



NÁTTÚRUSTOFA
SUÐAUSTURLANDS

Landris og leirurnar við Höfn í Hornafirði

Minnisblað

Snævarr Guðmundsson og Hólmsfríður Jakobsdóttir



Nóvember 29, 2024

Efnisyfirlit

Staðhættir.....	5
Leirurnar í Hornafirði og Skarðsfirði	7
Fjörumörk í Hornafirði og Skarðsfirði	9
Grunnvatn.....	11
Landris vegna rýrnunar jökla	11
Sjávarstöðubreytingar	13
Ritheimildir, kort og loftmyndir.....	13
Samantekt	14
Heimildir	18

Landris og leirurnar við Höfn í Hornafirði næstu áratugi

Þetta minnisblað, um mögulegar afleiðingar af landrisi á leirurnar í Hornafirði og Skarðsfirði, var tekið saman haustið 2024, að ósk umhverfis- og skipulagsstjóra Sveitarfélagsins Hornafjarðar. Spurningin er: Hvaða landbreytingum má búast við í Hornafirði og Skarðsfirði á næstu 2-3 áratugum vegna landriss? Hér eru dregnar saman ýmsar upplýsingar um staðhætti við Höfn, landris og sjávarstöðubreytingar. Skal bent á að um samantekt er að ræða á því sem þegar er vitað en ekki eiginlega rannsókn.

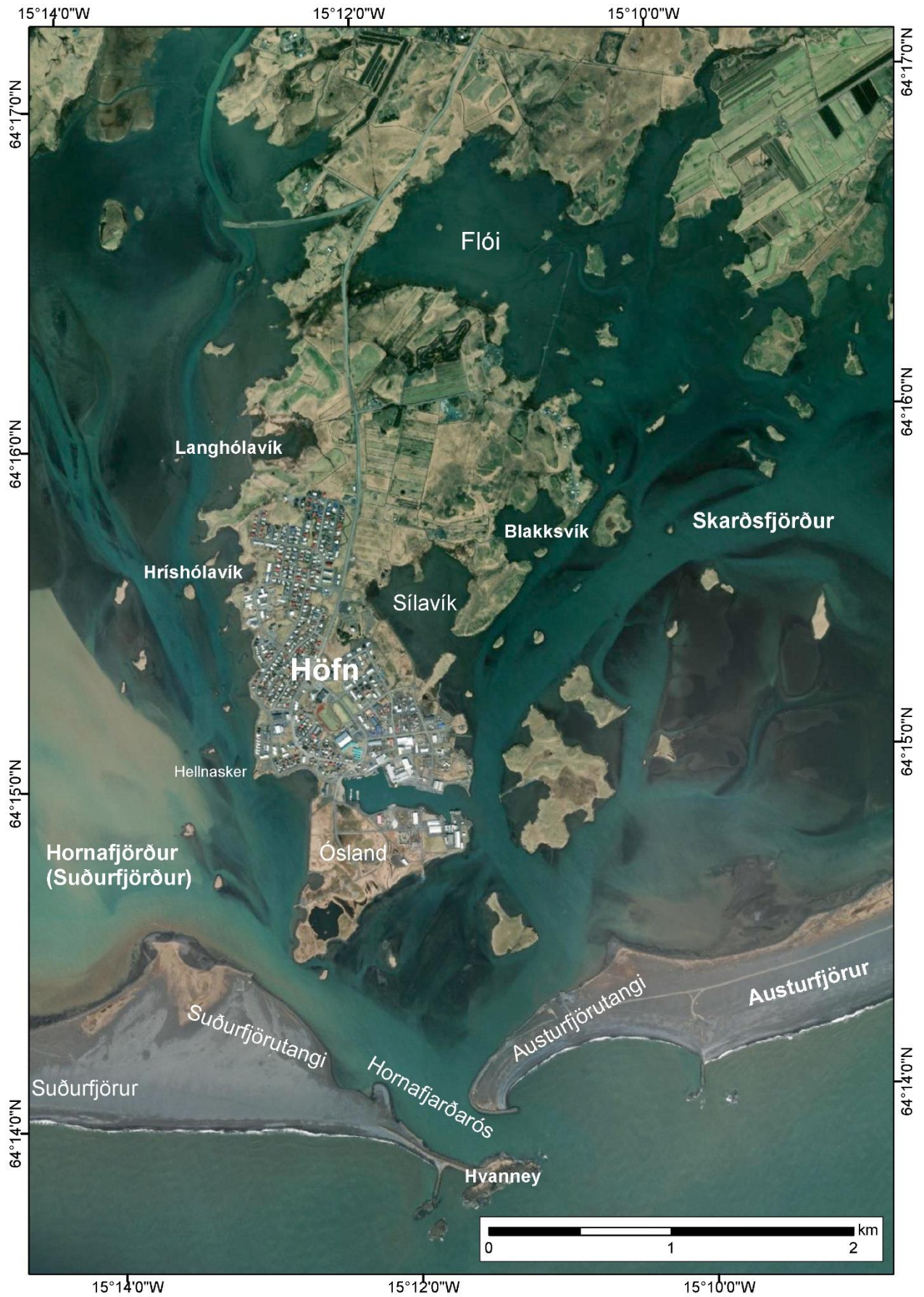
Staðhættir

Kaupstaðurinn Höfn stendur á Hafnarnesi milli Suðurfjarðar (Hornafjarðar) og Skarðsfjarðar (mynd 1). Firðirnir takmarkast til suðurs af 0,5 til 0,8 km breiðum sandrifum – Suðurfjörum og Austurfjörum – sem loka þá frá hafi. Þeir eru því ekki eiginlegir firðir heldur strandlón og er tenging þeirra við Atlantshaf í gegnum Hornafjarðarós, á milli Suðurfjörutanga og Austurfjörutanga. Hornafjarðarós er sjávarfallaós og það sem í gegnum hann streymir er að megninu til saltur sjór en lítið ferskvatn (Gísli Viggósson og Sigurður Sigurðarson, 2000; Páll Imsland, 2004). Hjörleifur Guttormsson (1994) nefnir að mælingar frá 1990 sýni að í gegnum ósinn renni allt að 67 milljónir rúmmetra (m^3) á hverju útfalli í stórstreymi. Til samanburðar er rúmmál Sultartangalóns um 50 milljónir m^3 . Rennlið mælist 4000 m^3/s sem er tífalt meðalrennli Ölfusár við Selfoss.

Firðirnir eru ísölt strandlón sem Páll Imsland jarðfræðingur (2015a,b) hefur sagt einstæð náttúrufrýrbæri á heimsvísu. Hvergi annars staðar finnst ísölt strandlón, blönduð jökulleirvatni, með sjávarfallaósi, afgirt frá hafi. Þar er einnig mikið lífríki. Ferskvatn og jökulvatn af vatnasviði Hornafjarðar er að mestu borið með dragám og jökulá ásamt grunnvatni í vatnsleiðandi malarlögum og blandast sjónum í fjörðunum. Vatnasviðið nær frá Mýrum, austur að Vestrahorni og norður á vatnaskil skriðjökla Fláajökul og Hoffellsjökul og er meira en 800 km^2 að flatarmáli. Flatarmál yfirborðs sjávar Skarðsfjarðar og Hornafjarðar breytist verulega eftir því hvort þar gæti flóðs eða fjöru enda er leirurnar afar flatlendar.

Á Suðausturlandi og þ.a.l. svæðinu í kringum Höfn í Hornafirði einkennist svipmót landslagsins af upphleðslu hraunlaga, vatns- og jökulrofi. Láglandið er strandflötur, jökulsorfinn af breiðum skriðjökli, sem var samsettur úr mörgum jökulgreinum og gekk út á haf. Á flatlendinu, sem er uppbyggt af jökulaurum og árseti, má einnig sjá í berggrunninn í formi klappa og hvalbaka. Ásamt því eru mýrarsund með tjörnum og vötum og í Hornafirði og Skarðsfirði eru eyjar og sker.

