

STRANDLÍNUBREYTINGAR Á SUÐAUSTURLANDI

Frá 1903 til 2021

Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar



Reykjavík 22. september 2023
Ingibjörg Jónsdóttir Háskóla Íslands og Sigurður Sigurðarson Vegagerðinni

Ágrip

Suðausturströnd landsins einkennist af sandfjörum sem mótast af jökulám og öðru vatnafari, öldu og sandfoki. Breytingar á ströndinni eru annars vegar hægfara, til dæmis vegna stöðugs framburðar jökuláanna, og hins vegar hraðar vegna atburða á borð við jökulhlaup. Breytingar geta einnig orðið vegna tilfærslu vatnsfalla, og jafnvel einstaka stórviðra. Líklegt er að meiri breytingar verði á næstu áratugum, að hluta til vegna loftslagsbreytinga og áhrifa þeirra á vatnafar og jökla á Suðausturlandi. Því er mikilvægt að átta sig á því orsakasamhengi í náttúrufari, sem annars vegar veldur breytingum, og hins vegar býr til jafnvægi eða stöðugleika í stöðu strandlínu landsins.

Breytingar á strandlínunni frá Dyrhólaey að Vestrahorni voru kortlagðar út frá sögulegum frumteikningum, útgefnum kortum, loftmyndum og gervitunglagögnum. Til hliðsjónar voru ýmis önnur gögn, til að mynda hafsbotnsgögn, upplýsingar um öldufar, sjávarföll og ýmsa atburði sem hafa haft áhrif á ströndina. Landfræðilegur gagnagrunnur, með upplýsingum um strandlínuna, var útbúinn. Í honum eru upplýsingar um legu strandlínunnar á mismunandi tímum, heimildir og áreiðanleika mælinganna. Nokkur svæði voru skoðuð ítarlegar: Vík, Köt lutangi, Alviðruhamrar, Jökulsárlón og Höfn í Hornafirði.

Mestu breytingarnar á tímabilinu tengjast Kötlugosinu 1918, þegar Köt lutangi myndaðist, og hopi Breiðamerkurjökuls samhliða myndun Jökulsárlóns. Aðrar breytingar eru tengdar öldufari og vatnafari, annars vegar vegna þess að ár flökta nokkuð reglubundið enda á milli um óseyrar sínar, og hins vegar vegna breytinga ofar í vatnasviðinu: Jöklabreytinga, hlaupa eða áhrifa frá varnargörðum. Dæmi um breytingar vegna einstaka storma voru einnig skoðuð í verkefninu, og fáanleg gögn um slíka atburði könnuð nánar.

Verkefnið er styrkt af rannsóknasjóði Vegagerðarinnar. Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Forsíðumynd: Horft í átt að Hjörleifshöfða frá Vík í Mýrdal. Myndasafn Gerðar Guðgeirsdóttur (f. 1918 d. 2006) úr dánarbúi Birgis Guðgeirssonar (f. 1929 d. 2019). Þau voru börn Guðgeirs Jóhannssonar (f. 1886 d. 1946) kennara sem skrifaði lýsingu á Kötlugosinu 1918 (Guðgeir Jóhannsson 1919). Þar sem þekkja má kennileiti á Hjörleifshöfða, og myndin er tekin hornrétt á hann og Köt lutanga, má áætla með einföldum hlutfallareikningi að fjarlægð frá syðsta hluta Hjörleifshöfða og í sjó sé tæpir 3 km. Myndin mun hafa verið tekin á fjórða áratug 20. aldar. Sennilega má tímasetja myndina betur með því að rýna í byggingasögu Víkur, sem er í forgrunni myndarinnar.

Efnisyfirlit

| | |
|---|----|
| Ágrip..... | 1 |
| Myndaskrá | 3 |
| Þakkir..... | 3 |
| Inngangur | 5 |
| Markmið | 5 |
| Skilgreiningar..... | 5 |
| Uppbygging skýrslu | 5 |
| Gögn og aðferðir..... | 6 |
| Stafræn vigragögn frá Landmælingum Íslands..... | 6 |
| Prentuð staðfræðikort | 6 |
| Hnitsetning eldri korta..... | 8 |
| Loftmyndir | 10 |
| Gervitunglamyndir | 11 |
| Hnitun strandlínu. | 12 |
| Niðurstöður | 17 |
| Strandlínubreytingar á Suðausturlandi..... | 17 |
| Reynisfjara og Vík í Mýrdal | 19 |
| Kötlutangi | 21 |
| Alviðruhamrar | 23 |
| Jökulsárlón | 24 |
| Höfn í Hornafirði | 26 |
| Langtímaþróun og skammtímabreytingar | 28 |
| Umræður og ályktanir | 33 |
| Helstu breytingar | 33 |
| Heimildaskrá..... | 35 |

Myndaskrá

| | |
|--|----|
| Mynd 1. Ströndin frá Dyrhólaey að Hjörleifshöfða. (Vitamálskrifstofan 1932, bls. 140). | 8 |
| Mynd 2. Skjáskot af bjögun í uppréttingu loftmyndar af syðsta hluta Reynisfjalls. Landmælingar Íslands: Loftmynda vefþjónusta fyrir árið 1996..... | 15 |
| Mynd 3. Yfirlitsmynd af niðurstöðum verkefnisins. | 17 |
| Mynd 4. Reynisfjara og Vík í Mýrdal..... | 19 |
| Mynd 4a Vík í Mýrdal. Nærrinnrauð háupplausna Pléiades gervitunglamynd af Vík í Mýrdal. Gróður kemur fram sem rauður litur á myndinni. Greinihæfni er mikil. | 20 |
| Mynd 5. Frá Vík að Kötlutanga. Niðurstöður kortlagningarinnar birtar á háupplausna gervitunglamynd Maxar. Litakvarði gefur ártöl til kynna. | 21 |
| Mynd 5a. Hluti af sjókorti Hjörleifshöfði-Vestmannaeyjar í mælikvarða 1:100.000 1926. Kötlutangi sést vel og búið er að merkja dýptarupplýsingar inn. | 22 |
| Mynd 6. Alviðruhamrar | 23 |
| Mynd 7. Breiðamerkursandur | 24 |
| Mynd 8. Frumteikning danska herforingjaráðsins af Breiðamerkurjökli árið 1903. Jökulsárlón er ekki komið, jökullinn liggur skammt frá ósnum og leiðir fólks liggja ýmist yfir jökulána eða jökulinn, eftir því hvernig háttaði til með vatnsmagn úr ánni hverju sinni. Úr kortasjá Landmælinga Íslands. | 25 |
| Mynd 9. Höfn í Hornafirði..... | 26 |
| Mynd 9a. Skinneyjarhöfði..... | 27 |
| Mynd 10. LANDSAT 5 Gervitunglamynd 1995. Fyrir Gjalparhlaup 1996..... | 29 |
| Mynd 11 LANDSAT 5 Gervitunglamynd 1997. Eftir Gjalparhlaup. | 29 |
| Mynd 12. Breytingar á ós Kúðafljóts árið 2014. LANDSAT-8..... | 30 |
| Mynd 13. Sentinel -1 ratsjármynd 25.09.2022 (Copernicus EU). | 31 |
| | 31 |
| Mynd 13a. Sentinel-1 ratsjármynd 09.02.2022 (Copernicus EU). | 31 |
| Daginn eftir suðvestan storm. Fjarlægð á milli öldutoppa eru 270m, sem benda til sveiflutíma öldu upp á 13s. | 31 |
| | 32 |
| Mynd 13b. Sentinel-1 ratsjármynd 20.09.2023 (Copernicus EU). | 32 |
| Mynd 14. Heildar leitni til rofs (blá lína), flökts/lítilla breytinga (græn lína) eða setsöfnunar (rauð lína) á Suðausturlandi frá 1903-2021. | 33 |

Þakkir

Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar styrkti verkefnið og eru honum færðar þakkir fyrir stuðninginn. Áslaug Geirsdóttir kom með gagnlegar ábendingar á meðan á verkinu stóð, Guðrún Larsen veitti afrit af vinnukortum tengdum Kötlutanga, starfsmenn Loftmynda ehf. og Landmælinga Íslands veittu aðgang að gögnum sem nýttust við verkefnið, Ingunn Erna Jónsdóttir og Sunna Viðarsdóttir hjá Vegagerðinni komu með gagnlegar athugasemdir um verkefnið og Stefán Guðlaugsson hjá Samsýn ehf. aðstoðaði við framsetningu efnis í ArcGIS Online. Þeim eru öllum færðar innilegar þakkir fyrir sinn hlut í verkefninu. *IJ & SS*

Inngangur

Markmið

Markmið rannsóknaverkefnisins er að kanna breytingar sem orðið hafa á strandlínu Suðausturlands frá byrjun tuttugustu aldar til okkar tíma: Hvaða hlutar strandlínunnar hafa breyst, hve miklar hafa breytingarnar verið og hverjar eru líklegustu ástæður þeirra? Hafa hlutar strandlínunnar haldist stöðugir yfir tímabilið? Eru greinanlegar sveiflur í stöðu strandlínu á ákveðnu svæði, t.d. vegna reglubundinna breytinga á vatnafari? Hvaða gögn og mælingar eru tiltæk fyrir verkefni af þessu tagi?

Svör við ofangreindum spurningum gefa vísbendingar um hvaða breytinga megi vænta á næstu áratugum. Útbúinn hefur verið landfræðilegur gagnagrunnur með tímasettum strandlínunum fyrir athugunarsvæðið: Ströndina frá Dyrhólaey að Vestra Horni. Upphaf tímabilsins miðast við mælingar danska herforingjaráðsins sem hófust árið 1902.

Skilgreiningar

Þegar talað er um strandlínu í þessu verkefni er miðað við stöðu sjávar þegar myndgögnin voru tekin. Ekki er því miðað við samræmt kerfi efstu, neðstu eða meðal sjávarmarka og ekki er að þessu sinni farið út í að mæla flóðhæð hverju sinni. Fyrir nýrri gögnin, sem nýtt eru við kortlagninguna, væri þetta þó hægt þar sem myndatími er yfirleitt skráður. Þetta á bæði við um loftmyndir og gervitunglamyndir.

Allar upplýsingar um dýpi frá Sjomælingadeild Landhelgisgæslu miðast við meðalstórstraumsfjörumörk, sjókorta núll (viðauki 2).

Uppbygging skýrslu

Fjallað verður um helstu gögn sem nýtt voru við gerð verkefnisins, og aðferðum sem tengjast hnitun og kortlagningu lýst ítarlega, þannig að lesandi geti áttað sig á áreiðanleika gagnasafnsins. Í niðurstöðukaflanum verður farið yfir helstu breytingar sem orðið hafa á athugunartímanum, og nokkur svæði verða skoðuð sérstaklega: Vík í Mýrdal, Alviðruhamrar, Jökulsárlón og Höfn í Hornafirði. Í umræðum og ályktunum verður fjallað um hvaða þýðingu niðurstöðurnar hafa, og hverjir eru líklegustu orsakavaldar breytinganna.

Gögn og aðferðir

Stafræn vigragögn frá Landmælingum Íslands

Landmælingar Íslands hafa um árabil gefið út stafræn grunnkort af landinu í mælikvarðanum 1:50.000 á vigraformi (e: vector data). Strandlínan er hluti af þessum gögnum, fáanleg bæði sem línu- og flákaskrá. Hverri línu er skipt upp í hluta, og í eigindatöflu sem fylgir með gögnunum er hægt að skoða hvaða heimildum byggt var á og hvenær gögnin hafa verið uppfærð (Landmælingar Íslands 2023a).

Í lýsingu á gögnunum kemur fram að þau eru að stórum hluta byggð á SPOT 5 gervitunglagögnum (2,5 – 5 m upplausn), strandlínur við þéttbýli eru frá Loftmyndum ehf. og Samsýn ehf. og loks eru upplýsingar um ákveðin sker og eyjar frá DMA og AMS filmum frá miðri 20. öld.

Ef opnuð eru skjöl síðustu útgáfa, þ.e. frá IS50V 2.0 til og með 4.0, virðast engar breytingar hafa verið gerðar á skilgreiningu strandlínu við Suðausturland. Ein af ástæðum þess að formlegri strandlínu er ekki breytt með hverri útgáfu, gæti verið sú að heppilegra þyki að hafa þessi gögn stöðug – þ.e. vera ekki að gera smá breytingar með hverri útgáfu sem gæti valdið ruglingi og ósamræmi á milli notenda.

Stór hluti af línunni fyrir Suðausturland er frá árunum 2003 og 2004, byggður á SPOT gervitunglagögnum. Það er gott að hafa þessi gögn til viðmiðunar en þau verða aðeins að litlu leyti nýtt við frekari greiningu í verkefninu vegna óljósra tímasetninga fyrir ólíka hluta línunnar. Loftmyndagrunnur Loftmynda ehf. var nýttur beint við kortlagninguna í verkefninu, og SPOT gögnin eru einnig tiltæk og því þótti heppilegra að miða beint við þau til að tímasetningar væru nákvæmari og aðferðir við skilgreiningu strandlínunnar væru samræmdar öðrum gögnum í verkefninu.

Gögn frá Sjósmælingasviði Landhelgisgæslu Íslands voru nýtt fyrir skilgreiningu á efnahagslögsögu landsins.

Prentuð staðfræðikort

Grunntilgangur svokallaðra staðfræðikorta er að veita sem bestar upplýsingar um staðsetningar fyrirbæra, manngerðra og náttúrulegra, sýna mismunandi gerðir yfirborðs og samhengi á milli þeirra. Staðfræðikort hafa mikilvægt hagnýtt gildi á þeim tíma sem þau eru gefin út, en öðlast með tímanum varðveislugildi þar sem þau sýna fyrirkomulag og viðhorf síns tíma, auk

náttúrufræðis upp að vissu marki. Þetta á til dæmis við um jökla og strandlínur, en vitaskuld er nauðsynlegt að rýna í hvenær mælingar fyrir kortin fóru fram, en miða ekki við útgáfuár kortanna nema aðrar upplýsingar skorti.

Fjallað hefur verið um kortasögu Íslands í ritum Haralds Sigurðssonar (1978 og 1981). Sagan nær til ársins 1848, þegar landshlutakort Björns Gunnlaugssonar voru gefin út. Á kortavef Landsbókasafns Íslands – Háskólabókasafns (2023) eru einnig gagnlegar upplýsingar um íslensk kort og kortagerð, auk þess sem nálgast má flest kortin á stafrænu formi.

