



Þverun í Vatnsfirði

Straum- og vatnsgæðalíkan

Unnið fyrir Vegagerðina

Skýrsla nr. 17.09

Júní 2017

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúli 28

108 Reykjavík

s. 568-1766

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 17.09	Útgefið: Júní 2017	Fjöldi síðna: 21	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
-----------------------------	------------------------------	----------------------------	---

Heiti skýrslu:

Þverun í Vatnsfirði. Straum- og vatnsgæðalíkan.

Höfundar:

Gísli Steinn Pétursson, Sveinn Óli Pálmarsson

Verkefnisstjóri:

Sveinn Óli Pálmarsson

Útdráttur:

Áhrif fyrirhugaðrar þverunar í Vatnsfirði á strauma voru könnuð með straum- og vatnsgæðalíkani. Lagt var mat á breytingar straumhegðunar, útskolunar, vatnsskipta og skerspennu við botn í nágrenni vegfyllingarinnar.

Við líkangerð, útreikninga og túlkun niðurstaðna var stuðst við aðferðarfræði frá rannsókn á umhverfisaðstæðum og súrefnisbúskap við síldargöngur í Kolgrafafirði, sem og mat á áhrifum fjarðarþverana í Gufudalssveit. Straum- og vatnsgæðalíkan af Breiðafirði var uppfært með endurskoðuðum dýptargrunni í Vatnsfirði út frá öllum fyrirbyggjandi gögnum. Notast var við kvörðun líkansins úr rannsókninni fyrir Kolgrafafjörð sem staðfest var með sjávarhæðarmælingum úr Þorskafirði, Gufufirði og Djúpafirði við mat á áhrifum þverana í Gufudalssveit.

Niðurstöður líkanreikninganna gefa til kynna að straumar breytast í nágrenni vegfyllingar og verður straummynstrið nokkuð breytt frá grunnástandi, án vegfyllingar. Straumhraði eykst helst í brúaropi og í nágrenni vegfyllingar. Útreikningar á skerspennu gefa mat á stærð ætlaðs botnrofssvæðis.

Vatnsskipti um brúarop reiknast lítillega minni eftir tilkomu vegfyllingar samanborið við vatnsskipti um miðlínu vegfyllingar án hennar. Þetta má m.a. rekja til grunns svæðis vestast innan vegfyllingar þar sem lega vegfyllingarinnar heftir streymi um það svæði. Jafnframt aflokar vegfyllingin lítið svæði nær austurenda hennar sem telur inn í þennan mismun á reiknuðum vatnsskiptum. Ef óheft streymi er tryggt um vestur svæðið annað hvort með ræsi í gegnum vegfyllingu eða landmótun innan hennar, og ræsi er komið fyrir í gegnum vegfyllingu á austursvæðinu eins og ráðgert er, nást full vatnsskipti eftir tilkomu vegfyllingar.

Útskolun efna innan vegfyllingar verður heldur betri eftir þverun og má það rekja til aukins hraða í brúaropi.

Verkkaupi:

Vegagerðin

Tengiliður verkkaupa:

Reynir Óli Þorsteinsson

Lykilorð:

Vatnsfjörður, líkanreikningar, straumlíkan, vatnsskipti, útskolun, Breiðafjörður.

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	5
Myndaskrá	5
1. Inngangur	7
2. Straum- og vatnsgæðalíkan	7
3. Niðurstöður	8
3.1. Rennsli og vatnsskipti um brúarop	8
3.2. Straumhraði í brúaropi	8
3.3. Straumhegðun á aðfalli og útfalli	8
3.4. Skerspenna og mat á botnrofi	9
3.5. Útskolun	9
4. Samantekt	9
Heimildir	10
Myndir	11

Myndaskrá

Mynd 1. Staðsetning þverunar og forsendur um botndýpi og lengd virks vatnsops	12
Mynd 2. Dýptargrunnur líkans. Allt reiknisvæði er sýnt.	13
Mynd 3. Dýptargrunnur líkans. Vatnsfjörður í nærmynd.	14
Mynd 4. Samanburður rennslis með og án vegfyllingar í Vatnsfirði	15
Mynd 5. Straumstefna og -hraði án þverunnar á aðfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.	16
Mynd 6. Straumstefna og -hraði án þverunnar á útfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.	17
Mynd 7. Straumstefna og -hraði með þverun á aðfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.	18
Mynd 8. Straumstefna og -hraði með þverun á útfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.	19
Mynd 9. Áætlað botnrofssvæði vegna þverunar í Vatnsfirði	20
Mynd 10. Samanburður útskolunar með og án vegfyllingar. Styrkur hlutlauss sporefnið sem fall af tíma	21

1. Inngangur

Vegagerðin fól Verkfræðistofunni Vatnaskilum að kanna áhrif fyrirhugaðrar fjarðarþverunar í Vatnsfirði á straumhegðun í firðinum. Til mats á áhrifunum voru lagðir til grundvallar reikningar á eftirfarandi þáttum:

1. Rennsli og vatnsskiptum um brúarop
2. Straumhraða í brúaropi
3. Straumhegðun (straummynstri) á aðfalli og útfalli
4. Skerspennu til mats á botnrofi
5. Útskolun fjarðarins innan vegfyllingar

Mynd 1 sýnir staðsetningu þverunar og forsendur um lengd virks vatnsops ásamt viðmiðunardýpi í vatnsopi sem notast var við í líkanútreikningum.

Við líkangerð, útreikninga og túlkun niðurstaðna var notast við aðferðarfræði frá rannsókn á umhverfisaðstæðum og súrefnisbúskap við síldargöngur í Kolgrafafirði (Vatnaskil, 2015), sem og við mat á áhrifum fyrirhugaðra fjarðarþverana í Gufudalssveit (Vatnaskil, 2016)

Í eftirfarandi útlistun er greint frá líkangerðinni og helstu niðurstöðum hennar.