Berggrunnurinn er elstur út við ströndina, um 12-13 milljón ára en yngstur næst jöklinum um 3,2-3,4 milljón ára og telst til svonefndrar Neogen myndunar sem einkenndist af hraun- og flæðigosum (Guttormur Sigurbjarnarson, 1990). Bergtegundir eru margar en að mestu basaltlög sem með tímanum hlóðust upp í afar þykkar berglagastafla. Vatn og jöklar tóku að rjúfa dali í þennan stafla og voru mikilvirkastir á jökulskeiðum ísaldar. Þeir mótuðu í grófum dráttum það landslag sem blasir við augum. Fjöldi bergganga, innskot og djúpberg í nágrenninu vitna einnig um að jökulrofið hefur verið mikilvirkt á Suðausturlandi.



Mynd 1. Loftmynd af Hafnarnesinu, Skarðsfirði og Hornafirði. Gögn: ESRI ArcGIS Basemap.

Leirurnar í Hornafirði og Skarðsfirði

Grunnt er á botn fjarðanna og þeir tiltölulega flatir. Á fjöru rennur vatn í afmörkuðum álum sem eru meiri um sig í Suðurfirðinum þar sem að Hornafjarðarfljót og fjórar bergvatnsár safnast í lónið. Þá sitja eftir flákar af leirum sem mynda mikilvæg vistsvæði fyrir smádýr og fugla. Leirurnar eru myndaðar að mestu úr fínkornóttu seti, af grófleika ýmist sem sandkorn, silt eða leir. Setið hefur borist með ánum og er þess vegna að mestu leyti úr basalti (Páll Imsland, 2004, 2015). Á fjöru birtast leirurnar víðsvegar kringum nesið sem Hafnarbyggðin stendur á. Vestan við Hafnarnesið þornar Langhólavík og Hríshólavík á fjöru og að austanverðu Sílavík, Blakksvík og Flói. Á stórstraumsfjöru verða leirurnar víðari og ná lengra út í firðina. Ef vatnsálar þveruðu ekki leirurnar mætti ganga út í fjölda skerja og eyja þurrum fótum á fjöru (myndir 2A-D).

Leirur eru með mikilvægustu fæðuöflunarsvæðum vaðfugla á Íslandi, og skráðar á lista Bernarsamningsins, frá 2014, yfir vistgerðir sem þarfnast verndar (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016). Einnig njóta þær sérstakrar verndar samkvæmt náttúruverndarlögum (Lög um náttúruvernd nr. 60, 2013). Þrjár gerðir af leirum eru í Hornafirði og Skarðsfirði, sandmaðksleirur, skeraleirur og kræklingaleirur, nefndar eftir einkennislífverum sem í þeim þrífast. Allar eru mikilvæg fæðuöflunarsvæði fugla og flokkast með annað hvort hátt eða mjög hátt verndargildi. Sandmaðksleirur og skeraleirur eru áþekkar vistgerðir og auðugar af dýralífi þar sem smádýr grafa sig niður í setið. Þær eru mikilvægar vaðfuglum svo sem tjaldi, sandlóu, lóupræl, stelk og jaðrakan. Kræklingaleirur er lítið eitt grófari en sandmaðks- og skeraleirur og í þeim er dýralíf í setinu ekki jafn auðugt. Á yfirborðinu eru hins vegar miklir klasar kræklinga og þara og eru þessi svæði mikilvæg fæðuöflunarsvæði æðarfugls og vaðfugla eins og tjalds og rauðbrystings (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016).



Myndir 2 A-D. Leirur í Hornafirði og Skarðsfirði, á stórstreymisfjöru þann 22. október 2024. Á þeim sjást A) Sílavík í Skarðsfirði, B) Blakksvík í Skarðsfirði, C) Flói í Skarðsfirði og D) Mönguvík milli Ásgarðs og Leiðarhöfða í Hornafirði. Myndirnar voru teknar á stórstreymisfjöru, sjávarhæð $-0,33$ m, en engu að síður hefur sjávarhæð verið lægri en hér sést. Umhverfisþættir geta haft áhrif á sjávarhæð, t.d. var loftþrýstingur fremur lágur þann 22. apríl 2024 sem olli því að sjávarhæð var $-0,81$ m á háfjöru þrátt fyrir að sex dagar voru í stórstreymi og því einnig fremur lág sjávarstaða á flóði (sjá forsíðumynd).



B) Blakksvík í Skarðsfirði.



C) Flói í Skarðsfirði.



D) Mönguvík milli Ásgarðs og Leiðarhöfða í Hornafirði.

Úttekt var gerð á smádýralífi í nokkrum leirum umhverfis Höfn og fundust þá í mestu magni saltranar, leiruskerar og sandskeljar sem og aðrar lífverur sem eru hentug fæða fyrir fugla svo sem tegundir þráðorma, ána og árfætla auk burstormategundarinnar lónaprefils (Agnar Ingólfsson o.fl., 1980). En þessar lífverur er gjarnan að finna á sandmaðks- og skeraleirum (Jón Gunnar Ottósson o.fl., 2016). Vert er að nefna að á Íslandi finnst saltrani einungis í Hornafirði, Skarðsfirði og Lónsfirði (Ingólfsson, 1996, 2002).

Leirurnar eru ekki síður mikilvæg fæðusvæði fyrir fiska. Á flóði þegar vatn streymir inn í víkurnar og hylur leirurnar koma fiskar, þá sérstaklega flatfiskar, eins og skarkoli, sandkoli og flúra í ætisleit (Elliot o.fl., 2002; McLusky og Elliot, 2006). Fleiri fisktegundir nota þessi svæði til fæðuöflunar (Elliot o.fl., 2002). Fiskarnir éta hryggleysingja t.d. lítil krabbadýr á borð við árfætlur og marflær (Selleslagh o.fl., 2012) auk burstorma svo sem sandmaðk (Elliot o.fl., 2002). Leirurnar og sjávarlónin umhverfis þær gegna einnig mikilvægu hlutverki á mismunandi lífsæviskeiðum fiska (Elliot o.fl., 2002). Til dæmis sem uppeldissvæði skarkola og sem farleið laxfiska og ála sem ganga úr sjó á hrygningarsvæði sín í ám.

Frumframleiðni leira er mikilvæg fyrir aðliggjandi svæði og flyst orkan upp fæðukeðjuna og inn í aðrar vistgerðir. Frumframleiðni leira felst að mestu leyti í grotætum og síurum, sem sía næringu úr vatninu, svo sem burstormum, árfætlum og marflóm. Hafa árfætlur og marflær t.d. verið greindar sem lykiltegundir til að bera lífrænt efni upp fæðukeðjuna (Selleslagh o.fl., 2012). Fuglar og fiskar éta þessar tegundir hryggleysingja meðan leirunar eru þeim aðgengilegar en yfirgefa þær að ætisleit lokinni. Þannig flyst orkan út fyrir leirurnar t.d. þegar fiskarnir leita í dýpri vötn á fjöru og verða sjálfir bráð annara afræningja svo sem sjófugla, sela og stærri fiska (Selleslagh o.fl., 2012; McLusky og Elliot, 2006). Eyðilegging þessara svæða getur því haft víðtækari áhrif upp með fæðukeðjunni en ekki aðeins leitt til hnignunar stofna sem nýta þau t.d. sem fæðusvæði eða uppeldisstöðvar, þar á meðal nytjastofna (McLusky og Elliot, 2006).

Flæðilönd taka gjarnan við af leirunum í Hornafirði og Skarðsfirði sem einkennast af fitjagróðri. Á flæðilöndum birtist oft einskonar beltaskipting vistgerða og tegundasamsetninga sem breytast eftir því sem fjær dregur fjöru og hæð yfir sjávarmáli eykst. Þetta skýrist af mismiklum áhrifum sjávarfalla sem skapa mismunandi umhverfisaðstæður (Bertness, & Pennings, 2002). Þættir sem hafa einna mest áhrif eru selta og súrefnisskortur í jarðvegi meðan hann er vatnssósa (Bertness, & Pennings, 2002). Á norðlægum slóðum hefur súrefnisskortur vegna vatnssósa jarðvegs meiri áhrif þar sem jarðvegur er ekki jafn saltur og við miðbaug, þar sem uppgufun er meiri (Bertness o.fl., 1992; Bertness, & Pennings, 2002).

