



VIÐAUKI G.1

Hafstraumar, öldufar og setflutningar





Mat á áhrifum þverana í Kollafirði, Leiruvogi, Eiðsvík og Elliðaárvogi

Unnið fyrir Vegagerðina

Skýrsla nr. 25.08

Ágúst 2025

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúli 28

108 Reykjavík

s. 512-2121

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is



Skýrsla nr: 25.08	Útgefið: Ágúst 2025	Fjöldi síðna: 258	Dreifing: Opin ☒ Lokuð ☐
Heiti skýrslu: Sundabraut. Mat á áhrifum þverana í Kollafirði, Leiruvogi, Eiðsvík og Elliðaárvogi.			
Höfundar: Hrólfur Ásmundsson, Hjalti Sigurjónsson, Sveinn Óli Pálmarsson, Ágúst Guðmundsson, Darri Kristmundsson			
Verkefnisstjóri: Sveinn Óli Pálmarsson			
Lagt er mat á áhrif þverana vegna fyrirhugaðrar Sundabrautar í Kollafirði, Leiruvogi, Eiðsvík og Elliðaárvogi á sjávarstrauma, öldufar, vatnsskipti, vatnsgæði og setflutninga. Til grundvallar greiningunni er sambætt sjávarlíkan Vatnaskila af Faxaflóa og Sundunum. Þveranirnar breyta víða straumsviði og öldufari í nágrenni sínu en hafa óveruleg til engin áhrif á sjávarföll og vatnsskipti. Í Kollafirði hefur þverun áhrif á sundþol þorska, væntanlega nærri 20% tímans, að teknu tilliti til viðmiða frá Hafrannsóknastofnun. Útskolun fulluppleysts óhvarfgjarns ferilefnis innan veglínu verður nokkuð hraðari að þverun lokinni, en þó leiðir ríkjandi straumið innan brúarops til heldur tregara svæðis innan við syðri vegfyllinguna. Mat á botnrofi og setflutningum út frá takmörkuðum gögnum um gerð setefna gaf til kynna að töluvert botnrof er mögulegt í straumrösti frá brúaropi og mesta setsöfnun gæti orðið í næsta nágrenni straumrasta og við straumið austan vegfyllingar. Með uppfærðum forsendum um efnisgerð mætti endurmeta þessar aðstæður sem og leggja mat á grugg af völdum botnrofs líkt og gert var fyrir Leiruvog. Tilkoma vegfyllingar er mjög ólíkleg til að hafa áhrif á markmið vatnshlotsins um gott efnafraðilegt ástands með hliðsjón af fráveituútrás innan vegfyllingar. Í Leiruvogi hefur þverun áhrif á straumsvið á nokkuð stóru svæði og snýr m.a. ráðandi straumum í Þerneyjarsundi svo þeir berast suðvestur úr sundinu á útfalli í stað norðausturs eins og oftast er við núverandi aðstæður. Aukinn straumhraði í nágrenni vegfyllinganna getur haft lítilleg áhrif á gönguseiði laxfiska um 40% tímans að teknu tilliti til viðmiða frá Hafrannsóknastofnun, en um 15% tímans geta áhrifin verið hamlandi. Útskolun fulluppleysts óhvarfgjarns ferilefnis innan veglínu verður hraðari að þverun lokinni við venjubundnari aðstæður og þeim mun greiðari eftir því sem stærð brúarops minnkar. Eftir því sem ölduhæð og vindstyrkur aukast umfram venjubundnar aðstæður eykur það enn frekar á útskolunarhraða þótt sá hraði kunni að vera heldur minni með tilkomu þverunar og eftir því sem brúarop verður minna. Vænta má að svæðisbundinn munur verði á styrk efnis innan vogsins samanborið við núverandi aðstæður án þverunar. Þverunin takmarkar gjarnan flutning mengunarefna sem uppsprettu eiga utan þverunar inn til Leiruvogs, nema ef um fulluppleyst óhvarfgjarnt sporefni er að ræða. Fyrir mengunarslys í brúaropi má draga þá ályktun að tilkoma þverunar geti verið jákvæð til hlutlaus fyrir uppsöfnun mengunarefna í Leiruvogi, eftir því til hvaða efnisgerðar er litið. Reiknuð selta fyrir tilvik með þverun er vart greinanleg frá tilviki án þverunar utan örlitlu hærrí toppa að þverun lokinni. Verulegur breytileiki er í niðurstöðum um botnrof og setflutninga vegna þverunar eftir því hvaða viðmið stuðst er við í reikningunum, en búast má við að töluvert botnrof og setflutningar verði í kjölfar þverunar Leiruvogs. Reikna má sömuleiðis með því að gruggmyndun verði vel merkjanleg og aukin í voginum og utan hans samhliða botnrofinu. Setflutningunum fylgja botnbreytingar, bæði á svæðinu í nágrenni við vegfyllinguna sem og á því dýptarbili sem fjara skilgreinist út frá. Á framkvæmdatíma má sömuleiðis reikna með áhrifum á framangreinda þætti af sams konar stærðargráðum eða meiri en á rekstrartíma. Þverun Eiðsvíkur leiðir til sterkrar straumrasta við brúarop og skjól myndast innan þverunar fyrir öldu. Lítillega hægir á útskolun á smástreymi, en útskolun er engu að síður hröð. Líkur eru til þess að botnrof aukist með tilkomu þverunar, sérstaklega við brúarop og innan þverunar. Landfylling í Kleppsvík hefur lítilleg áhrif á straumsviðið í Elliðaárvogi. Má líkja áhrifunum sem lítillega mögnuðum áhrifum af Gufuneshöfða á sjávarstrauma. Mjög lítil áhrif eru á reiknað öldufar. Landfyllingin hefur engin áhrif á heildarútskolun fulluppleysts óhvarfgjarns sporefnis innan landfyllingar, en lítillegur munur verður svæðisbundið á hvernig útskolun fram vindur. Landfyllingin hefur ekki áhrif á dreifingu mengunarefna frá athafnasvæðum til Grafarvogs.			
Verkkaupi: Vegagerðin		Tengiliðir verkkaupa: Helga Jóna Jónasdóttir	
Lykilorð: Sundabraut, þverun, Elliðaárvogur, Kleppsvík, Eiðsvík, Leiruvogur, Kollafjörður, vatnsskipti, útskolun, botnrof, setflutningar, vatnsgæði, seltubreytingar, mengunardreifing			



Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Myndaskrá	6
Töfluskrá	16
1. Inngangur	17
2. Grunnaðstæður á Sundunum	18
2.1. Sjávarföll og sjávarfallastraumar	18
2.2. Öldufar	21
2.3. Vindafar	25
3. Kollafjörður	29
3.1. Sjávarstraumar	29
3.1.1. Breytingar á straumsviði í kjölfar þverunar.....	29
3.1.2. Áhrif á sundþol þorska	32
3.2. Öldufar	32
3.3. Sjávarföll og vatnsskipti	35
3.4. Útskolun.....	40
3.5. Botnrof og setflutningar	44
3.6. Fráveita	51
4. Leiruvogur – Blikastaðakró.....	57
4.1. Sjávarstraumar	59
4.1.1. Breytingar á straumsviði í kjölfar þverunar.....	59
4.1.2. Áhrif á gönguseiði laxfiska.....	63
4.2. Öldufar	67
4.3. Sjávarföll og vatnsskipti	69
4.3.1. Vatnsskipti við verklok	69
4.3.2. Vatnsskipti við nýtt framtíðar jafnvægisástand fjöru	75
4.4. Útskolun.....	76
4.4.1. Fastur upphafsstyrkur sporefis innan veglínu.....	76
4.4.2. Fast innstreymi sporefis með vatnsföllum til Leiruvogs	90
4.5. Mengunardreifing.....	92
4.5.1. Samfelldur leki mengunarefnis í Þerneyjarsundi	92
4.5.2. Mengunarslys við brúarop	106
4.6. Selta	120
4.7. Botnrof og setflutningar	124
4.7.1. Setefnamælingar	124
4.7.2. Skerspennuaukning sem leiðir til botnrofs	126
4.7.3. Framburður setefna með ám	132
4.7.4. Botnrof og setflutningar vegna þverunar	138
4.7.5. Tilfelli A – Minna botnrof	142



4.7.6.	Tilfelli B – Meira botnrof	147
4.7.7.	Grugg af völdum botnrofs	153
4.7.8.	Botnbreytingar	178
4.7.9.	Hugsanleg temprun botnrofs og uppsöfnunar	186
4.8.	Framkvæmdatími	190
4.8.1.	Sjávarstraumar	191
4.8.2.	Sjávarföll og vatnsskipti	198
4.8.3.	Botnrof og setflutningar	202
4.8.4.	Grugg af völdum botnrofs	210
5.	Eiðsvík	221
5.1.	Sjávarstraumar	221
5.2.	Öldufar	223
5.3.	Sjávarföll og vatnsskipti	223
5.4.	Útskolun	226
5.5.	Botnrof	228
6.	Elliðaárvogur	230
6.1.	Sjávarstraumar	231
6.2.	Öldufar	232
6.3.	Sjávarföll og vatnsskipti	233
6.4.	Útskolun	235
6.5.	Mengun frá athafnasvæði	239
7.	Samantekt	241
7.1.	Inngangur – forsendur	241
7.2.	Grunnaðstæður á Sundunum	241
7.3.	Kollafjörður	241
7.4.	Leiruvogur-Blikastaðakró	244
7.5.	Eiðsvík	253
7.6.	Elliðaárvogur	254
8.	Frekari athuganir	255
8.1.	Frekari rannsóknir í kjölfar umhverfismats	255
8.2.	Áhættumat vegna framkvæmda	256
8.3.	Vöktun á framkvæmda- og rekstartíma	256
	Heimildaskrá	257



Myndaskrá

Mynd 1. Faxaflói og Sundin. Dýpi.	18
Mynd 2. Hlutfallsmörk útslags sjávarfallabylgju á stórstreymi yfir sjö ára tímabil.	19
Mynd 3. Mæld sjávarhæð í Reykjavíkurhöfn miðað við meðalsjavarstöðu ásamt meðalhæð við smástraum og stórstraum í janúar og febrúar 2019.	20
Mynd 4. Hlutfallsmörk sjávarstöðu miðað við meðalsjó á mestu fjöru á stórstreymi annars vegar og á öllum tímum hins vegar. Tímabilið 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025.	20
Mynd 5. Sjávarfallastraumar við stórstraum á aðfalli (hægri) og útfalli (vinstri) á Sundunum.	21
Mynd 6. Öldurós metin í Garðskagaduflí út frá mælingum þar á kenniöldu (H_s) og reiknaðri öldustefnu yfir þrettán ára tímabil.	21
Mynd 7. Dæmi um þróun ölduhæðar og stefnu á Faxaflóa samkvæmt öldusveigjúlíkani. 6 m ölduhæð er úti fyrir Faxaflóa og stefna suðvestlæg.	22
Mynd 8. Öldurósir fyrir utan Faxaflóa og inn að sundum skv. niðurstöðum öldusveigjúlíkans.	23
Mynd 9. Öldurósir á sundunum skv. niðurstöðum öldusveigjúlíkans.	23
Mynd 10. Mismunandi hlutfallsmörk ölduhæðar á Sundunum á sameiginlegum hæðarskala. Viðmiðunarpunktur fyrir hlutfallsmörk öldu (Tafla 1) er merktur með bleikri stjörnu.	24
Mynd 11. Vindrósir yfir Sundunum, tekið úr vindatlas Veðurstofu Íslands. Gerð var tíðnigreining á vindhraða úr háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi) í punktinum sem merktur er með rauðri stjörnu.	25
Mynd 12. Hlutfallsmörk vindhraða í viðmiðunarpunkti á Sundunum yfir eitt ár, 2019, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).	26
Mynd 13. Vindrós í viðmiðunarpunkti á Sundunum, gögn yfir eitt ár, 2019, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).	26
Mynd 14. Vindsvið samsvarandi 50% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og aust-suðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).	27
Mynd 15. Vindsvið samsvarandi 50% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og norðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).	27
Mynd 16. Vindsvið samsvarandi 99% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og aust-suðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).	28
Mynd 17. Dýpi í Kollafirði og þveranir til skoðunar, ytri og innri leið.	29
Mynd 18. Sjávarfallastraumar í Kollafirði með og án þverunar á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri) við stórstreymi.	30
Mynd 19. Sjávarstraumar með og án þverunar við stórstreymi með ölduhæð og vindhraða við 50% hlutfallsmörk á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri).	31
Mynd 20. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (efri) og útfalli (neðri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar fyrir þorsk, 0,66 m/s. Innri brú. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	33
Mynd 21. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (efri) og útfalli (neðri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar fyrir þorsk, 0,66 m/s. Ytri brú. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	34
Mynd 22. Ölduhæð fyrir 50% og 99% hlutfallsmörk úthafsöldu fyrir núverandi ástand, ytri- og innri leið Sundabrautar.	35
Mynd 23. Viðmiðunarpunktar fyrir sjávarföll og rennissnið í Kollafirði. Sýnd eru til viðmiðunar ætluð lág stórstraumsfjöllumörk byggt á takmörkuðum gögnum.	36
Mynd 24. Sjávarhæð í viðmiðunarpunktum, með og án þverunar (Innri leið).	37
Mynd 25. Rennsli um innri veglínu með og án þverunar.	38
Mynd 26. Sjávarhæð í viðmiðunarpunktum, með og án þverunar (Ytri leið).	39
Mynd 27. Rennsli um ytri veglínu með og án þverunar.	40
Mynd 28. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefis innan vegfyllingar (innri leið) af upphafsstyrk sem fall af tíma.	41



Mynd 29. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefis innan vegfyllingar (ytri leið) af upphafsstyrk sem fall af tíma.	41
Mynd 30. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefis yfir 10 daga tímabil í Kollafirði. Samanburður á núverandi ástandi og eftir þverun miðað við innri leið. Myndir lengst til hægri sýna mismun milli innri leiðar og núverandi ástands.	42
Mynd 31. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefis yfir 10 daga tímabil í Kollafirði. Samanburður á núverandi ástandi og þverun miðað við ytri leið. Myndir lengst til hægri sýna mismun milli ytri leiðar og núverandi ástands.	43
Mynd 32. Áhrif þverana á mögulegt botnrof fyrir mismunandi forsendur um sjávarstrauma og öldufar. Jafngildislínur sýna útmörk þeirra svæða sem sandur af tiltekinni kornastærð getur farið á hreyfingu að teknu tilliti til skerspennu á botni.	45
Mynd 33. Sýnatökustaðir í rannsókn Jörundar Svavarssonar (2007) í Kollafirði.	46
Mynd 34. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop (tilfelli A).	47
Mynd 35. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna í Kollafirði eftir 100 ár. Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi (tilfelli A).	48
Mynd 36. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop. Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi (tilfelli B).	49
Mynd 37. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna í Kollafirði, í nýju jafnvægi (100 ár). Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi, eftir 100 ár (Tilfelli B).	49
Mynd 38. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop. Byggt á forsendum um kornastærðir úr greiparsýnum úr Kollafirði (Tafla 3) fyrir botnyfirborð og kjarnasýnum í Leiruvogi (tilfelli B) fyrir setefni þar fyrir neðan.	51
Mynd 39. Strandsjávahlótið Straumsvík-Kjalarnes, númer 1044-1391-C. Úr vatnavefsjá.	52
Mynd 40. Styrkur nítrats, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).	53
Mynd 41. Styrkur fosfórs, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).	54
Mynd 42. Lífræn súrefnisþörf (BOD). 90% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).	55
Mynd 43. Efnafraðileg súrefnisþörf (COD), 90% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).	55
Mynd 44. Uppleyst súrefni O ₂ . 10% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).	55
Mynd 45. Styrkur svifagna, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).	56
Mynd 46. Leiruvogur og Blikastaðakró. Dýpi og staðsetning þverunar.	57
Mynd 47. Leirur í Leiruvogi og Blikastaðakró samkvæmt kortaþekju Náttúrufræðistofnunar Íslands (litaðir fletir) ásamt lágum stórstraumsfjörumörkum -2,3 m y.s. (græn lína), miðgildis stórstraumsfjörumörkum -1,75 m y.s. (blá lína), staðsetningu þverunar og viðmiðunarpunkti (rauður) vegna botnrofsreikninga.	58
Mynd 48. Sjávarfallastraumar í Leiruvogi með og án þverunar á útfalli og aðfalli við stórstraum.	60
Mynd 49. Sjávarfallastraumar í nágrenni vegfyllingar á útfalli og aðfalli við stórstraum.	61
Mynd 50. Sjávarstraumar með og án þverunar við stórstreymi með ölduhæð og vindhraða við 50% hlutfallsmörk á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri).	62
Mynd 51. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 200 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	64



Mynd 52. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 160 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	65
Mynd 53. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 120 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	66
Mynd 54. 50% Hlutfallsmörk kenniöldu í Leiruvogi, án þverunar (a) og að lokinni þverun með brúaropum 200 m (b), 160 m (c) og 120 m (d).	68
Mynd 55. 99% Hlutfallsmörk kenniöldu í Leiruvogi, án þverunar (a) og að lokinni þverun með brúaropum 200 m (b), 160 m (c) og 120 m (d).	68
Mynd 56. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennslissniðs í Leiruvogi.	69
Mynd 57. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (200 m brúarop)	70
Mynd 58. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (160 m brúarop).	71
Mynd 59. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (120 m brúarop).	72
Mynd 60. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 200m brúarop.	73
Mynd 61. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 160 m brúarop.	73
Mynd 62. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 120 m brúarop.	74
Mynd 63. Fjara í Leiruvogi og Blikastaðakró. Hlutfall tímans sem sjávarbotn er á þurru fyrir framkvæmdir (efri) og við verklok miðað við 200 m brú (neðri). Viðmiðið er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	75
Mynd 64. Rennsli um veglínu fyrir 200 m brúarop að teknu tillit til langtíma breytinga á sjávarbotni í kjölfar botnrofs og uppsöfnunar setefna (tilfelli B, meira botnrof).	76
Mynd 65. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	77
Mynd 66. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.	78
Mynd 67. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.	79
Mynd 68. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.	79
Mynd 69. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	81
Mynd 70. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.	82
Mynd 71. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.	83
Mynd 72. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	84
Mynd 73. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.	85
Mynd 74. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.	86
Mynd 75. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 120 m brúaropi. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	87
Mynd 76. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 120 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.	88



Mynd 77. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefni yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 120 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.....	89
Mynd 78. Reiknaður heildarmassi sporefni innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Úlfarsá með föstu massastreymi (1 g/s) fyrir tilfelli með og án þverunar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.	90
Mynd 79. Reiknaður heildarmassi sporefni innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Leiruvogsá með föstu massastreymi (1g/s) fyrir tilfelli með og án þverunar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.	91
Mynd 80. Reiknaður heildarmassi sporefni innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Köldukvísl með föstu massastreymi (1g/s) fyrir tilfelli með og án brúar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.....	91
Mynd 81. Punktuppspretta í Þerneyjarsundi með samfelldum leka mengunarefni.	92
Mynd 82. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur eftir tveggja vikna samfelldan leka. Án þverunar (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (hægri).....	93
Mynd 83. Fulluppleyst ferilefni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka.	94
Mynd 84. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur eftir tveggja vikna samfelldan leka. Án þverunar (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (hægri).	94
Mynd 85. Ferilefni með eiginleika agna. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka.	95
Mynd 86. Olía með mikla dreifni. Styrkur (massi á yfirborði) eftir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Lokagildi án þverunar (vinstri), lokagildi að lokinni þverun með 200 m brú (hægri).	95
Mynd 87. Olía með mikla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.	96
Mynd 88. Olía með mikla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.	97
Mynd 89. Olía með litla dreifni. Styrkur (massi á yfirborði) eftir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Lokagildi án þverunar (vinstri), lokagildi eftir þverun með 200 m brú (hægri).	98
Mynd 90. Olía með litla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.	98
Mynd 91. Olía með litla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.	99
Mynd 92. Tímasería fyrir massa efnis innan Blikastaðaleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).	100
Mynd 93. Tímasería fyrir massa efnis innan Eiðisleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).	101
Mynd 94. Tímasería fyrir massa efnis innan leiru Leiruvogs innri yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).	102
Mynd 95. Tímasería fyrir massa efnis innan leiru Leiruvogs ytri yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).	103
Mynd 96. Tímasería fyrir massa efnis innan Nesvíkurleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).	104
Mynd 97. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Kollafjarðar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og engan vind (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og engan vind (neðst, hægri).	106
Mynd 98. Mengunarslysstaður í brúaropi.	107



Mynd 99. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	108
Mynd 100. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	109
Mynd 101. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi á alls 5 tonnum efnis. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri röð, hægri).	110
Mynd 102. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	111
Mynd 103. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	112
Mynd 104. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi á alls 5 tonnum efnis. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri röð, hægri).	113
Mynd 105. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok 2 klst samfelldrar sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	114
Mynd 106. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	115
Mynd 107. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).	116
Mynd 108. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	117
Mynd 109. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).	118
Mynd 110. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).	119
Mynd 111. Olía með litla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).	120
Mynd 112. Seltumælingar í Leiruvogi og Þerneyjarsundi á vegum Hafrannsóknastofnunar. Mælar sumarið 2018 merktir með rauðu, mælar sumarið 2024 merktir með grænu.	120
Mynd 113. Mælt rennsli í Úlfarsá, 2011 -2020.	121
Mynd 114. Samanburður á seltu [S], sjávarstöðu og rennsli Úlfarsár [Q]. Efst seltumælingar í ósi Leirvogssár. Næst efst mælingar á seltu í Leiruvogi og Þerneyjarsundi. Næst neðst mæld sjávarstaða í Reykjavíkurhöfn. Neðst mælt rennsli í Úlfarsá.	122
Mynd 115. Mæld og reiknuð selta í Leiruvogi í júní 2018 nærri stórstraumsfjörumörkum, við mæli leiru_2b18 (mynd 112).	123
Mynd 116. Mæld og reiknuð selta í júní 2018, 850 m utan brúarops, við mæli leiru_3b18 (mynd 112).	123



Mynd 117. Mæld og reiknuð selta í Leiruvogi nærri stórstraumsfjörumörkum, við mæli leiru_2b18 (Mynd 112). Þrefalt meðalinnrennsli (98% hlutfallsmörk).....	124
Mynd 118. Mæld og reiknuð selta 850 m utan brúarops, við mæli leiru_3b18 (Mynd 112). Þrefalt meðalinnrennsli (98% hlutfallsmörk).	124
Mynd 119. Staðsetningar borkjarna (A og B) og greipasýna ásamt mældum d50 gildum, í millimetrum.....	125
Mynd 120. Mesta skerpenna við botn við núverandi aðstæður (efri) og strax eftir þverun með 200 m brúaropi (neðri). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).....	128
Mynd 121. Mesta skerpenna við botn strax eftir þverun með 160 m brúaropi (efri) og strax eftir þverun með 120 m brúaropi (neðri). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	129
Mynd 122. Mismunur í reiknaðri skerspennu, eftir og fyrir þverun, 200 m brúarop (efst), 160 m brúarop (miðja) og 120 m brúarop (neðst). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	130
Mynd 123. Aukning í hámarks skerspennu miðað við ástand fyrir þverun. 200 m brúarop (efst), 160 m brúarop (miðja) og 120 m brúarop (neðst). Sjávarfallastraumar án öldu f yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	131
Mynd 124. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).	133
Mynd 125. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).....	133
Mynd 126. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í þreföldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).....	134
Mynd 127. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í þreföldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).	134
Mynd 128. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í tífoldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).....	135
Mynd 129. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í tífoldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).	135
Mynd 130. Vænt árs uppsöfnun setefna sem berast frá vatnsföllum í Leiruvogi við núverandi aðstæður.	136
Mynd 131. Vænt árs uppsöfnun setefna sem berast frá vatnsföllum í Leiruvogi eftir þverun (200m brúarop).	137
Mynd 132. Breyting væntrar ársuppsöfnunar setefna frá vatnsföllum í Leiruvogi (200m brúarop).	137
Mynd 133. Reiknað rof og uppsöfnun setefna yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), 200 m (efst), 160 m (miðja) og 120 m (neðst) brúarop. Blá lína táknar lág stórstraumsfjörumörk -2,3 m y.s.	139
Mynd 134. Mat á hlutfalli setefna sem setjast ekki á svæðinu innan vegfyllingar fyrir 200 m brúarop í kjölfar rofs og botnsets á sama svæði yfir hvern viðmiðunarmánuð að framkvæmd lokinni.	141
Mynd 135. Rof og setmyndun innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli A.....	142
Mynd 136. Hlutfall setmyndunar og rofs innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli A.	143
Mynd 137. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar (200 m brúarop) og botnbreyting í viðmiðmiðunarpunkti (tilfelli A).	143



Mynd 138. Botnbreytingar eftir 1 ár. Tilfelli A (200 m brúarop).	144
Mynd 139. Botnbreytingar eftir 10 ár. Tilfelli A (200 m brúarop).	144
Mynd 140. Botnbreytingar eftir 100 ár. Tilfelli A (200 m brúarop).	145
Mynd 141. Rof og setmyndun innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli B.	148
Mynd 142. Hlutfall sets og rofs innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli B.	149
Mynd 143. Uppsafnað rof og setmyndun innan brúar (200 m brúarop), og botnbreyting í viðmiðunarpunkti. Tilfelli B.	149
Mynd 144. Botnbreytingar eftir 1 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).	150
Mynd 145. Botnbreytingar eftir 10 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).	150
Mynd 146. Botnbreytingar eftir 100 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).	151
Mynd 147. Samband styrks svifaurs og hlutfalls ljósstyrks við yfirborð sem nær niður á ákveðið dýpi.	154
Mynd 148. Samband heildarstyrks svifaurs og Secchi dýpis við aðstæður sem hér er gert ráð fyrir.	154
Mynd 149. Ljósstyrkur eftir dýpi sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði, fyrir mismunandi Secchi dýpi.	155
Mynd 150. Sjávarstaða við meðalsjó og straumhraði í brúaropi á stórstraumi ásamt viðmiðunartímasetningum 1-12 á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu stórstraumsfjöru.	158
Mynd 151. Reiknaður svifaursstyrkur á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu fjöru (mynd 150) við núverandi aðstæður.	159
Mynd 152. Viðmiðunarpunktar til mats á tíðnidreifingum tímaraða ljósstyrks við botn, svifaursstyrks og Secchi dýpis.	160
Mynd 153. Tíðnidreifingar tímasería ljósstyrks við botn án svifaurs (efri vinstri), svifaursstyrks (efri hægri), ljósstyrks við botn með svifaur (neðri vinstri) og Secchi dýpis (neðri hægri) yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil (stórstraumssveifla við 85% hlutfallsmörk) á sex viðmiðunarpunktum (mynd 152). Núverandi aðstæður.	161
Mynd 154. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn fyrir botnrof þegar ekki er tekið tillit til svifaursstyrks. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.	162
Mynd 155. Hlutfallsmörk áætlaðs svifaursstyrks vegna sjávarfalla við núverandi aðstæður.	163
Mynd 156. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður þegar tekið er tillit til áætlaðs svifaursstyrks. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.	164
Mynd 157. Hlutfallsmörk Secchi dýpis við núverandi aðstæður þegar tekið er tillit til áætlaðs svifaursstyrks.	165
Mynd 158. Reiknaður svifaursstyrkur á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu fjöru (mynd 150), eftir þverun með 200 m brú.	169
Mynd 159. Tíðnidreifingar tímasería ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður (efri vinstri). Tíðnidreifingar að lokinni þverun með 200 m brú fyrir svifaursstyrk (efri hægri), ljósstyrk við botn með svifaur (neðri vinstri) og Secchi dýpi (neðri hægri) yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil (stórstraumssveifla við 85% hlutfallsmörk) á sex viðmiðunarpunktum (mynd 152).	170
Mynd 160. Samanburður á tíðnidreifingum fyrir neðri hluta gilda svifaursstyrks við núverandi aðstæður (efri) og að lokinni þverun með 200 m brú (neðri) í sex viðmiðunarpunktum (mynd 152).	171
Mynd 161. Hlutfallsmörk styrks svifaurs vegna botnrofs í byrjun rekstrartíma (200 m brúarop). Skalar á myndum eru breytilegir til þess að draga fram breytileika í styrk fyrir hver hlutfallsmörk.	174
Mynd 162. Hlutfallsmörk Secchi dýpis í byrjun rekstrartíma (200 m brúarop).	175
Mynd 163. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn í byrjun rekstrartíma (200 m brúarop). Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.	176
Mynd 164. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn við upphaf rekstrartíma að þverun lokinni og ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður (200 m brúarop). Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.	177
Mynd 165. Jafndýptarlínur sjávarbotns miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á rofi og jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, Tilfelli A og B.	179
Mynd 166. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. Fjörur í Leiruvogi og Blikastaðakró.	180
Mynd 167. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. fjörusvæði í Nesvík austan Gunnuness.	181



Mynd 168. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. Fjörusvæði við Blikastaðakró neðan ósa Úlfarsár.....	182
Mynd 169. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. Fjörusvæði við eiðið sunnan undir Geldinganesi.....	183
Mynd 170. Hlutfallsmörk sjávarstöðu á mestu fjöru á stórstreymi annars vegar og á öllum tímum hins vegar. Flatarmál fjöru við sjávarstöðu án þverunar (upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, Tilfelli A og B.	184
Mynd 171. Flatarmál hvers 0,1 m hæðarbils fjöru neðan -1,4 m y.s. án þverunar (Upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar (Tilfelli A), ásamt hlutfalli flatarmáls hæðarbils fyrir Tilfelli A miðað við Upphaf.	184
Mynd 172. Flatarmál hvers 0,1 m hæðarbils fjöru neðan -1,4 m y.s. án þverunar (Upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar (Tilfelli B), ásamt hlutfalli flatarmáls hæðarbils fyrir Tilfelli B miðað við Upphaf.	185
Mynd 173. Hlutfallsleg stækkun flatarmáls fjöru þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar fyrir Tilfelli A og Tilfelli B sem fall af sjávarstöðu (vinstri), hlutfallsmörkum sjávarstöðu (miðja) og hlutfallsmörkum sjávarstöðu á stórstreymi (hægri).	185
Mynd 174. Samanburður á rofi í viðmiðunarpunkti án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).	187
Mynd 175. Samanburður á rofi innan vegfyllingar (200 m brúarop) án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).	188
Mynd 176. Samanburður á uppsöfnun setefna innan vegfyllingar (200 m brúarop) án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).	188
Mynd 177. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, án viðbragðsaðgerða.	189
Mynd 178. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, viðbragðsaðgerð; 1 cm jafndreifðu malarlagi dreift yfir allt rofsvæðið til þess að sporna við rofi.	189
Mynd 179. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, viðbragðsaðgerð; 3 cm jafndreifðu malarlagi dreift yfir allt rofsvæðið til þess að sporna við rofi.	190
Mynd 180. Vegfylling (grá) þegar hún nær lengst út á framkvæmdatíma ef byggt væri frá Geldinganesi (400m vatnsop). Viðmiðunarpunktur fyrir sjávarföll (gulir), rennslissnið (rauð brotalína) og viðmiðunarpunktur fyrir botnrof (blár).	191
Mynd 181. Vegfylling (grá) þegar hún nær lengst út á framkvæmdatíma ef byggt væri frá Gunnunesi (400m vatnsop). Viðmiðunarpunktur fyrir sjávarföll (gulir), rennslissnið (rauð brotalína) og viðmiðunarpunktur fyrir botnrof (grænn).	191
Mynd 182. Samanburður á straumsviði á útfalli og aðfalli á stórstreymi milli núverandi ástands og útfærslu framkvæmda þar sem vegfylling er annars vegar gerð út frá Geldinganesi og hins vegar Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	193
Mynd 183. Straumsvið á útfalli og aðfalli á stórstreymi í vatnsopi framkvæmdatíma þegar er byggt út frá Geldinganesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	194
Mynd 184. Straumsvið á útfalli og aðfalli á stórstreymi í vatnsopi framkvæmdatíma þegar er byggt út frá Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	195
Mynd 185. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar vegna laxfiska, fyrir vatnsop á framkvæmdatíma þegar byggt er út frá Geldinganesi. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	196
Mynd 186. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar vegna laxfiska, fyrir vatnsop á framkvæmdatíma þegar byggt er út frá Gunnunesi. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).	197
Mynd 187. Samanburður á sjávarföllum í viðmiðunarpunktum innan og utan þverunar í Leiruvogi (Mynd 180) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Geldinganesi.	199



Mynd 188. Samanburður á sjávarföllum í viðmiðunarpunktum innan og utan þverunar í Leiruvogi (mynd 181) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Gunnunesi.	200
Mynd 189. Samanburður á rennsli um veglínú í Leiruvogi (mynd 180) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Geldinganesi.	201
Mynd 190. Samanburður á rennsli um veglínú í Leiruvogi (mynd 181) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Gunnunesi.	201
Mynd 191. Samanburður á skerspennu við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem vegfylling er unnin út frá Geldinganesi, 400 m vatnsop milli vegfyllingar og Gunnuness.	202
Mynd 192. Samanburður á skerspennu við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem vegfylling er unnin út frá Gunnunesi, 400 m vatnsop milli vegfyllingar og Geldinganes.	203
Mynd 193. Aukning í skerspennu á framkvæmdatíma miðað við núverandi ástand.	205
Mynd 194. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Geldinganesi. Tilfelli A.	206
Mynd 195. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Geldinganesi. Tilfelli B.	206
Mynd 196. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Gunnunesi. Tilfelli A.	207
Mynd 197. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Gunnunesi. Tilfelli B.	207
Mynd 198. Hlutfallsmörk styrks svifaus vegna botnrofs á framkvæmdatíma. Byggt frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	213
Mynd 199. Hlutfallsmörk Secchi dýpis á framkvæmdatíma. Byggt út frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	214
Mynd 200. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn á framkvæmdatíma. Byggt út frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Gert er ráð fyrir tærum sjó fyrir botnrof og ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	215
Mynd 201. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn á framkvæmdatíma og ljósstyrks við botn í tæru vatni. Byggt er frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	216
Mynd 202. Hlutfallsmörk styrks svifaus vegna botnrofs á framkvæmdatíma. Byggt er frá Gunnunesi og 400 m vatnsop að Geldinganesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Skalar á myndum eru breytilegir til þess að draga fram breytileika í styrk fyrir hver hlutfallsmörk. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	217
Mynd 203. Hlutfallsmörk Secchi dýpis vegna botnrofs á botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	218
Mynd 204. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn vegna botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	219
Mynd 205. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn vegna botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	220
Mynd 206. Eiðsvík. Dýpi og staðsetning þverunar.	221
Mynd 207. Straumhraði í Eiðsvík á stórstraumi með og án þverunar.	222
Mynd 208. 50% hlutfallsmörk kenniöldu í Eiðsvík. Fyrir þverun (vinstri) og eftir þverun (hægri).	223
Mynd 209. 99% hlutfallsmörk kenniöldu í Eiðsvík. Fyrir þverun (vinstri) og eftir þverun (hægri).	223
Mynd 210. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennissniðs í Eiðsvík.	224



Mynd 211. Samanburður á sjávarhæð við núverandi ástand og eftir þverun í punktum staðsettum utan vegfyllingar (efri mynd, punktur 1) og innan vegfyllingar (neðri mynd, punktur 2).	225
Mynd 212. Samanburður á rennsli um veglínu í Eiðsvík við núverandi ástand og eftir þverun.	226
Mynd 213. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefis yfir sólarhringstímabil í Eiðsvík án þverunar og eftir þverun. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	227
Mynd 214. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefis innan vegfyllingar í Eiðsvík sem fall af tíma. Upphaf á aðfalli smástraums. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	228
Mynd 215. Áhrif þverunar í Eiðsvík á mögulegt botnrof fyrir mismunandi forsendur um sjávarstrauma og öldufar. Jafngildislínur sýna útmörk þeirra svæða sem botnefni af tiltekinni kornastærð getur farið á hreyfingu að teknu tilliti til skerspennu á botni.	229
Mynd 216. Elliðaárvogur. Dýpi og staðsetning. Landfylling við Kleppsvík.	230
Mynd 217. Straumhraði í Elliðaárvogi og Kleppsvík á stórstraumi með og án landfyllingar.	231
Mynd 218. 50% hlutfallsmörk kenniöldu í Elliðaárvogi. Fyrir þverun (a) og eftir þverun (b).	232
Mynd 219. 99% hlutfallsmörk kenniöldu í Elliðaárvogi. Fyrir þverun (a) og eftir þverun (b).	232
Mynd 220. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennissniðs í Elliðaárvogi. Landfylling sýnd í gráum lit við austanverðan Elliðaárvog.	233
Mynd 221. Samanburður á sjávarföllum í Elliðaárvogi með og án landfyllingar. Efri mynd, sjávarföll í viðmiðunarpunkti í Elliðaárvogi utan landfyllingar (punktur 1). Neðri mynd, sjávarföll í viðmiðunarpunkti í Elliðaárvogi innan landfyllingar (punktur 2).	234
Mynd 222. Rennsli um snið sem liggur innan landfyllingar í Elliðaárvogi.	235
Mynd 223. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefis innan landfyllingar í Elliðaárvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	236
Mynd 224. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefis í Grafarvogi með og án landfyllingar við Kleppsvík. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	236
Mynd 225. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefis yfir 96 klst tímabil í Elliðaárvogi án landfyllingar og með landfyllingu. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	237
Mynd 226. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefis yfir 96 klst tímabil í Grafarvogi án landfyllingar og með landfyllingu í Kleppsvík. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.	238
Mynd 227. Viðmiðunaruppsprettur sporefna innan Elliðaárvogs.	239
Mynd 228. Tímaseriur fyrir styrk sporefis innan Grafarvogs fyrir mismunandi uppsprettur í Elliðaárvogi, með og án uppfyllingar. Uppspretta við Vogabakka (efri, vinstri), Skarfabakka (efri, hægri), norðan við uppfyllingu (neðri, vinstri) og sunnan við uppfyllingu (neðri, hægri).	240



Töfluskrá

Tafla 1. Hlutfallsmörk ölduhæðar í viðmiðunarpunkti (mynd 10) úti fyrir Kollafirði og Leiruvogi ásamt tilsvarandi fjölda klukkustunda og daga á ári til viðmiðunar.	24
Tafla 2. Mestu hraðar í brúaropum fyrir ytri og innri leið Sundabrautar. Samanburður með og án brúar.	31
Tafla 3. Kornastærðardreifing á öllum stöðvum í rannsókn Jörundar Svavarssonar (2007). Sýndur er hundraðshluti af hverjum stærðarflokki.	46
Tafla 4. Forsendur rennslis og styrks í útrás við Esjumela samkvæmt upplýsingum frá Veitum.	52
Tafla 5. Mestu reiknuðu straumhraðar í brúaropum í Leiruvogi yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.	59
Tafla 6. Uppsöfnun mengunarefna innan veglínu í Leiruvogi eftir tveggja vikna tímabil af samfelldum 1 g/s leka í Þerneyjarsundi.	105
Tafla 7. Kornastærðarflokkun á greipar- og kjarnasýnum.	125
Tafla 8. Kornastærðarflokkun á kjarna A.	126
Tafla 9. Kornastærðarflokkun á kjarna B.	126
Tafla 10. Niðurstöður mælinga á svifaur í Korpu.	132
Tafla 11. Kornastærðarflokkun svifaurssýna í Korpu.	132
Tafla 12. Uppsöfnun setefna innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m y.s.), tilfelli A.	145
Tafla 13. Uppsöfnun setefna innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.), tilfelli A.	146
Tafla 14. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Tilfelli A.	146
Tafla 15. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 10 ár. Tilfelli A.	146
Tafla 16. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 100 ár. Tilfelli A.	147
Tafla 17. Uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m y.s.), tilfelli B.	151
Tafla 18. Uppsöfnun innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.), tilfelli B.	152
Tafla 19. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Tilfelli B.	152
Tafla 20. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 10 ár. Tilfelli B.	152
Tafla 21. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 100 ár. Tilfelli B.	153
Tafla 22. Mestu straumhraðar í vatnsopi á framkvæmdatíma í Leiruvogi.	192
Tafla 23. Uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m y.s.) eftir 1 ár.	208
Tafla 24. Uppsöfnun innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.) eftir 1 ár.	208
Tafla 25. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Geldinganesi tilfelli A.	209
Tafla 26. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Geldinganesi tilfelli B.	209
Tafla 27. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Gunnunesi tilfelli A.	210
Tafla 28. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Gunnunesi tilfelli B.	210
Tafla 29. Mestu hraðar í brúaropi við Eiðsvík.	222



1. Inngangur

Vegna mats á umhverfisáhrifum Sundabrautar fól Vegagerðin Vatnaskilum að meta áhrif fyrirhugaðra þverana í Kollafirði, Leiruvogi, Eiðsvík og Elliðaárvogi á sjávarstrauma, öldufar, vatnsskipti, vatnsgæði og setflutninga. Til grundvallar greiningunni er samþætt sjávarlíkan Vatnaskila af Faxaflóa og Sundunum.

Gerð er grein fyrir grunnaðstæðum á Sundunum og framkvæmdasvæðinu, sér í lagi öldufari, sjávarföllum og vindafari, og þ.a.l. ríkjandi sjávarstraumum á svæðinu. Líkaninu er jafnframt beitt til að meta breyttar aðstæður með tilkomu þverananna og hvort þær hafi áhrif á vatnsskipti, útskolun efna, vatnsgæði, botnrof og setflutninga.

Endanleg útfærsla Sundabrautar liggur ekki fyrir. Í Kollafirði var við matsáætlun (Efla, 2023) skilgreint rannsóknarsvæði og eru innri og ytri jaðrar þess svæðis kannaðir hér í grunninn sem tveir mögulegir kostir, innri og ytri leið, báðir með 80 m brúaropi og tilsvarendi virku vatnsopi 70 m. Þegar á ferlið leið var áhersla lögð á innri leið þar sem sá kostur hafði verið valinn. Þrír kostir eru til skoðunar hvað varðar stærð brúar í Leiruvogi, 200 m, 160 m og 120 m, með tilsvarendi virku vatnsopi 190 m, 150 m og 110 m. Í greinargerðinni er gerð grein fyrir áhrifum af öllum brúarstærðum fyrir hluta þeirra matsþátta sem eru til skoðunar, en sérstaklega er síðan greint frá niðurstöðum fyrir 200 m brú fyrir aðra matsþætti. Í Eiðsvík er gert ráð fyrir þverun með vegfyllingu og 20 m brúaropi. Í Elliðaavogi er gert ráð fyrir landfyllingu austan megin í vöginum við Kleppsvík sem hefur minni áhrif á strauma en þverun með vegfyllingum myndi gera.

Að lokinni umfjöllun um grunnaðstæður á Sundunum og framkvæmdasvæðinu er fjallað um möguleg áhrif þverunar á hverju framangreindra svæða fyrir sig. Meginniðurstöður eru síða dregnar saman í lokin auk þess sem fjallað er um hvaða þætti gæti verið ástæða til að skoða frekar og vakta.

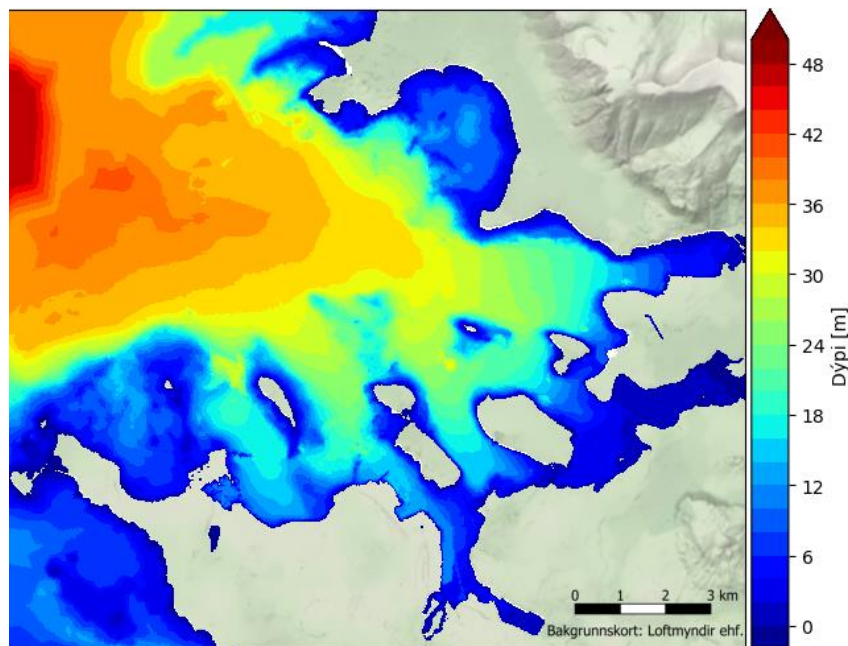
2. Grunnaðstæður á Sundunum

Vatnaskil hafa til fjölda ára staðið að þróun sjávarstrauma- og öldufarslíkans af Faxaflóa sem beitt hefur verið við úrlausn fjölda verkefna á svæðinu, þ.m.t. á Sundunum í tengslum við fráveitur, efnistöku, strandmannvirki, landfyllingar og þveranir, þ.m.t. í tengslum við fyrri hugmyndir að Sundabraut (Vatnaskil, 1997, 1998, 2000, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008). Reiknilíkanið er fjölþætt en byggir meðal annars á straum- og öldulíkani úr hugbúnaðarsvítunni Delft3D sem þróað er og viðhaldið af Deltares (Deltares, 2025a, 2025b, 2025c og 2025d). Til grundvallar flestum niðurstöðum sem dregnar eru hér fram til mats á áhrifum Sundabrautar eru útreikningar á straumsviði. Góður fræðilegur grunnur er að baki reikningunum og aðferðir sannreynar þannig að helstu óvissur koma til vegna óvissu í dýptargögnum. Dýptargögn á athugunarsvæðinu teljast hins vegar góð, sérstaklega þar sem þau skipta einna mestu máli í greiningunum (s.s. við grynningar í Leiruvogi). Óvissa í niðurstöðu straumsviðs telst því lág, en óvissa fyrir afleiddar stærðir verður meiri. Fjallað er sérstaklega í greinargerðinni um óvissur afleiddra niðurstaða eftir því sem við á. Gera má ráð fyrir að óvissa í öldureikningum kunni að vera heldur meiri en við ákvörðun straumsviðs, en einnig er þar um ræða óvissu í dýptargögnum. Gefa reikningarnir þó ágætt mat á hvernig alda kann að berast inn Sundin og inn á áhrifasvæði framkvæmdarinnar.

Í kaflanum verður fjallað um grunnaðstæður í Faxaflóa og á Sundunum, byggt á tiltækum mælingum og líkanreikningum.

2.1. Sjávarföll og sjávarfallastraumar

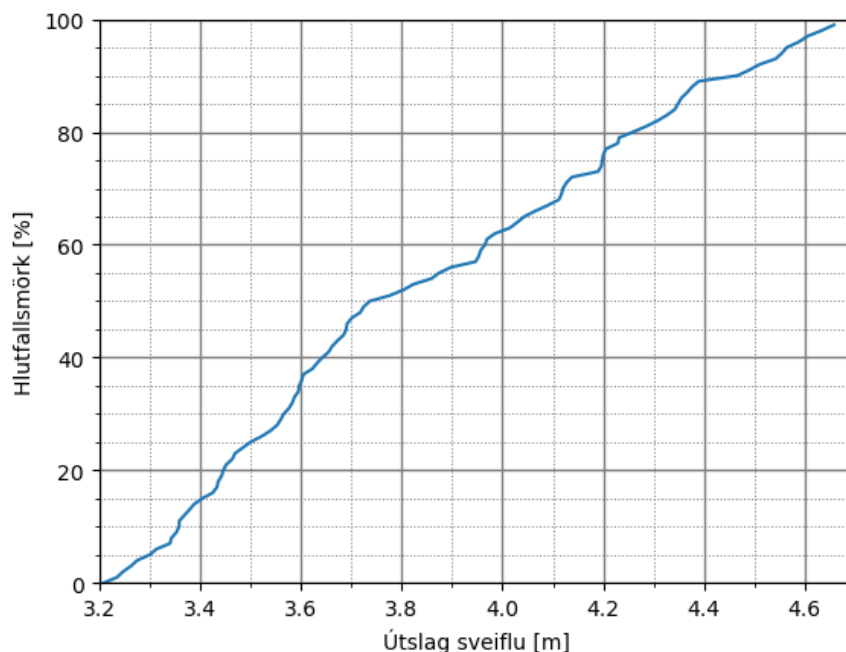
Sjávarstraumar á Sundunum ráðast af sjávarföllum, öldufari og vindafari á svæði sem einkennist af breytilegu botndýpi, vogskornum ströndum, nesjum, skerjum og eyjum og eru því straumarnir mjög breytilegir eftir svæðum. Eftir því sem nær dregur framkvæmdasvæði Sundabrautar minnkar vatnsdýpið umtalsvert (mynd 1) sem hefur enn frekari áhrif á straumana.



Mynd 1. Faxaflói og Sundin. Dýpi.

Langtíma sjávarhæðarmælingar hafa farið fram í Reykjavíkurböfn (MogT, 2025). Sjávarfallasveiflan á Sundunum er að meðaltali um 3,8 m á stórstreymi og 1,7 m á smástreymi. Mesta sjávarhæð yfir tímabilið 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025 mældist 2,76 m og lægsta sjávarhæð mældist -2,54 m, hvort tveggja miðað við meðalsjó. Meðalsjór í hafnarkerfi Reykjavíkurhafnar er 2,18 m (Landhelgisgæslan 2025) og er sú hæð dregin hér frá mælingum í öllum tilfellum. Gert er ráð fyrir að þetta leiði til góðs samræmis milli dýptargagna og líkansniðurstaðna hvað viðmið um meðalsjó snertir. Hér eftir verður því vísað til sjávarhæðar með tilliti til meðalsjós.

Tunglmánuður er að meðaltali um 29,5 dagar og nær frá þeim tíma að tungl er nýtt og þar til það verður nýtt að nýju. Um miðbik þess tíma verður tunglið fullt. Stórstreymi verður bæði á nýju og fullu tungli, eða á hálf(s)tungl)mánaðar fresti. Mitt á milli verður tunglið hálf og verður þá smástreymt. Framangreindu sjö ára tímabili var skipt upp í hálfsmánaðartímabil milli smástrauma. Metið var mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi fyrir hvert þessara tímabila til tíðnigreiningar (mynd 2) svo velja mætti tímabil til að nota í líkanreikningum fyrir matsvinnuna. Tíðnigreiningin sýnir að munur á minnsta og mesta útslagi sjávarfallabylgju á hverju hálfsmánaðartímabili yfir heildartímabilið er nærri 1,5 m. Framangreint meðaltal útslags á stórstreymi, 3,8 m sem miðar við langtímagreiningu Landhelgisgæslunnar, svarar til ríflega miðgildis (50%) tímabilsins.

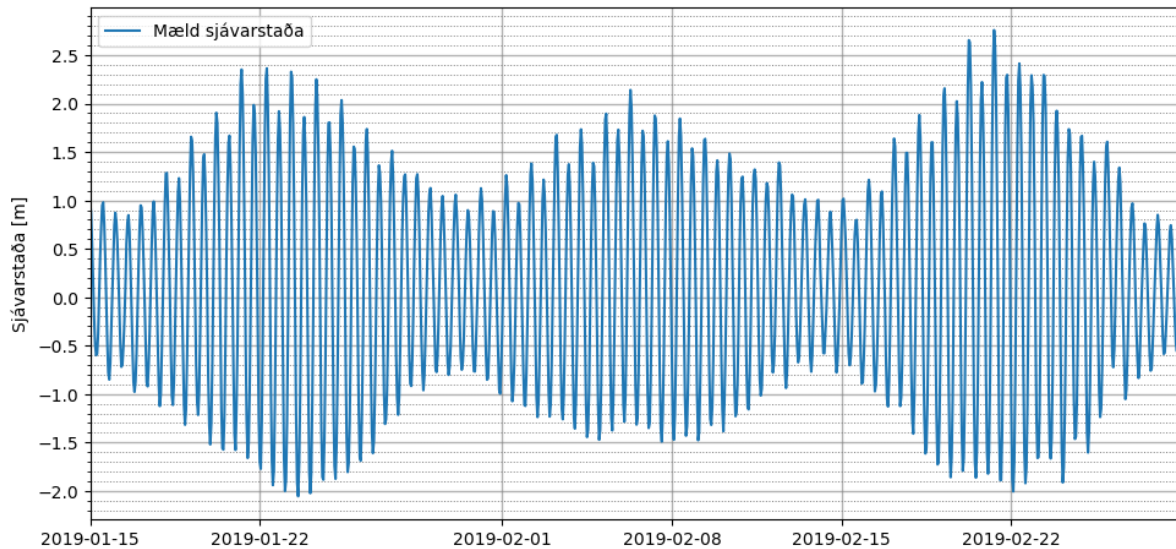


Mynd 2. Hlutfallsmörk útslags sjávarfallabylgju á stórstreymi yfir sjö ára tímabil.

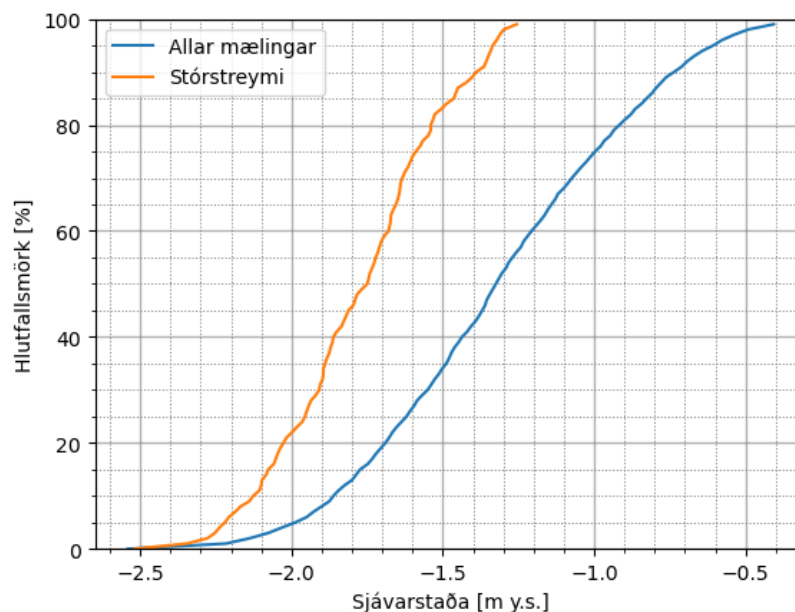
Valin voru tvö samliggjandi hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019 og 28. janúar – 15. febrúar 2019 (Mynd 3). Á fyrra tímabilinu svarar mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi til ríflega 85% hlutfallsmarka. Á seinna tímabilinu svarar mesta útslag á stórstreymi hins vegar til ríflega 15% hlutfallsmarka (mynd 2). Með hlutfallsmörkum er vísað til þess að mesta útslag á stórstreymi á tilteknu hálfsmánaðar tímabili sé jafnt eða stærra en það hlutfall af mesta útslagi á stórstreymi allra hálfsmánaðar tímabilanna á heildartímabilinu.

Einnig var gerð greining á tíðni stórstraumsfjörumarka, m.a. til að hafa til hliðsjónar við mat á áhrifum setsöfnunar á flatarmál fjörusvæða (mynd 4). Stórstraumsfjara á þessu sex ára tímabili er breytileg milli -2,5 m y.s. og -1,3 m y.s. eða yfir 1,2 m bil, með miðgildi (50%) -1,75 m y.s. Fjöruborð almennt séð yfir tímabilið fer þó hæst í -0,4 m y.s. með miðgildi í um -1,3 m y.s.

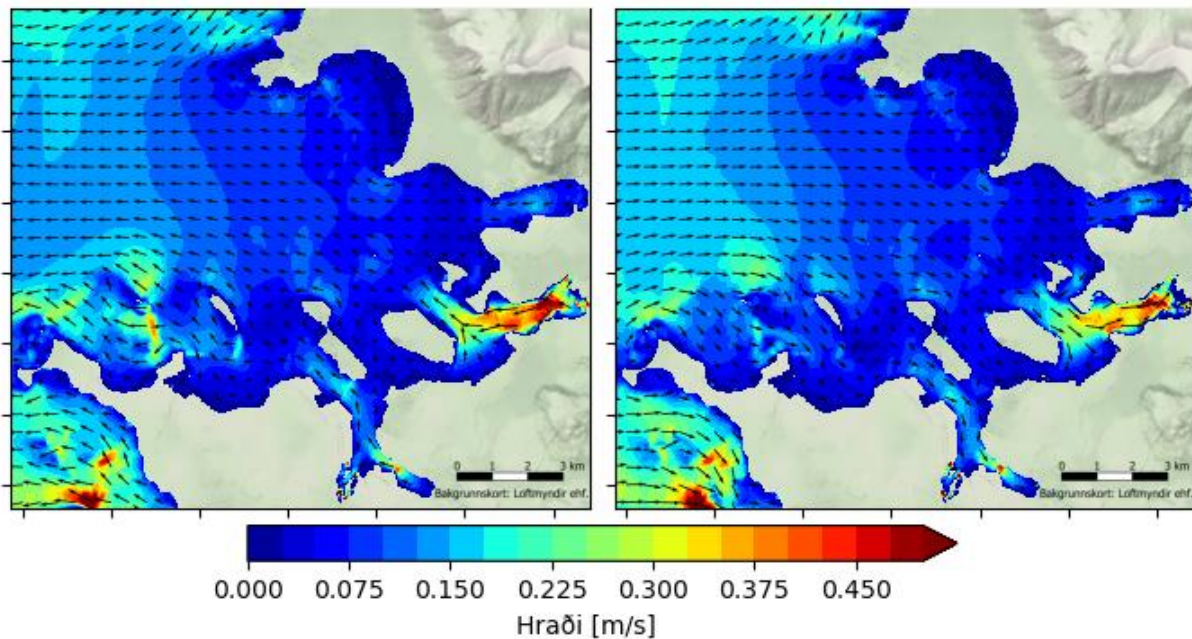
Dæmigerður straumhraði á Sundunum þegar hann er mestur á aðfalli og útfalli er 0,1-0,3 m/s víðast hvar en um og yfir 0,5 m á grynningum. Straumhraðar verða óvíða hærri en á leirunum í Leiruvogi og í sundinu inn í voginn (mynd 5). Á öðrum svæðum Sundabrautar eru straumhraðar mun lægri.



Mynd 3. Mæld sjávarhæð í Reykjavíkurbær miðað við meðalsjávarstöðu ásamt meðalhæð við smástraum og stórstraum í janúar og febrúar 2019.



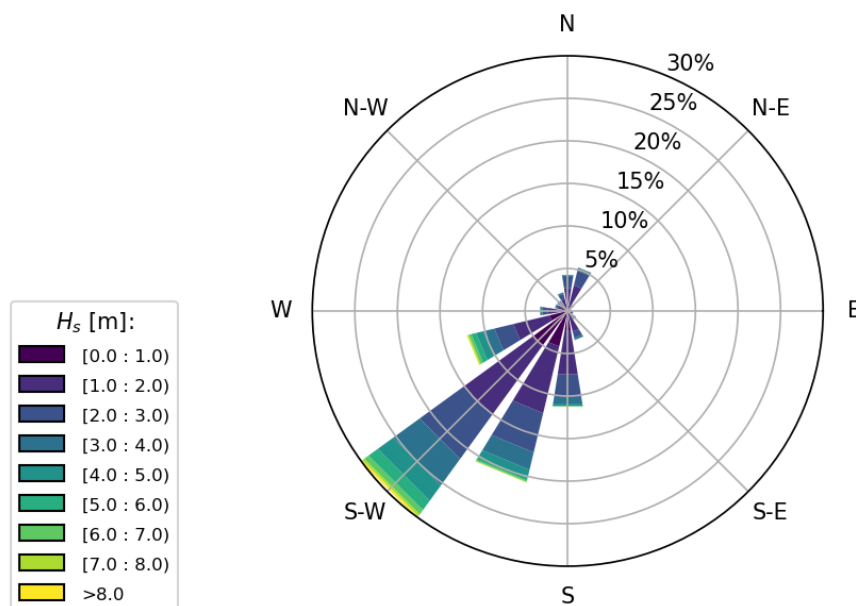
Mynd 4. Hlutfallsmörk sjávarstöðu miðað við meðalsjó á mestu fjöru á stórstreymi annars vegar og á öllum tímum hins vegar. Tímabilið 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025.



Mynd 5. Sjávarfallastraumar við stórstraum á aðfalli (hægri) og útfalli (vinstri) á Sundunum.

2.2. Öldufar

Öldufar getur haft áhrif á strauma og setflutning á strandsvæðum og er því tekið tillit til öldufars í líkanreikningunum eftir þörfum. Mælingar á ölduhæð og sveiflutíma öldu við Garðskagadufl vestan Sandgerðis á vegum Vegagerðarinnar og sögulegar öldufarsgreiningar í Norður-Atlantshafi á vegum norsku veðurstofunnar og Reiknimiðstöðvar evrópskra veðurstofa, ECMWF, leggja grunninn að öldusveigjureikningum Vatnaskila inn Faxaflóa og á Sundunum (mynd 6).

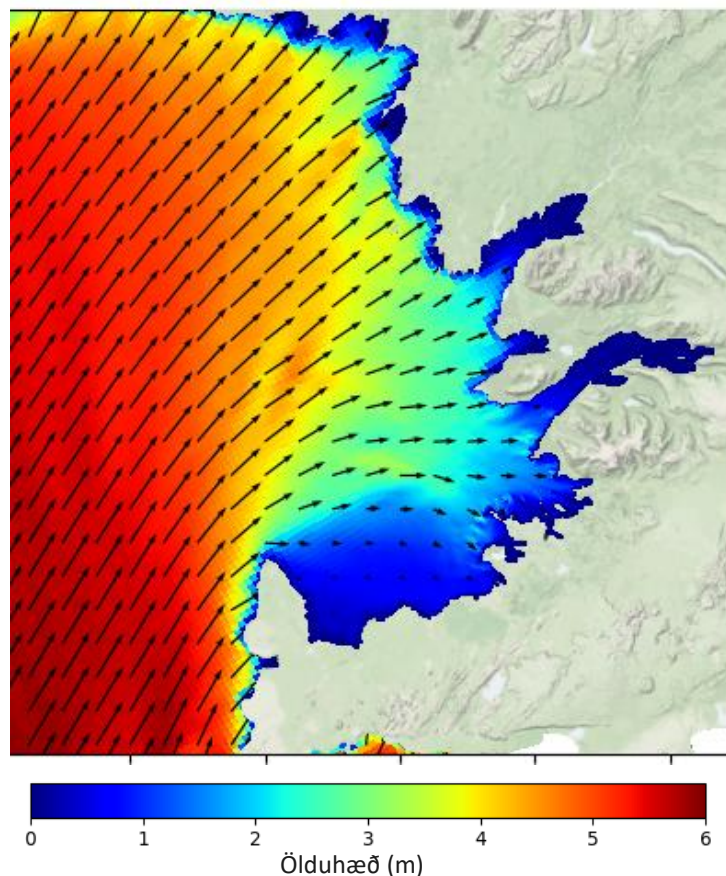


Mynd 6. Öldurós metin í Garðskagadufl út frá mælingum þar á kenniöldu (H_s) og reiknaðri öldustefnu yfir þrettán ára tímabil.

Út frá niðurstöðum öldusveigjúlíkansins (mynd 7) má meta hvernig tíðni öldustefnu og ölduhæðar breytist eftir því sem austar dregur í Faxaflóa og inn að Sundunum (mynd 8). Úti fyrir Faxaflóa eru öldur úr suðvestri algengastar en þær verða vestlægari inni í Faxaflóa og úti fyrir Sundunum er öldustefna nær eingöngu úr vestri.

Inni á Sundunum hafa eyjar og minnkandi dýpi ráðandi áhrif á öldustefnu þ.a. öldustefnan snýst upp í grynningar og er með norðvestlæga stefnu úti fyrir Elliðavogi og Leiruvogi. Við mynni Kollafjarðar er öldustefna úr vestri enn ríkjandi (mynd 9).

Þótt öldustefna á Sundunum sé stærstan hluta tímans mjög svipuð á hverjum stað, þrátt fyrir breytilega öldustefnu úti fyrir Faxaflóa, verður ölduhæð hins vegar breytileg (mynd 10). Mismunandi hlutfallsmörk ölduhæðar eru sérstaklega dregin fram fyrir viðmiðunarpunkt úti fyrir Kollafirði og Leiruvogi (Tafla 1, mynd 10). Hlutfallsmörk segja til um hlutfall tímans sem ölduhæð er lægri en tiltekið gildi. Til dæmis eru hlutfallsmörk klukkustundargildis sem á sér stað einu sinni á ári 99,99%. Hæð sem næst 24 sinnum á ári (samalt einn sólarhring) svarar 99,7% hlutfallsmörkum. Að sama skapi svara 90% hlutfallsmörk gróflega til tiltekinnar ölduhæðar eða meiri sem varir samtals 36 daga á ári eða um 3 sólarhringa í mánuði. Í greiningum, einkum tengdum útskolun efna innan vegfyllinga og botnrofi eru gerðar næmni-greiningar fyrir áhrifum öldufars. Stuðst var við 50% og 99% hlutfallsmörk ölduhæðar, til að greina frá venjubundnum aðstæðum og sjaldgæfari aðstæðum.



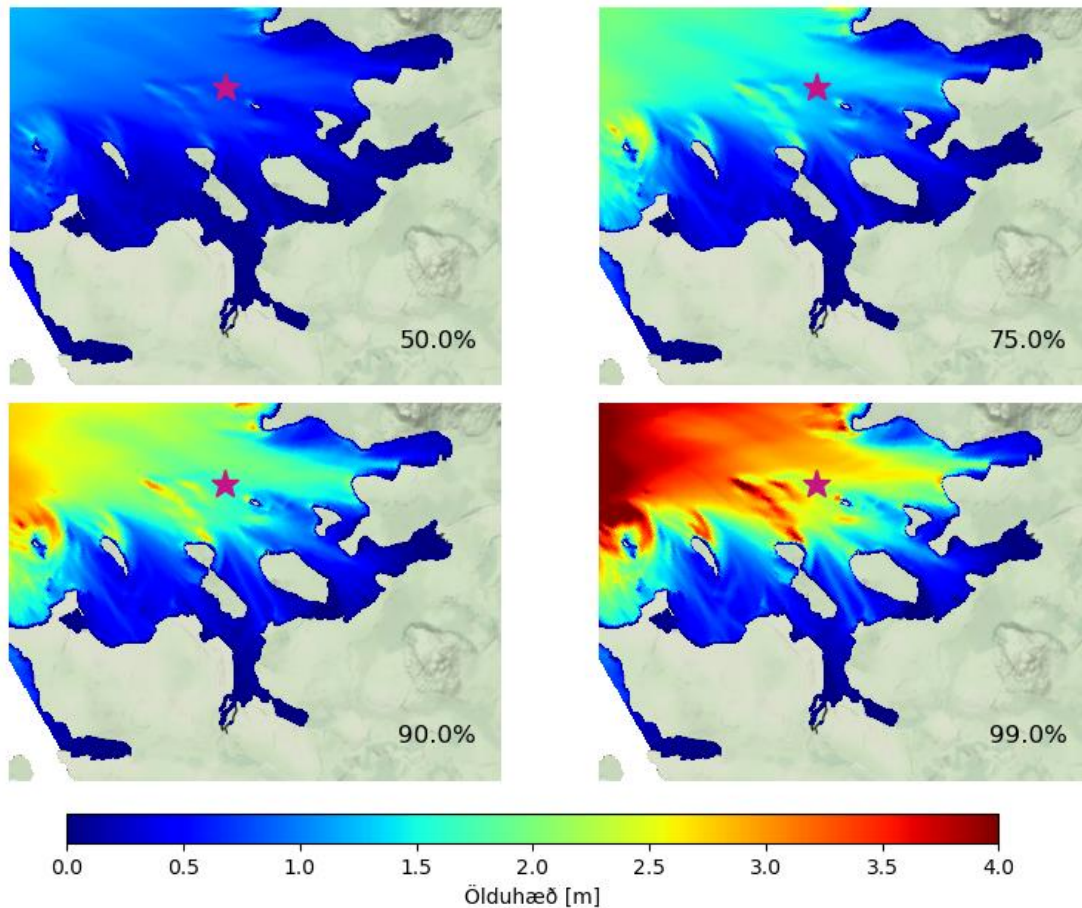
Mynd 7. Dæmi um þróun ölduhæðar og stefnu á Faxaflóa samkvæmt öldusveigjúlíkani. 6 m ölduhæð er úti fyrir Faxaflóa og stefna suðvestlæg.



Mynd 8. Öldurósir fyrir utan Faxaflóa og inn að sundum skv. niðurstöðum öldusveigjúlíkans.



Mynd 9. Öldurósir á sundunum skv. niðurstöðum öldusveigjúlíkans.



Mynd 10. Mismunandi hlutfallsmörk ölduhæðar á Sundunum á sameiginlegum hæðarskala. Viðmiðunarpunktur fyrir hlutfallsmörk öldu (Tafla 1) er merktur með bleikri stjörnu.

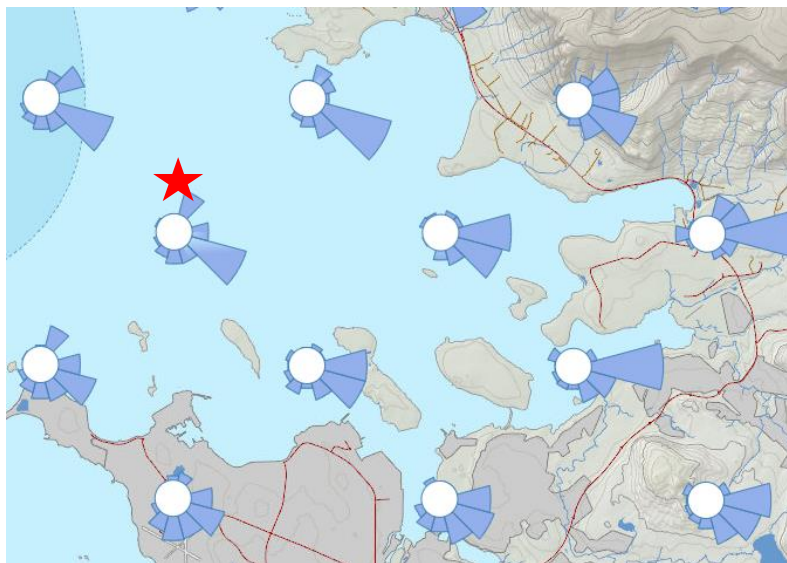
Tafla 1. Hlutfallsmörk ölduhæðar í viðmiðunarpunkti (mynd 10) úti fyrir Kollafirði og Leiruvogi ásamt tilsvareandi fjölda klukkustunda og daga á ári til viðmiðunar.

Hlutfallsmörk (%)	Fjöldi (klst/ár)	Fjöldi (dagar/ár)	Ölduhæð (m)
10	7884	329	0,30
25	6570	274	0,44
50	4380	183	0,71
75	2190	91	1,16
90	876	37	1,70
99	88	4	2,93
99,99	1	0,04	4,10

2.3. Vindafar

Þekkt er að vindur getur haft áhrif á sjávarstrauma á strandsvæðum. Ólíkar aðstæður með tilliti til vinds kynnu því að hafa í för með sér mismunandi niðurstöður úr ýmsum þeim greiningum sem gerðar eru með straumlíkani hér á eftir. Vegna þessa er vert að kanna vindafar á Sundunum og meta næmni líkanniðurstaðna fyrir áhrifum vinds innan marka sem kallast gætu dæmigerð. Annars eru greiningar yfirleitt gerðar án áhrifa vinds á strauma eða öldu.

Greiningu á vindafari má sjá í vindatlas Veðurstofu Íslands. Austlægar og aust-suðaustlægar áttir eru algengastar (Mynd 11). Vindatlasinn býður ekki upp á góða leið til að nálgast tíðnigreiningu vindhraða og var því gerð slík greining á gögnum úr tiltækum háupplausnarreikningum frá Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi) í einum viðmiðunarpunkti (rauð stjarna, mynd 11) fyrir mynni Sundanna yfir eitt ár, 2019 (Mynd 12).



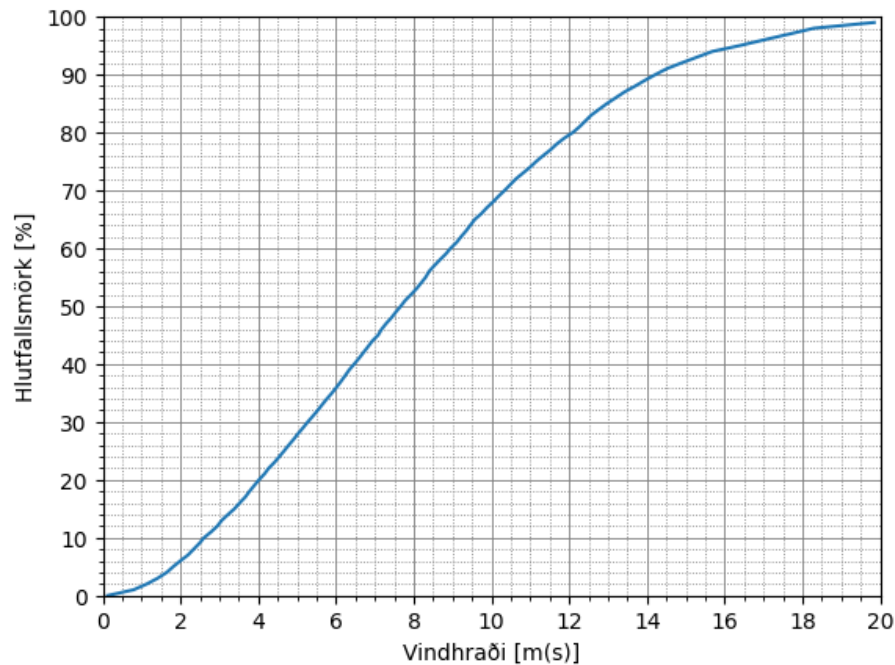
Mynd 11. Vindrósir yfir Sundunum, tekið úr vindatlas Veðurstofu Íslands. Gerð var tíðnigreining á vindhraða úr háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi) í punktinum sem merktur er með rauðri stjörnu.

Í greiningum, einkum tengdum útskolun efna innan vegfyllinga og botnrofi eru gerðar næmni-greiningar fyrir áhrifum vinds. Stuðst var við 50% og 99% hlutfallsmörk vindhraða, til að greina frá venjubundnum aðstæðum og sjaldgæfari aðstæðum, og má lesa af grafinu að þessi hlutfallsmörk svara um 8 m/s og 19 m/s (Mynd 12). Nánari greining á vindstefnu og -styrk (mynd 13) sýnir einnig hlutfalls-lega tíðni vindhraða á 3 m/s stærðarbilum í sama punkti.

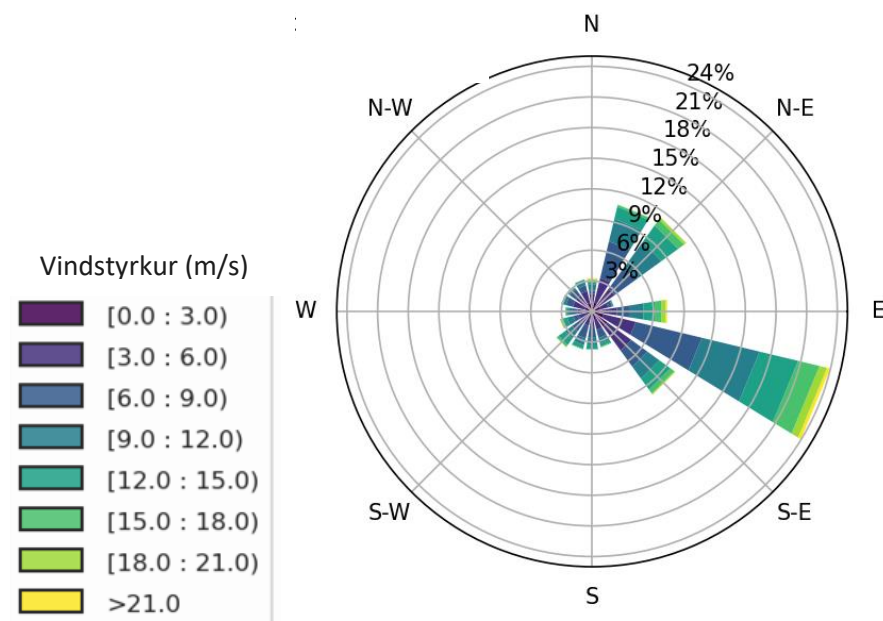
Hvað vindstefnu varðar var stuðst við aust-suðaustan átt sem er algengasta vindáttin á Sundunum og einnig norðaustan átt sem er líka algeng vindstefna (mynd 13) fyrir vindstyrk við 50% hlutfallsmörk og fyrir vindstyrk við 99% hlutfallsmörk er stuðst við aust-suðaustanátt.

Fyrir líkanreikninga á straumum með vindi voru valin vindsvið úr háupplausnarreikningum Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi) sem endurspeglar hinar dæmigerðu aðstæður sem valdar hafa verið, aust-suðaustan 8 m/s (mynd 14), norðaustan 8 m/s (mynd 15) og aust-suðaustan 19 m/s (mynd 16).

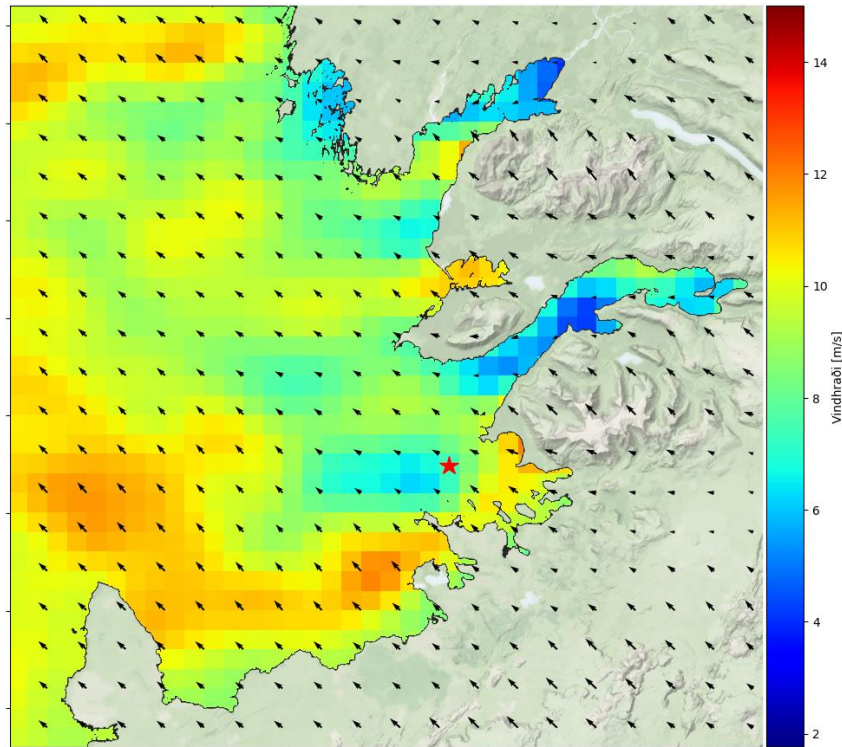
Áberandi er fyrir norðaustanáttina að vindstefna snýst hratt frá norðri eftir því sem innar dregur á Sundunum og yfir Leiruvogi til dæmis verður vindáttin nær hrein austlæg átt.



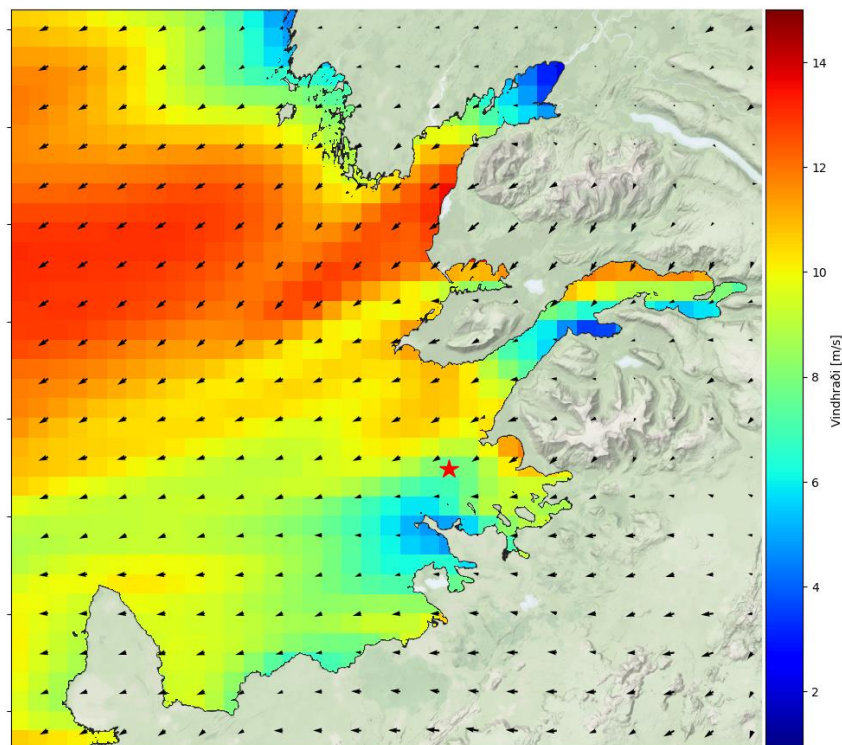
Mynd 12. Hlutfallsmörk vindhraða í viðmiðunarpunkti á Sundunum yfir eitt ár, 2019, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).



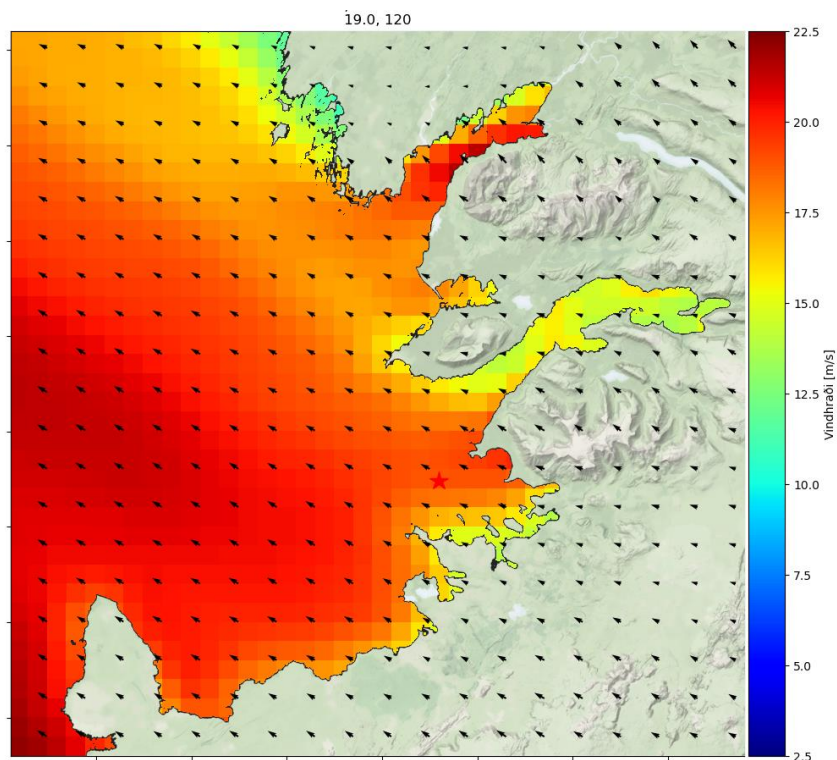
Mynd 13. Vindrós í viðmiðunarpunkti á Sundunum, gögn yfir eitt ár, 2019, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).



Mynd 14. Vindsvið samsvarandi 50% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og aust-suðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).



Mynd 15. Vindsvið samsvarandi 50% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og norðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).

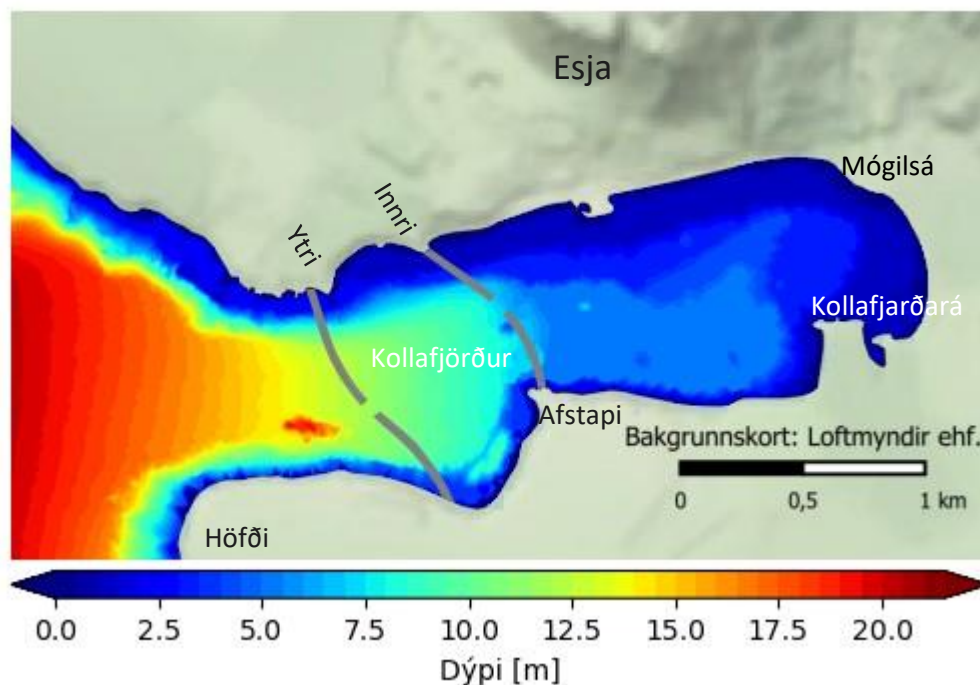


Mynd 16. Vindsvið samsvarandi 99% hlutfallsmörkum í vindstyrk í viðmiðunarpunkti á Sundunum og aust-suðaustanátt, byggt á háupplausnarlíkani Reiknistofu í veðurfræði (Belgingi).

3. Kollafjörður

Kollafjörður er nyrstur fjarðanna og voganna sem Sundabraut mun þvera, staðsettur undir Esjurótum. Kollafjörður er um 3 km langur og 800 m breiður. Að sunnanverðu er ströndin að mestu grýtt klettafjara en í botni fjarðarins er sandfjara neðan við varnargarð sem ver þjóðveginn. Norðanmegin við mynni fjarðarins er grýtt klettafjara. Nokkur vatnsföll renna í Kollafjörð, helst ber að nefna Kollafjarðará og Mógilsá. Takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um rennsli vatnsfallanna, en rennsli þeirra var áætlað útfrá vatnafarslíkani Vatnaskila sem m.a. hefur verið beitt við kortlagningu smávirkjanakosta á Íslandi (Vatnaskil, 2020).

Í matsáætlun Sundabrautar (Efla, 2023) var skilgreint rannsóknarsvæði í Kollafirði þar sem tveir kostir skyldu kannaðir, innri og ytri leið (mynd 17). Þegar á ferlið leið var áhersla lögð á innri leið þar sem sá kostur hafði verið valinn og ber því umfjöllunin það með sér. Innri leiðin er um 1500 m frá mynni fjarðarins og ytri leiðin 700 m utar. Í báðum tilfellum er gert ráð fyrir 80 m brúaropi (70 m virku vatnsopi) og við greiningarnar hér var því valinn staður nærri mesta dýpi á veglínunni (mynd 17).



Mynd 17. Dýpi í Kollafirði og þveranir til skoðunar, ytri og innri leið.

3.1. Sjávarstraumar

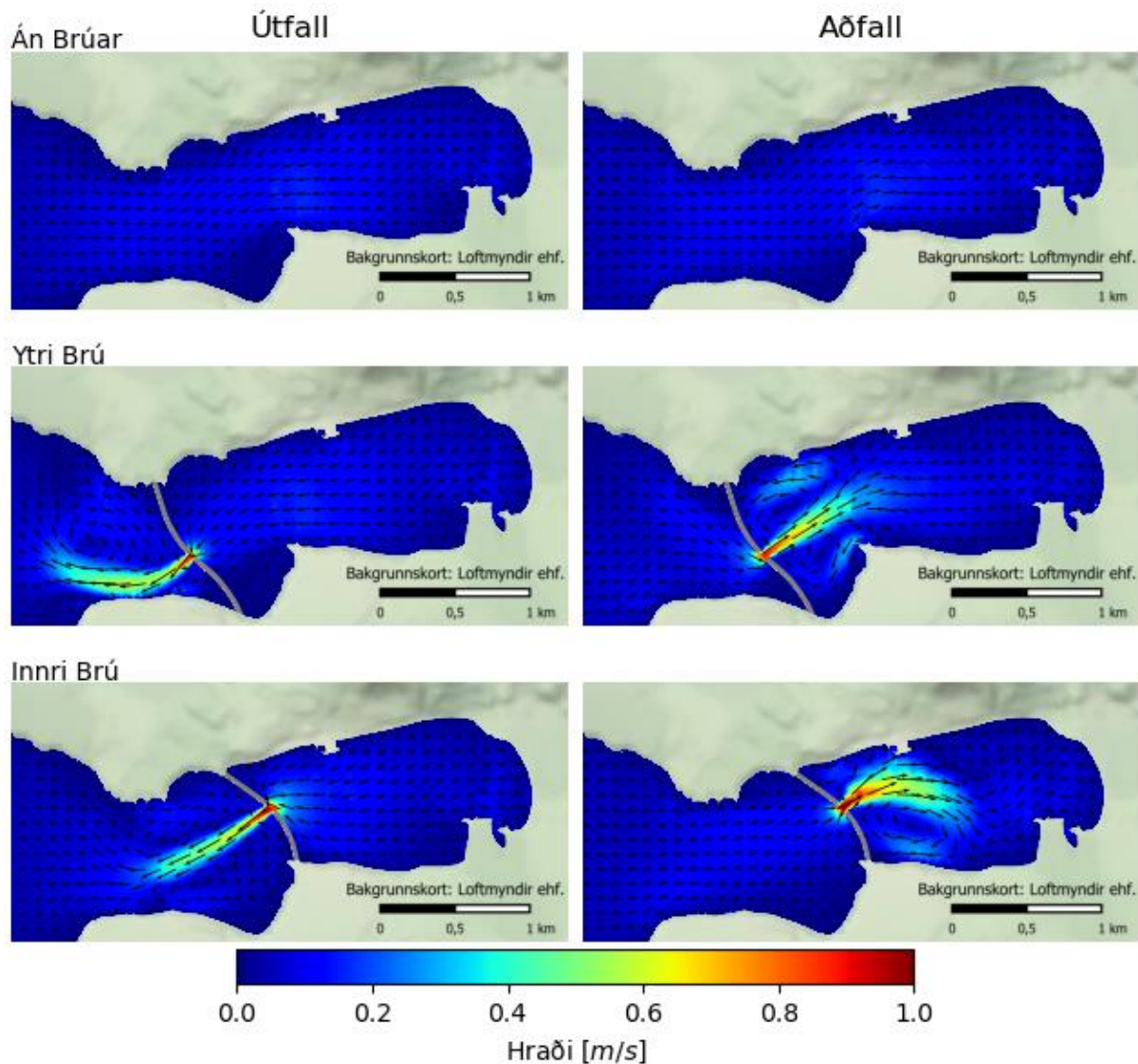
3.1.1. Breytingar á straumsviði í kjölfar þverunar

Sjávarstraumar í Kollafirði á stórstreymi, á útfalli og aðfalli, eru sýndir á mynd 18 fyrir núverandi ástand (án þverunar) og með þverun fyrir bæði tilfellin sem eru til skoðunar. Við núverandi aðstæður eru reiknaðir sjávarstraumar ekki mjög sterkir á rannsóknarsvæðinu eða allt að 0,2 m/s á stórstreymi. Straumurinn er einnig nokkuð jafn yfir fjörðinn bæði á út- og aðfalli.

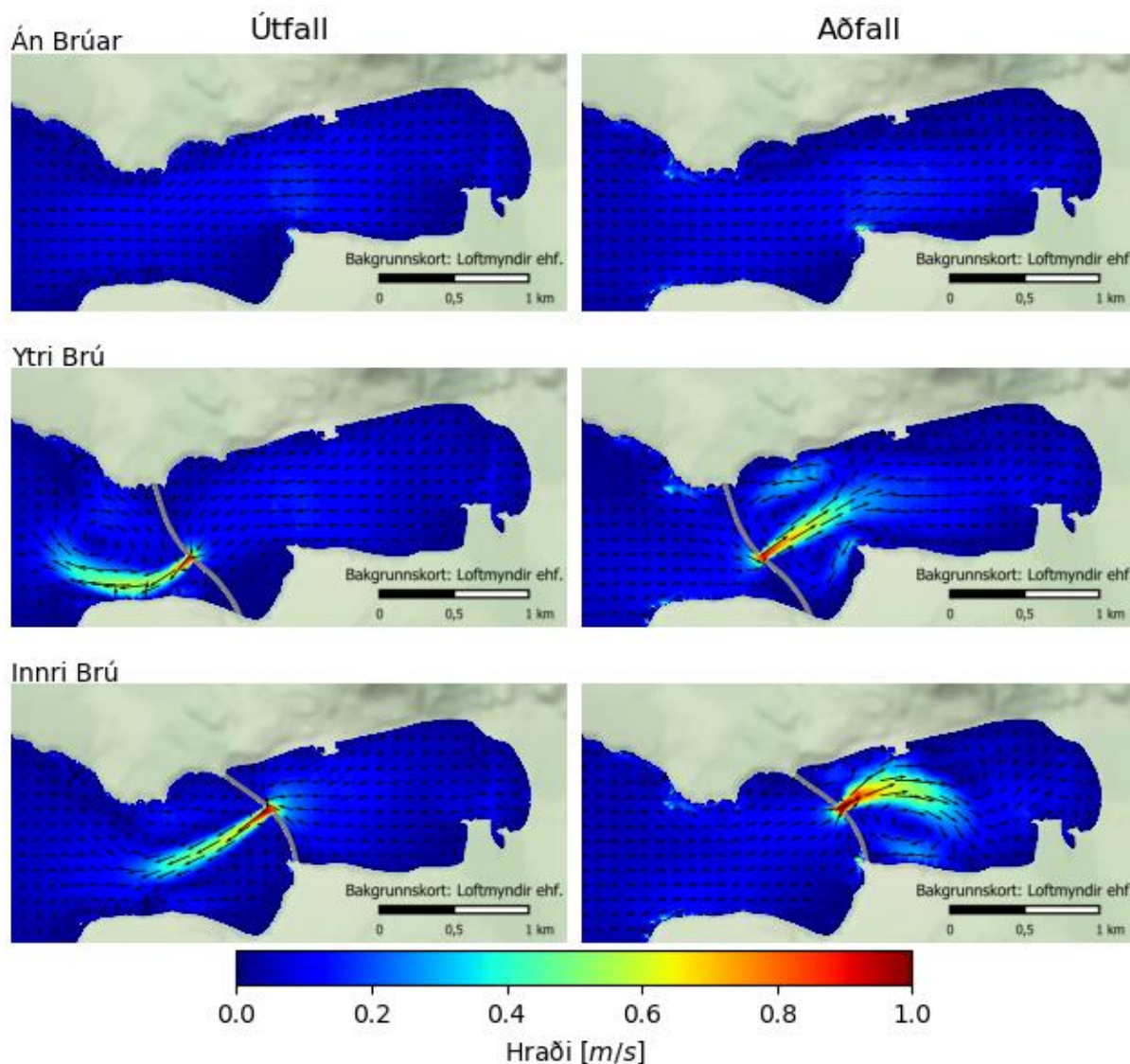
Eftir þverun margfaldast hraðinn staðbundið og nær rúmlega 1 m/s í brúaropum. Straumröst og hvirflar sitthvoru megin við röstina myndast innan þverunar á aðfalli og utan þverunar á útfalli. Með

ytra brúarstæði beinist straumröst að ströndu að sunnanverðu á útfalli. Með innra brúarstæðinu beinist röstin hins vegar að ströndu að norðanverðu. Dýpi í brúaropi getur haft veruleg áhrif á straumhraða um það. Nákvæm staðsetning brúarops í vegfyllingu getur því haft áhrif á hraða en einnig á stefnu straumrastar og hvirfla.

Sömu tilvik voru reiknuð með áhrifum aust-suðaustan vinds og öldu í meðallagi (mynd 19). Eins og myndirnar bera með sér eru áhrifin hverfandi. Þá voru mestu straumhraðar í brúaropum dregnir fram fyrir innri og ytri leið (tafla 2).



Mynd 18. Sjávarfallastraumar í Kollafirði með og án þverunar á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri) við stórstreymi.



Mynd 19. Sjávarstraumar með og án þverunar við stórstreymi með ölduhæð og vindhraða við 50% hlutfallsmörk á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri).

Tafla 2. Mestu hraðar í brúaropum fyrir ytri og innri leið Sundabrautar. Samanburður með og án brúar.

	Dýpi í brúaropi [m]	Mesti hraði á aðfalli [m/s]		Mesti hraði á útfalli [m/s]	
		Án brúar	Með brú	Án brúar	Með brú
Ytri leið	11,6	0,11	0,93	0,08	0,84
Innri leið	6,9	0,15	1,03	0,14	0,92



3.1.2. Áhrif á sundþol þorska

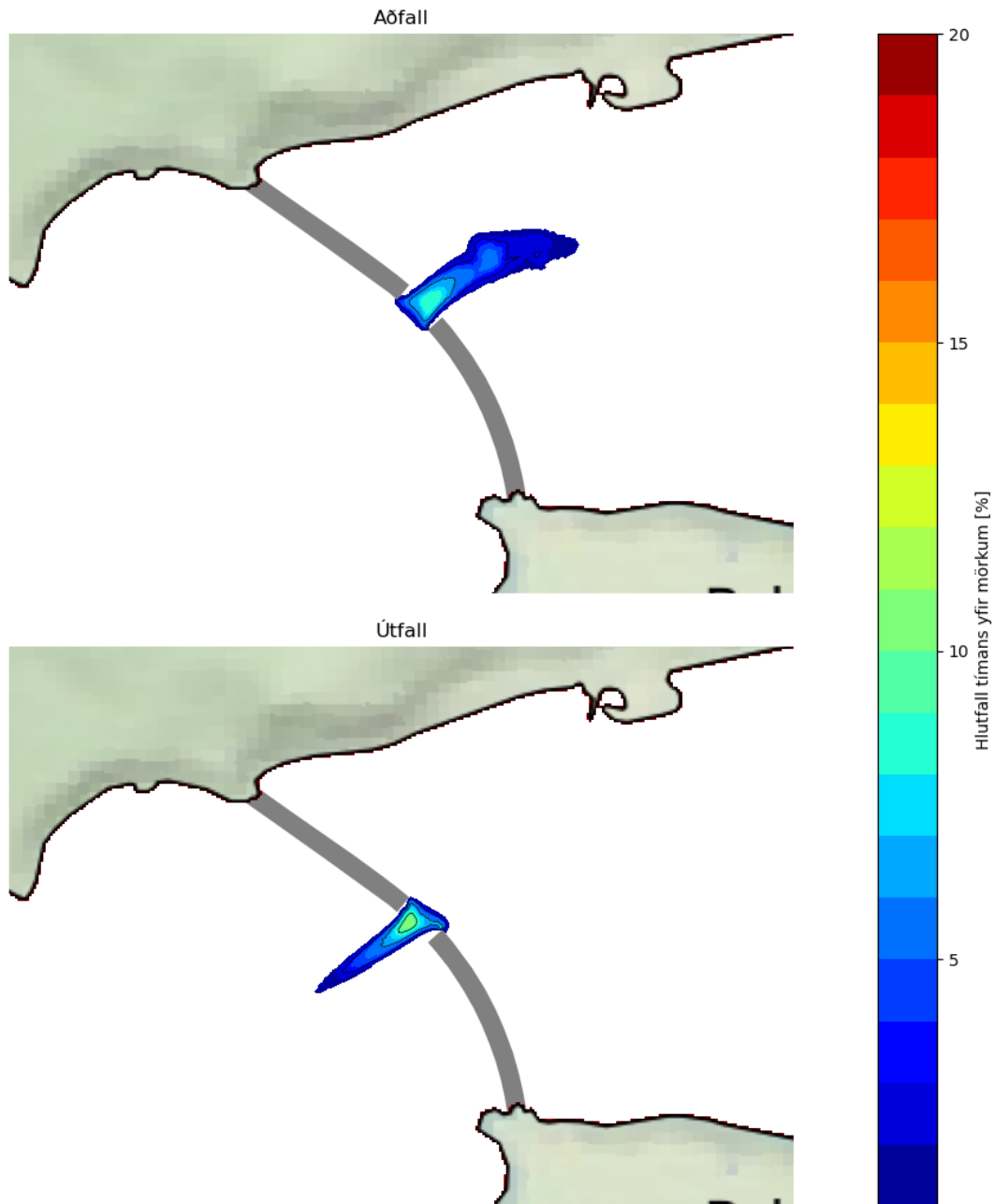
Aukinn straumhraði í nágrenni vegfyllinganna getur haft áhrif á sundþol þorska og ferð þeirra um svæðið. Hafrannsóknastofnun lagði fram viðmið um 0,66 m/s sem hámarkssundhraða sem þorskar geta viðhaldið með hliðsjón af fyrirbyggjandi rannsóknum (Winger o.fl., 2000). Mynd 20 og mynd 21 sýna hlutfall tímans sem straumhraði er yfir þessu viðmiði bæði á aðfalli og útfalli fyrir þau brúartilfelli sem til skoðunar eru, 80 m á annars vegar innri leið (mynd 20) og hins vegar ytri leið (mynd 21). Aðfall og útfall eru hvort um sig helming tímans en myndirnar greina hins vegar frá hlutfalli miðað við heildartíma en ekki einungis þann tíma sem aðfall eða útfall ríkir. Hér er hlutfall tímans metið yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Ætla má því að um varfærið mat gæti verið að ræða.

Niðurstöður eru tiltölulega svipaðar fyrir báðar veglínur. Fyrir innri leið er straumhraði í brúaropi um 9% tímans yfir 0,66 m/s á aðfalli og 11% tímans á útfalli (mynd 20). Áhrifa 0,66 m/s straumhraða gætir í um 300 m inn fyrir veglínu og um 200 m út fyrir hana. Fyrir ytri leið er straumhraði í brúaropi um 7% tímans yfir 0,66 m/s á bæði aðfalli og útfalli (mynd 21). Áhrifa 0,66 m/s straumhraða gætir í um 300 m inn fyrir veglínu og um 200 m út fyrir hana.

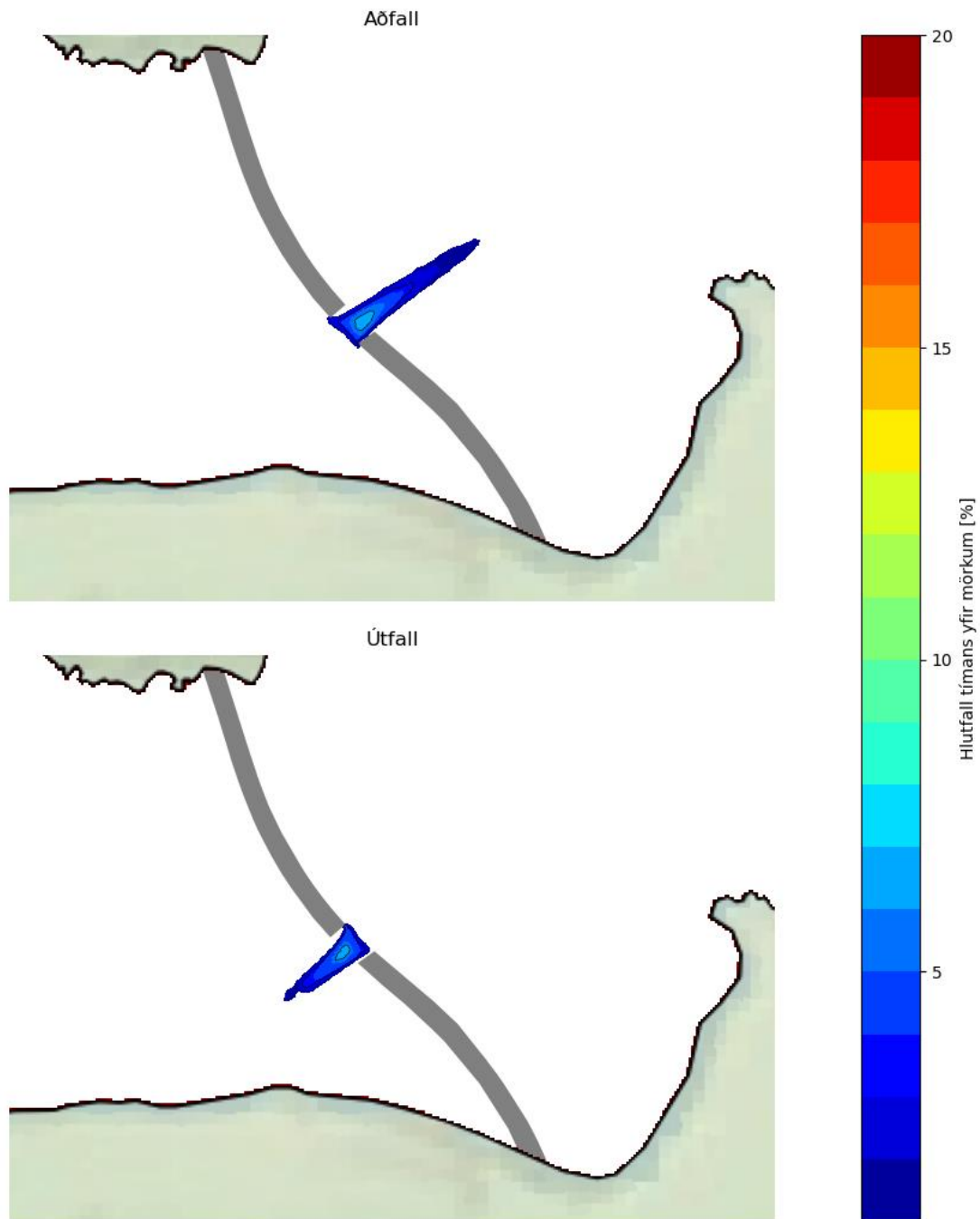
3.2. Öldufar

Tölfræði ölduhæðar við núverandi ástand og eftir þverun Kollafjarðar var áætluð með öldusveigjúlíkani sbr. umfjöllun í kafla 2.2. Á mynd 22 eru niðurstöður úr öldusveigjúlíkani dregnar fram fyrir núverandi ástand og eftir þverun Kollafjarðar fyrir 50% og 99% hlutfallsmörk öldu. Við mynni Kollafjarðar eru 50% hlutfallsmörk öldu um 0,5 - 0,7 m og 99% hlutfallsmörk öldu eru um 1,8 m. Öldurnar eru þó mun hærri þar sem þær lenda á Höfða við sunnanvert mynni fjarðarins. Höfðar og tangar við ströndina mynda skjól fyrir öldu innar í firðinum og er nokkuð skjólsælt innan við Afstapa samanborið við mynni fjarðarins. Sjá framangreind örnefni á Mynd 17. Við þverun fjarðarins myndast umtalsvert meira skjól fyrir öldu innan þverunar. Aðeins munar um áhrif ytri- og innri leiðar á öldufar innan þverunar en hærri öldur ná lengra inn fjörðinn fyrir ytri leiðina vegna staðsetningar brúarops bæði sunnar og utar í firðinum.

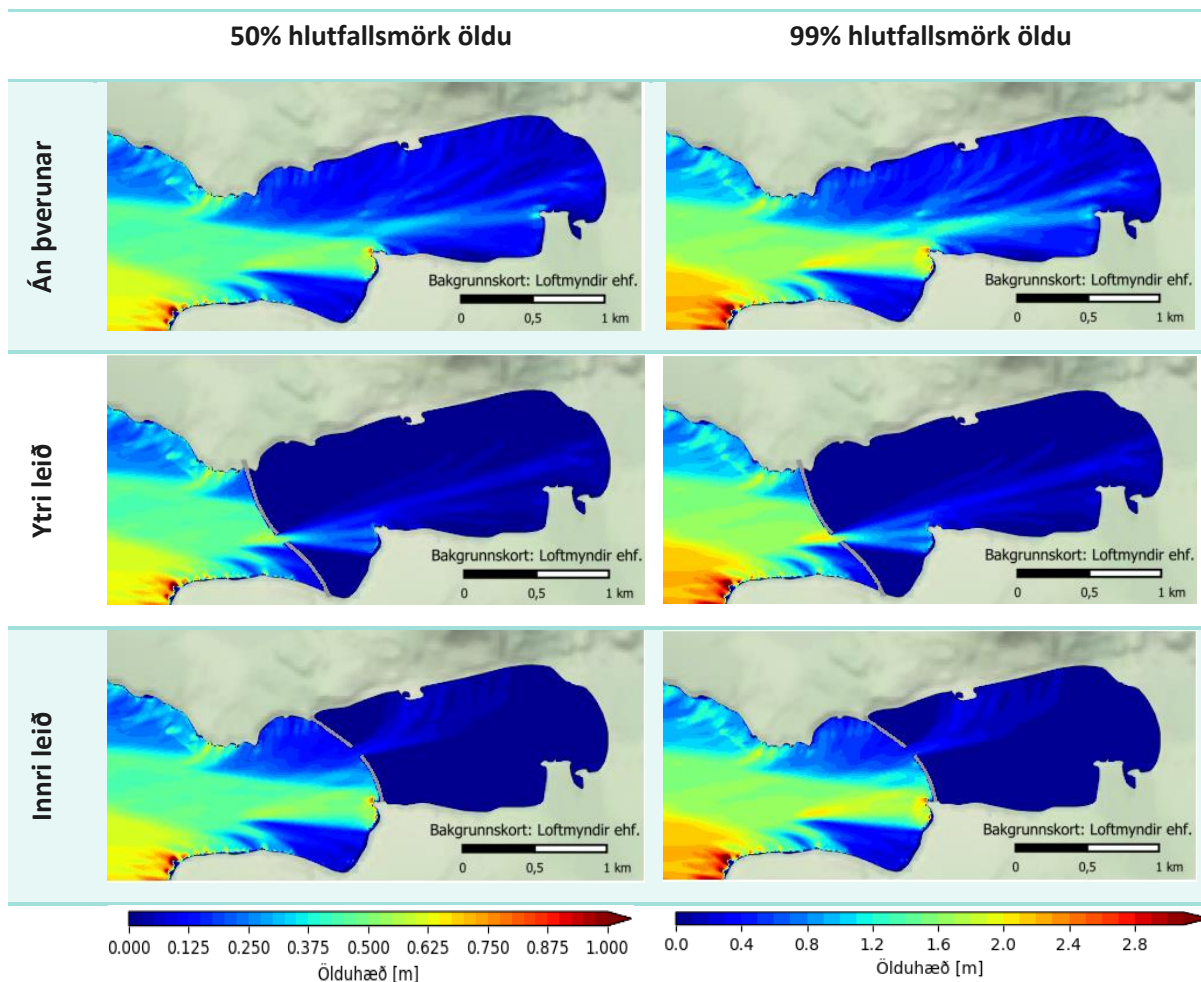
Öldureikningum fylgir eðli málsins samkvæmt óvissa. Gera má þó ráð fyrir að ágætis mat fáiast á fall ölduhæðar eftir því sem alda berst inn fjörðinn og líklega er mat á útbreiðslu öldu innan vegfyllingar bundið meiri óvissu vegna takmarkana í reikningunum. Engu að síður má af niðurstöðunum ráða að skyggingaráhrif af völdum vegfyllingarinnar gagnvart öldu verði merkjanleg og að staðsetning brúarops kunni að skipta máli gagnvart þeim breytingum.



Mynd 20. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (efri) og útfalli (neðri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar fyrir þorsk, 0,66 m/s. Innri brú. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 21. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (efri) og útfalli (neðri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar fyrir þorsk, 0,66 m/s. Ytri brú. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 22. Ölduhæð fyrir 50% og 99% hlutfallsmörk úthafsöldu fyrir núverandi ástand, ytri- og innri leið Sundabrautar.

3.3. Sjávarföll og vatnsskipti

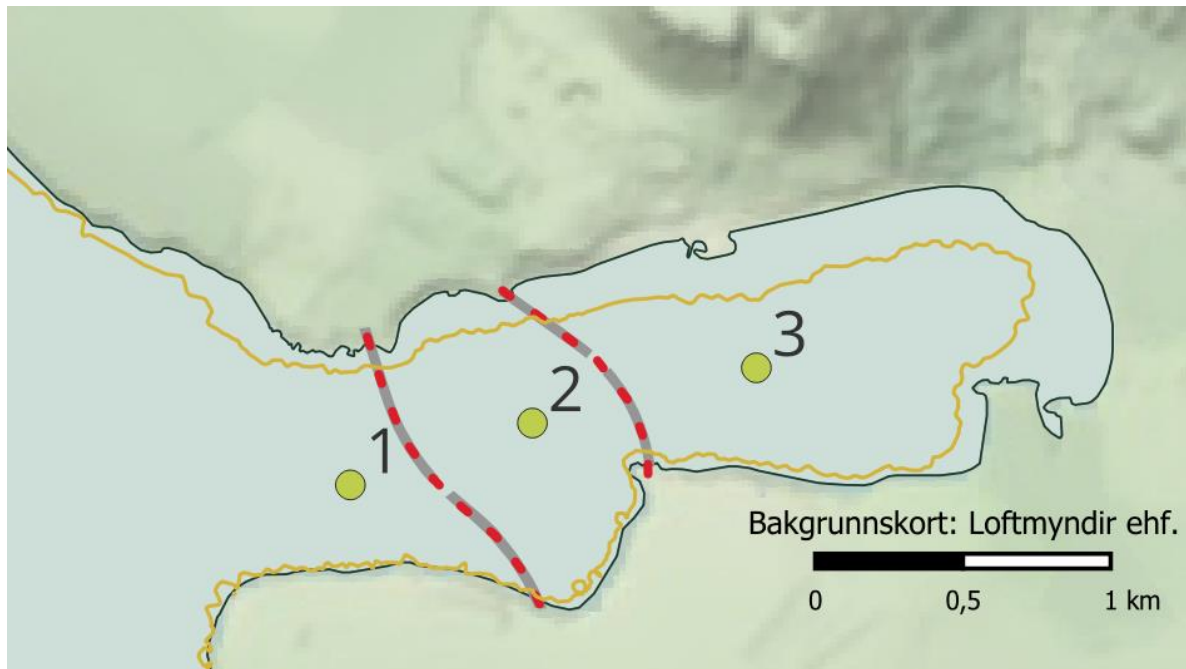
Áhrif vegfyllinga á sjávarföll og vatnsskipti voru metin. Sjávarfallasveiflan er borin saman með og án þverunar í þremur punktum (mynd 23). Punktur 1 er utan þverunar fyrir bæði veglínutilfelli og punktur 3 er innan þverunar í báðum tilfellum. Punktur 2 er hins vegar ýmist innan eða utan þverunar eftir því hvort veglínutilfellið er til skoðunar.

Mynd 24 sýnir niðurstöður fyrir innri leið. Sjávarfallasveiflan breytist ekkert, hvorki í útslagi né fasa. Samanburður á reiknuðu rennsli með og án vegfyllingar um innri veglínu sýnir óverulegan mun í reiknuðu rennsli (mynd 25).

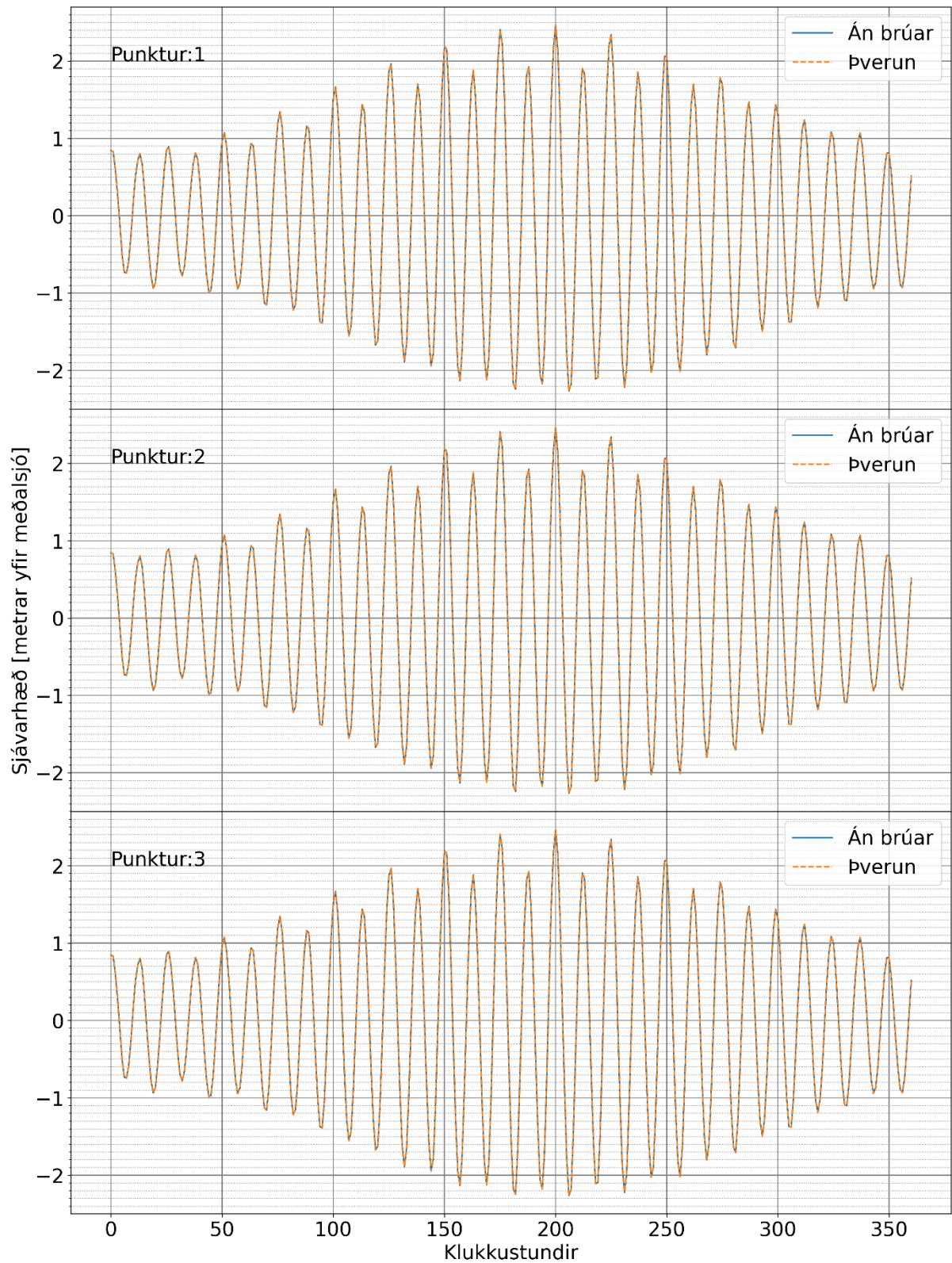
Mynd 26 sýnir niðurstöður fyrir ytri leið. Sjávarfallasveiflan breytist ekkert, hvorki í útslagi né fasa. Samanburður á reiknuðu rennsli með og án vegfyllingar um innri veglínu sýnir óverulegan mun í reiknuðu rennsli (mynd 27).

Líkanreikningar sýna því að brúaropin eru nægjanlega stór til þess að vatnsskipti haldist óbreytt eftir þverun hvað heildarrúmmál vatns sem rennur um þversnið varðar og sjávarföll verða óbreytt innan

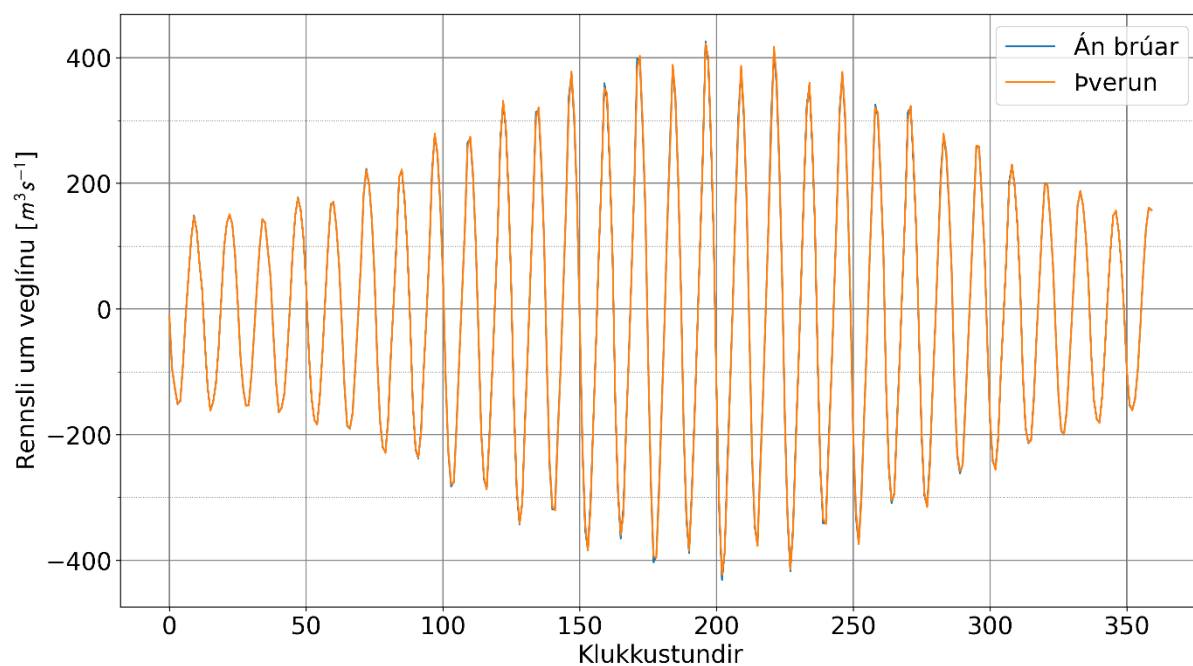
þverunar. Óvissa í niðurstöðum um vatnsskipti er lítil, en hún stafar af sömu þáttum og óvissa í straumsviði.



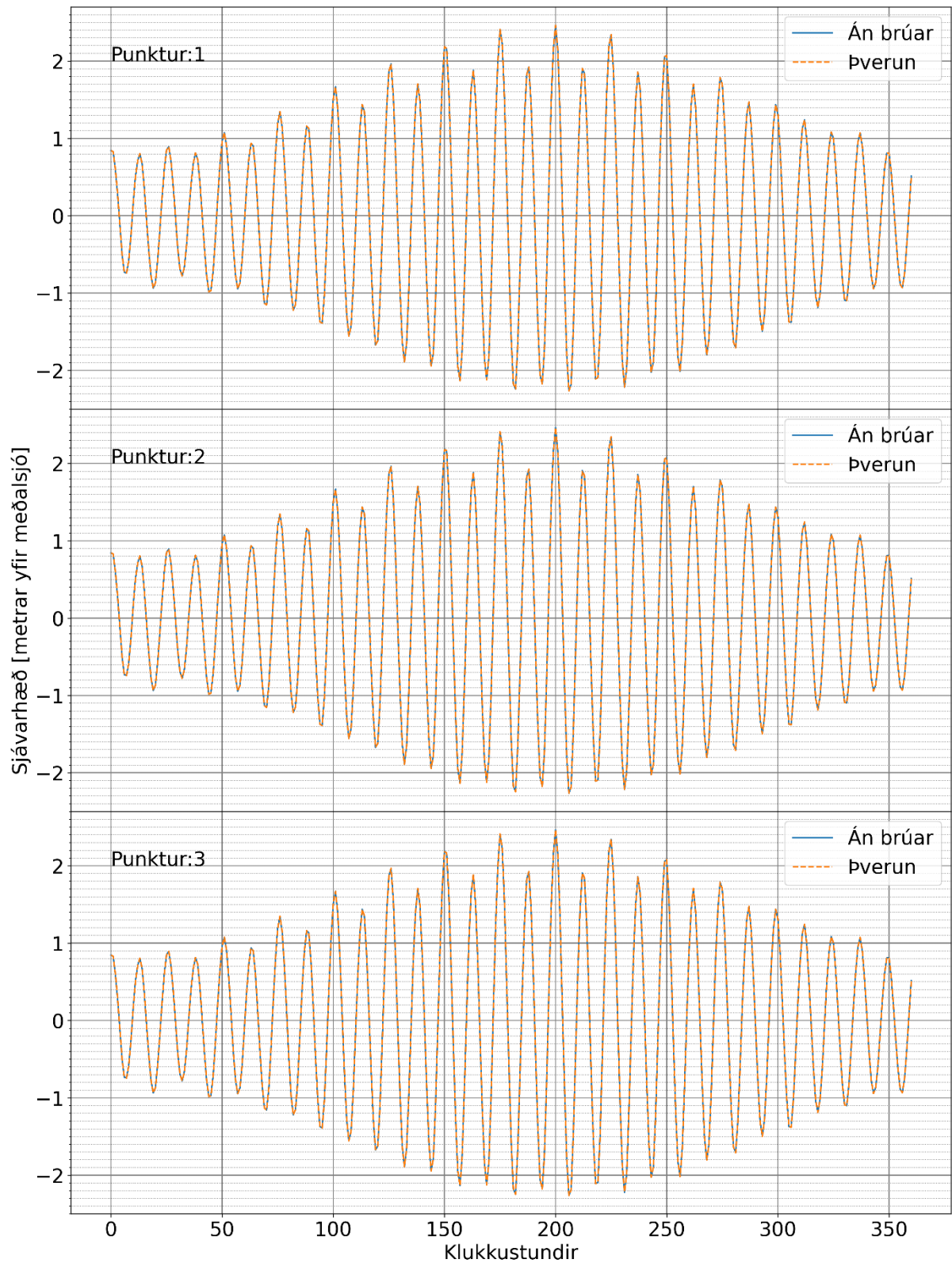
Mynd 23. Viðmiðunarpunktar fyrir sjávarföll og rennslissnið í Kollafirði. Sýnd eru til viðmiðunar ætluð lág stórstraumsfjörumörk byggð á takmörkuðum gögnum.



