



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

VESTMANNAEYJAR
Dæluþrófun holu VG-7

Sæþór L. Jónsson
Guðni Axelsson
Hrefna Kristmannsdóttir

Unnið fyrir Nefnd um orkuöflun
í Vestmannaeyjum

OS-87039/JHD-23 B

Október 1987



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr.: 699-234

VESTMANNAEYJAR
Dæluþrófun holu VG-7

Sæþór L. Jónsson
Guðni Axelsson
Hrefna Kristmannsdóttir

Unnið fyrir Nefnd um orkuöflun
í Vestmannaeyjum

OS-87039/JHD-23 B

Október 1987

EFNISYFIRLIT

| | Bls. |
|--|------|
| 1 BORUN HOLU 7 | 3 |
| 2 DÆLUPRÓFUN | 3 |
| 3 EFNASAMSETNING VATNSSÝNA OG ÚTFELLING Í DÆLU | 11 |
| 4 NIÐURSTÖÐUR | 13 |

TÖFLUSKRÁ

| | |
|--|----|
| 1 Efnainnihald vatnssýna úr sjóholu í Eldfelli | 12 |
|--|----|

MYNDASKRÁ

| | |
|--|----|
| 1 Staðsetning borhola 6 og 7, Vestmannaeyjum | 6 |
| 2 Hóla 7 í Vestmannaeyjum | 7 |
| 3 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 | 8 |
| 4 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 | 8 |
| 5 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 | 9 |
| 6 Vestmannaeyjar, dæluþrófun H-7 | 9 |
| 7 Vestmannaeyjar, langtímaprófun H-7 | 10 |
| 8 Vestmannaeyjar, langtímaprófun H-7 | 10 |

1 BORUN HOLU 7

Hola 7 var boruð dagana 9.-25. júní 1987 (sjá mynd 2). Fyrst var 16" fódhring grafin í 4,5 m dýpi og síðan borað með 15" loftmeitli í 11 m. Steypt var í holuna upp í 2ja m dýpi og borað með 12 1/2" í 53,1 m og 12 1/4" frá 53,1-67,4 m dýpi. Neðsti hluti holunnar, 67,4-100,5 m, var boraður með 9 5/8". Fódhrað var með heilli 10 3/4" fódhringu í 67,4 m dýpi og hún steypt í neðri endann. 47 m laus leiðari, 8 5/8" x 7,6 mm, var settur niður í holuna með hengistykki sem var jafnt að þvermáli og holan (ath. í verklýsingu borunar stóð að hengistykki skyldi vera kónískt að ofan svo dælan færi auðveldar í holuna). Leiðarinn var raufaður á neðstu 31,6 metrunum.

Reynt var að setja djúpdælu í holuna þann 16. júní til að meta árangur borunnar (á meðan bormenn fóru í frí) en það mistókst þar sem dælan slitnaði í sundur þegar eftir var að setja 10 m niður af 90 m. Ástæðan reyndist gölluð smíði á nýjum dælurörum frá Vélsmiðju Sigurðar Sveinbjörnssonar. Eftir að dælan hafði verið fiskuð úr holunni, en það tók um 8 tíma með bornum, fóru nokkrir dagar í að hreinsa holuna og endurbæta sleppistykki á leiðaranum sem ekki var nógu vítt fyrir dæluna. Eftir að dælurör, öxlar og legur höfðu verið endursmíðuð og leigð dæluprep frá Hitaveitu Reykjavíkur var hafist handa við dælu-
prófun.

2 DÆLUPRÓFUN

Að beiðni Nefndar um orkuöflun í Vestmannaeyjum var hola 7 í Vestmannaeyjum dæluþrófuð dagana 20. til 31. ágúst 1987. Fyrst var dælt úr holunni með dælu á 90 m dýpi í um 6 1/2 sólarhring, en síðan í um 5 sólarhringa með dælu á 78 m dýpi. Notuð var 12 þrepa 6" JKH Floway öxuldæla. Við þann búnað var tengt sjálfvirk gagnasöfnunartæki sem skráði dælingu, hitastig vatnsins, vatnsborð og loftþrýsting. Dæluþrófunin var tvíþætt. Annars vegar stuttar (10-56 mín.) þrepaþrófanir sem gerðar voru í þeim tilgangi að kanna viðbrögð holunnar við mismunandi dælingu (0, 8 og 16-17 l/s). Hins vegar nokkurra daga reynsludælingar, þar sem dælt var nokkurn veginn stöðugu magni, í þeim tilgangi að kanna langtíma viðbrögð hinna vatnsgæfu jarðlaga. Veruleg útfelling kalks og járns varð í dælunni þann tíma sem dælt var.

