisla-dýptarmælingum LHG (myndir 1 og 2).

## 4 Jarðfræði og jarðvá á hafsbotni fjarðanna

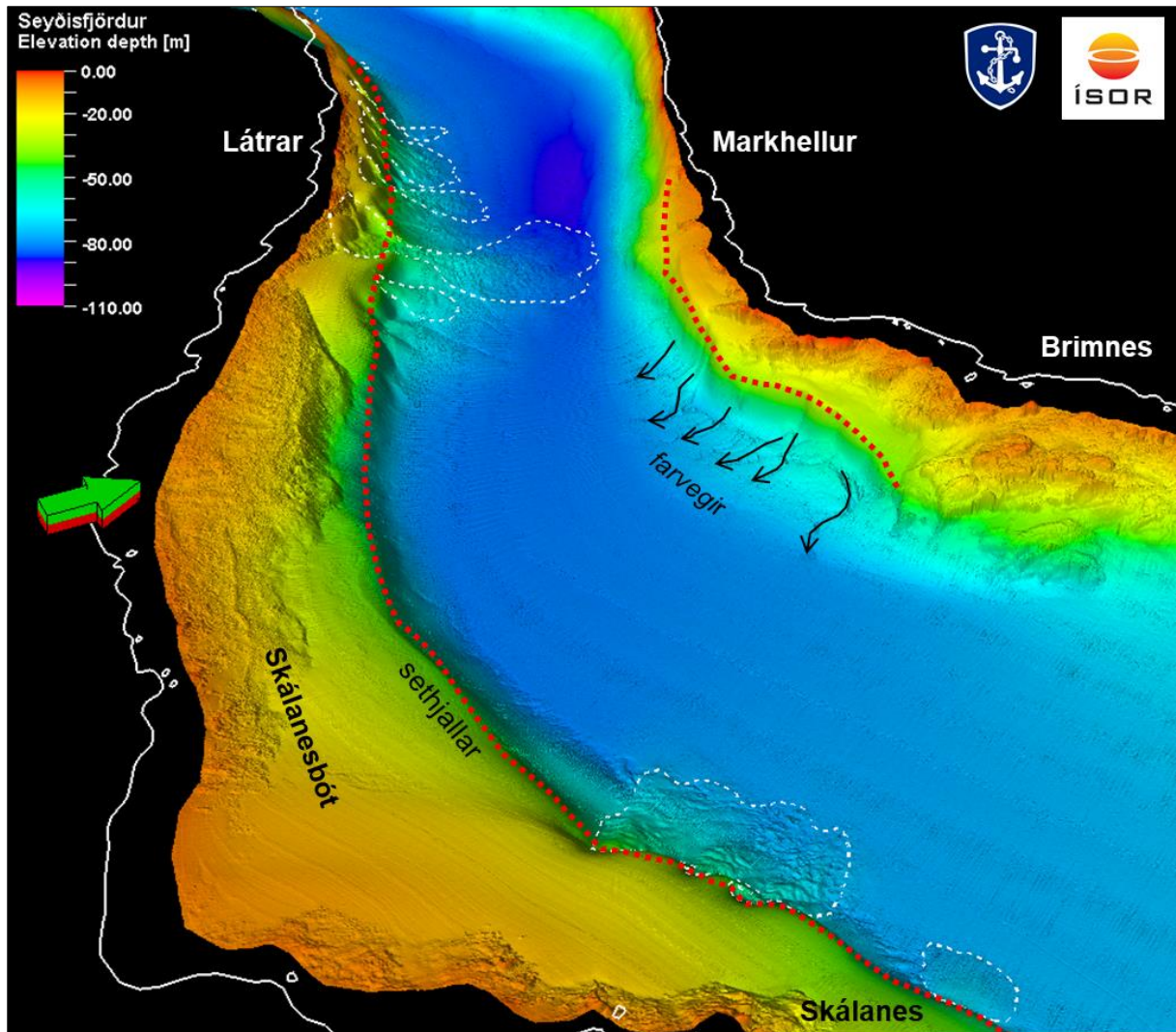
Neðansjávarskriður, straumfarvegir, misgengi, berggangar og línulegir landslagsdrættir eru meðal þeirra jarðfræðilegu atriða sem kortlögð hafa verið á hafsbotni Seyðisfjarðar og Norðfjarðar (kort 1 og 3). Setlög hylja fjarðarbotnana að langmestu leyti en sjá má klappabíkur stingast upp úr botnssetinu á stöku stað meðfram ströndum og þá einna helst við fjarðarmynnin. Þar skapa miklar ölduhreyfingar orkuríkt umhverfi sem hefur þau áhrif að set nær ekki að safnast fyrir og hylja berggrunninn. Þar af leiðandi er sums staðar hægt að kortleggja bergganga, höggun og hallastefnu berggrunnsins. Jarðlagaskipan og lagskipting setlaga sem liggja ofan á berggrunninum (klöppinni) neðansjávar eru ekki vel þekkt í fjörðunum en búast má við að ofan á berggrunninum liggi setlög frá ísöld, jökulruðningur og hlýskeiðsset líkt og sjá má á landi. Eftir að síðasta jökulskeiði lauk hafa setlögin, sem nú einkenna botninn, myndast í firðinum.

Neðansjávarskriður eru þekktar víða í fjörðum landsins. Í Seyðisfirði og Norðfirði eru ummerki um slíkar skriður nokkuð algeng. Sumar skriðurnar eiga upptök sín á landi og teygjast út í sjó en aðrar eiga upptök sín neðansjávar, í sethjöllum sem myndast hafa þar sem ákveðin skilyrði eru fyrir hendi. Ítarlega er gert grein fyrir þekktum skriðuföllum á landi og neðansjávar í fjörðunum í kafla 4.1 og 4.2.

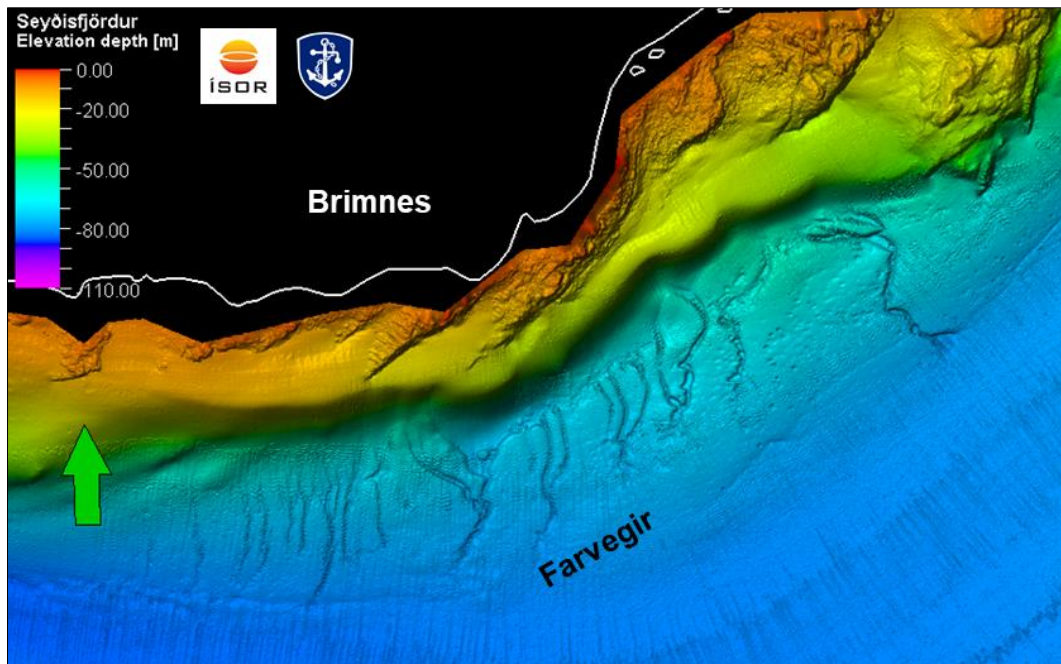
Í Seyðisfirði hefur samfeldur sethjalli myndast í sunnanverðum firðinum. Hann nær frá fjarðarmynni við Skálanes, inn Skálanesbótina og inn að Látrum (mynd 4). Þar má sjá greinileg ummerki um skriður sem hafa fallið úr óstöðugum jöðrum sethjallans. Norðan megin í firðinum, út undan Brimnesi, má einnig sjá ummerki um sethjalla sem virðast vera að rofna



og brotna niður að einhverju leyti (mynd 4). Einnig má sjá fjölda farvega liggja niður hlíðar sethjallans sem bera vitni um að rof sé virkt og að sterkir straumar séu til staðar sem flytji efni úr sethjöllum niður á fjarðarbotninn (mynd 5).



**Mynd 4.** Fjölgeislalýptarmælingar LHG af Seyðisfirði. Horft inn eftir firðinum þar sem sjá má ummerki um fjölda skriðna sem afmarkaðar eru með hvítum punktalínu. Sethjallar eru áberandi, brúnir þeirra eru afmarkaðar með rauðri punktalínu. Svartar örvar sýna farvegi í hlíðum sethjallanna norðanvert í firðinum.



**Mynd 5.** Sjá má skýra farvegi neðst í sethjöllunum undan ströndum Brimnes á fjölgeisladyptarmælingum LHG. Sennilega eru þeir eftir gruggstrauma.

