

i hillu

4

MÁLI  
ORRÚTTÖFNUN

MÁLAFÖN

457

STRAUMFRÆÐISTÖÐ

HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK

SUNDAHÖFN

Skýrsla nr. 1 um ölduhreyfingu

í Viðeyjarsundi

RAFORKUMALASTJÓRNIN

Febrúar 1966

S U N D A H Ö F N

Ölduhreyfing í Viðeyjarsundi.  
Skýrsla nr. 1. REIKNINGSATHUGUN.

1. Inngangur	bls. 1
2. Langar bylgjur	" 1
3. Stormbylgjur	" 4
4. Vindar	" 6
5. Niðurstöður	" 8

Mynd nr. 1	Hnútapunktur í Sundunum
" "	2 Langsnið
" "	3 Refraktion. Faxaflói.
" "	4 Refraktion. Sundin.
" "	5 Vindur frá 255-325 <sup>o</sup> . '50-'59

Gert fyrir  
HAFNARSTJÓRANN Í REYKJAVÍK, Hafnarhúsinu

## 1. INNGANGUR

Undanfarin ár hefur staðið yfir athugun á stækkun Reykjavíkurhafnar, er staðsett skal í Vatnagörðum. Í janúar 1966 sneri Hafnarstjórinn í Reykjavík, Gunnar B. Guðmundsson, sér til Straumfræðistöðvar Raforkumálastjóra og óskaði eftir að framkvæmdar yrðu athuganir og mælingar á ölduhreyfingunni í Viðeyjarsundi.

Þar sem þessar mælingar geta aðeins staðið í stuttan tíma áður en bygging Sundahafnar hefst, eru litlar líkur á að mælingar komi að verulegu gagni nema jafnframt sé unnt að gera grein fyrir orsakasambandi ölduhreyfingar veðurs og staðhátta, og þannig notfæra sér niðurstöður mælinganna til að áætla ölduhreyfingu í framtíðinni.

Þessi athugun hefst því á reikningsathugun byggðri á tiltæku efni er þegar er fyrirliggjandi. Eru það einkum sjókort sjómælinga Íslands, dýptarmælingar af Viðeyjarsundi og rannsóknir Almenna Byggingafélagsins. Einnig er stuðst við reynslu Gunnars Bergsteinssonar, forstöðumanns Sjómælinganna, er um árábil hefur fylgzt með langbylgjuhreyfingu þeirri í úthafinu er fram kemur á siritandi sjávarfallamælum.

## 2. LANGAR BYLGJUR

Öldur með litla ölduhæð en langann sveiflutíma geta valdið miklum erfiðleikum og skaða þar sem þær falla saman við eigin tíðni skapaða af staðhátum. Erfiðleikar af þessum sökum hafa í ríkum mæli gert vart við sig svo vitað sé í Vestmannaeyjum og Ólafsfirði, og ef til vill víðar þó ekki sé það endanlega staðfest.

Ekki er vitað með vissu hvað veldur þessari ölduhreyfingu í úthafinu, en hér við land kemur fram á sýritandi mælum greinileg hreyfing með 12-15 mín. sveiflutíma, og verður hennar vart í Reykjavík, Grindavík og Vestmannaeyjum. Ölduhæðin er lítil, algengast um 5 cm, en hefur mælt mest 20-30 cm og virðist þessi stækkun standa í sambandi við hreyfingu lægða milli Grænlands og Íslands, eða SV veður.

Aðrir athuganir en það sem kemur fram á mælingum við Ægisgarð liggja ekki fyrir í Reykjavík. Sjómenn telja sig hafa orðið vara við "sog" í Viðeyjarsundi, en ekki er ljóst hvort um langar bylgjur er að ræða. Skipstjórnarmenn kvarta einnig yfir sogum við Gufunesbryggju í Eiðsvík, þar leiddi athugun ABF í einu tilfelli í ljós, að um venjulega undiröldu með 12-13 sek sveiflutíma var að ræða. Til gamans má einnig skjóta því inn hér sem gamlar sögur segja, að ísinn af Reykjavíkurtjörn hafi átt til að brotna upp með dunum og dynkjum og var nykri kennt um. Á þeim tímum hafði tjörnin samband við sjó gegnum opinn læk, og vatnsborð hennar líklega svipað sjávarmáli í stórum flóðum svo hér hafa langar öldur getað verið að verki. En ef svo er hafa stórar ölduhæðir verið fremur sjaldgæfar, því sömu gömlu sögur segja að þetta hafi aðeins skeð annaðhvert ár, sem raunar var ofur eðlilegt, því nykurinn bjó líka í Hafravatni og var sitt árið á hverjum stað. Þessa er getið hér fremur til gamans, og er varla meiri ástæða til að trúa kenningunni um löngu bylgjurnar en sögunni um nykurinn.

