

# Minnisblað

19. mars 2021

## Endurskoðað hættumat fyrir svæðið frá Búðará að Skuldarlæk á Seyðisfirði

**Höfundar:** Sigríður Sif Gylfadóttir, Tómas Jóhannesson, Jón Kristinn Helgason og Magni Hreinn Jónsson

**Viðtakandi:** Sveitarfélagið Múlaþing, umhverfis- og auðlindaráðuneyti, lögreglan á Austfjörðum, almannavarnir, aðrir sem málið varðar

**Verknúmer:** 3720-6-0006

**Málsnúmer:** 2020-0280

## Inngangur

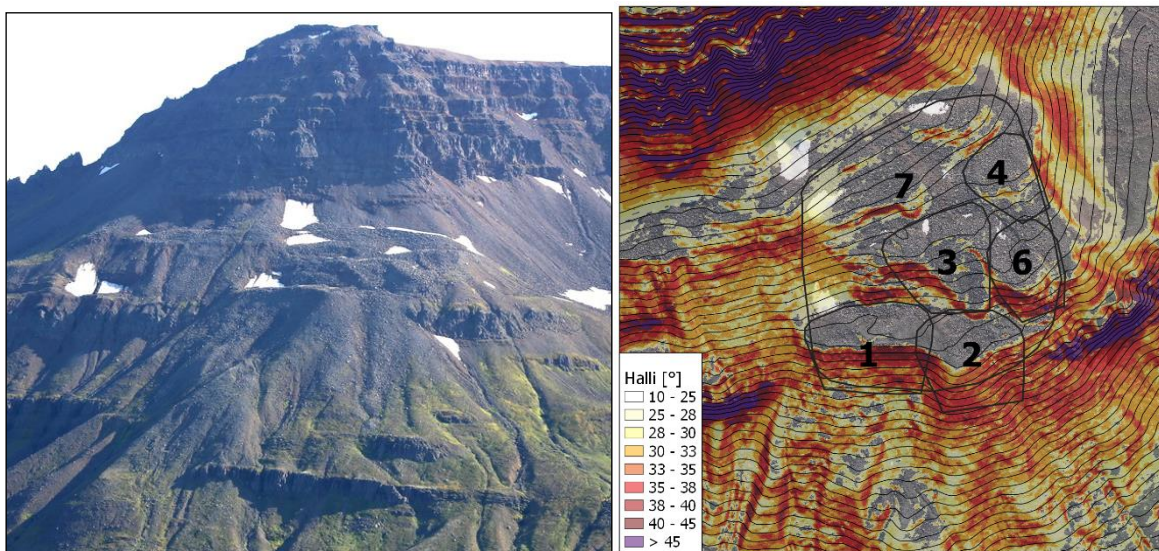
Skriðuhætta í þéttbýlinu við sunnanverðan Seyðisfjörð á upptök í mismunandi hæð í hlíðinni eftir svæðum. Þekktasta skriðuhættusvæðið er undir Strandartindi þar sem oft hefur orðið tjón í byggð, það teygir sig út eftir mjórri ströndinni undir brattri hlíð. Skriður á þessu svæði eiga oftast upptök í þykkum setlögum, sem taldar eru að hluta sífreri eða urðarjökull, ofarlega í Strandartindi. Skriður geta jafnframt fallið úr neðri hluta hlíðarinnar, þar sem einnig er að finna þykk setlög sem geta orðið óstöðug í vætutíð. Skriðurnar falla helst niður ákveðin gil og farvegi í hlíðinni, þar sem hætta er talin mest, en hættan nær einnig til svæða á milli giljanna. Innar í byggðinni hafa jarðfræðirannsóknir á árunum 2003–2017 sýnt að stórar, forsögulegar skriður hafa fallið úr Botnabrún yfir svæðið þar sem suðurhluti Seyðisfjarðarbæjar stendur nú. Skýr ummerki um skriðuhættu er að finna í upptakasvæðunum tveimur. Í urðarjöklinum í u.þ.b. 600–700 m h.y.s. í Strandartindi eru háir hryggir og ýmis önnur ummerki á yfirborði um hreyfingu lausra jarðlaga. Í Neðri-Botnum og Þófa er að finna stalla og önnur ummerki um endurtekna, víðtæka snörunarhreyfingu í lausum jarðlögum og þar hafa fallið skriður og opnast sprungur í vætutíð, síðast í nóvember 2002 og desember 2020. Skriðuföll úr urðarjöklinum í Strandartindi ógna byggðinni undir Þófa og utanverðri Botnabrún að Búðará. Frekari rannsókna er þörf til þess að kanna hversu mikill sífreri leynist í urðinni efst í Strandartindi en hér verður á grundvelli jarðfræðirannsókna á árunum 2003–2017 miðað við þar sé sífreri að því marki að þiðnun hans geti raskað stöðugleika jarðlaganna.