Dönsku herforingjaráðskortin þykja vera fyrstu kort af landinu sem eru í nægilega miklum gæðum til að miða staðsetningar við, þó ákveðin skekkja sé ávallt fyrir hendi tengd nákvæmni í mælibúnaði hvers tíma. Þetta er ástæðan fyrir því að upphafsár þessa verkefnis miðast við mæliárin á Suðausturlandi. Kortin eru til í mælikvarðanum 1:50.000, frá ýmsum árum, en einnig frumteikningarnar sem kortin voru byggð á. Þessi gögn voru notuð í miklum mæli í verkefninu, og vísað til þeirra í viðeigandi formskrá, athugasemda dálki.

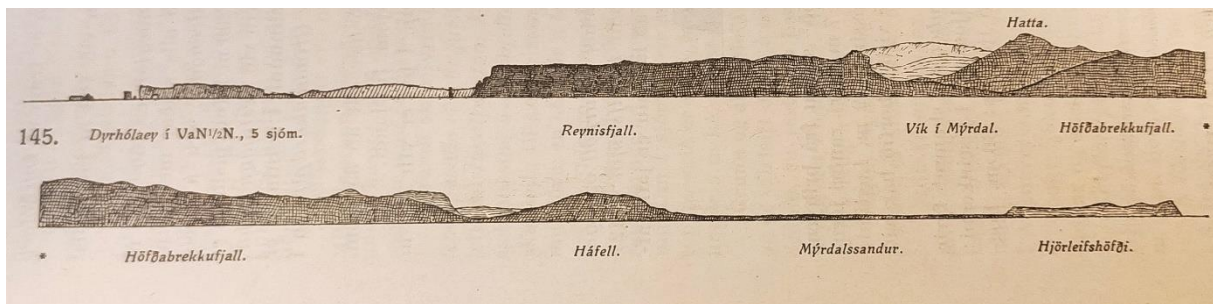
Ágúst Böðvarsson, fyrrum forstjóri Landmælinga Íslands, fjallaði ítarlega um sögu landmælinga og kortagerð Dana (1996) og sjálfur tók hann þátt í því verkefni. Um mikilvægi kortlagningarinnar fyrir öryggi sjófarenda segir meðal annars: „*Sífell kom betur í ljós hve sjókortin voru ónákvæm. Gerði það siglingar hættulegar og olli erfiðleikum við að staðsetja erlend fiskiskip svo að ördugt gat reynst að sanna hvort þau væru innan landhelgi eða ekki. Til þess að unnt væri að gera góð sjókort skorti meiri og nákvæmari mælingar í landi sem tengja mætti sjómælingarnar við*“ (Ágúst Böðvarsson 1996 bls. 13)

Mælingarnar, sem herforingjaráðskortin byggðu á, voru nýttar sem grunnur að kortlagningu landsins langt fram eftir 20. öldinni. Síðar var farið að vinna samhliða með kortlagningu eftir loftmyndum. Bandaríkjamenn (Army Map Service) unnu einnig við kortlagningu landsins um og eftir miðja öldina í samstarfi við Dani og Íslendinga. Loks voru Landmælingar Íslands stofnaðar árið 1956. Um þessa sögu alla er ítarlega fjallað í bók Ágústss.

Landmælingar Íslands hafa veitt aðgang að einu hnitsettu, samsettu Atlas korti af landinu í mælikvarðanum 1:100.000, sem nýttist vel í verkefninu, þó að kanna þyrfti nákvæmlega hvaða útgáfa kortanna hafði verið notuð á hverjum stað. Það sama gildir um AMS kortin bandarísku.

Á tíunda áratug 20. aldar var farið í viðamiklar mælingar á grunnstöðvanetinu hér á landi (Landmælingar Íslands 2023c), ISNET93 og frá svipuðum tíma hafa kortagögn verið fáanleg á vigriformi eins og fyrr var nefnt.

Saga sjókorta fyrir íslensk hafsvæði er einnig áhugaverð, en hún nær nokkur hundruð ár aftur í tímann og tengist ýmsum þjóðum (Haraldur Sigurðsson 1978, 1981) en verður ekki rakin að sinni. Í byrjun 20. aldar voru sjókort uppfærð í takt við nákvæmari mælingar þess tíma, og gefin út með reglulegu millibili. Samhliða sjókortaútgáfunni voru gefnar út leiðsögubækur fyrir sjómenn við Ísland, fyrst á dönsku en svo íslensku (Det Kongelige Søkort-Arkiv 1917 og 1927, Vitamálaskrifstofan 1932). Þar er fjallað um mörg atriði sem skipta sjófarendur máli, t.d. staðbundnar hættur og kort sem sýna „hæli fyrir skipsbrotsmenn“ (Vitamálaskrifstofan 1932, bls. 137). Í bókunum eru einnig lýsingar á skipaleiðum, teikningar af landsýn strandar af sjó (mynd 1) og innsiglingarmið, til að auðvelda sjómönnum að rata. Sjókort frá fyrstu áratugum 20. aldar voru fengin að láni hjá Landsbókasafni Íslands – Háskólabókasafni, þau skönnuð hjá Samskiptum ehf. og loks hnitsett í landfræðilegu upplýsingakerfi.



Mynd 1. Ströndin frá Dyrhólaey að Hjörleifshöfða. (Vitamálaskrifstofan 1932, bls. 140).

Eldri sjókort verða skoðuð síðar, því þau gætu reynst áhugaverð til að skoða ákveðnar breytingar lengra aftur í tímann. Þó að mæliaðferðir hafi ekki verið orðnar eins nákvæmar á níttjándu öld, er mögulegt að afstæðar teikningar og upplýsingar á kortunum komi að gagni eða veiti innsýn í breytingar.

Hnitsetning eldri korta

Kort sem upphaflega komu út á prenti þarf að hnitsetja (e: georeference) sérstaklega til þess að hægt sé að nýta upplýsingar af þeim í stafrænum kortagrunnum. Ferlið felst annars vegar í því að breyta pappírskorti í stafrænt kort, breyta því í svokallaðan rasta sem byggður er upp með samfelldum myndeyningum (e: pixel), og hins vegar því að hnitsetja rastann miðað við

þekkta kortavörpun, þannig að hver myndeyning lendi á réttum stað í stafrænu hnitakerfi.

Fyrst og fremst þarf að nálgast kortin í þokkalega góðri skönnun, þannig að öll smáatriði, texti og tákn kortsins séu greinanleg. Undanfarin ár hefur aðgengi að útgefnum kortum batnað mjög, til dæmis í kortasafni Landmælinga Íslands (2023) og hjá Landsbókasafni-Háskólabókasafni (2023). Það er einnig hægt að skanna gömul kort með venjulegum skönnum, hjá prentfyrirtækjum eða taka myndir af kortunum. Ef kort eru mynduð er samt alltaf hætta á ákveðinni bjögun, eftir því hvernig linsan er, hversu stórt kortið er og hvernig staðið er að myndatökunni.

Þegar kort eru komin á stafrænt form, er næsta skref að opna þau inni í landupplýsingakerfum. Þar er best að byrja á að stilla grunnkortið í forritinu á þá vörpun sem gamla kortið er í, þ.e.a.s. ef þær upplýsingar fylgja. Ef slíkar upplýsingar eru ekki fyrir hendi á kortinu sjálfu, eru til ýmis ráð við að meta vörpunina, t.d. hvort um keilu eða hólkvörpun er að ræða ef bauganet er á kortinu (Robinson ofl. 1995, bls. 67). Það er einnig ráðlegt að finna út hvaða varpanir voru helst notaðar fyrir kort af viðkomandi svæði á viðkomandi tímabili, og prófa hvort um þær sé að ræða. Ef hægt er að finna út hvaða kortavörpun er á gamla kortinu, ætti að vera hægt að stilla nýja kortið á sömu (eða svipaða) vörpun og hnitsetja gamla kortið með aðeins tveimur sameiginlegum punktum (e: gcp ground control point). Þannig er sem sagt aðeins verið að hnika til staðsetningu gamla kortsins, finna sameiginlega punkta á gamla kortinu og í rétta stafræna kortagrunninum, og stilla af mælikvarðann. Í mörgum tilfellum þarf þó að finna miklu fleiri punkta til að stilla kortin af, stundum getur verið erfitt að finna sameiginlega punkta sem ekki hafa breyst á þeim tíma sem liðinn er.

Kort eru alltaf einföldun á raunveruleikanum, og því getur verið örðugt að bera gamalt kort saman við háupplausna loft- eða gervitunglamynd og finna nákvæmlega sama stað út frá báðum heimildum. Það eru helst klettur og sker; lítil en afgerandi fyrirbæri, sem auðvelda málið. Bæir gera það einnig, en þá þarf að passa upp á að bæjarstæði hafi ekki verið flutt í millitiðinni. Önnur formlegri atriði, eins og bauganet sem sýnt er á kortum, og þríhyrningamælistaðir, geta hjálpað mikið við uppréttingu korta. Brýr yfir ár og vegamót þjóna einnig þessum tilgangi, þ.e. að finna viðmiðunarpunkt á tveimur ólíkum kortum. Á herforingjaráðskortunum eru upphaflegu mælistaðirnir merktir inn, og hægt er að nálgast hnitaskrá fyrir þá hjá Landmælingum Íslands (sjá sýnishorn í viðauka 1). Sem betur fer auðvelda

langflest landupplýsingaforrit samanburð á ólíkum gögnum, til dæmis með því að kveikja og slökkva á þekjunni sem ofar liggur í gagnastaflanum, með því að gera efri þekjuna hlutgegnisæja, eða með því að nota „rúllugardínu“ skipunina (e: swipe) til þess að sjá hvernig aðrir hlutar kortsins passa saman eftir að sameiginlegum punkti hefur verið bætt við.

Það er hægt að miða við fleiri en eina gagnategund þegar kort eru hnitsett. Háupplausna loft- eða gervitunglamyndir hjálpa til við að finna smá fyrirbæri sem þó hafa mjög ákveðna staðsetningu (klettur, sker, bæjarhús) og þar má einnig sjá rústir eldri mannvirkja sem geta hjálpað við hnitsetningu. Í öðrum tilfellum þarf að nota önnur gögn til brúunar, til dæmis annað upprétt kort, sem er nær eldra kortinu í aldri eða með sams konar framsetningu. Þetta er til dæmis hægt þegar hnitsetja á frumteikningar eða fyrstu herforingjaráðskortin – þá er hægt að nota upprétt Atlaskort Landmælinga Íslands sem brúun á milli fortíðar og nútíðar. Þó ber að geta þess að ef einhverjar villur hafa slæðst inn í kort sem nýtt eru til brúunar á þennan hátt, geta þær haft áhrif á niðurstöðuna. Almennt miðast þetta ferli við að lágmarka skekkju, en sjaldnast verður alveg komið í veg fyrir hana.

Loftmyndir

Loftmyndataka af landinu í kortagerðarskyni hófst árið 1937 þegar Danir tóku skámyndir af hálendinu (Ágúst Böðvarsson 1996). Fljótlega eftir seinni heimsstyrjöldina var farið í hefðbundnari loftmyndatöku, þegar Bandaríkjamenn nýttu loftmyndir fyrir kortagerð sína af landinu. Í kjölfarið tóku Landmælingar Íslands við skipulegri loftmyndatöku af landinu, fram til aldamóta 2000. Lengi var miðað við að þéttbýli væru mynduð á fimm ára fresti en dreifbýli og hálendið sjaldnar. Stór hluti loftmyndasafns Landmælinga Íslands hefur verið skannaður og myndirnar eru nú fáanlegar í mjög góðri upplausn, en megnið af myndunum eru óhnitsettar, þó það standi til bóta. Loftmyndir frá Landmælingum Íslands voru nýttar í þessu verkefni, og þurfti að leggja í allnokkra vinnu við hnitsetningu myndanna. Nokkrar myndir frá tíunda áratug 20. aldar fengust þó hnitsettar í gegnum nýja vefþjónustu LMÍ. Loftmyndir ehf. hafa sinnt loftmyndatöku af landinu, að eigin frumkvæði, frá miðjum tíunda áratug 20. aldar. Allt loftmyndasafn Loftmynda ehf. var nýtt við þetta verkefni. Fengin var áskrift að uppréttu safni myndanna, þannig að einungis þurfti að hnita strandlínuna eftir myndunum. Með þessu fengust nánast árlegar strandlínur af sumum svæðum í mjög góðri upplausn. Nýjustu

myndirnar eru stafrænar fjögurra banda (blátt, grænt, rautt, innrautt) í innan við 1m upplausn (þ.e. hver myndeyning vísar í 10-20cm reit á jörðu niðri).

Gervitunglamyndir

Venja er að nefna LANDSAT-1 (fyrst kallað ERTS) gervitungl bandarísku geimvísindastofnunarinnar (NASA) og bandarísku jarðfræðistofnunarinnar (USGS) sem upphaf þess að farið var að nýta gervitunglagögn almennt til umhverfissvöktunar og kortlagningar. Tunglið var sent á braut um jörðu árið 1972 og mældi geislun á fjórum sýnilegum og nærinnrauðum böndum í 60m rúmupplausn (e: spatial resolution) (Lillesand ofl. 2015). Nú eru LANDSAT gervitunglin orðin níu talsins (þó að eitt þeirra, nr. 6, hafi aldrei orðið starfhæft), og gögnin eru fáanleg samdægurs án nokkurs kostnaðar. Skanninn um borð í gervitunglunum nemur geislun á ellefu böndum (rásam) frá bláu ljósi yfir í stuttbylgju- og hitainnrautt en upplausnin er á bilinu 15m-60m (pankrómatískt band 15m, hitainnrautt band 60m). LANDSAT tunglin mynda landið tvisvar til þrisvar í viku, en það fer eftir skýjahulu hversu vel gögnin nýtast. Þó að upplausnin sé talsvert minni en fæst með loftmyndum, geta gervitunglagögn veitt mikilvægar upplýsingar um breytingar frá degi til dags eða við tiltekna atburði.

Með tímanum hefur fjöldi gervitungla bættst við, en aðgengi að gögnunum er nokkuð breytilegt. Landmælingar Íslands höfðu frumkvæði að því að allmargar stofnanir keyptu saman SPOT myndabekju af öllu landinu í 2,5m upplausn. Myndirnar eru teknar á árunum 2003-2009. Fleiri slík gagnasöfn eru til, sem dæmi má nefna QuickBird og RapidEye gögn, en aðeins fyrir ákveðin tímabil.

SENTINEL floti Copernicus áætlunar EU nýtist afar vel fyrir allt eftirlit með umhverfinu, einkum SENTINEL-1 ratsjártunglin sem fóru á braut um jörðu 2014 og nema örbylgjugeislun óháð birtuskilyrðum eða skýjahulu. SENTINEL-2 fjölrófstunglin komu síðar og eru áþekkari LANDSAT tímaröðinni, en í heldur betri upplausn, þ.e. 10-20m. Með samþættingu þessara gagna er hægt að skoða ýmsa atburði í nokkuð hárrí tímaupplausn, þ.e. allt að 3 myndir á dag, sem kemur sér vel við t.d. Skaftárhlaup.

