

Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar

Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og
skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis

Unnið fyrir Sveitarfélagið Ölfus

Skýrsla nr. 18.09

Desember 2018



Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúli 28

108 Reykjavík

s. 568-1766

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 18.09	Útgefið: Desember 2018	Fjöldi síðna: 72	Dreifing: Opin ☒ Lokuð ☐
Heiti skýrslu: Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar. Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis.			
Höfundar: Eric M. Myer, Hilmar Már Einarsson og Sveinn Óli Pálmarsson			
Verkefnisstjóri: Sveinn Óli Pálmarsson			
Útdráttur: Gerð er grein fyrir greiningu á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar, til stuðnings mats annars vegar á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og hins vegar á framtíðarnýtingu vatnsbóla núverandi og fyrirhugaðra fiskeldisfyrirtækja í nágrenni Þorlákshafnar. Við vinnslu verkefnisins var beitt grunnvatns- og rennislíkani Vatnaskila af Suðvesturlandi, sem hefur verið í þróun í ríflega 35 ár og hefur verið beitt við lausn ýmissa vatnafræðilegra verkefna. Þótt gagnasöfnun og þróun líkansins hafi að mestu snúið að höfuðborgarsvæðinu, njóta önnur svæði eins og Ölfus þess hvernig búið hefur verið um meginorsakasamhengi vatnafarsþátta í líkaninu. Farið var í gagnasöfnun til að auka þekkingu á grunnvatnskerfinu í Ölfusi og nýtingu þess, og til uppfærslu grunnvatnslíkansins. Mjög takmarkaðar upplýsingar reyndust þó tiltækar og eru því niðurstöður bundnar töluverðri óvissu, og ber að meðhöndla þær sem frumniðurstöður sem uppfæra má samhliða bættum forsendum og gögnum til frekari staðfestingar líkansins. Grunnvatnslíkanið var útvíkkað í kringum framtíðaruppbyggingarsvæði fiskeldis í nágrenni Þorlákshafnar svo unnt væri að meta vinnslu á fersku, ísöltu og fullsöltu vatni til framleiðslunnar og meta áhrif vinnslunnar á grunnvatnsauðlindina. Líkanið var þar gert þrívítt og lengt út til sjávar, og gert kleift að reikna grunnvatnsrennsli vegna eðlisþyngdarmunar milli ferskvatns og jarðsjávar. Niðurstöður líkansins sýna að færsla vatnsbóls sveitarfélagsins til norðvesturs á Hafnarsandi, sbr. tillögu í aðal-skipulagi, sé líkleg til að leiða af sér nokkuð gæfan vinnslustað sem er undir litlum áhrifum af fyrirhuguðu nærliggjandi opnu svæði og mun ofanstreymis sækja í svipaðan straum í upplandi Ölfuss og núverandi vatnsból á Hafnarsandi. Þetta mun þó þarfnast staðfestingar með fyrirhuguðum vatnafarsmælingum. Enn fremur mun í kjölfarið þurfa að meta vinnslumöguleika þar með hliðsjón af áhrifum á seltu vinnsluvatns fiskeldisfyrirtækja neðan-streymis. Jafnframt þarf að staðfesta að niðurdráttur við nærliggjandi vinnsluáðila verði innan marka. Núverandi fiskeldisfyrirtæki sunnan af Þorlákshöfn vinna ferskt og ísalt vatn í grynri vinnsluholum sínum, sem er blanda af því ferskvatni sem þar er á ferðinni til sjávar og jarðsjó. Seltan eykst eftir því sem austar dregur á Hafnarnesi. Einnig er unnið nánast fullsalt vatn úr djúpum holum, en seltan minnkar lítillga austar á Hafnarnesi. Visbendingar eru um að frekari vatnsvinnsla á þessu svæði geti leitt af sér aukna seltu í grynri holum og nánast fullsalt vatn í dýpri holum, mögulega án neikvæðra áhrifa á ferskvatn vestan af svæðinu. Þetta þarfnast þó frekari staðfestingar. Seltuaukningin í grynri holunum er líkleg til að vera heldur minni eftir því sem núverandi vinnsluvatn er saltara, en reikningarnir gefa til kynna tiltölulega salta vatnsvinnslu í grynri holum núverandi fiskeldisfyrirtækja, sem ekki hefur fengist staðfest. Ekki eru forsendur til að stofna til frekari vatnsvinnslu á Hafnarnesi áður en framan-greindar staðfestingar liggja fyrir. Svæðið vestan af Löxum, nær Keflavík, virðist gjöfulla af ferskvatni en svæði núverandi fiskeldisfyrirtækja á Hafnarnesi. Hins vegar þarf að gæta hóflegrar vatnstöku þar til að varna því að spilla ferskvatnslaginu. Nauðsynlegt er að staðfesta líkanreikningana með fyrirhuguðum vatnafarsmælingum og nánari upplýsingum um fyrirkomulag vatnsvinnslu fiskeldisfyrirtækjanna áður en skipulag svæðisins verður ákvarðað. Í kjölfarið verður jafnframt unnt að meta mögulegan ávinning af því að vinna ferskt vatn til fiskeldisins ofar í landi. Þar sem mjög lítið er af tiltækum vatnafarsgögnum í suðurhluta Ölfuss og í nágrenni Þorlákshafnar er frekari gagnasöfnun nauðsynleg til að minnka óvissuna í líkanreikningum og staðfesta þá, áður en skipulag vatnstöku verður ákvarðað. Sveitarfélagið Ölfus hyggst standa fyrir nauðsynlegum vatnafarsmælingum sem allra fyrst svo unnt verði að klára framangreint skipulag. Samhliða þarf að fara fram viðbótargagnasöfnun, þ.m.t. um vinnslufyrirkomulag og seltu vinnsluvatns fiskeldisfyrirtækja. Að auki verða lögð drög að framtíðarvöktun svæðisins til að hafa eftirlit með ástandi grunnvatnsauðlindarinnar.			
Verkkaupi: Sveitarfélagið Ölfus		Tengiliður verkkaupa: Sigurður Ósmann Jónsson	
Lykilorð: Fiskeldi, grunnvatnslíkan, vatnsból, aðrennslissvæði, jarðsjór, ísalt vatn, ferskvatn, skipulag			

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Myndaskrá	5
Töfluskrá	7
1. Inngangur	8
2. Grunnvatns- og rennislíkan	8
2.1. Gagnasöfnun	9
2.2. Uppfærsla grunnvatnslíkans	11
3. Færsla vatnsbóls sveitarfélagsins	12
4. Skipulag vegna uppbyggingar fiskeldis	18
4.1. Hugmyndalíkan	18
4.2. Útvíkkað reiknilíkan	19
4.2.1. Staðfesting líkans	21
4.2.2. Forsendur líkanreikninga	21
4.3. Niðurstöður viðmiðunartilfellis	25
4.4. Niðurstöður framtíðartilfella	28
4.4.1. Ferskvatnsvinnsla og vinnsla á ísöltu vatni	28
4.4.2. Jarðsjávertaka	33
5. Samantekt og umræða	38
5.1. Staðfesting reikninga og viðmið um ástand grunnvatnsauðlindarinnar	38
5.2. Ferskvatn til nýtingar fyrir mismunandi vinnslu	38
5.3. Vinnsluforsendur fiskeldisfyrirtækja	39
5.4. Vísbendingar um áhrif vatnsvinnslu á seltustig til fiskeldis	40
6. Lokaorð	41
Heimildaskrá	43
Viðauki A	44

Myndaskrá

Mynd 1. Jaðar grunnvatns- og rennislíkans af Suðvesturlandi.	9
Mynd 2. Yfirlitskort af Þorlákshöfn með staðsetningum núverandi vatnsbóla sveitarfélagsins ásamt núverandi fiskeldisstöðvum.	10
Mynd 3. Reiknað grunnvatnsrennsli á sunnanverðu Ölfussvæðinu.	12
Mynd 4. Reiknað aðrennslissvæði núverandi vatnsbóla við 50 L/s vinnslu.	13
Mynd 5. Reiknað aðrennslissvæði fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 50 L/s vinnslu.	14
Mynd 6. Reiknað aðrennslissvæði fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 500 L/s vinnslu.	15
Mynd 7. Reiknaður niðurdráttur vegna 500 L/s vinnslu í fyrirhugaða framtíðarvatnsbóls.	15
Mynd 8. Reiknað aðrennslissvæði a) núverandi vatnsbóla við 50 L/s vinnslu, b) fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 50 L/s vinnslu og c) fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 500 L/s vinnslu.	17
Mynd 9. Hugmyndalíkan af grunnvatnskerfinu í nágrenni Þorlákshafnar.	19
Mynd 10. Jaðar útvíkkaðs grunnvatnslíkans í nágrenni Þorlákshafnar.	20
Mynd 11. Lagskipting útvíkkaðs grunnvatnslíkans með yfirborð og bólstrabergslög sýnd. Horft er til norðvesturs.	20
Mynd 12. Uppskipting núverandi og hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja við Þorlákshöfn.	22
Mynd 13. Reiknað hlutfall sjós 0-6 m undir meðalsjávarhæð.	25
Mynd 14. Reiknað hlutfall sjós 14-19 m undir meðalsjávarhæð.	26
Mynd 15. Reiknað hlutfall sjós, 55-70 m undir meðalsjávarhæð.	27
Mynd 16. Reiknað hlutfall sjós í þversniði grynnri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi.	27
Mynd 17. Hlutfall sjós í efsta hluta vinnslusvæðis núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.	29
Mynd 18. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	30
Mynd 19. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	31
Mynd 20. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	31
Mynd 21. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynnri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi Tilfelli 2.	32
Mynd 22. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynnri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi Tilfelli 3.	32
Mynd 23. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 4.	33
Mynd 24. Hlutfall sjós neðst í dýpri holum núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.	34
Mynd 25. Reiknaður niðurdráttur m.v. Tilfelli 0 í dýpri holum núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.	35
Mynd 26. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	36
Mynd 27. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	37
Mynd 28. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	37

Mynd 29. Reiknað hlutfall sjós í sjótökuholu Íspórs.	45
Mynd 30. Reiknað hlutfall sjós í sjótökuholu Náttúru.	46
Mynd 31. Reiknað hlutfall sjós í Keflavík	47
Mynd 32. Hlutfall sjós á svæði Náttúru 0-6 m u.s.	48
Mynd 33. Hlutfall sjós í Þorlákshöfn 0-6 m u.s.	48
Mynd 34. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. viðmiðunarástand.	49
Mynd 35. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. viðmiðunarástand.	49
Mynd 36. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. viðmiðunarástand.	50
Mynd 37. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. viðmiðunarástand.	50
Mynd 38. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. viðmiðunarástand.	51
Mynd 39. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. viðmiðunarástand.	51
Mynd 40. Hlutfall sjós 90-100 m u.s. viðmiðunarástand.	52
Mynd 41. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir viðmiðunarástand.	52
Mynd 42. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	53
Mynd 43. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	53
Mynd 44. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	54
Mynd 45. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	54
Mynd 46. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	55
Mynd 47. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	55
Mynd 48. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).	56
Mynd 49. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	56
Mynd 50. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	57
Mynd 51. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	57
Mynd 52. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	58
Mynd 53. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	58
Mynd 54. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	59
Mynd 55. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).	59
Mynd 56. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 2.	60
Mynd 57. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	60
Mynd 58. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	61
Mynd 59. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	61
Mynd 60. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	62
Mynd 61. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	62
Mynd 62. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	63
Mynd 63. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).	63
Mynd 64. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 3.	64



Mynd 65. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. Tilfelli 4.	64
Mynd 66. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 4.	65
Mynd 67. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 4.	65
Mynd 68. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 4.	66
Mynd 69. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 4.	66
Mynd 70. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 4.	67
Mynd 71. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. Tilfelli 4.	67
Mynd 72. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 4.	68
Mynd 73. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 4.	68
Mynd 74. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. Tilfelli 1b.	69
Mynd 75. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 1b.	69
Mynd 76. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 1b.	70
Mynd 77. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 1b.	70
Mynd 78. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 1b.	71
Mynd 79. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 1b.	71
Mynd 80. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 1b.	72
Mynd 81. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. Tilfelli 1b.	72

Töfluskrá

Tafla 1. Heildarvinnsla og fjöldi vinnsluhola í hverju tilfelli.	23
Tafla 2. Vinnsla (L/s) hvers svæðis fyrir hvert tilfelli.	24

1. Inngangur

Sveitarfélagið Ölfus hefur á síðustu árum lagt áherslu á uppbyggingu atvinnustarfsemi í Þorlákshöfn og nágrenni. Uppbygging á hafnarsvæði er nú þegar byrjuð og stefnt er á enn frekari uppbyggingu í næstu framtíð. Stefnt er að því að skipuleggja iðnaðarsvæði vestan Þorlákshafnar, þar með talið u.þ.b. 4 km langt svæði meðfram ströndinni frá Þorlákshöfn í átt að Keflavík sem hugsað er til uppbyggingar á fiskeldi. Að öllum líkindum mun framtíðaruppbygging atvinnustarfsemi hafa í för með sér aukinn íbúafjölda bæjarins.

Fyrirhuguð framtíðaruppbygging mun kalla á aukna vatnspörf bæði til neyslu og iðnaðarnotkunar, og krefst því stækkunar á vatnsveitu sveitarfélagsins samhliða aukinni vatnsvinnslu. Ekki liggur fyrir hver framtíðarvatnspörf gæti verið. Fyrirhuguð aukin vatnsvinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja og vatnspörf nýrra fiskeldisfyrirtækja mun að öllum líkindum valda mikilli áraun á grunnvatnsauðlindina meðfram ströndinni bæði á fersku og söltu vatni.

Við stóraukna nýtingu grunnvatnsauðlindarinnar á svæðinu í kringum Þorlákshöfn í nánustu framtíð, er mikilvægt að auðlindin sé nýtt skynsamlega, á sem sjálfbærastan hátt og með sem minnstum árekstrum mismunandi notenda. Að beiðni sveitarfélagsins hafa Vatnaskil unnið greiningu á grunnvatnsauðlindinni með tvö meginmarkmið í huga. Annars vegar til stuðnings mats á færslu vatnsbóls Þorlákshafnar í norðurvestur frá núverandi vatnsbóli á Hafnarsandi, töluvert frá Suðurstrandarvegi og fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Þorlákshafnar. Hins vegar til að meta áhrif mögulegrar vatnstöku vegna uppbyggingar fiskeldis í nágrenni Þorlákshafnar. Er þar horft til vatnsvinnslu (ferskt, ísalt og salt vatn) núverandi, fyrirhugaðra og hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja, hver innbyrðis áhrif þeirra geta verið á vinnslu hvers annars og hver áhrif vinnslunnar geti orðið á grunnvatnskerfið.

Í umfjölluninni að neðan er gerð grein fyrir gagnasöfnun, uppfærslu grunnvatnslíkans svæðisins, helstu niðurstöðum gagnvart færslu vatnsbóls sveitarfélagsins, forsendum og nauðsynlegri útvíkkun grunnvatnslíkansins til að meta áhrif af uppbyggingu fiskeldis, og helstu niðurstöðum þeirrar greiningar sem fylgdi í kjölfarið.

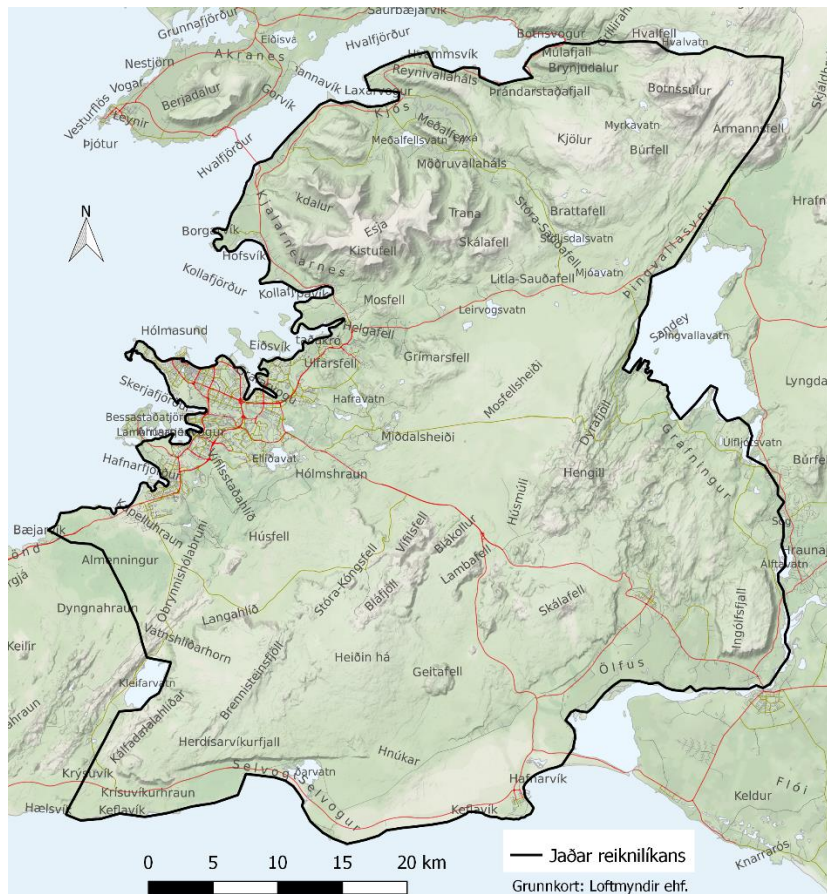
2. Grunnvatns- og rennislíkan

Við vinnslu verkefnisins var beitt grunnvatns- og rennislíkani Vatnaskila af Suðvesturlandi, sem hefur verið í þróun í ríflega 35 ár og hefur verið beitt við lausn ýmissa vatnafræðilegra verkefna. Líkanið nær frá Kleifarvatni og ströndinni við höfuðborgarsvæðið í vestri og austur að Ölfusá og Þingvallavatni, og frá suðurströndinni norður í Hvalfjörð (Mynd 1).

Mikið af gögnum ganga inn í líkanið og eru þau notuð bæði við útreikninga reiknilíkansins og til samanburðar við niðurstöður þess. Síðan árið 2001 hefur líkanið verið uppfært árlega, og kom síðasta skýrsla út í desember 2017 (Vatnaskil, 2017). Þótt sú gagnasöfnun og uppfærsla hafi að mestu snúið að höfuðborgarsvæðinu, njóta önnur svæði eins og Ölfus þess hvernig búið hefur verið um meginorsakasamhengi veðurfars, yfirborðsgerðar og jarðfræði til að skapa traustan vatnafarsgrunn. Unnt er að þoka Ölfusi og svæðinu nærri Þorlákshöfn í átt að sams konar nákvæmni og er til staðar á höfuðborgarsvæðinu með gagnasöfnun og uppfærslu grunnvatnslíkansins. Eðli málsins samkvæmt er um lengri tíma markmið að ræða, en þó voru tekin mikilvæg skref í þessa átt við vinnslu núverandi verkefnis, eins og nánar er greint frá hér að neðan.

2.1. Gagnasöfnun

Hingað til hefur mjög lítið af gögnum ratað inn í líkanið frá Ölfusi, sér í lagi suður og suðaustur frá Bláfjöllum og frá svæðinu í nágrenni Þorlákshafnar (suðaustur af Geitafelli). Því var farið í gagnasöfnun til að auka þekkingu á grunnvatnskerfinu og styrkja núverandi grunnvatnslíkan við uppfærslu þess. Leitað var að fyrirleggjandi gögnum sem nýst gætu við uppfærslu líkansins. Tiltæk gögn voru greind og safnað saman í vatnafarsgagnagrunn sem heldur utan um gögnin og auðveldar við innleiðingu gagna inni í grunnvatnslíkanið.



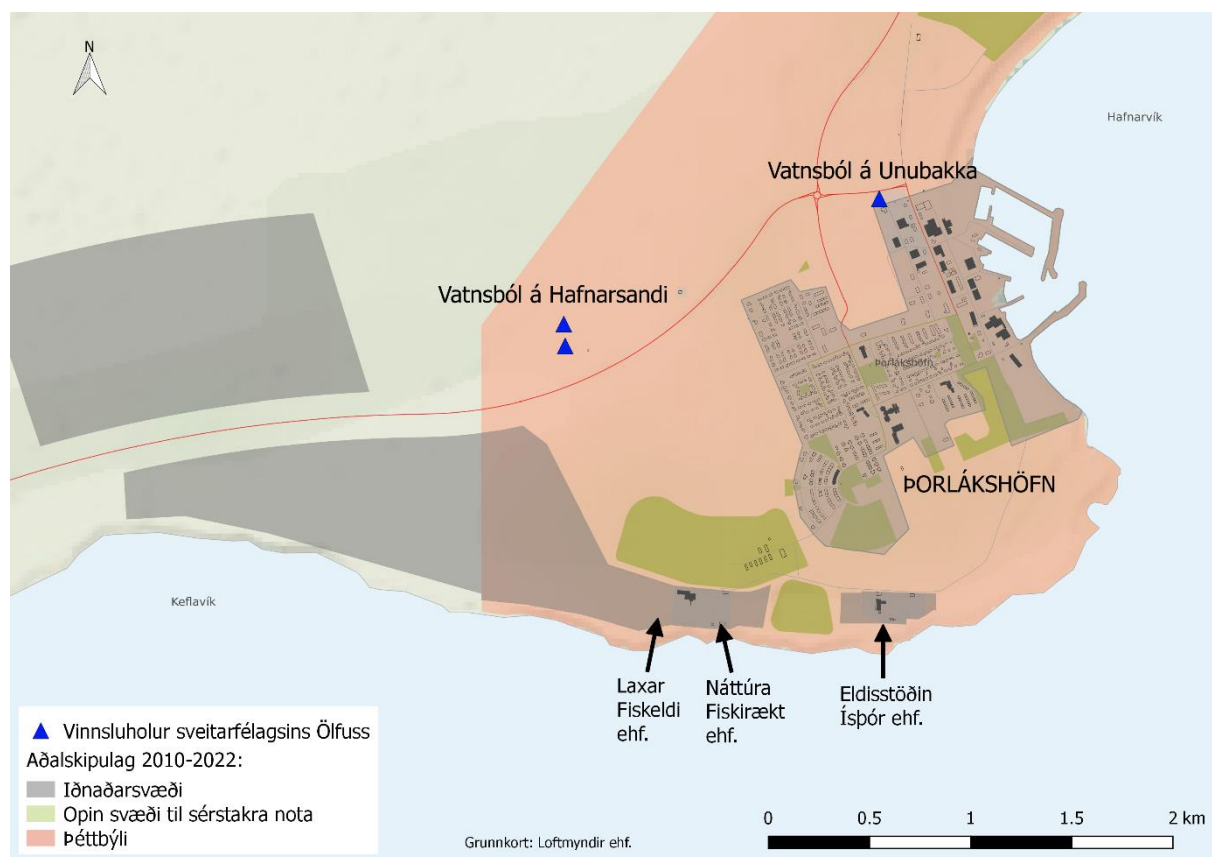
Mynd 1. Jaðar grunnvatns- og rennislíkans af Suðvesturlandi.

Sveitarfélagið Ölfus veitti upplýsingar um núverandi meðalvatnsvinnslu vatnsbóla í þeirra eigu. Tvö vatnsból eru í notkun hjá sveitarfélaginu. Annars vegar er vatnsból á Hafnarsandi um 1 km vestan af Þorlákshöfn (rétt vestan við Suðurstrandarveg). Vatnsbólið samanstendur af tveimur vinnsluholum með u.þ.b. 30 L/s samanlagðri meðalvinnslu. Hitt vatnsból sveitarfélagsins er á Unubakka sem er við norðurenda bæjarins en þar er unnið úr einni holu með meðalvinnslu u.þ.b. 20 L/s. Heildarmeðalvinnslan hjá sveitarfélaginu er því u.þ.b. 50 L/s. Staðsetning núverandi vatnsbóla er sýnd á Mynd 2 ásamt meginþáttum í núverandi aðalskipulagi Ölfuss 2010-2022. Hjá sveitarfélaginu kom fram að til eru sírituð vinnslugögn úr vatnsbólunum auk þess sem efnasýni hafa verið tekin úr þeim. Þessi gögn bíða afhendingar og þarf að styðjast við þau við frekari staðfestingu líkansins eins og rætt er nánar um síðar í greinargerðinni.

Þrjú fiskeldisfyrirtæki eru í rekstri í dag meðfram ströndinni syðst í Þorlákshöfn (Mynd 2). Eldisstöðin Íspór ehf. og Náttúra Fiskirækt ehf. hafa verið í rekstri síðan u.þ.b. 1986 en Laxar Fiskeldi ehf. síðan

2017. Leitað var til þessara fyrirtækja til að afla nýtanlegra gagna. Upplýsingar um borholur voru fengnar að mestu leyti frá Hauki Jóhannessyni jarðfræðingi, sem hefur haft aðkomu að borunum og skráningum á borholum fiskeldisfyrirtækjanna í gegnum árum. Dæmi um helstu borholugögn sem var aflað eru; hnit, holudýpi og fóðringardýpi ásamt borskýrslum, sem innihalda misgóðar upplýsingar um jarðlagaskiptingu. Erfitt var að fullnýta þær upplýsingar úr eldri borholum (borað 1985-1990) hjá Náttúru og Löxum vegna misræmis í skráningu milli aðila. Eldri gögnum um heiti borhola ber ekki saman við núverandi heiti sem notuð eru í borholugrunni Orkustofnunar. Því var ekki hægt að tengja saman gögn við allar borholur. Samt sem áður voru gögnin notuð til viðmiðunar eftir bestu getu.

Mjög lítið fékkst af beinum mælingum úr borholunum fyrir utan gamlar hita- og leiðnimælingar sem fengust úr tveimur borholum Íspórs (ÍSÖR, 2012) og úr þremur borholum hjá Náttúru (Orkustofnun, 1986). Núverandi vinnsla ferskvatns og jarðsjós var metin hjá fyrirtækjunum þar sem síritaðar mælingar voru ekki tiltækar. Einungis er um viðmið að ræða, en óvíst er um meðalársvinnslu, árstíða-bundna vinnslu, sem og annan mögulegan breytileika í vinnslu. Sambærilegar takmarkanir voru gagnvart viðmiðum um framtíðarvinnslu. Upplýsingar frá Íspóri og Náttúru benda til þess að ferskvatnslinsa, sem unnið er úr ferskvatn, sé mjög þunn og jafnvel horfin á einhverjum hluta svæðisins. Ekki lágu hins vegar fyrir mælingar á seltustigi vinnsluvatns fiskeldisfyrirtækjanna, né upplýsingar um þarfir eða væntingar fyrirtækjanna um seltu vinnsluvatns.



Mynd 2. Yfirlitskort af Þorlákshöfn með staðsetningum núverandi vatnsbóla sveitarfélagsins ásamt núverandi fiskeldisstöðvum.

Rýnt var í eldri heimildir, sérstaklega vatnafarsrannsóknir sem gerðar hafa verið á svæðinu. Í skýrslu Orkustofnunar (1995) er gerð ítarleg úttekt á vatnajarðfræði í sunnanverðu Ölfusi, og eru birtar stakar

vatnsborðsmælingar og hita- og leiðnimælingar með dýpi úr völdum borholum á svæðinu. Í skýrslunni er mat lagt á bergeiginleika, leiðni og geymslustuðul hraunsins milli Hlíðarenda og Þorlákshafnar. Gott yfirlit um jarðfræði og vatnafar í Ölfusi fékkst úr skýrslu Orkustofnunar (2000), og upplýsingar um jarðlagagreiningu við Þorlákshöfn og vatnsgæfni jarðlaga var aflað úr annarri skýrslu Orkustofnunar (1988). Vísbending er um saltvatn í gömlum vatnsbólum í bænum samkvæmt nokkurra ára gamalli dagblaðsgrein (Morgunblaðið, 2009), en upplýsingar um nákvæma staðsetningu vatnsbólanna eru til hjá sveitarfélaginu.

Einnig var rýnt ítarlega í borholugrunn Orkustofnunar til að afla upplýsinga úr borskýrslum þ.á.m. greining jarðlaga og vatnsborðsmælingar. Einstaka borskýrslu var aflað hjá Jarðborunum hf. Alls voru fengnar og greindar borskýrslur úr u.þ.b. 50 borholum. Gæði gagna úr þeim voru misjöfn og voru ekki öll gögnin nothæf.

Eins og fram kom hér að ofan, var leitað til jarðfræðingsins Hauks Jóhannessonar við öflun borholugagna fiskeldisfyrirtækjanna. Einnig fékkst hraunkort af svæðinu frá honum (Sinton o.fl., 2005) og veitti hann ráðgjöf við greiningu á jarðfræði og vatnafari svæðisins, sérstakleg í grennd við núverandi fiskeldisstöðvar, sem var mikilvægt innlegg í hugmyndalíkan af grunnvatnskerfinu sem lýst er nánar í kafla 4.1 hér fyrir neðan.

Almennt séð er mjög lítið af tiltækum vatnafarsgögnum í suðurhluta Ölfuss og í nágrenni Þorlákshafnar. Töluvert er af borholum á svæðinu en umfang og gæði borholugagna eru mjög misjöfn. Skortur er á grunnvatnshæðarmælingum þar sem einungis lágu fyrir nokkrar stakar mælingar úr örfáum holum, en flestar þeirra eru ónákvæmar úr borskýrslum. Fáar seltumælingar eru til á svæðinu meðfram ströndinni og engar af þeim eru nýlegar. Við gagnaleitina kom í ljós að til eru gögn sem ekki fengust afhent, þ.á.m. sírituð grunnvatnshæð og efnagreining úr vatnsbólum sveitarfélagsins Ölfuss og efnagreining ferskvatns úr vatnsbóli Eldisstöðvarinnar Íspórs ehf. Vegna ábendingar sveitarfélagsins Ölfuss var reynt að afla niðurstöðum úr vatnafarsrannsókn á Hlíðarenda í tengslum við starfsemi Icelandic Water Holdings hf., en ekki fengust svör við fyrirspurnum.

2.2. Uppfærsla grunnvatnslíkans

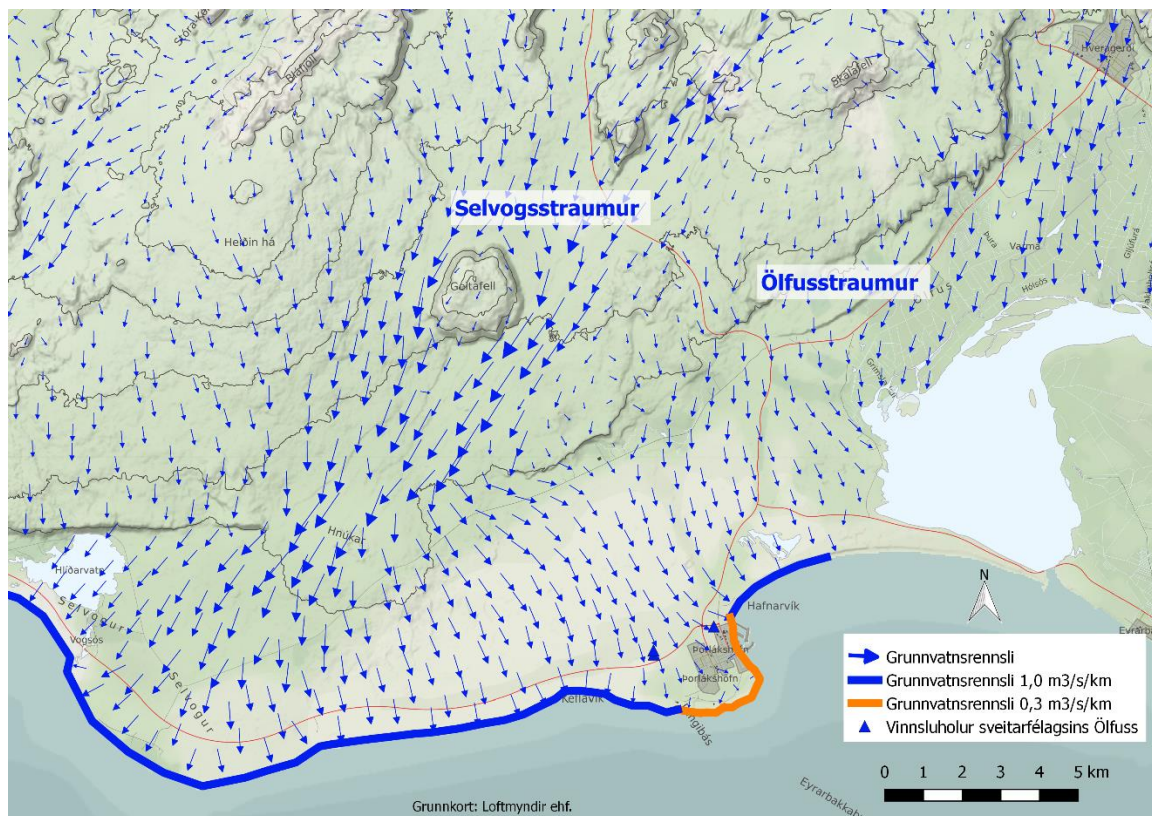
Gögn sem fengust við gagnasöfnunina voru greind og þeim bætt inn í grunnvatnslíkanið, annað hvort sem inntaks- eða kvörðunargögn. Reikninet líkansins var almennt þétt á svæðinu í kringum Þorlákshöfn til að auka upplausn og nákvæmni reikninga og reiknipunktur voru skilgreindir í nýjum borholum í gagnagrunninum. Jaðar líkansins var endurskilgreindur með meiri nákvæmni meðfram Ölfusá og ströndinni austan Keflavíkur. Að auki var reikninet líkansins þétt til þess að draga mætti nákvæmar fram jarðfræðilegan breytileika svæðisins. Tekið var sérstaklega tillit til grafinna móbergsmýndana (Magnús Tumi Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir, 2004) við Hlíðarendafjall og lektargildi líkansins voru uppfærð og skilgreind með meiri nákvæmni.

Líkanið var enduraðlagð með hliðsjón af nýjum gögnum. Mat á bergeiginleikum, leiðni og geymslu (Orkustofnun, 1995) voru notuð sem viðmið í kvörðuninni, ásamt því að nýfengnar vatnsborðsmælingar úr borskýrslum voru nýttar. Uppfærsla líkansins leiddi til aukinnar nákvæmni og áreiðanleika líkansins, en mikilvægt er að hafa í huga að verulegt ráðrúm er til frekari úrbóta með nánari gagnaöflun á svæðinu og ítarlegri uppfærslu líkansins.

Vatnafar í Ölfusi einkennist af miklu grunnvatnsrennsli og litlu vatnsrennsli á yfirborði. Stærsti hluti úrkomunnar, allt að um 4 m á ári upp á hálendi, sigur í jörðu og rennur sem grunnvatn annars vegar til sjávar vestan Þorlákshafnar í Selvogsstraumi, og hins vegar til Ölfusár og sjávar austan Þorlákshafnar í Ölfusstraumi (Mynd 3). Sterkur sprungusveimur með NA-SV stefnu liggur frá Hellsheiði til suðvesturs,

vestan af Skálafelli og austan af Geitafelli og til Selvogs. Sprungusveimurinn hefur mikil áhrif á grunnvatnskerfið og beinir grunnvatni af hálendi til sjávar með Selvogsstraumnum. Hluti af Selvogsstraumnum beygir til austurs í nágrenni Hlíðarendafjalls og rennur síðan í átt til Þorlákshafnar þar sem hann mætir grunnvatni úr Ölfusstraumi á svæðinu í kringum Þorlákshöfn. Á láglandi milli Herdísarvíkur og Þorlákshafnar eru mjög vatnsleiðandi nútímahraun sem flytja grunnvatn greiðlega til sjávar. Samkvæmt grunnvatnslíkaninu renna um $33 \text{ m}^3/\text{s}$ af grunnvatni til sjávar milli Herdísarvíkur og Hafnarskeiðs. Rennsli grunnvatns til sjávar er nokkurn veginn jafnt á svæðinu, u.þ.b. $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$, nema á Hafnarnesi þar sem rennslið er einungis $0,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$. Landfræðilegar aðstæður geta útskýrt minna grunnvatnsrennsli á Hafnarnesi en einnig getur það haft áhrif að grunnvatnsskil milli Selvogs- og Ölfusstraums liggja nokkurn veginn í gegnum svæðið. Nánari ákvörðun á þessum aðstæðum á Hafnarnesi þarf að fara fram þegar frekari vatnafarsmælingar liggja fyrir og líkanið hefur verið uppfært og fengið frekari staðfestingu.

Þótt minna virðist renna af grunnvatni til sjávar eftir Hafnarnesi en sitt hvoru megin við það, er þar að finna meginvatnsvinnslu í suðurhluta Ölfuss. Bæði er þar um að ræða vatnsvinnslu sveitarfélagsins og þeirra fiskeldisfyrirtækja sem þar starfa. Nánar er vikið að þessum aðstæðum í greiningunni að neðan.



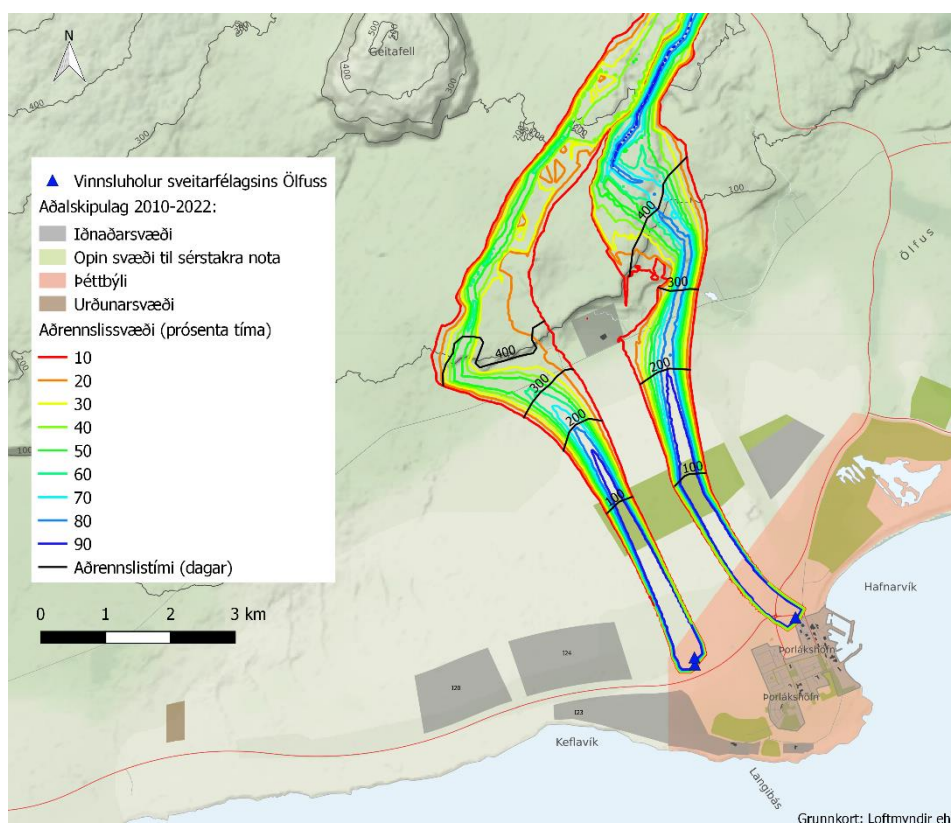
Mynd 3. Reiknað grunnvatnsrennsli á sunnanverðu Ölfussvæðinu.

3. Færsla vatnsbóls sveitarfélagsins

Grunnvatnslíkaninu var beitt til að leggja mat á fyrirhugaða færslu vatnsbóls sveitarfélagsins. Núverandi aðalskipulag Ölfuss 2010-2022 gerir ráð fyrir nýju vatnsbóli á Hafnarsandi norðvestur af núverandi vatnsbóli, lengra frá Suðurstrandarvegi og fyrirhuguðum iðnaðarsvæðum vestan Þorlaks-

hafnar. Reiknuð voru aðrennslissvæði fyrir núverandi vatnsból og tvö tilfelli með vinnslu úr framtíðarvatnsbóli. Við þessa reikninga var ekki sérstaklega tekið tillit til vatnsvinnslu fiskeldisfyrirtækjanna. Þegar frekari gögn liggja fyrir til staðfestingar líkanreikninganna er ástæða til að taka tillit til vinnslu fiskeldisfyrirtækjanna eftir þörfum.

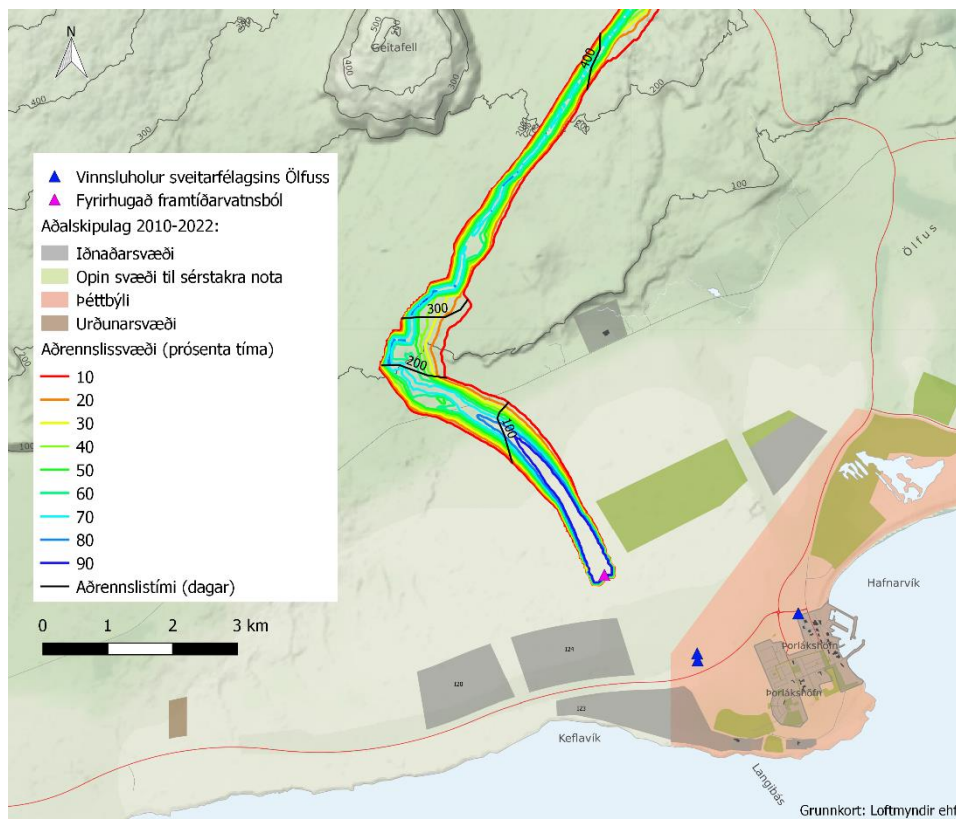
Á Mynd 4 er sýnt reiknað aðrennslissvæði á nærsvæði vatnsbóla fyrir núverandi vatnsból með 50 L/s heildarmeðalvinnslu. Aðrennslissvæðin eru breytileg með tíma þannig að þau eru tíðnigreind fyrir 44 ára keyrslutímabil grunnvatnslíkansins. Aðrennslissvæðið er sýnt með jafngildislínum sem sýna hlutfall keyrslutíma þaðan sem vatnsbólin eru að sækja vatnið. Þannig sýnir 50% jafngildislínan svæðið sem aðrennslissvæði vatnsbóls lendir innan 50% keyrslutímans. Um er að ræða tvö aðrennslissvæði, eitt fyrir hvert vatnsból. Aðrennslissvæðin eru aðgreind á láglendi en sameinast fyrir ofan Hlíðarendafjall í Selvogsstraumi. Reiknaður var einnig aðrennslistími grunnvatns innan aðrennslissvæða, og er hann sýndur með svörtum línum á myndinni. Samkvæmt grunnvatnslíkani er aðrennslistími grunnvatns um 400 dagar frá Hlíðarendafjalli að vatnsbólunum.



