



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

**ATHUGANIR Á VATNSBÚSKAP
HORNAFJARÐAR**

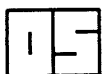
Kristinn Guðmundsson

Árni Snorrason

Unnið fyrir Hafnamálastofnun ríkisins

OS-93005/VOD-02 B

Febrúar 1993



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 640 792
/os/pi/vod.os/hornafj.t

ATHUGANIR Á VATNSBÚSKAP HORNAFJARÐAR

Kristinn Guðmundsson

Árni Snorrason

Unnið fyrir Hafnamálastofnun ríkisins

OS-93005/VOD-02 B

Febrúar 1993

EFNISYFIRLIT

| | |
|---------------------------------|---|
| 1. INNGANGUR | 3 |
| 2. STAÐHÆTTIR OG MÆLIGÖGN | 3 |
| 3. REIKNINGAR Á VATNSBÚSKAP | 4 |
| 3.1 Vatnsbúskapur Hornafjarðar | 4 |
| 3.2 Vatnsbúskapur Skarðsfjarðar | 5 |
| 4. NIÐURSTÖÐUR | 5 |

MYNDASKRÁ

| | |
|---|----|
| Mynd 1. Afstöðumynd mælistöðva | 6 |
| Mynd 2. Vatnshæðarmælingar Hafnamálastofnunar ríkisins 21/5/90-3/1/91 | 7 |
| Mynd 3. Vatnshæðarmælingar við Hvanney, Melabraut, og Einbúa 20-24/8/90 | 8 |
| Mynd 4. Mæligögn Hafrannsóknastofnunar 20/7/90-25/9/90 | 9 |
| Mynd 5. Mælingar á straumstefnu 20-24/8/90 | 10 |
| Mynd 6. Mælt rennsli | 11 |
| Mynd 7. Reiknað safnrennsli mælinga | 12 |
| Mynd 8. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á stórstraumsfjöru | 13 |
| Mynd 9. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á hálfalli | 14 |
| Mynd 10. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á smástraumsflóði | 15 |
| Mynd 11. Samband flóðhæðar og flatarmáls | 16 |
| Mynd 12. Miðlunarreikningar fyrir Hornafjörð | 17 |
| Mynd 13. Miðlunarreikningar fyrir Skarðsfjörð | 18 |

1. INNGANGUR

Í lok ágúst 1990 stóðu Vatnamælingar Orkustofnunar að straummælingum í Hornafirði. Tilgangur verkefnisins var að mæla rennsli um nokkur þversnið í firðinum við stórstraumsskilyrði á aðfalli og útfalli. Að beiðni Hafnamálastofnunar ríkisins voru niðurstöður þessara mælinga síðan metnar í samhengi við vatnshæðarmælingar sem þeir framkvæmdu og mælingar Hafnansóknastofnunar á straumhraða- og stefnu, seltu og hitastigi.

Reiknað var heildarvatnsmagn um hvert mælisnið fyrir sig og jafnframt lagt mat á rúmmálsbreytingar í Skarðsfirði og Hornafirði og áætlað ferskvatnsinnrennsli til Hornafjarðar og Skarðsfjarðar.

Framkvæmd rennslismælinga og úrvinnslu þeirra er lýst í skýrslu Orkustofnunar "Straumhraða- og rennslismælingar í Hornafirði sumarið 1990", OS-92003/VOD-03 B.

2. STAÐHÆTTIR OG MÆLIGÖGN

Á mynd 1 má sjá staðsetningu allra mælistöðva. Rennslismælisnið Vatnamælinga eru sýnd með línnum á eftirtöldum stöðum: 1) milli Austurfjörutanga og Suðurfjörutanga vestan Hvanneyjar, 2) milli Óslands og Suðurfjörutanga við svonefndan Stapaklett, 3) milli Mikleyjar og Álögareyjar. Í fyrsta sniðinu var mælt þann 20. ágúst, tvisvar á útfalli og einu sinni á aðfalli. Í sniði 2 var mælt þann 23. ágúst, einu sinni á útfalli og einu sinni á aðfalli. Í þriðja sniðinu var mælt þann 24. ágúst, einu sinni á útfalli og einu sinni á aðfalli. Dagarnir 21. og 22. ágúst féllu úr vegna veðurs. Í hverri rennslismælingu er mældur straumhraði í punktum sem dreift er yfir lengd og dýpt mælisniðsins. Út frá hraða og lögum sniðs fæst mat á rennsli á hverjum tíma.

Vatnshæðarmælingar Hafnamálastofnunar ríkisins voru framkvæmdar með sritandi þrýstings-skynjurum frá Hugrónu hf. Staðsetning þeirra er sýnd á mynd 1 með tákni vatnshæðarmælis á eftirtöldum stöðum: 1) á Suðurfjörutanga í Hvanney norðanverðri, 2) á Suðurfjörutanga við Melabryggju, 3) í Óslandi við Einbúa. Mælingarnar spönnuðu tímabilið frá 21. maí 1990 til 3. janúar 1991, en þó ekki samfellt. Mæld og skráð gildi eru: númer mælingar, sjávarhæð, tími, dagur og ár. Tímabil milli mælinga er ýmist 10 eða 20 mínútur. Myndir 2 og 3 sýna gögnin í heild sinni, annarsvegar, og fyrir tímabilið 20. til 24. ágúst, hinsvegar. Gögnin fyrir tímabilið í heild sinni eru tiltæk hjá Hafnamálastofnun ríkisins.

Straummælingagögn Hafnansóknastofnunar eru fengin með duflum sem taka mælingar á 10 mínútna fresti, 2 metra undir yfirborði sjávar. Duflin voru þrjú og er staðsetning þeirra sýnd með hringlaga tákni á eftirtöldum stöðum: 1) í sundinu milli Óslands og Suðurfjörutanga, 2) í sundinu milli Mikleyjar og Álögareyjar, 3) í sundinu milli Mikleyjar og Austurfjörutanga. Mæld gildi eru: hiti, leiðni, þrýstingur, stefna, hraði og selta. Mælingarnar spönnuðu tímabilin frá 20. júlí 1990 til 26. ágúst 1990 og 3. september 1990 til 25. september 1990. Myndir 4 og 5 sýna gögnin í heild sinni, annarsvegar, og fyrir tímabilið 20. til 24. ágúst, hinsvegar. Gögnin fyrir tímabilið í heild sinni eru tiltæk hjá Hafnamálastofnun ríkisins.

