



Vestmannaeyjahöfn Stórskipakantur

Frumathugun á þremur staðsetningum fyrir stórskipakant í sunnanverðri innsiglingu Vestmanneyjahafnar og samanburður við niðurstöður eldri rannsókna um Eiðið.

Samantekt

Lagt er mat á frátafir við lestun og losun gámaskipa á stálþilskanti á Skansinum og í Gjábackafjöru. Frátafir við kanta á ytri Skans eða Gjábackafjöru eru töluvert meiri en við núverandi kanta. Innri Skans gefur sambærileg skilyrði til losunar og lesturnar og núverandi kantar. Einnig er farið yfir niðurstöður fyrri rannsókna á stórskipakanti utan við Eiðið þar sem 500 m brimvarnagarður NNA úr Stóraklifi gefur minnstar frátafir. Þá er lagt mat á kostnað við hverja tillögu.

Efnisyfirlit

1 Inngangur	3
2 Vestmannaeyjahöfn	5
3 Hreyfingar skipa við hafnarbakka vegna öldu	6
3.1 Ölduhæðamörk fyrir hreyfingar skipa við hafnarbakka	7
4 Öldufarsreikningar	12
4.1 Kvörðun líkans	12
4.2 Úthafsalda	14
4.3 Vindur	18
4.4 Niðurstöður líkanreikninga	19
4.5 Frátafir	24
5 Kantur norðan við Eiðið	27
6 Kostnaður við tillögur	29
7 Niðurstöður	32
8 Heimildir	34
9 Fylgiskjöl	35

Vegagerðin
Mars 2025

Sunna Viðarsdóttir
Kjartan Eliasson

1 Inngangur

Í skýrslu Vegagerðarinnar um styttingu Hörgaeyrargarðs frá 2022 er rakin saga stækkunaráforma Vestmannaeyjahafnar frá árinu 1992.

Hér eru skoðaðir möguleikar á að byggja um 200 m kant í sunnanverðri innsigliu Vestmannaeyjahafnar. Þrjár staðsetningar fyrir kantinn eru skoðaðar. Yst er kantur í Gjábackkafjöru og svo eru skoðaðir tveir valkostir við Skansinn sem lagðir voru fram í minnisblaði frá Siglingastofnun 2008. Þeir kantar eru hér kallaðir Innri Skans og Ytri Skans til aðgreiningar. Þá eru einnig skoðuð áhrif 235 m langs brimvarnargarðs út frá Eldhrauni. Mynd 1 sýnir kantana og legu garðsins. Svæðið sem um ræðir er töluvert útsett fyrir öldu og til þess að leggja mat á fýsileika á viðleguköntum þar verður hér lagt mat á mögulegar frátafir við kantana. Þar sem um frumathugun er að ræða er notast við öldusveigjulíkan sem reiknar ölduhæð upp við þá valkosti af viðleguköntum sem eru til skoðunar og hún borin saman við þekkt ölduhæðarmörk fyrir lestun og losun gámaskipa til að áætla frátafir.



↑ Mynd 1 Kantarnir þrír og brimvarnargarðurinn sem eru til skoðunar.

Inni í höfnum á Íslandi eru skipahreyfingar almennt háðar bæði ölduhæð og sogum, en sog eru þegar langar bylgjur innan hafnar magnast upp og geta myndað bæði straum og útslag sem veldur hreyfingum skipa. Þessi frumathugun tekur eingöngu tillit til öldubáttarins, en þar sem þeir valkostir sem hér eru til skoðunar eru ekki innan lokaðs hafnarsvæðis sem getur magnað upp sog er líklegast að ölduhæð sé ráðandi þáttur í skipahreyfingum við þessi kanta.

Til þess að fá nákvæmara mat á hvort viðlegukantur uppfylli kröfur um kyrrð þarf að stilla upp samþættu hafnar- og skipahreyfingarlíkani þar sem reiknaðar skipahreyfingar eru bornar saman við þekkt löndunarmörk.

Á síðustu stigum verkefnisins var ákveðið að bera saman niðurstöður á kostnaði og frátöfum á hafnarbökkum í innsiglingu við hafnarkant utan við Eiðið. Árið 2012 voru skoðaðar útfærslur á stórskipahöfn utan við Eiðið í vatnslíkani Siglingastofnunar og farið er yfir helstu niðurstöður þeirra rannsókna í 5 kafla þessar skýrslu. Áætlaður kostnaður fyrir stórskipakant norðan við Eiðið eru uppfærðar tölur úr skýrslu Siglingastofnunar og eru byggðar á því að nýtanlegt grjót finnist í Vestmannaeyjum.

2 Vestmannaeyjahöfn

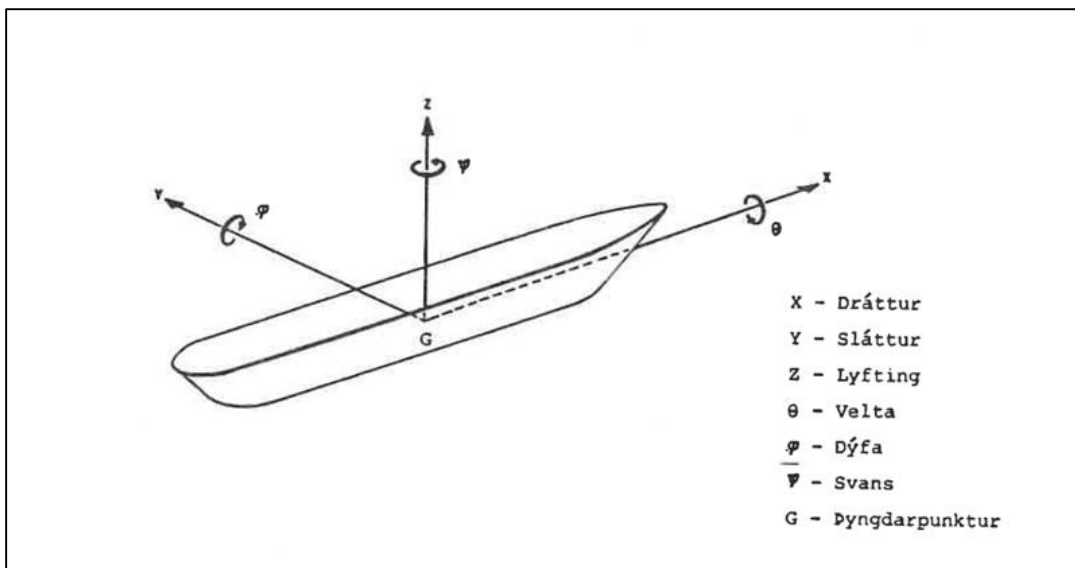
Vestmannaeyjahöfn flokkast sem stór fiski- og flutningahöfn. Vestmannaeyjar liggja vel við góðum fiskimiðum og eru einn mesti útgerðarstaður landsins. Fjöldi fiskiskipa á þar heimahöfn en einnig landa þar fiskiskip sem ekki eru með heimahöfn í Vestmannaeyjum. Ferjan Herjólfur siglir daglega milli Vestmanneyja og Landeyjahafnar eða Þorlákshafnar þegar dýpi eða veður hamla siglingum til Landeyjahafnar en Herjólfur kom 2025 sinnum til Vestmannaeyja árið 2021. Áætlunarskip á leið til og frá Evrópu hafa þar viðkomu og voru farmskipakomur 161 talsins árið 2021 og nam flutningur frá höfninni tæpum 67.000 tonnum. Þá hafa minni skemmtiferðaskip þar viðkomu yfir sumarmánuðina.

Stærstu gámaskipin sem sigla reglulega til Vestmannaeyja eru 137,5m löng og rista 8,5 metra. Höfnin er þröng fyrir þessi skip. Samkvæmt staðalkröfum Vegagerðarinnar þarf snúningsrými að vera 1,5 skips lengdir eða um 206 m fyrir þessi skip. Næsta kynslóð flutningaskipa verður að öllum líkindum stærri og reyndar eru nýjustu skip Eimskipa 180 m löng. Því eru nú til skoðunar leiðir til að gera stærri skipum kleift að nota höfnina.

3 Hreyfingar skipa við hafnarbakka vegna öldu

Þeir umhverfispættir sem orsaka hreyfingar skipa við hafnarkanta eru aðallega öldur, vindur og sog. Öldur sem lenda á eða koma undir skipið og setja það á hreyfingu eru almennt mun áhrifameiri en vindurinn. Við kanta þar sem sog eru óveruleg er það ölduhæðin, öldulengd (eða sveiflutími öldunnar) og öldustefna sem ráða mestu um það hversu miklar hreyfingar skips verða.

Fljótandi skip hreyfist bæði í lóðréttu og láréttu plani og hefur sex megin hreyfingar sem blandast svo saman, mynd 2. Hreyfingar í láréttu plani eru dráttur meðfram kanti (enska surge), sláttur þvert á kant (e. sway) og snúningur kallaður svans (e. yaw). Hreyfingar í lóðréttu plani eru velta (e. roll), dýfa (e. pitch) og lyfting (e. heave).



↑ Mynd 2 Hreyfingar skipa við kant, sex óháðar megin hreyfingar.

Sambætt hafna- og skipahreyfingalíkön reikna sameiginleg áhrif af öldum og sogum á hreyfingar skipa sem hægt er að bera saman við leyfð löndunar- og viðlegumörk en talsvert hefur verið fjallað um leyfilegar hreyfingar skipa við kanta og ýmis viðmið hafa verið gefin út fyrir hámarksgildi á þessum 6 ofangreindu hreyfingum. Engu að síður, sérstaklega þar sem sog eru talin óveruleg, er hægt að fá gott mat á kyrrð við kanta út frá ölduhæðamörkum.

Þrennt sem hafa verður í huga við skoðun á hreyfingum skipa við kant vegna öldu er eftirfarandi:

- **Stærð skips hefur áhrif.** Við sömu ölduhæð hreyfast stór skip minna en minni skip. Þau eru þyngri þannig að meiri orku þarf til að koma þeim af stað og ef um vindöldu er að ræða þá eru stundum fleiri öldur undir skipinu ef það er langt og breitt.
- **Stefna öldunnar miðað við skipið skiptir máli.** Ef alda hefur sömu stefnu og skip þá þolir skipið hærri öldu áður en hreyfingar fara yfir mörk borðið saman við það að alda komi þvert á skip.
- **Sveiflutími eða lengd öldu hefur áhrif.** Skip þolir hærri öldu ef sveiflutími öldunnar er stuttur.

3.1 Ölduhæðarmörk fyrir hreyfingar skipa við hafnarbakka

Í handbók fyrir hönnun hafna, Thoresen (2003), eru gefin upp ölduhæðar mörk fyrir kenniöldu við hafnarbakka með sveiflutíma öldu upp í 10 s, þar sem aldan hreyfist samsíða stefnu bakkans, sjá töflu 1. Ef sveiflutími öldunnar er hærri eru ölduhæðarmörkin lægri. Eins eru þau lægri ef að aldan kemur undir horni á skipið. Samkvæmt þessu geta flutningaskip innan við 30.000 tonn legið við kant í allt að 0,7 m hárra kenniöldu.