Í skriðuhrinunni á Seyðisfirði í desember 2020 féll stór skriða úr hlíðinni milli Búðarár og Stöðvarlækjar, olli mikilli eyðileggingu í byggðinni og ógnaði lífi fólks. Endurskoðað hættumat fyrir byggðina sunnan Fjarðarár var kynnt á íbúafundi á Seyðisfirði í ágúst 2019 og staðfest af ráðherra í mars 2020. Skriðuhættusvæði í núgildandi hættumati eru mjög stór, og margar byggingar eru ofan C- og B-lína. Á áhrifasvæði skriðunnar frá Búðará út fyrir Stöðvarlæk eru í gildandi hættumati C-svæði undir þekktum skriðufarvegum og næst hlíðinni á milli þeirra, en B-svæði við ströndina og á milli farvega. Í skriðuhrinunni í desember kom los á jarðlög í hlíðinni milli Stöðvarlækjar og Búðarár. Þar er því talin meiri hætta en áður á skriðuföllum. Þarna er nægilegt efni í stóra skriðu, jafnvel töluvert stærri en þá sem féll í desember sl. Í minnisblaði Veðurstofunnar frá 19. janúar 2021 var gerð grein fyrir endurskoðun hættumats á áhrifasvæði skriðunnar frá utanverðu svæðinu við Múla og út fyrir Stöðvarlæk. Þar færðist C-lína niður fyrir byggðina.

Húsin við Múla, sem eru á B-svæði í núgildandi hættumati, standa á aurkeilu sem byggst hefur upp úr endurteknum skriðuföllum niður Búðará. Þar veitir hryggur í landslagi nokkra vörn og beinir meginstraumi flóða sitthvoru megin við hrygginn. Ráðist var í umfangsmikla líkanreikninga til að kortleggja áhrifasvæði skriðna úr óhlaupnu flekunum í hlíðinni undir Botnabrún og úr urðarjöklinum undir Strandartindi.

Nokkrar skriður hafa á síðustu árum fallið úr frosnum setlögum í hlíðum hér á landi og má sem dæmi nefna skriðurnar í Torfufellsdal í Eyjafirði í október 2011, úr Móafellshyrnu í Fljótum í september 2012, úr Árnestindi á Ströndum í júlí 2014 og úr Hleiðargarðsfjalli við Gilsá í Eyjafirði í október 2020. Talið er að hlýnandi veðurfar auki hættu á skriðuföllum úr urðarjökulum og má búast við að hætta á slíkum skriðum fari vaxandi hérlendis á næstu áratugum. Ekki er unnt að leggja beint tölfræðilegt mat á tíðni skriðufalla úr frosnu setlögum í Strandartindi eða áhættu af völdum slíkra skriðufalla. Ekki virðist þó óeðlilegt að gera ráð fyrir umtalsverðum líkum á allstórrri skriðu úr urðinni á næstu áratugum eða öld. Mat á aðstæðum í Strandartindi og samanburður við aðrar skriður úr urðarjökulum sem fyrr voru nefndar gefur til kynna að tiltölulega lítil skriða gæti verið nokkur þúsund m<sup>3</sup> að stærð, allstór skriða tugir þúsunda m<sup>3</sup> og mjög stór skriða e.t.v. hundrað þúsund m<sup>3</sup> eða jafnvel stærr. Í líkanreikningum sem unnir hafa verið og lýst er hér að neðan var ákveðið að miða við 5, 30 og 100 þúsund m<sup>3</sup> skriður úr nokkrum upptakasvæðum sem afmörkuð hafa verið í urðinni. Einnig var reiknuð mjög stór skriða upp á meira en 300 þúsund m<sup>3</sup> úr allri urðinni í einu sem skiptist á 4–5 farvegi og líta má á sem hermun á nokkrum skriðum sem eru u.þ.b. 100 þúsund m<sup>3</sup> hver um sig. Sú skriða tekur upp talsvert efni á leið sinni niður hlíðina og verður á endanum yfir 500 þúsund m<sup>3</sup> þegar komið er niður í fjallsrætur.

Ef gert er ráð fyrir að líkur á allstórrri skriðu úr Strandartindi séu 10–30% á næstu 100 árum og að skriðan kæmi fram í 2–3 af 6 giljum eða skriðufarvegum sem ná niður í byggðina, að dánarlíkur í slíku skriðufalli séu sambærilegar við snjóflóð eða yfir 30% á svæðum þar sem ástreymisþrýstingur er 20–90 kPa eða hærri, þá reiknast staðaráhætta í þessum meginfarvegum meiri en 1–5 af 10.000 á ári. Slík áhætta samsvarar B- eða C-hættusvæði skv. reglugerð um ofanflóðahættumat. Í meginstraumnum sjálfum er ástreymisþrýstingur mjög hár og dánarlíkur væntanlega einnig. Þar reiknast áhætta sem samsvarar C-hættusvæði miðað við þessar forsendur eða dæmi um stærð og tíðni. Við þessa hættu bætist áhætta vegna skriðufalla úr upptakasvæðum neðar í hlíðinni, þ.e. Þófa og Neðri-Botnum, sem einnig er mest í meginfarvegnum.