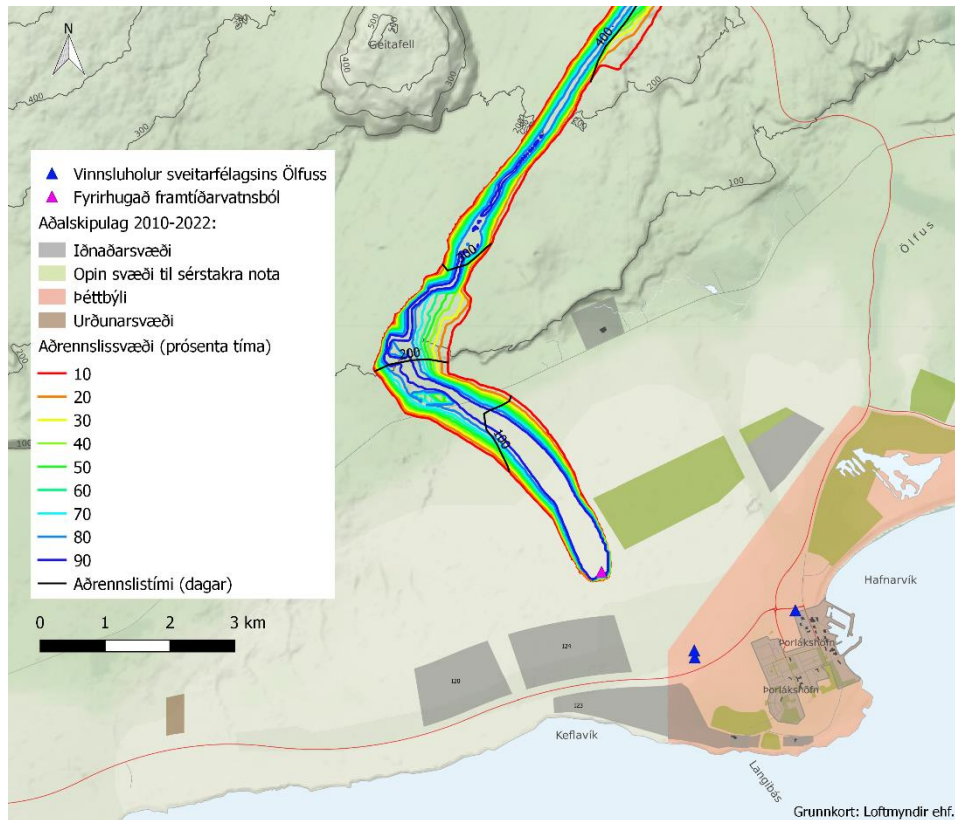
Mynd 4. Reiknað aðrennslissvæði núverandi vatnsbóla við 50 L/s vinnslu.

Aðrennslissvæði var einnig reiknað fyrir tvö vinnslutilfelli framtíðarvatnsbólís sveitafélagsins samkvæmt aðalskipulagi, en í þeim tilfellum voru núverandi vatnsból aflögð. Fyrra tilfellið var reiknað m.v. vinnslu sem samsvarar til núverandi vinnslu, 50 L/s (Mynd 5). Aðrennslissvæðið teygir sig í kringum Hlíðarendafjall og inn í Selvogsstraum. Lega aðrennslissvæðisins er ekki ósvipuð þeirri sem reiknast fyrir núverandi vatnsból á Hafnarsandi, nema það er hliðrun aðeins til vesturs. Aðrennslistími frá Hlíðarendafjall að nýja vatnsbólinu reiknast um 200 dagar. Samkvæmt grunnvatnslíkaninu er óverulegur niðurdráttur vegna 50 L/s vinnslu í nýja vatnsbólinu (<10 cm).

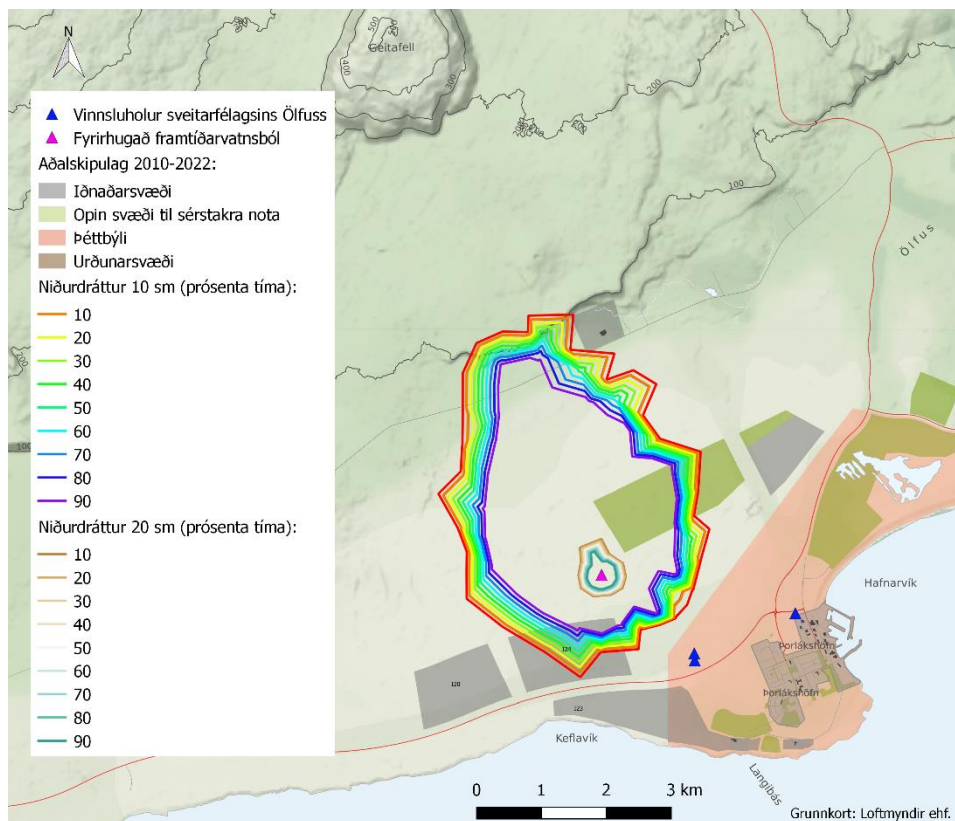
Þar sem ekki liggur fyrir ætluð framtíðarvatnspörf sveitarfélagsins var í seinna tilfelli gert ráð fyrir tífaldri aukningu á núverandi vinnslu í nýja vatnsbólinu til næmnigreiningar, þ.e. 500 L/s vinnslu (Mynd 6). Lega aðrennslissvæðis er tiltölulega svipuð og fyrir 50 L/s vinnsluna, en mun stærri hluta tímans er vatn sótt upp eftir öllu aðrennslissvæðinu. Reiknaður niðurdráttur vegna 500 L/s vinnslu úr framtíðarvatnsbóli reiknast meira en 10 cm á u.þ.b. 15 km² svæði sem teygir sig upp í grunnvatnsstraum um 4 km í átt að Hlíðarendafjalli (Mynd 7). Jafngildislínur fyrir hlutfall keyrslutímans þegar tiltekens niðurdráttur gætir eru sýndar fyrir 10% til 90% tímans með 10% millibili. Þar sýnir t.a.m. 50% hlutfallslínan fyrir 10 cm niðurdrátt útmörk þess svæðis þar sem 50% keyrslutímans er niðurdrátturinn 10 cm eða meiri. Í 300 m radíus í kringum vinnsluholuna reiknast niðurdráttur meira en 20 cm. Niðurdrátturinn telst frekar lítil m.v. vinnsluaukninguna og endurspeglar vatnsgæfni grunnvatnsauðlindarinnar á svæðinu. Ekki er tekið tillit til hugsanlegra áhrifa af vatnsvinnslu fiskeldisfyrirtækja sunnan af Þorlákshöfn eða hugsanlegrar framtíðarvatnstöku fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði milli Keflavíkur og Hafnarvæss. Þegar frekari gögn liggja fyrir til staðfestingar líkanreikninganna þarf að taka tillit til vinnslu fiskeldisfyrirtækja samhliða vinnslu sveitarfélagsins, þar sem þessir aðilar eru að vinna úr sama ferskvatnsstraumi og hafa því áhrif á hvern annan.



Mynd 5. Reiknað aðrennslissvæði fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 50 L/s vinnslu.



Mynd 6. Reiknað aðrennissvæði fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 500 L/s vinnslu.



Mynd 7. Reiknaður niðurdráttur vegna 500 L/s vinnslu í fyrirhugaða framtíðarvatnsbóls.

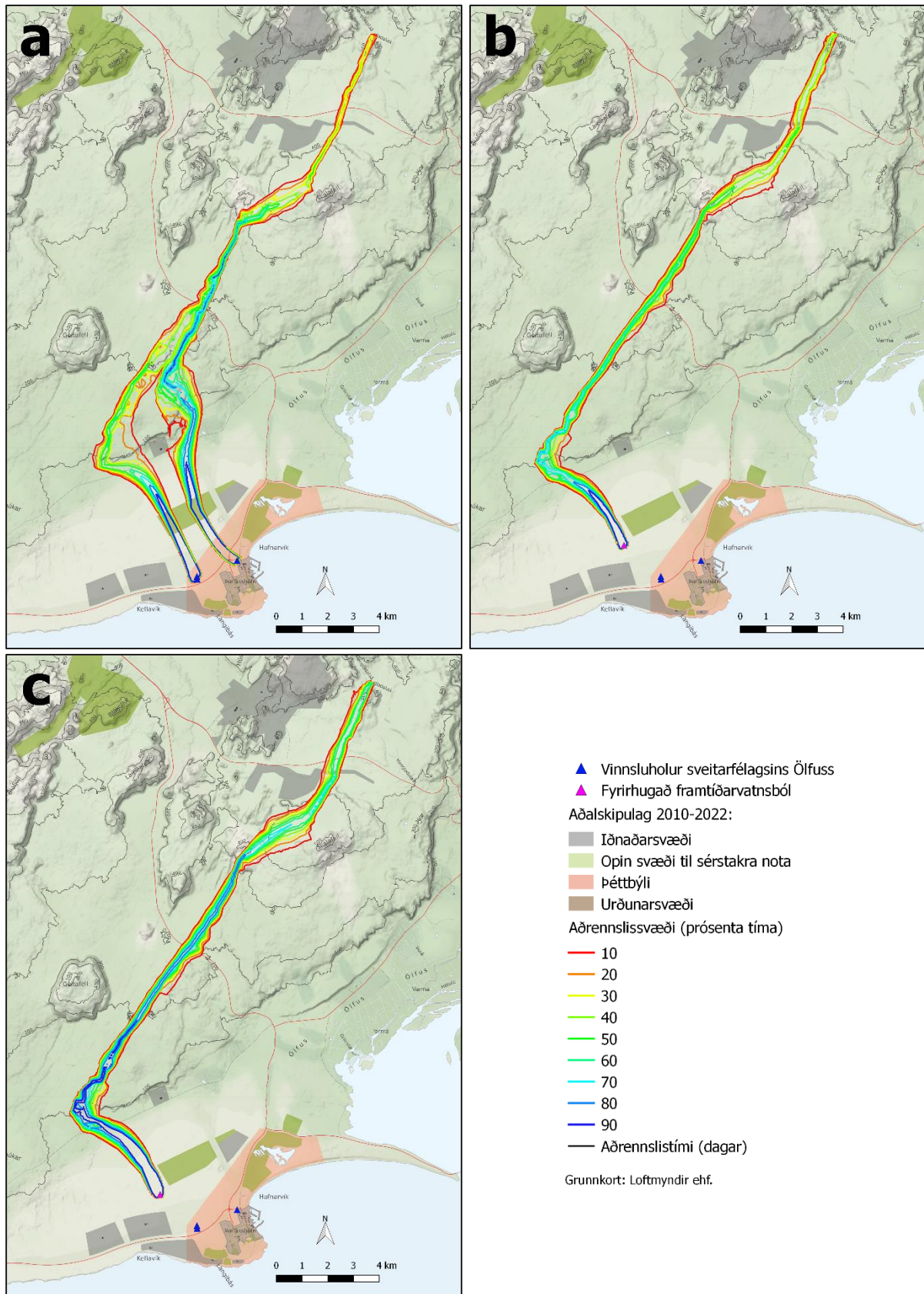
Aðrennslissvæði núverandi vinnslu sem og beggja vinnslutilfella framtíðarvatnsbóls eru sýnd á Mynd 8 í heild sinni. Aðrennslissvæðin þrjú eru mjög svipuð að stærð og legu ofarlega á vatnasviðinu. Þau teygja sig til norðausturs upp eftir Selvogsstraumnum og alveg upp að Hellsheiði. Breidd aðrennslissvæðanna er tiltölulega lítil sem þýðir að breytileiki í stefnu grunnvatnsstraumsins sé lítill yfir 44 ára keyrslutímabilið. Sterkur NA-SV sprungusveimur, sem lýst var í kafla 2.2 að ofan, festir grunnvatnsrennslíð í sömu átt og þar á meðal legu aðrennslissvæðis.

Við ákvörðun á færslu vatnsbólsins er mikilvægt að taka tillit til mögulegrar áhættu á grunnvatnsmengun. Með færslu vatnsbóls sveitarfélagsins til norðvesturs á fyrirhugaðan stað væri vatnsbólið komið út fyrir skilgreint þéttbýlissvæði samkvæmt aðalskipulagi, ólíkt núverandi vatnsbólum. Núverandi vatnsból á Unubakka er sérstaklega illa staðsett vegna nálægðar við iðnaðarstarfsemi, vegi (hætta á mengunarslysi) og strandlengju (hætta á saltmengun frá sjónum). Aðrennslissvæði núverandi vatnsbóla skera svæðið sem skilgreint er sem „opið svæði til sérstakra nota“ í gildandi aðalskipulagi (Mynd 4). Aðrennslissvæði framtíðarvatnsbóls reiknast utan þessa svæðis en tæplega þó (Mynd 5 og Mynd 6). Efni frá opna svæðinu gætu þó mögulega dreifst inn á aðrennslissvæði framtíðarvatnsbólsins með grunnvatnsstraumnum. Nauðsynlegt er að hafa í huga að óvissa er í reikningum vegna óstaðfestrar grunnvatnssveiflu á svæðinu. Þetta kallar aftur á mikilvægi þess að fá síritaðar grunnvatnshæðarmælingar á svæðinu til að staðfesta líkanið og þar með minnka óvissu í reikningum. Þegar frekari mælingar liggja fyrir sem gefa tilefni til uppfærslu líkansins væri ástæða til að endurmeta staðsetningu vatnsbólsins áður en hún verður fest í framtíðarskipulagi.

Hlíðarendavegur sker aðrennslissvæði bæði núverandi og framtíðar vatnsbóla sveitarfélagsins. Grunnvatnsmengun vegna umferðarslyss er áhætta sem hægt er að minnka t.a.m. með takmarkaðri umferð um veginn. Vegurinn er væntanlega lítið notaður, en þó virðist einhver umferð um hann tengjast náttúruskoðun á svæðinu. Einnig er möguleg hætta á grunnvatnsmengun á nærsvæði vatnsbólanna vegna áburðargjafar fyrirhugaðri skógrækt. Þorláksskógar er samstarfsverkefni Sveitarfélagsins Ölfuss, Skógræktarinnar og Landgræðslu ríkisins um fyrirhugaða skógrækt á meirihluta Hafnarsands (Efla, 2017). Áhrif fyrirhugaðrar áburðargjafar á grunnvatn eru óviss. Væntanlega eru ýmsir þættir er skipta máli gagnvart slíkum áhrifum, t.a.m. hvort notaður verður tilbúinn eða lífrænn áburður, og hvernig flutningur útskilinna efna úr áburðinum er í gropnum nærsvæðum vatnsbólanna. Ráðlegt er að fylgjast með og huga að vöktun vegna þessa. Jafnframt er unnt að leggja mat á styrk næringarefna í vatnsbólunum vegna áburðargjafar í nágrenninu með líkanreikningum þegar frekari forsendur liggja fyrir um áburðargjöfina og útskiljun efna úr áburðinum.

Á fjarsvæði upp á hálendinu er möguleg hætta vegna mengunarslysa á vegum, t.d. olúslysa, þar sem bæði Þrengslavegur og Suðurlandsvegur á Hellsheiði skera aðrennslissvæðin. Einnig er fyrirhugað iðnaðarsvæði tengt Hellsheiðarvirkjunin í gildandi aðalskipulagi sem sker aðrennslissvæðin rétt sunnan við Suðurlandsveg (Mynd 8).

Nýr staður vatnsbóls sem skilgreindur er í aðalskipulagi er mun heppilegri en núverandi vatnsból vegna aukinnar fjarlægðar frá þéttbýlinu og frá núverandi og fyrirhuguðu iðnaðarsvæði, sem leiðir af sér minni hættu á grunnvatnsmengun. Niðurstöður úr grunnvatnslíkani sýna að staðsetningin er heppileg hvað varðar vatnsgæfni. Fyrirhugaður staður er væntanlega nærri jaðri ákjósanlegs svæðis, og myndi færsla enn lengra til norðvesturs mögulega henta betur til þess að fara enn lengra frá fyrirhuguðu uppbyggingarsvæði sem skilgreint er „opið svæði til sérstakra nota“ samkvæmt aðalskipulagi, og til að vera ofar á fyrirhuguðu skógræktarsvæði. Mögulegar mengunarhættur á aðrennslissvæði framtíðarvatnsbóls þurfa frekari skoðunar, og ráðlegt er að huga að framtíðarvöktun svæðisins til að fylgjast með ástandi grunnvatnsauðlindarinnar.



Mynd 8. Reiknað aðrennslissvæði a) núverandi vatnsbóla við 50 L/s vinnslu, b) fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 50 L/s vinnslu og c) fyrirhugaðs framtíðarvatnsbóls við 500 L/s vinnslu.

Eins og lýst var í kafla 2.1 er mjög lítið af tiltækum vatnafarsgögnum í suðurhluta Ölfuss og í nágrenni Þorlákshafnar. Skortur á gögnum til kvörðunar grunnvatnslíkansins leiðir til aukinnar óvissu í reikningum, sér í lagi á stærð og legu aðrennslissvæðis vatnsbóla og niðurdráttar við vinnslu þeirra. Frekari gagnasöfnun þarf að fara fram, þ.m.t. sírituð grunnvatnshæð, til að minnka óvissu líkanreikninga áður en staðsetning framtíðarvatnsbólsins verður endurmetin og fest í framtíðarskipulagi og áður en hugað er að endurskoðun á vatnsverndunarskipulagi.

Að beiðni sveitarfélagsins munu Vatnaskil leggja fram tillögur að frekari gagnaöflun sem nýst getur við að uppfæra og styrkja líkanið. Þegar frekari mælingar liggja fyrir sem gefa tilefni til uppfærslu líkansins væri ástæða til að endurmeta staðsetningu vatnsbólsins áður en hún verður fest í framtíðarskipulagi. Í kjölfarið er ráðlegt að fylgjast með breytingum í grunnvatnsauðlindinni samhliða framtíðarþróun svæðisins með vöktunarmælingum. Vatnaskil munu einnig leggja fram tillögur að framtíðarvöktun til sveitarfélagsins.

4. Skipulag vegna uppbyggingar fiskeldis

Mat var lagt á framtíðarnýtingu vatnsbóla núverandi og fyrirhugaðra fiskeldisfyrirtækja á iðnaðarsvæðinu meðfram ströndinni vestur af Þorlákshöfn. Um er að ræða samtvinnnaða vinnslu ferskvatns, ísalt vatns og jarðsjávar, sem krefst meiri nákvæmni og flóknari nálgunar heldur en útfært er í núverandi grunnvatnslíkani. Líkanið þarf m.a. að geta reiknað þrívítt áhrifasvæði vinnslunnar, grunnvatnsrennsli vegna eðlisþyngdarmunar milli ferskvatns og jarðsjávar, breytingar á seltunni í grunnvatni og lóðrétt grunnvatnsrennsli. Grunnvatnslíkan Vatnaskila af Suðvesturlandi (Vatnaskil, 2017) er tvívítt og líkir einungis eftir ferskvatnsgeyminum og tekur ekki tillit til jarðsjávar. Því var nauðsynlegt að útvíkka grunnvatnslíkanið í nágrenni Þorlákshafnar til að það taki tillit til framangreindra þátta.

Til nánari uppbyggingar líkansins á útvíkkun svæði var mikilvægt að taka sem best tillit til allra þekktra eiginleika þess er snúa að jarðfræði og vatnafari og voru þeir dregnir saman í hugmyndalíkan. Gerð er grein fyrir hugmyndalíkaninu hér að neðan ásamt útvíkkun reiknilíkansins áður en greint er frá beitingu þess við mat á áhrifum vatnsvinnslu fiskeldisfyrirtækja.

4.1. Hugmyndalíkan

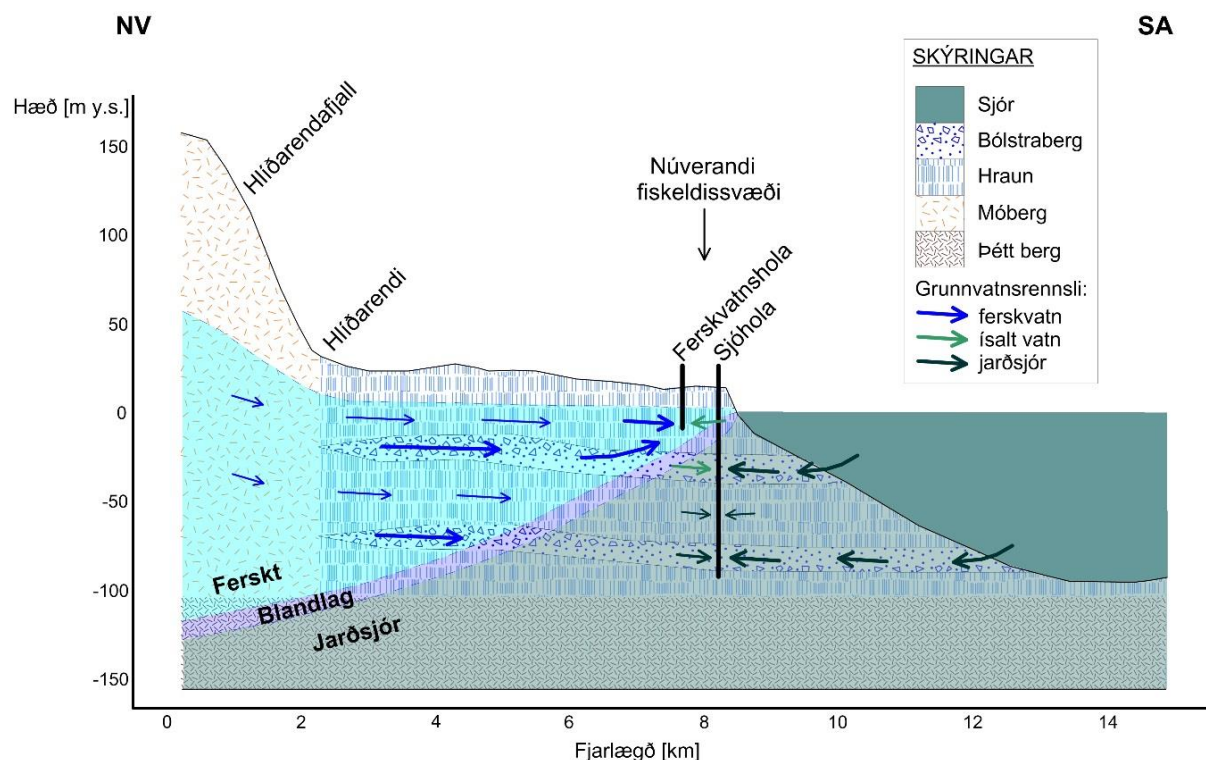
Hugmyndalíkan af grunnvatnskerfinu í nágrenni Þorlákshafnar var mótað til að styðja við og leiða gerð útvíkkaðs reiknilíkans. Var það byggt á ráðgjöf frá Hauki Jóhannessyni jarðfræðingi, ásamt öðrum heimildum og gögnum sem aflað var (sjá kafla 2.1 að ofan). Einföld skýring á hugmyndalíkaninu er sýnd á Mynd 9.

Grunnvatnskerfið í nágrenni Þorlákshafnar skiptist í tvo meginhluta, annars vegar grynri geymi sem flytur ferskt grunnvatn frá landi til sjávar, og hins vegar dýpri geymi sem flytur saltan jarðsjó í öfuga átt, þ.e. frá sjónum og inn undir landið. Vegna eðlisþyngdarmunar flýtur ferskvatn ofan á jarðsjó, og er í þrýstijafnvægi við hann. Skilflötur á milli ferskvatns og jarðsjávar, svokallað blandlag, inniheldur ísalt vatn og fylgir vatnsborðsbreytingum í ferskvatnslinsunni.

Ferskt grunnvatnsrennsli streymir til sjávar frá hálendinu (Mynd 3). Grunnvatnsborðið stendur tiltölulega hátt við Hlíðarendafjall sem er úr tregleiðandi móbergsmýndun. Á láglendi eru tiltölulega lek nútímahraun ráðandi niður á 100 m dýpi. Halli grunnvatnsborðs er mikill við fjallsbrúnina en er frekar lítil á láglendinu. Tvö bólstrabergslög eru á 30-45 m og 80-95 m dýpi við ströndina og ná að

einhverju leyti inn til landsins. Þau eru með háa lekt og leiða grunnvatn greiðlega í gegnum sig. Fyrir neðan 100 m lækkar berglektin verulega þar sem láglektar sjávarsetslög eru ráðandi og hraunlögin hafa ummyndast og þjappast saman vegna þunga ofanliggjandi bergs (Orkustofnun, 1988).

Á Mynd 9 er sýnt almennt fyrirkomulag núverandi fiskeldisstöðva við vatnsöflun. Ferskt og ísalt vatn er unnið úr grunnnum borholum sem eru grynnri en 25 m djúpar. Þykkt ferskvatnslinsunnar við strandlengjuna er yfirleitt minni en 20 m en er þynnst þar sem unnið er úr henni og eftir því sem austur dregur á Hafnarnesi. Jarðsjór er unninn úr dýpri borholum sem ná niður á 55-95 m dýpi til þess að geta unnið grunnvatn úr einu af bólstrabergslögum, þar sem mest grunnvatnsrennsli er í gegnum þau, í báðir áttir. Þegar unnið er grunnvatn úr ferskvatnslinsunni, lækkar vatnsborðið og þar með hækkar hæð skilflatar (þykkt ferskvatnslinsunnar minnkar). Þegar skilflötur fer að nálgast vatnsborðið, eykst hættan á að jarðsjór brjótist upp í gegnum ferskvatnslinsuna og inn í dælingarholuna.

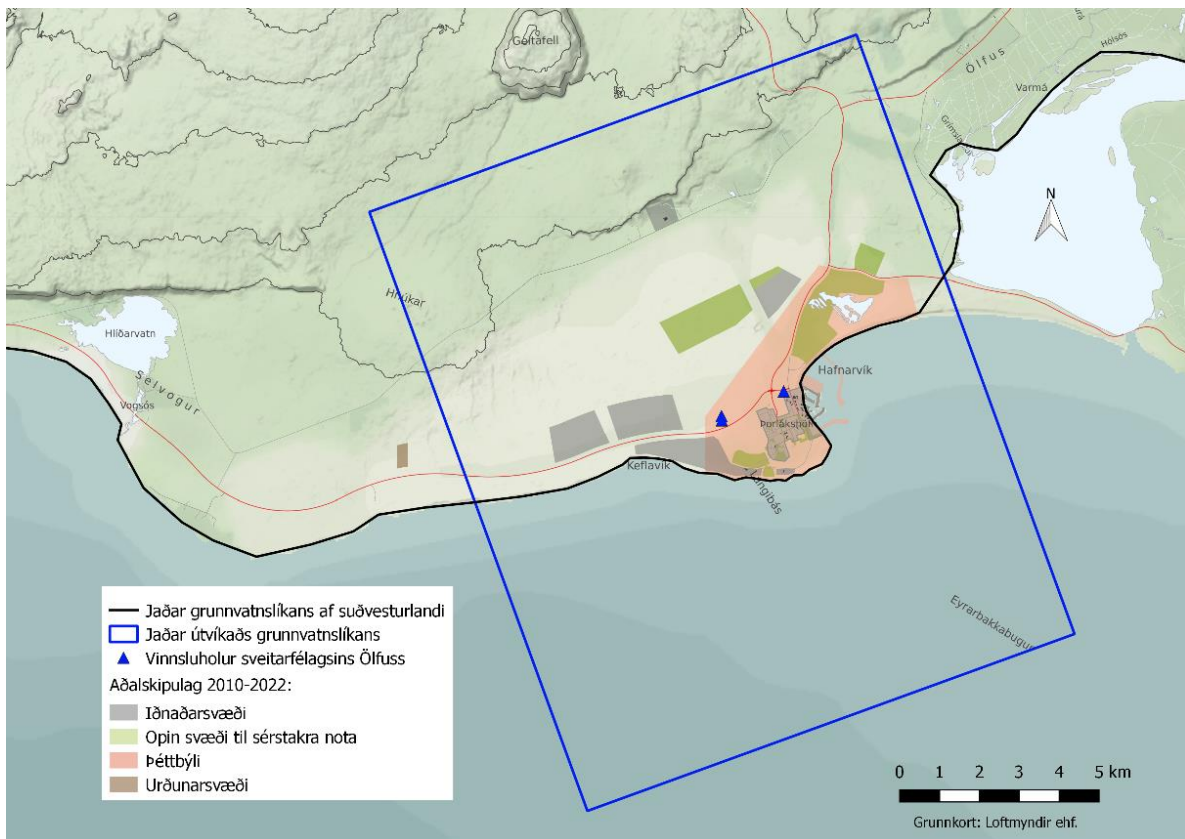


Mynd 9. Hugmyndalíkan af grunnvatnskerfinu í nágrenni Þorlákshafnar

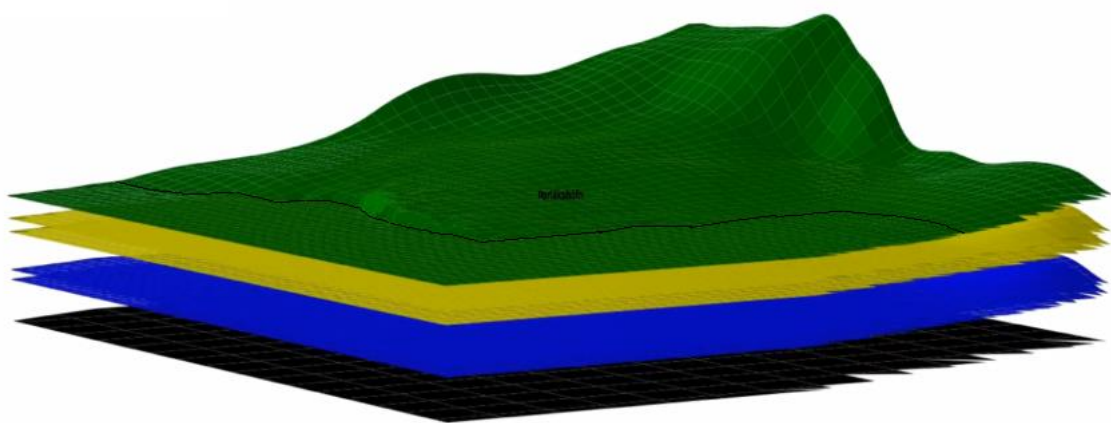
4.2. Útvíkkað reiknilíkan

Ferkantað 13 x 16 km svæði var útvíkkað í kringum framtíðaruppbyggingarsvæði fiskeldis (Mynd 10). Líkanið var dýpkað niður í 150 m u.s. (metrar undir sjávarmáli) og gert þrívítt með því að skipta upp í misþykk hallandi lög þar sem horft er til hugmyndalíkansins, sjávarbotns og yfirborðs lands. Lagskipting líkansins fylgir jarðfræðilögum og er þéttari í þeim lögum þar sem hugsast getur að miklar seltu-breytingar verði vegna vinnslu úr grunnnum borholum fiskeldisfyrirtækja. Nauðsynlegt var að framlengja líkanið út til sjávar til þess að geta reiknað rennsli jarðsjós til núverandi og framtíðar-fiskeldissvæða fyrir neðan sjávarbotn. Mynd 11 sýnir hvernig lög líkansins fylgja yfirborði sem og jarðfræði svæðisins. Græna lagið er efsta lag líkansins sem fylgir yfirborði lands, en inn á það lag er ströndin sýnd með svartri línu. Gulu lögin á myndinni sýna efri og neðri mörk efra bólstrabergslagsins (Mynd 9). Bláu lögin á myndinni sýna efri og neðri mörk neðra bólstrabergslagsins (Mynd 9). Svarta lagið

er botn líkansins á 150 m u.s. Í líkaninu er svo tekið tillit til sjávarbotns þar sem reiknaður er flutningur seltu frá sjávarbotni um jarðlög inn undir land. Á jöðrum útvíkkaðs líkans sem eru á landi er skilgreind reiknuð grunnvatnshæð frá stærra grunnvatnslíkaninu.



Mynd 10. Jaðar útvíkkaðs grunnvatnslíkans í nágrenni Þorlákshafnar.



Mynd 11. Lagskipting útvíkkaðs grunnvatnslíkans með yfirborð og bólstrabergslög sýnd. Horft er til norðvesturs.



4.2.1. Staðfesting líkans

Nýttar voru eftir fremsta megni þær takmörkuðu upplýsingar sem lágu fyrir eftir gagnaöflun til að staðfesta útvíkkað reiknilíkan. Það hefur óhjákvæmilega áhrif á áreiðanleika þessa ferlis hversu lítið er til af grunnvatnshæðarmælingum í nágrenni Þorlákshafnar, en nýttar voru þær fáu stöku mælingar sem til eru. Nýttir voru jafnframt rafleiðniþrófilar á þremur stöðum, hjá fiskeldisfyrirtækjunum Íspóri og Náttúru en einnig í holu inni á gömlu fiskeldissvæði í Keflavík.

Rafleiðniþrófill fenginn frá sjótökuholu NB-01 á svæði Íspórs gaf til kynna að búast megi við einhverri seltu við grunnvatnsborð þar sem rafleiðni mældist um 4.000-5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í efstu 10 m undir vatnsborði (ÍSÖR, 2012). Mæld rafleiðni á 20-25 m dýpi var um 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en ef reiknað er með að fullsaltur sjór sé 60.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ þá er hlutfall sjós á þessu dýpi um 33%. Mæld leiðni gefur til kynna að botn blandlagsins sé á um 40 m dýpi, þar sem leiðni er mæld um 52.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sem samsvarir 87% sjó miðað við sömu forsendur. Þar sem staðsetning holu NB-01 er ekki ljós vegna misræmis í skráningu, var sjótökuhola valin miðsvæðis á suðurhluta svæðis Íspórs til að reikna seltu grunnvatns í (Mynd 29 í viðauka). Reiknað hlutfall sjós er um 35% á 20 m dýpi og um 80% á bilinu 35-40 m dýpi sem ber nokkuð vel saman við mælingar að teknu tilliti til ofangreindrar ónákvæmni í staðsetningu mælinganna.

Seltumælingar úr borholum á svæði Náttúru (Orkustofnun, 1986) voru ónákvæmar og því ekki hægt að nota þær fyllilega til kvörðunar. Þær voru þó hafðar til viðmiðunar. Mælingarnar gáfu til kynna minni seltu við grunnvatnsborð m.v. svæði Íspórs og botn blandlags á um 40 m dýpi. Þar sem staðsetning holunnar er ekki þekkt vegna misræmis í skráningu, var sjóhola valin miðsvæðis á suðurhluta skika Náttúru til að reikna seltuprófíl í (Mynd 30 í viðauka). Á 40 m dýpi er reiknað hlutfall sjós um 80% sem ber ágætlega saman við mælingar að teknu tillit til ofangreindrar ónákvæmni í staðsetningu mælinganna og mælinganna sjálfra.

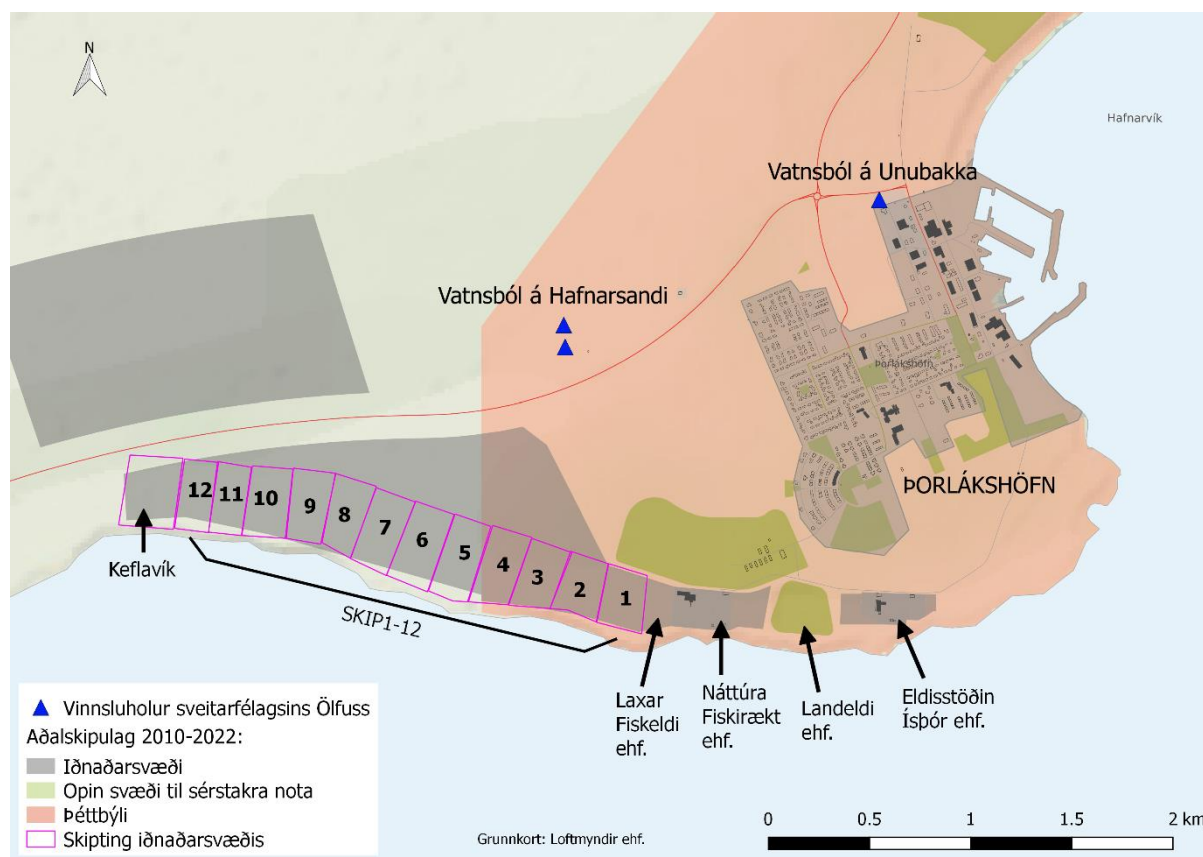
Rafleiðniþrófill frá holu FR-1 á Laxabraut 19 í Keflavík er gefinn í skýrslu Orkustofnunar (1995). Mælingar gefa til kynna ferskt vatn niður á rúmlega 30 m dýpi en á því dýpi er hlutfall sjós um 5%. Á 40 m dýpi er rafleiðni 22.000-30.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sem samsvarir hlutfalli sjós 36-50% miðað við sömu forsendur og að framan. Reiknuð selta í holu FR-1 (Mynd 31 í viðauka) nær að líkja eftir karakter mælda seltuprófílsins nokkuð vel á þessum stað.

Aðrar upplýsingar sem nýtast til að staðfesta seltu í líkaninu eru munnlegar upplýsingar frá fiskeldisfyrirtækjunum. Skil í seltu liggja um svæði Náttúru þar sem hærri selta reiknast á suðausturhluta svæðisins (Mynd 32). Vitað er til að ein af grynri holu Náttúru (hola LA-09) gefur meiri seltu en þær sem eru norðvestar á lóðinni. Einnig er vitað um gamla brunna Þorlákshafnar sem eru innan bæjarins og eru með söltu vatni í (Morgunblaðið, 2009). Reikningar sýna seltu innan Þorlákshafnar efst í grunnvatni eins og sést á Mynd 33 í viðauka. Einnig er vitað að vatnið sem unnið er í efsta lagi á svæði Íspórs er saltblandað að einhverju marki, en það er tekið úr grunnum brunni á norðurhluta svæðis Íspórs. Efnagreining ferskvatns úr vatnsbóli Íspórs hefur verið framkvæmd, en þegar skýrslan er skrifuð hafa niðurstöður ekki fengist. Reikningar sýna seltu í efsta hluta grunnvatns innan svæði Íspórs (Mynd 33).

4.2.2. Forsendur líkanreikninga

Núverandi fiskeldisfyrirtæki í Þorlákshöfn eru Íspór, Náttúra og Laxar, en Landeldi er í umsóknarferli og hefur fyrirtækið úthlutaða lóð á milli Íspórs og Náttúru. Svæðið vestur af Löxum er fyrirhugað iðnaðarsvæði samkvæmt gildandi aðalskipulagi, þar sem gert er ráð fyrir frekari uppbyggingu fiskeldis.

Til stuðnings líkanreikningunum var framtíðariðnaðarsvæðinu skipt upp og skilgreindar voru 13 lóðir vestan af Löxum, nefndar SKIP 1 – 12 og svo Keflavík sem er vestasta lóðin (Mynd 12). Flatarmál hverrar lóðar er um 70.000 m² sem er u.þ.b. meðalflatarmál lóða núverandi fiskeldisfyrirtækja á svæðinu. Innan svæða Íspórs, Náttúru og Laxa eru holur sem eru í notkun og er dýpi þeirra og fóðringar notaðar í líkaninu. Innan hvers framtíðarsvæðis voru hins vegar skilgreindar þrjár 25 m djúpar holur staðsettar á norður hluta lóðar til vinnslu á fersku eða ísöltu vatni. Einnig voru skilgreindar þrjá 85 m djúpar sjótökuholur á suðurhluta lóðar.



Mynd 12. Uppskipting núverandi og hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja við Þorlákshöfn.