↓ **Tafla 1.** Hámarkshæð kenniöldu fyrir skip bundið við bryggjukant þar sem aldan ferðast samsíða stefnu bryggjukants og hefur sveiflutíma undir 10s.¹

Skip við bryggju	H _s við bryggju (m)
Smábátar	0,15
Fiskibátar	0,40
Flutningaskip (<30.000dwt)	0,70
Búlkaflutningaskip (<30.000dwt)	0,80
Búlkaflutningaskip (30.000-100.000dwt)	0,80 - 1,50
Olíuskip (<30.000dwt)	1,00
Olíuskip (30.000-150.000dwt)	1,00-1,70
Farþegaskip	0,70

Í sömu bók eru gefin ölduhæðarmörk fyrir lestun og losun skipa byggð á hollenskum athugunum frá 1987, þar sem öldustefnan er annars vegar samsíða skipinu og hins vegar undir 45° til 90° horni, sjá töflu 2. Þar kemur fram að vinna við skip er viðkvæmari fyrir öldu sem kemur undir horni á skipið, heldur en ef ölduhreyfingin er samsíða skipinu. Munurinn er mismikill, fyrir flutningaskip eru ölduhæðarmörkin 1,0

¹ Thoresen, 2003, 127

m fyrir öldur samsíða skipi, en 0,8 m komi aldan undir 45° til 90° horni. Í töflum 1 og 2 kemur jafnframt fram að stærri skip þola hærri öldu en minni skip.

↓ **Tafla 2. Hámarks hæð kenniöldu fyrir lestun og losun skipa miðað við mismunandi öldustefnu með tíðni 7-12s.²**

Tegund skips	Hámarksölduhæð (m)	
	0° (beint framan/aftan á skip)	45°-90°
Flutningaskip	1,0	0,8
Gámaskip, ro/ro skip	0,5	
Þurrt Búlskip (30.000 - 100.000dwt útskipun)	1,5	1,0
Þurrt Búlskip (30.000 - 100.000dwt uppskipun)	1,0	0,8-1,0
Tankskip 30.000dwt	1,5	
Tankskip 30.000 - 200.000dwt	1,5-2,5	1,0-1,2
Tankskip 200.000dwt	2,5-3,0	1,0-1,2

Tæknistaðallinn fyrir hafnir í Japan, *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan (2009)*, gefur aðeins eina viðmiðunartölu fyrir miðlungs til stór skip, milli 500 og 50.000 GT, eða $H_s=0,5$ m, sjá töflu 3.

↓ **Tafla 3. Hámarks ölduhæð við kant samkvæmt japönskum tæknistaðli fyrir hafnir.**

Table 3.2.3 Reference Values of Threshold Wave Height for Cargo Handling Works not Affected by Swell, or Long Period Waves

Ship type	Threshold wave height for cargo handling works ($H_{1/3}$)
Small craft	0.3m
Medium/large ship	0.5m
Very large ship	0.7–1.5m

Note) Here, the small craft means ships of roughly <500GT class which mainly use the small craft basin, the very large ship means ships of roughly $\geq 50,000$ GT class which mainly use large-scale dolphins or offshore berths, and the medium/large ship means ships other than the small craft and the very large ships.

Mun nákvæmari ölduhæðarkröfur eru gerðar í töflu 4 frá *The Ports and Harbours Association of Japan (2007)*, þar sem tekið er tillit til skipastærða, aðfallshorns öldu og sveiflutíma öldu. Eins og sjá má í töflunni verður viðmiðunarölduhæðin aldrei

² Thoresen, 2003, 128

hærrí en $H_s=0,5$ m, en það byggir á japanska tæknistaðlinum fyrir hafnir sem leyfir ekki hærri öldu en $H_s=0,5$ m, jafnvel þó skipahreyfingar séu innan marka.

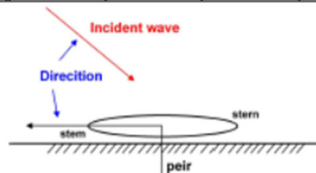
Þessar ölduhæðarkröfur eru byggðar á reiknilíkönunum sem reikna hreyfingar skipa við kant og viðmiðunarmörkum fyrir hámarks hreyfingar skipa. Hér má sjá að fyrir lengri sveiflutíma er verulegur munur fyrir mismunandi öldustefnu, meira en tvöfaldur, sem er mun meiri munur en Thoresen gefur. T.d. fyrir 20.000 dwt skip og öldu með 15 s sveiflutíma þá eru viðmiðunarmörkin fyrir öldustefnur 45° og 60° $H_s = 0,2$ m, en $H_s = 0,4$ m fyrir 30° og $H_s = 0,45$ m fyrir 15° öldustefnu.

↓ **Tafla 4. Leyfileg ölduhæð við skipshlið fyrir gámaflutningaskip af mismunandi stærðum og fyrir öldur með mismunandi stefnu miðað við stefnu skips og fyrir mismunandi sveiflutíma.**

Allowable wave height for container ship

(The Ports and Harbours Association of Japan, 2007)

Ship size	Direction (°)	$T/3$ (sec)					
		4	6	8	10	12	15
20,000 DWT	15	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45
	30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.40
	45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.20
	60	0.50	0.50	0.50	0.25	0.20	0.20
30,000 DWT	15	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45
	45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45	0.20
	60	0.50	0.50	0.50	0.40	0.20	0.20
40,000 DWT	15	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.20
	60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.20
50,000 DWT	15	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	30	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
	45	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25
	60	0.50	0.50	0.50	0.50	0.25	0.20



Í grein sem birt var á alþjóðlegu strandverkfræðiráðstefnunni ICCE 2014 í Seoul í Kóreu er fjallað um áhrif ölduhreyfingar á hreyfingar 5.000, 10.000 og 30.000 tonna flutningaskipa í Pohang höfn í Suður-Kóreu.

Niðurstöður á reiknuðum skipahreyfingum 5.000, 10.000 og 30.000 tonna skipa í kóresku höfninni Pohang eru gefnar í töflum 11 til 13. Þær eru á mjög svipuðum nótum og tafla 9 frá japönsku hafnarsamtökunum. Í kóresku töflunum er greint á milli þess hvort langbylgjuhreyfingar eru til staðar eða ekki. Með langbylgjuhreyfingum er átt við svokallaðar sogahreyfingar, langur sveiflutími með lítið útslag, þar sem yfirborð sjávar sveiflast á eigintíðni hafnarsvæða. Ef langbylgjuhreyfing er til staðar þá þarf lægri öldu til að hreyfingar skips fari yfir mörk.

↓ Tafla 5. Leyfileg ölduhæð við skipshlið fyrir 5.000 tonna almennt flutningaskip frá Kwak, 2014.

Wave period (s)	8	9	10	11	12
Short and long wave (75°)	0.50	0.39	0.25	0.22	0.19
Short and long wave (45°)	0.50	0.50	0.42	0.30	0.25
Short and long wave (15°)	0.50	0.50	0.42	0.32	0.28
Short wave only (75°)	0.50	0.50	0.35	0.30	0.27
Short wave only (45°)	0.50	0.50	0.48	0.35	0.30
Short wave only (15°)	0.50	0.50	0.48	0.37	0.32
Design standard	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

↓ Tafla 6. Leyfileg ölduhæð við skipshlið fyrir 10.000 tonna almennt flutningaskip frá Kwak, 2014.

Wave period (s)	8	9	10	11	12
Short and long wave (75°)	0.50	0.50	0.32	0.25	0.22
Short and long wave (45°)	0.50	0.50	0.50	0.38	0.33
Short and long wave (15°)	0.50	0.50	0.50	0.40	0.35
Short wave only (75°)	0.50	0.50	0.45	0.36	0.33
Short wave only (45°)	0.50	0.50	0.50	0.45	0.39
Short wave only (15°)	0.50	0.50	0.50	0.48	0.42
Design standard	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

↓ Tafla 7. Leyfileg ölduhæð við skipshlið fyrir 30.000 tonna almenn flutningaskip frá Kwak, 2014

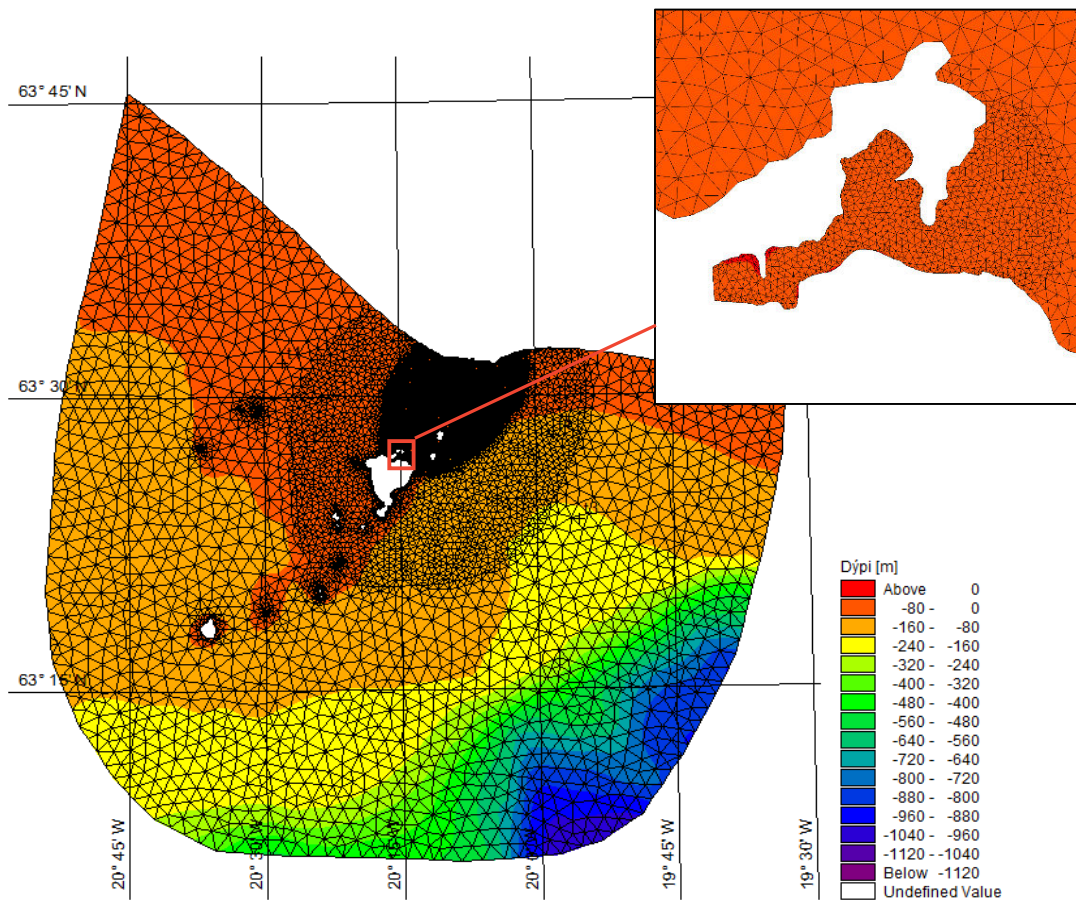
Wave period (s)	8	9	10	11	12
Short and long wave (75°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.42
Short and long wave (45°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.45
Short and long wave (15°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Short wave only (75°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Short wave only (45°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Short wave only (15°)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Design standard	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Varðandi það hve oft á ári það sé ásættanlegt að skipahreyfingar hafi hamlandi áhrif á lestun og losun þá segir japanski staðallinn að hreyfingar skuli vera innan marka 97,5% af árinu. Með öðrum orðum þá er það ásættanlegt að skipahreyfingar hamli lestun eða losun í allt að 9 daga á ári. Á Íslandi er við hönnun miðað við að skipahreyfingar skuli vera innan marka 98% tímans, þ.e. að frátafir megi vera að hámarki 7 dagar á ári.