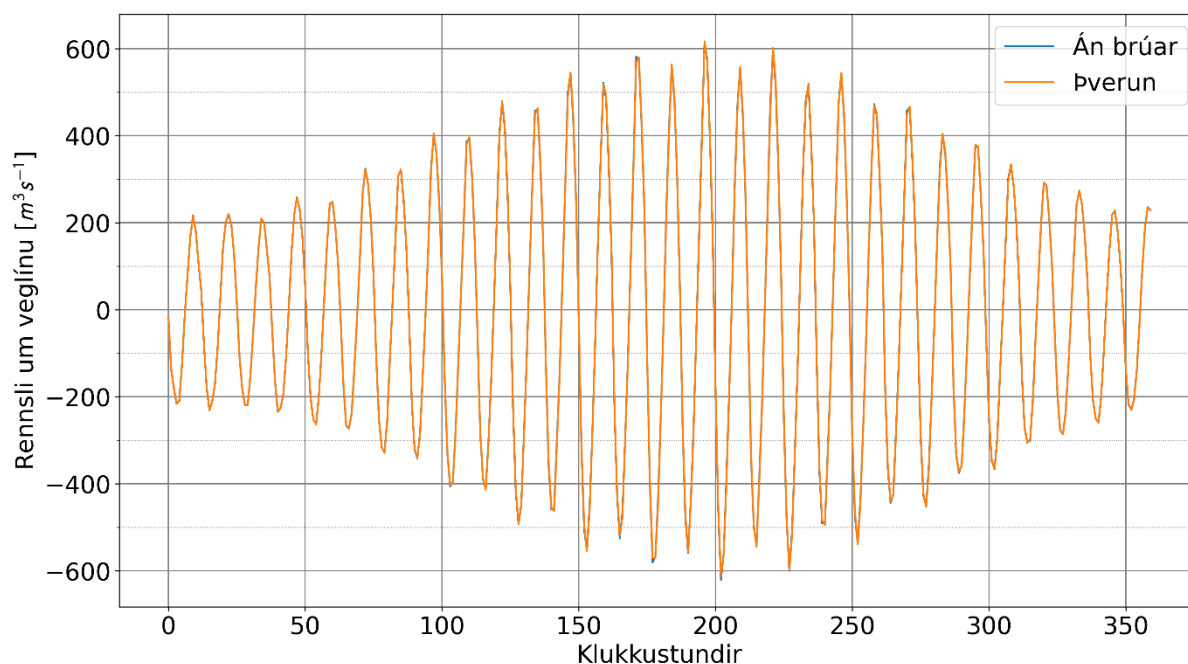
Mynd 24. Sjávarhæð í viðmiðunarpunktum, með og án þverunar (Innri leið).



Mynd 25. Rennsli um innri veglínu með og án þverunar.



Mynd 26. Sjávarhæð í viðmiðunarpunktum, með og án þverunar (Ytri leið).



Mynd 27. Rennsli um ytri veglínu með og án þverunar.

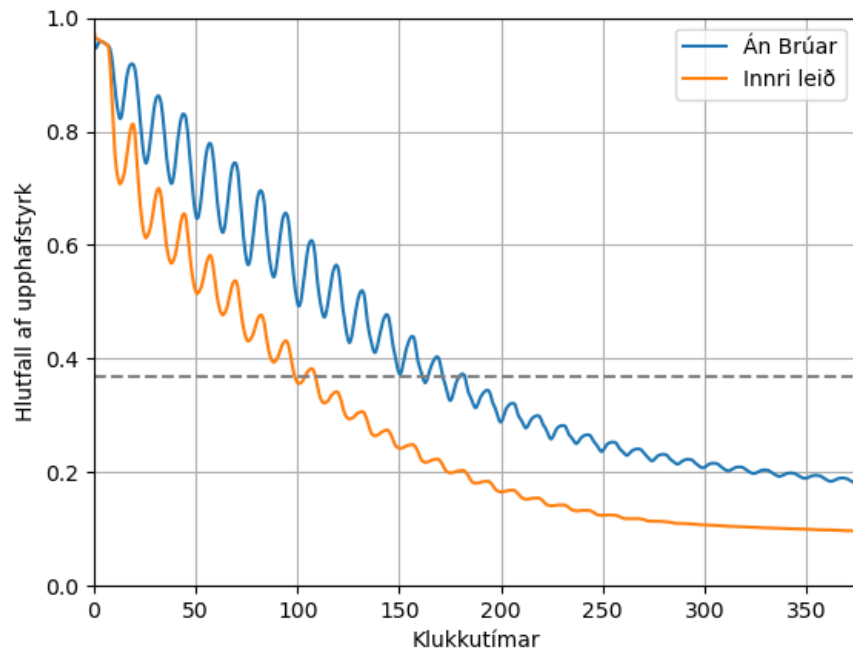
3.4. Útskolun

Lagt var mat á hvort þverunin hefði áhrif á útskolun fulluppleysts óhvarfgjarns sporefns sem dreift er yfir allt svæðið innan veglínu (þverunar). Niðurstöður útskolunarreikninga eru dregnar fram á mynd 28 og mynd 29 fyrir innri- og ytri leið sem hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk innan þverunar. Niðurstöðurnar sýna að útskolun verður nokkuð hraðari með vegfyllingu, hvort sem valin er innri (mynd 28) eða ytri leið (mynd 29). Þetta skýrist einkum af tveimur þáttum; annars vegar berst vatnið sem var innan þverunar lengra út fjörðinn frá þverun vegna aukins hraða á útfalli sem leiðir til þess að minna af því dregst aftur inn á aðfalli. Hins vegar leiðir aukinn hraði og hvirflamyndun á innstreymi til þess að meiri blöndun verður á vatni innan brúar, jafnvel þótt þverunin skýli svæði fyrir öldu.

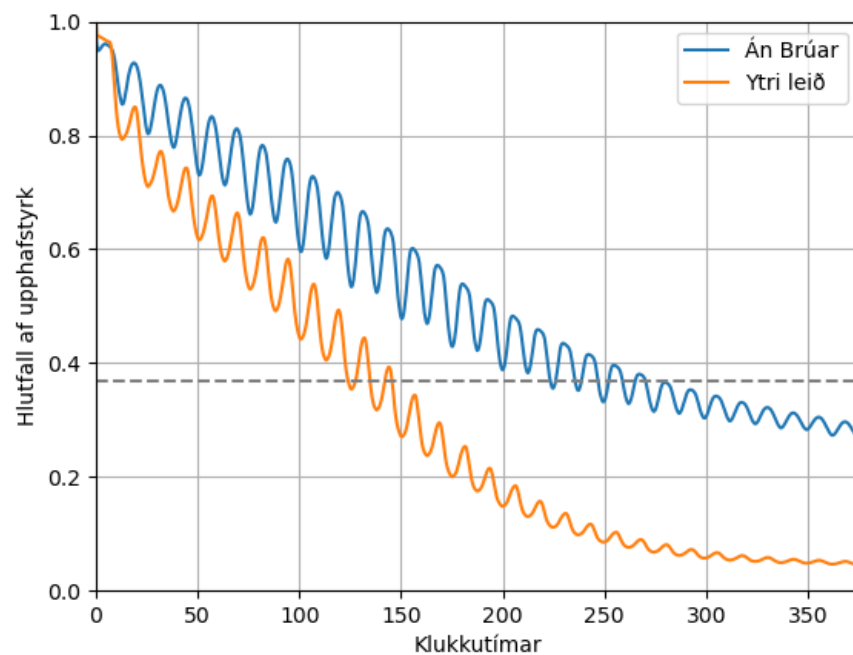
Mynd 30 sýnir þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefns yfir 10 daga tímabil með og án þverunar innri leiðar. Í grunnástandi er útskolun hægust innst í firðinum og það á einnig við eftir þverun þótt hún verði aðeins hraðari. Almennt er útskolun hraðari á öllu svæðinu eftir þverun utan tímabundinnar tafar á útskolun innan við syðri vegfyllinguna, eftir 3 daga eru þau áhrif nánast horfin og yfir tíu daga tímabil er útskolun hraðari á öllu svæðinu.

Þróun útskolunar eftir þverun með ytri leið er sýnd á mynd 31 yfir sama tímabil. Útskolunin er sambærileg því sem niðurstöður fyrir innri leið sýna. Útskolunin verður aðeins hægari en fyrir innri leið einkum innst í firðinum vegna aukins rúmmáls innan þverunar. Einnig ná straumar frá brúaropi fyrir ytri leið ekki jafn langt inn fjörðinn sem veldur því að uppblöndun verður hægari en fyrir innri leið. Engu að síður verður útskolunin hraðari en við núverandi ástand.

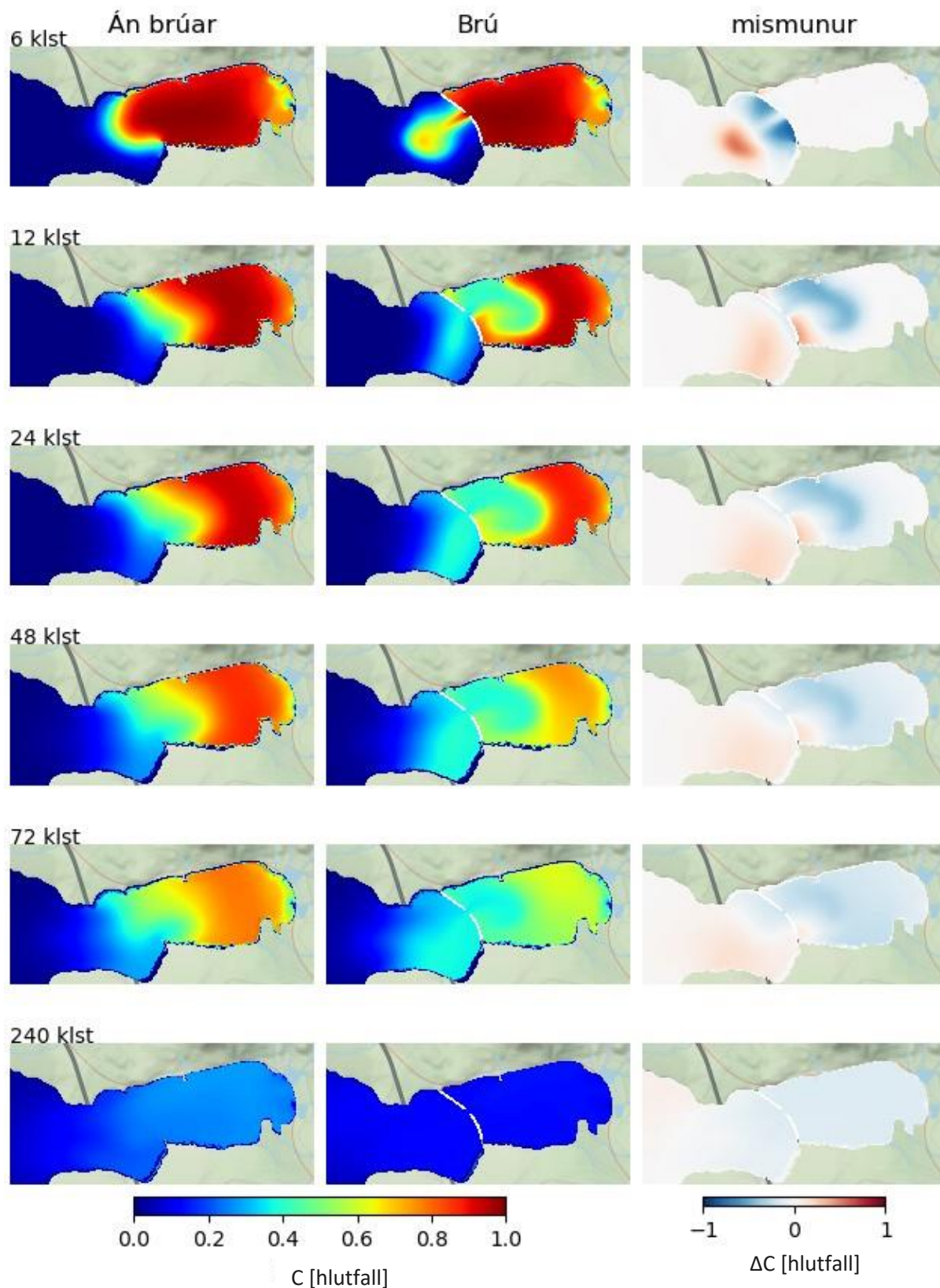
Reiknilíkanið byggir á tvístrunar- og burðarjöfnum og gefnum forsendum um fulluppleyst óhvarfgjarnt sporefni. Líkanið notast við reiknað straumsvið og erfir þar með óvissu á hraða. Óvissa er sambærileg milli tilfella og hefur ekki áhrif á samanburð niðurstaða með og án þverunar.



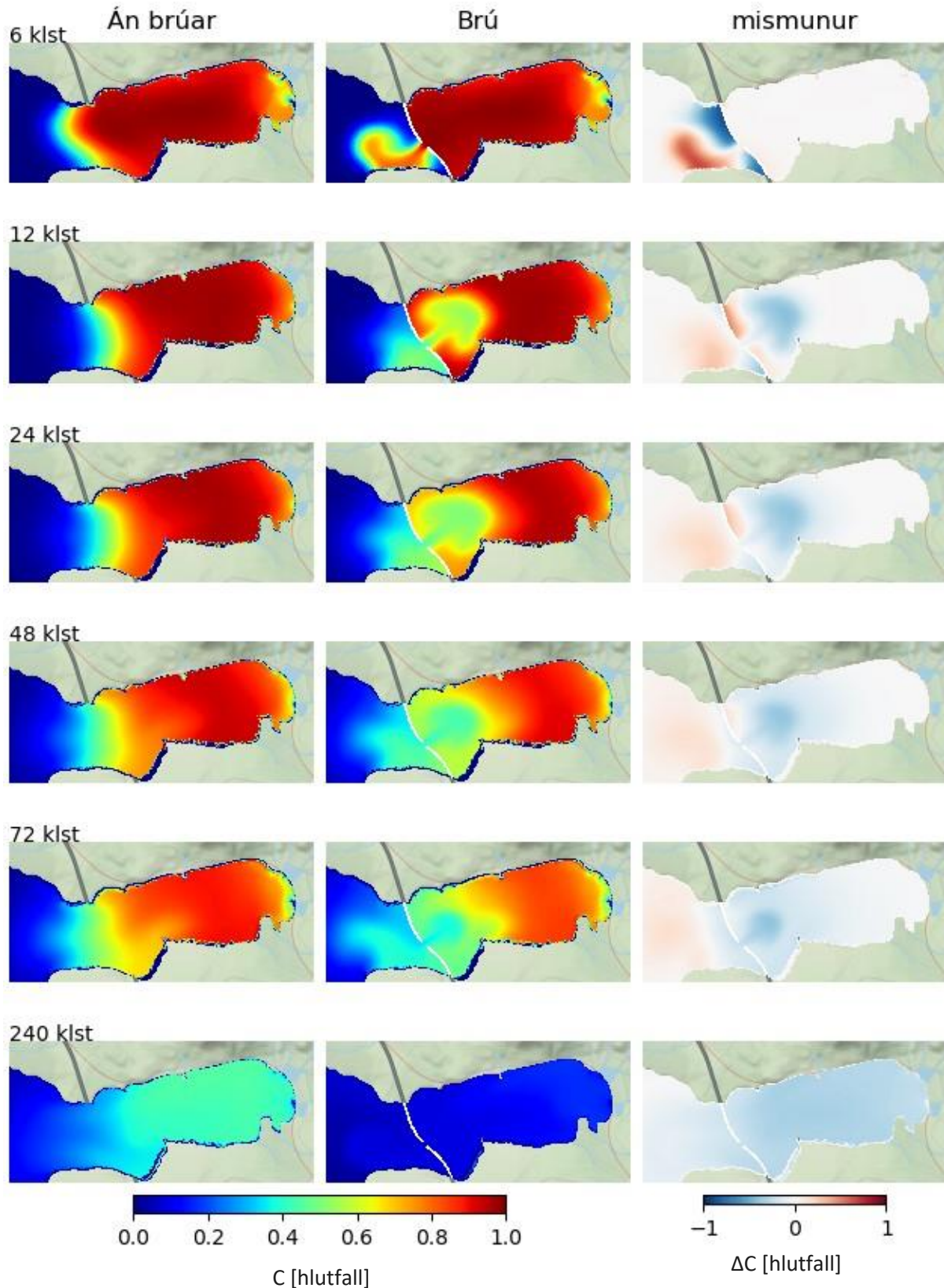
Mynd 28. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar (innri leið) af upphafsstyrk sem fall af tíma.



Mynd 29. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar (ytri leið) af upphafsstyrk sem fall af tíma.



Mynd 30. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir 10 daga tímabil í Kollafirði. Samanburður á núverandi ástandi og eftir þverun miðað við innri leið. Myndir lengst til hægri sýna mismun milli innri leiðar og núverandi ástands.



Mynd 31. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir 10 daga tímabil í Kollafirði. Samanburður á núverandi ástandi og þverun miðað við ytri leið. Myndir lengst til hægri sýna mismun milli ytri leiðar og núverandi ástands.



3.5. Botnrof og setflutningar

Breytingar á sjávarstraumum og ölduhæð geta hreyft við sjávarbotni sem var áður í jafnvægi og geta leitt til botnrofs. Við mat á mögulegu botnrofi á báðum leiðum var skerspenna við botn reiknuð og hámarksskerspenna nýtt til ákvörðunar á mögulegum útmörkum botnrofs að teknu tilliti til forsendna um tiltekna kornastærð sands. Skerspenna er háð straumhraða og hún erfir þar með óvissu straumhraða. Óvissa straumhraða er hins vegar lítil og verður óvissa á reiknaðri skerspennu því tiltölulega lág. Fyrir innri leiðina voru til viðbótar framkvæmdir setflutningsreikningar, þar sem botnrof og uppsöfnun sets er reiknuð með beinum hætti að gefnum forsendum um kornastærðir og eiginleika setefna, ásamt útreikningum á skerspennu. Með fyrri aðferðinni má áætla mögulegt umfang rofsvæða, en með seinni aðferðinni fæst einnig fram möguleg hegðun setefna eftir að þau rofna.

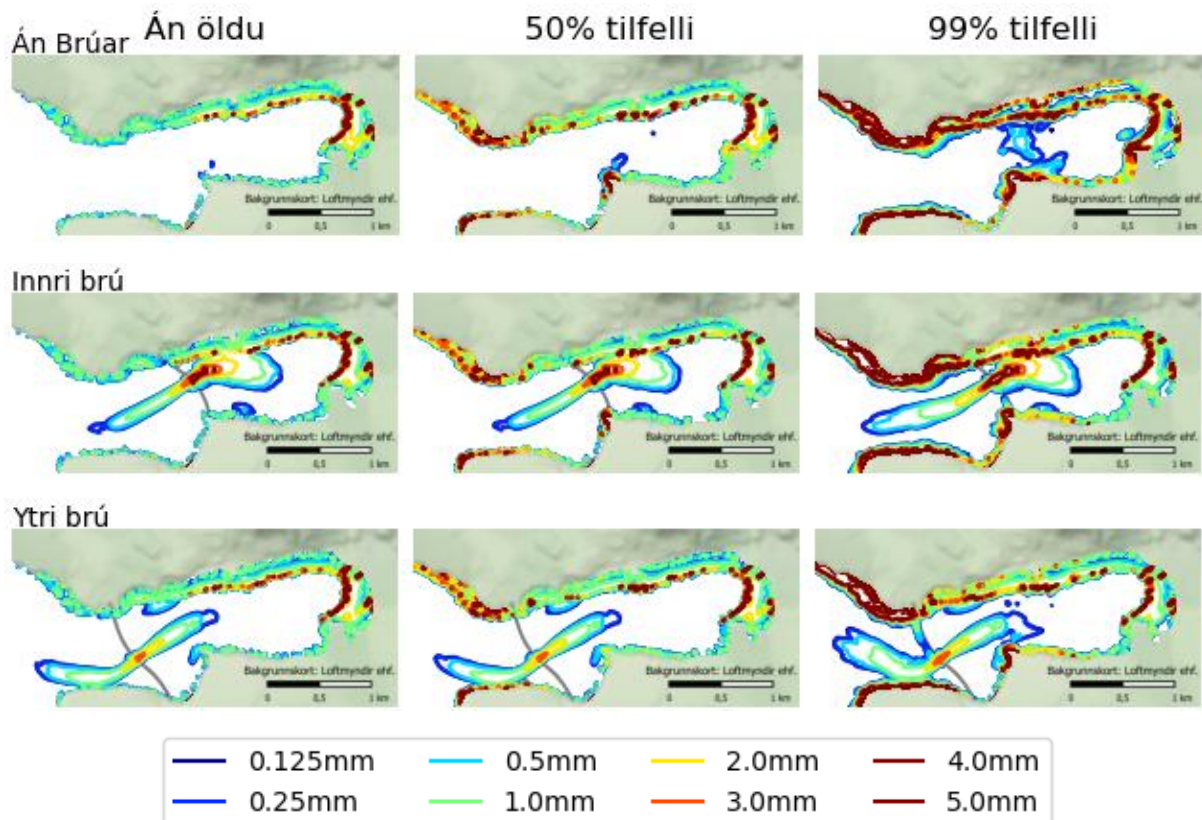
Rof og uppsöfnun er reiknuð með líkani (Krone, 1962; Patheniades, 1962) sem hefur verið mikið notað með góðum árangri í fjölda áratuga (sjá t.a.m. van Rijn, 1993; van Kessel, 2011; Achete, 2015; Mengual, 2017; van Rijn, 2020), en setflutningar eru reiknaðir með burðar- og tvístrunarjöfnu sem byggir á reiknuðum straumhraða. Lítil óvissa er á reiknaðri skerspennu og því er ekki mikil óvissa á því hvort efni rofnar eða ekki með gefnum forsendum um efnisgerð. Töluverð óvissa er hins vegar á efnisgerð og því er safn tilfella notað. Meiri óvissa er á rofhraða sem stjórnast af efniseiginleikum, t.a.m. samloðun og eðlisþyngd. Gert var ráð fyrir að botnefnið sé sandur ásamt fínna efnum sem hefur enga samloðun (van Rijn, 1993; Mengual, 2017). Óvissa á rofhraða leiðir aðallega til óvissu á tímasköllum en að minna leyti til óvissu á heildarmagni rofs, sem stjórnast frekar af óvissu um skerspennu.

Á mynd 32 eru sýndar niðurstöður útreikninga m.v. aukna skerspennu við botn. Möguleg rofsvæði eru dregin fram m.v. tiltekna kornastærð og forsendur um öldufar og strauma fyrir núverandi ástand ásamt áhrifum innri- og ytri leiðar á mögulegt botnrof. Niðurstöðurnar sýna að óveruleg hreyfing (rof) er á kornum yfir 0,125 mm að þvermáli nærri veglínunum við núverandi ástand, jafnvel að teknu tilliti til öldu og vinds sem svarar 99% hlutfallsmörkum. Rofsvæði koma einnig berlega í ljós nærri ströndu við núverandi ástand sem dregur fram þau svæði þar sem ströndin er grófari og fínefnasauð, svo sem við Höfða, Sjálfkvíar, og Afstapa. Við núverandi ástand verður einnig mögulegt lítilsháttar rof um miðbik fjarðarins út af Afstapa við 99% hlutfallsmörk öldu, en ekki við 50% hlutfallsmörk. Möguleg rofsvæði koma einnig fram á grynningum þar sem straumhraði verður mikill þegar vatn flæðir út á útfalli.

Niðurstöður skerspennureikninga sýna að þveranirnar draga úr rofi upp við ströndina innan þverana. Aukinn hraði í brúaropum leiðir hinsvegar til þess að mögulegt rofsvæði myndast í búaropi og á nokkuð stóru svæði bæði innan og utan þverana í takti við aukinn straumhraða frá brúaropi. Vegna minna dýpis þar sem innra brúarsniðið liggur komast stærri korn á hreyfingu í brúaropi (> 4 mm) en við ytra brúarsniðið (< 4 mm). Öldufar hefur einnig nokkur áhrif á umfang rofsvæðanna sem leiðir til þess að rofsvæðin verða nokkuð stærri í 99% tilvikinu en 50% tilvikinu. Sem fyrr verður áhrifasvæðið nokkru stærra í tilviki með vindi og öldu við 99% hlutfallsmörk.

Fyrir setflutningsreikninga til mats á botnrofi og uppsöfnun sets lágu fyrir takmarkaðar upplýsingar um botngerðina (kornastærðir) í Kollafirði. Alls sex greiparsýni (Mynd 33) voru tekin í rannsókn Jörundar Svavarssonar (2007) þar sem kornastærðir voru greindar út frá sigtun en ekki flotvog, og eru því kornastærðir minni en 0,063 mm (silt og leir) ekki sérstaklega greindar (Tafla 3). Stuðst var því einnig við sömu viðmið um botngerð og í Leiruvogi sem byggja á greiningu á greiparsýnum og borkjörnum í fyrirhuguðu brúarstæði þar (kafla 4.7). Þannig eru líkt og í Leiruvogi skilgreindar tvær sviðsmyndir eða tilfelli; tilfelli A þar sem minna botnrof er áætlað vegna malarlags í sýnum og tilfelli B þar sem meira botnrof er áætlað vegna skorts á grófum kornum. Í báðum tilfellum er efsta lagið í botninum ákvarðað út frá greiparsýni sem tekið var í brúaropinu í Leiruvogi sem var án grófari korna. Nánari umfjöllun um

sýnatöku og ákvörðun tilfella er að finna í kafla 4.7. Þessum útreikningum er fyrst og fremst ætlað að gefa innsýn í möguleg uppsöfnunarsvæði og stærðargráður botnbreytinga. Til einföldunar og með varfærni að leiðarljósi eru útreikningarnir byggðir á straumsviði fyrir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka. Jafnframt með botn eins og ætla megi að hann verði í upphafi rekstrartíma mannvirkisins, þ.e. án hugsanlegra botnbreytinga á framkvæmdatíma og með rofvörn í brúarstæði sem nær jafnframt 30 m út frá vegfyllingu í báðar áttir. Eðli málsins samkvæmt má ætla að óvissa kunni að vera töluverð og ber að taka tímaskölum sérstaklega með fyrirvara.



Mynd 32. Áhrif þverana á mögulegt botnrof fyrir mismunandi forsendur um sjávarstrauma og öldufar. Jafngildislínur sýna útmörk þeirra svæða sem sandur af tiltekinni kornastærð getur farið á hreyfingu að teknu tilliti til skerspennu á botni.



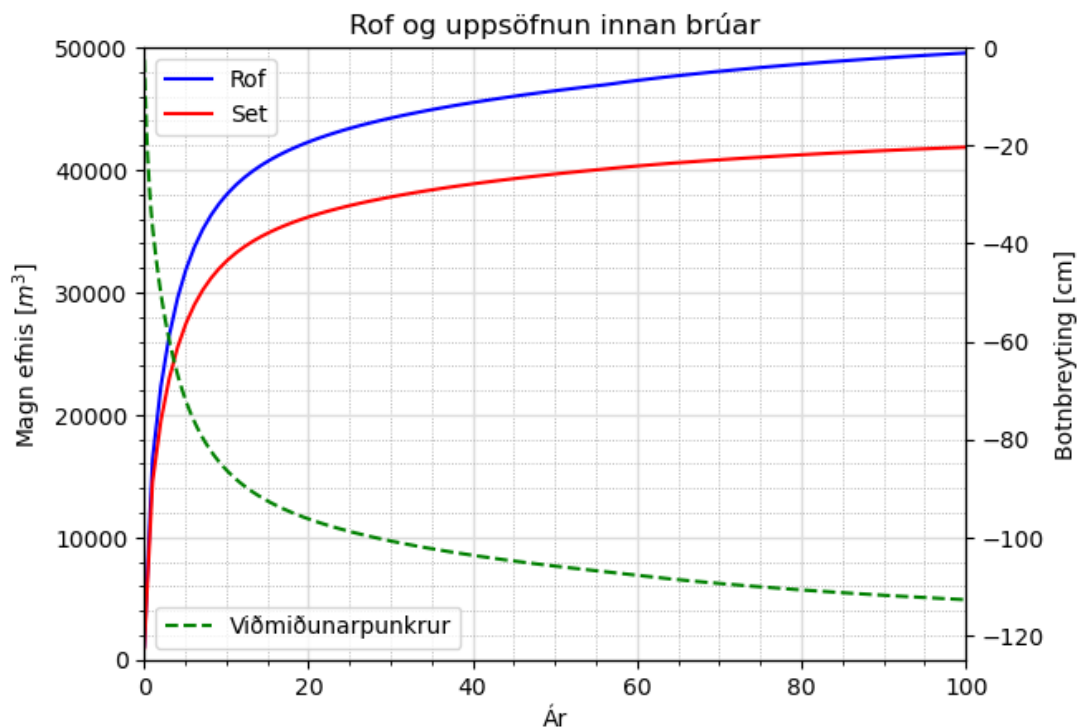
Mynd 33. Sýnatökustaðir í rannsókn Jörundar Svavarssonar (2007) í Kollafirði.

Tafla 3. Kornastærðardreifing á öllum stöðvum í rannsókn Jörundar Svavarssonar (2007). Sýndur er hundraðshluti af hverjum stærðarflokki.

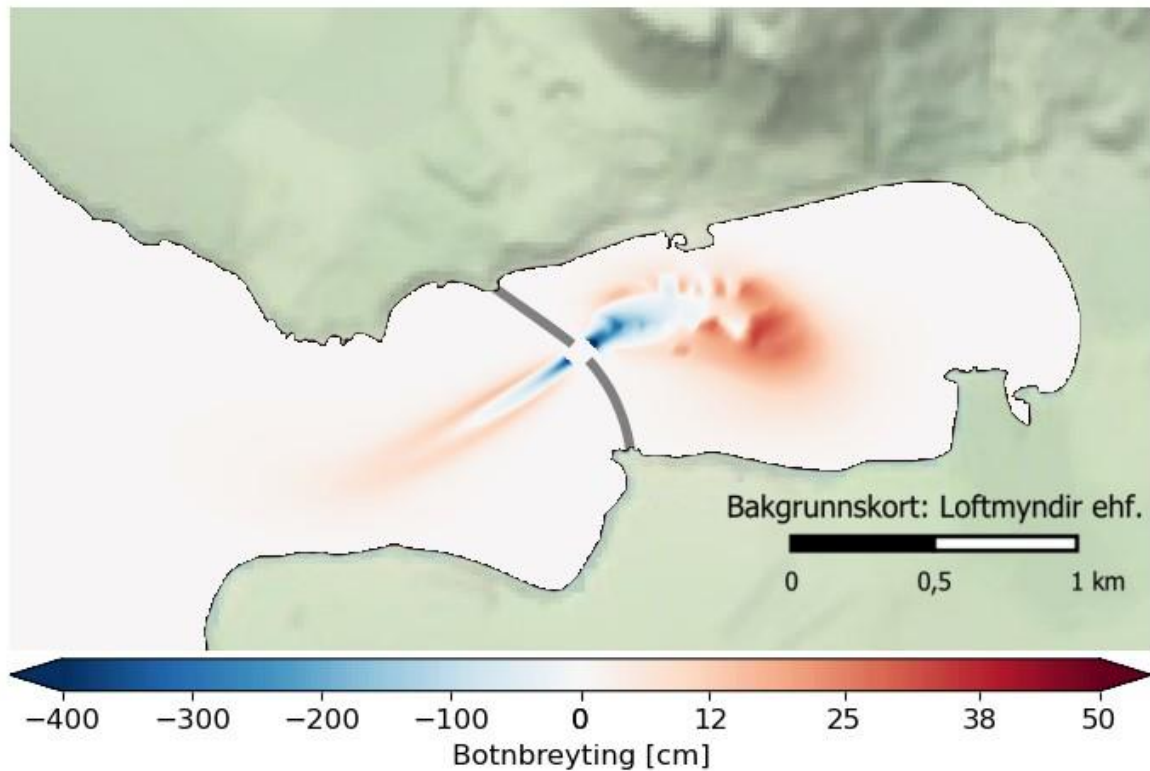
Kornastærð	Stöð					
(mm)	1	2	3	4	5	6
>16	7,7	23,0				6,7
8	22,3	11,0		0,4	0,2	2,7
4	11,5	2,3	0,4	0,2	0,1	0,4
2	8,2	2,2	0,6	0,3	0,2	0,9
1	4,6	1,5	0,7	0,3	0,2	0,6
0,5	4,0	1,5	0,6	0,3	0,2	0,5
0,25	7,8	2,6	1,5	1,7	0,3	1,3
0,125	15,7	7,1	32,0	60,5	6,0	14,0
0,063	7,3	12,7	45,3	28,1	59,0	52,3
<0,063	11,0	36,2	18,9	8,2	33,8	20,5
samtals	100	100	100	100	100	100

Á mynd 34 eru niðurstöður setflutningsreikninganna fyrir tilfelli A sýndar þar sem uppsafnað botnrof og setmyndun innan vegfyllingar hafa verið reiknuð 100 ár fram í tímann auk botnbreytingar í viðmiðunarpunkti staðsettum um 250 m innan brúarops. Mestar breytingar verða fyrstu 10 árin, eftir það hægist mjög á öllum breytingum. Fyrstu 20 árin hafa ríflega 40.000 rúmmetrar efnis rofnað og um 35.000 rúmmetrar efnis sest, því er heildartap á efni út úr svæðinu innan veglínu um 12,5% fyrstu 20 árin. Yfir 100 ára tíma hafa að sama skapi rofnað tæplega 50.000 rúmmetrar á meðan um 40.000 rúmmetrar hafa sest innan þverunarinnar. Því er heildartap efna frá svæðinu yfir 100 ára tímabil um 20%.

Mestar breytingar verða því í upphafi þar sem efni sem áður var staðsett nærri brúaropi flyst inn voginn þar sem það fellur út. Það má sjá á því að ef ferlar rofs og sets eru rýndir í upphafi þá eru þeir nánast þeir sömu. Með tímanum verður rof meira að rúmmáli en það efni sem fellur út innan þverunar, sem er í samræmi við aukið hlutfall finni efna neðar í borkjarna A (tafla 8) sem skolest frekar út. Ef horft er til viðmiðunarpunktsins sem staðsettur er um 250 m innan við brúaropið má sjá að botninn hefur lækkað um 100 cm fyrstu 20 árin en lækkar aðeins um ríflega 10 cm næstu 80 árin. Á mynd 35 er sýnt hvernig rof og uppsöfnun sets er eftir 100 ár fyrir tilfelli A. Rofið er mest í straumröstinum sem myndast frá brúaropunum en söfnunin svo mest í næsta nágrenni straumrastanna. Mest verður söfnunin innan þverunar þar sem straumhvirlur myndast á aðfalli austan vegfyllingar, sjá mynd 18 af straumhvirlinum.

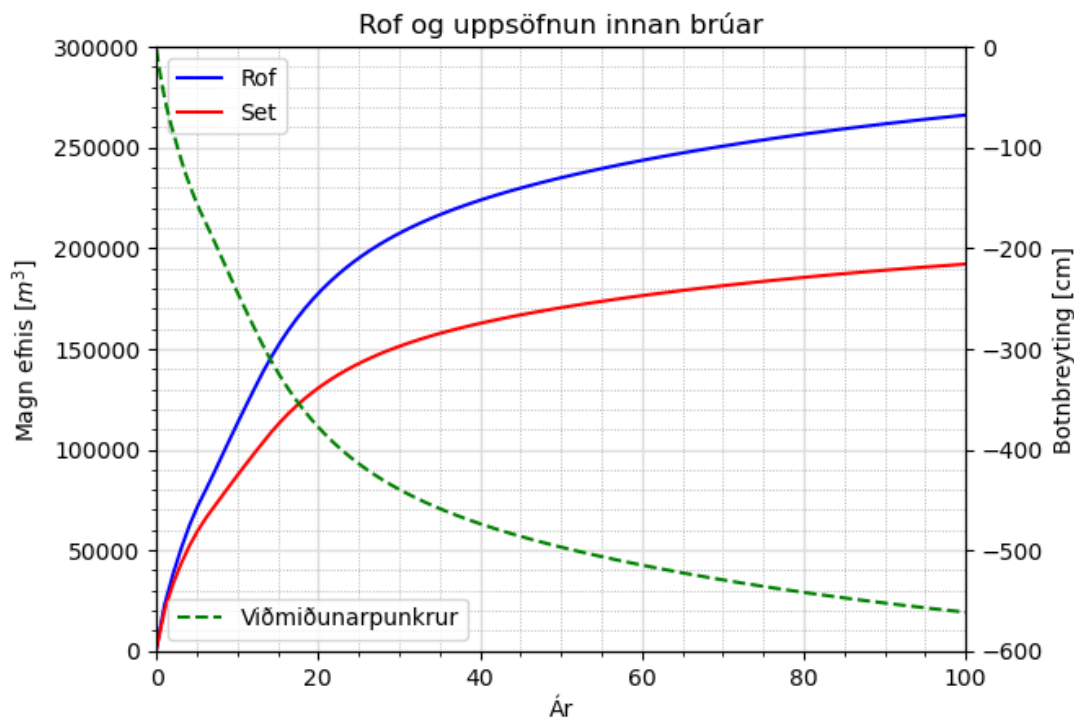


Mynd 34. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop (tilfelli A).

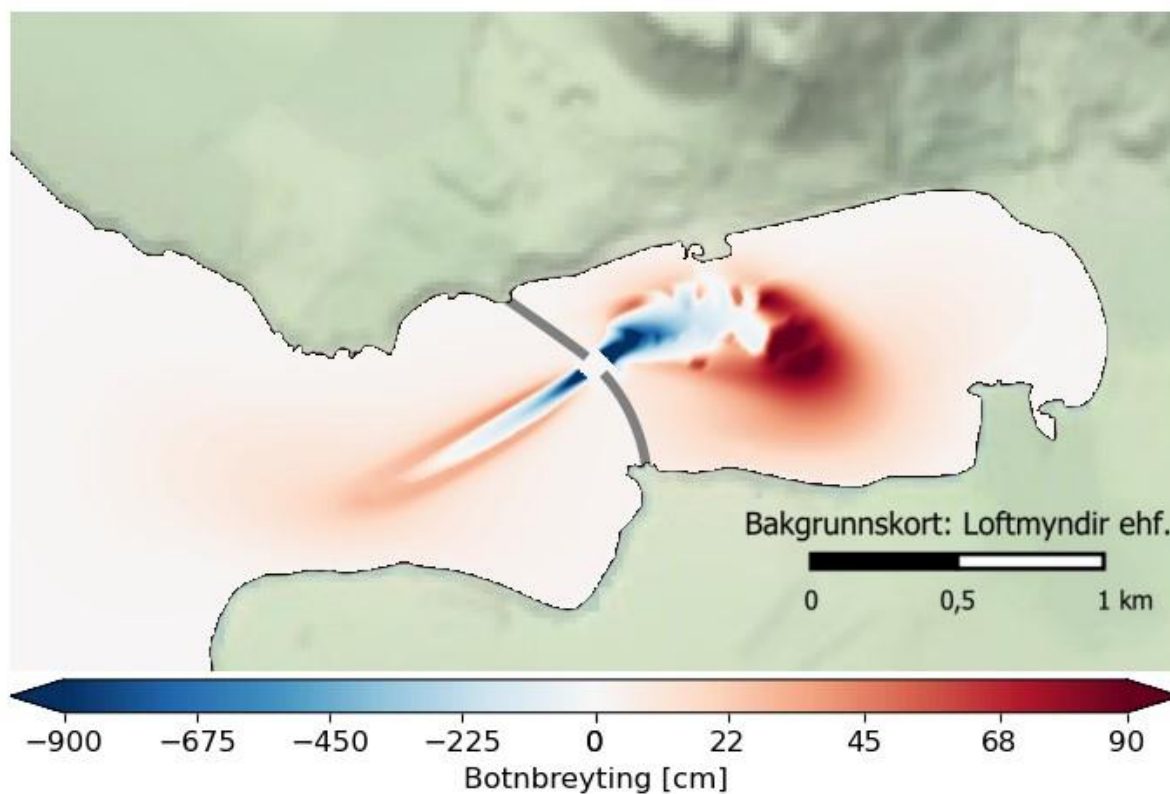


Mynd 35. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna í Kollafirði eftir 100 ár. Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi (tilfelli A).

Á mynd 36 eru niðurstöður setflutningsreikninganna fyrir tilfelli B, samskonar og sýndar voru fyrir tilfelli A hér að framan. Niðurstöðurnar sýna mun meiri breytingar en niðurstöður fyrir tilfelli A gáfu til kynna. Þannig eru breytingar mestar fyrstu 20 árin, eftir það hægist á rofi og setmyndun þótt rofið sé töluvert áfram en setmyndunin minnkar meira. Þannig hafa fyrstu 20 árin um 180.000 rúmmetrar efnis rofnað og um 130.000 rúmmetrar efnis sest, því er heildartap á efni út úr svæðinu innan veglínu um 28% fyrstu 20 árin. Yfir 100 ára tíma hafa að sama skapi rofnað nærri 270.000 rúmmetrar á meðan rúmlega 190.000 rúmmetrar hafa sest innan þverunarinnar. Því er heildartap efna frá svæðinu yfir 100 ára tímabil um 30%. Samanborið við niðurstöður úr tilfelli A, sýna niðurstöður fyrir tilfelli B ríflega fimmfalt meira rof og að nærri fimmfalt meira efni sest innan þverunarinnar. Ef horft er til viðmiðunarpunktsins sem staðsettur er um 250 m innan við brúaropið má sjá að botninn hefur lækkað hátt í 4 m fyrstu 20 árin og að lækkunin nálgast 6 m eftir 100 ár. Á mynd 37 er sýnt hvernig rof og uppsöfnun sets er eftir 100 ár. Rofið er mest í straumröstinum sem myndast frá brúaropunum en söfnunin er svo mest í næsta nágrenni straumrastanna. Mest verður söfnunin innan þverunar þar sem straumhvirfill myndast á aðfalli suðaustur af brúaropi, sjá mynd 18 af straumhvirflinum.



Mynd 36. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop. Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi (tilfelli B).



Mynd 37. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna í Kollafirði, í nýju jafnvægi (100 ár). Byggt á forsendum um kornastærðir í Leiruvogi, eftir 100 ár (Tilfelli B).

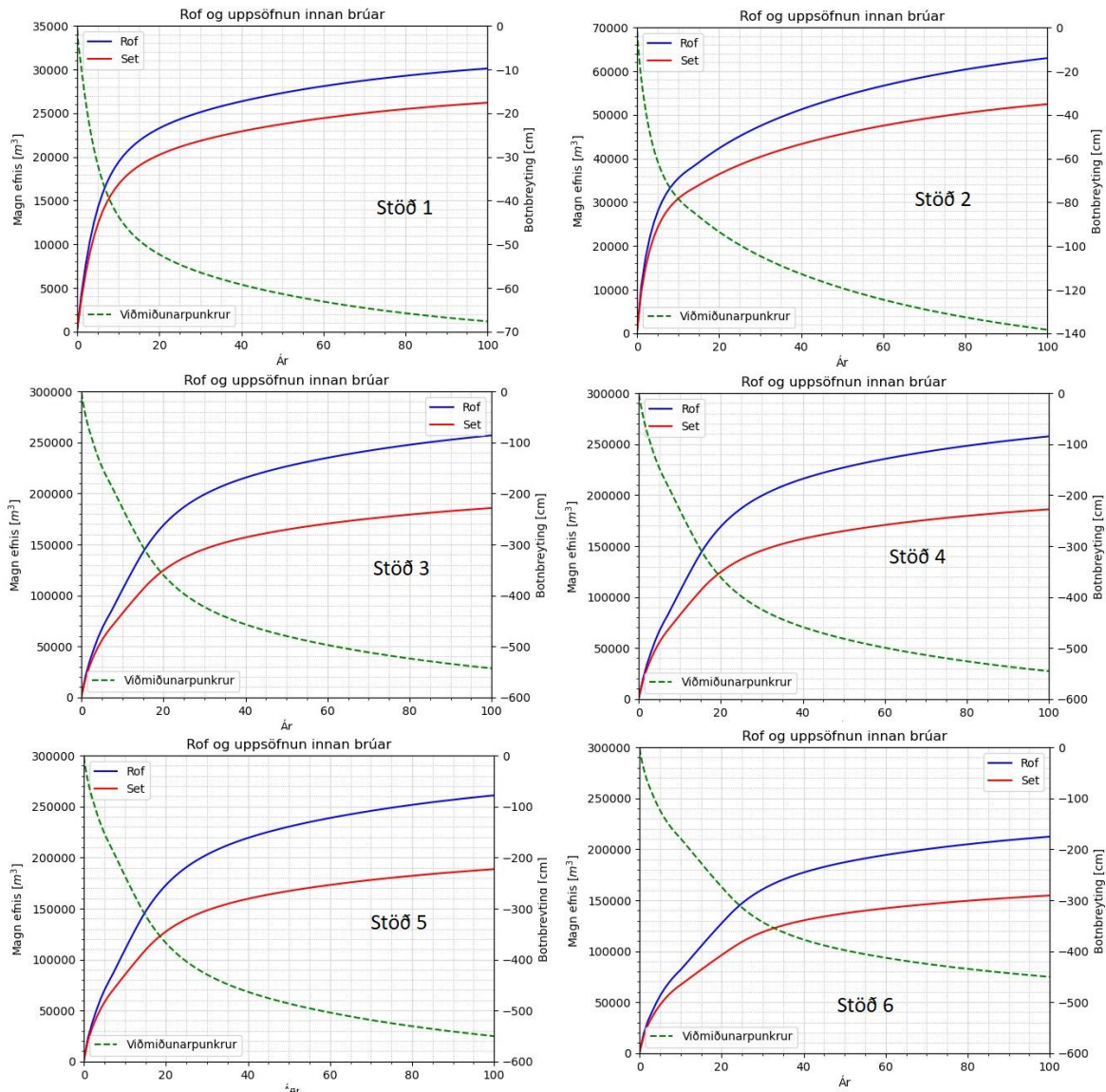


Hér að framan hefur verið lagt mat á mögulegt botnrof með tvennum hætti fyrir innri leið. Ágætt samræmi er á milli niðurstaðna skerspennureikninga og setflutningsreikninga ef horft er til áhrifa-svæðis þverunarinnar. Niðurstöður botnrofs- og setflutningsreikninga fyrir tilfelli B sýna mjög mikið rof þar sem forsendur um setefni í botni gera ráð fyrir mikið minna magni malarkorna og hærra hlutfalls fíns efnis í efri lögum en í tilfelli A.

Ef tekið er tillit til kornadreifinganna úr greiparsýnum frá Kollafirði (Tafla 3) og reynt að álykta um dreifingu á silti og leir með hliðsjón af niðurstöðum úr Leiruvogi má sjá enn frekar hversu mikill breytileikinn kann að vera á niðurstöðum um reiknað botnrof og uppsöfnun sets. Mynd 38 dregur þetta fram með því að skipta út yfirborðslagi úr Leiruvogi fyrir hvert af hinum sex sýnum úr Kollafirði en halda kjarna B þar fyrir neðan. Niðurstöðurnar koma um margt svipað út og fyrir tilfelli B (Mynd 36) þegar syðri stöðvarnar eru hafðar til viðmiðunar (Mynd 33), þ.e. stöðvar 3, 4 og 5 (Mynd 38). Á nyrðri stöðvunum, nr. 2, 1 og 6 er töluvert grófara efni til staðar og verður rofið því mun minna með þeim viðmiðum. Niðurstöður skerspennureikninga án þverunar (Mynd 32) gáfu til kynna að búast mætti við auknu rofi við norðurströnd Kollafjarðar samanborið við suðurströndina og því þarf kannski ekki að koma á óvart að botnefni norðanmegin í firðinum sé heldur snauðara af fínefnum og hafi þannig stærri hluta grófra setefna. Ekki liggur þó fyrir hvar í firðinum milli norður- og suðursvæða slík skipting í kornastærðum kunni að liggja og erfitt því að draga fram ályktanir gagnvart stærðargráðu líklegs rofs og uppsöfnunar setefna í kjölfar þverunar þótt megin rof- og uppsöfnunarsvæðin ættu að vera ágætlega ákvörðuð.

Ef botnbreytingar í takti við það sem hér er metið kunna að vera óheppilegar fyrir lífríki Kollafjarðar mætti endurskoða matið út frá viðbótar setefnasýnum teknum í Kollafirði, bæði greiparsýnum og kjarnasýnum.

Ef slíkar mælingar fást væru forsendur til þess að leggja mat á grugg af völdum botnrofs í Kollafirði líkt og gert er fyrir Leiruvog að neðan (sjá kafla 4.7.7). Gera má ráð fyrir að gruggmyndun verði til staðar í Kollafirði þótt ekki sé hægt að segja fyrir um á þessu stigi hvort hún yrði viðlíka og í Leiruvogi.



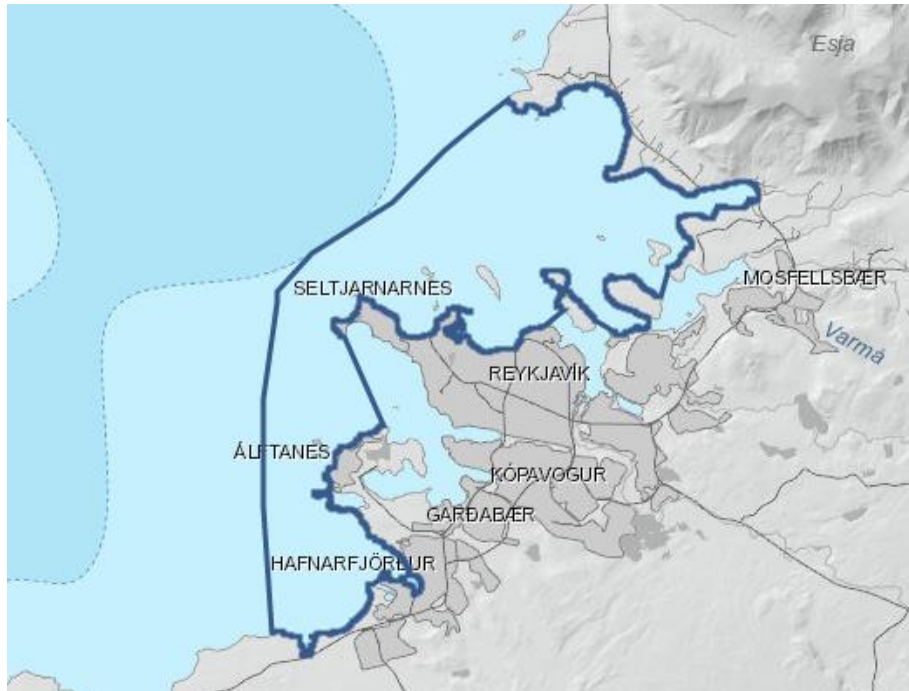
Mynd 38. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar eftir þverun innri leiðar. Botnbreyting í viðmiðunarpunkti staðsettum 250 m innan við brúarop. Byggt á forsendum um kornastærðir úr greiparsýnum úr Kollafirði (Tafla 3) fyrir botnþyrborð og kjarnasýnum í Leiruvogi (tilfelli B) fyrir setefni þar fyrir neðan.

3.6. Fráveita

Kollafjörður fellur innan strandsjávarhlotsins Straumsvík-Kjalarnes, númer 1044-1391-C (mynd 39). Efnafræðilegt umhverfismarkmið strandsjávarhlotsins Straumsvík-Kjalarnes er skilgreint gott og ekki í áhættuflokki samkvæmt Vatnavefsjá.

Fráveituútrás frá iðnaðarhverfi við Esjumela liggur út í Kollafjörð að sunnanverðu innan fyrirhugaðrar þverunar. Vatnaskil framkvæmdu vatnsgæðaútreikninga fyrir Veitur vegna skilgreiningar á viðtaka í Kollafirði (Vatnaskil, 2018). Í útreikningunum var lagt mat á dreifingu niturs, fosfórs, súrefnis, svifagna, líffræðilegrar súrefnisþarfar (BOD) og efnafræðilegrar súrefnisþarfar (COD).

Til þess að fá mat á áhrifum þverana á vatnsgæði Kollafjarðar að teknu tilliti til fráveitunnar voru forsendur vatnsgæðalíkansins uppfærðar með hliðsjón af mælingum á styrk efna í frárennsli sem gerðar hafa verið síðan á vegum Veitna. Samkvæmt mælingunum var styrkur allra efna að jafnaði mun lægri en gengið var út frá í vinnunni 2017. Í verkefninu voru forsendur metnar m.t.t. hæstu mældra gilda, forsendurnar eru gefnar í tafla 4.



Mynd 39. Strandsjávarhlotið Straumsvík-Kjalarnes, númer 1044-1391-C. Úr vatnavefsjá.

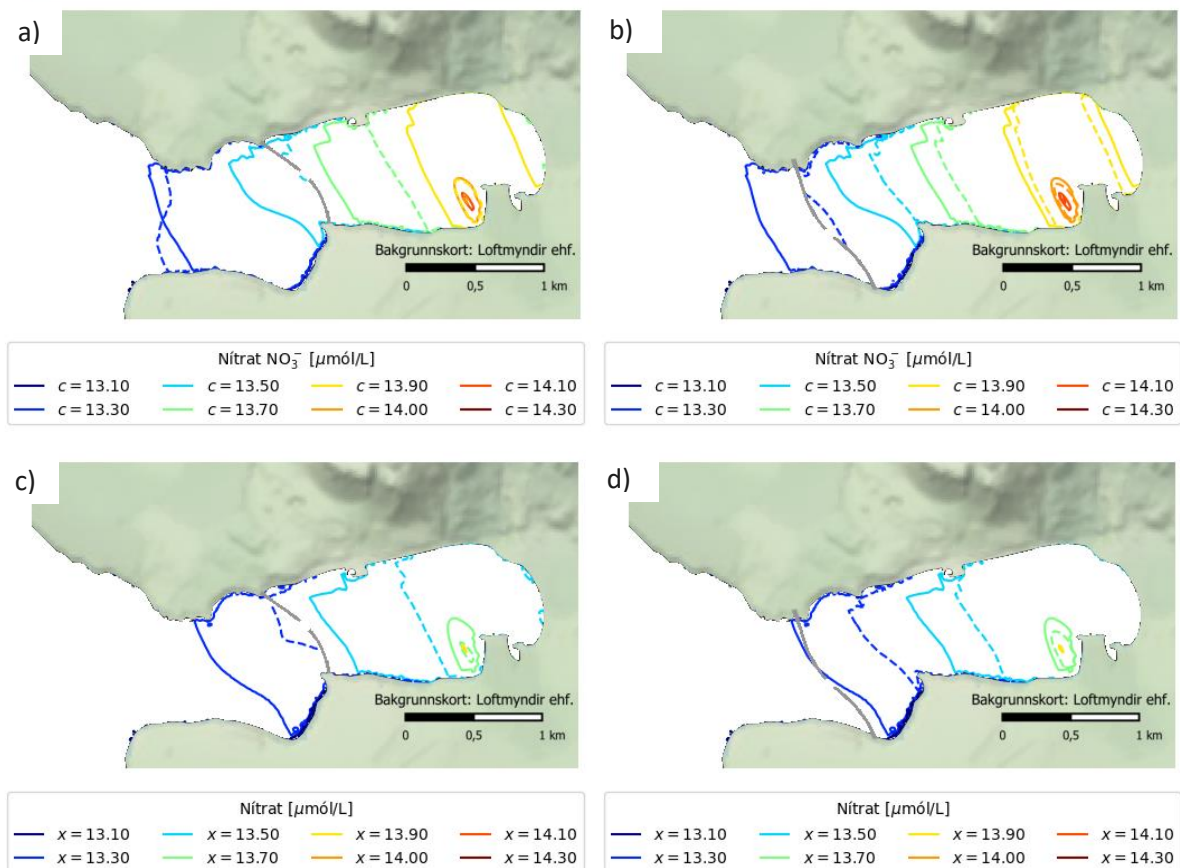
Tafla 4. Forsendur rennslis og styrks í útrás við Esjumela samkvæmt upplýsingum frá Veitum.

BOD [gO/m ³]	COD [gO/m ³]	Svifagnir [g/m ³]	N [g/m ³]	P [g/m ³]	Q [l/s]	Q [m ³ /dag]
26,3	80,5	98,9	9,00	1,08	6	518,4

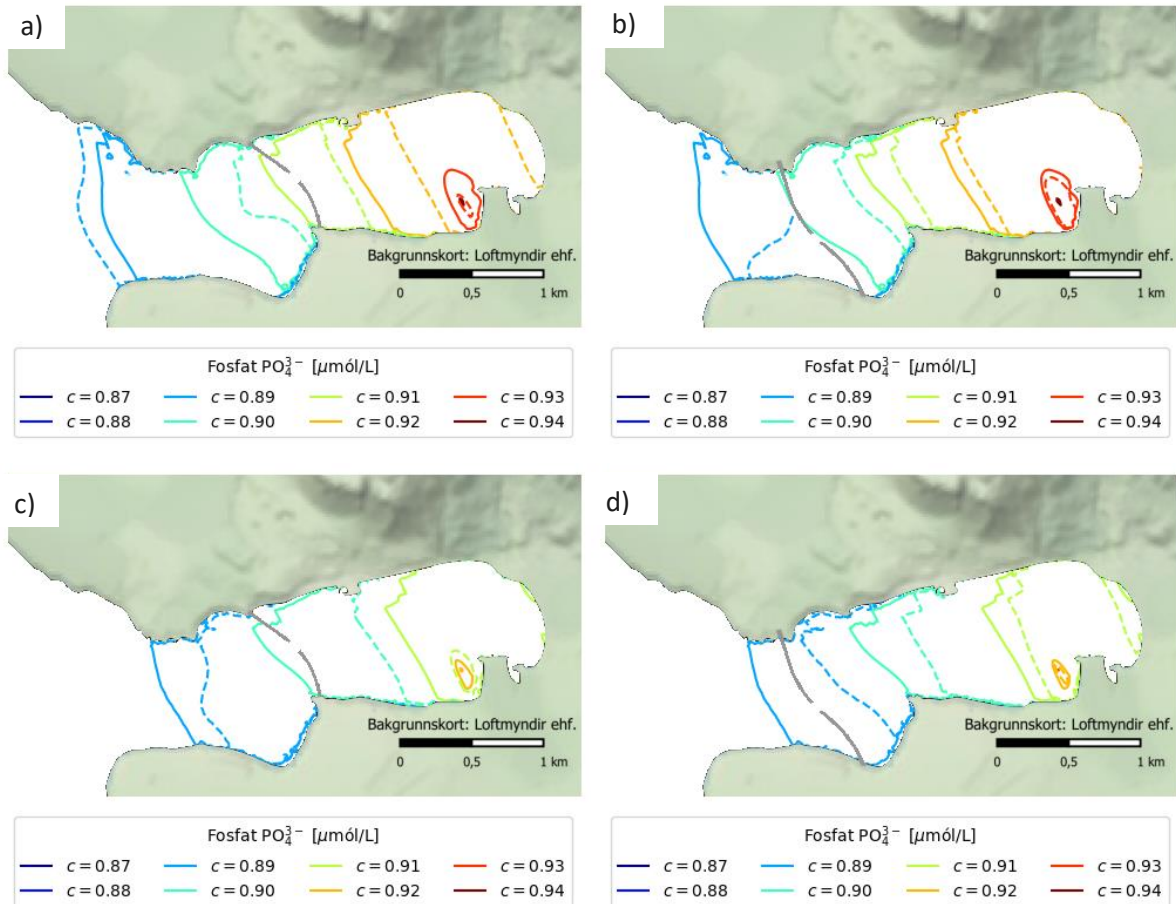
Gert er varfærið mat á ástandsflokkun með því að gera ráð fyrir að allt köfnunarefnið sé uppleyst á formi nitrats (NO₃⁻) og allt fosfór uppleyst á formi fosfats (PO₄³⁻). Bakgrunnsstyrkur næringarefna er árstíðarbundinn en nær ákveðnu jafnvægi yfir hávetur þegar upptaka lífríkis er í lágmarki og efnin hafa blandast yfir allt dýpið (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2021). Þess vegna er vetrarstyrkur notaður til vöktunar á breytingum á næringarefnum, 13,1 µmól/L fyrir níturat og 0,87 µmól/L fyrir fosfat sem er í samræmi við viðmiðunarstyrk sem Hafrannsóknastofnun miðar við fyrir opið svæði á suðursvæði (Rakel Guðmundsdóttir o.fl., 2022).

Styrkur nitrats, fosfats og svifagna var reiknaður eins og efnin væru óhvarfgjörn og án útfellingar. Með því fæst varfærið mat á styrk efnanna að því leyti að reiknað er með að öll losun dreifist um viðtakann og ekkert efni falli til botns eða hvarfast.

Reiknuð voru tilvik án öldu og vinds og einnig með norðaustanátt sem svarar til 50% hlutfallsmarka vindhraða og ölduhæð sem svarar einnig til 50% hlutfallsmarka. Hvert tilvik var reiknað án brúar, með innri brúarvalkosti og þeim ytri. Eins og við var að búast verður hraðari blöndun efna með vindi og öldu og styrkur verður lægri í þeim tilvikum. Styrkur efnanna er í öllum tilvikum mjög lágur og víkur aðeins lítillega frá bakgrunnsgildum í tilvikum nitrats og fosfats, allt svæðið helst í ástandsflokki „Mjög Gott“ (undir $15,8 \mu\text{mol/L}$ fyrir níttrat og $1,0 \mu\text{mol/L}$ fyrir fosfat). Með tilkomu þverananna verður meiri blöndun og hraðari útskolun efna frá fráveitunni. Líkanreikningar benda því ekki til þess að hætta sé á að þverun leiði af sér uppsöfnun á næringarefnum innan vegfyllingar (mynd 40 og mynd 41).



Mynd 40. Styrkur nitrats, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).



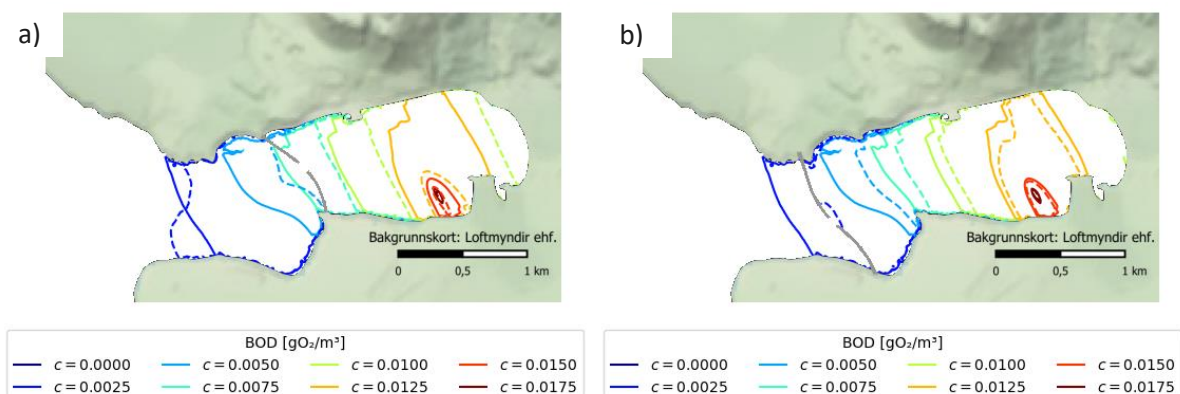
Mynd 41. Styrkur fosfórs, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).

Vatnsgæðalíkaninu var einnig beitt til þess að meta áhrif þverana á súrefnisbúskap Kollafjarðar, bæði vegna losunar á BOD og COD frá útrásinni. Á sjávarbotni verður einnig upptaka á súrefni m.a. vegna rotnunar gróðurleifa (SOD, e. Sediment oxygen demand). Gert var ráð fyrir SOD gildi $1 \text{ g O}_2/\text{m}^2/24\text{klst}$. Gert var jafnframt ráð fyrir 5°C heitum fullsöltum sjó með súrefnisstyrk 9 g/m^3 utar í Faxaflóa. Súrefnisupptaka sjávar úr andrúmslofi eykst með straumum og vindi. Það dugar því hér að athuga verstu skilyrði þ.e. án öldu og vinds, þegar súrefnisupptaka og blöndun á COD og BOD er minnst.

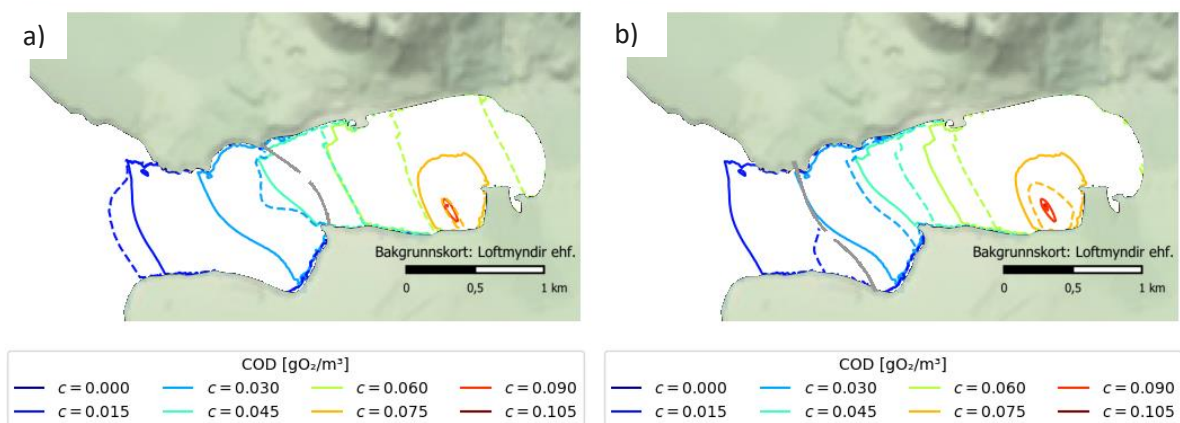
Niðurstöður á COD og BOD eru í góðu samræmi við útskolunarniðurstöður, þverun eykur blöndun og útskolun svo styrkur COD og BOD lækkar (mynd 42 og mynd 43). Að sama skapi hækkar súrefnisstyrkur innan brúar við þverun þar sem sterkari straumar á að- og útfalli auka súrefnisupptöku (mynd 44). Vegna útskolunar má greina lægri súrefnisstyrk utan brúar, utar en greina má af myndunum, þ.e. sjó innan brúar sem hefur hærri BOD/COD er skolað út og hefur þannig áhrif á súrefnisupptöku utan brúar þó svo í litlu mæli sé. Sterkari straumar leiða einnig til þess að styrkur svifagna lækkar lítið eitt með tilkomu þverana en helst engu að síður áfram lágur (mynd 45).

Óvissa í niðurstöðum fráveitureikninga kemur einna helst til vegna óvissu í forsendum um styrk efnis í fráveitu, en einnig kemur til óvissa vegna reiknaðs straumsviðs og reiknilegrar óvissu dreifilíkans. Allar þessar óvissur eru sameiginlegar milli tilfella og hafa ekki áhrif á beinan samanburð tilfella.

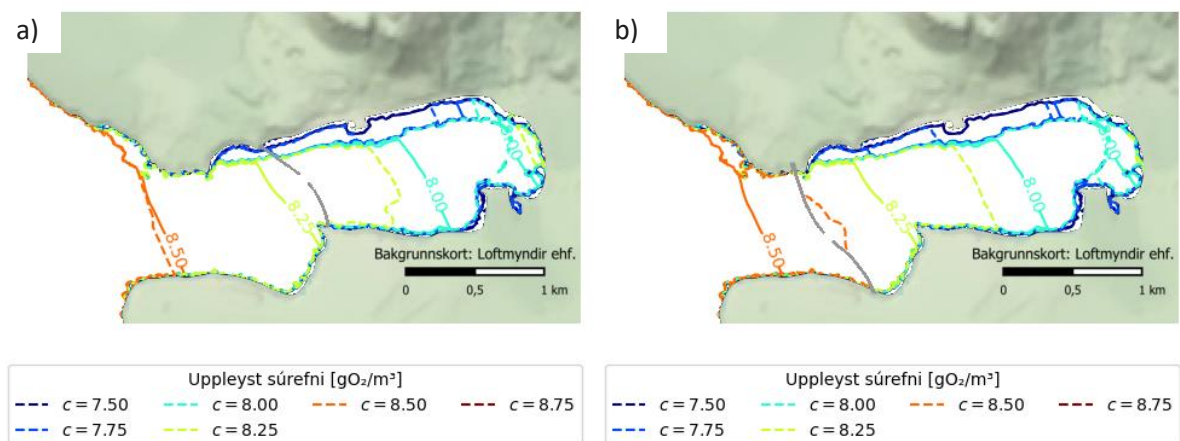
Af framansögðu má ráða að tilkoma vegfyllingar, hvort sem er eftir ytri leið eða innri leið, sé mjög ólíkleg til að hafa áhrif á markmið vatnshlotsins um gott efnafræðilegt ástand.



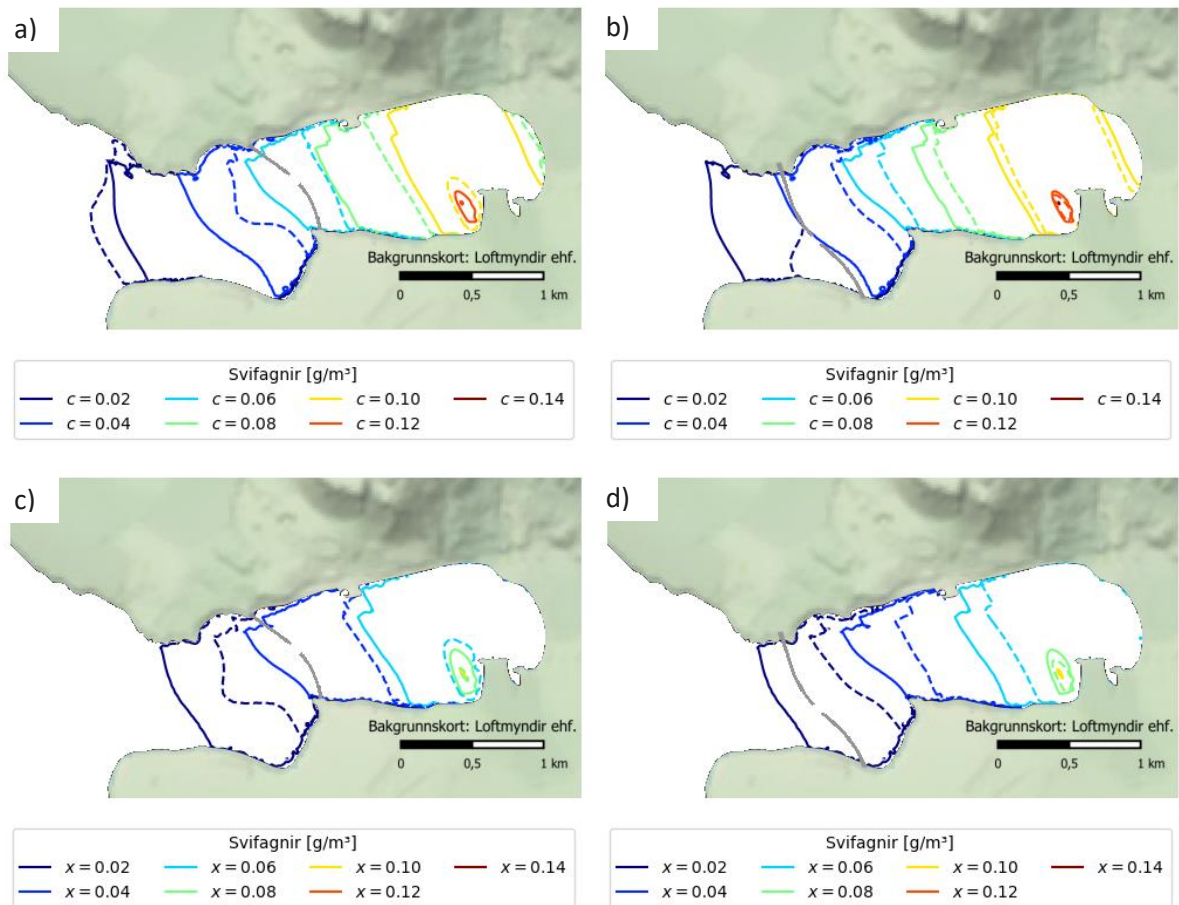
Mynd 42. Lífræn súrefnisþörf (BOD). 90% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).



Mynd 43. Efnafræðileg súrefnisþörf (COD), 90% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).



Mynd 44. Uppleyst súrefni O₂. 10% hlutfallsmörk styrks án öldu og vinds. Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a) og ytri brú (b).



Mynd 45. Styrkur svifagna, 90% hlutfallsmörk án öldu og vinds (efri myndir a og b) og við 50% öldu og vind (neðri myndir c og d). Án þverunar (heil lína) og eftir þverun (brotalína) fyrir innri brú (a og c) og ytri brú (b og d).

4. Leiruvogur – Blikastaðakró

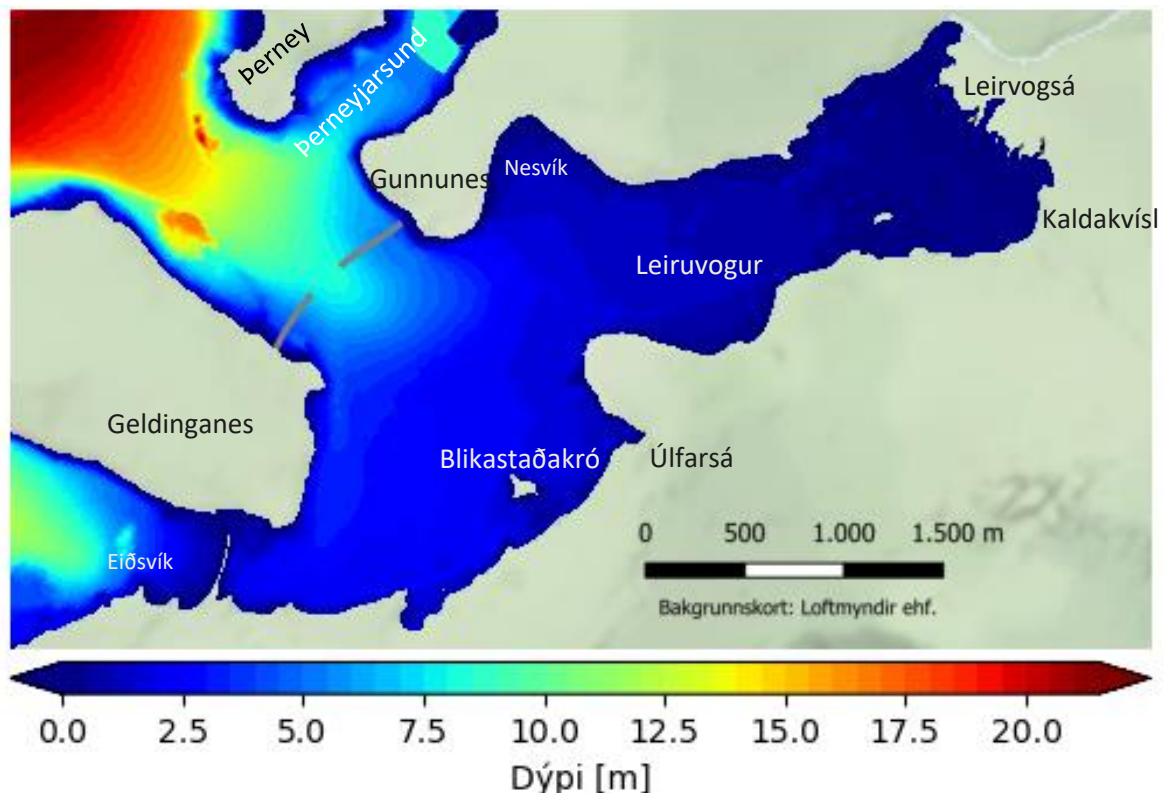
Inn af sundinu milli Geldinganes og Gunnuness, þar sem fyrirhuguð þverun Sundabrautar mun liggja, eru Leiruvogur og Blikastaðakró (mynd 46), en svæðið var friðlýst sem friðland árið 2022.

Svæðin eru grunn og fjörur mjög stórar og flokkast víða sem leirusvæði (e. mud flats, littoral mud), sem gjarnan myndast í vogum og flóum þar sem skjól er fyrir öldu. Kortabekja Náttúrufræðistofnunar Íslands sýnir afmörkun á leirum (mynd 47). Um leirur segir á vefsíðu Náttúrufræðistofnunar:

„Leirur eru ein gerð setfjara. Þær eru yfirleitt mjög flatar og breiðar spildur sem virðast oft snauðar af lífi við fyrstu sýn. Breytilegt er hvað leirinn nær hátt upp í fjöruna; stundum er hann bundinn við neðri hluta fjörunnar og þá er efri hlutinn oft grýttur. Á öðrum stöðum nær leirinn herra upp, allt að efstu flóðamörkum. Leiran samanstendur af fínkornóttu seti, eða blöndu af misgrófum sandi og eðju. Oft skiptast á misfínkornóttir flákar innan stærri svæða. Fjörubeðurinn heldur vel í sér raka þótt lágsjávað sé og þeim mun betur eftir því sem hann er fínkornóttari.“

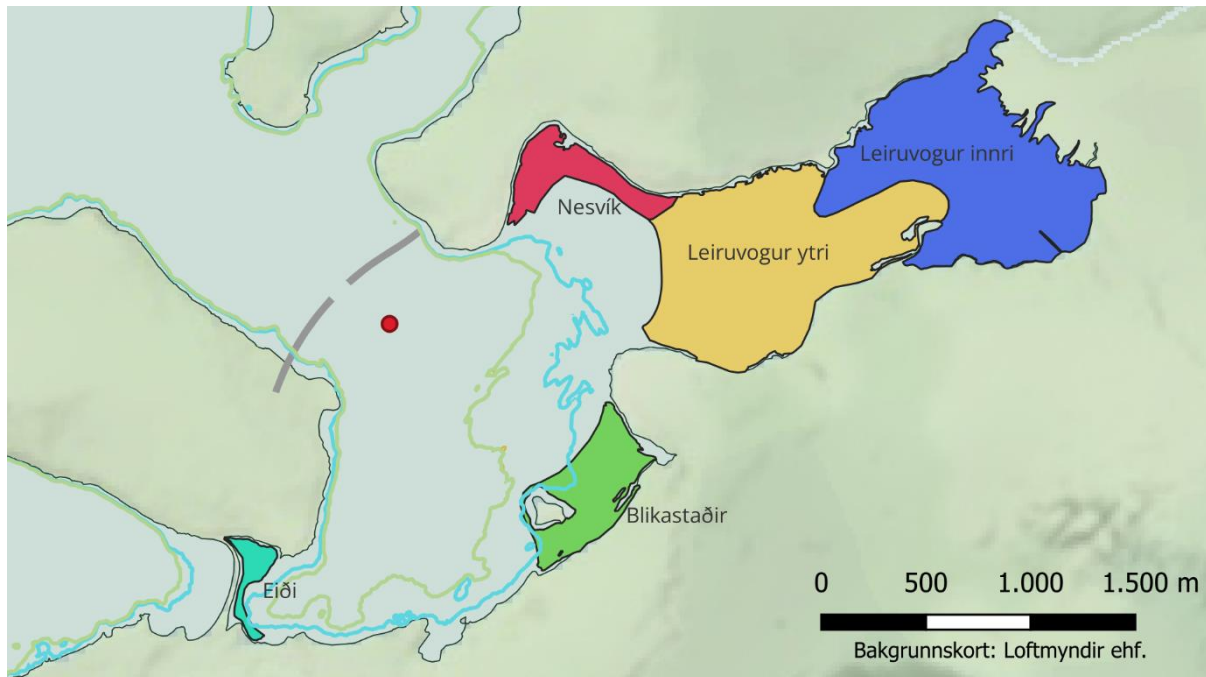
Þessi lýsing virðist eiga allvel við leirurnar í Leiruvogi og Blikastaðakró. Leirur kynnu þó að ná talsvert neðar en sýnt er (mynd 47) og koma á þurrt þegar sérstaklega lágsjávað er.

Stórstraumsfjörumörk eru þar sem sjávarborð mætir fjöru þegar það er lægst á stórstreymi. En eins og hefur verið greint frá að ofan (Mynd 4) er stórstreymi mjög breytilegt og á aflíðandi botni eins og í Leiruvogi getur það fært stórstraumsfjörumörk um langa vegalengd. Í þessari skýrslu er sérstaklega vísað til tvennra stórstraumsfjörumarka til stuðnings umfjölluninni, lágra stórstraumsfjörumarka við -2,3 m.y.s og miðgildis stórstraumsfjörumarka -1,75 m.y.s. (sjá Mynd 47).



Mynd 46. Leiruvogur og Blikastaðakró. Dýpi og staðsetning þverunar.

Ekki lágu fyrir upplýsingar um set í botni neðan fjörumarka í voginum þar sem vænta má mestra áhrifa á straum vegna þverana. Nauðsynlegt var því að afla slíkra upplýsinga og finna m.a. út hvort þar væri verulegt magn af lífrænu eða fínu seti sem kynni að vera samloðandi. Rofeiginleikar samloðandi sets, flutningur þess og set til botns að nýju eru allt aðrir og flóknari en fyrir sundurlaust set og því mikilvægt að meta. Ljóst var að slíkir eiginleikar væru til staðar víða á fjörusvæðunum í Leiruvogi, sér í lagi á leirunum, og því óvíst um hvernig aðstæður væru utar í voginum utan fjörusvæða. Vegagerðin stóð fyrir mælingaferð sumarið 2024 þar sem safnað var greiparsýnum af botni til að svara spurningum um gerð sets í voginum og sundinu út af honum.



Mynd 47. Leirur í Leiruvogi og Blikastaðakró samkvæmt kortaþekju Náttúrufræðistofnunar Íslands (litaðir fletir) ásamt lágum stórstraumsfjörumörkum -2,3 m y.s. (græn lína), miðgildis stórstraumsfjörumörkum -1,75 m y.s. (blá lína), staðsetningu þverunar og viðmiðunarpunkti (rauður) vegna botnrofsreikninga.

Inn í Leiruvog renna Leirvogsa, Kaldakvísl og Korpa (Úlfarsá). Rennsli hefur aðeins verið mælt í Korpu en rennsli í Leirvogsa og Köldukvísl var áætlað út frá hlutfallslegri stærð vatnasviða miðað við Korpu. Meðalrennsli Korpu er 1,49 m³/s og er meðalrennsli áætlað 1,43 m³/s í Köldukvísl og 2,53 m³/s í Leirvogsa. Á fjöru renna Leirvogsa og Kaldakvísl eftir farvegum sem eru neðansjávar á flóði.

Fyrirhuguð þverun kæmi til með að liggja yfir sundið milli Geldinganess og Gunnuness að mestu með vegfyllingu en þrjár mismunandi lengdir brúaropa voru kannaðar; 200 m, 160 m og 120 m allar með mesta dýpi 8,1 m. Jafnframt er gert ráð fyrir 60 m breiðu brúaropi yfir fjörusvæði norðan vegfyllingar við Gunnunes þar sem einungis flæðir að hluta tímans. Vegur það því lítið í heildarsamhengi þeirrar greiningar sem hér fer fram. Í eftirfarandi undirköflum verður fjallað um áhrif þverunar á öldufar, strauma, vatnsskipti, útskolun efnis, mengunardreifingu og botnrof og setflutninga. Jafnframt er lagt mat á hluta þessara þátta gagnvart framkvæmdatíma verkefnisins.



4.1. Sjávarstraumar

4.1.1. Breytingar á straumsviði í kjölfar þverunar

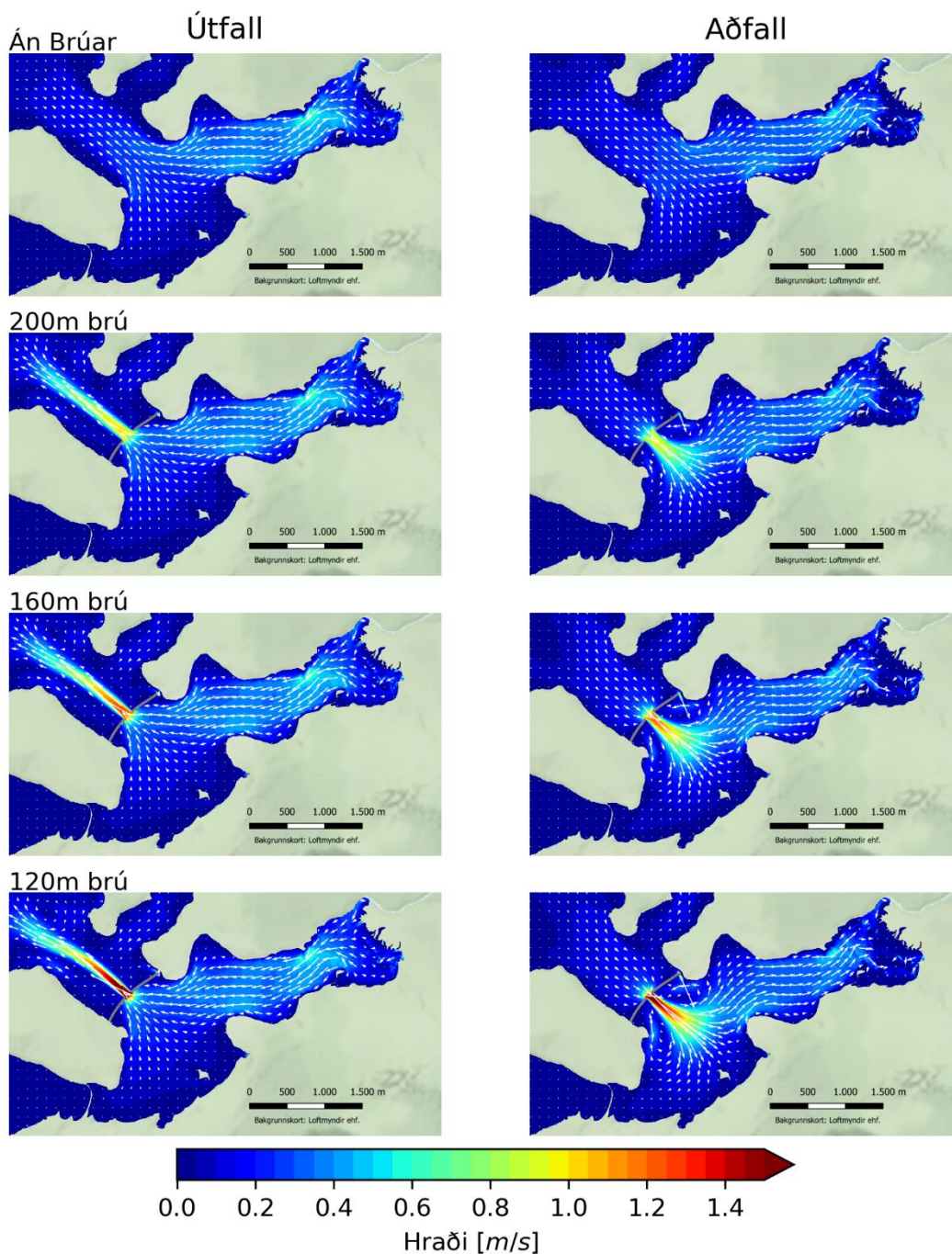
Við núverandi aðstæður ná sjávarfallastraumar á aðfalli allt að 0,3 m/s hraða fyrir mynni Leiruvogs, straumur eykst fyrir Gunnunes og Blikastaðanes og verða straumar hraðastir þegar flæðir yfir grynnningar og leirur við ósa Leirvogsár. Í vestari hluta Leiruvogs eru sjávarfallastraumar hægir frá náttúrunnar hendi og sérstaklega við eiðið út í Geldinganes. Eftir þverun breytist straumsviðið í nágrenni vegfyllingar. Straumhraðar eru háðir flatarmáli rennslissniðs sem afmarkast af lengd brúarops og botni, sjávarfallastraumar verða ríflega 1,5 m/s í 120 m brúaropi en eru lægri í stærri brúaropum (Mynd 48, Mynd 49). Straumröst og hvirflar myndast sitthvoru megin við vegfyllinguna, á aðfalli innan hennar og utan hennar á útfalli, eftir þverun. Straumröstin nær vestur fyrir Þerney á útfalli en á aðfalli dreifir hún úr sér og deyr út nálægt stórstraumsfjörumörkum sunnan við Gunnunes, og vestan við Blikastaðanes. Hraðar aukast einnig um minna brúaropið upp við ströndina við Gunnunes, því meira eftir því sem aðal brúaropið er þrengra, þar sem þrengra brúarop eykur þrýstinginn á minna brúaropið. Öldur og vindur geta haft bein áhrif á straumsvið, sérstaklega þar sem grynnra er. Líkan-reikningar með öldu og vindi við 50% hlutfallsmörk sýna þó ekki mikinn mun á straumhraða í og við brúaropið (tafla 5). Þverunin myndar ölduskugga innar í voginum þannig að áhrif öldu verða minni á grynnri svæðunum.

Eins og fram hefur komið að ofan eru helstu óvissuþættir útreikninga á hraðasviði nákvæmni dýptar- og landhæðargagna. Dýptargögn í Leiruvogi eru á mjög góðri upplausn. Af þessu má ætla að óvissa í reiknuðum straumhraða sé lítil.

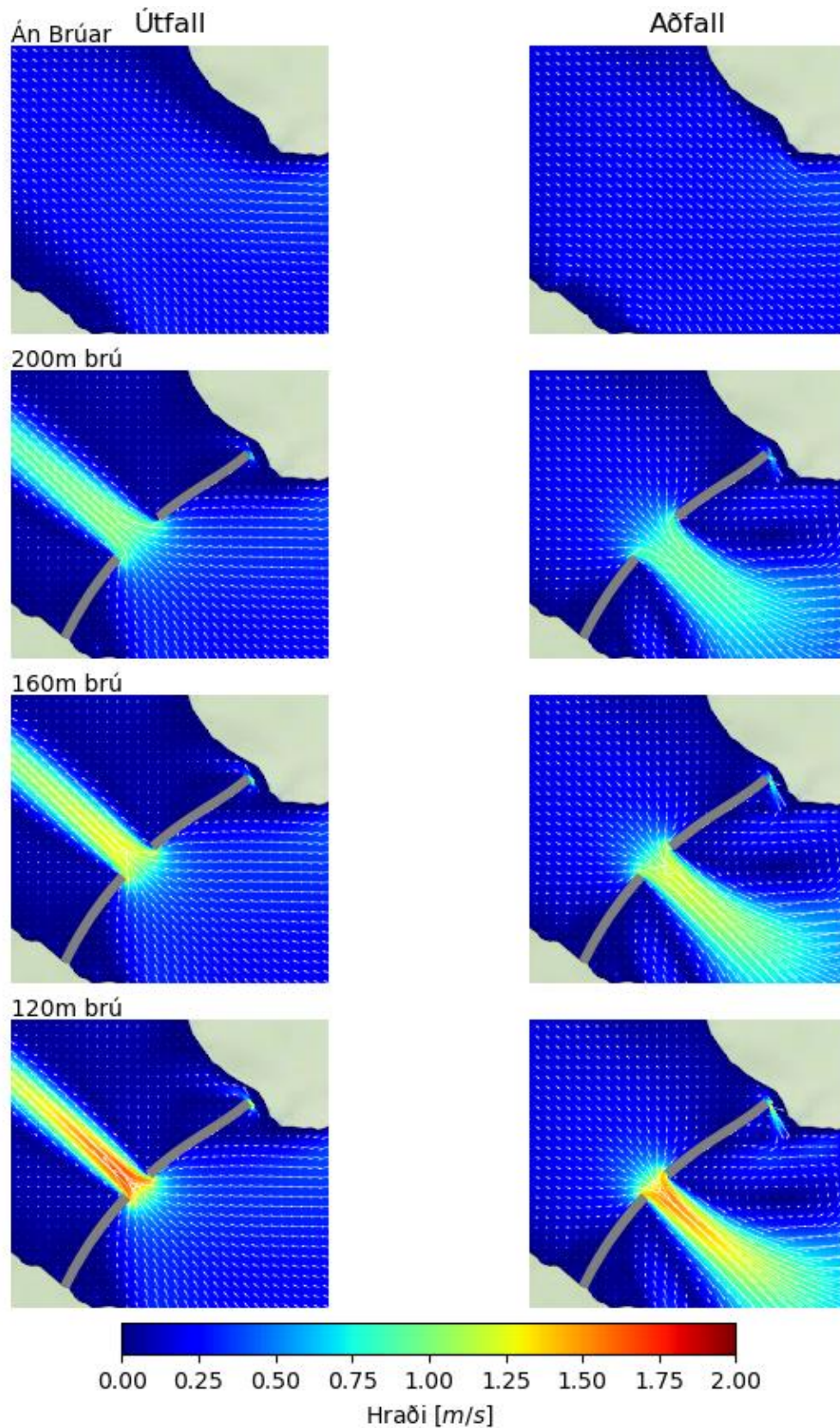
Þverunin hefur áhrif á strauma í Þerneyjarsundi, straumröstin sem kemur frá brúaropi á útfalli er nægjanlega kröftug til þess að snúa ráðandi straumum í Þerneyjarsundi svo þeir liggja suðvestur úr sundinu á útfalli en þeir liggja oftar við núverandi aðstæður í norðaustur.

Tafla 5. Mestu reiknuðu straumhraðar í brúaropum í Leiruvogi yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.

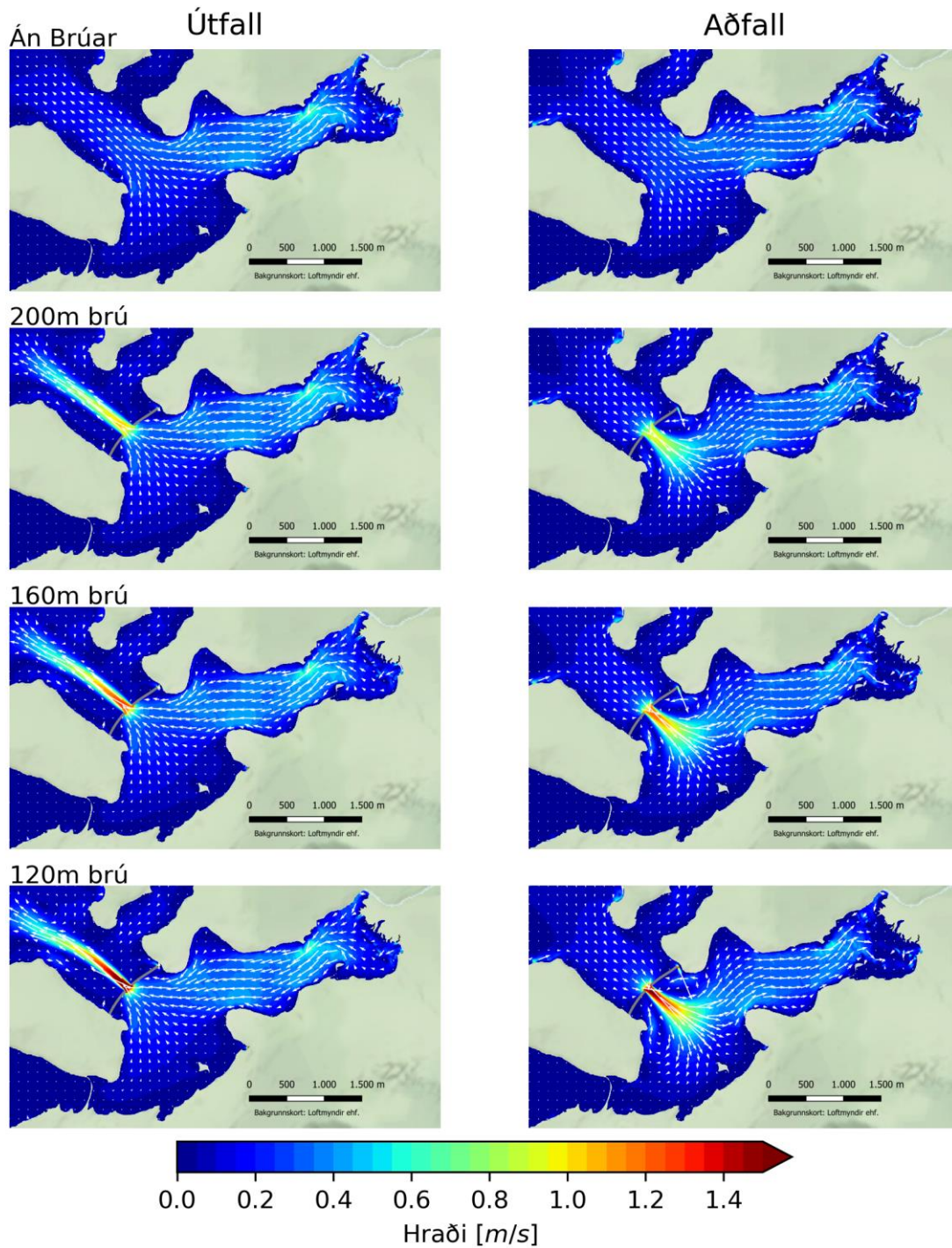
Brúarop Dýpi: 8,0 m	Án öldu og vinds		Með öldu og vindi við 50% hlutfallsmörk	
	Mesti hraði á aðfalli [m/s]	Mesti hraði á útfalli [m/s]	Mesti hraði á aðfalli [m/s]	Mesti hraði á útfalli [m/s]
Án brúar	0,25	0,29	0,26	0,29
200 m	0,93	1,01	0,94	1,01
160 m	1,20	1,27	1,21	1,28
120 m	1,51	1,63	1,52	1,64



Mynd 48. Sjávarfallastraumar í Leiruvogi með og án þverunar á útfalli og aðfalli við stórstraum.



Mynd 49. Sjávarfallastraumar í nágrenni vegfyllingar á útfalli og aðfalli við stórstraum.



Mynd 50. . Sjávarstraumar með og án þverunar við stórstreymi með ölduhæð og vindhraða við 50% hlutfallsmörk á útfalli (til vinstri) og aðfalli (til hægri).



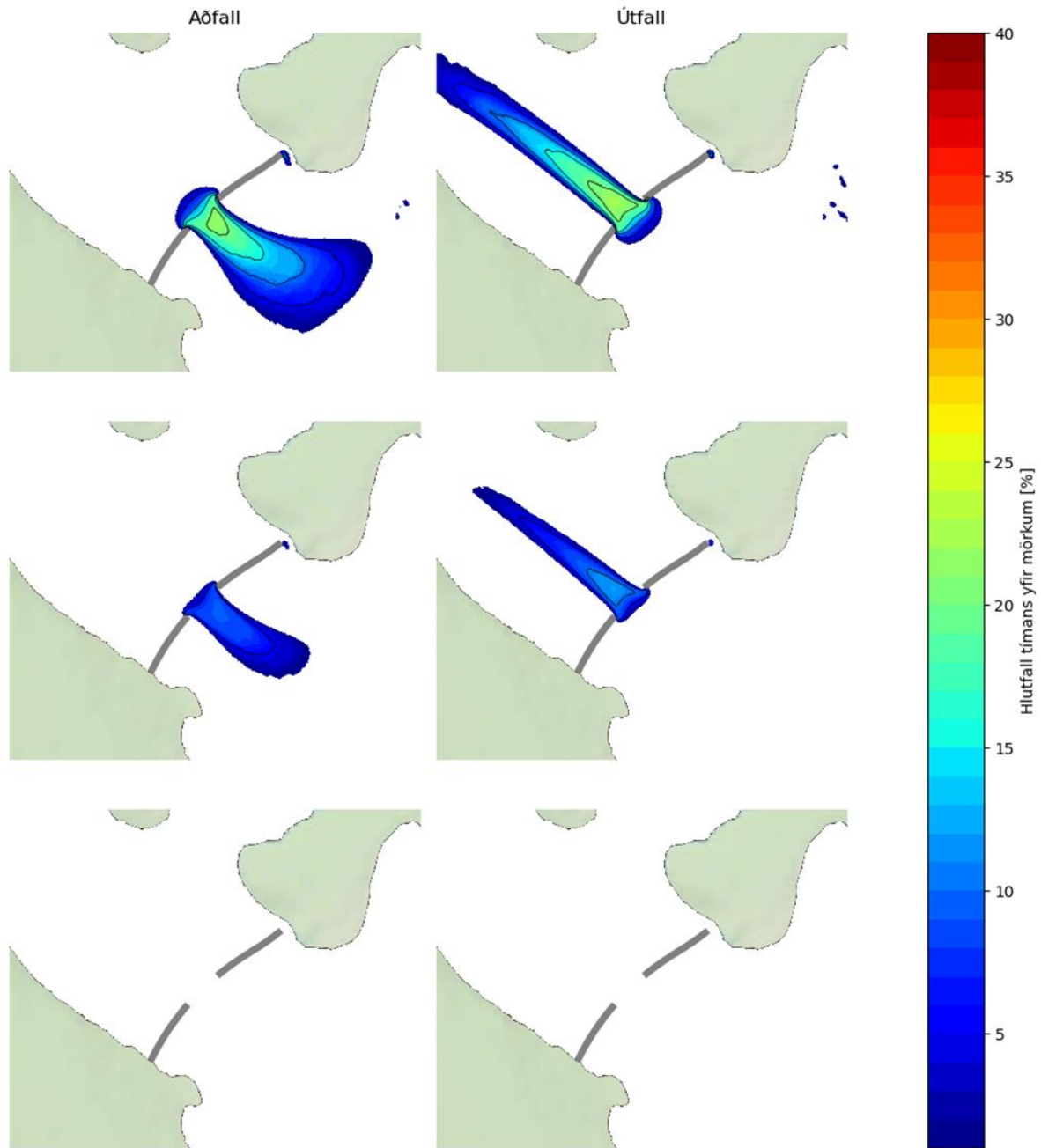
4.1.2. Áhrif á gönguseiði laxfiska

Aukinn straumhraði í nágrenni vegfyllinganna getur haft áhrif á gönguseiði laxfiska og lagði Hafrannsóknastofnun fram þrjú viðmið um sundhraða seiða til að styðja við greininguna. Lægsta viðmiðið, 0,4 m/s mætti kalla gula viðvörun með samlíkingu við veðurspár. Við þennan straumhraða eru áhrifin á seiðin tiltölulega lítil, en getur þó hægt á þeim. Viðmið um 0,6 m/s mætti að sama skapi kalla appelsínugula viðvörun þegar straumhraði er farinn að reyna á fiskana og við rauða viðvörun, 1,07 m/s er straumhraðinn ekki yfirstíganlegur fyrir seiðin nema í mjög stuttan tíma. Hlutfall tímans sem straumhraði er yfir þessum viðmiðum var metið, bæði á aðfalli og útfalli, fyrir þau brúartilfelli sem til skoðunar eru, 200 m, 160 m og 120 m (Mynd 51, Mynd 52 og Mynd 53). Aðfall og útfall eru hvort um sig helming tímans en myndirnar greina hins vegar frá hlutfalli miðað við heildartíma en ekki einungis þann tíma sem aðfall eða útfall ríkir. Hér er hlutfall tímans metið yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Ætla má því að um varfærið mat gæti verið að ræða.

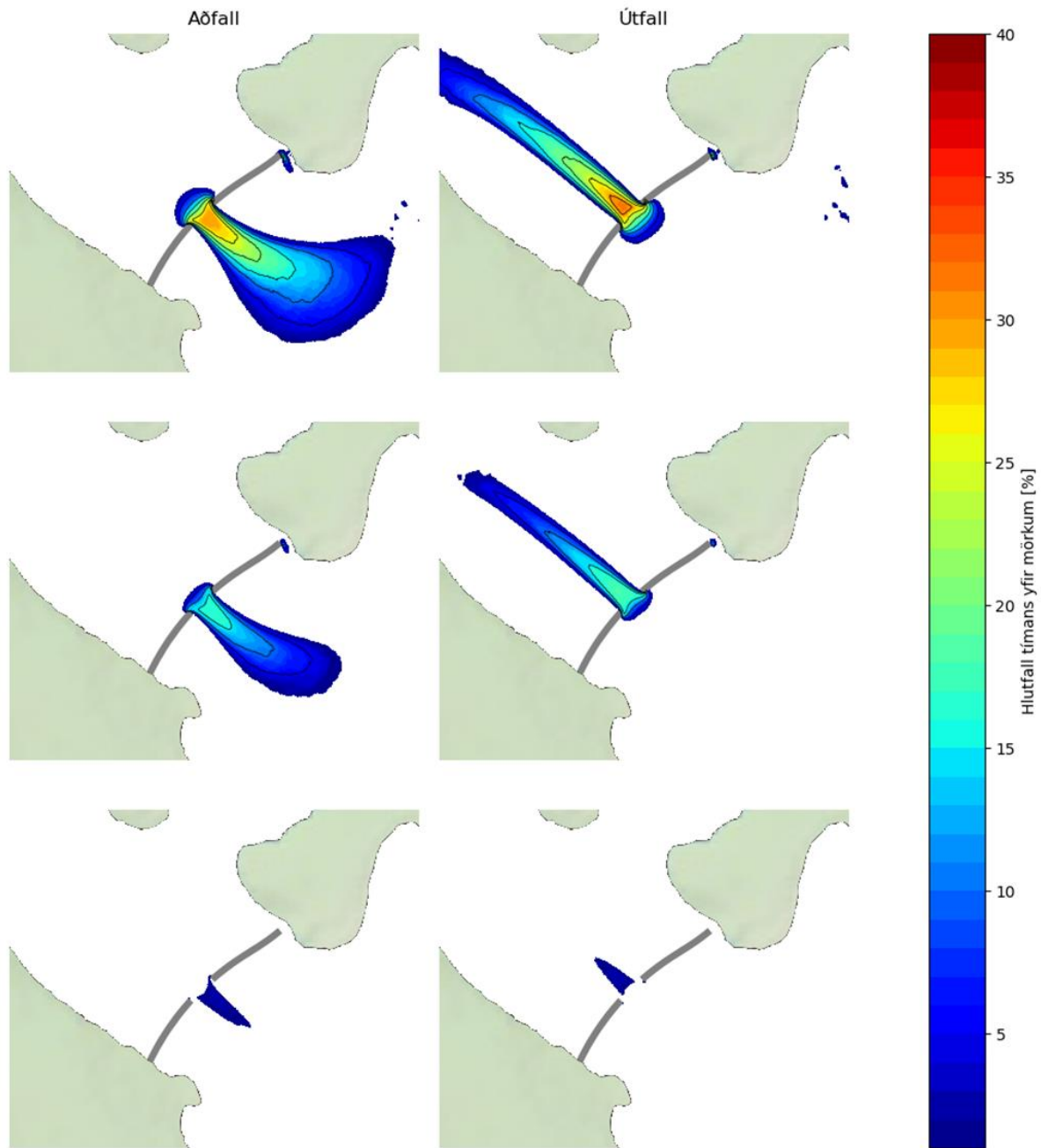
Verulegur munur er á áhrifum þverananna á sundhraða og sundþol laxfiska. Fyrir 200 m brú er straumhraði í brúaropi um 20% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli sem og útfalli, því samtals um 40% tímans, 5-10% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli og útfalli, samtals um 15% tímans en fer aldrei yfir 1,07 m/s (Mynd 51). Áhrifa 0,4 m/s gætir tæplega 1 km inn í voginn og vel ríflega 1 km utan hans. Áhrifa 0,6 m/s gætir um 0,5 km inn í voginn og nærri 1 km utan hans.

Fyrir 160 m brú er straumhraði 25-30% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og útfalli, samtals um 55% tímans, 15% tímans yfir 0,6 m/s á bæði aðfalli og útfalli, samtals um 30% tímans og undir 5% tímans yfir 1,07 m/s á aðfalli og útfalli, samtals þá kannski nærri 5% tímans (Mynd 52). Áhrifa 0,4 m/s gætir í um 1 km inn í voginn og um 1,5 km utan hans. Áhrifa 0,6 m/s gætir tæplega 1 km inn í voginn og ríflega 1 km utan hans. Áhrifa 1,07 m/s gætir í um 200-300 m fjarlægð í báðar áttir frá brúaropi.

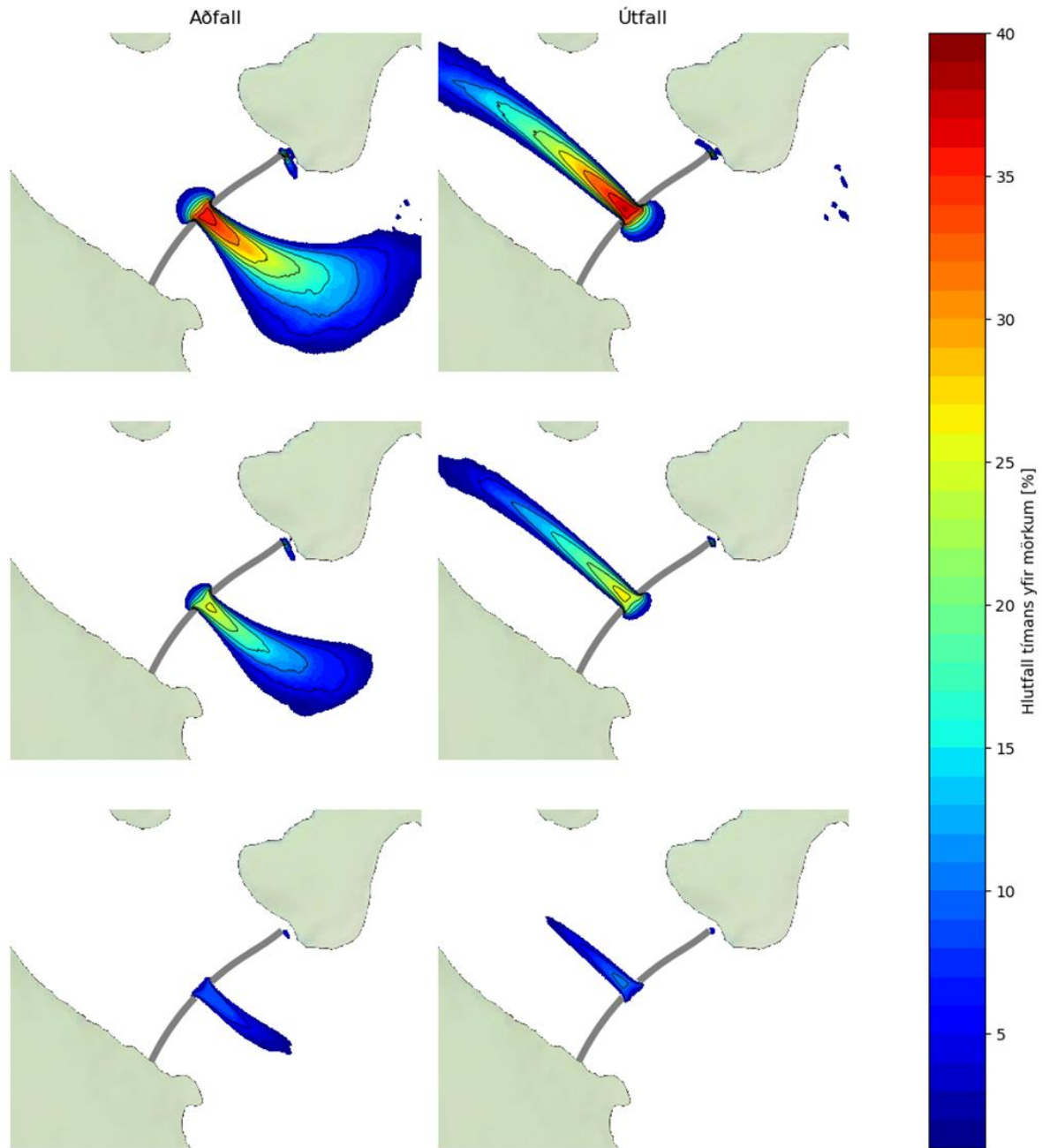
Fyrir 120 m brú er straumhraði 30-35% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og útfalli, samtals um 65% tímans, um 20% tímans yfir 0,6 m/s á bæði aðfalli og útfalli, samtals um 40% tímans og um 5% tímans yfir 1,07 m/s á aðfalli og útfalli, samtals um 10% tímans (Mynd 53). Áhrifa 0,4 m/s gætir í vel ríflega 1 km inn í voginn og teygir sig yfir breytt svæði, en utan veglínu gætir áhrifa vel utan 1 km fjarlægðar. Áhrifa 0,6 m/s gætir um 1 km inn í voginn og vel ríflega 1 km utan hans. Áhrifa 1,07 m/s gætir í um 0,5 km í báðar áttir frá brúaropi.



Mynd 51. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunar-
mörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 200 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s
appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálf-
mánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi
svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 52. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunar-
mörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 160 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s
appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálf-
mánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi
svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 53. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunar-
mörkum Hafrannsóknastofnunar, fyrir 120 m brúarop. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s
appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálf-
mánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi
svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



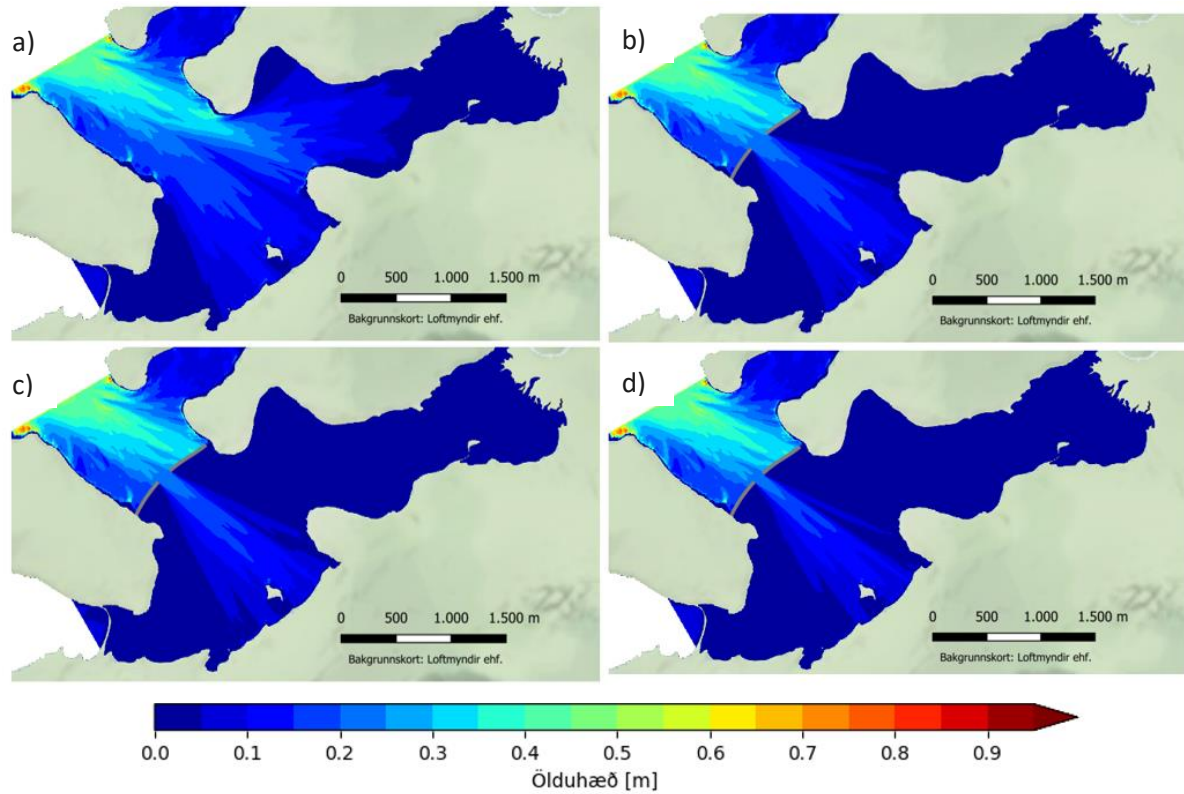
4.2. Öldufar

Tölfræði ölduhæðar við núverandi aðstæður og eftir þverun Leiruvogs var áætluð með öldusveigju-líkani á sama hátt og í Kollafirði. 50% hlutfallsmörk ölduhæðar í mynni Leiruvogs eru allt að um 40 til 50 cm en 27 cm í punkti fyrir miðju fyrirhugaðra brúaropa (mynd 54). 99% hlutfallsmörkin (mynd 54) eru aftur á móti allt að um 0,9 til 1,2 m í mynninu en 87 cm í fyrirhuguðu brúaropi. Alda berst milli Þerneyjar og Geldinganes, hæstu öldurnar lenda á Gunnunesi og Blikastaðanesi sem skýla að mestu botni vestari hluta Leiruvogs, þar sem alda nær einungis inn að óverulegu leyti. Við núverandi aðstæður ná öldur inn að Blikastaðakró en vestasti hlutinn við Eiðið er í skjóli frá Geldinganesi.

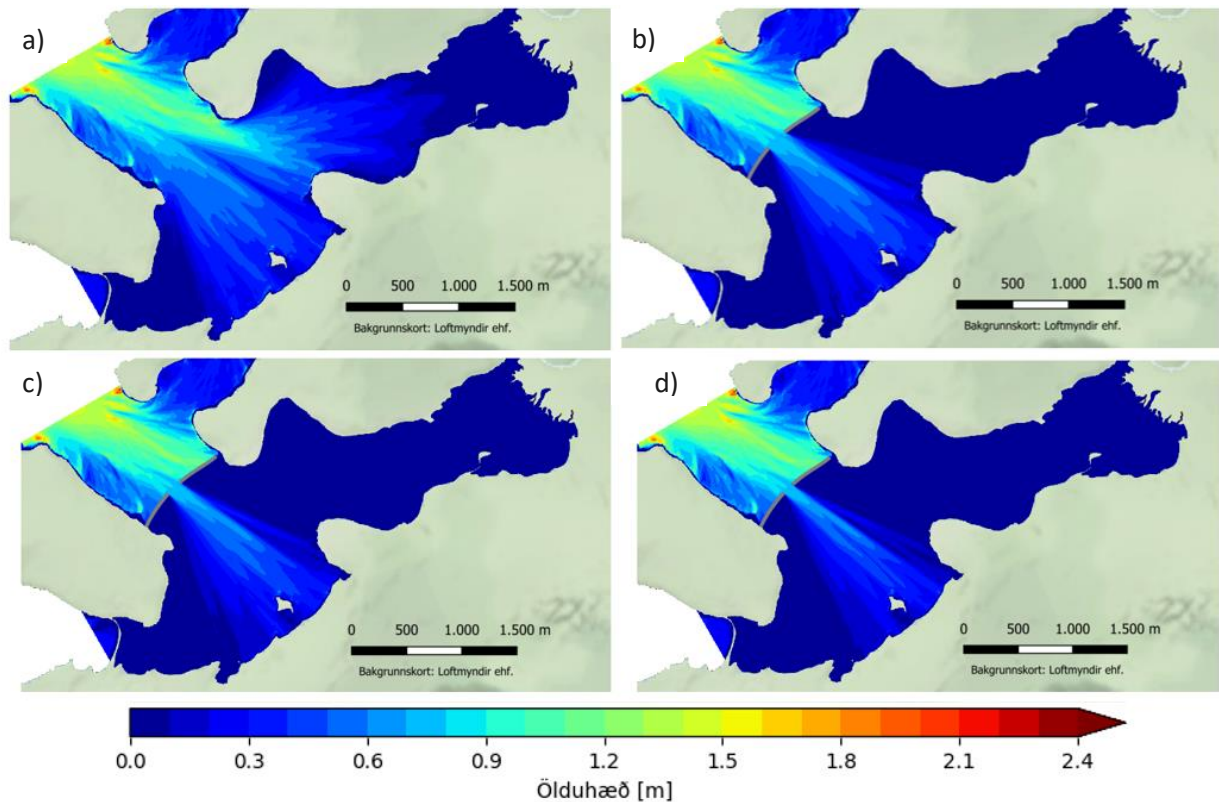
Vegfyllingin sem fylgir 200 m brúaropi minnkar ölduhæð verulega innan vegfyllingarinnar. Hæð 50% hlutfallsmarka kenniöldu er hæst um 30 cm í og rétt innan við brúaropið en stór svæði sem án þverunar voru með 50% hlutfallsmörk kenniöldu á bilinu 10-40 cm verða með kenniöldu innan við 5 cm (mynd 54). Svipaða sögu er að segja í tilviki 99% hlutfallsmarka kenniöldu, varla hreyfir öldu nema á geira sem spannar á að giska 45° horn inn af brúaropi (mynd 55).

Ölduhæð takmarkast enn frekar í tilvikunum með 160 m og 120 m brúaropum og geirinn þar sem ölduhæð er meiri en 5 cm þrengist (mynd 54, mynd 55).

Öldureikningum fylgir eðli málsins samkvæmt óvissa. Gera má þó ráð fyrir að ágætis mat fáiist á fall ölduhæðar eftir því sem alda berst inn í voginn og líklega er mat á útbreiðslu öldu innan vegfyllingar bundið meiri óvissu vegna takmarkana í reikningunum. Engu að síður má draga fram mynd af skyggingaráhrifum vegfyllingarinnar gagnvart öldu, sem er að jafnaði þó lág og er ólíkleg til að auka straumhraða að einhverju marki við venjubundnar aðstæður (50% tímans), sbr. Tafla 5.



Mynd 54. 50% Hlutfallsmörk kenniöldu í Leiruvogi, án þverunar (a) og að lokinni þverun með brúaropum 200 m (b), 160 m (c) og 120 m (d).

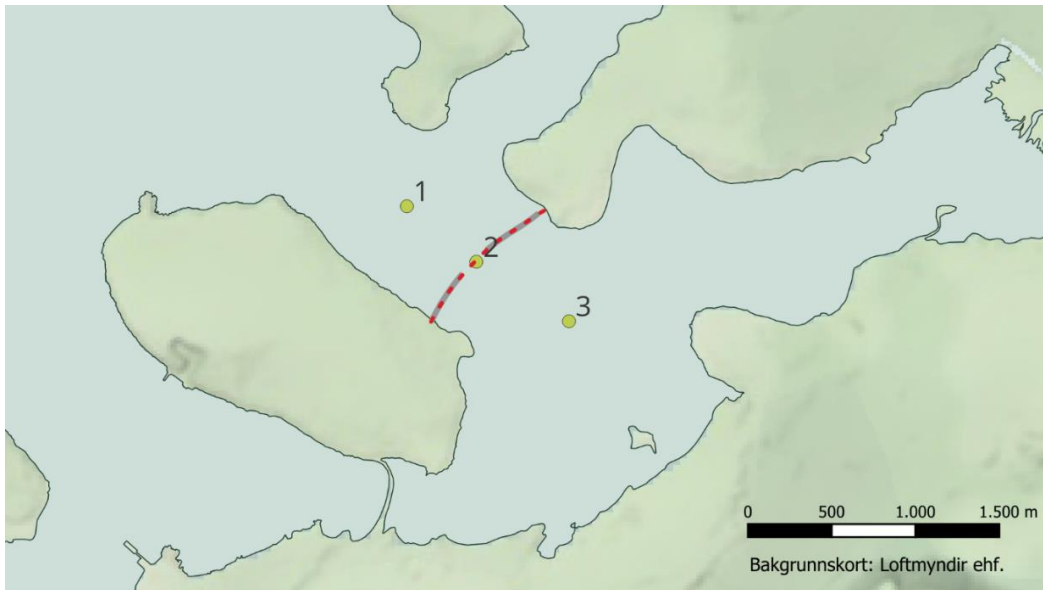


Mynd 55. 99% Hlutfallsmörk kenniöldu í Leiruvogi, án þverunar (a) og að lokinni þverun með brúaropum 200 m (b), 160 m (c) og 120 m (d).

4.3. Sjávarföll og vatnsskipti

4.3.1. Vatnsskipti við verklok

Áhrif vegfyllinga á sjávarföll og vatnsskipti eru könnuð með sama hætti og í Kollafirði (kafli 3.3). Sjávarfallasveiflan er borin saman með og án þverunar í þremur punktum, utan, í og innan brúarops (mynd 56). Mynd 57 sýnir niðurstöður miðað við 200 m brúarop, og á henni sést að sjávarfallasveiflan breytist ekkert hvorki í útslagi né fasa. Niðurstöður fyrir minni brúarop eru þær sömu (mynd 58, mynd 59).