Ekki voru forsendur til annars við líkangerðina en að skilgreina viðmiðunarvinnslu fiskeldisfyrirtækjanna á ferskvatni og jarðsjó sem fasta meðalvinnslu. Vinnsla á fersku vatni og jarðsjó fer þannig fram samhliða í líkaninu í öllum skilgreindum rekstrartilfellum fiskeldisstöðva að neðan, auk þess sem ekki er tekið tillit til mögulegs árstíðabundins breytileika vinnslu, né hugsanlegs annars breytileika. Nauðsynlegt verður að uppfæra líkanið og greininguna þegar frekari forsendur um starfsemi fyrirtækjanna liggja fyrir.

Skilgreind voru 6 vinnslutilfelli fyrir svæðið þar sem horft var til vinnslu núverandi fiskeldisfyrirtækja og væntanlegrar framtíðarvinnslu miðað við núverandi leyfi þeirra, væntanlegrar vinnslu Landeldis samkvæmt matsáætlun þeirra og mismunandi ímyndaðrar vinnslu hugsanlegra framtíðarfiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði.

Væntingar hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á iðnaðarsvæðinu voru skilgreindar annarsvegar sem þær sömu og Landeldis þar sem vinnsla úr grynri holu er um 1000 L/s og úr dýpri holu um 4000 L/s,

og hinsvegar sambærilegar vinnslu Íspórs, þar sem vinnsla úr grynri holu er 300 L/s og dýpri holu 800 L/s.

Vinnslutilfelli voru skilgreind með eftirfarandi hætti:

Tilfelli 0: Viðmiðunartilfelli, miðað er við núverandi vinnslu Náttúru og Íspórs en vinnsla Laxa var miðuð við núverandi leyfi þeirra.

Tilfelli 1: Eins og Tilfelli 0 að viðbætti væntanlegri vinnslu Landeldis samkvæmt matsáætlun þeirra.

Tilfelli 1b: Framtíðar/væntanleg vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja að viðbætti væntanlegri vinnslu Landeldis samkvæmt matsáætlun þeirra.

Tilfelli 2: Eins og Tilfelli 1b að viðbætti vinnslu allra framtíðarsvæða vestan frá Löxum að og með Keflavík þar sem væntingar nýju svæðanna eru þær sömu og væntingar Landeldis.

Tilfelli 3: Eins og Tilfelli 1b að viðbætti vinnslu í öðru hverju svæði vestan frá Löxum (SKIP 1, 3, 5, 7, 8, 9, 11 og Keflavík), væntingar þeirra svæða voru þær sömu og væntingar Landeldis.

Tilfelli 4: Eins og Tilfelli 1 að viðbætti vinnslu í öðru hverju svæði (SKIP 2, 4, 6, 8, 10 og 12), væntingar þeirra svæða voru svipaðar og núverandi vinnsla Íspórs, 300 L/s af fersku eða ísöltu vatni og 800 L/s sjótaka.

Tafla 1 tekur saman tilfelli þar sem heildar vatnsvinnsla úr grynri og dýpri holu er sýnd fyrir hvert vinnslutilfelli, auk þess sem fjöldi hola er sýndur. Tafla 2 sýnir grynri og dýpri vatnsvinnslu hvers tilfellis.

Tafla 1. Heildarvinnsla og fjöldi vinnsluhola í hverju tilfelli.

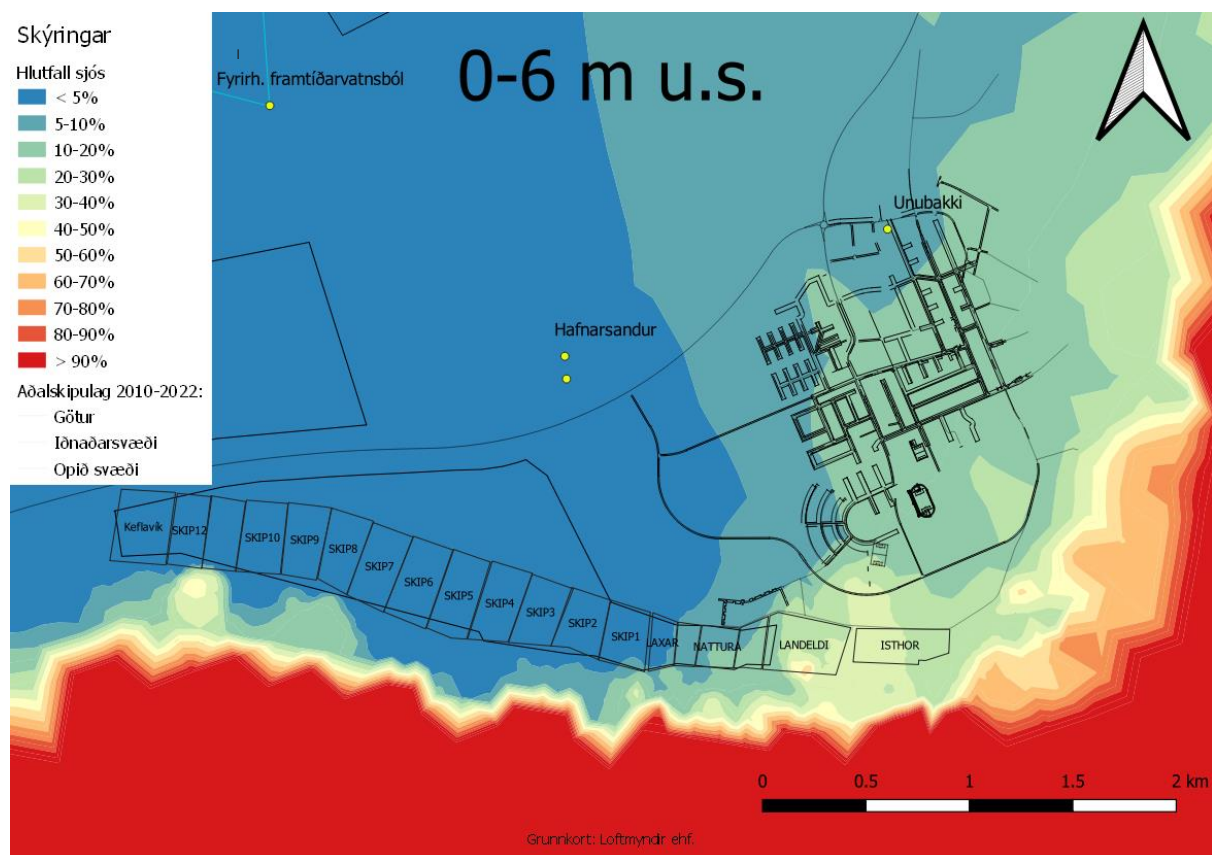
	Tilfelli 0	Tilfelli 1	Tilfelli 1b	Tilfelli 2	Tilfelli 3	Tilfelli 4
Heildar vatnstaka úr grynri holu (L/s)	1.000	2.300	3.700	16.700	10.700	4.300
Heildar vatnstaka úr dýpri holu (L/s)	3.800	8.000	14.300	53.300	35.300	12.800
Fjöldi grynri hola	12	16	22	56	38	34
Fjöldi dýpri hola	29	33	39	74	58	47

Tafla 2. Vinnsla (L/s) hvers svæðis fyrir hvert tilfelli.

Svæði:	Tilfelli 4				Tilfelli 3		Tilfelli 2		Tilfelli 1b		Tilfelli 1		Tilfelli 0	
	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri	Dýpri	Grynnri
Keflav.	800		4.000	1.000	4.000	1.000	4.000	1.000						
SKIP12		300												
SKIP11			4.000	1.000										
SKIP10	800	300												
SKIP9			4.000	1.000										
SKIP8	800	300												
SKIP7			4.000	1.000										
SKIP6	800	300												
SKIP5			4.000	1.000										
SKIP4	800	300												
SKIP3			4.000	1.000										
SKIP2	800	300												
SKIP1			4.000	1.000										
Laxar	2.500	530	3.300	250	3.300	250	3.300	250	3.300	250	2.500	530	2.500	530
Náttúra	290	440	780	700	780	700	780	700	780	700	490	440	490	440
Landel.	4.240	1.260	4.240	1.260	4.240	1.260	4.240	1.260	4.240	1.260	4.240	1.260		
Íspór	780	290	6.000	1.500	6.000	1.500	6.000	1.500	6.000	1.500	780	290	780	290

4.3. Niðurstöður viðmiðunartilfellis

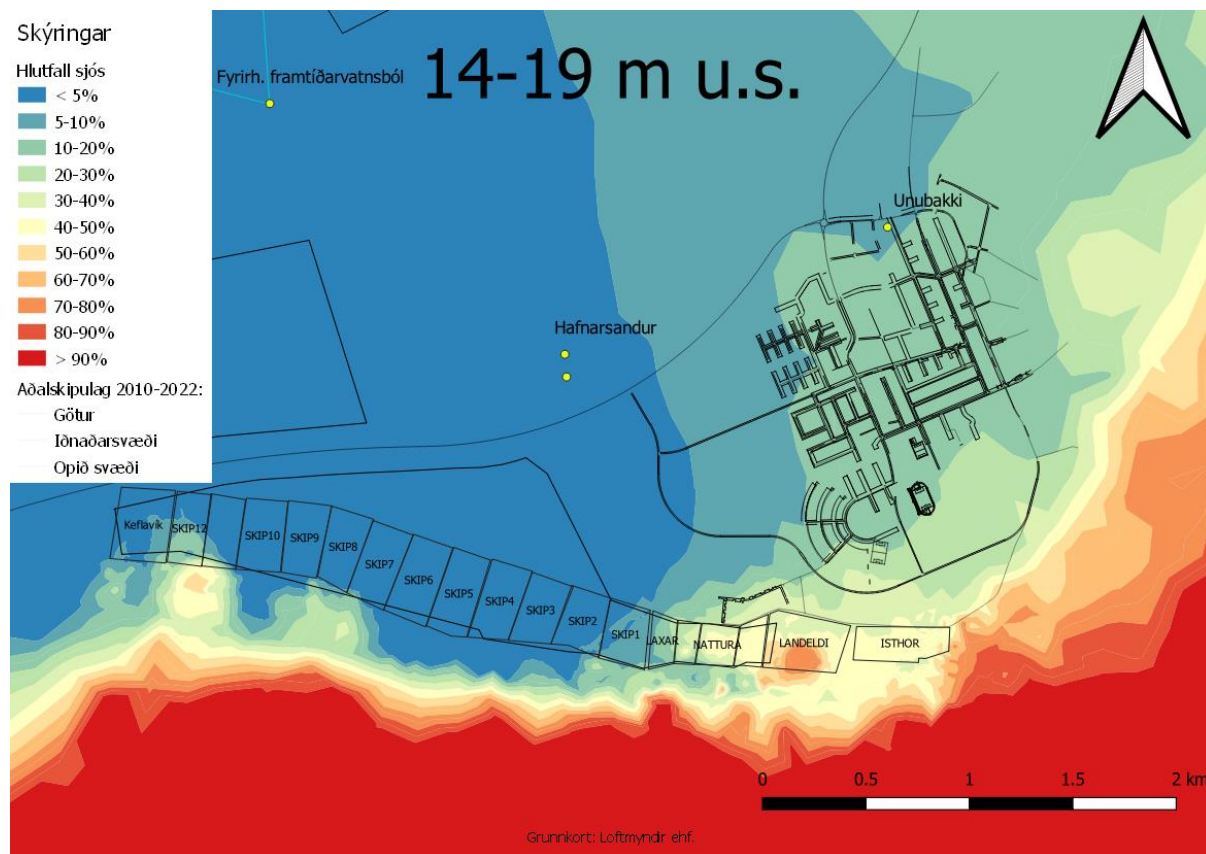
Reiknuð selta berst lengra inn undir land því neðar sem farið er í líkaninu, og var því skoðuð hæsta selta sem reiknast á völdum dýptarbilum til að svara hver seltubreyting verður á hverju svæði sem viðbrögð við vinnslu. Á dýptarbilinu 0-6 m u.s. (Mynd 13) er hæsta reiknað hlutfall sjós í Þorlákshöfn 5-20%, innan svæðis Íspórs 20-40%, á svæði Náttúru 5-20%, en á svæði Laxa undir 5%. Á fyrirhuguðu svæði Landeldis er hlutfall sjós 10-50%. Jafnframt má af reiknaðri seltu ráða að ef vatnsveituholan í Unubakka norður af Þorlákshöfn yrði dýpkuð lítillega má búast við 5-10% sjó í holunni. Vatnsveituholur á Hafnarsandi vestur af Þorlákshöfn eru hins vegar með undir 5% sjó á 0-6 m u.s. en þær holur eru 28 m djúpar og landhæð um 17 m y.s. Reiknuð selta á austurhluta Hafnarness ræðst að mestu leyti af þeim forsendum sem líkanið byggir, og í ljósi takmarkaðra vatnafarsgagna og upplýsinga um grunnvatnsvinnslu og seltu vinnsluvatns er mikilvægt að afla frekari gagna og uppfæra líkanið samkvæmt þeim.



Mynd 13. Reiknað hlutfall sjós 0-6 m undir meðalsjavarhæð.

Grynnri holur núverandi fiskeldisfyrirtækja eru almennt um 25 m djúpar þar sem landhæð er 5-14 m y.s. og dýpri sjávarstökuholur eru um 85 m djúpar. Því eru fyrirtækin að taka hluta af ferskara vatni sínu á dýptarbilinu 14-19 m u.s. og að vinna jarðsjó á dýptarbilinu 55-70 m u.s. Reiknað hlutfall sjós 14-19 m u.s. (Mynd 14), gefur til kynna að ferskt vatn sé til staðar á þessu dýptarbili á iðnaðarsvæðinu vestur af Löxum. Á svæði núverandi fyrirtækja er aftur á móti talsverð selta þar sem hlutfall sjós á norður hluta lóðanna getur verið frá 5%, vestast hjá Löxum, upp í allt að 50% austast hjá Íspóri. Staðbundin hækkun hlutfalls sjós reiknast innan fyrirhugaðrar lóðar Landeldis (Mynd 14), en 4-7 m djúp námu-gryfja er á lóðinni sem mögulega getur skýrt þessa staðbundnu hækkun seltu að einhverju leyti.

Aukningin getur einnig skýrst að einhverju marki af nærliggjandi vatnsvinnslu á svæðum Íspórs og Náttúru. Grynri vinnsla fyrirtækjanna dregur upp saltara vatn sem svo dýpri vinnsla heldur á móti innan þeirra lóða. Þar sem engin sjótaka er á svæði Landeldis er ekkert sem heldur við þessa auknu seltu. Reiknuð selta í núverandi vatnsbólí sveitarfélagsins á Hafnarsandi er undir 5% m.v. viðmiðunar-vinnslu fiskeldisfyrirtækja.

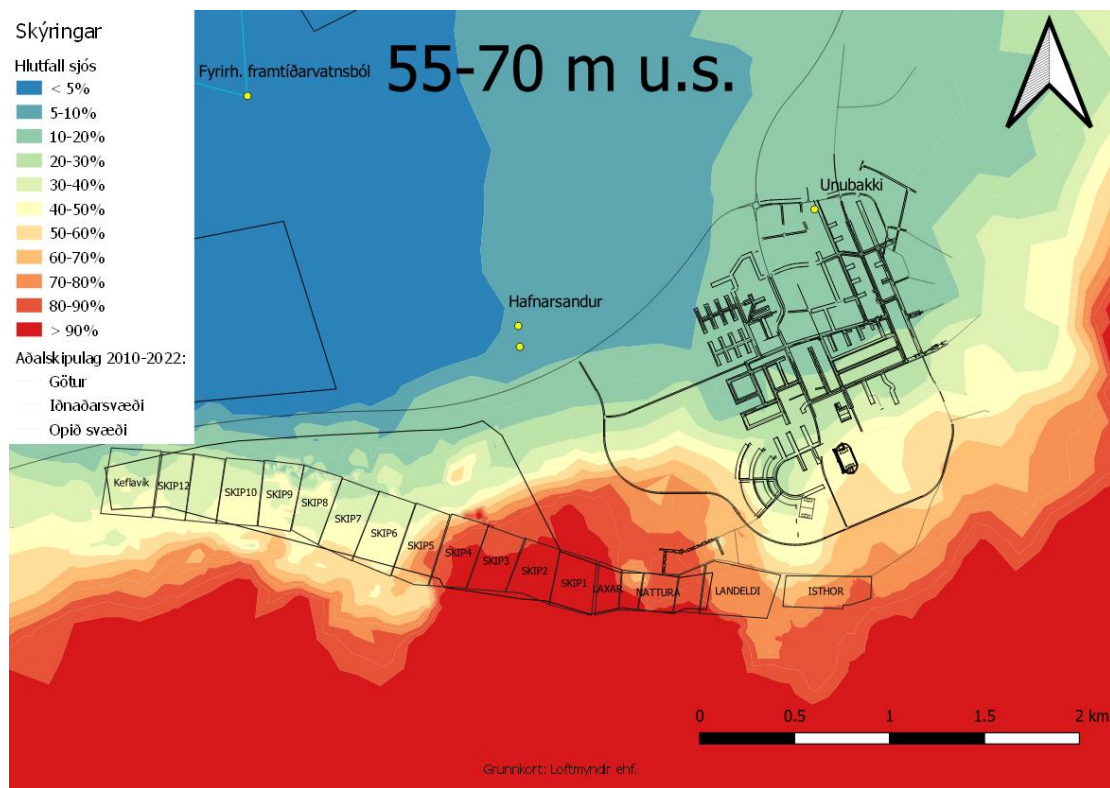


Mynd 14. Reiknað hlutfall sjós 14-19 m undir meðalsjávarhæð.

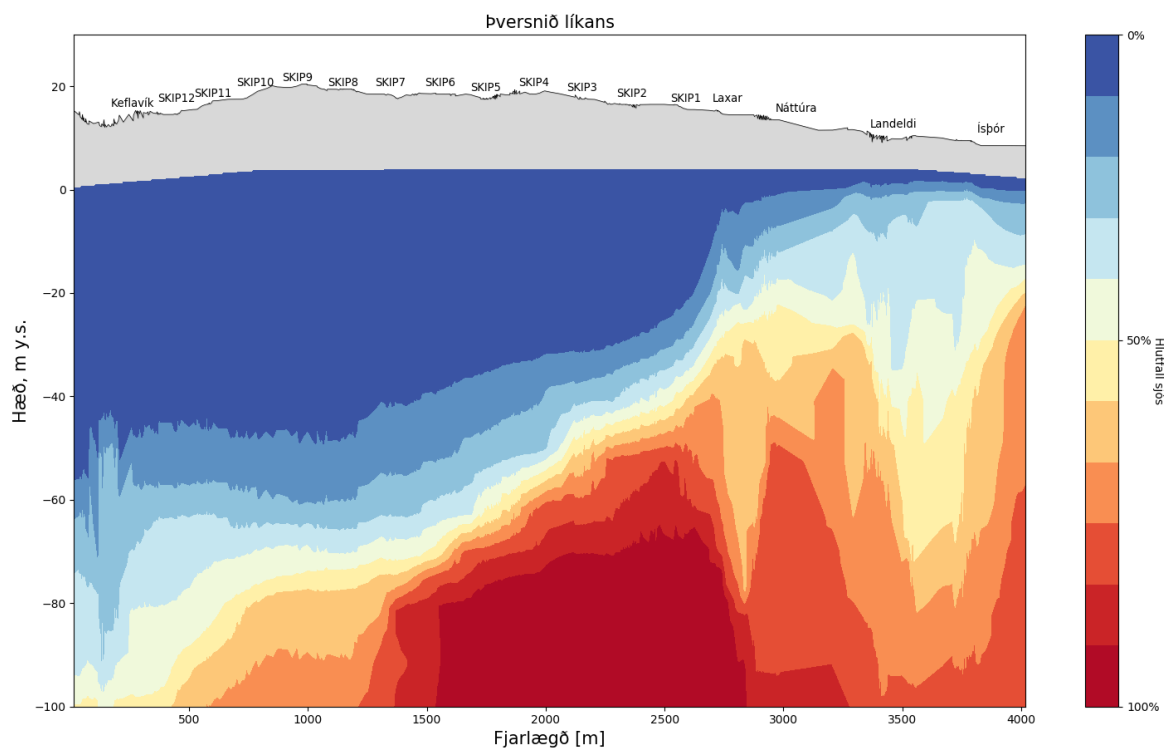
Reiknað hlutfall sjós á dýptarbilinu 55-70 m u.s. (Mynd 15), sem er þá neðri hluta sjótökuhola fiskeldis-fyrirtækja á svæðinu, gefur til kynna að hlutfall sjós við Keflavík og um 2 km austur af henni sé allt að um 50% næst ströndu. Þar verður hins vegar mjög gagnger seltuaukning, frá um 50% sjó í yfir 90% sjó, og er það ástand ríkjandi á um 1 km kafla að lóð Laxa. Austan af Löxum lækkar hlutfall sjós, en þó ekki niður fyrir 70-80%. Sjávarbotn er breytilegur á líkansvæðinu og skýrist breytileiki seltu á dýptarbilinu 55-70 m u.s. að hluta til af þessum breytileika. Á svæði núverandi fiskeldisfyrirtækja, austan Laxa, er sjávarbotn aflíðandi í suður (Mynd 10) sem gerir það að verkum að lengra er í sjó frá vinnslustað. Breytileikinn gæti einnig skýrst að hluta til af rennsli ferskvatns úr norðri til sjávar þar sem rennsli ferskvatns á Hafnarnesi er um 1/3 af því sem það er vestan af nesinu (Mynd 3). Ef horft er úr suðri í átt að landi um snið sem fer í gegnum norðurhluta svæðanna sést að dýpi niður á blandlag er talsvert meira vestan af Löxum að Keflavík heldur en austan af Löxum að Íspóri (Mynd 16). Myndin sýnir hvernig vinnsla úr grunnnum borholum dregur blandlagið upp og vinnsla úr dýpri borholum dregur það niður á svæði núverandi fiskeldisstöðva Laxa, Náttúru og Íspórs.

Myndir 34-40 í viðauka sýna nánar hvernig aukin selta berst undir land þegar farið er dýpra í líkaninu. Sjór berst úr austri frá Hafnarnesi til vesturs og úr suðri til norðurs undir land. Á dýptarbili 25-30 m u.s.

hefur sjór borist úr austri um 1 km vestur frá Löxum að svæði SKIP4, en vestur af SKIP4 að Keflavík er hlutfall sjós enn undir 5% (Mynd 36). Á 30-40 m u.s. er aukin selta um 2 km vestur af svæði Laxa að SKIP9 (Mynd 37).



Mynd 15. Reiknað hlutfall sjós, 55-70 m undir meðalsjávarhæð.



Mynd 16. Reiknað hlutfall sjós í þversniði grynri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi.

4.4. Niðurstöður framtíðartilfella

Fiskeldisfyrirtækin vinna saltvatn (dýpri vinnsla) og ferskara vatn (grynnri vinnsla) til að ná ákveðinni seltu fyrir eldið. Við skipulag svæðisins þarf því að huga að vinnslu hvoru tveggja og hvernig unnið er úr mismunandi leiðurum. Niðurstöður viðmiðunartilfelli (kafla 4.3) sýna að grynnri vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja er að mestu leyti úr blandlagi, og fá þau því upp ísalt vatn úr grynnstu borholum sínum. Mesti möguleiki á að vinna ferskvatn er vestar á iðnaðarsvæðinu, þar sem ferskvatnslagið er þykkara og óspillt af saltinu.

4.4.1. Ferskvatnsvinnsla og vinnsla á ísöltu vatni

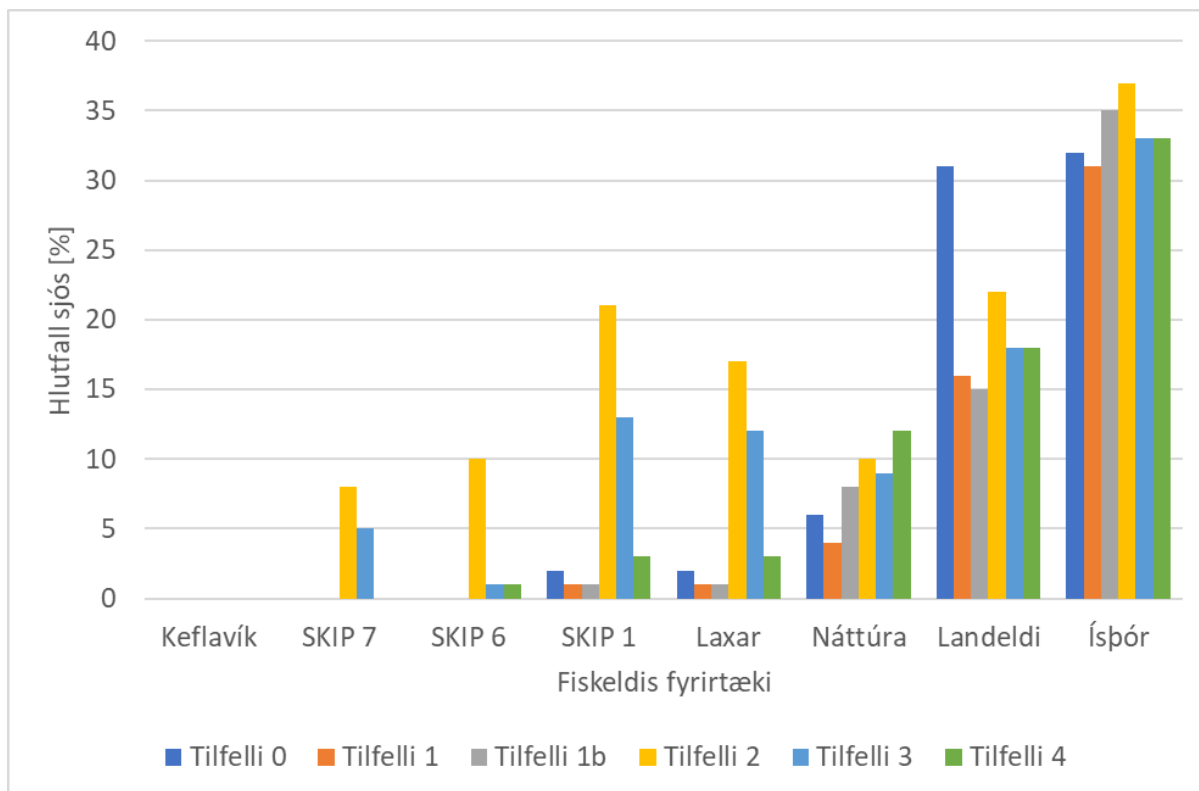
Skoðuð voru áhrif sem mismunandi vinnsla núverandi, væntanlegra og hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja getur haft á grunnvatnsauðlindina. Með samanburði á Tilfelli 0 og Tilfelli 1 sést hvaða áhrif væntanleg vinnsla Landeldis hefur á efsta hluta vinnslusvæðis. Samanburður á Tilfelli 1 og Tilfelli 1b sýnir hver áhrif framtíðarvinnslu núverandi fiskeldisfyrirtækja verða á svæðið eftir tilkomu Landeldis. Tilfelli 2 sýnir hvaða áhrif það hefur að vinna á öllum svæðum hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa, þar sem væntingar þar um vatnstöku væru þær sömu og væntingar Landeldis. Tilfelli 3 sýnir áhrif þess að vinna á öðru hverju svæði hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa, þar sem væntingar um vatnstöku væru þær sömu og væntingar Landeldis. Að lokum sýnir Tilfelli 4 áhrif þess að vinna á öðru hverju svæði hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa, þar sem væntingar um vinnslu eru þær sömu og núverandi vinnsla Íspórs.

Mynd 17 sýnir hlutfall sjós sem búast má við á efsta hluta vinnslusvæðis núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja m.v. vinnslutilfelli. Niðurstöður líkanreikninga sýna að talsverð selta er á efsta hluta vinnslusvæðis Íspórs, þar sem hlutfall sjós er í kringum 30% í viðmiðunartilfelli (Mynd 17) eða um 10% selta. Með væntanlegri vinnslu núverandi fiskeldisfyrirtækja eykst selta í efsta hluta vinnslusvæðis Íspórs (Tilfelli 1b), en væntanleg vinnsla Landeldis lækkar seltuna lítillega (Tilfelli 1). Aukin vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði hefur umtalsverð áhrif ef unnið er á öllum svæðum og vinnsla er jöfn væntanlegri vinnslu Landeldis (Tilfelli 2). Á efsta hluta vinnslusvæðis Landeldis er hlutfall sjós 15-30%, sem svarar um 5-10% seltu. Vinnsla á svæði Landeldis lækkar seltu í efsta hluta vinnslusvæðis, mest þó á sinni lóð, sem skýrist af mikilli staðbundinni sjótöku sem vinnur á móti með því að halda blandlagi niðri.

Með aukinni vinnslu hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði eykst selta alls svæðisins. Á efsta hluta vinnslusvæðis Náttúru er hlutfall sjós frá 5-10%, eða um 1,5-3% selta. Með væntanlegri vinnslu Landeldis lækkar hlutfall sjós efst í grynnri holu Náttúru en væntanleg vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja eykur hlutfall sjós. Vinnsla á svæðum hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja eykur almennt seltu. Seltan er mest þar sem vinnsla hugsanlegra fyrirtækja er með hlutfallslega minni sjótöku (Tilfelli 4) svo sjótaka hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja lækkar seltu hjá Náttúru. Hlutfall sjós í grynnri holu Laxa er um 2-15%, eða um 0,5-5% selta. Aukin vinnsla austan af svæði Laxa lækkar seltu en aukin vinnsla vestur af Löxum eykur seltu. Með væntingum um vinnslu eins og hjá Landeldi og þar sem unnið er vatn nálægt svæði Laxa (SKIP 1) eykst selta talsvert, en með vinnslu aðeins lengra í vestur frá svæði Laxa (SKIP 2) þar sem vinnsla er sambærileg vinnslu Íspórs eykst seltan einungis lítillega. Hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis SKIP 1 er frá 1-20%, eða um 0,3-7% selta. Áhrif dælingar eru hins vegar þær sömu og hjá svæði Laxa þar sem aukin vinnsla austan af svæðinu lækkar seltu og aukin vinnsla vestan af svæðinu eykur seltu. Þegar vinnsla hugsanlegra rekstraraðila á svæðinu er sú sama og vinnsla Landeldis, eykst seltan, í stað þessa að lækka eins og gerðist fyrir svæði Landeldis,

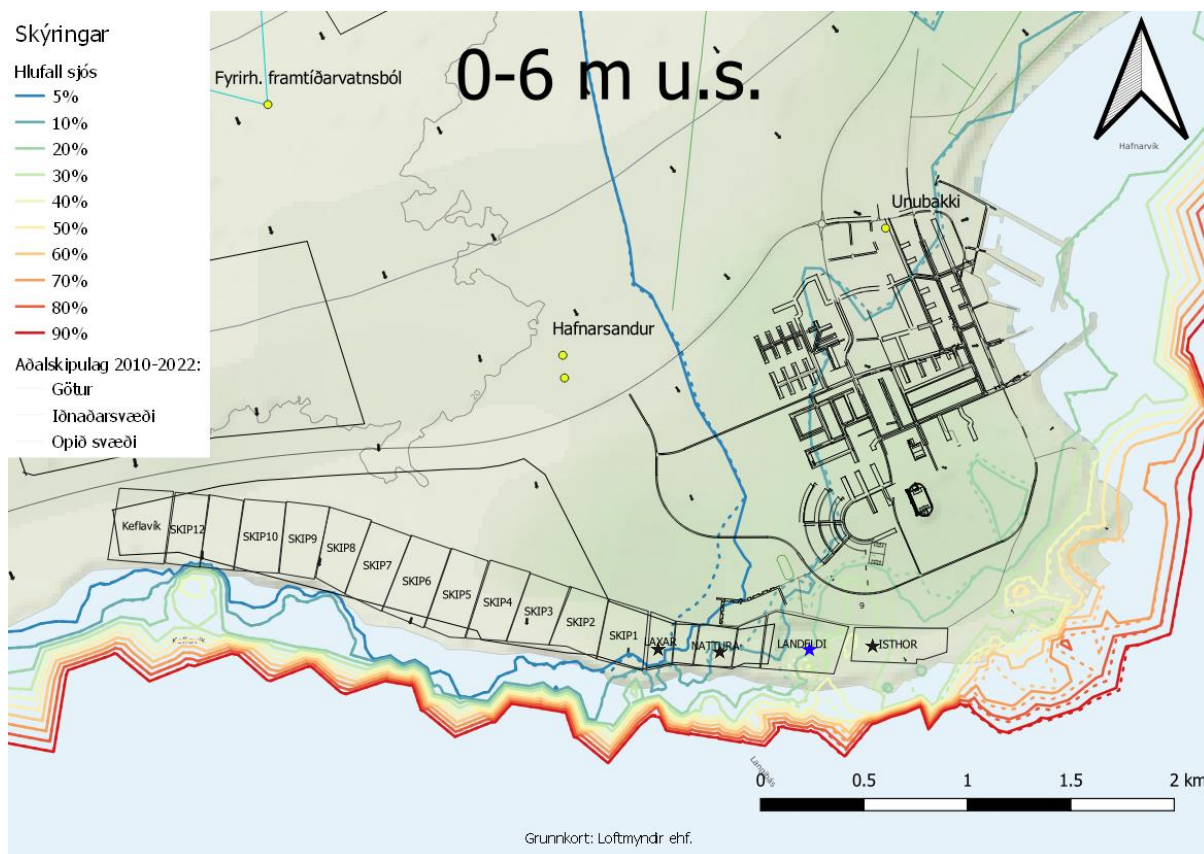


þrátt fyrir mikla sjótöku. Hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis SKIP 6 er 0-10%, eða um 0-3% selta. Hóflæg vinnsla svæðisins hefur óveruleg áhrif á seltu svæðisins en ef vinnsla er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis þá eykst seltan. Hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis SKIP 7 er 0-10%, eða um 0-3%, eftir vinnslutilfellum. Selta reiknast á svæði SKIP 7 ef vinnsla hvers vinnsluaðila á iðnaðarsvæðinu er sambærileg væntanlegri vinnslu Landeldis. Áhrifin eru fyrst og fremst staðbundin þegar unnið er úr svæði 7 en ekki nærliggjandi svæðum (Tilfelli 3) en seltan eykst verulega ef unnið er einnig úr þeim (Tilfelli 2). Hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis við Keflavík er 0%. En lítil næmni var fyrir breytilegum vinnslutilfellum við Keflavík.



Mynd 17. Hlutfall sjós í efsta hluta vinnslusvæðis núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.

Mynd 18 sýnir hlutfall sjós í efsta hluta vinnslusvæðis (0-6 m u.s.) þar sem heil lína er Tilfelli 1 og punktalína Tilfelli 0. Á myndinni er merkt inn á hvaða svæði er verið að vinna fyrir tilfellið með heilli línu. Svört stjarna táknar núverandi vinnslu og blá stjarna framtíðar eða væntanlega vinnslu. Myndin sýnir að með væntanlegri vinnslu Landeldis færast ferskara vatn nær núverandi fiskeldisfyrirtækjum sem bendir til þess að vinnsla Landeldis lækki seltu efsta hluta svæðisins. Á myndinni sjást skil þar sem suðaustur hluti svæðis Náttúru er saltari. Myndir 42-44 í viðauka sýna hver seltan er niður á 25 m u.s.

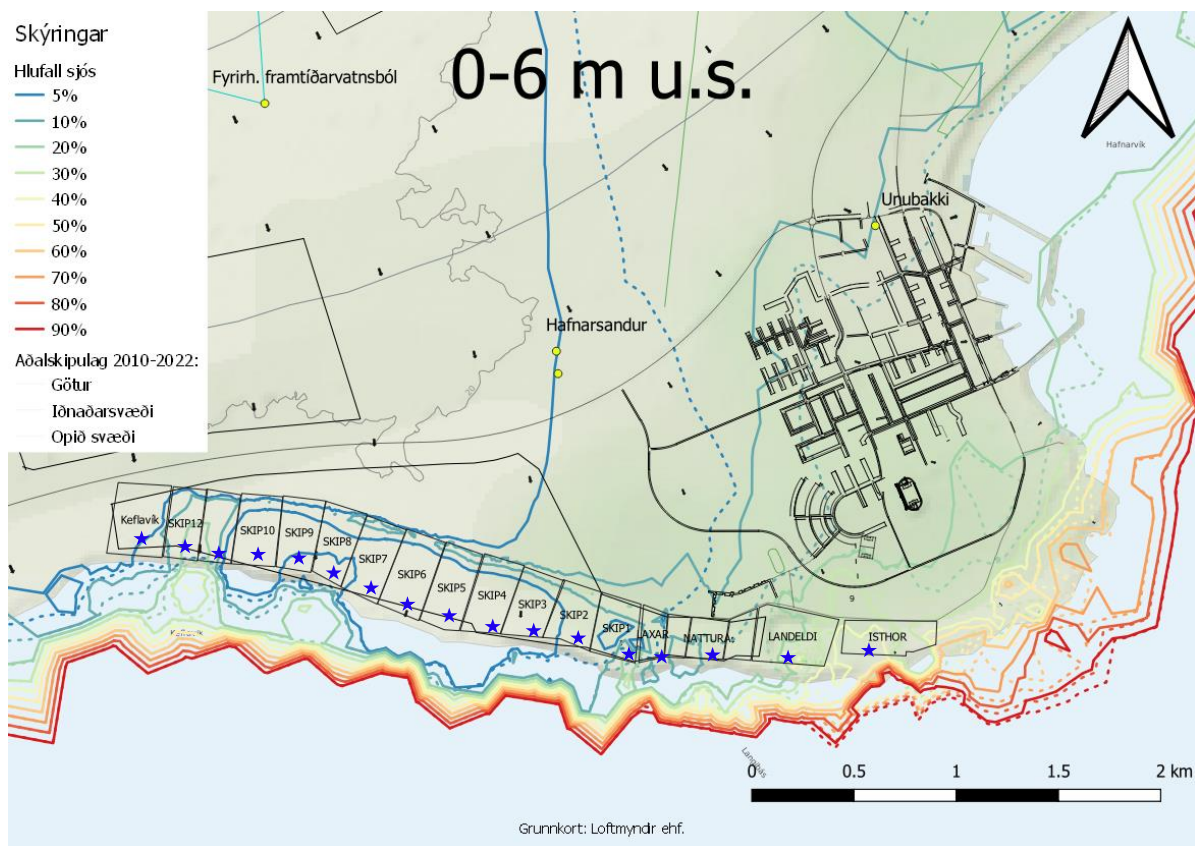


Mynd 18. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).

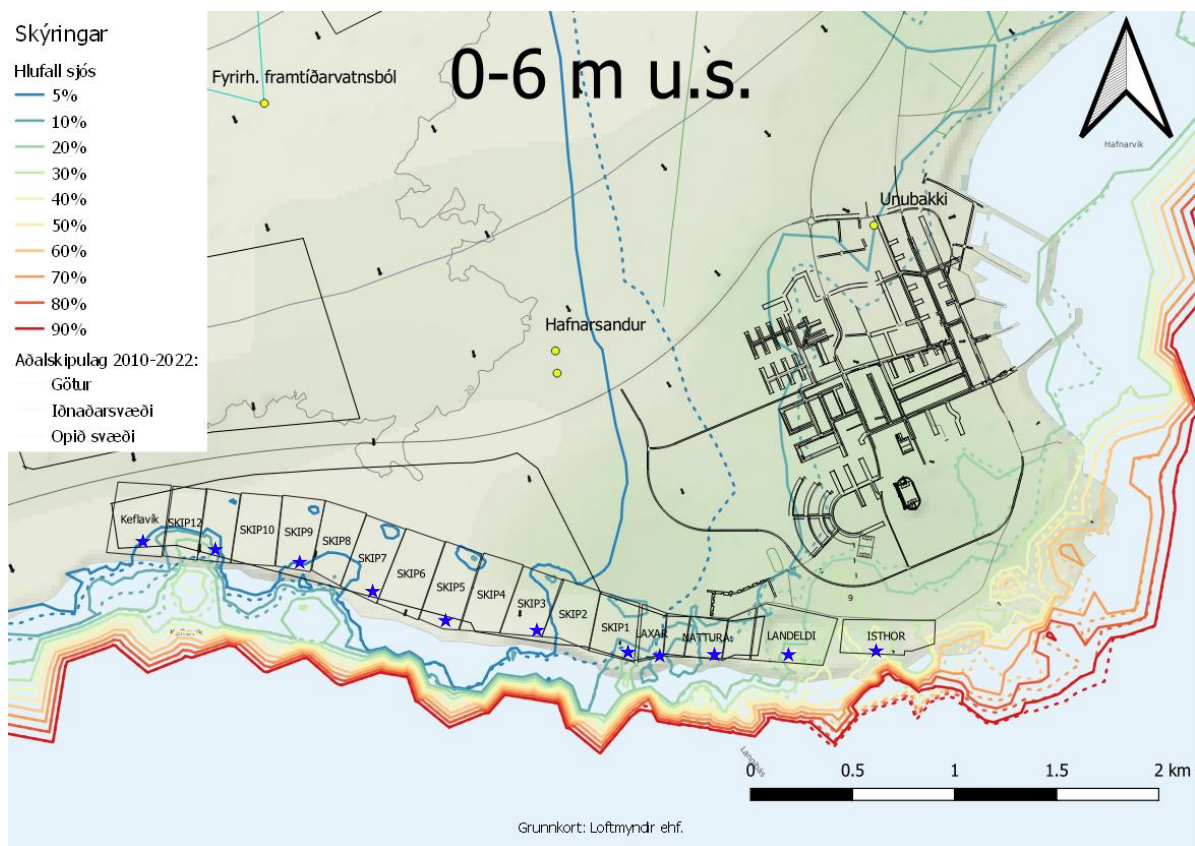
Mynd 19 sýnir hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis (0-6 m u.s.) þar sem punktalína er Tilfelli 0, heil lína er Tilfelli 2, en í því tilfelli er vinnslan sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis og unnið er á öllum hugsanlegum svæðum. Með þeirri vinnslu spillist norður hluti svæðanna allt frá Löxum og að Keflavík. Salt brýst upp í ferskvatnslagið auk þess sem saltvatn berst frá núverandi vinnslusvæðum. Á myndinni sjást einnig tveir gulir punktar á Hafnarsandi, sem eru núverandi vatnsból sveitarfélagsins, en útmörk 5% línunnar ná að þeim vatnsbólum og er því búið að spilla þeim vatnsbólum með því að vinna vatn suður af vatnsbólunum. Ef væntingar hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði um vatnstöku eru þær sömu og væntingar Landeldis, má því búast við að ferskvatnslag iðnaðarsvæðis vestan af Löxum spillist, auk þess að í núverandi vatnsbóli sveitarfélagsins verði vart við salt. Myndir í viðauka sýna hver seltan er niður á 25 m u.s. (Myndir 49-51).

Mynd 20 sýnir hlutfall sjós á efsta hluta vinnslusvæðis (0-6 m u.s.) þar sem punktalína er Tilfelli 0, heila lína er Tilfelli 3, en í því tilfelli er vinnslan sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis og unnið er á öðruhverju hugsanlegu svæði (þar sem bláu stjörnurnar eru). Jafngildislínan er sýnir 5% sjó hefur dregist frá Löxum að SKIP 4. Einnig sést að selta hefur brotist upp í ferskvatnstökuholum. Myndir 57-59 í viðauka sýna hver seltan er niður á 25 m u.s.

