

Til: Lárusar Dags Pálssonar, Björgun ehf.

Frá: Helga G. Gunnarssyni og Sveini Óla Pálmarsyni

Efni: Áhrif fyrirhugaðrar landfyllingar Björgunar í Álfsnesvík á strönd Þerneyjar

## Inngangur

Alta fyrir hönd Björgunar ehf. fól Verkfræðistofunni Vatnaskilum að meta áhrif fyrirhugaðrar landfyllingar fyrir starfsemi Björgunar í Álfsnesvík á öldu og straum með áheyrslu á að meta hvort framkvæmdin sé líkleg að hafa áhrif á rof eða uppsöfnun efnis við Þerney.

Stíllt var upp öldusveigjúlíkani og áhrif landfyllingarinnar á öldu könnuð fyrir veðuratburði með um 1 árs endurkomutíma fyrir vestlægar áttir. Tekið er tillit til endurkasts á öldu sem búast má við fyrir grjótvörn landfyllingarinnar. Áhrif landfyllingarinnar á sjávarfallastrauminn voru svo könnuð í straumlíkani sem beitt var við setflutningsreikninga (Verkfræðistofan Vatnaskil, 2018). Byggt á þessum reikningum er lagt mat á möguleg áhrif landfyllingarinnar á uppsöfnun eða rof við strönd Þerneyjar.

## Öldusveigjureikningar

Áhrif fyrirhugaðrar landfyllingar og siglingarrennu eru metin fyrir vestlæga úthafsölduatburði með um 1 árs endurkomutíma en þeir skapa hæstu ölduhæðina á svæðinu sem er til skoðunar auk þess sem suðvestan ölduatburðir eru algengastir, sjá mynd 1. Til þess að fá mat á þá úthafsöldu var gerð líkindadreifing á spápunkti í Faxaflóa frá Evrópsku veðurstofunni í Reading (ECMWF) sem Vegagerðin birtir í samstarfi við Veðurstofuna með hnitin 64.0°N 23.0°V, sjá öldurós á mynd 1. Þessi gögn gefa til kynna ölduhæð, sveiflutíma og öldustefnu og hafa gefið góðan samanburð við mælingar úr duflum hér við land og innihalda um 60 ára tímaröð. Til viðbótar var framkvæmd líkindadreifing á vindmælingum úr veðurstöð við Geldinganes til þess að fá mat á veðuratburðum með meðalvindhraða með 1 árs endurkomutíma á þessu svæði, sjá vindrós á mynd 2. Mat á úthafsöldu og vindhraða með 1 árs endurkomutíma fyrir vestlægar áttir út frá þriggja parametra Weibull dreifingu má sjá í töflu 1.

Veður með ölduhæð, sveiflutíma og stefnu sem svara til töflu 1 voru nýtt sem jaðarskilyrði í öldusveigjúlíkanið ásamt samsvarandi meðalvindhraða og stefnu við meðalstórstraumsflóð (MSSFL, +4,0 m frá meðalstórstraumsfjöru). Saman gefa þessir atburðir varfærið mat á ölduhæð með 1 árs endurkomutíma.

Tafla 1. Mat á ölduhæð og -sveiflutíma ásamt vindhraða með 1 árs endurkomutíma.

Átt	Spápunktur 64.0°N 23.0°V		Veðurstöð Geldinganes
	H <sub>s</sub> [m]	T <sub>p</sub> [s]	Vindhraði [m/s]
V	8,7	13,2	15
SV	8,9	13,4	15

Suðvestan og vestan úthafsöldu atburðir voru reiknaðir fyrir núverandi ástand og með fyrirhugaðri landfyllingu og siglingarrennu. Dýptargrunnur reiknilíkansins, mynd 3, byggir á sömu gögnum og nýtt voru í straumlíkani fyrir setflutningsreikninga (Vatnaskil, 2018). Þar var meðal annars nýtt nýleg mæling í Þerneyjarsundi en sú mæling nær ekki upp á grynningarnar við Þerney og dýpi þar byggir því á eldri dýptargrunnum. Forsendur um siglingarrennuna og útmörk landfyllingar, mynd 4, eru þær sömu og nýttar voru í setflutningsreikningunum og voru afhentar af Björgun. Reiknað er með að vestur og norðurhlið landfyllingarinnar séu grjótvarðar en suðurhlið hennar sé uppskipunarkantur fyrir starfsemi Björgunar.

Á mynd 5 má sjá hæð og orkumestu stefnu kenniöldunnar við núverandi ástand í Þerneyjarsundi fyrir vestan úthafsöldu atburð en á næstu mynd sama atburð með landfyllingu og siglingarrennu þar sem ekki er tekið tillit til endurkasts frá landfyllingunni. Hlutfallsleg breyting á ölduhæð, mynd 7, er því eingöngu vegna siglingarennunnar. Nyrst við enda rennunnar er öldustefnan nokkuð þvert á útmörk hennar og aldan kemst því óhindrað yfir rennuna og engin breyting verður á ölduhæð. Eftir því sem aldan sveigir inn á sundið þá minnkar aðfallshorn hennar við siglingarennuna þar til það er komið undir það kritíska horn þar sem aldan kemst ekki lengur yfir rennuna og sveigir þess í stað frá henni aftur. Þetta sést greinilega á hækkun ölduhæðar meðfram rennunni og inná sundið en lækkun innan rennunnar og breyting á öldustefnunni í kjölfarið. Í staðinn fyrir að orkumesta aldan sé með norðvestlæga stefnu við núverandi aðstæður þar sem rennan er fyrirhuguð þá veldur rennan því að hluti þeirrar orku sveigir inn á sundið og suðvestlægi þáttur öldunnar sem sveigir inn Þerneyjarsund í rennunni eykst. Rennan hefur því þau áhrif að sitthvor öldustefnan vegna skjóláhrifa Þerneyjar mætist nær landfyllingunni sem gæti skapað óreglulegra öldufar nær uppskipunarkantinum. Hækkun ölduhæðar sem sveigir inná Þerneyjarsund vegna siglingarrennunnar reiknast óveruleg þegar komið er að strönd Þerneyjar.

Á mynd 8 er ölduhæð- og stefna fyrir sama atburð þar sem reiknað er með endurkasti frá landfyllingunni. Öldusveigjúlíkanið getur nálgast fleti í líkaninu sem grjótvrörn sem endurkastar hluta ölduorkunnar og eyðir hluta hennar byggt á öldufari uppvið landfyllinguna. Endurkast öldu frá slíkum mannvirkjum er almennt á bilinu 30 – 50% (Thompson o.fl. 1996). Þessi útmörk voru nýtt til að meta áhrif endurkasts frá landfyllingunni fyrir orkumestu ölduna. Stefna hennar, mynd 8, er nálægt því hornrétt á vesturhlið landfyllingarinnar og berst endurkastið því nánast í gagnstæða átt og sveigir þar með upp að landi við austurenda Þerneyjar. Miðað við 30% endurkast er endurkast öldu frá landfyllingunni að valda hækkun á ölduhæð, mynd 9, á austurenda Þerneyjar um rúm 5%. Miðað við 50% endurkast, myndir 10 og 11, er ölduhæð á þessu sama svæði að hækka um rúm 25%. Sambærileg greining fyrir suðvestan atburð gaf sömu niðurstöður.

## Straumreikningar

Landfyllingin veldur breyttri straumhegðun í nágrenni hennar þar sem sjávarfallastraumurinn sveigir meðfram landfyllingunni. Á stórstraumsaðfalli, mynd 12, eykst straumhraði út frá landfyllingunni inn

Þerneyjarsundið en við strönd Þerneyjar reiknast engin breyting á straumi. Á útfalli, mynd 13, reiknast að sama skapi breyting á straummynstri við landfyllinguna en engin breyting á straumi við strönd Þerneyjar.

### Mat á mögulegu rofi við Þerney

Ekki liggja fyrir forsendur eða greiningar á efnisgerð þeirra strandgerða sem finnast í Þerney. Séð af loftmynd er þó greinilegt að á vesturhluta eyjarinnar sem er útsettari fyrir úthafsöldu þá er þar gróf malarströnd og klappir. Hlémegin í Þerneyjarsundinu þar sem ölduhæð er lægri eru sand- og malarstrendur. Á austurenda Þerneyjar þar sem ölduhæð hækkar vegna endurkasts landfyllingarinnar er ölduhæð með 1 árs endurkomutíma undir 1 m og telst því vera í góðu skjóli fyrir malarströnd. Í Þerneyjarsundinu er ölduhæð undir 0,6 m sem fyrir sandströnd telst einnig vera í góðu skjóli (Van Rijn, 1998)

Færsla setefna af botni á sér stað þegar skerspenna við botn verður stærri en eitthvert þröskuldsgildi sem er háð efniseiginleikum setefnanna á botninum. Því hærri sem hún er má búast við flutningi stærri efnisagna. Fyrir öldu er veldisaukning á skerspennu með ölduhæð svo hækkun á ölduhæð á skjólgóðum svæðum þar sem hún er lág fyrir hefur minni áhrif á efnisflutning en þar sem ölduhæð er hærri á berskjaldaðri svæðum.