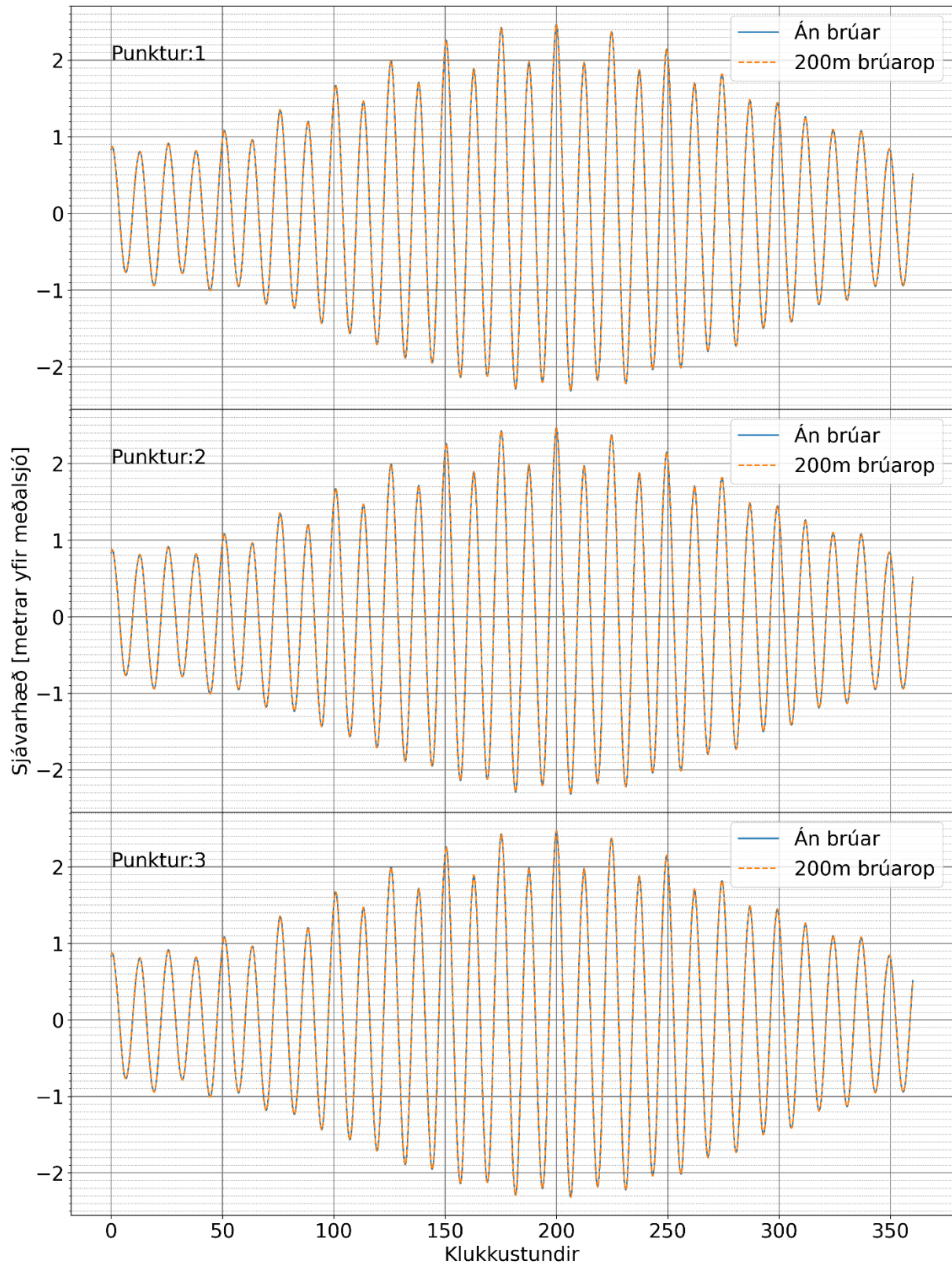


Mynd 56. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennslissniðs í Leiruvogi.

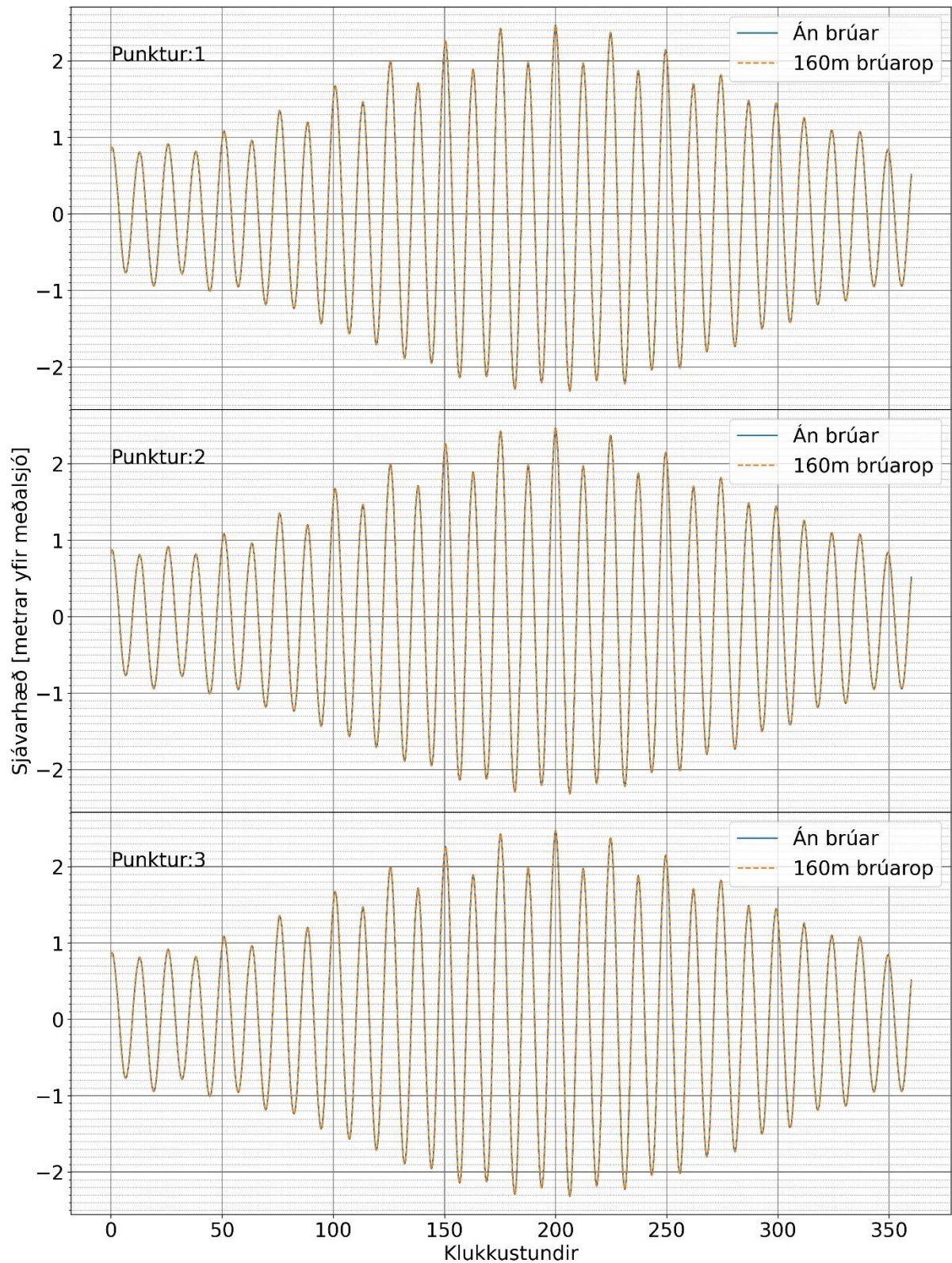
Samanburður á reiknuðu rennsli með og án vegfyllingar um snið sem fylgir fyrirhugaðri vegfyllingu sýnir lítinn mun í reiknuðu rennsli (mynd 60, mynd 61, mynd 62). Hámarksrennsli um sniðið á hverju aðfalli reiknast allt að 2% lægra með tilkomu þverunar og á hverju útfalli er hámarksrennslið allt að 3% lægra. Hinsvegar reiknast rúmmálið sem fer um sniðið á hverju aðfalli og hverju útfalli allt að 0,2% meira með tilkomu þverunar. Uppsafnað rúmmál á aðfalli annars vegar og útfalli hins vegar yfir viðmiðunartímann sýnir þetta sömuleiðis. Líkaniðurstöður benda því til þess að óverulegar breytingar verði á vatnsskiptum í Leiruvogi með tilkomu brúar við verklok.

Á mynd 63 er sýndur samanburður á fjöru í Leiruvogi og Blikastaðakró fyrir og eftir framkvæmdir þar sem dregið er fram hlutfall tímans sem sjávarbotn er á þurru. Viðmiðið er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Engar breytingar verða á fjöru vegna sjávarfallabreytinga með tilkomu þverunar við verklok.

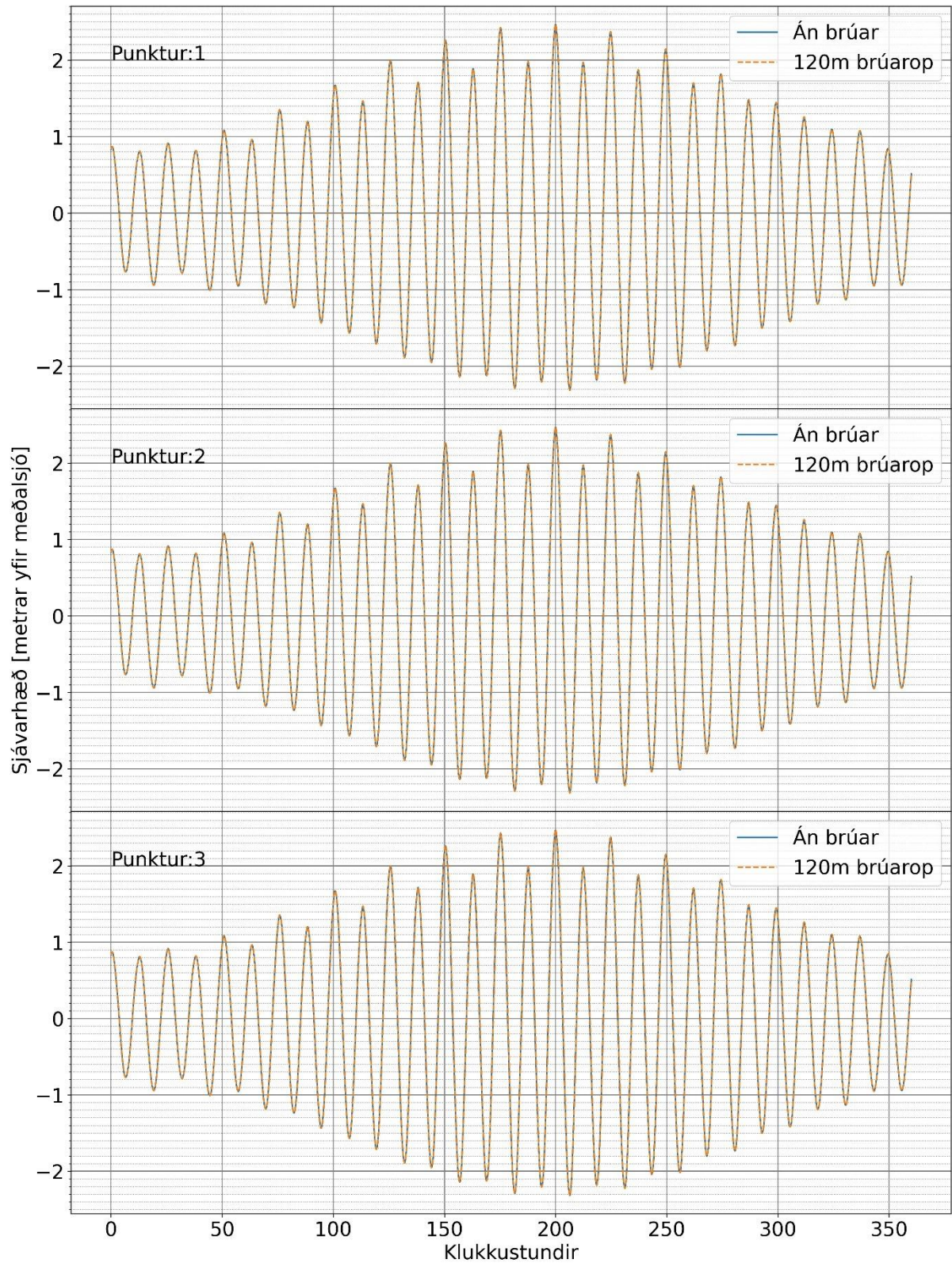
Óvissa í niðurstöðum um vatnsskipti er lítil, en kemur til af sömu þáttum og óvissa í straumsviði.



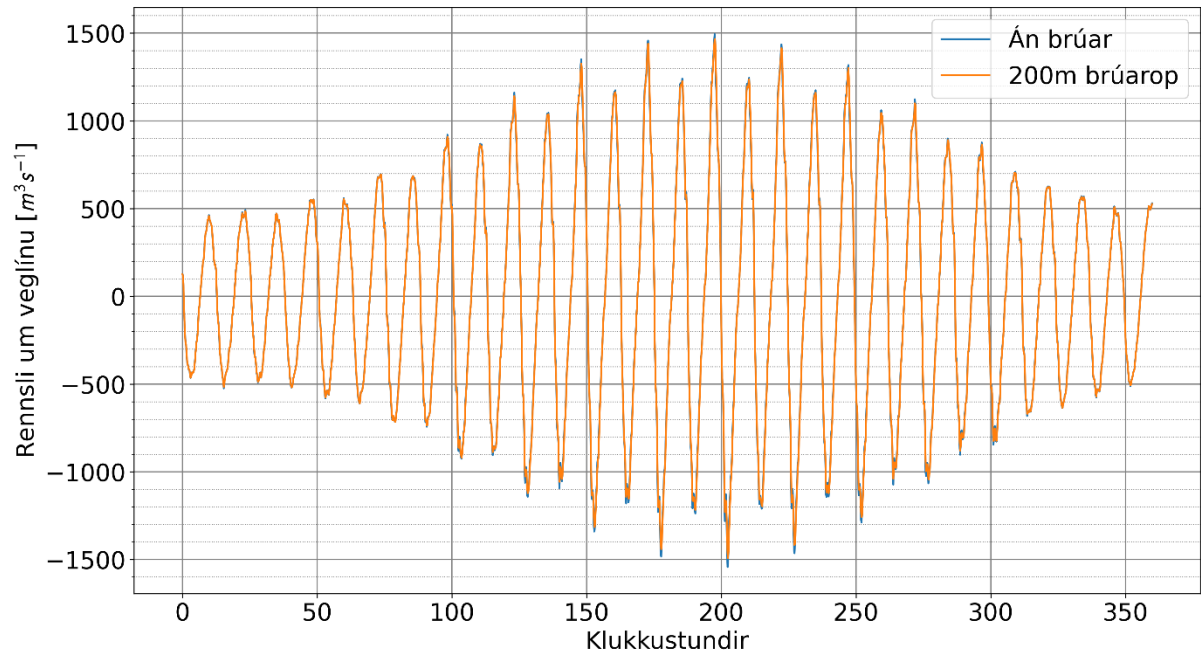
Mynd 57. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (200 m brúarop)



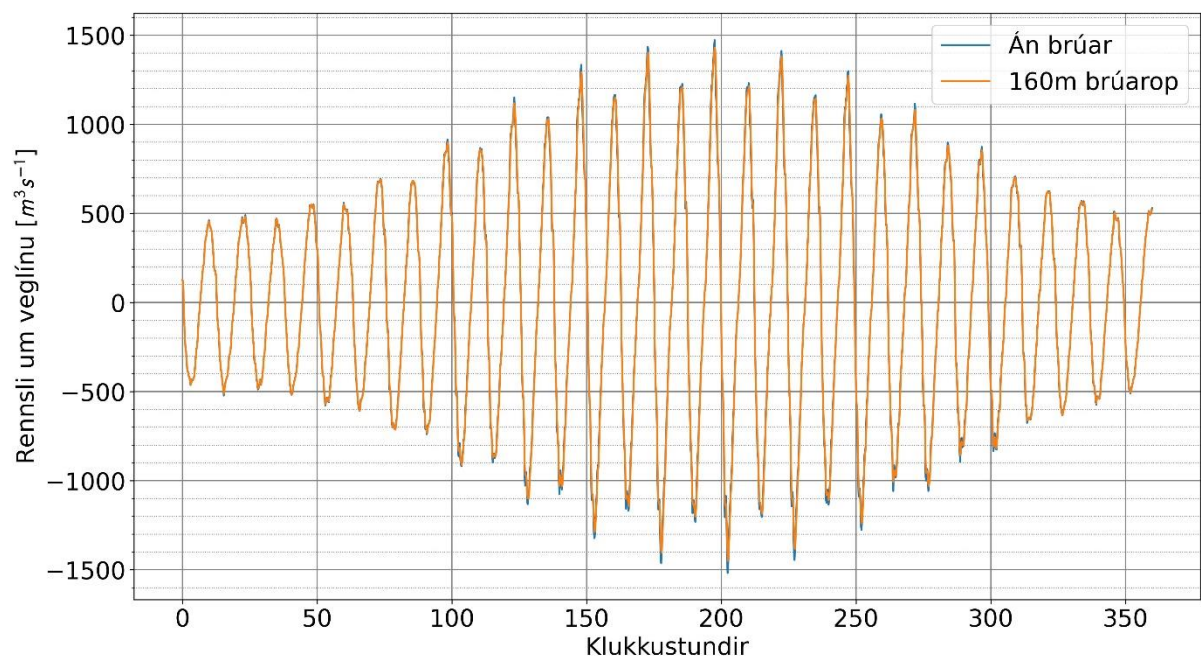
Mynd 58. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (160 m brúarop).



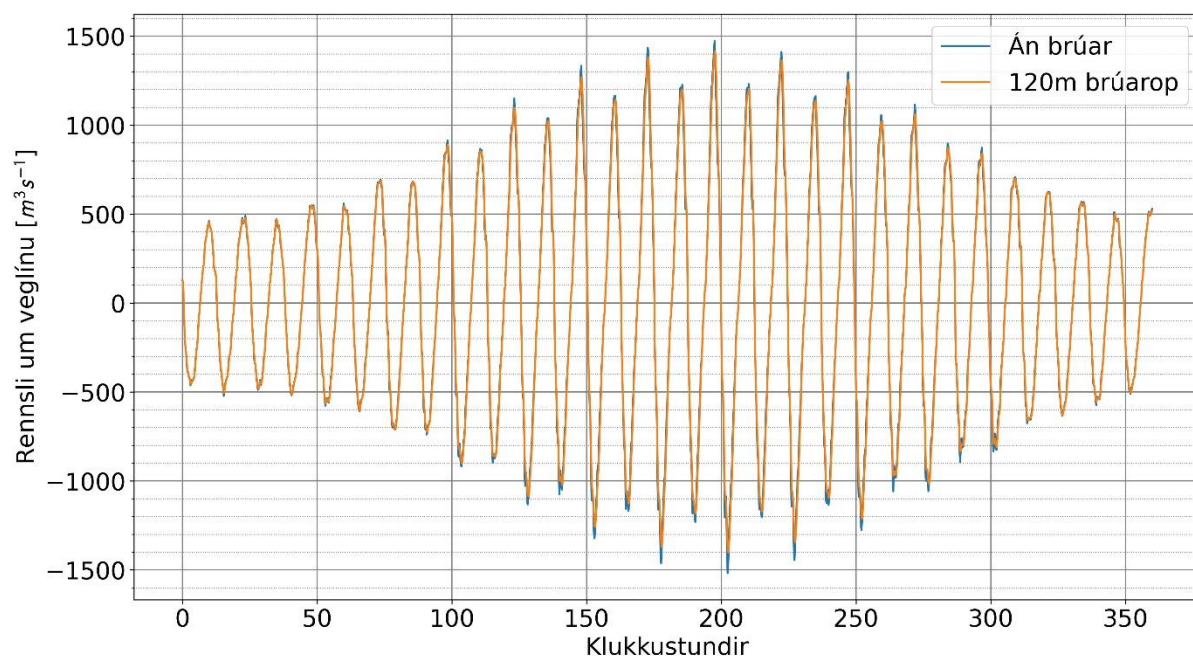
Mynd 59. Samanburður á sjávarföllum með og án vegfyllingar (120 m brúarop).



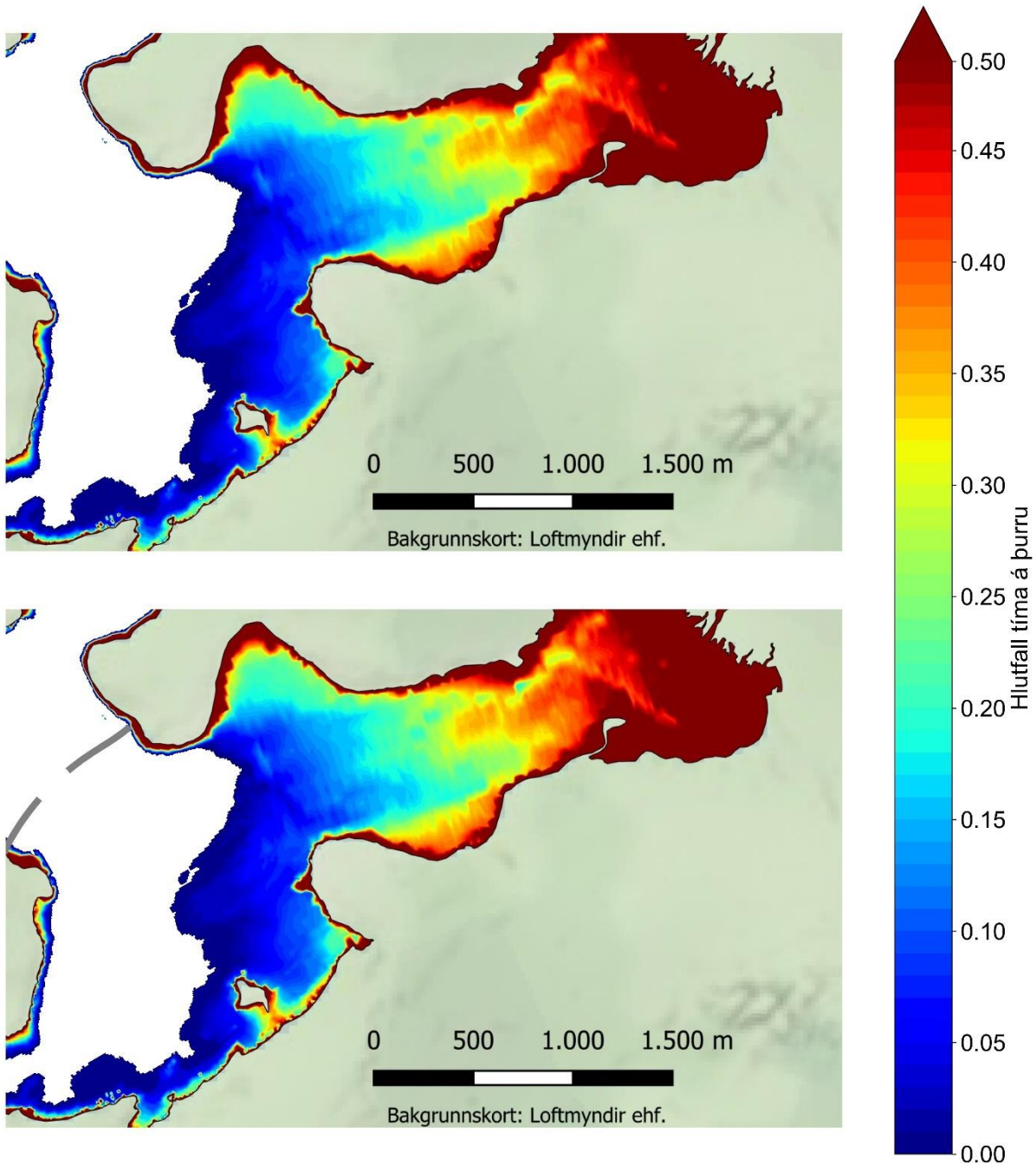
Mynd 60. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 200m brúarop.



Mynd 61. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 160 m brúarop.



Mynd 62. Rennsli um snið sem fylgir vegfyllingu, 120 m brúarop.



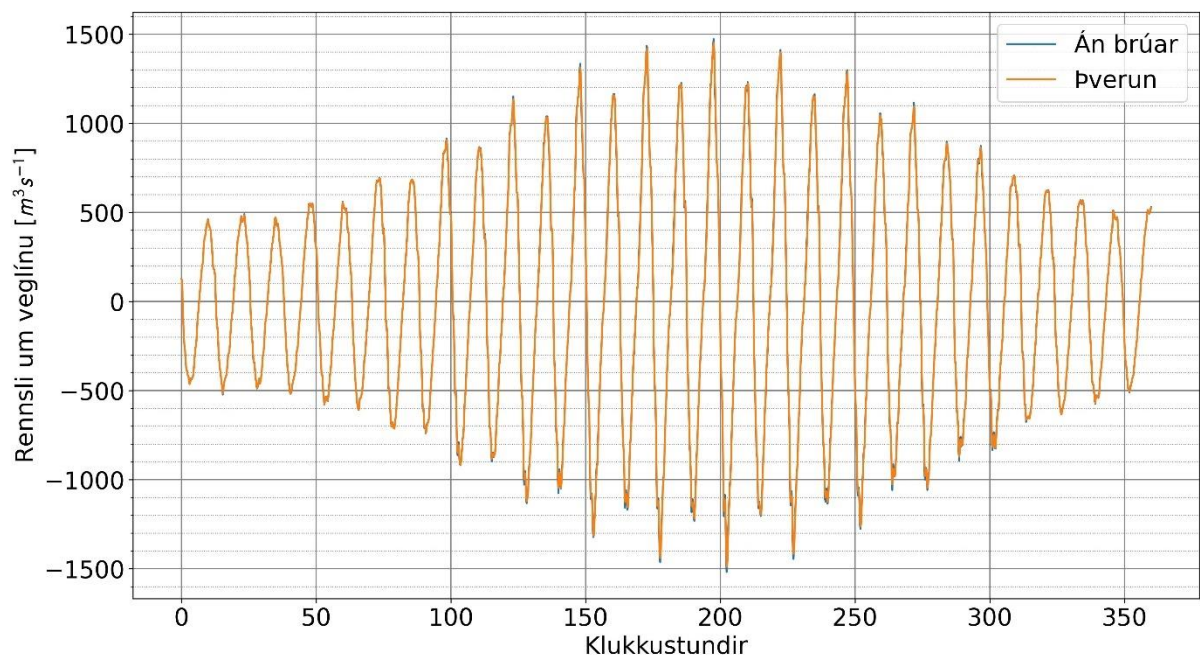
Mynd 63. Fjara í Leiruvogi og Blikastaðakró. Hlutfall tímans sem sjávarbotn er á þurru fyrir framkvæmdir (efri) og við verklok miðað við 200 m brú (neðri). Viðmiðið er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).

4.3.2. Vatnsskipti við nýtt framtíðar jafnvægisástand fjöru

Þó svo að óverulegar breytingar verði á vatnsskiptum í Leiruvogi með tilkomu þverunar við verklok og engar breytingar verði á fjöru þarf það ekki að eiga við það ástand sem verður til lengri tíma lítið þegar líður frá verklokum. Framkvæmdirnar leiða að öllum líkindum til töluverðra botnbreytinga af völdum botnrofs og setflutninga þegar líður frá verklokum (sjá kafla 4.7). Hluti þessara breytinga verður innan

stórstraumsfjöru. Töluverð næmni er fyrir þeim breytingum eftir því hvernig botngerð er á meginrofsvæðinu en af niðurstöðum að dæma (kafla 4.7.8) má búast við auknu flatarmáli fjörunnar samhliða því að nýtt jafnvægisástand næst þegar liðið hefur nóg langt frá verklokum. Eftir því sem meira rúmmál efnis safnast innan stórstraumsfjörumarka stækkar flatarmál fjörunnar og lækkar vatnsrúmmál yfir stórstraumssveiflu innan veglínú. Getur það leitt til minnkaðs rennslis í gegnum veglínuna sem gæti mögulega haft áhrif á vatnsskipti.

Mynd 64 sýnir rennsli í gegnum veglínú fyrir tilfelli B, sem af tveimur tilfellum leiðir til meira botnrofs og uppsöfnunar og stækkar töluvert hlutfallslegt flatarmál fjörunnar innan uppsöfnunarsvæðis hennar (sjá kafla 4.7.8). Hámarksrennsli um sniðið á hverju aðfalli og útfalli er svipað og í upphafi rekstartíma, eða allt að 3% lægra en reiknast án þverunar. Hinsvegar lækkar heildarrúmmál sem fer um sniðið á hverju aðfalli og útfalli þannig að það er allt að 0,2% minna en fyrir þverun, sem er ámóta lækkun og reiknaðist sem hækkun strax að þverun lokinni. Sömuleiðis þá lækkar heildarrúmmál sem rennur um sniðið á aðfalli annars vegar og útfalli hins vegar um 0,2% yfir viðmiðunartímabilið, sem aftur er ámóta lækkun og reiknaðist sem hækkun strax að þverun lokinni. Niðurstöður benda því til þess að eftir að nýtt jafnvægi hefur náðst, geti vatnsskipti mögulega minnkað lítillega frá því sem verður strax að þverun lokinni, en verður það mjög háð því hversu mikil uppsöfnun verður á seti innan veglínú á hæðarbilum ofan stórstreymisfjöru. Stærðargráður eru þó líklegar til að vera það litlar að um óverulegar breytingar verði á vatnsskiptum í Leiruvogi samanborið við ástand fyrir þverun.



Mynd 64. Rennsli um veglínú fyrir 200 m brúarop að teknu tillit til langtíma breytinga á sjávarbotni í kjölfar botnrofs og uppsöfnunar setefna (tilfelli B, meira botnrof).

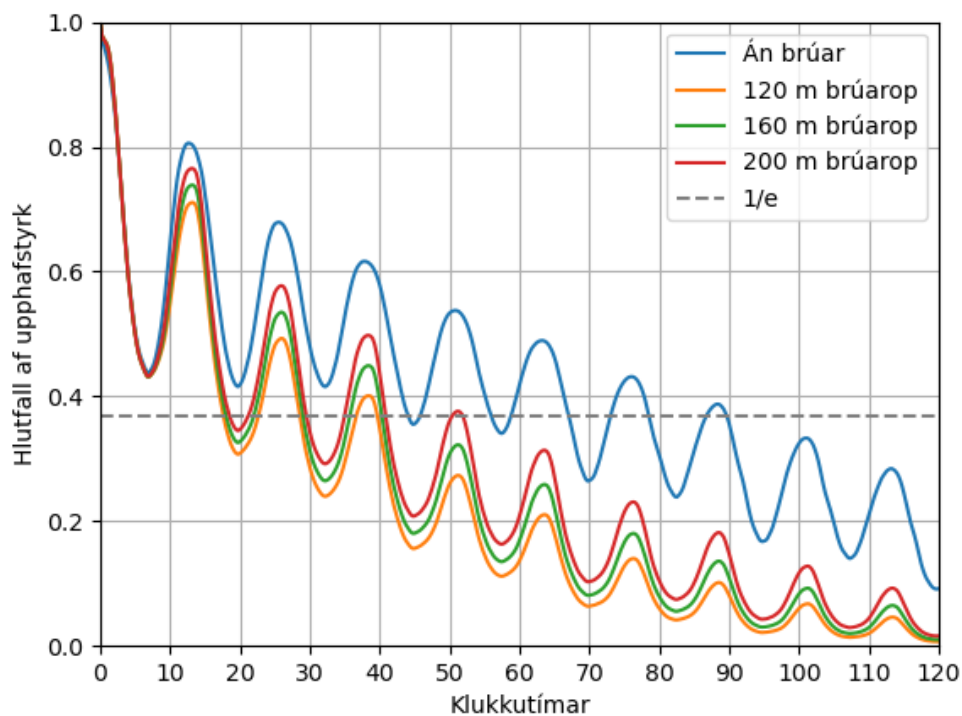
4.4. Útskolun

4.4.1. Fastur upphafsstyrkur sporefis innan veglínú

Metið var hvort útskolun á fulluppleystu óhvarfgjörnu sporefni sem sett er á allt svæðið innan veglínú (þverunar) væri undir áhrifum af þveruninni. Styrkur efnisins lækkar við að það berst út úr voginum

með sjávarfallastraumum á útfalli, þar sem það blandast vatni sem inniheldur ekki sporefni þannig að á aðfalli kemur vatn aftur inn með minni styrk efnis. Líkankeyrslurnar við útskolun sporefnisins hefjast á aðfalli og er því tímaskali niðurstaðanna háður því þótt almennt gildi framangreind hegðun óháð því hvort byrjað sé á útfalli eða aðfalli. Líkankeyrslurnar fara fram á smástraumi sem leiðir af sér hægari útskolun en ef væri á stórstraumi.

Þróun meðalstyrks sporefnisins í Leiruvogi, án þverunar (núverandi aðstæður) og með þverun fyrir mismunandi lengdir brúaropa sést á mynd 65 þegar reiknað er með sjávarfallastraumum án vinds og öldu. Í öllum tilvikum hraðast á útskolun með tilkomu þverunar miðað við núverandi aðstæður, og verður hröðunin meiri eftir því sem brúaropið minnkar. Þetta eru afleiðingar af breyttu straumsviði. Annars vegar þá skolest efni lengra út með auknum straumum úr brúaropi, og meira eftir því sem brúaropið minnkar og útrennslið blandast við meira hreint vatn áður en það rennur aftur inn í voginn á aðfalli. Hins vegar verður straumsviðið flóknara innan brúarops á aðfalli að lokinni þverun sem verður ýktara eftir því sem brúaropið minnkar, sem eykur blöndun.



Mynd 65. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.

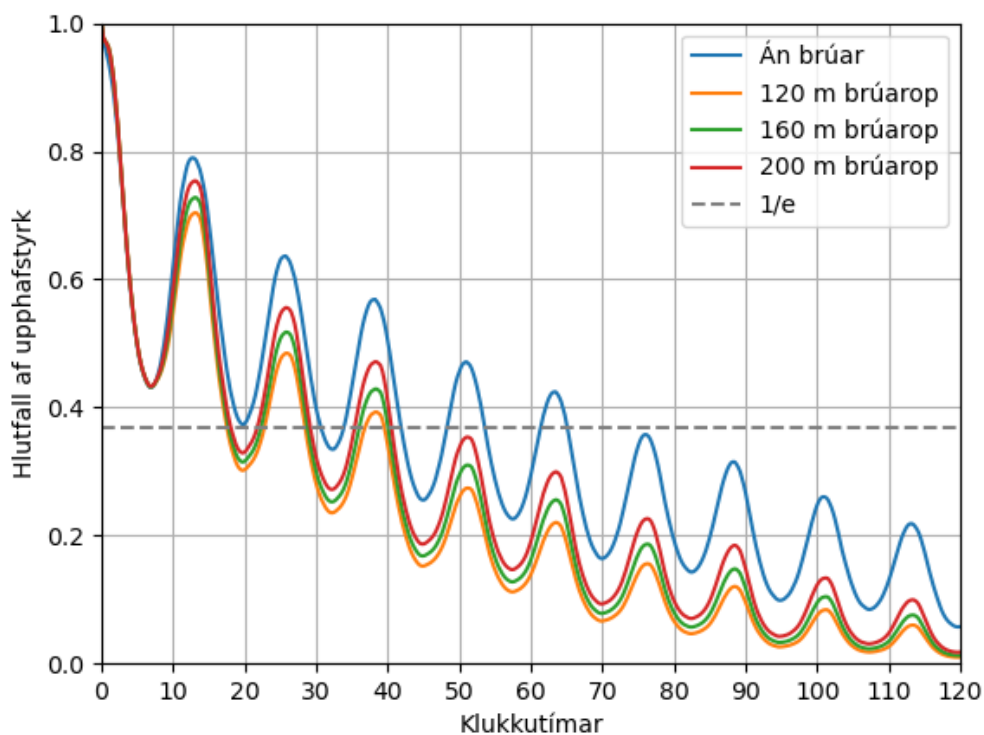
Í tilviki með öldu sem svarar til 50% hlutfallsmarka öldu og ríkjandi suðaustanvinds (mynd 66) verður munurinn heldur minni milli tilvika með og án þverunar, en áhrif vinds og öldu (mynd 66) eru þó mest á þann veg að flýta fyrir útskolun í tilvikinu án þverunar (mynd 65). Þetta ræðst að mestu af því að breytingar á straumum að teknu tilliti til öldufars leiðir ekki til mikilla breytinga á straumhraða í brúaropi sem er ráðandi þáttur í útskolun. Þverunin skýlir hins vegar voginum fyrir öldu sem í núverandi aðstæðum ýtir undir blöndun efnis inni í voginum og hraðar þannig á útskolun.

Ef síðan er horft til sömu hlutfallsmarka öldu en með ríkjandi vindi úr norðaustri í stað suðaustri (mynd 67) má greina að norðaustanáttin flýtir ef eitthvað er fyrir útskolun við núverandi aðstæður án

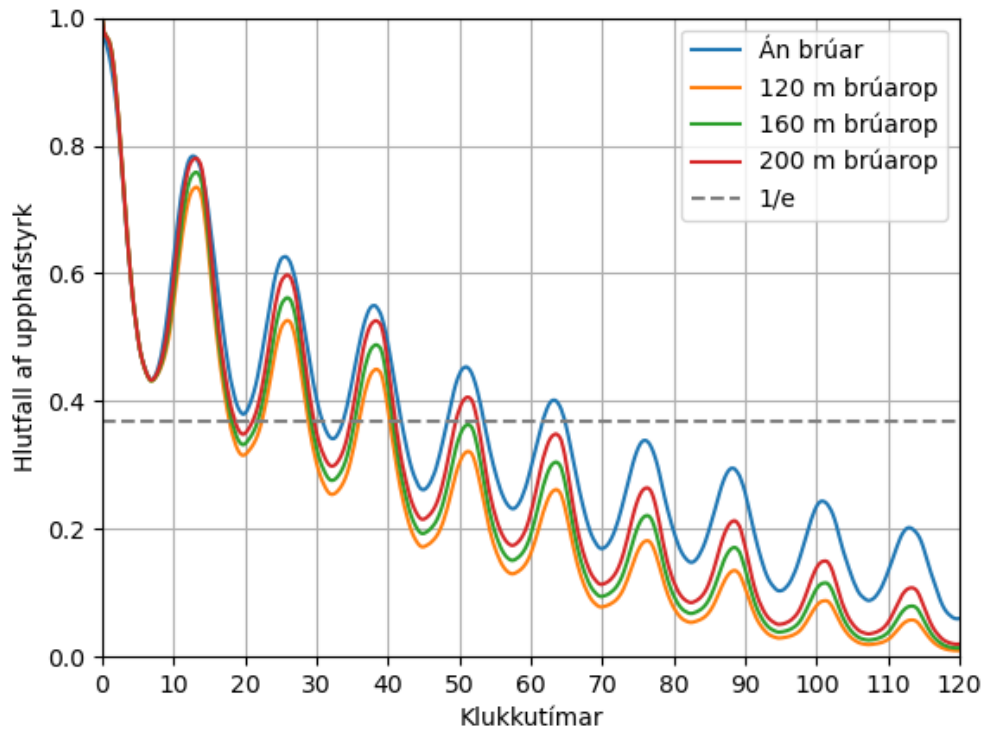
þverunar, en hægir á útskolun þegar þverun er komin óháð brúarstærð. Eftir sem áður er útskolunarhraði svipaður eða meiri með tilkomu þverunar.

Eftir því sem ölduhæð vex umfram venjubundnar aðstæður (50% tímans) og vindhraði eykst verður útskolun úr voginum hraðari en kemur þó að því fyrir nægjanlega háar ölduhæðir og háan vindhraða að tilkoma þverunar leiðir af sér hægari útskolun samanborið við aðstæður fyrir þverun. Þarf þó ekki mjög sjaldgæfar aðstæður við. Mynd 68 sýnir útskolunarhraðann fyrir 99% hlutfallsmörk öldu, sem svarar til tíðni um 4 daga á ári (Tafla 1), og ríkjandi suðaustanvind. Útskolun úr Leiruvogi verður mjög hröð við þessar aðstæður, hvort sem um er að ræða fyrir eða eftir þverun, en þó verður merkjanlega hægari útskolun með tilkomu þverunar. Ólíkt venjubundnum aðstæðum verður útskolun hægari eftir því sem brúaropið minnkar.

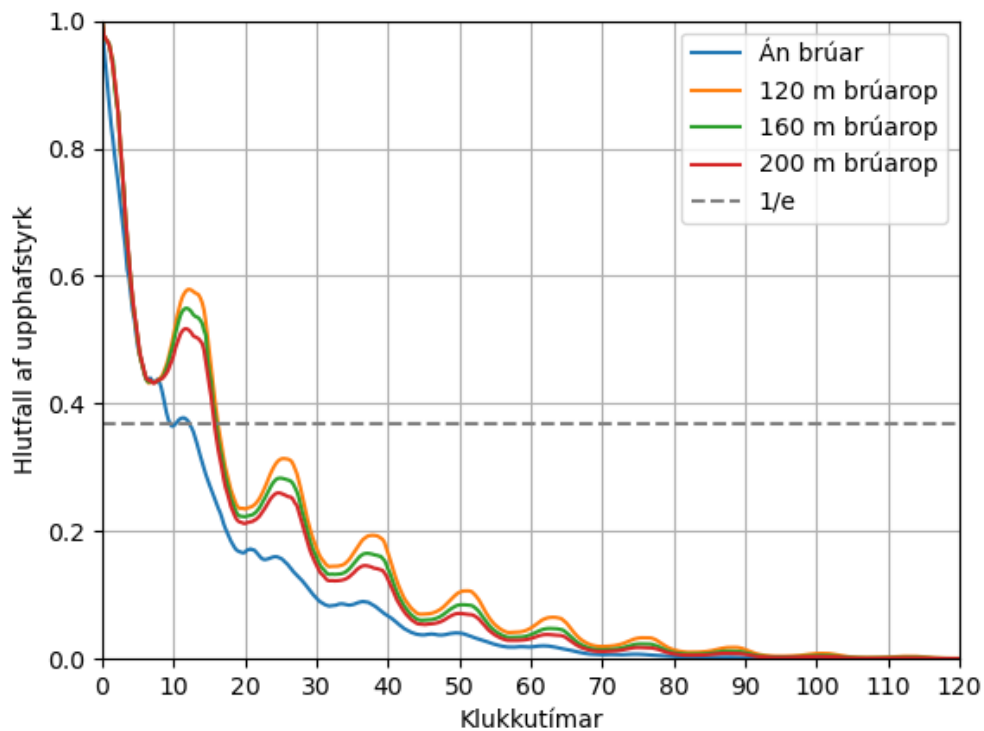
Reiknilíkanið byggir á tvístrunar- og burðarjöfnum og gefnum forsendum um fulluppleyst óhvarfgjarnt sporefni. Líkanið notast við reiknað straumsvið og erfir þar með óvissu á hraða. Óvissa er sambærileg milli tilfella og hefur ekki áhrif á samanburð niðurstaða með og án þverunar.



Mynd 66. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.



Mynd 67. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.



Mynd 68. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Leiruvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.



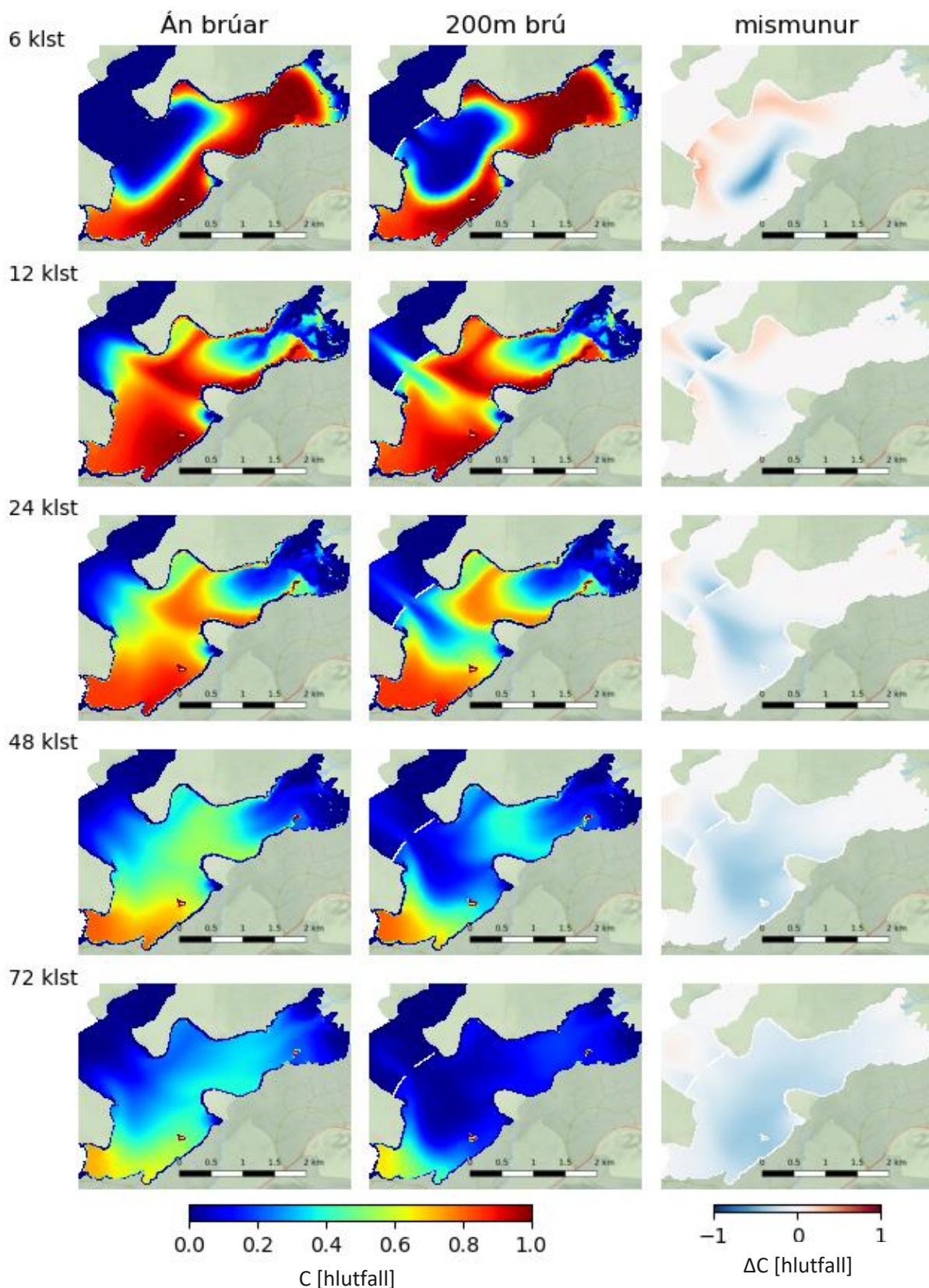
Mynd 69 sýnir dreifingu styrks sporefnisins í Leiruvogi á nokkrum mismunandi tímum fyrir 200 m brúarop, án öldu og vinds. Eftir fyrstu 6 tímana sést að aukin þynning verður miðað við núverandi tilvik innan við brúaropið. Aftur á móti er örlítið minni þynning upp við vegfyllinguna og inn í Nesvík austan Gunnuness. Eftir 12 tíma er efni byrjað að skolast út úr voginum, vatnið streymir hraðar í gegnum brúaropið en við núverandi aðstæður og efninu skolar lengra út þar sem það þynnist hraðar og kemur með lægri styrk aftur inn á næsta aðfalli. Innan við brúna sést enn hærri styrkur upp við vegfyllinguna og inn í Nesvík, þessi áhrif eru horfin eftir um 48 tíma þar sem styrkur á þessum svæðum er orðinn lægri en við núverandi aðstæður. Almenn er útskolun hraðari með tilkomu brúarmannvirkjana en þó hægir á þeim tímabundið á afmörkuðum svæðum.

Í tilfelli með 50% hlutfallsmörkum öldu og vinds hefur þverun svipuð áhrif á útskolun og í tilfelli án öldu og vinds nema að vegna skjóláhrifa frá brú á öldu hægist hlutfallslega meira á útskolun fyrstu klukkustundirnar að austanverðu á meðan útskolun verður hraðari sunnan- og vestanverðu svæðinu. Eftir 72 klukkustundir hafa þessi áhrif að mestu horfið þótt enn eimir eftir af þessari hegðun (mynd 70). Grunnurinn að þessum mun liggur í því hvernig útskolun við núverandi aðstæður án þverunar verður hlutfallslega hraðari í austanverðum voginum þegar öldu og vinds nýtur við sem síðan vegfyllingin varnar vegna skjóláhrifa sinna.

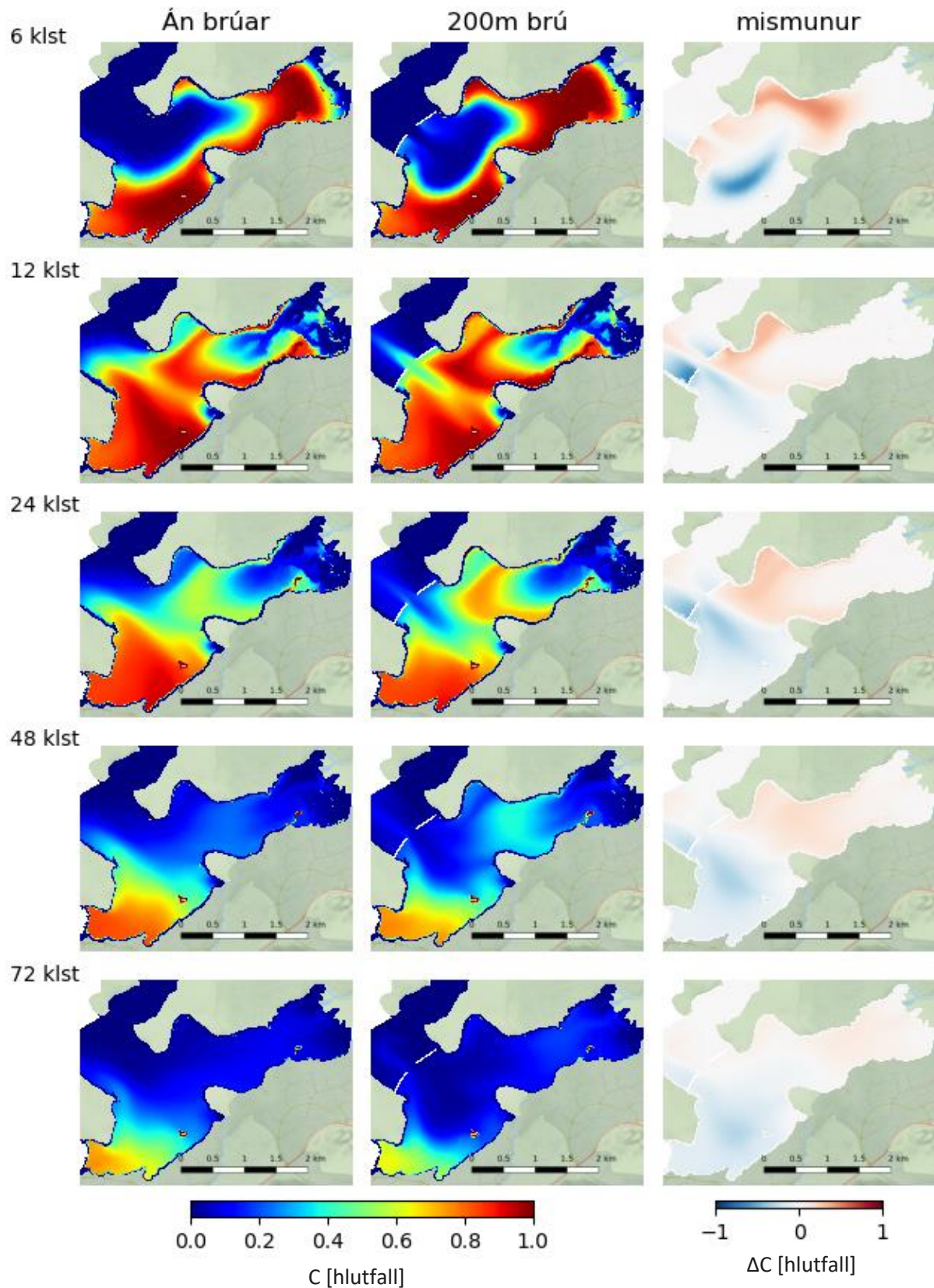
Þegar ölduhæð og vindstyrkur aukast umtalsvert umfram venjubundnar aðstæður (50% tímans) aukast þessi áhrif við núverandi aðstæður án þverunar, þ.e. útskolun verður enn hraðari í austanverðum voginum og teygir aukinn hraði útskolunar sig enn frekar suður á við og hraðar verulega útskolun í suðvestanverðum voginum. Mynd 71 greinir frá þessum aðstæðum, ölduhæð og vindstyrkur hafa náð 99% hlutfallsmörkum og vindur er ríkjandi úr suðaustri. Með tilkomu þverunar við þessar aðstæður leiða skjóláhrif vegfyllingarinnar af sér að bæði hægist á útskolun úr austanverðum voginum sem og í honum suðvestanverðum. Engu að síður verður útskolunin hröð og ræðst það að miklu af því hversu vel aldan nær inn í Blikastaðakró úr brúaropinum og er áhrifageirinn víður.

Mjög áþekk hegðun á sér stað fyrir minni brúarop fyrir hverjar þeirra aðstæðna sem gerð er grein fyrir, helsti munurinn liggur í að styrkur er heldur lægri innan vegfyllingar eftir því sem brúaropið minnkar nema þegar ölduhæð og vindstyrkur aukist umtalsvert umfram venjubundnar aðstæður (50% tímans). Þá hægist á útskolun eftir því sem brúaropið minnkar þar sem áhrifageiri öldunnar sem nær inn í Blikastaðakró úr brúaropinum minnkar umtalsvert. Engu að síður verður útskolunin hraðari að þverun lokinni eftir því sem ölduhæð og vindstyrkur aukast þótt útskolunarhraðinn kann að vera lægri en við núverandi aðstæður. Mynd 72, mynd 73 og mynd 74 greina frá niðurstöðum fyrir 160 m brúarop og mynd 75, mynd 76 og mynd 77 fyrir 120 m brúarop.

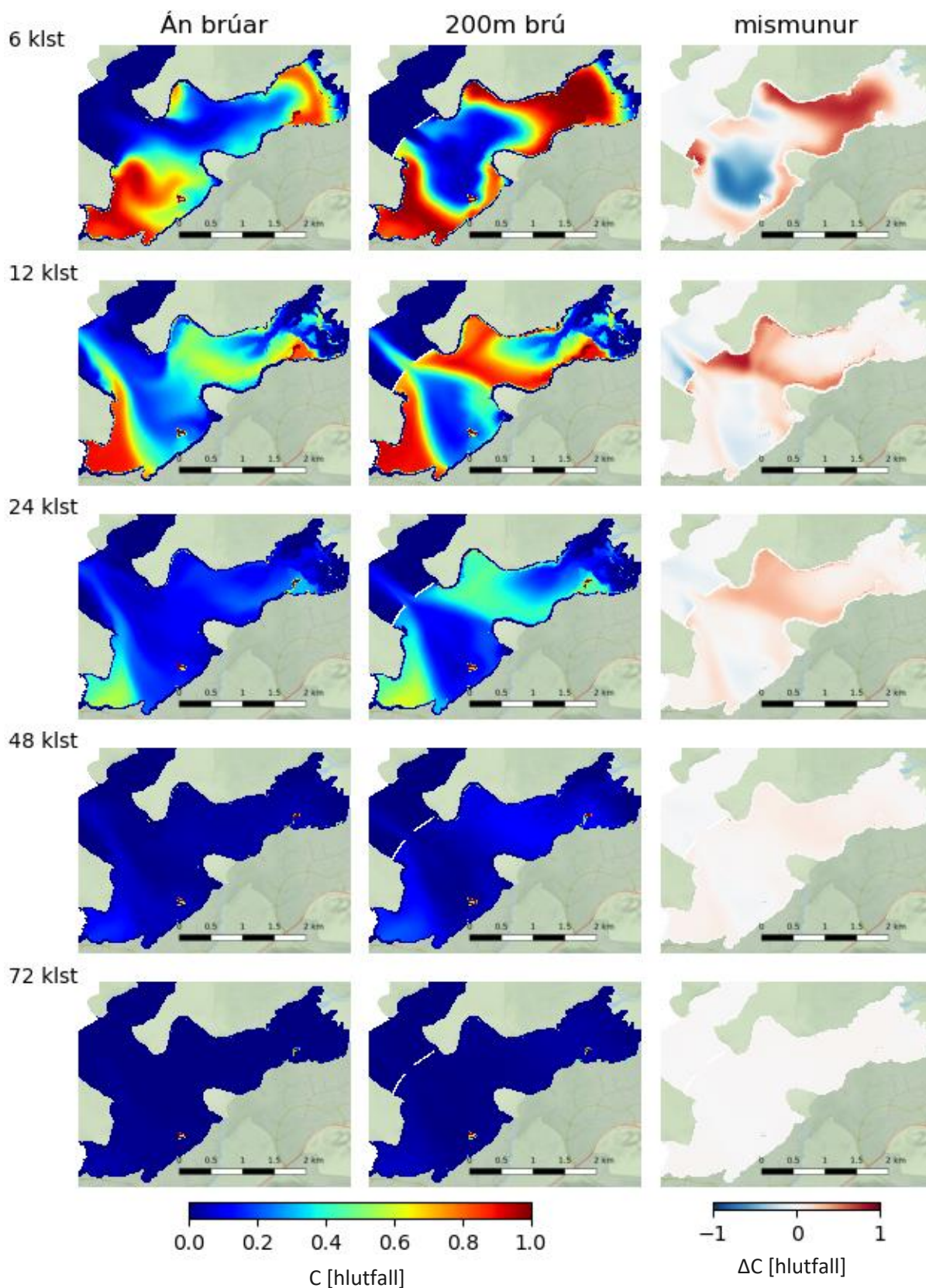
Reikningarnir benda því sterklega til þess að útskolun verði greiðari eftir tilkomu brúar við venjubundnar aðstæður og þeim mun greiðari eftir því sem stærð brúarops minnkar. Ennfremur eftir því sem ölduhæð og vindstyrkur aukast umfram venjubundnar aðstæður að þau auki enn frekar á útskolunarhraða þótt sá hraði kunni að vera heldur minni með tilkomu þverunar og enn frekar eftir því sem brúarop verður minna. Í öllum tilvikum þverunar má vænta þess að svæðisbundinn munur verði á styrk efnis innan vogsins fyrstu klukkustundir og dagana eftir að útskolun hefst samanborið við núverandi aðstæður án þverunar.



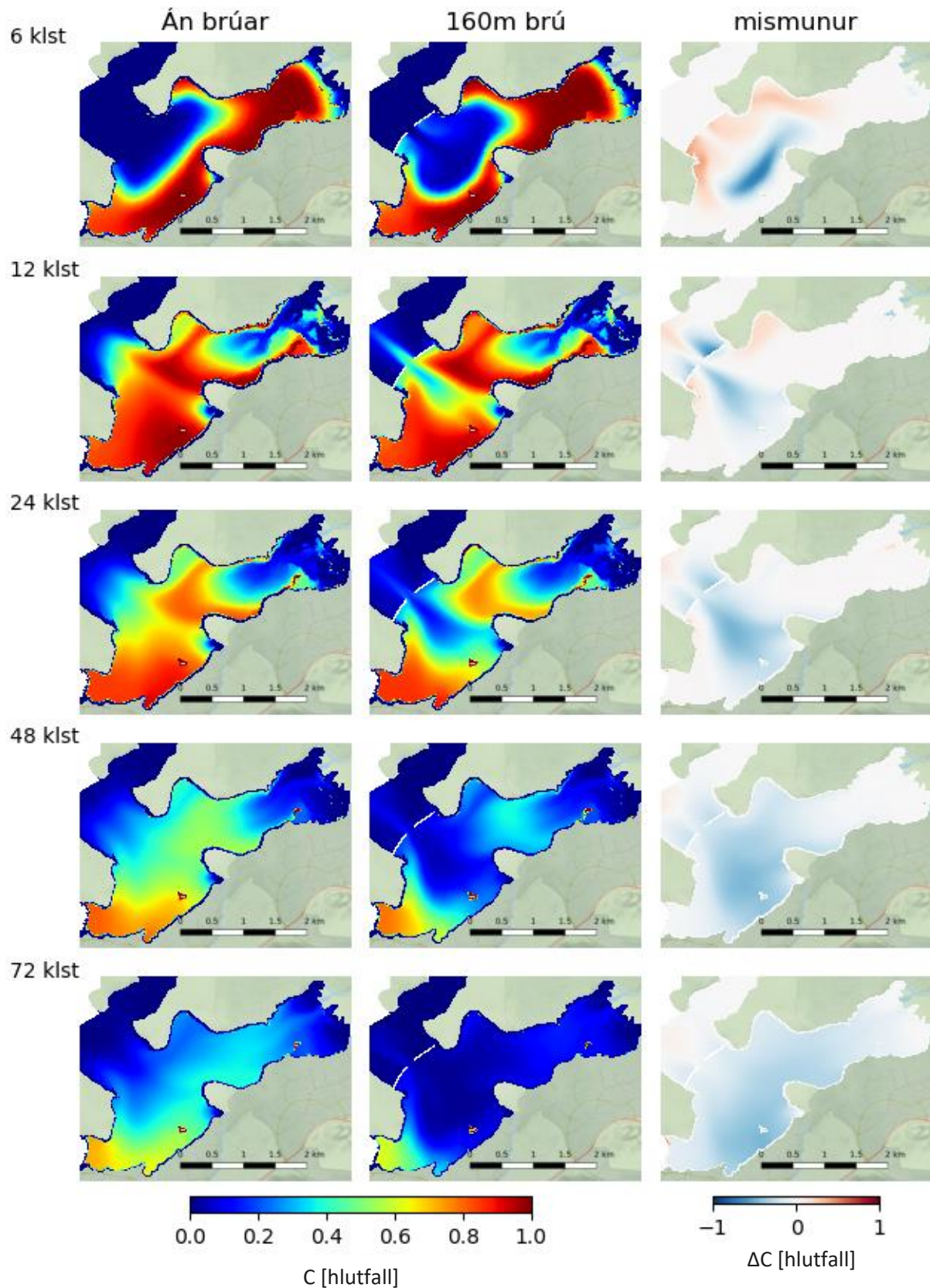
Mynd 69. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.



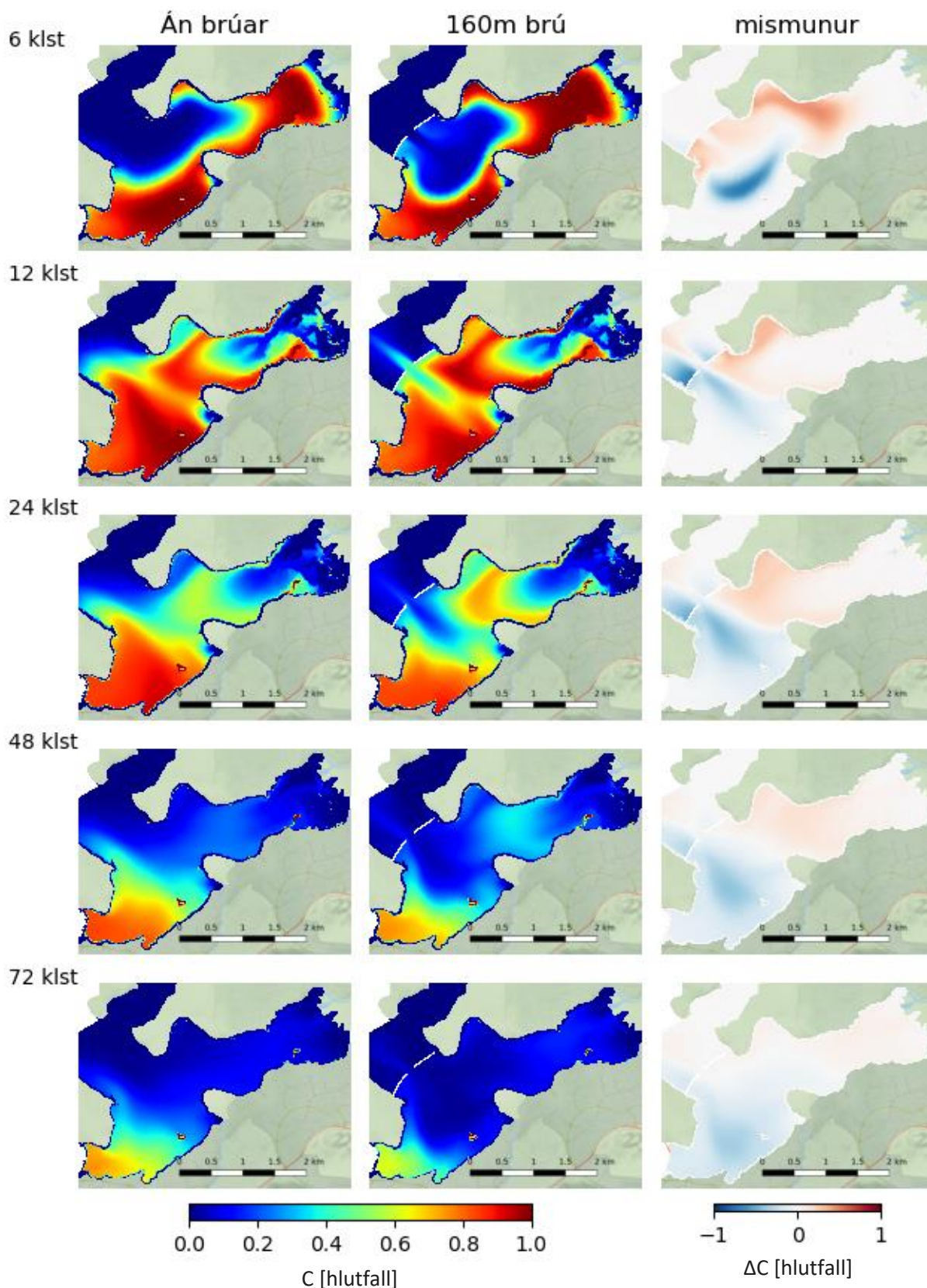
Mynd 70. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.



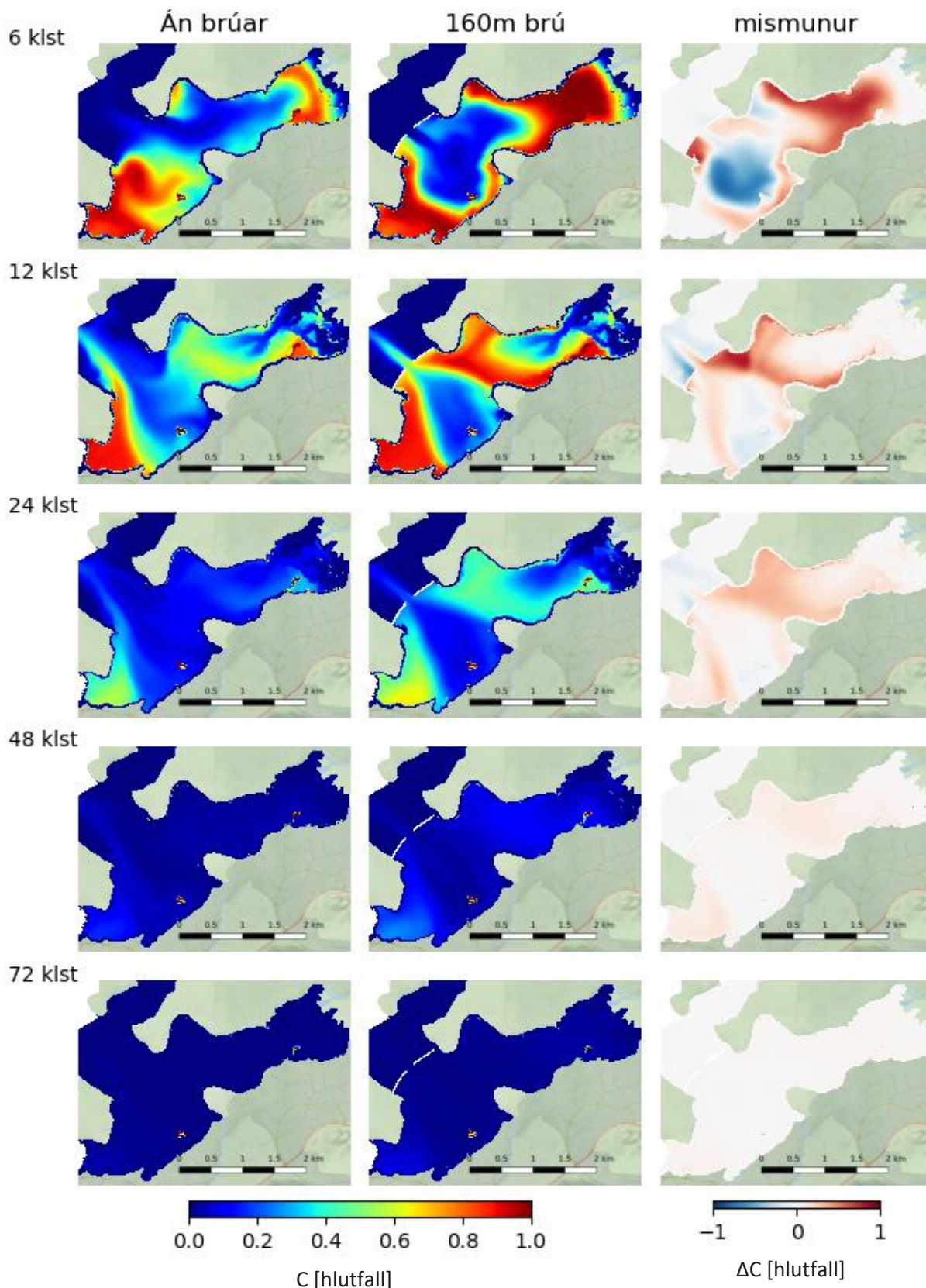
Mynd 71. Próun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 200 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.



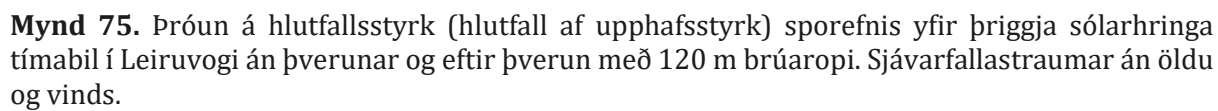
Mynd 72. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.

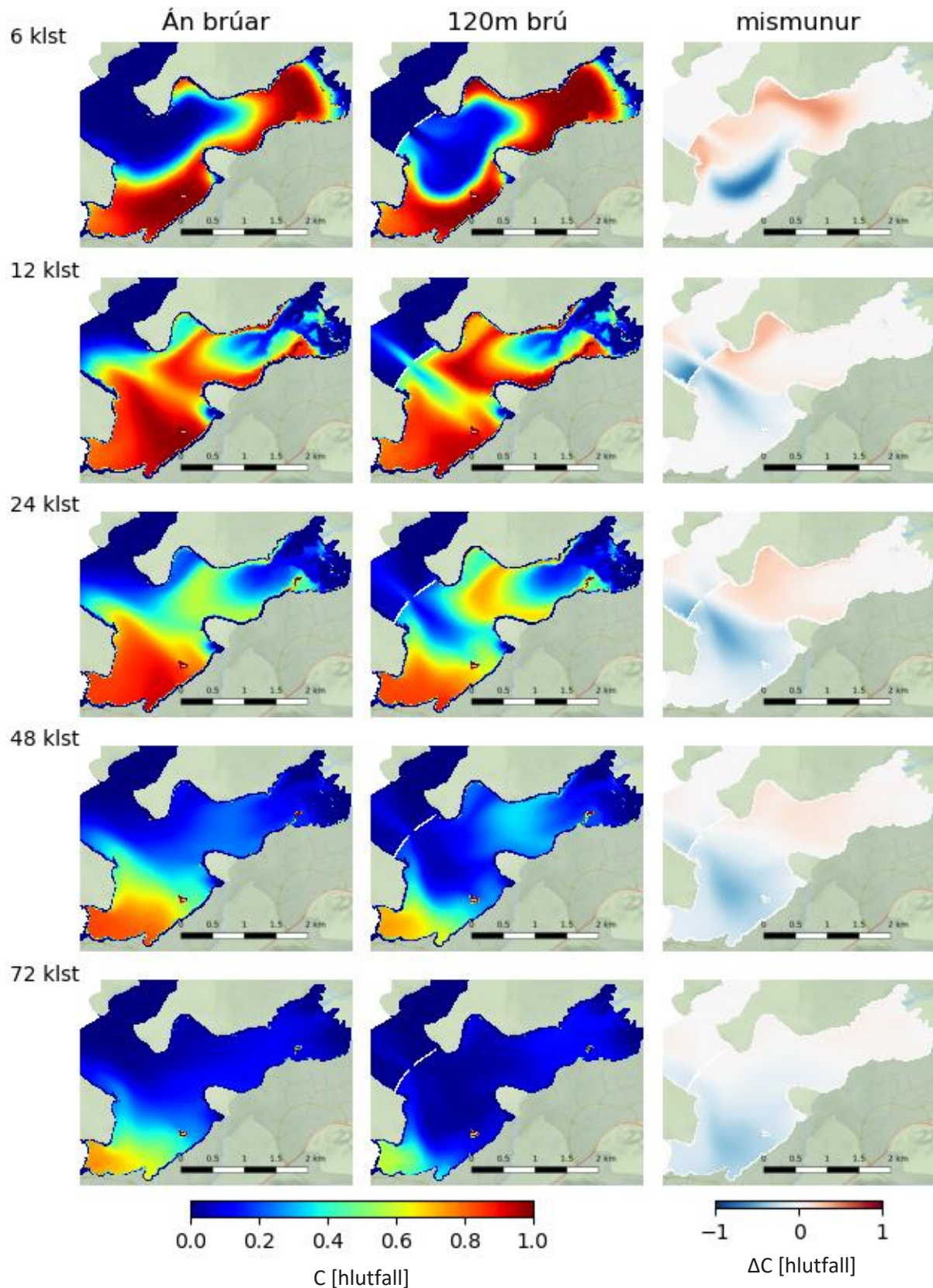


Mynd 73. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.

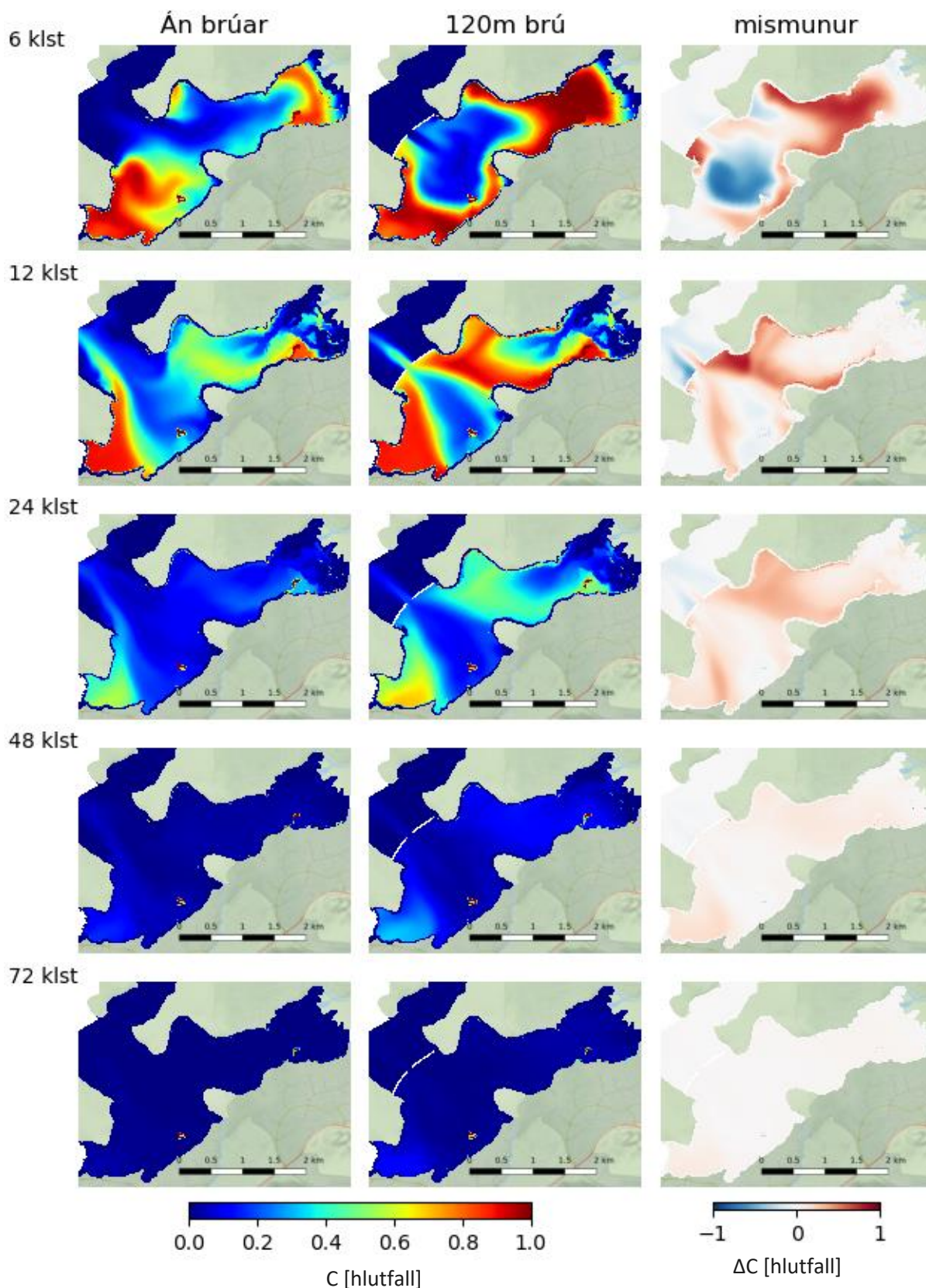


Mynd 74. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 160 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.





Mynd 76. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 120 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 50% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr norðaustri.

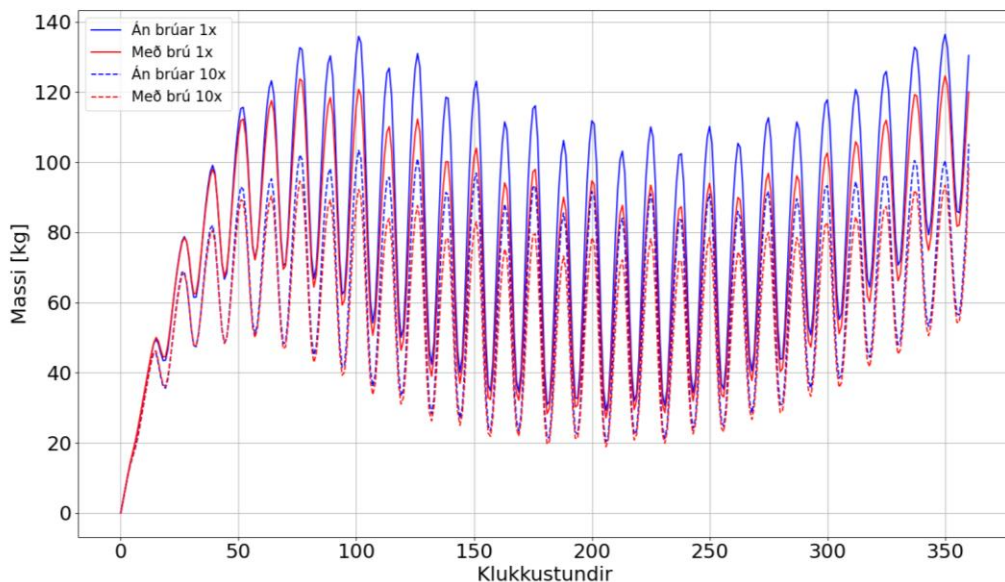


Mynd 77. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir þriggja sólarhringa tímabil í Leiruvogi án þverunar og eftir þverun með 120 m brúaropi. Sjávarfallastraumar að viðbættum 99% hlutfallsmörkum öldu og ríkjandi vindi úr suðaustri.

4.4.2. Fast innstreymi sporefns með vatnsföllum til Leiruvogs

Vatnsföllin sem falla til Leiruvogs geta borið með sér mengun og þ.a.l. leitt til neikvæðra áhrifa í Leiruvogi. Lagt var mat á hvort áhrif uppleystra efna sem berast með vatnsföllum til vogsins versni með tilkomu þverunar. Gerð var næmnigreining þar sem fulluppleyst óhvarfgjarnt sporefni með föstu massastreymi (1 g/s), berst með meginvatnsföllum, Úlfarsá, Leirvogsá og Köldukvísl, til Leiruvogs. Gerður var samanburður á tilfellum með og án þverunar við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli vatnsfallanna.

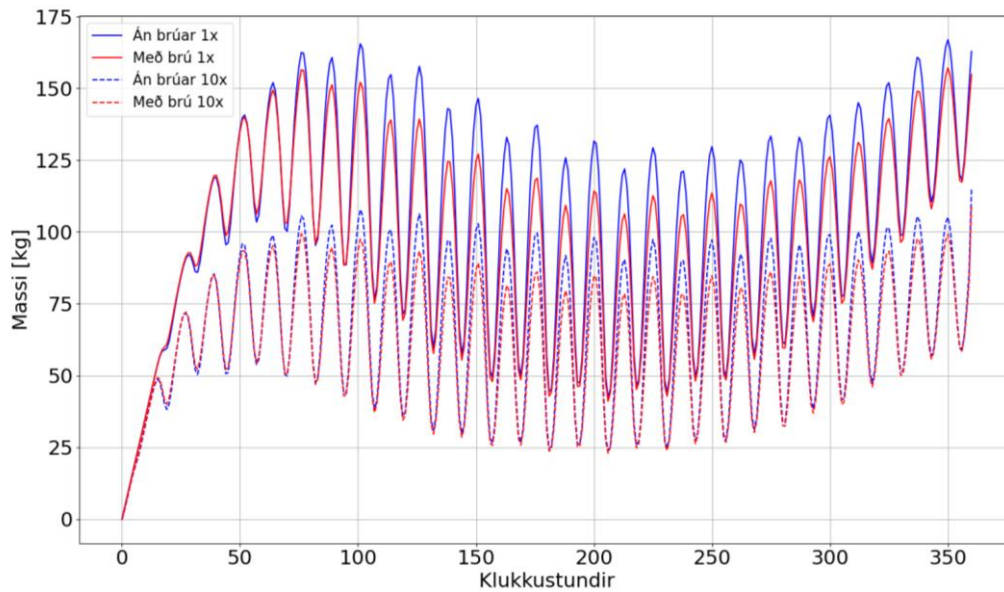
Á mynd 81 er sýndur samanburður á reiknuðum heildarmassa sporefns innan veglínu sem berst með Úlfarsá með föstu massastreymi fyrir tilfelli með og án brúar og við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli. Niðurstöðurnar sýna að með tilkomu þverunar lækkar massi sporefns innan veglínu þar sem að auknir straumar útfrá brúaropi ná að bera sporefnið í meira mæli á haf út. Að sama skapi lækkar massi ferilefnis enn frekar þegar meðalrennsli Úlfarsár er tífalt sem kemur til vegna þess að aukið rennsli árinna þynnir enn frekar mengunarefnið og drífur lengra út voginn þar sem sjávarstraumar, bæði fyrir og eftir þverun, bera sporefnið í meira mæli á haf út.



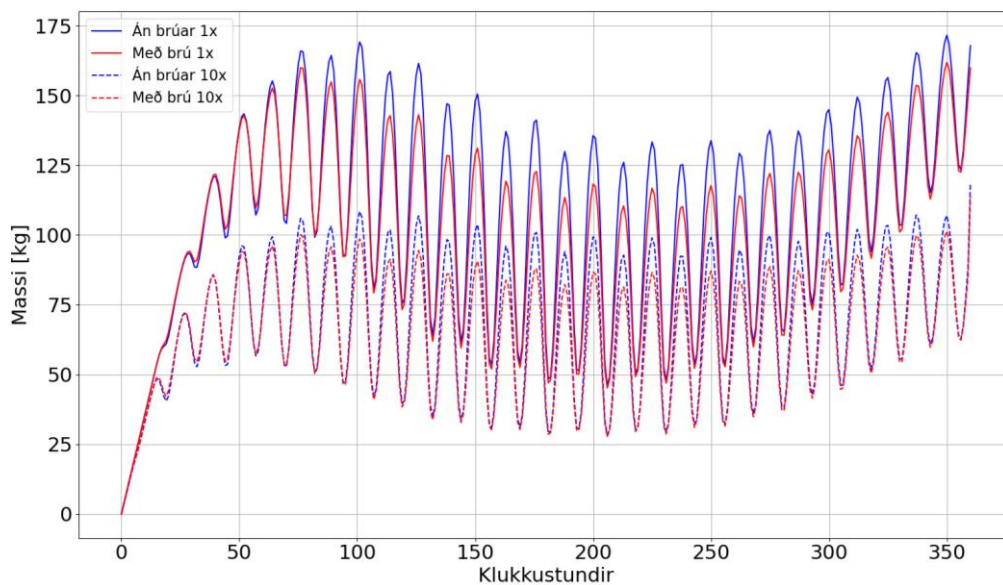
Mynd 78. Reiknaður heildarmassi sporefns innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Úlfarsá með föstu massastreymi (1 g/s) fyrir tilfelli með og án þverunar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.

Á mynd 82 og mynd 83 eru niðurstöður sýndar fyrir sambærileg tilfelli nema að sporefnið berst til Leiruvogs með Leirvogsá (mynd 82) og Köldukvísl (mynd 83). Þverun dregur enn frekar úr massa sporefns innan veglínu Leiruvogs en í tilfellinu þar sem sporefninu er veitt um Úlfarsá til Leiruvogs og sama mun má sjá milli meðalrennslis og tífalds meðalrennslis.

Niðurstöðurnar fyrir tilfelli sem hér hafa verið til skoðunar sýna að með tilkomu þverunar eykst útskolun í Leiruvoginum og því litlar líkur á því að efni með eiginleika sporefns sem berst með vatnsföllum til vogsins skolist tregar úr voginum eftir þverun samanborið við núverandi ástand.



Mynd 79. Reikaður heildarmassi sporefnis innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Leirvogsá með föstu massastreymi (1g/s) fyrir tilfelli með og án þverunar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.



Mynd 80. Reikaður heildarmassi sporefnis innan veglínu Leiruvogs sem berst inn með Köldukvísl með föstu massastreymi (1g/s) fyrir tilfelli með og án brúar, við meðalrennsli og tífalt meðalrennsli.

4.5. Mengunardreifing

4.5.1. Samfelldur leki mengunarefnis í Þerneyjarsundi

Reiknuð var dreifing mengunar frá punktuppsprettu í Þerneyjarsundi (mynd 81) með samfelldum leka mengunarefnis sem svarar til 1 g/s (ríflega 86 kg/dag). Reiknað var yfir tveggja vikna tímabil fyrir tilvik án þverunar og að lokinni þverun með 200 m brú, í báðum tilfellum reiknað með sjávarfallastraumum án áhrifa vinds eða öldu.

Metin voru jafnframt áhrifin af mismunandi eiginleikum mengunarefna. Ekki er verið að draga fram eiginleika tiltekinna mengunarefna sem borin hafa verið kennsl á að stafi hætta af á svæðinu. Einungis er horft til almennra eiginleika sem eins konar næmni fyrir dreifingarreikningana, en einna mesta óvissan sem fylgir dreifingarreikningum sem þessum hefur með eiginleika efnisins að gera og möguleika þess til að dreifast í vökvanum:

1. Fulluppleyst ferilefni sem getur dreifst óhindrað í vökvanum.
2. Ferilefni með eiginleika agna, en þá koma lyfti- og dragkraftar við sögu.
3. Olía sem endurspeglar að einhverju marki létta hvarfgjarna olíu sem getur dreifst mjög mikið.
4. Olía sem endurspeglar að einhverju marki þunga óhvarfgjarna olíu sem dreifist tiltölulega lítið.

Olían hefur að vissu marki eiginleika agna sem fljóta og ferðast þannig fyrst og fremst á yfirborði. Hún hefur jafnframt ýmsa eiginleika olíu, svo sem fituþeytingu (*e. emulsification*), leysni (*e. solubility*) og uppgufun, auk þessa að hafa þrjá fasa, fljótandi, uppleystan og viðloðandi. Þar sem olían flýtur og er þ.a.l. undir miklum áhrifum af vindi er því horft til óhagstæðs vindtilfellis hér gagnvart Leiruvogi, eða stöðuga 6 m/s norðanátt.



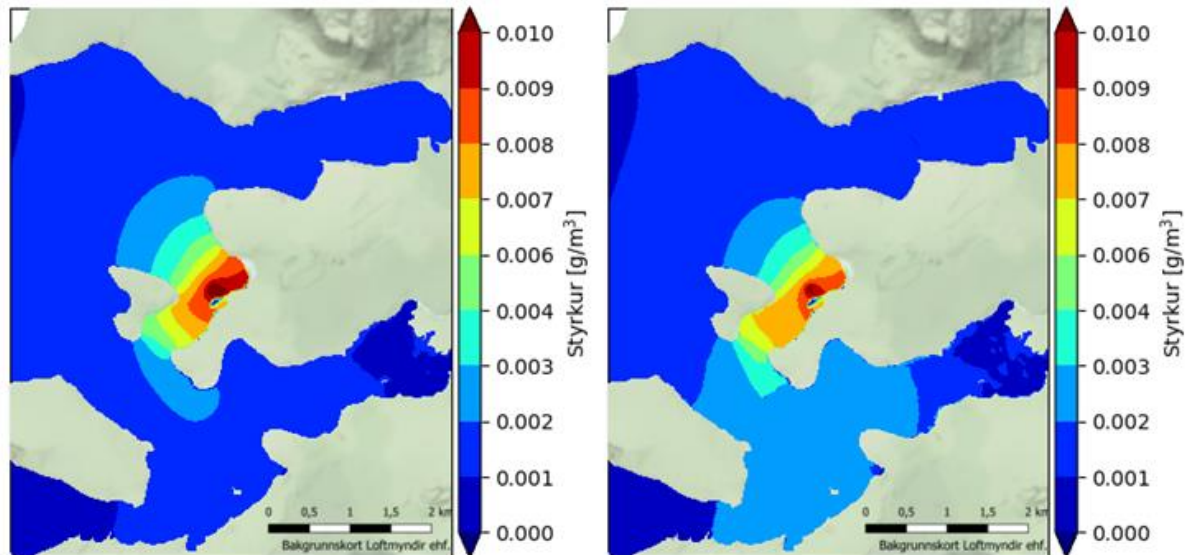
Mynd 81. Punktuppspretta í Þerneyjarsundi með samfelldum leka mengunarefnis.

Líkanið notast við reiknað straumsvið og erfir þar með óvissu á hraða. Óvissa er sambærileg milli tilfella fyrir sama efni og hefur ekki áhrif á samanburð niðurstaða með og án þverunar fyrir hvert efni.

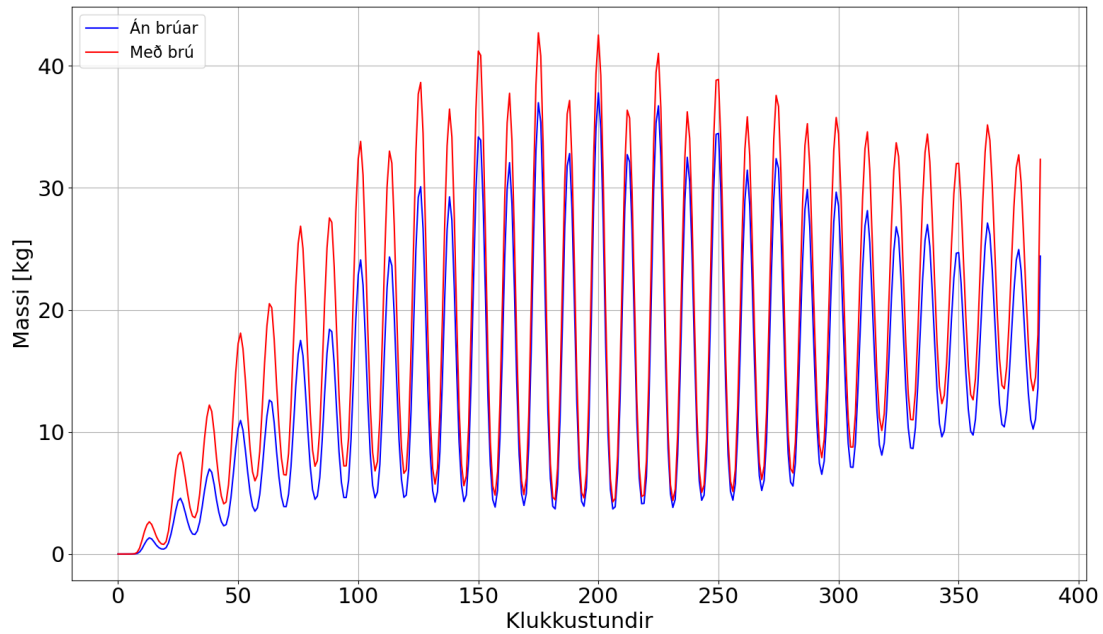
Tilvik þar sem notast er við efni með eiginleika agna er þar að auki mjög háð forsendum um agnirnar. Óvissa í þeim útreikningum byggir fyrst og fremst á óvissu um gerð efnis, en engar forsendur liggja fyrir um möguleg mengunarefni. Þess vegna hefur þremur mismunandi efnum verið beitt, og vænta má að hegðun mengunarslyss verði einhversstaðar á rófinu sem reiknað hefur verið.

Fulluppleyst ferilefni

Fyrir fulluppleyst ferilefni mun tilkoma brúar auka á uppsöfnun inni í Leiruvogi, eins og sjá má á mynd 82 og mynd 83. Aukin uppsöfnun ferefnis inni í Leiruvogi kemur til vegna straumrastar sem áður hefur verið líst í kafla 4.1 sem sagnar ferilefnið í meira mæli inn í veginn á aðfalli en við núverandi ástand. Þetta sést greinilega á mynd 83 þar sem hærri toppar í massa ferilefnis koma fram fyrir tilfellið með brú (rauð lína).



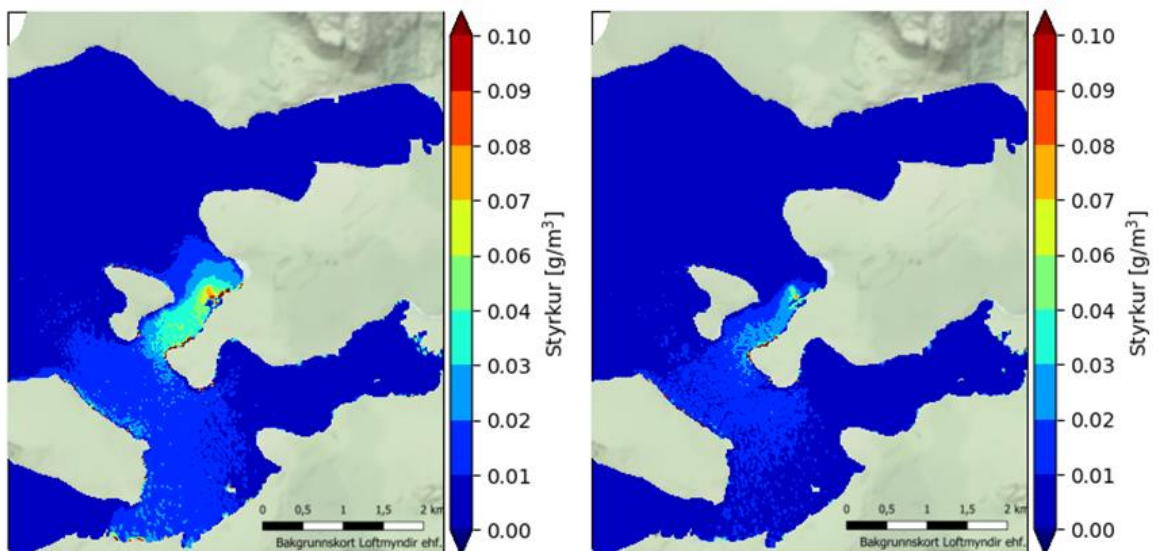
Mynd 82. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur eftir tveggja vikna samfelldan leka. Án þverunar (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (hægri).



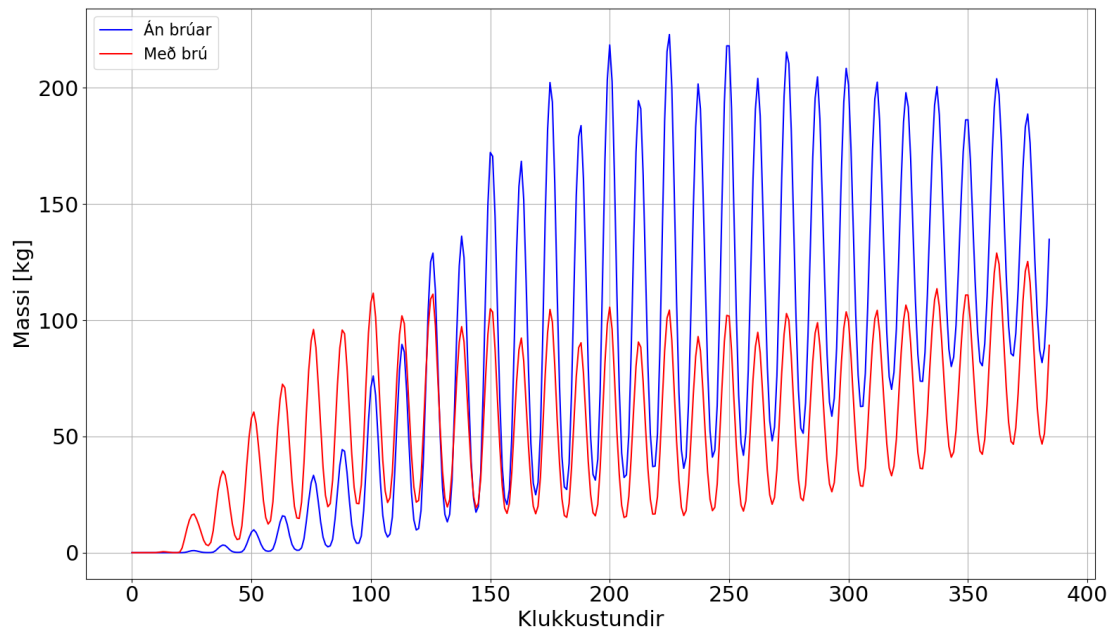
Mynd 83. Fulluppleyst ferilefni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka.

Ferilefni með eiginleika agna

Ef litið er á ferilefni með eiginleika agna þá má sjá á mynd 84 og mynd 85 að tilkoma brúar veldur minnkun á söfnun efnis í Leiruvogi. Hegðunin er töluvert önnur en niðurstöður fyrir fulluppleyst ferilefni sýna, þegar ferilefnið hefur eiginleika agna verður straumröst sem myndast við tilkomu brúar á útfalli ráðandi þáttur í flutningi efnisins og ber því stærri hluta efnisins út á sundin.



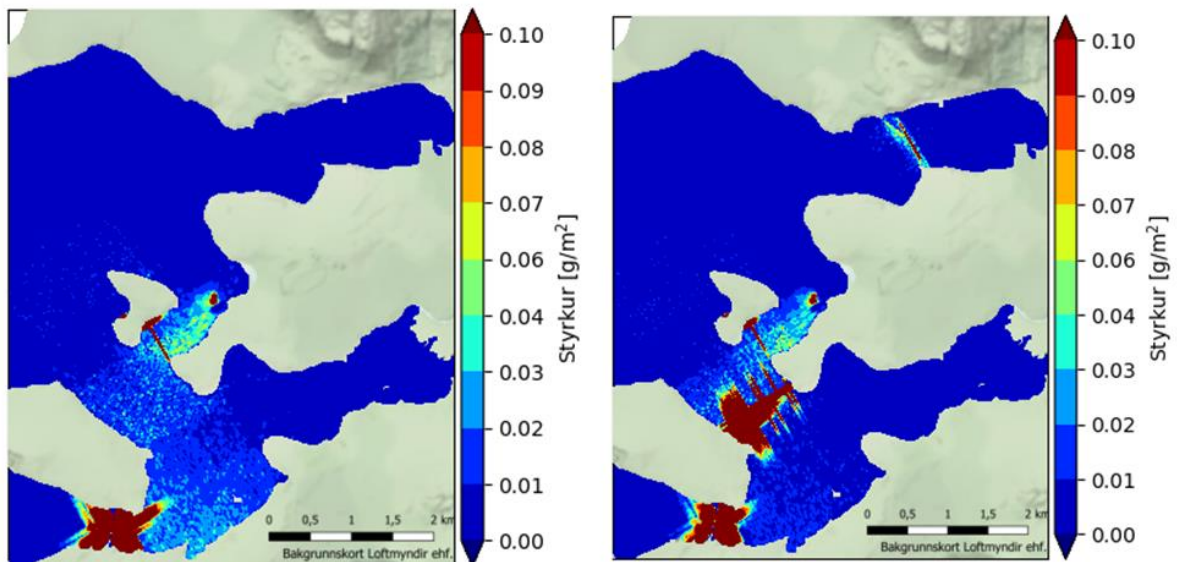
Mynd 84. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur eftir tveggja vikna samfelldan leka. Án þverunar (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (hægri).



Mynd 85. Ferilefni með eiginleika agna. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka.

Olía með mikla dreifni

Samanburð á dreifingu olíu fyrir og eftir þverun má sjá á mynd 86. Niðurstöðurnar sýna að með tilkomu vegfyllingarinnar hlýst talsvert skjól af henni sem leiðir til þess að stór hluti olíunnar safnast beggja vegna vegfyllingarinnar en einnig vegna samloðunar olíunnar við vegfyllinguna.



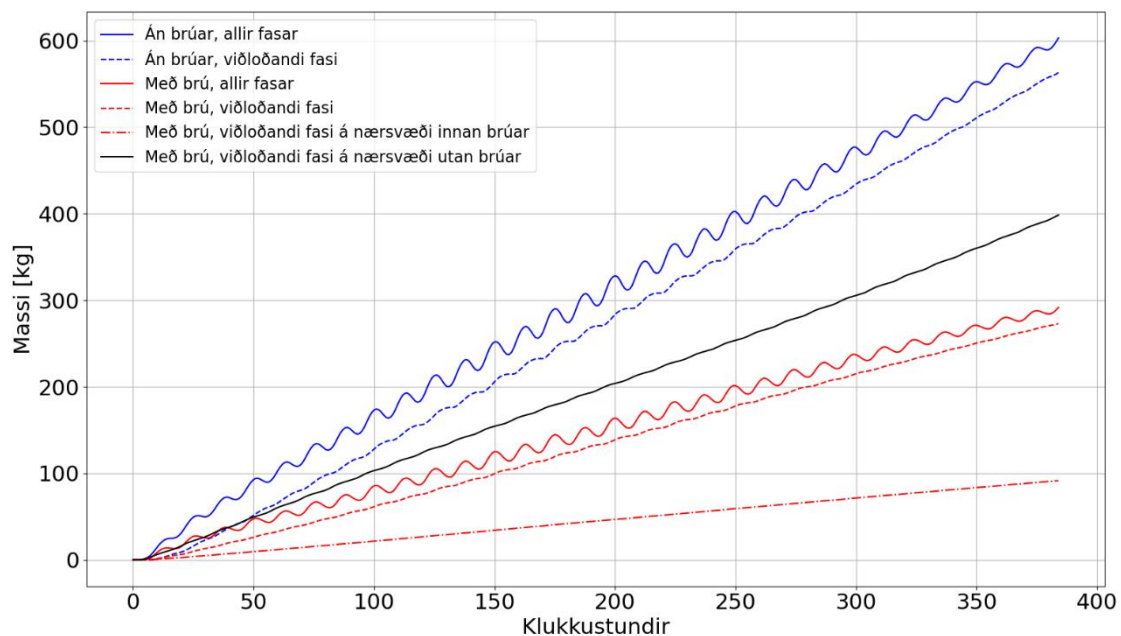
Mynd 86. Olía með mikla dreifni. Styrkur (massi á yfirborði) eftir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Lokagildi án þverunar (vinstri), lokagildi að lokinni þverun með 200 m brú (hægri).

Áhrifasvæði mengunar nær til stórs hluta Leiruvogs, en olían berst inn og út úr vöginum með sjávarföllum. Þó er mesta tilhneiging til uppsöfnunar við eiðið syðst í vöginum, sem og á vegfyllinguna

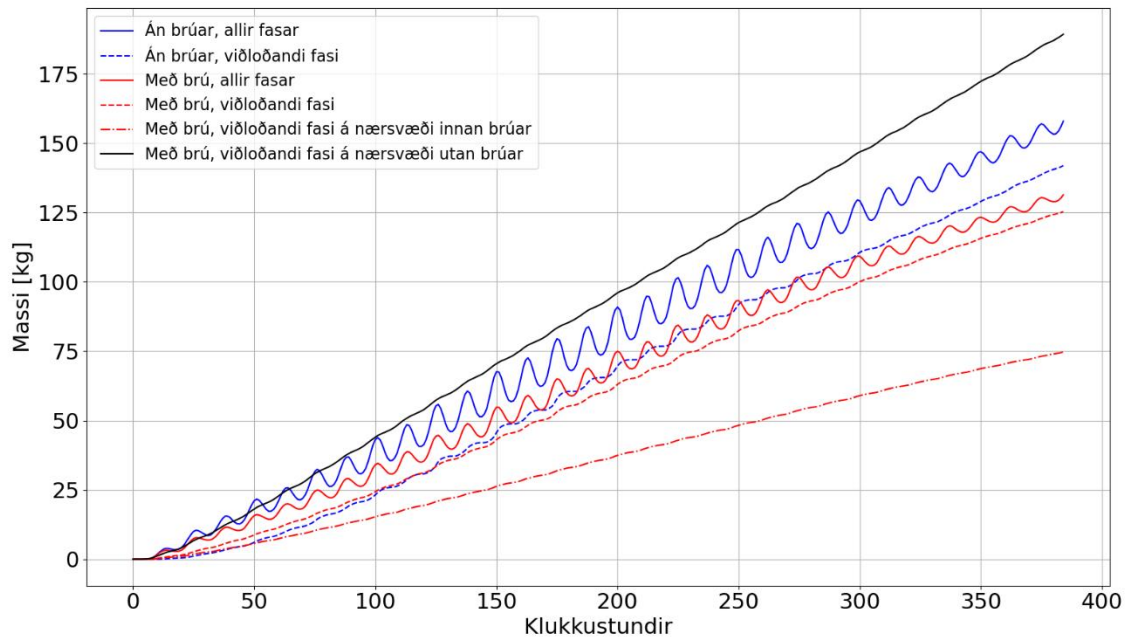
og upp við austurströnd Geldinganes. Um helmingur olíunnar sem barst inn fyrir veglínu án þverunar berst inn fyrir hana eftir þverun (mynd 87). Af heildaruppsöfnun í Leiruvogi eftir tilkomu þverunar, er langstærsti hluti olíunnar í viðloðandi fasa og er þriðjungur hennar í viðloðandi fasa á nærsvæði brúar, þ.e. innan 50 m breiðri ræmu meðfram vegfyllingu innanverðri. Á sambærilegri 50 m breiðri ræmu meðfram vegfyllingunni utanverðri safnast um 400 kg í viðloðandi fasa yfir tímabilið, eða um þriðjung meira en öll olían sem inn í voginn berst (mynd 87). Vegfyllingin hindrar því stóran hluta olíunnar í að berast inn í voginn og leiðir jafnframt af sér að stór hluti olíunnar sem berst inn fyrir brúaropið sest á vegfyllinguna innanverða.

Vindur er lykilþáttur í olíudreifingu, og hafa tilfelli hér að ofan því verið miðuð við óhagstæðar vindaðstæður fyrir Leiruvog með ríkjandi norðanátt. Þótt hrein norðanátt sé sjaldgæf við Þerney og Leiruvog (sjá kafla 2.3) myndi hún hafa einna alvarlegustu áhrifin gagnvart flutningi mengunarefna frá Þerneyjarsundi að Leiruvogi og er því valin í það mat sem hér fer fram til að gæta varfærni. Á mynd 88 má sjá tilfelli fyrir olíu með mikla dreifni þar sem vindþátturinn er fjarlægður. Einungis 150 kg berst inn fyrir veglínu án þverunar á tímabilinu (mynd 88) samanborið við 600 kg í óhagstæða vindtilfellinu (mynd 87) eða um fjórðungur. Heldur stærri hluti, eða ríflega 40%, berst inn fyrir þverunina. Af þessum rúmu 125 kg sem berast inn í Leiruvog með tilkomu þverunar yfir tímabilið, festast um 75 kg á innra nærsvæði brúar, eða um 60%, samanborið við nær 30% við óhagstæða vindtilfellið. Enn fremur setjast um 180 kg á ytra nærsvæði vegfyllingarinnar eða um 44% meira en berst inn um brúaropið samanborið við ríflega 30% við óhagstæða vindtilfellið.

Þáttur vegfyllingarinnar er þannig ótvíræður þegar kemur að því að hindra að olían berist inn í Leiruvog, hvort sem er stillt eða óhagstæður vindur ríkir.



Mynd 87. Olía með mikla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.



Mynd 88. Olía með mikla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.

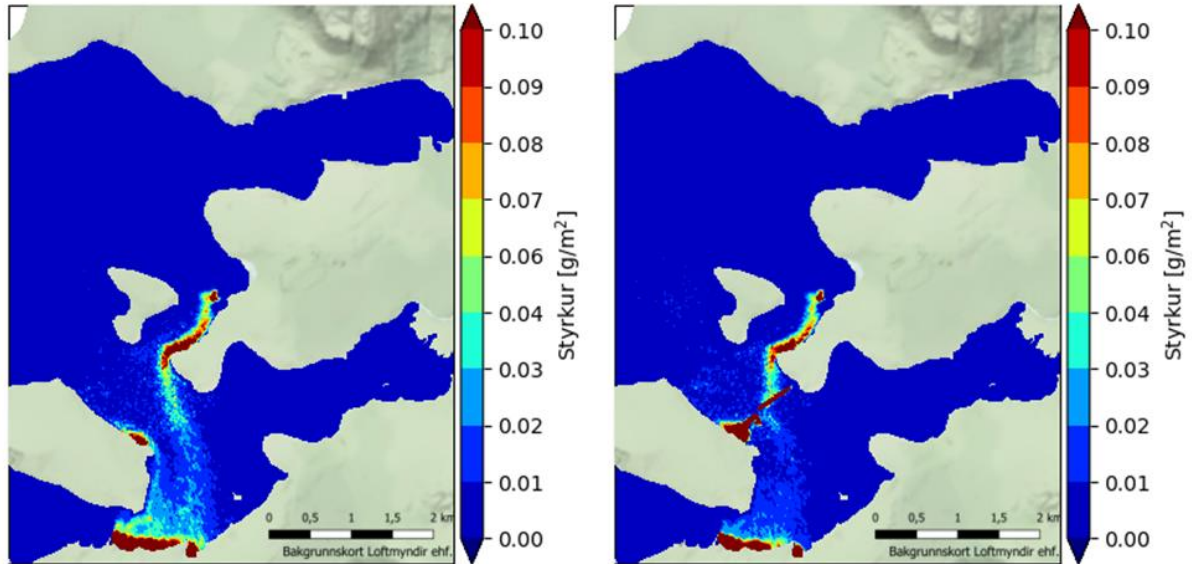
Olía með litla dreifni

Rétt eins og fyrir olíu með mikla dreifni nær áhrifasvæði fyrir olíu með litla dreifni til stórs hluta Leiruvogs. Enn er mesta tilhneigingin til uppsöfnunar efnis við eiðið syðst í vöginum. Fyrir þessa olíu berst heldur meiri olía inn um veglínu án þverunar en í fyrra tilfallinu, eða um 700 kg í stað 600 kg yfir tvær vikur (mynd 90). Mun minni hluti olíunnar berst hins vegar inn í vögin með tilkomu þverunarinnar, eða einungis um 100 kg af 700 kg, eða 14% yfir tveggja vikna tímabilið samanborið við 50% fyrir hina olíuna (mynd 87). Mun minni hluti er í viðloðandi fasa innan veglínu hvort sem litið er til án þverunar eða eftir að hún er komin (mynd 90) auk þess sem uppsöfnun er talsvert minni á innra nærsvæði vegfyllingarinnar. Á ytra nærsvæði vegfyllingarinnar safnast hins vegar vel ríflega 500 kg á tveggja vikna tímabilinu, eða nærri þremur fjórðu hlutum af þeirri olíu sem annars bærst inn í vögin án þverunarinnar. Skýlir brúin því Leiruvogi mjög verulega fyrir utanaðkomandi olíumengun svarandi til þess leka sem hér er greint frá.

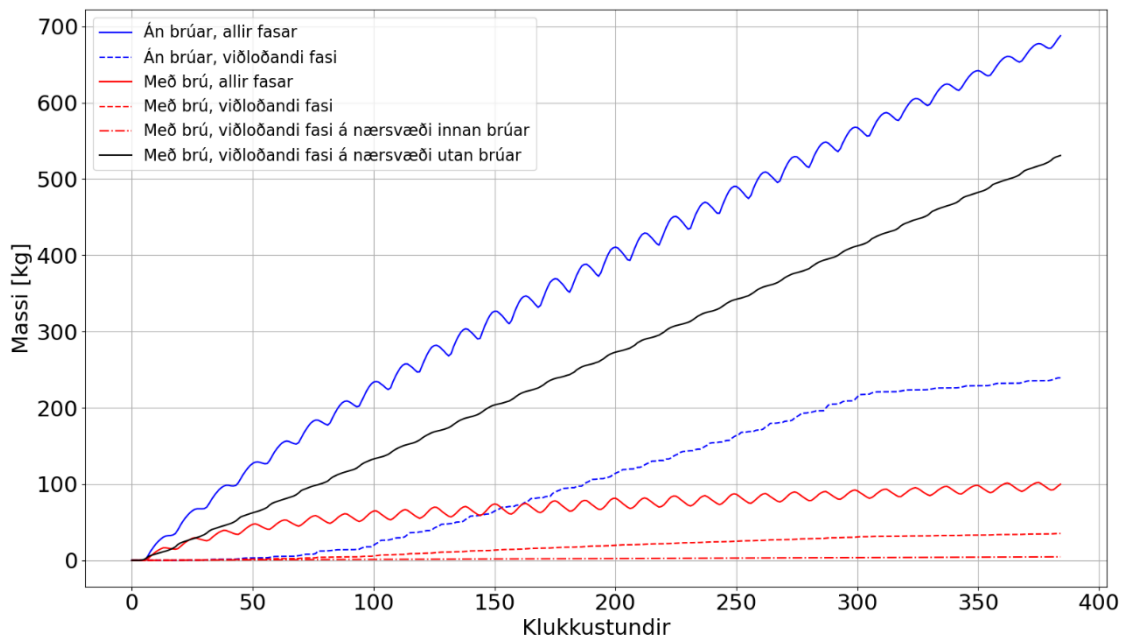
Á mynd 91 má sjá tilfelli fyrir olíu með litla dreifni þar sem vindþátturinn er fjarlægður. Heildarmassi sem borist hefur inn fyrir veglínu án þverunar að tveimur vikum liðnum er um 75 kg, en mjög sveiflukennt er yfir tímabilið hversu mikill hluti olíu er innan svæðisins eftir sjávarföllum. Þannig fór massi í allt að 125 kg á stórstreyminu. Smám saman eykst það efni sem eftir verður í vöginum á útfalli í takti við það að viðloðandi fasi eykst og situr því það hlutfall olíunnar fast innan veglínu. Á stórstreyminu berst greinlega olía nokkuð greiðlega inn í vögin en það þarf vindinn til þess að varna því að olían berist greiðlega aftur út á útfalli sem leiðir af sér hraðari uppsöfnun inni í vöginum (mynd 88). Í vindtilfallinu er heildarmassi olíu innan veglínu eftir tvær vikur ríflega 150 kg, eða nærri tvöfalt á við það sem er í tilfallinu án vinds.

Með tilkomu þverunar í tilfalli án vinds dregst olía hraðar inn í vögin en ella og að tveimur vikum liðnum eru um 150 kg innan veglínu samanborið við um 75 kg án þverunar. Viðloðunarfassin gefur

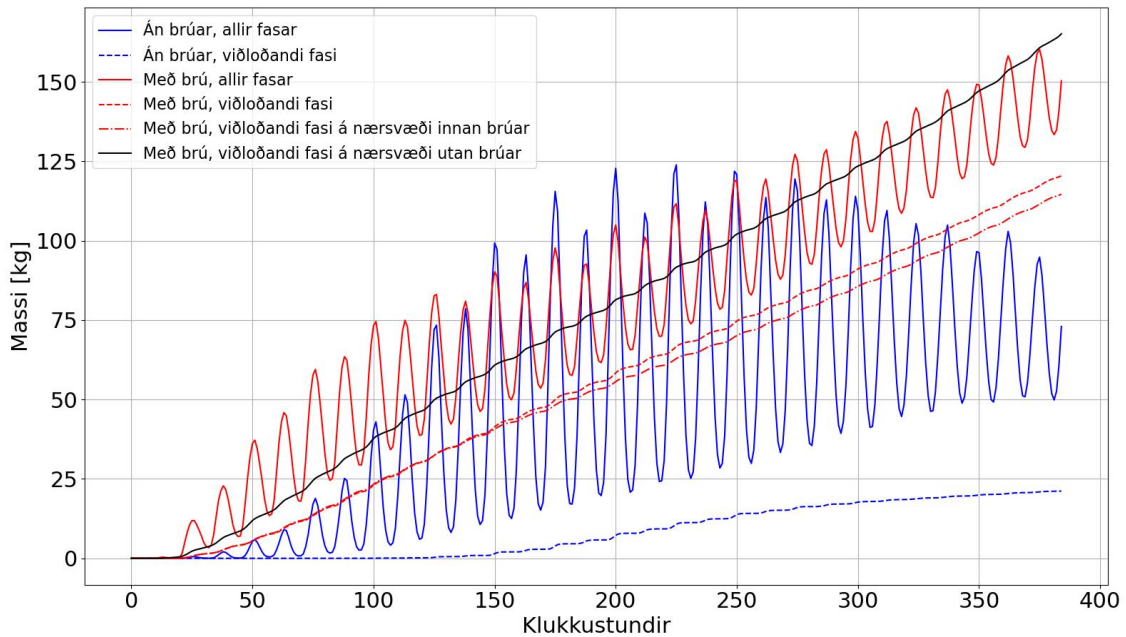
hins vegar til kynna að það safnast jafnharðan inn á vegfyllinguna þannig að tiltölulega lítill hluti berst út aftur sem leiðir af sér að af þessum 150 kg sem inn berast eru um 115 kg sem festast á innra nærsvæði brúar, en aðeins 35 kg ná innar í voginn. Enn fremur setjast rúm 160 kg á ytra nærsvæði brúar. Vegfyllingin heftir því heilt yfir að töluverðu leyti olíu að berast innar í voginn.



Mynd 89. Olía með litla dreifni. Styrkur (massi á yfirborði) eftir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Lokagildi án þverunar (vinstri), lokagildi eftir þverun með 200 m brú (hægri).



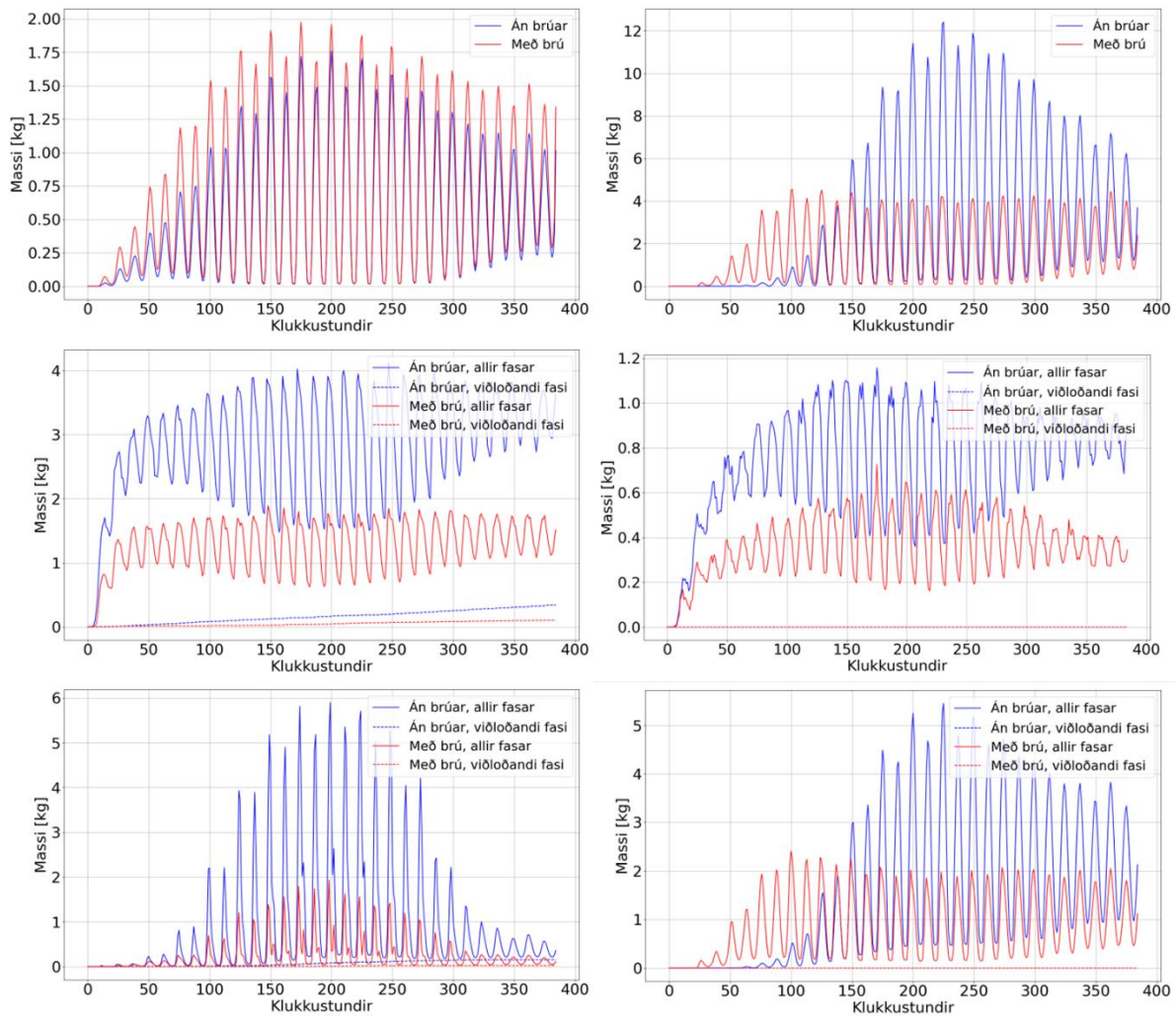
Mynd 90. Olía með litla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.



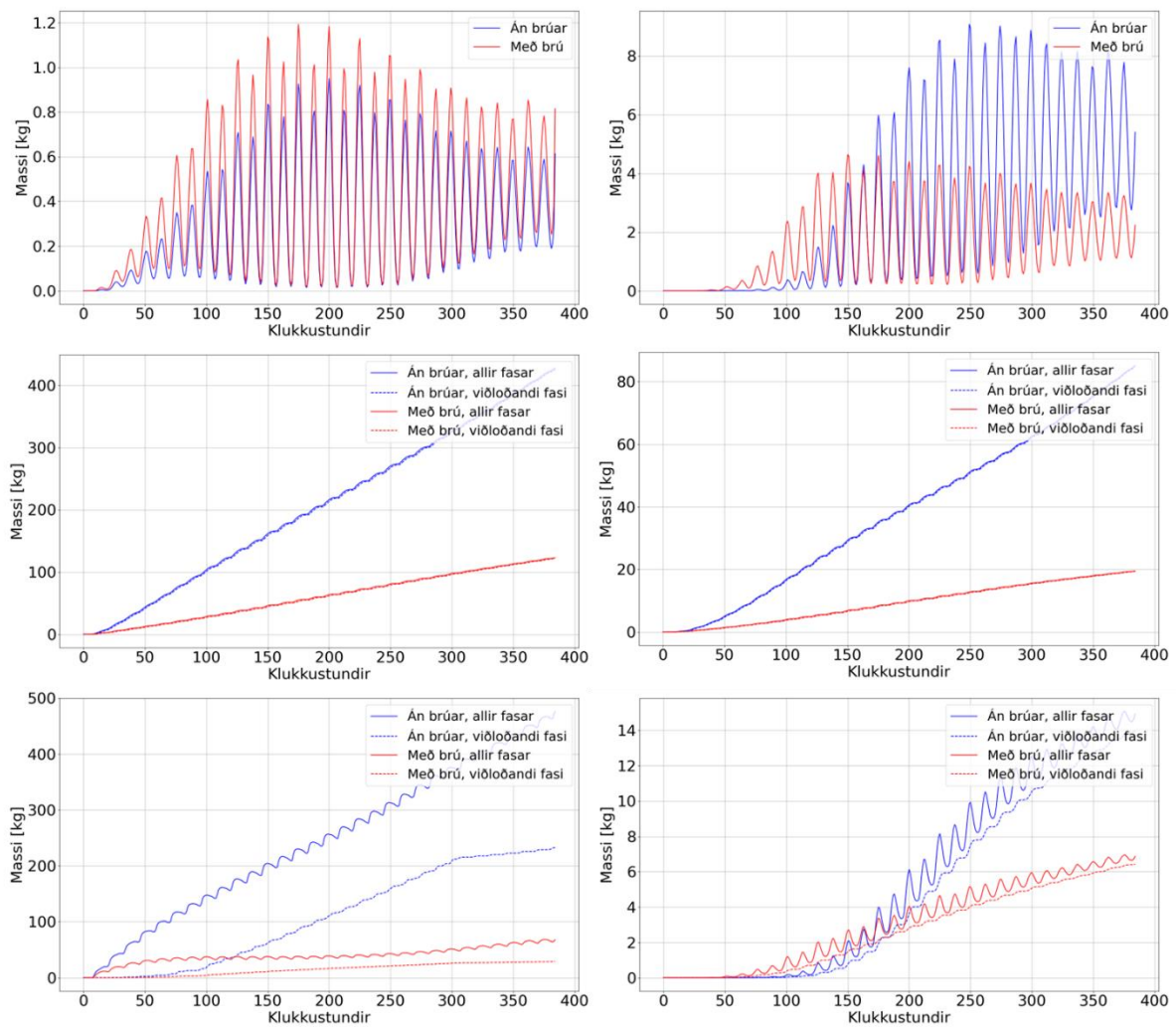
Mynd 91. Olía með litla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar.

