



Hafnarfjörður

VSÓ RÁÐGJÖF



STÆKKUN HAFNAR Í STRAUMSVÍK

Viðaukar með umhverfismatsskýrslu

Maí 2024

Viðaukar

A | Stuðull. Athugun á Rauðamelsnámu við Straumsvík

B | Myndir af 2. og 3. áfanga

C | Vegagerðin. Straumsvík – New Harbour: Wave agitation and mooring analysis

D | Vatnaskil. Landfylling í Straumsvík: Mat á dreifingu setefna á framkvæmdatíma

D2 | Landfylling í Straumsvík. Mat á dreifingu setefna, breytt útfærsla á framkvæmd

E | RORUM. Áhrif stækkunar hafnarinnar í Straumsvík á lífríki botns og fjöru

F | VSÓ Ráðgjöf. Umferðargreining á umferð til og frá hafnarsvæðinu á framkvæmdatíma og rekstrartíma

Athugun á Rauðamelsnámu við Straumsvík





Efnisyfirlit

1. Inngangur	2
2. Skipulagsmál	2
3. Jarðfræði og námusaga	2
4. Framkvæmd borana	6
5. Lýsing hraunsins	8
6. Efnispörf í framkvæmdir við Straumsvík	11
7. Nýting námu í stórgrýtisvinnslu.	12
8. Tilhögun námu.	14
9. Lokaorð	14

Viðauki 1. Snið af borholukjörnum

Viðauki 2. Ljósmyndir af borholukjörnum

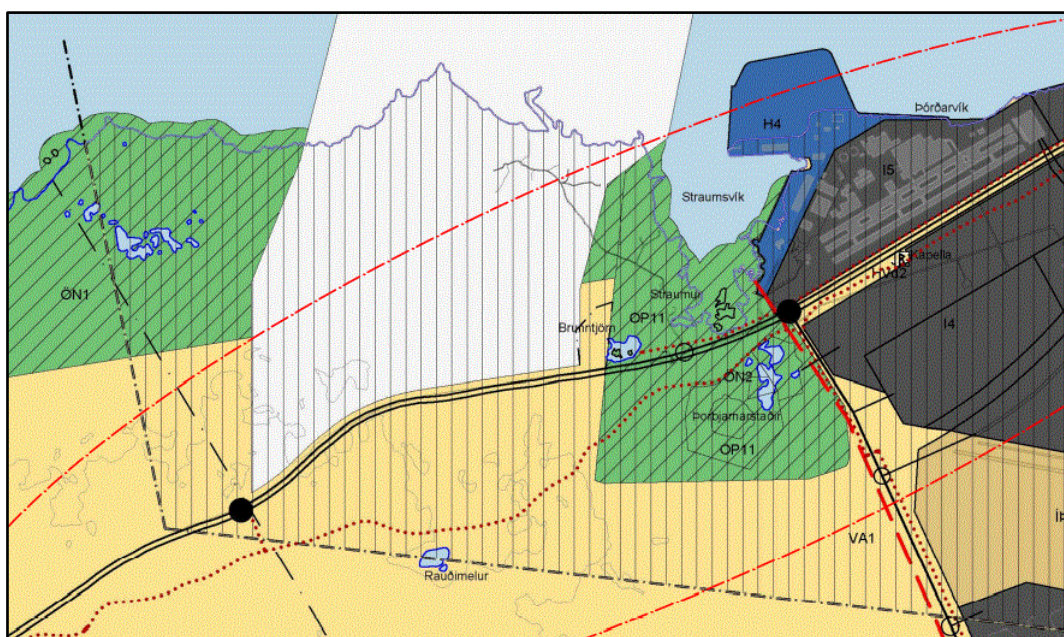
Teikningar

1. Inngangur

Vegna stækkunar á hafnarsvæðinu í Straumsvík var árið 2022 gerð könnun á möguleikum til öflunar stórgrýtis í nágrenni Hafnarfjarðar¹. Þá og einnig þegar þetta er ritað er ekkert grjótnám opið á höfuðborgarsvæðinu eða í nágrenni þess. Stórgrýtis vegna hafnarframkvæmda og landvarna hefur verið aflað með því að safna stórgrýti sem til fellur úr húsgrunnum og öðrum framkvæmdum. Þessi aðferð er seinleg og óáreiðanleg. Þegar um er að ræða stóra hafnarframkvæmd sem krefst mikils magns stórgrýtis verður að vera tiltæk grjótnáma þar sem hægt er að tryggja afköst og gæði í samræmi við verkframkvæmdina. Í könnuninni frá 2022 var afgerandi niðurstaða að svonefnd Rauðamelsnáma (einnig nefnd Óttarsstaðanáma) við Straumsvík væri lang hagstæðasti kosturinn varðandi öflun stórgrýtis fyrir stækkun Straumsvíkurhafnar. Staðsetning námunnar er sýnd á mynd 2-1 sem er hluti af aðalskipulagsupprætti Hafnarfjarðar.

2. Skipulagsmál

Rauðamelsnáma er ekki sýnd sem efnistökusvæði á aðalskipulagsupprætti Hafnarfjarðar. Mynd 2-1 sýnir breytingu á aðalskipulaginu sem gerð var árið 2021. Skv. þessu aðalskipulagi er Rauðimelur á óbyggðu svæði. Unnið er við að breyta skipulagi þannig að Rauðimelur verði skilgreindur sem efnistökusvæði. Þá þarf einnig að gera umhverfismat fyrir námuna.



Mynd 2-1. Breyting frá árinu 2021 á aðalskipulagi Hafnarfjarðar vegna Reykjanesbrautar.

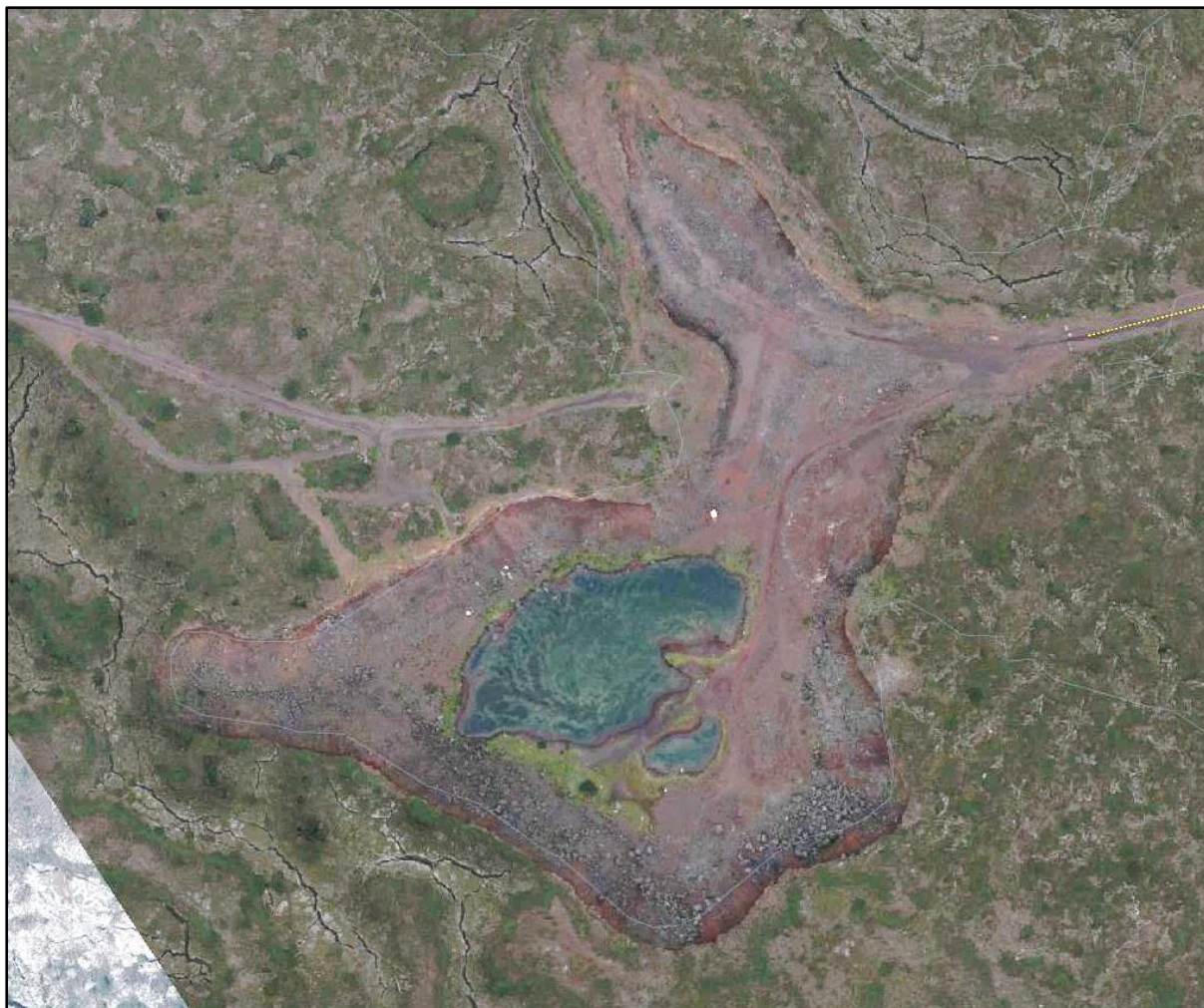
3. Jarðfræði og námusaga

Rauðimelur var gjallhrúgald sem var og er umluktur hrauni frá Hrútagjárdyngju. Mynd 3-1 sýnir loftmynd af námunni. Hrútagjárdyngja er talin vera 6000-6500 ára gömul. Talið hefur verið að Rauðimelur sé svokallaður gervígur. Ekki verður hér fjölýrt um hvort þetta er raunin, en

¹ Stuðull verkfræði og jarðfræðipjónusta (2022). Athugun á möguleikum á öflun stórgrýtis í landi Hafnarfjarðar. Minnisblað til Hafnarfjarðarhafnar júní (2022).



gjallhrúgaldið er óvenjulega stórt og einsleitt miðað við gervigíg. Hraun úr Hrítagjárdyngju hefur flætt upp að gígnum og kaffært hann að hluta. Á síðustu öld var unnið mikið magn af gjalli úr námunni og eitthvað magn af grjóti. Á loftmyndum frá 1958 sést að þá þegar er búið að grafa út umtalsverðan hluta námunnar. Náman var nýtt sem efnistökusvæði fyrir gamla Keflavíkurvegin. Á loftmyndum frá 1973 virðist náman vera orðin svipuð að stærð og nú. Í námuskrá Vegagerðarinnar kemur fram að engar rannsóknir hafa farið fram á efni úr námunni.



Mynd 3-1. Rauðamelsnáma, loftmynd fengin af maps.is. Náman er um 5,6 ha að stærð.

Líklega var hætt að nota námuna vegna þess að grjótpækjan ofan á gjallinu var orðin of þykk.

Ekki eru til heimildir um það hvernig gjallgígurinn leit út áður en námugróftur hófst. Það er því ekki hægt að mæla nákvæmlega það efnismagn sem tekið hefur verið úr námunni. Miðað við núverandi stöðu og nýja mælingu á námunni má áætla að heildargróftur úr námunni sé nú um 700.000 m³.

Eftir að nýtingu námunnar var hætt var á tímabili stundað umfangsmikið leirdúfuskytteri í námunni og sjást ummerki þess vel enn.



Mynd 3-2. Skothylki á botni Rauðamelsnámu.

Náman liggur mjög vel við framkvæmdasvæði við Straumsvík. Gamall námuvegur liggur frá námunni í átt að undirgöngum undir Reykjanesbraut við Straumsvík. Vegurinn liggur í gegnum svæði 112 á náttúruminjaskrá. Þá verður að taka fram að gervigígar njóta verndar skv. náttúruverndarlögum. Þetta á þó varla við um gervigíga þar sem búið er að fjarlægja að mestu með gjalltöku.

Eins og náman er nú, liggur 5-10 m þykkt hraun ofan á þykku lagi úr gjalli í brúnum námunnar sbr. myndir 3-3 og 3-4.



Mynd 3-3. Hraun ofan á gjalli í austurkanti Rauðamelsnámu. Stórstuðlað hraun vinstra megin á myndinni en gjallkennt rétt hægra megin við miðju.



Mynd 3-4. Horft til suðvesturs yfir Rauðamelsnámu. Þunnt hraun yfir þykku gjalllagi.

Hraunið er talsvert misjafnt að gerð en í suður og austurhluta námunnar er mjög stórstuðlað berg sem gæfi umtalsvert magn af stórgrýti. Myndir 3-5 og 3-6 sýna stórgrýti úr námunni



Mynd 3-4. Grjót úr Rauðamelsnámu lokar veginum að námunni. Kvarði er 1,0 m.



Mynd 3-5. Stórgrýti í suðuhluta námunnar. Bakpoki er um 50 cm á hæð.



Náman er um 20 m djúp og jarðvatn í botni hennar hefur líklega takmarkað gjalltöku. Yfirborð tjarnarinnar í botni námunnar mældist í hæðinni +/- 0 skv. hæðarkerfi Landshæðarkerfi (LSH 2004). Stærstu stuðlarnir eru í suðausturhluta námunnar. Gjallhrúgaldið í gervígnum gæti hafa haft áhrif á hraunrennsli og stuðlamyndun í hrauninu.



Mynd 3-7. Stórstuðlað hraun og stórgrýti í suðaustur enda Rauðamelsnámu.

Vegagerðin lét árið 2021 bora grunnar (≈ 10 m) könnunarholur í sama hrauni um 800 m vestan við námuna. Í þeim kom fram lagskipting í hrauninu í „harða“ og „veika“ klöpp.

Í umhverfismati Vegagerðarinnar og Hafnarfjarðar vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar við Straumsvík kemur eftirfarandi fram²:

„Gert er ráð fyrir að um 142 þúsund m³ af efni komi úr skeringum og því þurfi um 104 þúsund m³ úr námum“.

„Ekki hefur verið ákveðið úr hvaða námum efni í framkvæmdina verður sótt, en verkið verður boðið út og er krafa um að bjóðendur geri grein fyrir hvar efnistaka muni eiga sér stað. Skilyrði verður sett um að öll tilskilin leyfi liggja fyrir í þeim námum sem efnistaka mun fara fram í og þ.a.l. hafi þær farið í gegnum ferli umhverfismats samkvæmt lögum nr. 106/2000. Nokkrar námur eru á skipulagi í grennd við framkvæmdasvæðið. Nálægustu námur á skipulagi eru Undirhlíðanáma (Hafnarfjörður – bólstraberg) og Vatnsskarðsnáma (Grindavík)“.

Vegagerðin hyggst því ekki nýta þessa námu við tvöföldun Reykjanesbrautar.

4. Framkvæmd borana.

Í námunni er samkvæmt framgreindri lýsingu tvenns konar efni: Annars vegar hraun sem hentar til öflunar stórgrýtis og hágæða fyllingarefnis og hins vegar gjall sem nýtist sem almennt fyllingarefni.

² Mannvit (2021). Reykjanesbraut (41-15). Krýsuvíkurvegur-Hvassahraun. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. Vegagerði Hafnarfjörður (júní 2021).



Það er því nauðsynlegt að kanna þykkt hraunsins og legu gjallsins til þess að skipuleggja efnistöku í námunni.

Til þess að athuga þykkt á hrauni fyrir stórgrýtisvinnslu var ákveðið að bora könnunarholur á námusvæðinu. Þessar holur gegna því hlutverki að finna þykkt á hentugu bergi til framleiðslu á stórgrýti. Með því er einnig ákveðið í hvað átt er hagstæðast að stækka námuna miðað við það að hámarka hlutfalls stórgrýtis í vinnslunni. Boranir fór fram á tímabilinu janúar til maí 2023. Unnið var mjög slitrótt vegna veðurs og anna borverktaka. Einnig þurfti að gera aðkomuvegi að mörgum borstöðum vegna þess hve landið er óslétt og erfitt yfirferðar. Boraðar voru 31 hola með skotholubor til þess að finna þykkt á heillegu hrauni. Við slíka borun er þykkt hraunsins metin með hliðsjón af borhraða og borsvarfi. Einnig voru boraðar fjórar holur með kjarnatöku til þess að kanna gerð hraunsins. Tafla 4-1 sýnir staðsetningu, gerð og númer borhola. Einnig hver áætluð þykkt hrauns er í hverri holu. Lýsing á bergkjörnum og ljósmyndir af þeim er að finna í viðaukum.

Staðsetning borhola og staðsetning þversniða byggðum á borholum eru sýnd á teikningu 1.

Hæð á botni hraunsins skv. borholum og hæð og lega á neðri brún hraunsins eins og til sést í núverandi námu eru notuð til þess að gera líkan af þykkt og legu hraunsins. Á teikningu 3 eru snið í námusvæðið sem byggð er á þessu líkani. Hæðarlíkan af hraunbotninum er sýnt á teikningu 5. Þetta er ekki nákvæmt líkan, en byggt á þeim gögnum sem fyrir liggja. Líkanið er gert af tölvuforriti og ekki gerð nein tilraun til þess að lagfæra það enda engar forsendur til þess. Búast má við að niðurstöður séu mjög ónákvæmar á jöðrum líkansins, t.d. við norðurbrún þess.

Tafla 4-1. Staðsetning, gerð og hraunþykktir í borunum vorið 2023.

Gerð borunar	Borhola	Staðsetning (ISN 93)		Hæð	Hraunlag	
	nr.	X	Y	Holutoppur (m y.s.)	Þykkt (m)	Botnhæð (m y.s.)
Loftborun	RL1	350.470,717	395.789,995	17,34	2,4	14,94
	RL2	350.446,168	395.726,571	18,34	1,8	16,54
	RL3	350.469,030	395.657,971	21,53	5	16,53
	RL4	350.413,314	395.623,995	26,55	5	21,55
	RL5	350.464,406	395.545,911	25,38	2,3	23,08
	RL6	350.391,367	395.536,549	25,25	3,4	21,85
	RL-7	350.558,489	395.834,128	22,87	12	10,87
	RL-8	350.581,793	395.943,356	22,96	9	13,96
	RL-9	350.644,904	395.903,832	23,29	6	17,29
	RL-10	350.743,846	396.061,490	25,00	5,7	19,30
	RL-11	350.661,371	396.042,244	24,93	18,2	6,73
	RL-13	350.634,904	396.072,009	25,22	17	8,222
	RL-14	350.552,675	395.684,931	28,31	23	5,31
	RL-15	350.562,306	395.649,874	27,72	18	9,72
	RL-16	350.587,108	395.605,697	27,85	19	8,85
	RL-17	350.656,207	395.596,304	28,43	22	6,43
	RL-18	350.654,006	395.643,208	28,28	20	8,28



	RL-19	350.718,443	395.604,609	28,10	19	9,10
	RL-20	350.759,274	395.606,043	27,92	20	7,92
	RL-21	350.742,655	395.659,182	28,42	20	8,42
	RL-22	350.708,374	395.708,890	27,26	19,5	7,76
	RL-22a	350.710,220	395.722,100	27,36	4	23,36
	RL-23	350.632,948	395.689,454	28,02	30	-1,98
	RL-24	350.433,313	395.899,195	20,07	17	3,07
	RL-25	350.402,960	395.891,790	20,00	19	1,00
	RL-26	350.607,985	395.833,703	23,08	10	13,08
	RL-27	350.615,554	395.768,123	21,92	6	15,92
	RL-28	350.663,435	395.813,294	19,97	5,4	14,57
	RL-29	350.577,235	395.752,806	20,44	3	17,44
	RL-30	350.553,402	395.894,537	19,62	12	7,62
Kjarna-borun	RM-1	350.605,757	395.659,680	28,00	20	8,00
	RM-2	350.566,464	395.837,276	22,87	12	10,87
	RM-3	350.385,131	395.918,764	20,40	18,5	1,90
	RM-4	350.641,701	396.052,351	25,28	13,7	11,58

Byrjað var að bora í svæði suðaustan við núverandi námu. Þetta byggðist á því að stórir stuðlar eru í námubrúnni í suðaustanverðri námunni. Þarna er einnig landið lægra en annars staðar við námuna þannig að námuvinnsla á þessum stað væri minna áberandi en annars staðar. Því virtist upplagt að hefja vinnsluna þarna.

Niðurstaða borana varð þó sú að hraunlagið á þessum slóðum (sjá snið 2 og 3 og borholur RL-01 til 05) er þunnt og því ekki vel fallið til stórgrýtisvinnslu.

5. Lýsing hraunsins

Teikning 2 sýnir staðsetning borhola. Þykkt hraunsins er sýnd sem súlur við hverja borholu sem gefa til kynna hlutfallslega þykkt á hrauni í hverri holu. Teikning 2 sýnir greinilega að lægðin sem upphaflega var ætlunin að nýta er ekki hentug til stórgrýtisvinnslu. Hraunþykktin þar er aðeins 2-5 m. Teikning 2 sýnir einnig greinilega að þykkasta hraunið er að finna í suðaustur horni námusvæðisins og rétt norðan við niðurkeyrslu í námu. Teikning 3 sýnir snið sem byggð eru á tölulíkani af þykkt hraunsins. Snið 1 til 3 liggja u.þ.b. í austur - vestur en Snið 4 í u.þ.b. norður - suður. Snið 1 sýnir að gjallið í Rauðmel þynnist mjög fljótt í átt frá gígnum og við tekur þykkt hraun. Hraunið virðist síðan þynnast til austur. Borhola RM-4 sýnir 11-12 m þykkt hraunlag en óvíst er hvað tekur við undir efsta hrauninu.

Snið 2 sýnir að undirlag hraunsins er nokkuð slétt á þessum stað. Sniðið sýnir að hraunið er þunnt næst námunni en þykkar með aukinni hæð á landi. Það er ekki hægt að fullyrða að gjallið nái alla leið að vesturenda sniðsins. Til þess vantar gögn.

Snið 3 sýnir sannfærandi halla á gjallinu úr gömlu námunni. Austan við mitt snið tekur við þykkt hraun. Ekki er vitað hvort gjallagið er enn til staðar undir þykka hrauninu.



Snið 4 sýnir tiltölulega jafna þykkt á hrauninu þar til kemur að hásléttunni suðaustast á svæðinu. Það er ekki vitað hvað er undir hrauninu í þessu sniði.

Eins og komið hefur fram liggur misþykkt hraun upp að gjallgígnum. Efsti hluti þess er yfirleitt blöðróttur og oft með láréttum skilum. Undir þessum efsta hluta tekur oftast við stórstuðlað hraun. Neðar geta síðan verið gjallkennd skil í hrauninu eða smástuðlað berg. Mynd 5-1 sýnir þessa lagskiptingu ágætlega. Þá sjást einnig gjallskompur sem ná upp í gegnum hraunið, sjá mynd 5-2.



Mynd 5-1. Snið af hrauni í Rauðamelsnámu. Efst er blöðrótt berg síðan nokkuð stórstuðlað og smástuðlað neðan til.

Myndir 5-3 til 5-5 sýna dæmi um gerð hraunsins í námubrúninni.



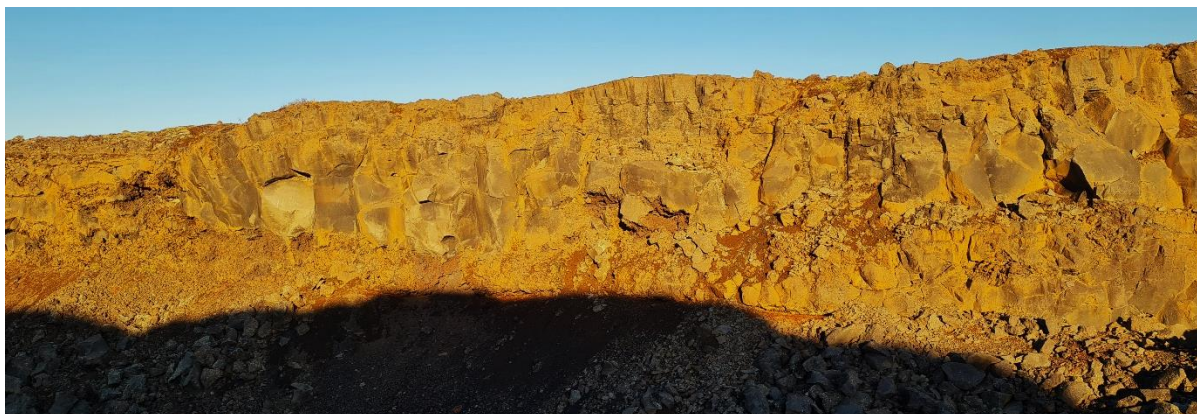
Mynd 5-2. Hraun ofan á gjalli í austurkanti Rauðamelsnámu. Stuðlamyndun er tvískipt. Gjallskvampa rétt hægra megin við miðju á myndinni.



Mynd 5-3. Nærmynd af hrauninu á mynd 5.2. Stórir stuðlar beint ofan á gjallinu.



Mynd 5-4. Gjallskil í hrauni.



Mynd 5-5. Hraun í norðurbotnlanga námunar.

Hraunfyrirborðið er mjög óslétt eins hæðarlínurnar á teikningum sýna. Þá eru einnig sprungur í köntum rissvæðanna sem geta valdið vandræðum í vinnslu námunnar.

Kjarnar úr borholum sýna allir nokkuð svipað hraun. Efst er hraunið blöðrótt eins og sést í námunni síðan er nokkuð heillegt hraun niður í botn á holu. RQD (Rock Quality Designation) tölur sýna hve mikið hraunið er brotið. Hraunið er minnst brotið í holu RM-1 en mest brotið í holu RM-2. Mjög erfitt er að finna samband á milli RQD gilda og stærð ölduvarnargjróts sem hægt væri að framleiða í námunni.

6. Efnispörf í framkvæmdir við Straumsvík

Tafla 6-1 sýnir áætlað efnimagn í heildarframkvæmdinni skv. magnáætlun frá Strendingi verkfræðistofu. Magntölur í töflu 6-1 eru miðaðar við fyllingarefni komið á staðinn á hafnarsvæðinu.

Tafla 6-1. Stækkun Straumsvíkurhafnar. Áætlað heildarmagn fyllinga

Flokkur	Grjótstærð	Garður (m³)	Hlutfall (%)	Landfylling (m³)
I	8t-20t	85.202	9	
II	3t-8t	147.168	16	
III	1t-3t	61.104	6	
IV	0,3t-1t	152.598	16	
V- 1.áfangi	kjarni/uppdælt efni	496.766	53	305.000
V-2.áfangi	kjarni/uppdælt efni			600.000
VI	Böggli			90.000
		942.838		995.000
<u>Samtals</u>				<u>1.937.838</u>

Til þess að áætla hve mikið magn af bergi þarf að sprengja í námu þarf að umbreyta þessum tölum þannig að þær endurspegli fast berg. Þetta hefur verið gert í töflu 6-2 sem sýnir efnispörf miðað við byggingu brimbrjóts og fast efni í námu.



Tafla 6-2. Efnispörf í brimbrjót miðað við fast efni í námu

Efnispörf miðað við fast efni í námu		
Efnisgerð	Efnisgerð	magn (m ³)
I	8t-20t	60.859
II	3t-8t	105.120
III	1t-3t	43.646
IV	0,3t-1t	108.999
V- 1.áfangi	kjarni/uppdælt efni	354.833
Samtals í brimbrjót		673.456

7. Nýting námu í stórgrýtisvinnslu.

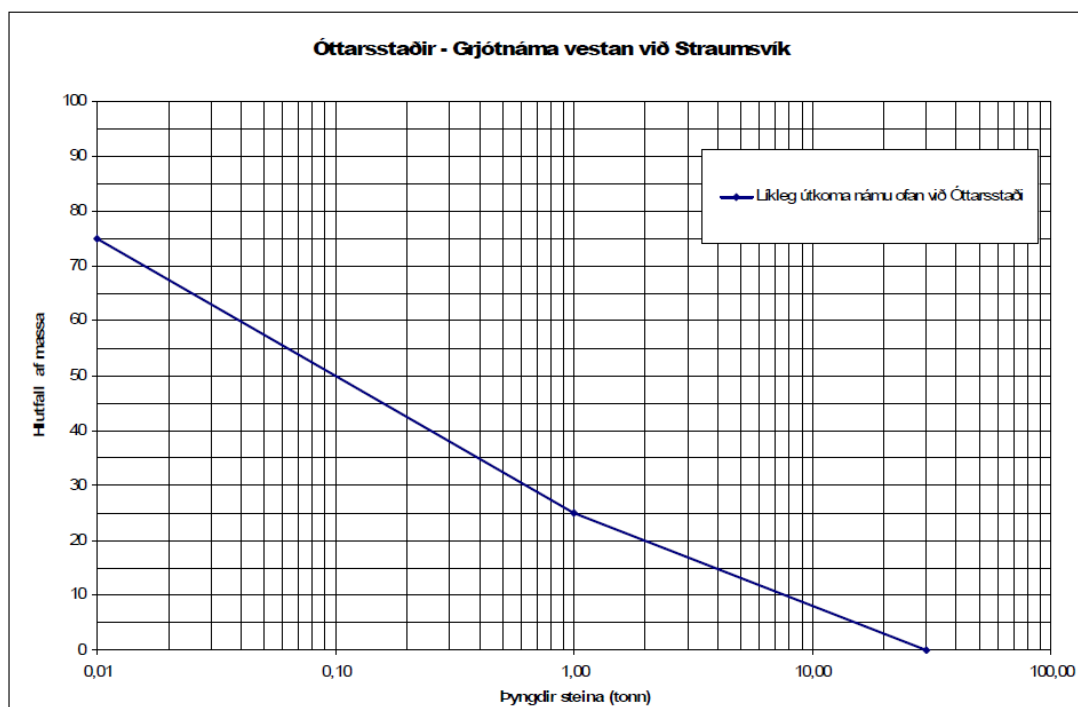
Magn stórgrýtis sem fæst úr námu er háð stuðlastærð, sprungum í berginu og sprengitækni. Oftast þannig að því stærra grjót sem þarf að afla því minna er af því í námunni. Því getur þurft að sprengja verulegt umfram magn af berg til þess að ná nægilegu magni af stærstu steinum í ölduvarnir.

Árið 2007 gerði Stapi jarðfræðistofa lauslega áætlun um hugsanlega niðurstöðu grjótvinnslu í Hrútagjárdyngjuhrauni. Þessi athugun byggði einkum á könnun á grjótnámi í sama hrauni vegna framkvæmda við Keilisnes. Niðurstaða var að hlutfall stórgrýtis í grjótflokkum milli 8 og 30 tónna gæti orðið um 10% og hlutfall grjóts yfir 1 tonni gæti orðið um 25%. Í þessari spá er gert ráð fyrir að lágmarkshæð vinnslustáls verði 6 – 8 m að hæð. Lægra vinnslustál gæti leitt til lakari útkomu. Þessi spá er sýnd á mynd 7.1.

Rúmpýngd bergsins mældist á 2,82 – 2,87 tonn/m³ og rakadrægnin var á bilinu 1,0 – 1,5%. Brotstuðull bergsins (I_{ss0}) var 6,2 MPa að meðaltali, sem telst gott. Engin rýrnun var á berginu í frost-/þíðuprófi (56 umferðir í 3% saltlausn (natríum klóríð)³.

³ Stapi jarðfræðistofa (2007).
Hafnarfjarðarhöfn.

Grjótnám vestan við Straumsvík 2007. Greinargerð ÓBS/07-04. Unnin fyrir



Mynd 7-1. Líkleg stærðardreifing grjóts úr námu á lóð í landi Óttarsstaða vestan Straumsvíkur.

Vinnsluspáin á mynd 7-1 er notuð til þess að áætla hve mikið þurfi að sprengja af föstu efni úr námu til þess að framleiða nauðsynlegt heildarmagn af grjóti og fyllingarefni fyrir stækkun hafnarsvæðisins í Straumsvík. Tafla 7-1 sýnir magntölur miðað við fast efni í námu.

Tafla 7-1. Sprengt berg í námu miðað við vinnsluspá frá Stapa jarðfræðistofu.

Sprengt berg úr námu miðað við fast efni					
Nýting miðað við magn 0,3-20 tonn		Nýting miðað við 8-20 tonn		Nýting miðað við >1 tonn	
Nýting námu	Efnisvinnsla	Nýting námu	Efnisvinnsla	Nýting námu	Efnisvinnsla
(%)	m ³ bergs	(%)	m ³ bergs	(%)	m ³ bergs
30	1.062.076	4	1.521.464	20	1.048.121
35	910.351	5	1.217.171	25	838.497
40	796.557	10	608.586	30	698.748
45	708.051	15	405.724		

Í töflu hafa niðurstöður sem miða við vinnsluspá í mynd 7-1 verið merktar gular. Aðrar tölur eru til þess að sýna hve magntölur eru viðkvæmar fyrir breytingum í nýtingu námunnar.

Eins og fram kemur í töflu 7-1 má gera ráð fyrir að sprengja þurfi 800-850 þús. Rúmmetra af bergi til þess að framleiða nægilegt ölduvarnargrjót fyrir öldubrjótinn. Vegna mikillar óvissu í þessum áætlunum er rétt að gera ráð fyrir að það þurfi að sprengja 1000 þús. m³ af bergi. Sé miðað við fyllingarefni á hafnarsvæðinu samsvarar þetta um 1.400 þús. rúmmetrum af fyllingarefni. Því má gera ráð fyrir að við grjótframleiðslu verði til nægilegt magn fyllingarefna til þess að byggja brimbrjótinn. Þetta er að sjálfsögðu miðað við að náma gefi sömu stærðardreifingu og spáin.



8. Tilhögun námu.

Á teikningum er sýndar útlínur námusvæðis. Stækkun námunnar við Rauðamel fer fram innan þessa afmarkaða námusvæðis. Nákvæmlega hvernig náman verður staðsett er háð því hvernig hagkvæmast verður að stækka námuna. Komið hefur fram að á námusvæðinu er bæði hraun og gjallhaugur sem liggur a.m.k. að hluta undir hrauninu úr Hrótagjárdyngju. Þetta leiðir til þess að skipulagning námunnar er flóknari en ella. Suðaustur hluti námsvæðisins virðist vera hagstæðastur til stórgrýtisframleiðslu. Þarna er hraunpallur þar sem hraunið virðist vera þykkara og minna sprungið en annars staðar. Þetta sést vel af teikningu 2 og sniðum á teikningu 3. Á teikningu 4 eru sýndar útlínur af fjórum möguleikum til stækkunar á Rauðamelsnámu. Magntölur fyrir hverja tillögu eru sýndar á töflu 8-1. Eins og komið hefur fram er talið að það þurfi um 850 þús. m³ af bergi til þess að framleiða nægilegt magn af stórgrýti fyrir nýjan brimbrjót við Straumsvík. Af þessu leiðir að námutilhögun 1 kemur ekki til greina. Aðrar tillögur að stækkun námunnar hafa það sameiginlegt að stækka nyrsta hluta núverandi námu. Þetta hefur tvennan tilgang. Í fyrsta áfanga framkvæmda við nýja hafnarsvæðið þarf töluvert magn af ölduvarnargrjóti. Eins og sést af t.d. teikningu 2 er talsvert þykkt hraun við norðurhluta námunnar sem hagstætt gæti verið að vinna í byrjun verksins. Einnig er það haft að leiðarljósi að norðurbotnlangi núverandi námu er illa frágenginn. Líklega fengist betri lokafrágangur á námunni með því að opna námuna betur að norðanverðu.

Tafla 8-1. Magntölur í mismunandi útfærslum á Rauðamelsnámu.

Tilhögun námu (sjá teikningu 4)		1	2	3	4
Flatarmál námu	(m ²)	65.843	104.658	79.559	85.760
Rúmmál bergs	(m ³)	376.244	1.117.172	790.604	965.268
Gjall og óþekkt efni in situ	(m ³)	704.807	737.554	663.235	569.201
Heildarrúmmál námu insitu	(m ³)	1.081.051	1.854.726	1.453.839	1.534.469
Heildarrúmmál námu fyllingarefni	(m ³)	1.231.549	2.301.595	1.770.081	1.920.576

Í tilhögun 2, 3, og 4 teygir náman sig inn í hraunpallinn þar sem hraunið er hvað þykkast og ætti að gefa hæsta hlutfall stórgrýtis. Þetta er til þess að minnka eins og kostur er það svæði sem þarf að raska með námuvinnslu.

Við gerð töflu 8-1 er gert ráð fyrir að námubrúnir séu lóðréttar en þær verða væntanlega með fláa í endanlegri útfærslu. Gert er ráð fyrir að botnhæði í námunni sé að meðaltali 4 m y.s. eða um 4 m yfir grunnvatnspollinum sem nú er í námunni. Þá er ekki gert ráð fyrir að neitt laust efni sé í yfirborði námunnar en þar er væntanlega oftast 0,2-0,3 m þykkt lag af mosa. Þegar magn er reiknað yfir í fyllingarefni er gert ráð fyrir gjall og óþekkt efni hafi sömu rúmþyngd í fyllingu og insitu í námu.

9. Lokaorð

Vegna nálægðar námunnar við framkvæmdasvæðið og góð grjótgæði er talið fullvíst að Rauðamelsnáma sé besti námukostur sem völ er á fyrir stækkun á Straumsvíkurhöfn. Tryggja þarf að það sé sveigjanleiki í útfærslu námunnar innan námusvæðisins. Reyna ætti að uppfæra áætlun um nýtingarhlutfall með beinum mælingum í námunni.

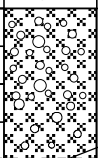
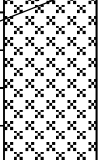
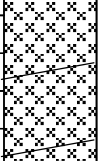
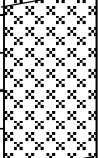
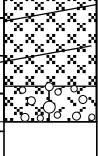
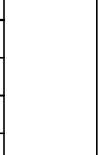
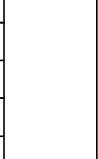
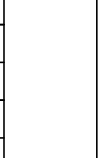



Viðauki 1

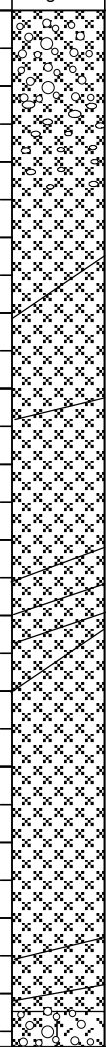
Snið af borholukjörnum

RM-01, RM-02, RM-03, RM-04

<div><div><div><div></div><div>Jarðfræðistofan</div><div>GEOICE Geological services Ltd</div></div><div>Verkkaupi</div></div></div>		Verkefni			Rauðimelur við Straumsvík			JFS - 91			Teikn. RM - 01						
		Kjarnaboranir 2023						Borverktaki		ALVARR		Dags.		Okt. 2023			
		Hnit X: 350.605,8 Y: 395.659,7 Hæð: 28,00						Unnið af		ÁgG / BJB		Blað 1 af 1					
Hæð m y.s.	Dýpi m	Greining og lýsing kjarnaborholu				RM - 01				Dýpi m	Bergsúla	Kjarni %	RQD % 10 / 30 / 50 / 100		Q	JVB	Lekt
28,00	0	Yfirborð Hrútadyngju, nútímahraun víðast hulin þunnu lagi úr jarðfegi og frostlyftu hraungrjóti.				0											
		Hrútadyngja - Nútímahraun, dílótt basalt															
		Ljós grátt, meðalkristallað basalt með um 10% plagioklas kristalla og lista allt að 5-8mm að lengd, mjög blöðrótt og stórblöðrótt í efstu 4-5 metrunum. Stakdreifðar stórar blöðrur (< 25mm), allt að 15% í efstu 3m.								96		87/21/0/0					
		Vesicular medium crystallined basalt, vesicles up to 15% down to 3 m depth															
	3.0	Dregur úr blöðrumagni bergsins í 5-10%, en lítilsháttar míkroblöðrótt, ljós-ferskrátt				3,05											
		More massive basalt, slightly microporous light fresh grey olivine basalt															
		Bergið er ferskt og aðeins örpunn grá og gulbrún leirskán í blöðr. og sprungum								95		95/92/72/72					
	5	Blöðrur að hverfa við 5,4 m dýpi / Vesicles disappearing at 5,4 m depth				5											
	5.4																
		Ferskrátt, þétt hart og sterkt plagioklas dílótt basalt. Engar upprunalegar sprungur fá 3-18,75 m dýpi. Fáeinar sprungur virðast hafa myndast við borun og meðhöndlun kjarnans.				6,1											
10		Fresh light grey hard and strong basalt, with practically no original joints from 5,6m depth down to 18,75m depth				7,1				100		98/98/98/98					
						9,1											
		Berggæði á bilinu frá 3-18,7 m dýpi Rock quality design from 3-18,75 m deoth				10				99		98/98/98/98					
		Kjarni RQD % 10 / 30 / 50 / 100 100 98/98/94/94															
		Líklega má skrá öll gildi hér 100%, fáeinar sprungur gætu verið raunverulegar og aðeins hefur nuddast af enda kjarnabúta. Probably all parameters may be evaluated 100%, a few joints may be questionable.				12,25				100		100/100/100/100					
						15											
						15,15											
		Berggæði allrar holunnar frá 0,8 m til 21,1 m dýpis Rock quality design from from the whole rock recovery ar 0,8-21,1 m depth				18,15				100		100/100/100/100					
		Kjarni RQD % 10 / 30 / 50 / 100 98 88/78/72/72				18,75				100		100/100/100/100					
		Svigðóttar lóðréttar sprungur með lítilsháttar leirskán															
6,9		Undulating subvertical joint breaks up the core Brattar sprungur / Inclined joints				230,0				100		15/0/0/0					
	20	Smáblöðrótt basalt / vesicular baalt				20											
		Lítilsháttar eyðing kjarna við lagaskil / Relatively sharp boundary															
		Blöðrótt, kargakennt dílótt basalt, smásprungið og velkist og eyðist við borun								86		23/0/0/0					
		Very vesicular of low UCS strength, breaks up erodes a bit during drilling															
		Botn holu á 21,1 m dýpi maí 2023 Bottom of the hole at 21,1 m depth May 2023															
25						25											

Jarðfræðistofan GEOICE Geological services Ltd		Verkefni		Rauðimelur við Straumsvík		JFS - 91		Teikn.		RM - 02		
Verkkaupi		Hnit		X: 350.566,5 Y: 395.837,3		Hæð: 22,87		Borverktaki		ALVARR		
Hafnarfjarðarhöfn		Unnið af		ÁgG / BJB		Blað		1		af 1		
Hæð m y.s.	Dýpi m	Greining og lýsing kjarnaborholu RM - 02				Dýpi m	Bergsúla	Kjarni %	RQD % 10 / 30 / 50 /100	Q	JVB	Lekt
22,87	0	<p>Borað í yfirborð klappar hraunsins / Drilling starts on a hard rock surface</p> <p>Hrútaðyngja - Nútímahraun, dílótt basalt</p> <p>Ljós grátt, meðalkristallað basalt með um 10% plagioklas kristalla og lista allt að 5-8mm að lengd, mjög blöðrótt og stórblöðrótt í efstu 2 metrunum.</p> <p>Stakdreifðar stórar blöður (< 25mm), allt að 15% í efstu 2m.</p> <p>Vesicular medium crystallined basalt, vesicles up to 15% down to 2 m depth</p>				0		99	58/11/0/0			
		<p>Dregur úr blöðrumagni bergsins í 2-4%, en lítilsháttar mikróblöðrótt, ljós-ferskgrátt</p> <p>Bergið er ferskt með örblöður og aðeins örpunn grá og gulbrún leirskán í einstaka blöðrum og sprungum</p>				3,05						
		<p>More massive basalt, slightly microporous light fresh grey olivine basalt</p>				5		100	73/28/0/0			
	5	<p>Ferskgrátt, þétt hart og sterkt plagioklas dílótt basalt.</p> <p>Lóðrétt sveigð sprunga á 6,5-8 m dýpi</p> <p>Margar sprungur virðast hafa myndast við borun og meðhöndlun kjarnans.</p>				6,1		100	49/24/0/0			
		<p>Fresh light grey hard and strong basalt, with subvertical and inclined original joints at 6,5-8 m depthm depth</p>				7,1		100	45/0/0/0			
		<p>Berggæði fyrir alla holuna</p> <p>Rock quality design for the whole borehole</p>				9,1		100				
		<p>Kjarni RQD % 10 / 30 / 50 /100</p> <p>100 61/24/0/0</p>				10		100	57/44/0/0			
	10	<p>Líklega er bergið heillegra en fram kemur í sprungumælingum. sprungur gætu verið myndaðar við borun aðeins hefur nuddast af enda kjarnabúta.</p> <p>Probably many of the subhorizontal joints are formed during drilling.</p>				11,98		100	83/46/0/0			
		<p>Brattar sprungur / Inclined joints</p>						100	70/0/0/0			
9,47		<p>Botn holu á 13,37 m dýpi maí 2023</p> <p>Bottom of the hole at 13,37 m depth May 2023</p> <p>Mjög blöðrótt, lítil bergstyrkur /Very vesicular of low UCS strength.</p>				12,55						
	15					15						
	20					20						
	25					25						

Jarðfræðistofan GEOICE Geological services Ltd		Verkefni		Rauðimelur við Straumsvík		JFS - 91		Teikn. RM - 03		
Verkkaupi		Hnit X: 350.385,1 Y: 395.918,8 Hæð: 20,40		Kjarnaboranir 2023		Borverktaki ALVARR		Dags. Okt. 2023		
Hafnarfjarðarhöfn		Unnið af		ÁgG / BJB		Blað 1 af 1				
Hæð m y.s.	Dýpi m	Greining og lýsing kjarnaborholu RM - 03		Dýpi m	Bergsúla	Kjarni %	RQD % 10 / 30 / 50 /100	Q	JVB	Lekt
20,40	0	Borun byrjar á hörðu yfirborði hrauns Hrútaðyngja - Nútímahraun, dílótt basalt Ljós grátt, meðalkristallað basalt með um 10% plagioklas kristalla og lista allt að 5-8mm að lengd, mjög blöðrótt og stórblöðrótt í efstu 4-5 metrunum. Stakdreifðar stórar blöðrur (< 25mm), allt að 15% í efstu 2m. Vesicular medium crystallined basalt, vesicles up to 15% down to 2 m depth		0		96	77/53/53/0			
			1,32	95		95/92/72/72				
			2,25							
		Dregur úr blöðrumagni bergsins í 5-10%, en lítilsháttar míkroblöðrótt, ljós-ferskgrátt		100		91/38/38/38				
	5	Blöðrum fækkar mjög á 4 m dýpi / Vesicles decreasing at 4 m depth	5							
		Ferskgrátt, þétt hart og sterkt plagioklas dílótt basalt. Nokkrar sprungur virðast hafa myndast við borun og meðhöndlun kjarnans.	5,13	100		88/73/57/0				
		Bergið er ferskt og aðeins örpunn grá og gulbrún leirskán í blöðr. og sprungum More massive basalt, slightly microporous light fresh grey olivine basalt								
		Fresh light grey hard and strong basalt, with scattered original joints.	8,01							
		Brattar sprungur / Inclined joints		97		76/76/76/0				
	10	Berggæði á bilinu frá 0-18,5 m dýpi (neðsta blöðrótt rauðbrúna beltinu sleppt) Rock quality design from 0-18,5 m deoth (the lowest vesicular zone skipped)	10							
0,70		Kjarni RQD % 10 / 30 / 50 /100 98,5 80/59/44/20	11,06	100	100/100/0/0					
		Líklega má skrá öll gildi hér 100%, fáeinar sprungur gætu verið raunverulegar og aðeins hefur nuddast af enda kjarnabúta. Probably all parameters may be evaluated 100%, a few joints may be questionable.	11,51							
				100	94/94/58/58					
	15	Svigðóttar lóðréttar sprungur með lítilsháttar leirskán Undulating subvertical joint breaks up the core	14,37	98	53/53/0/0					
		Borkjarninn er mikið þverbrotinn á 16-17,5 m dýpi, líklega vegna vandamála við borun. The core is broken subhorizontally at 16-17,5 m depth, caused by drilling problems	14,94	98	63/63/63/63					
			15							
		Smáblöðrótt basalt / vesicular baalt 0,2 m	16,56	99	48/0/0/0					
		Rauðbrúnn mjög blöðrótt berg við lagaskil, blöðrur 15-20% Vesicular reddish rock of rather low strength.	18,5	100	87/39/0/0					
			19,7							
	20	Botn holu á 19,69 m dýpi maí 2023 Bottom of the hole at 19,69 m depth May 2023	20							

