



ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

JARÐVATN OG VATNAJARÐFRÆÐI  
Á UTANVERÐUM REYKJANESSKAGA

IV. Hluti: Viðaukar um grunnvatn

Freysteinn Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-85075/VOD-06

September 1985



ORKUSTOFNUN  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr: 8931

**JARÐVATN OG VATNAJARÐFRÆÐI  
Á UTANVERÐUM REYKJANESSKAGA**

**IV. Hluti: Viðaukar um grunnvatn**

Freysteinn Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-85075/VOD-06

September 1985

V I Ð A U K I I V

BORHOLUSNIÐ

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 FERSKVATNSHOLUR	3
2 GERÐ BORHOLUSNIÐA	3
3 EINSTAKAR BORHOLUR	17
4 LEKI, HRUN, BORHRAÐI	19

## TÖFLUSKRÁ

1 Hrun í hraunlögum	21
---------------------	----

## MYNDASKRÁ

1 Lega borhola	5
2 a) Borholusnið HSK-2	6
b) Borholusnið HSK-4	7
3 Borholusnið HSK-5	8
4 Borholusnið HSK-6	9
5 Borholusnið HSK-7	10
6 Borholusnið HSK-8	11
7 Borholusnið HSK-9 og HSK-10	12
8 Borholusnið HSK-11	13
9 Borholusnið HSK-12 og HSK-13	14
10 Borholusnið 160 m borhola við Stapafell	15
11 Leki í hraun- og gjalllögum	20

## 1 FERSKVATNSHOLUR

Á árunum 1976-77 voru boraðar á vegum Hitaveitu Suðurnesja 5 holur til öflunar ferskvatns, 2 holur til öflunar ferskvatns eða sem könnunarholur og 5 könnunarholur (sjá mynd V.IV-1). Holur þessar hafa einkennistáknið HSK-n (HSK: Hitaveita Suðurnesja, kaldavatnshola; n: heil tala 1-13 í árslok 1981). Fyrsta borholan HSK-1, var raunar boruð 1974. Borholur HSK-2 - HSK-10 voru boraðar með höggbor nr. 5 (JBR) á tímabilinu frá mars 1976 til júní 1977, nema HSK-3, sem var boruð með loftbor. Borholur HSK-11 - HSK-13 voru boraðar með jarðbornum Ými (JBR) í júní - ágúst 1977. Auk þess eru 2 borholur í sundinu milli Stapafells og Þórðarfells, boraðar 1966, önnur með höggbor, rúmlega 20 m djúp, hin með svokölluðum "Norðurlandsbor", rúmlega 160 m djúp. Eldri borholur eru við Seltjörn, á Vogastapa og í Njarðvíkurheiði (Hafnaheiði) við Stapafellsveg. Borhola HSK-14 var staðsett við Eldvörp í mars 1982 og boruð það sama ár. Ekki lágu fyrir svarfgreiningar úr henni, né hafði tekist að komast í hana til mælinga, og verður því ekki fjallað um hana hér.

Borholur HSK-2 - HSK-13 voru staðsettar af starfsmönnum Jarðkönnunardeildar Orkustofnunar í samráði við Hitaveitu Suðurnesja og ráðgjafa hennar, sérfræðinga Straumfræðistöðvar Orkustofnunar og bormenn Jarðborana ríkisins. Fylgst var með borun þessara hola. Í þeim einum verður hér lýst jarðsniðum (borholusniðum).

## 2 GERÐ BORHOLUSNIÐA

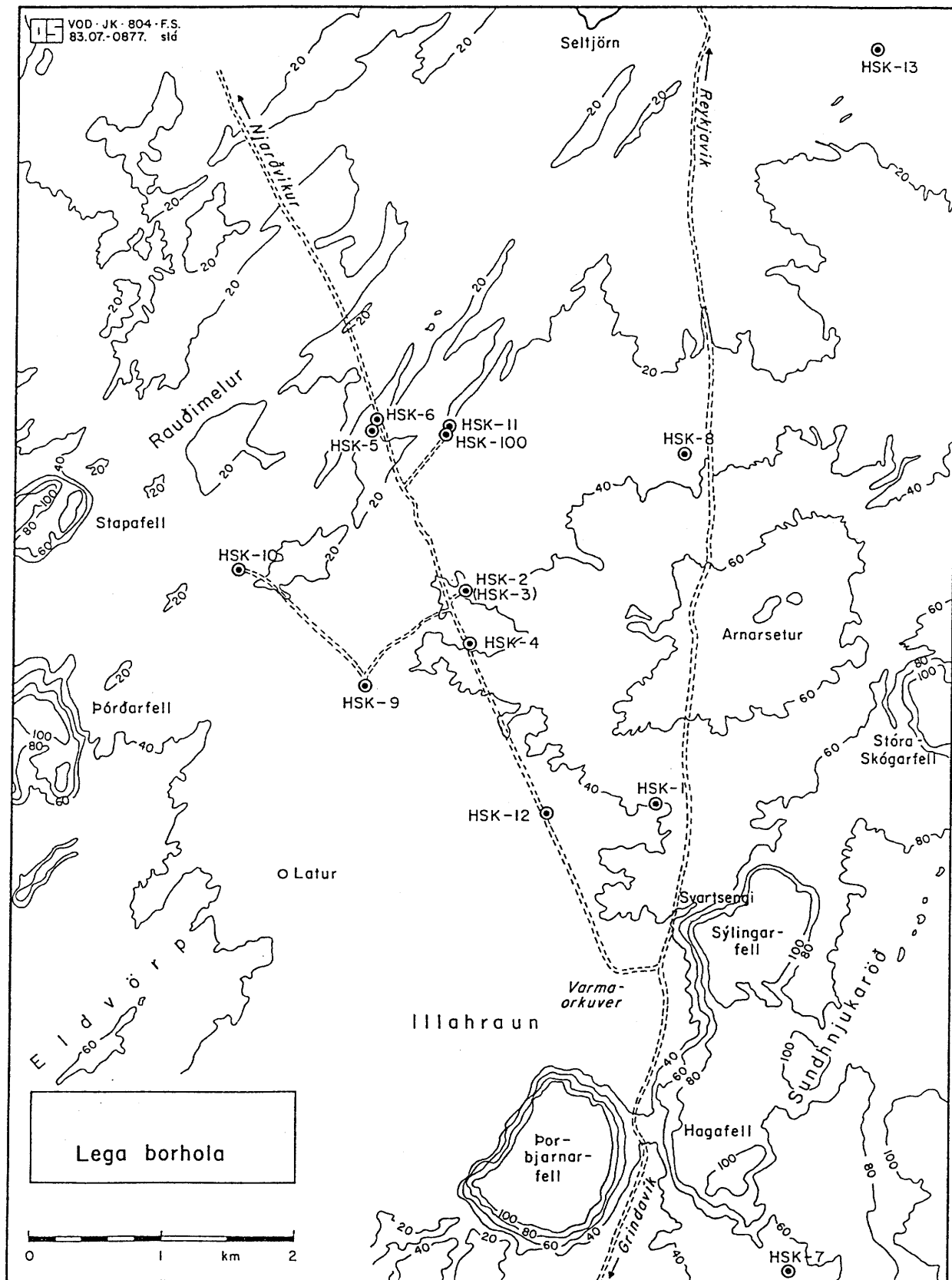
Upplýsingar þær, sem hér hafa verið lagðar til grundvallar við samningu borholusniða, eru einkum tvennskonar. Í fyrsta lagi eru það athuganir bormanna á gangi borunar, eins og þær eru skráðar í bor-skýrslum, eða lýst á annan hátt. Í öðru lagi eru það greiningar á bor-svarfi því, sem stundum næst úr holunum.

Lýsing á gangi borunar er margþætt. Borhraða er hægt að lýsa í tölum. Þekkt er, hversu mikið holan dýpkar á einhverjum ákveðnum tíma og því auðvelt að reikna hraðann. Á höggborum er hraðinn háður stærð meitils og þar með vídd holunnar. Hér er fylgt þeirri ábendingu frá Per Krogh, tæknifræðingi hjá Jarðborunum ríkisins (JBR), að borað rúmmál á tímaeiningu sé svipað fyrir misstóra meitla, þó boruð dýpt sé misjöfn. Borhraði er því hér umreiknaður sem fyrir 22" meitil en það var gildasti meitill, sem notaður var. Hruns, leka og vatnspéttleika verður yfirleitt greinilega vart. Glöggir bormenn geta ráðið mikið af því, hvernig bor lætur við borun, hvort fyrir er sprungið berg eða heilt, þétt og hörð klöpp eða laus sandur, auk þess, sem þeir geta ráðið í um jarðgerð af reynslu sinni. Hér skal því ítrekað það, sem áður hefur verið sagt (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978b, s. 4): "Það skal því tekið sérstaklega fram, að skýrslur bormanna, sem borað hafa kaldavatnsholur HS (HSK-2 - HSK-10) eru vandlega samdar og upplýsingar þeirra eins traustar og tók eru á."

Meiri vandkvæðum er bundið að ráða í jarðgerð, þegar borað er að miklu leyti með lofthamri, eins og gert er á jarðbornum Ými (borholur HSK-11 - HSK-13). Borhraði er miklu meiri, þegar vel gengur, en svarfheimta léleg, ef lekar eru miklir. Upplýsingar bormanna verða því óhjákvæmlega ekki eins traustar og við höggborun. Gildir þá það sama um borholusnið þau, sem samin eru í ljósi þessara upplýsinga, að þau verða ekki eins áreiðanleg. Gætir þessa munar að nokkru í mismun á gerð borholusniða (HSK-2 - HSK-10 annars vegar, sjá myndir V.IV-2 - V.IV-7 og HSK-11 - HSK-13 hins vegar, sjá myndir V.IV-8 - V.IV-9). Hér hefur einnig verið gert jarðsnið af borholu við Stapafell (sjá mynd V.IV-10), en þar er einvörðungu stuðst við borskýrslur.

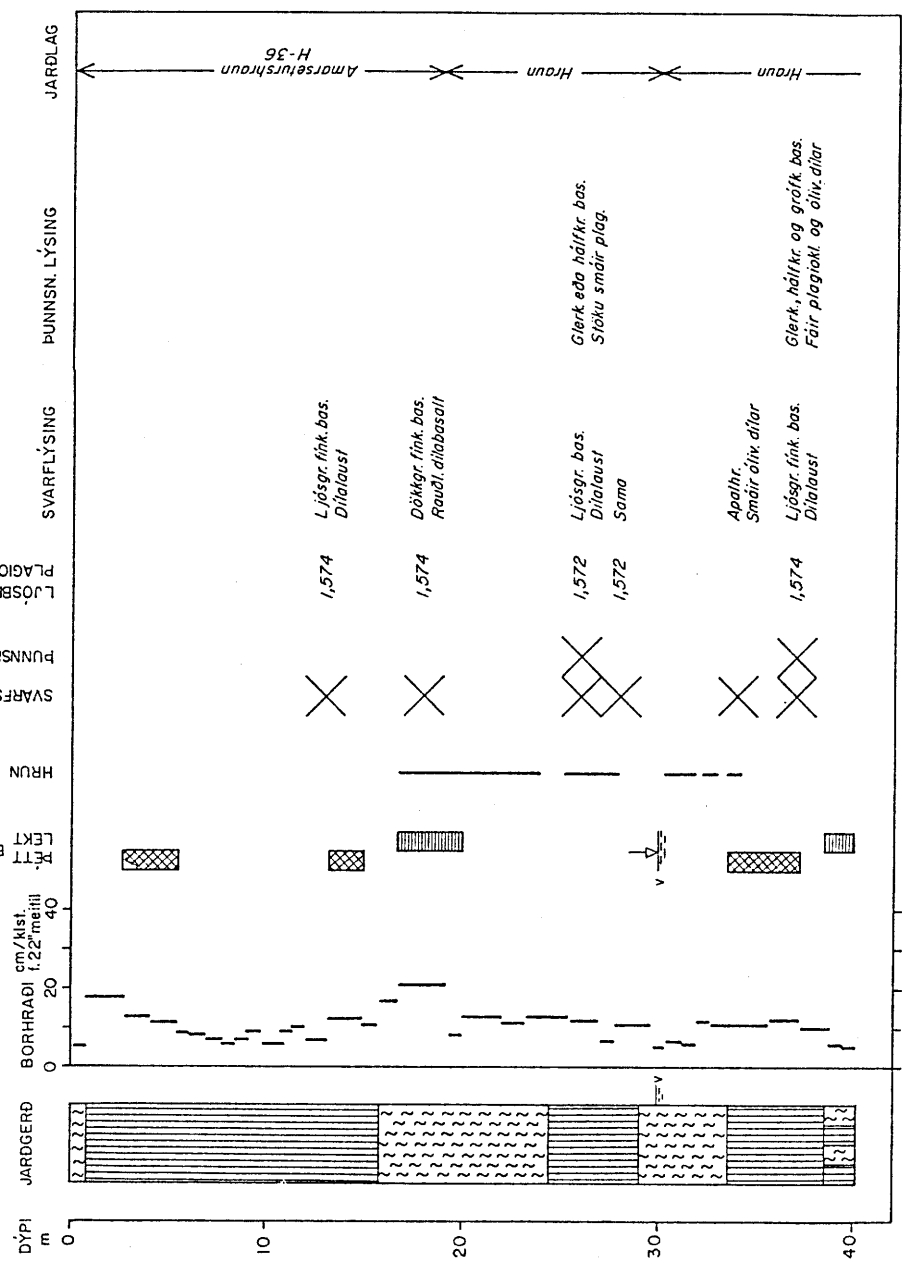
Svarf úr borholum HSK-2 og HSK-4 - HSK-12 greindi Elsa G. Vilmundardóttir, jarðfræðingur á Orkustofnun, haustið 1977. Alls voru greind 88 sýni, en auk þess voru gerðar 35 þunnsneiðar af svarfinu og þær skoðaðar betur. Upplýsingar þær, sem svarfgreiningin veitir, eru vitaskuld takmarkaðar. Svarfsýnin eru aðeins lítil hluti bergsins, og þar að auki oft úr þeim hluta þess, sem best þolir barsmið borunarinnar. Úr efri hluta borholunnar vill hrynja, og blandast það efni við svarfið á botni holunnar. Ekkert svarf næst, þar sem leki er mikill í holunni og svarfið flyst með vatni út í bergið. Loks vill svarfheimta verða rýr úr línunum jarðlögum. Þrátt fyrir þessa annmarka, þá veitir svarfgreiningin beinar og traustar upplýsingar um jarðlög þau, sem borað er í, svo langt sem hún nær.

Eftir þessum upplýsingum eru borholusniðin samin. Má það ljóst vera, að þau eru ærið misjöfn að gæðum. Oft er hægt að kveða á með nokkurri sanngirni, hvar basalhraunlög (þétt klöpp) voru í holunum og hvar gjallkennd lög eða rauðbrunnin voru. Erfiðara er að skera úr um hvort sandur eða annað set hafi verið í holunum. Sandþvælingur, sem bormenn verða varir við, getur oft verið hrun, jafnvel hrunið svarf úr veggjum efri hluta holunnar. Borholusniðin verður því að skorða með vissri aðgát, og varast ber að trúá því blint, að þau sýni raunverulega þau jarðlög, sem holan var boruð í. Hins vegar sýna þau þá hugmynd um jarðlög á borstöðum, sem telja verður skársta og mestar líkur eru fyrir að sé rétt.