2. Straum- og vatnsgæðalíkan

Vatnaskil unnu straum- og vatnsgæðalíkon af Breiðafirði árið 2015 fyrir Vegagerðina til rannsóknar á umfangsmiklum síldardauða í firðinum veturinn 2012-2013 (Vatnaskil, 2015). Líkonin voru uppfærð til að meta áhrif fyrirhugaðra fjarðarþverana í Gufudalssveit á straumhegðun, súrefnisstyrk og seltu innan Gufufjarðar, Djúpafjarðar og Þorskafjarðar (Vatnaskil, 2016). Líkonin voru tekin upp vegna líkangerðarinnar nú með endurskoðuðum dýptargrunni í Vatnsfirði og reikninet þétt til að endurspegla betur aðstæður í Vatnsfirði. Líkonin hafa jaðar við mynni Breiðafjarðar. Opni jaðar þeirra nær frá Öndverðarnesi á Snæfellsnesi í suðri að Bjargtöngum í norðri.

Við líkangerðina var notast, eins og áður, við forritið AquaSea (Vatnaskil, 1998) til lausnar á sjávarstraumum og Delft3D (Deltares, 2014 [1] og 2014 [2]) fyrir hermun hlutlausra sporefna. Dýptargrunnur líkansins var uppfærður með mælingum frá Vegagerðinni, sjúkorti nr. 42 og grynningum bætt við frá tiltækum loftmyndum. Dýpi líkansins má sjá á Mynd 2 fyrir allan Breiðafjörð og Mynd 3 fyrir Vatnsfjörð. Sjávarhæð á jaðri líkans í mynni Breiðafjarðar var tekin frá hnattræna sjávarfallalíkaninu TOPEX/Poseidon Global Inverse Solution TPXO. Stuðst var við nýjustu uppfærslu af inntaksgagnasetti líkansins (TPXO-8-atlas) sem tekur tillit til eftirfarandi sjávarfallapátta: M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, M4, MS4, og MN4. Tímabil sem var til skoðunar var 6. október 2007 til 4. nóvember 2007 en straumar voru sérstaklega skoðaðir á meðalstórstraumi þann 28.-29. október 2007.

Kvörðun á botnhrýfi líkansins byggði á kvörðun líkansins frá Kolgrafafirði sem jafnframt gaf góða raun við samanburð mælinga í líkangerð í Gufudalssveit (Vatnaskil, 2016). Við samanburð mældra og reiknaðra gilda í Kolgrafafirði og í Gufudalssveit mátti sjá ósamræmi á einstaka sjávarföllum í samanburði reiknaðra og mældra gilda. Liggur munurinn fyrst og fremst í skorti á langtímasjávarfallaþáttum í jaðarskilyrðum líkansins, en enginn sjávarfallaþáttur er tekinn inn á jaðri sem hefur lægri tíðni en svarar til eins dags sjávarfallaþátta. Þetta ætti ekki að koma að sök við líkangerðina þar sem tryggt

er að allir meginþættir sjávarfallanna eru teknir inn á jaðri líkansins. Samanburður straummælinga og reiknaðra strauma sýndu jafnframt góðan samanburð í Kolgrafafirði þrátt fyrir skort á langtímasjávarfallabáttum (Vatnaskil, 2015), því má gera ráð fyrir að straumar í núverandi líkani lýsi vel straumhegðun í Vatnsfirði.

3. Niðurstöður

3.1. Rennsli og vatnsskipti um brúarop

Rennsli um miðlínusnið vegfyllingarinnar var reiknað án og með vegfyllingu. Vatnsskipti eftir tilkomu vegfyllingar reiknast sem 98,4% af náttúrulegum vatnsskiptum. Mynd 4 sýnir samanburð reiknaðs rennslis með og án vegfyllingar um Vatnsfjörð.

Við vesturenda vegfyllingar innan hennar er grunnt svæði þar sem streymi sjávar verður tregt eftir tilkomu vegfyllingar, þar sem hún þrengir mjög að svæðinu. Ef greitt er fyrir flæði vatns til og frá þessu svæði, annað hvort með opi eða opum í gegnum vegfyllinguna eða landmótun innan hennar, reiknast vatnsskipti 99,1% af náttúrulegum vatnsskiptum.

Þar sem vatnsskiptin eru reiknuð um rennslissnið sem liggur eftir miðri vegfyllingunni, vantar að taka tillit til þess flatarmáls sem vegfyllingin tekur upp innan rennslissniðsins til að reikningur vatnsskipta með og án vegfyllingar verði fyllilega samanburðarhæfur. Í stærri fjörðum er þetta flatarmál jafnan hverfandi hluti af heildarflatarmáli innan vegfyllingarinnar og hefur því óveruleg áhrif á reikning vatnsskipta, en í Vatnsfirði er þetta flatarmál um 0,7% af heildarflatarmáli innan þverunar og yfirfærast það sem hlutfallslegur munur gagnvart samanburði vatnsskipta með og án vegfyllingar. Að teknu tilliti til þessa flatarmáls, teljast því reiknuð vatnsskipti eftir þverun vera nærri 99,8% af vatnsskiptum fyrir þverun.

Jafnframt er fyrirhugað að setja ræsi í austurhluta vegfyllingarinnar þar sem lítið svæði lokast af vegna tilkomu hennar, en líkanið tekur ekki tillit til ræsisins. Flatarmál þessa svæðis í líkaninu er um 0,4% af heildarflatarmáli innan þverunar. Ef flæði um grunna svæðið vestast innan vegfyllingarinnar er tryggt með einhverjum hætti og opnað er fyrir rennsli til litla svæðisins innan austurhluta vegfyllingarinnar, eru full vatnsskipti tryggð eftir tilkomu vegfyllingarinnar.

3.2. Straumhraði í brúaropi

Mesti meðalstraumhraði og mesti straumhraði í brúaropi var reiknaður fyrir meðalstórstraum og allt reiknitímabilið. Mesti reiknaði meðalstraumhraði í brúaropi við meðalstórstraum er 1,1 m/s en 1,2 m/s fyrir allt reiknitímabilið. Mesti reiknaði straumhraði í brúaropi við meðalstórstraum er 1,7 m/s en 2,0 m/s fyrir allt reiknitímabilið.

