



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

**Þóroddur F. Þóroddsson  
Guttormur Sigbjarnarson**

**KÍSILIÐJAN VIÐ MÝVATN  
Grunnvatnsrannsóknir**

**OS-83118/VOD-10**  
Reykjavík, desember 1983

**Unnið fyrir  
Kísiliðjuna hf.**



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

**Póroddur F. Póroddsson**  
**Guttormur Sigbjarnarson**

# **KÍSILIÐJAN VIÐ MÝVATN**

## **Grunnvatnsrannsóknir**

**OS-83118/VOD-10**  
Reykjavík, desember 1983

**Unnið fyrir**  
**Kísiliðjuna hf.**

## ÁGRIP

Kísiliðjan h.f. óskaði þess þann 19. febr. 1981 að Vatnsorkudeild Orkustofnunar rannsakaði rennslisleiðir grunnvatns á milli Bjarnarflags og Mývatns samkvæmt kröfum Náttúruverndarráðs og Hollustueftirlits ríkisins til að ganga úr skugga um, hvort aukning í fosfór og köfnunarefni, sem mælt hafði í lindum við Mývatn, gæti orsakast af affallsvatni frá athafnasvæði Kísiliðjunnar. Vatnsorkudeild tók að sér þessar rannsóknir, en Kísiliðjan h.f. stóð straum af kostnaði við þær.

Vatnsorkudeild vann að þessum rannsóknum á árunum 1981 til 1983 og beitti við þær hefðbundnum aðferðum, nema hvað notað var Na-flourescein litarefni til að hella niður í grunnvatnið og safna því í kolanema, sem komið var fyrir á völdum stöðum. Að öðru leyti var gerð úttekt á fyrri rannsóknum, vatnajarðfræðileg rannsókn gerð á svæðinu og grunnvatnshæð mæld, þar sem því var viðkomið. Hitastig grunnvatnsins var mælt, efnagreiningar teknar til athugunar og straumhraði grunnvatnsins mældur.

Niðurstöður rannsóknaanna urðu þær, að grunnvatnsrennslíð frá Bjarnarflagi er til suðvesturs og vesturs og kemur fram í Helgavogi og í Kálfstjörn, en áhrifa þess gætir suður að Langavogi. Annar grunnvatnsstraumur kemur frá sunnanverðum Jarbaðshólum um baðstaðina í Grjótagjá og þaðan vestur til Vogaflóa sunnan Langavogs. Grunnvatnið er 1-2 vikur á leið sinni frá Bjarnarflagi til Mývatns, svo að áhrifa affallsvatns frá Kísiliðjunni getur hæglega gætt þar.

EFNISYFIRLIT

	bls.
ÁGRIP	2
EFNISYFIRLIT	3
MYNDA- OG TÖFLUSKRÁ	4
1 INNGANGUR	5
1.1 Tilgangur rannsókna	5
1.2 Fyrri rannsóknir	6
2 JARÐFRÆÐILEGT YFIRLIT	7
3 GRUNNVATNSRANNSÓKNIR	10
3.1 Vatnsborðsmælingar	10
3.2 Hitamælingar	12
3.3 Straummælingar í gjám	15
3.4 Dæluprófun	16
3.5 Efnagreiningar	16
3.6 Ferlun grunnvatnsstreymis með Na-fluorescein.	17
3.6.1 Inngangur	17
3.6.2 Ferlun sumarið 1981	18
3.6.3 Ferlun sumarið 1982	19
4 NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNANNA	20
HEIMILDASKRÁ	22
VIÐAUKI I. Hæðamæling fyrir Kísiliðjuna 1981	23
VIÐAUKI II. Fluorescein greiningar	33

## MYNDASKRÁ

Mynd 1	Jarðfræðikort af austurbakka Mývatns	8
Mynd 2	Borholusnið við Kísiliðjuna - Jarðlagasnið	9
Mynd 3	Sprungur og misgeng við hús og þrær Kísiliðjunnar	9
Mynd 4	Hitastig og hæð grunnvatnsborðsins við austanvert Mývatn	14
Mynd 5	Hitastig, viðnám og straumstefna í Grjótagjá við Hverfjall	20
Mynd 6	Na-fluorescein mælingar. Staðsetningarkort	21
Mynd 7	Grunnvatnsstreymi til Mývatns	22

## TÖFLUSKRÁ

Tafla 1	Nítrat og fosfat í lindum við austanvert Mývatn	5
Tafla 2	Hitamælingar í Grjótagjá	13
Tafla 3	Söfnunarhiti efnagreiningarsýna úr borholum H-2, H-3 og H-6	13
Tafla 4	Mældur straumhraði	15

# 1 INNGANGUR

## 1.1 Tilgangur rannsókna

Á árunum 1969-1978 var nokkrum sinnum mælt níttrat og fosfat innihald vatnsins í volgum lindum við Ytriflóa í Mývatni. Athuginin sýndi að fosfat og níttratstyrkur lindavatnsins hefur aukist mjög verulega eftir 1969. Jón Ólafsson hefur gert grein fyrir þessari aukningu í greininni "Könnun á aukningu fosfórs og köfnunaefnis í jarðvatni við Mývatn", sem út kom sem: Fjölrit nr. 5 hjá Náttúruverndarráði árið 1979. Dæmi um þessa aukningu eru sýnd í töflu 1.

TAFLA 1: Níttrat og fosfat í lindum við austanvert Mývatn

Ár	Helgavogur		Kálfstjörn	
	NO <sub>3</sub> - N μ <sup>M</sup>	PO <sub>4</sub> -P μ <sup>M</sup>	NO <sub>3</sub> -N μ <sup>M</sup>	PO <sub>4</sub> - P μ <sup>M</sup>
1969 2)	4,8	1,27	3,2	0,81
1971 - 1976 1)	10,9 + 1,6	1,43	3,5+1,3	1,07
Okt. 1978 1)	18,5	1,77	7,3	1,13

(Jón Ólafsson 1979 1) og Unnsteinn Stefánsson 1970 2)).

Þessi aukning verður hvorki rakin til stækkunar byggðarinnar við Reykjahlíð né aukinnar áburðarotkunar í landbúnaði. Hins vegar má skýra aukninguna með því, að hluti þess fosfórs og köfnunarefnis, sem dælt er upp við kísilgúrvinnsluna úr botni Mývatns, berist með af-fallsvatni niður til grunnvatnsins við austanvert Mývatn og þaðan í lindirnar. Þrír staðir eru tilnefndir, sem líklegir til að valda slíkri grunnvatnsmengun. Þeir eru: Frárennsli dælustöðvar, frárennsli geymsluþróa og frárennsli verksmiðju (Jón Ólafsson 1979).

Í framhaldi af þessum niðurstöðum fór Náttúruverndarráð fram á það, að komið yrði upp hreinsibúnaði, sem fjarlægði fosfatið og níttratið úr frárennslisvatninu. Heilbrigðiseftirlit ríkisins (nú Hollustuvernd ríkisins), sem hafði eftirlit með umhverfismengun frá verksmiðjunni, krafðist þess að rannsakadar væru rennslisleiðir frárennslisvatnsins frá verksmiðjunni.

Í bréfi til Orkustofnunar dags. 81-02-19 fór Kísiliðjan h.f. fram á, að Orkustofnun framkvæmdi rannsókn á rennslisleiðum grunnvatnsins á milli Mývatns og verksmiðjunnar. Starfsmenn Orkustofnunar ásamt Jóni Ólafssyni, efnaverkfræðingi f.h. Náttúruverndarráðs, tóku saman rannsókn- og kostnaðaráætlun og var hún samþykkt af Kísiliðjunni h.f. þann 1981-04-27, en hún stóð straum af kostnaði við rannsóknirnar. Orkustofnun vann að þessum rannsóknum á árunum 1981-83 í samráði við Kísiliðjuna hf. Skýrslunni fylgja tveir viðaukar. Sá fyrri um hæðamælingu fyrir Kísiliðjuna árið 1981 en sá síðari er greinargerð Jóns Ólafssonar á Hafrannsóknastofnun um greiningar á Na-fluorescein sýnum og túlkun niðurstaðna þeirra greininga, sem hann annaðist. Niðurstöður þeirra birtast í þessari skýrslu.

## 1.2 Fyrri rannsóknir

Grunnvatnsrannsóknir við austanvert Mývatn hafa einkum verið unnar í tengslum við nýtingu jarðhitans í Bjarnarflagi og við Kröflu, lífríkisrannsóknir í Mývatni og almennar vatnafræðirannsóknir. Til fyrsta flokksins má telja greinargerð Guttorms Sigbjarnarsonar o.fl. (1974) um mengunarhættu frá gufuvirkjum við Kröflu eða Hverarömd, greinargerð Stefáns Arnórssonar og Einars Gunnlaugssonar (1976) um vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn Kröfluvirkjunar, grein Jóns Ingimarssonar o.fl. (1976), um frárennsli Kröfluvirkjunar og grein Freys Þórarinssonar og Báru Björgvinsdóttur (1980) um hæð grunnvatnsborðs á Kröflu-Námafjallssvæðinu. Af greinum, sem tengjast lífríkisrannsóknnum í Mývatni, má m.a. nefna grein Unnsteins Stefánssonar (1970) um rannsóknir á efnafræði Mývatns, ýmsar greinar í ritinu "Lake Mývatn" (1979), sem Pétur M. Jónsson ritstýrði og grein Jóns Ólafssonar (1979b) um aukningu fosfórs og köfnunarefnis í jarðvatni við Mývatn. Af greinum er fjalla meira um almenna vatnajarðfræði má fyrst nefna ritið "Ground water Systems of Iceland" eftir Braga Arnason (1976), greinar Björns Jóhannessonar (1977 og 1980) um grunnvatn við Mývatn og greinargerð Þórodds F. Þóroddssonar (1980) um hitamælingar í lindum og gjám við austanvert Mývatn.

Jón Ólafsson (1979a) í samstarfi við Guttorm Sigbjarnarson (1974), sýnir megindrætti grunnvatnsaðstreymis til Mývatns, eins og þeir töldu það vera. Niðurstöður þeirra eru í verulegu ósamræmi við þær hugmyndir, sem kynntar eru í greinum Björns Jóhannessonar (1977, 1980). Bragi Arnason (1976), í samstarfi við Guttorm Sigbjarnarson, taldi vatnasvið grunnvatnsaðstreymisins til Mývatns ná allt suður til Dyngjufjalla og hluta þess ná að renna allt norður til jarðhitasvæðanna við Námafjall og Kröflu þar sem það hitnar, stígur upp og rennur m.a. til Mývatns, mismunandi blandað köldu grunnvatni. Eitthvert kalt grunnvatnsafrennsli á upptök sín á svæðinu umhverfis Hlíðarfjall og allt norður til Leirhnjúks (Jón Ingimarsson o.fl. 1976, Freyr Þórarinsson og Báru Björgvinsdóttir 1980), en það blandast nokkuð heitu jarðvatni af Leirhnjúkssvæðinu er rennur líklega allt suður til Bjarnarflags. Hollendingurinn Eric de Zeeuw nemandi Háskóla Sameinuðu þjóðanna, gerði árið 1983 efnafræðilgar rannsóknir á volga grunnvatnsstreyminu til Mývatns og vann úr eldri efnagreiningum á því. Niðurstöður hans eru í samræmi við niðurstöður þessarar skýrslu.

Jarðfræði berggrunns í Mývatnssveit hefur verið könnuð all ítarlega og eru til margar heimildir þar um, sem ekki verða raktar hér, en þeirra getið þar sem við á.

## 2 JARÐFRÆÐILEGT YFIRLIT

1. mynd er jarðfræðikort eftir Kristján Sæmundsson (1971) af athugunarsvæðinu, að viðbættum nokkrum nýjum sprungum og misgengjum, sem komu í ljós við jarðhræringar í Mývatnssveit eftir 1975.

Elsti berggrunnurinn á rannsóknarsvæðinu eru ungar móbergsmyndanir, sem gætu verið frá síðasta jökulskeiði. Námafjall-Dalfjalls móbergs-hryggurinn er 15 km langur. Hann er byggður upp úr bólstrabergi, sem myndast hefur í fleiri en einu gosi. Niður við bakka Mývatns eru tvö móbergs hrúgöld, Ytri- og Syðri-Höfði, og einnig sést móberg í hæðunum norðaustur af Reykjahlíð svo sem við ípróttavöllinn.

Við lok síðasta jökulskeiðs lá um tíma kyrrstæð jökultunga í Mývatnslægðinni. Framan við hana mynduðust þykk lög af jökulruðningi (svo nefndar Reykjahlíðar-mórenur) og víðáttumikið jökulvatnaset. Syðsti hluti jökulminjanna liggur í hæðunum norðaustur af Reykjahlíð. Þær hafa brotnað upp og misgengið, svo að jökulminjarnar liggja nú í mis-hæðóttum spildum.

