



Múlakvísí

Hermun jökulhlaups til Víkur

Unnið fyrir Lögreglustjóran á Suðurlandi

Skýrsla nr. 18.06

Október 2018

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúla 28

108 Reykjavík

s. 568-1766

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 18.06	Útgefið: október 2018	Fjöldi síðna: 25	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu: Múlakvísl. Hermun jökulhlaups til Víkur.			
Höfundar: Helgi Gunnar Gunnarsson, Sveinn Óli Pálmarsson			
Verkefnisstjóri: Sveinn Óli Pálmarsson			
<p>Útdráttur:</p> <p>Markmið þessa verkefnis var að fá varfærið mat, byggt á haldgóðum forsendum, á rennslí í átt að þéttbýlinu við Vík komi til Kötluhlaups að sömu stærðargráðu og árið 1918. Stíllt var upp reiknilíkani sem gat tekið tillit til líklegrar uppsöfnunar sets sem á sér stað í svona flóði samkvæmt mati Jarðvísindastofnunar Háskóla Íslands, sem reyndist mikilvægt til þess að fá varfærið mat á rennslí í átt til Víkur. Til viðbótar var greindur atburður þar sem minna flóð rennur um nýtt yfirborð í kjölfar Kötluhlaups um farveg í átt til Víkur. Þessi tilfelli gáfu svipað mat á mestu flóðhæð, um 5,4 – 6 m.y.s. , við Víkurklett sem hér er nýtt sem viðmiðunarstaðsetning fyrir varnargarð.</p> <p>Í líkaninu var stíllt upp dæmi af varnargarði út frá Víkurkletti með krónu í 7 m.y.s. og sýndu niðurstöður reikninga fyrir bæði flóðatílfellin að ekki flæði yfir þann garð. Reiknilíkanið gaf mat á vatnshæð, straumhraða og varanda meðfram slíkum garði og væri hægt að nýta líkanið áfram til frekari hönnunar á varnargarði.</p> <p>Niðurstöður úr reiknilíkaninu á flóðhæð og straumhraða jökulhlaupsins þegar það gengur út í sjó voru nýttar til þess að greina flóðbylgjuna sem myndast í kjölfarið. Þær niðurstöður sýndu að við sjávarstöðu +1 m fer ekki yfir sjávarkambinn en sú sjávarhæð er nálægt stórstraumsflóði við Vík. Við sjávarhæð +2 m þá fór yfir kambinn og gáfu líkanniðurstöður mat á það svæði sem færir undir vatn en mjög ólíklegt er að svo há sjávarstaða eigi sér stað þarna í dag. Hér fór þó eingöngu fram lausleg athugun á hversu langt flóðbylgjan gæti gengið upp á land með tilliti til áhrifa á mati á flóðhæð við Víkurklett.</p>			
Verkkaupi: Lögreglustjórinn á Suðurlandi		Tengiliður verkkaupa: Kjartan Þorkelsson	
Samstarfsaðilar: Almannavarnardeild ríkislögreglustjóra, Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands, Vegagerðin			
Lykilorð: Múlakvísl, straumlíkan, Kötluhlaup, varnargarður, Kötlujökull, Kötlugarður, Víkurklettur			

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Myndaskrá	4
1. Inngangur	5
2. Gögn.....	5
3. Flóðahermanir	6
3.1. Jökulhlaup með rennslistopp 250.000 m ³ /s	6
3.2. Minna flóð í kjölfarið með rennslistopp 25.000 m ³ /s	7
3.3. Áhrif varnargarðs við Víkurklett með krónuhæð 7 m.y.s.	7
3.4. Vatnshæð við núverandi Kötlugarð.....	7
4. Flóðbylgja til Víkur	8
5. Samantekt	8
Heimildir	9
Myndir	10
Viðaukar.....	24

Myndaskrá

Mynd 1. Sethæðargrunnur Jarðvísindastofnunar.	11
Mynd 2. Klakastífla í reiknilíkani.....	12
Mynd 3. Manning gildi reiknilíkans.	12
Mynd 4. Rennsli í sniði við Víkurklett.	13
Mynd 5. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s]. Hámarksrennsli 250.000 m ³ /s.....	14
Mynd 6. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s]. Hámarksrennsli 25.000 m ³ /s.....	15
Mynd 7. Dæmi um varnargarð við Víkurklett ásamt tímaraðapunktum.	16
Mynd 8. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s] með varnargarði. Hámarksrennsli 250.000 m ³ /s.	17
Mynd 9. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s] með varnargarði. Hámarksrennsli 25.000 m ³ /s.	18
Mynd 10. Tímaraðir vatnshæðar við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 250.000 m ³ /s.	19
Mynd 11. Tímaraðir straumhraða við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 250.000 m ³ /s.	19
Mynd 12. Tímaraðir vatnshæðar við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 25.000 m ³ /s.	20
Mynd 13. Tímaraðir straumhraða við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 25.000 m ³ /s.....	20
Mynd 14. Staðsetning þversniðs yfir Kötlugarð.	21
Mynd 15. Landhæð, hæð sethæðargrunns og mesta flóðhæð í þversniði yfir Kötlugarð.....	21
Mynd 16. Færslutími flóðbylgju í sjó við sjávarstöðu +1 yfir meðalsjávarborði.	22
Mynd 17. Mat á svæðum við Vík sem fara undir vatn vegna flóðbylgju við mismunandi sjávarstöðu yfir meðalsjávarborði. Efri mynd: +2 m. Neðri mynd +1 m.....	23

1. Inngangur

Í kjölfar vinnu við gerð hættumats vegna eldgosa og hlaupa frá vestanverðum Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli (Magnús Tumi Guðmundsson og Ágúst Gunnar Gylfason, 2005) gerði Verkfræðistofan Vatnaskil reiknilíkan fyrir útbreiðslu hlaupa úr Sólheima- og Kötlujökli fyrir fyrir almannavarnardeild Ríkislögreglustjóra. Til skoðunar voru meðal annars hamfaraflóð með rennslishámarki allt að 250.000 m³/s frá mismunandi útrennslissvæðum Kötlujökuls (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2006).

Aðfaranótt 9. júlí 2011 átti sér stað hlaup úr sigkötlum Mýrdalsjökuls sem tók með sér brúna yfir Múlakvísl. Við hönnun nýrra brúarmannvirkja og varnargarðs á flóðasvæði Múlakvísar fékk Vegagerðin Verkfræðistofuna Vatnaskil til þess að meta áhrif samsvarandi flóðaatburðar á fyrirhuguð mannvirki (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2014). Í þeirri vinnu var líkanið uppfært með tilliti til þess að mæta þeim markmiðum en var einnig beitt til þess að meta áhrif hamfaraflóðs á Kötluugarð. Niðurstöður þeirra hermanna leiddu í ljós að líkur eru á að slíkt flóð færi yfir og tæki með sér Kötluugarð og útbreiðslan myndi ná til þéttbýlisins við Vík í Mýrdal.

Að beiðni Lögreglustjórans á Suðurlandi í samstarfi við almannavarnardeild ríkislögreglustjóra, Vegagerðina og Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands hefur Verkfræðistofan Vatnaskil verið fengin til þess að herma sérstaklega frekari tilfelli af útbreiðslu og dreifingu hamfaraflóðs úr Kötlujökli með áheyrslu á þéttbýlið við Vík. Markmiðið var að fá varfærið mat, byggt á haldgóðum forsendum, á flóðhæð við Víkurklett, komi til Kötluhlaups að sömu stærðargráðu og árið 1918. Jafnframt að leggja mat á hversu háan varnargarð þurfi við Víkurklett til að hindra útbreiðslu flóðsins til þéttbýlisins í Vík, og leggja drög að hentugu tóli sem stutt gæti hönnun slíks varnargarðs.

Í eftirfarandi skýrslu er gerð grein fyrir þeim gögnum sem nýtt voru í verkefnið í kafla 2. Í kafla 3 er greint frá uppsetningu reiknilíkans og niðurstöðum hermana á flóðunum með og án varnargarðs. Í kafla 4 er fjallað um niðurstöður á reikningum á flóðbylgju í sjó í kjölfar jökulhlaupsins og að lokum er samantekt á helstu niðurstöðum í kafla 5. Þar á eftir koma myndir og svo viðaukar frá annars vegar Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands um mat á landhæðarbreytingum á Mýrdalssandi samfara Kötluhlaupum og hins vegar frá Vegagerðinni um kostnaðarmat á mögulegum varnargörðum.

2. Gögn

Þau landhæðagögn sem liggja til grundvallar við uppbyggingu landlíkans reiknilíkansins er gerð skil í verkefninu þar sem líkaninu var beitt við hermun á flóðaatburði í Múlakvísl 2011 (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2014). Til viðbótar í þessu verkefni voru nýttar dýptarmælingar utan suðurstrandar Íslands sem afhentar voru af Sjómælingum Íslands.

Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands afhenti landhæðargrunn, sjá mynd 1, þar sem landhæðarbreyting á Mýrdalssandi vegna setefnis úr jökulhlaupi vegna eldgoss í Kötlu sambærilegu og 1918 er metin, sjá nánar í Viðauka. Verður hér eftir vísað í sem sethæðargrunn.

Almannavarnardeild ríkislögreglustjóra lagði fram forsendur um staðsetningu varnargarðs út frá Víkurkletti og eru helstu niðurstöður úr reiknilíkaninu dregnar út þar.

3. Flóðahermanir

Byggt var á líkani sem beitt var við hermun hamfaraflóða í Múlakvísl vegna hlaupa í Kötlujökli (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2006) sem var uppfært til hermunar á flóðaatburði í Múlakvísl 2011 (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2014). Fyrir markmið þessa verkefnis voru gerðar breytingar á líkaninu til þess að auka nákvæmni þess á því svæði sem nú er til skoðunar við þéttbýlið í Vík í Mýrdal. Fólust þær aðallega í þéttingu reikninets, endurvörpun hæðargrunns, færslu jaðars út í sjó auk þess að bæta við þeim möguleika að reikna með hækkun á yfirborði lands vegna uppsöfnunar setefnis sem á sér stað í svona atburði og áhrif þess á flóðið á hverjum stað og tíma innan líkankeyrslunnar.

Við færslu jaðars í reiknilíkaninu fékkst nákvæmara mat á útbreiðslu flóðsins þegar og eftir að það kemur fram í sjó. Auk þess fékkst gróft mat á bylgjuhraða og dreifingu flóðbylgjunnar í sjó í kjölfarið sem nýtt var við mat á hversu langt sú flóðbylgja gæti gengið á land, sjá kafla 4.

Jökulhlaup líkt og búast má við að komi vegna eldgoss í Kötlu er svo yfirmettað af setefnum að það hegðar sér ekki fyllilega eins og vatn. Þeirri nálgun er beitt í reiknilíkaninu að nýta hryfis-stuðul til þess að líkja eftir eðliseiginleikum jökulhlaups er varðar straumhraða og vatnshæð og byggir á greiningum á flóðförum við Hafursey og Markarfljótsgljúfur (Jónas Elíasson, 2005; Magnús Tumi Guðmundsson og Ágúst Gunnar Gylfason, 2005).

3.1. Jökulhlaup með rennslistopp 250.000 m³/s

Þar sem markmið þessa verkefnis er að fá varfærið mat á flóðhæð við Víkurklett voru gerðar breytingar á líkaninu til þess að líkja eftir aðstæðum í hlaupinu sem gættu leitt til aukins rennslis í átt að þéttbýlinu við Vík. Þær fólust í því að fjarlægja Kötlugarð, sbr. niðurstöður úr fyrri hermunum (Vatnaskil, 2014) og í samráði við Jarðvísindastofnun var líkt eftir klakastíflu sem lokar um helmingi rennslisþversniðs milli Hafurseyjar og Selfjalls (mynd 2) og notað breytilegt hryfi (mynd 3). Þar er Manning gildi 0,1 látið gilda frá upptökum að Selfjalli og Hafursey og lækkar það svo jafnt og þétt niður í 0,05 við ströndu. Er þar tekið tillit til breytileika í jökulhlaupinu eftir því sem það berst niður að ströndu. Að lokum var svo einnig tekið tillit til hækkunar lands vegna útfellingar sets í hlaupinu út frá setefnahæðargrunni byggðum á greiningu Jarðvísindastofnunar (sjá nánar í Viðauka).

Klakastíflan veldur því að um 20% meira rennsli fer vestur fyrir Selfjall og í farveg Múlakvísar sem skilar sér í auknu rennsli í átt til Víkur. Á mynd 4 má sjá áhrif klakastíflunnar á rennsli í sniði við Víkurklett, sjá snið á mynd 5. Með klakastíflu fer rennslið frá því að vera óverulegt yfir í að hafa um 30 m³/s rennslistopp. Sé Kötlugarður einnig tekinn út eykst rennslistoppur í þessu sniði í um 80 m³/s. Sá þáttur sem hefur yfirgnæfandi mestu áhrif fyrir þetta tilfelli jökulhlaups er að taka tillit til uppsöfnunar sets í flóðinu sem rúmlega fjórfaldar rennslistopp í þessu sniði, og fer rennslið í um 370 m³/s.

Greining á þeim niðurstöðum sýnir að þar munar mikið um að til að byrja með þá veldur setmyndun við Höfðabrekkujökul því að það dregur úr skjóláhrifum hans á rennsli vestur í átt að Vík. Þegar líður á keyrsluna eru skjóláhrifin þar nánast ekki til staðar lengur og rennslið berst nokkuð óhindrað í átt til Víkur. Eins og sést á reiknuðu rennsli þá berst vatnið um klukkustund seinna að Víkurkletti sé tekið tillit til uppsöfnunar sets og spilar þar inn í að bakvatn frá ströndu berst seinna þegar aurkeilan myndast út í sjó.