Jarðfræðistofan GEOICE Geological services Ltd		Verkefni		Rauðimelur við Straumsvík		JFS - 91		Teikn.		RM - 04			
Verkkaupi		Hnit X: 350.641,7 Y: 396.052,4 Hæð: 25,28		Borverktaki		ALVARR		Dags.		Maí 2023			
Hafnarfjarðarhöfn		Unnið af		ÁgG / BJB		Blað		1 af 1					
Hæð m y.s.	Dýpi m	Greining og lýsing kjarnaborholu RM - 04				Dýpi m	Bergsúla	Kjarni %	RQD % 10 / 30 / 50 /100	Q	JVB	Lekt	
25,28	0	Borað í yfirborð klappar hraunsins / Drilling starts on a hard rock surface Hrútaðyngja - Nútímahraun, dílótt basalt Ljós grátt, meðalkristallað basalt með um 10% plagioklas kristalla og lista allt að 5-8mm að lengd, mjög blöðrótt og stórblöðrótt í efstu 2 metrunum. Stakdreifðar stórar blöður (< 25mm), allt að 15% í efstu 2,3m. Vesicular medium crystallined basalt, vesicles up to 15% down to 2,3 m depth				0		99	58/11/0/0				
		Dregur úr blöðrumagni bergsins í 2-4%, en lítilsháttar mikróblöðrótt, ljós-ferskgrátt Bergið er ferskt með örblöður og aðeins örpunn grá og gulbrún leirskán í einstaka sprungum More massive basalt, light fresh grey olivine basalt, slightly microporous with scattered vesicles up to 5 mm.				1,94		100	73/28/0/0				
		Ferskgrátt, þétt hart og sterkt plagioklas dílótt basalt. Lóðrétt sveigð sprunga á 7-8,5 m dýpi Margar sprungur virðast hafa myndast við borun og meðhöndlun kjarnans. Fresh light grey hard and strong basalt, with subvertical and inclined original joints at 7-8,5 m depthm depth				5,03		100	49/24/0/0				
	5	Brattar sprungur / Inclined joints				7,98		100	45/0/0/0				
		Lóðrétt frauðkennd "pípa" á 10 m dýpi liggur upp í gegnum lagið / Vertical vesicular gas pipe at 9,5-10,5 m depth.				10		100	57/44/0/0				
	10	Berggæði frá yfirborði og niður á 13,3 m dýpi Rock quality design from surface down to 13,3 m depth Kjarni RQD % 10 / 30 / 50 /100 99 83/74/57/34				10,99		100	83/46/0/0				
		Svígðóttar lóðréttar sprungur með lítilsháttar leirskán Undulating subvertical joint breaks up the core Smáblöðrótt basalt / vesicular baalt 0,5 m				13,3		100	70/0/0/0				
	13,3	Skörp lagaskil / Relatively sharp boundary				13,3							
	13,7	Rauðbrúnt basalt, dílótt, blöðrótt og kargakennt, lítil kjarnaeyðing				13,7							
	11,6		Botn holu á 13,7 m dýpi maí 2023 Bottom of the hole at 13,7 m depth May 2023										
		Mjög blöðrótt, lítil bergstyrkur /Very vesicular of low UCS strength.				15							
20						20							
25						25							



Viðauki 2

Ljósmyndir af borholukjörnum

RM-01, RM-02, RM-03, RM-04



RM-01





RM-02





RM-03





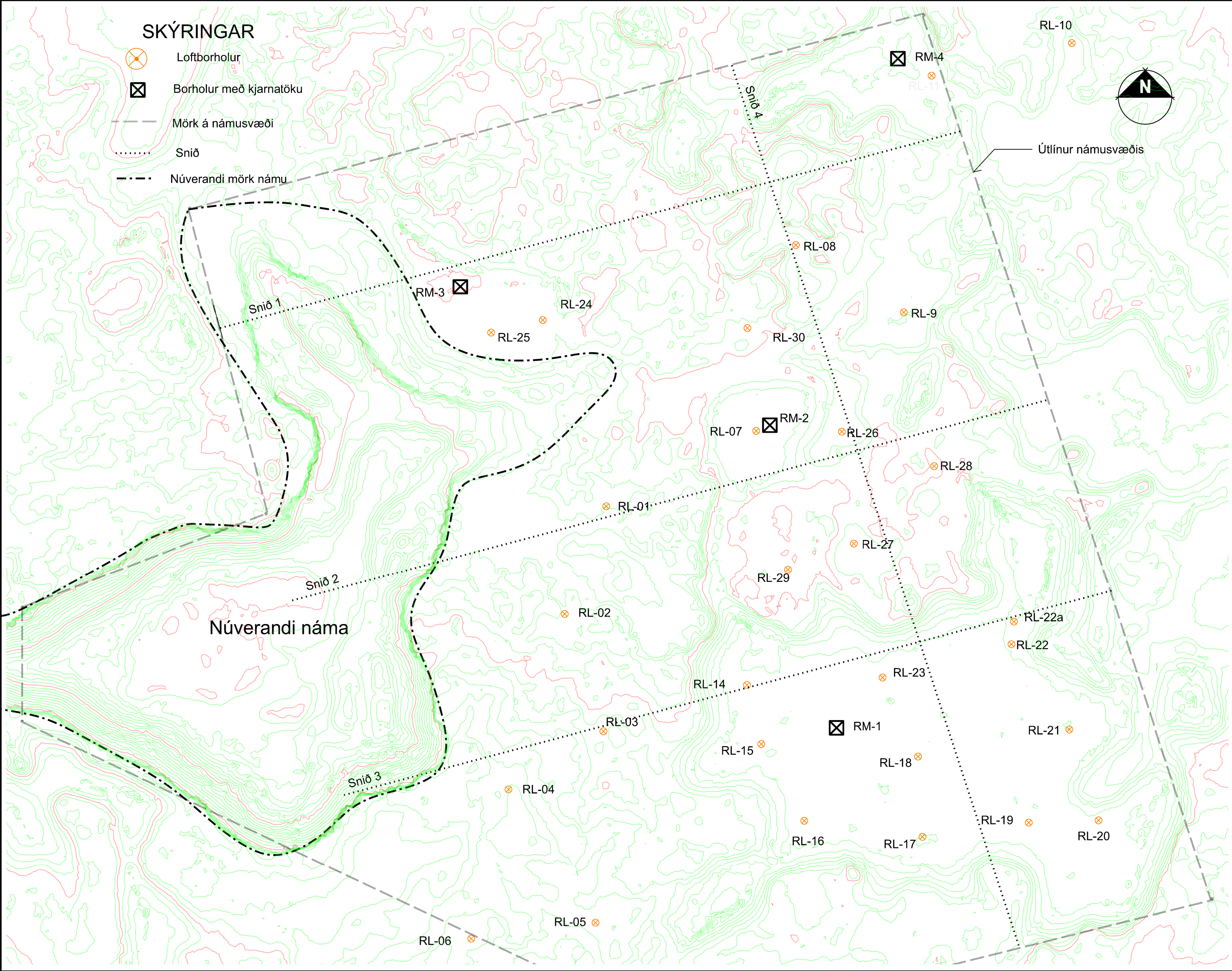
RM-04





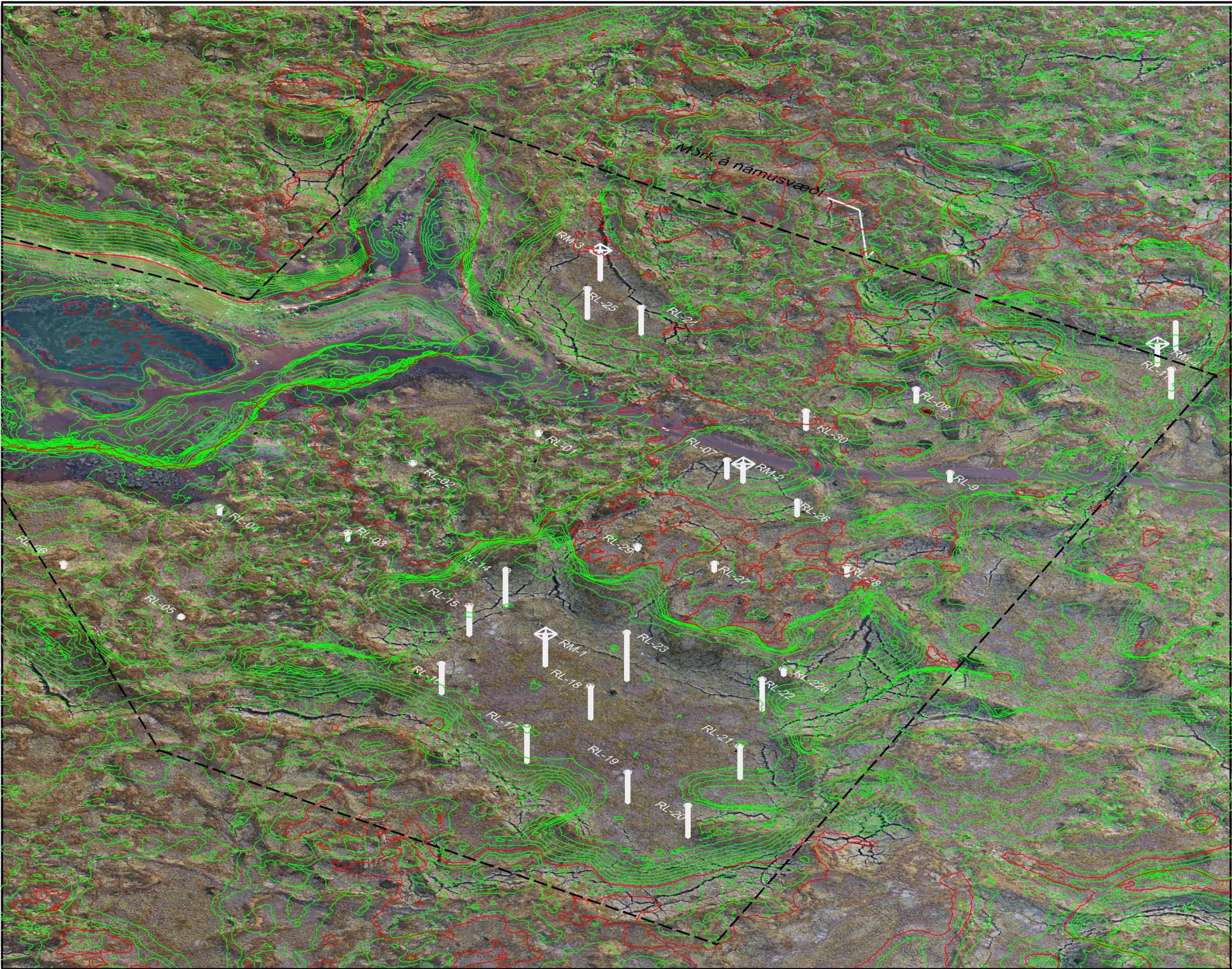


Teikningar

Teikning nr. 1	Staðsetning borhola og sniða
Teikning nr. 2	Þykkt á hraunhellu
Teikning nr. 3	Snið í námu
Teikning nr. 4.	Tilhögun námu
Teikning nr. 5	Botnhæð á hrauni



Date: Sept. 2023		<div><div>STUÐULL <small>ÚERKTREIÐI OG JARÐFREIÐJÓNUSTR EHF</small></div></div>		<div></div>		RAUÐAMELSNÁMA	
Design: BJB		Staðsetning borhola og sniða		Teikning nr. 1			
Scale: 1:2000/A3							
Skrá:							



Date: Sept. 2023

Design: BJB

Scale:

Skrá:

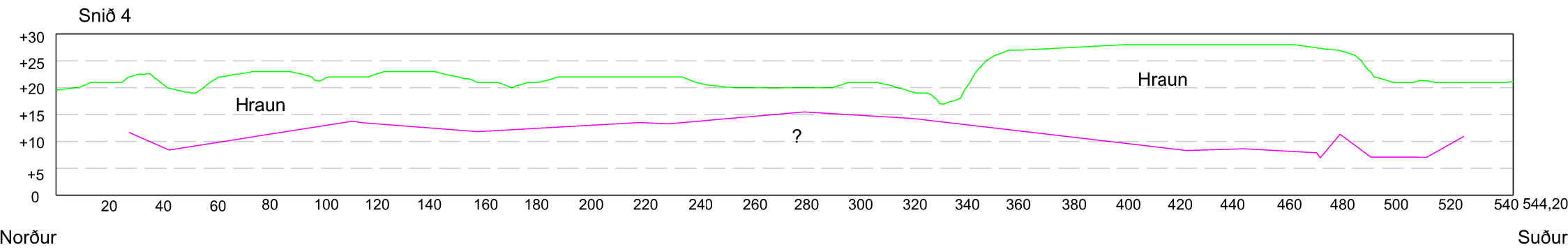
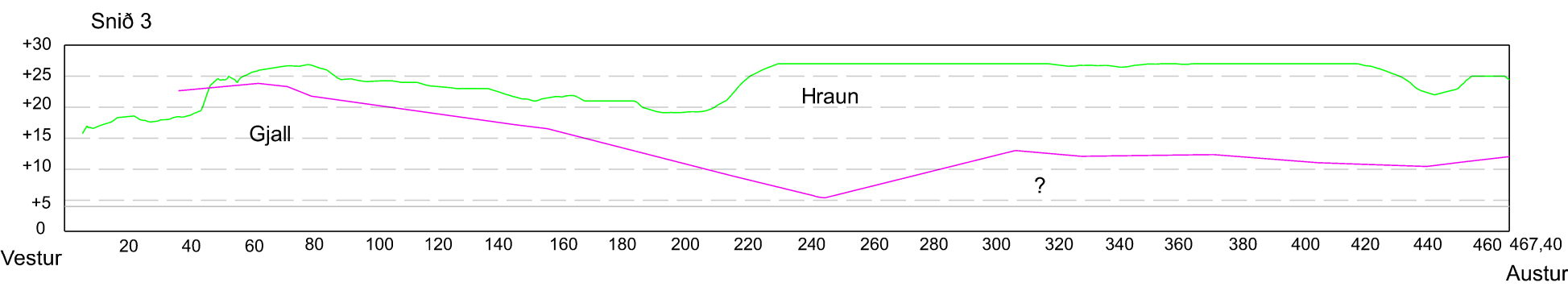
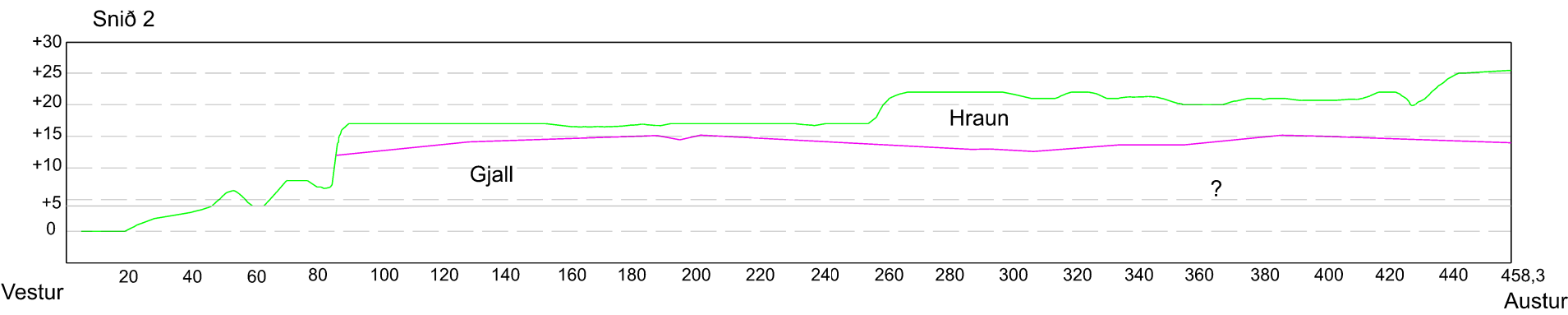
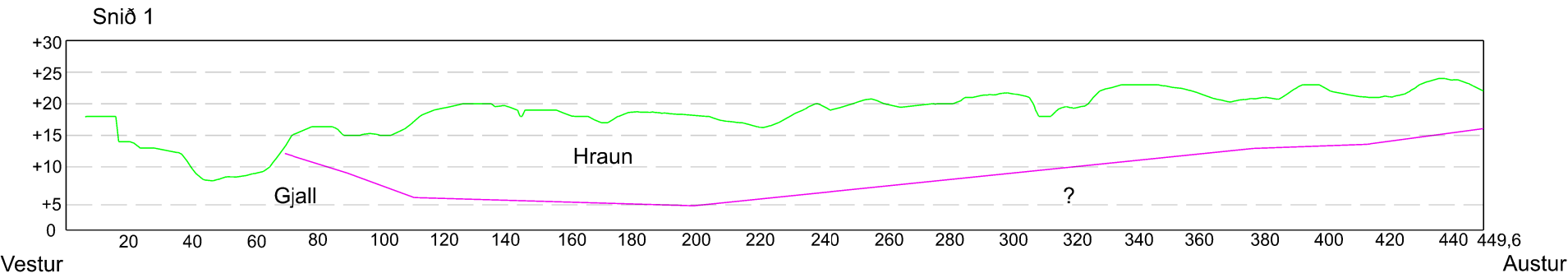


RAUÐAMELSNÁMA

Þykkt á hraunhellu

Teikning nr.

2



RAUÐAMELSNÁMA

Teikning nr.

3

Snið í námu

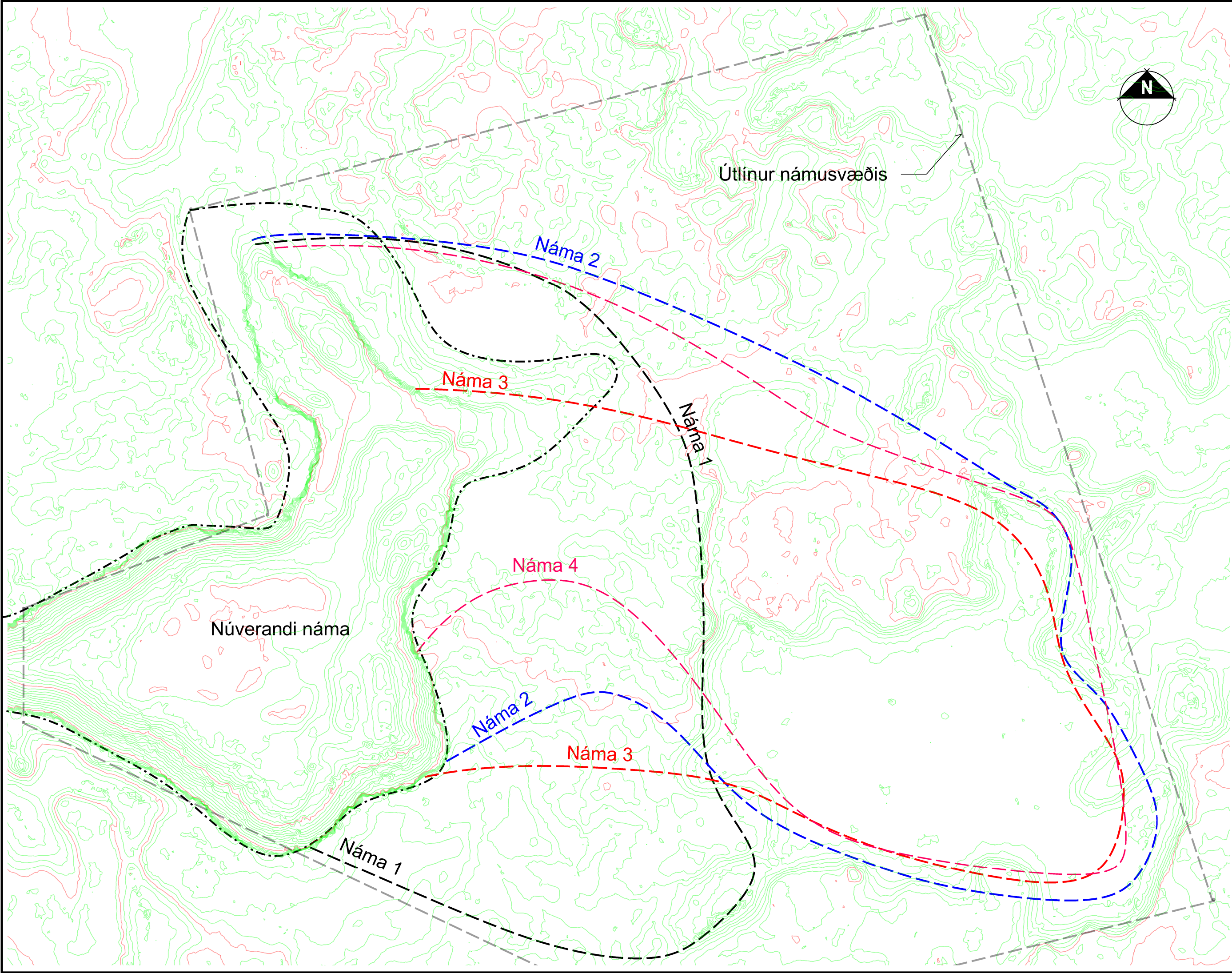




Date: Sept. 2023

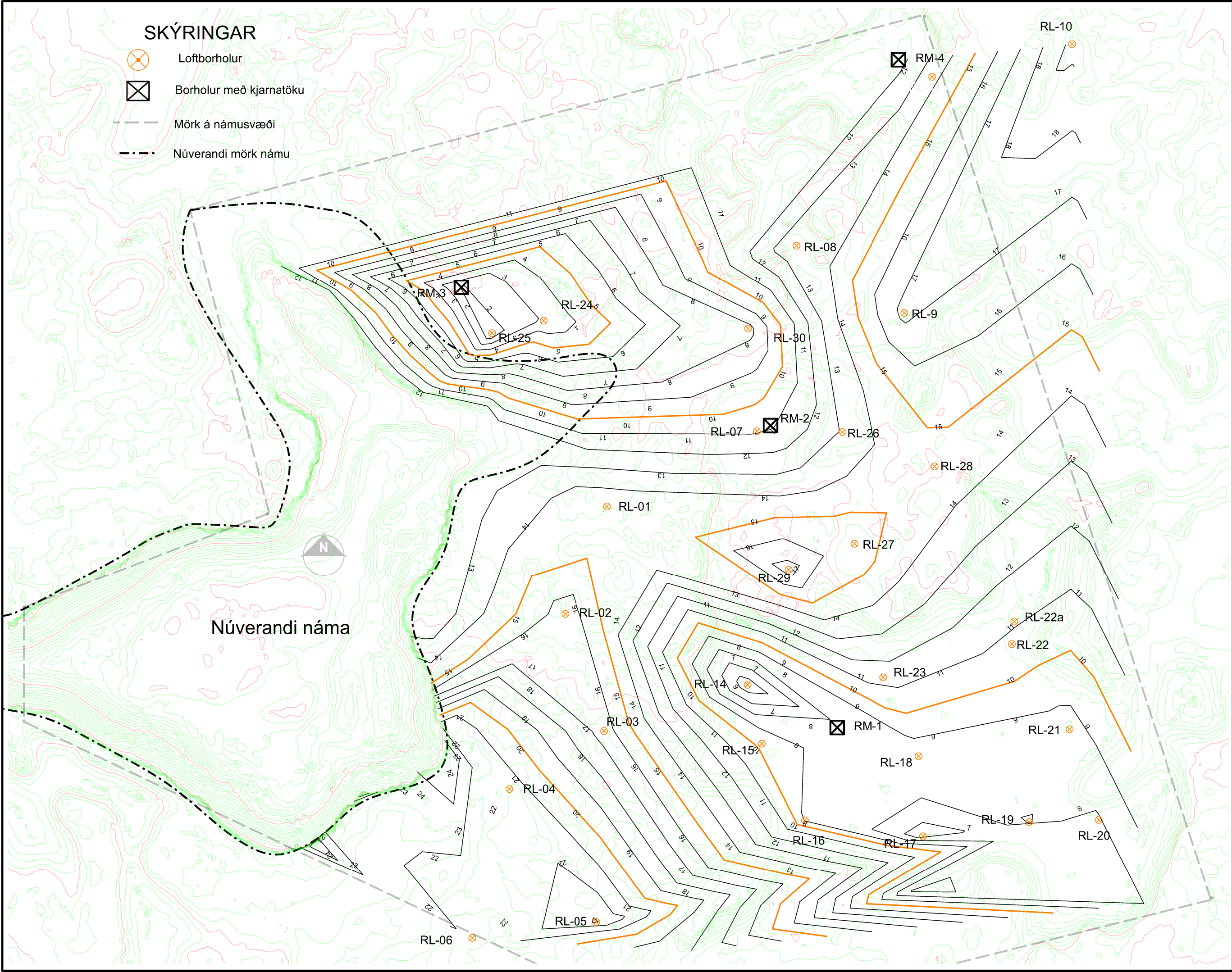
Design: BJB



Scale:

Skrá:



Date: Sept. 2023		RAUÐAMELSNÁMA	
Design: BJB		Tilhögun námu	
Scale: 1:2000/A3		Teikning nr. 4	
Skrá:			
			



Date: Sept. 2023		Design: BJB		Scale: 1:2000/A3		Skrá:	
RAUÐAMELSNÁMA		Hæð á hraunbotni		Teikning nr. 5			
							

Viðauki B



Fyrirhugaður 2. áfangi

Viðauki B



Fyrirhugaður 3. áfangi

Íslensk samantekt VSÓ Rágjafar á skýrslu Vegagerðarinnar:
Straumsvík – Ný höfn. Öldufars- og skipahreyfingarannsókn, 2022

Straumsvíkurhöfn er í lítilli náttúrulegri vík í Faxaflóanum sem fær skjól frá úthafsöldum af Reykjanestánni. Straumsvíkurhöfn er í landi Hafnarfjarðarbæjar og rekin af Hafnarfjarðarhöfn. Árið 1969 var byggð þar 220 m langur viðlegubakki fyrir álverið sem nú er rekið af Rio Tinto. Árið 1997 var bætt við 100 m viðlegubakka.

Í september 2022 óskaði Lúðvík Geirsson, hafnarstjóri hjá Hafnarfjörð, eftir því að hafnadeild Vegagerðarinnar myndi framkvæma öldufars- og skipahreyfingarannsókn á tillögu að nýrri höfn norðan og austan við núverandi Straumsvíkurhöfn.

Við útreikninga var notast við upplýsingar um dýpi, öldu, vindhraða, vindstefnu og sjávarföll.

Veðurstöðin í Straumsvík, sem starfrækt hefur verið síðan 2001, er staðsett við vesturenda Straumsvíkurhafnar. Stöðin mælir m.a. 10-mínútna-vindhraða og vindhraða og -áttir á hverri klukkustund. Mælingar hafa sýnt að við Straumsvík eru suðaustlægar áttir ríkjandi, þar á eftir norð-norðaustlægar vindáttir.

Núverandi hafnarsvæðið í Straumsvík er opið fyrir vestlægum og norðvestlægum áttum og myndast mesta ölduhæðin í þeim áttum þar sem að Reykjanesið myndar ekki skjól fyrir þeim eins og á við um suðvestanátt. Þrátt fyrir að í suðvestanátt myndist lægri öldur í Straumsvík þá eru þær lengri en myndast í hinum vindáttunum. Meðal öldustefna í átt að Straumsvík er vest-norðvestlæg.

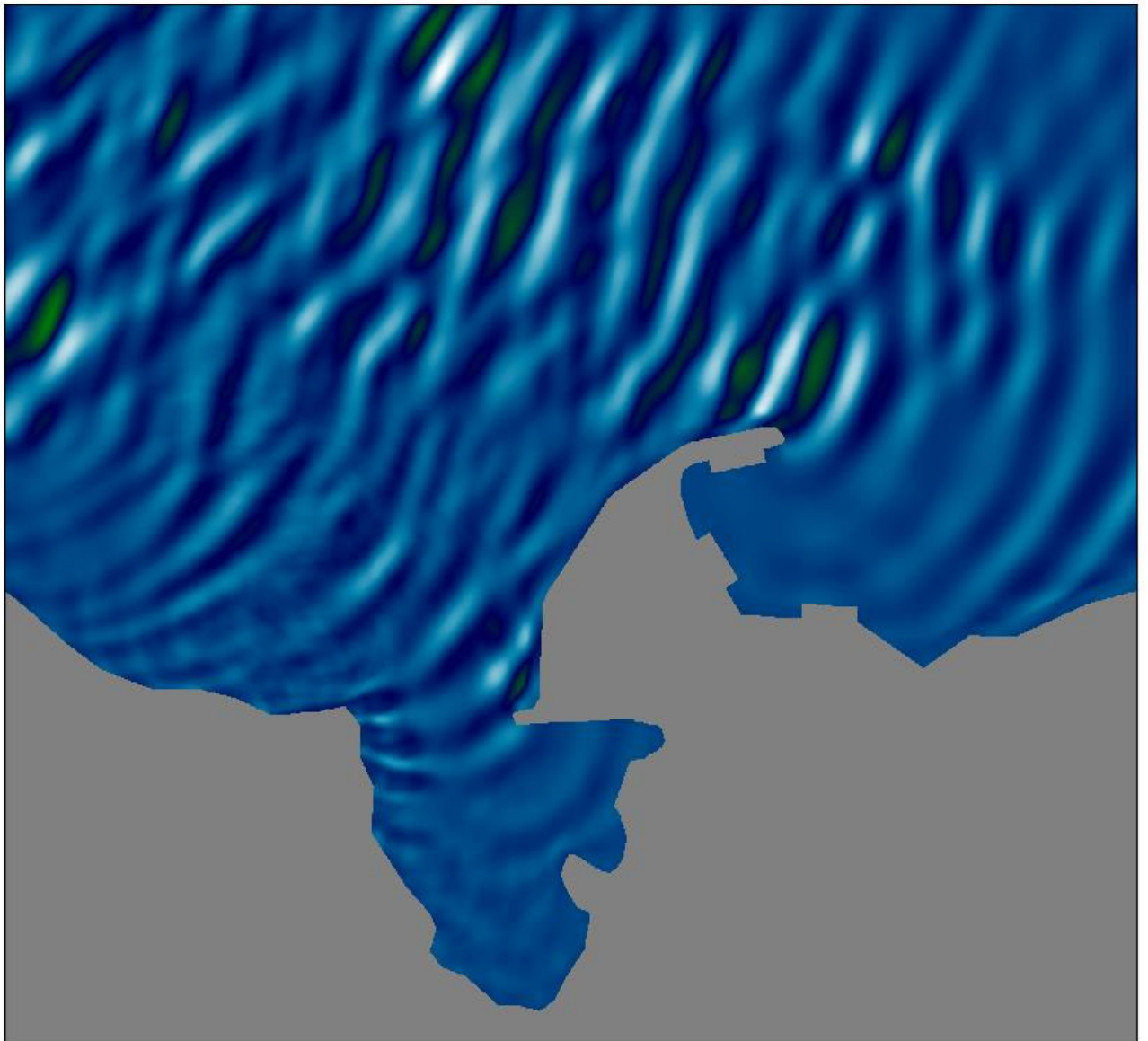
Öldufars-og skipahreyfingarlíkanið var gert til að líkja eftir ölduhreyfingum á svæðinu og skipahreyfingum við núverandi og fyrirhugaða bakka í Straumsvík. Líkanið byggði á veðurmælingum (e. hindcasted weather data) og öldubaujumælingum (e. wave buoy measurements). Niðurstöðurnar voru bornar saman við fyrri rannsóknir til þess að meta nákvæmni þess.

Niðurstöður úr skipahreyfingarlíkani sýndu að skipahreyfingar vegna ölduhreyfinga við fyrirhugaðan Gasbakka eru minni en við viðlegubakka núverandi hafnar og hinna tveggja fyrirhugaða viðlegubakka í nýrri höfn. Þessi munur milli bakka fyrirhugaðrar hafnar er vegna breytilegra öldustefna á þá. Megin öldustefna er samhliða Gasbakkanum en hornréttari á hina bakkana, sem veldur meiri hreyfingum.

Mat á mögulegum frátöfum (e. downtime) við bakkana bendir til þess að Gasbakkinn muni uppfylla hönnunarviðmið fyrir örugga vinnu við losun og lestun (e. Safe Working Conditions, SWC) þar sem að slík vinna verður ekki skert oftar en 2% tímans að meðaltali á ári. Áætlað er að viðleguskilyrði við hann verði að meðaltali ekki skert oftar en einu sinni á ári. Við viðlegubakka núverandi hafnar er hlutfall frátafa frá öruggri vinnu við losun og lestun áætlað um eða yfir 10% og að viðleguskilyrði verði skert yfir 10% tímans yfir árið (áætlað fyrir eystri bakkann). Við fyrirhugaðan viðlegubakka 2 má búast við frátöfum 5 - 10% tímans frá öruggri losun og lestun og yfir 10% tímans við viðlegubakka 3. Búast má við að viðleguskilyrði við þessa tvo bakka verði skert oftar en einu sinni á ári, jafnvel yfir 2% tímans yfir árið.

Niðurstöður hafnareiknilíkans sýndu að ölduhæð við bakka nýrrar hafnar við Straumsvík reiknast lægri en í núverandi höfn. Þetta er aðallega vegna þess að þó núverandi Straumsvíkurhöfn sé í náttúrulegri vík þá er hún opnari fyrir meðalöldustefnu en fyrirhugaðir viðlegubakkar. Austurbakki

núverandi hafnar er útsettastur fyrir öldum. Niðurstöðurnar sýndu að skipahreyfingar við Gasbakkann fyrirhugaða væru lægri en við bakka núverandi hafnar og annarra fyrirhugaðra bakka í nýrri höfn. Niðurstöður sýna jafnframt að viðleguskilyrði skerðist ekki oftari en einu sinni á ári að meðaltali. Fyrir fyrirhugaða búlka kanta (viðlegubakka 2. og 3. áfanga) nýrrar hafnar má búast við töluvert meiri frátöfum, á bilinu 5 til yfir 10% við lestun og losun við annan bakkann og vel yfir 10% fyrir þriðja bakkann. Fyrir báða bakkana er áætlað að viðleguskilyrði séu skert vel oftari en einu sinni á ári, jafnvel yfir 2% tímans. Við mat á mögulegum frátöfum mun svokallaður Gasbakki líklega uppfylla hönnunarviðmið um að vinna við losun og lestun sé ekki skert oftari en 2% tímans að meðaltali á ári.



Straumsvík – New Harbour

Wave agitation and mooring analysis

September 2022

Report number	No. pages	Date	Distribution
	54	9.9.22	Open
Report title			
Straumsvík – New Harbour. Wave agitation and mooring analysis			
Report Title in Icelandic			
Straumsvík – Ný höfn. Öldufars- og skipahreyfingarannsókn			

Authors

Helgi Gunnar Gunnarsson, Sigurður Sigurðarson

Abstract

Hafnarfjörður harbor requested that the harbour division of the Icelandic Road and Coastal Administration (IRCA) would carry out a wave agitation and mooring analysis of a proposal for the expansion of the Straumsvík harbour. This expansion would provide upland and a Gas berth for Carbfix's CODA terminal project. The wave simulations showed that the wave heights at the berths in the new harbour are overall lower than in the current harbour, being lowest at the proposed Gas berth.

Mooring analysis showed firstly that overall, comparing the planned berths in the new harbour to the berths in the current harbour, the Gas berth can be expected to have the lowest ship movement of all the berths. Secondly, an estimate of downtime analysis showed that the planned Gas berth will likely meet the design criteria of harbours in Iceland of safe working conditions not exceeding 2% of the time on average a year based on criteria for Gas tankers as well as safe mooring conditions not exceeding once a year. For the two planned bulk berths in the new harbour the estimated downtime is considerably higher, ranging from 5 – 10 % to well over 10 % for safe working conditions. Safe mooring conditions for the bulk berths are expected to be exceeded as much as or over 2% of the time.

Abstract in Icelandic

Hafnarfjarðarhafnir fólu hafnadeild Vegagerðarinnar að framkvæma öldufars- og skipahreyfingarannsókn á tillögu að nýrri höfn norðan og austan við núverandi Straumsvíkurhöfn. Sú höfn á meðal annars að þjónusta CODA verkefni Carbfix sem snýr að niðurdælingu CO₂. Niðurstöður hafnareiknilíkans sýndu að ölduhæð við kanta nýrrar hafnar við Straumsvík reiknast lægri en í núverandi höfn.

Niðurstöður úr skipahreyfingarlíkani sýndu að skipahreyfingar við Gas kantinn fyrirhugaða væru lægri en við kanta núverandi hafnar og annarra fyrirhugaða kanta í nýrri höfn. Mat á mögulegum frátöfum við kantana sýndi að Gas kanturinn mun líklega uppfylla hönnunarviðmið um að vinna við losun og lestun sé ekki skert oftar en 2% tímans að meðaltali á ári. Einnig að viðleguskilyrði séu ekki skert oftar en einu sinni á ári að meðaltali. Fyrir fyrirhugaða búlka kanta nýrrar hafnar má búast við töluvert meiri frátöfum, á bilinu 5 til yfir 10% við lestun og losun við annan kantinn og vel yfir 10% fyrir seinni kantinn. Fyrir báða búlka kantana er áætlað að viðleguskilyrði séu skert vel oftar en einu sinni á ári, jafnvel yfir 2% tímans.

Keywords

Straumsvík, waves, seiche, mooring, Carbfix, Coda terminal

Table of contents

Wave agitation and mooring analysis	1
Table of contents	3
1 Introduction	4
1.1 Scope of work	6
1.2 Summary of results	6
1.2.1 Wave agitation	6
1.2.2 Mooring conditions	6
2 Wave conditions.....	7
2.1 Long term wave analysis	7
2.2 Long term wind analysis	11
2.2.1 Straumsvík harbour	11
2.2.2 Faxaflói Bay.....	11
Offshore to nearshore wave simulations	14
3 Harbour model	18
3.1 Validation of Straumsvík harbour model.....	19
3.2 Wave agitation in the new Straumsvík harbour	22
4 Mooring analysis	25
4.1 Ship data	26
4.2 Fenders	26
4.3 Mooring layout	27
4.4 Comparing the berths.....	28
4.5 Peak to peak movements and estimate of downtime	30
4.6 Estimate of downtime	36
5 Summary.....	37
6 References	38
Appendix A	39
Appendix B	46
Appendix C	51

1 Introduction

The Straumsvík harbour is in a small natural cove within the Faxaflói Bay, sheltered by the tip of the Reykjanes Peninsula from offshore waves. It is within the Hafnarfjörður municipality and run by Hafnarfjörður harbour, Figure 1. A 220 m long berth was built in 1969 to service an aluminum smelter now run by Rio Tinto. In 1997 a 100 m long berth was built adjacent to the alumina berth for cargo import/export.

On 22. September 2021, Lúðvík Geirsson, harbourmaster of Hafnarfjörður harbor, requested that the harbour division of the Icelandic Road and Coastal Administration (IRCA) would carry out a wave agitation and mooring analysis of a proposal for the expansion of the Straumsvík harbour. The harbour proposal aims to build a 750 m long breakwater with ca. 10 ha of land within built up with landfills. It is located on shoals east and north of the current harbour. The purpose of this harbour is twofold.

Firstly, it provides a berth to service the first phase of the CODA terminal project. This project, led by Carbfix, is a "cross-border carbon transport and storage hub in Iceland. CO₂ is captured at industrial sites in North Europe and shipped to the terminal where it is unloaded into onshore tanks for temporary storage. The CO₂ is pumped into a network of nearby injection wells where it is dissolved in water before being injected into the fresh basaltic bedrock" (Carbfix, 2022).

Secondly, it will provide the harbour with two additional berths for bulk and cargo handling. The planned layout is shown in figure Figure 2. This layout provides an approach channel and berths with 12 m water depth with a turning area of ca. 300 m. This design can accompany ships with maximum draft of ca. 10 m and a length of ca. 200 m, based on international PIANC design limits.



↑ Figure 1. Aerial view over the Hafnarfjörður harbour in the foreground with the Straumsvík harbour in the back (from <https://www.hafnarfjardarhofn.is/is/eng>)

1.1 Scope of work

The purpose of this study is to:

- Evaluate wave disturbance within the proposed new harbour at Straumsvík.
- Assess ship movements of berthed ships for varying weather conditions.

The project consisted of the following tasks:

- Characterize the offshore wave climate outside Faxaflói Bay
- Transfer offshore waves to Straumsvík harbour area and validate
- Set-up and validate a numerical wave model of current Straumsvík harbour
- Estimate wave agitation at the berths of the new Straumsvík harbour
- Set-up a mooring analysis model of current as well as of the new Straumsvík harbour
- Give an estimate on
 - Expected ship movement of new berths compared to current berths
 - Downtime for safe working conditions at the new berths

1.2 Summary of results

1.2.1 Wave agitation

The wave simulations showed that the wave heights at the berths in the new harbour are overall lower than in the current harbour, being lowest at the Gas berth and highest at the Bulk berth 2, compared to the current harbour. Significant wave height of the long period waves is similar at the new berths or slightly lower compared to the current berths. The incoming wave direction varies substantially between the new berths. At the Gas berth the primary swell wave direction is alongside the berth, while at the other two berths it is more perpendicular, which is known to cause more movement of roll and sway.

1.2.2 Mooring conditions

Results from the mooring analysis showed firstly that overall, comparing the planned berths in the new harbour to the berths in the current harbour, the Gas berth can be expected to have the lowest ship movements of all the berths, both for current harbour and new. At the two planned new Bulk berths, there can be expected substantially more sway and rolling compared to the current alumina berth, but lesser compared to the current cargo berth in the existing harbour.

Secondly, a downtime analysis showed that the planned Gas berth will likely meet the design criteria of harbours in Iceland of safe working conditions not being exceeded 2% of the time on a yearly basis, based on movement criteria for Gas tankers. Also, the downtime analysis showed that the safe mooring conditions criteria is met, not being exceeded once a year. For the two planned Bulk berths in the new harbour the estimated downtime is considerably higher than for the Gas berth, ranging from 5 – 10 % to well over 10 % for safe working conditions. Safe mooring conditions are expected to be exceeded 2% of the time on a yearly basis.

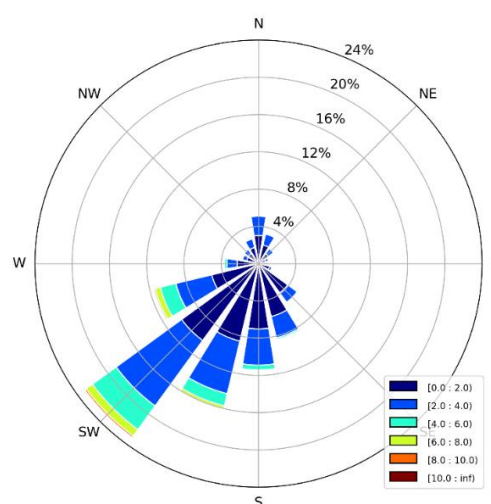
2 Wave conditions

The Reykjanes peninsula with the tip of Garðskagi acts as a huge breakwater which protects the southern part of the Faxaflói Bay including the Straumsvík harbour area. Southerly ocean swells however, penetrate into the Faxaflói Bay due to refraction/diffraction around Garðskagi and directional wave spreading. The Straumsvík harbour area is open to north-westerly wave directions where locally wind generated storms occur. Additionally, there are local wind waves generated inside Faxaflói Bay. The critical wave conditions at the Straumsvík harbour area are therefore composed of these three wave systems.

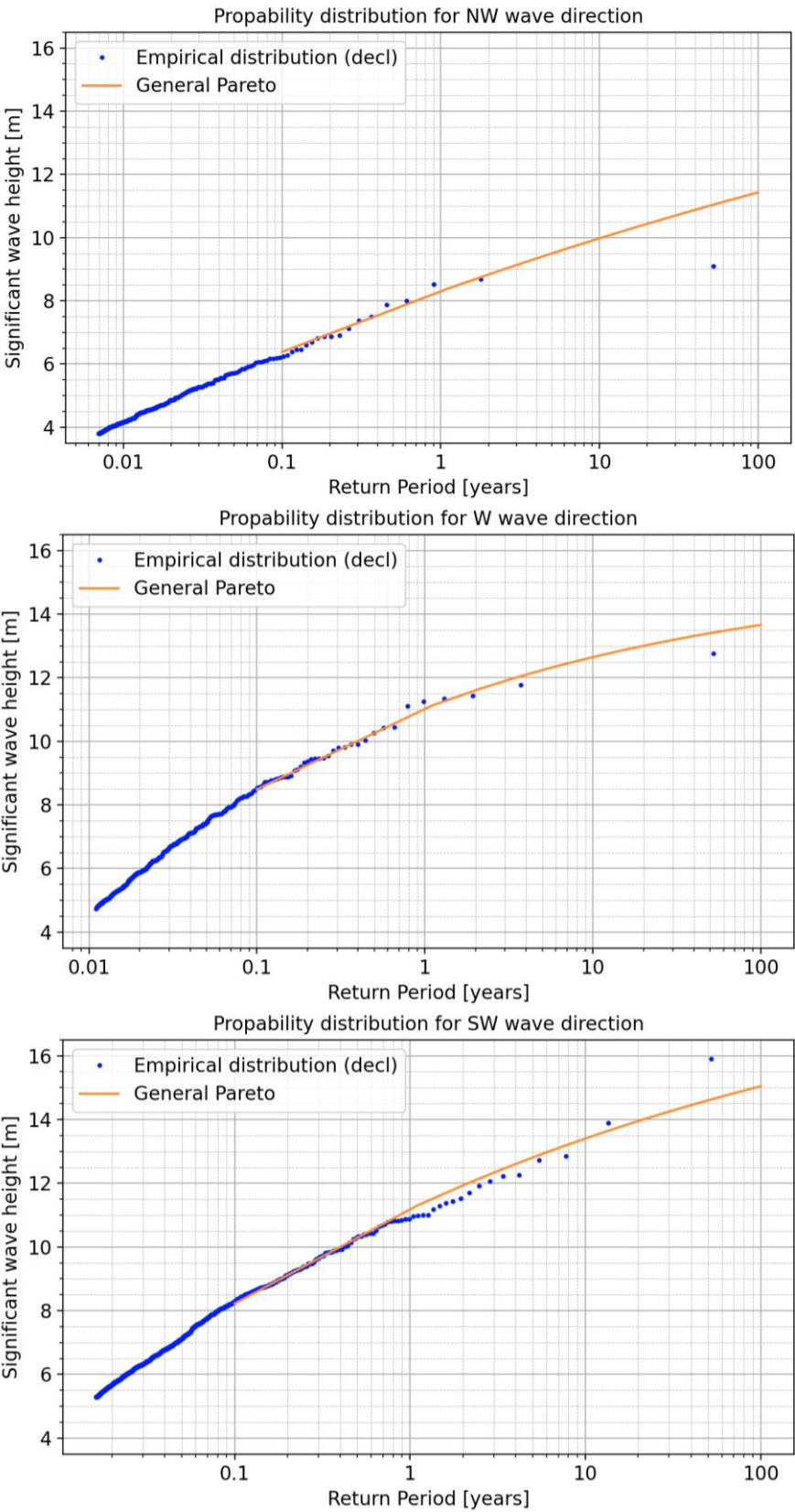
To analyse these wave systems, hindcasted wave data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) is used, as well as measured wave data from the Garðskagi Waverider buoy, operated by IRCA. It has a relatively continuous time series of measured significant wave heights from 1995.

2.1 Long term wave analysis

A General Pareto distribution has been fitted to both hindcasted wave data from ECMWF in coordinates 64°N, 24°W (see Figure 4), 64°N, 24,5°W and 64°N, 23°W, as well as to measured significant wave heights from the Garðskagi buoy, in both cases with a 98th percentile as threshold value. The corresponding frequency and return periods, split into directional components, is presented in Table 1. The measured data from the Garðskagi wave buoy does not include wave direction. Instead, wave direction from the hindcasted ECMWF data was used to fit the measured values with direction. Wave-rose based on this data is presented in Figure 3. It shows that south-westerly wave direction is dominant outside the Faxaflói Bay, being around 50% of the time.



↑ Figure 3. Wave rose Garðskagi wave buoy. Directions from ECMWF hindcast data. Measured H_s from 1995-2022 with 1 hr. resolution.



↑ Figure 4. Probability distribution for NW, W and SW directions. ECMWF 64°N, 24°W.

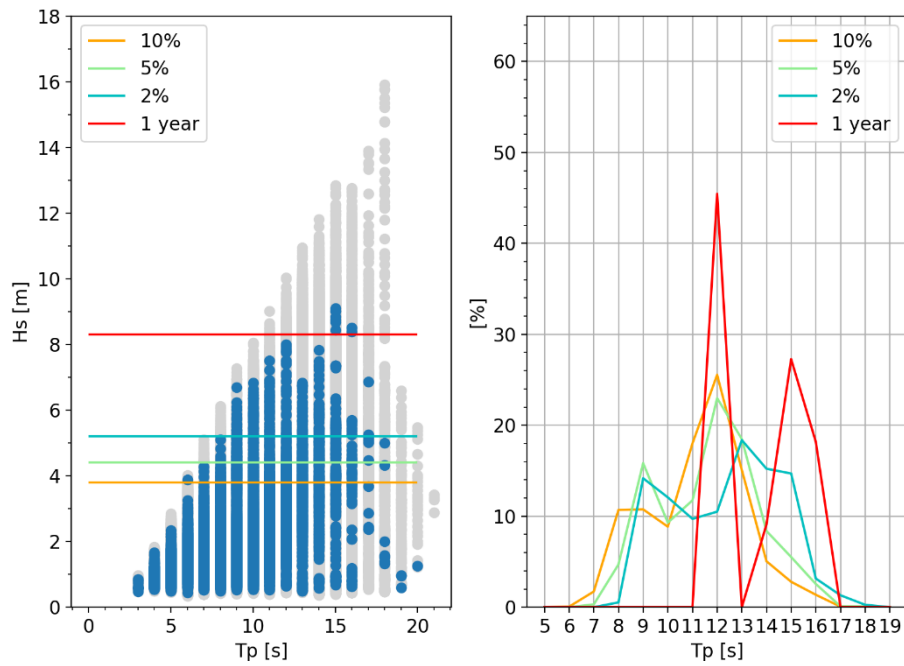
This analysis shows that the values based on the hindcasted data compare relatively well to the measured ones (Table 1). The wave buoy values from south-westerly directions are ca. 5% higher, but north-westerly are up 10% lower. A possible reason for the wave buoy values being lower for north-westerly values is that those storms are quite rare, as can be seen on the wave-rose in Figure 3. The wave buoy measurements cover the time period of 1995 – 2022. The hindcasted data covers a longer period, 1970 – 2022 so it includes more storms from that direction.