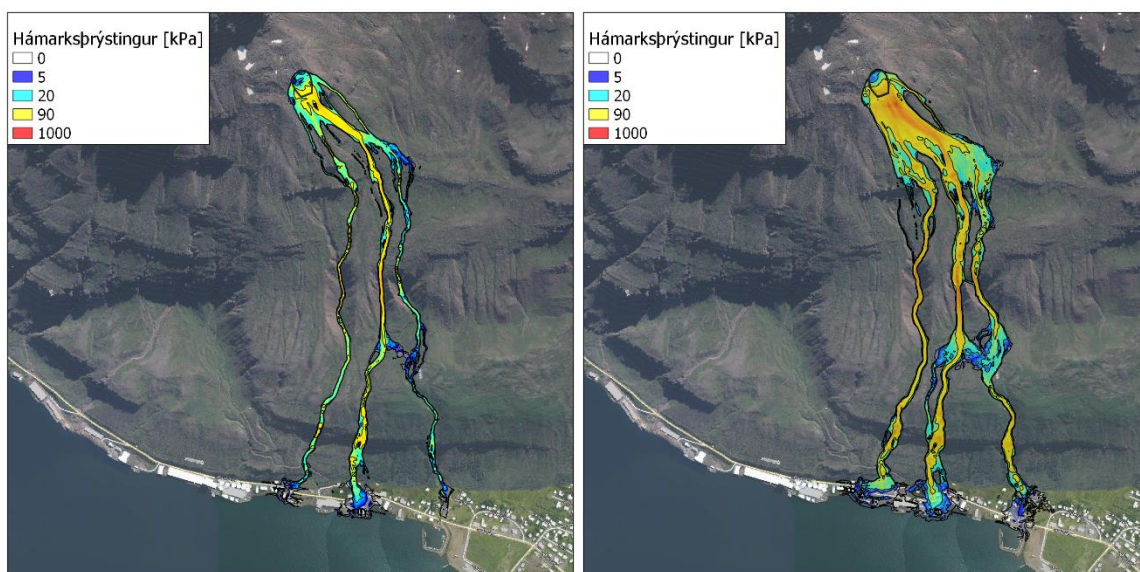


Mynd 1: Vinstri: urðarjökull undir Strandartindi (ljósmynd: Ágúst Guðmundsson). Hægri: upptakasvæði skriðna úr urðarjöklinum, sem notuð eru til líkanreikninga.

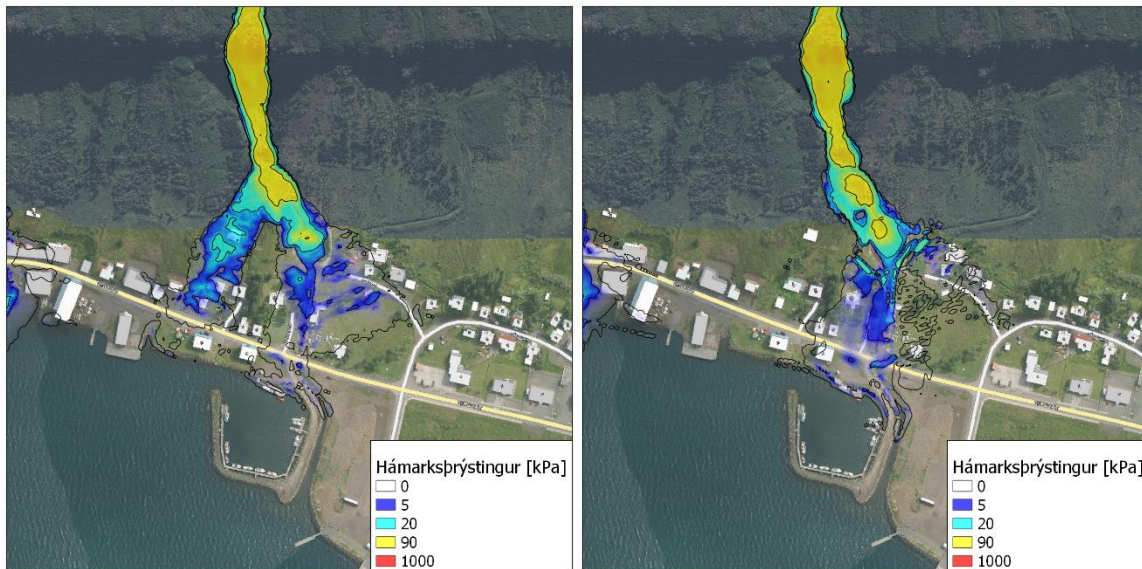
Mynd 1 sýnir möguleg upptakasvæði skriðna úr innri hluta urðarjökulsins undir Strandartindi, sem liggja til grundvallar líkanreikningum. Upptakasvæði 7 miðast við að allur bunkinn gefi sig og falli

sem skriða frá tugum þúsunda upp í nokkur hundruð þúsunda rúmmetra að stærð, en úr minni upptakasvæðum er líklegra að falli skriður sem eru nokkur þúsund til tuga þúsunda rúmmetra að stærð. Líkanreikningarnir eru gerðir með svissneska hugbúnaðinum RAMMS (Rapid Mass MovementS). Þar er skriðum af tilteknu rúmmáli hleypt af stað úr skilgreindum upptakasvæðum og ferðast þær um land sem lýst er með nákvæmu landlíkani (2x2 m upplausn). Auk þess efnis sem kemur úr upptökum er nýttur sá möguleiki að skriðan geti rifið með sér efni úr farveginum á leið sinni niður fjallið. Farvegirnir ofan byggðar við sunnanverðan Seyðisfjörð liggja um þykka og auðrjúfanlega setbunka og hafa skriður síðustu áratuga bætt verulegu efni við sig á leið sinni niður fjallið. Í líkankeyrslum er notast við staðlaða stika til að lýsa rofinu og leiða þeir til þess að skriður í herm-unum tvö- til tvö-og-hálf-falda rúmmál sitt frá upptökum að úthlaupssvæði. Viðnámsstíkar eru stilltir af miðað við kvörðun á stóru skriðunni í desember 2020 og taka gildin  $\mu=0.1$  og  $\xi=250 \text{ m/s}^2$ .