Loks eru á markaðnum gervitunglamyndir í mun hærri upplausn, svo sem World View og Pleiades. Þar er upplausnin komin vel inn fyrir 1m, sem þykir mjög gott fyrir gervitunglagögn. Þessi gögn fást einkum í gegnum ESRI gagnagrunna (t.d. Wayback imagery), en ekki er um margar myndir af hverjum stað að ræða.

Gögnin nýtast þó mjög vel til þess að greina yfirborð og þetta tímaröðina sem fæst með loftmyndagreiningunum, en skoða þarf skráðar dagsetningar vel. Ekki var farið út í að kaupa gervitunglamyndir sérstaklega fyrir þetta verkefni, en það er vissulega möguleiki í framtíðinni, einkum ef mikið liggur við að fá gögn í hárrí upplausn frá ákveðnum tíma.

Hnitun strandlínu.

Hér á eftir verður fjallað um viðmið og aðferðir sem notaðar voru við kortlagningu strandlínu Suðausturlands, og þótti heppilegt að gera grein fyrir hverri gagnategund fyrir sig, það er hnitun út frá kortum, loftmyndum og gervitunglamyndum.

Hnitun frá uppréttum kortum:

Við hnitun strandlínu út frá eldri kortum var miðað við miðju teiknaðrar strandlínu á hverju korti. Þegar búið er að skanna inn teikningar eða gömul kort, er hægt að stækka þau nánast út í hið óendanlega í landupplýsingakerfum, þó að upplýsingarnar batni ekki endilega að sama skapi. Þetta þýðir samt að lína, teiknuð upphaflega með grönnum penna, getur orðið nokkuð breið ef hún er stækkuð í stafrænni útgáfu. Flest útgefin kort eru í frekar litlum mælikvarða miðað við loftmyndir, og þar að auki er búið að einfalda „raunveruleikann“ talsvert mikið. Þannig er t.d. búið að teikna eina beina línu á svæði þar sem mörk sjávar og lands sjást aldrei, á tilteknu augnabliki, sem ein bein lína. Þetta er eðlilegt og í raun nákvæmara en ef reynt yrði að fylgja mörkunum með hverjum krók og kima, einhvern einn dag, eða eitt augnablik. Staðfræðikort eru hugsuð sem heimild sem á að nýtast alla vega í nokkur ár. Á flestum kortum er einnig búið að taka til greina sjávarstöðu, og miða við þekkta skilgreiningu á sjávarmáli, t.d. meðal stórstraums fjöru – eftir því sem slík mörk eru þekkt nákvæmlega.

Að teikna strandlínu með óþarflega mörgum brotpunktum (e: vertex) gefur til kynna meiri nákvæmi í mælingu en liggur raunverulega að baki. Það getur verið villandi, nokkurskonar sýndarnákvæmni.

Í þessu verkefni var því ákveðið að miða við miðju í teiknuðum strandlínunum, og að hafa brotpunkta eins fáa og hægt var, til þess að forðast sýndarnákvæmni á stafrænu gögnunum, en þó þannig að ekki glötuðust neinar bugður eða hlykkir á strandlínu eins og hún var gefin upp á upphaflega kortinu.

Hnitun frá loftmyndum:

Öll gögn Loftmynda ehf. frá athugunarsvæðinu voru nýtt við hnitunina, og nánar má lesa um tíma og mælikvarða í eigindatöflu landupplýsingagagnanna. Landmælingar Íslands eiga einnig gott loftmyndasafn, frá miðri 20. öld og til loka hennar. Eldri myndirnar eru til skannaðar í góðri upplausn, en óhnitsettar, en nýlega opnuðu Landmælingar Íslands vefþjónustu þar sem nálgast má yngri gögnin (frá 1994-1999) hnitsett. Hnitsettu gögnin voru öll nýtt í verkefninu. Eldri myndir af völdum svæðum voru hnitsettar sérstaklega fyrir verkefnið. Það var nokkuð tímafrekt en tókst nokkuð vel, þó að margt hafi breyst á svæðinu.

Við kortlagninguna sjálfa var miðað við hæð síðustu öldu í fjörunni. Þegar loftmyndir eru skoðaðar í mikilli stækkun, má gjarnan sjá margar línur í fjörunni. Efst er yfirleitt lína þar sem sjór hefur náð nýlega – kannski nokkrum dögum fyrr – og skilið eftir lífrænt efni. Neðar má sjá fleiri línur, t.d. hæð úr síðasta flóði. Þá geta komið fleiri línur sem gefa mis blautan sand til kynna. Loks sést sjórinn sjálfur, sem vökvinn, freyðandi öldufaldur eða brimrót. Vandamálið við kortlagninguna fólst að hluta til í mismunandi aðstæðum þegar myndatakan fór fram, og að hluta til í mismunandi gæðum eða nákvæmni myndanna. Í sumum tilfellum var unnt að rekja fjölda lína í fjörunni, en í öðrum tilfellum var aðeins um eina línu að ræða.

Í verkefninu var ákveðið að reyna að gæta samræmis við skráninguna eins og hægt væri. Því var miðað við öldufalda þar sem þeir sáust; ýmist sem hvítleitir öldufaldar eða augljóst vatn úr síðustu öldu sem brotnað hafði á tilteknum stað.

Að þessu sinni var ekki farið út í að reikna áhrif sjávarfalla eða áhlaðanda á kortlagninguna. Betra þótti að skrá hverja heimild með eins sönnum hætti og hægt væri, út frá stöðu sjávar eins og hún birtist á hverri mynd. Í mörgum tilfellum var tími loftmyndatökunnar þekktur og því verður hægt að skoða þetta síðar.

Kortlagning flestra loftmyndanna fór fram í mælikvarðanum 1:2000. Þetta þýðir að hægt var að fylgja stökum öldum allnákvæmlega eftir. Það út af fyrir sig hefur kannski ekki mikinn tilgang, þar sem tilviljun réði hver tímasetning var á hverjum stað; Var aldan að brotna eða í útsogi á því augnabliki? Þarna kom sér ágætlega að miða við hæð síðustu öldu sem brotnaði í fjörunni (oftast sýnilegt sem mun dekkra svæði í fjörunni) – það jók samræmið í kortlagningunni til muna og minnkaði sýndarnákvæmnina í kortlagningunni

einnig. Það verður samt að viðurkennast að brotpunktur í línunum, teiknuðum út frá loftmyndum, eru óþarflega margir. Þegar gerð var tilraun til að þysja myndina út, t.d. til þess að kortleggja frekar í mælikvarðanum 1:4000, var orðið erfitt að fylgja reglunni um að teikna mörk „síðustu öldu í fjörunni“ því hún sást ekki lengur nógu vel á skjánum. Einnig var gerð tilraun að sami kortagerðarmaður teiknaði tvisvar eftir sömu loftmynd, án þess að hafa fyrri línuna til hliðsjónar, og niðurstöðurnar voru mjög sambærilegar. Ugglaust eru þó einhverjar smá skekkjur, þar sem spurning var hvort miða hefði átt við öldufald eða dekksta svæði í fjörunni hverju sinni.

Strandlína hvers tíma var teiknuð upp óháð fyrri línunum – þ.e. þá var eingöngu viðkomandi heimild (t.d. loftmynd) sýnileg en ekki eldri línur frá sama svæði. Þetta var gert til þess að forðast ómeðvitaða hlutdrægni (e: bias) við kortlagninguna.

Yfirleitt var fljótlegt að teikna upp strandlínu í sandfjörum, eftir að búið var að móta viðmiðið fyrir verkefnið í heild. Öðru máli gegndi um klettóttu hluta fjörunnar t.d. vestan við Vík í Mýrdal eða hafnargarða við Höfn í Hornafirði. Þar var í mörgum tilfellum erfitt að búa til góða reglu til að miða við. Þegar það var hægt, var miðað við vatn, þó það lenti á milli steina í brimvarnarmannvirkjum, en í öðrum tilfellum var endað með að elta of mikil smáatriði í fjörunni. Vandamálið tengist einnig því að mörkin á milli lands og sjávar eru flókin við þessar aðstæður; Hvenær er orðið nógu langt á milli steina til þess að þetta teljist frekar sem sjór en land? Þegar við bætist að í mörgum tilfellum var unnið með svarthvítar loftmyndir, þar sem erfitt var að greina vatn frá mól á milli hnnullunga – og í skugga, er óhjákvæmilegt að ákveðin skekkja komi í kortlagninguna. Í sumum tilfellum varð að sleppa út hlutum af strandlínunni í loftmyndahnitun, vegna augljósrar bjögunar við kletta þar sem myndin virkar teygð (mynd 2). Þetta var til dæmis staðan með syðsta hluta Reynisfjalls á loftmynd Landmælinga Íslands árið 1996. Í heildina ættu örfá dæmi sem þessi ekki að koma að sök, bæði vegna þess að áherslan er meiri á sandhluta fjaranna, og vegna þess að klettarnir breytast ekki svo hratt að það skipti máli þó eitt og eitt ár „detti út“ í kortlagningunni.

Í sumum tilfellum komu augljós „hök“ í loftmyndaþekjurnar, sem tengist því að unnið er með fjölda skaraðra mynda í umhverfi sem breytist hratt (öldurnar á sífelldri hreyfingu) og stundum þarf að klippa á milli mynda. Í þeim tilfellum var strandlínun teiknuð með haki, þó að það komi kannski ekki vel út, en mikilvægara þótti að fylgja grunn heimildinni sem unnið var eftir.



Mynd 2. Skjáskot af bjögun í uppréttingu loftmyndar af syðsta hluta Reynisfjalls. Landmælingar Íslands: Loftmynda vefþjónusta fyrir árið 1996.

Í einhverjum tilfellum er hugsanlegt að munur á strandlínunum á milli daga sé meiri en á milli ára – vegna mismunandi sjávarstöðu, veðurs og sjólags. En það verður svo að vera til að byrja með. Síðar er e.t.v. hægt að taka meira tillit til þessa.

Framangreind atriði, einkum þau sem tengjast fjölda lína í fjöru (eins og þær sjást á loftmyndum), gera það að verkum að mjög erfitt er að þróa sjálfvirkar myndvinnsluaðferðir við að greina mörk lands og sjávar á loftmyndum, sérstaklega á svarthvítum loftmyndum. Það eru til fjölmargar aðferðir við að greina jaðra (e: edge detection) út frá myndefni, en í flestum tilfellum væri það aðeins eitt skref í kortlagningunni, því svo margir jaðrar koma fram á myndunum, sem sýna þó ekki mörk lands og sjávar. Þar er mest áberandi brim, þar sem dökkur hafflötur er í skarpri andstöðu (e: contrast) við ljósa brotnandi öldu.

Þær myndvinnsluaðferðir, sem þó voru nýttar, snerust einkum að betri greiningu á myndunum sjálfum, t.d. betri nýting gráskala eða lita (ýking, eða e: enhancing), eða flokkun mynda út frá gildum í myndeyningum fjölrófsgagna (e: classification). Ýmsir vísar (e: indices) eru nýttir til að aðgreina vatn frá landi, en þeir reyndust aðeins gagnlegir við sumar aðstæður. Í öðrum tilfellum var tímafrekara að fara yfir greiningu á hvað væri sjór, brim, blautur sandur,

þurr sandur og fjörupollar, klettur og gróður, en að teikna einfaldlega upp strandlínuna. Vel má samt vera að fyrir yngri gögnin komi betur út að nota vélrænar aðferðir við að afmarka strandlínuna.

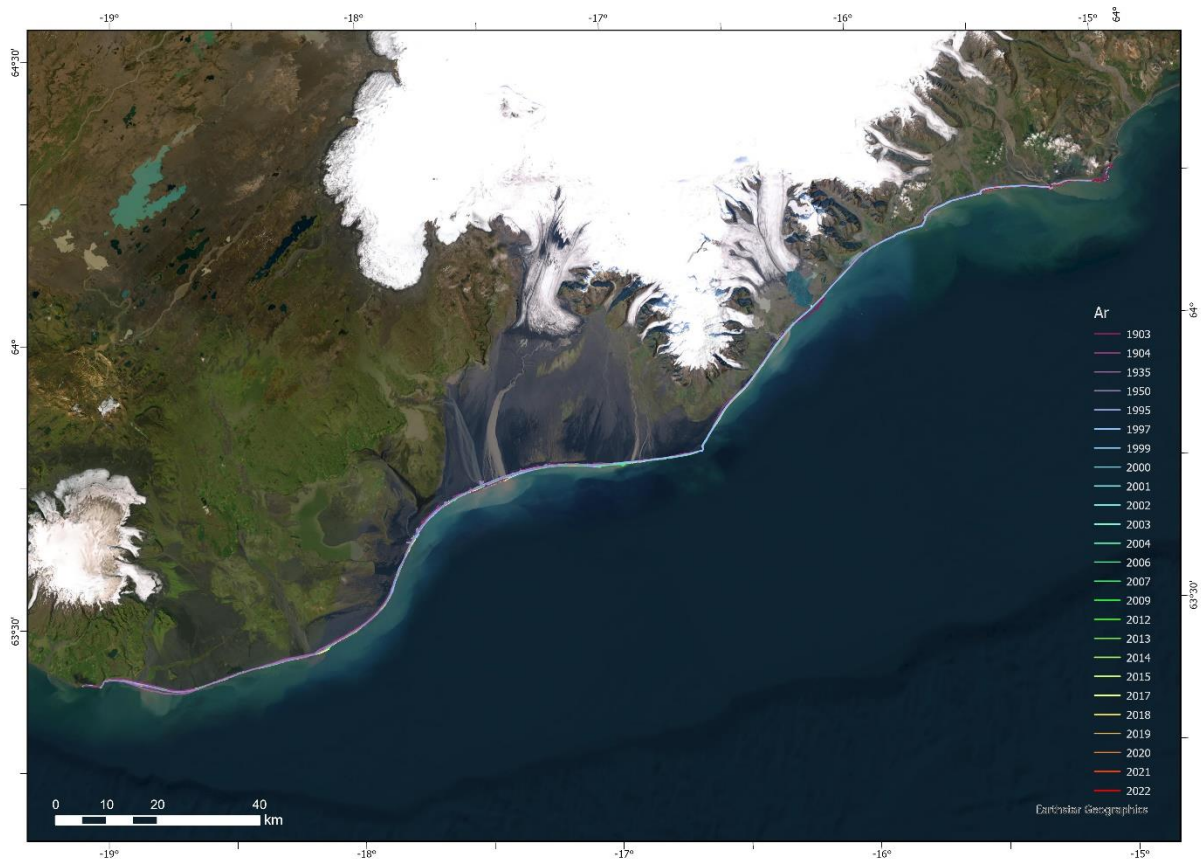
Það er óhjákvæmilegt að það verði einhverjar skekkjur í uppréttingu loftmynda og gervitunglamynda. Þetta kemur meðal annars í ljós þegar myndgögn eru borin saman. Þetta á til dæmis við þegar bornar eru saman loftmyndir Landmælinga frá 1996 og gervitunglamyndir í hárrí upplausn frá ESRI. Ákveðin mannvirki (skipsbrotsmannaskýli austan Víkur t.d.) koma ekki á rétta staði – og ef ekki eru til hnit fyrir viðkomandi punkta er ekki gott að vita hvor gögnin eru réttari. Eins og í öðrum tilfellum, er í þessu verkefni leitast við að kortleggja samkvæmt hverri heimild, og svo er þá hægt að leiðrétta þegar (og ef) kemur í ljós hvernig hægt er að leiðrétta.