3. REIKNINGAR Á VATNSBÚSKAP

Á mynd 6 eru sýndar niðurstöður rennslismælinganna í sniðunum þremur. Á vettvangi er mjög erfitt að henda reiður á hvenær innfalli lýkur og útfall hefst (liggjandi), og var þess vegna stuðst við straummælingar Hafrannsóknastofnunar við ákvörðun á núllpunktum rennslislínuritanna. Þetta á þó einungis við um mælingarnar við Stapaklett og Mikley þar sem engar sritandi straummælingar voru til fyrir svæðið innan Hvanneyjar. Við reikning á þeirri mælingu var notuð sú tímasetning sem ákveðin var á vettvangi. Safnrennsli (sjá mynd 7) var síðan reiknað með því að heilda rennslislínuritinn yfir tíma. Rúmmálsbreytingar í firðinum voru metnar á eftirfarandi hátt:

- a) Þrjú sett loftmynda sem teknar voru árið 1982 við stórstraumsfjöru annarsvegar og smástraumslóð hinsvegar, og árið 1991 við hálffallið, voru hnitaðar á tölvutækt form og flatarmál hvers svæðis (sjá myndir 8-10) reiknað. Við hnitun á loftmyndum var m.a. notað landupplýsingakerfið Arc-Info sem gerir kleift að vinna með loftmyndir á skjá. Erfitt reyndist að finna loftmyndasett sem þöktu báða firðina og varð því að nota loftmyndir sem teknar voru á öðrum tíma til þess að geta í eyðurnar.
- b) Hæð sjávarfalla á tíma myndatöku var fengin úr sjávarfallatöflu Sjómælinga Íslands, fyrir árin 1982 og 1991.
- c) Samband flatarmáls og sjávarhæðar var síðan áætlað út frá a) og b). Samband þetta er sýnt á mynd 11.
- d) Mismunur sjávarhæðar við lok hverrar mælingar og samsvarandi flatarmálsbreyting (sbr. lið c) gáfu rúmmálsbreytinguna með jöfnunni:

$$\text{deltaS} = ((F1 + F2)/2) * (h2 - h1)$$

þar sem:

- deltaS = rúmmálsbreytingin í viðkomandi firði
- h1 = sjávarhæð við byrjun rennslismælingar
- h2 = sjávarhæð við enda rennslismælingar
- F1 = flatarmál viðkomandi fjarðar samkvæmt mynd 11
- F2 = flatarmál viðkomandi fjarðar samkvæmt mynd 11

3.1 Vatnsbúskapur Hornafjarðar

Þann 23.08 var mælt rennsli á útfalli og aðfalli við Stapaklett (sjá mynd 6). Reiknað safnrennsli var 35.2 Gl á útfalli og 24.4 Gl á aðfalli (sjá mynd 7). Sjávarhæð við við Melabryggju við upphaf útfalls og endi aðfalls mældist u.þ.b. sú sama og er því breyting í rýmd sú sama fyrir hvort fall. Sé gert ráð fyrir því að sjór renni hvergi inn í fjörðinn nema um sunnið milli Óslands og Suðurfjörutanga, þá reiknast ferskvatnsinnrennsli í fjörðinn vera 5.4 Gl, eða u.þ.b. 120 m³/sek, samkvæmt mældum stærðum.

Sé breyting á rýmd reiknuð út frá mældri sjávarhæð og áætluðu flatarmáli þá fæst svipuð niðurstaða og í miðlunarreikningunum að ofan. Það vísar til þess að mældur heildarmassi um sunnið sé nálægt því sem rétt er. Reiknað ferskvatnsinnrennsli er þó fullhætt miðað við þær upplýsing-

ar sem liggja fyrir um rennsli þeirra vatnsfalla sem falla til Hornafjarðar. Hugsanleg skýring á því frávikum gæti verið sú að meira útrennsli mælist heldur en það raunverulega er vegna þess að í lok útfalls flæði bæði út og inn í fjörðinn, m.ö.o. í efri lögum sniðsins rennur enn út ferskt, léttara vatn en í þeim neðri rennur inn þyngri sjór. Þess má geta að hefðbundin mælitækni nemur ekki stefnu straumsins sem mældur er. Þannig þurfa aðeins u.þ.b. 2 Gl að fara "framhjá" mælingunni til þess að reiknað ferskvatnsinnrennsli verði 60-70 m³/sek, sem er ekki fjarri lagi. Miðlunarreikningar fyrir Hornafjörð eru sýndir á mynd 12.

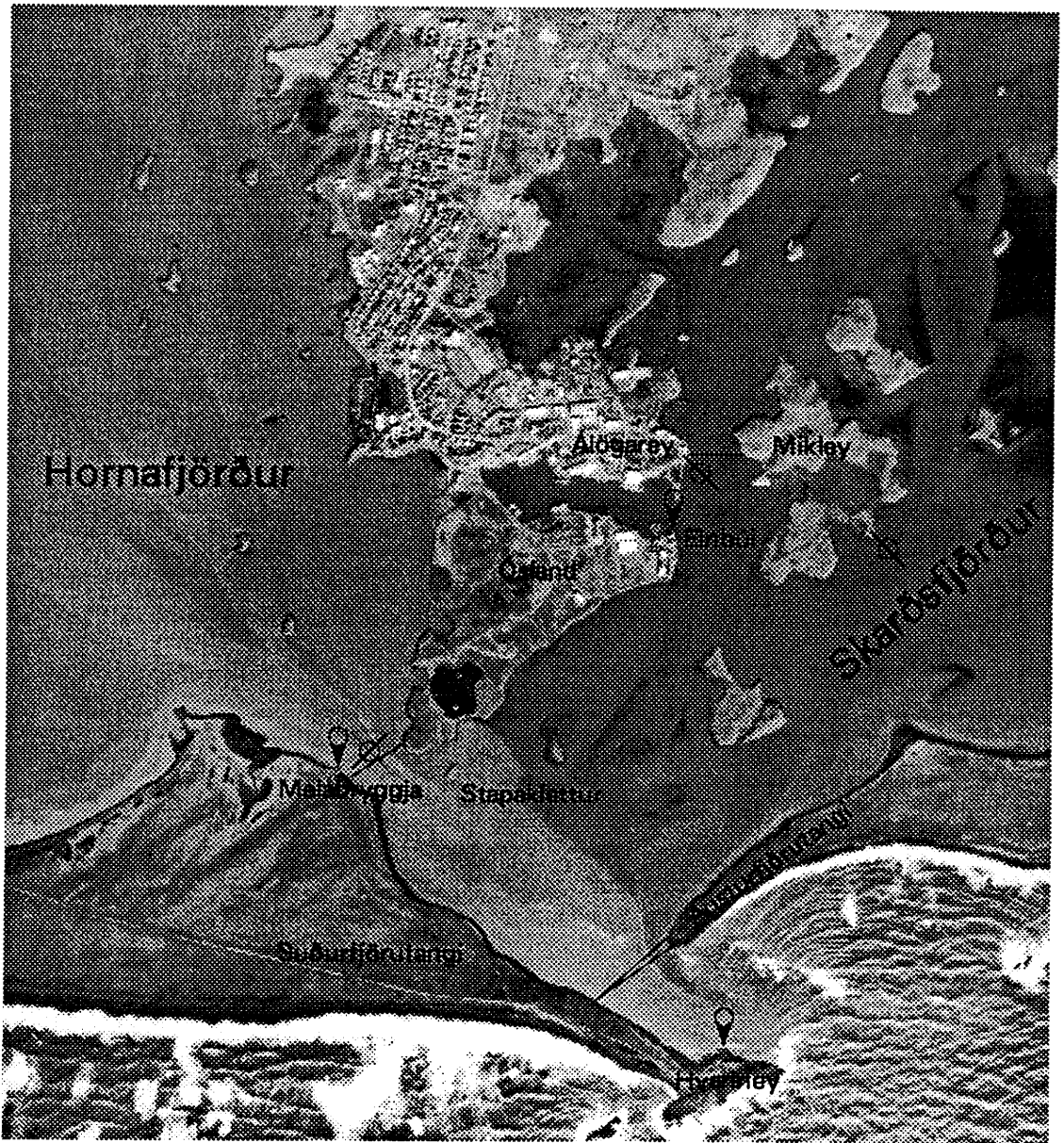
3.2 Vatnsbúskapur Skarðsfjarðar

Þann 24.08 var mælt rennsli á útfalli og aðfalli í Mikleyjarál (sjá mynd 6). Reiknað safnrennsli var 19.9 Gl á útfalli og 14.7 Gl á aðfalli (sjá mynd 7). Mæld sjávarhæð við Einbúa var 0.11 m minni við lok aðfalls en við byrjun útfalls. Miðlunarreikningar á mynd 13 sýna að það samsvarar u.þ.b. 3.8 Gl rýmdarbreytingu. Mældur munur á útfalli og aðfalli um sunðið milli Mikleyjar og Álögareyjar liggur því á bilinu 1.4 til 5.2 Gl. Án mælinga á sundinu milli Mikleyjar og Austurfjörutanga er ekki hægt að komast nær þessum mun þar sem að ekki er vitað hversu mikill hluti fyrrnefndrar rýmdarbreytingar fer um hvort sund. Þar sem (ferskvatnsinnrennsli) yfirborðsrennsli til Skarðsfjarðar er óverulegt verður að áætla að mismunurinn fari um sunðið milli Mikleyjar og Austurfjörutanga.