Sú breyta sem skoða þurfti næmni fyrir við hækkun lands í reiknilíkaninu var á hversu löngum tíma hækkunin átti sér stað. Vatnsrit atburðarins er 4 klst. og við strönd hefur teygst smá úr honum. Eftir

Því sem landið hækkaði á skemmri tíma, jökst rennsli vestur til Víkur. Munar þar m.a. um hversu lengi skjóláhrif Höfðabrekkujökuls vara. Neðri mörk þess hvenær landið væri nálægt því að ná endanlegri hæð í svona atburði voru skilgreind sem 2 klst., eða þegar atburðurinn er um hálfnaður. Er það talið varfærið mat og var notað við lokahermun. Niðurstöður á mestu hæð sem flóðið stígur í yfir keyrslutímann úr þeirri hermun má sjá á mynd 5. Við Víkurklett er flóðhæðin frá um 5,4 – 5,8 m.y.s. á flatlendinu og fellur í átt að ströndu.

3.2. Minna flóð í kjölfarið með rennslistopp 25.000 m³/s

Í samráði við Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands var reiknilíkaninu beitt til þess að líkja eftir því ef minna hlaup kæmi í kjölfarið á stærra flóði vegna eldgoss í Kötlu. Slíkt hlaup myndi renna um nýtt yfirborð myndað af fyrra flóði, sjá setefnahæðargrunn Jarðvísindastofnunar á mynd 1. Dæmi eru um að slík flóð myndi sér nokkuð mótaða farvegi og er í þessu tilfelli líkt eftir því að slíkur farvegur myndi beina rennslinu í átt til Víkur. Varfærið mat á slíkum farvegi var stillt upp í reiknilíkaninu frá gillinu vestan við Selfjall suður eftir farvegi Múlakvísar og sveigt vestur í átt að Vík, sjá mynd 6, með 4 m dýpi og um 200 m breiður. Byggðist útfærslan á tillögum Jarðvísindastofnunar eftir greiningu sögulegra flóðfara á Sólheimasandi. Ekki voru settir inn frekari farvegir á yfirborð sethæðargrunnsins sem voru utan áhrifasvæðis á rennsli til Víkur.

Niðurstöður á reiknuðu rennsli í sniði við Víkurklett fyrir þetta tilfelli, sjá mynd 4, sýna að það gefur rennslistopp um 420 - 450 m³/s, og er um 2,5 klst. að berast að Víkurkletti, um 1 klst. fljótar en fyrra flóðið. Er það vegna þess hversu djúpur og afgerandi farvegurinn er skilgreindur í þessu tilfelli. Mesta reiknaða vatnshæð við rennissniðið við Víkurklett, sjá mynd 6, er nú um 5,8 - 6 m.y.s. og fellur svo í átt að ströndu.

3.3. Áhrif varnargarðs við Víkurklett með krónuhæð 7 m.y.s.

Í kjölfar ofangreindra niðurstaðna var stillt upp dæmi af varnargarði með krónuhæð í 7 m.y.s. Þvert á straumstefnu flóðs frá Víkurkletti að sjávarkambinum við ströndina, sjá mynd 7. Virkni hans var skoðuð fyrir bæði fyrra flóð með rennslistopp 250.000 m³/s og seinna flóð með 25.000 m³/s. Á myndum 8 og 9 má sjá niðurstöður á mestu flóðhæð með garðinum. Vatnshæð við garðinn og straumhraði er sýnd á myndum 10 – 13. Þar sést að fyrir bæði flóð fer ekki yfir þennan varnargarð, en fyrra flóðið rís hæst í tæplega 6,5 m.y.s. með um 1 klst. varanda en seinna flóðið í rúmlega 6,5 m.y.s. hæð með um 2 klst. varanda í þeim tímaraðapunktum sem skilgreindir eru framan við garðinn, P1 – P5. Straumhraði í þeim punktum reiknast mest um 0,5 m/s fyrir fyrra flóð en um 0,7 m/s fyrir seinna flóð. Í punkti P6 sem er skilgreindur rétt neðan við garðinn fer straumhraði í allt að 2 m/s fyrir þessa atburði þar sem vatn rennur framhjá. Ljóst er að þar yrði mikið álag á þessa útfærslu varnargarðs. Í viðauka er kostnaðarmat sem Vegagerðin hefur framkvæmt fyrir varnargarð út frá Víkurkletti sem byggir á þessum niðurstöðum á flóðhæð.

3.4. Vatnshæð við núverandi Kötlugarð

Til þess að meta aðstæður við núverandi Kötlugarð er dregið snið sem nær um 400 m sitt hvoru megin þvert á stefnu garðsins, sjá mynd 14. Sniðið sýnir núverandi landhæð miðað við mælingu frá 2012 (Vatnaskil, 2014) með garðinum, hæð sethæðargrunns og mestu reiknuðu flóðhæð, sjá mynd

15. Þar sést að sethæðargrunnurinn gerir ráð fyrir að efnisburður með flóðinu fari í um sömu hæð og núverandi Kötlugarður. Ofan á það reiknast mest um 3 m flóðhæð yfir garðinum. Þessar niðurstöður sýna flóðhæð miðað við að Kötlugarður sé að fullu rofinn, sem var forsenda í þessum atburði, með áhrifum frá upphækkun lands vegna setmyndunar.

4. Flóðbylgja til Víkur

Niðurstöður úr reiknilíkaninu á flóðhæð og straumhraða jökulhlaupsins þegar það gengur út í sjó voru nýttar til þess að greina flóðbylgjuna sem myndast í kjölfarið. Sú greining var unnin til þess að fá mat á mögulegum áhrifum flóðbylgjunnar þegar hún gengur upp á land á að takmarka þá rýmd sem svæðið við Vík hefur til að taka við jökulhlaupinu.

Áður hefur verið lagt mat á hvaða hættu flóðbylgja vegna Kötluhlaups hefði á Vík (Þorbjörn Karlsson, 1974). Í þeirri greiningu voru taldar litlar líkur á að flóðbylgjan myndi ná yfir sækambinn sem hlaðist hefur upp á ströndinni. Hver sjávarstaðan er þegar flóðið berst í sjó skipti þar með máli upp á hvort fari yfir sækambinn.

Niðurstöður úr reiknilíkani á flóðbylgjunni gáfu mat á færslutíma hennar að landi, sjá mynd 16. Þar sést að það tekur flóðbylgjuna um 12 mínútur að ná landi að Vík. Þær sýna einnig að við sjávarstöðu +1 m frá meðalsjávarborði, mynd 17, þá fer ekki yfir sækambinn en sú sjávarhæð er nálægt stórstraumsflóði við Vík. Við +2 m frá meðalsjávarborði, mynd 17, þá fer yfir kambinn og gefa niðurstöður mat á það svæði sem fer undir vatn. Mjög ólíklegt er að svo há sjávarstaða eigi sér stað þarna, því fara þyrfti saman meðalstórstraumsflóð og aftaka atburðir vindáhlaðanda og lágs loftþrýstings.

Sú greining sem hér hefur farið fram styður að mestu leyti við fyrri niðurstöður um hættu vegna flóðbylgju vegna Kötluhlaups við Vík (Þorbjörn Karlsson, 1974). Ólíklegt er að flóðbylgjan nái yfir sækambinn eins og hann er í dag. Er því ekki talin þörf á að taka tillit til takmarkaðrar rýmdar vegna flóðbylgju á flóðvatn jökulhlaupsins á þéttbylissvæðinu.

Hér hefur þó eingöngu farið fram lausleg athugun á hversu langt flóðbylgjan gæti gengið upp á land með tilliti til áhrifa á mati á flóðhæð við Víkurklett. Næmnigreining á breytileika botndýpis, hæð og straumhraða flóðsins, form- og hæðarbreytingum strandarinnar og frekari greining á sjávarstöðu meðal annars vegna hlýnunar jarðar hefur ekki farið fram.

5. Samantekt

Markmið þessa verkefnis var að fá varfærið mat, byggt á haldgóðum forsendum, á þær aðstæður sem geta skapast komi til Kötluhlaups að sömu stærðargráðu og árið 1918 með áherslu á þéttbylið við Vík. Nýttar voru forsendur til þessa mats í reiknilíkani sem byggja á gögnum og greiningum úr hlaupinu 1918. Gerðar voru breytingar á reiknilíkaninu og stillt upp viðbótar tilfellum sem myndu auka nákvæmni þess og geta gefið varfærið mat á rennsli í átt til Víkur. Munaði þar mest um að í hermunum á flóðinu var tekið tillit til uppsöfnunar sets sem búast má við í svona atburði útfrá sethæðargrunni frá Jarðvísindastofnun Íslands (sjá nánar í Viðauka).

Sú breyting á líkaninu að taka tillit til hækkunar lands vegna útfellingar sets gerði það að verkum að hermun á atburði sem þessum er nú gerð með mun nákvæmari hætti en áður og reyndist mikilvæg gagnvart því að fá varfærið mat á flóðhæð við Víkurklett við þann atburð.

Til viðbótar var stillt upp atburði þar sem minna flóð rennur um nýtt yfirborð í kjölfar Kötluhlaups um farveg í átt til Víkur. Þessi tilfelli hvor um sig gáfu svipað mat á mestu flóðhæð þar, um 5,4 – 6 m.y.s., og voru nýtt sem viðmið fyrir hæð á varnargarði.

Stíllt var upp dæmi af varnargarði út frá Víkurklett í reiknilíkaninu með krónu í 7 m.y.s. og fór ekki yfir þann garð fyrir bæði fyrra og seinna flóð. Reiknilíkanið gaf mat á vatnshæð, straumhraða og varanda meðfram slíkum garði og væri hægt að nýta til frekari hönnunar á varnargarði. Í Viðauka er kostnaðarmat sem Vegagerðin hefur framkvæmt fyrir varnargarð út frá Víkurkletti með þessa krónuhæð.

Niðurstöður úr reiknilíkaninu á flóðhæð og straumhraða jökulhlaupsins þegar það gengur út í sjó voru nýttar til þess að greina flóðbylgjuna sem myndast í kjölfarið. Þær niðurstöður sýndu að við sjávarstöðu +1 m frá meðalsjávarborði fer ekki yfir sjávarkambinn en sú sjávarhæð er nálægt stórstraumsflóði við Vík. Við sjávarhæð +2 m frá meðalsjávarborði þá fór yfir kambinn og gáfu líkanniðurstöður mat á það svæði sem færi undir vatn en mjög ólíklegt er að svo há sjávarstaða eigi sér stað þarna í dag. Hér fór þó eingöngu fram lausleg athugun á hversu langt flóðbylgjan gæti gengið upp á land með tilliti til áhrifa á mati á flóðhæð við Víkurklett. Næmnigreining á breytileika botndýpis, hæð og straumhraða flóðsins, form- og hæðarbreytingum strandarinnar og frekari greining á sjávarstöðu meðal annars vegna hlýnunar jarðar hefur ekki farið fram.

Heimildir

Jónas Elíasson, 2005. Hermun á flóðum úr Eyjafjallajökli, minnisblað fyrir stýrihóp á hættumati.

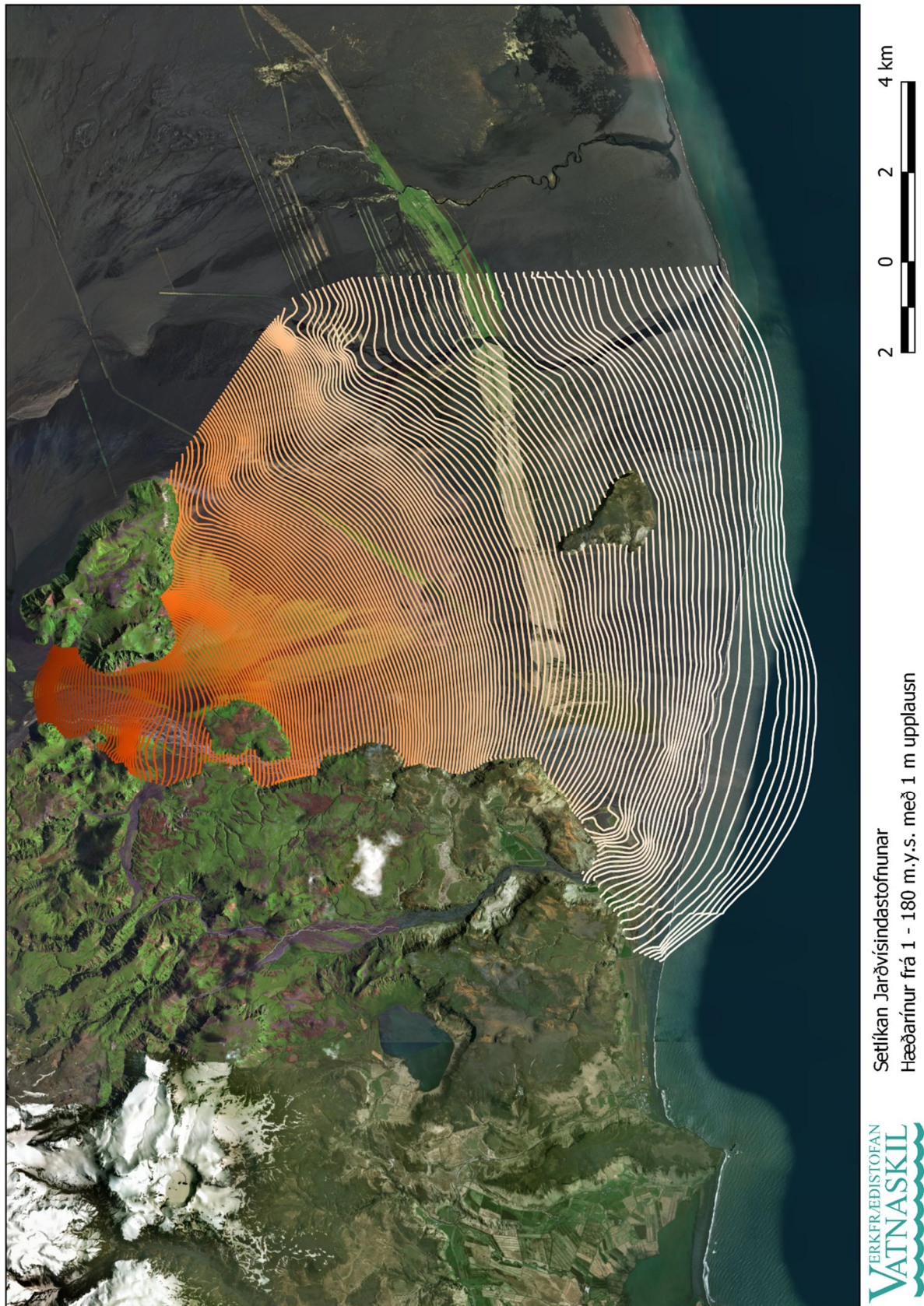
Magnús Tumi Guðmundsson og Ágúst Gunnar Gylfason (ritstjórar), 2005. Hættumat vegna eldgosa og hlaupa úr vestanverðum Mýrdalsjökli og Eyjafjallajökli. Ríkislögreglustjórinn, Háskólaútgáfan, 2005.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2006. Útbreiðsla hlaupa úr Entujökli og Gígjökli. Unnið fyrir Almannafræðingarátt Rangsávallasýslu. Skýrsla nr. 06.07, mars 2006.