Í Norðfirði hefur einnig hlaðist upp mikill sethjalli (setlagafylla) út undan Krossvík sem teygist allt að Neseyri við Neskaupstað þar sem fjöldi skriða hefur fallið úr jaðri hans (mynd 2). Það er lærdómsríkt að skoða þennan hjalla. Hann virðist hafa hlaðist upp fyrir tilstuðlan ölduhreyfinga og sjávarstrauma og ölduhreyfinga sem liggja inn Norðfjarðarflóa. Úthafsaldan er ráðandi afl í umhverfinu þar sem hún gengur inn í firðina. Þar brýtur hún niður landið sem hún skellur á og skolar niðurbrotsefninu undan straumi og vindi inn með ströndinni. Þegar komið er í var inn með Norðfjarðarnípunni gætir öldurótsins ekki í eins miklum mæli og utar og efnið nær að safnast fyrir og mynda sethjalla á allnokkru dýpi úti fyrir ströndinni. Dýpið niður á hjallann ræðst af rofmætti hafrótsins. Það er um 50 m yst í firðinum en fer minnkandi inn með ströndinni. Um þetta er rætt nánar í kafla 4.2.2.

#### 4.1 Skriðuföll á landi

Skriðuföll á landi virðast vera orðin algengari hér á landi í seinni tíð og í sumum tilfellum, einkum þar sem skriður eiga upptök hátt í fjöllum, er talið að þær verði vegna bráðnunar sífrera og aukinnar úrkomu. Sífreri bindur laus jarðlög og sprungið berg. Þiðni hann verða jarðlög óstöðug og skriður geta farið af stað (Sæmundsson o.fl., 2018).

Í Seyðisfirði og Norðfirði má finna dæmi um flestar tegundir skriðufalla, þar hafa t.d. orðið gríðarmikil berghlaup og aurskriður bæði stórar og smáar og grjóthrun. Einnig eru þar virkar skriðukeilur (sjá kort 1 og 3). Flest berghlaupin féllu í ísaldarlok en eru afar fátíð á seinni öldum. Í Landnámu er þó sagt frá tveimur berghlaupum á Austurlandi á landnámsöld, Loðmundarskriðum í Loðmundarfirði og miklu hlaupi í Skriðdal. Langalgengustu skriðuföllin eru aurskriður, þær hafa verið nánast árlegur viðburður síðustu ár og á þeim þarf að hafa sífelldar gætur. Nýlegir atburðir í Seyðisfirði í desember 2020 hafa sýnt að bæta þarf í rannsóknir á skriðum og skriðuhættu um allt land, ekki síst í ljósi breytinga á veðurfari og loftslagi.

### 4.1.1 Seyðisfjörður

Á Seyðisfirði hafa verið gerðar miklar skriðufallarannsóknir á undanförunum árum og fjölmargar skriður af öllum stærðum og gerðum hafa verið skráðar og kortlagðar í tengslum við hættumat, skipulagsmál og varnaraðgerðir þar (Árni Hjartarson og Jón Kristinn Helgason 2017, 2018; Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson, 1999; Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson, 1998; Óskar Knudsen og Guðrún Larsen, 2013). Það er ekki launungarmál að skriðuhætta er þar meiri en á öðrum þéttbýlisstöðum á landinu. Skriðuföllin verða oftast í kjölfar mikilla rigninga. Þau fylgja gjarnan ákveðnum farvegum eða skriðugiljum þar sem síendurtekin skriðuföll hafa orðið allt frá landnámsöld. Fornleifarannsóknir á gamla bæjarstæðinu í Firði undir fjallinu Bjólfi hafa leitt í ljós tvær miklar skriður sem þar hafa valdið búsifjum. Sú fyrri er talin hafa orðið um 1150 og fór þá yfir fornan kumlateg Seyðfirðinga en hin síðari varð um 1400, eyðilagði túnið og flæddi alveg heim að bæjarvegg (Árni Hjartarson, 2020). Slys á fólki virðast hafa verið fátíð en hafa þó orðið. Aðfaranótt 19. ágúst 1950 fórust fimm manns, kona og fjögur börn hennar, er skriða féll úr Þófagili á næstysta íbúðarhúsið á Fjarðarströnd í kjölfar óhemju mikillar úrkomu. Nánar verður rætt um þá skriðu hér aftar. Skriður féllu víða í firðinum þennan dag og fyllti ein þeirra þrær síldarbræðslunnar. Á síðustu árum hefur ítrekað orðið verulegt tjón af völdum skriðufalla og er skemmst að minnast atburðanna miklu í árslok 2020 (kort 1 og 2). Þá féllu margar skriður úr þekktum skriðugiljum en sú mesta ruddist niður hlíðina utan Búðarár og allt niður í fjöru, á stað sem engum sögum hafði farið af skriðuföllum áður.

### 4.1.2 Norðfjörður

Skriðuföll eru alltið í Norðfirði en mun fátíðari en á Seyðisfirði. Þau verða oftast í kjölfar mikillar úrkomu og fylgja gjarnan ákveðnum skriðufarvegum. Stærstu skriðurnar flokkast sem berghlaup. Ummerki um nokkur slík hlaup eru í firðinum en þau eru forsöguleg. Skriðufallasagan í Norðfirði (þ.e. hin skráða saga) er mun styttri og gloppóttari en í Seyðisfirði enda hafa mun minni skriðurannsóknir farið fram þar en í Seyðisfirði. Allmargir skriðuatburðir hafa þó verið skráðir. Stærsta þekkta skriðan varð 1949. Hún kom úr svokölluðum Urðarbotni í 600 m hæð beint upp af miðjum kaupstaðnum. Skriðan olli miklu tjóni og fyllti bæði sundlaugina og kjallara Bæjarfógetahússins, gróf sundur götur og olli bæði vatns- og rafmagnsleysi (Árni Hjartarson, 1995). Varnargarðarnir og skurðirnir ofan kaupstaðarins verja staðinn nú jafnt fyrir skriðuföllum sem snjóflóðum.

## 4.2 Neðansjávarskriður

Í mörgum fjörðum víða um land má sjá greinileg ummerki um neðansjávarskriður. Eins og gefur að skilja verða þær helst í djúpum fjörðum með bröttum hlíðum. Þær tengjast oftast sethjölum sem lýst hefur verið hér að framan. Sethjallarnir virðast víða vera nokkuð óstöðugir og þar hafa farið af stað aurskriður sem hafa runnið niður strandhlíðarnar og breitt úr sér á flatari botni í miðjum firði. Í þessari skýrslu er sérstaklega fjalla að um Seyðisfjörð og Norðfjörð en dæmi um aðra firði þar sem neðansjávarskriður hafa verið kortlagðar eru Patreksfjörður, Tálknafjörður, Öxarfjörður, Eyjafjörður, Reyðarfjörður og Mjóifjörður. Það má því segja að neðansjávarskriður séu nokkuð algengt fyrirbrigði í fjörðum landsins. Hvergi hafa þó verið kortlagðar fleiri skriður en í Seyðisfirði.

Neðansjávarskriðum er hér skipt í tvo flokka. Í fyrsta lagi eru skriður sem eiga upptök sín á þurru landi og hlaupa í sjó fram og skilja eftir sig ummerki á hafsbotni. Í öðru lagi eru það skriður sem eiga upptök sín neðan sjávarmáls og eru að öllu leyti í sjó. Um fyrri flokkinn gilda flest sömu lögmál og um skriður á landi, rof í fjallshlíðum og undangröftur kemur þeim af stað og oftast verða þær samfara eða í kjölfar stórrigninga og hækkunar á grunnvatnsborði. Önnur lögmál gilda um neðansjávarskriðurnar, þar er það ekki rof og undangröftur sem veldur skriðuhættu heldur upphleðsla sets og myndun sethjalla með ströndum fram eða úti við landgrunnsbrún. Við ákveðin skilyrði geta þessir sethjallar orðið óstöðugir þannig að stórar fyllur skriða af stað undan halla og staðnæmast ekki fyrr en á flötum hafsbotni á meira dýpi. Veðurfar kemur lítið eða ekkert við sögu. Eftir að skriðan hefur fallið heldur setsöfnunin áfram, sethjallinn hleðst upp að nýju uns ný skriða hleypur fram. Þetta sést allvíða í fjörðum, þar sem greina má dauf og ummerki um fornar skriður undir yngri skriðum.

Mikil óvissa er um aldur skriðanna og hvort flóðbylgjur hafi fylgt þeim, sem þó telst líklegt í mörgum tilfellum. Heimildir eru ekki fyrir hendi um að slíkir atburðir hafi orðið á sögulegum tíma héraendis en erlendis frá eru kunn mörg dæmi þess að skriður geta komið af stað flóðbylgjum (tusunami) sem farið geta langar vegalengdir, valdið slysum og eyðileggingu. Ógerlegt er að spá fyrir um neðansjávarskriður en þar sem þær hafa orðið eru miklar líkur á að óstöðug jarðlög leynist undir sjávarmáli og hugsanlegt er að þar falli skriður á ný og skapi hættu á flóðbylgju.

Alls voru 33 skriður kortlagðir, 26 í Seyðisfirði og 7 í Norðfirði (sjá kort 1 og 2). Skriðurnar hafa engin nöfn en hafa fengið númer sem sjá má í töflu 2 og á myndum 6, 7, 8 og 9. Skriður 21, 25 og 30 eru margfaldar eða samvaxnar. Tvær eða fleiri skriður hafa fallið að hluta ofan á hver aðra og eru að öllum líkindum á svipuðum aldri (tafla 2). Í Norðfirði eru auk þess teiknaðir inn jaðrar á eldri og stærri skriðum sem liggja undir yngri skriðum 30–33 sem fallið hafa úr sethjallanum við Neskaupstað. Tafla 2 sýnir ýmsar tölulegar staðreyndir um kortlagðar skriður, s.s. uppruna, flatarmál og úthlaupshorn.