Ef langar bylgjur magnast upp í Viðeyjarsundinu hefur það í för með sér sterka strauma í hnutapunkti mögnuðu öldunnar, þ.e.a.s. á siglingarleiðinni til Sundahafnar.

Mynd nr. 1 sýnir vatnasvæðið Engey-Geldingarnes, tekið frá sjókort nr. 45. Mynd 2 sýnir langsniðin L1 og L2.

Samkvæmt reikningum er byggjast á meðaldýptum í L1, myndu hnutapunktur fyrir 15 og 12 mín sveiflur við flóð og fjöru enda þar sem merkt er á mynd 1, HW 15 o.s.frv. Tilsvarandi er merkt fyrir Eiðsvík, en þar sem þeir punktar lenda utanvið mynni Eiðsvíkur er ljóst að þar er um aðra eigin-sveiflutíma að ræða.

Eiðsvík og Viðeyjarsund geta því ekki sveiflast í sama takt, því myndi opið á milli, snið L2 hafa dempanði áhrif á sveiflu í Viðeyjarsundi með því að sleppa orku út, því meiri sem útslag eiginsveiflunnar er meira. Einnig hefur Kleppsvík dempanði áhrif á þann hátt að hluti af sveiflunni lendir útfir fasa.

Sökum þess hvað hér er um flókna sveiflu að ræða er ekki unnt að gera sér grein fyrir hvað mögnunin er mikil. Aðeins er hægt að reikna frá straumhraða sem búast má við í hnúta-punktinum með því að gefa sér sömu ölduhæð inni í botni og þá sem mælt hefur á Ægisgarði, sem búast má við að sé hin upprunalega ölduhæð ótrufluð. Er þetta gert í töflu nr. 1 fyrir sveiflurnar HW 15, LW 15 og HW 12. Sveiflan LW 12 er ekki tekin með þar sem ólíklegt er að hún geti magnast nokkuð verulega sökum þess, hvað hnútapunkturinn er kominn innarlega.

TAFLA NR. 1

Straumhraðar í hnútapunkti m/sek.

<u>Bylgjuhæð</u>	<u>HW 15</u>	<u>LW 15</u>	<u>HW 12</u>
H = 0.05 m	0.04	0.05	0.05
H = 0.25 m	0.18	0.27	0.24

### 3. STORMBYLGJUR

Fyrir Sundahöfn þarf að rannsaka eftirfarandi atriði í sambandi við stormbylgjur.

1. Hvort komið geti dagar, sem skip ekki geta legið í höfninni.
2. Hvort höfnin geti lokast vegna sjávargangs.
3. Ölduhæðir í höfninni og kraftar sem af þeim leiða í þybbum og festingum.

Einhver vindbára myndast í Viðeyjarsundi, og á flóðum getur leitt báru innan úr Eiðsvík í NA átt og hefur ABF athugað þetta atriði.

Öldur frá NV lögum áttum ná hins vegar utanaf hafi inn í Viðeyjarsund. Eitthvað brýtur á skerjum í mynni sundsins, en þau eru of lítil til að veita verulegt skjól gegn úthafsöldu. Tilvera þeirra skapar þó hættur fyrir skip sem eiga þarna leið um í vondum veðrum einkum ef straumur er.

Vegna refraktionar leitar alda frá öðrum áttum en NV inn í sundin, og til að athuga, að hvað miklu leyti vestanöldu leiðir inn í Viðeyjarsund er reiknað og dregið upp refraktionsdiagram sem sýnt er á mynd 3. Er þar notað ll sek úthafsalda er hefur öldulengd = 200 m. Fjarlægðin á milli öldukambanna á mynd 3 er 10 L eða 2 km.