Mynd 2 sýnir niðurstöður líkanreikninga á skriðum úr upptakasvæði 6. Þær leita í farvegi Skuldar-lækjar, Stöðvarlækjar og Búðarár, en meginþunginn er í Stöðvarlæk. Mynd 3 sýnir niðurstöður fyrir 30.000 m<sup>3</sup> skriðu úr upptakasvæðinu annars vegar á landi eins og það var fyrir skriðuhrinuna í desember 2020 og hins vegar eftir hrinuna og með þeim bráðavörnum sem gerðar hafa verið við farveg Búðarár. Án bráðavarna kvíslast skriðan um aurkeiluna sem Búðaráin hefur hlaðið upp og fellur í tveimur straumum um innan- og utanverðan hrygginn við Múla. Bráðavarnirnar, sem sam-anstanda af leiðigarði og setþró, gera það að verkum að skriður leita ekki með utanverðri keilunni heldur beinist straumurinn í setþróna, sem heldur aftur af honum að mestu. Bráðavarnirnar miðast við miklu minni skriður og því leitar efni yfir garðinn og getur breitt úr sér upp úr farvegi árinna, en gerir það af mun minni krafti en ella.



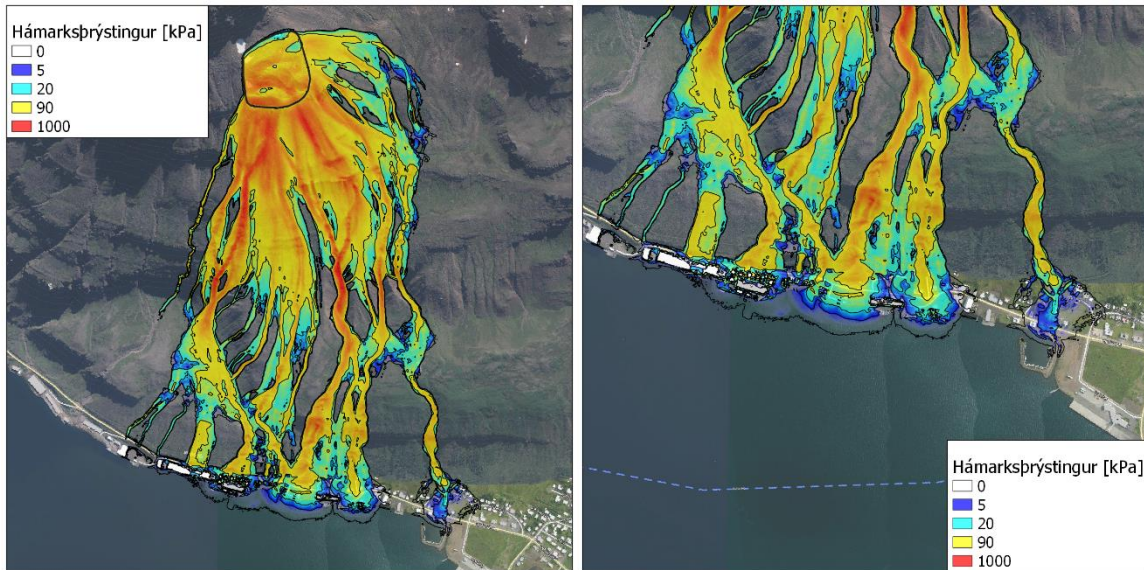
Mynd 2: Vinstri: 5000 m<sup>3</sup> skriða úr upptakasvæði 6 (flekabykkt 0.85 m). Hægri: 30.000 m<sup>3</sup> skriða úr upptakasvæði 6 (flekabykkt 5 m).



