



ORKUSTOFNUN  
Jarðkönnunardeild

# Hitaveita Suðurnesja FERSKVATNSRANNSÓKNIR

ÁFANGASKÝRSLA FYRIR ÁRIÐ 1976

SAMIN AF:

FREY ÞÓRARINSSYNI

FREYSTEINI SIGURÐSSYNI

GUTTORMI SIGBJARNARSYNI

OS JKD 7609

Hitaveita Suðurnesja,  
Keflavík.

Desember 1976



ORKUSTOFNUN  
Jarðkönnunardeild

**Hitaveita Suðurnesja**  
**FERSKVATNSRANNSÓKNIR**  
ÁFANGASKÝRSLA FYRIR ÁRIÐ 1976

**SAMIN AF:**  
**FREY ÞÓRARINSSYNI**  
**FREYSTEINI SIGURÐSSYNI**  
**GUTTORMI SIGBJARNARSYNI**

OS JKD 7609

**Hitaveita Suðurnesja,**  
**Keflavík.**  
**Desember 1976**

## FORMÁLI

Samkvæmt samningi gerðum 1975-12-19, milli Hitaveitu Suðurnesja og Orkustofnunar, var þeim síðarnefndu m.a. falið að annast forkönnun og hönnunarrannsóknir á öflun ferskvatns handa varmaorkuverinu í Svartsengi. Jarðkönnunardeild Orkustofnunar hefur annast þann þátt verksamningsins. Auk þess hefur hún með hendi að hluta rannsóknir á afleiðingum þess að veita affallsvatni frá varmaorkuverinu út í hraunin við Svartsengi. Meðfylgjandi framvinduskýrsla er samin til að gera grein fyrir gangi og árangri þessara rannsókna, eins og þær liggja fyrir í nóvemberlok 1976. Þegar á árinu 1974 hófu þau Stefán Arnórsson, deildarstjóri, og Laufey Hannesdóttir, vatnafræðingur, undirbúning að rannsóknum á öflun ferskvatns fyrir varmaorkuverið og komu þá m.a. á jarðvatnshæðarmælikerfi, þar sem tók voru á að mæla hana, og hafinn var vísir að kerfisbundnum mælingum. Á árinu 1975 unnu þau Guttormur Sigbjarnarson, deildarstjóri, Laufey Hannesdóttir, vatnafræðingur, og Freyr Þórarinsson, jarðeðlisfræðingur, að nokkurri forkönnun á vatnafræði Svartsengissvæðisins og unnu þá drög að skipulagi og framkvæmd for- og hönnunarrannsókna. Minna varð þó af rannsóknum það ár en ætlað var, þar eð ekki þótti rétt að standa að umfangsmeiri útirannsóknum á meðan eignaréttarmál Hitaveitu Suðurnesja voru óleyst, þó var reynt að halda uppi þeim kerfisbundnu jarðvatnshæðarmælingum, sem hófust árið áður. Seint á árinu 1975 var hætt að mæla á mörgum upphaflegu mælistöðunum, sem lágu nálægt ströndinni, þar sem fullsannað var, að flóð og fjara í jarðvatninu í berginu höfðu mjög truflandi áhrif á niðurstöður mælinganna.

Það var því ekki fyrr en í febrúar 1976 að forrannsóknirnar hófust af fullum krafti. Freysteinn Sigurðsson, jarðfræðingur, hefur haft með hendi skipulagningu og framkvæmd þeirra ásamt Guttormi Sigbjarnarsyni, deildarstjóra. Freyr Þórarinsson, jarðeðlisfræðingur, hefur haft umsjón með öllum jarðeðlisfræðilegum mælingum og túlkað niðurstöður þeirra. Þóroddur F. Þóroddsson, jarðfræðingur, og síðar Snorri Páll Snorrason, jarðfræðingur, hafa séð um efnagreiningar á ferskvatninu svo og affallsvatninu og skipulag þeirra. Sigbjörn Guðjónsson, jarðeðlisfræðinemi, hefur annast alhliða mælingar á svæðinu, svo sem vatnshæðarmælingar, sýnatökur og seltumælingar. Margir fleiri hafa lagt hönd

á plóginn í lengri eða skemmri tíma, svo sem Kristján Ágústsson, jarðeðlisfræðinemi, Davíð Egilsson, jarðeðlisfræðingur, Sigurður G. Tómasson, jarðfræðingur og kennari, Helgi Guðmundsson, kennari, Jón Baldursson, stúdent, o.fl. Náin samvinna hefur verið höfð við Pál Theodórsson, eðlisfræðing, og Braga Árnason, prófessor, á Raunvísindastofnun Háskólans um notkun á geislavirkum ísótópum og náttúrulegum ísótópum við rannsóknirnar og dæluþrófanir. Þeir Jónas Elíasson, prófessor, og Snorri Páll Kjara, verkfræðingur á Straumfræðistöð Orkustofnunar hafa annast vatnafræðilega líkanreikninga af rannsóknarsvæðinu í náinni samvinnu við höfunda skýrslunnar.

Svo sem framvinduskýrslan ber með sér er búið að afla talsverðra gagna og nokkurrar reynslu á vatnsöflunarmöguleikunum, en mjög mikil vinna er þó eftir í úrvinnslu og frumgagnasöfnun, áður en rannsóknarverkefninu lýkur og vinnslutæknilegar forsendur liggja fyrir um öflun ferskvatnsins.

## E F N I S S K R Á

Formáli (GS)

Efnisskrá

	bls.
1. Inngangur (FS)	1
2. Vatnafar og veðurfar (FS)	4
2.1. Landslag og jarðlag	4
2.2. Vatnsból og fjörurennslí	4
2.3. Úrkoma og jarðvatnsírennslí	6
3. Hæðarlega jarðvatnsborðs (FS)	8
4. Eðlisþættir og efnainnihald jarðvatns (FS)	10
4.1. Hiti og eðlisviðnám	10
4.2. Efnagreiningar	14
4.3. Magn (styrkur) einstakra efna	15
4.4. Hlutföll einstakra efna	19
4.5. Efni í vatni á einstökum stöðum	21
5. Jarðlag (FS)	24
5.1. Vatnafræðileg þýðing jarðlaga	24
5.2. Myndanir	26
5.3. Móbergsmyndun	27
5.4. Grágrýtismyndun	29
5.5. Nútíma hraun	31
5.6. Eldstöðvar og gosvirkni	33
5.7. Höggun	34
5.8. Borholusnið	36
6. Jarðeðlisfræðilegar mælingar (FD)	38
7. Dæluprófanir (FS)	43
8. Líkanreikningar (FS)	46
9. Forkönnun vinnslusvæðis (Vatnsheiði) (FS, FD)	48
9.1. Aðstæður og forsendur	48
9.2. Jarðfræði vinnslusvæðisins	48
9.3. Jarðeðlisfræðileg könnun	51
9.4. Niðurstöður	53
10. Niðurstöður og nýtingarhorfur (FS)	54
10.1. Staða rannsókna	54
10.2. Vænleg vatnsöflunarsvæði	55
10.3. Bráðbirgðaniðurstöður	56
Heimildaskrá	59
Myndaskrá	61

## 1. INNGANGUR

Framvinduskýrsla þessi fjallar um rannsóknir þær á jarðvatni (ferskvatni) fyrir Hitaveitu Suðurnesja, sem Jarðkönnunardeild Orkustofnunar framkvæmdi febrúar/marz - október 1976. Hér verður einungis lýst framkvæmd athugana, mæli þeirra og fyrstu niðurstöðum, þar eð úrvinnslu rannsóknargagna er einungis að litlu leyti lokið.

Áður höfðu birzt álitserðir um öflun ferskvatns og jarðvatn á fyrirhuguðum vinnslusvæðum í skýrslum Jarðhitadeildar Orkustofnunar um varmaver í Svartsengi ("Svartsengi, rannsókn Jarðhitasvæðisins og vinnslusvæði" OS-JHD 7407; "Rannsókn á jarðhitasvæðinu í Svartsengi" OS-JHD 7541; "Rafleiðnimælingar í Eldvörpum og Svartsengi" OS-JHD 7639). Beinar athuganir á jarðvatni og jarðvatnsaðstæðum munu hafa verið af skornum skammti, enda sátu athuganir á jarðhitasvæðunum eðlilega í fyrirrúmi. Haustið 1974 voru þó hafnar athuganir á jarðvatni á Reykjanesskaga utan Grindavíkurvegar og sunnan Hafnaheiðar. Framvinduskýrsla um þessar athuganir, eftir Laufeyju Hannesdóttir, liggur fyrir í handriti hjá Jarðkönnunardeild (maí 1975). Ýmsar athuganir (jarðvatns-hæðarmælingar o.fl.) voru gerðar fram á haust 1975, en lögðust þá niður um hríð, þar eð nokkur óvissa ríkti þá um frekari framkvæmd jarðvatnsrannsóknanna. Þá um veturinn vann Freyr Þórarinsson fyrstu bráðabirgðáúrvinnslu úr hluta þeirra gagna, sem safnað hafði verið (niðurstöður í handriti hjá Jarðkönnunardeild). Þessar niðurstöður bentu til þess, að vatnsvinnslumöguleikar á fyrirhuguðum vinnslusvæðum gætu hafa verið ofmetnir.

Rannsóknir hófust svo aftur í febrúar-marz 76. Fyrsta mat á yfirlitsathugunum (skýrsla OS-JKD 7604, "Vatnspörf og vatnsöflun á Suðurnesjum") renndi frekari stoðum undir þá skoðun, að vinnslumöguleikar hefðu verið ofmetnir. Rannsóknaráætlun var upp úr því breytt að nokkru til móts við þessa skoðun, og því meir eftir því sem leið á sumar, en þá fóru niðurstöður úr könnunum og borunum að sýna í sívaxandi mæli, að síðarnefndar skoðanir myndu reynast samsvara raunverulegu ástandi mun betur en hinar fyrri. Jafnframt kom þá æ betur í ljós, að vinnslukostnaður við ferskvatnsöflun yrði meiri en áætlað hafði verið.

Að sama skapi jukust horfur á að auka mætti sparnað við vinnslu og öryggi í rekstri með ítarlegri jarðvatnsrannsókn. Til að ná því marki varð að gera ráð fyrir meiri og fjölpættari rannsóknum en upphaflega hafði verið álitid. Þetta leiddi enn til breytinga á rannsóknaráætlun, sem ekki reyndist þó unnt að framfylgja nema að litlu leyti, sökum þess hve naumur tími var orðinn til stefnu.

Vegna þessarar þróunar eru líkur á, að árangur rannsókna hafa ekki orðið sá, sem hann hefur orðið, ef upphaflegum áætlunum hefði verið fylgt einvörðungu.

Hins vegar fóru framkvæmdir við ferskvatnsöflun fram í samræmi við fyrri áætlanir. Er þar á að líta, að framangreint nýtt álit á ferskvatnsöflun (OS-JKD 7604) var, þegar það birtist, enn aðeins óstaðfestur grunur, þó það væri sýnilega fræðilega rétt. Í annan stað voru allar horfur á, að ferskvatnsþörf áætlaðs 1. áfanga Hitaveitu Suðurnesja (þ.e. hitaveitu til grindavíkur) yrði fullnægt með fyrirhuguðum borunum, hvernig svo sem ylti. Það lá heldur ekki endanlega ljóst fyrir fyrr en í sept.-okt. 76, þegar dæluprófanir á ferskvatnsholum HSK-2 og HSK4 höfðu verið gerðar, að fyrri áætlanir um ferskvatnsöflun fengu ekki staðizt.

Útlit er því fyrir, að frekari ferskvatnsöflun geti orðið nokkrum vandkvæðum bundin. Að sama skapi verður að beina ferskvatnsrannsóknum í ríkum mæli að fyrirhuguðum vinnslusvæðum, með borstaðaval og holunýtingu fyrir augum. Jafnhliða verður að framkvæma umfangsmeiri heildarrannsóknir en ætlað var, þar eð þörf getur orðið á að bæta við vinnslusvæðum, auk þess sem gleggri heildarmynd þarf að fá af jarðvatnsaðstæðum, en haldið var í upphafi.

Í samræmi við þær áætlanir, sem fylgt var, beindust rannsóknir fyrst og fremst að fyrirhuguðu vinnslusvæði NV frá Svartsengi (mynd 1; "Lágar" á "Svæði II"). Á því svæði voru einnig boraðar ferskvatnsholur HSK-2 og HSK-5 (marz-september 1976). Vitaskuld reyndist nauðsynlegt að kanna jafnframt nærliggjandi svæði nokkuð. "Svæði III" (mynd 1) var einungis lauslega kannað, hvað varðar höfuðdrætti í jarðfræðilegri gerð þess.

Svæði þau (I-III), sem hér hafa verið nefnd, eru nefnd í samræmi við skýrslu OS-JKD 7604, og hafa ákveðin landslags- og jarðlagseinkenni. Mörk svæðanna voru valin, þegar athuganir á þessu ári voru enn á algjöru byrjunarstigi, enda samsvara þau ekki nema að nokkru leyti skilum milli vatnasvæða. T.d. virðist nú svo, sem vatnaskil liggja ekki úr Sýlingarfelli (A við Svartsengi) um Þorbjörn, heldur í Hópið í Grindavík, eða enn austar. Sömuleiðis munu svæðamörk í Vogaheiði standa í litlu sambandi við vatnaskil. Svæðaskipting þessi virðist því hafa meira gildi, hvað áhrærir vinnslutækni og nýtingu, en beinar vatnafræðilegar aðstæður. Samt er hún gagnleg við skipulagningu og flokkun rannsókna og ferskvatnsöflunar, einkum ef mörk svæða II og III eru hugsuð sem nokkurra km breitt belti, en ekki sem skörp lína.

Hér á eftir verður lýst einstökum þáttum rannsókna (kafla 2-9) og þeim ályktunum, sem draga má af þeim, að svo stöddu (kafla 10).



## 2. VATNAFAR OG VEÐURFAR

### 2.1. Landslag og jarðlag

Svæði II (mynd 1) er að mestu láglent og þakið nútíma hraunum. Upp úr hraununum standa nokkur stök móbergssfell, sem virðast liggja á belti með SV-NA-stefnu. Yfirborð hraunanna nær varla upp fyrir 60 m y.s. hæð, nema í nokkurum meiri háttar gosstöðvum (Langhóll, Sandfellshæð, Eldvörp, Arnarsetur). Hraunin eru mjög sprungin á svæðinu frá Reykjanesi til Vogahéiðar og stefna sprungurnar yfirleitt nærri SV-NA.

Um svæði I (Rosmhvalanes) verður ekki fjallað hér, en það er láglent (hæst um 60 m y.s.) og þakið grágrýtisskjöldum.

Svæði III er fjallent sunnan til (Fagradalsfjall, Móhálsar), og eru fjöllin að mestu úr móbergi með basaltlögum ("grágrýti"). Þau ná víða upp fyrir 300 m y.s. hæð, en á milli þeirra eru lægri svæði. Norðurhluti svæðisins (Vogahéiði, Strandarheiði) er láglendur (lægri en 100 m y.s.) og þakinn nútíma hraunum, víða sprungnum. Svipar honum um margt til svæðis II.

### 2.2. Vatnsból og fjörurennslí

Óviða finnst vatn á yfirborði á rannsóknarsvæðinu, eins og raunar er að vænta, með tilliti til landslags og jarðlags. Nokkurar tjarnir (Seltjörn, Snorra-  
staðatjarnir; mynd 2), eru í sigdældum á mótum hrauna og grágrýtis. Vatn hefur einnig fundizt í 3 gjám á Lágasvæði (mynd 1,2), en skammt er á milli þeirra allra. Í Tóttakrókum, upp af Staðarhverfi (fyrrv.) í Grindavík, sér einnig til vatns í nokkrum gjám. Annað vatn hefur ekki fundizt á yfirborði á svæði II, utan fjörulón og mýrapollar. Mýrlendi fannst á 2 stöðum, sunnan Hafnavegar og í vestanverðum Lágum.

Nokkurar borholur eru á svæði II (utan þéttbýlis). Svokallaðar "hitastigulsholur" eru rétt sunnan Hafnavegar ("Njarðvíkurheiði", mynd 2) og við Stapafell.

Holur þessar eru báðar djúpar (tæpa 500 m í Njarðvíkurheiði, 160 m við Stapafell), og heilfóðraðar niður í sjó (rúma 200 m í Njarðvíkurheiði, um 120 m við Stapafell). Rétt hjá báðum þessum holum eru ófóðraðar holur niður í jarðvatn, sem skolvatns var aflað úr við borun djúpu holanna. Auga gefur leið, að jarðvatnshæðarmælingar og efnagreiningar á vatni úr fódurrörunum í djúpu holunum gefa næsta litlar upplýsingar um jarðvatn á staðnum. Jarðvatn er hins vegar aðgengilegt í ófóðruðu holunum. Einnig er það aðgengilegt í ferskvatnsholum Hitaveitu Suðurnesja (HSK-1 - HSK-6).

Á nokkurum stöðum við ströndina er hægt að gizka á vatnsmagn í fjörulækjum og þar með að ákvarða rennsli á lengdareiningu fjöru (l/s·m). Þessi aðferð hefur verið notuð með góðum árangri við svipaðar aðstæður ("Straumsvíkur-svæði" OS-JKD 7603). Niðurstöður þessara athugana eru sýndar á mynd 2. Helztu vandkvæði á framkvæmd þessara athugana eru, að sæta verður bæði sjárvarföllum og sjólagi, sem ekki fara alltaf saman. Þær er því einungis hægt að framkvæma fáeina ákveðna daga og þá jafnan skamma stund í senn. Athuganir hljóta því jafnan að dreifast á langt tímabil, þó þær séu ekki tímafrekar sem slíkar. Þær var því heldur ekki hægt að framkvæma í þeim mæli, sem æskilegt hefði verið. Gagnsemi athugananna í heild takmarkast nokkuð af því, að fjörurennsli verður aðeins kannað við sérstakar aðstæður, en ekki t.d. þar sem klettur, klungur og urðir eru í flæðarmáli. Einnig er enn óvísst, hvort, og þá hvernig, fjörurennslið breytist eftir árstímum. Varkárni er því þörf við túlkun niðurstaðnanna. Þær sýna þó, nú þegar, að útrennsli er fremur lítið á Vatnsleysuströnd (um 0.03 l/s·m), en mikið báðum megin við hana (í Vatnsleysuvík og Vogavík, 0.5-1.0 l/s·m). Útrennsli er líka lítið í Höfnum; og líklega einnig undan Vogastapa, (um og innan við 0.1 l/s·m) en mun meira við sunnanverðan skagann, a.m.k. frá Hafnabergi til Krýsuvíkur (0.1-0.2 l/s·m). Af þessu má draga ýmsar ályktanir um vatnaskil og rennislisleiðir, en hér verða því ekki gerð frekari skil.

Full ástæða er til að kanna fjörurennsli víðar, ef færi gefst, og þá eins að reyna að kanna mögulegar árstíðarsveiflur.

### 2.3. Úrkoma og jarðvatnsírennsli

Meðalársúrkoma á Reykjanesskaga er misjöfn eftir stöðum, og ræður þar líklega mestu um hæð yfir sjó (mynd 3). Þannig væri mæld úrkoma líklega um 3.000 mm/ári í Bláfjöllum og á Lönguhlíð, en um 1.000 mm/ári á svæði II. Gæta ber þess, að mæld úrkoma er líklega 20-25% lægri en raunveruleg úrkoma. Á fjalllendinu á svæði III er úrkoma líklega u.þ.b. 50% meiri en á svæði II, og er því þaðan tiltölulega meira vatns að vænta.

Áraskipti eru veruleg að úrkomu (mynd 4). Þannig er meðalársúrkoma (á 30 ára tímabili) á úrkomumælistöðvum á utanverðum Reykjanesskaga á bilinu 1.000 - 1.100 mm/ári, en úrkoma í einstökum árum fer niður í 700-800 mm/ári og upp í 1.300 - 1.400 mm/ári. Frávik geta þó orðið meiri (mynd 4). Að sama skapi gæti verið verulegur áramunur á stöðu jarðvatnsborðs og nýtanlegu vatni.

Árstíðamunur er töluverður á úrkomu á vestanverðum Reykjanesskaga (mynd 5, mynd 6). Einhver munur er líklega frá stað til staðar, þó varla sé hann verulegur. Þannig er munur á meðalmánaðarúrkomu á Reykjanessvita og Keflavíkurflugvelli upp í 5-20%. Meðalmánaðarúrkoma að vetrarlagi (september - janúar) er líklega á bilinu 100-150 mm, en að sumarlagi (maí-júlí) 50-70 mm, eða helmingi minni.

Mikill munur er á úrkomu einstakra mánaða frá ári til árs (mynd 7). Það er því jafnan möguleiki á fleiri mánaða þurrkaköflum eða rigningarköflum. Líkleg lengd slíkra tímabila þarf þó frekari könnunar við.

Yfirborðsafrennsli er lítið sem ekkert á svæðum II og III. Eitthvað af snjó mun fjúka á haf út á veturna, en annars skilar úrkoman sér mest öll til jarðvatns, nema það, sem gufar burt við yfirborð (mynd 8). Samkvæmt mánaðar-meðaltölum myndi ekkert írennsli eiga sér stað í jarðvatn að sumarlagi. Svo er þó trúlega ekki og valda þar dagleg frávik frá veðurfræðilegum mánaðar-meðaltölum og gerð yfirborðs á þessum svæðum. Þessir þættir hafa ekki enn

verið kannaðir, hvorki að magni til, né eðli þeirra. Þeir skipta þó miklu máli, þar eð þeir hafa veruleg áhrif á jafnvægisástand jarðvatns á svæðunum á hverjum tíma.

Miðað við mánaðarmeðaltöl (mynd 8), þá væri gufunartap (gnóttargufun) 400-500 mm/ári (Markús Á Einarsson, 1972). Er þá miðað við, að gnóttargufunar gæti ekki að fullu, þegar hún er meiri en úrkoman (maí - júlí). Miðað við 1.050 mm/ári meðalársúrkomu (mælda) og 20-25% tap í mælingu, þá væri raunveruleg úrkoma 1.250 - 1.300 mm/ári og írennsli (úrkoma að frádröginni gnóttargufun) samsvaraði um 800 mm/ári. Munur frá ári til árs gæti þó væntanlega verið slíkur, að írennslisgildin léku á bilinu 400 - 1.300 mm/ári.

### 3. HÆÐARLEGA JARÐVATNSBORÐS

Eitt helzta einkenni jarðvatns er hæðarlega jarðvatnsborðs. Án þekkingar á henni er ekki hægt að gera sér glögga mynd af jarðvatnsrennsli, ýmsum vatnafræðilegum eiginleikum jarðlaga og nýtingarmöguleikum á jarðvatni. Mælingar á jarðvatnshæð hófust á 5 stöðum á svæði II í febrúar 1975. Voru mælingar síðan slitróttar, sem fyrr er tjáð, en 1-2 á mánuði, þegar bezt lét (mynd 9). Um miðjan apríl 1976 var svo farið að mæla jarðvatnshæð sem næst tvisvar í viku, en mælistöðum hefur verið fjölgað í 10 (mynd 2, myndir 10-14).

Jarðvatnshæð hefur verið mæld þannig, að mælt hefur verið dýpi á vatnsborð frá ákveðnu merki á mælistað ("fastmerki", viðmiðunarhæð). Er þá jarðvatnshæðin mismunur viðmiðunarhæðar yfir sjó og dýpis á vatnsborð. Dýpið var mælt með jarðvatnsmæli, en oftast með stálmálbandi frá því um miðjan apríl 1976. Síðarnefnda aðferðin er nákvæmari ( $\pm 0.1$  cm), en mælisnúrur geta tognað á jarðvatnsmælum. Því eru mælingar á dýpi á jarðvatn frá 1975 óvissari. Hæð viðmiðunarkerkja yfir sjó (viðmiðunarhæð) á mælistöðum var fyrst mæld vorið 1976. Lágu niðurstöður fyrir upp úr miðjum maí.

Ýmsum getum hafði verið leitt að hæðarlegu jarðvatnsborðs fyrir þann tíma. Var þar stundum um ágizkanir að ræða, eftir því hvað líklegt mætti telja, en annars var gengið út frá þykkt jarðvatnslags á svæðinu. Ferskvatn er eðlisléttara en sjór og flýtur því ofan á honum eins og jaki á vatni. Vegna eðlisþyndarmunarins lætur nærri, að 1 m í jarðvatnshæð samsvari 35-40 m í þykkt jarðvatnslags (ferskvatns). Þykkt jarðvatnslagsins er hægt að mæla í borholum ef þær ná niður í sjó og holuveggirnir eru opnir fyrir vatnsrennsli þar fyrir ofan (þ.e. ekki fóðruð með heilum rörum). Þessarri aðferð mun hafa verið beitt við djúpu holurnar við Stapafell og í Njarðvíkurheiði, en efnagreiningar á vatnssýnum úr þeim af mismunandi dýpi höfðu sýnt, að þær náðu niður í sjó, og jafnframt nokkurn veginn á hvaða dýpi sjór tók við. Svo er að sjá, sem niðurstöður þær, sem fengust með þessu móti, hafi um nokkura hrið verið lagðar til grundvallar áætlunum um ferskvatnsvinnslu á svæði II (skýrsla OS-JHD 7407, bls. 6: - "Í borholu við Stapafell er grunnvatnsflöturinn um 3 m yfir sjó, og má gera ráð fyrir, að þessi flötur nái allt að 4 m hæð yfir sjó austur

að þjóðveginum til Grindavíkur" -). Á sama hátt mun jarðvatnshæð hafa verið talin vera 4-5 m í Njarðvíkurheiði. Vegna nálægðar við sjó væri þar þó minni jarðvatnshæðar að vænta, og mun því hafa verið talið, að holan næði niður í "lokaðan vatnsleiðara" með yfirþrýstingi á vatni. Vegna einhvers misgánings var ekki að því hugað, að þessar holur báðar eru fóðraðar með heilum rörum niður í sjó og ferskvatn (skolvatn frá borunum) stendur uppi í þeim báðum. Niðurstöður þessar stóðu því ekki beint í sambandi við jarðvatnshæð á þessum stöðum.

Þykkt jarðvatnslags ofan á sjó er einnig hægt að áætla með rafleiðnimælingum (jarðviðnámsmælingum), þar eð sjór leiðir betur rafstraum en jarðvatn, vegna saltmagns þess, sem í honum er. Reynt hefur verið að túlka lausnir á rafleiðnimælingum, sem Jarðhitadeild Orkustofnunar gerði á svæði II 1971-1974, með tilliti til líklegrar jarðvatnslagsþykktar ("Rafleiðnimælingar -- "OS-JHD 7639). Ýmsir óvissuþættir eru í slíkri túlkun, einkum þegar mælingarnar miðast ekki sérstaklega við að kanna þessa þykkt, eins og réttilega er tekið fram í nefndri skýrslu OS-JHD. Einkum er þess að vænta, að þykktin virðist of lítil, þar sem vatnsblöndunar og hitunar gætir frá jarðhitasvæðunum, enda virðist sú hafa orðið raunin á. Samkvæmt þessum túlkunum má gizka á jarðvatnshæð 1 1/2-2 m á svæði II, enda er miðað við þá hæð í áætlun ráðgjafaraðila til Hitaveitu Suðurnesja frá maí 1976 ("Varmaorkuver við Svartsengi"). Um svipað leyti og sú skýrsla (áætlun) kom fram, lágu og niðurstöður hæðarmælinga á mælistöðum fyrir. Samkvæmt þeim má áætla meðalhæð jarðvatnsborðs á einstökum mælistöðum 1 1/4 - 1 3/4 m y.s. árin 1975-76. Líkleg meðaljarðvatnshæð á Lágasvæði (svæði II) væri þá u.p.b. 1 1/2 m y.s. Árin 1975 og 1976 voru að vísu engin meðalár í úrkomu og jarðvatnshæð á þeim tíma hefur því e.t.v. vikið frá meðallagi.

#### 4. EÐLISÞÆTTIR OG EFNAINNIHALD JARÐVATNS

##### 4.1. Hiti og eðlisviðnám

Mælingar á hitastigi og eðlisviðnámi jarðvatns hafa verið stopular. Hefur ýmislegt valdið: Óvissa um framkvæmd á mælingum, skemmdarverk á borholum, tækjabilanir og mannaflaskortur. Nokkuð liggur þó fyrir af mælingum frá 4 tímabilum : marz-maí 1975, sept.-okt. 1975, apríl-júní 1976 og frá því í september 1976. Þessi tímabil eru öll að vor- eða haustlagi, en mælingar vantar enn yfir hávetrar- eða sumartímann.

Ýmis atriði ráða hitastigi og eðlisviðnámi. Meðal helztu orsaka hitastigs má telja: Varmaskipti við andrúmsloft í opnum vatnsbólum; hlutdeild úrkomu, með hitastig nærri lofthita á úrkomutíma; hlutdeild leystingarvatns, með hitastig nærri 0°C; áhrif hitastiguls í jörðu; íblöndun vatns frá jarðhitasvæðum. Helztu orsakabættir eðlisviðnáms eru hitastig vatnsins og magn upp- leystra efna, einkum natríumklóríðs (NaCl, matarsalt). Eðlisviðnám lækkar með hækkanði hitastigi og vaxandi efnainnihaldi ("seltu"). "Selta" er talin ráðast af seltu í úrkomu (íblöndun særoks) og íblöndun salts jarðhitavatns eða sjávar.

Ítarleg úrvinnsla hefur ekki enn farið fram á gögnum um þessa þætti. Þó er þegar ljóst, að verulegur staða- og svæðamunur er á þeim. Tjarnir á svæði II (Seltjörn, Snorrastaðatjarnir, fjörulón o.s.frv.) fylgja lofthita meira eða minna um hitastig. Fjörulónin eru jafnaðarlega brimsölt og því viðnám í þeim lágt. Yfirborðsvatn (allt að 5 m dýpi) fylgir víðast hvar annars staðar lofthita einnig að nokkru, en oftast í miklu minna mæli (og þá viku- eða mánaðarmeðaltali) og iðulega með tímatöfum. Þessar sveiflur geta gefið margvíslegar og mikilvægar upplýsingar, en þá þarf að kanna þessa eðlisþætti mun nánar, en gert hefur verið.

Með tilliti til þessarra áhrifa virðast einstök svæði hafa aðgreinanlega eðlisþætti. Í Njarðvíkurheiði (borholu) virðist hitastig vera 2-5°C á 10 m

dýpi, við yfirborð e.t.v. eitthvað hærra, en viðnám 120-130  $\Omega$ m. Þetta eðlisviðnám samsvarar líklega 30-35 ppm  $\text{Cl}^-$ , en efnagreining úr Njarðvíkurheiði frá 1965 gaf 34 ppm. Hitastig er lægra en meðalárshiti, en sveiflur á því litlar. Það eru því líkur á því, að jarðvatnsrennsli sé hægt á þessum slíðum (vatnsleiðni jarðlaga lítil) og verulegur hluti jarðvatns sé leysingavatn, en sumarúrkomu gæti lítið. Jarðvatnsborð liggur þarna í grágrýti. Á Vogastapa, í og við Seltjörn og í Snorrastaðatjörnum mun grágrýti einnig ná upp fyrir eða upp undir jarðvatnsborð. Hitasveiflur eru miklar í efstu 5 m jarðvatns, en minni neðar. Hitastig í borholu á Vogastapa ( $7\frac{1}{2}$  -  $8\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ , maí-júní 1976) gæti bent til upphitunar í opnu vatnsbóli, t.d. Snorrastaðatjörnum, sem gæfi þá vísbendingu um rennslisstefnu jarðvatnsstrauma. Hitastig á 30 m dýpi í borholu við Seltjörn mældist  $5 - 5\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  (apríl-júlí 1975) og var þá  $2-3^{\circ}\text{C}$  hærra en í borholum í Njarðvíkurheiði á sama tíma. Þetta má túlka á ýmsa vegu, en líklegast virðast að svo stöddu þær tilgátur, að jarðvatn sé þarna komið af svæðum með lægra hlutfalli af leysingavatni og hærra af sumarúrkomu, en auk þess gæti gætt einhverra áhrifa frá hugsanlegum hitastigulsmun á aðrennslissvæðum, eða jafnvel íblöndunar jarðhitavatns. Eðlisviðnám vatns er líklega 100-150  $\Omega$ m í Vogastapaborholunni og um 60  $\Omega$ m í Snorrastaðatjörnum. Mælingar eru enn mjög fáar og óvissa því mikil um þessi gildi. Samkvæmt því væri hærra klóríðmagns að vænta í Snorrastaðatjörnum en í Seltjörn, sem er í samræmi við efnagreiningar, svo langt sem þær ná.

Í Höfnum voru gerðar nokkrar athuganir vorið 1975 á vatnsbólum (brunnum og borholum), en hætt svo við þær, þar eð sjávarfalla gætir í þeim og þau því að takmörkuðum notum til vatnshæðarmælinga. Viðnám er lágt í vatninu, enda klóríðmagn mikið. Hitastig var nokkuð stöðugt þann tíma, sem mælt var (marz-júní 1975), hækkaði við yfirborð úr  $5-6^{\circ}\text{C}$  í  $6-7^{\circ}\text{C}$ , en var um  $6\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  á 10 m dýpi. Þetta hitastig er  $3-4^{\circ}\text{C}$  hærra en í Njarðvíkurheiði á sama tíma. Allar túlkanir á þessu ástandi eru vafasamar, þegar mælingar ná til svo skamms tíma, og eru þar að auki strjálar.



Í borholunum við Stapafell virðist hitastig vera nokkuð stöðugt (a.m.k. vor og haust), um 5-7°C, og nokkuð sambærilegt við vatn í borholu hjá Seltjörn, e.t.v. ívið herra. Eðlisviðnám í ófóðruðu holunni virðist vera um 95 Ωm, og nokkuð stöðugt, en það viðnám samsvaraði 45-50 ppm Cl<sup>-</sup>. Samkvæmt efnagreiningum innihéldi vatnið um 42 ppm Cl<sup>-</sup>, og væri nokkuð stöðugt að því leyti.

Í ferskvatnsholum HSK-2 - HSK-5 og í rannsóknarholu í Lágum (HSK-6) virðist hitastig hvarvetna svipað og raunar breytast lítið (maí-okt. 1976). Hitastig rétt undir yfirborði var á þessu tímabili 4-6°C og virðist sveiflast eitthvað eftir árstíðum. Yfir sumartímenn virðist vatnið vera heitara við yfirborð en neðar í jarðvatnslaginu. Þetta snýst e.t.v. við, þegar vetrar. Svo er þó að sjá, sem jarðvatn neðan yfirborðsvatns (e.t.v. um 5 m, sjá fyrr) hafi nokkuð stöðugt hitastig 4 1/2 - 5°C. Eðlisviðnám í borholum HSK-2 og HSK-4 mældist um 70 Ωm, sem samsvaraði líklega 65-70 ppm Cl<sup>-</sup>. Efnagreiningar gáfu 70-75 ppm Cl<sup>-</sup>. Í holum HSK-5 og rannsóknarholu í Lágum (HSK-6) mældist eðlisviðnám (okt. 76) um 110 Ωm, en það samsvaraði rúmum 40 ppm Cl<sup>-</sup>, sem er það sama og mældist við fyrstu, lauslegu, efnagreiningu.

Í borholu HSK-1 norðvestan við Sýlingarfell, mældist hiti við yfirborð 11-13°C (marz-júlí 1975, maí-okt. 1976). Óviss mæling (tækjabilun) sýndi herra hitastig í júní 1976. Eðlisviðnám við yfirborð var á sama tíma um 15 Ωm, en hækkaði síðsumars 1976 í u.þ.b. 50 Ωm (nærri 2 m þykkt yfirborðslag) og hefur verið svo síðan. Á 5 m dýpi mældist hiti svipaður, viðnám e.t.v. eitthvað herra, þangað til yfirborðsviðnámið hækkaði. Það viðnám, sem mælt hefur, samsvaraði 190-250 ppm Cl<sup>-</sup>, en efnagreiningar hafa sýnt 220-240 ppm Cl<sup>-</sup>. Lítil vafi getur leikið á því, að hér er um íblöndun salts jarðhitavatns að ræða. Ætla má, að jarðvatnsstreymi sé þarna frá NA til SV. Er því líklegt, að jarðhitasvæðið vestan Sýlingarfells ("Svartsengi") valdi óreglu í jarðvatnslaginu (ferskvatnslagi), þannig að blöndun geti átt sér stað til NA, eða þá að jarðhitasvæðið nái lengra til NA en talið hefur verið, eins og raunar niðurstöður rafleiðnimælinga gætu bent til (OS-JHD 7639). Í því tilfelli væri hætta á jarðhitavatnsíblöndun inn

á sunnanvert Lágasvæði, sem leiddi þá væntanlega til herra klóríðinnihalds í vatni í borholum HSK-2 og HSK -4 en í HSK-5 og rannsóknarholu, sem raunin ef til vill er.

Nokkrar mælingar hafa verið gerðar í gjám upp af Staðarhverfi í Grindavík og eins í borholum vatnsveitu Grindavíkur og lóranstöðvar setuliðsins undir Þorbirni. Í septemberlok 1976 hófst nánari könnun á þessu svæði í sambandi við rannsókn á afdrifum affallsvatn frá varmaorkuverinu í Svartsengi og stendur hún enn. Því verður hér ekki fjallað ítarlega um niðurstöður þær, sem þegar hafa fengizt. Hins skal getið, að hitastig í vatnsholum við Grindavíkurveg og undir Þorbirni er 10-15°C og klóríðinnihald um og yfir 200 ppm Cl<sup>-</sup>. Leikur lítill vafi á því, að hér sé um íblöndun salts jarðhitavatns að ræða. Svipað er með vatn í gjám í Tóttarkrókum (mynd 2). Hitastig í maí 1975 var líklega 8-10°C og viðnám um 20 Ωm, en það samsvaraði klóríðinnihaldi um eða yfir 200 ppm Cl<sup>-</sup>. Verður þetta ástand varla skýrt með öðru en íblöndun salts jarðhitavatns. Í borholum í Moldarlágum upp af Hópinu í Grindavík mældist hitastig hins vegar aðeins 6-7°C (sept.- okt. 1976), en klóríðmagn (mjög hátt) og kísilmagn (SiO<sub>2</sub>, lágt) benda frekar til, að þar sé um íblöndun sjávar að ræða en ekki jarðhitavatns að neinu marki. Væri þá ekki heldur að vænta jarðhitaáhrifa austar eða norðaustar, t.d. uppi í Vatnsheiði við Grindavík.

Hér fer á eftir skrá um hitastig, eðlisviðnám og klóríðinnihald á nokkrum stöðum.

Skrá 1

Eðlisþættir jarðvatns

Staður:	Tímabil (ár, mán)	Hiti (°C)	Eðlisviðnám (Ωm)	Klóríð (ppm Cl <sup>-</sup> )
Njarðvíkurh.	76/4-7	4-5	125	(35, 1970)
Hafnir	75/3-5	6 1/2	lágt	( <u>&gt;</u> 200, 1974)
Vogastapi	76/5-6	7-8 1/2	80	-
Seltjörn (30 m)	75/4-7	4 1/2-5 1/2	(120-150)	(18, tjörn 1975)
Stapafell	76/5-6	6-7	95	(42, 1973)
Lágar (HSK-5)	76/10	4-5	110	um 40
HSK-2, HSK-4 (5 m)	76/7-10	4 1/2-5 1/2	70	um 75
Snorrast.tj.	75-76	-	60	um 60, 1975
HSK-1 (Svartsengi)	76/5-10	11-13	15-20	(220-240, 1974)
Tóttarkrókar	76/5	8-10	um 20	-

#### 4.2. Efnagreiningar

Efnagreint hefur verið vatn frá allmörgum stöðum á Reykjanesskaga. Á utanverðum skaganum voru einkum tekin mörg sýni til greininga á vegum Orkustofnunar fyrri hluta árs 1974. Sýnatökur hófust aftur sumarið 1976. Lítið hefur enn verið efnagreint af þeim sýnum. Sýnataka og einkum efnagreiningarnar sjálfar eru tímafrekar, og oft vill verða veruleg tímatöf á greiningu einstakra efna af vinnutæknilegum ástæðum. Talsvert hefur þó verið gert af klóríðgreiningum og heildargreiningar hafa verið gerðar á sýnum úr borholum HSK-2 og HSK-4. Úr þessum gögnum hafa verið valdar nokkurar efnagreiningar; eða meðaltal efnagreininga; til samanburðar við efnagreiningar úr ferskvatnsholunum (HSK-2/4). Af utanverðun Reykjanesskaga verða hér tilgreindar efnagreiningar úr HSK-2 og HSK-4 (frá 1976); meðaltal af "Lágasvæði" (Snorrastaðatjarnir 1974, höggborshola við Stapafell 1973); meðaltal úr 2 sýnum frá Keflavík og Ytri-Njarðvík (1974); meðaltal úr 2 sýnum úr Vogum og Höfnum (1974); sýni úr Moldarlágum við Grindavík (borhola vatnsveitu, 1974); undan Þorbirni (borhola lóranstöðvar 1974); borholu HSK-1 (við Svartsengi). Til samanburðar verða tilgreindar efnagreiningar á úrkomuvatni; <sup>frá</sup> Keldnaholti við Reykjavík (meðaltöl, og umreiknað samkvæmt meðalgildum efnahlutfalla, miðað við  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$ ); sjór; jarðhitavatn úr HSH-2 og HSH-4/5 (meðaltal) (úr skýrslu OS-JHD 7541); meðaltal efnagreininga úr Straumsvík og frá Kaldárseli (OS-JKD 7603), meðaltal efnagreininga úr Gvendarbrunnum (1 sýni), Lækjarbotnum í Mosfellssveit (meðaltal) og Bullaugum í Mosfellssveit (1 sýni) annars vegar, og meðaltal efnagreininga frá Þorlákshöfn (borholu, 1 sýni) og úr Vellankötlu við Þingvallavatn (1 sýni) hins vegar. Óvissar greiningar, eða meðaltöl verulegra mishárra gilda, eru sett í sviga í skránum. Auk þess hafa verið reiknuð meðaltöl hlutfalla milli ýmissra efna frá sömu stöðum.

Skrá 2

Efnainnihald vatnssýna

<u>Staður:</u>	<u>Efni:</u>									
	pH við 20°C	SiO <sub>2</sub>	Co <sub>2</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	
HSK-2	-	14,1	-	75	11,3	32,5	1,5	7,1	8,1	
HSK-4	(7,55)	14,7	(18)	73	11,7	33	1,6	7,4	7,9	
Lágasvæði	7,2	9	12	43	(6)	22	1,2	4,5	6	
Keflav.-Njarðv.	7,6	18	17	65	12	40	2,2	9	9	
Vogar-Hafnir	7,2	14	22	210	32	105	4,5	16	16	
Moldalágar	7,8	17	26	360	55	230	(23)	(1,4)	28	
Þorbjörn	7,6	35	55	230	35	130	6,5	22	22	
HSK-1	7,5	19	21	230	25	120	8,5	15	17	
Úrkoma, Keh.meðalt.	5,6	0,3	3	7	4	6	0,3	0,9	0,7	
" " hlutf.	-	0,2	2,8	9,3	2,9	5,2	0,25	0,6	0,7	
Sjór	~8	~1	~100	19000	2500	10550	380	1270	405	
HSH-2	6,7	400	75	12000	45	6800	1000	1,2	1050	
HSH-4/5	6,2	450	450	12000	33	6200	950	6,6	950	
Strv.-Kaldárs.	6,9	15	20	11	(3)	10	0,6	1,5	1,2	
Gvbr.-Lækjarb.-B.	7,4	12	25	12	(2,5)	12	0,6	2,1	5,7	
Þorlh.-Þingv.	8,8	18	15	11	(5)	8	0,6	2,0	4,9	

4.3. Magn (styrkur) einstakra efna

Jarðvatn á utanverðum Reykjaneskaga er að mestu leyti úrkomuvatn (regnvatn og leysingavatn) að uppruna, þó víða eigi sér stað íblöndun sjávar (við strendur) eða vatns frá jarðhitasvæðum. Efnainnihald í úrkomu er bæði mismikið og breytilegt í efnahlutföllum, eins og efnagreiningar Orkustofnunar á úrkomu í Keldnaholti, Dalsmynni í Biskupstungum og Hveravöllum sýna. Vitað er, að særok getur haft mikil áhrif á efnainnihald úrkomu, og má því við því búast, að meðalefnainnihald og dreifing efnainnihaldsgilda séu verulega frábrugðin í úrkomuvatni á Suðurnesjum frá úrkomu í t.d. Keldnaholti. Það er því full þörf á því að rannsaka efnainnihald úrkomu á vatnasvæðum þeim, sem vatn skal unnið af. Erfitt er að gizka á upphaflega samsetningu jarðvatnsins fyrir en

tölur liggja fyrir úr slíkum efnagreiningum. Sennilegt er þó, að heildar-efnainnihald úrkomu þeirrar, sem skilar sér til jarðvatns á Suðurnesjum sé mun meira en í úrkomu í Keldnaholti, eða sem svarar til allt að 20-30 ppm  $\text{Cl}^-$ , og önnur efni í hlutfalli við það. Magn (styrkur) einstakra efna verður því ekki tengt með vissu í nákvæmt, tölulegt samband við ákveðna orsakabætti. Hins vegar má fá vissar ábendingar um uppruna og feril jarðvatnsins á grundvelli almennrar, jarðefnafræðilegrar þekkingar á greindum efnum, og samanburði þeirra frá stað til staðar.

Kísill ( $\text{SiO}_2$ ). Kísil skortir að kalla í úrkomu og í sjó. Hins vegar getur jafnaðarlega verið töluvert kísilmagn í upplausn við hátt hitastig í jarðvatni. Þar hafa vitaskuld ýmsir aðrir þættir sín áhrif en hitastigið eitt (svo sem efnasamsetning bergs og vatns, dvalartími vatns í bergi o.s.frv.), en þó er mjög glögg fylgni milli kísilstyrks og hitastigs vatns. Þetta samband er m.a. mikið notað við jarðhitarannsóknir, þar eð kísilstyrkurinn breytist venjulega ekki að bragði við hitastigsbreytingu og veitir þannig upplýsingar um það hitastig, sem vatnið hefur fyrr haft ("kísilhiti"). Þetta atriði getur ráðið verulegu um kísilstyrk í jarðvatni á umræddum svæðum, þar eð hann er hár í jarðhitavatni (um 400 ppm). Lítilsháttar hitastigsmunur getur einnig verið á jarðvatni af öðrum orsökum (hlutdeild leysingarvatns o.fl.). Gera má ráð fyrir að lítill kísilstyrkur ( $\geq 10$  ppm  $\text{SiO}_2$ ) stafi af hárrí hlutdeild úrkomuvatns eða skammri rennslisleið (Lágasvæði, e.t.v.). Hár kísilstyrkur ( $\geq 20$  ppm  $\text{SiO}_2$ ) stafar væntanlega annað hvort af óvanalega háu hitastigi eða íblöndun jarðhitavatns (Þorbjörn). Væri jarðhitavatnið þynnt niður í 1%, án þess að efnabreytingar ættu sér stað, þá innihéldi það u.þ.b. 120 ppm  $\text{Cl}^-$  og 4 ppm  $\text{SiO}_2$ . Í hlutfalli við  $\text{Cl}^-$  ætti  $\text{SiO}_2$  að hafa aukizt um 7-8 ppm í vatni úr HSK-1 og undan Þorbirni, og vera þá líklega 20-25 ppm. Hærrí styrkur undan Þorbirni stafar e.t.v. af því, að hluti vatnsins hafi hitnað verulega á leið sinni, án íblöndunar jarðhitavatns (jarðsjávar).  $\text{SiO}_2$  í Keflavík-Njarðvíkum (18 ppm) er e.t.v. herra en í HSK-2, HSK-4 vegna lengri dvalartíma vatnsins í bergi, en allt er það þó óvísst. Kísilstyrkur 10-20 ppm  $\text{SiO}_2$  verður að teljast eðlilegur í jarðvatni á þessum slóðum.