Eigindir

Við hnitunina var teiknuð upp samfelld lína á milli vatnsfalla, svo fremi sem vatnsfallið hafði áhrif á öldur og eyða var höfð við ósa. Ef lækir, sem sáust á loftmynd, höfðu engin sjáanleg áhrif á öldurnar við ströndina, var strandlínun höfð heil á þeim stað. Eigindir sem skráðar voru með hverri línu voru: Ártal (ÁÁÁÁ), Dagsetning (ÁÁÁÁMMDD), Gagnaeign, Athugasemdir. Fyrsti dálkurinn, ártal, var hugsaður til að unnt væri að skoða á einfaldan hátt öll gögn og leita út frá ári. Þessar upplýsingar eru í lang flestum tilfellum þekktar. Dálkurinn Dagsetningar, þar sem fram kemur mánuður og dagur, er oftast fylltur út rétt fyrir nýlegri gögnin, en þar sem dagsetningar mælinga voru ekki þekktar var miðað við 1. júlí hvert ár. Það var ákveðið sem meðaltals dagsetning fyrir viðkomandi ár, því líklegra þótti að kortlagt hafi verið yfir sumarmánuðina. Hugsanlega hefði verið betra að sleppa skráningu þessarra dagsetninga, en þá þyrfti að breyta skilgreiningu dálkanna (til að heimila 0). Í athugasemdarálki var skráð í hvaða upplausn hnitunin fór fram, sem aftur er vísbending um nákvæmnina. Þó að þetta sé kannski teygjanlegt hugtak í stafrænni kortagerð, þar sem lítið mál er að þysja inn og út, þótti mikilvægt að hafa samræmi í nákvæmni kortlagningar sem mest – þ.e. velja kvarða og halda sig við hann fyrir hverja heimild. Fyrir loftmyndir var þetta yfirleitt 1:2000 en fyrir gömul kort var almennt miðað við kvarðann sem skráður var á kortið sjálft, t.d. 1:50.000. Í þennan dálk var einnig skráð ef eitthvað sérstakt þyrfti að athuga, t.d. ef einhver skekkja kom í ljós á viðkomandi korti.

Niðurstöður

Strandlínubreytingar á Suðausturlandi

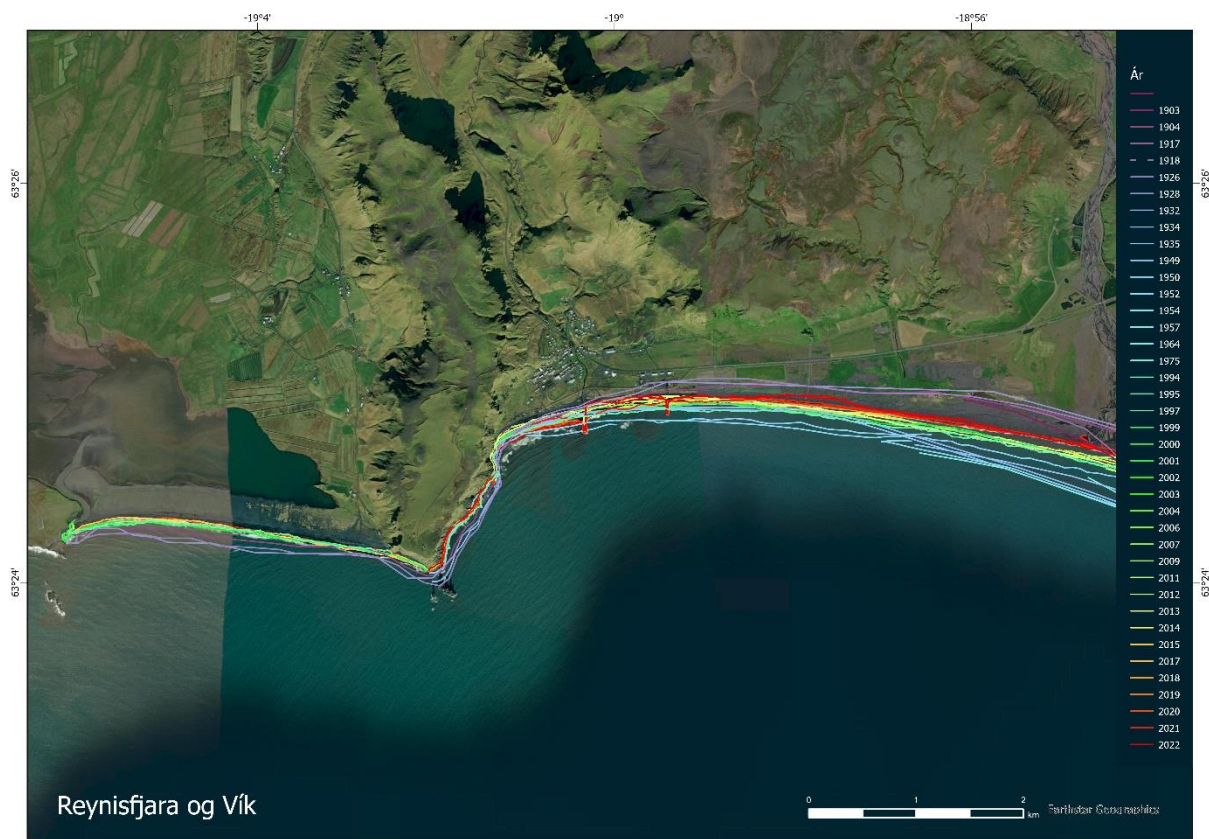


Mynd 3. Yfirlitsmynd af niðurstöðum verkefnisins.

Eins og fram hefur komið í lýsingum á aðferðum var strandlínan hnituoð í mælikvarða allt að 1:2000. Athugunarsvæðið er stórt, um 225 km í beinni loftlínu en mun lengra þegar bugðum strandarinnar er fylgt. Allar breytingar virðast smáar þegar kort af slíku svæði er skoðað í smáum mælikvarða eins og hér að ofan (mynd 3). Athugunarsvæðið nær frá Dyrhólaey að Hornsvík, en í skýringum má einnig sjá frá hvaða árum gögnum eru. Litavalið miðast að því að auðvelda lesendum að sjá heildarmyndina; frá elstu gögnum (fjólublá) yfir í þau yngstu (rauð). Að öðru leyti er heppilegra að skoða niðurstöðurnar í vefsjám eða landupplýsingakerfi, þar sem rýna má betur í ákveðin svæði og smella á hverja línu til að fá nánari upplýsingar um ártal og annað sem máli skiptir. Útbúin var vefsjá í gegnum ArcGIS Online sem opnuð var sérstaklega fyrir starfsmenn Vegagerðarinnar. Einnig var útbúinn vigragagnagrunnur, eins og lýst hefur verið hér að framan, sem nýta má beint í landupplýsingakerfum. Öll kort og myndir, sem sérstaklega var unnið með fyrir verkefnið, voru tekin saman í hnitsettum myndagrunni.

Fyrir umfjöllun í skýrslu sem þessari er að öðru leyti heppilegra að skoða minni svæði með meiri nákvæmni, og kanna hvar helstu breytingar hafa átt sér stað. Í næstu undirköflum verður ströndinni fylgt frá vestri til austurs, og staldrað við áhugaverða staði þegar breytingar eru annars vegar. Hafa skal í huga að við hverja línu eru skekkjumörk, meiri eftir því sem gögnin eru eldri.

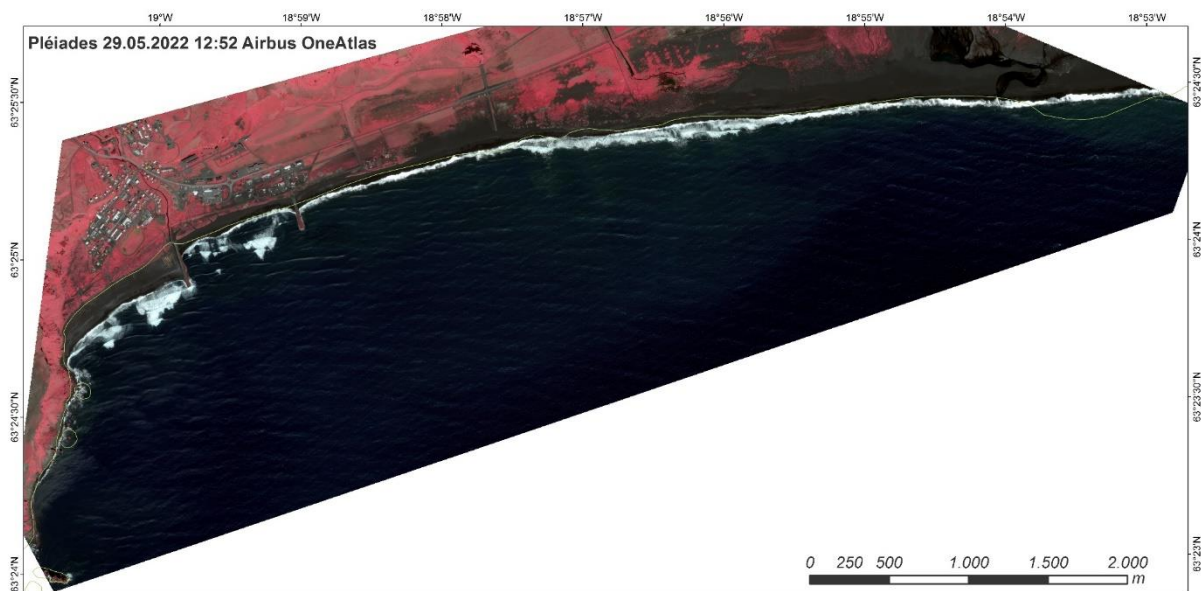
Reynisfjara og Vík í Mýrdal



Mynd 4. Reynisfjara og Vík í Mýrdal.

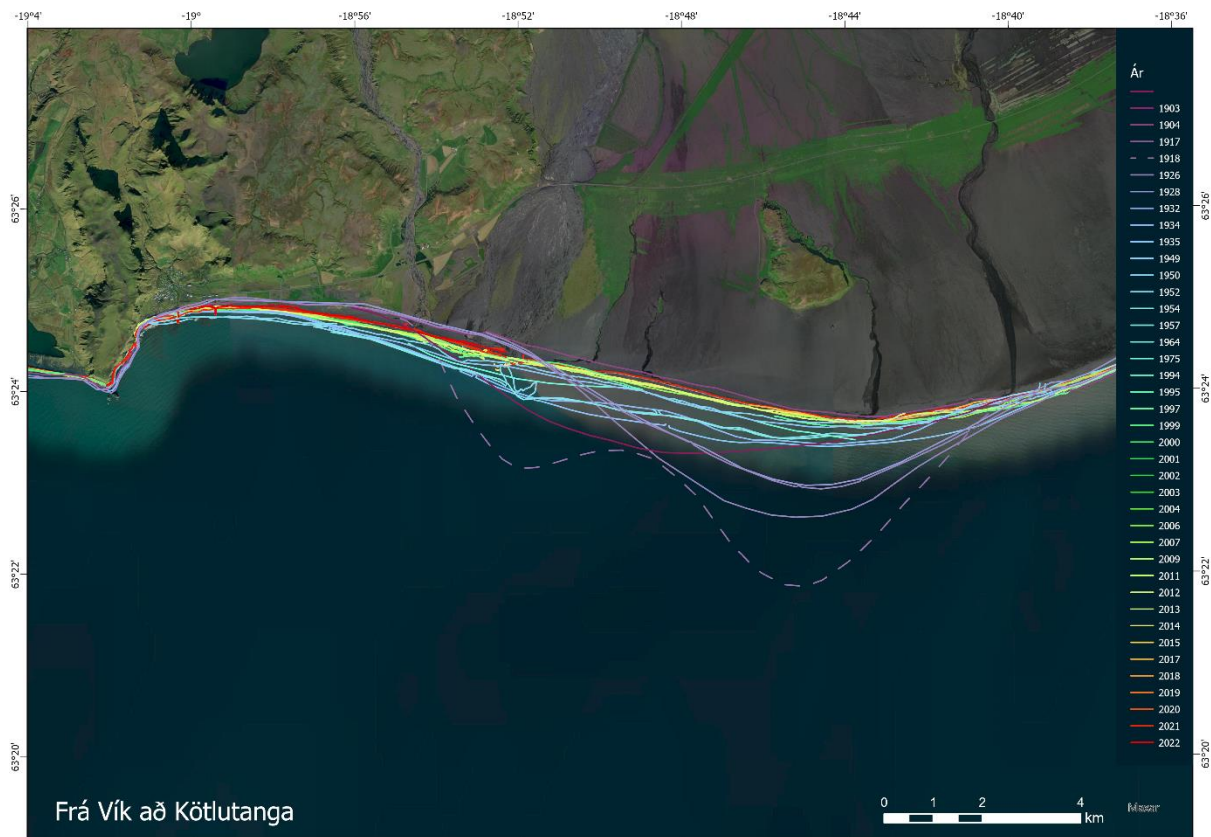
Frá Dyrhólaósi að Reynisdröngum hefur, samkvæmt gagnagrunninum, orðið rof allt að 200m á heildar tímabilinu. Frá 1904 (herforingjaráðskort) til 1926 og 1928 (sjókort) virðist ströndin reyndar hafa gengið fram um allt að 110m, en síðan tók tímabil rofs við. Þegar litið er á Reynisdranga og Reynisfjall ber mest á hve eldri gögnin sýna ólíka mynd frá þeim nýju. Þetta kemur á vissan hátt á óvart þar sem þarna er um að ræða svæði sem ætti ekki að hafa breyst mikið, og mörg kennileiti eru á svæðinu, t.d. sker, sem ætti að auðvelda uppréttingu og samanburð gagna. Í sumum tilfellum er um hreina skekkju að ræða, eins og til dæmis á einu atlaskorti þar sem innra ósamræmi í korti kom glögglega fram. Önnur tilvik þyrfti að skoða betur, kannski ekki síst í ljósi þess að sumarið 2023 myndaðist sandtangi framan við klettana í Reynisfjöru. Þetta gæti hafa gerst áður. Eins og áður var hverri heimild fylgt eins sjálfstætt og nákvæmlega og unnt var í hnitunarferlinu, en síðan þarf að taka afstöðu til þess hvernig túlka á niðurstöðurnar og hvað þarf að skoða betur.