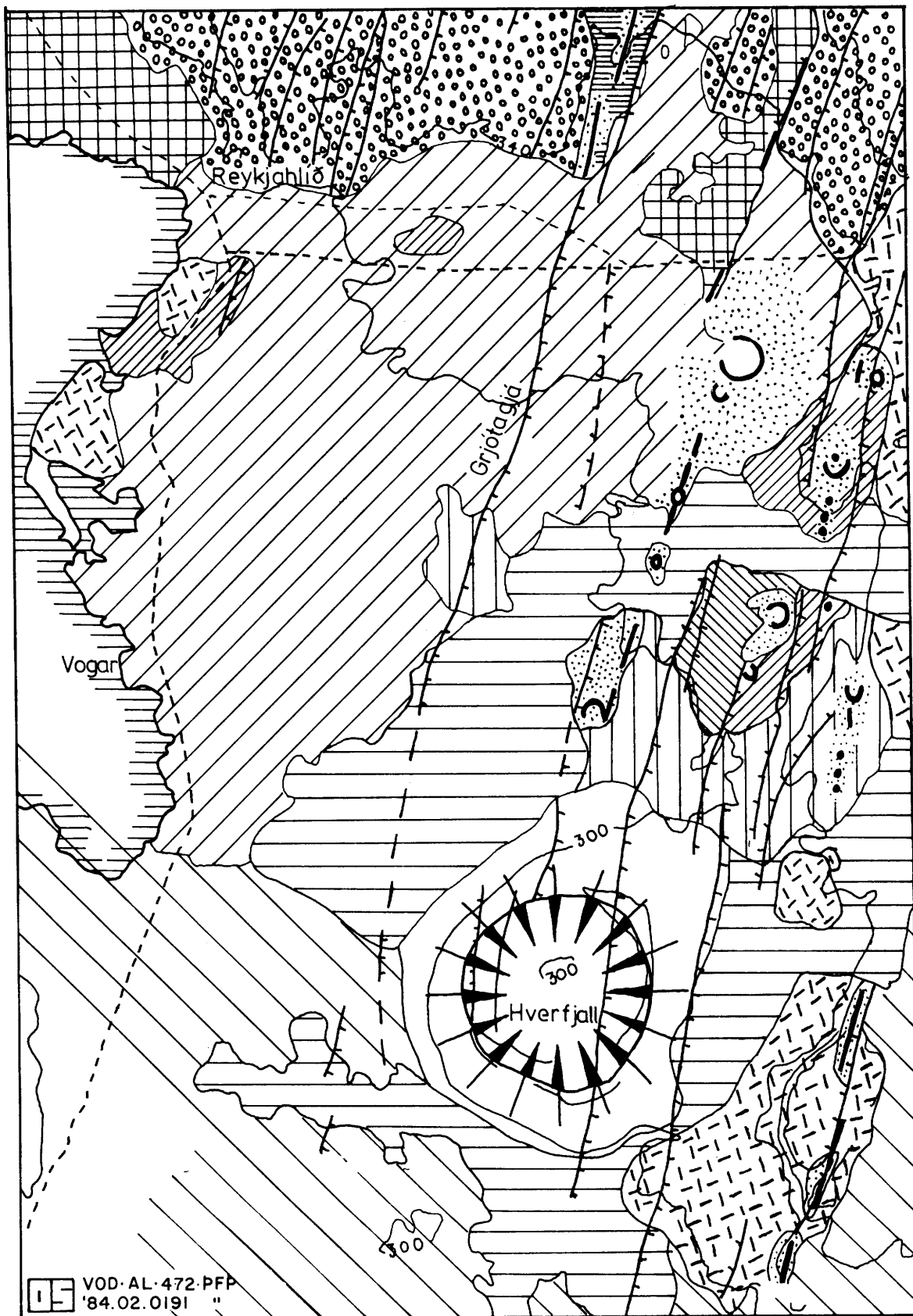
Mörg hraun hafa runnið inn í Mývatnslægðina, eftir að jöklar hörfuðu þaðan. Þau elstu þeirra, Laxárhraun eldri, eru álíka gömul og öskulagið H<sub>5</sub> samkvæmt rannsóknum Sigurðar Þórarínssonar (1979), þ.e. 6400-7000 ára gömul. Elst þeirra eru hraunin frá Rauðuborgum, en síðan gaus vestan í Námafjalli og rann frá þeim gígum dílótt hraun, sem sést m.a. í Varmholti og við Stórugjá. Ofan á því liggja svo hraunin frá Gráborgum.

Eftir þetta gos virðist hafa orðið hlé á eldvirkninni í nokkur þúsund ár. Þá hófst ný goshrina með myndun Hverfjalls fyrir um 2500 árum, samtímis mun hafa gosið í Jarðbaðshólum og í Hrossadal. Laxárhraun yngra (um 2000 ára) nær norður að Vogaflóa vestan Hverfjalls, en út á það rann Svörtuborgahraun, einhvern tíma fyrir 1200-2000 árum. Yngstu hraunin eru síðan frá Mývatnseldum 1724 - 1729.

Jarðlagasniðin frá borholum við Kísiliðjuna eru sýnd á 2. mynd, en þau eru teiknuð eftir borskýrslum Jarðborana ríkisins. Upplýsingar í einstökum borskýrslum eru mjög misjafnlega nákvæmar, en trúlegast fara holurnar ekki nema í gegnum tvö hraunlög. Aðeins ein holan, hola 4, fer niður í gegnum hraunlögin. Hún er rétt vestan við Grjótagjármisgengið. Á um 25 m dýpi fer hún úr hrauninu niður í efni, sem hugsanlega er jökulvatnaset eða jökulruðningur.

Mjög virkt sprungubelti liggur um hæðirnar austan við Reykjahlíð, þar sem er að finna fjölda misgengja og er Stóragjá framhald eins þeirra (1. mynd). Mun minni hreyfingar hafa orðið vestan Grjótagjár heldur en austan hennar, eftir að Jarðbaðshólahraunið rann, þar sem er fjöldi misgengja í yngri hraunum. Á 3. mynd eru sýndar helstu sprungur í næsta nágrenni Kísiliðjunnar, sem hreyfingar urðu á samfara Kröflueldum, einkum í apríl og september 1977.



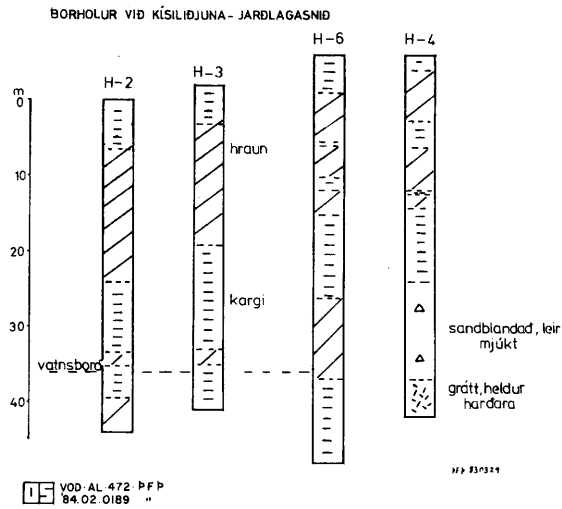


VOD:AL:472:PPF  
'84.02.0191 "

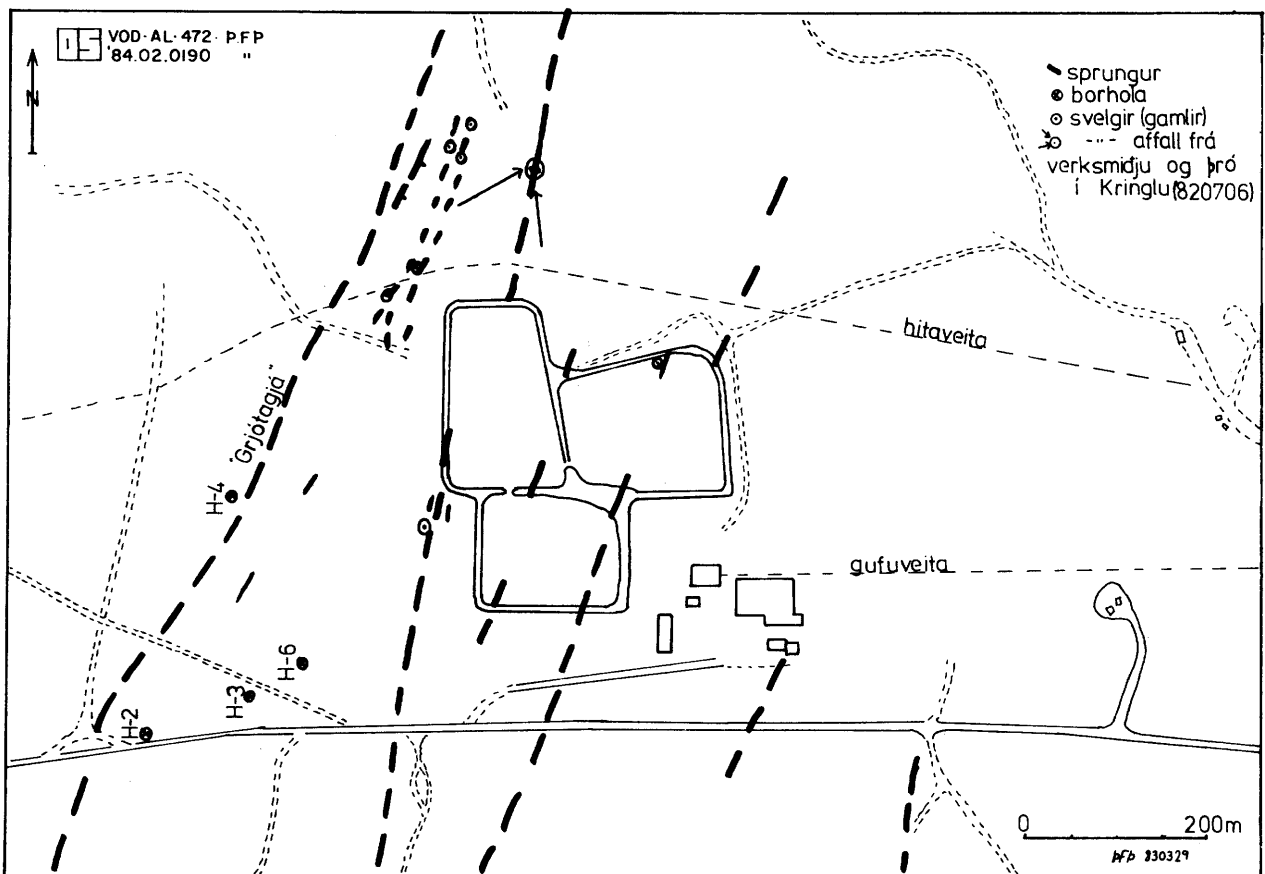
- |   |                                  |   |                           |
|---|----------------------------------|---|---------------------------|
| ▨ | Mývatnseldahraun                 | ▨ | Ruslahaugahraun           |
| ▨ | hraun frá Svörtuborgagosi        | ✕ | freatiskur öskugigur      |
| ▨ | Laxárhraun yngri                 | + | misgengi                  |
| ▨ | hraun frá Jarðbaðshólagosi       | ⊗ | gossprungu eða gjallgigur |
| ▨ | Gráborgahraun                    | ⊙ | jökulvatnaset             |
| ▨ | Rauðuborgarhraun og dilótt hraun | ⊞ | móberg og bólstraberg     |
| 2 | utan í Námafjalli 2              |   |                           |

K.Sam. '71, HP'83

MYND 1 Jarðfræðikort af austurbakka Mývatns.



MYND 2 Borholusnið við Kísiliðjuna - Jarðlagasnið.



MYND 3 Sprungur og misgeng við hús og þrær Kísiliðjunnar.

### 3 GRUNNVATNSRANNSÓKNIR

Safnað var fyrirliggjandi gögnum um rannsóknir á grunnvatni við austanvert Mývatn, en þau voru hitamælingar í lindum, gjám og borholum, efnagreiningar frá sömu stöðum og einnig óvissar mælingar á hæð jarðvatnsins í holunum við Kísiliðjuna, um 0,5 m yfir vatnsborði Mývatns. Þegar var ljóst, að þessi gögn voru á engan hátt nægileg til að draga upp skýra mynd af grunnvatnsstreyminu, og þörf væri á verulegum viðbótarrannsóknnum.

Sérstök leit var gerð að gjám, þar sem unnt var að koma mælitækjum niður í vatn og ákveðnir staðir valdir til mælinga. Um leið voru rannsakaðar nánar jarðfræðilegar aðstæður.

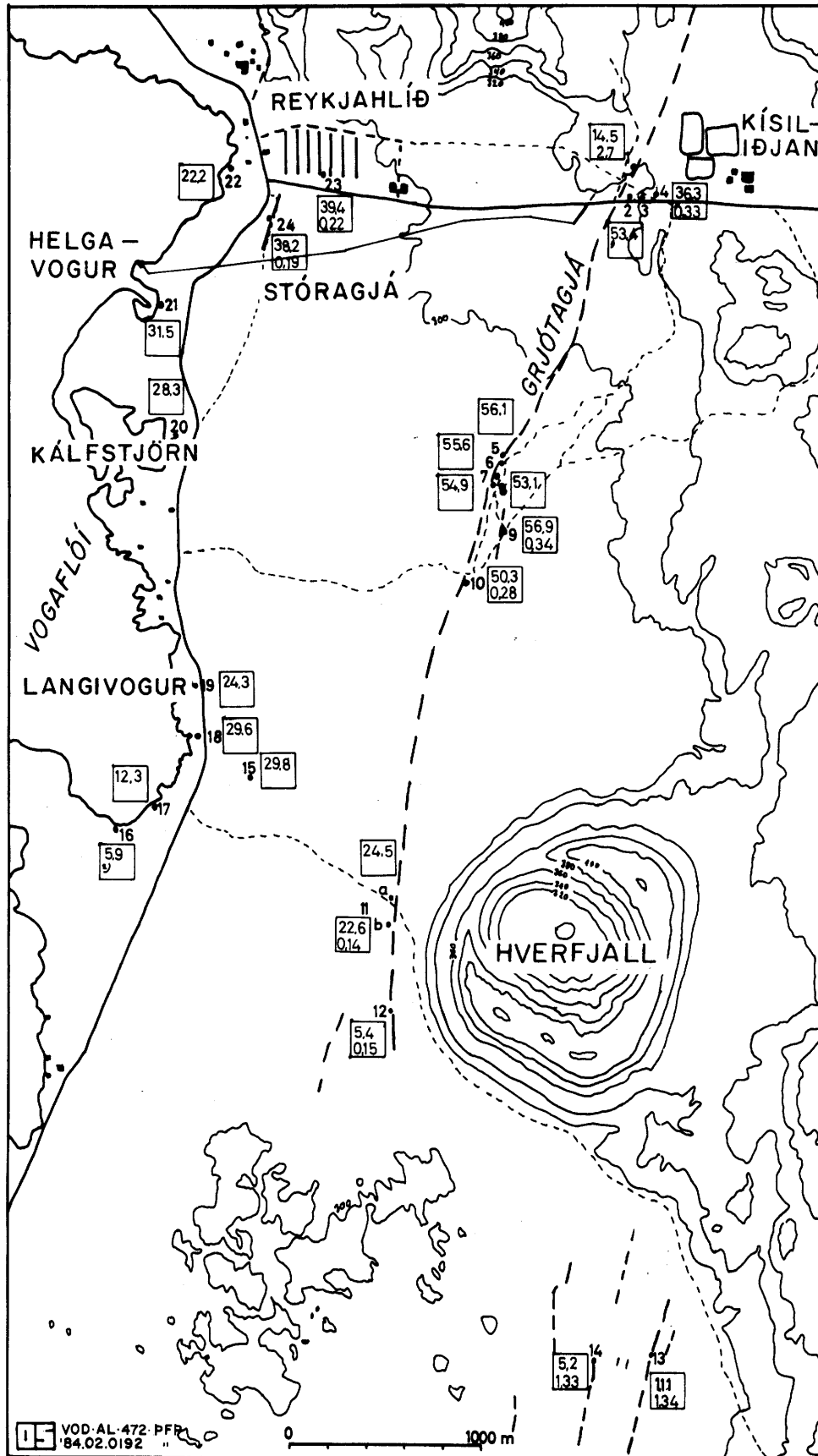
Nauðsynlegt var að þekkja nákvæmlega hæð jarðvatnsborðsins yfir vatnsborði Mývatns til að meta rennslisleiðir þess og voru fastmerki sett upp á nokkrum stöðum. Sjá viðauka I: "Hæðamæling fyrir Kísiliðjuna 1981" eftir Ásgeir Gunnarsson og Gunnar Þorbergsson, ÁG,GP-82/01, apríl 1982.