3.3. Straumhegðun á aðfalli og útfalli

Mynd 5 og Mynd 6 sýna straumhegðun á aðfalli og útfalli fyrir innri hluta Vatnsfjarðar án þverunar. Dýpi er tiltölulega lítið innst í firðinum, en mesta dýpi um snið vegfyllingar er eingöngu um 5 m. Straumur liggur örlítið meira austanmegin í firðinum og má það rekja til dýpri skurðar sem liggur þeim megin, þetta má merkja vel á útfalli.

Mynd 7 og Mynd 8 sýna straumhegðun á aðfalli og útfalli fyrir innri hluta Vatnsfjarðar með þverun. Vegfyllingin hefur brúarop í austurhluta fjarðarinnar, þar sem dýpi er mest. Straumhegðun á aðfalli breytist mest í nágrenni vegfyllingarinnar, svæðið við vestanverða vegfyllinguna verður minna virkt

en áður, en straumhraði við austurhluta vegfyllingarinnar eykst umtalsvert. Á útfalli má sjá að straumur í vestanverðum firðinum rétt utan við vegfyllinguna minnkar umtalsvert en eykst í austari hluta.

3.4. Skerspenna og mat á botnrofi

Skerspenna við botn var reiknuð til mats á mögulegu botnrofi vegna þverunarinnar. Þar sem skerspenna er háð straumhraðanum í öðru veldi verður skerspenna mest nærri vegfyllingunni en dvínar eftir því sem fjær dregur. Áætlað botnrofssvæði er metið þar sem skerspenna verður meiri en 1 N/m^2 umfram skerspennu án vegfyllingar.

Mynd 9 sýnir áætlað botnrofssvæði fyrir vegfyllinguna. Flatarmál áætlaðs botnrofssvæðis er um $8,6 \cdot 10^4 \text{ m}^2$ á stærð. Sjá má að áætlað botnrof innan vegfyllingar er stærra en það sem er utan, þetta má rekja til lítils dýpis í firðinum innan vegfyllingar.

3.5. Útskolun

Útskolun fjarðarins var skoðuð til að meta frekar áhrif vegfyllingar á virkni sjávarfalla í firðinum. Hlutlaust sporefni var sett með jöfnum styrk á öllu svæði innan vegfyllingar í upphafi keyrslu. Engu viðbótarefni var bætt við á keyrslutímanum.

Samanburður útskolunar vatns innan vegfyllingar með og án vegfyllingar má sjá á Mynd 10. Niðurstöður gefur til kynna að útskolun fjarðarins sé hraðari með tilkomu vegfyllingar, þetta má sennilegast rekja til aukins hraða í brúaropi. Útskolun úr firðinum er hröð. Innan einnar sjávarfalla-sveiflu er styrkur sporefnsins innan við 40% af upphaflegum styrk. Innan tveggja sveiflna er styrkurinn nálægt 10% af upphaflegum styrk. Eftir um 5 sveiflur er styrkur kominn niður fyrir 5% af upphaflegum styrk. Styrkur fer niður fyrir 1% af upphaflegum styrk eftir 20 sveiflur.

4. Samantekt

Vatnsskipti eftir tilkomu vegfyllingar reiknast um miðlínusnið hennar sem 98,4% af vatnsskiptum fyrir þverun. Ef tekið er tillit til þess flatarmáls sem vegfyllingin tekur í reikningunum innan miðlínusniðsins, og ef flæði um grunna svæðið vestast innan vegfyllingarinnar er tryggt og opnað er fyrir rennsli til litla svæðisins innan austurhluta vegfyllingarinnar, eru full vatnsskipti tryggð eftir tilkomu vegfyllingarinnar.

Mesti reiknaði meðalstraumhraði í brúaropi við meðalstórstraum er 1,1 m/s en 1,2 m/s fyrir allt reiknitímabilið. Mesti reiknaði straumhraði í brúaropi við meðalstórstraum er 1,7 m/s en 2,0 m/s fyrir allt reiknitímabilið.

Í kjölfar fjarðarþverunar í Vatnsfirði breytast straumar í nágrenni vegfyllingar og teygjast áhrif straumbreytinganna nokkuð frá vegfyllingunni. Straumhraði eykst helst í brúaropi og í nágrenni vegfyllingar.

Útreikningur á skerspennu endurspeglar þetta og gefur mat á stærð áætlaðs botnrofssvæðis um $0,09 \text{ km}^2$.

Reiknuð útskolun er lítillega betri með tilkomu vegfyllingar, má það rekja að einhverju leyti til aukins hraða í brúaropi.

Heimildir

Deltares, 2014[1]. *Delft3D: Hydro-Morphodynamics*. Notendahandbók, útgáfu nr. 3.15.33641.

Deltares, 2014[2]. *D-Water Quality: Water Quality and Aquatic Ecology*. Notendahandbók, útgáfu nr. 4.99.33647.

Vatnaskil, 1998. *AquaSea: Tidal flow in estuaries and coastal areas, lake circulation, transport modelling*. Notendahandbók.