4. NIÐURSTÖÐUR

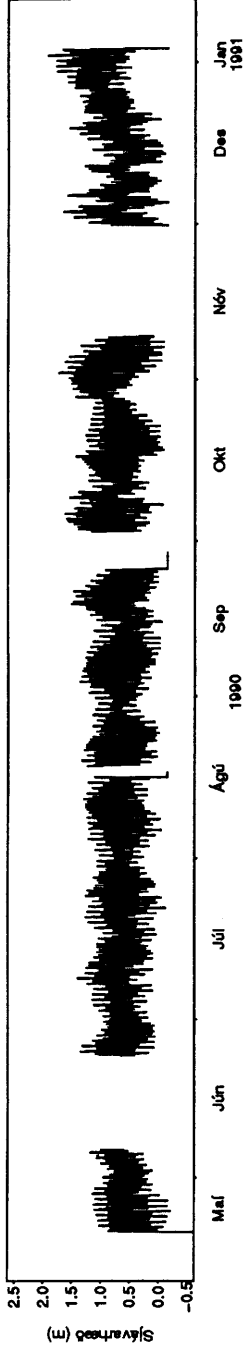
Við túlkun á framangreindum reikningum verður að hafa í huga að óvissuþættirnir eru margir. Mat á flatarmáli fjarða er háð nákvæmni þeirra gagna sem unnið er eftir, en þar má búast við einhverri skekkju þar sem að fullnægjandi kort er ekki til af svæðinu. Stærð reiknaðs safnrennslis er háð vali á tímasetningu liggjanda, og getur umtalsverður massi fengið öfugt formerki ef sú tímasetning er ónákvæm. Óvissa í rennslismælingum er líklega nokkur m.a. vegna þess að rennslisbreytingar eru mjög örar á fallaskiptum og eins er óvissa um stefnu straumhraðans. Frekari mælingar með tækjum er greina stefnu straums, ásamt samræmdum mælingum á sjávarhæð inni í fjörðum og í ós, myndu minnka óvissu í mati á massaflutningi um kerfið í heild sinni.

Niðurstöður þessara mælinga eru þær að skýra megi vatnsbúskap hvors fjarðar fyrir sig á viðunandi hátt, að vissum forsendum gefnum. Samræmi milli miðlunarreikninga og rennslismælinga virðist einnig viðunandi.