Niðurstöður þrepaþrófananna eru sýndar á myndum 3 til 6. Þar sést að við 16-17 l/s dælingu er skammtímaníðurdráttur í holunni mjög lítill, sennilega aðeins um 5-10 cm. Þó er erfitt að áætla níðurdráttinn

nákvæmlega vegna annarra vatnsborðssveiflna. En þetta lítil niðurdráttur bendir til þess að leiðni (þ.e. lekt) hinna vatnsgæfu jarðlaga næst holunni sé mjög há. Niðurdráttinn má túlka á grundvelli líkans af óendanlegum láréttum vatnsleiðara, lokuðum að ofan og neðan. Þá má skilgreina leiðnistuðul jarðlaganna

$$T = kbg/v$$

með

$$\begin{aligned}k &= \text{lekt jarðlaganna, } m^2 \\b &= \text{þykkt vatnsgæfra jarðlaga, } m \\g &= \text{þyngdarhröðunin} = 9,8 \text{ } m/s^2 \\v &= \text{eðlissegja vatnsins, } m^2/s\end{aligned}$$

Þannig má áætla að

$$T > 0,1 \text{ } m^2/s$$

fyrir vatnsleiðandi jarðlögin næst holunni. Þetta er mjög há vatnsleiðni og bendir til þess að mjög gróf jarðlög séu neðan nýja hraunsins í grennd holunnar.

Langtímaprófanir á holu 7 voru gerðar til þess að kanna hvernig vatnsborð holunnar og hitastig vatnsins breyttust við dælingu til lengri tíma. Gögnin úr langtímaprófununum eru birt á myndum 5 og 6. Í seinni prófuninni stíflaðist vatnsborðsneminn á öðrum degi, en það kemur ekki verulega að sök þar sem til eru gögn frá síðustu 1 1/2 klst prófunarinnar. Í langtímaviðbrögðum holunnar ber mest á sveiflum vegna sjávarfalla við strönd Heimaeyjar. Þessi sveifla er á bilinu 40-80 cm. Með því að bera saman sjávarfallasveifluna í holunni og við ströndina fæst að hlutfallið þar á milli sé

$$h/h_0 = 0,31 \pm 0,04$$

og að seinkun sveiflunnar sé

$$t_L = (147 \pm 12) \text{ mín.}$$

Þessar niðurstöður má nú túlka á grundvelli líkans af láréttum vatnsleiðara, lokuðum að ofan og neðan. Þá má áætla að

$$S/T = 0,03 \text{ } s/m^2$$

þar sem S er geymslustuðull jarðlaganna.

Ef gengið er útfrá því að $S = 10^{-4}$ (samsvarar um 15% poruhluta og 100 m þykkt) fæst að

$$T = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

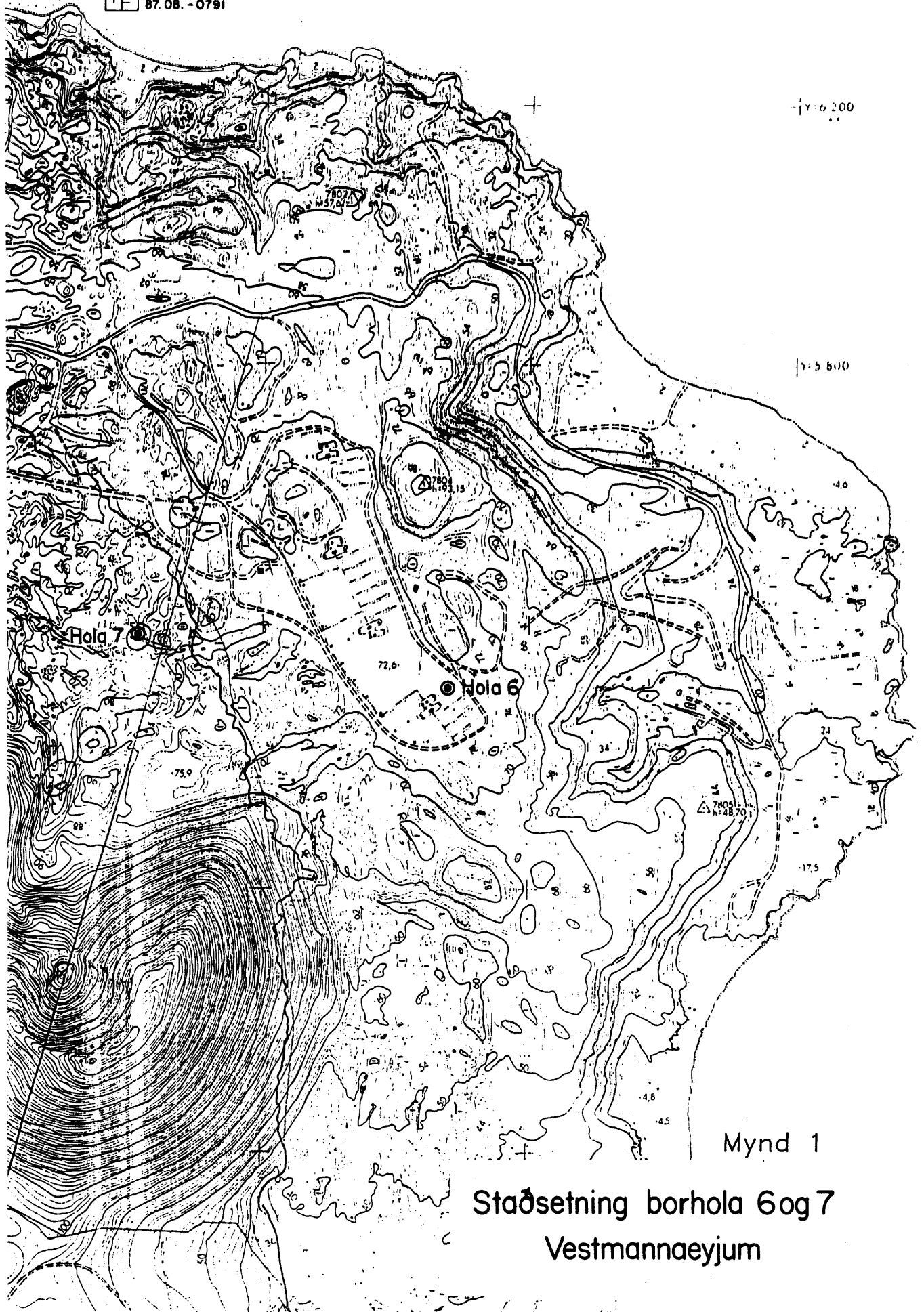
Þetta er verulega lægra gildi en áætlað var hér að ofan, enda meðaltal yfir mun stærra svæði. Hér er þó um mjög háan leiðnistuðul að ræða, en hafa ber í huga að geymslustuðullinn S er aðeins áætlaður.

