

HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK

ÖLDUSVEIGJA Í FAXAFLÓA

ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ
NEA HYDRAULIC LABORATORY
REYKJAVÍK ICELAND

ORKUSTOFNUN
STRAUMFRÆDISTÖÐ

HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK
ÖLDUSVEIGJA Í FAXAFLÓA

GUDMUNDUR VIGFÚSSON

JÓNAS ELÍASSON

ÞORBJÖRN KARLSSON

OSSF 7406

FEBRÚAR 1974

EFNISYFIRLIT

	bls
1. INNGANGUR OG ÁGRIP	1
2. TÆKNILEGAR FORSENDUR	3
2.1 REIKNINGUR ÖLDUSVEIGJU	3
2.2 TÖLVUFORRIT FYRIR ÖLDUSVEIGJUREIKNINGA	6
3. ÖLDUSVEIGJA Í FAXAFLÓA	10
4. ÖLDULEIÐIR TIL VIÐEYJARSUNDS	13
5. ÚTHAFSALDA VESTUR AF ÍSLANDI	15
6. NIÐURSTÖÐUR	16

1. INNGANGUR OG ÁGRIP

Undanfarið hefur farið fram á vegum hafnarstjórans í Reykjavík athugun á útbyggingu Sundahafnar. Í straumfræðistöðinni á Keldnaholti hafa undanfarið verið gerðar nokkrar athugunir í þessu skyni, og í því sambandi hafa viðræður farið fram milli Hafnarstjóra og fulltrúa Sfs um, hvaða viðbótarrannsóknir væru nauðsynlegar. Var fljótlega ljóst, að nauðsynlegt mundi reynast að gera líkantilraunir með hið nýja skipulag NV af 1. áfanga Sundahafnar. Aftur á móti voru upplýsingar þær, sem fyrir hendi voru, ekki nægilega öruggar, hvað snerti hæð og tíðni á stórum öldum á hafnarsvæðinu, né heldur eiginleika ölduhreyfingarinnar að öðru leyti.

Af hálfu Sfs var stungið upp á að framkvæma öldureikninga fyrir grynningu vestlægrar öldu í Faxaflóa og fá til ráðuneytis Þorbjörn Karlsson. Samningur hér að lútandi var svo gerður 20.11.73. Var þar kveðið á um, að reiknuð skyldi grynning vestlægrar öldu í Faxaflóa inn í Viðeyjarsund og hæðir hættulegustu úthafsöldu reiknaðar. Síðar var ákveðið að bera niðurstöður saman við mælingar frá veðurskipi A, sem liggur milli Íslands og Grænlands, sjá mynd 5.

Athugunum þessum er nú lokið. Meginniðurstaða þeirra er aðferð, sem beita má til að reikna ölduhæðir á hafnarsvæði Reykjavíkur og nota má fyrir þau veðurskilyrði, sem óskað er ölduhæðar fyrir. Fyrir úthafsöldu með 11 sek. sveiflutíma er fundin ölduhæð í mynni Viðeyjarsunds, sem nemur 12-15% af fullri úthafsölduhæð. Ölduhæðin er fundin 7 - 9 m á úthafinu, og er tíðni hennar samkvæmt mælingunum á veðurskipi A 1.45%, sem svarar til, að hún komi 5 - 6 sinnum á ári að meðaltali. Verður slík alda að teljast hættulegust í þeim skilningi, að skip verða að geta legið í skjóli fyrir henni, án þess að sérstakar ráðstafanir þurfi að gera, en hægt mun vera að slaka á kröfunum fyrir sjaldgæfari öldur. Líkantilraunir verður því að gera með þessar öldur aðallega.

Þær mælingar og athuganir, sem gerðar voru 1966 og 1967, hafa verið notaðar við núverandi athugun. Einnig er gott samræmi á milli, þar sem samanburður næst, en veðurhæð virðist þó vera meiri á úthafinu en mælingar á Reykjavíkurlflugvelli segja til um.

2. TÆKNILEGAR FORSENDUR

2.1 Reikningur öldusveigju

Það er alkunna, að alda, sem berst frá djúpsævi inn á grunnsævi, breytir gjarnan um stefnu á leið sinni að landi. Þetta kemur t.d. greinilega fram við strendur, þar sem aðgrunnt er, en þar eru öldufaldar í fjöruborðinu alltaf samhliða ströndinni, óháð því hver stefna öldunnar hefur verið á meira dýpi. Þessi stefnubreyting öldunnar, sem hér verður kölluð öldusveigja (refraction), er til komin vegna breytinga á hraða öldunnar (fasahraða) á mismunandi dýpi. Samkvæmt línulegri öldufræði er þessi hraði gefinn með jöfnunni:-

$$c = \frac{g}{\omega} \operatorname{tgh}(kd) = \sqrt{\frac{g}{k} \operatorname{tgh}(kd)} \quad (2.1)$$

þar sem g = þyngdarhröðun, m/s^2

$$\omega = \text{öldutíðni} = 2\pi/T$$

$$T = \text{sveiflutími öldu, s}$$

$$k = \text{öldutala} = 2\pi/L$$

$$L = \text{öldulengd, m}$$

$$d = \text{sjávardýpi, m}$$

Jafna (2.1) sýnir, að á miklu dýpi verður ölduhraðinn óháður dýpinu, þar sem $\operatorname{tgh}(kd) \rightarrow 1$. Er venjulega reiknað með því, að áhrifa dýpis á ölduna taki að gæta, þegar $d/L < 0.5$, þ.e. ef dýpið er orðið innan við hálf öldulengd. Fyrir öldur á djúpsævi ($d/L > 0.5$) gildir því:

$$c = \frac{g}{\omega} = \sqrt{g/k} \quad (2.2)$$

Á sama hátt sést, að á mjög grunnu vatni má með góðri nálgun setja:

$$\operatorname{tgh}(kd) \approx kd$$

og fæst þá:-

$$c = \sqrt{gd} \quad (2.3)$$

Þ.e. hraði öldunnar er óháður tíðninni og eingöngu háður dýpinu. Jafna (2.3) gildir á grunnsævi, og má segja, að gagnvart öldunni sé um grunnsævi að ræða, þar sem $d/L < 1/20$.