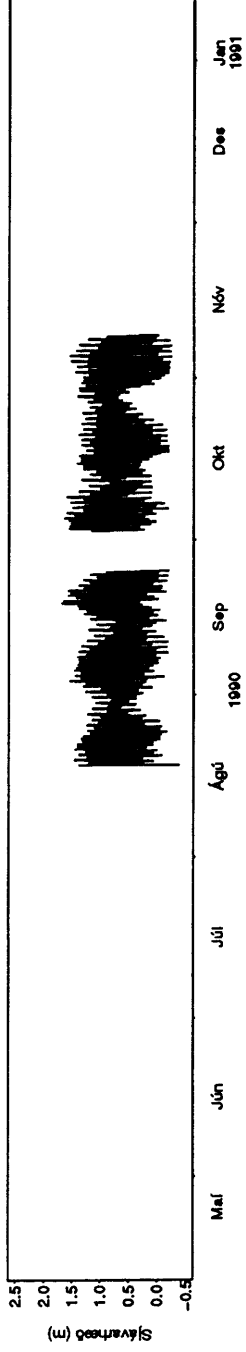


Mynd 1. Afstöðumynd mælistöðva

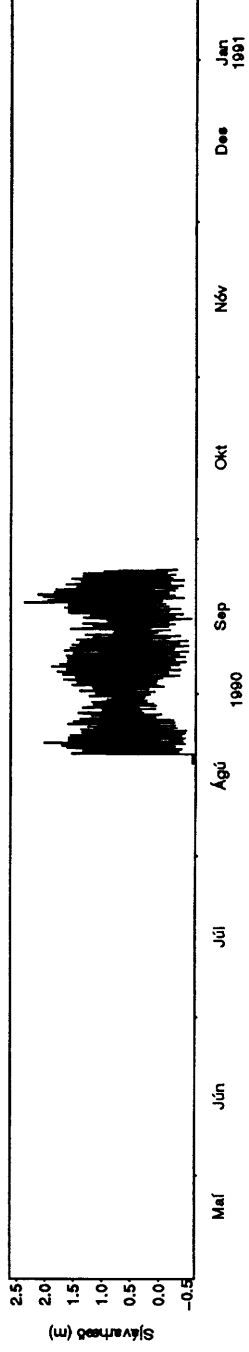
Mældar sjávarhæðir við Einbúa



Mældar sjávarhæðir við Melabryggju

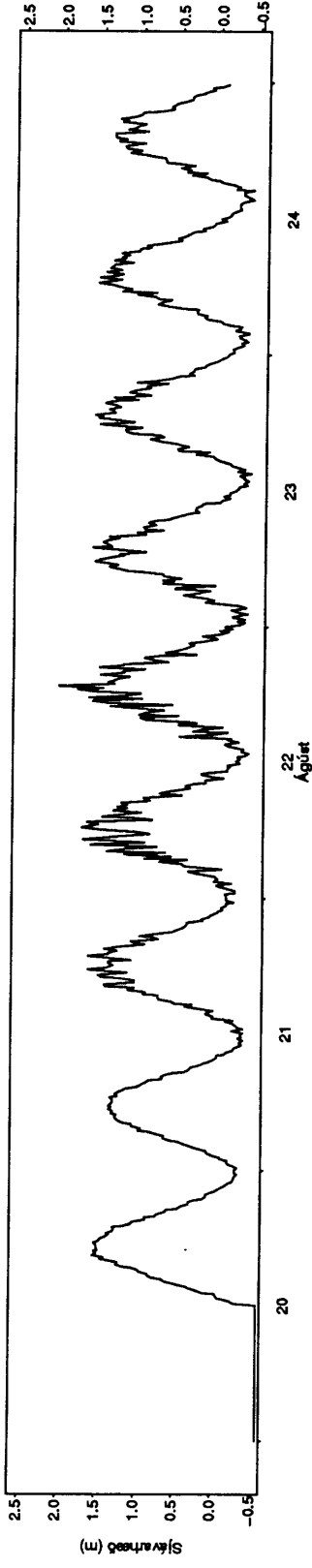


Mældar sjávarhæðir við Hvanney

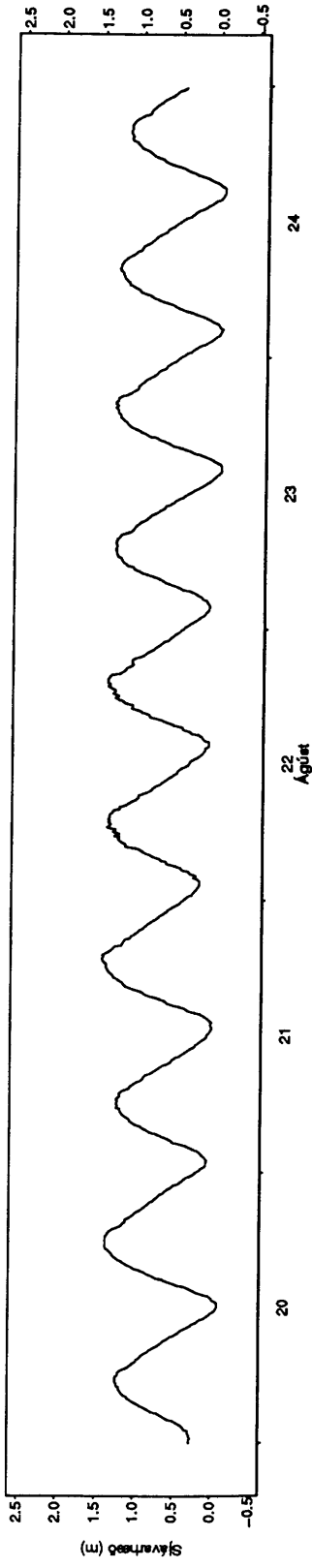


Mynd 2. Vatnshæðarmælingar Hafnamálastofnunar 21/5/90 – 3/1/91

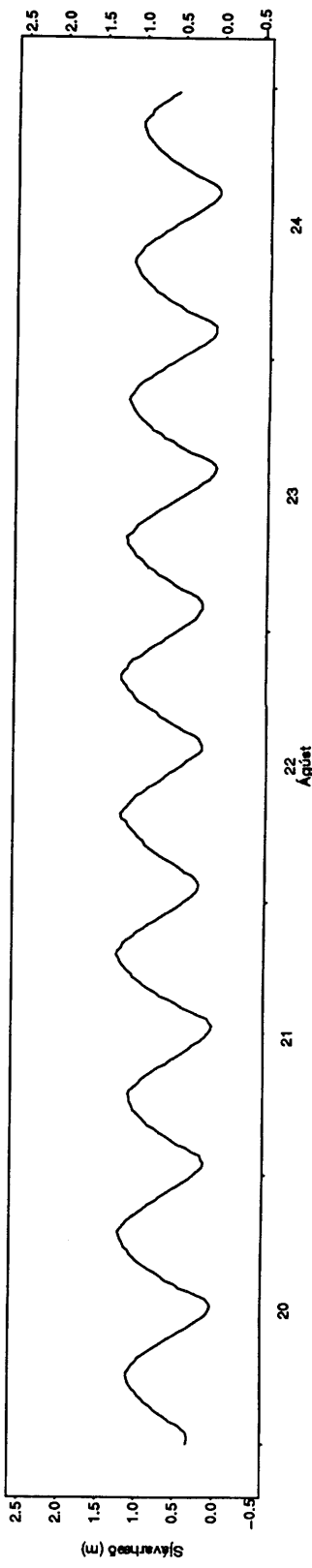
Mældar sjávarhæðir við Hvanney, 20.-24. ágúst