Svo sem séð verður renna allmargar þverlínur (ortogonalar) saman á svæðunum er kallast Vestra- og Syðrahraun. Þar sem enginn orkuflutningur á sér stað þvert á þverlínurnar þýðir þetta, að á þessum stöðum myndast krappir sjóar og hnútar, og hér mynd 3 að þessu leyti saman við reynslu skipstjórnarmanna. Einnig sést á mynd 3 að milli Akraness og Gróttu hafa öldurnar beygt þannig að stefna þeirra er nálægt 30° norðan vesturs. Þessi staður er ca. 18 km frá sjálfu brotsvæðinu, og öldurnar hér því lægri en þar. Á brotsvæðinu er ölduhæðin

hins vegar stærri en úti á dýpi og er því sleppir er ekki hægt að áætla ölduhæðina með nægilegu öryggi en stærðargráðan verður sú sama og hæð úthafsöldunnar. Meðalölduhæð 11 sek. úthafsöldu í stormi frá vestri er  $H = 4 - 5$  m og vegna hinnar staðtölulegu dreifingar á ölduhæðunum er 4% af öldunum hærri en 2 H og 1 o/oo hærri en 3 H. Þessi dreifing brenglast á brotasvæðunum þannig að stærstu öldurnar brotna en þær minnstu hækka, svo búast má við jafnhærri öldum handan þess.

Mynd 4 sýnir hvernig aldan heldur áfram inn sundin. Fyrstu þverlínur og öldukambar er þeir sömu og síðustu tveir kamar á mynd 3. Svo sem fram kemur heldur aldan áfram að beygja nær NV og rennur að lokum inn Viðeyjarsund og Eiðsvík. Gagnstætt því sem mynd 3 sýndi kemur fram á mynd 4 einhliða dreifing á þverlínunum sem þýðir öldulækkun. Tafla 2 sýnir ölduhstuðla, reiknaða eftir mynd 4, fyrir Geldinganes, Gufunes, Innsiglingu í Viðeyjarsund og Sundahöfn, en öldustuðlar þar eru reiknaðir eftir sjókorti Sjómælinga Íslands í 1:4000. Litlir krossar á mynd 4 sýna nákvæmlega staðinn þar sem öldustuðullinn er reiknaður út, en hann er skilgreindur þannig:

$$\text{Öldustuðull } K = \frac{\text{Ölduhæð á staðnum}}{\text{Ölduhæð úti á dýpi}}$$

og hér er ölduhæð úti á dýpi tekin sem ölduhæðin á fyrsta kambnum á mynd 4, sem er sá sami og næst síðasti kambur á mynd 3.

	<u>TAFLA NR. 2</u>				<u>Öldustuðull K</u>
	Geldinganes	Gufunes	Innsigling Sundahöfn	Sundahöfn Fjara	Flóð
K	0.29	0.15	0.29	0.11	0.13

Hér er ekki tekið tillit til þeirrar hækkunar, sem verður á öldunni vegna vindsins á leiðinni milli fyrsta og síðsta öldukambs á mynd 4, þar eð nægar athuganir á slíkum fyrirbirgðum liggja ekki fyrir. Með því að brotna yfir hraununum

og renna saman eru ölduhæðirnar orðnar aðrar en áður bæði hvað innbyrðis dreifingu og hæð snertir, og óvíst hvort vindorkan er flytzt til hafsins á áður umræddri leið fer í að hækka þær öldur er fyrir eru, eða byggja upp nýjar ofaná þeim gömlu. Öldur er byggjast upp af sléttu vatni á sömu leið og við sama vindhraða yrðu ca 25 m en upprunalegu öldurnar eru 200 m, og þannig má búast við að viðbótin verði lífil.

Hér hafa aðeins öldur frá vestri verið athugaðar, en öldur frá horninu V til NV ná inn í Viðeyjarsund, því mætti reikna refraktionsmynd fyrir NV öldu og myndi þar koma fram einhver beygja umhverfis Akranes og aldan enda með svipaðri stefnu og V aldan. Sökum þess hve refraktionsreikningar eru tímafrekir, var í samráði við hafnastjóra horfið frá frekari athugunum, unz nánari ákvarðanir um framhald rannsókna hafa verið teknar.

#### 4. VINDAR

Í kafla 3 hefur verið sýnt fram á að V öldur refrekterast inn í Viðeyjarsund og af staðháttum er ljóst að NV öldur ná einnig þar inn.

Öldur myndast á lengri leið en svo að vindstefnan sé sú sama á allri leiðinni. Áætla má að öldur frá horninu V-NV komi er vindur blæs innan áttanna frá  $V \div 15^{\circ}$  til  $NV \mp 10^{\circ}$  þ.e. a.s.  $255-325^{\circ}$ , miðað við athuganir í Reykjavík. Þannig vill til að þetta bil inniheldur áttirnar 290, 300, 310 og  $320^{\circ}$ , sem eru í flokki sjaldgæfustu vindátta hér.