Koldíoxíð (CO<sub>2</sub>). Heildarstyrkur CO<sub>2</sub> er fremur lítill í úrkomuvatni (um 3 ppm, skrá 2), svipaður í 1% jarðhitavatni (4-5.5 ppm, samsvarar 120 ppm Cl<sup>-</sup>), en er minni í 1% sjó (um 1 ppm, samsvarar 190 ppm Cl<sup>-</sup>). Aukning CO<sub>2</sub> verður einkum við yfirborð (efnaskipti við jarðveg, gróður og loft við yfirborð) eða í bergi. Styrkur CO<sub>2</sub> virðist almennt vera 15-25 ppm í jarðvatninu. Lítið eitt lægra gildi (12 ppm) er á Lágasvæði og gildir e.t.v. það sama þar og um kísilstyrk: Hátt hlutfall úrkomuvatns og skammur dvalartími í bergi. Styrkur CO<sub>2</sub> undan Þorbirni er hærri en samsvaraði 2% íblöndun jarðhitavatns og gæti e.t.v. stafað af hærri hlutdeild gufu í upphitun vatnsins. Styrkur CO<sub>2</sub> í Moldarlágum gæti stafað af meiri gróðri á aðrennslissvæðinu, en gæti einnig haft aðrar orsakir.

Klóríð (Cl<sup>-</sup>). Sem fyrr segir, er Cl<sup>-</sup> styrkur í úrkomuvatni á svæðinu líklega ekki meiri en 20-30 ppm. Það sem umfram er stafar þá líklega af íblöndun sjávar eða jarðhitavatns. Sjóblöndunin getur stafað af óvenju miklum saltburði með særoki við ströndina, eða mikilli vatnsvinnslu (úrdælingu) úr þunnu jarðvatnslagi. Á svæði II hækkar klóríð-innihald jarðvatns, þegar nær dregur jarðhitasvæðinu við Svartsengi (Lágasvæði um 40 ppm; HSK-2/4 um 75 ppm; HSK-1 um 200 ppm). Nærtækasta skýringin er sú, að hér sé um áhrif frá jarðhitasvæðinu (íblöndun jarðhitavatns) að ræða. Cl<sup>-</sup> í vatni undan Þorbirni stafaði líklega af jarðhitavatni. Í Moldarlágum stafar Cl<sup>-</sup> innihald líklega af íblöndun sjávar, vegna nálægðar staðarins við sjó. Þó gæti hér einnig verið um jarðhitavattn að ræða.

Súlfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). Í úrkomuvatni á umræddum svæðum er súlfat-styrkur e.t.v. 5-10 ppm. 1% jarðhitavattn hefði SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ≤ 1/2 ppm, en 1% sjór um 25 ppm. Súlfat-styrkur vatns getur því gefið vissa ábendingu, hvort hátt klóríð-innihald stafar af íblöndun sjávar eða jarðhitavatns. Á það er þó að líta, að efnaskipti, sem súlfat á þátt í, eru ekki nógu vel þekkt hér á mörkum jarðhitasvæða og "venjulegs" jarðvatns. Súlfat er að miklu leyti horfið úr "djúpvatni" á jarðhitasvæðinu (hlutfall SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> í HSH-2 og

HSK-4/5).  $\text{SO}_4^{2-}$  í HSK-1 gæti því stafað af íblöndun upphitaðs sjávar fremur en raunverulegs heits "jarðsjávar" (jaðaraðstæður?). Hluti súlfats og klóríðs í vatni á fyrirhuguðum vatnsvinnslusvæðum gæti því stafað af íblöndun vatns frá jaðri jarðhitasvæðisins, frekar en "þynntu djúpvatni". Súlfat í Moldarlágum bendir frekar til sjávaríblöndunar en jarðhitavatns, en súlfat í vatni undan Þorbirni virðist benda til íblöndunar upphitaðs sjávar (jaðaraðstæður?).

Natríum ( $\text{Na}^+$ ). Styrkur  $\text{Na}^+$  fylgir klóríðstyrk nokkuð, þannig að svipaðar ályktanir má af hvorutveggja draga. Hlutfall þeirra er samt nokkuð breytilegt, en um það verður fjallað síðar.

Kalíum ( $\text{K}^+$ ). Svipað gildir og um kalíum. Þó skal hér bent á, að kalíum hefur aukizt í hlutfalli við  $\text{Na}^+$  og  $\text{Cl}^-$  í heita jarðsjónum miðað við "venjulegan" sjó og gætir þess all verulega í hlutfallinu  $\text{K}^+/\text{Na}^+$ . Mældur styrkur  $\text{K}^+$  í Moldarlágum sker sig úr öðrum gildum, í tilliti til styrks annarra efna, og er líklega eitthvað brenglaður, nema því aðeins, að um lítt blandað, þynnt jarðhitavatn sé að ræða.

Magnesíum ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Í úrkomuvatni á umræddum svæðum er  $\text{Mg}^{2+}$  líklega aðeins 1-2 ppm. Í jarðhitavatninu er  $\text{Mg}^{2+}$  hverfandi, en 1% sjór innihéldi um 13 ppm  $\text{Mg}^{2+}$ . Það getur því haft svipaða þýðingu og súlfat til aðgreiningar jarðhita- og sjávaríblöndunar. Lítil  $\text{Mg}^{2+}$  styrkur í Moldarlágum (svo fremi, hann er rétt ákvarðaður) gæti bent til íblöndunar tiltölulega "hreins", þynnts jarðhitavatns (jarðsjávar).  $\text{Mg}^{2+}$  styrkur á fyrirhuguðu vatnsvinnslusvæði er mun meiri en í "bergvatni" á austanverðum Reykjaneskaga, og gæti stafað af íblöndun upphitaðs sjávar (sbr. HSK-1).

Kalsíum ( $\text{Ca}^{2+}$ ). Styrkur kalsíums fylgir styrk annarra "katjóna" nokkuð, og líkist styrk magnesíums hvað mest. Þó er sá munur á, að  $\text{Ca}^{2+}$  hefur hlutfallslega aukizt í heita jarðsjónum, andstætt því sem verður um  $\text{Mg}^{2+}$ .  $\text{Ca}^{2+}$  styrkur í HSK-1 og undan Þorbirni gæti því m.a. stafað af íblöndun jarðhitavatns, svo og í Moldarlágum. Á það er þó að líta, að tiltölulega miklu  $\text{Ca}^{2+}$  er á þessum stöðum einnig samfara tiltölulega mikið  $\text{SO}_4^{2-}$ , sem gæti e.t.v. staðið í sambandi við jaðarástand jarðhitasvæðisins í Svartsengi.

4.4. Hlutföll einstakra efna

Vissar reglulegar hneigðir má einnig sjá í hlutföllum einstakra efna.

Skrá 3

Hlutföll einstakra efna

<u>Staður:</u>	<u>Hlutföll:</u>							
	$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$	$\text{K}^+/\text{Na}^+$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$	$\text{CO}_2/\text{Cl}^-$	$\text{SiO}_2/\text{CO}_2$	$\text{Ca}^{2+}/\text{CO}_2$
HSK-2/4	0,44	0,24	0,22	$4,9 \cdot 10^{-2}$	0,16	0,24	0,80	0,44
Lágasvæði	0,46	0,26	0,20	5,4 "	(0,13)	0,23	(0,76)	(0,50)
Keflav.-Njarðv.	0,62	0,22	0,23	5,5 "	0,18	0,26	1,06	0,53
Vogar-Hafnir	0,50	(0,14)	0,16	4,2 "	0,15	0,10	0,56	(0,68)
Moldarlágar	0,65	0,12	(0,006)	(6,1 ")	0,23	0,11	0,65	1,07
Þorbjörn	0,57	0,17	0,17	4,9 "	0,15	0,23	0,64	0,42
HSK-1	0,52	0,14	0,12	7,0 "	0,11	0,09	0,90	0,82
Úrkoma, Keldnah.	0,56	0,13	0,11	4,9 "	0,31	0,30	0,12	0,39
Sjór	0,56	0,04	0,12	3,6 "	0,13	0,005	<0,01	4,0
HSH-2	0,55	0,15	$2 \cdot 10^{-4}$	15 "	(0,004)	(0,006)	(5,3)	14
HSH-4/5	0,53	0,15	$1 \cdot 10^{-3}$	16 "	(0,003)	0,04	0,98	2,1
Kaldársel-Str.	0,90	0,12	0,16	6,3 "	(0,16)	1,95	0,71	0,06
Gvbr.-Lækb.-B.	0,99	0,49	0,18	(4,5 ")	(0,22)	(2,4)	0,50	0,21
Þorlh.-Þingv.	0,70	0,68	0,24	7,6 "	(0,50)	1,30	1,24	0,36

Hlutföll efna eru sem gildi háð tveimur efnum hverju sinni og því ekki eins óháð einkenni raunverulegs eðlis jarðvatnsins og styrkur hvors efnis sjálfur, hvor fyrir sig. Breytingar þessarar hlutfalla stafa annað hvort af mismiklum (í sömu átt) eða andstæðum breytingum efnastyrks beggja efnanna. Hlutföll geta því einnig verið háð styrk efnanna tölulega séð. Samt er svo að sjá, sem vissar hneigðir komi fram í breytilegum efnahlutföllum miðað við líklega upprunapætti (úrkomu, sjó, jarðhita, berg o.s.frv.). Hér verða talin nokkur atriði.



$\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ . Meðaltal hlutfallsgilda í úrkomuvatni í Keldnaholti er svipað og í sjó. Þó ber þess að gæta, að hlutfallstölur allt niður í 0,4 koma iðulega fyrir. Í sarakri er  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  hlutfallið yfirleitt lægra en í sjó, og ætti þess því að gæta eftir því meira sem saraks gætir meira í úrkomunni. Úrkomuvatn á utanverðum Reykjaneskaga gæti því hæglega haft  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  hlutfall talsvert lægra en 0,56 (sjór, úrkoma í Keldnaholti). Úr því verður þó vart skorið nema með efnagreiningum á reglulega teknum úrkomusýnum á þessu svæði. Klóríð-styrkur breytist yfirleitt lítið vegna efnaskipta við berg á rennslisleið vatnsins og veldur því breyting á styrk  $\text{Na}^+$  yfirleitt breytingum á hlutfallinu  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ . Þar eð  $\text{Na}^+$ -styrkur eykst heldur vegna efnaskipta við berg, þá er  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  hlutfallið herra en í úrkomu (og í sjó) í lindum á austanverðum Reykjaneskaga. Tiltölulega hátt hlutfall ( $\geq 0,6$ ) í Keflavík-Njarðvíkum gæti bent til þess, að dvalartími þess vatns í bergi hefði verið tiltölulega langur. Hátt hlutfall í Moldarlágum verður ekki með vissu túlkað á sama veg, sökum þess hve styrkur efnanna ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) er mikill.

$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ . Lægsta gildið er í sjó (0,04), en þau hæstu í vatni, sem líklega hefur haft langa viðdvöl (rennslitími) í bergi (0,5-0,7). Þó er þetta hlutfall svipað í vatni úr Straumi og í úrkomu. Í sýnum með tiltölulega litlu magni af  $\text{Na}^+$  (HSK-2/4, Lágasvæði, Keflavík-Njarðvík) er þetta hlutfall hvarvetna svipað (um 0,25). Það er svipað og í úrkomu, eða lægra, þar sem líkur eru á sjóblöndun eða e.t.v. upphituum sjó (Moldarlágar, HSK-1).

$\text{Mg}^{2+}/\text{Na}^+$ . Þetta hlutfall er mjög lágt í jarðhitavatninu (lítið af  $\text{Mg}^{2+}$ ), og væri þá lágt hlutfall í Moldarlágum e.t.v. vegna íblöndunar slíks vatns. Á öðrum stöðum virðist þetta hlutfall ámóta að gildi (0,11-0,24). Hversu hátt það er á Svæði II stendur líklega í sambandi við það, hvað  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  hlutfallið er lágt (tiltölulega lítið af  $\text{Na}^+$ ).

$\text{K}^+/\text{Na}^+$ . Lægstu gildin eru í sjó ( $3,6 \cdot 10^{-2}$ ), en þau hæstu í jarðhitavatninu ( $15 \cdot 10^{-2}$ ). Í úrkomu virðist þetta hlutfall nærri  $5 \cdot 10^{-2}$ . Hlutfallið lækkar líklega við sjóblöndun (Vogar-Hafnir, Þorbjörn, HSK-2/4), en hækkar við íblöndun jarðhitavatns (Moldarlágar, HSK-1). Það er líklega heldur herra í vatni með langan dvalartíma í bergi en í úrkomuvatni (Lágasvæði, Keflavík).

$\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ . Súlfat-klóríð-hlutfallið er lágt í jarðhitavatninu (einnig HSK-1), en hátt í úrkomu. Hátt gildi er einnig í vatni úr Moldarlágum, hvað sem veldur. Önnur gildi liggja á litlu bili þarna á milli (0,13-0,18), þó nokkur óviss gildi liggi utan þess.

$\text{CO}_2/\text{Cl}^-$ . Þetta hlutfall er lágt bæði í sjó og jarðhitavatni (<0,05), en hátt í vatni af austanverðum Reykjanesskaga (>1,00). Gildi nærri 0,1 (HSK-1, Vogar, Moldarlágar) sýna því væntanlega glögg áhrif íblöndunar, en gildi 0,2-0,3 (Lágasvæði, Keflavík, Þorbjörn) e.t.v. meiri áhrif "bergvatns". Óvisst er, hvort orsakasamband er á milli styrk þessarra efna hvors fyrir sig í því vatni, sem sýni voru tekin úr. Óvisst er því einnig, hvort hlutfall þetta hefur sjálfstætt gildi.

$\text{SiO}_2/\text{CO}_2$ . Sama gildir um þetta hlutfall, hvað "sjálfstæði" þess og upplýsinga-gildi varðar. Hins vegar má búast við því, að gildin séu svipuð á tveimur stöðum, ef "skyldleiki" er milli vatnsins á þeim báðum (HSK-2/4, Lágasvæði).

$\text{Ca}^{2+}/\text{CO}_2$ . Hlutfall þetta er hátt í sjó og jarðhitavatni (> 2), en lágt í úrkomu (um 0,4). Há gildi (HSK-1, Moldarlágar: 0,8-1,1) gætu því bent til íblöndunar, en lægri gildi (HSK-2/4, Lágasvæði, Keflavík, Þorbjörn) til meiri áhrifa úrkomuvatns og bergs (gildi 0,4-0,5). Athyglisvert er, hversu lágt þetta hlutfall er í vatni af austanverðum Reykjanesskaga. Í sambandi við öll hlutföll við  $\text{CO}_2$  er rétt að benda á, hversu "sjálfstætt" þetta efni getur verið, hvað magn (styrk) snertir.

#### 4.5. Efni í vatni á einstökum stöðum

Á grundvelli þeirra upplýsinga, sem þegar liggja fyrir, er einungis hægt að draga einhverjar ályktanir með mikilli óvissu. Fleiri og markvissari efna-greiningar yku líklega þau líkindi verulega, sem draga mætti ályktanir af.

Eins og stendur er aðeins gert ráð fyrir fjórum orsakapáttum efnainnihalds jarðvatns: Úrkoma, sjór, heitur jarðsjór ("djúpvatn") og efnaskipti við berg.

Þessir þættir eru ekki nánar skilgreindir (efnahvörf o.s.frv.). Samkvæmt því virðast þessir þættir hafa eftirfarandi áhrif á efnainnihald vatns á utanverðum Reykjanesskaga (svæði II, svæði I):

Úrkoma hefur líklega mun hærri efnainnihald á utanverðum skaganum, en á honum austanverðum eða fyrir botni Faxaflóa (Keldnaholt). Líkur eru á, að þetta efnainnihald samsvari 20-30 ppm  $\text{Cl}^-$  og hlutföll efna ákvarðist að verulegu leyti af hlutföllum í særoki, sem eru nokkuð frábrugðin hlutföllum í sjó. Styrkur (magn) katjóna eykst jafnaðarleg við dvöl vatnsins í bergi, og því meir, sem dvölin er lengri. Sama gildir að nokkru leyti um kísil, en annars ákvarðast styrkur hans að verulegu leyti af hitastigi vatnsins. Á þessum grundvelli er reist sú tilgáta, að jarðvatn á svæði II (Lágasvæði, HSK-2/4) hafi skamma viðdvöl í bergi, eða hlutfall úrkomuvatns sé hátt í jarðvatninu. Jarðvatn í Keflavík-Njarðvík (og þá væntanlega almennt á grá-grýtissvæðinu) gæti hafa haft lengri viðdvöl í bergi.

Sjóblöndunar gætir verulega við ströndina, þar sem hraun ná fram í sjó (velliðandi lög) eða vatn er unnið nærri sjó, eða um lítið rennsli jarðvatns er að ræða. Þar sem  $\text{Cl}^-$  styrkur er hærri en 20 ppm á svæði II svipar efnainnihaldi víða meira til venjulegs sjávar, en til heits jarðsjávar: HSK-2/4, Lágasvæði, HSK-1, e.t.v. Þorbjörn.  $\text{Cl}^-$  styrkur eykst í átt til háhitasvæðisins í Svartsengi. Líkur eru því á, að þessi aukning efnainnihalds stafi af íblöndun sjávar frá jaðri háhitasvæðisins, sem hafi aðra efnasamsetningu en heiti jarðsjórinn á svæðinu sjálfu ("djúpvatn"), hvort sem veldur upphitun við jaðar svæðisins án samsvarandi íblöndunar djúpvatns, eða einhver efnaskipti við jaðarinn.

Á grundvelli 1 efnagreiningar væri hægt að gizka á, að efnainnihald vatns undan Þorbirni stafaði af íblöndun "upphitaðs sjávar" og efnaskiptum bergs við "gufuhitað" vatn (jarðhiti undir Þorbirni?). Á samskonar grundvelli væri hægt að gizka á, að efnainnihald vatns í Moldarlágum stafaði af útþynntum heitum jarðsjó og lítið efnabreyttri úrkomu. Grundvöllur hvorutveggja ágizkana er vitaskuld mjög ótraustur sökum ónógra efnagreininga.

Samkvæmt efnagreiningunum gæti áhrifa jarðhitasvæðisins gætt víðar, en á annan hátt, en búizt hafði verið við. Gæti útbreiðsla jarðhitaáhrifa orsakast af því, að jarðhitasvæðið, eða bein áhrif þess, næði lengra til NA en haldið var, eða einnig að lega jafnhæðarlína jarðvatns sé önnur, en talið var, einkum hvað stefnu snertir.

## 5. JARÐLAG

### 5.1. Vatnafræðileg þýðing jarðlaga

Jarðvatn rennur hvarvetna í jarðlögum og skiptir gerð þeirra því höfuðmáli um alla rennslíshætti jarðvatnsins. Meðal helztu vatnafræðilegra eiginleika jarðlaga er vatnsleiðni þeirra, sem er nokkurs konar mælikvarði á það, hversu greið rás vatnsins um jarðlagið er. Vatnsleiðnin er afar misjöfn frá stað til staðar, eftir því hvert jarðlagið er, og þá sjaldnast jöfn í allar áttir. Miðað við stór svæði er þess því ekki að vænta, að rými þau, sem hin einstöku jarðlög fylla ("bergskrokkar", OS-JKD 7603, bls. 12), séu einskynja ("hómógen") eða jafnleitin ("ísótróp") í tilliti til vatnsleiðni. Fyrir hvert svæði fyrir sig er þó hægt að velja einkennistöður á vatnsleiðni og öðrum tilteknum vatnafræðilegum viðmálum ("parametrum"), sem gilda í samburði við önnur svæði, hvað þessi ákveðnu viðmál áhrærir. Hins vegar hafa þessi sömu viðmál hin margvíslegustu gildi innan svæðisins sjálfs, eins og fyrr er bent á. Það er því ljóst, að tölugildi vatnafræðilegra viðmála fara mjög eftir því, við hvaða stærð bergrýmis (eða svæðis) er miðað. Þessum stærðum er hægt að raða í stærðarflokka, eftir því hvaða viðmál skal meta, hvaða nákvæmni er leitað, hversu vel einskynja og jafnleitin rýmin skulu vera og að hvaða notum flokkunin skal koma. Stærðarflokkar þessir ná frá handsýnum og upp í heil héruð.

Af þessu leiðir nokkrar grundvallarreglur um jarðfræðilegt mat á vatnafræðilegum eiginleikum jarðlaga. Könnunarnákvæmni og flokkun jarðlaga miðast við stærð þess svæðis (bergrýmis), sem leitað er að einkennisgildi fyrir. Greining jarðlaga eftir vatnafræðilegum einkennum þarf að vera a.m.k. stærðarflokki nákvæmari en viðmiðunarstærðin. Fræðilega óheimilt er að láta einkennisgildi ákveðins svæðis gilda fyrir hluta af því, sem smærri stærðarflokk þess. Að öðru leyti ákvarðast könnunar- og flokkunarnákvæmni fyrst og fremst af nákvæmni þeirri, sem leitast er við að ná á einkennisgildum. Könnun og flokkun jarðlaga getur verið ólík, eftir því hvaða vatnafræðilegt einkenni á að meta. Svipað gildir einnig um samþefingu einkennisgilda ákveðins stærðarflokks bergrýma (bergskrokka, svæða) í stærri flokk. Þó flokkun og

greining smærri eininganna, og reglur um samhæfingu í stærri eininguna, gefi góða raun fyrir ákveðið vatnafræðilegt viðmál ("paramentra"), þá þarf sama flokkun og samhæfing ekki að gilda fyrir ákveðin önnur viðmál.

Þetta skal skýrt með dæmi: Skipting í stærðarflokka viðmiðunarsvæðis væri t.d.: Svæði II - Lágasvæði - bergfleygur milli sprungna á Lágasvæði. Miðað við þessa flokkun væri t.d. hægt að áætla reikningslega hæðarlegu jarðvatnsborðs á svæði II með því að velja svæðum á því, sem hefðu svipaða stærð og Lágasvæði, ákveðin gildi í vatnsleiðni, eins og raunar hefur verið gert. Þessi gildi væru hins vegar alls ekki endilega marktæk fyrir vatnsleiðni og vatnsgæfni borhola á Lágasvæði, og þannig koll af kolli.

Í samræmi við þessar reglur er sá munur á könnun mismunandi stærðarflokka svæða, að sami hluturinn er ekki einungis kannaður nákvæmar, þegar smærri einingar eru kannaðar, heldur einnig oft á annan veg. Lýtur það ekki einungis að aðferðum þeim, sem beitt er, heldur einnig einkennum jarðlags. Hverjum stærðarflokki viðmiðunarsvæða fylgir oftast visst stig rannsókna. Þannig beinist frumkönnun að heilum "vatnasvæðum" (t.d. svæði II) með val hentugra vatnsvinnslusvæða fyrir augum. Jarðfræðileg flokkun við frumkönnun nær til "jarðlagssvæða", eða myndana ("formation") og myndana-deilda. Jarðfræðileg könnun gengi þá skrefi lengra og nær til einstakra jarðlaga og jarðlaga-syrpna ("seriur"). Forkönnun, með afkastagetu svæðis o.fl. fyrir augum, nær t.d. til Lágasvæðis, og jarðfræðileg flokkun miðast við jarðlög og jarðlagasyrpur. Sérkönnun miðaði t.d. að vali borstaðar á ákveðnum bergfleyg eða bergfleygahópi og lyti að einstökum jarðlögum, sprungum og jarðlagahlutum.

Framangreindar reglur gilda vitaskuld einnig um aðrar rannsóknaraðferðir en beinar jarðfræðilegar rannsóknir. Þeim er þó valin staður hér af tvennum ástæðum: Í fyrsta lagi ákvarðast ástand og hegðun jarðvatns af gagnkvæmu sambandi vatns og jarðlags ("fluidum in medium"), en jarðlag er fyrst og fremst jarðfræðilegt viðfangsefni. Í öðru lagi verður hlutdeild jarðlags í nýtingarmöguleikum jarðvatns seint eða aldrei of hátt metin, og gildir þá svipað um þátt markvissrar jarðfræðikönnunar í heildarkönnun jarðvatns.

## 5.2. Myndanir

Myndun ("formation") er stærsta eining, sem jarðlög eru yfirleitt flokkuð í á Íslandi. Stærð þessarar eininga (í jarðsögulegum tíma og bergrymi) er margbreytileg, enda gilda ekki fastar reglur um val þeirra. Á Reykjanes-skaga virðist hagkvæmt frá vatnafræðilegu sjónarmiði að fylgja gamalli venju og flokka jarðlög til þriggja myndana: Móbergsmyndun, grágrýtismyndun, nútíma hraun (OS-JKD 7603, bls. 12). Þess ber að gæta, að þessi flokkun hefur takmarkað jarðsögulegt gildi, en er hins vegar hentug fyrir kortlagningu. Frá hreinu jarðsögulegu ("Chrono-stratigrafisku") sjónarmiði myndi flokkun verða önnur, heldur en frá vatnafræðilegu ("hydro-geologisku"). Þessum myndunum er hægt að skipta niður í smærri einingar, deildir eða berggerðarflokka. Ráða þar vatnafræðileg sjónarmið meiru en jarðsöguleg. Útbreiðsla þessarar myndana á yfirborði er sýnd á mynd 15. Innan þessarar myndana er berggerð margbreytilegust í móbergsmynduninni, en bergi í henni má skipta í tvo meginflokka: "Gyskisberg" ("túff", sbr. OS-JKD 7603, bls. 15) og þursaberg, bólstraberg og kubbaberg. Nútíma hraun er einnig hægt að greina í tvo flokka: Dyngjuhraun og sprunguhraun (Jón Jónsson, jarðfræðikort af Reykjanes-skaga, óbirt, sjá mynd 15). Við jarðfræðilega frumkönnun á utanverðum Reykjanes-skaga virðist því hentugt að skipta jarðlögum (bergskrokkum) í 5 flokka, með tilliti til vatnsleiðni og vatnsrýmdar (sbr. OS-JKD 7603, bls. 20):

1. Sprunguhraun: Oft brotin og með miklu gjalli. Vatnsrýmd veruleg, vatnsleiðni mjög góð.
2. Dyngjuhraun: Samfelldari en sprunguhraun. Vatnsrýmd fremur lítil en vatnsleiðni góð.
3. Grágrýti: Lík dyngjuhraunum en þéttari. Vatnsrýmd lítil, vatnsleiðni sæmileg.
4. Bólstraberg (og kubbaberg): Myndað úr glufóttu storkubergi (basalti). Vatnsrýmd fremur lítil en vatnsleiðni góð eða sæmileg.
5. Þursaberg (og gyskisberg): Myndað úr gler- og storkubergsbrotum. Vatnsrýmd mikil en vatnsleiðni léleg. (Sbr. Davis, S.N.; De Wiest, R.J.M. 1970, S. 333 frh.).

Öll millistig eru til milli 4. og 5. og breytast eiginleikar bergsins eftir því. Allt er þetta berg samt kallað móberg.

Höfuðdrættirnir í útbreiðslu einstakra myndana (eða myndanadeilda) eru þeir, að móbergið er svo til allt á gosbeltinu, sem liggur nærri A-V eftir endilöngum Reykjaneskaga (mynd 16.2). Eldstöðvar þær, sem nútíma hraun eru komin frá, liggja á sama gosbelti, en hraunin sjálf ná að hluta út fyrir það. Grágrýtið kemur fyrir innan um hinar myndanirnar (berggerðirnar á gosbeltinu, en þó einkum við jaðra gosbeltisins og utan þess, þar sem það er algengasta jarðlagsgerð. Dýpri jarðlög eru ekki talin skipta neinu verulegu máli fyrir ástand fersks jarðvatns á svæðum II og III:

### 5.3. Móbergsmýndun:

Móberg er nú almennt talið myndað við eldgos undir jöklum eða vatni (sjó). Snöggkæling hraunkvikunnar við þær aðstæður er talin eiga verulegan þátt í myndun storkuglersbrota, sem einkenna svo mjög ýmsar gerðir móberg (gyskisberg, þursaberg). Glerbrotaberg ("hyaloklastit") þetta hleóst oftast upp í hrúgur umhverfis gosopið. Myndun þess er talin verða helzt á tiltölulega litlu vatnsdýpi (e.t.v. nokkrum tugum metra) eða skammt ofan vatnsborðs. Gyskisberg (og þursaberg að nokkru) kemur því helzt fyrir á kollum móbergsfellanna eða sem þekjur ("kápur") í hlíðum þeirra. Þó getur það einnig myndað lög við rætur fellanna, en sjaldnast þó langt frá þeim. Bólstraberg (og kubbaberg) er talið myndað á meira dýpi, en e.t.v. ræður ástand hraunkvikunnar og kvikurennslisins einnig nokkru um. Það hleóst einnig upp í hrúgöld og myndar oft neðri hluta móbergsfellanna og innviðu þeirra. Breytingar á gosháttum og ytri aðstæðum geta leitt til þess, að bólstraberg og gyskisberg myndist til skiptist í sama gosi, og skiptist þá líka á í lögum (bergskrokkum) í móberginu. Að jafnaði er því ekki hægt að flokka móbergfell í hrein bólstrabergsfell eða hrein gyskisbergfell, heldur eru þau úr margslunnum blöndum beggja gerða í ýmsum hlutföllum. Vatnafræðilegir eiginleikar móbergisins geta því verið á ýmsa vegu og þarfnast jafnan rækilegrar könnunar hverju sinni.



Eins og að líkum lætur hleðst móbergið upp í hóla, fell, fellaraðir og hryggi allt eftir stærð goss og gerð. Endurtekin gos mynda samsetta fjalls-hryggi (Sveifluháls, Núpshlíðarháls) eða fjallaklasa (Fagradalsfjall). Hlað-izt fjöllin upp fyrir vatnsborð getur gosið breyttzt í hraungos, sem geta þá myndað basalhettur á fjöllum (Langahlíð, Fagradalsfjall o.fl.). Við endurtekin gos, einkum ef breytingar hafa orðið á vatnsborði (jökulborði), geta þannig skipzt á móbergsskrokkar og basalhraunlög (grágrýtislög) í sama fellu (Slaga hjá Ísólfskála, Fagradalsfjallasklasinn). Basalhettur einar sér eru þó ekki sönnun þess, að móbergsfjall hafi hlaðizt upp úr vatni (jökli), því að hraun geta einnig komið upp í slíkum fellum utan jökultíma (í Sýlingarfelli liggur nútíma hraun ofan á basalhettu, sem líklega til-heyrrir móberginu, svo dæmi sé nefnt).

Móbergsfellin koma einkum fyrir á beltum eða reinum, sambærilegum við gos-reinar þær, sem eldstöðvar hafa myndast á eftir ísöld, enda uppruni þeirra af sama toga (mynd 1, mynd 15, mynd 16.2, mynd 17.1). Vestasta beltið nær frá Reykjanestá um Sýrfell og Lágafell norðaustur til Þórðarfells og Stapafells. Líkur eru á, að mikill hluti móbergshóla og -fella á þessu belti muni vera þakinn nútíma hraunum, og verði hans ekki vart á yfirborði. Þetta móbergssvæði getur haft veruleg áhrif á stefnu og magn jarðvatnsstrauma á svæði II. Næsta belti nær frá Þorbirni og Lágafelli norðausturum Sýlingar-fell, Stóra-Skógfell og Litla-Skógfell. Nútíma hraun liggja hvarvetna upp að þessum fellum og þekja líklega móbergsskrokka á milli þeirra. Þetta mó-bergsbelti afmarkar svæði II að austan, en óvísst er, hvort því fylgja eigin-leg jarðvatnsskil. Þegar austar kemur verða móbergsfjöllin hærri og samfelld-ari. Nútíma hraun liggja þar í dældunum milli fjallana og líklega að mestu eða öllu ofan jarðvatnsborðs. Vegna þess, hve vatnsleiðni er lítil í móberginu sem heild, má gera ráð fyrir því, að jarðvatnsborð liggja mun hærra á svæði III en svæði II, e.t.v. nokkura tugum metra yfir sjávarmáli. Landslag bendir til þess, að móbergsskrokkar nái á þessu svæði lengra til norðurs en sést á yfirborði, eða norður í svokallaðar Brúnir upp af Strandarheiði (mynd 2, mynd 16.2, mynd 17.2).

Sumarið 1976 var aðeins framkvæmd lausleg yfirlitskönnun á móberginu á svæðum II og III. Kanna þarf nánar gerð þess og útbreiðslu á báðum svæðunum, því að móbergið mun hafa veruleg áhrif á jarðvatnsstrauma á svæði II (sbr. mynd 17.2) og eins á alla möguleika til ferskvatnsöflunar austan Grindavíkurvegjar. Líkur eru á, að ábendingar megi fá um vatnsöflunarmöguleika á svæðinu milli Fagradalsfjalls, Skógfella og Vatnsheiðar með rannsókn á móbergsfjöllum beggja vegna við.

#### 5.4. Grágrýtismyndun

Grágrýtið er að uppruna basalhraun, að miklu eða mestu leyti talið komið upp við dyngjugos, og álitid myndað á hlýskeyðum ísaldar eða á íslausum svæðum á jökulskeyðum. Athuganir, sem OS-JKD gerði sumarið 1976 gætu bent til þess, að grágrýtisdýngjur á Vogastapa og Háaleiti hefðu myndast í jökuljaðri. Aðrar athuganir benda til þess, að Háaleitisdýngjan, a.m.k., gæti hafa myndast á einhverjum þeim tíma, þegar ísfarg var yfir landinu en þó íslaut yzt á Reykjanesskaga. Sé þetta rétt, þá munu einungis jöklar síðustu jökulskeyða hafa gengið yfir grágrýtið á utanverðum Reykjanesskaga og þó verið þunnir, e.t.v. aðeins nokkur hundruð metra þykkir. Til þessa sama benda athuganir á jarðfræði móbergfjallana á skaganum, en þær þurfa frekari staðfestingar og verður því ekki fjallað nánar um þær hér.

Jöklar hafa jafnan skriðið yfir grágrýti, í þrengri merkingu, og heflað af því gjall og annan lausan hroða á yfirborði. Jöklarnir bera með sér mikið af lausum jarðefnum, grettistösk, mól, sand og mélu ("leir" í daglegu máli), sem liggja að meira eða minna leyti eftir, þegar jöklarnir bráðna og hörfa. Þessi efni geta skolast í sprungur og holur í grágrýtinu og fyllt þær, einkum næst yfirborði. Fering og fylling grágrýtisins af völdum jökla veldur þéttingu í því, og eftir því meiri sem jöklar hafa oftast skriðið yfir það og verið þykkari. Þess er því að vænta, að grágrýtið á utanverðum Reykjanesskaga sé óvanalega lítið þettað, t.d. borið saman við grágrýtið á Reykjavíkarsvæðinu, og hafi því óvanalega háa (góða) vatnsleiðni. Sú virðist og vera raunin á.

Á yfirborði á svæði II finnst grágrýti aðeins við norðurjaðar svæðisins, í Vogastapa, Njarðvíkurheiði og Hafnaheiði. Vogastapi er brattur að austan og hömróttur að norðan, sjávarmegin. Veldur líklega að nokkru rof jökla og sjávar, en þó bendir landslag og dýptarlínur í sjó undan Vogastapa til þess, að þetta lag hans muni vera upprunalegt. Er raunar nútíma myndun, samskonar, að finna í Hafnabergi, sem einnig er myndað við dyngjugos (í Berghól) í sjó, eða við sjó. Hallandi bólstrabergslag í Innri-Skor í Vogastapa og e.t.v. grágrýtistangi sá, sem byggðin í Innri-Njarðvík stendur á, benda til þess, að hraunrennsli dyngjugossins hafi "stíflast" upp, við þunnan jökulvegg frekar en við sjó, eins og í Hafnabergi. Að svo stöddu er talið líklegast, að grágrýtið í Vogastapa sé mest allt dyngjuhraun og hafi hvirfill dyngjunnar legið nærri Grímshóli, þar sem stapinn er hæstur. Þó eru nokkrar líkur á, að sprungugos, eitt eða fleiri, hafi orðið við suðaustur brún stapans, frá Reiðskarði og suðvestur um Bjalla. Gæti verið munur á útliti, áferð og rofi þess bergs, sem myndast hefði í þeim gosum (eða því gosi) og bergi í dyngjunni. Þetta þarf þó mun nánari könnunar við.

Óvisst er um uppruna grágrýtisins í Hafnaheiði. Það gæti verið komið frá Vogastapadyngju, frá Háaleitisdyingju, frá smádyngju í Hafnaheiði sjálfri, frá tveimur af þessum dyngjum, eða öllum þremur. Líkur eru á, að hvorki hefðu hraun frá Háaleitisdyingju eða sérstakri Hafnaheiðadyngju náð langt suður á bóginn, en þó gæti annað verið raunin. Útbreiðsla og þykkt grágrýtis hefur verulega þýðingu fyrir vatnsgæfni bergs, og þar með hagkvæmni vatnsöflunar, á svæðinu milli Hafnaheiðar og Stapafells-Rauðamels.

Sama máli gegnir vitaskuld um útbreiðslu og þykkt Vogastapagrágrýtisins á svæðinu frá Stapafelli til Snorrastaðatjarna og Skógfella. Á miðju þessu svæði er svæði það, Lágasvæði, sem boranir eftir ferskvatni fyrir Hitaveitu Suðurnesja eru hafnar á, og mun að líkindum verða haldið áfram á. Eins og stendur má telja líklegt, að vatnsgæfni grágrýtisins gæti verið 2-3 sinnum minni en nútíma hrauna á svæðinu. Í þeim holum, sem boraðar hafa verið á svæðinu og líkur eru á að kenna megi grágrýtið í, nær grágrýtið 5-15 m undir sjávarmál. Þessi hæðarlega orsakast fyrst og fremst af upphaflegri hæðarlegu yfirborðs grágrýtisins og höggulum ("tektóniskum") hreyfingum, sem orðið hafa

síðan það myndaðist. Yfirborði grágrýtisins mun upphaflega hafa hallað almennt til suðurs (SV, S, SA) á þessu svæði, en höggul lækkun þess líklega orðið hvað mest á því svæði, sem borað hefur verið á. Við Seltjörn og Snorra- staðatjarnir er yfirborð grágrýtisins sitt á hvað, ofan og neðan jarðvatns- borðs, og fer það eftir haggalri hæðarbreytingu einstakra bergfleyga. Á þeim slóðum mun haggala lækkunin hafa orðið hvað mest (í þversniði yfir svæðið) og veldur hún tjörnunum. Til S-SA hækkar yfirborðið líklega vegna höggunar ("tektónik") en hefur upphaflega farið lækkandi undan eigin halla. Veltur þar líklega á ýmsu, en verið gæti, að jarðvatnsborð væri í grágrýti í sumum bergfleygunum en ofan þess í öðrum. Þegar nær dregur Skógfellunum væri þess hins vegar að vænta, að höggulu hækunarinnar ("hækkun" hér í af- stæðri merkingu) gæti meira en eigin halla grágrýtisins, en þá lægi jarðvatns- borð þar víðast hvar eða alls staðar, í grágrýtinu. Á grundvelli þeirra tak- mörkuðu athugana, sem gerðar hafa verið, er þó hér enn um getgátur einar að ræða. Vandleg könnun og kortlagning á höggun á svæðinu frá Stapafalli til Vogaheiðar, ásamt nákvæmri könnun á grágrýtinu í Vogastapa og rennslissmíði ("strúktúr") yfirborðs hraunanna sunnan hans, gæti að líkindum skýrt þetta mál töluvert.

Til S og SV frá Lágum eru að vísu líkur á því, að jarðvatnsborð liggi ofan grágrýtisins, en þar stendur hins vegar jarðvatnsborðið sjálft lægra en í Lágum. Austan af Þórðarfalli skjóta móbergshnúkar kollinum upp úr hraununum, allt austur undir jaðar Arnarseturshrauns um 1 1/2 km austan við Þórðarfell. Nær móbergið þarna upp í 20-30 m hæð yfir sjó og því hætta á, að það tak- marki mögulegt vinnslusvæði. Aðstæður þar þurfa frekari könnunar við.

#### 5.5. Nútíma hraun

Jón Jónsson, jarðfræðingur, hefur kortlagt nútíma hraun og eldstöðvar á Reykja- nesskaga svo vendilega, að þar verður fáu aukið við og færra breytt. Kort hans (óbirt) eru hér lögð til grundvallar flokkun og útbreiðslu hrauna og staðsetningu eldstöðva.

Sem fyrr segir, þá er hægt að flokka hraun á Reykjaneskaga í tvennt eftir gerð þeirra sjálfra og eldstöðvanna, sem þau eru komin frá: Dyngjuhraun og sprunguhraun. Þessi flokkun er notuð á kortum Jóns Jónssonar og er henni hér fylgt. Dyngjurnar og dyngjuhraunin má svo aftur flokka í tvennt: "Stórdyngjur" og "smádyngjur". Smádyngjurnar eru minni um sig, mun kúptari og hærri miðað við þvermál. Stórdyngjurnar ná að vísu sömu hæð og meiri, en eru miklu flatari og þekja margfalt stærra svæði. Munur er og á bergi í dyngjugerðunum. Bergið í smádyngjunum (a.m.k. sumum) er líklega "basískara" ("kísilsnauðara"), a.m.k. er það morandi í ólívín-kristöllum (Lágafell hjá Þórðarfelli) eða pýroxénkristöllum (dyngjur upp af Grindavík).

Dyngjuhraunin á svæðum II og III eru að mestu komin frá þremur stórum dyngjum (mynd 15): Langhól, Sandfellshæð og Þráinsskilði. Dyngjur þessar liggja allar nærri norðurjaðri gosbeltisins. Þráinsskjaldarhraunin þekja norðurhlutann af svæði III (Strandarheiði, Vogabeiði), Langhólshraunin eru vestan Stapafells, en Sandfellshæðarhraunin ná sitt hvorum megin við Þórðarfell-Stapafell allt norður til Seltjarnar, og eins suðaustur til Grindavíkur. Þar ná þau líklega ekki nema norður á mótis við Þorbjörn, og haldið er, að þau hafi ekki komið fram í borholum HSK-2 og HSK-4 á Lágasvæði. Hins vegar þekja þau verulegan hluta líklegs vinnslusvæðis í Lágum, annað hvort á yfirborði eða þakin yngri hraunum. Horfur eru því á, að talsverðs hluta ferskvatns af þessu svæði verði aflað úr Sandfellshæðarhraununum. Borhola HSK-5, og rannsóknarhola (HSK-6), við hliðina á henni, eru boraðar beint í þessi hraun, og er jarðvatnsborð í þeim neðst í hrauninu eða í gjalli undir því.

Sprunguhraunin eru komin úr gígaröðum eða stökum gígum, þannig að "sprunguhraun" sem heiti er heldur ónákvæmt. Hins vegar er hlutdeild gjalls, hroða og uppbrotins bergs jafnaðarlega hærri í "sprunguhraununum" en "dyngjuhraununum" og veldur það því, að þessi flokkun hefur vatnafræðilegt gildi, þó ófullkomin sé. Sum hraun, flokkuð sem sprunguhraun, eru þó það þykk og þétt að þau líkjast dyngjuhraununum að því leyti, t.d. Arnarseturshraun, sem HSK-2 og HSK-4 eru boraðar í. Annars eru sprunguhraunin að líkindum afar misjöfn, hvað vatnsleiðni og vatnsrýmd snertir, og ræður þar hlutdeild gjalls og hroða

líklega hvað mestu. Í hraunastafla gætir þessarra þátta að öðru jöfnu eftir því meira, sem hvert hraunlag er þynnra. Þó almennt megi telja líklegt, að sprunguhraunin séu betur vatnsleiðandi en dyngjuhraunin, þá er það ekki algilt og getur meira að segja verið öfugt í einstökum tilfellum.

Í heild eru nútíma hraun það jarðlag á mögulegum vinnslusvæðum, sem ætla má, að hafi bezta vatnsleiðni. Þau vinnslusvæði eru því að öðru jöfnu vænlegust, þar sem jarðvatnsborð nær vel upp í nútíma hraun (mynd 17.2).

Hæðarlega hraunanna (og einstakra "laga" eða "skrokka" í þeim) skiptir því meginmáli fyrir vatnsvinnslumöguleika hvers staðar. Sjaldan mun sama hraunlag ná niður í jarðvatn og er á yfirborði. Undantekning er þó t.d. Sandfellshæðarhraun á hluta Lágasvæðis, eins og fyrr greinir. Annars staðar verður að geta sér til um það, hvaða jarðlög taki við undir efsta hraunlaginu. Í því sambandi er geysimikið gagn að hinni vandlegu kortlagningu Jóns Jónssonar á hraununum, og væru slíkar ágizkanir raunar varla vinnandi vegur án hennar.

Að öðru jöfnu má ætla, að gjall- og hroðalögin við efra og neðra borð hraunanna séu þeir hlutar hvers hraunlags, sem hafa bezta vatnsleiðni. Þessi lög eru mjög misþykk. Á Arnarseturshrauni við Grindavíkurveg eru þau fleiri metra þykk, en á Sandfellshæðarhrauni er víða ber klöppin á yfirborði. Í borholum HSK-2 - HSK-5 eru gjall- og hroðalög milli hraunlaga oftast 4-8 m á þykkt, og geta þá verið aðal vatnslögin. Í gjallinu geta þó verið alls konar missmíðar, sem leiða illa, þó útbreiðsla þeirra sé vitaskuld misjöfn. Þannig er talið mögulegt, að mæliholan við hliðina á HSK-2 hafi lent í einhverri slíkri missmíð með lélega leiðni.

#### 5.6. Eldstöðvar og gosvirkni

Helztu áhrif gosvirkni á vatnsleiðni svæða þeirra, sem hér er fjallað um, eru þau, að lega bergskrokka með misjafna leiðni ræðst af legu gosstöðva. Gildir það jafnt um hraun, sem frá þeim eru runnin, og gjall- eða móbergsskrokka þá, sem hrúgast upp við gosopin.