**Tafla 2.** Tölulegar upplýsingar um kortlagðar skriður í Seyðisfirði (1–26) og Norðfirði (27–33).

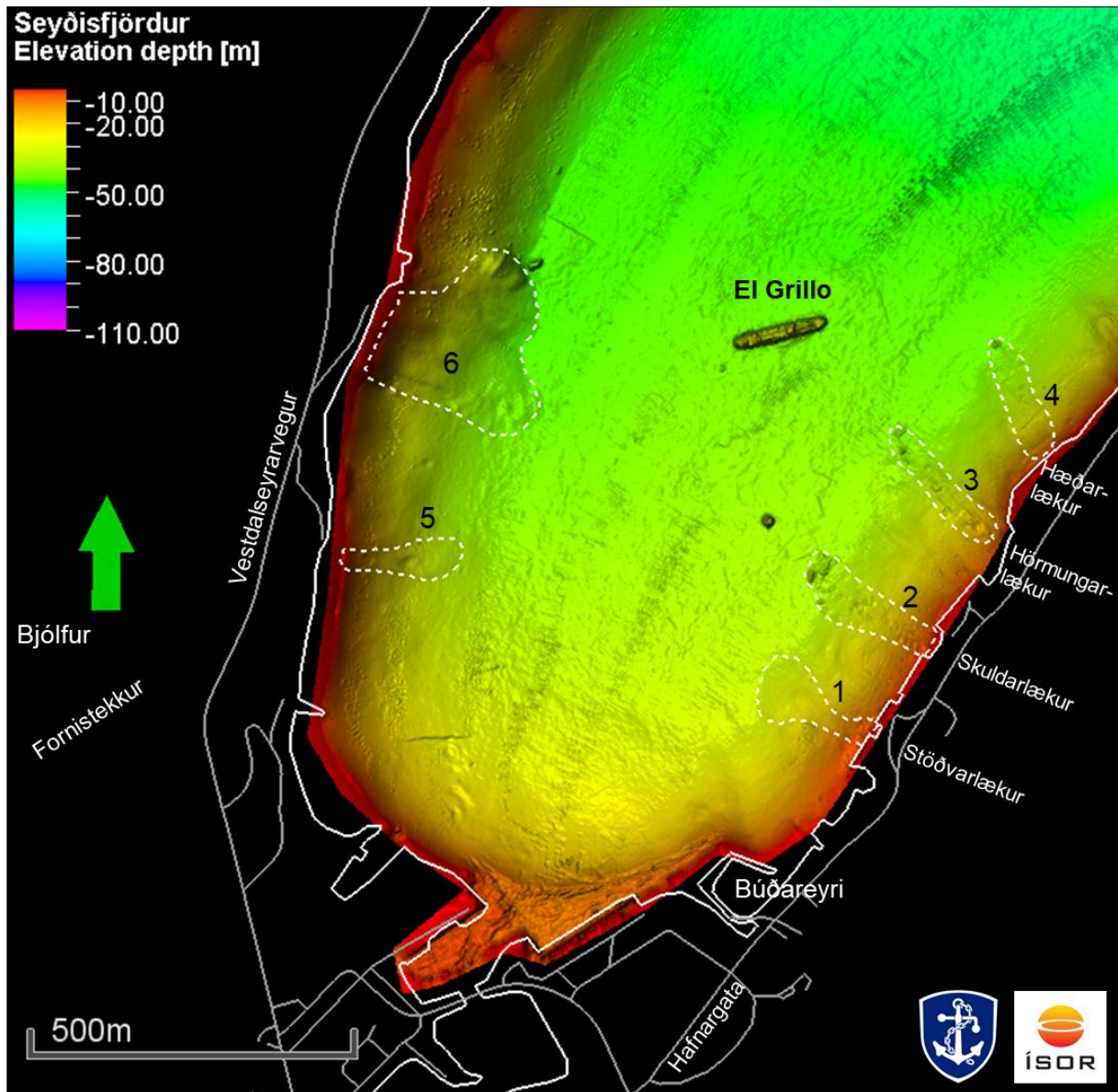
Númer skriðu	Flatarmál (m <sup>2</sup> )	Uppruni skriðu	Mesta breidd (m)	Mesta lengd (m)	Uptakahæð m.v. sjávarmál (m)	Mesta dýpi skriðuefnis (m)	Úthlaupshorn í gráðum (°)	Staðsetning
1	10700	Stöðvarlækur	104	187	óviss	-32	óviss	Seyðisfjörður
2	12911	Skuldarlækur	75	225	óviss	-37	óviss	Seyðisfjörður
3	9434	Hörmungarlækur	48	229	óviss	-41	óviss	Seyðisfjörður
4	8896	Hæðarlækur	56	190	óviss	-42	óviss	Seyðisfjörður
5	7846	Bjölfur	65	185	óviss	-35	óviss	Seyðisfjörður
6	47951	Bjölfur	280	261	óviss	-43	óviss	Seyðisfjörður
7	28286	Þófalækur	136	267	óviss	-51	óviss	Seyðisfjörður
8	22609	Vestdalseyri	136	295	-8	-57	16.5	Seyðisfjörður
9	24930	Hlíðar Strandartinds	138	245	óviss	-60	óviss	Seyðisfjörður
10	5765	Neðansjávar	40	190	-6	-51	23.3	Seyðisfjörður
11	8114	Hlíðar Strandartinds	43	224	óviss	-54	óviss	Seyðisfjörður
12	80385	Hlíðar Strandartinds	312	420	-7	-71	15.1	Seyðisfjörður
13	7605	Hlíðar Strandartinds	56	160	-6	-60	32.5	Seyðisfjörður
14	54573	Hlíðar Strandartinds	184	335	óviss	-68	óviss	Seyðisfjörður
15	31683	Hlíðar Strandartinds	182	242	óviss	-59	óviss	Seyðisfjörður
16	148314	Hánefsstaðareyrar	341	525	-4	-80	14.4	Seyðisfjörður
17	23233	Neðansjávar	149	294	-5	-76	23.7	Seyðisfjörður



Númer skriðu	Flatarmál (m <sup>2</sup> )	Uppruni skriðu	Mesta breidd (m)	Mesta lengd (m)	Upptakahæð m.v. sjávarmál (m)	Mesta dýpi skriðuefnis (m)	Úthlaupshorn í gráðum (°)	Staðsetning
18	10863	Líklega á landi	109	140	óviss	-27	óviss	Seyðisfjörður
19	22801	Líklega á landi	186	165	óviss	-29	óviss	Seyðisfjörður
20	43363	Neðansjávar	176	451	-12	-81	15.2	Seyðisfjörður
21	168374	Neðansjávar, samvaxnar skriður	560	420	-14	-82	16.1	Seyðisfjörður
22	129638	Neðansjávar	308	549	-17	-84	12.1	Seyðisfjörður
23	566789	Neðansjávar	871	1221	-10	-87	6.3	Seyðisfjörður
24	50865	Neðansjávar	211	345	-36	-70	9.8	Seyðisfjörður
25	305191	Neðansjávar, samvaxnar skriður	803	467	-35	-77	9.0	Seyðisfjörður
26	51262	Neðansjávar	324	223	-51	-77	11.6	Seyðisfjörður
27	38390	Neðansjávar	166	430	-6	-61	12.7	Norðfjörður
28	43878	Neðansjávar	244	373	-6	-62	14.9	Norðfjörður
29	32991	Neðansjávar	176	290	-43	-66	7.9	Norðfjörður
30	164349	Neðansjávar, samvaxnar skriður	553	417	-29	-79	11.9	Norðfjörður
31	11175	Neðansjávar	73	190	-34	-72	19.7	Norðfjörður
32	8101	Neðansjávar	50	193	-36	-73	18.9	Norðfjörður
33	10546	Neðansjávar	80	164	-38	-76	22.8	Norðfjörður

#### 4.2.1 Seyðisfjörður

Ummerki um 26 skriður hafa verið kortlögð á hafsbotni í Seyðisfirði (kort 1). Skriður 1–6 innst í firðinum eru allar taldar eiga upptök sín á landi og virðast því hafa fallið innan núverandi bæjarmarka Seyðisfjarðar (mynd 6, kort 1 og 2). Skriður 1–4 hafa fallið úr vesturhlíðum Strandartinds. Þær eru allar úti fyrir þekktum skriðugiljum og hafa hlaðist upp í endurteknum aurskriðum í aldanna rás. Nr. 1 er frá Stöðvarlæk, nr. 2 er frá Skuldarlæk, nr. 3 er frá Hörmungarlæk og nr. 4 er frá Hæðarlæk. Fræðast má um skriður úr þessum giljum í skýrslu Árna Hjartarsonar og Jóns Kristins Helgasonar (2017). Skriður 5–6 hafa fallið úr austurhlíðum Bjólfs.



Mynd 6. Ummerki um skriður á hafsbotni innst í Seyðisfirði. Flakið af El Grillo liggur á um 40 m dýpi í miðjum firðinum.