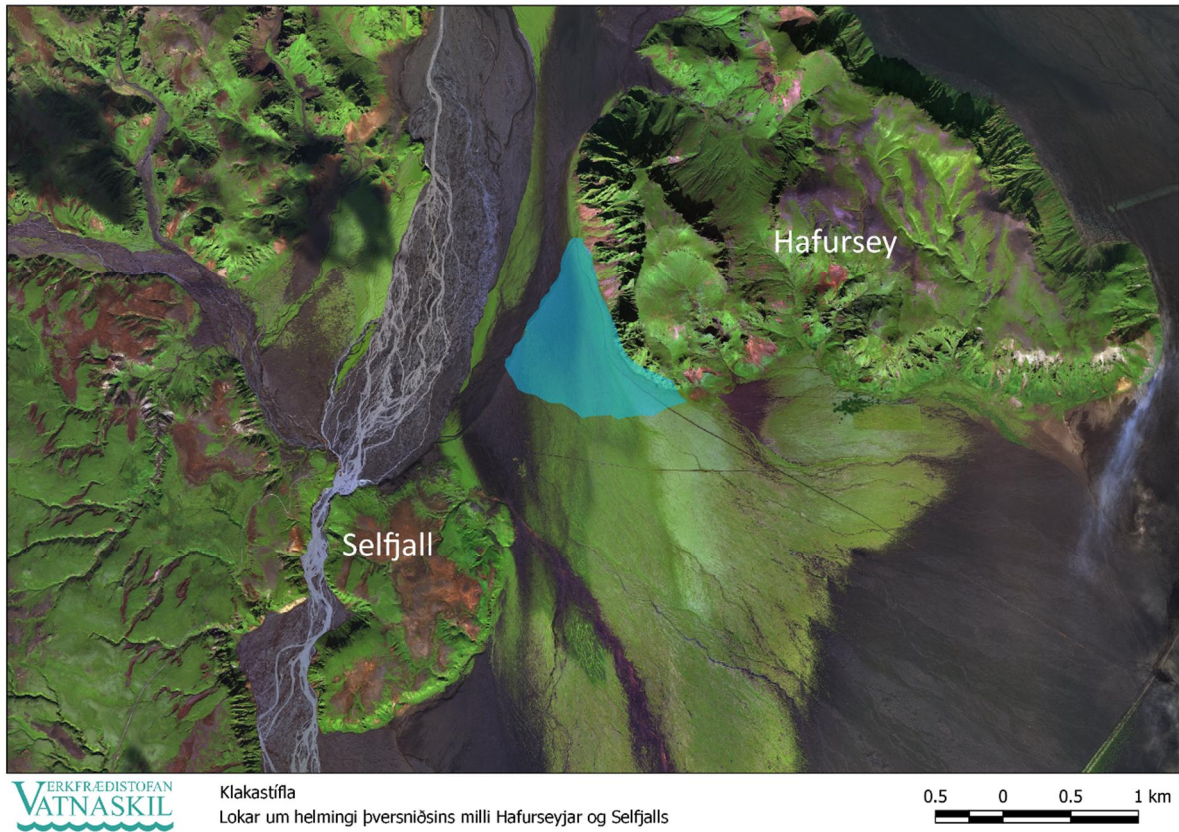
Verkfræðistofan Vatnaskil, 2014. Múlakvísí. Hermun flóða við fyrirhuguð brúarmannvirki og varnargarða og mat á áhrifum hamfarafloðs á Kötluharð. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 14.03, mars 2014.

Þorbjörn Karlsson, 1974. Flóðalda í Vík í Mýrdal vegna Kötluhlaups. Unnið fyrir Almannafræðingarátt. Ágúst 1974.

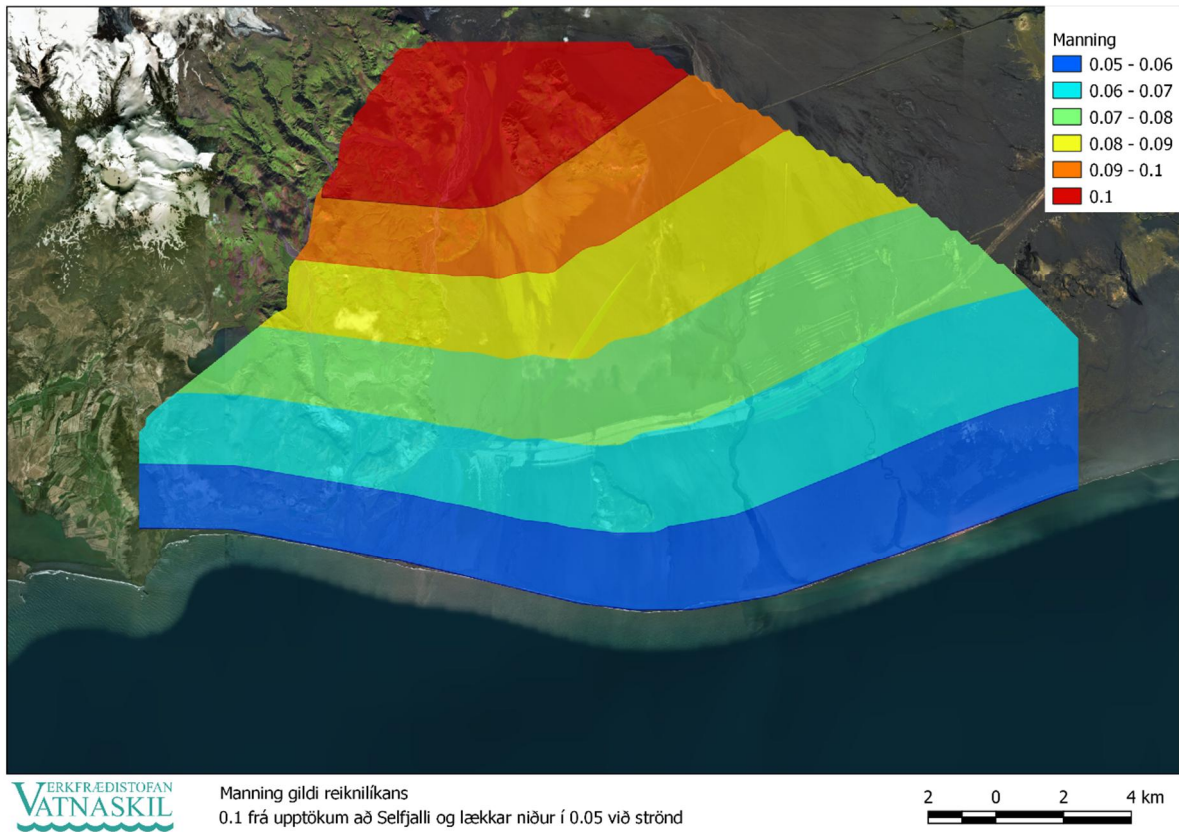
Myndir



Mynd 1. Sethæðargrunnur Jarðvísindastofnunar.

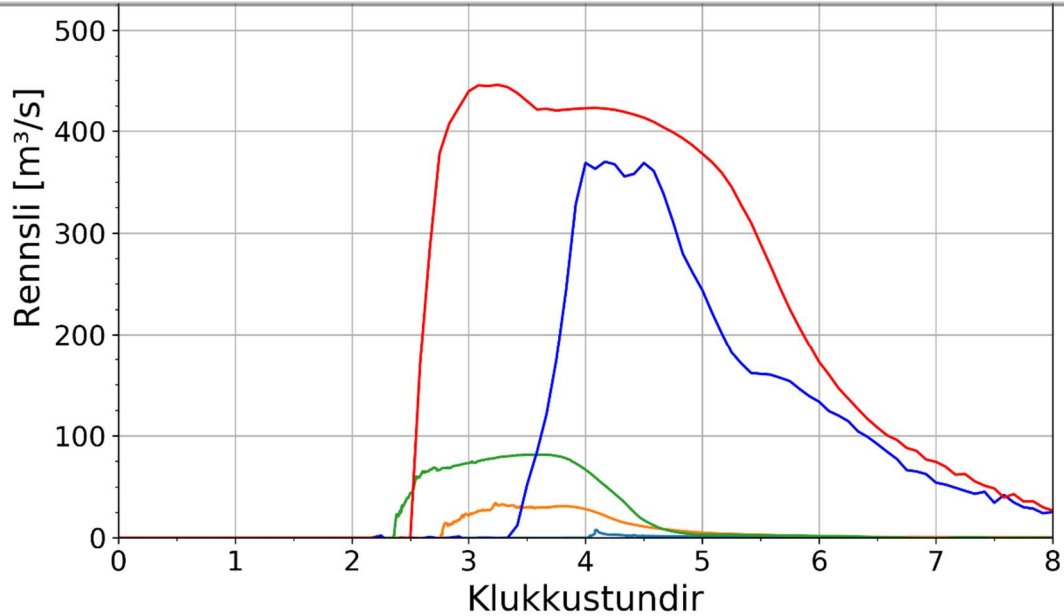


Mynd 2. Klakaftífla í reiknilíkani.

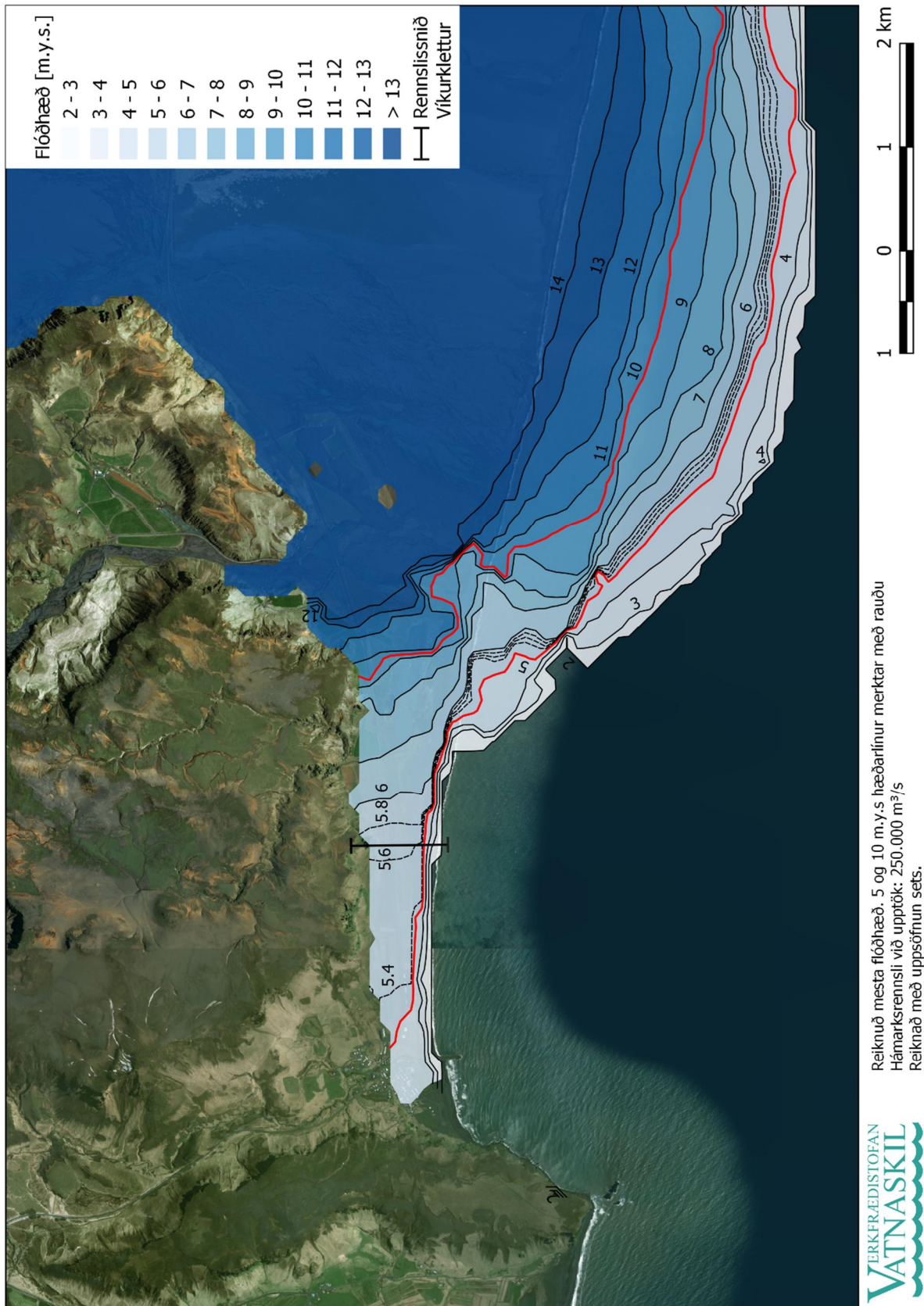


Mynd 3. Manning gildi reiknilíkans.