Hreyfingarstefna öldunnar er alltaf þvert á öldufaldinn. Ef tekinn er til athugunar punktur á öldufaldinum og hreyfing hans könnuð, ritar hann feril í haffletinum. Þessi ferill er alls staðar hornréttur á öldufaldinn, og verður hann hér kallaður ölduslóð (orthogonal). Tvær nærliggjandi ölduslóðir mynda þannig braut í haffletinum, sem orka öldunnar berst eftir. Gert er ráð fyrir því, að orka berist ekki yfir ölduslóðir, og sé ekki reiknað með neinum orkutöpum, sést, að orkuflutningur á tímaeiningu milli tveggja ölduslóða er föst tala. Þannig verður fjarlægð á milli ölduslóðanna mælikvarði á orku öldunnar og þar með ölduhæðina, þar sem meðalorkupéttleiki öldunnar á flatar-
einingu er gefinn með jöfnunni:-

$$E = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (2.4)$$

þar sem ρ = eðlismassi vatnsins

H = ölduhæðin, m

Orkan berst eftir haffletinum með svokölluðum grúppuhraða, sem gefinn er með jöfnunni:-

$$c_g = \frac{c}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) \quad (2.5)$$

Þar sem gert er ráð fyrir jöfnum orkuflutningi hvar sem er milli tveggja ölduslóða, fæst :-

$$H^2 l \cdot c_g = H_0^2 l_0 c_{g_0} \quad (2.6)$$

þar sem l = fjarlægð milli ölduslóða og stærðir merktar með o miðast við djúpsævi. Hæð sveigðrar öldu er því:-

$$H = H_0 \sqrt{\frac{l_0}{l}} \cdot \sqrt{\frac{c_{g_0}}{c_g}} = H_0 \cdot K_s \cdot K_g \quad (2.7)$$

þar sem $K_s = \sqrt{\frac{l_0}{l}} =$ sveigustuðull

$$K_g = \sqrt{c_{g_0}/c_g} = \text{grynningarstuðull}$$

Munk og Arthur (1952) skilgreindu aðskilnaðarstuðul ölduslóða þannig:-

$$\beta = 1/l_0 \quad (2.8)$$

og fundu, að þessi stuðull fylgir annarrar gráðu, ólínulegri diffurjöfnu á forminu:-

$$\frac{D^2\beta}{DS^2} + p \frac{D\beta}{DS} + q\beta \quad (2.9)$$

þar sem D/DS táknar diffrun með tilliti til s , fjarlægðar eftir ölduslóð, sem má skrifa þannig:-

$$\frac{D}{DS} = \cos\alpha \frac{\partial}{\partial x} + \sin\alpha \frac{\partial}{\partial y} \quad (2.10)$$

þar sem α er hornið milli x -áss og ölduslóðar. Stærðirnar p og q eru skilgreindar með jöfnunum:-

$$p = - \cos\alpha \frac{\partial c}{\partial x} + \sin\alpha \frac{\partial c}{\partial y} \frac{1}{c} \quad (2.11)$$

$$- \frac{1}{c} \left(\cos\alpha \frac{\partial c}{\partial x} + \sin\alpha \frac{\partial c}{\partial y} \right)$$

$$\text{og } q = \sin^2 \alpha \frac{1}{c} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - 2 \sin \alpha \cos \alpha \frac{1}{c} \frac{\partial^2 c}{\partial x \partial y} + \cos^2 \alpha \frac{1}{c} \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} \quad (2.12)$$

Lausn á 2.8 gefur því sveigjustuðulinn K_s beint, þar sem

$$K_s = (\beta)^{-1/2} \quad (2.13)$$

Grynningarstuðullinn K_g er auðfundinn út frá grúppuhraða öldunnar, og þar með er hæð hinnar sveigðu öldu ákveðin samkvæmt (2.7).

2.2. Tölvuforrit fyrir öldusveigjureikninga.

Forrit hefur verið gert til reikninga á öldusveigju í tölvu. Þetta forrit framkvæmir reikningana á þann hátt, sem lýst er hér að framan, með því að leysa jöfnu (2.9) og finna þar með sveigjustuðulinn K_s samkvæmt jöfnu (2.13). Þessu forriti verður nú lýst nokkru nánar.

Þær upplýsingar, sem mata þarf í tölvuna, áður en reikningar geta hafizt, eru:

1. Sjávardýpi á svæði því, sem reikna á öldusveigju fyrir. Hnitakerfi er lagt yfir svæðið og í þetta kerfi er lagt net með ákveðinni möskvastærð, sem er valin þannig, að innan hvers möskva eru allar dýptarlínur samsíða. Dýptartölur eru síðan lesnar af sjókorti í hverjum hnúta-punkti netsins. Jafnframt dýptartölum þarf að lesa möskva-stærð og fjölda hnútapunkta í x- og y-stefnur.
2. Byrjunarpunkt (x- og y-hnit) ölduslóðar og stefnu þeirra. Venja er að velja byrjunarpunkta á djúpsævi og reikna ölduslóðina inn að landi.

3. Byrjunargildi á sveigjustuðli K_s (eða β). Án reikninga er þessi stuðull aðeins þekktur á djúpsævi ($K_s = 1.0$), og því eðlilegt að hefja reikninga þar. Þar sem diffurjafnan, sem leysa þarf, er af annarri gráðu (jafna 2.9), þarf tvö gildi í rööð af β .
4. Sveiflutíma öldunnar T .
5. Tími, sem líður á meðan aldan flyzt milli tveggja reiknaðra punkta á ölduslóðinni. Þessi tími er valinn þannig, að aldan flyzt í hæsta lagi um einn möskva milli reiknaðra punkta.

Í forritinu er botnlag sjávarins nálgað með annarrar gráðu fleti, sem gefur minnstu kvaðratskekkju í gegnum 9 punkta næst þeim, sem ákvarða á dýpið a . Dýptarjafnan er á forminu:-

$$z = a + bx + cy + dxy + ex^2 + fy^2 \quad (2.14)$$

þar sem stuðlarnir a, b, c, d, e, f eru fundnir út frá minnstu kvaðratskekkju, svo sem fyrr segir.

Þegar dýpið er fundið, er fasahraði öldunnar fundinn með ítrunarlausn hraðajöfnunnar (2.1), sem má skrifa:-

$$c = \frac{gT}{2\pi} \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi z}{Tc}\right) \quad (2.15)$$

Þegar hraðinn c er fundinn, fæst hve langt aldan flyzt í næsta punkt á slóðinni. Til að finna, hvar sá punktur er staðsettur, er notaður krappi ölduslóðarinnar, en Munk og Arthur (1952) sýndu, að hann er gefinn með ~~κ~~ jöfnunni:-

$$\kappa = \frac{1}{c} \left(\sin\alpha \frac{\partial c}{\partial x} - \cos\alpha \frac{\partial c}{\partial y} \right) \quad (2.16)$$

Með því að nota þennan krappa og færslu öldunnar til næsta punktar, fæst fyrsta nálgun fyrir næsta punkt. Þá er fundið dýpi, fasahraði og krappi öldunnar í þeim punkti, og með því að nota meðaltal hinna tveggja krappagilda, má með ítrun finna næsta punkt með þeirri nákvæmni, sem óskað er.