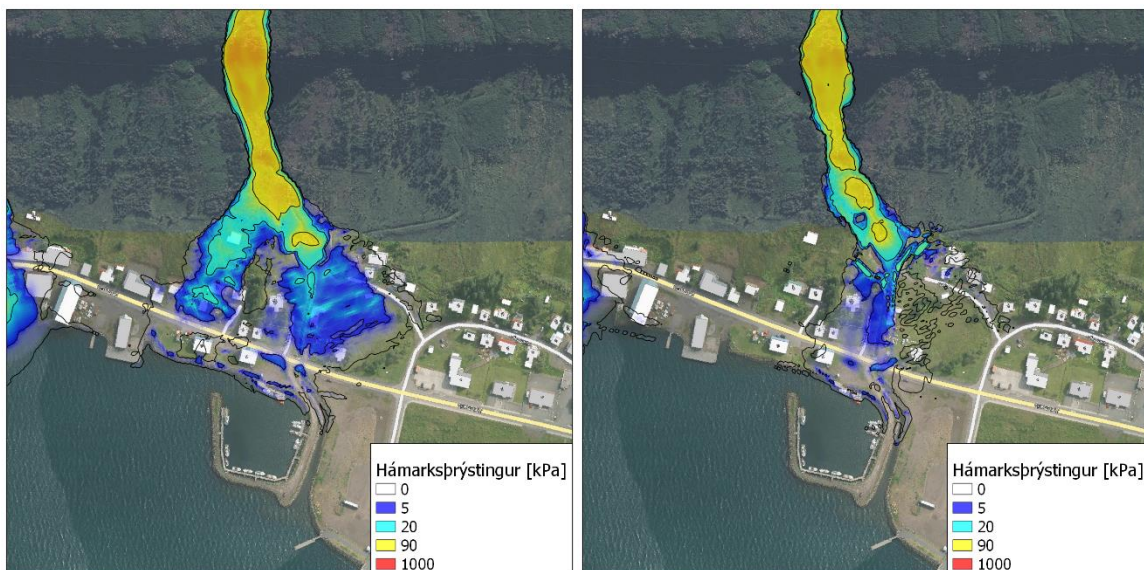
Mynd 3: Hámarksþrýstingur 30.000 m<sup>3</sup> skriðu úr upptakasvæði 6 miðað við landslag fyrir (vinstri) og eftir (hægri) skriðuhrinuna í desember 2020 og bráðavarnir.

Mynd 4 sýnir niðurstöður líkanreikninga á skriðum úr upptakasvæði 7, sem miðast við að urðarjökullinn í heild sinni missi stöðugleika og falli fram. Í reikningunum fellur innanverð urðin til suðurs og leitar í farveg Búðarár. Sennilegt er að þessi áhrif séu ofmetin í líkaninu, þar sem að upptakasvæðið gefur sig samtímis yfir allt hæðarbilið og fellur af stað. Þá heldur efni neðarlega þannig við efri hlutann að hann „springur út“ til hliðanna í reikningum. Í raunveruleikanum gefa upptakasvæðin sig í áföngum þannig að efri hlutinn sígur fram á meðan efni neðar fellur af stað og lítið sem ekkert hliðarflæði á sér stað. Þetta sést skýrt í brotsári stóru skriðunnar í desember 2020. Efni leitar einnig yfir í farveg Búðarár neðar í hliðinni og er sú niðurstaða líkanreikninganna trúverðug. Mynd 5 sýnir hámarksþrýsting skriðunnar á úthlaupssvæðinu við Múla reiknað á landslagi fyrir skriðuhrinuna í desember 2020 og á landslagi eftir þar sem bráðavarnir hafa einnig verið settar inn. Svipuðu máli gegnir um niðurstöðurnar eins og fyrir skriður úr upptakasvæði 6 en í þessu tilfalli eru áhrifin meiri sökum þess að meira efni leitar í farveg Búðarár.

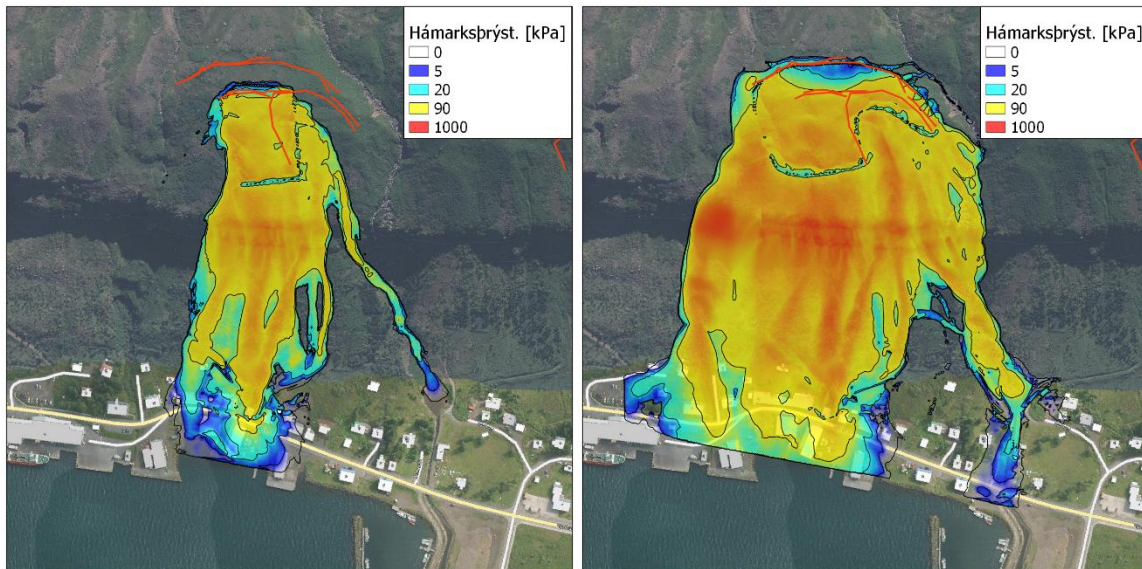
Mynd 6 sýnir niðurstöður líkanreikninga á stórum skriðum sem fallið geta úr flekum sem los kom á í skriðuhrinunni í desember sl. Í reikningunum er tekið tillit til þeirra bráðavarna sem lokið hefur verið við eða stendur til að ljúka á næstunni. Þær eru hannaðar til að taka við skriðum sem eru nokkur hundruð til nokkur þúsund rúmmetrar. Hér er útbreiðsla og hámarksþrýstingur mun stærri skriðna sýndur, miðað er við rúmmál sem fæst með ágiskun á legu líklegs brotflatar undir upptakasvæðunum. Minni flekinn skapar fyrst og fremst hættu á svæðinu sem stóra skriðan í desember fór um og lítið eitt utan við það. Einungis lítill taumur ratar í farveg Búðarár og stöðvast í setþrónni. Stærri flekinn, sem hér reiknast 150.000 m<sup>3</sup> að rúmmáli (tvöfalt stærri en skriðan í desember) leitar í farveg Stöðvarlækjar og skapar mikla hættu fyrir byggðina þar. Innri hluti flekans leitar í farveg Búðarár og beinir leiðigarðurinn ofan Múlans skriðunni í setþró sem tekur við stórum hluta efnisins svo áhrif skriðunnar takmarkast að mestu við farveginn neðan þróarinnar og dregur það úr hættu fyrir byggingar sem standa á Múlatorfunni. Skriðan sem miðast við stærri flekann tekur einnig til hryggs skammt utan við Búðararfoss sem sprungur mynduðust í við skriðuföllin í desember sl. en hljóp ekki fram þá. Líkanreikningarnir fyrir stærri skriðuna eiga því einnig að gefa til kynna hættu sem kann að skapast ef þessi hryggur fellur fram en þar hefur mælst hreyfing á jarðlögum í febrúar og mars 2021. Mynd 6 sýnir að bráðabirgðavarnirnar sem reistar hafa verið beina skriðu úr þessu svæði frá byggðinni og til sjávar. Ástæða er þó til þess að fylgjast vel með þróun þessa svæðis og hættu á því að skriðuföll við Búðarána stífla ána og brjótist svo fram þegar stíflan brestur.