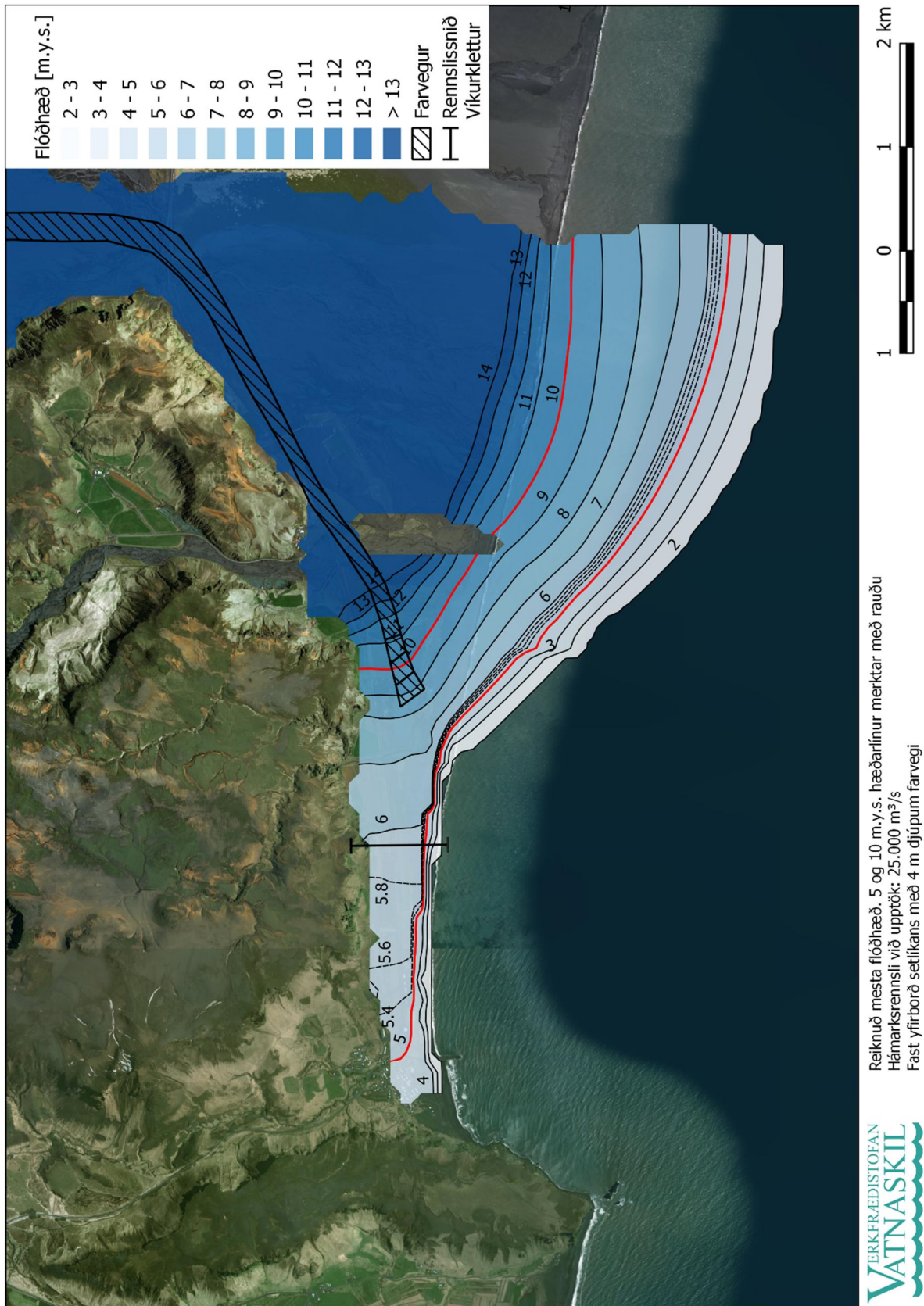
—	Qmax: 250.000 m ³ /s	Klakastífla: Nei	Kötlugarður: Já	Upps. sets: Nei
—	Qmax: 250.000 m ³ /s	Klakastífla: Já	Kötlugarður: Já	Upps. sets: Nei
—	Qmax: 250.000 m ³ /s	Klakastífla: Já	Kötlugarður: Nei	Upps. sets: Nei
—	Qmax: 250.000 m ³ /s	Klakastífla: Já	Kötlugarður: Nei	Upps. sets: Já
—	Qmax: 25.000 m ³ /s - Yfirborð setlíkans - farvegur í átt að Vík			



Mynd 4. Rennsli í sniði við Víkurklett.



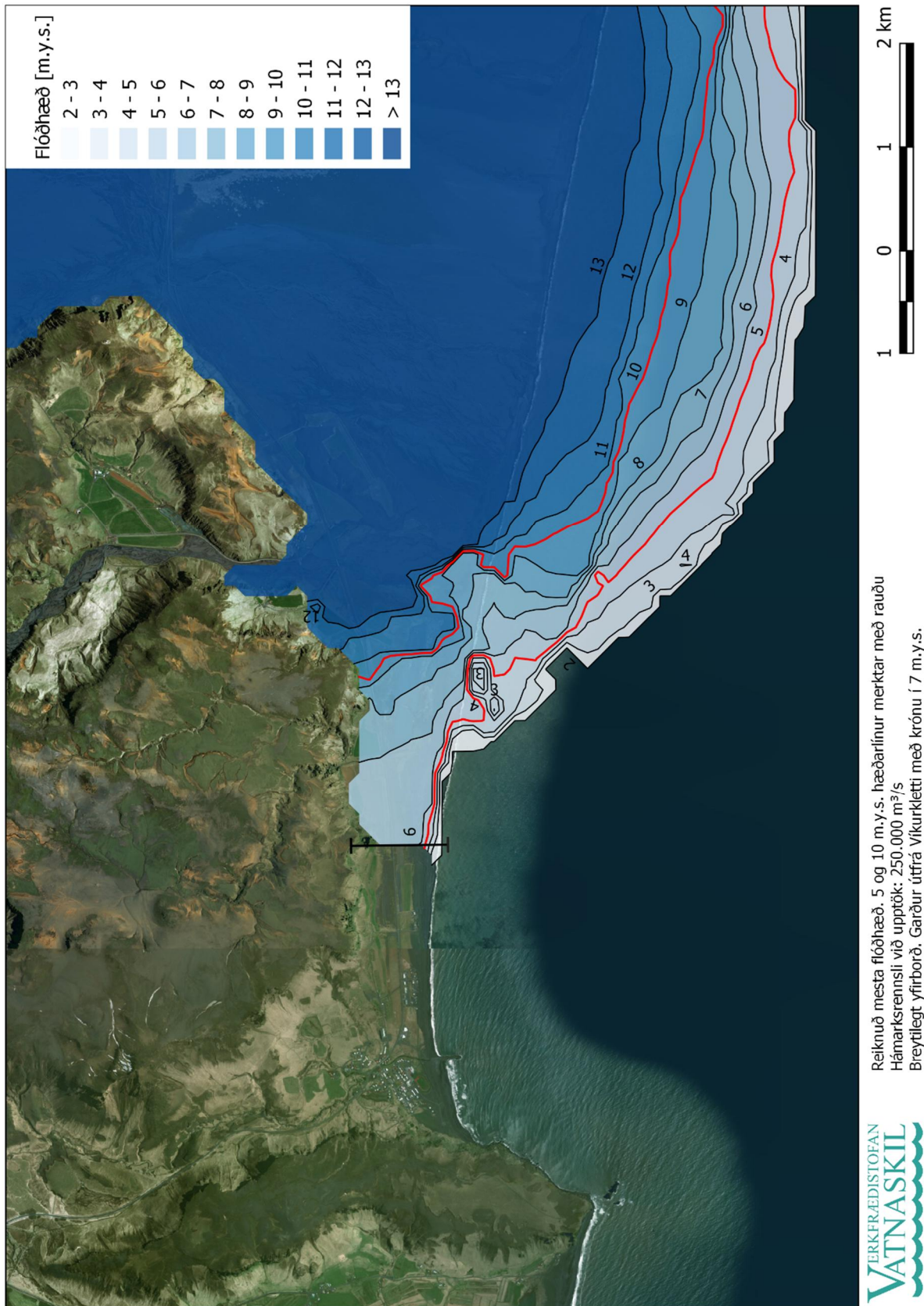
Mynd 5. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s.]. Hámarksrennsli 250.000 m³/s.



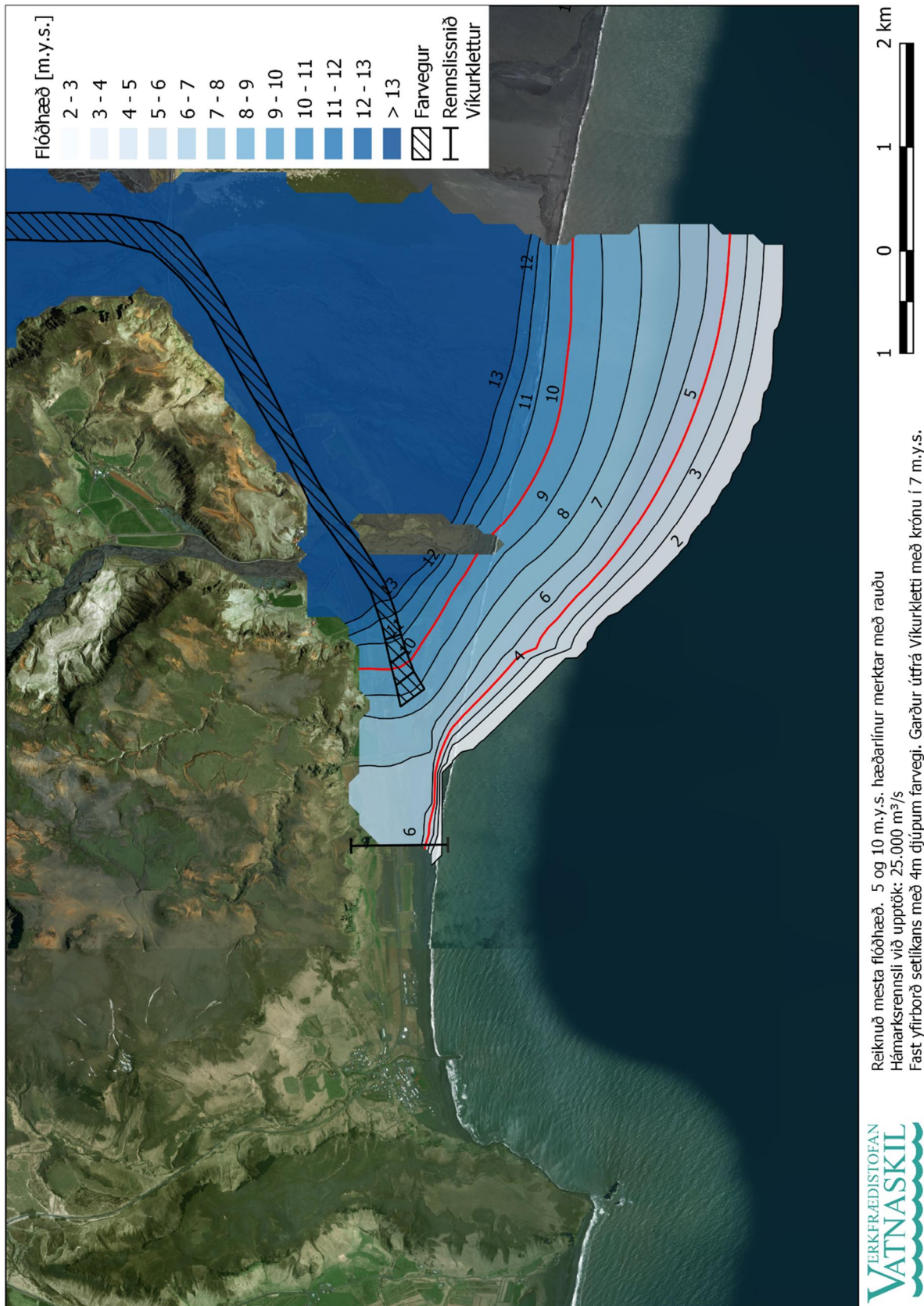
Mynd 6. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s.]. Hámarksrennsli 25.000 m³/s.