Í næsta nágrenni við "nú tíma" gosstöðvar (yngri en frá ísaldarlokum) má búast við verulegum óreglum í vatnsleiðni og vatnsrýmd, svo fremi sem gosstöðvarnar ná niður í jarðvatn. Svæði það, sem gosstöðvarnar ná til, eru þó það smá, í samanburði við hraunasvæðin í heild, að áhrifa þeirra gætir lítið. Mögulegt væri, að gígaraðir (gossprungur) mynduðu skrokka með ákveðinni stefnu og rýmd, sundurslitna og margskynja ("heterógen") að vísu, sem hefðu misleitnisáhrif ("anisótropí-") á svæðið í heild. Þess ber þó að gæta, að hlutfall vatnsleiðni í gossstöðvarskrokkunum og hraununum almennt er ekki nógu vel þekkt, óvísst er, hvort slíkir skrokkar koma fyrir að nokkru marki neðan jarðvatnsborðs og loks má ætla, að rúmtak þeirra sé hlutfallslega mjög lítið.

Svipað gildir almennt um móbergskrokkana, nema hvað stærð þeirra er miklu meiri, og þýðing þeirra þá að sama skapi, og vitað er, að þeir hafa sem heild minni vatnsleiðni en hraunin í kring (líklega einnig grágrýtið), þrátt fyrir hugsanleg, staðbundin frávík. Áhrif gosvirkinnar eru þar aðallega fólgin í legu þeirra og innri gerð, sem drepið hefur verið á fyrr.

#### 5.7. Höggun

Áhrif höggunar á vatnsleiðni á þeim svæðum, sem hér er fjallað um, eru einkum tvennskonar: Hæðarlegubreyting á bergskrokkum og sprungumyndun. Sú tilgáta hefur raunar verið sett fram, að höggun yki vatnsleiðni bergs með því að brjóta það, og væri aukning af þeim völdum í samræmi við groppu ("porosítet") bergsins (OS-JHD 7531 bls. 13-16). Í storkubergi (basalt, bólstraberg) með glufuleiðni yrði þá annað hvort röðun glufanna, dreifing glufurýmis á glufur eða glufurýmið sjálft að breytast, þannig að glufur yrðu beinni eða stærri eða glufurýmð, og þar með rúmmál bergskrokksins, ykist. Til að breyta röðun glufna þarf að snúa bergbútunum á milli þeirra og færa þá til, en til þeirra hluta þarf að öðru jöfnu aukið svigrúm, þ.e. stórauðna glufurýmð. Fjölgun brota leiðir til minna glufurýmis á hverja glufu og stærri "vegg"-flata og þar með til minni leiðni. Til aukningar glufurýmдар þarf að skapa rúm, sem gæti orðið við lyftingu yfirborðs ("þenslu"), undansig, samdrátt aðliggjandi jarðлага eða haggala gliðnun. Um "þenslu" bergskrokka er vart að ræða (sbr. þó

hitabreyting ), en samdráttur aðliggjandi jarðlaga (þjöppun) og höggul gliðnun leiða yfirleitt til afmarkaðrar sprungumyndunar en ekki jafndreifðar gliðunar um allan bergskrokkinn. Í slíkum sprungum getur vitskuld myndast brötaberg ("tektónísk breksía") eða mylsnuberg ("mylonit"), en áhrif höggunar á vatnsleiðni í heilum bergskrokkum á þennan hátt er líklega engin, eða þá dregur úr henni. Undantekning er opnun á sprungum, þegar bergþrýstingi er aflétt við yfirborð eða opnar sprungur. Sama eða svipað gildir um molaberg (setberg, gyskisberg, þursaberg) og um storkuberg, hvað áhrærir brot í bergi og glufuleiðni, sem af slíku leiðir. Það virðist því ekki vera ástæða til að halda framangreinda tilgátu rétta, nema að nokkru leyti í og við gliðunarsprungur, sem eru hvort eð er fyrirbrigði fyrir sig (sbr. Davis, S.N. De Wiest, R.J.M. 1970, S. 319).

Hæðarlegubreytingar verða, þegar bergskrokkar rísa eða síga. Við þær hreyfingar myndast yfirleitt skilfletir, þar sem samheyrandi jarðlög standast ekki lengur á (misgengisfletir), eða sveigjurúm ("flexúr"), þar sem skilfletir eru (a.m.k. stundum) margir og í minni mælikvarða en fyrirbrigðið er athugað í. Hæðarlegubreytingar eru haldnar hafa orðið að mestu leyti um misgengi, á þeim svæðum, sem hér um ræðir. Samfelld könnun hefur ekki farið fram á þessum breytingum, enda væri hún nokkuð tímafrek. Þegar er þó ljóst, að myndast hafa nokkrar sigdældir (a.m.k. í afstæðri merkingu) eftir að Sandfellshæðar- og Þráinsskjaldarhraun brunnu (mynd 17.1). Þær virðast fylgja norðurjaðri gos- og móbergsbeltisins (mynd 16.2) að einhverju leyti. Þær gætu þó verið víðar til staðar, þar eð yngri hraun þekja land víða (mynd 16.1). Þessar sigdældir eiga verulegan þátt í því, að nútíma hraun ná niður fyrir jarðvatnsborð á vissum svæðum. Á fyrirhuguðum vinnslusvæðum er því full ástæða til að reyna að kortleggja þessar hæðarlegubreytingar. Utan þeirra þarf einnig að reyna að kortleggja sigdældirnar að vissu marki, til að gera sér grein fyrir eðli þeirra og legu.

Opnar sprungur virðast vera snar þáttur í jarðfræðilegum aðstæðum jarðvatnsstreymis. Leikur grunur á, að verulegur hluti jarðvatnsstreymis hið næsta yfirborði fari um sprungur á meginhluta svæðis II (mynd 16.1, 17.1, 17.2) og í Voga- og Strandarheiði á svæði III. Sjaldnast sér þó í vatn í þessum



sprungum og veldur því hrun í þær úr veggjum og börmum. Þess vegna eru og rennslismælingar í þeim torveldar. Kemur þar raunar fleira til, en þó væri ástæða til að freista rennslismælinga, þar sem kostur væri á. Rennslismagn um sprungurnar (gjárnar) fer eftir rannslisraða og þversniði rennslisrúms í sprungunum. Þetta þversnið er að öllum líkindum breytilegt frá einum stað til annars í sömu gjánni. Veldur þar bæði upprunaleg lögung þversniðs, milli gjáveggja, og hrunfylling. Miklu máli skiptir, hvort hægt er að ætla með sanngirni á um eitthvert marktækt þverskurðarflatarmál í gjánum með tilliti til rennslis. Gildir það bæði um samanburð milli sprungusvæða innbyrðis (afstætt mat) og eins áætlun um heildarrennsli um sprungurnar (algjört, tölulegt mat). Er því full ástæða til að kanna, hvort slíkt mat á þverskurðarflatarmáli sé framkvæmanlegt, og þá með hvaða nákvæmni.

Hugsanlegt er, að hagkvæmari sé vatnsöflun úr eða við sprungur en úr "heilum" bergfleygum milli þeirra. Fer það m.a. eftir hlutfalli lóóréttrar og láréttrar leiðni í sprungunum sem falli af úrdældu vatnsmagni (hætta á sjóblöndun).

#### 5.8. Borholusnið

Boraðar hafa verið 3 ferskvatnsholur fyrir Hitaveitu Suðurnesja sumarið 1976 (marz - september): HSK-2, HSK-4 og HSK-5. Dregin hafa verið upp snið af þessum holum (mynd 18, jarðlag, borhraði, frágangur, lekt). Er þar stuðzt við borskýrslur, svarfsýni og ýmsar upplýsingar bormanna. Notaður var höggbor við boranirnar. Ekki er hægt að ná borkjarna með slíkum bor, en svarf næst, svo fremi sem það tapast ekki út úr holunni vegna lektar. Sýni hafa þó náðst úr flestum heillegri jarðlögum í holunum, einkum hraunlögum. Þau hafa ekki enn verið svarfgreind. Einhverjar breytingar gætu orðið á borsniðum við svarfgreiningu og endurskoðun annarra gagna. Að svo stöddu verður því að líta á borsniðin sem bráðabirgðahugmynd. Á það skal bent, að borhraði hefur vegna samræmis verið umreiknaður sem fyrir 22 þumlunga meitil alls staðar, en talið er láta nærri, að borhraði standi í öfugu hlutfalli við þvermál meitils í öðru veldi.

Nokkurt samband virðist vera á milli jarðlags og borhraða, sem vanta má. Þó er þar um of mikla dreifingu gilda að ræða, til þess að hægt sé að til-  
einka ákveðnum jarðlögum eða jarðlagagerðum ákveðna borhraða á grundvelli þessarra þriggja borana. Horfur eru þó á, að slík samræming sé möguleg, þegar borsnið liggja fyrir úr fleiri holum.

Jarðvatnsborð í holunum er miðað við áætlaða líklega meðalvatnshæð.

## 6. JARÐEÐLISFRÆÐILEGAR MÆLINGAR

Jarðvatnsrannsóknir á Reykjanesskaga eru þeim vandkvæðum bundnar, að óviða inni á skaganum er hægt að komast til að mæla jarðvatnshæð í sprungum eða borholum. Beinrar upplýsingar er því yfirleitt ekki að fá um hæð jarðvatnsflatar yfir sjávarmáli og þykkt jarðvatnslinsumrar á nesinu. Ef unnt er að mæla þessa þætti með einhverjum jarðeðlisfræðilegum aðferðum, þá er það bæði fljótlegt og tiltölulega ódýrt, miðað við borun jarðvatnsmæliholna og því sjálfsagður þáttur í jarðvatnsrannsókn á Reykjanesskaganum.

Á þessu ári, 1976, voru mældar 47 jarðviðnámsmælingar og rúmlega tugur hljóðhraðamælinga, bæði af hljóðbrots- og speglunargerð (refraction og reflection). Hljóðbrotsmælingar hafa reynst allvel til könnunar á sérstökum jarðfræðilegum aðstæðum (sjá kafla 9) en þær koma að litlum notum við þykktarmælingar á ferskvatnslinsunni vestan Grindavíkurvegjar (svæði I og II). Viðnámsmælingar hafa hinsvegar þegar gefið góða raun við mat á jarðvatnsaðstæðum og þar eru ekki öll kurl komin til grafar. Hér á eftir verður gerð nokkur grein fyrir almennum niðurstöðum viðnámsmælinganna og ástandi og horfum í þeirri rannsókn á túlkunarmöguleikum viðnámsmælinga frá Reykjanesi, sem nú stendur yfir. Hljóðhraðamælingar verða ekki frekar ræddar hér, en í kafla 9 um forrannsóknir í Vatnsheiði er nánar vikið að framkvæmd og túlkun þeirra.

Hugmyndin bak við viðnámsmælingar og þykktarmælingar á jarðvatnslinsunni með þeim skal fyrst stuttlega skýrð. Ólík jarðlög leiða rafstraum misvel, þ.e. þau hafa ólíkt eðlisviðnám (mælt í ohm-metrum). Eðlisviðnám jarðlags er auk þess mjög háð vatnsinnihaldi, seltu jarðvatns og hitastigi. Tiltekinn stafli af jarðlögum með tiltekin eðlisviðnám veitir því ákveðið, tiltekið viðnám gegn rafstraumi milli tveggja straumskauta, sem rekin eru í jörðina. Þetta viðnám breytist þegar bil milli straumskauta er breytt og því lengri sem fjarlægðin milli straumskautanna er, þeim mun meiri áhrif hefur eðlisviðnám dýpra liggjandi jarðlaga (eða öllu heldur viðnámslaga, þ.e. jarðlag eða jarðlög með svipað eða sama eðlisviðnám hvarvetna á mælisvæðinu). Með því að mæla viðnámið milli straumskautanna við sívaxandi bil milli skauta má því, að gefnum ákveðnum forsendum, reikna út eðlisviðnám og þykktir hinna

ýmsu "viðnámslaga" undir hverjum mælistað. Þessar forsendur eru, að líta megi á viðnámslögin sem jafnþykk og lárétt liggjandi á verulega stóru svæði, miðað við lengd viðnámsmælingarinnar (þ.e. mesta fjarlægð milli straumskauta).

Á Reykjanesskaga á svæði II, þar sem hraunlög þekja yfirborð og ná niður að sjávarmáli, má yfirleitt skipta efstu 100-200 metrum jarðlagastaflans í þrjú viðnámslög:

Hraun ofan jarðvatnsborð	,	viðnám 5000 - 25000 $\Omega\text{m}$
Jarðvatn í hraunum og grágrýti,	viðnám 100 - 3000 $\Omega\text{m}$	
Jarðsjór í bergi	,	viðnám 5 - 30 $\Omega\text{m}$

Í þessu þriggja laga viðnámslíkani eru eðlisviðnám hraunanna ofan jarðvatnsborðs og jarðsjávar í bergi allvel ákvörðuð og þykkt efsta lagsins, hrauna ofan jarðvatnsborðs, má áætla með góðri nákvæmniút frá hæð mælistaða yfir sjávarmáli. Óþekktu stærðirnar eru þykkt og eðlisviðnám jarðvatnslinsunnar.

Viðnámsmælingar, túlkaðar á grundvelli þessa líkans, hafa á öllum stigum jarðvatnsathugana Jarðkönnunardeildar veitt mikilvægar upplýsingar og haft veruleg áhrif á hugmyndir um vatnafræði Reykjanesskagans. Þær áætlanir um þykkt grunnvatnslinsunnar sem gerðar hafa verið, m.a. á grundvelli viðnámsmælinganna, hafa reynst eins réttar og nokkrar vonir stóðu til, þar sem unnt var að prófa sanngildi þeirra (svo sem með jarðvatnsmælingum í holum og sprungum og ekki síst með borun 79 m djúpra könnunarholu í Lágum). Það má því segja að viðnámsmælingar hafi reynst möguleg aðferð til að meta þykkt jarðvatnslinsunnar og veitt mikilsverðar upplýsingar, sem ekki var á hverju stigi rannsóknanna unnt að afla með öðrum hætti. Hitt er svo annað, og það er kjarni þessa máls, að túlkun viðnámsmælinganna er verulegum vandkvæðum bundin. Að þessum vandkvæðum er vikið hér síðar, en fyrst skulu raktar viðnámsmælingar á vestari hluta Reykjanesskagans.

Sumurin 1971-1975 framkvæmdi Jarðhitadeild Orkustofnunar 74 viðnámsmælingar á Reykjanesskaga, þar af 17 sérstaklega til ákvörðunar á þykkt ferskvatnslinsunnar (sumarið 1973). Túlkun þessara mælinga lenti fyrst í handaskolum, en málið

var svo tekið upp aftur á grundvelli þess þriggjalaga viðnámslíkans, sem lýst er hér að framan og reynt að meta þykkt linsunnar út frá ímynduðu, gefnu viðnámsgildi hennar. Sú túlkun var í samræmi við niðurstöður fyrri túlkana og annarra athugana. (Rafleiðnimælingar í Eldvörpum og Svartsengi, OS-JHD 7639).

Samarið 1976 framkvæmdi Jarðkönnunardeild, eins og fyrr segir, 47 viðnámsmælingar á Reykjaneskaga með það sérstaklega í huga að kanna þykkt jarðvatnslinsunnar. Mælingar voru flestar fremur stuttar, 300-500 m, en áhersla var lögð á samfelldar mælingar (þ.e. óbreytt bil milli spennu-mæliskauta) yfir þá hluta mæliferilsins sem máli skipta fyrir þykktarákvörðun á jarðvatnslinsunni. Til þess að auðvelda tölvuúrvinnslu mælinganna eru straumskautabilin jafndreifð logaritmiskt, 10 færslur á modulus að jafnaði, en 20 ýmsar sérstakar aðstæður. Staðsetning viðnámsmælinga Jarðkönnunardeildar er sýnd á mynd 19.

Níu mælingar, R-1 til R-8 og R-12, eru í Lágum og Rauðamel. Með þessum mælingum átti að meta þykkt ferskvatnslinsunnar og tengja fyrirhugaða borholu við vatnshæð á Lágasvæðinu öllu. Mælingar bentu til linsuþykktar 35-40 m, heldur þykkandi til norður, en rannsóknarborhola í Lágum bendir til þess að ferskvatnslinsan sé 45 m þykk og sjóblandað ferskvatn (blöndunarlag vatns og sjávar) 17 m á þykkt. Mælingar í Lágunum voru auk þess nokkuð þéttar til þess að gera kleifan ýmislegan tölfræðilegan samanburð á mælingunum. Niðurstöður þessara mælinga hafa mikið verið skoðaðar og meðhöndlaðar.

Mælingar R-13 til R-19 og R-31 ná frá Stapafelli til Stóru-Sandvíkur. R-20 til R-22, R-29, R-30 og R-32 ná frá Höfnum að Sandfelli. Þessar mælingar þekja stórt svæði þar sem ekki er unnt að mæla þykkt ferskvatnslinsunnar með beinum hætti og gefa þær þanning m.a. mikilsverðar upplýsingar fyrir reikningslegt jarðvatnslíkan. Mælingarnar benda fljótt á litið til svipaðrar eða heldur meiri vatnsleiðni í dyngjuhraunum frá Sandfellshæð en í grágrýtinu suður af Njarðvíkum.

Sex mælingar, R-23 til R-28, voru gerðar á grágrýtinu í Njarðvíkurheiðinni. Ætlunin var að treysta hugmyndur um vatnaskil þarna í heiðinni. Mælingarnar eru góðar en nokkuð torráðnar og hafa enn sem komið er aðeins stutt lauslega fyrri hugmyndir um þetta svæði.

Þrjár mælingar voru gerðar SA úr Vogavík upp Vogaheiðina, R-33 til R-35. Þessum mælingum var m.a. ætlað að segja nokkuð til um hvar vatn hefur helst útrás á Vatnsleysuströndinni. Mælingarnar eru sámilegar, en nákvæm túlkun og fleiri mælingar þurfa að koma til áður en unnt verður að draga víðtækar ályktanir um jarðvatnshæð og rennsli í Vogaheiðinni.

Sex mælingar, G-1 til G-6, voru gerðar á Rosmhvalanesi og snerta viðfang þessarar skýrslu aðeins óbeint og verða því ekki ræddar hér frekar.

Þær ályktanir, sem hér að framan eru dregnar af viðnámsmælingunum, byggjast á venjulegri túlkun viðnámsmælinga, þ.e. mæliferlarnir eru mátaðir við safn af teiknuðum móðurferlum (reikningslega réttir ferlar) og sem túlkun mælingarinnar valinn sá móðurferill sem best þykir passa.

Nú er þess að geta, að túlkun viðnámsmælinganna til ákvörðunar á þykkt jarðvatnslinsunnar hefur vafist allmjög fyrir mönnum. Það stafar af tvennu. Í fyrsta lagi er gífurlegur munur á eðlisviðnámi þurra hrauna og jarðsjávar í bergi og áhrif mismunandi þykktar ferskvatnslinsunnar eru afar lítil, sumstaðar nær ómælanleg. Í öðru lagi er eðlisviðnám í efstu metrum hraunanna mjög breytilegt (heterogen) og það truflar allar mælingar, kemur fram sem "suð" (noise) í viðnámsferlinum. Suðið yfirgnæfir oft við fyrstu sýn áhrif ferskvatnslinsunnar í mæliferlum og framangreind túlkunaraðferð, sem ekki byggist á neinni bestun (optimization) fráviks mæligilda frá móðurferlum, hefur tilhneigingu til að gera skekkjubil (confidence interval) mæliferils hið sama eða lítið minna en skekkjumörk í hverjum einstökum mælipunkti (til dæmis segir í ágætu riti um viðnámsmælingar: "Ef gert er ráð fyrir 5% mæliskekkju má álykta að ferlar með minna en 5% frávik hvor frá öðrum verði ekki greindir í sundur". Bhattacharya og Patra: Direct Current Electrical Sounding, bls. 63).

Hér er ekki hugsað til þess, að það er eðli tilviljunarskekkju, eins og suðs í viðnámsferlum, að skekkjubilið minnkar með fjölgun mæligilda. Línurit sem sýna jafngildi viðnámsferla við gefna mæliskekkju (s.s. Pylarv-nomograms) byggist á samanburði móðurferla með skekkjubil jafn stórt og ímynduð mæliskekkja og taka þannig ekki tillit til tilviljunarkenndar dreifingar mæliskekkjunar.

Reikningsleg útfærsla þeirrar hugmyndar, að bæta túlkun viðnámsferla með rannsókn á fráviki mæliferla frá móðurferlum sem falli af þykkt og eðlisviðnámi jarðlaga, er nú í athugun hjá Jarðkönnunardeild Orkustofnunar. Ef það dæmi gengur upp, ætti að vera unnt að bæta túlkun viðnámsmælinganna verulega með því að auðveldara verður að túlka mælingar í hópum og tengja magnlæga (kvantitativ) túlkun eðlislægum (kvalitativ) upplýsingum, og þá helst jarðfræðilegum. Að svo stöddu verður ekki gerð frekari grein fyrir þessum athugunum á túlkunarmöguleikum viðnámsmælinganna, enda er niðurstöðu ekki að vænta fyrr en á næsta ári, 1977.

## 7. DÆLUPRÓFANIR

Tvær ferskvatnsholur hafa verið dæluprófaðar, HSK-2 ("hola 2, Illahrauni", 76-07-26 - 76-08-11) og HSK-4 ("hola 4, Illahrauni", 76-08-18 - 76-09-05). HSK-2 var þannig prófuð í nærfellt 17 daga og HSK-4 í 18 daga. Munu þetta vera einhverjar lengstu dæluprófanir á ferskvatnsholum, sem gerðar hafa verið hérlendis. Þessar prófanir voru að vissu marki tilraunir, hvernig bezt væri að standa að dæluprófunum á þessum slóðum. Var einkum hugað að vissum atriðum, hvort þau yrðu könnuð og þá hvernig. Framkvæmdar voru þrepa-dælingar til könnunar á vatnsgæfni jarðlaga í nágrenni holunnar (myndir 20-26). Einnig voru gerðar nokkurra daga dælingar með jöfnu rennsli, bæði miklu magni (40 -50 l/s) og litlu (um 10-20 l/s).

Dælt vatnsmagn er fært í skrá 4:

### Skrá 4

#### Dæluprófanir, dælt vatnsmagn (rennsli)

Hola (nr)	Tími (dags)	Vatnsmagn (l/s)
HSK-2	76-07-26 - 08-04	40-50
"	08-04 - 08-07	18
"	08-07	þrepa-dæling
"	08-07 - 08-10	51
"	08-10	þrepa-dæling
HSK-4	76-08-18 - 08-19	þrepa-dæling
"	08-19 - 08-21	48
"	08-21	þrepa-dæling
"	08-22	þrepa-dæling
"	08-22 - 08-28	48
"	08-28 - 09-04	8
"	09-04 - 09-05	48



Sá háttur, sem hafður var á við dæluprófanirnar, virðist ekki hafa verið sá hentugasti. Í ljós kom við dælingu úr HSK-2 26. júlí - 4. ágúst, að lækkun vatnsborðs í holunni var svipuð og lækkun jarðvatns á svæðinu í heild. Samanburðarmælingar voru gerðar daglega í HSK-1 (Svartsengi), HSK-4 (HSK-2, þegar dælt var úr HSK-4), HSK-3 (mæliholu við HSK-4) og gjá í Lágum (mynd 2). Svipað virðist hafa komið fram í þau önnur skipti, sem miklu vatnsmagni var dælt í fleiri daga. Við þrepadælingar kom fram hitamunur í vatninu eftir því, hve miklu magni var dælt. Var hitastig hærra við minna rennsli. Stafar það líklega af herra hlutfalli yfirborðsvatns. Dælingar með mismiklu rennsli voru m.a. gerðar til að kanna, hvort breytingar yrðu á hitastigi, viðnámi, efnainnihaldi eða "ísótópa"-innihaldi vatnsins sem föll af tíma. Hitastig, viðnám og nokkrar klóríð-greiningar benda til þess, að svo muni ekki hafa orðið, svo marktækt væri. Er því ekki sérlega að vænta þess, að auknar upplýsingar fáiast með þessum dælingarhætti. Þess vegna virðist vænlegast við frekari dæluprófanir að framkvæma þrepadælingar til könnunar á vatnsgæfni jarðlaga við hverja holu og langtímadælingu (a.m.k. 2 vikur) með miklu rennsli til könnunar á mögulegum langtímaniðurdrætti og sjóblöndun.

Út frá niðurstöðum þrepadælinga er hægt að reikna niðurdráttarferil (dælingarrit, myndir 25-26), þar sem samband vatnsborðslækkunar (niðurdráttar) og dælds vatnsmagns (rennsli) er sýnt. Á það er vitaskuld að líta, að niðurdráttarferillinn getur lítilsháttar verið háður því, hvar vatnsborð stendur í holunni við upphaf dælingar. Árssveifla jarðvatnsborðs er haldin vera um eða yfir 1 m. Þessi áhrif eru trúlega lítil, en valda því þó, ásamt ýmsum atriðum í mælingu ofl., að nákvæmni ferilsins minnkar. Þannig mun ekki vera hægt að miða við sentimetrabil í niðurdrætti, heldur a.m.k. 2-3 cm. Sé niðurdráttur ákvarðaður með 1 cm nákvæmni (eða valimi), þá getur nákvæmni samsvarandi vatnsmagns (rennsli) oltið á  $\pm$  2-3 l/s. Þetta verður að hafa í huga við mat á vatnsgæfni borholanna með aðstoð dælingarrits.

Ástæða er til að ætla þau jarðlög, sem HSK-2 og HSK-4 eru boraðar í, ámóta vatnsgæf og önnur lög, sem jarðvatn stendur í á Lágasvæði, og þó líklega heldur betur. Það eru því litlar líkur á því, að meira vatns verði aflað úr hverri holu en þessar gefa, en þó nokkurar á, að það verði minna.

Það eð aðeins hefur verið unnið úr dæluprófunum til bráðabirgða, þá verður hér ekki fjallað ítarlegar um þær. Aðeins skal bent á dælingarrit HSK-2, þar sem tvö vatnsleiðandi lög virðast koma fram. Efra lagið er líklega gjall-lag, um 5 m þykkt, skilið frá því neðra (grágrýti?) af tiltölulega þéttu lagi ("leir" úr "jökulfyllingu"?). Sé gert ráð fyrir ákveðnu, stöðugu hitastigi á vatni í báðum vatnslögum (rúmlaga 6°C í því efra, tæpar 5°C í því neðra), þá virðist vatns úr efra laginu gæta mun meira við lítið rennsli. Mest virðist það verða við nálægt 25 l/s heildarrennsli, eða 15-20 l/s. Með vaxandi úrdælingu minnkar vatnsmagn úr efra laginu og virðist stefna á 10-15 l/s.

Breytinga á vatnsgæfni með niðurdrætti verður ekki vart í HSK-4, enda finnst þar ekkert "þéttilag" með vissu.

Á það er að líta, að niðurstöður dæluprófunar eru túlkaðar á grundvelli niðurdráttar í borholunum sjálfum, en ekki með aðstoð mælinga í nálægum holum (mæliholum). Slíkar túlkanir eru jafnan háðar nokkurri óvissu. Kemur þar m.a. til "holutap" ( $\Delta h = f(Q^2)$ ), vegna streymishátta jarðvatnsins í allra næsta nágrenni við holuna. Reynt hefur verið að reikna úr "staðar-niðurdrátt", sem marktækt gildi út frá dæluriti ( $\Delta h = f(Q) = a \cdot Q + b \cdot Q^2$ ). (Á mynd 25 og 26 er  $\Delta h$  sýnt í m, en formúlurnar miðast við  $\Delta h$  í cm, sem ber að athugast).

## 8. LÍKANREIKNINGAR

Straumfræðistöð Orkustofnunar hefur framkvæmt líkanareikninga á jarðvatnsástandi á svæði II, og mun greina frá þeim í sérskýrslu. Hér verður því ekki fjallað um hina reikningslegu hlið málsins, en drepið nokkuð á jarðfræðilegar forsendur og niðurstöður reikninganna.

Gengið var út frá því, að skipta mætti svæði II í hluta, þar sem jarðlög hefðu hvarvetna sömu vatnsleiðni. Þessi hlutasvæði skyldu samsvara útbreiðslu jarðlaga við og undir jarðvatnsyfirborði, eins og hún var haldin vera þá (maí - júní 1976). Jarðfræðileg frumkönnun svæðisins, með tilliti til vatnafræðilegra eiginleika, var þá í þann mund að hefjast. Hefur síðan öðlazzt bæði fyllri og gleggri mynd af útbreiðslu og hæðarlegu jarðlaga, þó ekki sé enn fullunnið úr öllum gögnum. Þess verður því kostur, að rétta forsendur líkanareikninga, hvað jarðlög varðar. Gert var ráð fyrir jarðvatnsstreymi um sprungur með því að setja inn í líkanið reinar (spildur) í sprungustefnu, sem hefðu sérlega góða vatnsleiðni. Með því móti skapast misleitni ("anisótropí") í sprungustefnu á svæðinu. Þessi þáttur hefur líklega verið vanmetinn í líkaninu, enda næsta erfitt að ætla á um hann, að svo gott sem ókönnuðu máli.

Svæðaskiptingu þessarri varð að breyta nokkuð, einkum hvað varðaði lekt ("transmissivítet") innan hvers svæðis, til þess að líkanareikningarnir gengu upp. Þessar breytingar voru þó ekki meiri en það, að mörk svæðanna þurfti hvergi að færa verulega til. Sé samræmi mældra jarðvatnshæða (áætluð meðalvatnshæð á 7 stöðum) og reiknaðra lögð til grundvallar mati á líkindastigi líkansins (innan þess ramma, sem forsendur setja því), þá verður ekki annað séð en jarðfræðilegar forsendur hafi staðizt eins vel og nokkur von var á.

Niðurstöður líkanareikninganna má m.a. draga saman sem jafnhæðarlinukort af jarðvatnsborði (mynd 27). Kort þetta mun ekki fjarri sanni á þeim hluta svæðisins, sem vatnshæðarmalistaðir eru á. Þess ber þó að gæta, að líkanið

byggir á meðalársúrkomu og áætluðu meðalársírennsli til jarðvatns á svæðinu, og sýnir því aðeins einhvers konar meðaljarðvatnsstöðu. Etla má samt, að það sýni með nokkurum sanni helztu megindrætti í vatnaskilum og streymisstefnum, en erfitt hefði verið að gera sér grein fyrir þeim með öðru móti. Á grundvelli þessa korts hefur verið gert jafnrennsliskort af svæði II (sbr. OS JHD 7603, bls. 49-50) (mynd 28). Jafnrennsli eftir þessu korti ber nokkuð vel saman við fjörurennsli (mynd 2), þegar tillit er tekið til gefinna forsenda jarðvatnslíkans, einkum hvað varðar rennsli í sprungum og jarðvatnsástand við austurjaðar svæði II. Líklegt er að samræma megi betur fjörurennsli og reiknað jafnrennsli, sem byði þá einnig upp á möguleika á réttingu jarðfræðilegra og jarðvatnsfræðilegra forsenda jarðvatnslíkansins. Horfur eru því á, að forsendur þessar megi rétta eftir ýmsum leiðum og þar með bæta niðurstöður reikninganna eitthvað. Á það er þó að líta, að líkan þetta verður að skoðast í ljósi þess mælikvarða, sem það er í og þá þeirrar nákvæmni í flokkun og greiningu, sem það byggir á (sbr. 5.1.). Það hefur tvímælalaust gildi sem fyrsta viðmiðunar-heildarmynd af jarðvatnsástandi á svæði II, töluvert gildi til samanburðar á einstökum svæðum innan þess og til yfirlitskönnunar á gagnkvæmum breytingum jarðvatnsástands á einstökum svæðum (t.d. úrdælingu), en má hvorki mistúlka með tilliti til einstakra staða (t.d. borholu), né oftúlka, hvað einstök svæði snertir.

Hitt er svo annað mál, hvort ekki megi nota svona líkan, endurbætt, sem ramma um nákvæmari líkön af smærri svæðum (t.d. vinnslusvæðum), sem byggðust þá á nákvæmari flokkun og greiningu en beitt var við þetta líkan, og yrðu enda í öðrum og nákvæmari mælikvarða. Enn vantar að vísu mikið upp á, að hægt sé að ætla nógu náið á tölugildi hinna ýmsu viðmála ("parametra") jarðlags og jarðvatns á Lágasvæði, sem helzt virðast koma til greina í þessu sambandi. Þó bæri að hafa þetta í huga og sjá til, hvort jarðfræðileg kortlagning, jarðeðlisfræðilegar mælingar og dæluprófanir, sem fyrirhugaðar eru á svæðinu, veiti ekki nægar upplýsingar til þess að freista megi svona líkanareikninga.

## 9. FORKÖNNUN VINNSLUSVÆÐIS (VATNSHEIÐI)

### 9.1. Aðstæður og forsendur

Líkur hafa verið taldar á, að vatns mætti afla í Vatnsheiði upp af Grindavík (örnefnið Vatnsheiði er hér látið ná til stærra svæðis, en það að réttu mun eiga við, eða frá Hagafelli til Húsafjalls). Hraun ganga í sjó fram í Grindavík og ná verulega niður fyrir sjávarmál (Jón Eiríksson 1974). Þau rísa fremur hægt inn til landsins, þó nokkur brekka sé í þeim upp af Hópi (í Hópsheiði). Hið efra liggja fellaraðir eða fjallgarðar úr móbergi beggja vegna að Vatnsheiði (í víðari merkingu) og því nokkurar líkur á, að vatn beinist til hennar af all stóru svæði. Taldar hafa verið nokkurar líkur á, að vatnasvið Vatnsheiðar nái til svæðisins milli Hagafells-Stóra-Skógfells-Fagradalsfjalls-Húsafjalls og væri um  $10 \text{ km}^2$  að flatarmáli. Forsenda þessa möguleika væri fyrst og fremst, að vatnaskil fylgdu fellaröðinni frá Þorbirni til Litla-Skógfells. Svæði þetta var og áhugavert fyrir tvennar aðrar sakir: Þaðan er skemmra til varmaorkuvers í Svartsengi en frá öðrum vatnsvinnslusvæðum, og þar væri hentugt vatnsöflunarsvæði fyrir Grindavík, ef vatnsból bæjarins skyldu spillast fyrir tilverknað reksturs varmaorkuversins. Því var afráðið að kanna svæðið nánar og bora þar eina könnunar- og vatnsöflunarholu. Svo skammur tími leið þó milli tóku þessarrar ákvörðunar og upphafs borunar, að svæðið varð hvorki kannað sem skyldi, né unnið nóg í tæka tíð úr öfluðum gögnum. Getur því einhverju hafa skeikað um bezta borstaðaval. Borun var valinn staður eftir mótvægi tveggja andræðusamstæðna: Sem lengst frá sjó (meiri jarðvatnshæð), og þó ekki of langt (vaxandi dýpi á jarðvatnsborð), sem lengst austur frá Hagafelli (meiri fjarlægð frá móbergsskrokk), og þó ekki of langt út í hraun (vegalagnir, fjarlægð til varmaorkuvers). Ósagt verður að láta, að svo stöddu, hversu til kann að hafa tekizt með staðarval. Borun hófst upp úr miðjum nóvember.

### 9.2. Jarðfræði vinnslusvæðisins

Gerðar voru einungis lauslegar yfirborðsathuganir á jarðlögum á Vatnsheiðarsvæðinu. Hefðu þær athuganir vissulega þurft að vera meiri og nánari, og ná til alls svæðisins frá Festarfjalli til Þorbjarnar að einhverju leyti.

Útbreiðsla jarðlaga á yfirborði er sýnd á mynd 29. Mestur hluti svæðisins er þakinn hraunum, og mun láta nærri, að næstum því helmingur þess svæðis, sem myndin nær til, sé þakinn hrauni úr einni gossprungu, Sandhnúkahrauni (Jón Jónsson 1974). Gossprunga þessi (gígaröð) nær frá því suðvestan við Hagafell og norður á móts við Litla-Skógfell. Myndar gígaröðin áberandi hrygg í landslagi frá Hagafelli til Stóra-Skógfells og hallar hraununum nokkuð bratt út af báðum megin. Sundhnúkahraun er talið vera um 2400 ára gamalt (Jón Jónsson 1974). Það er yngsta, og því efsta, hraunið í sundinu milli Hagafells og Húsafjalls. Áberandi rennslitraðir eru í hrauninu í miðju sundinu og getur raunar verið, að hraunkvísl hafi hellzt þar yfir eldri hrauntauma úr sama gosi. Hólmi er vestanhallt í sundinu úr eldra hrauni og var borstaður valinn á honum. Hrauni því svipar lítillega um berggerð til hrauns úr dyngjum í Vatnsheiði, en er ekki talið til þeirra á óbirtu korti Jóns Jónssonar, og verður því fylgt hér. Dyngjuhraun þessi liggja hins vegar með vissu einhvers staðar undir Sundhnúkahraun, því að þau koma fram aftur við Hópið í Grindavík. Óvísst er þó, hversu nærri þau ná til Hagafells. Þau eru komin úr þremur dyngjum í Vatnsheiði (í þrengri merkingu, vatnsstæði eru á dyngjunum undan Húsafjalli og Fiskidalsfjalli). Dyngjur þessar rísa nokkuð bratt upp frá hraunsundinu, og ná þær tvær eystri upp í u.þ.b. 150 m y.s. hæð.

Móbergssfell standa upp úr hraunflákunum. Þau hafa sum basalhettur (Fiskidalsfjall, Húsafjall) eða í þeim eru hjallar með basaltþekjum ("grágrýti"), sem efri hluti fellanna stendur á eða gnæfir yfir (Sýlingarfell, Hagafell). Þessi fjöll eru þannig sum á fleiri "hæðum" (sbr. hús), en þess háttar "hæðir" eru t.d. mjög áberandi í Fagradalsfjallsklasanum, auk ýmis konar þrepa á milli þeirra. Oft er mismunur á bergi milli "hæða" og einnig fylgja oft basaltlög eða jökulbergslög "þökum" "hæðanna". Það eru því vissar líkur á, að marktækur jarðsögulegur munur sé á hinum ýmsu "hæðum", eða gæti verið það. Hvernig sem því er varið, og úr því verður ekki skorið nema með nánari könnun, þá eru horfur á, að "hæðirnar" samsvari yfirleitt mismunandi bergskrokkum, sem þá væntanlega hafa einnig mismunandi vatnafræðilega eiginleika. Á miklu getur oltið um vatnafræði Vatnsheiðarinnar, hvort, og þá

hvernig, móbergið skiptist í "hæðir". Úr því varð ekki skorið með neinum yfirgnæfandi líkum, enda hefði könnun þurft að ná til stærra svæðis, eins og fyrr segir. Það sem séð verður, eru móbergsfell þessi að mestu úr einhverskonar bólstra- og þursabergi, en fremur lítið ber á gyskisbergi. Vatnsleiðni móbergsins hér getur því verið sámileg, þó þess sé að vænta, að hún væri snöggjum minni en vatnsleiðni hraunanna.

Töluvert er um misgengi á svæðinu, og jafnvel opnar sprungur. Þeirra gætir þó lítið eða ekki í yngri hraununum (Sundhnúkahraun), verður lítillega vart í dyngjuhraununum en eru áberandi í móbergsfjöllum. Misgengin stefna yfirleitt nærri N 25°A, þó sum stefni mun nær N eða NA. Áhrifa þeirra gætir líklega mest í því, að þau valda einskonar vatnaskilum í vestara móbergssvæðinu (Þorbjörn-Hagafell-Sýlingarfell), á þann hátt að dreifing (blöndun) vatns verður minni þvert á sprungustefnuna en ella. Jafnframt eru líkur á, að sprungur örvi eitthvað aðdrátt vatns frá N eða NA til Vatnsheiðar. Áhrif höggunar á hæðarlegu bergskrokka hefðu líklega þau áhrif, að þeir lægu herra til austurs í sundinu milli Hagafells og Vatnsheiðar, þar eð land virðist vera sigið inn að miðju gosreinarinnar um Sundhnúka-gígaröðina frá báðum hliðum.

Rofs hefur ugglaust gætt töluvert. Ummerki sjávarrofs má sjá í Festarfjalli og Slögu en þess virðist ekki hafa gætt verulega í fellunum við Vatnsheiði. Jökulrof hefur að líkindum verið þar öflugra, t.d. norðan í Húsafjalli og norðaustan á Hagafelli. Jöklar (og annað rof) gætu hafa dýpkað dalinn milli Hagafells og Húsafjalls. Einnig gætu þeir hafa sorfið ofan af mismunandi móbergs-"hæðum", ef þær væru misgamlar að mun, og þar með þynnt einstakar "hæðir".

Jarðlag undir hraununum í Vatnsheiði verður ekki ráðið með nógu sterkum líkum af útbreiðslu jarðlaga á yfirborði einu saman (mynd 30, snið 1). Tvær tilgátur þóttu líklegastar (eða millistig þeirra): Í fyrsta lagi, að djúpur dalur væri í Vatnsheiði og rætur fellanna lægju að sama skapi djúpt. Dalur þessi gæti þá verið fylltur af nútíma hraunum, hvort sem þar væri um hraun

frá dyngjunum í Vatnsheiði að ræða, eða einhver önnur, óþekkt, hraun. Einnig gæti legið grágrýti í dalnum, ef fellin (a.m.k. neðri hluti þeirra) væru eldri en frá síðasta jökulskeiði (ísöld), (mynd 30, snið 2). Í annan stað gæti legið móberg undir þeim hraunum, sem sjást á yfirborði, þó dyngjuhraun frá Vatnsheiðardyngjum gæti legið þar á milli (mynd 30, snið 3). Líkur voru þá á fleiri en einni móbergs-"hæð" á því dýpi, sem fyrirhugað er að bora (niður í um 10 m undir sjávarmáli). Síðari tilgátan virðist mun líklegri í ljósi þeirra takmörkuðu athugana, sem gerðar voru. Sé hún rétt, þá má einnig gizka á hæðarlegu skilflata, en nákvæmni þeirra ágizkana er aldrei góð. Horfur voru taldar á, að jarðeðlisfræðilegar mælingar gætu skýrt jarðlagastöðuna nokkuð og var þeim því beitt.

### 9.3. Jarðeðlisfræðileg könnun

Síðari hluta októbermánaðar 1976 voru mældar í Vatnsheiði sex viðnámsmælingar með rösklega 300 m straumarm. Ein þeirra, R-39, var afar léleg og verður ekki birt hér. Jarðhitadeild Orkustofnunar mældi auk þess árið 1973 eina 700 m langa mælingu, G-20, allmiklu neðar en hinar. Staðsetningar mælinganna eru sýndar á mynd 31, en G-20 er að finna í skýrslu OS JHD 7639, "Rafleiðnimælingar í Eldvörpum og Svartsengi".

Niðurstöður þessara mælinga komu nokkuð á óvart, vegna þess að ekki er í fljótu bragði unnt að greina nema tvö megin-viðnámslög, annað ofan sjávarmáls (viðnám 10.000 - 25.000  $\Omega$ m), og hitt neðan sjávarmáls (viðnám  $\ll$  1.000  $\Omega$ m). Viðnámsmælingar með túlkunum eru sýndar á mynd 32. Eins og nánar er skýrt í kafla 6, um jarðeðlisfræðilegar mælingar, byggist túlkun viðnámsmælinganna á þriggja laga viðnámslíkani, þar sem tvö eru undir sjávarmáli, ferskvatn í bergi og jarðsjór í bergi. Tvennt kemur því til greina við túlkun þessara viðnámsmælinga. Annaðhvort er ferskvatnslinsan mjög þunn eða ferskvatn og sjór verða ekki greind að vegna sérstakra aðstæðna. Þessar aðstæður geta helst verið jarðlagaskipan með tiltölulega lágu viðnámi þeirra jarðlaga sem ferskvatnið er í og/eða hátt seltuinnihald ferskvatnsins, t.d. vegna hugsanlegs afrennslis frá norðausturhluta Svartsengis-hitasvæðisins.



9. og 10. nóvember 1976 voru framkvæmdar hljóðbrotsmælingar (seismic refraction) og náðu þær yfir dalinn. Staðsetning mælinganna er sýnd á mynd 31, niðurstöður á myndum 33-37 og túlkun á mynd 38. Þessar mælingar tókust framár öllum vonum og er það einkum að þakka óvenju lágum hljóðhraða í efsta laginu, hrauninum. Niðurstöður þeirra eru í grófum dráttum tveggja til þriggja laga hljóðhraðalíkan. Hraunin eru 15-20 m þykk með hljóðhraða  $\leq 1$  km/s, undir þeim lag (eða lög) með hljóðhraða 1-2 km/s og þar undir væntanlega lag með hljóðhraða  $\sim 3$  km/s. Efra borð þessa neðsta lag sýnist vera nærri sjávarmáli. Miðlagið er a.m.k. vestan megin í dalnum sennilega einhvers konar móberg.

Þessi túlkun hljóðhraðamælinganna sker ekki úr um hverjir fyrrgreindra túlkunarmöguleika viðnámsmælinganna eru sennilegastir. Þegar hins vegar hola hefur verið boruð í Vatnsheiði og rannsökuð, gera jarðeðlisfræðilegu mælingarnar kleift að túlka niðurstöður borunarinnar nokkuð örugglega fyrir mestan hluta þess svæðis í Vatnsheiði, sem nú er talin vænlegur til vatnsvinnslu og segja þannig til um vatnsvinnslumöguleika og framkvæmd vatnsvinnslu.

Að lokum skulu skýrð í fáum orðum hljóðhraðalínuritinn á myndum 33-37. Neðra línuritið er venjulegt komutíma-línurit (travel-time). Vegna óreglulegs hljóðhraða í yfirborði hraunanna eru mæligildin of trufluð til þess að heppilegt sé að byggja túlkun á því að fella línur beint að mæligildum á þessu línuriti.

Efra línuritið er mismunur komutíma frá tveimur skotum teiknaður yfir staðsetningu hljóðnema (geofóna). Ef hljóðbylgja tefst í næsta nágrenni hljóðnema, þá kemur sú töf fram á komutíma frá öllum skotum, og hverfur þegar mismunur komutíma er skoðaður sem fall af staðsetningu hljóðnema (sjá t.d. Gurvich: "Seismic exploration"). Á þessu línuriti eru felldar línur að mæligildum og túlkun hljóðbrotsmælinganna að mestu byggð á bestunarreikningum fyrir þá línu.

#### 9.4. Niðurstöður

Jarðfræðilegar og jarðeðlisfræðilegar athuganir metnar saman benda til þess, að á borstað liggi efst 15-20 m þykkt hraunlag, eða þó heldur hraun það, sem sést á yfirborði, og undir því þunnt dyngjuhraunslag, samanlegt 15-20 m þykk. Undir hraununum taki við móbergslög (í víðri merkingu) e.t.v. skilin sundur í bergskrokka eða jarðsögulegar deildir. Móberg þetta sé aðallega bólstraberg og þursaberg, e.t.v. með "grágrýtis"- eða jökulbergs-lögum, þó það sé næsta óvísst. Við sjávarmál verði enn bergskipti og taki við aðrar móbergsdeildir, e.t.v. mun eldri og þéttari, þó vænta megi einnig basalt- og jafnvel jökulbergs-laga með töluverðum líkum. Vatnsgæfni borholunnar fer að líkindum mest eftir legu neðsta skilflatarins og gerð bergsins neðan hans. Svipaðrar jarðlagaskipanar er að vænta annars staðar undir dalnum.