Mældar sjávarhæðir við Melabryggju, 20.-24. ágúst

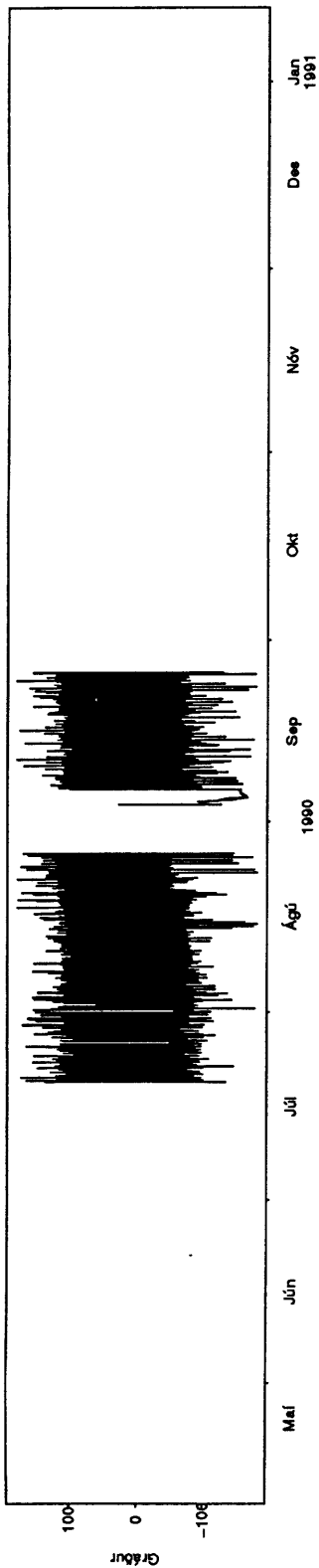


Mældar sjávarhæðir við Einbúa, 20.-24. ágúst

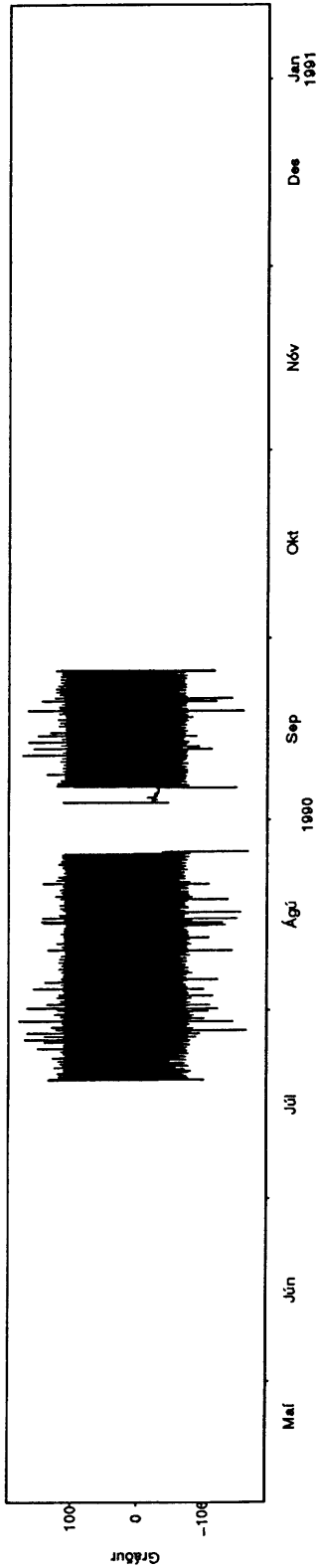


Mynd 3. Vatnshæðarmælingar við Hvanney, Melabryggju, og Einbúa 20 – 24/8/90

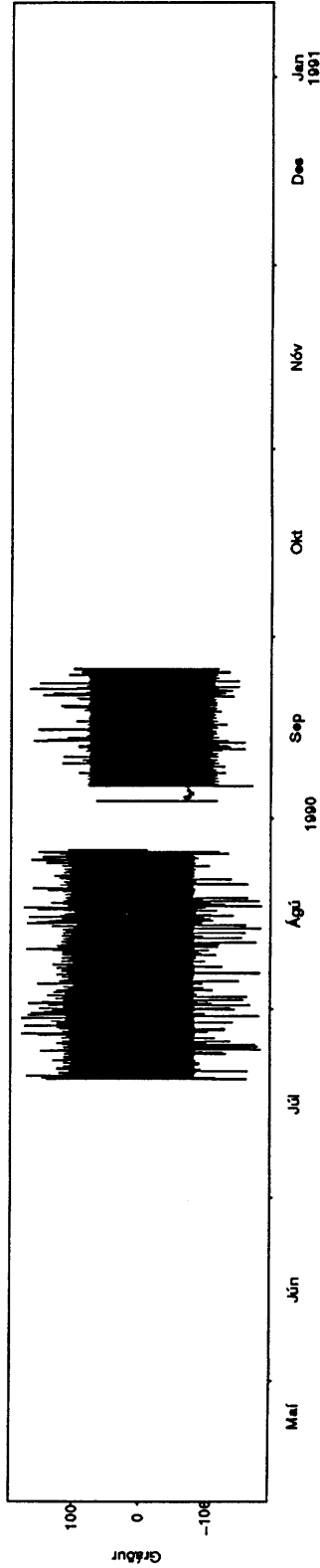
ÓSLAND-SUÐURFJÖRUTANGI: STRAUMSTEFNA (90 gráður er hornrétt á snið)



MIKLEY-ÁLÓGAREY: STRAUMSTEFNA (90 gráður er hornrétt á snið)

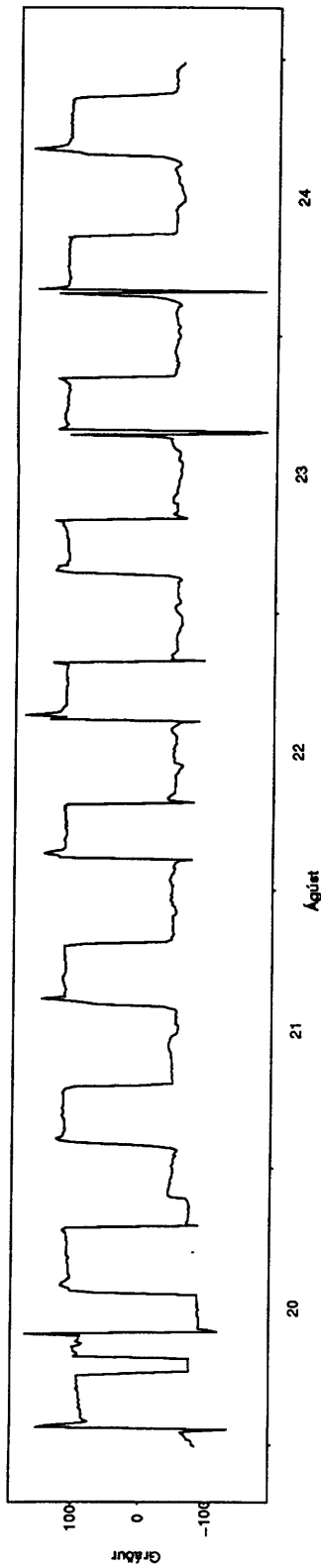


MIKLEY-SUÐURFJÖRUTANGI: STRAUMSTEFNA (90 gráður er hornrétt á snið)

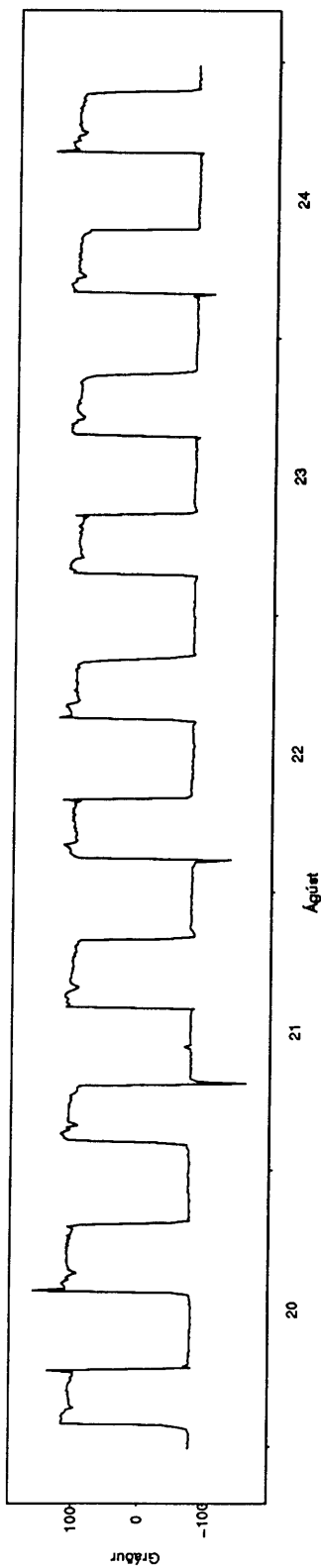


Mynd 4. Mæligögn Hafrannsóknarstofnunar 20/7/90 – 25/9/90

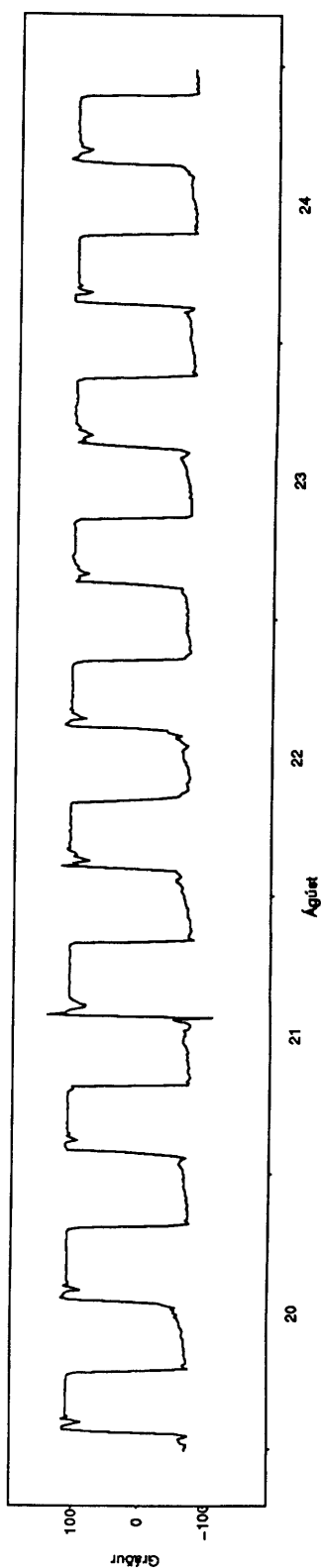
ÓSLAND-SUÐURFJÖRUTANGI: STRAUMSTEFNA 20.-24. ágúst