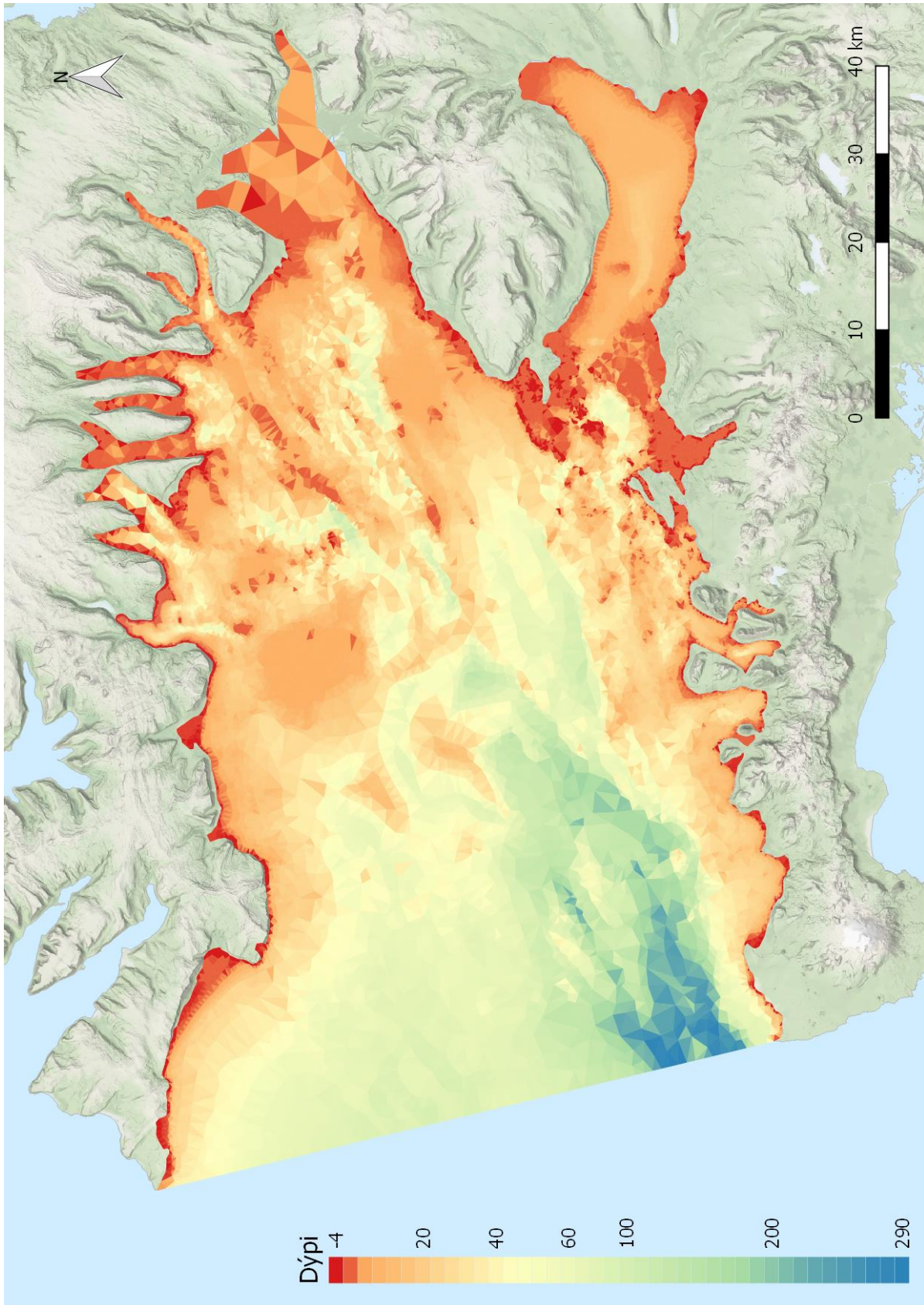
Vatnaskil, 2015. *Kolgrafafjörður. Rannsókn á umhverfisaðstæðum og súrefnisbúskap við síldargöngur*. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 15.11, júlí 2015.

Vatnaskil, 2016. *Fjarðarþveranir í Gufudalssveit. Straum- og vatnsgæðalíkon af Gufufirði, Djúpafirði og Þorskafirði*. Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 16.04, maí 2016.