Athuganir Veðurstofu Íslands á árunum 1950-1959 eru í töflu 3 hér að neðan.



TAFLA NR. 3 Vindur frá 255-325° í Rvk. Árabíl 1950-1959.

Tölur í reitum þýða fjölda athugana

Vindhraði.

Hnútar	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	
	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	upp	Alls
M/S	1,25	3,5	6	8,5	11	13,5	16	18,5	21	23,5	26	28,5	31	33,5	35	
$\left(\frac{M}{S}\right)^2$	1,6	12,3	36	72	121	182	256	342	41	551	676	811	961	1120	1225	
260	42	157	130	73	57	40	29	29	14	11	6	3	1	1	1	594
270	86	226	199	85	86	33	24	10	10	5	4	1				769
280	35	121	143	39	32	12	8	3	2							395
290	27	95	82	28	21	6	1									260
300	24	111	88	40	10	5	5	3	1							287
310	41	127	92	39	21	2	3	2								327
320	41	127	101	49	22	10										350
Alls	296	964	835	343	249	108	70	47	27	16	10	4	1	1	1	2982
%	1.01	3,30	2.86	1.17	0.85	0.37	0.24	0.16	0.092	0.055	0.034	0.0137	0.0034	0.0034	0.0034	0.0034
	10.2	9.1	5.9	3.0	1.82	0.98	0.60	0.36	0.20	0.113	0.058	0.024	0.0102	0.0068	0.0034	

Athuganir á tímabilinu voru alls 29.216, logn og breytileg átt meðtalin, og prosenturnar eru af þeirri tölu.

Af töflu 3 sést að af þeim 2982 athugunum, sem hún nær til eru 1758 eða 59.4% frá V (áttirnar 260, 270 og 280°). Séu athuganir með hærri vindhraða en 30 hnúta (15 m/s) taldar saman eru þær 177 og þar af 162 eða 91,5% frá V. Þessar 177 athuganir eru 0.605% af öllum athugunum, sem svarar til að vindur meiri en 30 hnútar komi 53 klst. á ári að meðaltali, innan 255-325°.

Mynd 5 sýnir vindhraðann  $U^2$  settan á móti % af öllum athugunum (neðstu línu í töflu 3). Á þennan hátt kemur fram bein lína sem nota má til að finna líkurnar fyrir að vindhraði  $U$  stærri en fyrirframvalið  $U_0$  komi. Þannig sést að mesti vindhraði ársins er 52 hnútar eða 10 vindstig að meðaltali. Ennfremur má nota mynd 5 til að reikna líkurnar fyrir bylgjuhæðum í Sundahöfn ef samband milli vinds og öldu er þekkt.

## 5. NIÐURSTÖÐUR

### 5.1 Langar bylgjur.

12-15 mín. sveifla er fyrir hendi í Faxaflóa og möguleikar á mögnun fyrir hendi í Viðeyjarsundi. Slík mögnun skapar strauma á milli Vatnagarða og skerjanna og þar af leiðandi strauma og hvirfla í Sundahöfn.

Sveifla, sem þannig magnast í Viðeyjarsundi dempast verulega er hún hefur náð einhverri hæð, og sjálf gefur upprunalega sveiflan mjög litla strauma. Það er því ólíklegt að það mikil mögnun geti orðið að skip er sigla fyrir eigin vélar- krafti verði fyrir truflunum.

Mögnun er nægir til að trufla dráttarbáta með skip í togi er fyrir hendi ef bylgjan  $H=0,25$  em nær að magnast 3-4 sinnum. Þessi alda er samfara V og SV átt, og þá má búast við lítilli umferð um höfnina af þeim orsökum. Það er því ekki ástæða til að ætla að Sundahöfn stafi hætta af þessum bylgjum, þó er ekki hægt að fá vissu fyrir því nema með

nánari rannsóknnum er innihalda beinar mælingar.

## 5.2 Stormbylgjur

Samkvæmt því er fram hefur komið í köflunum 3 og 4 er

ljóst að:

1. Stormbylgjur frá vindáttunum  $255-325^{\circ}$  ná inn í Viðeyjar-sund.
2. Orsök þess að vestanöldur ná inn í Viðeyjarsund er fyrst og fremst refraktion í Faxaflóa.
3. Innan  $255-325^{\circ}$  er vestanátt yfirgnæfandi algengust, einkum er komið upp í vindhraða þar sem búast má við einhverjum öldum.