Mynd 4: Vinstri: hámarksþrýstingur 300.000 m<sup>3</sup> skriðu úr upptakasvæði 7 (flekabykkt 5 m) miðað við landslag eftir skriðuhrinuna í desember 2020 og bráðavarnir. Hægri: nærmynd af áhrifasvæði skriðunnar í byggð.



Mynd 5: Hámarksþrýstingur 300.000 m<sup>3</sup> skriðu úr upptakasvæði 7 miðað við landslag fyrir (vinstri) og eftir (hægri) skriðuhrinuna í desember 2020 og bráðavarnir.



Mynd 6: Vinstri: 30.000 m<sup>3</sup> skriða úr litla flekanum sem hreyfðist í skriðuhrinunni í desember 2020. Hægri: 150.000 m<sup>3</sup> skriða úr stóra flekanum, sem miðast við sprungu sem opnaðist ofan upptakasvæðis stóru skriðunnar. Í báðum tilvikum er miðað við landslag eftir skriðuhrinuna í desember 2020 og bráðavarnir.

Vert er að hafa í huga að líkanreikningarnir sem hér er lýst eru eingöngu til viðmiðunar og bundnir töluverðri óvissu. Gert er ráð fyrir að eðliseiginleikar skriðna séu áþekkir þeirri sem féll í desember 2020. Lausleg athugun á öðrum þekktum skriðum á Seyðisfirði bendir til þess að sú nálgun sé raunhæf. Forsendur um stærð skriðna eru einnig óvissu undirorpnar, bæði hvað varðar rúmmál efnis sem fellur úr upptökum sem og rof skriðna á leið sinni um farvegi neðar í hlíðinni. Líkanreikningarnir eru eingöngu hugsaðir til viðmiðunar um áhrif skriðna af tiltekinni stærð en þeir segja ekki til um hvort, hvenær eða hversu stórar skriður falla úr upptakasvæðunum. Hér er stærðin valin með hliðsjón af þeim sífreraskriðum sem þekktar eru og geta talist nokkuð stórar fyrir þau upptakasvæði sem reiknuð voru.

Líkanreikningarnir sýna að skriður úr óhlaupnum flekum eru ólíklegar til þess að valda verulegri hættu á svæðinu við Múla. Mesta hættan þar stafar af skriðum úr innanverðum urðarjöklinum undir Strandartindi. Eins og fjallað var um í inngangi er torvelt að meta árlegar líkur á því að skriða af tiltekinni stærð falli úr urðarjöklinum eða nákvæmlega hvaða hluti urðarinnar kann að gefa sig miðað við fyrirliggjandi gögn. Síðasta áratuginn hafa a.m.k. fjórar stórar skriður fallið úr urðarjöklinum á norðan- og vestanverðu landinu og bendir það sterklega til þess að með hlýnandi veðurfari á næstu áratugum stórukast tíðni skriðna af þessum toga samfara því að sífreri hátt í fjöllum gefur eftir. Skriður úr innanverðum urðarjöklinum undir Strandartindi reiknast fara að hluta niður farveg Búðarár en greinast í tvo strauma á hryggnum við Múla. Á landslagi án bráðabirgðavarnargarða fara þær með þó nokkrum krafti niður með innri og ytri jaðri aurkeilunnar sem Búðarár hefur hlaðið upp og íbúðabyggðin við Múla stendur á. Stórar skriður gætu fallið af krafti á efstu hús og húsin sem standa næst farvegnum. Þótt erfitt sé að leggja tölulegt mat á áhættuna er ljóst að hún samsvarar C-svæði ef miðað er við að með hlýnandi loftslagi sé líklegt að slík skriða geti fallið á næstu hundrað árum einhvers staðar úr urðarjöklinum (árlegar líkur ~1/100), að það séu einhverra tuga prósentu líkur á að hún leiti í farveg Búðarár og að dánarlíkur í farvegi skriðunnar við Múla séu a.m.k. 10%. Með þessum forsendum reiknast árleg áhætta  $3 \cdot 10^{-4}$ , sem svarar til áhættunnar á C-línu. Í endurskoðuðu hættumati fyrir svæðið frá Skuldarlæk að Búðará, sem sjá má á meðfylgjandi