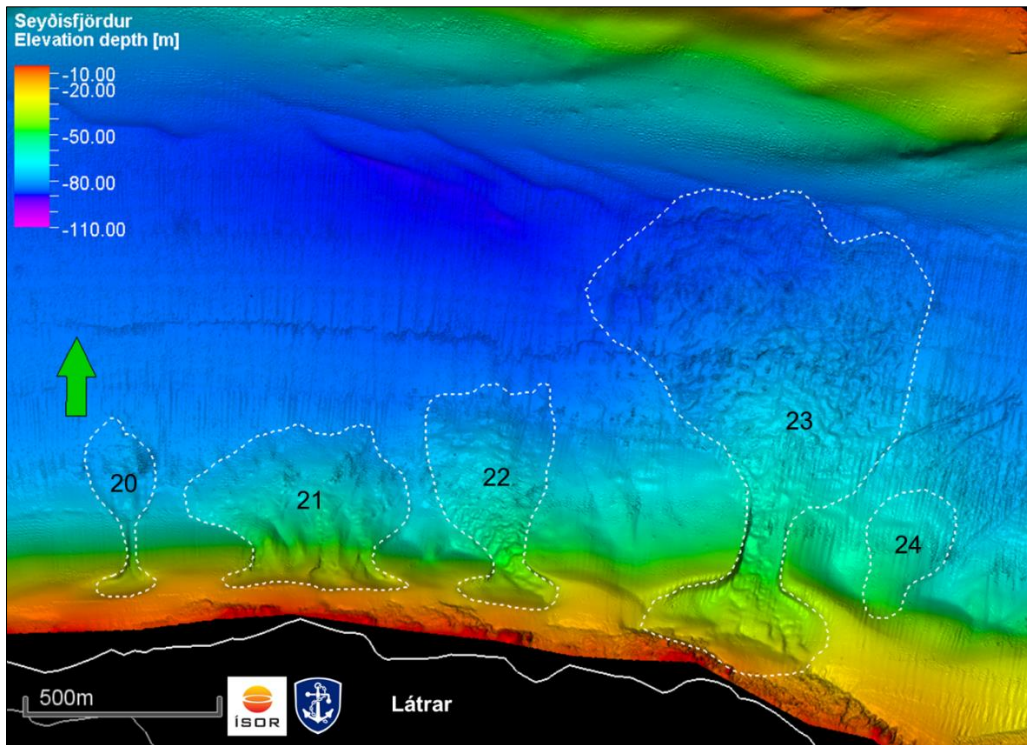
Skriða nr. 7 tengist Þófalæk (kort 1). Hann hefur verið talinn einn mesti skriðufallalækur Seyðisfjarðar. Þar hafa umtalsverðar skriður fallið að minnsta kosti 6 sinnum síðastliðin 125 ár, eða á um 20 ára fresti. Örlagaríkasta skriðufallið sem vitað er um í Seyðisfirði varð í Þófalæk í ágúst 1950 eins og áður er nefnt. Þá braut skriða niður íbúðarhús að Strandarvegi 26 og varð fimm manns að bana. Hún átti upptök hátt uppi í Strandartindi og fór út í sjó. Hún var um 10 m breið og 5–6 m þykk uppi á Þófanum en á ströndinni þar sem húsið stóð var breidd hennar um 100 m (Ólafur Jónsson, 1957).

Innarlega í firðinum fellur Vestdalsá til sjávar við norðurströndina og fyrir miðjum firði að sunnan fellur Sörlastaðaá í sjó. Við árósa þeirra hefur framburðarstafla hlaðist upp og myndað eyrar, Vestdalseyri og Hánestsstaðareyrar, sem teygja sig neðansjávar nokkuð út fyrir ströndina en enda þar í skarpri brún þar sem dýpið fer hratt vaxandi. Þar í bröttum hallanum má sjá ummerki um skriður á fjölgeislamælingum. Skriða 16 út af Hánestsstaðareyrum er þriðja umfangsmesta staka neðansjávarskriða fjarðarins. Hún er um 525 m löng og þekur um 148.000 m<sup>2</sup>svæði (kort 1 og 2). Utar í firðinum falla fleiri ár og lækir til sjávar en þar nær framburðurinn ekki að hlaðast upp og mynda eyrar vegna mikilla áhrifa úthafsöldunnar sem rótar burt framburðinum. Þessi ysti hluti fjarðarins er nokkuð opin og þar afleiðandi er mikil orka í umhverfinu sem hreyfir til og dreifir úr efninu sem berst til sjávar.

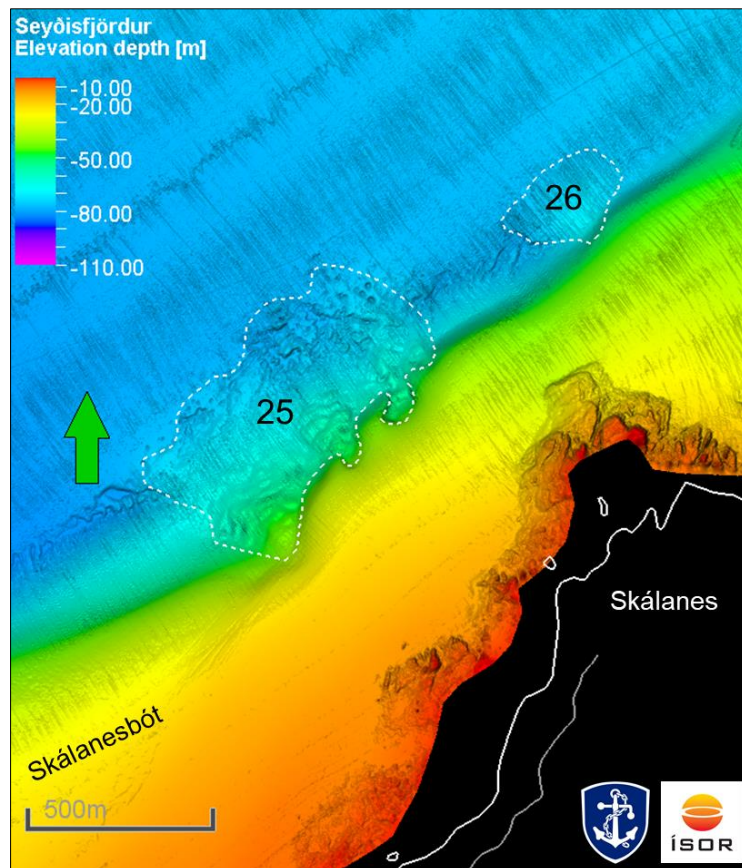
Undir norðurhlíðum Strandartinds eru ummerki um fjölmargar skriður á hafsbotni. Þetta eru skriður 9 og 11–15, flestar þeirra virðast eiga uppruna sinn á landi enda er hlíðin mjög brött, samfelt frá fjallstoppi niður á fjarðarbotninn, og á landi eru miklar framburðarkeilur sem ná allt niður í fjöru þar sem skriðuföll virðast tíð (kort 1 og 2).

Skriður 20–24 eru allar upprunnar neðansjávar (mynd 7 og kort 1 og 2). Þær hafa fallið úr sethjallanum langa sem nær frá Skálanesi og inn að Látrum. Aldur þessara skriðna er óviss en þær bera þess merki að vera með yngri neðansjávarskriðum fjarðarins. Útlínur þeirra eru nokkuð skýrar og leiða má líkum að því að þær hafi allar fallið á svipuðum tíma. Athyglisvert er að skriður 20, 22 og 23 hafa sambærilega lögun. Fylla virðist hafa losnað úr brún sethjallans og tekið að skriða fram. Þar myndast hlaupskál. Skriðuefnið myndar síðan farveg eða hálfgerðan háls neðan við hlaupskálina þar sem brattast er. Neðan við brattann dreifir efnið úr sér á flötum fjarðarbotninum. Skriða 21 virðist í raun vera þrjár samvaxnar skriður sem hafa fallið hver ofan á aðra. Skriða 24 er langstærsta neðansjávarskriða fjarðarins, lengst um 1220 m með fallhæð upp á 77 m og þekur alls um 567.000 m<sup>2</sup> svæði (mynd 7). Skriðan nánast þverar fjörðinn. Líklegt er að þessir miklu efnisflutningar hafi orsakað flóðbylgju með tilheyrandi raski um allan fjörðinn.

Skriða 25 út af Skálanesi á upptök sín í brún sethjallans á um 40 m dýpi. Hún er samsett úr þremur skriðum sem virðast af svipuðum aldri (mynd 8).



**Mynd 7.** Skriður 20–24 hafa fallið úr kanti sethjallans út af Látrum. Þær eiga allar upphaf sitt í strandhjallanum neðansjóvar. Þær virðast allar fremur ungar og af líkum aldri.



**Mynd 8.** Neðansjóvarskriður sem fallið hafa í kanti sethjallans út af Skálanesi í mynni Seyðisfjarðar að sunnanverðu. Skriða 25 er samsett úr þremur skriðum sem virðast á líkum aldri.