## 10. NIÐURSTÖÐUR OG NÝTINGARHORFUR

### 10.1. Staða rannsókna

Forkönnun jarðvatnsfræðilegra aðstæðna á svæði II er að verulegu leyti lokið. Ólokið er enn að afla heils árs myndar af jarðvatnshæð, hita, viðnámi og efnainnihaldi jarðvatns, kanna þarf nánar sprungu- og fjörurennslu, kanna þarf betur líklega hæðarlegu jarðlaga og skipan höggunar á svæðinu, gera þarf líkanareikninga af áhrifum veðurfarssveiflna á írennsli til jarðvatns, gera þarf nokkurar jarðviðnámsmælingar til viðbótar. Þessar rannsóknir væru vitaskuld ekki tæmandi, en ættu þó langdrægt að nægja til að fá viðunandi heildarmynd af svæði II. Er þá litið á þessa heildarmynd fyrst og fremst sem vatnafræðilega "umgjörð" vinnslusvæðanna (Lágasvæðis).

Nokkrar athuganir hafa verið gerðar á svæði III til að afla bráðabirgða yfirlits yfir vatnafræðilega jarðfræði svæðisins og afstöðu þess til svæðis II. Þessar athuganir eru enn mjög skammt á veg komnar og þarf að ljúka þeim. Nánari rannsóknir þarf einkum á vesturhluta svæðisins, frá Grindavík til Strandarheiðar, vegna hugsanlegra vinnslusvæða á þeim slóðum. Sterkar líkur eru á því, að jarðeðlisfræðilegar aðferðir séu vænlegar til árangurs á því svæði.

Forkönnun vatnsvinnslusvæðis í Vatnsheiði hefur verið lokið að sinni. Er ekki að vænta verulegra viðbótarupplýsinga með meiriháttar framhaldsrannsókn, fyrr en SV-hluti svæðis III hefur verið kannaður nánar, og borun fyrstu holu á svæðinu hefur verið lokið. Forkönnun hefur verið hafin á Lágasvæði (jarðfræðiathugun, jarðeðlisfræðilegar mælingar). Þeirri könnun þarf að ljúka, áður en borstaðir í heild verða valdir endanlega. Til þess þarf vandlega, jarðfræðilega kortlagningu af svæðinu og nokkuð þétt net jarðeðlisfræðilegra mælinga. Hentugt gæti orðið að forkanna Vogaheiði-Strandarheiði að vissu marki til samanburðarmats á því svæði, ef til kemur að taka verði ákvörðun um nýtt vatnsvinnslusvæði snemma árs 1978. Yrði þar beitt sömu aðferðum og á Lágasvæði.

Sérkannanir hafa varla farið fram fyrir utan borstaðaval og dæluprófanir. Undir þennan flokk mætti þó telja könnun á afdrifum affallsvatns frá varmaorkuverinu í Svartsengi, sem JKD hóf vinnu að í septemberlok. Sérkannanir eru líklegar til að aukast á næsta ári (1977) vegna aukins fjölda borana.

#### 10.2. Vænleg vatnsöflunarsvæði

Samkvæmt túlkunum á þeim niðurstöðum, sem nú liggja fyrir, virðast vænlegustu vatnsöflunarsvæðin vera á sprungusvæðinu við norðurjaðar "móbergsbeltisins", nánar tiltekið frá Stapafelli-Þórðarfelli og austur í Strandarheiði (mynd 39). Jarðvatnshæð er þarna að vísu lág, víðast hver 1 1/2-2 m, en nútíma hraun munu að líkindum ná all víða niður fyrir jarðvatnsborð og því að vænta vatnsgæfni jarðlaga með skársta móti. Jarðaryfirborð er innan við 40 m y.s. á meiri hluta svæðisins, sem hefur sín áhrif á væntanlega borkostnað. Innan þessa svæðis virðast sum hlutsvæðin vera enn vænlegri en önnur, mest vegna jarðfræðilegra líkinda. Vatnsgæfni á svæðinu milli Lágasvæðis og Vogahelðar ræðst að líkindum mest af því, hvort grágrýti er efst undir jarðvatnsborði. Nokkrar líkur eru taldar á því, að nútíma hraun nái þar vel niður undir jarðvatnsborð, a.m.k. í brotspildum, og eru þessi svæði því að svo stöddu flokkuð sem "sérlega vænleg".

Vestan Rauðamels gætu einnig verið sæmileg vatnsöflunarsvæði. Ræður þar hæðarlega yfirborðs grágrýtisins líkleg mestu. Sem stendur eru taldar meiri líkur á því, að grágrýtið nái upp fyrir jarðvatnsborð og svæðið því ekki flokkað sem "vænlegt", þótt það geti verið það.

Vatnsheiði upp af Grindavík hefur verið talin geta verið vænlegt vatnsöflunarsvæði, ef vissar jarðfræðilegar og vatnafræðilegar forsendur væru fyrir hendi (kafli 9). Úr því mun væntanlega fást skorið, þegar yfirstandandi holuborun er lokið og borholan hefur verið dæluprófuð.

Enn er lítið vitað um líkur á vatnsgæfni svæðisins milli Sýlingarfells-Skógfella og Fagradalsfjalls. Jarðvatnsborð stendur þar líklega í móbergi

(líklega einhvers konar bólstrabergi) eða einhverri gerð grágrýtislaga. Vatnsleiðni þessarra jarðlaga er að öllum líkindum mun minni en í nútíma hraunum, og þó mun minnst, ef jarðvatnið stendur í gyskisbergi ("túff") eða þursabergi. Hins vegar er þarna að vænta mun meiri jarðvatnshæðar en á svæði II, og getur niðurdráttur í borholum því verið að sama skapi meiri, án þess að komi að skaða. Vinnanlegt vatnsmagn úr hverri holu (að meðaltali) gæti því verið svipað og á svæði II. Jarðaryfirborð er hins vegar víðast um og yfir 80 m y.s. og því borunar- og dælingarkostnaður meiri en á svæði II:

Nýting Lágasvæðis er hafin og hafa þar þegar verið boraðar 3 ferskvatnsholur HSK-2, HSK-4, HSK-5) (mynd 40). Stærð svæðisins takmarkast af ýmsum þáttum: Að sunnan virðist liggja móbergssvæði austur frá Þórðarfelli en þar fyrir austan hindrar íblöndun jarðhitavatns frá Svartsengi nýtingu. Suðaustan að svæðinu liggur líklega móbergsstallur, en land hækkar jafnframtalmennt í þá átt. Norðvestan megin nær grágrýti líklega upp fyrir jarðvatnsborð á línu, sem fellur nærri því saman við byggðarlagamörk (Grindavík-Keflavík). Að norðaustan tengist Lágasvæðið Vogahéiði. Heildarstærð vatnsvinnslusvæðis á Lágasvæði, innan bæjarmarka Grindavíkurkaupstaðar, er þá 15-20 km<sup>2</sup>. Jarðlög eru sjálfsagt misvel vatnsgæf á svæðinu og því einstakir hlutar þess einnig misvel fallnir til vatnsöflunar. Líkur eru á, að móbergs- eða grágrýtislög liggja ofan jarðvatnsborðs norðvestan við móbergsfellin við SA-jaðar svæðisins. Vænlegustu vinnslusvæðin virðast því vera norðvestan hallt á svæðinu, úr Lágum til Snorrastaðatjarna, þar sem nútíma hraun ná niður fyrir jarðvatnsborð vegna höggunar og fleiri jarðfræðilegra aðstæðna.

### 10.3. Bráðabirgðaniðurstöður

Frumkönnun og líkanareikningar á svæði II hafa leitt til heildarmyndar af jarðvatnsástandi á svæðinu. Á grundvelli hennar er hægt að gera sér nokkuð nákvæma hugmynd um hæð jarðvatnsborðs og jafnvel rennslisstefnur jarðvatns, á og umhverfis líkleg vinnslusvæði. Einnig er hægt að áætla nokkuð nýtingar- móguleika Lágasvæðis og hvaða atriða verði þar að gæta. Þess ber að gæta,

að minna vatnsmagn næst úr hverri borholu til jafnaðar, eftir því sem svæðið kemst nær því að vera gjörnýtt. Það er því ekki sízt kostnaðaratriði, hversu mikið vatn verður unnið á svæðinu. Samkvæmt líkanareikningi myndi meðalvatnshæð á Lágasvæði lækka um 10-12 cm ef 300 l/s að staðaldri væru teknir af 4 km<sup>2</sup> á svæðinu. Þessarri lökkun samsvaraði 4-5 m þynning á ferskvatnslaginu, sem myndi leiða til samsvarandi hækkunar á salt- og sjóvatni.

Samkvæmtreglum, sem notaðar munu vera víða á strandsvæðum (t.d. Ísrael), er gert ráð fyrir því, að óhætt sé að draga vatnsborð niður í borholum með dælingu, sem samsvari lyftingu skilflatar ferskvatns og sjávar (eða jafnseltuflötum) um 1/4 dýpis frá borholubotni í skilflöt. Miðað við eðlisþyngd ferskvatns og sjávar, og seltu sem fall af dýpi í blöndunarlagi í skilum beggja, þá lægi fræðilegur, skarpur skilflötur, sem væri þó í samræmi við jarðvatnshæð yfir sjávarmál, talsvert dýpra en þeir jafnseltufletir, sem skilja milli nýtanlegs vatns og ónýtanlegs. Eins og spáð hafði verið, viðnámsmælingar bentu til og beinar mælingar í rannsóknarholu sýndu, þá er þessi munur 10-15 m á Lágasvæði. Samkvæmt þessu væri dýpi frá jarðvatnsborði á jafnseltuflöt með 200 ppm Cl<sup>-</sup> 40-45 m. Dýpi ferskvatnshola á svæðinu er um 10 m. Leyfilegur niðurdráttur væri þá 20-23 cm. Þeim niðurdrætti samsvaraði þá 20-30 l/s rennsli úr holum HSK-2 og HSK-4. Sem fyrr segir, eru líkur á, að þessar holur séu á vatnsgæfasta hluta Lágasvæðisins. Að svo stöddu eru því líkur á, að ekki sé óhætt að reikna með meiru en 20 l/s meðaltalsrennsli úr hverri borholu, e.t.v. aðeins 15 l/s. Fyllri og nákvæmari upplýsingar munu fást með hverri borholu, sem dæluþrófuð verður. Á það er einnig að líta, að enn er ósannað mál, hvort staðallísá, sem hér hefur verið valinn, á við, við þær aðstæður, sem hér um ræðir. Úr því verður vart skorið, nema með því að dæla úr einhverri holunni verulegu vatnsmagni, unz marktækrar seltuaukningar fer að gæta í henni.

Við þar rannsóknir, sem gerðar hafa verið, hefur fengizt nokkur reynsla af þeim aðferðum, sem beitt hefur verið. Við framhald rannsókna á því að vera hægt að beita þeim á markvissari og hagkvæmari hátt, þó ekki muni e.t.v. miklu. Aðal munurinn liggur í því, að ljósara er nú að hverju rannsóknirnar skuli beinast með tilliti til heildarmyndar eða beinnar nýtingar.

Í heild er svo að sjá, sem sá árangur hafi náðst með ferskvatnsrannsóknum, sem vænt var. Nokkuð nákvæm heildarmynd hefur fengist af jarðvatnsástandi á svæði II, svo og fyrsta yfirlit yfir möguleika á vatnsöflun á Lágasvæði. Reynsla er komin á hinar ýmsu rannsóknaraðferðir á þessum svæðum, og nokkuð ljóst er, að hverju frumkönnun svæðis III og forkönnun vatnsvinnslusvæða muni verða beint.

HEIMILDASKRÁ

Bhattacharya, P.K.; Patra, H.P. (1968): "Direct Current Electrical Sounding". (Elsevier Publ.).

Davis, S.N.; De Wiest, R.J.M. (1970): "Hydrogeology". (John Wiley & Sons, New York).

Gurvich (1972): "Seismic Prospecting" (MIR).

Hitaveita Suðurnesja (1976): "Varmaorkuver við Svartsengi; fyrirkomulag og áfangar". (Fjarhitun hf; Orkustofnun, Jarðhitadeild; Rafteikning h.f.; Verkfræðistofa Guðmundar & Kristjáns Reykjavík, maí 1976).

Jón Jónsson (1974): "Sundhnúkahreun við Grindavík". (Nfr. 43 árg. 3-4 h. s. 145-153, febr. 1974).

Jón Jónsson: Jarðfræðikort af Reykjanesskaga (óbirt, frumgerð).

Markús Á Einarsson (1972): "Evaporation and potential Evapotranspiration in Iceland". (Veðurstofa Íslands, Reykjavík 1972).

Skýrslur Orkustofnunar

OS-JHD 7407: Karl Ragnars, Stefán Arnórsson: "Svartsengi rannsókn jarðhitasvæðisins og vinnslutækni". Febrúar 1974.

OS-ROD 7408: Jón Eiríksson: "Geological Investigations in Grindavík, SW-Iceland. Part I. General Geology". Marz 1974.

OS-JHD 7531: Ingvar B. Friðleifsson: "Lithology and Structure of Geothermal Reservoir Rocks in Iceland". 2 UN Symp. Geoth. Res. San Fransisco. Maí 1975.



OS-JKD (handrit): Laufey Hannesdóttir: "Svartsengi, Reykjanes og jarðvatn: Framvinduskýrsla". Maí 1975.

OS-JHD 7541: Stefán Arnórsson, Valgarður Stefánsson, Stefán G. Sigurmundsson, Gestur Gíslason, Karl Grönvold: "Rannsókn á jarðhitasvæðinu í Svartsengi". Júní 1975.

OS-JKD 7603: Freysteinn Sigurðsson: "Straumsvíkursvæði: Skýrsla um vatnafræðilega frumkönnun". (Íslenska álfélagið). Marz 1976.

OS-JKD 7604: Freyr Þórarinsson, Freysteinn Sigurðsson: "Vatnsþörf og vatnsöflun á Suðurnesjum". Marz 1976.

OS-JKD 7639: Valgarður Stefánsson, Lúðvík S Georgsson, Rúnar Sigfússon: "Rafleiðnimælingar í Eldvörpum og Svartsengi". Júlí 1976.

MYNDASKRÁ

1. Ferskvatnsrannsókn 1976. Afstöðumynd, svæði II.
2. Vatnshæðarmælistaðir, fjörurennslí.
3. Reykjanesskagi; meðalársúrcoma.
4. Ársúrcoma í Keflavík, Grindavík og á Reykjanesi.
5. Meðalmánaðarúrcoma í mm á Reykjanesi 1931-1960.
6. " " í Keflavík " "
7. Meðalmánaðarúrcoma í Keflavík 1953-1974, staðalfrávik og mestu frávik.
8. Gnóttargufun í mm í Keflavík 1958-1967.
9. Jarðvatnshæð á Suðurnesjum (m y.s.). Svæði II.
10. " " " "
11. " " " "
12. " " " "
13. " " " "
14. " " " "
15. Reykjanesskagi; jarðfræði, yfirlit.
16. Reykjanesskagi, jarðfræði.
  1. Höggun; misgengi og sprungustefnur
  2. Gosvirkni; gosbelti, móbergsbelti.
17. Reykjanesskagi, jarðfræði.
  1. Sigdældir, móbergs-"skrokkar".
  2. Jarðlög við jarðvatnsborð.
18. Ferskvatnsholur HSK-2 - HSK-5. Borholusnið.
19. Reykjanesskagi; staðsetning jarðviðnámsmælinga.
20. Hóla 2, Illahrauni (HSK-2): Þrepaðaling, dæluprófun 76-08-07.
21. Hóla 2, Illahrauni (HSK-2); þrepaðaling, dæluprófun 76-08-10.
22. Hóla 4, Illahrauni (HSK-4); þrepaðaling, dæluprófun 76-08-19.
23. Hóla 4, Illahrauni (HSK-4); Þrepaðaling, dæluprófun 76-08-21.
24. Hóla 4, Illahrauni (HSK-4); þrepaðaling, dæluprófun 76-08-22.
25. Ferskvatnshóla HSK-2: Þrepaðalingar 76-08-07 - 10, dælingarrit.
26. Ferskvatnshóla HSK-4: þrepaðalingar 76-08-19 - 22, dælingarrit.
27. Reykjanesskagi, jarðvatnshæðarlíkan.
28. Reykjanesskagi, jafnrennslislínur, svæði II.

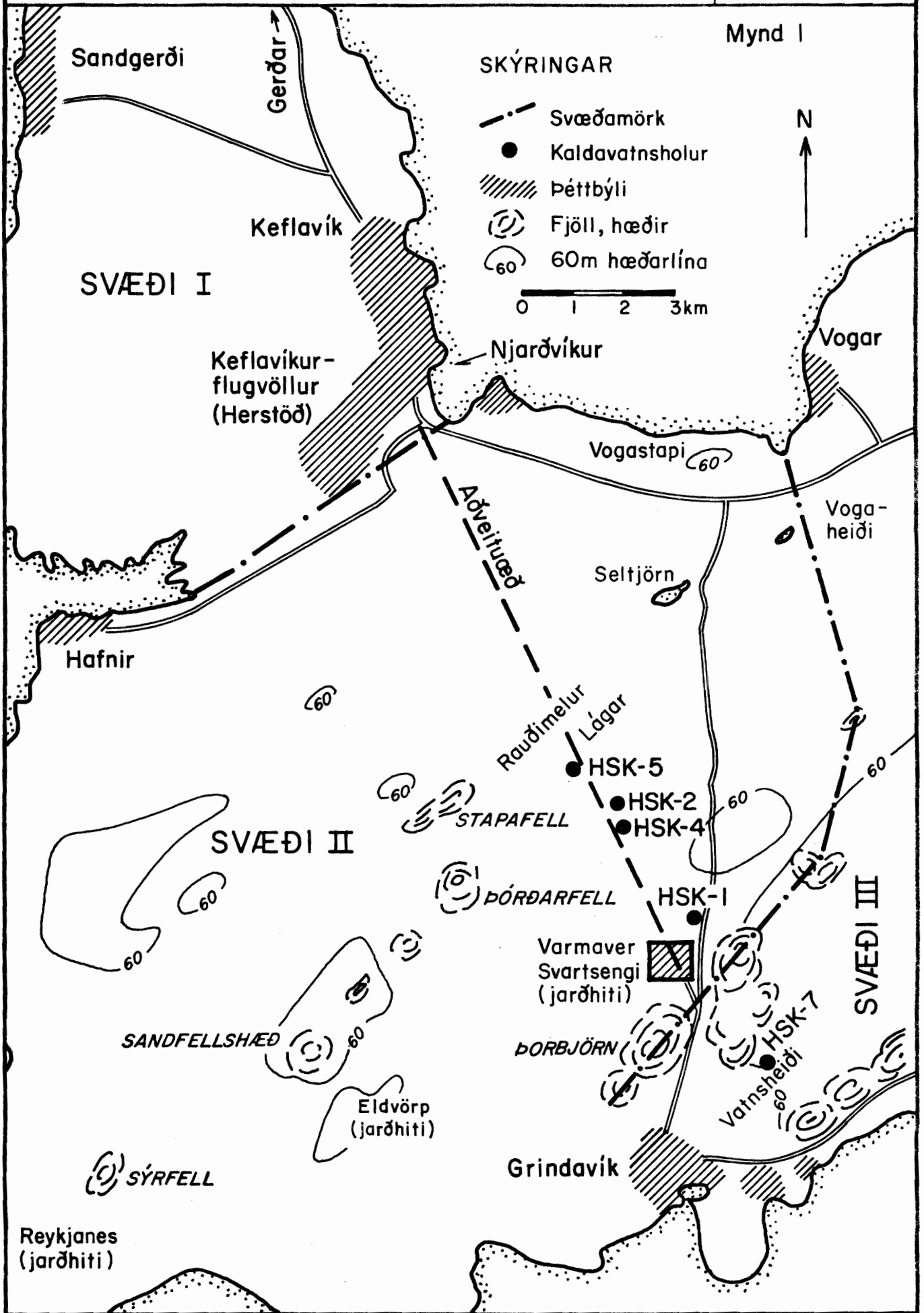
29. Vatnsvinnslusvæði í Vatnsheiði, jarðfræði, yfirlit.
30. " " " , þversnið.
31. Vatnsheiði, staðsetning jarðeðlisfræðilegra mælinga.
32. Viðnámsmælingar í Vatnsheiði.
33. Vatnsheiði, hljóðhraðamæling VH-2.
34. " " " VH-3.
35. " " " VH-4.
36. " " " VH-5
37. " " " VH-6
38. Vatnsheiði, túlkun jarðeðlisfræðilegra mælinga.
39. Vatnsvinnslusvæði, yfirlit.
40. Svæði II, vatnsvinnslusvæði, Lágasvæði.



**Ferskvatnsrannsóknir 1976**

Afstöðumynd, Svæði II

Mynd I



**SKÝRINGAR**

- Svæðamörk
- Kaldavatnsholur
- Þéttbýli
- Fjöll, hæðir
- 60m hæðarlína

0 1 2 3km



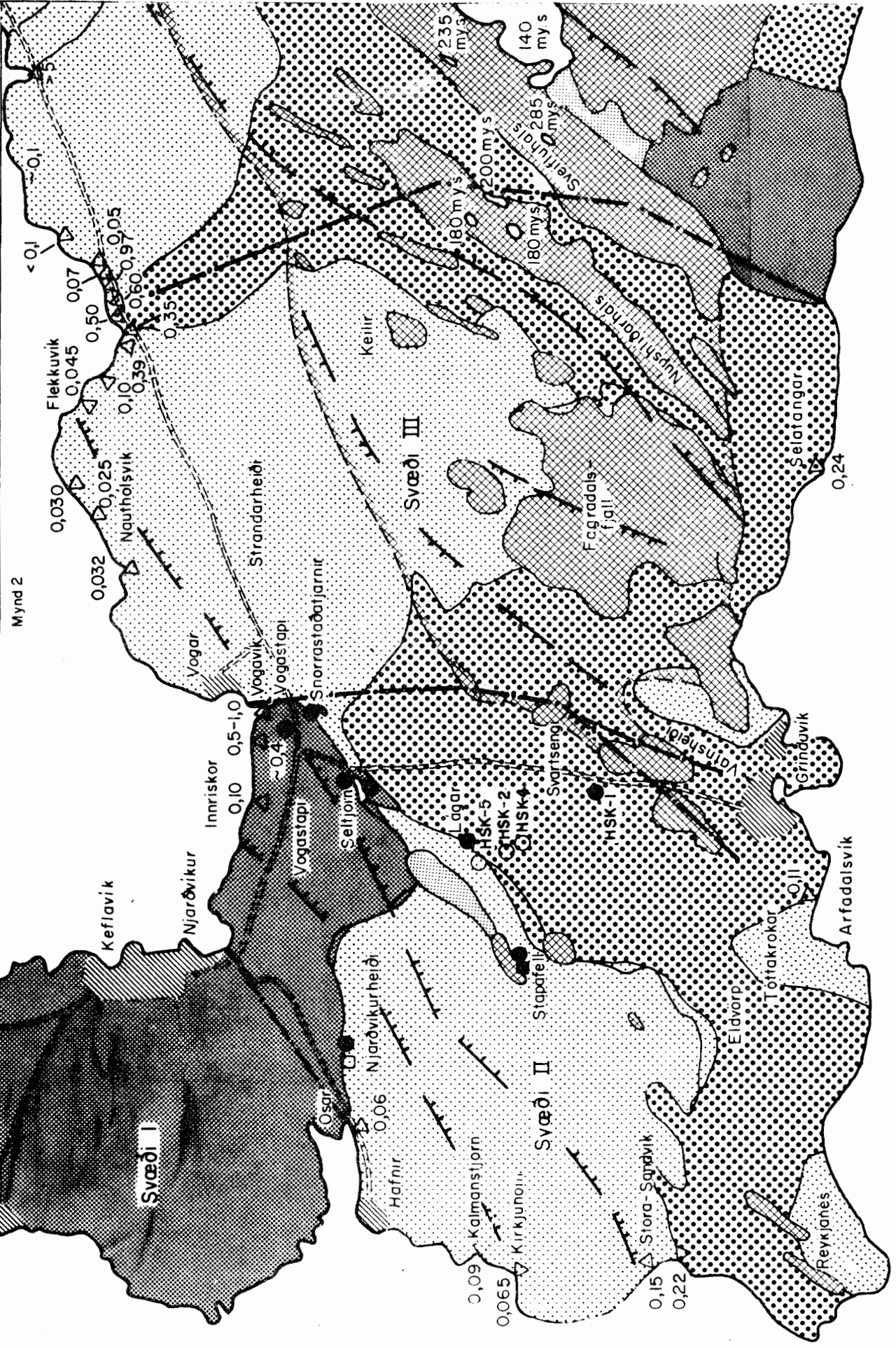
ORKUSTOFNUN  
Jardkonnunardeild

Hitaveita Suðurnesja  
Vatnshæðarmælistaðir, fjórurennisli

Mynd 2



'76 II.21 FS/AA  
T145 T 576  
Svarfse. Ým.  
F 14896

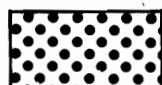




SKÝRINGAR VIÐ MYND 2  
Vatnshæðarmælistaðir, fjörurensli



Pykk setlög



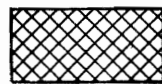
Sprunguhraun



Dyngjuhraun



Grágrýti



Móberg



Jaðar sprungusvæðis



Skil milli „vatnasvæða“



Ferskvatnsholur Hitaveita Suðurnesja



Vatnshæðarmælistaðir



Vatnshæðarmælistaðir fóðraðar holur



0,22

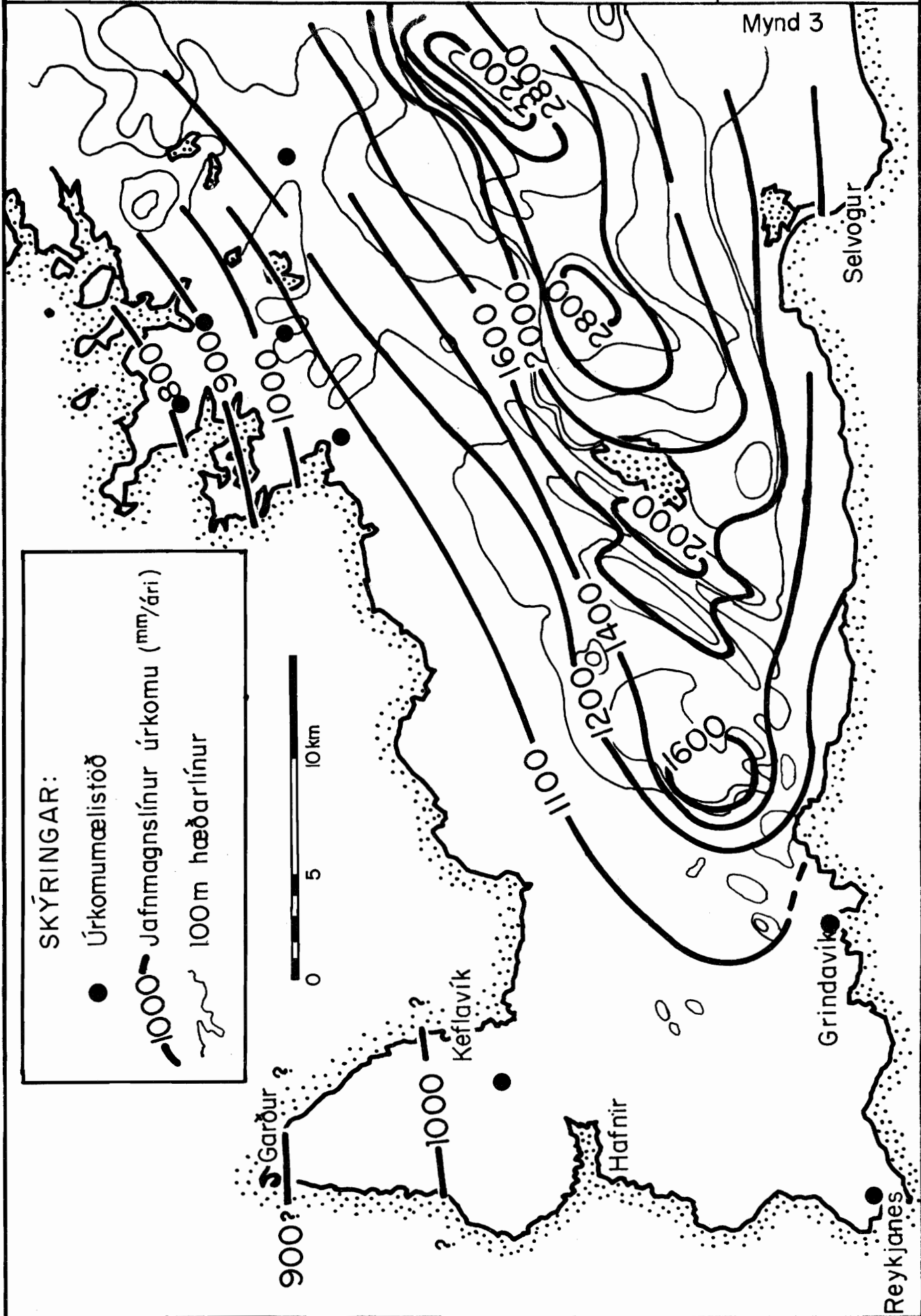
Athugunarstaður á fjörurensli  
áætlað meðalrensli [l/s.m]



# Reykjaneskagi

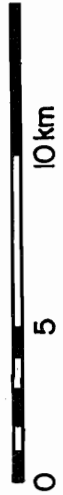
Meðalársúrkoma

Mynd 3



### SKÝRINGAR:

- Úrkomumælistöð
- 1000 Jafnmagnslínur úrkomu (mm/ári)
- 100m hæðarlínur



Reykjanes

Grindavík

Hafnir

Keflavík

Garður ?

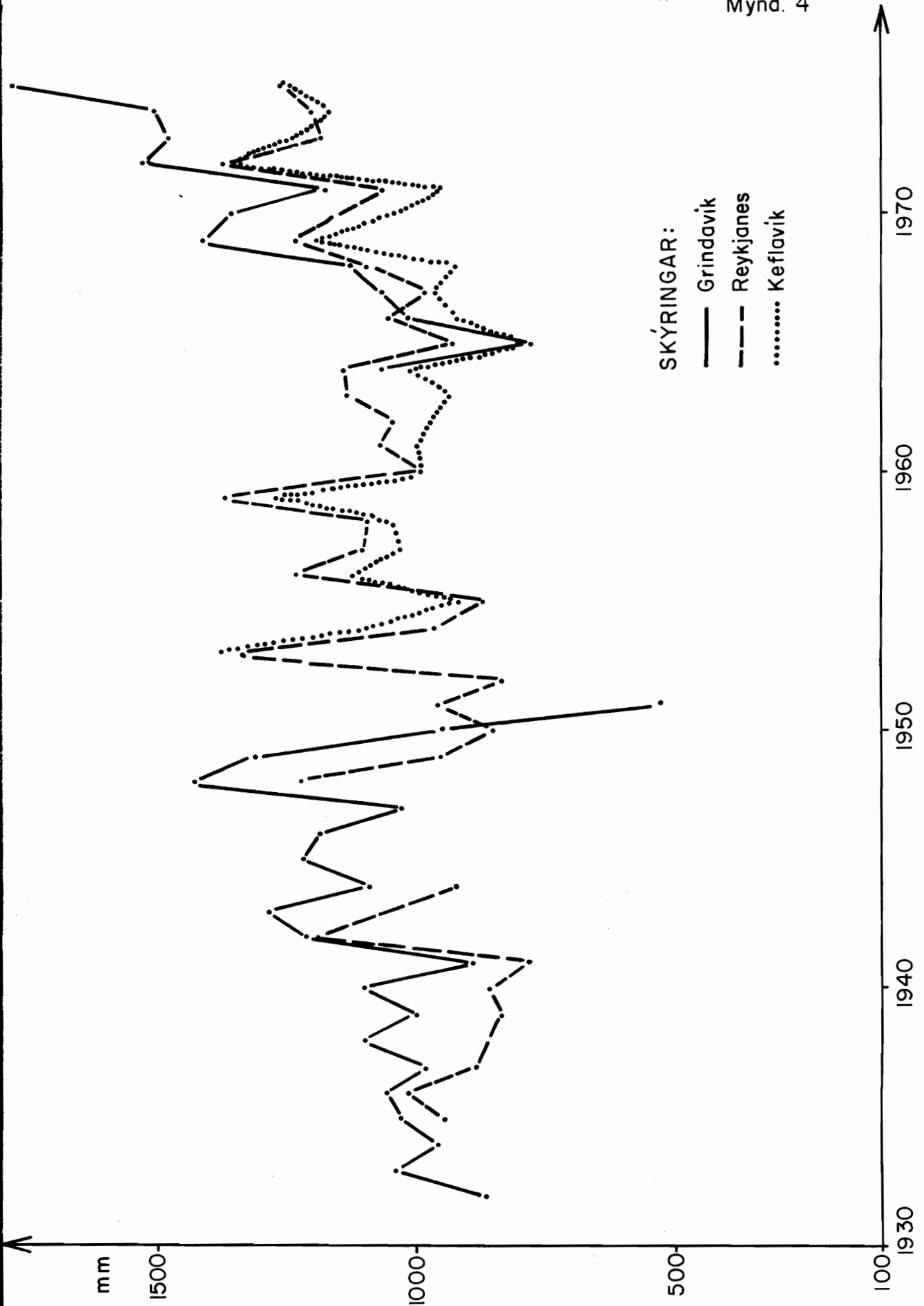
Selvogur



# ÁRSÚRKOMA

í Keflavík, Grindavík og á Reykjanesi

Mynd. 4







ORKUSTOFNUN

Jarðkönnunardeild

Hitaveita Suðurnesja

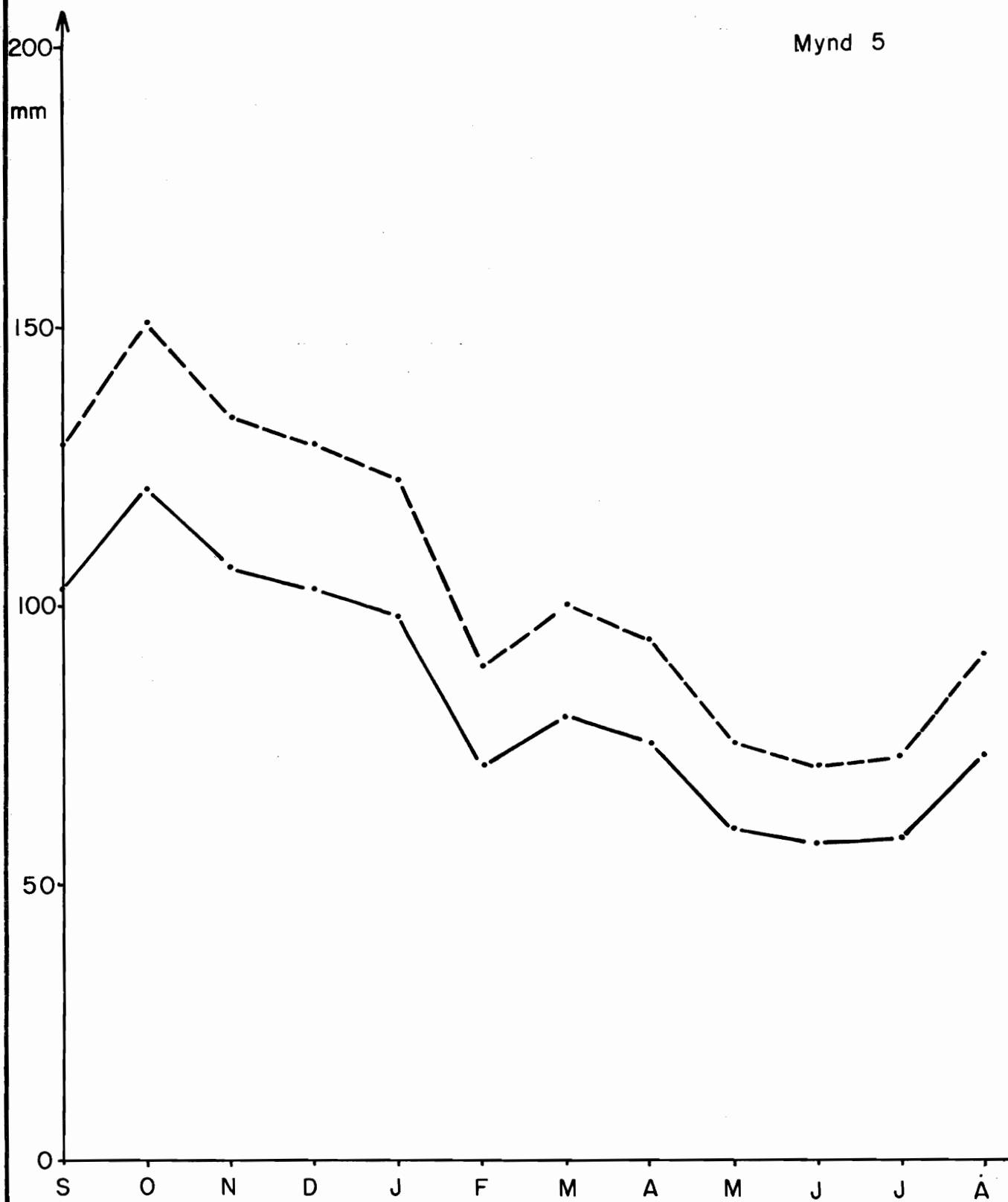
'76.10.29 MG/AA

Meðalmánaðarúrkoma í mm  
á Reykjanesi 1931-1960

T 128 T 46

Svartse. N.vatn

F 14809



SKÝRINGAR:

— Meðalmánaðarúrkoma

--- Meðalmánaðarúrkoma + 25%

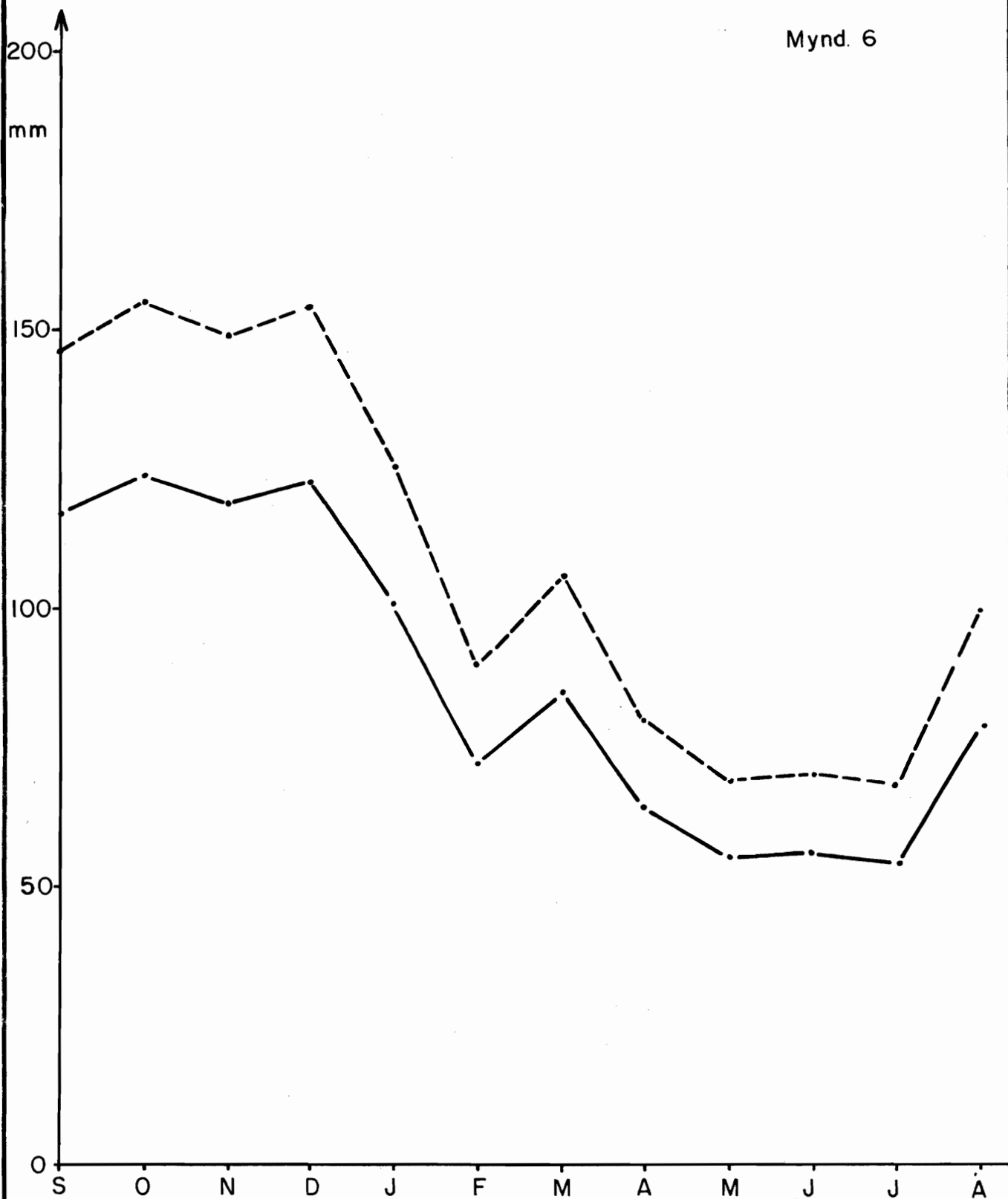


Meðalmánaðarúrkoma í mm  
í Keflavík 1931 — 1960

T 135 T 53

Svartse. N.vatn

F 14819



SKÝRINGAR:

— Meðalmánaðarúrkoma

- - - Meðalmánaðarúrkoma + 25%



ORKUSTOFNUN

Jarðkönnunardeild

Hitaveita Suðurnesja

Meðalmánaðarúrkoma í Keflavík 1953-1974

staðalfrávik og mestu frávik

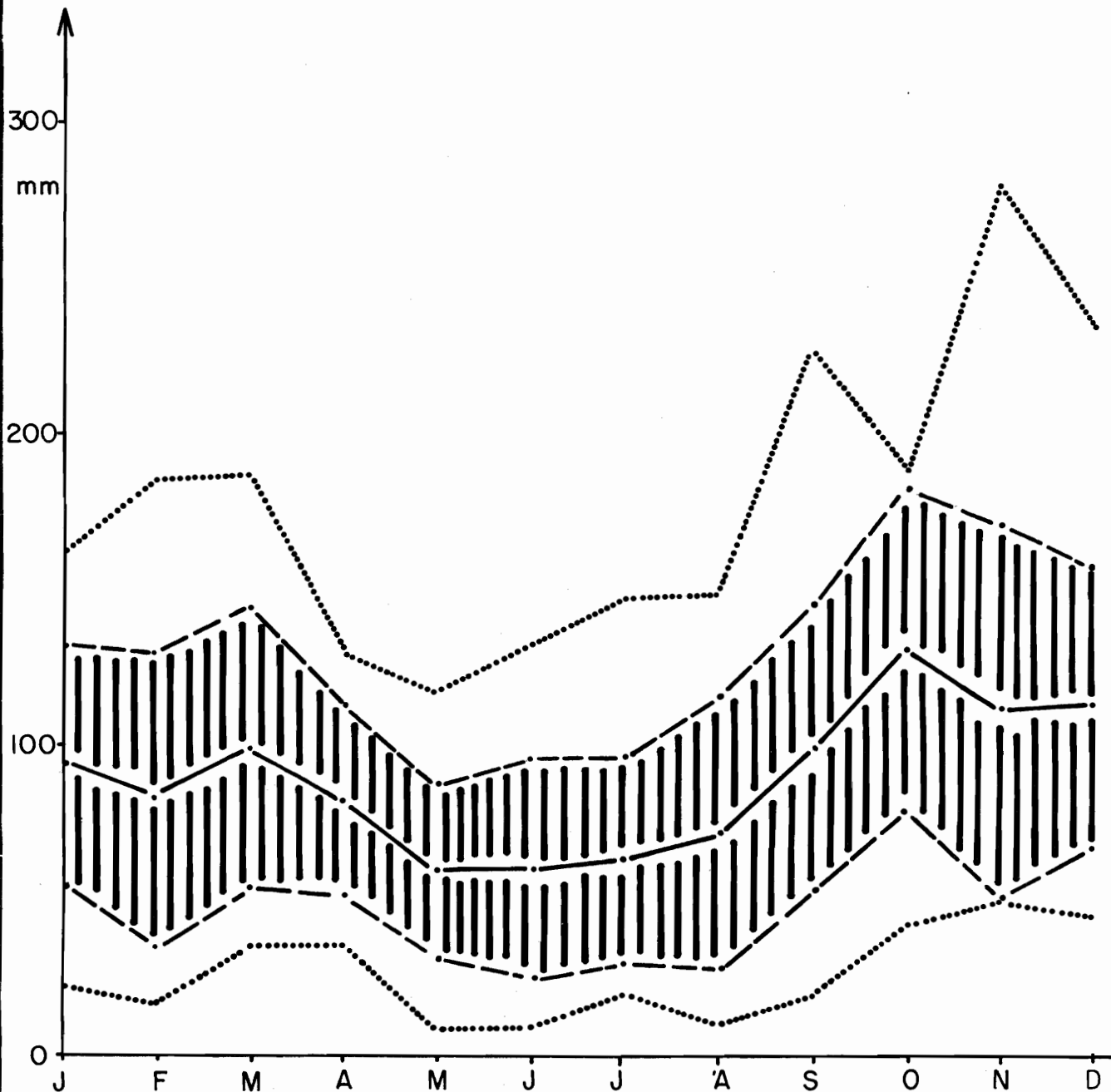
'76.11.01 MG/ÁÁ

T 130 T 48

Svartse. N-vatn

F 14811

Mynd 7



SKÝRINGAR:

— Meðalmánaðarúrkoma,  $\bar{x}$

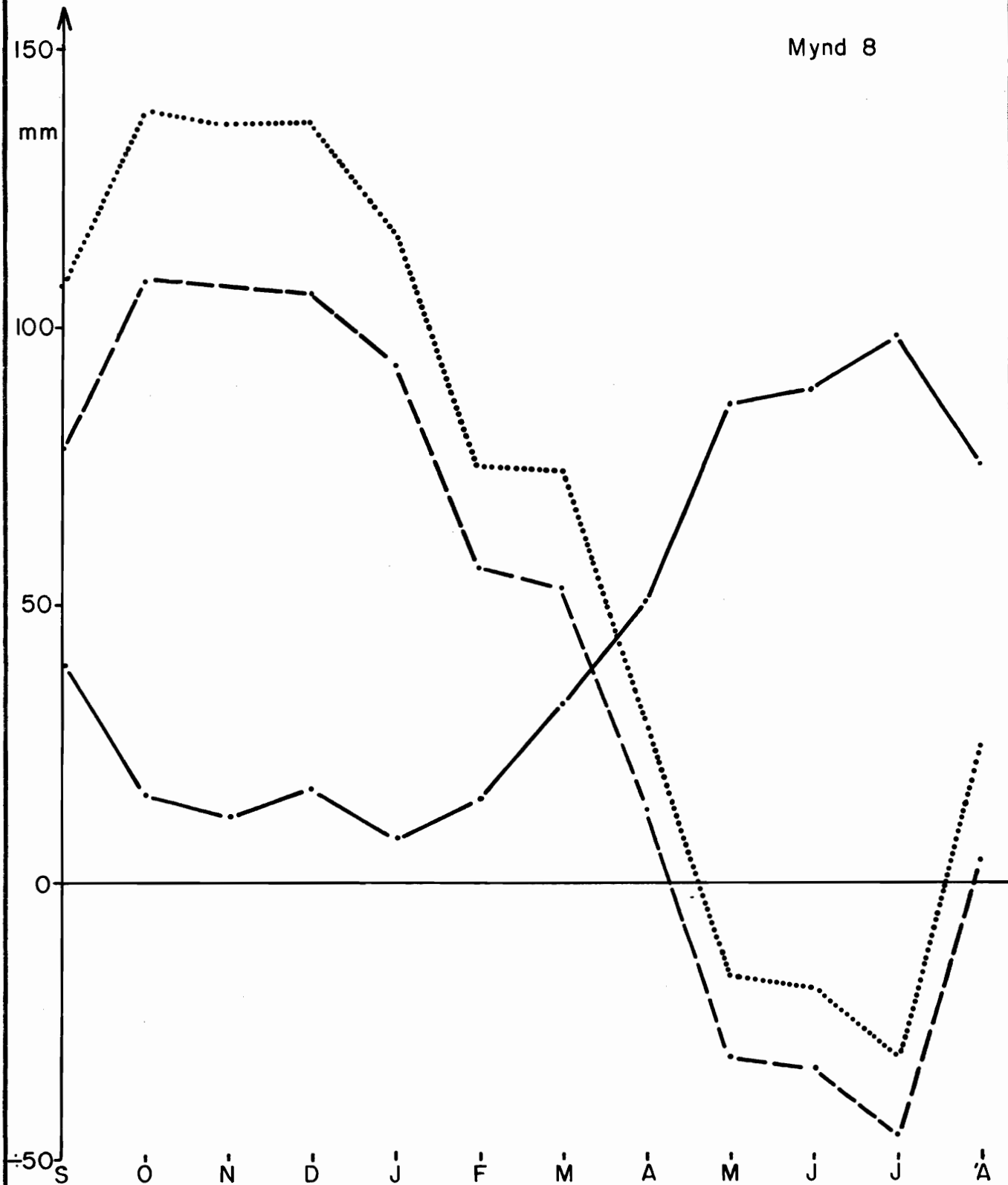
- - - Staðalfrávik,  $\sigma$

..... Mestu frávik



Gnóttargufun í mm  
í Keflavík 1958-1967

Mynd 8



SKÝRINGAR

— Gnóttargufun, E p

- - - "Írennsli" = úrkoma - Gnóttargufun, I = P - E p

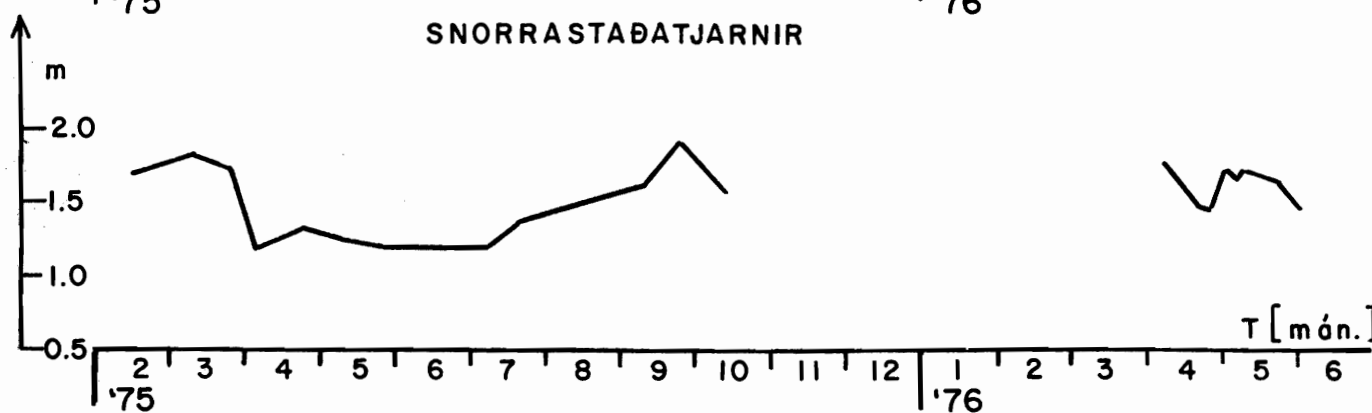
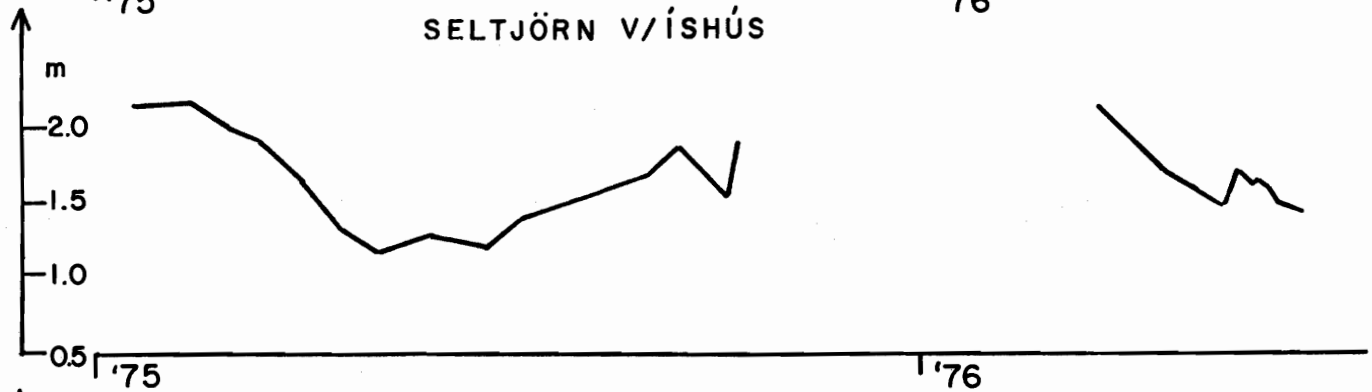
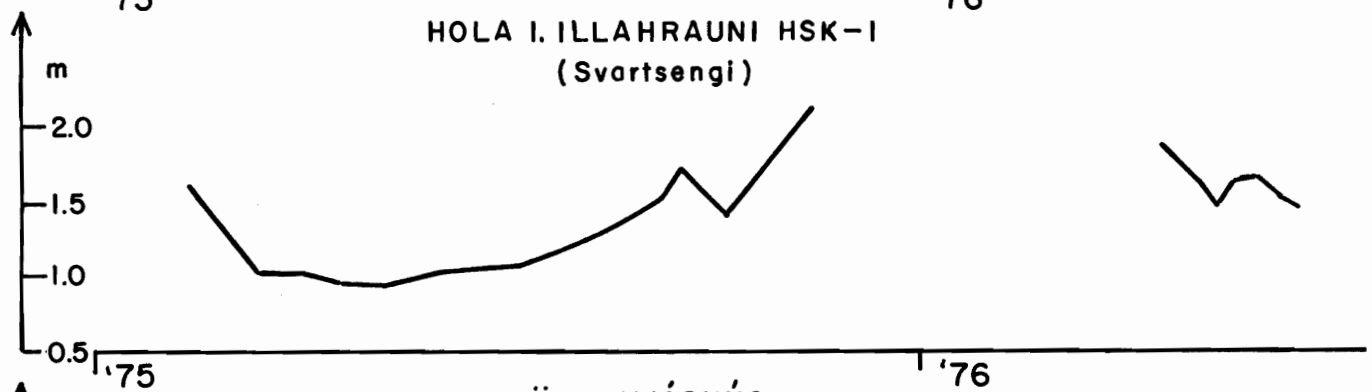
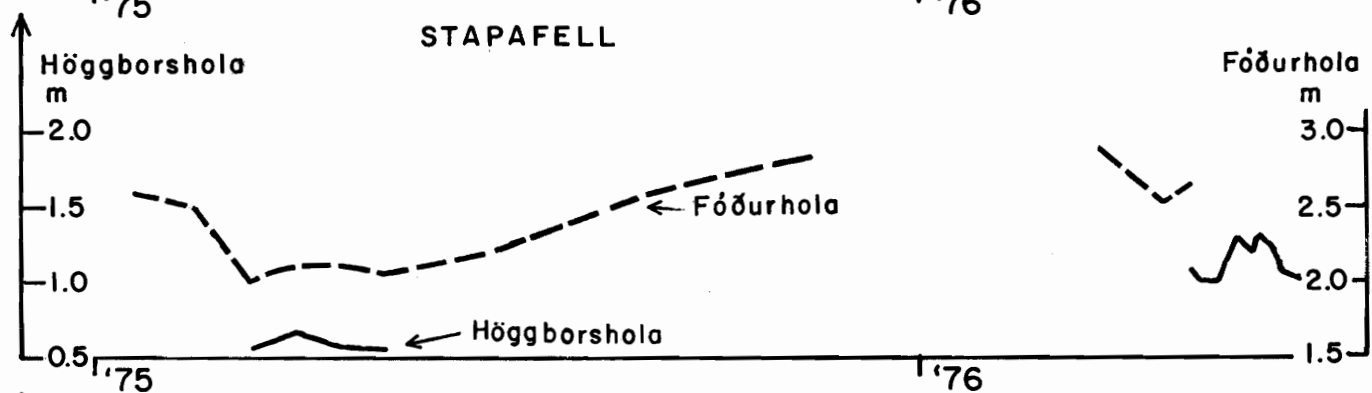
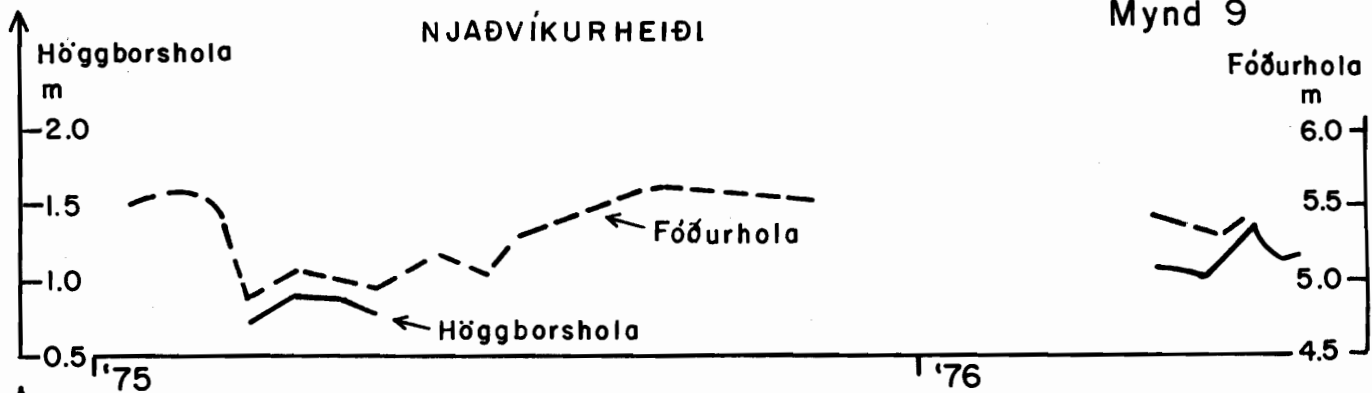
..... I = P · 1,25 - E p



JARÐVATNSHÆÐ Á SUÐURNESJUM [m y.s.]

Svæði II

Mynd 9



T [mán.]

'75

'76



ORKUSTOFNUN  
JKD

Hitaveita Suðurnesja

76 11 09 SG/AR

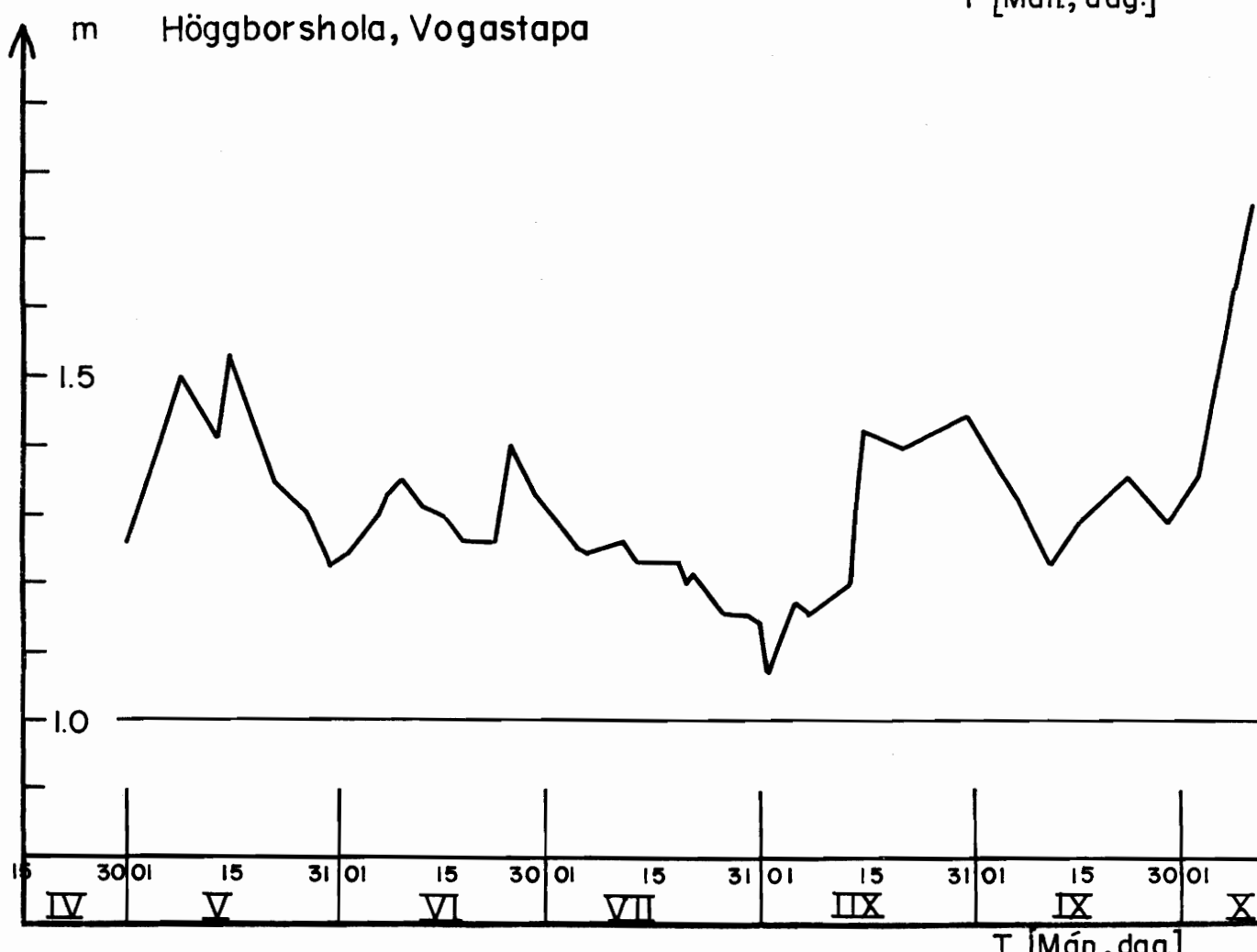
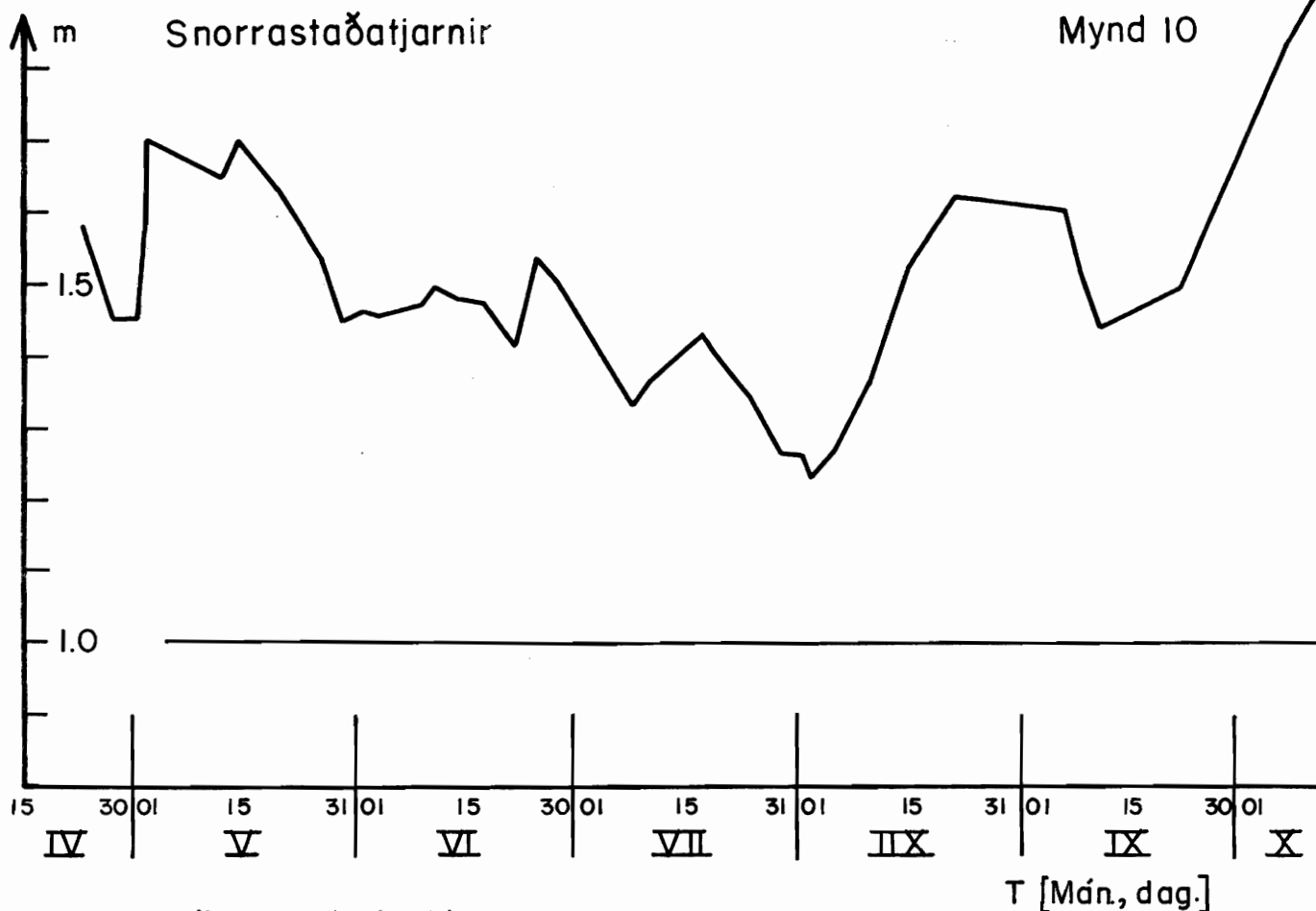
T. 140 T58

JARÐVATNSHÆÐ (m.y.s)

Svartse. Neysluv.

SVÆÐI II

F. 14837





ORKUSTOFNUN  
JKD

Hitaveita Suðurnesja

76 11 08 SG/AR

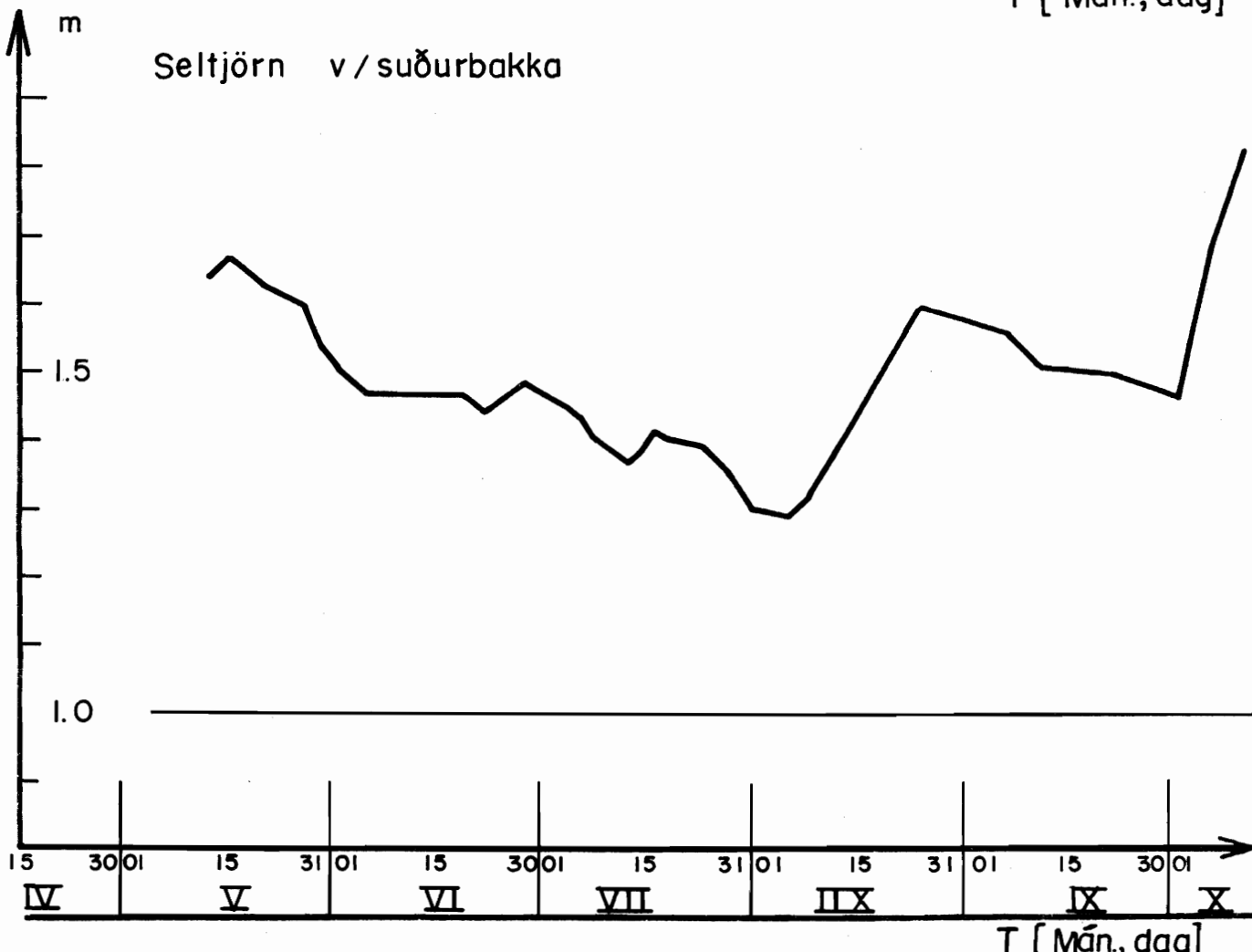
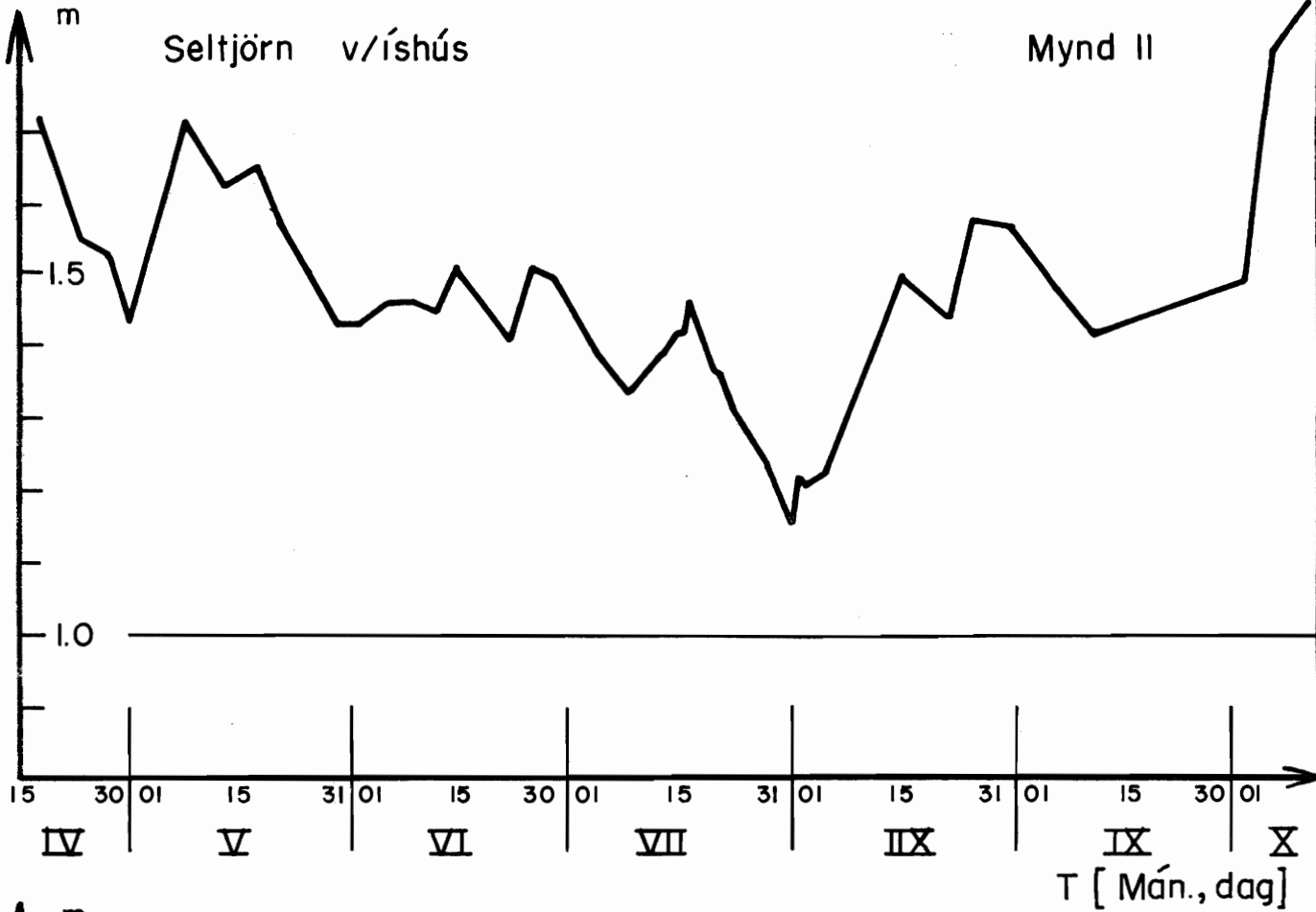
Jarðvatnshæð (m.y. s)

T. 139 T. 57

Svæði II

Svartse. Neysluv.

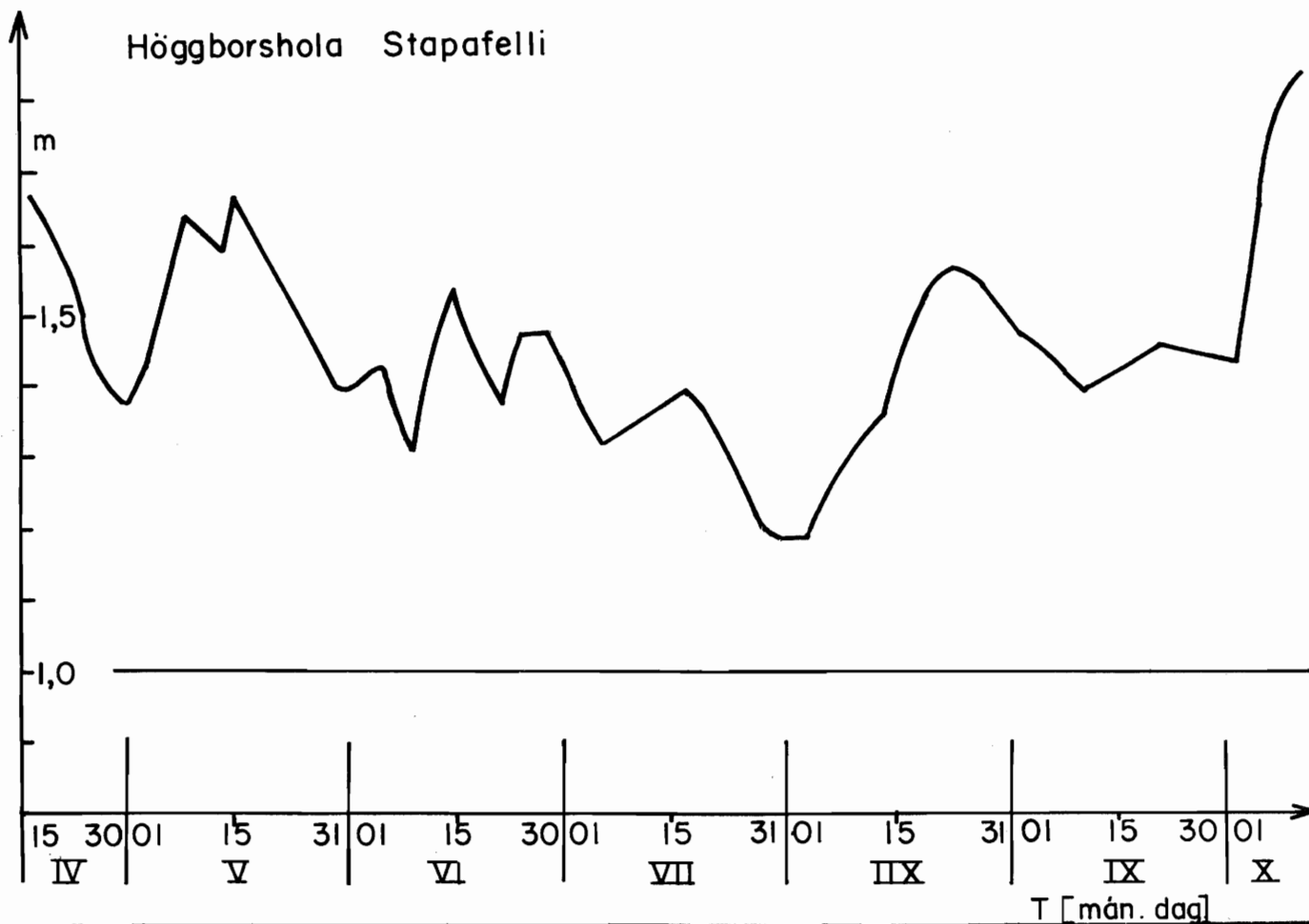
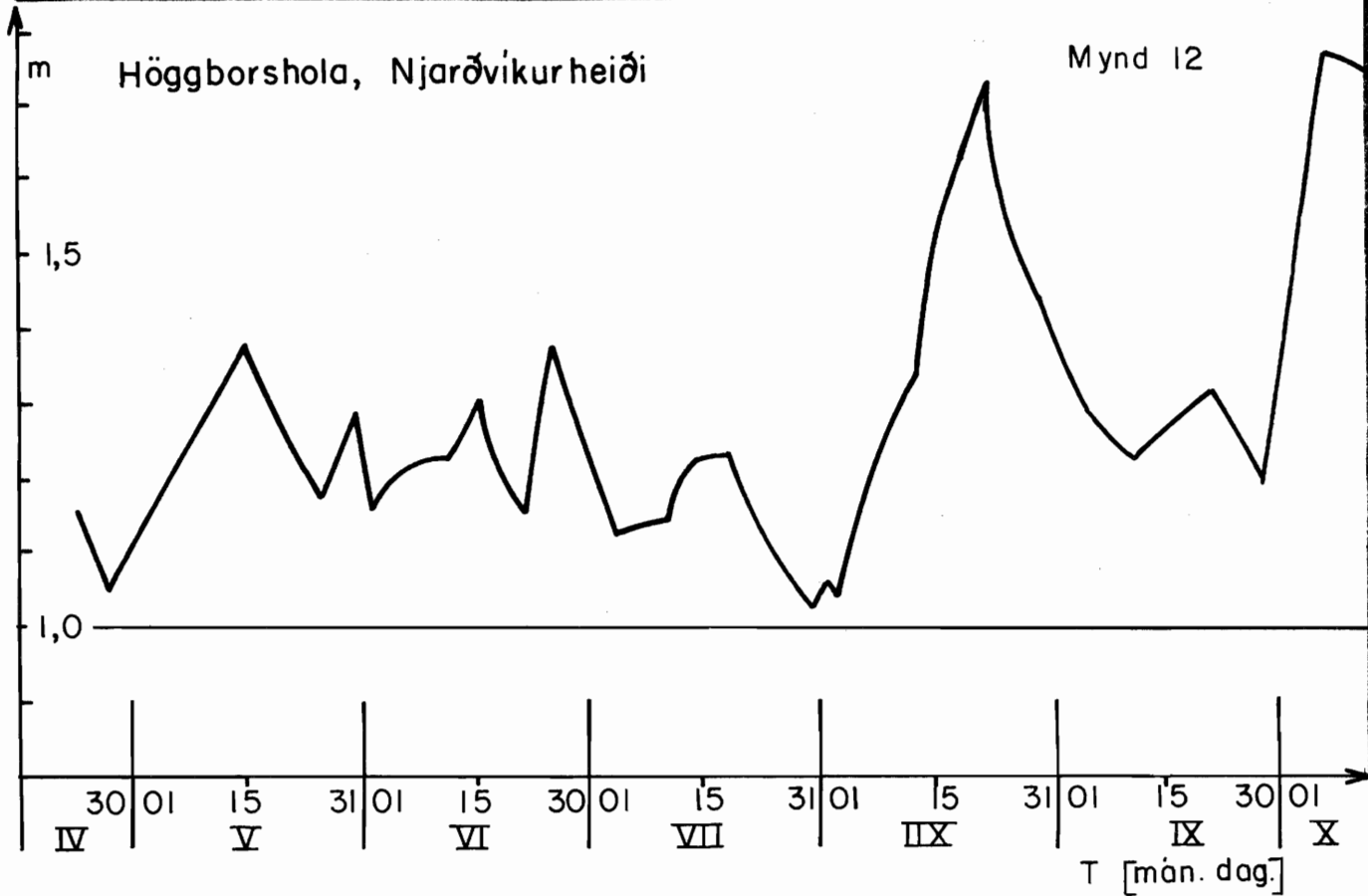
F. 14836





JARÐVATNSHÆÐ (m y.s.)

Svæði II







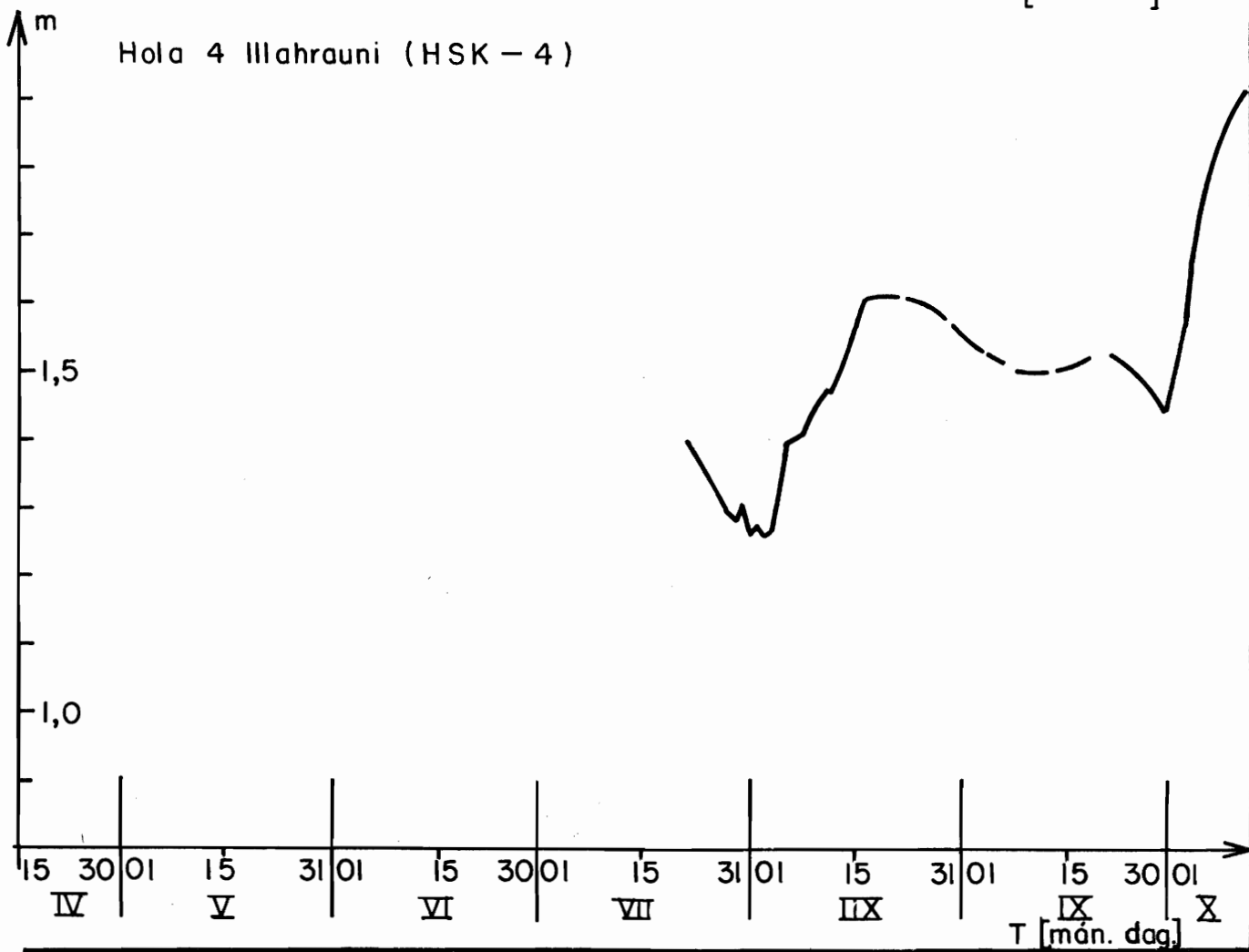
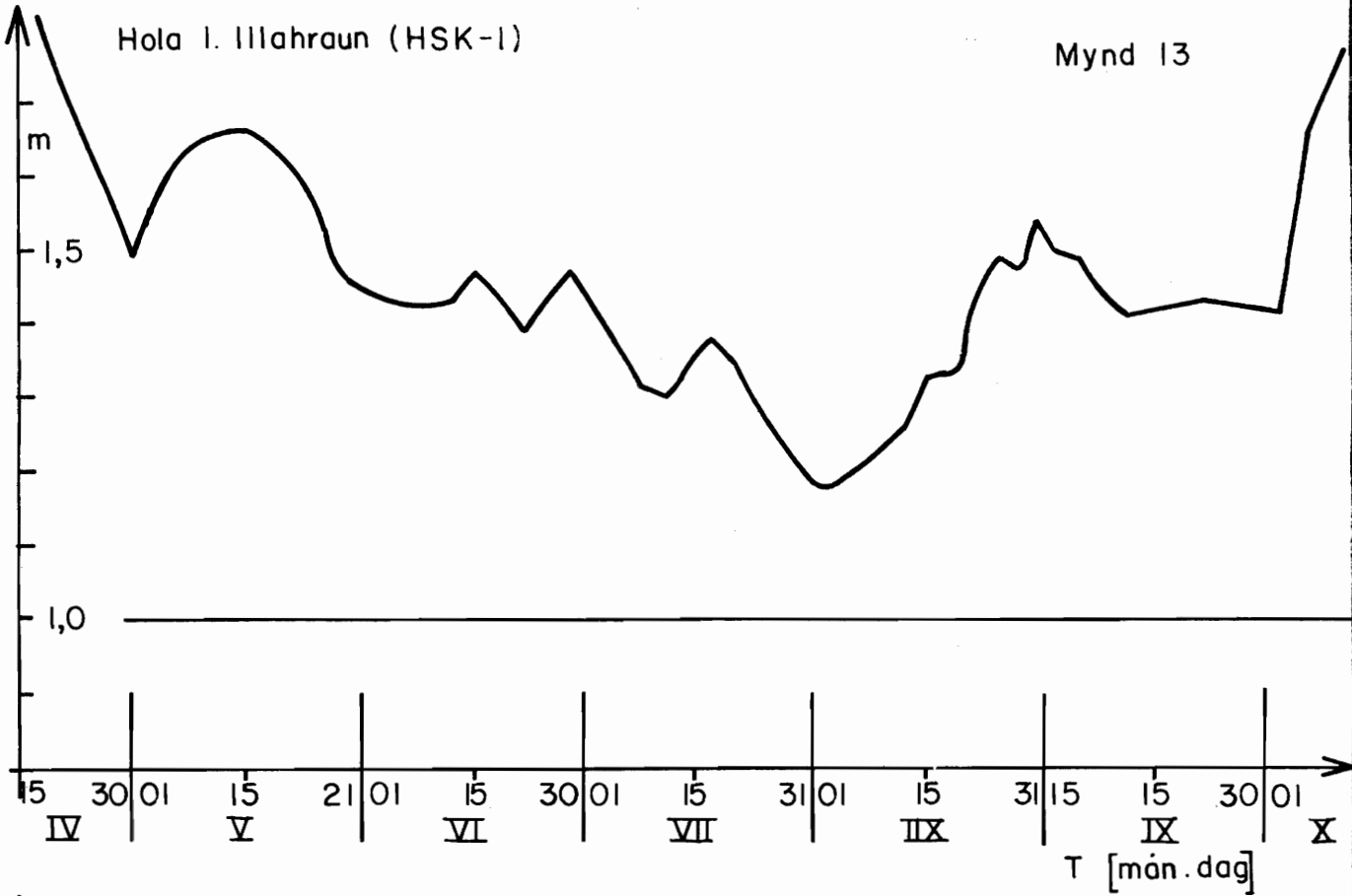
JARÐVATNSHÆÐ (m y.s)

T 56 T 138

SVÆÐI II

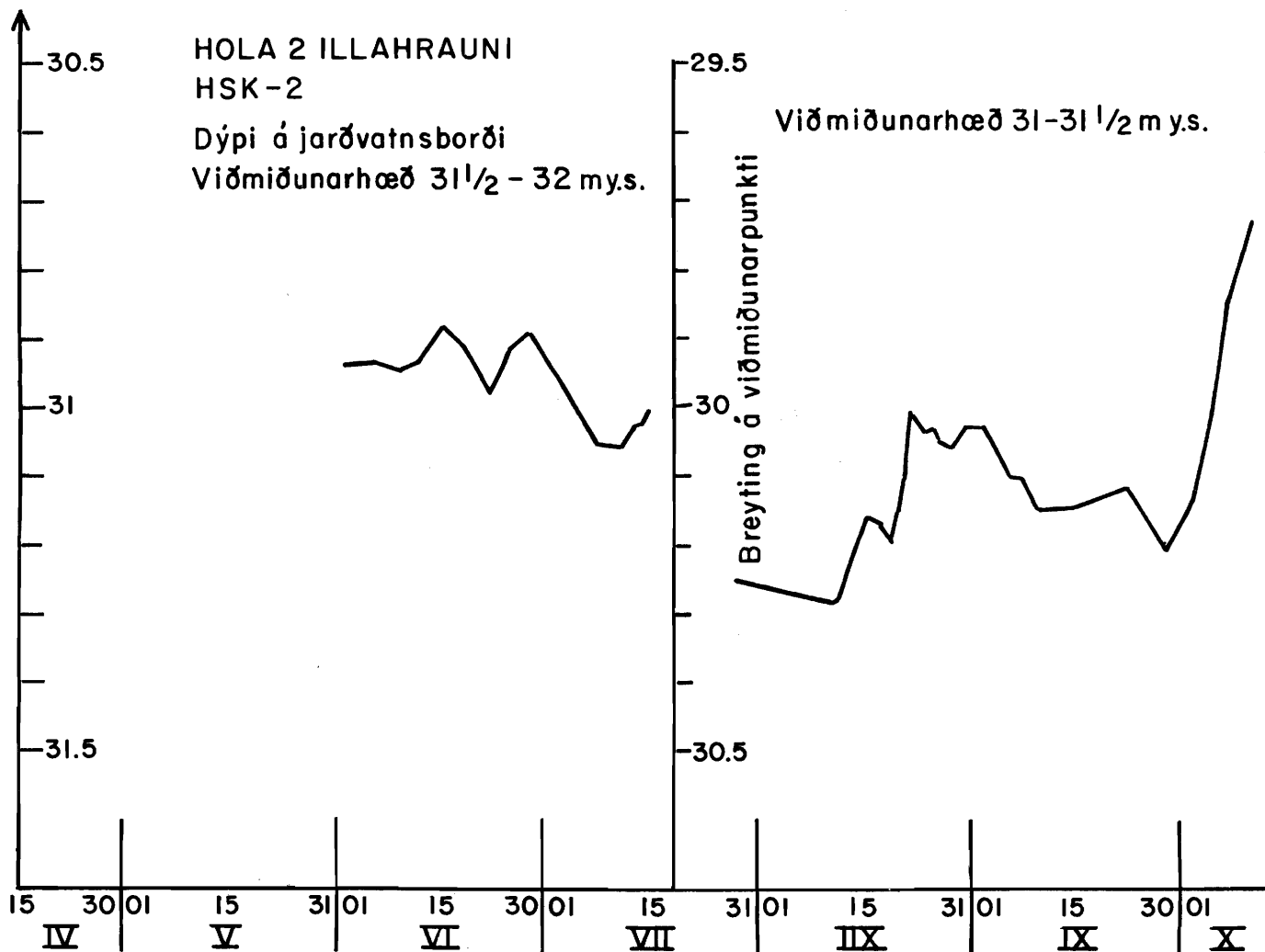
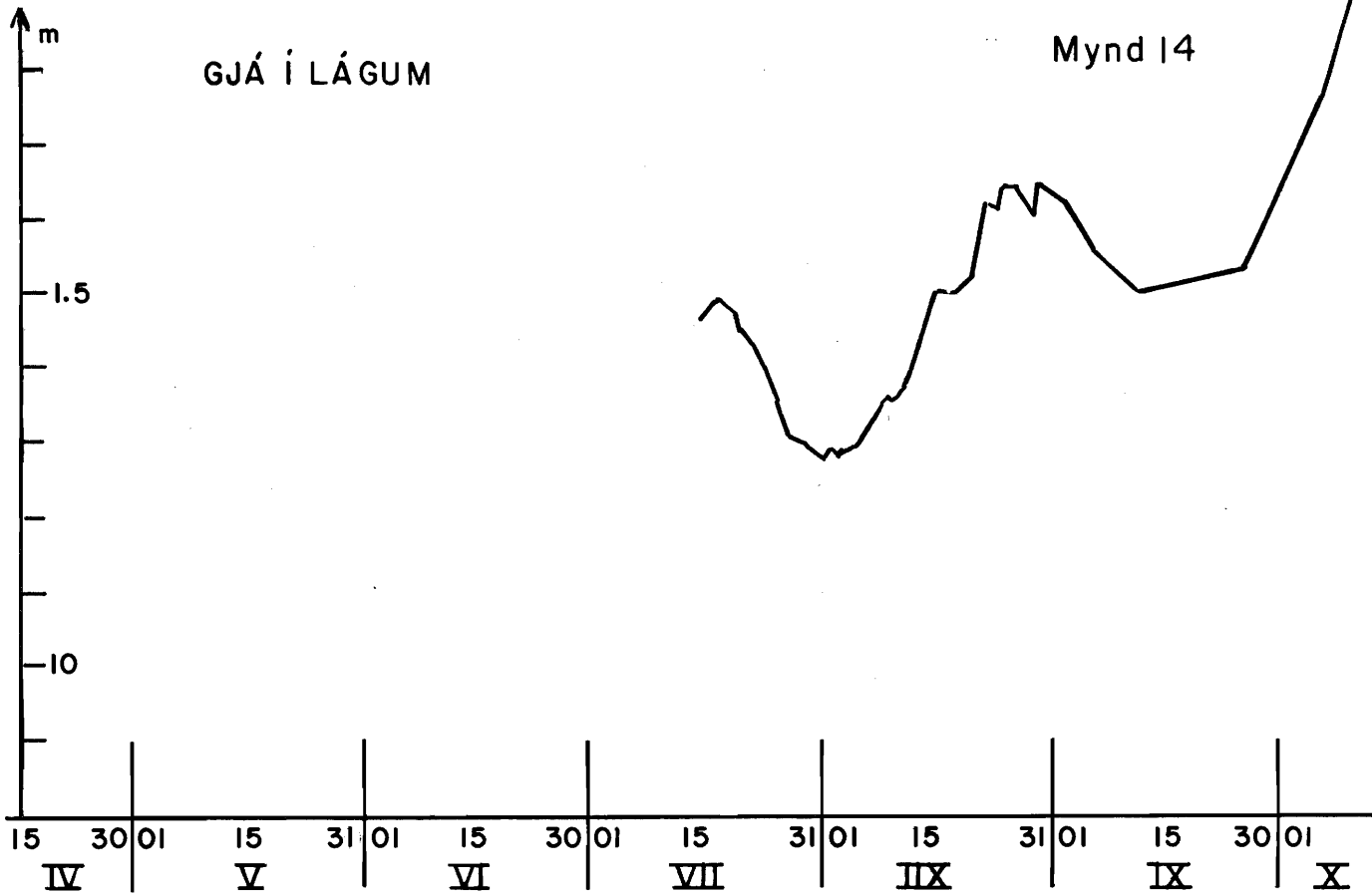
N.vatn Svartse.