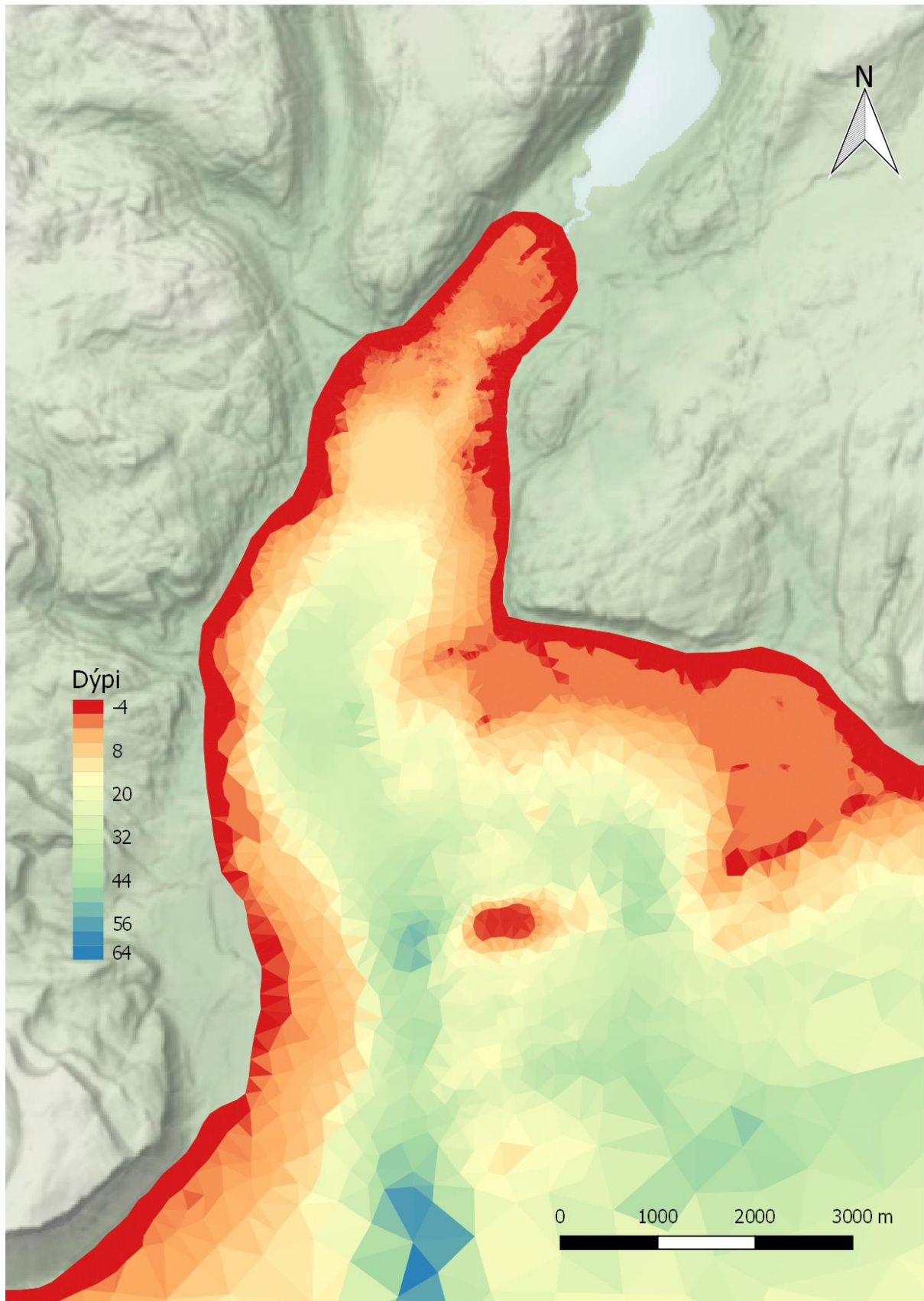
Myndir



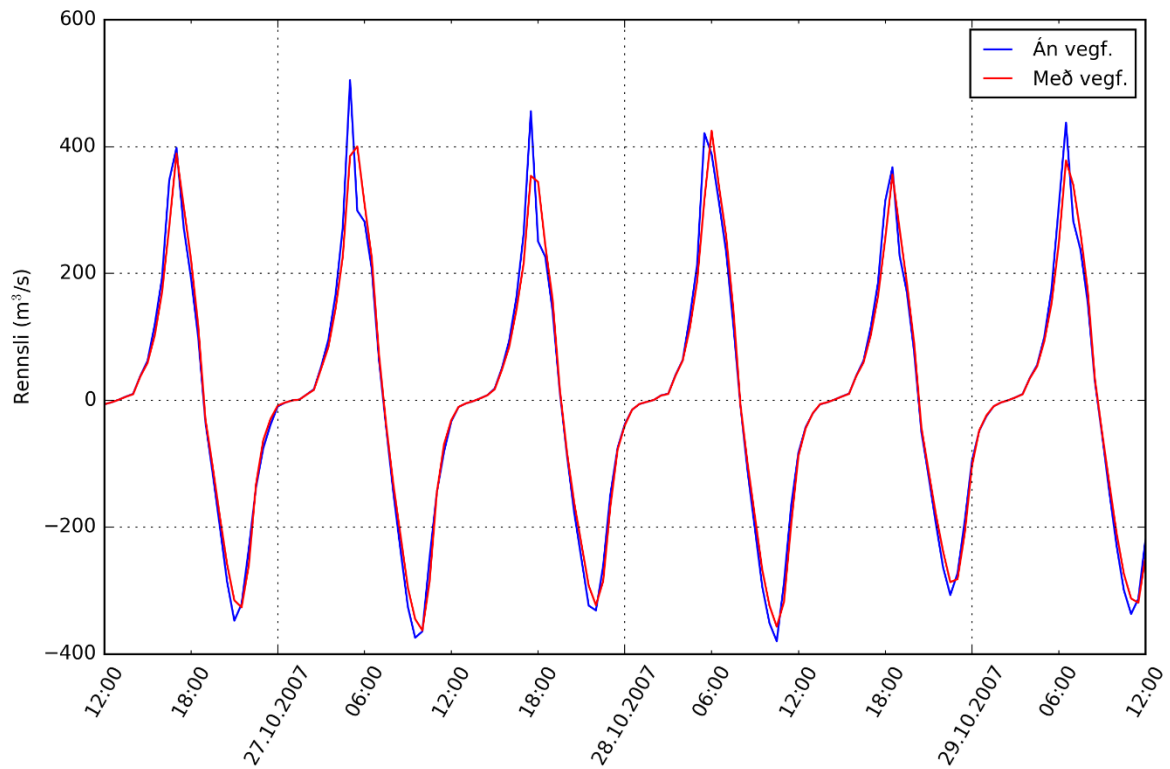
Mynd 1. Staðsetning þverunar og forsendur um botndýpi og lengd virks vatnsops.



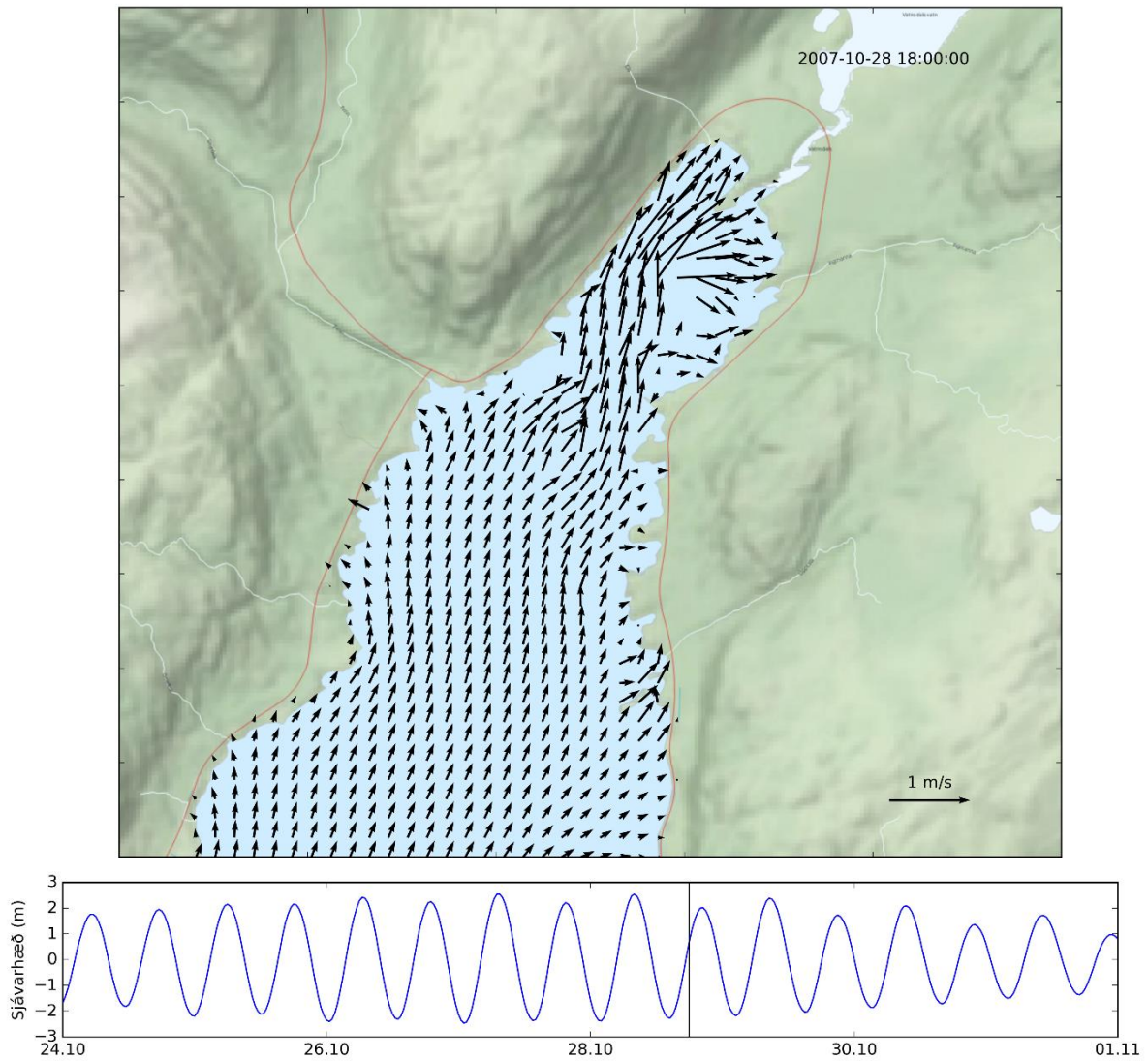
Mynd 2. Dýptargrunnur líkans. Allt reiknisvæði er sýnt.