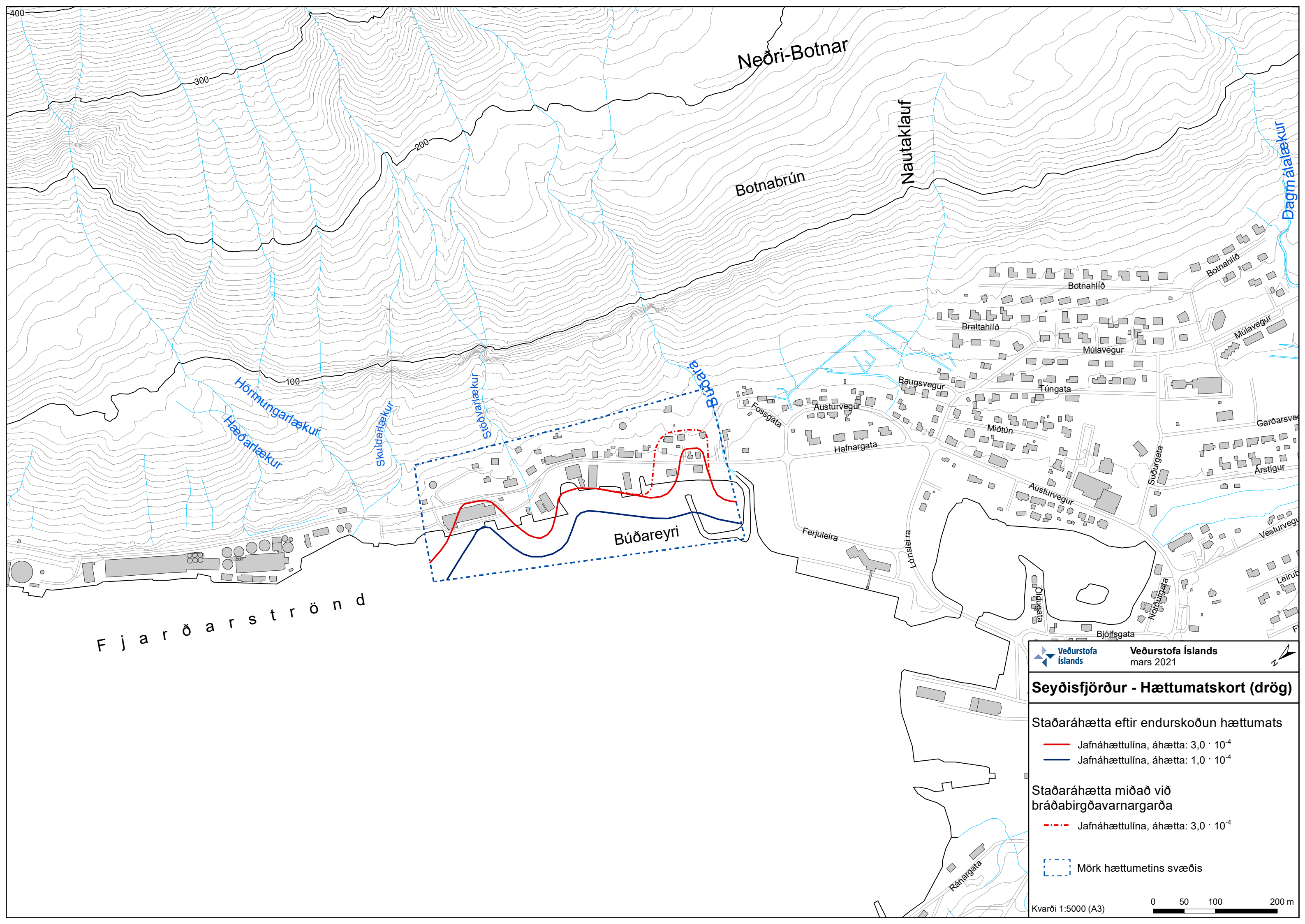
korti, færast C-lína við Múla því neðar í byggðina og húsin við Hafnargötu 10, 15 og 16b færast af B-svæði á C-svæði. Húsið við Hafnargötu 18c var þegar á C-svæði í hættumatinu sem tók gildi í mars 2020. Húsin við Hafnargötu 11, 12 og 14 standa áfram á B-svæði.