Við núverandi ástand reiknast skerspenna við botn frá öldu upp við strönd Þerneyjar, mynd 14, á bilinu 1 – 3 N/m<sup>2</sup> á austurenda Þerneyjar. Þar norðan við verða nokkuð skörp skil þar sem hún reiknast allt að stærðargráðu hærri eða um 5 – 10 N/m<sup>2</sup> samhliða hærri ölduhæð. Rímar það vel við strandgerðina á þessu svæði sem er talsvert grófari.

Þar sem hlutfall endurkasts frá grjótfyllingu landfyllingarinnar er ráðandi fyrir hversu mikil hækkun er á ölduhæð við Þerney þá var skerspenna metin þar fyrir útmörk endurkasts ásamt miðgildi 40%. Myndir 15 - 17 sýna reiknaða skerspennu við strönd Þerneyjar fyrir mismunandi hlutfall endurkasts. Áhrifsvæði þar sem rof gæti aukist vegna hækkunar á ölduhæð, mynd 18, er metið þar sem skerspenna eykst um 1 N/m<sup>2</sup> eða meira. Fyrir neðri mörk endurkasts eru áhrifin óveruleg en fyrir 40 og 50% eykst skerspenna á malaströnd á austurenda Þerneyjar nægjanlega mikið til að rof gæti aukist til viðbótar við þann náttúrulega breytileika sem á sér stað vegna veðurfars.

Eiginlegt hlutfall endurkasts grjótvagnar vesturhliðar landfyllingarinnar á orkumestu öldunum er því ráðandi fyrir hvort og hversu mikil áhrif hennar geta orðið á strönd Þerneyjar. Þar spilar inn í að lega vesturhliðar landfyllingarinnar er nokkuð þvert á orkumestu öldustefnuna svo endurkast frá henni sveigir til móts við Þerney á svæði þar sem ölduhæð er lægri. Norðurhlið landfyllingarinnar hefur engin áhrif þar sem endurkast frá henni berst í norður í átt að landi þar sem ölduhæð er hærri en við landfyllinguna. Hækkun á ölduhæð inn á Þerneyjarsundið vegna sveigju frá siglingarrennuni hafði engin áhrif við strönd Þerneyjar.

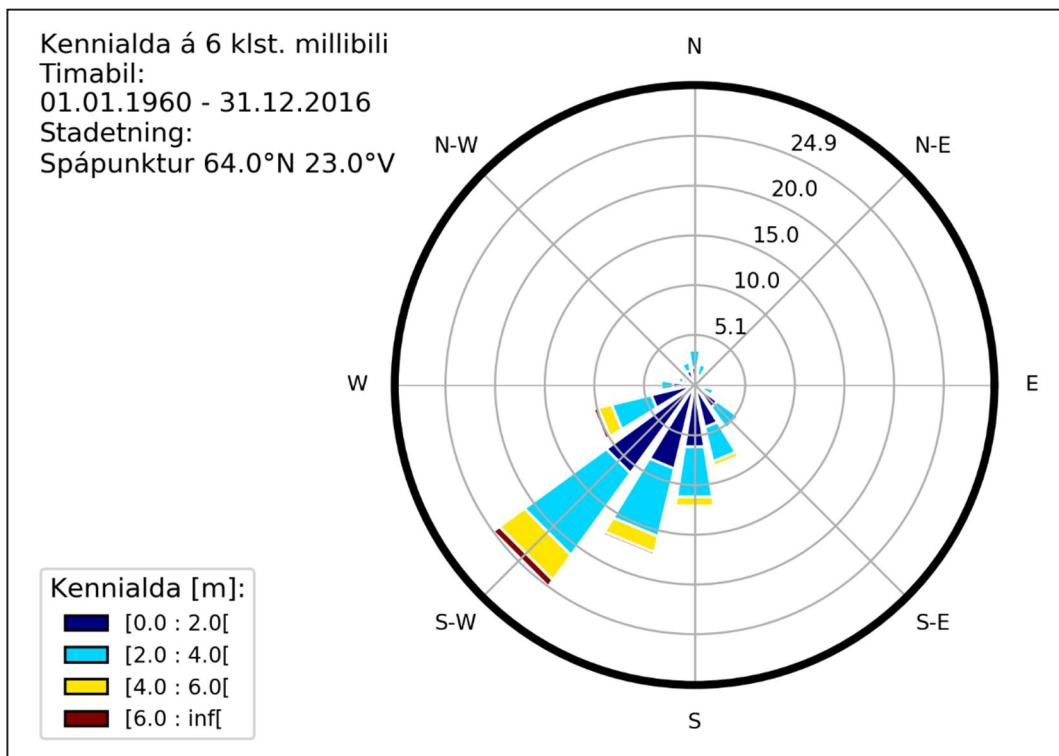
Ekki er búist við neinum áhrifum á strönd Þerneyjar vegna sjávarfallastraums með tilkomu landfyllingar og siglingarrennu.

### Heimildir

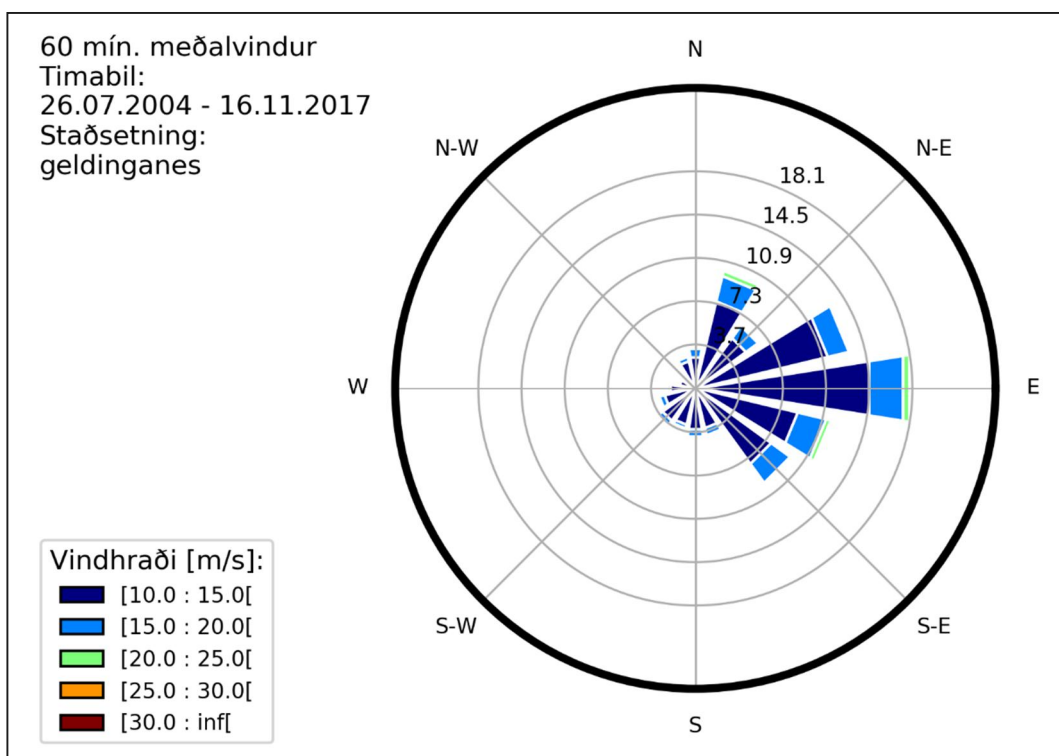
Thompson, E.F., H.S. Chen and L.L. Hadley, 1996. Validation of numerical model for wind waves and swell in harbours. *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 122,5. 245-257.

Van Rijn, L.C., 1998. *Principles of Coastal Morphology*. Aqua Publications, Netherlands.