This analysis also demonstrates the characteristics of the wave systems based on direction. South-westerly wave direction consist of the highest and longest swell this area encounters. These swells are generated in extratropical lows south of Iceland in the North-Atlantic. The tip of the Reykjanes peninsula, see Figure 9, provides however more shelter from this direction. Westerly, and north-westerly wave direction consist of lower and shorter waves as they are more locally wind generated storms with more limited fetch. The Straumsvík area is however less sheltered from these directions.

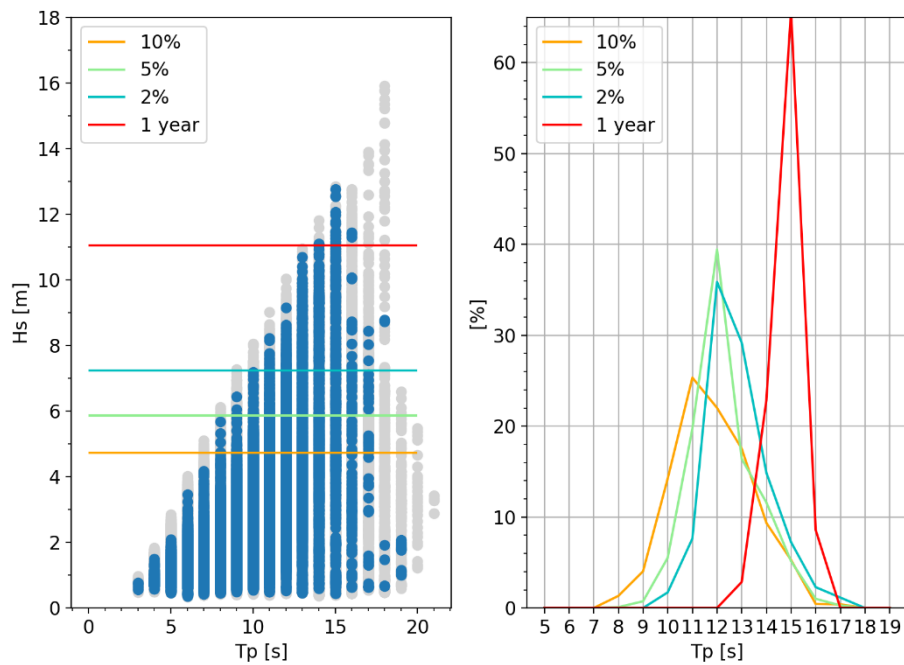
↓ **Table 1. Long term wave statistics based on ECMWF hindcast data and Garðskagi wave buoy measurements (General Pareto distribution). Location of hindcast points as well as the wave buoy, see Figure 9.**

Dir.	% of time	Return period	64.5°N,24°W H _s [m]	64°N,24°W H _s [m]	64°N,23°W H _s [m]	Garðskagi wave buoy H _s [m]
NW	10 %		3.7	3.8	3.3	2.9
	5 %		4.3	4.4	3.9	3.5
	2 %		5.1	5.2	4.5	4.1
		1 yr.	8.2	8.3	6.8	6.8
		5 yr.	10.0	10.0	8.0	8.7
W	10 %		4.3	4.7	4.4	4.5
	5 %		5.4	5.9	5.5	5.6
	2 %		6.9	7.2	6.8	7.0
		1 yr.	11.0	11.0	10.5	11.5
		5 yr.	12.5	12.6	11.9	12.7
SW	10 %		5.1	5.3	4.8	4.9
	5 %		6.0	6.2	5.7	5.9
	2 %		7.2	7.5	6.8	7.2
		1 yr.	10.8	11.2	10.3	12.0
		5 yr.	13.0	13.4	12.5	14.7

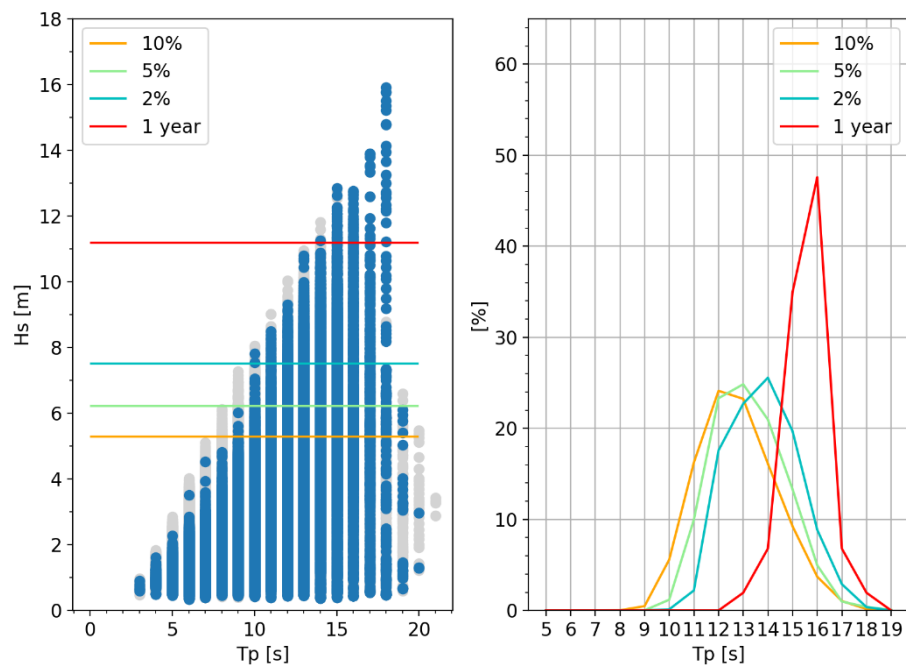
To establish a characteristic range of peak period for these events, the distribution of peak periods corresponding to the different significant wave heights was analysed. This result from this analysis, for different frequency and return periods is presented in Figure 5 - Figure 7. This analysis clearly shows that north-westerly and westerly events have shorter peak periods, as these events are formed more locally. South-westerly events however result in higher waves and longer waves with periods up to 17 seconds.



↑ Figure 5. Left: North-west (blue) scatter diagram of H_s and T_p (ECMF 64°N,24°W) over all directions (gray). Right: Distribution of peak period for wave heights corresponding to different frequency/return period.



↑ Figure 6. Left: West (blue) scatter diagram of H_s and T_p (ECMF 64°N,24°W) over all directions (gray). Right: Distribution of peak period for wave heights corresponding to different frequency/return period.



↑ Figure 7. Left: South-west (blue) scatter diagram of H_s and T_p (ECMF 64°N,24°W) over all directions (gray). Right: Distribution of period for wave heights corresponding to different frequency/return period.

2.2 Long term wind analysis

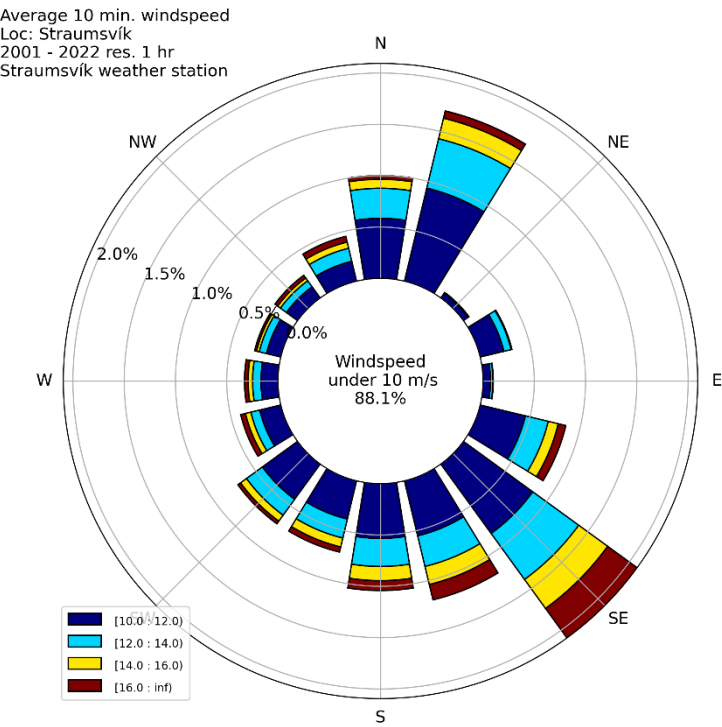
2.2.1 Straumsvík harbour

A weather station at Straumsvík harbour has been operated from 2001. It measures among other parameters the 10-minute mean windspeed, -direction and -gusts every hour.

Windrose of the 10-minute mean wind speed (Figure 8) shows that south-easterly and north-easterly directions are dominant in this area when the wind speed is over 10 m/s. Wind speed with the 2% frequency of occurrence is about 15 m/s.

2.2.2 Faxaflói Bay

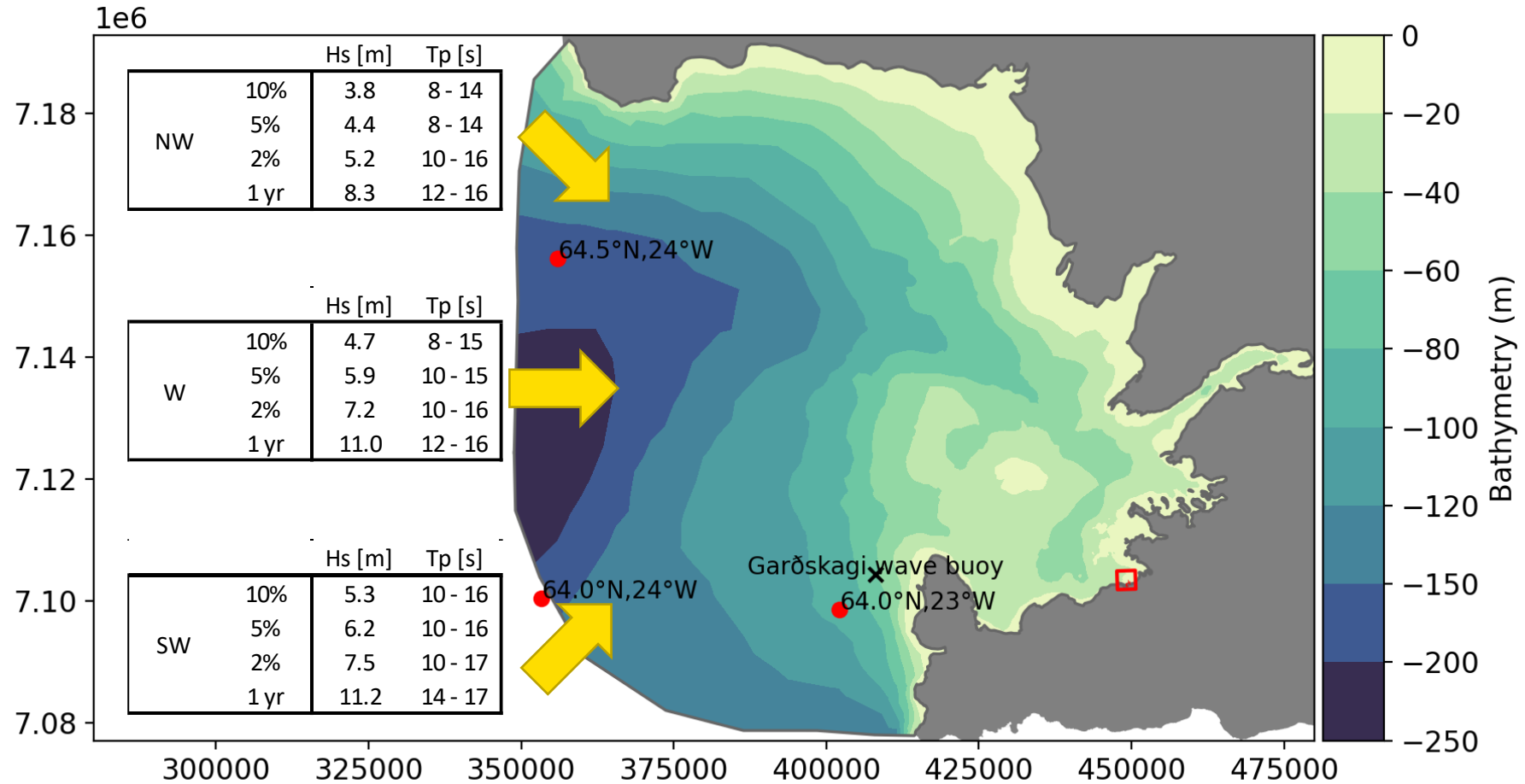
Offshore wind speed in Faxaflói Bay was estimated in a physical model project of Hafnarfjörður harbour by the Icelandic Coastal Administration (Sigurður et.al 1996). This analysis, as well as probability analysis of the hindcasted ECMWF data in 64°N,24°W and measurements from Keflavík airport, located on the Reykjanes peninsula, formed the basis of formulating characteristic offshore windspeed for Faxaflói Bay (Table 2).



↑ Figure 8. Windrose from weather station at Straumsvík.

↓ Table 2. Long term offshore wind statistics for Faxaflói Bay.

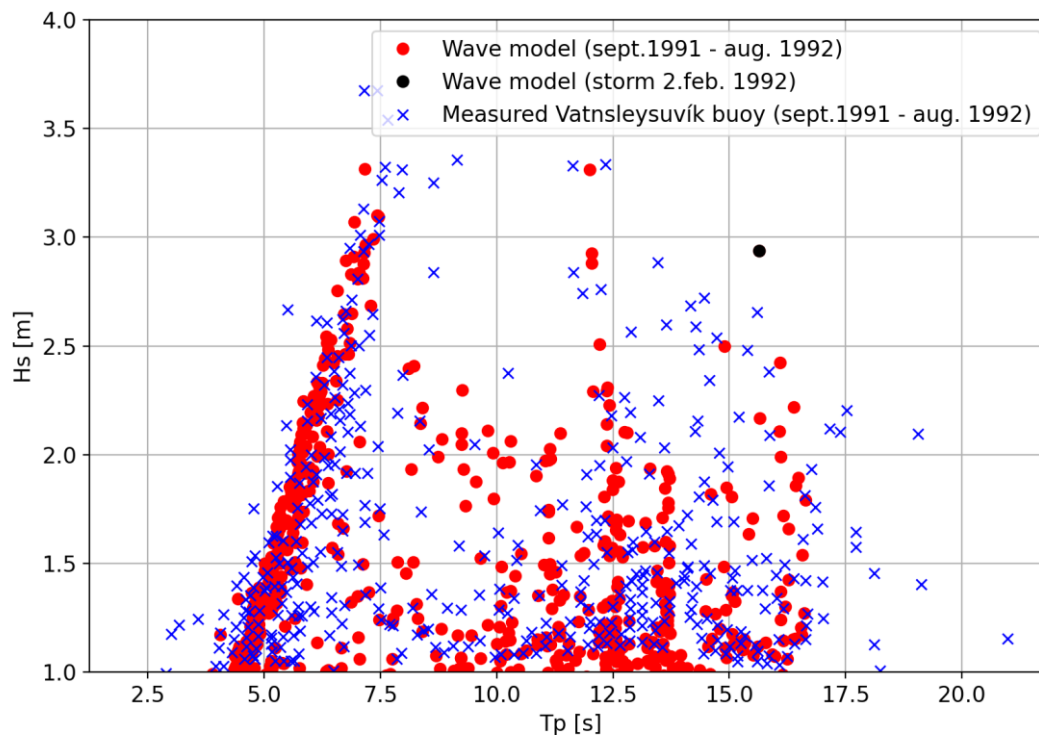
Dir.	% of time	Return period	Offshore 10 min. wind speed
			[m/s]
NW	10 %	1 yr.	10.7
	5 %		12.4
	2 %		14.4
			16.6
W	10 %	1 yr.	14.2
	5 %		15.8
	2 %		18
			21.2
SW	10 %	1 yr.	15
	5 %		17.3
	2 %		19
			23.8



↑ Figure 9 Faxaflói Bay. Bathymetry in spectral wave model. Critical offshore wave directions and frequency/return periods of wave heights. Locations of ECMWF hindcast data points. Outline of Straumsvík harbour model shown in red. UTM 27 coordinate system.

Offshore to nearshore wave simulations

To establish wave conditions at the boundary of the harbour model of Straumsvík (red rectangle in Figure 9 and Figure 11) the previously defined long term offshore wave conditions (Table 1) were simulated in a wave spectral model (Mike21 SW). The outline and bathymetry of this model is presented in Figure 9 as well. In order to calibrate and validate the wave spectral model, data from older measurement campaigns from this area was used. Firstly, there was a wave buoy located at Vatnsleysuvík bay (see Figure 11) in operation from 1990-1993. The original data is lost but scatter diagrams of T_p and H_s in the projects report (Gísli et.al, 1993) exist for different measurement periods. One of these plots was digitized (H_s values over 1 m) and the same period simulated in the spectral wave model. The scatter diagram, see Figure 10, clearly shows the different origin of the waves at this location. The north-westerly wind generated waves are steep, high waves with relatively short period. The refracted ocean waves with longer period, up to even 20 seconds. Comparing the measured and calculated scatter diagrams the fit is reasonably good. The different characteristics of steep high wind waves and the longer refracted swell is quite well captured in the model. The highest measured wind waves are slightly underestimated in the wave model. The most extreme event during this period was a southwest storm with a barometric drop of about 30 mb. during three hours. The highest simulated swell wave height in this period at this location occurs when this storm turns west-southwesterly at high tide (marked black dot in Figure 10). The model does not underestimate the peak wave height from this storm, compared to the measurements. There are measurements of low but quite long waves, with periods over 18 sec. The highest peak period in the hindcasted data used in the simulation over this period is 16.5 sec, so the boundary data does not include these events. These conditions seem to be quite rare though as there are only a few measurements of such long waves.



↑ Figure 10. Digitized scatter diagram of measurements from Vatnsleysuvík buoy compared to simulated results from wave model.

There exist also reports detailing measurements from wave gauges that were located outside of the old breakwater at Hafnarfjörður harbour and in Straumsvík harbour (see Figure 11). The wave gauge in Hafnarfjörður harbour includes two measurements from both a north-westerly storm and a south-westerly storm. These events were also simulated in the spectral wave model and compared to the measurements. The event of 21.feb 1996 was a southwesterly storm with H_s at the Garðskagi buoy up to 11 m and T_p 15 sec and a windspeed up to 24 m/s. This corresponds to an event with around 1 year return period. Close to the peak of this storm the sea level was quite high as well of +3.7 m. At Hafnarfjörður harbour there are three measurements from this event before the wave gauge broke down. Comparing the measured and calculated significant wave height from this event the fit is relatively good (see Table 3). The measurement from 7. October 1996 from the north-westerly event is only documented as a single value of the significant wave height from that day. The calculated value of H_s that is closest the measured one is the timestep which includes the highest wind speed from this event (see Table 4). The wave height based on the hindcasted ECMWF data is around 6.5 m in this event which corresponds to an NW-event with around 0.5% frequency.

↓ **Table 3. West-southwesterly storm 21. february 1996. Calculated and measured significant wave height at Hafnarfjörður harbour.**

hr	Garð- skagi Buoy	Offshore ECMWF data (64°N,24°W)						Hafnarfjörður old harbour mouth	
	H_s [m]	H_s [m]	T_p [s]	Dir [°]	U [m/s]	Udir [°]	Water Level [m]	Measured H_s [m]	Calculated H_s [m]
0:00	5.7	7.3	12	240	19	228	0.7	0.72	0.80
3:00	8.9	9	13.5	242	20	221	0.5	0.87	0.70
6:00	9.9	10.7	14.4	248	24	254	3.2	1.40	1.35
9:00	10.9	11.7	14.8	253	22	257	3.7		
12:00	10.9	11.2	14.7	256	22	265	1.1		
15:00	10.0	10.7	14.8	257	20	268	0.3		
18:00	9.6	10.6	14.6	259	21	269	2.7		

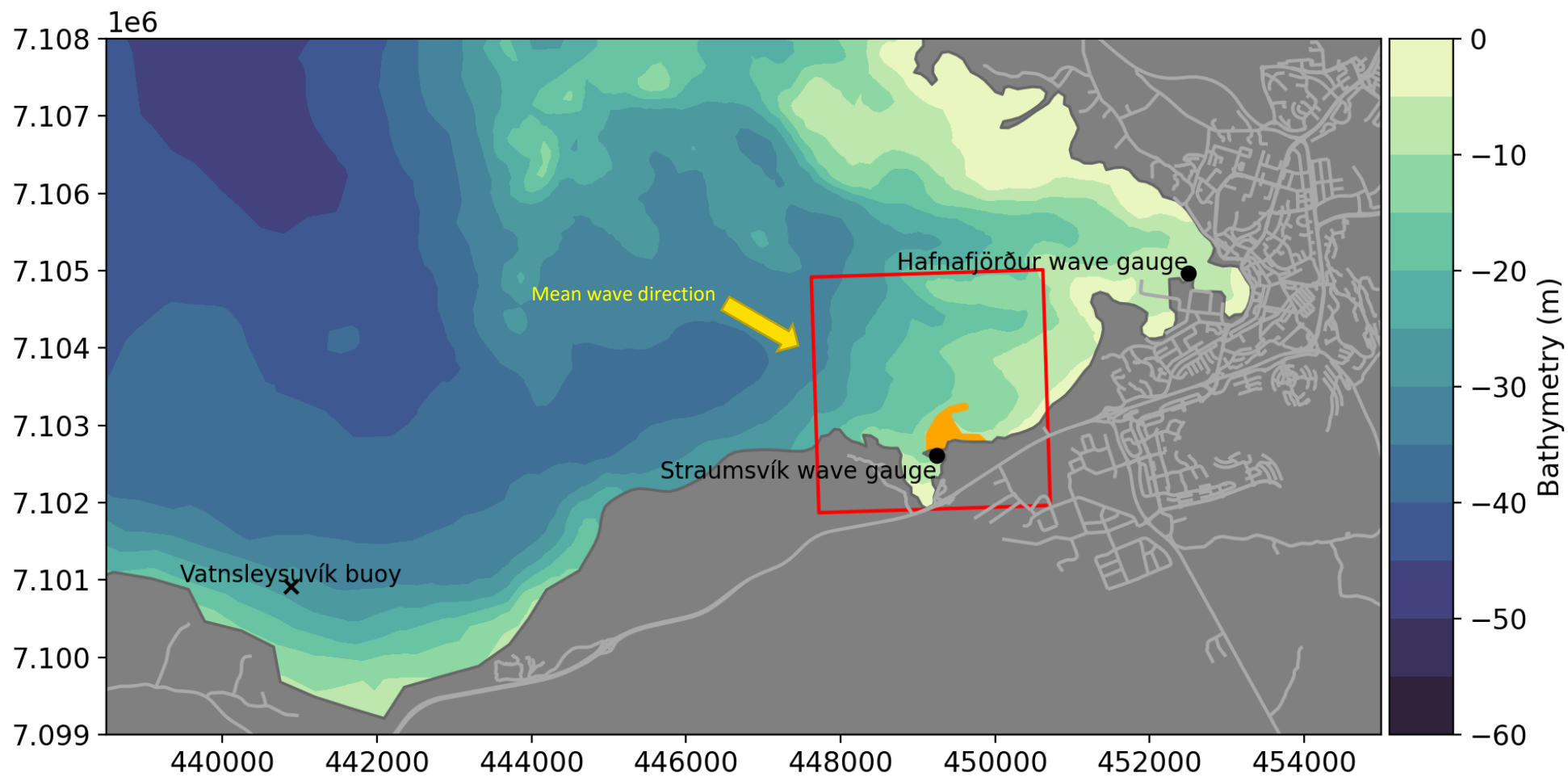
↓ **Table 4. North-westerly storm 7. october 1996. Calculated and measured significant wave height at Hafnarfjörður harbour.**

hr	Garð- skagi Buoy	Offshore ECMWF data (64°N,24°W)						Hafnarfjörður harbour mouth	
	H_s [m]	H_s [m]	T_p [s]	Dir [°]	U [m/s]	Udir [°]	Water Level [m]	Measured H_s [m]	Calculated H_s [m]
0:00	6.2	5.9	10.3	302	20	311	2.0		1.4
1:00	6.2	6.5	10.8	313	18	313	2.3		1.2
2:00	5.8	6.7	11.2	319	17	316	2.4	1.5	1.1
3:00	6.2	6.6	11.4	321	16	318	2.5		1.1
4:00	5.9	6.3	11.5	322	14	314	2.4		
5:00	5.0	5.7	11.6	322	11.3	302	2.2		

Based on the different frequency and return periods from the long-term wave analysis, the wave spectral model, after the validation phase, was used to calculate the offshore wave conditions to nearshore at the harbour model boundary (results from simulations in Faxaflói Bay are shown in Appendix A). Water level was set at mean high water spring +4.0m. Due to refraction/diffraction around the Reykjanes peninsula, both south-westerly and westerly waves (along with north-westerly wind wave events) have a quite uniform north-westerly mean wave direction at the Straumsvík area. Westerly and north-westerly events cause the highest wave heights at the Straumsvík area due to lack of sheltering from the Reykjanes peninsula. South-westerly events, although resulting in comparably lower wave heights, include longer waves. Based on these simulations, boundary conditions representing different frequency and return period at the Straumsvík area were defined, see Table 5. The wave heights from west- and northwest events were similar, so they are grouped together.

↓ Table 5. Wave height boundary condition matrix for the Straumsvík harbour area.

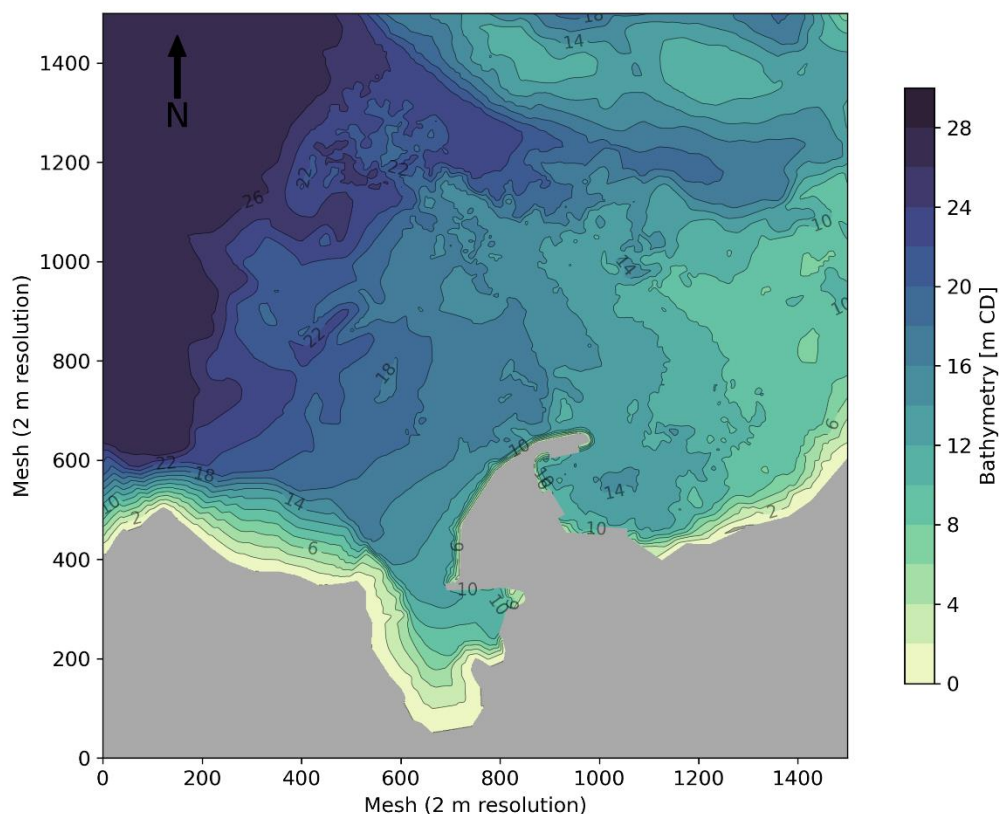
T _P [s]	Frequency						Return Period		Direction [°]	Water Level [m]
	10%		5%		2%		1 year			
	NW-W H _s [m]	SW H _s [m]	NW-W H _s [m]	SW H _s [m]	NW-W H _s [m]	SW H _s [m]	NW-W H _s [m]	SW H _s [m]		
10	2.8		3.2		3.6				300	+4.0
12	2.8		3.2		3.6		4.6		300	+4.0
14	2.8		3.2		3.6		4.6		300	+4.0
15		2.2		2.6	3.6				300	+4.0
16		2.2		2.6		2.9	4.6		300	+4.0
17						2.9		3.5	300	+4.0



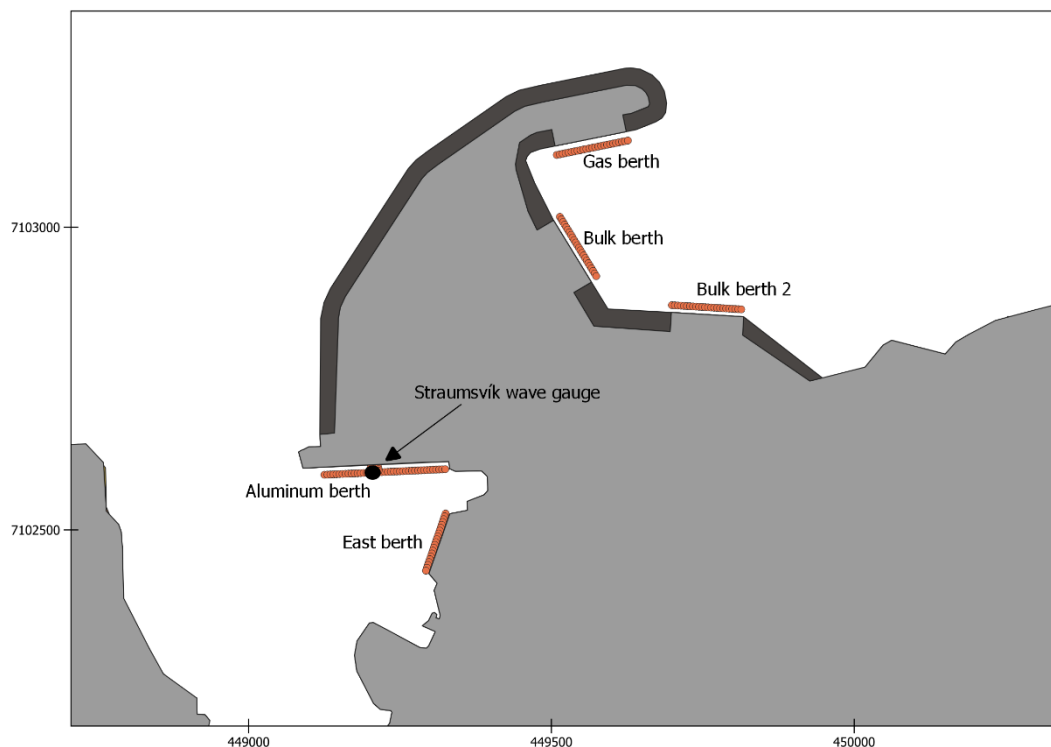
↑ Figure 11. Location of measurements. Vatnsleysuvík wave buoy and wave gauges at Straumsvík harbour and Hafnarfjörður harbour. Outline of proposed new harbour at Straumsvík shown in orange.

3 Harbour model

The proposed new harbour at Straumsvík consists of a 750 m long breakwater on the shoals just northeast of the current harbour with ca. 10 ha of land built up with landfills. The layout provides an approach channel and berths with minimum 12 m water depth CD and a turning area of 270 m or larger. There are planned three 120 m long berths within this new harbour layout. To estimate wave agitation at these berths, a Mike 21 BW harbour model was set up. It is capable of simulating irregular waves and account for wave phenomena such as diffraction, reflection/transmission, wave-wave interaction and includes a wave breaking module. These are essential in order to investigate wave agitation inside a harbour, as well as long period waves, as it is due to wave-wave interactions that sub-harmonic waves, which travel phase locked with the primary waves are formed and released during nonlinear processes, e.g. diffraction and breaking. The harbour model includes both the current Straumsvík harbour and the new proposed layout. Location of the outline of the model is shown in Figure 11. Bathymetry and layout of the harbour model is shown in Figure 12, and a close-up of the harbour with the points where results are extracted along each berth is shown in Figure 13. There porous areas within the new harbour are marked with dark gray.



↑ Figure 12. Bathymetry and layout of Straumsvík harbour model including both the current harbour as well as the new harbour.



↑ Figure 13. Name of berths in the current harbour and the new harbour layout. Points of extracted wave heights along berths. Location of the Straumsvík wave gauge. UTM 27 coordinate system. Dark gray areas represent porous structures in the new harbour.

3.1 Validation of Straumsvík harbour model

There exists documentation (Hugrún, 1996) of wave measurements that took place in the Straumsvík harbour in 1996. The wave gauge was located on the aluminum berth, see Figure 13. The analysis of these measurements includes the swell component as well as the seiche (long period wave) component. The first measurement period is the same storm, 21. February 1996, as the measurement at the old outer breakwater in Hafnarfjörður harbour (see Table 3) which corresponds roughly to a 1-year event from southwest. A second measurement is from a south-westerly storm as well, although less extreme. It corresponds to an offshore wave height with a frequency of occurrence close to 2%. The peak wave period in the measurements is however quite long, or 17.7 s. The offshore conditions at the peak of these storms, as well as measured swell and seiche wave height are presented in Table 6. The calculated significant wave heights in the Straumsvík harbour model for these storms are listed in Table 7, and compared to the measured values, see Figure 14. This analysis shows good comparison of measured values and results from the harbour model. For the storm of 21. February the significant wave height of the swell measures quite high, 0.75 m and 0.57 for the storm 16. January. The significant wave height of the long period waves measures 0.32 and 0.16 m. The difference between the measured and calculated waves lies mainly in the peak period of the long period wave. The measured peak period is quite long, or 341 s. This peak is only slightly amplified in the model, see Figure 15. The long wave peak period in the harbour model is around 140 s. The documentation of these measurements lists the second peak period for the long waves in the range 113.8 – 146.3 s. The period of this amplification has the most energy in the harbour model spectra. It has been observed in other projects when comparing measured wave spectra to calculated spectra that long periods, say over 200 s, are not

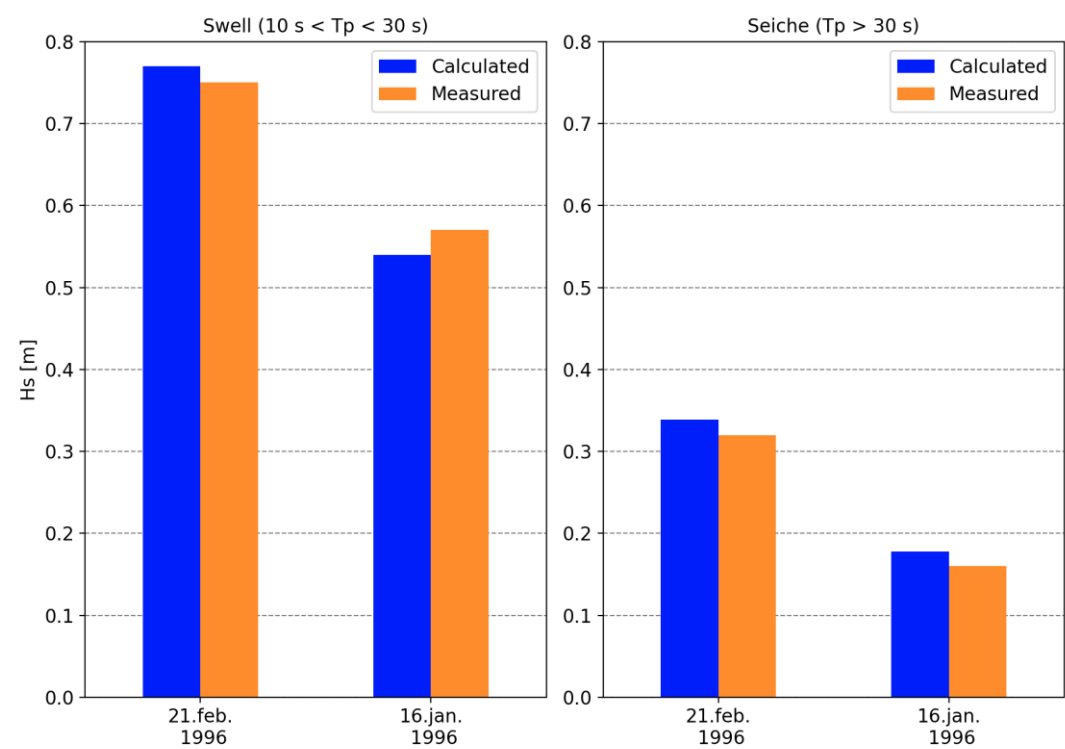
amplified sufficiently in the numerical models. However, the critical periods of long wave oscillations within a harbour which can resonate to the natural frequency of ship movement lies in the range say 40 – 180 s for surge, and lower periods for roll. In other aspects, in terms of wave height, the harbour model shows good comparison to the few measurements that are available within Straumsvík harbour.

↓ Table 6. Measured and hindcasted offshore wave data during storm peaks. Corresponding measurements in Straumsvík.

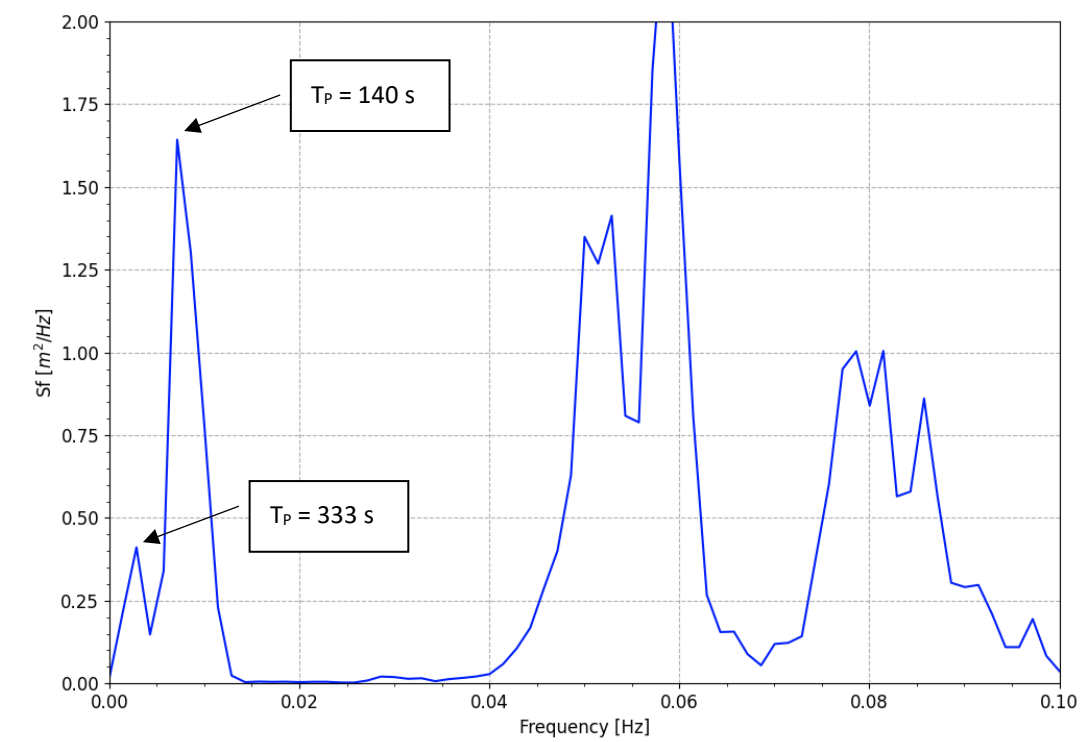
		Garðskagi	Offshore ECMWF data (64°N,24°W)						Straumsvík wave gauge			
		Buoy							Measured			
Date	hrs	H _s [m]	H _s [m]	T _p [s]	Dir [°]	U [m/s]	Udir [°]	Water Lvl. [m]	H _{s,swell} [m]	T _{p,swell} [s]	H _{s,seiche} [m]	T _{p,seiche} [s]
21.feb 1996	9:00	10.9	11.7	14.8	253	22	257	+3.7	0.75	16.5	0.32	341
16. jan	3:00	7.1	6.8	14.9	234	12.9	231	+3.0	0.57	17.7	0.16	341

↓ Table 7. Harbour model boundary conditions during storm peaks. Calculated wave heights and peak periods at Straumsvík wave gauge.

		Harbour model			Straumsvík wave gauge			
		boundary			Calculated			
Date	hrs	H _s [m]	T _p [s]	Dir [°]	H _{s,swell} [m]	T _{p,swell} [s]	H _{s,seiche} [m]	T _{p,seiche} [s]
21.feb 1996	9:00	4.2	16	300	0.77	16	0.34	140
16. jan	3:00	2.8	17	300	0.54	17	0.18	140



↑ Figure 14. Measured and calculated swell and seiche significant wave heights for the two storms.



↑ Figure 15. Simulated wave spectra at the aluminum berth in the current Straumsvík harbour for the storm of 21.February 1996 in harbour model.

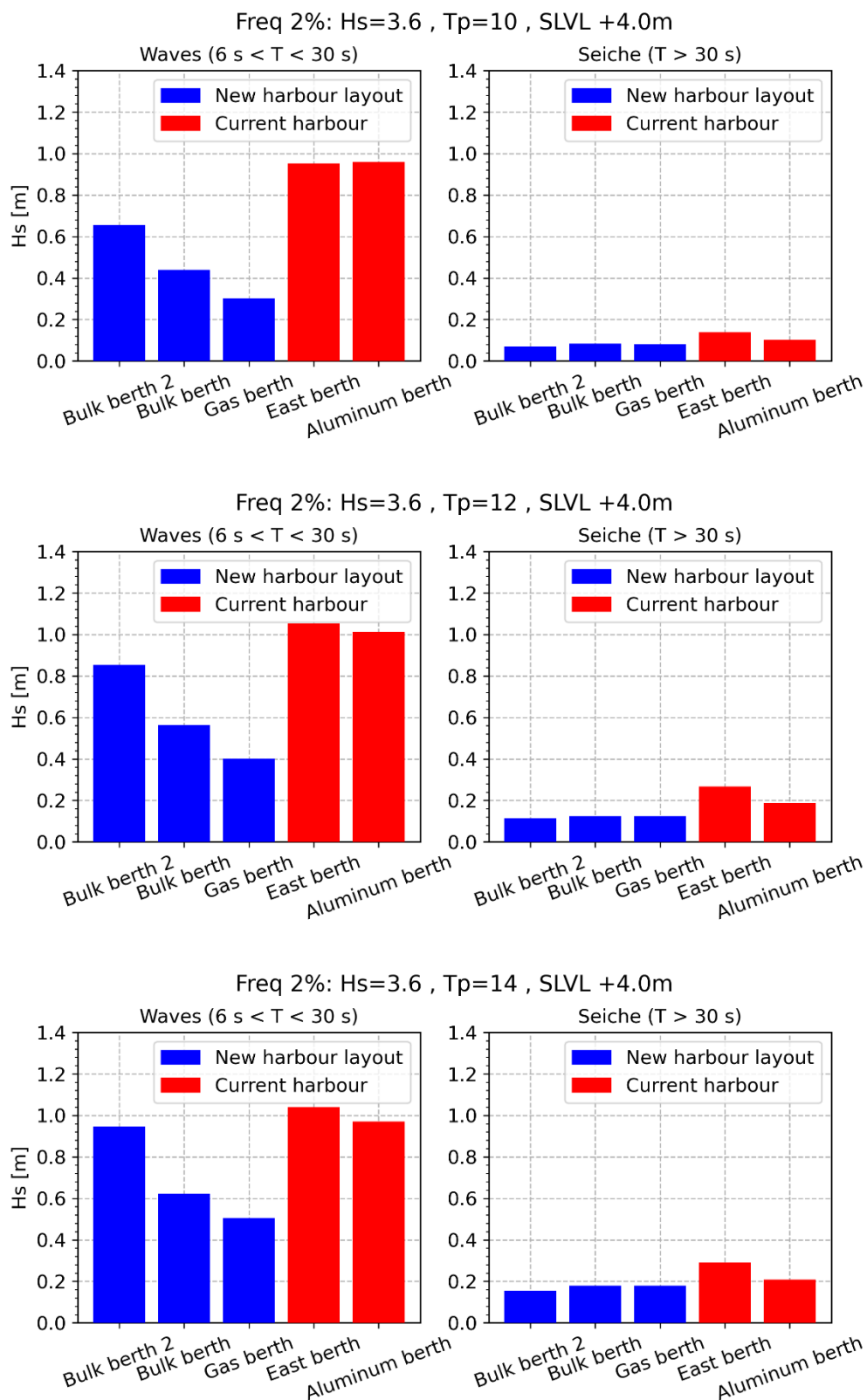
3.2 Wave agitation in the new Straumsvík harbour

The validated harbour model was used to simulate the boundary conditions previously defined in Table 5. The average significant wave height for the swell component (filtered wave spectra with periods from 6 to 30 s) and the seiche component (filtered wave spectra with periods over 30 s) along the berths (see Figure 13) are compared in Figure 16 and Figure 17. Comparing the berths of the new harbour layout to the current berths, it's clear that the calculated wave heights along the new berths are substantially lower than at the current berths. This is largely because the current Straumsvík harbour, although located in a natural cove, is more open to the mean offshore wave direction in this area, the East berth being the most exposed. A characteristic difference of the wave heights in the new harbour, compared to the current harbour, is that with longer wave lengths (higher peak periods) the relative change in wave height increases significantly. The increase in significant wave height at the Gas berth from $T_P=10$ to $T_P=15$ s (with same H_s) is from 0.3 to 0.54 m, or 78%. For the East berth in the current harbour, this change is only 10% since shelter due to diffraction at that berth is very limited. Comparing the berths in the new harbour, the wave heights are lowest at the Gas berth, and highest at Bulk berth 2.

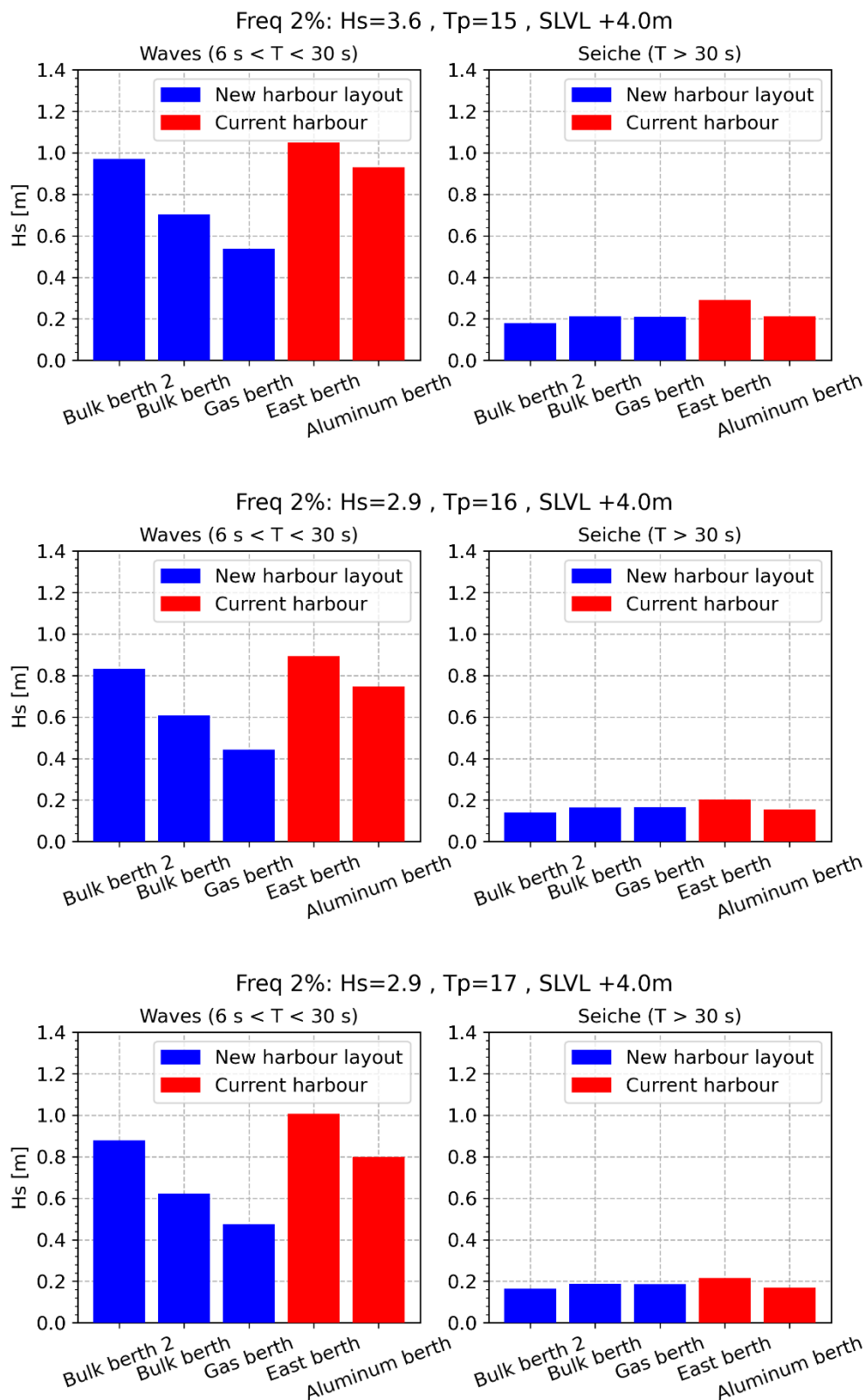
The significant wave height of the long period waves (seiche) is similar for the berths in the new harbour. It is somewhat higher in the current harbour, and highest at the East berth. For longer offshore waves ($T_P=16$ and $T_P=17$) H_s of the long period waves in the new harbour and the current harbour is similar. The range of calculated wave heights at the berths for different offshore conditions is presented in Table 8. Plots of simulated significant wave height and direction of the swell component of the Straumsvík area, as well as one plot of the filtered long period seiche, are presented in Appendix B.