Miðað er við að skipin sem nota muni kantana séu um 25.000 DWT. Öllum stöðlunum og hönnunarleiðbeiningunum sem farið er yfir hér að framan ber saman um að hámarksölduhæð fyrir lestun og losun gámaskipa af þeirri stærð sé 0,5 m ef aðfallshornið er innan við 15°. Hér verður því fyrst og fremst horft til þeirrar ölduhæðar til að meta frátafir. Horft er til hönnunarleiðbeininga *The Ports and Harbours Association of Japan* þegar viðbótarfrátafir vegna aðfallshorns og hás sveiflutíma eru metnar.

4 Öldufarsreikningar

Öldusveigjúlíkan af hafsvæðinu umhverfis Vestmannaeyjar er sett upp í forritinu MIKE21 SW. Dýptargrunnurinn byggir á mælingum Sjósmælinga Íslands. Reikninetið, sem sjá má á mynd 3, er með möskvastærð um 2000 metra þar sem það er grófast. Möskvastærðin minnkar í skrefum og er minnst um 40 metrar inni í höfninni.

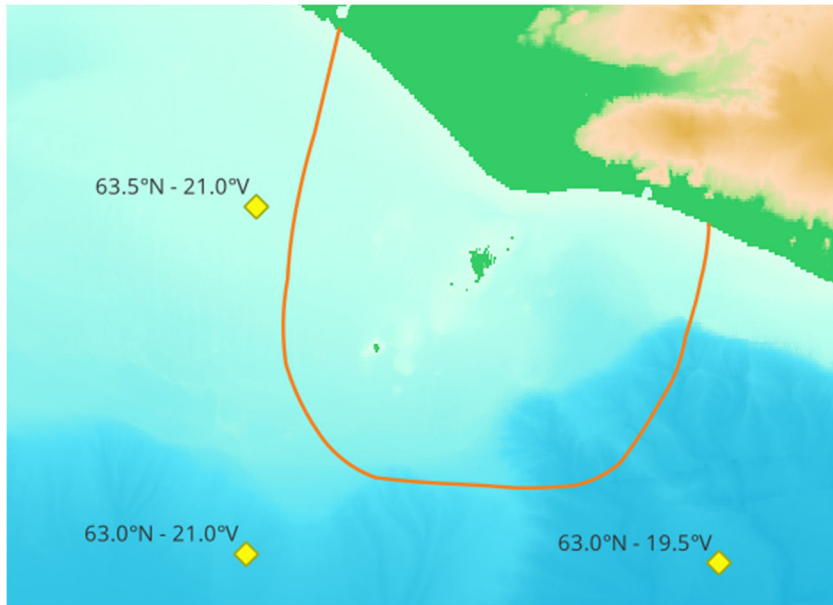


↑ Mynd 3 Reikninet öldusveigjúlíkans

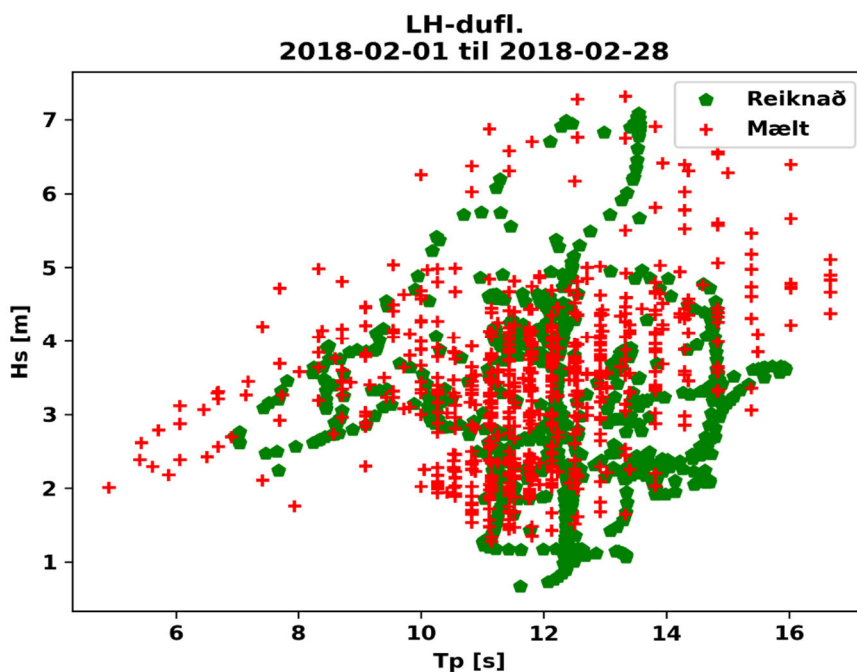
4.1 Kvörðun líkans

Febrúar 2018 var notaður til kvörðunar á líkaninu. Tímaraðir frá Reiknimiðstöð evrópskra veðurstöðva (ECMWF) úr þremur spápunktum umhverfis líkanið, sjá mynd 4, voru settar á jaðarinn og reiknaðar niðurstöður bornar saman við mælingar á dufli við Landeyjahöfn. Myndir 5 og 6 sýna þennan samanburð. H_s - T_p plottið á efri myndinni sýnir að líkanið endurspeglar nokkuð vel mældar öldur á þessu tímabili. Reiknuð gildi ná toppinum í ölduhæð en eins og sést í efri hluta grafsins hægra

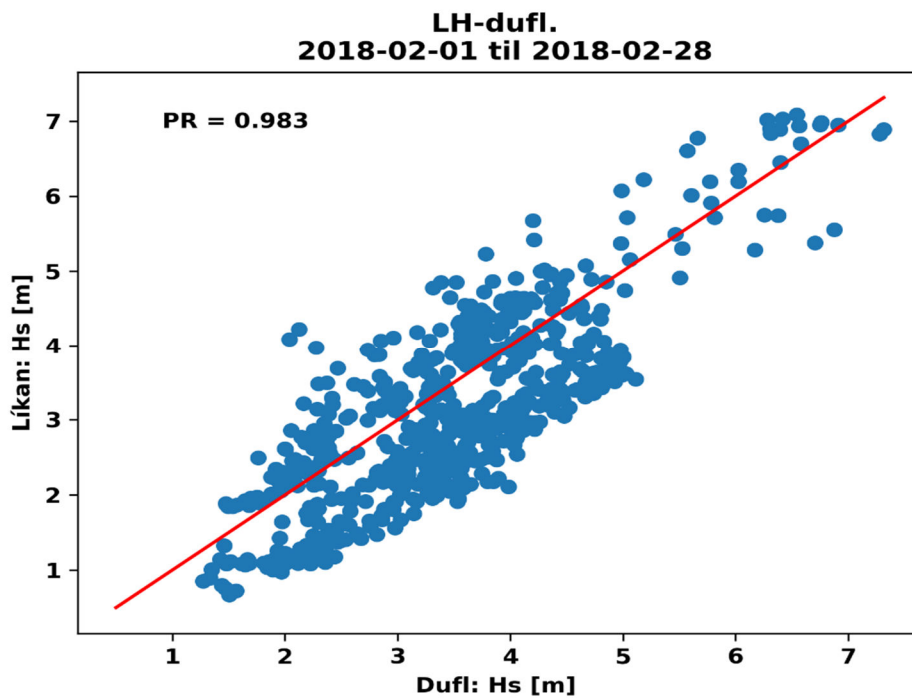
megin er þó nokkuð um langar háar öldur sem mælast á duflinu en vantar í reiknuðu gildin. Á neðri myndinni sést að punktarnir dreifast fyrir ofan og neðan rauðu línuna ($y=x$), þ.e.a.s. að reiknuð gildi eru stundum hærrí en mæld gildi og stundum er því öfugt farið, og PR-gildið er nálægt 1.



↑ Mynd 4 Spápunktar Reiknistöðvar evrópskra veðurstöðva umhverfis líkanið. Útlínur þess eru sýndar með rauðri línu.



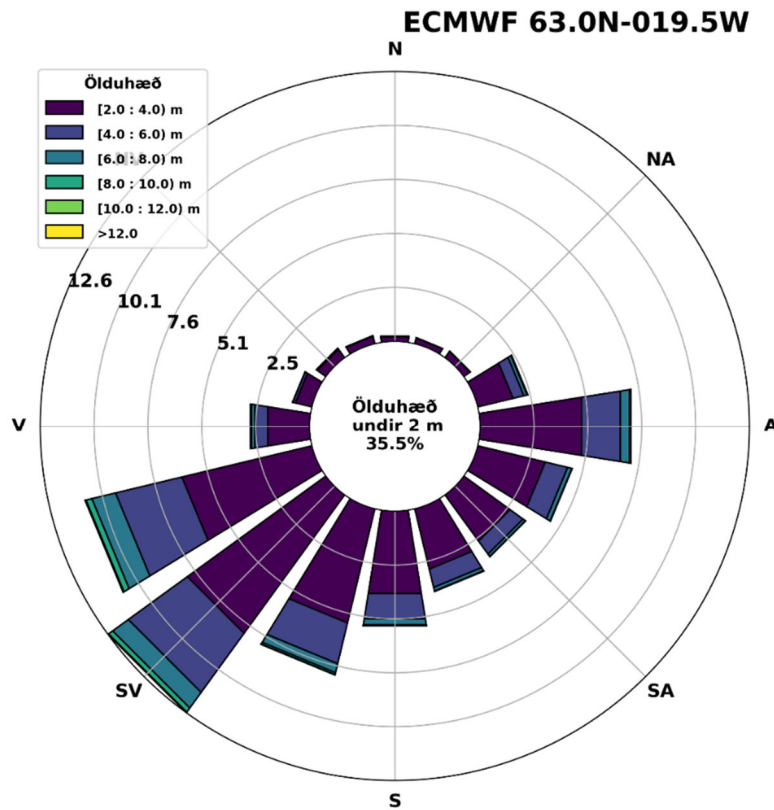
↑ Mynd 5 Punktaský af hæð kenniöldu (H_s) og sveiflutíma orkutopps (T_p) í Landeyjahafnarduflí í febrúar 2018. Rauðu krossarnir tákna mæld gildi og grænu stjörnurnar niðurstöður úr líkanreikningum.