MYND V.IV-1 Laga borhola

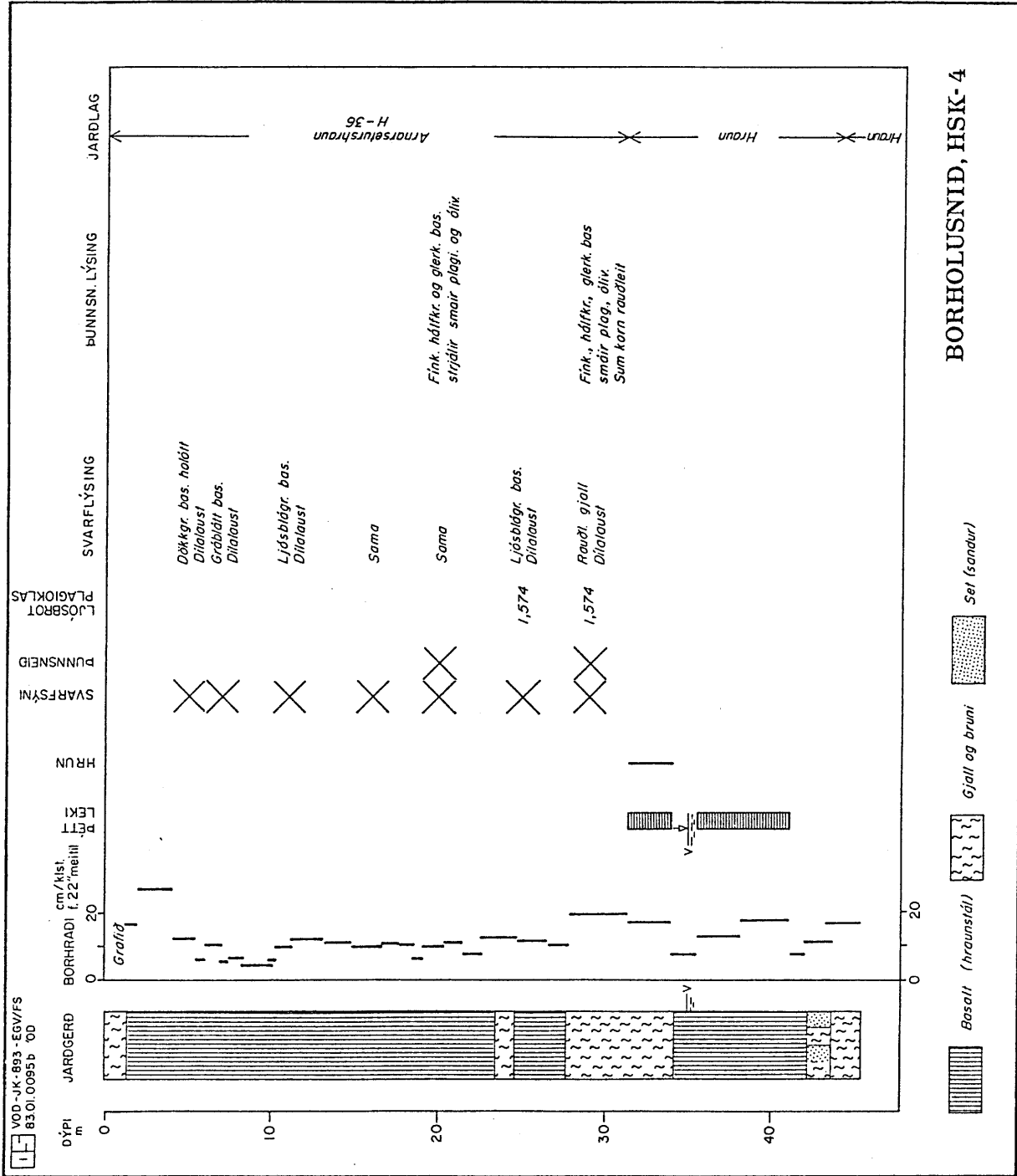
VOD-IK-893 - EGV-FS  
83.03.-0085A-G/0a



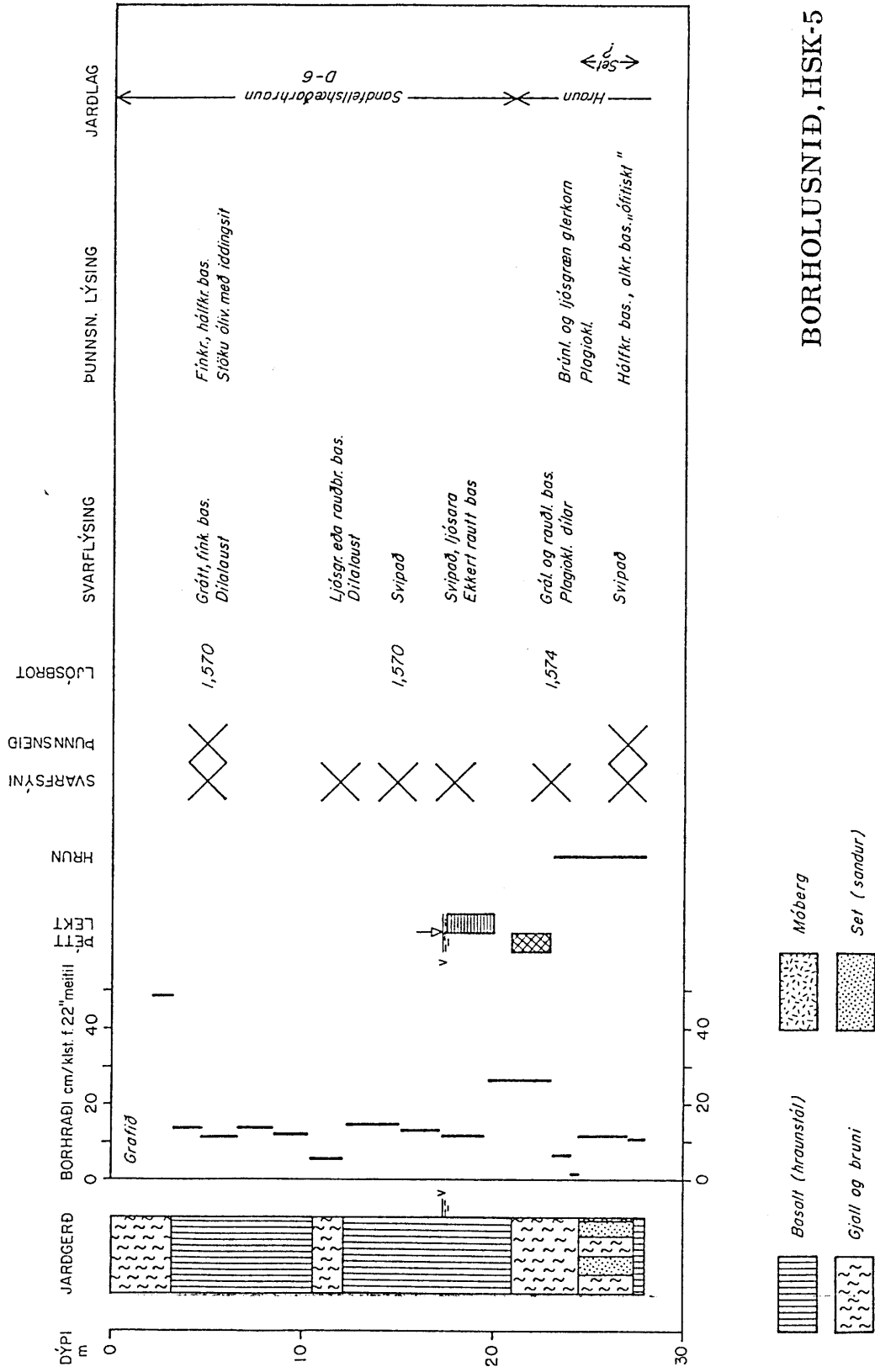
BORHOLUSNIÐ, HSK-2

MYND V.IV-2 a) Borholusnið HSK-2



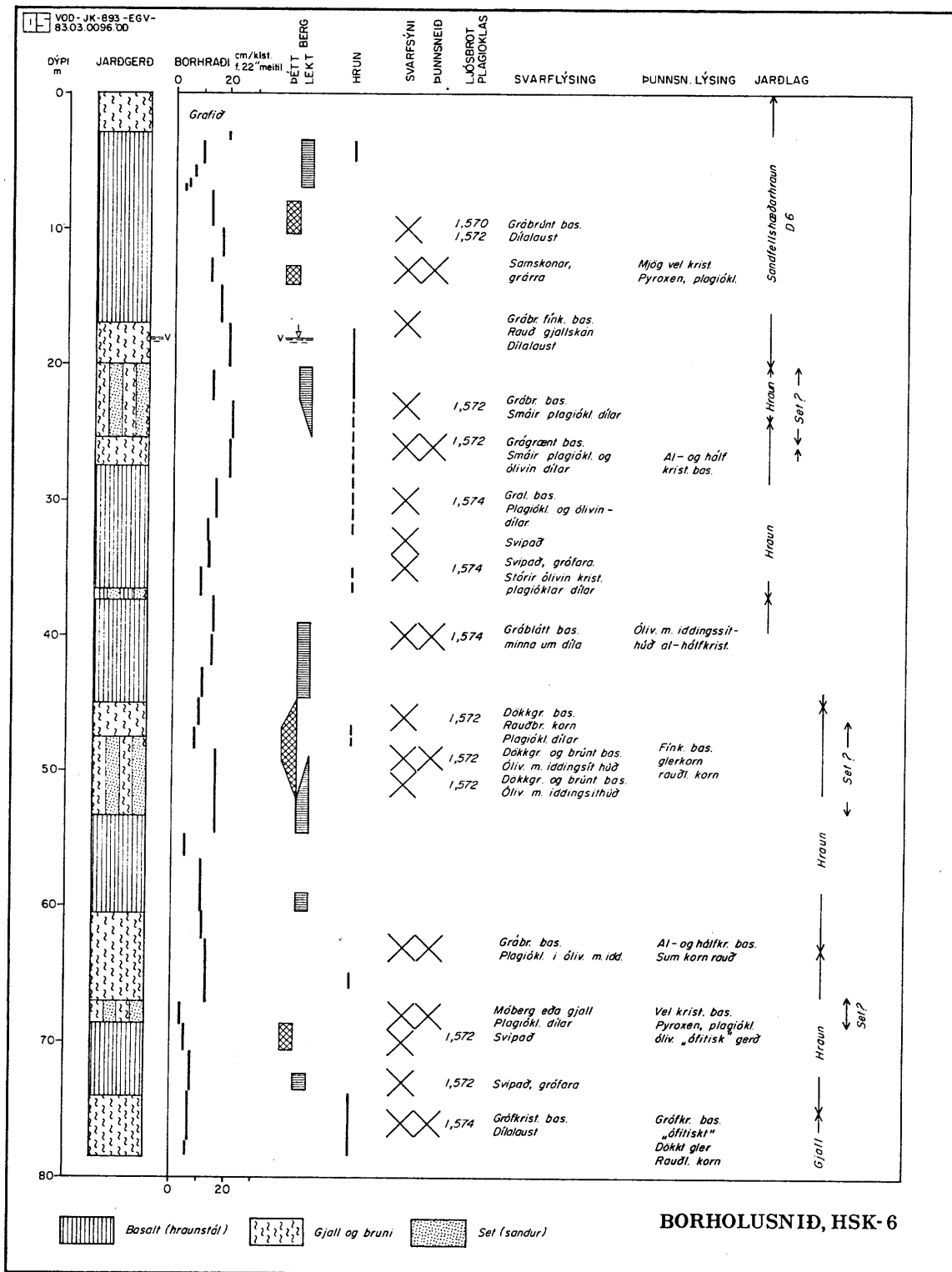


VOD-JK-893-EGV-FS  
83.01.-0094 - Gyða

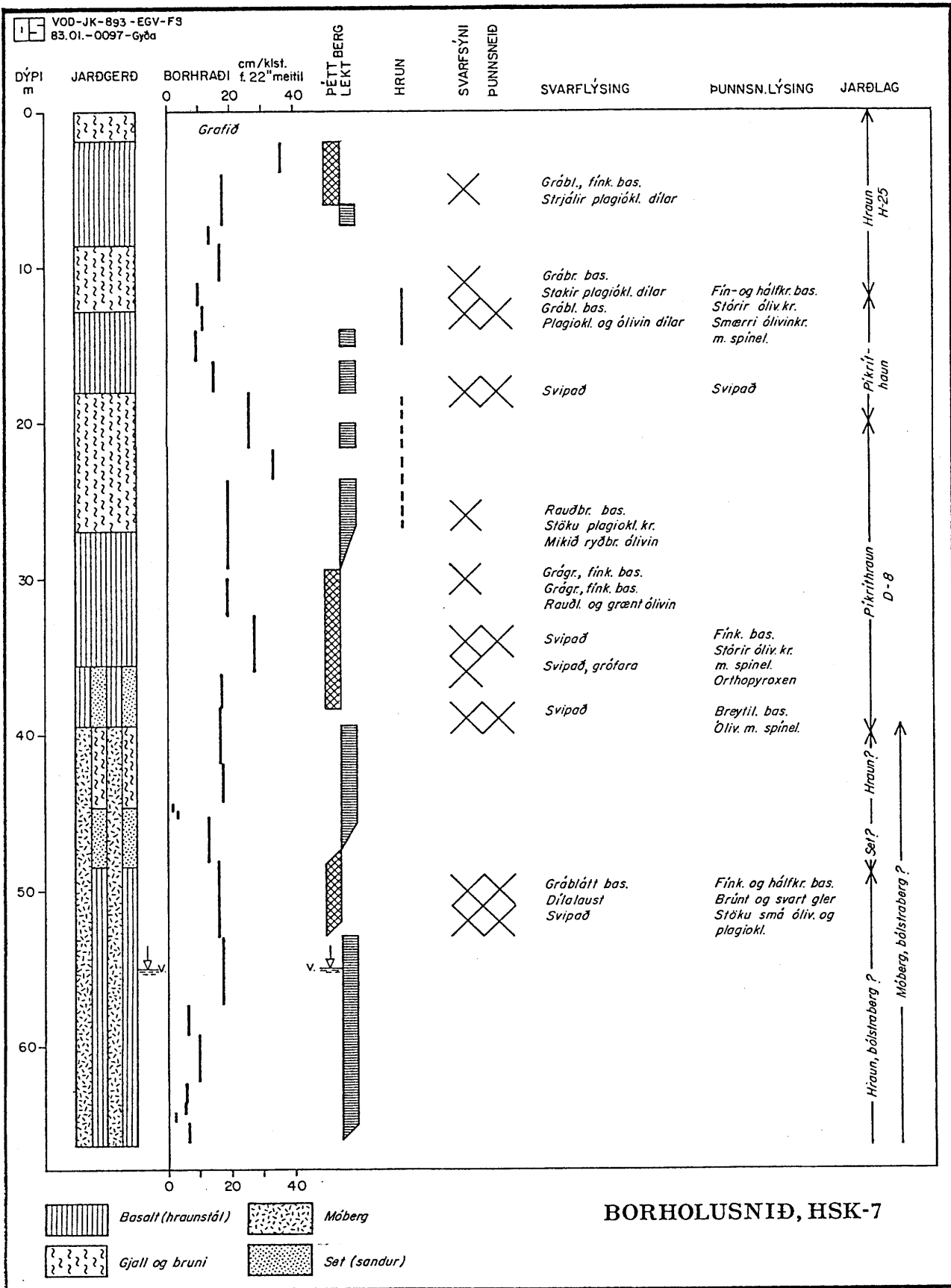


BORHOLUSNIÐ, HSK-5

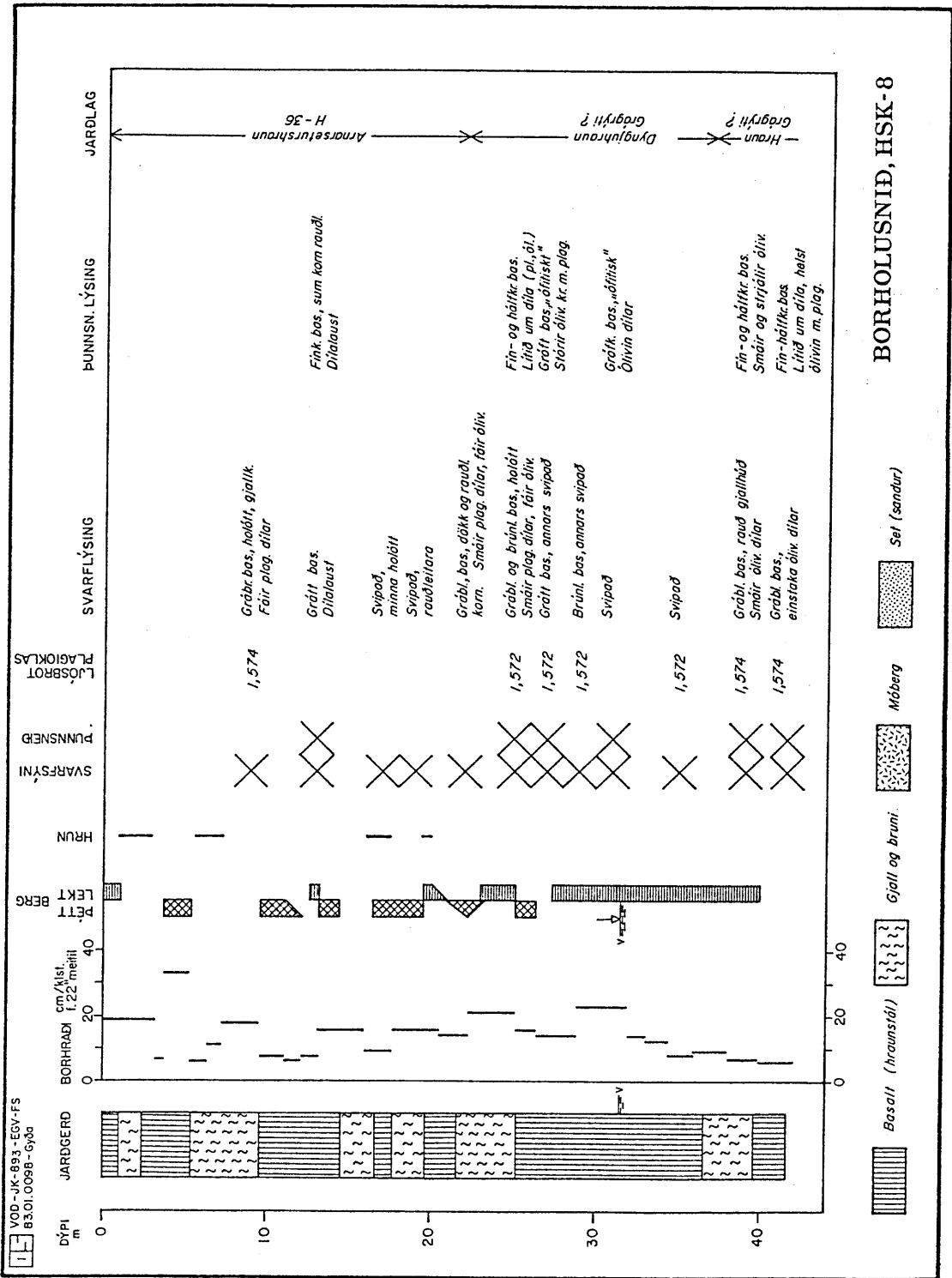
MYND V. IV-3 Borholusnið HSK-5



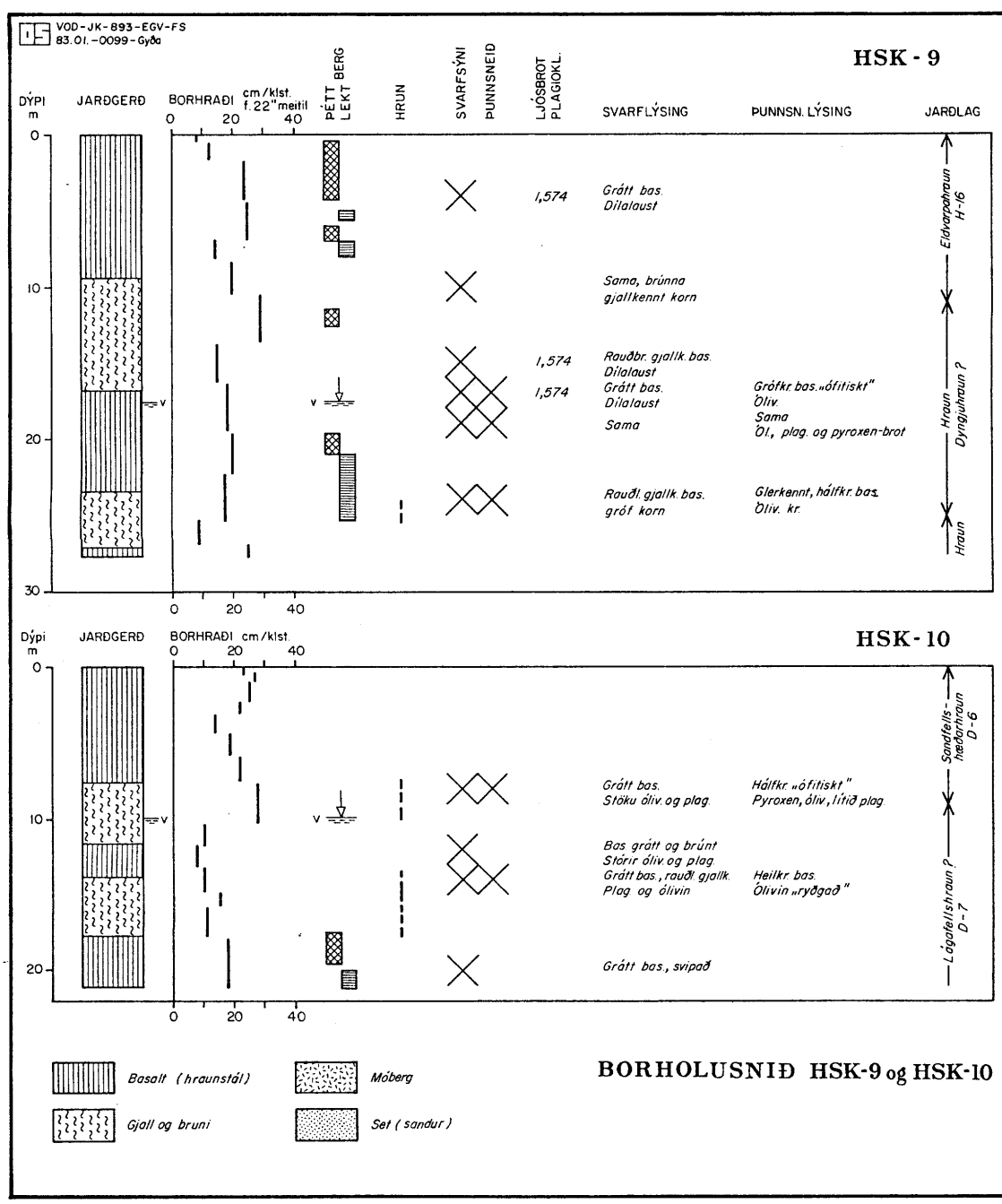
MYND V.IV-4 Borholusnið HSK-6



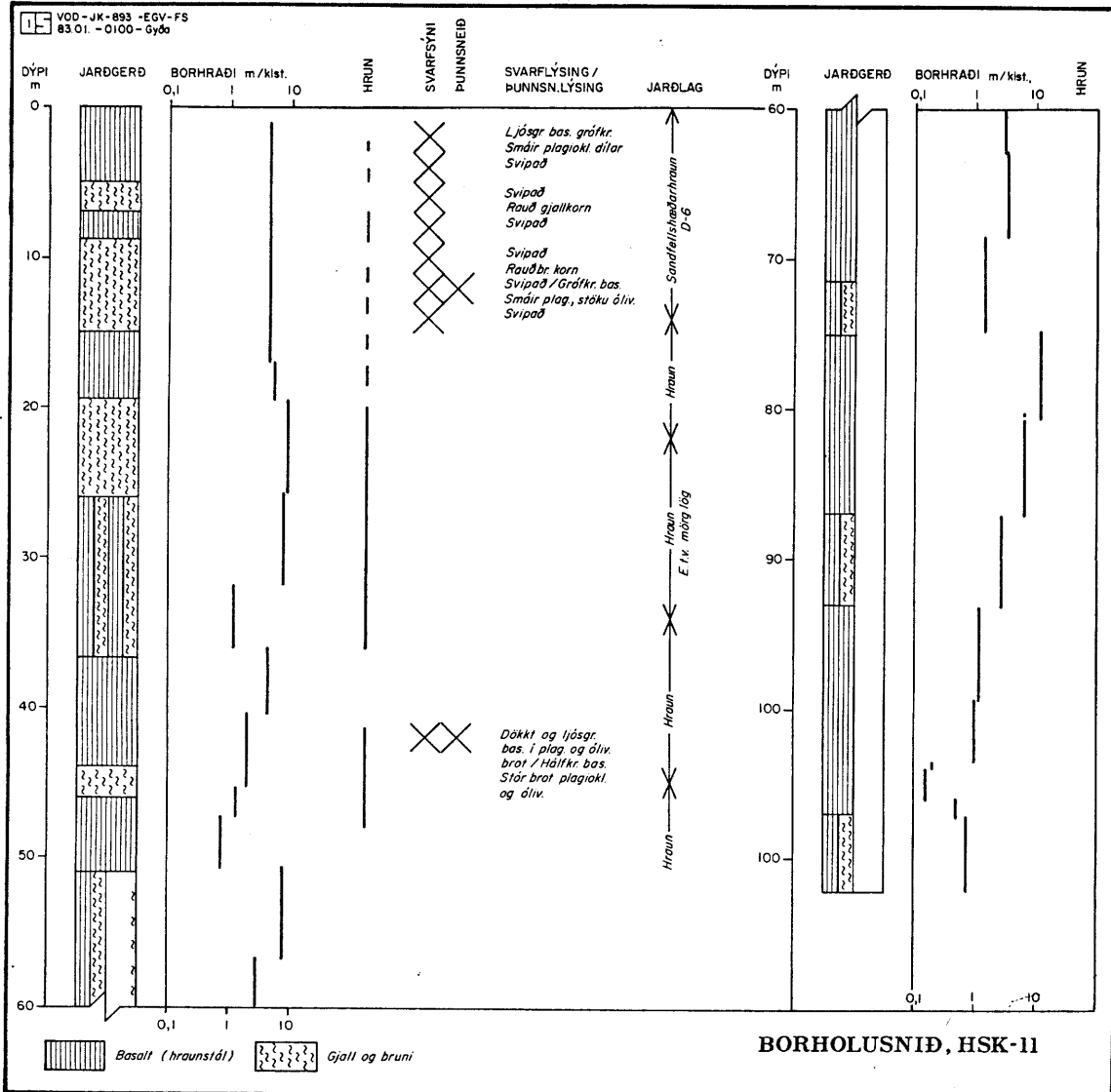
MYND V.IV-5 Borholusnið HSK-7



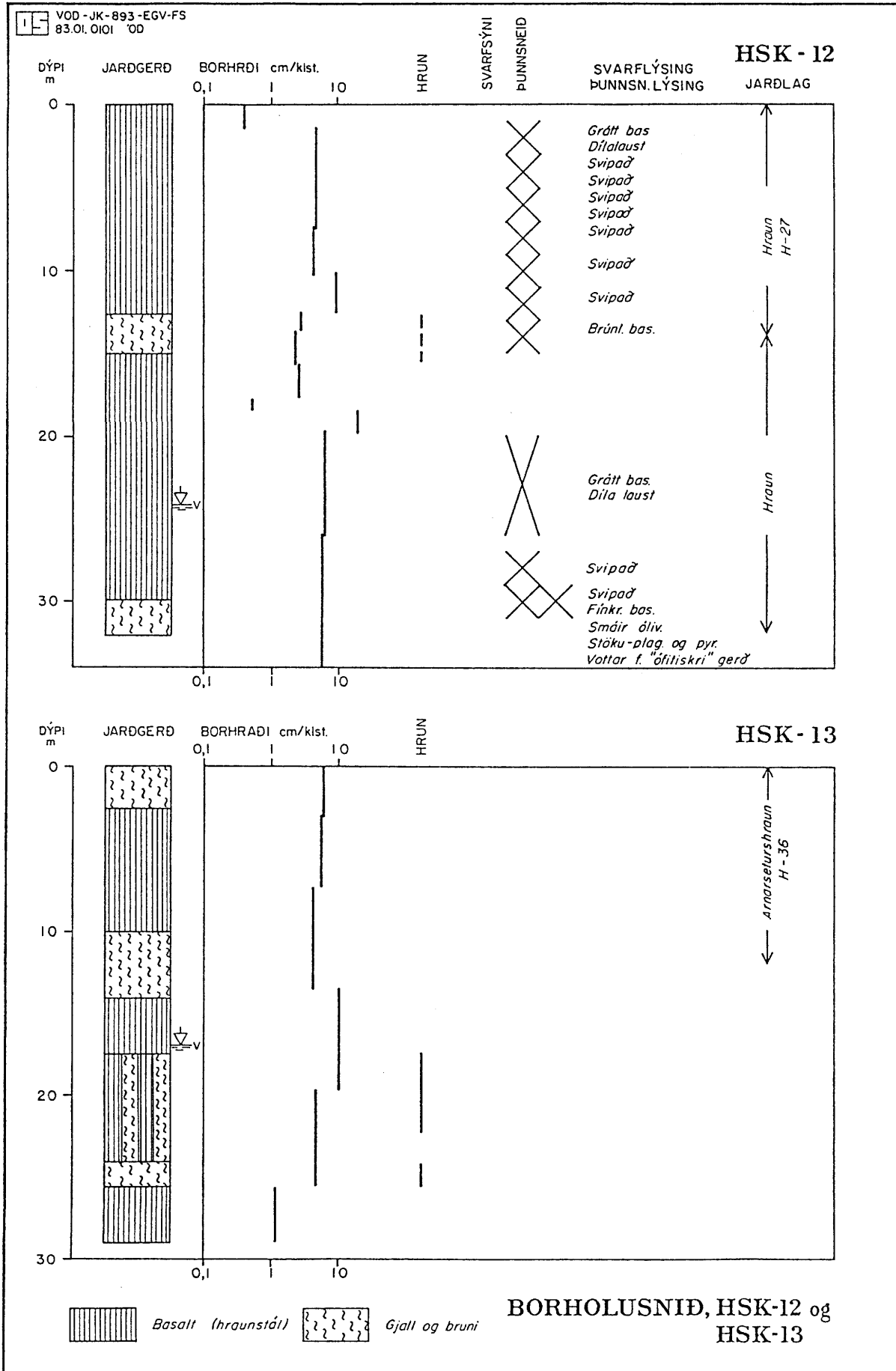
MYND V. IV-6 Borholusnið HSK-8



MYND V.IV-7 Borholusnið HSK-9 og HSK-10



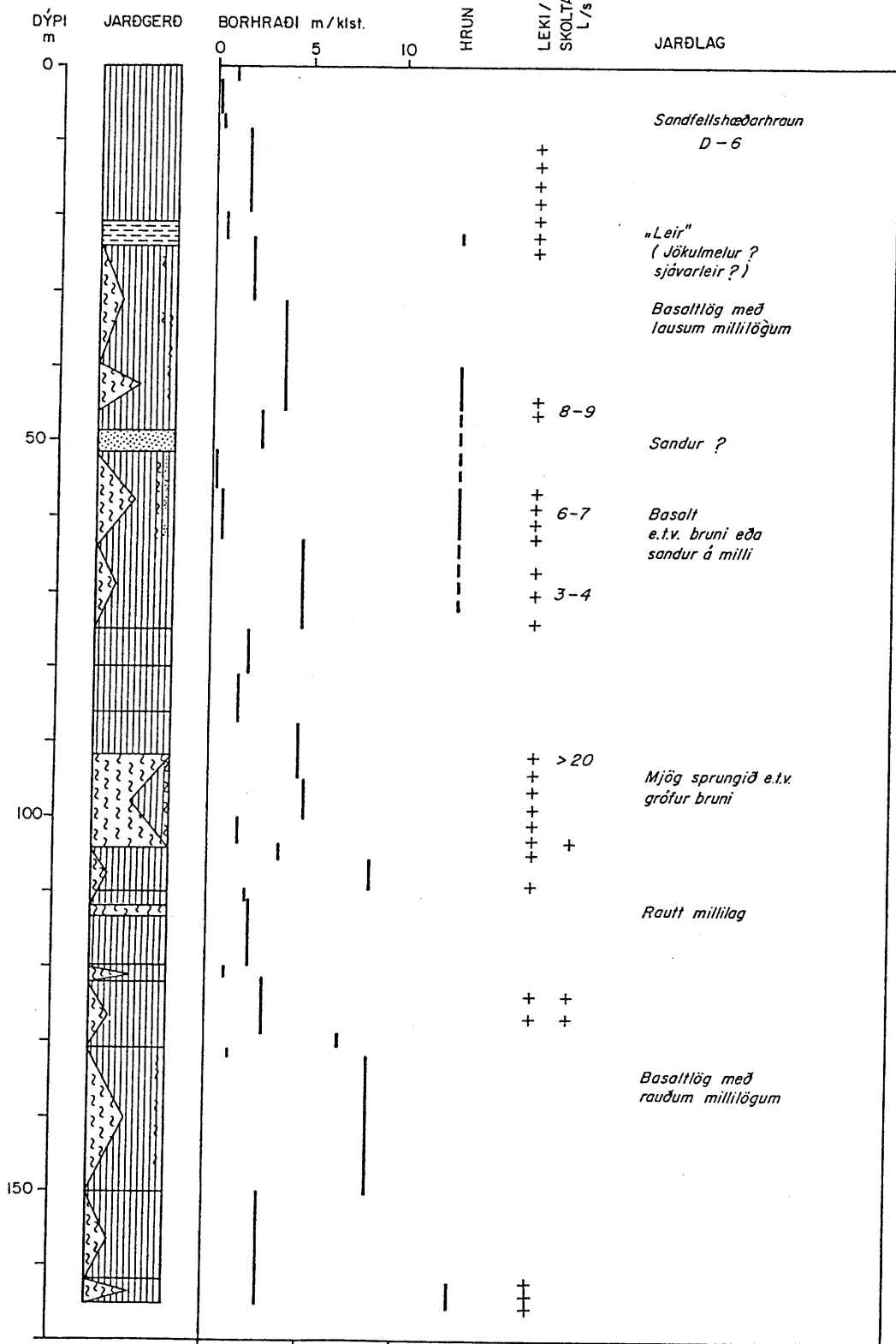
MYND V.IV-8 Borholusnið HSK-11







MYND V.IV-9 Borholusnið HSK-12 og HSK-13



VOD-JK-893-EGV-FS  
83.01.-0102-Gyða



 Basalt (hraunstól)	 Set (sandur)
 Gjall og bruni	 Set ("leir")

**BORHOLUSNIÐ**  
Höla við Stapafell

MYND V.IV-10 Borholusnið 160 m borholu við Stapafell



### 3 EINSTAKAR BORHOLUR

HSK-2: Efst er Arnarseturshraun (H36), og er þess getið til, að það sé þarna 17 m þykkt. Borhraði minnkar verulega, þegar neðar kemur í hraunið, og er einna minnstur 8 m undir yfirborði. Síðan vex hann aftur neðar. Borhraði í sama hrauni í HSK-4 er með sama móti. Talið er, að tveggja annarra hrauna verði vart í holunni. Þau eru sennilega bæði sprunguhraun. Leki virðist vera mestur ofantil í bruna- og gjalllögum þeim, sem verða á hraunamótum. Þar gætir einnig nokkurs hruns. Leka varð ekki vart í gjalllagi á 30 m dýpi, en mikið hrun var þar og borhraði lítill. Þegar komið var örfáa metra ofan í neðsta hraunið, fór leka aftur að gæta. (Mynd V.IV-2).

HSK-4: Arnarseturshraun (H36) er efst og er talið hér vera 29 m þykkt. Brunalag er á 24 m dýpi, en svarfgreining bendir frekar til þess, að sama hraun sé ofan þess og neðan. Leki virtist vera mestur neðan Arnarseturshrauns enda er það ofan vatnsborðs. Óvísst er um jarðlög við holubotn, en sandlag gæti verið í holunni á 43-44 m dýpi (um 6 m undir núverandi sjávarmáli). (Mynd V.IV-2).

HSK-5: Efst er Sandfellshæðarhraun (D6) og er það hér talið vera 21 m þykkt. Brunalag kemur fram 11 m undir yfirborði. Ekki varð vart við það með vissu í HSK-6, tæpa 30 m frá HSK-5. Í norðurbarmi grófarinnar (sigdældarinnar) hjá Gjá í Lágum má sjá rauðbrennd hraunstraumamót í Sandfellshæðarhrauni, nokkrum metrum undir yfirborði. Er væntanlega um eitthvað svipað að ræða í HSK-5. Sem endranær er óvissa mest um jarðlög við holubotn. Við dæluprófanir barst mikill sandur með vatninu og var talið, að sandlag gæti verið við holubotn. Þegar að var gáð, reyndist sandur þessi vera mest rauð brunakorn og plagóklasamolar. Hrun var mikið í holunni og því líkur á myndun svarfsands af þessari gerð í stórum stíl. Annars bendir fátt eða ekkert til sandlags við botn holu þessarar. (Mynd V.IV-3).

HSK-6: Sandfellshæðarhraunið (D-6) er talið vera 20 m þykkt í þessari holu. Litur á svarfi og borhraði gætu bent til brunalags 8-11 m undir yfirborði, en þess varð ekki vart að öðru leyti. Á 22-26 m dýpi var smáhrun og sandrennsli í holuna, en þæfingur var að bora, líkt og í sandi að sögn bormanna. Útlit svarfs bendir ekki til þess, að hér sé um set að ræða, en þó verður það ekki útilokað með öllu. Neðar í holunni, á 26-76 m dýpi er hér talið, að séu 4 hraunlög. Neðan við 60-65 m dýpi eru sennilega einhverskonar grágrýtislög. Þunnt en þétt sandlag gæti verið á 37 m dýpi (um 18 m undir sjávarmáli), en heldur er óvísst um setlög sem gætu verið á 50 og 67 m dýpi. Ekki er loku fyrir það skotið, að öll hraunlög fyrir neðan 37 m dýpi séu einhverskonar "grágrýti", en það verður ekkert fullyrt um. (Mynd V.IV-4).