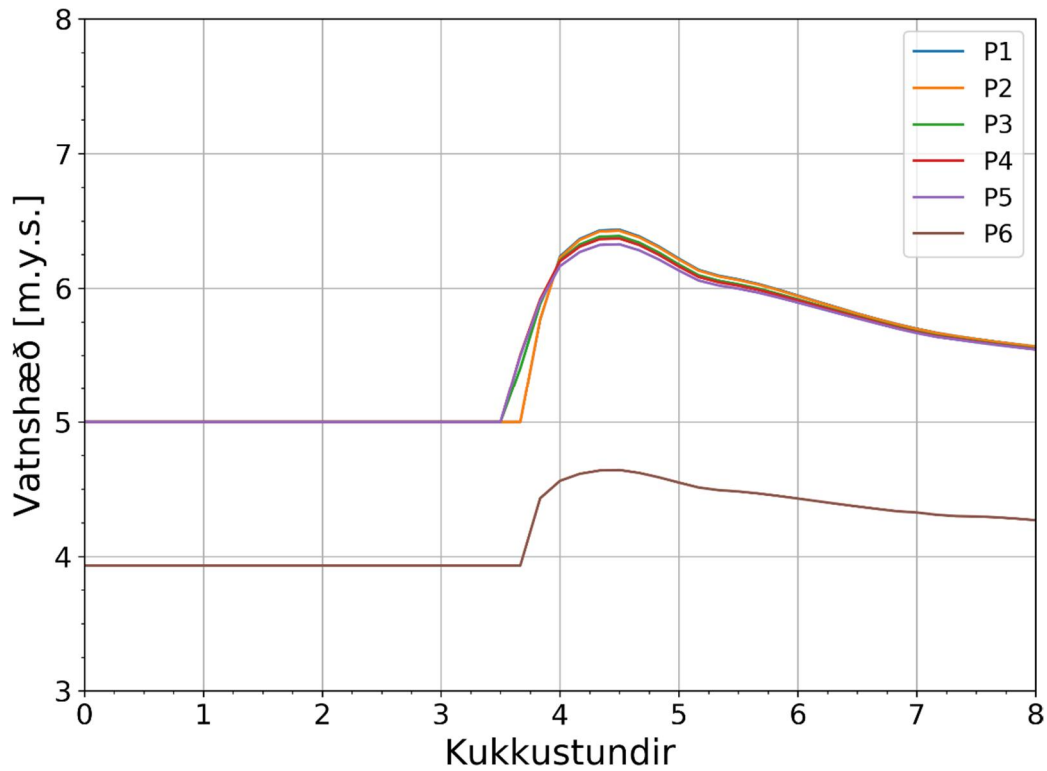
Mynd 7. Dæmi um varnargarð við Víkurklett ásamt tímaraðapunktum.



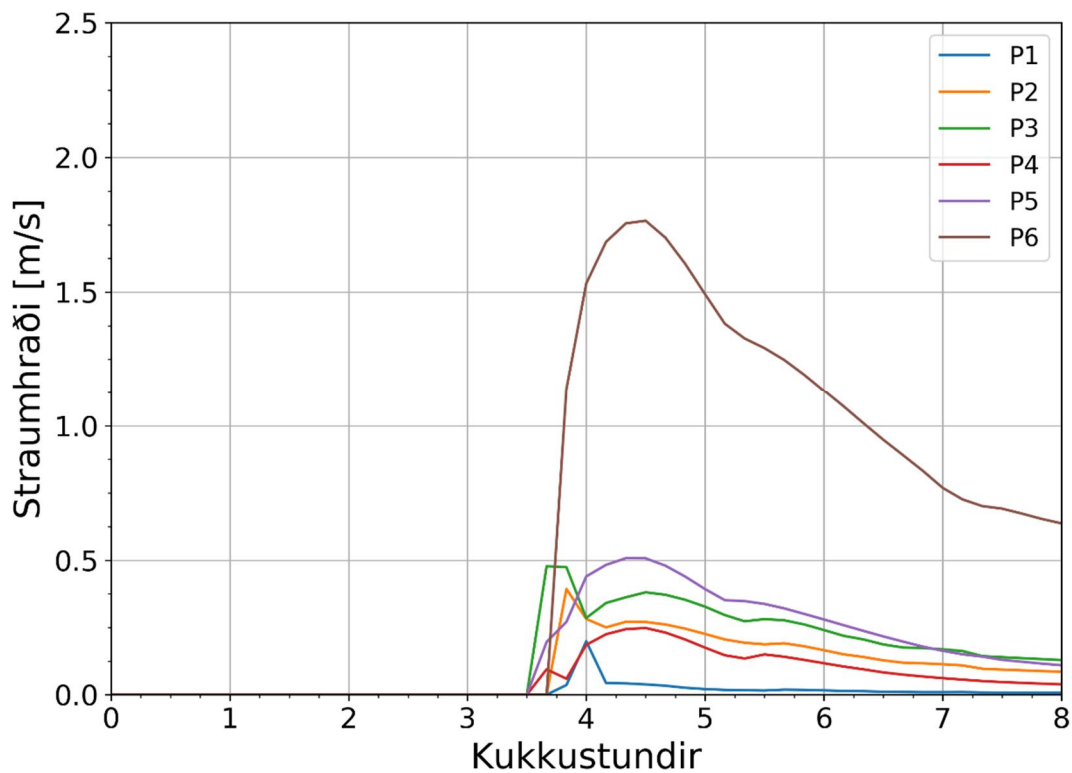
Mynd 8. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s.] með varnargarði. Hámarksrennsli 250.000 m³/s.



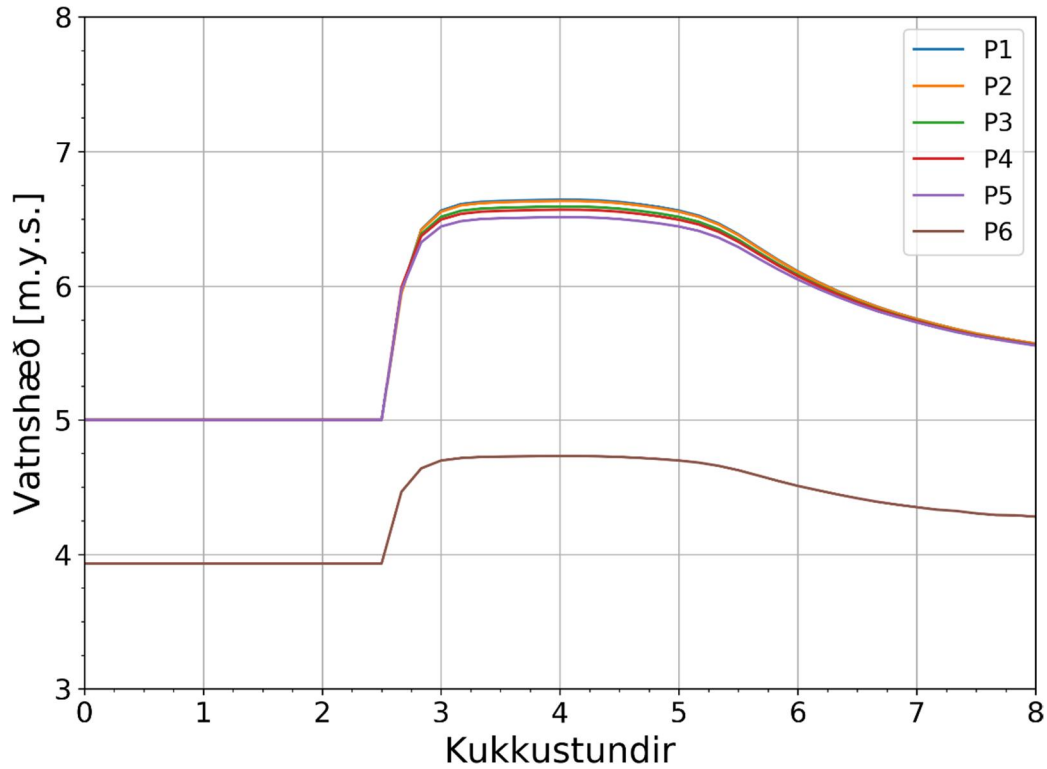
Mynd 9. Mesta reiknaða flóðhæð [m.y.s.] með varnargarði. Hámarksrennsli 25.000 m³/s.



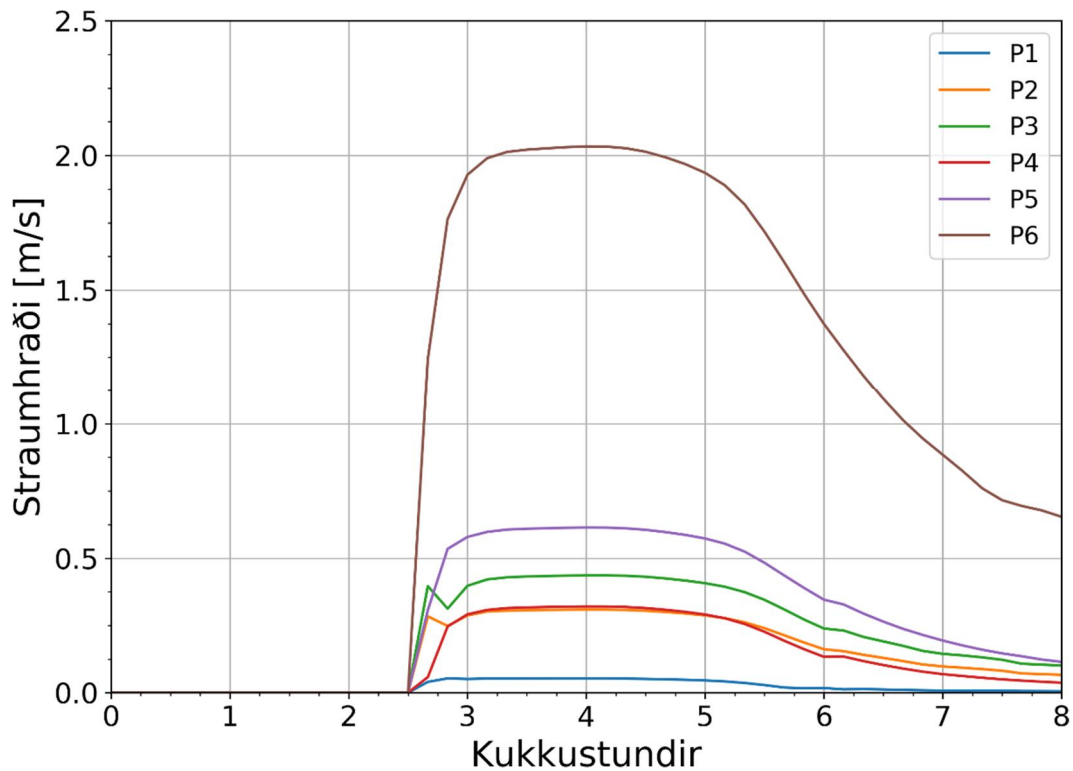
Mynd 10. Tímaraðir vatnshæðar við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 250.000 m³/s.



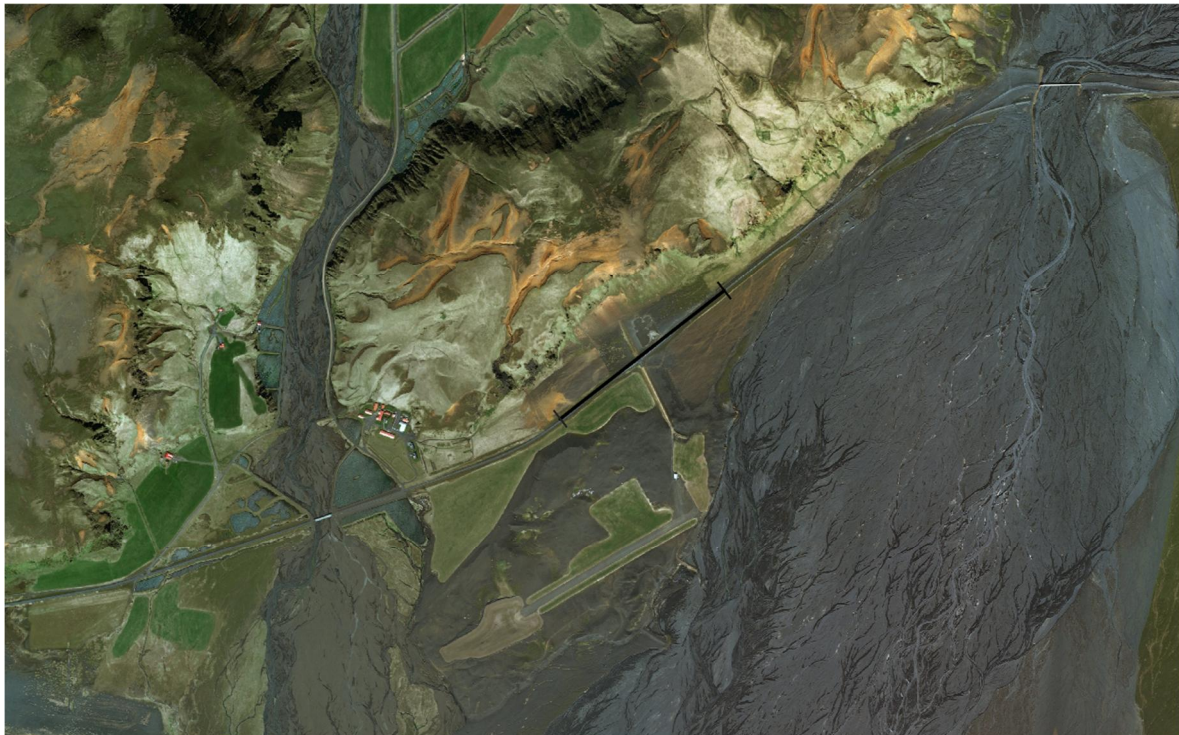
Mynd 11. Tímaraðir straumhraða við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 250.000 m³/s.



Mynd 12. Tímaraðir vatnshæðar við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 25.000 m³/s.