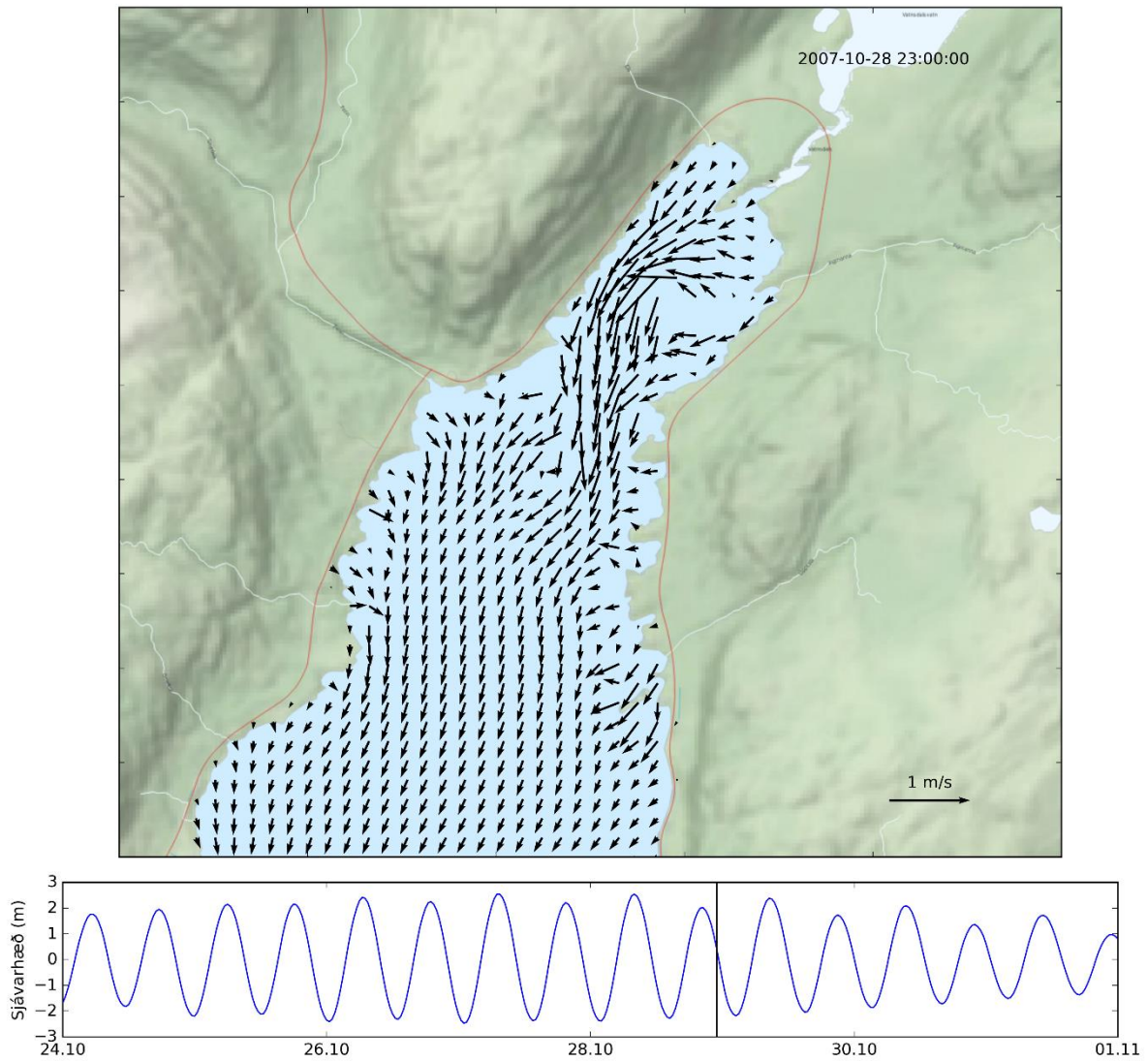
Mynd 3. Dýptargrunnur líkans. Vatnsfjörður í nærmynd.