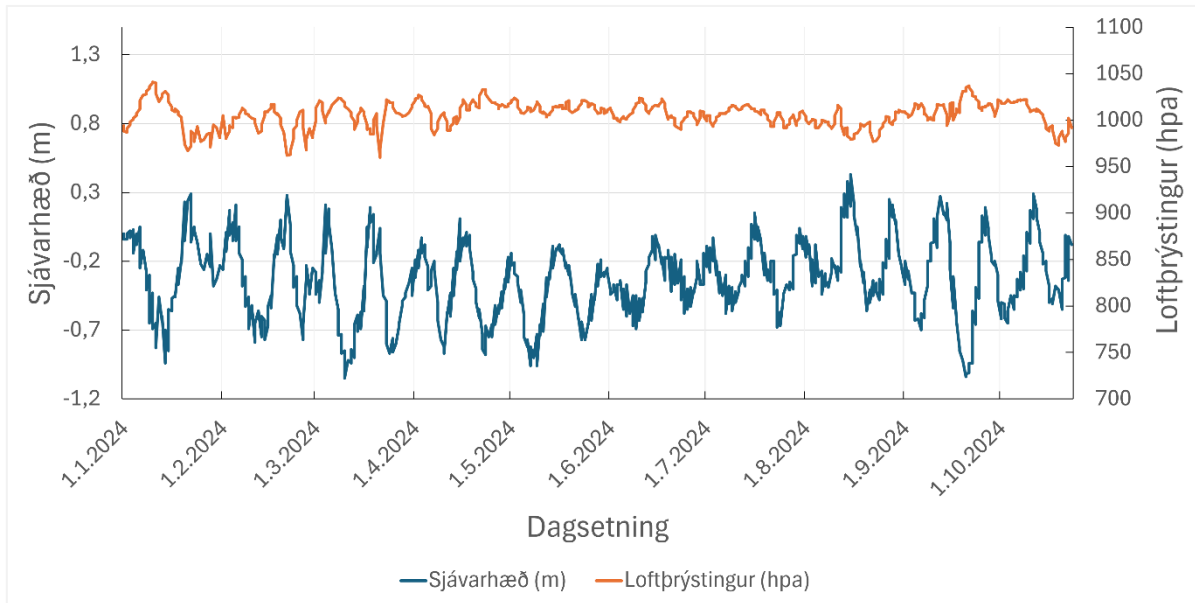
Ekki er ósennilegt að fitjagróður muni nema land ef leirur koma á þurrt, t.d. hefur tekist að endurheimta flæðilönd við Miðjarðarhaf með manngerðum leirum þar sem náttúrlegur gróður nam land í framhaldi. Við þetta reyndist hæð yfir sjávarmáli góður vísir á hvaða plöntusamfélag myndu nema þar land, og mynduðust annarsvegar leirur þar sem land var lægst en mismunandi vistgerðir flæðilanda eftir því sem ofar dró. Hæð yfir sjávarmáli endurspegladi því vel áhrif sjávarfalla með tilliti til vatnsmagns og seltu (Ivajnsič, 2016). Líklegt er að plöntur sem finnast í nágrenni leiranna nemi þar land og svipaðar vistgerðir myndist á leirunum og þær sem finnast í næsta nágrenni (Wolters o.fl., 2005).

Fjörumörk í Hornafirði og Skarðsfirði

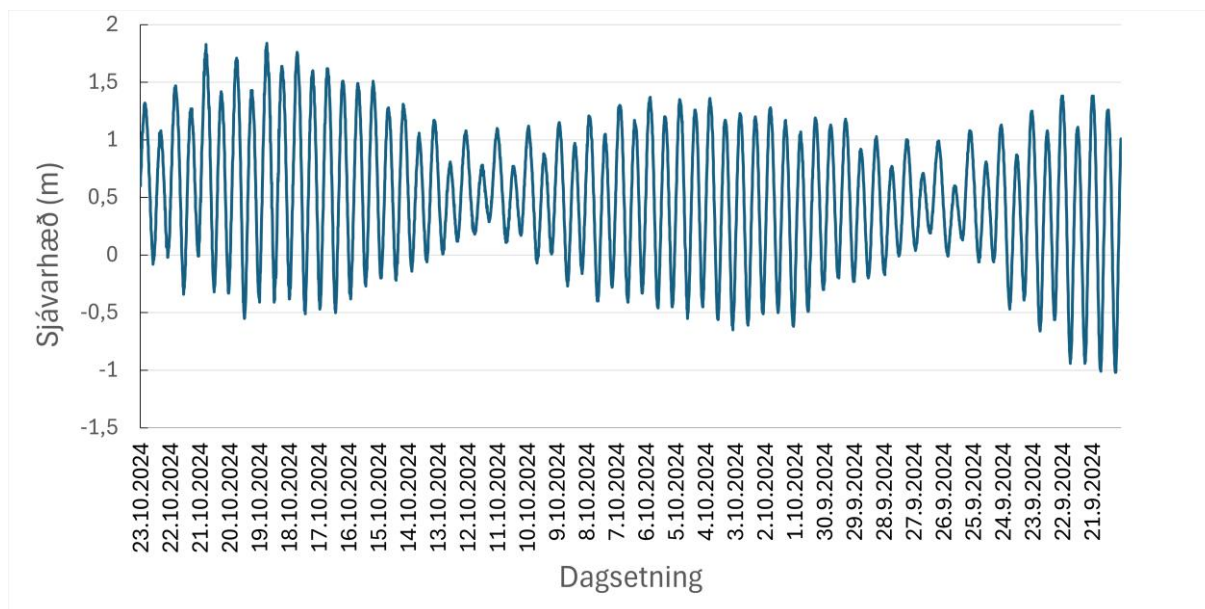
Fjörumörk eru venjulega skilgreind hérlendis sem náttúrulega beltið þar sem land mætir sjó og flóð og fjara koma saman. Þau eru breytileg með tíma og háð tíðni og styrk sjávarflóðanna, loftþrýstingi, lofthita og jafnvel vindi (Pond og Pickard, 1983). Fjörur eru mikilvæg vistkerfi sem hýsa strand- og

sjávargróður og dýralíf, eins og fugla, seli og ýmis sjávardýr. Fjörusvæði eru oft vernduð vegna líffræðilegrar fjölbreytni en dæmin sýna að þau eru oftast afar berskjölduð gagnavart hvers konar mengun af mannavöldum (Murray o.fl. 2018; Agnar Ingólfsson, 2010).

Sjávarfallabreytingar eru vaktar með mælistöð í [höfninni](#) og annarri í [Hvanney](#) við Hornafjarðarós. Hægt er að nálgast rauntímagögn yfir sjávarfallabreytingar hjá Veðurstofu Íslands, á vefsíðunni [M og T](#) yfir veðurstöðvar. Samanburður gagnanna (myndir 3 og 4) sýnir áhrif loftþrýstings á sjávarhæð og breytileika sjávarfalla eftir því hvort það er smástreymt eða stórstreymt. Dýptarmunur á flóði eða fjöru getur numið einum til tveim metrum og ræðst af hvort stórstreymt er eða ekki.



Mynd 3. Áhrif loftþrýstings á sjávarhæð. Hér má sjá að sjávarhæð á háfjöru breytist í takti við loftþrýsting. Því lægri sem loftþrýstingurinn er því hærri er sjávarhæðin. Gögn fengin frá M og T.



Mynd 4. Sveiflur í sjávarhæð yfir u.þ.b. einn mánuð. Hér má sjá að sjávarhæð breytist með flóði og fjöru en einnig stórstreymi og smástreymi. Stórstreymi og smástreymi tengist gangi tunglsins og er stórstreymt á u.þ.b. tveggja vikna fresti um þær mundir þegar tungl er fullt eða nýtt. Gögn fengin frá M og T.