F14835





JARÐVATNSHÆÐ (m y.s.)  
Svæði II

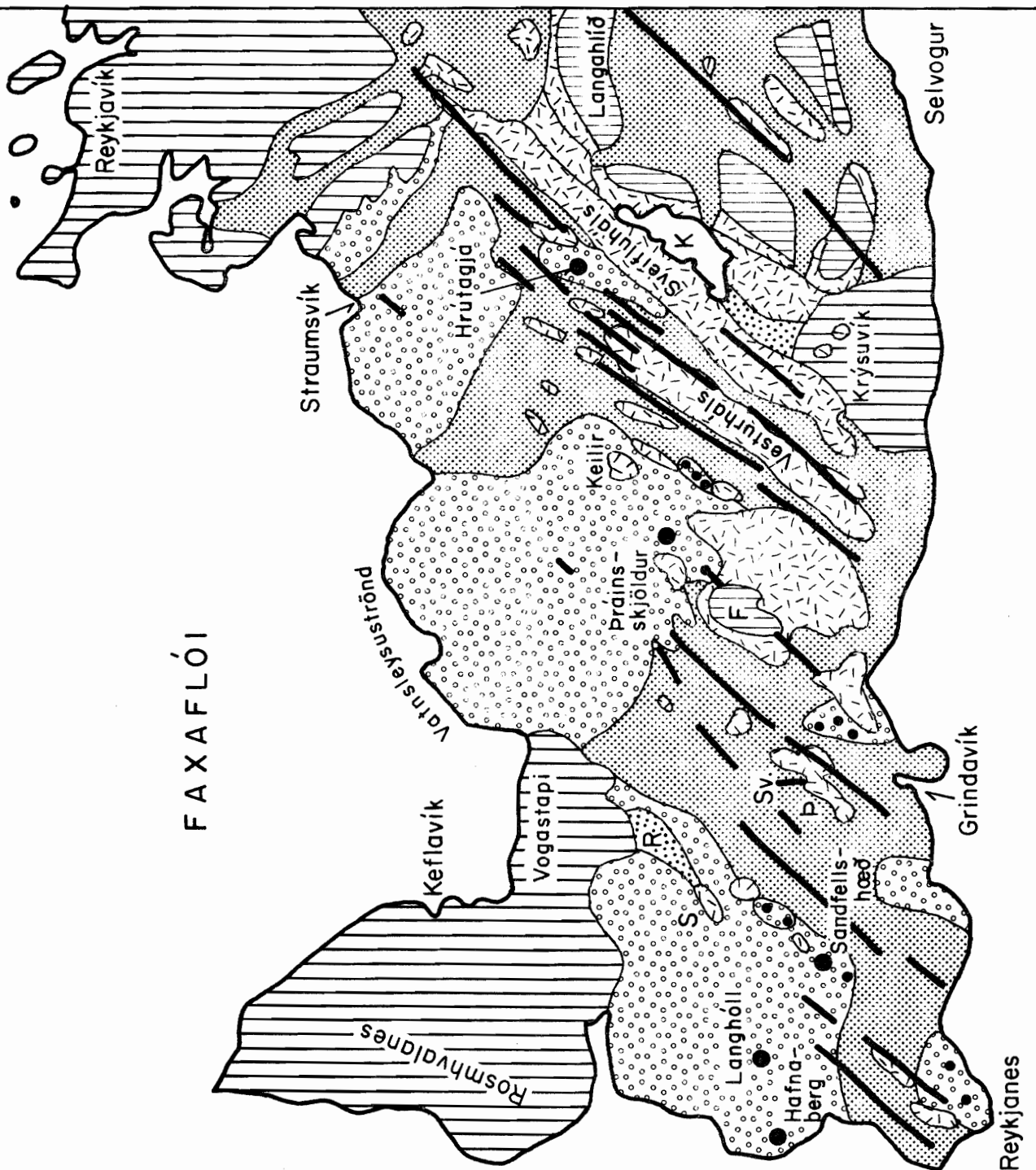
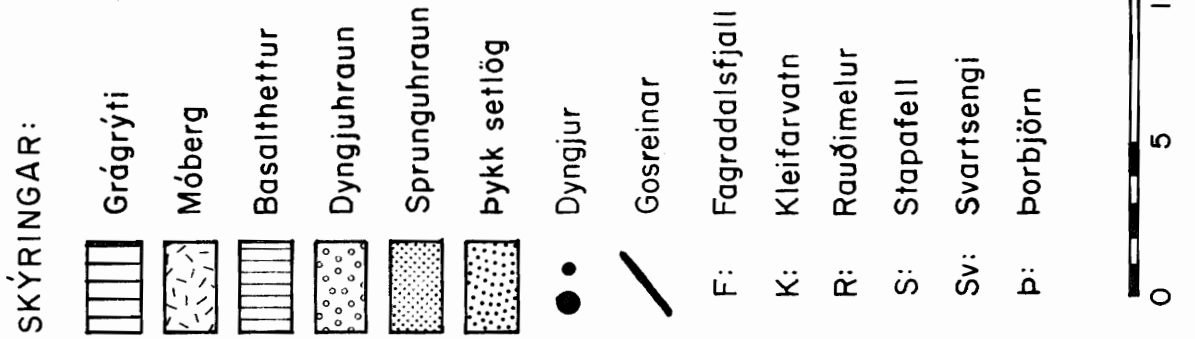




Reykjaneskagi

Jarðfræði, yfirlit

Mynd 15



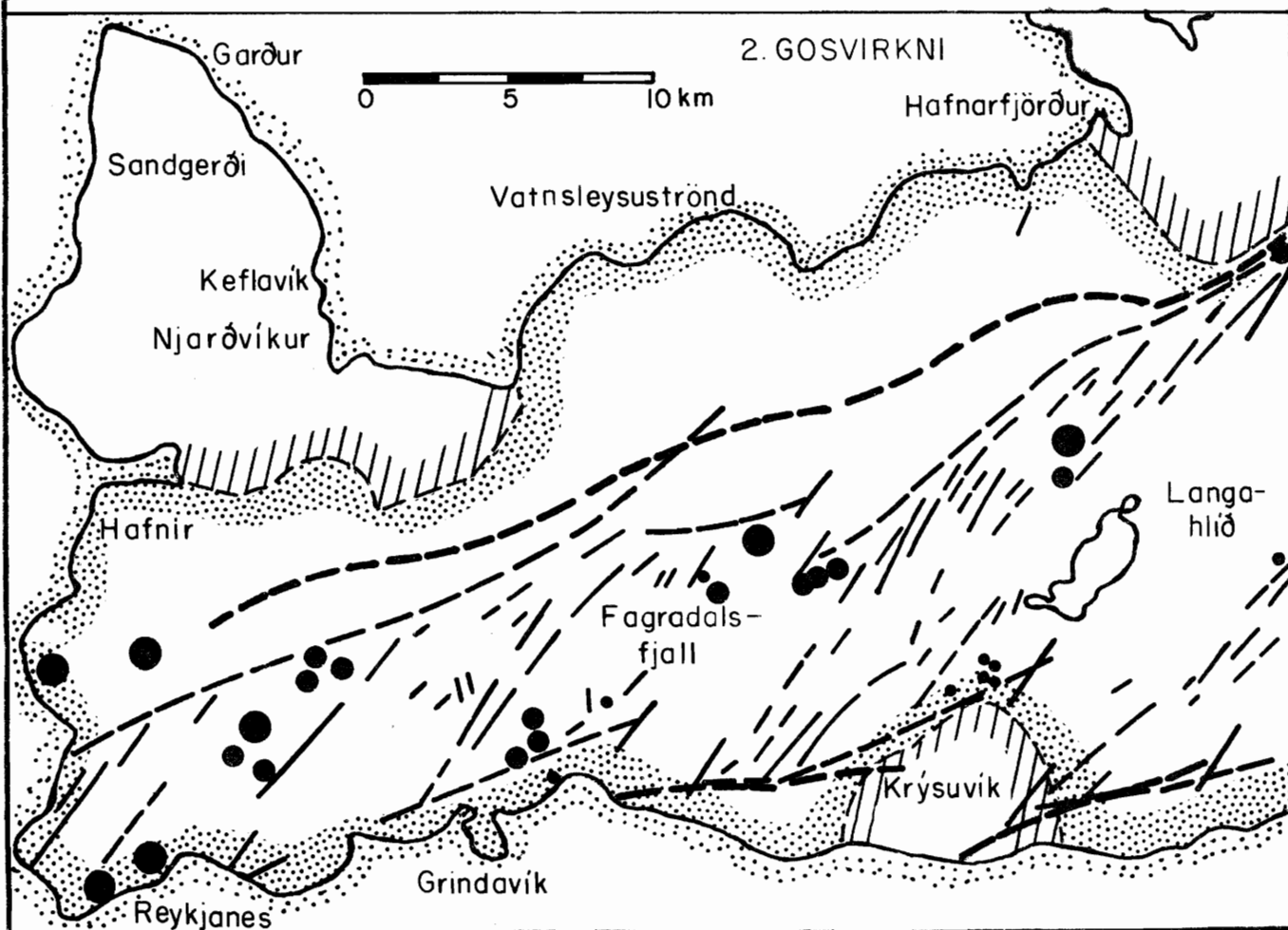
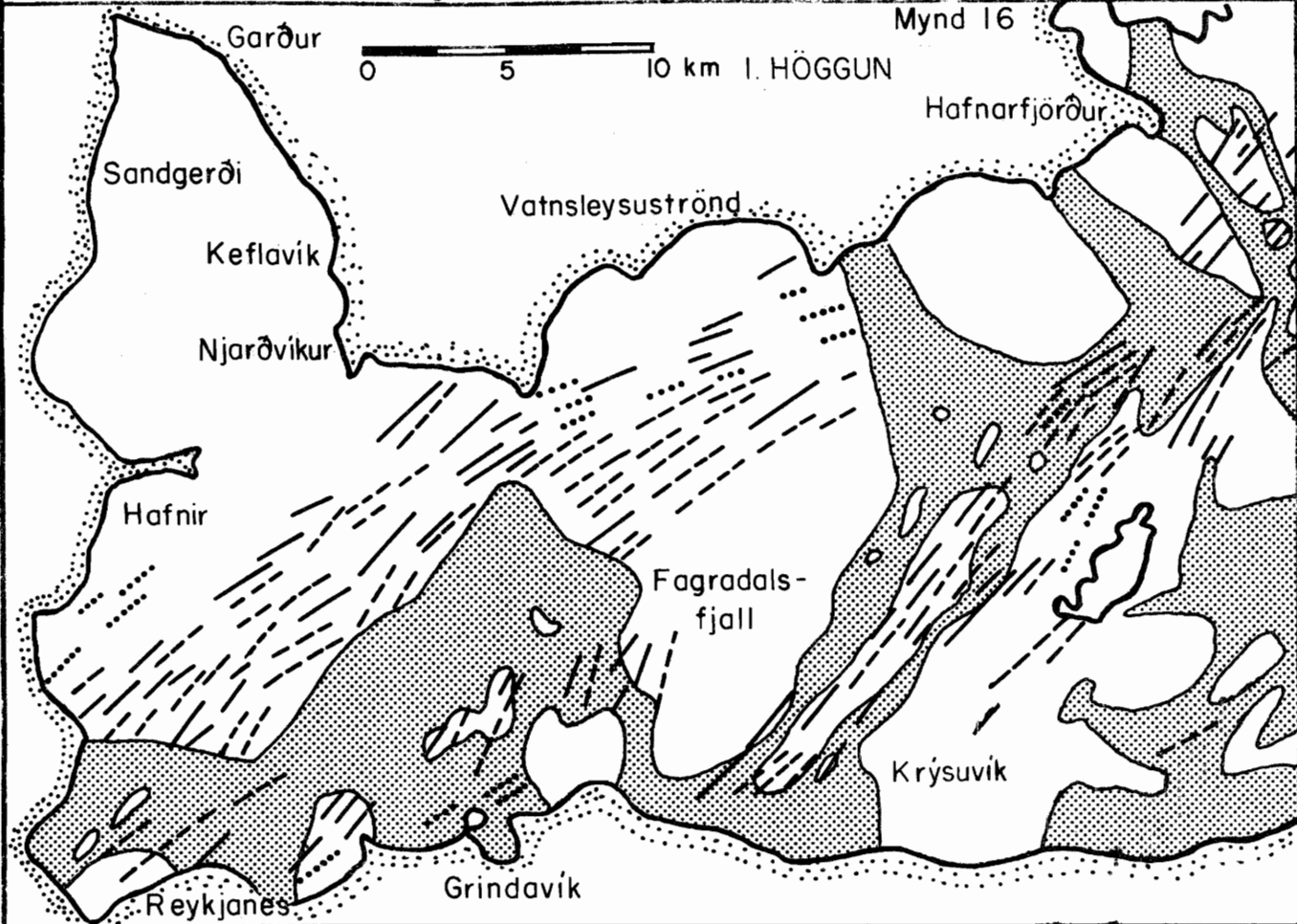


Reykjaneskagi, jarðfræði.

1. Höggun, misgengi og sprungustefnur

2. Gosvirkni, gosbelti, móbergsbelti

Mynd 16





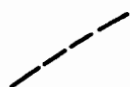
### 1. HÖGGUN:



Opnar sprungur, án verulegs misgengis



Misgengi, sigið SA' við



Misgengi, sigið NV' við

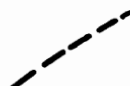


Sprunguhraun frá nútíma

### 2. GOSVIRKNI:



Gígaraðir



Jaðar nútíma-gosbelta



Jaðar móbergs-beltis



Dyngjur, gosstöð. Stakir gígar



Jaðar útbreiðslusvæðis nútíma-hrauna



Grágrýtissvæði



# Reykjaneskagi, jarðfræði

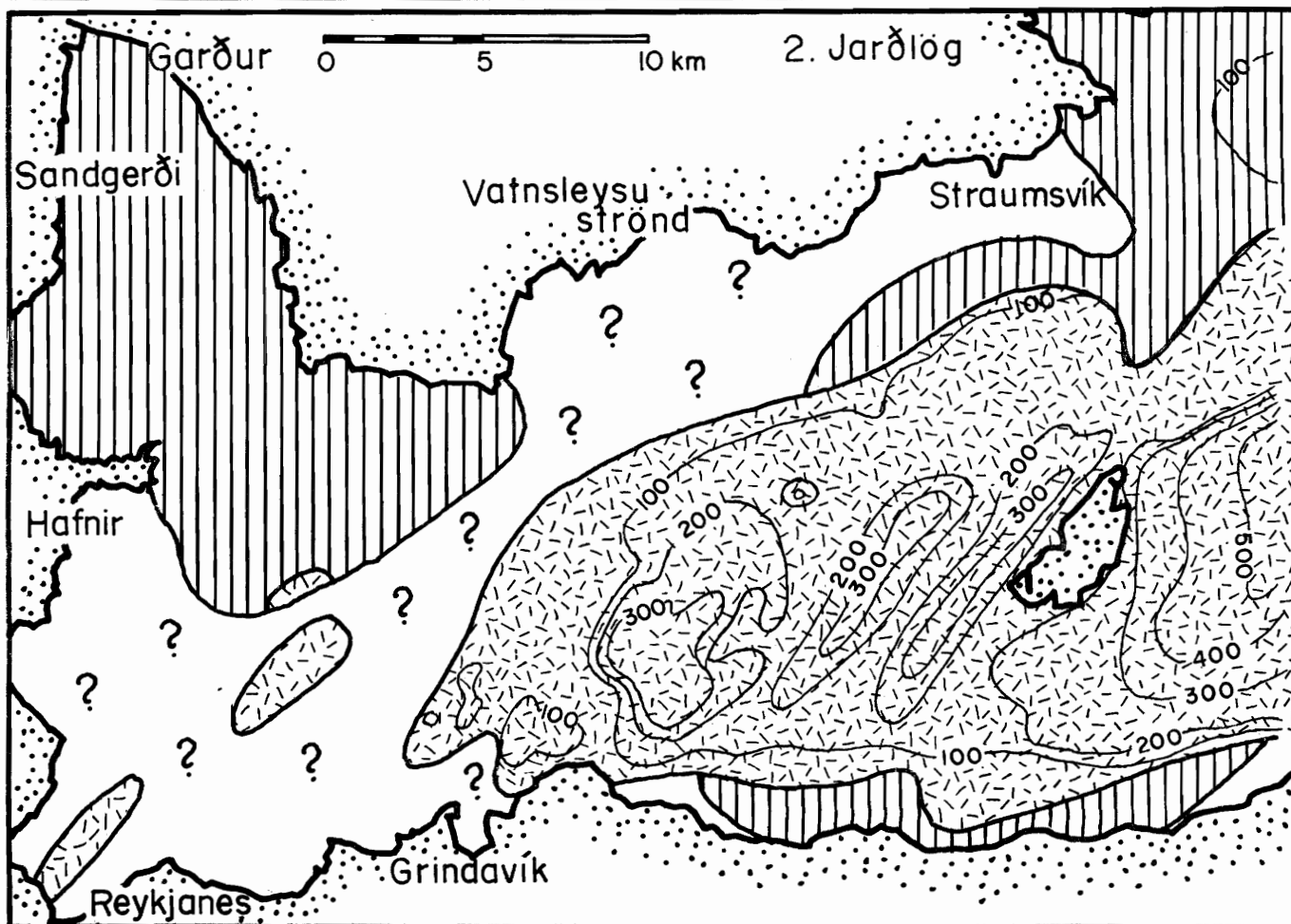
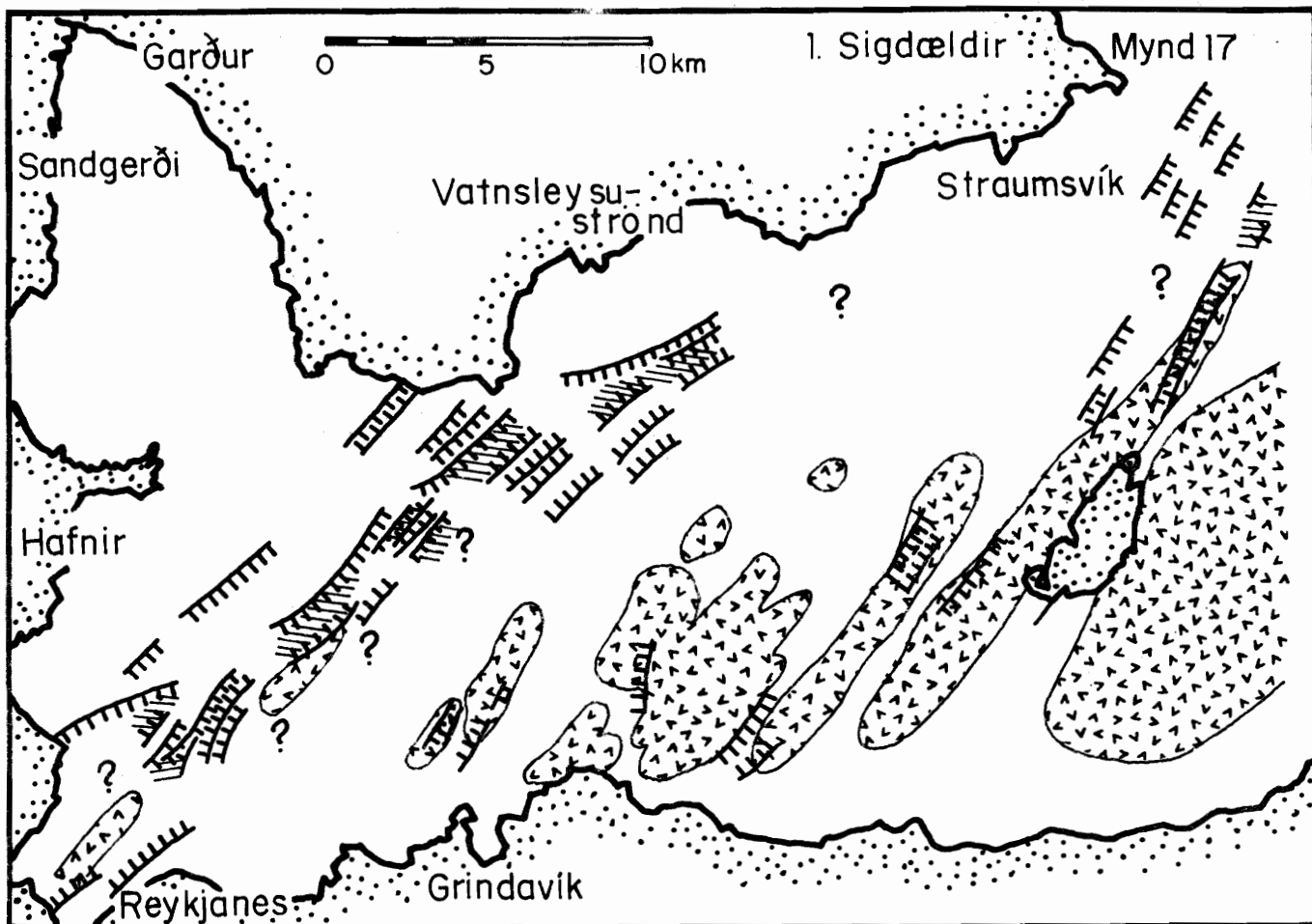
1. Sigdældir, möbergs-„skrokkar“

2. Jarðlög við jarðvatnsborð

T.133 T.51

Svartse. Neyzluv.

F.14814





SKÝRINGAR VIÐ MYND 17:

Reykjanesskagi, jarðfræði  
Sigdældir, móberg/Jarðlög við jarðvatnsborð

1. SIGDÆLDIR, MÓBERGS-„SKROKKAR“:



Móbergs - „skrokkar“



Sigdældir



Sigstallar, sumir samsettir



Höggun óþekkt

2. JARÐLÖG VIÐ JARÐVATNSBORÐ:



Grágrýti



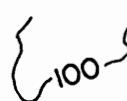
Móberg



Hraun

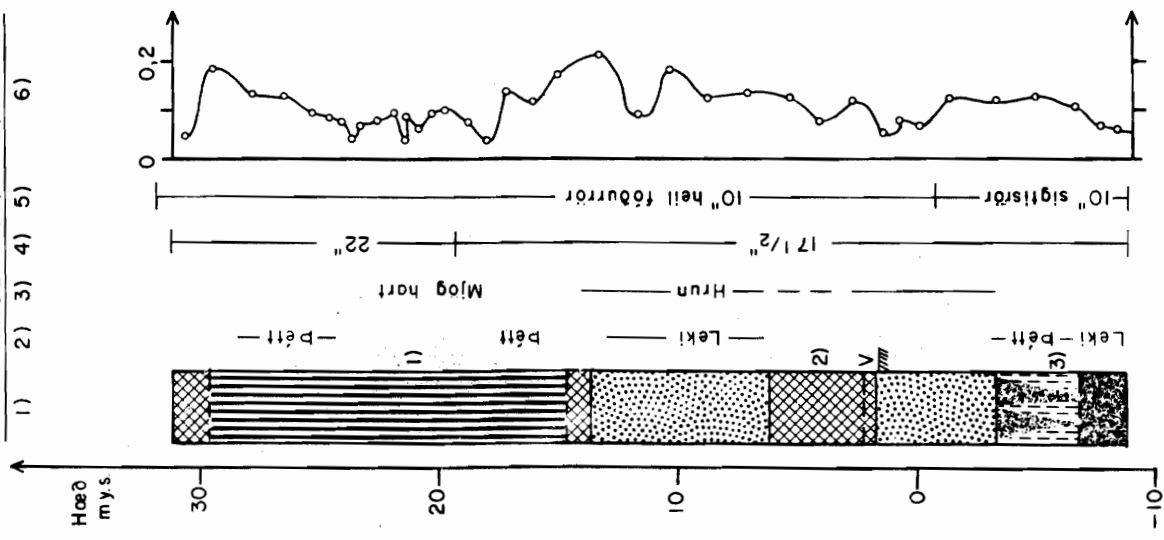


Jarðlög óviss

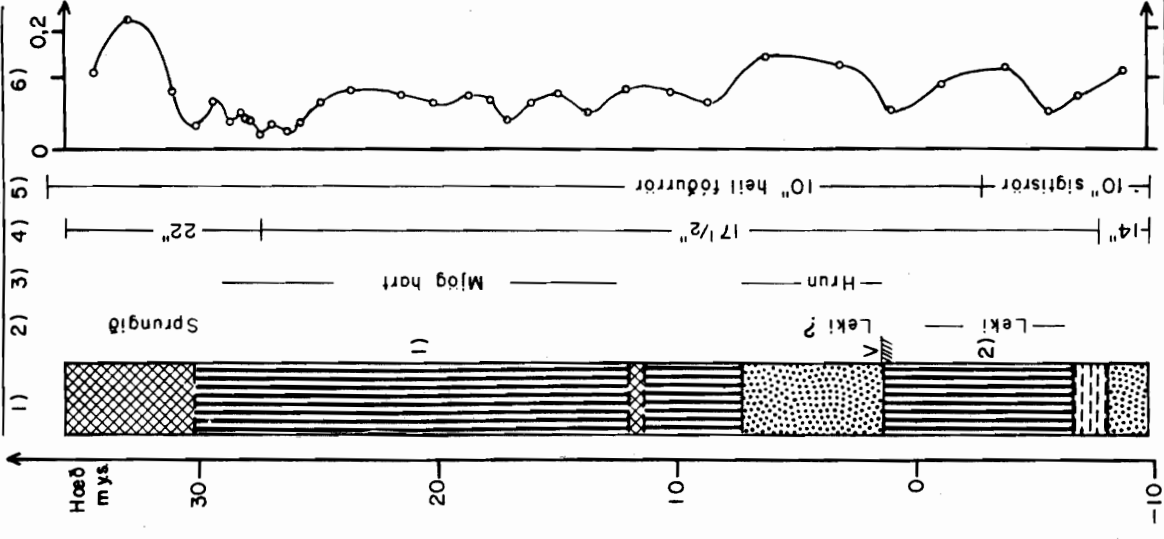


Hæðarlínur landlags

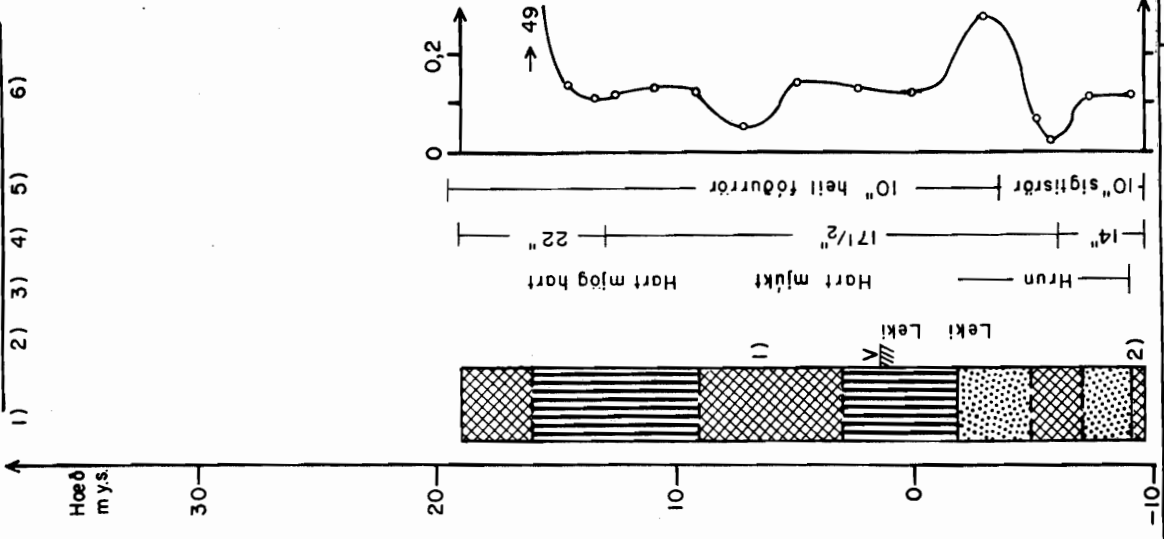
HSK-2 (HOLA 2) (K-2)



HSK-4 (HOLA 4) (K-3)



HSK-5 (HOLA 5) (K-4)



Mynd 18

ORKUSTOFNUN  
Jarðkönnunardeild

Hitaveita Suðurnesja

Ferskvatnsholur HSK-2-HSK-5  
Borholusnið

'76-12-9 FS/15  
T-146 T-63  
J-Svarrise, J-Neyslum  
F-14977





SKÝRINGAR VIÐ MYND 18  
Ferskvatnsholur HSK-2 - HSK-5 borholusnið

I. RAÐTÖLUR Á DÁLKUM:

- 1) jarðlagasnið
- 2) vatnslekt, vatnsheldni
- 3) harka og hrun í bergi
- 4) meitilstærð við borun
- 5) fóðrun á holu
- 6) borhraði (m/klst)


2. JARÐLAGASNIÐ:

—— Skil milli jarðlaga

--- Skil í jarðlagi


 Hraun, basaltlög

 Sprungin eða gjallkennd hraun-og basaltlög

 Grágrýti (óvisst)

 Gjall eða bruni

 Set eða setberg

 Þétting í hrauni eða basaltlagi

 Líklegt meðalvatnsborð

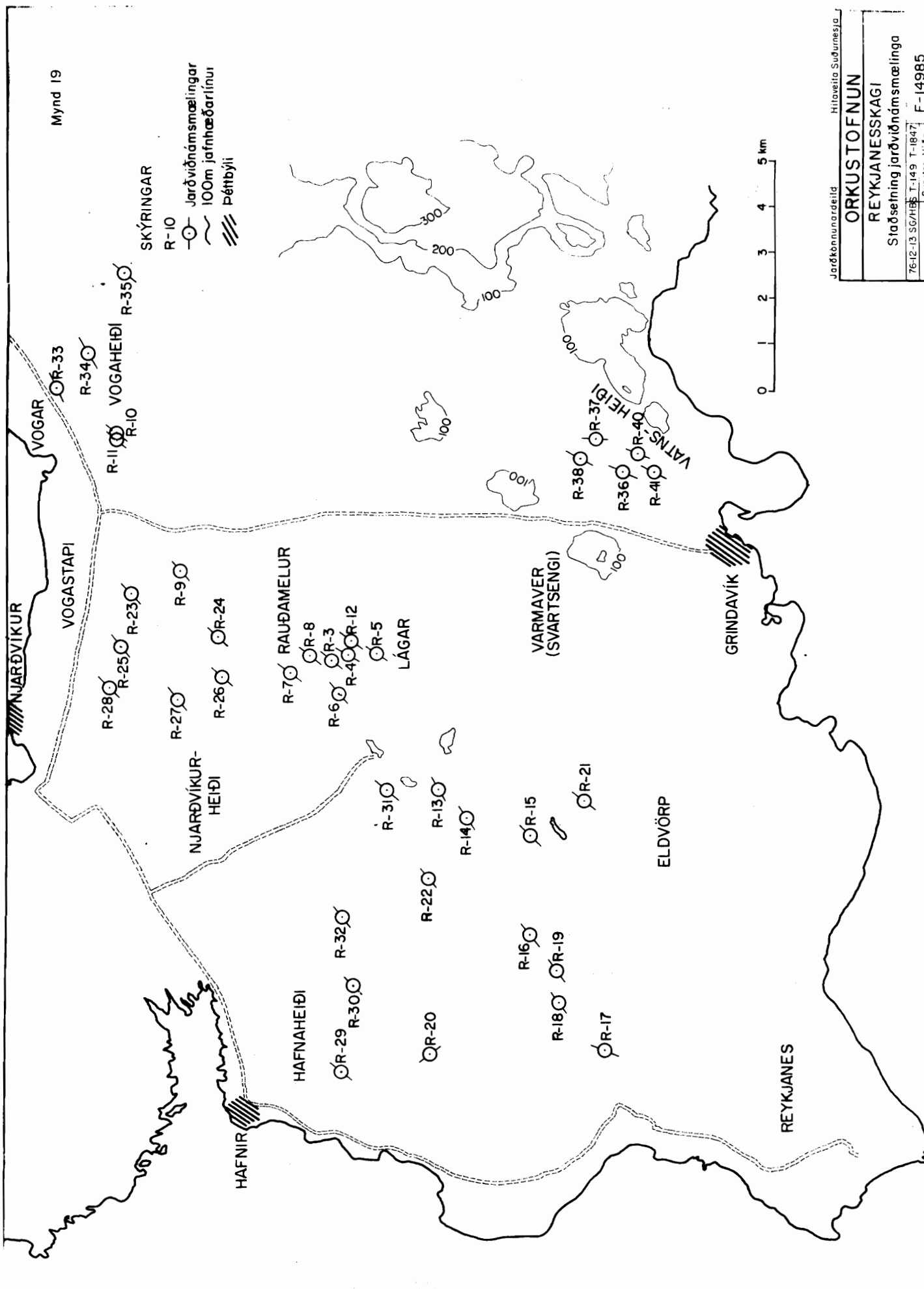
- 1) Aðgreiningartala við hraun/basaltlög sér í hverri holu

3. BORUNARTÍMI:

Hola 2 (HSK-2): 1976 / 03.29 - 05.24

Hola 4 (HSK-4): 1976 / 05.28 - 07.23

Hola 5 (HSK-5): 1976 / 07.26 - 09.09



Mynd 19

SKÝRINGAR

R-10

○ Jarðviðnámsmælingar  
~ 100m jafnhæðarlínur  
▨ Péttylji



Jarðkennunardeild Hitaveita Suðurnesja

**ORKUSTOFNUN**

REYKJANESSKAGI

Staðsetning jarðviðnámsmælinga

76-12-13 SG/HB T-149 T-1847

Svartse. Viðn.

F-14985



HOLA 2 ILLAHRAUNI (HSK-2)

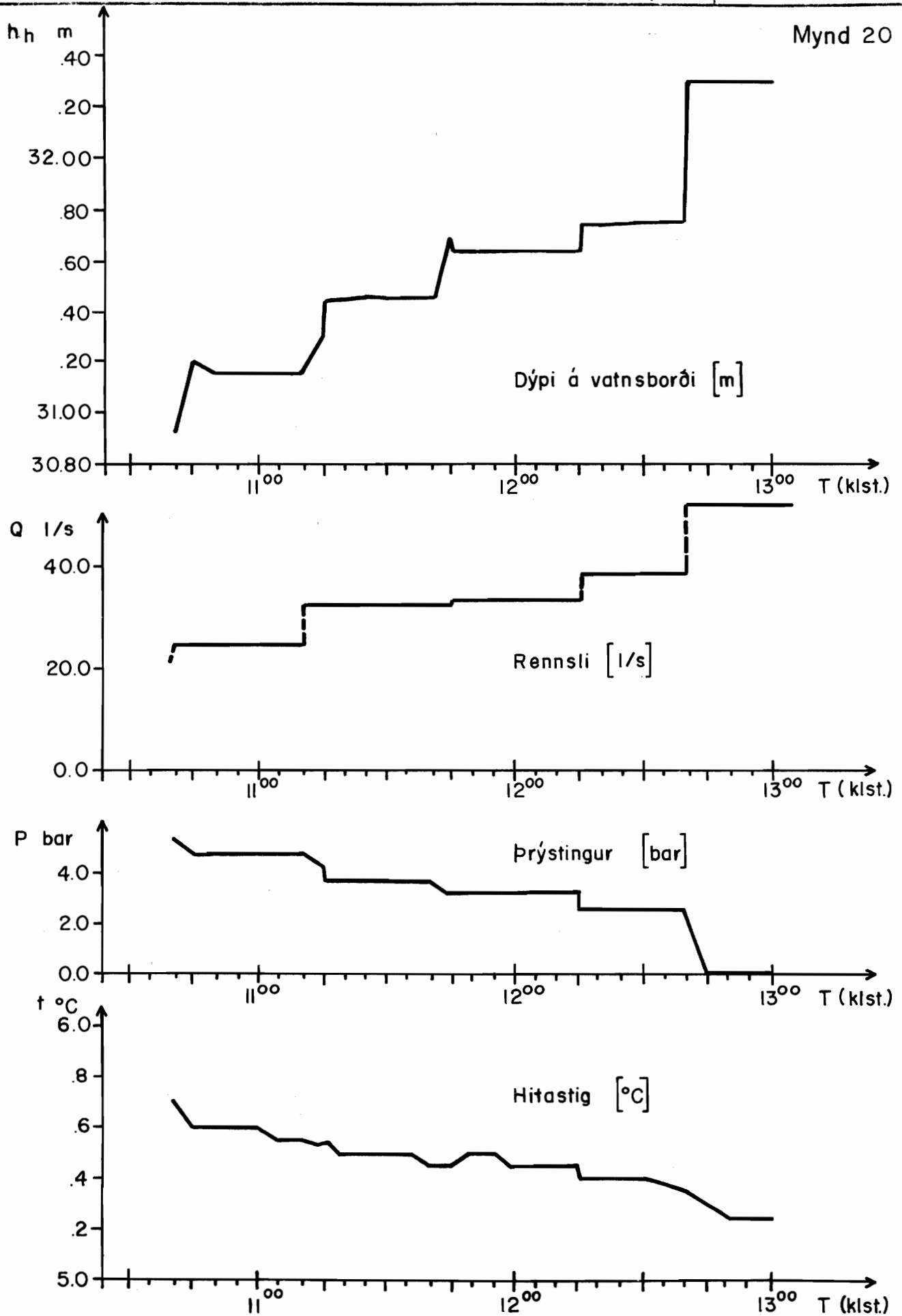
Tnr.121

Prepaðæling dæluprófun '76-08-7

J-Svartsengi

FS/HG/KÁ/SGT/SG

Fnr.14582





ORKUSTOFNUN

Jarðkönnunardeild

Hitaveita Suðurnesja

'76 08 31 S.G./SyJ.

HOLA 2 ILLAHRAUNI (HSK-2)

J-Svartse.