↓ **Table 8. Range of calculated average significant swell wave height along current and planned berths in Straumsvík for different frequency of occurrence and return period.**

	Frequency of occurrence			Return Period
	10 %	5%	2%	1 year
	H_s [m]	H_s [m]	H_s [m]	H_s [m]
Aluminum berth	0.57 - 0.80	0.67 - 0.91	0.75 - 1.01	0.95 - 1.27
East berth	0.65 - 0.83	0.76 - 0.94	0.89 - 1.05	1.21 - 1.40
Gas berth	0.23 - 0.40	0.27 - 0.45	0.30 - 0.54	0.51 - 0.69
Bulk berth	0.34 - 0.49	0.39 - 0.56	0.44 - 0.70	0.72 - 0.96
Bulk berth 2	0.51 - 0.74	0.58 - 0.85	0.65 - 0.97	1.05 - 1.29



↑ Figure 16. Calculated mean significant wave height of waves and seiche along Straumsvík berths (current harbour and new proposed layout). NW-W offshore wave heights with 2% frequency. T_p from 10 - 14 s. SLVL +4.0 m.



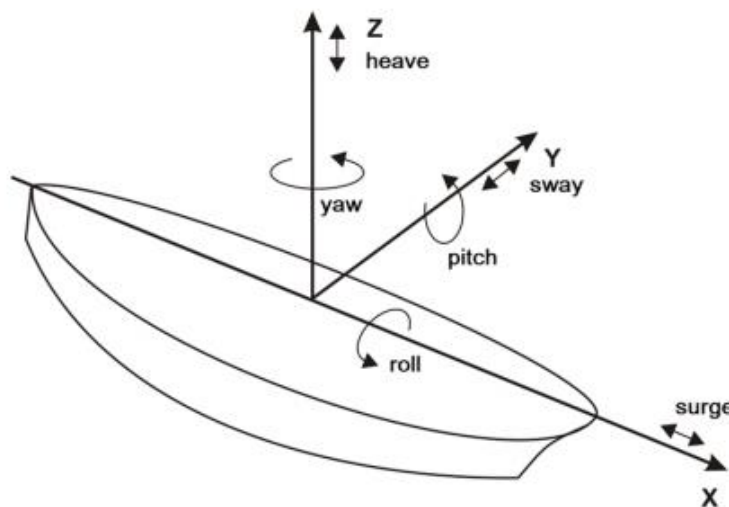
↑ Figure 17. Calculated mean significant wave height of waves and seiche along Straumsvík berths (current harbour and new proposed layout). SW offshore wave heights with 2% frequency. T_p from 15 - 17 s. SLVL +4.0 m.

4 Mooring analysis

The wave simulations showed that the wave heights at the berths in the new harbour are lower than in the current harbour, although to a varying degree between the berths. The incoming wave direction varies also substantially between the new berths. At the Gas berth the primary swell wave direction is alongside the berth, while at the other two berths it is more perpendicular or oblique, which is known to cause more movement. Significant wave height of the long period waves is similar, or slightly lower than at the current berths. To estimate the total effect of the wave conditions at the berths, a mooring analysis of a ship tied at the berths was set up using the wave fields from the harbour model. This analysis will firstly compare the significant movement between the berths in the new harbour and the current harbour. Secondly, since the validation phase of the harbour model showed a relatively good comparison to the measurements in both swell and long period components, peak movements of each degree of motion of the ships are extracted and compared to a chosen criteria of safe working conditions. This analysis can be used to give an approximate estimate of downtime of the berths of the harbour.

DHI's Mike MA was used to simulate the ship movements. Each simulation was 45 minutes for different wave fields, corresponding to different frequency of occurrence and 1-year return period (Table 5). The software calculates ship motions for all six degrees of freedom (Figure 18), as well as forces on lines and fenders.

Design criteria for harbours in Iceland are firstly that safe working conditions should not be disrupted more than 7 days (2% of the time) on average over the year. This criterion does not mean a continuous 7-day period, but a cumulative period of a series of storms, each lasting a few hours, which total up to 7 days (or 2% of the time). Secondly, safe stay at berth should not be exceeded more than once a year on average.



↑ Figure 18. Six degrees of freedom for ship motion.

4.1 Ship data

The design ship dimensions, see Table 9, used in the mooring simulations, was a ship corresponding to the rough design criteria of a 22,000 m³ LCO2 vessels provided by EverGas. Since a digitized ship hull of these ships is not available, a container ship hull was used in the model, scaled to the dimensions of the rough design criteria.

↓ Table 9. Ship data in Mooring Analysis model.

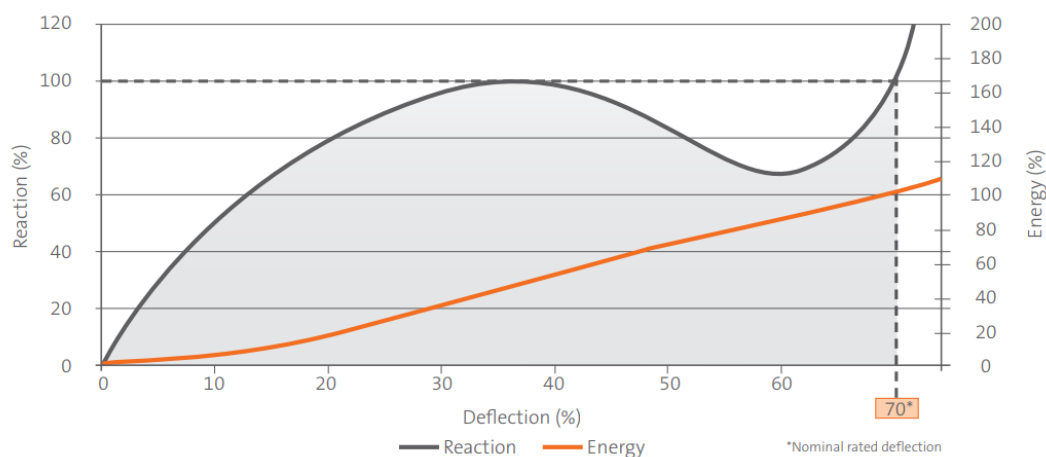
LCO2 (22,000 m ³)	
LOA [m]	180
Breadth [m]	27
Draft [m]	8
Submerged volume [t]	27,000

4.2 Fenders

The fenders at the Aluminum berths in the current Straumsvík harbour are rubber cone fenders with each fender system composed of two SCN1000 by Shibata-FenderTeam (Shibata-FenderTeam, 2022). The performance curve, see Figure 19, and the dimensions and performance values, Table 10, of the fender system are as stated by the manufacturer. The fenders are placed 14 m apart. The same fender arrangement was previously used at the East berth but has now been replaced by floating rubber pneumatic fenders. For simplicity and comparison of the berths, the previously used rubber cone fender system is used as well for the East berth, and for all the berths in the new planned harbour.

↓ Table 10. Performance values for each SPC fender system at 70% deflection.

	Reaction force	Energy absorption	Cone thickness
2 x SCN1000 fender system	2492 kN	1306 kNm	1 m

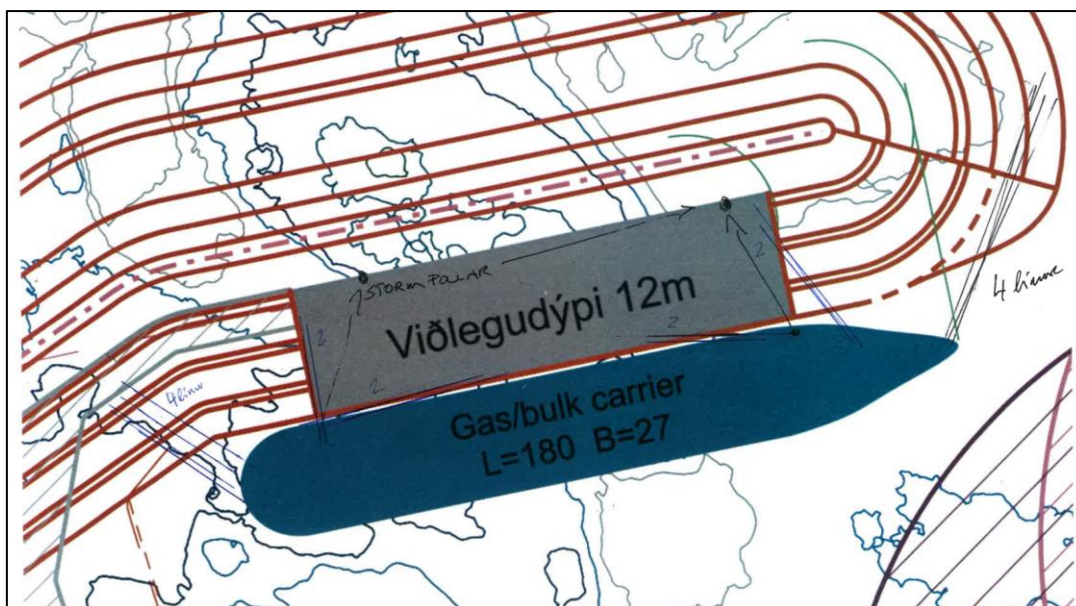


↑ Figure 19. Generic performance curve for SPC fenders (Shibata-FenderTeam, 2022)

4.3 Mooring layout

A characteristic mooring layout for a 180 m long ship in challenging conditions was presented by Hafnarfjörður port chief pilot, Ágúst Ingi Sigurðsson, see Figure 20. This setup includes 4 fore and aft lines, 2 breast lines fore and aft, and 2 spring lines fore and aft. Under critical conditions, there are extra breast lines attached to storm bollards.

The mooring line material properties used in the model correspond to 68 mm Polypropylene line with a total breaking strength 100 t and failure load at 50% of the breaking strength. Lines are presumed to be pre-tensioned to 10t, see Table 11.



↑ Figure 20. Mooring layout at the Gas berth by Hafnarfjörður ports chief pilot.

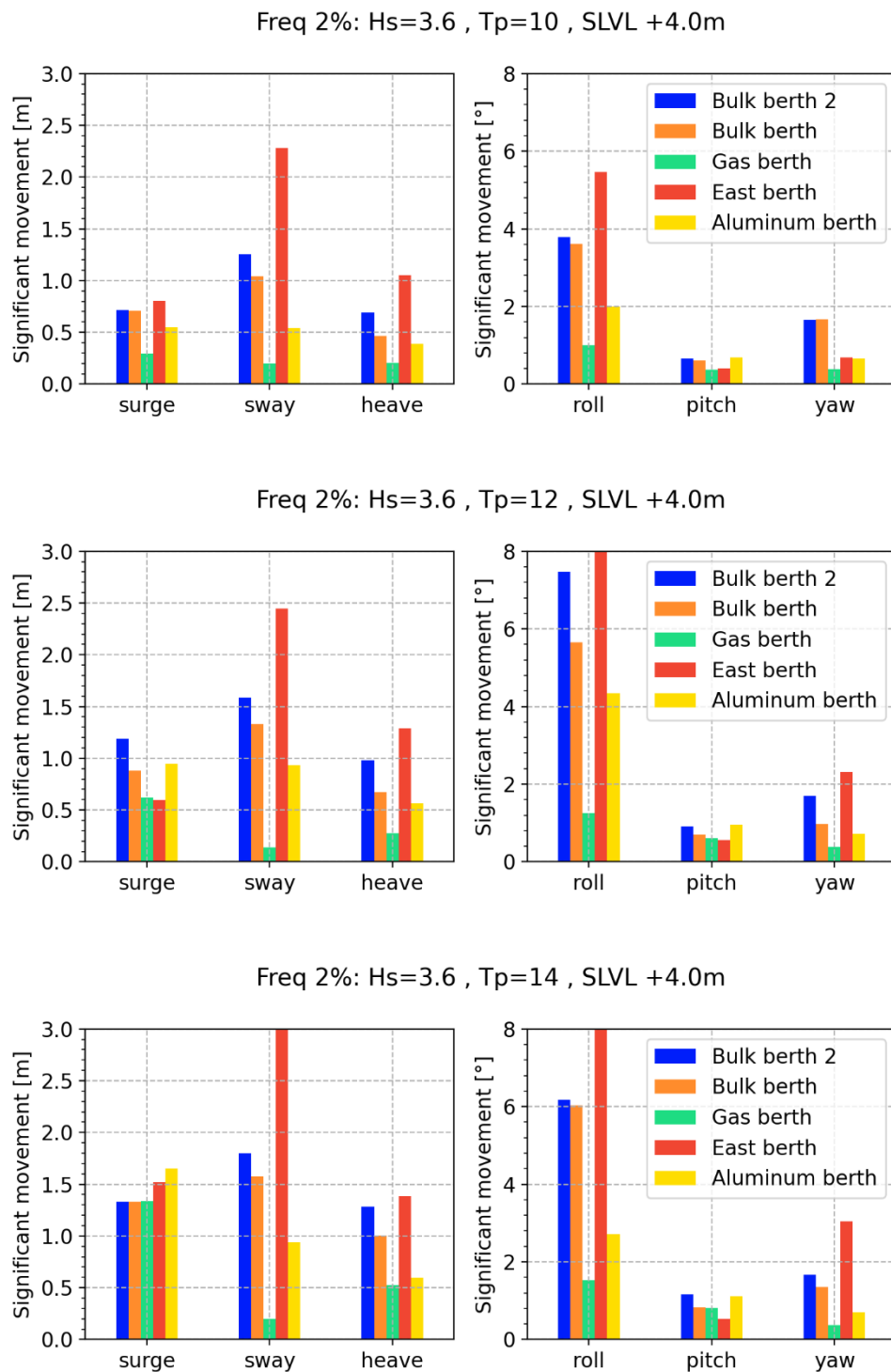
↓ Table 11. Mooring line data in Mooring Analysis model.

	No. lines	Pre-tension [t]	Material
Fore line	2	10	68 mm Polypropylene
Breast line, fore	2	10	68 mm Polypropylene
Spring line, fore	2	10	68 mm Polypropylene
Spring line, aft	2	10	68 mm Polypropylene
Breast line, aft	2	10	68 mm Polypropylene
Aft line	2	10	68 mm Polypropylene

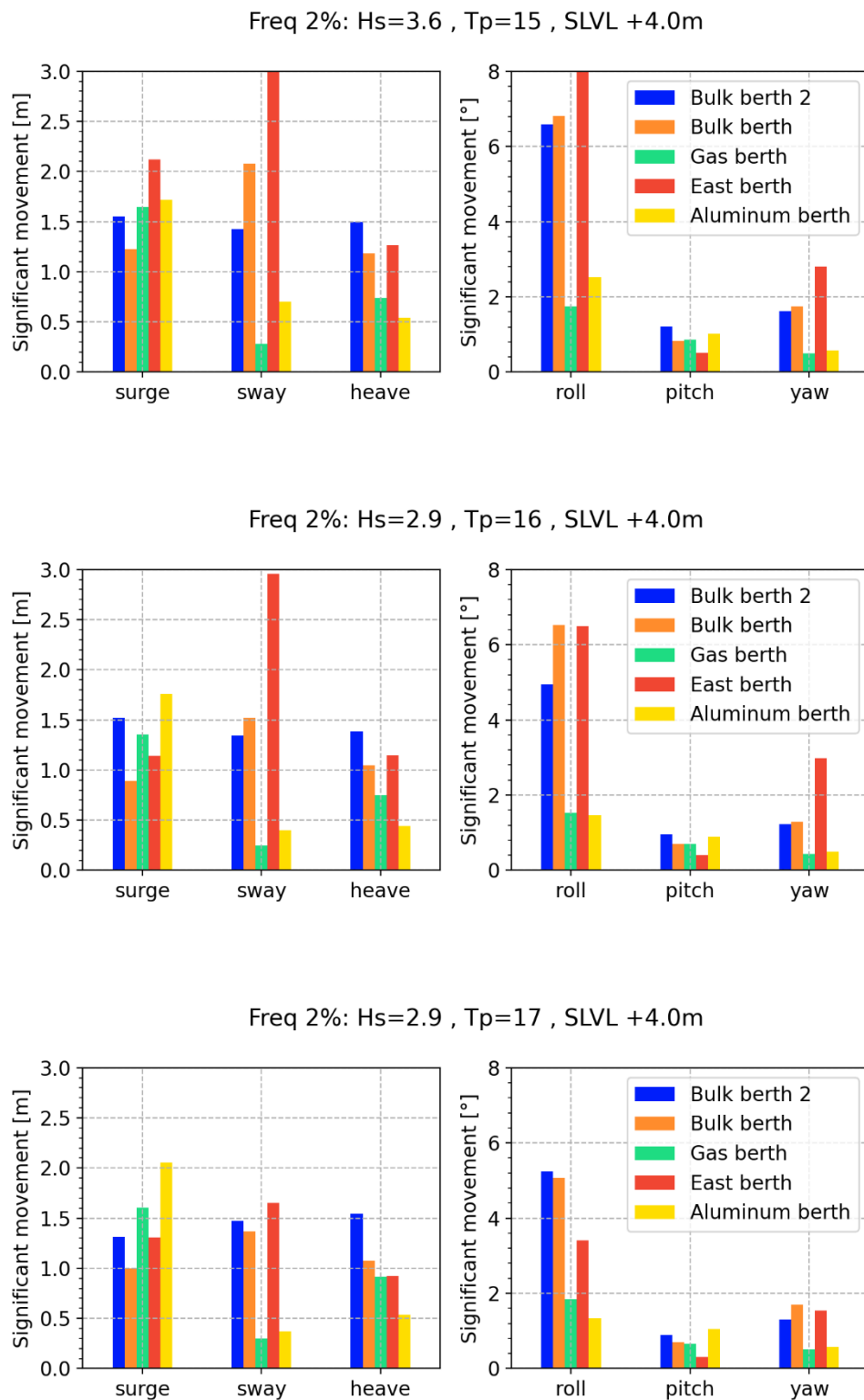
This mooring layout is used at all the berths for the new harbour at Straumsvík as well as the aluminum berth in the current harbour. For the East berth, a different layout was used see. All the mooring layouts are shown in Appendix C.

4.4 Comparing the berths

The significant movement parameter of the ship (same formulation as the significant wave height) is calculated from the simulated mooring timeseries for each 6 degrees of freedom of motion (Figure 21 and Figure 22). This is used to compare movement between each of the berths



↑ Figure 21. Significant movement of LC02 ship at the berths in current and new Straumsvík. NW-W offshore wave heights with 2% frequency. T_p from 10 - 14 s. SLVL +4.0 m.



↑ Figure 22. Significant movement of LC02 ship at the berths in current and new Straumsvík. SW offshore wave heights with 2% frequency. T_p from 15 - 17 s. SLVL +4.0 m.

This comparison clearly shows that the planned Gas Berth overall has the lowest simulated significant movement of the LCO2 ship. Surge motion at that berth is though for certain peak periods equal or slightly higher than some other berths. The very high values at the East berth are because in all simulations for that berth, the LCO2 ship breaks the mooring lines, it being the most exposed berth.

The wave events with a peak period of 12 - 15 s result in the largest roll movement depending on berths. For the Aluminum berth the wave event with T_P 12 sec results in a much larger roll movement than for other periods. The cause of this is a combination of the natural roll period of the ship and the period and primary wave direction at the berth.

For the two planned bulk berths in the new harbour, significant rolling can be expected. Although not as severe as occurs the East berth, this will be the critical movement at the berths limiting uptime, which is analysed further in the next chapters.

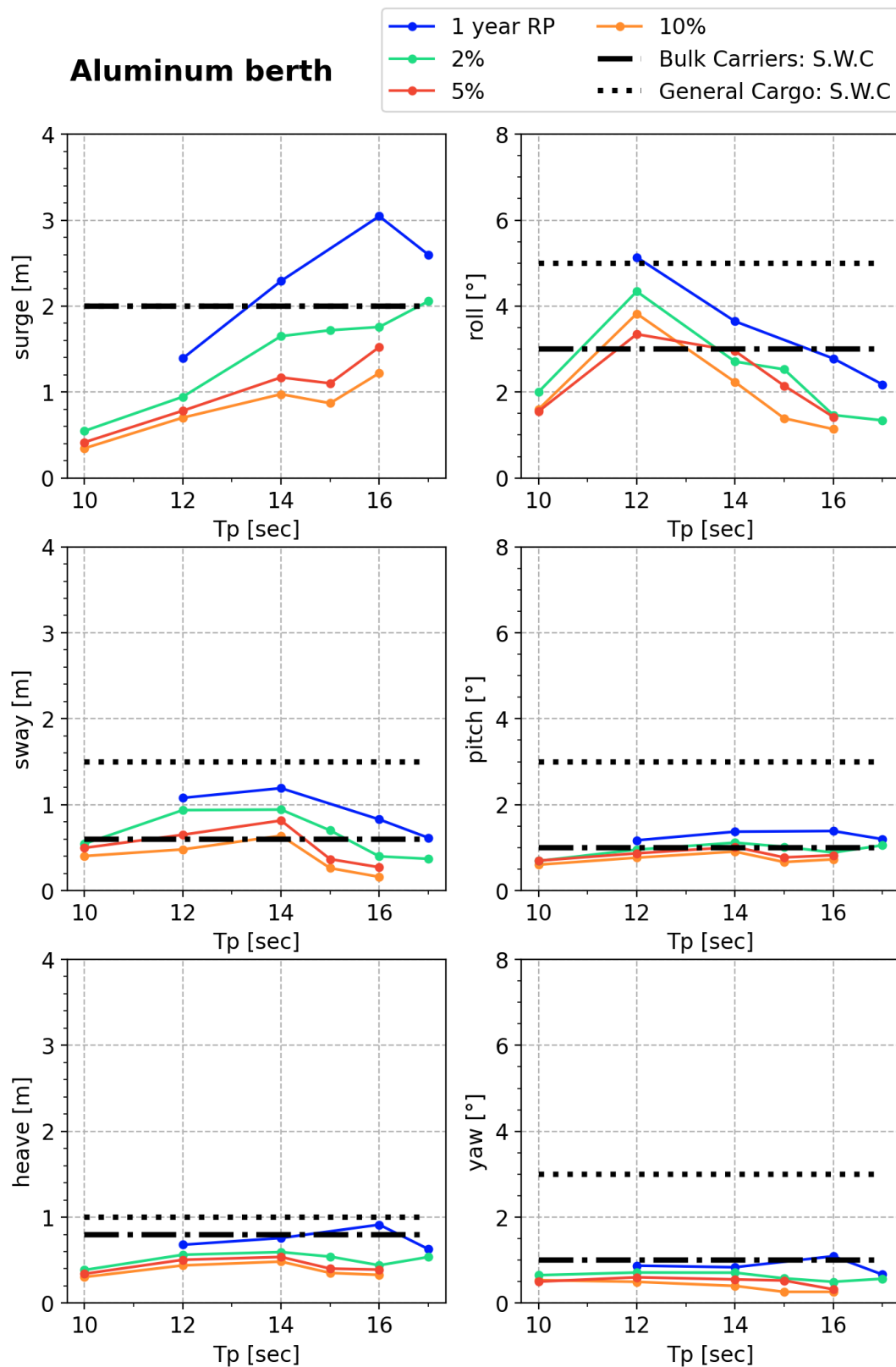
Overall, comparing the planned berths in the new harbour to the berths in the current harbour, as stated before the Gas berth can be expected to have the lowest movement of all the berths, both for current harbour and new. At the two planned Bulk berths, there can be expected substantially more sway and rolling compared to the current Aluminum berth, but lesser compared to the current East berth.

4.5 Peak to peak movements and estimate of downtime

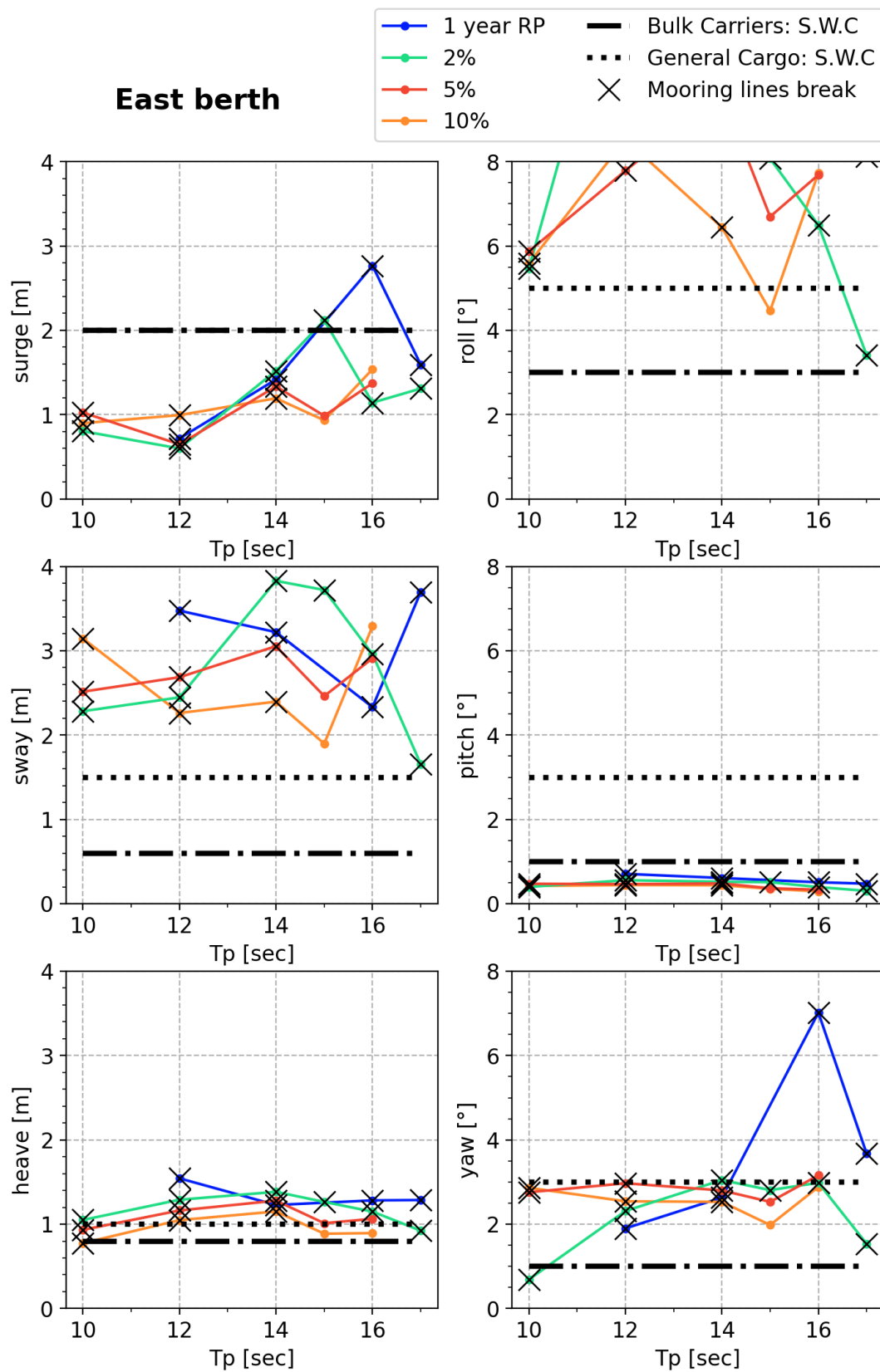
To analyse further the mooring quality at each berth, peak movements of each 6 degree of freedom of motion were extracted for offshore wave events with different frequency of occurrence and return period (Figure 23 - Figure 27). These results can be compared to established criteria of peak-to-peak movements for Safe Working Conditions (S.W.C). The motion criteria for Safe Working Conditions for different types of ships and cargo handling equipment recommended by PIANC (PIANC 1995) for the vessels expected at the berths at Straumsvík is presented in Table 12. For Gas Tankers, the peak to peak values of 2 m of surge and 2° of roll, listed in this table was confirmed as a reasonable safe working limit with flexible loading arms by EverGas representatives. For the other berths, the range of limits for Bulk Carriers and General Cargo ships are used.

↓ **Table 12. Safe working conditions. Motions refer to peak to peak values (except for sway: zero peak).**

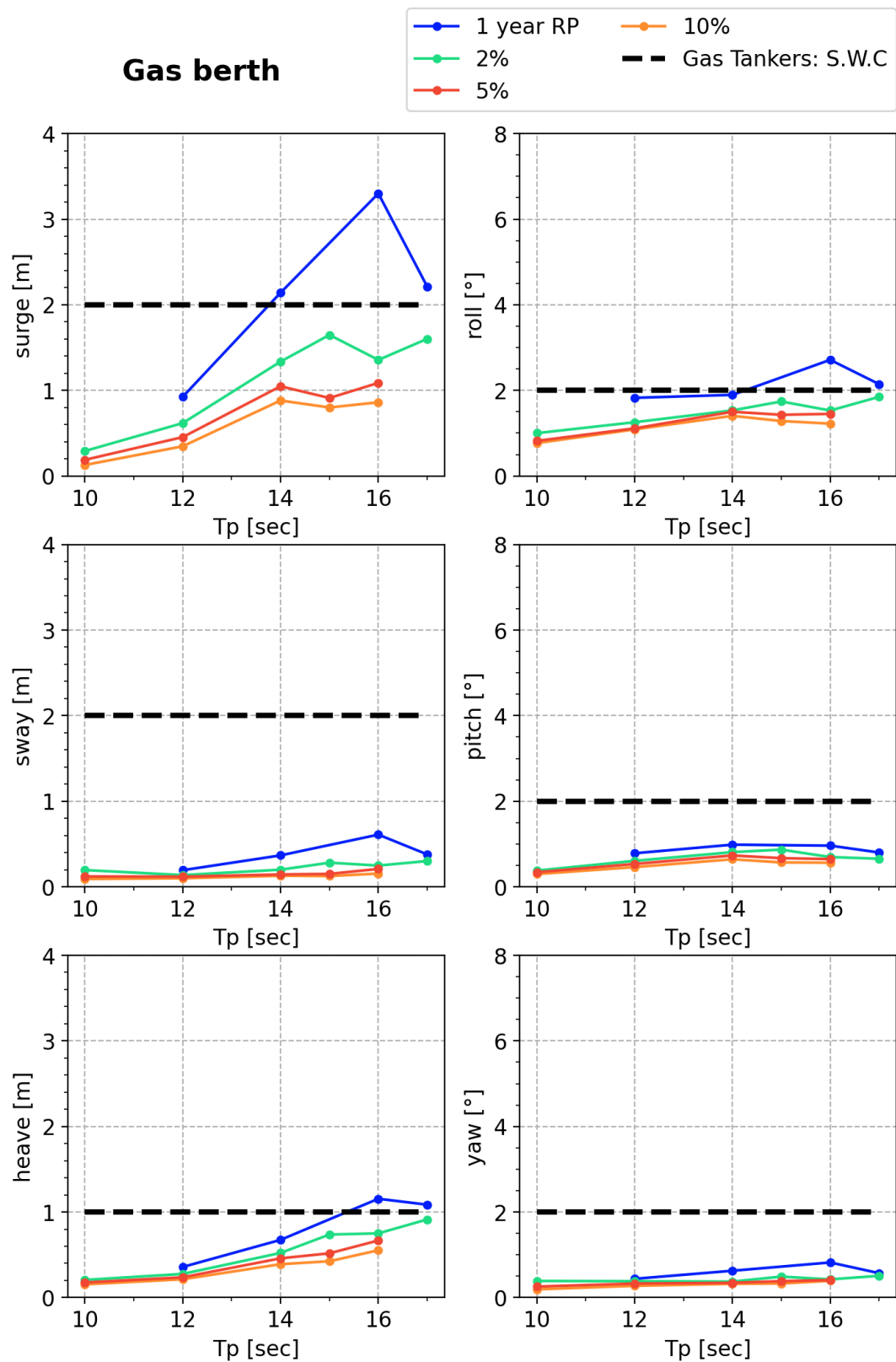
	Cargo Handling Equipment	Surge [m]	Sway [m]	Heave [m]	Roll [°]	Pitch [°]	Yaw [°]
General Cargo	-	2	1.5	1	5	2	3
Bulk Carriers	Cranes	2	0.6	0.8	3	1	1
Gas Tankers	Loading arms	2	2	1	2	2	2



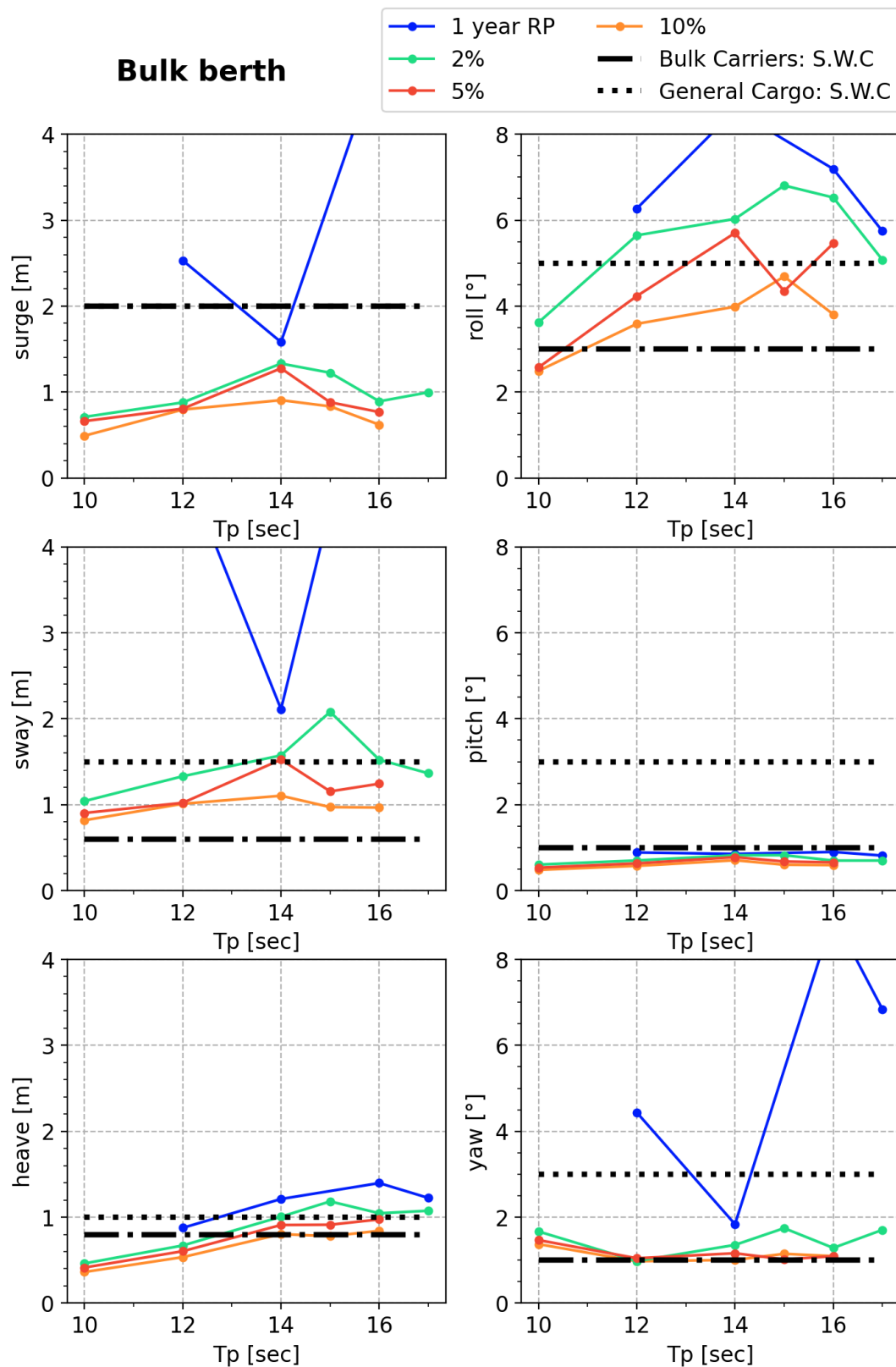
↑ Figure 23. Simulated peak to peak motions of the 180 m L_{OA} LCO2 ship at the Aluminum berth in the current Straumsvík harbour compared to Safe Working Conditions (S.W.C) for Bulk Carriers and General Cargo ships.



↑ Figure 24. Simulated peak to peak motions of the 180 m L_{OA} LCO2 ship at the East berth in the current Straumsvík harbour compared to Safe Working Conditions (S.W.C) for Bulk Carriers and General Cargo ships.



↑ Figure 25. Simulated peak to peak motions of the 180 m L_{OA} LCO2 ship at the planned Gas berth in the new Straumsvík harbour compared to Safe Working Conditions (S.W.C) for Gas Tankers.



↑ Figure 26. Simulated peak to peak motions of the 180 m L_{OA} LCO2 ship at the planned Bulk berth in the new Straumsvík harbour compared to Safe Working Conditions (S.W.C) for Bulk Carriers and General Cargo ships.

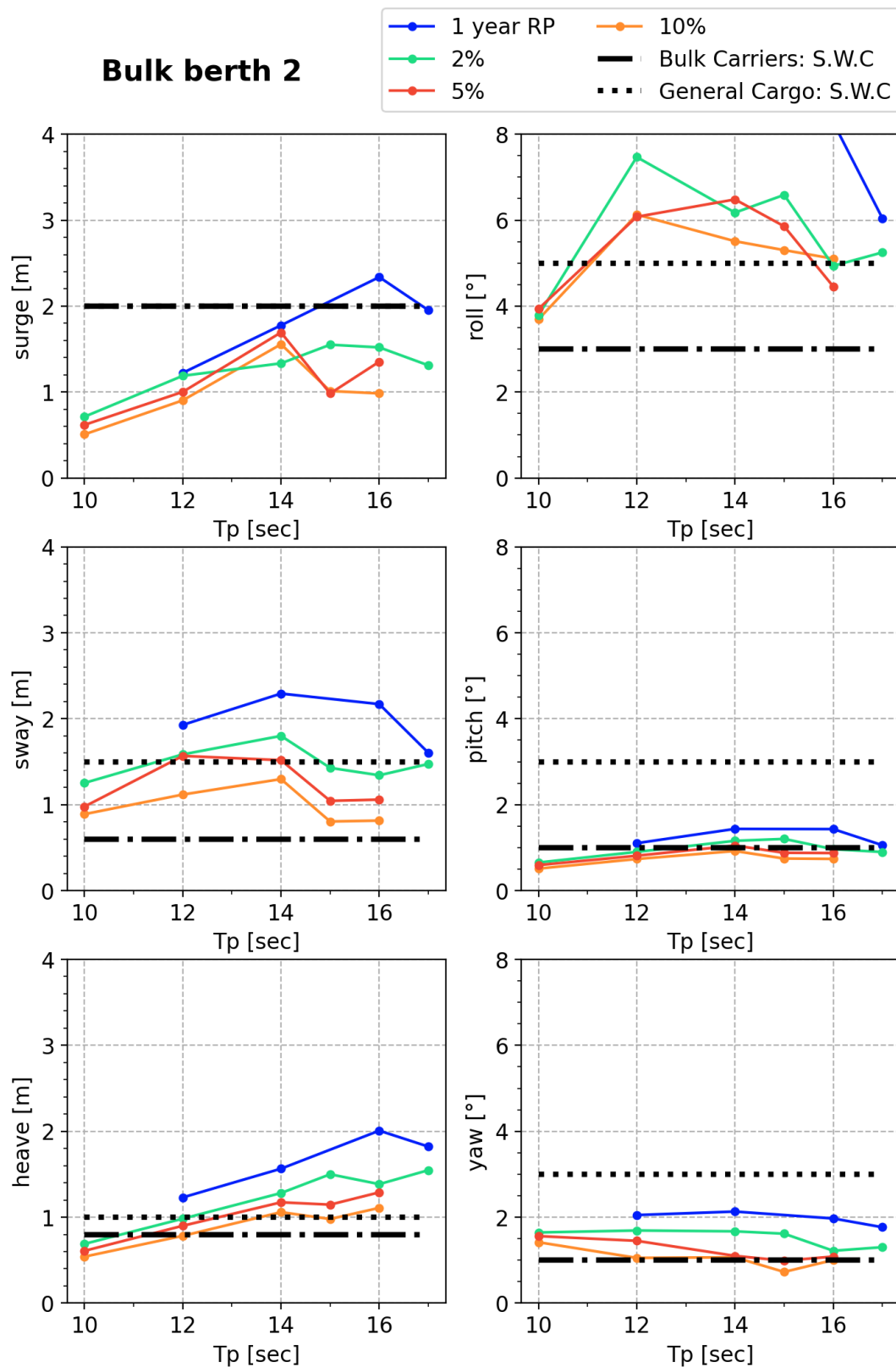


Figure 27. Simulated peak to peak motions of the 180 m L_{OA} LCO2 ship at the planned Bulk berth 2 in the new Straumsvík harbour compared to Safe Working Conditions (S.W.C) for Bulk Carriers and General Cargo ships.

4.6 Estimate of downtime

Based on the peak-to-peak analysis in the previous chapter, an estimate of probable downtime at each berth was made. This estimate is performed by comparing the simulated motions of the LCO2 ship at each berth to the known S.W.C. criteria for offshore wave events with different frequency of occurrence and return period. An estimate of downtime due to Safe Mooring Conditions (S.M.C) is also made when relevant. These conditions occur when there is (or significant risk of) e.g. breaking of mooring lines and/or damage to the berth/fenders.

↓ **Table 13. Estimate of downtime due to ship motions at berth due to wave agitation (not wind) at the berths of current and planned new layout at Straumsvík harbour. 180 m L_{0A} LCO2 ship. S.W.C (Safe Working conditions). S.M.C. (Safe Mooring Conditions).**

	Critical motion	Estimated downtime for S.W.C. for Gas Tankers	Estimated downtime for S.W.C. for General Cargo	Estimated downtime for S.W.C. for Bulk Carriers	Estimated downtime for S.M.C.
Aluminum berth	surge / sway / roll	~10%	2%	~10%	-
East berth	sway / roll	-	>>10%	>>10%	>10%
Gas berth	surge / heave / roll	2%	-	-	-
Bulk berth	roll	-	5 - 10%	> 10%	2% - Yearly
Bulk berth 2	roll	-	> 10%	>> 10%	2% - Yearly

There is always inherent some degree of uncertainty in an estimate of downtime. To which degree is difficult to say, but on top of uncertainty in the model it is based on a single ship and mooring arrangement, which in reality can be quite different. Older ships not equipped with quality winches or mooring lines, or inexperience of conditions in the harbour can increase downtime. Increased number of mooring lines at storm bollards, higher pre-tension of mooring lines with winches and use of tugboats to press ships against berth to decrease e.g. rolling can decrease downtime. This analysis also investigates only wave conditions at berth and does not consider downtime due to wind.

Although quite satisfactory, the validation of the harbour model was based on very few measurements. There it was also evident that the peak period of the long period waves was not the same as in these measurements. However, the model having a shorter peak period which is closer to the known period of resonance for ships it is believed to be conservative. The simulated critical motions at the current berths were considered in good agreement to reality based on Hafnarfjörður harbour representatives. A more quantitative comparison of downtime to actual data is not possible within the scope of this project. As there is good anchorage outside the Straumsvík harbour, ships are not taken to berth except in reasonable conditions.

5 Summary

The purpose of this study was to evaluate wave disturbance and assess ship movements of berthed ships within the proposed new harbour at Straumsvík harbour. Offshore wave conditions with different frequency of occurrence and return periods from the main wave directions were established by use of both hindcasted weather data as well as wave buoy measurements. A spectral wave model was set up and validated and used to simulate the offshore wave events to nearshore boundary of harbour model of Straumsvík area. The harbour model was validated by use of few measurements at the Aluminum berth in Straumsvík for both swell and long period waves (seiche).

The wave simulations showed that the wave heights at the berths in the new harbour are overall lower than in the current harbour, being lowest at the Gas berth and highest at the Bulk berth 2. Significant wave height of the long period waves are similar at the new berths or slightly lower compared to the current berths. The incoming wave direction varies substantially between the new berths. At the Gas berth the primary swell wave direction is alongside the berth, while at the other two berths it is more perpendicular, which is known to cause more movement. To estimate the total effect of the wave conditions at the berths, a mooring analysis of a ship tied at the berths was set up using the wave fields from the harbour model simulations.

Results from the mooring analysis showed firstly that overall, comparing the planned berths in the new harbour to the berths in the current harbour, the Gas berth can be expected to have the lowest ship movement of all the berths, both for current harbour and new. At the two planned new Bulk berths, there can be expected substantially more sway and rolling compared to the current Aluminum berth, but lesser compared to the current East berth of the current harbour. Secondly, an estimate of downtime analysis showed that the planned Gas berth will likely meet the design criteria of harbours in Iceland of safe working conditions not exceeding 2% of the time on average a year based on criteria for Gas tankers as well as safe mooring conditions not exceeding once a year. For the two planned bulk berths in the new harbour the estimated downtime is considerably higher, ranging from 5 – 10 % to well over 10 % for safe working conditions. Safe mooring conditions are expected to be exceeded 2% of the time to yearly.

6 References

Carbfix. (2022). Coda Terminal. <https://www.carbfix.com/codaterminal>

Gísli Viggósson, Sigurður Sigurðarson, Arnþór Halldórsson. (1993). Keilisnes harbour project. The Icelandic Harbour Authority.

Hugrún. (1996). Öldumælingar í Eyjagarði, Hafnafirði, Straumsvík og Eyjasundi.

PIANC. (1995). Criteria for Movements of Moored Ships in Harbours. Report of Working Group no. 21. Supplement to Bulletin no. 88.

Shibata-FenderTeam. (2022). SPC Cone Fenders. https://www.shibata-fender.team/files/content/products/SPC-Cone-Fenders/Product_Information_SPC_Fenders.pdf

Sigurður Sigurðarson, Baldur Bjartmarsson og Gísli Viggósson. (1997). Hafnarfjarðarhöfn. Höfn utan Suðurgarðs. Líkantilraunir. Siglingastofnun Íslands.

Appendix A

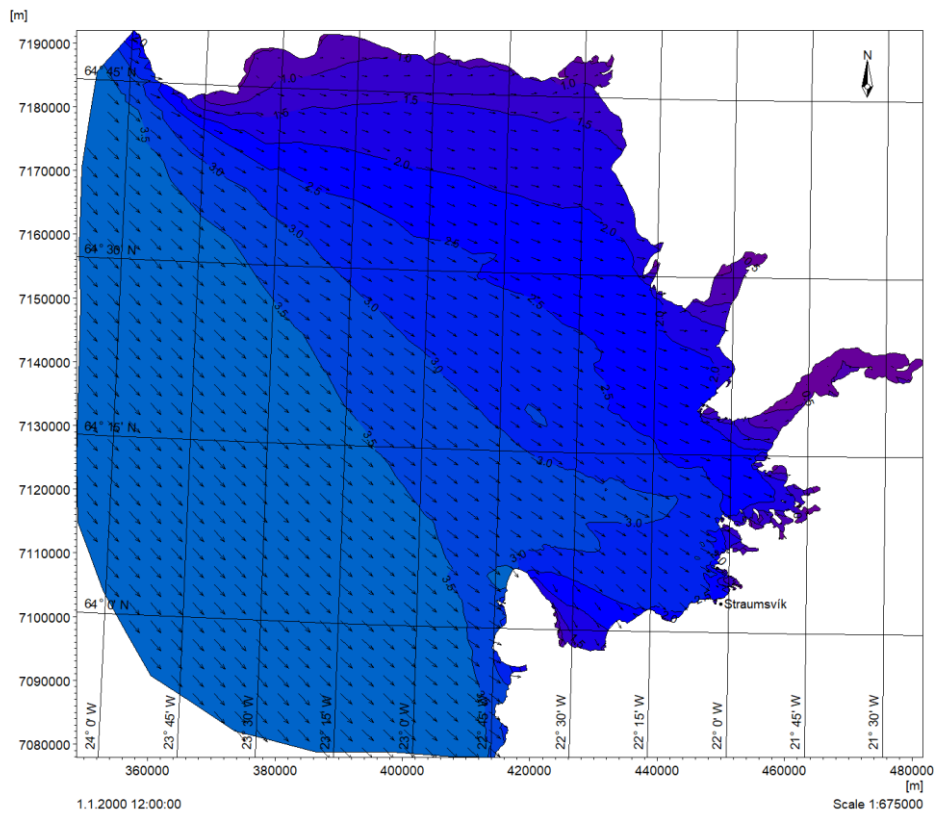


Figure A1. Offshore SW wave with 10% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 10.7 m/s.