Áhrif á leirur innan Leiruvogs

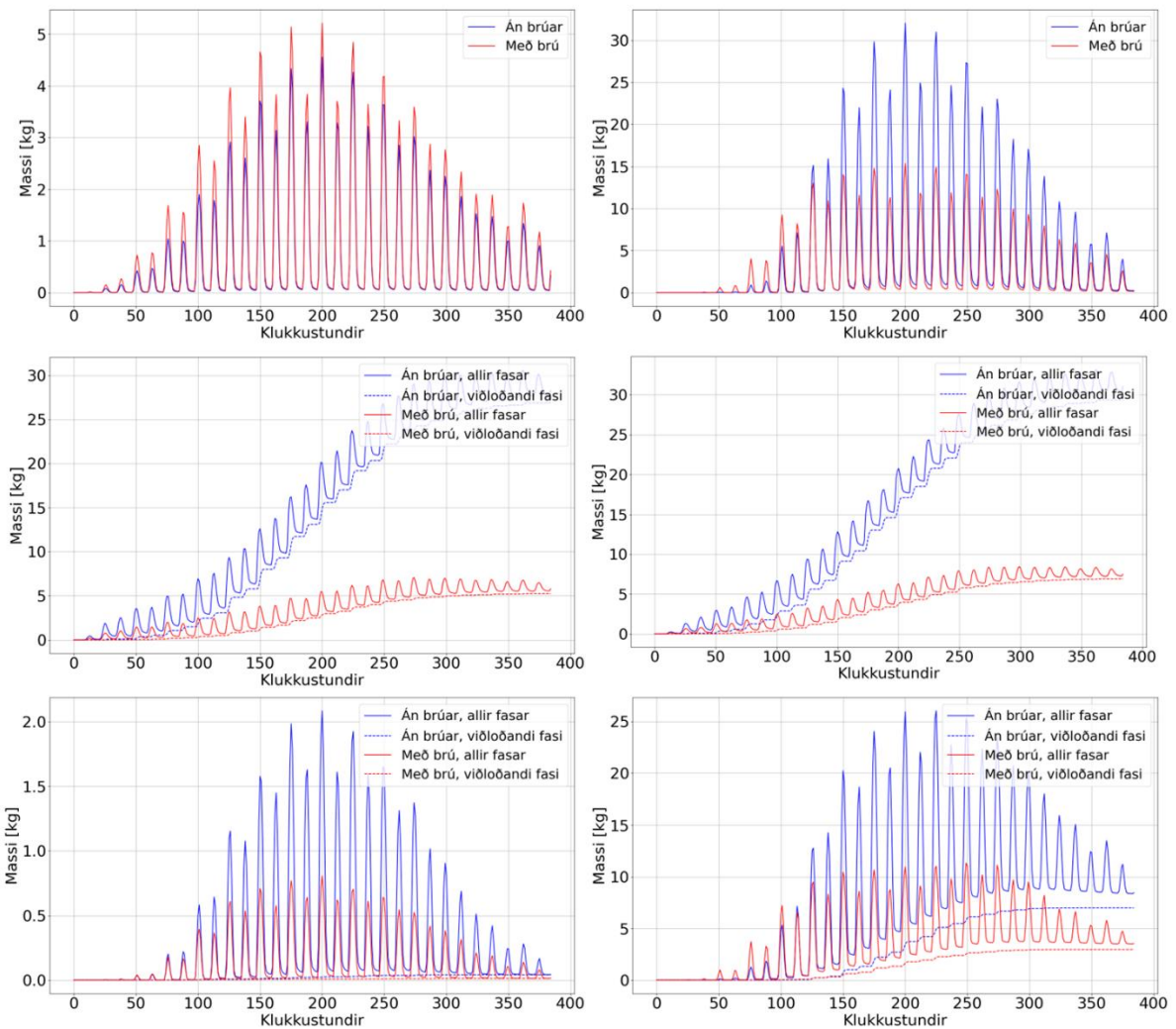
Á mynd 92 til mynd 96 er uppsöfnun mismunandi mengunarefna, tvær gerðir ferilefna og tvær gerðir olíu, fyrir mengunarslys á Þerneyjarsundi á leirusvæðunum sem sýnd eru á mynd 47. Einnig eru dregin fram áhrif vinds á flutning olíu líkt og að framan. Uppsöfnunin er í takti við niðurstöðurnar sem greint hefur verið frá hér að framan, á öllum svæðum er uppsöfnun mengunarefna minni með tilkomu vegfyllingarinnar en við núverandi ástand að undanteknum niðurstöðunum fyrir fulluppleyst ferilefni. Einnig má sjá að magn ferilefna með eiginleika agna sem og magn olíu með litla dreifni (án vinds) verður í upphafi hærra en við núverandi ástand í takti við aukinn straumhraða sem af þveruninni hlýst en færist svo yfir í að vera umtalsvert minna en við núverandi ástand.



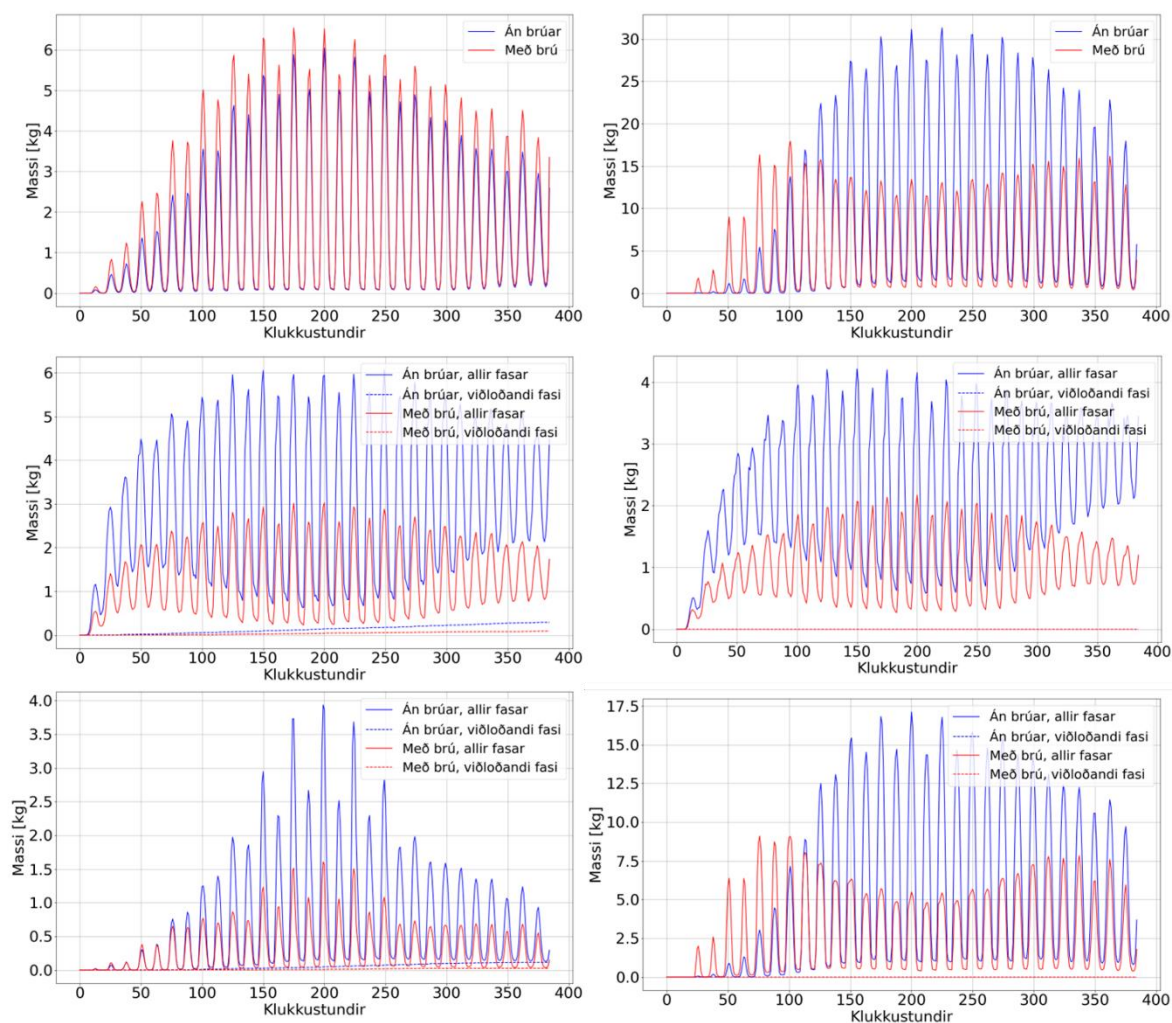
Mynd 92. Tímasería fyrir massa efnis innan Blikastaðaleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).



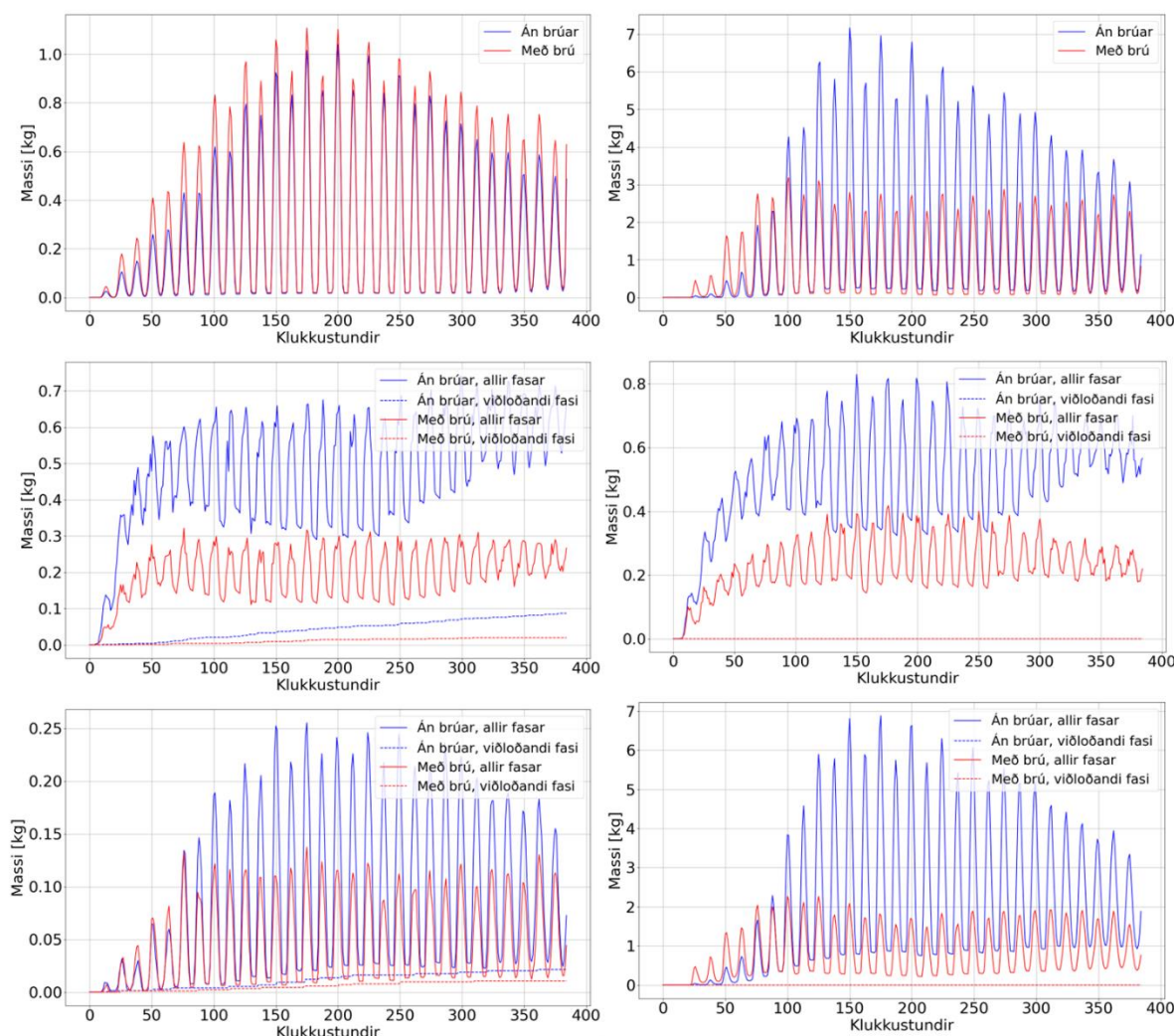
Mynd 93. Tímasería fyrir massa efnis innan Eiðisleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).



Mynd 94. Tímasería fyrir massa efnis innan leiru Leiruvogs innri yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).



Mynd 95. Tímasería fyrir massa efnis innan leiru Leiruvogs ytri yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).



Mynd 96. Tímasería fyrir massa efnis innan Nesvíkurleiru yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og enginn vindur (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og enginn vindur (neðst, hægri).

Samantekt mengunarefna fyrir samfelldan leka

Tafla 6 að neðan sýnir heildarmassa efnis í Leiruvogi innan veglínu eftir samfelldan 1 g/s leka í Þerneyjarsundi í tvær vikur. Hér sker uppleysta ferilefnið sig úr, en þar gætir nálægt þriðjungi meiri mengunar innan Leiruvogs með tilkomu þverunarinnar. Fyrir allar hinar efnisgerðirnar veldur tilkoma þverunar minni söfnun innan Leiruvogs að þverun lokinni. Fyrir ferilefni með eiginleika agna er massinn að þverun lokinni 64% af því sem er án þverunar, fyrir olíu með mikla dreifni 48% og fyrir olíu með litla dreifni 14%. Vert er að hafa í huga að ferilefnið sker sig ekki aðeins úr hvað varðar hlutfallslegan mun fyrir og eftir þverun heldur einnig gagnvart þeirri stærðargráðu massa sem skilar sér til Leiruvogs. Stærðargráðu minni massi skilar sér til Leiruvogs samanborið við hin efnin þar sem efnið getur dreifst óhindrað í vökvunum og sleppur því mjög auðveldlega út úr Þerneyjarsundi til vesturs og þaðan í Faxaflóa, ólíkt hinum efnunum.



Tafla 6. Uppsöfnun mengunarefna innan veglínu í Leiruvogi eftir tveggja vikna tímabil af samfelldum 1 g/s leka í Þerneyjarsundi.

Mengunarefni	Uppsafnaður massi [kg]	
	Án þverunar	Með þverun
Uppleyst ferilefni	19	25
Ferilefni með eiginleika agna	140	90
Olía með mikla dreifni	600	290
Olía með litla dreifni	700	100

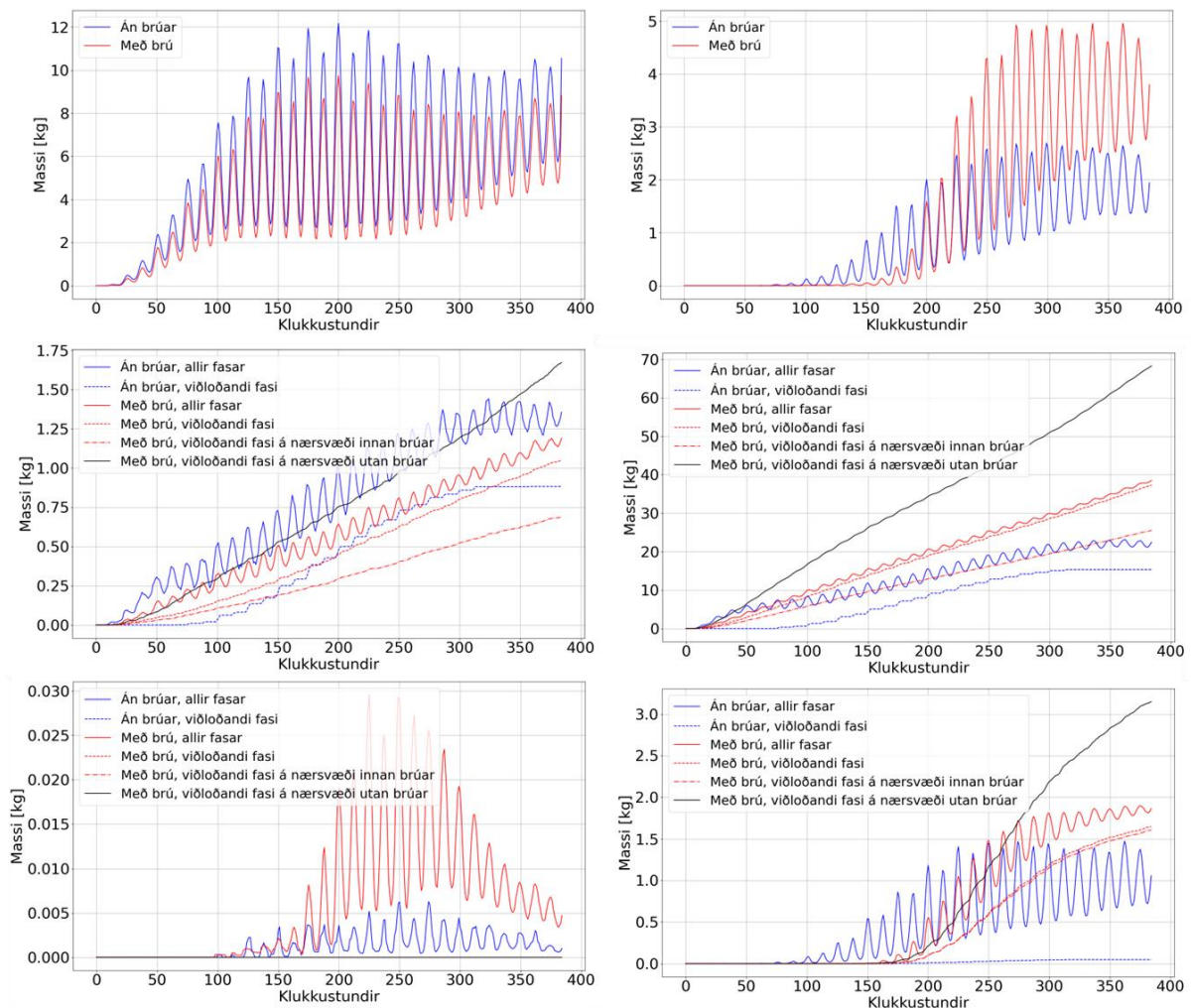
Uppsöfnun mengunar í Kollafirði vegna samfellds leka í Þerneyjarsundi

Metin voru einnig áhrif mengunar vegna samfellds leka í Þerneyjarsundi á Kollafjörð. Skoðuð voru í grunninn tvö tilfelli; annars vegar án þverana þ.e. bæði í Kollafirði og Leirvogi og hins vegar tilfelli þar sem þveranir í Kollafirði (innri leið) og Leirvogi (200 m brúarop) eru inni. Að sama skapi eru öll tilfelli mengunarefna með og án vinds skoðuð líkt og hér að framan.

Á mynd 97 má sjá tímaseriur fyrir mengunarefnin. Fyrir fulluppleyst ferilefni verður uppsöfnun ferilefnis innan vegfyllingar í Kollafirði minni eftir tilkomu vegfyllingarinnar sem er öfugt við niðurstöðurnar í Leirvogi. Mögulegt er að aukinn flutningur ferilefnis inn í Leiruvog leiði til þess að minna magn sé á ferðinni í Kollafirði, en einnig má ætla að breytt straumhegðun í Þerneyjarsundi í kjölfar þverunar í Leiruvogi hafi mikið um þetta að segja. Niðurstöðurnar fyrir ferilefni með eiginleika agna sýna aukna uppsöfnun innan vegfyllingar í Kollafirði með tilkomu hennar. Niðurstöðurnar eru því á annan veg en fyrir Leirvog, mögulegt er að aukið ferilefni berist inn til Kollafjarðar vegna þverunarinnar í Kollafirði, hér er þó einungis um lítinn hluta af því efni sem ekki skilar sér inn í Leiruvog með tilkomu þverunar þar (um 2%).

Fyrir tilfelli olíu með litla dreifni þá er uppsöfnun í tilfelli með vindi svo lítil að hún er vart marktæk, og fyrir sama tilfelli án vinds þá er stærsti hluti massa sem berst inn í fjörðinn viðloðandi á nærsvæði brúar og að stærstum hluta utan vegfyllingar.

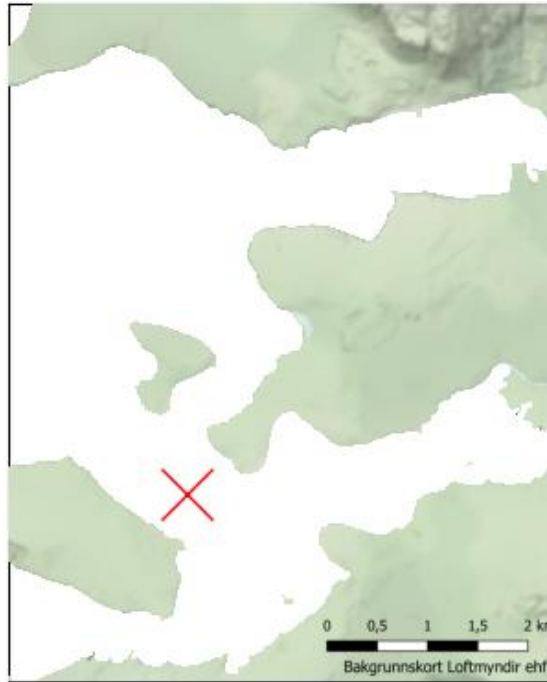
Fyrir tilfelli olíu með mikla dreifni með vindi verður uppsöfnin einnig mjög lítil þó tveimur stærðargráðum hærri en niðurstöður fyrir olíu með litla dreifni sýna. Án vinds verður uppsöfnunin meiri eftir tilkomu vegfyllingarinnar þar sem stærsti hluti mengunarinnar sem berst inn í fjörðinn er viðloðandi á nærsvæði brúarinnar og þá að stærstum hluta utan vegfyllingarinnar.



Mynd 97. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Kollafjarðar yfir tveggja vikna samfelldan 1 g/s leka. Fulluppleyst ferilefni (efst, vinstri), ferilefni með eindareiginleika (efst, hægri), olía með mikla dreifni og 6 m/s norðanátt (miðja, vinstri), olía með mikla dreifni og engan vind (miðja, hægri), olía með litla dreifni og 6 m/s norðanátt (neðst, vinstri), olía með litla dreifni og engan vind (neðst, hægri).

4.5.2. Mengunarslys við brúarop

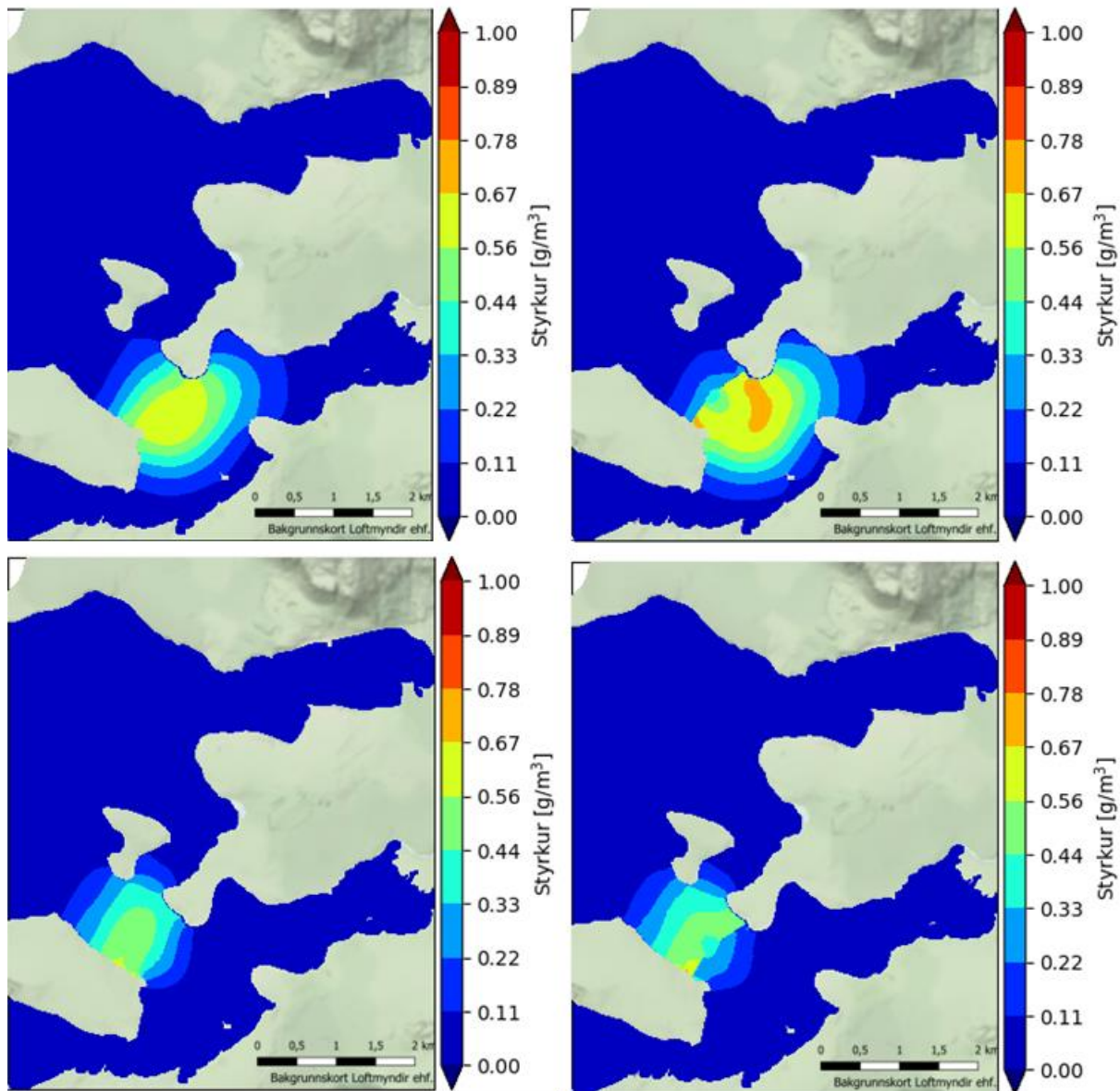
Reiknuð var dreifing mengunarefnis fyrir mengunarslys þar sem allt efnið berst á sama stað í brúarop fyrir 200 m brú eða tilsvarendi stað í tilviki án þverunar (mynd 98). Reiknað er með sjávarfalla-straumum án vinds eða öldu. Alls er 5 tonnum af mengunarefni sleppt með jöfnum hraða yfir tveggja klukkustunda tímabil. Er hér um ámóta magn að ræða og ef tæmist úr einu hólfi af þremur í olíu-flutningabíl. Fjögur tilfelli voru reiknuð fyrir mismunandi aðstæður þegar slysið verður, á aðfalli á smástreymi, á útfalli á smástreymi, á aðfalli á stórstreymi og á útfalli á stórstreymi. Eins og í tilfelli samfellds leka mengunarefnis í Þerneyjarsundi (kafla 4.5.1) eru fjögur ímynduð mengunarefni skoðuð.



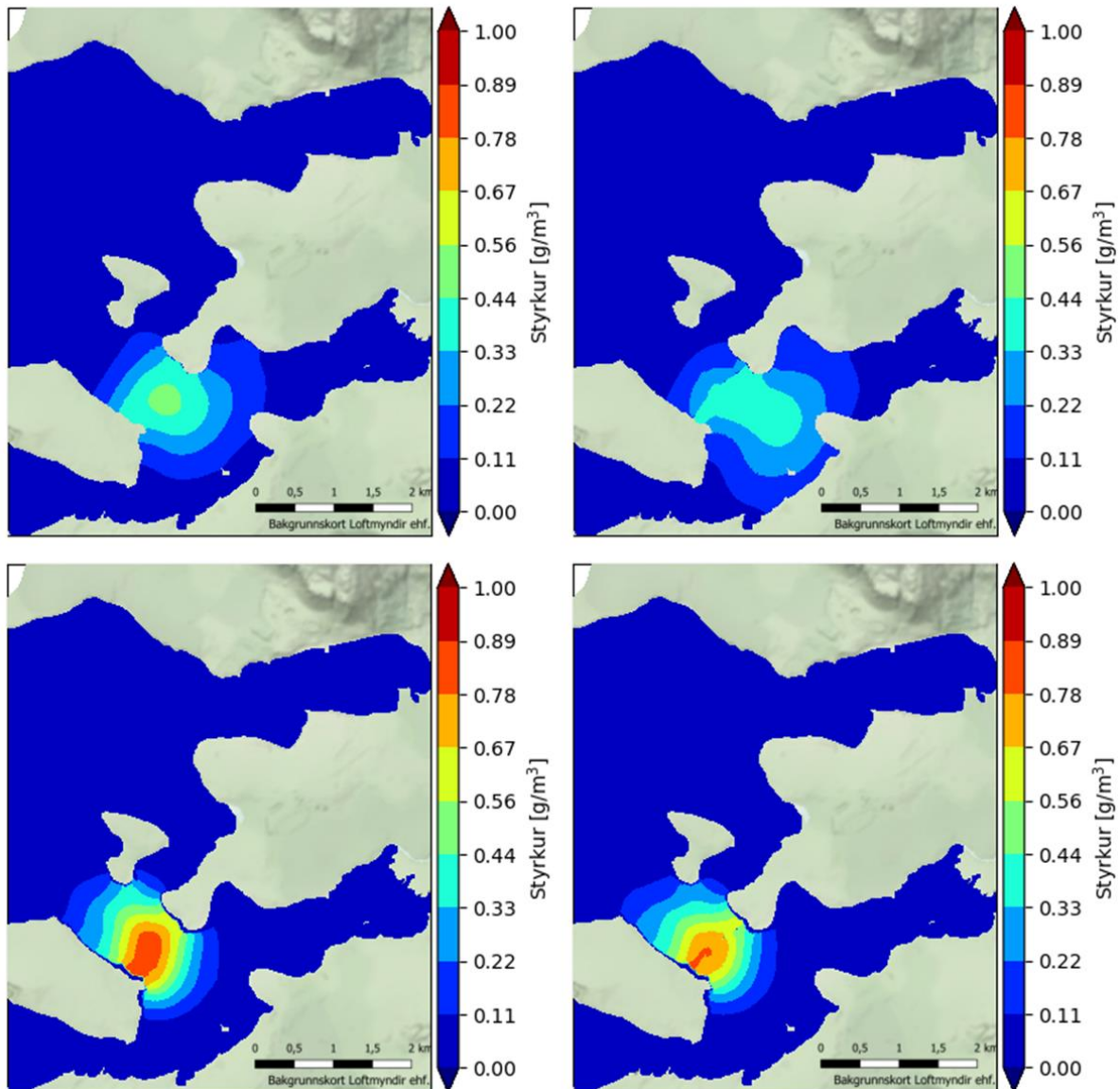
Mynd 98. Mengunarslysstaður í brúaropi.

Fulluppleyst ferilefni

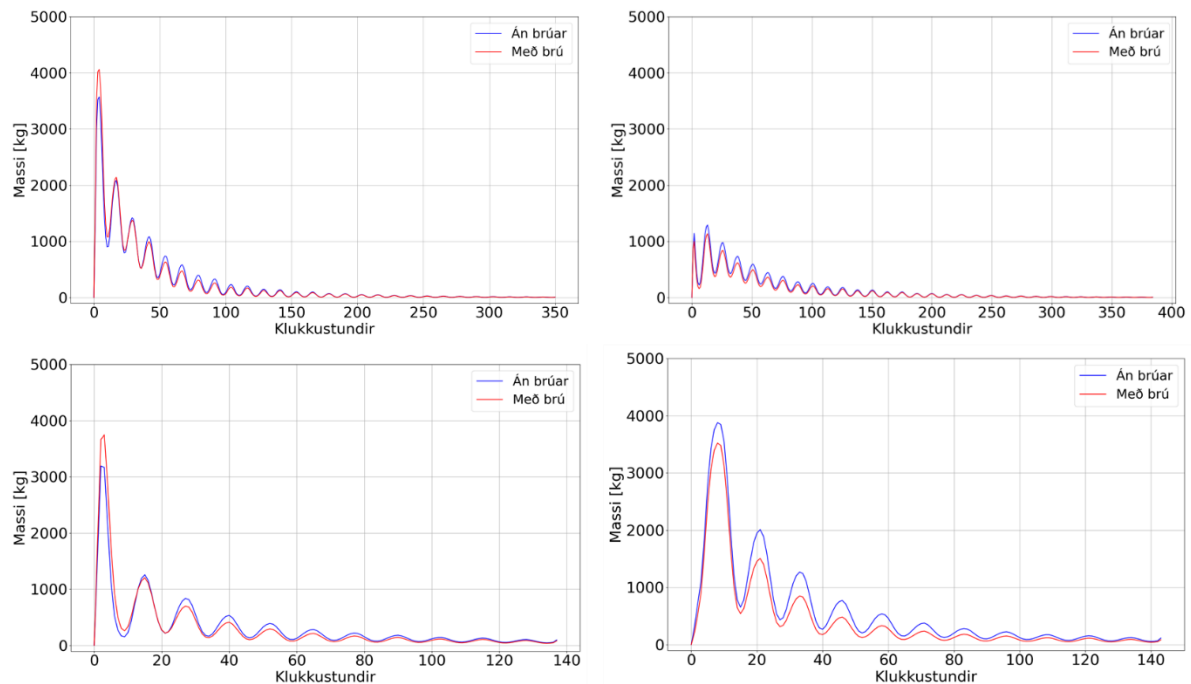
Mynd 99 og mynd 100 sýna styrk fulluppleysts ferilefnis klukkustund eftir lok sleppingar, eða þremur tímum eftir byrjun sleppingar, annars vegar á smástreymi og hins vegar á stórstreymi. Ferilefnið er fulluppleyst yfir allt dýpið og nær það fljótt mikilli dreifingu og þynnist fljótt út, hvort sem um smástreymi eða stórstreymi er að ræða. Þynningin er þó töluvert meiri á stórstreymi. Ekki virðist mikill munur eftir því hvort þverunin sé til staðar eða ekki á þessum tímamarki, þótt merkja megi heldur hærri styrk innan veglínu að þverun lokinni á aðfalli. Tímaraðir af heildarmassa efnis innan veglínu staðfesta það (mynd 101), en munurinn verður þó mestur einungis um 10%. Þegar frá líður frá slysinu sem átti sér stað á aðfalli verður heildarmassi innan veglínu tiltölulega svipaður með eða án þverunar, hvort sem slysið átti sér stað á smástraumi eða stórstraumi. Þó er massinn heldur lægri með þverun vegna aukinnar útskolunargetu (sjá kafla 4.4). Ef slysið á sér stað á útfalli á smástreymi verður massi innan veglínu lítillega lægri innan veglínu en merkjanlega lægri á stórstreymi (mynd 101). Þannig eru tiltölulega lítil áhrif af þverun við sleppingu á smástreymi, en meiri munar gætir við sleppingu á stórstreymi, þar sem brúin minnkar söfnun inni í Leiruvogi.



Mynd 99. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 100. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).

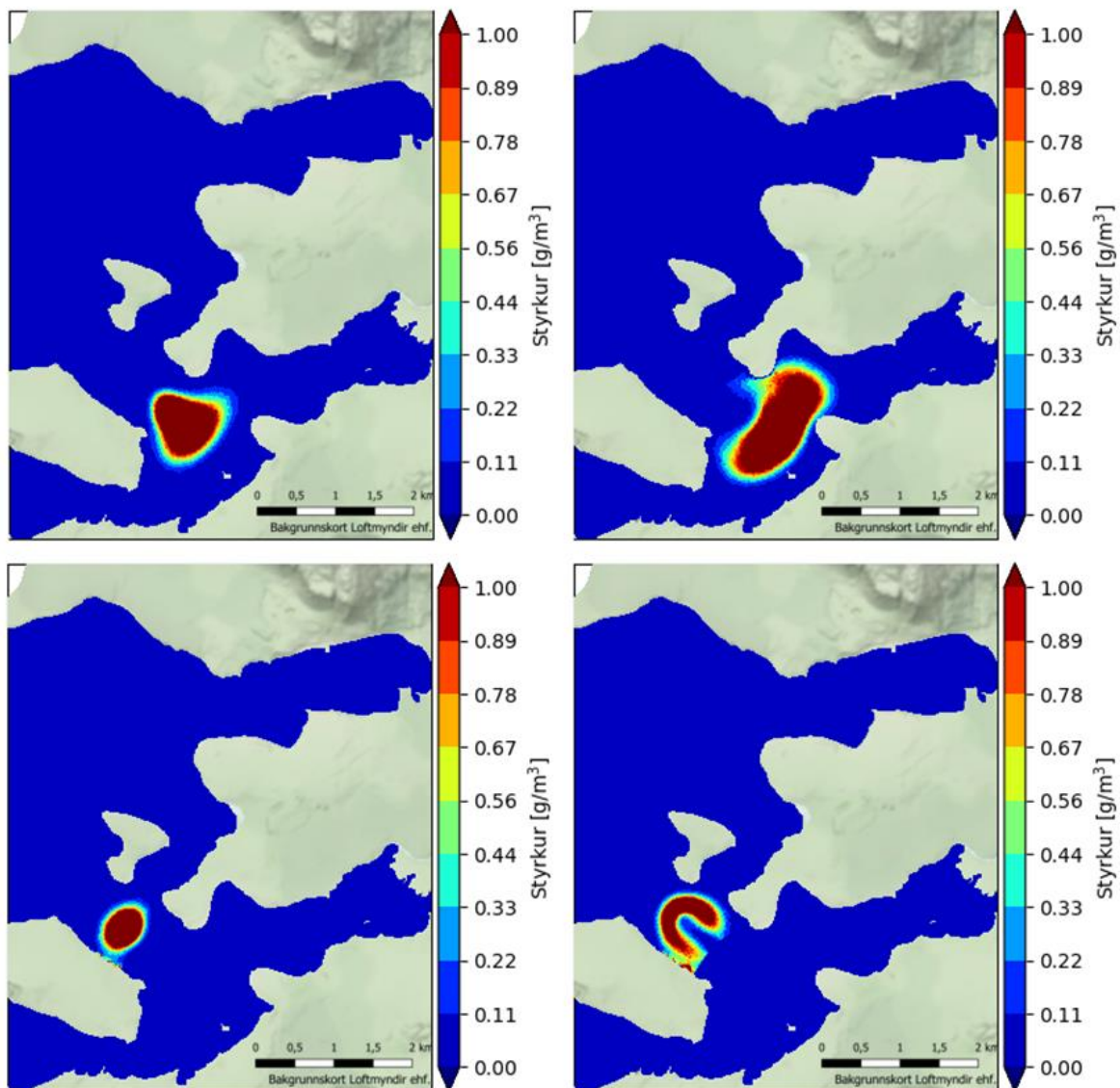


Mynd 101. Mengunarslys í brúaropi. Fulluppleyst ferilefni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi á alls 5 tonnum efnis. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri röð, hægri).

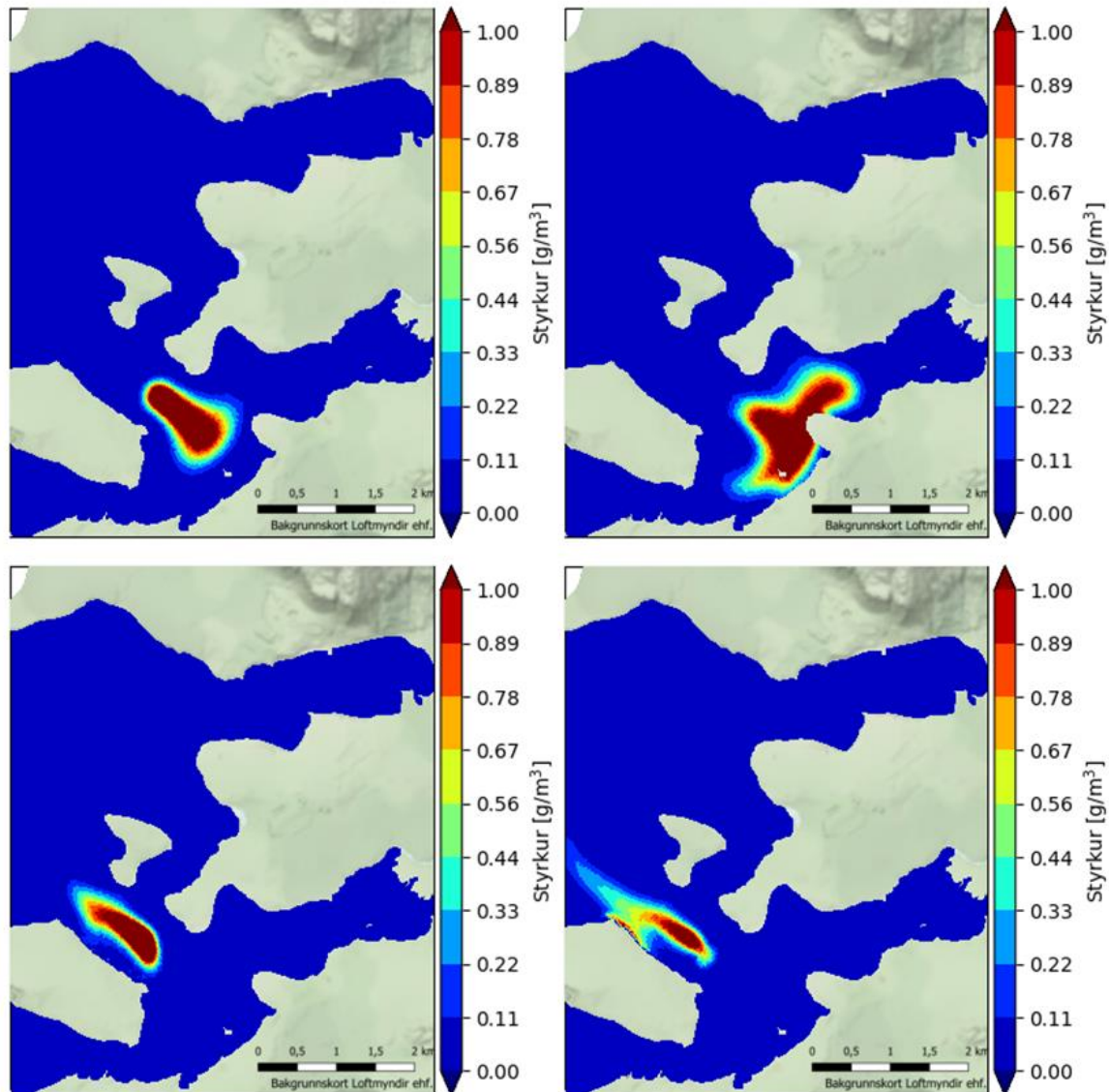
Ferilefni með eiginleika agna

Styrk ferilefnis með eiginleika agna má sjá á mynd 102 og mynd 103 klukkustund eftir lok sleppingar, eða þremur tímum eftir byrjun sleppingar, annars vegar á smástreymi og hins vegar á stórstreymi. Ferilefnið berst um allt dýpið og hefur veruleg áhrif á hvernig það berst með straumnum, dreifist og þynnist, eftir því hvort um smástreymi eða stórstreymi er að ræða. Lítil dreifing er á efninu, en það færast töluvert innar á aðfalli að þverun lokinni og markvert utar á útfalli (mynd 102 og mynd 103).

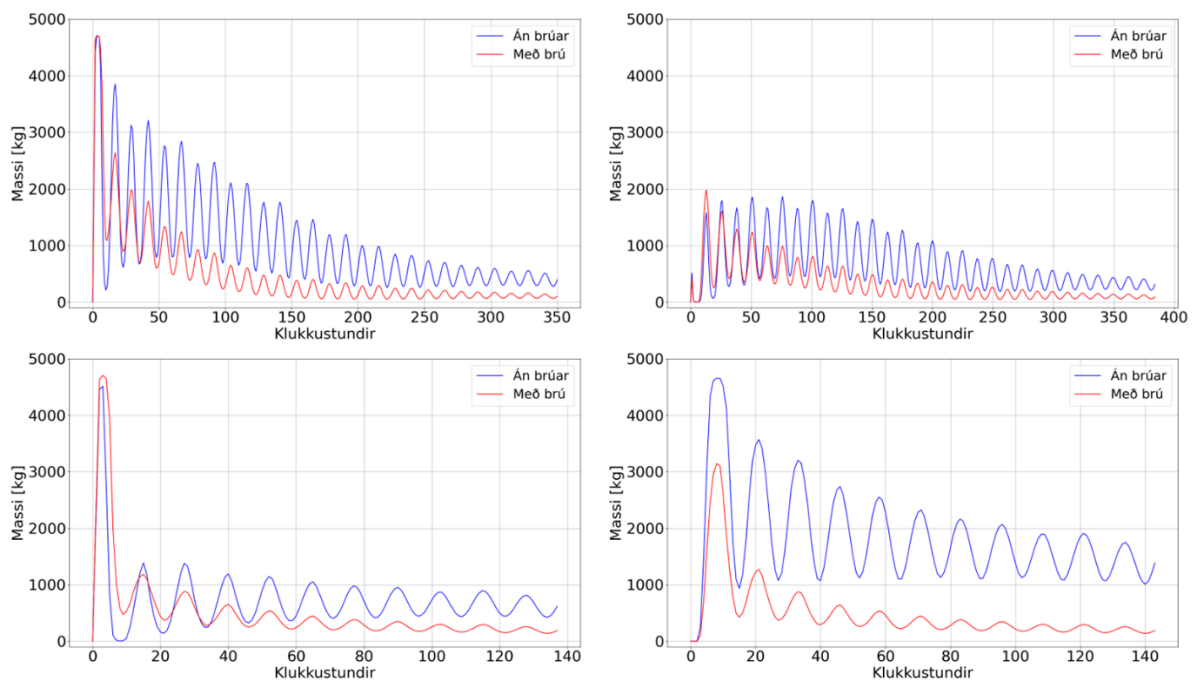
Greinileg jákvæð áhrif brúar eru sjáanleg á mynd 104 fyrir þetta efni.



Mynd 102. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 103. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), við stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 104. Mengunarslys í brúaropi. Ferilefni með eiginleika agna. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunarátburðar í brúaropi á alls 5 tonnum efnis. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri röð, hægri).

Olía með mikla dreifni

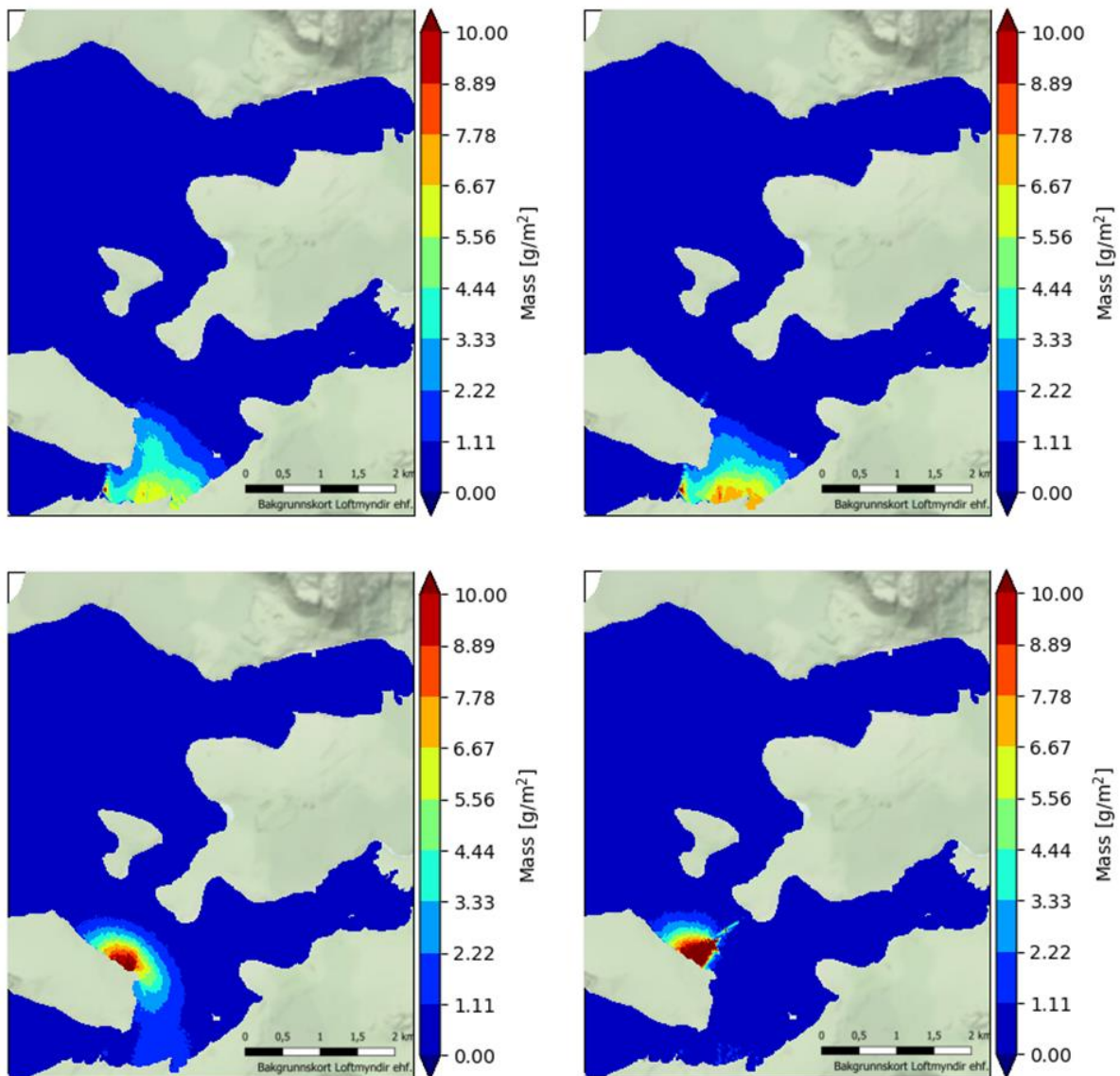
Styrk olíu með mikla dreifni má sjá á mynd 105 og mynd 106 klukkustund eftir lok sleppingar, eða þremur tímum eftir byrjun sleppingar, annars vegar á smástreymi og hins vegar á stórstreymi. Á smástreymi berst olían hratt til suðurhluta vogsins nærri Eiðinu á aðfalli (mynd 105). Hegðunin er svipuð með og án þverunar og gildir það einnig um þegar lengra líður frá slysinu (mynd 107). Í báðum tilvikum loðir olían fljótt við strandsvæðið og verður meiri hluti efnisins þannig fastur innan vogsins innan nálægt tveggja sólarhringa. Óverulegur munur er á hvort þverun sé til staðar eða ekki. Ef olíuslysið á sér hins vegar stað á útfalli smástreymis nær hluti af olíunni að berast að norðurströnd Geldinganes áður en aðfallið snýr efninu inn í vögin (mynd 105, mynd 107). Með tilkomu vegfyllingarinnar takmarkast þessi flutningur inn í vögin en undir áhrifum ríkjandi norðanvinds leitar olían sunnar í vögin og festist við strandsvæðið innan tveggja sólarhringa frá slysi. Einungis 1000 kg verða þó á því svæði eftir þverun samanborið við um 2500 kg án þverunar. Þverunin varnar því stórum hluta olíunnar að leita inn á svæðin í vöginum þegar slysið á sér stað á útfalli smástreymis.

Svipaða sögu er að segja á aðfalli stórstreymis eins og aðfalli smástreymis nema hvað færsla efnisins er hraðari og berst það að miklu leyti alveg að Eiðinu (mynd 106). Hvort sem er án eða með vegfyllingu verður um helmingur efnisins fastur á þessu svæði, eða nærri 2500 kg innan um tveggja sólarhringa (mynd 107). Á stórstreymisútfalli nær nægjanlega stór hluti efnisins að berast út úr brúaropinum að þverun lokinni þrátt fyrir ríkjandi norðanáttina sem leiðir af sér að olían festist að miklu leyti utan á vegfyllingunni við norðanvert Geldinganesið (Mynd 106). Einungis minni hluti efnisins berst suður að Eiðinu og tekur nokkurn tíma fyrir það að festast. Í tilfelli án þverunar hins vegar nýtur ekki vegfyllingar við til að hindra að olían berist inn í vögin og því berst stærsti hluti þess fljótlega inn í vögin en

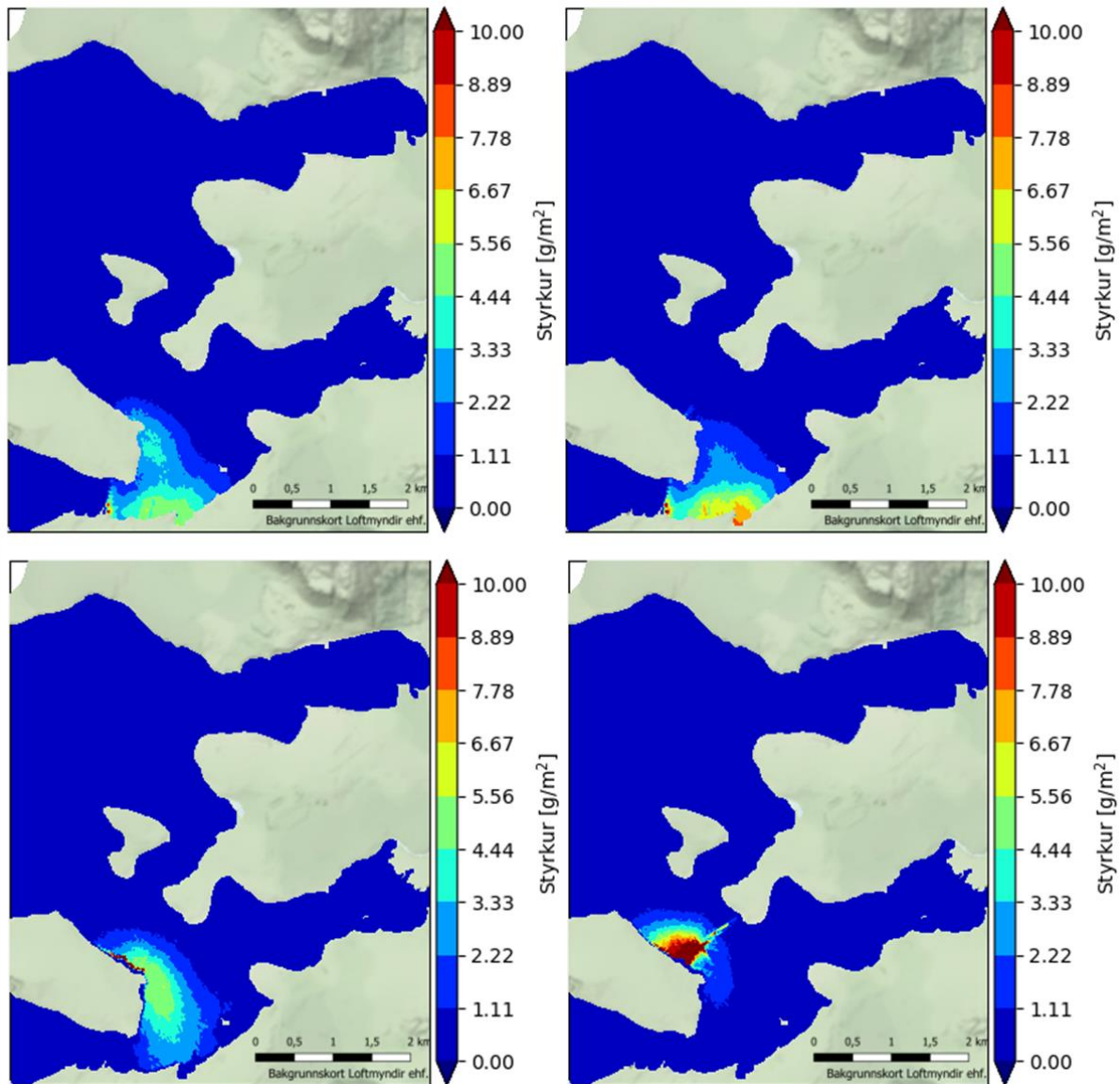
skolast þó að einhverju marki út aftur. Að 140 klst liðnum er um helmingur efnisins innan vogsins, eða um 2500 kg (mynd 107).

Á mynd 107 má sjá að hegðun olíu er slík að fyrstu tvo sólarhringa eftir sleppingu er efnið að berast út úr Leiruvogi. Eftir þessa tvo sólarhringa þá er allt efni innan Leiruvogs á viðloðandi fasa, og dreifist ekki frekar.

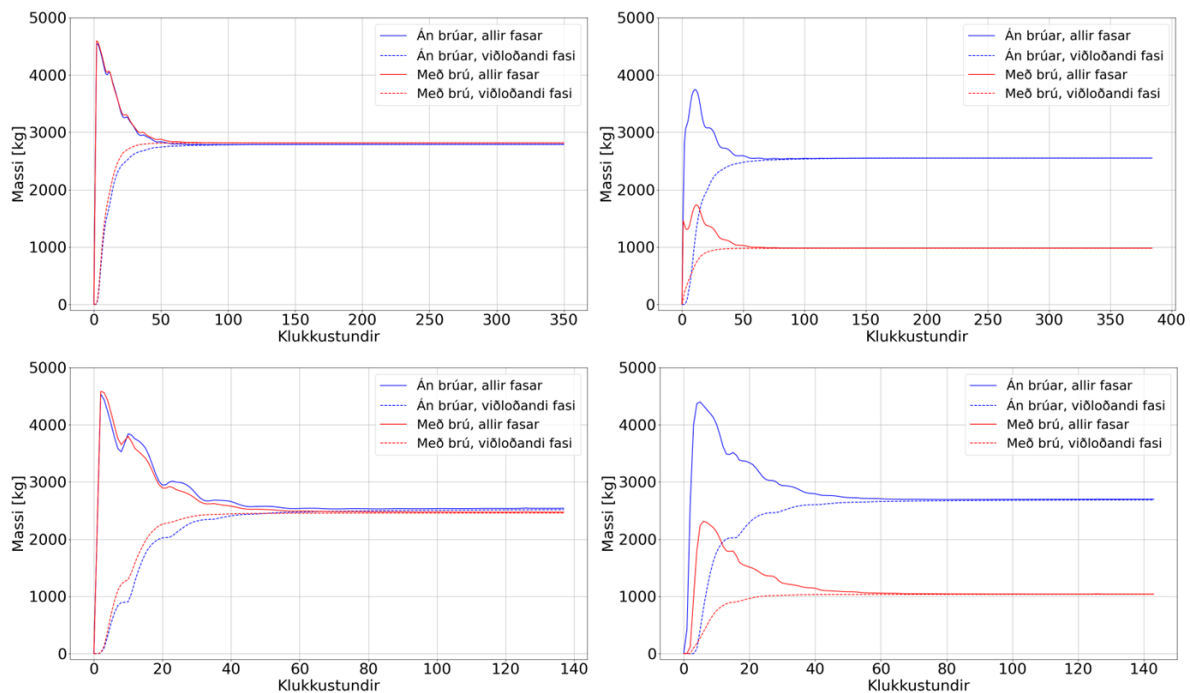
Lítilla áhrifa þverunar gætir við sleppingu á aðfalli, en minni söfnun í Leiruvogi er við sleppingu á útfalli með tilkomu þverunar. Stór hluti olíu sem safnast í Leiruvogi við útfall loðir við vegfyllinguna, en annars er tilhneiging til söfnunar við eiðið syðst í veginum.



Mynd 105. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok 2 klst samfelldrar sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 106. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 107. Mengunarslys í brúaropi. Olía með mikla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan veglínu Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).

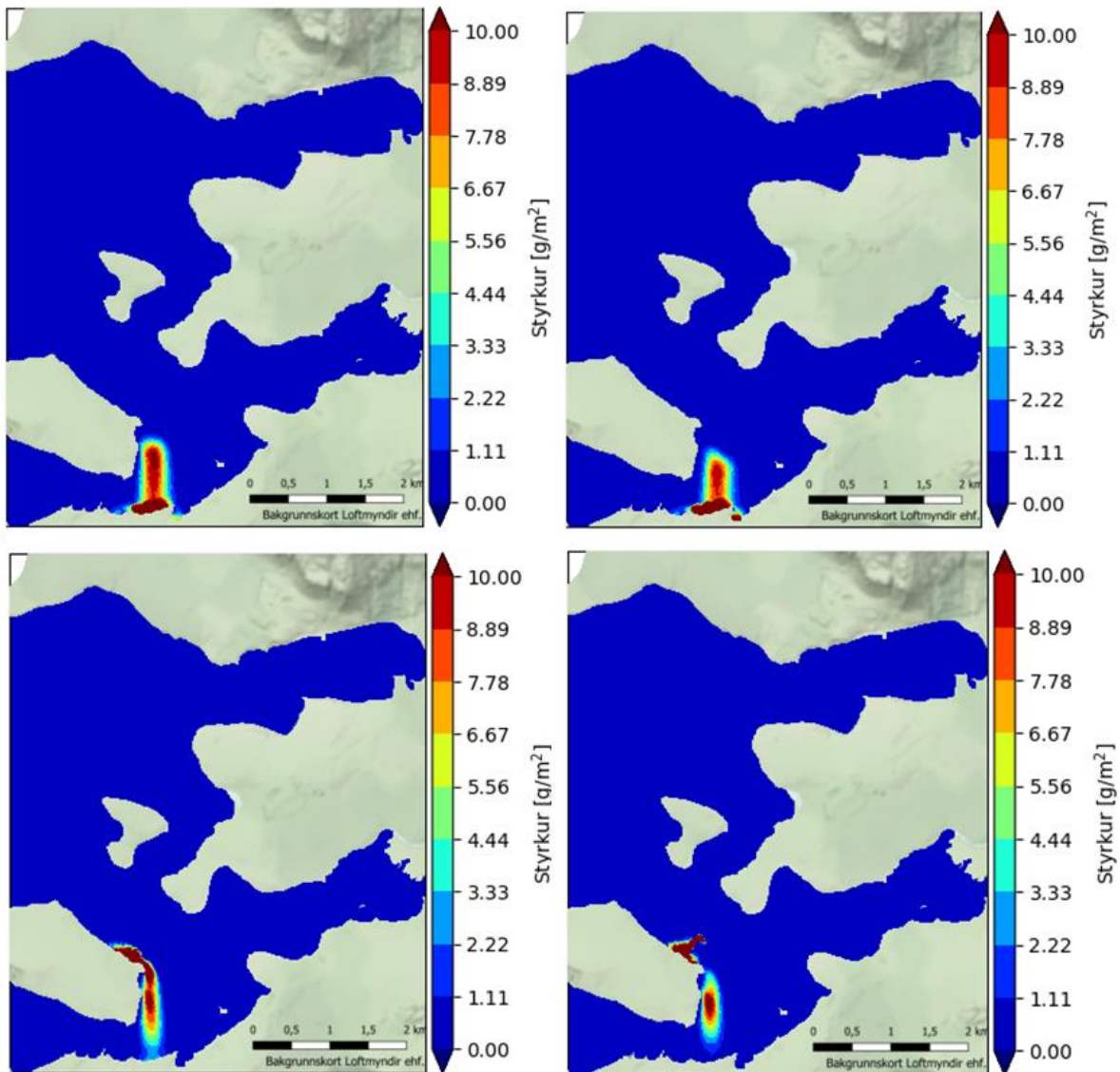
Olía með litla dreifni

Styrk olíu með litla dreifni má sjá á mynd 108 og mynd 109 klukkustund eftir lok sleppingar, eða þremur tímum eftir byrjun sleppingar, annars vegar á smástreymi og hins vegar á stórstreymi. Olían berst hratt í suðurátt með ríkjandi norðanáttinni. Þegar slysið á sér stað á aðfalli, hvort sem er á smástreymi eða stórstreymi, berst nánast allt efnið til suðurs og festist þar við ströndu jafnharðan samhliða því að skolast með sjávarföllum út úr voginum (mynd 110). Á smástreymi næst jafnvægi eftir um 300 klst þegar um 2200 kg eru innan veglínu og langstærsti hluti í viðloðandi fasa. Á stórstreymi næst sams konar jafnvægi eftir ríflega 100 klst og eru þá um 2500 kg innan veglínu en einungis um 1000 kg af því í viðloðandi fasa. Mjög lítil munur er í báðum tilfellum eftir því hvort þverun er til staðar eða ekki.

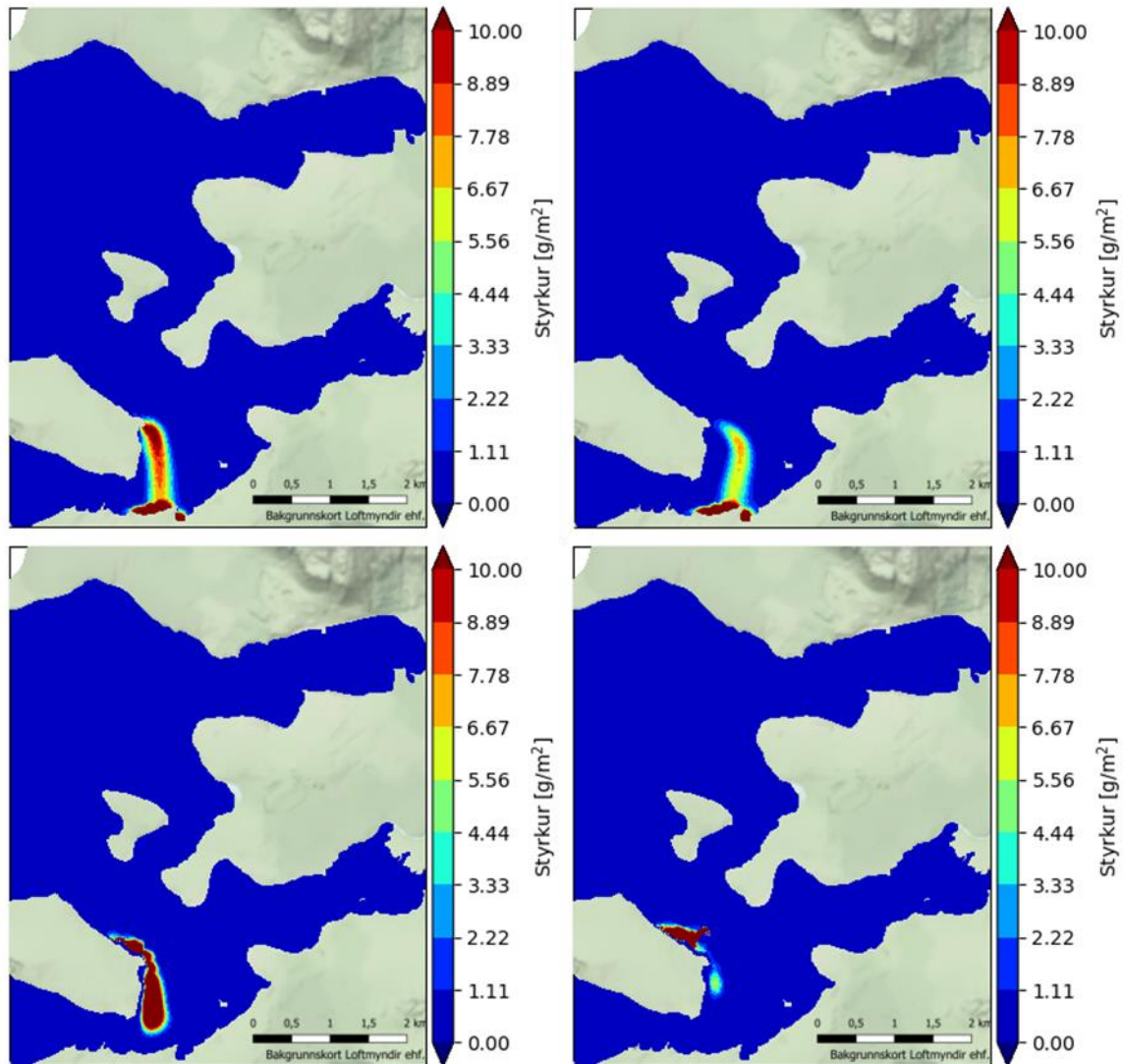
Þegar slysið á sér stað á útfalli hins vegar berst stærsti hluti olíunnar inn fyrir veglínu í tilfelli án þverunar en nær að skolast að miklu leyti út. Á smástreymi næst jafnvægi eftir nálægt 300 klst og eru þá ríflega 2000 kg af olíu innan vegfyllingar, sem eru að mestu í viðloðandi fasa. Á stórstreymi næst jafnvægi eftir ríflega 100 klst og eru á um 2500 kg innan veglínu og um 1000 kg í viðloðandi fasa. Er þetta mjög svipuð hegðun og á smástreymi. Á þetta þó aðeins við tilfellið án þverunar. Þegar tekið er tillit til þverunar, næst einungis brot af efninu inn fyrir veglínu ef slysið á sér stað á útfalli og nær það að skolast sömuleiðis að nokkru marki út. Eftir verður um 100 – 200 kg af olíu þegar frá líður (mynd 110).

Á mynd 110 má sjá að lengri tímaskali er á þessu efni en olíu með mikla dreifni. Líttilla áhrifa gætir af tilkomu þverunar við sleppingu á aðfalli, en við sleppingu á útfalli er mun minni söfnun í Leiruvogi með tilkomu þverunar.

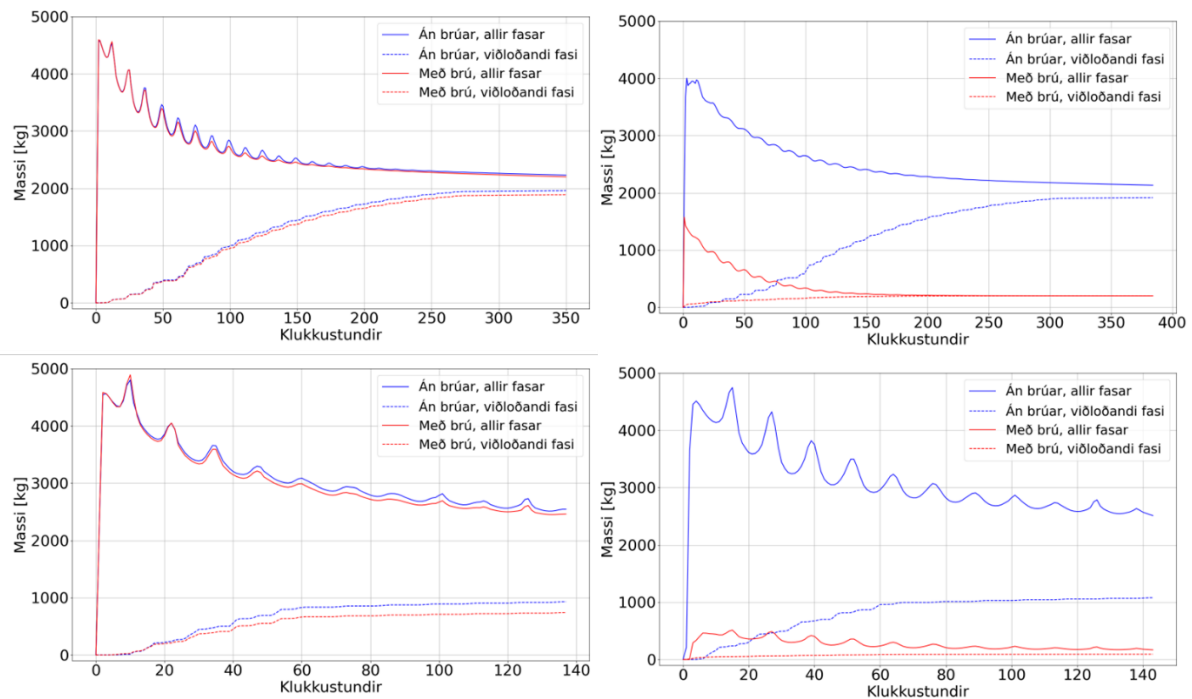
Eins og fyrr er stór hluti olíu sem safnast í Leiruvogi viðloðandi við vegfyllinguna, og tilhneiging er til söfnunar við eiðið syðst í veginum, væntanlega undir áhrifum af ríkjandi norðanáttinni.



Mynd 108. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við smástreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), smástreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



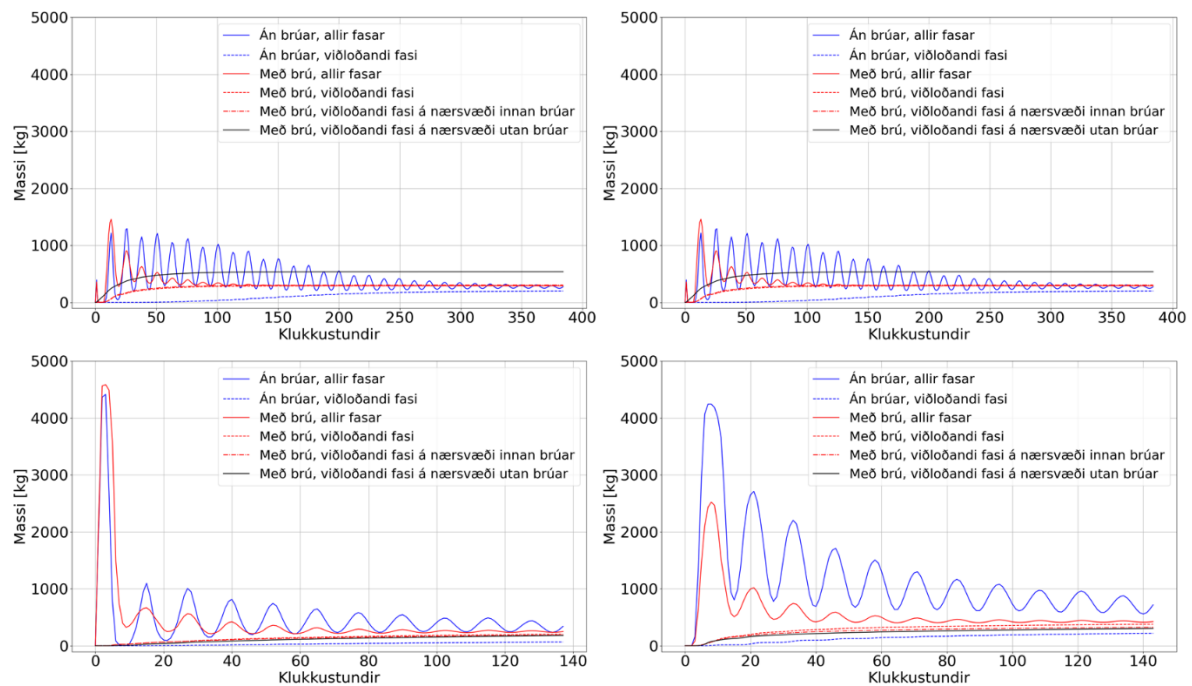
Mynd 109. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Styrkur 1 klst eftir lok samfelldrar 2 klst sleppingar. Slepping við stórstreymi á aðfalli, án þverunar (efri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (efri, hægri), stórstreymi á útfalli, án þverunar (neðri, vinstri), eftir þverun með 200 m brú (neðri, hægri).



Mynd 110. Mengunarslys í brúaropi. Olía með litla dreifni. Tímasería fyrir massa efnis innan Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).

Á Mynd 111 má sjá tilfelli fyrir olíu með litla dreifni þar sem vindþátturinn er fjarlægður. Mun minni massi berst inn í Leiruvog án vinds á smástreymi. Á stórstreymi berst talsverður massi inn í fyrstu, en hann skolast að miklu leyti út á fyrstu tveimur sólarhringum. Sá massi sem berst inn í voginn sest nánast allir á nærsvæði brúar innan nokkurra sólarhringa.

Fyrir mengunarslys í brúaropi má draga þá ályktun að tilkoma þverunar geti verið jákvæð til hlutlaus fyrir uppsöfnun mengunarefna í Leiruvogi, eftir því til hvaða efnisgerðar er litið. Er hér að sjálfsögðu verið að leggja að jöfnu að til mengunarslyss geti komið á þessum stað hvort sem vogurinn hefur verið þveraður eða ekki, sem eðli málsins samkvæmt getur ekki haft sömu líkur.



Mynd 111. Olía með litla dreifni, enginn vindur. Tímasería fyrir massa efnis innan Leiruvogar vegna tveggja klukkustunda losunaratburðar í brúaropi. Jafnframt massi viðloðandi fasa á nærsvæði utan brúar. Slepping við smástreymi á aðfalli (efri, vinstri), smástreymi á útfalli (efri, hægri), stórstreymi á aðfalli (neðri, vinstri) og stórstreymi á útfalli (neðri, hægri).

4.6. Selta

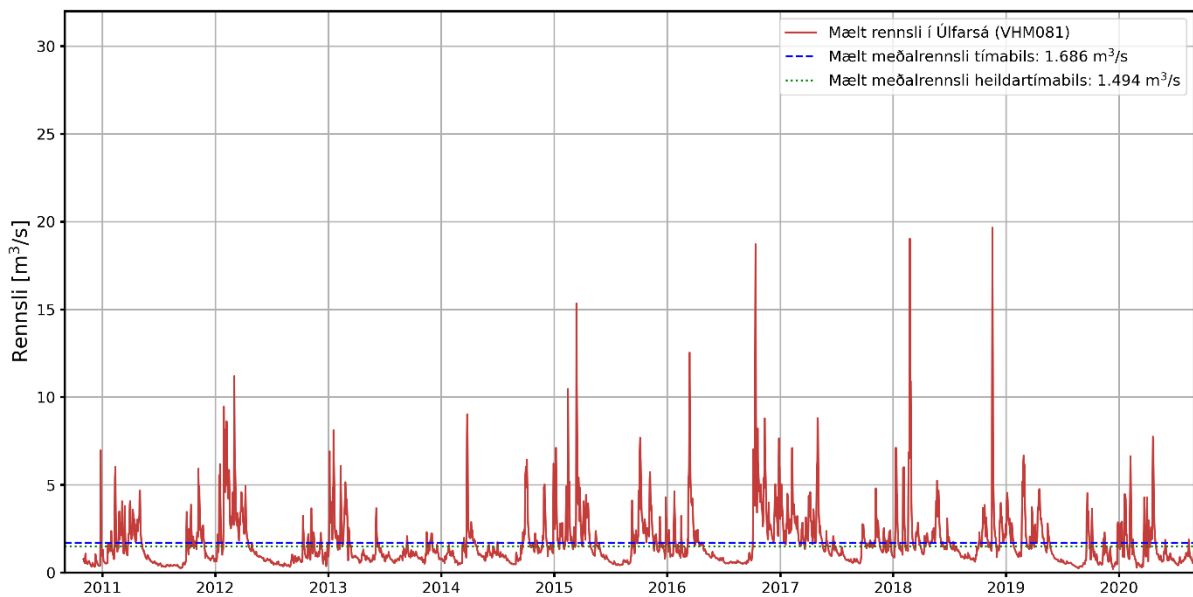
Mælingar hafa verið gerðar á seltu í Leiruvogi á vegum Hafrannsóknastofnunar, sumrin 2018 og 2024. Mælar hafa verið nærri stórstraumsfjörumörkum í Leiruvogi, í sundinu nærri brúarstæði nær og fjær landi og nokkru utan við brúarstæðið (mynd 112).



Mynd 112. Seltumælingar í Leiruvogi og Þerneyjarsundi á vegum Hafrannsóknastofnunar. Mælar sumarið 2018 merktir með rauðu, mælar sumarið 2024 merktir með grænu.

Ferskvatn rennur inn í Leiruvog með vatnsföllum á einkum þremur stöðum. Magn þessa ferskvatns ræður því hversu stór frávik verða frá hinni venjulegu seltu sjávar (35 g/kg) inni í Leiruvogi.

Samanlagt meðalrennsli ána hefur verið áætlað um 5 m³/s og er það grunnforsenda þeirra líkanreikninga á seltu sem hér er stuðst við. Rennslið er áætlað út frá mælingum í Úlfarsá (Korpu) og stærð hinna vatnasviðanna þar sem öðrum mælingum er ekki til að dreifa. Rennsli ána er að mestum hluta yfirborðsafrennsli og því mjög breytilegt í tíma. Mælingar í Úlfarsá (mynd 113) sýna glögg hve breytilegt rennslið er.



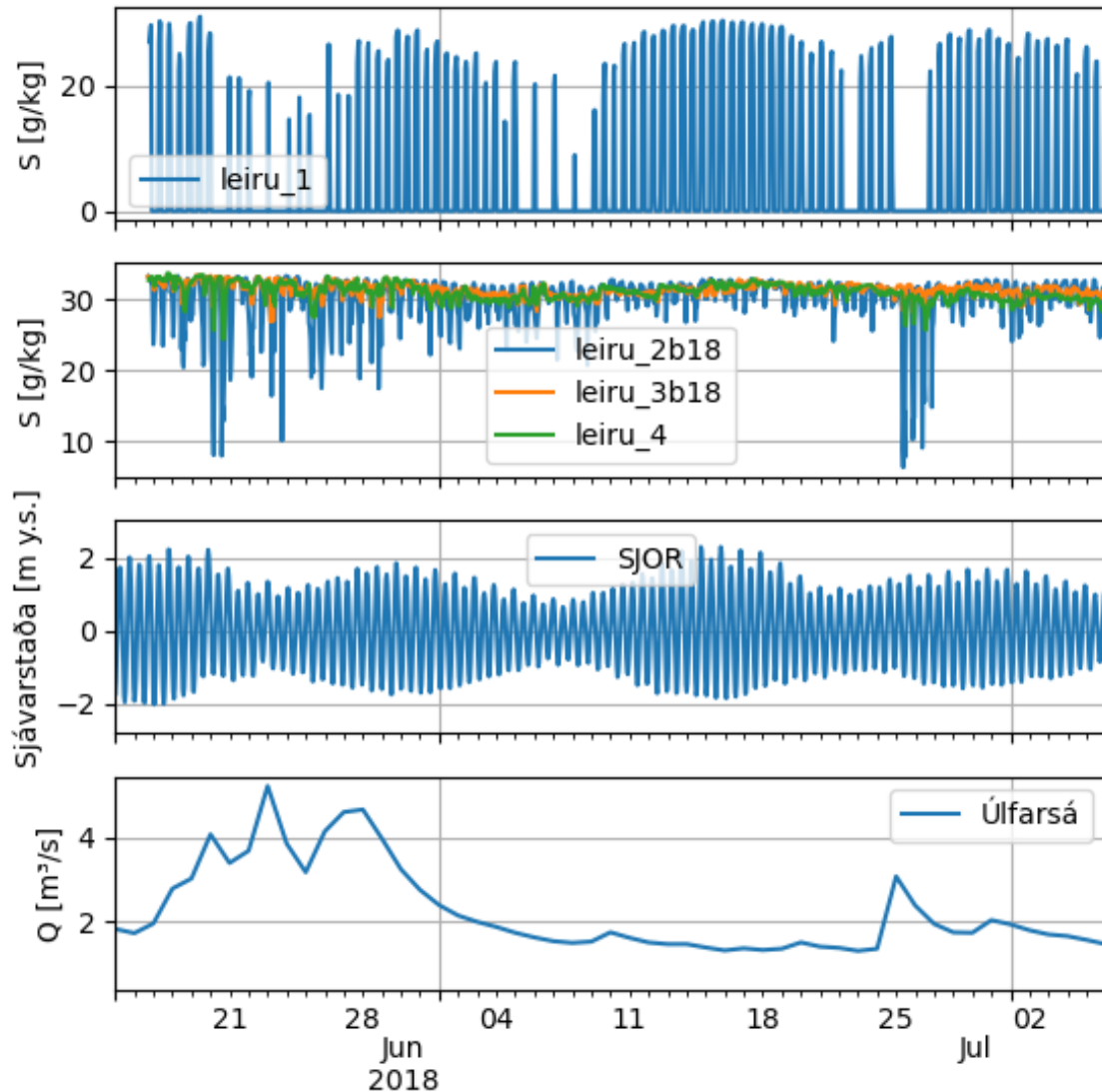
Mynd 113. Mælt rennsli í Úlfarsá, 2011 -2020.

Seltumælingarnar sumrin tvö 2018 og 2024 segja svipaða sögu en hér er einungis litið til ársins 2018, tímabilið 15. maí til 7. júlí, þar sem þá eru einnig til samtíma mælingar á rennsli í Úlfarsá (Mynd 114). Mælir 2b18 er inni í Leiruvogi og gefur góða mynd af breytileika í seltu nærri stórstraumsfjöllumörkum í voginum. Af mælingunum má m.a. ráða eftirfarandi:

1. Samanburður seltu við melda sjávarstöðu sýnir að styrkur seltu sveiflast með sjávarföllum.
2. Sveiflur eru mismiklar eftir staðsetningu;
 - a. Mestar innst í vogi í ósum Leirvogsár þar sem selta verður ekki meiri en um 28 g/kg.
 - b. Talsvert stórar sveiflur en einnig mjög breytilegar á mæli 2b18.
 - c. Utar, í Þerneyjarsundi og þar í grennd eru mun minni sveiflur.
3. Efri mörk styrks eru ekki fjarri bakgrunnsgildum seltu í sjónum eða um 32 g/kg.
4. Sveiflur eru misstórar frá einum tíma til annars. Samanburður við mælt rennsli í Úlfarsá sýnir að því meira sem ferskvatnsinnrennslið er því stærri verðar sveiflurnar.

Reiknuð selta í tilviki með þverun og án þverunar var borin saman við mælingar á tímabili þegar ætla má að innrennsli ferskvatns hafi verið svipað og forsendur reikninga gera ráð fyrir (mynd 115, mynd 116). Inn í voginum reiknast styrkur yfirleitt mjög áþekkur því sem mælist, tilvik án brúar er sýnt með

grænni línu. Reiknuð selta fyrir tilvik með brú (gul lína) er vart greinanleg frá tilviki án brúar, örlitlu hærri toppar eru þó merkjanlegir fyrir tilfellið með brú (mynd 115).



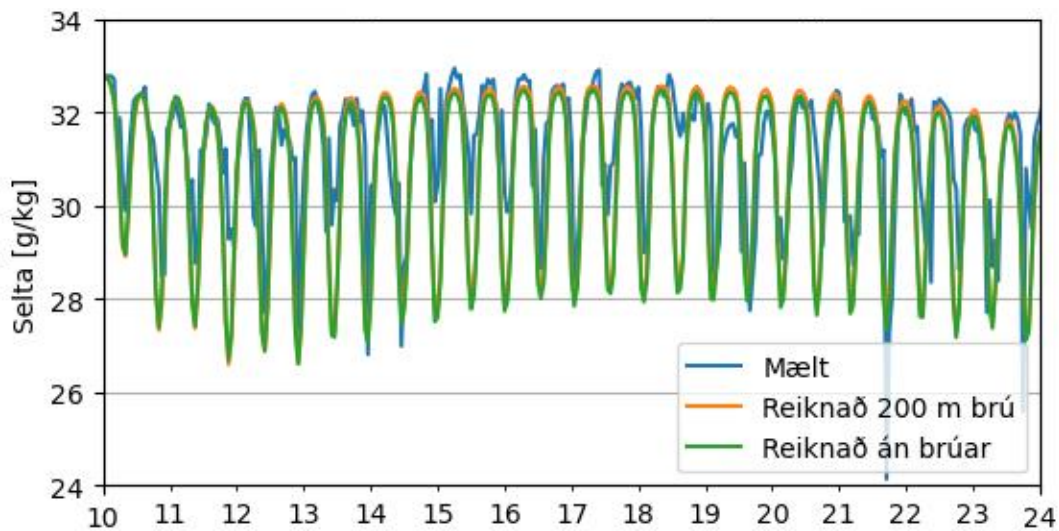
Mynd 114. Samanburður á seltu [S], sjávarstöðu og rennsli Úlfarsár [Q]. Efst seltumælingar í ósi Leirvogsár. Næst efst mælingar á seltu í Leiruvogi og Þerneyjarsundi. Næst neðst mæld sjávarstaða í Reykjavíkurhöfn. Neðst mælt rennsli í Úlfarsá.

Utan vogs á Þerneyjarsundi reiknast mun minni sveiflur í seltu, mælingar sýna mun meiri breytileika í seltu en birtist í reikningunum sem mögulega má rekja til áhrifa ferskvatns af öðrum uppruna en í Leiruvogi. Eins og inni í voginum er tilvik með brú rétt greinanlegt frá tilviki án brúar þar sem selta er lítið eitt hærri.

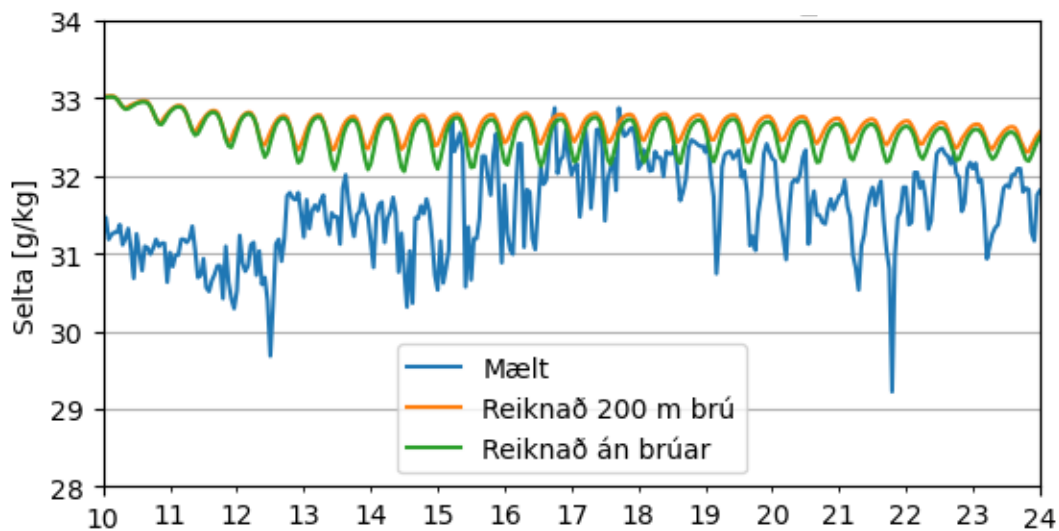
Kannað var jafnframt hver áhrif væru þegar rennsli vatnsfalla til Leiruvogs væri þrefalt meðalrennsli yfir um tveggja vikna tímabil. Það svarar um 98% hlutfallsmark meðalrennslis yfir þann tíma (mynd 117, mynd 118). Sveiflur í styrk seltu verða um það bil 3 sinnum stærri og staðbundið bakgrunnsgildi lækkar lítið eitt. Eftir sem áður verður óverulegur munur á seltu í tilviki með brú og án brúar innan Leiruvogs, þótt lítillegs munar gætir utan þverunar (mynd 118). Mögulega skýrist lítillga hækkuð selta á útfalli utan þverunar af auknum suðlægum straumi úr Þerneyjarsundi í kjölfar þverunar. Ekki eru til

mælingar við stöðugar samsvarandi aðstæður yfir þetta langan tíma og er því sleppt að sýna mælingar hér.

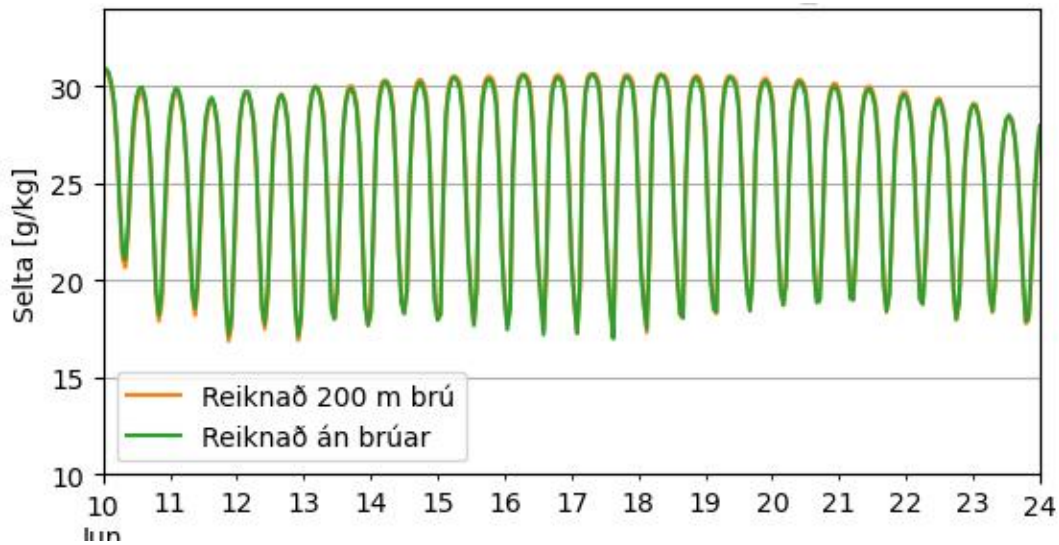
Reiknilíkanið byggir á tvístrunar- og burðarjöfnum. Líkanið notast við reiknað straumsvið og erfir þar með óvissu á hraða. Óvissa er sambærileg milli tilfella og hefur ekki áhrif á samanburð niðurstaða með og án þverunar.



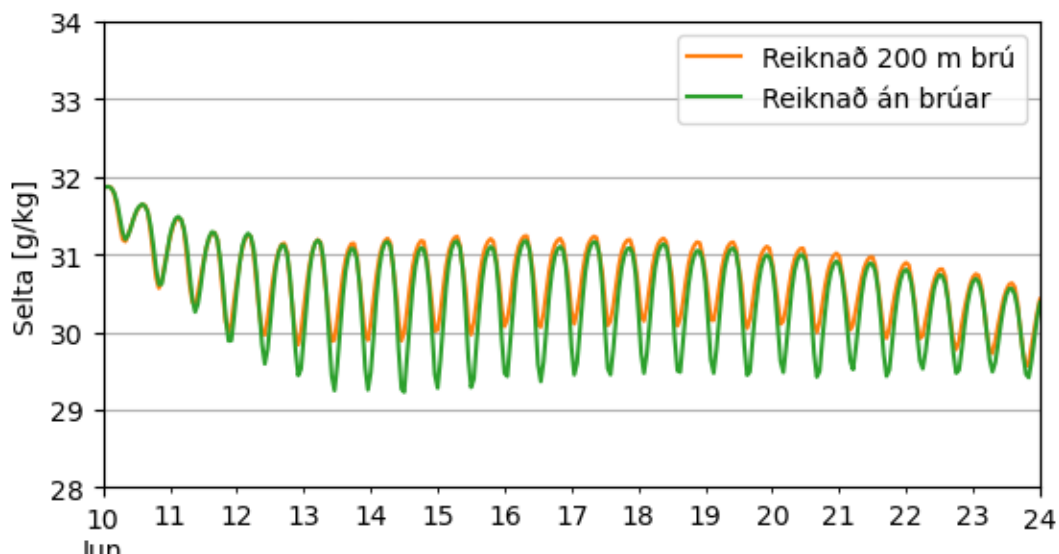
Mynd 115. Mæld og reiknuð selta í Leiruvogi í júní 2018 nærri stórstraumsfjörumörkum, við mæli leiru_2b18 (mynd 112).



Mynd 116. Mæld og reiknuð selta í júní 2018, 850 m utan brúarops, við mæli leiru_3b18 (mynd 112).



Mynd 117. Mæld og reiknuð selta í Leiruvogi nærri stórstraumsförumörkum, við mæli leiru_2b18 (Mynd 112). Þrefalt meðalinnrennsli (98% hlutfallsmörk).



Mynd 118. Mæld og reiknuð selta 850 m utan brúarops, við mæli leiru_3b18 (Mynd 112). Þrefalt meðalinnrennsli (98% hlutfallsmörk).

4.7. Botnrof og setflutningar

Formfræðilegar breytingar botns af völdum breytinga í straumsviði vegna vegfyllinga má flokka í tvennt. Annars vegar breytingar á setflutningum í Leiruvogi í kjölfar þverunar, þ.e. hvernig framburður úr ám sem rennur í Leiruvog fellur út í veginum (safnast upp), flyst til í honum og berst útúr honum. Hins vegar leiða hraðari straumar, svo sem út frá brúaropum, til aukinnar skerspennu við botn sem leitt getur til botnrofs og aukinna setflutninga.

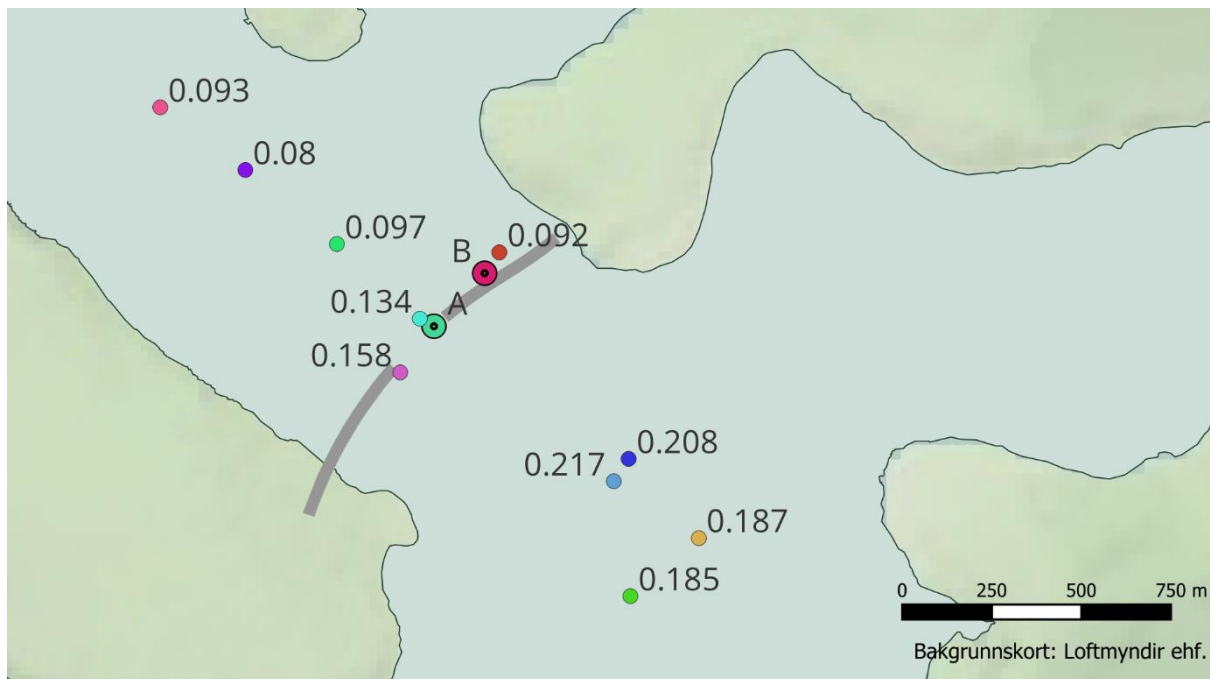
4.7.1. Setefnamælingar

Takmarkaðar upplýsingar lágu fyrir um kornastærð og samloðun sets á líklegu rofsvæði við fyrirhuguð brúarop og næsta nágrenni þeirra. Slíkar upplýsingar eru nauðsynlegar til að unnt sé að reikna rof með

nokkurri vissu. Því var ráðist í að taka botnsýni í mynni Leiruvogs og í Blikastaðakró. Vegagerðin framkvæmdi sýnatökuna í júlí 2024, tekin voru greiparsýni á tíu stöðum og kornastærð sýnanna greind. Mynd 119 sýnir staðsetningu greiparsýnanna og miðgildi þvermáls kornastærða, d50 gildi (mm), í hverju sýni. Kornastærðir eru flokkaðar í fjórar megingerðir (tafla 7). Mælingar sýna að á yfirborði er efni frekar einsleitt og að stærstum hluta finn sandur á bilinu 0,063 – 0,2 mm, auk þess að lítið er af lífrænu efni í sýnunum. Gera má því ráð fyrir að efnið sé ekki samloðandi.

Tafla 7. Kornastærðarflokkun á greipar- og kjarnasýnum.

Flokkur	Þvermál [mm]
Leir	Minna en 0,002
Silt	0,002 - 0,063
Sandur	0,063 - 2,0
Möl	Stærri en 2,0



Mynd 119. Staðsetningar borkjarna (A og B) og greipasýna ásamt mældum d50 gildum, í millimetrum.

Þótt efnið sé að mestu finn sandur er hægt að sjá breytileika í sýnunum eftir staðsetningu. Annars vegar er hærra hlutfall finni kornastærða í greiparsýnum utan við fyrirhugaðar vegfyllingar frá Gunnunesi og að Þerney, hins vegar er töluverð möl í sýnum sem tekin voru rétt utan við stórstraums-fjörumörk (punktar með d50 yfir 0,2 mm á mynd 119).



Auk greiparsýna voru kornastærðarkúrfur greindar fyrir sýni úr tveimur borkjörnum sem teknir voru nálægt fyrirhugaðri vegfyllingu, A og B á mynd 119. Greining á borkjörnum gefur upplýsingar um hvernig kornastærðardreifing breytast með dýpi niður í botninn og þar með þær kornastærðir sem verða til staðar á botni eftir að rof hefur átt sér stað. Samantekt á kornastærðaflokkun á kjörnum A og B eftir dýpi má sjá í tafla 8 og tafla 9. Töluverður munur er á hlutfalli malar í kjörnunum, sérstaklega efst í þeim, en í báðum kjörnum er hlutfall malar hæst efst og minnkar eftir því sem neðar dregur. Hlutfall efnis sem er fínna en sandur eykst hins vegar með dýpi.

Tafla 8. Kornastærðarflokkun á kjarna A.

Dýpi [m]	D15 [mm]	D50 [mm]	D85 [mm]	Fínt efni [%]	Sandur [%]	Möl [%]
-0,32	0,079	0,200	22,4	7,9	63,1	29,0
-0,79	0,066	0,160	0,469	13,1	78,9	8,0
-1,22	0,0038	0,086	0,354	34,6	58,4	7,0
-1,62	Ekki mælt	0,100	0,297	28,6	66,4	5,0
-2.17	0,0033	0,033	0,109	69,5	29,5	1,0

Tafla 9. Kornastærðarflokkun á kjarna B.

Dýpi [m]	D15 [mm]	D50 [mm]	D85 [mm]	Fínt efni [%]	Sandur [%]	Möl [%]
-0,79	0,067	0,114	0,287	9,9	84,1	6,0
-1,11	0,021	0,085	0,202	29,7	67,3	3,0
-2.19	0,004	0,055	0,134	52,6	46,4	1
-2.79	Ekki mælt	0,068	0,135	45,4	52,6	2
-3.09	0,007	0,066	0,151	47,7	50,3	2
-3.69	Ekki mælt	0,064	0,119	49,4	49,6	1

4.7.2. Skerspennuaukning sem leiðir til botnrofs

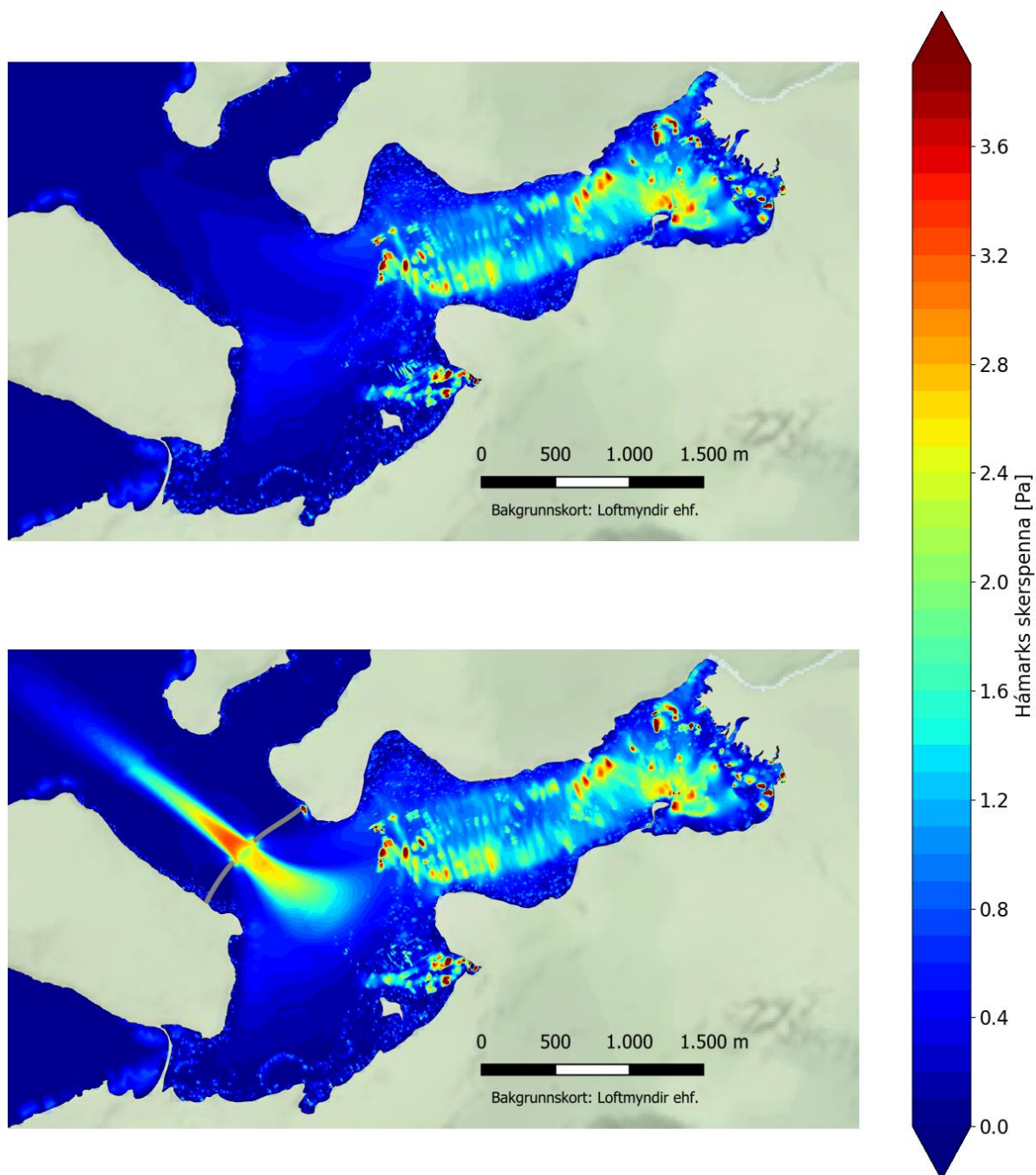
Botngerð við núverandi ástand er væntanlega að miklu leyti mótuð af skerspennu við botn af völdum strauma og öldu auk framburðar efnis úr ám sem berast inn í Leiruvoginn og mögulega jarðvegs sem rofnar úr bökkum af völdum ágangs sjávar. Forsenda greiningarinnar sem hér fer á eftir er að núverandi ástand sé í jafnvægi. Mynd 120 sýnir mestu reiknuðu skerspennu við botn við núverandi aðstæður og í kjölfar þverunar með 200 m brúaropi, yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Á mynd 121 er síðan reiknuð mesta skerspenna í kjölfar þverunar með 160 m og 120 m brúaropum yfir sama tímabil. Við núverandi ástand er skerspenna há austur eftir veginum, inn að ósum Leirvogsár og Köldukvíslar, sem og við Blikastaði þar sem ár renna eftir farvegum á fjöru. Skerspenna er örlítið breytileg inni í veginum en fellur niður þegar komið er út fyrir Gunnunes og á meira dýpi. Eftir þverun hækkar skerspenna á afmörkuðu svæði í og útfrá brúaropi í samhengi við straumröst sem



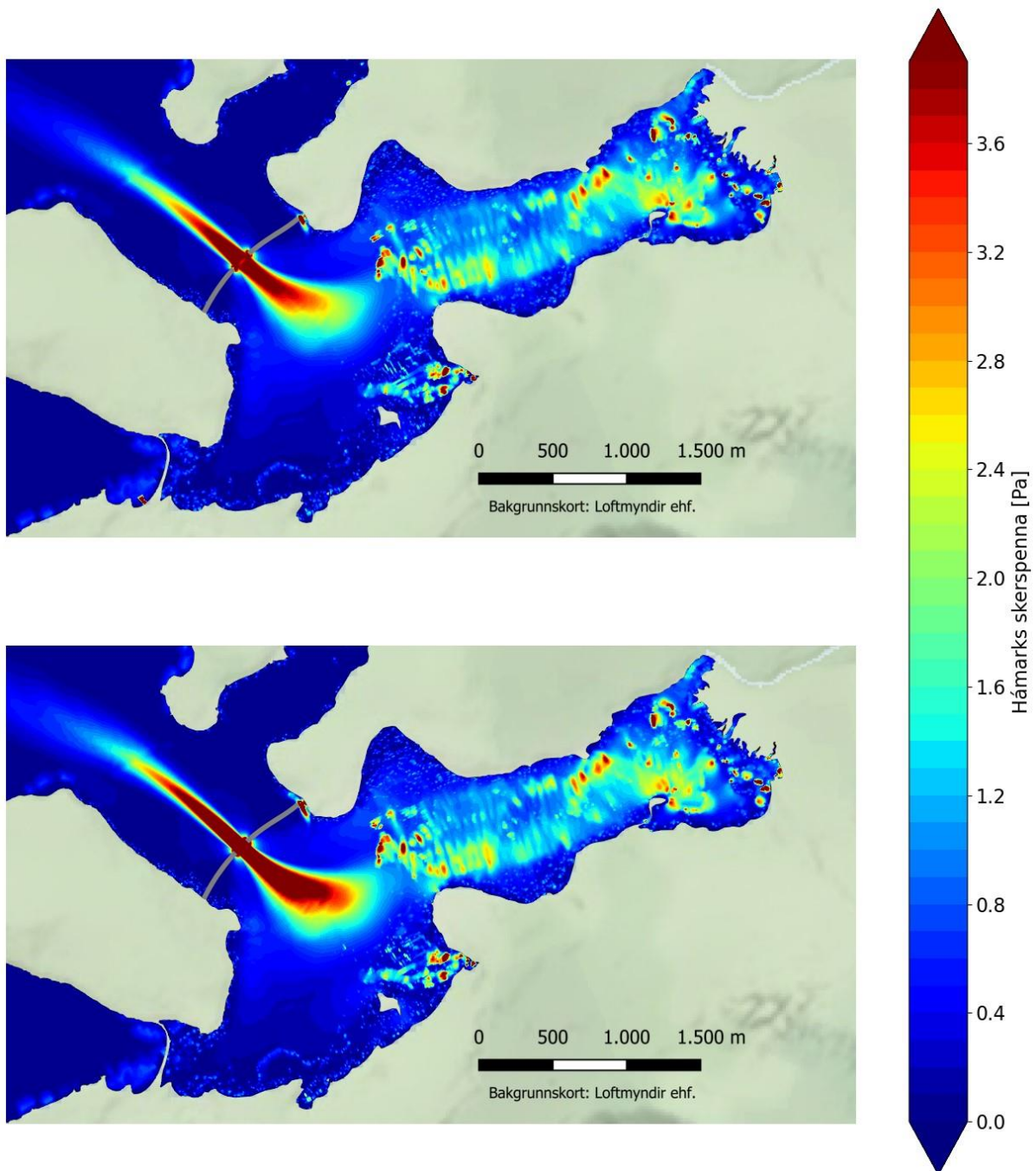
myndast í kjölfar þverunar (kafla 4.1), skerspenna breytist hinsvegar aðeins lítilsháttar á öðrum svæðum (mynd 120, mynd 121).

Mynd 122 dregur fram mismun í mestu skerspennu yfir viðmiðunartímabilið, eftir og fyrir þverun, fyrir þær þrjár brúarstærðir sem hér eru til skoðunar. Meginsvæðið út frá brúaropi þar sem mismunar gætir stækkar umtalsvert eftir því sem brúarop minnkar. Á grynningum og við strendur ganga víða nokkurn veginn á víxl blettir með hækkaðri eða lækkaðri spennu, og má ætla að það sé mikið til komið af reikningslegum áhrifum og sé þannig að hluta til suð sem hægt er að horfa fram hjá. Heildstæð svæði þar sem spenna lækkar er aðallega að finna nærri vegfyllingu.

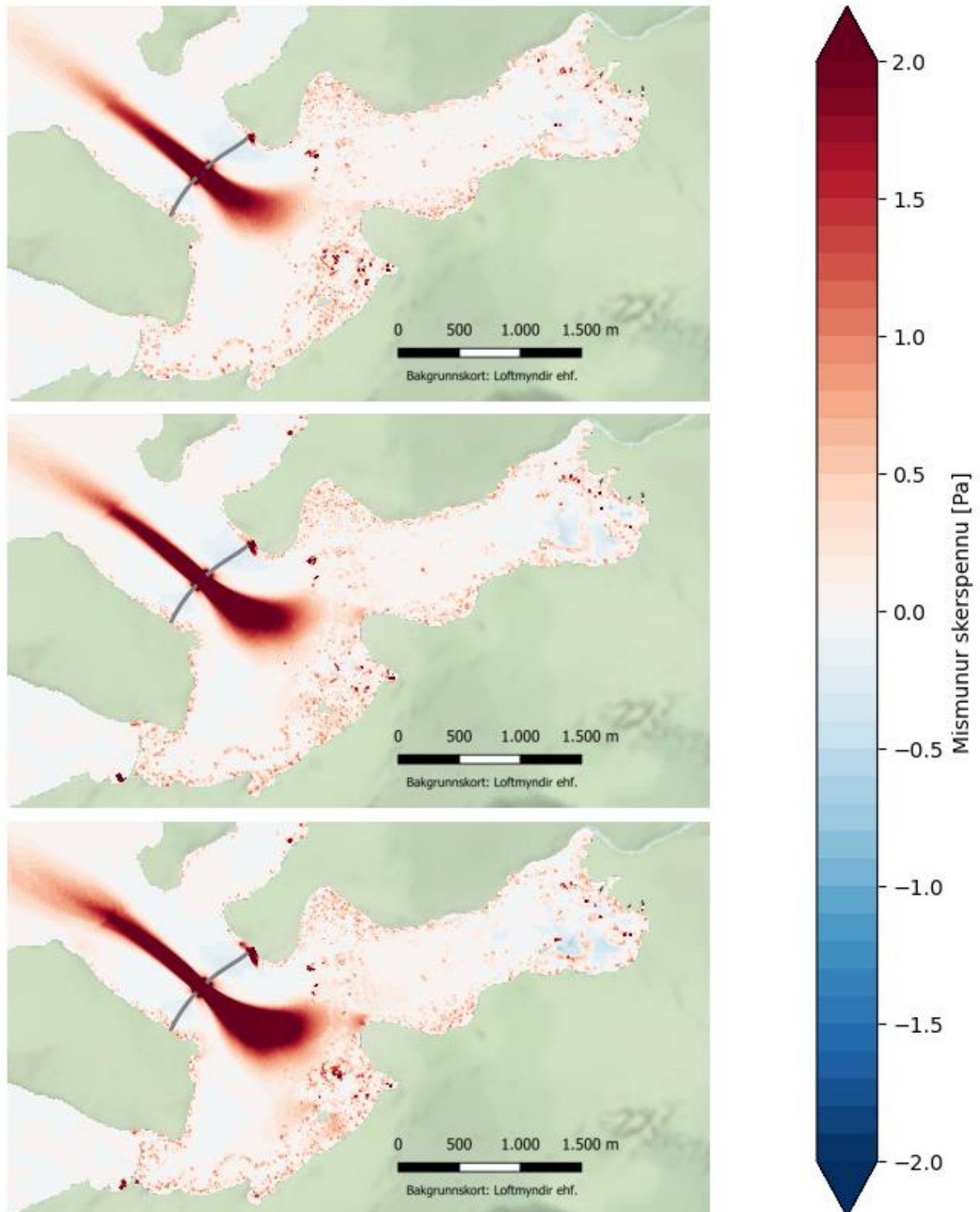
Þar sem forsenda greiningarinnar er að núverandi ástand sé í jafnvægi þarf að meta við hve mikla skerspennuaukningu líklegt sé að botn hreyfist nægjanlega til að rof eigi sér stað, sem og hvar slíka skerspennuaukningu sé að finna. Fræðileg viðmið gefa til kynna að búast megi við að fín setefni af botni geti hreyfst og borist í upplausn við skerspennu um 0,2 Pa. Með hliðsjón af forsendunni að framan má því búast við því að þar sem skerspenna eykst frá núverandi ástandi um 0,2 Pa eða meira, að þar megi búast við botnrofi og setflutningi ef tilsvareandi stærðir setefna eru til staðar (mynd 123). Verulegur munur er í stærð áhrifasvæðis eftir því sem brúarop minnkar auk þess sem margföldunar-áhrif verða í skerspennuaukningu. Leiðir þetta af sér að reiknuð skerspennuaukning vegna 200 m brúarops er líkleg til að hreyfa við grófum sandi og fínna efni, en ólíklega mól (Tafla 7). Hins vegar er mól líkleg til að hreyfast vegna 160 m brúarops og enn frekar vegna 120 m brúarops. Rofmáttur eykst því margfalt eftir því sem brúaropið minnkar.



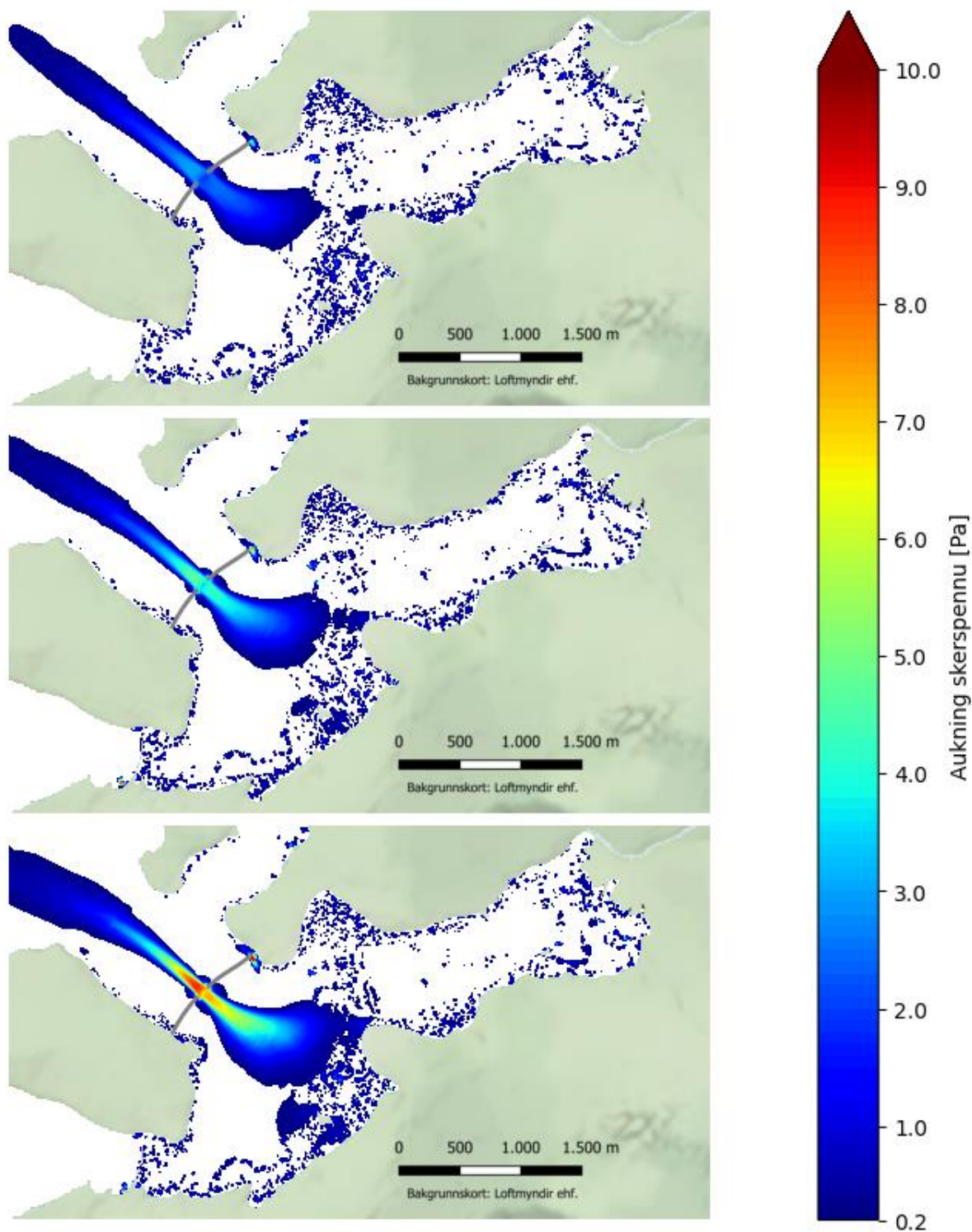
Mynd 120. Mesta skerspenna við botn við núverandi aðstæður (efri) og strax eftir þverun með 200 m brúaropi (neðri). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 121. Mesta skerspenna við botn strax eftir þverun með 160 m brúaropi (efri) og strax eftir þverun með 120 m brúaropi (neðri). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 122. Mismunur í reiknaðri skerspennu, eftir og fyrir þverun, 200 m brúarop (efst), 160 m brúarop (miðja) og 120 m brúarop (neðst). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



Mynd 123. Aukning í hámarks skerspennu miðað við ástand fyrir þverun. 200 m brúarop (efst), 160 m brúarop (miðja) og 120 m brúarop (neðst). Sjávarfallastraumar án öldu yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



4.7.3. Framburður setefna með ám

Lítið er til af mælingum af framburði vatnsfalla sem renna til Leiruvogs, á vegum Orkustofnunar (Haukur Tómasson o.fl., 1982) var framburður úr Úlfarsá (Korpu) mældur á tveimur tímum við mismunandi rennsli (tafla 10). Lægra rennslið svarar til ríflega meðalrennslis Úlfarsár en hærra rennslið er um tífalt meðalrennsli árinna. Magn og samsetning svifaurs er almennt mjög háð rennsli. Mælingar í Úlfarsá voru gerðar fyrir fjóra kornastærðarflokka (tafla 10), sem miðast við aðeins önnur stærðarmörk en flokkun sem unnið er með í þessari skýrslu (tafla 7). Af niðurstöðunum sést að í aðstæðum þegar rennsli er örlítið hærra en meðalrennsli er meirihluti framburðar méla (fínt silt skv. fyrri skilgreiningu), stór hluti framburðarins er einnig leir og mór (mór svarar til að vera gróft silt og finn sandur skv. fyrri skilgreiningu). Styrkur svifaurs hækkar í u.þ.b. línulegu sambandi við rennslið upp í tífalt meðalrennsli, hlutföll breytast þannig að framburðurinn samanstendur hlutfallslega mest af mó, méla er enn stór partur en hlutfall leirs lækkar mikið.

Tafla 10. Niðurstöður mælinga á svifaur í Korpu.

Innrennsli [m ³ /s]	Svifaur [g/m ³]	Sandur [%]	Mór [%]	Fínt silt [%]	Leir [%]
2,1	40	0	19	52	29
15,0	287	1	54	43	2

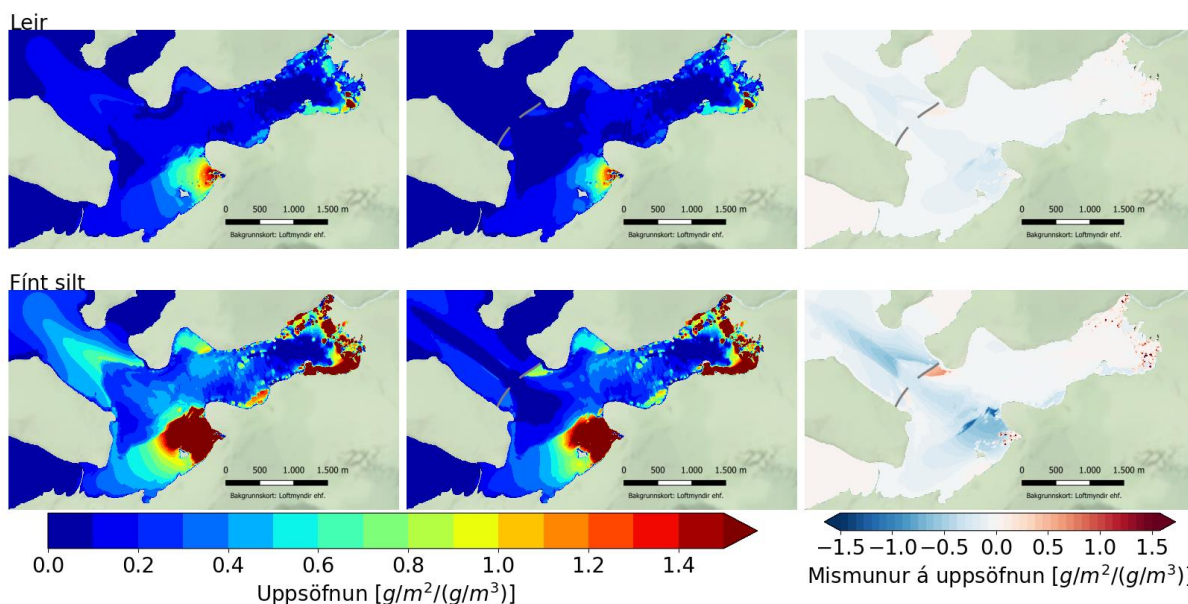
Tafla 11. Kornastærðarflokkun svifaursýna í Korpu.