Innan Hornafjarðar og Skarðsfjarðar liggja fjörumörkin á leirunum. Flatarmál yfirborðs sjávar í fjörðunum breytist töluvert eftir því hvort þar gæti flóðs eða fjöru. Samanlagt flatarmál var metið 33 km² á stórstraumsfjöru og 74 km² á smástraumsflóði, þ.e. það meira en tvöfaldaðist frá lægstu að hæstu sjávarstöðu (Hjörleifur Guttormsson, 1994). Vegna þess hvað leirurnar eru flatar er mikill munur á vídd fjörubeltisins sem markar bilið á milli flóðs og fjöru.

Grunnvatn

Vatnasvið Hornafjarðar er í meginráttum flokkað til *jarðvegsmiðlaðra dragáa á láglandi* (Freysteinn Sigurðsson o.fl., 2006). Afrensliskerfið greinist í yfirborðsvatn, þ.e. ár og vötn, og grunnvatn, einnig nefnt jarðvatn. Berggerð og jarðvegsgerð ræður því hvernig vatn rennur í gegnum svæðið og hver grunnvatnsstaðan er, sem vísar til yfirborðshæðar þess. Setlög og jarðvegur eru gegndræpari en berglög og þar getur meira grunnvatn verið til staðar og gegnumflæði hraðara. Grunnvatnsstaða ræðst af jarðfræðilegum aðstæðum, staðsetningu, árstíðum og veðurfarsþáttum eins og loftþrýstingi. Hún er yfirleitt hærri eftir miklar rigningar og lægri á þurrkatímum (Vincent o.fl., 2024). Grunnvatn er mikilvægt fyrir lífríkið, ekki aðeins dýralíf heldur hefur grunnvatnsstaða áhrif á gróðurfar á svæðinu.

Takmarkaðar tölulegar upplýsingar eru um grunnvatnsflæði í Hornafirði. Samkvæmt kortasjá ÍSOR er lektin innan vatnasviðs Hornafjarðar annars vegar „sáralítil lekt“ þar sem að bergrunnurinn er eða „mikil lekt“ þar sem jarðlög eru lausbundnari. Það er þá jökulruðningur, jökulárset og sjávarset. Ásamt þessu hvílir lífrænn jarðvegur víða ofan á láglandinu sem er votlendis- og deiglendisjarðvegur. Rannsókn A. Vincent o.fl (2024), á vatnasviðum þriggja jökla í Suðursveit og á Mýrum, auk Breiðamerkurjökuls sýnir einmitt þetta og getur gefið vísbendingu um flæðihegðun grunnvatns í Hornafirði enda líklegt að grunnvatnsgeymarnir (vatnshlotið) séu sambærilegir. Þau telja að grunnvatnsöfnun undir jöklunum sé fjórfalt meiri en á jökulaurunum framan við þá. Og mikill breytileiki sé á milli árstíða þar sem mun meira safnist í þá á sumrin en á veturnum (Vincent o.fl., 2024).

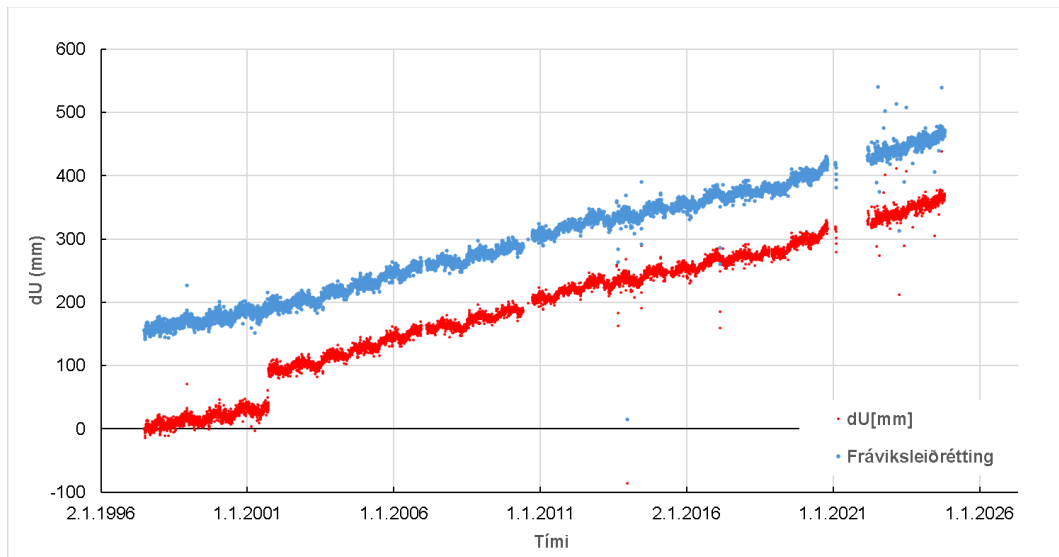
Láglandið í Hornafirði er að mestu þakið misþykkri jökulurð og jökulárseti frá Nútíma (yngra en 10 þúsund ár), er flatt og gegndræpi er hátt, nema þar sem berggrunnurinn er fyrir. Hann er mjög gamall, eins og fram hefur komið, og með litla lekt. Bæirnir Svínafell og Hoffell eru í að giska 20 m hæð yfir sjó og >19 km fjarlægð frá sjó. Meðalhalli landsins frá bæjunum til sjávar er minna en ein gráða. Þurfa því víðfeðm votlendi í Hornafirði vart að koma á óvart vegna þess hve flatt landið er, hæð yfir sjó lítil og malarlög gegndræp.

Landris vegna rýrnunar jökla

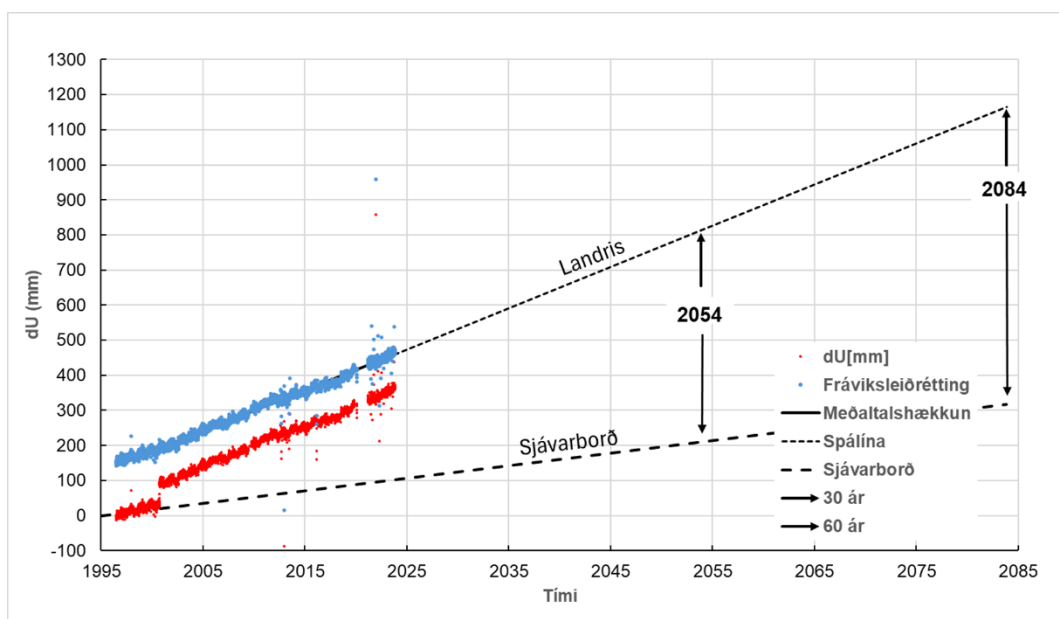
Landris er jarðfræðilegt ferli sem getur verið staðbundið og lítið eins og t.d. vegna jarðskjálfta og skriðufalla eða náð yfir stærri svæði vegna fargléttingar af jarðskorpunni. Það fyrra á kannski við um svæði sem er nokkrir kílómetrar í þvermál og risið er í mm eða cm í heildina. Varðandi jökларыrnunina, þá er svæðið sem rís yfirleitt ca. 100+ km í þvermál - sumstaðar miklu stærra. Litlir jöklar (Ok, Þrándarjökull, o.s.frv.) hafa sáralítil ef nokkur staðbundin áhrif, því umfang þeirra er miklu minna en þykkt stinnhvölsins. Landris vegna bráðnunar stærri jökla, eins og Vatnajökuls er mun umfangsmeira og þess gætir á svæði sem er miklu stærra en jökullinn sjálfur. Það er þessi þáttur sem talinn er ráða landrasi við Höfn. Fargbreytingar fylgja lögmáli Arkimedesar um flotjafnvægi og geta átt sér stað á stórum svæðum eða á smærri mælikvarða. Jafnvægisaðlögun (e. Glacio-Isostatic Adjustment) vegna jöklabreytinga kemur fram sem aflögun, upplyfting og þrýstingsaflétting jarðskorpunnar. Viðbrögð jarðskorpunnar undir Íslandi eru að svara fljótt þrýstingsafléttingunni. Þetta er vegna þess að linhvolfið efst í möttlinum er mun heitara og ekki eins seigt og er víðast hvar annarstaðar vegna þess að landið