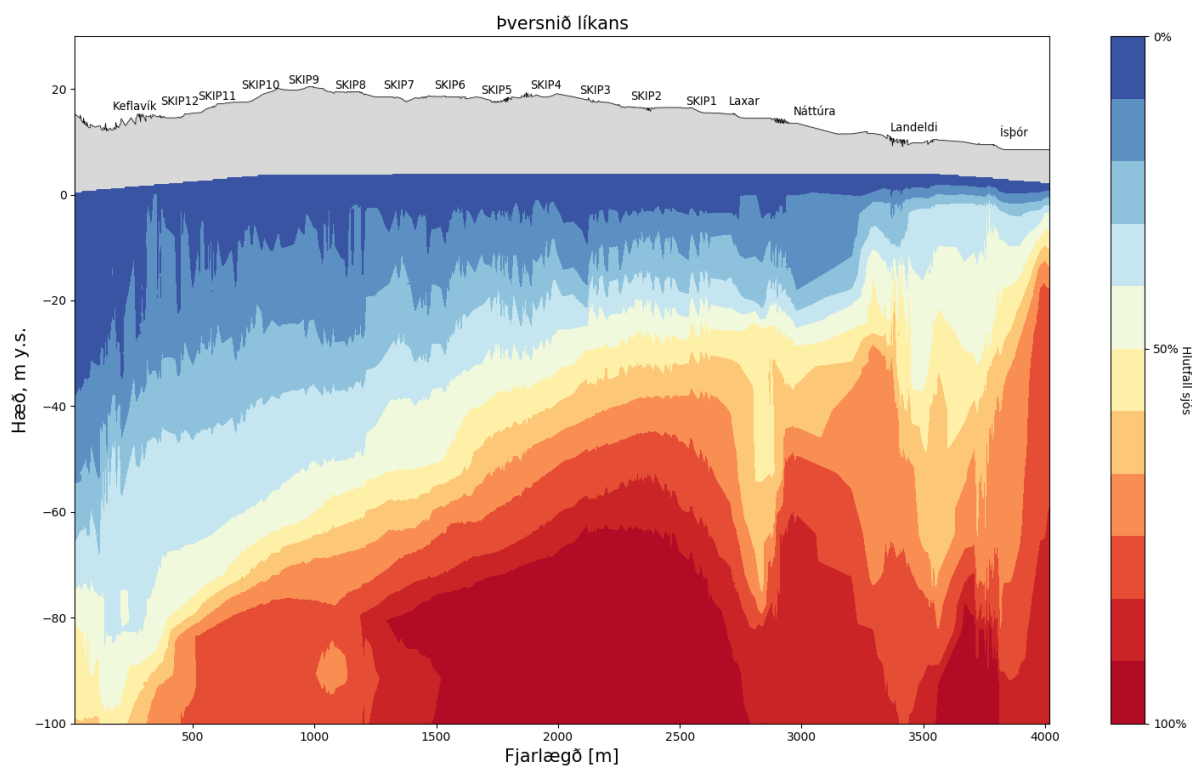
Þversnið sem fer í gegnum grynnri holur svæðisins fyrir Tilfelli 2 og 3 sýna hvernig vinnsla úr grunnum borholum hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja dregur saltara vatn upp að yfirborði (Mynd 21 og Mynd 22). Fyrir Tilfelli 2 þar sem unnið er á öllum svæðum sést að aukin selta er efst á öllum svæðum. Í Tilfelli 3 er aukin selta í efstu lögum hins vegar bundin við þau svæði sem er verið að vinna á.



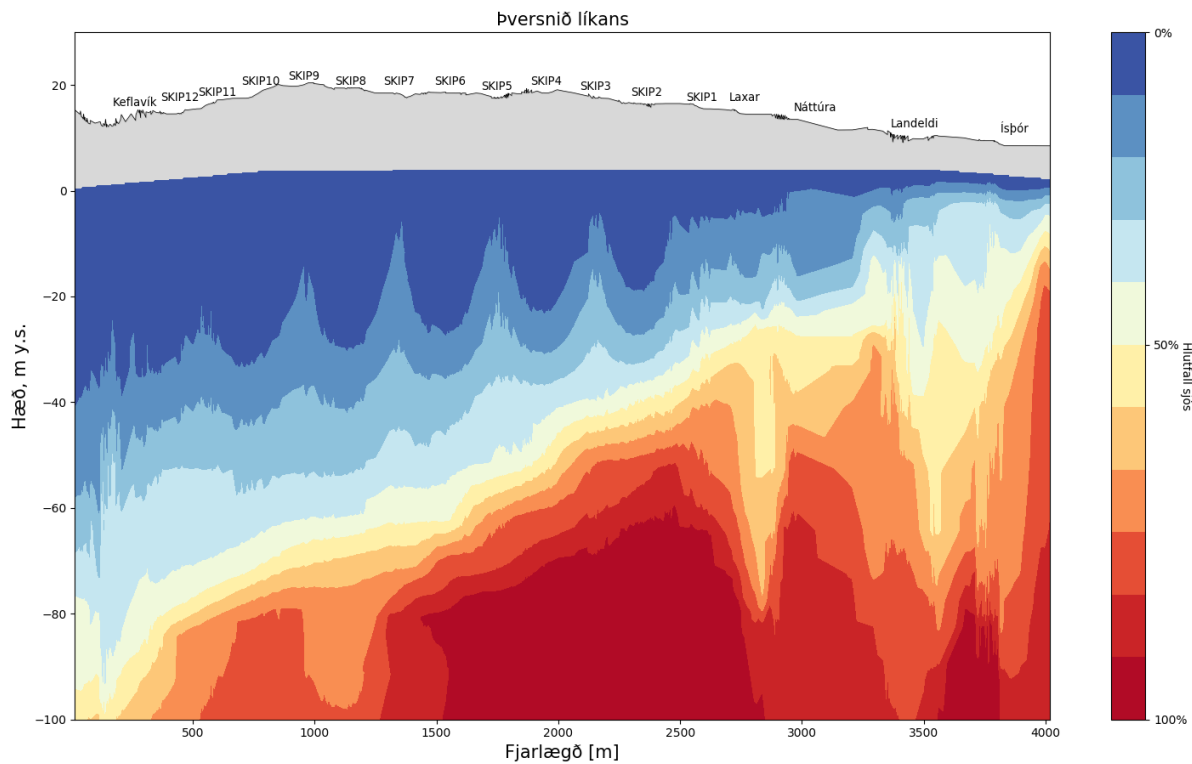
Mynd 19. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).



Mynd 20. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).



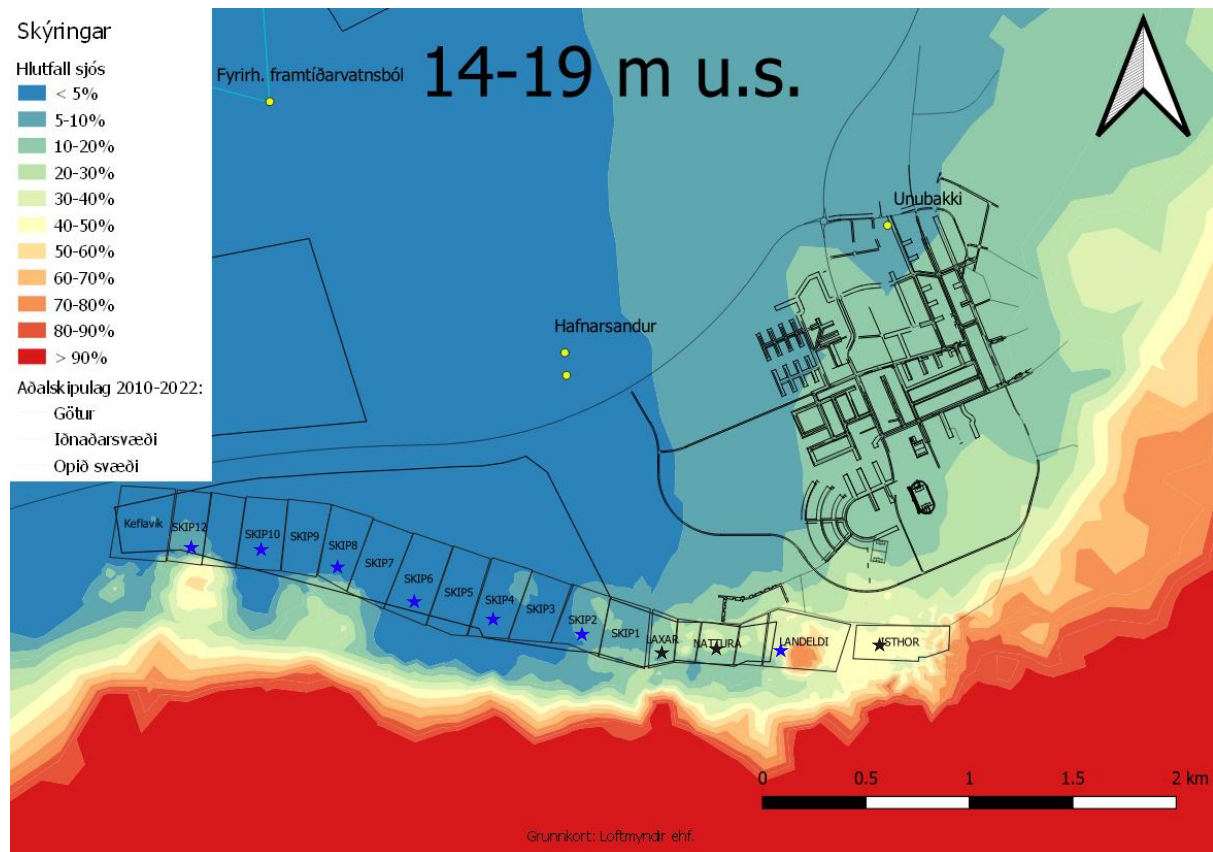
Mynd 21. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi Tilfelli 2.



Mynd 22. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi Tilfelli 3.

Niðurstöður líkansins gefa til kynna að vinnsla á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði sem samsvarar til væntanlegar vinnslu Landeldis leiði til að ferskvatnslagið spillist af salti. Jafnframt að vinnsla sambærileg núverandi vinnslu Íspórs sé mun ákjósanlegri gagnvart því að viðhalda ástandi kerfisins sem og til að spilla ekki vatnsbólís sveitarfélagsins.

Mynd 23 sýnir hlutfall sjós 14-19 m u.s., þ.e. í neðri hluta grynri vinnslu fiskeldisfyrirtækja á svæðinu, fyrir Tilfelli 4. Unnt er að vinna 300 L/s af vatni með < 5% sjó á svæðum vestur af SKIP 2 þar sem selta hefur ekki brotist upp á dýptarbilinu 14-19 m u.s. Myndir 65-71 sýna hlutfall sjós á 0-70 m u.s.

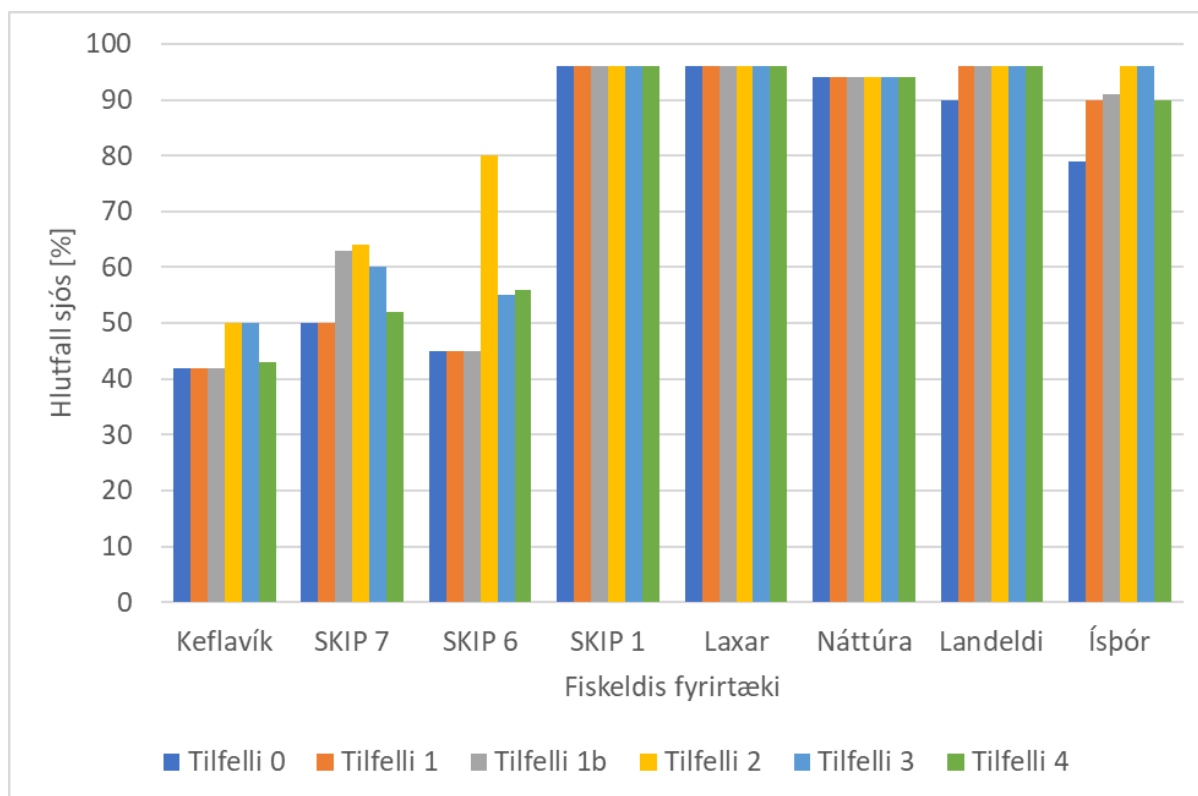


Mynd 23. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 4.

4.4.2. Jarðsjávarataka

Meirihluti vatnstöku fiskeldisfyrirtækjanna er jarðsjávarataka, en sjótökuholurnar eru um 85 m djúpar, og er því skoðað dýptarbilið 55-70 m u.s. til að meta mögulega seltu sem fyrirtækin eru að vinna í dýpri holum sínum.

Talsvert meiri selta reiknast austan við SKIP4 að Íspóri heldur en vestan af SKIP4 að Keflavík (Mynd 15). Hlutfall sjós, neðst í dýpri holum Íspórs, er á bilinu 80-96% fyrir mismunandi vinnslutílfalli (Mynd 24). Með vinnslu Landeldis eykst hlutfall sjós hjá Íspóri úr 80% í 90%. Með væntanlegri framtíðarvinnslu núverandi fiskeldisfyrirtækja eykst seltan lítillega. Ef vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja, á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði, er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis eykst hlutfall sjós í 96%, en ef vinnslan er sú sama og núverandi vinnsla Íspórs hefur framtíðarsvæðið hverfandi áhrif á seltu.



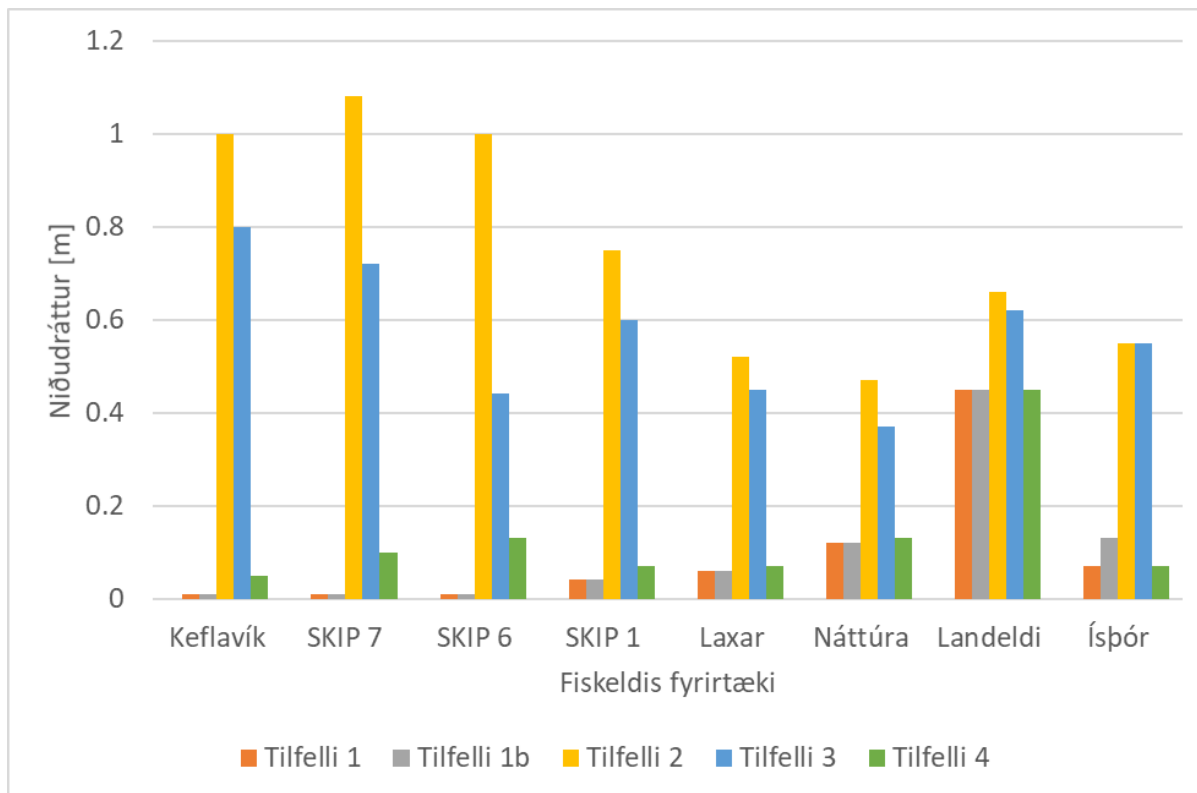
Mynd 24. Hlutfall sjós neðst í dýpri holum núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.

Niðurdráttur í dýpri holum Íspórs ef miðað er við Tilfelli 0 er frá 7 cm til 55 cm (Mynd 25). Væntanleg vinnsla Landeldis veldur um 7 cm niðurdrætti. Með væntanlegri vinnslu núverandi fiskeldisfyrirtækja að viðbætti væntanlegri vinnslu Landeldis eykst niðurdráttur í holunni í 13 cm. Niðurdráttur eykst talsvert í dýpri holum Íspórs ef vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis (Tilfelli 2 og 3). Ef vinnsla hugsanlegra fyrirtækja er hins vegar sú sama og núverandi vinnsla Íspórs eykst niðurdráttur einungis lítillega, eða um 7 cm.

Hlutfall sjós neðst í dýpri holum Landeldis fer úr 90% í 96% þegar vinnsla byrjar. Hvorki væntanleg vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja né aukin vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja, hefur áhrif á hlutfall sjós í neðsta hluta dýpri hola Landeldis. Niðurdráttur vegna vinnslu Landeldis er 45 cm í dýpri holum Landeldis en mikil sjótaka er í þeim holum. Ef vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis eykst niðurdráttur hjá Landeldi í yfir 60 cm.

Hlutfall sjós, neðst í dýpri holum Náttúru helst óbreytt í 94% með breytilegum vinnslutilfellum. Væntanleg vinnsla Landeldis veldur um 12 cm niðurdrætti en væntanleg framtíðarvinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja hefur hverfandi áhrif á niðurdrátt.

Vinnslutilfellið hafa engin áhrif á reiknað hlutfall sjós neðst í dýpri sjótökuholum Laxa, þar sem reiknað hlutfall er 96%. Reiknaður niðurdráttur hjá Löxum vegna væntanlegrar vinnslu Landeldis er 6 cm en vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja vestur af Löxum veldur 45-50% niðurdrætti ef vinnslan er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis. Hverfandi lítill niðurdráttur reiknast hins vegar ef vinnslan er sú sama og núverandi vinnsla Íspórs.

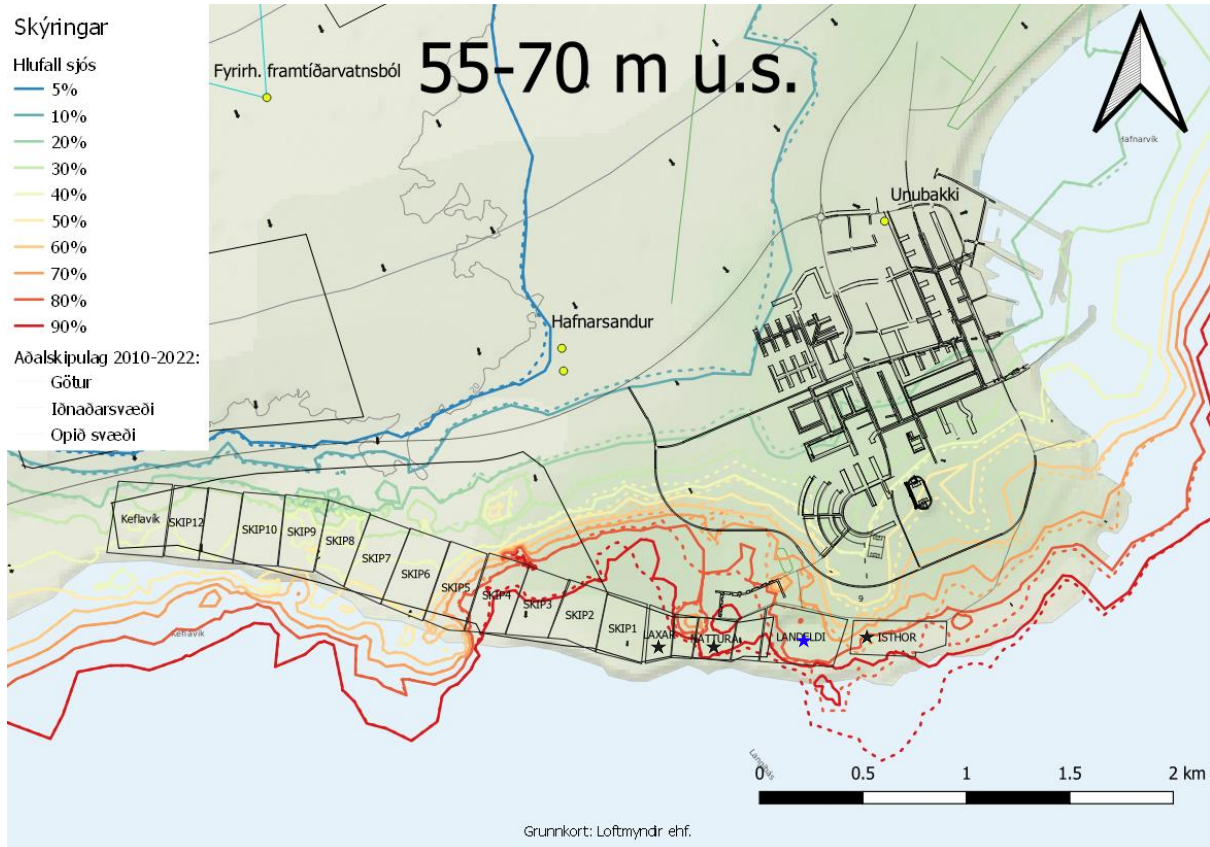


Mynd 25. Reiknaður niðurdráttur m.v. Tilfelli 0 í dýpri holum núverandi, verðandi og valinna hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja fyrir mismunandi vinnslutilfelli.

Hlutfall sjós í SKIP 1 er 96% og hafa vinnslutilfellið engin áhrif á það. Niðurdráttur í holunum reiknast 4 cm vegna vinnslu Landeldis en reiknast yfir 60 cm ef vinnslan á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði er sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis.

Hlutfall sjós neðst í dýpri holum á svæði SKIP 6 reiknast 45-80%. Með fullri nýtingu svæðis þar sem vinnslan er sú sama og vinnsla Landeldis (Tilfelli 2) eykst hlutfall sjós úr 45% (viðmiðunartilfelli) í 80%, en ef vinnslan er sú sama og núverandi vinnsla Íspórs og unnið er á öðru hverju svæði reiknast hlutfall sjós 56%. Aukin vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja og Landeldis veldur hverfandi niðurdrætti í SKIP 6 en vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja veldur niðurdrætti þar frá 13 cm (Tilfelli 4) upp í 1 m (Tilfelli 2). Hlutfall sjós á svæði SKIP 7 reiknast 50-64%, en eins og á svæði SKIP 6 eykur vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja hlutfall sjós á svæðinu. Í Keflavík er reiknað hlutfall sjós 42-50% og er svörun á svæðinu við vinnslu sú sama og á svæði SKIP 7.

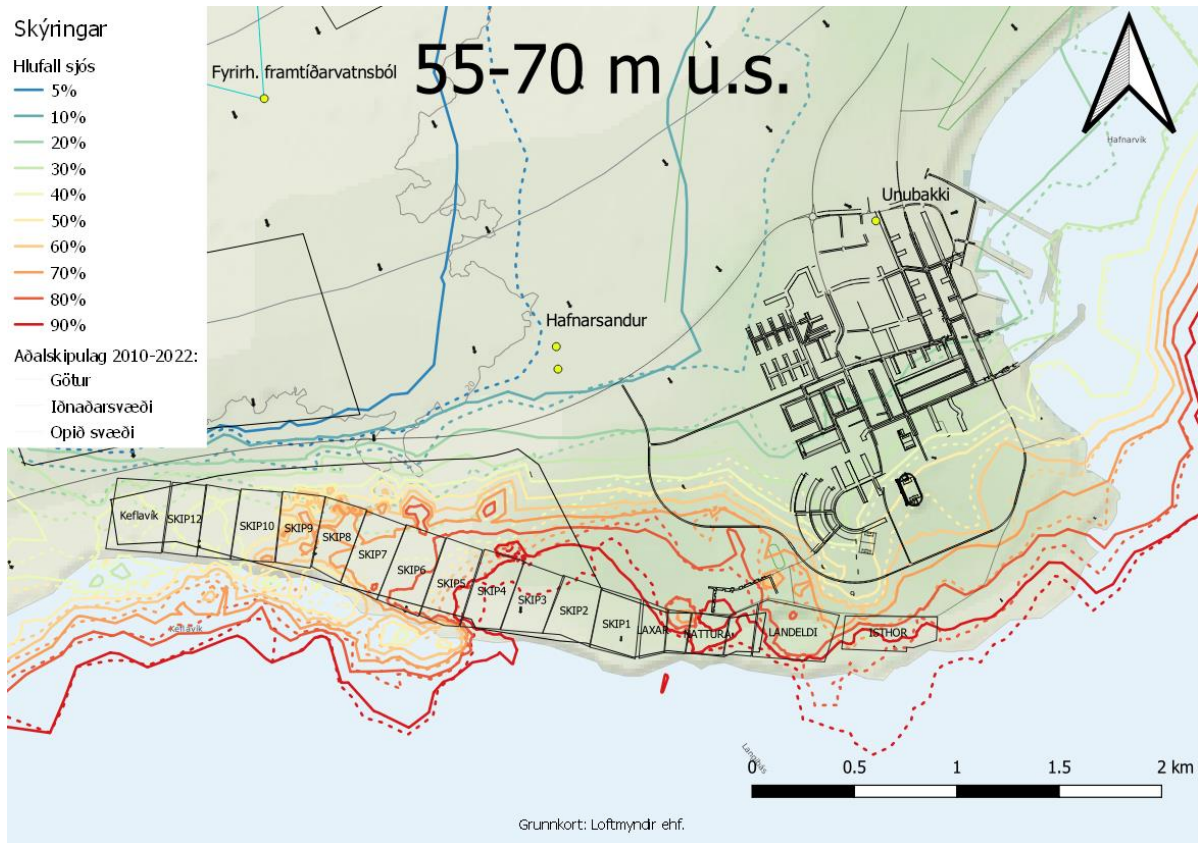
Mynd 26 sýnir hlutfall sjós í neðri hluta sjótökuhola (55-70 m u.s.) þar sem heil lína er Tilfelli 1 og punktalína Tilfelli 0. Á myndinni er merkt inn á hvaða svæði er verið að vinna fyrir tilfellið með heilli línu, þar sem svört stjarna táknar núverandi vinnslu og blá stjarna framtíðar eða væntanlega vinnslu. Væntanleg vinnsla Landeldis dregur að sér saltara vatn frá suðri þar sem punktalínan nær lengra út heldur en heila línan milli Landeldis og Íspórs. Myndin sýnir einnig að svæðin austur af SKIP 5 geta unnið allt að 80% sjó á þessu dýpi en vestur af SKIP 5 er hlutfall sjós um 40% sem fyrirtækin geta unnið á sínu svæði. Myndir 45-48 í viðauka sýna hver seltan er frá 25 m u.s. niður á 100 m u.s.



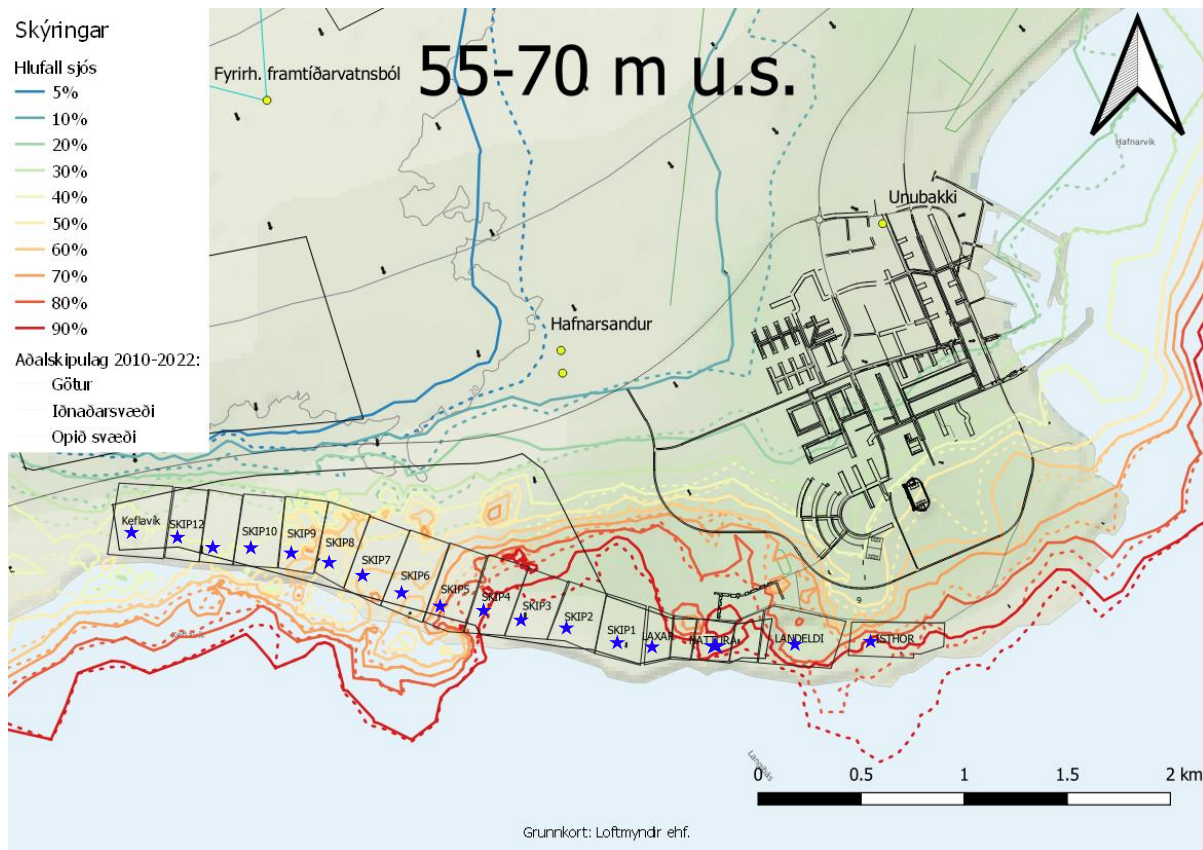
Mynd 26. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).

Mynd 27 sýnir hlutfall sjós á neðri hluta sjótökuhola (55-70 m u.s.) þar sem punktalína er Tilfelli 0 og heil lína er Tilfelli 2. Í Tilfelli 2 er vinnslan sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis og unnið er á öllum hugsanlegum svæðum. Myndin sýnir að aukin sjótaka dregur saltara vatn úr austri til vesturs, þar sem unnt er að vinna allt að 60% salt á þessu dýptarbili að SKIP 10. Myndin sýnir einnig að unnt er að vinna allt að 90% sjó frá Íspóri að SKIP 5, með þessari auknu vinnslu vestur af Löxum. Myndir 52-55 í viðauka sýna hver seltan er frá 25 m u.s. niður á 90 m u.s.

Mynd 28 sýnir hlutfall sjós á neðri hluta sjótökuhola (55-70 m u.s.) þar sem punktalínan er Tilfelli 0, heil lína er Tilfelli 3, en í því tilfelli er vinnslan sú sama og væntanleg vinnsla Landeldis og unnið er á öðruhverju hugsanlegu svæði (þar sem bláu stjörnur eru). Myndin sýnir, líkt og Mynd 22 að sjótaka hugsanlegra svæða vestan af Löxum, eykur seltu að austan og er unnt að vinna allt að 60% sjó að SKIP 7 ef miðað er við Tilfelli 3. Myndir 60-63 í viðauka sýna hver seltan er frá 25 m u.s. niður á 100 m u.s.



Mynd 27. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).



Mynd 28. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. fyrir Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).

5. Samantekt og umræða

5.1. Staðfesting reikninga og viðmið um ástand grunnvatns-auðlindarinnar

Takmarkaðar mælingar og upplýsingar eru um seltu á svæðinu en til eru þrjár gamlar rafleiðnimælingar á svæði Keflavíkur, Náttúru og Íspórs. Vitað er til að einhver selta sé í núverandi ferskvatnsbrunnum Íspórs, að lágmarki í einni ferskvatnsholu Náttúru, sem og að þrír gamlir brunnar bæjarins séu saltir. Þessar upplýsingar gefa til kynna að selta sé í efsta hluta grunnvatnsins við Þorlákshöfn, sem rímar að nokkru marki við þá líkanreikninga sem framkvæmdir hafa verið. Framangreindar upplýsingar um seltu í vatnsbólum hafa hins vegar ekki að geyma mælingar á seltustigi og því er samanburðurinn við reikninga einungis óbeinn. Mikilvægt er að fá mælingar til beins samanburðar við líkanreikningana.

Viðmiðunartilfellið miðar við núverandi vinnslu Náttúru og Íspórs en vinnsla Laxa var miðuð við núverandi leyfi þeirra. Eins og farið er nánar yfir að framan þá er gert ráð fyrir að viðmið fyrirtækjanna um vinnslu ferskvatns og jarðsjós séu ársmeðalvinnsla, ekki sé tekið tillit til hugsanlegs breytileika í tíma og að vinnsla ferskvatns fer fram samhliða jarðsjávarvinnslu. Búast má við því að þegar frekari forsendur liggja fyrir um vinnslutilhögun fiskeldisfyrirtækjanna og gengið hefur verið í fyrirhugaðar vatnafarsmælingar til að staðfesta betur líkanið og styðja við greininguna, að þá muni þetta viðmiðunarástand breytast að einhverju marki. Mikilvægt er að við viðmiðunarástandið verði tengt það seltustig sem er í vinnsluvatni fyrirtækjanna og það haft til nánari viðmiðunar og staðfestingar svo unnt verði að spá með einhverri vissu um framhaldið og leggja drög að skipulagi fiskeldis á svæðinu.

Að lokinni staðfestingu viðmiðunarástandsins þyrfti að meta ástand grunnvatnsauðlindarinnar áður en vinnsla fiskeldisfyrirtækja hófst á svæðinu. Fengist þannig mat á áorðnum áhrifum þeirrar vinnslu til dagsins í dag, auk þess sem staðfesta mætti nánar það magn af fersku vatni sem berst til sjávar á Hafnarnesi frá náttúrunnar hendi.

Ekki eru forsendur til að stofna til frekari vatnsvinnslu á Hafnarnesi áður en framangreindar staðfestingar liggja fyrir.

5.2. Ferskvatn til nýtingar fyrir mismunandi vinnslu

Þótt greiningin sem liggur fyrir um ferskvatnsrennsli til sjávar eftir strandlínunni sé bundin töluverðri óvissu líkt og að framan hefur verið greint, er hægt að nýta hana að nokkru marki til viðmiðunar um stærðargráðu ferskvatnsvinnslu á svæðinu. Mörk hærra og lægra einingarrennslis liggja nokkurn veginn þar sem Laxar eru með aðstöðu sína, og á lægra einingarrennslið við þeirra lóð sem og annarra núverandi fiskeldisfyrirtækja á Hafnarnesi. Hugsanleg framtíðarfyrirtæki á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði eiga samkvæmt þessu möguleika á að vinna meira af fersku vatni en núverandi fyrirtæki. Hins vegar liggja ekki fyrir síritaðar mælingar á grunnvatnshæð og getur því staðsetning marka hærra og lægra einingarrennslis verið bundin nokkurri óvissu, rétt eins og á við um magn og breytileika einingarrennslisins. Jafnframt, líkt og að framan er rakið, þá eru aðstæður á Hafnarnesi bundnar töluverðri óvissu og munu síritamælingar á grunnvatnshæð og mælingar á seltu ásamt nánari upplýsingum um vinnslufyrirkomulag fiskeldisfyrirtækjanna minnka verulega þá óvissu og væntanlega leiða til lykta hvort búast megi við lægra einingarrennsli á Hafnarnesi samanborið við nærliggjandi strandlínu.

Gróft séð er hugsanlegt framtíðarsvæði fiskeldisfyrirtækja vestan Laxa um 2,5 km langt, en svæði núverandi stöðva á Hafnarnesi um 1,5 km langt. Fyrir svæðið er skv. reikningum með einingarrennsli



til sjávar $1 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ en það seinna $0,3 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$. Með fyrirvara um framangreinda óvissu, þá er gróft séð því til ráðstöfunar um $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ af ferskvatni á framtíðarsvæðinu en $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ á núverandi svæði. Má því ætla að núverandi vinnsla fiskeldisfyrirtækjanna taki til sín megnið af þeim $0,45 \text{ m}^3/\text{s}$ af fersku vatni sem eru þar á ferðinni auk $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ af sjóblönduðu vatni til að standa undir nálægt $1 \text{ m}^3/\text{s}$ vinnslu af fersku og ísöltu vatni sem fyrirtækin taka upp úr grynri holu sínum. Vert er að hafa í huga að hér er verið að vinna með meðaltalstölur bæði gagnvart grunnvatnsrennslinu og ætlaðri vinnslu fiskeldisfyrirtækjanna út frá gefnum viðmiðum. Mikilvægt mun reynast að fá nánari upplýsingar um vinnslutilhögun fiskeldisfyrirtækjanna svo unnt sé bæði að setja þetta í samhengi við árstíðabundinn breytileika og hvort samhliða ferskvatnsvinnslunni fari fram jarðsjávarvinnsla.

Samkeppni er um nýtingu þess ferska vatns sem rennur um Hafnarnes á leið sinni til sjávar. Þannig mun að öllum líkindum skipta máli hversu mikið verður unnið í framtíðarvatnsbóli sveitarfélagsins. Eftir því sem meira er unnið þar verður minna af ferskvatni til skiptanna til fiskeldisfyrirtækjanna á Hafnarnesi. Þau eru í dag að vinna ferskt og ísalt vatn úr efsta lagi, og er mögulegt að selja þess vatns geti aukist eitthvað eftir því sem sveitarfélagið vinnur meira ferskvatn í nýja vatnsbólinu.

Miðað við framangreinda greiningu, sem bundin er töluverðri óvissu, eru núverandi fiskeldisfyrirtæki mögulega komin nokkuð langt fram úr því í vinnslu sem er til ráðstöfunar af fersku vatni og eðli málsins samkvæmt þarf þá að vinna sjóblandað vatn til að ná upp í það magn sem verið er að vinna. Væntingar núverandi fyrirtækja og Landeldis kalla þannig á að mjög vel sé rýnt í hver þörfin er á seltustigi í hverju tilfelli og að mat sé lagt á hvort og þá hvernig megi vinna vatn með þær seltuþarfir til framtíðar.

Gert hefur verið ráð fyrir að öll viðbótarvinnsla umfram það sem væntingar eru um til framtíðar af núverandi fiskeldisfyrirtækjum og Landeldi (Tilfelli 1b) eigi sér stað á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði og gerðu vinnslutilfelli (2, 3 og 4) ráð fyrir að ferskvatnsvinnslan á því svæði yrði nærri 13, 7 og $2 \text{ m}^3/\text{s}$, allt eftir því hvaða þekktu væntingar fyrirtækja um vinnslu væru hafðar til viðmiðunar. Gróft séð eru til ráðstöfunar allt að $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ og má því vera ljóst að framtíðarfyrirtæki þurfa að sætta sig við vinnslu á ísöltu vatni í tilfellum 2 og 3, en eiga að ná fersku vatni að mestu í Tilfelli 4. Samkvæmt líkanreikningunum passar þetta vel að mestu. Mikilvægt er að uppfæra líkanið og þessa greiningu að fengnum vatnafarsmælingum og frekari upplýsingum um vinnslufyrirkomulag fiskeldisfyrirtækjanna.

5.3. Vinnsluforsendur fiskeldisfyrirtækja

Næmnigreining sýndi að væntanleg vinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja mun mögulega ekki hafa neikvæð áhrif á nærliggjandi ferskvatn í útjaðri Þorlákshafnar, þar sem reikningar sýna að fyrirtækin eru þegar að vinna ísalt vatn í grynri holu sínum sem blöndu af vatni frá ferskvatnsgeymi og sjó. Væntanleg vinnsla hefur aftur á móti þau áhrif á núverandi fiskeldisfyrirtæki að grynri vinnsla fyrirtækjanna gæti orðið aðeins ferskari hjá Loxum en lítill aukning verður á seltu hjá Náttúru og Íspóri. Ætla má að ráðandi forsenda þessarar greiningar og niðurstöðu sé að grynri vinnsla núverandi fyrirtækja sé ísölt, og í raun af tiltölulega háu seltustigi. Ef frekari staðfesting líkansins með þeim gögnum sem nauðsynlegt er að afla leiðir í ljós að seltustig sé mun lægra og jafnvel að um ferskt vatn sé að ræða að miklu leyti, má ætla að niðurstöður um viðbrögð kerfisins geti orðið aðrar.

Að sama skapi er mögulegt að væntanleg vinnsla Landeldis muni ekki hafa neikvæð áhrif á nærliggjandi ferskvatn í útjaðri Þorlákshafnar, að því gefnu að staðfest verði að núverandi fiskeldisfyrirtæki séu að vinna ísalt vatn í grynri holu sínum. Reikningar gefa enn fremur til kynna að ætluð ferskvatnstaka Landeldis verði alltaf töluvert sölt, sambærilegt grynri vinnslu Íspórs. Búast má þó við að samhliða mikil sjótaka á svæði Landeldis haldi aftur af seltuaukningunni í grynri vatnastökuholunum á svæðinu.

Frekari upplýsingar um vinnslutilhöggun fiskeldisfyrirtækjanna mun vega þungt til nánari ákvörðunar á þeim aðstæðum sem eru til staðar, samhliða haldgóðum vatnafarsmælingum.