Sjávarföllin gera það að verkum að erfitt er að greina langtímaviðbrögð í gögnunum á myndum 7 og 8 vegna dælingar. Í seinni prófuninni virðist vatnsborð ekki hafa lækkað, en í þeirri fyrri virðist vatnsborð hafa lækkað um 40 cm. Óvíst er hvort hér er um lökkun vegna vinnslu að ræða, mögulegt er að hún sé að hluta vegna hækkaði loftþrýstings á tímabilinu og vegna annarra vatnsborðssveiflna. Ef við á hinn bóginn göngum útfrá því að þessi 40 cm lökkun sé að einhverju leyti vegna vinnslu má áætla að leiðnistuðullinn sé

$$T > 7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Þegar dælan var á 90 m dýpi hækkaði hitastig vatnsins úr 28,5 í 29,3°C á 6 1/2 sólarhring. En er dælt var af 78 m hækkaði hitastigið í um 36°C og hélst nokkuð stöðugt í þá 5 sólarhringa sem dælt var. Eitthvað virðist staðsetning dælnnar því hafa að segja um hitastig vatnsins, en alls er óvíst að svo verði til langframa.

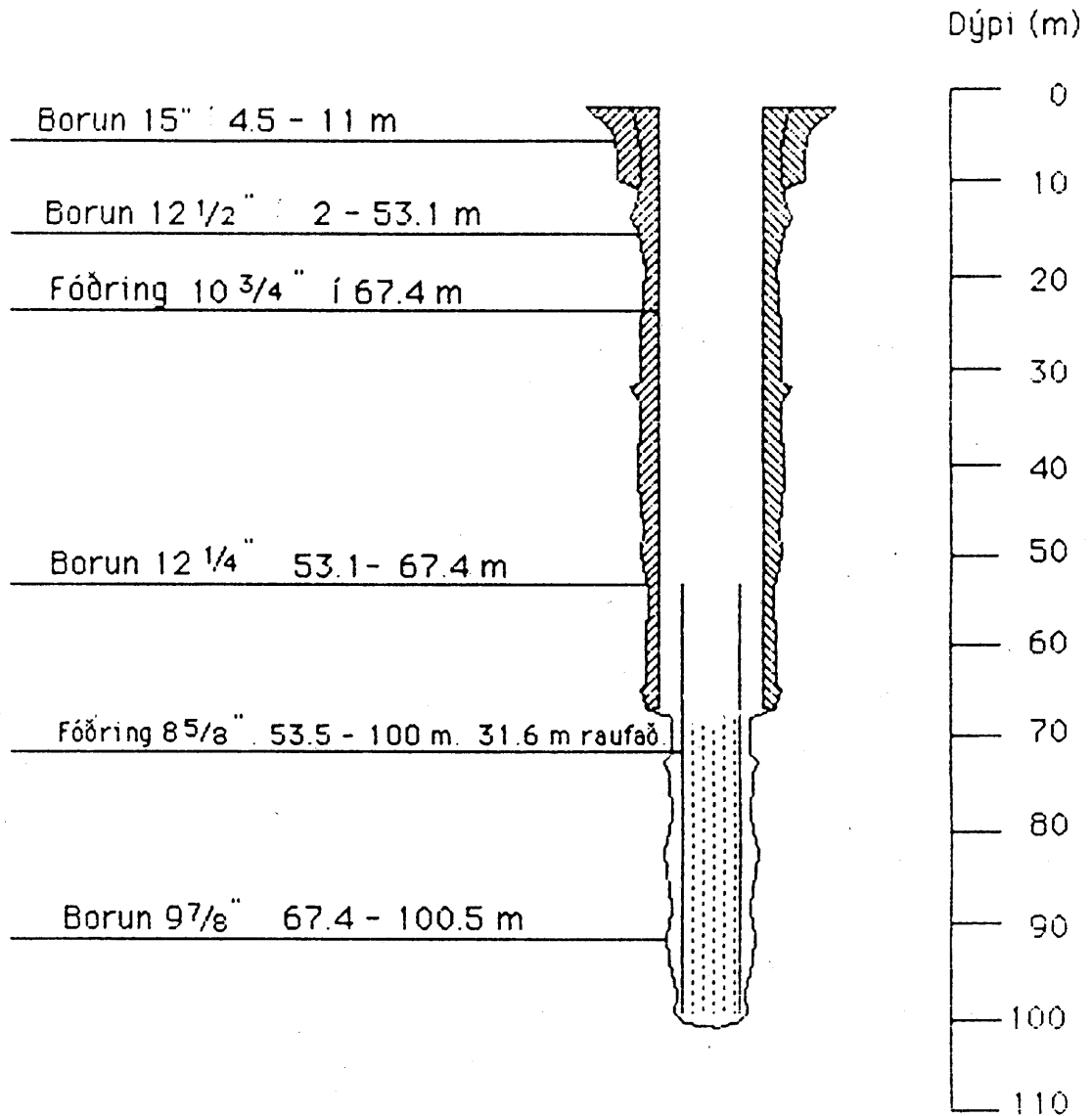
JHD-VT-8000-SLJ
87.08.-0791



Mynd 1

Staðsetning borhóla 6 og 7
Vestmannaeyjum