Við Vík í Mýrdal hafa breytingarnar verið nokkuð flóknari, sem tengist að hluta Kötlugosinu 1918 og að hluta til sandföngurum sem byggðir hafa verið í fjörunni: Fyrri garðurinn var byggður árið 2011 (við Víkurá) en sá síðari (eystri) árið 2017/2018. Frá Kötlugosi og fram til 1971 gekk ströndin fram, alls um 470m (viðauki 4) sem kemur kannski ekki á óvart þar sem gífurlegt magn af efni barst til sjávar með jökulhlaupi úr Kötlu árið 1918. Þá tók við roftímabil, fram til 2009/2012 en síðan hefur sandsöfnun átt sér stað vestast í fjörunni. Austan við stóra garðinn hefur rofið hins vegar haldið áfram. Einstaka óveður hafa lagt þar nokkuð til, til dæmis í febrúar 2022 þegar sandur barst yfir stóran hluta bæjarins. Heildarbreytingarnar á tímabilinu fara vaxandi eftir því sem austar dregur, í átt að Kötlutanga. Mynd 4a sýnir að ágangur sjávar er talsverður austan við bæinn, því dökkir flekkir sýna hvar sandur hefur borist inn yfir gróið land, m.a. í einum stormi fyrr um vorið 2022. Mest flæddi á land og mesta landbrotið varð þann 8. febrúar 2022, en eftir það og alveg fram á vor hélt landbrot áfram og eitthvað flæddi áfram upp á land þar sem sjávarkambur hafði rofnað.



Mynd 4a Vík í Mýrdal. Nærinrauð háupplausna Pléiades gervitunglamynd af Vík í Mýrdal. Gróður kemur fram sem rauður litur á myndinni. Greinihæfni er mikil.

Kötlutangi



Mynd 5. Frá Vík að Kötlutanga. Niðurstöður kortlagningarinnar birtar á háupplausna gervitunglamynd Maxar. Litakvarði gefur ártöl til kynna.

Mestu breytingarnar á strandlínunni eru við Kötlutanga, sem myndaðist eftir Kötlugosið haustið 1918 er stórt jökulhlaup bar mikið efni með sér til sjávar. Ef miðað er við breytingu á ströndinni beint suður af Hjörleifshöfða frá árinu 1904 og til áætlaðrar strandlínu árið 1918 er munurinn 3,6 km. Tvær heimildir voru notaðar við þetta mat, annars vegar rituð lýsing Guðgeirs Jóhannssonar (1919) þar sem lengd tangans er reyndar áætluð 4 km, og hins vegar greinar og vinnukort frá Guðrúnu Larsen, sem hún byggir á ýmsum heimildum, þar á meðal lýsingu Guðgeirs. Í fyrstu var tanginn tvískiptur með vík á milli, en fljótlega sameinuðust tangarnir í einn. Á kortinu er árið 1918 merkt með strikalinu, til að gefa til kynna að um mat er að ræða út frá lýsingum frekar en beina mælingu. Tanginn var ekki mældur formlega fyrr en árið 1926, einkum vegna sjökortagerðar, en þá hafði brimaldan unnið talsvert á honum. Þess ber að geta að á ýmsum kortum kemur ártalið 1922 fram sem mælingarár, en það virðist ekki vera rétt, heldur misskilningur sem er

væntanlega til kominn vegna þess að á sjókortum kemur fram að misvísun kortsins miðist við árið 1922 þó að mælingin sé frá 1926 (mynd 5a).

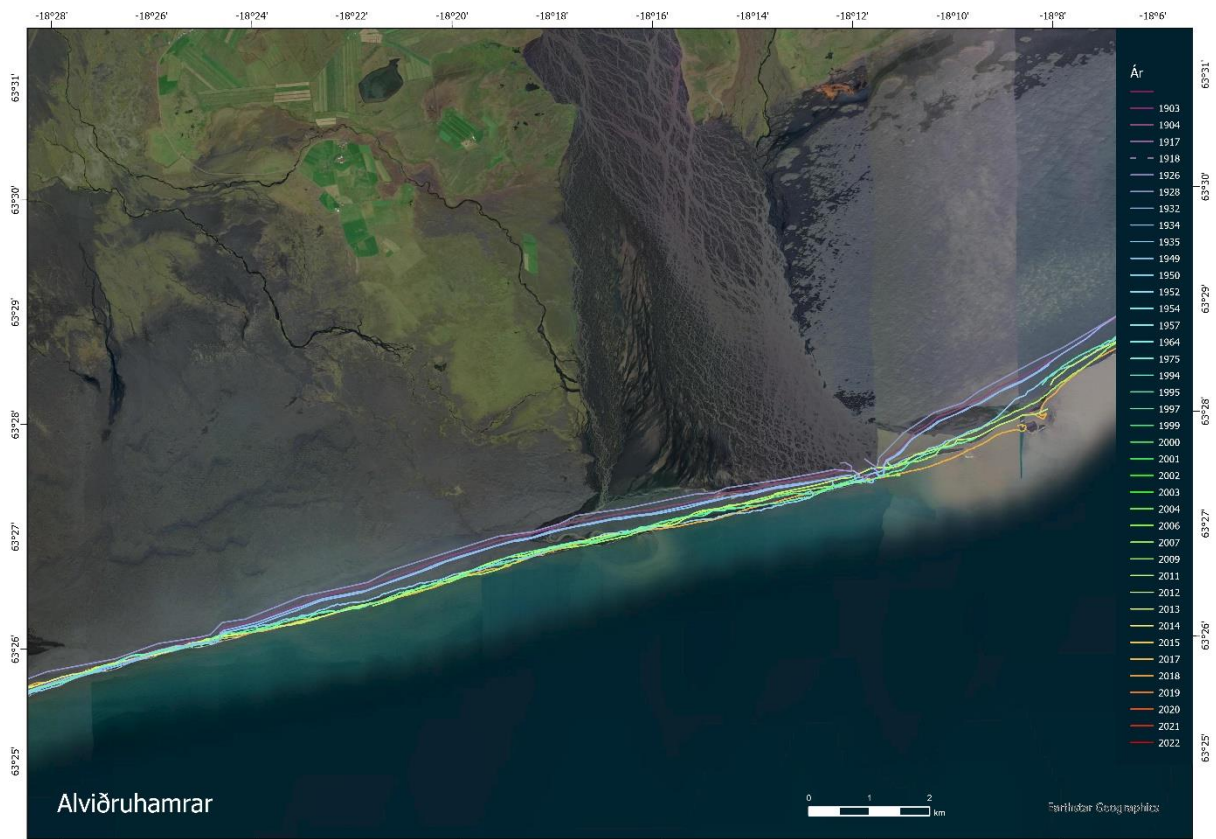
Í stuttu máli er hægt að lýsa breytingum á svæðinu þannig að við fyrstu mælingar, árið 1904, lá ströndin í nyrstu stöðu. Þetta breyttist á nokkrum dögum í Kötlugosi síðla árs 1918. Síðan hefur aldan unnið á tanganum og strandlína mæld árið 2022 er svo aftur komin all nærri ástandinu eins og það var í byrjun 20. aldar. Í fljótu bragði virðist beint áhrifasvæði Kötluhlaupa á strandlínuna vera um 5,6 km, þ.e. ef miðað er við svæði vestan og austan við Kötlutanga þar sem strandlínubreytingar eru í lágmarki. Þetta tengist vitaskuld því hvar þetta tiltekna hlaup rann til sjávar, en ekki er tryggt að það sama yrði reyndin í næstu hlaupum.

Múlakvísl sem rennur frá Kötlujökli hefur talsverð áhrif á þessu svæði, og af og til koma flóð og jökulhlaup niður farveg hennar sem færa ósinn utar. Nýlegt dæmi er frá 2011 þegar brúin yfir ána skemmdist. Lausleg könnun á gervitunglagögnum fyrir og eftir það hlaup sýnir ekki mikla langvarandi breytingu. Miklir varnargarðar hafa verið byggðir til að hefta það að Múlakvísl flæmist yfir sandana og til að minnka sandfök á Mýrdalssandi. Slik mannvirki hafa einnig áhrif neðar í farveginum og þar með á strandlínuna.



Mynd 5a. Hluti af sjókorti Hjörleifshöfði-Vestmannaeyjar í mælikvarða 1:100.000 1926. Kötlutangi sést vel og búið er að merkja dýptarupplýsingar inn.

Alviðruhamrar

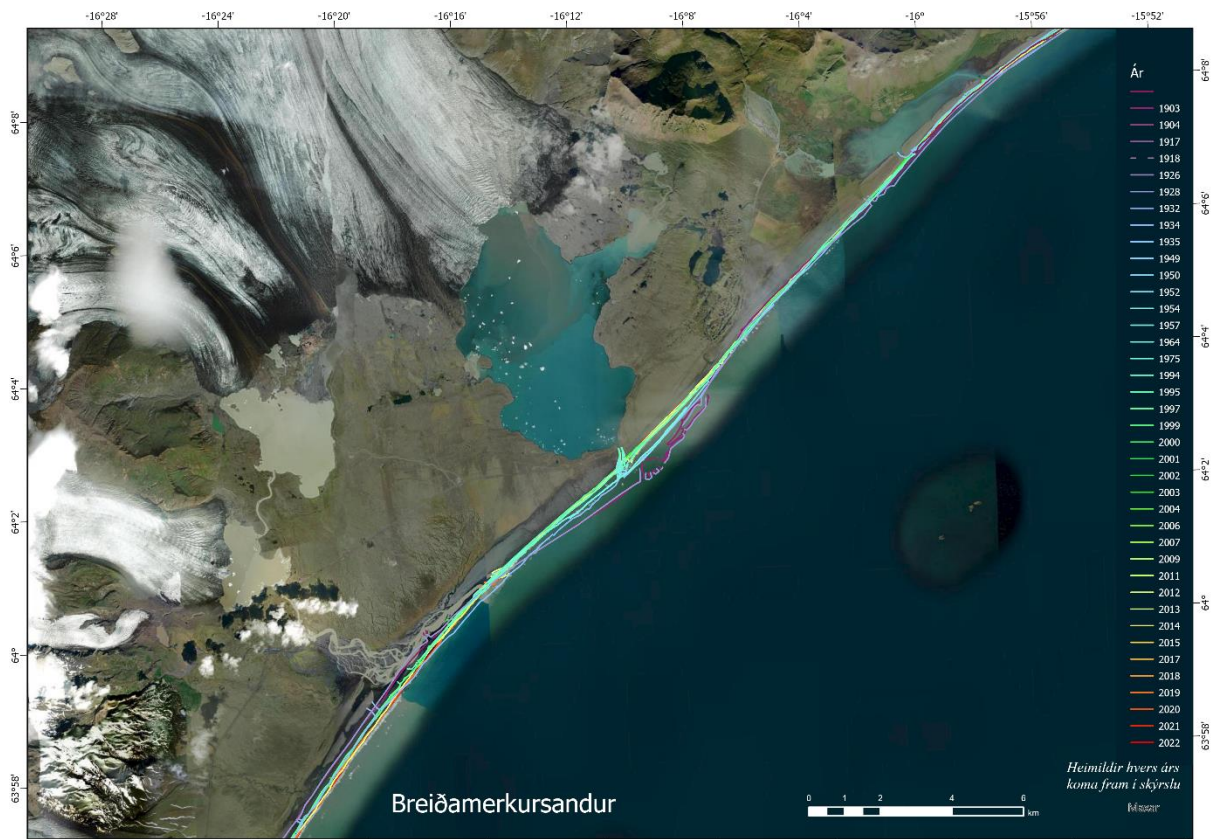


Mynd 6. Alviðruhamrar

Alviðruhamrar og svæðið sem liggur frá Dýralækjum að Kúðafljóti sýna að bættst hefur við sandinn frá byrjun 20. aldar fram að miðri öld, en síðan hefur þessi hluti strandlínunnar verið frekar stöðugur eða flókt innan 130m bils þvert á strandlínuna. Ósar Kúðafljóts hafa breyst reglulega, sem kemur ekki á óvart, og Skaftárhlaup hafa greinileg áhrif til skamms tíma (skoðuð voru dæmi frá árunum 2015 og 2018 sem þóttu stór hlaup en áhrifin náðu hámarki um það bil 3 vikum eftir hlaup en jöfnuðu sig fljótt aftur). Mesti munur (nyrsta staða 1928, syðsta staða 2007) var 520m á þessu svæði, sem þykir nokkuð mikil breyting. Meiri munur kemur þó fram austar, við ósa Skeiðarár, eða um 800m.

Jökulárnar bera mikið set til sjávar, bæði jafnt og þétt og í stærri atburðum, en aldan sér svo um að færa þetta efni til yfir mun stærra svæði.