er á plötumótum og undir því er möttulstrókur. Upphækkunarhraðinn er hér sum staðar ~25 mm/ári eða meira (Árnadóttir, 2009; Hildur M. Friðriksdóttir, 2014).

HOFN er mælistöð Landmælinga Íslands á Höfn í Hornafirði. Þar hafa verið gerðar GPS-mælingar frá árinu 1997 til þess að vakta landbreytingar t.a.m. landrek. Þær leiða í ljós að landið er að rísa, eins og víða annars staðar á landinu. Ríshraði á Höfn samkvæmt nýlegri samantekt er 14 mm/ár en um 25 mm/ár næst jökli (Hildur M. Friðriksdóttir, 2014). Mælingar sýna að landið rís mishratt í kringum Vatnajökul og hraðast á vesturhluta hans ($>45 \text{ mm/ár}^{-1}$). Tímaraðarmælingar HOFN sýna landris sem hefur orðið á tímabilinu 29. júní 1997 til 22. október 2024 eða rúm 27 ár (myndir 5 og 6).



Mynd 5. Landris ($dU[\text{mm}]$) á Höfn í Hornafirði frá mælistöðinni HOFN (rauðir punktar). Bláu punktarnir sýna sama ferilinn leiðréttað vegna lóðrétts frávíks árið 2001. Þá var skipt um búnað á mælistöðinni (Halldór Geirsson, 2003). Byggt á gögnum frá Veðurstofu Íslands um aflögunarmælingar [Aflögunarmælingar].



Mynd 6. Spá um landris við Höfn næstu 60 ár ef framvinna þess væri línuleg og myndi haldast óbreytt eins og hún var á tímabilinu 1997-2024. Hún tekur því ekki mið af árstíðasveiflum og breytingum sem kunna að verða á seigju jarðskorpunnar og því hve hratt jöklnir rýrna.

Við því má búast að vegna áframhaldandi rýrnunar Vatnajökuls aukist landrishaði þegar líður á 21. öldina (Pagli o.fl., 2007; Tómas Jóhannesson og Benedikt G. Ófeigsson, 2014). En ef gengið er út frá niðurstöðum GPS mælinga HOFN á þessu tímabili og að landris myndi halda áfram sem línulegt ferli má ætla að eftir 30 ár hafi landið risið um 42 cm á Höfn og 75 cm við jaðar Vatnajökuls.

Út frá þeim forsendum mun landið við Höfn hafa risið um 84 cm eftir 60 ár og ~150 cm við Vatnajökul. Á móti kemur hækkun sjávar vegna jöklaleytingar en séu þessir þættir lagðir saman munu þeir ráða mestu um hve mikið ströndin kemur til með að rísa úr sæ (Freysteinn Sigmundsson og Helgi Björnsson, 2011). Landris getur haft áhrif á vatnsflæði, grunnvatnsstöðu og breytt strandlengju.

Sjávarstöðubreytingar

Hnattræn hlýnun veldur rýrnun jökla alls staðar í heiminum. Afleiðingin er hækkuð sjávarstaða. Mestu munar um bráðnun jökla á Suðurskautslandinu og Grænlandi. Hlýnun úthafanna veldur einnig útpenslu sjávar og þá hækkar yfirborð þess. Talið er varmaupptaka sjávar hafi aukist um helming að frá 1993 (IPCC, 2019). Hækkun hnattræns meðalsjávarborðs er hraðari síðustu áratugum. Samkvæmt IPCC (2019) hækkaði hnattrænt meðalsjávarborð úr 1,4 mm/ár á tímabilinu 1901–1990 í 2,1 mm/ár á tímabilinu 1970–2015. Það hækkaði í 3,2 mm/ár á tímabilinu 1993–2015 og í 3,6 mm/ár yfir tímabilið 2006–2015. Þar segir að meginástæða þessarar hröðunar síðan 1970 sé af mannavöldum.

Ef hækkun sjávarborðs verður svipuð næstu 60 ár og verið hefur síðustu árin (3,6 mm/ár), yrði hún 22 cm, sem er rúmur fjórðungur af landrisinu. Ef landris verður svipað eins og verið hefur myndi hækkunin miðað við sjávarborð verða 60–65 cm á þessu tímabili. Ef sjávarborðshækkun á tímabilinu vex, og væri t.d. 5 mm/ár, næmi hún 30 cm á þessu 60 ára tímabili. Landið myndi eigi að síður rísa 50–60 cm miðað við sjávarborð. Það eru því miklar líkur á að landrisið hafi mun meiri áhrif á stöðuna í Hornafirði en hækkun sjávarborðs næstu áratugina.

Hlýnunin mun þýða að á hnattræna vísu mun hitabeltisfellibyljum og stórum hafsöldum fjölga, úrkoma mun aukast og með hækkun sjávarborðs fjölgar öfgafullum sjávarstöðuáttum og áföllum við strendur ásamt strandrofi. Þá eru ótalin áhrif á lífríkið sem eru talin án vafa verða gríðarlega mikil (IPCC, 2019). Töluverð óvissa er um hversu mikil hækkun sjávar mun verða á næstu áratugum (Garner o.fl., 2018). Í nýlegri rannsókn kemur fram að hnattræn hlýnun upp á +2°C árið 2100, miðað við gildi fyrir iðnbyltingu, muni valda 0,9 m hækkun meðalsjávarborðs árið 2100 og 2,5 m hækkun árið 2300 (van de Wal o.fl., 2022). Það gerir 11,5 mm meðaltalshækkun á ári. Þessi tala er hærri en segir í nýlegri IPCC skýrslu (2019) þar sem talið er að sjávarhækkun til 2100 verði á bilinu 0,43 til 0,84 m. Hve mikla hækkun sjávar má búast við hér við Ísland mun ráðast af því hve mikil hnattræna hlýnunin verður en einnig jarðeðlisfræðilegum þáttum, þ.e. landrisi og rýrnun jökla.