Litarefninu Na-fluorescein var síðan hellt niður til grunnvatnsins og það notað til að rannsaka rennslisleiðir þess. Jón Ólafsson, efnaverkfræðingur, á Hafrannsóknarstofnun sá um þessar mælingar og gerir grein fyrir mæliaðferðum og túlkun þeirra í viðauka II: "Fluorescein-greiningar".

Hér á eftir verður gerð grein fyrir einstökum rannsóknarpáttum og hvaða niðurstöður má draga af hverjum þeirra fyrir sig. Að lokum verða niðurstöður rannsókna skýrðar sem heild.

#### 3.1 Vatnsborðsmælingar

Landmælingar Orkustofnunar voru fengnar til að setja fastmerki við nokkrar gjár (viðauki I), til þess að unnt væri að mæla hæð grunnvatnsborðsins miðað við vatnsborð Mývatns. Samtímis því að fastmerkin voru mæld, var einnig mæld hæð nokkurra borholutoppa dagana 24. maí til 3. júní 1981. Síðan var mælt dýpið frá þessum merkjum niður að vatnsborði. Hæð grunnvatnsborðsins yfir vatnsborði Mývatns er sýnd á 4. mynd. Gerð var tilraun til þess að bora holu skammt austan við Múlaveg sunnan Þjóðveggar til að mæla grunnvatnsborðið þar, ásamt öðrum mælingum. Tilraunin var gerð með loftbor, en hún mistókst. Fróðlegt hefði einnig verið að fá grunnvatnshæðina mældu í Grjótagjá skammt norðan við baðstaðinn, mælistaður nr. 5 á 4. mynd, en ekki varð af því, að fastmerki væri sett þar.



• 16 Nr. mælistaðar

24,5

Hitastig grunnvatns í °C 16.-19.5.1981

0,28

Hæð grunnvatnsborðs yfir Mývatni í m 29.5.-2.6.1981

MYND 4 Hitastig og hæð grunnvatnsborðsins við austanvert Mývatn.

Nokkrar ályktanir um mögulegar rennslisleiðir grunnvatnsins má draga af þeim vatnshæðum, sem sýndar eru á 4. mynd.

1. Halli grunnvatnsborðsins í hraunum við austanvert Mývatn er mjög líftill, þó að mikið vatnsmagn komi fram í lindunum við vatnsbakkann. Þetta bendir eindregið til mikillar lektar í hraununum.
2. Hóla 4 (mælistaður 1 á 4. mynd) er eina borholan við Kísiliðjuna, sem fer niður úr hraununum í mjög illa vatnsleiðandi lag, áður en komið er niður á grunnvatnsborðið í henni (2. mynd). Á 4. mynd sést, að vatnshæð í henni er mun hærri, heldur en í hinum holunum, en hitastig hins vegar mun lægra. Þetta er ábending um, að grunnvatnið á hraununum hafi lítil tengsl við grunnvatnið í undirliggjandi jarðlögum.
3. Aðeins 5 cm mismunur er á grunnvatnshæðinni við Kísiliðjuna (nr. 4 á 4. mynd) og í Grjótagjá (nr. 10 á 4. mynd) og vatnshæð í sprungu (nr. 9 á 4. mynd) austan Grjótagjár er einum cm hærri heldur en nr. 4 á 4. mynd. Þetta bendir til óverulegs rennslis suður eftir gjánni frá svæðinu vestan Kísiliðjunnar.
4. Grunnvatnshæðin í Stórugjá (nr. 24 á 4. mynd) bendir til þess að móbergið í Ytri-Höfða stemmi vatnið eitthvað uppi (eða gamla hraunið (1. mynd), sem Stóragjá er í), svo að grunnvatnsstreymi mun lítið norðan og austan hans, en þeim mun stríðara mun það vera um lögðina sunnan hans út í Helgavog.
5. Vestan undir Hverafjalli er grunnvatnslögð (nr. 11 á 4. mynd), sem sýnir að grunnvatnið eigi þar greiða rennslisleið vestur til Mývatns. Vatnshæðin í Grjótagjá hækkar þar bæði til norðurs (nr. 10 á 4. mynd) og suðurs (nr. 12 á 4. mynd), enda eru þarna mót volgra og kaldra strauma.
6. Sunnan Hverfjalls hækkar grunnvatnsborðið verulega meira til austurs allt að Nökkvabrekku (nr. 13 og nr. 14 á 4. mynd). Það fellur þar líklega í óreglulegum stöllum í vestlæga stefnu.

### 3.2 Hitamælingar

Á 4. mynd eru sýndar niðurstöður hitamælinga á 24 stöðum á rannsóknarsvæðinu dagana 16.-19. maí 1981. Hiti hefur verið mældur í mun fleiri lindum og nokkrum öðrum stöðum í Grjótagjá og gjám sunnan Hverfjalls, en þær voru gerðar á öðrum tímum. Margar hitamælingar á lindum og vatni í gjám eru til á Orkustofnun og víðar frá s.l. 30 árum, m.a. gerði Þóroddur F. Þóroddsson (1980) allmargar hitamælingar þar á árunum 1976-1980.

Samfara umbrotunum á Kröflusvæðinu hafa orðið umtalsverðar breytingar á hitastigi grunnvatnsins á öllu hraunasvæðinu frá Reykjahlíð og suður með Vogaflóa. Jón Ólafsson (1979b) ber saman mælingar á hitastigi í lindum við Mývatn á tímabilinu 1971 til 1978. Þar kemur fram, að hitaaukningin er mest sunnan Langavogar (nr. 19 á 4. mynd) um 15°C, en mun minni í voginum eða um 9°C og aðeins um 5°C norðan hans. Segja má að hitaaukningin hafi fyrst hafist að ráði árið 1977, þó að hún kæmi ekki fram samtímis á öllum athugunarstöðunum, en nú fer hitastigið heldur lækandi. Hitastigsbreytingarnar í Grjótagjá ("karlagjá") eru dæmigerðar um þessa þróun. Þær eru sýndar í töflu 2. Í töflu 3 eru sýndar hitastigsbreytingar í holu 2 og holu 3 við Kísiliðjuna ásamt holu 6, sem er eign Hitaveitu Reykjahlíðar.

TAFLA 2. Hitamælingar í Grjótagjá 1976 - 1983.

Dags.	°C
76 01 03	41,0
76 06 08	41,5
77 07 14	44,2
77 10 24	47,0
78 09 08	59,0
79 08 18	58,0
80 06 22	55,9
81 05 17	54,9
83 02 27	54,0

TAFLA 3. Söfnunarhiti efnagreininga-sýna úr borholunum H-2, H-3 og H-6.

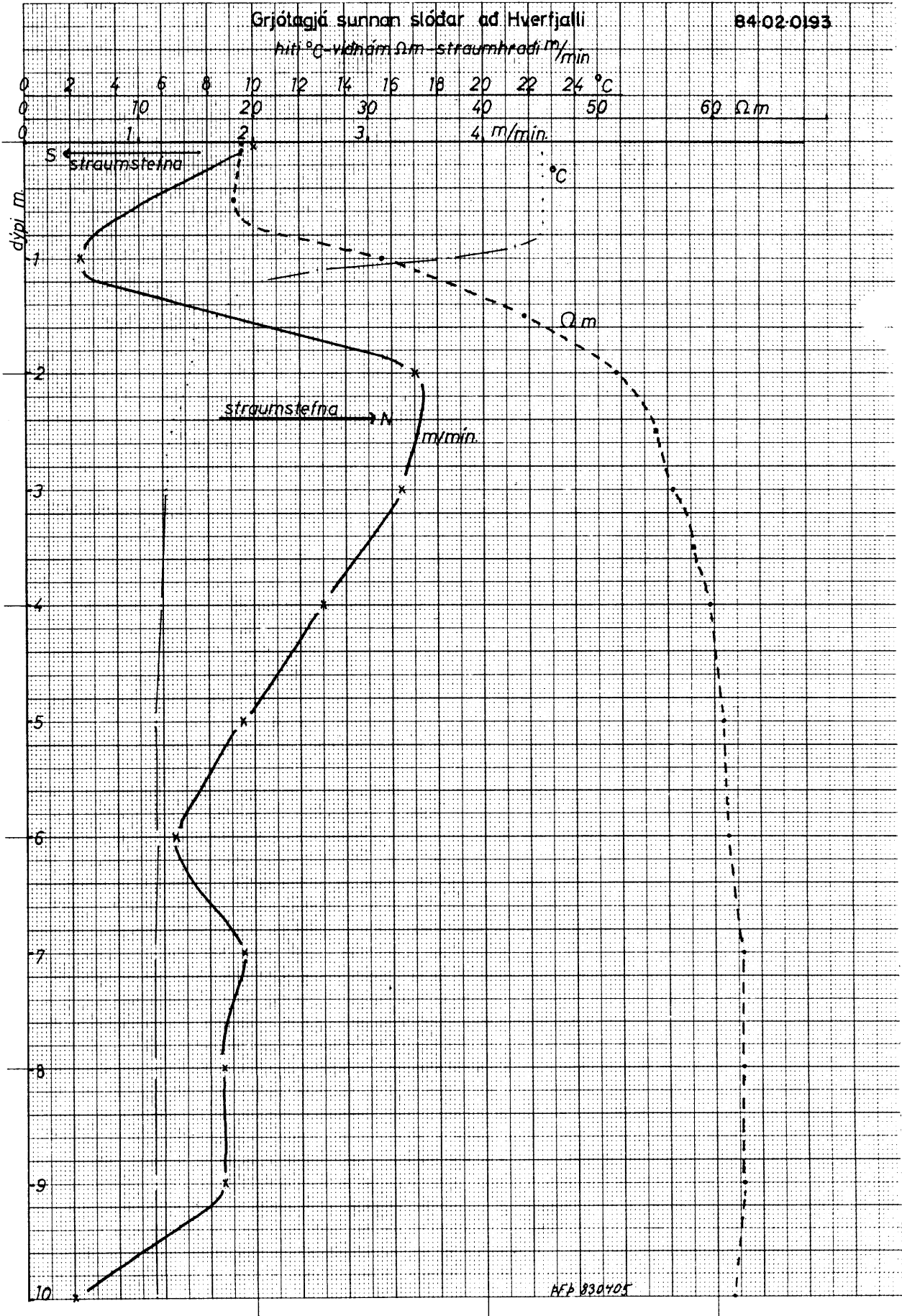
Dags.	H-2; °C	H-3; °C	H-6; °C
75 06 11		30,0	
75 09 22		28,0	
75 11 24			22,0
76 06 04		28,0	
76 07 09			23,0
76 11 24		28,0	
77 05 22		33,0	
77 06 26			26,0
78 05 23		50,0	29,0
79 04 27		52,0	32,0
81 03 26	53,4	50,7	33,9

Ekki var notaður sami hitamælirinn við allar þessar mælingar, en munur á milli mæla er varla meiri en  $\pm 1$  °C. Hitinn í holu Hitaveitu Reykjahlíðar er mun lægri en í holum Kísiliðjunnar og hann breyttist einnig minna af völdum jarðhræringanna. Jón Ólafsson (1979b) kom fram með þá tilgátu að hola (H-6) Hitaveitu Reykjahlíðar dragi vatnið af meira dýpi, heldur en holur Kísiliðjunnar og þar væri því um hitafall að ræða. Þann 17. maí 1981 var dælan stöðvuð og hola hitamæld á eins metra bili í efstu 7 m. Niðurstaðan var sú að ekki var þar hægt að tala um hitafall, þar sem efst í holunni var hitastigið 36,3°C en 36,1°C við botn. Hitastigið var aðeins hærra í miðjunni, þar sem það komst upp í 37,4°C. Við hitamælingar í Grjótagjá sunnan slóðar að Hverfjalli (nr. 11b á 4. mynd) í maí 1981 kom í ljós að volga vatnið (22,6°C) var aðeins um 1 m þykkt lag ofan á köldu vatni (5,7°C á 5 m dýpi) með rúmlega 1 m þykku blöndunarlagi á milli. Niðurstöður hitamælinganna þar eru sýndar á 5. mynd. Á syðsta mælistaðnum í Grjótagjá (nr. 12 á 4. mynd) mældist yfirborðshitinn aðeins 5,4°C og var hann óbreyttur niður á 2 metra dýpi.