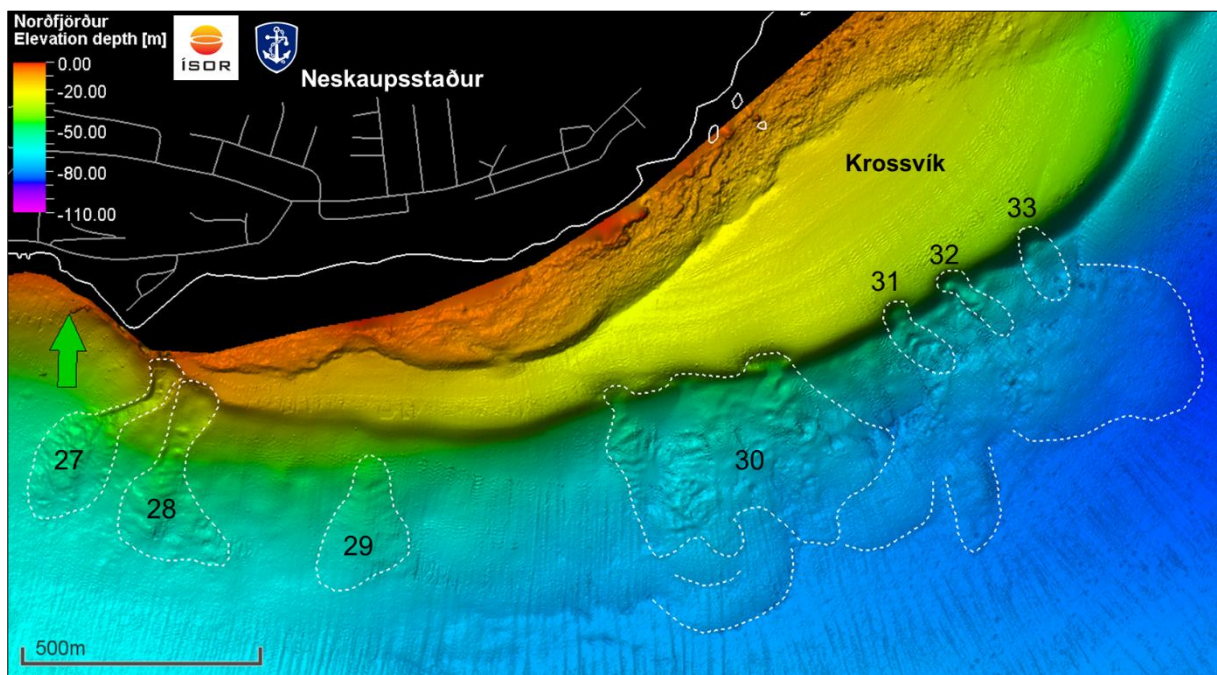


## 4.2.2 Norðfjörður

Mun færri neðansjávarskriður eru í Norðfirði en Seyðisfirði. Skriður 27–33 eru allar upprunnar neðansjávar og hafa fallið úr kantinum á miklum sethjalla eða setlagafyllu sem lýst er í kafla 4. Gamli eyraroddinn í Neskaupsstað, Neseyri, er innsti hluti þessarar fyllu. Sethjallinn kemur vel fram á mynd 9. Næst landi eru klappir og stórgrýti og annað gróft efni. Utar sést tiltölulega flatt og slétt yfirborð hjallans sem endar í skarpri brún þar sem við tekur brött brekka, 20–30 m há, niður á flatan fjarðarbotninn. Það er athyglisvert að sjá að dýpið niður á hjallann minnkar eftir því sem innar dregur í fjörðinn. Utan við Krossavík er dýpið um 50 m, í víkinni sjálfri er það 20–40 m og innan við hana er það komið í um 15 m. Þetta endurspeglar áhrifamátt haföldunnar sem fer minnkandi inn með ströndinni.

Ekkert er vitað um aldur skriðnanna í Norðfirði. Athyglisvert er að undir skriðum 30–33 má sjá glitta í eldri skriður sem fallið hafa úr sethjallanum. Þetta bendir til þess að hjallinn sé jafnt og þétt að hlaðast upp og að þar verði af og til framskrið. Þetta hefur gerst með endurteknum hætti í fortíðinni og mun gerast í framtíðinni.

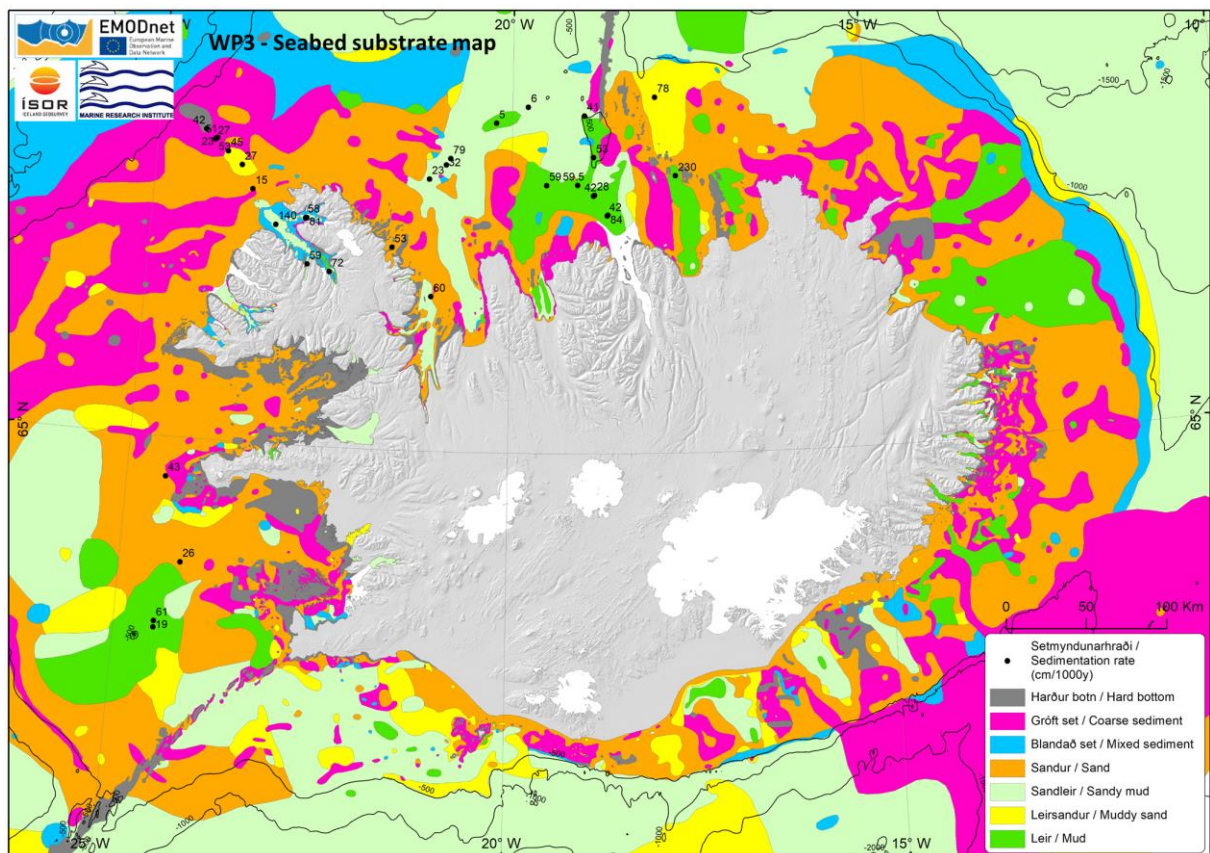
Engar skriður sem sjást á dýptargögnum frá Norðfirði eiga upptök á landi.



Mynd 9. Skriður 27–33 úti fyrir ströndum Neskaupsstaðar í Norðfirði.

## 5 Botngerðarkort

Að tilstuðlan EMODnet-verkefnisins árið 2013 var ráðist í að afla allra þeirra gagna sem varpað gætu ljós á botngerð hafsvæðsins (seabed substrate) innan íslensku efnahagslögsögunnar. Botngerðarkortið var unnið í samvinnu við Hafrannsóknastofnun. Á grunni gagnanna var dregið upp kort af botngerð hafsvæðanna við landið (mynd 10). Kortið sýnir efnisgerð hafsvæðsins og kornastærð og kornastærðardreifingu setlaga en miðar einungis við efstu 30 sentimetrana (Ögmundur Erlendsson o.fl., 2015; Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson, 2018). Botngerðin hefur áhrif á vistkerfin og þekking á þeim er mikilvæg í líffræðilegum rannsóknum. Rannsóknir á botngerð og sýnataka hefur verið stunduð allt frá upphafi skipulegra hafrannsókna við Ísland. Alls eru skráð um 4000 botngerðarsýni í gagnagrunninum en þau eru misjöfn að gæðum og greiningaraðferðir ólíkar. Rúmlega helmingur sýnanna hefur verið kornastærðarmældur og nákvæm botngerð greind. Af hinum helmingi sýnanna eru aðeins til lýsingar og stundum ljósmyndir. Við túlkun og vinnslu kortsins var auk botnsýnanna stuðst við fjölgeisladyptarmælingar, botnhörkumælingar, vídeóupptökur af hafsvæðinum og veiðiálagskort til að draga útlínur tiltekna svæða. Kortið sýnir sjö botngerðarflokka sem skilgreindir eru samkvæmt FOLK-greiningarkerfinu. Kortið er fyrsta heildstæða botngerðarkortið af hafsvæðinum umhverfis Ísland, nær yfir alla efnahagslögsöguna, um 764.000 km<sup>2</sup>. Áður hafa örfá kort verið birt af botngerð á takmörkuðum svæðum.



Mynd 10. Botngerðarkort af hafsvæðinum umhverfis Ísland. Botngerðinni er skipt í 7 flokka (Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson, 2018)

Víða eru berar klappir, einkum með ströndum fram og á hinum unga berggrunni á Reykjanes- og Kolbeinseyjarhrygg. Á landgrunninu eru jökulsorfin djúp sem sum eru í beinu framhaldi af fjörðum og flóum. Þessi svæði einkennast af fínna efni, s.s. leir, leirsand eða sandleir á botngerðarkortinu (mynd 10). Lega ísaldarjökuls og lægri sjávarstaða á landgrunninu, sterkir sjávarstraumar og vatnsmiklar jökulár hafa einnig haft mikil áhrif á botngerðina á stórum svæðum. Til dæmis er sandur meðfram allri suðurströndinni þótt almennt sé harður botn eða gróft efni grunnt með landinu víðast annars staðar þar sem það liggur fyrir opnu hafi. Á úthafsbotninum utan landgrunnsins suður og norður af landinu er almennt að finna fínt set en á Grænlands-Íslandshryggnum og á Íslands-Færeyjahryggnum er gróft efni allsráðandi. Það gæti stafað af því að svæðið liggur hátt miðað við úthafsbotninn, botnstraumar hafa þar meiri áhrif en annars staðar og af minna framboði á fínu seti en norðan og sunnan landsins.

Ný botngerðarkort af Seyðisfirði og Norðfirði eru fyrst og fremst byggð á botnsýnum, fjölgeisladyptarmæling í hárrí upplausn og þeirri reynslu og þekkingu sem til er af rannsóknnum á botngerð í öðrum fjörðum landsins. Höfundar létu stundum jarðfræðilegt innsæi ráða för við túlkun og úrvinnslukortsins í bland við vísbendingar úr gögnum. Botnhörku-mælingar hefðu verið kærkomin viðbót við úrvinnslu á kortunum en mælingarnar voru ekki aðgengilegar þegar úrvinnsla á botngerðarkortunum fór fram.