↑ Mynd 6 Reiknuð ölduhæð á móti mældri ölduhæð í Landeyjahafnardufli. PR-gildið (e. peak ratio) segir til um hlutfall hámarksgilda, og er betra eftir því sem það er nær 1.

4.2 Úthafsalda

Tímaraðir fyrir tímabilið frá 1970 til 2023 úr spápunktunum þremur frá ECMWF voru skoðaðar og greindar með tilliti til stefnu, ölduhæðar og sveiflutíma. Niðurstöður fyrir spápunktana tvo sunnan við líkansvæðið reyndust mjög svipaðar og höfnin er í mjög góðu skjóli fyrir suðvestan öldu. Hér eru því sýndar niðurstöður fyrir greiningar á austasta spápunktinum: 63,0°N-19,5°V. Öldurósín á mynd 7 sýnir að algengustu ölduáttir eru suðvestlægar og öldur yfir 6 m eru einnig algengastar úr þeirri átt.



↑ Mynd 7 Öldurós í spápunkti 63,0°N – 019,5°V. Suðvestlægar áttir eru algengastar.

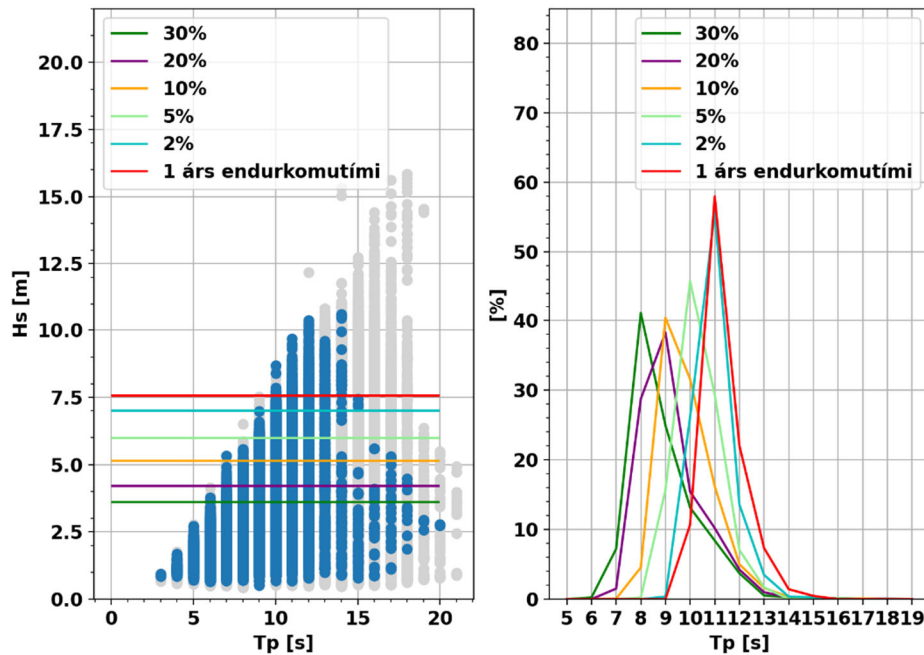
Öldugögnin eru greind til að finna óháða atburði og endurkomutímar reiknaðir með General Pareto dreifingu fyrir hvern stefnugeira fyrir sig. Tafla 8 sýnir hlutfallsmörk og endurkomutíma ölduhæðar auk tíðni hvers áttar. Við keyrslu líkansins kom í ljós að 50% hlutfallsmörk A- ASA- og SA-öldu gáfu hærri öldu við Gjabakkafjörुकant og Ytri Skans en viðmiðunarmörk fyrir lestun og losun gámaskipa leyfa og því eru sýnd hlutfallsmörk allt niður í 10% fyrir þessar ölduáttir. Þær ölduhæðir og -áttir sem keyrðar voru í líkaninu er litaðar gular í töflunni.

↓ Tafla 8 Niðurstöður tölfraeðigreiningar á ölduhæð í spápunkti 63,0°N - 019,5°V. Sýndar eru þær ölduáttir sem hafa áhrif í hafnarmynni Vestmannaeyjahafnar.

		A	ASA	SA	SSA	S	SSV	SV	VSV
	Átt	90°	113°	135°	158°	180°	203°	225°	248°
	Tíðni áttar	10%	7%	6%	7%	9%	13%	19%	16%
Hlutfallsmörk ölduhæðar kenniöldu [m]	10%	1.4	1.2	1.2					
	20%	1.7	1.5	1.4					
	30%	2.0	1.8	1.7					
	40%	2.4	2.1	2.0					
	50%	2.7	2.4	2.3	2.4	2.4	2.5	2.7	2.8
	60%	3.1	2.8	2.7	2.7	2.8	2.9	3.1	3.4
	70%	3.6	3.3	3.1	3.2	3.2	3.4	3.7	4.0
	80%	4.2	3.9	3.7	3.7	3.8	4.0	4.3	4.7
	90%	5.1	4.7	4.5	4.6	4.7	5.0	5.4	5.9
	95 %	6.0	5.5	5.3	5.4	5.6	5.8	6.3	6.9
98 %	7.0	6.4	6.2	6.4	6.7	7.0	7.6	8.1	
Endurkomutími	1 árs	7.6	6.5	6.9	7.4	8.0	8.7	9.5	9.4
	5 ára	9.3	8.6	8.2	8.8	9.6	10.5	11.4	11.4
	10 ára	9.7	9.1	8.7	9.6	10.4	11.3	12.2	12.3
	25 ára	10.1	9.5	9.2	10.8	11.5	12.4	13.2	13.5
	50 ára	10.4	9.7	9.6	11.8	12.4	13.3	14.0	14.5

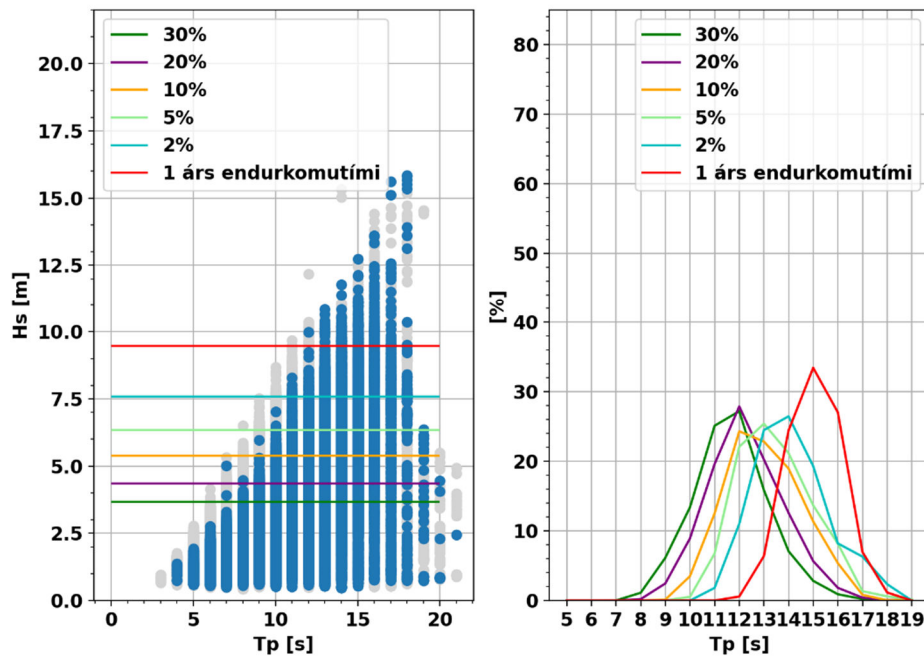
Dreifing sveiflutíma orkutopps fyrir mismunandi ölduhæðir var einnig skoðuð. Þetta var gert fyrir allar öldustefnurnar í töflunni hér að ofan og eru niðurstöðurnar settar fram myndrænt fyrir austan öldu á mynd 8 og fyrir suðvestan öldu á mynd 9. Augljós munur á öldum úr þessum tveimur áttum er að öldur úr suðvestri eru lengri. Gula línan markar 90% hlutfallsmörk kenniöldu. Eins og lesa má út úr vinstri hluta myndanna er $H_{s90} = 5,1$ m úr austri og $H_{s90} = 5,4$ m úr suðvestri. Hægra megin sést að algengasti sveiflutími orkutopps fyrir öldur af þeirri hæð úr austri er $T_p = 9$ s, og að þær liggja flestar á bilinu 8 til 12 sekúndur. Sveiflutími orkutopps fyrir suðvestlægu 90% öldurnar liggja hins vegar á bilinu 10 til 17 sekúndur, og algengasti sveiflutíminn er 12 – 13 sekúndur. Þessar upplýsingar eru notaðar til að leggja mat á hvers konar sjólag er raunhæft í punktinum og hvaða sveiflutíma skuli keyra í líkaninu með hverri ölduhæð og -átt.

63.0_19.5_A



↑ Mynd 8 Vinstri: Punktaský af Hs og Tp fyrir öldur úr austri (blátt) og öldur úr öllum áttum (grátt) í punkti 63,0°N-019,5°V. Hægri: Dreifing sveiflutíma orkutopps fyrir nokkur hlutfallsmörk og 1 árs endurkomutíma ölduhæðar kenniöldu úr austri.