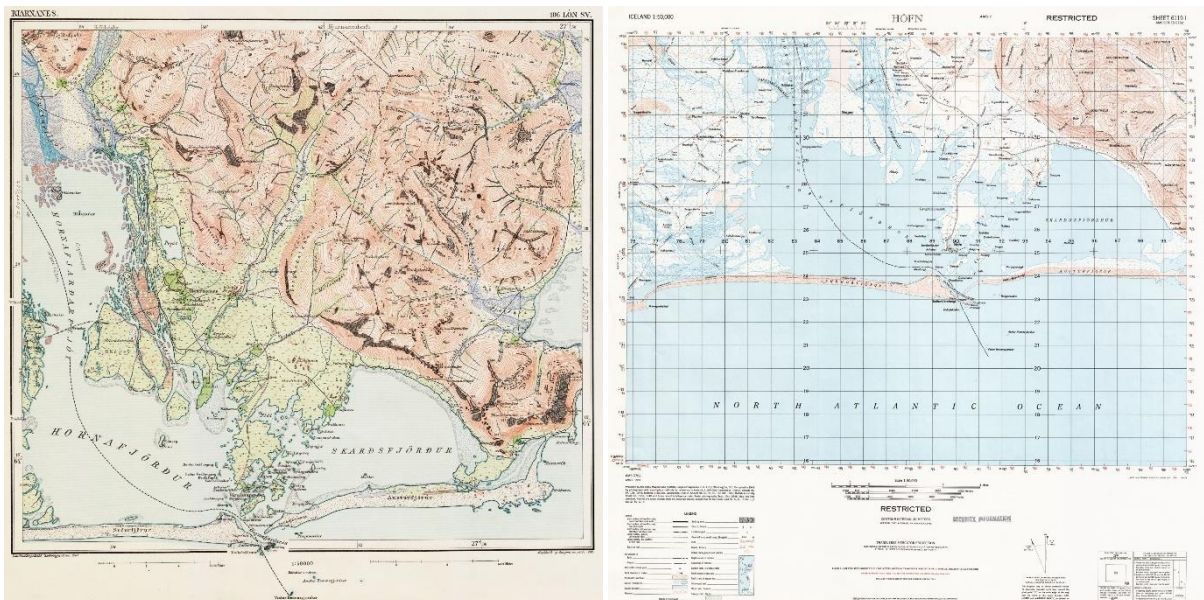
Ritheimildir, kort og loftmyndir

Guttormur Sigurbjarnarson (1990) hefur rakið landslagsbreytingar við Hornafjörð í stórum dráttum. Hann segir miklar breytingar hafi orðið við Hornafjarðarós á síðasta hluta 18. aldar. Þá braut afrennsli úr Skarðsfirði sér leið í gegnum gróið land á milli Óslands og Austurfjörutanga. Samhliða þessum breytingum fluttist Hornafjarðarós austur fyrir Hvanney. Það er líklegt að hækkanði sjávarstaða á þeim tíma hafi ráðið einhverju um en þá höfðu jöklar vaxið í nokkrar aldir og land sigið (Páll Imsland, 2004). Hins vegar telur hann, út frá samanburði á kortum og loftmynda, litlar aðrar breytingar hafa orðið á síðustu 200–300 árum.

Landmælingar danska herforingjaráðsins frá 1903 (DGS, 1905), birtust á uppdrætti árið 1905 (mynd 7a). Þær benda til minna þurrlandis í Hornafirði en nú er. Á þeim tíma voru jöklar teknir að hopa eftir

að hafa verið í hámarksútbreiðslu nálægt lokum 19. aldar. Landið var enn sigið eftir jökulfargið aldirnar á undan. Á herfingjaráðskortinu af Hornafirði afmarkast Skógey af vatni og jökulaurarnir verða fyrst þurrlendi norðan við Gildrasker. Loftmyndir, sem voru teknar 1946 af Army Map Service (AMS, 1951) og 1954 af Höfn sýna hins vegar jökulaurana ná suður að Skógey (mynd 7b). Samanburður á þeim bendir til að landris hafi þá þegar valdið ákveðnum landbreytingum á þeim rúmu 40 árum sem liðu á milli kortlagninganna. Það verður að telja að landið frá jökli og suður fyrir Skógey hefur hækkað og þornað. Hins vegar má ekki útiloka að upphleðsla varnargarða upp úr miðri 20. öldinni, vegna vegagerðar, sem veitti ám í fasta farvegi gæti haft eitthvað að segja (Sigurður Óskar Jónsson, 2011).

Páll Imsland (2004) gerði framvindu landsigs og landriss í Hornafirði eftir landnám og fram yfir byrjun 21. aldar ágæt skil. Hann bendir á ýmsar vísbendingar sem sýna að þegar Vatnajökull tók að vaxa fyrr á öldum hafi land sigið. Og frá því að hann tók að rýrna, í lok 19. aldar, hafi létting fargsins orðið til þess að landið, þ. á m. við Höfn í Hornafirði, tók að rísa á nýjan leik. Hér á undan var gerður samanburður á kortum frá 1903 og 1946 sem vitnar um landrисиð og að deiglendi hafi þornað á þeim 40 árum sem liðu á milli. En fleiri vísbendingar eru um að það hafi tekið að gerast fyrir miðja 20. öldina. Eitt þeirra er Hellnasker vestan við Leiðarhöfða (mynd 1) sem fyrst fór að sjást í eftir 1950. Leiðir Páll líkum að því að það hafi risið meira en 75 cm fram til ársins 1992 eða 1,8 cm á ári.



Mynd 7. a) Kort danska herfingjaráðsins, byggt á mælingum 1903. b) AMS kort, byggt á loftmyndum frá 1946.

Samantekt

Hér höfum við dregið saman ýmsar upplýsingar og heimildir um staðhætti og náttúrufar við Höfn sem landris gæti haft áhrif á. Til langs tíma litið hegðar landris sér þannig að við afléttingu fargs af jarðskorpunni lyftist landið hraðast í byrjun en hægist smám saman á eftir því sem tíminn líður. Þó að landris skilgreinist sem jarðfræðilegt ferli geta afleiðingar þess gætt á lífríkið. Leirur og strandlón við Höfn eru mikilvæg vistkerfi sem byggjast upp á lífauðgi sem er undirstöðuatriði fyrir lífverur ofar í fæðukeðjunni, svo sem fugla og fiska. Það getur orðið fyrir skaða þó það blasi ekki augljóslega við. Spurningin er: hvað gerist á næstu áratugum?

Skoðum fyrst landrисиð, ásamt niðurstöðum úr GPS mælingum frá mælistöðinni HOFN, og hækku sjávar. Tómas Jóhannesson og Benedikt G. Ófeigsson (2014) rekja þessa þætti og áhrif þeirra við Höfn.

Þeir segja meðalhraða landrissins á mælistöðinni HOFN 13 mm/ár yfir tímabilið 1997-2014 (17 ár) en hægara í byrjun og hraðari seinni helming þessa tímabils. Gera megi ráð fyrir svipuðu landrissi á stóru svæði umhverfis HOFN. Lítil breyting sé á stefnu þess til norður—suður og því má miða við að landrishaði við Hornafjarðarós sé sambærilegur HOFN. Telja þeir líklegt að landrishaðinn haldi áfram að vaxa næstu áratugi og því ráði jarðeðlisfræðilegir eiginleikar jarðskorpunnar. Mat þeirra var að til 2050 gæti land risið 0,7-1,0 m en með fyrirvara á efri mörkin.

Minnt skal á að Páll Imsland (2004) hefur bent á að eftir að jöklar tóku að rýrna hafi land við Höfn risið >75 cm frá miðri 20. öld og fram til 1992. Að því samanlögðu við mæligögn HOFN mun um miðja 21. öldina land hafa risið 1,5-1,8 m frá því að jöklar tóku að rýrna fyrir um 120-130 árum síðan. Tími mælingaraðarinnar sem Tómas og Benedikt vitna til hefur enn fremur lengst og nær nú 27 árum (myndir 5 og 6). Ekki verður betur séð en að meðaltal landrissins sé enn nálægt 13 mm/ár. Þó að greina megi sveiflur hefur meðalrishaðinn haldist tiltölulega jafn yfir þetta tímabil. Ef við gerum ráð fyrir að landrissið haldi áfram með svipuðum hraða mætti ætla að landið við Höfn myndi hækka um 42 cm fram til 2054 (30 ár héðan í frá) ef það væri línulegt á meðan land við Hoffellsjökul hækkar um 75 cm. Mismunurinn þarna á milli er 33 cm eins og kemur fram í töflu 1. Eftir 60 ár má búast við Höfn standa ~84 cm hærra en nú og landið við Hoffellsjökul einum og hálfum metra hærra.

Tafla 1. Landris við Hornafjörð næstu áratugi, ef m.v. stöðuga framvindu. Tölur í metrum nema annað sé gefið upp.