Þegar hinn nýi punktur er fundinn, er gildið á β fundið með því að leysa diffurjöfnuna (2.7). Á mismunarformi verður jafnan þannig:-

$$\frac{\beta_1 - 2\beta_2 + \beta_3}{D^2} + \rho \frac{\beta_3 - \beta_1}{2D} + q\beta_2 = 0 \quad (2.17)$$

þar sem $D = ct$ = slóðarlengd milli slóðarpunkta

t = tími milli slóðarpunkta

β_3 = nýjasta gildi á β

$\beta_1 = \left. \begin{array}{l} \\ \beta_2 = \end{array} \right\} \beta$ -gildi í næstu tveim punktum á undan

og p og q eru áður skilgreindar (2.10 og 2.11).

Lausn á (2.16) gefur β_3 :

$$\beta_3 = \frac{(pD-2) \beta_1 + (4-2qD^2) \beta_2}{2 + pD} \quad (2.18)$$

Sveigjustuðullinn er síðan fundinn samkvæmt jöfnu (2.13) og grynn-
ingarstuðullinn samkvæmt (2.6) og þar með er hlutfallsleg ölduhæð
í punktinum fengin.

Þannig heldur forritið áfram með ölduslóðina þar til það kemur að
punkti, sem lendir á landi (neikvætt dýpi) eða að punkti, þar sem
næsti hnútapunktur dýptarnetsins er jaðarpunktur á reiknisvæðinu.
Í báðum tilvikum stöðvast reikningur slóðarinnar, og reikningur á næstu
slóð hefst.

Forritið prentar út eftirtaldar upplýsingar:

1. Byrjunarpunkt og stefnu ölduslóðar
2. Sveiflutíma öldu
3. x- og y-hnit punkta á slóðinni
4. Sveigju og grynningarstuðla
5. Hlutfallslegan ölduhraða, c/c_0
6. Hlutfallslega ölduhæð, H/H_0
7. Dýpi punkta

Þetta forrit, sem hér hefur verið lýst, hefur þegar verið notað með góðum árangri við könnun öldusveigju á nokkrum stöðum við landið. Þannig var það fyrst notað við athuganir á öldulagi í Hvalfirði, sem gerðar voru fyrir Hvalfjarðarnefnd (5) og síðar við athuganir á öldusveigju við Grindavík fyrir Vita- og hafnarmálaskrifstofuna (6). Vita- og hafnarmálaskrifstofan hefur einnig notað forritið við athugun öldusveigju utan við Landshöfnina í Njarðvík, og voru þær athuganir lagðar til grundvallar líkanprófunum, sem gerðar voru fyrir landshöfnina.

REYKJAVÍKURHÖFN

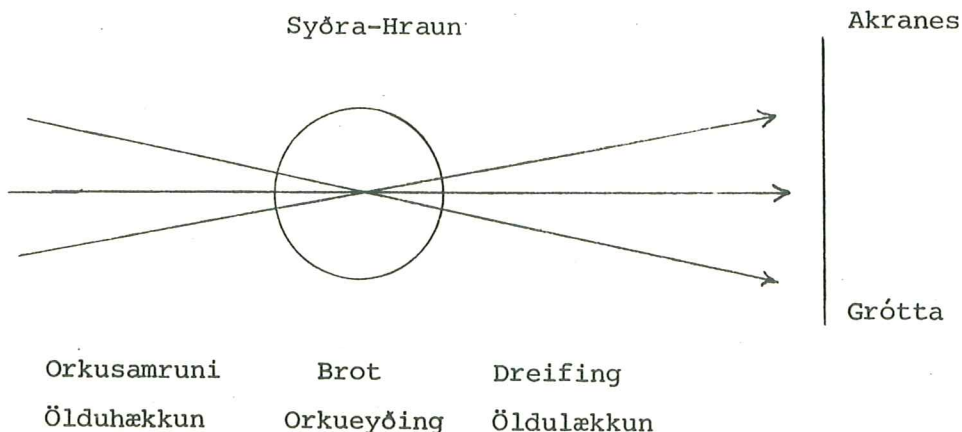
3. Öldusveigja í Faxaflóa.

Nokkur reynsla hefur fengizt af öldusveigjureikningum í Faxaflóa; segir frá þeim reikningum í (1) og (5), sem áður segir. Niðurstöðurnar eru í stuttu máli þær, að öldusveigja í Faxaflóa einkennist af hraununum, einkum Syðra-Hrauni og bökkunum umhverfis Kamsleiru. Ótrufluð úthafsalda finnst aðeins á h.u.b. 50 m dýpi út af Garðskaga.

Þær athuganir á öldusveigju í Faxaflóa, sem lýst er í (1), byggja á teiknaðri sveigjumynd. Í þeim athugunum kom í ljós, að áðurgreind svæði valda mjög óvenjulegri öldusveigju, sem gefur tilefni til mikillar orkudreifingar og ölduhæðarlökkunar á vissum svæðum, en orkusamruna, öldubrota og orkueyðingar á öðrum. Þessi niðurstaða var staðfest af hafnsögumönnum, sem kváðu öldubrotstaði þá, sem komu fram, vera svæði, sem allir skipstjórar forðuðust í vondum veðrum.

Fram að þessu hefur ekki verið fyllilega ljóst, hvaða áhrif öldusveigjan í Faxaflóa hefði á ölduhæðir á svæðinu milli Akraness og Gróttu, en í fyrrgreindum athugunum kom í ljós, að þar er áhrifum orkusamrunans að mestu lokið, en öldusveigja þaðan í frá er einhliða orkudreifing.

Til að skýra þetta mál nánar, skulum við líta á skýringarmynd 3.1.



Mynd 3.1

Mynd 1 sýnir í aðalatriðum áhrif Syðra-Hrauns á ölduhæðirnar. Fyrri athuganir (1) leiddu í ljós, að nákvæmari athugunar væri þörf, ef takast skyldi að finna áhrif öldusveigjunnar á ölduhæðirnar. Með tilkomu forskriftar Þorbjörns Karlssonar var fengið tæki, sem gerði slíka athugun mögulega.