Í gjánum suður af Hverfjalli var hiti mældur á nokkrum stöðum árið 1980. Fannst þá ylur á tveim mælistöðum við nr. 13 á 4. mynd, 11,1°C og í gjá 50 m austar 12,3°C. Hægt var að mæla hitann á nokkrum stöðum í gjánni suður af nr. 13 og lækkaði það ört og var kominn niður 5,9°C um 300 m sunnar. Ári síðar 1981 var hitastigið þarna svo til óbreytt.

Nokkrar ályktanir um rennsli grunnvatnsins má draga af þessum hitamælingum:

1. Hitinn í Grjótagjá við baðstaðinn er meiri heldur en í borholunum við Kísiliðjuna, það bendir til þess að ekki sé verulegt rennsli þar á milli, heldur fái gjáin aðrennsli að austan, sunnan Jarðbaðshóla.
2. Hátt hitastig vatnsins í Stóruggjá bendir til þess að grunnvatnið eigi greiða aðrennslisleið að austan, en mikið lægri hiti vestur við Bjarg (nr. 22 á 4. mynd) bendir til mun hægara streymis þangað, svo að vatnið frá Stóruggjá rennur líklega meira suðvesturs til Helgavogs.
3. Hin mikla hitaaukning í Langavogi og sunnan hans bendir til að þangað liggi grunnvatnsstraumur úr austri og uppruni vatnsins sé að nokkru annar, heldur en norðan hans.



MYND 5 Hitastig, viðnám og straumstefna í Grjótagjá við Hverfjall.

4. Vestan Hverfjalls mætast kaldur grunnvatnsstraumur úr suðri og suðaustri og heitir straumar úr norðri og norðaustri. Þeir blandast þarna nokkuð saman og renna vestur í botn Vogaflóa.
5. Uppruni volga vatnsins SA af Hverfjalli er óviss. Jón Ólafsson (1979a) gerði þarna aðeins ráð fyrir köldum grunnvatnsstraum úr austri. Líklegt er að grunnvatnsstraumurinn komi þarna úr norðri eða norðaustri. Ekki er hægt að segja til um hvort þessi straumur er upprunninn af Jarðbaðshólasvæðinu, eða hann komi frá Hverarönd austan Námafjalls. Það síðarnefnda verður þó að teljast líklegra, þar sem grunnvatnsborðið mældist þarna um 1 m hærra, heldur en annað mælt jarðvatn á svæðinu. Ekkert er vitað um hvort þarna voru volgrur fyrir jarðhræringarnar.

### 3.3 Straummælingar í gjám

Beinar straummælingar í gjám voru gerðar á tvennan hátt. Í fyrsta lagi var mælt með sérstökum straumhraðamæli í eigu Orkustofnunar og öðru lagi með litarefnunum rjóma og Na-fluoresceín. Straumhraðamælir Orkustofnunar byggir á hitaskynjara. Hann hefur aðeins verið kvarðaður í kringum 5°C, svo að einhver ónákvæmni kann að vera, þar sem hann var notaður við herra hitastig svo sem í Grjótagjá (5. mynd). Straummælingin staðfesti hins vegar að straumurinn lá til suðurs við yfirborð en til norðurs neðan 1,5 m dýpis. Í blöndunarlaginu mældist mjög lítil straumhraði. Niðurstöðurnar af mælingunum í Grjótagjá (nr. 11a á 4. mynd) eru allar samandregnar á 5. mynd. Straummælirinn var einnig notaður til að mæla straumhraðann á stöðum nr. 12, 13 og 14 á 4. mynd og eru niðurstöðurnar sýndar í töflu 4.

Rjómi var einnig notaður til straummælinga í Grjótagjá á sama stað og straumhraðamælirinn, og staðfesti hann alveg fyrri niðurstöður. Fyrst var rjóma hellt í yfirborð vatnsins og hreyfingar hans mældar. Síðan var rjómanum blásið í gegn um slöngu á 1,5, 2,0 og 2,5 m dýpi og fylgst með hreyfingum hans.

TAFLA 4. Mældur straumhraði í gjám

Dýpi, m	Stöð 12	Stöð 13	Stöð 14
0	0,8 m/mín	0,6 m/mín	
1	2,3 "		1,3 m/mín
2	0,7 "		
3			1,1 "
5			1,1 "
7			0,7 "



Rjómi var notaður til að mæla yfirborðsstraumhraðann á baðstaðnum í Grjótagjá (Karlágjá") og mældist hann 3,5 m/mín til suðurs. Guttormur Sigbjarnarson gerði athuganir á straumstefnu rennslisins í Karlágjá þann 20. júlí 1967 og fékk þá einnig greinilegt rennsli til suðurs. Aftur á móti virtist rennslið í Kvennagjá þá hafa fremur norðlæga stefnu, en þó aðallega þvert á gjána. Einnig var notaður rjómi til að mæla straumhraðann í Stórugjá og mældist rennslið þar 1,5 m/mín til suðurs á aðalbaðstaðnum. Svipaða athugun gerði Guttormur Sigbjarnarson þar árið 1967, nema hvað rennslið reyndist mjög lítið.

Að kvöldi 19. maí 1981 var hellt 5-10 sl af NA-fluorescein upplausn í Stórugjá á syðsta baðstaðnum. Fylgst var með litarskýinu með því að lýsa ofan í gjána með handlugt. Á þann hátt var mjög auðvelt að fylgjast með hreyfingum vatnsins um 10 m norður eftir gjánni, en þangað dreifðist efnið á 30 mínútum eða um 0,3 m/mín að meðaltali. Fylgst var með efninu í hálf klst. í viðbót. Á þeim tíma þynntist skýið mjög og það kom aldrei fram norður í gjánni við aðalbaðstaðinn. Næsta morgun sáust engin merki um litarefnið.

Niðurstöður straummælinga í gjánum eru þessar helstar.

1. Straumhraði í gjám á mælistöðum er mikill eða allt að 3,5 m/mín, nema helst í Stórugjá, 0,33 m/mín.
2. Í Grjótagjá við slóðina að Hverfjalli var hægt að mæla blöndunarstrauma kalda og volga jarðvatnsins, þannig að volga vatnið rann til suður ofan á, en kaldavatnið rann til norðurs undir.
3. Þó að straumhraðinn sé mikill í gjánum er hann mjög óreglulegur og getur mælst í andstæðar áttir í einni og sömu gjánni. Þetta ber vott um mjög breytilega vatnsleiðni hraunanna umhverfis þær og líklega iðustrauma í þeim.

### 3.4 Dæluprófun

Dæluprófanir eru oft gerðar til að kanna vatnsleiðni jarðlaga. Aðstæður við borholurnar vestan við Kísiliðjuna eru þannig, að erfitt er að koma slíkum prófunum þar við. Mæld var vatnsborðshækkun í borholunni H-6 (Hitaveita Reykjahlíðar), eftir að slökkt var á dælunni. Vatnsborðið steig um 22 sm á 10 sek. Þetta sýnir, að lekt jarðlaganna er mikil þarna.

### 3.5 Efnagreiningar

Í grein Jóns Ólafssonar (1979b) kemur fram, að í lindunum í Langavogi (nr. 19 á 4. mynd) og þar fyrir norðan er náið samband á milli magns fosfats og nítrats, en sunnan hans er ekkert marktækt samband. Þessi mynd breyttist ekkert við endurteknar mælingar 1978. Hins vegar varð veruleg aukning á styrk fosfats og nítrats í lindunum norðan Langavogar frá því, sem það var árið 1969, svo að Jón Ólafsson (1979b) kemst að þeirri niðurstöðu, að þar geti ekki verið um náttúrulega breytingu að ræða.

Þetta bendir eindregið til þess, að uppruni volgu lindanna norðan Langavogar sé annar en volgu lindanna sunnan hans.

Eric de Zeeuw (1983) hefur farið rækilega í gegnum allar eldri og

yngrri efnagreiningar af jarðvatnssýnum bæði úr gjám, borholum og lindum af öllu þessu svæði og metið hvaða áhrif jarðhræringarnar höfðu á steinefnasamsetningu vatnsins. Á Orkustofnun er til verulegt magn af efnagreiningum á vatnssýnum úr borholum og gjám frá mismunandi tímum og hafði Eric de Zeeuw aðgang að þeim öllum, auk þess sem hann sjálfur safnaði sýnum af öllu svæðinu, bæði úr lindum, gjám og borholum. Ekki þykir ástæða til að birta niðurstöður efnagreininganna hér, en nokkur hluti eldri efnagreininganna hefur birst áður (Jón Ólafsson 1979c, Stefán Arnórsson 1977 og Guttormur Sigbjarnarson o.fl. 1974).

Eric de Zeeuw (1983) kemst að sömu niðurstöðu, þ.e. að volga lindavatnið norðan Langavogar sé af öðrum uppruna heldur en sunnan hans, þó að einhver blöndun geti átt sér stað. Ennfremur telur Zeeuw, að efnagreiningarnar fullsanni það, að vatnið í holu Hitaveitu Reykjahlíðar (H-6) sé blandað affallsvatni frá Kísiliðjunni (3. mynd). Áður höfðu athuganir á vatni í holum Kísiliðjunnar sjálfrar (H-2 og H-3) leitt í ljós, að það innihélt kísilþörungum, sem höfðu borist þangað með affallsvatni frá gömlu þrónum norðvestan verksmiðjunnar (3. mynd). Þetta bendir til suðvestlægs grunnvatnsstreymis á verksmiðjusvæðinu sjálfu.

### 3.6 Ferlun grunnvatnsstreymis með Na-fluoresceín.

#### 3.6.1 Inngangur

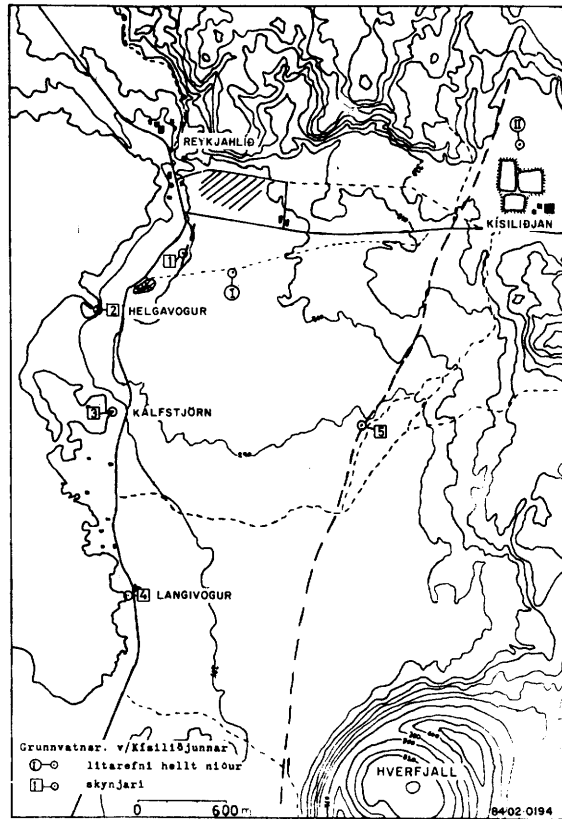
Gerðar voru tvær tilraunir til þess að rekja grunnvatnsstrauma á svæðinu milli Kísiliðjunnar og Mývatns með Na-fluoresceín. Fyrri tilraunin fór fram sumarið 1981 og var litarefninu þá hellt niður um 1 km austur af Helgavogi. Seinni tilraunin var gerð sumarið 1982 og var litarefninu þá hellt saman við affallsvatn Kísiliðjunnar. Mælingamaður Orkustofnunar, Hjörtur Tryggvason, sá um að skipta um nema, en mælingar á fluoresceín í þeim voru gerðar á Hafrannsóknastofnun undir umsjón Jóns Ólafssonar, efnafraeðings. Lýsing á mælingum og niðurstöðutölur eru í viðauka II.

Árangur tilraunanna varð í stuttu máli sá að sumarið 1981 fékkst ótvíræð svörun á öllum mælistöðum, en 1982 voru svörin ekki jafn ótvíræð á öllum mælistöðum.

Á undanfórnum árum hafa verið gerðar nokkrar athuganir á lekt hrauna og rennslishraða grunnvatns í þeim. Miðhluti hraunlaga er oft mjög þéttur og lítið lekur miðað við gjalllög á efra- og neðra borði lagsins. Sprungur hafa einnig mikil áhrif á vatnsleiðni þeirra og er lektin mun meiri í stefnu þeirra en þvert á þær (Jón Ingimarsson 1980). Á vinnslusvæði Hitaveitu Suðurnesja benda dæluþrófanir til þess að lekt í hraunum sé mjög mikil eða allt að 0,05 m/s. Vatnafræði hrauna á Straumsvíkarsvæðinu hefur verið könnuð all ítarlega og eru vatnafræðilegar aðstæður þar e.t.v. ekki mjög ólíkar því sem við er að eiga á svæðinu á milli Kísiliðjunnar og Mývatns. Páll Theódórsson (1969) gerði athugun á rennslishraða grunnvatns í nágrenni við vatnsból álversins í Straumsvík og varð niðurstaða hans sú að hraðinn væri um 10 m/klst (240 m/dag). Í skýrslu Freysteins Sigurðssonar (1976), um vatnafræðilega frumkönnun á Straumsvíkarsvæðinu, kemur fram sú niðurstaða, að á hraunasvæðinu upp af Straumsvík sé rennslishraði grunnvatnsins 5-20 m/klst (120-480 m/dag).