Almennt er meiri möguleiki á ferskvatnstöku vestur af Löxum, nær Keflavík, en á núverandi svæði þar sem fiskeldisfyrirtæki eru samkvæmt greiningunni að vinna allt að 30% sjó efst á sínu svæði. Þetta á eftir að sannreyna í kjölfar vatnafarsmælinga og uppfærslu í vinnslutilhöggun fiskeldisfyrirtækjanna. Mikil næmni er fyrir vinnslu hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja vestan af Þorlákshöfn þar sem reikningar hafa sýnt að með mikilli vatnstöku þar getur seltu orðið vart í núverandi vatnsbóli bæjarins, sem og að vinnsla of nærri Löxum getur dregið seltu í vestur og valdið því að annars ferskt vatn verði ísalt.

Væntanleg framtíðarvinnsla núverandi fiskeldisfyrirtækja felur almennt í sér að auka jarðsjávarvinnslu á svæðinu en reikningar gefa til kynna að dýpri vinnsla svæðanna samhliða vinnslu í grynna kerfinu heldur aftur af seltubreytingum á svæðinu. Þar sem væntingar um seltu til framleiðslu fiskeldisfyrirtækjanna liggja ekki fyrir getur verið að hlutfall milli grynna og dýpri vinnslu breytist frá því sem reiknað er með hér, og eru þá uppgæfnar forsendur framtíðarvinnslu fyrirtækjanna mögulega brostnar.

5.4. Vísbendingar um áhrif vatnsvinnslu á seltustig til fiskeldis

Aukning seltu í sjótökuholum Íspórs úr 80% sjó fyrir Tilfelli 0 í 90% í Tilfelli 1 sýnir að blöndun ísalts vatns úr grunnum holum og saltvatns í sjóholum mun gefa vatn til framleiðslu með hærri seltu eftir vinnsluaukningu. Seltustigið breytist mun minna í grunnu holunum, eiginlega óverulega. Hlutfall vinnslumagns ísalts og salts vatns er $290/780=0,37$ fyrir viðmiðunarvinnslu, en $1500/6000=0,25$ m.v. væntingar um framtíðarvinnslu. Seltustig framleiðsluvatns mun því aukast töluvert. Ef gengið verður á auðlindina vestan Laxa, eitthvað í líkingu við Tilfelli 3 t.a.m., mun seltan í framleiðslunni aukast töluvert til viðbótar.

Landeldi mun standa frammi fyrir u.þ.b. 0,5 m niðurdrætti þegar vinnsla verður takmörkuð við núverandi svæði fiskeldisfyrirtækja, og ef að hófleg vinnsla fer fram á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði ætti sá niðurdráttur ekki að aukast að ráði. Ef hins vegar er gengið á auðlindina vestan Laxa sbr. t.a.m. Tilfelli 3 mun niðurdráttur aukast um nálægt 0,2 m. Áhrif mismunandi vinnslutilfella gagnvart seltustigi eru flókin, en ætla má að efri holur muni gefa nálægt 20% sjó en sjóholur gefi 95% sjó. Hlutfall vinnslumagns ísalts og salts vatns er um $1260/4240=0,3$. Ekki liggja fyrir væntingar um seltustig til framleiðslunnar.

Hjá Löxum má búast við að selja ísalts vatns úr grynna holum verði undir 5% sjó fyrir framtíðarvinnslu á núverandi vinnslusvæði og ef hófleg nýting fer fram á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa. Búast má við lítilegri lækun seltustigs miðað við núverandi vinnslu ef vinnsluaukning austan Laxa verður að veruleika, en það mun ganga til baka og vel það ef vinnsla mun verða á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa. Seltustig úr djúpum holum er í dag um 95% sjór skv. reikningunum og reikna má með að það verði óbreytt óháð framtíðarvinnslutilfelli.

Hjá Náttúru er reiknaður niðurdráttur nokkuð áþekkur því sem reiknast við Laxa. Svo er einnig með seltustig í djúpu holunum, um 95% sjór. Hins vegar er hlutfall sjós í grunnum holum töluvert herra, auk þess sem það er mjög breytilegt eftir vinnslutilfelli. Sem meira er, hófleg vinnsla á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði vestan Laxa leiðir til hæstu seltunnar í grunnu holunum, um 13% sjór, í stað um 7% við núverandi vinnslu. Vinnsluskipting milli ísalts og salts vatns er sú sama í núverandi og framtíðarvinnslu, $440/490=700/780=0,9$. Náttúra virðist því þurfa tiltölulega lágt seltustig í sína framleiðslu. Náttúra gæti því þurft mun meira af ísalta vatninu í framtíðinni fyrst seltustig þess er að hækka, á meðan nálægt full selta verður áfram í djúpu holunum.



Svæðið vestan af SKIP 1 er verulega frábrugðið svæðinu austan af því. Sést það mjög vel í seltumyndum fyrir sjótökuholurnar, einnig í niðurdráttarmyndum. Athyglisvert er að selta í ferskvatns- og sjóholum er svo til sú sama á SKIP 1 fyrir Tilfelli 3 og 4. Í fyrra tilfellinu er unnið miklu meira úr svæðinu en þó ekki úr svæði SKIP 6, í því seinna er unnið úr svæði SKIP 6. Athyglisvert er einnig að bera saman niðurdrátt og seltu í fersk- og sjóholum milli SKIP 6 og 7. Í Tilfelli 4 er ekki unnið úr SKIP 7 og orsakast niðurdráttur þar því af vinnslu af svæðunum sitt hvoru megin við það. Niðurdrátturinn er þó ekki nægjanlegur til að hækka seltu í ferskvatnslaginu. Hins vegar hækkar seltan aðeins í sjótökuholunni.

Í Keflavík virðist þurfa mjög mikið til svo hækkun verði í seltustigi ferskvatnsins. Í Tilfelli 2 verður 1 m niðurdráttur. Þrátt fyrir það verður óveruleg hækkun í seltu ferskvatnslagsins. Jafnframt hækkar seltan í djúpu holunum úr u.þ.b. 45% sjó í um 50% sjó. Má því ætla að svæðið við Keflavík henti ekki fiskeldi sem þurfi seltu umfram 45-50% sjó.

6. Lokaorð

Lagt var mat á áhrif framtíðarnýtingar vatnsbóla núverandi og fyrirhugaðra fiskeldisfyrirtækja á iðnaðarsvæðinu á grunnvatnsauðlindina meðfram ströndinni vestur af Þorlákshöfn. Áður en hægt er að svara hvernig best er að skipuleggja svæðið svo áhrif vinnslunnar á grunnvatnskerfið verði sjálfbær, vantar frekari forsendur um væntingar sveitarfélagsins og fiskeldisfyrirtækja til vinnslumagns og seltu vinnsluvatns. Fyrirfram var gert ráð fyrir að ferskvatnslinsan á svæðinu væri óspillt, en gagnaöflun leiddi í ljós að staðan væri ekki sú þar sem vísbendingar er um seltu við grunnvatnsborð á Hafnarnesinu. Ekki liggja þó fyrir beinar mælingar og er því um huglægt mat að ræða að sinni. Þessar aðstæður voru enn fremur endurspegladar í líkanreikningunum en nauðsynlegt mun reynast að staðfesta þá reikninga frekar með mælingum. Ekki eru forsendur til að stofna til frekari vatnsvinnslu á Hafnarnesi áður en slíkar staðfestingar liggja fyrir ásamt ítarlegum upplýsingum um vinnslutilhögun fiskeldisfyrirtækjanna.

Við mótun framtíðarsýnar sveitarfélagsins við uppbyggingu fiskeldis til framtíðar á svæðinu þarf að skerpa á þörfum og markmiðum, t.a.m. hvort lagt verði sérstaklega upp með að viðhalda núverandi ástandi og halda seltu við grunnvatnsborð sem næst óbreytt á svæðinu (ferskt vatn vestan Laxa og ísalt vatn austan Laxa). Þetta þarf að ákveða í samræmi við væntingar fiskeldisfyrirtækja um vinnslumagn og seltustig vatns fyrir eldið, en ætla má að væntingar þeirra geti verið misjafnar. Þar sem selta er mjög breytileg eftir svæðinu, bæði í grynri og dýpri lögum þess má ætla að þörf sé á einhvers konar kortlagningu sem markar svæði sem hentar mismunandi fiskeldisfyrirtækjum m.v. það seltustig sem gagnast starfseminni best.

Niðurstöður líkanreikninganna gefa til kynna að skoða þurfi vinnslu vatns á svæðinu í heild sinni þegar nánari staðfestingu er lokið með viðbótar mælingum. Þannig þarf t.a.m. að horfa til að núverandi fiskeldisfyrirtæki eru að vinna vatn úr sama ferskvatnsstraumi og fer um vatnsból sveitafélagsins og mögulega þeim straumi sem Icelandic Water Holdings fá úr sinni lind ofar á vatnasviðinu við Hlíðarenda. Vinnsla hugsanlegra fiskeldisfyrirtækja á fyrirhuguðu iðnaðarsvæði gæti einnig keppt um vatn úr sama straumi. Samþætt áhrif vinnslu á uppbyggingarsvæði fyrir fiskeldisfyrirtæki, og mögulegrar aukinnar vinnslu í vatnsbóli sveitafélagsins þarf að staðfesta betur, en möguleiki er á að niðurdráttur grunnvatnsborðs teygji sig upp að Hlíðarenda.

Almennt er lítið af gögnum á svæðinu í nágrenni Þorlákshafnar, bæði til uppbyggingar grunnvatns-líkansins og til staðfestingar og kvörðunar þess. Niðurstöður þær sem fram hafa komið að ofan eru því byggðar á takmarkaðri grunni en æskilegt væri, þótt innbyrðis samræmi virðist gott í líkaninu og unnt

var að staðfesta það að vissu marki. Niðurstöðurnar eru því eðli málsins samkvæmt bundnar nokkurri óvissu, og er mikilvægt að hafa það í huga þegar þær eru túlkaðar. Frekari gagnasöfnun er nauðsynleg til að minnka óvissuna í líkanreikningunum svo nægjanleg nákvæmni sé til staðar við fyrirhugaðar skipulagsákvæðanir, bæði gagnvart færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og framtíðarskipulagi fiskeldis í nágrenni Þorlákshafnar.

Að beiðni sveitarfélagsins hafa Vatnaskil lagt drög að fyrirkomulagi mælinga sem nauðsynlegt er að ráðast í sem allra fyrst til að unnt verði að leggja drög að ofangreindum skipulagsákvörðunum. Markmiðið er að kortleggja betur núverandi ástand grunnvatnskerfisins og um leið styrkja reiknilíkanið og spágetu þess, nægjanlega til að staðfesta megi það orsakasamhengi er ræður mestu gagnvart áhrifum af fyrirhugaðri vatnstöku sveitarfélagsins, núverandi fiskeldisfyrirtækja og væntanlegra fiskeldisfyrirtækja á svæðinu. Samhliða mælingunum þarf að afla frekari upplýsingar um vinnslutilhögun fiskeldisfyrirtækjanna, þ.m.t. núverandi vinnslumagn og seltu vinnsluvatns, breytileika vinnslu ferskvatns og jarðsjávar. Sömu leiðis um væntingar fyrirtækjanna gagnvart framtíðartilhögun. Að auki er mikilvægt að fylgjast með breytingum á grunnvatnskerfinu til framtíðar, sérstaklega vegna fyrirhugaðrar vinnsluaukningar tengdri uppbyggingu svæðisins. Því verða einnig lagðar fram tillögur að næstu skrefum við framtíðarvöktun svæðisins svo unnt sé að hafa eftirlit með ástandi grunnvatnsauðlindarinnar.

Heimildaskrá

Efla, 2017. **Þorláksskógar. Landgræðslu- og skógræktarverkefni á Hafnarsandi. Greinargerð með tilkynningu til ákvörðunar um matsskyldu.** Nóvember 2017.

ÍSÖR, 2012. **Sjóholur Íþspors myndaðar.** Minnismiði Þórólfs H. Hafstaðs og Haralds Jónassonar. Júlí 2012.

Magnús Tumi Guðmundsson og Þórdís Högnadóttir, 2004. **Hraun- og móbergsmýndanir á svæðinu frá Brennisteinsfjöllum að Hengli, niðurstöður þyngdarmælinga.** Jarðvísindastofnun Háskólans. Ágúst 2004 RH-12-2004.

Morgunblaðið, 2009. **Gamall brunnur aftur orðinn sýnilegur.** Grein eftir Jón H. 15. október 2009. <https://www.mbl.is/greinasafn/grein/1304826/>.

Orkustofnun, 1986. **Sjóboranir vegna laxeldis í Þorlákshöfn.** Greinargerð KS-86-16. Júlí 1986.

Orkustofnun, 1988. **Leit að volgum jarðsjó og heitu vatni við Þorlákshöfn. Niðurstöður borana 1987.** Sérverkefni í fiskeldi 1987. OS-88020/JHD-11 B. Maí 1988.

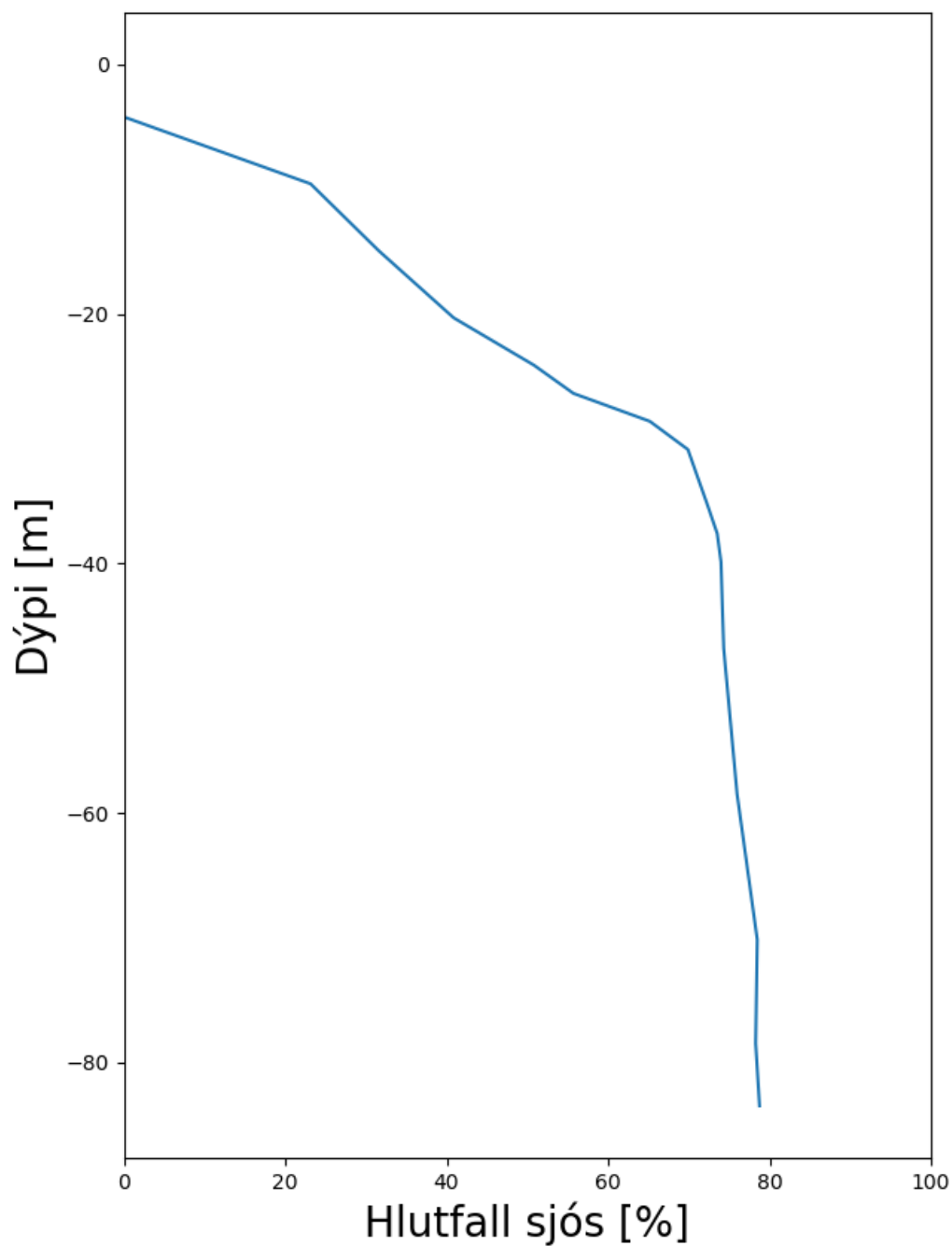
Orkustofnun, 1995. **Þorlákshöfn. Grunnvatn og vatnsvernd.** Unnið fyrir Ölfushrepp. OS-95027/VOD-04 B. Júní 1995.

Orkustofnun, 2000. **Yfirlit um jarðfræði og vatnafar í Ölfusi og grennd. Greinargerð með tveimur jarðfræðikortum.** ÁH-2000/05. September 2000.

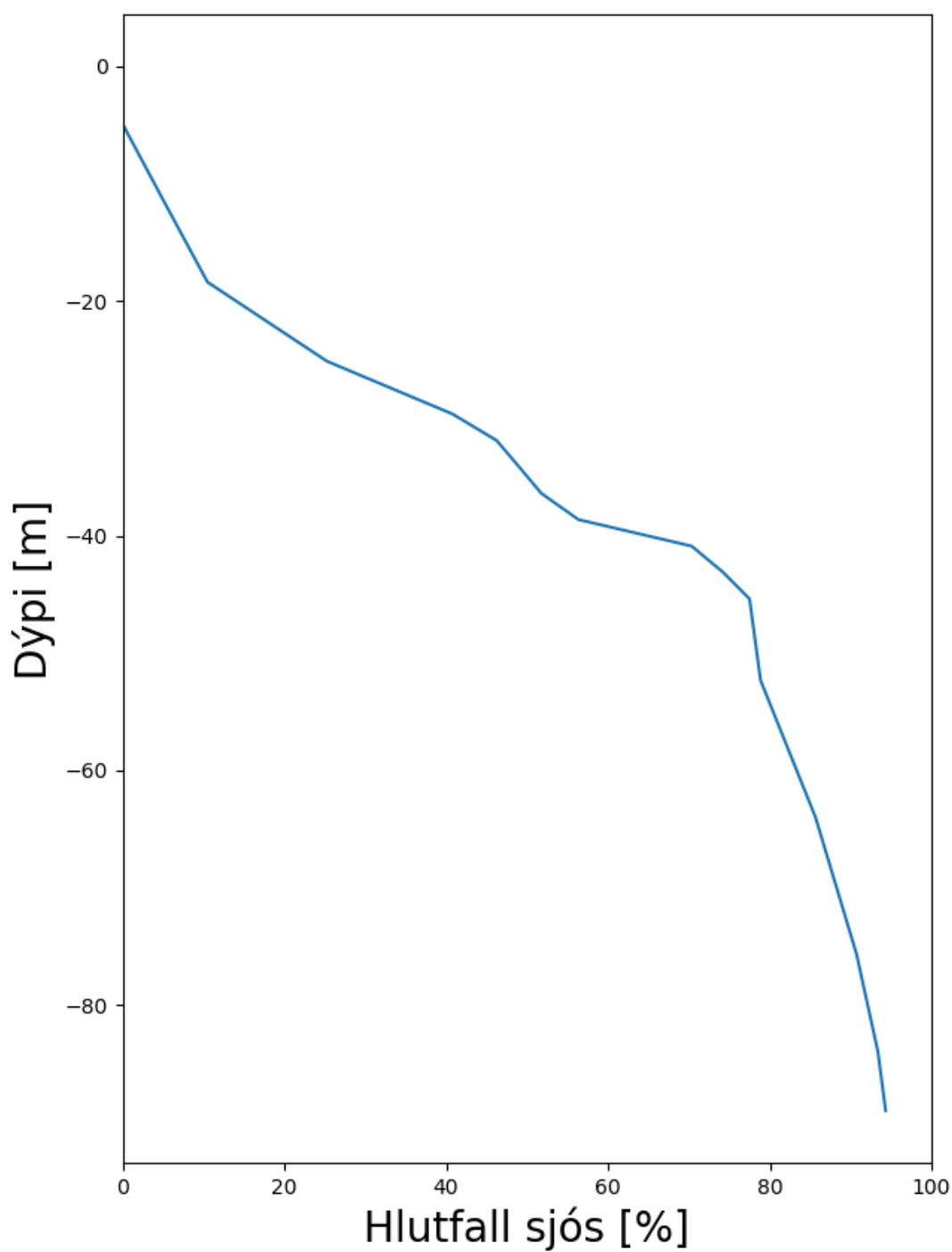
Sinton, J., Grönvold, K., Sæmundsson, K., 2005. **Postglacial eruptive history of the Western Volcanic Zone, Iceland.** *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 6 (12). 1-34.

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2017. **HÖFUÐBORGARSVÆÐI Grunnvatns- og rennislíkan. Árleg endurskoðun fyrir árið 2016.** Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. Desember 2017. 17.15.

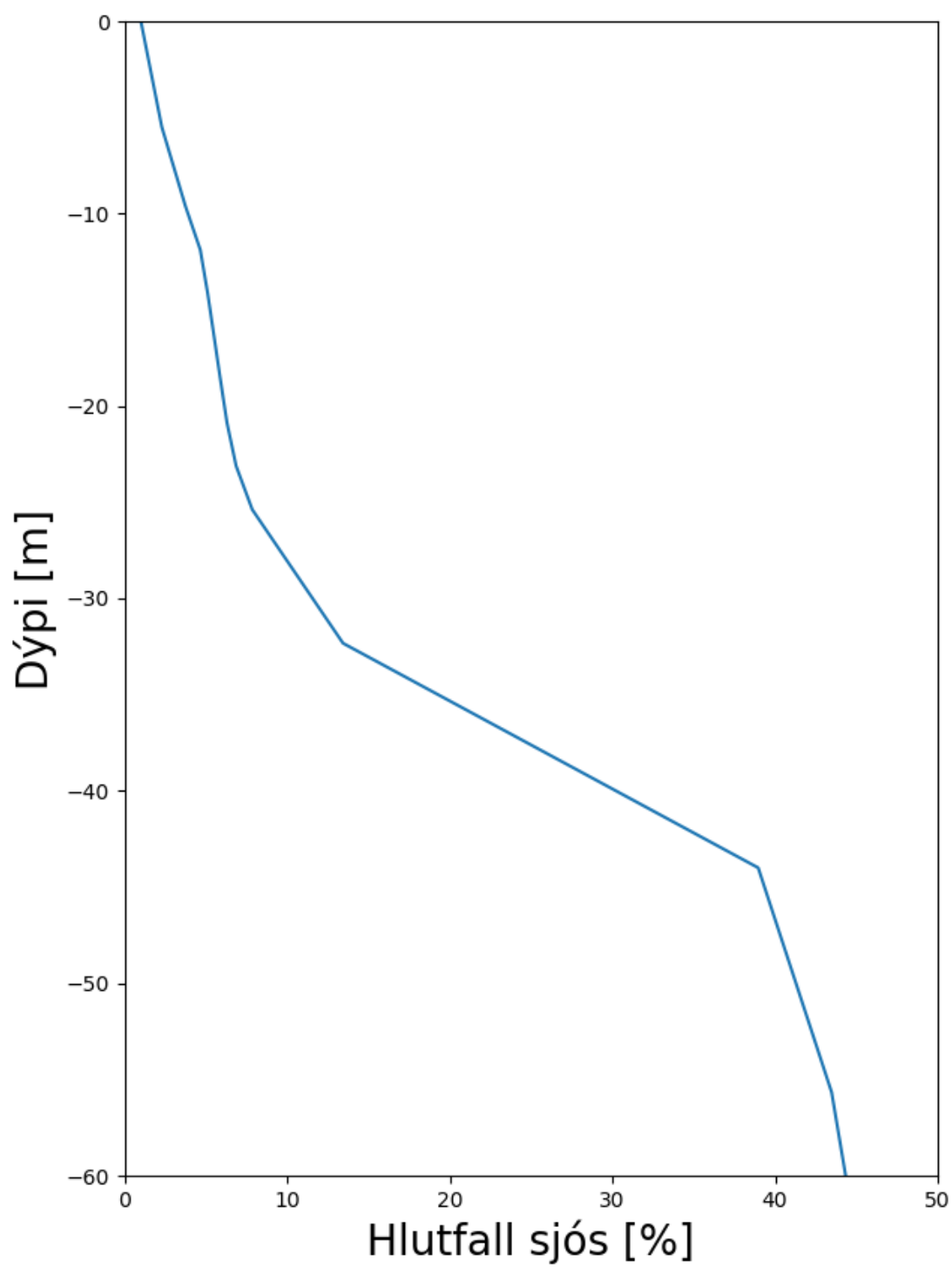
Viðauki A



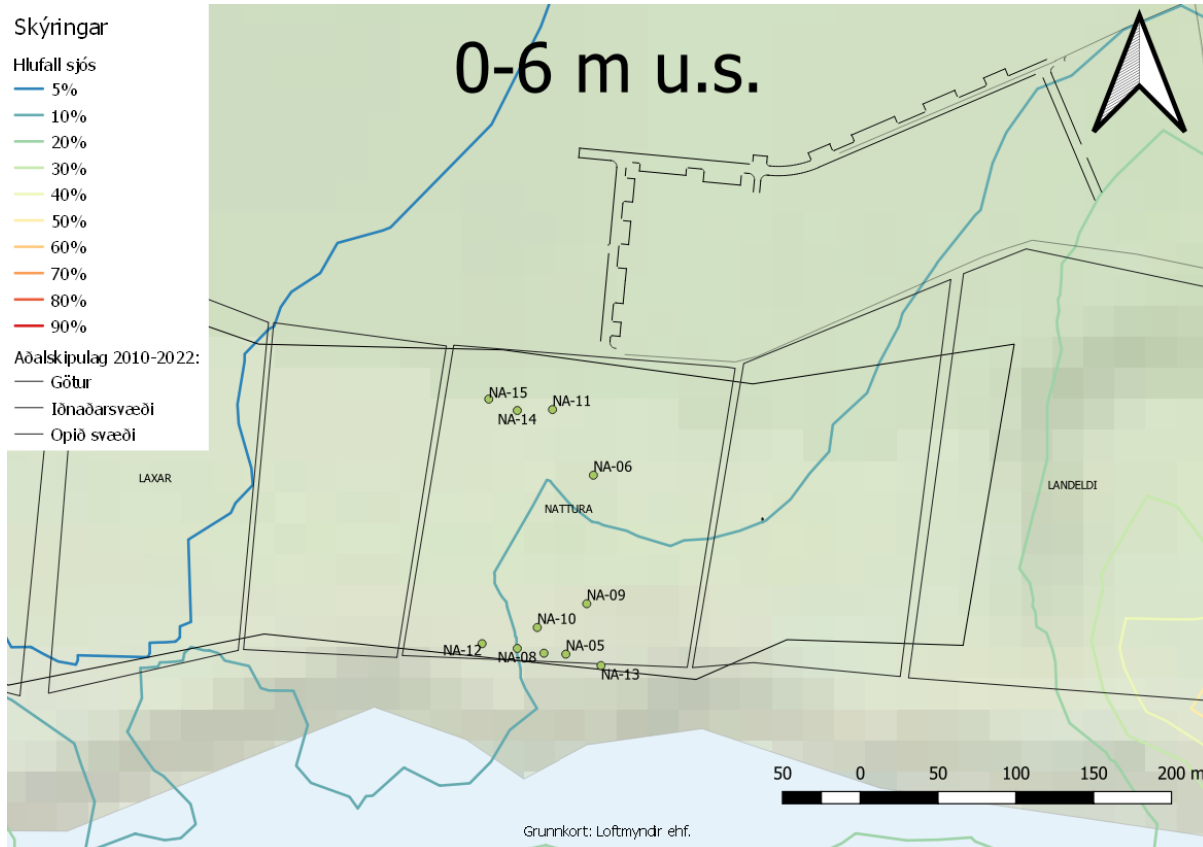
Mynd 29. Reiknað hlutfall sjós í sjótökuholu Íspórs.



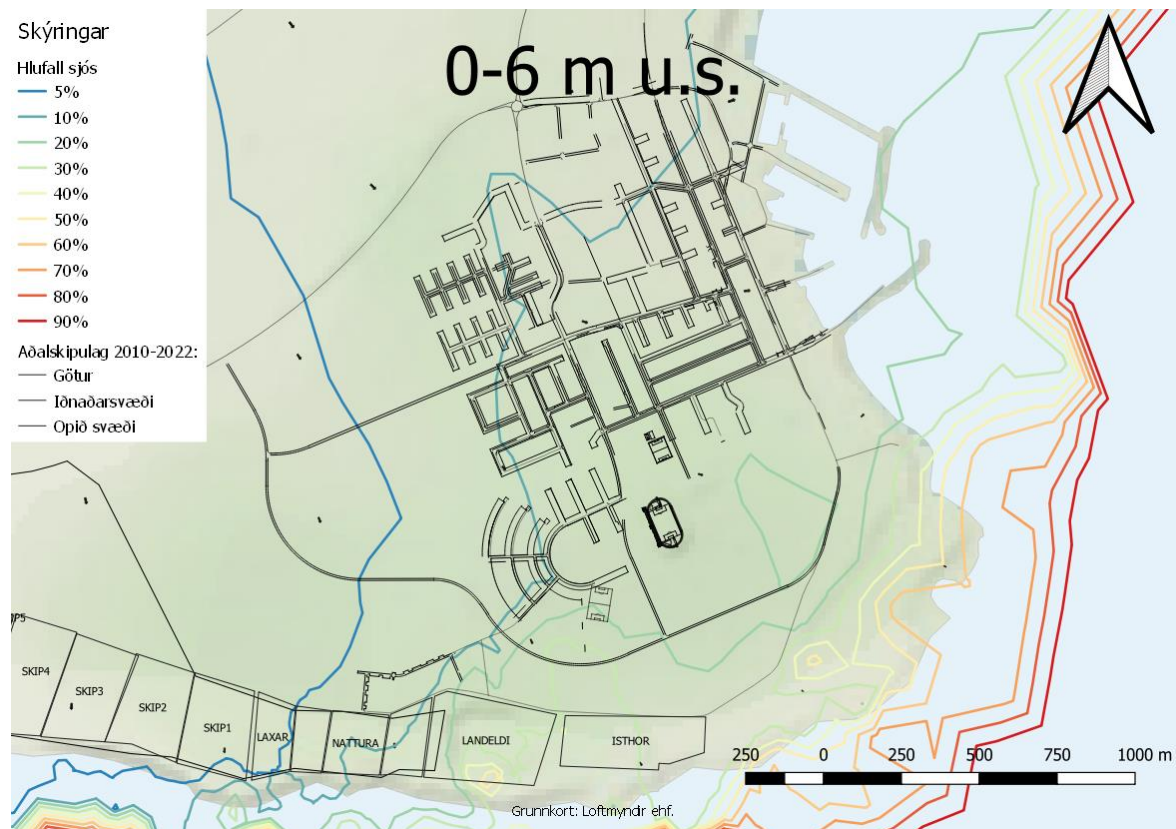
Mynd 30. Reiknað hlutfall sjós í sjótökuholu Náttúru.



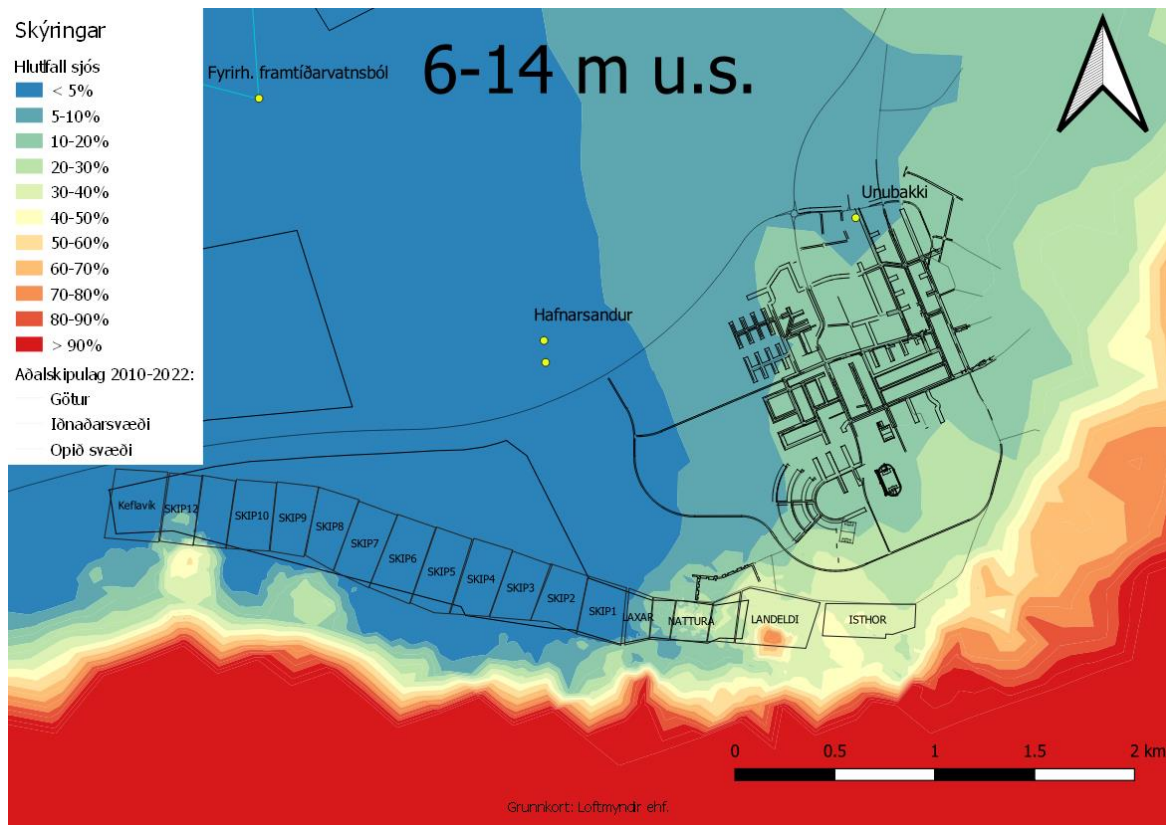
Mynd 31. Reiknað hlutfall sjós í Keflavík



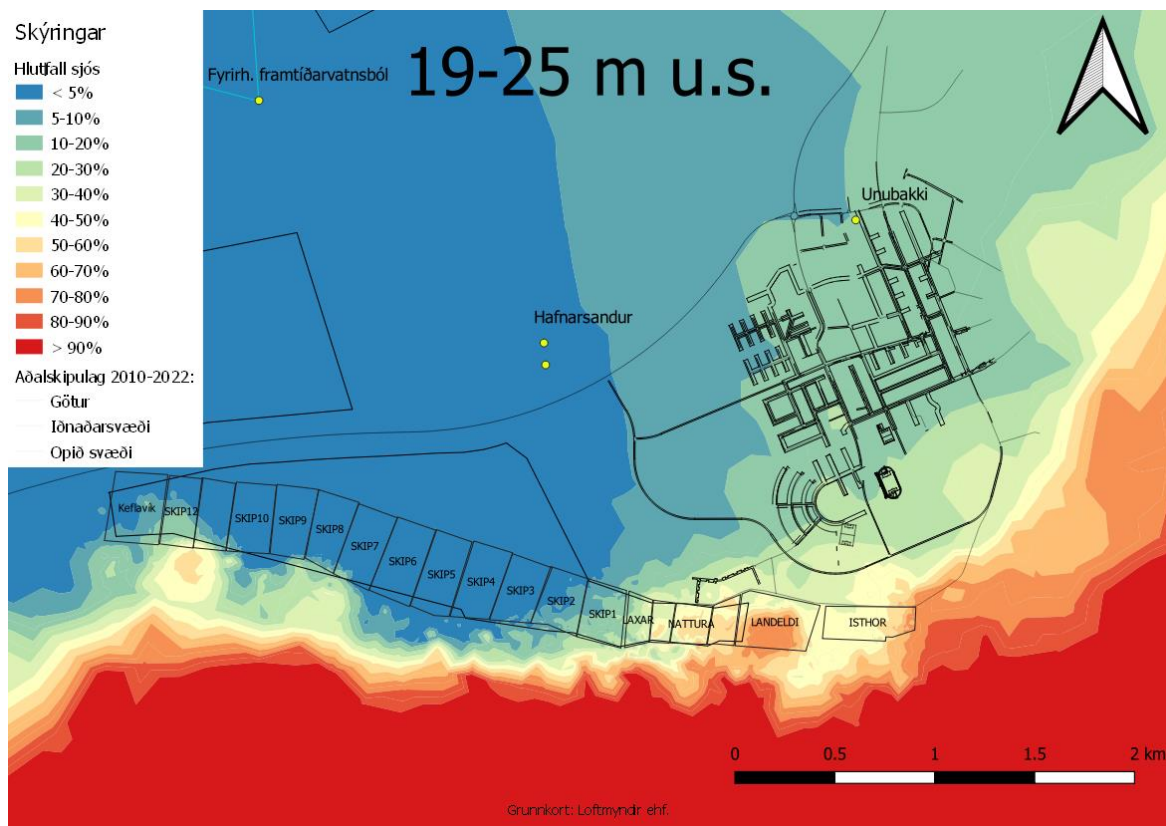
Mynd 32. Hlutfall sjós á svæði Nattúru 0-6 m u.s.



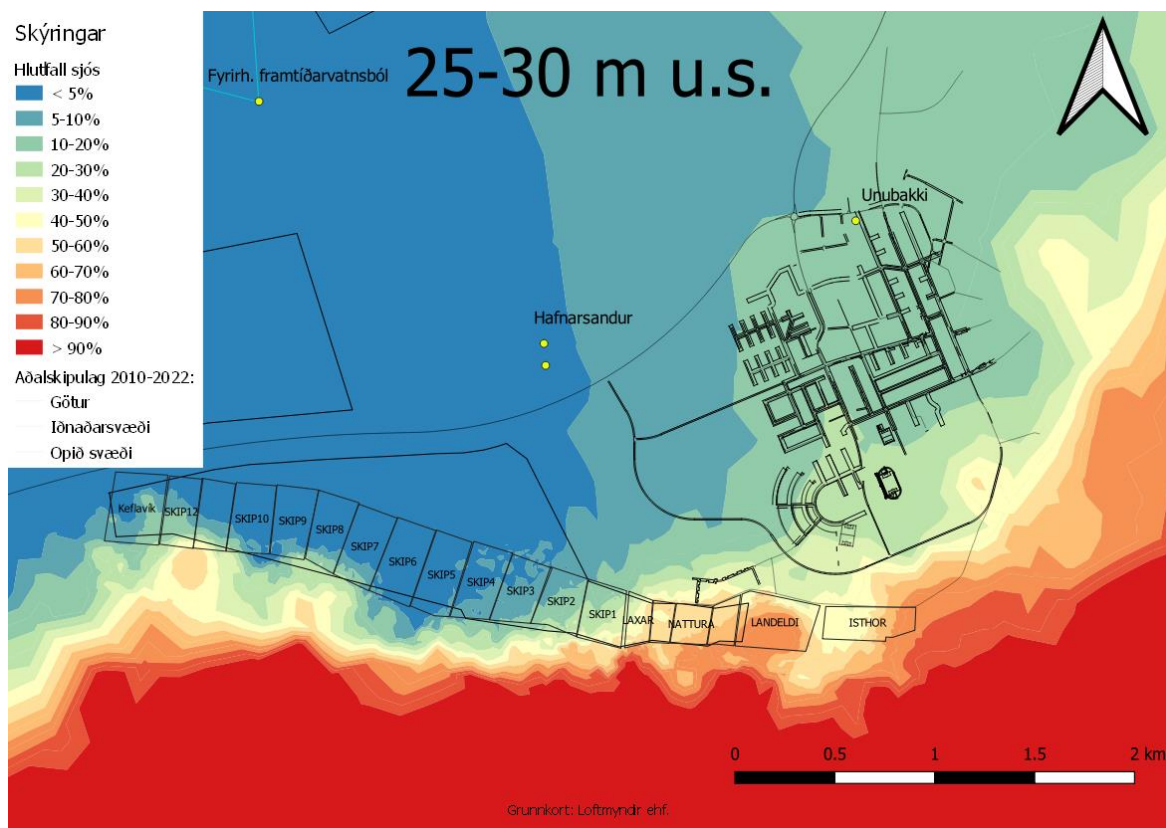
Mynd 33. Hlutfall sjós í Þorlákshöfn 0-6 m u.s.



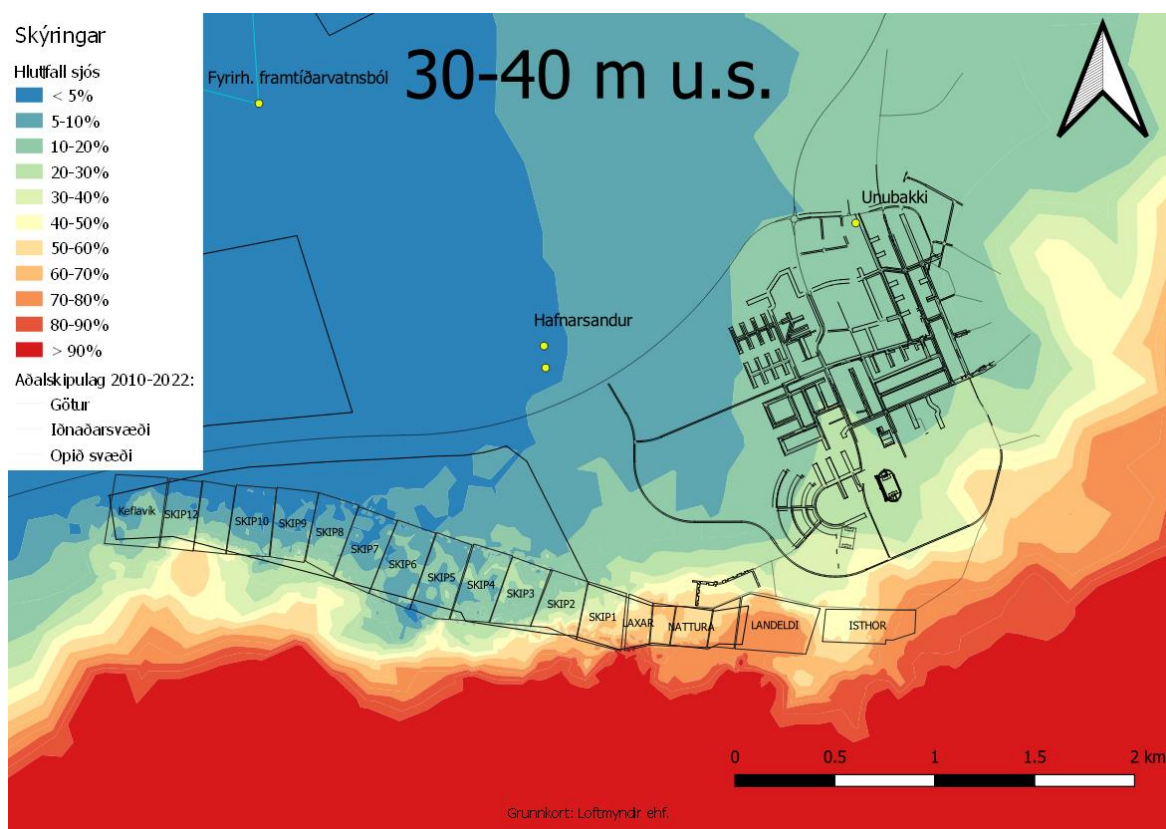
Mynd 34. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. viðmiðunarástand.