Berggrunnur Austurlands er að miklum meirihluta úr basalti, sem er langalgengasta bergtegund landsins, og setið á botni fjarðanna því aðallega rofið úr basalti.

## 5.1 Seyðisfjörður

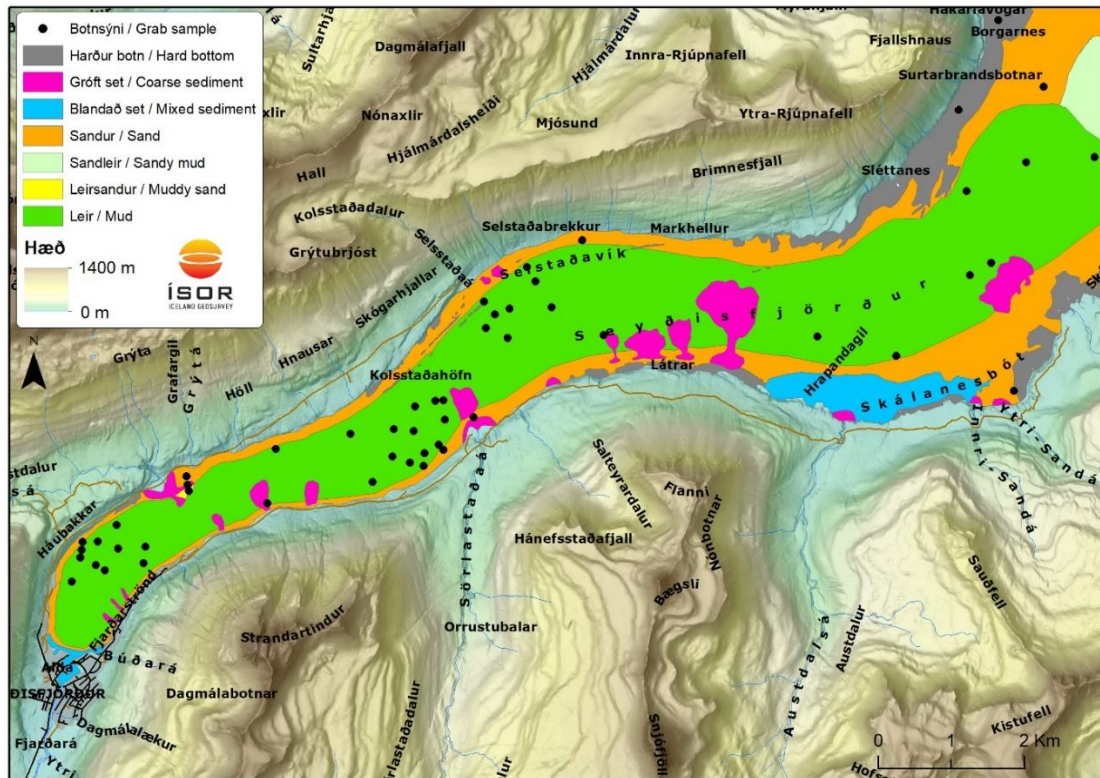
Ísaldarjökullinn mótaði berggrunn Seyðisfjarðar með bröttum hlíðum og flötum og aflíðandi botni (mynd 1). Það má gera ráð fyrir að eftir að síðasta jökulskeiði lauk hafi setið, sem nú einkennir botninn, sest til í firðinum. Það efni sem hefur borist til sjávar á síðustu árþúsundum hefur því aðallega borist með ám, lækjum, foki og skriðuföllum niður á hafsbotn fjarðarins. Ætla má að framburður sé að mestu leyti fínkornótt efni en endrum og eins hafi orðið atburðir sem leitt hafa af sér framburð grófara efnis.

Botngerð fjarðarins skiptist í grófum dráttum í tvennt eftir landslaginu og hafdýpi. Annars vegar fínkorna set, leir og silt, sem hylur flatan botn fjarðarins þar sem áhrif sjávarfallastrauma og ölduhreyfinga eru tiltölulega lítil (mynd 11). Svo eru það bröttu hlíðarnar og svæðin meðfram ströndunum á minna dýpi þar sem víðast hvar er grófara set, sandur og möl, eða jafnvel ber klöppin. Setsöfnunin fer eftir því jafnvægi sem er í orkuumhverfi hafsbotnsins á hverjum stað en hafstraumar og ölduhreyfingar sjávar eru ráðandi afl.

Langflest botngerðarsýnin sem aflað hefur verið í Seyðisfirði sýna leirkenndan botn og það eru allt sýni sem hafa verið tekin af allmiklu dýpi á flötum botni fjarðarins (mynd 11). Brattar fjallshlíðar halda áfram neðansjávar og niður á 60–80 m dýpi. Svæði þar sem dýpi er minna en 40 m eru lítil meðfram ströndum fjarðarins en stærsta samfellda svæðið á þessu dýpi er Skálanesbótin og þar er grófara efni ráðandi. Þar sem ár og lækir falla til sjávar myndast framburðarstafla úr grófara efni. Stærstu eyrnarnar eru Vestdalseyri og Hánefsstaðareyrar og úr köntum þeirra hafa einnig fallið skriður. Ákveðið var að flokka yfirborðssetið í áberandi og unglegum skriðum sem gróft set þótt aðeins eitt botngerðarsýni sé tekið á skriðu en það sýnir gróft set.

Fínkorna set á hafsbotni er almennt ráðandi botngerð neðan við 20–40 m sjávardýpi í öðrum fjörðum á Austurlandi þar sem sambærilegar rannsóknir hafa verið gerðar (Kjartan Thors og Þórdís Ólafsdóttir 1975; Jörundur Svavarsson og Guðmundur V. Helgason, 2002).





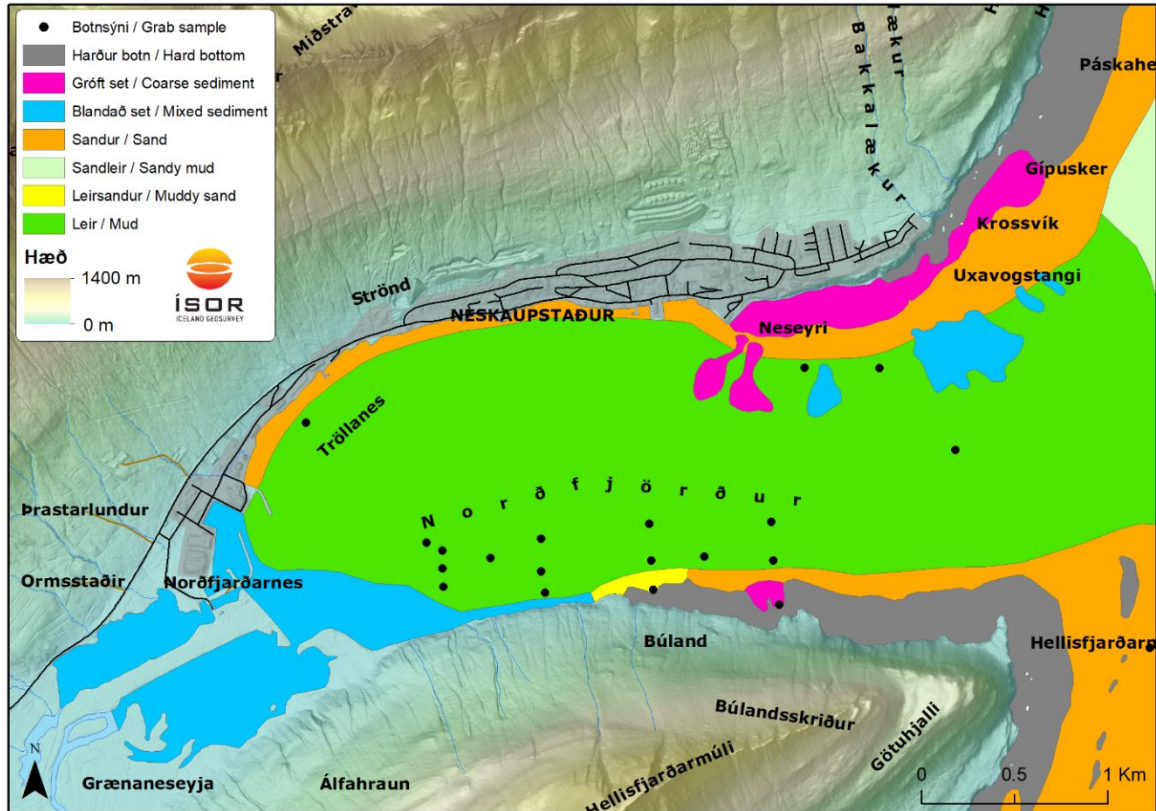
Mynd 11. Botngerðarkort af Seyðisfirði með sjö flokka FOLK-kornastærðarflokkun.