Framkvæmd athugunarinnar var í 3 liðum:-

1. Áframhald á reikningum Þorbjörns í (5) í neti með 2.5 km möskvum. Framkvæmt á sjókorti 40 (1:250.000), sjá mynd 1.
2. Þétting á ölduslóðum yfir Syðra-Hraun og inn fyrir Akranes - Grótta í neti með 1.0 km möskvum. Framkvæmt á sjókorti 13 (1:100.000), sjá mynd 2.
3. Áframhald og þétting á slóðum frá Akranes-Grótta inn í Viðeyjarsund í neti með 350 m möskvum. Framkvæmt á sjókorti 45 (1:35.000), sjá myndir 3 og 4.

Reikningarnir í 1. lið voru aðeins til að bæta við örfáum slóðum, sem vantaði á áður nefnda reikninga í (5), þar eð þá var aldan ekki færð inn í Sundin. Heildarsveigjumyndin er sýnd á mynd 1.

Þar eru merktir tveir öldufarvegir, N og S, sem veita ölduhreyfingu inn á svæðið milli Akraness og Gróttu. Ennfremur eru merkt nokkur brotsvæði, þar sem samruni slóða gefur tilefni til að ætla, að nokkur orkueyðing geti átt sér stað vegna öldubrota.

Mynd 1 er samt ekki nógu nákvæm til að greina brotsvæðin og áhrif þeirra á ölduhreyfinguna nægilega vel.

Á mynd 2 fæst nákvæmara yfirlit yfir brotsvæðin, en þau eru skilgreind sem það svæði þar sem ölduhæðin er 5% hærri eða meir, heldur en úthafsaldan. Brotsvæðið vestur af Akranesi sést vera utan við farveg N og brotsvæðið norður af Garðskaga eru í raun eitt brotsvæði yfir Syðra-Hrauni. Liggur það á milli farveganna N og S, svo að þessi farvegir sleppa "hreinir" inn á sundin.

Undantekning er þó litla brotsvæðið SV af Akranesi. Í hinum nákvæmari reikningum á mynd 2 sýnir þetta brotsvæði sig að vera mjög lítið. Orsök þess er misdýpi á litlu svæði milli Akraness og Syðra-Hrauns.

Á mynd 2 reynist útbreiðsla þess hins vegar vera það lítil, að ekki þarf að taka tillit til þess, þrátt fyrir að staðsetning þess er í miðjum farvegi N.

Á mynd 2 er sýnt, hvernig ölduhæðin breytist hlutfallslega við úthafsölduhæðina (H/H_0) eftir farvegnum N og S og einnig eftir þeim farvegum, sem koma frá brotsvæðunum og skera farvegina N og S. Reikningar sýna, að á þeim stöðum, þar sem farvegirnir skerast, er samanlagt orkuinnihald þeirra minna en hinnar upphaflegu úthafsöldu, og er því áætlað, að farvegirnir skerist án gagnkvæmra áhrifa, hvor á annars ölduhreyfingu. Þessi ályktun er dregin af því, að ölduhreyfing er "nokkurn veginn" línuleg, þegar öldurnar eru lágar. En ef ölduhreyfingin væri fullkomlega línuleg, gætu tvær öldustefnur skorizt, án nokkurra gagnkvæmra áhrifa. Varðandi eiginleika ölduhreyfingar, sjá (4).

Undantekningin frá þessu er punkturinn $H/H_0 = 1.44$; hann er á litla brotsvæðinu, sem áður er greint frá. Þessi punktur er á slóð, sem búin er að fara þvert yfir stærsta brotsvæðið, svo að búast má við miklu lægri ölduhæðum á þessari slóð en reikningar sýna, vegna þeirrar orkueyðingar, sem á sér stað í öldubrotinu, og orkudreifingarinnar, er skeður eftir að því sleppir. Því er gert ráð fyrir, að heldur ekki á þessum stað verði hinar tvær öldustefnur, er skerast fyrir neinum gagnkvæmum áhrifum.

Af þessu er ljóst, að gera má ráð fyrir eftirfarandi:

- I. Að ölduhreyfingin sé línuleg, þar sem ölduhæðin sé lág.
- II. Að öldusamruni og orkueyðing skeði í óþekktum mæli á brotsvæðunum, en sú alda, sem frá þeim kemur, haldi þeirri stefnu, sem hún myndi hafa, hefði engin brot verið, þ.e.a.s. óbreyttri stefnu, miðað við línulega ölduhreyfingu.

4. Ölduleiðir til Viðeyjarsunds.

Öldurnar í farvegum N og S sameinast smátt og smátt á svæðinu inn af Gróttu, og í sundinu milli Engeyjar og Viðeyjar er stefna þeirra orðin hin sama. Á myndir 3 og 4 eru merktir nokkrir punktar; nr. 6 og 7 falla saman fyrir farvegina N og S, og lækkunin í ölduhæð er hlutfallslega sú sama fyrir báða farvegina milli 6 og 7, en það sést á gildunum fyrir H/H_0 , sem skrifuð eru við hvern punkt.

Þegar gildin fyrir H/H_0 eru athuguð, sést, að aldan tekur að lækka 20 til 40 km vestan sundanna. Ljóst er, að vindurinn mun á þeirri leið bæta við ölduorkuna, svo að lækkunin verður ekki eins mikil og sveigjareikningarnir gefa. Út frá grúppuhraðanum má finna þann tíma, sem orkuflutningurinn tekur á áðurnefndri leið. Reiknað er með, að viðbótarorkan svari til orkunnar í öldu, sem hefur haft þennan tíma til að vaxa. Sá tími, sem reiknað er með, er 4000 sek., og eru reikningarnir í töflu hér fyrir neðan. Notað er öldulínurit í (2), ölduhæðir eru H_{sign} .

TAFLA 4.1

U	H(11)	tw(11)	HF	HN5	HS5	H6	H7	K7
M/s	m	h	m	m	m	m	m	
20	7.2	36	1.3	2.5	1.7	1.4	0.8	0.12
25	8.0	16	1.9	2.9	2.2	1.7	1.0	0.13
30	8.7	12	2.5	3.6	2.8	2.1	1.3	0.15

Reiknað er fyrir vindhraða U 20, 25 og 30 m/s. H(11) og $t_w(11)$ eru ölduhæð og stormtími öldu með sveiflutíma 11 sek. HF er ölduhæðin, sem samsvarar áðurnefndri orkuviðbót. Síðan er ölduhæðin í punkti 5 fyrir farvegina N og S, síðan heildarölduhæð í punkti 6, fyrsta punkti, þar sem farvegirnir eru komnir saman, síðan ölduhæð

og öldustuðull í punkti 7, en hann svarar til staðsetningar öldumælis í öldumælingunum 1967. Þessi öldustuðull svarar til þess, að öll ölduorkan, sem flutt hefur verið í þennan punkt, sé með sveiflutíma 11 sek.