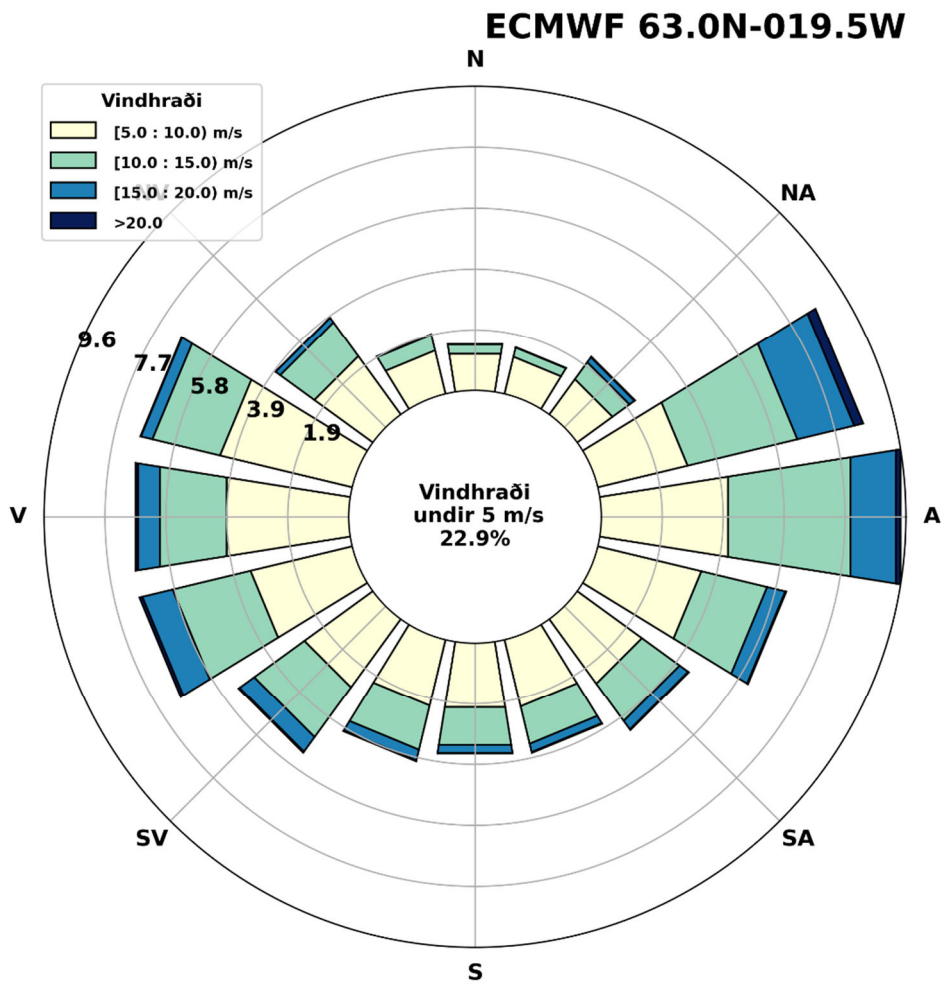
63.0_19.5_SV



↑ Mynd 9 Vinstri: Punktaský af Hs og Tp fyrir öldur úr suðvestri (blátt) og öldur úr öllum áttum (grátt) í punkti 63,0°N-019,5°V. Hægri: Dreifing sveiflutíma orkutopps fyrir nokkur hlutfallsmörk og 1 árs endurkomutíma ölduhæðar kenniöldu úr suðvestri.

4.3 Vindur

Vindur er látinn blása yfir hafflötinn í líkaninu, og til að velja vindhraða fyrir hvert sjólag var vindur í spápunkti 63,0°N -19,5°V greindur á sama hátt og aldan. Vindrós fyrir spápunktinn má sjá á mynd 10 og niðurstöður tölfræðigreiningar í töflu 9.



↑ Mynd 10 Vindrós í spápunkti 63,0°N - 019,5°V

↓ Tafla 9 Niðurstöður tölfraðigreiningar á vindhraða og -átt í spápunkti 63,0°N - 019,5°V. Sýndar eru vindáttir samsvarandi öldunum sem hafa áhrif í hafnarmynni Vestmannaeyjahafnar.

		A	ASA	SA	SSA	S	SSV	SV	VSV
	Átt	90°	113°	135°	158°	180°	203°	225°	248°
	Tíðni áttar	11%	8%	6%	5%	5%	5%	7%	9%
Hlutfallsmörk vindhraða [m/s]	50%	9.9	8.4	7.8	7.5	7.5	8.0	8.4	8.9
	60%	11.1	9.5	8.9	8.7	8.7	9.2	9.7	10.2
	70%	12.5	10.7	10.2	9.9	10.0	10.5	11.1	11.7
	80%	13.9	12.2	11.6	11.5	11.5	12.0	12.7	13.4
	90%	15.9	14.4	13.7	13.7	13.5	14.1	14.7	15.6
	95 %	17.6	16.2	15.5	15.3	15.2	15.7	16.2	17.3
Endurkomutími	98 %	19.3	17.9	17.3	17.2	17.1	17.7	18.0	19.1
	1 ára	21.5	20.0	20.0	19.8	19.3	20.3	20.7	21.4
	5 ára	23.7	22.5	22.1	22.8	21.5	22.9	23.2	24.1
	10 ára	24.5	23.0	22.8	24.3	22.3	23.7	24.1	24.8
	25 ára	25.4	23.5	23.6	26.5	23.4	24.5	25.1	25.4
	50 ára	26.1	23.7	24.1	28.3	24.1	24.9	25.8	25.8

4.4 Niðurstöður líkanreikninga

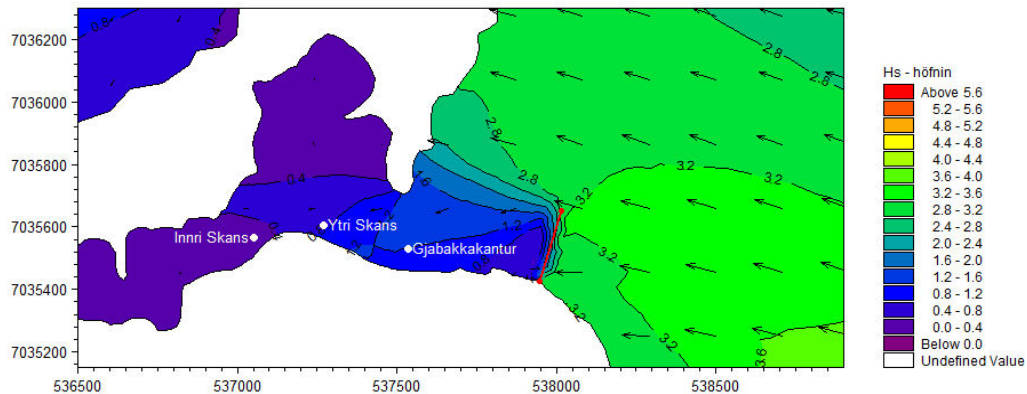
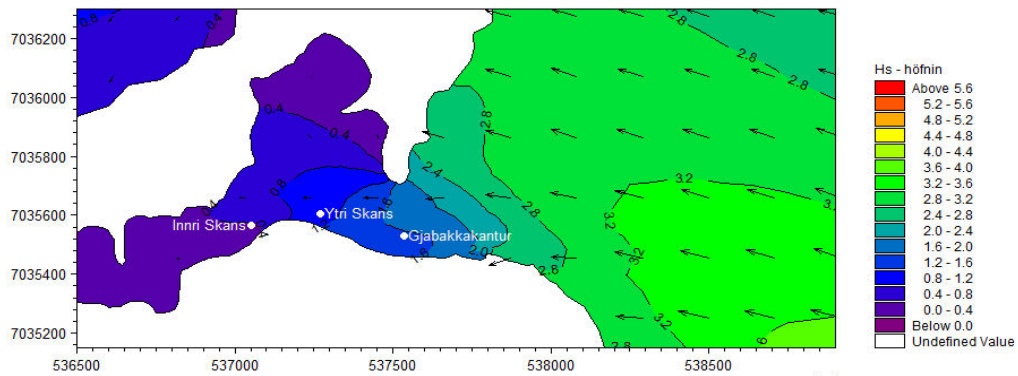
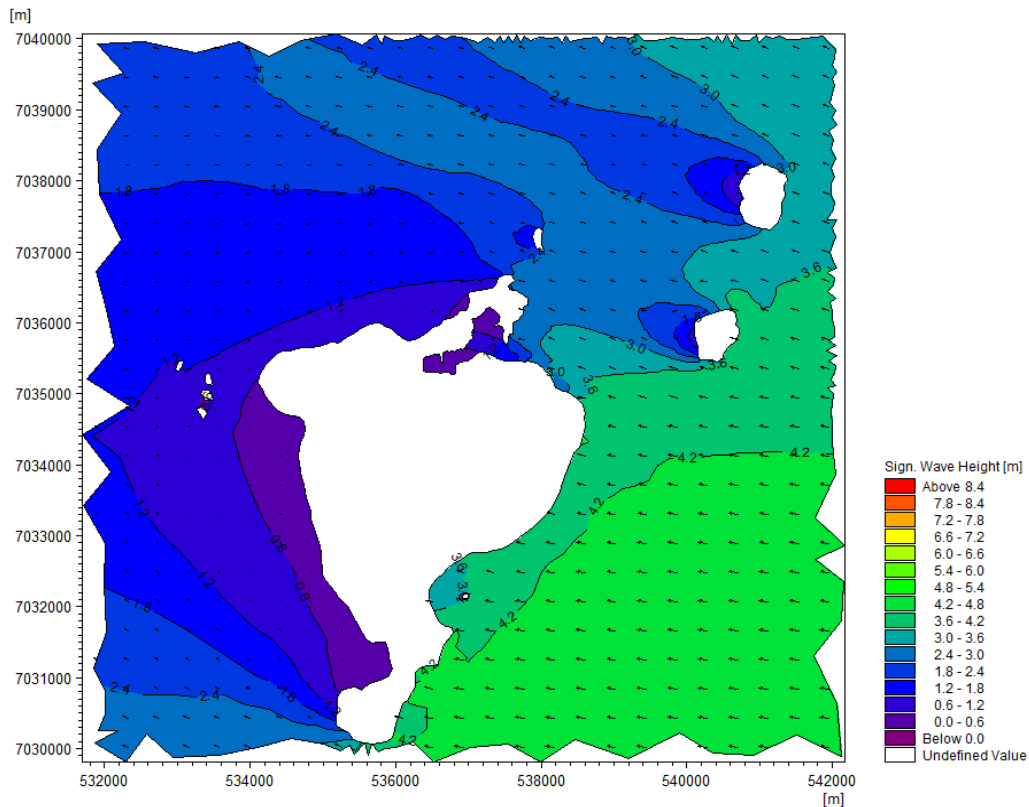
Líkanið var keyrt með öldum úr öllum stefnunum í töflu 8, þeim ölduhæðum sem eru litaðar gular, samsvarandi sveiflutímum og vindi. Niðurstöðurnar voru greindar í punktum fyrir miðjum köntunum sem verið er að leggja mat á. 98% hlutfallsmörk kenniöldu í þessum punktum eru sýnd í töflu 10. Það þýðir að um 7 daga á ári fer ölduhæð í punktunum yfir mörkin í töflunni. Þar af eru rúmlega 4 dagar í austan ölduátt, rúmlega 2 í austsuðaustan ölduátt og um hálfur dagur í suðaustan ölduátt. Stefnuhornið er breytilegt eftir átt úthafsöldu og sveiflutíma og er því gefið upp sem bil.

↓ Tafla 10 98% hlutfallsmörk kenniöldu fyrir miðjum köntunum sem til athugunar eru. U.þ.b. 7 daga ári er kennialda í þessum punktum hærrí en gildin í töflunni.