HSK-7: Borhola þessi er í Vatnsheiði, upp og austur frá Grindavík. Efst er hraun af óþekktum uppruna (H25), sem sést þarna í hólma í Sundhnúkahreuni (H26), en það leggst ofan á píkrít-basalhraunin frá dyngjunum í hinni eiginlegu Vatnsheiði. Þau hraun finnast á 12-40 m dýpi, í holunni. Sennilega hafa þau runnið hér sem 2 hraunstraumar, a.m.k. með þykku brunalagi á milli. Allt er óljósara um jarðlög neðar í holunni. Leir eða leirþétting gæti hafa verið á 37 m dýpi, en það er óvísst. Þæfingur varð í borun á 45-48 m dýpi, líkt og í sandi væri. Hlódst þar undir meitil í sífellu. Svarf náðist ekki, því holan hreinsaðist af vatni og svarfi. Neðan við 48 m dýpi gæti verið komið í móberg, og þá væntanlega bólstraberg. Sönnur verða þó ekki

færðar á þá tilgátu. (Mynd V.IV-5).

HSK-8: Þessi borhola er austur við Grindavíkurveg, norður frá Arnarsetri. Hraun þaðan (Arnarseturshraun) (H36) eru enda efst í holunni. Talið er hér, að það sé 22 m þykkt, og samsett af 4 eða 5 hraunstraumum, sem hafi flætt hver á annan ofan. Má raunar sjá þessháttar í hraunum umhverfis holuna. Neðan við 22-25 m dýpi tekur sennilega dyngjuhraun við. Vera má, að set eða jarðvegspétting sé á 22-25 m, en allt er það harðla óvísst. Hugsanlega gæti dyngjuhraun þetta verið grágrýti, en það er aðeins getgáta. Í holubotni er sennilega annað dyngjuhraun, grágrýtishraun eða jafnvel bólstraberg. (Mynd V.IV-6).

HSK-9: Borhola þessi stendur undir hraunbrún Arnarseturshrauns (H36), þar sem það leggst fram á Eldvarpahraun (H16). Hið síðarnefnda er efst í holunni, niður á 11 m dýpi. Þar fyrir neðan tekur við hraun, sem sennilega er dyngjuhraun og gæti verið það sama og kemur fram hjá og í HSK-10. Það hraun gæti verið komið ofan frá Lágafelli (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978b). Berggerð svarfs virðist nokkuð frábrugðin berggerð Sandfellshæðarhrauns (D6). (Mynd V.IV-7).

HSK-10: Á borstað er talið, að Sandfellshæðarhraun (D6) hafi flætt inn í niðurfall í eldra dyngjuhrauni, e.t.v. Lágafellshrauni (D7) (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978b). Menjar þessa niðurfalls er talið að megi merkja í brunalagi (rauðbrenndu lagi) í neðra hrauninu. (Mynd V.IV-7).

HSK-11: Borhola þessi er við Gjá í Lágum og var boruð til þess að fylgjast með hugsanlegum uppdrætti sjávar undir því vatnsbóli. Hún er dýpst þeirra hola, sem boraðar voru vegna ferskvatnsöflunar og ferskvatnsrannsóknna, eða líðlega 110 m. Illu heilli varð ekki aflað þeirra upplýsinga við borun holu þessarar, sem gjarnan hefði mátt. Olli þar mestu um, að jarðlag var mjög sprungið, lekt og hrungjarnt, þegar kom niður fyrir 40 m dýpi. Náðist ekki svarf úr holunni neðan við 42 m dýpi. Sem fyrr segir, þá er torveldara að merkja af gangi borunar og látum bors, hvaða jarðlag er fyrir, á þeim hinum hraðvirka ými en á hægvirikum höggbor. Upplýsingar eru því næsta rýrar um jarðlag í holunni neðan 40-45 m dýpis. Á þessu bili (40-45 m dýpi) varð að steypa í holuna til að halda aftur af hruninu. Gætir steypunnar í efnasamsetningu vatnsins í holunni og e.t.v. í rafleiðni þess.

Rauðbrennd lög eru á þetta 9-15 m dýpi, samkvæmt svarfgreiningu. Það kemur allvel heim við athuganir í gjánni rétt hjá. Þar er neðra borð Sandfellshæðarhrauns rétt við vatnsborð norðvestan megin (um 14 m undir yfirborði), en nokkuð ofan vatnsborðs suðaustan megin. Brunalag væri á um 6 m dýpi, samkvæmt svarfgreiningu. Rauðbrennd skil (hraunstraumamót) sjást í hraunstálinu í misgengjunum, þó mismikið beri á þeim.