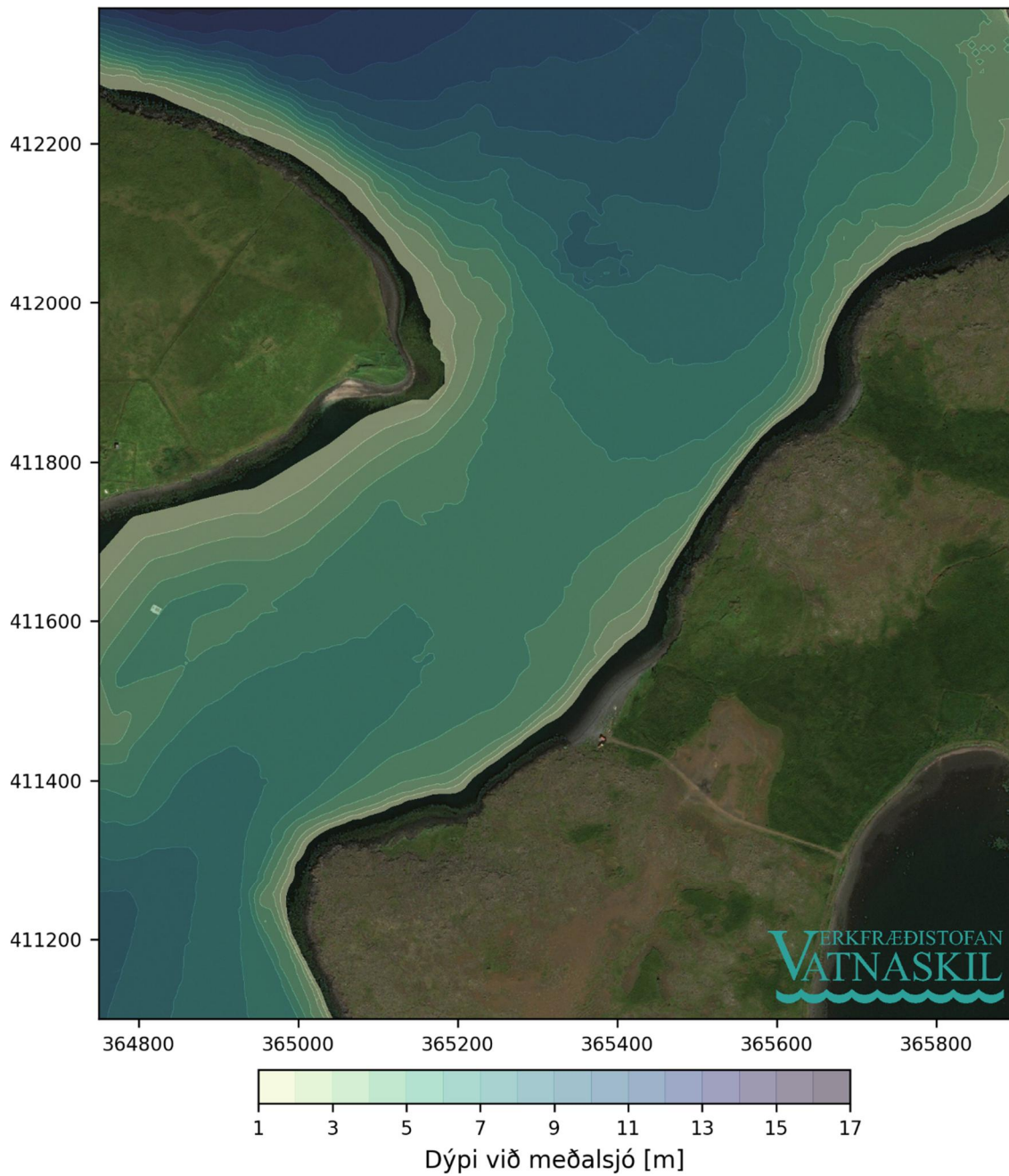
Verkfræðistofan Vatnaskil, 2018. Álfsnesvík. Dreifing finefna frá fyrirhugaðri starfssemi Björgunar við Álfsnesvík. Unnið fyrir Björgun ehf. Skýrsla nr. 18.07, september 2018.



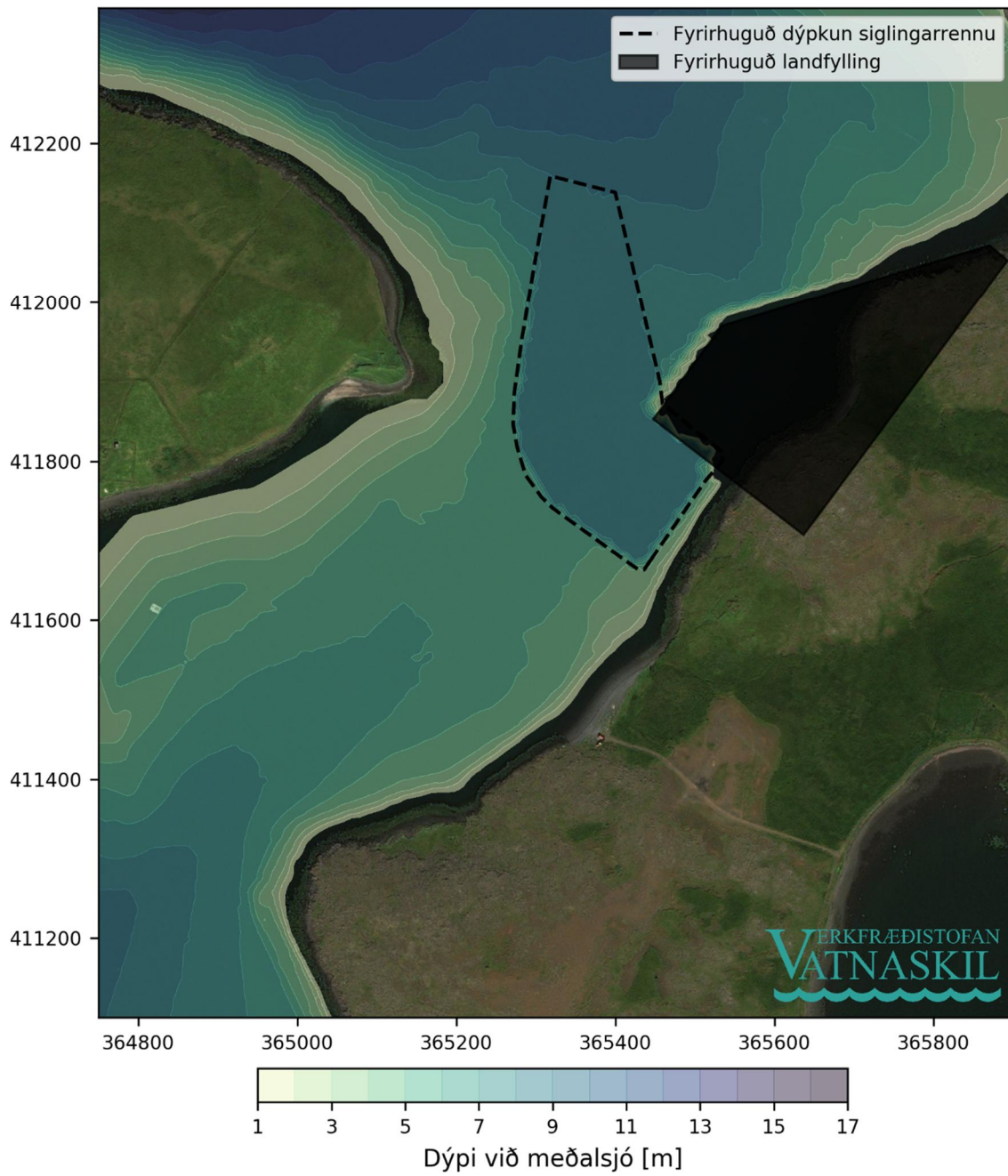
Mynd 1. Öldurós í spápunkti með hnitin 64.0°N 23°V.



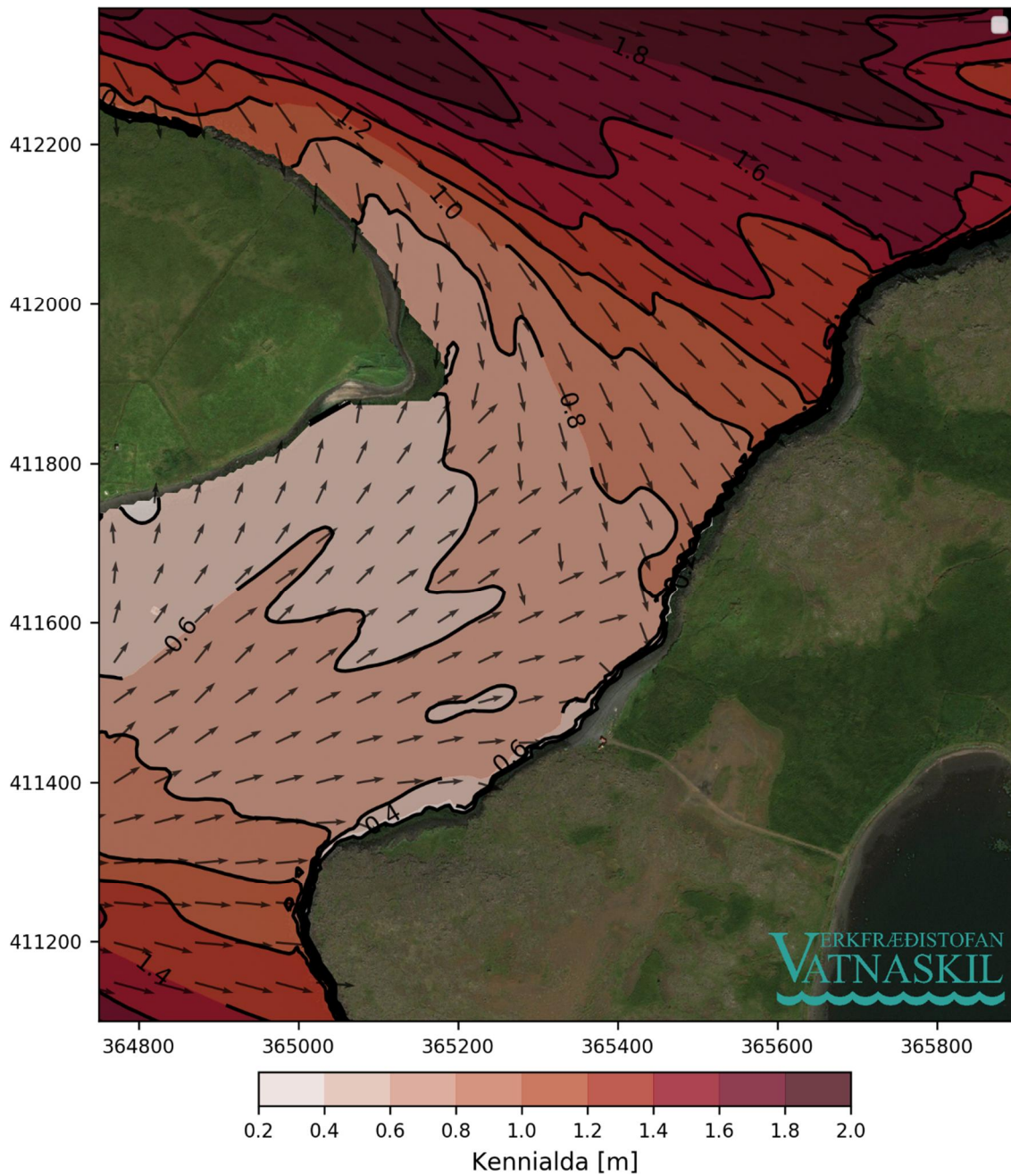
Mynd 2. Vindrós fyrir mældan meðalvind á Geldinganesi á atburðum yfir 10 m/s.