MIKLEY-ÁLÖGAREY: STRAUMSTEFNA 20.-24. ágúst

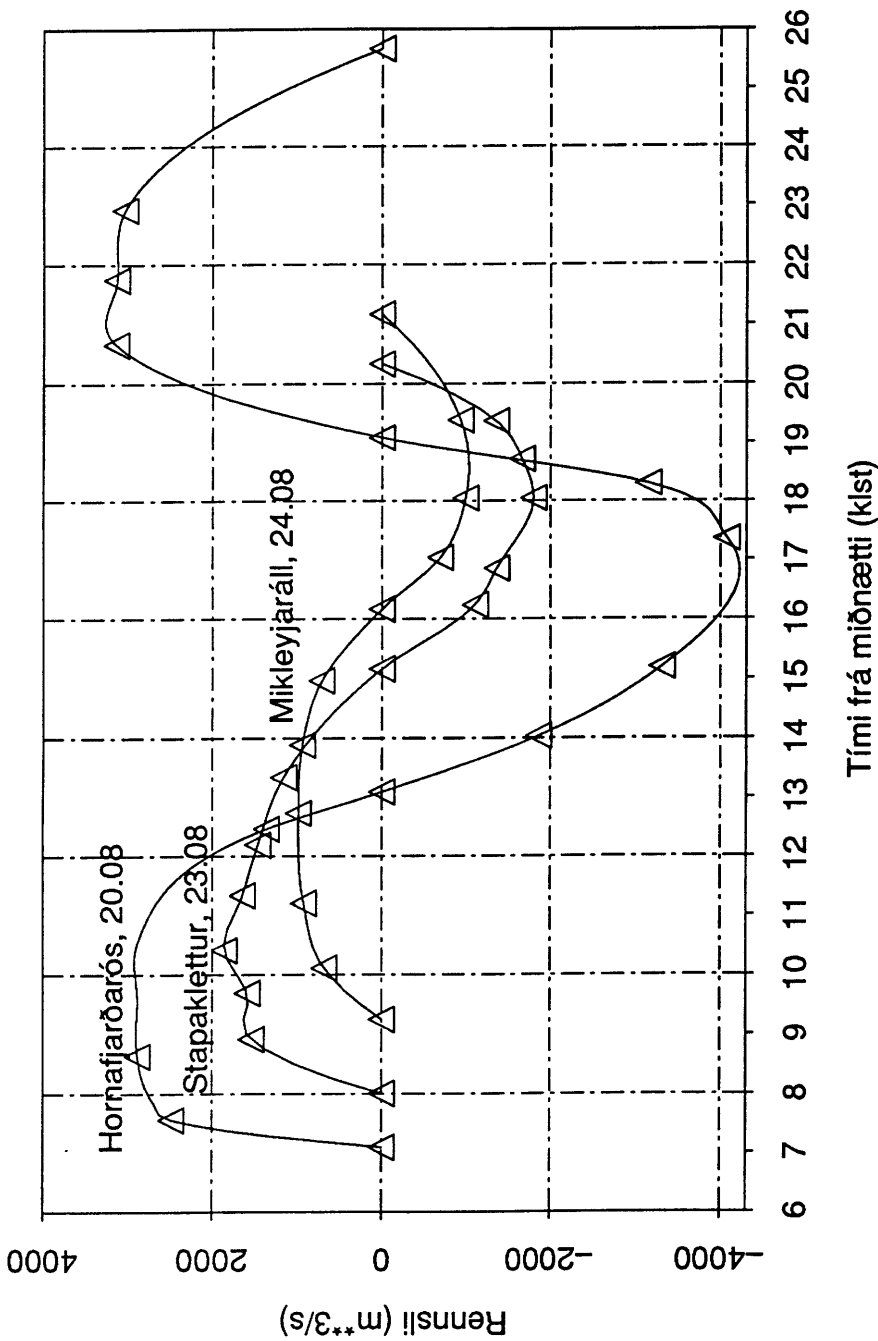


MIKLEY-SUÐURFJÖRUTANGI: STRAUMSTEFNA 20.-24. ágúst



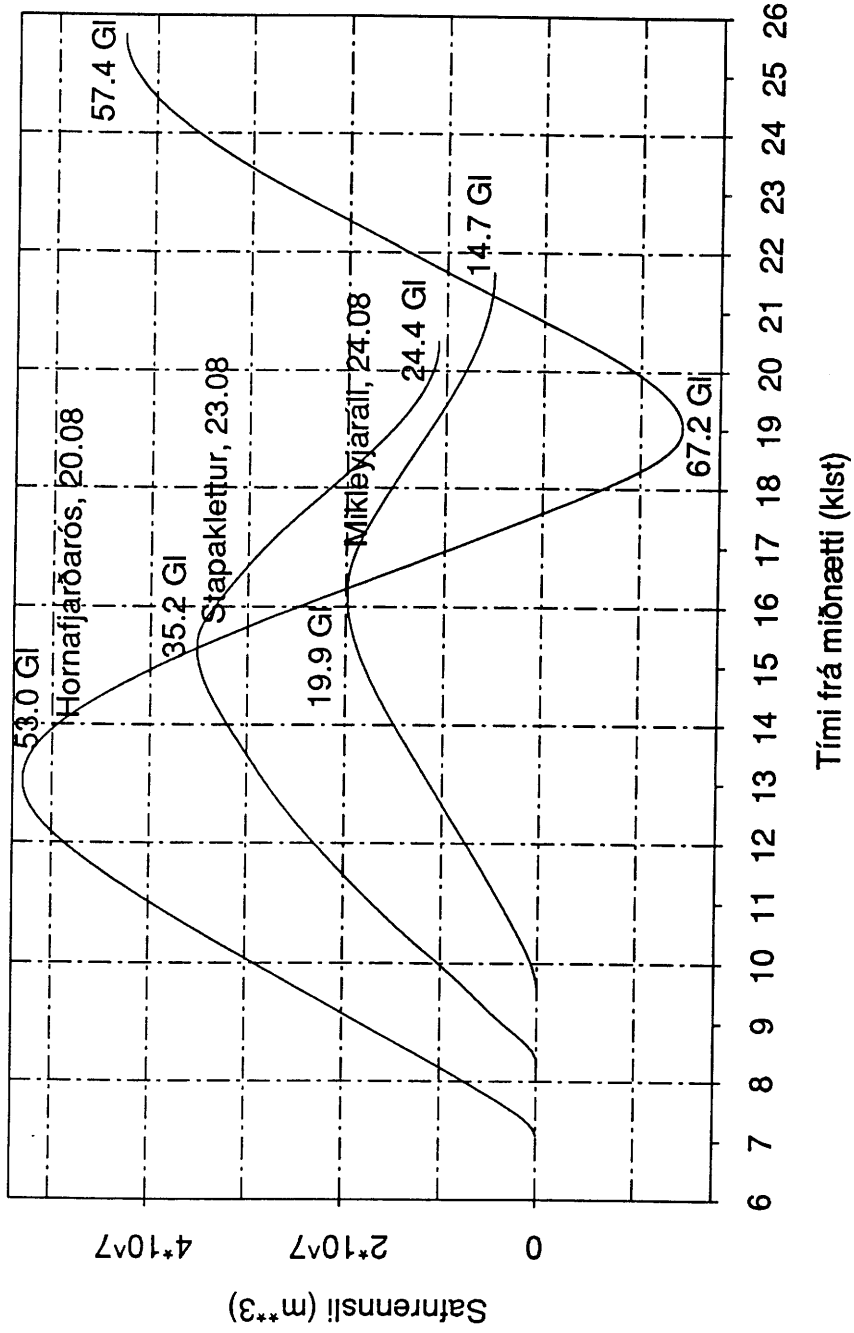
Mynd 5. Mælingar á straumstefnu 20 – 24/8/90