Túlka má gang borunar neðan 45 m dýpis svo, að skipst hafi á þétt hraunlög og brunalög. Svo rýrar eru þó upplýsingarnar, að allt eins má hugsa sér, að borað hafi verið í móberg, einkum neðan 70-90 m dýpis. Sömuleiðis má hugsa sér, að "sandfylling" sú, sem stöðugt fyllti í neðsta hluta holunnar, hafi hrunið úr sandlagi, annað hvort í 40-45 m eða 50-60 m dýpi. Allt eru þetta getgátur. (Mynd V.IV-8).

HSK-12: Svarfheimtur voru góðar úr borholu þessari og aðrar upplýsingar eftir vonum. Borstaður er á óbrinnishólma milli hraun-

brúna Sundhnúkakrauns (H26) og Arnarseturshrauns (H36). Getur Jón Jónsson (1978) þess til, að hólminn sé úr Dalakrauni (H27), og verður það hér haft fyrir satt, uns annað reynist sannara. Þykkt þessa hrauns er um 14 m í borholunni. Undir því er annað hraun niður á holubotn, e.t.v. dyngjuhraun eða skylt slíkum hraunum. (Mynd V.IV-9).

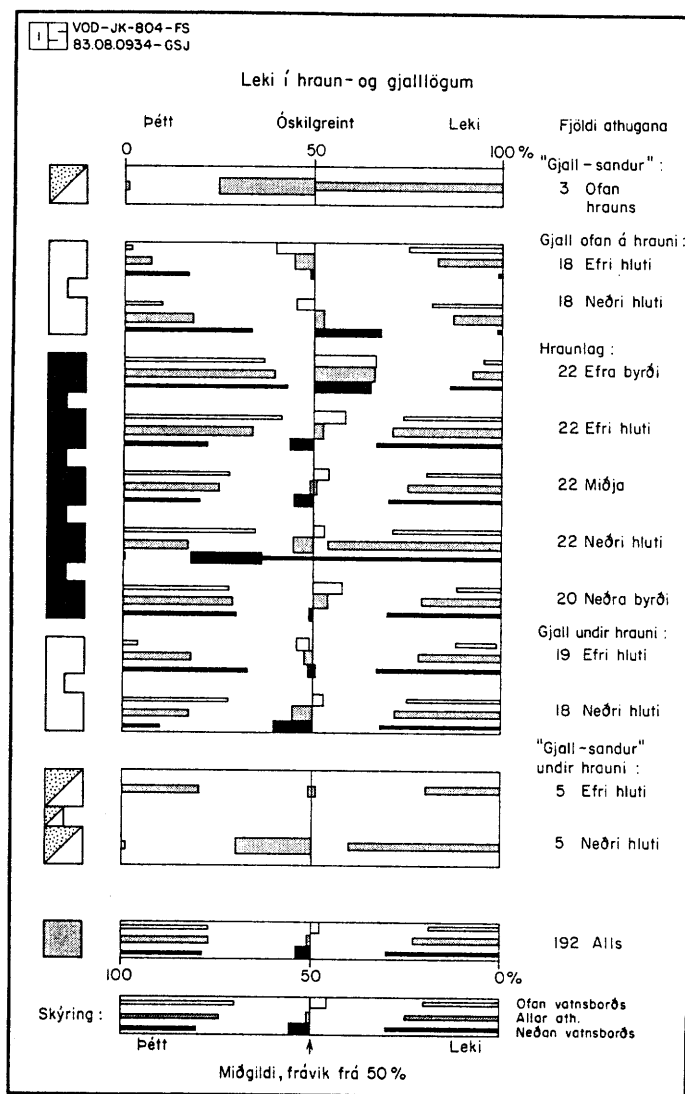
HSK-13: Svarf var ekki greint úr holu þessari. Efst í henni er Arnarseturshraun (H36). Þykkt þess er a.m.k. 12 m, en gæti verið meiri, þar eð þunn hraunlög og rauðabrunnin virðast vera neðar í holunni, en Arnarseturshraun hefur flæmst víða í mörgum hraunstraumum, þó þess gæti minna þetta langt frá gígum. (Mynd V.IV-9).

Borhola við Stapafell. Veruleg óvissa er um jarðlagskipan í borholu þessari. Þó er helst svo að sjá, sem hraunlög með rauðbrenndum "millilögum" séu í holunni alla leið í botn. Móbergs verður ekki vart með vissu, þó móbergsfjöllin Stapafell og Þórðarfell séu skammt undan. Setlög kunna að vera í holunni. Á 23 m dýpi er e.t.v. "leir" eða leirfylling einhver, rétt undir núverandi sjávarmáli. Hér væri væntanlega um jökulmel eða sjávarleir frá ísaldarlokum að ræða. Nærri 50 m dýpi gæti verið sandlag í holunni, en það er þó allsendis óvíst. Neðar í holunni verður enn minna ráðið í tilvist setlaga. (Mynd V.IV-10).

#### 4 LEKI, HRUN, BORHRAÐI

Í borskýrslum eru ýmsar upplýsingar um leka eða þétt berg. Ofan vatnsborðs eru þær miðaðar við, hvort "borvatn" og svarf leki úr borholunni, en neðan vatnsborðs við það, hvort svarf hreinsast úr holunni. Þær þurfa því ekki að vera fyllilega sambærilegar beggja vegna vatnsborðs. Ýmsir aðrir anmarkar eru á þessum upplýsingum. Í fyrsta lagi eru möguleikar bormanna á því að taka eftir leka eða þéttu bergi háðir vissum takmörkunum. Í öðru lagi fer það eftir athygli bormanna, hversu vel fáanlegar upplýsingar aflast. Sem betur fer þá voru þessar athuganir bormanna við höggborunina með afbrigðum góðar. Við "loftborun" (Ýmir) eru möguleikar til svona athugana ákaflega takmarkaðir. Í þriðja lagi segja þessar upplýsingar takmarkað til um það, hversu mikill leki var, eða hversu þétt bergið var. Í fjórða lagi getur þétting af völdum borsvarfs breytt leka og þéttingu frá því sem væri við náttúrulegar aðstæður. Þetta gerist raunar við allar boranir.

Þrátt fyrir þessar takmarkanir, þá eru merkar upplýsingar fólgnar í þessum athugunum. Þær hafa hér verið metnar fyrir hina ýmsu hluta heilla hraunlaga, en segja má að borað hafi verið nær einvörðungu í hraun. Hvert hraunlag var greint sundur í hluta: Gjall (bruni, rauðbrunnið, blöðrótt berg) ofan á hraunlaginu og undir því, efra og neðra byrði hraunstálsins, en þá er átt við ystu 1-2 metrana á hinu eiginlega "bergi" hraunsins, efri hluta, miðju og neðri hluta hraunstálsins. Auk þess voru greind lög ofan á og undir hraunum, sem á borsniðum eru flokkuð sem sandur eða gjall (bruni). Þau eru merkt "gjall-sandur" á mynd V.IV-11. Alls voru greind 22 hraunlög, en ekki var borað að fullu í gegnum þau öll. Kannað var, hversu oft hver hluti hraunlaga er sagður lekur eða þéttur, bæði ofan vatnsborðs og neðan, svo og samtals. Þessi hlutföll eru sýnd á mynd V.IV-11.



MYND V.IV-11 Leki í hraun- og gjalllögum

Í ljós kemur, að munur er oft verulegur, eftir því hvort hraunlag er ofan vatnsborðs eða neðan. Þessi munur stafar að einhverju leyti af því, hversu fá hraunlög eru athuguð og dreifing flokkunar (leki/pétt) mikil. Sennilega á þó einnig nokkurn þátt í þessu, að neðan vatnsborðs skolast borsvarf meira í burtu í rennandi grunnvatninu heldur en í þurru lofti ofan vatnsborðs. Neðan vatnsborðs ættu því aðstæður að vera líkari náttúrulegum aðstæðum. Í samræmi við þetta er leki algengari neðan vatnsborðs en ofan þess.

Áberandi er, að leki virðist vera algengastur í "gjall-sands" lögum milli hrauna. Athuganir eru þar þó svo fáar, að þetta er naumast marktækt. Athygli vekur einnig, hve sjaldgæfur leki er í gjalli (bruna o.s.frv.) ofan á hraunum og í efra byrði hraunstáls, einkum neðan vatnsborðs. Þarf það raunar ekki að koma á óvart, því að þétting hrauna af völdum foks- og veðrunar kemur ofan frá. Leki er áberandi algengari í hraunstáli neðan vatnsborðs en ofan. Veldur þar sennilega þétting af borsvarfi miklu. Leki er einnig algengur í þeim hluta, sem flokkaður hefur verið sem "neðri hluti gjalls undir hrauni". Sú flokkun er umdeilanleg, en á þeim kafla munu hraunmót yfirleitt vera. Hefur almennt verið talið, að þar sé helst leka von. Gróf brunalög (gjalllög) eru sennilega mun lekari en hraunstálin og eru því væntanlega bestu veitarnir ("aquifer") í brunalögum undir hraunum. Í heild virðist neðri hluti hvers hraunlags vera lekari en sá efri, og veldur

því væntanlega meiri þétting í efri hlutanum.

Hrun er mest í gjall- og brunalögum. Athugað var, á svipaðan hátt og með lekann, hversu algengt hrun er í einstökum hlutum hraunlaga, sjá töflu V.IV-1.

Tafla V.IV-1. Hrun í hraunlögum

Hlutir jarðlags	Hrun, % tilfelli	Fjöldi athugana
Gjall ofan á hrauni		
efri hluti	46	20
neðri hluti	49	20
Hraunstál		
efra byrði	21	21
efri hluti	14	21
miðja	5	21
neðri hluti	5	21
neðra byrði	10	21
Gjall undir hrauni		
efri hluti	41	18
neðri hluti	58	18
Samtals	26	184

Samkvæmt þessu er hrun í sem næst öðru hverju gjalllagi (brunalagi o.s.frv.), en mun sjaldnar í hraunstáli hraunlaganna. Munur virðist ekki vera á tíðni hruns, eftir því hvort jarðlag er ofan vatnsborðs eða neðan. Þó má vera, að heldur oftast hrynji í gjalli ofan á hrauni ofan vatnsborðs.

Sé borhraði athugaður á sama hátt (umreiknaður fyrir 22" meitil) þá kemur í ljós að hann er að meðaltali mjög ámóta fyrir alla hluta hraunlaga eða um 15 cm/klst. Hann er e.t.v. ívið meiri í gjalllögum, 16-17 cm/klst, og e.t.v. aðeins minni í hraunstáli, 14 cm/klst, en þessi munur er naumast marktækur. Munur er heldur ekki verulegur á milli hrauna. 3 borholur eru í Arnarseturshrauni (H36). Þær eru ein-kenndar af því, hvað borhraði er langminnstur í miðju hraunstálinu, eða ofarlega í því. Svipað er með Sandfellshæðarhraun (D6), nema hvað munurinn er þar miklu minni. Sveiflur eru minni á borhraða í hraunstáli en í gjalllögum. Borhraði er oftast á bilinu 7-20 cm/klst í hraunstáli, oft 10-15 cm/klst. Í gjalllögum liggur hann oftast á bilinu 5-30 cm/klst, mjög oft 10-20 cm/klst. Örar breytingar og stór stökk í borhraða virðast yfirleitt fylgja gjalllögum, en hægari breytingar og minni virðast verða í samfelldu hraunstáli. Þetta er þó ekki einhlíft, en getur gefið ábendingar, þegar öðru er ekki til að dreifa, eða til að styðja eða fella aðrar ámóta ljósar upplýsingar. Samband borhraða við leka eða hrun er ekki auðsætt né náð. Þó virðist hrun oft samfara örum breytingum borhraða og afbrigðilegum hraðagildum, en leki er oftast samfara hrúni en þéttu bergi.

V I Ð A U K I V

HITI OG EFNI Í GRUNNVATNI



## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 SVÆÐASKIPTING	3
2 HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI	4
3 HSK-6 og HSK-11	15
4 EFNAINNIHALD GRUNNVATNS	25

## MYNDASKRÁ

1 Grunnvatnsstöði og mælistaðir	4
2 Hiti í grunnvatni	5
3 Viðnám og selta í grunnvatni	5
4 Hiti í 500 m borholu við Njarðvíkurheiði	6
5 Hiti í 160 m borholu við Stapafell	13
6 Borhola HSK-6, vatnslög	18
7 Borhola HSK-6, hiti og viðnám	18
8 Borhola HSK-11, vatnslög	21
9 Borhola HSK-11, hiti og viðnám	21
10 Efnagreiningar, sýnatökustaðir	26
11 Uppruni efna í grunnvatni	35
12 Vatnsgerðir, efnainnihald	35

## TÖFLUSKRÁ

1 Hiti og viðnám í grunnvatni á Njarðvíkurheiði og Lágasvæði NV	7
2 Hiti og viðnám í grunnvatni á Lágasvæði SA	8
3 Hiti og viðnám í grunnvatni á affallssvæði, nær	9
4 Hiti og viðnám í grunnvatni á affallssvæði, fjar	10
5 Hiti og viðnám í grunnvatni á Vogasvæði	11
6 Hiti á 90 m dýpi í HSK-11	23
7 Efni í vatnssýnum, almennt	27
8 Efni í vatnssýnum, N-hluti	28
9 Efni í vatnssýnum, S-hluti	29
10 Efnahlutföll í vatnssýnum, almennt	32
11 Efnahlutföll í vatnssýnum, N-hluti	33
12 Efnahlutföll í vatnssýnum, S-hluti	34
13 Einkennisgildi efnahlutfalla í vatnsgerðum	37
14 Áhrif vatnsgerða á efnahlutföll	38

## 1 SVÆÐASKIPTING

Grein hefur verið gerð fyrir mælingum á hita og rafviðnámi í grunnvatni á rannsóknarsvæðinu fram til ársloka 1977 (Freysteinn Sigurðsson 1977, Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1977). Eftir það var mælt öðru hvoru fram yfir mitt ár 1979, en síðan hafa mælingar verið fáar. Niðurstöður þessara seinni mælinga hafa breytt litlu um þær ályktanir, sem dregnar voru af fyrri mælingum í framangreindum skýrslum. Frá því snemma árs 1978 hafa mælingar þessar verið í umsjón Snorra P. Snorra-sonar, jarðfræðings.

Niðurstöður úr efnagreiningum á grunnvatni hafa verið tilgreindar í fyrri skýrslum (Freyr Þórarinsson o.fl. 1976; Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a; Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980). Þær niðurstöður má nota, ásamt niðurstöðum hita- og viðnámsmælinga, til að skipta rannsóknarsvæðinu í vatnasvæði, þar sem grunnvatn er svipað á hverju svæði fyrir sig, en munur á milli svæða. Á grundvelli þessarar svæðaskiptingar er hægt að draga ályktanir um rennslisstefnur grunnvatnsstrauma og þá um leið um hæðir og lægðir í grunnvatnsborðinu (Freysteinn Sigurðsson 1977, Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a).

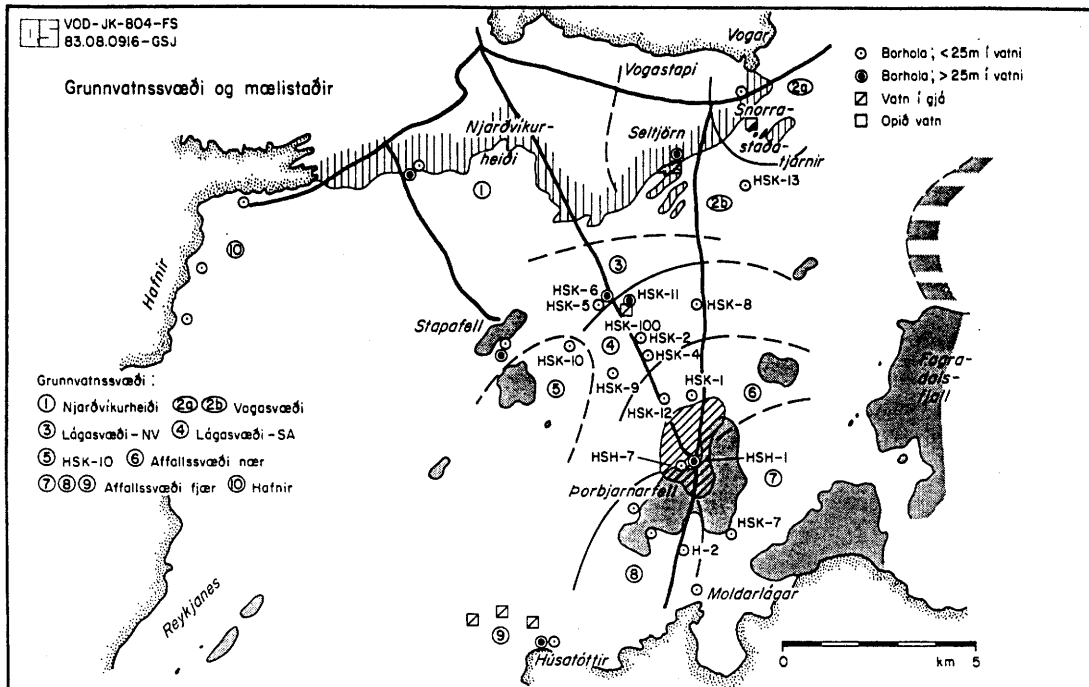
Megindrættir svæðaskiptingarinnar eru þeir, að jarðvatnsbunga mun vera á Njarðvíkurheiði; þaðan liggja vatnaskil austur um norðanvert Arnarseturshraun, þannig að vatn fellur frá þeim norður til Vogavíkur og suðaustur um Lágsvæði; sunnar er aðrennsli frá austri eða norðaustri frá Fagradalsfjalli, en grunnvatnsrennsli er lítið frá jarðhitasvæðinu í Svartsengi suður í gegnum Þorbjörn. Þessi skipting er í samræmi við allar aðrar athuganir.

Svæðinu frá Njarðvíkum og Vogum til Grindavíkur má skipta í 5 hlutasvæði (mynd V.V-1) eftir ástandi grunnvatns (myndir V.V-2,-3).

1. Njarðvíkurheiði. Vatn aðgengilegt í borholu við Stapafellsveg. Hiti nærri  $3^{\circ}\text{C}$ , viðnám (við  $25^{\circ}\text{C}$ ) um 60 ohmm. Efnainnihald hlutfallslega lítið, klóríð ( $\text{Cl}^{-}$ ) 15-30 ppm.
2. Lágasvæði, NV-hluti: Vatn aðgengilegt í borholum HSK-5, HSK-6 og við Stapafell. Borhola HSK-10 nærri mörkum þess. Hiti er  $4\frac{1}{2} - 5^{\circ}\text{C}$ , viðnám (við  $25^{\circ}\text{C}$ ) nærri 50 ohmm, efnainnihald hlutfallslega frekar lítið, klóríð ( $\text{Cl}^{-}$ ) um 40 ppm.
3. Lágasvæði, SA-hluti: Vatn aðgengilegt í borholum HSK-2, HSK-4, HSK-8, HSK-9, HSK-11, HSK-100 (Gjá í Lágum). Hiti  $4-6^{\circ}\text{C}$ , viðnám (við  $25^{\circ}\text{C}$ ) 25-40 ohmm, efnainnihald talsvert, klóríð ( $\text{Cl}^{-}$ ) um 70 ppm.
4. Afallssvæði: Vatn aðgengilegt í borholum HSK-1, HSK-12. Auk þess í vatnsbólum Grindavíkinga undir Þorbirni og í Moldarlágum, vatnsbólum lóranstöðvarinnar við Þorbjörn, HSK-7, gjám í Tóftakrókum upp frá Staðarhverfi, borholum Eldis h.f. að Húsatóftum. Hiti er  $6-15^{\circ}\text{C}$ ; viðnám (við  $25^{\circ}\text{C}$ ) er 15 ohmm og minna; efnainnihald er tiltölulega mikið; klóríð ( $\text{Cl}^{-}$ ) um og yfir 150 ppm.