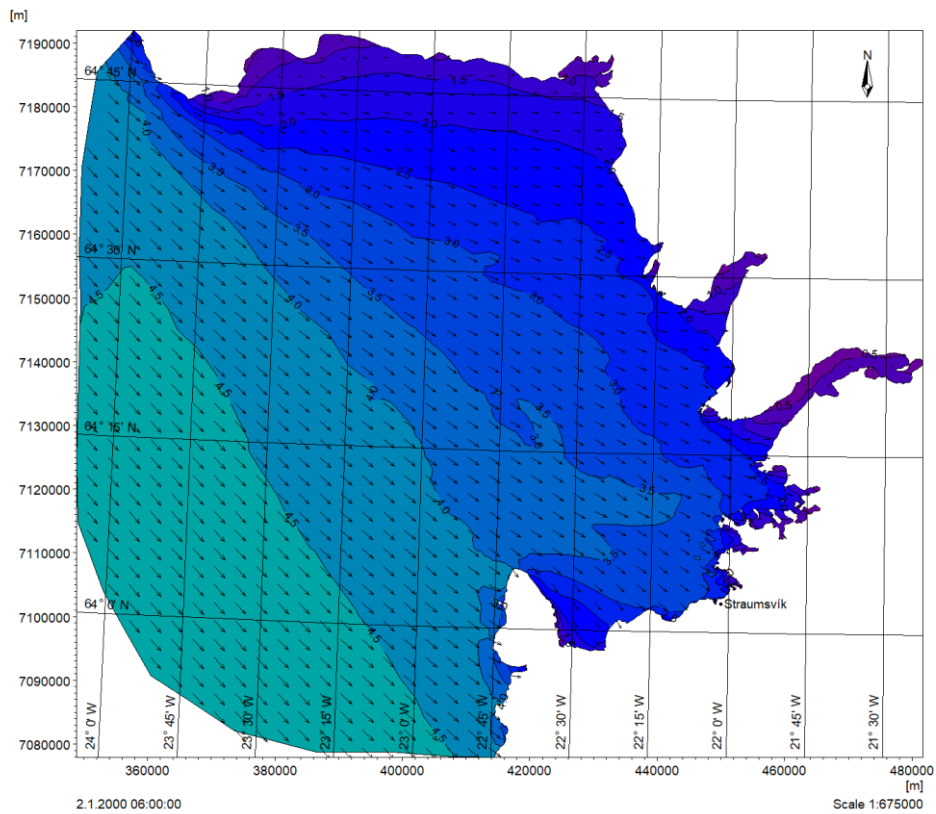
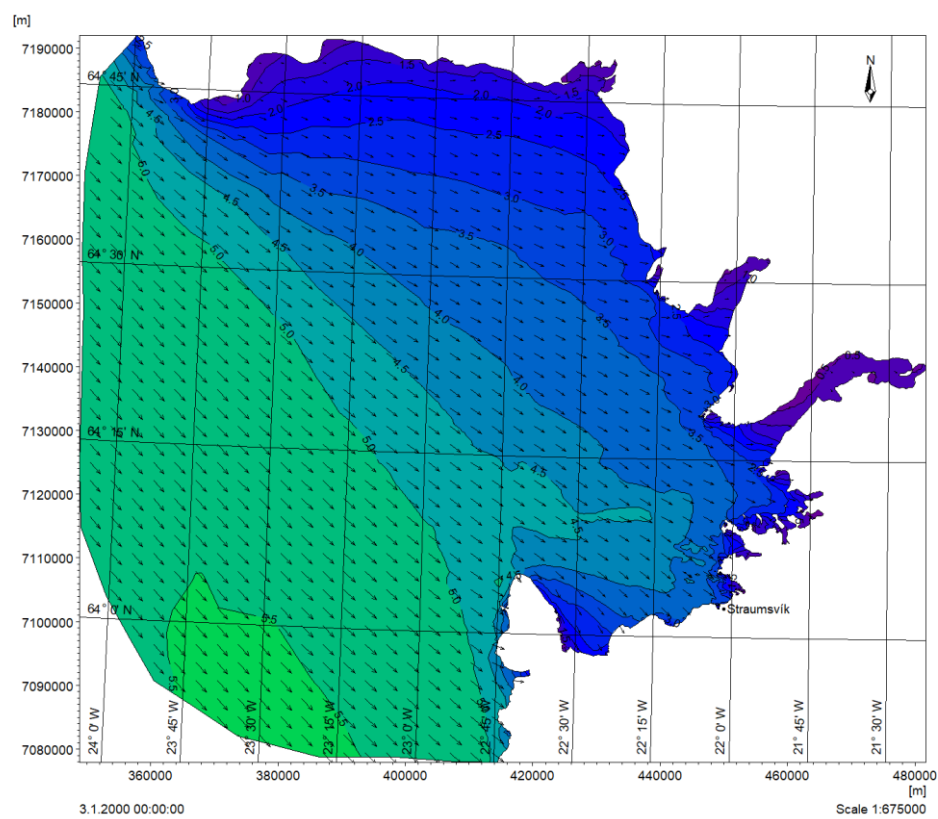
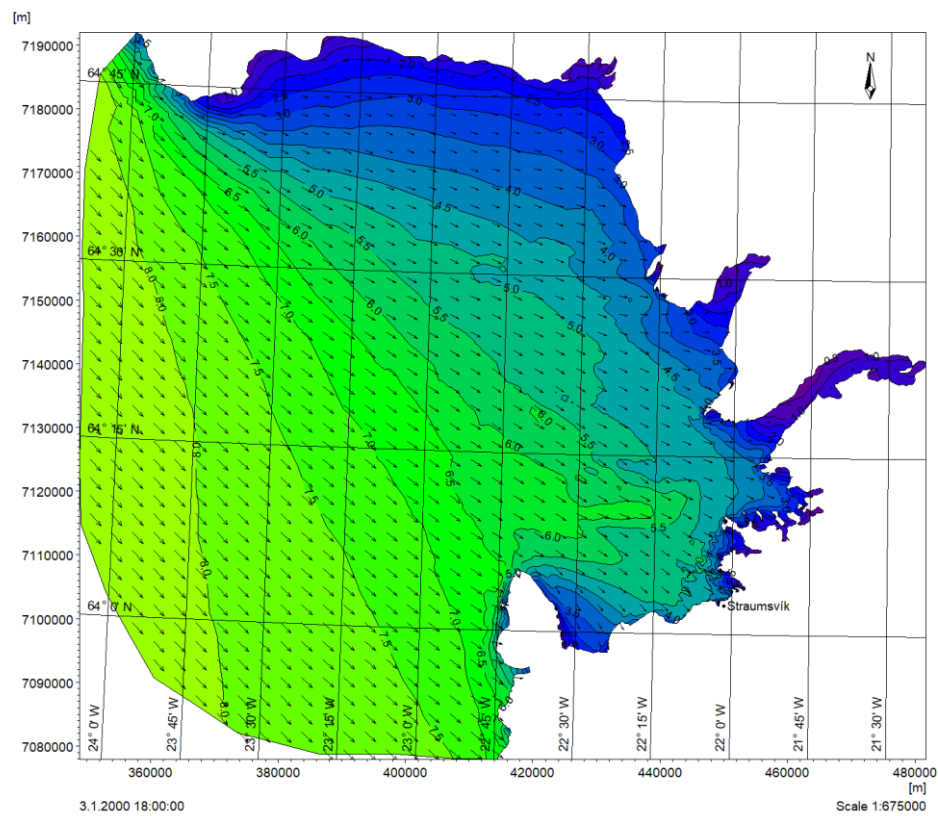


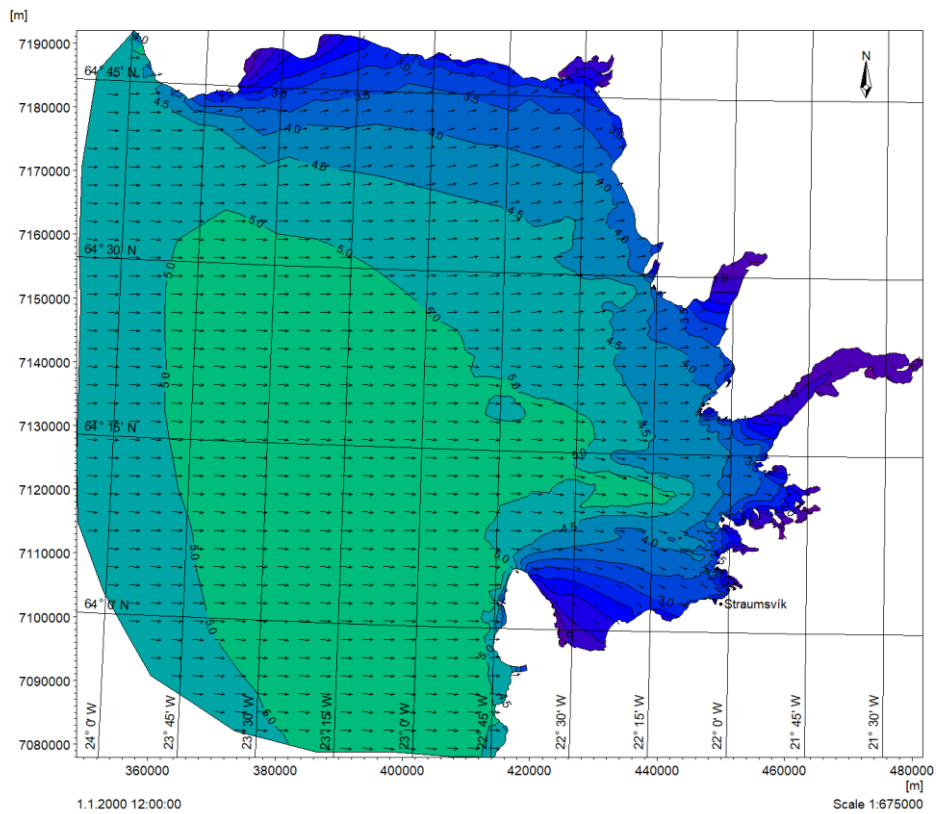
Figure A2. Offshore NW wave with 5% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 12.4 m/s.



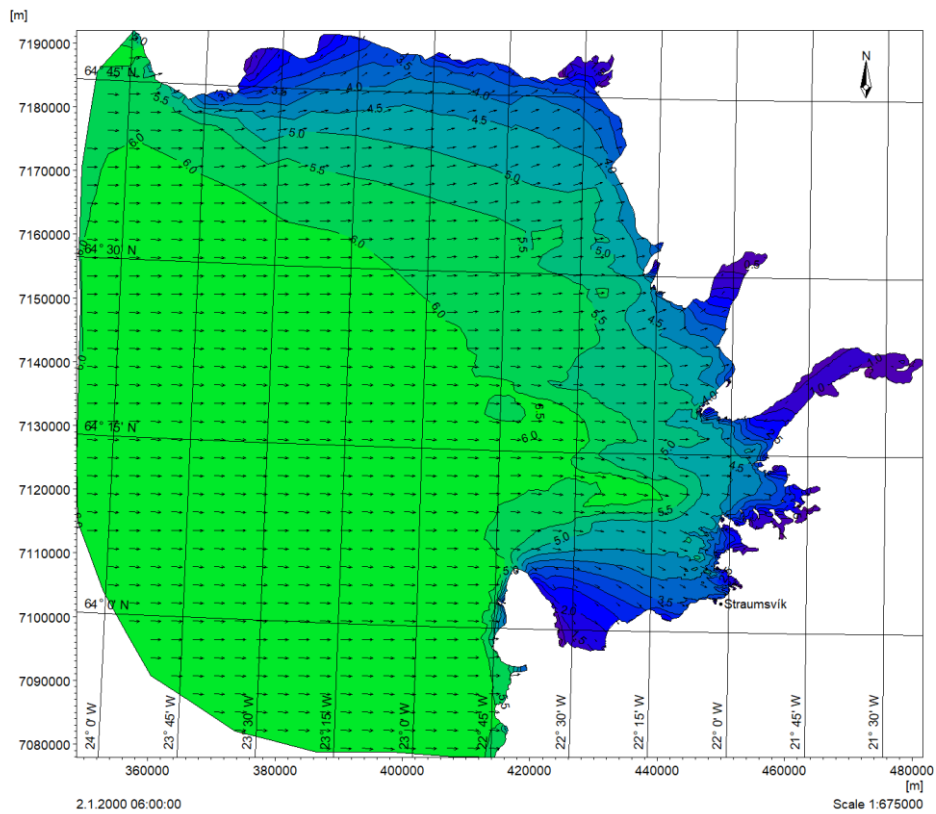
↑ Figure 283. Offshore NW wave with 2% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 14.4 m/s.



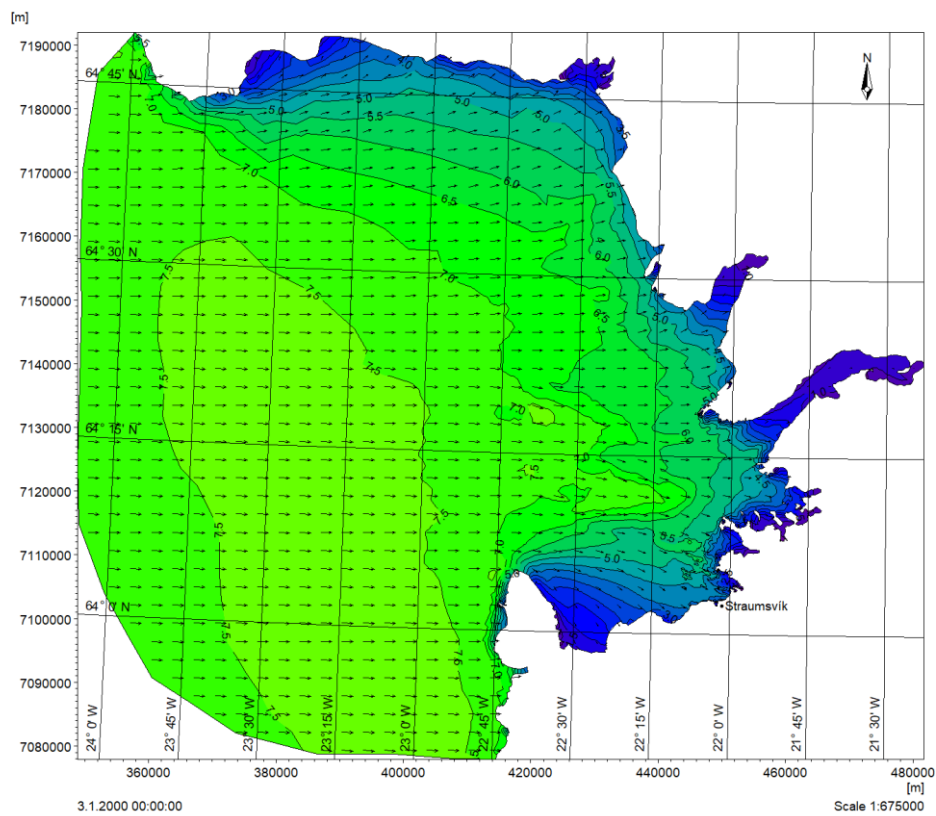
↑ Figure A4. Offshore NW wave with 1 year return period. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 16.6 m/s.



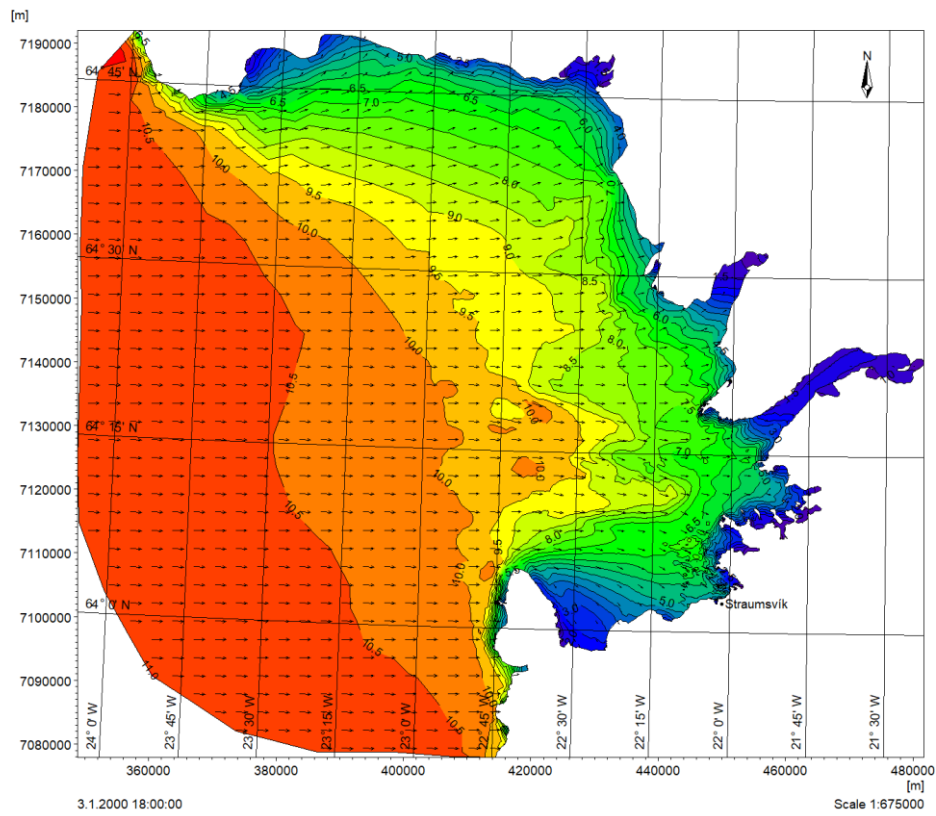
↑ Figure A5. Offshore W wave with 10% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 14.2 m/s.



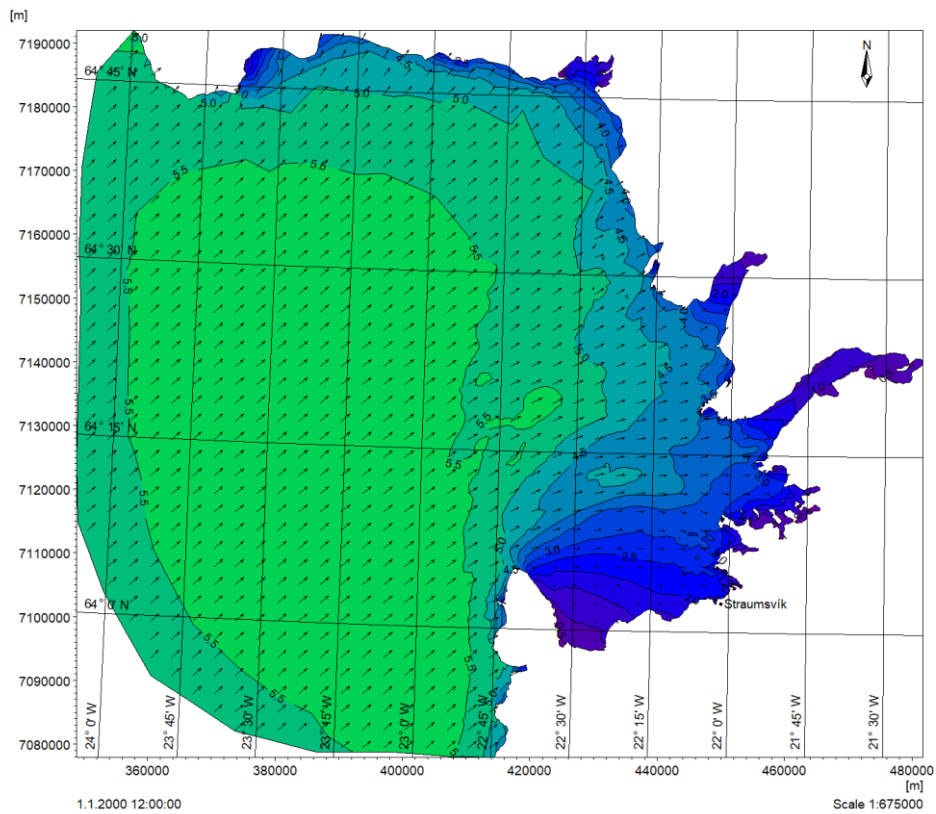
↑ Figure A6. Offshore W wave with 5% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 15.8 m/s.



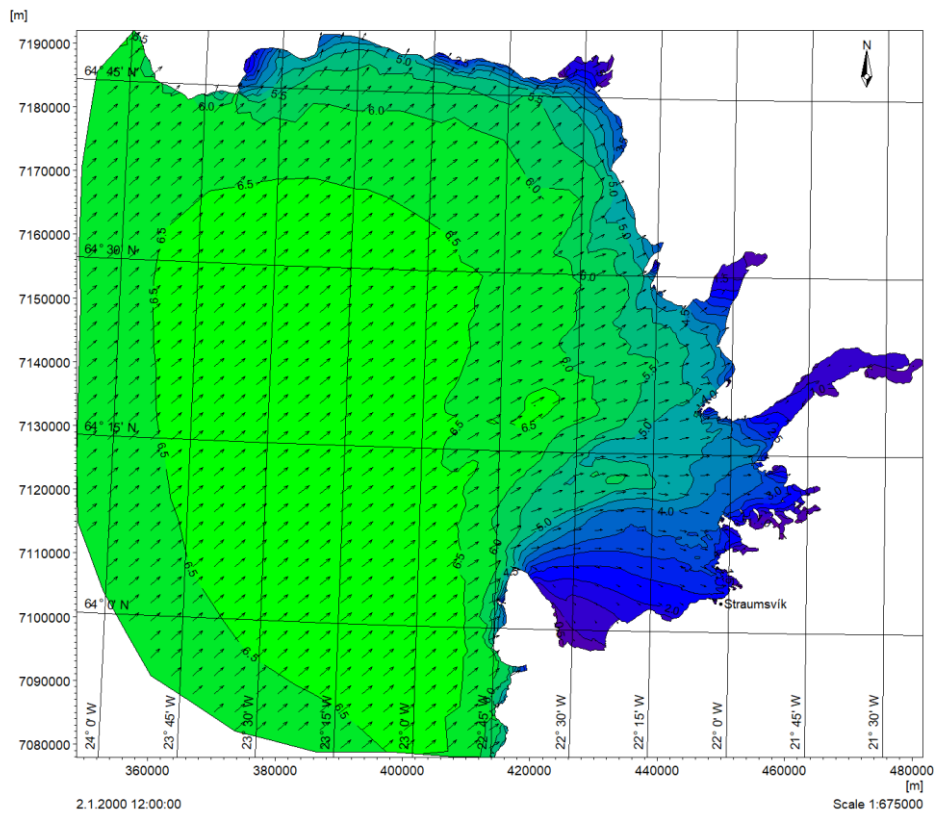
↑ Figure A7. Offshore W wave with 2% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 18 m/s.



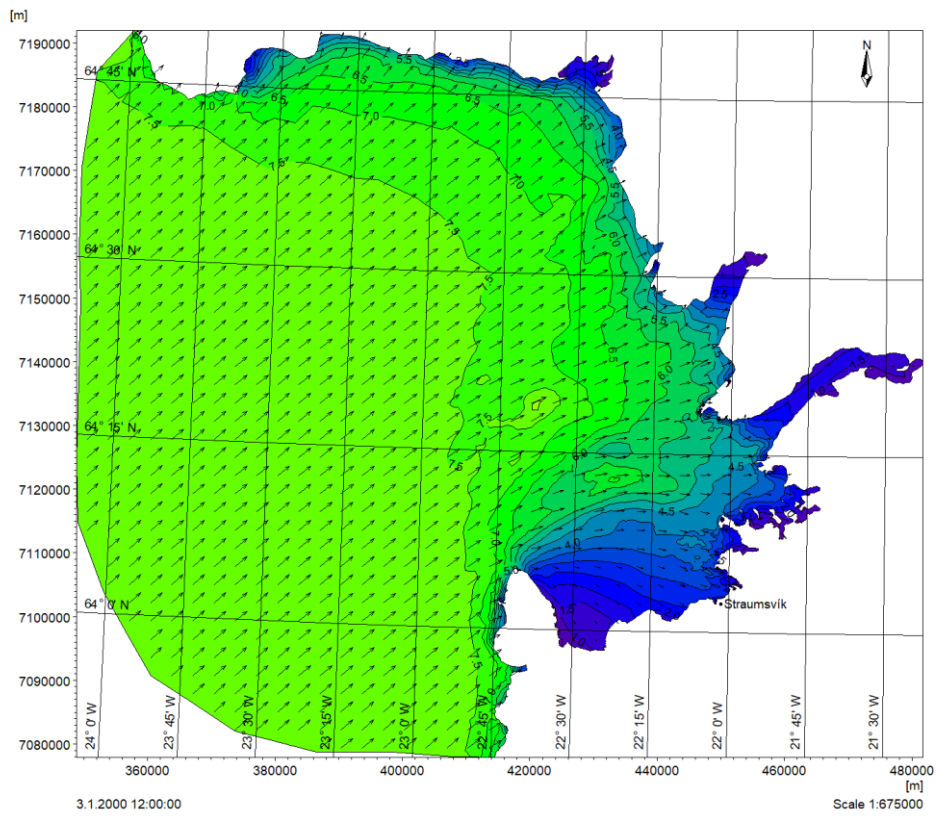
↑ Figure A8. Offshore W wave with 1 year return period. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 21.2 m/s.



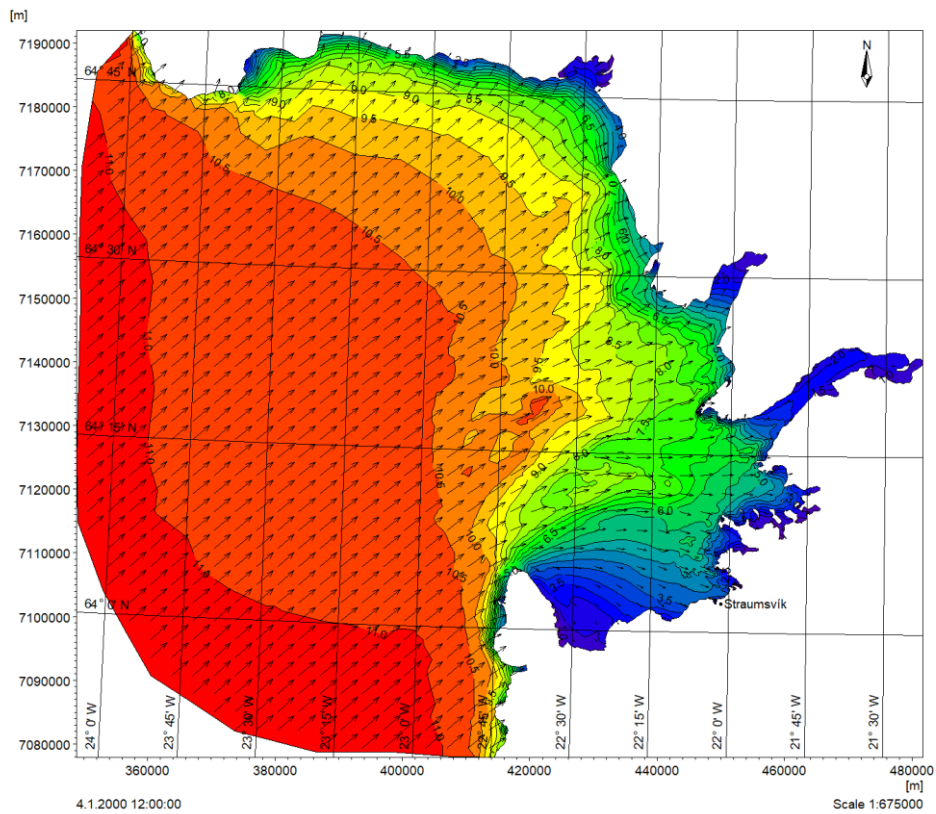
↑ Figure A9. Offshore SW wave with 10% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 15 m/s.



↑ Figure A10. Offshore W wave with 5% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 17.3 m/s.

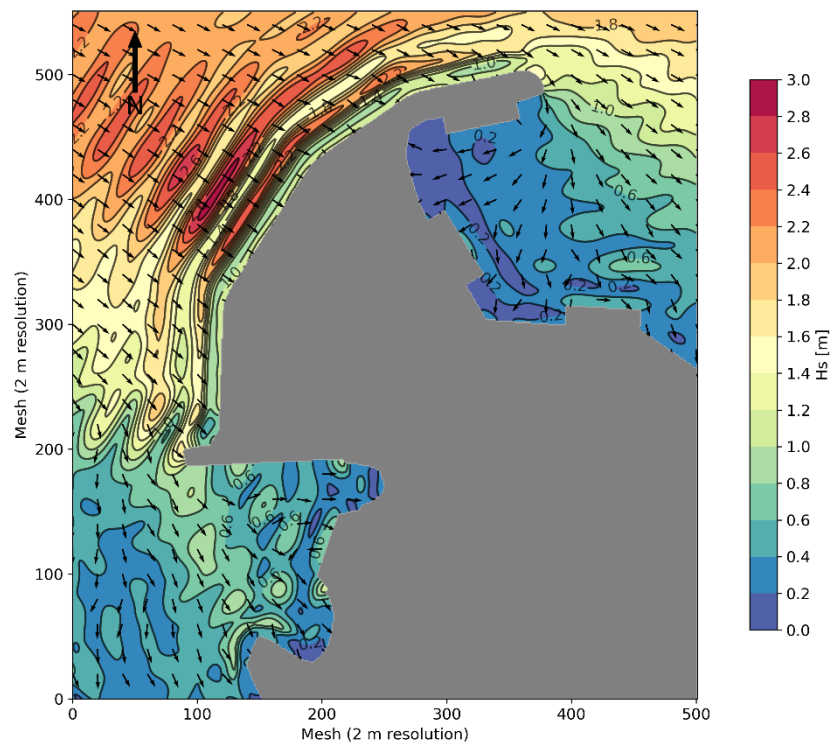


↑ Figure A11. Offshore W wave with 2% frequency of occurrence. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 19 m/s.

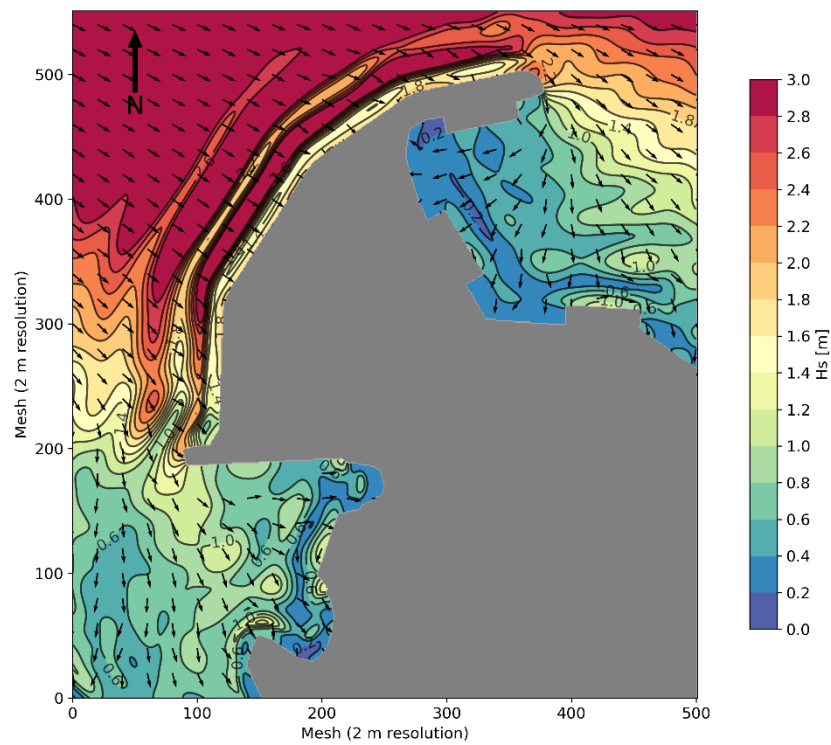


↑ Figure A12. Offshore W wave with 1 year return period. T_p 14 sec. SLVL +4.0m. Wind 23.8 m/s.

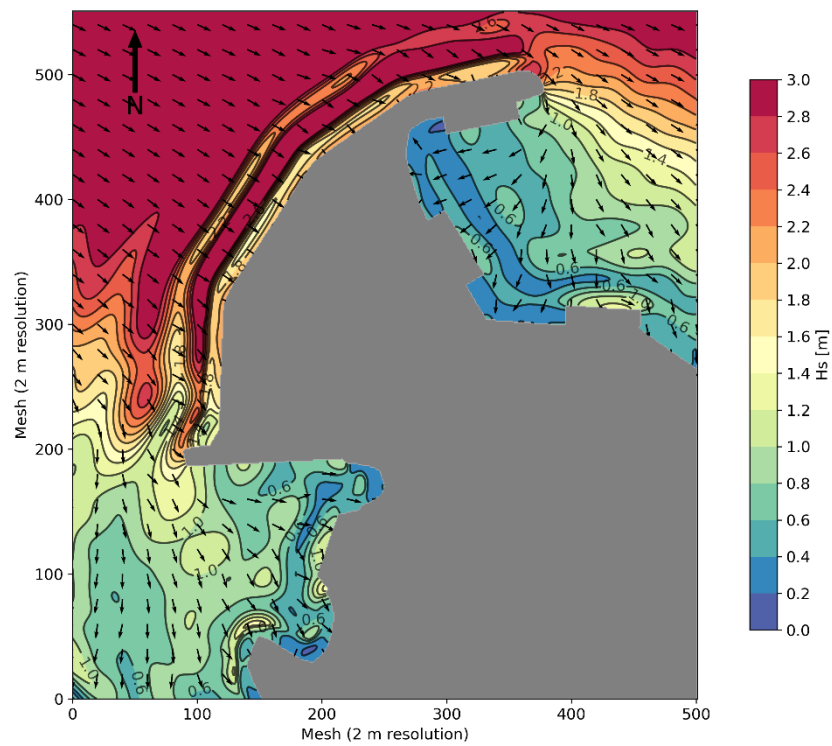
Appendix B



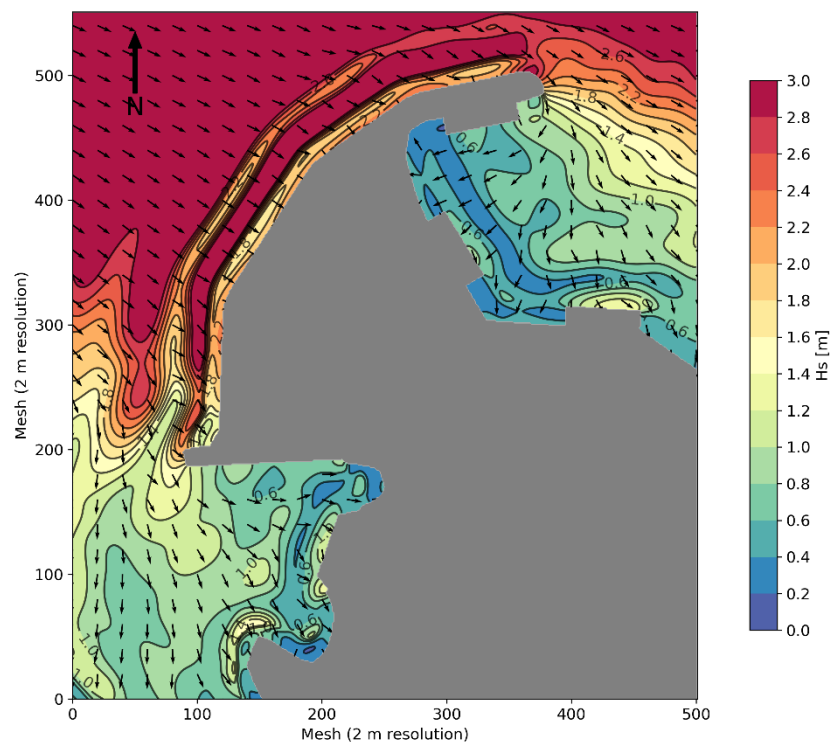
↑ Figure B1. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=3.6$, $T_p = 10$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).



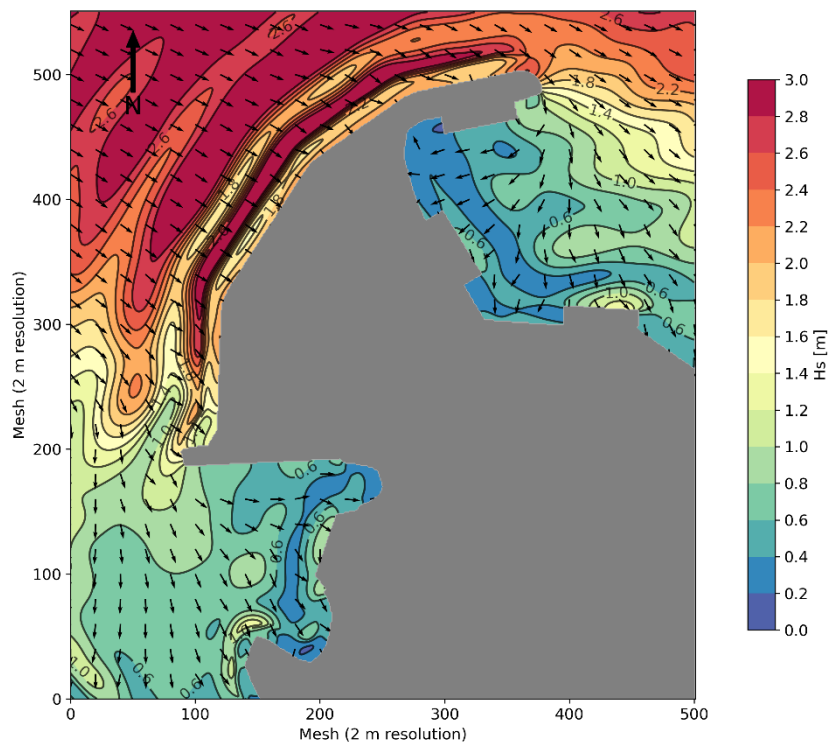
↑ Figure B2. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=3.6$, $T_p = 12$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).



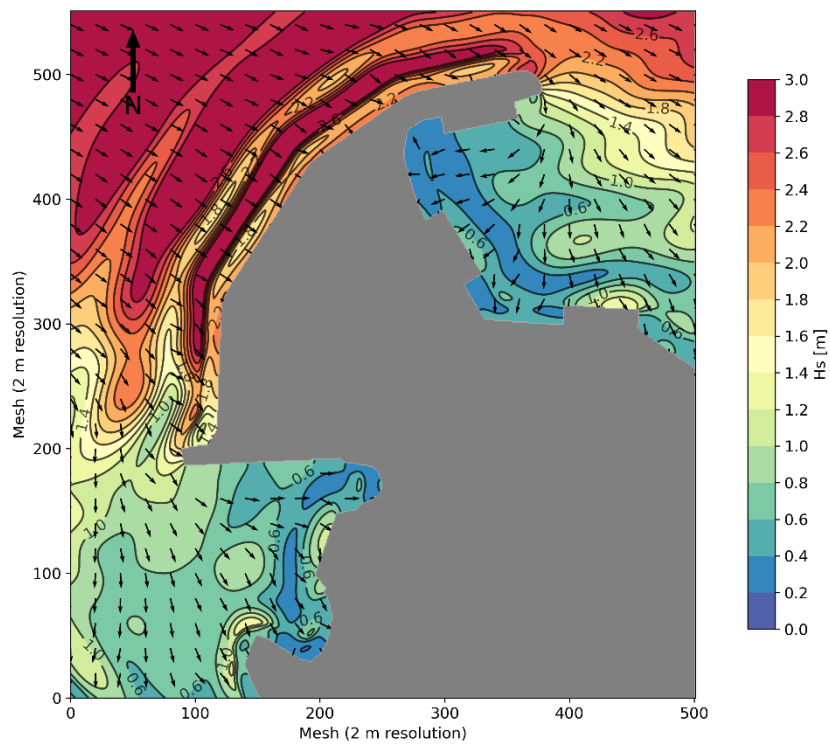
↑ Figure B3. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=3.6$, $T_p = 14$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).



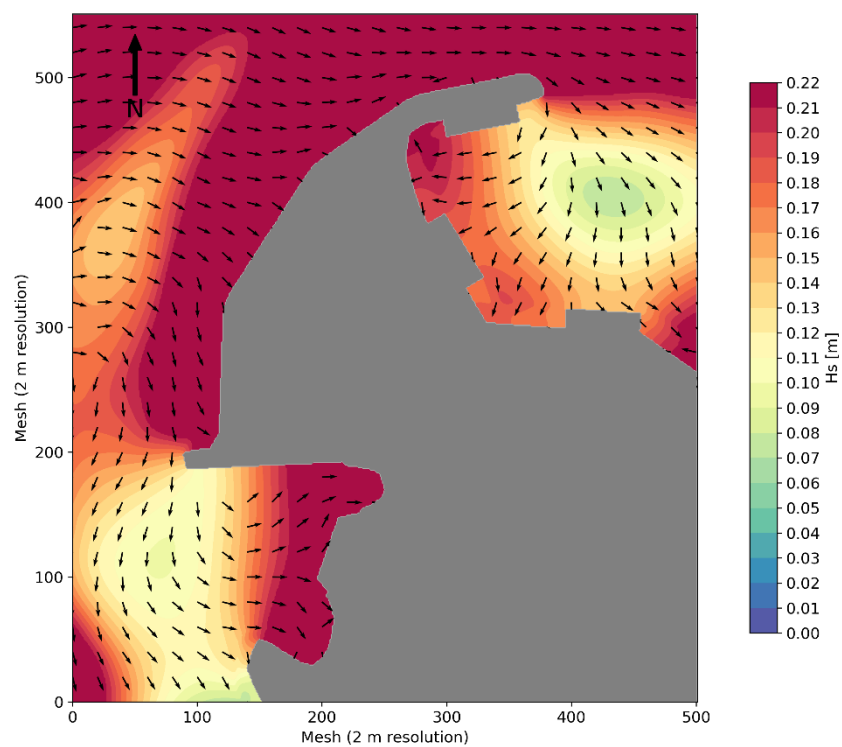
↑ Figure B4. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=3.6$, $T_p = 15$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).



↑ Figure B5. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=2.9$, $T_p = 10$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).

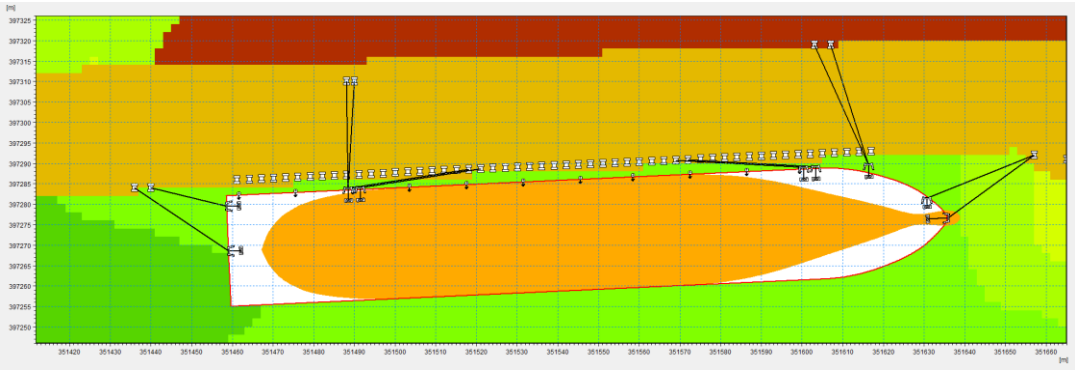


↑ Figure B6. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=2.9$, $T_p = 17$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of swell ($6 < T_p < 30$ sec).

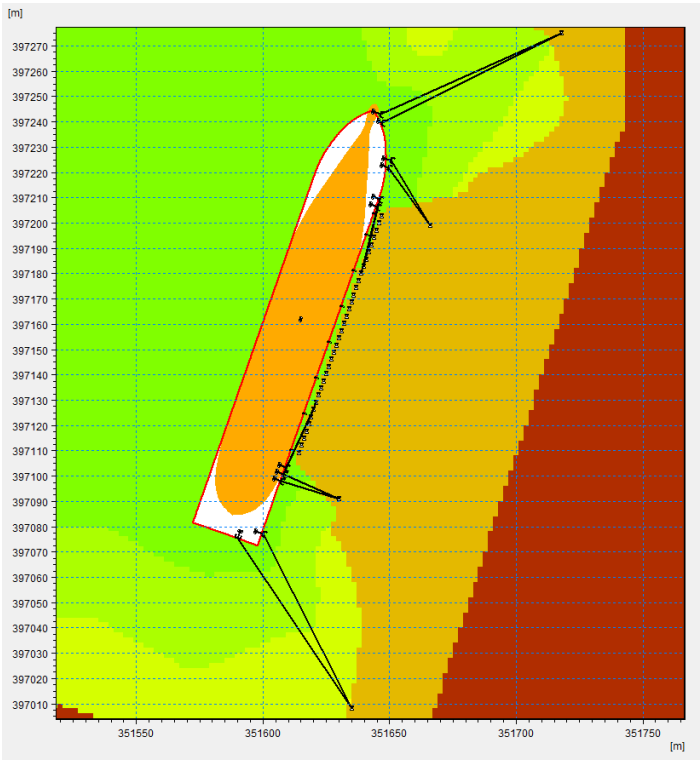


↑ **Figure B7. Offshore wave conditions with 2% frequency of occurrence. $H_s=3.6$, $T_p = 15$ sec. SLVL +4.0m. Significant wave height of seiche ($30 \text{ s} < T_p \text{ s}$).**

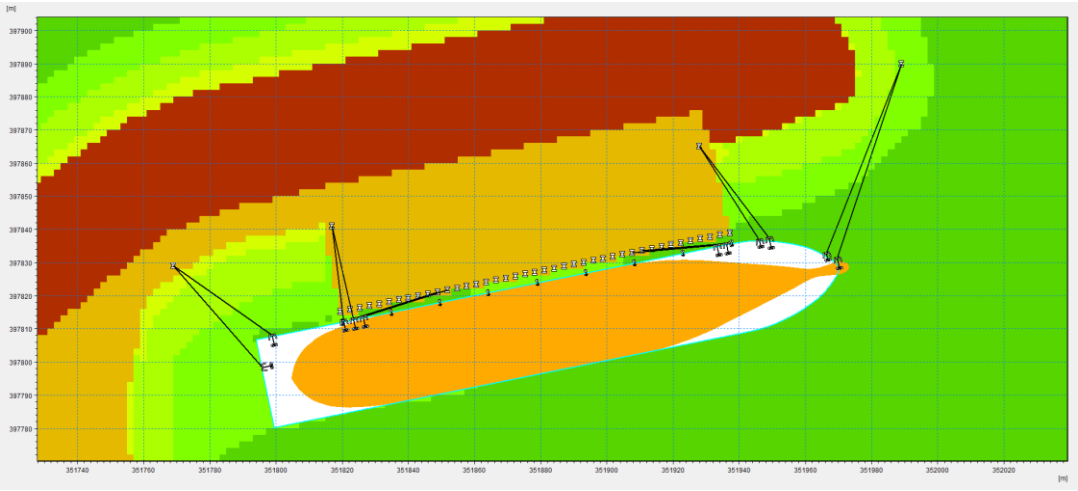
Appendix C



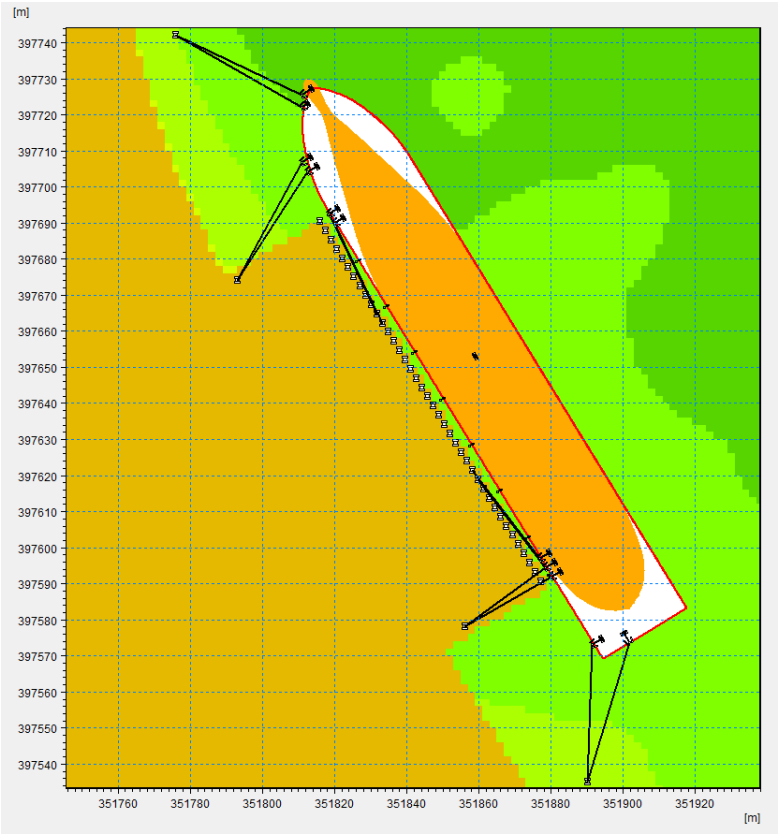
↑ Figure C1. Mooring layout for Aluminum berth.