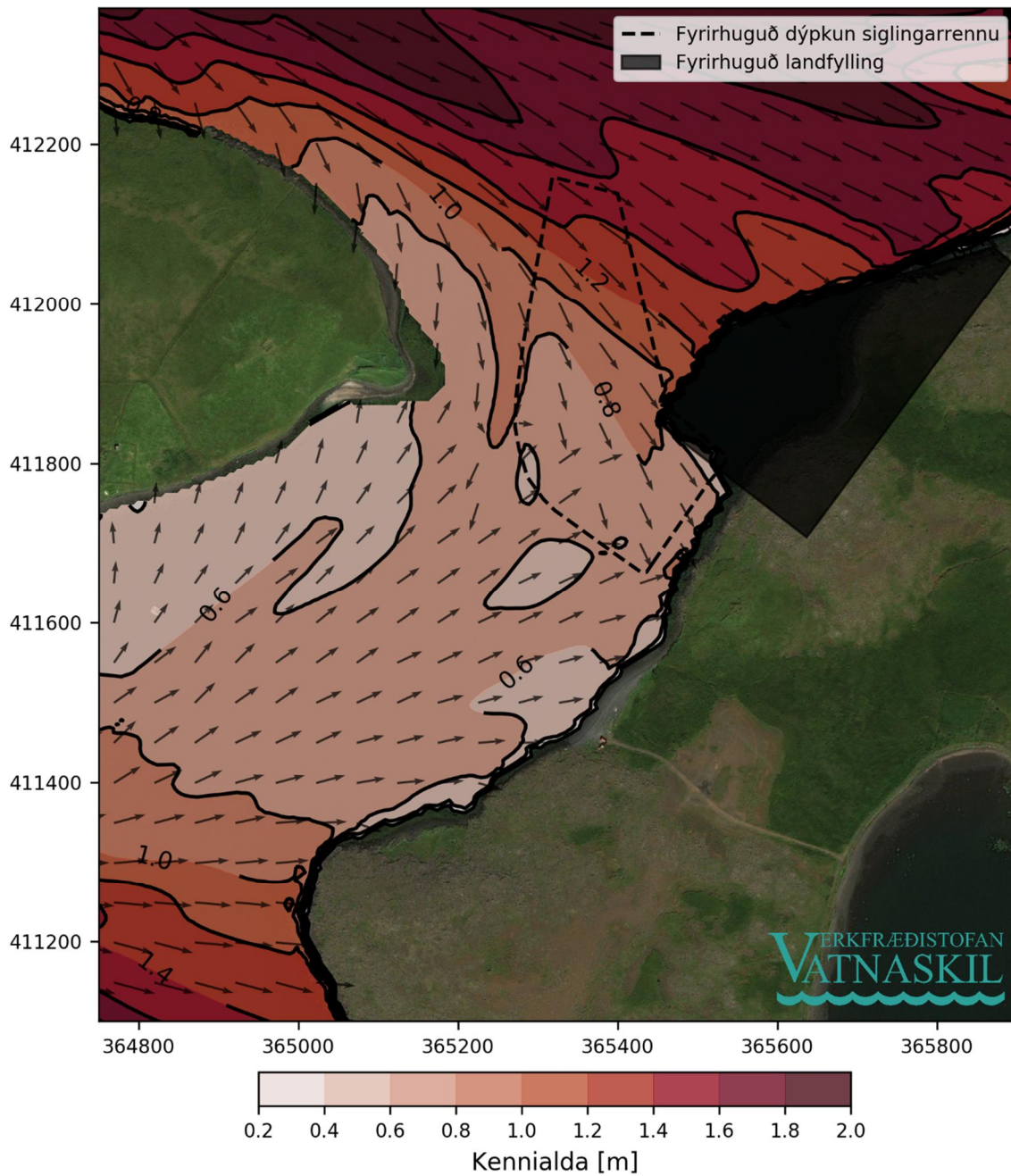
Mynd 3. Dýptargrunnur reiknilíkans við núverandi ástand við meðalsjávarstöðu.



Mynd 4. Dýptargrunnur reiknilíkans við meðalsjárstöðu. Með landfyllingu og siglingarrennu.

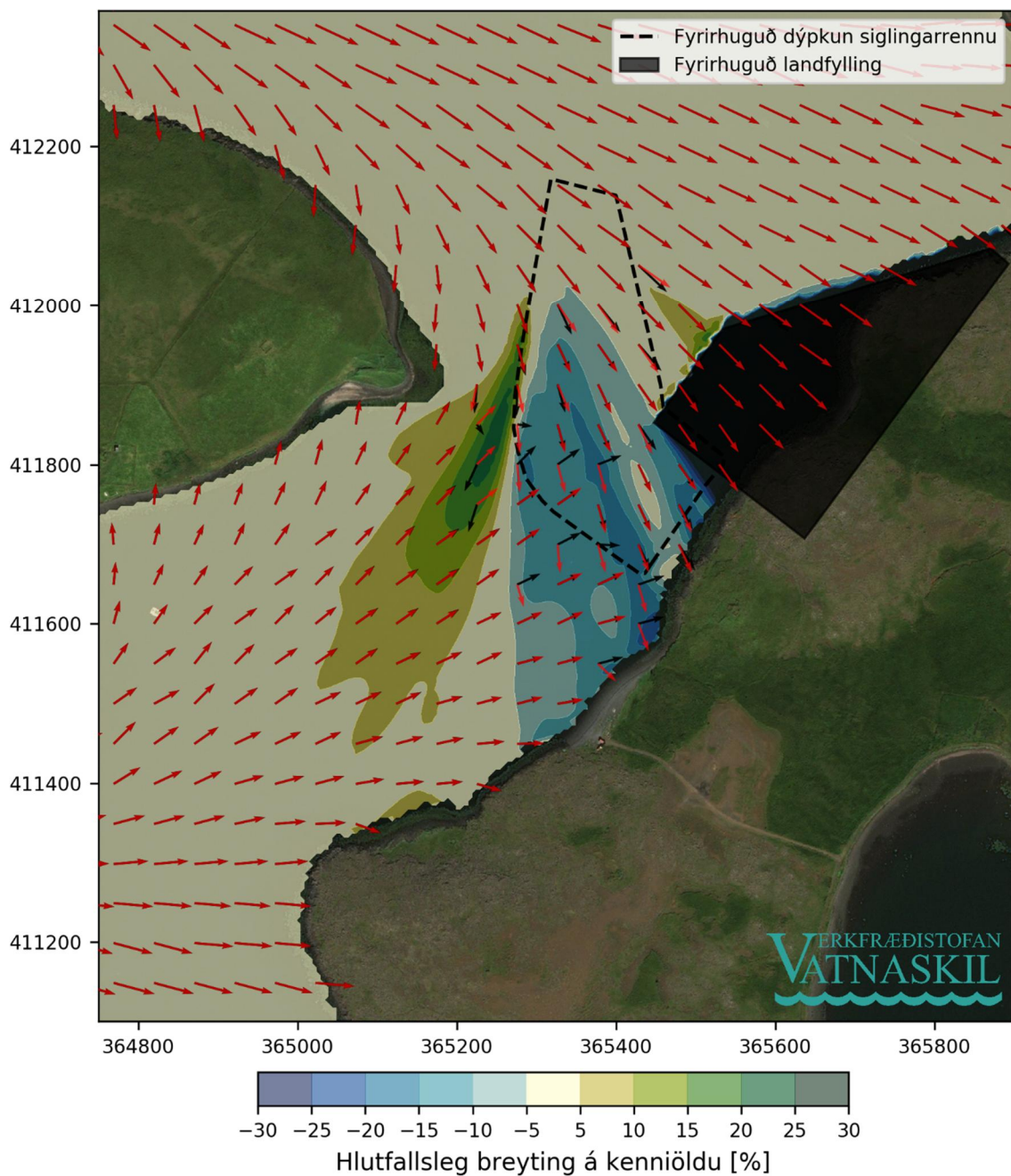


Mynd 5. Hæð og stefna kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL við núverandi aðstæður.