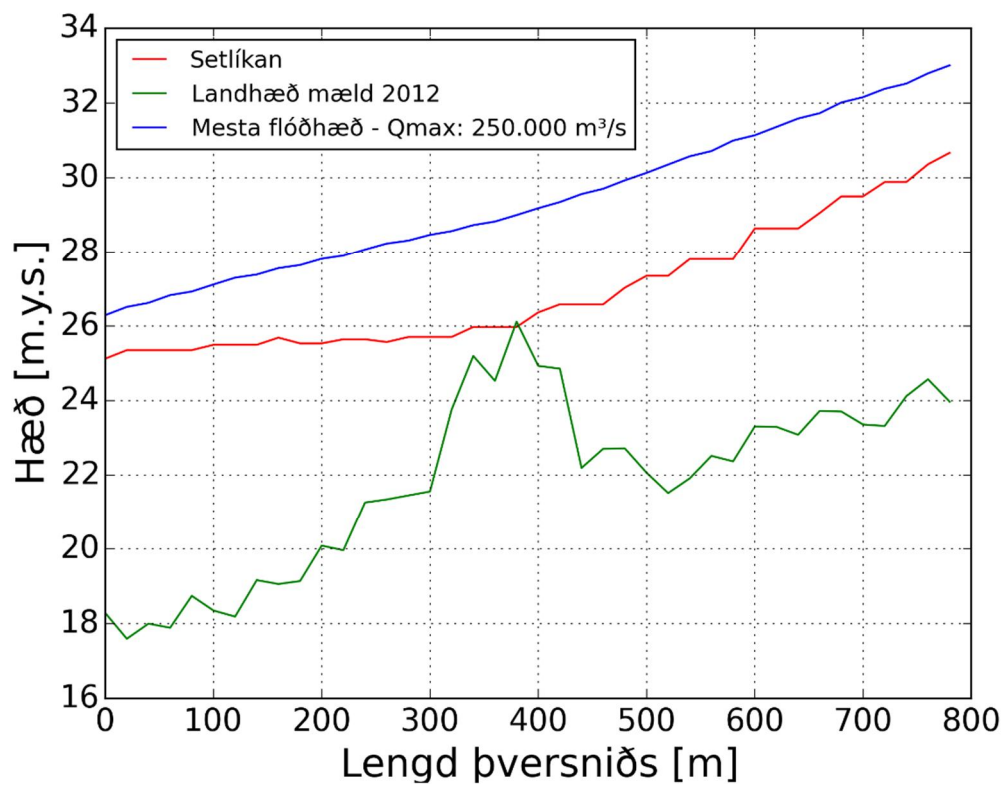
Mynd 13. Tímaraðir straumhraða við varnargarð. Hámarksrennsli við upptök 25.000 m³/s.



Þversnið yfir Kötlugarð

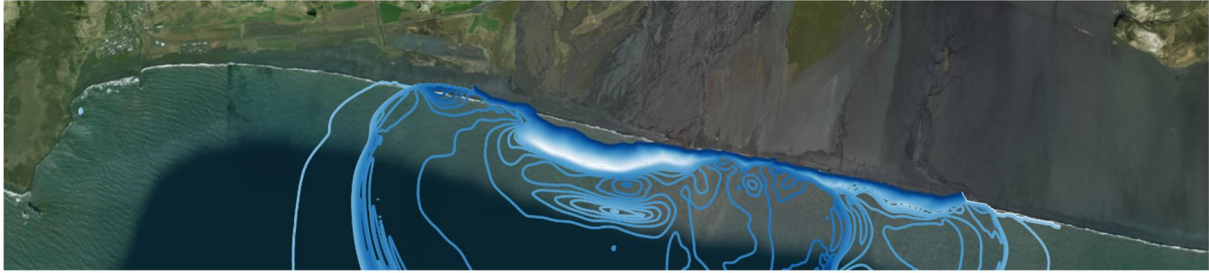


Mynd 14. Staðsetning þversniðs yfir Kötlugarð.



Mynd 15. Landhæð, hæð sethæðargrunns og mesta flóðhæð í þversniði yfir Kötlugarð.

4 mínútur



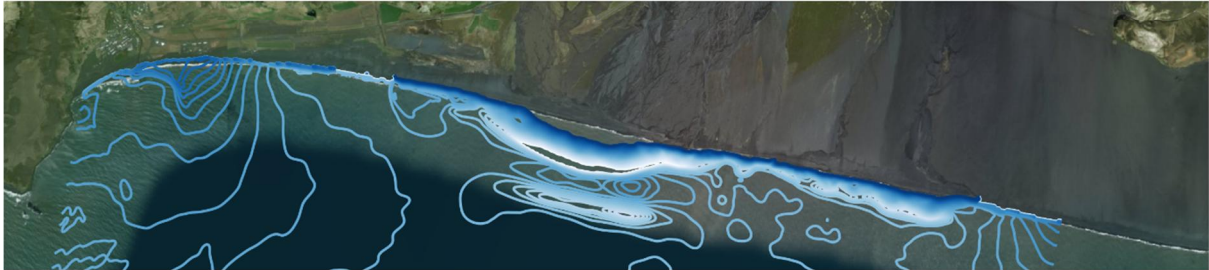
6 mínútur



8 mínútur



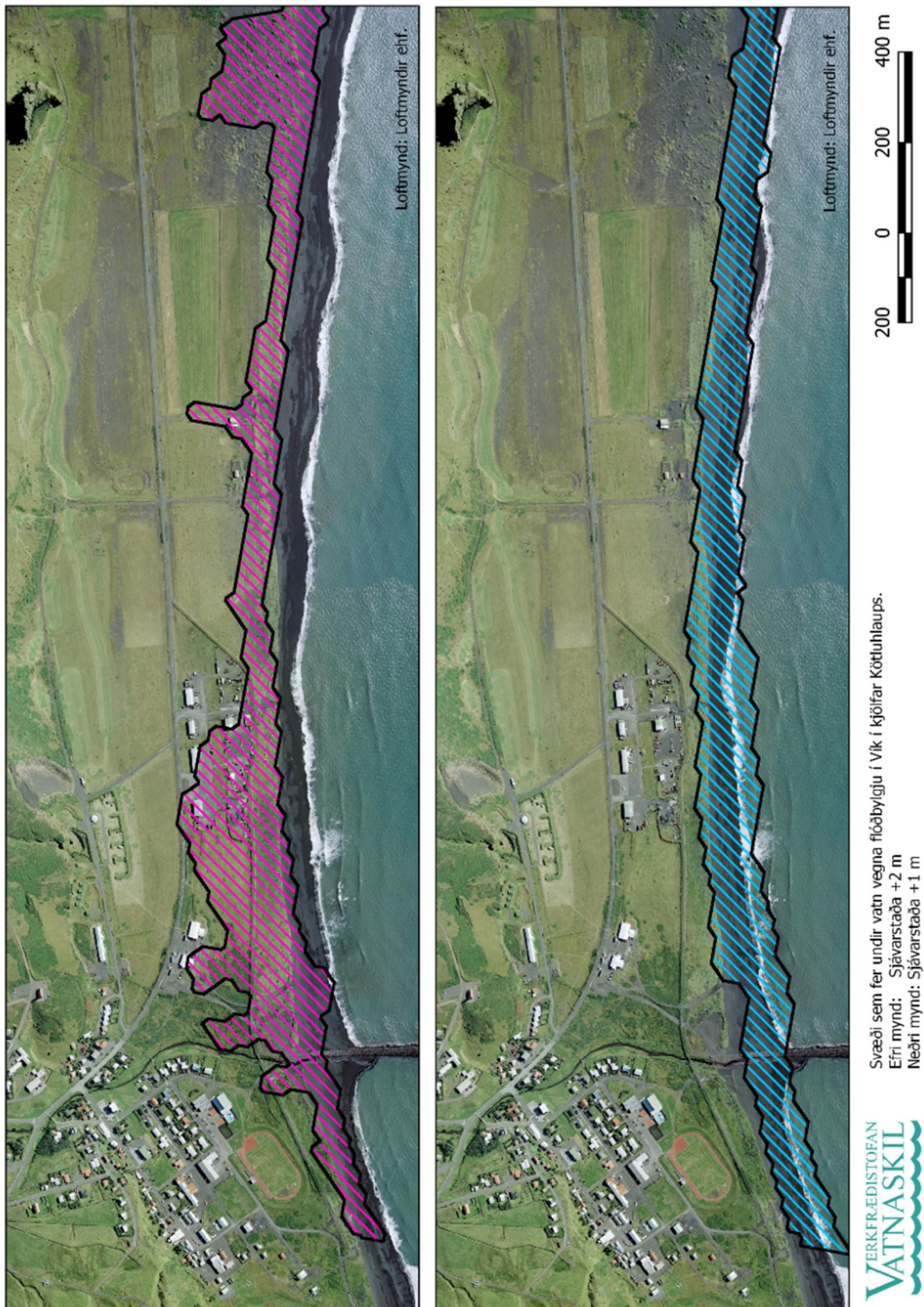
10 mínútur



12 mínútur



Mynd 16. Færslutími flóðbylgju í sjó við sjávarstöðu +1 yfir meðalsjávarborði.



Mynd 17. Mat á svæðum við Vík sem fara undir vatn vegna flóðbylgju við mismunandi sjávarstöðu yfir meðalsjávarborði. Efri mynd: +2 m. Neðri mynd +1 m.

Viðaukar

Minnisblað um landhæðarbreytingar á Mýrdalssandi samfara Kötluhlaupum

Viðauki með skýrslu Verkfræðistofunnar Vatnaskila

Magnús Tumi Guðmundsson, Þórdís Högnadóttir, Guðrún Larsen

Jarðvísindastofnun Háskólans, 8. október 2018

1. Inngangur

Til að leggja mat á mögulegar landbreytingar sem gætu orðið samfara Kötluhlaupi af svipaðri stærð og kom 1918 (1. mynd) voru rúmmálsbreytingar sem urðu á Mýrdalssandi í hlaupinu 1918 skoðaðar. Tilgangur þessara athugana er að varpa ljósi á hversu mikið hlaupvatn gæti runnið til vesturs í átt að Vík í stórhlaupi við núverandi aðstæður.

Auk þess að meta breytingar á sandinum 1918 gerði Verkfræðistofan Vatnaskil hermun á rennsli í hlaupi eins og 1918 og var þá gert ráð fyrir að hlaupvatnið legðist af þunga í Múlakvísl. Kort af mögulegri setmyndun í hlaupinu var unnið út frá reiknuðu rennsli og gert ráð fyrir að setmyndun neðan tiltekins þversniðs væri línulega háð magni hlaupvatns sem rynni í gegnum sniðið. Þannig varð til í skrefum nýtt landlíkan auk nýs Kötlutanga undan núverandi ósum Múlakvíslar.

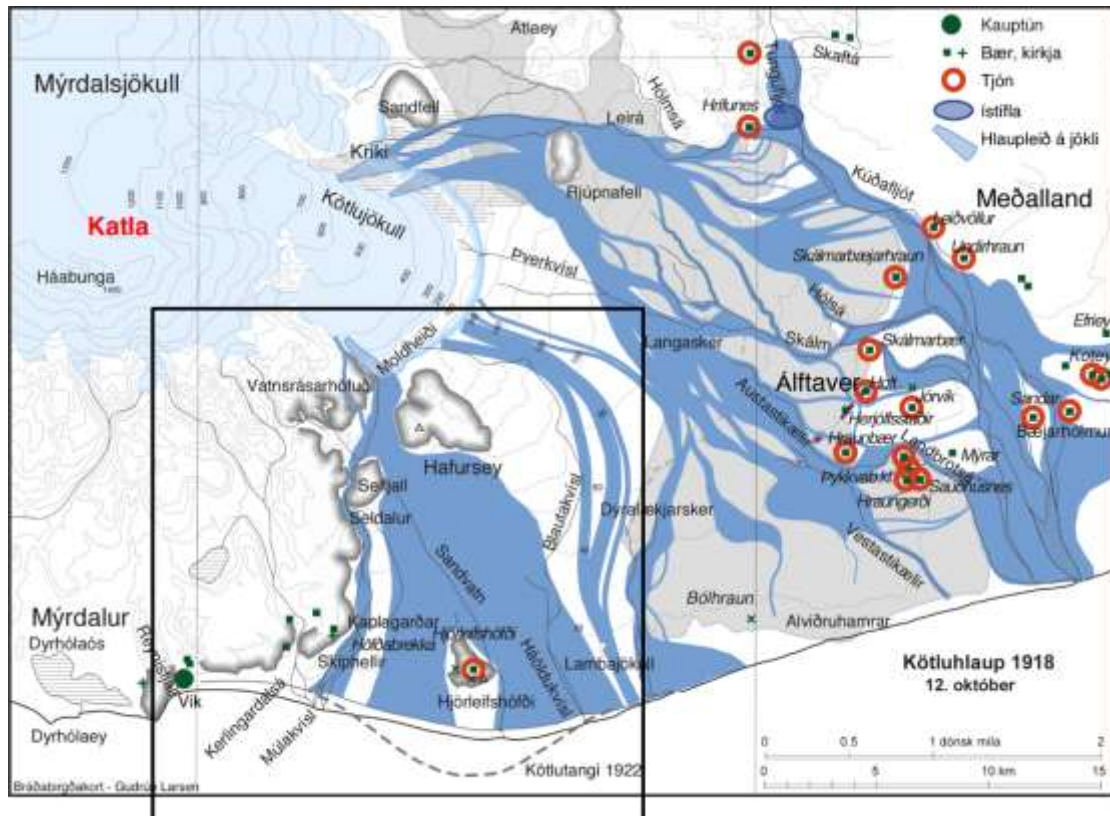
Í þessu minnisblaði er lýst aðferðum sem notaðar voru til að meta rúmmálsbreytingar, en ekki er farið í lýsingu á bakgrunni þessarar vinnu eða víðari umfjöllun um náttúruvá af völdum Kötlugosa. Vísast til Guðrúnar Larsen o.fl. (2013) og Guðrúnar Larsen (2018) til frekari fróðleiks um þau mál.