### 3.6.2 Ferlun sumarið 1981

Nemum var komið fyrir á 3 stöðum, þ.e. í Stórugjá (nokkuð sunnan við baðstaðinn), í vatnsmestu og nær heitustu lind í Helgavogi og í lítilli lind sunnan slóðarinnar að Kálfstjörn nr. 1,2 og 3 á 6. mynd. Skipt var tvisvar um nema í lindunum, áður en litarefninu var hellt niður kl. 9 þann 22/5. Í Stórugjá var ekki settur nemi, fyrr en að morgni 22/5 vegna þess að upphaflega var áætlað að hella litarefninu í hana. Athuganir á rennsli í gjánni dagana á undan bentu hins vegar til, að það væri ekki heppilegt. Hinn 19/5 var hellt nokkrum sentilítrum af litarefnisblöndu í Stórugjá um 20 m norðan þess staðar, sem nema var komið fyrir, en ekki er talið að það hafi haft áhrif á niðurstöðurnar.



MYND 6. Na-fluorscein mælingar. Staðsetningarkort

Litarefninu var hellt saman við affallsvatn frá dælustöðinni við Helgavog, sunnan við leiðsluna frá Helgavogi til Kísiliðjunnar, um 1 km frá botni Helgavogs (nr. I á 6. mynd). Þar liggur grunnvatnsborðið 12-13 m undir yfirborði hraunsins. Frá Helgavogi var áður búið að dæla 9-10 l/s í um eina og hálfu klst. og hvarf vatnið nær samstundis niður í hraunið innan við 10 m frá rörenda. Um 450 gr af Na-fluorescein var leyst upp í 3 l af vatni og tók um 1/2 mínútu að hella því niður í stærsta svelginn (um 7-8 l/s fóru þar niður) og skola úr brúsanum smáræði, sem ekki hafði náð að leysast upp í byrjun. Í viðauka II eru töflur, er sýna hvenær skipt var um nema og niðurstöður mælinga á Na-fluorescein.

Aðstæður þær, sem nemarnir voru við eru nokkuð ólíkar, í Stórugjá hékk neminn rétt undir vatnsborði í tiltölulega straumlitlu vatni, en í lindinni í Helgavogi í miklum straumi og í lind við Kálfstjörn í hröðum straumi en litlu vatnsmagni. Samanburður á milli þessara staða er því nokkuð erfiður og ýmsir óvissuþættir, t.d. hvort rennsli í gegnum nema minnkar með tímanum, vegna þess að kísilþörungur eða annað grugg sest á hann og hvaða munur er á því á milli staða.

Hreyfing grunnvatnsins í vatnsleiðaranum er ekki regluleg. Litarefnið dreifist því bæði til hliðar og í straumstefnu vatnsins. Af þeim sökum má búast við, að magn litarefnisins sé lítið fremst í dreifinni, en aukist mjög hratt í hámarksstyrk en síðan dragi hægar úr styrknum og halinn sé all langur. Þar sem greining efnisins í vatninu var ekki sítitandi, er vart að búast við því, að svo skýr mynd fáiist, en þó er ekki ólíklegt að halinn komi skýrt fram.

Í viðauka II eru töflur og línurit um niðurstöður mælinganna og úrvinnsla úr þeim skýrð. Allir 3 mælistaðirnir gefa jákvæðar svaranir,

en nemarnir í Helgavogi sýna þó yfirgnæfandi mesta svörun, þó að litarefnisins verði nokkuð vart bæði í Stórugjá og við Kálfstjörn. Erfiðara er að meta rennslis hraða vatnsins, þar sem Na-fluorescein svörunin kemur fram í nokkuð óreglulegum púlsum. Þó er ljóst, að straumhraði grunnvatnsins er mikill, þar sem svaranir eru komnar fram í öllum nemum innan 1-2 vikna. Það gefur svipaðan straumhraða og áætlaður hefur verið í hraununum við Straumsvík, 5-20 m/klst, en það er að vonum mun minni hraði heldur en mældist í gjánum (tafla IV).

### 3.6.3 Ferlun sumarið 1982

Sumarið 1982 var nemum komið fyrir á 6 stöðum, þrjár þeirra voru á sömu stöðum og árið 1981 (6. mynd), en auk þess var nemum komið fyrir í lind í Langavogi (4 á 6. mynd), í Grjótagjá (5 á 6. mynd) og í borholunum Kísiliðjunnar, fyrstu 3 dagana í H-2 og síðan í H-3 (3. mynd). Nemar voru látnir vera í 3 daga í vatninu á öllum mælistöðunum, áður en niðurrellingin fór fram, en þá var skipt um nema.

Um 1 kg af Na-fluorescein var leyst upp í 4 l af vatni og því hellt í affallsvatn Kísiliðjunnar (II. á 6. mynd) þann 6. júlí 1982, kl. 14.30. Fylla þurfti í brúsann á ný til þess að leysa upp hluta efnisins, sem ekki hafði leyst upp í fyrstu umferð og hella því í affallsvatnið. Uppistaða var í gjánni, um 50 m löng og 5 m breið, þar sem affallsvatnið sígur niður. Það var því hvorki hægt að sjá, hvar litarefnið fór nákvæmlega niður né hversu langan tíma það tók, en liturinn hvarf þó fljótt.

Í viðauka II eru töflur og línurit, er sýna niðurstöður úr mælingunum á nemunum. Svananir reyndust ekki jafn ótvíræðar og sumarið áður, en örugglega komu fram svananir í Kísiliðjuborholunni, Helgavogi og Kálfstjörn. Ef til vill kom fram veik svörun í Grjótagjá og Langavogi, en óvíst er hvort jákvæð svörun kom fram í Stórugjá en þó má telja það líklegt.

Helstu niðurstöður ferlunarinnar 1982 voru, að þær staðfesta, að affallsvatn frá Kísiliðjunni rennur með grunnvatninu um borholusvæði Kísiliðjunnar og þaðan berst meginstraumurinn til Helgavogs og Kálfstjarnar. Nokkrar líkur benda til, að mjög lítill hluti rennslisins berist suður til Grjótagjár og þaðan til Langavogssvæðisins.

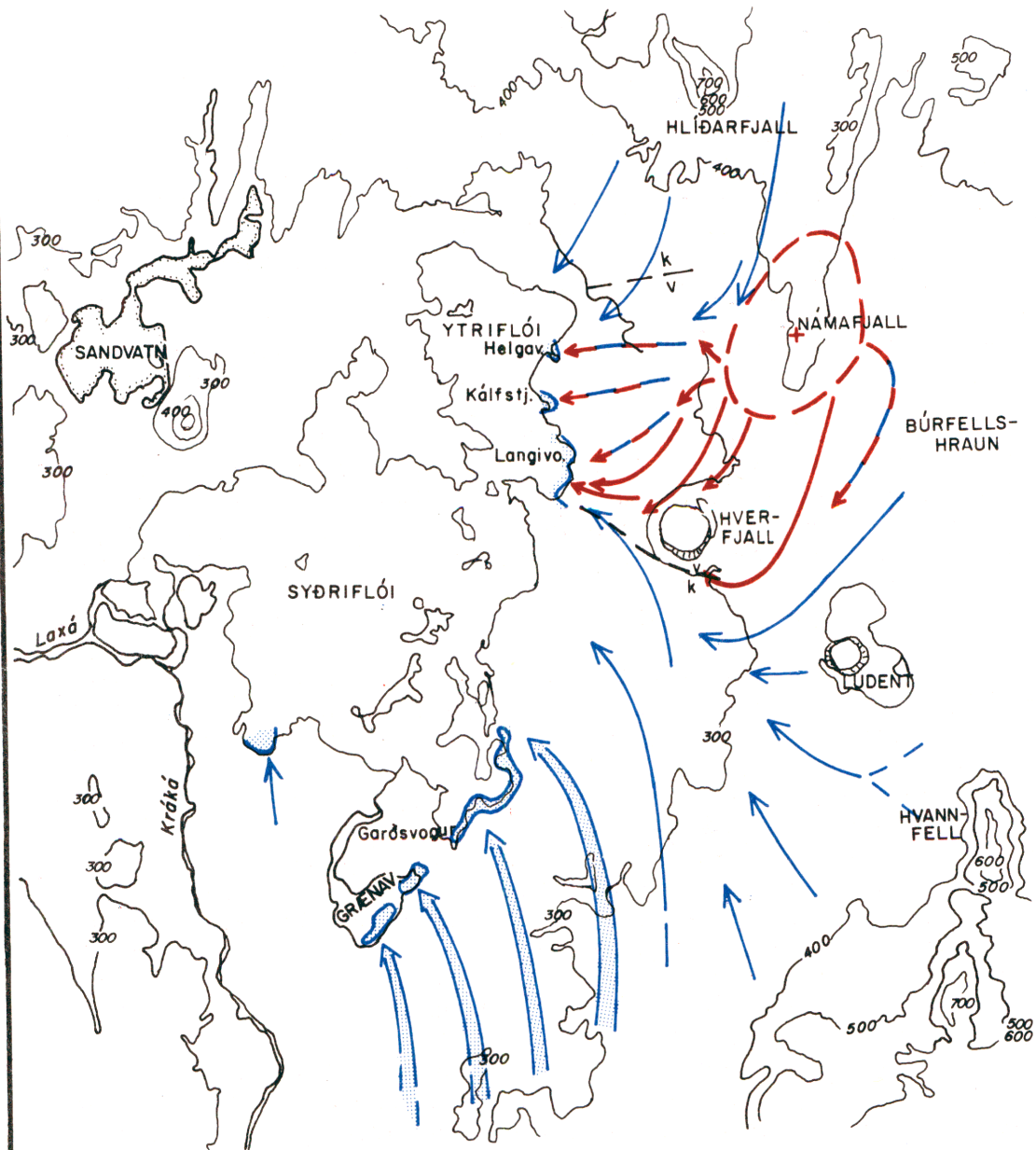
#### 4 NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNANNA






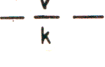
Fullsannað getur talist að grunnvatnið af Kísiliðjusvæðinu renni vestur til Mývatns og komi fyrst fram í lindunum í Helgavogi og við Kálfstjörn. 7. mynd sýnir þá megindrætti í grunnvatnsaðstreyminu til Mývatns, sem niðurstöður rannsóknaða benda til, og skal hér vikið að nokkrum atriðum.

1. Jarðhitasvæðið við Námafjall myndar grunnvatnshæð, sem er móðuruppspretta að heitu og volgu grunnvatni, sem streymir til Mývatns inn í Ytriflóa.
2. Grunnvatnshæðin teygir sig yfir í Jarðbaðshóla. Það veldur því að grunnvatnsstreymið norðan þeirra leitar að mestu til Helgavogs og Kálfstjarnar (og allt suður í Langavog), en grunnvatnsstreymið frá sunnanverðum Jarðbaðshólum rennur til Vogaflóa.
3. Afrennslis frá jarðhitasvæðinu við Hverarönd gætir líklega suður fyrir Hverfjall, þar sem lítilshátt hiti mældist í gjám, en sam- einast sennilega grunnvatnsstraumnum frá sunnanverðum Jarðbaðshólum. Ekki getur þó ennþá talist alveg útilokað að Hverarönd hafi eitthvað afrennsli til austurs.
4. Nákvæmar rannsóknir á rennsli í gjám benda til margvíslegrar staðbundinnar óreglu í grunnvatnsstreyminu, þó að það breyti ekki heildarmyndinni. Hins vegar má reikna með verulegum frávikum frá henni, þegar mjög lítil svæði eru tekin til athugunar.
5. Að sunnan liggja mót volgra og kaldra grunnvatnsstrauma frá suðvesturhorni Hverfjalls vestur í sunnanverðan Vogaflóa. Að norðan liggja þau til austurs eða norðausturs norðan Reykjahlíðar.
6. Á 7. mynd eru sýndir megin drættir í aðstreymi grunnvatns að austurströnd Mývatns og Grænavatns. Rannsóknirnar beindust að mestu leyti að grunnvatnsstreyminu til Ytriflóa. Mynd sú, sem dregin er af kalda grunnvatnsstreyminu til Grænavatns og Syðriflóa, byggist nær einvörðungu á mati á jarðfræðilegum aðstæðum.