Öldustuðullinn K7 fer hækkandi með vindhraðanum, en það svarar til, að lökkunin í farvegnum N og S verður minni, því meiri sem veðurhæðin er. Ef einungis er reiknað með farvegi N, fæst öldustuðullinn $K = 0.08$ (punktur N7), svo að meginhluti öldunnar kemur alltaf þessa leið.

Öldustuðullinn K7 er nokkru lægri en sá, sem fékkst í mælingunum 1967. Sé reiknað með, að vindhraði og stormtími sé lengri á hafi úti en það, sem mælist í landi, fæst að vindhraðinn í flóanum sé 20-30% hærri í vestanátt en það, sem mælist á Reykjavíkurlugvelli. Þetta samsvarar um einu vindstigi fyrir þá vindhraða, sem hér er um að ræða.

SVEIFLUTÍMI, sek.

Tafla 5.1

	<5	7	9	11	13	15	17	> 17	
13				0.0	0.1				0.1
12				0.2	0.1	0.0			0.3
11			0.0	0.1	0.0				0.1
10			0.2	0.2	0.1				0.5
9		0.1	1.4	<u>2.5</u>	0.6	0.2	0.2		5.0
8		0.7	1.1	<u>1.7</u>	0.3	0.2			4.0
7	0.0	0.7	1.2	<u>1.8</u>	0.4	0.4			4.5
6	0.1	1.1	3.3	3.0	0.8	0.3	0.1		8.7
5	0.2	1.2	4.2	2.6	1.2	0.4	0.1		9.9
4	0.0	4.7	12.1	8.9	1.7	0.4	0.1	0.1	28.0
3	0.5	10.1	20.9	11.4	0.8	0.2		0.0	43.9
2	4.5	25.9	34.4	5.8	0.3	0.1	0.0	0.1	71.1
1	14.5	31.6	15.3	2.8	0.2			0.2	64.6
0	5.0	1.5	0.9	0.8				0.1	8.3
	24.8	77.6	95.0	41.8	6.6	2.2	0.5	0.5	Σ

Tölur í reitum eru í 0/00 af öllum athugunum.

Vestanátt alls: 6147, ath. af 24672 eða 249 o/oo

5. Úthafsalda vestur af Íslandi.

Til að gera sér grein fyrir því, hvers konar öldu megi vænta við Faxaflóahafnir, er nauðsynlegt að kanna, hvernig öldulag er á úthafinu vestur af landinu. Öldur úr vestlægum áttum koma til með að berast upp að vesturströndinni, og því er öldulag við ströndina að miklu leyti undir öldulagi á úthafinu fyrir vestan komið.

Á mynd 2 í (2) er sýnt sambandið milli vindhraða, stormtíma, þ.e. þess tíma, sem vindurinn blæs yfir hafflötinn, ölduhraða og sveiflutíma öldu. Kemur þar fram, eins og vænta má, að aukinn vindhraði og aukinn vindtími skapar hærri öldu og einnig lengri sveiflutíma. Ölduhraðinn hættir þó að aukast eftir nokkurn tíma, þegar jafnvægi er komið á milli orkueyðingar í öldunni og orkuflutnings frá vindi til öldu. Sveiflutími öldunnar heldur hins vegar stöðugt áfram að vaxa, og er þess því að vænta, að lengstur sveiflutími fylgi hæstu öldunum.

Beztu upplýsingar um öldulag vestur af Íslandi er að finna í gögnum frá veðurskipinu Alfa (62°N, 33°V), en úrvinnsla úr þeim hefur birzt í skýrslu eftir Walden (7). Er ekki óeðlilegt að telja, að öldulag hér vestan af landinu sé líkt því, sem mælist við Alfa, og verður því hér gerð nokkur grein fyrir þeim mælingum, einkanlega að því er varðar vestlæggar öldur. (Tafla 5.1).

Dreifing á sveiflutíma vestlægrar öldu við Alfa við mismunandi ölduhæðir er sýnd í töflu 5.1. Kemur þar allvel í ljós það, sem fyrr var sagt, að sveiflutíminn eykst með vaxandi ölduhæð. Þannig er t.d. algengasti sveiflutíminn fyrir 7-9 metra háar öldur 9-11 sek., en styttri fyrir lægri öldur. Ætla má, að vestanöldur nái sér einmitt vel upp á þessum slóðum, þar sem stefnur öldu og lögða falla saman, og ætti því virkurstormtími að vera lengri. Gögnin frá Alfa staðfesta þetta einnig, þar sem 7 m og hærri vestanöldur mælast 1.45% tímans, norðanöldur eru 1.18% tímans, austanöldur 0.75% tímans og sunnanöldur 1.07% tímans. Alls voru á því 10 ára tímabili, sem skýrsla Waldens (7) nær yfir, frá 1. jan. 1950 til 31. des. 1959, gerðar 24672 athuganir við Alfa eða 6-7 athuganir til jafnaðar á sólarhring. Mældust því yfir 7 m háar vestanöldur í 358 skipti, eða til jafnaðar 36 sinnum á ári. Sé reiknað með því, að hver stormur vari í einn sólarhring, sést, að

vænta má þessarar háu vestanöldu 5-6 sinnum á ári, og eru því ölduhæðir þær, sem gengið er út frá í töflu 4.1, alls ekki óvenju-
legar. Skýrsla Waldens (7) sýnir því, að sú alda, sem hér hefur
verið reiknað með, 7-9 m há, og með 11 sek. sveiflutíma er í góðu samræmi
við mælingar á úthafinu og auk þess nokkuð algeng.

Í töflu 4.1 er lægsti vindhraðinn 20 m/s. Á tímabilinu 1950-59
hefur sá vindhraði eða stærri mælt 62 sinnum á Reykjavíkurlugvelli
úr vestlægum áttum (sjá (1)). Sú tíðni, sem svarar til öldunnar
samkvæmt Walden (7), er 358 sinnum eða 1.45%, sem áður segir, en
það gefur vindhraða 12 m/s eða meir, og er þetta í samræmi við,
að hvassara sé á hafinu í vestanátt en á Reykjavíkurlugvelli.

6. NIÐURSTÖÐUR

Niðurstöður þessarar athugunar eru þær, að tekizt hefur að finna,
hvernig vestanalda berst yfir grynningarnar í Faxaflóa og inn til
Reykjavíkur. Þetta atriði hefur ekki verið nægilega ljóst,
til að tekizt hafi að reikna væntanlegar ölduhæðir á hafnarsvæði
Reykjavíkurhafnar. Með þessari aðferð, sem hér hefur verið reynd
á 11 sek. vestanöldu, er unnt að reikna væntalegar ölduhæðir, þegar
skilyrðin á hafi úti eru þekkt.