Straummælingar í Hornafirði, 1990



Mynd 6. Mælt rennsli

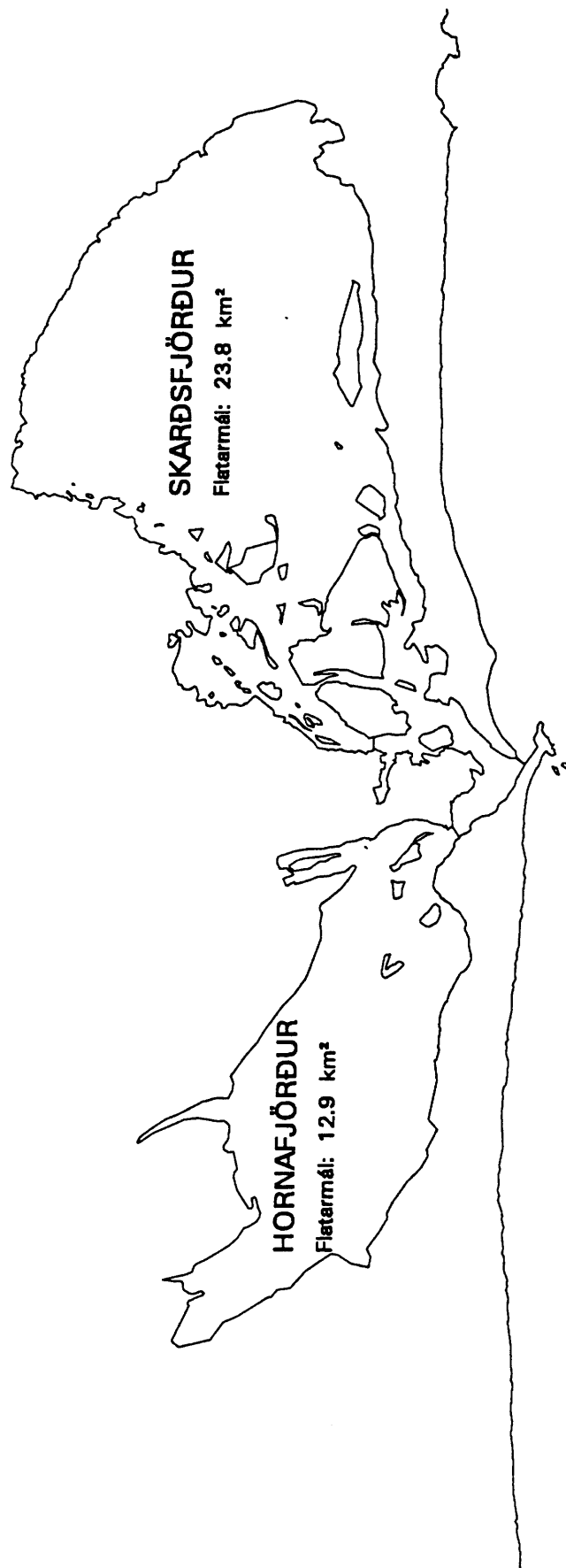
Straummælingar í Hornafirði, 1990



Mynd 7. Reiknað safnrennsli mælinga

Strandlína hnituð upp af loftmyndum
sem teknar voru 4/9/82 kl. 13:02

Flóðhæð við Höfn u.þ.b. 0.2 m



Mynd 8. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á stórstraumsfjöru.

Strandlína hnituð upp af loftmyndum
sem teknar voru 29/8/91 kl. 11:52

Flóðhæð við Höfn u.p.b. 0.6 m



Mynd 9. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á hálfalli.

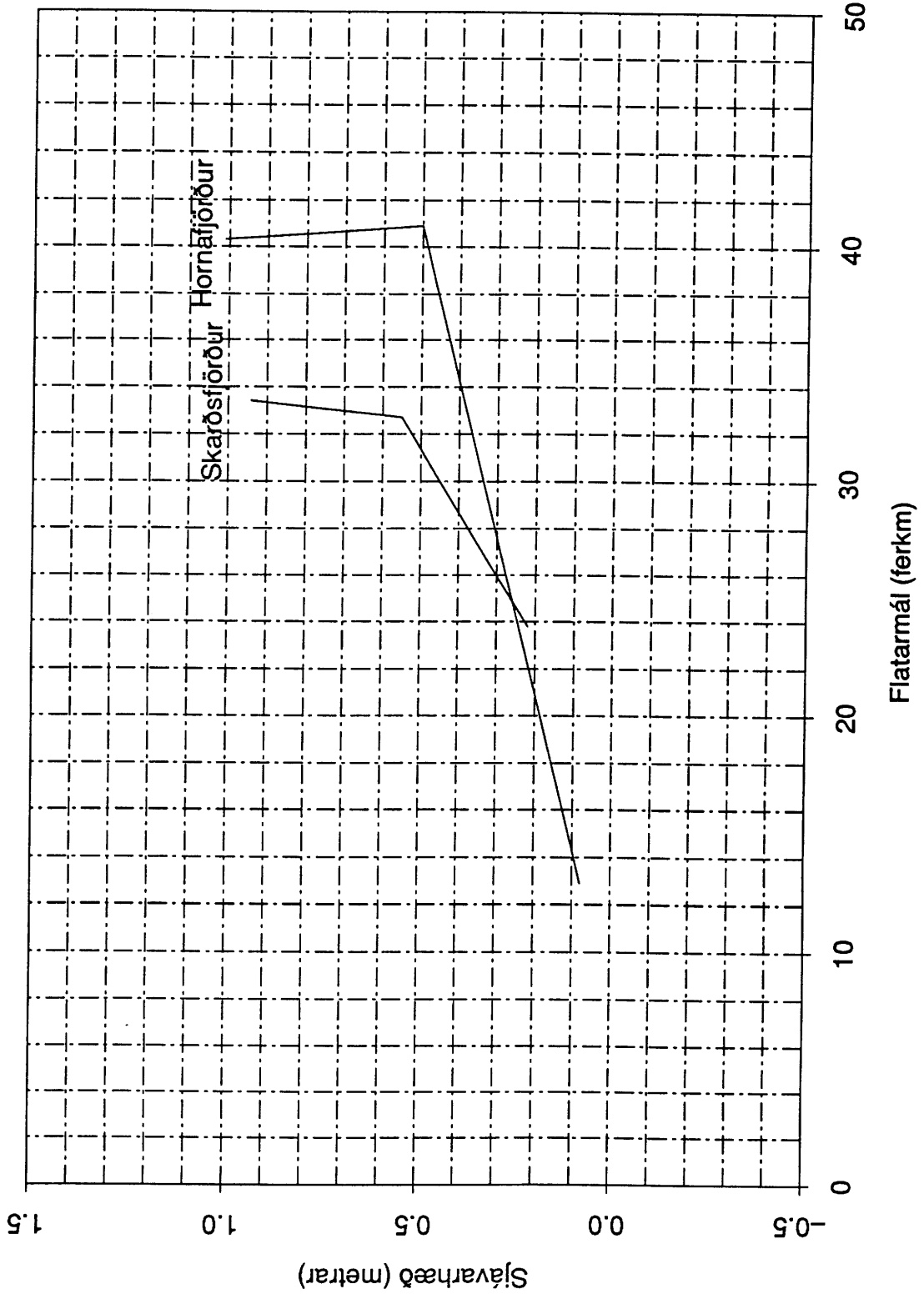
Strandlína hnituð upp af loftmyndum
sem teknar voru 27/8/82 kl. 12:46

Flóðhæð við Höfn u.p.b. 0.9 m

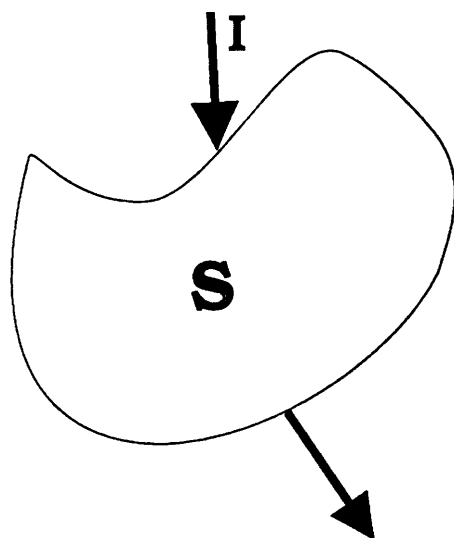


Mynd 10. Strandlína Hornafjarðar og Skarðsfjarðar á smástraumsflóði.