Flokkur	Þvermál [mm]
Leir	Minna en 0,002
Méla	0,002 – 0,02
Mór	0,02-0,2
Sandur	Stærra en 0,2

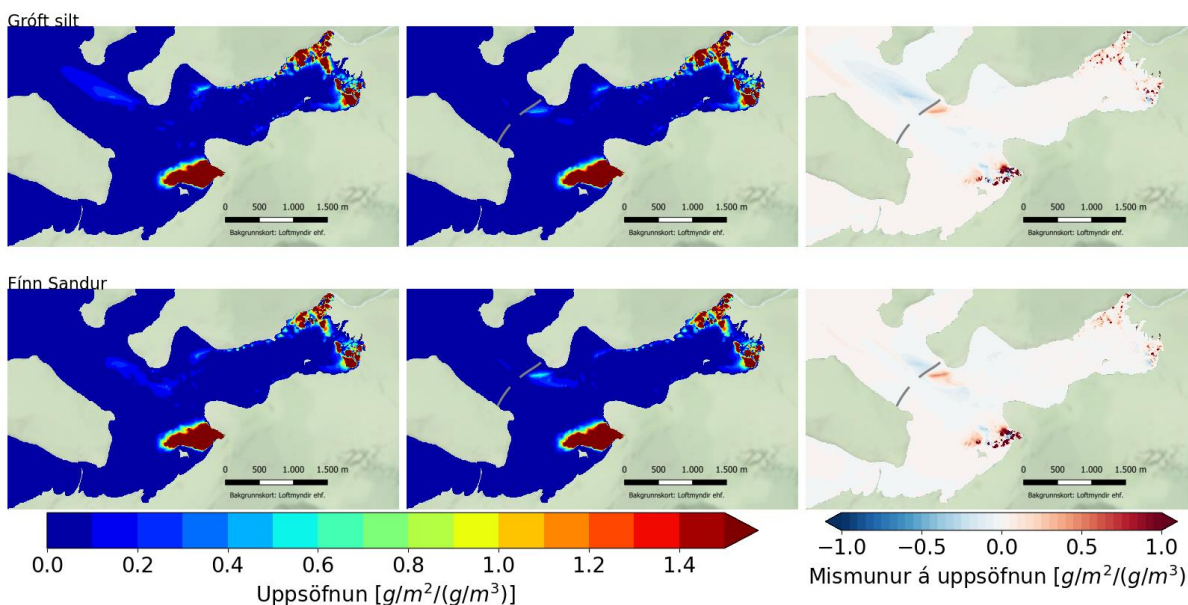
Til þess að leggja mat á næmni setflutningsreikninga gagnvart mismunandi efnisgerðum, var setflutningslíkani beitt á fjórar mismunandi efnisgerðir, leir (0,002 mm), fínt silt (0,005 mm), gróft silt (0,05 mm) og fínan sand (0,135 mm) þannig að fastur styrkur (1 g/m³) er skilgreindur í ánum þar sem þær renna inn í líkanið, efnið berst svo með straumum og sest til botns eða skolast út úr voginum.

Uppsöfnun er reiknuð yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil 15. – 28. janúar 2019 (milli smástrauma), þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir meðalinnrennsli (mynd 124, mynd 125), þrefalt meðalinnrennsli (mynd 126, mynd 127) og tífalt meðalinnrennsli (mynd 128, mynd 129) vatnsfallanna í Leiruvogi. Niðurstöður líkanreikninganna sýna að fínustu kornin sem berast inn í voginn með árframburði eru lengi í upplausn og setjast nokkuð jafnt yfir svæðið, þó mest á skjólsvæðum upp við strönd og á grynningum. Við núverandi aðstæður verður aukin setmyndun í mynni Leiruvogar til móts við vesturhluta Gunnuness og út fyrir Þerneyjarsund þar sem skerspenna er lægri (mynd 120). Niðurstöður greiparsýna gáfu til kynna hærra hlutfall finni efna á þessu svæði sem gæti tengst þessu ferli. Eftir þverun verða straumar hraðari um brúaropið og við það eykst skerspenna við botn í nágrenni brúarops, korn ná þá síður að setjast á því svæði. Þverun eykur útskolun (sjá kafla 4.4) sem leiðir til lægri styrks korna í upplausn innan vegfyllingar og því minna sets. Skjólsvæði myndast á vegfyllingum innanverðum og efni safnast þar fyrir, sérstaklega austan við

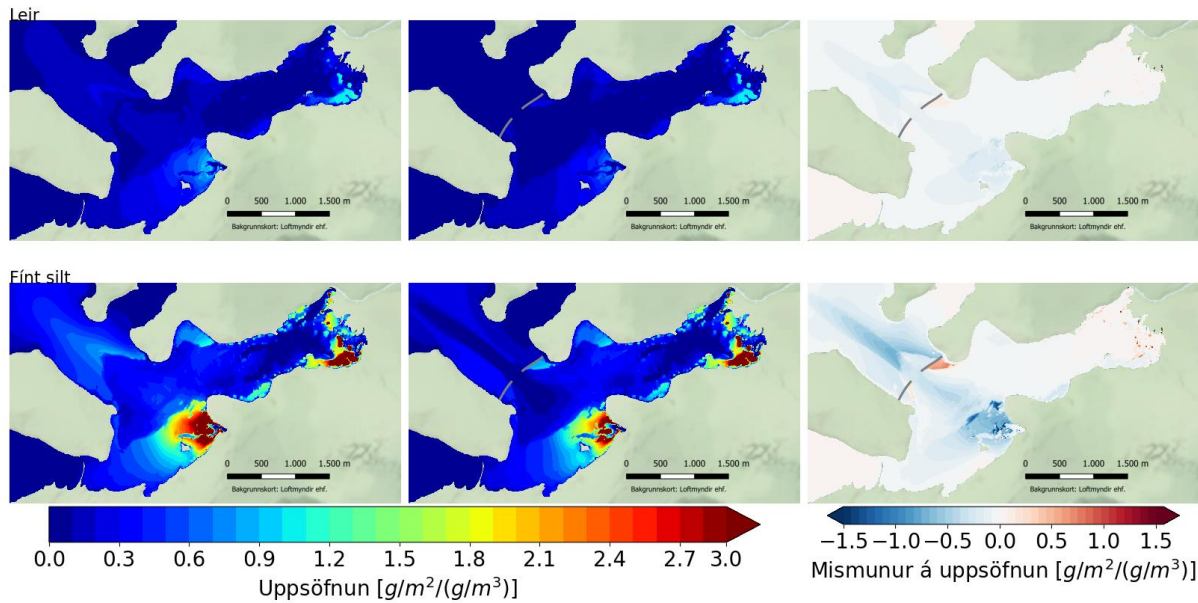
nyrðri vegfyllingu. Fínt silt sest hraðar en leir og safnast því meira upp inni í voginum og sér í lagi nálægt árósumum. Heilt yfir er minna efni sem sest fyrir eftir þverun. Gróft silt sest svo enn hraðar og að mestu nálægt árósumum, áhrif brúar verða minni en fyrir fínni efni en þau eru enn mest á rofsvæðinu í og við brúarop. Niðurstöður fyrir sand eru enn meira á þessa leið og setjast nær öll kornin við árósa, þetta er í góðu samræmi við t.d. litlar sandeyrar við ósa Úlfarsár.



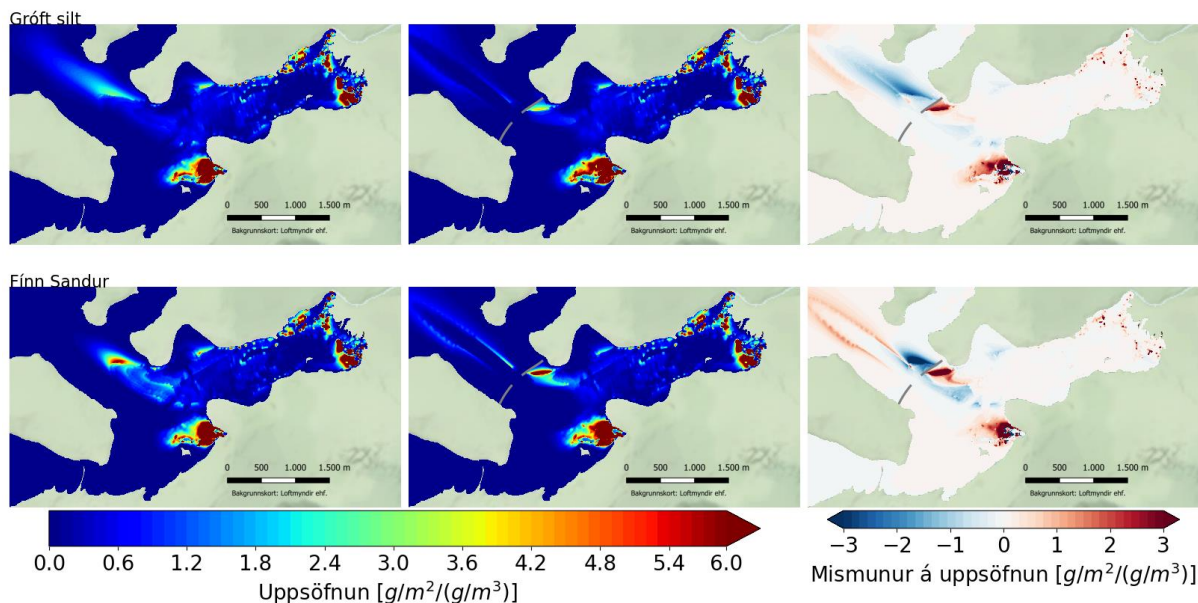
Mynd 124. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaurs í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).



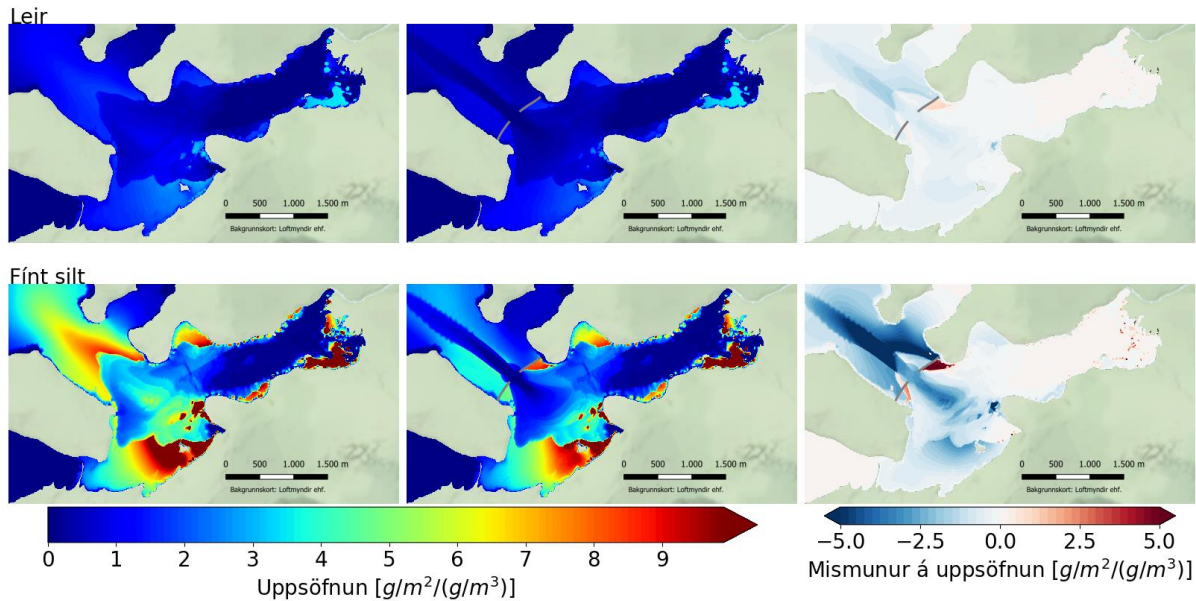
Mynd 125. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaurs í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).



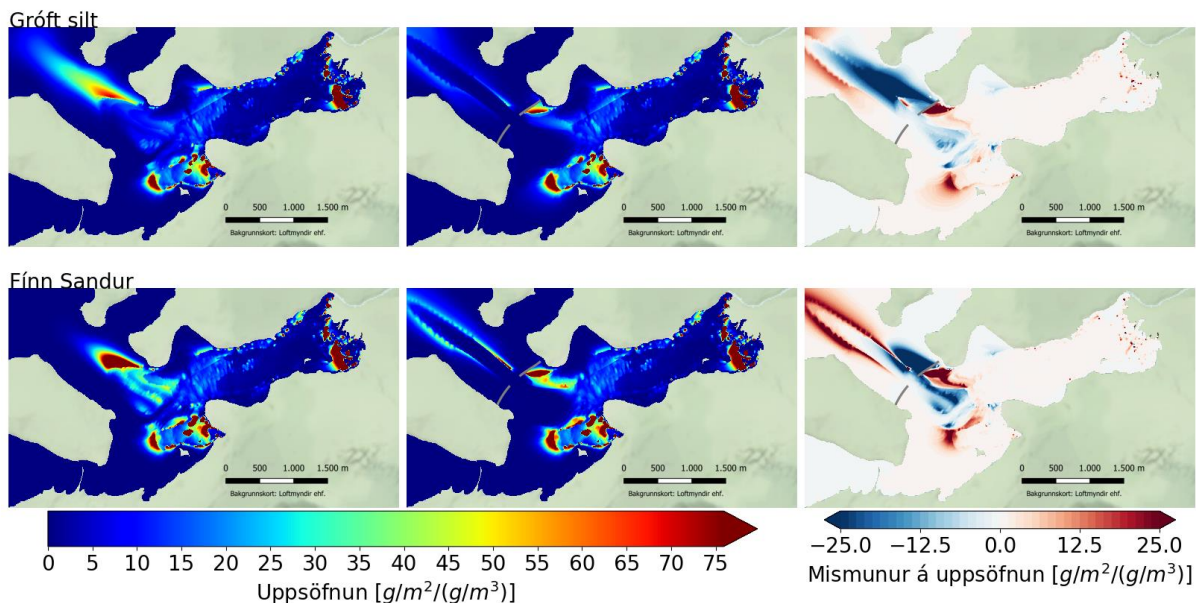
Mynd 126. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í þreföldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaurs í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).



Mynd 127. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í þreföldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaurs í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).



Mynd 128. Uppsöfnun árframburðar (leir, fínt silt) í tífoldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).



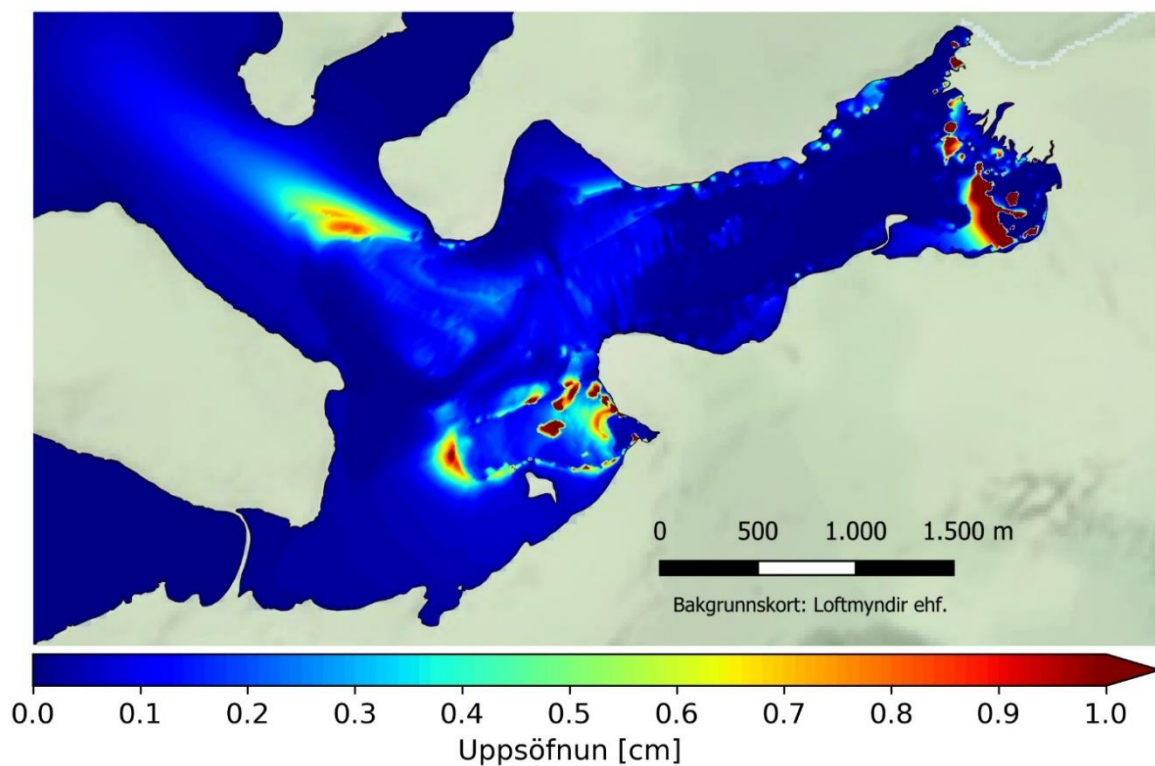
Mynd 129. Uppsöfnun árframburðar (gróft silt, fínn sandur) í tífoldu meðalrennsli (g/m^2) í hlutfalli við styrk svifaus í innrennsli (g/m^3) yfir hálfan mánuð, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), fyrir þverun (vinstri), eftir þverun með 200 m brú (miðja) og mismunur eftir og fyrir þverun (hægri).

Eins og fram hefur komið eru mælingar á framburði vatnsfalla sem renna í Leiruvog mjög takmarkaðar. Þar sem einungis tvær mælingar eru til, og bara fyrir Úlfarsá, þá voru þær niðurstöður yfirfærðar á hin vatnsföllin. Kornastærðardreifing setsins er einnig verulega háð rennsli, en hér er gert ráð fyrir að

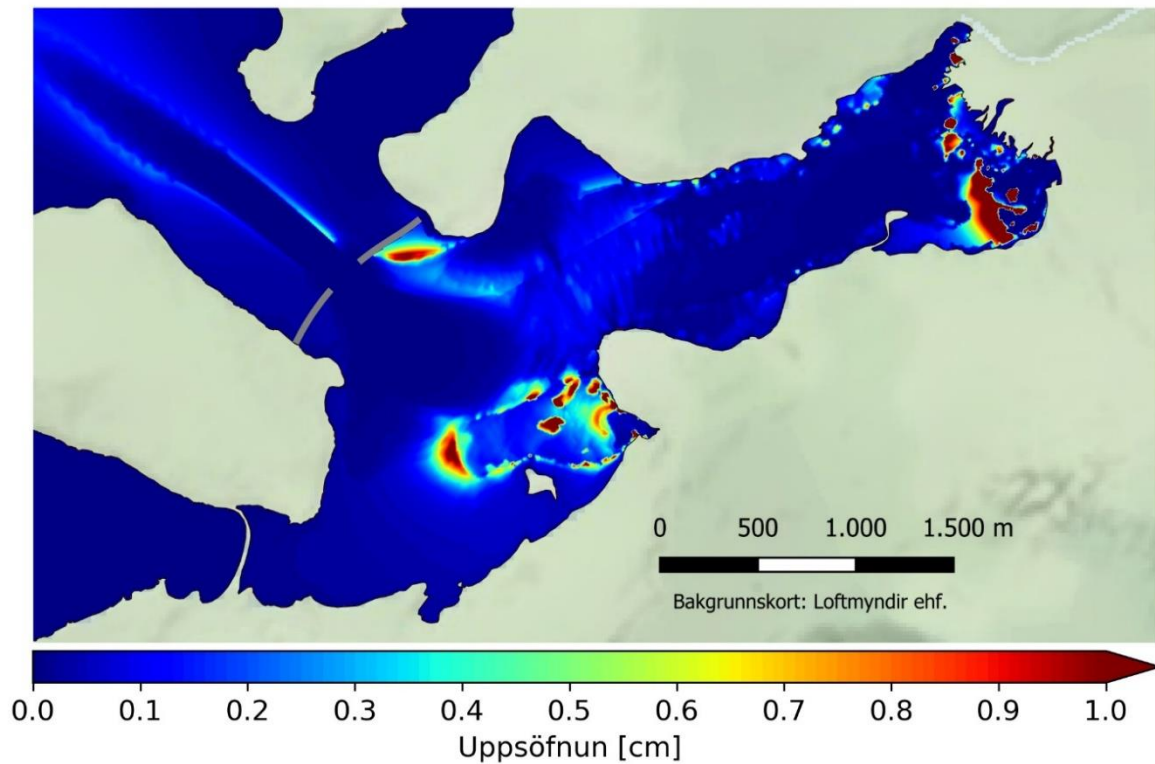
meðalinnrennsli og þrefalt meðalinnrennsli hafi sömu samsetningu og lægri svifaursmælingin, en tífalt meðalinnrennsli hafi sömu samsetningu og hærri mælingin.

Nota má tíðnigreiningu á rennsli Úlfarsár í mæliröð frá 1970 til þess að gefa hverju rennslistilfelli vægi út frá tímanum sem hið mismunandi rennsli varir. Niðurstöður (mynd 130, mynd 131 og mynd 132) sýna að mest efni safnast fyrir uppi á leirum við ósa Leirvogsár og Köldukvíslar, óháð vegfyllingu. Stærsta breytingin er að uppsöfnun sem verður við utanvert Gunnunes í núverandi aðstæðum færir inn fyrir eystri vegfyllinguna. Hins vegar er efnisrúmmálið sem þar kemur við sögu aðeins lítið hlutfall framburðar inn í Leiruvog.

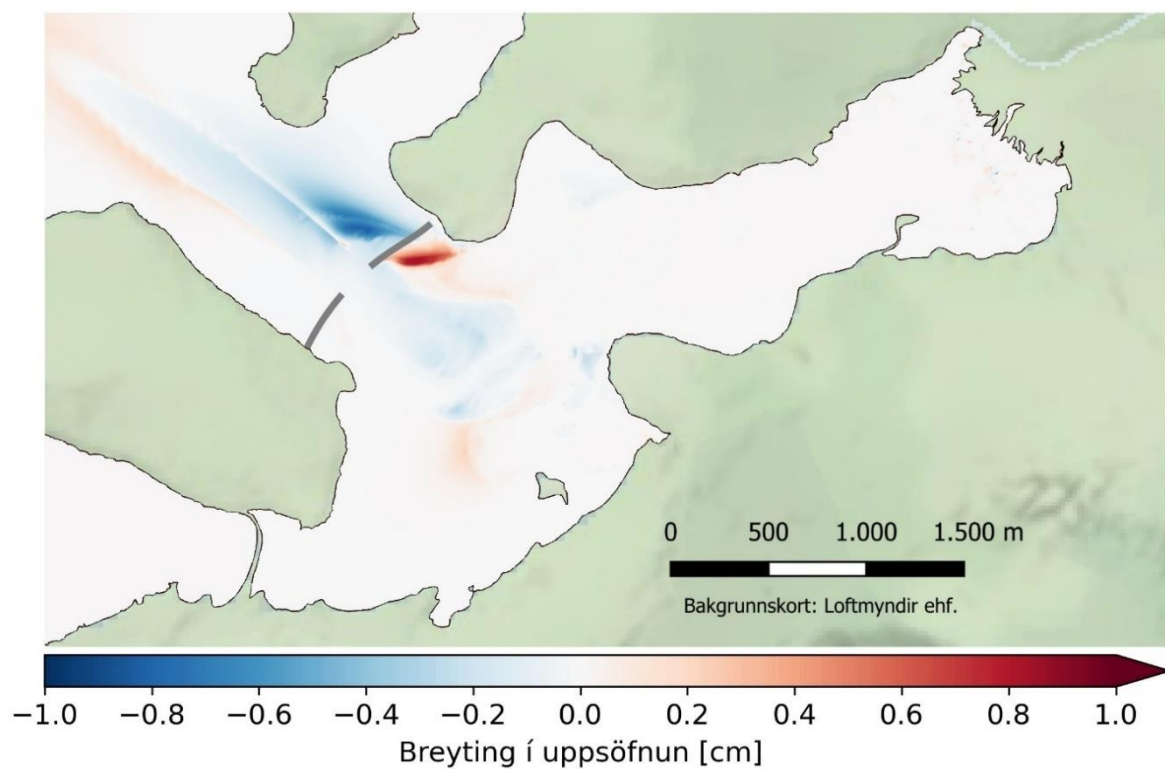
Þótt talsverð óvissa sé um magn framburðar með ám inn í voginn verður að teljast ólíklegt að þessar setbreytingar séu verulegar í samanburði við þær sem verða vegna botnrofs, sem fjallað er um næsta kafla. Draga mætti úr óvissu um magn framburðarins með mælingum á rennsli og svifaur í vatnsföllum.



Mynd 130. Vænt árs uppsöfnun setefna sem berast frá vatnsföllum í Leiruvogi við núverandi aðstæður.



Mynd 131. Vænt árs uppsöfnun setefna sem berast frá vatnsföllum í Leiruvogi eftir þverun (200m brúarop).



Mynd 132. Breyting væntrar ársuppsöfnunar setefna frá vatnsföllum í Leiruvogi (200m brúarop).



4.7.4. Botnrof og setflutningar vegna þverunar

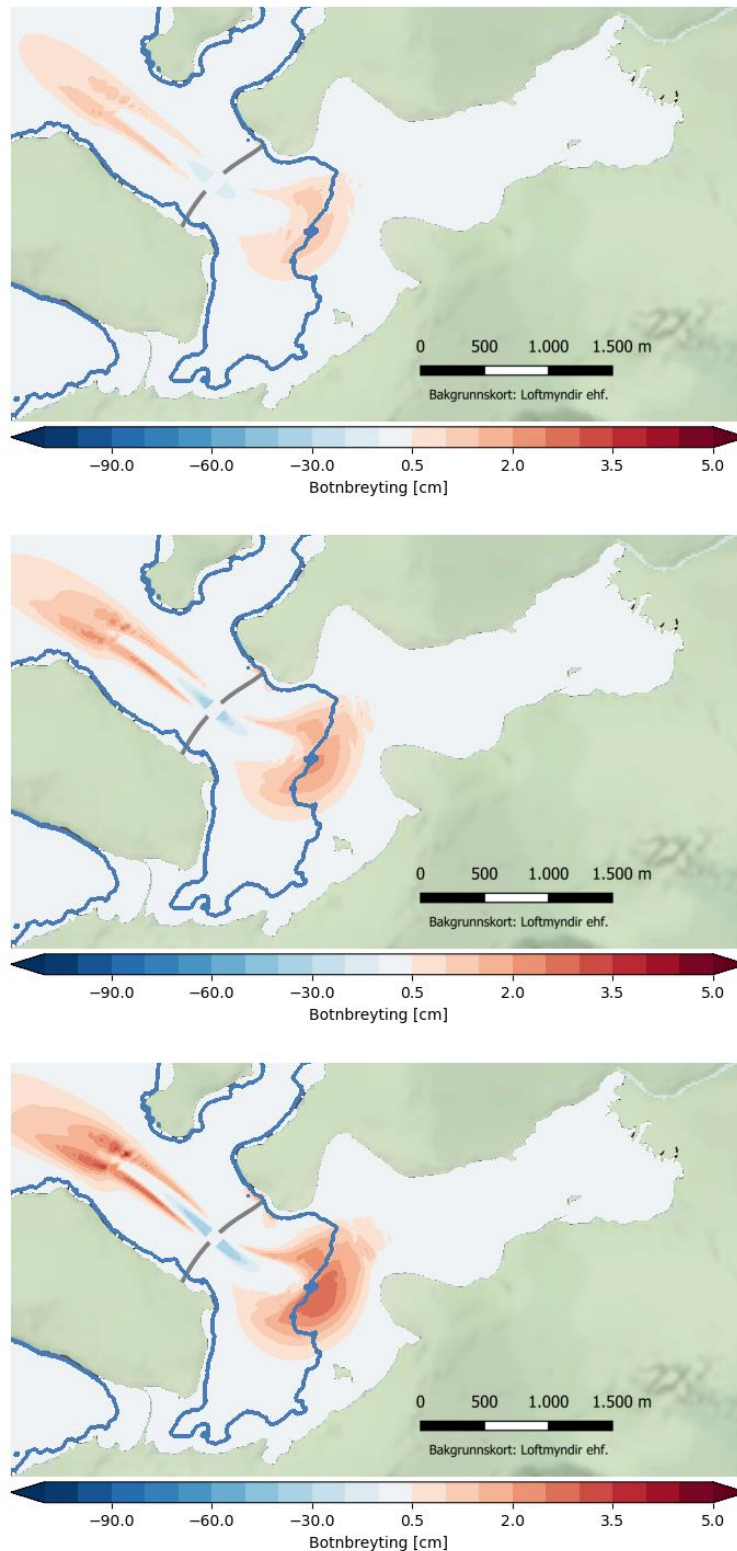
Rofhraði og útfellingarhraði eru háðir efniseiginleikum eins og kornastærð og eðlismassa. Uppsöfnun sets verður þar sem útfelling efnis er hraðari en rof og eins verður nettó rof þar sem útfellingarhraðinn er minni en rofhraðinn. Bæði ferli geta að jafnaði verið virk samtímis. Aukinn hraði um og í nágrenni við brúarop leiðir til aukinnar skerspennu við botn sem getur leitt til botnrofs og setflutninga. Þröskuldsgildi skerspennu fyrir rof er það gildi skerspennu við botn sem þarf til að koma hreyfingu á efni af tiltekinni kornastærð og eðlisþyngd, hvort heldur að það lyftist upp af botninum eða skríði eftir honum.

Nýtt jafnvægisástand næst þegar skerspenna er lægri en þröskuldsgildi skerspennu. Að jafnvægi stuðla tveir samverkandi þættir, annars vegar lækkun á botni vegna rofs sem leiðir til minni straumhraða og minni skerspennu við botn og hins vegar að fín korn rofna hraðar og skolast burt en grófari korn sem hafa herra þröskuldsgildi skerspennu sitja eftir. Malarlög hafa mun herra þröskuldsgildi en fínna efni eins og sandur, silt og leir. Þannig getur hægst á rofi þegar komið er niður á malarlög þar sem aðeins lítill hluti malarlagsins (fín efni) geta farið á hreyfingu. Framvinda og nýtt jafnvægisástand eru því mjög háð efnisgerðum í jarðlagastaflanum á sjávarbotni hverju sinni. Töluverð óvissa er um botngerðina en sýni úr borkjörnunum tveimur eru töluvert ólík. Kjarnarnir eru því notaðir til þess að skilgreina tvær hugsanlegar sviðsmyndir; A) minna botnrof vegna malarlags og B) meira botnrof vegna skorts á grófum kornum. Í báðum tilfellum er greiparsýni án malarlags úr brúaropinum valið sem yfirborðslag og í kjölfarið tekur jarðlagagerðin í kjörnum A og B við, sjá tafla 8 og tafla 9.

Lítill óvissa er á reiknaðri skerspennu og því er ekki mikil óvissa á því hvort efni rofnar eða ekki að gefnum forsendum um efnisgerð. Töluverð óvissa er hins vegar á efnisgerð sem leiðir til óvissu á rofhraða og þar með tímaskölum. Leiðir þetta einnig af sér óvissu gagnvart sethraða agna. Styrkur svifaurs er reiknaður með burðar- og tvístrunarjöfnu sem byggir á reiknuðum straumhraða sem erfir því óvissu á reiknuðum hraða. Uppsöfnun er háð fallhraða korna en gert er ráð fyrir kúlulaga kornum sem almennt er góð nálgun, en getur valdið óvissu. Heildarkornastærðarkúrfu er skipt upp í kornastærðarbil og fyrir hvert bil er lægsta kornastærð bilsins notuð til að lýsa öllu bilinu. Loka niðurstöður eru fengnar fram með vegnu meðaltali út frá mældri kornastærðarkúrfu. Þessi aðferð er varfærin þar sem minni korn fá meira vægi en með því að velja nógu mörg bil minnkar þessi mögulega skekkja. Gert er ráð fyrir að við framkvæmd verði botn rofvarinn í brúaropi og 30 m út frá vegfyllingu í hvora átt. Líkanið tekur tillit til rofvarnar þannig að ekkert rof verði á því svæði. Tilgangur rofvarna er fyrst og fremst að verja mannvirki fyrir rofi en þær verja um leið svæðið sem hefði annars rofnað mest. Straumsvið er háð dýpi og breytist því samhliða botnbreytingum af völdum rofs. Í líkaninu er straumsviðið uppfært í skrefum en ekki samfellt, sem getur leitt til aukinnar ónákvæmni við mat á rofi og uppsöfnun, en verður að teljast til hóps þeirra fjölmörgu óvissupátta sem matið er háð. Enn fremur eykur þetta enn frekar á óvissu gagnvart tímaskölum. Rofvörn í brúaropi viðheldur þversniðsflatarmáli um brúaropið þ.a. hraði og skerspenna í brúaropinum haldast að mestu óbreytt. Utan rofvarna lækkar botn sem leiðir af sér lækkun í straumhraða og skerspennu við botn.

Metið var hvernig botnrof gæti orðið á hálfsmánaðar tímabili með tilkomu þverunar og hvernig uppsöfnun setefnanna gæti verið. Viðmiðunartímabilið er 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Samanburður var gerður fyrir þau þrjú brúarop sem voru til skoðunar (mynd 133). Í öllum tilfellum var gert ráð fyrir rofvörn í brúaropi. Bæði rofið og uppsöfnunin eykst verulega eftir því sem brúaropið er minnkað og verður útbreiðslan meiri. Frekari greining á niðurstöðunum leiddi í ljós að mesta rof verður um tvöfalt hraðara fyrir 160 m brú samanborið við 200 m brú, og aftur um tvöfalt hraðara fyrir 120 m brú samanborið við

160 m brú. Ljóst mátti vera að eftir því sem brúaropið væri minna þyrfti mun meira efni að grafast burt til að nýtt jafnvægisástand næðist.



Mynd 133. Reiknað rof og uppsöfnun setefna yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), 200 m (efst), 160 m (miðja) og 120 m (neðst) brúarop. Blá lína táknar lág stórstraums-fjörumörk -2,3 m y.s.



Niðurstöður botnrofs og setflutnings eru bundnar óvissu vegna þátta sem fjallað er sérstaklega um í kafla 3.5. Þyngst vegur óvissa um efnisgerð, en tilvikin tvö A og B með ólíkum kornastærðardreifingum gefa hugmynd um næmni fyrir þeim þætti. Aðrir óvissuþættir stuðla helst að aukinni óvissu um tíma-skala. Það má búast við, að gefnum forsendum um efnisgerð, að niðurstöður gefi góðar vísbendingar um það magn efnis sem rofnar. Meiri óvissa er hins vegar á því hvernig efnið dreifist og sest til botns eða skolast út úr kerfinu sem einnig er háð efnisgerð. Ætla má að mesta óvissan sé fólgin í tímasköllum.

Í ljósi niðurstaðna úr framangreindum reikningum auk niðurstaðna úr skerspennureikningum (kafla 4.7.2) og sjávarstraumum (kafla 4.1) sem sýndu óhagstæðar aðstæður fyrir seiði laxfiska var ákveðið að leggja áherslu á frekari útreikninga fyrir vegfyllingu með 200 m brúaropi. Niðurstöður í köflum hér á eftir miða því við 200 m brúarop.

Til þess að fá fram mat á mögulegum langtímaáhrifum af völdum þverunar á botnrof og setflutninga en jafnframt til að halda reiknitíma innan viðráðanlegra marka er straumsvið reiknað með nálgunum bæði út frá sjávarfallasveiflum og þeim botni hverju sinni sem straumsviðið ákvarðast út frá.

Horft til beggja samliggjandi hálfsmánaðar tímabilanna sem valin voru fyrir greiningar, þ.e. 15. – 28. janúar 2019 og 28. janúar – 15. febrúar 2019 (Mynd 3). Á fyrra tímabilinu svarar mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi til ríflega 85% hlutfallsmarka. Á seinna tímabilinu svarar mesta útslag á stórstreymi hins vegar til ríflega 15% hlutfallsmarka (mynd 2). Með hlutfallsmörkum er vísað til þess að mesta útslag á stórstreymi á tilteknu hálfsmánaðar tímabili sé jafnt eða stærra en það hlutfall af mesta útslagi á stórstreymi allra hálfsmánaðar tímabilanna á sjö ára heildartímabili 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025 (kafla 2.1). Meðaltal útslags á stórstreymi, 3,8 m sem miðar við langtímagreiningu Landhelgisgæslunnar, fer nærri meðaltali af mesta útslagi sjávarfallabylgjunnar fyrir viðmiðunartímabilin tvö, og svarar einnig til ríflega miðgildis (50%) sjö ára heildartímabilsins.

Með því að mynda langtímaröð sjávarfallasveiflu sem byggir á endurtekningu þessara samliggjandi viðmiðunartímabila fást fram áhrif bæði af hlutfallslega stórum og litlum stórstreymissveiflum. Með þessu er leitast við að nálgast mat á langtímaáhrifum sjávarfalla með hóflegum tíma í líkanreikningum.

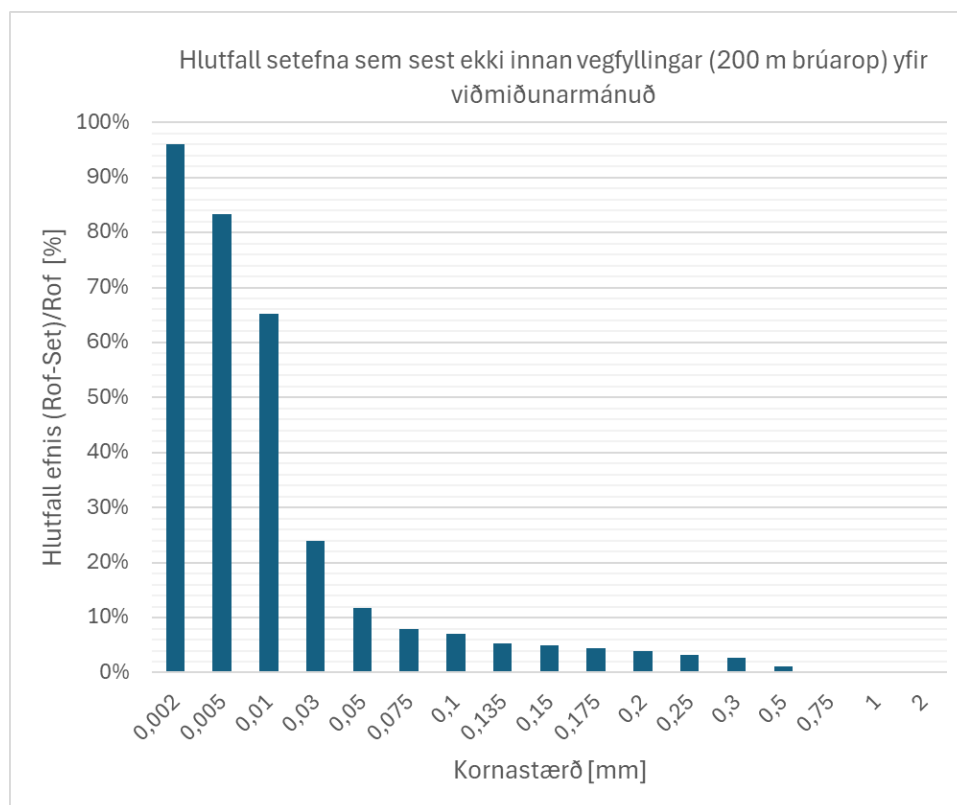
Að sama skapi til að stilla líkanreikningum í hóf er straumsvið ekki reiknað samfelld eftir því sem rofi vindur fram heldur í nokkrum þrepum. Rof er þar með reiknað út frá straumsviði sem er ekki alltaf fyllilega í samræmi við botninn en þó nærri því. Valinn er viðmiðunarpunktur fyrir miðju rofsvæði til að meta botnbreytingu með tíma og hvenær ástæða er til að reikna nýtt straumsvið byggt á breyttum botni. Fyrir tilfelli A er straumsvið reiknað í upphafi og við 40 cm og 80 cm rof í viðmiðunarpunkti sem svarar til þess tíma þegar mesta botnbreytingin á sér stað, metinn sem u.þ.b. 10 ár, sjá nánar í kafla hér að neðan. Í tilfelli B er straumsvið reiknað í upphafi, við 40 cm, 80 cm, 120 cm og 200 cm rof, sem svarar sömuleiðis til þess tíma þegar mesta botnbreytingin á sér stað, metinn einnig sem u.þ.b. 10 ár, sjá nánar að neðan.

Í tilfelli A er langtímarof í viðmiðunarpunktinum metið nærri 1 m og því hlýst tiltölulega lítil óvissa af því að ganga ekki lengra í uppfærslu á straumsviðinu. Í tilfelli B hins vegar er langtímarof í viðmiðunarpunktinum metið nærri 4 m og því verður meiri óvissa á seinni stigum tilfellis B fyrst ekki er gengið lengra við að uppfæra straumsviðið. Ætla má þó að sú óvissa sé öllu minni gagnvart reiknuðum stærðargráðum í botnrofi og setflutningum en sú óvissa sem felst í óvissu um kornastærðir í botnefninu.

Kornastærðardreifing á botni rofsvæðis er einnig metin út frá sama viðmiðunarpunkti og er hún uppfærð í lok hvers mánaðartímabils með hliðsjón af því rofi og seti sem orðið hefur og þeim lóðréttu breytileika í kornastærðum botnefnisins sem tilfelli A og B gefa til kynna. Breyting á kornastærðar-

dreifingu til viðmiðunar eftir því sem rofi vindur fram hefur mun meira vægi í greiningunni heldur en að uppfæra straumsviðið. Þannig getur jafnvægi verið mjög seint náð, eða jafnvel ekki náð, ef ekki er grafið niður á grófari korn eða jafnvel ef grafið er einungis niður á jafnstór eða finni korn. Jafnvægi næst þannig fram hraðar eftir því sem grafið er niður á hlutfallslega meira af grófari kornum.

Hvort sem litið er til tilfellis A eða B eða annarra mögulegra samsetninga af kornastærðum í botnefninu má meta hlutfall setefna af gefinni kornastærð sem ætla megi að setjist ekki á svæðinu innan vegfyllingar í kjölfar rofs og botnsets á sama svæði yfir hvern viðmiðunarmánuð að framkvæmd lokinni (Mynd 134). Efnið væri þá annað hvort í upplausn innan eða utan vegfyllingar eða hefur sest til botns utan vegfyllingar. Nánar tiltekið, má meta þetta hlutfall sem $(R-S)/R$, þar sem R er heildarrúmmál efnis af gefinni kornastærð sem hefur rofnað innan vegfyllingar og S er heildarrúmmál efnis af sömu kornastærð sem hefur sest innan vegfyllingar. Einungis minniháttar breytingar verða á þessu hlutfalli eftir því sem botnrofi vindur fram og straumsvið aðlagast að þeim aðstæðum. Með hliðsjón af kornastærðaflokkun á greipar- og kjarnasýnum (Tafla 7), má sjá að leir og fínt silt að 0,01 mm stærð sest ekki á svæðinu í kjölfar rofs og verða þannig yfir 65% af því efni í upplausn innan eða utan vegfyllingar eða sest til botns utan vegfyllingar. Fyrir grófara silt er þetta hins vegar einungis um 10 – 25% og fyrir sand vel undir 10%, minna eftir því sem kornin stækka.

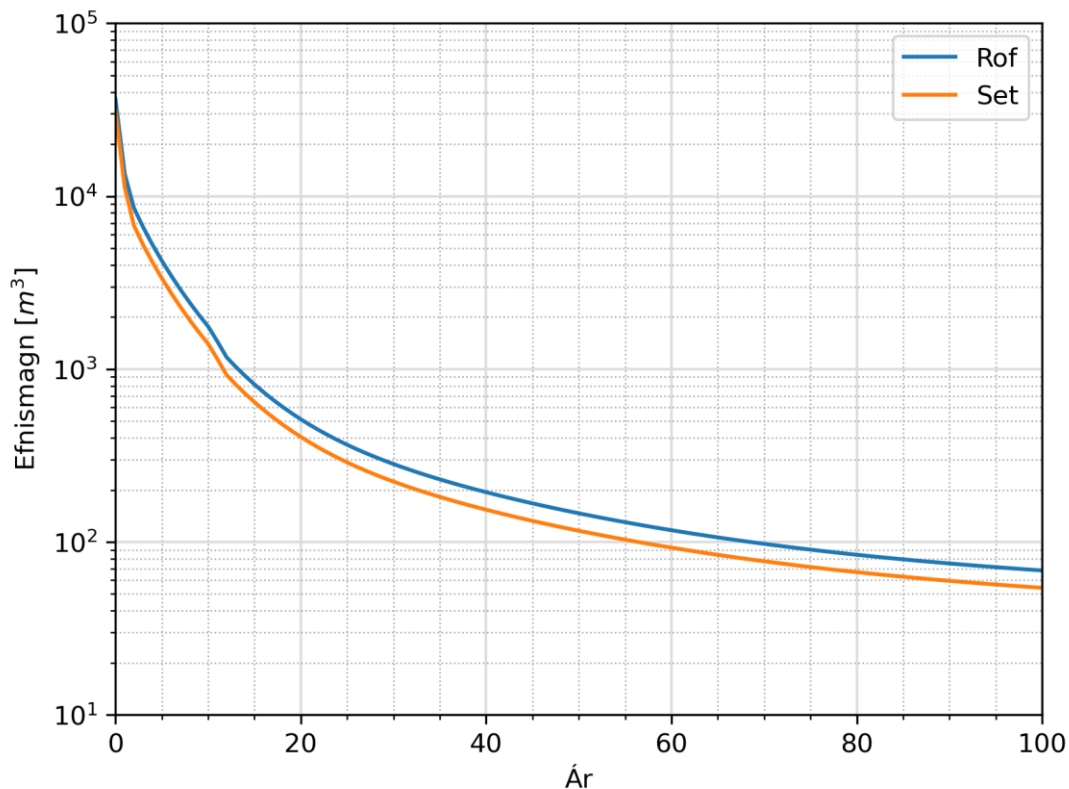


Mynd 134. Mat á hlutfalli setefna sem setjast ekki á svæðinu innan vegfyllingar fyrir 200 m brúarop í kjölfar rofs og botnsets á sama svæði yfir hvern viðmiðunarmánuð að framkvæmd lokinni.

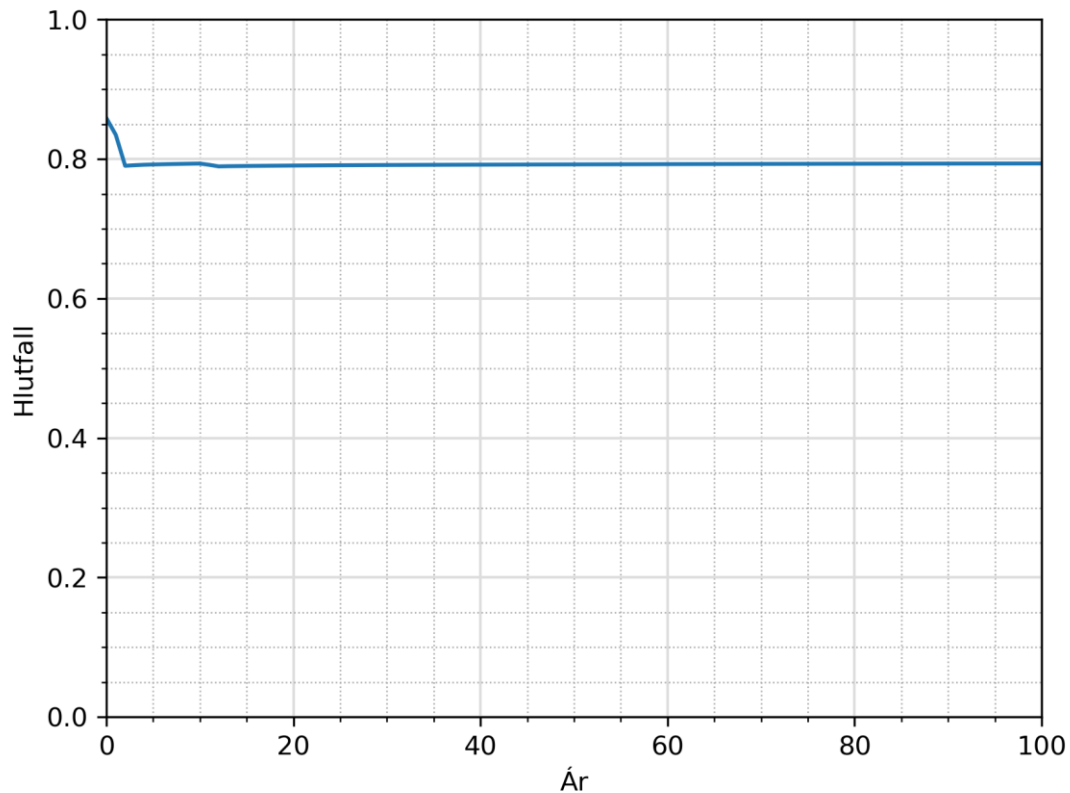
4.7.5. Tilfelli A – Minna botnrof

Í tilfelli A er notast við kornastæðir úr kjarna A sem inniheldur malarlag á um 30 cm dýpi (tafla 8). Samkvæmt líkanniðurstöðum verður rof og uppsöfnun mest fyrstu ár rekstrartíma, þar sem rof innan vegfyllinga nær allt að 30.000 m³ á einu ári (mynd 135). Með tímanum hægir verulega á rofmætti þannig að eftir um 10 ár hefur hægt á rofi þannig að um 2.000 m³ rofna á ári, og eftir 60 ár rofna innan við 100 rúmmetrar á ári (mynd 135). Hluti efnis sem rofnar skolest út með sjávarföllum og sest ekki að nýju, þetta hlutfall er tæplega 20% nær allan tímann (mynd 136). Þegar litið er til heildarrofs og -uppsöfnunar (mynd 137) sést að eftir um 20 ár hafa um 100.000 m³ efnis rofnað úr sjávarbotninum innan vegfyllingar en í kringum 80.000 m³ sest aftur innan vegfyllingarinnar. Því hafa um 20% af efninu sem rofnað hefur innan vegfyllingar borist út fyrir vegfyllinguna. Eftir um 100 ár hafa ríflega 110.000 rúmmetrar efnis rofnað og um 90.000 rúmmetrar efnis sest, því er heildartap efnis út úr svæðinu innan veglínu tæplega 20%. Að sama skapi hefur botninn í viðmiðunarpunktinum rofnað um einn metra (mynd 137).

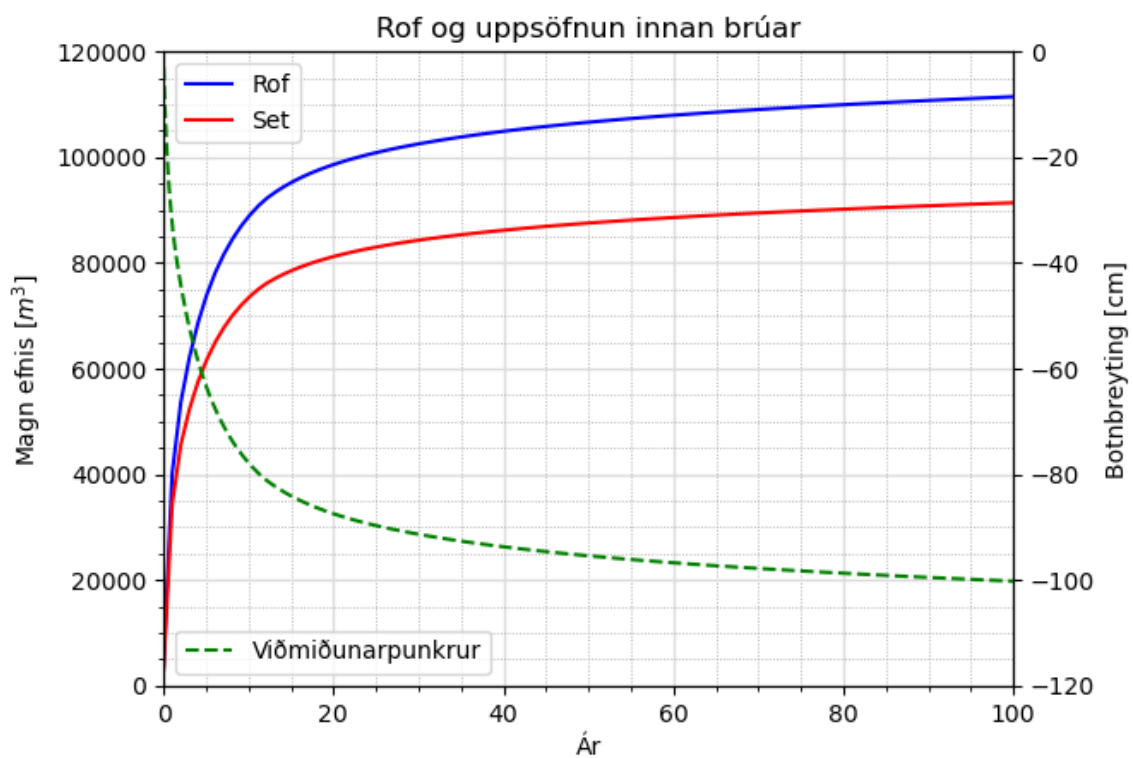
Mynd 138, mynd 139 og mynd 140 sýna botnbreytingar á svæðinu eftir 1, 10 og 100 ár fyrir tilfelli A. Rofsvæðin eru að mestu innan u.þ.b. 500 metra frá brúaropi, mest er rofið næst brúaropinum þar sem straumhraðar og skerspenna eru hæst. Innan veglínu er rofsvæðið breiðara en utan við brú. Mesta uppsöfnunin verður á svæðum skammt utan við rofsvæðið, þar sem stór partur efnis er sandur sem fellur nokkuð hratt og sest því að mestu þegar hann berst inn á svæði með minni skerspennu. Utan brúar nær uppsöfnunarsvæðið vestur fyrir Þerney. Innan brúar er mesta uppsöfnun neðan stórstraumsfjöllumarkna út af Blikastöðum og milli Blikastaðaness og Gunnuness þar sem mesta uppsöfnun nær tæplega 30 cm í jafnvægisástandi (mynd 140).



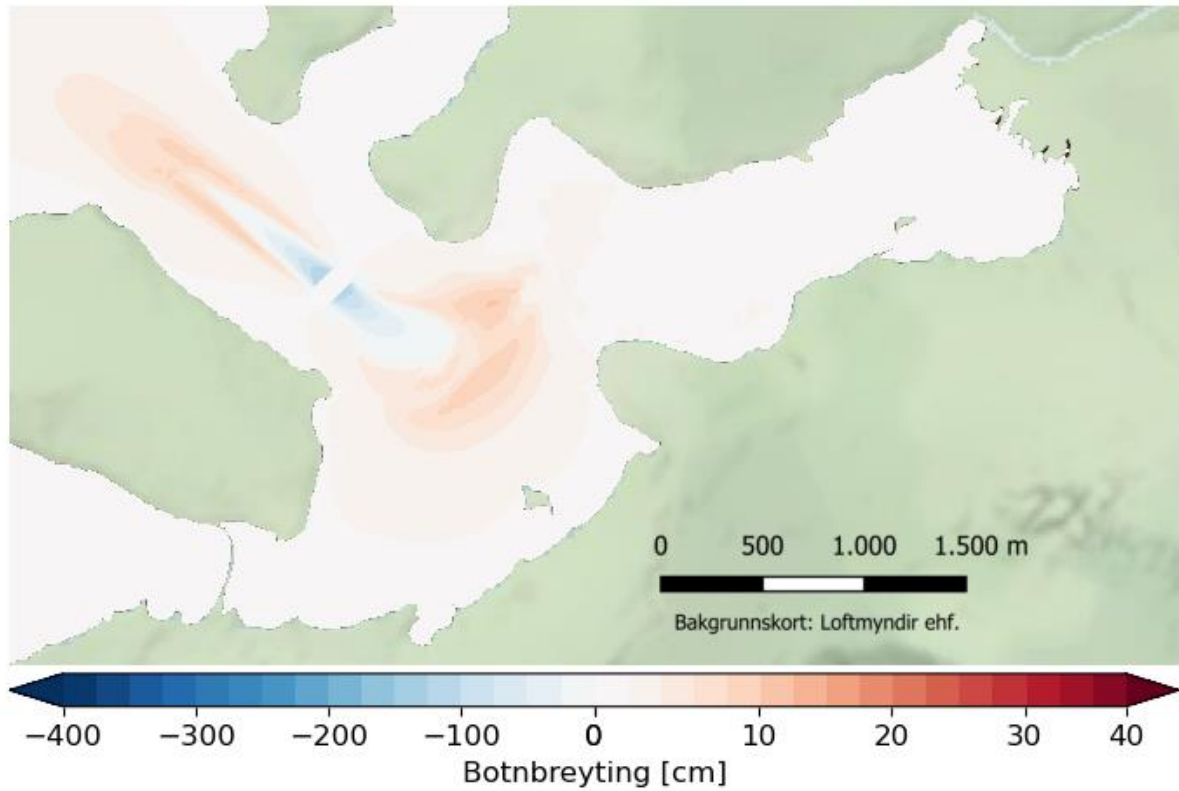
Mynd 135. Rof og setmyndun innan brúar á ársgrunni (200 m brúaropi). Tílfelli A.



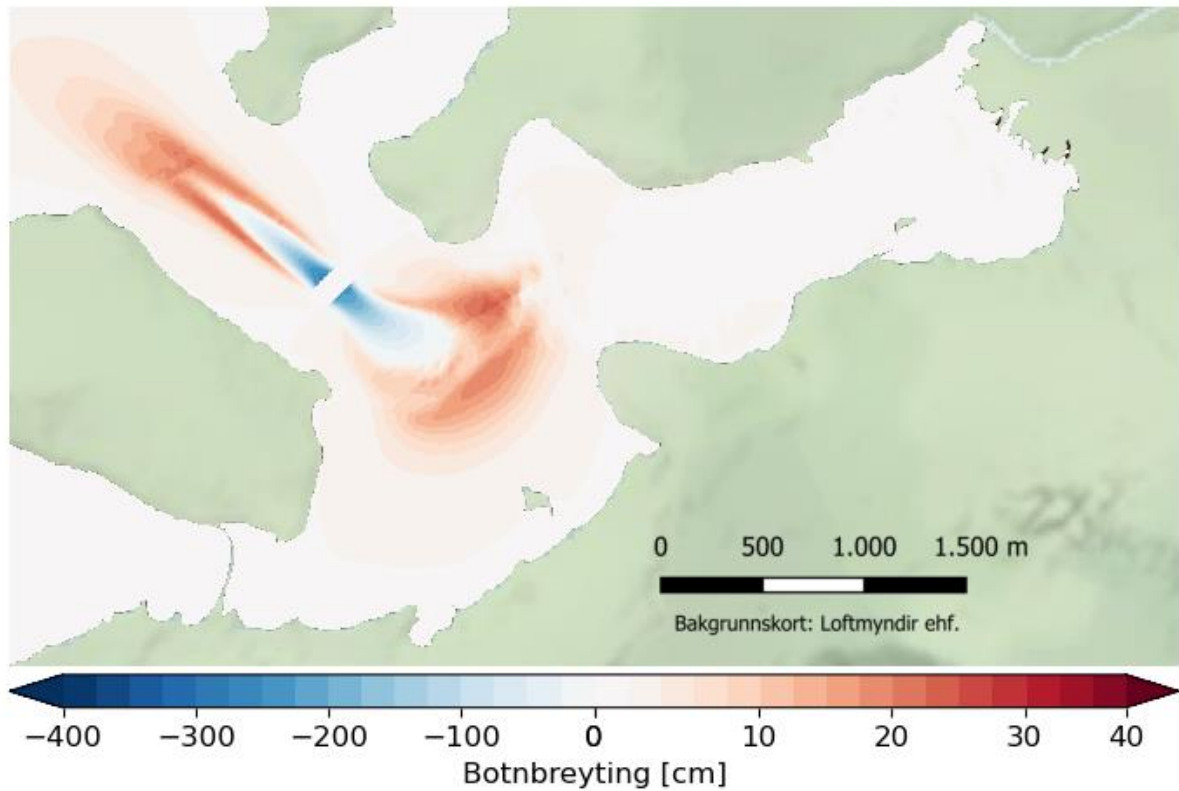
Mynd 136. Hlutfall setmyndunar og rofs innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli A.



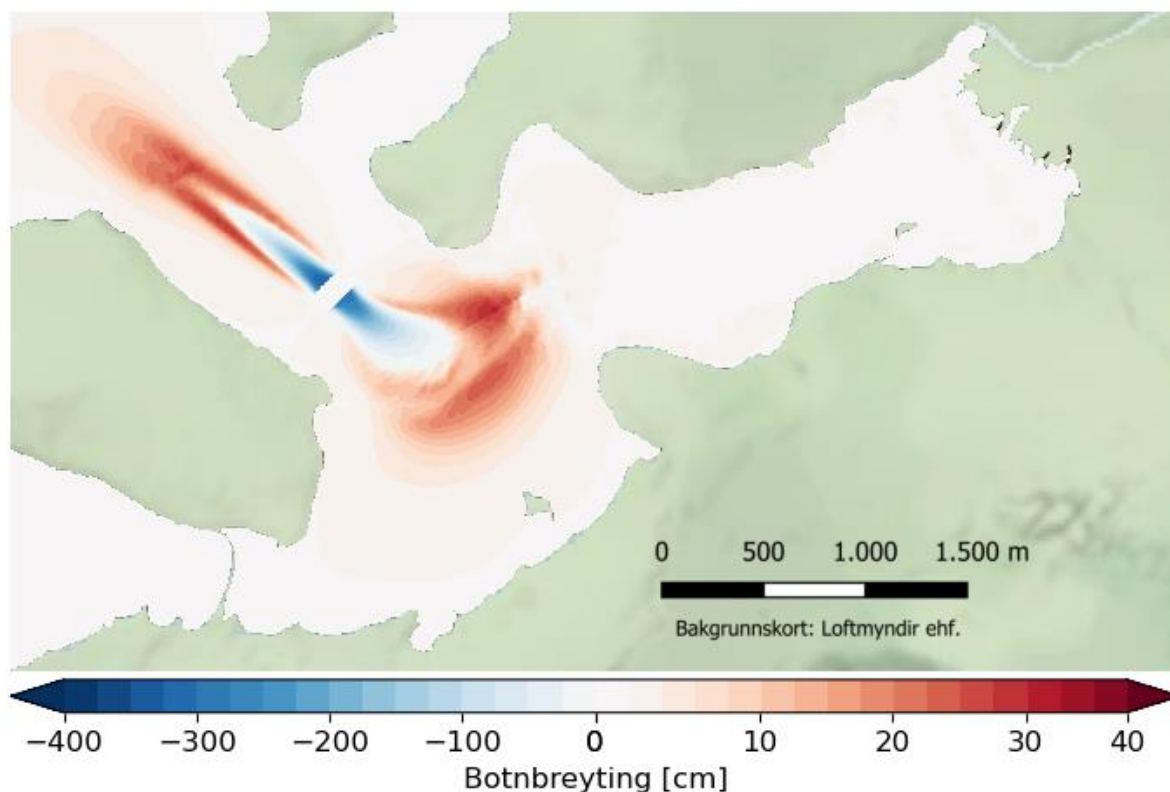
Mynd 137. Uppsafnað rof og setmyndun á svæðinu innan brúar (200 m brúarop) og botnbreyting í viðmiðunarpunkti (tilfelli A).



Mynd 138. Botnbreytingar eftir 1 ár. Tilfelli A (200 m brúarop).



Mynd 139. Botnbreytingar eftir 10 ár. Tilfelli A (200 m brúarop).



Mynd 140. Botnbreytingar eftir 100 ár. Tilfelli A (200 m brúaröpp).

Viðkvæmstu og jafnframt líffræðilega mikilvægustu svæðin eru leirusvæðin í Leiruvogi og Blikastaðakró. Mynd 47 sýnir flokkun leirusvæða samkvæmt vistgerðakorti Náttúrufræðistofnunar Íslands. Stærðir leirusvæðanna eru mögulega vanmetnar, en ætla má að hæstu mögulegu útmörk leirusvæðanna séu stórstraumsfjörumörk. Kortlögðu leirusvæðin eru að heild um 200 ha að flatarmáli, samanborið við flatarmál fjöru 460 ha innan lægstu marka, 430 ha innan lágra stórstraumsfjörumarka við -2,3 m.y.s og 355 ha innan miðgildis stórstraumsfjörumarka -1,75 m.y.s. (sjá Mynd 47, Mynd 170).

Tafla 12 sýnir uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka, þar sést að tæplega fjórðungur sets innan vegfyllingar, 21.125 m³ af um 90.000 m³, nær inn fyrir stórstraumsfjörumörk og um helmingur uppsöfnunar á sér stað fyrsta árið. Uppsöfnun setefna innan miðgildis stórstraumsfjörumarka fyrir tilfelli A eru dregin fram með sambærilegum hætti (tafla 13). Þar má sjá að tæplega fimmtungur efnisins sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarka sest innan miðgildis stórstraumsfjörumarka.

Tafla 12. Uppsöfnun setefna innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m.y.s.), tilfelli A.

Tími frá framkvæmd	Uppsöfnun [m ³]	Mesta þykkt [cm]
1 ár	9.115	8,7
10 ár	18.151	17,6
100 ár	21.125	20,7



Tafla 13. Uppsöfnun setefna innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.), tilfelli A.

Tími frá framkvæmd	Uppsöfnun [m ³]	Mesta þykkt [cm]
1 ár	1.551	4,1
10 ár	3.440	9,0
100 ár	4.350	11,2

Tafla 14, tafla 15 og tafla 16 sýna uppsöfnun innan skilgreindra leirusvæða eftir 1, 10 og 100 ár fyrir tilfelli A. Aðeins lítill hluti efna sem rofna og fara á hreyfingu falla út á leirusvæðunum. Eftir 1 ár hafa safnast upp um 310 m³ á leirusvæðunum, 770 m³ eftir 10 ár og 997 m³ eftir 100 ár, eða 3,4%, 4,2% og 4,7% af því sem safnast á sama tíma innan lágra stórstraumsfjörumarka (Tafla 12). Það efni sem berst inn á leirusvæðin er að mestu fínefni, að mestu silt, stærri korn falla hraðar út næst rofsvæðunum og ná því síður að berast inn á leirusvæðin. Að auki fellur stórt hlutfall af minnstu kornunum ekki til botns innan vegfyllingar (Mynd 134) og eru þau stærri hluta tímans í upplausn en grófari kornin. Hæsta sandhlutfall berst til austurs inn á leirurnar sem eru merktar Leiruvogur innri og ytri (mynd 47). Mikilvægt er samanber umræðu að ofan um óvissur að taka tímaskölum sem hér eru lagðir fram með miklum fyrirvara og nýta þá fyrst og fremst til stuðnings samanburði á tilfellum og kostum.

Tafla 14. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Tilfelli A.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	108	0,3	0,033	6,7	81,1	12,2
Nesvík	46	0,2	0,031	6,7	75,7	17,6
Leiruvogur (ytri)	86	0,4	0,037	5,3	68,4	26,3
Leiruvogur (innri)	68	0,6	0,028	5,3	74,5	20,2
Eiðið	2,2	0,01 ^(a)	0,002	49,1	50,9	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins allra fínustu kornin ná þarna inn.

Tafla 15. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 10 ár. Tilfelli A.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	242	0,6	0,019	10,6	77,7	11,6
Nesvík	109	0,4	0,017	9,4	72,3	18,4
Leiruvogur (ytri)	217	0,6	0,037	7,4	62,0	30,6
Leiruvogur (innri)	194	0,2	0,023	7,5	69,1	23,4
Eiðið	7,2	0,02 ^(a)	0,002	49,9	50,1	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins allra fínustu kornin ná þarna inn.



Tafla 16. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 100 ár. Tilfelli A.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	307	0,7	0,015	11,1	77,6	11,3
Nesvík	140	0,5	0,016	9,5	71,6	18,9
Leiruvogur (ytri)	284	0,6	0,037	7,6	61,5	30,9
Leiruvogur (innri)	256	0,2	0,021	7,7	69,3	23,0
Eiðið	9,7	0,03 ^(a)	0,002	49,4	50,6	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins allra fínustu kornin ná þarna inn.

Niðurstöður fyrir tilfelli A benda því til þess að rof og uppsöfnun verði fyrstu áratugi rekstrartíma sem numið gæti í heildina stærðargráðu nærri 100.000 m³. Gera má þó ráð fyrir að það geti hægist nokkuð á þessu ferli innan u.þ.b. fyrsta áratugarins sem leiði af sér að nýtt jafnvægi botnsins ætti að nást í kjölfarið. Hluti uppsöfnunar verður inni á leirusvæðum, en þó einungis um 3-5% af því sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarka. Hlutfallslega mest af finni kornum ná til leirusvæðanna þrátt fyrir að stór hluti fínustu kornanna tapist út úr kerfinu innan vegfyllingarinnar, en grófari kornin setjast mun nær meginrofsvæðinu.

4.7.6. Tilfelli B – Meira botnrof

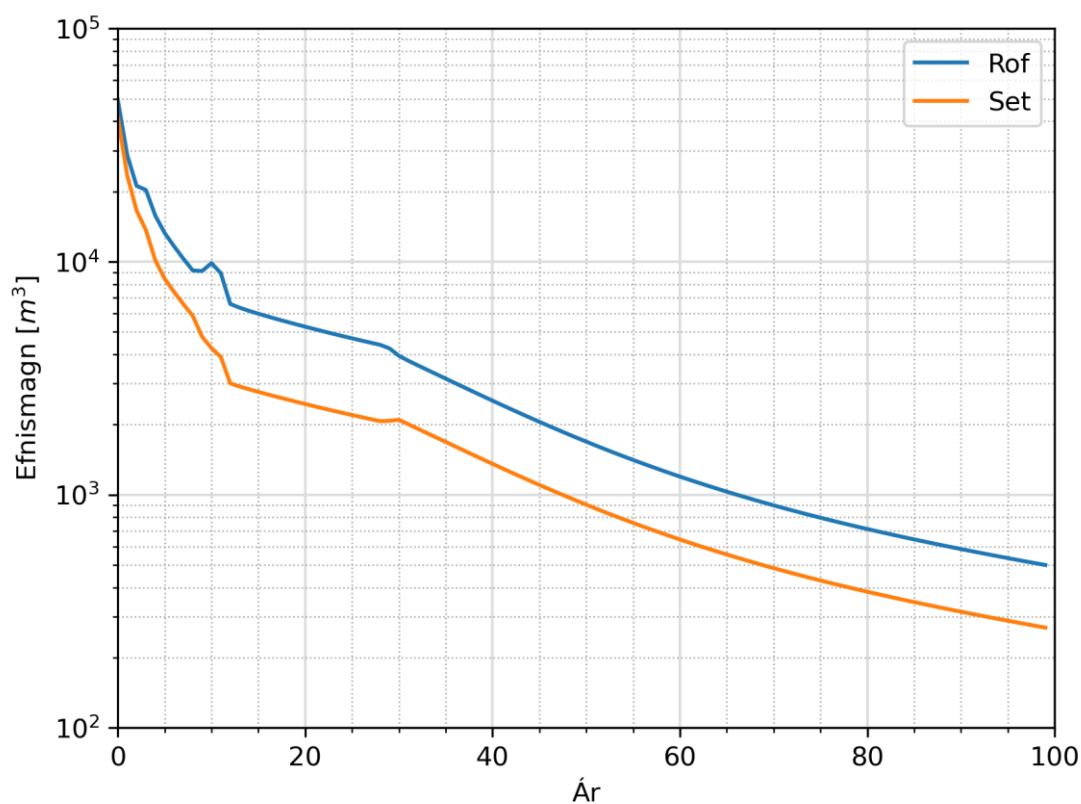
Í tilfelli B er notast við kornastærðardreifingar úr kjarna B sem inniheldur ekki eins þykkt malarlag og í kjarna A, og leiðir því af sér meira rof. Líkt og í tilfelli A sýna líkanniðurstöður að rof og uppsöfnun eru mest fyrstu ár rekstrartíma, þar sem rof innan vegfyllinga nær allt að 30.000 m³ á einu ári (mynd 141). Það er jafnmikið og í tilfelli A því bæði tilfellin nota sömu efnisgerð á yfirborði botns. Með tímanum grefst í gegnum yfirborðslagið og tilfellin sýna mismunandi hegðun vegna mismunandi efniseiginleika neðri laga. Eftir 10 ár hefur hægt á rofi þannig að um 9.000 m³ rofna á ári, og eftir 60 ár rofna rúmlega 1.000 m³. Rofið er um stærðargráðu meira en í tilfelli A, en auk þess er meiri breytileiki í rofhraðanum vegna þess að það grefst niður á fleiri ólík efnislög sem hafa mismunandi áhrif á rofhraða. Stærri hluti efnis sem rofnar skolest út án þess að setjast innan brúarops og er það töluvert breytilegt eftir því hvaða efnisgerð er ráðandi, en almennt hærra hlutfall en í tilfelli A (mynd 142).

Mynd 143 sýnir að uppsafnað rof og setmyndun í rúmmetrum á öllu svæðinu innan vegfyllingar auk botnbreytingar í viðmiðunarpunkti staðsettum tæplega 300 m innan við brúaropið (mynd 47). Eftir um 30 ár fer að hægja á rofi og setmyndun en ekki er komið á jafnvægi í rofi eftir 100 ár (sjá einnig mynd 141). Fyrstu 20 árin hafa rofnað í heildina um 250.000 m³ efnis innan vegfyllingar meðan að í kringum 170.000 m³ hafa sest þar og því hafa um 32% efnisins sem rofnar tapast út af svæðinu. Eftir 100 ár hafa rúmlega 400.000 m³ efnis rofnað og um 250.000 m³ efnis sest, því er heildartap á efni út úr svæðinu á tímabilinu tæplega 38%. Samanborið við tilfelli A þá er um að ræða fjórfalt meira rof innan vegfyllingar, en þreföldun í magni sets.

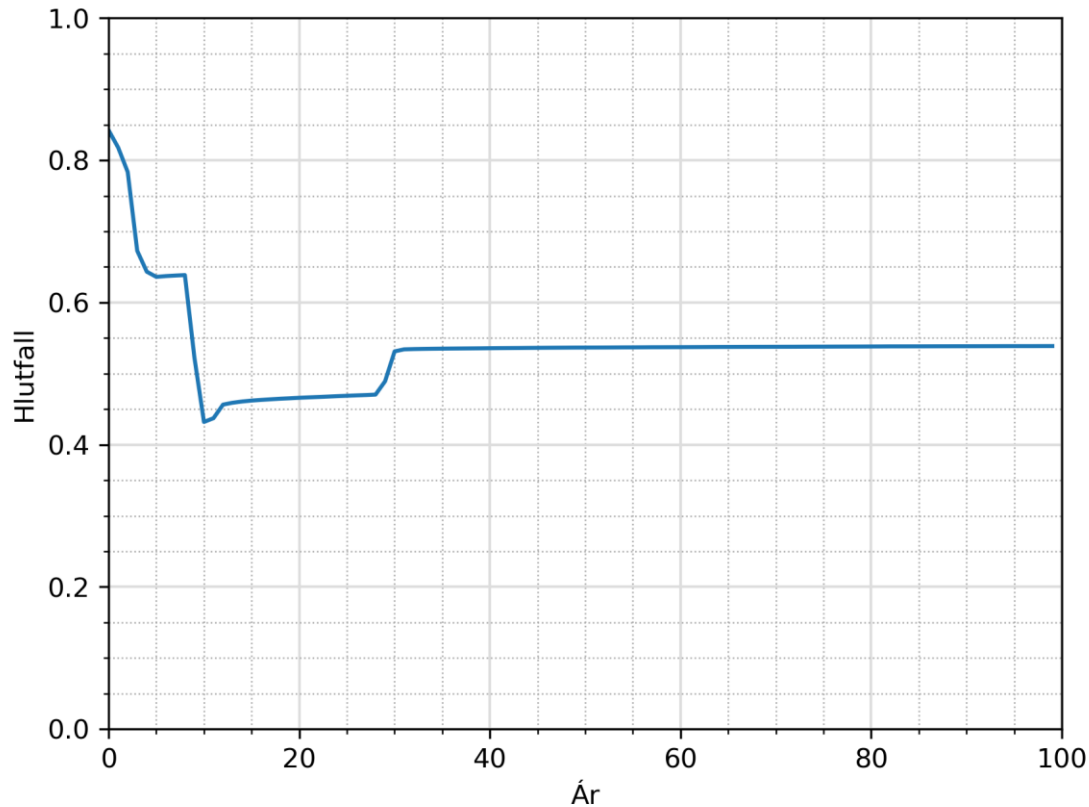
Aukin útskolun skýrist af hærra hlutfalli finni korna neðar í botninum. Þótt hlutfall finni efna sé jafnvel hærra í kjarna A, þá ná þau ekki að hafa áhrif því jafnvægi næst áður en rof nær að grafa niður að þeim. Að sama skapi má sjá að fyrstu 20 árin lækkar botninn í viðmiðunarpunktinum um 2,5 m en nærri 4 m

eftir 100 ár. Eins og komið hefur fram hér að framan verður að taka öllum tímaskölum með fyrirvara og horfa til þeirrar óvissu sem reikningarnir eru bundnir.

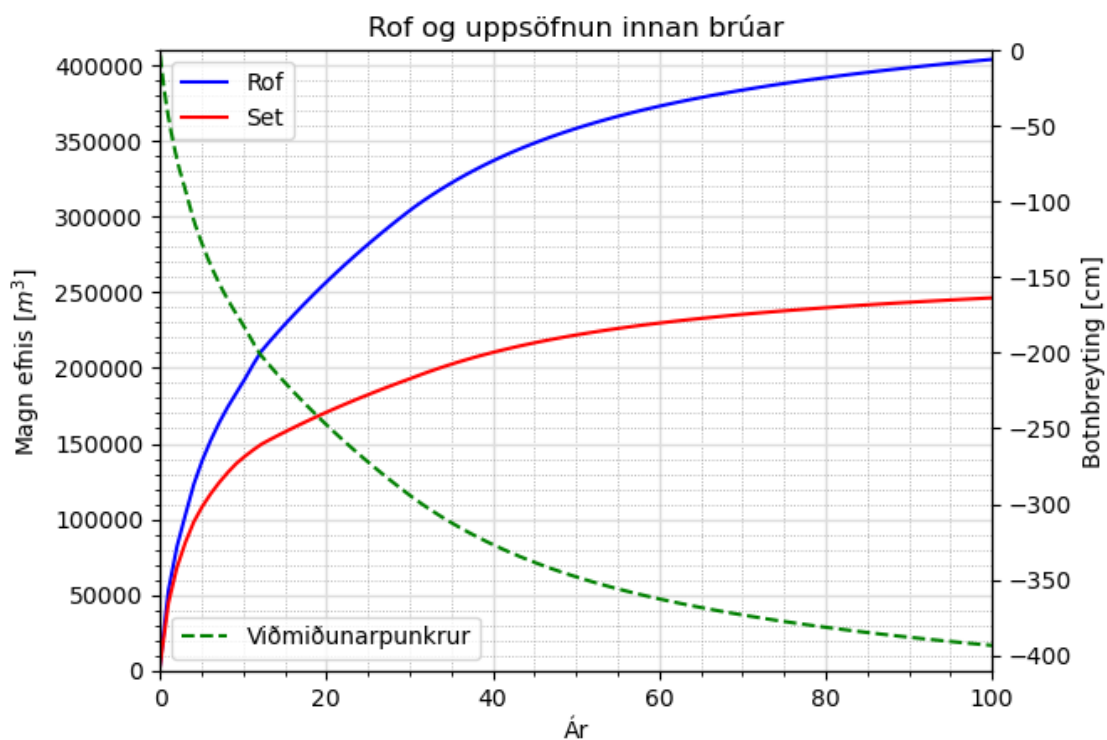
Mynd 144, mynd 145 og mynd 146 sýna botnbreytingar á svæðinu eftir 1, 10 og 100 ár fyrir tilfelli B. Líkt og í tilfelli A eru rofsvæðin að mestu innan u.þ.b. 500 metra frá brúaropi, rofið er mest næst brúaropinun þar sem straumhraðar og skerspenna eru hæst. Innan veglínu er rofsvæðið breiðara en utan við brú. Einnig eins og í tilfelli A er mesta uppsöfnunin á svæðum samliggjandi rofsvæðinu, þar sem stór partur efnis er sandur sem fellur nokkuð hratt út og sest því að mestu þegar hann berst inn á svæði með minni skerspennu. Utan brúar nær uppsöfnunarsvæðið vestur fyrir Þerney. Innan veglínu er mesta uppsöfnun utan stórstraumsfjörumarka út af Blikastöðum og milli Blikastaðaness og Gunnuness þar sem mesta uppsöfnun nær um 80 cm í jafnvægisástandi.



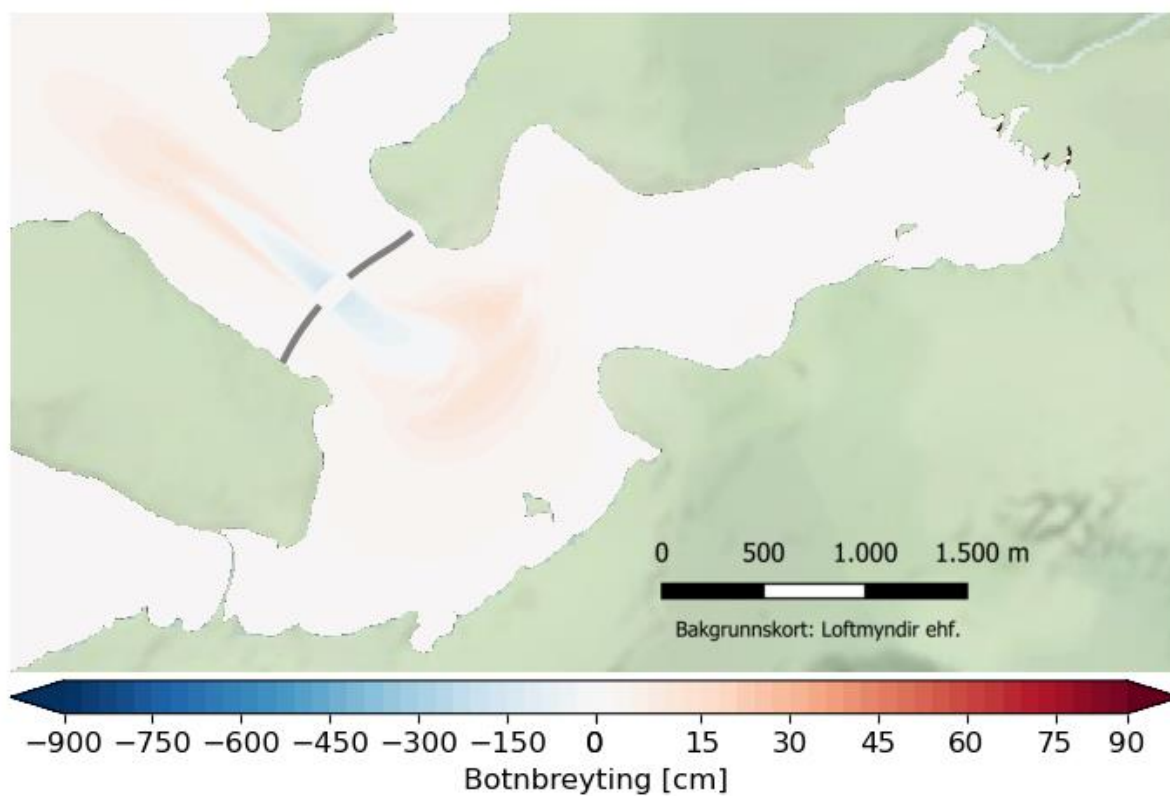
Mynd 141. Rof og setmyndun innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli B.



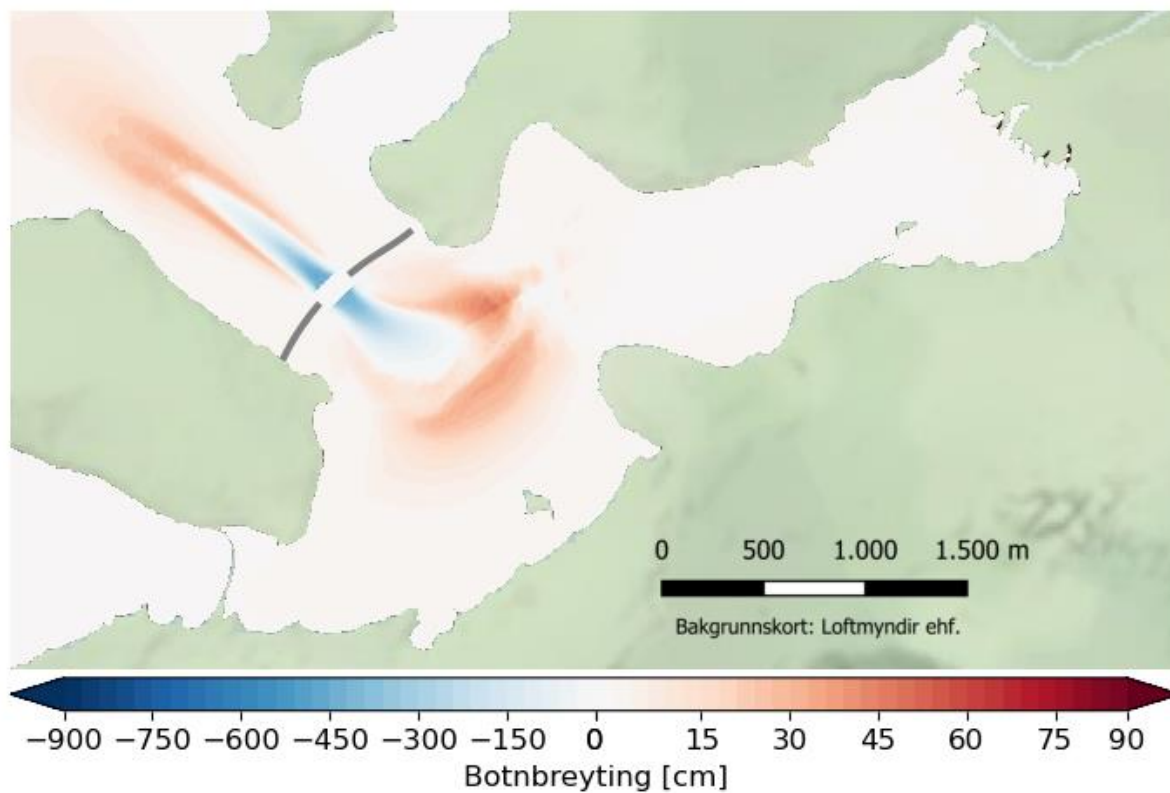
Mynd 142. Hlutfall sets og rofs innan brúar á ársgrunni (200 m brúarop). Tilfelli B.



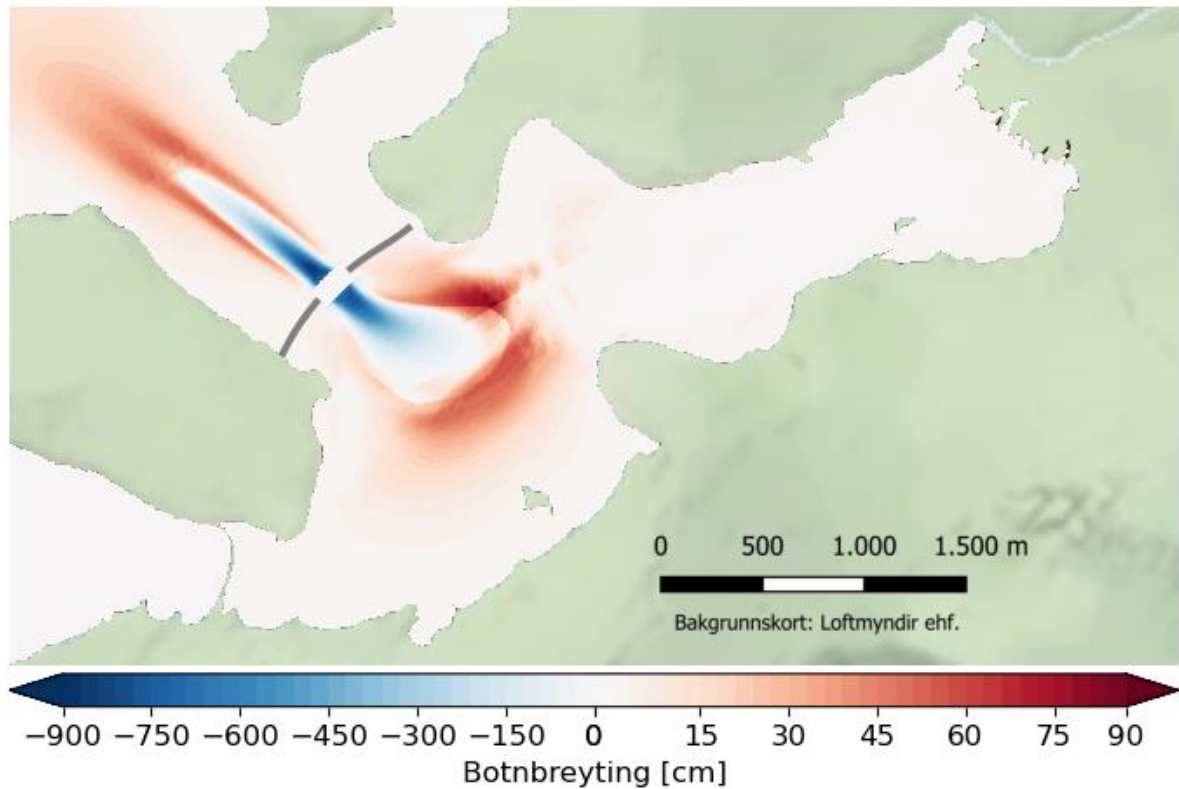
Mynd 143. Uppsafnað rof og setmyndun innan brúar (200 m brúarop), og botnbreyting í viðmiðunarpunkti. Tilfelli B.



Mynd 144. Botnbreytingar eftir 1 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).



Mynd 145. Botnbreytingar eftir 10 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).



Mynd 146. Botnbreytingar eftir 100 ár. Tilfelli B (200 m brúarop).

Tafla 17 sýnir uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka, þar sést að um fjórðungur sets innan vegfyllingar, 89.150 m³ af rúmlega 400.000 m³, nær inn fyrir lág stórstraumsfjörumörk. Um 14% heildaruppsöfnun innan vegfyllingar á sér stað fyrsta árið samanborið við tæplega helming í tilfelli A. Vert er að ítreka að töluverð óvissa er á tímaskölum og þeir eru einungis settir fram til viðmiðunar og samanburðar. Uppsöfnun setefna innan miðgildis stórstraumsfjörumarka fyrir tilfelli B eru dregin fram með sambærilegum hætti og fyrir tilfelli A (tafla 18). Þar má sjá að tæplega þriðjungur efnisins sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarka sest innan miðgildis stórstraumsfjörumarka. Það er töluvert meira en í tilfelli A sem skýrist af hærra hlutfalli fínefna í sjávarbotninum sem skilgreindur er fyrir tilfelli B. Það tekur einnig töluvert lengri tíma fyrir efnið að safnast fyrir efst í fjörunni þar sem einungis um 8% af heildarefninu sem safnast yfir 100 ára tímabil sest á fyrsta árinu.

Tafla 17. Uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m y.s.), tilfelli B.

Tími frá framkvæmd	Uppsöfnun [m ³]	Mesta þykkt [cm]
1 ár	12.600	11,4
10 ár	44.420	34,1
100 ár	89.150	57,7



Tafla 18. Uppsöfnun innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.), tilfelli B.

Tími frá framkvæmd	Uppsöfnun [m ³]	Mesta þykkt [cm]
1 ár	2.270	5,5
10 ár	11.190	20,0
100 ár	28.730	37,5

Tafla 19, tafla 20 og tafla 21 sýna uppsöfnun innan skilgreindra leirusvæða eftir 1, 10 og 100 ár fyrir tilfelli B. Aðeins lítill partur sets fellur út á leirusvæðunum, að mestu fínefni og þá að langstærstum hluta silt. Stærri korn falla hraðar út nær rofsvæðunum og ná því síður að berast inn á leirusvæðin. Eftir 1 ár hafa safnast upp um 467 m³ á leirusvæðunum, 3.437 m³ eftir 10 ár og 10.889 m³ eftir 100 ár, eða 3,7%, 7,7% og 12,2% af því sem safnast á sama tíma innan lágra stórstraumsfjörumarka (Tafla 17). Hæsta hlutfall sands berst austur inn á leirurnar sem eru merktar Leiruvogur innri og ytri (mynd 47). Eftir því sem líður á verður hærra hlutfall fínefna, þ.e. silts, sem fellur út á leirusvæðunum.

Tafla 19. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Tilfelli B.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	162	0,4	0,034	6,9	82,4	10,7
Nesvík	68,5	0,3	0,032	7,0	77,3	15,7
Leiruvogur (ytri)	130	0,58	0,037	5,5	71,6	22,9
Leiruvogur (innri)	103	0,12	0,031	5,6	76,5	17,9
Eiðið	3,2	0,01 ^(a)	0,002	50,6	49,6	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins allra fínustu kornin ná þarna inn.

Tafla 20. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 10 ár. Tilfelli B.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	1070	2,0	0,013	6,9	88,0	5,1
Nesvík	512	1,6	0,012	6,0	85,5	8,5
Leiruvogur (ytri)	894	1,8	0,023	5,2	80,2	14,6
Leiruvogur (innri)	930	0,1	0,015	4,5	86,1	9,3
Eiðið	30,5	0,1	0,004	36,1	63,9	0



Tafla 21. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 100 ár. Tilfelli B.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	3358	5,0	0,009	6,1	91,6	2,3
Nesvík	1758	4,7	0,010	5,0	90,2	4,8
Leiruvogur (ytri)	2653	5,0	0,014	4,8	87,0	8,2
Leiruvogur (innri)	3007	2,3	0,016	3,7	91,8	4,5
Eiðið	113	0,4	0,005	27,4	72,6	0

Niðurstöður fyrir tilfelli B benda því til þess að rof verði fyrsta áratug rekstrartíma sem numið gæti í heildina stærðargráðu nærri 200.000 m³ og að setsöfnun á sama tíma gæti verið nærri 150.000 m³. Gera má þó ráð fyrir að einungis lítillega hægist á þessu ferli í kjölfarið og að það gæti tekið tiltölulega langan tíma að ná fram nýju jafnvægi botnsins. Með fyrirvara um óvissu í metnum tímaskölum gera niðurstöður ráð fyrir að jafnvægi sé ekki náð að 100 árum liðnum þótt verulega hafi hægst á þróuninni.

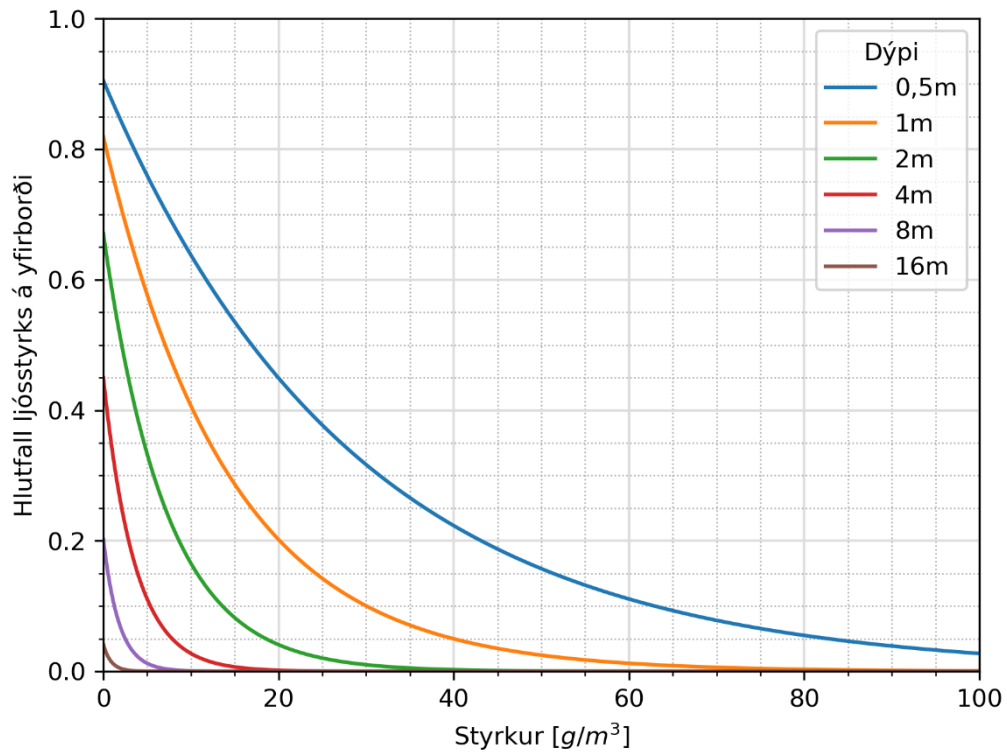
Hluti uppsöfnunar verður inni á leirusvæðum, sem svarar til um 4-12% af því sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarka eftir því sem tíma og rofi vindur fram. Hlutfallslega mest af finni kornum ná til leirusvæðanna þrátt fyrir að stór hluti fínustu kornanna sest ekki innan vegfyllingarinnar, en grófari kornin setjast mun nær meginrofsvæðinu. Mun stærri hluti efnisins sem rofnar í tilfelli B er fínkorna samanborið við tilfelli A og leiðir það bæði af sér mun lengri tíma þar til jafnvægisástand kann að nást og að meira magn fínefna er í umferð og kann því að setjast inn á leirusvæðin.

4.7.7. Grugg af völdum botnrofs

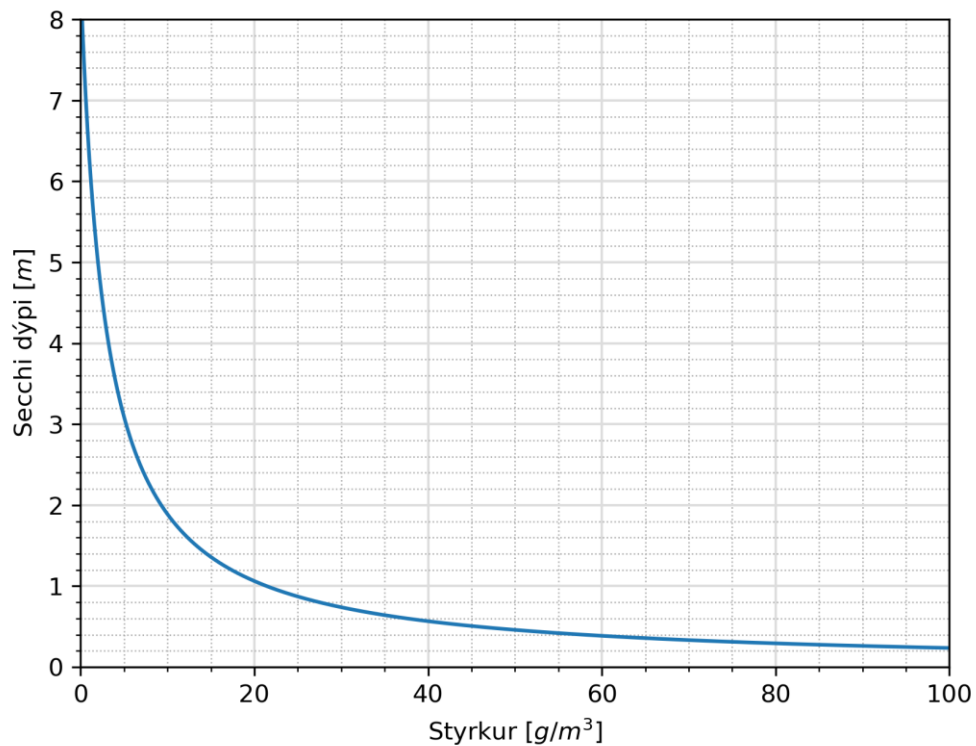
Botnrof sem fjallað er um hér á undan leiðir til setflutninga, við það gruggast vatn sem hefur áhrif á birtuskilyrði í sjónum. Fínustu efnin rofna mest, dreifast yfir stærsta svæðið og haldast gjarnan svo lengi í upplausn að stór hluti þeirra skolast út úr kerfinu innan vegfyllingar (kafla 4.7.4). Þau hafa því víðtækust áhrif á grugg. Lögmál Lambert-Beer lýsir því hvernig ljósstyrkur í vatnssúlunni dempast með dýpi með hliðsjón af ljósdeyfistuðli sem ákvarðast af bakgrunnsástandi sjávar svo sem styrk uppleystra efna og magni þörunga en einnig styrk svifaurs. Samband (fylgni) bakgrunnspátta og styrks svifaurs við ljósdeyfistuðul fæst með tilraunum. Ekki liggja fyrir mælingar á ljósstyrk í Sundunum en Hafrannsóknastofnun hefur gert mælingar í Hvalfirði og lagði fram viðmið fyrir greiningarnar hér úr þeim rannsóknnum. Auk þess hafa umfangsmiklar rannsóknir farið fram við Bretlandseyjar (Devlin o.fl., 2008) og verður stuðst við þær ásamt viðmiðum Hafrannsóknastofnunar í eftirfarandi greiningum. Sjá má þannig að ljósstyrkur fellur hratt bæði með dýpi og auknum styrk svifaurs (mynd 147).

Rýni (sjóndýpi) er gjarnan metið sem það dýpi sem stöðluð rýnisskífa (Secchi diskur) hverfur sjónum einstaklings sem rýnir ofan í vatnið frá yfirborði. Secchi dýpi er háð ljósdeyfistuðlum þannig að hægt er að draga saman samband Secchi dýpis við svifaursstyrk (mynd 148) eða ljósstyrk (mynd 149).

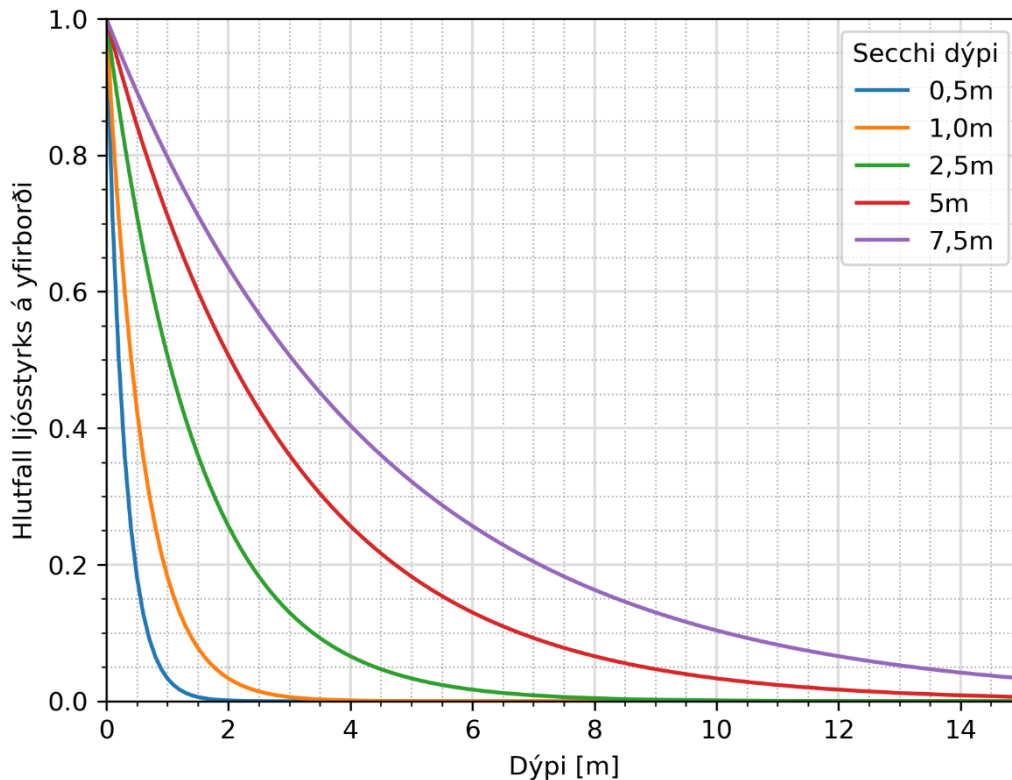
Styrkur svifaurs reiknast út frá botnrofslíkani og tvístrunar- og burðarjöfnum og er því háður óvissu í rofhraða, efnisgerð og straumsviði. Þyngst vegur óvissa í efnisgerð, sér í lagi hlutfall allra fínustu korna-stærða, sem falla hægt út og spila þar með stórt hlutverk í gruggmyndun.



Mynd 147. Samband styrks svifauers og hlutfalls ljósstyrks við yfirborð sem nær niður á ákveðið dýpi.



Mynd 148. Samband heildarstyrks svifauers og Secchi dýpis við aðstæður sem hér er gert ráð fyrir.



Mynd 149. Ljósstyrkur eftir dýpi sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði, fyrir mismunandi Secchi dýpi.

Miðað við forsendur um bakgrunnspætti sem hér er reiknað með er gert ráð fyrir að Secchi dýpi í sjó sem inniheldur engan svifaur verði um 8,5 m. Secchi dýpið lækkar hins vegar hratt þegar svifaur bætist við og verður um 3 m við 5 g/m^3 styrk svifaurs og um 1 m við 20 g/m^3 , en fellur niður í um 20 cm við 100 g/m^3 (mynd 148).

Reikningar miðast við hálfsmánaðar tímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfalla-bylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Reikningar miðast einnig við botngerð eins og hún er áætluð við upphaf rekstrartíma, sem byggir á greiparsýni nálægt fyrirhuguðu brúaropi og er því ekki gerður greinarmunur á borkjarnatilfellum A og B líkt og í kaflanum hér á undan.

Aðeins er horft til áhrifa sjávarfallastrauma en ekki áhrifa öldu og vinds. Að jafnaði (50% hlutfallsmörk) veldur víxlverkun við öldu aðeins lítilsháttar hraða- og skerspennuaukningu á rofsvæðinu. Þessi skerspennuaukning leiðir til örlítið meira rofs og hærri styrks svifaurs en á móti kemur að útskolun úr kerfinu innan vegfyllingar eykst við sömu aðstæður sem gæti lækkað styrk svifaurs ef atburðir eru nægjanlega langir.

Aukinn vindur gæti staðbundið á grynningum valdið aukinni skerspennu við botn og þ.a.l. auknu rofi og hærri styrk svifaurs, óháð rofi á rofsvæði vegna brúarops, sem myndi þá leggjast ofan á þann styrk svifaurs sem hér er metinn. Við þessar aðstæður leggst styrkur svifaurs vegna mismunandi þátta saman, ljósstyrkur og rýni verða lægri en hlutfallsleg áhrif þurfa ekki endilega að verða meiri. Eftir því sem meira framboð er af efni á grynningunum samhliða auknu rofi í kjölfar þverunar má þó ætla að vindatburðir sem aukið geta skerspennu við botn á grynningunum myndu leiða til enn hærri svifaursstyrks en hér er greint frá og er því greiningin hvað það snertir ekki varfærin. Á móti kemur að einungis er horft til hálfsmánaðar viðmiðunartímabils, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi



svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), og því mætti ætla að mat gagnvart þætti sjávarfalla sé varfærið.

Hlutfallsmörk í þeim reiknuðu breytum sem tengjast svifaur og ljósstyrk og greint er frá að neðan svara þannig til hlutfalls tímans yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabilið sem innifelur hlutfallslega stórt mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi (85% hlutfallsmörk). Ætla mætti að ef tekið væri tillit til tímabila þar sem hlutfallsmörk mesta útslags sjávarfallabylgju á stórstreymi væri lægra myndu hlutfallsmörk sem tengjast svifaur og ljósstyrk lækka í takti við það og væru síður varfærin. Ekki liggur fyrir hvort áhrifa vinds við að auka svifaursstyrk myndu vega upp á móti þeim mun hvað varfærni snertir. Líkt og að ofan greinir má þannig ætla að um varfærið mat sé að ræða gagnvart þætti sjávarfalla og hvernig venjubundnar aðstæður eru líklegar til að breytast að lokinni framkvæmd, en að sama skapi telst ólíklegt að farið sé nærri mati á verstu aðstæðum.

Núverandi aðstæður

Við núverandi aðstæður í Leiruvogi má ætla að svifaur sé almennt til staðar. Leiruvogur er á stórum hluta grunnur og botninn aflíðandi þannig að mikill munur getur verið á staðsetningu fjöruborðs eftir sjávarfallasveiflu, þetta leiðir til skerspennu við botn þegar fjarar út, sem getur leitt af sér að efni fer á hreyfingu og kemst í upplausn. Efni innarlega í Leiruvogi á leirusvæðum er meira samloðandi en efni sem rofnar við búraropið og er tekið tillit til þess þegar svifaursstyrkur af völdum sjávarfalla er áætlaður.

Reiknað er með áhrifum sjávarfallastrauma, en áhrif af völdum öldu og vinds geta aukið styrk svifaurs í upplausn í atburðum. Niðurstöður útskolunar benda til þess að við slíka atburði geti útskolun efna úr voginum aukist ef þeir standa yfir nægjanlega lengi, sérstaklega fyrir allra fínustu efnin sem berast greiðlega með straumum og valda auknum svifaursstyrk og gruggi óháð því hvort þau skolast út úr kerfinu. Greiningin hér snýr að áhrifum sem koma fram öllu jöfnu vegna sjávarfalla í kjölfar þverunar óháð atburðum og kann því að vera ekki varfærin hvað snertir mat á mesta svifaursstyrk en er líkleg til að vera varfærin með hliðsjón af þætti sjávarfalla þar sem stuðst er við hálfsmánaðar viðmiðunartímabil sem innifelur hlutfallslega stórt mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi (85% hlutfallsmörk).

Greiningin leiðir af sér samanburðarhæft mat á mögulegum núverandi aðstæðum við þær aðstæður sem lagt er mat á að þverun lokinni. Ef greining að þverun lokinni myndi innifela þátt öldu og vinds væri ástæða til að innifela slík áhrif sömuleiðis fyrir núverandi aðstæður. Hins vegar má ætla að vegna þess aukna framboðs sem verður á botnefnum til að berast í upplausn að þverun lokinni má ætla að þáttur öldu og vinds geti leitt til enn hærri frávika í svifaursstyrk frá venjubundnum aðstæðum að þverun lokinni en núverandi aðstæður eru líklegar til að gera. Af því leiðir að þótt ætla megi að greiningin hér sé varfærin hvað þátt sjávarfalla snertir gagnvart venjubundnum aðstæðum, er ólíklegt að hún greini frá mögulegum verstu aðstæðum varðandi grugg af völdum botnrofs í Leiruvogi í kjölfar þverunar.

Þegar reiknaður svifaursstyrkur við núverandi aðstæður út frá framangreindum forsendum er skoðaður yfir stórstraumssveiflu (mynd 150) sést að svifaursstyrkur verður mjög breytilegur (mynd 151). Á stórstraumsfjöru er enn til staðar hár svifaursstyrkur nærri 30 g/m^3 á mjög afmörkuðu svæði við stórstraumsfjörumörk (tímunktur 1). Á aðfalli tveimur klukkustundum síðar gætir hækkaðs svifaursstyrks austan þess svæðis, ríflega 5 g/m^3 . Töluverð hækkun verður síðan á svifaursstyrk ($10 - 15 \text{ g/m}^3$) vegna hás straumhraða þegar fellur enn frekar að (tímunktur 4) en á flóði fellur svifaursstyrkur verulega og verður vart merkjanlegur (tímunktur 7). Á útfalli rofnar umtalsvert efni og svifaursstyrkur verður nærri 20 g/m^3 við hæsta straumhraða (tímunktur 10). Þegar fjarar enn frekar



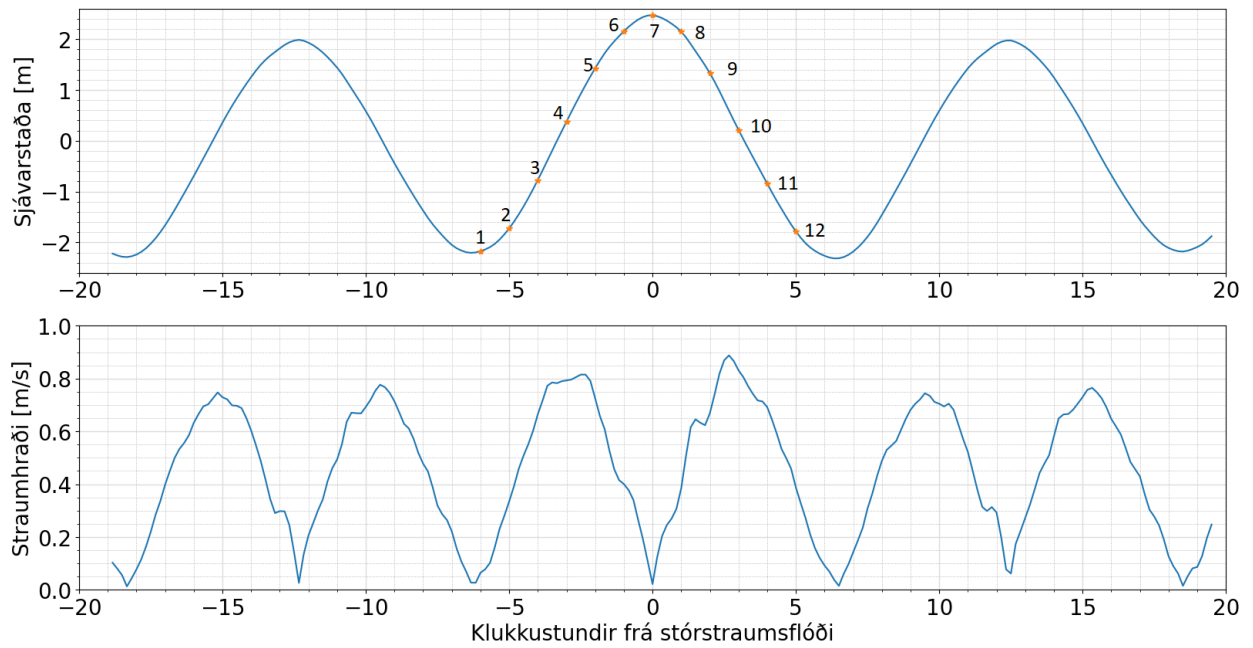
út eykst svifaursstyrkur enn frekar í grunnu vatninu (tímapunktur 11) og verður um 20 – 40 g/m³. Nærri háfjöru (tímapunktur 12) hækkar svifaursstyrkur verulega til viðbótar í enn grynna vatni (mynd 151).

Horft var til reiknaðra tímaraða á ljósstyrk við botn, svifaursstyrk og Secchi dýpis í viðmiðunarpunktum (mynd 152) yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabilið og þær tíðnigreindar til ákvörðunar á hlutfalli tímans sem tiltekið gildi eða minna væri til staðar (mynd 153). Ljósstyrkur við botn að teknu tilliti til bakgrunnsaðstæðna en ekki svifauris er einungis háður dýpi og getur því á hverjum stað verið breytilegur eftir stöðu sjávarborðs (mynd 153, efri vinstri). Utan Leiruvogs (viðmiðunarpunktur 1) er ljósstyrkur við botn 50% tímans einungis 10% af því sem er við yfirborð vegna tiltölulega mikils dýpis. Eftir því sem grynna hækkar ljósstyrkshlutfallið við botn verulega og þegar komið er í nálægð við lág stórstraumsfjörumörk (viðmiðunarpunktur 4) verður ljósstyrkshlutfallið 50% tímans hátt í 0,7, þ.e. 70% af því sem er á yfirborði.

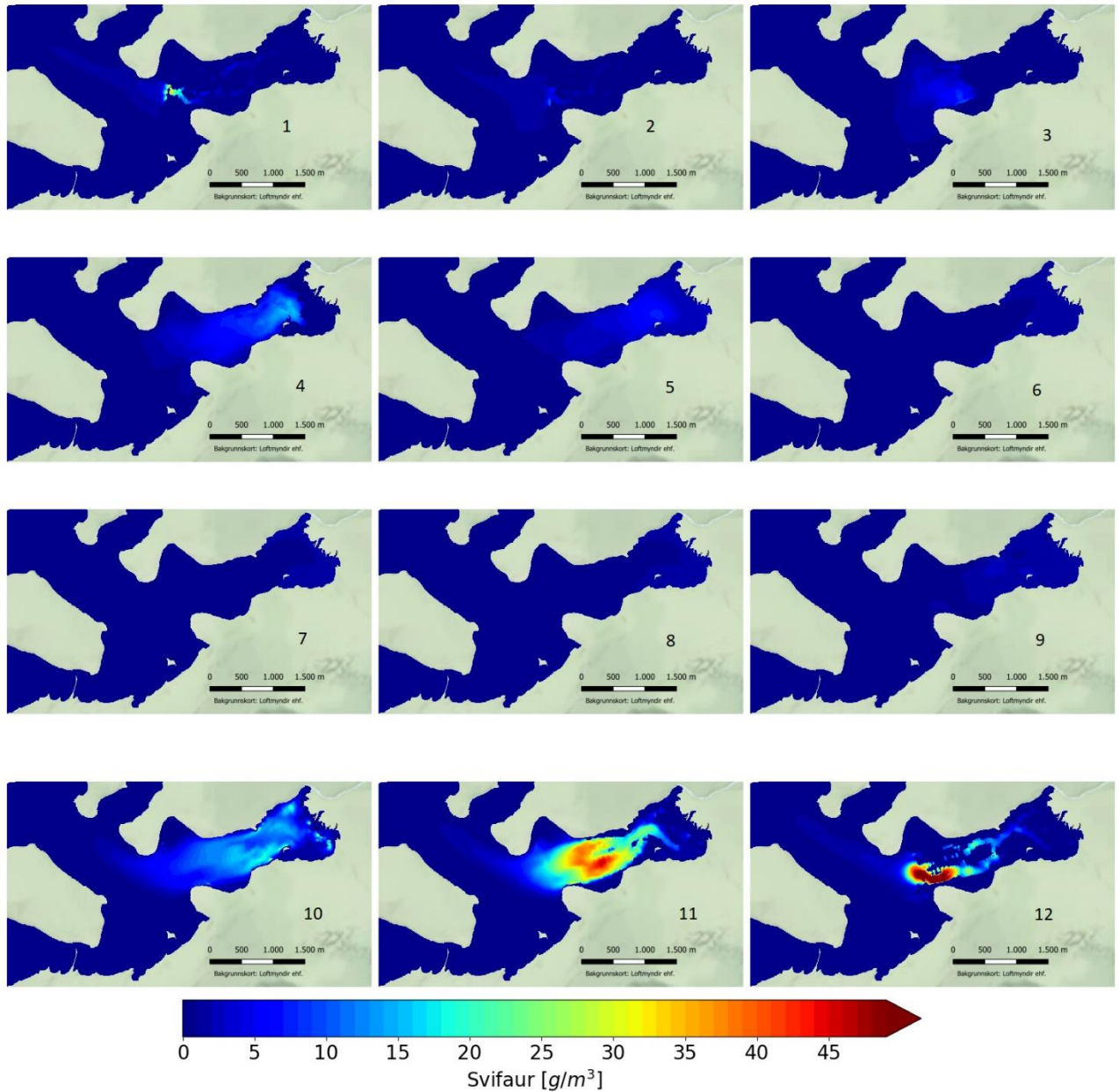
Reiknaður svifaursstyrkur við áætlaðar núverandi aðstæður er óverulegur utan Leiruvogs og í mynni hans (viðmiðunarpunktar 1 og 2) en eykst merkjanlega þegar innar dregur í voginum (mynd 153, efri hægri). Á það þó einungis við yfir 50% tímans þar sem styrkur undir 50% tímans er óverulegur í öllum viðmiðunarpunktum fyrir utan punkt 6 sem er tiltölulega innarlega í voginum (mynd 152). Fyrir um 90% tímans er svifaursstyrkur um 7-14 g/m³ í viðmiðunarpunktum 4 til 6, en fer í allt að um 40 g/m³ við hæstu hlutfallsmörk (mynd 153, efri hægri).

Þegar tekið er tillit til þessa reiknaða svifaursstyrks gagnvart ljósstyrk við botn (mynd 153, neðri vinstri) verða breytingar einungis lítillegar utan og í mynni Leiruvogs (viðmiðunarpunktar 1 og 2) en heldur meiri þegar innar dregur í voginum. Tilsvareandi Secchi dýpi breytist mjög verulega eftir því sem innar dregur í voginum (mynd 153, neðri hægri).

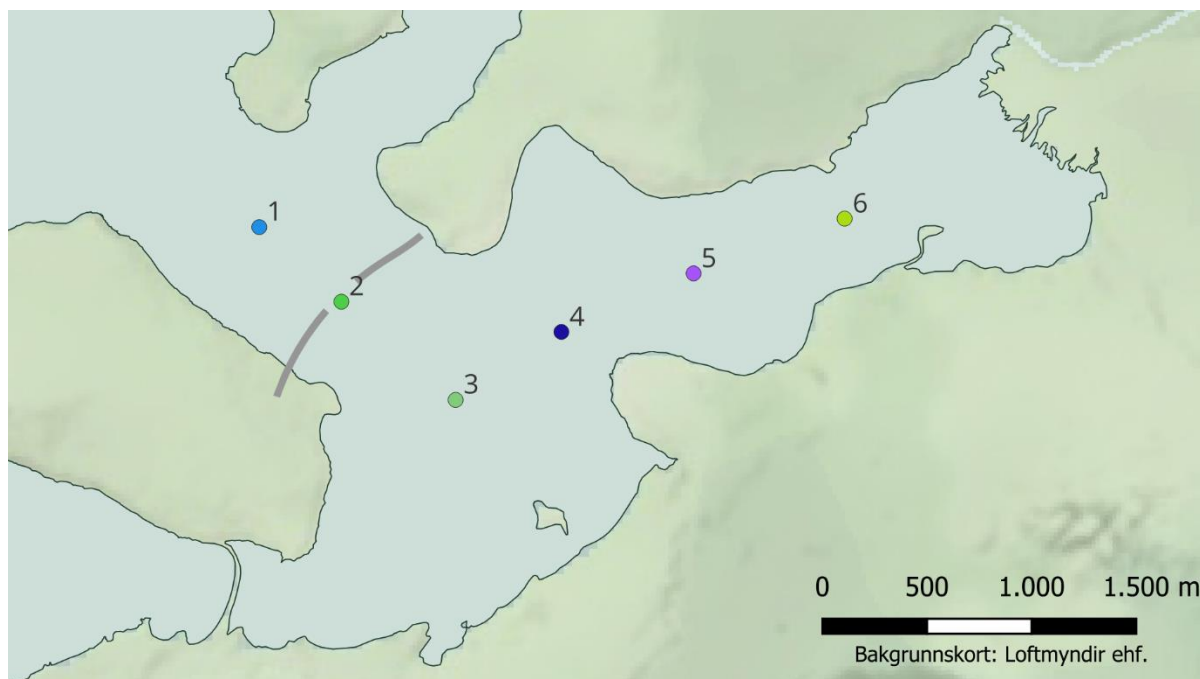
Ofangreindar sömu breytur má greina í plani yfir Leiruvog fyrir valin hlutfallsmörk (mynd 154 til mynd 157). Þar sem ljósstyrkur við botn án svifauris er einungis háður dýpi verður lítil munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks þar sem munurinn skýrist aðeins af mismunandi sjávarhæð með sjávarföllum (mynd 154). Nokkur breytileiki er í svifaursstyrk á grynningarsvæðunum í Leiruvogi við flest hlutfallsmörk (mynd 155) en mjög lítinn styrk er að finna utan þeirra svæða. Þegar tekið er tillit til svifaurisins við ákvörðun á ljósstyrk við botn breytist myndin töluvert, sér í lagi gagnvart minni hluta tímans og verður þá ljósstyrkur við botn merkjanlega takmarkaðri en ef svifaurisins nyti ekki við (mynd 156). Leiðir þetta af sér að Secchi dýpið getur orðið nokkuð lágt á grynningarsvæðunum, en utan þeirra er það helst meðfram Gunnunesi sem slíkra áhrifa gætir minni hluta tímans (mynd 157).