Niðurstöðurnar eru í góðu samræmi við athuganir frá veðurskipinu
A, og mun því hægt að nota þær mælingar til að búa til öldu-
statistikk fyrir Reykjavík, ef á þarf að halda.

Sú alda, sem hér er notuð, er 7-9 metra há á úthafinu, eftir veðurhæð
og stormtíma. Athuganir á mæliniðurstöðum frá veðurskipi A
sýna, að slík alda kemur 5-6 sinnum á ári að meðaltali, og er
hún þannig nógu algeng til að gera verulegan usla í þeim höfnum,
þar sem skjól fyrir henni er ekki nægilega gott. Aftur á móti
er þessi alda alls ekki nógu stór til að grundvalla á henni stöðug-
leikareikninga fyrir garða.

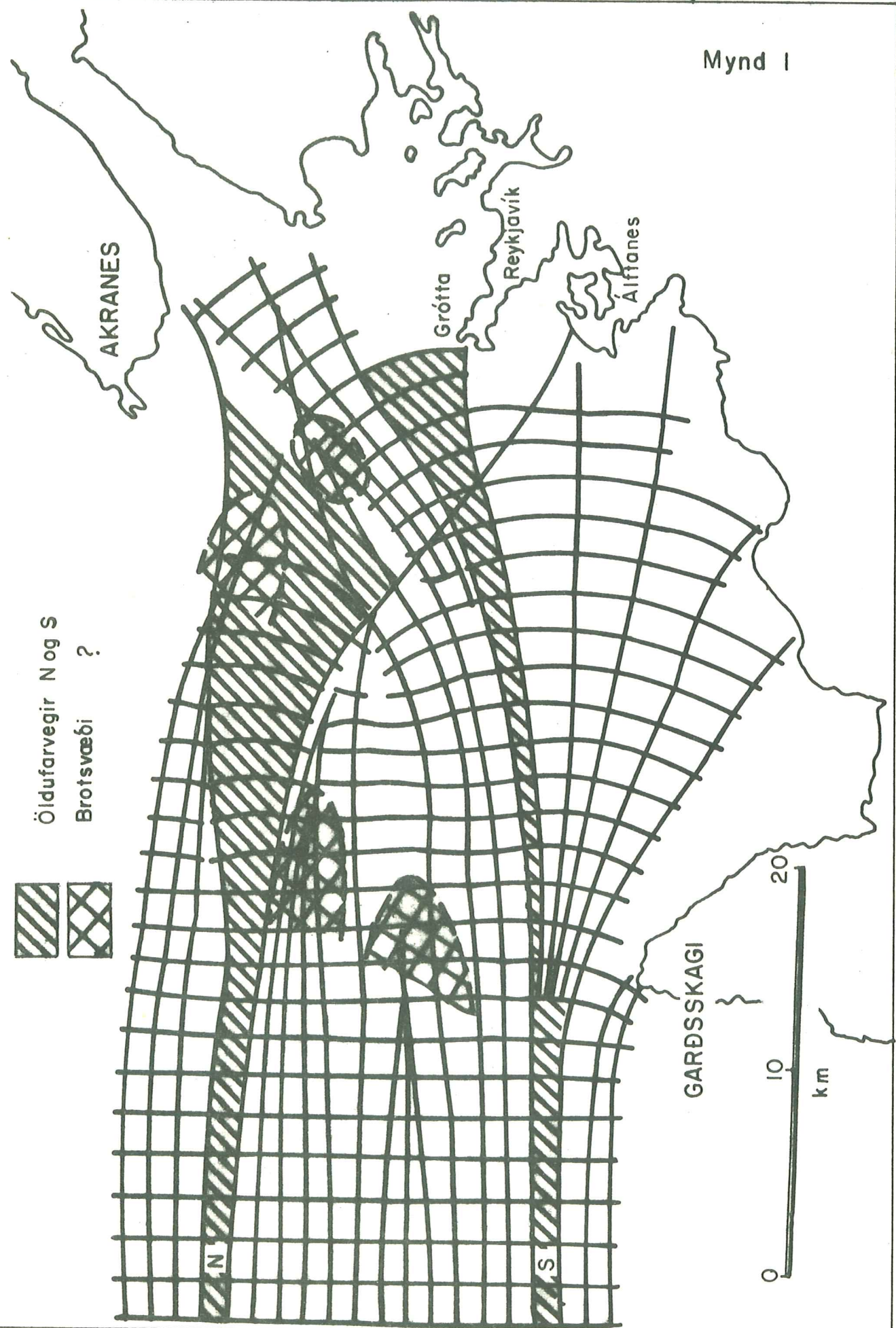
Ölduhæðin í mynna Viðeyjarsunds reynist vera 12 - 15% af úthafs-ölduhæðinni og hafa stefnu milli 333 og 344 gráður. Öldufaldurinn hefur beygjuradía um 870 metra.

Það sýnir sig í reikningunum, að viðbótarorkan, sem vindurinn bætir í ölduna, eftir að hún fer að lækka, hefur nokkur áhrif á öldustuðlana, og því meir sem vindurinn er meiri. Sú aðferð, sem hér er notuð til að reikna þessa orku, er nokkuð ónákvæm, en það er ekki álitioð koma að sök, þar sem hér er um fremur smáar leiðréttingar að ræða. Með því að leggja meiri vinnu í hina öldufræðilegu hlið málsins, má bæta þessa aðferð og þar með niðurstöðurnar, ef þurfa þykir. Einkum gæti slíkt orðioð æskilegt til að reikna hæstu ölduhæðir fyrir stöðugleika brimbrjóta.

- (1) Jónas Eliásson, Orkustofnun, Straumfræðistöð:
Sundahöfn, skýrsla nr. 1 um ölduhreyfingu í Viðeyjarsundi.
Hafnarstjórinn í Reykjavík 1966.
- (2) Jónas Eliásson, Orkustofnun, Straumfræðistöð: Sundahöfn,
skýrsla nr. 3 um öldumælingar. Hafnarstjórinn í Reykjavík
1966.
- (3) Munk, W.H., and R.S. Arthur: Wave intensity along a
refracted ray. Gravity Waves. U.S. Department of Commerce,
National Bureau of Standards Circular 521. Washington D.C.
1952, bls. 95-108.
- (4) Stoker, J.: Water Waves. New York 1957.
- (5) Þorbjörn Karlsson: Öldulag í Hvalfirði. Skýrsla um athuganir,
gerðar fyrir Hvalfjarðarnefnd. Reykjavík 1971.
- (6) Þorbjörn Karlsson: Öldusveigja við Grindavík. Skýrsla,
gerð fyrir vitamálastjóra. Reykjavík 1973.
- (7) Walden, H. (1964): Die Eigenschaften der Meereswellen im
Nordatlantischen Ozean. Einzelveröff. Nr. 41, Deutscher
Wetterdienst, Seewetteramt, Hamburg.