## 5.2 Norðfjörður

Norðfjörður hefur álíka U-laga landmótun á berggrunni og Seyðisfjörður, með bröttum hlíðum og flötum og aflíðandi botni. Norðfjörður er fremur stuttur fjörður sem gengur inn úr Norðfjarðarfloá. Mesta dýpi fjarðarins er í mynni hans, um 70 m. Hreyfingar sjávar, s.s. sjávarfallastraumar og öldugangur, hafa áhrif á setsöfnun og kornastærðardreifingu á seti í firðinum. Það eru einkum tvö svæði við fjarðarmynnið sem virðast búa við mikið öldurót og óróa. Fyrst er að nefna grunnsævið meðfram ströndinni við Krossavík og Gípusker og strandlengjuna meðfram Norðfjarðarnípunni. Þar nær úthafsaldan að ganga inn Norðfjarðarfloá með tilheyrandi rofi á ströndinni og setflutningum með fram henni. Brimið hefur rótað burt öllu seti næst ströndinni nema stórgrýti. Þegar inn í mynni Norðfjarðar er komið gætir minni áhrifa vegna öldugangs og hafstrauma í flóanum og grófara setið nær að setjast fyrir (mynd 12). Þar má nú sjá má myndarlega sethjalla sem koma vel fram á botngerðarkortinu og fjölgeisladýptarmælingunum undan ströndinni frá Krossavík að Neseyri. Svo er að geta um svæðið í kringum Hellisfjarðarnesið, sunnan til í firðinum. Í norðaustanátt nær úthafsaldan að ganga inn flóann og skella á nesinu með tilheyrandi róti. Hafsbotninn umhverfis nesið virðist vera að mestu setlaust með ströndinni en utar á meira dýpi er sandur ráðandi (mynd 12).

Innar í Norðfirði staðfesta botngerðarsýni að fínkorna set, leir og silt hylji flatan og aflíðandi botn fjarðarins að mestu leyti neðan 20–30 m dýpis líkt og í öðrum fjörðum á Austurlandi. Á grynnri svæðum meðfram ströndinni er víða grófara efni, sandur og möl eða jafnvel klappir sem sjást á fjölgeisladýptarmælingum LHG. Líkt og á Seyðisfjarðarkortinu er litið svo á að gróft set sé ráðandi á yngri skriðum og að á eldri skriðum sé meira af blönduðu efni. Engin botngerðarsýni eru þó til frá Norðfirði sem staðfesta þetta.





Mynd 12. Botngerðarkort af Norðfirði með sjö flokka FOLK-kornastærðarflokkun.

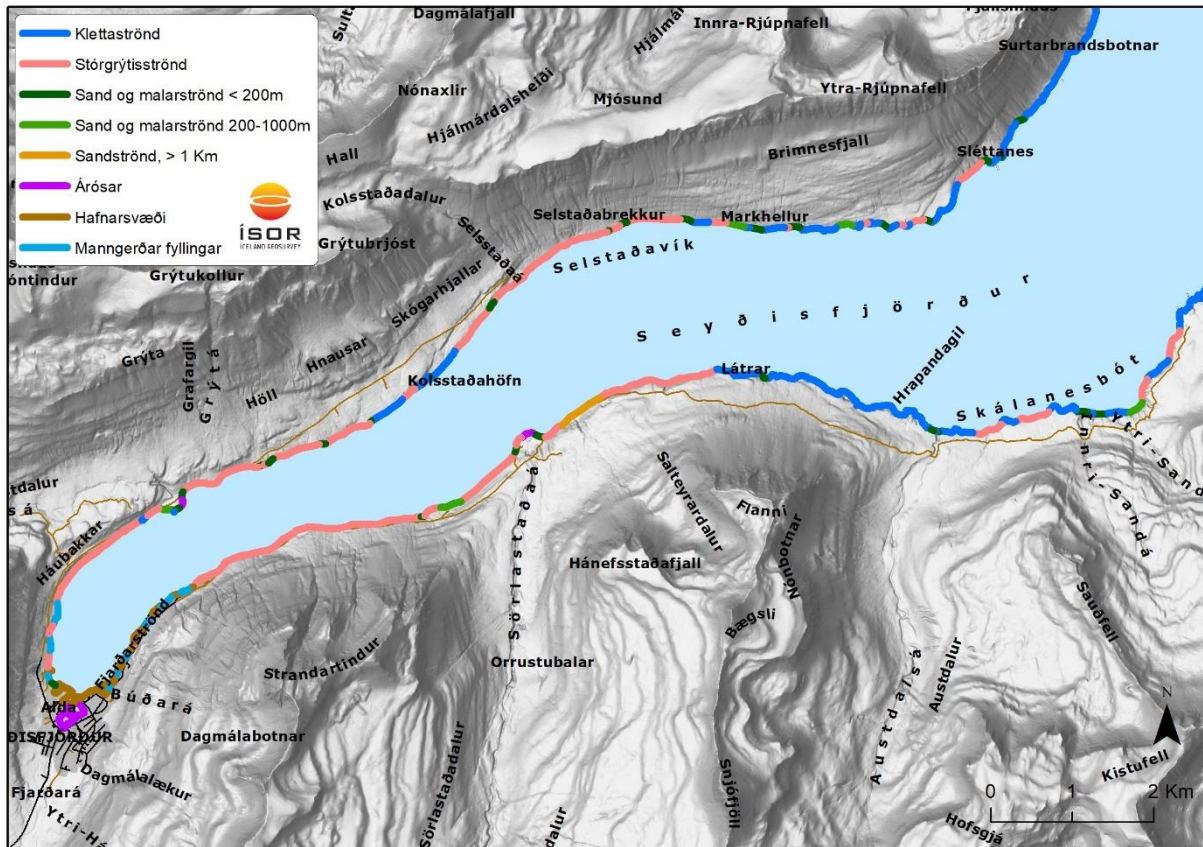
## 6 Strandgerðarkort

Strandgerðarkort af Seyðisfirði og Norðfirði var unnið í samræmi við lýsingar og staðla EMODnet (<https://www.emodnet-geology.eu/>) og EROSION (<http://www.euroasion.org/>) verkefnanna þar sem ströndinni er skipt upp í mismunandi flokka eftir gerð strandarinnar. Flokkarnir sem eiga við í tilfelli fjarðanna eru klettaströnd, stórgrýtisströnd, sand- og malarströnd, sandströnd, árósar, hafnarsvæði og manngerðar fyllingar. Ströndin sem kortið lýsir er í raun það svæðið milli lands og sjávar sem flæðir af þegar það er lágsjávað en fer á kaf eða brimar yfir á flóði. Strandgerðin var kortlögð með grófum hætti eins og hægt var eftir loftmyndum í landfræðilegu upplýsingakerfi (ArcGIS). Nákvæmari kortlagning á strandgerð fjarðanna þarfnast vettvangsskoðunar.

### 6.1 Seyðisfjörður

Frá botni Seyðisfjarðar að sunnanverðu og út fyrir miðjan fjörðinn að Látrum og að norðanverðu út fyrir Selstaðavík er stórgrýtisströnd ríkjandi strandgerð. Utar í firðinum tekur svo við klettaströnd sem ríkjandi strandgerð (mynd 13). Þessi strandgerðarskipting á firðinum stafar af ölduróti. Í utanverðum firðinum gætir áhrifa úthafsöldunnar sem skapar orkuríkt umhverfi þar sem hún brotnar við ströndina. Megnið af lausa efni hefur skolast í burtu og eftir standa berar klappirnar sem mynda klettaströndina. Innar í firðinum gætir úthafsöldunnar ekki að sama skapi og mikið af af grófu og lausu efni sest til og myndar grýtta strönd.

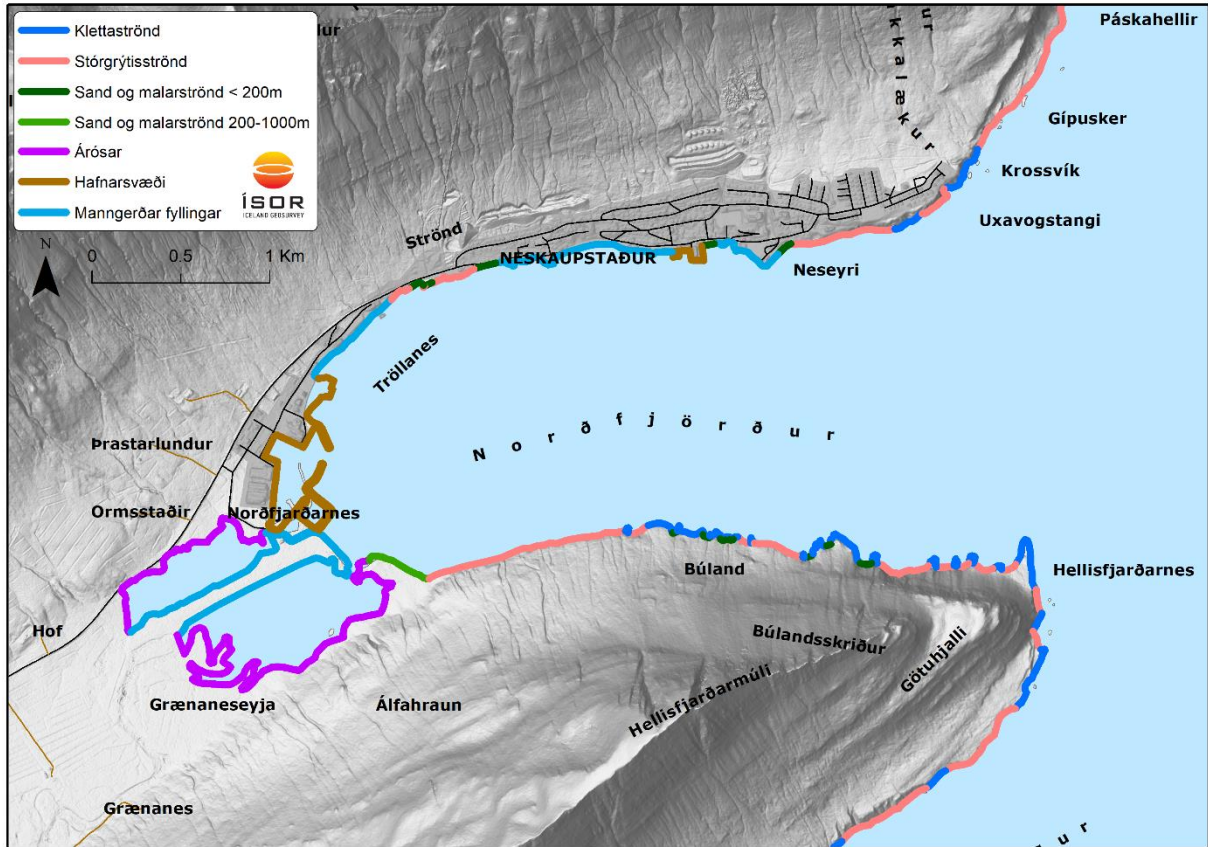
Litlar sand- og malarströndur er víða að finna í firðinum og oft eru þær í litlum vikum sem afmarkaðar eru með klettabrikum. Stærsta sandfjara fjarðarins, rúmur kílómetri að lengd, er austur af Sörlastaðaá, sunnan megin í firðinum. Í nágrenni Seyðisfjarðarkaupstaðar hefur strandlengjan víða verið byggð upp með fyllingum ásamt stóru hafnarsvæði sem sést vel á strandgerðarkortinu (mynd 13). Gamli áróssinn er að mestu horfinn í hinar manngerðu fyllingar sem og áróssatið.