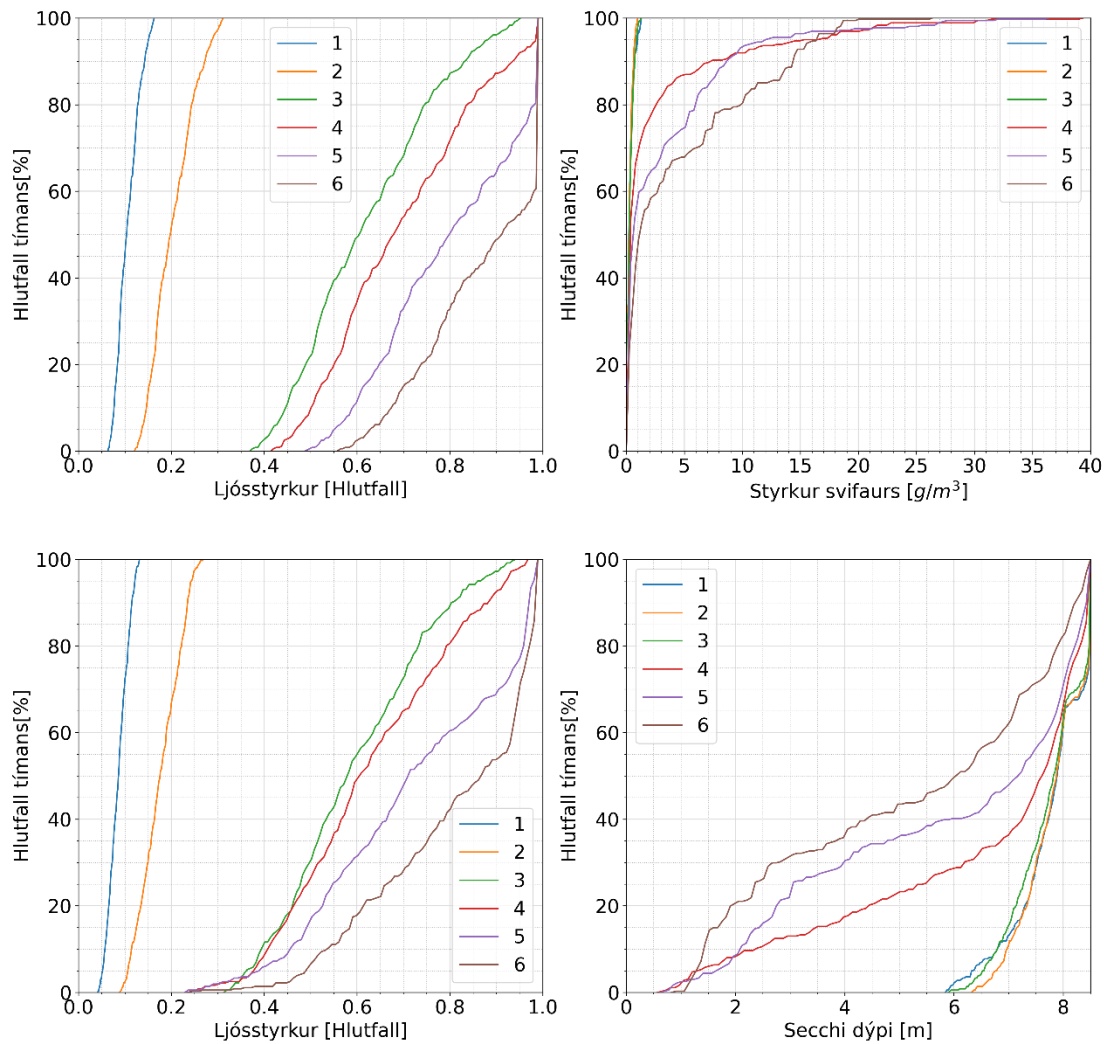
Mynd 150. Sjávarstaða við meðalsjó og straumhraði í brúaropi á stórstraumi ásamt viðmiðunar-
tímasetningum 1-12 á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu stórstraumsfjöru.



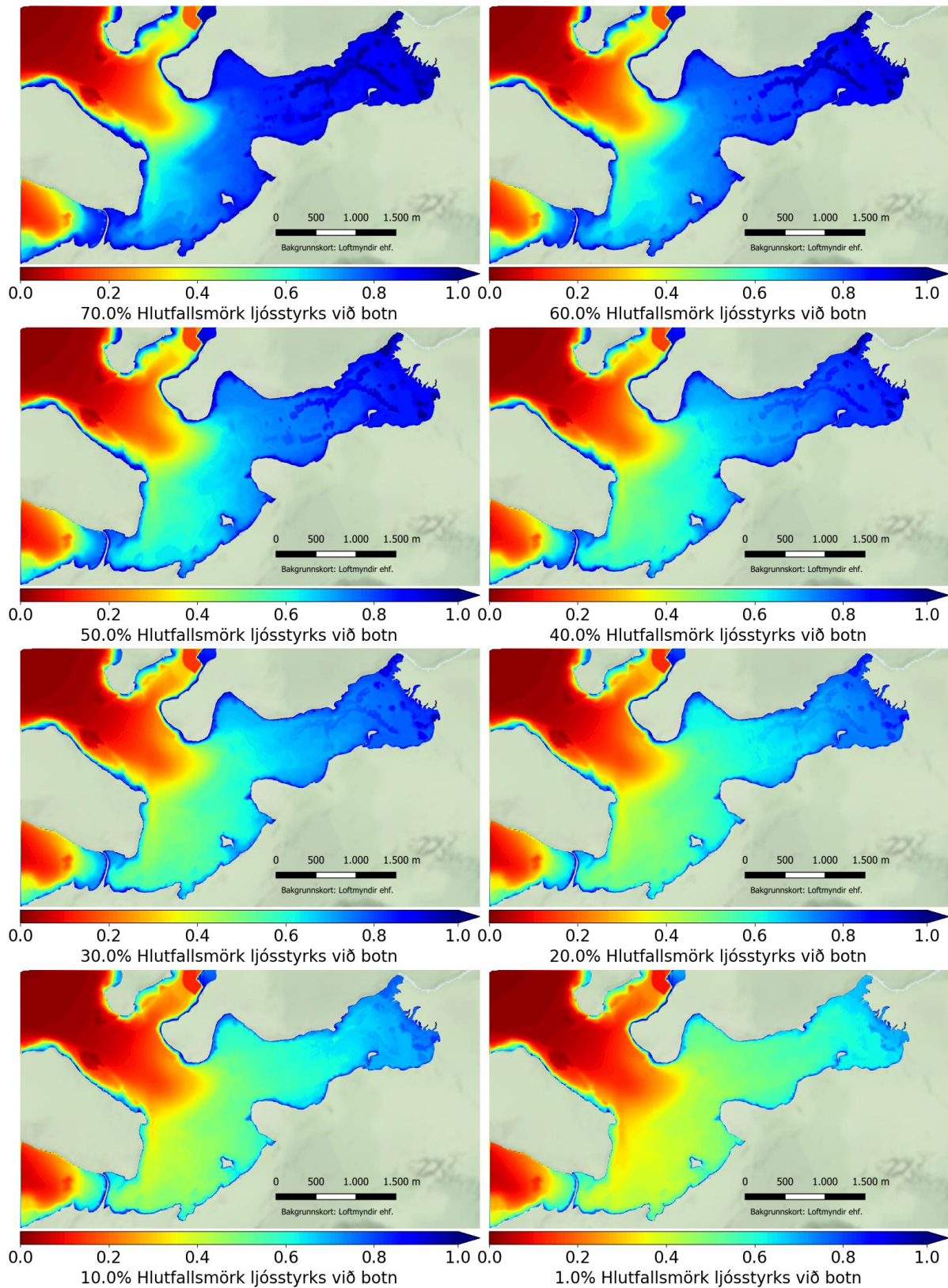
Mynd 151. Reiknaður svifaursstyrkur á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu fjöru (mynd 150) við núverandi aðstæður.



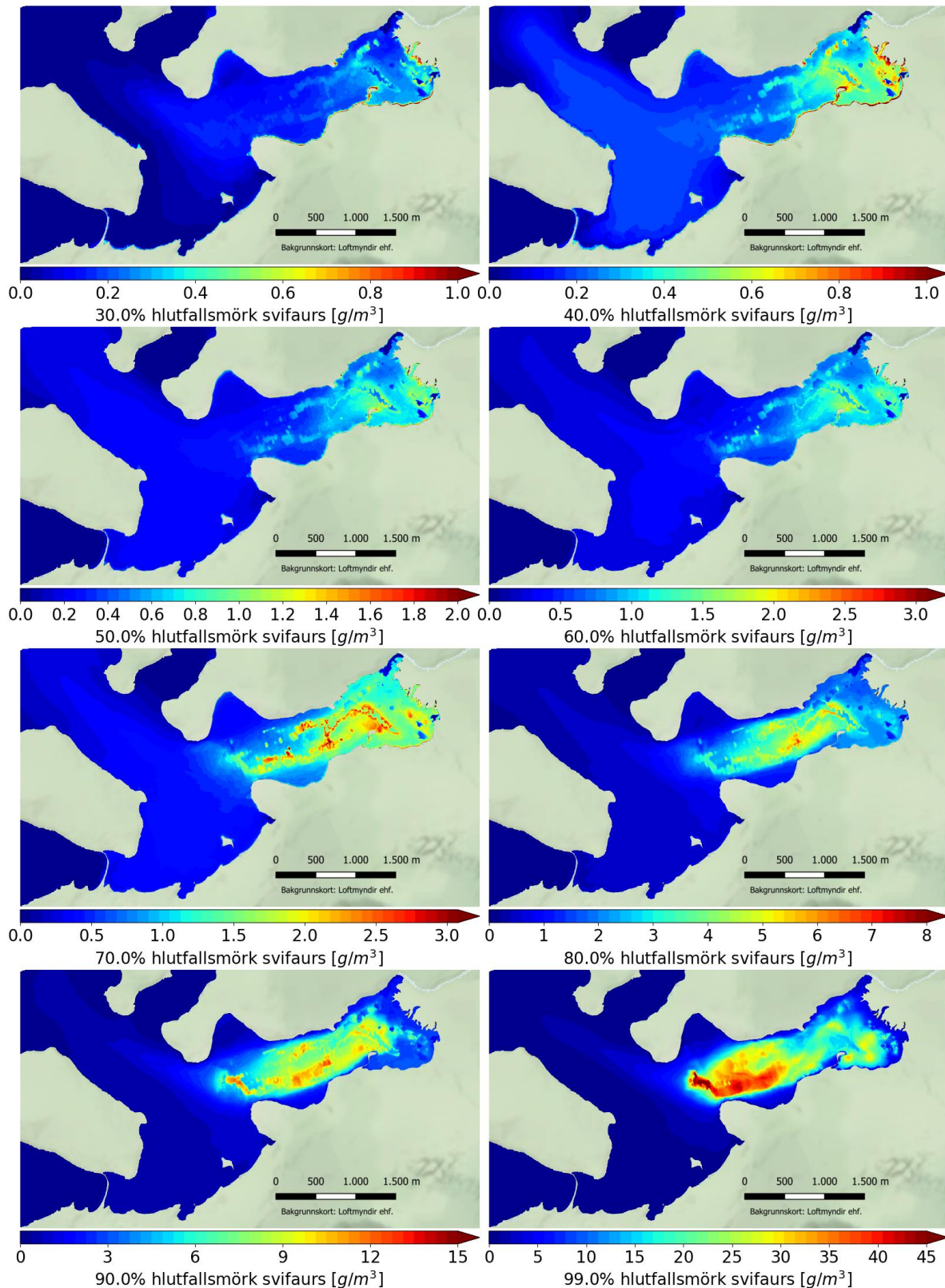
Mynd 152. Viðmiðunarpunktar til mats á tíðnidreifingum tímaraða ljósstyrks við botn, svifaursstyrks og Secchi dýpis.



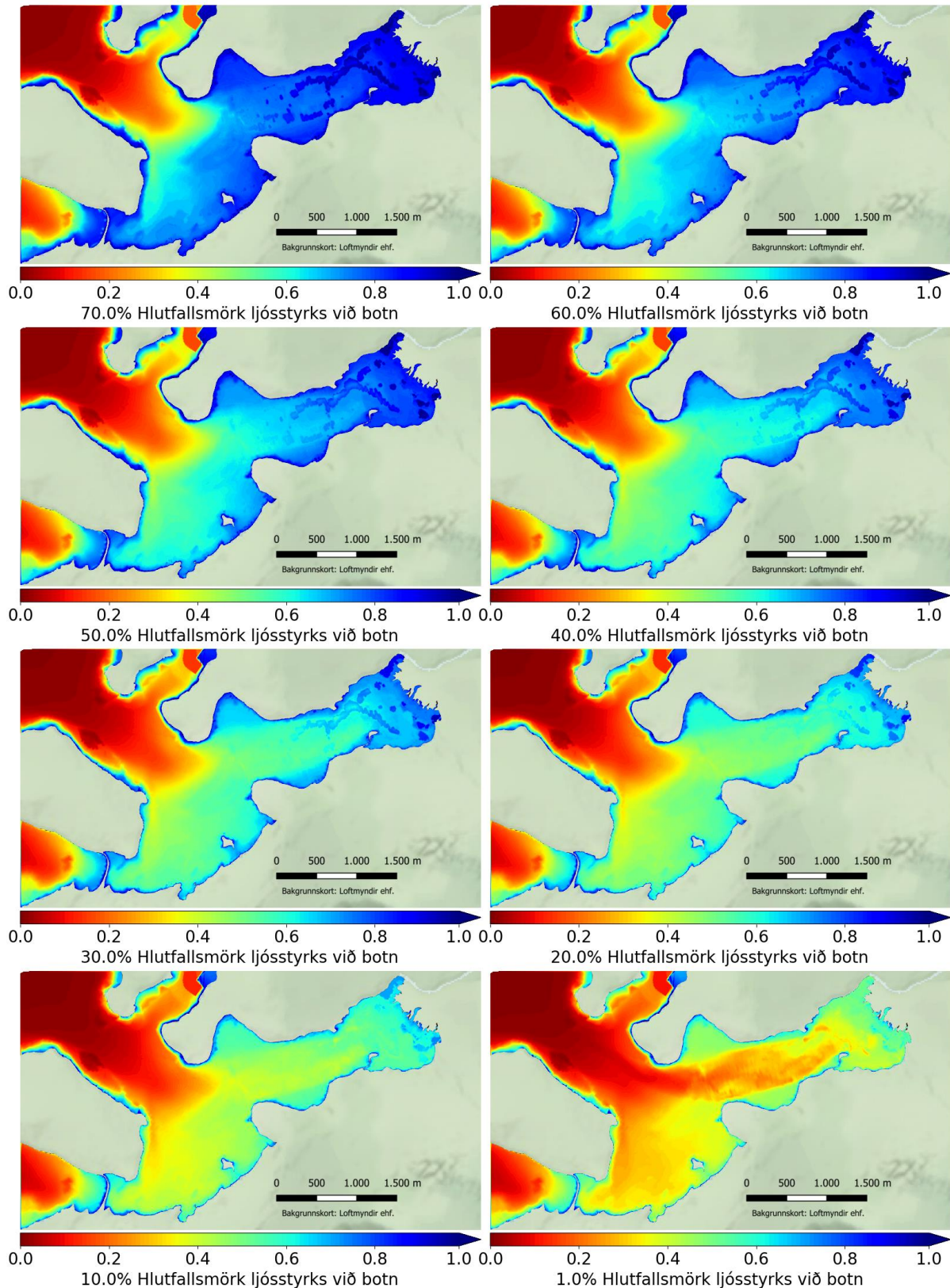
Mynd 153. Tíðnidreifingar tímaseríu ljósstyrks við botn án svifaurs (efri vinstri), svifaursstyrks (efri hægra), ljósstyrks við botn með svifaurs (neðri vinstri) og Secchi dýpis (neðri hægra) yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil (stórstraumssveifla við 85% hlutfallsmörk) á sex viðmiðunarpunktum (mynd 152). Núverandi aðstæður.



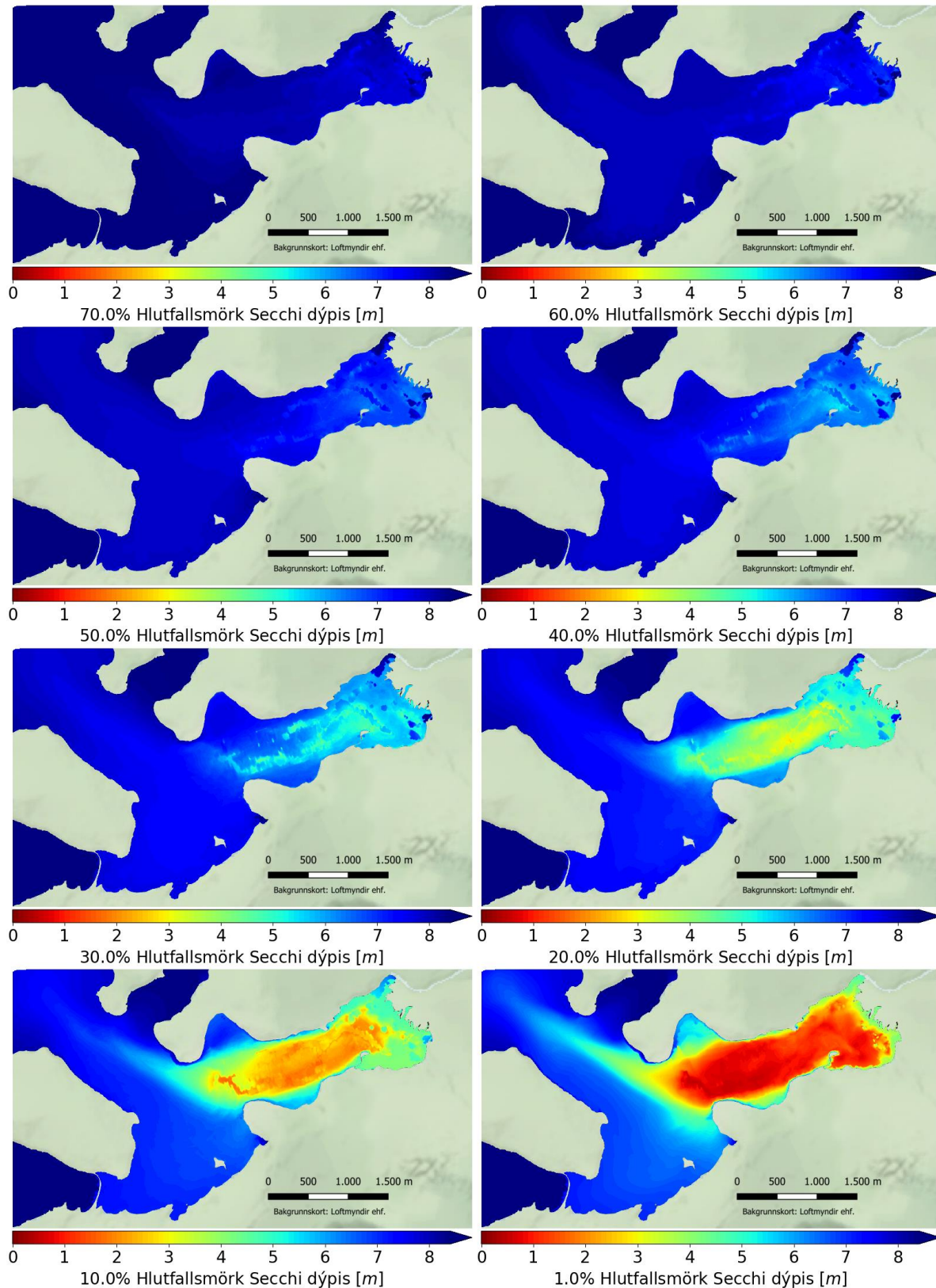
Mynd 154. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn fyrir botnrof þegar ekki er tekið tillit til svifaursstyrks. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.



Mynd 155. Hlutfallsmörk áætlaðs svifauersstyrks vegna sjávarfalla við núverandi aðstæður.



Mynd 156. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður þegar tekið er tillit til áætlaðs svifaursstyrks. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.



Mynd 157. Hlutfallsmörk Secchi dýpis við núverandi aðstæður þegar tekið er tillit til áætlaðs svifaursstyrks.



Eftir þverun

Niðurstöðurnar í köflunum hér að framan sýna, að gefnum forsendum um botngerð, að botnrof og afleiddir setflutningar standa yfir lengri tíma (mögulega áratugi) í kjölfar þverunar og eru líkleg til að hafa langvarandi áhrif á birtuskilyrði vegna aukins svifaurs. Áhrif svifaurs á rýni og ljósstyrk á rekstartíma eru þó mögulega mest í byrjun hans þegar botnrof og setflutningar eru mestir (mynd 137, mynd 143). Mögulega getur þó uppsafnað rofefni sem safnast fyrir inni á grynningum þegar fram líður haft þau áhrif að svifaursstyrkur aukist að einhverju marki þegar það rofnar upp að nýju í vind- og ölduatburðum. Við slíkar aðstæður, sérstaklega ef langvinnar eru, er líklegt að hluta þessa efnis skolist burt og nýtt jafnvægi myndist. Í eftirfarandi greiningu er miðað við hálfsmánaðar tímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2), þannig að ætla má að um varfærið mat sé að ræða gagnvart þætti sjávarfalla. Líkt og greint er frá að framan vegna greiningu á núverandi aðstæðum er þó ólíklegt að hún greini frá mögulegum verstu aðstæðum varðandi grugg af völdum botnrofs í Leiruvogi í kjölfar þverunar.

Líkt og að framan greinir við núverandi aðstæður má skoða breytileika í reiknuðum svifaursstyrk yfir stórstraumssveiflu (mynd 150) fyrir aðstæður að þverun lokinni. Við stórstraumsfjöru (tímapunktur 1) er enn til staðar hár svifaursstyrkur (um og yfir 70 g/m^3) á mjög afmörkuðu svæði nærri stórstraumsfjörumörkunum frá því á fyrra útfalli (Mynd 158). Á vegfyllingarsvæðinu er svifaursstyrkur hins vegar mun lægri, og nær því að vera á stærðargráðunni 10 g/m^3 . Á aðfalli þegar straumur verður nógu sterkur til þess að rjúfa botn við brúaropið hækkar styrkur setefna í sviflausn í nágrenni rofsvæðisins og verður um $30 - 40 \text{ g/m}^3$ (tímapunktur 3). Gróf korn falla hraðar út og berast ekki langt frá rofsvæðinu áður en þau falla út á meginuppsöfnunarsvæðinu en hins vegar haldast finni korn lengur í sviflausn og flytjast með sjávarföllunum innar í vögin. Þegar fellur enn frekar að margfaldast svifaursstyrkur samhliða auknu botnrofi og verður svifaursstyrkur um og yfir 80 g/m^3 utan stórstraumsfjörumarkna en verður nærri 30 g/m^3 innar í vöginum (tímapunktar 4 og 5). Á aðfallinu berst tærara vatn inn um brúaropið sem lækkar styrk svifaurs næst brúaropinum, auk þess sem vatn með háan styrk berst lengra inn í austanverðan vögin þannig að þegar nálgast stórstraumsflóð og straumhraði fellur (mynd 150) er enn um eða undir 30 g/m^3 svifaursstyrkur í vöginum (tímapunktur 6).

Á háflóði og þegar byrjar að falla frá lækkar svifaursstyrkur í vöginum niður í $10 - 15 \text{ g/m}^3$ (tímapunktar 7 og 8). Í kjölfarið vex straumhraði umtalsvert í brúaropi (mynd 150) og straumröstin utan þess leiðir til aukins botnrofs þar og hækkar svifaursstyrkur samhliða í um 30 g/m^3 (tímapunktur 9). Straumhraði vex sömuleiðis á þessum tíma innar í vöginum og fer að gæta aukins svifaursstyrks þar. Við hæsta straumhraða á útfalli (tímapunktur 10) verður svifaursstyrkur í straumröst utan brúarops nærri 70 g/m^3 auk þess sem svifaursstyrkur stóreykst innan brúar og verður um $30 - 60 \text{ g/m}^3$, hæstur nærri uppsöfnunarsvæðinu við stórstraumsfjörumörk.

Þar sem um stórstraum er að ræða fellur vatnsborð niður fyrir uppsöfnunarsvæðið sem er innan stórstraumsfjörumarkna og við það rofnar hluti þess efnis upp aftur. Styrkur svifaurs við þessar aðstæður verður mjög hár, um og vel yfir 70 g/m^3 á stóru svæði í grunnu vatninu (tímapunktur 11), en verður þeim mun staðbundnari þegar fellur meira frá og svifaurinn helst í enn grynna vatni (tímapunktur 12). Þar sem um mjög grunnt vatn er að ræða þar sem þessi verulega há svifaursstyrkur reiknast verður heildarefnismagn þar hlutfallslega lítið miðað við dýpri svæði rétt utar. Efnið sem rofnar upp við þessar aðstæður samanstendur gjarnan af grófum kornum sem falla fljótt út aftur utar á uppsöfnunarsvæðinu.

Líkt og að framan við núverandi aðstæður var horft til reiknaðra tímaraða að lokinni þverun með 200 m brú á ljósstyrk við botn, svifaursstyrk og Secchi dýpis í viðmiðunarpunktum (mynd 152) yfir hálfan



mánuð sem inniheldur hlutfallslega stórt útslag á stórstraumi (85% hlutfallsmörk) og þær tíðnigreindar til ákvörðunar á hlutfalli tímans sem tiltekið gildi eða minna væri til staðar (mynd 159). Til samanburðar er tíðnidreifing ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður (mynd 159, efri vinstri). Enn fremur er dreginn fram samanburður á tíðnidreifingum fyrir neðri hluta gilda svifaursstyrks við núverandi aðstæður og að lokinni þverun í sömu viðmiðunarpunktum (mynd 160).

Svifaursstyrkur eykst umtalsvert (mynd 159, efri hægri; mynd 160, neðri) samanborið við áætlaðar núverandi aðstæður (mynd 153, efri hægri; mynd 160, efri). Utan þverunar, á þverunarstað og rétt innan við hann (viðmiðunarpunktar 1, 2 og 3) er metinn óverulegur svifaursstyrkur við núverandi aðstæður en að lokinni þverun reiknast hann 50% tímans um 3,5 g/m³ eða lægri og 75% tímans nálægt 6 g/m³ eða lægri. Fyrir hærri hluta tímans helst svifaursstyrkur utan og innan þverunar (í viðmiðunarpunktum 1 og 3) nokkuð svipaður um 90% tímans þar sem svifaursstyrkur reiknast nærri 25 g/m³ eða lægri, en í brúaropi (viðmiðunarpunktur 2) einungis 8 g/m³ eða lægri vegna rofvarnar brúarstæðisins.

Innar í voginum er svifaursstyrkur svipaður og utar fyrir 40% hlutfallsmörk og lægri, á móta og fyrir núverandi aðstæður nema nú um 3 g/m³ í stað óverulegs styrks. Fyrir hærri mörk ber töluvert í milli. Fyrir mörk að 70% reynist svifaursstyrkur heldur hærri innst í voginum (viðmiðunarpunktar 5 og 6) samanborið við stórstraumsfjörusvæðið (viðmiðunarpunktur 4). Við núverandi aðstæður er það nær að eiga við fyrir 90 – 95% hlutfallsmörk (mynd 153, efri hægri; mynd 160, efri). Ofan 70% hlutfallsmarka að þverun lokinni hækkar svifaursstyrkur þeim mun meira á grynningarsvæðunum eftir því sem nær stórstraumsfjöllumörkum er farið. Þannig reiknast 85% tímans svifaursstyrkur um 22 g/m³ í viðmiðunarpunktum 5 og 6 en um 32 g/m³ í viðmiðunarpunkti 4. Fyrir 95% tímans reiknast svifaursstyrkur um 30 g/m³ eða minni í viðmiðunarpunkti 6, 35 g/m³ eða minni í viðmiðunarpunkti 5 og 65 g/m³ eða minni í viðmiðunarpunkti 4 (mynd 159, efri hægri). Hæstu gildi svifaursstyrks eru um 38 g/m³ í viðmiðunarpunkti 6, 80 g/m³ í viðmiðunarpunkti 5 og 150 g/m³ í viðmiðunarpunkti 4.

Við núverandi ástand verða hæstu svifaursstyrksgildi innarlega í voginum (viðmiðunarpunktur 6), um 20 g/m³. Að þverun lokinni verður slíkur styrkur þar til staðar um 85% tímans. Í viðmiðunarpunkti 5 verða hæstu gildi við núverandi ástand, um 30 g/m³, þar til staðar 92% tímans að þverun lokinni. Hæstu gildi nærri stórstraumsfjöllumörkum (viðmiðunarpunktur 4) við núverandi ástand, um 35 g/m³, verða þar til staðar nálægt 85% tímans að þverun lokinni. Ljóst má vera að varandi hás svifaursstyrks mun aukast til muna að þverun lokinni auk þess sem hæstu gildi verða margfalt hærri en gera má ráð fyrir í dag.

Þessi aukni svifaursstyrkur að þverun lokinni leiðir af sér töluvert breytt birtuskilyrði í sjónum. Ef horft er sérstaklega til ljósstyrkshlutfalls við botn að lokinni þverun í viðmiðunarpunktunum (mynd 159, neðri vinstri) og borið saman við núverandi aðstæður (mynd 159, efri vinstri) sést að breytingin er umtalsverð. Utan þverunar (viðmiðunarpunktur 1) reiknast óverulegur ljósstyrkur við botn 40% tímans að þverun lokinni en var áður milli 5% og 8% af ljósstyrk á yfirborði. Allnokkur lækkun er sömuleiðis á hærri hlutfallsmörkum og er það ekki fyrr en nálgast 100% hlutfallsmörk að ferlum fyrir og eftir þverun fyrir viðmiðunarpunkt 1 fer að bera saman. Svipaða sögu er að segja í brúaropi.

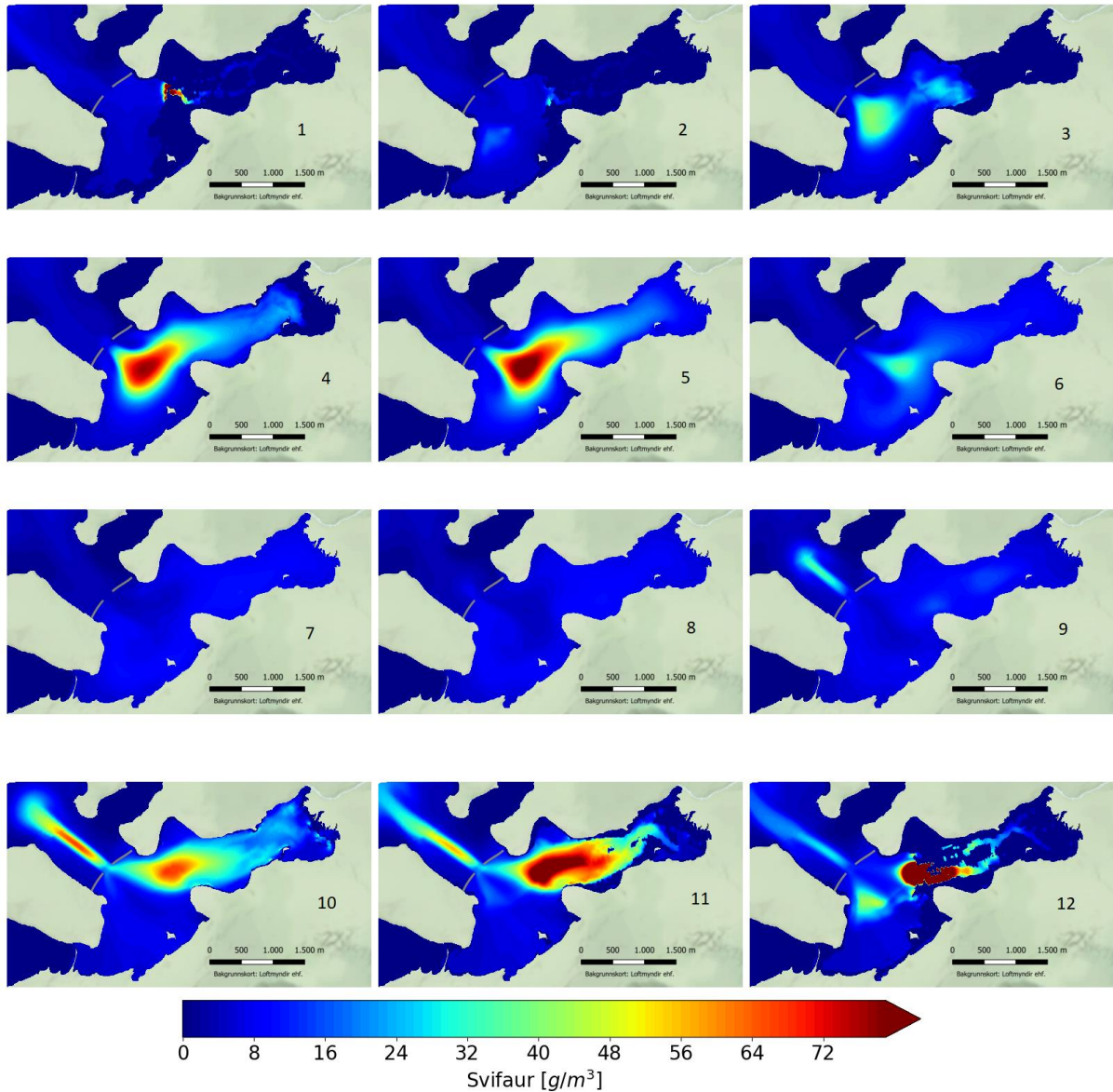
Innan þverunar, í viðmiðunarpunkti 3, verður nánast enginn ljósstyrkur við botn um 5-10% tímans að þverun lokinni samanborið við að ljósstyrkshlutfallið fer nánast ekki undir 40% við núverandi aðstæður. Verulegur munur er fyrir hærri hlutfallsmörk einnig. Þannig er t.a.m. fyrir 40% tímans um 27% ljósstyrkshlutfall samanborið við 53% ljósstyrkshlutfall við núverandi aðstæður. Það er ekki fyrr en við mun hærri hlutfallsmörk sem munurinn fer að vera markvert minni. Fyrir 85% tímans er ljósstyrkshlutfall 67% að þverun lokinni samanborið við 76% ljósstyrkshlutfall fyrir þverun.



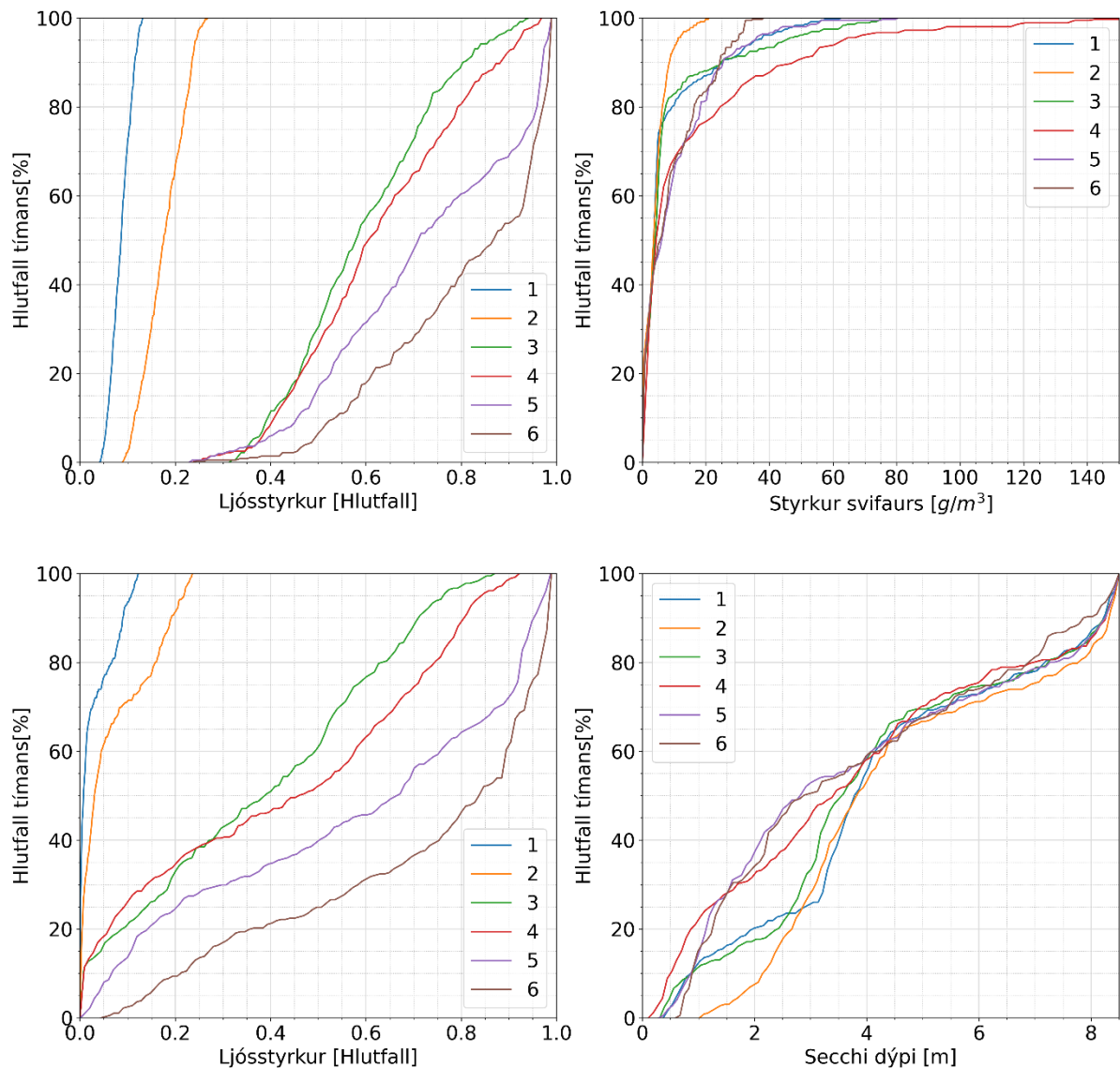
Svipaða sögu er að segja með viðmiðunarpunktana innar í Leiruvogi nema hvað eftir því sem gryn timer meira á ljós auðveldara með að komast niður að botni og því verður munurinn minni fyrir há hlutfalls- mörk tímans.

Að sama skapi má bera saman Secchi dýpi að þverun lokinni (mynd 159, neðri hægri) og við núverandi aðstæður (mynd 153, neðri hægri). Þannig lækkar lægsta sjóndýpi utan þverunar (viðmiðunarpunktur 1) úr um 6 m niður fyrir 0,5 m. Fyrir 50% tímans fer Secchi dýpi úr 7,8 m í 3,8 m. Í brúaropi fer lægsta sjóndýpi úr 6,4 m í 1 m og 50% tímans úr 7,8 m í 3,8 m. Þegar innar í voginn er komið, í viðmiðunarpunktur 3, er tiltölulega svipaða sögu að segja og utan þverunar í viðmiðunarpunkti 1, nema hvað Secchi dýpið er heldur lægra. Þegar inn á gryn timerinnar er komið verður hegðunin töluvert önnur. Við stórstraums- fjörumörk (viðmiðunarpunktur 4) verður sjóndýpi umtalsvert lægra að þverun lokinni. Þannig fer lægsta sjóndýpi úr 0,6 m í 0,1 m. Við 10% hlutfallsmörk fer sjóndýpi úr 2,4 m í 0,5 m, við 20% hlutfalls- mörk úr 4,4 m í 0,8 m, við 40% hlutfallsmörk úr 7,2 m í 2,7 m og við 60% hlutfallsmörk úr 7,8 m í 4,2 m.

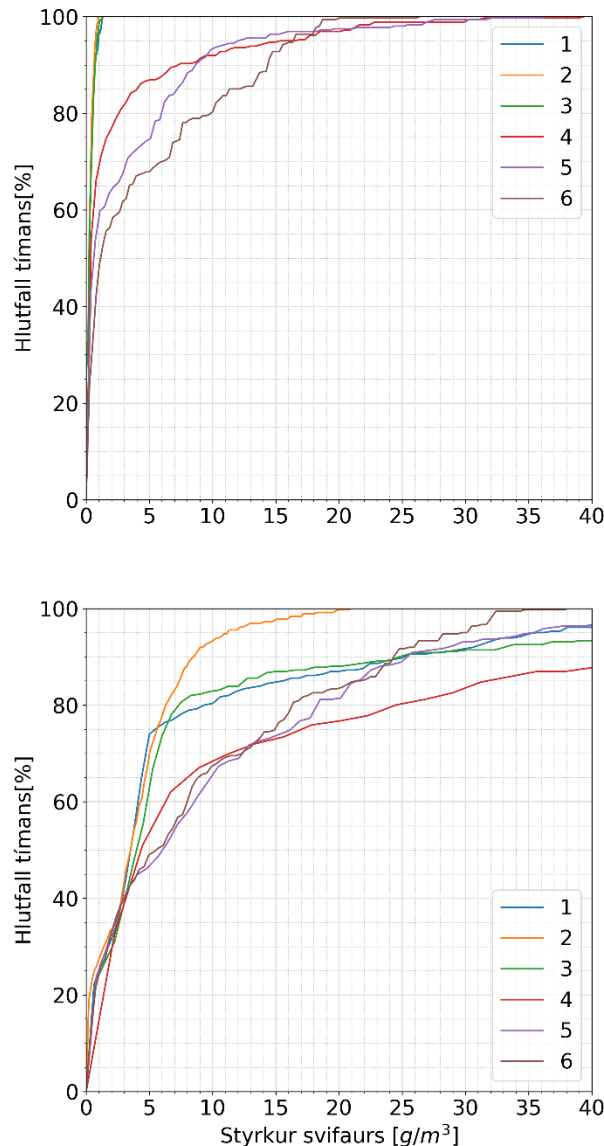
Þegar innar er farið í voginum, á viðmiðunarpunkt 5 fer lægsta sjóndýpi úr 0,6 m í 0,3 m. Við 10% hlutfallsmörk fer sjóndýpi úr 2,1 m í 0,8 m, við 20% hlutfallsmörk úr 2,8 m í 1,2 m, við 40% hlutfallsmörk úr 6 m í 2,1 m og við 60% hlutfallsmörk úr 7,7 m í 4,2 m. Í innsta viðmiðunarpunkti, númer 6, reiknast sjóndýpi mjög svipað og í þeim næst innsta, númer 5, að þverun lokinni en við núverandi aðstæður má ætla að sjóndýpi sé lægra eftir því sem innar dregur. Innst verður þó sjóndýpi merkjanlega lægra að þverun lokinni en við núverandi aðstæður.



Mynd 158. Reiknaður svifaursstyrkur á klukkustundarfresti frá stórstraumsfjöru að næstu fjöru (mynd 150), eftir þverun með 200 m brú.



Mynd 159. Tíðnidreifingar tímasería ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður (efri vinstri). Tíðnidreifingar að lokinni þverun með 200 m brú fyrir svifausstyrk (efri hægri), ljósstyrk við botn með svifaur (neðri vinstri) og Secchi dýpi (neðri hægri) yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabil (stórstraumssveifla við 85% hlutfallsmörk) á sex viðmiðunarpunktum (mynd 152).



Mynd 160. Samanburður á tíðnidreifingum fyrir neðri hluta gilda svifaursstyrks við núverandi aðstæður (efri) og að lokinni þverun með 200 m brú (neðri) í sex viðmiðunarpunktum (mynd 152).

Líkt og fyrir núverandi ástand eru ofangreindar breytur einnig greindar í plani yfir Leiruvog fyrir valin hlutfallsmörk yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabilið (mynd 161 til mynd 164). Hlutfallsmörk styrks svifaurs (mynd 161) gefa til kynna að styrkur verður 50% tímans hæstur inn af brúaropi og austur að Blikastaðanesi, innan við 5 g/m³. Restina af tímanum fara áhrif af uppróti á nýja uppsöfnunarsvæðinu að koma fram, og hæsti styrkurinn verður þar, þannig að 10% tímans (90% hlutfallsmörk) verða að minnsta kosti 45 g/m³ styrkur staðbundið við fjörumörkin, sama hlutfall tímans næst styrkur um og yfir 30 g/m³ inn af brúaropinum og í straumröstinni utan brúarops, styrkur á öðrum svæðum verður um og yfir 10 g/m³. Um 1% tímans (99% hlutfallsmörk) verður hæsti styrkur yfir 100 g/m³ við fjörumörkin og um og yfir 70 g/m³ innan við brúaropið en um 50 g/m³ í straumröstinni utan brúaropsins. Styrkur á öðrum svæðum næst allt að 20 g/m³.



Aukinn styrkur svifaurs lækkar bæði Secchi dýpi (rýni) og ljósstyrk í vatnssúlunni. Niðurstöður fyrir Secchi dýpi (mynd 162) sýna að 60% tímans verður Secchi dýpi undir 5 m á stóru svæði innan vegfyllingar og út frá brúaropi norður að Þerney. Meira en 50% tímans (50% hlutfallsmörk og lægri) verður Secchi dýpi lægra en 4 m á sama svæði. Um 10% tímans verður Secchi dýpi undir 1 m á svæði sitthvoru megin við brúarop og austur inn í Leiruvog. Heilt yfir verður Secchi dýpið 3 m eða minna á öllu svæðinu innan vegfyllingar um 10% tímans. Um 1% tímans verður svæði lággilda stærra og heilt yfir verður Secchi dýpi undir 3 m í Leiruvogi.

Niðurstöður fyrir ljósstyrk við botn (mynd 163) gefa til kynna að 70% tímans fellur ljósstyrkshlutfall við botn innan þverunar á um 700 m svæði frá um 0,2 í 0,6, en þar fyrir innan fer hlutfallið í 0,8 til 0,9. Með lækkandi hlutfallsmörkum lækkar ljósstyrkshlutfallið umtalsvert og við 50% hlutfallsmörk tímans er ljósstyrkshlutfallið undir 0,6 í stórum hluta vogsins. Að auki hefur svæðið nær brúaropi með ljósstyrkshlutfall undir 0,2 stækkað verulega. Við 20% hlutfallsmörk tímans er ljósstyrkshlutfallið undir 0,6 í næstum öllum vögnum og svæðið með ljósstyrkshlutfall undir 0,2 þekur mjög stóran hluta vogsins. Þetta svæði stækkar enn frekar við 10% hlutfallsmörk tímans en þá þekur einnig svæði með ljósstyrkshlutfall nærri núlli nokkuð stóran hluta svæðis innan þverunar. Við 1% hlutfallsmörk hefur það svæði náð til meirihluta svæðisins innan þverunar.

Sem samanburð við núverandi aðstæður er dregin fram breytingin (lækkunin) sem verður á ljósstyrkshlutfalli fyrir gefin hlutfallsmörk tíma (mynd 164). Þannig má sjá að 50% tímans lækkar hlutfall ljósstyrks við botn miðað við yfirborð í nágrenni brúaropsins um 0,25 eða minna. 10% tímans eða meira lækkar hlutfallið um 0,35 til 0,4 á stórum Leiruvogs og staðbundið um allt að 0,45, þannig að ljósstyrkur verður í stærstum hluta Leiruvogs undir 20% af ljósstyrk á yfirborði en staðbundið lækkar ljósstyrkurinn í undir 5% af ljósstyrk við yfirborð (mynd 163). Utan við brú á meira dýpi verður ljósstyrkur óverulegur við botn. 1% tímans verður ljósstyrkshlutfall við botn víðast hvar vel undir 0,05. Einungis í austasta hluta Leiruvogs verður ljósstyrkshlutfallið markvert hærra. Ljósstyrkur við botn, ólíkt Secchi dýpi, er háður dýpi og því verða áhrif af völdum uppróts efnis á litlu dýpi ekki eins sjáanleg þrátt fyrir að styrkur og sjóndýpi lækki mikið.

Af niðurstöðum má ætla að töluverð gruggmyndun komi til með að eiga sér stað í byrjun rekstartíma. Niðurstöður um botnrof (kaflar 4.7.4, 4.7.5, 4.7.6) sýna að þegar líður á rekstartíma hægir á rofi og þar með magni efnis sem kemst í sviflausn í nágrenni brúarops. Óvissa er töluverð um botnngerð og þ.a.l. hversu mikil og langvinn áhrifin verða, en reikna má þó með töluverðu rofi og setflutningum, jafnvel yfir áratuga skeið. Jafnframt má af niðurstöðunum ráða að stærsti hluti fínustu efnanna sé líklegur til að vera það þáð lengi í sviflausn að hann skolist að stórum hluta út úr kerfinu innan vegfyllingarinnar. Styður það enn frekar við það að búast megi við háum svifaursstyrk og þ.a.l. gruggmyndun.

Ennfremur benda báðir kjarnar, A og B, til þess að hlutfall fínefna aukist eftir því sem neðar er farið í kjarnana, og þar sem þau falla hægir til botns og haldast lengur í upplausn má ætla að þau spili einna stærsta rullu í gruggmyndun á svæðinu. Engu að síður má ætla að samhliða minnkandi rofmætti þegar líður frá lokum framkvæmdar að heildarmagn svifaurs minnki og þ.a.l. svifaursstyrkur sem ætti að leiða til mildari áhrifa af gruggmyndun. Til lengri tíma litið kann mögulega hluti svifaursins sem til fellur á grynningunum og leirusvæðunum að samlagast botninum og loða þannig við það botnefni sem fyrir er, en við núverandi aðstæður er þekkt að hluti fjörusvæðisins hefur að geyma samloðandi botnefni.

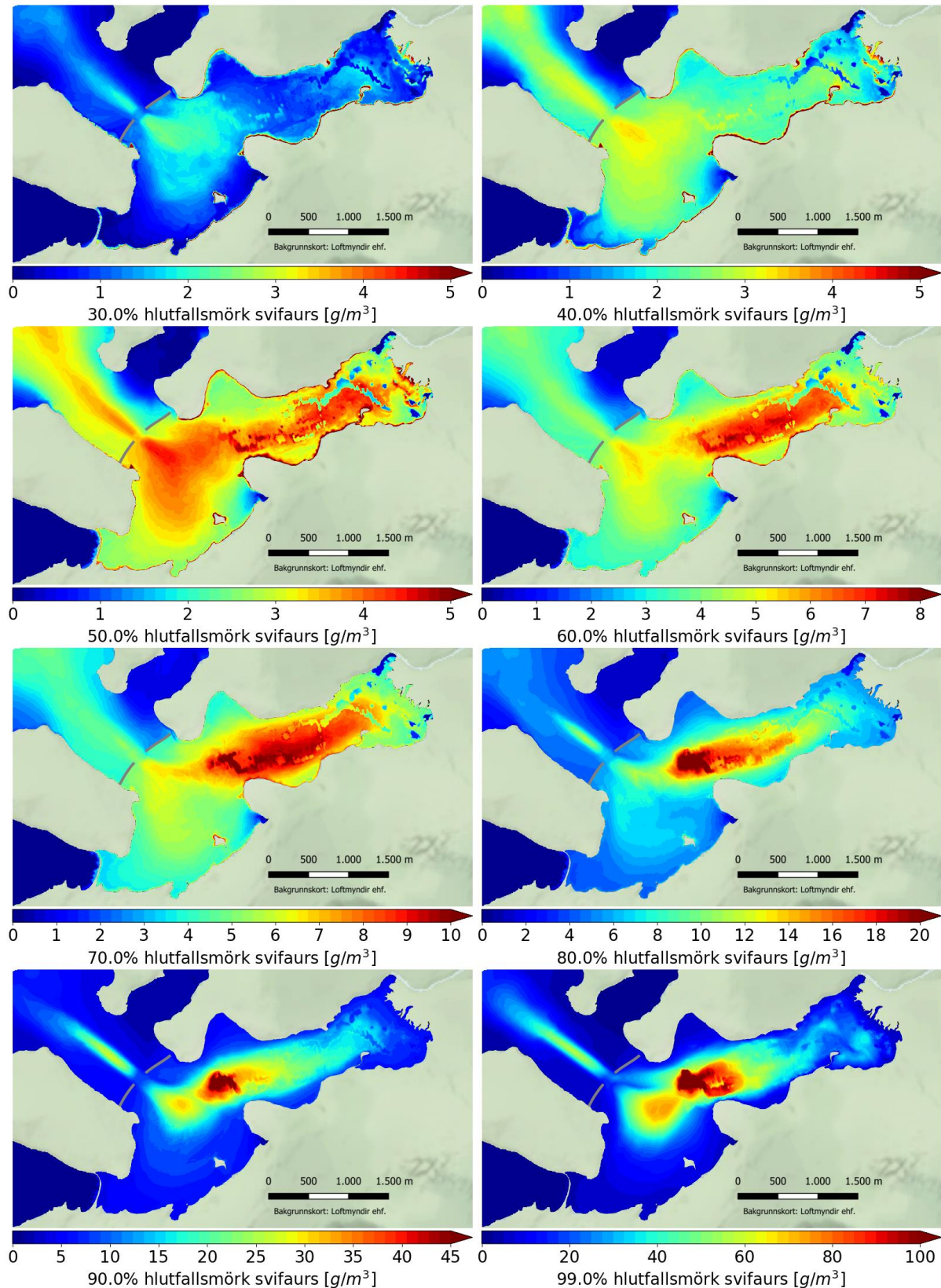
Niðurstöður fyrir viðmiðunartímabilið sýna hæstan styrk svifaurs á stórstreymi en stærstur hluti efnis fellur út þegar hægir á straumum, fínustu efnin falla hægt út og hluti þeirra helst í upplausn fram að næsta stórstreymi. Þetta leiðir til þess að bakgrunnsstyrkur finna efna í sviflausn hækkar á viðmiðunar-



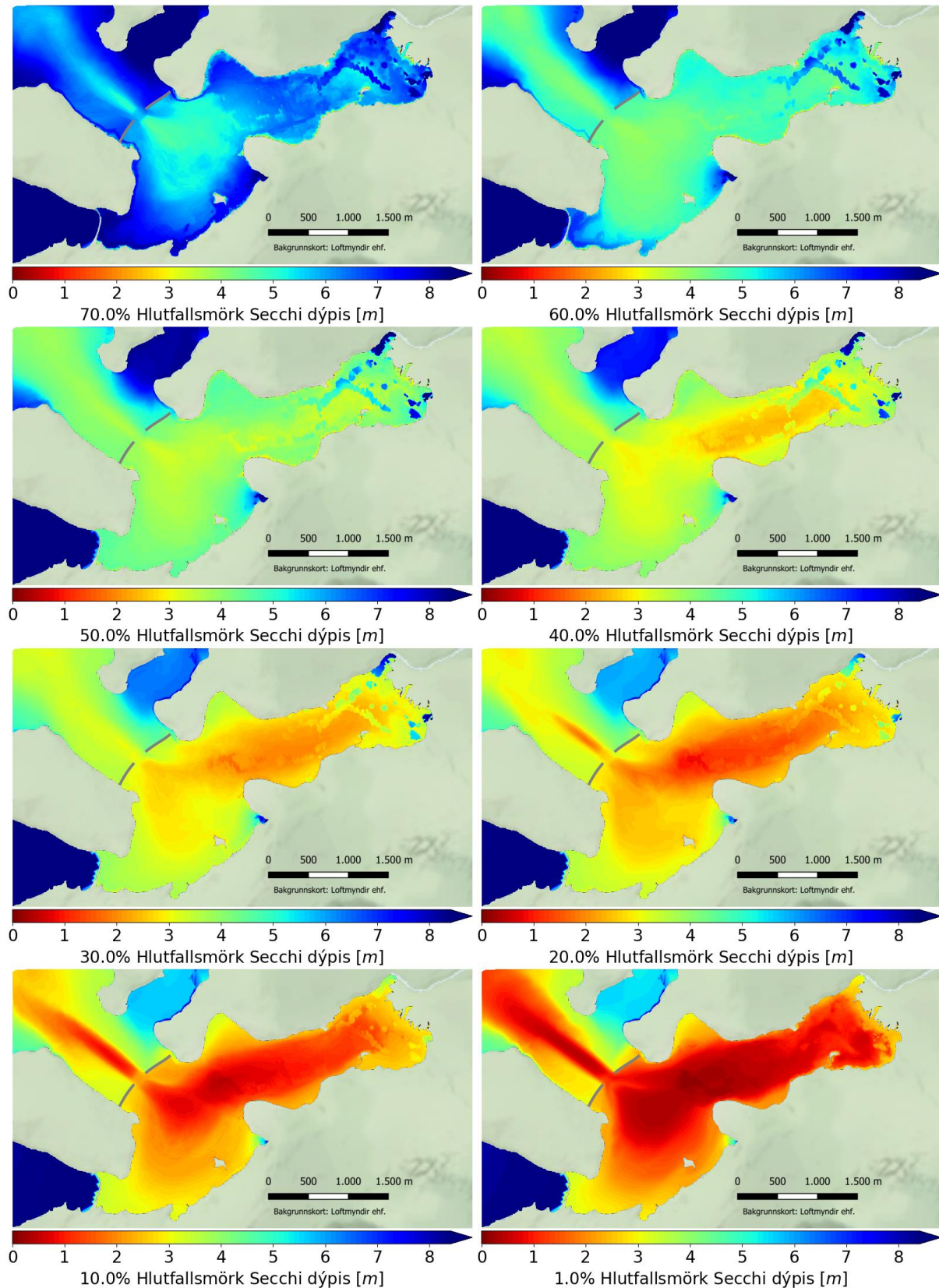
tímabilinu. Útskolunarniðurstöður sýna að alda getur aukið útskolun ef ölduhæð er nægjanlega há og varandi atburðar nægjanlega langur. Gæti slíkt lækkað uppsafnaðan svifaursstyrk, en að sama skapi sýna niðurstöður fyrir hlutfallslega mjög háa öldu og vindstyrk að þverun geti hægt á útskolun í stórum atburðum ef varandi þeirra er nægjanlega langur.

Uppsöfnun á efni ofan stórstraumsfjörumarka gæti haft langvarandi áhrif á grugg þar sem það efni rofnar reglubundið upp að nýju með sjávarföllunum og í vind- og ölduatburðum. Frekari langtíma-greining á gruggi er ekki til skoðunar hér, en ef tilefni þykir til væri hægt vinna slíka greiningu í tengslum við frekari rannsóknir t.a.m. vegna áhættumats framkvæmda eða vöktun.

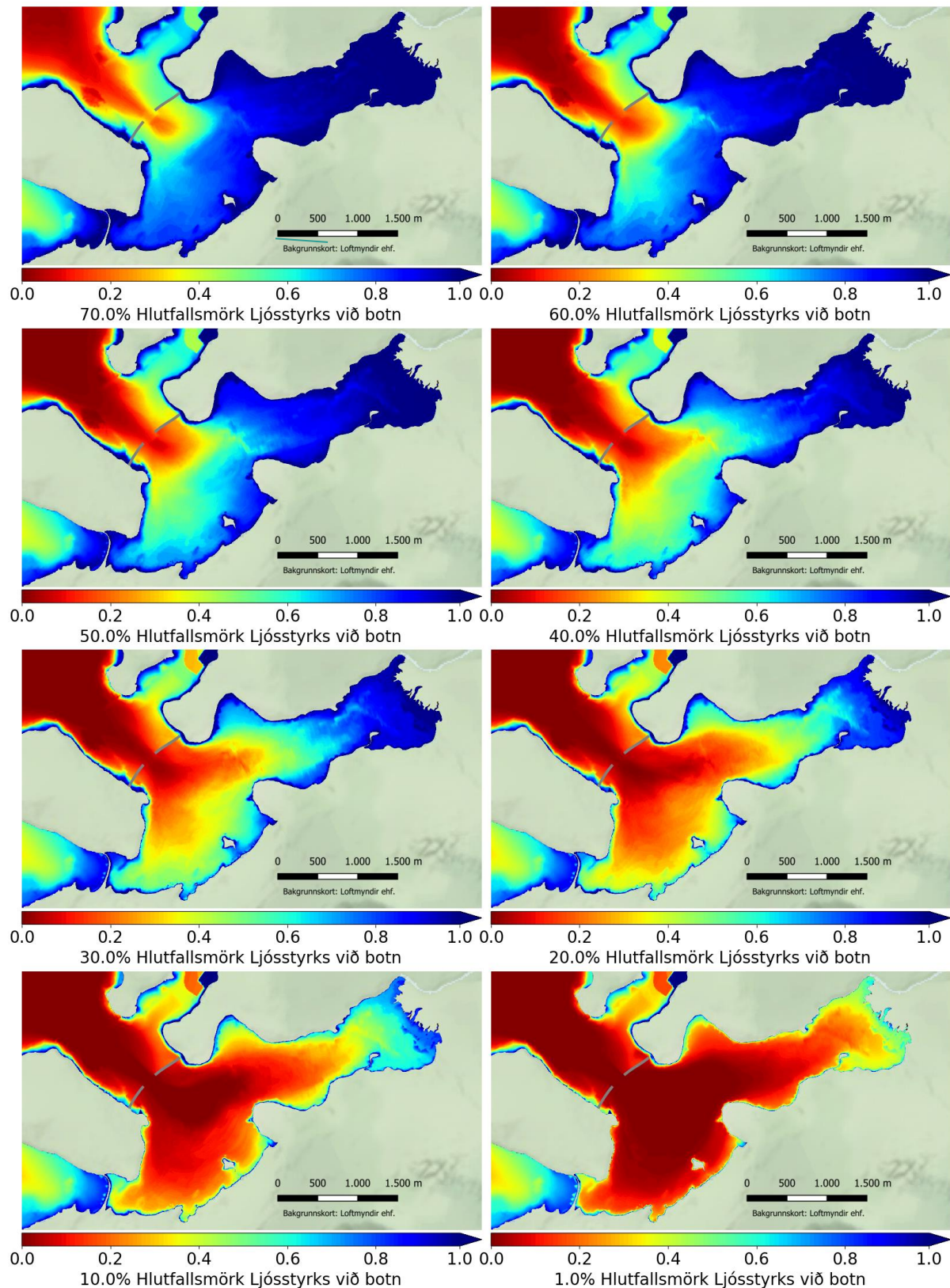
Niðurstöður um gruggmyndun eru bundnar töluverðri óvissu líkt og fjallað hefur verið um að framan. Vegur þar þýngst óvissa um botngerð sem leiðir af sér óvissu í rofhraða og svifaursstyrk sem og óvissu um magn minnstu kornastærða sem hafa mest áhrif á gruggmyndun. Ætla má þó að náðst hafi utan um mögulegar stærðargráður með nýtingu fyrirbyggjandi gagna sem styðja greininguna og með hliðsjón af ofangreindum niðurstöðum gefa til kynna að búast megi við töluverðri gruggmyndun í kjölfar framkvæmda samanbórið við núverandi aðstæður.



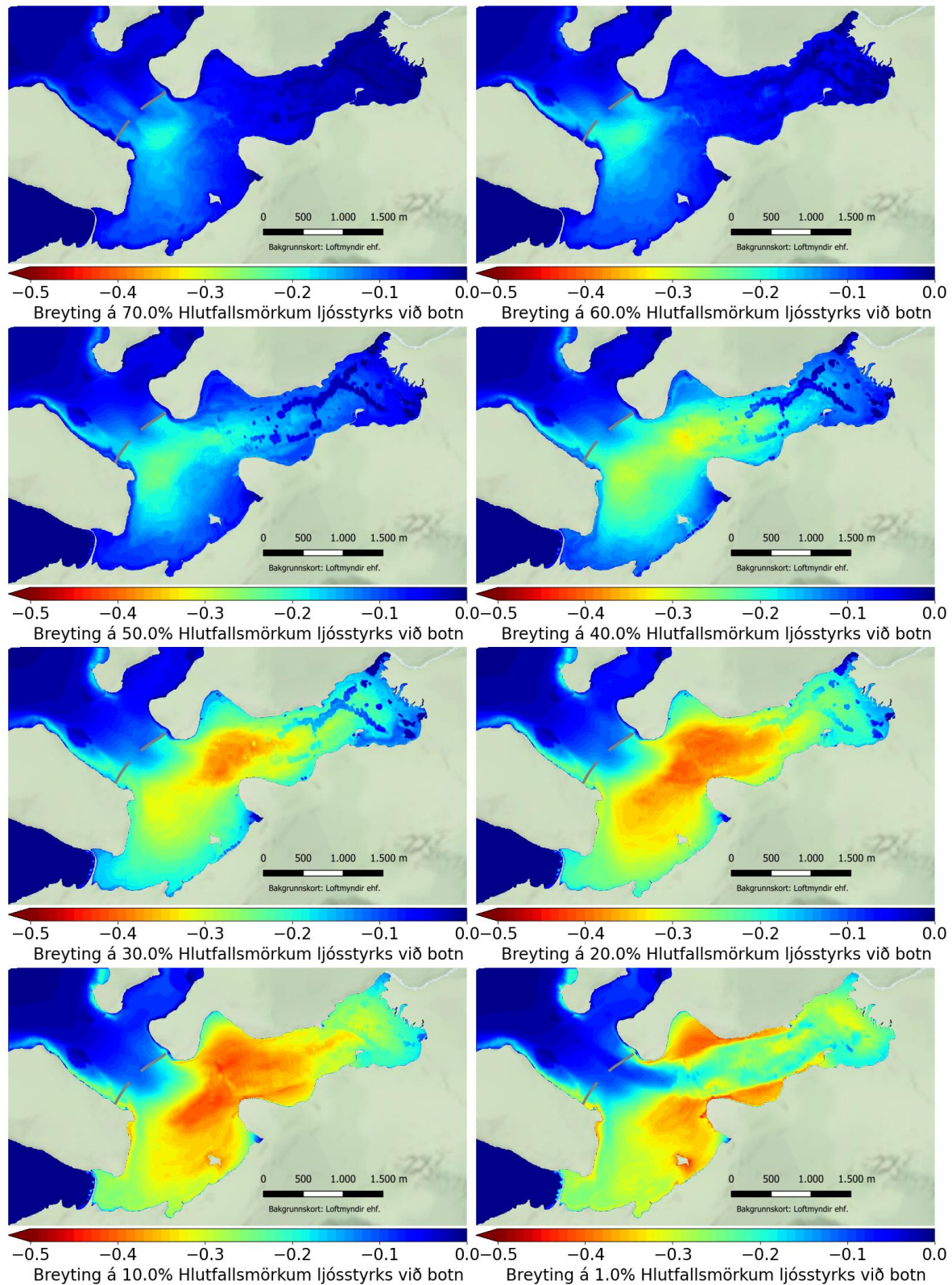
Mynd 161. Hlutfallsmörk styrks svifaus vegna botnrofs í byrjun rekstartíma (200 m brúarop). Skalar á myndum eru breytilegir til þess að draga fram breytileika í styrk fyrir hver hlutfallsmörk.



Mynd 162. Hlutfallsmörk Secchi dýpis í byrjun rekstrartíma (200 m brúarop).



Mynd 163. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn í byrjun rekstartíma (200 m brúarop). Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.



Mynd 164. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn við upphaf rekstratíma að þverun lokinni og ljósstyrks við botn við núverandi aðstæður (200 m brúaröpp). Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði.



4.7.8. Botnbreytingar

Á samanburðarmyndum um botnbreytingar sem á eftir fylgja (Mynd 165, Mynd 166, Mynd 167, Mynd 168, Mynd 169) er upprunalegur botn borinn saman við botn eftir að botnbreytingar hafa náð eða stefna að jafnvægisástandi eftir 100 ár samkvæmt tilfellum A og B. Samanburðurinn er settur fram með tvennum hætti: Vinstra megin á mynd er botn sýndur með litaskala og svörtum línunum á eins metra upplausn fyrir hvert tilfalli. Hægra megin er upprunalegur botn sýndur með litaskala en breyttur botn í tilfellum A og B sýndur með svörtum jafngildislínunum sem víkja frá mörkum í litaskala þar sem breytingar verða á botninum.

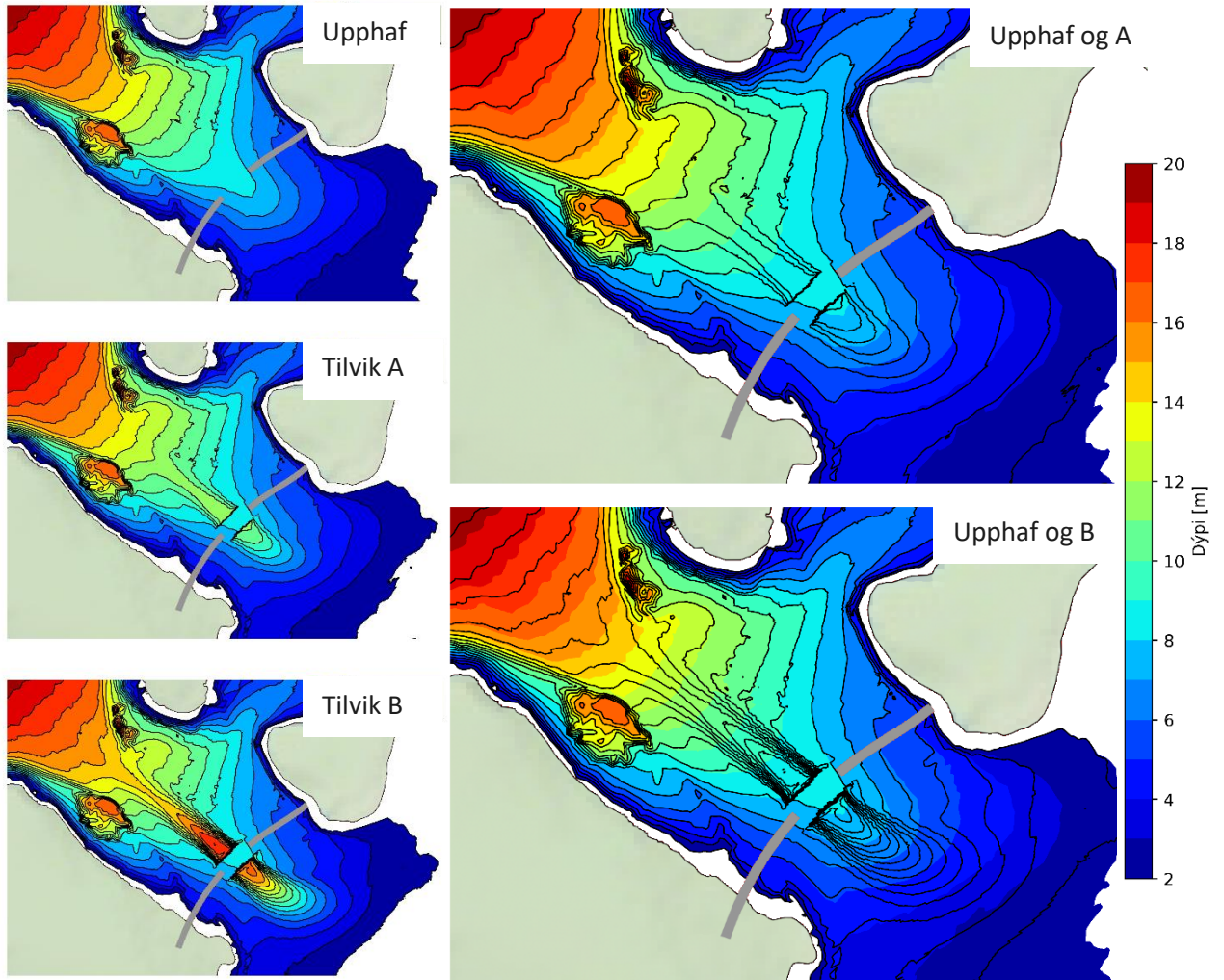
Á svæðinu í kringum vegfyllinguna tekur botnbreytingin á sig þá mynd þegar hægst hefur á hraða rofs og jafnvægisástand nálgast, að botn hefur grafið sig niður á nokkuð stóru svæði út frá brúaropi, allt að 2 m í tilfalli A og 8 m í tilfalli B (mynd 165, sjá einnig mynd 140 og mynd 146). Rofefnið berst annars vegar út á meira dýpi og sest að miklu leyti þar sem dýpi er orðið um 14 m eða meira og grynkar þar sjór lítið eitt. Hins vegar berst það inn voginn og sest á grynna svæði og hækkar botn allt umhverfis rofsvæðið.

Breytingar á fjöru eru mestar þar sem straumröst úr brúaropi fer inn á fjörunnar og dreifist til norðurs og suðurs, á leirurnar í Leiruvogi (mynd 166) og neðan við Blikastaðakró (mynd 168). Botnbreytingar eru einnig merkjanlegar í Nesvík (mynd 167) og nokkur, en minni söfnun er við eiðið sunnan undir Geldinganesi (mynd 169).

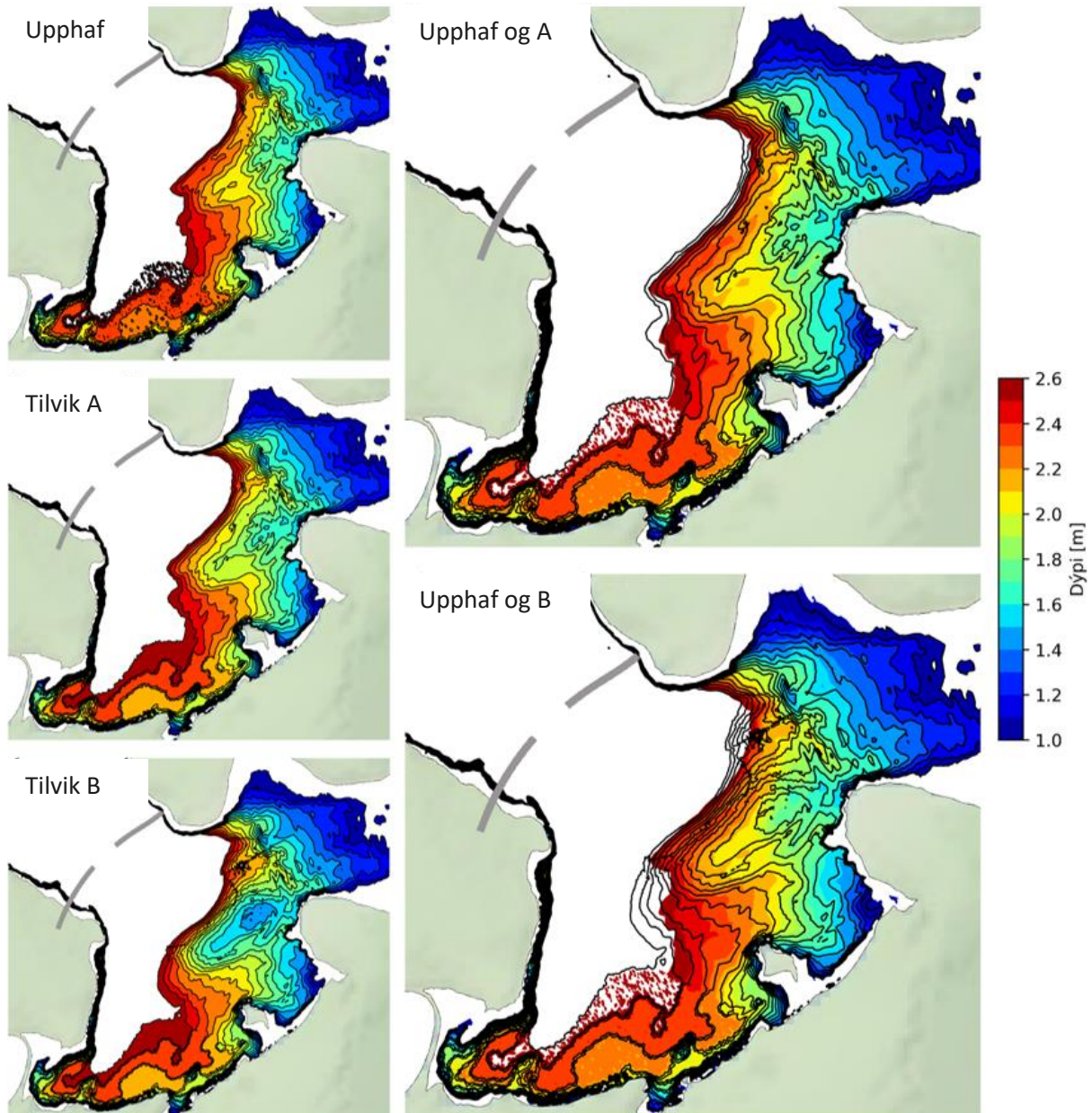
Flatarmál fjörunnar eykst samhliða botnbreytingunum neðan -1,4 m y.s. í báðum tilvikunum A og B og þó meira í tilviki B (mynd 170). Ef þessum hluta fjörunnar er skipt upp í 0,1 m hæðarbil má sjá að við núverandi aðstæður án þverunar er flatarmál hvers hæðarbils mjög mismunandi en almennt séð meira eftir því sem neðar dregur í fjörunni (Mynd 174). Þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar verður mjög mismunandi hvort hlutfallsleg flatarmálsaukning eða -minnkun á sér stað á hæðarbilunum, bæði fyrir tilfalli A (Mynd 171) og tilfalli B (Mynd 172). Í tilfalli A nemur hlutfallsleg flatarmálsminnkun hæðarbils allt að 55% neðst í fjörunni og hlutfallsleg flatarmálsaukning allt að 95% við -2 m y.s. Í tilfalli B nemur hlutfallsleg flatarmálsminnkun hæðarbils allt að 65% neðst í fjörunni og hlutfallsleg flatarmálsaukning allt að 60% við -2,4 m y.s., -2.2 m y.s. og -1,6 m y.s.

Hlutfallsleg stækkun flatarmáls fjörunnar neðan -1,4 m y.s. þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar er allt að 20% fyrir Tilfalli A en allt að 48% fyrir Tilfalli B. Hágildi er við -2 m y.s. fyrir Tilfalli A en við -1,6 m y.s. fyrir Tilfalli B (Mynd 173, vinstri). Sett í samhengi við hlutfallsmörk sjávarstöðu á stórstreymi (Mynd 173, miðja) gefur til kynna að þessu hágildi er náð við ríflega 20% hlutfallsmörk í tilfalli A en nærri 75% í tilfalli B. Að sama skapi er hágildi náð í um 5% hlutfallsmörkum sjávarstöðu fyrir allar mælingar yfir viðmiðunartímabil í tilfalli A en 27% hlutfallsmörkum fyrir tilfalli B. Ætla má því að flatarmálsaukning á stórstreymi geti orðið töluverð, en þó mjög háð efnisgerð botnefnis.

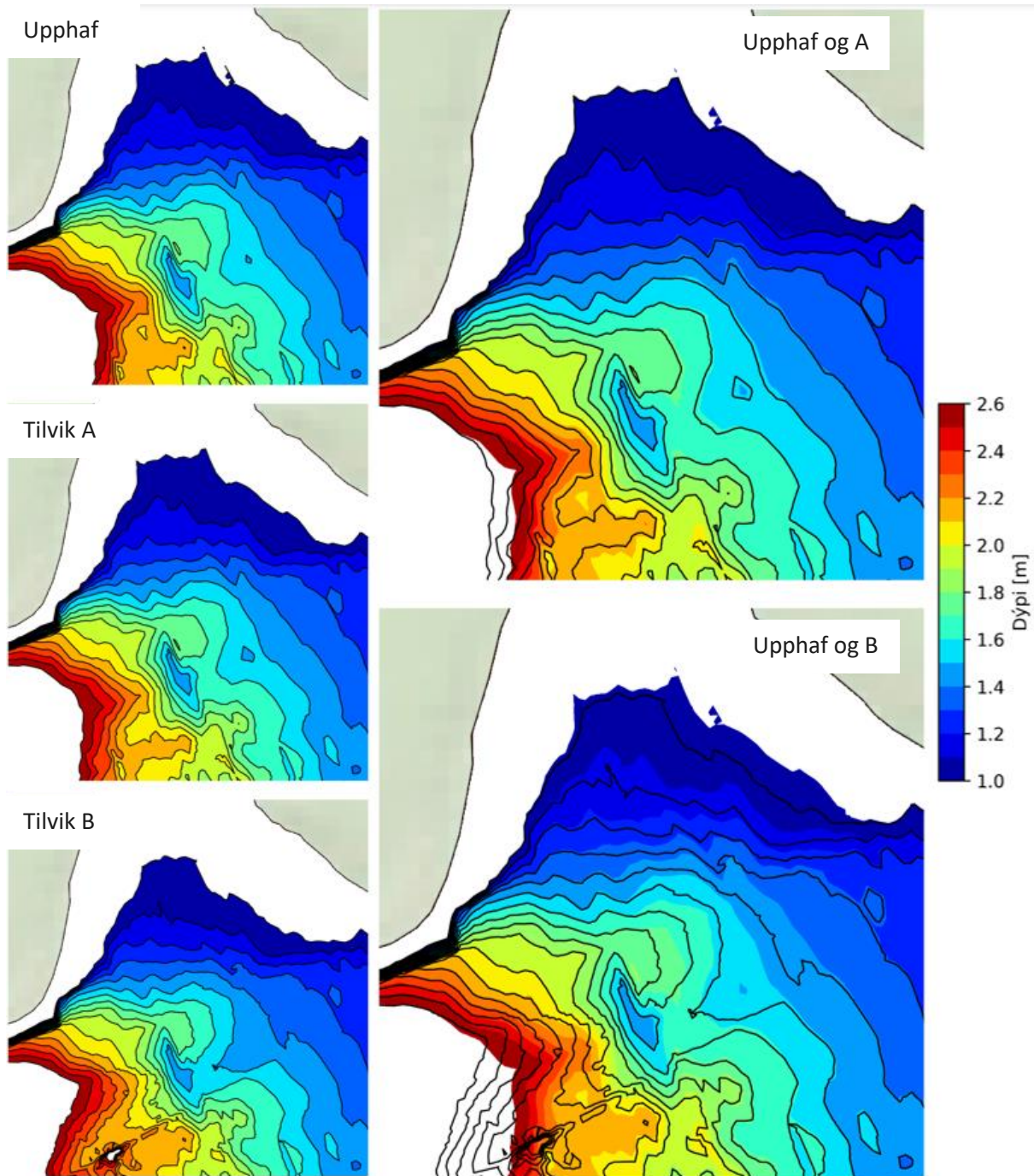
Af ofansögðu má ráða að vænta megi merkjanlegar breytingar á legu fjörunnar í Leiruvogi í kjölfar þverunar. Óvissa gagnvart botngerð endurspeglar óvissu gagnvart þessu mati, en af þeim gögnum sem fyrir liggja í tilfellum A og B má gera ráð fyrir að breytingarnar verði vel mælanlegar.



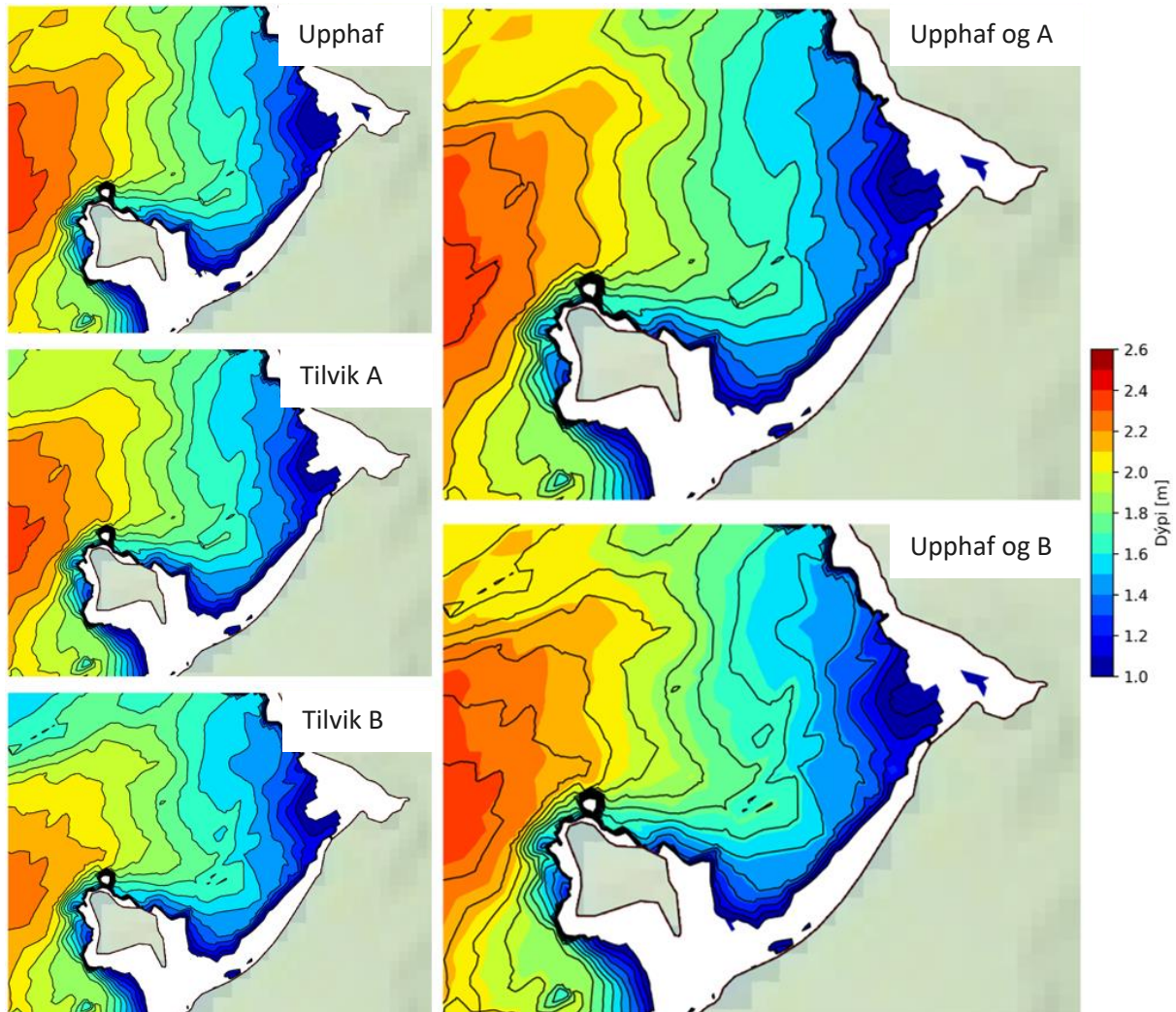
Mynd 165. Jafndýptarlínur sjávarbotns miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á rofi og jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, Tilfelli A og B.



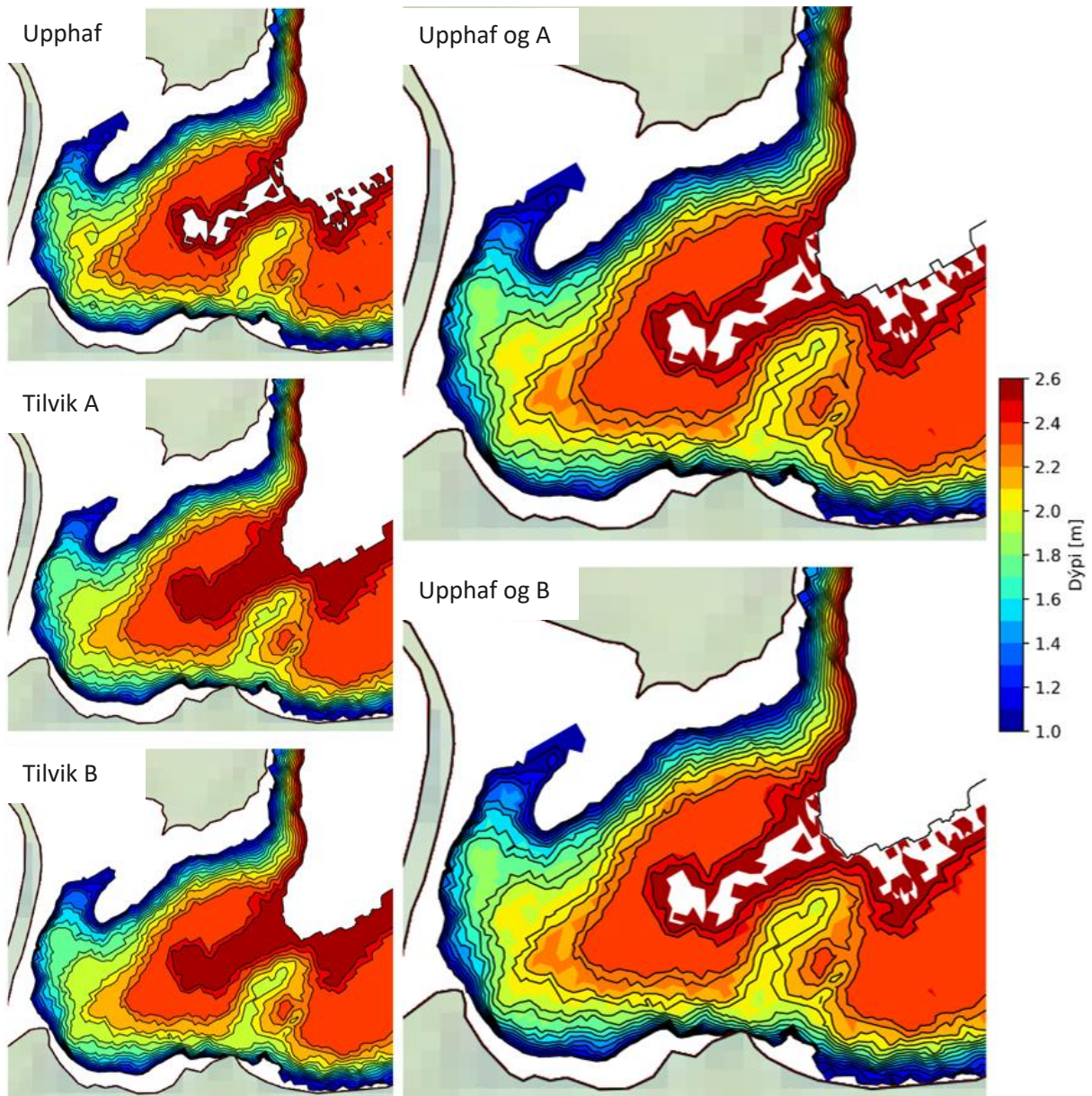
Mynd 166. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. Fjörur í Leiruvogi og Blikastaðakró.



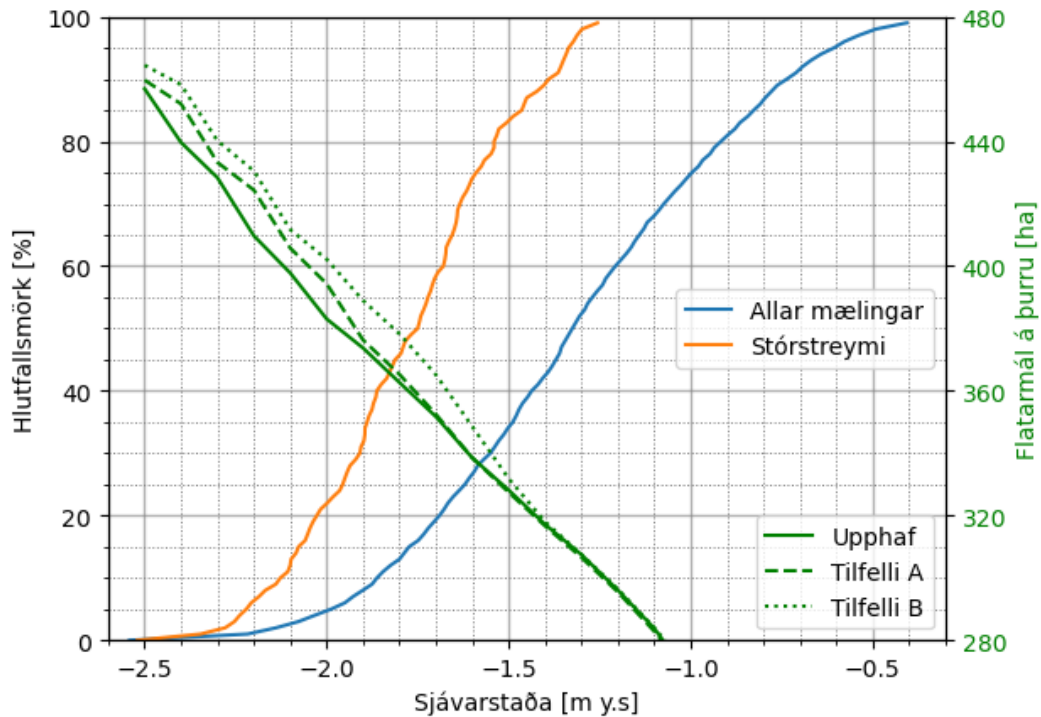
Mynd 167. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfalli A og B. fjörusvæði í Nesvík austan Gunnuness.



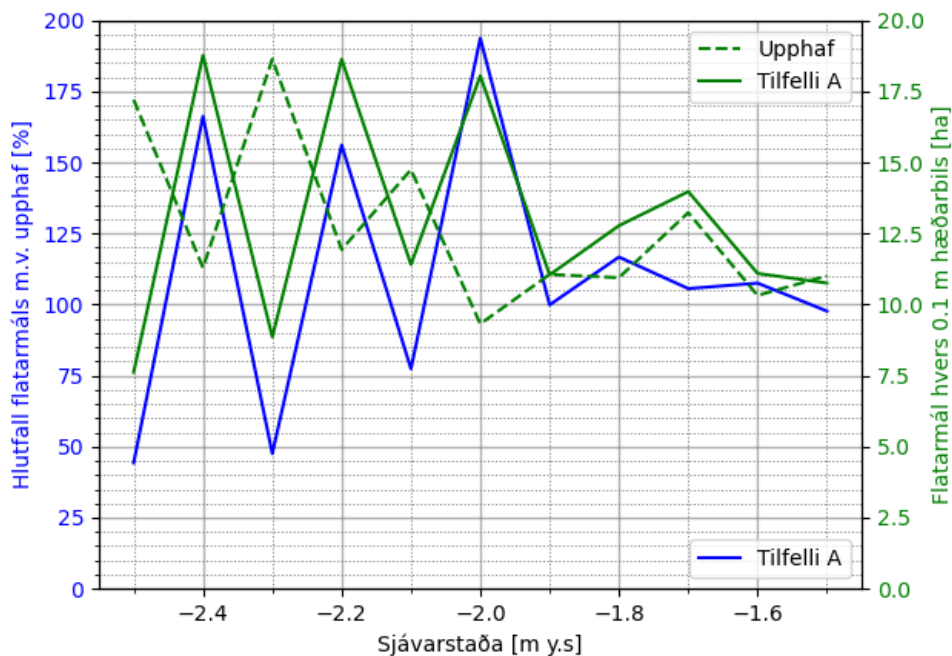
Mynd 168. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfelli A og B. Fjörusvæði við Blikastaðakró neðan ósa Úlfarsár.



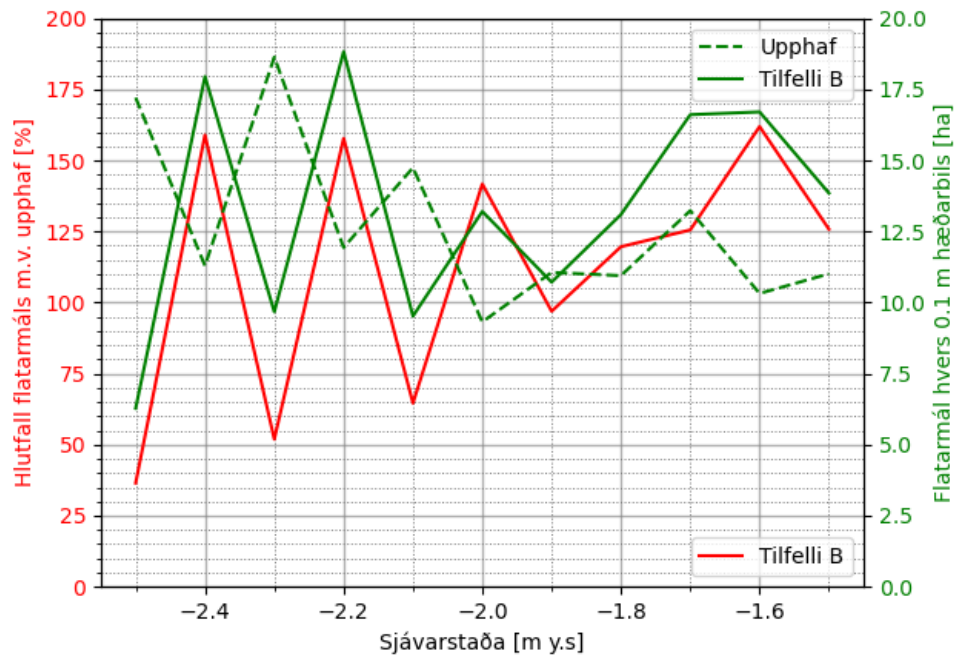
Mynd 169. Jafndýptarlínur sjávarbotns á fjörusvæðum miðað við núverandi ástand, án þverunar, og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, tilfalli A og B. Fjörusvæði við eiðið sunnan undir Geldinganesi.



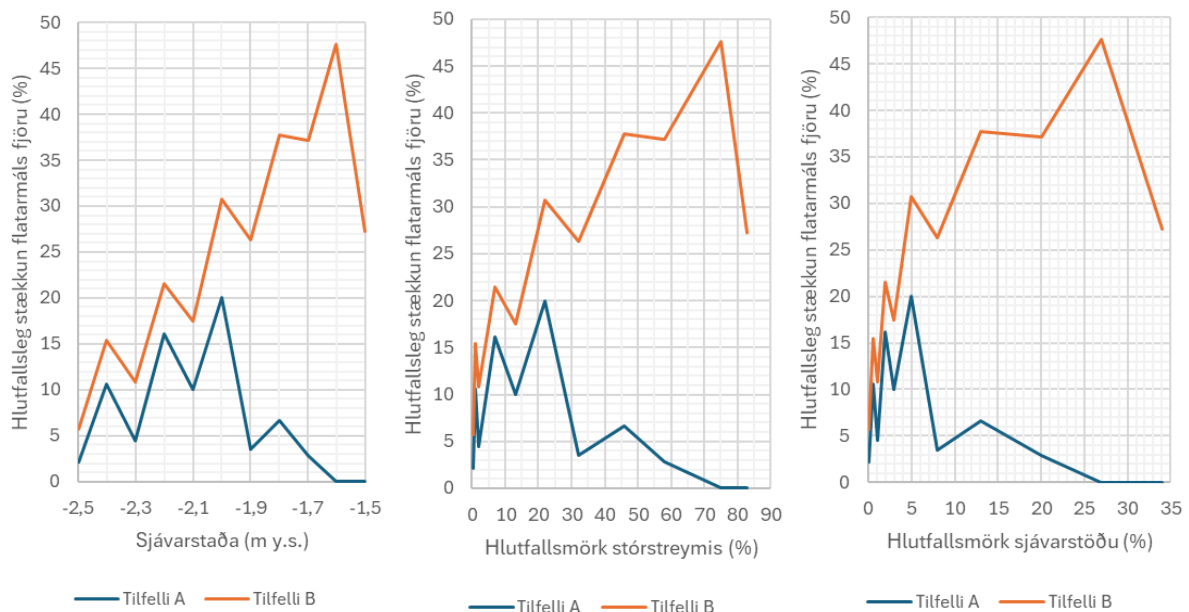
Mynd 170. Hlutfallsmörk sjávarstöðu á mestu fjöru á stórstreymi annars vegar og á öllum tímum hins vegar. Flatarmál fjöru við sjávarstöðu án þverunar (upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand botnbreytinga nálgast í kjölfar þverunar, Tilfelli A og B.



Mynd 171. Flatarmál hvers 0,1 m hæðarbils fjöru neðan -1,4 m y.s. án þverunar (Upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar (Tilfelli A), ásamt hlutfalli flatarmáls hæðarbils fyrir Tilfelli A miðað við Upphaf.



Mynd 172. Flatarmál hvers 0,1 m hæðarbils fjöru neðan -1,4 m y.s. án þverunar (Upphaf) og þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar (Tilfelli B), ásamt hlutfalli flatarmáls hæðarbils fyrir Tilfelli B miðað við Upphaf.



Mynd 173. Hlutfallsleg stækkun flatarmáls fjöru þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar fyrir Tilfelli A og Tilfelli B sem fall af sjávarstöðu (vinstri), hlutfallsmörkum sjávarstöðu (miðja) og hlutfallsmörkum sjávarstöðu á stórstreymi (hægri).



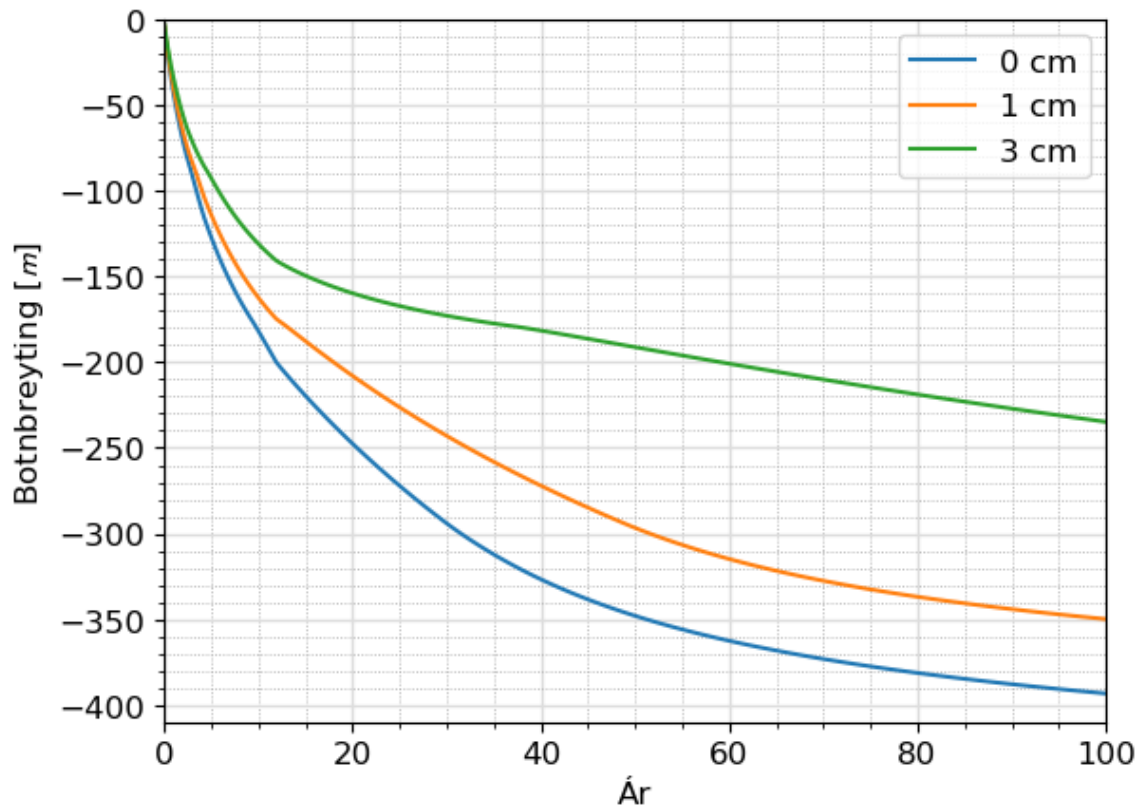
4.7.9. Hugsanleg temprun botnrofs og uppsöfnunar

Hér að framan hefur sést hversu áhrifarík grófari efni, t.a.m. malarefni (tilfelli A), geta verið í að hægja á og draga úr rofi. Sem viðbragðsaðgerð gegn rofi samhliða eða í kjölfar framkvæmda mætti því hugsa til þess að dreifa grófara efni þar sem rof er mest og þannig draga úr eða jafnvel stöðva að mestu rof.

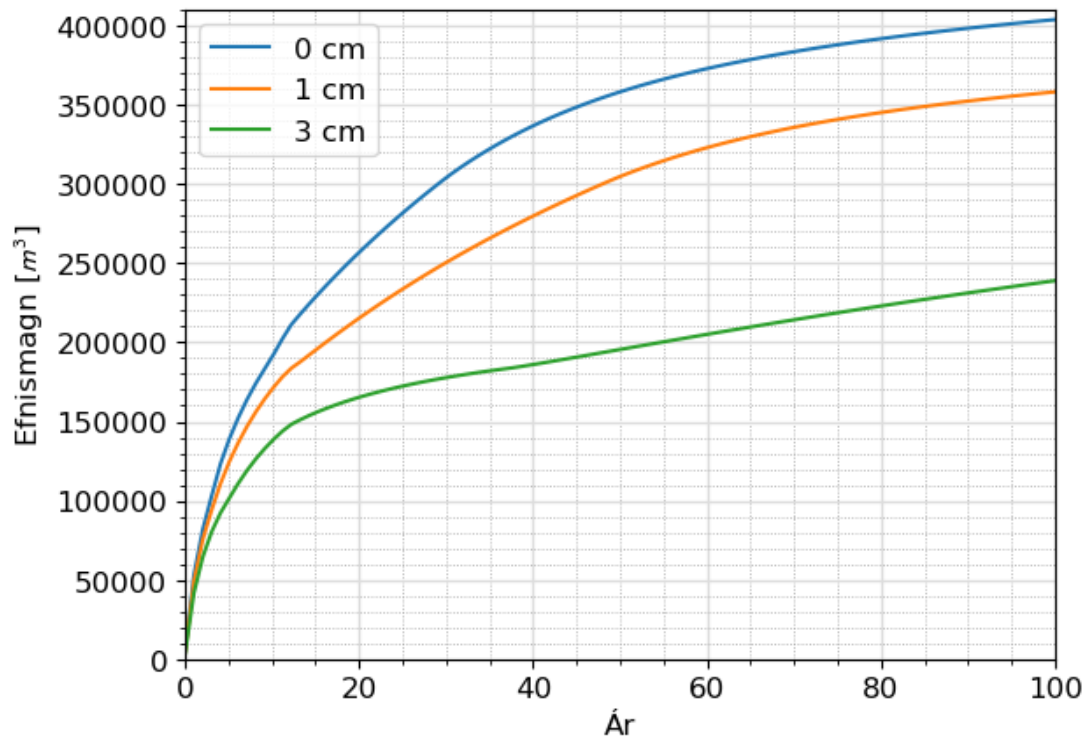
Til þess að leggja mat á virkni slíkra viðbragðsaðgerða voru skilgreind tvö tilfelli þar sem áhrif þess að dreifa annars vegar 1 cm og hins vegar 3 cm þykku malarlagi jafnt yfir allt rofsvæðið innan og utan vegfyllingar. Hafa verður í huga að ógerlegt er í raunveruleikanum að dreifa út svo þunnu malarlagi, hvað þá jafndreifa því yfir allt svæðið og því er nauðsynlegt að horfa á niðurstöður reikninganna einungis m.t.t. næmni í líkanreikningum gagnvart slíkum aðgerðum. Auk þess eru áhrif af dreifingunni sjálfri ekki metin í þessari greiningu, þ.e. rót á seti þegar malarlaginu er dreift. Það þyrfti að meta ef horft verður til nýtingu slíkra aðgerða.

Á mynd 174 er sýndur samanburður á rofi í viðmiðunarpunkti staðsettum innan við brúaropið miðað við botngerð í samræmi við tilfelli B. Eins og myndin sýnir skilar viðbragðsaðgerðin góðum árangri þ.a. einungis 3 cm jafndreift lag getur dregið úr lækun sjávarbotns um nærri 2 m á 100 ára tímabili. Að sama skapi getur viðbragðsaðgerðin (3 cm malarlag) dregið úr rofi innan vegfyllingar um 160.000 m³ yfir 100 ára tímabil (mynd 175). Minna rof með viðbragðsaðgerðunum leiðir svo til minni uppsöfnunar setefna innan vegfyllingar allt að 85.000 m³ (mynd 176).

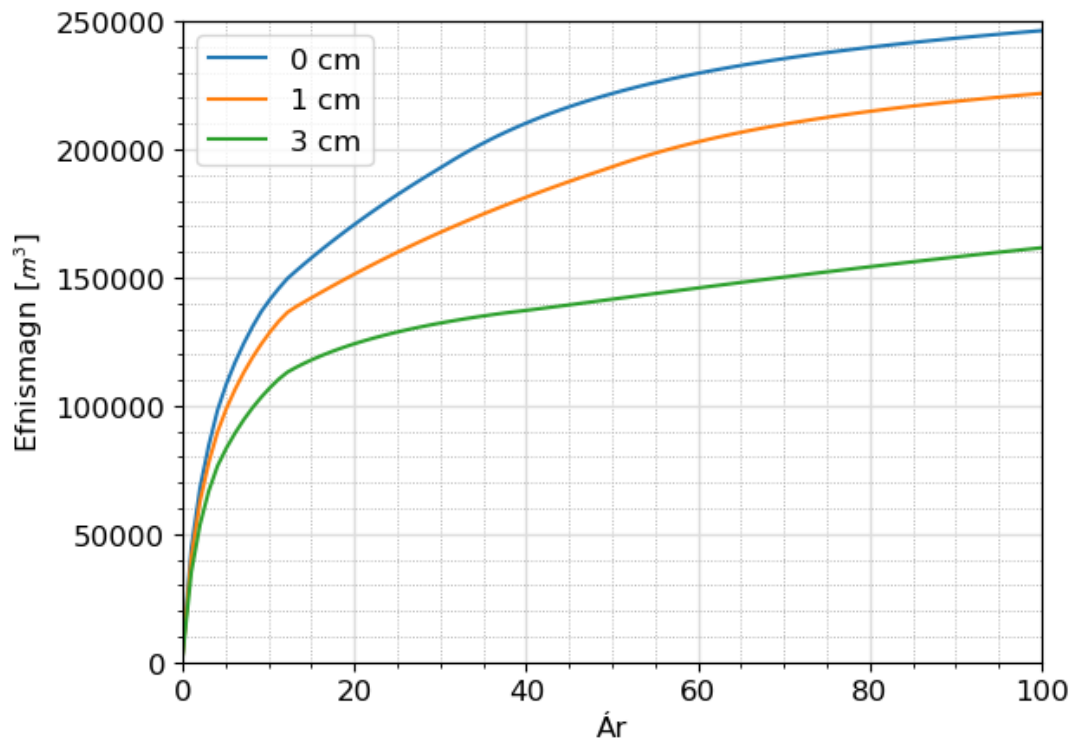
Á mynd 177, mynd 178 og mynd 179 eru áhrif viðbragðsaðgerðanna sýnd yfir allt svæðið í samanburði við engar viðbragðsaðgerðir (mynd 177). Af myndunum að dæma má sjá greinileg áhrif viðbragðsaðgerðanna sem verulega geta heft rofið. Meta þarf frekar raunhæfni þessara aðgerða sem mögulegra viðbragðsaðgerða til að hefta rof ef vöktun leiðir í ljós óhóflegar botnbreytingar.



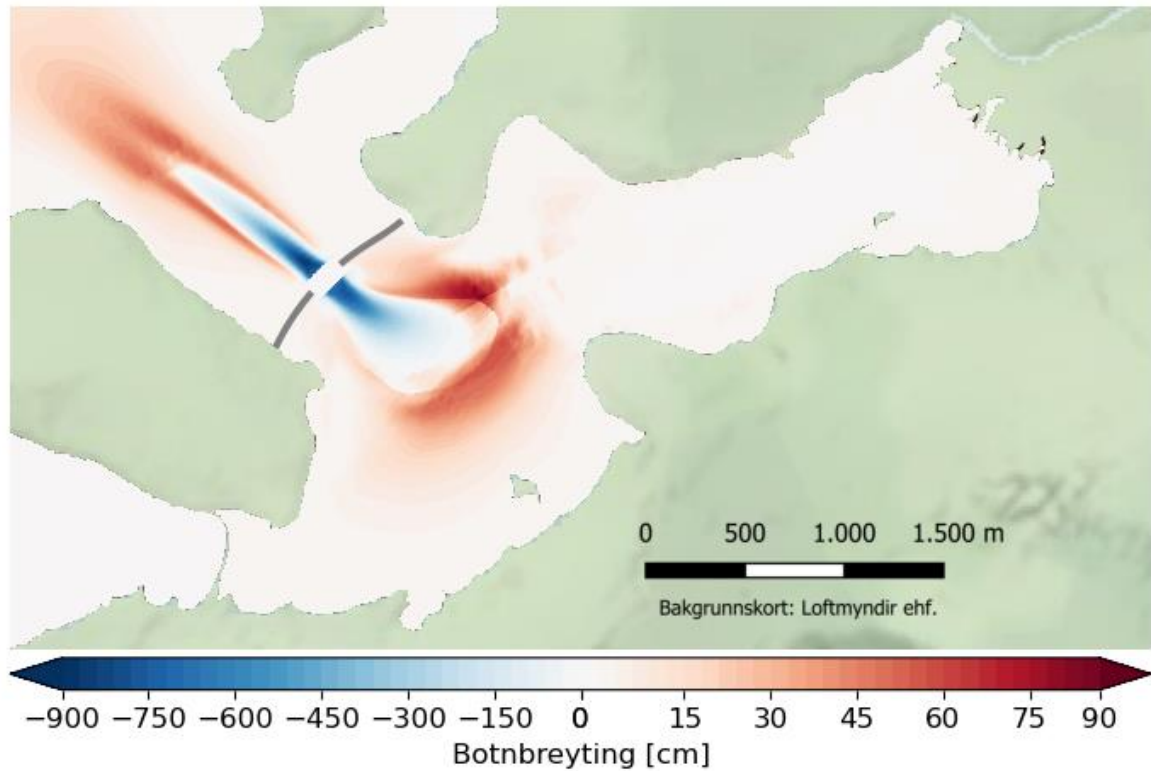
Mynd 174. Samanburður á rofi í viðmiðunarpunkti án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).



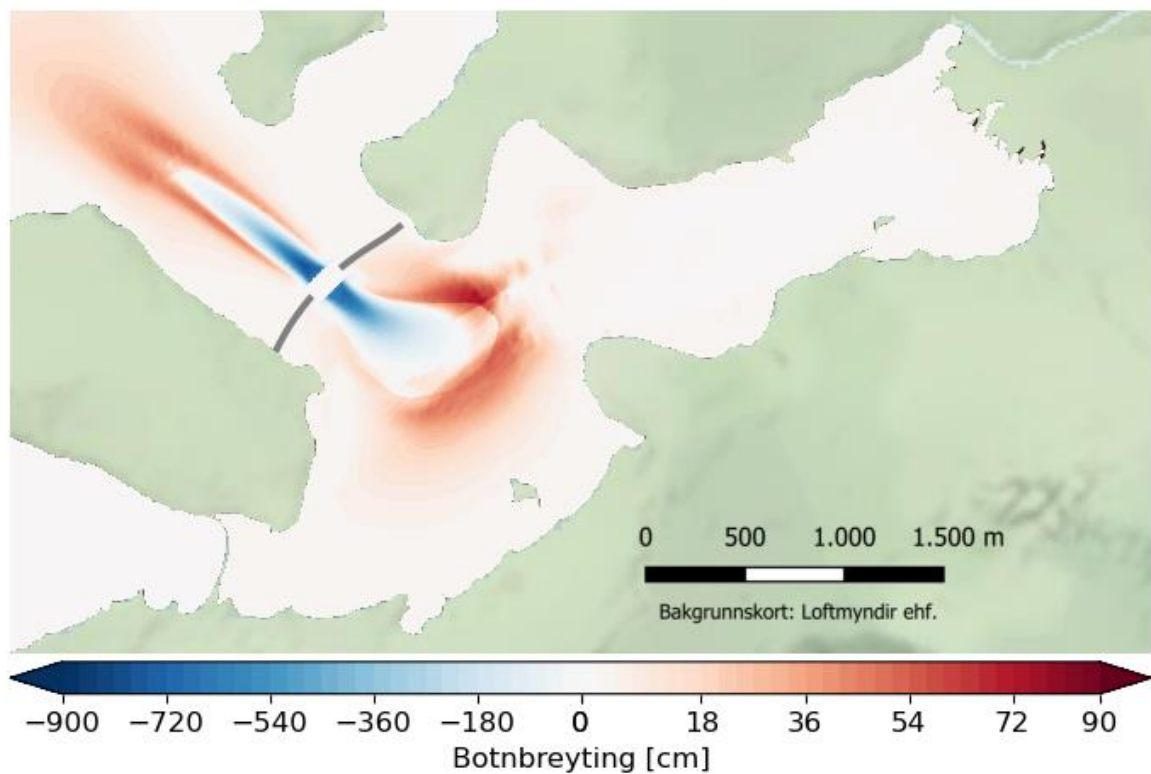
Mynd 175. Samanburður á rofi innan vegfyllingar (200 m brúarop) án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).



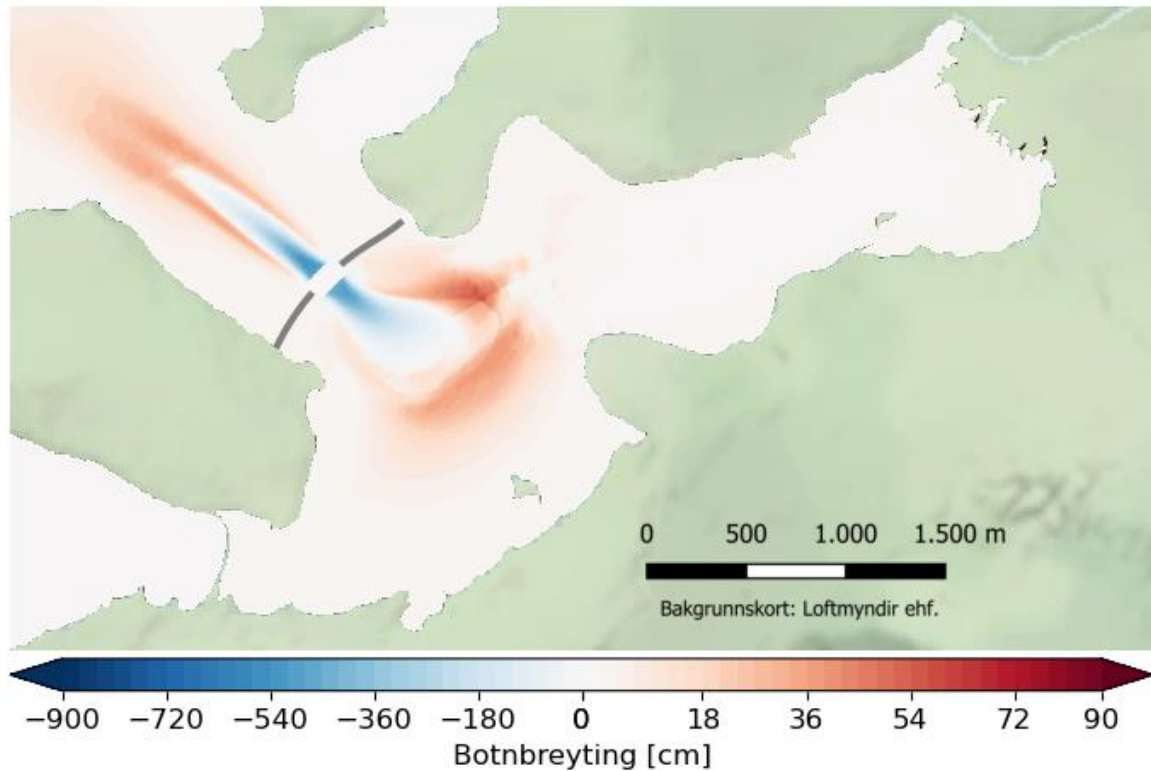
Mynd 176. Samanburður á uppsöfnun setefna innan vegfyllingar (200 m brúarop) án viðbragðsaðgerða (blá lína) og með viðbragðsaðgerðum 1 cm malarlag (gul lína) og 3 cm malarlag (græn lína).



Mynd 177. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, án viðbragðsaðgerða.



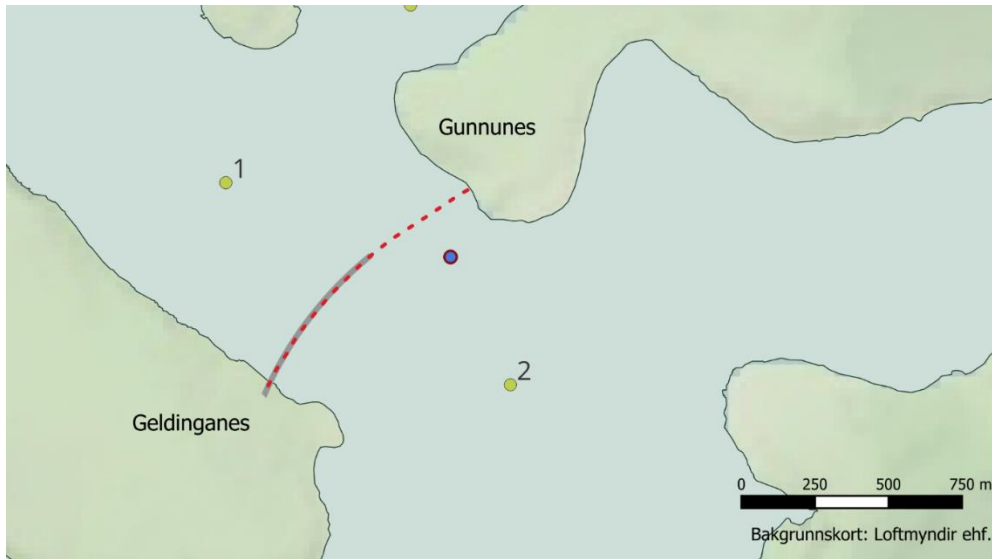
Mynd 178. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, viðbragðsaðgerð; 1 cm jafndreifðu malarlagi dreift yfir allt rofsvæðið til þess að sporna við rofi.



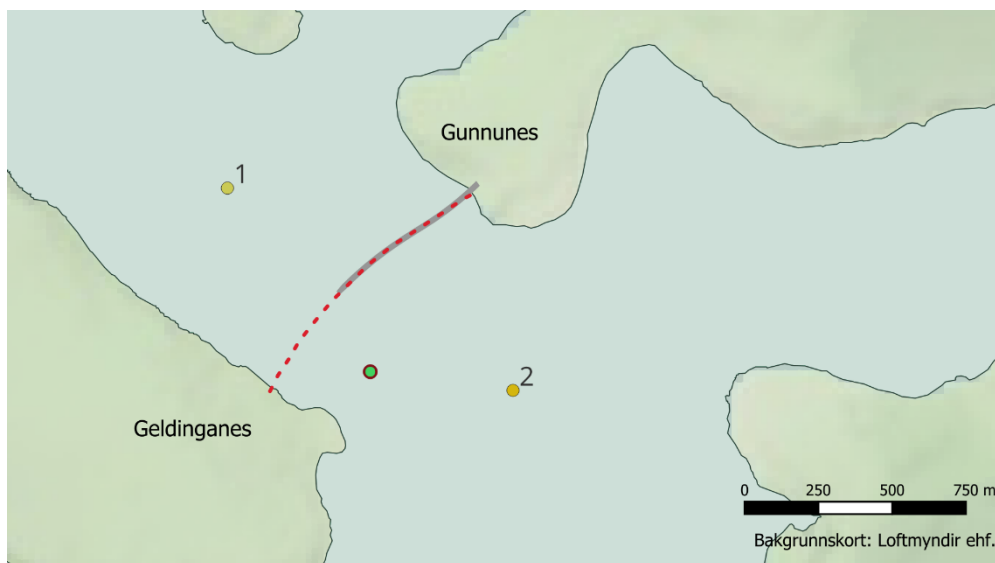
Mynd 179. Botnbreyting í Leiruvogi eftir 100 ár, viðbragðsaðgerð; 3 cm jafndreifðu malarlagi dreift yfir allt rofsvæðið til þess að sporna við rofi.

4.8. Framkvæmdatími

Framkvæmdirnar sjálfar geta haft áhrif á þá þætti sem skoðaðir hafa verið hér að framan fyrir fullbúið verk. Til þess að varpa ljósi á möguleg áhrif framkvæmda voru gerðir sambærilegir reikningar fyrir framkvæmdatímann líkt og rekstartímann. Þegar nákvæmari útfærsla framkvæmdarinnar liggur fyrir væri æskilegt að þessir þættir væru endurmetnir undir frekari rannsóknum í kjölfar umhverfismats eða í áhættumati vegna framkvæmdarinnar, eftir sem við á (sjá nánar í kafla 8). Á framkvæmdatíma er gert ráð fyrir að unnið verði að brú og vegfyllingu út frá annað hvort Geldinganesi eða Gunnunesi þannig að vegfyllingin nái sem lengst út en þó þannig að vatnsop verði um 400 metrar (mynd 180, mynd 181). Breidd vatnsops er mikilvæg forsenda og komi hún til með að breytast getur það haft áhrif á þær niðurstöður sem dregnar eru hér fram.



Mynd 180. Vegfylling (grá) þegar hún nær lengst út á framkvæmdatíma ef byggt væri frá Geldinganesi (400m vatnsop). Viðmiðunarpunktur fyrir sjávarföll (gulir), rennslissnið (rauð brotalína) og viðmiðunarpunktur fyrir botnrof (blár).



Mynd 181. Vegfylling (grá) þegar hún nær lengst út á framkvæmdatíma ef byggt væri frá Gunnunesi (400m vatnsop). Viðmiðunarpunktur fyrir sjávarföll (gulir), rennslissnið (rauð brotalína) og viðmiðunarpunktur fyrir botnrof (grænn).

4.8.1. Sjávarstraumar

Til þess að fá mat á áhrifum framkvæmdar á strauma var straumlíkan keyrt fyrir bæði tilfelli yfir hálfsmánaðar viðmiðunartímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til riflega 85% hlutfallsmarka. Á mynd 182 er samanburður á straumhraðasviði á aðfalli og útfalli á stórstreymi sýndur fyrir núverandi ástand og framkvæmdatilfellin tvö; vegfylling frá Geldinganesi og vegfylling frá Gunnunesi með 400 m vatnsopi.



Þótt vatnsopin séu tvöfalt breiðari en fyrir 200 m brúarop þá liggja þau á umtalsvert minna dýpi, töluvert meiri hröðun verður því um vatnsopin samanborið við núverandi aðstæður. Í töflu 22 eru dregnir fram mestu hraðar í vatnsopinu á útfalli og aðfalli. Ef byggt væri út frá Geldinganesi þá myndast straumröst á útfalli við Gunnunes en einnig upp við Þerney þar sem hún skiptist í tvennt, fer vestur fyrir eyjuna og austur Þerneyjarsund. Á aðfalli myndast nokkuð breið röst við Gunnunes sem fer í suðaustur í átt að stórstraumsfjörumörkum. Ef byggt væri út frá Gunnunesi þá myndast straumröst á útfalli meðfram strönd Geldinganes, sem nær hraða yfir 1 m/s (heldur hærra en í vatnsopinu sjálfu), og teygist vel út fyrir Geldinganes. Á aðfalli myndast breið straumröst meðfram Geldinganesi sem fer í suðaustur í átt að Blikastöðum. Niðurstöðurnar gefa til kynna að straumhraðinn verður meiri í vatnsopinu ef byggt er út frá Gunnunesi.