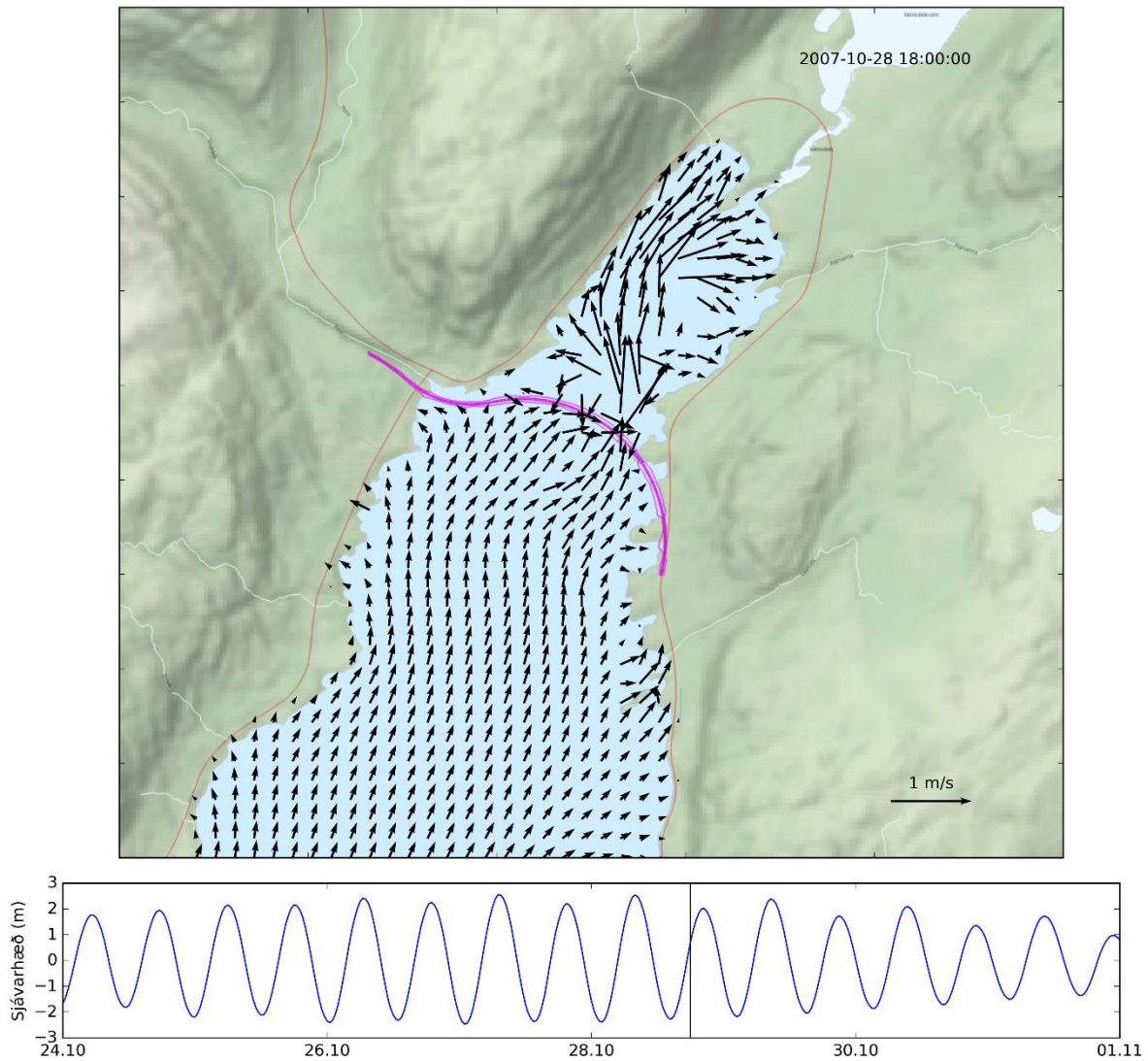
Mynd 4. Samanburður rennslis með og án vegfyllingar í Vatnsfirði.



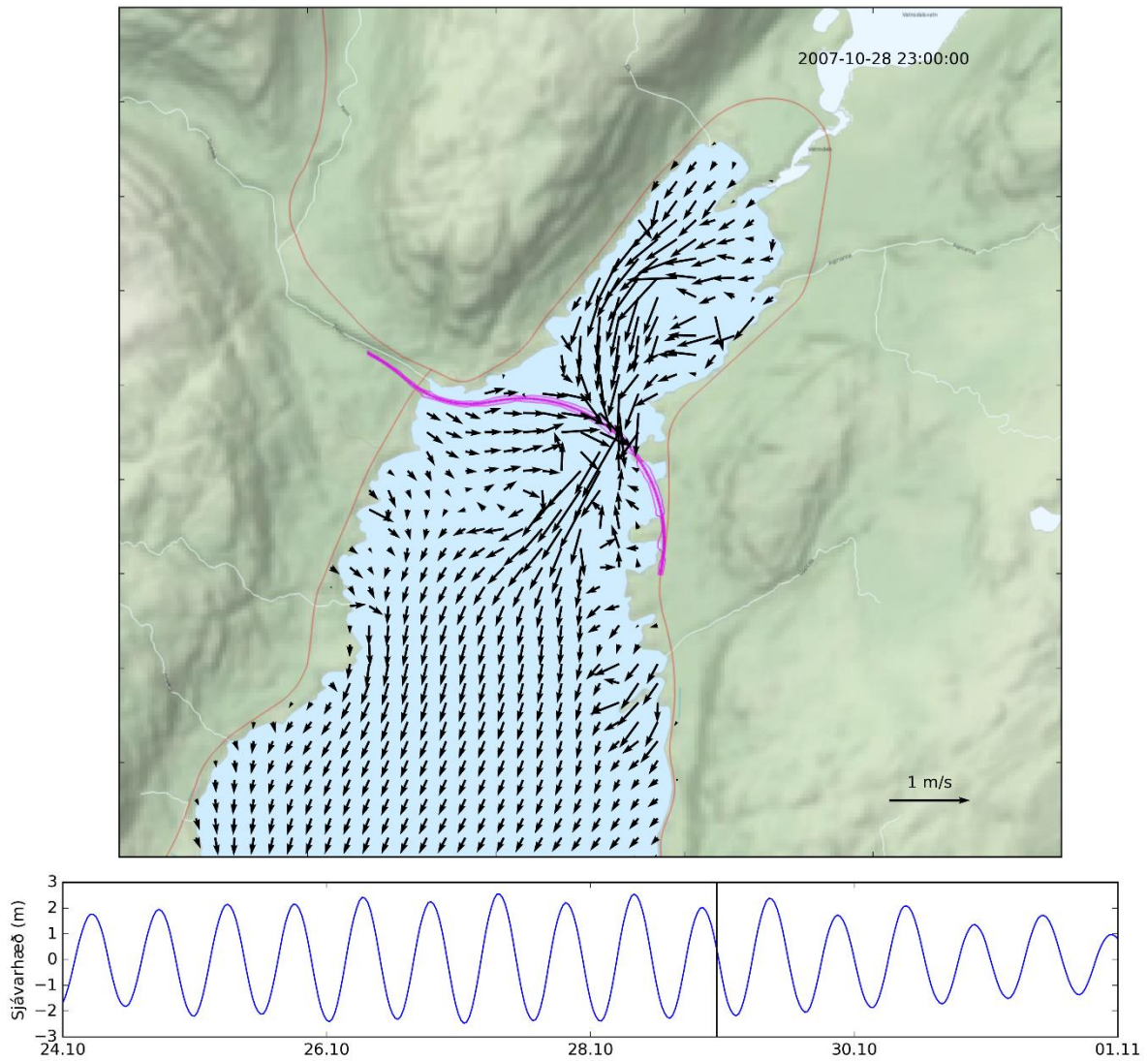
Mynd 5. Straumstefna og -hraði án þverunnar á aðfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.