5. Vogasvæði. Vatn er aðgengilegt í borholum HSK-13, við Seltjörn, á Vogastapa; í opnu vatni í Snorrastaðatjörnum og Seltjörn. Munur er nokkur á ástandi grunnvatns. Hiti er í borholunum 4-5°C; viðnám (við 25°C) 35-70 ohmm, efnainnihald hlutfallslega frekar lítið; klóríð (Cl<sup>-</sup>) 20-50 ppm.

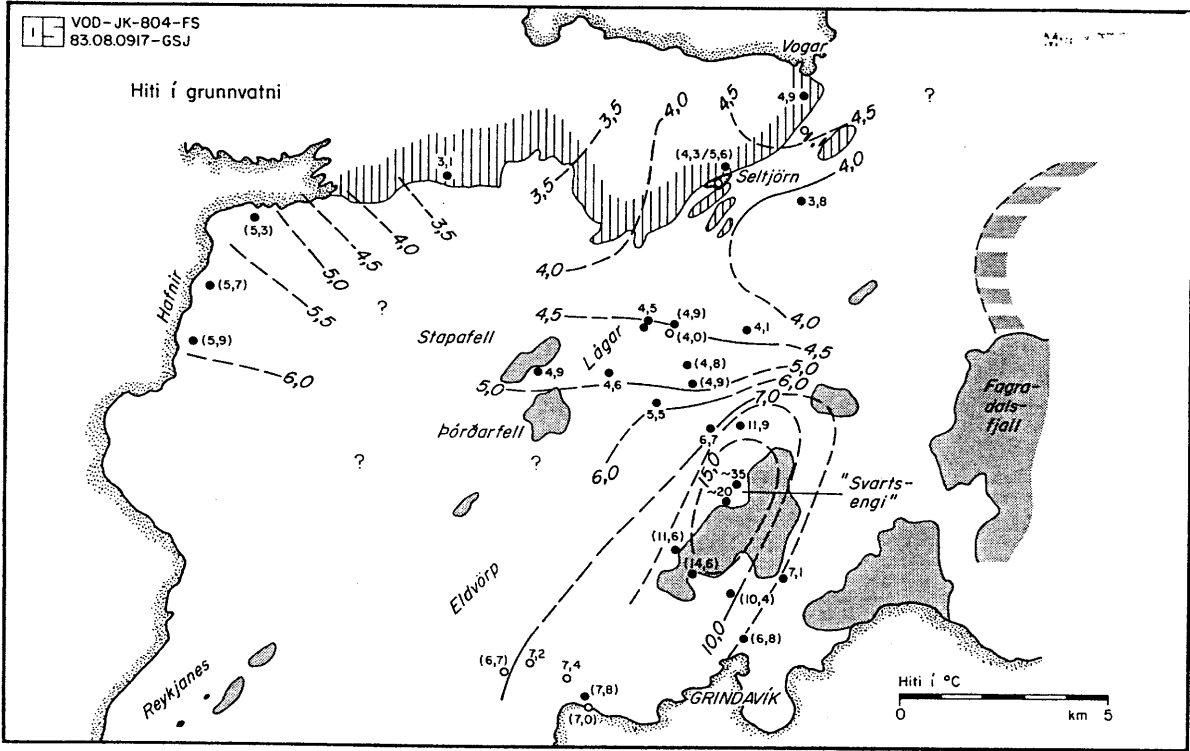
Vatnsvinnslusvæði Hitaveitu Suðurnesja er á Lágasvæði. Sem stendur er vatn einkum tekið af SA-hluta svæðisins (HSK-2, HSK-4, HSK-9, HSK-100) en efnainnihald er minna á NV-hlutanum, og yrði þar væntanlega tekið meira vatn, ef efnainnihald reynist of hátt í ferskvatninu, sem tekið er.



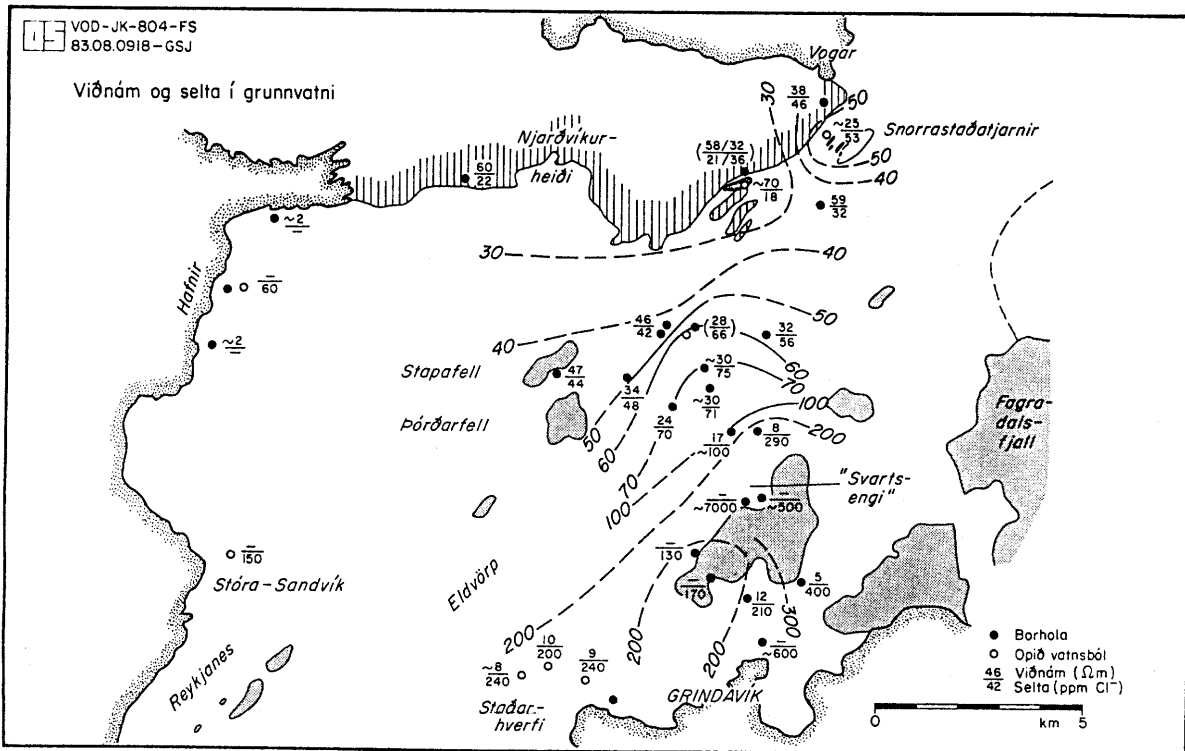
MYND V.V-1 Grunnvatnssvæði og mælistaðir

## 2 HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI

Mælingar á hita og rafviðnámi hafa verið gerðar í grunnvatni á rannsóknarsvæðinu síðan 1975. Tíðastar voru mælingar frá miðju sumri 1976 til miðs sumars 1979. Niðurstöður þessara mælinga eru sýndar í töflum V.V-1 - V.V-5. Bent skal á, að viðnámsmælingar til júliloka 1977 voru gerðar með ónákvæmum mælitækjum og ber að skoða niðurstöður mælinganna í því ljósi. Einnig er á að líta, að öll viðnámsgildi eru umreiknuð þannig að þau sýni viðnám við 25°C hita. Sú leiðrétting er ekki aðeins háð hitastigi, heldur einnig efnainnihaldi grunnvatnsins. Leiðréttingarstuðlar þurfa því ekki að vera alveg réttir fyrir vatn í hverju einasta vatnsbóli, en frávik frá réttu er þó sennilega lítið.

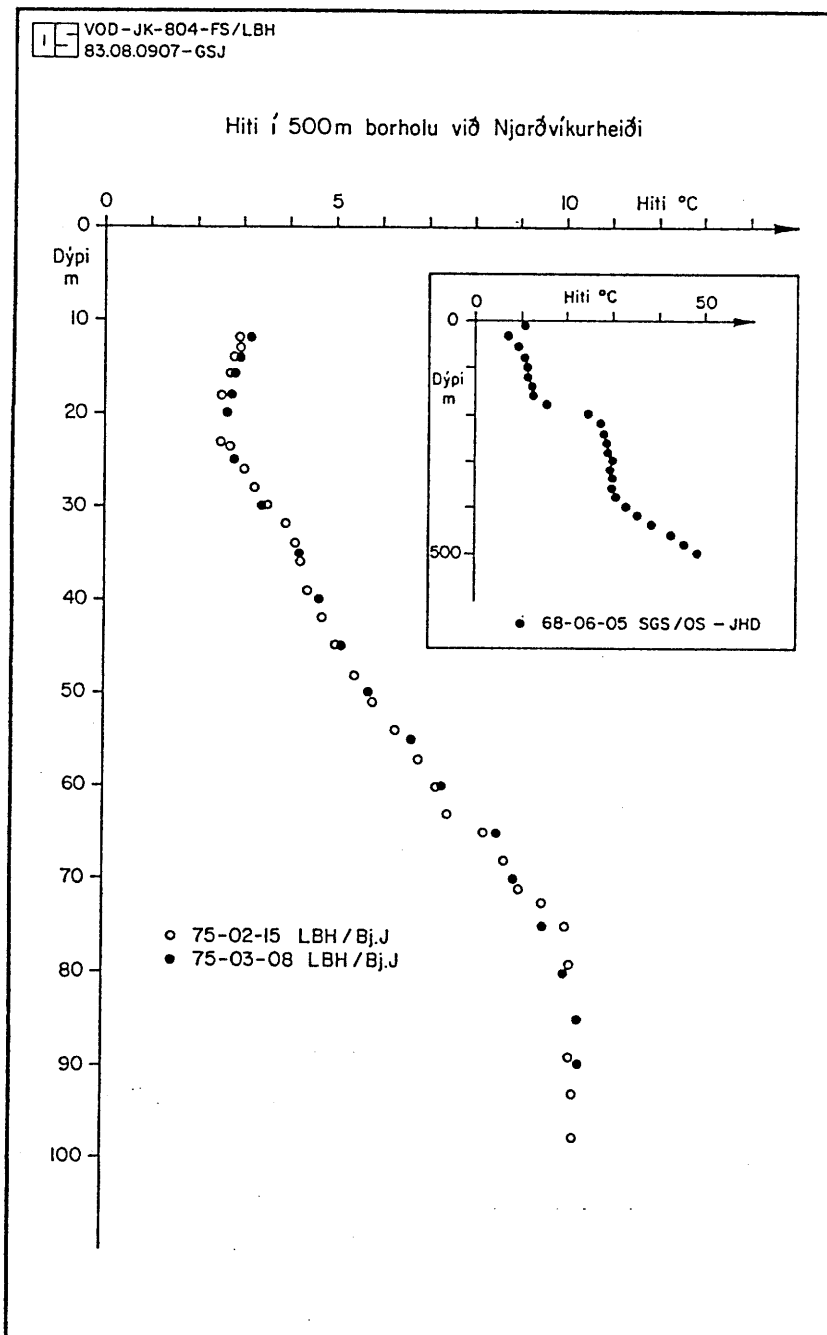


MYND V.V-2 Hiti í grunnvatni



MYND V.V-3 Viðnám og selta í grunnvatni

Í töflum þessum er miðað við ástand grunnvatns á vissu dýpi í hverri borholu, og er þá tekið mið af því, að truflanir af ýmsum ástæðum séu þar sem minnstar. Áhrifa tíðarfars gætir jafnan nokkuð í efstu 2-5 m grunnvatnsins, og ber þar mest á árstíðasveiflum og áhrifum úrkomu. Mælingar við holubotn eru oft nokkuð truflaðar, en holurnar eru oft þéttari við botn (þétt jarðlög eða þétting af borsvarfi) og stendur vatn þá á vissan hátt uppi í holubotni, og getur haft annað efnainnihald en ofar í holunni, og jafnvel annað hitastig. Þar sem langir bútar af holunni eru þéttir, verða oft vatnsskipti í einu lagi í þeim bútum, en það vatn virðist oft fyllast í þá ofan frá. Með tímanum kemst að vísu oftast jafnvægi á aftur, en þetta veldur þó því, að breytingar eru ekki stöðugar niður eftir öllum holum. Þar hefur einnig vatnajarðfræðileg gerð bergsins, sem borað er í, sín áhrif, þannig að vatnslög með mismunandi hita og viðnám koma fram í sumum holum. Þessi vatnslög gefa þá ábendingar um jarðgerð.



MYND V.V-4 Hiti í 500 m borholu við Njarðvíkurheiði

Tafla V.V-1

HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI Á NJARÐVÍKURHEIÐI OG LÁGASVÆÐI NV

Tími	Njarðvíkurh. 20 m		Stapafell 22 m		HSK-6 32 m		HSK-10 17 m	
	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm
75 04	1,9	-	4,5	-	-	-	-	-
- 05	2,4	-	4,8	-	-	-	-	-
- 06/07	-	-	-	-	-	-	-	-
76 05	2,4	47	4,4	43	-	-	-	-
- 06	3,1	49	5,1	41	-	-	-	-
- 07/08	-	-	-	52	-	-	-	-
- 09/10	2,2	52	4,2	-	3,9	48	-	-
- 11	-	-	-	-	-	-	-	-
- 12	-	-	-	-	4,4	43	-	-
77 01	3,2	52	-	-	4,3	46	-	-
- 02	-	-	-	-	4,4	43	-	-
- 03	-	-	-	-	4,3	46	-	-
- 04	2,9	58	4,7	-	4,5	36	-	-
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	2,9	51	4,7	37	4,5	37	4,8	24
- 07/08	3,0	45	4,7	41	4,5	39	5,3	-
- 09/10	3,0	37	4,7	39	4,4	34	4,2	28
- 11/12	3,9	52	4,6	-	4,3	39	4,8	37
78 02	-	-	-	-	4,2	42	-	-
- 03	-	-	-	-	-	-	4,3	27
- 04	2,9	69	-	-	4,5	52	-	-
- 05	-	-	-	-	5,6	34	-	-
- 06	-	-	-	-	4,9	46	4,3	34
- 07	3,2	63	4,9	50	-	-	-	-
- 08	-	-	-	-	-	-	-	-
- 09	3,5	60	-	-	4,8	50	-	-
- 10	-	-	5,1	58	-	-	-	-
- 11	3,8	90	-	-	4,7	59	-	-
- 12	-	-	5,3	46	-	-	-	-
79 01	-	-	-	-	4,6	48	4,5	34
- 02	3,4	90	5,4	46	4,6	49	-	-
- 03	2,6	78	5,0	40	4,5	43	4,6	32
- 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	4,5	52	-	-
- 06	3,0	67	5,2	49	-	-	4,5	36
- 08	-	-	-	55	-	46	-	34
81 04	-	-	5,0	52	4,4	56	-	-
- 10	-	-	-	-	4,5	57	-	-
82 01	-	-	4,9	56	4,3	55	-	-
- 09	-	-	5,1	55	4,6	59	-	-
Meðaltal	3,1	60	4,9	47	4,5	46	4,6	34

Tafla V.V-2

HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI Á LÁGASVÆÐI SA

Tími	HSK-8 38 m		HSK-11 30 m		HSK-11 50 m		HSK-9 26 m	
	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm
75 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06/07	-	-	-	-	-	-	-	-
76 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	-	-	-	-	-	-	-	-
- 07/08	-	-	-	-	-	-	-	-
- 09/10	-	-	-	-	-	-	-	-
- 11	-	-	-	-	-	-	-	-
- 12	-	-	-	-	-	-	-	-
77 01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 03	3,8	28	-	-	-	-	-	-
- 04	3,8	28	-	-	-	-	5,9	22
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	4,0	-	4,5	40	5,1	36	5,9	22
- 07/08	4,0	-	4,8	17	6,4	4,0	-	-
- 09/10	4,0	21	4,6	26	6,4	8,0	5,9	22
- 11/12	4,0	-	5,5	37	6,8	12	6,2	28
78 02	-	-	4,8	26	6,6	10,5	-	-
- 03	4,4	23	4,8	23	6,8	9,5	5,5	19
- 04	4,0	38	4,9	27	6,7	11	-	-
- 05	-	-	4,9	29	6,8	12	-	-
- 06	-	-	4,7	28	6,5	12	-	-
- 07	3,9	-	4,6	28	6,4	11	5,8	26
- 08	-	-	-	-	-	-	-	-
- 09	-	-	5,1	28	6,5	11	6,2	26
- 10	4,2	38	-	-	-	-	6,2	26
- 11	-	-	5,0	30	6,4	11	6,0	28
- 12	-	-	-	-	-	-	-	-
79 01	-	-	5,0	29	6,7	13	5,9	25
- 02	4,3	36	4,8	26	6,6	11	-	-
- 03	-	-	5,1	25	6,9	11	5,9	25
- 04	4,2	35	5,0	24	6,7	11	-	-
- 05	-	-	5,0	28	6,5	11	-	-
- 06	4,1	40	-	-	-	-	-	-
- 08	-	-	4,9	27	6,4	12	-	-
81 04	-	-	4,9	29	6,9	14	-	-
- 10	-	-	5,0	25	6,5	11	-	-
82 01	4,5	38	4,8	28	6,5	9,9	-	-
- 09	-	-	5,0	29	6,7	6,3	-	-
Meðaltal	4,1	32	4,9	28	6,6	11,5	5,9	24

Tafla V.V-3

HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI AFFALLSSVÆÐI, NÆR

Tími	HSK-1 38 m		HSK-1 40 m		HSK-12 30 m		T 2632	T 2635
	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	
75 04	11,5	-	11,4	-	-	-	-	-
- 05	11,7	-	12,0	-	-	-	-	-
- 06/07	-	-	-	-	-	-	-	-
76 05	11,2	7	-	-	-	-	-	-
- 06	10,9	8	-	-	-	-	-	-
- 07/08	11,5	11	-	10	-	-	-	-
- 09/10	11,4	8	11,0	12	-	-	11,2	14,9
- 11	-	-	-	-	-	-	11,2	15,0
- 12	11,4	8	11,3	9	-	-	11,4	15,2
77 01	11,8	9	11,7	9	-	-	10,6	14,8
- 02	10,7	8	10,5	17	-	-	10,6	15,2
- 03	12,7	-	12,1	9	-	-	10,7	14,6
- 04	12,4	6	11,8	6	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	-	-	11,9	14,0
- 06	12,2	8	11,9	8	-	-	11,0	13,9
- 07/08	12,2	7	11,8	7	6,3	-	12,2	13,8
- 09/10	11,6	7,3	11,4	7,6	6,4	12	12,2	13,6
- 11/12	-	-	-	-	-	-	12,4	15,1
78 02	11,5	-	11,5	-	-	-	12,2	-
- 03	-	-	-	-	-	-	12,3	-
- 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	-	-	12,1	-
- 06	-	-	-	-	-	-	-	-
- 07	12,0	7,2	12,0	7,5	-	-	-	-
- 08	-	-	-	-	-	-	11,7	-
- 09	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	12,6	7,6	12,5	7,7	7,0	14	-	-
- 11	12,6	7,2	12,4	7,1	6,8	14	11,5	-
- 12	-	-	-	-	7,1	30/14	-	-
79 01	11,6	6,4	11,8	6,5	6,9	19	-	-
- 02	-	-	-	-	-	-	11,9	15,3
- 03	-	-	-	-	7,0	16	-	-
- 04	12,0	6,4	12,0	6,4	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	6,8	16	12,0	-
- 06	12,2	6,9	12,1	7,1	-	-	-	-
- 08	-	7,5	-	7,6	-	16	-	-
81 04	-	-	-	-	6,5	19	-	-
- 10	13,1	6,9	13,0	6,9	6,6	24	-	-
82 01	13,3	6,1	13,0	6,0	6,9	20	-	-
- 09	14,1	7,0	14,2	6,4	6,7	20	-	-
Meðaltal	11,9	7,5	11,9	8,3	6,8	17	11,6	14,6