Hola 7 í Vestmannaeyjum

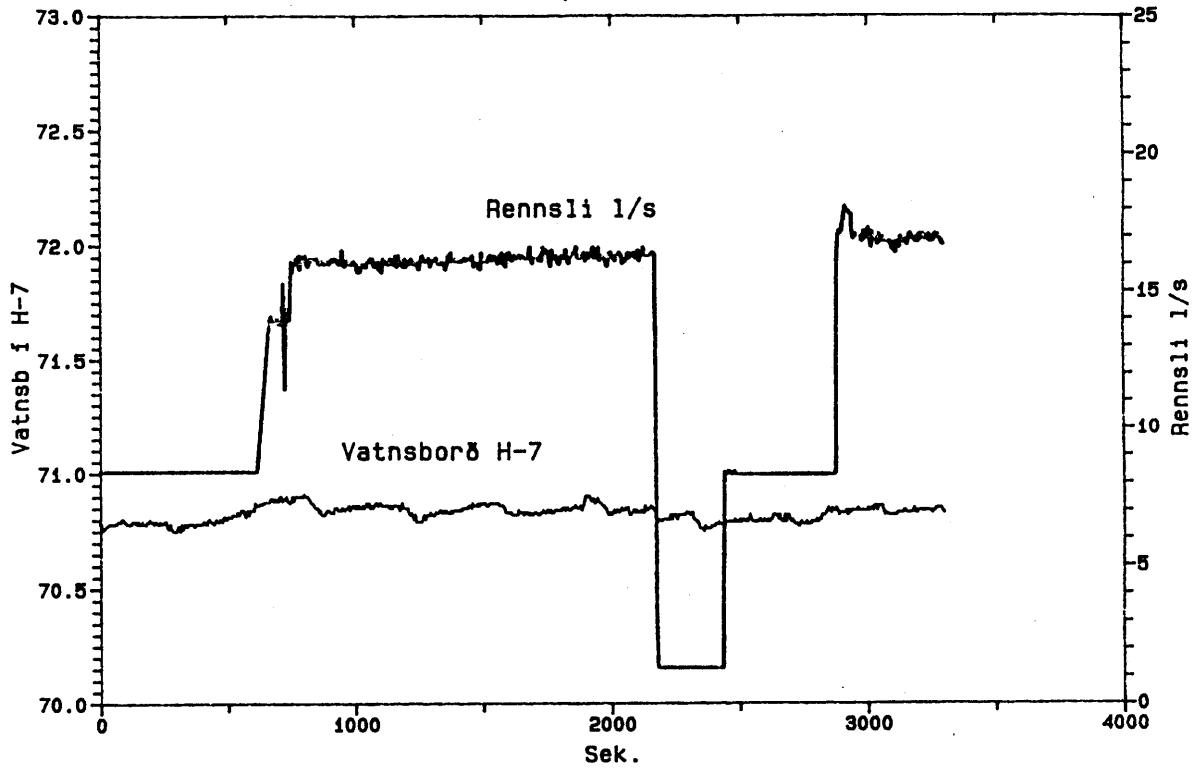


Mynd 2

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.XXXX.01 T

Vestmannaeyjar
Dæluprófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar

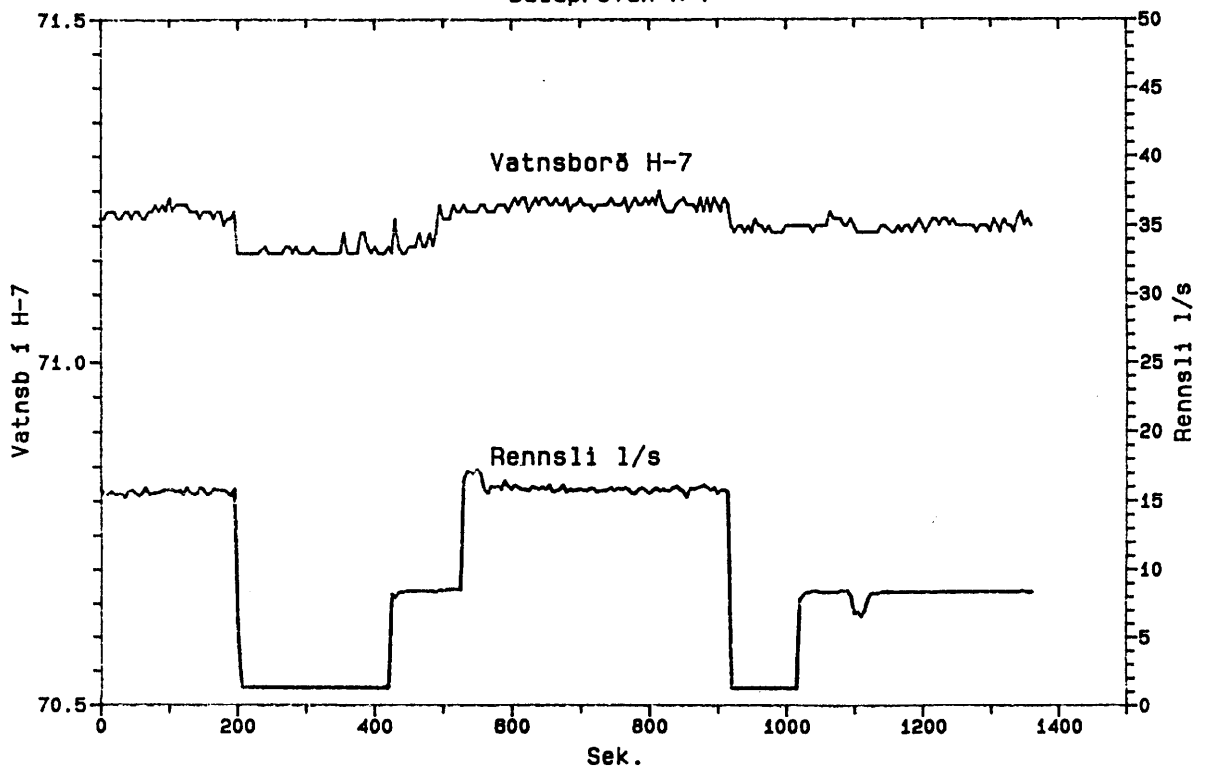


Mynd 3

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.0781.03 T

Vestmannaeyjar
Dæluprófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar

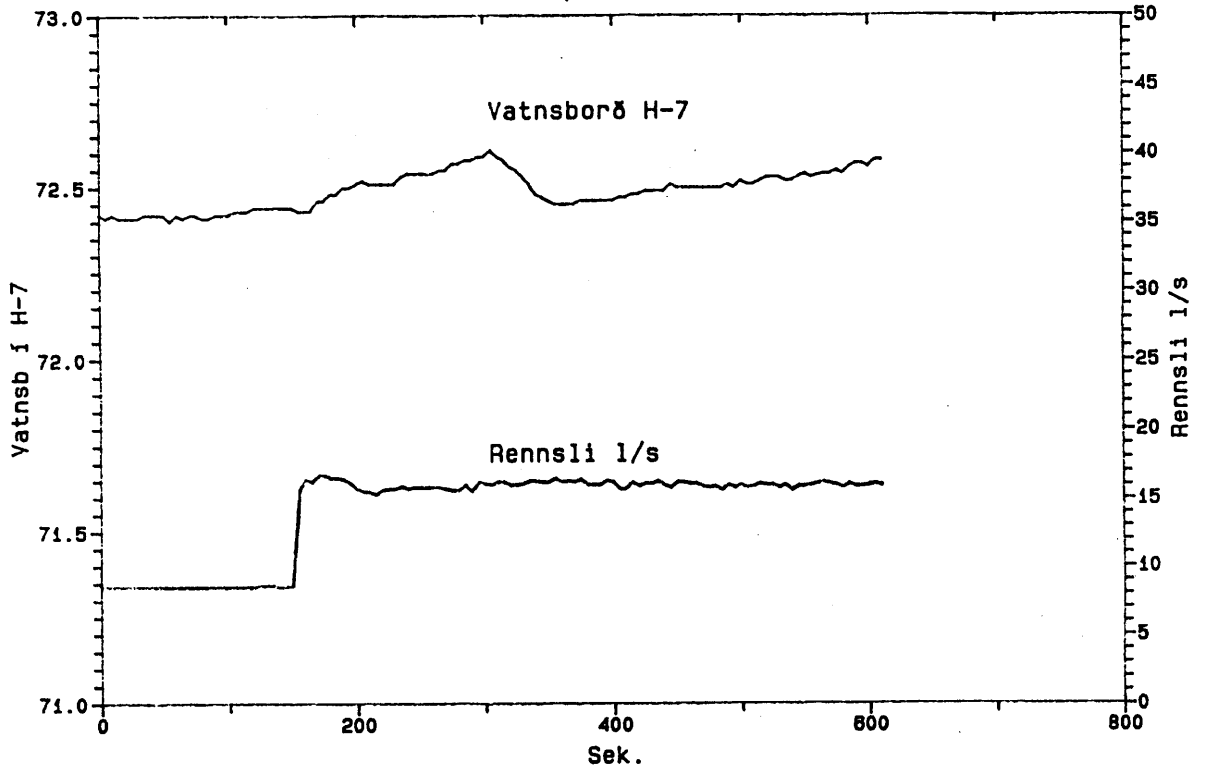


Mynd 4

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.0781.04 T

Vestmannaeyjar
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar

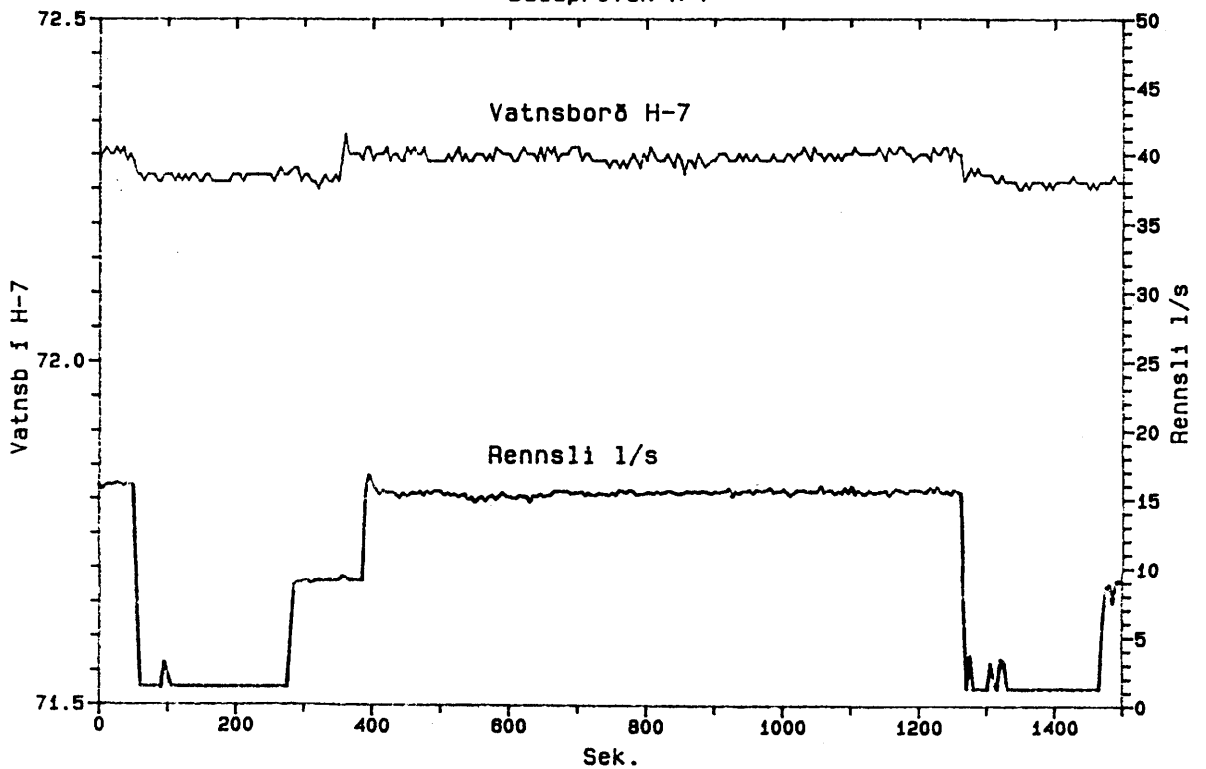


Mynd 5

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.0781.06 T

Vestmannaeyjar
Dæluþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar

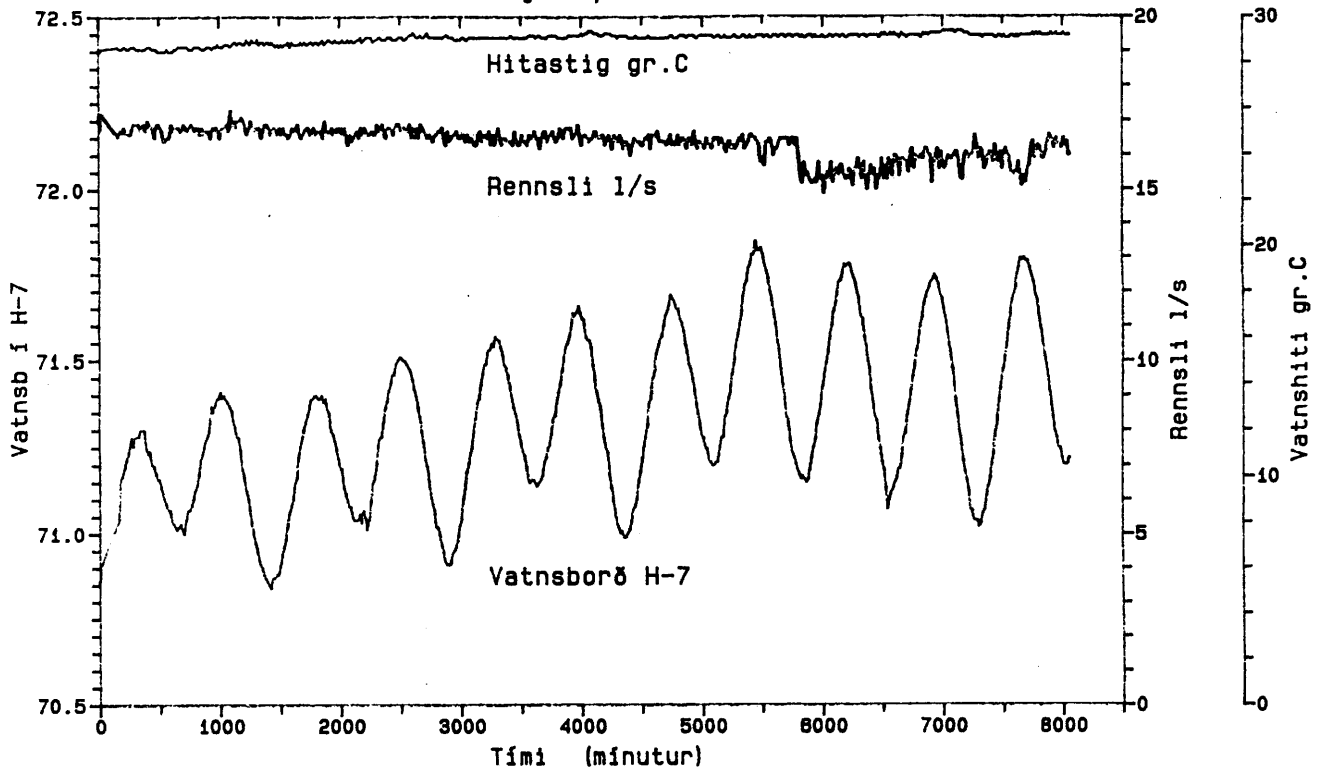


Mynd 6

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.0781.02 T

Vestmannaeyjar
Langtímaþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar

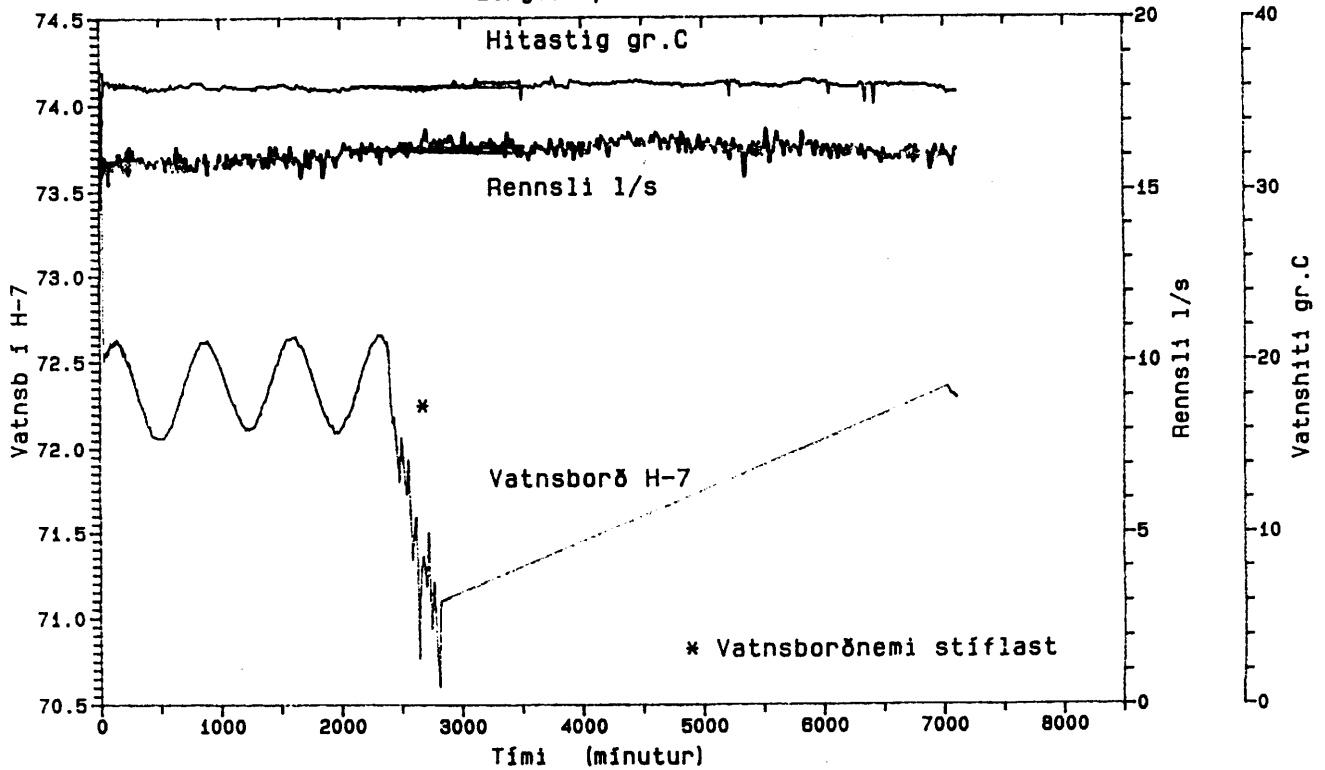


Mynd 7