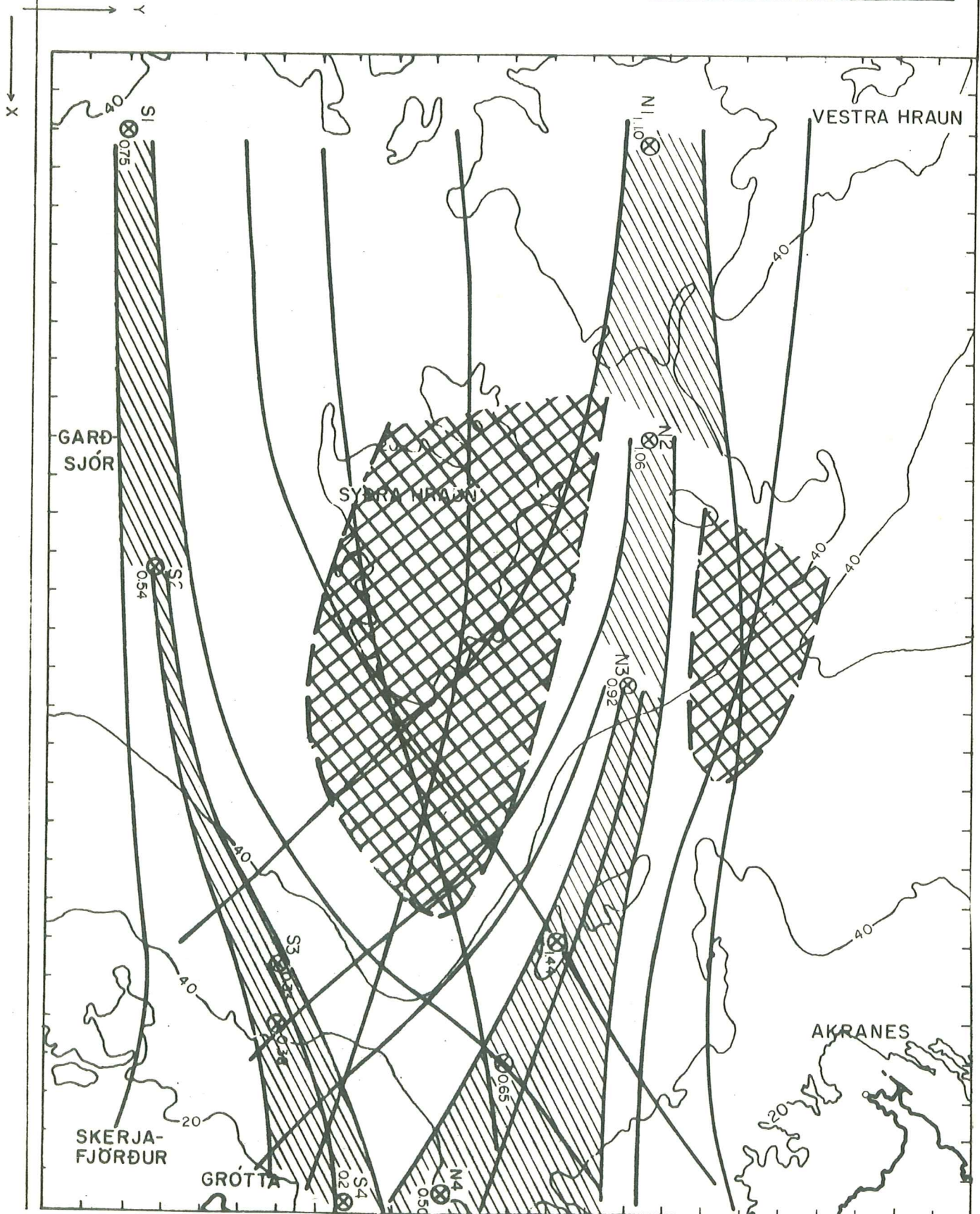
ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ	30.1.'74 JE/P
HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	TNR.21
SUNDAHÖFN	ORS-4
ÖLDUSLÓÐIR AKRANES GARÐSSKAGI	FNR.II643

Mynd I



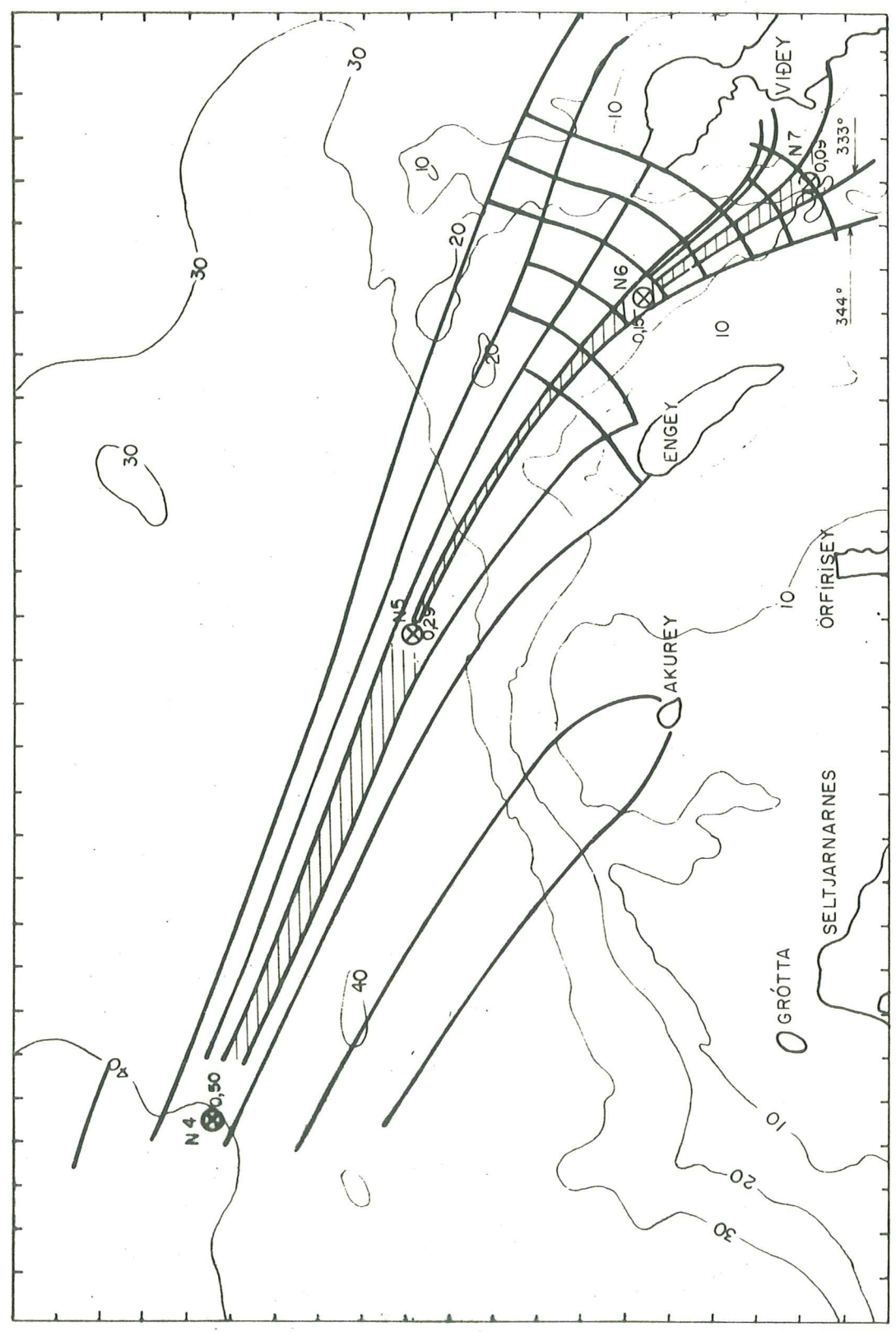
ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ	27.12.'73 GHV/AR
HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	TNR.II
SUNDAHÖFN	ORS-04
ÖLDUSLÓÐIR AKRANES GRÓTTA	FNR.II607