Tafla V.V-4

HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI, AFFALLSSVÆÐI, FJÆR

Tími	"Miðgjá" 4 m		Baðstofa 4 m		Hóla 2 Grindavík		HSK-7 60 m	
	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm
75 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06/07	-	-	-	-	-	-	-	-
76 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	-	-	-	-	-	-	-	-
- 07/08	-	-	-	-	-	-	-	-
- 09/10	7,4	12,5	7,6	11	11,2	11,5	-	-
- 11	7,5	10,5	7,5	9	-	-	-	-
- 12	7,6	10,5	7,0	9	10,5	-	-	-
77 01	7,0	12	7,0	10,5	10,0	12	7,4	7
- 02	7,8	14	7,7	12,5	9,9	-	7,2	7
- 03	-	10	-	8	8,2	-	-	-
- 04	-	-	-	-	-	-	7,3	4
- 05	7,9	9	8,0	8	11,0	-	7,2	4
- 06	7,9	9	8,2	9	-	-	7,3	5
- 07/08	8,0	12	8,2	11	11,6	-	7,4	5
- 09/10	7,1	9,4	7,7	8,5	10,9	-	-	-
- 11/12	7,1	-	7,1	-	9,9	-	6,4	-
78 02	7,1	9,5	6,8	8,3	-	-	6,6	5,4
- 03	6,3	7,7	7,2	6,6	-	-	6,8	4,3
- 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	7,3	10,1	7,5	8,6	10,5	-	-	-
- 06	-	-	-	-	-	-	6,7	-
- 07	-	-	-	-	-	-	-	-
- 08	8,0	10,6	8,3	8,7	10,8	-	-	-
- 09	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	-	-	-	-	-	-	-	-
- 11	7,7	10,9	7,6	9,1	-	-	-	-
- 12	-	-	-	-	-	-	-	-
79 01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 02	7,2	7,9	-	-	-	-	-	-
- 03	-	-	-	-	-	-	-	-
- 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 05	7,5	9,4	7,3	8,3	-	-	7,3	5,4
- 06	-	-	-	-	-	-	-	-
- 08	-	-	-	-	-	-	-	-
81 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	-	-	-	-	-	-	-	-
82 01	7,4	9,4	7,2	8,0	-	-	-	-
- 09	-	-	-	-	-	-	-	-
Meðaltal	7,4	10,2	7,5	9,1	10,4	12	7,1	5,2

Tafla V.V-5

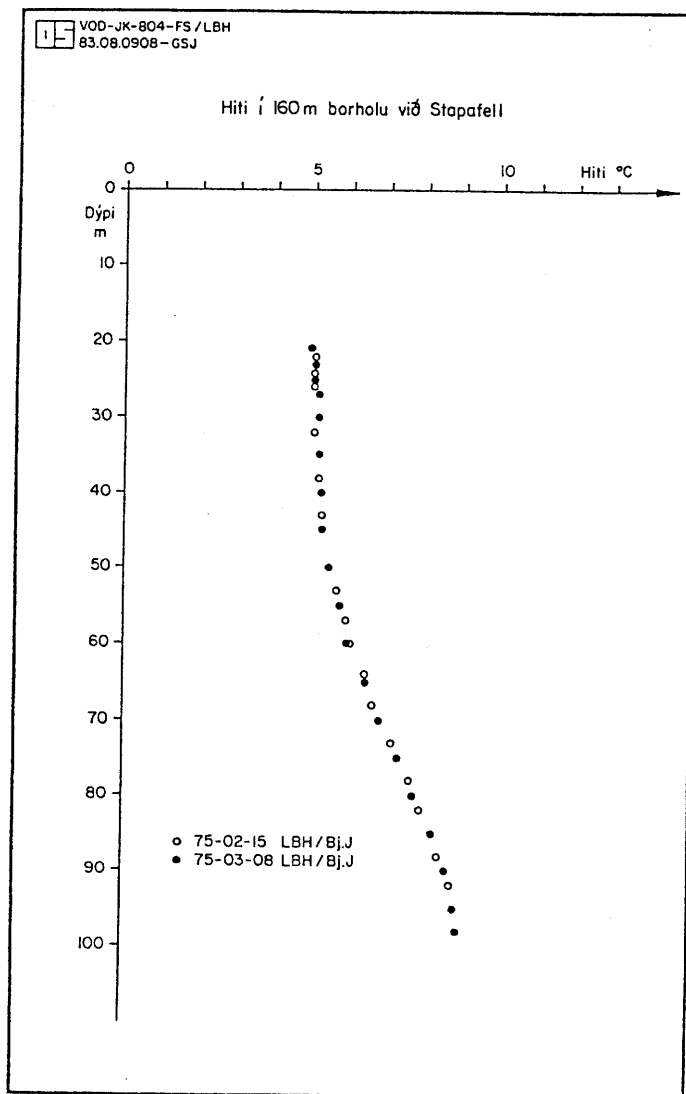
HITI OG VIÐNÁM Í GRUNNVATNI, Á VOGASVÆÐI

Tími	HSK-13 22 m		Borh.v Seltj. 2 m		Borh.v.Seltj. 30 m		Vogast. 30 m	
	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm	Hiti °C	Viðn. ohmm
75 04	-	-	2,1	-	5,0	-	-	-
- 05	-	-	2,6	-	5,4	-	-	-
- 06/07	-	-	3,0	-	5,4	-	-	-
76 05	-	-	-	35	-	-	6,0	34
- 06	-	-	-	48	-	-	5,1	36
- 07/08	-	-	-	-	-	-	-	-
- 09/10	-	-	-	-	-	-	4,2	45
- 11	-	-	-	-	-	-	-	-
- 12	-	-	-	-	-	-	-	-
77 01	-	-	-	-	-	-	5,0	42
- 02	-	-	-	-	-	-	4,5	39
- 03	-	-	-	-	-	-	-	-
- 04	-	-	-	30	-	-	4,8	34
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	-	-	-	54	-	-	4,7	34
- 07/08	-	-	-	-	-	-	4,8	34
- 09/10	3,6	43	5,7	28	5,5	27	4,7	34
- 11/12	3,4	-	4,7	-	5,7	-	-	-
78 02	-	-	-	-	-	-	-	-
- 03	4,0	44	-	-	-	-	5,2	31
- 04	3,9	74	-	-	-	-	5,1	38
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	-	-	6,4	83	5,7	30	-	-
- 07	3,6	-	-	-	-	-	4,8	43
- 08	-	-	-	-	-	-	5,1	44
- 09	4,0	56	-	-	-	-	-	-
- 10	4,2	56	7,9	53	6,1	28	-	-
- 11	4,1	72	-	-	-	-	-	-
- 12	-	-	4,0	91	5,9	40	-	-
79 01	-	-	-	-	-	-	-	-
- 02	4,0	64	1,7	64	5,7	32	-	-
- 03	-	-	-	62	4,8	37	-	-
- 04	3,8	44	-	-	-	-	5,0	35
- 05	-	-	-	-	-	-	-	-
- 06	3,9	79	4,2	75	5,8	30	4,8	40
- 08	-	-	-	-	-	-	-	-
81 04	-	-	-	-	-	-	-	-
- 10	-	-	-	-	-	-	-	-
82 01	4,0	62	5,4	77	5,9	33	-	38
- 09	3,9	(100)	2,2	31	5,9	30	5,1	44
Meðaltal	3,8	59	4,3	58	5,6	32	4,9	38

Með þetta til hliðsjónar, er svo að sjá sem breytingar á hita og viðnámi séu víðast hvar smávægilegar, það sem mælingar ná til. Í Njarðvíkurheiði er aðeins ein borhola. Að vísu er önnur borhola, næstum 500 m djúp, við hlið hennar, en hún er heilfóðruð í ferskvatnslaginu. Hiti hefur verið mældur nokkrum sinnum í þeirri holu, og hefur hann reynst vera mjög stöðugur, ef sá hluti er undanskilinn, sem er í ferskvatnslaginu. Þar varð vart breytinga sem nema + 0,2°C, en annars eru þær aðeins + 0,1°C. Næst yfirborði er hitamunur meiri (sjá 3,4°C) niður á 13 - 14 m dýpi undir vatnsborði. Hiti hækkar síðan í rykkjum niður á u.þ.b. 39 m dýpi undir vatnsborði, en eftir það jafn og þétt niður á u.þ.b. 60 m dýpi undir vatnsborði. Eftir það hækkar hægar, langleiðina niður undir neðri enda fóðringar, á nærri 200 m dýpi undir vatnsborði. Þessar mælingar eru hér túlkaðar svo, að ferskvatnslagið sé um 39 m á þykkt, þar af séu efstu 13-14 metrarnir í tiltölulega þéttu jarðlagi. Grunna borholan, sem mælt er í, nær niður undir botn á því jarðlagi, en athugun á áhrifum loftþyngdarbreytinga á vatnsborð í holu þeirri sýna, að hún er í veiti ("aquifer"), sem er að nokkru leyti lokaður ("confined") (Jón Ingimarsson og Snorri P. Kjarnan 1978). Meðalhæð grunnvatnsborðs yfir sjávarmál er u.þ.b. 1 m, en því samsvarar þykkt ferskvatnslags nærri 40 m (sjá viðauka VI). Er því hér gott samræmi milli túlkana á hitamælingum og mælinga á jarðvatnsborði.

Að undanskildum efstu metrunum í grunnu holunni er hitastig nokkuð stöðugt í henni hverju sinni. Er það í samræmi við það, að hún sé að verulegu leyti þétt, nema í botni, og rennsli sé ofan í þann hluta. Leysingavatn og regnvatn eiga greiðan aðgang ofan í holuna og veldur það sennilega því, að sveiflur hafa verið töluverðar á hita og viðnámi í holunni (1,9-3,9°C, 37-90 ohmm). Með tilliti til þessa er sennilegt, að meðalhiti grunnvatnsins á þessum slóðum sé 3,0-3,5°C og viðnám þess nærri 60 ohmm (við 25°C). Klóríðinnihald í grunnvatninu er sennilega um 25 ppm að meðaltali (sýni frá 1965, 1977 og 1978).

Hiti er fremur stöðugur á norðvestanverðu Lágasvæði (borhola við Stapafell, HSK-5/HSK-6). Dæluprófanir á HSK-5 í mars 1977 leiddu til hækkunar hita og lækkunar viðnáms í HSK-6 (á 32 m dýpi: úr 4,3°C í 4,5°C; úr 46 ohmm í 36 ohmm). Dæluprófun í apríl 1978 virtist ekki hafa haft sömu áhrif, enda stóð hún aðeins yfir nokkrar klukkustundir. Hins vegar kom fram veruleg hækkun á hita og lækkun í viðnámi 4 vikum eftir dæluprófun, en hvorugt var til frambúðar, þó hiti væri óvanalega hár, hátt í eitt ár á eftir. Á sama tíma (1978-79) var hiti óvanalega hár í borholu (höggborsholu) við Stapafell. Óvanalega hás hita í grunnvatni varð vart víðar á rannsóknarsvæðinu á þessu tímabili, og er þar því sennilega ekki einvörðungu um staðbundna atburði að ræða. Rétt hjá höggborsholu við Stapafell er 160 m djúp borhola, heilfóðruð niður fyrir jarðvatn (mynd V.V-5). Hitamælingar í þeirri borholu sýna hæga hækkun hita niður á u.þ.b. 33 m dýpi undir grunnvatnsborði, en neðar hraðari hækkun hita. Samkvæmt vatnsborðsmælingum o.fl. ætti ferskvatnslagið að vera a.m.k. 45-50 m þykkt.



MYND V.V-5 Hiti í 160 m borholu við Stapafell

Hiti er svipaður í grunnvatni í HSK-10 og í HSK-6 og í borholu við Stapafell (4,5-5,0°C), en viðnám heldur lægra í HSK-10 (um 35 ohmm í stað 45-50 ohmm). Bendir raunar mægt til þess, að grunnvatn í HSK-10 sé af öðrum uppruna en við Stapafell og HSK-6. Samanburður á hita og viðnámi í vatni í HSK-10 og HSK-6, HSK-9 og borholu við Stapafell bendir til þess, að vatn við HSK-10 sé ekki runnið norðan eða austan að. Er þá vart öðru til að dreifa, en sérstök jarðvatnsbunga sé suðvestur eða vestur frá HSK-10 með grunnvatnsstreymi austur að borholunni.

Á suðaustanverðu Lágasvæði eru helstu vatnsból Hitaveitu Suðurnesja: HSK-100 (Gjá í Lágum), HSK-2, HSK-4 og HSK-9. Austur við Grindavíkurveg er borhola HSK-8. Í efstu 3-4 m neðan vatnsborðs í holunni er yfirleitt lægri hiti og herra viðnám, en neðar. Holan mun vera heilfóðruð nærri 4 m niður fyrir vatnsborð. Hiti er stöðugur neðan fóðringar, um 4,0-4,2°C. Viðnám er einnig stöðugt, 35-40 ohmm, en var mun lægra fyrsta árið eftir borun. Í HSK-11 (og Gjá í Lágum) er hiti hærri og viðnám lægra, eða um 5°C og 25-30 ohmm. Enn hærri hiti og

lægra viðnám er í HSK-9, um  $6,0^{\circ}\text{C}$  og 25 ohmm. Hefur þetta verið túlkað svo, að áhrifa heits jarðsjávar gæti því meira, sem vestar dregur, en grunnvatnsstraumur á þessu svæði hafi suðvestlaga stefnu. Skil virðast vera mjög skörp milli norðvestur- og suðausturhluta Lágasvæðisins. Þau hafa svipaða stefnu og ríkjandi sprungustefna er á svæðinu, nærri  $N40^{\circ}\text{A}$ .

Samanburður við Vogasvæði bendir til þess, að einhvers konar vatnaskil liggja ekki langt austan Grindavíkurveggar norðan Arnarseturs. Í borholu HSK-13 er hiti mjög stöðugur, um  $4^{\circ}\text{C}$ . Nokkrar sveiflur eru á viðnámi, en þó er það yfirleitt frekar hátt, miðað við það sem gerist á þessum slóðum. Það er að meðaltali rúmlega 60 ohmm, ef tillit er ekki tekið til lægra viðnáms fyrstu mánuði eftir borun. Vatn þetta er talið lítið eða ekki undir áhrifum jarðhita og sennilega runnið sunnan eða suðaustan að. Vatn með svipað viðnám er efst í borholunni við Seltjörn. Hiti þess er hins vegar háður hita í Seltjörn sjálfri, og þar með lofthita. Klóríðinnihald er frekar lágt í Seltjörn, greiningar hafa sýnt 18 og 28 ppm  $\text{Cl}^-$  í tjörninni og 21 og 22 ppm  $\text{Cl}^-$  ofarlega úr borholunni. Það má því telja sennilegt að klóríðinnihald í Seltjörn sé nærri 20-25 ppm  $\text{Cl}^-$  til jafnaðar. Í Snorrastaðatjörnum, um 2 km NA Seltjarnar, hefur klóríðinnihald verið greint meira en 50 ppm  $\text{Cl}^-$ . Það bendir til annars uppruna vatns en við Seltjörn og í HSK-13, og sennilega til einhverra áhrifa jarðhita. Í borholu á Vogastapa er hiti um  $5^{\circ}\text{C}$ , viðnám oftast 35-40 ohmm og greint klóríðinnihald um 40 ppm  $\text{Cl}^-$ . Hvað klóríðinnihald snertir, er hún þannig á milli Snorrastaðatjarna og Seltjarnar, enda er það í samræmi við landslegu holunnar. Borholan við Seltjörn var hreinsuð sumarið 1977 og leið langur tími uns hiti og viðnám komst aftur í jafnvægi í henni. Þá var hitastig við botn nokkuð stöðugt, tæpar  $6^{\circ}\text{C}$ , og viðnám sömu leiðis, að meðaltali rúmlega 30 ohmm.

Verulegra jarðhitaáhrifa gætir á affallssvæðinu umhverfis jarðhita-svæðið í Svartsengi og þaðan til sjávar. Í borholu HSK-1, norðan við svæðið má yfirleitt greina tvö vatnslög. Hið efra er jafnaðarlega aðeins 2 m á þykkt. Viðnám í því er oftast á bilinu 10-30 ohmm, oft um 25 ohmm. Hiti er breytilegur í því og virðist áhrifa veðurfarsþátta (lofthita og úrkomu) gæta talsvert í því. Undir því var grunnvatnið um  $12^{\circ}\text{C}$  heitt og viðnám yfirleitt minna en 10 ohmm. Áberandi er, að hiti hefur farið hækkandi en viðnám lækkandi í þessu neðra vatnslagi. Er eðlilegast að túlka það, sem vaxandi áhrif jarðhita. Þar þarf þó ekki að gæta beinna áhrifa affallsvatns frá varmaorkuverinu í Svartsengi, því að jarðhiti hefur aukist á yfirborði við NA-horn jarðhita-svæðisins; t.d. umhverfis HSH-2 og HSH-3 og uppi í hlíð Sýlingarfells (Svartsengisfells). Í borholu HSK-12, norðvestur frá varmaorkuverinu, hefur hiti heldur farið hækkandi og viðnám lækkandi, ef nokkuð er. Má túlka það svo að aukinna áhrifa affallsvatns gæti þar síður en svo. Þó er þess að gæta, að hola þessi nær aðeins skammt ofan í grunnvatnið.

Í gjánum niðri í Tóftakrókum ("Miðgjá" og Baðstofu) fylgir vatnshiti lofthita að einhverju leyti, þannig að árstíðasveiflur koma fram í honum. Hæstur er hitinn jafnan seinni hluta sumars og á haustin, en lægstur upp úr áramótum. Athyglisvert er, að lækkun hita virðist oft fylgja lækkun viðnáms. Það er ekki hægt að skýra með loftkælingu eða írennsli kaldrar úrkomu. Lágu viðnámi veldur fyrst og fremst meiri selta (meira efnainnihald). Klóríðinnihald er um og yfir 200 ppm  $\text{Cl}^-$  í gjánum, en klóríð í úrkomu þar í grennd er nokkuð örugglega mun

minna. Sýni voru tekin af snjó, sem féll í hafátt 78.03.13. frá Svartsengi um Grindavík til Krýsuvíkur, og var klóríðinnihald hans jafnan um 60 - 70 ppm  $\text{Cl}^-$ . Má þó telja líklegt, að það sé til jafnaðar eitthvað minna í úrkomu á þessum slóðum. Írennsli úrkomu í grunnvatn leiðir því til minni seltu og herra viðnáms. Hugsanlegt er, að einhverjar breytingar á grunnvatnsstöðu og grunnvatnsstreymi valdi lægri hita sem árstíðasveiflu, en ekki lofthiti. Ekki er sýnilegt, að nein stöðug hækkun á vatnshita eða lækun á viðnámi, hafi átt sér stað í Tóftakrökum, sem túlka mætti sem örugg áhrif affallsvatns frá varmaorkuverinu í Svartsengi.