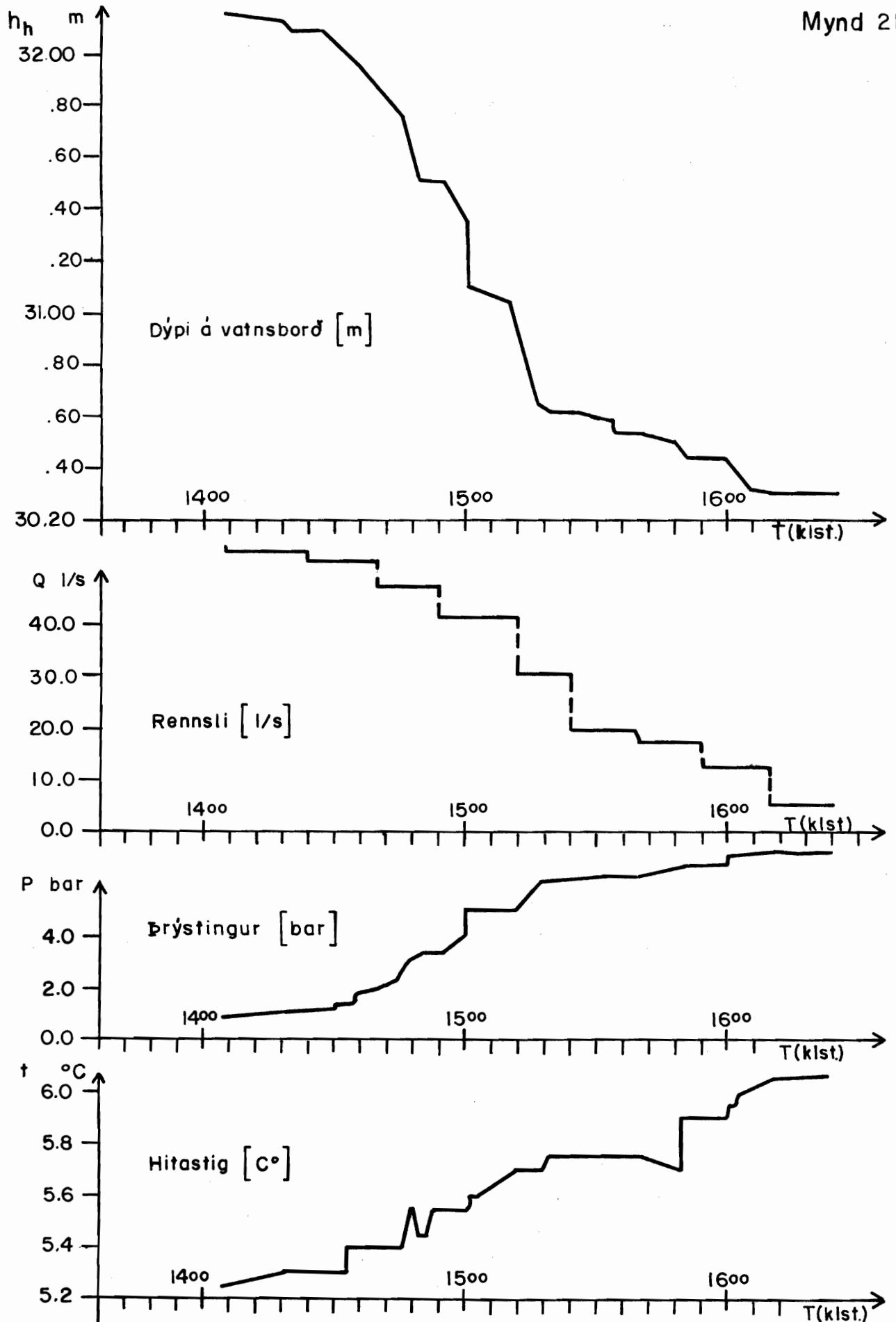
Prepaðæling dæluþrófun '76-08-10

Tnr. 122

FS/KÁ/SGT/SG

Fnr 14583

Mynd 21





ORKUSTOFNUN

Jarðkönnunardeild

Hitaveita Suðurnesja

'76-10-6 SG/IS

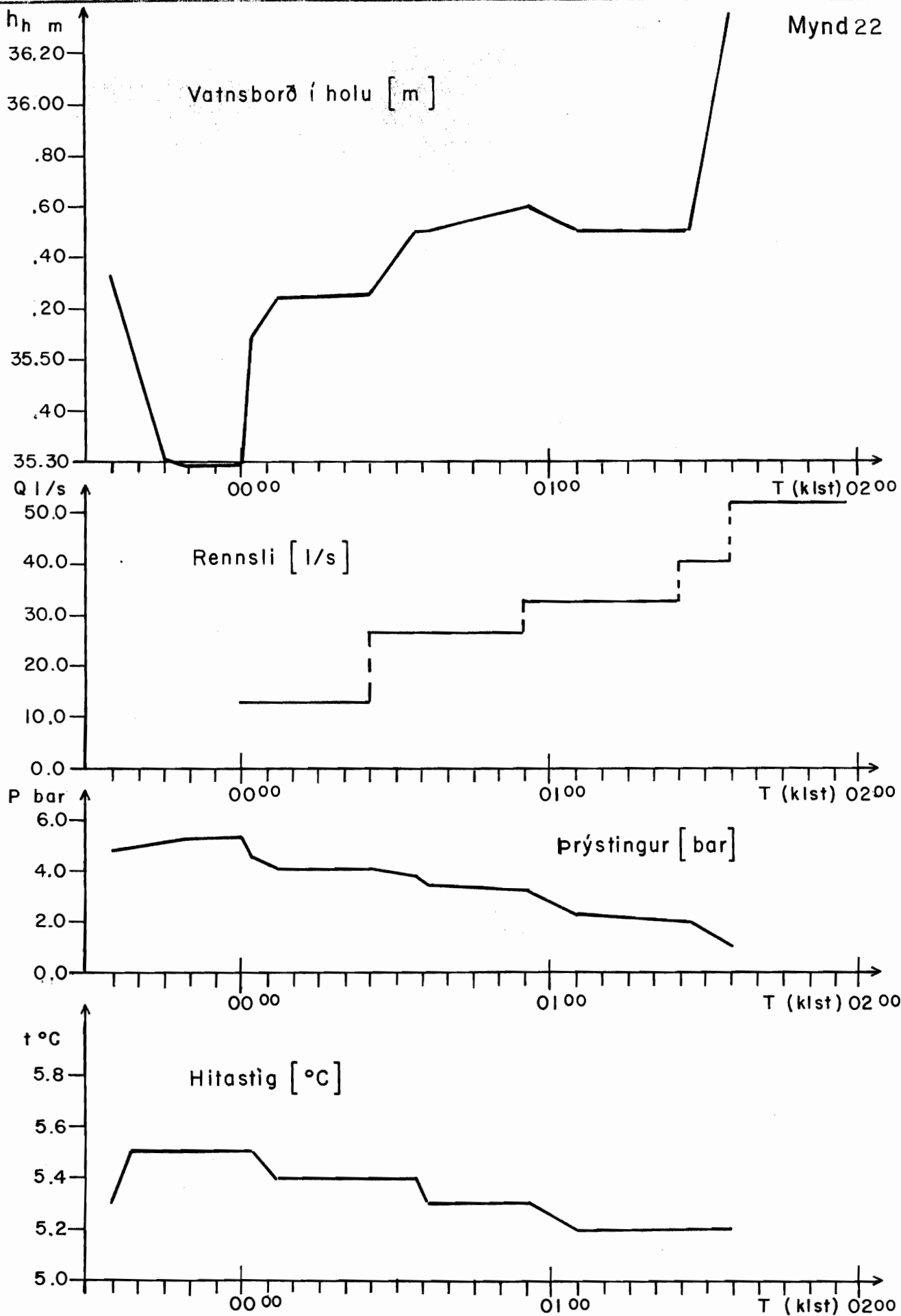
HOLA 4 ILLAHRAUNI (HSK-4)  
Prepadæling dæluþrófun '76-08-19

Tnr. 124

J-Svartsengi

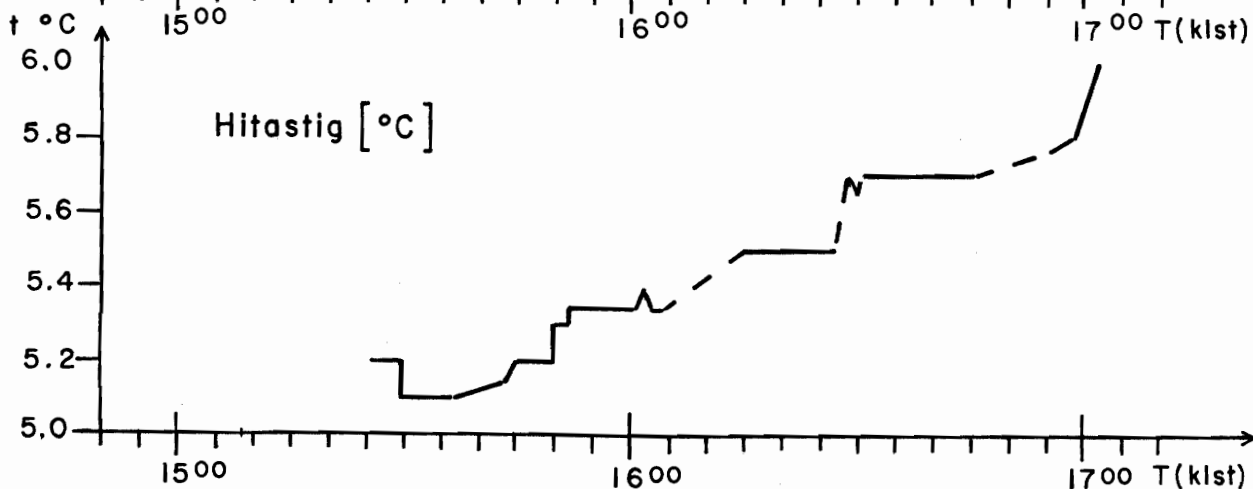
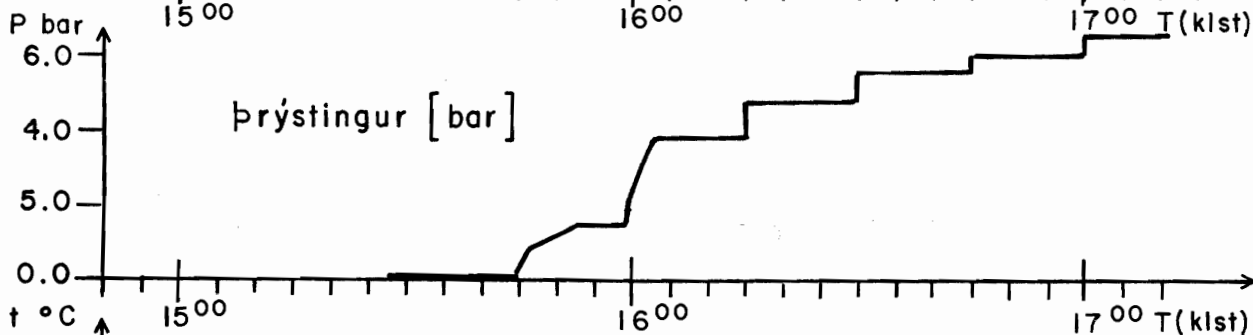
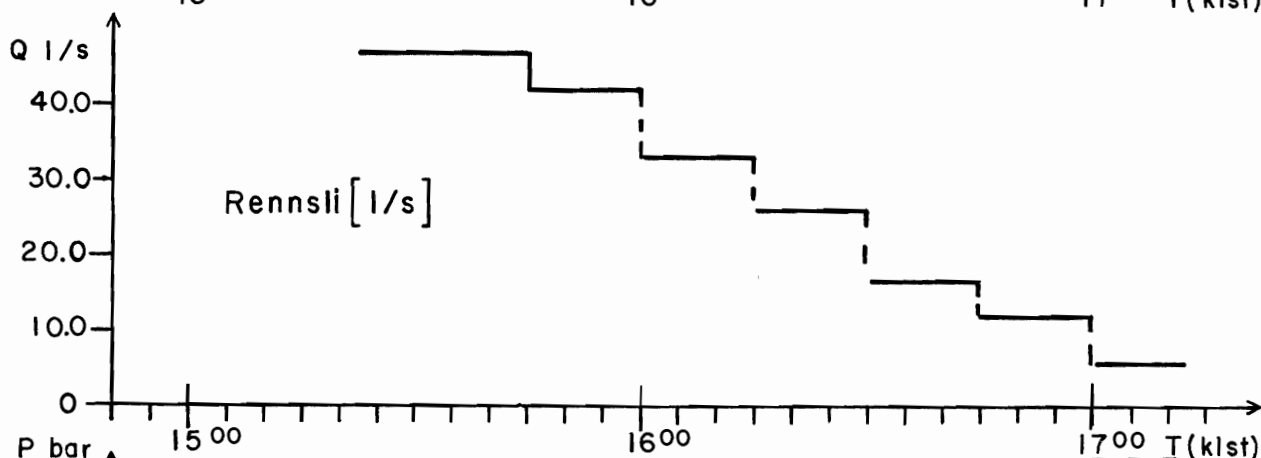
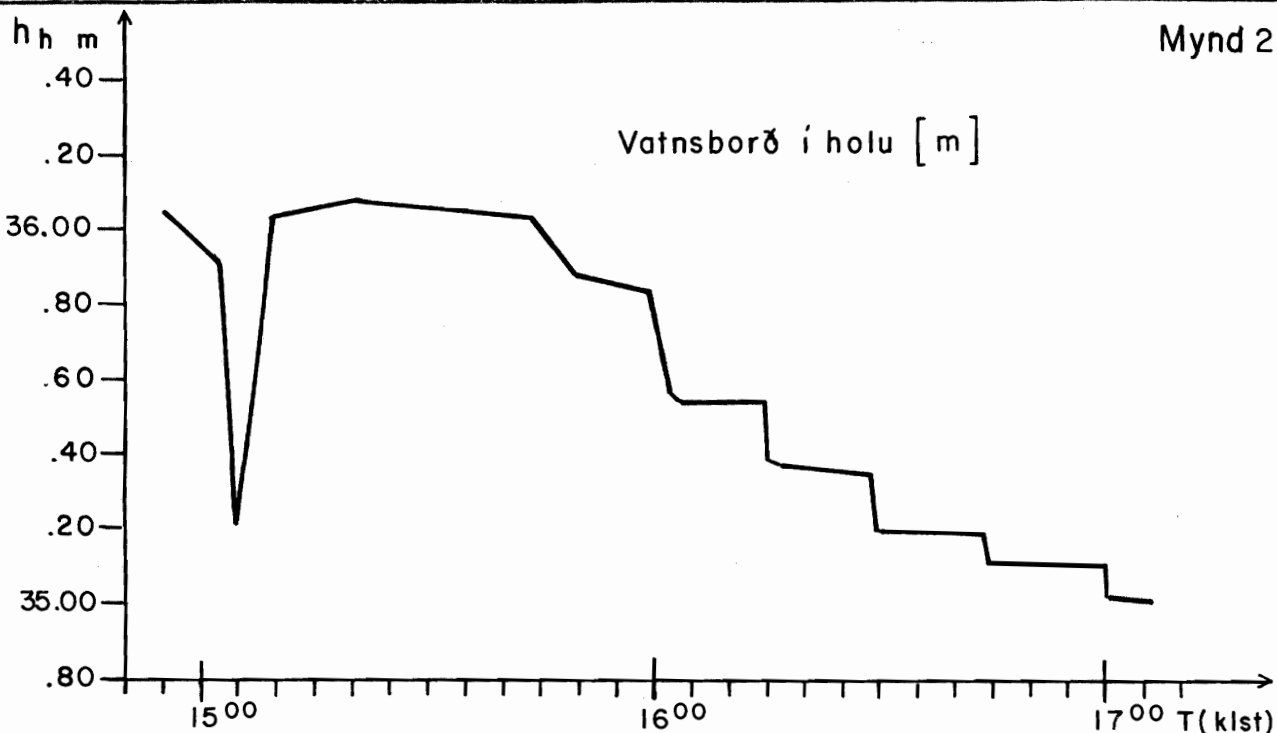
FS/KÁ/HG /SGT/SG

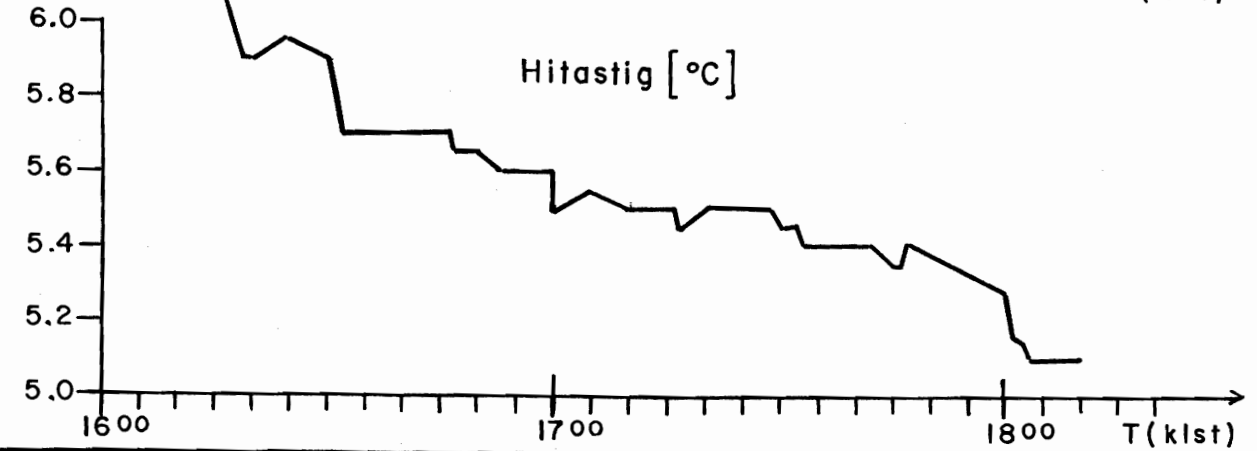
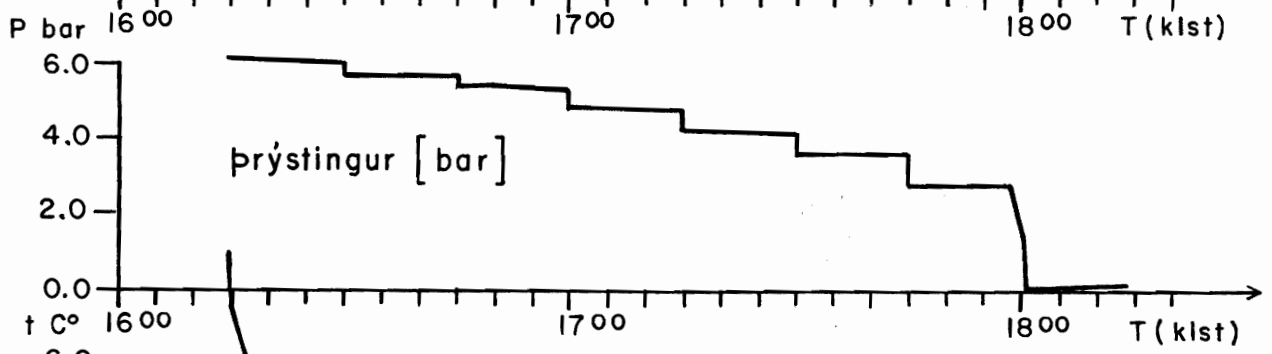
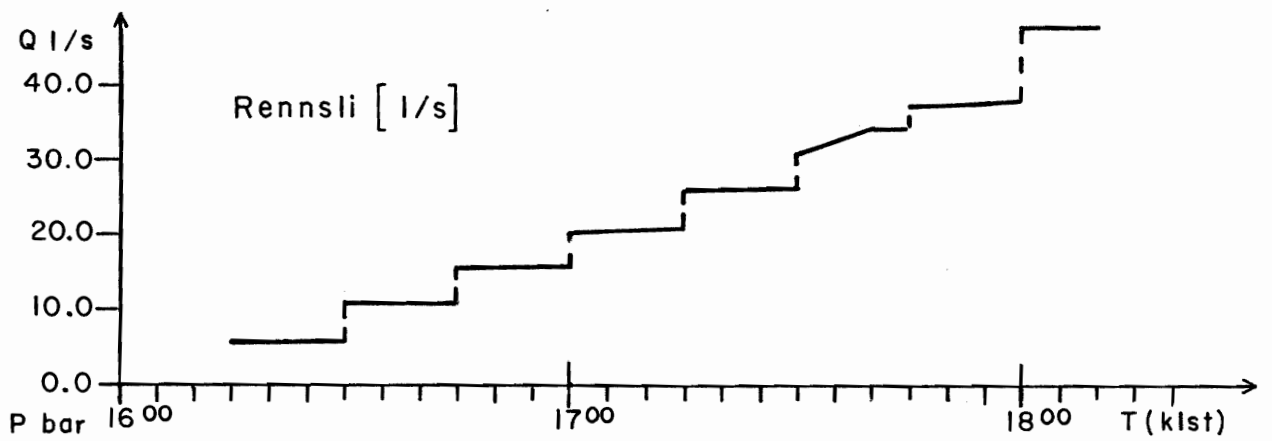
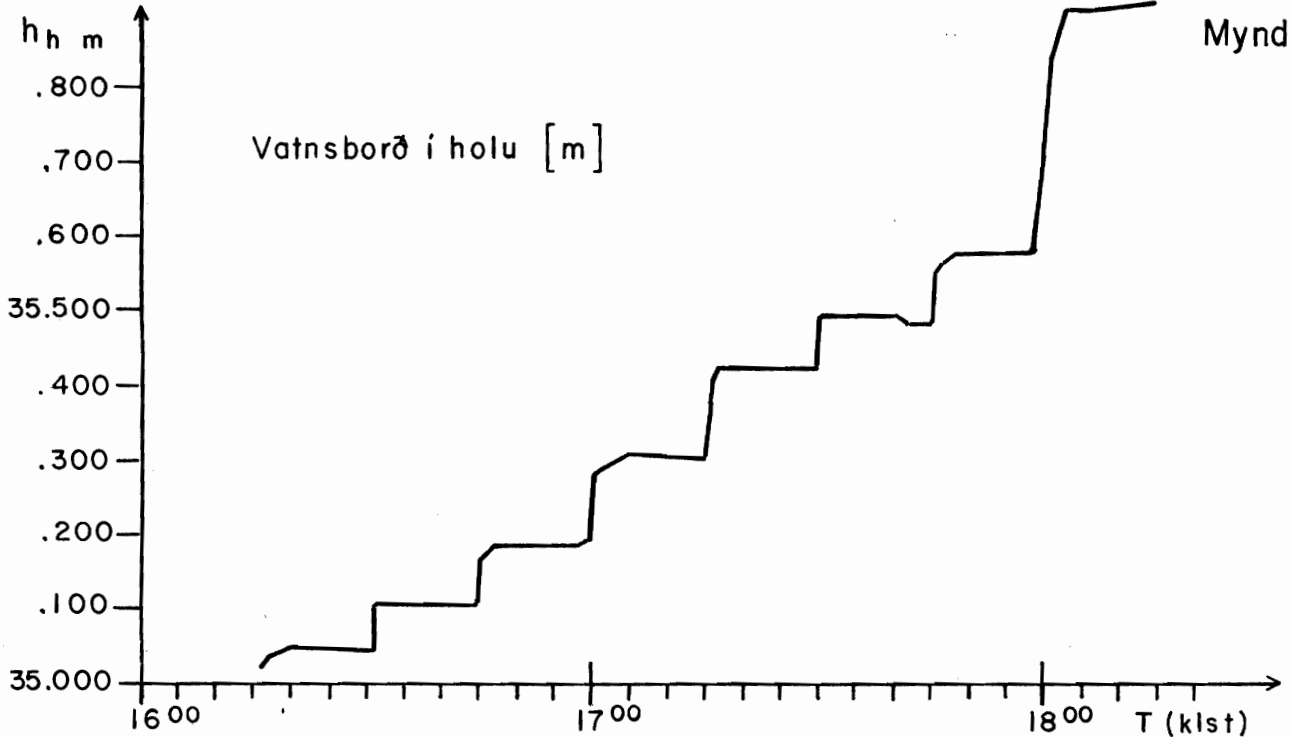
Fnr. 14690

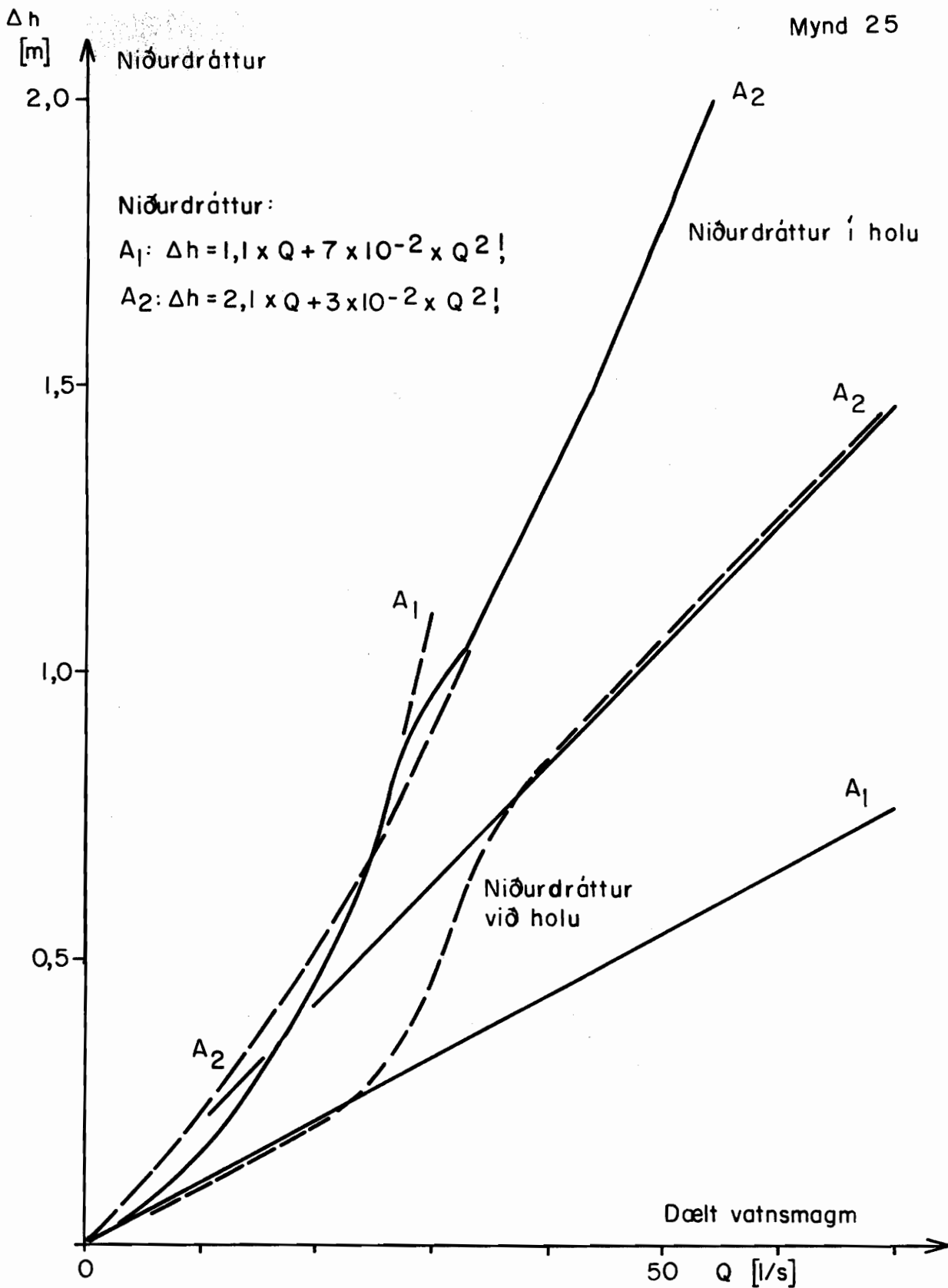




Mynd 23







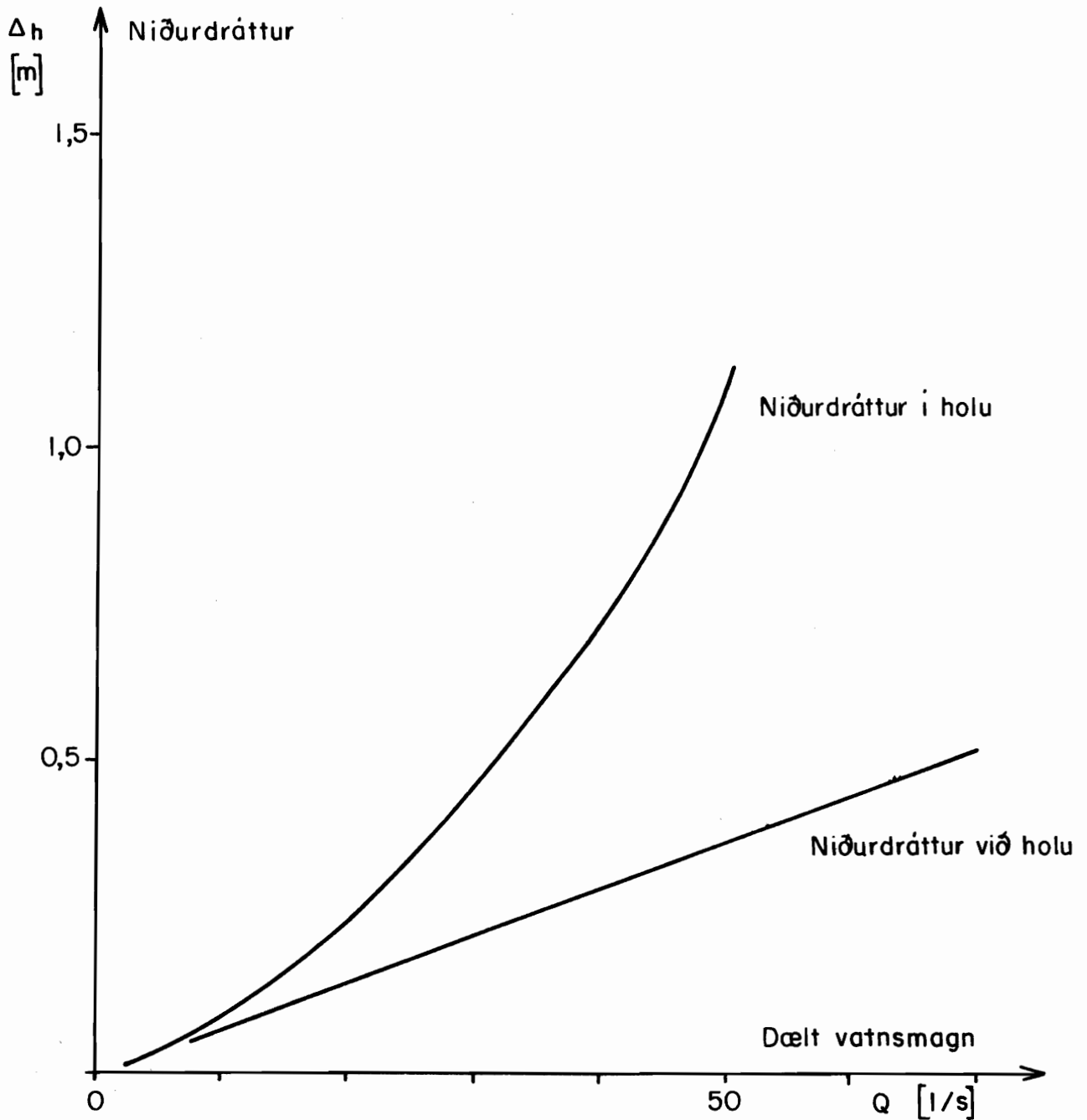
A<sub>1</sub>: Efra vatnslag (gjall)

A<sub>2</sub>: Neðra vatnslag (grágrýti)





Mynd 26

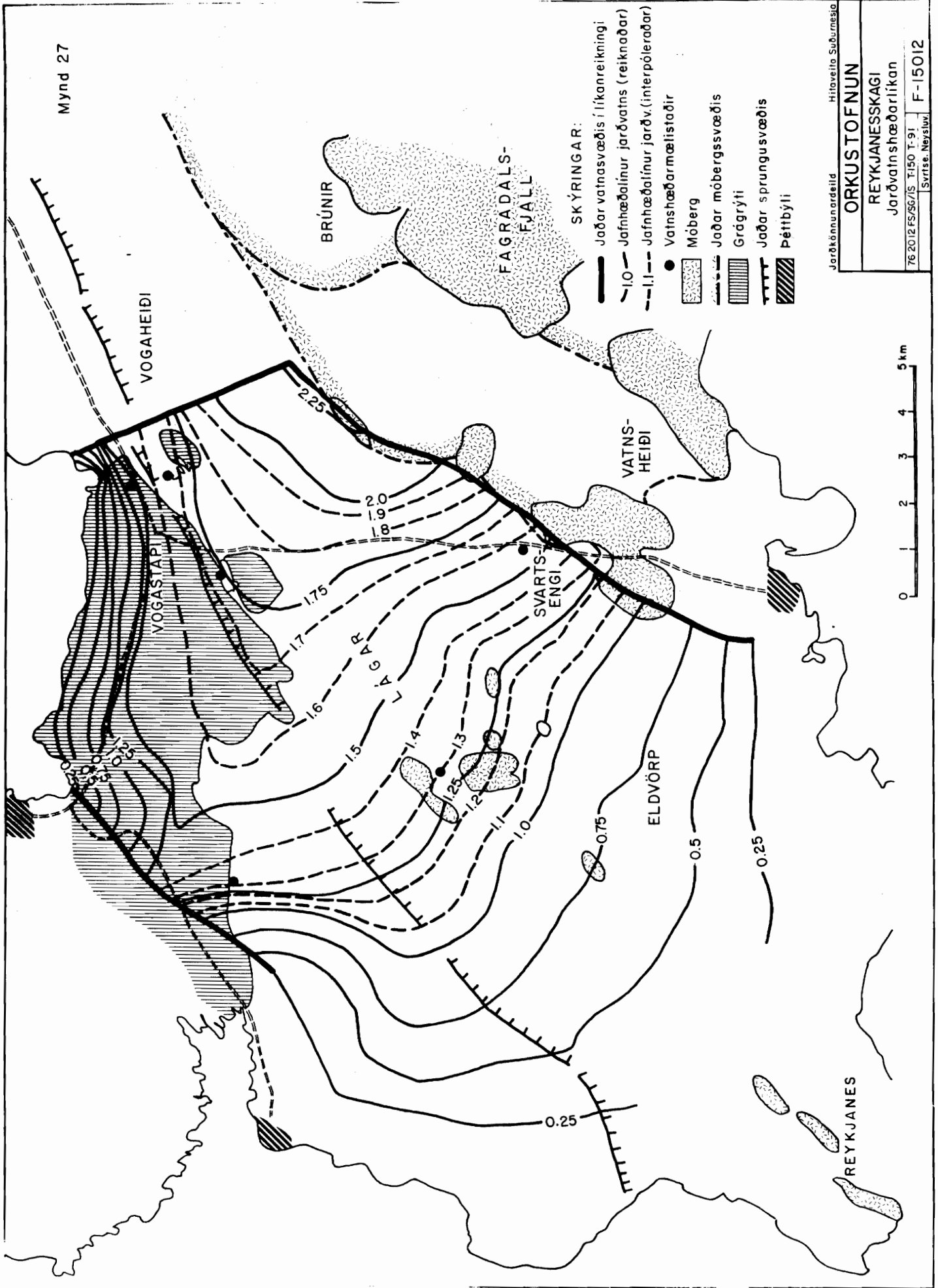


Niðurdráttur:

$$\Delta h = 0,75 \times a + 2,8 \times 10^{-2} \times a^2$$

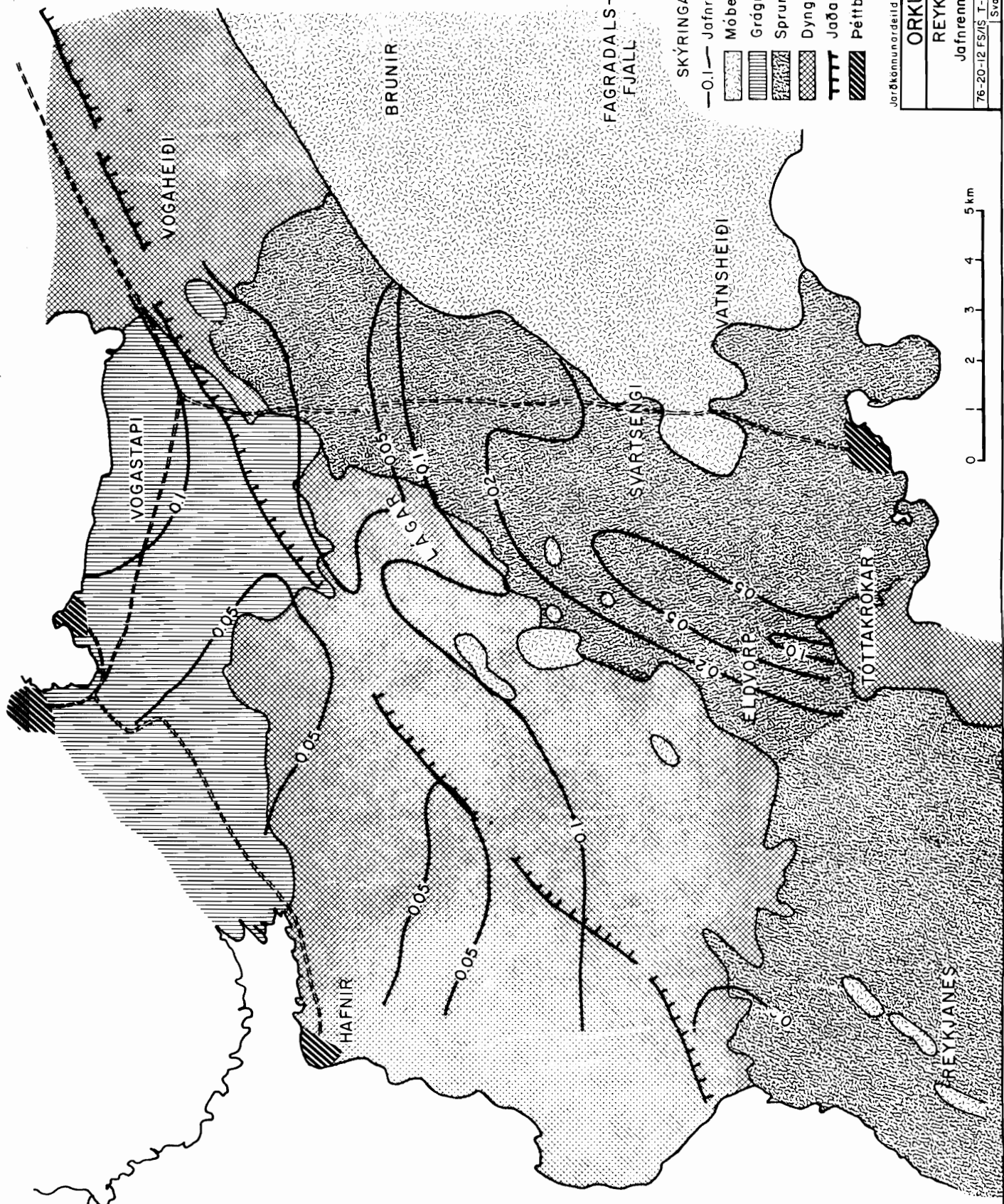
$$\Delta h = [\text{m}]$$

$$Q = [\text{l/s}]$$



Jarðtönnunardeild Hitaveita Suðurnesja  
**ORKUSTOFNUN**  
 REYKJANESSKAGI  
 Jarðvatnshæðarlíkan  
 76 2012 FS/SJ T:150 T:91  
 Svritse. Neyslv. F-15012





SKÝRINGAR:

- 0.1— Jafnrennslislinur
- Móberg
- Grágrýti
- Sprunguhraun
- Dyngjuhraun
- Jaðar sprungusvæðis
- Péttyli

Jarðkennunardeild Hitaveita Suðurnesja

ORKUSTOFNUN

REYKJANESSKAGI

Jafnrennslislinur svæði II

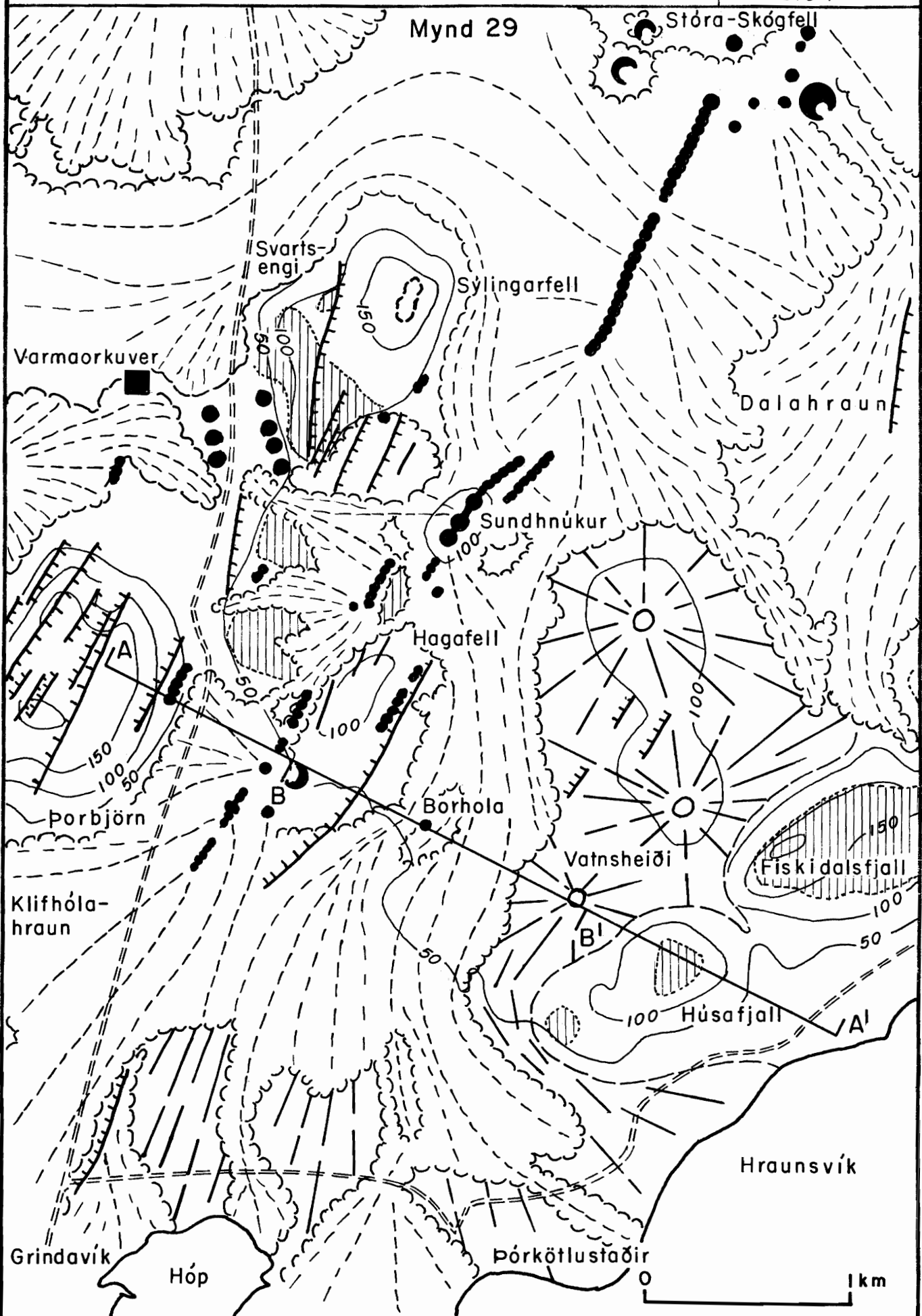
76-20-12 FS/S T-172 T-103  
Svarise Neysla F-15134





VATNSVINNSLUSVÆÐI Í VATNSHEIÐI  
Jarðfræði, yfirlit

Mynd 29







SKÝRINGAR VIÐ MYND 29

SKÝRINGAR:

 50m hæðarlínur

 Grágrýti (basalthettur)

 Dyngjuvirflar

 Gígar

 Gígaraðir

 Dyngjuhraun

 Sprunguhraun

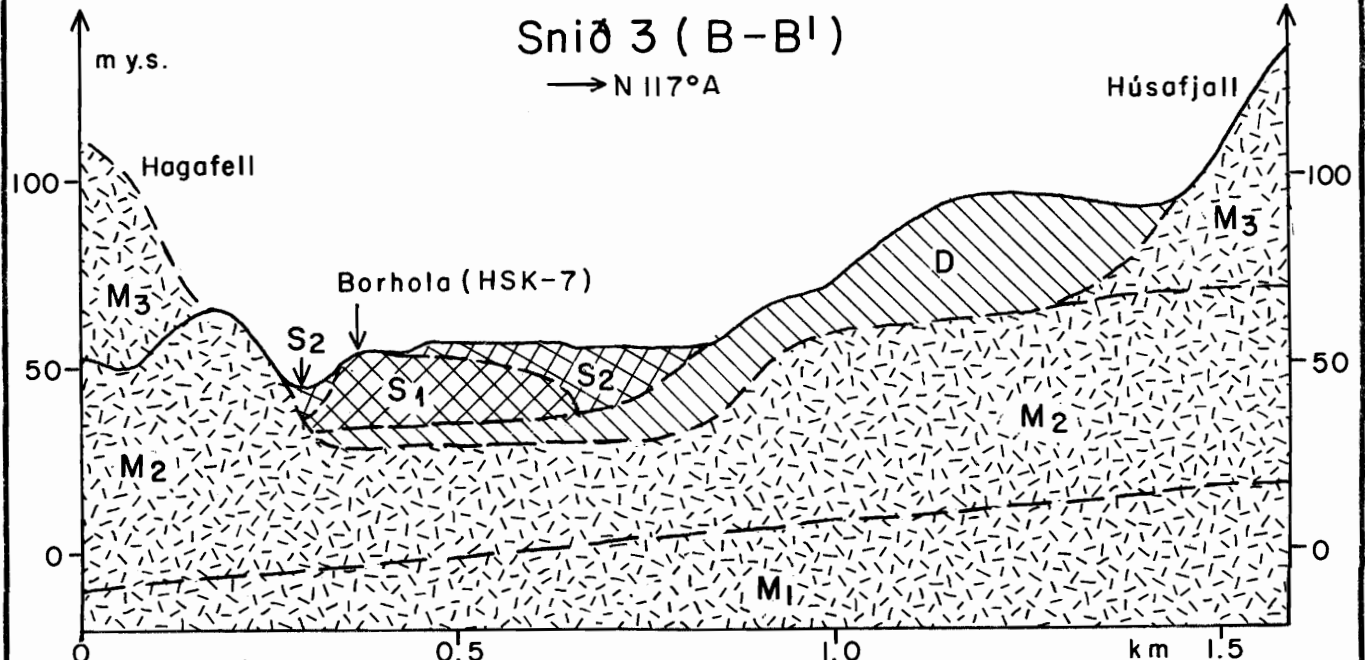
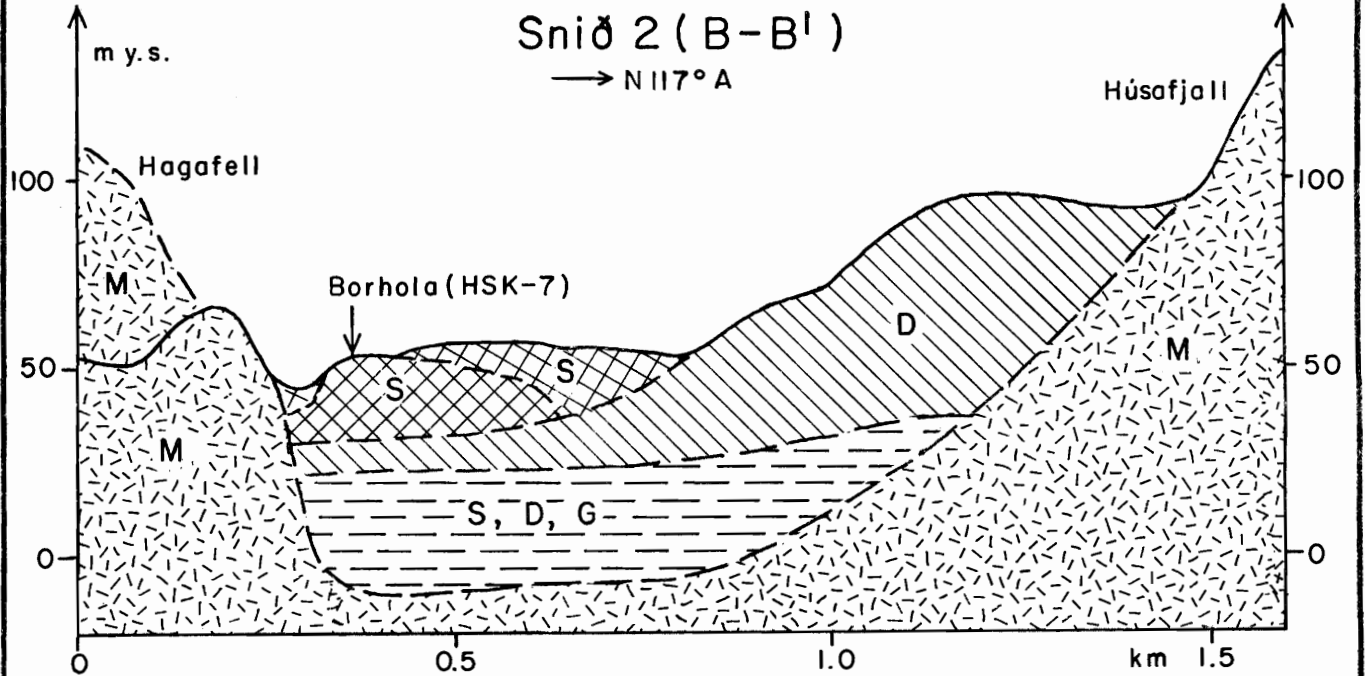
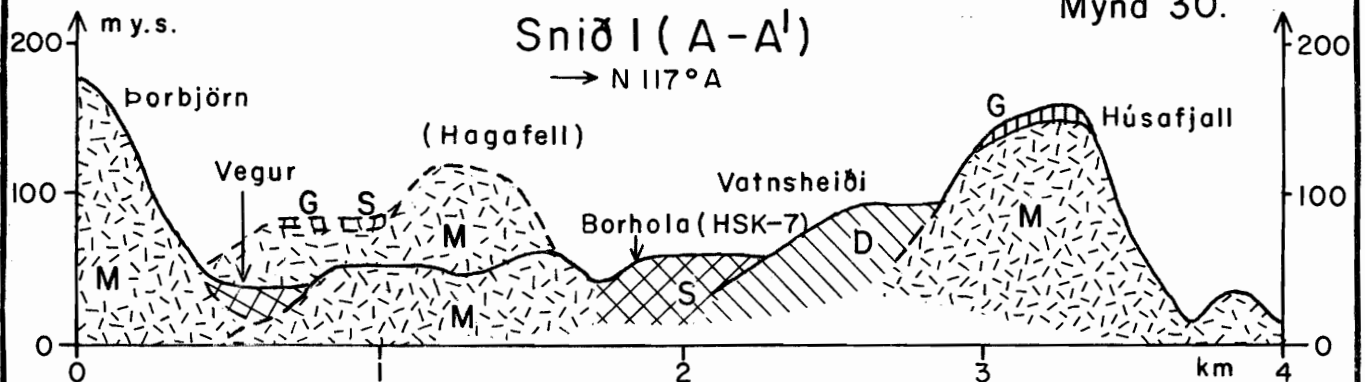
 Misgengi

 Jarðsnið (Þversnið)



VATNSVINNSLUSVÆÐI Í VATNSHEIÐI  
Jarðfræði, Þversnið

Mynd 30.



SKÝRINGAR:



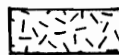
Sprunguhraun (S)



Grágrýti (G)

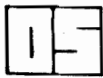


Dyngjuhraun (D)



Móberg (M)





ORKUSTOFNUN  
Jarðkönnunardeild

HITAVEITA SUÐURNESJA

77-01-03 FP/Ó.D.