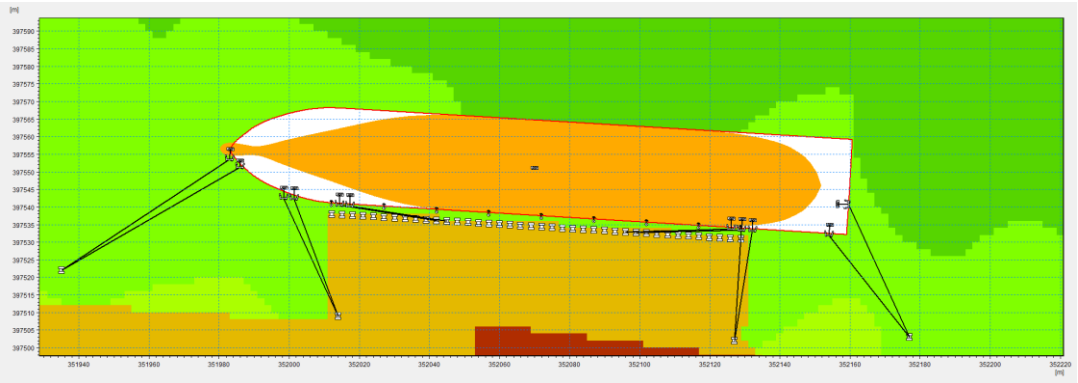
↑ Figure C2. Mooring layout for East berth.



↑ Figure C3. Mooring layout for Gas berth.



↑ Figure C4. Mooring layout for Bulk berth.



↑ Figure C5. Mooring layout for Bulk berth 2.



Landfylling í Straumsvík

Mat á dreifingu setefna á framkvæmdatíma

Unnið fyrir Hafnarfjarðarhöfn

Skýrsla nr. 24.02

Mars 2024

Verkfræðistofan Vatnaskil

Síðumúli 28

108 Reykjavík

s. 512-2121

vatnaskil@vatnaskil.is

www.vatnaskil.is

Skýrsla nr: 24.02	Útgefið: Mars 2024	Fjöldi síðna: 21	Dreifing: Opin <input checked="" type="checkbox"/> Lokuð <input type="checkbox"/>
Heiti skýrslu: Landfylling í Straumsvík. Mat á dreifingu setefna á framkvæmdatíma.			
Höfundar: Hjalti Sigurjónsson, Sveinn Óli Pálmarsson			
Verkefnisstjóri: Sveinn Óli Pálmarsson			
Útdráttur: <p>Greint er frá útreikningum á dreifingu og seti finna steinefna sem losuð eru í sjó ásamt grófara efni við uppbyggingu nýs varnargarðs við Straumsvíkurhöfn. Varnargarðurinn gengur út til norðurs og austurs frá vesturenda núverandi hafnarkants sem skagar út í mynni Straumsvíkur.</p> <p>Heildarlosun efnis í kjarna varnargarðs er áætluð 500.000 rúmmetrar á þremur árum sem framkvæmdin stendur yfir, þar af eru áætlaðir 5000 rúmmetrar fínefnis, minna en 64 µm að þvermáli. Forsendan um efnislosun í líkanreikningum er 200 g/s, 12 klst á sólarhring sem er ríflegt miðað við fyrrgreindar forsendur. Reiknað er fyrir fernskonar fallhraða korna í vatni, 0.1, 1, 10 og 100 m/dag til að ná utan um áhrif mismunandi kornastærða, en kornastærðardreifing á fyrirhuguðu fínefni er óþekkt.</p> <p>Niðurstaðan er að mestur styrkur efnis í sviflausn í Straumsvík næst með fínasta efninu, 1,5-15 µm þvermál, þá getur styrkur sem svarar u.þ.b. 5 g/m³ byggst upp á um 2 vikum þegar sjór er sléttur. Minnst fellur hins vegar til botns af fínasta efninu og stærstur hluti þess skolast burt án þess að falla til botns.</p> <p>Aukin ölduhæð leiðir af sér austlægan straum með ströndu sem ber með sér efni í sviflausn til austurs frá Straumsvík. Því meiri sem ölduhæðin er því minni verður styrkur og setmyndun í vikinni.</p> <p>Grófara efni leiðir til minni styrks þar sem efnið fellur hraðar út, en stærstur hluti grófs efnis fellur hins vegar út nærri losunarstaðnum.</p> <p>Eftir því sem framkvæmdinni vindur fram og uppfillingin nær lengra til norðurs og austurs minnkar efnið sem kemst inn í vikina og verður að lokum um eða innan við tíundi hluti þess sem var í upphafi.</p> <p>Við óhagstæðustu skilyrði má ætla að rýni falli úr um 21 m í 13 m vegna gruggs frá framkvæmdinni sem svarar til að hlutfall ljósstyrks við botn samanborið við á yfirborði lækki frá um 0,8 í 0,65 innst í vikinni en frá um 0,3 í 0,15 yst í henni. Eftir því sem alda hækkar, stærra efni haft til hliðsjónar og framkvæmdinni vindur fram, lækkar styrkur setefna í upplausn verulega og fellur rýni mun minna. Þannig lækkar t.a.m. rýni einungis um 1-2 m miðað við hreinan sjó við öldufar sem svarar til 50% tímans.</p>			
Verkkaupi: Hafnarfjarðarhöfn		Tengiliðir verkkaupa: Lúðvík Geirsson Helga Frímann Kristjánsdóttir, VSÓ Ráðgjöf	
Lykilorð: Sjávarstraumar, vatnsgæði, grugg, sviflausn, setefni, Straumsvík			

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit	4
Myndaskrá	5
Töfluskrá	5
1. Inngangur	6
2. Forsendur	6
2.1. Magn og kornastærð setefna	7
2.2. Innrennsli grunnvatns	7
2.3. Öldufarsgreining	7
2.4. Ölduhæð í straumreikningum	8
3. Niðurstöður	8
3.1. Áhrif í upphafi framkvæmdar	8
3.1.1. Styrkur efnis, áhrif ölduhæðar og innrennslis grunnvatns.....	8
3.1.2. Birtuskilyrði og hlutfallsleg áhrif á ljósmagn til botns.....	11
3.1.3. Styrkur efnis í sviflausn, áhrif kornastærðar	13
3.1.4. Setmyndun	14
3.2. Áhrif í lok framkvæmdar	16
3.3. Samanburður straumsviðs fyrir og eftir framkvæmd	18
4. Samantekt	21

Myndaskrá

Mynd 1. Straumsvík. Fyrirhugaður varnargarður, efnislosunarpunktur líkanreikninga og athugunarpunktur.	6
Mynd 2. Styrkur efnis í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Þrenns konar ölduskilyrði, 0, 25 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.	9
Mynd 3. Dæmi um straumsvið og styrk setefna (1,5 μm , 0,1m/s) nærri smástreymi án öldu (a,c,e,g) og með öldu við 50% hlutfallsmörk (b,d,f,h) meðan losun fer fram í upphafi framkvæmdar. Innrennsli grunnvatns er 5 m ³ /s í Straumsvík.	10
Mynd 4. Secchi dýpi í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Þrenns konar ölduskilyrði, 0, 25 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.	12
Mynd 5. Hlutfall ljósstyrks á yfirborði með dýpi fyrir mismundi Secchi dýpi. Dýptarbil svarar til dýpis innan Straumsvíkur og bil Secchi dýpis rammur inn reiknuð gildi í greiningunni.	12
Mynd 6. Hlutfallsleg skerðing á birtuskilyrðum við botn eftir 10 daga uppsöfnun þegar styrkur hefur náð jafnvægi. Engin alda a) og 50% hlutfallsmörk öldu b). Fínasta kornastærð.	13
Mynd 7. Styrkur með mismunandi sethraða korna, engin alda.	14
Mynd 8. Styrkur með mismunandi sethraða korna, 50% hlutfallsmörk öldu.	14
Mynd 9. Setmyndun sem uppsöfnunarhraði fyrir mismunandi sethraða korna, engin alda. Upphaf framkvæmdar.	15
Mynd 10. Setmyndun sem uppsöfnunarhraði fyrir mismunandi sethraða korna, ölduhæð við 50% hlutfallsmörk. Upphaf framkvæmdar.	16
Mynd 11. Styrkur efnis í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Lok framkvæmdar.	17
Mynd 12. Secchi dýpi í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Lok framkvæmdar.	17
Mynd 13. Styrkur og straumsvið á útfalli a) og aðfalli b). Engin alda. Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Lok framkvæmdar.	18
Mynd 14. Straumsvið án öldu fyrir og eftir framkvæmd, við meðalsjó á aðfalli og útfalli.	19
Mynd 15. Straumsvið með öldu við 50% hlutfallsmörk fyrir og eftir framkvæmd, á aðfalli og útfalli.	20

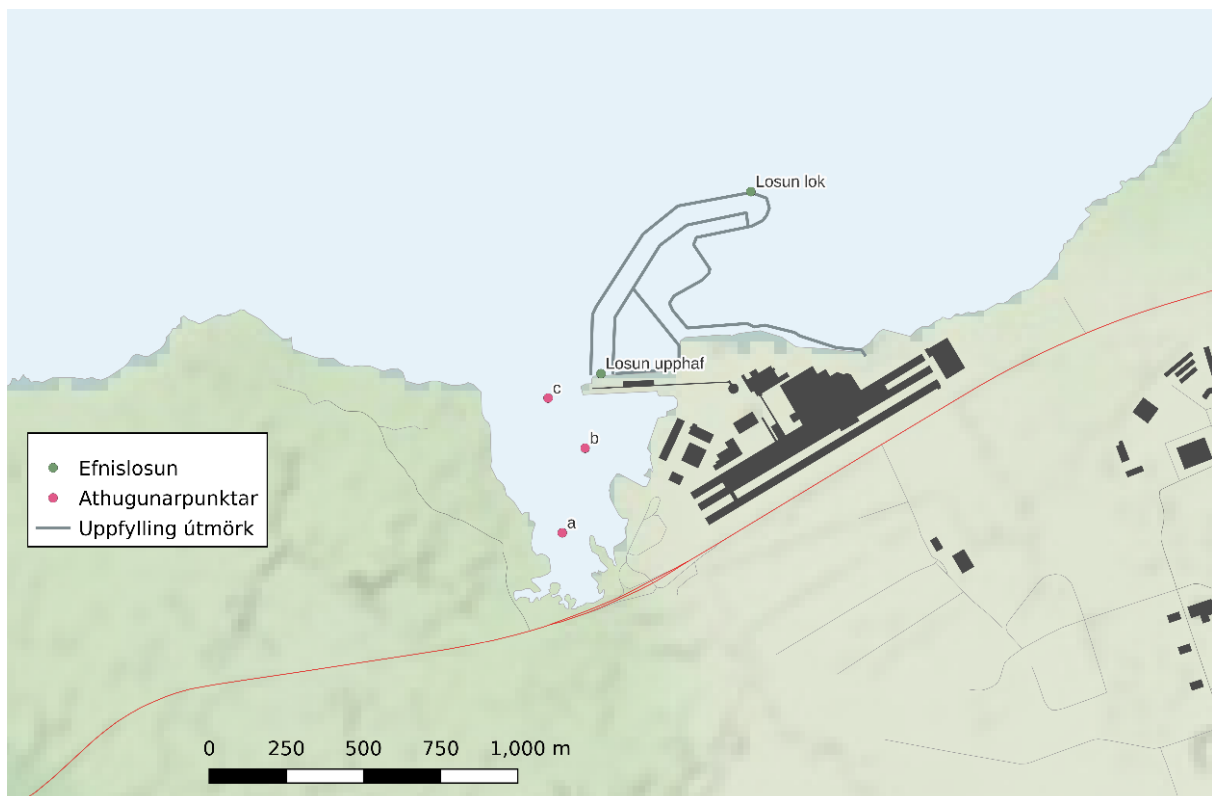
Töfluskrá

Tafla 1. Sethraði og þvermál silts með eðlismassa 2500 kg/m ³ í 10°C heitu vatni samkvæmt lögmáli Stokes.	7
Tafla 2. Hlutfallsmörk ölduhæðar í viðmiðunarpunkti úti fyrir Straumsvík.	8
Tafla 3. Uppsöfnunarhraði setefna í Straumsvík.	15

1. Inngangur

Að beiðni Hafnarfjarðarhafnar vegna umhverfismats hafa Vatnaskil reiknað dreifingu á fínun steinefnum í sjó frá framkvæmdum við stækkun Straumsvíkurhafnar, einkum með það að markmiði að kanna hvort líklegt sé að birtuskilyrði við botn í Straumsvík spillist verulega með slæmum afleiðingum fyrir botndýralíf.

Fyrsti áfangi framkvæmdarinnar innifelur uppbyggingu varnargarðs (Mynd 1) sem samanstendur af kjarna og kápu. Kjarnaefnið telur 500.000 rúmmetra þar sem hluti efnisins er silt sem komist getur í sviflausn þegar efnið er losað í sjóinn.



Mynd 1. Straumsvík. Fyrirhugaður varnargarður, efnislosunarpunktur líkanreikninga og athugunarpunktur.

Samtengdu straum- og öldulíkani var beitt til að reikna strauma þannig að reikningarnir taka til breytilegra sjávarfallaskilyrða, frá stórstreymi til smástreymis. Í framhaldi er reiknuð dreifing fínna setefna frá framkvæmdum við uppbyggingu.

2. Forsendur

Fjórir meginþættir hafa áhrif á styrk efnis í sviflausn og setmyndun í Straumsvík. Þetta eru magn efnis sem losað er, kornastærð efnisins, innrennsli grunnvatns í víkina og ölduhæð. Jafnframt skiptir máli hvar losað er innan framkvæmdasvæðisins og þ.a.l. fjarlægð losunarstaðar frá Straumsvík. Straumar og dreifing setefna eru því reiknaðir fyrir aðstæður við upphaf framkvæmda og lok framkvæmda, þ.e.

annars vegar áður en nokkur uppfylling að ráði er komin og hins vegar þegar hún er komin að mestu leyti.

2.1. Magn og kornastærð setefna

Forsenda verksins, unnin í samráði við verkkaupa er að fínefni komist í sviflausn nær eingöngu þegar efnið er losað af efnisflutningabíl í sjóinn. Sjávarbotn á svæðinu er að mestu klöpp og laus við set. Jafnframt er heildarrúmmál efnis í kjarna uppfyllingar áætlað 500.000 rúmmetrar, þar af um 1% fínefni, minna en 64 μm . Ætla má að þetta svari um 8000 tonnum efnis. Með því að dreifa losuninni á 12 klukkustundir á sólarhring í þrjú ár sem áætlað er að framkvæmdin standi yfir fæst losun um 170 g/s hálfan sólarhring í senn. Þessi tala var nálguð að heilu hundraði og notuð losunin 200 g/s.

Við gerð uppfyllingarinnar mun í raun ekki allt efni fara í sjóinn heldur mun hluti verða losaður á þurru í þeim hluta uppfyllingarinnar sem verður ofan sjávarborðs og vafalítið er talsvert hlutfall fínefnisins sem ekki kemst í sviflausn heldur grefst með öðru efni í uppfyllinguna. Það verður því að teljast varfærið að gera ráð fyrir að allt fínefni komist í sviflausn.

Kornastærðardreifing setefna er óþekkt en líkur eru til að stærstur hluti fínefnis sé stærri en 1 μm í þvermál og samkvæmt skilgreiningu (forsendu) minni en 64 μm . Til að kanna næmni niðurstaðna fyrir kornastærð er hluti greininga gerður með mismunandi sethraða korna, 0.1, 1, 10 og 100 m/dag, sem endurspeglar hegðun stórs hluta fínefnisins (Tafla 1).

Tafla 1. Sethraði og þvermál silts með eðlismassa 2500 kg/m³ í 10°C heitu vatni samkvæmt lögmáli Stokes.

Sethraði	Þvermál
[m/dag]	[μm]
0.1	1,5
1	4,6
10	15
100	46

2.2. Innrennsli grunnvatns

Talsverður grunnvatnsstraumur kemur fram undan hrauninu í Straumsvík og við ströndina beggja megin við hana, áætlað er að það séu um 10 m³/s.

Búast má við að þessi straumur hafi nokkur áhrif til að halda mengun frá víkinni en óvissa er hins vegar um hve stór hluti straumsins komi fram í víkinni sjálfri. Til að kanna næmni fyrir þessum þætti er reiknað fyrir 5 m³/s innrennsli vatns í Straumsvík og án nokkurs innrennslis.

2.3. Öldufarsgreining

Alda hefur að jafnaði veruleg áhrif á strauma við ströndu. Vegna þessa eykur það áreiðanleika útreikninga á dreifingu setefna ef öldufar við ströndina er þekkt og nýtt í straumlíkaninu sem dreifingarreikningar byggjast á.

Til að ákvarða tölfræði ölduhæðar í grennd við Straumsvík er stuðst við öldusveigjulíkan og greiningu á sögulegu öldufari úti fyrir Faxaflóa. Með öldusveigjulíkaninu er reiknað hvernig úthafsalda með mismunandi hæð og stefnu úti fyrir Faxaflóa skilar sér inn á flóann.

Út frá sögulega öldufarinu úti fyrir Faxaflóa og niðurstöðum öldusveigjulíkansins má svo reikna tölfræðilega hver verður líkindadreifing ölduhæðar og -stefnu innan flóans.

Niðurstaða þessarar greiningar er að skammt úti fyrir Straumsvík verður öldustefna mjög einsleit, um 290° mælt réttisælis frá norðri. Hlutfallsmörk ölduhæðar í viðmiðunarpunkti úti fyrir Straumsvík eru metin samkvæmt töflu 2.

Tafla 2. Hlutfallsmörk ölduhæðar í viðmiðunarpunkti úti fyrir Straumsvík.

Ölduhæð [m]	Hlutfallsmörk
0,20	10%
0,28	25%
0,52	50%
0,78	75%
1,27	90%

2.4. Ölduhæð í straumreikningum

Til að kanna áhrif öldu á straum voru straumar reiknaðir með þrenns konar úthafsölduskilyrðum sem skila sér við Straumsvík sem 25, 50 og 90% hlutfallsmörk í ölduhæð. Að auki var reiknað án nokkurrar öldu (0% hlutfallsmörk).

3. Niðurstöður

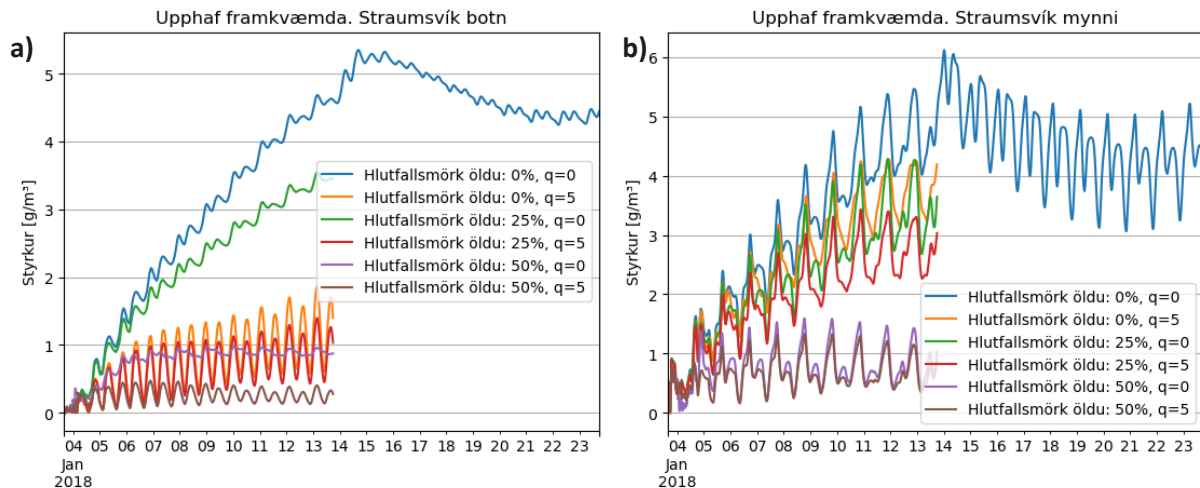
Niðurstöður eru settar fram sem tímaraðir styrks í tveimur punktum innan Straumsvíkur (Mynd 1), punkti **a** sem vísað verður til sem botns í Straumsvík og punkti **c** sem vísað er til sem mynnis víkurinnar. Farið er yfir niðurstöður með hliðsjón af upptakapunkti efnis, sem svarar til upphafs verks rétt við mynni Straumsvíkur (kafla 3.1) og lok verks í punkti við enda landfyllingar (kafla 3.2).

3.1. Áhrif í upphafi framkvæmdar

Í upphafi framkvæmdar er losunarpunktur efnis rétt við mynni Straumsvíkur (Mynd 1).

3.1.1. Styrkur efnis, áhrif ölduhæðar og innrennslis grunnvatns

Reikningar ná yfirleitt yfir 10 daga tímabil frá stórstreymi til smástreymis. Fyrir tilvik án öldu er reiknað nokkru lengra tímabil til að meta uppsöfnun styrks í víkinni (mynd 2).



Mynd 2. Styrkur efnis í botni Straumsvíkur (a) og mynni vÍkurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 µm, 0,1m/s). Þrenns konar ölduskilyrði, 0, 25 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.

Með ölduhæð sem nemur 25% hlutfallsmörkum og minna (ölduhæð er minni 25% tímans) verður nokkur uppsöfnun styrks í vÍkinni um rúmlega vikutíma frá því losun hefst, þ.e.a.s. frá stórstreymi til smástreymis. Þegar sjávarföll fara aftur vaxandi lækkar styrkur aftur (Mynd 2 blá lína a og b). Skilyrði eru til hærri styrks í Straumsvík eftir því sem sjávarfallastraumur er lægri og ölduhæð minni.

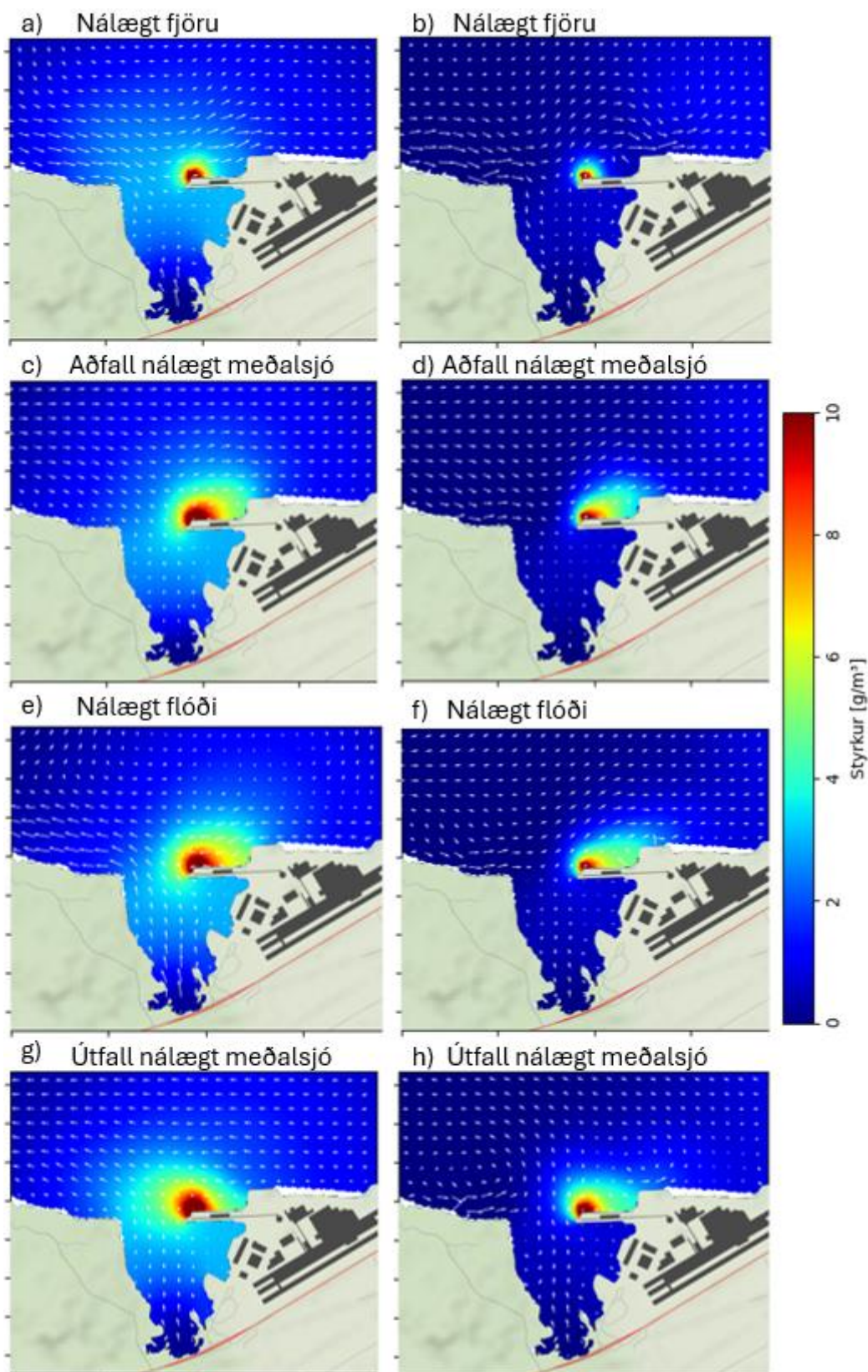
Grunnvatnsstreymi sem nemur 5 m³/s inn í botn vÍkurinnar dregur úr uppsöfnun styrks eftir því sem innar dregur í vÍkinni (Mynd 2 a) og er sérstaklega greinilegt við núll ölduhæð og ölduhæð sem nemur 25% hlutfallsmörkum (Mynd 2 b gul og rauð lína).

Með ölduhæð sem nemur 50% hlutfallsmörkum safnast hvergi styrkur yfir lengri tíma innan Straumsvíkur, hvort sem grunnvatnsrennsli er inn í vÍkina eða ekki (Mynd 2 a og b, fjólublá og og brún lína). Styrkur verðu 0,2-1,5 g/m³ eftir staðsetningu og innrennsli grunnvatns.

Draga má þá ályktun að innrennsli grunnvatns til Straumsvíkur hafi minni áhrif eftir því sem utar dregur í vÍkinni.

Ástæður þess að styrkur minnkar með aukinni öldu eru tvíþættar:

1. Við litla sem enga öldu sveiflast straumur við ströndu eftir sjávarföllum, milli austurs á aðstreymi og vesturs á útstreymi (Mynd 3 a, c, e, g). Með aukinni ölduhæð verður straumur eindregnari til austurs öllum stundum (Mynd 3 b, d, f, h) og ber setefni í sviflausn þar með til austurs frá Straumsvík.
2. Straumhraði verður meiri, sem eitt og sér leiðir til þess að setefni dreifist fljótar og blandast í meiri vatnsmassa í upphafi, sem aftur þýðir minni styrk.



Mynd 3. Dæmi um straumsvið og styrk setefna ($1,5 \mu\text{m}$, $0,1\text{m/s}$) nærri smástreymi án öldu (a,c,e,g) og með öldu við 50% hlutfallsmörk (b,d,f,h) meðan losun fer fram í upphafi framkvæmdar. Innrennsli grunnvatns er $5 \text{ m}^3/\text{s}$ í Straumsvík.

3.1.2. Birtuskilyrði og hlutfallsleg áhrif á ljósmagn til botns

Meta má rýni við þessar aðstæður með því að reikna svokallað Secchi dýpi sem tilgreinir það dýpi sem stöðluð rýnisskífa (Secchi diskur) hverfur sjónum manns þegar rýnt er ofan í vatnið frá yfirborði (mynd 4). Hér er ekki tekið tillit til mögulegra þátta sem fyrir eru og gætu haft áhrif á rýni í Straumsvík og er því gert ráð fyrir að grunnástand áður en að framkvæmd kemur svarar til þess að sjórinn sé fulltær.

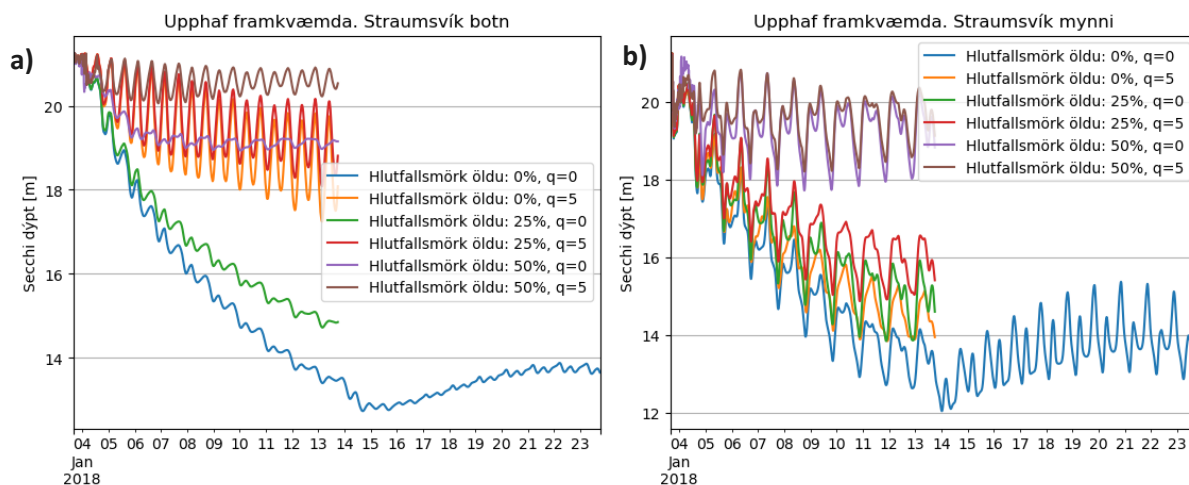
Birtuskilyrði skerðast nokkuð alls staðar í víkinni þegar styrkur nær 3-5 g/m³, þ.e. þegar gert er ráð fyrir lágri öldu (innan 25% tímans) og lækkar rýni um 5-9 m. Eftir því sem innar dregur í víkinni hjálpar innrennsli grunnvatns við að halda gruggi frá og lækkar rýnið einungis um 2-3 m þar við sömu aðstæður og að teknu tilliti til enn hærri öldu (50% tímans) verður breyting í rýni óveruleg innst í víkinni (mynd 4).

Með einföldum hætti má draga saman fræðilegt samband Secchi dýpis og hlutfalls ljósstyrks við botn af ljósstyrk við yfirborð, með því að beita Lambert-Beer lögmáli og einföldu sambandi Secchi dýpis og ljósdeyfistuðuls. Mynd 5 greinir frá þessu sambandi innan þess bils á Secchi dýpi sem reikningar gefa til kynna og yfir áætlað dýpi innan Straumsvíkur.

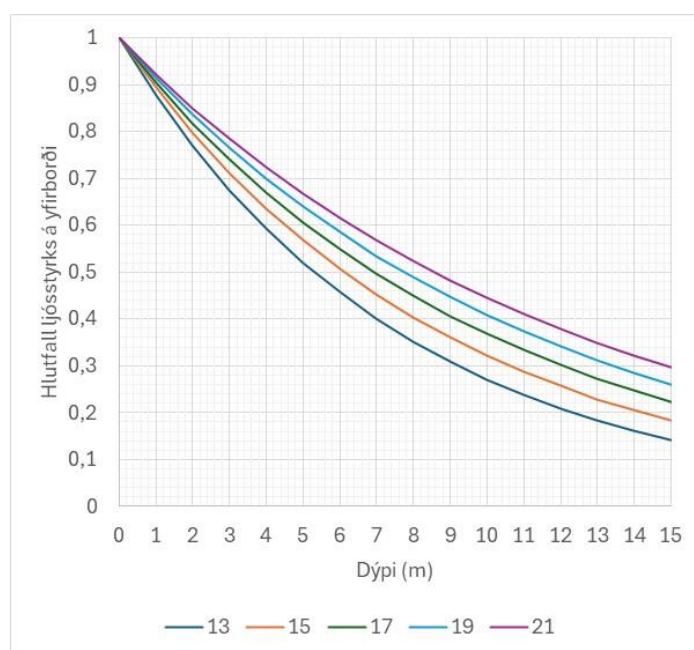
Nýta má þetta samband til að meta hlutfallslega breytingu á ljósstyrk sem nær til botns við það að vatnið mengist af efni í sviflausn. Niðurstaðan verður samspil af styrk efnis og dýpis, þannig að áhrif verða hlutfallslega minni efir því sem dýpi er minna. Við óhagstæðustu aðstæður reiknast fall í Secchi dýpi úr 21 m í 13 m. Við mynni Straumsvíkur er dýpið nálægt 14-15 m, sem svarar þá til þess að hlutfall ljósstyrks á botni fellur úr 0,3 í 0,15 með tilkomu gruggsins. Þetta svarar til þess að birtuskilyrði við botn skerðast um 50%. Að sama skapi innst í Straumsvík þar sem dýpið er um og undir 5 m, svarar það til þess að hlutfallið fellur úr u.þ.b. 0,7 í 0,55 með tilkomu gruggsins. Birtuskilyrði við botn innst í Straumsvík skerðast því hlutfallslega minna en yst í víkinni eða nálægt 20%. Þótt einungis sé um fræðilegt viðmið að ræða má styðjast við það til að fá fram einfalda túlkun á breytingu ljósstyrks við botn út frá viðmiði á Secchi dýpi.

Ef litið er til Straumsvíkur og næsta nágrennis losunarstaðarins má greina nokkurn breytileika í hlutfallslegri skerðingu birtuskilyrða eftir staðsetningu við upphaf framkvæmdar (mynd 6). Þegar engin alda er, verður nokkur skerðing á birtu við botn þegar styrkur með minnstu kornum hefur náð jafnvægi yst í víkinni eða 40-50%, aðallega á hafnarsvæðinu þar sem dýpi er mest (Mynd 6 a). Þegar öldu fer að gæta verða áhrifin mun minni eða um og innan við 20%. Þá verða áhrif hverfandi til vesturs en heldur meiri til austurs.

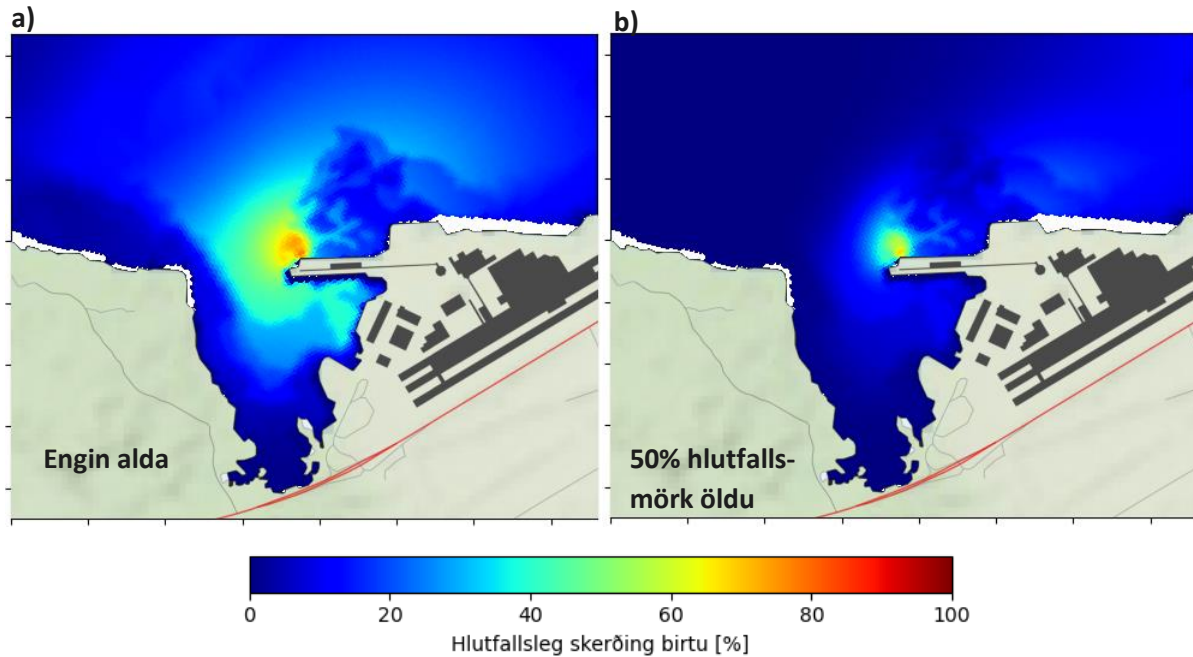
Veruleg áhrif á birtuskilyrði verða fyrst og fremst í nágrenni losunarstaðar. Í tilvikum með grófar efnum í sviflausn þar sem styrkur er minni verða áhrifin sömuleiðis minni en myndir hér sýna.



Mynd 4. Secchi dýpi í botni Straumsvíkur (a) og mynni vökurinnar (b). Fínasta kornastærð ($1,5 \mu\text{m}$, $0,1\text{m/s}$). Þrenns konar ölduskilyrði, 0, 25 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.



Mynd 5. Hlutfall ljósstyrks á yfirborði með dýpi fyrir mismundi Secchi dýpi. Dýptarbil svarar til dýpis innan Straumsvíkur og bil Secchi dýpis rammar inn reiknuð gildi í greiningunni.

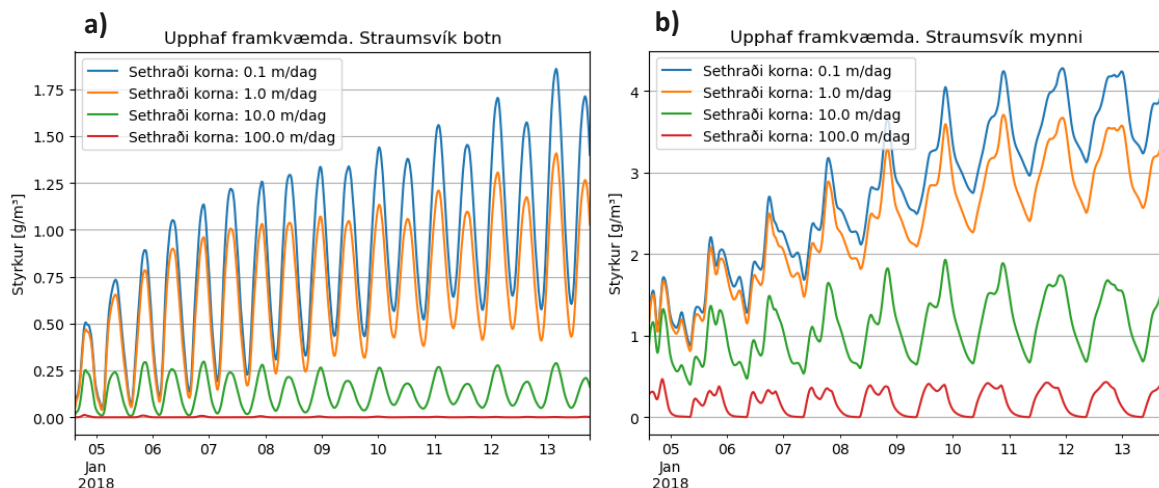


Mynd 6. Hlutfallsleg skerðing á birtuskilyrðum við botn eftir 10 daga uppsöfnun þegar styrkur hefur náð jafnvægi. Engin alda a) og 50% hlutfallsmörk öldu b). Fínasta kornastærð.

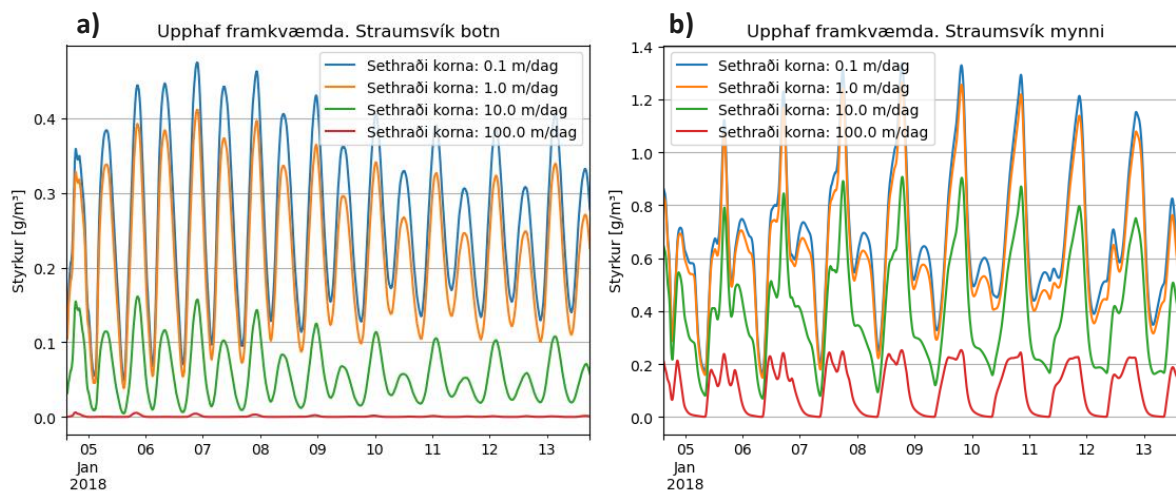
3.1.3. Styrkur efnis í sviflausn, áhrif kornastærðar

Eftir því sem kornastærð er meiri falla korn hraðar úr sviflausn til botns. Í kaflanum á undan voru allar niðurstöður með minnstu viðmiðunarkornastærðinni, þeirri sem leiðir af sér mestan styrk og mesta skerðingu á birtuskilyrðum við botn. Hér birtast að auki niðurstöður með meiri sethraða korna sem svarar til rófsins frá fínasta silti til hins grófasta.

Aukinn sethraði leiðir til minni styrks setefna í Straumsvík eins og við var að búast. Sömuleiðis skila grófari korn sér takmarkað inn eftir vikinni (Mynd 7 a og b, Mynd 8 a og b). Með aukinni ölduhæð minnkar styrkur í öllum stærðarflokkum (Mynd 7 a og Mynd 8 a, Mynd 7 b og Mynd 8 b). Með grófasta kornastærðarflokki lækkar styrkur um 80-90% í mynni Straumsvíkur miðað við fínasta efnið. Innar í vikinni munar enn meira og efnið fellur að megninu til út áður en það kemst inn í botn vikurinnar.



Mynd 7. Styrkur með mismunandi sethraða korna, engin alda.



Mynd 8. Styrkur með mismunandi sethraða korna, 50% hlutfallsmörk öldu.

3.1.4. Setmyndun

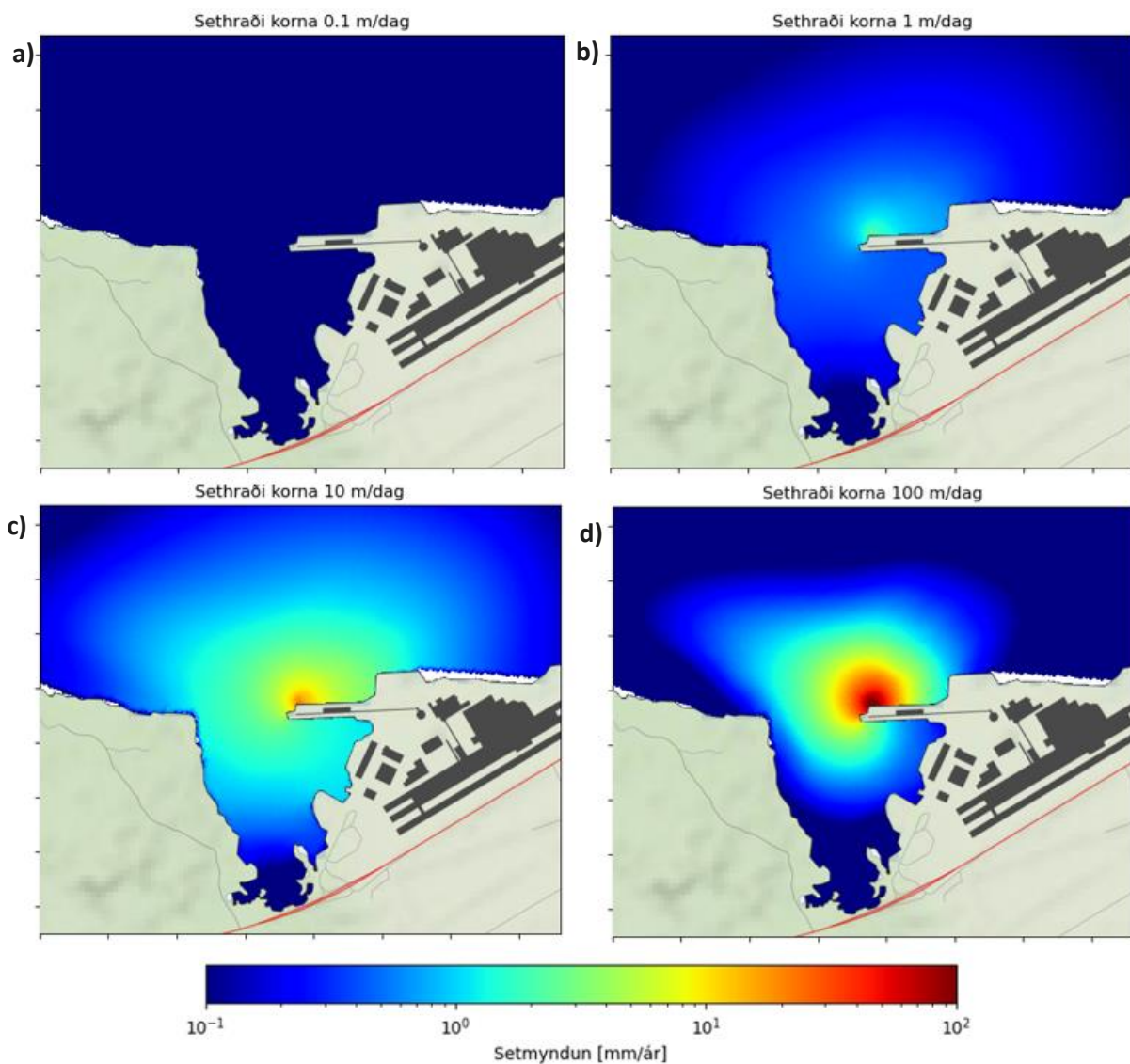
Myndir 9 og 10 sýna setmyndun sem uppsöfnunarhraða í plani fyrir korn með mismunandi sethraða. Eftir því sem sethraði korna er meiri fellur stærri hluti efnis út nær upptökum. Sé tíminn sem það tekur korn að setjast til botns langur miðað við endurnýjunartíma vatns verður setmyndun óveruleg.

Þetta á við minnsta og jafnvel næstminnsta kornastærðarflokk hér, en í reikningum án öldu fellur innan við 3% til botns af fínasta efninu og innan við 25% af því næstfínasta. Það sem eftir er berst með straumum út fyrir líkansvæðið. Með öldu minnka þessar tölur (Tafla 3).

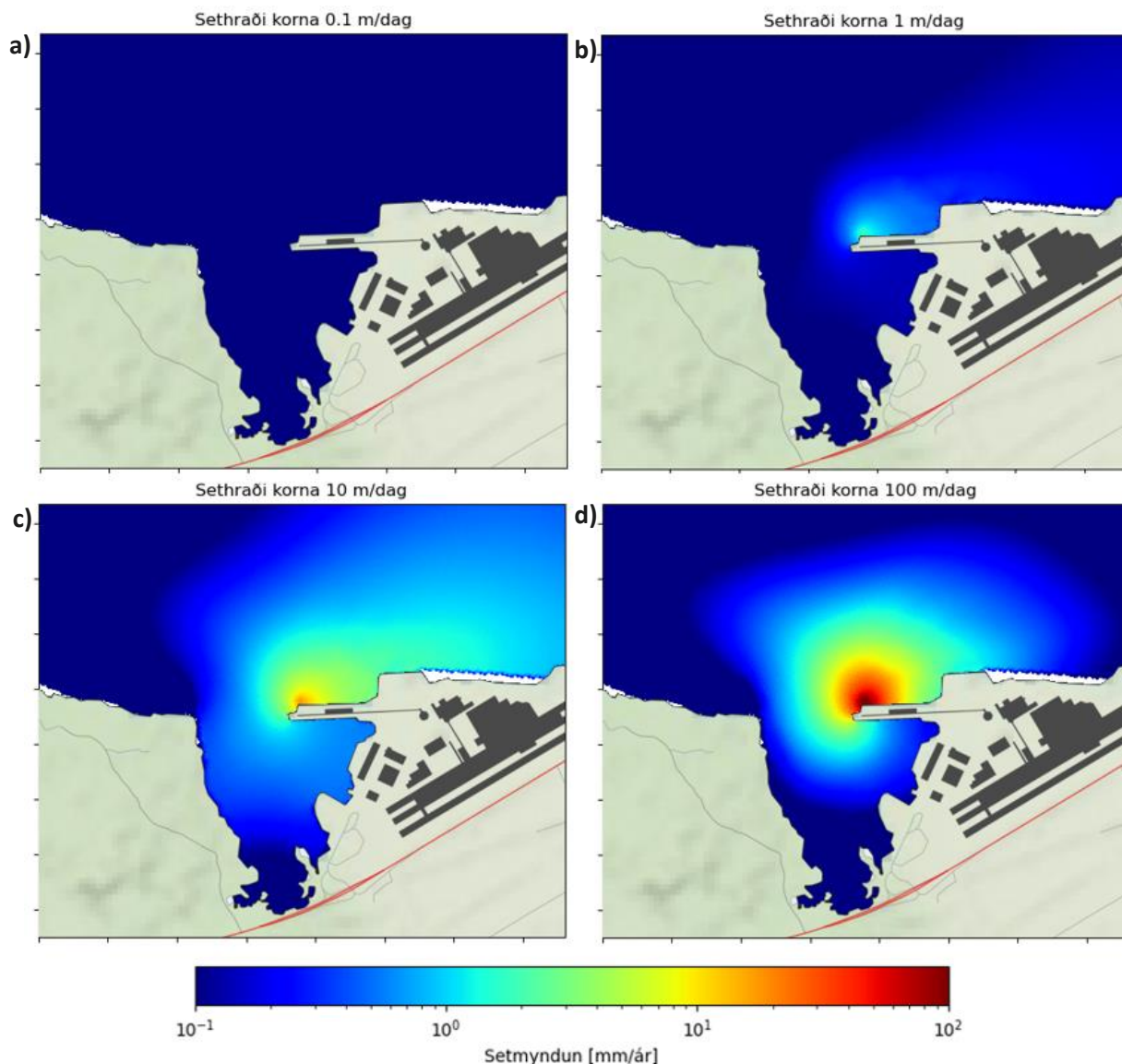
Inni í Straumsvík verður setmyndun almennt mjög lítil en mest í mynninu næst losunarpunkti og setmyndunin verður minni með öldu en án (Mynd 9, Mynd 10). Söfnunarhraðinn inni í víkinni miðað við óbreyttar aðstæður svarar fáum millimetrum á ári og er um þrefalt meiri í reikningum án öldu en að teknu tilliti til hennar (Tafla 3).