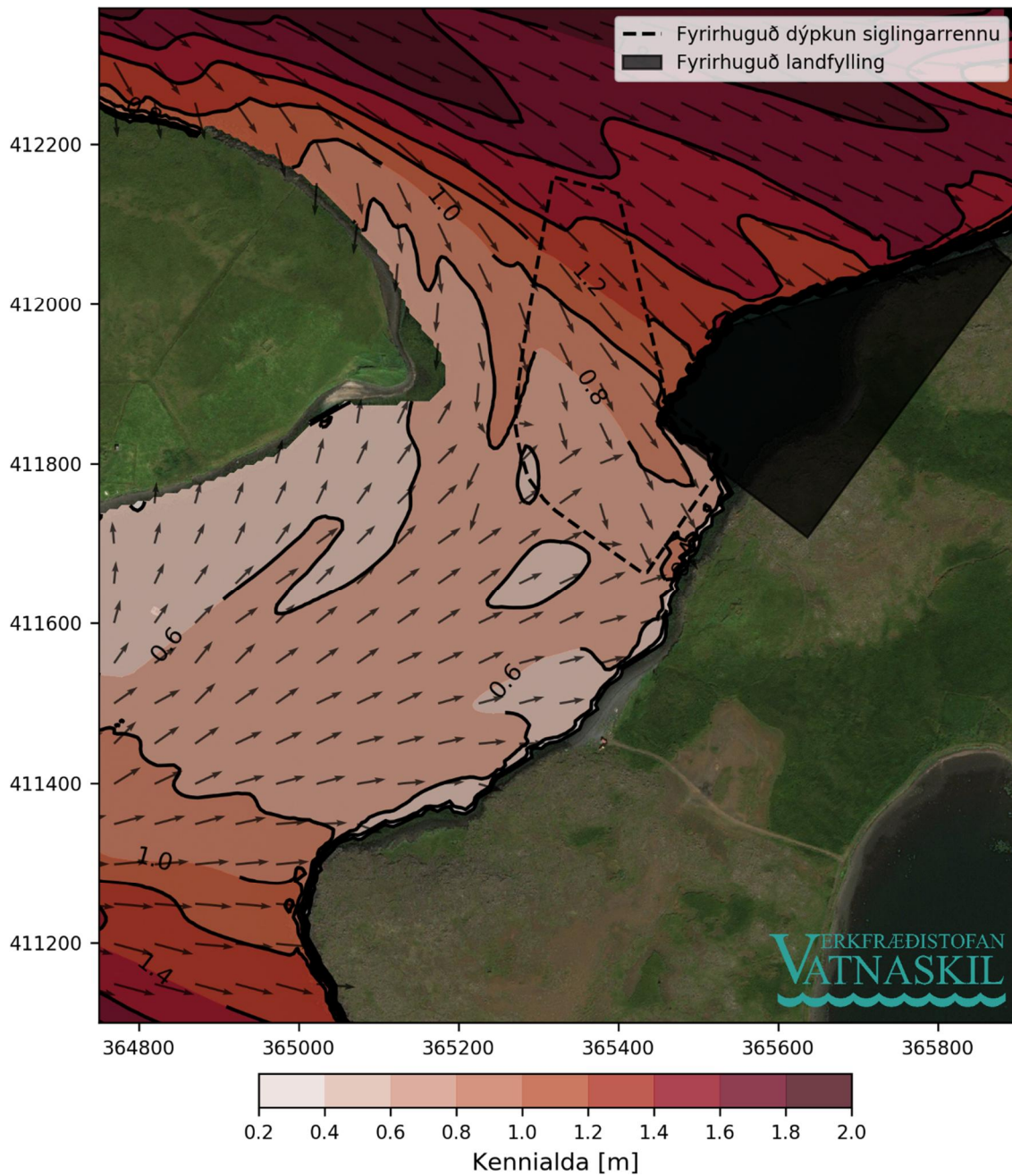


Mynd 6. Hæð og stefna kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL með siglingarrennu og landfyllingu. Endurkast landfyllingar ekki metið.

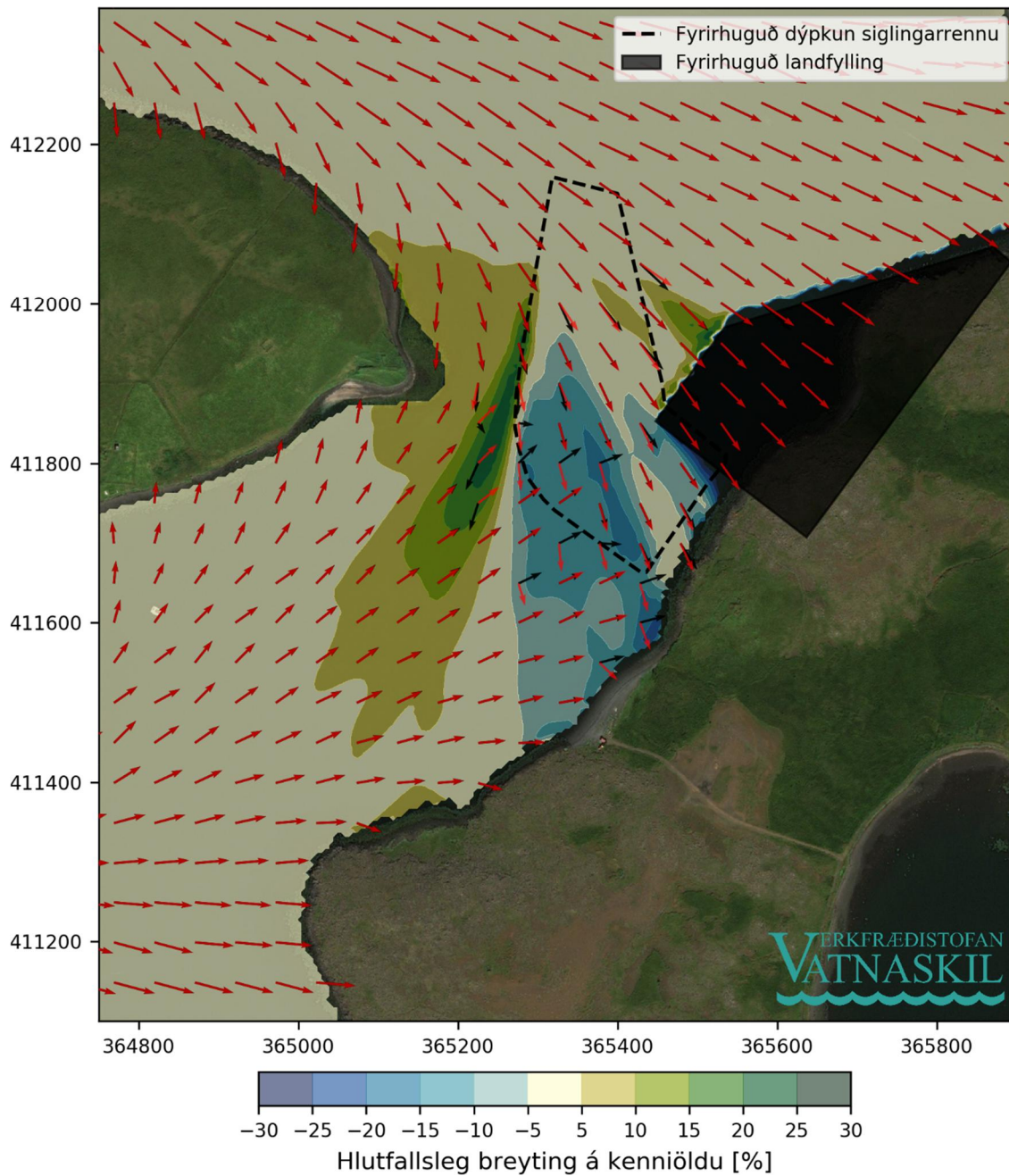




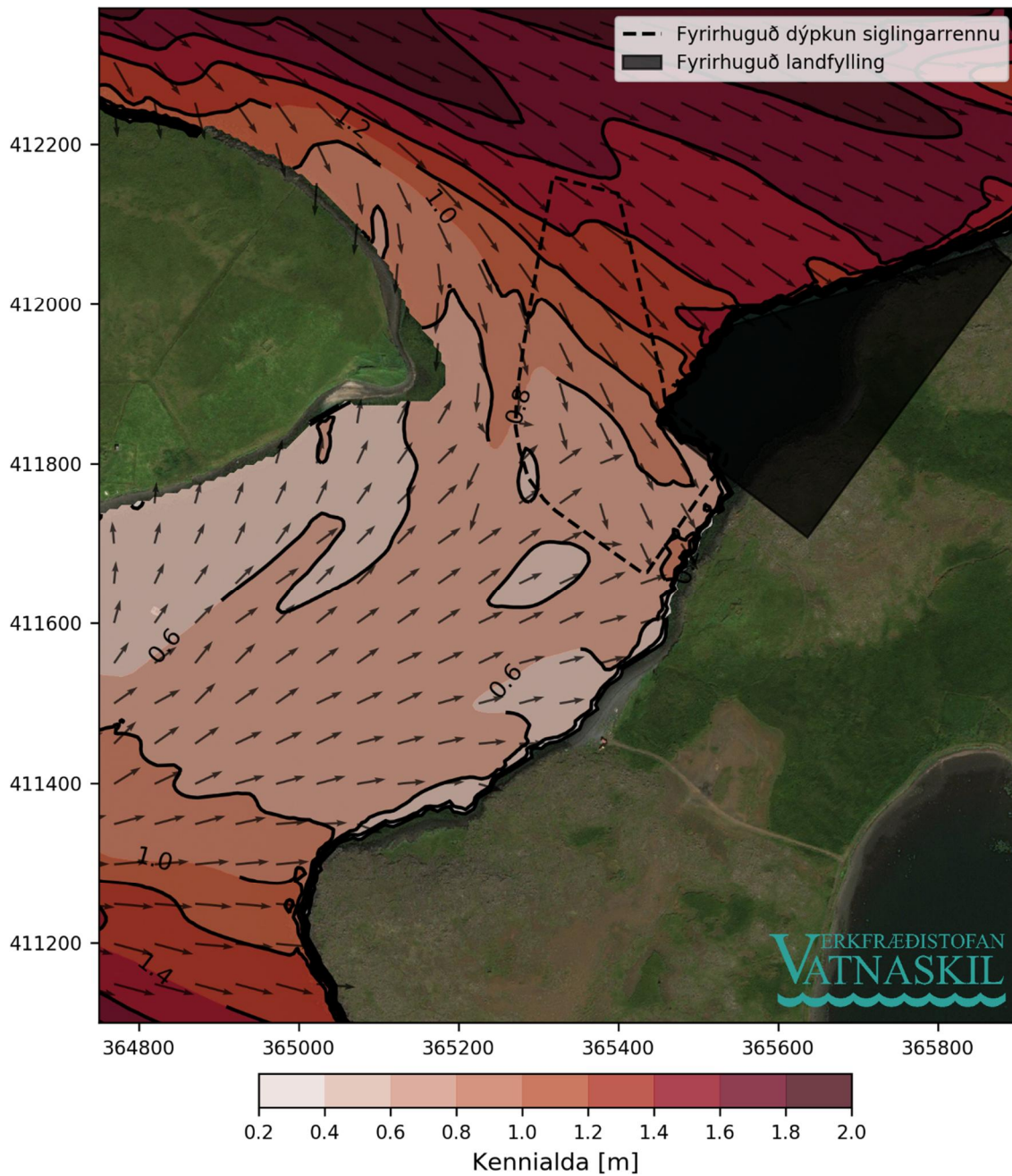
Mynd 7. Hlutfallsleg breyting á kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL. Endurkast landfyllingar ekki metið. Öldustefna við núverandi ástand (rauðar örvar). Öldustefna með landfyllingu og siglingarrennu (svartar örvar).