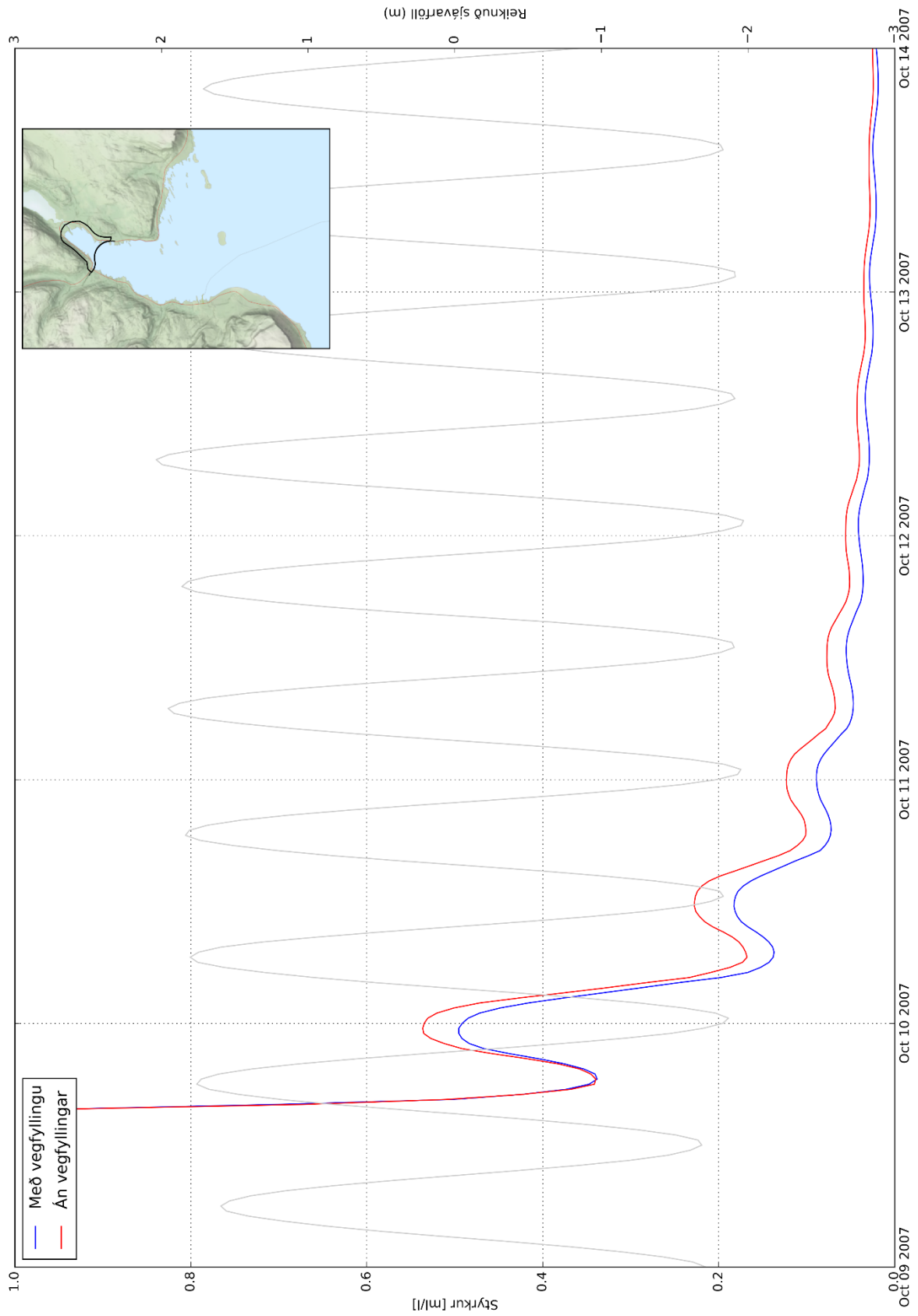
Mynd 6. Straumstefna og -hraði án þverunnar á útfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.



Mynd 7. Straumstefna og -hraði með þverun á aðfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.



Mynd 8. Straumstefna og -hraði með þverun á útfalli í Vatnsfirði. Lengd straumörva fylgir kvaðratrót hraðans sem örvarnar sýna og er því ekki línulegt samband milli hraða og lengd örva.



Mynd 10. Samanburður útskolunar með og án vegfyllingar. Styrkur hlutlauss sporefnis sem fall af tíma.