Niðurstöður eru bundnar öllum sömu óvissuþáttum og niðurstöður fyrir rekstartíma, þar á meðal óvissu á dýpi. Almennt teljast dýptargögn góð á svæðinu en óvissa í þeim fer að hafa meiri áhrif á grynningum, því gæti verið meiri óvissa í hraða á framkvæmdatíma því vatnsopið og það svæði sem mesta hröðun er á nær upp að landi. Slík óvissa hefði áhrif á allar afleiddar niðurstöður, en ætla má þó að eftir sem áður sé mat á straumstyrk og skerspennu við botn á líklegum stærðargráðum. Í samhengi við umfjöllun um óvissu að framan tengt rekstartíma má þannig ætla að meginóvissa sé eftir sem áður meiri tengt óvissu í öðrum þáttum, líkt og botngerð.

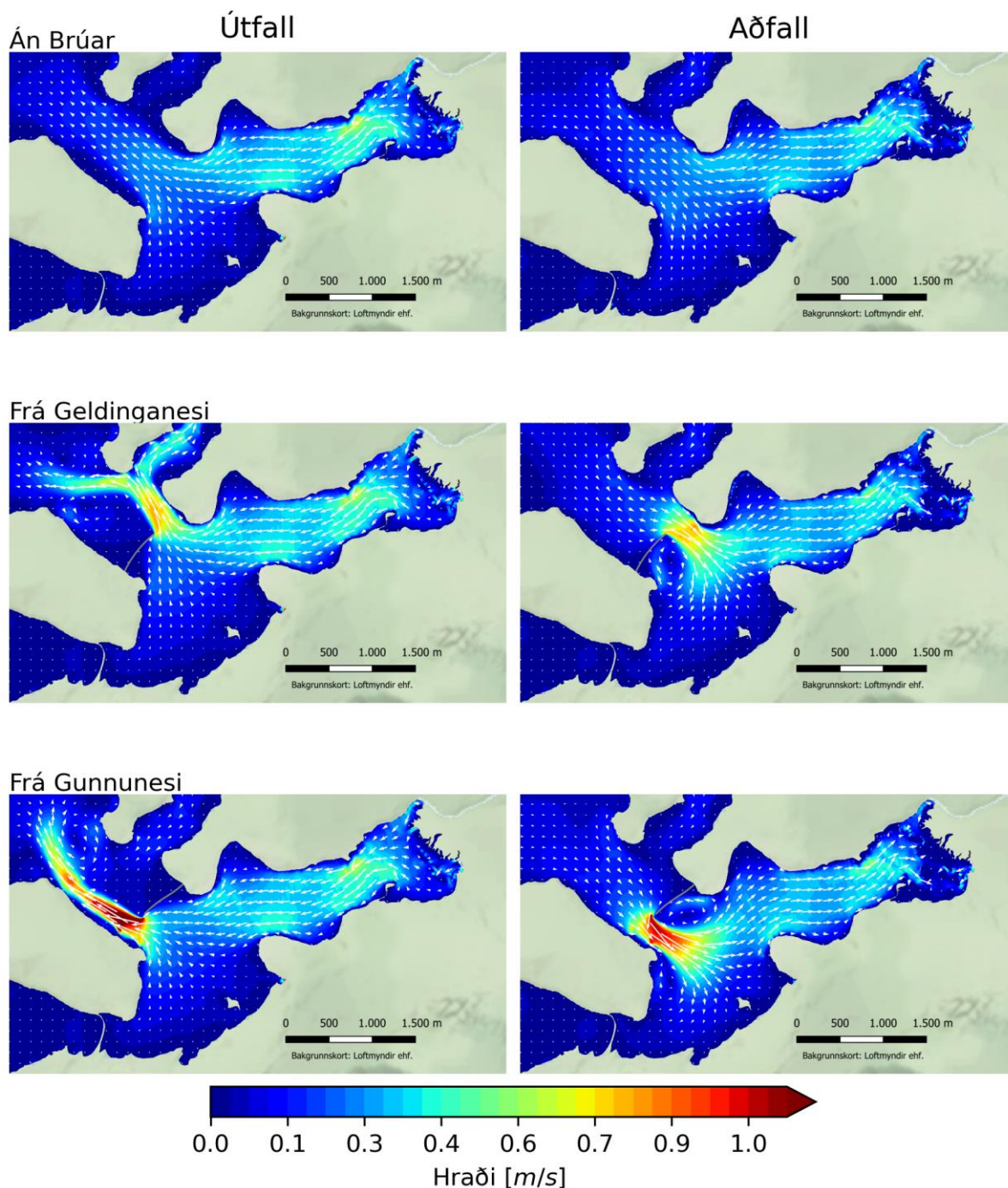
Tafla 22. Mestu straumhraðar í vatnsopi á framkvæmdatíma í Leiruvogi.

Tilfelli	Mesti hraði á útfalli [m/s]	Mesti hraði á aðfalli [m/s]
Byggt frá Geldinganesi	0,83	0,79
Byggt frá Gunnunesi	0,92	0,89

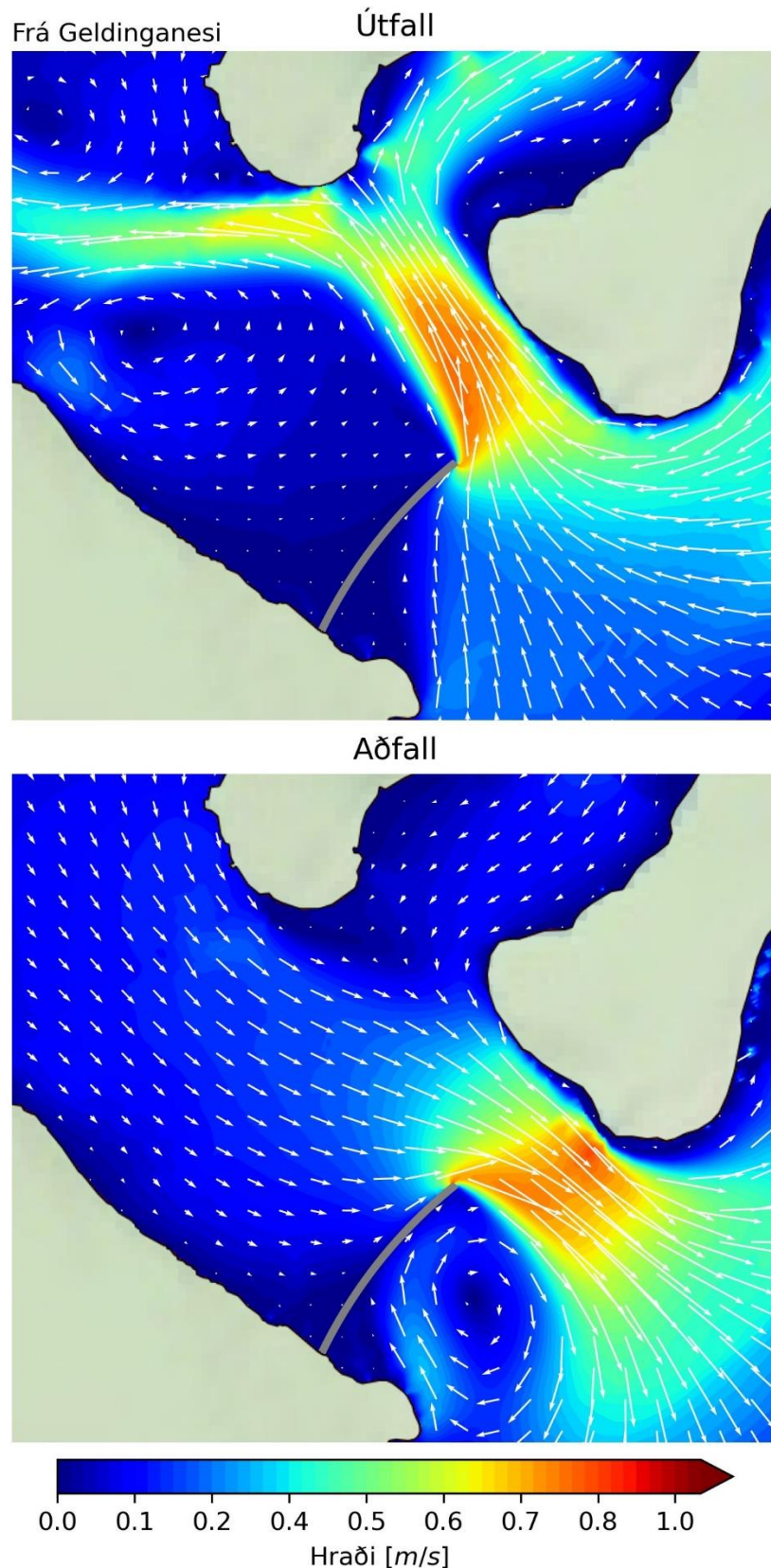
Straumsvið í vatnsopunum og utan þeirra breytist mjög verulega frá núverandi ástandi. Þegar byggt er út frá Geldinganesi styrkist norðaustlægur straumur í Þerneyjarsundi mikið á útfalli og stór iða myndast norðan Geldinganes, sunnan straumrastarinnar sem gengur út frá Þerney (mynd 183, efri). Við núverandi aðstæður er um tiltölulegar einsleitt straumsvið að ræða milli Gunnunes og Þerneyjar annars vegar og Geldingarness hins vegar og síðan er lágur einsleitur straumur til norðausturs í Þerneyjarsundi (mynd 48, efst til vinstri). Að framkvæmdum loknum berst hins vegar sterk straumröst úr brúaropi vel út fyrir Geldinganes og myndar iðu vestan Þerneyjar og aðra mun minni meðfram Geldinganesi (mynd 48, næstefst til vinstri). Sem meira er, straumröstin dregur til sín vatn úr Þerneyjarsundi og snýr þannig við straumi þar á útfalli. Viðlíka aðstæður verða í Þerneyjarsundi ef vegfyllingin er byggð út frá Gunnunesi (mynd 184, efri) auk þess sem iðan sem búast má við vestan Þerneyjar að framkvæmdum loknum færast austar og verður sunnan af Þerney. Mikill munur verður því á straumsviði á útfalli á framkvæmdatíma samanborið við núverandi aðstæður sem breytist síðan enn frekar að loknum framkvæmdum.

Á aðfalli verður ámóta straumsvið í Þerneyjarsundi og sunnan Þerneyjar samanborið við núverandi aðstæður, nema hvað straumurinn þarf að sveigjast töluvert til að berast að fullu um vatnsop á framkvæmdatíma. Straumurinn þarf þannig að sveigjast til norðurs þegar byggt er frá Geldinganesi (mynd 183, neðri) og til suðurs þegar byggt er frá Gunnunesi (mynd 184, neðri). Innan vegfyllingar myndast stór iða í báðum tilfellum með nokkuð aukinn straumhraða miðað við núverandi aðstæður og gengur mjög sterk og breið straumröst út frá vatnsopunum inn í vögin að norðanverðu þegar byggt er frá Geldinganesi (mynd 183, neðri) en að sunnanverðu þegar byggt er frá Gunnunesi (mynd 184, neðri). Í báðum tilfellum verður straumhraði margfaldur á við það sem er við núverandi aðstæður

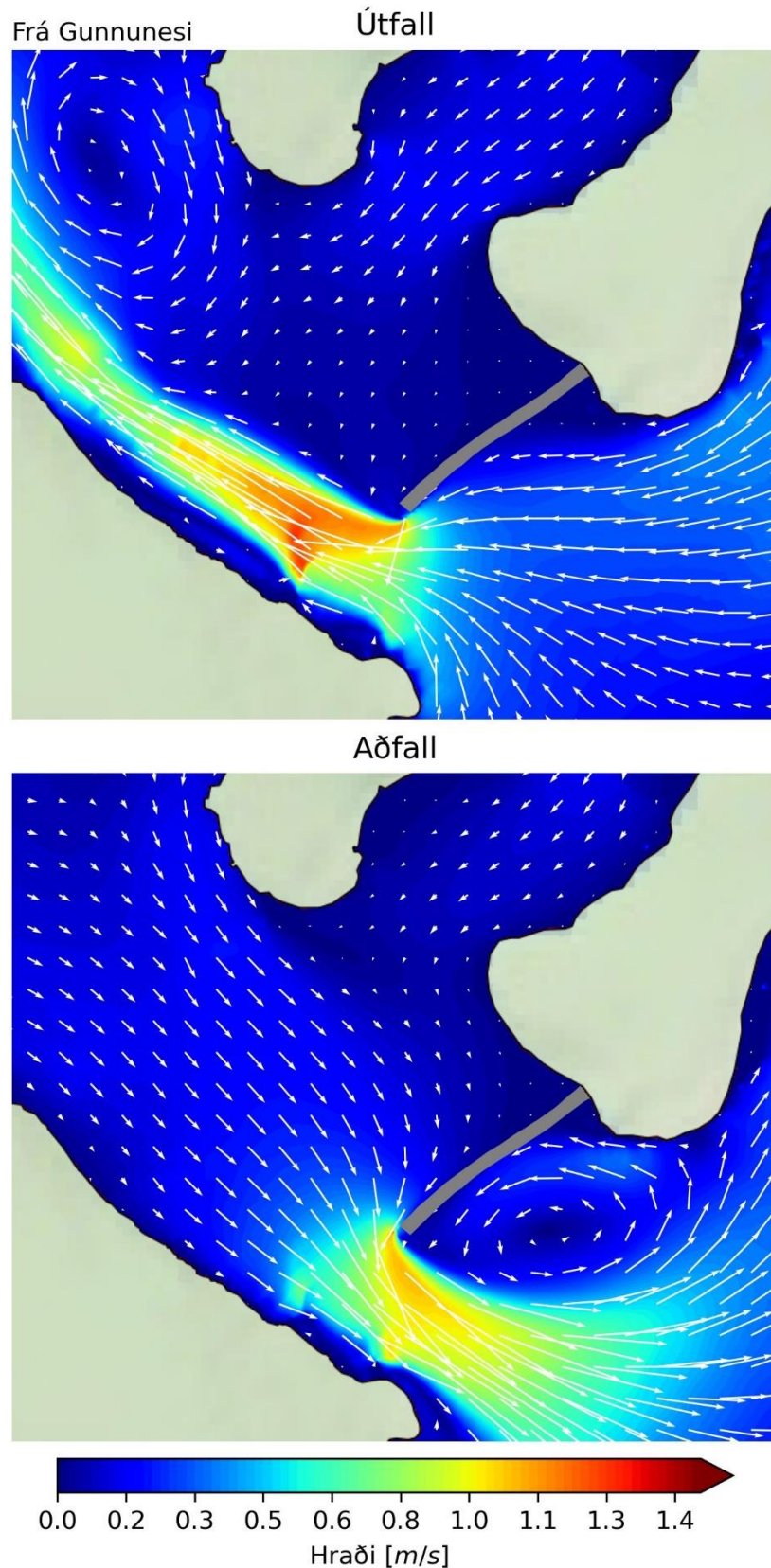
(mynd 48, efst til hægri) en fellur eftir því sem austar dregur frá vatnsopinu. Að framkvæmdum loknum (mynd 48, næstefst til hægri; mynd 49, næstefst til hægri) myndast hins vegar iður beggja vegna straumrastar frá brúaropinu innan þverunar og aukinn straumhraði nær nokkuð skemur inn voginn samanborið við framkvæmdatíma. Mikill munur verður því á straumsviði á aðfalli á framkvæmdatíma samanborið við núverandi aðstæður sem breytist síðan enn frekar að loknum framkvæmdum.



Mynd 182. Samanburður á straumsviði á útfalli og aðfalli á stórstreymi milli núverandi ástands og útfærslu framkvæmda þar sem vegfylling er annars vegar gerð út frá Geldinganesi og hins vegar Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).

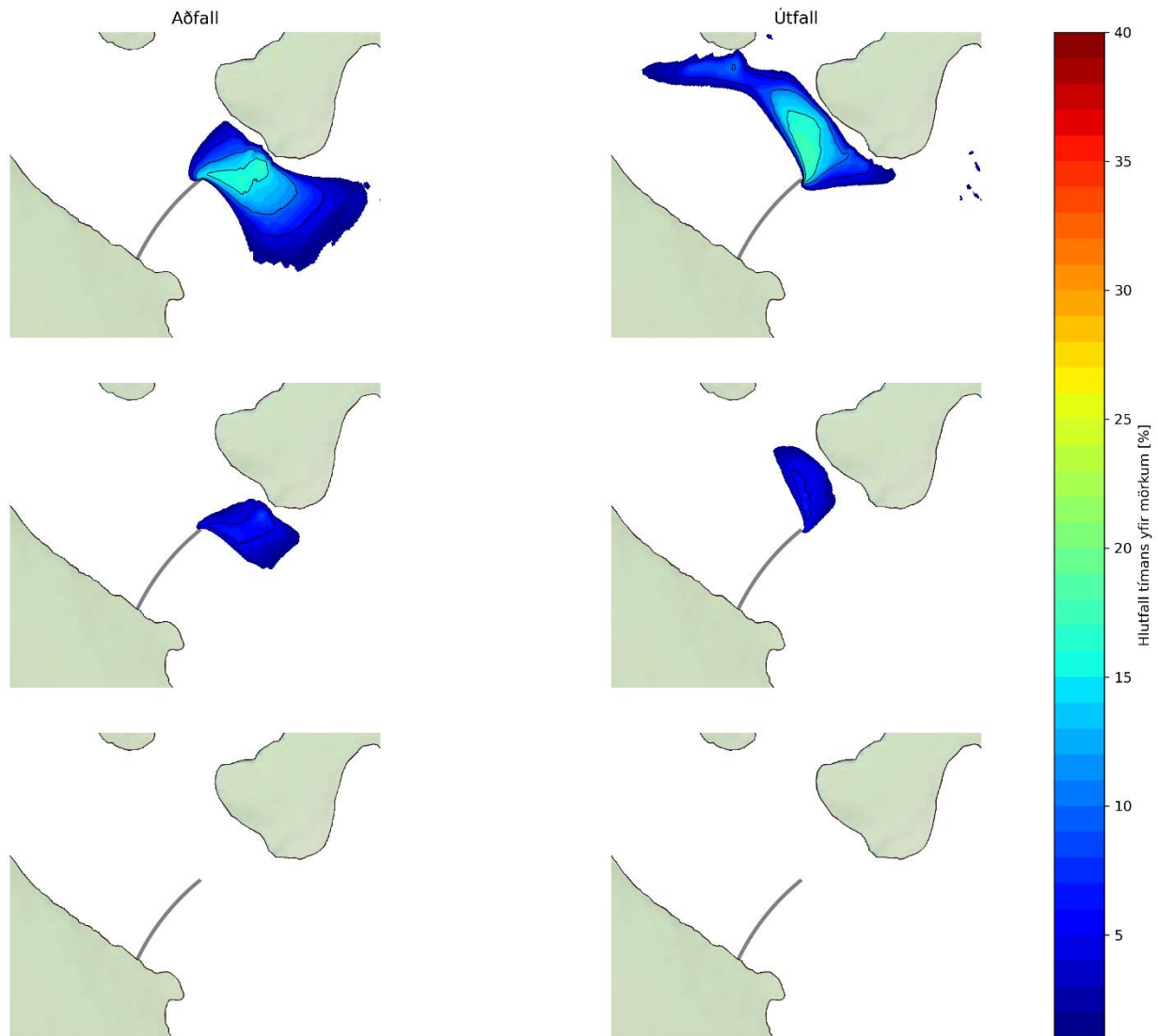


Mynd 183. Straumsvið á útfalli og aðfalli á stórstreymi í vatnsopi framkvæmdatíma þegar er byggt út frá Geldinganesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).



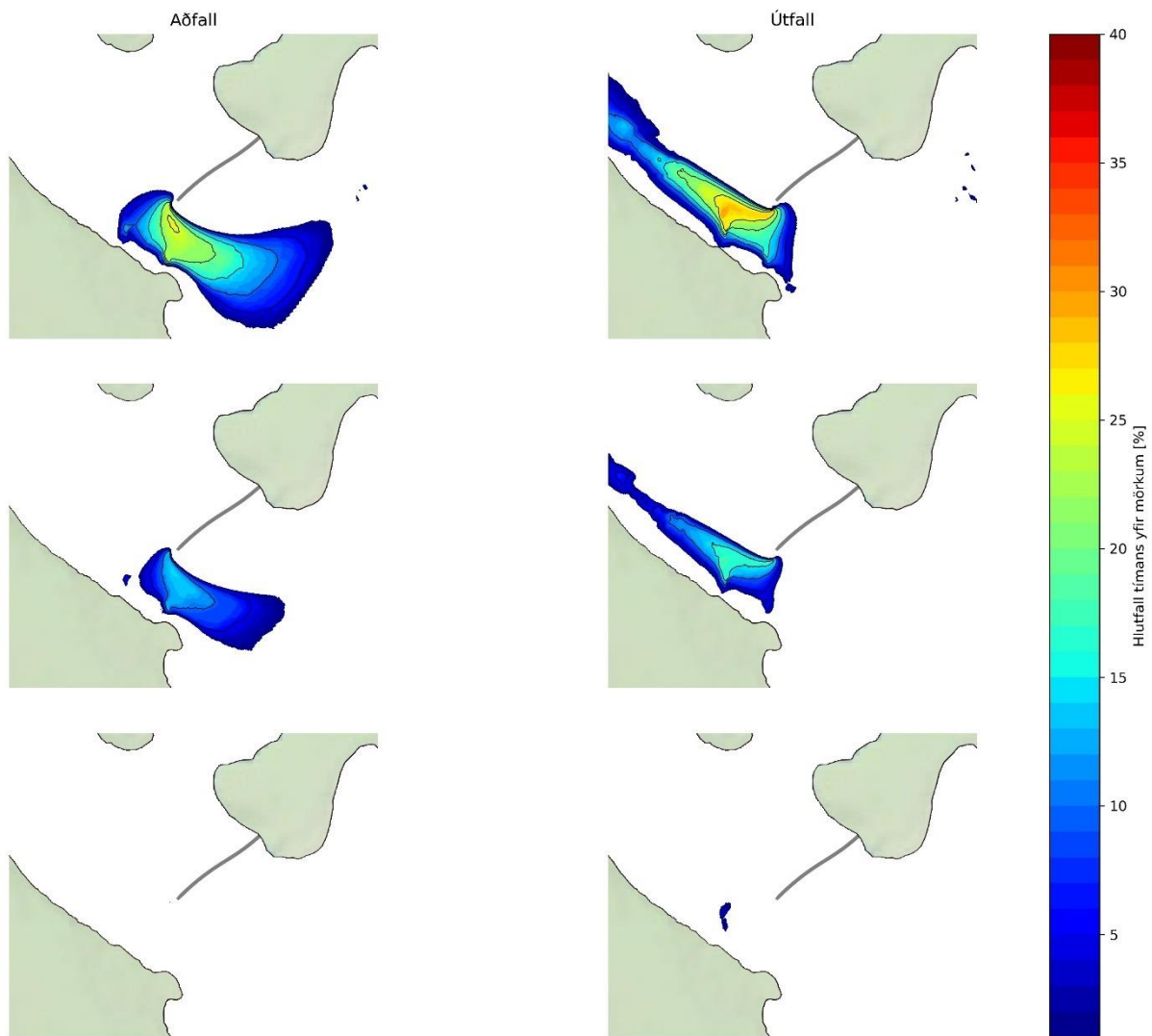
Mynd 184. Straumsvið á útfalli og aðfalli á stórstreymi í vatnsopi framkvæmdatíma þegar er byggt út frá Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).

Líkt og fyrir rekstrartíma að framkvæmdum loknum leiðir aukinn straumhraði í vatnsopum á framkvæmdatíma til áhrifa á gönguseiði laxfiska (sjá kafla 4.1.2). Þegar byggt er út frá Geldinganesi verður straumhraði í vatnsopi um 16% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og um 18% tímans á útfalli, því samtals um 34% tímans, um 7% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli sem og útfalli, samtals um 14% tímans, en aldrei yfir 1,07 m/s (mynd 185). Áhrifa 0,4 m/s gætir langt inn að stórstraumsfjörumörkum innan vogsins og að þerney utan vegfyllingarinnar. Áhrifa 0,6 m/s er hins vegar bundið við nágrenni Gunnuness.



Mynd 185. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar vegna laxfiska, fyrir vatnsop á framkvæmdatíma þegar byggt er út frá Geldinganesi. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).

Þegar byggt er frá Gunnunesi verður straumhraði í vatnsopi um 26% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og um 29% tímans á útfalli, því samtals um 55% tímans, um 14% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli og um 16% tímans á útfalli, samtals um 30% tímans, aldrei yfir 1,07 m/s á aðfalli og einungis um 2% tímans á útfalli. Áhrifa 0,4 m/s gætir langt inn voginn og nærri stórstrumsfjöllumörkum og utan vegfyllingar meðfram allri strönd Geldinganes. Áhrifa 0,6 m/s gætir nokkuð skemur í báðar áttir og áhrifa 1,07 m/s einungis á mjög afmörkuðu svæði í vatnsopinu (mynd 186).

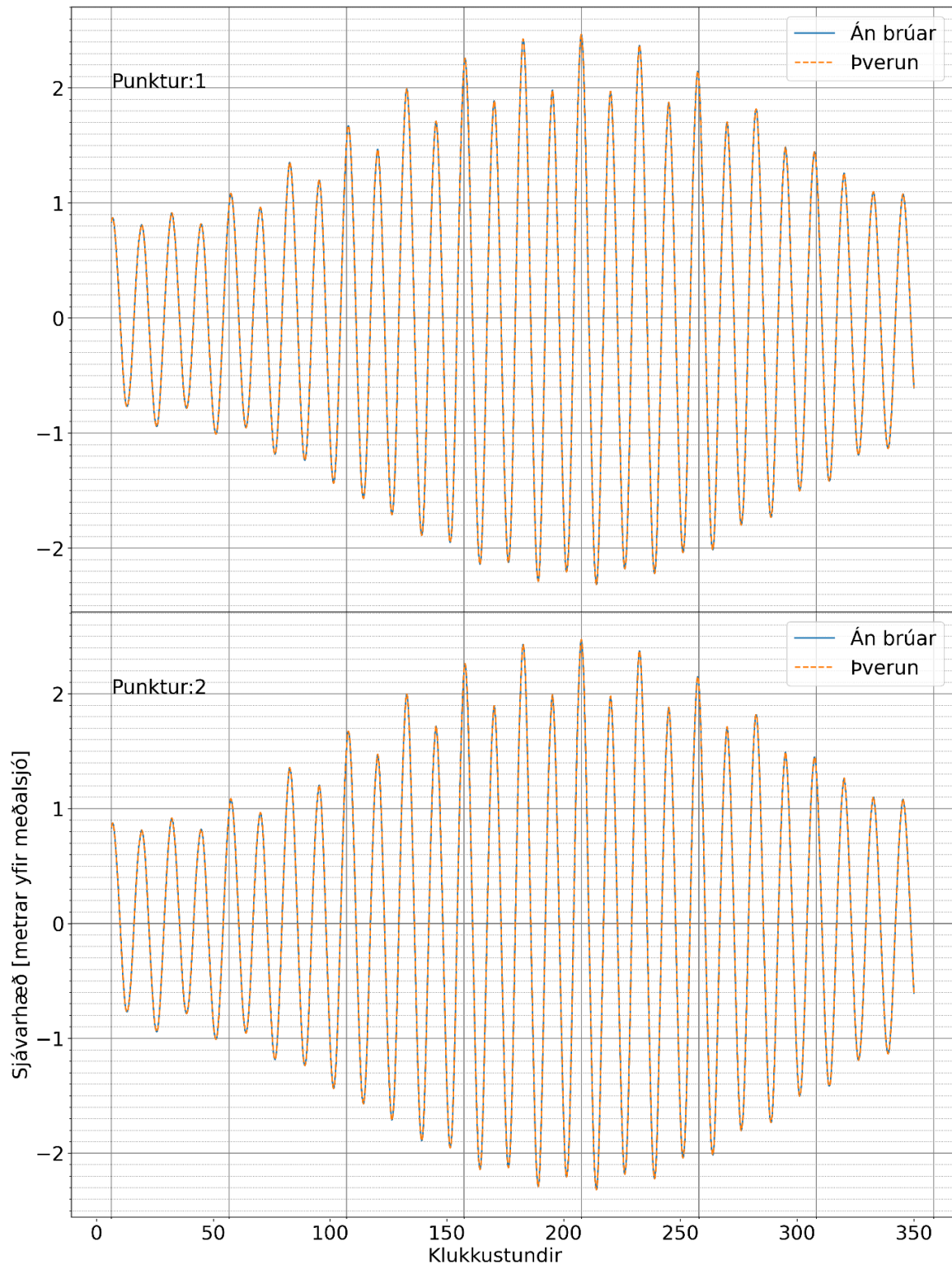


Mynd 186. Hlutfall tímans sem straumhraði á aðfalli (vinstri) og útfalli (hægri) er yfir viðmiðunarmörkum Hafrannsóknastofnunar vegna laxfiska, fyrir vatnsop á framkvæmdatíma þegar byggt er út frá Gunnunesi. 0,4 m/s gult viðmið (efsta röð), 0,6 m/s appelsínugult viðmið (miðjuröð), 1,07 m/s rautt viðmið (neðsta röð). Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2).

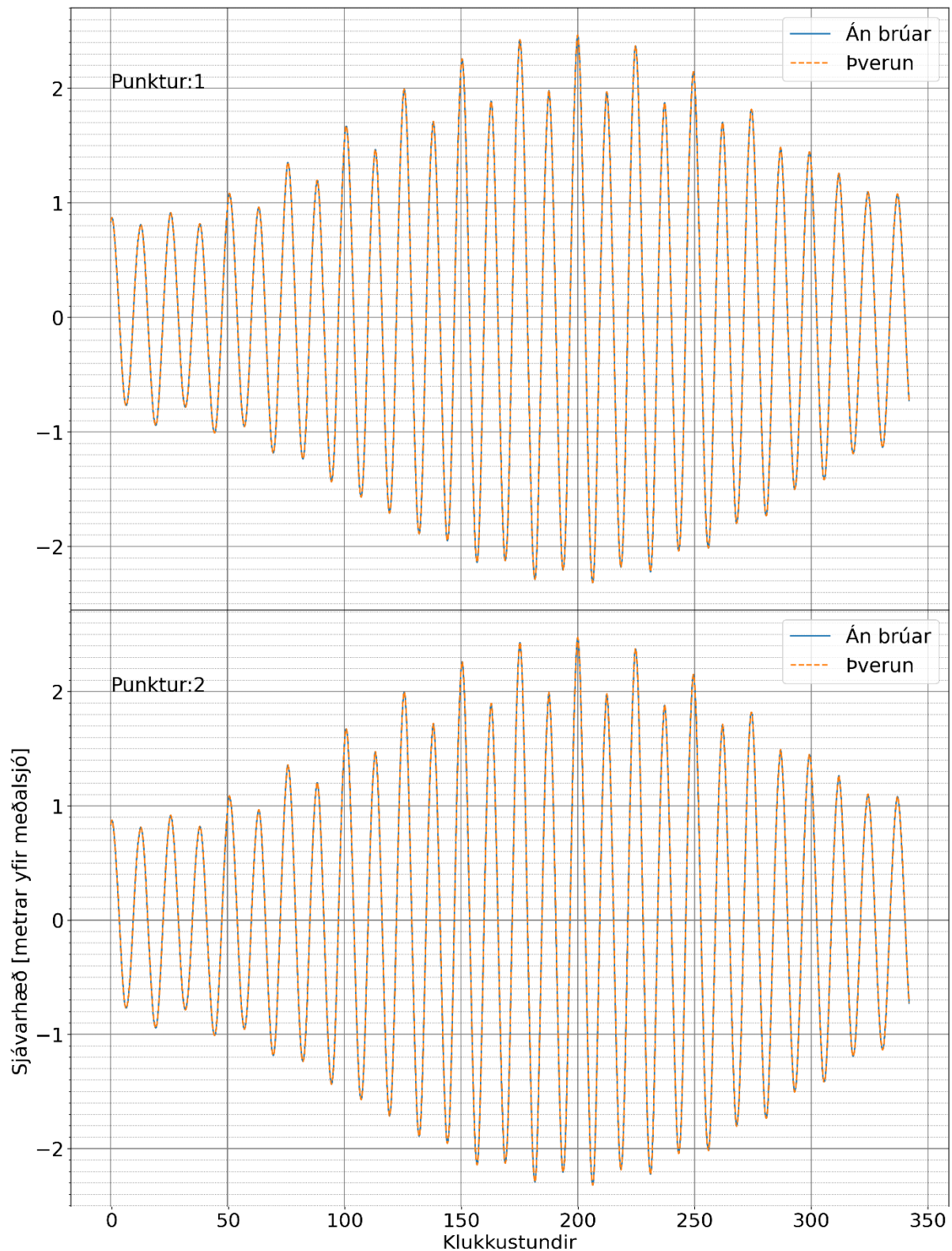


4.8.2. Sjávarföll og vatnsskipti

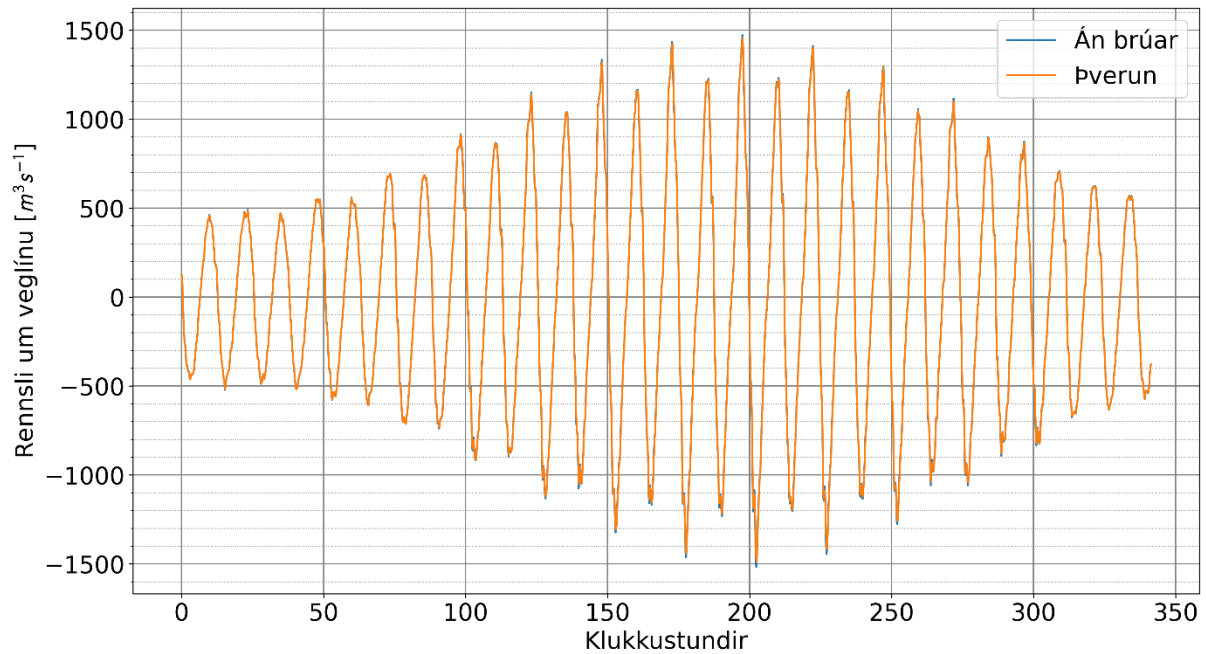
Líkanreikningar benda til þess að fyrir hvorugt tilfellið á framkvæmdatíma verði breytingar á sjávarföllum, hvorki í útslagi né fasa (mynd 187, mynd 188). Samanburður á reiknuðu rennsli með og án vegfyllingar um snið sem fylgir fyrirhugaðri vegfyllingu sýnir lítinn mun í reiknuðu rennsli (mynd 189, mynd 190). Í báðum tilfellum er hámarksrennsli um sniðið á hverju aðfalli allt að 2% lægra með tilkomu vegfyllingar og á hverju útfalli er hámarksrennslið allt að 3% lægra. Hinsvegar er það rúmmál sem fer um sniðið á hverju aðfalli og hverju útfalli allt að 0,2% meira með tilkomu vegfyllingar. Heildað rennsli á aðfalli annars vegar og útfalli hins vegar yfir viðmiðunartímann sýnir þetta sömuleiðis, um 0,1% - 0,2% aukning með tilkomu vegfyllingar. Líkaniðurstöður benda því til þess að óverulegar breytingar verði á vatnsskiptum í Leiruvogi á framkvæmdatíma.



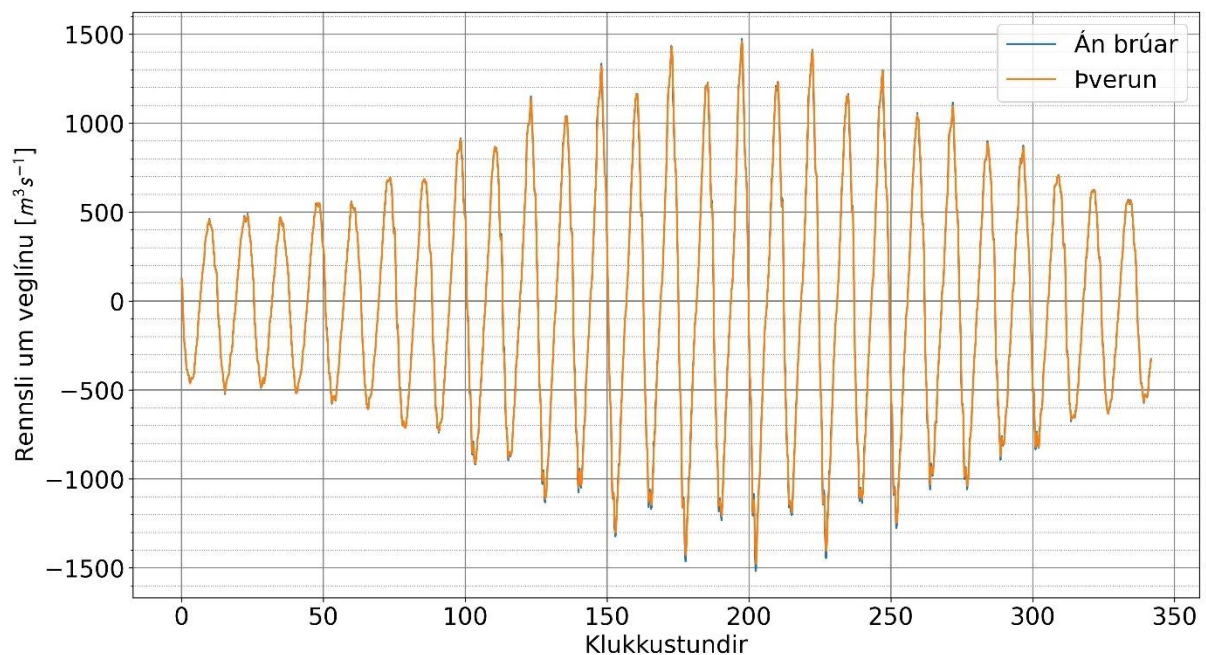
Mynd 187. Samanburður á sjávarföllum í viðmiðunarpunktum innan og utan þverunar í Leiruvogi (Mynd 180) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Geldinganesi.



Mynd 188. Samanburður á sjávarföllum í viðmiðunarpunktum innan og utan þverunar í Leiruvogi (mynd 181) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Gunnunesi.



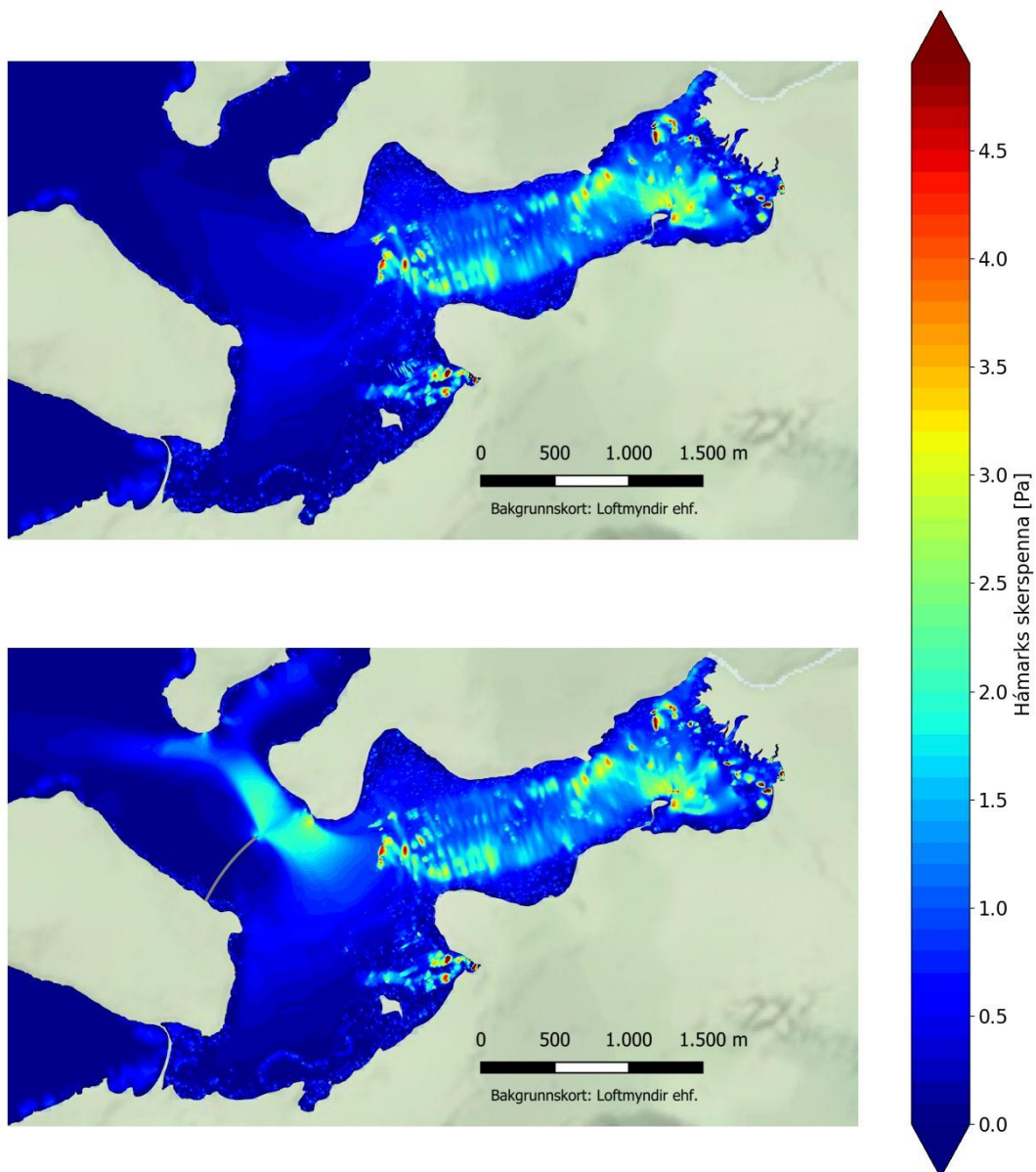
Mynd 189. Samanburður á rennsli um veglínu í Leiruvogi (mynd 180) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Geldinganesi.



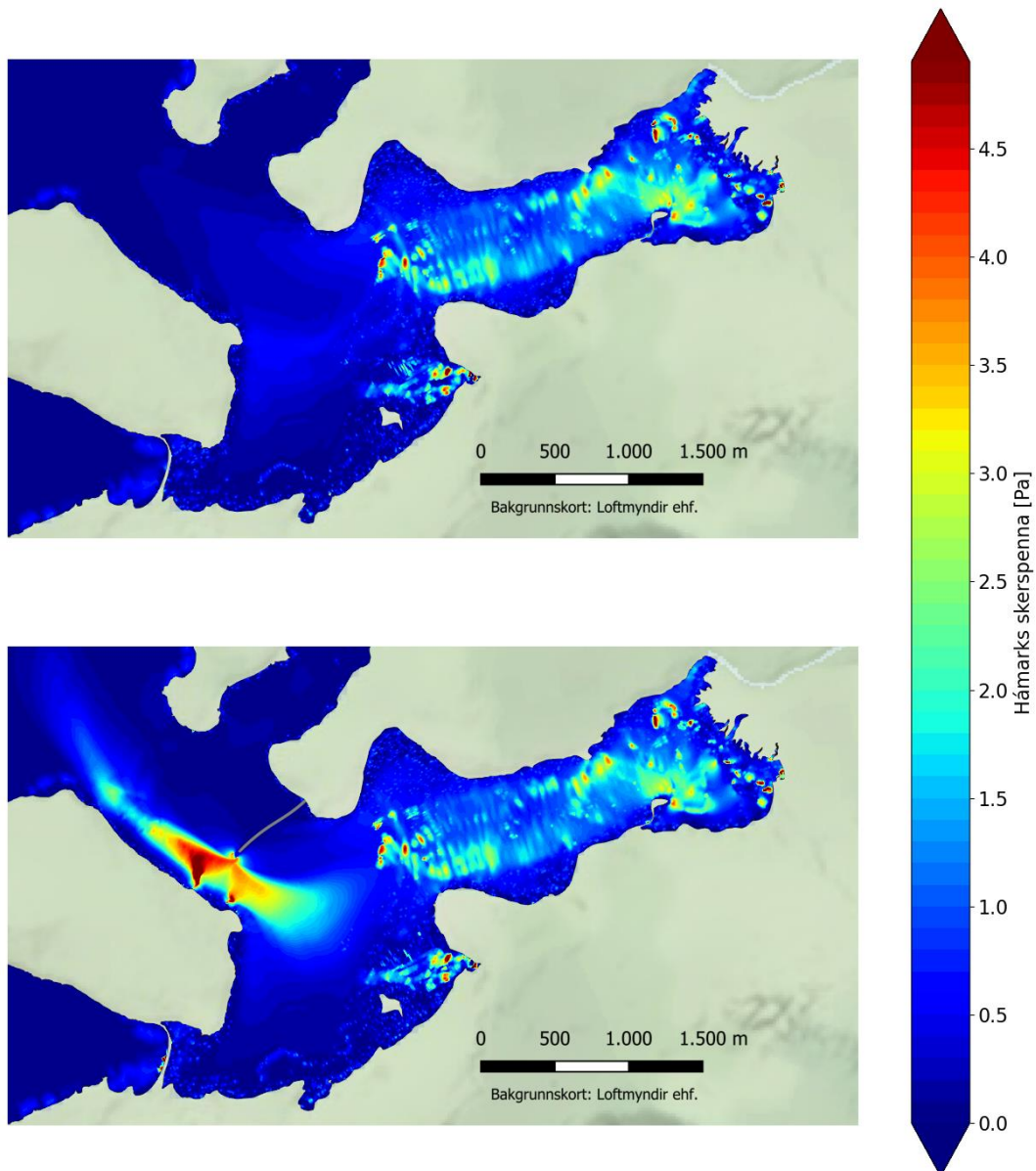
Mynd 190. Samanburður á rennsli um veglínu í Leiruvogi (mynd 181) við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem unnið er að þverun frá Gunnunesi.

4.8.3. Botnrof og setflutningar

Dýpi er minna í vatnsopunum á framkvæmdatíma sem verða nær ströndu en í brúaropi að framkvæmdum loknum. Vegna þessa leiða breiðari vatnsop ekki til samsvarandi lækkunar í hraða eða skerspennu og þ.a.l. verður mögulegt rofsvæði breiðara. Mynd 191 sýnir samanburð á mestu reiknuðu skerspennu við botn við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þegar vegfyllingin hefur náð fullri lengd m.v. að byggt sé frá Geldinganesi (400 m vatnsop milli vegfyllingar og Gunnuness). Líkt og fyrir 200 m brú verða litlar breytingar á skerspennu nema á vel afmörkuðu svæði inn og út af vatnsopinu. Mynd 192 sýnir að sama skapi samanburð á mestu reiknuðu skerspennu við botn við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þegar vegfyllingin hefur náð fullri lengd m.v. að byggt sé frá Gunnuness (400 m vatnsop milli vegfyllingar og Geldinganes). Samanborið við fyrra tilfellið, vegfylling frá Geldinganesi, reiknast mun hærri skerspenna í vatnsopinu og utan þess sérstaklega við ströndu Geldinganes.



Mynd 191. Samanburður á skerspennu við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem vegfylling er unnin út frá Geldinganesi, 400 m vatnsop milli vegfyllingar og Gunnuness.



Mynd 192. Samanburður á skerspennu við núverandi ástand og á framkvæmdatíma þar sem vegfylling er unnin út frá Gunnunesi, 400 m vatnsop milli vegfyllingar og Geldinganes.

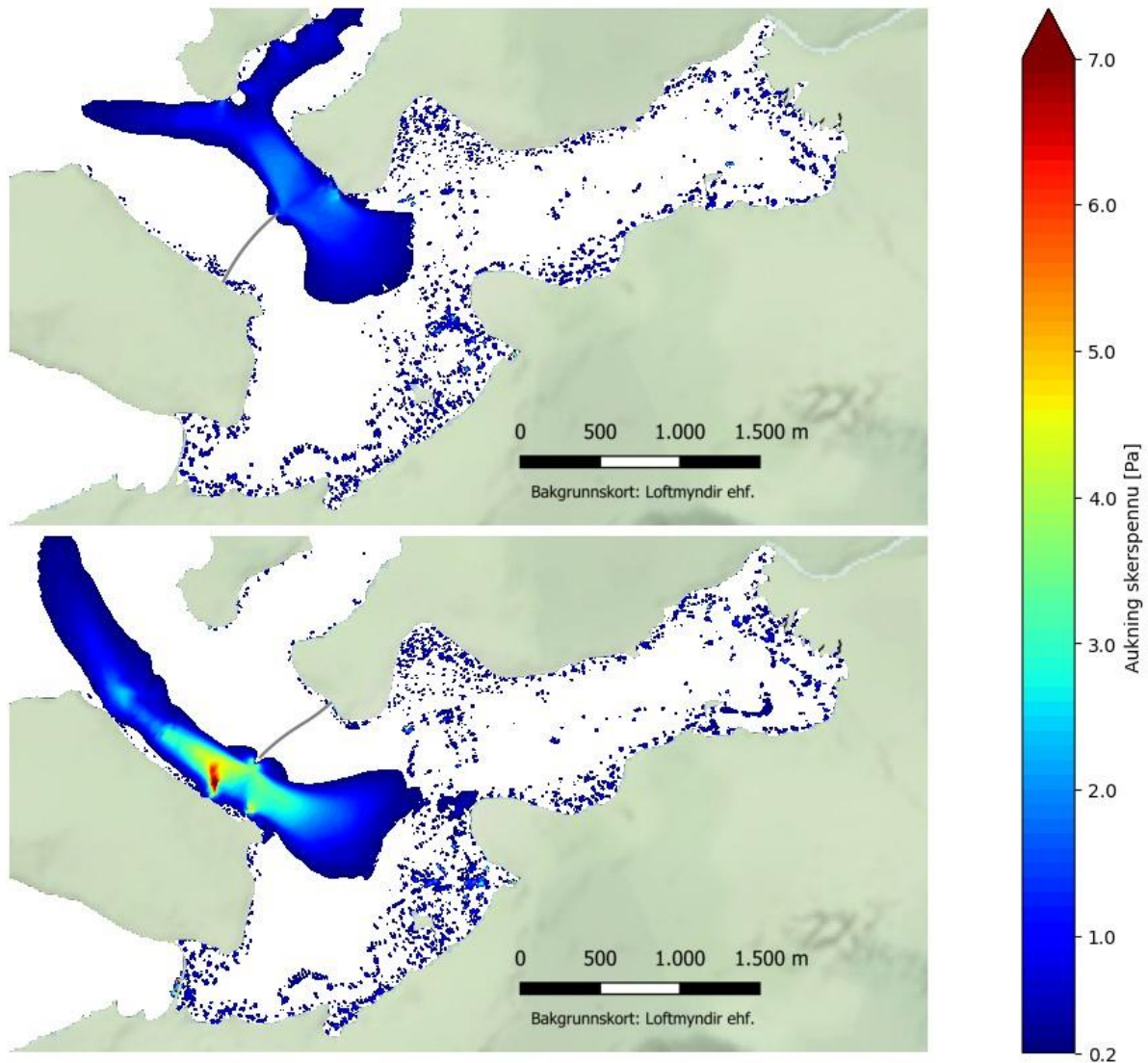
Aukin skerspenna á framkvæmdatíma eins og niðurstöðurnar benda til geta leitt til botnrofs og setflutninga. Setflutningslíkan var keyrt með sama hætti og fyrir rekstrartíma (kafli 4.7), nema hér er aðeins notast við fyrri hálfsmánaðar viðmiðunartímabilið, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka (Mynd 2). Eins og fyrir rekstrartíma er óvissa um botngerð og notast var við sömu tilfelli og fyrir greiningar á rekstrartíma, A) minna botnrof og B) meira botnrof. Þannig er gert ráð fyrir að botninn sé allur úr sandi og fínni setefnum. Klappir sem greina má í fjörum við Geldinganes og Gunnunes halda áfram neðansjávar nálægt landi en falla hratt niður samkvæmt mældu klapparsniði, því er mögulegt að botnrof sé ofmetið allra næst ströndu og þ.a.l. gruggmyndun. Á móti kemur þó að ekki er gert ráð fyrir áhrifum af völdum öldu og vindi til aukningar skerspennu og uppróti.



Í tilfellum A) og B) er yfirborðslagið valið út frá greiparsýni sem tekið var í fyrirhuguðu brúaropi, greiparsýnið innihélt enga mól. Mjög svipað sýni var tekið aðeins austan við það svæði þar sem gert er ráð fyrir að vatnsopið væri ef byggt væri frá Geldinganesi. Malarlag mældist hinsvegar í sýni sem var tekið vestar, nær vatnsopinu ef byggt væri frá Gunnunesi. Til þess að gæta bæði varfærni og til þess að auðvelda samanburð við rekstartíma er sýnið úr brúaropinu valið sem yfirborðslag fyrir líkanið. Aðrar óvissur koma til af sömu þáttum og á framkvæmdatíma og vegur þar þýngst óvissa um nákvæma efnisgerð, en mögulega aukin óvissa á hraðasviði upp við land getur einnig leitt til aukinnar óvissu um botnrof.

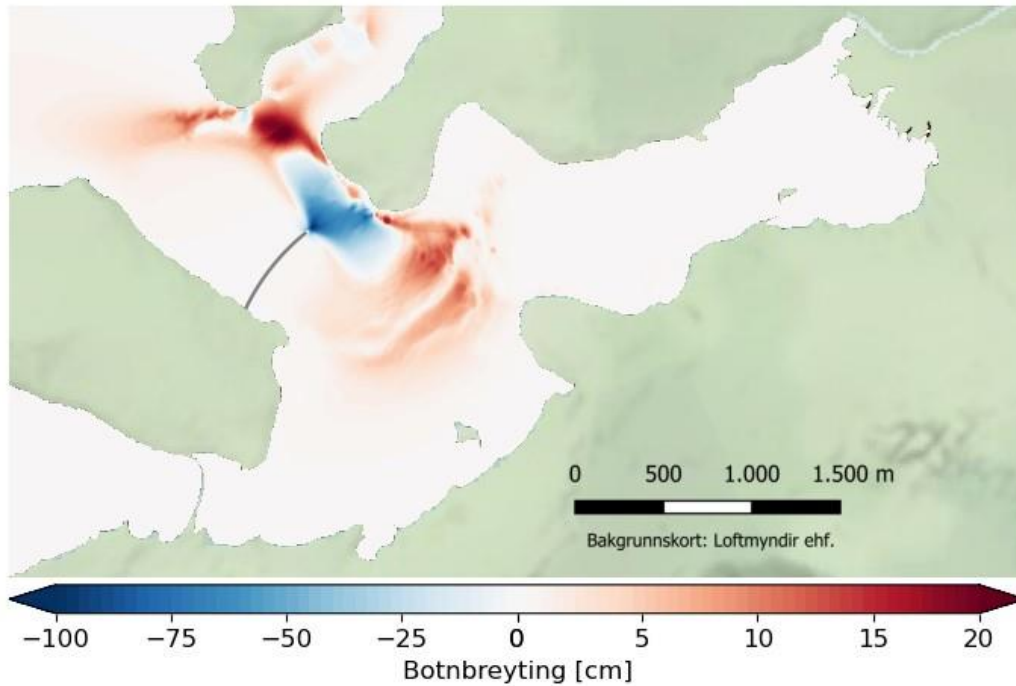
Gert er ráð fyrir að vegfyllingin sé allan framkvæmdatímenn í lengstu stöðu og botnrof er reiknað yfir eins árs tímabil. Ætla má að framkvæmdin verði gerð í nokkrum áföngum þar sem vatnsopið er bæði stærra og dýpra, þá má gera ráð fyrir minni áhrifum en þegar vegfylling er í lengstu stöðu. Ekki var horft til áhrifa af öldu sem gætu verið nokkur, sérstaklega á vatnsopið við Gunnunes.

Í tilfallinu þegar byggt er út frá Geldinganesi er rofsvæði milli vegfyllingar og Gunnuness og út frá vatnsopi í báðar áttir, uppsöfnun setefna er mest utan ops við suðurenda Þerneyjar og inni í Þerneyjar-sundi, en töluvert efni safnast upp inni í voginum (mynd 194, mynd 195), munur á tilfalli A og B er mestur í magni uppsöfnunar en áhrifasvæðin eru svipuð.

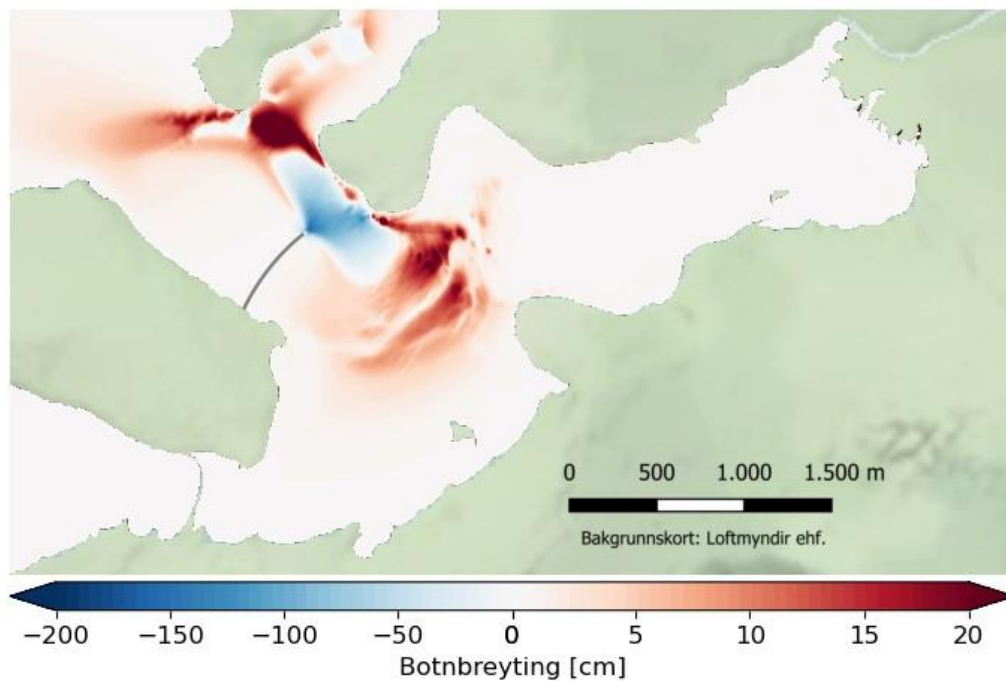


Mynd 193. Aukning í skerspennu á framkvæmdatíma miðað við núverandi ástand.

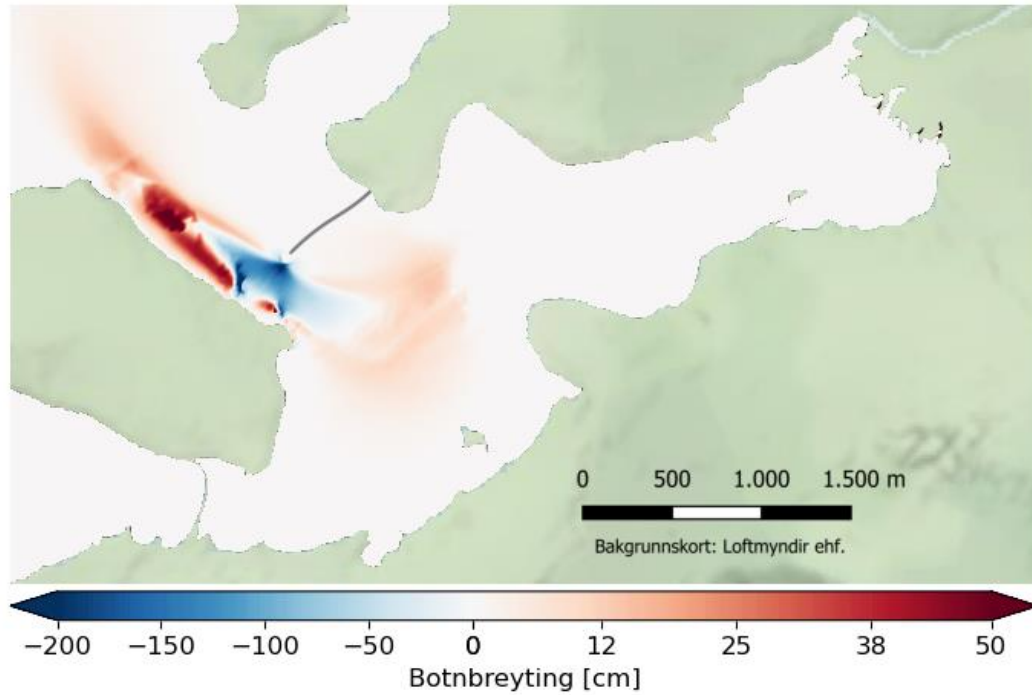
Í tilfallinu þegar byggt er út frá Gunnunesi er rofsvæði milli vegfyllingar og Geldinganes og út frá vatnsopi í báðar áttir, uppsöfnun setefna er mest utan ops upp við Geldinganes, en töluvert efni safnast upp inni í vögunum (mynd 196, mynd 197), munur á tilfelli A og B er mestur í magni uppsöfnunar en áhrifasvæðin eru svipuð.



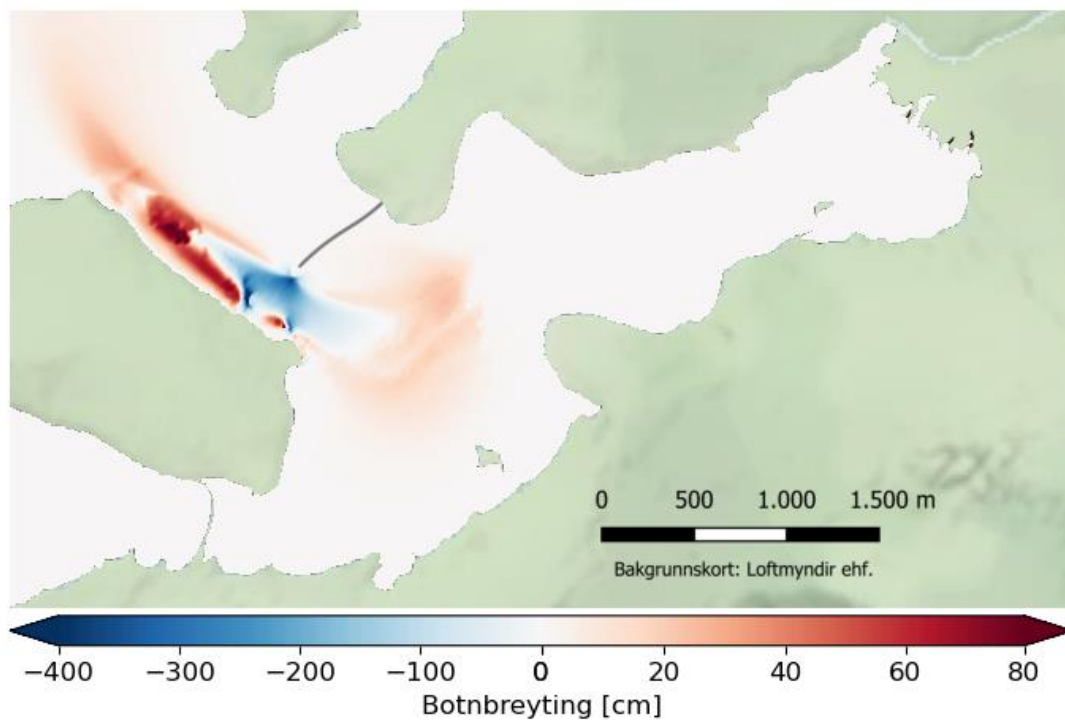
Mynd 194. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Geldinganesi. Tilfelli A.



Mynd 195. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Geldinganesi. Tilfelli B.



Mynd 196. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Gunnunesi. Tilfelli A.



Mynd 197. Reiknað botnrof og uppsöfnun setefna eftir 1 ár á framkvæmdatíma, miðað við að byggt sé út frá Gunnunesi. Tilfelli B.



Reiknuð uppsöfnun innan sömu stórstraumsfjörumarka (tafla 23, tafla 24) sýnir að meiri uppsöfnun verður innan þeirra þegar byggt er út frá Geldinganesi. Það skýrist af því að vatnsopið er nær stórstraumsfjörumörkunum en þegar það er við Geldinganes. Uppsöfnunin er þá um tvöföld í tilfelli B á við tilfelli A. Til samanburðar við uppsöfnun innan stórstraumsfjörumarka á fyrsta ári rekstrartíma fyrir 200 m brúarop, þá reiknast uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka 9.115 m³ og mesta þykkt 8,7 cm (tilfelli A; tafla 12) og 12.600 m³ og 11,4 cm (tilfelli B; tafla 17). Innan miðgildis stórstraumsfjörumarka 1.551 m³ og 4,1 cm (tilfelli A; tafla 13) og 2.270 m³ og 5,5 cm (tilfelli B; tafla 18). Áhrifin á framkvæmdatíma eru því umtalsverð í samanburði við rekstrartímann.

Tafla 23. Uppsöfnun innan lágra stórstraumsfjörumarka (-2,3 m y.s.) eftir 1 ár.

Byggt út frá	Tilfelli	Uppsöfnun [m ³]	Mest þykkt [cm]
Geldinganesi	A	10.630	13,3
Geldinganesi	B	17.928	21,1
Gunnunesi	A	6.576	9,9
Gunnunesi	B	12.308	17,2

Tafla 24. Uppsöfnun innan miðgildis stórstraumsfjörumarka (-1,75 m y.s.) eftir 1 ár.

Byggt út frá	Tilfelli	Uppsöfnun [m ³]	Mesta þykkt [cm]
Geldinganesi	A	2.704	7,3
Geldinganesi	B	4.798	11,9
Gunnunesi	A	637	0,9
Gunnunesi	B	1.233	2,0

Uppsöfnun verður mest á leirusvæðum næst vatnsopi í hvoru tilviki. Þannig verður meiri uppsöfnun í Nesvík og á leirunum við Leirvogsárósa þegar opið er við Gunnunes, en lægri við Eiðið og Blikastaði (tafla 27, tafla 28, tafla 25, tafla 26). Efnissamsetning verður einnig grófari því nær opinu sem leiran er þar sem grófara efni fellur hraðar út og nær síður inn á leirur staðsettar lengra í burtu. Í tilfelli B verður tvöföld uppsöfnun samanborið við uppsöfnun í tilfelli A en efnissamsetningin verður hlutfallslega fínni í tilfelli B.



Tafla 25. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Geldinganesi tilfelli A.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	93,4	0,27	0,015	8,0	86,4	6,6
Nesvík	102	0,6	0,036	4,2	67,5	28,3
Leiruvogur (ytri)	138	1,2	0,039	3,4	66,0	30,6
Leiruvogur (innri)	111	0,22	0,022	4,6	74,9	20,5
Eiðið	3,6	0,01 ^(a)	0,003	41,6	58,4	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins fínustu kornin ná þarna inn.

Tafla 26. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Geldinganesi tilfelli B.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	166	0,5	0,024	7,6	87,3	5,1
Nesvík	178	1,1	0,037	4,1	71,4	24,5
Leiruvogur (ytri)	244	2,1	0,04	3,3	71,0	25,7
Leiruvogur (innri)	186	0,4	0,027	4,6	77,7	17,7
Eiðið	5,8	0,02 ^(a)	0,003	42,3	56,8	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins fínustu kornin ná þarna inn.



Tafla 27. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Gunnunesi tilfelli A.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	172,7	0,75	0,008	31,9	59,9	8,2
Nesvík	51,8	0,11	0,005	46,1	50,6	3,3
Leiruvogur (ytri)	23,1	0,16	0,002	56,4	41,0	2,6
Leiruvogur (innri)	40,9	0,04 ^(a)	0,002	56,6	42,0	1,4
Eiðið	8,26	0,03 ^(a)	0,002	74,2	25,8	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins fínustu kornin ná þarna inn.

Tafla 28. Uppsöfnun á Leirusvæðum eftir 1 ár. Byggt frá Gunnunesi tilfelli B.

	Rúmmál [m ³]	Mesta þykkt [cm]	D50 [mm]	Leir [%]	Silt [%]	Sandur [%]
Blikastaðir	335	1,51	0,010	30,0	62,9	7,1
Nesvík	94,5	0,23	0,005	46,0	51,0	3,0
Leiruvogur (ytri)	41,6	0,32	0,002	57,1	40,4	2,5
Leiruvogur (innri)	72,5	0,08 ^(a)	0,002	58,2	40,3	1,5
Eiðið	14,7	0,005 ^(a)	0,002	75,7	24,3	0

^(a) Háð töluverðri óvissu en reikningar sýna að aðeins fínustu kornin ná þarna inn.

4.8.4. Grugg af völdum botnrofs

Líkt og á rekstrartíma þá voru könnuð áhrif af gruggmyndun vegna botnrofs á framkvæmdatíma. Til viðmiðunar var hálfsmánaðar tímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka. Leiðir það líklega af sér að eftirfarandi hlutfallsmörk séu varfærin gagnvart áhrifum sjávarfalla. Einungis er horft til áhrifa sjávarfalla, áhrif af völdum öldu gætu haft áhrif á niðurstöðurnar, sérstaklega þegar vatnsopið er við Gunnunes þar sem hærri alda nær að því, og nær jafnframt innar í vögin. Eins og komið hefur fram í umfjöllun um botnrof á framkvæmdatíma er gert ráð fyrir að botninn sé allur sandbotn. Klappir sem greina má í fjörunum við Geldinganes og Gunnunes halda eitthvað áfram neðansjávar, því er mögulegt að botnrof allra næst ströndu sé ofmetið og þ.a.l. gruggmyndun. Á móti kemur þó að hvorki er gert ráð fyrir áhrifum af öldu eða vindi á straum og þ.a.l. skerspennu við botn. Töluverð óvissa er á niðurstöðum líkt og á rekstrartíma. Samanburður tilfella fyrir og meðan á framkvæmdum stendur ætti þó að gefa góðar vísbendingar um möguleg áhrif óháð tölulegri óvissu í niðurstöðum og tímasköllum.

Eins og á rekstrartíma kemur til aukins svifaursstyrks vegna tveggja þátta, beins botnrofs vegna straumrastar um vatnsopið og uppróts efnis af uppsöfnunarsvæði þegar fjarar út.



Byggt út frá Geldinganesi

Í tilfellinu þegar byggt er út frá Geldinganesi og vatnsopið er við Gunnunes leitar svifaur í meira mæli til austurs inn að ósum Leirvogsár (mynd 198). Uppsöfnunarsvæðið nær einnig lengra í austur inn á grynningar en á rekstrartíma. Þetta leiðir bæði til þess að styrkur finni efna sem haldast í sviflausn verður hærri inni í austanverðum voginum og að upprót á uppsöfnunarsvæðinu verður meira þegar fjarar út. Um 50% tímans verður styrkur svifaurs hærri en 6 g/m^3 sunnan Gunnunes og víða í austanverðum Leiruvogi, um 4 g/m^3 innan Nesvíkur og allt að 5 g/m^3 austan Geldinganes. Ólíkt rekstrartíma berst svifaur nú inn til Þerneyjarsunds frekar en vestur fyrir Þerney, auk þess sem svifaursstyrkur eykst þar vegna staðbundins rofs. Að minnsta kosti 30% tímans (70% hlutfallsmörk og hærri) fer styrkur svifaurs yfir 20 g/m^3 staðbundið út af Blikastaðanesi og verður styrkur alls staðar innan vegfyllingar yfir 4 g/m^3 og austan Blikastaðaness og Nesvíkur yfir 7 g/m^3 . 10% tímans (90% hlutfallsmörk) fer styrkur á stórstraumsfjörusvæðinu út af Blikastaðanesi yfir 70 g/m^3 og er styrkur yfir 30 g/m^3 innan 2 km fjarlægðar frá vatnsopinu við Gunnunes. Um 1% tímans (99% hlutfallsmörk) er styrkur yfir 50 g/m^3 á sama svæði og fer yfir 200 g/m^3 á stórstraumsfjörusvæðinu út af Blikastaðanesi.

Aukinn styrkur svifaurs lækkar birtuskilyrði og ljósstyrk við botn, og þ.a.l. einnig Secchi dýpi. 50% tímans verður Secchi dýpi lægra en 4 m í nær öllum Leiruvogi og lægra en 3 m sunnan Gunnunes og austan Blikastaðaness (mynd 199). 20% tímans hefur Secchi dýpi lækkað niður fyrir 1 m innan ríflega 2 km fjarlægðar frá vatnsopinu við Gunnunes og er annars undir um 2,2 m í austanverðum voginum og undir 3-3,5 m annars staðar í voginum. Í Þerneyjarsundi er Secchi dýpi um 2,2 m. 10% tímans lækkar Secchi dýpi enn frekar og er mjög víða undir 1-2 m og verður 1% tímans undir 2 m nánast alls staðar í voginum og fer niður í 10-20 cm á stóru svæði.

Að sama skapi verða áhrif á ljósstyrk við botn töluverð (mynd 200). 50% tímans nær lítið ljós til botns á svæðinu utan við vegfyllinguna (mynd 200) og verður breytingin í ljósstyrkshlutfalli einna mest í Þerneyjarsundi og milli Gunnunes og Blikastaðaness þar sem hlutfall ljósstyrks við botn lækkar um allt að 0,35 (mynd 201). Leiðir það af sér að ljósstyrkshlutfall verður um 5% í Þerneyjarsundi og undir 35% milli Gunnunes og Blikastaðaness (mynd 200). Fyrir lægri hluta tímans lækkar ljósstyrkshlutfall mun meira innan vegfyllingar, víða hvar um 0,45 (mynd 201). 10% tímans nær lítið ljós til botns á stærstum hluta svæðisins innan við vegfyllinguna og er það einungis innst í voginum þar sem ljósstyrkur við botn verður meira en 20% af ljósstyrk á yfirborði. 1% tímans verður nánast myrkur á öllum botninum í Leiruvogi og utan vegfyllingar vegna svifaurs (mynd 200).

Byggt út frá Gunnunesi

Í tilfellinu þegar byggt er út frá Gunnunesi og vatnsopið er við Geldinganes leitar svifaur ekki eins mikið til austasta hluta Leiruvogs eins og í hinu tilfellinu og dreifist að vissu marki jafnar um vestari hluta vogsins, lengra til vesturs eftir Geldinganesi og við Þerney og í minna mæli inn í Þerneyjarsund (mynd 202). 50% tímans fer styrkur svifaurs yfir 9 g/m^3 við vatnsopið og yfir 7 g/m^3 á stóru svæði inn af því en styrkur svifaurs verður almennt heldur lægri utan vegfyllingar. Fyrir hærri hlutfallsmörk tímans hækkar svifaursstyrkur verulega en 10% tímans (90% hlutfallsmörk) fer styrkur svifaurs yfir 50 g/m^3 á allstóru svæði innan vatnsops og að stórstraumfjörumörkum út af Blikastaðanesi og er hærri en 10 g/m^3 alls staðar innan veglínu. Fyrir sama hlutfall tímans fer styrkur svifaurs yfir 70 g/m^3 á nokkuð stóru svæði utan vatnsops. Um 1% tímans fer styrkur svifaurs á því svæði yfir 160 g/m^3 og staðbundið yfir 200 g/m^3 vestan Blikastaðaness (mynd 202).

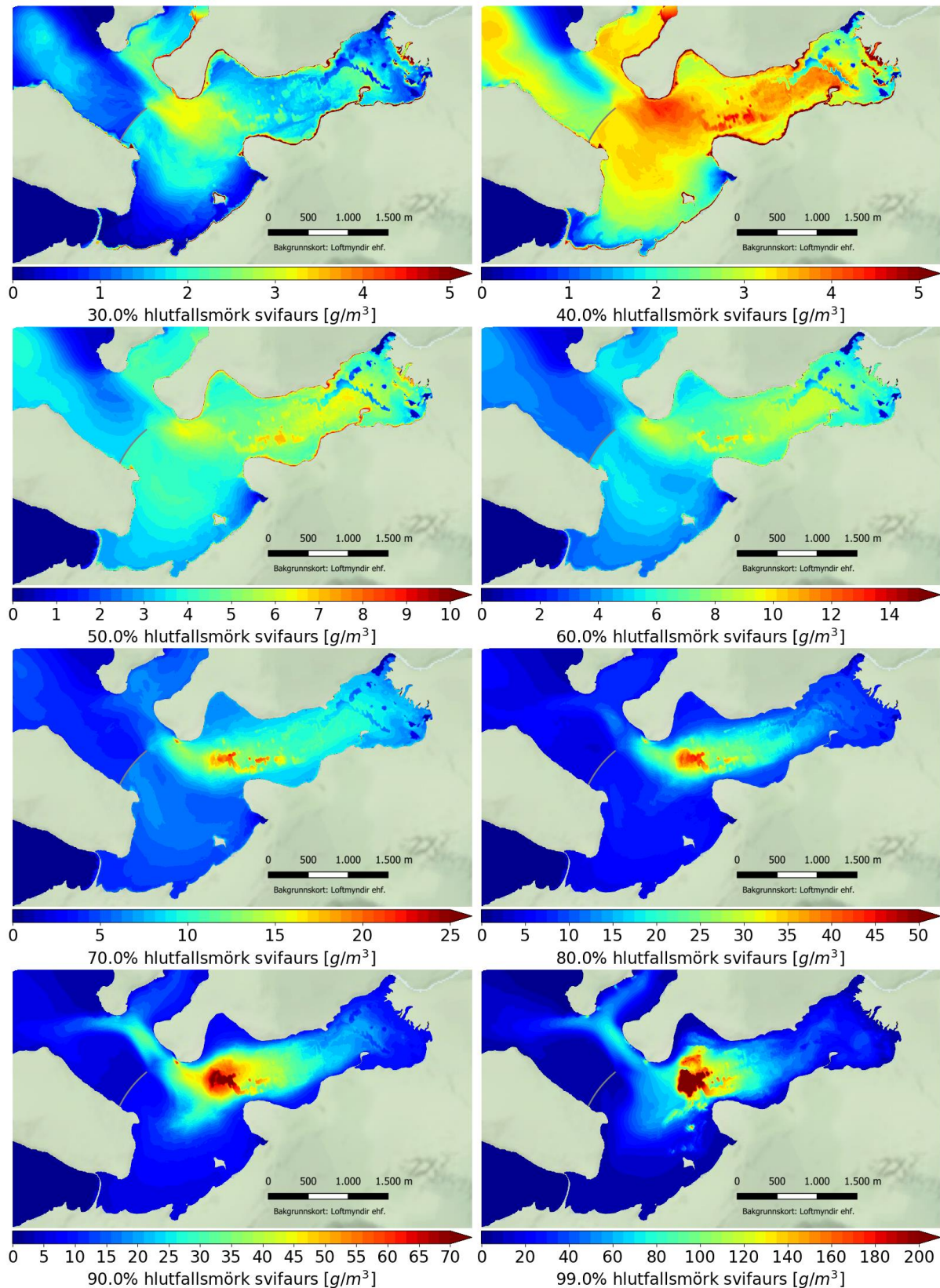
Aukinn styrkur svifaurs leiðir til lakari birtuskilyrða og þ.a.l. lægra Secchi dýpis, sem verður nokkuð lægra en í hinu tilfellinu þegar byggt er út frá Geldinganesi. Um 50% tímans verður Secchi dýpi lægra en 3 m í nær öllum Leiruvogi (mynd 203). Ámóta gildi er að finna á stóru svæði vestan vatnsopsins og



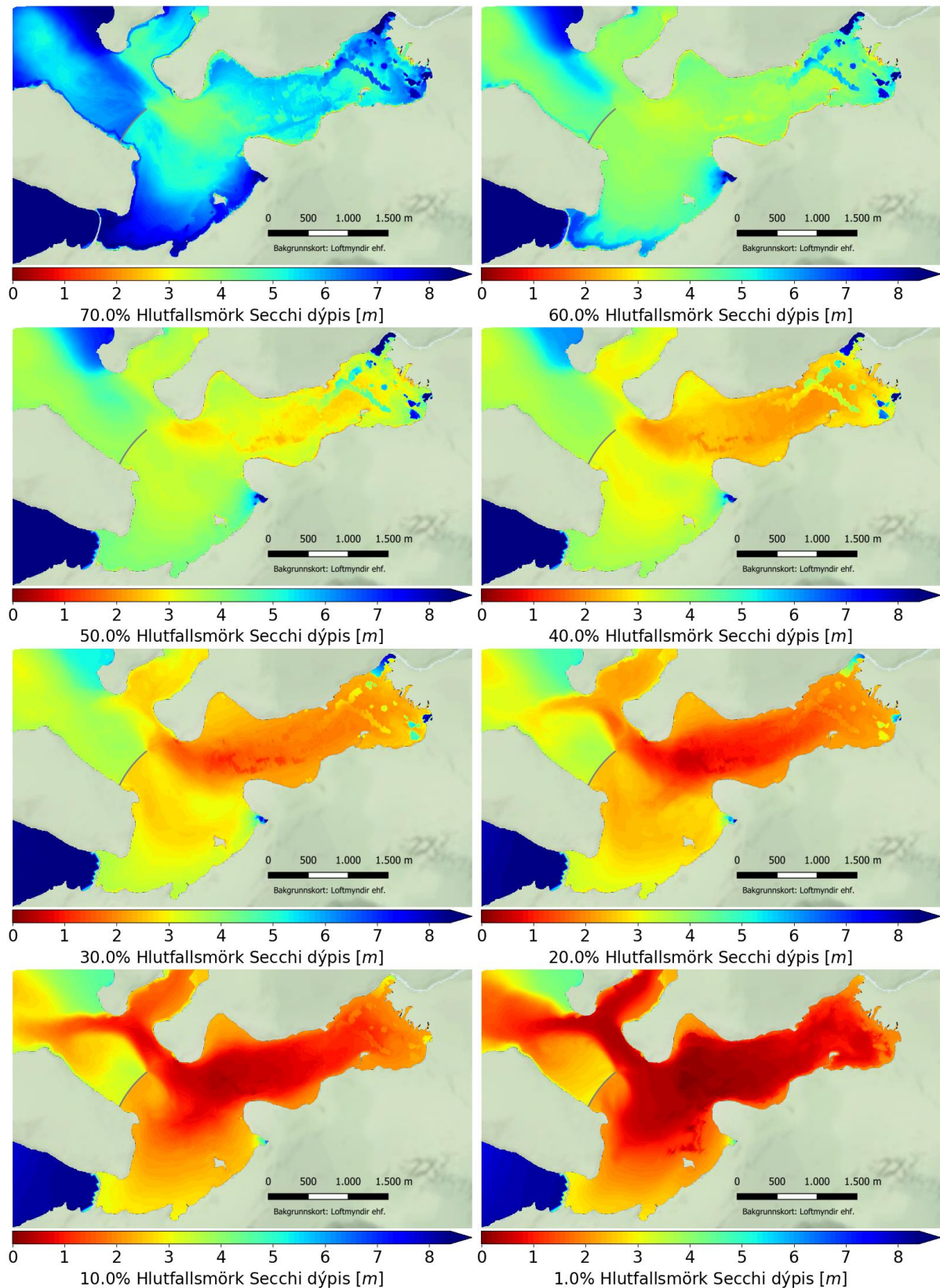
vegfyllingarinnar en Secchi dýpi í Þerneyjarsundi er um 4-5 m. Eftir því sem hlutfall tímans lækkar lækkar Secchi dýpið sömuleiðis og 20% tímans hefur Secchi dýpi lækkað niður fyrir 2 m á langstærstum hluta svæðisins innan vegfyllingar. Í vatnsopi og beggja vegna þess er Secchi dýpi undir 1 m. Teygir það svæði sig til austurs nærri Blikastaðanesi. Um 10% tímans fer Secchi dýpi niður fyrir 0,5 m á þessu svæði og fer niður fyrir um 1,5-2 m alls staðar innan vegfyllingar. Um 1% tímans lækkar Secchi dýpi enn frekar og fer undir 1 m á stærstum hluta svæðis innan vegfyllingar fellur um og undir 10-20 cm á mjög stóru svæði innan sem utan vatnsops.

Að samaskapi verða áhrif á ljósstyrk við botn töluverð (mynd 204). 50% tímans nær lítið ljós til botns á svæðinu utan við vegfyllinguna líkt og í hinu tilfellinu, nema hvað heldur hærra ljósstyrkshlutfall er í Þerneyjarsundi. Breytingin í ljósstyrkshlutfalli verður einna mest við vatnsopið og austan þess, þar sem hlutfall ljósstyrks við botn lækkar um 0,4 (mynd 205). Leiðir það af sér að ljósstyrkshlutfall verður minna en 5% (mynd 204). Fyrir lægri hluta tímans lækkar ljósstyrkshlutfall mun meira innan vegfyllingar, víða hvar um 0,45 til 0,5 (mynd 205). Um 10% tímans nær lítið ljós til botns á stærstum hluta svæðisins innan vegfyllingar og er það einungis innst í vöginum þar sem ljósstyrkur við botn verður meira en 20% af ljósstyrk á yfirborði. Um 1% tímans verður nánast myrkur vegna svifaurs á öllum botninum í Leiruvogi og utan vegfyllingar vegna svifaurs.

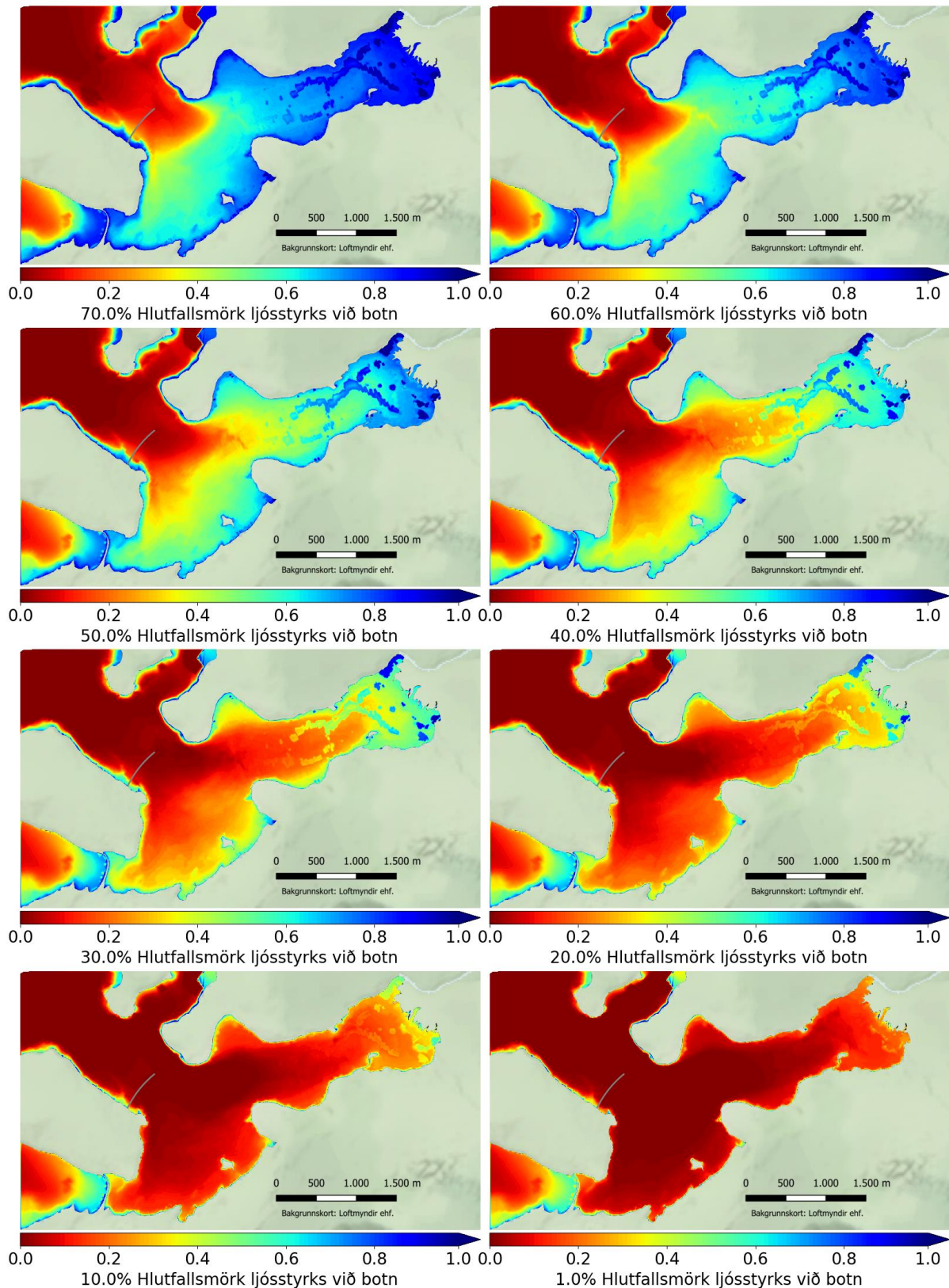
Saman tekið með hliðsjón af ofangreindum niðurstöðum má því ætla að veruleg gruggmyndun geti orðið á framkvæmdatíma óháð því hvort byggt sé út frá Geldinganesi eða Gunnunesi, en aðstæður verða líklega heldur verri í Leiruvogi ef byggt er út frá Gunnunesi.



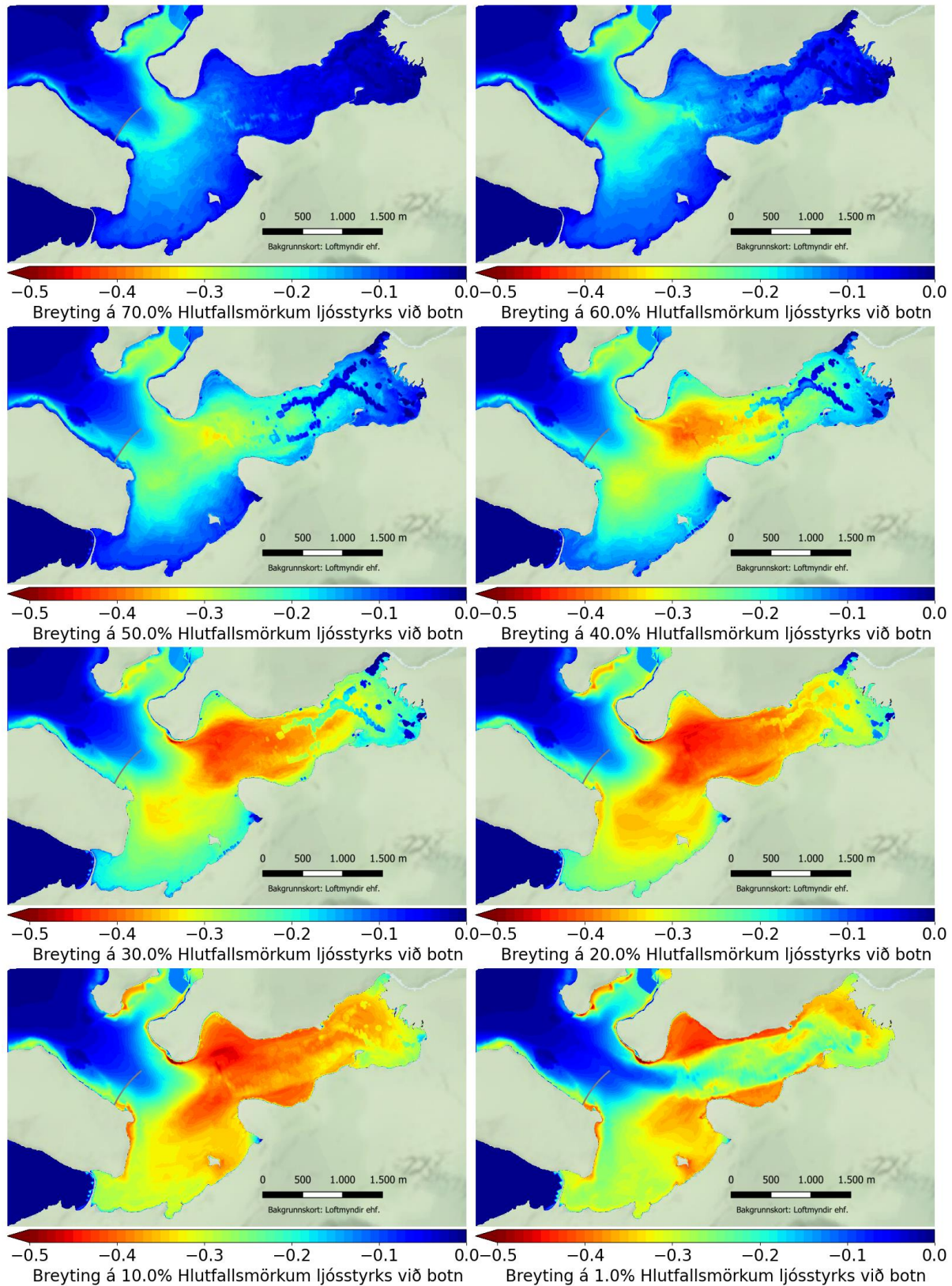
Mynd 198. Hlutfallsmörk styrks svifaurs vegna botnrofs á framkvæmdatíma. Byggt frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



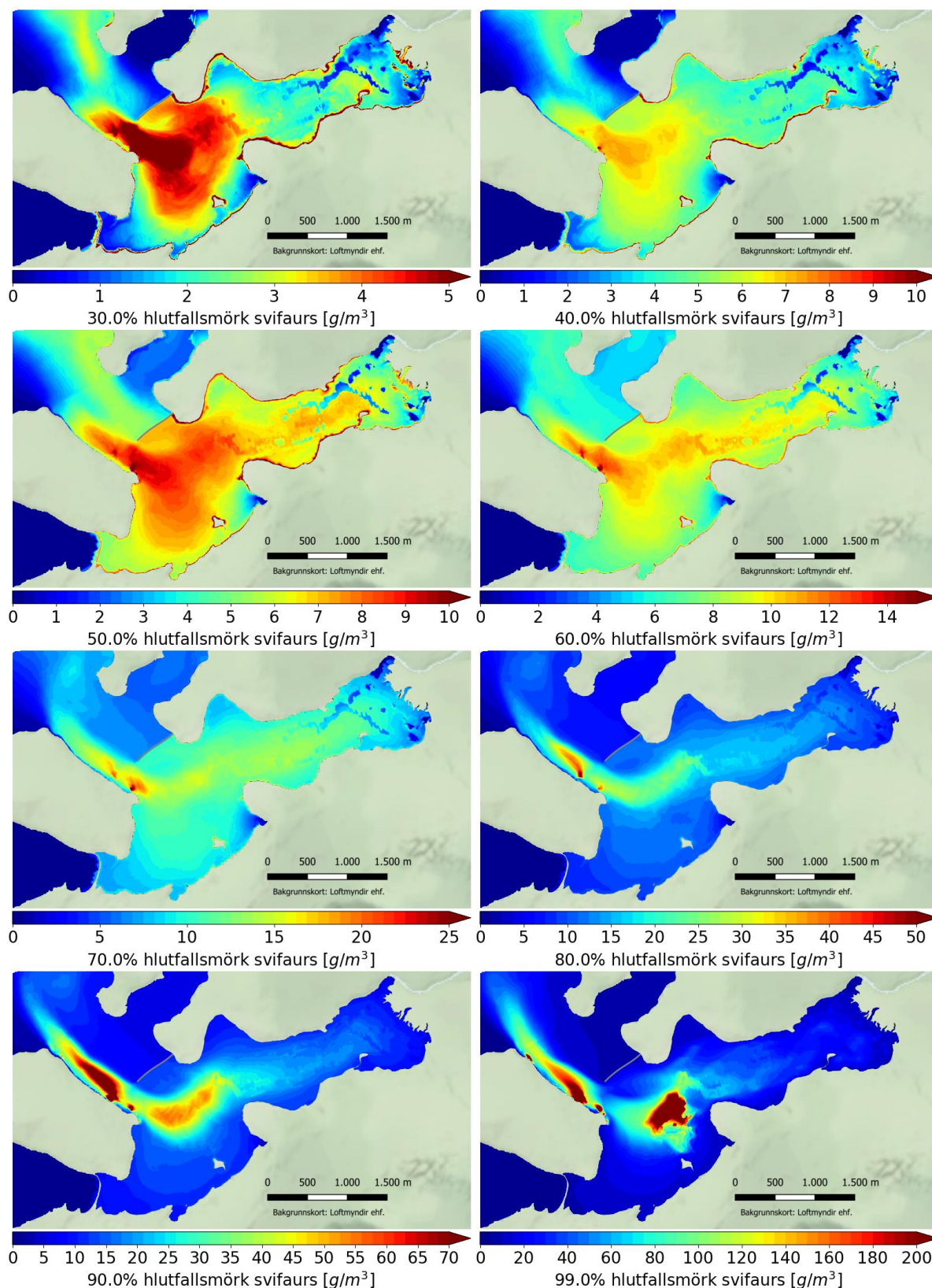
Mynd 199. Hlutfallsmörk Secchi dýpis á framkvæmdatíma. Byggt út frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



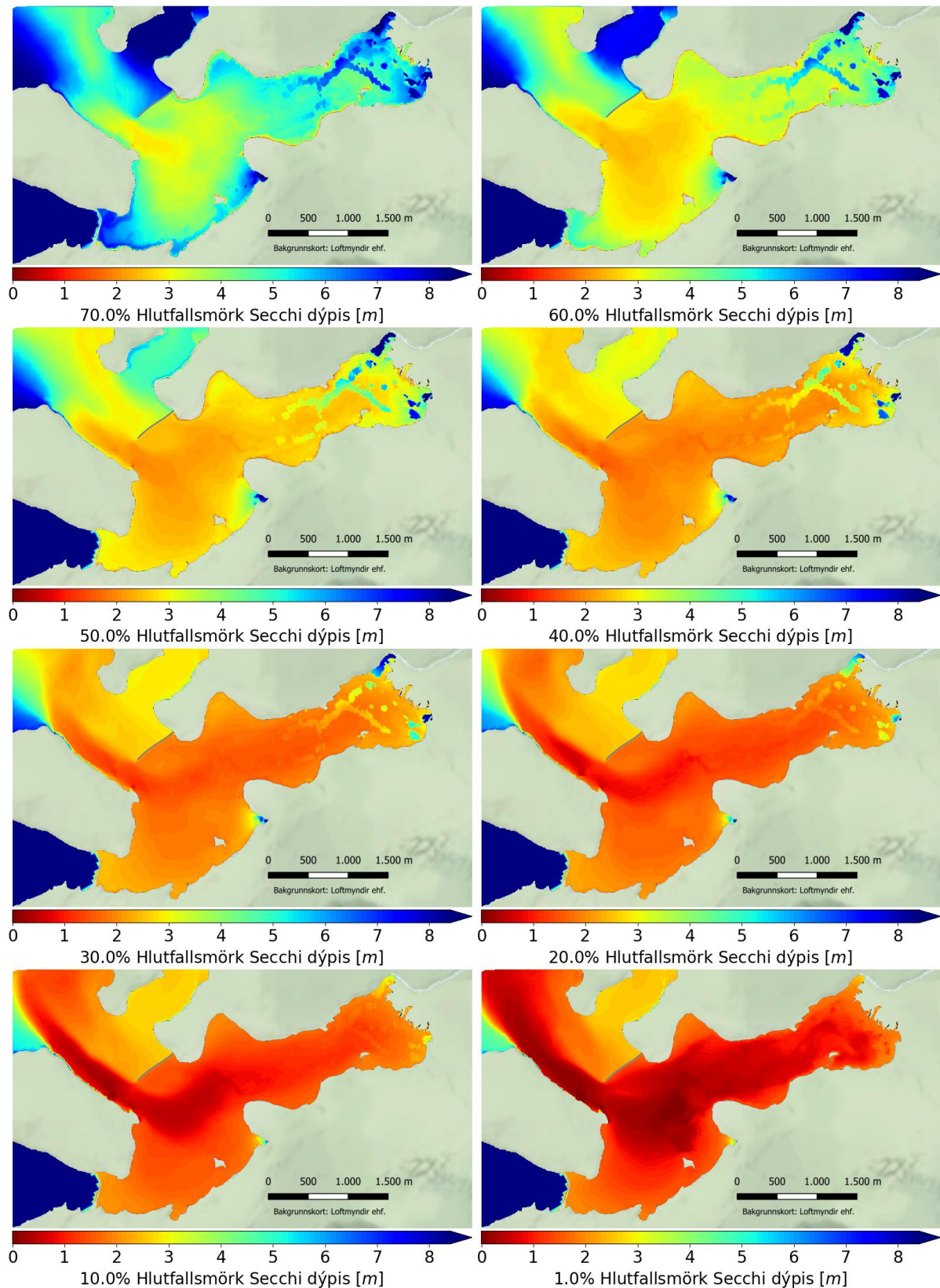
Mynd 200. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn á framkvæmdatíma. Byggt út frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Gert er ráð fyrir tærum sjó fyrir botnrof og ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



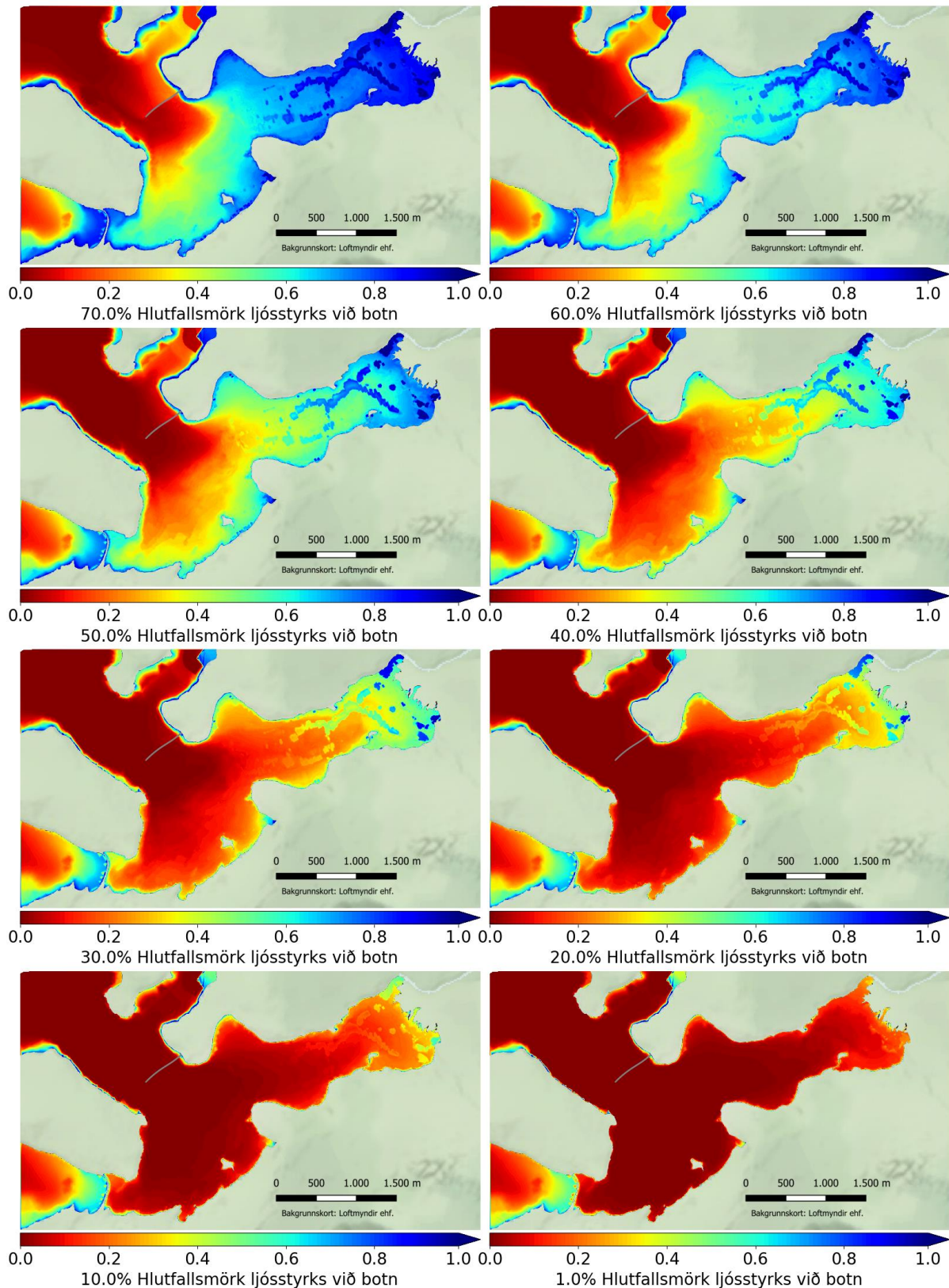
Mynd 201. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn á framkvæmdatíma og ljósstyrks við botn í tæru vatni. Byggt er frá Geldinganesi og 400 m vatnsop að Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



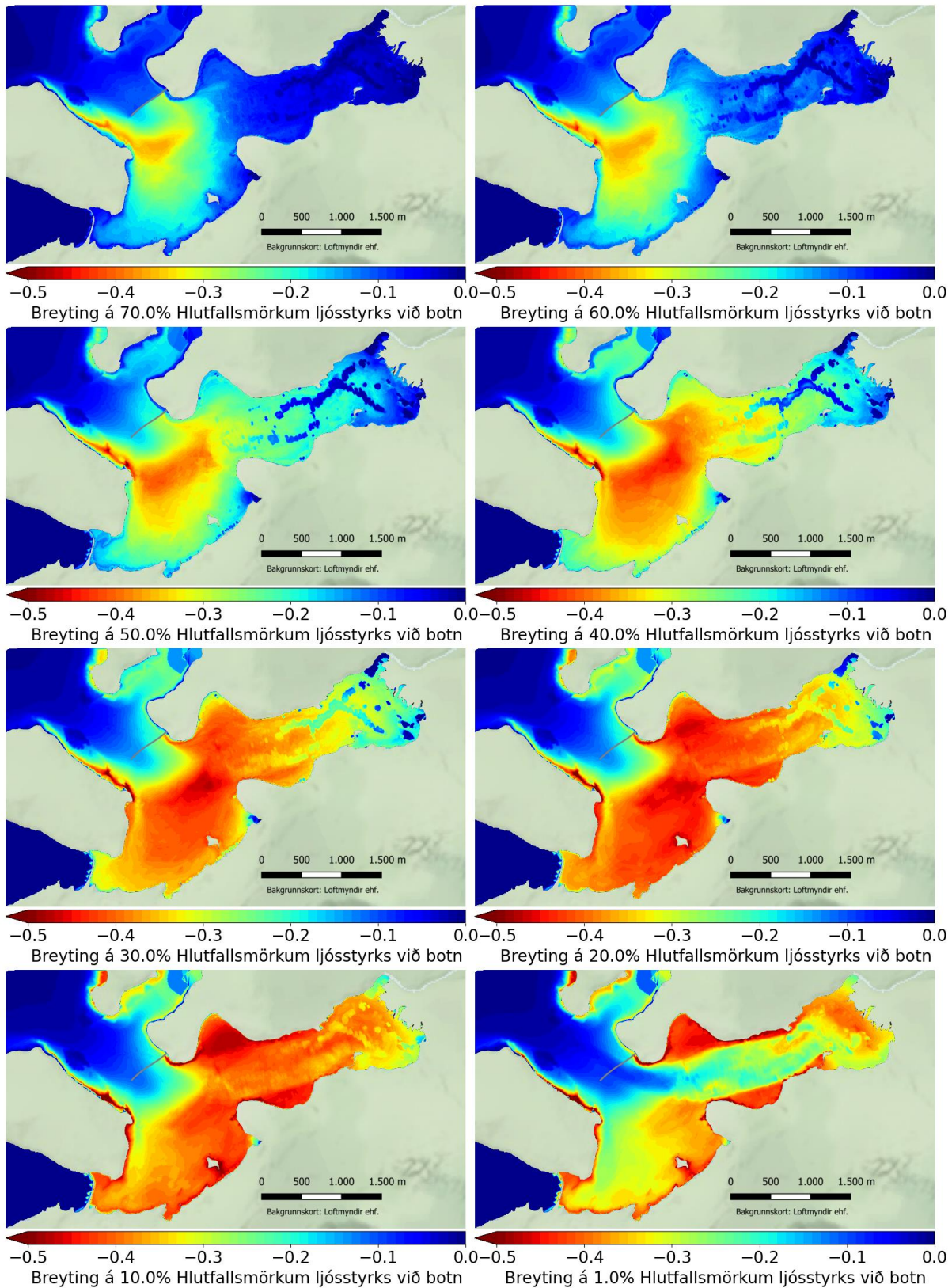
Mynd 202. Hlutfallsmörk styrks svifaus vegna botnrofs á framkvæmdatíma. Byggt er frá Gunnunesi og 400 m vatnsop að Geldinganesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Skalar á myndum eru breytilegir til þess að draga fram breytileika í styrk fyrir hver hlutfallsmörk. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



Mynd 203. Hlutfallsmörk Secchi dýpis vegna botnrofs á botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



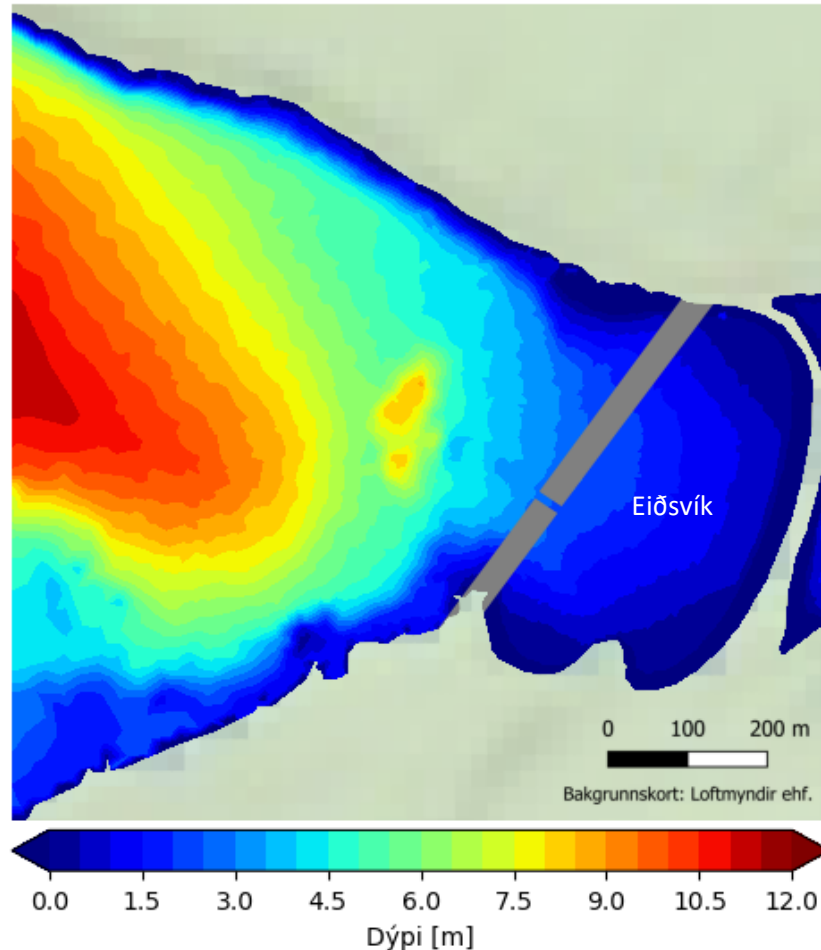
Mynd 204. Hlutfallsmörk ljósstyrks við botn vegna botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.



Mynd 205. Reiknaður munur á hlutfallsmörkum ljósstyrks við botn vegna botnrofs á framkvæmdatíma ef byggt er út frá Gunnunesi. Ljósstyrkur er gefinn sem hlutfall af ljósstyrk á yfirborði. Til viðmiðunar er hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgu á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.

5. Eiðsvík

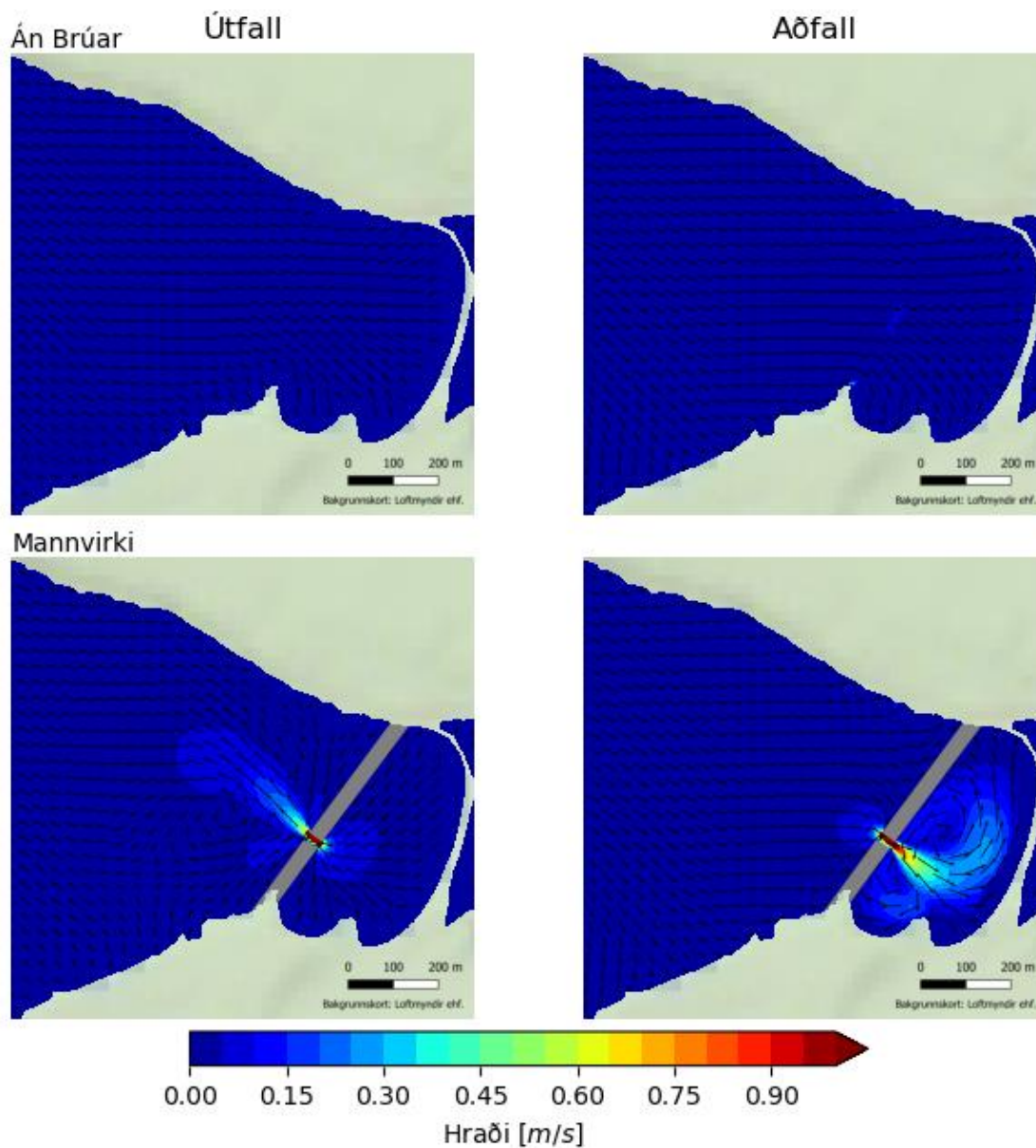
Eiðsvík liggur norðaustur af Gufunesi upp að Eiðinu sem tengir Geldinganes við land og lokar Eiðsvíkina frá Blikastakró og Leiruvogi. Í Eiðsvík er gert ráð fyrir 20 m langri brú með 10 m virku vatnsopi og að staðsetning hennar verði nærri þeim stað þar sem mesta dýpið er á veglínunni (mynd 206).



Mynd 206. Eiðsvík. Dýpi og staðsetning þverunar.

5.1. Sjávarstraumar

Svæðið sem hér er til athugunar er lítið og innarlega í vík. Straumar eru almennt tiltölulega lágir og einsleitir inn og út úr vikinni eftir sjávarföllum við núverandi ástand. Með tilkomu þverunar myndast straumröst við brúarop, talsverður straumhraði verður í röstinni á útfalli og aðfalli, um 1 m/s (mynd 207, tafla 29). Á útfalli verða staðbundin áhrif innan þverunar með stigvaxandi straumhraða við brúarop, utan þverunar verða áhrifin öllu meiri en þó innan afmarkaðs svæðis beint út frá brúaropinu. Á aðfalli verða áhrifin greinileg innan þverunar þar sem hvirflar myndast beggja vegna brúaropsins og vegna smæðar svæðisins innan þverunar verður nær allt svæðið undir áhrifum straumbreytinga. Utan þverunar eru áhrifin staðbundin við næsta nágrenni brúaropsins.



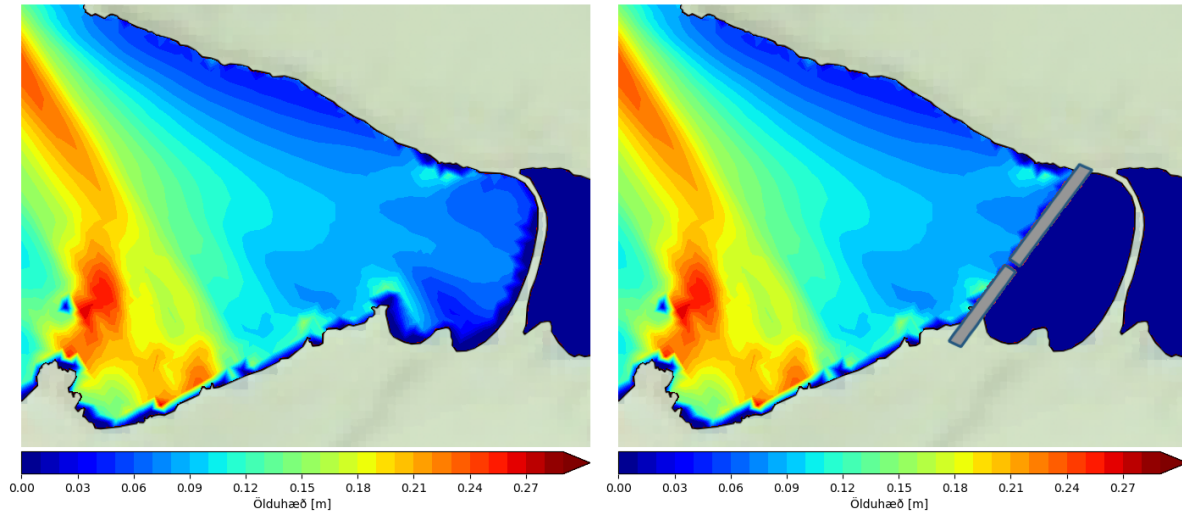
Mynd 207. Straumhraði í Eiðsvík á stórstraumi með og án þverunar.

Tafla 29. Mestu hraðar í brúaropi við Eiðsvík.

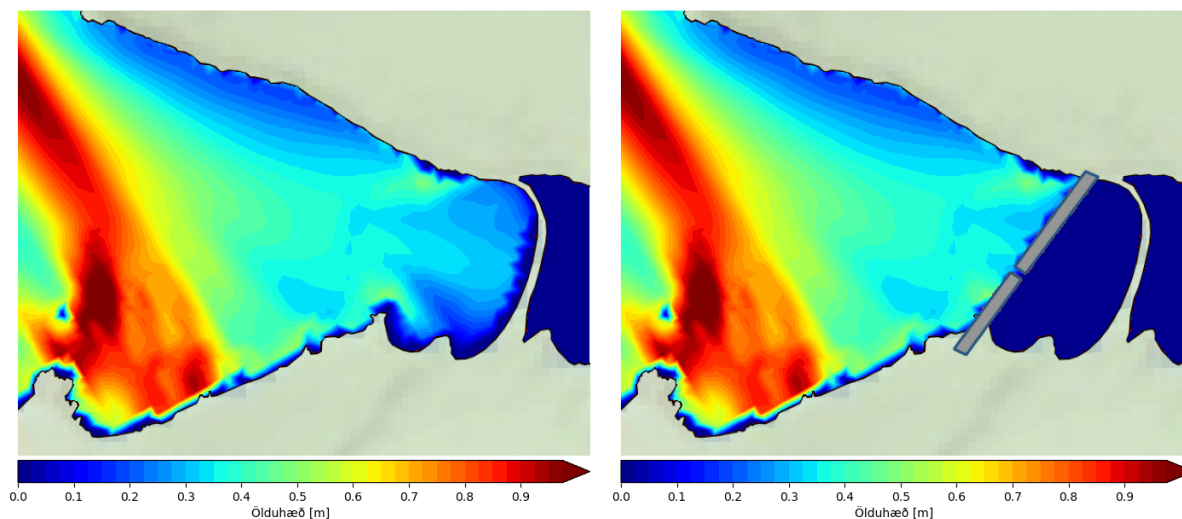
	Dýpt í brúaropi [m]	Mesti hraði á aðfalli [m/s]		Mesti hraði á útfalli [m/s]	
		Án brúar	Með brú	Án brúar	Með brú
Eiðsvík	2,55	0,1	1,03	0,1	1,01

5.2. Öldufar

Eiðsvík er í miklu skjóli frá Geldinganesi og því ná stærri öldur ekki inn í víkina. 50% hlutfallsmörk ölduhæðar eru innan við 30 cm og 99% hlutfallsmörk eru um 100 cm. Hverfandi breytingar verða því á öldufari í víkinni með tilkomu vegfyllinga, nema innan fyllingar þar sem algjört skjól myndast (mynd 208, mynd 209).



Mynd 208. 50% hlutfallsmörk kenniöldu í Eiðsvík. Fyrir þverun (vinstri) og eftir þverun (hægri).



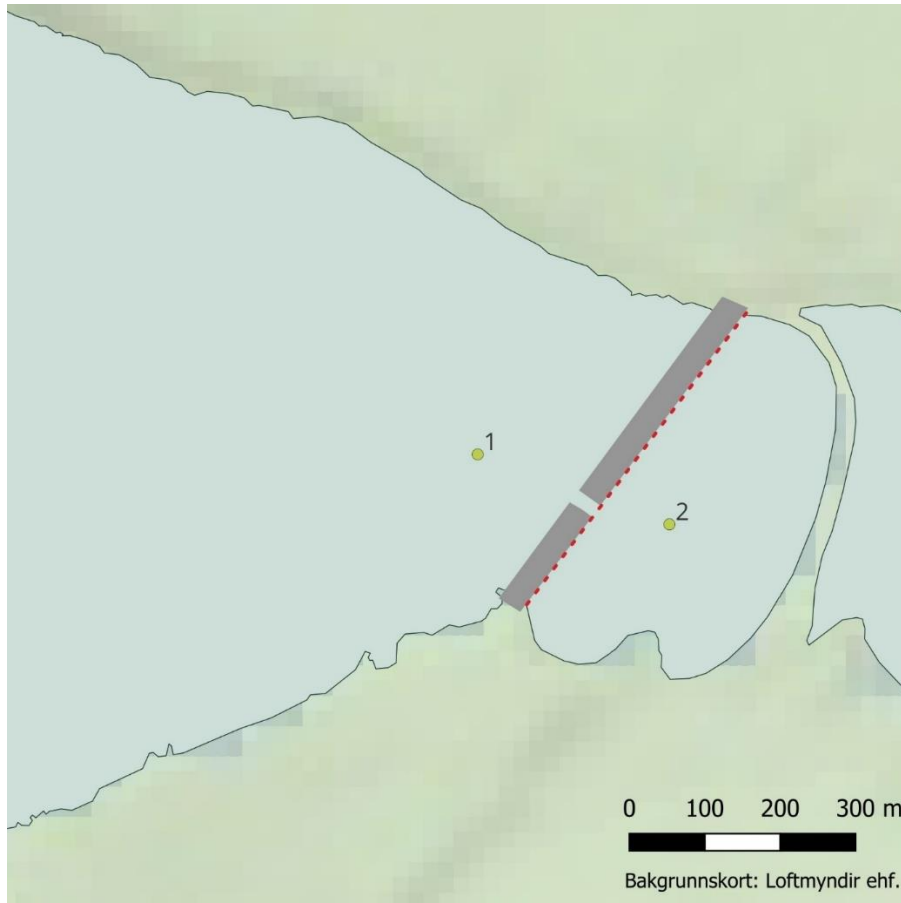
Mynd 209. 99% hlutfallsmörk kenniöldu í Eiðsvík. Fyrir þverun (vinstri) og eftir þverun (hægri).