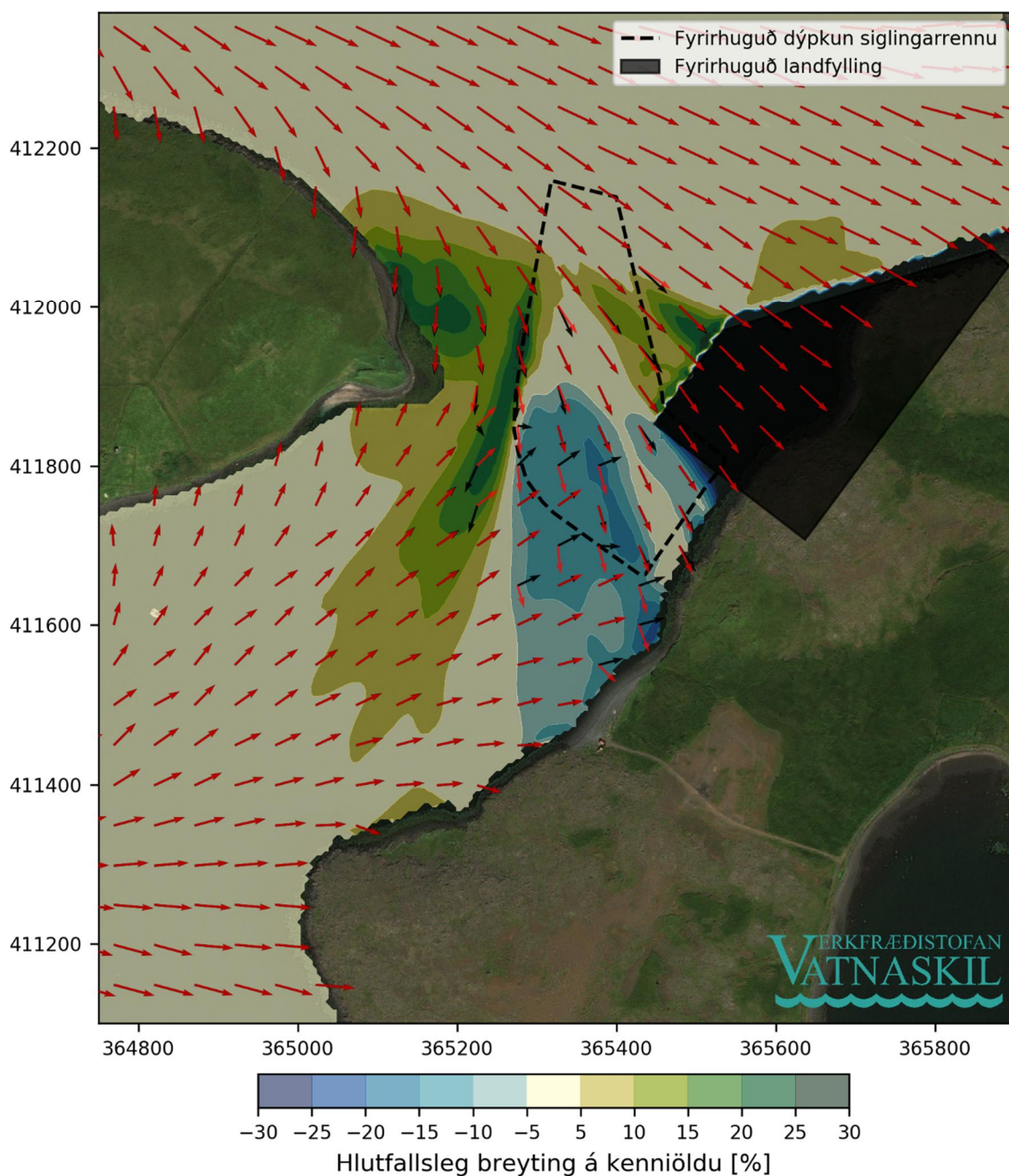
Mynd 8. Hæð og stefna kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL með siglingarrennu og landfyllingu. Endurkast grjótvarnar landfyllingar 30%.



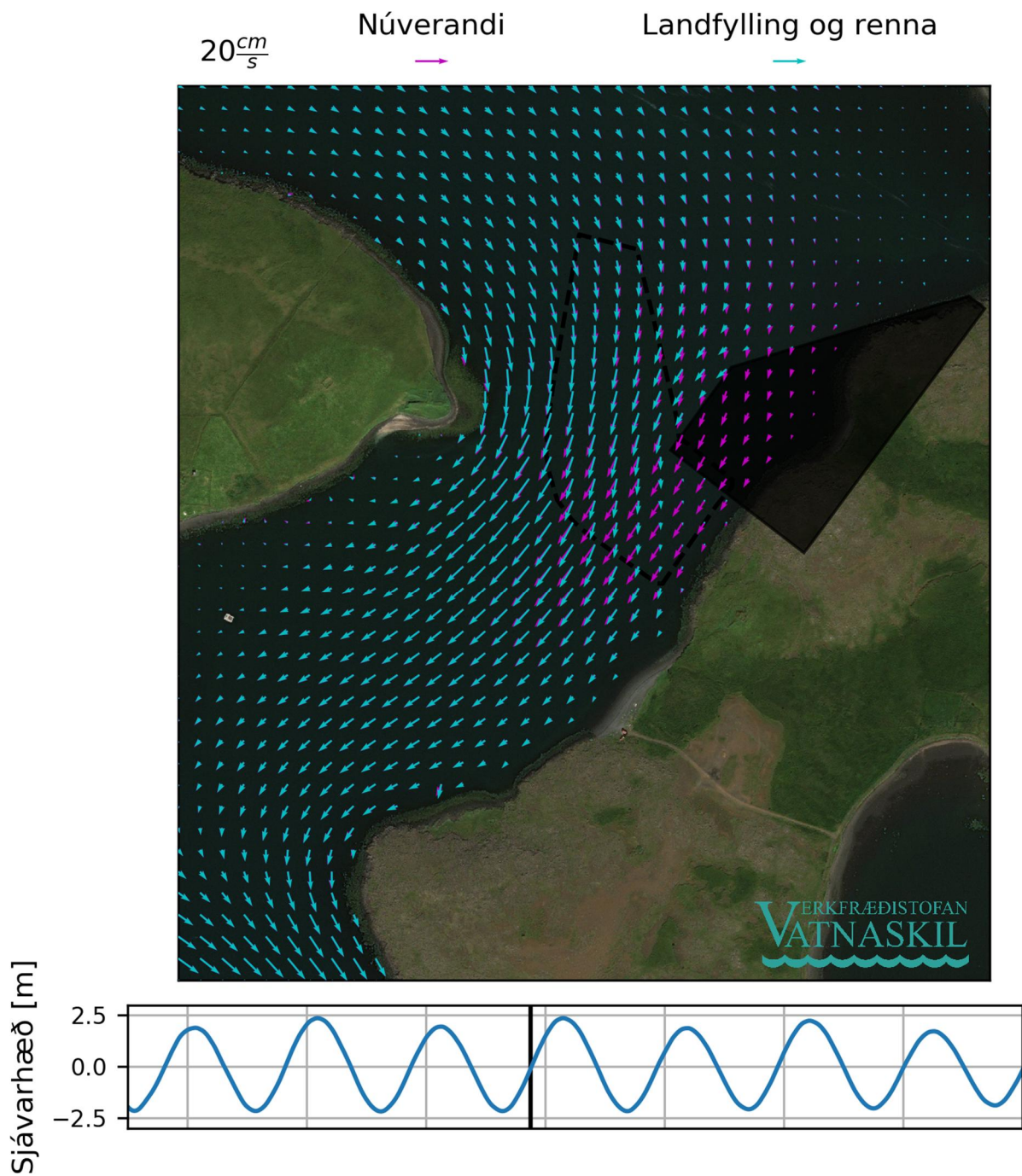
Mynd 9. Hlutfallsleg breyting á kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL. Endurkast grjótvagnar landfyllingar 30%. Öldustefna við núverandi ástand (rauðar örvar). Öldustefna með landfyllingu og siglingarrennu (svartar örvar).