JHD-VT-8000-SLJ
87.08.0781.05 T

Vestmannaeyjar
Langtímaþrófun H-7

Nefnd um orkuöflun fyrir
Vestmannaeyjar



Mynd 8

3 EFNASAMSETNING VATNSSÝNA OG ÚTFELLING Í DÆLU

Á meðan á dælingu stóð voru tekin tvö vatnssýni úr borholunni. Það fyrra 25. ágúst og það síðara 31. ágúst. Greiningu sýnanna er ekki fulllokið vegna bilana í tækjum, en þær niðurstöður sem liggja fyrir eru í töflu 1. Til samanburðar er sýnd í töflunni meðalsamsetning sjávar með 35⁰/oo seltu. Selta sýnanna er mjög nálægt meðalseltu sjávar, 35,3 og 35,1⁰/oo. Styrkur kísils er verulega hærri en í sjó, þótt hann sé lægri en tilsvavarar jafnvægisstyrk við berg við hitastig vatnsins. Sýrustig er verulega lægra en í sjó og styrkur karbónats hærri. Járnstyrkur er mjög hár í sýnunum, en er þó helmingi lægri í síðara sýninu en því fyrra. Styrkur súrefnis er lágur og margfalt lægri en mettnarmörk við hitastig vatnsins. Styrkur þess er þó það hár að vatnið er tærandi fyrir stál. Járn og manganstyrkur er mjög hár í sýnunum og gæti verið hættu á útfellingum, a.m.k. er