5.3. Sjávarföll og vatnsskipti

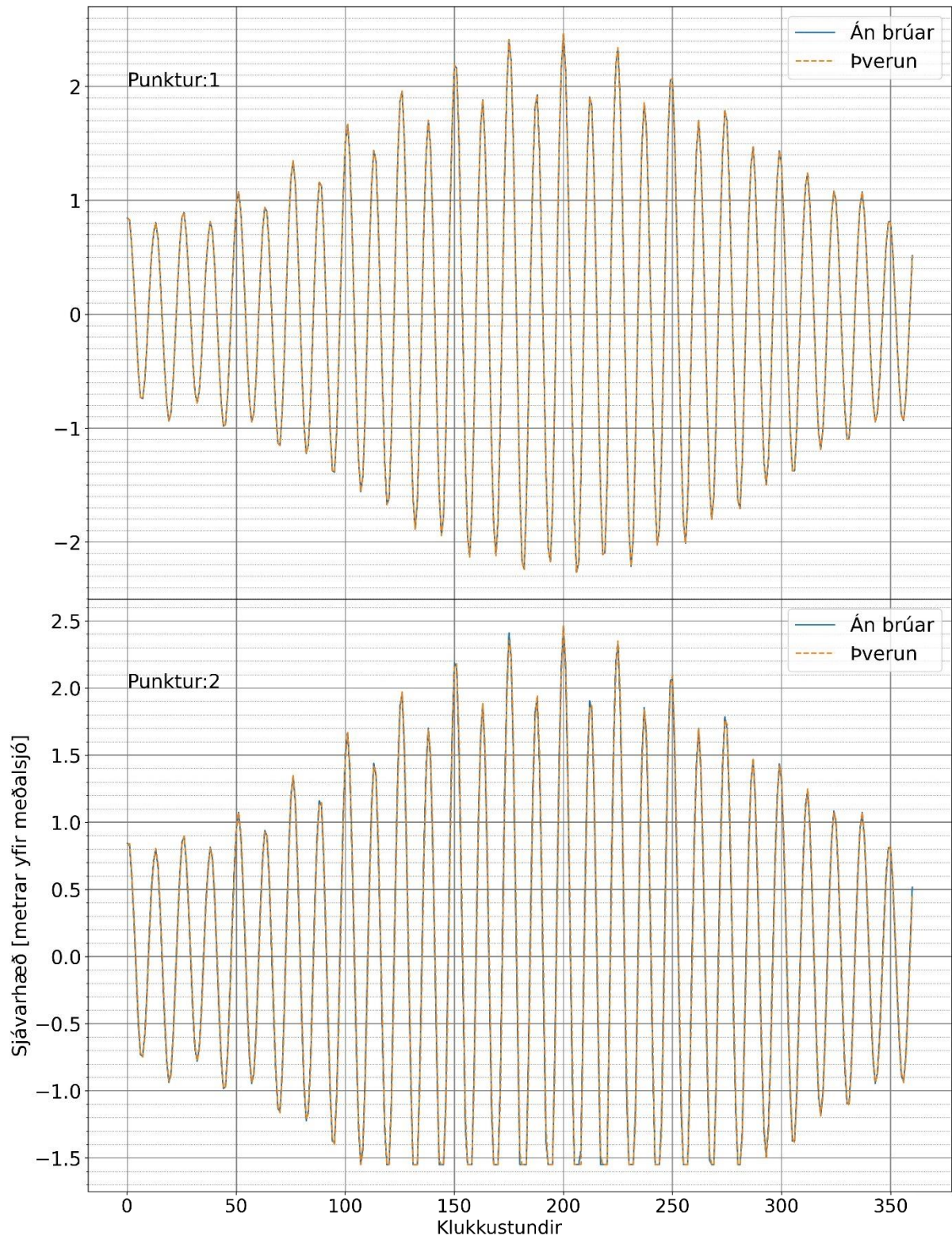
Áhrif vegfyllinga á sjávarföll og vatnsskipti eru könnuð með sama hætti og í fyrri köflum um þetta efni. Á mynd 211 er sýndur samanburður á sjávarfallasveiflu í Eiðsvík, við núverandi ástand og eftir þverun

Í tveimur punktum utan við og inn við vegfyllingu (mynd 210). Eins og niðurstöðurnar sýna hefur þverunin lítil sem engin áhrif á sjávarföll innan þverunar og í Eiðsvík. Innan vegfyllingarinnar fer nánast allt á þurrt á stórstreymi eins og sjá má á myndinni þegar sjávarfallabylgjan fer undir -1,5 m y.s.

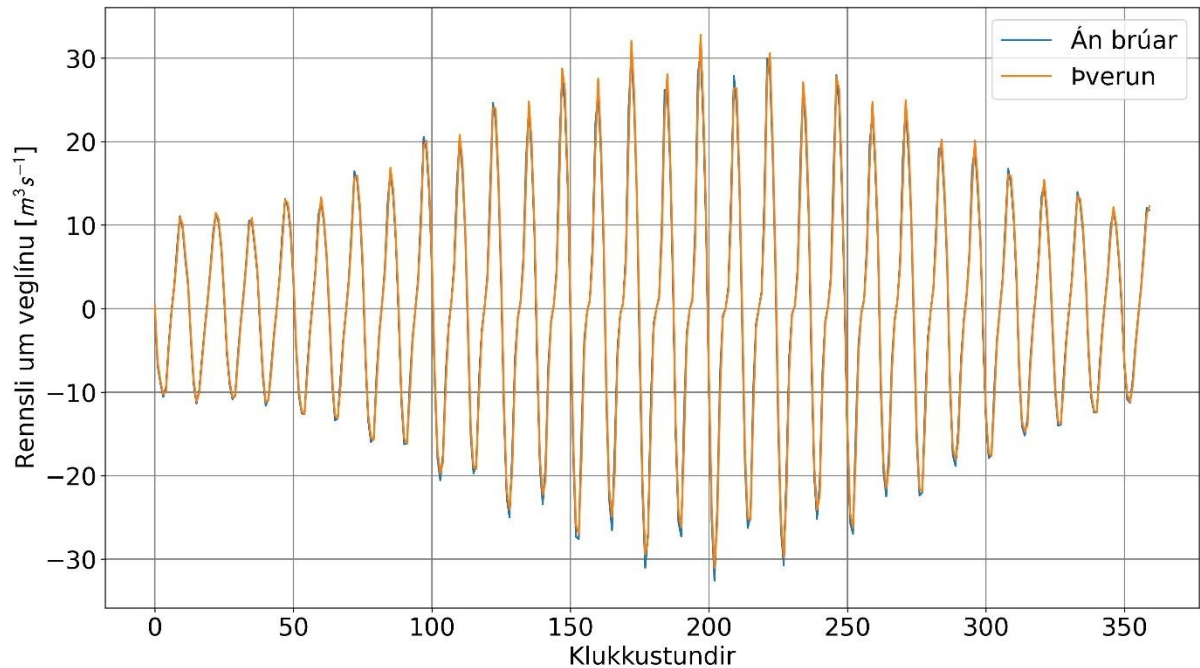
Mynd 212 sýnir samanburð á rennsli um vegsnið við núverandi ástand og eftir þverun. Þverunin hefur hverfandi áhrif á vatnsskipti svæðisins innan vegfyllingar.



Mynd 210. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennslissniðs í Eiðsvík.



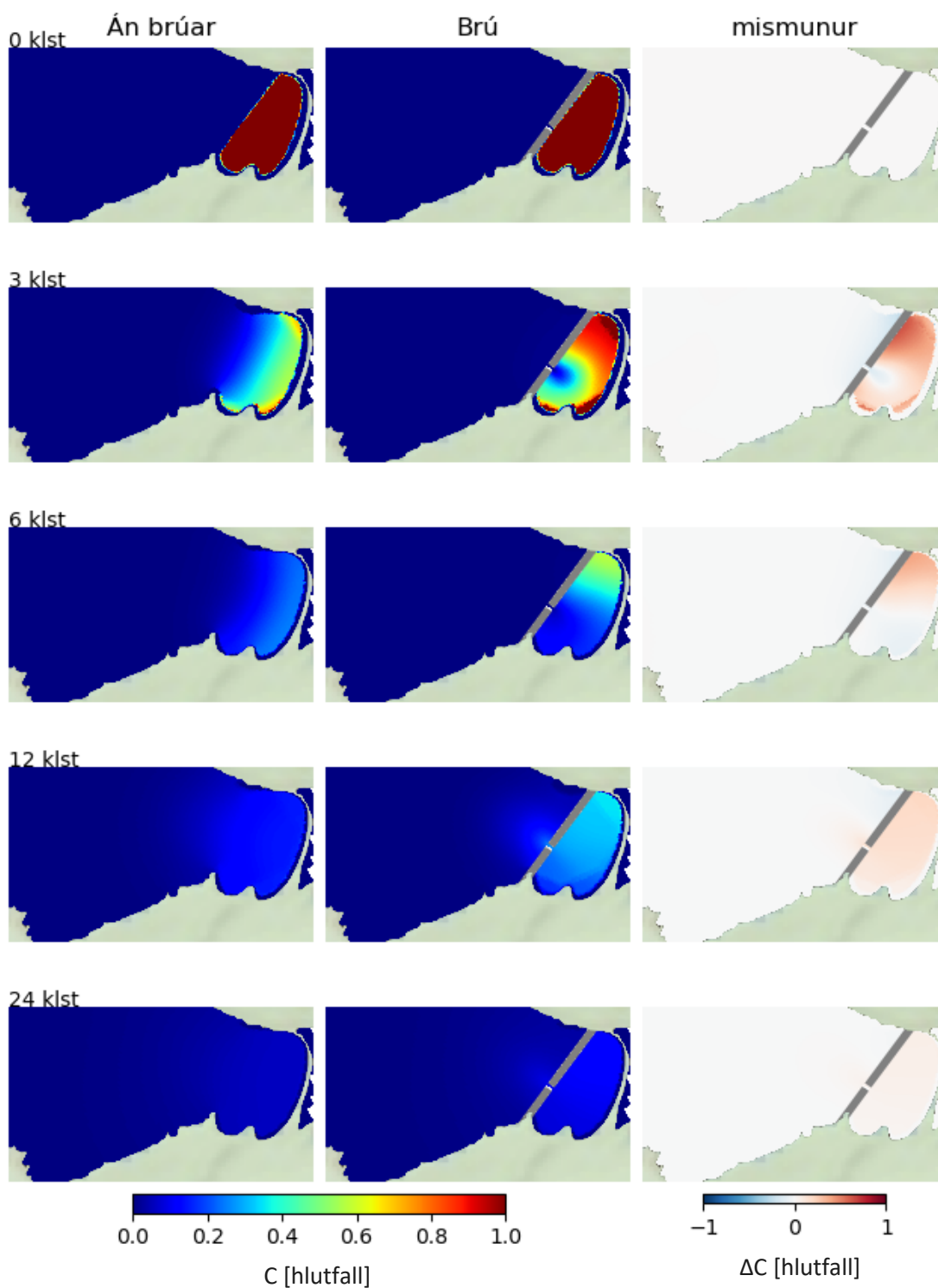
Mynd 211. Samanburður á sjávarhæð við núverandi ástand og eftir þverun í punktum staðsettum utan vegfyllingar (efri mynd, punktur 1) og innan vegfyllingar (neðri mynd, punktur 2).



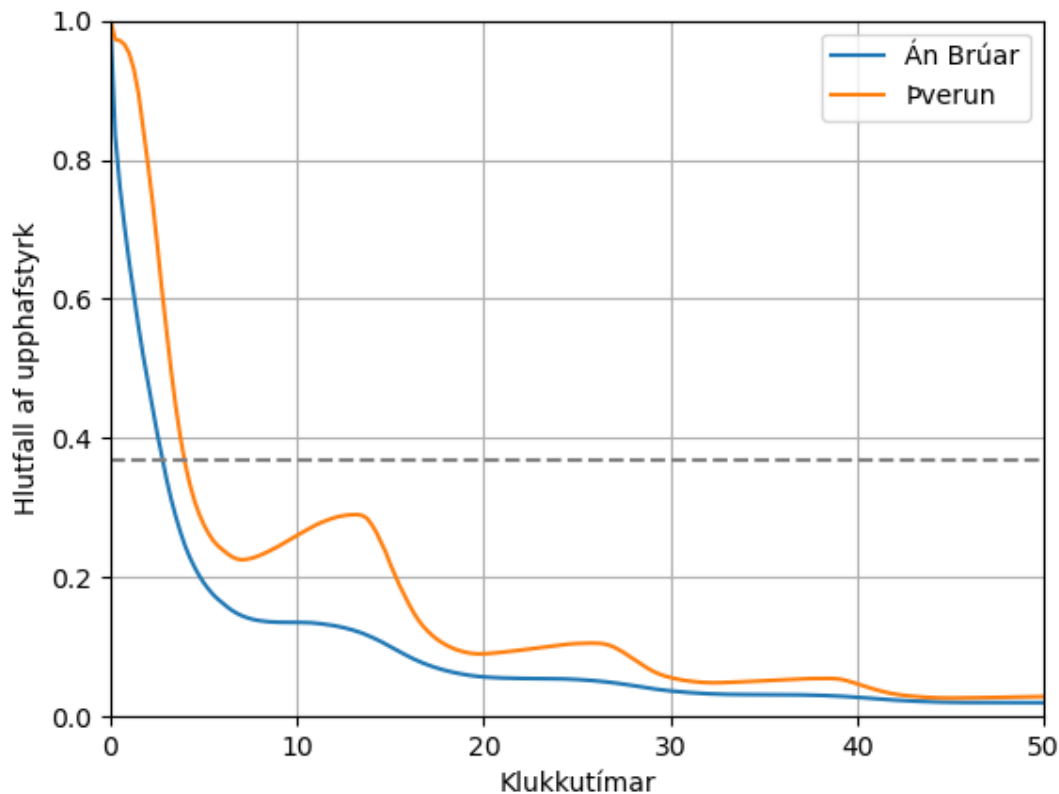
Mynd 212. Samanburður á rennsli um veglínuna í Eiðsvík við núverandi ástand og eftir þverun.

5.4. Útskolun

Lagt var mat á hvort útskolun á óhvarfgjörnu sporefni sem sett er í allt svæðið innan veglínuna (þverunar) væri undir áhrifum af þveruninni. Þverun Eiðsvíkur hefur ekki teljanleg áhrif á vatnsskipti innan vegfyllingar hvað rúmmál varðar en þó hægir lítillega á útskolun á smástreymi, útskolun er engu að síður enn verulega hröð og nær sömu afköstum og við núverandi ástand að ríflega tveimur sólarhringum liðnum (Mynd 213, mynd 214). Á fjöru á stórstreymi er stór hluti svæðis innan vegfyllingar á þurru og því skolar vatni hratt út úr svæðinu.



Mynd 213. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir sólarhringstímabil í Eyðsvík án þverunar og eftir þverun. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.



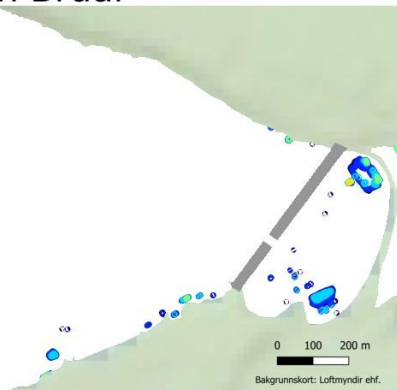
Mynd 214. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan vegfyllingar í Eiðsvík sem fall af tíma. Upphaf á aðfalli smástraums. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.

5.5. Botnrof

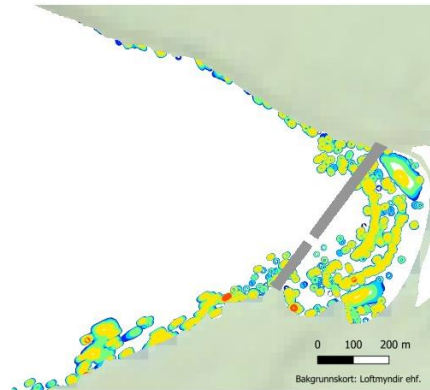
Breytingar á straumsviði með tilkomu vegfyllingar geta aukið staðbundið rof vegna aukinnar skerspennu við botn þar sem straumhraði eykst. Framkvæmd var sambærileg greining og lýst hefur verið hér að framan á áhrifum þverana á skerspennu.

Í Eiðsvík eru líkur til þess að botnrof aukist, sérstaklega í og við brúaropið, þar sem straumhraðar verða allt að 1 m/s. Mynd 215 sýnir fræðileg útmörk rofsvæða miðað við straum og öldu útreikninga þegar gert er ráð fyrir sandbotni og engri viðloðun. Í tilfelli án þverunar eru rofsvæði annars vegar uppi á grynningum við Eiðið sem tilkomin eru vegna sjávarfalla og öldu. Hins vegar eru rofsvæði upp við ströndina við sunnanverða víkina þar sem alda berst að milli Viðeyjar og Geldinganes. Eftir þverun má búast við töluverðu rofi í og við brúaropið, innan vegfyllingar teygja útmörk rofs korna af 0,125mm stærð sig upp á grynningar. Rofsvæði 2 mm eða stærri korna er að mestu staðbundið við brúaropið.

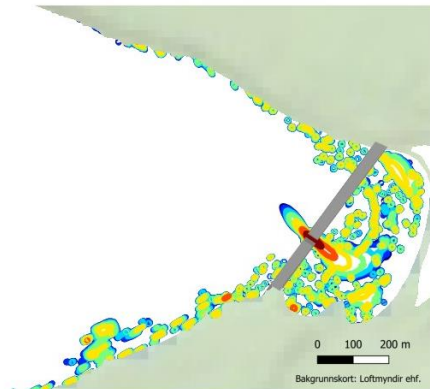
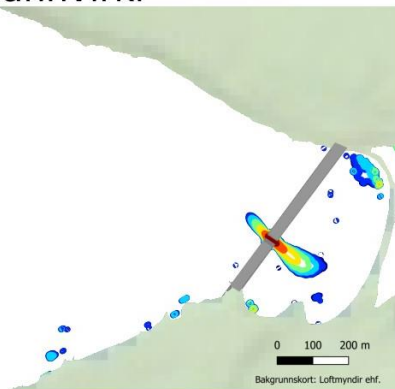
Án Brúar



50% tilfelli



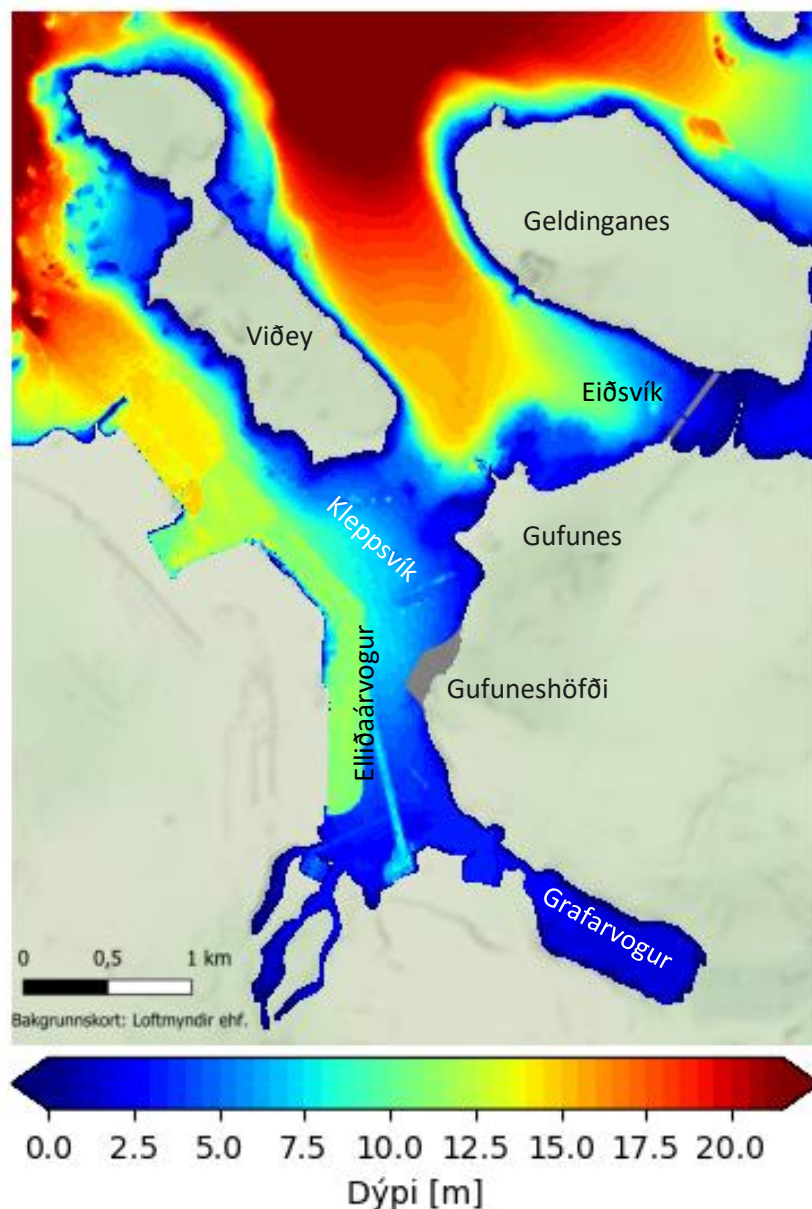
Mannvirki



Mynd 215. Áhrif þverunar í Eiðsvík á mögulegt botnrof fyrir mismunandi forsendur um sjávarstrauma og öldufar. Jafngildislínur sýna útmörk þeirra svæða sem botnefni af tiltekinni kornastærð getur farið á hreyfingu að teknu tilliti til skerspennu á botni.

6. Elliðaárvogur

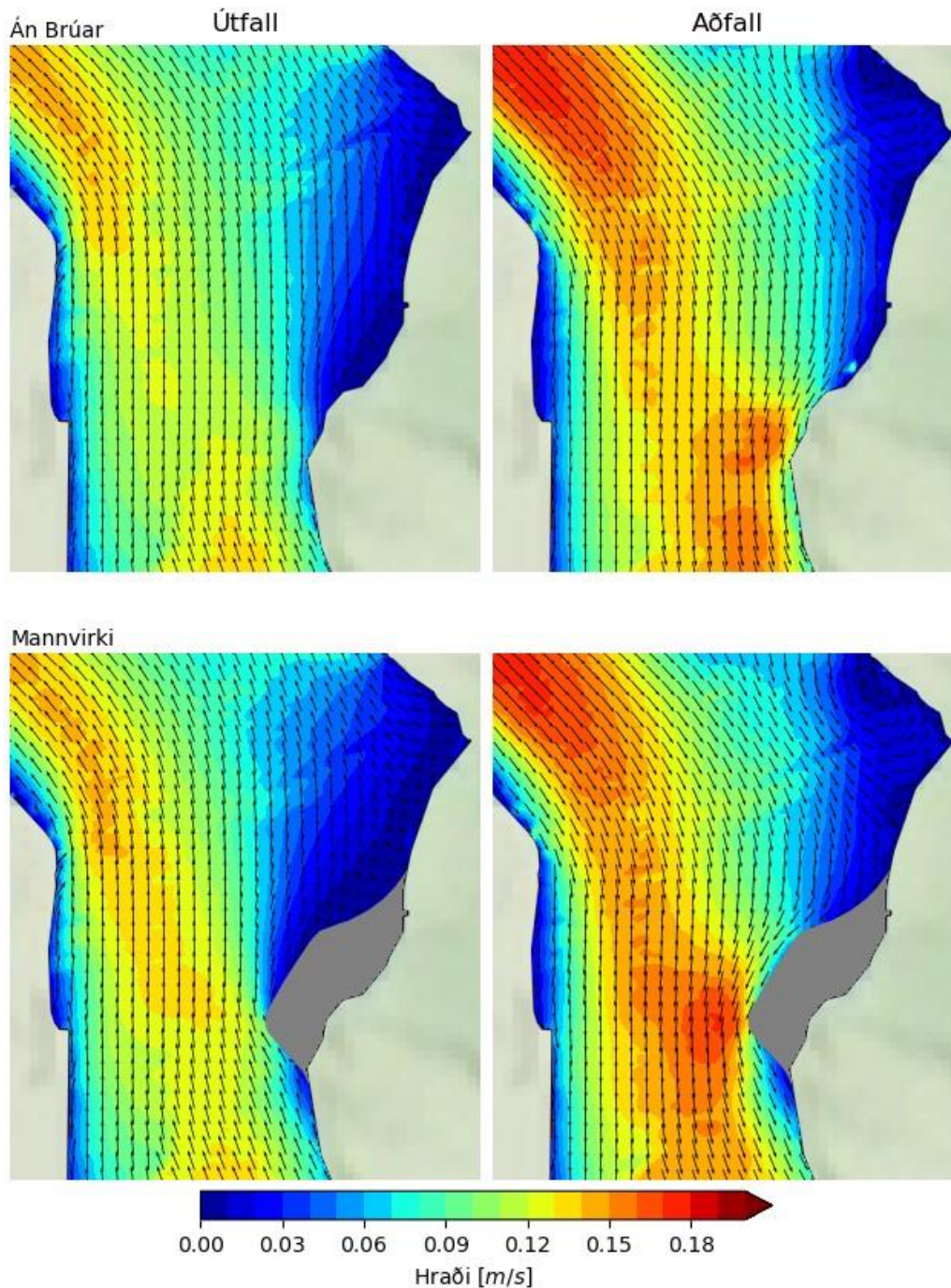
Elliðaárvogur liggur suður af Viðey, upp að ósum Elliðaáa og undir Gullinbrú inn í Grafarvog. Að vestanverðu er ströndin að öllu leyti manngerðar fyllingar og hafnarsvæði en að austanverðu er hlaðinn varnargarður eftir ströndinni upp að Gufunesi. Elliðaárnar renna í voginn með $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ meðalrennsli. Tillaga að þverun Elliðavogs sem liggur til grundvallar þessarar rannsóknar krefst landfyllingar í Kleppsvík norðan Gufuneshöfða en engra vegfyllinga þar sem miðað er við að byggð verði brú sem yrði á lofti yfir öllum voginum.



Mynd 216. Elliðaárvogur. Dýpi og staðsetning. Landfylling við Kleppsvík.

6.1. Sjávarstraumar

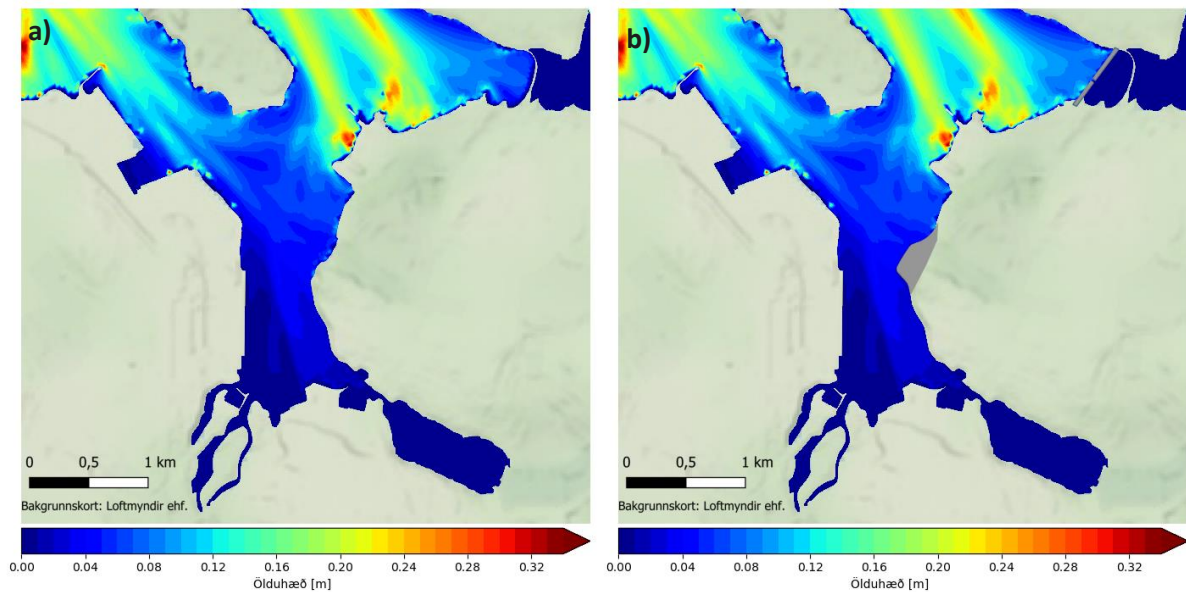
Við núverandi aðstæður ná sjávarstraumar í Elliðaárvogi og við Kleppsvík um 0,2 m/s hraða, á stór-streymi þegar hraði er mestur (mynd 217). Straumar eru hægstir við austurströnd Kleppsvíkur þar sem skjól myndast úr suðri frá Gufuneshöfða og frá Gufunesi úr norðri. Landfyllingin hefur lítillag áhrif á straumsviðið. Á útfalli kæmi lághraðasvæðið, norður af Gufuneshöfða til með að stækka lítillaga en á aðfalli myndi hraðast á straumum sem streyma meðfram landfyllingunni. Áhrif landfyllingar eru í raun eins og lítillaga mögnuð núverandi áhrif Gufuneshöfða á sjávarstraumana.



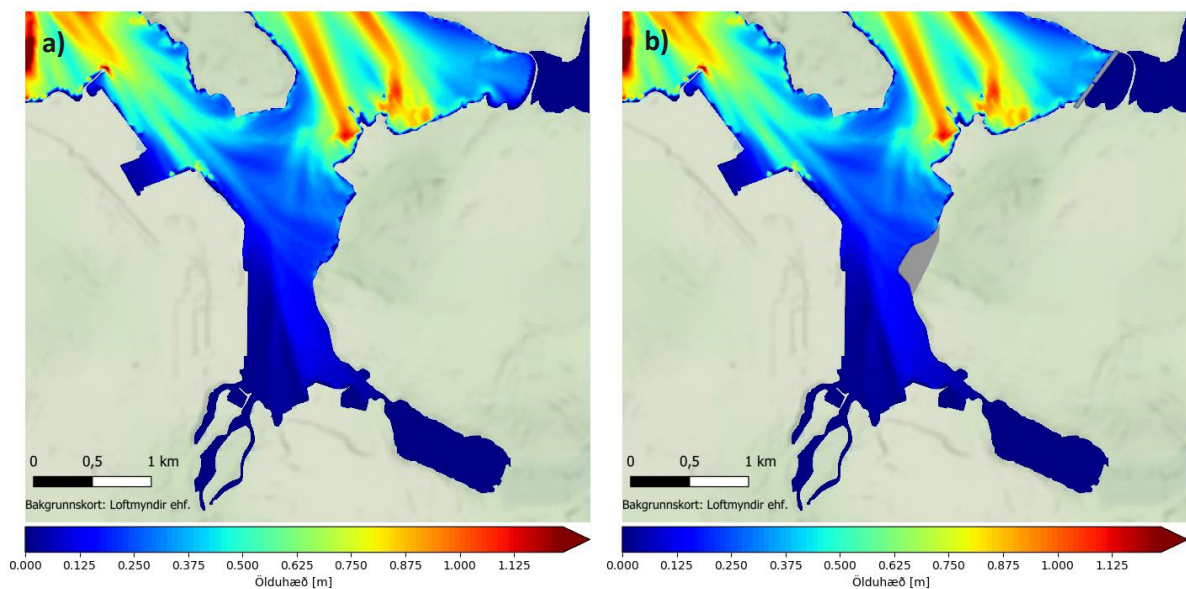
Mynd 217. Straumhraði í Elliðaárvogi og Kleppsvík á stórstraumi með og án landfyllingar.

6.2. Öldufar

Tölfræði ölduhæðar við núverandi ástand og eftir þveranir var áætluð með sama hætti og áður hefur verið lýst. Viðey myndar náttúrulegt skjól fyrir öldu í Elliðaárvogi á meðan Geldinganes skýlir Eiðsvík. Aldan nær þó að berast um sundið milli Viðeyjar og Geldinganes um mynni Eiðsvíkur og upp að landi við Gufunes. Landfylling við Gufuneshöfða hefur mjög lítil áhrif á reiknað öldufar (mynd 218 og mynd 219).



Mynd 218. 50% hlutfallsmörk kenniöldu í Elliðaárvogi. Fyrir þverun (a) og eftir þverun (b).

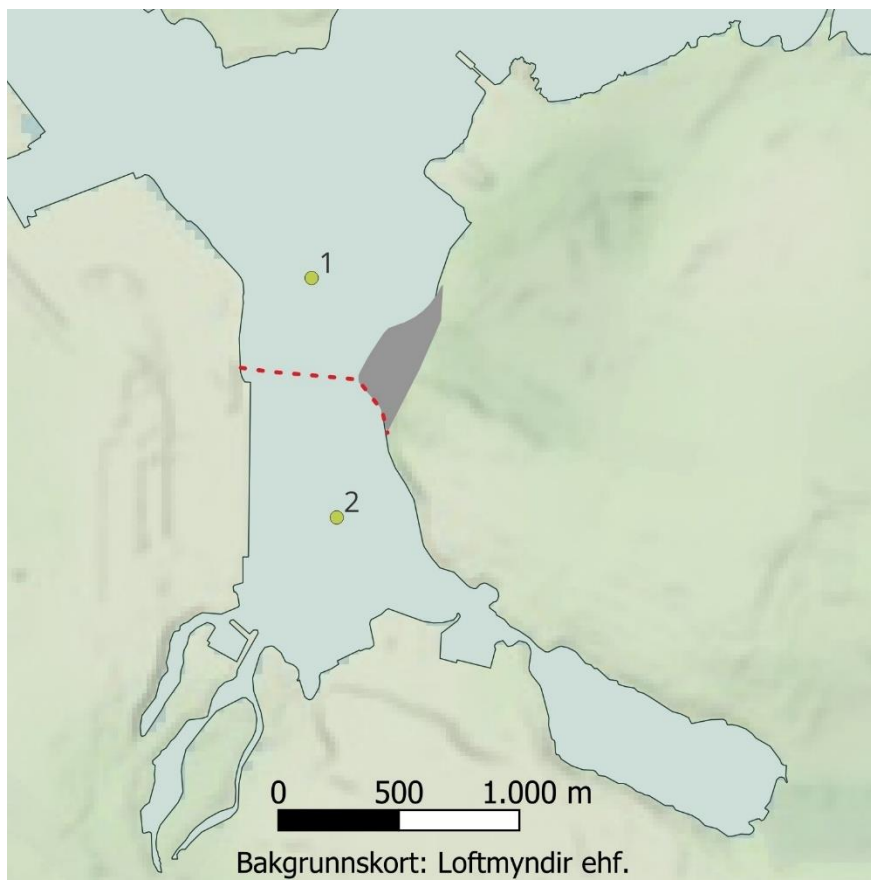


Mynd 219. 99% hlutfallsmörk kenniöldu í Elliðaárvogi. Fyrir þverun (a) og eftir þverun (b).

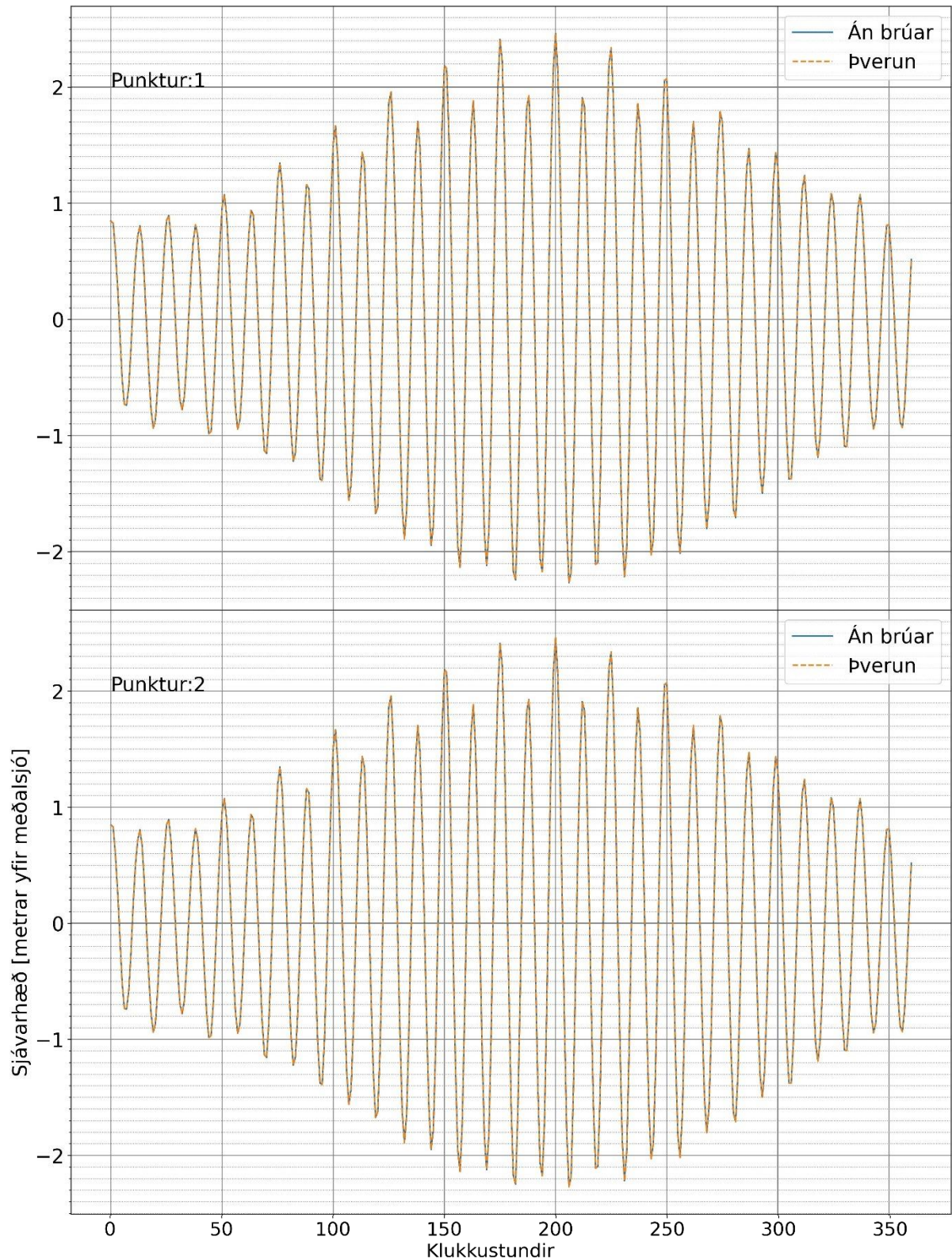
6.3. Sjávarföll og vatnsskipti

Áhrif vegfyllinga á sjávarföll og vatnsskipti eru könnuð með sama hætti og í fyrri köflum um þetta efni. Gerður er samanburður á sjávarfallasveiflu í tveimur viðmiðunarpunktum staðsettum utan landfyllingar í Elliðaavogi (punktur 1) og innan landfyllingar (punktur 2). Einnig eru vatnsskipti metin um snið sem liggur frá landfyllingunni yfir Elliðaárvog til vesturs (mynd 220). Á mynd 221 er sýndur samanburður á sjávarfallasveiflu í Elliðaárvogi, við núverandi ástand og eftir tilkomu landfyllingar, í viðmiðunarpunktunum tveimur. Eins og niðurstöðurnar sýna hefur landfyllingin lítil sem engin áhrif á sjávarföll í Elliðaárvogi.

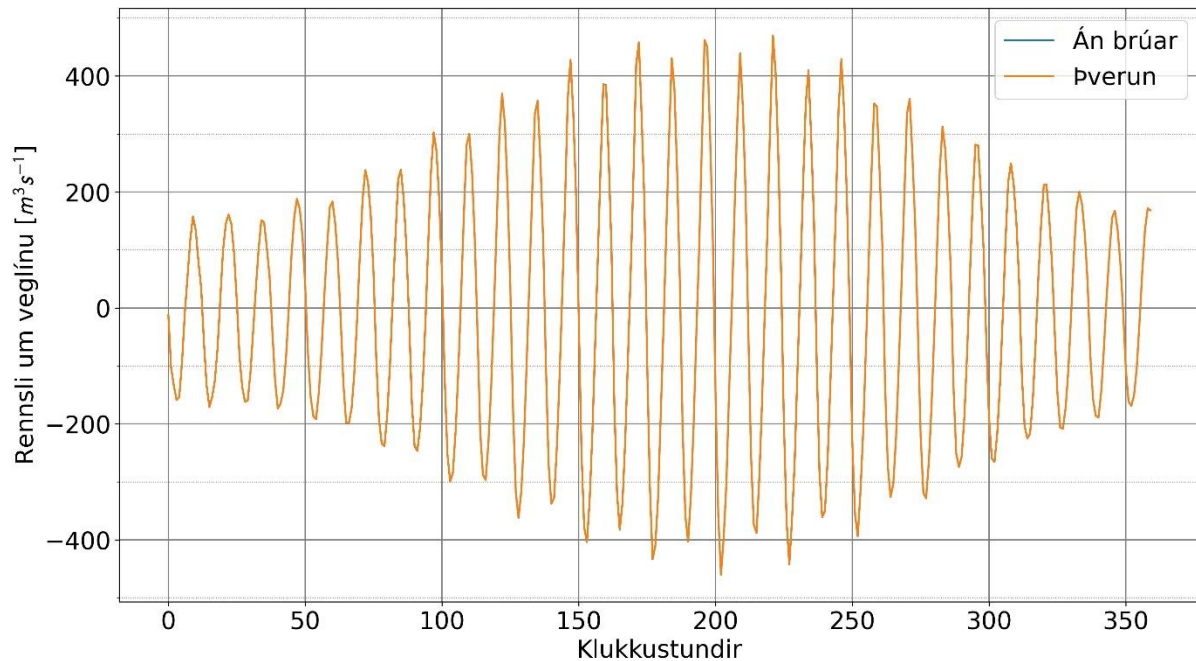
Mynd 222 sýnir samanburð á rennsli um snið við núverandi ástand og eftir landfyllingu. Landfyllingin hefur engin áhrif á vatnsskipti í Elliðaárvogi.



Mynd 220. Staðsetning viðmiðunarpunkta sjávarfalla og rennslissniðs í Elliðaárvogi. Landfylling sýnd í gráum lit við austanverðan Elliðaárvog.



Mynd 221. Samanburður á sjávarföllum í Elliðaárdvogi með og án landfyllingar. Efri mynd, sjávarföll í viðmiðunarpunkti í Elliðaárdvogi utan landfyllingar (punktur 1). Neðri mynd, sjávarföll í viðmiðunarpunkti í Elliðaárdvogi innan landfyllingar (punktur 2).



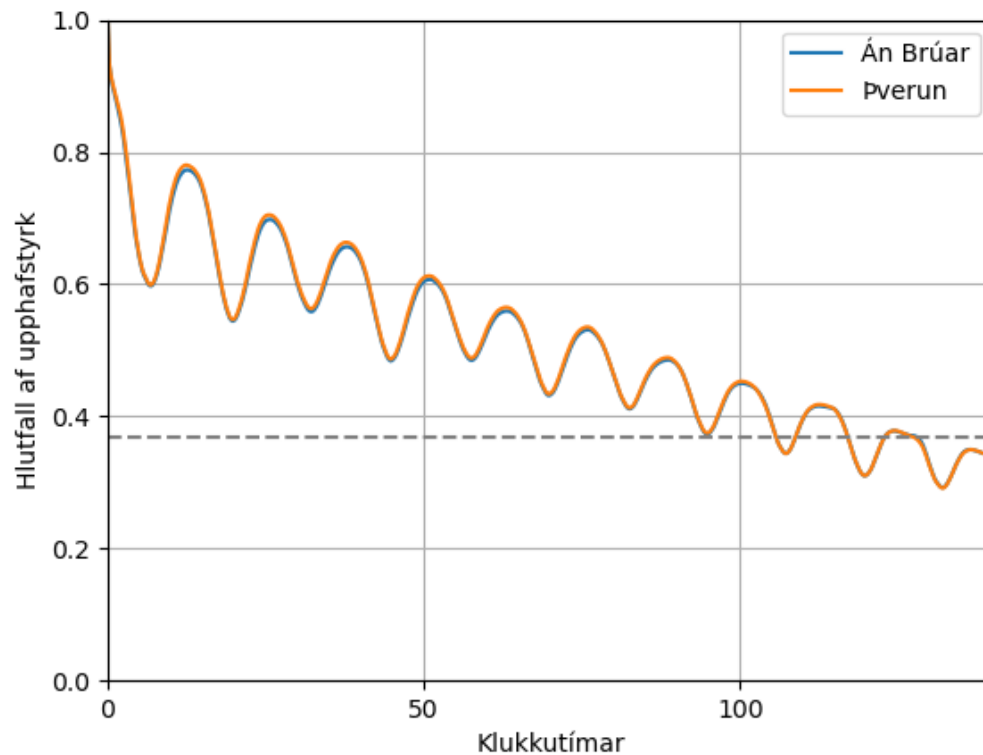
Mynd 222. Rennsli um snið sem liggur innan landfyllingar í Elliðaárvogi.

6.4. Útskolun

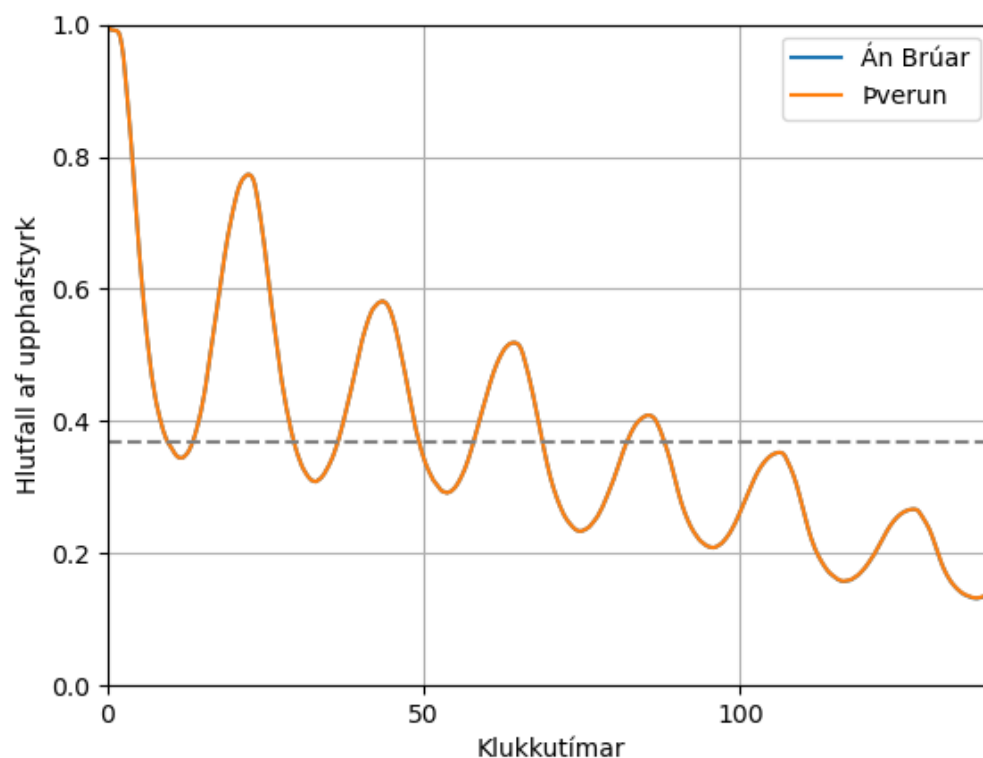
Metið var hvort útskolun á óhvarfgjörnu sporefni sem sett er á allt svæðið innan landfyllingar verði fyrir áhrifum af þveruninni. Styrkur efnisins lækkar við það að efnið berst út úr voginum með sjávarfallastraumum á útfalli, þar sem það blandast vatni sem inniheldur ekki sporefni þannig að á aðfalli kemur vatn aftur inn með minni styrk efnis. Líkankeyrslurnar við útskolun sporefnsins hefjast á aðfalli og er því tímaskali niðurstaðanna háður því þótt almennt gildi framangreind hegðun óháð því hvort byrjað sé á útfalli eða aðfalli. Líkankeyrslurnar fara fram á smástraumi sem leiðir af sér hægari útskolun en ef væri á stórstraumi.

Þróun meðalstyrks sporefnsins í Elliðaárvogi án landfyllingar og með landfyllingu sést á mynd 223. Munurinn er nánast enginn. Þróun meðalstyrks sporefns sem sett er í Grafarvog sést á mynd 224. Enginn munur er greinanlegur.

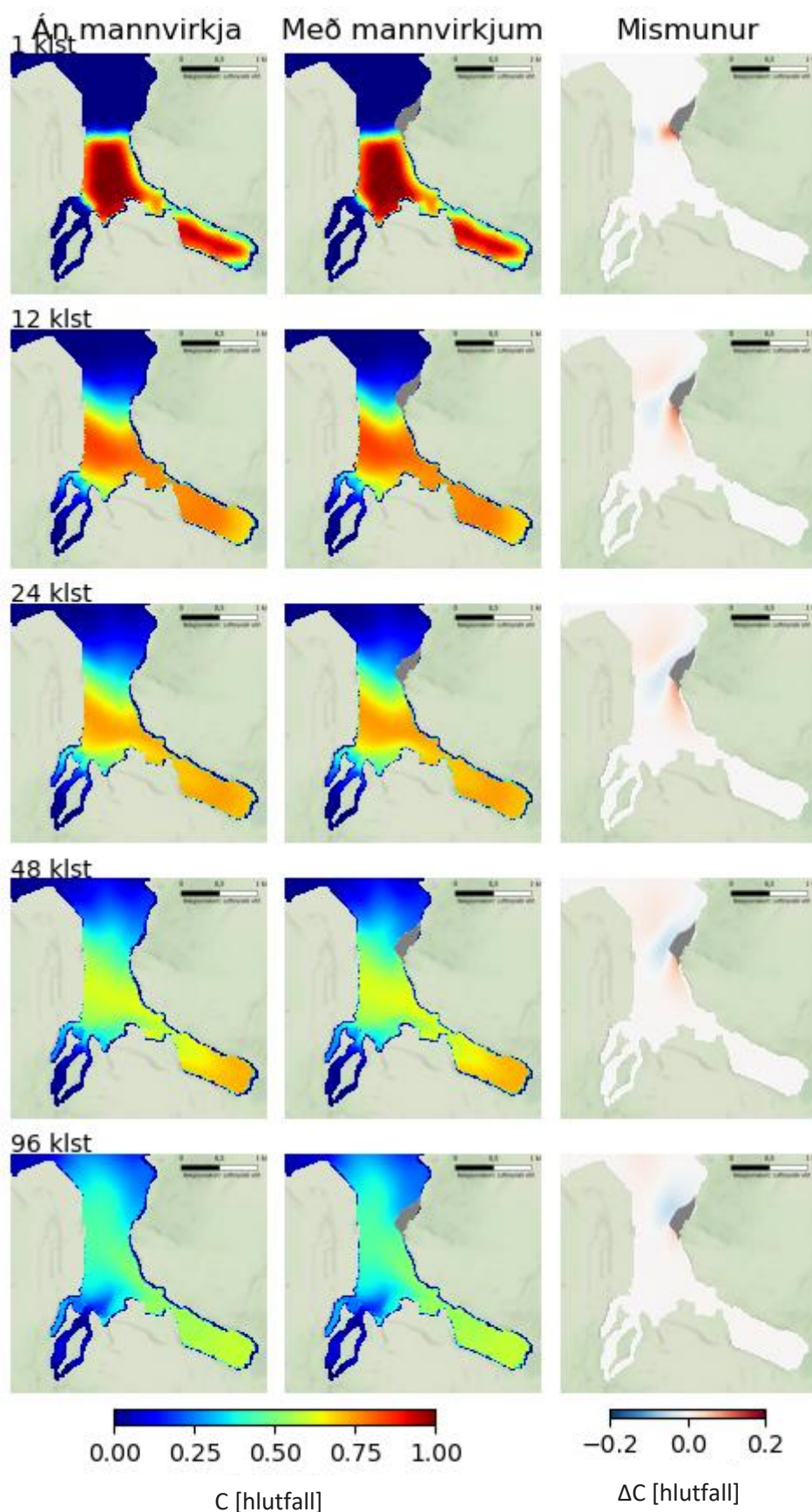
Þótt meðalstyrkur í Elliðaárvogi verði óbreyttur verður lítillægur munur svæðisbundið á því hvernig útskolunin fer fram í Elliðaárvogi eftir að landfylling er komin (Mynd 225). Á þetta ekki við um Grafarvog (Mynd 226).



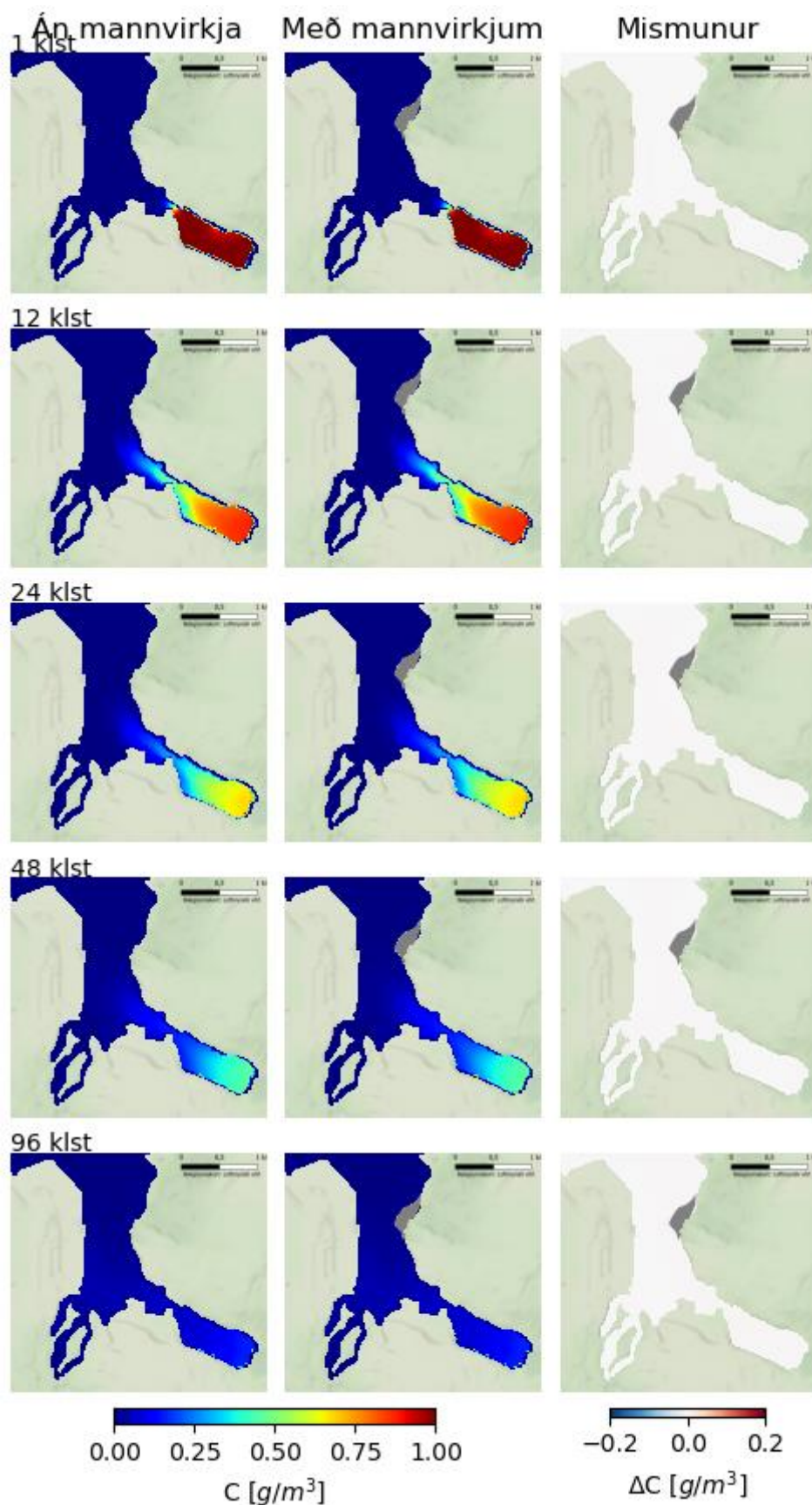
Mynd 223. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis innan landfyllingar í Elliðaárvogi sem fall af tíma. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.



Mynd 224. Hlutfall meðalstyrks af upphafsstyrk sporefnis í Grafarvogi með og án landfyllingar við Kleppsvík. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.



Mynd 225. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir 96 klst tímabil í Elliðaárvogi án landfyllingar og með landfyllingu. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.



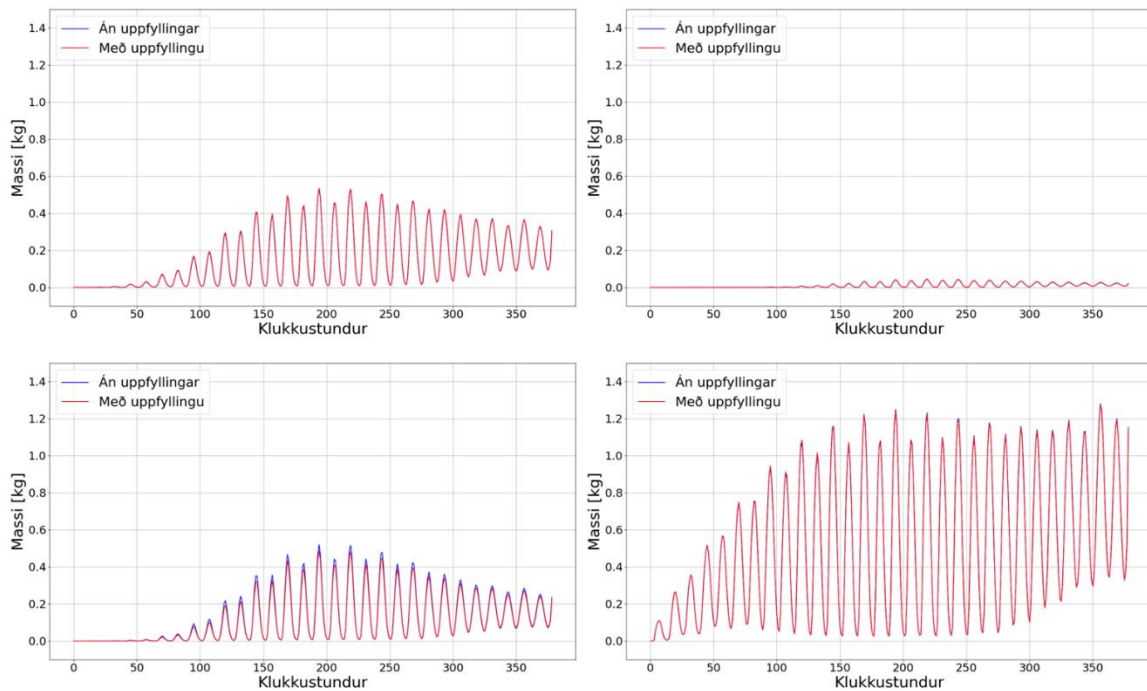
Mynd 226. Þróun á hlutfallsstyrk (hlutfall af upphafsstyrk) sporefnis yfir 96 klst tímabil í Grafarvogi án landfyllingar og með landfyllingu í Kleppsvík. Sjávarfallastraumar án öldu og vinds.

6.5. Mengun frá athafnasvæði

Athugun síðasta kafla beindist að því hvort uppfylling undir Gufuneshöfða hefði áhrif á útskolun sporefns sem sett er í jöfnum styrk innan landfyllingar og reyndist það ekki vera. Hér er könnuð dreifing sporefns sem kemur samfellt úr uppsprettum innan Elliðaársvogs (mynd 227), og hvort landfyllingin hafi áhrif á dreifingu þeirra inn í Grafarvog. Niðurstöðurnar sýna að áhrif uppfyllingar á dreifingu inn í Grafarvog eru hverfandi (mynd 228).



Mynd 227. Viðmiðunaruppsprettur sporefna innan Elliðaársvogs.



Mynd 228. Tímaseriur fyrir styrk sporefnis innan Grafarvogs fyrir mismunandi uppsprettur í Elliðaárvogi, með og án uppfyllingar. Uppspretta við Vogabakka (efri, vinstri), Skarfabakka (efri, hægri), norðan við uppfyllingu (neðri, vinstri) og sunnan við uppfyllingu (neðri, hægri).



7. Samantekt

7.1. Inngangur – forsendur

- Vegna mats á umhverfisáhrifum Sundabrautar fól Vegagerðin Vatnaskilum að meta áhrif fyrirhugaðra þverana í Kollafirði, Leiruvogi, Eiðsvík og Elliðaárvogi á sjávarstrauma, öldufar, vatnsskipti, vatnsgæði og setflutninga.
- Til grundvallar greiningunni er samþætt sjávarlíkan Vatnaskila af Faxaflóa og Sundunum.
- Endanleg útfærsla Sundabrautar liggur ekki fyrir en stuðst er við upplegg í matsáætlun (Efla, 2023), en útfærsla framkvæmdar hefur þróast frá því á matsáætlunarstigi.

7.2. Grunnaðstæður á Sundunum

Sjávarföll og sjávarfallastraumar

- Sjávarfallasveiflan á Sundunum er að meðaltali um 3,8 m á stórstreymi og 1,7 m á smástreymi.
- Munur á minnsta og mesta útslagi sjávarfallabylgju á hverjum straumi yfir viðmiðunartímabilið 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025 er nærri 1,5 m.
- Stórstraumsfjara er breytileg milli -2,5 m y.s. og -1,3 m y.s. eða yfir 1,2 m bil, með miðgildi (50%) -1,75 m y.s (tímabilið 1. janúar 2018 – 1. janúar 2025).
- Til greiningar voru valin tvö samliggjandi hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019 og 28. janúar – 15. febrúar 2019. Á fyrra tímabilinu svarar mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi til ríflega 85% hlutfallsmarka. Á seinna tímabilinu svarar mesta útslag á stórstreymi hins vegar til ríflega 15% hlutfallsmarka. Með hlutfallsmörkum er vísað til þess að mesta útslag á stórstreymi á tilteknu hálfsmánaðar tímabili sé jafnt eða stærra en það hlutfall af mesta útslagi á stórstreymi allra hálfsmánaðar tímabilanna á sjö ára heildartímabilinu.
- Straumhraðar verða óvíða hærri en á leirunum í Leiruvogi og í sundinu inn í voginn.

Öldufar

- Úti fyrir Faxaflóa eru öldur úr suðvestri algengastar en þær verða vestlægari inni í Faxaflóa og úti fyrir Sundunum er öldustefna nær eingöngu úr vestri.
- Inni á Sundunum hafa eyjar og minnkandi dýpi ráðandi áhrif á öldustefnu þ.a. öldustefnan snýst upp í grynningar og er með norðvestlæga stefnu úti fyrir Elliðaárvogi og Leiruvogi.
- Við mynni Kollafjarðar er öldustefna úr vestri enn ríkjandi.
- Ölduhæð er breytileg á sundunum og lækkar þegar inn í voga og firði kemur.

Vindafar

- Austlægar og aust-suðlægar vindáttir eru algengastar á sundunum.
- Stuðst er við 50% og 99% hlutfallsmörk vindhraða, 8 m/s og 19 m/s, við greiningar í tengslum við útskolun, mengunardreifingu og botnrof.
- Stuðst er við aust-suðaustan átt í greiningunum sem er algengasta vindáttin á Sundunum og einnig norðaustan átt sem er líka algeng vindstefna.

7.3. Kollafjörður

- Í matsáætlun Sundabrautar (Efla, 2023) var skilgreint rannsóknarsvæði í Kollafirði þar sem tveir kostir skyldu kannaðir, innri og ytri leið.
- Áhersla er lögð á innri leið og ber því umfjöllunin það með sér.



- Innri leiðin er um 1500 m frá mynni fjarðarins og ytri leiðin 700 m utar.
- Í báðum tilfellum er gert ráð fyrir 80 m brúaropi (70 m virku vatnsopi) og staðsetning þess valin í greiningunum nærri mesta dýpi á veglínunni.

Sjávarstraumar

- Við núverandi aðstæður eru reiknaðir sjávarstraumar ekki mjög sterkir á rannsóknarsvæðinu eða allt að 0,2 m/s á stórstreymi.
- Straumurinn er einnig nokkuð jafn yfir fjörðinn bæði á út- og aðfalli.
- Eftir þverun margfaldast hraðinn staðbundið og nær rúmlega 1 m/s í brúaropum.
- Straumröst og hvirflar sitthvoru megin við röstina myndast innan þverunar á aðfalli og utan þverunar á útfalli.
- Nákvæm staðsetning brúarops í vegfyllingu getur því haft áhrif á hraða en einnig á stefnu straumrastar og hvirfla.
- Aukinn straumhraði í nágrenni vegfyllinganna getur haft áhrif á sundþol þorska.
- Hafrannsóknastofnun lagði fram viðmið um 0,66 m/s sem hámarkssundhraða sem þorskar geta viðhaldið með hliðsjón af fyrirliggjandi rannsóknum.
- Fyrir innri leið er straumhraði í brúaropi um 9% tímans yfir 0,66 m/s á aðfalli og 11% tímans á útfalli, og því samtals 20% tímans. Áhrifa 0,66 m/s straumhraða gætir í um 300 m inn fyrir veglínu og um 200 m út fyrir hana. Viðmiðunartímabilið er hálfur mánuður, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.
- Fyrir ytri leið er straumhraði í brúaropi um 7% tímans yfir 0,66 m/s á bæði aðfalli og útfalli, og því samtals 14% tímans. Áhrifa 0,66 m/s straumhraða gætir í um 300 m inn fyrir veglínu og um 200 m út fyrir hana.

Öldufar

- Við mynni Kollafjarðar eru 50% hlutfallsmörk öldu um 0,5 - 0,7 m og 99% hlutfallsmörk öldu eru um 1,8 m.
- Við þverun fjarðarins myndast umtalsvert meira skjól fyrir öldu innan þverunar.

Sjávarföll og vatnsskipti

- Tilkoma þverunar hefur ekki áhrif á sjávarföll.
- Tilkoma þverunar hefur ekki áhrif á vatnsskipti innan þverunar í Kollafirði.

Útskolun

- Lagt var mat á hvort þverunin hefði áhrif á útskolun fulluppleysts óhvarfgjarns sporefnis sem dreift er yfir allt svæðið innan veglínu (þverunar).
- Niðurstöðurnar sýna að útskolun verður nokkuð hraðari með vegfyllingu, hvort sem valin er innri eða ytri leið. Þetta skýrist einkum af tveimur þáttum:
 - Annars vegar berst vatnið sem var innan þverunar lengra út fjörðinn frá þverun vegna aukins hraða á útfalli sem leiðir til þess að minna af því dregst aftur inn á aðfalli.
 - Hins vegar leiðir aukinn hraði og hvirflamyndun á innstreymi til þess að meiri blöndun verður á vatni innan brúar, jafnvel þótt þverunin skýli svæði fyrir öldu.

Botnrof og setflutningar

- Niðurstöður skerspennureikninga sýna að þveranirnar draga úr mögulegu rofi upp við ströndina innan þverana.



- Aukinn straumhraði í brúaropum leiðir hinsvegar til þess að mögulegt rofsvæði myndast í búaropi og á nokkuð víðfeðmu svæði bæði innan og utan þverana í takti við aukinn straumhraða frá brúaropi.
- Öldufar hefur einnig nokkur áhrif á umfang rofsvæðanna.
- Til viðbótar við skerspennureikningana voru framkvæmdir botnrofs- og setflutningsreikningar fyrir innri leið.
- Takmarkaðar upplýsingar lágu fyrir um botngerðina (kornastærðir) í Kollafirði við úrlausn verkefnisins, því var farin sú leið að styðjast einnig við sömu viðmið um botngerð og í Leiruvogi sem byggja á greiningu á greiparsýnum og borkjörnum í fyrirhuguðu brúarstæði þar (kafla 4.7).
- Tvær sviðsmyndir eða tilfelli voru til skoðunar:
 - Tilfelli A, minna botnrof er áætlað vegna malarlags í sýnum.
 - Tilfelli B, meira botnrof er áætlað vegna skorts á grófum kornum.
- Í báðum tilfellum er efsta lagið í botninum ákvarðað út frá greiparsýni sem tekið var í brúaropinu í Leiruvogi sem var án grófari korna.
- Botnrof var reiknað 100 ár fram í tímann (horfa verður til óvissu í tímaskölum við túlkun niðurstaða).
- Niðurstöður fyrir tilfelli A sýna að yfir 100 ára tíma hafa rofnað tæplega 50.000 rúmmetrar innan þverunar á meðan um 40.000 rúmmetrar hafa sest innan þverunarinnar. Heildartap rofefna frá svæðinu yfir 100 ára tímabil er um 20%.
- Dýpi í viðmiðunarpunkti innan þverunar eykst um ríflega 1 m á 100 ára tímabili, mest fyrstu 20 árin.
- Niðurstöður botnrofs- og setflutningsreikninga fyrir tilfelli B sýna mun meira rof innan þverunar, nærri 270.000 rúmmetrar yfir 100 ár eða ríflega fimmfalt á við tilfelli A, og rúmlega 190.000 rúmmetrar hafa sest innan þverunar eða nærri fimmfalt meira en í tilfelli A. Heildartap rofefna frá svæðinu yfir 100 ára tímabil er um 30%.
- Ágætt samræmi er á milli niðurstaðna skerspennureikninga og setflutningsreikninga ef horft er til áhrifasvæðis þverunarinnar, sem er umtalsvert.
- Ef tekið er tillit til kornadreifinga úr greiparsýnum frá Kollafirði og reynt að álykta um dreifingu á silti og leir með hliðsjón af niðurstöðum úr Leiruvogi, þar sem slíkt vantar fyrir sýnin úr Kollafirði, má sjá enn frekar hversu mikill breytileikinn kann að vera á niðurstöðum um reiknað botnrof og uppsöfnunar sets.
- Ef botnbreytingar í takti við þær breytingar sem hér eru metnar kunna að vera óheppilegar fyrir lífríki Kollafjarðar, mætti endurskoða matið út frá viðbótar setefnasýnum teknum í Kollafirði, bæði greiparsýnum og kjarnasýnum.
- Ef slíkar mælingar fást væru forsendur til þess að leggja mat á grugg af völdum botnrofs í Kollafirði líkt og gert er fyrir Leiruvog. Gera má ráð fyrir að gruggmyndun verði til staðar í Kollafirði þótt ekki sé hægt að segja fyrir um á þessu stigi hvort hún yrði viðlíka og í Leiruvogi.

Fráveita

- Kollafjörður fellur innan strandsjávarhlotsins Straumsvík-Kjalarnes, númer 1044-1391-C.
- Efnafræðilegt umhverfismarkmið strandsjávarhlotsins Straumsvík-Kjalarnes er skilgreint gott og ekki í áhættuflokki samkvæmt Vatnavefsjá.
- Fráveituútrás frá iðnaðarhverfi við Esjumela liggur út í Kollafjörð að sunnanverðu innan fyrirhugaðrar þverunar.
- Vatnsgæðalíkan var beitt til þess að meta áhrif þverana á styrk næringarefna, svifagnir, BOD, COD og uppleyst súrefni.



- Niðurstöður reikninganna benda til þess að tilkoma þverana hafi ekki neikvæð áhrif á styrk næringarefna og leiðir ekki til lækkunar súrefnis innan þverana. Sterkari straumar leiða jafnframt til þess að styrkur svifagna lækkar lítið eitt með tilkomu þverana.
- Niðurstöðurnar benda til aukinnar blöndunar með tilkomu þverunar sem er í takti við niðurstöður útskolunarreikninga.
- Tilkoma vegfyllingar, hvort sem er á ytri leið eða innri leið, er mjög ólíkleg til að hafa áhrif á markmið vatnshlotsins um gott efnafræðilegt ástand.

7.4. Leiruvogur-Blikastaðakró

- Inn af sundinu milli Geldinganes og Gunnunes, þar sem fyrirhuguð þverun Sundabrautar mun liggja, eru Leiruvogur og Blikastaðakró sem friðlýst voru sem friðland árið 2022.
- Svæðin eru grunn og fjörur mjög stórar og flokkast víða sem leirusvæði.
- Inn í Leiruvog renna Leirvogsá, Kaldakvísl og Korpa (Úlfarsá) og er áætlað meðalrennsli þeirra 2,53 m³/s, 1,43 m³/s og 1,49 m³/s. Á fjöru renna Leirvogsá og Kaldakvísl eftir farvegum sem eru neðansjávar á flóði.
- Áhrif þverunar Leiruvogs var könnuð út frá þremur tilfellum á lengd brúarops; 120 m, 160 m, og 200 m. Mesta dýpi í brúaropi er 8,1 m.
- Jafnframt er gert ráð fyrir 60 m breiðu brúaropi yfir fjörusvæði norðan vegfyllingar við Gunnunes þar sem einungis flæðir að hluta tímans. Vegur það því lítið í heildarsamhengi þeirrar greiningar sem hér fer fram.

Sjávarstraumar

- Við núverandi ástand ná sjávarfallastraumar á aðfalli allt að 0,3 m/s hraða fyrir mynni Leiruvogs, straumur eykst fyrir Gunnunes og Blikastaðanes og verða straumar hraðastir þegar flæðir yfir grynningar og leirur við ósa Leirvogsár.
- Í vestari hluta Leiruvogs eru sjávarfallastraumar hægir frá náttúrunnar hendi og sérstaklega við eiðið út í Geldinganes.
- Þverun hefur áhrif á hraðasvið sjávarfallastrauma, þar sem töluverð hröðun verður á straumum um brúaropið. Hraði í brúaropinu lækkar eftir því sem brúaropið er lengra.
- Þverun hefur áhrif á stefnu sjávarfallastrauma í Þerneyjarsundi og verða þeir að jafnaði suðlægir en sveifluðust við núverandi aðstæður úr suðri á aðfalli og í norður á útfalli. Þessi hegðun kemur fram bæði fyrir minnsta brúaropið og það stærsta sem var reiknað.
- Aukinn straumhraði í nágrenni vegfyllinganna getur haft áhrif á gönguseiði laxfiska og lagði Hafrannsóknastofnun fram þrjú viðmið um sundhraða seiða til að styðja við greininguna.
 - 0,4 m/s – Tiltölulega lítil áhrif á seiði, en getur þó hægt á þeim.
 - 0,6 m/s – Straumhraði farinn að reyna á seiðin.
 - 1,07 m/s – Straumhraðinn ekki yfirstíganlegur fyrir seiðin nema í örstuttan tíma.
- Fyrir 200 m brú er straumhraði í brúaropi um 20% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli sem og útfalli, því samtals um 40% tímans, 5-10% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli og útfalli, samtals um 15% tímans en fer aldrei yfir 1,07 m/s. Hér er hlutfall tímans metið yfir hálfsmánaðar tímabil, 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.
- Áhrifa 0,4 m/s gætir tæplega 1 km inn í voginn og vel ríflega 1 km utan hans. Áhrifa 0,6 m/s gætir um 0,5 km inn í voginn og nærri 1 km utan hans, fyrir 200 m brú.
- Fyrir styttri brúartilfelli, 120 m og 160 m, var hraðinn í brúaropinu meiri og stærri hluta tímans yfir viðmiðunarmörkum.



Öldufar

- Alda berst milli Þerneyjar og Geldinganes, hæstu öldurnar lenda á Gunnunesi og Blikastaðanasi sem skýla að mestu botni vestari hluta Leiruvogs, þar sem alda nær einungis inn að óverulegu leyti.
- Við núverandi aðstæður ná öldur inn að Blikastaðakró en vestasti hlutinn við Eiðið er í skjóli frá Geldinganesi.
- Með tilkomu þverunar myndast verulegt skjól innan vegfyllingar fyrir öldu. Alda nær helst í gegn í átt að Blikastöðum í misbreiðum geira eftir lengd brúarops.

Sjávarföll og vatnsskipti

- Áhrif vegfyllinga á sjávarföll eru engin, hvorki á útslag né fasa.
- Óveruleg áhrif verða á rennsli og vatnsskipti við þverun.
- Eftir því sem botnrofi og setmyndun vindur fram í kjölfar þverunar geta vatnsskipti mögulega minnkað lítillega frá því sem verður strax að þverun lokinni, en verður það mjög háð því hversu mikil uppsöfnun verður á seti innan veglínu á hæðarbilum ofan stórstreymisfjöru. Stærðargráður eru þó líklegar til að vera það litlar að um óverulegar breytingar verði á vatnsskiptum í Leiruvogi samanborið við ástand fyrir þverun.

Útskolun

- Metið var hvort útskolun á fulluppleystu óhvarfgjörnu sporefni sem sett er á allt svæðið innan veglínu (þverunar) væri undir áhrifum af þveruninni.
- Útskolun á sporefni innan vegfyllingar verður hraðari eftir þverun, og þeim mun hraðari eftir því sem brúarop er minna.
- Þetta eru afleiðingar af breyttu straumsviði. Annars vegar þá skolest efni lengra út með auknum straumum úr brúaropi, og meira eftir því sem brúaropið minnkar og útrennslið blandast við meira hreint vatn áður en það rennur aftur inn í veginn á aðfalli. Hins vegar verður straumsviðið flóknara innan brúarops á aðfalli að lokinni þverun sem verður ýktara eftir því sem brúaropið minnkar, sem eykur blöndun.
- Eftir því sem ölduhæð vex umfram venjubundnar aðstæður (50% tímans) og vindhraði eykst verður útskolun úr veginum hraðari en það kemur þó að því fyrir nægjanlega háar ölduhæðir og háan vindhraða að tilkoma þverunar leiðir af sér hægari útskolun samanborið við aðstæður fyrir þverun. Útskolun verður þó eftir sem áður tiltölulega hröð. Ólíkt venjubundnum aðstæðum verður útskolun hægari eftir því sem brúaropið minnkar.
- Í öllum tilvikum þverunar má vænta þess að svæðisbundinn munur verði á styrk efnis innan vogsins fyrstu klukkustundir og dagana eftir að útskolun hefst samanborið við núverandi aðstæður án þverunar.
- Metið var hvort útskolun á fulluppleystu óhvarfgjörnu sporefni sem berst með ám sem renna í Leiruvog væri undir áhrifum af þveruninni.
- Útskolun á sporefni sem berst með ám var meiri eftir þverun. Því eru litlar líkur á því að efni með eiginleika fulluppleysts sporefnis sem berst með vatnsföllum til Leiruvogs skolist tregar út úr veginum eftir þverun samanborið við núverandi ástand.



Mengunardreifing

Samfelldur leki mengunarefnis í Þerneyjarsundi

- Reiknuð var dreifing mengunar frá punktuppsprettu í Þerneyjarsundi með samfelldum leka mengunarefnis sem svarar til 1 g/s (ríflega 86 kg/dag). Reiknað var yfir tveggja vikna tímabil fyrir tilvik án þverunar og að lokinni þverun með 200 m brú.
- Metin voru jafnframt áhrifin af mismunandi eiginleikum mengunarefna. Ekki er verið að draga fram eiginleika tiltekinna mengunarefna sem borin hafa verið kennsl á að stafi hætta af á svæðinu. Einungis er horft til almennra eiginleika sem eins konar næmni fyrir dreifingarreikningana, en einna mesta óvissan sem fylgir dreifingarreikningum sem þessum hefur með eiginleika efnisins að gera og möguleika þess til að dreifast í vökvanum:
 - Fulluppleyst ferilefni sem getur dreifst óhindrað í vökvanum.
 - Ferilefni með eiginleika agna, en þá koma lyfti- og dragkraftar við sögu.
 - Olía sem endurspeglar að einhverju marki létta hvarfgjarna olíu sem getur dreifst mjög mikið.
 - Olía sem endurspeglar að einhverju marki þunga óhvarfgjarna olíu sem dreifist tiltölulega lítið.
- Fyrir fulluppleyst ferilefni mun tilkoma brúar auka á uppsöfnun inni í Leiruvogi. Þetta efni sker sig úr í samanburði við hin efnin hvað þetta varðar en einnig þar sem stærðargráðu minni massi skilar sér til Leiruvogs samanborið við hin efnin. Efnið getur dreifst óhindrað í vökvanum og sleppur því mjög auðveldlega út úr Þerneyjarsundi til vesturs og þaðan í Faxaflóa, ólíkt hinum efnunum.
- Fyrir ferilefni með eiginleika agna þá mun tilkoma brúar draga úr söfnun efnis í Leiruvogi.
- Fyrir olíu þá veitir vegfyllingin töluvert skjól sem leiðir til þess að stór hluti olíunnar safnast beggja vegna vegfyllingarinnar og þannig dregur úr flutningi olíu inn í voginn.
- Meiri massi af olíu með litla dreifni kemur inn fyrir vegfyllinguna en helst að stærstum hluta við vegfyllinguna og dreifist minna inn í voginn.
- Fyrir allar efnisgerðirnar, utan fulluppleyst ferilefni, veldur þverunin þannig minni uppsöfnun massa efnis innan veglínu samanborið við aðstæður fyrir þverun.
- Á leirusvæðum er uppsöfnun mengunarefna minni með tilkomu vegfyllingarinnar samanborið við núverandi ástand að undanteknum niðurstöðum fyrir fulluppleyst ferilefni.

Mengunarslys við brúarop

- Einnig var reiknuð dreifing mengunarefnis fyrir mengunarslys þar sem allt efnið berst á sama stað í brúarop 200 m brúar eða tilsvarende stað í tilviki án þverunar.
- Fjögur tilfelli voru reiknuð fyrir mismunandi aðstæður þegar slysið verður, á aðfalli á smástreymi, á útfalli á smástreymi, á aðfalli á stórstreymi og á útfalli á stórstreymi.
- Fyrir fulluppleyst efni eru tiltölulega lítil áhrif af þverun við sleppingu á smástreymi, en meiri munar gætir við sleppingu á stórstreymi, þar sem brúin minnkar söfnun inni í Leiruvogi.
- Fyrir ferilefni með eiginleika agna verður lítil dreifing á efninu, en það færast töluvert innar á aðfalli að þverun lokinni og markvert utar á útfalli.
- Fyrir olíu með mikla dreifni skiptir tímasetning mengunarslyss máli:
 - Á aðfalli verður magn olíu innan vegfyllingar mjög svipað og án þverunar.
 - Á útfalli berst minna magn olíu inn fyrir vegfyllingu og stór hluti olíunnar loðir við vegfyllinguna
- Fyrir olíu með litla dreifni eru niðurstöðurnar þær sömu.



- Fyrir mengunarslys í brúaropi má draga þá ályktun að tilkoma þverunar geti verið jákvæð til hlutlaus fyrir uppsöfnun mengunarefna í Leiruvogi, eftir því til hvaða efnisgerðar er litið. Er hér að sjálfsgöðu verið að leggja að jöfnu að til mengunarslyss geti komið á þessum stað hvort sem vogurinn hefur verið þveraður eða ekki, sem eðli málsins samkvæmt getur ekki haft sömu líkur.
- Ástæða er til að kanna nánar mögulegar áhættur af mengunarslysum í áhættumati gagnvart framkvæmdinni.

Selta

- Reiknuð selta í tilviki með þverun og án þverunar var borin saman við mælingar á tímabili þegar ætla má að innrennsli ferskvatns hafi verið svipað og forsendur reikninga gera ráð fyrir.
- Inni í Leiruvogi reiknast selta yfirleitt mjög áþekkt því sem mælingar sýna.
- Reiknuð selta fyrir tilvik með þverun er vart greinanleg frá tilviki án þverunar, örlitlu hærri toppar eru þó merkjanlegir fyrir tilfellið með þverun.

Botnrof og setflutningar

- Vegna takmarkaðra upplýsingar um efniseiginleika á sjávarbotni í Leiruvogi framkvæmdi Vegagerðin greiparsýnatöku í júlí 2024 og voru kornastærðir sýnanna greindar.
- Auk greiparsýna voru kornastærðarkúrfur greindar fyrir sýni úr tveimur borkjörnum sem teknir voru nálægt fyrirhugaðri vegfyllingu.
- Framkvæmd var greining á aukinni skerspennu við botn í kjölfar þverunar til að draga fram mynd af mögulegum rofsvæðum.
- Eftir þverun hækkar skerspenna á afmörkuðu svæði í og útfrá brúaropi í samhengi við straumröst sem myndast í kjölfar þverunar, skerspenna breytist hinsvegar aðeins lítilsháttar á öðrum svæðum.

Framburður setefna með ám

- Lagt var mat á framburð setefna með ám inn til Leiruvogs og þær niðurstöður nýttar til þess að leggja mat á áhrif þverunar á dreifingu setefnanna í Leiruvogi.
- Heilt yfir sýna niðurstöðurnar að minna efni sem sest fyrir í Leiruvogi eftir þverun þ.e. auknu magni er skolað út fyrir vegfyllinguna, út á sundin. Efni sest í auknu mæli inn á vegfyllingarnar einkum á nyrðri vegfyllinguna við Gunnunes.
- Greining á framburði setefna með ánum er bundin verulegri óvissu þar sem svifaursmælingar vantar að mestu úr ánum og byggt er á mjög takmörkuðum gögnum úr einni á. Ástæða væri því til að vakta, alla vega um tíma, rennsli og svifaur í ánum til að skapa nægjan grundvöll til að meta þetta frekar og þá hvort setefnajafnvægi í voginum, sér í lagi á leirum, sé líklegt til að breytast verulega til framtíðar litið.

Botnrof og setflutningar vegna þverunar

- Lítil óvissa er á reiknaðri skerspennu og því er ekki mikil óvissa á því hvort efni rofnar eða ekki að gefnum forsendum um efnisgerð. Töluverð óvissa er hins vegar á efnisgerð sem leiðir til óvissu á rofhraða og þar með tímasköllum. Leiðir þetta einnig af sér óvissu gagnvart sethraða agna.
- Borkjarnarnir voru lagðir til grundvallar ákvörðun á efniseiginleikum á sjávarbotni í botnrofs- og setflutningsreikningum, tvö tilfelli voru þannig skilgreind:
 - Tilfelli A, minna botnrof er áætlað vegna malarlags í sýnum.
 - Tilfelli B, meira botnrof er áætlað vegna skorts á grófum kornum.



- Samanburður á botnrofs- og setflutningsreikningum fyrir 200 m, 160 m og 120 m brúarop leiddi í ljóst verulega aukið og hraðara rof og uppsöfnun sets eftir því sem brúaropið minnkar. Ljóst mátti vera að eftir því sem brúaropið væri minna þyrfti mun meira rof til að ná skerspennu niður fyrir þröskuldsgildi skerspennu til að stuðla að nýju jafnvægisástandi.
- Vegna þessara niðurstaðna auk niðurstaðna úr skerspennureikningum (kaflí 4.7) og sjávarstraumum (kaflí 4.1) sem sýndu óhagstæðar aðstæður fyrir seiði var ákveðið að leggja áherslu á frekari útreikninga fyrir vegfyllingar með 200 m brúaropi.
- Til þess að fá fram mat á mögulegum langtímaáhrifum af völdum þverunar á botnrof og setflutninga er horft til beggja samliggjandi hálfsmánaðar tímabilanna sem valin voru, þ.e. 15. – 28. janúar 2019 og 28. janúar – 15. febrúar 2019. Á fyrra tímabilinu svarar mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi til ríflega 85% hlutfallsmarka. Á seinna tímabilinu svarar mesta útslag á stórstreymi hins vegar til ríflega 15% hlutfallsmarka.
- Meðaltal útslags á stórstreymi, 3,8 m, fer nærri meðaltali af mesta útslagi sjávarfallabylgjunnar fyrir viðmiðunartímabilin tvö, og svarar einnig til ríflega miðgildis (50%) sjö ára heildar-tímabilsins.
- Metið var hlutfall setefna af gefinni kornastærð sem ætla megi að tapist af svæðinu innan vegfyllingar í kjölfar rofs og botnsets yfir hvern viðmiðunarmánuð í kjölfar framkvæmdar. Einungis minniháttar breytingar verða á þessu hlutfalli eftir því sem botnrofi vindur fram og straumsvið aðlagast að þeim aðstæðum.
- Þannig var metið að leir og fínt silt að 0,01 mm setjist að megninu til ekki innan vegfyllingar í kjölfar rofs á sama svæði og eru þannig yfir 65% af því efni annað hvort í upplausn innan eða utan vegfyllingar eða hafa sest til botns utan vegfyllingar. Fyrir grófara silt er þetta hins vegar einungis um 10 – 25% og fyrir sand vel undir 10%, minna eftir því sem kornin stækka.
- Niðurstöður í tilfelli A sýna:
 - Rofsvæðin eru að mestu innan u.þ.b. 500 metra frá brúaropi, mest er rofið næst brúaropinu þar sem hraðar og skerspenna eru hæst.
 - Mesta uppsöfnunin verður á svæðum skammt utan við rofsvæðið, þar sem stór partur efnis er sandur sem fellur nokkuð hratt og sest því að mestu þegar hann berst inn á svæði með minni skerspennu.
 - Framreiknað botnrof til 100 ára sýnir að ríflega 110.000 rúmmetrar efnis hafa rofnað innan vegfyllingar og um 90.000 rúmmetrar efnis sest þar inni, því er heildartap rofefnis út úr svæðinu innan veglínu tæplega 20%.
 - Í skilgreindum viðmiðunarpunkti innan vegfyllingar hefur sjávarbotninn lækkað um tæplega 1 m á 100 árum.
 - Tæplega fjórðungur sets fellur út innan lágra stórstraumsfjörumarka, einungis tæplega fimmtungur af því efni sest ofan miðgildis stórstraumsfjörumarka.
 - Aðeins lítill hluti efna sem rofna og fara á hreyfingu falla út á leirusvæðunum.
 - Það efni sem berst inn á leirusvæðin er að mestu fínefni, að mestu silt, stærri korn falla hraðar út næst rofsvæðunum og ná því síður að berast inn á leirusvæðin.
 - Einungis um 3-5% af því sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarka safnast upp á leirusvæðunum.
 - Hlutfallslega mest af finni kornum ná til leirusvæðanna þrátt fyrir að stór hluti fínustu kornanna tapist út úr kerfinu innan vegfyllingarinnar, en grófari kornin setjast mun nær meginrofsvæðinu.
- Niðurstöður í tilfelli B sýna:
 - Líkt og í tilfelli A eru rofsvæðin að mestu innan u.þ.b. 500 metra frá brúaropi, rofið er mest næst brúaropinu þar sem straumhraðar og skerspenna eru hæst.



- Einnig eins og í tilfelli A er mesta uppsöfnunin á svæðum samliggjandi rofsvæðinu, þar sem stór partur efnis er sandur sem fellur nokkuð hratt út og sest því að mestu þegar hann berst inn á svæði með minni skerspennu.
- Framreiknað botnrof til 100 ára sýnir að rúmlega 400.000 rúmmetrar efnis hafa rofnað innan vegfyllingar og um 250.000 rúmmetrar efnis sest þar inni, því er heildartap rofefnis út úr svæðinu innan veglínu tæplega 38%.
- Samanborið við tilfelli A þá er um að ræða fjórfalt meira rofa innan vegfyllingar, en þreföldun í magni sets.
- Í skilgreindum viðmiðunarpunkti innan vegfyllingar hefur sjávarbotninn lækkað um nærri 4 m á 100 árum.
- Um fjórðungur sets sem fellur innan vegfyllingar fellur út innan lágra stórstraumsfjörumarkar og tæplega þriðjungur af því efni sest svo ofan miðgildis stórstraumsfjörumarkar.
- Aðeins lítill partur sets fellur út á leirusvæðunum, að mestu fínefni og þá að langstærstum hluta silt.
- Sá hluti uppsöfnunar sem verður inni á leirusvæðum svarar til um 4-12% af því sem sest innan lágra stórstraumsfjörumarkar eftir því sem tíma og rofi vindur fram.
- Hlutfallslega mest af finni kornum ná til leirusvæðanna þrátt fyrir að stór hluti fínustu kornanna sem rofna innan vegfyllingarinnar setjast ekki innan þess svæðis og haldast mögulega að miklu leyti í upplausn, en grófari kornin setjast mun nær meginrofsvæðinu.
- Mun stærri hluti efnisins sem rofnar í tilfelli B er fínkorna samanborið við tilfelli A og leiðir það bæði af sér mun lengri tíma þar til jafnvægisástand kann að nást og að meira magn fínefna er í umferð og kann því að setjast inn á leirusvæðin.
- Verulegur breytileiki er í niðurstöðum um botnrof og setflutninga vegna þverunar eftir því hvaða viðmið stuðst er við í reikningunum, en í öllu falli gefa niðurstöðurnar til kynna að reikna megi með að botnrof verði vel merkjanlegt, jafnvel verulegt, og setflutningar í takti við það í kjölfar þverunar Leiruvogs.

Grugg af völdum botnrofs

- Botnrof leiðir til setflutninga og við það gruggast vatn sem hefur áhrif á birtuskilyrði í sjónum. Fínustu efnin rofna mest og dreifast yfir stærsta svæðið og haldast gjarnan svo lengi í upplausn að stór hluti þeirra skolast út úr kerfinu innan vegfyllingar. Þau hafa því víðtækust áhrif á grugg.
- Ekki liggja fyrir mælingar á svifaursstyrk eða ljóssstyrk í Leiruvogi, en gera má ráð fyrir að svifaur sé þar almennt til staðar við núverandi aðstæður. Við mat á mögulegum svifaursstyrk við núverandi aðstæður af völdum sjávarfalla var tekið tillit til þess að efni innarlega í Leiruvogi á leirusvæðum er meira samloðandi en efni sem rofnar við brúaropið.
- Við reikninga til mats á svifaursstyrk og gruggmyndun var stuðst við hálfsmánaðar tímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarkar (Mynd 2).
- Reikningar miðast einnig við botngerð eins og hún er áætluð við upphaf rekstrartíma, sem byggir á greiparsýni nálægt fyrirhuguðu brúaropi og er því ekki gerður greinarmunur á bor- kjarnatilfellum A og B líkt og við mat á botnrofi og setflutningum að framan.
- Aðeins er horft til áhrifa sjávarfallastrauma en ekki áhrifa öldu og vinds. Að jafnaði (50% hlutfallsmörk) veldur víxlverkun við öldu aðeins lítilsháttar hraða- og skerspennuaukningu á rofsvæðinu. Þessi skerspennuaukning leiðir til örlítið meira rofs og hærri styrks svifaur en á



móti kemur að útskolun úr kerfinu innan vegfyllingar eykst við sömu aðstæður sem gæti lækkað styrk svifaurs.

- Aukinn vindur gæti staðbundið á grynningum valdið aukinni skerspennu við botn og þ.a.l. auknu rofi og hærri styrk svifaurs, óháð rofi á rofsvæði vegna brúarops, sem myndi þá leggjast ofan á þann styrk svifaurs sem hér er metinn. Við þessar aðstæður leggst styrkur svifaurs vegna mismunandi þátta saman, ljósstyrkur og rýni verða lægri en hlutfallsleg áhrif þurfa ekki endilega að verða meiri.
- Eftir því sem meira framboð er af efni á grynningunum samhliða auknu rofi í kjölfar þverunar má þó ætla að vindatburðir sem aukið geta skerspennu við botn á grynningunum myndu leiða til enn hærri svifaursstyrks en hér er greint frá og er því greiningin hvað það snertir ekki varfærin. Á móti kemur að einungis er horft til hálfsmánaðar viðmiðunartímabils, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til riflega 85% hlutfallsmarka, og því mætti ætla að mat gagnvart þætti sjávarfalla sé varfærið. Að sama skapi telst ólíklegt að farið sé nærri mati á verstu aðstæðum.
- Við núverandi aðstæður er nokkur breytileiki í svifaursstyrk á grynningarsvæðunum í Leiruvogi við flest hlutfallsmörk tímans, en mjög lítinn styrk er að finna utan þeirra svæða.
- Breytingar á ljósstyrk við botn verða einungis lítillægar utan og í mynni Leiruvogs við núverandi aðstæður en heldur meiri þegar innar dregur í vöginum.
- Secchi dýpi getur verið nokkuð lágt á grynningarsvæðunum, en utan þeirra er það helst meðfram Gunnunesi sem slíkra áhrifa gætir minni hluta tímans.
- Eftir þverun eykst svifaursstyrkur umtalsvert samanborið við áætlaðar núverandi aðstæður og má því búast við töluverðri gruggmyndun.
- Varandi hás svifaursstyrks mun aukast til muna að þverun lokinni auk þess sem hæstu gildi verða margfalt hærri en gera má ráð fyrir í dag.
- Leiðir þetta af sér töluvert breytt birtuskilyrði í sjónum með lækkuðum ljósstyrk við botn og lækkað Secchi dýpi víðast hvar.
- Fyrstu árin eftir að framkvæmdum lýkur er rofmáttur mestur í nágrenni brúarops sem leiðir til mikils uppróts fyrstu árin og þ.a.l. gruggmyndun.
- Niðurstöður um botnrof sýna að þegar líður á rekstartíma hægir á botnrofi og þar með magni efnis sem kemst í sviflausn í nágrenni brúarops. Óvissa er töluverð um botngerð og þ.a.l. hversu mikil og langvinn áhrifin verða, en þó má reikna með töluverðu rofi og setflutningum, jafnvel yfir áratuga skeið.
- Stærsti hluti fínustu efnanna er líklegur til að vera það lengi í sviflausn að hann skolist að stórum hluta út úr kerfinu innan vegfyllingarinnar samhliða þessu langtíma rofi. Búast má því við háum svifaursstyrk og þ.a.l. gruggmyndun til langs tíma.
- Engu að síður má ætla að samhliða minnkandi rofmætti að heildarmagn svifaurs minnki og þ.a.l. svifaursstyrkur sem ætti að leiða til mildari áhrifa af gruggmyndun.
- Mögulega getur uppsafnað rofefni inni á grynningum þegar fram líður haft þau áhrif að svifaursstyrkur aukist að einhverju marki þegar það rofnar upp að nýju í vind- og öldu-atburðum. Við slíkar aðstæður, sérstaklega ef langvinnar eru, er líklegt að hluta þessa efnis skoli burt og nýtt jafnvægi myndist.
- Jafnframt er mögulegt til lengri tíma litið að hluti svifaursins sem til fellur á grynningunum og leirusvæðunum samlagist botninum, en þekkt er að hluti fjörusvæðisins í dag hefur að geyma samloðandi efni.
- Frekari langtímagreining á gruggi er utan skoðunar hér, en ef tilefni þykir til væri hægt að vinna slíka greiningu í tengslum við frekari rannsóknir t.a.m. vegna áhættumats framkvæmda.



Botnbreytingar

- Á svæðinu í kringum vegfyllinguna tekur botnbreytingin á sig þá mynd þegar hægst hefur á hraða rofs og jafnvægisástand nálgast, að botn hefur grafið sig niður á nokkuð stóru svæði út frá brúaropi, allt að um 2 m í tilfelli A og 8 m í tilfelli B.
- Rofefnið berst annars vegar út á meira dýpi og sest að miklu leyti þar sem dýpi er orðið um 14 m eða meira og grynkar þar sjór lítið eitt.
- Hins vegar berst það inn voginn og sest á grynna svæði og hækkar botn allt umhverfis rofsvæðið.
- Flatarmál fjörunnar eykst á hverju dýptarbili umtalsvert frá upprunalegu ástandi, töluvert meira þó fyrir tilfelli B en tilfelli A.
- Hlutfallsleg stækkun flatarmáls fjörunnar neðan -1,4 m y.s. þegar hægst hefur á botnbreytingum og nýtt jafnvægisástand nálgast í kjölfar þverunar er allt að 20% fyrir Tilfelli A en allt að 48% fyrir Tilfelli B.
- Vænta má merkjanlegrar breytingar á legu fjörunnar í Leiruvogi í kjölfar þverunar. Óvissa gagnvart botngerð endurspeglar óvissu gagnvart þessu mati, en af þeim gögnum sem fyrir liggja í tilfellum A og B má gera ráð fyrir að breytingarnar verði vel mælanlegar.

Hugsanleg temprun botnrofs og uppsöfnunar

- Lagt var mat á áhrif þess að dreifa út malarlagi yfir rofsvæði með það að markmiði að draga úr rofi sem viðbragðsaðgerð.
- Niðurstöðurnar sýndu umtalsverð áhrif af slíkum viðbragðsaðgerðum sem mikilvægt er að halda til haga reynist þörf á slíkum aðgerðum á framkvæmdatíma eða í kjölfarið á framkvæmdum. Mikilvægt er að skoða þetta nánar í áhættumati framkvæmdar.
- Meta þarf raunhæfni þessara aðgerða sem mögulegra viðbragðsaðgerða til að hefta rof ef vöktun leiðir í ljós óhóflegar botnbreytingar.

Framkvæmdatími

- Til þess að varpa ljósi á möguleg áhrif framkvæmda voru framkvæmdir sambærilegrar reikningar fyrir framkvæmdina og fyrir fullbúið verk.
- Horft var til tveggja sviðsmynda við útfærslu framkvæmdar:
 - Vegfylling unnin út frá Geldinganesi, 400 m breitt vatnsop milli vegfyllingar og Gunnuness.
 - Vegfylling unnin út frá Gunnunesi, 400 m breitt vatnsop milli vegfyllingar og Geldinganes.
- Til viðmiðunar var hálfsmánaðar tímabilið 15. – 28. janúar 2019, þar sem mesta útslag sjávarfallabylgju á stórstreymi svarar til ríflega 85% hlutfallsmarka.

Sjávarstraumar og vatnsskipti

- Niðurstöðurnar sýna að á framkvæmdatíma verða engin áhrif á sjávarföll eða vatnsskipti í báðum tilvikum.
- Auknir straumar og afleidd skerspenna verða í vatnsopum og út frá þeim. Þótt um 400 m breið vatnsop sé að ræða, tvöfalt á við fyrirhugað brúarop, verða vatnsopin á umtalsvert minna dýpi en fyrirhugað brúarop og verða þ.a.l. straumhraði og skerspenna há eftir því.
- Sérstaklega er þetta áberandi í tilfellinu þar sem vegfyllingin er unnin út frá Gunnunesi og vatnsop staðsett við Geldinganes.



- Straumsvið í vatnsopunum og utan þeirra breytist verulega frá núverandi ástandi, bæði að styrk og mynstri, og geta áhrifin verið nokkuð víðtæk og haft m.a. áhrif á breyttar straum-aðstæður í Þerneyjarsundi.
- Mikill munur verður á straumsviði á bæði útfalli og aðfalli á framkvæmdatíma samanborið við núverandi aðstæður sem breytist síðan enn frekar að loknum framkvæmdum.
- Líkt og fyrir rekstrartíma að framkvæmdum loknum leiðir aukinn straumhraði í vatnsopum á framkvæmdatíma til áhrifa á gönguseiði laxfiska:
 - Þegar byggt er út frá Geldinganesi verður straumhraði í vatnsopi um 16% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og um 18% tímans á útfalli, því samtals um 34% tímans, um 7% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli sem og útfalli, samtals um 14% tímans, en aldrei yfir 1,07 m/s.
 - Áhrifa 0,4 m/s gætir langt inn að stórstraumsfjöllumörkum innan vogsins og að Þerney utan vegfyllingarinnar. Áhrifa 0,6 m/s er hins vegar bundið við nágreppi Gunnuness.
 - Þegar byggt er frá Gunnunesi verður straumhraði í vatnsopi um 26% tímans yfir 0,4 m/s á aðfalli og um 29% tímans á útfalli, því samtals um 55% tímans, um 14% tímans yfir 0,6 m/s á aðfalli og um 16% tímans á útfalli, samtals um 30% tímans, aldrei yfir 1,07 m/s á aðfalli og einungis um 2% tímans á útfalli.
 - Áhrifa 0,4 m/s gætir langt inn vögin og nærri stórstraumsfjöllumörkum og utan vegfyllingar meðfram allri strönd Geldinganes. Áhrifa 0,6 m/s gætir nokkuð skemur í báðar áttir og áhrifa 1,07 m/s einungis á mjög afmörkuðu svæði í vatnsopinum.

Botnrof og setflutningar

- Dýpi er minna í vatnsopunum á framkvæmdatíma sem verða nær ströndu en í brúaropi að framkvæmdum loknum. Vegna þessa leiða breiðari vatnsop ekki til samsvarandi lækkunar í hraða eða skerspennu og þ.a.l. verður mögulegt rofsvæði breiðara.
- Gert er ráð fyrir að botninn sé allur úr sandi og finni setefnum. Ekki er þannig tekið tillit til klappar sem ætla má að sé í hluta ops, en á móti kemur að hvorki er gert ráð fyrir áhrifum af völdum öldu og vindi til aukningar á skerspennu og uppróti.
- Í tilfellinu þegar byggt er út frá Geldinganesi er rofsvæði milli vegfyllingar og Gunnuness og út frá vatnsopi í báðar áttir, uppsöfnun setefna er mest utan ops við suðurenda Þerneyjar og inni í Þerneyjarsundi, en töluvert efni safnast upp inni í vöginum.
- Í tilfellinu þegar byggt er út frá Gunnunesi er rofsvæði milli vegfyllingar og Geldinganes og út frá vatnsopi í báðar áttir, uppsöfnun setefna er mest utan ops upp við Geldinganes, en töluvert efni safnast upp inni í vöginum.
- Reiknuð uppsöfnun innan sömu stórstraumsfjöllumarkna sýnir að meiri uppsöfnun verður innan þeirra þegar byggt er út frá Geldinganesi. Það skýrist af því að vatnsopið er nær stórstraums-fjöllumörkunum en þegar það er við Geldinganes.
- Uppsöfnun verður mest á þeim leirusvæðum sem eru næst vatnsopi í hvoru tilviki.
- Mikilvægt er meta betur efnisgerðina á sjávarbotninum út af hvoru nesinu fyrir sig til að leggja nánara mat í aðdraganda framkvæmdar á það botnrof sem búast má við.

Grugg af völdum botnrofs

- Eins og á rekstrartíma kemur til aukins svifaursstyrks vegna tveggja þátta, beins botnrofs vegna straumrastar um vatnsopið og uppróts efnis af uppsöfnunarsvæði þegar fjarar út.
- Þótt töluverð óvissa sé á niðurstöðum líkt og á rekstrartíma má ætla að samanburður tilfella fyrir og meðan á framkvæmdatíma stendur ætti að gefa góðar vísbendingar um möguleg áhrif óháð tölulegri óvissu í niðurstöðum og tímaskölum.



- Í tilfellinu þegar byggt er út frá Geldinganesi og vatnsopið er við Gunnunes leitar svifaur í meira mæli til austurs inn að ósum Leirvogsár.
- Uppsöfnunarsvæðið nær einnig lengra í austur inn á grynningar en á rekstartíma. Þetta leiðir bæði til þess að styrkur finni efna sem haldast í sviflausn verður hærri inni í austanverðum voginum og að upprót á uppsöfnunarsvæðinu verður meira þegar fjarar út.
- Ólíkt rekstartíma berst svifaur nú inn til Þerneyjarsunds frekar en vestur fyrir Þerney, auk þess sem svifaursstyrkur eykst þar vegna staðbundins rofs.
- Aukinn styrkur svifaurs lækkar birtuskilyrði og ljósstyrk við botn, og þ.a.l. einnig Secchi dýpi, og verða áhrifin töluverð.
- 50% tímans nær lítið ljós til botns á svæðinu utan við vegfyllinguna og verður breytingin í ljósstyrkshlutfalli einna mest í Þerneyjarsundi og milli Gunnunes og Blikastaðaness þar sem hlutfall ljósstyrks við botn lækkar um allt að 0,35. Leiðir það af sér að ljósstyrkshlutfall verður um 5% í Þerneyjarsundi og undir 35% milli Gunnunes og Blikastaðaness.
- Fyrir lægri hluta tímans lækkar ljósstyrkshlutfall mun meira innan vegfyllingar, víðast hvar um 0,45.
- 10% tímans nær lítið ljós til botns á stærstum hluta svæðisins innan við vegfyllinguna og er það einungis innst í voginum þar sem ljósstyrkur við botn verður meira en 20% af ljósstyrk á yfirborði. 1% tímans verður nánast myrkur á öllum botnunum í Leiruvogi og utan vegfyllingar vegna svifaurs.
- Í tilfellinu þegar byggt er út frá Gunnunesi og vatnsopið er við Geldinganes leitar svifaur ekki eins mikið til austasta hluta Leiruvogs eins og í hinu tilfellinu og dreifist að vissu marki jafnar um vestari hluta vogsins, lengra til vesturs eftir Geldinganesi og við Þerney og í minna mæli inn í Þerneyjarsund.
- Aukinn styrkur svifaurs leiðir til lakari birtuskilyrða og þ.a.l. lægra Secchi dýpis, sem verður nokkuð lægra en í hinu tilfellinu þegar byggt er út frá Geldinganesi.
- Að samaskapi verða áhrif á ljósstyrk við botn töluverð.
- 50% tímans nær lítið ljós til botns á svæðinu utan við vegfyllinguna líkt og í hinu tilfellinu, nema hvað heldur hærra ljósstyrkshlutfall er í Þerneyjarsundi.
- Breytingin í ljósstyrkshlutfalli verður einna mest við vatnsopið og austan þess, þar sem hlutfall ljósstyrks við botn lækkar um 0,4. Leiðir það af sér að ljósstyrkshlutfall verður minna en 5%.
- Fyrir lægri hluta tímans lækkar ljósstyrkshlutfall mun meira innan vegfyllingar, víðast hvar um 0,45 til 0,5.
- Um 10% tímans nær lítið ljós til botns á stærstum hluta svæðisins innan vegfyllingar og er það einungis innst í voginum þar sem ljósstyrkur við botn verður meira en 20% af ljósstyrk á yfirborði. Um 1% tímans verður nánast myrkur vegna svifaurs á öllum botnunum í Leiruvogi og utan vegfyllingar vegna svifaurs.
- Saman tekið má því ætla að veruleg gruggmyndun verði á framkvæmdatíma óháð því hvort byggt sé út frá Geldinganesi eða Gunnunesi, en aðstæður verða líklega heldur verri í Leiruvogi ef byggt er út frá Gunnunesi.

7.5. Eiðsvík

- Í Eiðsvík er gert ráð fyrir stuttri brú og að staðsetning hennar sé nærri þeim stað þar sem mesta dýpið er á veglínunni með 20 m brúaropi og virku vatnsopi 10 m.

Sjávarstraumar

- Svæðið sem hér er til athugunar er lítið og innarlega í vík.



- Straumar eru almennt tiltölulega lágir og einsleitir inn og út úr víkinni eftir sjávarföllum við núverandi ástand.
- Með tilkomu þverunar myndast straumröst við brúarop, talsverður straumhraði verður í röstinni á útfalli og aðfalli, um 1 m/s.

Öldufar

- Eiðsvík er í miklu skjóli frá Geldinganesi og því ná stærri öldur ekki inn í víkina.
- 50% hlutfallsmörk ölduhæðar eru innan við 30 cm og 99% hlutfallsmörk eru um 100 cm.
- Hverfandi breytingar verða á öldufari í víkinni með tilkomu vegfyllinga, nema innan fyllingar þar sem algjört skjól myndast.

Sjávarföll og vatnsskipti

- Niðurstöðurnar sýna að þverunin hefur lítil sem engin áhrif á sjávarföll innan þverunar og í Eiðsvík.
- Þverunin hefur hverfandi áhrif á vatnsskipti svæðisins innan vegfyllingar.

Útskolun

- Lagt var mat á hvort útskolun á óhvarfgjörnu sporefni sem sett er í allt svæðið innan veglínu (þverunar) væri undir áhrifum af þveruninni.
- Þverun Eiðsvíkur hægir lítillega á útskolun á smástreymi, útskolun er engu að síður enn verulega hröð.
- Á fjöru á stórstreymi er stór hluti svæðis innan vegfyllingar á þurru og því skolar vatni hratt út úr svæðinu.

Botnrof

- Í Eiðsvík eru líkur til þess að botnrof aukist með tilkomu þverunar, sérstaklega í og við brúaropið, þar sem hraðar verða allt að 1 m/s.
- Eftir þverun má búast við töluverðu rofi í og við brúaropið sérstaklega innan þverunar.

7.6. Elliðaárvogur

- Einungis eru metin áhrif landfyllingar í Kleppsvík norðan Gufuneshöfða þar sem miðað er við að byggð verði brú sem yrði á lofti yfir öllum voginum.

Sjávarstraumar

- Við núverandi aðstæður ná sjávarstraumar í Elliðaárvogi og við Kleppsvík um 0,2 m/s hraða, á stórstreymi þegar hraði er mestur.
- Landfyllingin hefur lítilleg áhrif á straumsviðið. Eru áhrifin eins og lítillega mögnuð núverandi áhrif Gufuneshöfða á sjávarstrauma.

Öldufar

- Viðey myndar náttúrulegt skjól fyrir öldu í Elliðaárvogi á meðan Geldinganes skýlir Eiðsvík.
- Aldan nær þó að berast um sunnið milli Viðeyjar og Geldinganes um mynni Eiðsvíkur og upp að landi við Gufunes.
- Landfylling við Gufuneshöfða hefur mjög lítil áhrif á reiknað öldufar.



Sjávarföll og vatnsskipti

- Niðurstöðurnar sýna að landfyllingin hefur lítil sem engin áhrif á sjávarföll í Elliðavogi.
- Landfyllingin hefur engin áhrif á vatnsskipti í Elliðavogi.

Útskolun

- Metið var hvort útskolun á fulluppleystu óhvarfgjörnu sporefni sem sett er á allt svæðið innan landfyllingar verði fyrir áhrifum af þveruninni.
- Landfyllingin hefur engin áhrif á heildarútskolun, hvorki í Elliðaárvogi né Grafarvogi.
- Lítillegur munur verður svæðisbundið á því hvernig útskolunin fer fram í Elliðaárvogi eftir að landfylling er komin. Á þetta ekki við um Grafarvog.

Mengun frá athafnasvæðum

- Könnuð var dreifing sporefnis frá nokkrum uppsprettum innan Elliðaársvogs og mat lag á hvort landfyllingin hafi áhrif á dreifingu þeirra inn í Grafarvog.
- Niðurstöðurnar sýna að áhrif uppfyllingar á dreifingu inn í Grafarvog eru hverfandi.

8. Frekari athuganir

Í köflunum hér að framan hefur með ítarlegum hætti verið kortlagt og greint frá mögulegum áhrifum þverana og landfyllinga Sundabrautar. Reynt hefur verið eftir fremsta megni að ná fram heildstæðri mynd af mögulegum áhrifum á áhrifasvæði Sundabrautar, að teknu tilliti til mögulegrar óvissuþátta. Ljóst má þó vera af umfangi verkefnisins og umfjölluninni hér að framan að enn er einhverjum spurningum ósvarað, nákvæmari upplýsinga eða rannsókna þörf eða að niðurstöður kalli á vöktun á framkvæmdatíma og/eða rekstrartíma.

Skipta má þessum verkefnum í þrjá flokka eftir því sem líklegt má telja að farvegur þeirra verði: frekari rannsóknir í kjölfar umhverfismats, áhættumat vegna framkvæmda og vöktun á framkvæmda- og rekstrartíma. Hér í framhaldi kemur samantekt á þeim þáttum sem falla í þessa flokka.

8.1. Frekari rannsóknir í kjölfar umhverfismats

- Botnrofs- og setflutningsreikningar byggja á greiparsýnum og tveimur borkjörnum sem teknir voru í Leiruvogi. Niðurstöður útreikninga sýna mjög mikla næmni fyrir kornastærð efnis og þarf því að kortleggja betur efnisgerð á áhrifasvæðum brúarstæða ef ná á betur utan um möguleg áhrif og þannig móta hugsanlegar mótvægis- og viðbragðsaðgerðir til að sporna gegn óhóflegu rofi og setflutningum.
- Jafnframt væri ástæða til að fara í sýnatöku í Kollafirði til greiningar á setefnum botnsins þar ef þær botnbreytingar sem metnar eru hér kunna að vera óheppilegar fyrir lífríki Kollafjarðar. Bæði þyrfti að safna greiparsýnum og kjarnasýnum.
- Í greinargerðinni er fjallað um áhrif aukins botnrofs og setflutninga á gruggmyndun í Leiruvogi. Áhrifin virðast vera töluverð, en samanburður er byggður á áætlaðri gruggmyndun við núverandi aðstæður. Forsendur vantar þó til að segja til um hvernig bakgrunnsáhrif á ljósstyrk og styrkur svifaurs kann að vera á svæðinu og þurfti því að styðjast við athuganir frá Hvalfirði og frá Bretlandi. Ástæða kann því að vera til að framkvæma slíkar athuganir í Leiruvogi og



jafnvel Kollafirði til að ná fram ítarlegra mati á mögulegum áhrifum og setja í samhengi við núverandi ástand.

- Niðurstöður um möguleg áhrif á framkvæmdatíma sýna enn frekar fram á töluverða hættu á botnrofi í 400 m vatnsopi. Ástæða kann því að vera til að fá bætta mynd af efniseiginleikum sjávarbotns upp við ströndina við Gunnunes og Geldinganes vegna vals á útfærslu framkvæmdar og þá nauðsynlegum mótvægisaðgerðum. Hafa þarf hér í huga að niðurstöður dregnar fram á framkvæmdatíma eru mjög háðar forsendum líkt og breidd vatnsops.

8.2. Áhættumat vegna framkvæmda

- Niðurstöður mengunardreifingarreikninga benda til þess mengun geti mögulega borist vegna mengunarslyss á framkvæmdatíma inn í Leiruvog. Niðurstöður sýna að alvarleiki slíks slyss getur verið mjög háður staðsetningu sem og tímasetningu m.t.t. sjávarfalla. Vegna þessa er því mikilvægt að kortleggja betur mögulegar sviðsmyndir mengunarslysa og meta mögulega hættu. Best færi á að þessari vinnu væri haldið innan sérstaks áhættumats framkvæmda þar sem unnt væri að draga fram áhættuminnkandi aðgerðir og meta virkni þeirra.
- Áhættumat í þessum anda þarf sömuleiðis að fara fram vegna rekstartíma, sér í lagi í Leiruvogi, en einnig mögulega fyrir aðrar þveranir Sundabrautar.
- Bent hefur verið á mikilvægi þess að rannsaka betur setefni upp við Gunnunes og Geldinganes í kjölfar umhverfismats. Niðurstöður botnrofsreikninga hafa sýnt umtalsverð áhrif á framkvæmdatíma og því væri æskilegt í kjölfar botnrannsóknna að endurgera og útfæra botnrofsreikninga í samræmi við nánari skilgreiningar á útfærslu framkvæmdar. Hafa þarf hér í huga að niðurstöður dregnar fram á framkvæmdatíma eru mjög háðar forsendum líkt og breidd vatnsops. Æskilegt væri að sú vinna yrði felld undir áhættumat.
- Niðurstöður gruggreikninga benda til þess að umtalsvert grugg myndist vegna botnrofs. Ástæða er til að skoða það nánar í áhættumati með hliðsjón af uppfærðum forsendum um botngerð og skilgreiningu á útfærslu framkvæmdar, og draga fram áhættuminnkandi aðgerðir og mat á virkni þeirra.

8.3. Vöktun á framkvæmda- og rekstartíma

- Óvissa ríkir um framburð setefna með ám. Ástæða er til að vakta, alla vega um tíma, rennsli og svifaur í ánum sem renna inn til Leiruvogs til að skapa nægjanlegan grundvöll til að meta hvort setefnajafnvægi í voginum, sér í lagi á leirum, sé líklegt til að breytast verulega til framtíðar litið með tilkomu þverunar.
- Niðurstöður botnrofs- og setflutningsreikninga sýna að mikilvægt verður að vakta allar botnbreytingar á framkvæmdatíma og rekstartíma í kjölfarið með reglubundnum hætti.
- Meta þarf nánar raunhæfni á mögulegum viðbragðsaðgerðum ef þörf er á til að hefta botnrof, sbr. umfjöllun í kafla 4.7.9.
- Mikilvægt er að vakta einnig mögulega aukið grugg á framkvæmdatíma og í kjölfar framkvæmda með reglubundnum mælingum á ljósstyrk, rýni (sjóndýpi) og styrk uppleystra setefna.



Heimildaskrá

Achete, F. M., van der Wegen, M., Roelvink, D., & Jaffe, B., 2015. A 2-D process-based model for suspended sediment dynamics: A first step towards ecological modeling. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19(6), 2837–2857.

Deltares, 2025a. Delft3D: Hydro-Morphodynamics. User Manual útgáfu nr. 4.05.80353.

Deltares, 2025b. Delft3D: WAVE. Notendahandbók, User Manual nr. 4.05.80378.

Deltares, 2025c. Delft3D: D-Water Quality. User Manual , útgáfu nr. 4.05.80359.

Deltares, 2025d. Delft3D: Particle Tracking. User Manual , útgáfu nr. 4.05.80212.

Devlin, M.J., J. Barry, D.K. Mills, R.J. Gowen, J. Foden, D. Sivyer, P. Tett, 2008. Relationships between suspended particulate material, light attenuation and Secchi depth in UK marine waters. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79 (2008) 429 – 439. doi: 10.1016/j.ecss.2008.04.024.

Efla, 2023. Sundabraut – matsáætlun. Unnið fyrir Vegagerðina og Reykjavíkurborg. 101194-MAU-001-V01, 15.09.2023.

Haukur Tómasson, Svanur Pálsson og Guðmundur Vigfússon, OS82040/VOD24 B, 1982. Niðurstöður aurburðarmælinga 1963-1981. Orkustofnun.

Jörundur Svavarsson, 2007. Botndýralíf í innsta hluta Kollafjarðar. Líffræðistofnun Háskólans, fjölrit nr. 76.

Van Kessel, T., Winterwerp, H., Van Prooijen, B., Van Ledden, M., & Borst, W., 2011. Modelling the seasonal dynamics of SPM with a simple algorithm for the buffering of fines in a sandy seabed. *Continental Shelf Research*, 31(10, Supplement), S124–S134.

Krone, R., 1962. Flume studies of transport of sediment in estuarial shoaling processes (Final report). Tech. rep., University of California, Hydraulics Engineering and Sanitary Engineering Laboratory, Berkeley, USA

Landhelgisgæslan, 2025 (20.febrúar). Sjávarföll. <https://www.lhg.is/siglingaorvggi/sjavarfoll/>

Mengual, B., Hir, P. L., Cayocca, F., & Garlan, T., 2017. Modelling Fine Sediment Dynamics: Towards a Common Erosion Law for Fine Sand, Mud and Mixtures. *Water*, 9(8), 564.

MogT ehf., 2025. Sjávarhæðargögn, Gamla Höfnin, sótt 20.febrúar 2025.
vedur.mogt.is/harbor/index.php?action=Stations&harborid=1&stationid=1004

Partheniades, E., 1962. A study of erosion and deposition of cohesive soils in salt water. Ph.D. thesis, University of California, Berkeley, USA. 182 p.

Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Pamela Woods, Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarssón, Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir, 2022. Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun strandsjávar. Haf- og vatnarannsóknir, Hafrannsóknastofnun. HV 2022-39. Unnið fyrir Umhverfisstofnun.

Sólveig R. Ólafsdóttir, 2021. Breytingar á styrk næringarefna og sýrustigi undanfarin ár. Í: Guðmundur J. Óskarsson (ritstj.), Staða umhverfis og vistkerfa í hafinu við Ísland og horfur næstu áratuga. Hafrannsóknastofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-14, 127 síður.

Vatnaskil, 1997. Sundabraut. Straumlíkan af Kleppsvík og Elliðavogi. Unnið fyrir Verkefnastjórn Sundabrautar. Skýrsla nr. 97.02, janúar 1997.



Vatnaskil, 1998. Sundabraut. Straumlíkan af Leiruvogi. Unnið fyrir Verkefnastjórn Sundabrautar. Skýrsla nr. 98.01, febrúar 1998.

Vatnaskil, 2000. Sundabraut. Straumlíkan af Elliðavogi og ósasvæði Elliðaáa. Unnið fyrir Verkfræðistofuna Línuhönnun. Skýrsla nr. 00.15, september 2000.

Vatnaskil, 2003. Sundabraut. Landmótunarleið. Straumlíkan af Elliðavogi og ósasvæði Elliðaáa. Unnið fyrir Verkfræðistofuna Línuhönnun hf. Skýrsla nr. 03.03, febrúar 2003.

Vatnaskil, 2004. Sundabraut. Eyjalausn. Straumlíkan af Elliðavogi og ósasvæði Elliðaáa. Unnið fyrir Verkfræðistofuna Línuhönnun hf. Skýrsla nr. 04.14, september 2004.

Vatnaskil, 2006. Sundabraut. Straumlíkan af Leiruvogi og Kollafirði. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 06.22, nóvember 2006.

Vatnaskil, 2007. Sundabraut. Straumlíkan af Elliðaárvogi – Ný útfærsla Eyjalausnar. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 07.16, júní 2007.

Vatnaskil, 2008. Sundabraut. Straumlíkan af Kollafirði. Ný útfærsla þverunar. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 08.18, nóvember 2008.

Vatnaskil, 2018. Kollafjörður. Líkanreikningar vegna skilgreiningar viðtaka. Unnið fyrir Veitur. Skýrsla nr. 18.01, janúar 2018.

Vatnaskil, 2020. Suðurland. Kortlagning smávirkjanakosta. Unnið fyrir Orkustofnun. Skýrsla nr. 20.11, desember 2020.

van Rijn, L.C., 1993. Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries, Seas and Oceans. Aqua Publications, The Netherlands

van Rijn, L.C., 2020. LITERATURE REVIEW OF CRITICAL BED-SHEAR STRESSES FOR MUD-SAND MIXTURES Winger, P.D., P. He og P.J. Walsh, 2000. Factors affecting the swimming endurance and catchability of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 57: 1200-1207.