Mynd 13. Strandgerðarkort af Seyðisfirði.

## 6.2 Norðfjörður

Stór hluti af norðurströnd Norðfjarðar eru fyllingar, varnagarðar og hafnarsvæði sem byggð hafa verið upp samhliða uppbyggingu á Neskaupstað. Fyrir botni fjarðarins er sjávarlón beggja vegna flugvallarins sem flokkast sem áróssasvæði. Á suður strönd fjarðarins skiptast á stórgryti og klettur (mynd 14).



Mynd 14. Strandgerðarkort af Norðfirði.

## 7 Helstu niðurstöður

Rannsóknir á neðansjávarskriðum umhverfis Ísland eru á byrjunarstigi og lítil vitneskja hefur verið um tilurð þeirra þangað til LHG hóf kortlagningu á grunnsævi landsins með fjölgeislamæli fyrir um 20 árum. Í skýrslunni hefur verið greint frá grunnrannsókn þar sem gerð hafsbotsins og strandar í Seyðisfirði og Norðfirði er kortlögð og athyglinni beint sérstaklega að neðansjávarskriðum.

Botngerð fjarðanna skiptist í grófum dráttum í tvennt eftir landslaginu og hafdýpi. Annars vegar fínkorna set, leir og silt sem hylur flatan botn fjarðanna þar sem áhrif sjávarfallastrauma og ölduhreyfinga eru lítil. Svo eru það brattar hlíðar og svæðin meðfram ströndunum sem liggja grunnt þar sem víðast hvar er grófara set, sandur og mól, eða jafnvel ber klöppin. Setsöfnunin fer eftir því jafnvægi sem er í orkuumhverfi hafsbotsins á hverjum stað en hafstraumar og ölduhreyfingar sjávar eru ráðandi afl.

Skriðuföll neðansjávar í fjörðum landsins eru um margt ólík skriðuföllum á þurru landi. Þar er það ekki rof og undangröftur í fjallahlíðum sem veldur skriðuhættu heldur upphleðsla sets og myndun sethjalla með ströndum fram. Við ákveðin skilyrði geta þessir sethjallar orðið óstöðugir þannig að stórar fyllur skriða af stað undan halla og staðnæmast ekki fyrr en á flötum hafsbotni á meira dýpi. Eftir að skriðan hefur fallið heldur setsöfnunin áfram, sethjallinn hleðst upp að nýju uns ný skriða hleypur fram. Þetta sést allvíða í fjörðum þar sem greina má dauf og ummerki um fornar skriður undir yngri skriðum.

Þótt ekki séu til staðfest tilfelli frá sögulegum tíma um neðansjávarskriður í íslenskum fjörðum sýna þessar rannsóknir að slíkar skriður hafa orðið fyrr á tímum og líklegt er að slíkir atburðir verði fyrr eða síðar. Hér er því á ferðinni náttúruvá sem þarf að hafa vakandi auga með og hætta fyrir sjófarendur, hafnarmannvirki og önnur mannvirki við ströndina, jafnvel íbúðarhverfi og samgöngukerfi fjarðanna. Mörg dæmi eru um náttúruhamfarir af þessum toga víða um heim og nærtæk dæmi eru þekkt frá Noregi og Grænlandi.

Alls voru 33 skriður kortlagðir, 26 í Seyðisfirði og 7 í Norðfirði, og helstu tölulegum upplýsingum safnað um t.d. flatarmál, mestu lengd, úthlaupshorn o.fl. Skriðurnar skiptast í tvo flokka, þ.e. skriður sem fallið hafa af landi í sjó fram og svo þær skriður sem fallið hafa úr óstöðugum sethjölum neðansjávar.

Það er mikilvægt að auka skilning á umhverfi og jarðfræði fjarðanna og þeim hættum sem þar kunna leynast til að geta tekið skynsamlegri ákvarðanir við umhverfismat, þróun byggða og skipulagningu og uppbyggingu á samgöngukerfinu. Frekari rannsóknir með jarðlagamæli til að kortleggja uppbyggingu og þykkt skriðanna ásamt botnkjörnum til að meta aldur og efnisgerð eru mikilvægar upplýsingar til að meta skriðuhættuna og hvort slíkar skriður hafi orsakað flóðbylgjur í fjörðunum. Skriðuhættan er viðvarandi og okkar hlutverk er að benda á hvar hættur geta leynst og hvaða afleiðingar hún getur haft. Með þeim hætti byggjum við upp vísindalega þekkingu sem getur orðið undirstaða aðgerða stjórnvalda, sveitarstjórna eða annarra aðila í náttúruvár- og loftslagsmálum.



## 8 Heimildaskrá

- Árni Hjartarson (1995). *Jarðrask í Nesfjalli við Norðfjörð*. Í afmælisriti Jóns Jónssonar Eyjar í eldhafi. Ritsstj. Björn Hróarsson, Dagur Jónsson og Sigurður Sveinn Jónsson, bls. 49–52.
- Árni Hjartarson (2020). *Skriðufall við Fjörð á Seyðisfirði um 1400*. Minniblað. Vatn og Jörð ehf. 9 bls.
- Árni Hjartarson og Jón Kristinn Helgason (2017). *Seyðisfjörður: Skriðurannsóknir árið 2016*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR 2017/001, Veðurstofa Íslands, bls. 26
- Árni Hjartarson og Jón Kristinn Helgason (2018). *Bjölfur á Seyðisfirði. Athugun á ofanföllum*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-18006, 21 bls.
- Árni Hjartarson og Ögmundur Erlendsson (2018). *The Geology of Iceland's Insular Shelf and Adjacent Deep Ocean: The Contribution of Iceland GeoSurvey to EMODnet*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR 2018/027, 125 bls., snið, kort, myndir.
- Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson og Þórolfur H. Hafstað (1981). *Vatnsbúskapur Austurlands III*. Orkustofnun, OS81006/VOD04, 197 bls.
- Erlín E. Jóhannsdóttir, Halldór Walter Stefánsson og Cristian Gallo (2018). *Rannsóknir á lífríki Seyðisfjarðar : Botndýr, mælingar í seti, fuglar og þörungar í fjöru*. Náttúrustofa Austurlands, Neskaupstað.
- Halldór G. Pétursson og Þorsteinn Sæmundsson (1998). *Skriðuföll í Neskaupstað*. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-00018, Akureyri. 27 bls.
- Jörundur Savarsson og Guðmundur V. Helgason (2002). *Lífríki á botni Mjóafjarðar*. Líffræðistofnun Háskólans, *Fjölriti nr. 55*.
- Kjartan Thors og Þórdís Ólafsdóttir (1975). *Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975*. Hafrannsóknastofnun. Reykjavík.
- Ólafur Jónsson (1957). *Skriðuföll og snjóflóð I og II*. Prentsmiðjan Leiftur, Reykjavík.
- Óskar Knudsen og Guðrún Larsen (2013). *Skriðuset í jarðvegi í Seyðisfjarðarkaupstað og Botnum*. Háskóli Íslands, Jarðvísindastofnun Háskólans, RH 21 2013. 26 bls.
- Sigmar Arnar Steingrímsson (2009). *Botndýralíf í Seyðisfirði: Rannsókn gerð í tengslum við undirbúning á laxeldi í sjó*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Sæmundsson, Þ., Morino, C., Helgason, J.K., Conway, S.J. og Pétursson, H.G. (2018). The triggering factors of the Móafellshyrna debris slide in northern Iceland: intense precipitation, earthquake activity and thawing of mountain permafrost. *Science of the Total Environment* 621 (2018), 1163–1175.
- Porleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson, Sindri Karl Sigurðsson og Síldarvinnslan (2003). *Botndýr í botni Norðfjarðar*. Náttúrustofa Austurlands, Neskaupstað.
- Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson (1998). *Könnun á skriðuhættu á Seyðisfirði*. Veðurstofa Íslands og Náttúrufræðistofnun Íslands. 32 bls.

Þorsteinn Sæmundsson og Halldór G. Pétursson (1999). *Mat á aurskriðu- og grjóthrunshættu við Seyðisfjarðarkaupstað*. Veðurstofa Íslands, greinargerð 99003. 65 bls.

Ögmundur Erlendsson, Árni Hjartarson, Guðrún Helgadóttir, Jónas Páll Jónasson, Steinunn Hilma Ólafsdóttir og Julian M. Burgos (2015). Botngerð og laus jarðlög á landgrunni Íslands. *Haustráðstefna Jarðfræðifélags Íslands 2015*. Ágrip.