	Hæð _(m)	landris _(cm/ár)	ára fjöldi					
			10	20	30	40	50	60
Hoffell	20	2,5	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
Höfn	3	1,4	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,84
		Mismunur _(m)	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66

Á sama tímabili er því spáð að hækkun hnattræns meðalsjávarborðs verði á bilinu 6-11,5 mm á ári fram til ársins 2100. Á þeim tíma þegar Tómas og Benedikt (2014) rituðu sitt minnisblað, var talið að hækkun sjávarborðs væri 3 mm á ári. Ef sjávarborðshækkun við Suðausturland fylgir henni er það minna en mælt landris á Höfn og Hoffellsjökul. Nú telja menn að sjávarborðsbreytingar verði ekki jafnar hnattrænt vegna breytileika í þyngdaráhrifum og öllu jafna minni við Ísland vegna nándar við Grænland. Í raun muni land við Höfn rísa hraðar en nemur hækkandi sjávarborði (Tómas Jóhannesson og Benedikt G. Ófeigsson, 2014). Þó skal bent á að enn er óvissa um hve mikil sjávarborðshækkun komi til með að eiga sér stað við landið og hvort hún haldist með hækkandi hnattrænu meðalsjávarborði (Freysteinn Sigmundsson og Helgi Björnsson, 2011).

Landris getur haft áhrif á grunnvatnsborð þegar jarðfræðileg skilyrði eru fyrir hendi sem hafa áhrif á gegnumstreymi og hvernig vatn safnast fyrir. Það getur hindrað og breytt rennislíleiðum og leitt til þess að grunnvatn safnast fyrir í nýjum geymum. Við skoðuðum hvaða áhrif landrissið gæti haft næstu áratugi í ljósi staðháttanna í Hornafirði. Má benda á að halli landsins er afar líttill og það stendur lágt yfir sjó. Vegalengdin á milli Hoffells, sem er í ~20 m hæð yfir sjó, og Hafnar (~3 m hæð) eru liðlega 20 km. Meðalhalli jökulauranna er um 0,05°. Því er yfirborð grunnvatnsgeymisins (vatnshlotið) nánast hallalaust og gegnumstreymið líklega hægt en stöðugt. Halli landsins mun ekki breytast að ráði á næstu áratugum. Enn og aftur er miðað við línulega breytingu. Það sama á við ef Hvanney og Hoffellsjökull notuð sem viðmið en vegalengdin á milli þessara staða eru 26 km. Í miklum úrkomutíðum er land fljótt að mettast en það má sjá á því hve víða fer að fljóta og mynda votlendi eða polla. Ekkert bendir því til annars en að grunnvatnsstaðan verði svipuð næstu áratugi og að halli inn til landsins leyfi grunnvatninu ekki að streyma hraðar í gegn. Úrkoma og leysing jökla mun sem áður viðhalda

grunnvatnsborðinu þó vafalítið sveiflist grunnvatnshæð til, bæði árstíðabundið, í úrkomutíðum eða þurrkum. Sjónrænt, mun landris á næstu áratugum líklega vera mest áberandi við skerin í fjörðunum á fjöru vegna þess hvað leirurnar umhverfis þær eru flatar og grunnar.

Víða við leirur Skarðsfjarðar og Hornafjarðar eru að finna sjávarfitjar sem flokkast til sjávarfitjungsvistar og gulstararfitjavistar, því er ekki ósennilegt að þær komi til að nema land á leirum sem koma á þurrt en sjávaráhrifa enn gætir. Líkt og leirur er sjávarfitjungsvist og gulstararfitjavist á lista Bernarsamningsins frá 2014 (Jón Gunnar Óttósson o.fl., 2016) og njóta sérstakrar verndar skv. náttúruverndarlögum (Lög um náttúruvernd nr 60, 2013). Hafa þessar vistgerðir hátt og mjög hátt verndargildi. Þar sem stór svæði þarna gætu mismikil áhrif sjávar valdið því að fjölbreyttari vistgerðir nemi land. Fitjagróður gæti þannig numið land næst sjónum þar sem flæðiáhrifa gætir en votlendisgróður sem þolir vatn og seltu verr komið sér fyrir ofar í landinu og myndað mýrar og flóa, sem njóta sérstakrar verndar skv. náttúruverndarlögum ef stærð flóans er umfram 20.000 m² (lög um náttúruvernd nr 60, 2013).

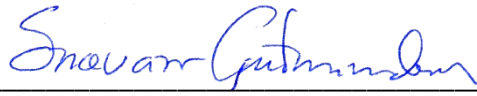
Þrátt fyrir strandsvæði á borð við leirur séu mikilvæg mörgum tegundum lífvera og hafi hátt verndargildi er áætlað að 16,2% leira og annarra flatra strandsvæða á heimsvísu hafi tapast á árunum 1984-2016 (Murrey o.fl., 2018). Sömuleiðis áætlaði Agnar Ingólfsson (2010) að um 11,7% leira á Íslandi hafi tapast og var það aðeins með tilliti til sjö svæða þar sem leirur hafa þurft að víkja fyrir vegum, uppfyllingum eða lokunum ósa. Þess háttar framkvæmdir valda því að stór hluti fæðu margra fugla- og fiskitegunda hverfur á augabragði. Sumar þjóðir, svo sem Bandaríkin, hafa tekið upp reglur um að bæta þurfi upp fyrir búsvæði sem tapist með nýju svæði. Það er hins vegar nokkuð óvíst að þess háttar aðgerðir geti komið að fullu í stað búsvæðisins, enda er oft um að ræða búsvæði sem hefur tekið hundruði ára að myndast (McLusky og Elliot, 2006).

Fyrirliggjandi heimildir og gögn um landris í Hornafirði og Skarðfirði gefa hugmynd um landbreytingar og afleiðingar þess. Við teljum t.a.m. ólíklegt að grunnvatnsstaða breytist á næstu áratugum vegna landsriss. Ef hækkan sjávar heldur ekki í við landris gæti sá hluti leirunnar sem stendur upp úr sjónum á fjöru aukist. Ef leirurnar sem liggja næst landi hækka svo það flæði sjaldnar yfir þær má búast við því að fitjagróður nemi þar land. Hve stór svæði verða fyrir áhrifum er ómögulegt að segja nema að fyrir liggja nákvæmari landlíkön.

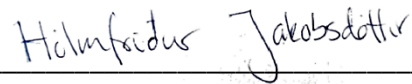
Til að mynda gefa núverandi landlíkön sem eru aðgengileg til úrvinnslu ekki upplýsingar um halla landsins á leirunum. Því þyrfti að afla gagna sérstaklega um hæð landsins á leirunum á fjöru. Auk þess hafa víkurnar ekki verið dýptarmældar á flóði. Einnig liggja ekki fyrir gögn um stórstraumsfjörumörk sem nýta mætti í landlíkan til að áætla breytingar á fjörumörkum. Til að greina langtíma sjávarstöðu- og landrisbreytingar á Höfn enn frekar, t.d. út frá loftmyndum myndi það kosta umtalsverða vinnu. Erfitt gæti reynst að finna myndir þar sem sömu skilyrði ríkja, með tilliti til flóðs og fjöru, stórstreymis og smástreymis og umhverfisþátta eins og veðurfars og loftþrýstings. Hins vegar mætti athuga hvort hægt væri að nota breytingar á mörkum leira og fitjagróðri sem vísi á landlagsbreytingar vegna landriss við Höfn. Til þess að afla slíkra gagna þyrfti Náttúrustofa Suðausturlands að efna til samstarfs við stofnanir sem hafa slík mælitæki og sérfræðinga þeirra.

Höfn í Hornafirði 29. nóvember 2024

Virðingarfyllt,



Snævarr Guðmundsson, Sviðsstjóri Náttúrustofu Suðausturlands.



Hólmfríður Jakobsdóttir, Sérfræðingur Náttúrustofu Suðausturlands.

Heimildir

Agnar Ingólfsson 2010. Náttúruverndargildi íslensku fjörunnar og aðsteðjandi hættur. *Náttúrufræðingurinn*. 78-79(1-4).

Ingólfsson, A. 1996. The distribution of intertidal macrofauna on the coasts of Iceland in relation to temperature. *Sarsia*, 81, 29-44.