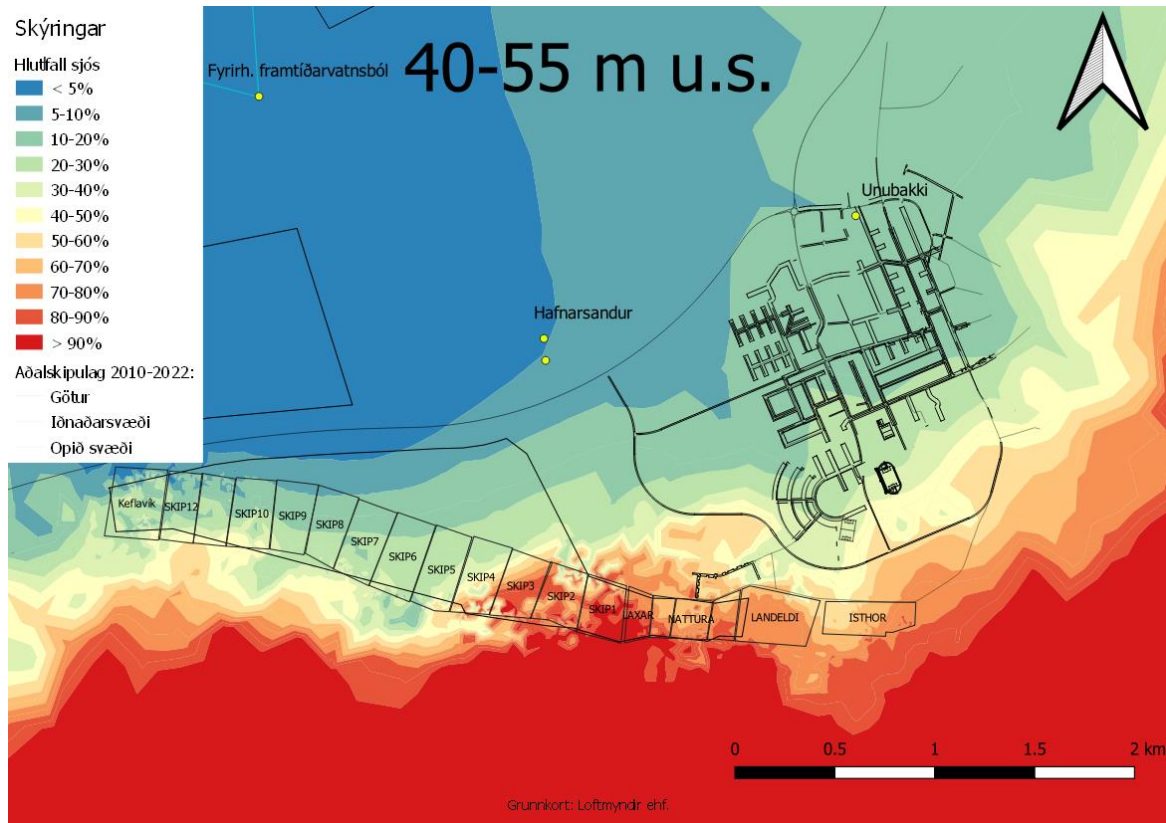
Mynd 35. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. viðmiðunarástand.



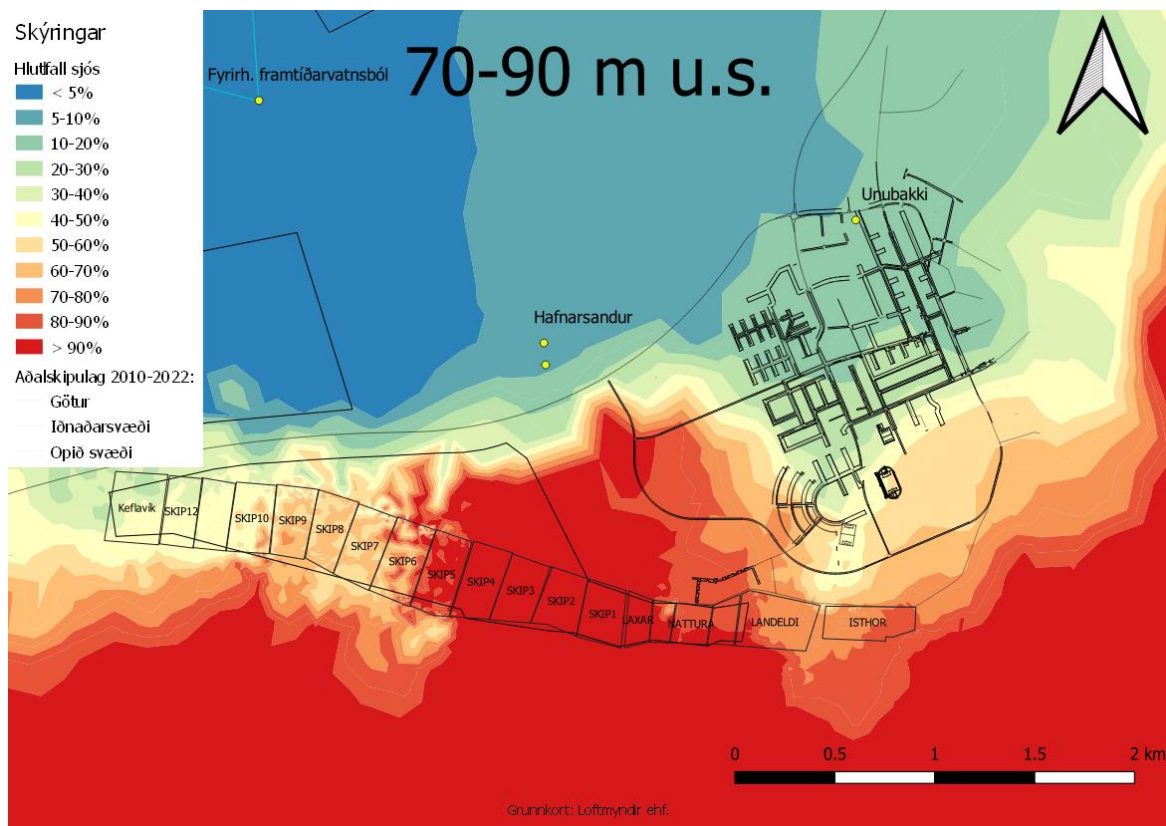
Mynd 36. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. viðmiðunarástand.



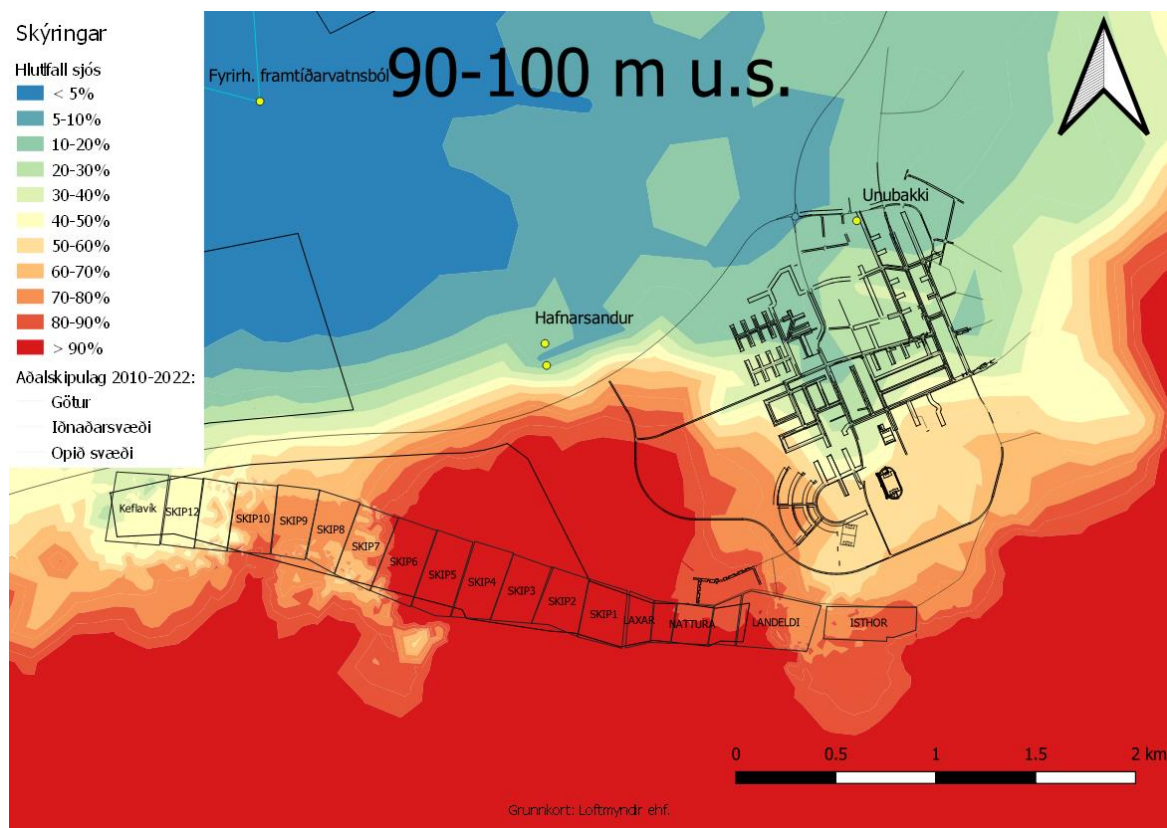
Mynd 37. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. viðmiðunarástand.



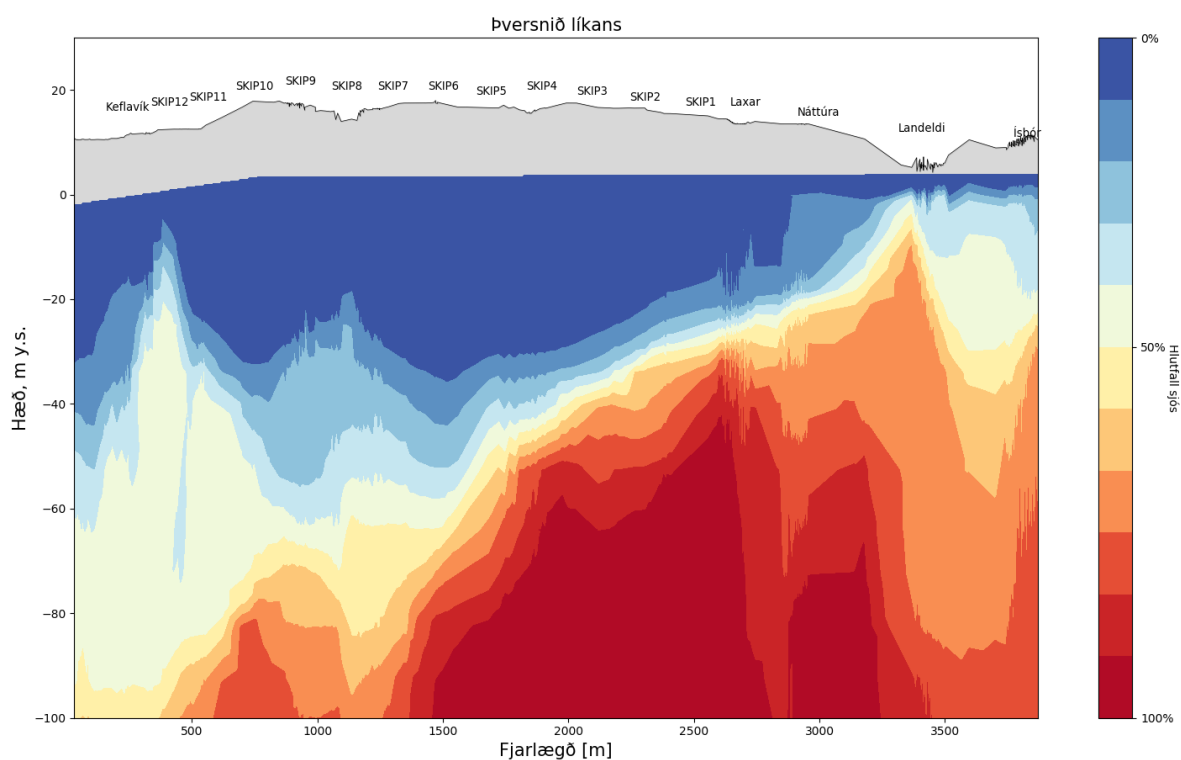
Mynd 38. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. viðmiðunarástand.



Mynd 39. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. viðmiðunarástand.



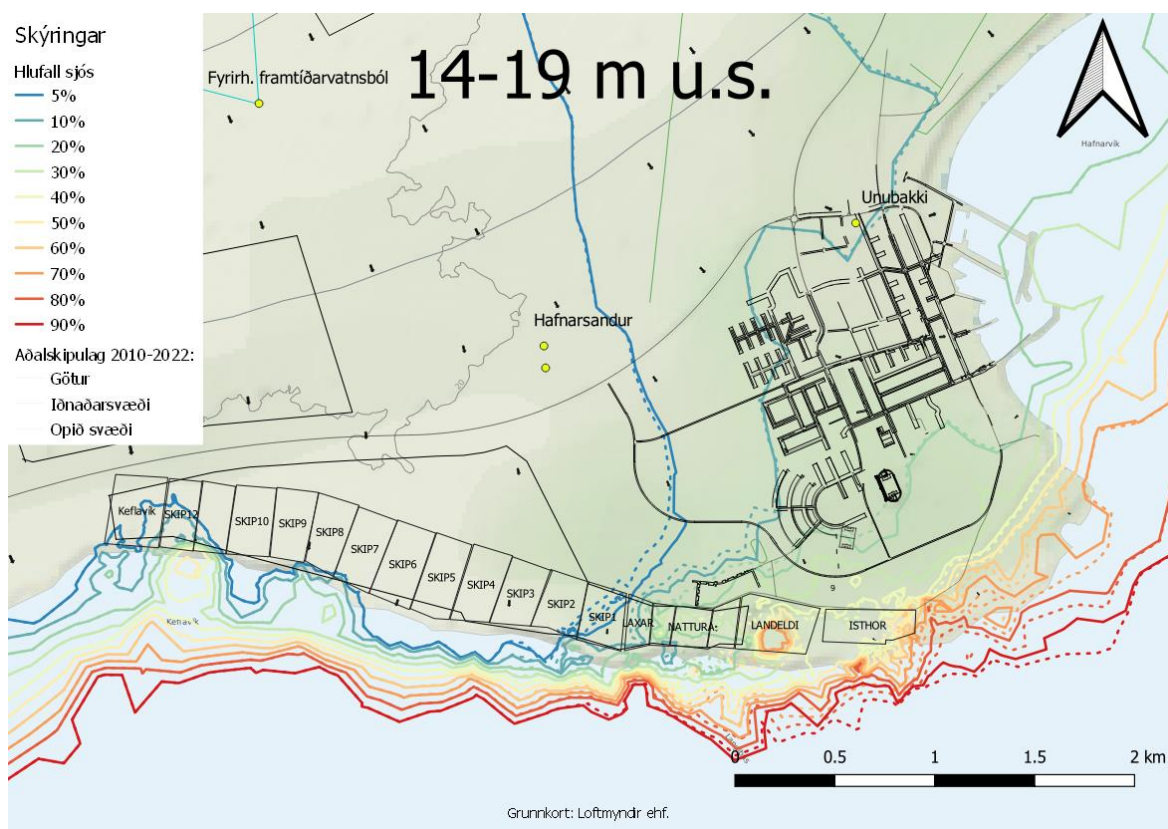
Mynd 40. Hlutfall sjós 90-100 m u.s. viðmiðunarástand.



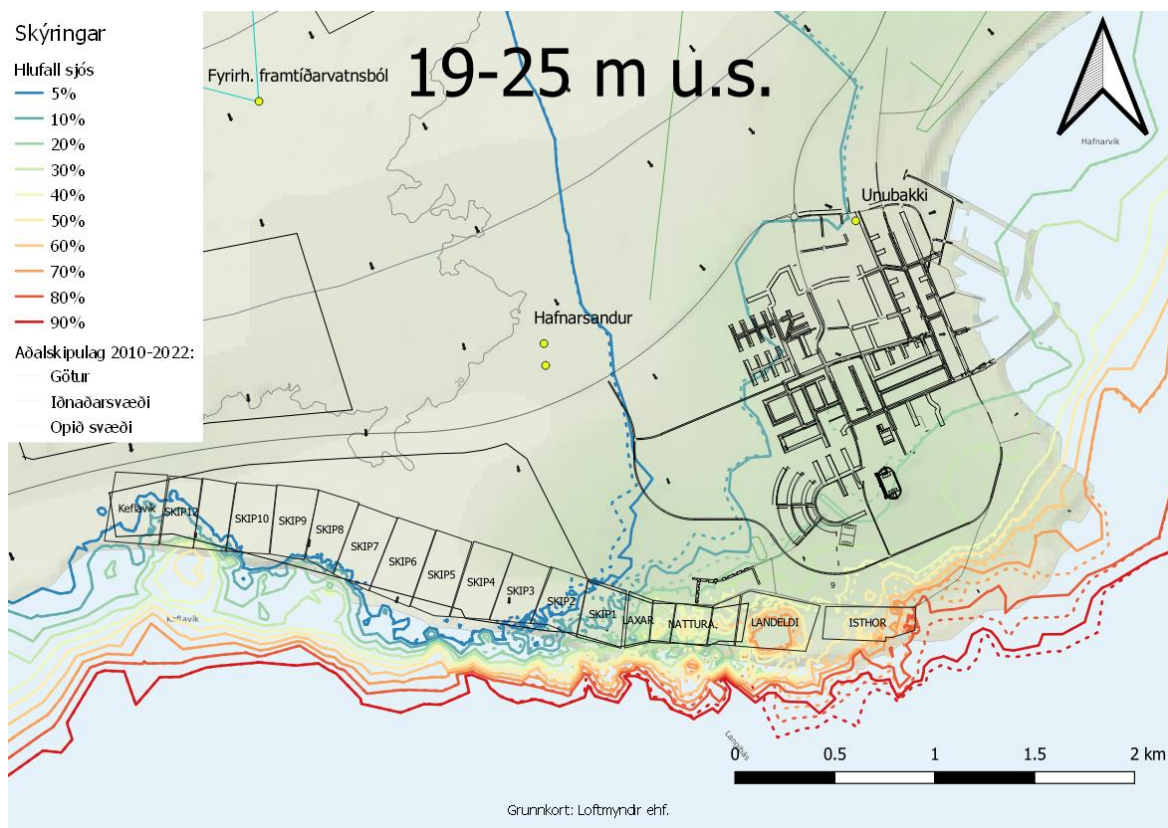
Mynd 41. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir viðmiðunarástand.



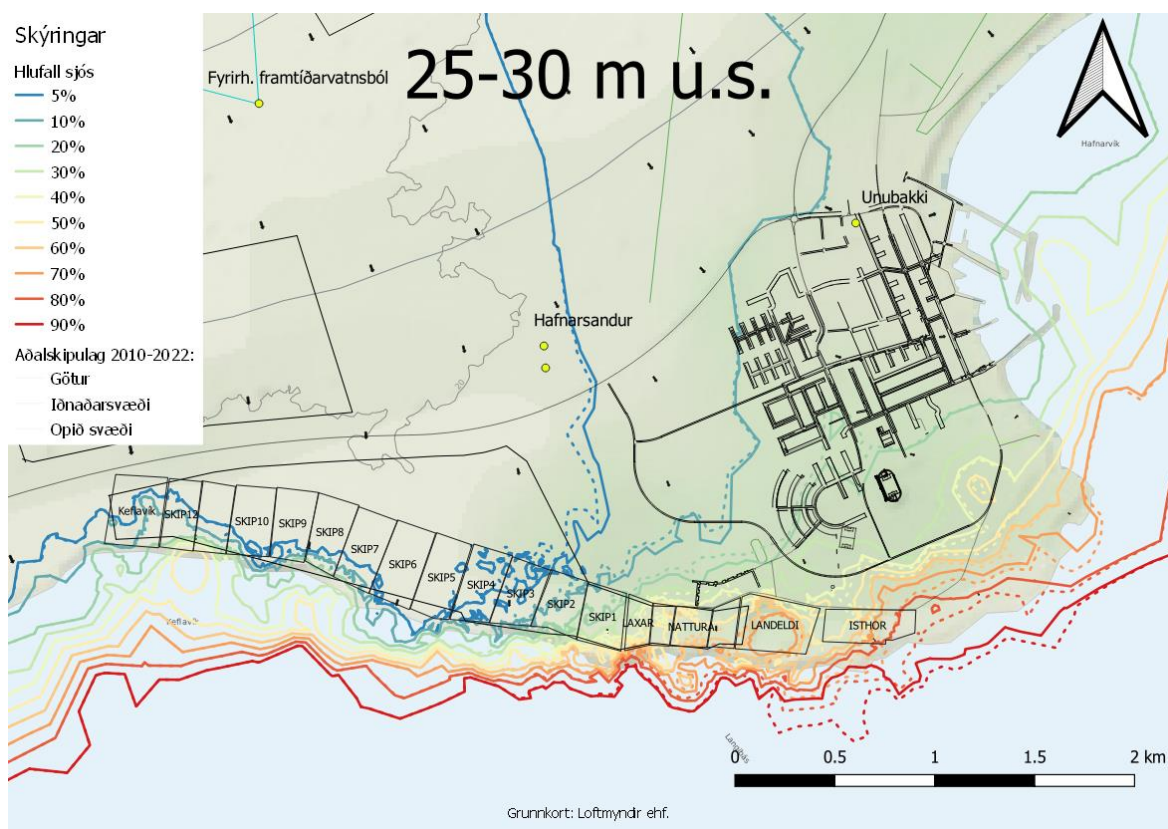
Mynd 42. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).



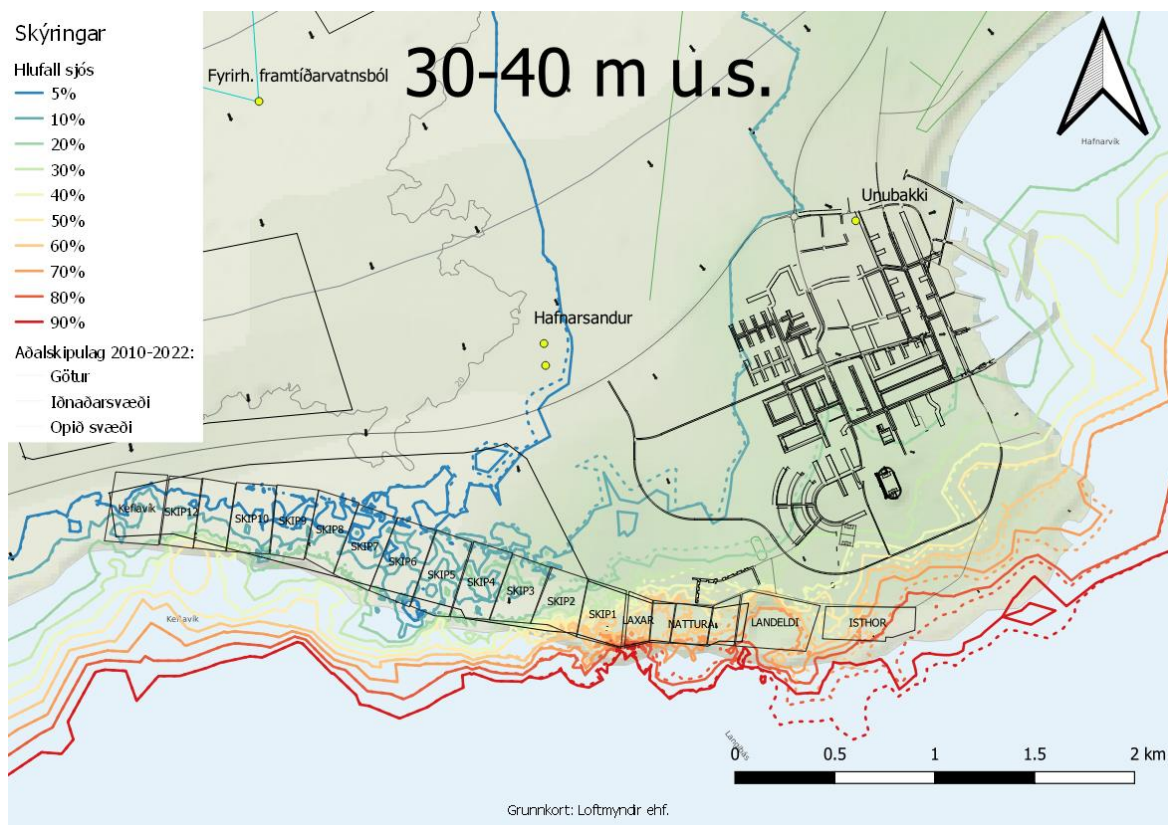
Mynd 43. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).



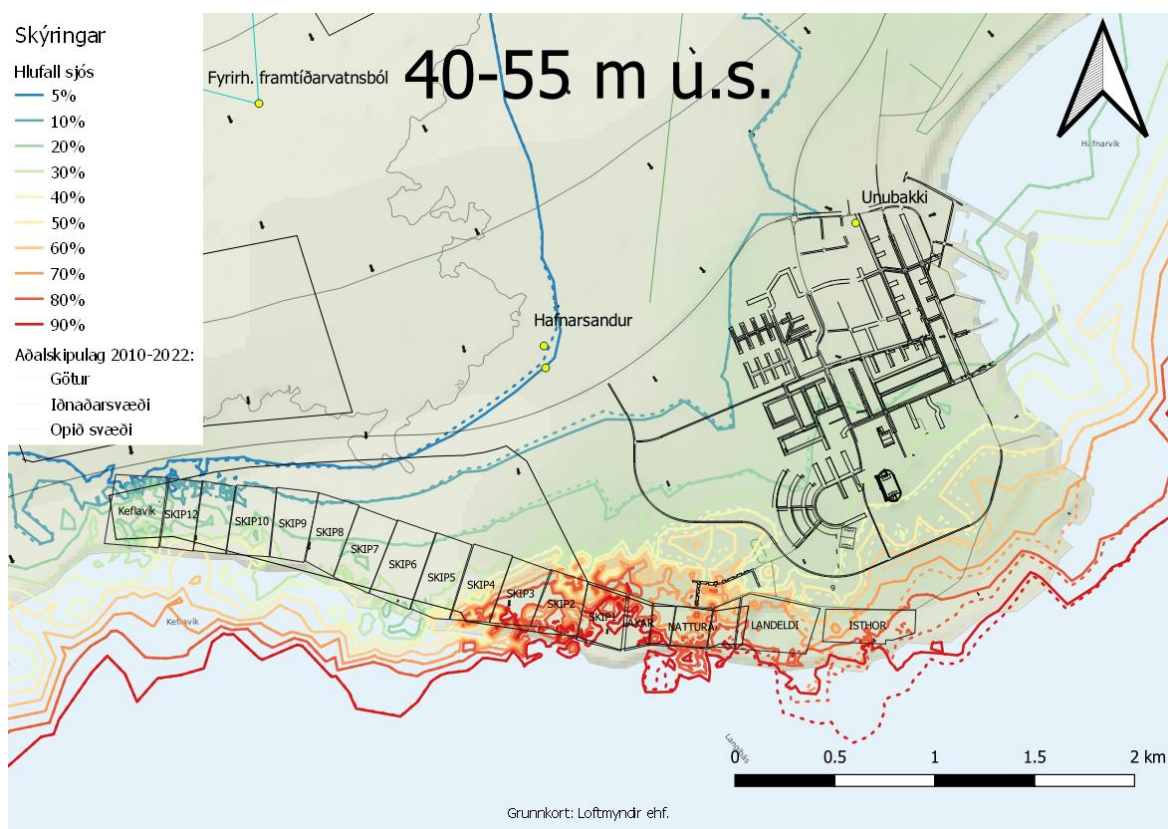
Mynd 44. Hlutfall sjós 19-25 m ú.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 1 (heil lína).



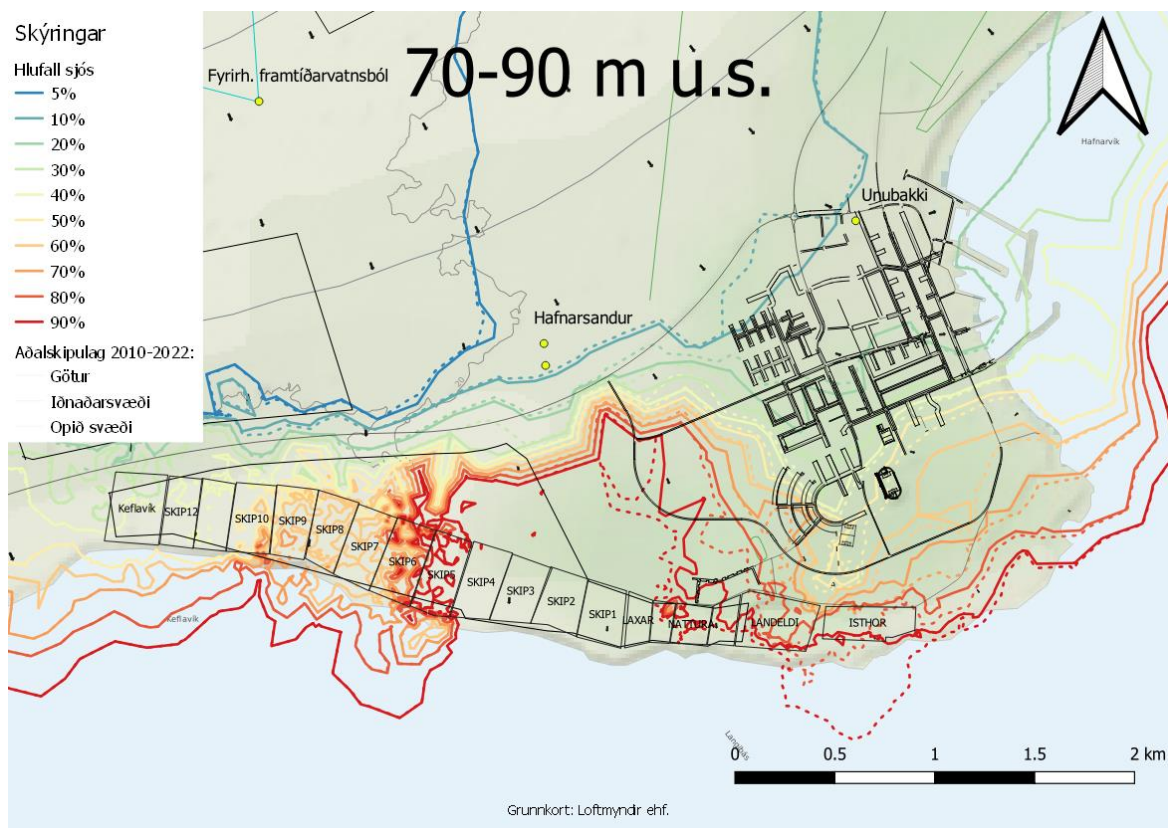
Mynd 45. Hlutfall sjós 25-30 m ú.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 1 (heil lína).



Mynd 46. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 1 (heil lína).



Mynd 47. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 1 (heil lína).



Mynd 48. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 1 (heil lína).



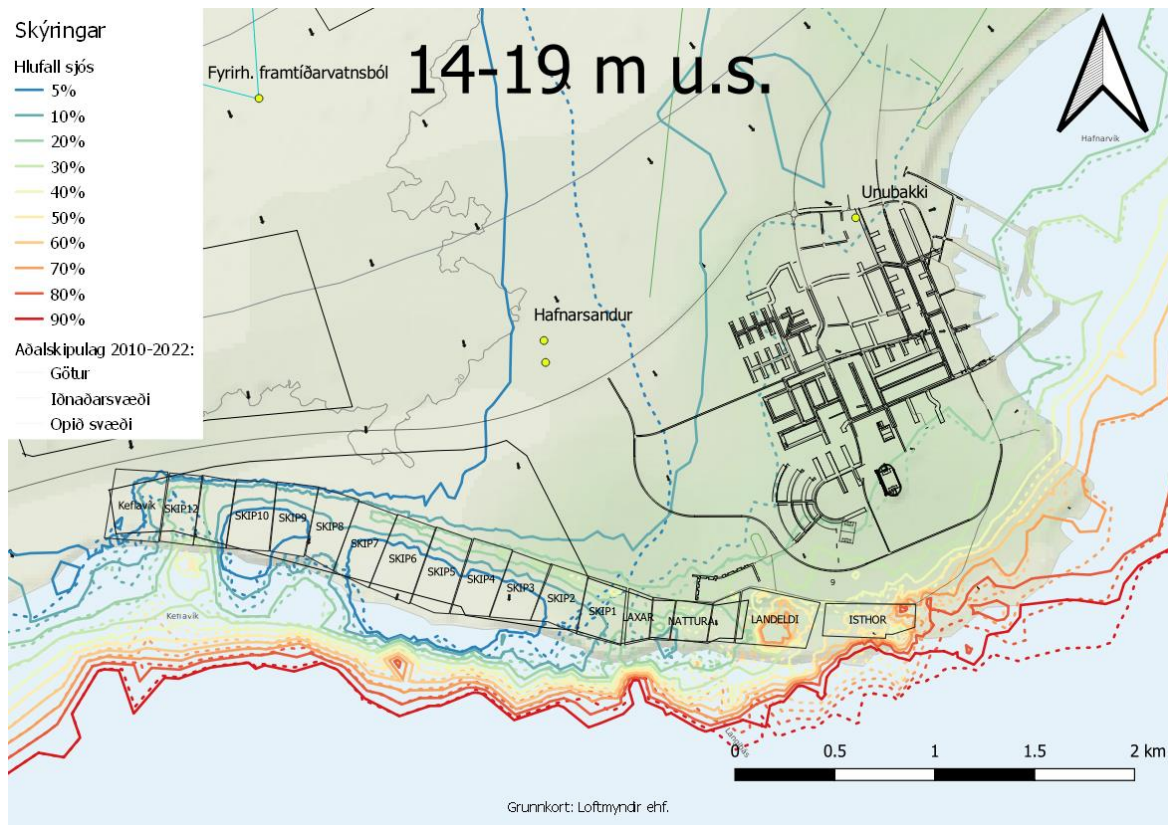
Mynd 49. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 2 (heil lína).



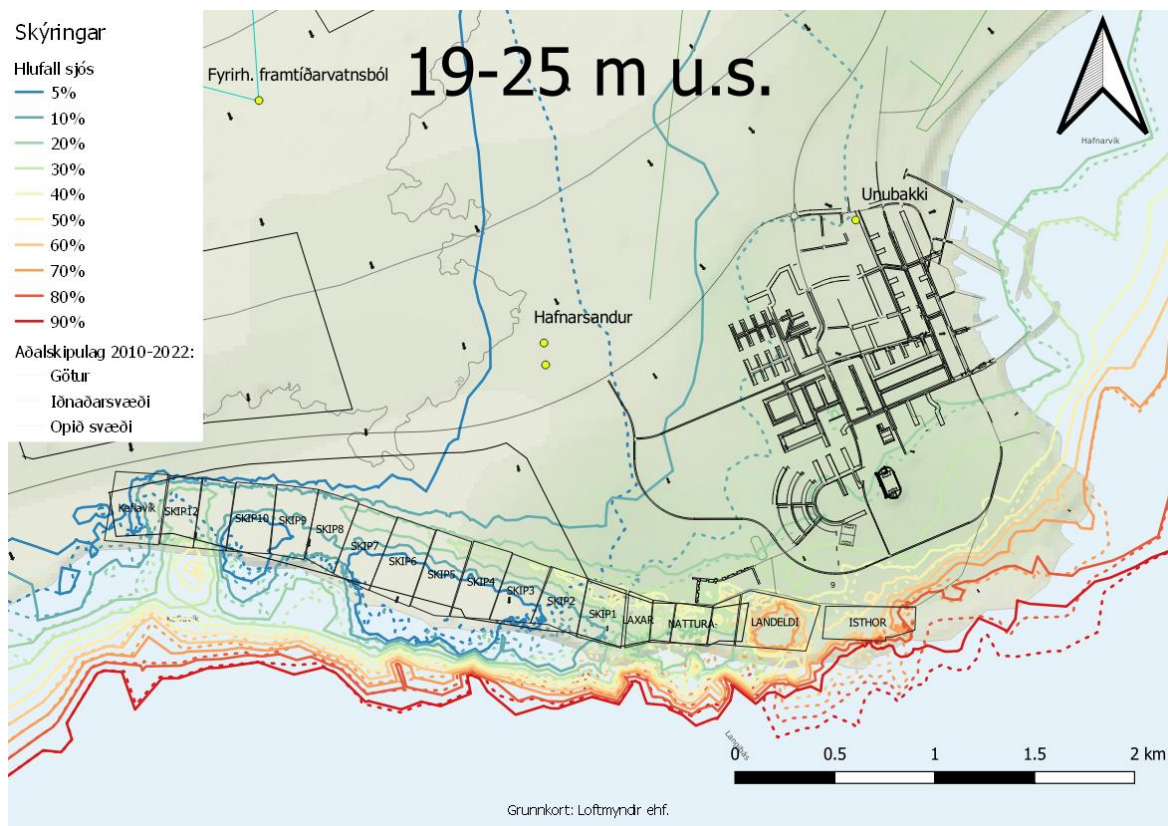
ÖLFUS

Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar
Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og
skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis

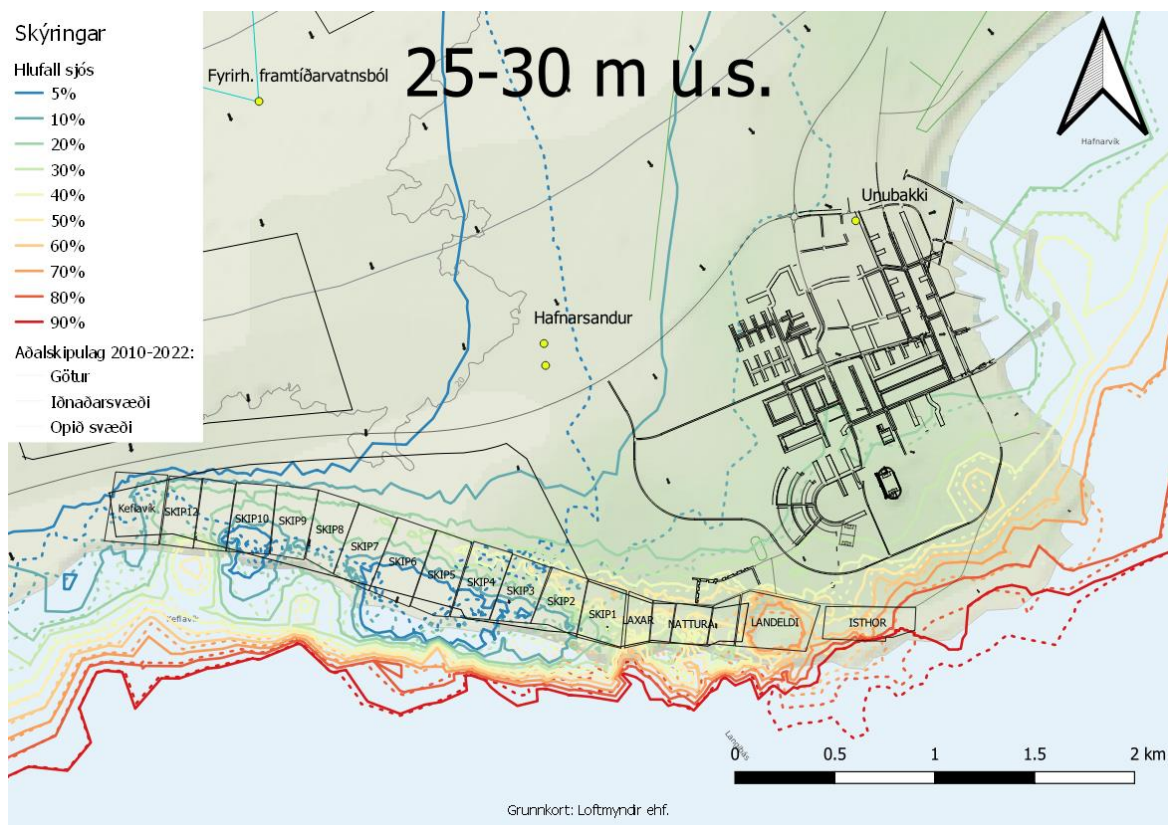
VERKFRÆÐISTOFAN
VATNASKIL



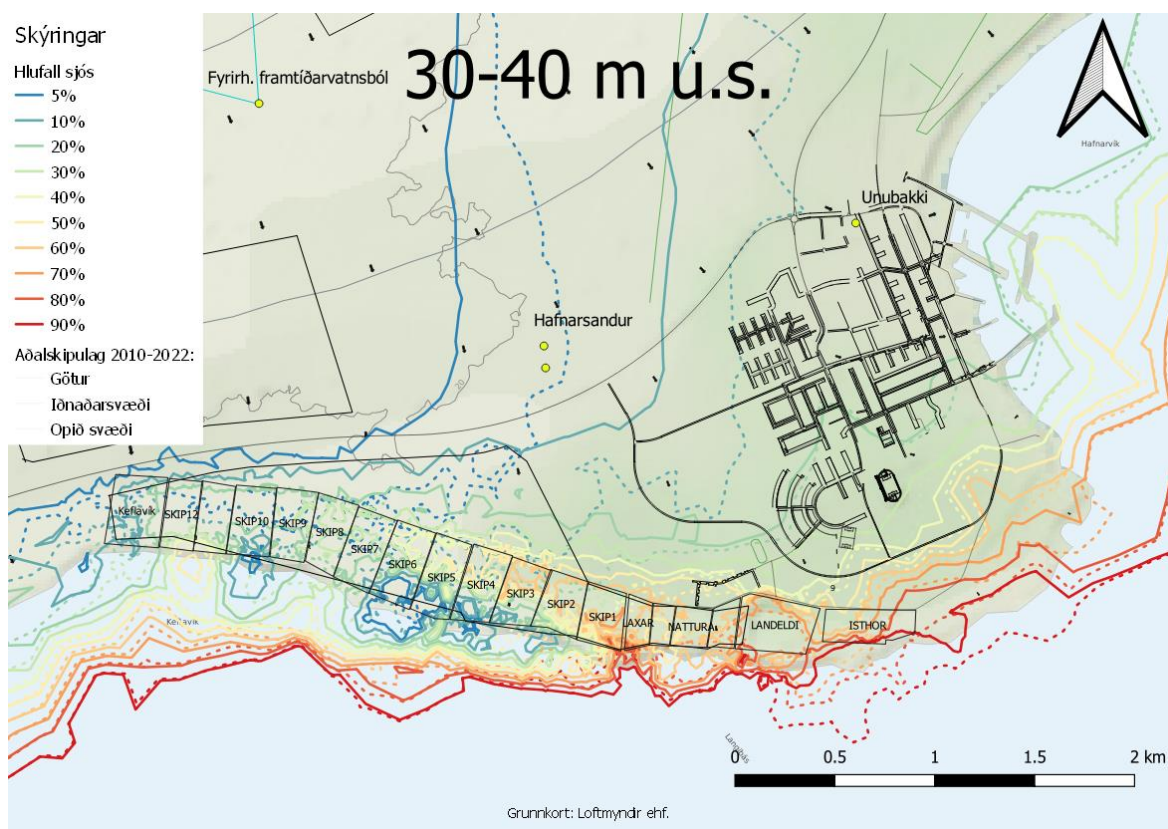
Mynd 50. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