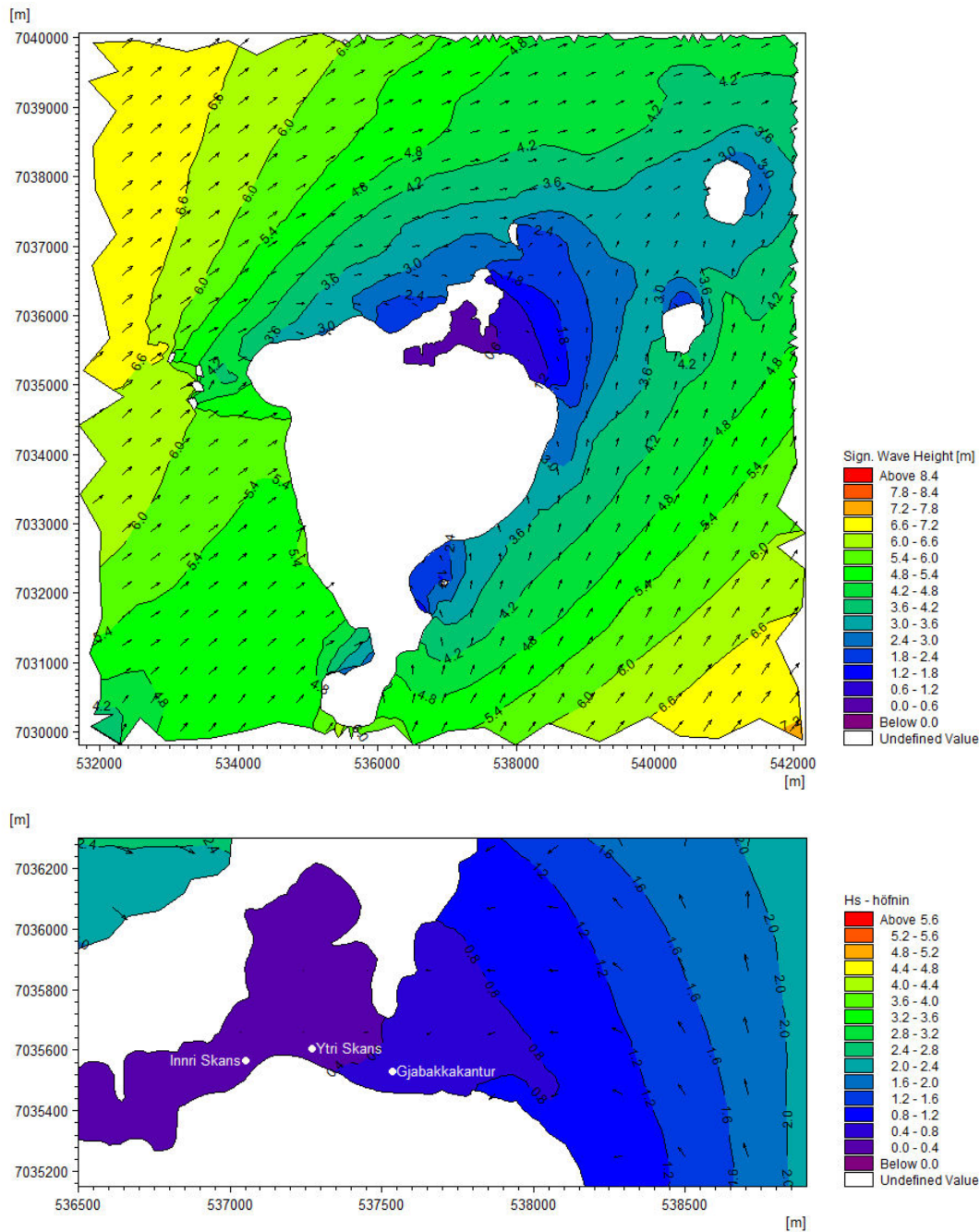
	Án varnargarðs		Með 235m varnargarði	
	Hs (m)	Stefnuhorn (°)	Hs (m)	Stefnuhorn (°)
Gjábakkafjara	1.47	34-37	1.20	42-46
Ytri Skans	0.88	33-36	0.62	39-41
Innri Skans	0.36	0-	0.26	0-

Mynd 11 sýnir ölduhæðina í höfninni og á stærra svæði umhverfis Heimaey þegar austan úthafsalda með $H_s = 5,1$ m og $T_p = 8$ s er sett á jaðar líkansins, en þau skilyrði gefa 98% hlutfallsmörk kenniöldu við mögulegu kantana þrjá.

Mynd 12 sýnir hversu vel höfninni er skýlt fyrir suðvestan öldu, sem er algengasta ölduáttin og jafnframt sú sem er með hæstu öldunum. Hér eru mun hærri öldur settar á jaðar líkansins en á myndunum að framan, með $H_s = 7,6$ m og $T_p = 14$ s en ölduhæð í hafnarmynninu er þó ekki nema 0,4 metrar. Aftur á móti skella öldurnar á kantinum undir óhagstæðara horni.



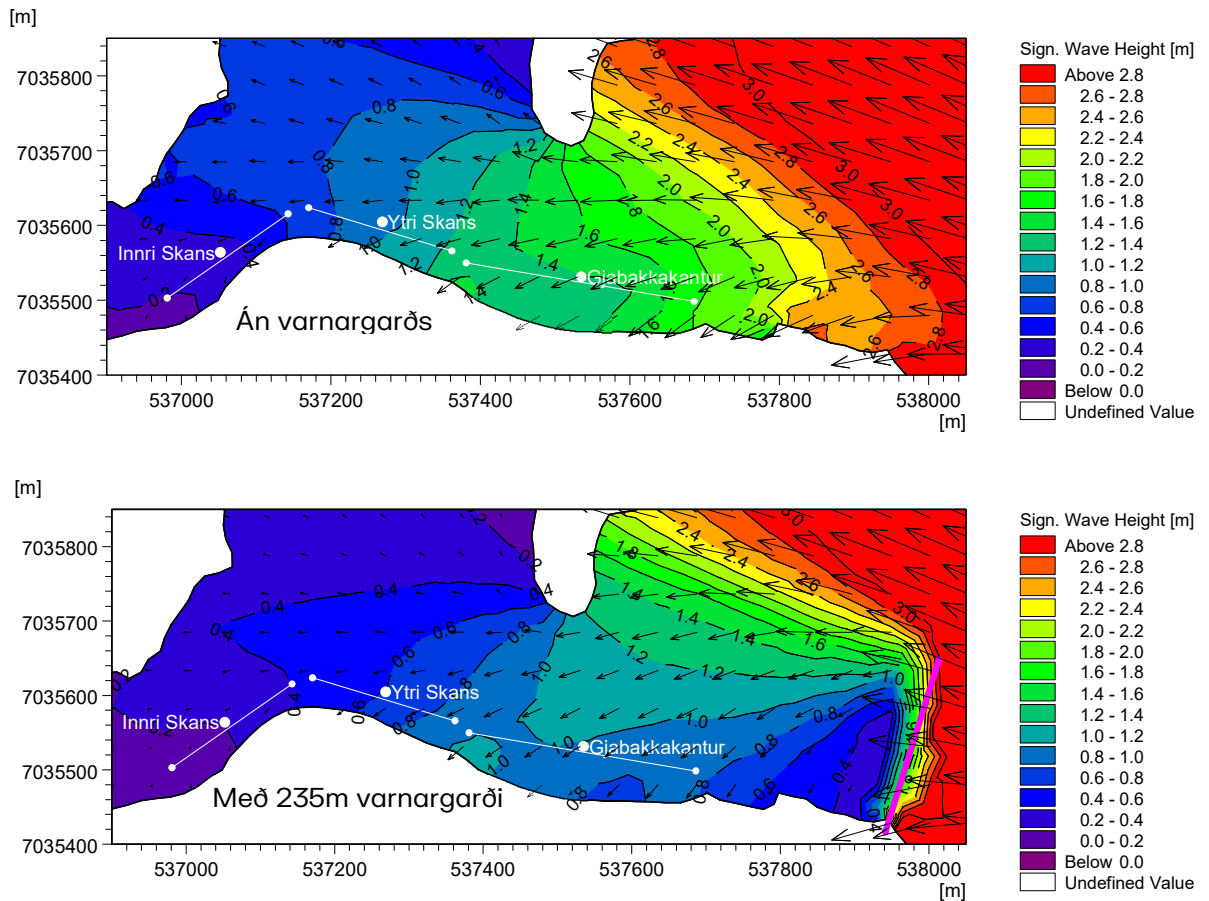
↑ Mynd 11 Ölduhæð og stefna umhverfis Heimæy (efst), í núverandi höfn (miðja) og í höfn með 235 metra garði (neðst) í austan úthafsöldu með $H_s = 5,1\text{m}$ og $T_p = 8\text{s}$. Ath. að litaskali á efstu myndinni er annar en á neðri myndunum.



↑ **Mynd 12** Ölduhæð og -stefna umhverfis Heimaey (efri mynd) og í höfninni (neðri mynd) í suðvestan úthafsöldu með $H_s = 7,6$ m og $T_p = 14$ s.

Mynd 13 sýnir ölduhæð og -stefnu í þeim hluta hafnarinnar þar sem til greina kemur að byggja kant, þegar alda á jaðri líkans er úr austsuðaustri með $H_s = 4,7$ m og $T_p = 10$ s. Kantarnir þrír eru sýndir sem línur svo auðveldara sé að átta sig á stefnuhorni öldu miðað við kant. Hér sést að aldan er nánast samsíða kantinum við Innri Skans en hornið sem aldan myndar við Gjabakkafjörुकant og Ytri Skans er á bilinu 30° upp í 42° , en hornið er breytilegt eftir því hvar á kantinum borið er niður og

hvort garðurinn er hafður með eða ekki, en garðurinn veldur óhagstæðara stefnuhorni vegna öldubognunar. Tafla 11 sýnir aðfallshornið á milli ölduáttar og kanta í Gjabakkafjöru og við Ytri Skans í mismunandi úthafsölduáttum. Sem fyrr segir er stefnan einnig breytileg eftir ölduhæð og sveiflutíma og því gefin upp sem bil.



↑ **Mynd 13 Ölduhæð og -stefna í ytri hluta hafnarinnar í ASA úthafsöldu með $H_s = 4.7$ og $T_p = 10s$. Efri myndin er svæðið án nýs varnargarðs en neðri myndin er með skjóláhrifum af 235m löngum garði.**

↓ Tafla 11 Aðfallshorn öldu við kant eftir ölduátt úthafsöldu

Ölduátt úthafsöldu	Stefnuhorn öldu og kants (°)			
	Gjábakki		Ytri Skans	
	núverandi	með garði	núverandi	með garði
A	31-39	40-44	31-37	36-41
ASA	30-39	41-46	32-37	37-41
SA	28-39	42-47	31-36	37-41
SSA	26-40	43-48	29-36	37-42
S	28-44	43-49	29-40	40-44
SSV	31-47	43-49	33-44	43-46
SV	42-50	47-52	38-45	46-47
VSV	57-59	58-61	44-46	45-46

4.5 Frátafir

Tafla 12 sýnir samanlagðan fjölda daga á ári sem ölduhæð er yfir 0,5 m við kantana. Reiknaður er fjöldi klukkustunda sem ölduhæð fer yfir þessi mörk í meðalári og það svo fært yfir í dagafjölda. Einnig er sýndur fjöldi daga með ölduhæð yfir 0,7 m en það eru mörkin fyrir viðlegu fyrir 30.000 tonna flutningaskip skv. Thoresen. Þegar gámaskip koma til Vestmannaeyja er það til lestunar og losunar svo vinstri hluti töflunnar er sá sem skiptir mestu máli.