2. Landbreytingar í hlaupinu 1918

Borin voru saman kort frá mismunandi tímum: (1) Frá 1905, byggt á mælingum á sandinum sumarið 1904 (Generalstabens Topografisk Afdeling, 1905), (2) kort gerð eftir loftmyndum frá 1975 (Landmælingar Íslands, 1978) og (3) nýtt landlíkan (hér kennt við 2011) sem byggist á nákvæmri kortlagningu sem unnin var af Loftmyndum ehf. fyrir Vegagerð Ríkisins á árunum 1997-2013. Þessi kort af suðvesturhluta Mýrdalssands eru sýnd á 2. mynd. Eldri kortin voru hnitsett og gerð eftir þeim stafræn landlíkön sem borin voru saman við nýja kortið (2011). Samanburðurinn sýnir trúverðuga mynd af landbreytingum í hlaupinu 1918 og er að mestu samhljóða eldra mati á þessum breytingum (Guðrún Larsen, 2018). 3. mynd (a) sýnir breytinguna milli 1904 og 2011. Landlækkun sem fram kemur framan við Höfðabrekku á kortinu er ekki talin vera raunveruleg heldur stafi hún af því að eldra

kortið er með 20 metra hæðarlínum og því litlar beinar upplýsingar um landhæðina á þessum stað neðan við 20 m hæð yfir sjó. Mögulegt hefði verið að búa til hæðarlínur (t.d. 5 og 10 m) og bæta inn á kortið en í ljósi þess að sú breyting hefði ekki haft áhrif á heildarniðurstöðuna var það ekki talið nauðsynlegt.

Samanburður kortanna frá 1975 og 2011 sýnir að óveruleg breyting varð á þessu tímabili. Aðalbreyingin á sandinum varð því í hlaupinu 1918 þegar ofan á hann bættust rúmlega 0,6 km³ af efni, aðallega gosefnum.

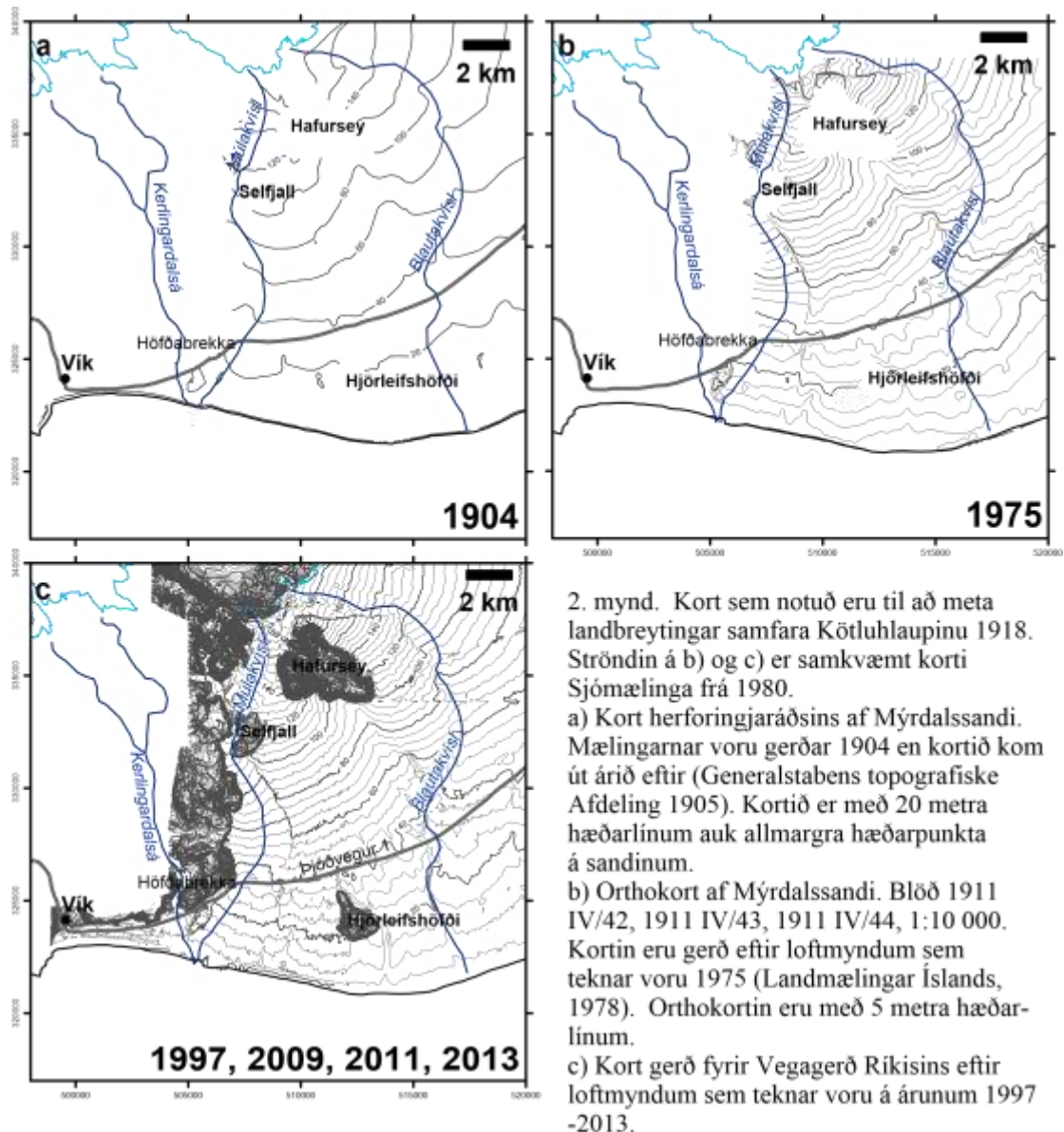


1. mynd. Hlaupfarvegir, breytingar og tjón af völdum Kötluhlaupsins 1918 (mynd 4.8.1. í skýrslu Guðrúnar Larsen, 2018). Ramminn sýnir svæðið sem hermunin nær til (2. og 3. mynd), en hlaupfarvegir í Krika, Áltaveri og yfir í Meðalland eru ekki til umfjöllunar hér.

3. Mat á landbreytingum við hlaup sem gæti orðið við núverandi aðstæður

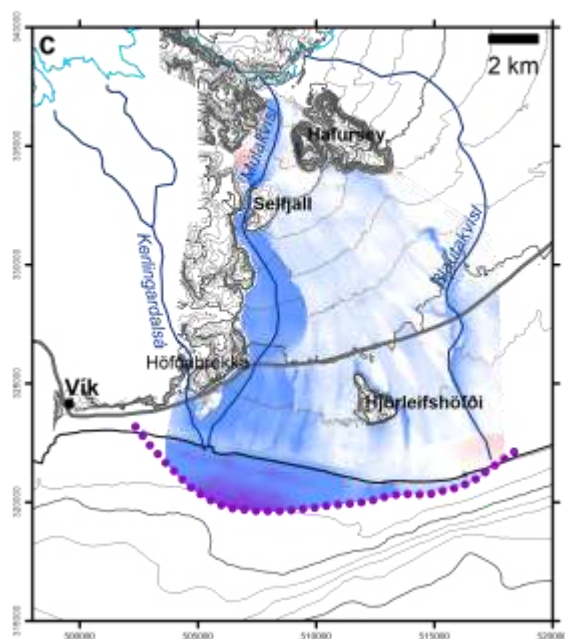
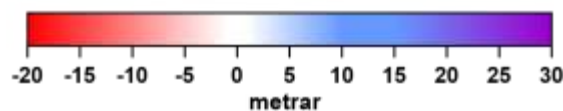
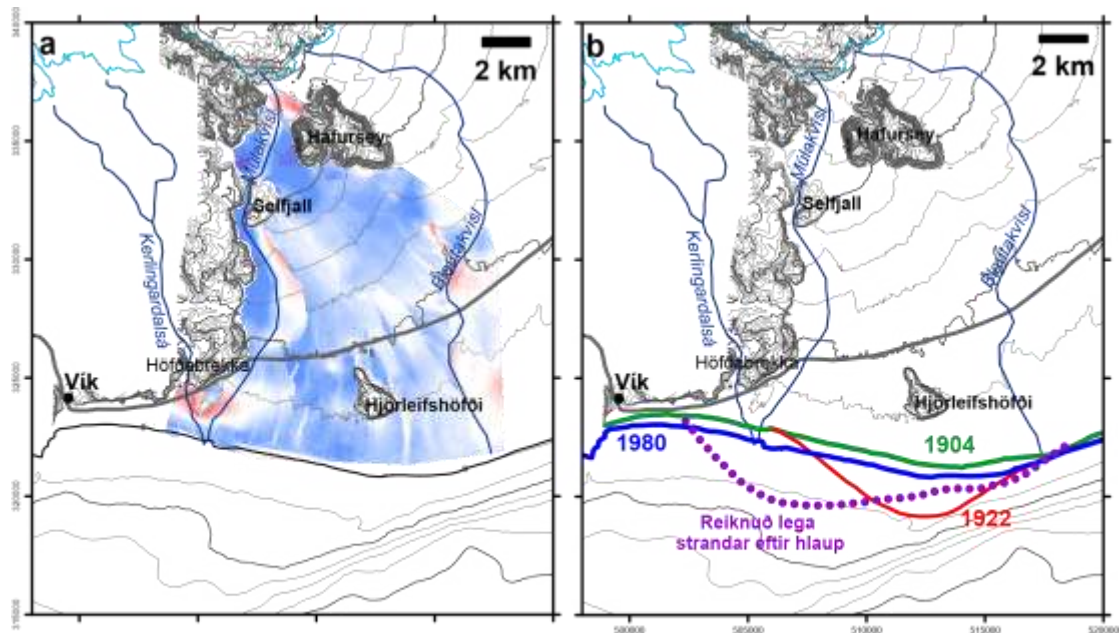
Teiknað hefur verið kort af Myrdalssandi vestan Blautukvíslar eins og hann gæti litið út eftir stórhlaup svipað og 1918. Miðað er við að rúmmálsbreyting sandsins verði sú sama og 1918 – þ.e. jafngildi því rúmmáli sem nú mælist milli korts 2011 og korts Herforingjaráðsins frá 1905. Að auki er teiknaður tangi svipaður þeim og myndaðist 1918. Samanlagt rúmmál hækkunar sands og tanga er hér 0.78 km³. Aðferðin sem notuð var við teikningu kortsins:

- 1) Nýja kortið er teiknað sem frávik frá kortinu frá 2011.



2) Við mat á landhækkun er notað rennsli gegnum fjögur ca. vestur-austur þversnið samkvæmt hermun Vatnaskila á rennsli $2,5 \text{ km}^3$ flóðs með hámarksrennsli í suðvesturhorni Kötlujökuls $250.000 \text{ m}^3/\text{s}$:

- Efsta sniðið er við Léreftshöfuð og milli Selfjalls og Hafurseyjar. Til að meta möguleg mestu áhrif og rennsli sem beinir vatni til vesturs er gert ráð fyrir að eystri hluti þversniðsins við Hafursey sé stíflað (af ís).
- Næsta snið þar fyrir neðan er u.þ.b. miðja vegu milli Hafurseyjar og Hjörleifshöfða.
- Þriðja sniðið nær u.þ.b. frá Múlakvíslarbrú og rétt ofan vegar ofan Hjörleifshöfða og nær austur fyrir Blautukvísl.
- Fjórða og syðsta sniðið liggur úr Höfðabrekkujökli í Hjörleifshöfða og þaðan austur fyrir Dýralæki.
- Öllum sniðum er skipt í þrjá hluta nema því efsta sem er í tveimur hlutum.



3. mynd. Landbreytingar á Myrdalsandi.

a) Hæðarbreyting á suðvestanverðum sandinum milli 1904 og 1997-2013 (kortin á 2. mynd (a) og (c)). Litaskalinn sýnir breytingarnar en hækkunin var 10-15 metrar upp við Selfjall og Hafursey en víða 3-7 metrar neðar á sandinum. Breytingin ofan Selfjalls er minni í farvegi Múlakvislar en hún hefur allt frá lokum hlaupsins 1918 grafið niður og flutt fram efnið sem barst fram í hlaupinu 1918.

b) Lega strandarinnar á vestanverðum Myrdalsandi 1905, 1922 og 1980. Punktalínan sýnir reiknaða legu strandar eftir álika hlaup og kom 1918, að því gefnu að hlaupið færi fram farveg Múlakvislar og neðri hluta bilsins milli Hafurseyjar og Selfjalls (sjá c).

c) Reiknaðar landbreytingar í hlaupi sem hefði sömu stærð og hlaupið 1918 en færi að verulegu leyti fram farveg Múlakvislar og meðfram Selfjalli að austan. Gert er ráð fyrir því í hermun hlaupsins að nyrðri hluti bilsins milli Selfjalls og Hafurseyjar lokist af jakastiflu. Magn efnis sem sest til á sandinum eru $0,6 \text{ km}^3$ og tanginn sem myndast hefur rúmtakið $0,2 \text{ km}^3$.