T.98 T.160

N.vatn Svartsengi

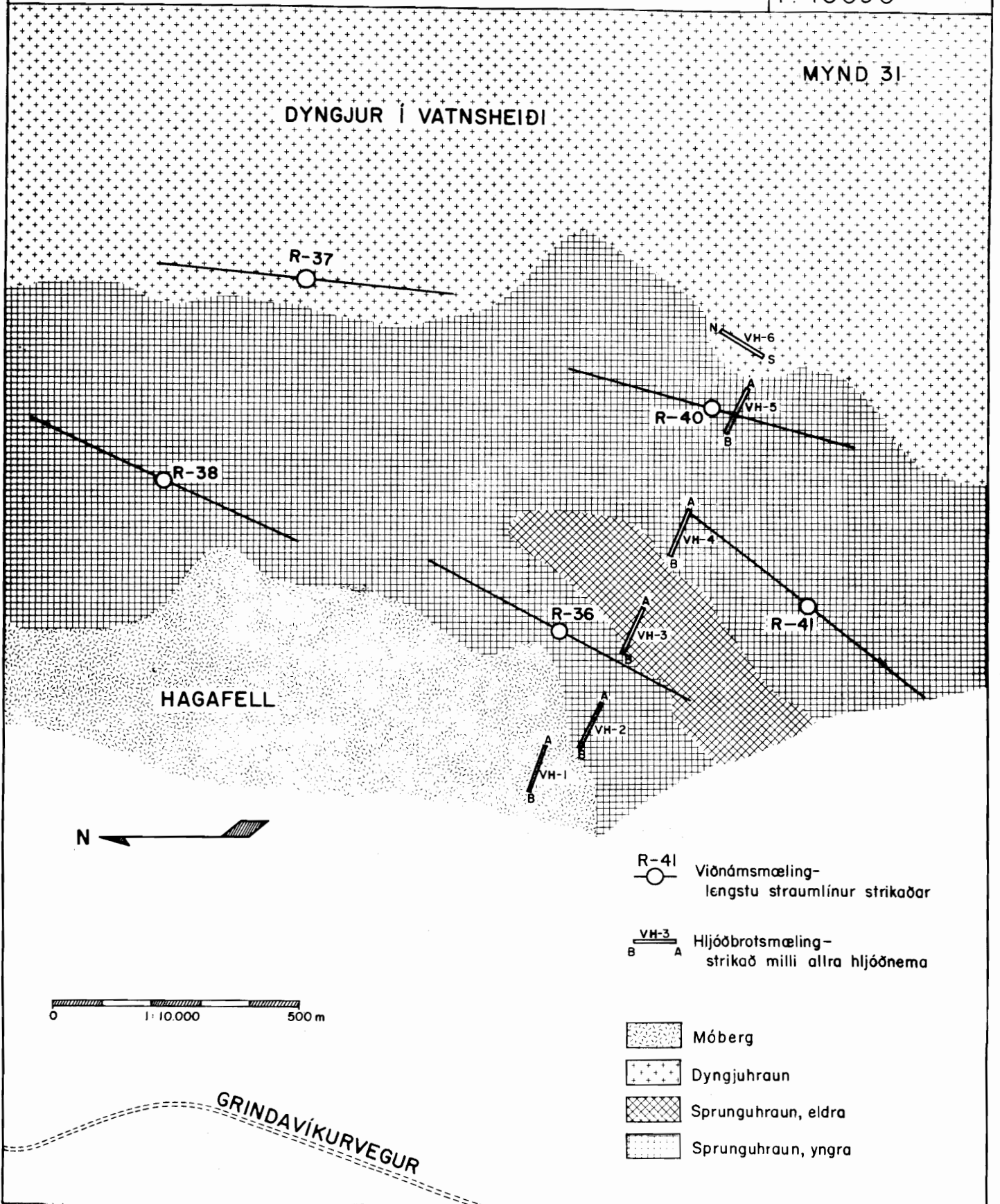
F. 15090

# VATNSHEIÐI

Staðsetning jarðeðlisfræðilegra mælinga

MYND 31

## DYNGJUR Í VATNSHEIÐI



HAGAFELL

N

R-41 Viðnámsmæling-  
lengstu straumlínur strikaðar

VH-3 Hljóðbrotsmæling-  
strikað milli allra hljóðnema

0 1:10.000 500 m

Móberg

Dyngjuhraun

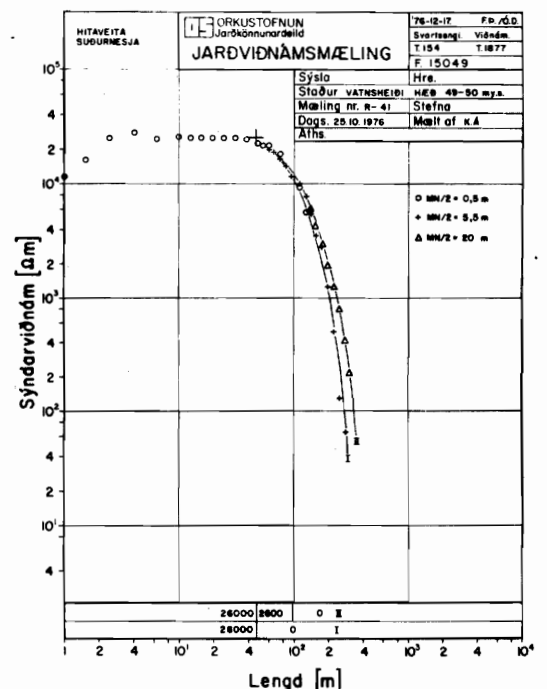
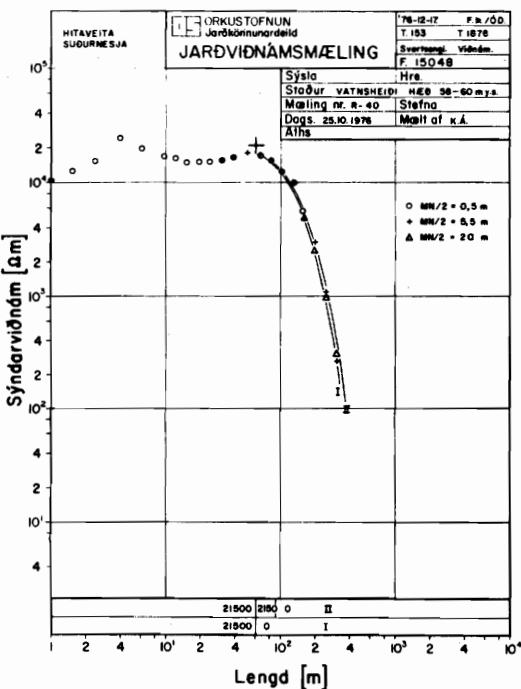
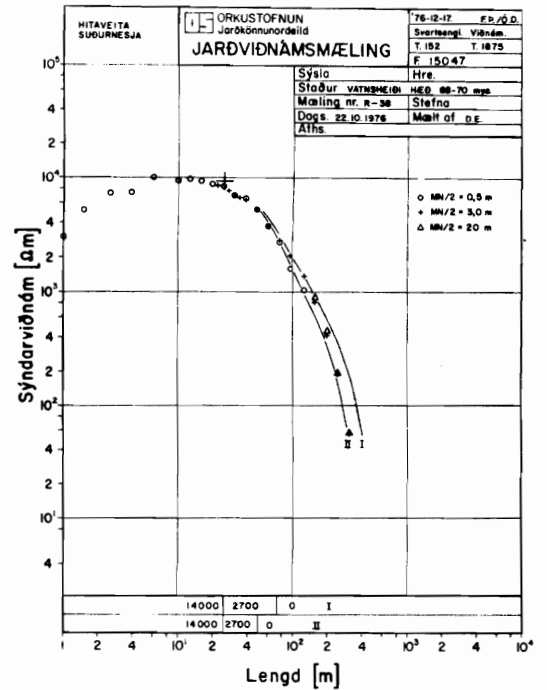
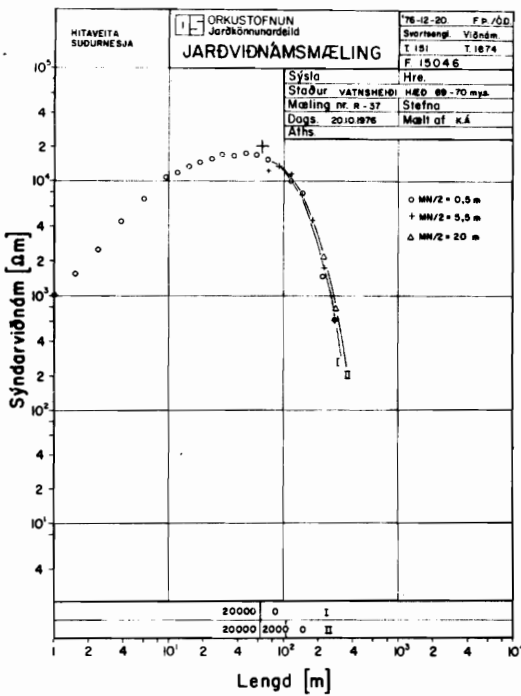
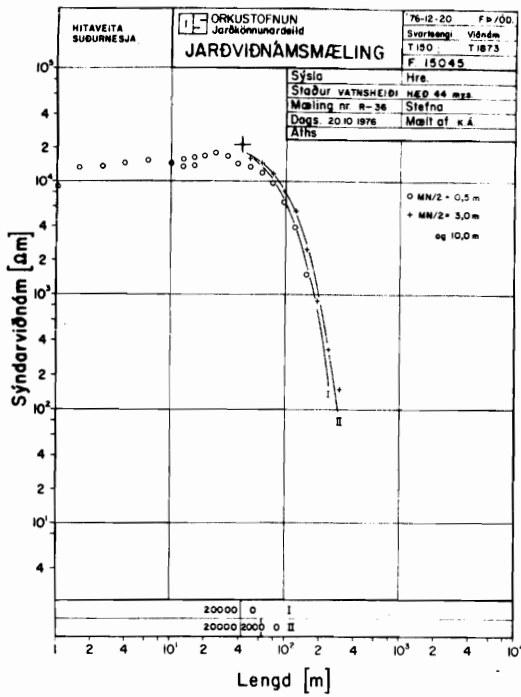
Sprunguhraun, eldra

Sprunguhraun, yngra

GRINDAVÍKURVEGUR

Viðnámsmælingar í Vatnsheiði

Túlkun sýnd neðst á hverri mynd

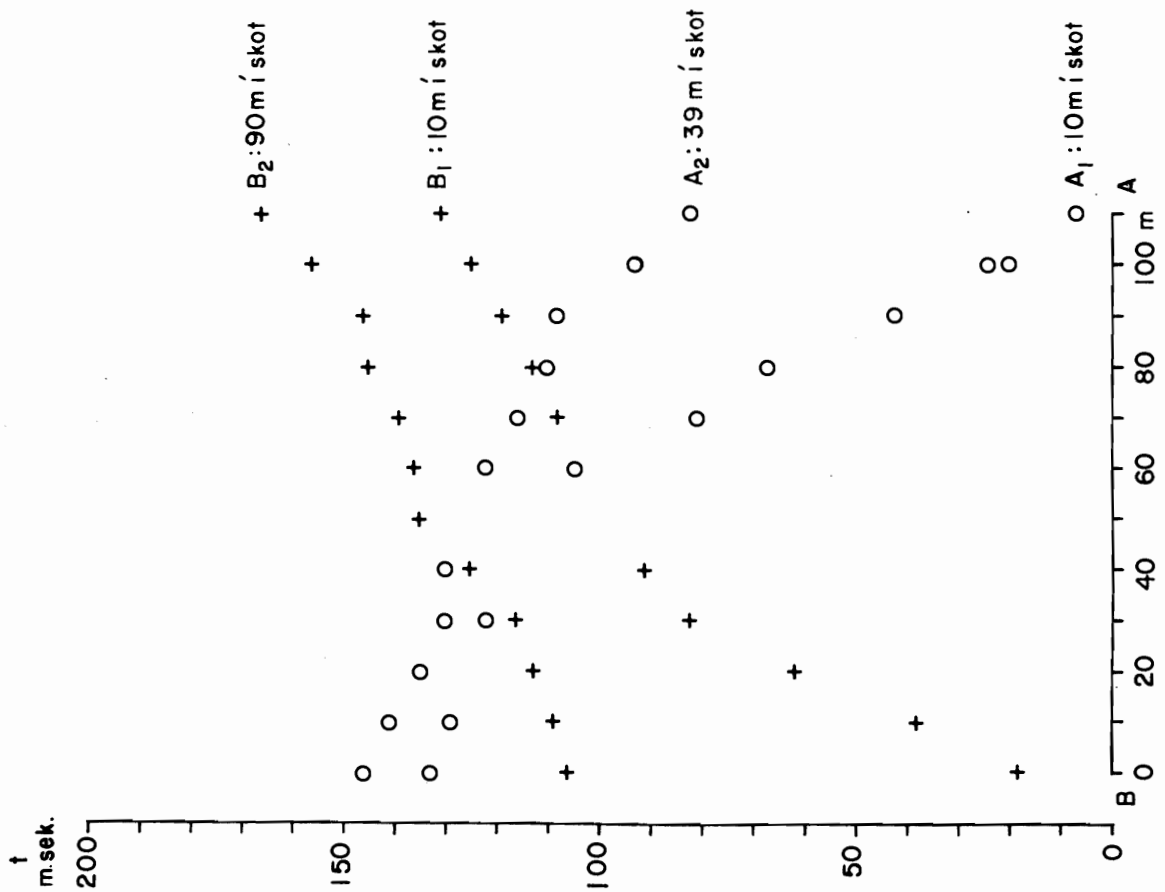
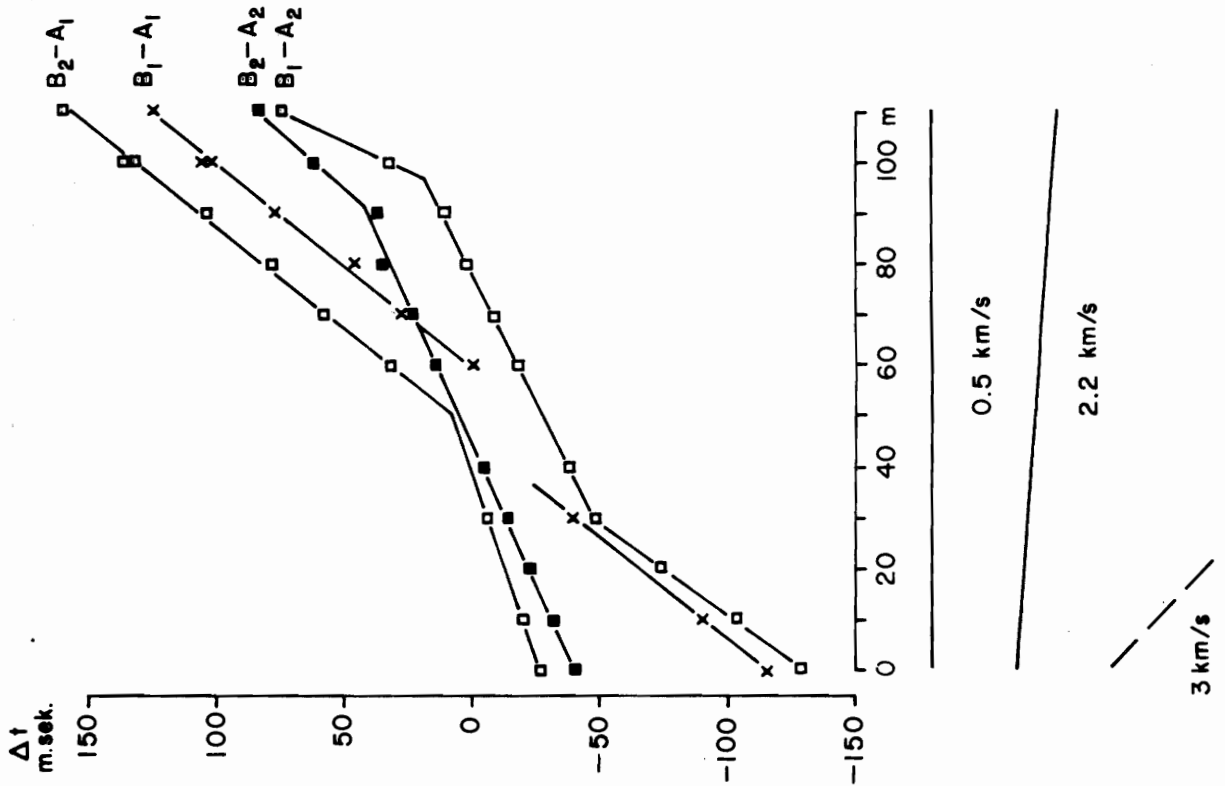






VATNSHEIÐI  
Hljóðhraðamaling VH-2

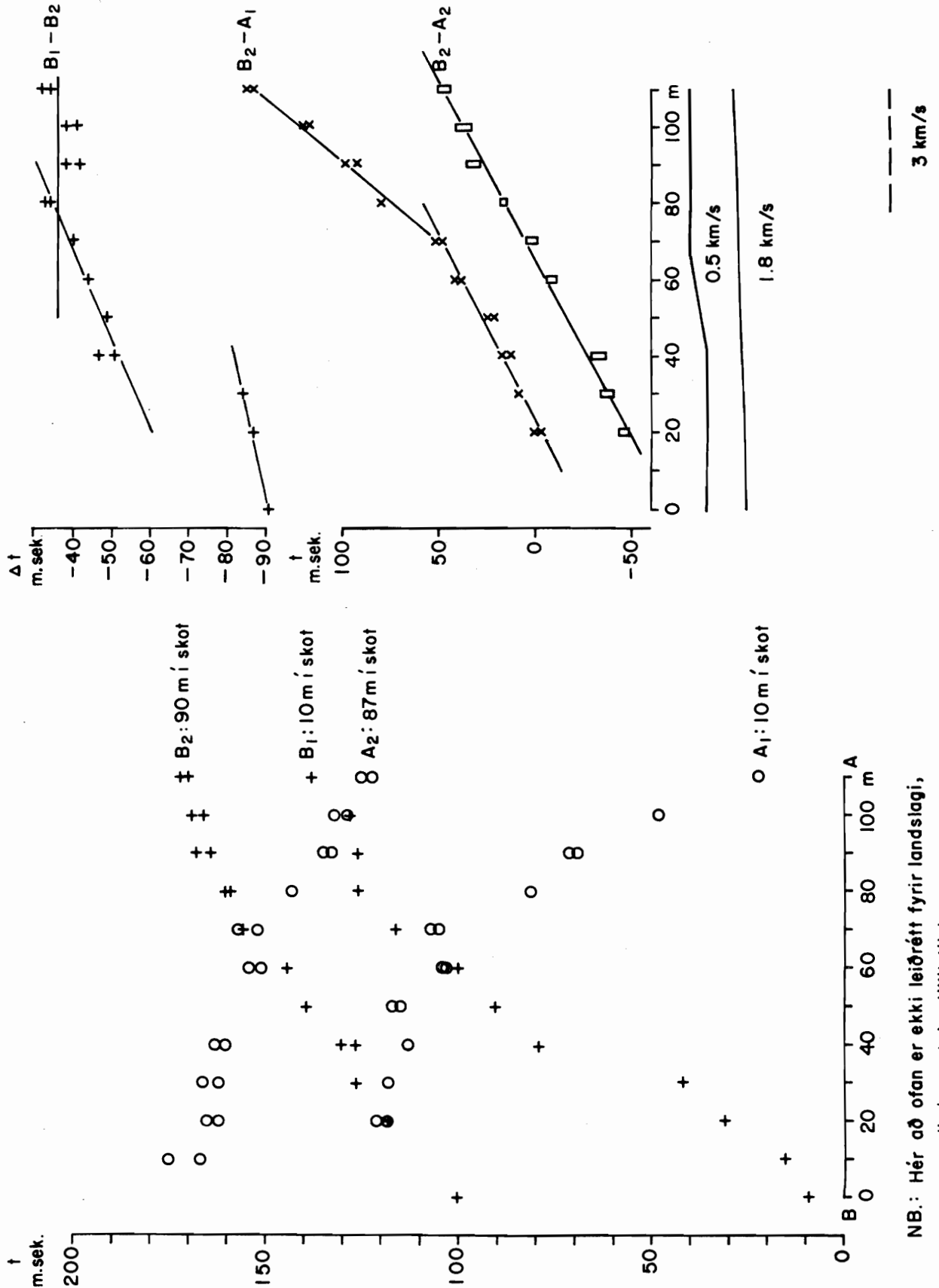
Mynd 33





VATNSHEIÐI  
Hljóðhraðamæling VH-3

Mynd 34

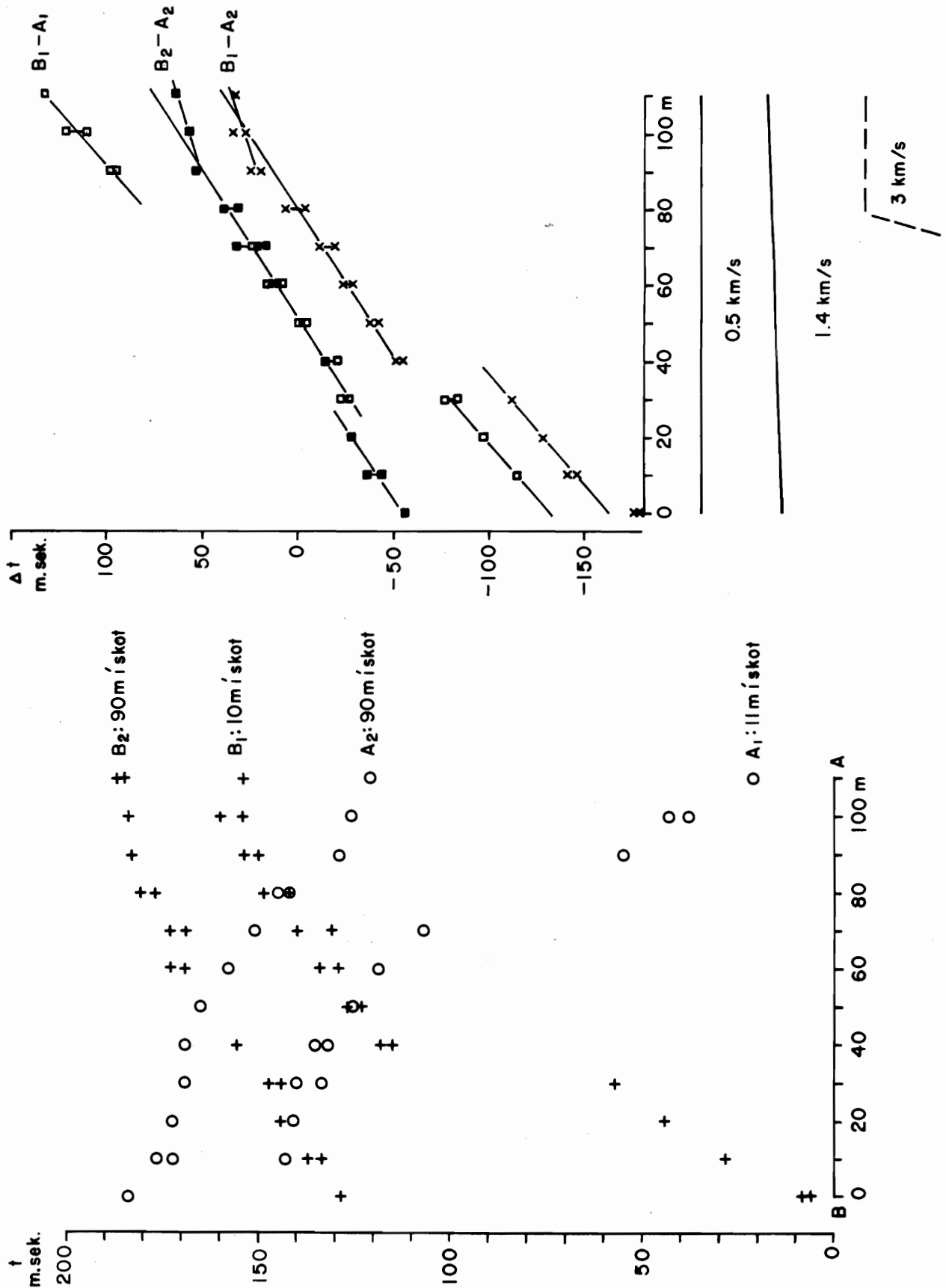


NB.: Hér að ofan er ekki leiðrétt fyrir landslagi,  
en reikningar taka tillit til þess.



VATNSHEIÐI  
Hljóðhraðamæling VH-4

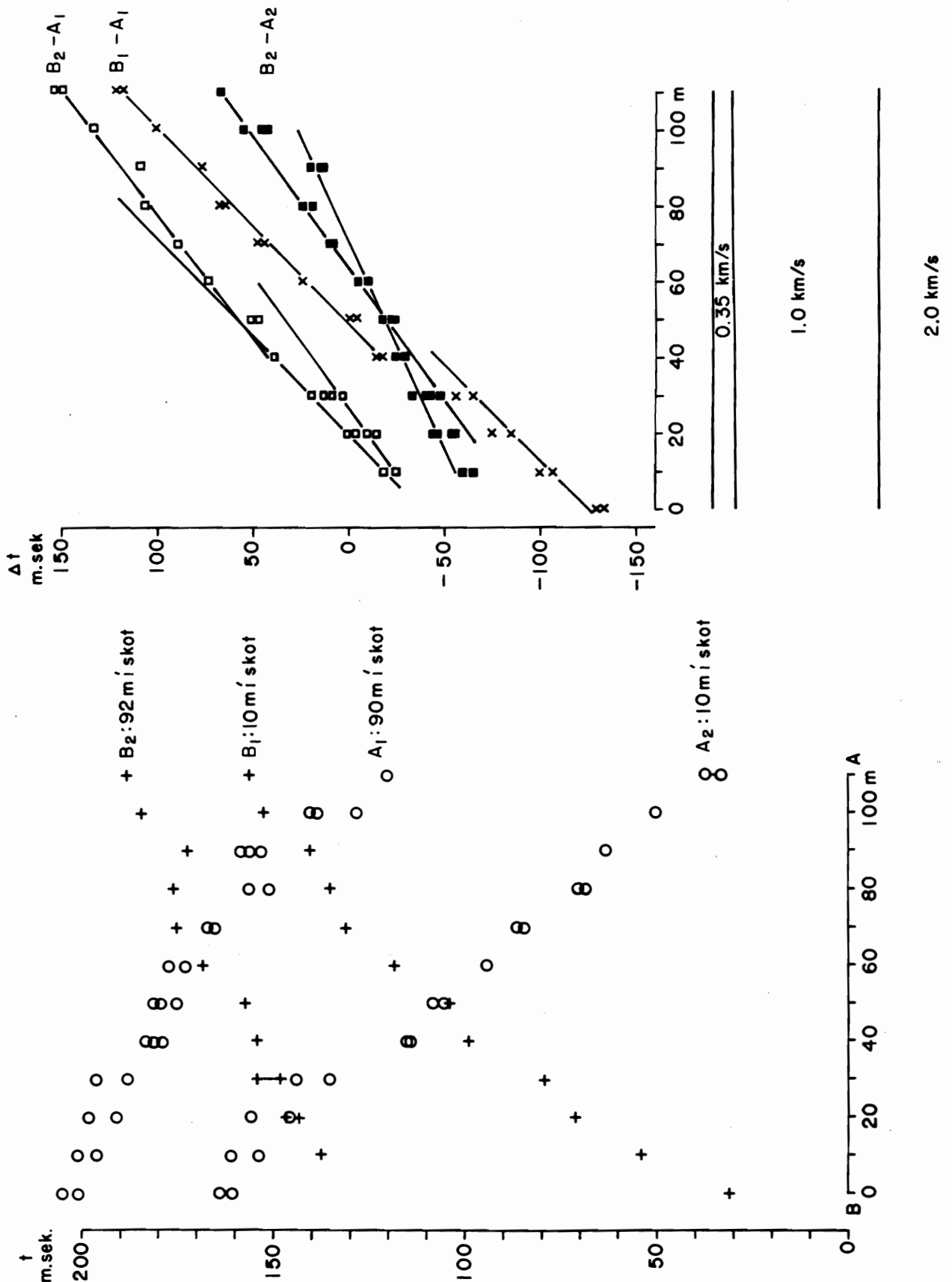
Mynd 35





VATNSHEIÐI  
Hljóðhraðamæling VH-5

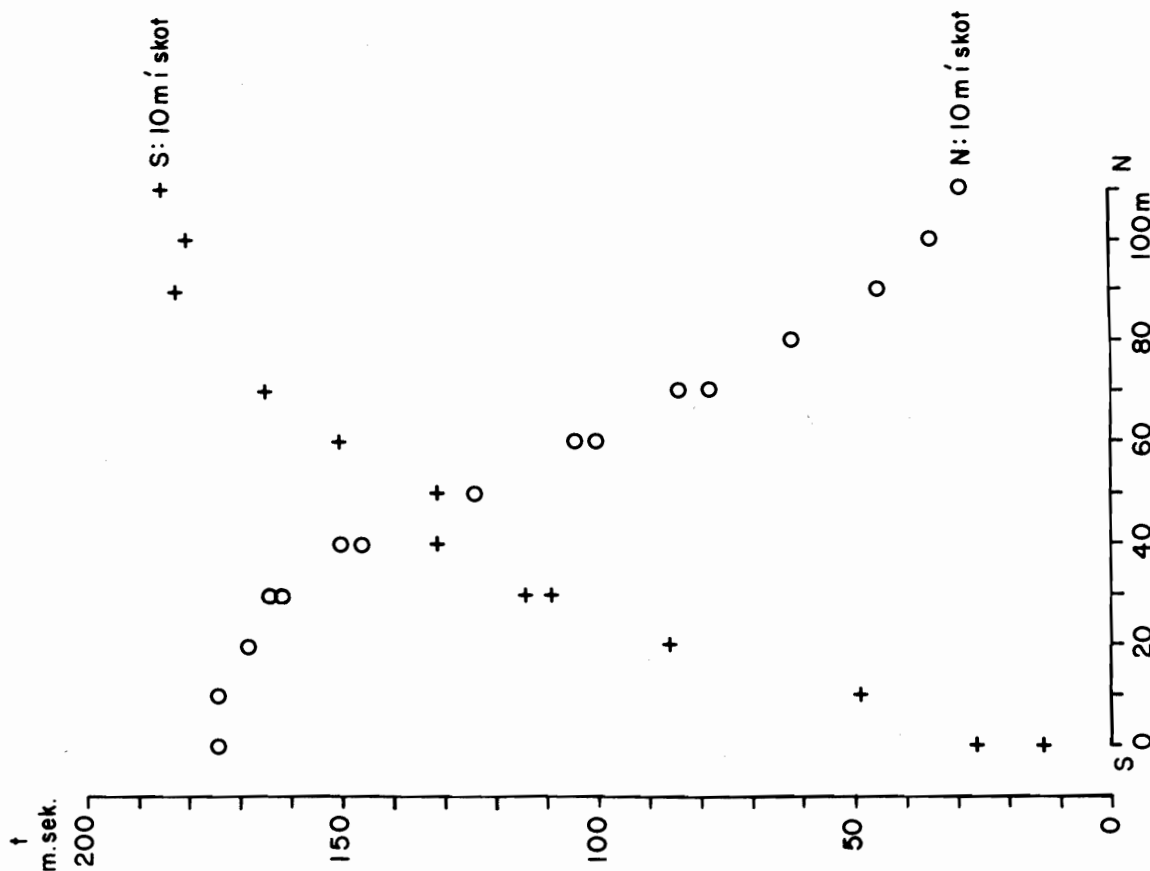
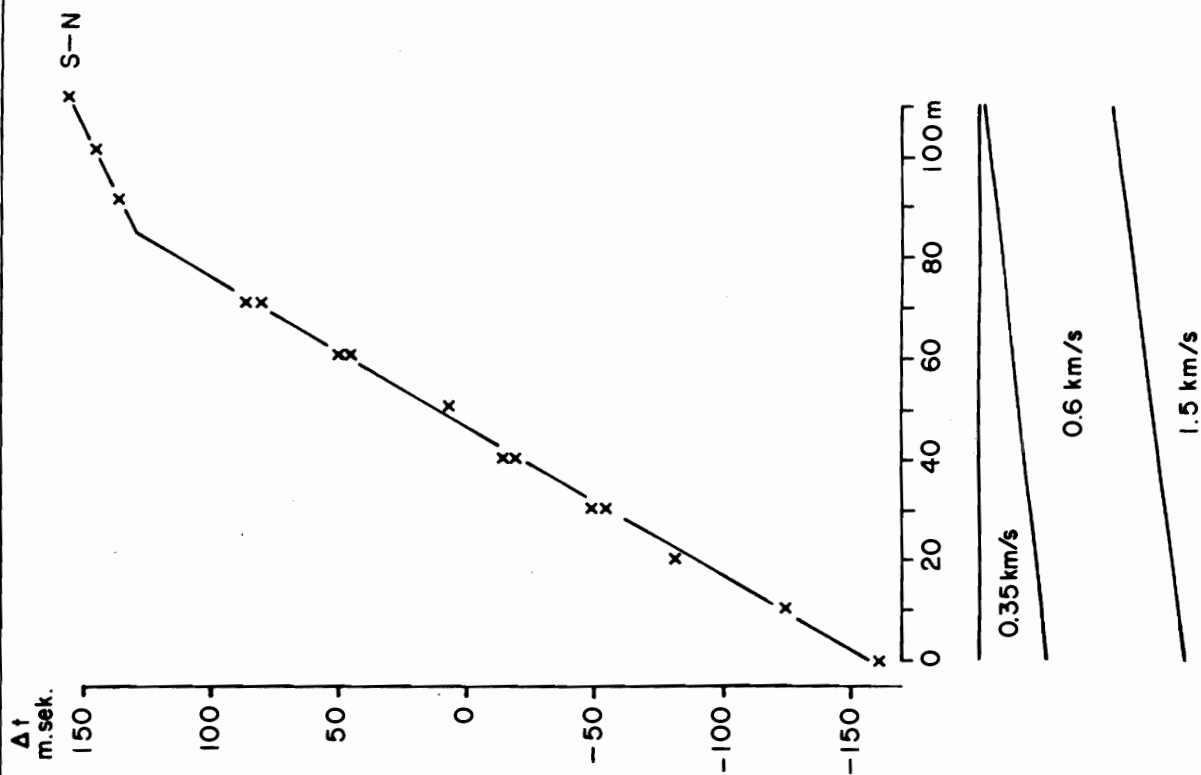
Mynd 36





VATNSHEIÐI  
Hljóðhraðamæling VH-6

Mynd 37

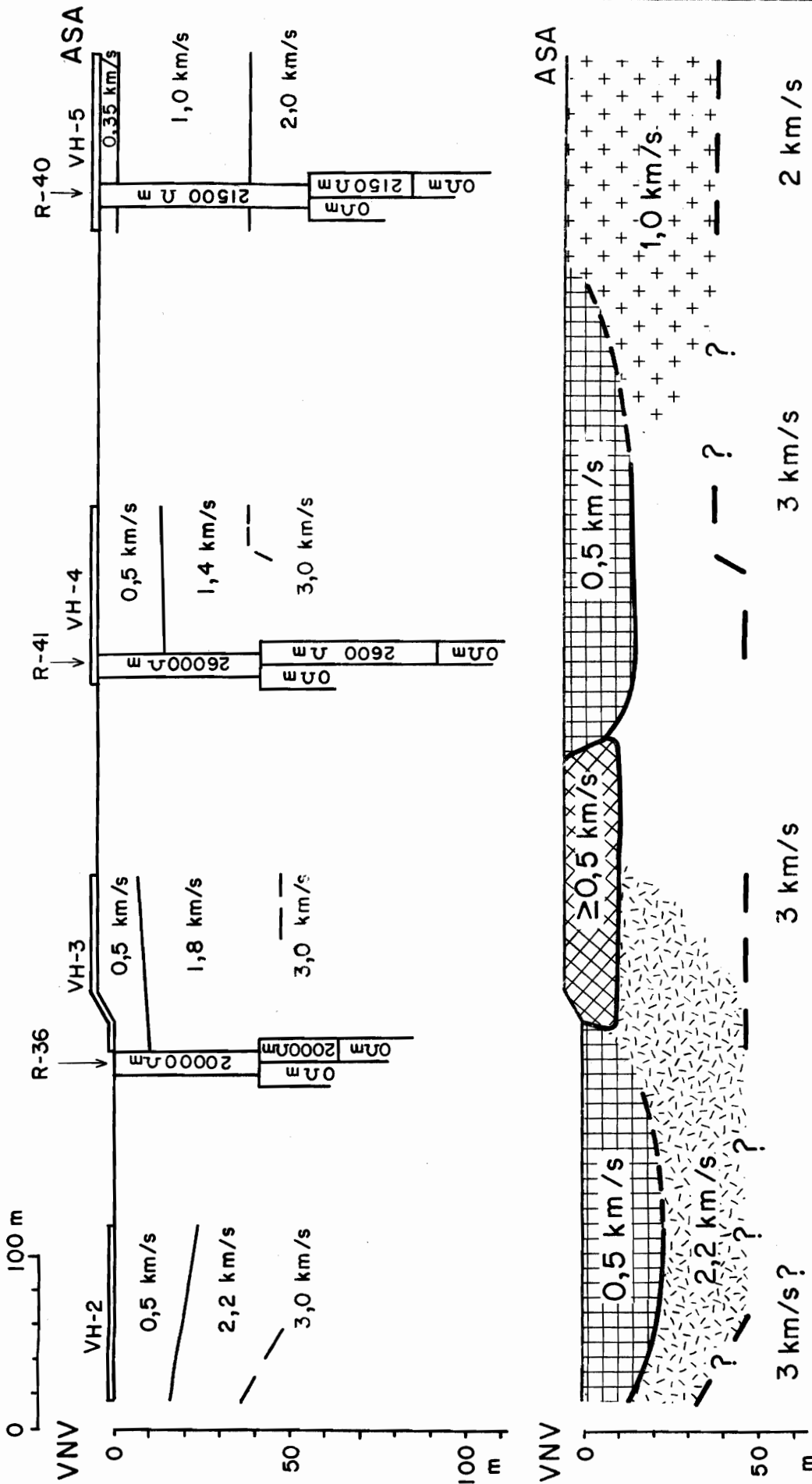




VATNSHEIÐI

Túlkun jarðeðlisfræðilegra mælinga

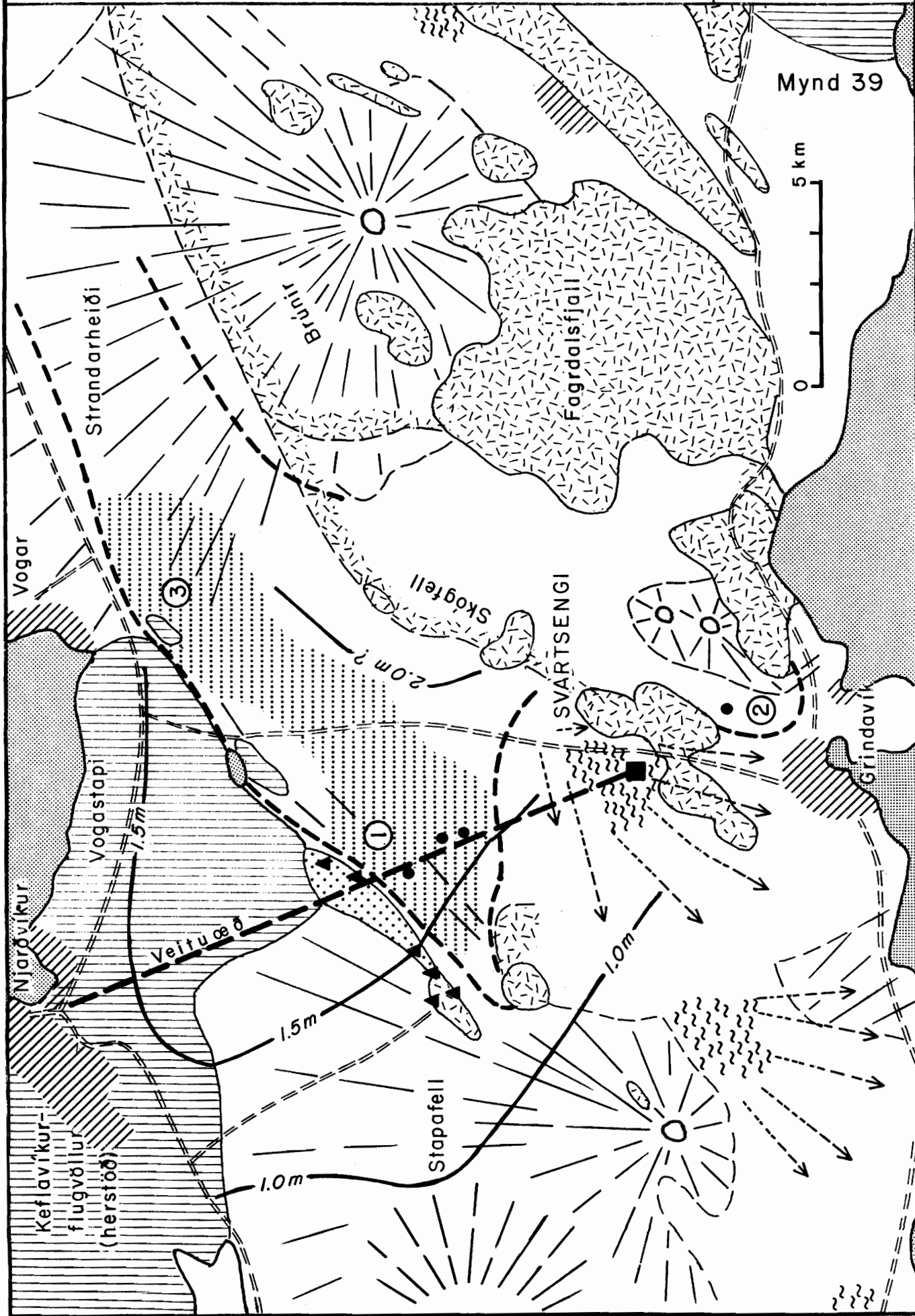
MYND 38





VATNSVINN SLUSVÆÐI, YFRILIT

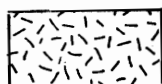
Mynd 39





SKÝRINGAR VIÐ MYND 39

1. Jarðlög:



Móberg



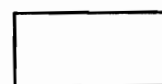
Grágrýti



Dyngjuhraun



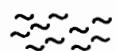
Setlög



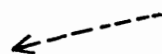
Sprunguhraun

2. Jarðvatn:

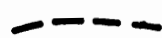
— 1.5m — Jafnhæðarlínur jarðvatnsborðs  
samkvæmt líkanreikningum



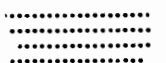
Jarðhitasvæði



Rennslisstefnur frá jarðhitasvæðum



Takmörk vænlegra vinnslusvæða



Sérlega vænleg vinnslusvæði

- Ferskvatnsholur HS boraðar 1976

3. Annað (mengunarvaldar)



Þéttbýli



Sand-, malar- og grjótnám



Varmaorkuver í Svartsengi

4. Vinnslusvæði

① Lágasvæði

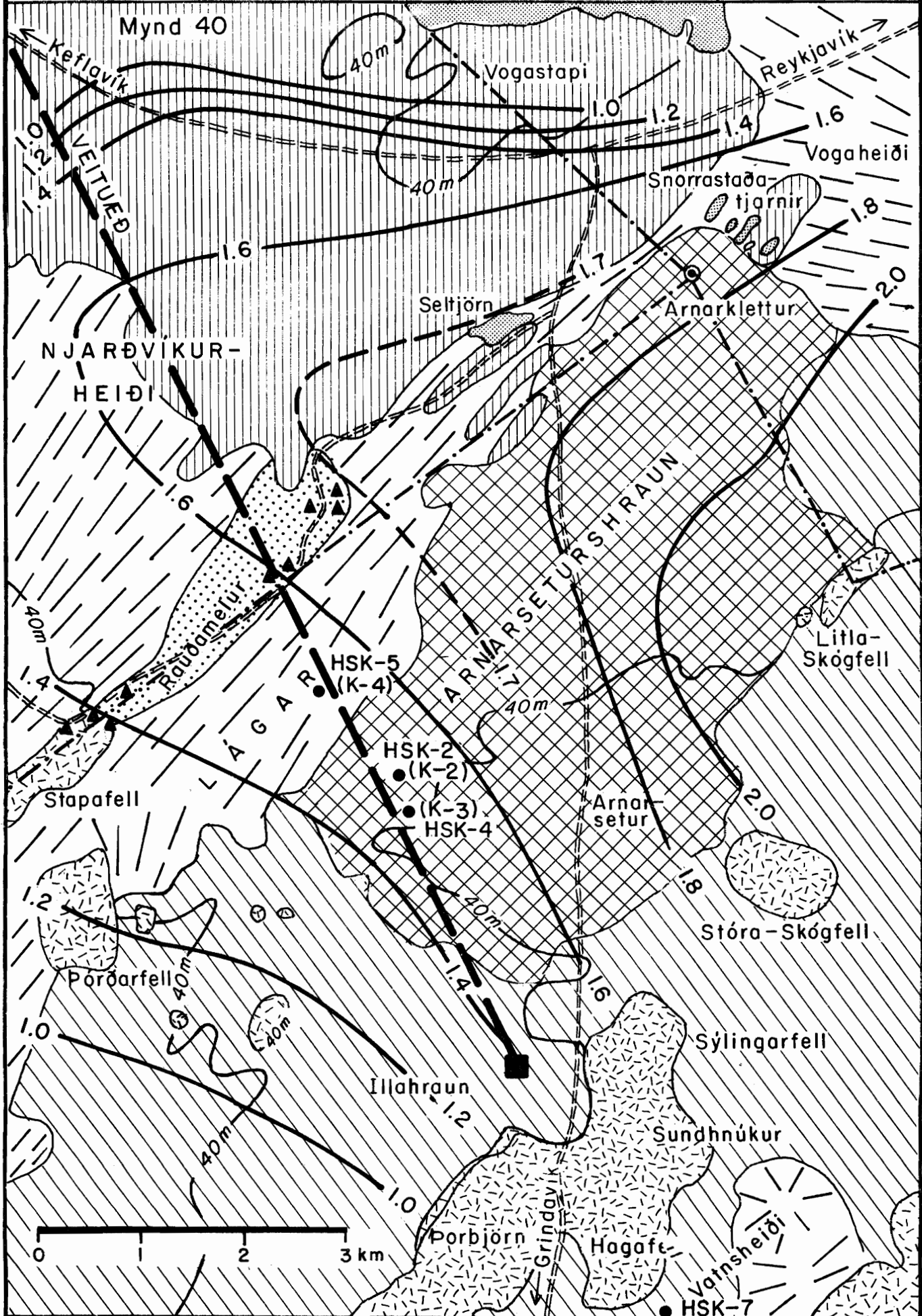
② Vatnsheiði

③ Vogaheiði





SVÆÐI II VATNSVINNSLUSVÆÐI  
Lágasvæði





SKÝRINGAR VIÐ MYND 40

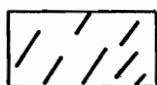
I. Jarðlög:



Móberg



Grágrýti



Dyngjuhraun



Arnarseturshraun (sprunguhraun)



Sprunguhraun, óaðgreind




Setlög

2. Jarðvatn:

- 2.0  Jafnhæðarlínur jarðvatnsborðs (m y.s.)  
samkvæmt líkanreikningum
- Ferskvatnshola Hitaveita Suðurn. frá 1976

3. Annað

- Varmaorkuver í Svartsengi
-  40m Hæðalína landslags
- ▲▲▲ Sand-, malar- og grjótnám
- Mörk byggðalaga (sveitarfélaga)