↓ Tafla 12 Fjöldi daga á ári sem ölduhæð við kanta er yfir 0,5 m annars vegar og 0,7 m hins vegar.

	Fjöldi daga á ári með ölduhæð yfir 0,5 m við kant (lestun og losun)		Fjöldi daga á ári með ölduhæð yfir 0,7 m við kant (viðlega)	
	Án varnargarðs	Með garði	Án varnargarðs	Með garði
Gjábakkafjara	73	50	45	28
Ytri Skans	36	15	17	5
Innri Skans	1	0	0	0

Eins og fram kemur í kafla 3.1 er hámarks ölduhæð við kant fyrir lestun og losun gámaskipa 0,5 m samkvæmt bæði kóreskum og japönskum stöðlum sem og töflum úr Handbók fyrir hönnun hafna. Við Gjábakkafjörुकant er ölduhæð yfir 0,5 metrum samtals um 73 daga á ári. Þar af eru 27 dagar í austan öldu og samtals um 35 dagar í suðaustlægum (ASA, SA og SSA) ölduáttum. Af þeim 50 dögum sem alda er yfir 0,5 m við Gjábakkafjöru með garði eru rúmir 41 í úthafsöldu úr austri til

suðsuðausturs. Af þeim dögum sem ölduhæð er yfir 0,5 m við Ytri Skans er innan við 1 dagur með úthafsöldu úr öðrum áttum en þessum hvort sem er með eða án nýs varnargarðs.

Fyrir langar öldur sem koma undir horni á skipið eru viðmiðunarmörk fyrir ölduhæð lægri en fyrrnefndir 0,5 m. Úr töflu 4 má lesa að fyrir 20.000 tonna skip þarf fyrst að taka tillit til þessa þegar sveiflutími orkutopps er orðinn 12 sekúndur og stefnuhornið 45° og er þá leyfileg ölduhæð við kant 0,30 m. Ef sveiflutíminn fer yfir 15 sekúndur og stefnuhornið er 30° er leyfileg ölduhæð 0,40 m. Ef stefnuhornið er 60° og sveiflutíminn 12 sekúndur fer leyfileg ölduhæð niður í 0,20 m. Lagt var mat á hversu marga daga á ári ölduhæð fer yfir viðmiðunarmörk af þessum ástæðum út frá stefnuhornunum í töflu 11. Niðurstöður þeirrar greiningar, flokkaðar eftir stefnu úthafsöldu, má sjá í töflu 13. Við Ytri Skans eiga þessar aðstæður við í innan við 24 klukkutíma á ári og aldrei við Innri Skans. Við Gjábackkafjörुकant án varnargarðs bætast við um 11 frátafadagar af þessum orsökum og um 17 dagar með garði. Eins og fram kemur í kafla 4.2 eru úthafsöldur úr suðvestri hæstar og jafnframt með lengri sveiflutíma að jafnaði (sjá mynd 9). Einnig valda suðvestlægar áttir óhagstæðari öldustefnu miðað við kanta (sjá töflu 11) og því kemur ekki á óvart að flestir þessara daga eru í SV og VSV öldu, eða 9,2 dagar í höfn án garðs og 10,5 í höfn með garði.

↓ **Tafla 13** Viðbótarfrátafir vegna sveiflutíma og stefnuhorns

Úthafsölduátt	Dagar með sveiflutíma yfir 13s og Hs á bilinu 0.4-0.5m í Gjábackkafjöru án garðs	Dagar með sveiflutíma yfir 12s og Hs á bilinu 0.3-0.5m í Gjábackkafjöru með garði
SSA	0.3	1.4
S	0.8	2.3
SSV	0.9	2.7
SV	4.1	5.4
VSV	5.1*	5.1*

*fyrir VSV öldu var miðað við 60° stefnuhorn, þ.e. $T_p > 12s$ og $H_s > 0.2m$

Þekkt er að stundum hætta gámaskip sér ekki inn í höfnina vegna vinds og/eða ölduhæðar í innsiglingunni. Þær frátafir bætast við dagafjöldann í töflunni hér að ofan, að frádregnum þeim skiptum sem alda er úr austri eða austsuðaustri. Upplýsingar fengust frá höfninni um 7 dagsetningar á árunum 2018 til 2021 sem gámaskip komu ekki inn í höfnina. Í töflu 14 eru teknar saman upplýsingar um veðrið í spápunkti 63°N – 19.5°W ásamt hæð kenniöldu á Surtseyjardufli á þessum dögum. Ölduhæðin (H_s) og vindhraðinn (U) eru gefin upp sem hágildi dagsins en stefnurnar sem meðaltal. Fjóra þessara daga er ölduhæð á dufli um eða yfir 8 metrum og/eða vindhraði um eða yfir 20 m/s. Einn dag var ekkert að veðri en það

var 27. desember 2018 svo líkleg féll sú skipakoma niður vegna jólafrís. Þá tvo daga sem eftir eru var ölduhæð um 7 metrar á dufli og vindhraði um 17m/s í spápunktinum, sem er leiðinlegt veður en ekki aftakaveður. Annan þessara daga bar upp á annan í jólum svo óljóst er hvort skipakomur féllu niður vegna aðstæðna í innsiglingu eða af öðrum ástæðum. Út frá þessu má sjá að á árunum 2018 – 2021 var ófært inn í höfnina 4-6 fimmtudaga. Aðeins eru til upplýsingar um frátafir á fimmtudögum og því þarf að gera ráð fyrir að heildarfjöldinn sé sjöfaldur, eða u.þ.b. 7-10 dagar á ári. Af þessum 6 dagsetningum eru 2 með austan eða austsuðaustan öldu að meðaltali (dökkugular línur) og ein til viðbótar þar sem nokkrir klukkutímar voru með austan öldu en meðalstefnan var úr suðaustri (ljósgula línun). Í A og ASA ölduáttum er ölduhæð við kanta í Gjábackkafjöru og við Ytri Skans of há fyrir lestun og losun gámaskipa og því búið að gera grein fyrir frátöfum þá daga á þeim köntum. Í Gjábackkafjöru er líka búið að gera grein fyrir frátöfum í suðvestan öldu þegar sveiflutími orkutopps er yfir 13 sekúndum. Því bætist helmingur þessara daga við áætlaðan fjölda frátafadaga við Ytri Skans, 1 dagur í Gjábackkafjörुकant en kantur við Innri Skans er nothæfur ef fært er inn í höfnina. Rétt er að benda á að hér eru ályktanir dregnar út frá mjög takmörkuðum gögnum.

↓ **Tafla 14** Veður í spápunkti 63°N-019.5°V og ölduhæð á Surtseyjardufli þá daga sem ófært var inn í höfnina. Gefin eru upp hágildi ölduhæðar (Hs), vindhraða (U) og sveiflutíma (Tp) en ölduátt (Dir) og vindátt (Udir) eru gefnar upp sem meðaltal.

Dags.	Hs (m)	Dir (°)	Tp (s)	U (m/s)	Udir (°)	Hs_dufl (m)
6.12.2018	7.0	110	11.6	21.9	91	8.0
27.12.2018	3.3	213.4	10.2	11.7	212.5	3.3
3.10.2019	4.9	140.5	11.0	16.7	110.3	7.0
26.12.2019	4.7	126.6	11.8	17.2	95.9	6.6
9.1.2020	7.9	248.1	13.9	19.4	242.2	8.7
23.1.2020	9.0	250.2	13.4	21.7	255.5	10.3
7.10.2021	7.0	104.7	14.5	22.7	93.3	(8.0)*

* Duflíð datt út 7.10.2021 og þær mælingar sem skráðar eru þann dag því ekki marktækar. Út frá mælingum í sambærilegri ölduhæð skv. ECMWF má gera ráð fyrir um 8m ölduhæð á dufli.

5 Kantur norðan við Eiðið

Árið 2012 voru skoðaðar útfærslur á stórskipahöfn á norðanverðu Þrælaeiði í vatnslíkani Siglingastofnunar. Á mynd 14 má sjá þær tillögur sem voru skoðaðar ítarlega og bornar saman.



↑ Mynd 14 Þær tillögur sem skoðaðar voru í vatnslíkaninu

- Tillaga 1A (1) samanstendur af u.þ.b. 500 metra löngum brimvarnargarði NNA úr Stóráklifi út á um 25 m dýpi, ytri hluti með stefnu til ANA, með stórskipakanti innan á garðinum.
- Tillaga 2E (7) er u.þ.b. 300 m langur brimvarnargarður NA úr Stóráklifi út á 17 m dýpi, með stórskipakanti innan á garði.
- Tillaga 3A (9) samanstendur af garðinum úr tillögu 1A, en með stórskipakanti á landfyllingu við Eiðið.

Vatnslíkan var sett upp og skipahreyfingarnar 6, sem lýst er á mynd 2, mældar og skoðað við hvaða aðstæður einhver hreyfinganna fór yfir viðmiðunarmörk. Þetta er mun ítarlegri greining en líst er hér að framan fyrir kanta í Gjábackkafjöru og við Skans, enda hér aðeins um frumathugun að ræða. Japönsku ölduhæðarmörkin, sem notast er við hér til að áætla frátafir, eru byggð á reiknilíkönunum sem reikna hreyfingar skipa við kant og eru leyfilegar hámarkshreyfingar þær sömu og miðað er við í reikningum á frátöfum við Eiðið. Því eru áætluðu frátafirnar eins samanburðarhæfar og hægt er, en mun meiri óvissa er á niðurstöðum fyrir kanta í Gjábackkafjöru og við Skans.

Áætlaðar frátafir fyrir þær útfærslur sem skoðaðar voru til hlítar má sjá í töflu 15. Út frá niðurstöðunum í töflunni má útiloka tillögu 3A, þar sem hún er efnismikill garður líkt og í tillögu 1A en gefur mun lakari niðurstöður en báðar hinar tillögurnar.

↓ Tafla 15 Samanburður tillaga fyrir höfn norðan við Eiðið

	Efnismagn garðs [m³]	Viðlegumörk - frátafir [dagar á ári]	Löndunarmörk 50 % afköst - frátafir [dagar á ári]
Tillaga 1A	1.300.000	1-2	2-4
Tillaga 2E	620.000	3-4	7-8
Tillaga 3A	1.260.000	7-9	15-18

6 Kostnaður við tillögur

Hér er gerð grein fyrir umfangi og kostnaði framkvæmda. Í kostnaðartölum er gert ráð fyrir því að opnuð verði náma í Helgafellshrauni sunnan Eldfells þar sem hægt verður að vinna grjót, kjarna og fyllingarefni. Áður en endanleg lega á köntum liggur fyrir þarf að meta áhrif á innsiglingu hafnarinnar.