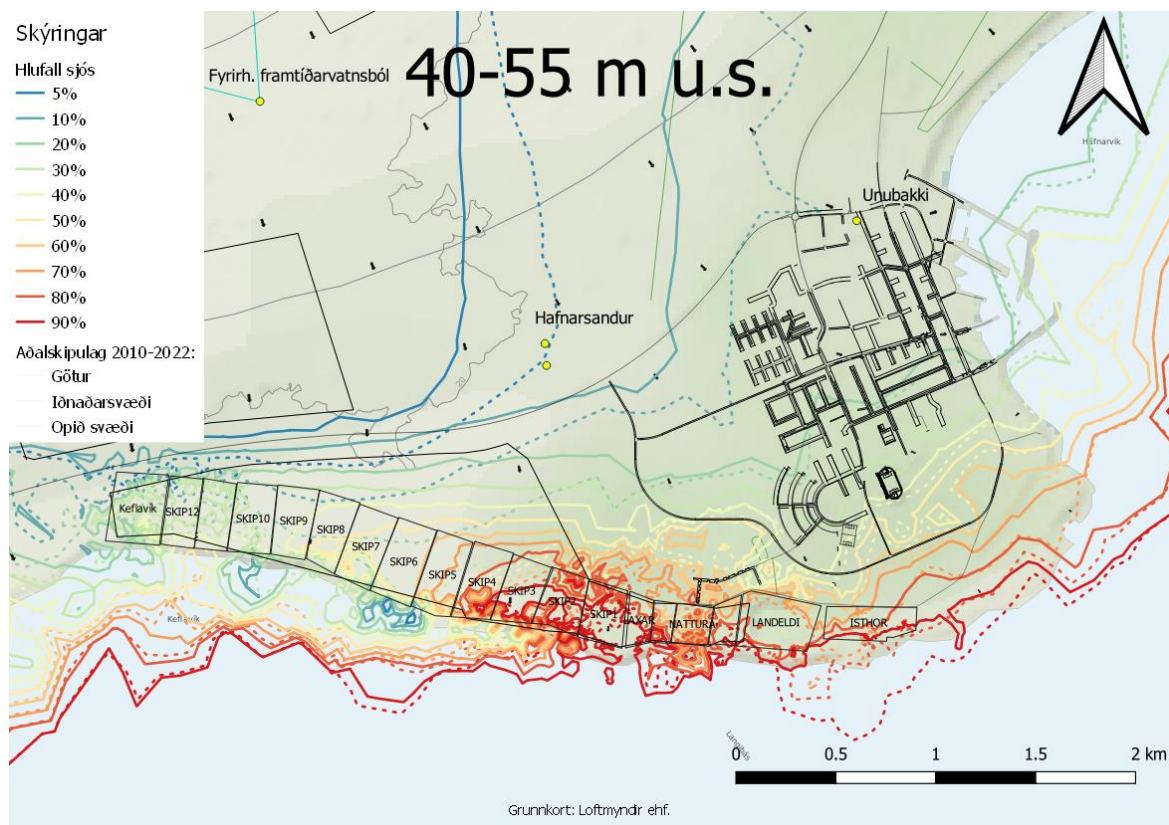
Mynd 51. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



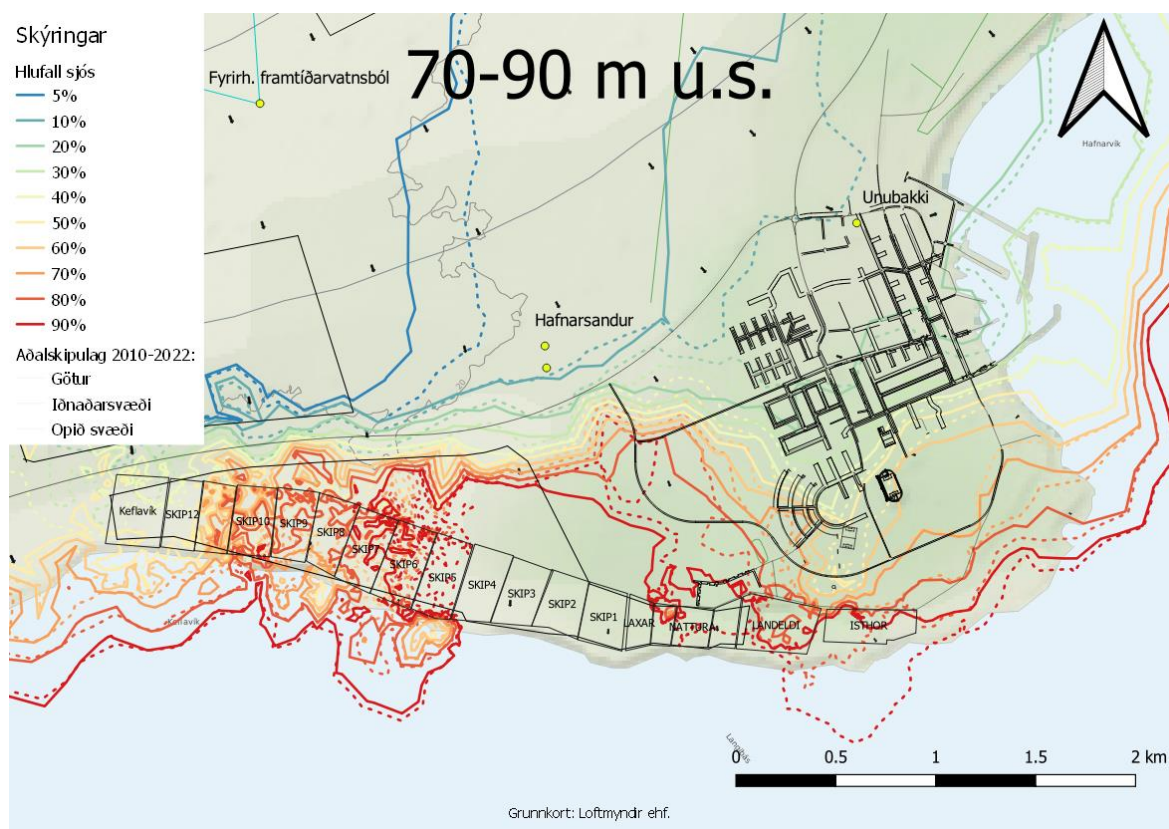
Mynd 52. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



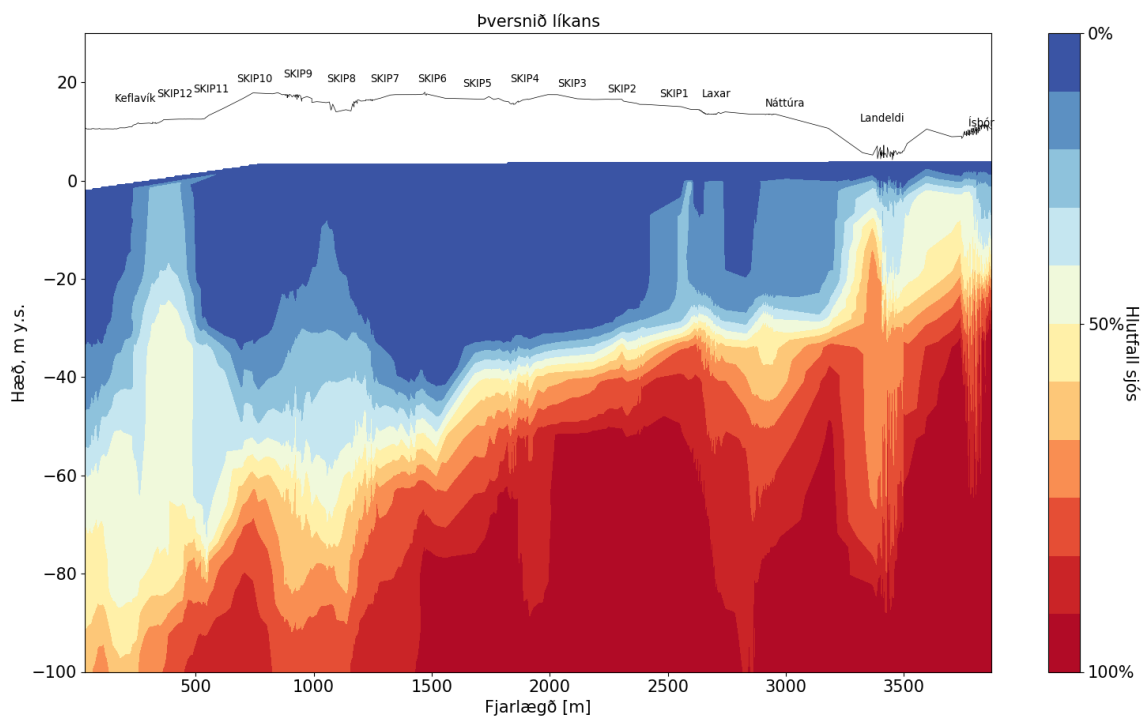
Mynd 53. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



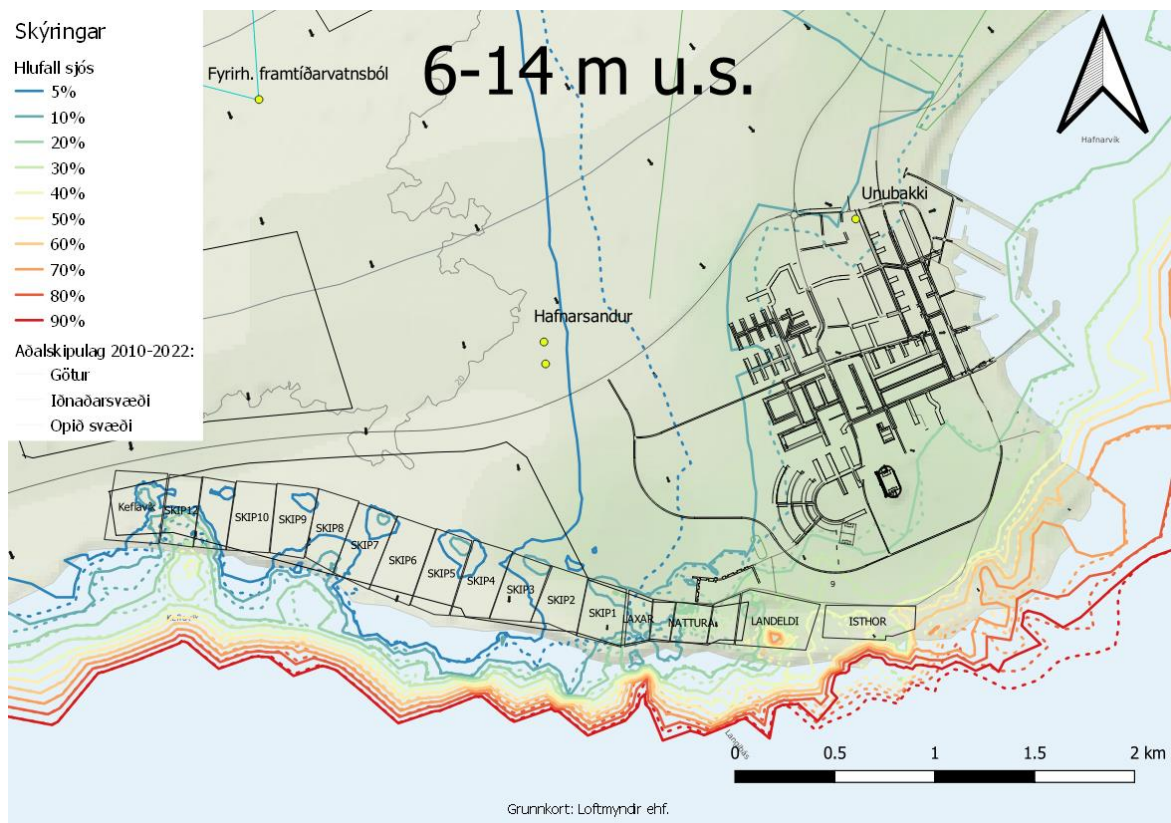
Mynd 54. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



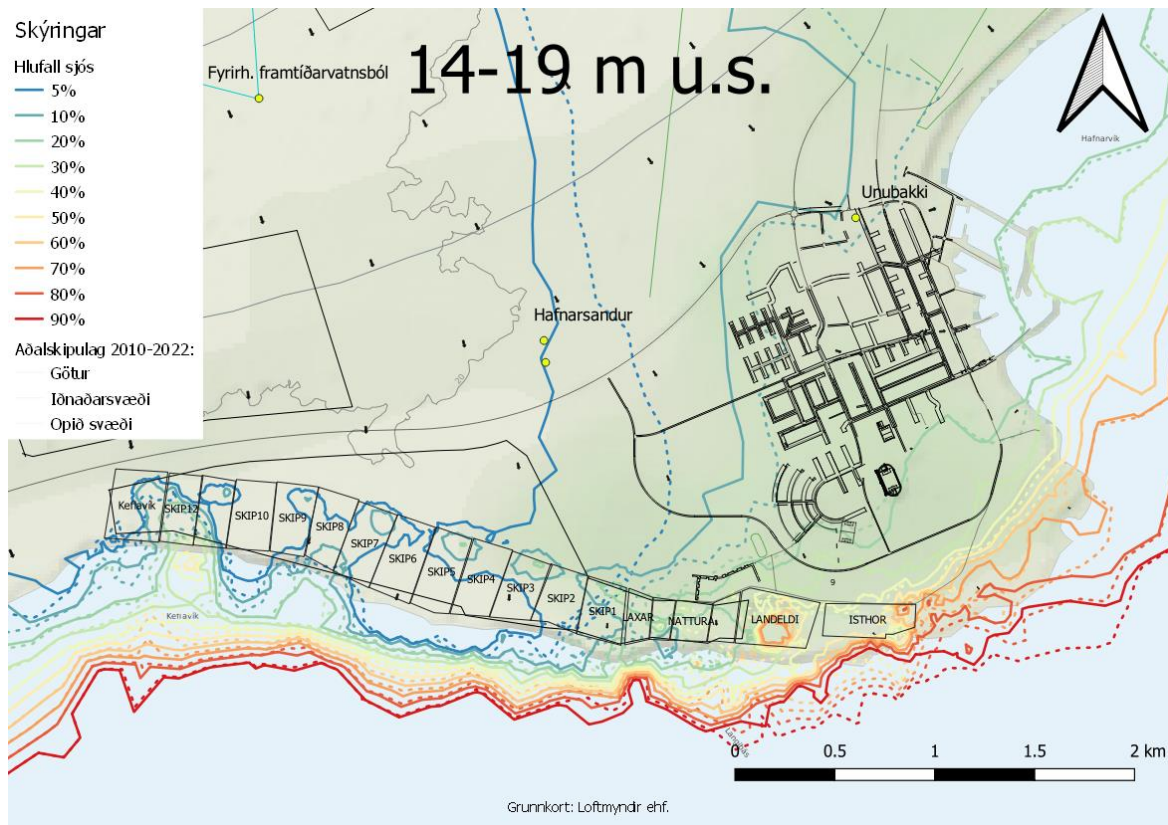
Mynd 55. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 2 (heil lína).



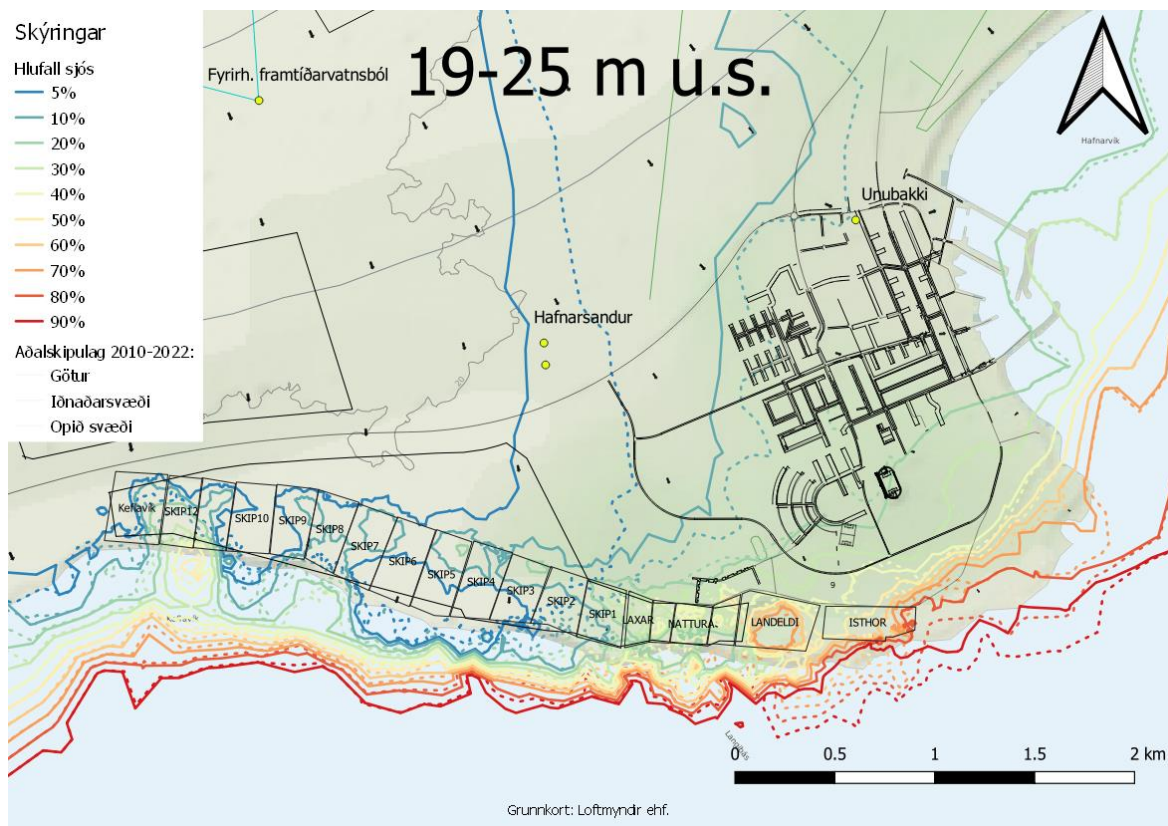
Mynd 56. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 2.



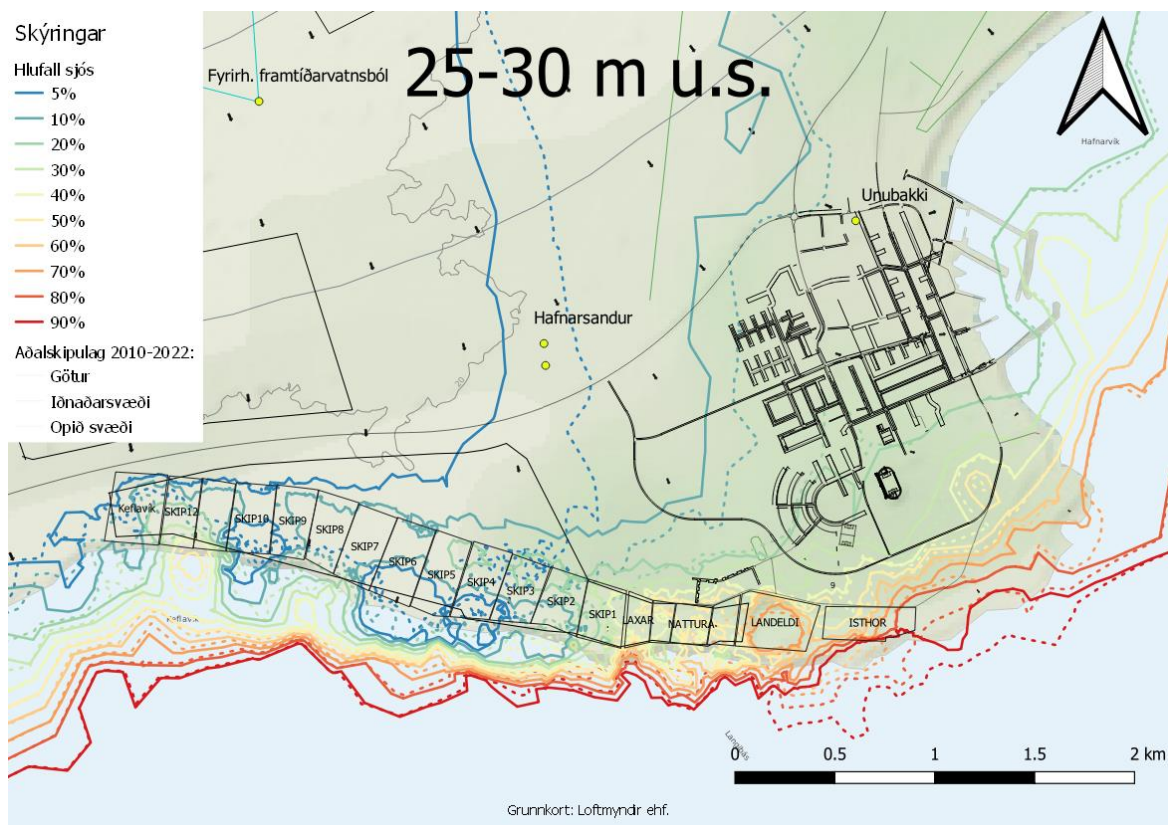
Mynd 57. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tilfelli 3 (heil lína).



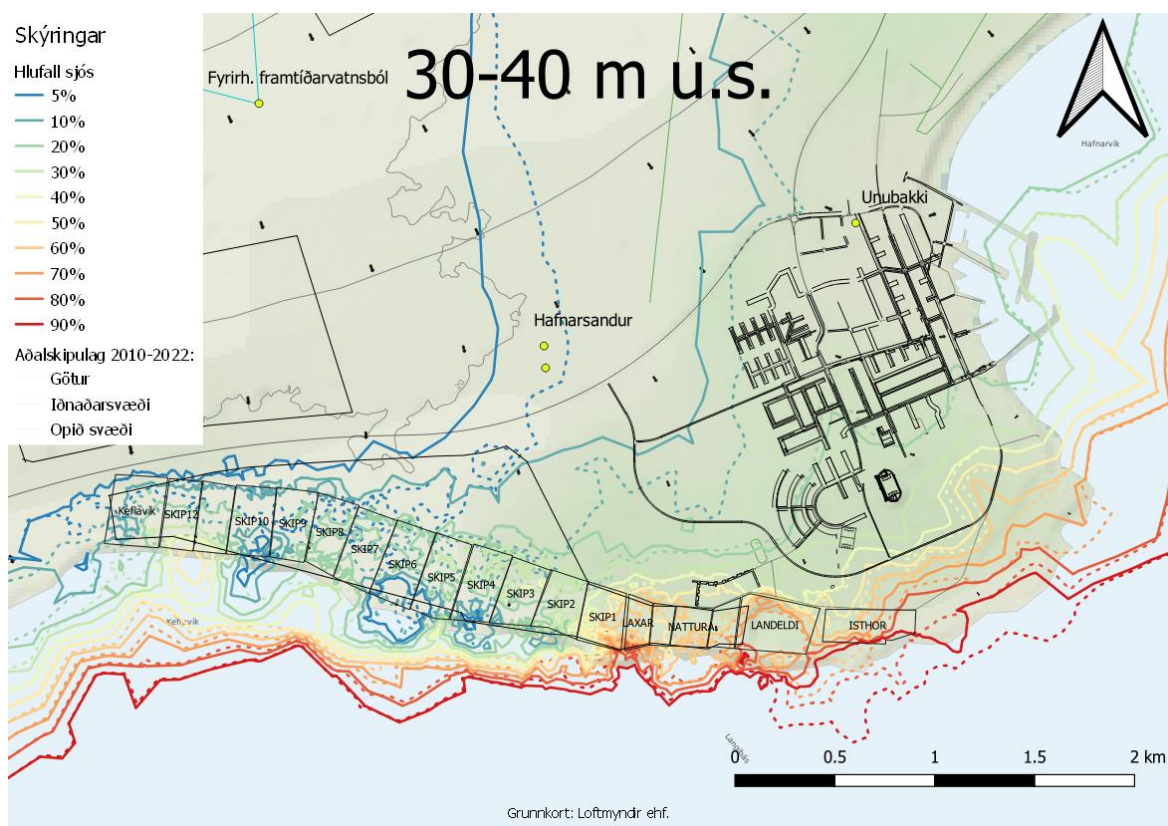
Mynd 58. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



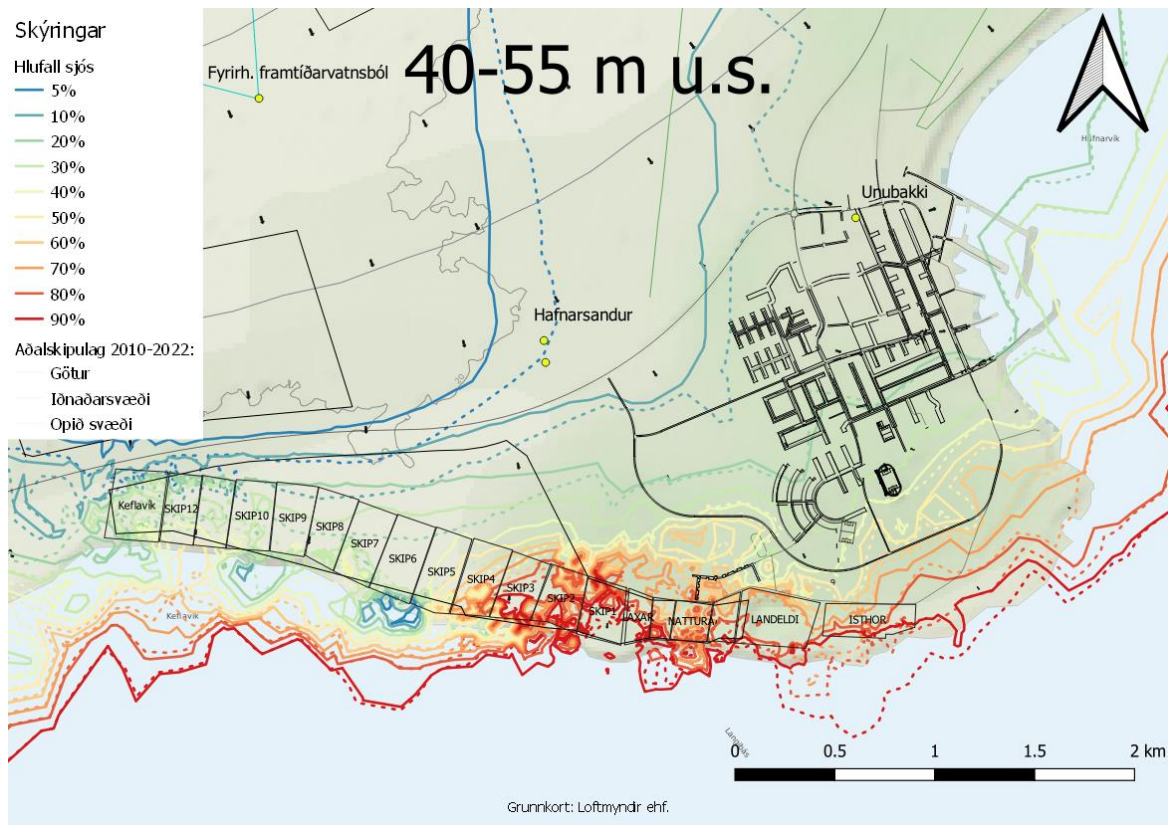
Mynd 59. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



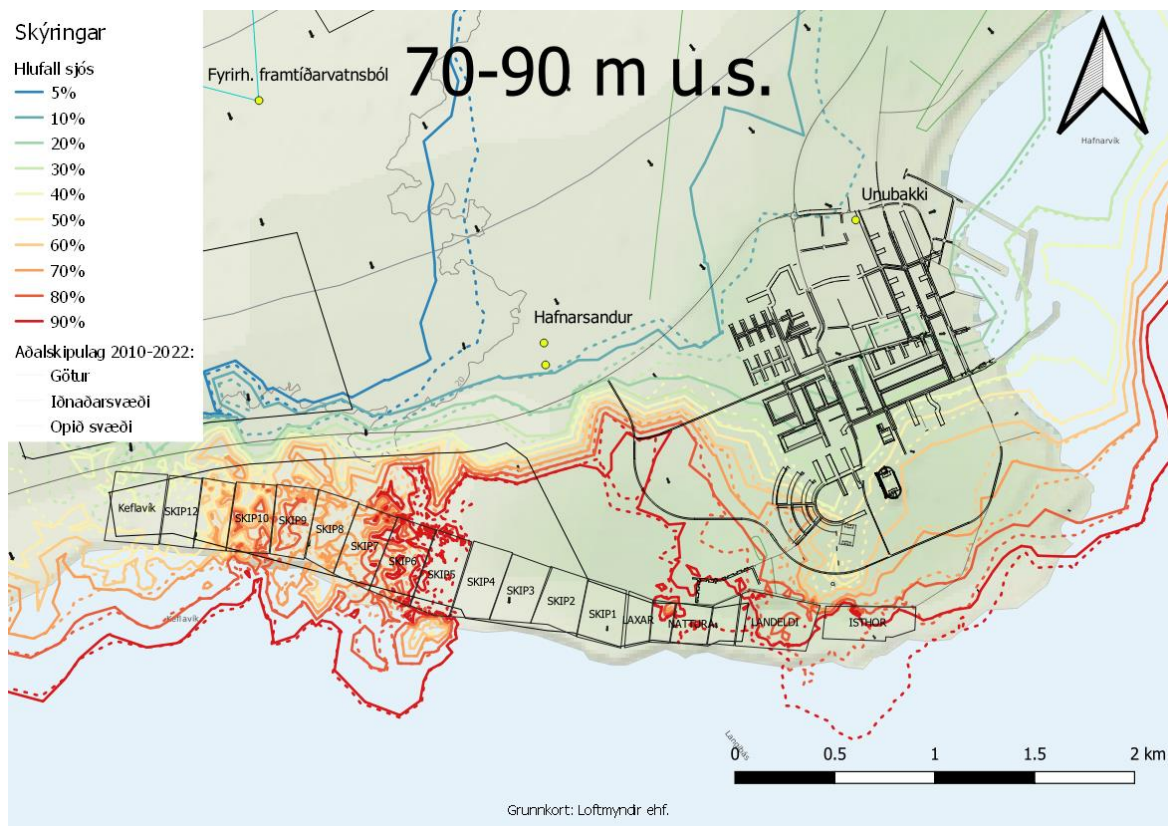
Mynd 60. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



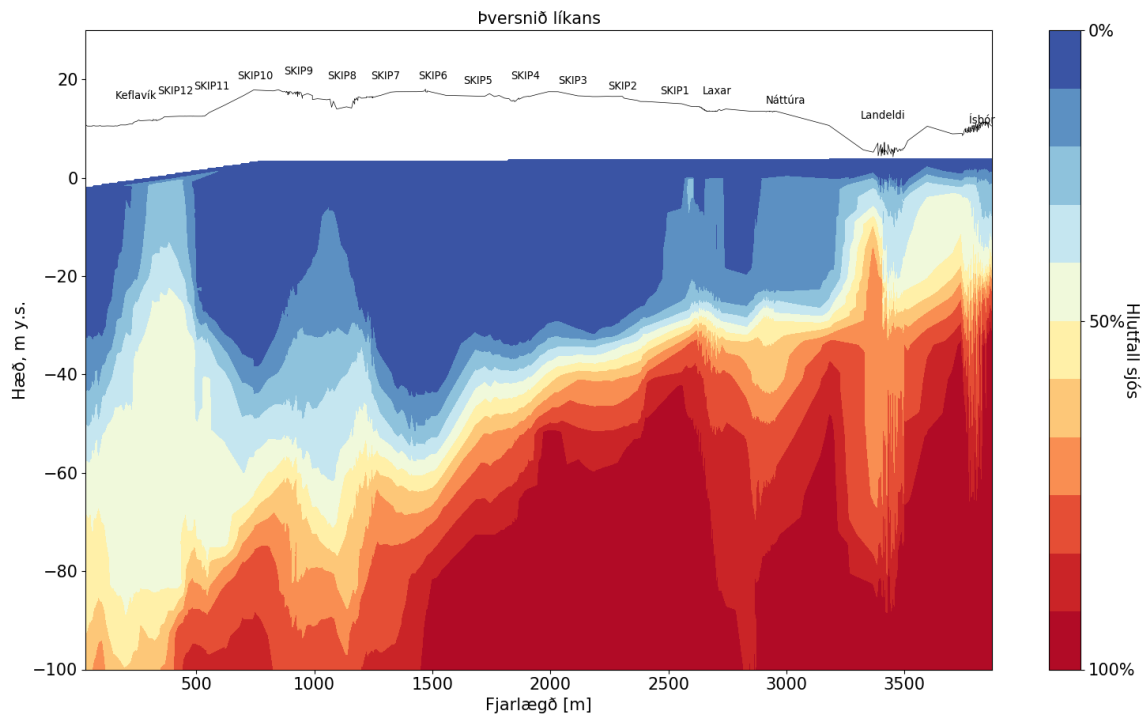
Mynd 61. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



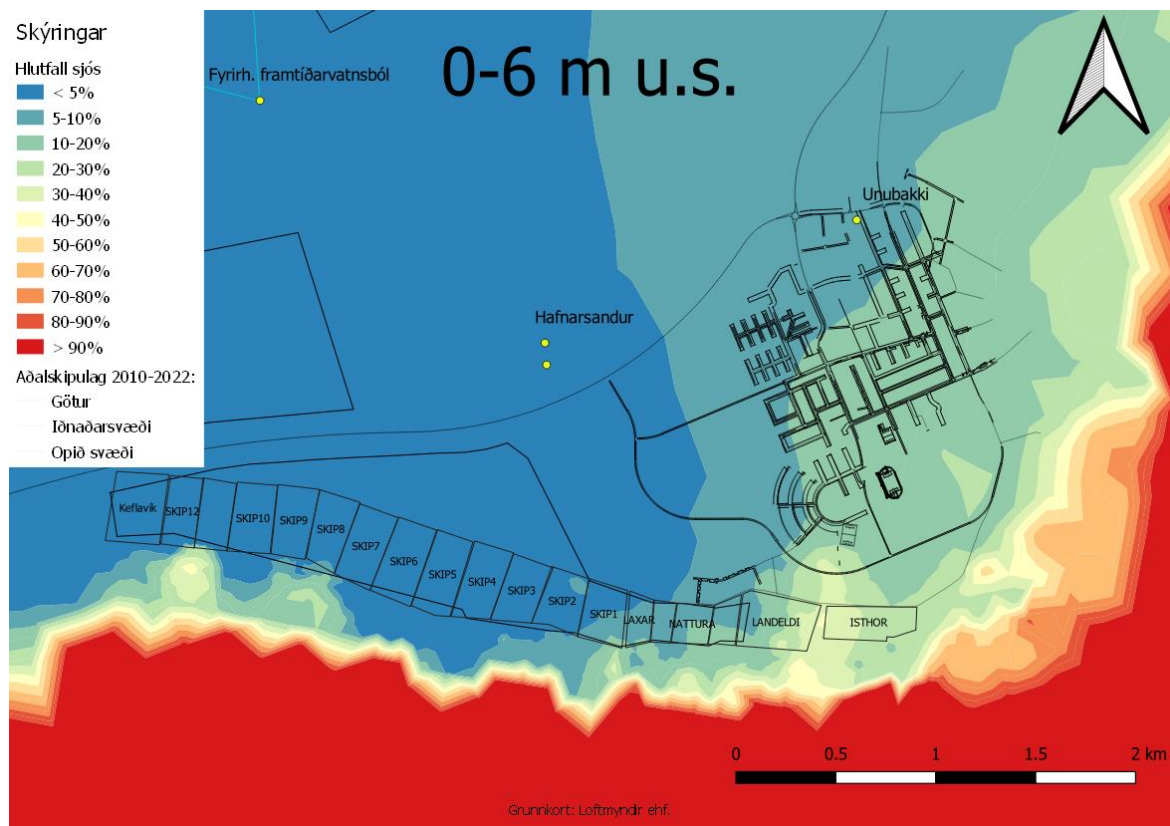
Mynd 62. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



Mynd 63. Hlutfall sjós 70-90 m u.s. Tilfelli 0 (punkta lína) og Tílfelli 3 (heil lína).



Mynd 64. Hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 3.



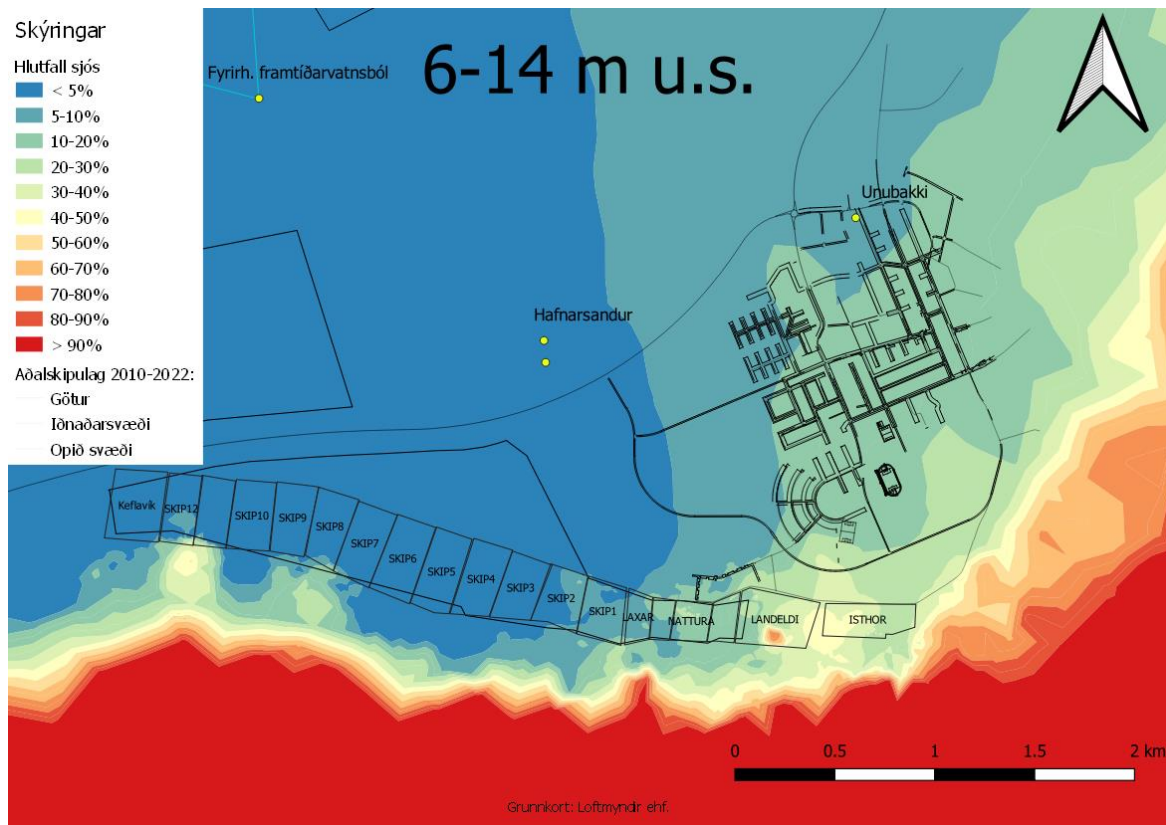
Mynd 65. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. Tilfelli 4.