hún veruleg ef vatnið er loftað. Styrkur þessara efna er margfaldur á við hættumörk fyrir fiskeldisvatn og tífalt hærri en leyfilegt er á neysluvatni.

Þótt mælingu á katjónum sé ekki lokið á þann hátt, sem talinn er fullnægjandi, sést af bráðabirgðagreiningu þeirra að engar verulegar breytingar hafa orðið á katjónahlutföllum miðað við sjó.

Helsta breyting sem orðið hefur miðað við sjó er að sýnin eru súrari, karbonatríkari og hafa verulegan styrk járns og mangans og talsvert hærri kísil en í sjó. Blöndun við gufu eða útskolun úr fersku hrauni getur skýrt fyrstu tvö atriðin, sem síðan valda útskolun járns og mangans. Hækkun á kísilstyrk er eðlileg afleiðing hvörfunar volgs vökva við bergið.

Verulegrar útfellingar varð vart í dælu á meðan á dæluprófun stóð. Rannsókn á útfellingunni leiddi í ljós að hún er að mestu leyti ryð en einnig er nokkurt kalk í henni.

Mæling á kalsíum í upplausn bendir til að kalk sé um eða innan við 4% af þunga útfellingarinnar.

Þessi útfelling virðist orðin til vegna fellingar á ryði og kalki við loftun á vatninu. Við loftun oxast járneið í vatninu og sýrustigsbreyting veldur kalkyfirmettun. Útfellingar og reyndar öll efnahvörf eru mjög hröð í svo söltu vatni sem þetta er. Járneið getur hafa komist í vatnið bæði úr bergi og stáli. Líklegt er að einhver hluti járnsins a.m.k. sé ætlaður úr berginu, þaðan hlýtur mestallt manganeði að komast í vatnið.

TAFLA 1 Efnainnihald vatnssýna úr sjóholu í Eldfelli

Styrkur efna í mg/kg.

| Sýni Dags. | 0096 870825 | 0097 870831 | Meðalsamsetn. sjávar 35 ‰ |
|-------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Hiti °C | 29 | 36 | |
| pH/°C | 7,18/22 | 7,05/21 | 8,0/25 |
| SiO ₂ | 23,3 | 26,7 | 3,0 |
| Na | | | 10800 |
| K | | | 390 |
| Ca | | | 410 |
| Mg | | | 1290 |
| CO ₂ * | 393 | 322 | 102 |
| H ₂ S | 0,03 | <0,03 | 0,0 |
| SO ₄ | 2692 | 2710 | 2710 |
| Cl | 19533 | 19433 | 19400 |
| F | 1,75 | 1,73 | 1,3 |
| Br | | | 67 |
| Uppl. efni | 36010 | 35400 | |
| Fe | 23,0 | 12,0 | 0,004 |
| Mn | 5,0 | 4,0 | |
| O ₂ | 0,02 | 0,03 | |
| selta ‰ | 35,3 | 35,1 | |