VOD·AL·472·FS/SPS  
'84.03.0424·EK



-  Lindasvæði
-  Grunnvatnsstraumur - kaldur
-  " - heitur
-  " - volgur
-  (+) Grunnvatnshæð
-  -  $\frac{v}{k}$  - Mót kalds og volgs grunnvatns

Mælikvarði  
ca. 1:100.000

MYND 7 Grunnvatnsstreymi til Mývatns

HEIMILDASKRÁ

- Björn Jóhannesson 1977: Um grunnvatnsstrauma á landræmu frá Dyngju-fjöllum og norður í Axarfjörð. Tímarit VFI 62,2-3: 33-38.
- Björn Jóhannesson 1980: Um grunnvatn á vatnasvæði Mývatns. Tímarit VFI. 65,5: 74-77.
- Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland. Soc. Sci. Isl., XLII. Reykjavík.
- Freyr Þórarinsson og Bára Björgvinsdóttir 1980. Kafla-Námafjall: Grunnvatnshæð. Orkustofnun, Greinargerð FP-BB 80/01
- Freysteinn Sigurðsson 1976: Straumsvíkursvæði. Skýrsla um vatnafræðilega frumkönnun. Orkustofnun, OSJKD-7603.
- Guttormur Sigbjarnarson, Haukur Tómasson, Jónas Elíasson og Stefán Arnórsson 1974: Álitsgerð um mengunarhættu vegna affallsvatns frá gufuvirkjun við Kröflu eða Hverarönd. Orkustofnun. OSJHD 7427.
- Jón Ingimarsson, Jónas Elíasson og Sven Sigurðsson 1976: Frárennsli Kröfluvirkjunar. Orkustofnun, OSSFS-7602.
- Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980: Svartsengi. Grunnvatnsrannsóknir fyrir varmaorkuver I. Orkustofnun OS80J31/ROD12.
- Jón Ólafsson 1979a: Physical characteristics of Lake Mývatn and River Laxá. Lake Mývatn. Ed. Pétur M. Jónsson, Kaupmannahöfn.
- Jón Ólafsson 1979b: Könnun á aukningu fofórs og köfnunarefnis í jarðvatni við Mývatn. Rannsóknarstöð við Mývatn skýrsla 1. Náttúruverndarráð. Fjölrit nr.5: 48-58.
- Jón Ólafsson 1979c: The Chemistry of Lake Mývatn and River Laxá. Lake Mývatn. Kaupmannahöfn.
- Kristján Sæmundsson 1971: Námafjall- Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. Jarðfræðikort. Orkustofnun. JHD
- Páll Theodorsson 1969: The Tracing of Groundwater Movement at Straumsvík. Raunvísindastofnun.
- Sigurður Þórarinsson 1979: The Postglacial History og the Mývatn Area. Lake Mývatn. Kaupmannahöfn.
- Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson 1976: Vatnasvið Hlíðardalslækjar og affallsvatn Kröfluvirkjunar. Orkustofnun, OSJHD-7602.
- Stefán Arnórsson 1977: Changes in the chemistry of water and steam discharged from wells in the Námafjall Geothermal Field, Iceland, during the period 1970-76. Jökull, 27: 47-59.
- Unnsteinn Stefánsson 1970: Fáeinar athuganir á efnafræði Mývatns sumarið 1969. Náttúrufræðingurinn, 40,3:
- Zeeuw, Eric de 1983: Hydrological and Geochemical Changes in the Námafjall Geothermal System and The Relation with the Volcanic Activity, NE Iceland, during the Period 1975-1983. UNU-report (In print).
- Þóroddur F. Þóroddsson 1980: Hitamælingar í lindum og gjám við austanvert Mývatn. Orkustofnun, Greinargerð PFP-80/09.

V I Ð A U K I I

HÆÐAMÆLING FYRIR KÍSILIDJUNA 1981

Ásgeir Gunnarsson  
Gunnar Þorbergsson

AG/GP - 82/01

Apríl 1982





ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

Greinaserd  
-----

HÆÐAMÆLING FYRIR KISILIDJUNA 1981

Asgeir Gunnarsson  
Gunnar Þorbergsson

AG,GP-82/01

April 1982

**ORKUSTOFNUN**

Vatnsorkudeild  
1982-04-23

Greinaserd  
AG,GP-82/01

**HÆÐAMÆLING FYRIR KISILIDJUNA 1981**

Þann 28. maí 1981 voru sett 9 fastmerki (FM7017-FM7025) við sjár austan Múvatns. Þannig að hæst væri að mæla úr þeim í vatnsbord í sjánum.

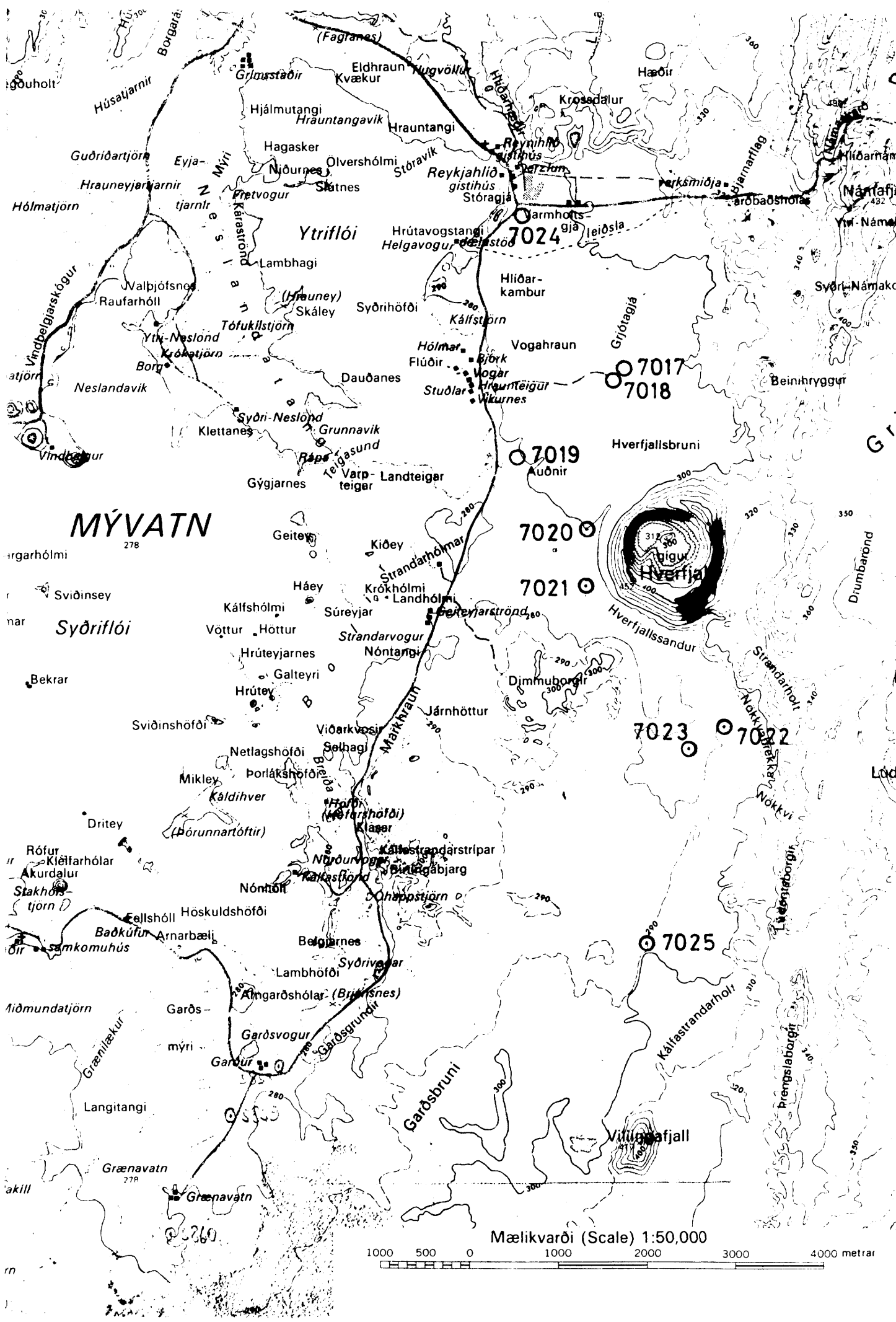
Þaðana 29/5 til 2/6 var síðan fallmælt í þessu merki og nokkrar borholur. Fallmælt var úr FM1, sem er við Annarvatn vestan Múvatns, í vatnsbord Múvatns við Geirastadi og Alftaserdi, um nokkur fastmerki Orkustofnunar. Út frá vatnsborði Múvatns voru síðan mældar þrjár línur.

Ein línan liggur frá Seydrivosum, um 1,7 km norðaustan við Gard, í austur á móts við Villingsafjall, en um 2 km norðar, í FM7025. Önnur liggur 1 km sunnan við Voga í stefnu á Hverfjall og síðan suður fyrir það um FM7019, FM7020, FM7021, FM7022 og FM7023. Loks var fallmælt frá Konsspunkti, sem er við Reykjahlid, austur undir Kisilidjuna og þaðan suður með Grjótasjá í FM7017 og FM7018. Útskot frá síðast tölðu línunni voru mæld í borholu Helluhrauni 12 og FM7024, borholu norðan Reynihlidar, borholu H5 og borholu H6.

Gensid var út frá að FM1 væri 268,147 m.y.s., en það hefur verið serti við allar hæðamælingar Orkustofnunar í Múvatnssveit frá því fyrir Kröfluelda.

Nidurstöður mælinga:

Hæð m.y.s.	Nafn	Lésing
268,147	FM1	Bolti í brú á Laxá við Annarvatn
278,341	Vatnsbord Múvatns	
279,389	Konsspunktur	Bolti við Múvatn hjá Reykjahlid
281,284	FM7017	Bolti og skjöldur A Grjótasjár
279,928	FM7018	Bolti/skjöldur í Grjótasjá
278,707	FM7019	Bolti/skjöldur 0,8 km SA við Voga
280,468	FM7020	Bolti/skjöldur NV við Hverfjall
286,904	FM7021	Bolti/skjöldur V við Hverfjall
287,155	FM7022	Bolti/skjöldur SSA við Hverfjall
282,577	FM7023	Bolti/skjöldur S við Hverfjall
281,174	FM7024	Bolti/skjöldur í Stórusjá
297,399	FM7025	Bolti/skjöldur N Villingsafjalls
288,531	Borhola Reynihlid norðan	Mælt á hæsta punkt fódurrörs
288,875	Borhola Helluhrauni 12	Mælt á hæsta punkt fódurrörs
323,923	Borhola H5	Mælt á skrúfad lok (hvítmálad)
318,265	Borhola H6	Mælt á fódurrör (hvítmálad)



**MÝVATN**  
278

**Syðriflóir**

**Hverfjall Hverfiel**

Mælikvarði (Scale) 1:50,000

1000 500 0 1000 2000 3000 4000 metrar

BF	FM7017	Grjótagjá, austan
Fastmerki		Norðausturland
Bolti/skjöldur		OS-1981-7017
Signal		Varða
Loftmynd/hnit		Mörking fyrir myndun
Stofnun		Stöð sett ár
Orkustofnun	1981	AG

Um 100 m austan Grjótagjár og 280 m sunnan þaðstaðar karla.

Nágrenni stöðvar

Merkið er í slétttri hraunklökk við sprungu sem er 8 cm breið. Það er 10 m vestan við veg þar sem hann beygir til vesturs. Hlaðið var vörðubrot 1,5 m vestan merkis.

Leið

Við veg.

Ljósmynd af stöð		Kortblað
		AMS 6023 IV
Breidd	Lengd	Hæð (ónákvæm)
		281 m
		Ljósing gerð
		AG

Athugasema

Gulur og rauður hæll er við merki.

BF	FM7018	Grjótagjá
Fastmerki		Norðausturland
Bolti/skjöldur		OS-1981-7018
Signal		Varða
Loftmynd/hnit		Mörking fyrir myndun
Stofnun		Stöð sett ár
Orkustofnun	1981	AG

I Grjótagjá, 35 m sunnar en slóð fer yfir hana.

Nágrenni stöðvar

Merkið er í lóðréttum klettavegg austan til í Grjótagjá um 1,3 m yfir vatnsborði. Gengið var ofan í gjána norðan merkis og er hún um 6 m djúp þar, niður að vatnsborði.

Leið

Við slóð.

Ljósmynd af stöð		Kortblað
		AMS 6023 IV
Breidd	Lengd	Hæð (ónákvæm)
		280 m
		Ljósing gerð
		AG

Athugasema

Gulur og rauður hæll nálægt merki.

## STÖÐVARLYSING 7019

BF	FM7019	Vogar, suðaustan
Fastmerki	Norðausturland	
Bolti/skjöldur	OS-1981-7019	
Signal	--	
Loftmynd/hnit	Merkang fyrir myndun	
Orkustofnun	1981	ÁG

Um 0,8 km suðaustan við Voga í Mývatnssveit.

## Nágrenni stöðvar

Merkið er í lóðréttri hraunklökk í jarðfalli sem er 1x2 m að stærð og um 1 m á dýpt, um 200 m austan við þjóðveg, í suðurkantni grasi gróins bala.

Það er um 1 fet yfir vatnsborði.

## Leið

Slóð liggur frá þjóðvegi að merki.

Ljósmynd af stöð	Kortblað	
--	AMS 6023 IV	
Breidd	Lengd	Lýsing gerð
	279 m	ÁG
Athugasemd		

Gulur og rauður hæll er við merki.

## STÖÐVARLYSING 7020

BF	FM7020	Hverfjall, norðvestan
Fastmerki	Norðausturland	
Bolti/skjöldur	OS-1981-7020	
Signal	--	
Loftmynd/hnit	Merkang fyrir myndun	
Orkustofnun	1981	ÁG

Um 200 m vestan við norðurhluta Hverfjalls.

## Nágrenni stöðvar

Merkið er í 4-5 m háum lóðréttum hamravegg (þeim eystri) í rúmlega meters breiðri sprungu, um 45 m sunnan við slóð sem liggur yfir sprunguna.

Sprungumælir H1 er 1 m norðar og 1,5 m ofar.

## Leið

Við slóð að Hverfjalli.

Ljósmynd af stöð	Kortblað	
--	AMS 6023 IV	
Breidd	Lengd	Lýsing gerð
	280 m	ÁG
Athugasemd		

## STOÐVARLYSING 7021

Staðsetning	Staðsetning	Staðsetning	Staðsetning
BF	FM7021	Hverfjall, vestan	
Fastmerki		Norðausturland	
Merkni		Alætrun	
Bolti/skjöldur		OS-1981-7021	
Signal		Varða	
---		---	
Lofthæð/hnit		Merkning fyrir myndun	
---		---	
Stofnun		Stofnsett ár	
Orkustofnun		1981	AG

Um 250 m vestan við Hverfjall.

## Nágrenni stöðvar

Merkið er í slétttri klöpp, austan við 0,5 m breiða sprungu.

Smá kjarrgróður er í allar áttir nema í austur

## Leið

Akfært er að merki.

## Ljósmynd af stöð

Kortblað

AMS 6023 IV

Hæð (ónákvæm)

287 m

Lýsing ærð

AG

## Athugasemd

Gulur og rauður hæll er við merki.