Ingólfsson, A. 2002. *The Benthic Macrofauna of Coastal Lagoons of Iceland: A Survey in a Sub-Arctic Macrotidal Region*. *Sarsia*, 87(5), 378–391. doi:10.1080/0036482021000155825

Agnar Ingólfsson, Anna Kjartansdóttir og Arnþór Garðarsson 1980. Athuganir á fuglum og smádýralífi í Skarðsfirði. Fjölrit Líffræðistögnunnar Háskólans (nr. 13). Reykjavík

AMS 1951. *Army Map Service, Corps of Engineer (AMS C762)*. Sheet: 6119 I Höfn. 1:50000. Washington DC, US Army Map service. Landmælingar Íslands. www.lmi.is.

Bertness, M.D. og Pennings, S.C. 2002. Spatial Variation in Process and Pattern in Salt Marsh Plant Communities in Eastern North America. Í Weinstein, M.P., Kreeger, D.A. (ritsj) *Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47534-0_4

Bertness, M. D., Wikler, K., og Chatkupt, T. 1992. Flood tolerance and the distribution of *Iva frutescens* across New England salt marshes. *Oecologia*, 91(2), 171–178. doi:10.1007/bf00317780

Elliott, M. Hemingway, K.L., Costello, M.J., Duhamel, S., Hostens, K., Labropoulou, M., Marshall, S., og Winkler H. 2002. Links between Fish and Other Trophic Levels. Í Michael Elliott og Krystal Hemingway (ritsj.) *Fishes in Estuaries*. Blackwell Publishing Ltd

Garner, A. J., Weiss, J. L., Parris, A., Kopp, R. E., Horton, R. M., Overpeck, J. T., og Horton, B. P. 2018. Evolution of 21st Century Sea Level Rise Projections. *Earth's future*. AGU. <https://doi.org/10.1029/2018EF000991>.

Árnadóttir, T., Lund B., Jiang, W., Geirsson, H., Björnsson, H., Einarsson P. og Sigurdsson T. 2009. Glacial rebound and plate spreading: results from the first countrywide GPS observations in Iceland. *Geophys. J. Int.* 177, 691–716.

DGS (Danish General Staff) 1905. Herforingjaráðið 1905. *Lón -- Bjarnanes 120*. Mælikvarði 1:50 000. Generalstabens topografiske Afdeling. Geodætisk Inst., Kjöbenhavn. Landmælingar Íslands.

Freysteinn Sigmundsson og Helgi Björnsson 2011. „Hve mikið hækkar sjávarstaða við suðausturströnd Íslands á næstu 20 árum við bráðnun jökla á jörðinni?“ *Vísindavefurinn*, sótt 4. nóvember 2024, <https://visindavefur.is/svar.php?id=58733>.

Freysteinn Sigurðsson, Jóna F. Jónsdóttir, Stefanía G. Halldórsdóttir og Þórarinn Jóhannsson 2006. *Vatnafarsleg flokkun vatnasvæða á Íslandi. Hvernig bregðast landsvæði við úrkomu og miðla henni?* Orkustofnun OS-2006/013. ISBN 9979-68-203-5

Gísli Viggósson og Sigurður Sigurðarson 2000. *Hornafjarðarós: Rannsóknir á siglingarleið um Hornafjörð*. Siglingastofnun Íslands

Guttormur Sigurbjarnarson 1990. *Jarðfræði Hornafjarðar. Afstaða láðs og lagar*. Greinargerð GS-90/01. Vatnsorkudeild, Orkustofnun.

Halldór Geirsson 2003. [Continuous GPS measurements in Iceland 1999 - 2002](#). A thesis submitted to the University of Iceland for the degree of Master of Science in Geophysics. VÍ-JA01, Reykjavík.

Hildur María Friðriksdóttir 2014. *Landris á Vatnajökulssvæðinu metið með GPS landmælingum*. BS ritgerð, jarðvísindadeild, Háskóli Íslands, 24 bls.

Hjörleifur Guttormsson 1994. *Náttúrulegt svipmót Hornafjarðar og þættir úr sögu Hornfjarðaróss*. Erindi á International coastal symposium á Höfn í Hornafirði 20. júní 1994.

IPCC 2019. Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3–35. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.001>.

Ivajnsič, D., Šajna, N., & Kaligarič, M. 2016. Primary succession on re-created coastal wetland leads to successful restoration of coastal halophyte vegetation. *Landscape and Urban Planning*, 150, 79–86. doi:10.1016/j.landurbplan.2016

Jón Gunnar Ottósson, Anna Sveinsdóttir og María Harðardóttir, ritstj. 2016. *Vistgerðir á Íslandi*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar nr. 54. 299 bls.

Kristinn Guðmundsson og Árni Snorrason 1993. *Athuganir á Vatnsbúskap Hornafjarðar*. Unnið fyrir Hafnarmálastofnun ríkisins. OS-93005/VOD-002B

Lög um Náttúruvernd nr. 60/2013, gr.61. <https://www.althingi.is/lagas/nuna/2013060.html>

McLusky, D.S. og Elliot M. 2006. *The Estuarine Ecosystem: Ecology, Threats, and Management*. Oxford University. New York

Murray, N. J., Phinn, S. R., DeWitt, M., Ferrari, R., Johnston, R., Lyons, M. B., Clinton, N., Thau, D. og Fuller, R. A. 2018. The global distribution and trajectory of tidal flats. *Nature* 565, 222-225. doi:10.1038/s41586-018-0805-8)

Pagli, C., Sigmundsson, F., Lund, B., Sturkell, E., Geirsson, H., Einarsson, P., Árnadóttir T. og Hreinsdóttir, S. 2007. Glacio-isostatic deformation around the Vatnajökull ice cap, Iceland, induced by recent climate warming: GPS observations and finite element modeling. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 112, doi: 10.1029/2006JB004421.

Páll Imsland 2004. Landsig og landris í Hornafirði. Í Helgi Björnsson (Ritstj.), *Jöklaveröld - Náttúra og mannlíf* (bls. 95-124). Reykjavík: Skrudda.

Páll Imsland (2015a) *Vegstæði um þveran Hornafjörð – Rök með og móti* - Bændablaðið (bbl.is).

Páll Imsland (2015b) *Vegstæði um þveran Hornafjörð – Hvers virði er umhverfið, hver á það og má ganga á það að þarf lausa?*- Eystrahorn, 22.

Pond, S. og Pickard, G. L. 1983. *Introductory Dynamical Oceanography* (2. Útg.). Butterworth-Heinemann. Oxford.

Selleslagh, J., Lobry, J., Amara, R., Brylinski, J.-M., og Boët, P. 2012. Trophic functioning of coastal ecosystems along an anthropogenic pressure gradient: A French case study with emphasis on a small and low impacted estuary. Estuarine. *Coastal and Shelf Science*, 112, 73–85. doi:10.1016/j.ecss.2011.08.004

Sigurður Óskar Jónsson 2011. *Skógeyjarsvæðið í Nesjum í Hornafirði: Kortlagning landbreytinga*. BS ritgerð, Líf- og umhverfivísindadeild, Háskóli Íslands, 32 bls.

Tómas Jóhannesson og Benedikt G. Ófeigsson, 2014. Landris við Höfn í Hornafirði og afstæðar sjávarstöðubreytinga. Minnisblað til Vegagerðarinnar. Veðurstofa Íslands.

van de Wal, R. S. W., Nicholls, R. J., Behar, D., McInnes, K., Stammer, D., Lowe, J. A., o.fl. 2022. A high-end estimate of sea level rise for practitioners. *Earth's Future* 10 (11). <https://doi.org/10.1029/2022EF002751>

Vincent, A., Daigre, C., Fischer, O., Aðalgeirsdóttir, G., Violette, S., Hart, J., Guðmundsson, S., og Pálsson, F. 2024. [A hydrogeological conceptual model of aquifers in catchments headed by temperate glaciers](https://doi.org/10.5194/hess-28-3475-2024). *Hydrology and Earth System Sciences*, 28(14), 3475–3494. <https://doi.org/10.5194/hess-28-3475-2024>.

Wolters, M., Garbutt, A., & Bakker, J. P. 2005. Plant colonization after managed realignment: the relative importance of diaspore dispersal. *Journal of Applied Ecology*, 42(4), 770–777.