Hér má bæta við að samkvæmt ABF er 50-70 cm hæsta leyfilega ölduhæð við hafnarbakka, og er þá líklega gert ráð fyrir þéttum vegg og engri fjaðrandi þybbu.

Þessum atriðum fylgja eftirfarandi athugasemdir:

### Atriði 1

Athyglisvert er að K er svipað fyrir Gufunes og Sundahöfn. Varast skal þó að álykta af þessu að ölduhæð sé svipuð við Gufunesbryggju og við bakka í Sundahöfn því þar á aldan eftir að diffrakterast um enda Norðurbakka. K fyrir Sundahöfn er 0.11-0.13 og er þetta nægilegt til að sá möguleiki er fyrir hendi að í Sundahöfn komi öldur um og yfir 1 m. Vindur er nægir í styrkleika til að gefa öldulengdir er notaðar eru við refraktionsreikningana kemur h.u.b. 50 tíma á ári að meðaltali.

Í innsiglingunni í Sundahöfn er  $K=0.29$ , eða 2-3 sinnum stærri en í Sundahöfn, litlar líkur eru því á að dráttarbátar geti athafnað sig utan skerja í vestanrokum, en skipin verða að sigla inn á talsverðri ferð fyrir eigin vélarafli. Athafnarými í Sundahöfn er nægilegt til að þetta sé mögulegt, en skip láta frekar illa að stjórn undan vindi og í hliðaröldu.

Atriði 2

Refraktion í Faxaflóa hefur í för með sér að upprunaleg dreifing á ölduhæðunum raskast, og einnig að undiralda með litla ölduhæð en sveiflutíma nálægt 11 sek. getur hækkað, þannig að vindhraði í Reykjavík gefur ekki öruggar upplýsingar um ölduhæð á svæðinu milli Akraness og Gróttu. Leið vestan öldunnar er á þann hátt flókin að K stjórnast bæði af sveiflutíma og hæð úthafsöldunnar, og því eru óbyggjandi upplýsingar um öldur í Sundahöfn aðeins að fá með öldumælingum á staðnum í þess háttar veðrum er upplýsinga er óskað um.