* Heildarkarbonat

4 NIÐURSTÖÐUR

Meginniðurstöður dæluþrófunarinnar eru eftirfarandi

- i) Hin vatnsgæfu jarðlög neðan nýja hraunsins í holu 7 eru mjög vel vatnsleiðandi. Sennilega er leiðnistuðull jarðlaganna á bilinu

$$\tau = 10^{-3} - 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$$

Erfitt er að fá áreiðanlegt mat á vatnsleiðnina vegna þess að sjávarföll yfirgnæfa niðurdrátt vegna vinnslu.

- ii) Ljóst er að niðurdráttur mun ekki takmarka það vatnsmagn sem hægt verður að fá úr holunni, heldur mun vídd holunnar og dælu-búnaður gera það. Dæla má um 50 l/s úr holu með þessum frágangi fódðringa. Búast má við því að við t.d. 15 l/s dælingu verði langtímaniðurdráttur óverulegur, eða innan við 1-2 m.
- iii) Búast má við því að hitastig vatnsins verði á bilinu 30-35°C í fyrstu, en ekki er hægt að segja til um hve lengi það muni haldast.
- iv) Selta vatnsins er nálægt seltu sjávar og búast má við útfellingum á járn-kalk samböndum við kælingu. Súrefnisinnihald vatnsins var um 30 ppb og það því tærandi á mjúkt stál.