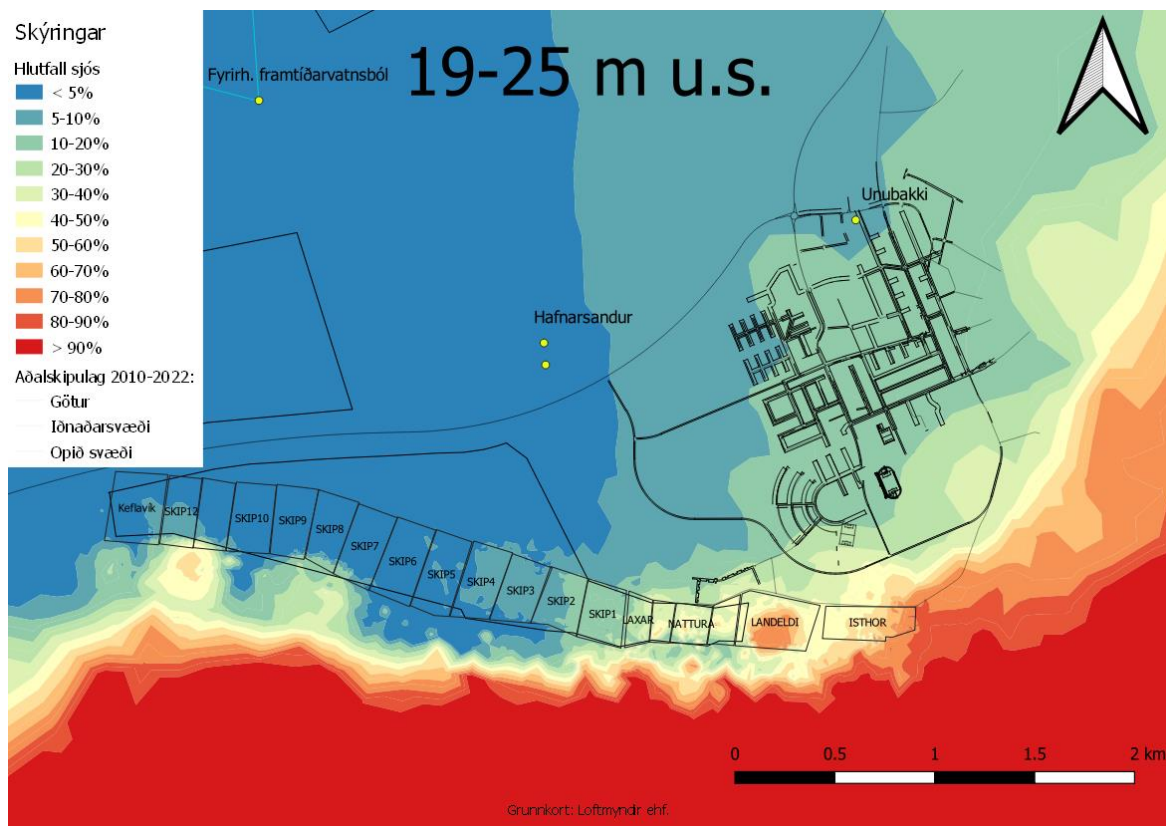
ÖLFUS

Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar
Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og
skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis

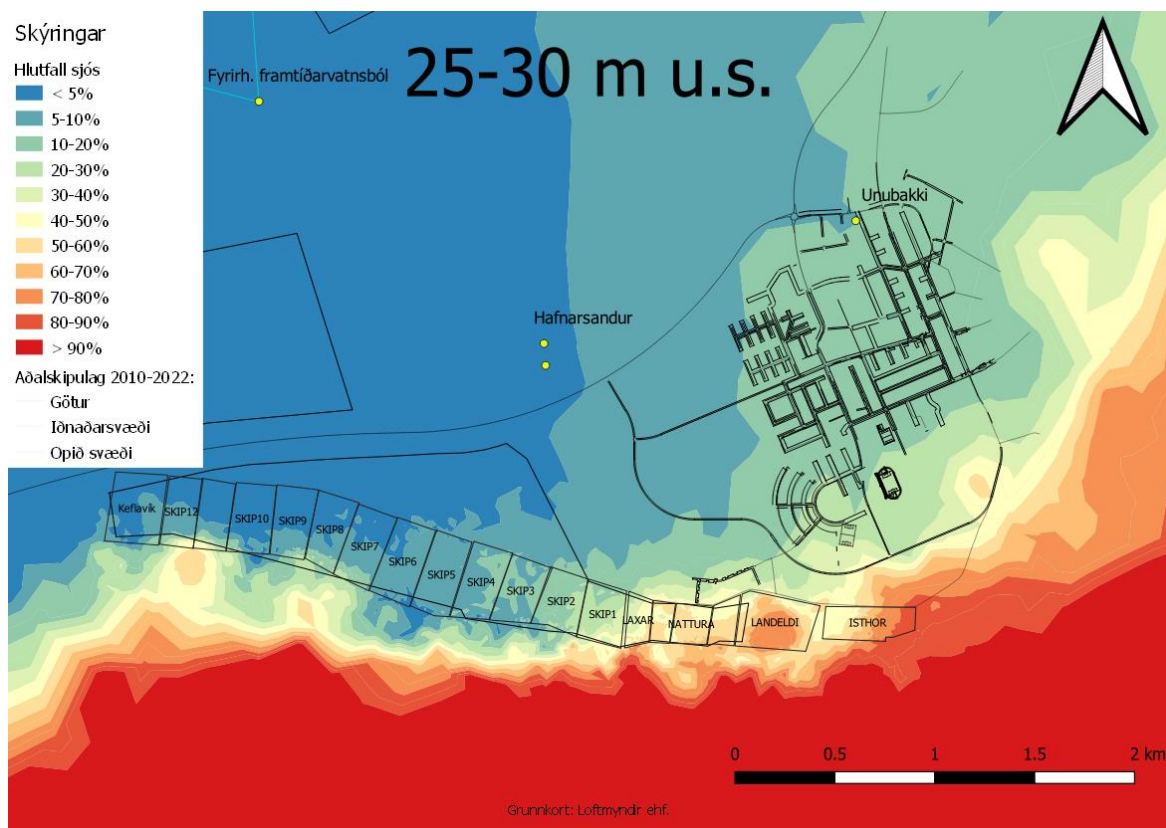
VERKFRÆÐISTOFAN
VATNASKIL



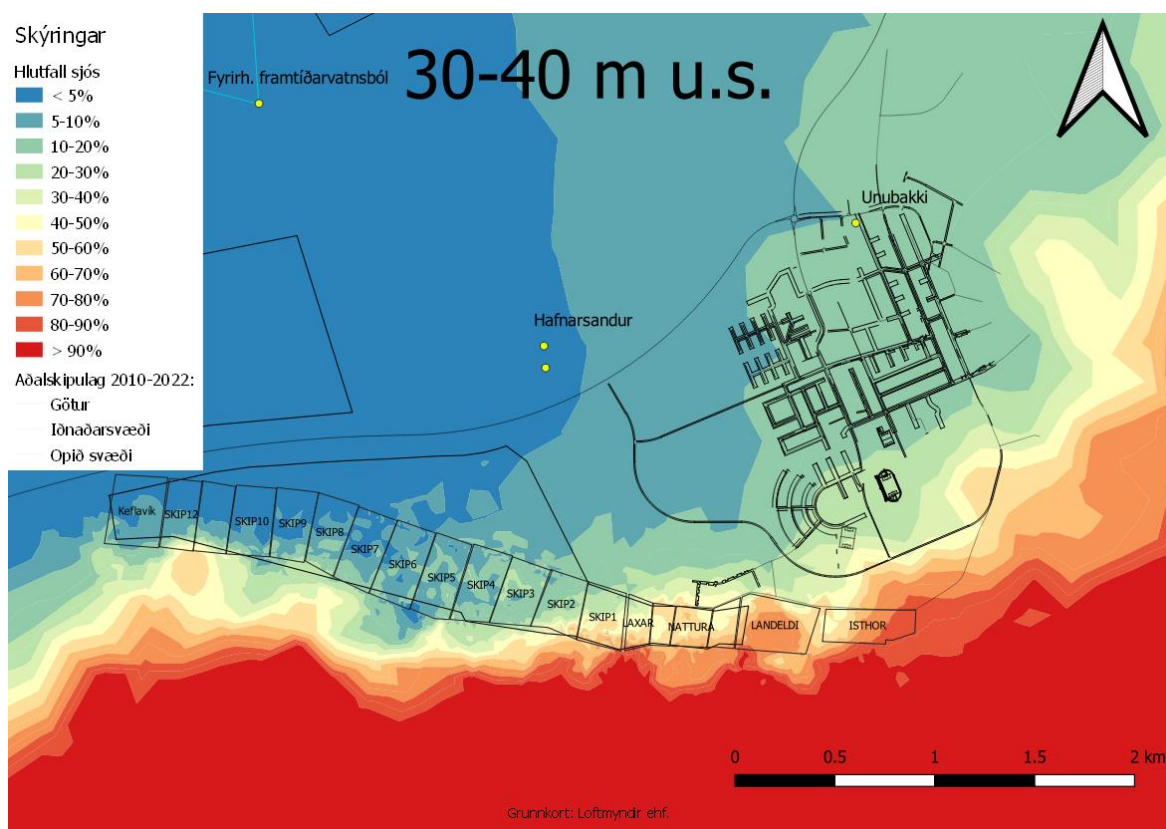
Mynd 66. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 4.



Mynd 67. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 4.



Mynd 68. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 4.



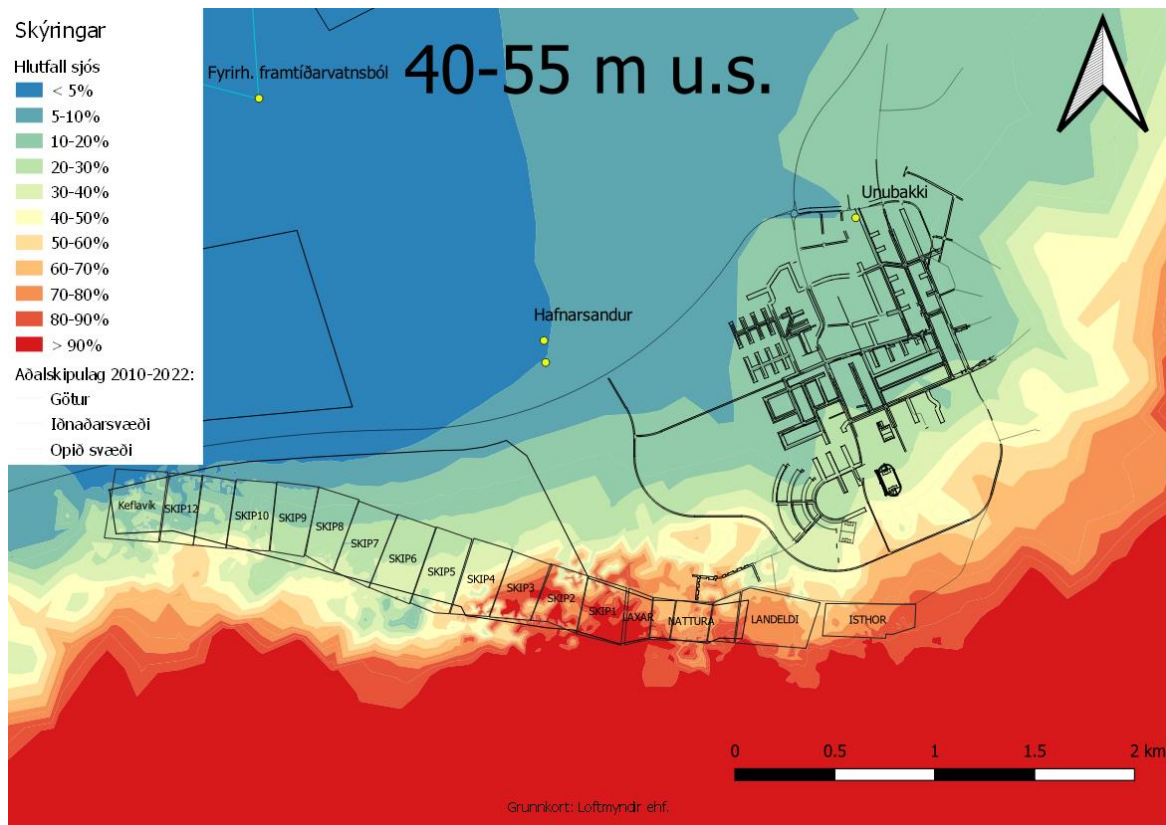
Mynd 69. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 4.



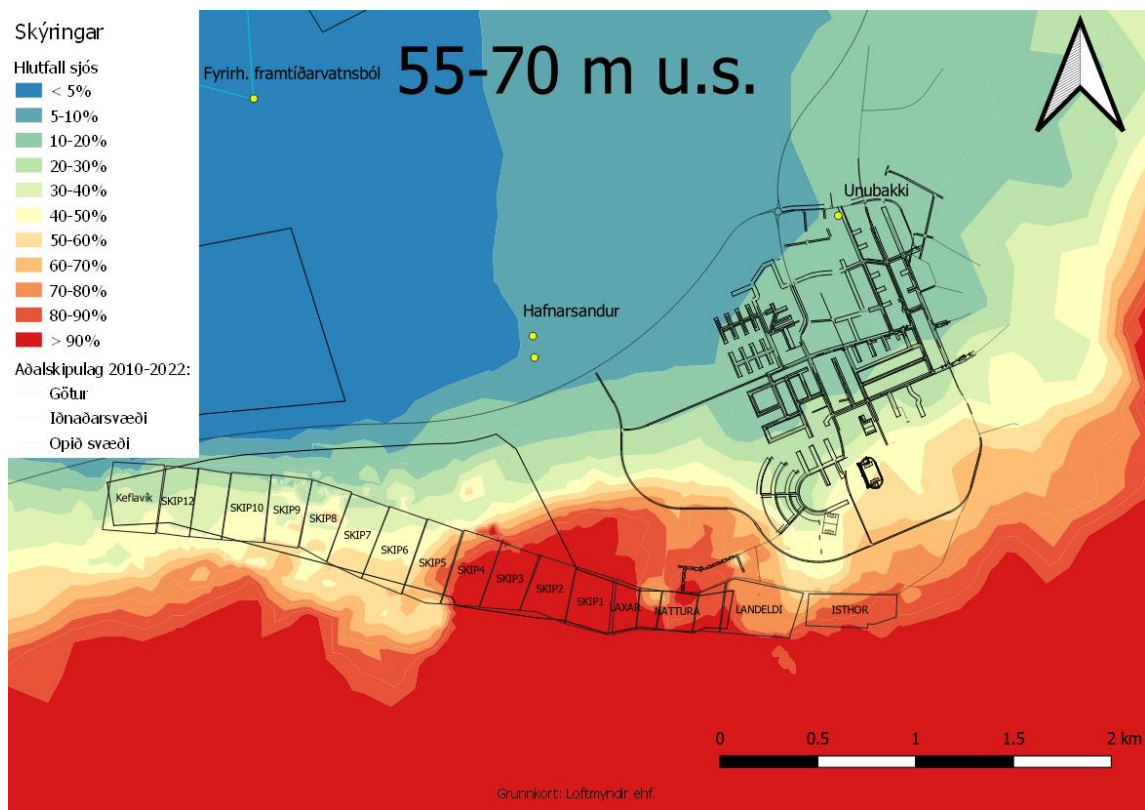
ÖLFUS

Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar
Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og
skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis

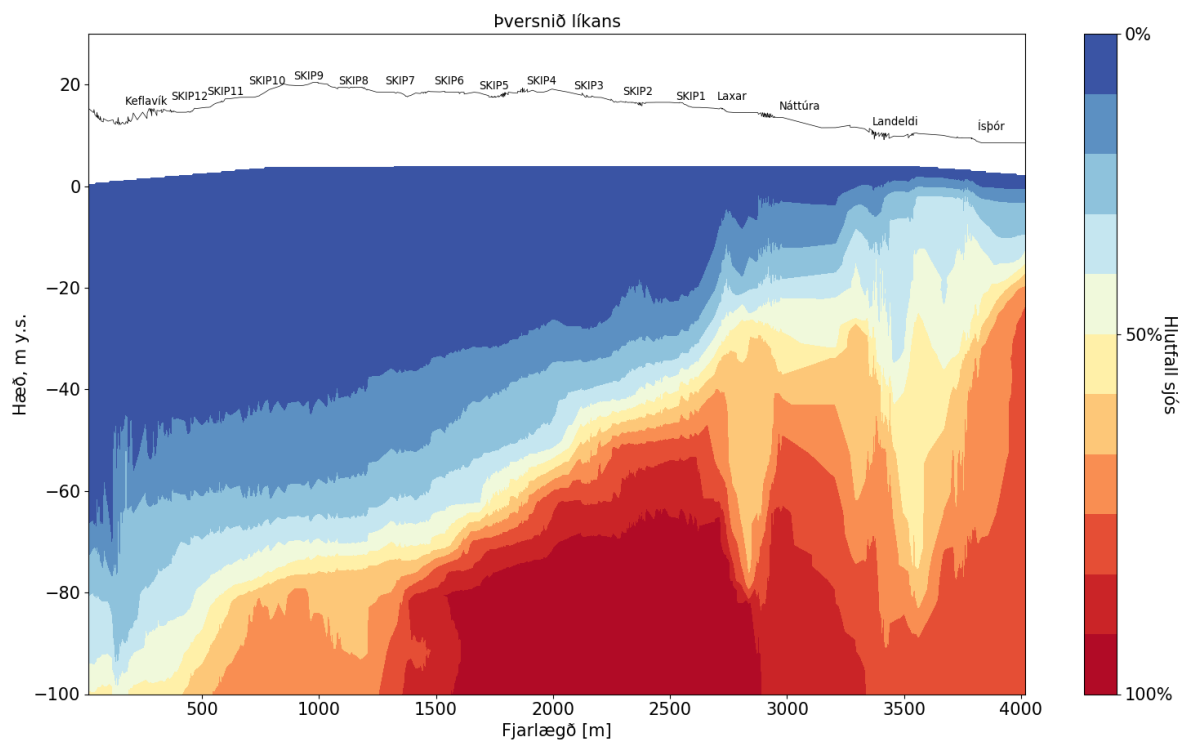
VERKFRÆÐISTOFAN
VATNASKIL



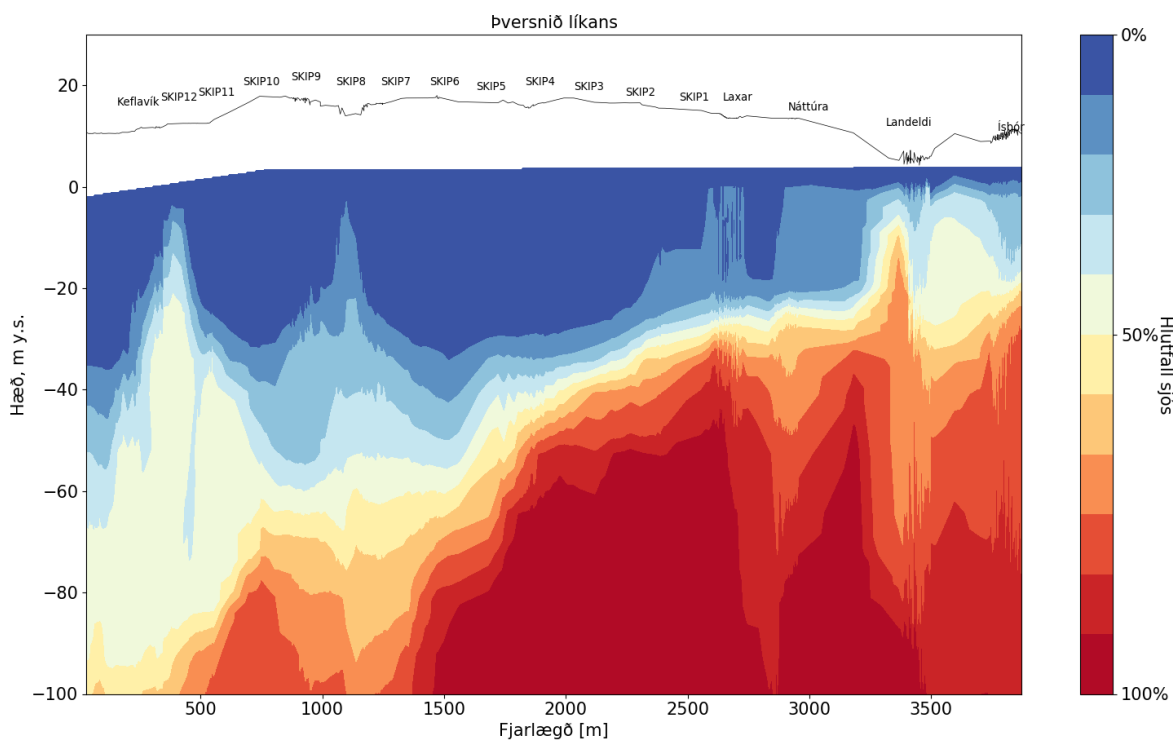
Mynd 70. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 4.



Mynd 71. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. Tilfelli 4.



Mynd 72. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum grynnri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 4.



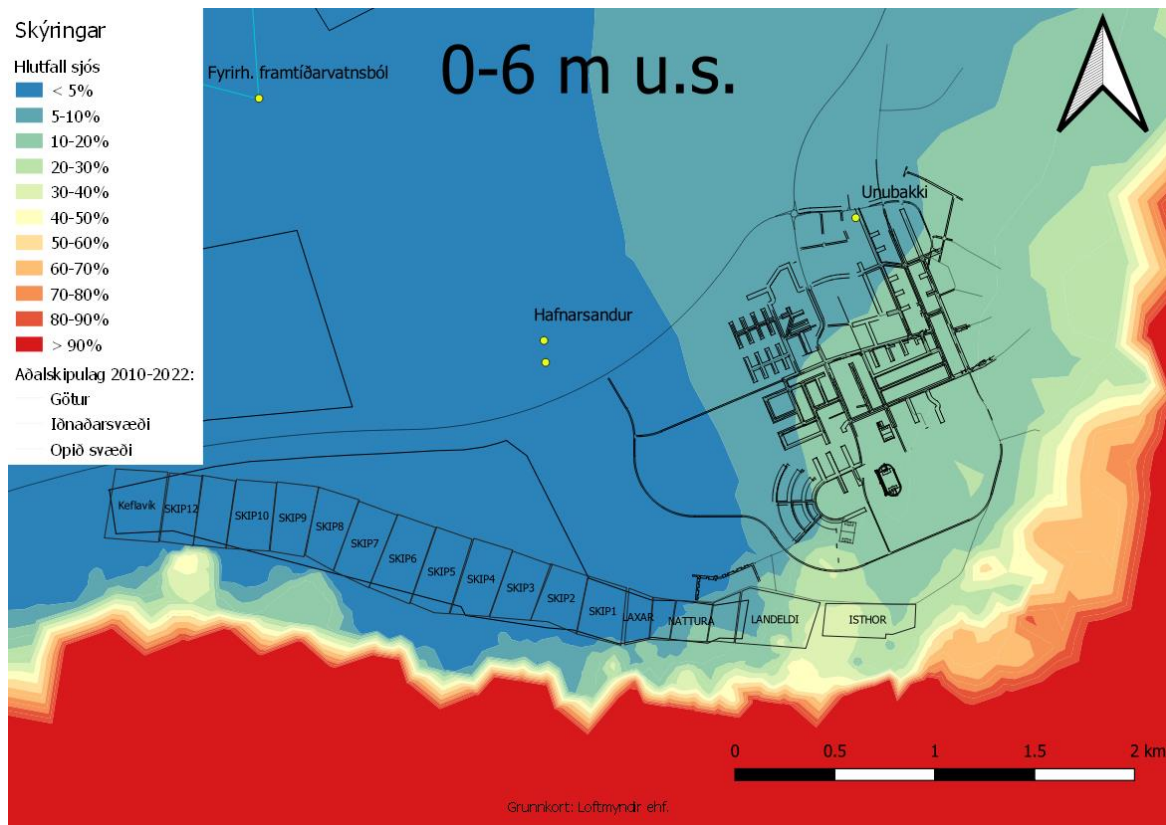
Mynd 73. Reiknað hlutfall sjós í þversniði í gegnum dýpri holur fiskeldisfyrirtækja horft úr suðri að landi fyrir Tilfelli 4.



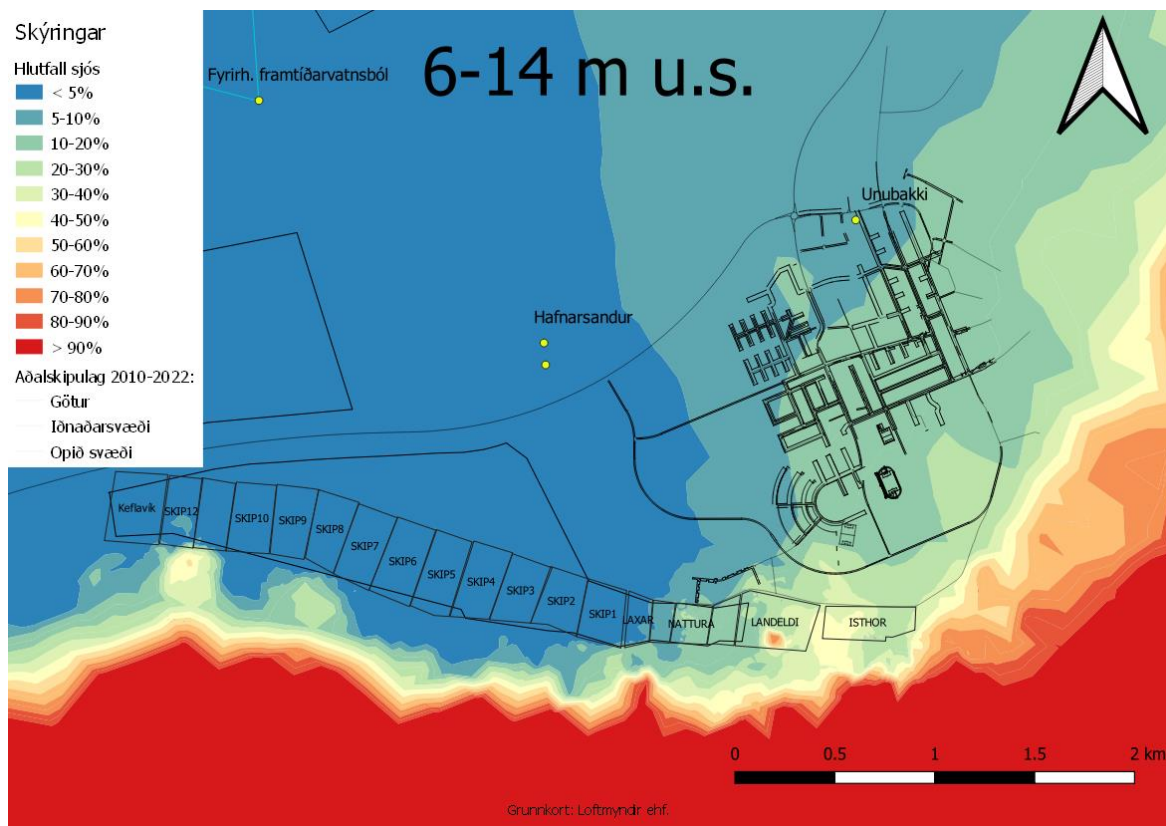
ÖLFUS

Greining á grunnvatnsauðlindinni í nágrenni Þorlákshafnar
Líkangerð til mats á færslu vatnsbóls sveitarfélagsins og
skipulagi vegna uppbyggingar fiskeldis

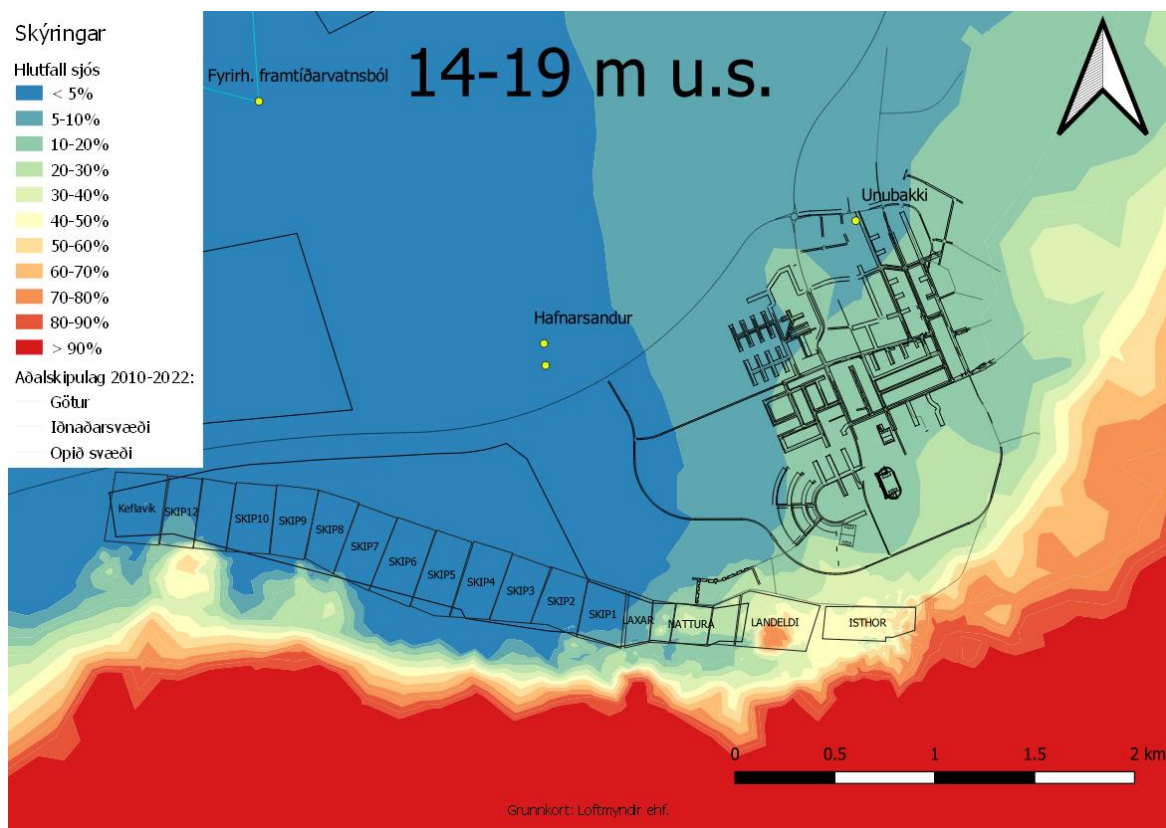
VERKFRÆÐISTOFAN
VATNASKIL



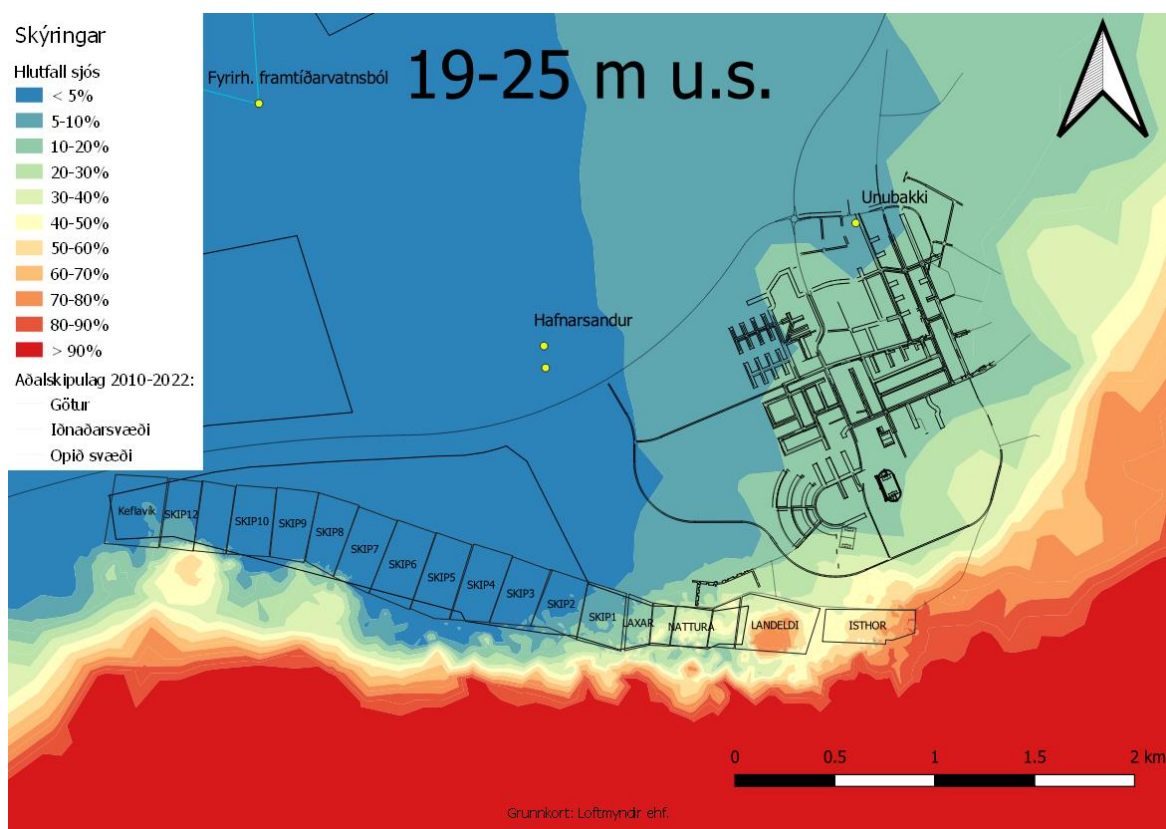
Mynd 74. Hlutfall sjós 0-6 m u.s. Tilfelli 1b.



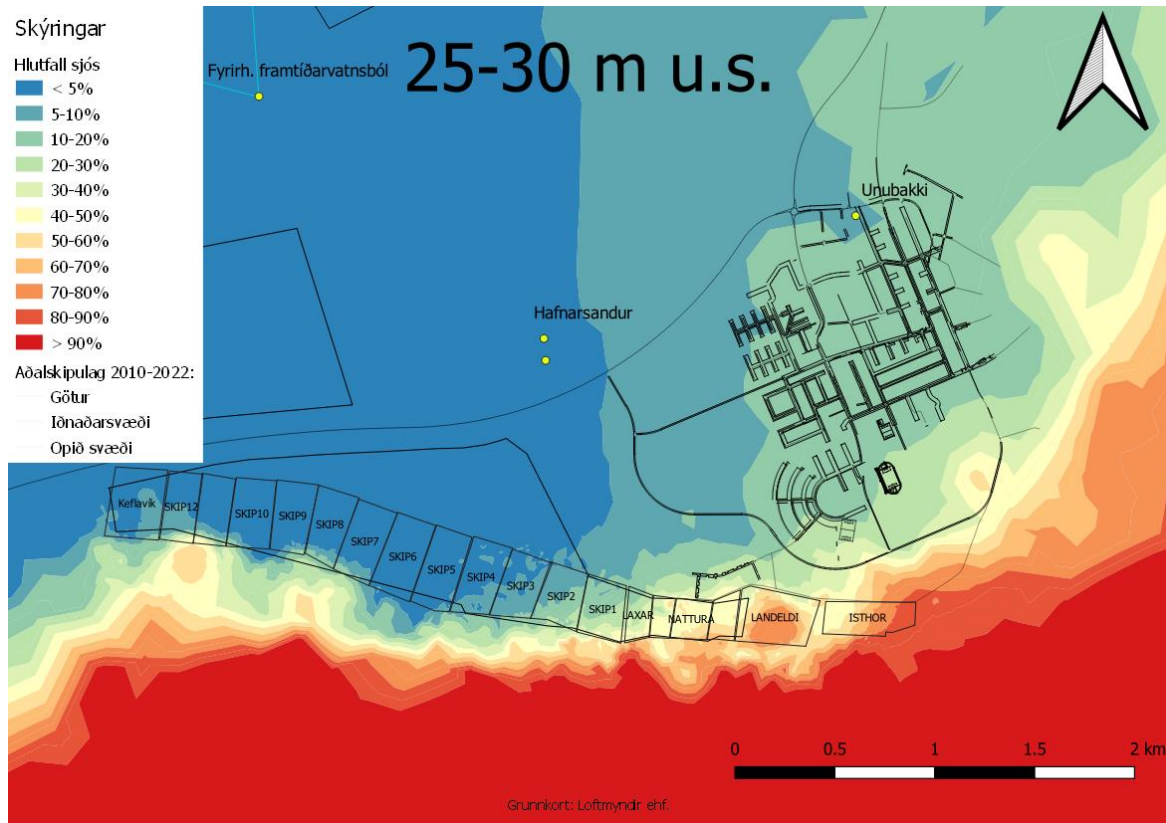
Mynd 75. Hlutfall sjós 6-14 m u.s. Tilfelli 1b.



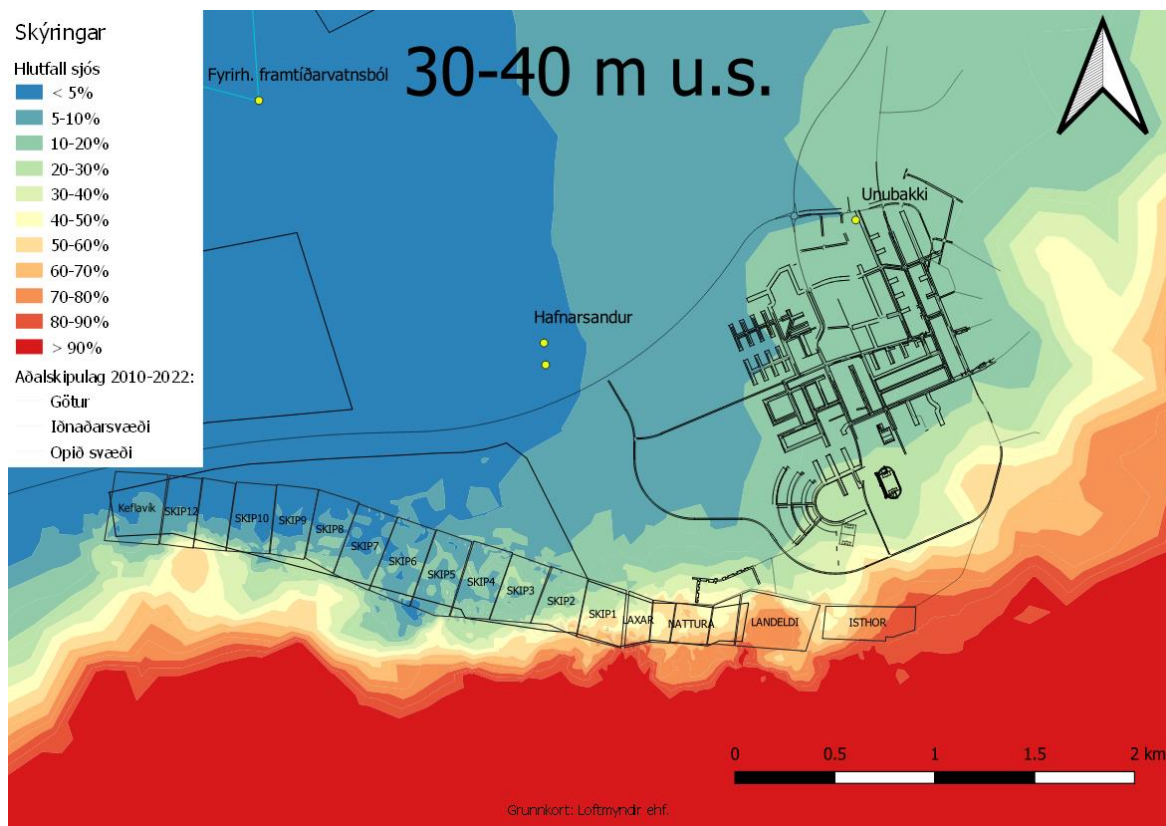
Mynd 76. Hlutfall sjós 14-19 m u.s. Tilfelli 1b.



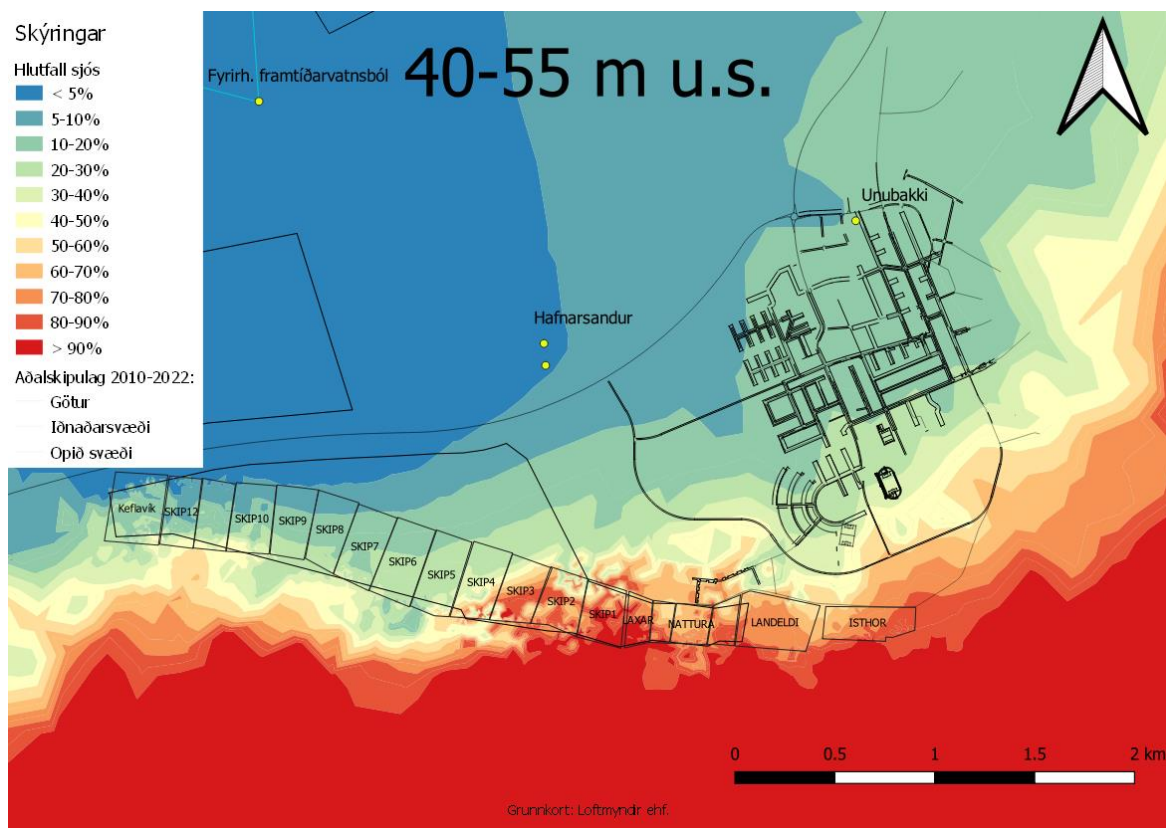
Mynd 77. Hlutfall sjós 19-25 m u.s. Tilfelli 1b.



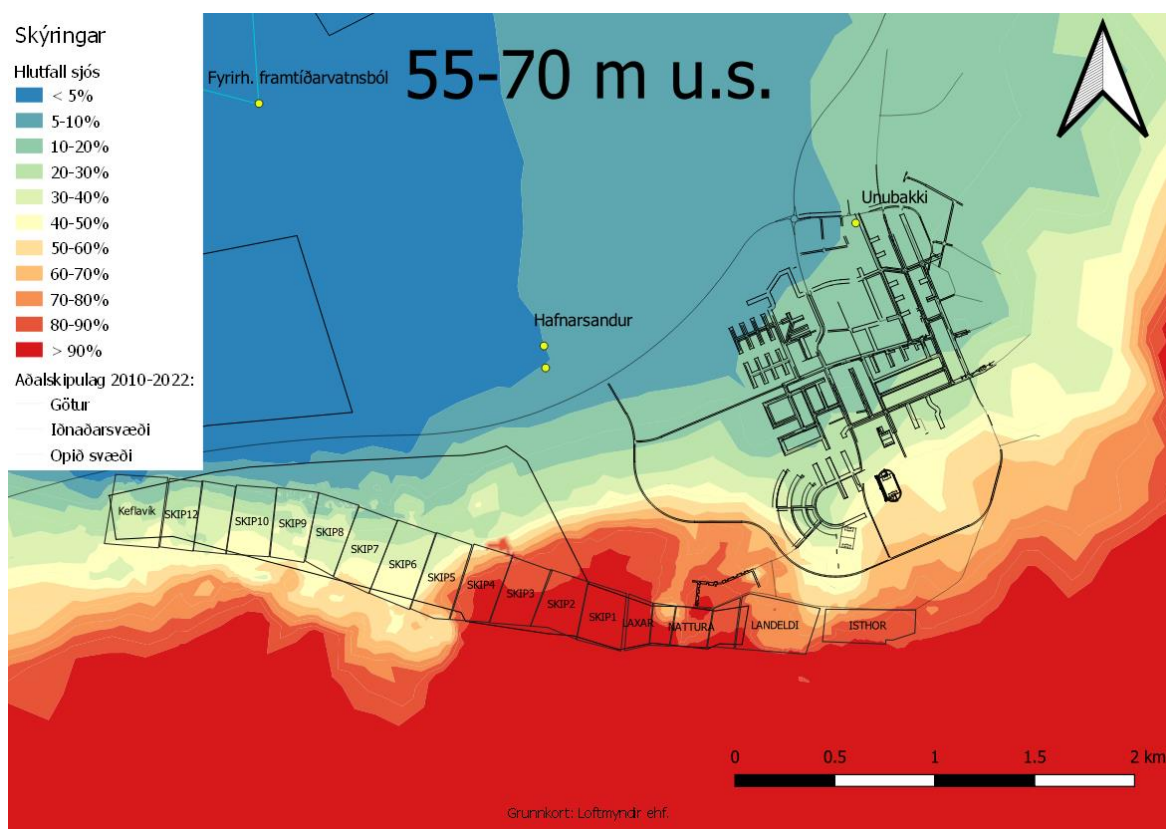
Mynd 78. Hlutfall sjós 25-30 m u.s. Tilfelli 1b.



Mynd 79. Hlutfall sjós 30-40 m u.s. Tilfelli 1b.



Mynd 80. Hlutfall sjós 40-55 m u.s. Tilfelli 1b.



Mynd 81. Hlutfall sjós 55-70 m u.s. Tilfelli 1b.