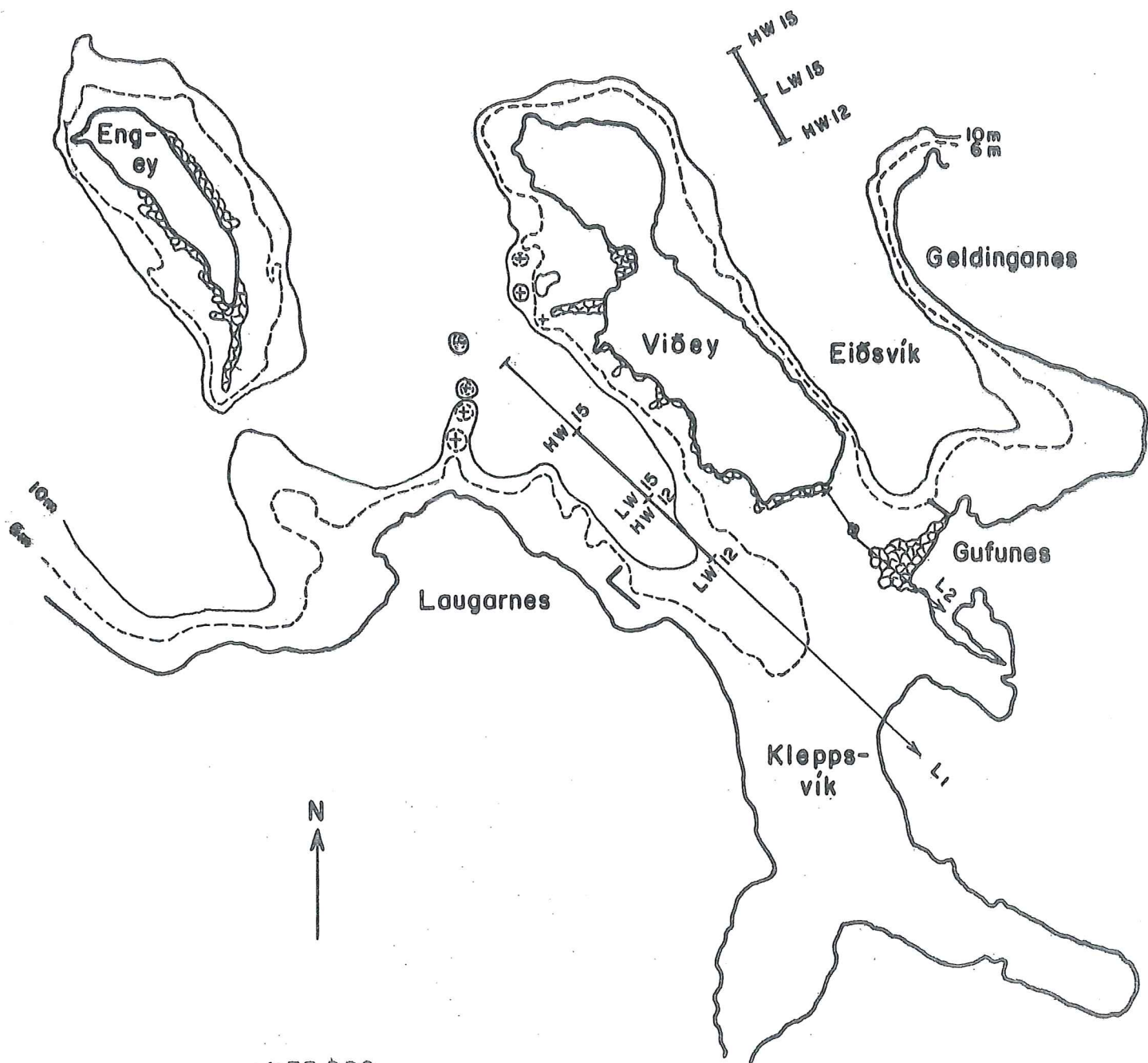
Atriði 3

Þó að vestanátt sé ekki í flokki algengustu vindátta þá eru rok (10 vindstig eða meir) langalgengust frá vestri (260-270°). Í slíkum veðrum myndast öldur allmiklu lengri en 200 m og beygja þær því meira og öldustuðullinn verður þá hærri. Þúast má við að vestanrok 10 vindstig eða meir mælist örugglega (stormurinn varir í yfir 3 klst) einu sinni á ári að meðaltali, og því eðlilegt að álíta að erfiðustu aðstæður í Sundahöfn skapist í vestan ofsveðrum.

Þó ekki sé hægt að á þessum grundvelli að gefa ákveðin svör við spurningunum 1-3, sem settar eru fram í kafla 3, þá eru yfirgnæfandi líkur fyrir að:

1. Umferð stöðvist um Sundahöfn í vestanrökum, ca. 1 sinni á ári samkv. vindstatistik.
2. Ölduhæðir meiri en ABF álítur hæstu leyfilega ölduhæð geti komið við hafnarbakka.
3. Ef að öldurannsóknnum verður ekki lokið áður en bygging
  1. áfanga reynist nauðsynleg, þá sé rétt að athuga möguleika á að byggja bryggjubakka (brokaj) með öldudrepandi fláa undir, einnig að ef fjaðrandi þybba ekki er byggð strax þá að hafa möguleika á að byggja hana síðar.

Þessi reikningsathugun hefur ekki gefið samband ölduhæðar við hafnarbakka og í Viðeyjarsundi, en slíkar upplýsingar má fá með einfaldri módeltilraun. Slík módel tilraun myndi einnig gefa betri innsýn í þau vandamál er dregið er á í gr. 3 hér að ofan en unnt er að fá án hennar, og reynast nytsamt tæki til að ákveða hvort þarf að gera sérstakar ráðstafanir til að tryggja öryggi skipa í höfninni og þá hverjar.



Raforkumálastjóri Straumfræðistöð	<b>HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK</b>	H: J.E.	T: Gyða
	Sundahöfn	M: 1:35.000	D: 19.3.'66
	Hnútapunktur í Sundunum	ORS-04	Mynd I
		Tnr. 4	Fnr. 7335

Raforkumálastjóri  
Straumfræðistöð

# HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK

Sundahöfn

Langsnið

H: J.E.