Í janúar 1982 mældist mjög lágt viðnám neðan 22 m dýpis undir vatnsborði í svokallaðri "Miðgjá" í Tóftakrökum. Skammt frá sjó hjá Húsa-tóftum í Staðarhverfi hefur hiti verið mældur í nokkrum borholum hjá fiskiræktarfyrrtækinu Eldi h.f. Þar er efst 15-17 m þykkt vatnslag með hita um  $7,6^{\circ}\text{C}$ . Neðan þess hækkar hiti á 4-8 m í u.þ.b.  $10^{\circ}\text{C}$ , samfara seltuaukningu í sem svarar sjóvatni. Það er því svo að sjá, sem hið bragðsalta ferskvatnslag í Tóftakrökum sé um 20 m þykkt.

Hiti er nokkuð stöðugur, um  $7^{\circ}\text{C}$ , í borholu HSK-7 upp af Grindavík (austan-suðaustan undir Hagafelli). Viðnám er þar mjög lágt, eða um 5 ohmm. Því samsvarar, að klóríð hefur verið greint 400-500 ppm  $\text{Cl}^-$  í vatni úr holunni. Þetta er mun meira klóríð en í neysluvatnsholum Grindavíkur og lóranstöðvarinnar, sunnan undir Þorbirni. Þar hefur klóríð verið greint 130-220 ppm  $\text{Cl}^-$  (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1977). Hins vegar er hiti mun hærri í þessum holum, eða  $10-15^{\circ}\text{C}$ . Af ástandi vatns á þessum slóðum hefur verið dregin sú ályktun, að rennsli sé lítið frá jarðhitasvæðinu við Svartsengi undir Þorbjörn, hvað ferskvatnslagið áhrærir. Talið er að jarðhitaáhrifa gæti í HSK-7.

### 3 HSK-6 og HSK-11

Boraðar hafa verið 2 holur niður í gegnum ferskvatnslagið, borholur HSK-6 og HSK-11. Var það gert til könnunar á ferskvatnslaginu og til að fylgjast með áhrifum dælingar úr nálægum vatnsbólum (HSK-5, HSK-100) á skil sjávar og ferskvatns. Fræðilega séð var talin nokkur hætta á uppdrætti sjávar, ef niðurdráttur yrði verulegur í holunum. Þess gætir þó lítið, og er talið líklegt að mismunur á lekt í lárétta stefnu (meiri) og lóðrétta stefnu (minni) valdi þar mestu um. Þar niðurstöður gefa tilefni til að vona að taka megí jafnvel meira ferskvatn á Lágasvæði en búist var við. Sú hugmynd þarf þó nánari könnunar við.

Borholur, sem þessar, eru einskonar truflun á náttúrulegum aðstæðum, þar eð vatnið á mun greiðari leið upp og niður eftir þeim, en í gegnum bergið, sem fyrir var. Mælingar í holunum sýna því náttúrulegt ástand grunnvatnsins einungis með ýmsum fyrirvörum. Átak dælingar úr nálægum vatnsbólum leiðir sennilega til örari og meiri breytinga í holunum en í berginu. Þétt og lek lög skiptast á í holunum. Um leku lögin rennur þorri þess vatns, sem um holurnar streymir. Lög þessi eru ekki nákvæmlega lárétt eða samhliða, heldur nokkuð óregluleg í legu sinni og lögun, auk þess sem brotasprungur skera þau í lóðrétta stefnu. Sum leku laganna geta því verkað sem hálflokaðir eða lokaðir veitar

("Confined aquifers"). Eðlismunur getur verið nokkur á vatni í mismunandi veitum (lekum lögum), hvað varðar hita og seltu og þar með eðlisþyngd. Vatn og veitar geta því valdið því, að vatn úr leku lögunum streymi upp eða niður eftir holunum í þétu lögunum, þar eð hið náttúrulega rennslisviðnám bergsins er horfið með úrboruðu berginu.

Ferskvatnslagið er endurnýjað í sífellu af úrkomu, sem sígur niður á efra borð grunnvatnsins. Úrkomuvatnið er yfirleitt blandað særoki og má giska á, að selta í því samsvari 10-100 ppm  $\text{Cl}^-$ , oftast 15-60 ppm  $\text{Cl}^-$ . Hiti úrkomunnar er misjafn eftir árstíðum og veðrum. Falli úrkomu sem snjór, þá skilar hún sér af stað til grunnvatns í leysingum sem  $0^\circ\text{C}$  heitt leysingavatn. Við efra borð grunnvatnsins (ferskvatnsins) gætir áhrifa þessa misheita og missalta írennslisvatns að sjálfsögðu mest.

Írennslid heldur við grunnvatnshæð og leggur til orkuna sem knýr grunnvatnsstraumana (sjá kafla 2). Þeir eru fyrst og fremst í lárétta stefnu, en geta þó sveigst frá henni vegna misfella í jarðlagi og eðlismunar grunnvatnslaga. Við það getur komið fram lagskipting í grunnvatninu, og hún jafnvel skörp. Undir ferskvatnslaginu er saltur sjór, mun heitari en ferskvatnið. Sjóvatn blandast upp í ferskvatnslagið vegna flæðis og uppróts af völdum misfella grunnvatnsstreymis. Almennt verður ferskvatnið því saltara og heitara, sem neðar dregur í ferskvatnslagið.

Hér að framan hefur verið dregið á nokkur þau helstu atriði, sem hafa áhrif á hita og rafviðnám í ferskvatnslaginu, eins og það ástand mælist í borholum HSK-6 og HSK-11. Sömu atriði ráða mestu um þá lagskiptingu grunnvatnsins, sem kemur fram við mælingarnar. Sem fyrr segir, þá þarf lagskipting og hita-/rafviðnámsástand í vatni í borholunum ekki að samsvara algjörlega lagskiptingu og ástandi grunnvatns í berginu umhverfis holurnar.

Mælingar á hita og rafviðnámi (seltu) eru ekki vandkvæðalaugar. Hiti var mældur með svokölluðum "thermistor"-hitamæli og hafa verið notaðir 9 mismunandi mælar við mælingar í holunum. Bilana varð vart í sumum þessara mæla og olli það mælaskiptum. Mælt hitastig er samt nærri sanni þar eð ótraustar mælingar hafa verið vinsaðar úr. Meiri skekkjur eru á rafviðnámsmælingunum (seltumælingum). Notaðir hafa verið 4 mælar á mælingatímanum (frá sept. 1976). Bilana varð einnig vart í þeim mælum. Þær lýsa sér ekki alltaf í ónothæfni heldur nokkuð skökkum mælingum og er því örðugra að bera kennsl á vafasamar viðnámsmælingar en vafasamar hitamælingar. Hætta er á, að skekkjur hafi verið töluverðar í árslok 1977 og framan af ári 1978. Einn skekkjuvaldur í viðnámsmælingum er, hversu stórt svið mælirinn verður að spanna, þ.e. 0,1 ohmm-100 ohmm. Minni háttar breytingar í viðnámi (seltu) verður því að túlka með varúð.

Borhola HSK-6 var boruð 1976.09.10-11.10. Dýpt hennar varð 78 m, en vatnsborð er á nærri því 18 m dýpi. HSK-6 er 27 frá borholu HSK-5 og gætir áhrifa dælingar í HSK-5 í borholu HSK-6. Niðurdráttur í HSK-6 hefur reynst vera tæplega 1/2 cm við tæplega 30 l/s dælingu úr HSK-5 (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980). Þetta virðast að sönnu lítil áhrif, en þeirra gætir þó í HSK-6. HSK-5 var dæluþrófuð í mars 1977, og var þá dælt úr henni nærri 50 l/s um rúmlega 2 vikna skeið. Við þá dælingu lækkaði viðnám í vatni HSK-5 (selta jókst) og hélst sú

breyting nokkra hríð (Freysteinn Sigurðsson 1977). Í HSK-6 steig heitara og saltara vatn upp eftir holunni. Var hitahækkun á 10-20 m vatnsdýpi um  $1,0^{\circ}\text{C}$ , en viðnámslækkun (seltuaukning) um 40% (mynd V.V-6). Gætti breytinga á hita og seltu niður í skil ferskvatns og blandlags. Breytingar þessar voru nærri vatnsborði meiri en samsvarandi breytingar í vatni úr HSK-5. Bendir það til þess, að vatn hafi runnið greiðar upp borholu HSK-6, í 27 m fjarlægð frá úrdældu holunni, en upp um bergið undir HSK-5 sjálfri.

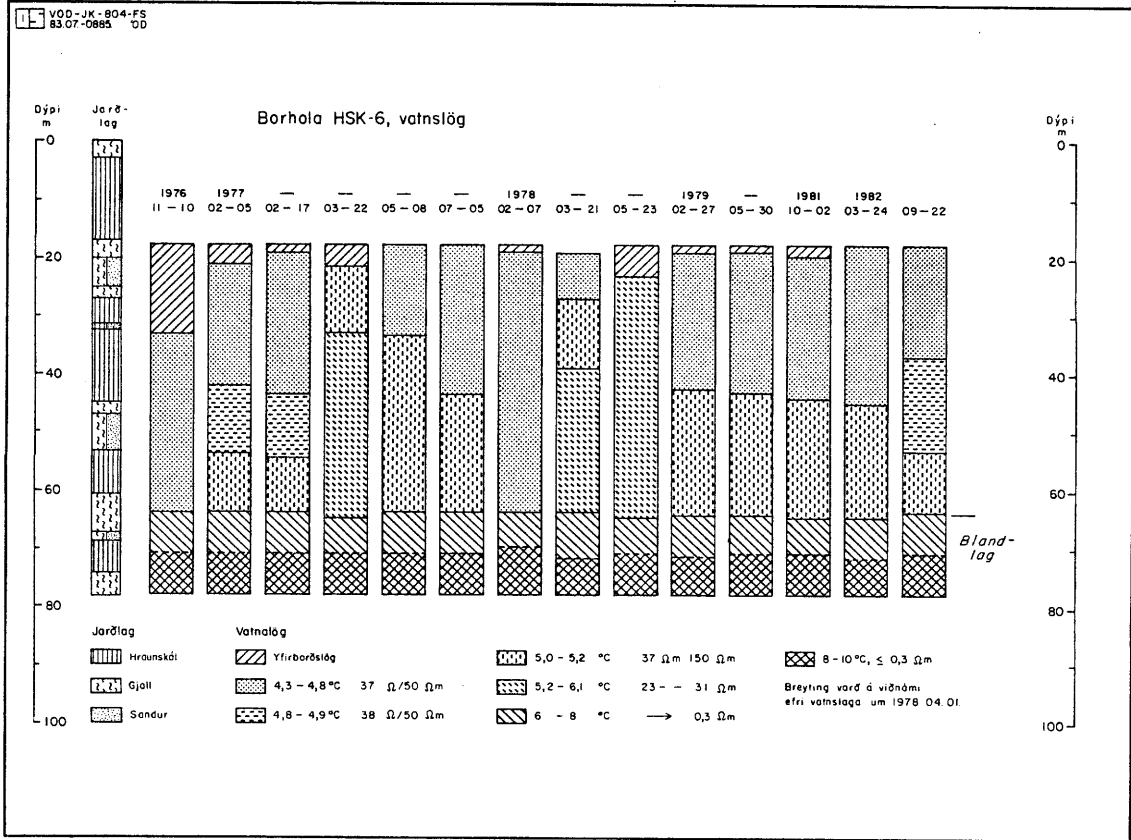
Í ljós kom seinna, að sandur hafði komið upp við dælinguna úr HSK-5. Var reynt að hreinsa hann úr holunni með loftblæstri og öðrum aðferðum í mars 1978. Það leiddi til svipaðs stigs heitara og saltara vatns upp eftir HSK-6. Breytinga gætti þó að þessu sinni ekki alveg upp undir yfirborð. Hita- og viðnámsmunur var einnig minni, eða um  $0,5^{\circ}\text{C}$  og 20% í viðnámi (seltu). HSK-5 var svo þrepaðeld 1978. 04.17. og er ekki að sjá, að þess gæti í HSK-6. Í maí og fram í júní var unnið að hreinsun og viðgerð á HSK-5 og gætir þess umróts verulega í HSK-6. Hiti hækkaði um nærri  $1^{\circ}\text{C}$  og viðnám lækkaði um þriðjung. Lengi eimdi eftir af þessum breytingum í HSK-6. 1977 liðu meira en 5 mánuðir áður en holan hafði jafnað sig til fulls. Þó verulega hafi verið farið að nálgast fyrrverandi ástand eftir 2 mánuði. 1978 hafði holan jafnað sig að mestu eftir 2 mánuði, en svo gott sem að fullu eftir 5 mánuði.

Í efstu 1-3 m undir vatnsborði er oft nokkur munur á hita og viðnámi, miðað við vatnslagið undir. Munur þessi er lítill og gætir einkum í hitastigi ( $0,1-0,2^{\circ}\text{C}$ ). Hér er trúlega um bein áhrif írennslisvatns að ræða. Niður á 43 m dýpi í holunni (um 25 m undir vatnsborði) er ástand vatns yfirleitt frekar stöðugt; hiti  $4,3-4,7^{\circ}\text{C}$  og viðnám 35-55 ohmm. Nokkur viðnámslækkun varð eftir dælingar úr HSK-5 í mars 1977. Eftir umrótíð í HSK-5 í maí-júní 1978 hefur viðnám í þessu vatnslagi verið um 50 ohmm. Lekt er sennilega nokkuð góð í jarðlögum þeim (sjá viðauka IV), sem standast á við þetta vatnslag, einkum efst og neðst.

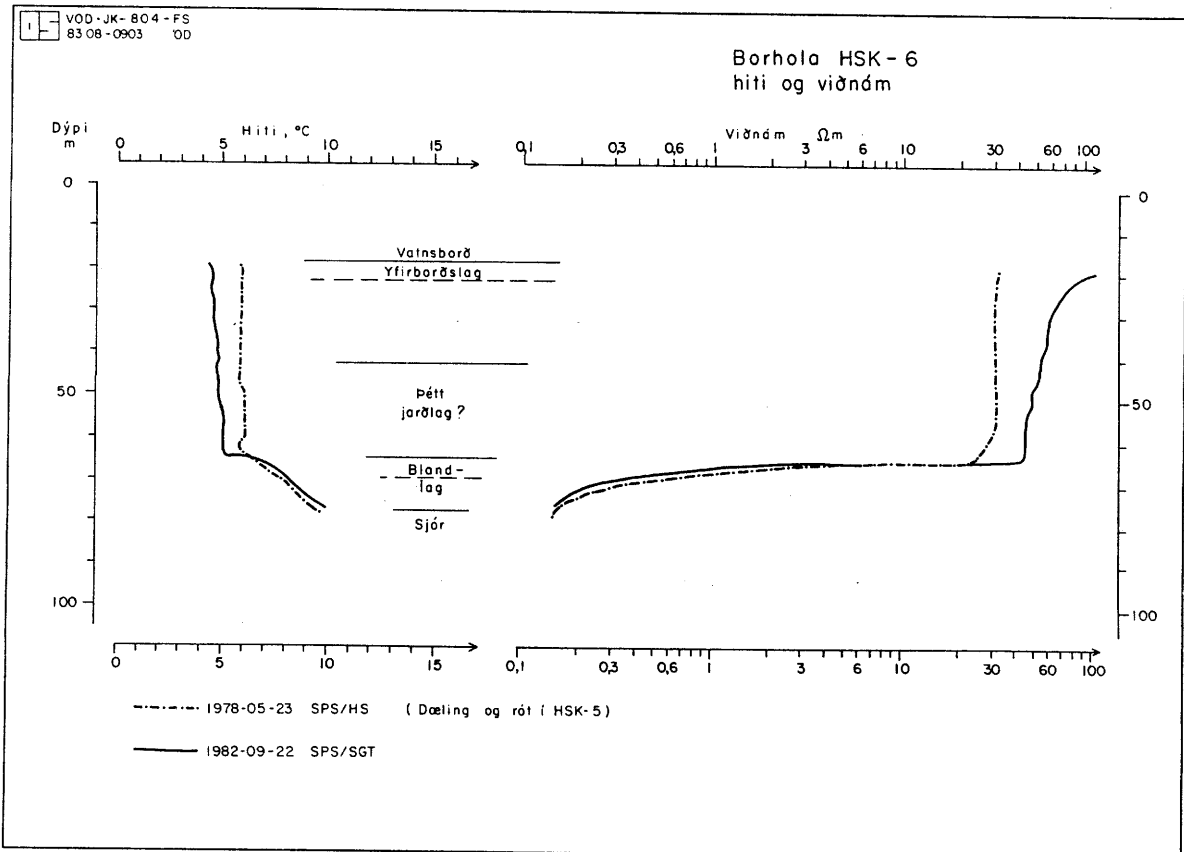
Á 43-53 m dýpi (25-35 m undir vatnsborði) eru jarðlög sennilega þéttari. Samsvarar því, að hitastig hefur oft verið næsta stöðugt á því bili í vatninu, um og rétt innan við  $5,0^{\circ}\text{C}$ ; og raunar viðnám líka. Fyrir dælingu í mars 1977 var það um 40 ohmm, en um 50 ohmm, eftir að vatnslag þetta hafði jafnað sig eftir umrótíð í maí-júní 1978. Neðan þess hækkar hiti hægt og sígandi úr  $5,0-5,1^{\circ}\text{C}$  í  $5,2-5,4^{\circ}\text{C}$  og viðnám fer heldur lakkandi. Fram að mars 1977 var viðnám oftast 35-40 ohmm (ónákvæm mæling) en frá júní 1978 hefur það verið um 45-50 ohmm. Jarðlög eru sennilega sémilega lek á þessu bili.

Á 64-66 m dýpi (46-48 m undir vatnsborði) verða skörp skil milli ferskvatnslags og blandlags (mynd V.V-7). Hiti hækkar ört og er yfirleitt orðinn um  $8^{\circ}\text{C}$  á 70 m dýpi. Eftir það hækkar hiti hægar. Botnhiti, á 78 m dýpi (60 m undir vatnsborði) er yfirleitt  $9,3-9,4^{\circ}\text{C}$  en virðist hafa verið hærri,  $9,5-9,7^{\circ}\text{C}$ , fram yfir mitt ár 1978. Samfara hækkun hita fellur viðnám ört. Á bilinu frá 64-66 m fellur það yfirleitt á 2 m kafla úr 30-50 ohmm í  $1\frac{1}{2}-4$  ohmm. Þaðan fellur það enn, þegar neðar dregur. Á 70-71 m dýpi er viðnám (við  $25^{\circ}\text{C}$ ) orðið um 0,3 ohmm, sem samsvarar sennilega um 50% sjóblöndun. Hiti er þar  $7,9-8,1^{\circ}\text{C}$ . Því samsvarar 52-53 m dýpi undir vatnsborði og er á þessu dýpi "aflræn" ("dynamisk") miðja blöndunarlagsins, sem flotjafnvægi miðast við. Við holubotn (78 m dýpi) er viðnám oftast  $0,14-0,16$  ohmm, en nokkur ónákvæmni getur verið á þeim gildum, þar eð viðnámið er svona lágt. Þó er þar sennilega komið í sem næst hreinan sjó. Þykkt blöndunarlagsins í HSK-6 er því líklega 14-16 m og vatn í því ekki neysluhæft sökum seltu.