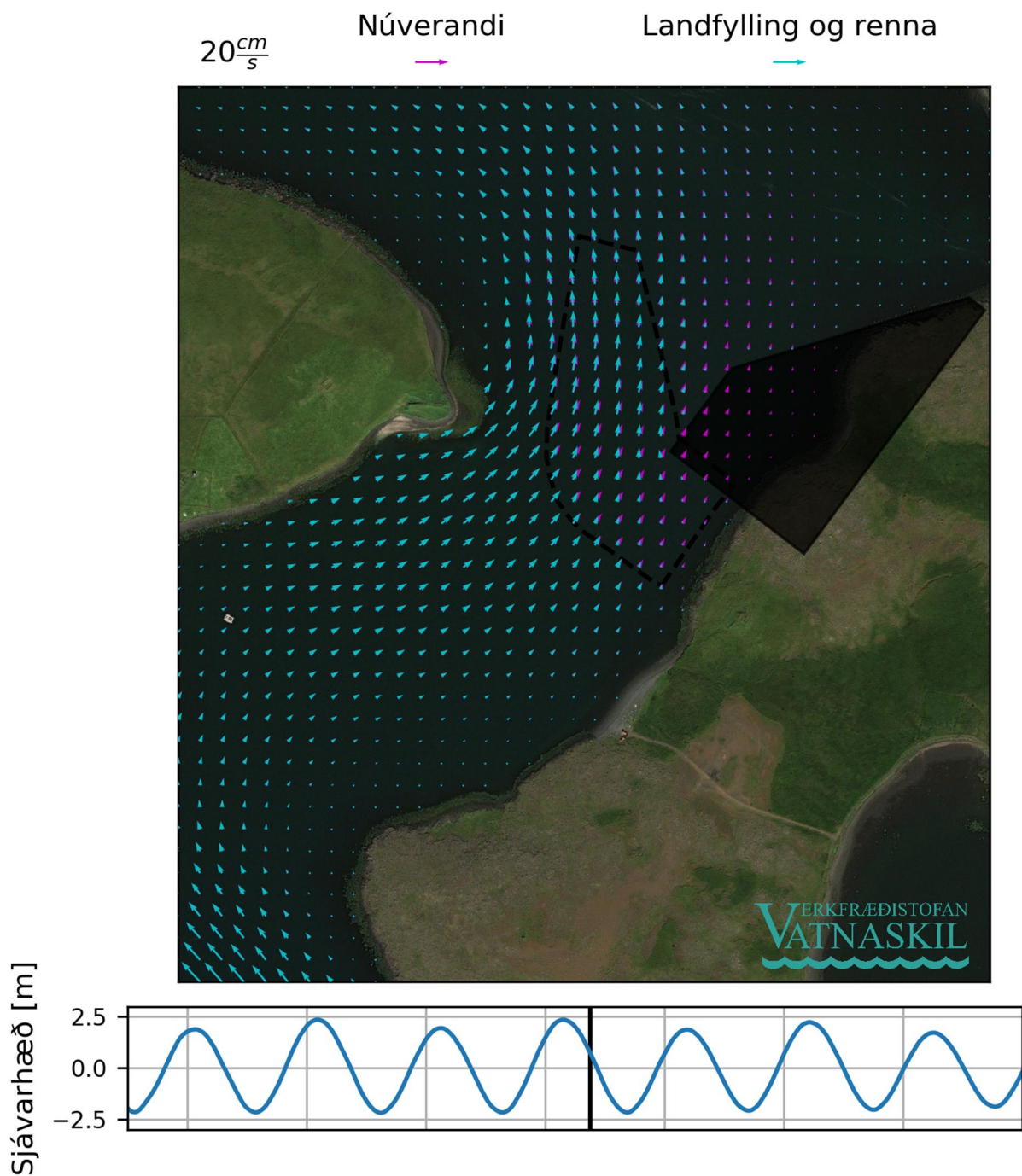
Mynd 10. Hæð og stefna kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL með siglingarrennu og landfyllingu. Endurkast grjótvarnar landfyllingar 50%.



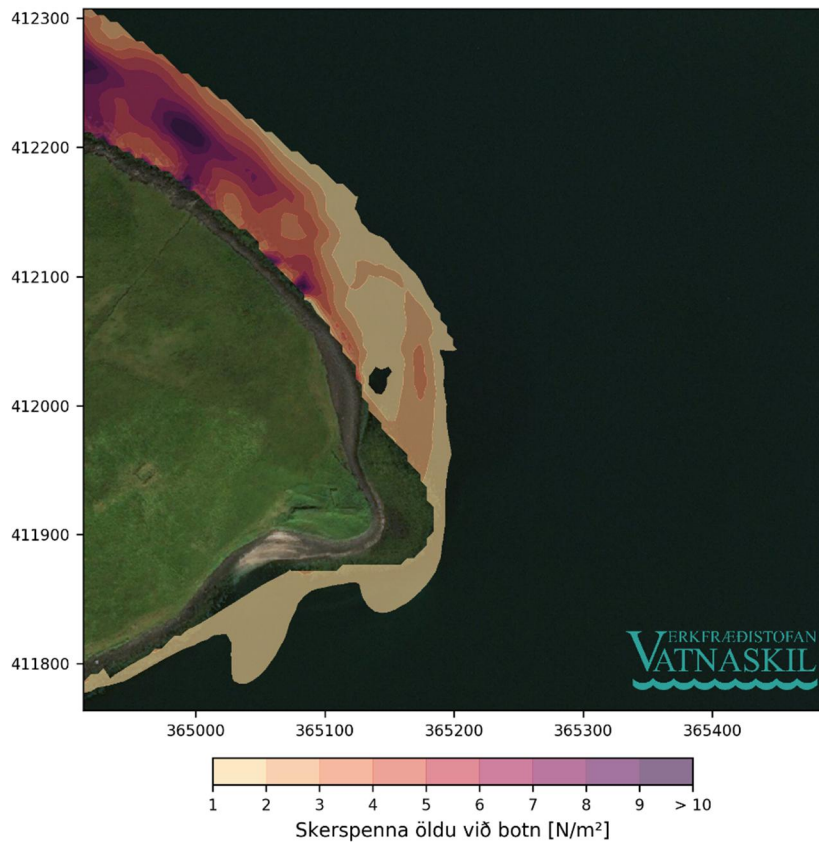
Mynd 11. Hlutfallsleg breyting á kenniöldu í vestan ölduatburði með 1 árs endurkomutíma við MSSFL. Endurkast grjótvagnar landfyllingar 50%. Öldustefna við núverandi ástand (rauðar örvar). Öldustefna með landfyllingu og siglingarrennu (svartar örvar).



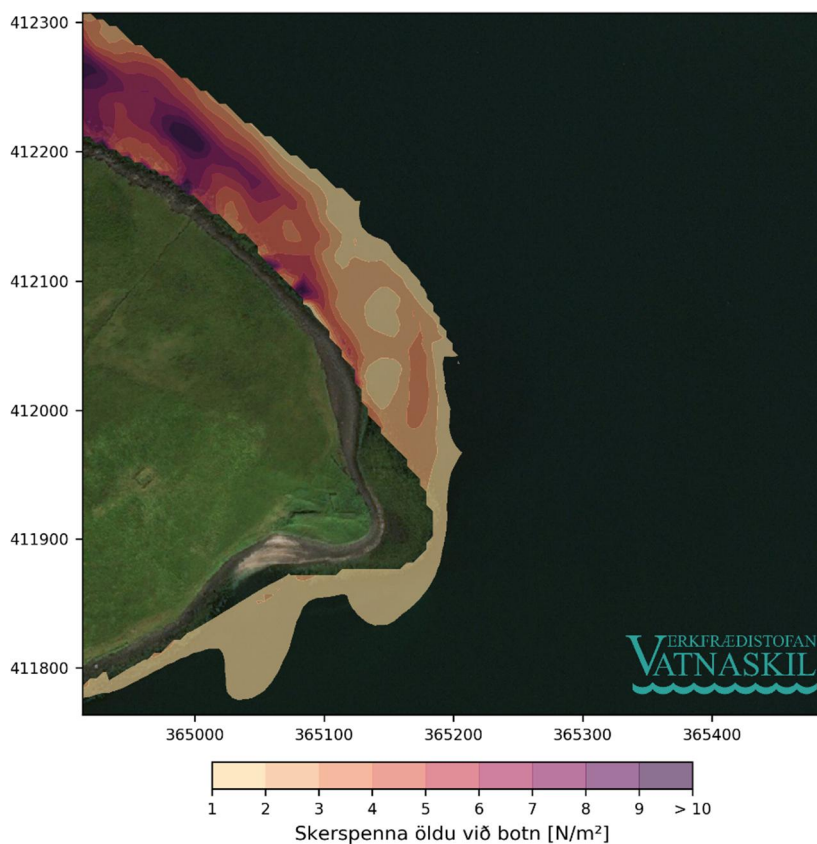
Mynd 12. Straumur með og án landfyllingar og siglingarrennu á stórstraums aðfalli.