Samband hæðar við Melabraut og Einbúa og flatarmáls í fjörðum



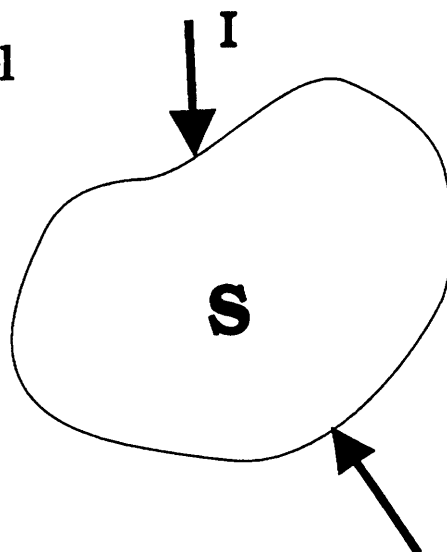
Mynd 11. Samband flóðhæðar og flatarmáls



$$\Delta S = \dot{U} - I$$
$$\Rightarrow I = \dot{U} - \Delta S$$

Útfall = 35.2 Gl

$$\Delta S = I + A$$
$$\Rightarrow I = \Delta S - A$$



Aðfall = 24.4 Gl

$$I(\text{útfall}) = I(\text{aðfall}) \Rightarrow U - \Delta S = \Delta S - A$$

$$\Delta S(\text{útfall}) = \Delta S(\text{aðfall}) \Rightarrow 2\Delta S = \dot{U} + A = 35.2 + 24.4$$

$$\Rightarrow \Delta S = 29.8 \text{ Gl}$$

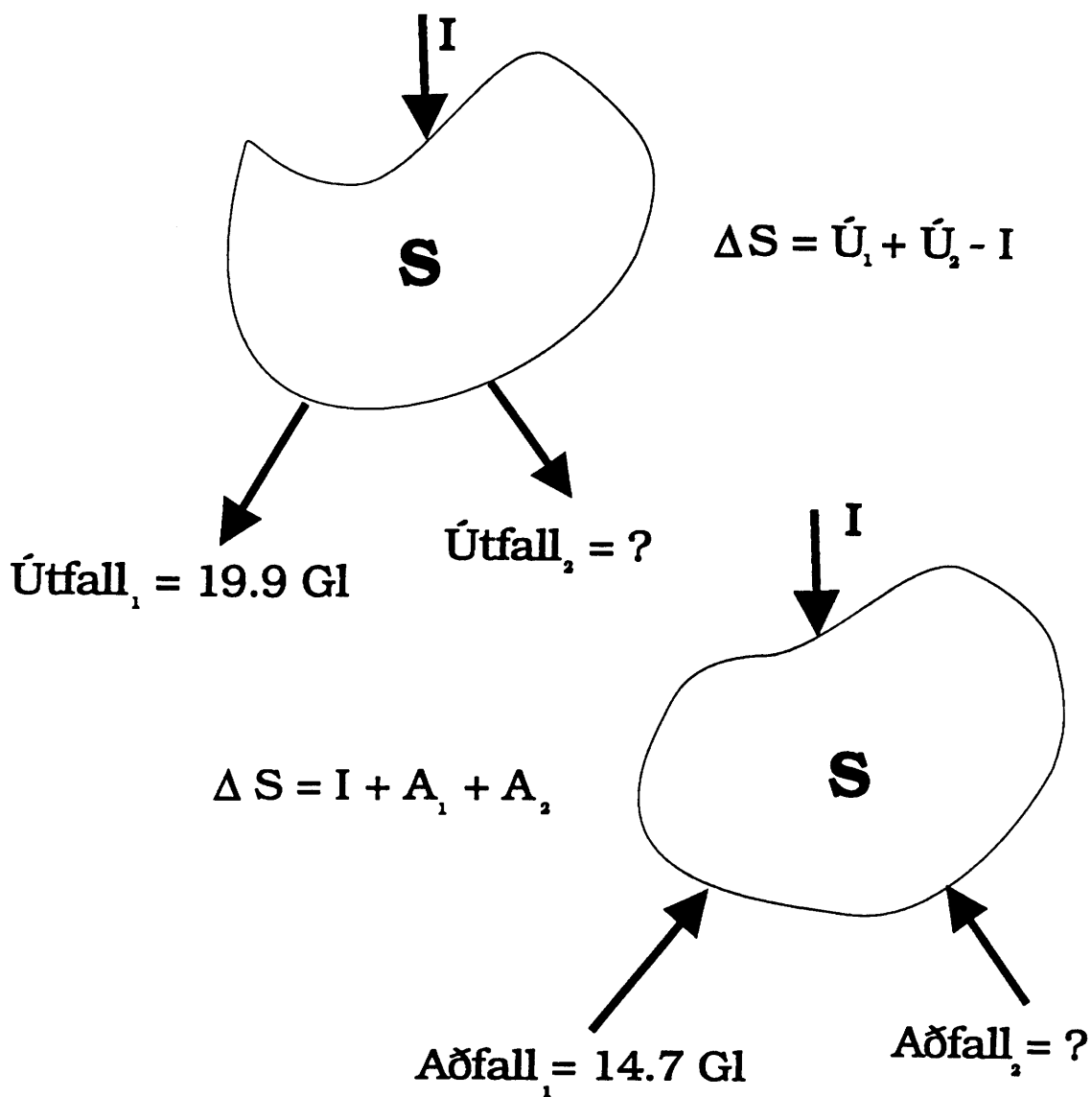
$$I = 35.2 - 29.8 = 5.4 \text{ Gl} = 120 \text{ m}^3/\text{s}$$

Reiknuð rýmdarbreyting:

$$\Delta h = 1.32 - (-0.05) = 1.37, F(1.32) = 41 \text{ km}^2, F(-0.05) = 5 \text{ km}^2$$

$$\Rightarrow \Delta S = (41+5)/2 \times 1.37 = 31.5 \text{ Gl}$$

Mynd 12. Miðlunarreikningar fyrir Hornafjörð.



$$I(\text{útfall}) = I(\text{aðfall}) = 0$$

Reiknuð rýmdarbreyting:

$$\Delta S(\text{útfall}) - \Delta S(\text{aðfall}) = (33.8 + 33.7) / 2 \times 0.11 = 3.8 \text{ Gl}$$

$$\Rightarrow 3.8 = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 - A_1 - A_2$$

$$\Rightarrow 3.8 = 19.9 + \dot{U}_2 - 14.7 - A_2$$

$$\Rightarrow \dot{U}_2 - A_2 = -1.4 \text{ Gl}$$

Mynd 13. Míðlunarreikningar fyrir Skarðsfjörð.