## STOÐVARLYSING 7022

Staðsetning	Staðsetning	Staðsetning	Staðsetning
BF	FM7022	Hverfjall, 1,5 km SSA	
Fastmerki		Norðausturland	
Merkni		Alætrun	
Bolti/skjöldur		OS-1981-7022	
Signal		Varða	
---		---	
Lofthæð/hnit		Merkning fyrir myndun	
---		---	
Stofnun		Stofnsett ár	
Orkustofnun		1981	AG

Um 1,5 km SSA við Hverfjall.

## Nágrenni stöðvar

Láréttur bolti í eystri klettavegg, tæplega 1 m breiðrar sprungu.

Kjarrgróður sunnan og norðan stöðvar.

## Leið

Akfært er að merki.

## Ljósmynd af stöð

Kortblað

AMS 6023 IV

Hæð (ónákvæm)

287 m

Lýsing ærð

AG

## Athugasemd

Gulur og rauður hæll er 2 m austan merkis.

STÖÐVARLYSING		7023
BF	FW7023	Hverfjall, 1,5 km S.
Fastmerki		Norðausturland
Bolti/skjöldur		OS-1981-7023
---		---
Softvörn/hnit		Merkling fyrir myndun
---		---
Orkustofnun	1981	AG

Um 1,5 km sunnan við Hverfjall.

Nágreanni stöðvar

Láréttur bolti í eystri klettavegg 0,5-1,0 m breiðrar sprungu, um 60 m sunnan við girðingu sem umlykur Dymmuborgir, þar sem stigi liggur yfir hana.

Hraungarður með NV-SA læga stefnu er um 20 m norðar. Hraun hækkar um þrjá metra, suður af stöð.

Leið

Akfært er að stiga yfir girðingu.

Ljósmynd af stöð		Kortblað
---		AMS 6023 IV
Breidd	Lengd	Hæð (óhákvæm) Lýsing Seró
	283 m	AG
Athugasemd		

Gulur og rauður hæll er 1 m austan merkis.



BF	FM7024	Stóragjá
Fastmerki		Norðausturland
Bolti/skjöldur		OS-1981-7024
Signal		Varða
--		--
Lofmynd/hnit		Merkang fyrir myndur
Stofnun		--
Orkustofnun	1981	AG

Í Stóragjá, um 1 km sunnan Reynihlíðar.

Nágrenni stöðvar

Merkið er í lóðréttum klettavegg, sem er um 10 m á og er það 2,6 m yfir vatnsborði. Þaðstaður er um 10-15 m sunnar og er merkið á hægri hönd þegar gengið er að þaðstað. (Skrúfa frá Oddi Sig. er 1,77 m neðar).

Leið

Gengið frá norðurenda Stóragjár.

Ljósmynd af stöð		Kortblað
--		AMS 6023 IV
Breidd	Lengd	Hæð (ónákvæm)
		281 m
Athugasemd		Kýsing 6erð
		AG

BF	FM7025	Villingafjall, 2 km N
Fastmerki		Norðausturland
Bolti/skjöldur		OS-1981-7025
Signal		Varða
--		--
Lofmynd/hnit		Merkang fyrir myndur
Stofnun		--
Orkustofnun	1981	AG

Um 2 km norðan Villingafjalls.

Nágrenni stöðvar

Merkið er á klettanefi, vestan við 1 m breiða og mjög djúpa sprungu. Það er í miðri 100 m breiðri hrauná, sem hefur runnið til vesturs og eru bakkarnir um 6 m háir.

Leið

Frá Þjóðvegi, um 2 km norðan við Garð, liggur slóð í austur átt að merki, en ganga verður um það bil einn kílómetur.

Ljósmynd af stöð		Kortblað
--		AMS 6023 IV
Breidd	Lengd	Hæð (ónákvæm)
		297 m
Athugasemd		Kýsing 6erð
		AG

Gulmálaður hæll er 2 m vestan merkis.

V I Ð A U K I I I

F L U O R E S C E I N G R E I N I N G A R

eftir

Jón Ólafsson

Fluoresceingreiningar

Fluoresceinnemar þeir sem notaðir voru eru nethólkar úr málmí, sem fylltir eru með um 4 g af kornuðum viðarkolum (Merck 2514). Þeim var komið fyrir í grunnvatni á mælingastöðum, en að liðnum lengri eða skemmri tíma var skift um nema og þeir brúkuðu sendir til Reykjavíkur til mælinga.

Mæling

Sú aðferð sem notuð var til mælinga á fluorescein í viðarkolum er í grundvallaratriðum byggð á upplýsingum frá Dr. Della Valle í Sviss.

1. Nemar með kolum fullþurrkaðir í hitaskáp við 105°C.
2. 2 g af kolum vegin í tilraunaglas en afgangur úr nemanum varðveittur. 2 g ónotaðra viðarkola einnig vegin.
3. Útbúin trekkingarlausn. 8 g KOH leyst upp í 100 ml af hreinu ethylalkoholi, upplausnin síuð gegnum Whatman GF/B filter og notuð samdægurs.
4. 15 ml af trekkingarlausn bætt á hvert viðarkolasýni, Tilraunaglössum lokað með himnu og þau látin standa sólarhring í myrkri. Jafnframt þessu var sama rúmmál trekkingarlausnar sett í tómt tilraunaglas til viðmiðunar.
5. Að sólarhringnum liðnum voru 2 ml teknir úr hverju tilraunaglassi og þynntir í 25 ml.
6. Til fluorescencemælinga var notaður Perkin Elmer 650-10S tæki.  
Örvunargeislun var 474 nm en útgeislun mæld við 510 nm.
7. Útbúnir voru staðlar úr sama fluorescein og notað var til merkinga að styrk 1, 3 og 10  $\mu\text{g l}^{-1}$ . Reyndin er sú að útgeislunarstyrkur breytist línulega á þessu styrktarsviði.

Mat á mælingum

Sú útgeislun, sem mælist í sýni, Es, stafar ekki öll frá fluorescein í viðarkolum, því mæligildi fást einnig á viðmiðunarlausnum útbúnum með ónotuðum viðarkolum Ebl. Gildi á

Ebl reyndust allbreytileg og stafa bæði frá kolunum sjálfum og KOH/alkohol lausnum. Ebl verður því að draga frá  $E_s$ . Fyrir öll sýni var reiknað samræmt gildi,  $N$ , af samanburði á mæligildi þeirra og  $1 \mu\text{gl}^{-1}$  staðals,  $E_1 \mu\text{g}$ .

$$N = \frac{100}{E_1 \mu\text{g}} \times (E_s - E_{bl})$$

Einnig var samræmt gildið á Ebl þannig að

$$Bl = \frac{100}{E_1 \mu\text{g}} \times E_{bl}$$

Það er matsatriði hvenær mæligildi tákni fluorescein í vatni, en ekki truflun frá óhreinindum í viðarkolum eða í því vatni, sem neminn var í. Hlutfallið  $N/Bl$  lýsir styrk mæligildis umfram þær truflanir sem koma frá viðarkolunum sjálfum og KOH/ethanol lausn. Það er hins vegar erfitt að meta hversu miklar truflanir kunni að vera frá kísilþörungum, bakteríum og öðrum óhreinindum, sem kunna að setjast á nemana meðan þeir eru í vatni. Þó má líklegt telja að mæligildi tákni fluorescein í vatni þegar  $N/Bl > 2$ .

Þar eð nemarnir lágu í mislangan tíma í vatni þá gefa breytingar á  $N/Bl$  ekki mynd af breytingum á styrk fluorescein í vatninu nema tekið sé tillit til dagafjöldans  $d$ . Gildi á  $N/Bl \times d$  voru því einnig reiknuð. Það verður þó að skoða breytingar á  $N/Bl \times d$  með gát, sérstaklega þegar staðir eru bornir saman, því ólíklegt er að á hverjum tíma fari jafnmikið vatnsmagn um nema, sem eru á mörgum mismunandi sambærilegum stöðum.

Töflur um gildi á  $N$ ,  $N/Bl \times d$  fylgja ásamt myndum sem sýna breytingar 1981 og 1982.

# Fluoresceingreiningar 1981

## STÓRAGJÁ 1981

Tími	N	N/Bl	N/Blxd
22. maí 2010	23	0.3	
23. - 2030	39	0.6	0.6
24. - 2040	77	1.1	1.1
26. - 2125	37	0.6	0.2
28. - 2325	20	0.3	0.2
30. - 2105	50	0.8	0.4
4. júní 2120	154	3.1	0.1
6. - 2106	275	5.5	2.8
14. - 1140	126	1.5	0.2
23. - 1140	176	2.1	0.2
30. - 2300	154	1.9	0.3
9. júlí 1430	50	0.8	0.1
16. - 2125	65	1.0	0.1
24. - 1600	147	1.8	0.2
1. ágúst 1820	119	2.3	0.3
7. - 2200	40.8	0.8	0.1
22. - 1050	41	0.8	0.1
4. sept.	74	2.4	0.2
19. - 1845	74	2.7	0.2
9. - 1430	60	1.3	0.1
7. - 1750	81	2.1	0.1

## HELGAVOGUR 1981

Tími	N	N/Bl	N/Blxd
18. maí 2030	154	1	
21. - 2035	176	1.8	0.6
22. - 1950	106	1.6	1.5
23. - 2000	35	0.5	0.5
24. - 2055	132	1.9	1.9
26. - 2100	97	1.5	0.7
28. - 2300	273	4.1	2.0
30. - 2050	250	3.7	1.9
2. júní 2215	425	8.5	2.8
6. - 2045	342	6.8	1.7
14. - 1120	625	7.4	0.9
23. - 1115	481	5.7	0.6
30. - 2240	1872	22.8	3.3
9. júlí 1415	1160	17.9	2.0
16. - 2115	1085	16.7	2.4
24. - 1610	1262	15.4	1.9
1. ágúst 1800	780	14.7	1.8
7. - 2130	225	4.3	0.7
22. - 1140	576	10.9	0.7
4. sept.	434	14.1	1.1
19. - 1845	175	6.4	0.4
9. okt. 1415	254	5.6	0.3
7. nóv. 1630	261	6.6	0.2
5. des. 1515	170	4.3	0.2

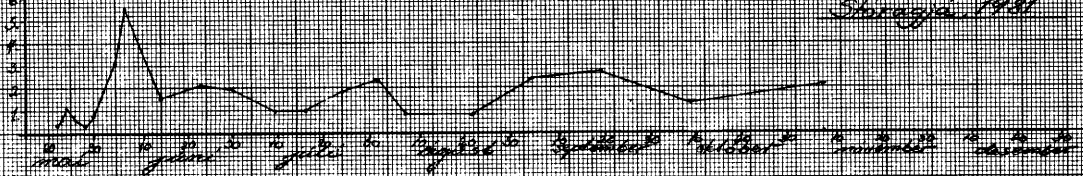
## KALFSTJÖRN 1981

Tími	N	N/Bl	N/Blxd
18. maí 2030	23	0.2	
21. - 2045	88	0.9	0.3
22. - 2000	39	0.6	0.6
23. - 2010	26	0.4	0.4
24. - 2112	65	1.0	1.0
25. - 2055	43	0.6	0.3
26. - 2110	183	2.7	2.7
28. - 2310	67	1.0	0.3
2. júní 2225	154	3.1	0.6
6. - 2055	167	3.3	1.1
14. - 1130	123	1.5	0.2
23. - 1125	186	2.2	0.3
30. - 2250	262	3.2	0.5
9. júlí 1430	155	2.4	0.3
16. - 2125	212	3.3	0.5
24. - 1620	410	5.0	0.6
1. ágúst 1810	271	5.1	0.6
7. - 2145	176	3.3	0.6
22. - 1140	238	4.5	0.3
4. sept.	140	4.6	0.4
19. - 1850	71	2.6	0.2
9. okt. 1400	132	2.9	0.2
7. nóv. 1840	119	3.0	0.1
5. des. 1530	146	3.7	0.1