Jökulsárlón



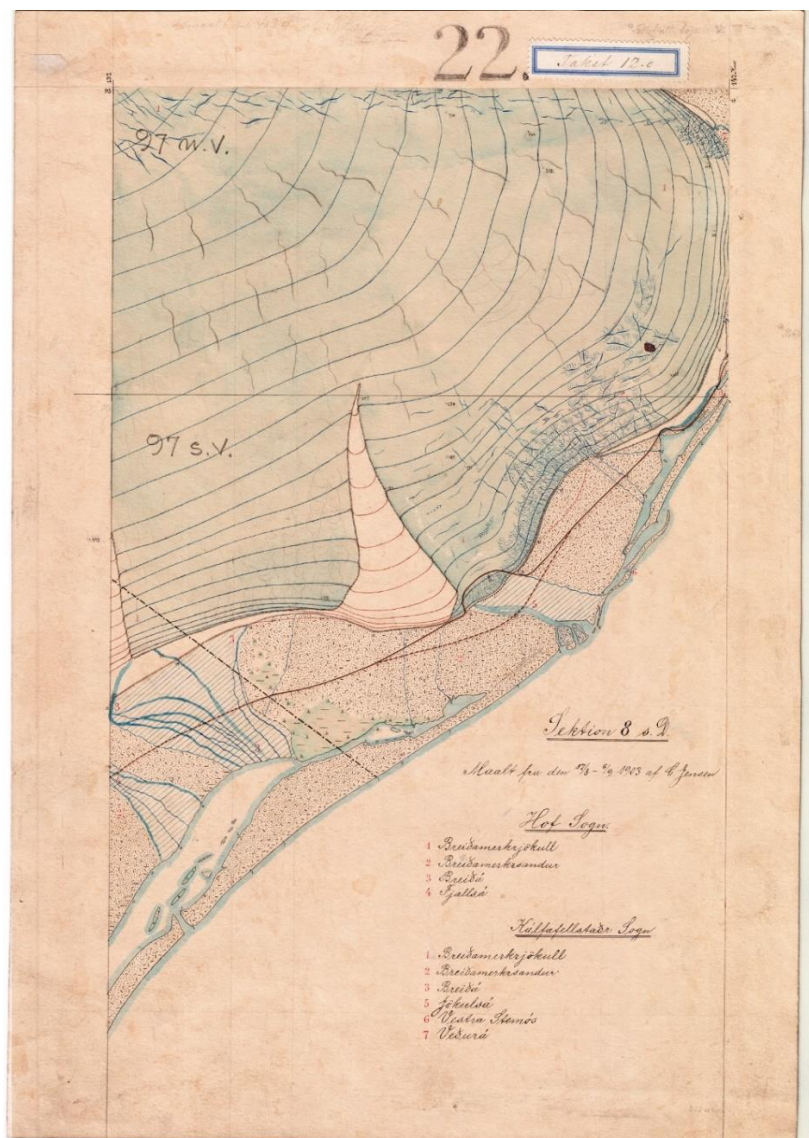
Mynd 7. Breiðamerkursandur

Strandlínun utan við Breiðamerkursandur hefur breyst talsvert mikið á athugunartímabilinu, um 900m, en að því er virðist í nokkrum stökkum. Frá 1903 til 1928 er hún yst, og ekki eru teljandi breytingar á milli þessarra mælinga. Til ársins 1934 verða aftur á móti talsverðar breytingar, sem haldast nokkuð stöðugar til ársins 1964. Árið 1994 verður aftur stökk í legu strandlínunnar, en frá þeim tíma er svo um nokkuð hægt rof að ræða. Flökt á strandlínunni á þessum tíma er víðast innan við 100m.

Líklegt má telja að lega Breiðamerkursandurjökuls, myndun og stækkun lónsins hafi mest með þessar breytingar að gera. Í byrjun 20. aldar lá jökullinn mjög nálægt að ósnum, eins og mynd 8. gefur til kynna, enda má segja að „litlu ísöldinni“ hafi verið að ljúka. Framburður árinna hefur því borist beint til sjávar. Á AMS korti bandaríska hersins frá 1950 (mæling fór fram allt að áratug fyrr) er lónið komið og því má ætla að framburður til sjávar minnki. Miklar breytingar hafa orðið á lóninu síðustu tvo áratugi; stækkun samfara því að jökullinn hefur hropað, megnið af setinu nær því að setjast til í lóninu

sjálfu, nema það finkornóttasta (sem hefur jafnframt hverfandi áhrif á ströndina). Strandlínan hefur verið nokkuð stöðug frá 1994.

Um aldamótin 2000 fór að myndast lón sunnan Esjufjalla í Fossadal. Af og til hleypur úr lóninu, síðast í júlí 2023 (á milli 12. og 15. júlí skv. gervitunglamyndum) en hlaupin virðast ekki hafa teljandi áhrif neðar í farveginum enda er vatnsmagnið lítið í samanburði við Breiðamerkurlón. Þess má geta að skoðun gervitunglamynda sýnir að set berst enn til sjávar, væntanlega einkum fingerðari hlutinn sem berst lengra með árvatninu. Einnig hefur það áhrif að sjávarfalla gætir í lóninu.



Mynd 8. Frumteikning danska herforingjaráðsins af Breiðamerkurjökli árið 1903. Jökulsárlón er ekki komið, jökullinn liggur skammt frá ósnum og leiðir fólks liggja ýmist yfir jökulána eða jökulinn, eftir því hvernig háttaði til með vatnsmagn úr ánni hverju sinni. Úr kortasjá Landmælinga Íslands.

Höfn í Hornafirði



Mynd 9. Höfn í Hornafirði.

Þær breytingar sem grípa fyrst athyglina við Höfn í Hornafirði eru annars vegar víxlun á þróun mála vestan og austan við ós Hornafjarðarfljóts, og hins vegar færsla tangans við austanverðan ósinn. Vestan við ósinn hefur orðið nær samfelld rof á tímabilinu, um allt að 200m, á meðan bættst hefur við ströndina að austanverðu um sömu vegalengd. Tanginn við innanverðan ósinn, að austanverðu, hefur jafnframt færst til suðurs. Varnargarðar hafa verið byggðir og styrktir á tímabilinu, þannig að stöðugleiki strandlínu á síðustu árum, einkum við Hvanney, hefur aukist að stórum hluta til þess vegna. Strandlínan, eins og hún kemur fram á mynd 9 hér að ofan, sýnir skemmtilega og nokkuð reglubundna þróun, þar sem úr vestri og að Skinneyjarhöfða kemur fram rof, þaðan og að miðjum Suðurfjörum hefur svo bættst við ströndina, þaðan og að ósi Hornafjarðarfljóti er rof, en austan við ósinn er svo aftur viðbót.

Þessar breytingar eru samt margslungnar þegar vel er að gáð og margar breytur sem hafa áhrif. Augljóslega hafa jökulárnar áhrif, sem aftur tengjast

árferði og myndun jökullóna á undanförunum áratugum. Búið er að beisla jökulárnar að hluta með varnargörðum.



Mynd 9a. Skinneyjarhöfði.

Áhugaverð leitni (e: trend) kemur fram við Skinneyjarhöfða, þar sem viðsnúningur verður um höfðann sjálfan. Vestan við hann hefur orðið rof á tímabilinu, á meðan ströndin hefur gengið fram austan við hann um allt að 250m. Þegar litið er á höfðann sjálfan, kemur einnig í ljós nokkur breytileiki í upplausn gagnanna. Þetta hefur að sjálfsögðu áhrif á áreiðanleika hvernar línu, en breytir ekki heildar myndinni um hvernig þróunin hefur verið.

Langtímaþróun og skammtímabreytingar

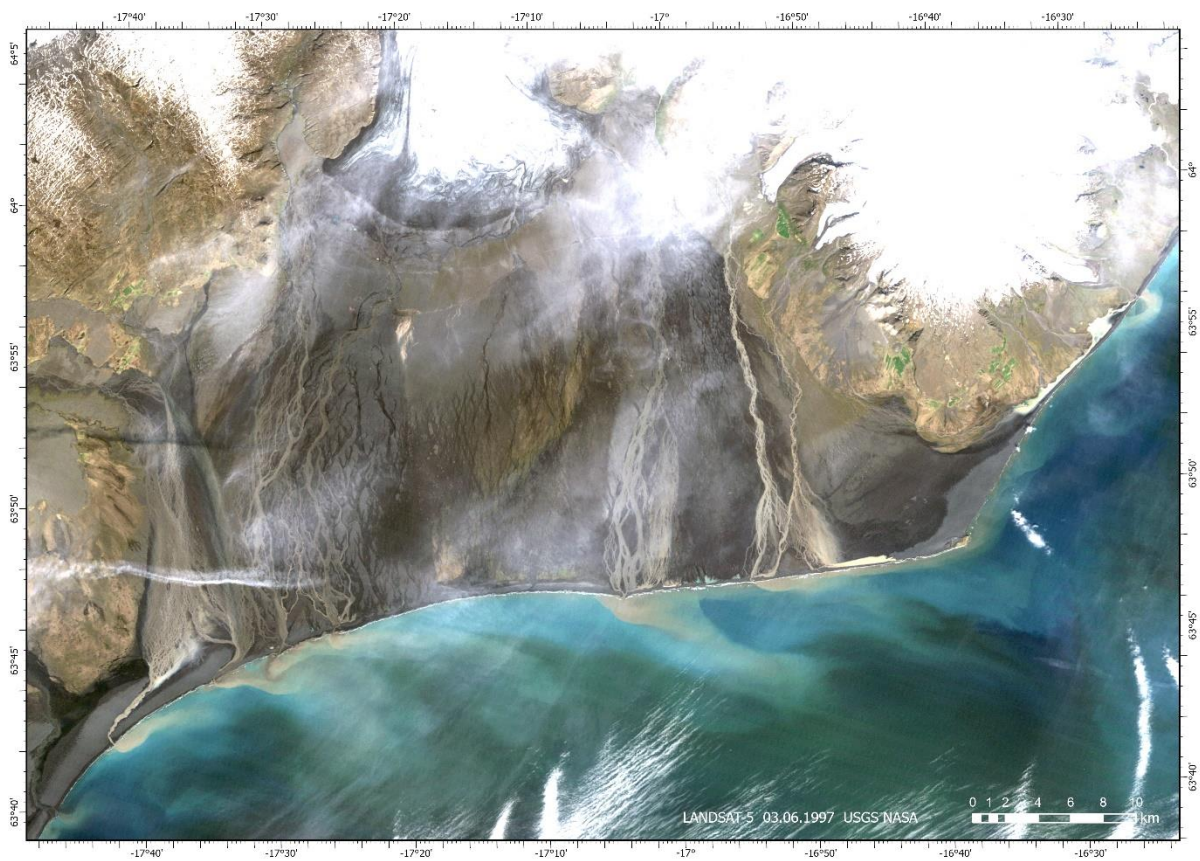
Það sem einkennir athugunarsvæðið er nándin við Vatnajökul og Mýrdalsjökul og áhrifin sem setið úr jökulánum hefur á láglandið, sandana. Þetta gerist annars vegar hægfara og hins vegar í stærri atburðum eins og jökulhlaupum eða við eldsumbrot. Jökulstífluð lón hafa lengi haft áhrif á svæðið. Ný myndast, eins og við Esjufjöll og önnur breytast eins og Grænalón sem ekki hefur hlaupið úr í mörg ár. Lón framan við jökla hafa einnig áhrif, geta mildað áhrif hlaupa eins og úr Fossadalslóni, en geta einnig verið áskoranir eins og Breiðamerkurlón getur orðið í framtíðinni fyrir vegagerð. Hopun jökla getur valdið breytingum á vatnafari, sem aftur hefur áhrif við árósa. Þetta gerðist þegar farvegur Skeiðarár breyttist og megnið af jökulvatninu tók að renna yfir í Gígjukvísl (2009). Það er eðli vatnsfalla að flæmast um flatlendi, byggja undir sig, kvíslast og færast.

Nú er allt annað aðgengi að gervitunglagögnum og gæði þeirra eru meiri. Á fyrri hluta árs 2023 var til dæmis hægt að fylgjast með árósum við Jökulsárlón breytast; frá því að stefna í suður í byrjun febrúar, í að stefna til austurs eftir að sandrif myndaðist utan við ósinn, og í að færast aftur til suðurs í lok aprílmánaðar. Þessar breytingar ráðast af ríkjandi ölduátt á hverjum tíma. Í SV öldu færast ósinn til austurs og svo öfugt í SA öldu. Sandrif myndast einnig fyrir tilstilli öldunnar. Tímaupplausnin sem gervitunglagögn bjóða upp á gefur allt önnur tækifæri til að fylgjast með sveiflum í náttúrunni. Fjölrófsmyndirnar gefa þar að auki til kynna strauma, hvirfla og skil sjávarmassa í hafinu, setflutning á haf út og þörungablóma.

Það er einnig hægt að skoða myndir aftur í tímann, jafnvel gögn sem ekki voru tiltæk notendum á auðveldan hátt á sínum tíma. Þannig er til dæmis hægt að skoða með hvaða hætti Gjálpargosið hafði á Skeiðarársand. Þar hentar vel að skoða tvær LANDSAT-5 gervitunglamyndir frá því fyrir og eftir atburðinn (myndir 10 og 11). Myndirnar sýna útbreiðslu svifaurs (e: suspended sediments) á haf út einkum fyrir tilstilli sjávarfallastrauma, hvirfla og skil.

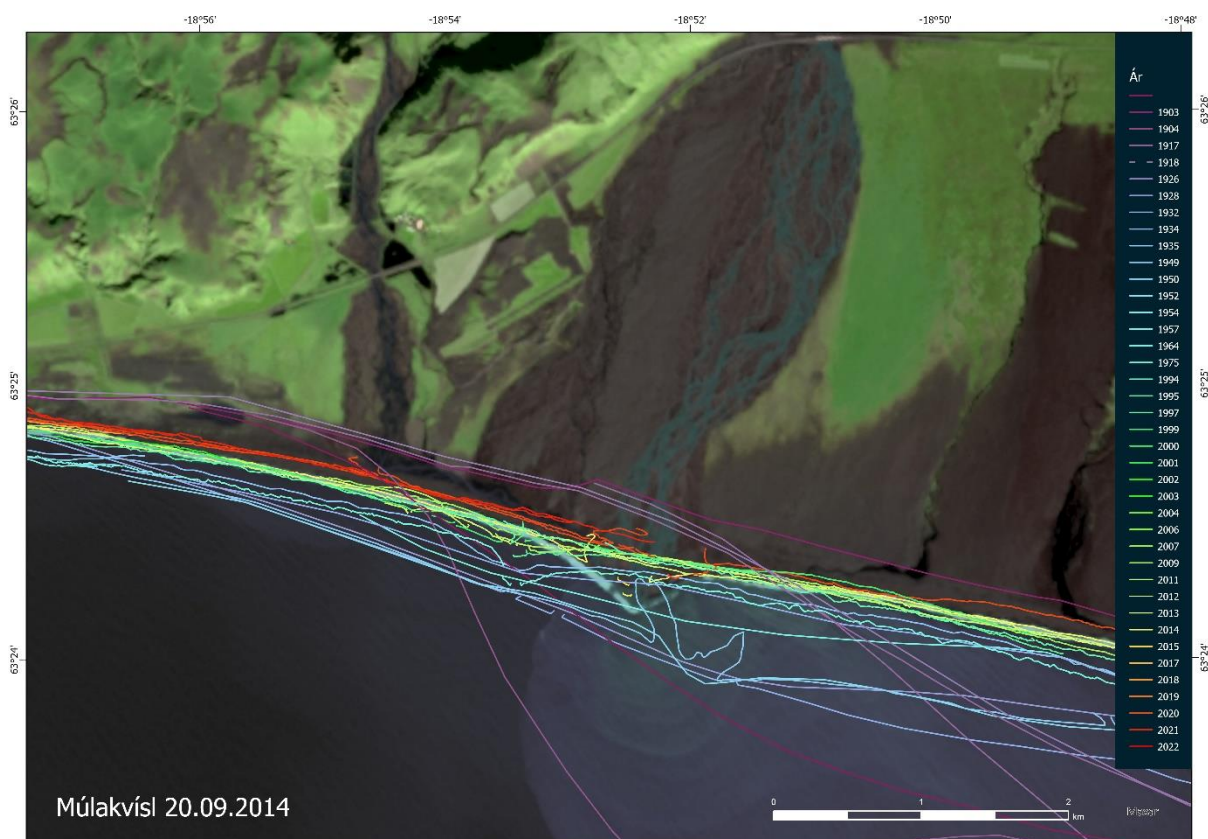


Mynd 10. LANDSAT 5 Gervitunglamynd 1995. Fyrir Gjálparhlaup 1996.