Mynd 13. Straumur með og án landfyllingar og siglingarrennu á stórstraums útfalli.

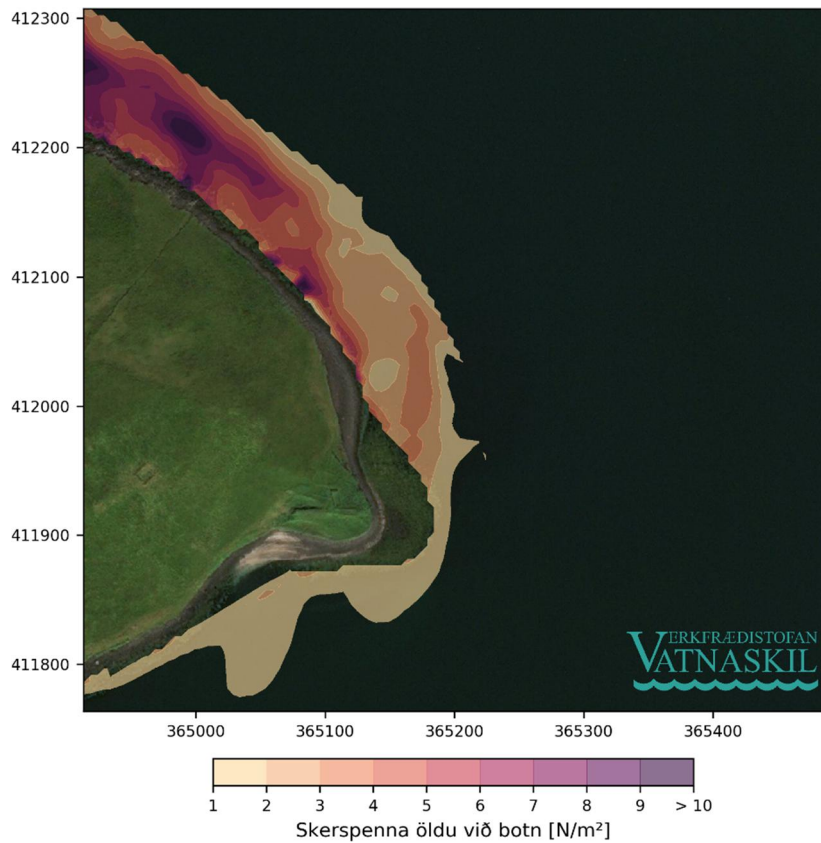


Mynd 14. Skerspenna öldu við botn við strönd Þerneyjar við núverandi ástand.

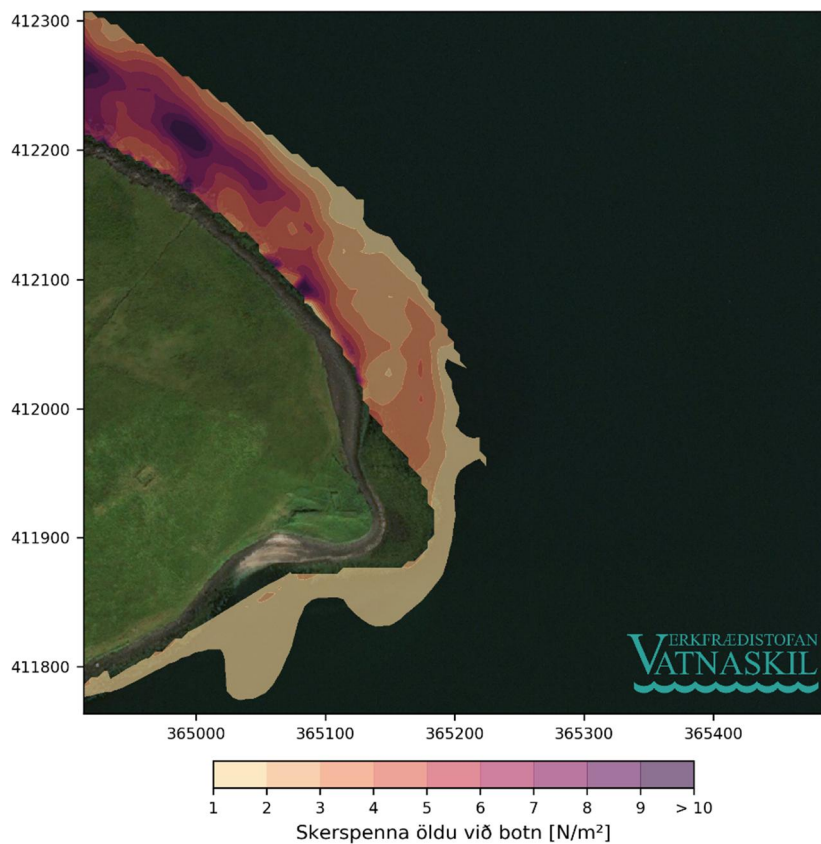


Mynd 15. Skerspenna öldu við botn við strönd Þerneyjar með siglingarrennu og landfyllingu með 30% endurkasti.

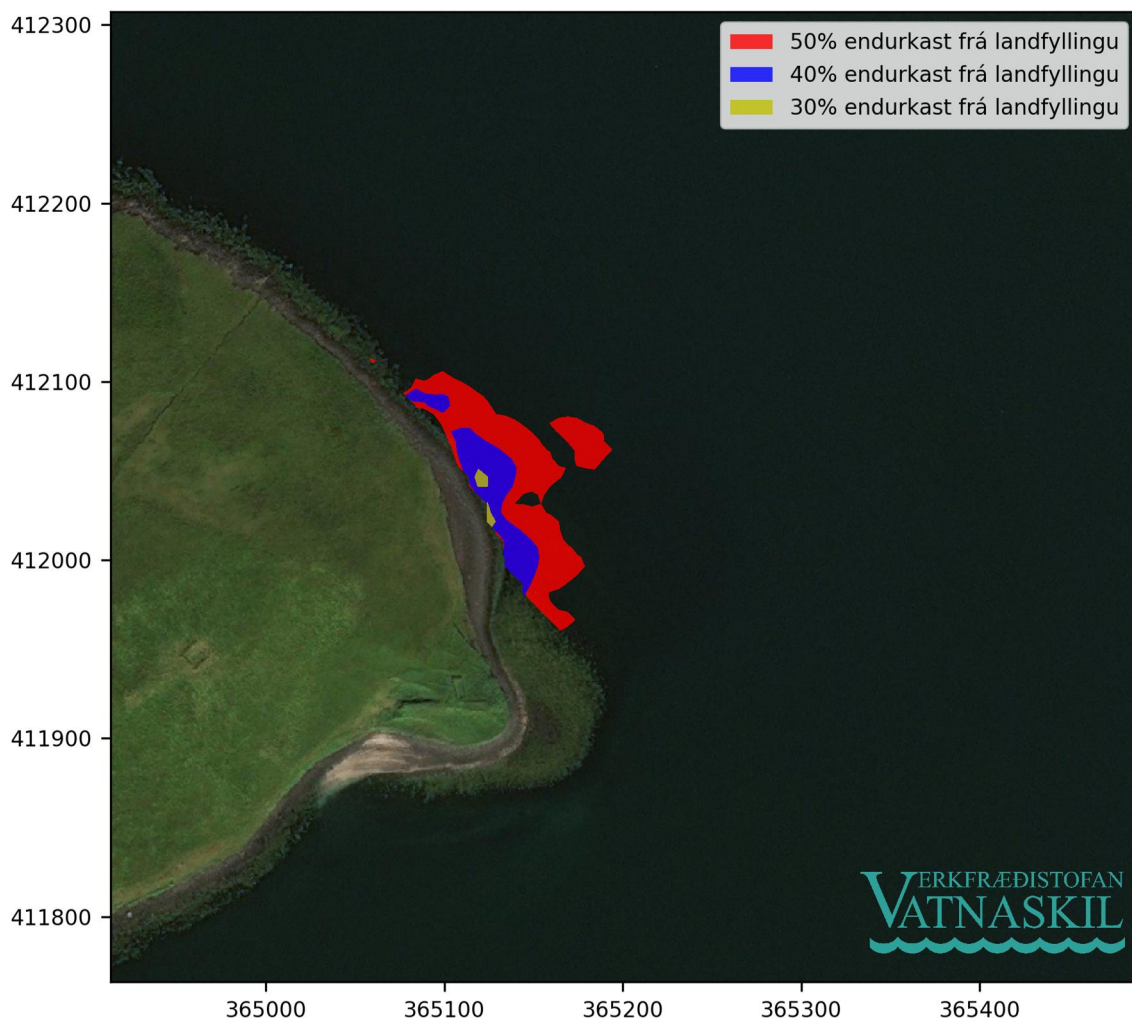




Mynd 16. Skerspenna öldu við botn við strönd Perneyjar með siglingarrennu og landfyllingu með 40% endurkasti.



Mynd 17. Skerspenna öldu við botn við strönd Perneyjar með siglingarrennu og landfyllingu með 50% endurkasti.



Mynd 18. Áhrifasvæði fyrir aukið rof við strönd Þerneyjar vegna hækkun ölduhæðar frá landfyllingu.