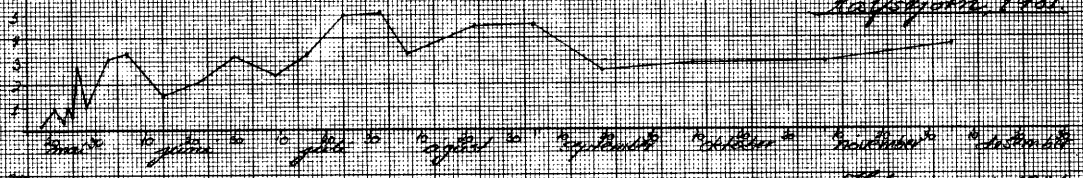
V00:SK472.00  
84.02.0198.00

H/10

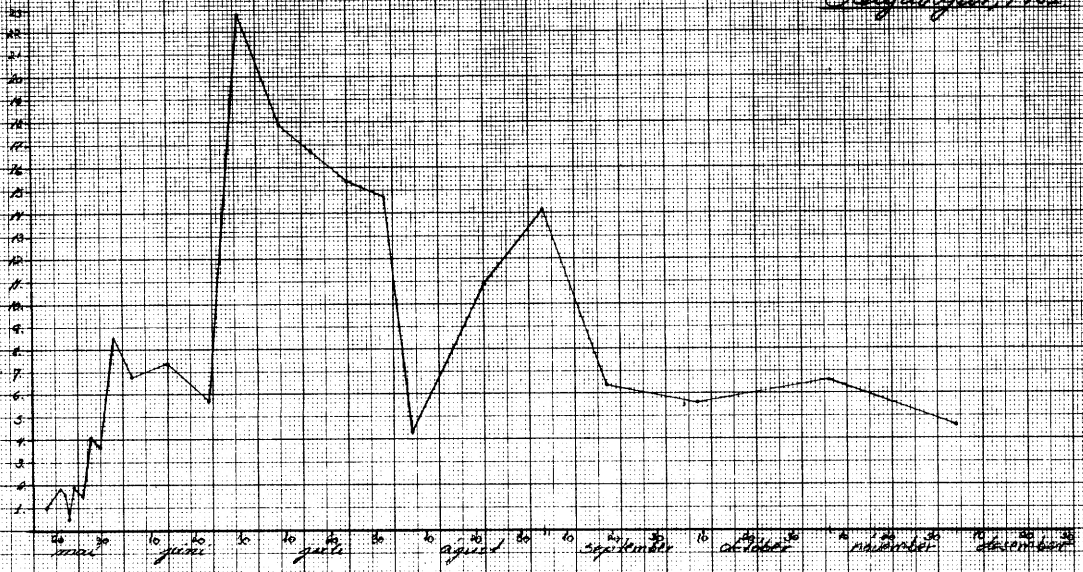
Storagjen, 1981



Kåfjellvann, 1981

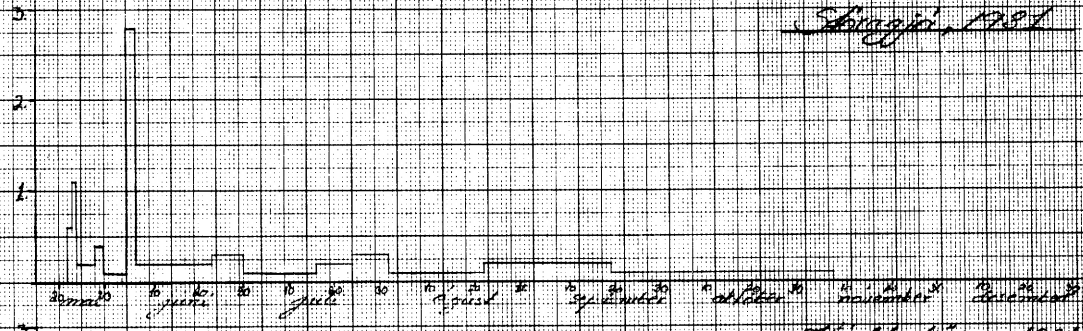


Helgavoggen, 1981

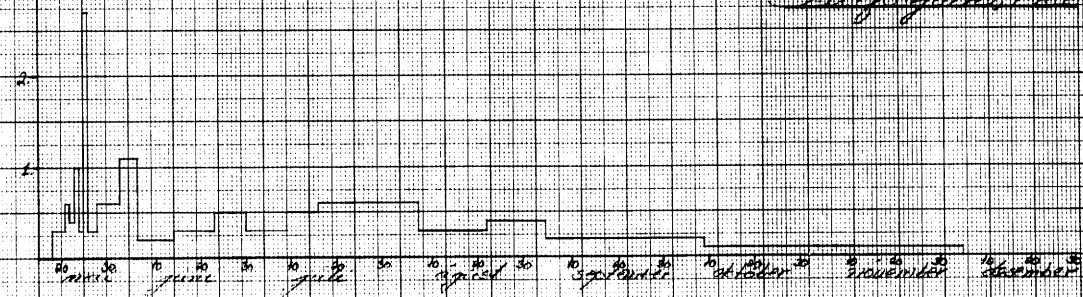


H/10

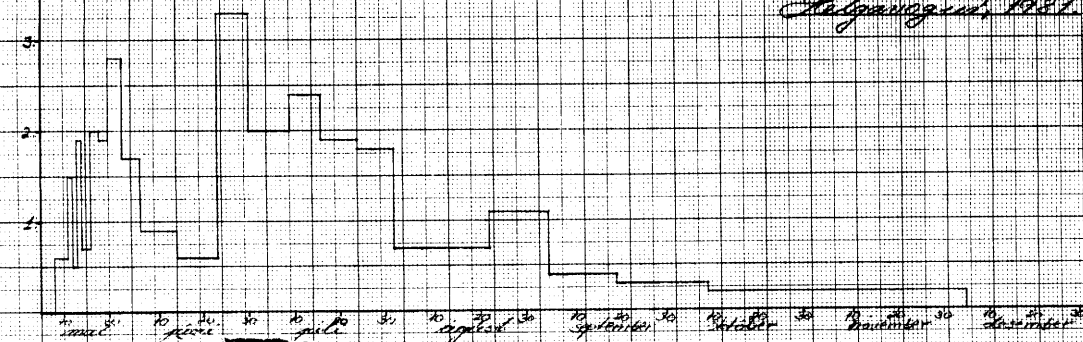
Storagjen, 1981



Kåfjellvann, 1981



Helgavoggen, 1981



1 d = 1 mm

# Fluorsceingreiningar 1982

## VESTARI BORIOLA KISILIDJU 1982

Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1100	244	3.9	
13. - 1635	419	6.7	1.0
21. - 1140	346	5.0	0.6
27. - 1900	263	5.1	0.9
10. ágúst 2240	350	7.6	0.5
24. - 1123	373	8.8	0.6
21. sept. 1900	163	3.8	0.1
19. okt. 1520	433	10.2	0.4

## STÓRAGJA 1982

Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1010	188	3.0	
27. - 1840	78.5	1.5	0.1
10. ágúst 2220	119	2.6	0.2
24. - 1115	103	2.4	0.2
7. sept. 1750	56.1	2.2	0.2
21. - 1835	30.7	0.7	0.1
19. okt. 1450	133	3.1	0.1

## HELGAVOGUR 1982

### GRJÓTAGJA 1982

Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1050	30.2	0.5	
13. - 1610	37.4	0.6	0.1
20. - 2155	267	3.9 (grugg)	-
27. - 1755	76.3	1.5	0.2
10. ágúst 2137	40.0	0.9	0.1
24. - 1040	61.1	1.4	0.1
7. sept. 1705	46.1	1.8	0.1
21. - 1804	59.6	1.4	0.1
19. okt. 1403	40.2	0.9	0.0

Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1025	108	1.7	
20. - 2115	310	4.5	0.3
27. - 1824	266	5.1	0.7
10. ágúst 2210	229	5.0	0.4
24. - 1105	188	4.4	0.3
7. sept. 1740	200	7.7	0.6
21. - 1326	90.6	2.1	0.2
19. okt. 1437	141	3.3	0.1

### LAHGIVOGUR 1982

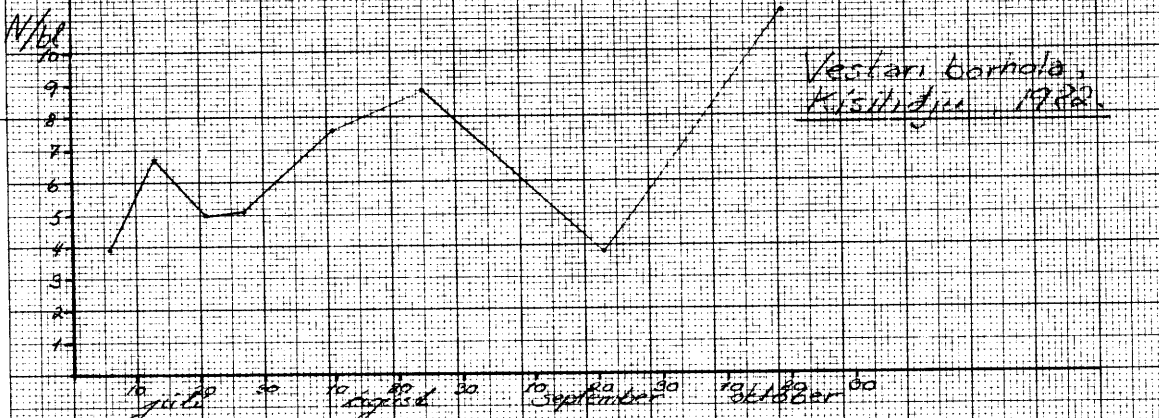
Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1040	25.4	0.4	
20. - 2125	68.7	1.0	0.1
27. - 1810	82.7	1.6	0.2
10. ágúst 2200	145	3.2	0.2
24. - 1052	132	3.1	0.2
7. sept. 1725	68.3	2.7	0.2
21. - 1814	109	2.6	0.2
19. okt. 1422	185	4.4	0.2

### KÁLPSTJÖRN 1982

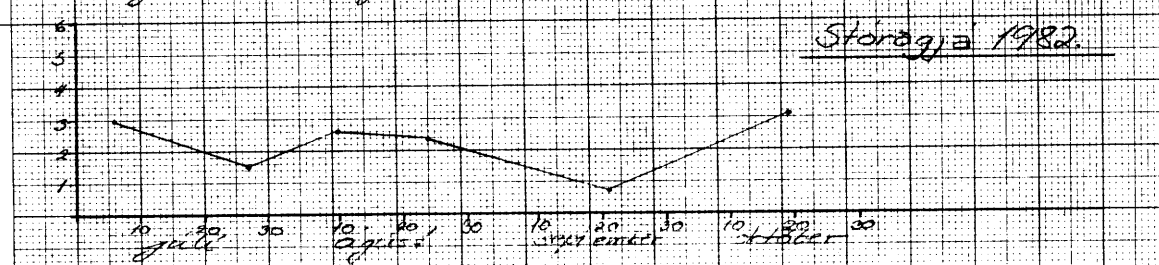
Tími	N	N/Dl	N/Dlxd
6. júlí 1035	69.3	1.1	
20. - 2125	174	2.5	0.2
27. - 1818	166	3.2	0.5
10. ágúst 2205	140	3.0	0.2
24. - 1058	143	3.4	0.2
7. sept. 1734	84	3.2	0.2
21. - 1820	141	3.3	0.2
19. - 1430	149	3.5	0.1

VOD AL 472 JO  
84-02 0196 JO

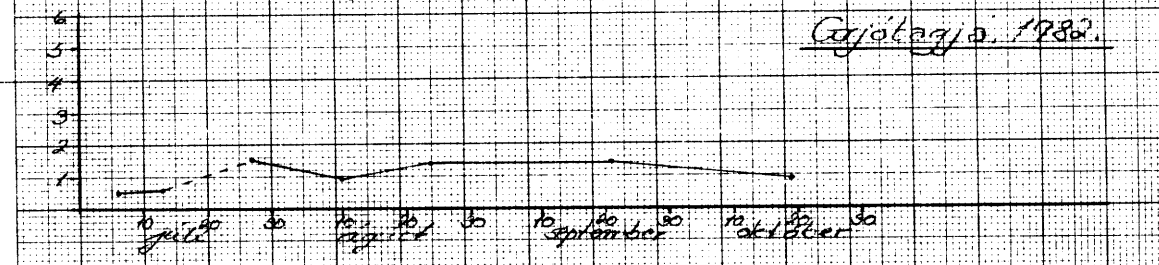
N/62



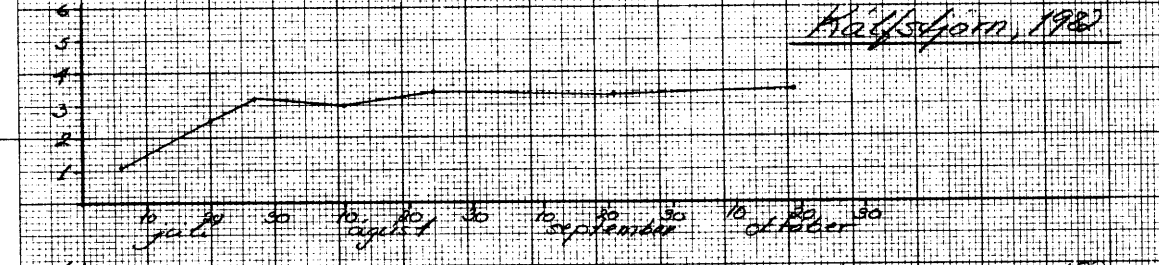
Vestari barnala,  
Kistidju, 1982.



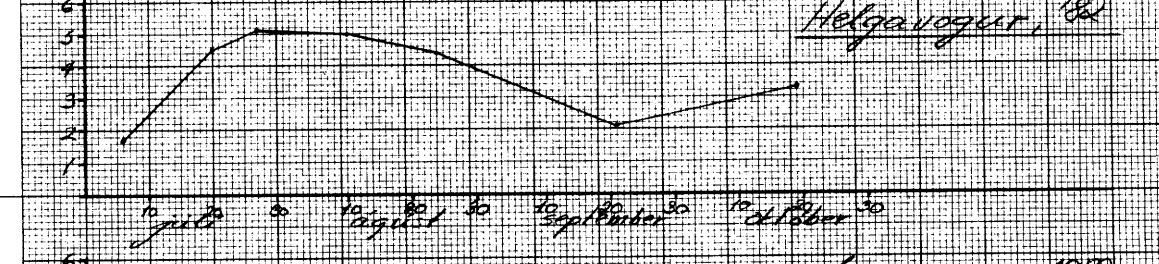
Storaaja, 1982.



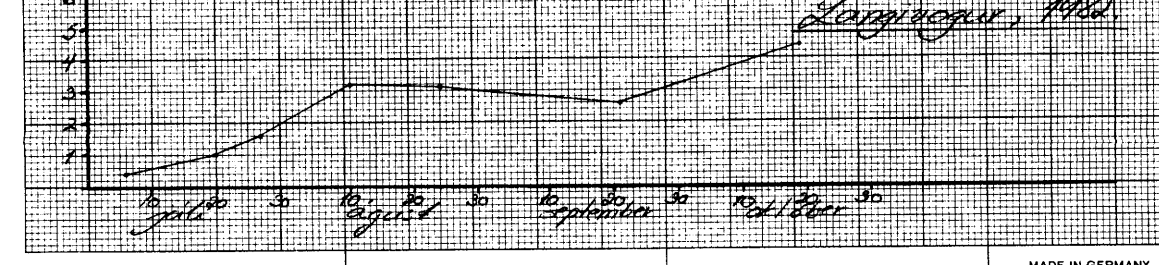
Garjatagja, 1982.



Halfshjorn, 1982.



Helgavogur, 1982.



Langivogur, 1982.