Mynd 11 LANDSAT 5 Gervitunglamynd 1997. Eftir Gjálparhlaup.

Nú eru tvö LANDSAT tungl (8 og 9) og tvö Sentinel 2 tungl (A og B) á braut um jörðu og því er hægt að fá myndir af landinu oft í viku. Þær nýtast ekki allar til eftirlits með ströndinni, vegna skýjahulu, og eru í full litilli upplausn (e: spatial resolution) til að byggja eftirlitið eingöngu á þeim, en sýna á mjög fróðlegan hátt hvað hefur áhrif á ósa og strönd, og á hvaða tímakvarða. Mynd 12 sýnir ós Múlakvíslar haustið 2014, en Skaftárhlaup varð það ár. Myndin sýnir hvar aldan brotnar á grynningum utan við ósinn sjálfan. Þessi breyting varð ekki mjög langvinn, væntanlega vegna áhrifa öldunnar, en slíkt mætti skoða nánar.



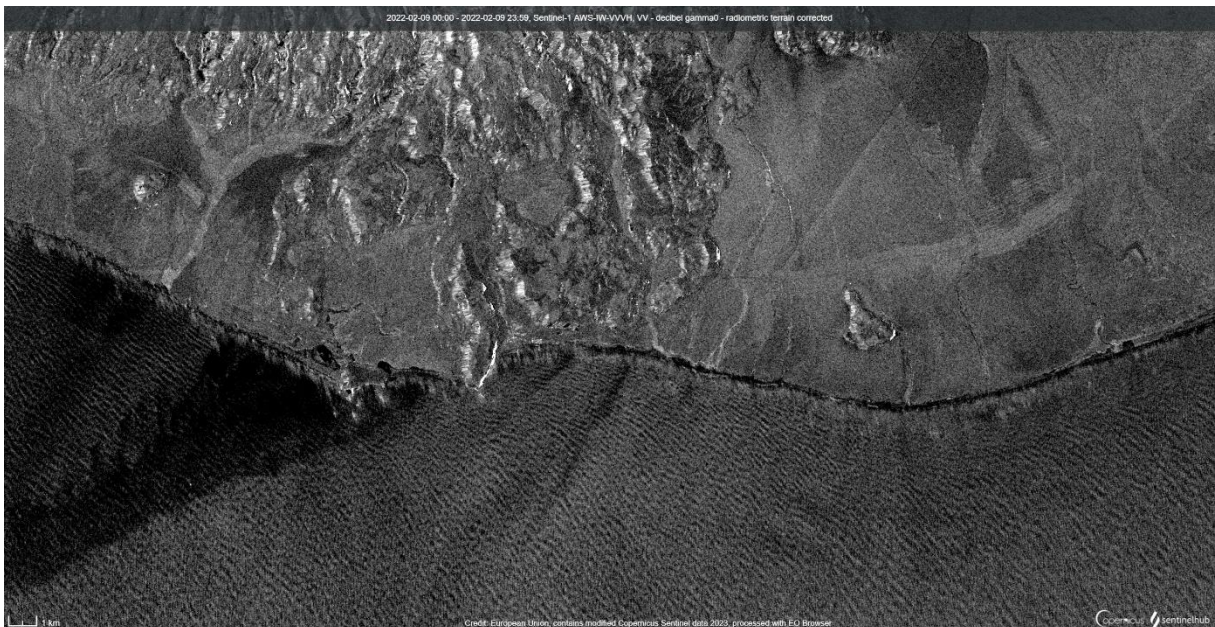
Mynd 12. Breytingar á ós Múlakvíslar árið 2014. LANDSAT-8.

Loks er vert að nefna ratsjármyndir (e: radar) sem m.a. eru fánlegar frá SENTINEL-1 gervitunglunum (mynd 13). Helsti kostir þeirra er að bylgjurnar eru óháðar birtuskilyrðum og skýjahulu, og því eru þetta einu gögnin sem standa undir reglubundnu fjarkönnunareftirliti. Þær eru nokkuð snúnar í túlkun, þar sem þær sýna einkum yfirborðshrjúfleika yfirborðs. Þannig er auðvelt að greina öldufar, bylgjulengd öldu og stefnu (mynd 13).



Mynd 13. Sentinel-1 ratsjármynd 25.09.2022 (Copernicus EU).

Ratsjármyndir veita nýja sýn á yfirborð jarðar, þar sem gráskali myndanna vísar í hrjúfleika yfirborðs; Ljós svæði eru hrjúfari en þau dökku. Myndirnar eru óháðar birtuskilyrðum og skýjahulu og nýtast því vel við ýmsa vöktun.



Mynd 13a. Sentinel-1 ratsjármynd 09.02.2022 (Copernicus EU).

Daginn eftir suðvestan storm. Fjarlægð á milli öldutoppa eru 270m, sem bendir til sveiflutíma öldu upp á 13s (sbr. $(\lambda/1,56)^{1/2}$).



Mynd 13b. Sentinel-1 ratsjármynd 20.09.2023 (Copernicus EU).

Ratsjármynd af Höfn í Hornafirði 20.09.2023. Það sést vel hver bylgjulengdin er og hvernig aldan sveigir til suðvesturs. Úti fyrir er bylgjulengdin um 280m (sveiflutími 13s) en nær innsiglingunni þar sem aldan er kominn upp á grynna vatn hefur bylgjulengd öldunnar stytst niður í 120m.

Umræður og ályktanir

Helstu breytingar

Heilt yfir séð kom það nokkuð á óvart hversu reglubundnar breytingarnar voru víðast á strandlínunni. Miðað við hve breytingar geta verið miklar á stuttum tímakvarða hefði mátt ætla að línur teiknaðar fyrir svo mörg ár gætu myndað kraðak á korti, en svo var yfirleitt ekki. Í flestum tilfellum teiknuðust línurnar upp með tilhneigingu til færslu í eina átt, þ.e. annað hvort rof eða að ströndin gekk fram; setsöfnun. Við ósa jökuláa kom í sumum tilfellum fram flökt, sem gæti annað hvort bent til þess að ströndin sé nokkuð stöðug á viðkomandi stað þegar til lengri tíma er litið, eða að sveifla á milli rofs og sandsöfnunar er styttri á viðkomandi stað.

Teiknuð var upp heildar leitni á hverjum hluta strandlínunnar; til rofs, stöðugleika eða setsöfnunar. Niðurstöðuna má sjá á meðfylgjandi mynd. Þar kemur glögg fram að helstu svæði rofs eru tengd Kötlutanga annars vegar og Breiðamerkurlóni hins vegar. Á öðrum stöðum hefur ströndin gengið fram eða breytingar verið litlar (mynd 14). Rof hefur einnig orðið vestan við Höfn í Hornafirði og í Reynisfjöru, og væri áhugavert að skoða nánar hvað veldur breytingum þar.



Mynd 14. Heildar leitni til rofs (blá lína), flökts/litilla breytinga (græn lína) eða setsöfnunar (rauð lína) á Suðausturlandi frá 1903-2021.

Í heildina bera jökulárnar mikið efni fram, sem í sumum tilfellum er hægt að tengja við ákveðna ósa eða atburði. Síðan tekur öldustraumurinn við og flytur efnið meðfram ströndinni.

Önnur atriði mætti skoða nánar, eins og til dæmis hvar rif og brimskaflar myndast á ákveðnum tímum árs, og hversu breytilegir þeir eru á milli ára. Hvað öldufarið og mynstur í strandlínunni segir okkur um landmótunina á hverjum stað, þar geta ratsjármyndir komið að gagni.

Gagnasafnið telur nú rúmlega 500 línur eða línubúta fyrir mismunandi ár, þar sem dagsetning, heimild sem byggt er á, og nákvæmni í hnitun koma fram. Enn má þetta safnið með því að skanna og rétta upp fleiri loftmyndir frá seinni hluta 20. aldar. Þá mætti skoða fleiri atburði nánar með því að rýna í ýmsar gervitunglamyndir.

Í gagnasafninu eru einnig öll upprétt kort og loftmyndir, sem ekki fengust beint frá Loftmyndum ehf., á geotiff formi.

Áfram verður unnið með verkefnið og athugunarsvæðið lengt til vesturs.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.

Heimildaskrá

- Ágúst Böövarsson 1996: Landmælingar og kortagerð Dana á Íslandi. Upphaf Landmælinga Íslands. Landmælingar Íslands, Reykjavík.
- Det Kongelige Søkort-Arkiv 1917: Den Islandske Lods. Fjerde udgave. J.H. Schultz A/S Universitetsbogtrykkeri, Kaupmannahöfn.
- Det Kongelige Søkort-Arkiv 1927: Den Islandske Lods. Femte udgave. J.H. Schultz A/S Universitetsbogtrykkeri, Kaupmannahöfn.
- Generalstabens topografiske Afdeling 1913: Haftratindur, 24 Fellsströnd NA. Herforingjaráðskort mælt 1911, í mælikvarða 1:50.000 Kjöbenhavn, G.T.A.
- Guðgeir Jóhannsson 1919: Kötlugosið 1918. Frásagnir úr Vík og Heiðardal í Mýrdal, Hjörleifshöfða, Skaftártungu, Álftaveri, Meðallandi og Síðu. Bókaverzlun Ársæls Árnasonar. Reykjavík.
- Haraldur Sigurðsson 1978: Kortasaga Íslands frá lokum 16. aldar til 1848. Bókaútgáfa Menningarsjóðs og Þjóðvinafélagsins. Reykjavík.
- Haraldur Sigurðsson 1981: Kortasaga Íslands frá öndverðu til loka 16. aldar. Bókaútgáfa Menningarsjóðs og Þjóðvinafélagsins. Reykjavík.
- Landmælingar Íslands 1911: Frumteikning Herforingjaráðskorts. Skoðað 2019. https://atlas.lmi.is/soguleg_gogn/herforingjarad_frumgogn_myndir/atlaskort_teikningar/JPEG/1911-4-34.jpg
- Landmælingar Íslands 2023a: Strandlína. Skoðað 2023. <https://www.lmi.is/is/landupplýsingar/gagnagrunnar/is-50v/strandlina>
- Landmælingar Íslands 2023b: Kortasafn. Skoðað 2023. <https://www.lmi.is/is/vefsjar/korta-og-loftmyndasofn/kortasafn>
- Landmælingar Íslands 2023c: Grunnstöðvanetið. Skoðað 2023. <https://www.lmi.is/is/maelingar/grunnkerfi/grunnstodvanetid>
- Landsbókasafn-Háskólabókasafn 2023: Íslandskort flokkuð eftir aldri og uppruna. Skoðað 2023. <https://islandskort.is/>
- Lillesand, T.M., R.W. Kiefer, J.W. Chipman 2015: Remote Sensing and Image Interpretation 7. útgáfa. Wiley, Bandaríkin.
- Loftmyndir ehf. 2023: Loftmyndagrunnur –WMS aðgangur.

Robinson, A.H., J.L. Morrison, P.C. Muehrcke, A.J. Kimerling, S.C. Guptill 1995:
Elements of Cartography 6. útgáfa. John Wiley & sons. Bandaríkin.

Vitamálaskrifstofan 1932: Leiðsögubók fyrir sjómenn við Ísland.
Ríkisprentsmiðjan Gutenberg, Reykjavík.

Viðauki 1. Dæmi um hnitaskrá frá herföngjaráðskortunum.

GEOMETRISK BESKRIVELSE AF ISLAND

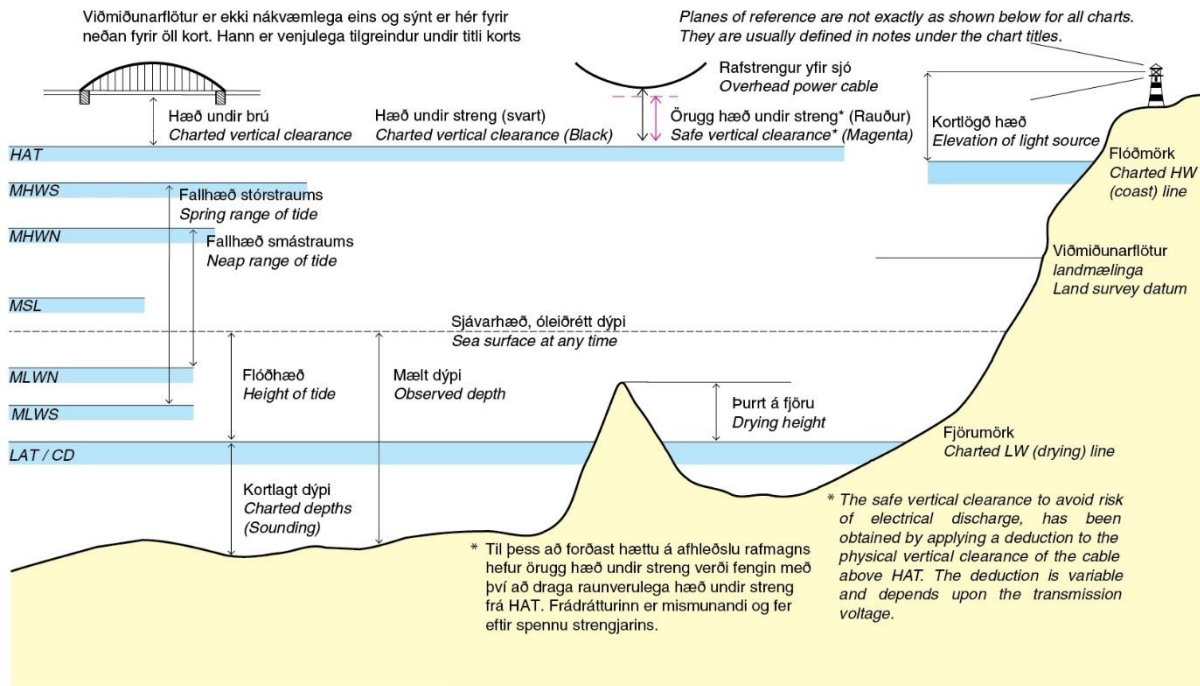
65. Den efterfølgende Koordinatfortegnelse for trigonometrisk bestemte Punkter er baseret paa de foranævnte i Aarene 1900-1935 foretagne Maalinger. Formaålet med disse Maalinger har kun været at danne Grundlaget for et Kort i 1:100 000. De er derfor ikke udført med samme Grad af Nøjagtighed som tilsvarende Maalinger i Danmark, hvor der stilles videregaaende Krav til Triangulationen. Beregningen af Triangulationen er udført efter en stærkt afkortet Methode af det Personale, der har foretaget Maalingerne. I Basisnettene er dog i Reglen anvendt en fuldstændig Udjevning. Geografiske Koordinater er beregnet for Hovedpunkternes Vedkommende. Disse er overført til retvinklede Koordinater i en konform konisk Projektion med Tangeringsparallel 65° og Midtemeridian 31°36' Vest for Københavns Universitetsobservatorium, eller 19°01'19"65 Vest for Greenwich. Y-Aksen er sammenfaldende med Midtemeridianen og regnes positiv mod Nord, medens X-Aksen tangerer Udfoldningsparallelcn 65° og regnes positiv mod Vest.