Tafla 3. Uppsöfnunarhraði setefna í Straumsvík.

	Engin alda			50% hlutfallsmörk Ölduhæðar		
Sethraði korna [m/dag]	Hlutfall af heild sem sest innan 1 km fjarlægðar frá Straumsvík	Hlutfall af heild sem sest innan Straumsvíkur	Uppsöfnunar hraði í Straumsvík [mm/ár]	Hlutfall af heild sem sest innan 1 km fjarlægðar frá Straumsvík	Hlutfall af heild sem sest innan Straumsvíkur	Uppsöfnunar hraði í Straumsvík [mm/ár]
0.1	2,9%	0,5%	0,34	1,5%	0,15%	0,1
1	24,0%	4,2%	2,83	13,6%	1,2%	0,9
10	82,5%	13,5%	9,02	70,6%	5,7%	3,8
100	99,5%	9,1%	6,05	99,4%	5,5%	3,7



Mynd 9. Setmyndun sem uppsöfnunarhraði fyrir mismunandi sethraða korna, engin alda. Upphaf framkvæmdar.

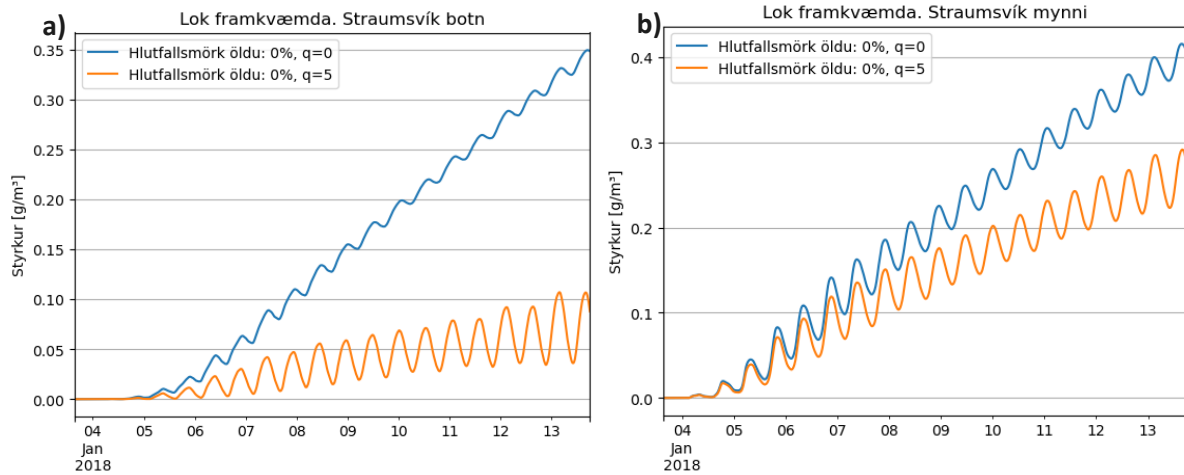


Mynd 10. Setmyndun sem uppsöfnunarhraði fyrir mismunandi sethraða korna, ölduhæð við 50% hlutfallsmörk. Upphaf framkvæmdar.

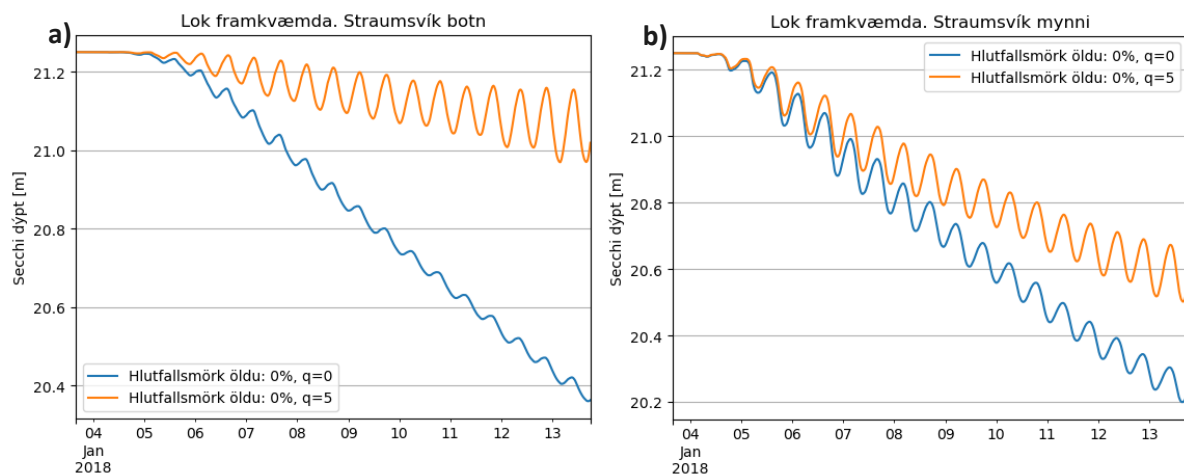
3.2. Áhrif í lok framkvæmdar

Þegar dregur að lokum framkvæmdar hefur losunarpunktur setefna færst 800 m til norðausturs auk þess sem varnargarðurinn hefur áhrif á straumsviðið. Meginniðurstaða reikninga er að styrkur setefna í sviflausn í Straumsvík minnkar eftir því sem verkinu vindur fram og verður ekki farið í smáatriðum yfir allar niðurstöður en dregin fram þau atriði sem máli skipta og til einföldunar aðeins litið á dreifingu fínasta efnisins.

Reikningar ná eins og fyrir stöðu í upphafi framkvæmdar yfir 10 daga tímabil frá stórstreymi til smástreymis. Reiknað er fyrir losun í lok framkvæmdar, með losunarpunktinn nærri enda varnargarðs (Mynd 2). Styrkur nær á reiknitímabilinu ekki tíunda hluta þess styrks sem varð í hinu tilvikinu og áhrif á birtuskilyrði eru óveruleg. Styrkur hefur raunar ekki náð jafnvægi en svo löng tímabil án öldu gerast varla (Mynd 11, Mynd 12).

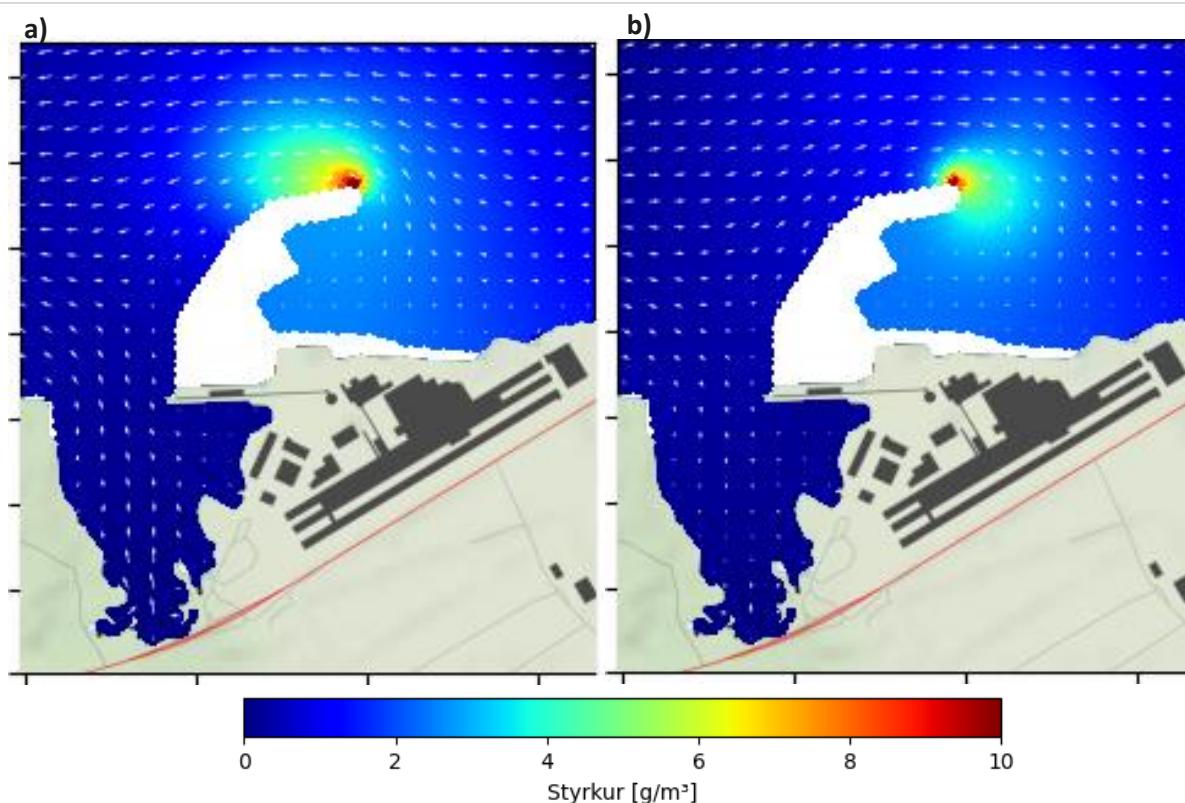


Mynd 11. Styrkur efnis í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkunnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 µm, 0,1m/s). Lok framkvæmdar.



Mynd 12. Secchi dýpi í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkunnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 µm, 0,1m/s). Lok framkvæmdar.

Athugun á straumsviði kringum varnargarðinn og inn að víkinni ásamt dreifingu fínefna frá upptakastað skýrir þetta vel (Mynd 13). Hvorki á aðfalli né útfalli beina straumar menguðum sjó frá upptakapunkti afgerandi inn að víkinni.



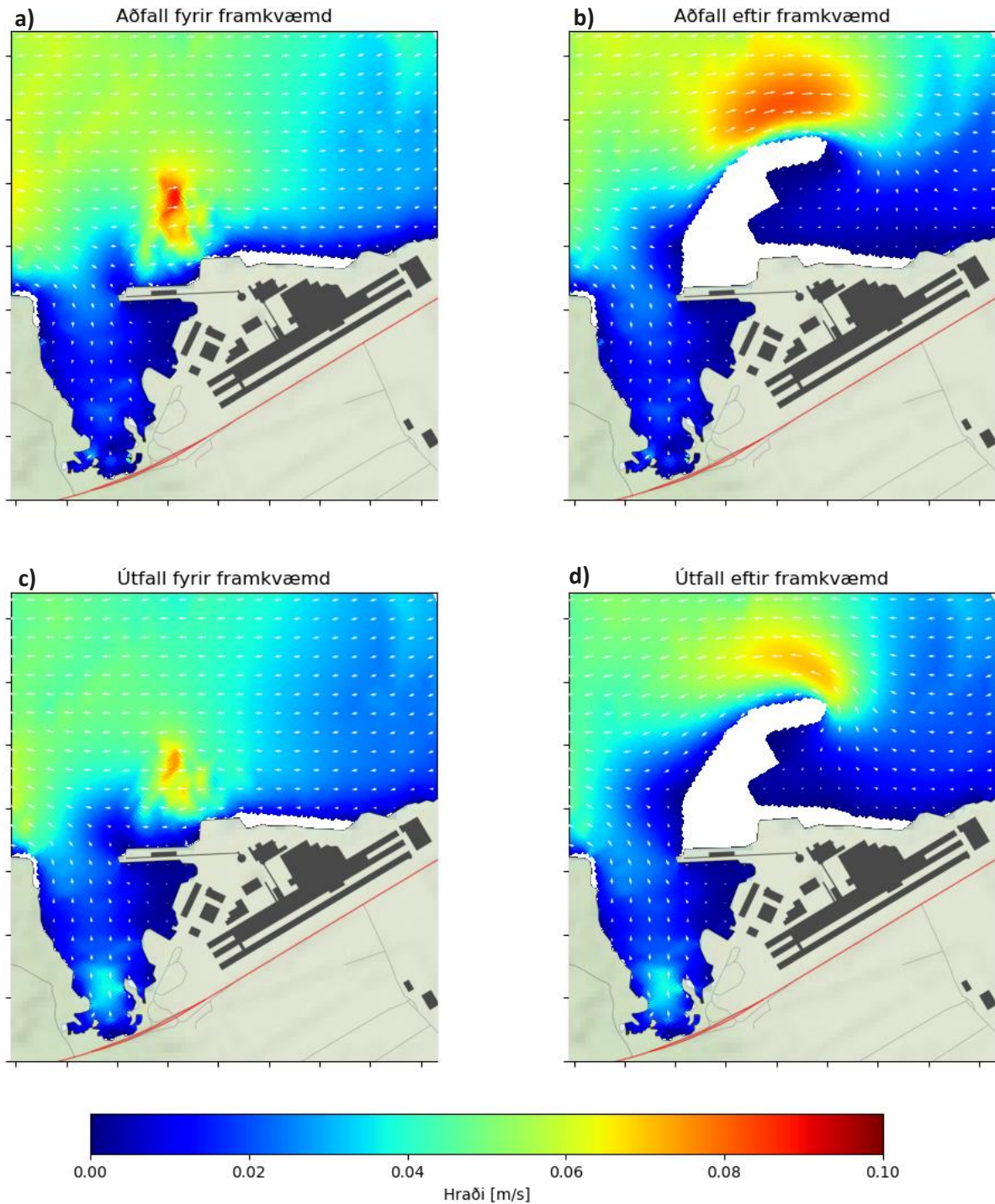
Mynd 13. Styrkur og straumsvið á útfalli a) og aðfalli b). Engin alda. Fínasta kornastærð (1,5 μm , 0,1m/s). Lok framkvæmdar.

3.3. Samanburður straumsviðs fyrir og eftir framkvæmd

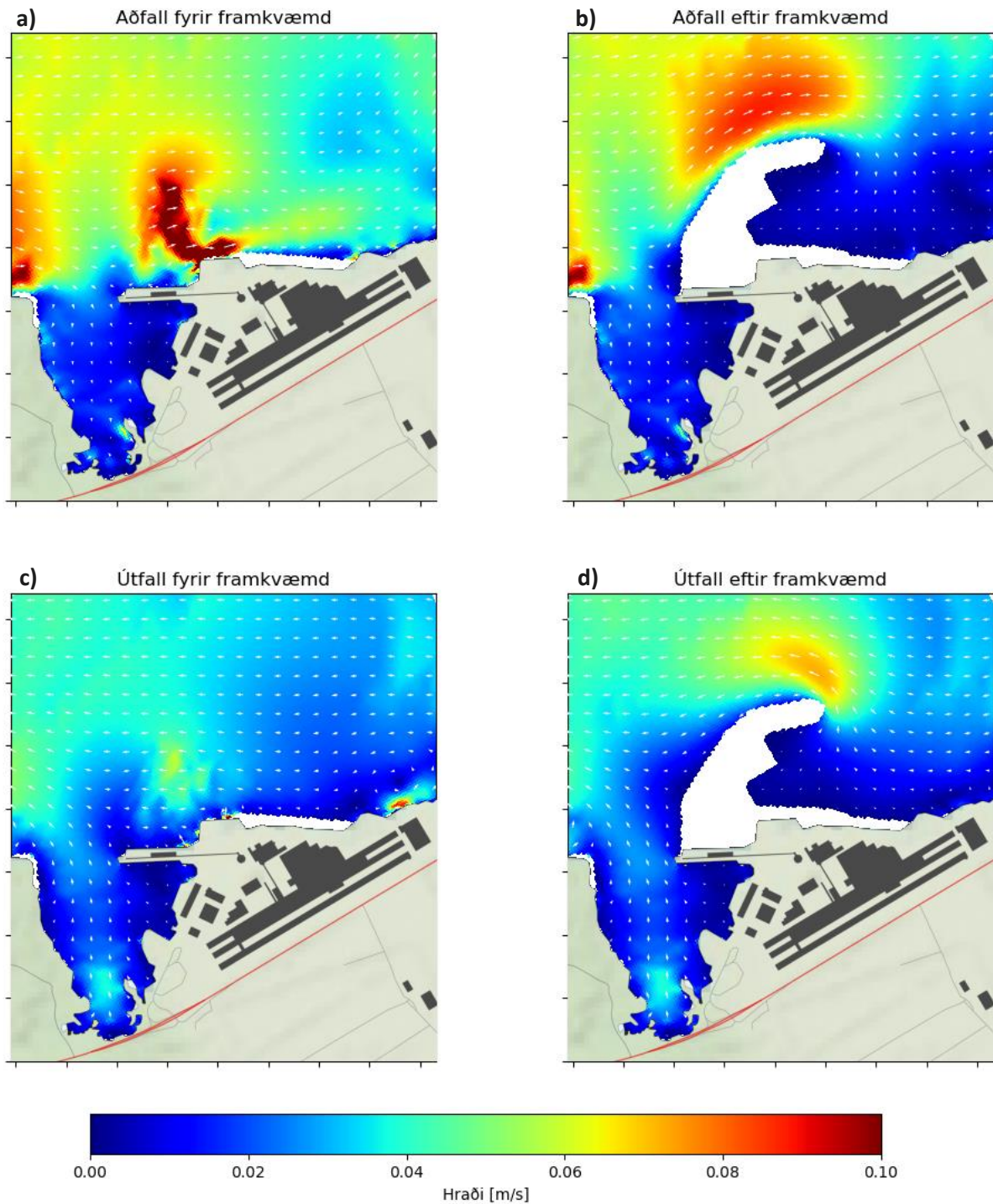
Með byggingu varnargarðsins til norðurs og vesturs út frá núverandi hafnargarði breytist straumsvið á svæðinu á þann veg að á aðfalli beinast austlægir straumar til norðurs og vesturs meðfram garðinum í stað þess að fara óhindrað til austurs (Mynd 14 a og b). Einnig myndast svæði sunnarlega við garðinn þar sem straumur nær stöðvast, þar sem streymið greinist annars vegar til norðurs með garðinum og hins vegar til suðurs inn í víkina. Lítil breyting verður á straumum inni í Straumsvík sjálfri enda ræðst straumsviðið að mestu af hæð sjávarfalla og þeim skorðum sem mynni víkurinnar setur á straumstefnu þegar flæðir að og frá (Mynd 14 b). Hins vegar getur efni sem kynni að berast í sjó við syðri hluta nýs varnargarðs flust inn til Straumsvíkur í stað þess að flytjast greiðlega í austur átt eins og gerist fyrir framkvæmd.

Á útfalli snýst dæmið við og ekki að sjá að breytingin geti skapað afgerandi skilyrði til þess að auka mengun við víkina (Mynd 14 c og d).

Í tilviki með öldu sjást svipuð mynstur (Mynd 15) en hraðar eru meiri einkum á aðfalli (Mynd 14, Mynd 15). Minni áhrif hraða á útfalli orsakast líklega af víxlverkun milli öldu og straumsviðs (Mynd 15 c,d), en öldustefnan er þá mikið til gagnstæð straumstefnu.



Mynd 14. Straumsvið án öldu fyrir og eftir framkvæmd, við meðalsjó á aðfalli og útfalli.



Mynd 15. Straumsvið með öldu við 50% hlutfallsmörk fyrir og eftir framkvæmd, á aðfalli og útfalli.

4. Samantekt

Reiknuð hefur verið dreifing setefna sem komast í sviflausn við gerð nýs varnargarðs við Straumsvíkurhöfn.

Óhagstæðustu skilyrði fyrir styrk efnis í sviflausn valda um 2-5 g/m³ styrk í Straumsvík og lækkun Secchi dýptar um 3-9 m. Það tekur meira en viku fyrir slíkan styrk að safnast upp. Með óhagstæðustu skilyrðum er átt við

- Allt fínefni fer í sviflausn, ekkert grefst með grófari efnum í varnargarðinum.
- Upphaf framkvæmda, losunarpunktur efnanna er rétt við mynni Straumsvíkur.
- Fíngerðasta efnið (1,5 µm í þvermál, sethraði 0,1 m/dag) sem þýðir að efni fellur mjög hægt út úr vatninu.
- Engin alda sem leiðir til þess að straumar eru hægari en þegar alda er meiri, auk þess sem straumar verða austlægari með aukinni öldu.

Við þessi óhagstæðustu skilyrði má ætla að rýni falli úr um 21 m í 13 m vegna gruggs frá framkvæmdinni sem svarar til að hlutfall ljósstyrks við botn samanborið við á yfirborði lækki frá um 0,8 í 0,65 innst í vikinni en frá um 0,3 í 0,15 yst í henni.

Alda minnkar styrk því meira sem hún er hærri. Við ölduhæð sem nemur 50% hlutfallsmörkum (ölduhæð er meiri 50% tímans) lækkar styrkur um 70-80% miðað við óhagstæðustu skilyrði og Secchi dýpi minnkar um 1-2 metra miðað við hreinan sjó (um 21 m).

Aukin kornastærð leiðir til þess að korn falla hraðar út, styrkur lækkar og áhrif á birtuskilyrði verða minni. Með grófasta kornastærðarflokknum verður styrkur a.m.k. stærðargráðu minni en með þeim fínasta.

Setmyndun innan Straumsvíkur verður mest með sethraðanum 10 m/dag (15 µm þvermáli korna) og engri öldu. Sethraðinn verður allt að 4 mm/ár við ölduhæð sem svarar 50% tímans. Hins vegar vara aðstæður aldrei svo lengi, þótt ekki væri nema vegna þess að losunarpunkturinn færir út eftir því sem verkinu vindur fram. Með því lengist fjarlægðin til mynnis Straumsvíkur og efni í sviflausn þynnist meira áður en það kemst inn í víkina. Við lok framkvæmdar verður styrkur a.m.k. stærðargráðu minni en við upphaf verksins.

Á fyrri stigum framkvæmdar, þegar unnið er út frá núverandi hafnargarði í norðurátt, getur því við langvarandi stillur orðið vart við grugg inni í Straumsvík vegna framkvæmdanna sem gæti haft áhrif á rýni og þ.a.l. það hlutfall ljósstyrks sem nær botni. Á þetta sérstaklega við eftir því sem stærri hluti siltsins (fínefnanna) sem í sviflausn berst er af fínustu gerð. Að jafnaði hins vegar, þegar alda ræður töluverðu um straumaðstæður, berst siltið tiltölulega greiðlega frá framkvæmdasvæðinu til austurs þar sem unnið er út að opnu hafi. Má þá búast við að styrkur fínefna í sviflausn inni í Straumsvík verði langtum minni og áhrif á rýni einungis lítilleg.

MB-24.09
Reykjavík, 19.04.2024

Til: Lúðvíks Geirssonar, Hafnarfjarðarhöfn og Helgu Frímenn Kristjánisdóttur, VSÓ ráðgjöf

Frá: Hjálta Sigurjónssyni og Sveini Óla Pálmarssyni

Efni: Landfylling í Straumsvík. Mat á dreifingu setefna, breytt útfærsla á framkvæmd

Í skýrslu Vatnaskila um mat á dreifingu setefna við uppbygginu nýrrar hafnar við Straumsvík (Vatnaskil 2024) var áætluð dreifing setefna sem kæmst í sjóinn við efnislosun fyrir kjarna varnargarðsins sem tilheyrir nýrri höfn. Reikningarnir gengu út frá ákveðum framgangi verksins, þ.e. að varnargarðurinn yrði byggður upp frá enda núverandi kants við mynni Straumsvíkur og út til norðurs og austurs. Niðurstaðan var að styrkur sets yrði aldrei verulega hár þar sem setmengað vatn skolaðist greiðlega burtu með straumum meðfram ströndu.

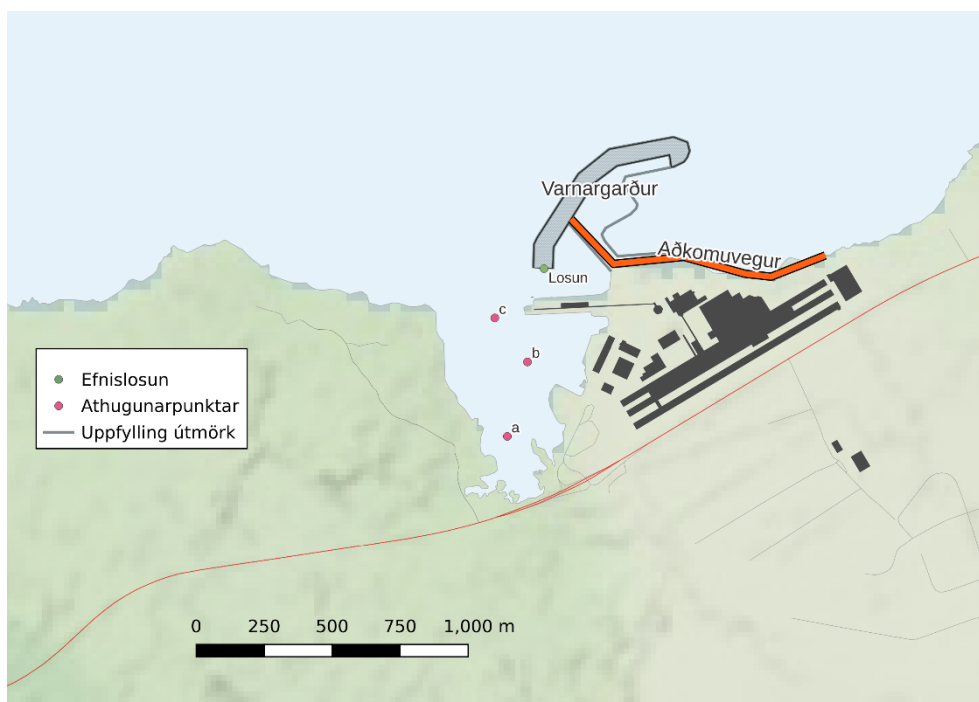
Nú er ráðgert að vinna verkið á annan hátt:

- Vegur byggður upp út frá landi austar (Aðkomuvegur, mynd 1).
- Uppbygging varnargarðs hefjist við vesturenda aðkomuvegar til norðausturs.
- Þegar því er lokið byggt upp frá vesturenda aðkomuvegarins til suðurs að staðnum við hafnarmynni þar sem áður var áætlað að byggingin myndi hefjast.

Samkvæmt áætluninni nú verður því endað þar sem áður átti að byrja. Þetta leiðir til þess að straumsvíð verður annað þegar efni er losað nærri víkurmynninu og straumaðstæðurnar gætu virst óhagstæðari fyrir dreifingu efnis inn í víkina.

Vegna þessa hefur verið ákveðið að reikna að nýju dreifingu við þessar aðstæður til þess að leggja mat á styrk setefna sem berast inn í víkina og birtuskilyrði til botns þegar verkið er unnið með framan- greindum hætti. Miðað er við að uppfyllingin sé komin langleiðina inn að mynni Straumsvíkur, merkt „Losun“ á mynd 1.

Reiknað er fyrir tvenns konar aðstæður hvað varðar ferskvatnsrennsli inn í Straumsvík, annars vegar með engu rennsli og hins vegar 5 m³/s rennsli sem kemur inn innst í vikinni. Þá er reiknað fyrir tvenns konar ölduaðstæður, annars vegar án öldu og hins vegar með ölduhæð sem nemur 50% hlutfalls- mörkum. Sams konar tilvik voru reiknuð áður og vísast til hinnar upprunalegu skýrslu um aðrar forsendur líkanreikninganna (Vatnaskil 2024).

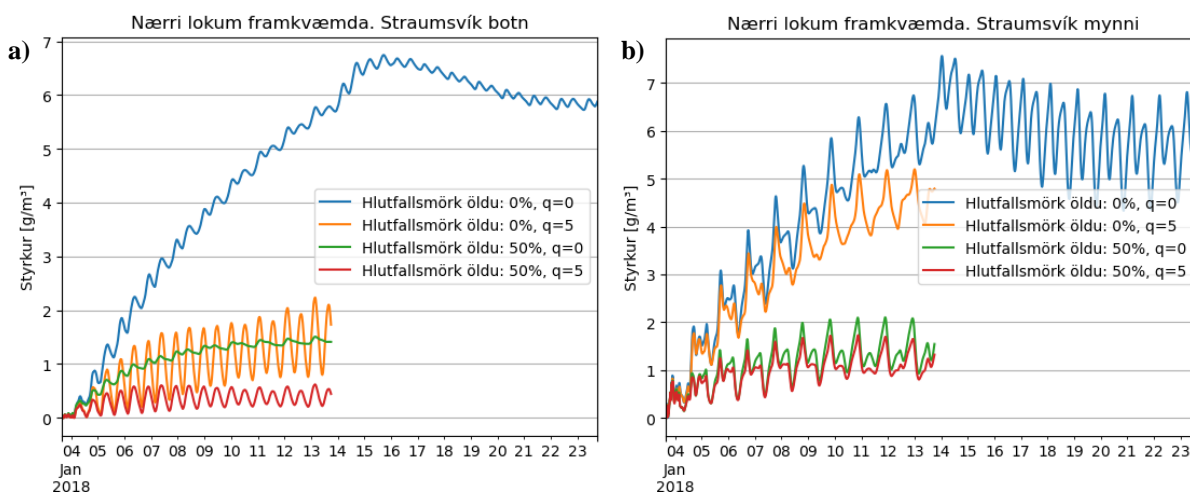


Mynd 1. Straumsvík. Fyrirhugaður varnargarður, efnislosunarpunktur líkanreikninga og athugunarpunktur.

Styrkur og birtuskilyrði

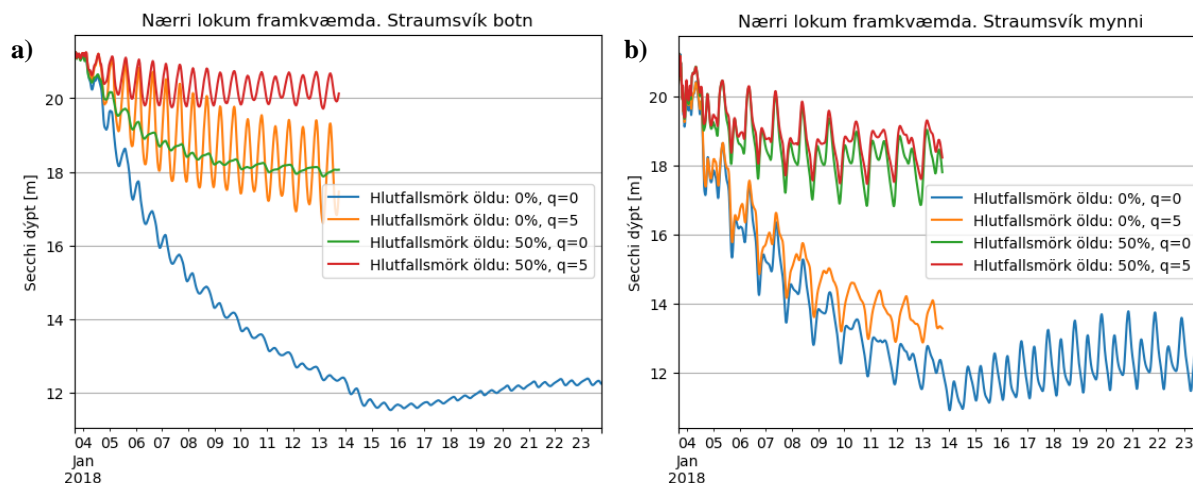
Tímaraðir styrks eru sem fyrr sýndar í tveimur punktum í Straumsvík, í botni vikurinnar og í mynni hennar (punktar a og c, mynd 1).

Styrkur reiknast um það bil 20% hærrí en í tilsvarendi tilvikum áður án öldu, nær jafnvægi í mesta lagi milli 6 og 7 g/m³. Þetta er svipað inni í vík og í mynni í tilviki án grunnvatnsrennslis. Í tilviki með ölduhæð við 50% hlutfallsmörk er hlutfallslegur munur öllu meiri en styrkur er hins vegar enn tiltölulega lágur, nær jafnvægi á bilinu 1-2 g/m³.



Mynd 2. Styrkur efnis í botni Straumsvíkur (a) og mynni vikurinnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 µm, 0,1m/s). Tvenns konar ölduskilyrði, 0 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.

Secchi dýpi minnkar í samræmi við aukinn styrk, verður minnst ríflega 11 metrar (mynd 3).



Mynd 3. Secchi dýpi í botni Straumsvíkur (a) og mynni víkunnar (b). Fínasta kornastærð (1,5 µm, 0,1m/s). Tvenns konar ölduskilyrði, 0 og 50% hlutfallsmörk ölduhæðar.

Dæmi um styrk og straumsvið í tilvikum án öldu og ölduhæð við 50% hlutfallsmörk má sjá á mynd 4. Styrkur verður hærri en áður nærri losunarstaðnum því straumar eru þar nú minni en áður. Þrátt fyrir það er tiltölulega lítil tilhneiging fyrir efnið að berast inn í Straumsvík. Eftir sem áður eru áhrif öldu nú sem áður mikil til lækkunar styrks samanborið við lygnar aðstæður.

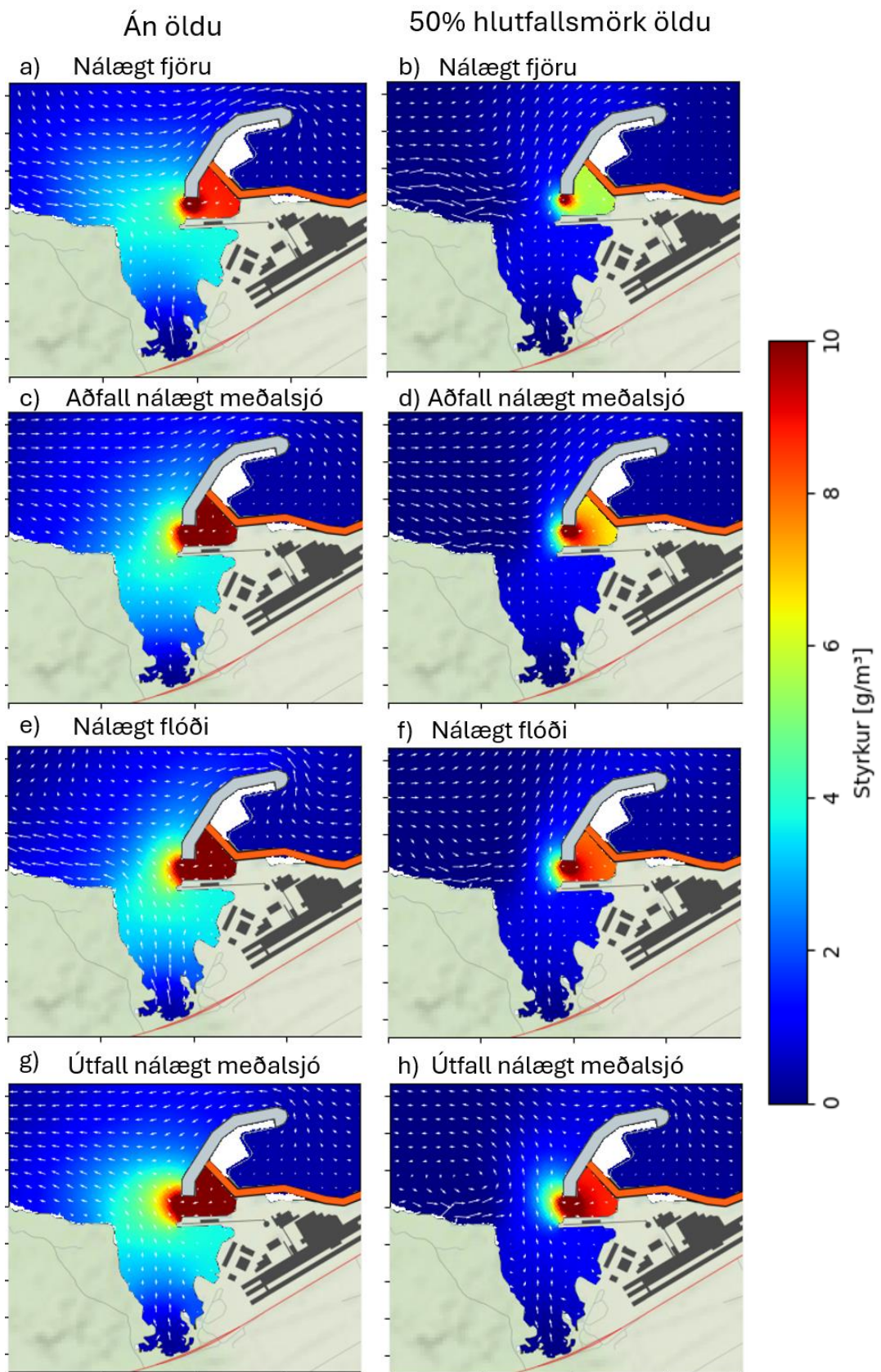
Talsvert hár styrkur verður hins vegar að jafnaði í lóninu milli garðsins og aðkomuvegar en þangað leita straumar frá losunarstað meðan fellur að. Lónið virðist þannig hjálpa til við að halda efninu nær losunarstaðnum í stað þess að berast inn til Straumsvíkur.

Niðurstaða

Með breyttu fyrirkomulagi á uppbyggingu varnargarðsins við nýja Straumsvíkurhöfn hækka hæsti mögulegi styrkur í Straumsvík nokkuð, eða úr 5-6 g/m³ í 6-7 g/m³, það er í tilviki án öldu og með fínustu kornastærð. Í tilvikum með öldu verður nokkru meiri hlutfallsleg hækking styrks með hinu breytta fyrirkomulagi, en styrkur er eftir sem áður margfalt lægri en án öldu. Birta við botn verður að sama skapi lengstum ekki skert að ráði frá því sem áður var. Einnig virðist sem að lón milli garðs og aðkomuvegar hjálpi til við að halda efninu nær losunarstaðnum í stað þess að berast inn til Straumsvíkur.

Tilvísanir

Vatnaskil 2024. Landfylling í Straumsvík. Mat á dreifingu setefna á framkvæmdatíma. Skýrsla nr. 24.02. Mars 2024.



Mynd 4. Dæmi um straumsvið og styrk setefna ($1,5 \mu\text{m}$, $0,1\text{m/s}$) án öldu (a,c,e,g) og með öldu við 50% hlutfallsmörk (b,d,f,h) meðan losun fer fram nærri lokum framkvæmdar. Innrennsli grunnvatns er $5 \text{ m}^3/\text{s}$ í Straumsvík.



VSÓ RÁÐGJÖF

Áhrif stækkunar hafnarinnar í Straumsvík á lífríki botns og fjöru

Þorleifur Eiríksson

Unnið fyrir VSÓ
ISSN 2547-6696
RORUM 2024 005

Lykilsíða

Skýrsla: RORUM 2024 001	Dags.: 19.1.2024	Dreifing: Lokuð tímabundið	Fjöldi síðna: 19
ISSN 2547-6696			
Heiti skýrslu: Áhrif stækkunar hafnarinnar í Straumsvík á lífríki botns og fjöru			
Höfundur: Þorleifur Eiríksson			
Framkvæmd: RORUM			
Unnið fyrir: VSÓ			
Útdráttur: Óskað var eftir því af VSÓ að RORUM legði mat á áhrif stækkunar hafnarinnar í Straumsvík í Hafnarfirði á lífríki botns umhverfis höfnina og lífríki fjöru í Straumsvík. Vatnaskil geri líkan af dreifingu sets út frá framkvæmdasvæði meðan á framkvæmdum stendur. Áhrif framkvæmdarinnar voru metin út frá fyrirbyggjandi heimildum. Stækkun hafnarinnar við Straumsvík mun skerða lífríki á hörðum botni norður og austur af Straumsvík, en einungis veldur minkun á algengri vistgerð. Grugg frá framkvæmdum mun valda truflun í Straumsvík á framkvæmdatíma en varanleg áhrif eru ekki líkleg. Ekki er talið að lífríki tjarna við Straumsvík verði fyrir áhrifum. Fyrirliggjandi upplýsingar voru notaðar til að skilgreinda vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) sem nota má til að vakta svæðið á meðan og eftir framkvæmdir.			

Efnisyfirlit

Lykilsíða	2
Efnisyfirlit.....	3
Myndir	4
Töflur	4
Inngangur	5
Aðferðir	10
Greinargerð	10
Botn.....	10
Fjara	12
Tjarnir.....	15
Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður	15
Svifpörungar (blaðgræna a)	15
Viðmiðunaraðstæður fyrir fjörur	16
Umræður	17
Heimildir:	18

Myndir

Mynd 1. Fyrirhuguð landfylling í Straumsvík	5
Mynd 2. Vatnshlot við framkvæmdasvæðið í Straumsvík.	6
Mynd 3. Mynd þessi sýnir dreifingu styrks á gruggi í kringum framkvæmdasvæðið (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).	7
Mynd 4. Setmyndun innan Straumsvíkur. Engin alda.	9
Mynd 5. Setmyndun inna Straumsvíkur. Ölduhæð 50%hlutfallsmörk.	9
Mynd 6. Hlutfall ljósstyrks á yfirborði með fyrir mismunandi Secchi dýpi.	10
Mynd 7. Sýnatökustöðvar á botni	11
Mynd 8. Sýnatökustöðvar á botni í Straumsvík.	12
Mynd 9. Fjörusnið í Straumsvík (svæði I) og austan við Straumsvík (svæði II).	12
Mynd 10. Formúla fyrir útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR).	15
Mynd 11. Sýnatökur á blaðgrænu við útrásir við Ánanaust (A) og Klettagörðum (K).	15

Töflur

Tafla 1. Uppsöfnunarhraði setefna í Straumsvík.	8
Tafla 2. Listi yfir þörungategundir sem fundust í Hraunavík og Straumsvík.	13
Tafla 3. Niðurstöður blaðgrænumælinga við Ánanaust og Klettagarða í vatnshloti nr. 104-1391-C.	16
Tafla 4. Ástandsflokkar fyrir strandsjó CS2152.	16
Tafla 5. Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir Hraunavík og Straumsvík.	17

Inngangur

VSÓ óskaði eftir að RORUM legði mat á möguleg áhrif stækkunar hafnarinnar í Straumsvík í Hafnarfirði á lífríki botns umhverfis höfnina og lífríki fjöru í Straumsvík. Framkvæmdin felst í byggingu garðs norður og austur af núverandi höfn með fyllingu innan garðsins (Mynd 1).

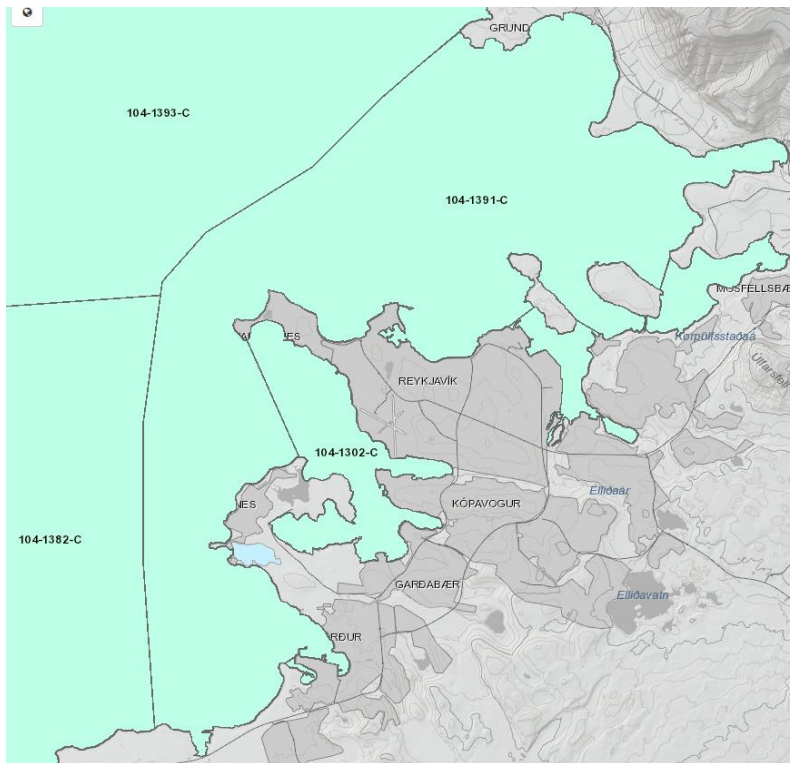


Mynd 1. Fyrirhuguð landfylling í Straumsvík .

Fyrirliggjandi rannsóknir á svæðinu voru skoðaðar með tilliti til fyrirhugaðra framkvæmda og komist að þeirri niðurstöðu að ekki væri þörf á að gera meiri rannsóknir á lífríki á botni við Straumsvík, fjörolífi eða lífríki tjarna svo stöddu, þar sem nægilegar heimildir væru til (Þorleifur Eiríksson 2024) og því þyrfti að vinna matið út frá fyrirliggjandi gögnum um lífríkið.

Framkvæmdasvæðið er í standsjavarhloti nr. 104-1391-C (Mynd 2) (Stjórn vatnamála, 2022). Í greiningu á vatnshloti hefur Umhverfisstofnun metið sem svo að strandsjavarhlotið við álverið sé ekki í hættu og því gert ráð fyrir að umhverfismarkmiði þess verði náð (Umhverfisstofnun, 2013).

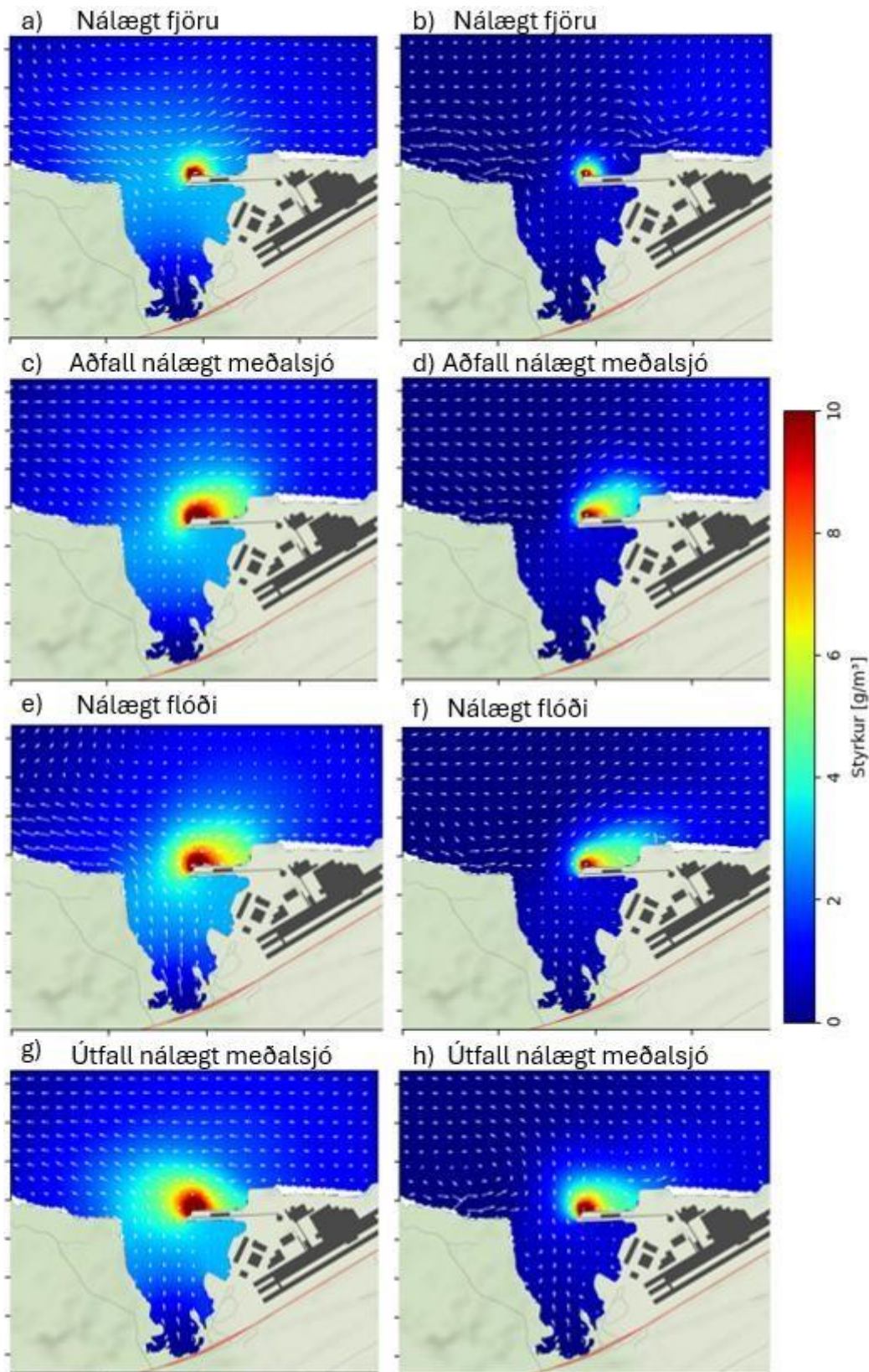
Gerðir strandsjó eru flokkaðar á grundvelli öldugangs og hitastigs voru skilgreindar 4 gerðir vatnshlota í strandsjó við Ísland. Ströndin við Straumsvík er í CS-2152, Strandsjór sunnanlands og vestan þar sem strönd er opin fyrir öldu (Sólveig R. Ólafsdóttir 2019).