T: Gyða

M:

D: 19.3.66

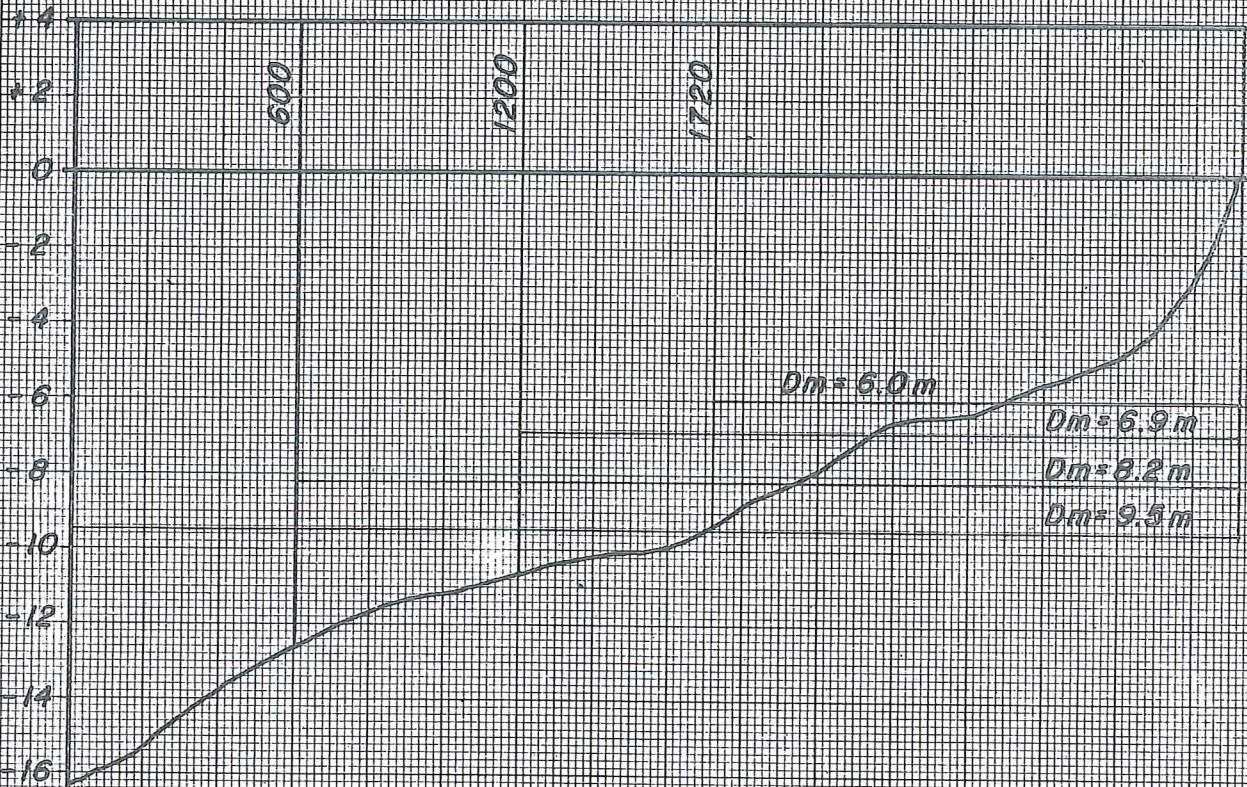
ORS-04

Mynd 2

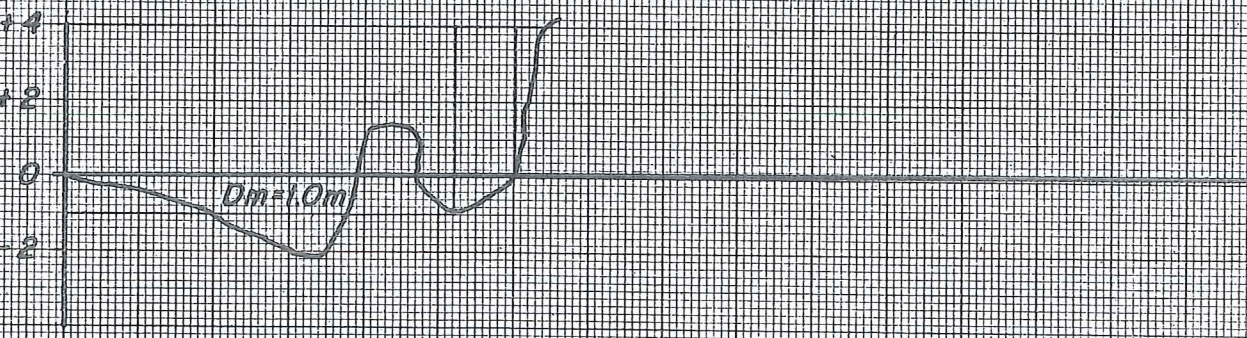
Tnr. 2

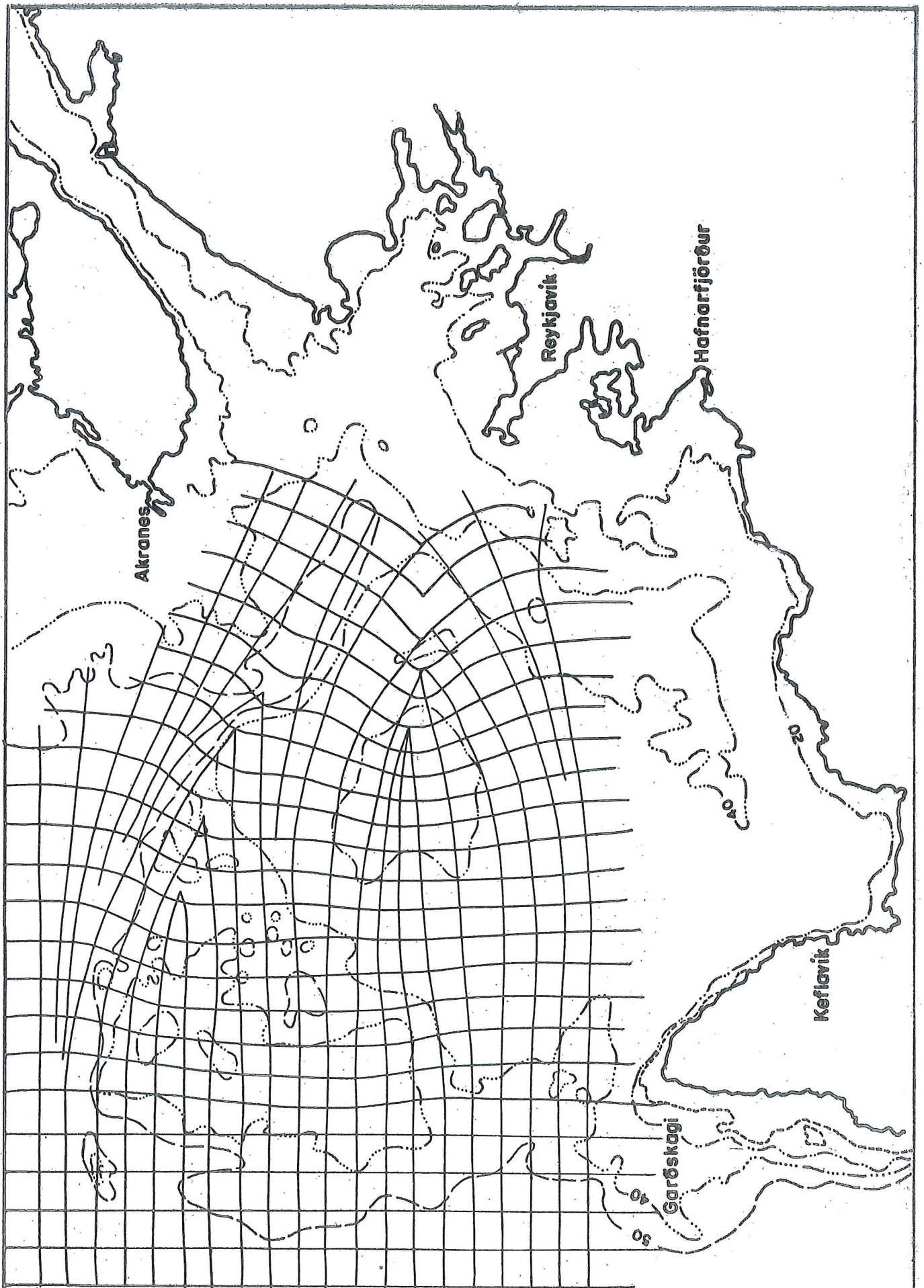
Fnr. 7334

Langsnið  $L_1 = 3130m$



Langsnið  $L_1 = 600m$   $L_2 = 520m$





Raforkumálastjóri Straumfræðistöð	<b>HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK</b>		H: J.E.	T: Gyða
	Sundahöfn		M:1:25.000	D:19.3.'66
	Refraktion	Faxaflói	ORS-04	Mynd 3
			Tnr. 3	Fnr.7335





<b>HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK</b>	
Sundahöfn	
Refraktion	
Refraktionslæstíðin	
Strömfræðistíðin	
H: J. E.	T: Ö. S.
ORS-04	Tr. 4
M: 1:35.000	
Eskad. 4	

Raforkumálastjóri Straumfræðistöð	HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	19.3.66 J.E. /Gyða
	Sundahöfn	Mynd 5
	Vindur frá 255-325° 1950-'59	ORS-4 Tnr. 5 Fnr. 7337