Mynd 2



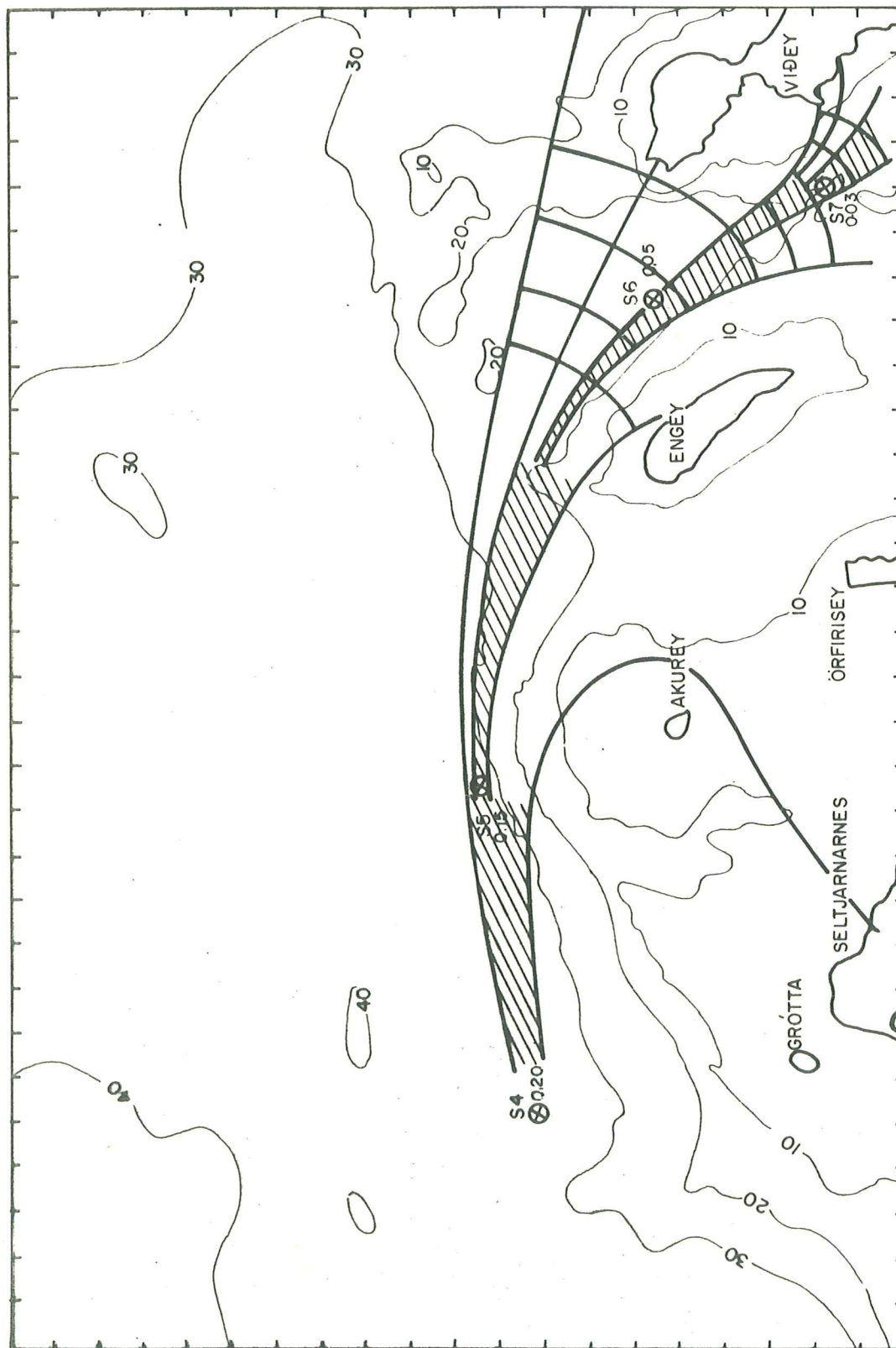
ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ	24.1.'74 JE/P
HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	TNR.19
SUNDAHÖFN	ORS-4
ÖLDUSLÓÐIR AKRANES HAFNARFJÖRÐUR	FNR.11638

Mynd 3



ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ	24.1.74 JE GV/P
HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	TNR. 20
SUNDAHÖFN	ORS.-4
ÖLDUSLÓÐIR AKRANES HAFNARFJÖRÐUR	FNR. 11641

Mynd 4



0 1 2 3 km

ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ	4.3.74 JE/GV/P
HAFNARSTJÓRINN Í REYKJAVÍK	TNR. 41
SUNDAHÖFN	ORS. 4
STAÐSETNING A	FNR. 12343

Mynd 5