- Hlutfall heildarrennslis í gegnum hvern hluta er metið.
- Gert er ráð fyrir að setmyndun á landi sé í réttu hlutfalli við rennslíð. Af því leiðir að mest setmyndun verður þar sem mest af hlaupinu fer í gegn. Svo er að sjá af samanburði kortsins frá 1905 og yngri korta að þetta geti verið nærri lagi.
- Samhliða er reiknað með að hlaupið fylli allar dældir og farvegi austur að Blautukvísl.

- 3) Tangi er teiknaður út í sjó og hann hafður stærstur þar sem rennsli til sjávar er mest (í farvegi Múlakvíslar).
- 4) Niðurstaðan verður nokkuð sléttað kort af sandinum, þar sem helstu ójöfnur hverfa.

Áætlaðar landbreytingar eru sýndar á 3. mynd (c). Þykkun vestast (í farvegi Múlakvíslar) er 8-10 m, á sandinum þaðan austur fyrir Hjörleifshöfða er hækkun um 3 m að jafnaði, og austast (austur frá Blautukvísl) er hækkun 1.6 m. Hækkun næst jökli, ofan Selfjalls er 6-7 m að jafnaði.

4. Heimildir

- Guðrún Larsen. 2018. Jökulhlaup til austurs og suður frá Mýrdalsjökli I. Umfang, hlaupleiðir, tjón og umhverfisbreytingar, ásamt viðaukum. Jarðvísindastofnun Háskólans, RH-13-2018. 66 bls.
- Guðrún Larsen, Magnús Tumi Guðmundsson, Olgeir Sigmarsson. 2013. *Katla*. Í: Júlíus Sólnes, Freysteinn Sigmundsson og Bjarni Bessason (ritstj.): Náttúruvá á Íslandi, Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan, 211-233.
- Generalstabens Topografiske Afdeling. 1905. Hjörleifshöfði 69 NV, 1:50 000. Maalt 1904. Kjöbenhavn.
- Landmælingar Íslands. 1978. Orthokort af Mýrdalssandi, blöð 1911 IV/42, 1911 IV/43, 1911 IV/44. 1:10 000. Reykjavík.
- Sjómælingar Íslands. 1980. Suðurströnd Íslands, Alviðruhamrar – Vestmannaeyjar, 1:100 000. Reykjavík.

Minnisblað

Dags. 6.október 2018

Höfundur: Guðmundur Valur Guðmundsson

Sent til: Kjartan Þorkelsson, lögreglustjóri á Suðurlandi

Múlakvísl, jökulhlaup til Víkur – mögulegir varnargarðar

Í tengslum við hermun jökulhlaupa til Víkur hefur verið lagt mat á kostnað við varnargarð sem staðsettur yrði til móts við Víkurklett. Fyrri útreikningar höfðu sýnt fram á að jökulhlaup sambærilegt við það sem var í kjölfar Kötlugoss 1918 myndi flæða yfir núverandi Kötlugarð sem byggður var milli fjalls og Höfðabrekkujökuls.

Nú liggja fyrir niðurstöður hermunar jökulhlaups til Víkur sem gerð er grein fyrir í skýrslu Vatnaskila og byggir á forsendum frá Jarðvísindastofnun Háskóla Íslands varðandi stærð hlaupa, hlaupfarvegi og landbreytingar. Þar kemur fram að varnargarður sem staðsettur yrði til móts við Víkurklett gæti stöðvað útbreiðslu flóðs sem kæmi niður farveg Múlakvíslar og færi með fjallinu inn að þorpinu í Vík.

Kötlugarður við Höfðabrekkujökul

Í hermuninni hefur verið gert ráð fyrir íhaldssömun forsendum til að fá hámarksútbreiðslu. Í öllum þeim tilfellum sem hermd voru er gert ráð fyrir að núverandi Kötlugarður við Höfðabrekkujökul rofni vegna flóðsins. Sá garður er um 400-500 m langur og um 5 m hár. Hann er einungis byggður úr sandi og ekki rofvarinn á nokkurn hátt. Ekki hefur verið lagt mat á kostnað við styrkingar á þeim garði. Afskaplega ólíklegt er að hann standi af sér stórhlaup á borð við það sem varð 1918 þó að hann yrði styrktur. Mögulega væri hægt að styrkja hann gagnvart smærri hlaupum en það hefur ekki verið skoðað að svo stöddu.

Varnargarður við Víkurklett

Hæð þessa varnargarðs í reiknilíkönunum hefur verið 7 m.y.s. Núverandi landhæð er í kringum 4-5 m og því er hæð varnargarðsins um 2-3 m að jafnaði. Staðsetning er til móts við Víkurklett sem er um 1,5 km austan við þéttbýlið í Vík.

Lagt hefur verið mat á áhrif byggingar varnargarðsins á Hringveg 1 eins og sést á meðfylgjandi yfirlitsmynd. Núverandi Hringvegur er í tæplega 7 m hæð. Hækka þarf því Hringveg um rúmlega 0,5 m til að fá þægilega og örugga aðlögun þannig að ekki verði blindhæð með tilheyrandi hættu fyrir umferð. Þessi hækking hefur í för með sér að breyta þarf hæðarlegu Hringvegar á tæplega 400 m kafla.

Heildarlengd varnargarðsins eins og hann er sýndur á yfirlitsmynd er um 540 m. Sé hæð varnargarðsins haldið í 7 m hæð milli fjalls og fjöru, gert ráð fyrir rofverm á garðinum að austanverðu og að fláar séu um 1:2-1:3 má gera ráð fyrir að efnismagn sem þurfi í varnargarðinn sé því um 15 – 20 þús.m³ af fyllingarefni og um 2000 - 2500 m³ af rofvarnargrjóti.

Áætlaður kostnaður við varnargarð við Víkurklett er því áætlaður sem:

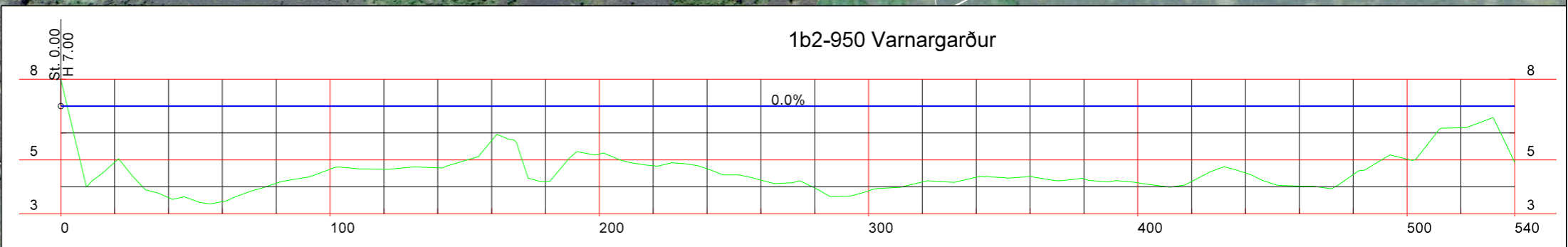
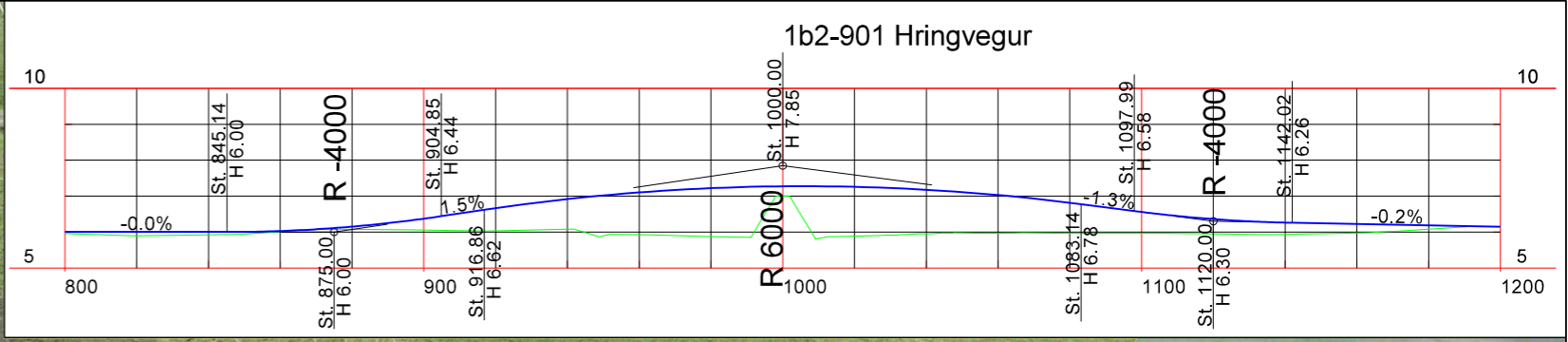
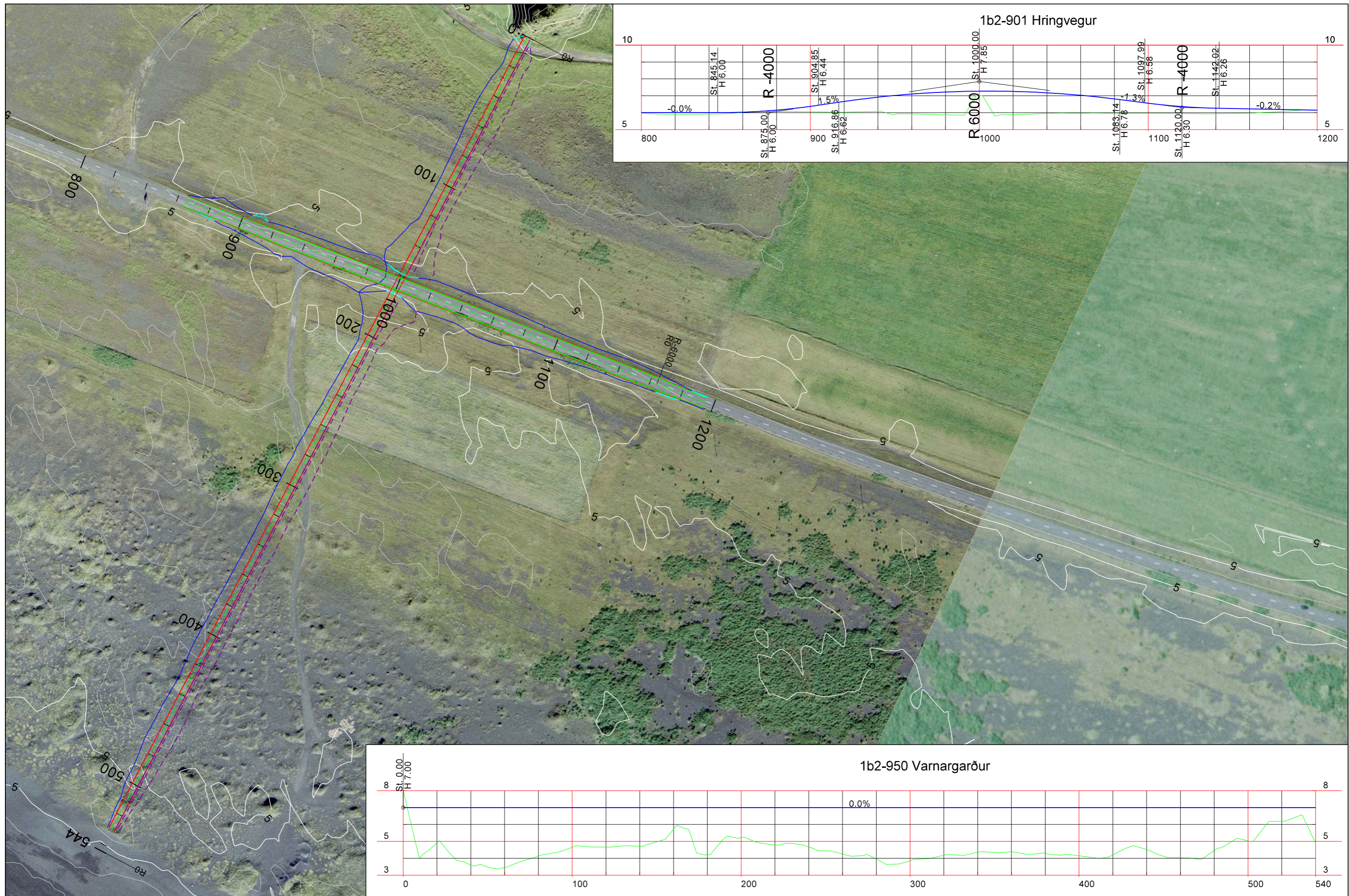
- Breytingar á Hringvegi 1 40 – 50 milljónir kr.
- Varnargarður 40 – 60 milljónir kr.

Heildarkostnaður við varnargarð við Víkurklett er því líklega af stærðargráðunni 80 – 110 milljónir kr.

Eftir er að hanna varnargarð og ákvarða staðsetningu í samráði við landeigendur og sveitarfélag, form og útlit og getur það haft áhrif á endanlegan kostnað.



Yfirlitsmynd, staðsetning Víkurgarðs (Loftmynd: Loftmyndir ehf.)



Landmælingar: Vegagerðin
 Hnitakerfi: ISN03 Hæðarkerfi: Landshæðarnet
 Loftmyndataka og myndmæling: Loftmyndir ehf.
 Flughæð: 3000m Móskaustæró: 10x10m.
 Kortageró: Vegagerðin

		Hringvegur Varnargarður við Vík		Dags: 04.09.2018 Útböðn.: Vegnr.: 1-b2 Hönnunartílg: FRD Tökn. nr.: 1 af 1 Útg.: 1	
Mælikvarði 1:2000 1:200	Hannað Telknað Yfirfarð	SHS SHS	Grunnmynd/Langsníð Yfirlitsmynd		
Bláðstæró A3	Samþykkt				