Eins og fjallað er um í minnisblaði Veðurstofunnar frá 19. janúar 2021 færast C-lína niður að sjó innan Múlans og út að Stöðvarlæk vegna þeirrar auknu áhættu sem skapast hefur við það að los kom á stóra fleka í hliðinni undir Botnabrún í skriðuhrinunni í desember 2020. Línan hefur verið aðlöguð lítillega að aukinni hættu á skriðum úr urðarjöklinum sem geta komið niður Stöðvarlæk og þar er C-lína dregin lengra út í sjó. Auk þess hefur hættan við frystihús Síldarvinnslunnar við Hafnargötu 47 verið skoðuð með líkanreikningum og staðfesta þeir fyrri hættumat. Ytri endi hússins er í farvegi stórra skriðna úr Skuldarlæk og þar er áhættan metin svo mikil að hún samsvarar C-svæði. Skriður sem koma niður Stöðvarlæk koma af mestum krafti í sjálfum farveginum, sem heldur vel að eftir að gilinu sleppir. Því er innri hluti frystihússins utan skotlínu og á B-svæði. Rétt er að hafa í huga að staðsetning C-línunnar úti fyrir ströndinni við Skuldarlæk og Stöðvarlæk felur ekki í sér tölulegt mat á áhættu þar heldur felst í legu C-línunnar að áhætta ofan línunnar er meiri en 3 af 10.000 á ári í þessum farvegum og væntanlega töluvert yfir þeim mörkum.

Innri hluti frystihússins er skv. þessu mati á B-svæði en svæðið ofan Hafnargötu milli Skuldarlækjar og Stöðvarlækjar er hins vegar allt á C-svæði. Þessi hluti frystihússins er í vari gagnvart skriðuföllum úr urðarjöklinum, sbr. mynd 4, sem beinast niður farvegi Skuldarlækjar og Stöðvarlækjar. Á þessu svæði er nokkur hættu á skriðuföllum úr brún Neðri-Botna, sambærilegum skriðuföllum og féllu úr brúninni milli Stöðvarlækjar og Búðarár í desember sl. Hættumatið á þessu svæði byggir á því að endurkomutími slíkra skriðna úr brúninni sé mörg þúsund ár á hverjum stað fyrir sig, og að dánarlíkur séu mestar næst brekkufæti (>30%) og minni nær ströndinni (<=30%).

Skv. reglugerð um hættumat ber að meta hættu að teknu tilliti til varnarvirkja sem reist hafa verið en á hættumatskortu skal einnig sýna áhættu eins og hún er metin áður en varnarvirki voru reist. Jafnáhættulínur fyrir tilkomu varnarvirkja skulu samkvæmt reglugerðinni sýndar með slitnum línunum en heilar línur eru notaðar til þess að sýna áhættu eftir að varnarvirki eru að fullu risin. Eftir skriðuföllin á Seyðisfirði í desember 2020 hafa verið reistir bráðabirgðavarnargarðar til þess að draga úr skriðuhættu. Í hættumatinu sem hér er lagt fram er áhætta metin með og án þessara varnargarða. Þar sem varnargarðarnir eru ekki byggðir á niðurstöðu formlegrar frumathugunar og eru ekki hannaðir sem varanleg varnarmannvirki er rétt að líta á matið fyrir tilkomu þessara varnargarða sem hina formlega niðurstöðu hættumatsins sem hér er lýst. Áhættulínur fyrir tilkomu bráðabirgðavarnargarðanna eru því dregnar með heilum línunum og er miðað við að yfirvöld hafi þær til viðmiðunar í sambandi við aðgerðaáætlun og við ákvarðanir um varanlegar varnaraðgerðir. Hættumatið að teknu tilliti til varnargarðanna er sýnt með slitinni línu af annarri gerð en notuð er fyrir formleg hættumatskort og er það hugsað til þess að gefa almannavörnum og bæjaryfirvöldum til kynna hvaða gagn þessi varnarmannvirki gera, m.a. til þess að hafa til hliðsjónar í sambandi við rýmingu húsnæðis ef talin er yfirvofandi hættu á skriðuföllum. Rétt er að taka fram að í þessari framsetningu felst ekki vantrú á því að bráðabirgðavarnargarðarnir geri sitt gagn. Fremur er verið að halda því til haga að vinna þarf formlega frumathugun á varnaraðgerðum fyrir suðurhluta Seyðisfjarðar. Ekki er rétt að breyta hættumati fyrir svæðið, sem notað er sem grundvöllur fyrir ákvarðanir stjórnvalda um öryggisráðstafanir, fyrir en reist hafa verið endanleg varnarvirki sem byggja á sömu tæknilegu forsendum og slík varnarvirki annars staðar á landinu.

Hættumatið verður endurskoðað ef frekari jarðfræðirannsóknir benda til þess að forsendur líkanreikninga (t.d. stærð skriðna) eða áhættumats (t.d. mat á endurkomutíma) þarfnist breytinga.



**Seyðisfjörður - Hættumatskort (drög)**

Staðaráhætta eftir endurskoðun hættumats

- Jafnáhættulína, áhætta:  $3,0 \cdot 10^{-4}$
- Jafnáhættulína, áhætta:  $1,0 \cdot 10^{-4}$

Staðaráhætta miðað við bráðabirgðavarnargarða

- - - Jafnáhættulína, áhætta:  $3,0 \cdot 10^{-4}$

- Mörk hættumets svæðis