Mynd 2. Vatnshlot við framkvæmdasvæðið í Straumsvík.

Ekki var ljóst hvernig grugg frá framkvæmdinni mundi dreifast, svo gerðir voru líkanareikningar á dreifingu gruggs, uppsöfnunar sets og minkun á ljósmagni (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Reiknað var út dreifing lausefnis út frá framkvæmdasvæðinu á meðan á framkvæmdum stendur. Það eru litlar áhyggjur af uppsöfnun efnis utan norðan og austan framkvæmdasvæðis en gruggið minkar ljósmagn og hefur áhrif á frumframleiðslu þörunga en áhrif gætu orðið meiri inn í Straumsvík (Mynd 3).



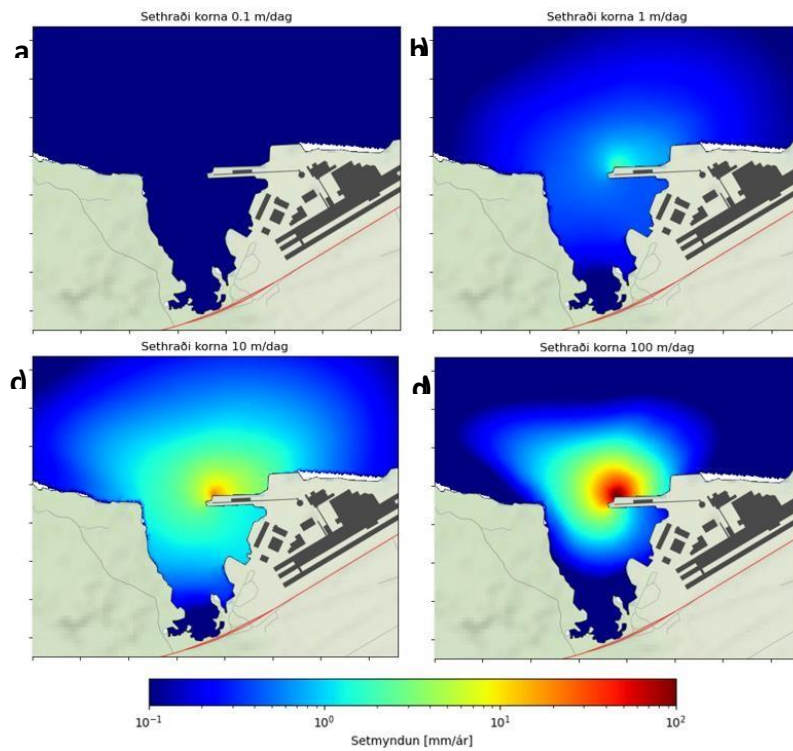
Mynd 3. Mynd þessi sýnir dreifingu styrks á gruggi í kringum framkvæmdasvæðið (Hjalte Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Áhrif frá setmyndun og gruggi gæti verið meiri innan Straumsvíkur. Við útreikninga á því þarf að taka tillit til grunnvatnsrennslis. Heildarrennslí grunnvatns til Straumsvíkur og strandar í nágrenni við hana er talið vera um 10 m³/s. Ljóst er að ekki fer allt rennslíð í víkina. Í líkanareikningum er miðað við 5 m³/s (Tafla 1Mynd 5. Setmyndun inna Straumsvíkur. Ölduhæð 50%hlutfallsmörk.) (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

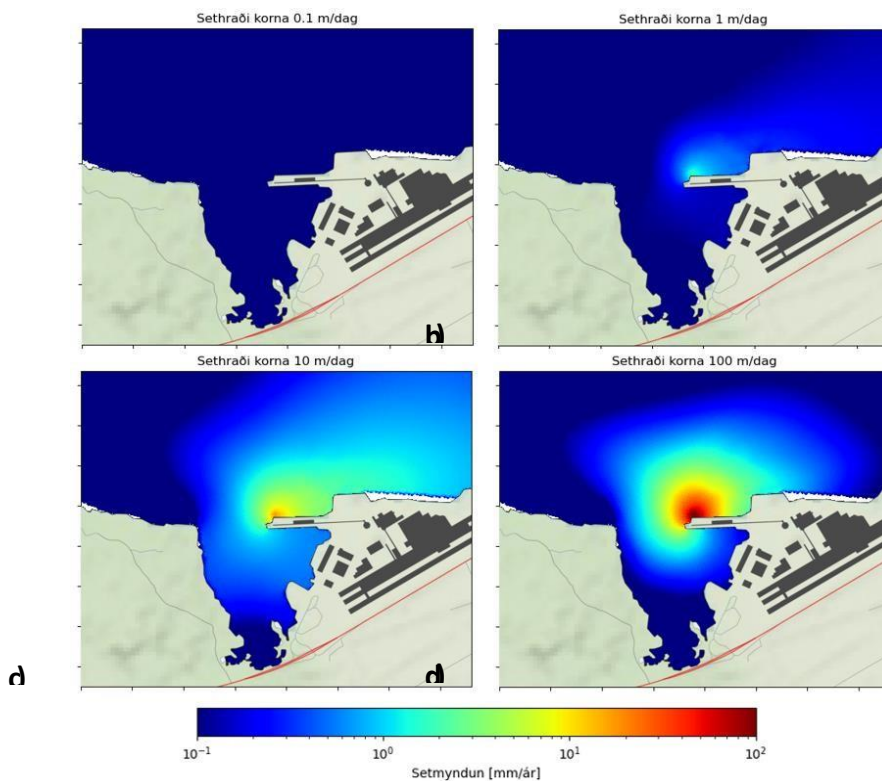
Þegar alda er engin eru hreinir sjávarfallastraumar sem næst ströndu leggjast samsíða ströndu, til austurs á aðfalli og til vesturs á útfalli. Eftir því sem alda verður meiri verður straumur eindregnari til austurs öllum stundum. Það leiðir til þess að minna set berst inn í Straumsvík eftir því sem aldan er meiri (Tafla 1, Mynd 4) (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Tafla 1. Uppsöfnunarhraði setefna í Straumsvík.

	Engin alda			50% hlutfallsmörk Ölduhæðar		
Sethraði korna [m/dag]	Hlutfall af heild sem sest innan 1 km fjarlægðar frá Straumsvík	Hlutfall af heild sem sest innan Straumsvíkur	Uppsöfnunar hraði í Straumsvík [mm/ár]	Hlutfall af heild sem sest innan 1 km fjarlægðar frá Straumsvík	Hlutfall af heild sem sest innan Straumsvíkur	Uppsöfnunar hraði í Straumsvík [mm/ár]
0.1	2,9%	0,5%	0,34	1,5%	0,15%	0,1
1	24,0%	4,2%	2,83	13,6%	1,2%	0,9
10	82,5%	13,5%	9,02	70,6%	5,7%	3,8
100	99,5%	9,1%	6,05	99,4%	5,5%	3,7

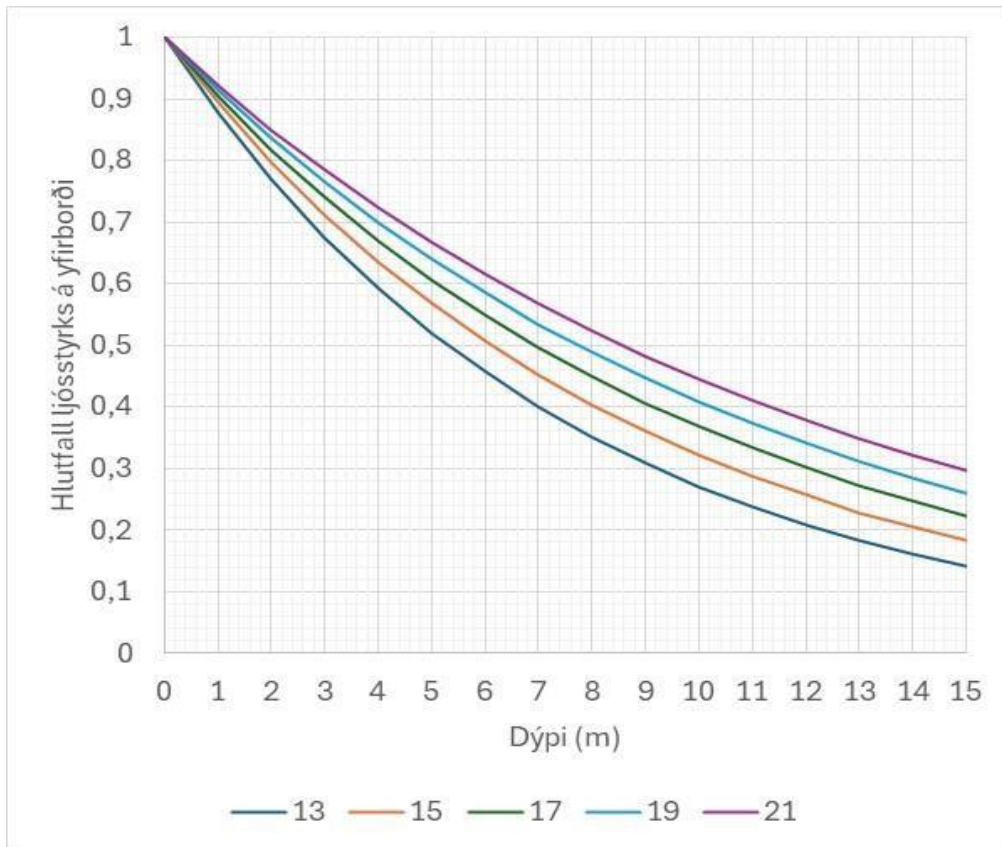


Mynd 4. Setmyndun innan Straumsvíkur. Engin alda.



Mynd 5. Setmyndun inna Straumsvíkur. Ölduhæð 50%hlutfallsmörk.

Í framhaldi af spurningu Rorum um áhrif á ljósstyrk við botn, má með einföldum hætti draga saman fræðilegt samband Secchi dýpis og hlutfalls ljósstyrks við botn af ljósstyrk við yfirborð. Er þetta gert með því að beita Lambert-Beer lögmáli og einföldu sambandi Secchi dýpis og ljósdeyfistuðuls. Fyrir Secchi dýpið sem verið er að vinna með (tekur ekki tillit til neins annars en setefnanna frá framkvæmdinni) má draga sambandi saman á eftirfarandi grafi (Mynd 6).



Mynd 6. Hlutfall ljósstyrks á yfirborði með fyrir mismunandi Secchi dýpi.

Aðferðir

Fyrirliggjandi heimildir voru skoðaðar og metið hvernig áhrif framkvæmdirnar gætu haft á lífríkið eins og því er lýst í þessum heimildum (Þorleifur Eiríksson 2024) og út frá líkani Vatnaskila sem lýst er hér að framan (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Greinargerð

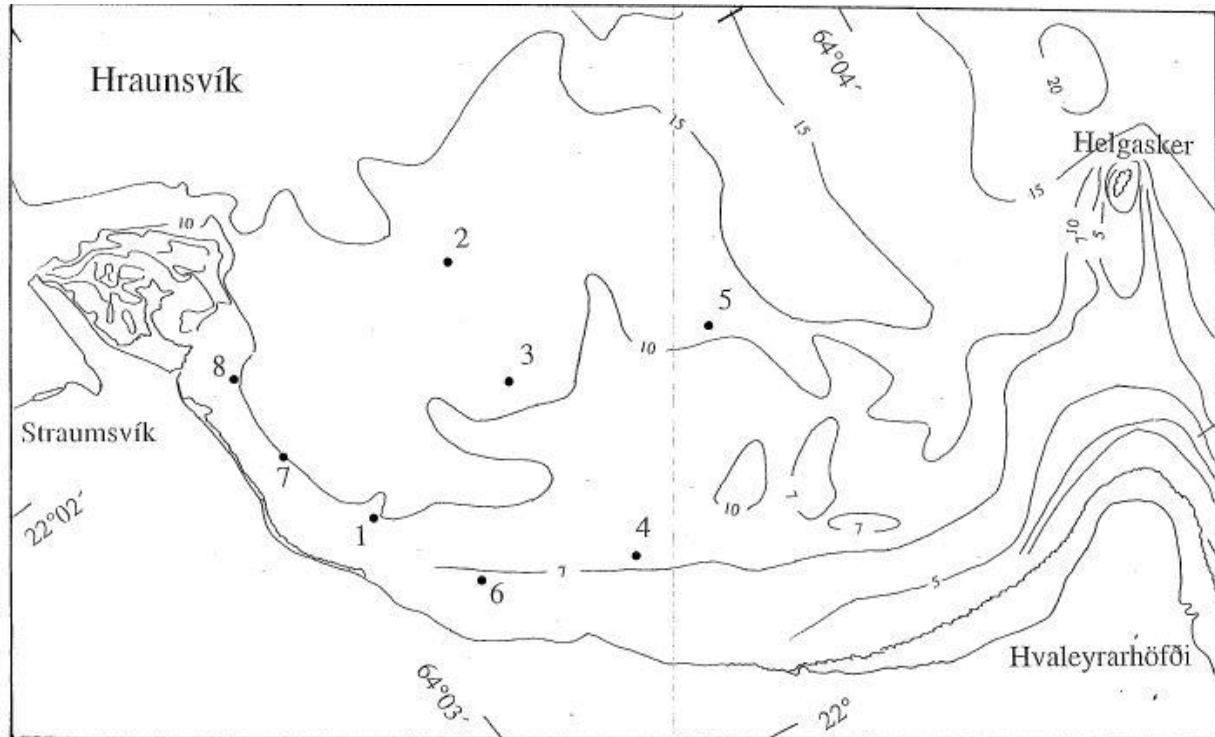
Við framkvæmdina fer botn norður og austur af Straumsvík undir garð og fyllingu.

Straumsvíkin er vestan og sunnan við væntanlegan hafnargarð og grugg mun berast frá framkvæmdinni inn í víkina.

Botn

Botninn út frá Straumsvík er klettbotn með þaraskógi. Rannsóknir voru framkvæmdar með tvenns konar aðferðum: Annar vegar var safnað þöngulhausum og dýrasamfélög í þeim greind

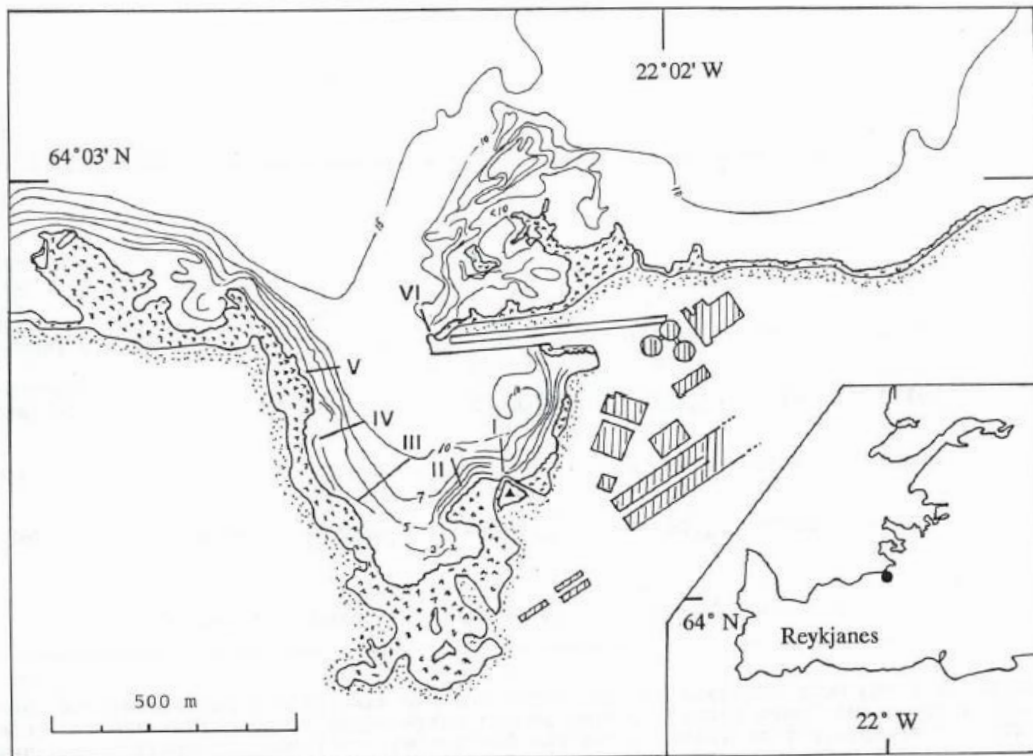
til tegunda og hins vegar var beitt nýrri tækni þar sem teknar voru myndir af botninum og tegundir greindar á myndunum (Jörundur Svavarsson 1991). Sýnatökustöðvar voru sömu og höfðu verið 1990 en 1 var bætt við 2002 (Mynd 7) (Jörundur Svavarsson o.fl. 1991; Jörundur Svavarsson 2002).



Mynd 7. Sýnatökustöðvar á botni

Út frá ljósmyndum af sýnatökustöðvum var safnhópurinn sniglar (Gastropoda) algengastur á öllum stöðvum. Stórkrossi (*Asterias rubend*) var algengur á tveimur stöðvum og skollakoppur (*Strongylocentrotus drobaciensis*) á einni stöð. Meyjarhetta og/eða olnbogaskel (*Acmea* spp.) voru algengar á tveimur stöðvum.

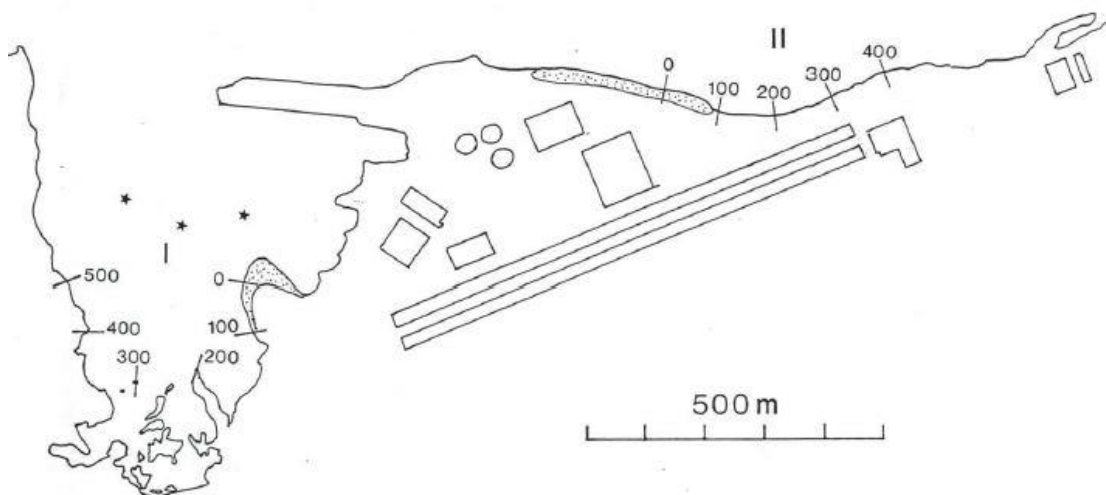
Skyldleiki var kannaður með Bray-Curtis skyldleikastuðli og reyndust allar stöðvarnar einsleitar. Alls var safnað 30 þöngulhausum á sýnatökustöðvunum. Á hverjum þöngulhaus voru á milli 27-77 tegundir. Alls fundust 155 tegundir eða hópar á þöngulhausunum: Flestar tegundir eða alls 66 voru burstaormar, 41 tegund lindýra og 18 tegundir krabbadýra. Algengasta tegundin á þöngulhausum var rataskel (*Hiatella arctica*), en síðan marflóin (*Crassocorophium bonelli*), kræklingur (*Mytilus edulis*), og burstaormurinn *Syllis armarillis*. Þegar samfélög á þöngulhausum voru greind með Bray-Curtis skyldleikastuðli og reyndust flestar stöðvarnar einsleitar. Flestar sömu tegundir fundust 2001 og höfðu fundist við rannsóknirnar 1990 (Jörundur Svavarsson 1998; Jörundur Svavarsson 2002). Einnig var safnað þöngulhausum á sýnatökustöðvum á botni í Straumsvík (Mynd 8) (Jörundur Svavarsson 1990) og var dýralíf í þeim mjög svipað og fyrir utan höfnina (Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson 1995).



Mynd 8. Sýnatökustöðvar á botni í Straumsvík.

Fjara

Gerðar voru rannsóknir á fjörunni með því að taka sýni á sýnatökustöðvum staðsettum á sniðum þvert á fjöruna. Tekin voru snið í Straumsvík og austan við Straumsvík (Mynd 9) (Agnar Ingólfsson 1990).



Mynd 9. Fjörusnið í Straumsvík (svæði I) og austan við Straumsvík (svæði II).

Fjaran í Straumsvík er klóþangsfjara (Agnar Ingólfsson 1977) á meðan meiri hreyfing sjávar er í fjörunni austan við Straumsvík (Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir 2002) og er fjaran þar skilgreind sem skúfabangsfjara (Agnar Ingólfsson 1990; Agnar Ingólfsson 1998a; Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson 1995).

Á svæði 1, Straumsvík, voru sett niður 6 snið með 100 m millibili og á svæði 2, Hraunavík, voru sett niður 5 snið (Mynd 9). Undirlag á sniðum var hraunklappir með lausu grjóti neðst. Á hverju sniði voru sýnatökustöðvar staðsettar með 50 cm hæðarbili niður fjöruna. Á hverri stöð voru staðsettir 20x20 cm reitir og dýr í reitunum greind til tegunda og talin.

Klettadoppa (*Littorina sacatilis*) er algengasta tegundin um allt svæðið. Fjöruflóin (*Gammarus oceanicus*) er algeng og þanglúsin *Isotea granulosa*. Ánar (Oligochaeta) eru algengir efst í fjörunni. Aðrar algengar dýrategundir eru Þangdoppa (*Littorina obtusata*), nákuðungur (*Thais lapillus*), þangflóin (*Hyale nilsoni*) og fjöruflóin (*Jaera spp.*).

Dýralíf er að mestu eins og einkennandi er fyrir klóþangsfjörur, en heldur færri tegundir, sem er sennilega vegna mikils ferskvatns, sem rennur fram í víkina (Agnar Ingólfsson 1998a).

Þörungar voru greindir í 20x20cm á sömu reitum og dýr voru greind. Listi yfir þörungum sem fundust annars vegar í Hraunavík og hins vegar í Straumsvík eru í Tafla 2 (Agnar Ingólfsson 1990; Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir 2002).

Tafla 2. Listi yfir þörungategundir sem fundust í Hraunavík og Straumsvík.

	Hraunavík	Straumsvík
	Rauðþörungar (Rhodophyta)	
		<i>Aglaothamnion scopulorum</i>
		<i>Ahnfeltia plicata</i>
	<i>Antithamnionella floccosa</i>	<i>Antithamnion floccosum</i>
		<i>Antithamnionella floccosa</i>
		<i>Acrochaetium secundatum</i>
	<i>Ceramium virgatula</i>	
		<i>Ceramium arborescens</i>
		<i>Ceramium deslongchampsii</i>
		<i>Ceramium rubrum</i>
	<i>Chondrus crispus</i>	<i>Chondrus crispus</i>
		<i>Choreocolax polysiphoniae</i>
		<i>Cystoclonium purpureum</i>
		<i>Devaleraea ramentacea</i>
		<i>Dumontia contorta</i>
	<i>Fimbrifolium dichotomum</i>	
	<i>Mastocarpus stellatus</i>	
	<i>Palmaria palmata</i>	<i>Palmaria palmata</i>
	<i>Polysiphonia stricta</i>	
		<i>Polysiphonia lanoga</i>
		<i>Devaleraea ramentacea</i>

	<i>Porphyra purpurea</i>	
	<i>Porphyra sp.</i>	<i>Porphyra sp.</i>
	<i>Porphyra umbilicalis</i>	
		<i>Hildenbrandia rubra</i>
		<i>Polysiphonia lanoga</i>
		<i>Mastocarpus stellatus</i>
	<i>Rhodomela lycopodioides</i>	
		<i>Polysiphonia stricta</i>
		<i>Ptilota gunneri</i>
		<i>Plumaria plumosa</i>
		<i>Rhodochorton purpureum</i>
Brúnpörungar (phaeophyta)		
	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>
	<i>Desmarestia aculeata</i>	
		<i>Ectocarpus</i>
	<i>Ectocarpus siliculosus</i>	
	<i>Elachista fucicola</i>	<i>Elachista fucicola</i>
	<i>Fucus distichus</i>	<i>Fucus distichus</i>
	<i>Fucus spiralis</i>	<i>Fucus spiralis</i>
	<i>Fucus vesiculosus</i>	<i>Fucus vesiculosus</i>
	<i>Lithosiphon sp.</i>	
	<i>Pylaiella littoralis</i>	
		<i>Pelvetia canaliculata</i>
		<i>Isthmoplea spherophora</i>
		<i>Pelvetia canaliculata</i>
		<i>Pylaiella littoralis</i>
		<i>Sphacelaria radicans</i>
Grænþörungar (Chlorophyta)		
	<i>Acrosiphonia arcta</i>	<i>Acrosiphonia arcta</i>
	<i>Acrosiphonia sonderi</i>	
	<i>Blidingia minima</i>	
	<i>Cladophora rupestris</i>	<i>Cladophora rupestris</i>
	<i>Ulva lactuca</i>	<i>Ulva lactuca</i>
		<i>Ulvaria obscura</i>
		<i>Enteromorpha sp.</i>
		<i>Acrosiphonia arcta</i>
		<i>Chaetomorpha capillaris</i>
		<i>Monostroma grevillei</i>
		<i>Monostroma undulatum</i>
		<i>Pseudendoclonium fucicola</i>
		<i>Rosenvingiella polyrhiza</i>
		<i>Spongomorpha aeruginosa</i>
		<i>Ulothrix sp.</i>

Tjarnir

Mjög merkilegar tjarnir eru fyrir innan Straumsvík. Um er að ræða ferskvatnstjarnir, þar sem sjór er undir ferskvatninu í hrauninu og eru því sjávarföll í tjörnunum og beltaskipting hjá ferskvatnspörungum, líkt og er hjá þörungum í fjöru (Agnar Ingólfsson, Berthor Johannsson and Hördur Kristinsson 1989; Agnar Ingólfsson 1998b; Jón S. Ólafsson o.fl. 2020).

Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður

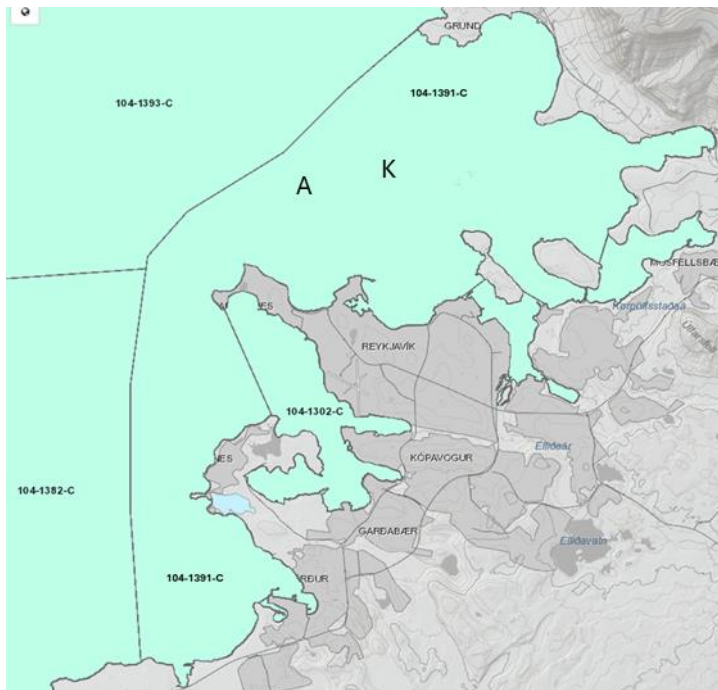
Farið er yfir gæðapætti og viðmiðunaraðstæður fyrir vistfræðilegt ástand sem Hafrannsóknarstofnun hefur lagt fram. Tekið er mið af þeim í umfjöllunum og áhrif. Farið er yfir hvaða gæðapætti er hægt að nota.

Svifþörungar (blaðgræna a)

Útreikningar á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR) blaðgrænu a í strandsjávarvatnshloti eru skilgreindir af Hafrannsóknarstofnun (Mynd 10) (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022). Viðmiðunargildi blaðgrænu er ekki til við Straumsvík en til eru mælingar sem teknar voru í vatnshloti nr. 104-1391-C sem Straumsvík er í. Mælingar voru teknar við útrásir frá Ánanaustum og Klettagörðum (Mynd 11).

$$\text{Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR)} = \frac{\text{Blaðgræna a viðmiðunargildi}}{\text{Meðalstyrkur blaðgrænu a mæld'}}$$

Mynd 10. Formúla fyrir útreikning á vistfræðilegu gæðahlutfalli (EQR).



Mynd 11. Sýnatökur á blaðgrænu við útrásir við Ánanaust (A) og Klettagörðum (K).

Niðurstöður blaðgrænumælinga við Ánanaust og Klettagarða í vatnshloti nr. 104-1391-C eru í birtar í Tafla 3 (Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls 2022).

Tafla 3. Niðurstöður blaðgrænumælinga við Ánanaust og Klettagarða í vatnshloti nr. 104-1391-C.

Stöð	N.breidd	V.lengd	Dýpi m	Sjávar- hiti °C	O2 mg/L	O2 %	pH	Selta psu	Blað græna (µg/L)	Total N µmol/L	Total P µmol/L
A1	64°11.017´	21°59.459´	31	10,8	8,83	100	7,99	32,1	3,85	10,91	0,65
A3	64°10.792´	21°59.316´	20	10,8	8,89	100,1	7,99	32	3,89	11,1	0,647
A4	64°11.020´	21°58.014´	14	10,8	8,81	100	7,99	32,1	3,69	11,15	0,661
K1	64°11.712´	21°55.843´	31	10,8	8,58	98,3	7,94	32,1	2,76	11,56	0,631
K3	64°11.563´	21°55.363´	31	10,8	8,59	98,3	7,94	32,3	3,46	12,43	0,698
K4	64°11.797´	21°55.500´	31	10,9	8,58	98,3	7,93	32,2	2,87	14,75	0,903

Hafa verður í huga að þessar mælingar eru gerðar í september en búast má við að gildin fyrir sé mun hærri á vorin, jafnvel tvöfalt eða meira (Halldór Pálmar Halldórsson munnl. uppl.).

Hægt verður að mæla blaðgrænu á framkvæmdasvæðinu bæði á meðan framkvæmdum stendur og eftir og reikna út Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) miðað við þessi gæðaviðmið og blaðgrænumælingar sem eru í Tafla 3.

Viðmiðunaraðstæður fyrir fjöru

Viðmiðunaraðstæður hafa verið skilgreindar þar sem þættir í fjörunni er lýst á tölulegan hátt sem hægt er að nota til að bera saman fjöru. Til að gera þetta skýrara er reiknaður stuðull fyrir fjöruna sem fært er yfir í EQR kvarðan sem er á milli 0.0-1.0 (Wells et al. 2007).

Mörk milli ástandsflokka m.t.t. botnpörunga og fjörugetar í strandsjó við Ísland. Gefin eru gildi fyrir alla fimm ástandsflökka fyrir opin vatnshlot á suðursvæði (CS2152). Vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) ástandsflökka fimm eru 0-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-0,8; 0,8-1,0. Viðmiðunargildið fyrir einkunnakerfið er 20 (Tafla 4) (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022).

Tafla 4. Ástandsflökar fyrir strandsjó CS2152.

Ástandsflokkur	Mjög gott	Gott	Ekki viðunandi	Slakt	Lélegt
Einkunn	4	3	2	1	0
Tegundafjölbreytni	>30	20-29	17-19	<17	0
Hlutfall grænþörunga	<0,25	0,33-0,25	0,4-0,33	>0,4	1
Hlutfall rauðþörunga	>0,45	0,39-0,45	0,30-0,39	<0,30	0
Lýsing fjöru	1-7	8-11	12-14	15-18	NA
Heildareinkunn	16-14	<14-11	<11-6	<6-3	<3-0
EQR	1-0,8	<0,8-0,6	<0,6-0,4	<0,4-0,2	<0,2-0

Í töflunni voru hlutfall tækifæristegunda en það var tekið út þar sem það vantar nægilegar upplýsingar til að nota þann ástandsflokk. Þar af leiðandi er hæsta mögulega einkunn 16. Þessi

skalli er því endurskoðaður frá því sem var notað af Hafrannsóknarstofnun (Wells et al. 2007; Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022).

Upplýsingarnar um fjörugerð og þörunga í Hraunavík og Straumsvík (Agnar Ingólfsson 1990; Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir 2002) voru túlkaðar eftir viðmiðum í Tafla 4 eins og lýst er af Hafrannsóknastofnun (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022). Þessi túlkun er birt í Tafla 5.

Tafla 5. Vistfræðilegt gæðahlutfall fyrir Hraunavík og Straumsvík.

Einkunn	Straumsvík	Hraunavík
Tegundafjölbreytni	48	25
Hlutfall grænþörunga	0,27	0,2
Hlutfall rauðþörunga	0,5	0,44
Lýsing fjöru	7	7
Heildareinkunn	15	14
EQR	0,94	0,88

Umræður

Stækkun hafnarinnar við Straumsvík hefur áhrif lífríki á hörðum botni norður og austur af Straumsvík. Þaraskógar með tilheyrandi dýralífi munu fara undir fyllinguna, en þaraskógar á hörðum botni við ströndina eru algengt vistkerfi (Jörundur Svavarsson. 2006; Sindri Gíslason o.fl. 2019). Þaraskógar norður og austur af fyllingunni munu ekki verða fyrir teljandi áhrifum.

Talsverð hreyfing er á sjónum í Straumsvík, þó hún sé ekki eins brimasöm og Hraunavík austan Straumsvíkur. Það er því engin hætt á að finn leir úr gruggi safnist upp á botninum. Auk þess rennur mikið fersk vatn í víkina sem eykur frekar á vatnsskiptin.

Líkanagerð sýnir að miðað við einkennandi veðurfar og dýpi í Straumsvík mun ljósmagn á botni aðeins helmingast (Mynd 6) og því verður nægt ljós til að viðhalda þörungagróðri sem þar er (Mynd 4, **Villa! Uppruni tilvísunar finnst ekki.**) (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Miðað við líkan Vatnaskila (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024) mun set berast í sviflaus inn í Straumsvík. Vegna hreyfingar á sjónum og mikils ferskvatnsrennslis er ólíklegt að set hlaðist upp í fjörunni. Áhrif á uppsöfnun sets í fjörunni verða því væntanlega lítil. Ljósmagn minnkar með seti í sviflausn (Mynd 6) og því mun framleiðsla þörunga í fjörunni minnka en ólíklegt að það verði mikið miðað við líka Vatnaskila (Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson 2024).

Í heildina má gera ráð fyrir einhverjum áhrifum á fjöruna í Straumsvík á framkvæmdatíma. Ekki er gert ráð fyrir varanlegum áhrifum.

Ekki er gert ráð fyrir að framkvæmdin hafi áhrif á lífríki tjarna við Straumsvík, svo ekki er ástæða til að fjalla nánar um umhverfi tjarnanna.

Skilgreind voru viðmiðunargildi á blaðgrænu á framkvæmasvæðinu miðað við skilgreind viðmiðunargildi Hafrannsóknastofnunar um vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022) þannig að hægt er að mæla blaðgrænu á framkvæmdartíma og eftir framkvæmdatíma og bera saman við viðmiðunargildi (Mynd 10).

Notaðar voru upplýsingar um þörunga og lýsing fjöru (Tafla 2) frá Hraunavík og Straumsvík (Agnar Ingólfsson 1990; Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir 2002) til að skilgreina viðmiðunargildi á þörungum á framkvæmasvæðinu miðað við skilgreind viðmiðunargildi Hafrannsóknastofnunar um vistfræðilegt gæðahlutfall (EQR) (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2022) þannig að hægt er að mæla þörunga á framkvæmdartíma og eftir framkvæmdatíma og bera saman við viðmiðunargildi (Tafla 5).

Við framkvæmdina fer ákveðin svæði á sjávarbotni undir fyllingu en að öðru leiti verða áhrif framkvæmdarinnar lítil á framkvæmdartíma og hverfandi ef einhver eftir að framkvæmd líkur.

Heimildir:

- Agnar Ingólfsson. 1977. Distribution and habitat preferences of some intertidal amphipods in Iceland. *Acta Naturalia Islandica* 25.
- Agnar Ingólfsson. 1990. Rannsóknir á lífríki fjöru umhverfis kerbrotagryfjur í Straumsvík. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 27.
- Agnar Ingólfsson. 1998a. Lífríki í fjörunni við Straumsvík. *Náttúrufræðingurinn* 67 (3-4), bls. 207-213, 1998.
- Agnar Ingólfsson. 1998b. Lífríki í tjörnum við Straumsvík. *Náttúrufræðingurinn* 67 (3-4), bls. 255-262, 1998.
- Agnar Ingólfsson, Berthor Johannsson and Hördur Kristinsson. 1989. Zonation of plants in a fresh-water tidal environment. *Scientia Marina* 53: 343-347.
- Agnar Ingólfsson og Jörundur Svavarsson. 1995. Study of marine organisms round a cathode dumping site in Iceland. *The Science of the Total Environment* 163: 61-92.
- Agnar Ingólfsson og María Björk Steinarsdóttir. 2002. Rannsóknir á lífríki fjöru í Hraunavík austan Straumsvíkur. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 64.
- Halldór Pálmar Halldórsson og Hermann Dreki Guls. 2022. Viðtakarannsóknir fráveitu við meginútrásir skólphreinsistöðvanna í Reykjavík og á Kjalarnesi. Skýrsla unnin fyrir Veitur ohf. Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum. Nr. 2022-101.
- Jón S. Ólafsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Iris Hansen, Eydís Salome Eiríksdóttir, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Óskar Helgason og Eydís Heiða Njarðardóttir. 2020. Lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar. Haf og vatnarannsóknir. HV 2020-52.
- Jörundur Svavarsson. 1990. Studies on the rocky subtidal communities in vicinity of a dumpin pit for pot linings at straumsvík, southwestern Iceland. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 28.
- Jörundur Svavarsson 1991. Nýjungar við rannsóknir á kletta botni neðansjávar - ljósmyndun lífríkis við álverið í Straumsvík. *Kímblaðið*, maí 1991. 27-29.

- Jörundur Svavarsson. 1998. Lífríki á klapparbotni neðansjávar við álverið í Straumsvík. Náttúrufræðingurinn 67 (3-4), bls. 215-221.
- Jörundur Svavarsson. 2002. Lífríki á klapparbotni neðansjávar í Hraunavík. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 65.
- Jörundur Svavarsson. 2006. Könnun á lífríki á klapparbotni neðansjávar í Helguvík. Líffræðistofnun háskólans.
- Jörundur Svavarsson, Guðmundur V. Helgason og Stefán Á. Ragnarsson. 1991. Rannsóknir á lífríki klettabotns neðansjávar í Hraunsvík við Hafnarfjörð. Líffræðistofnun háskólans. Fjölrit nr. 34.
- Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Pamela Woods, Lilja Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Kristinn Guðmundsson og Eydís Salome Eiríksdóttir. 2022. Vistfræðileg viðmið við ástandsflokkun strandsjávar. Haf- og vatnarannsóknir. ISSN 2298-9137. HV 2022-39.
- Sindri Gíslason, Joana Micael, Sölvi Rúnar Vignisson, Hermann Dreki Guls og Halldór Pálmar Halldórsson. 2019. Rannsókn á lífríki Vogavíkur. Náttúrustofa suðvesturlands, Háskóli Íslands og Þekkingasetur suðurnesja.
- Sólveig R. Ólafsdóttir. (2019). Endurskoðun á skiptingu strandsjávar í vatnshlot. Hafrannsókn astofnun. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-45.
- Stjórn vatnamála. (29. september 2022). Sótt frá Stjórn vatnamála: <https://vatnavefsja.vedur.is/#/waterbody/104-1391-C>
- Umhverfisstofnun. (2013). Stöðuskýrsla fyrir vatnasvæði Íslands. Reykjavík: Umhverfisstofnun.
- Hjalti Sigurjónsson og Sveinn Óli Pálmarsson. 2024. Landfylling í Straumsvík. Mat á dreifingu setefna á framkvæmdatíma. Vatnaskil, 24.02.
- Wells E., Wilkinson M., Wood P. & Scanlan C. (2007). The use of macroalgal species richness and composition on intertidal rocky seashores in the assessment of ecological quality under the European Water Framework Directive. Marine Pollution Bulletin 55: 151-161
- Þorleifur Eiríksson. 2024. Minnisblað vegna matsáætlunar á lífríki í Straumsvík vegna stækkunar hafnarinnar. RORUM.

21.3.2024

22153

Höfundur

SÓ

Yfirfarið/Samþykkt

RÞÞ

Tílefni

Straumsvík Stækkun hafnar

Umferðargreining á umferð til og frá hafnarsvæðinu á framkvæmdatíma og rekstrartíma

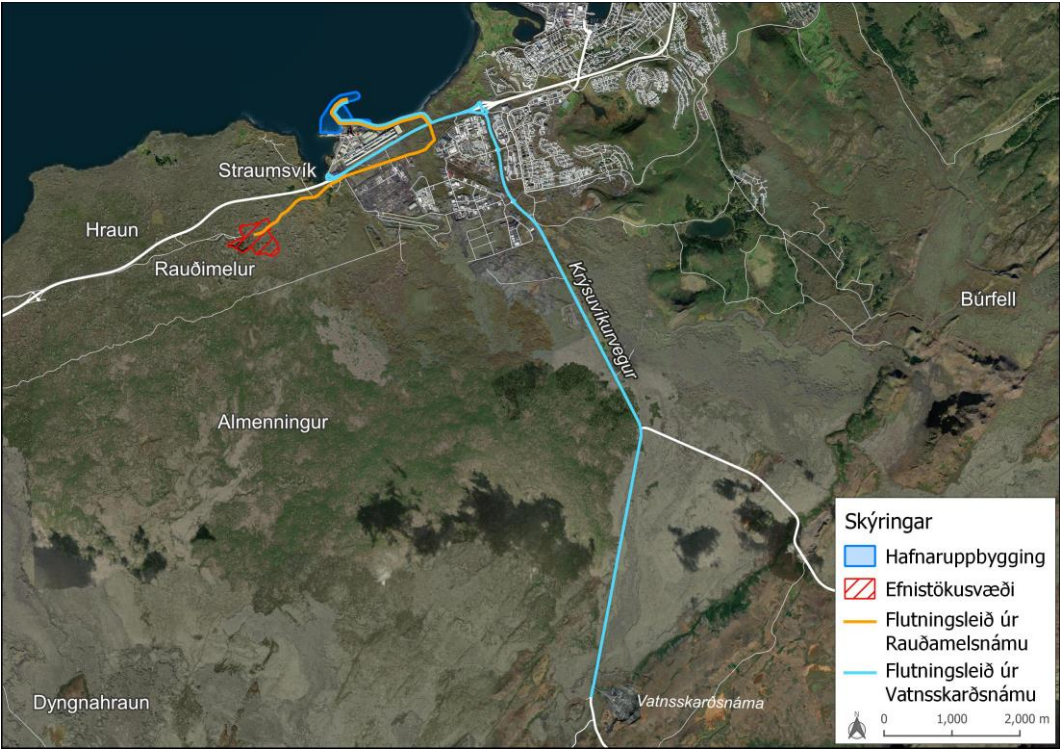
1 Forsendur

Forsendur umferðargreiningar eru eftirfarandi:

1.1 Efnispörf í landfyllingu

Tafla 1.1: Efnispörf í landfyllingu			
Áfangi	Efni úr Rauðamelsnámu [m³]	Efnistaka úr sjó [m³]	Efni úr Vatnskarðsnámu [m³]
1. áfangi	1.140.000	150.000	50.000
2. áfangi	195.000	280.000	70.000
3. áfangi	5.000	160.000	10.000
Samtals	1.340.000	590.000	130.000
Heildar efnispörf	2.060.000		

Í fyrsta áfanga verður meginhluti þess efnis sem ekki kemur úr sjó sótt í Rauðamelsnámu en gert er ráð fyrir að um 50.000 m³ verði sóttir í Vatnskarðsnámu.



Mynd 1.1 Flutningsleiðir

2 Akstursmagn vegna efnisflutninga á framkvæmdatíma

Í töflu 2.1 er gerð grein fyrir áætluðum fjölda ferða úr hvorri námu fyrir sig og fyrir hvern áfanga fyrir sig og í töflu 2.2 eru sýndir eknir kílómetrar fyrir efnisflutninga úr hvorri námu fyrir hvern áfanga.

Tafla 2.1: Fjöldi ferða með efni úr landnámmum				
Áfangi	Efni úr Rauðamelsnámu [m³]	Fjöldi ferða	Efni úr Vatnsskarðsnámu [m³]	Fjöldi ferða
1. áfangi	1.140.000	57.000	50.000	3.570
2. áfangi	195.000	9.750	70.000	5.000
3. áfangi	5.000	250	10.000	715
Samtals	1.340.000	67.000	130.000	9.285
Heildarfjöldi ferða		76.285		

Akstursleið frá Rauðamelsnámu að höfn verður um núverandi vegslóða og ný undirgöng sem staðsett verða norðaustan álvers Rio Tinto. Vegalengd á milli hafnar og námu er um 4,4 km.

Akstursleið frá Vatnsskarðsnámu að höfn verður um Krýsvíkurveg og Reykjanesbraut. Vegalengd á milli hafnar og námu er um 10,3 km.

Tafla 2.2: Eknir kílómetrar við efnisflutninga

	Rauðamelsnáma		Vatnsskarðsnáma	
Áfangi	Fjöldi ferða	Aksturskílómetrar að og frá námu*	Fjöldi ferða	Aksturskílómetrar að og frá námu*
1. áfangi	57.000	501.600	3.570	73.600
2. áfangi	9.750	85.800	5.000	103.000
3. áfangi	250	2.200	715	14.700
Samtals	67.000	585.600	9.285	191.300
Heildarfjöldi ekinna km		776.900		

*[Fjöldi ferða x Vegalengd á milli hafnar og námu x2]

Lagt er til, umferðaröryggis vegna, að tryggt verði beint aðgengi milli Rauðamelsnámu og landfyllingar, þ.e. að akstursleiðir flutningstækja (búkollna) þveri hvergi aðra vegi. Þ.m.t. umferðarlitlar tengingar. Þetta er talið öruggast því gera má ráð fyrir, miðað við að framkvæmdatími fyrsta áfanga sé 3 ár að eknar verði um 350 ferðir milli Rauðamelsnámu og landfyllingar í hverri viku eða um 75 ferðir á dag í hvora átt á hverjum virkum degi. Samanlagt fara því um 150 þungir bílar um veginn á dag á hverjum virkum degi.

Akstur á rekstartíma

Eftir fyrsta áfanga er höfnin nýtt fyrir Carbfix og allt gas flutt í lögnum. Eftir annan áfanga bætis við uppskipun efnis sem verður allt eða nánast allt flutt að fyrirtækjum í Hafnarfirði. Þetta er starfsemi sem færir úr Hafnarfjarðarhöfn en verður með þessari nýju höfn nær sínum viðskiptavinum. Flutningaleiðin yrði nú, í stað þess að fara um Óseyrarbraut, Ásbraut, Reykjanesbraut og Krýsuvíkurveg, um ný undirgöng og beint inn á iðnaðarsvæði. Í dag kallar slík starfsemi á um 5.300 – 6.600 eknar ferðir árlega í hvora átt eða um 10.600 – 13.200 eknar ferðir samanlagt. Mismunur í vegalengd hvernar ferðar í og með að starfsemin færir frá núverandi höfn yfir á nýja höfn má áætla að sé um 2 km og því fækkar aksturskílómetrum um 20.000 – 30.000 kílómetra á ári.

Þetta verða því færri eknir aksturskílómetrar með nýrri höfn og þeir færast úr þéttbýli Hafnarfjarðar í iðnaðarsvæði Hafnarfjarðar. Þannig verður akstur á rekstartíma minni en hann er í dag og áhrif á umferðaröryggi verða jákvæð.