Stálpil

Stálpilsplöturnar þurfa að vera um 18-19 m langar og þær þarf að reka í kóta um -14 m CD. Ekki eru til borró- eða setþykktarmælingar á svæðunum sem segja til um dýpi á klöpp en þó er talið nokkuð líklegt að hægt sé að reka stálpil á Skansinn án þess að gera þilskurð. Einnig er gert ráð fyrir að hægt sé að reka plöturnar á litlu dýpi og dýpka síðan upp við kantana í -10,0 m dýpi. Þetta er gert til að þrengja sem minnst að innsiglingu. Á fjölgeislamælingum sjást grjóthnullungar á allt að -10,0 m dýpi utan við Gjábackkafjöru og því þyrfti gröfupramma til þess að fjarlægja þá. Því er dýpkun við Gjábackkafjöru talsvert dýrari en við Skansinn. Áætlað er að framkvæmdartími sé um 3 ár, frá efnispöntun þar til kanturinn er fullbúinn.



Mynd 15: Staðsetningar á tillögum og grjótgarði.

Í kostnaðartölum er gert ráð fyrir að framkvæmdirnar hljóti 60% styrk úr hafnabótasjóði.

Tafla 16: Kostnaður við 200 m innri eða ytri Skans, gert er ráð fyrir að kostnaður við báða staðina sé sambærilegur.

Heildarkostnaður með vsk	1374 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	1108 m.kr
Hluti hafnar(40%)	443 m.kr
Hluti ríkis (60%)	665 m.kr

Tafla 17: Kostnaður við 200 m kant í Gjábakkafjöru.

Heildarkostnaður með vsk	1684 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	1358 m.kr
Hluti hafnar(40%)	543 m.kr
Hluti ríkis (60%)	815 m.kr

Grjótgarður

Grjótgarðurinn í líkaninu er um 235 m langur, miðað er við að hægt sé að vinna grjótið í Vestmannaeyjum. Gert er ráð fyrir að hönnunarlada á garðinn sé $H_s = 6,0$ m og að stærstu steinar í grjótkápu séu 20-30 tonn. Um 1.070.000 m³ af efni þarf til að byggja garðinn.

Tafla 18: Kostnaður við um 235 m langan grjótgarð

Heildarkostnaður með vsk	3580 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	2890 m.kr
Hluti hafnar(40%)	1160 m.kr
Hluti ríkis (60%)	1730 m.kr

Norðan Eiðis

Reiknað er með 200 m stálþilskanti í öllum þremur tillögnum, 1, 7 og 9, sjá mynd 12. Kostnaður við kantinn er svipaður fyrir allar tillögur eða um 1,2 milljarðar en kostnaður við fyllingu undir bryggjuna og dýpkun er innifalinn í kostnaði fyrir hverja tillögu.

Tafla 19: Kostnaður við 200 m kant norðan Eiðis.

Heildarkostnaður með vsk	1228 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	991 m.kr
Hluti hafnar(40%)	396 m.kr
Hluti ríkis (60%)	594 m.kr

Við þennan kostnað bætist svo kostnaður við byggingu Brimvarnargarðs:

Tillaga 1(tillaga 1 í Eiðisskýrslu frá 2012):

Kostnaður við 510 m langan brimvarnargarð(1.300.000 m³) út á um 25 m dýpi með dýpkuðu snúningssvæði(um 60.000m³) er um 5,9 milljarðar

Tafla 20: Kostnaður við tillögu 1 við Eiðið, 510 m brimvarnargarð með dýpkun.

Heildarkostnaður með vsk	5940 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	4790 m.kr
Hluti hafnar(40%)	1920 m.kr
Hluti ríkis (60%)	2880 m.kr

Tillaga 2(tillaga 7 í Eiðsskýrslu frá 2012):

Kostnaður við 295 m langan brimvarnargarð(530.000 m³) út á um 20 m dýpi með dýpkun(100.000 m³) fyrir hafnarkví er um 3,4 milljarðar.

Tafla 21: Kostnaður við tillögu 2 við Eiðið, 295 m brimvarnargarð með dýpkun.

Heildarkostnaður með vsk	3390 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	2740 m.kr
Hluti hafnar(40%)	1100 m.kr
Hluti ríkis (60%)	1640 m.kr

Tillaga 3(tillaga 9 í Eiðsskýrslu frá 2012):

Kostnaður við 510 m langan brimvarnargarð(1.260.000 m³) út á um 25 m dýpi með dýpkuðu snúningssvæði(um 140.000 m³) og landfyllingu við Eiðið er um 6,4 milljarðar.

Tafla 22: Kostnaður við tillögu 3 við Eiðið, 510 m brimvarnargarð með dýpkun og landfyllingu við Eiðið.

Heildarkostnaður með vsk	6410 m.kr
Heildarkostnaður án vsk	5170 m.kr
Hluti hafnar(40%)	2070 m.kr
Hluti ríkis (60%)	3110 m.kr

7 Niðurstöður

Tafla 23 sýnir áætlaðan heildarfjölda frátafadaga á ári fyrir lestun og losun gámaskipa við þá kanta sem voru til skoðunar. Það eru dagar sem alda við kant er yfir 0,5 m að viðbættum þeim dögum sem alda er yfir lægri mörkum sem taka þarf tillit til vegna sveiflutíma og stefnuhorns og dögum sem ófært er inn í höfnina vegna slæmra skilyrða í innsiglingu. Auk þess eru sýndar áætlaðar frátafir fyrir þær þrjár tillögur sem komu best út í rannsóknum á stórskipahöfn norðan við Eiðið árið 2012. Þessar niðurstöður er fengnar með greiningu á veðri á tímabilinu 1970 til 2023 og því um meðalfjölda sólarhringa á ári miðað við það tímabil að ræða. Frátafir á einstökum árum geta verið meiri eða minni eftir tíðafari. Frátafirnar eru reiknaðar í klukkutímum og færðar yfir í dagafjölda. Af því leiðir að dagsetningar sem ölduhæð er yfir mörkum eru fleiri en taflan segir til um, en á móti kemur að aðstæðurnar vara oft aðeins part úr degi. Í töflu 24 er tekinn saman áætlaður heildarkostnaður við hverja útfærslu.

↓ Tafla 23 Samanlagður fjöldi frátafadaga við lestun og losun gámaskipa vegna of hárrar öldu við kant (að teknu tilliti til sveiflutíma og stefnuhorns) eða vegna slæmra skilyrða í innsiglingu.

Fjöldi daga á ári með ölduhæð yfir viðmiðunarmörkum fyrir lestun og losun eða ófært í höfnina fyrir gámaskip			
	Án garðs	Með garði	
Gjábakkafjara	85	68	
Ytri Skans	40-43	19-22	
Innri Skans	7-10	7-10	
	Tillaga 1A	Tillaga 2E	Tillaga 3A
Eiðið	2-4	7-8	15-18

↓ Tafla 24 Áætlaður heildarkostnaður við kanta og garða. Þessi áætlun miðast við að hægt sé að vinna grjót í Helgafellshrauni sunnan Eldfells í Vestmannaeyjum.

**Áætlaður heildarkostnaður með vsk. fyrir hverja útfærslu í milljónum króna
Grjót unnið í Vestmannaeyjum**

	Án garðs	Með garði	
Gjábakkafjara	1684 m.kr.	5264 m.kr.	
Ytri Skans	1374 m.kr.	4954 m.kr.	
Innri Skans	1374 m.kr.	N/A	
	Tillaga 1A	Tillaga 2E	Tillaga 3A
Eiðið	7168 m.kr.	4618 m.kr.	7638 m.kr.

Hönnunarviðmið hér á landi eru að kantar séu nothæfir 98% tímans sem þýðir að frátafir mega vera um 7 dagar á ári. Það er því ljóst að Innri Skans er eini valmöguleikinn í innsiglingunni sem er nálægt því að standast þau viðmið.

Ýmsar takmarkanir eru á þessum niðurstöðum. Í þessari frumathugun á þremur köntum er notast við öldusveigjúlíkan og viðmiðunargildi fyrir hámarksöldu úr töflum, sem er ekki jafn nákvæm nálgun og samþætt hafna- og skipahreyfingalíkan þar sem hver hreyfing skips er reiknuð og borin saman við þekkt mörk. Gögn sem áætlaðar frátafir vegna slæmra skilyrða í innsiglingu byggja á eru af skorum skammti og ályktanir dregnar af þeim því talsverðri óvissu háðar. Þá eru nálganir gerðar til að meta fjölda daga sem hámarksölduhæð er lægri en 0,5 m vegna sveiflutíma og stefnuhorns, þar sem báðar breytur og stærð hönnunarskips liggja á milli töflugilda. Tekið skal fram að 0,5 m öldumörkin eiga við um losun og lestun gáma og eru langflest veðrin að vetri til en ekki á sumrin þegar skemmtiferðaskip eru á ferðinni.

235 m brimvarnargarður út frá Eldfellshrauni er kostnaðarsöm framkvæmd og ávinningurinn er takmarkaður fyrir kant í Gjábakkafjöru, garðurinn bætir skilyrði fyrir gámaskip á Ytri Skans um helming. Skilyrði á Innri Skans eru sambærileg við skilyrði í núverandi höfn og er garðurinn óþarfur ef sá valkostur er valinn. Allur áætlaður kostnaður miðast við að hægt sé að vinna grjót í Vestmannaeyjum. Ef það gengur ekki eftir eykst kostnaður við garða umtalsvert.

8 Heimildir

Ingunn E. Jónsdóttir og Sigurður Sigurðarson, 2016 *Öldufar á Sundunum.*

Öldufarsrannsóknir og mat á viðleguskilyrðum í Sundahöfn. Vegagerðin.

Kwak, M., Moon, Y. & Pyun, C., 2012. *Computer simulation of moored ship motion induced by harbor resonance in Pohang new harbor.*

Siglingastofnun, 2008. *Minnisblað – Stórskipakantur*

Siglingastofnun, 2012. *Stórskipakantur norðan við Eiðið – Líkantilraunir*

The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*

Thoresen, C.A., 2003. *Port designer's handbook: recommendations and guidelines.* London. Thomas Telford Books.

9 Fylgiskjöl

Fylgiskjal 1: *Vestmannaeyjahöfn Öldufar innan hafnar – Áhrif styttingar Hörgaeyrargarðs. Vegagerðin, 2023.*

Fylgiskjal 2: *Vestmannaeyjar: Stórskipakantur norðan við Eiðið – Líkantilraunir. Siglingastofnun, 2012.*

Fylgiskjal 3: *Minnisblað – Stórskipakantur. Siglingastofnun, 2008.*