De i Koordinatfortegnelsen optagne Punkter er afbildet paa Pl. 78-81.

| Nr. | Navn | Etableret med | Blad Nr. | Bestemt Aar | Bredde | Længde | Y Meter | X Meter | Højde Meter |
|-----|--|---|-----------|-------------|-----------------|-------------------|----------|----------|-------------|
| 1 | Hornafjörður, Basis Øst ¹⁾ | Granitpostament ²⁾ med Messingbolt | 106 (107) | 1902 | | | + 80012 | + 184283 | 8 |
| 2 | Hornafjörður, Basis Vest ¹⁾ | Granitpostament med Messingbolt | 106 | 1902 | 64° 14' 16", 39 | + 27° 54' 09", 13 | + 79904 | + 179262 | 6 |
| 3 | Meðalfell | Messingbolt i Klippe | 106 | 1909 | 64° 19' 10", 34 | + 27° 47' 08", 14 | + 70271 | + 184375 | 119 |
| 4 | Höfn, astronomisk Station | Muret Cementpille med Messingbolt | 106 | 1909 | 64° 15' 09", 78 | + 27° 47' 19", 06 | + 77911 | + 184772 | 11 |
| 5 | Skógey | Messingbolt i Klippe | 106 | 1902 | | | + 73259 | + 178790 | 8 |
| 6 | Viðhorðsfjall | Messingbolt i Klippe | 96 | 1902 | 64° 20' 52", 40 | + 28° 01' 23", 57 | + 67800 | + 172725 | 537 |
| 7 | Bakkatindur | Varde ³⁾ | 96 | 1902 | | | + 69954 | + 159809 | 1057 |
| 8 | Hestgerðishnúta | Messingbolt i Klippe | 97 | 1902 | 64° 11' 24", 37 | + 28° 20' 26", 66 | + 86107 | + 158112 | 381 |
| 9 | Skálafellshnúta | Messingbolt i Klippe | 96 | 1902 | 64° 14' 58", 40 | + 28° 18' 18", 99 | + 79499 | + 159888 | 594 |
| 10 | Hrollaugseyjar | Messingbolt i Klippe | 97 | 1902 | 64° 01' 39", 55 | + 28° 33' 31", 46 | + 104813 | + 148602 | 13 |
| 11 | Tvíaker | Messingbolt i Klippe | 97 | 1902 | 63° 56' 09", 10 | + 28° 46' 21", 05 | + 115500 | + 198609 | 14 |
| 12 | Miðfellslegg | Varde | 97 | 1902 | | | + 80173 | + 151793 | 1128 |
| 13 | Dvöartindesög | Messingbolt, Varde over Bolten | 97 | 1909 | | | + 86670 | + 142106 | 1112 |
| 14 | Fosstorftindur | Messingbolt i Klippe | 97 | 1902 | 64° 08' 32", 29 | + 28° 36' 41", 98 | + 92170 | + 145415 | 789 |
| 15 | Jökulsá | Cementsøjle nedgravet i Sandet | 97 | 1902 | | | + 98864 | + 142881 | 8 |
| 16 | Beidamekkumúli (Rákartindur) | Messingbolt i Klippe | 87 | 1902 | 64° 02' 49", 45 | + 29° 01' 26", 33 | + 103660 | + 125795 | 774 |
| 17 | Kuogssavelli | Cementsøjle nedgravet i Sandet | 88 | 1902 | | | + 101171 | + 100965 | 8 |
| 18 | Staðarfjall | Messingbolt i Klippe | 87 | 1902 | 63° 56' 47", 65 | + 29° 07' 38", 42 | + 115056 | + 121189 | 941 |
| 19 | Ingólfshöfði | Cementsøjle nedgravet i Jorden | 88 | 1902 | 63° 48' 11", 58 | + 29° 13' 06", 39 | + 131196 | + 117328 | 76 |
| 20 | Höfufjall | Messingbolt i Klippe | 87 | 1902 | 63° 55' 22", 14 | + 29° 10' 30", 84 | + 119177 | + 114041 | 744 |
| 21 | Harðskriða (Háalds) | Messingbolt i Klippe | 87 | 1902 | | | + 113611 | + 88492 | 126 |
| 22 | Marks (Skeiðarársandur) | Cementsøjle nedgravet i Sandet | 88 | 1902 | 63° 50' 45", 99 | + 29° 47' 40", 74 | + 127419 | + 88815 | 24 |
| 23 | Lámagnúpur | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 77 | 1902 | 63° 59' 01", 27 | + 30° 05' 43", 47 | + 112412 | + 79656 | 767 |
| 24 | Fosnúpur | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 78 | 1903 | 63° 51' 29", 28 | + 30° 25' 27", 71 | + 106747 | + 57814 | 991 |
| 25 | Kirkjubæjarheiði ⁴⁾ | Cementsøjle med Bolt nedgravet i Jorden, Stor Varde over Bolten | 70 | 1902 | | | + 133140 | + 46734 | 153 |
| 26 | Kaldbakur | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 78 | 1903 | 63° 54' 11", 07 | + 30° 36' 26", 64 | + 121892 | + 48735 | 709 |
| 27 | Skálarfjall | Messingbolt i Klippe, 3 m høj Varde over Bolten | 68 | 1903 | 63° 44' 42", 09 | + 30° 53' 06", 85 | + 139694 | + 35994 | 414 |
| 28 | Langholt Kirke | Laarn, Midte, Laarnets Midte er nedloddet og mærket med et Søm i Kirkens Gulv | 68 | 1903 | 63° 34' 36", 42 | + 30° 45' 53", 28 | + 158333 | + 43144 | 154) |
| 29 | Steinsmýrarfljót | Cementsøjle med Bolt nedsat i Lavæen, Stor Varde over Bolten | 78 | 1903 | | | + 152296 | + 50044 | 24 |
| 30 | Rjúpnafjall | Messingbolt i Klippe | 68 | 1903 | | | + 152202 | + 17370 | 342 |
| 31 | Stakkur | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 68 | 1903 | | | + 145798 | + 93144 | 992 |
| 32 | Dykkilvæ (Digriklettur) | Cementsøjle nedgravet, Stor Varde over | 69 | 1903 | | | + 167151 | + 31908 | 31 |
| 33 | Skálmærker | Cementsøjle nedgravet, Stor Varde over | 68 | 1903 | | | + 150775 | + 30241 | 47 |
| 34b | Hafursey ⁵⁾ | Messingbolt i Klippe, Varde over Bolten | 69 | 1903 | | | + 164896 | + 10718 | 582 |
| 35 | Hjörleifshöfði | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 69 | 1903 | 63° 25' 01", 47 | + 31° 19' 29", 21 | + 176425 | + 13749 | 221 |
| 36 | Hatta | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 69 | 1903 | 63° 26' 24", 24 | + 31° 35' 18", 32 | + 173892 | + 577 | 512 |
| 37 | Gæsatinclar I. | Halvflske mellem Sten, Stor Varde over | 59 | 1903 | 63° 30' 49", 02 | + 31° 37' 00", 79 | + 165692 | + 841 | 796 |
| 38 | Kevnifjall | Messingbolt i Klippe, Stor Varde over Bolten | 59 | 1903 | 63° 24' 50", 63 | + 31° 36' 33", 52 | + 176791 | + 465 | 231 |
| 39 | Portland | Stor Varde paa den sydlige Pynt af Portland | 59 | 1903 | 63° 04' 04", 60 | + 31° 49' 41", 16 | + 128811 | + 5571 | 110 |

1) Tabsgaart. 2) Postamentet er i 1934 fundet valset i Sandet og antagelig flyttet. 3) Tabsgaart, 1934 helt forsvundet. 4) Varden er Stationscentrum. Ved Siden af Varden er nedsat en Messingbolt i en løs Stenart. 5) Meget nær Station Nr. 201. 6) Højden gælder Kirkens Gulv, Taarnnagryggen er 9,5 m herover. 7) Stationen er i 1902 oprettet paa den Del af Hafursey, som kaldes Kistufell (34a), men flyttedes i 1903 til Skálarfjall (34b).

Viðauki 2. Sjávarhæðir. Skilgreiningar Landhelgisgæslu Íslands á viðmiðunarflötum.



https://www.lhg.is/media/sjomaelingar_islands/Sjavarhaedir.jpg

Viðauki 3. Gervitunglagögn - vefslóðir

LANDSAT: USGS og NASA <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Allir geta skoðað hvaða gögn eru tiltæk. Notendur þurfa að skrá sig til að fá aðgang að gögnum í fullri upplausn, en ekkert gjald er tekið fyrir þjónustuna. Hér fást einnig ýmis önnur gögn, gagnleg fyrir fjarkönnunarverkefni.

Skilgreina þarf athugunarsvæði, merkja við hvaða gögnum óskað er eftir, og þá birtast tiltæk gögn. Þrengja má leitina á ýmsan hátt, t.d. með tímabilum, skýjahulu ofl. Það er einnig hægt að velja á milli ýmissa útgáfa af gögnunum (með eða án lofthjúpsleiðréttingum) og hvort þau eru á jpg eða geotiff formi.

SENTINEL-1 og 2: COPERNICUS EU <https://scihub.copernicus.eu/>

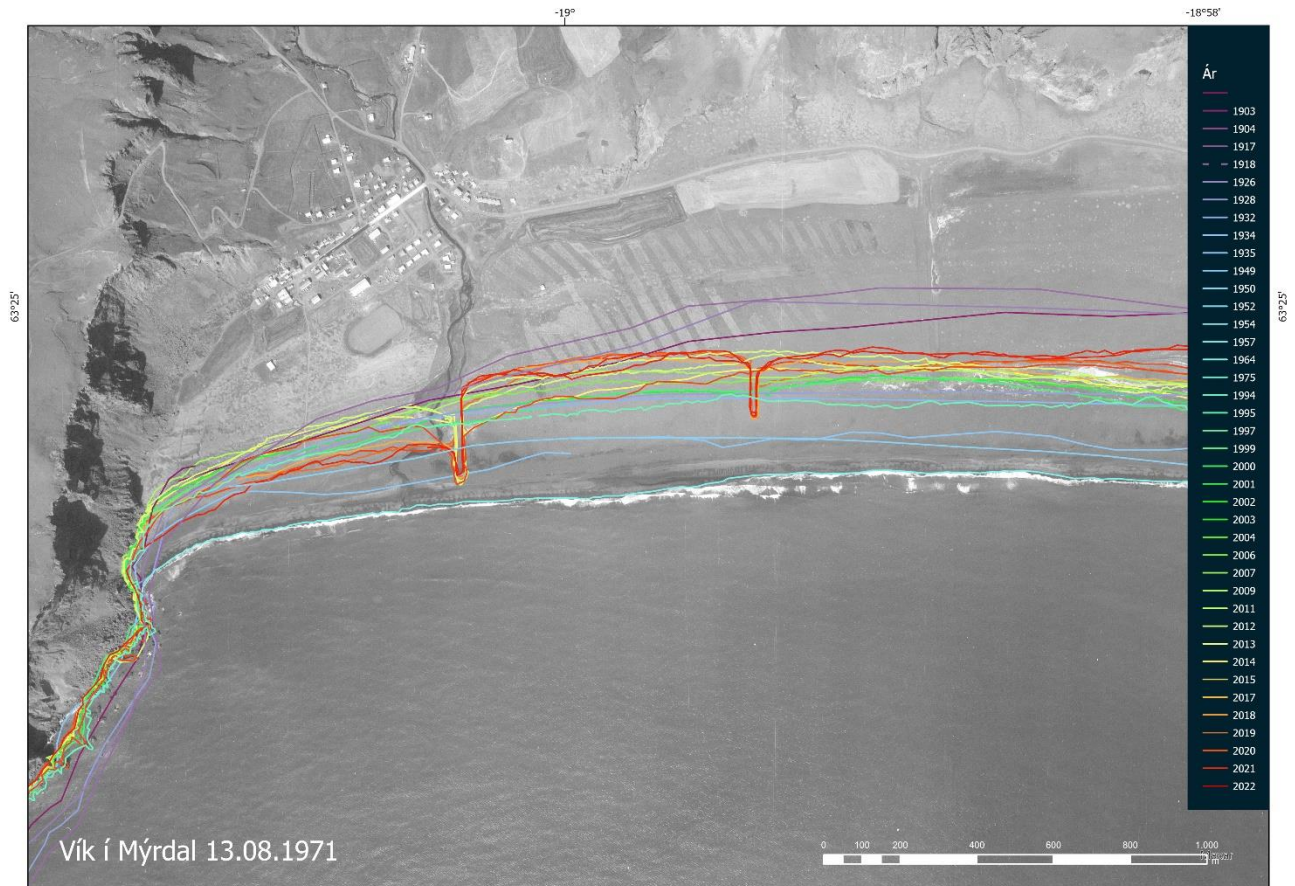
Hér þarf að skrá sig til að fá aðgang að gögnum, en þjónustan kostar ekkert. Þetta er góð síða til að nálgast SENTINEL-1 og 2 myndir.

MAXAR og **WorldView** gögn: <https://livingatlas.arcgis.com/wayback>

Það er hægt að tengja myndir frá ákveðnum tímum beint inn í landupplýsingakerfi.

SPOT þekja af landinu. **RapidEye** og **QuickBird**. Hafa samband við Landmælingar Íslands.

Viðauki 4. Vík í Mýrdal 13.08.1971



Loftmynd frá Landmælingum Íslands (13.08.1971) og strandlínur frá ólíkum árum úr gagnagrunni verkefnisins.