MYND V.V-6 Borhola HSK-6, vatnslög



MYND V.V-7 Borhola HSK-6, hiti og viðnám

Þétt jarðlag er sennilega á 70 m dýpi, en vel lek jarðlög ofan og neðan við. Gæti það átt sinn þátt í því, hve "jafnvægismiðja" (50% sjóblöndunarflötur) blandlagsins er stöðug. Góð lekt á 60 m dýpi, rétt ofan skilflatar ferskvatnslags og blandlags, gæti líka átt sinn þátt í því, hve skilflötur sá er stöðugur. Hann virðist að vísu færast niður um 1-2 m við mikið umrót og dælingar. Því veldur væntanlega upprót í skilfletinum vegna örara streymis ferskvatnsins ofan hans. Við þær aðgerðir hækkar hiti í ferskvatninu ofan skilflatar um 0,6-1,0°C, en viðnám fellur um helming til tvo þriðjuhluta. Það lýsir, sem fyrr segir, uppstigningu heitara og saltara vatns eftir holunni, en þar var fyrir.

Mælingarnar í HSK-6 benda til þess, að dælingar þær, sem gerðar hafa verið, hafi naumast megnað að hafa nokkur áhrif á skilflöt ferskvatns, blandvatns og sjóvatns. Það eina, sem gerst hefur, er að vatn hefur verið sogið upp úr neðri hluta ferskvatnslagsins, en það hefur svo blandast vatni í efri hluta lagsins. Jafnframt hefur nokkuð upprót orðið á skilfleti ferskvatnslags og blandlags, sem hefur leitt til lítilsháttar hita- og seltuaukningar í ferskvatninu.

Borhola HSK-11 var boruð 1977 06.28.-08.10. Dýpt hennar varð 112 m, en vatnsborð er á nærri 15 m dýpi. Holan er um 12 m frá Gjá í Lágum, þ.e. vatnsbólínu, en mun nær hinni eiginlegu og upprunalegu gjá. Steypa varð í holuna á 40-45 m dýpi. Vinna við frágang á Gjá hófst í janúar 1978 og var Gjáin fyllt af mól í byrjun apríl 1978. Dæluprófun (þrepaðæling) var gerð á Gjánni 1978. 06.01. Eftir það var dælt úr henni tæpum 50 l/s til loka mars 1979 og síðan tæpum 100 l/s til loka árs 1979. Gjáin er nú aðalvatnsból Hitaveitu Suðurnesja og jafnaðarlega dælt úr henni miklu af vatni, 100 l/s og þaðan af meira. Talið er að taka megí allt að 300 l/s úr Gjánni án þess að til skaðlegs uppdráttar sjávar komi (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980).

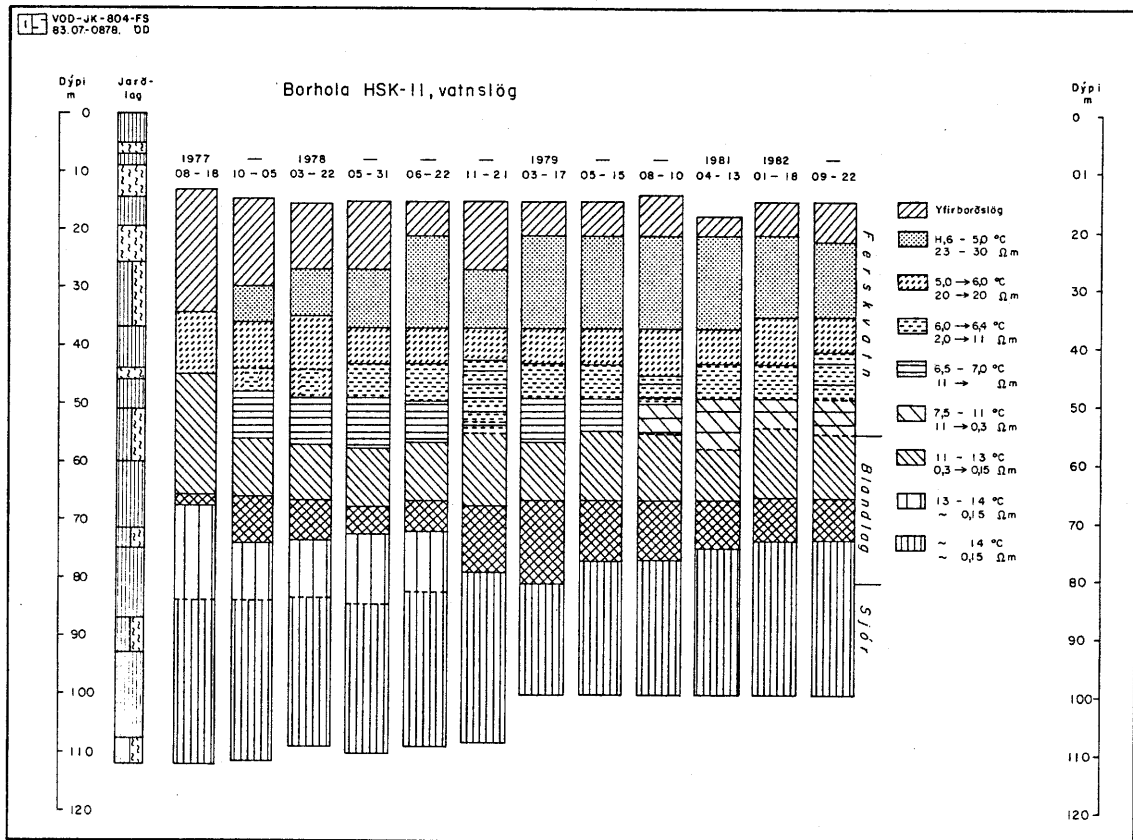
Mikið röt var í HSK-11 löngu eftir að borun lauk. Átti þar eflaust sinn þátt í máli, að dæla varð sandi úr holunni í lok borunar. Var ekki komið á jafnvægi aftur, fyrr en eftir 6 mánuði (mynd V.V-8). Dælingar vegna dæluprófana og vatnsvinnslu virðast hins vegar hafa haft lítil áhrif, a.m.k. til þessa. Þó er svo að sjá, sem skil milli vatnslaga hafi lyfst nokkuð árin 1979-1982, sennilega um 2 m, en það gæti samsvarað stöðugum niðurdrætti um 5 cm +2 cm. Sú breyting virðist að stærð til vera í samræmi við þá breytingu sem vænst var (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980). Það virðist því ekki vera ástæða til að telja þessa breytingu merki um yfirvofandi, óæskilegan uppdrátt sjávar. Hins vegar er að sjálfsögðu ástæða til að fylgjast vel með ástandi vatns í HSK-11. Síðan í árslok 1981 hefur viðnám farið lakkandi á 50-60 m dýpi (35-45 m undir vatnsborði) en hiti hækkað lítillega. Jarðlög á þessu dýpi eru sennilega minna lek en ofan og neðan við þau, og gætir því þarna sennilega uppdráttar vatns af völdum úrdælingar úr efri vatnslögum.

Í borholunni virðast birtast vel aðgreind vatnslög. Efst er lag, þar sem áhrifa úrkomu (írennslis) gætir sennilega talsvert. Einnig er líklegt, að ástand vatns í efsta, vel opna hluta Gjárinnar hafi þar sín áhrif. Meðri mörk þessa lags voru nokkuð á reiki, eða á 21-27 m dýpi (6-12 m undir vatnsborði), þar til dæling úr Gjánni var aukin í mars 1979. Eftir það hafa neðri mörk þess verið nokkuð stöðug við 21 m dýpi (frá holubrún). Hiti fer yfirleitt hækkaði, þegar neðar dregur í lagið, en er jafnan nokkuð breytilegur. Fram í mars 1979 var hann yfirleitt á bilinu 4,0-4,5°C, en síðan 4,5-5,2°C, oftast á bilinu

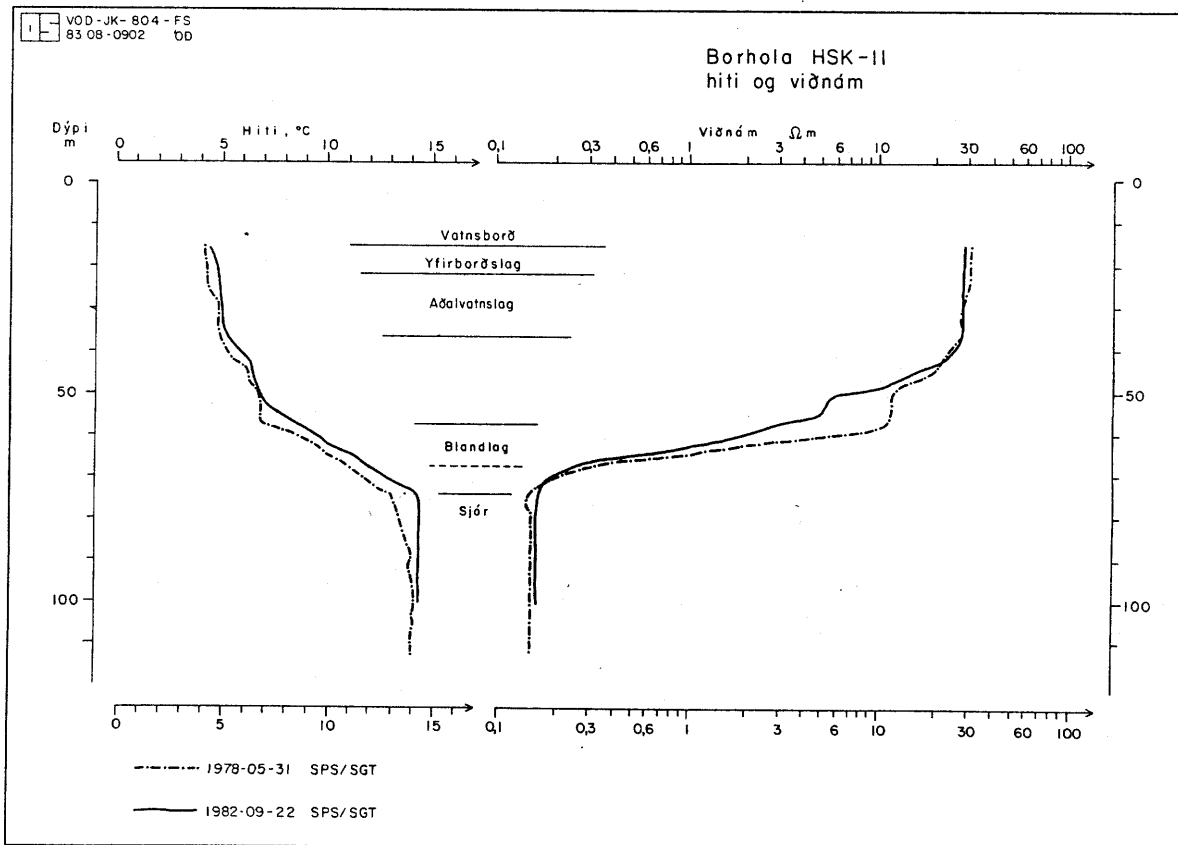
4,5-4,8°C. Viðnám í þessu vatnslagi var yfirleitt á bilinu 25-30 ohmm og virðist það samsvara þeirri seltu, sem efnagreind hefur verið í vatni úr Gjá og HSK-11 (um 65 ppm Cl<sup>-</sup>).

Svipað viðnám er í næsta lagi undir þessu. Neðri mörk þess voru allskörp á 37 m dýpi (22 m undir vatnsborði), en virðast hafa hækkað á um 35 m dýpi 1979-1982. Vatnið í lagi þessu kemur sennilega að mestu inn í holuna á 25-32 m dýpi, eftir því sem hægt er að geta sér til um jarðlag. Á 37 m dýpi er sennilega þétt berg og veldur það því, hversu skörp neðri mörkin eru. Vatn úr lagi þessu er sennilega dregið nokkuð upp, og veldur það sennilega því, að efri mörk þess hafa lyfst. Hiti og viðnám hafa hverju sinni nokkurn veginn stöðug gildi, hvar sem er í laginu. Hiti var oftast á bilinu 4,6-4,9°C fram í ágúst 1978. Eftir það hefur hann verið nokkuð stöðugur um 5,0°C. Aðrar breytingar urðu einnig í ágúst 1978 á ástandi vatns í borholunni. Orsök þessa er ekki ljóst, en stöðug dæling úr Gjá hófst í júní 1978, og lágstaða er jafnan á vatnsborði á þessu svæði í júlí-ágúst. Breytingar þessar gætu því hafa að stofni til stafað frá úrdælingunni, þó lágvatnstaðan hafi valdið því, að áhrifa úrdælingar fór skyndilega að gæta á þessum tíma. Vatn það, sem dælt er úr HSK-100 (Gjá) er sennilega að mestu leyti úr þessum tveimur efstu vatnslögum.

Þriðja vatnslagið nær frá 35-37 m dýpi og niður á 47-49 m dýpi, en er stundum tvískipt. Þeirrar skiptingar varð fyrst vart í apríl 1978, en þangað til virðist holan hafa verið að jafna sig eftir borunina. Hiti hækkar um 0,2-0,3°C um efri mörk þessa lags, og fer síðan stöðugt hækkandi, þegar neðar dregur, nema hvað hann er stöðugur í neðri hluta lagsins, þegar það er tvískipt. Viðnám fer stöðugt lækkandi niður á við, og þó hraðar í neðri hluta lagsins. Efst er það 25-30 ohmm en við neðri mörk vatnslagsins nærri 11 ohmm. Því samsvarar sennilega selta sem nemur 200 ppm Cl<sup>-</sup>. Það vatn er á mörkum þess að vera neysluhæft. Hiti hækkar í efri hluta lagsins úr 5,0-5,2°C í 5,5-5,9°C. Stöðugur hiti í neðri hlutanum var framan af oftast um 6,2°C, en hefur verið um 6,4°C 1981-1982. Hitamunur hefur verið nokkur á milli efri og neðri hluta, eða 0,5-0,8°C fram í ágúst 1978, 0,5°C síðan og fram í mars 1979, en þaðan í frá nokkuð óreglulegur, oftast um 0,4°C. Skil efri og neðri hluta, þegar tvískiptingar verður vart, hafa verið á nærri 42,5 m dýpi, en hafa þó heldur lyfst 1981-1982. Berg er sennilega frekar vatnspétt á þessu bili (37-49 m), nema hvað lekt gæti verið veruleg í hrungjörnu lagi á 45 m dýpi. Steypa varð í þetta lag. Vatnslag þetta er sennilega einhvers konar blöndunarlag á milli vatnslaganna ofan þess og neðan. Þau lög eru væntanlega lekari og því ráðandi í áhrifum á ástand vatnsins vegna meira og greiðara vatnsrennslis. Einhverra vatnshreyfinga gæti gætt í lóðrétta stefnu, bæði í berginu og eftir holunni. Stöðugur hiti í neðri hluta lagsins gæti verið svo til kominn, að holan sé þétt (steypa!) en vatnsrennslí tölulvert í hrungjarna jarðlaginu utan holunnar. Vatnið í holunni hefði sama hita og vatnið utan við hana, en selta þess og viðnám yrðu ekki fyrir áhrifum af vatninu utan við. Jarðlag það, sem vatnslag þetta samsvarar, ræður því sennilega, að lítið sem ekki er dregið upp af vatni úr dýpra liggjandi vatnslögum.



MYND V.V-8 Borhola HSK-11, vatnslög



MYND V.V-9 Borhola HSK-11, hiti og viðnám

Einkenni fjórða vatnslagsins eru sami hiti og sama viðnám í laginu öllu hverju sinni. Lags þessa hefur ekki alltaf orðið vart. Það rann saman við aðliggjandi lög í ágúst 1978 og birtist ekki aftur fyrr en um miðjan vetur. Aftur hvarf það haustið 1979 og hefur verið þunnt og óreglulegt 1981-82. Efri mörk þess voru nokkuð stöðug við 49 m dýpi, en hafa verið óregluleg, og sennilega heldur hærri, 1981-82. Neðri mörk voru á 56-58 m dýpi, en hafa verið hækkandi, og um leið óskýrari, frá því um haustið 1979. Hiti hefur yfirleitt verið 6,5-7,0°C og hækkað um 0,4-0,6°C um efri mörk vatnslagsins. Algengasti hiti hefur verið 6,8°C, en heldur virðist kólna í lagi þessu, sem undanfari þess, að lagið hverfi eða þynnist, og þá gjarnan í 6,5-6,6°C. Viðnám hefur verið um 11 ohmm, sem er heldur lægra en neðst í næsta lagi ofan við, en yfirleitt talsvert herra en efst í næsta lagi neðan við. Frábrugðin gildi hafa mælst, þegar lagið þynnist, hverfur eða birtist aftur. Berg var "lint" í borun á 51-60 m dýpi, en á því dýpi er þetta jarðlag. Hér er því sennilega um sérstakt vatnslag í frekar leku jarðlagi að ræða. Við vissar aðstæður (dæling, lág jarðvatnsstaða) virðist þó streymi upp eftir holunni ná yfirhöndinni yfir vatnsstreymi í lárétta átt í þessu jarðlagi, sem bendir til þess, að það streymi sé ekki ýkja öflugt.

Neðan þessa lags tekur við blandlag ferskvatns og sjávar (mynd V.V-9). Viðnám fellur hratt niður á við í lagi þessu ofan til, en hægar neðar. Í sjóvatninu, undir þessu lagi, er mælt viðnám 0,14-0,17 ohmm. Því má búast við, að viðnám í 50% sjóblöndu sé mjög nærri 0,30 ohmm. Dýpið þar sem það viðnám mælist, er sérlega stöðugt í 66-67 m. Sjórinn undir blandlaginu hefur fast og stöðugt viðnám, en hiti fer yfirleitt hægt hækkandi í honum þegar neðar dregur. Fram til 1978-79 var lag efst í sjóvatninu og undir blandlaginu, þar sem hitastigull var hærri. Efri mörk þess voru á 73-74 m dýpi, en neðri mörkin á u.þ.b. 89 m dýpi. Þau fóru þó hækkandi, uns lagið varð óljóst haustið 1978, en endanlega hvarf það í lok mars 1979. Jarðlag er sennilega fremur vatnspétt á þessu dýptarbili. Líta má á tvær skýringar á þessu lagi. Í fyrsta lagi gæti það verið eftirstöðvar umróts við boranir, sem hafi varðveist svona lengi sökum þess, hve holan væri þarna vatnspétt. Hin skýringin er sennilegri, nefnilega að hér hafi verið um eðlilegan hitaferil að ræða, sem hafi síðan truflast af völdum úrdælingar. Til þess bendir, hvenær umskiptin verða. Við náttúrulegar aðstæður hafi þá varmaflutningur frá sjó til ferskvatns verið að mestu með varmaleiðni í þessum tiltölulega þétta hluta bergsins. Þegar áhrifa úrdælingar fóru að gæta, hafi komist hreyfing á "vatnið" þarna í borholunni, og síðan eigi varmaflutningurinn sér að einhverju leyti stað með blöndun (uppstreymi sjávar).

Hiti hækkar stöðugt niður á við í blandlaginu; úr 6 1/2-7°C í 13-14°C. Mest er hitafallið við efri mörk blandlagsins, 1-2°C á 2-3 m. Þykkt blandlagsins hefur verið 17-20 m síðan haustið 1978 og hækkun hita niður eftir því um 7°C. Fyrir þann tíma var það oftast 15-16 m þykkt og hækkun hita um og innan við 6 1/2°C. Þá var undir því 10-15 m þykkt sjólag með hækkandi hita niður á við sem nam 1/2-1°C. Gildi hitamunar eru ekki mjög nákvæm, þar eð þau eru háð því, hvar mælt er í nánd við skil vatnslaganna, þar sem hitafallið er brattast. Neðra borð blandlagsins hefur hreyfst töluvert. Á tímabilinu febrúar-ágúst 1978 var það oftast á 73-74 m dýpi. Þegar margnefnt sjóvatnslag hvarf í september 1978 lækkuðu neðri mörk blandlags sem svaraði hálfri þykkt þess lags, og lágu þá nærri 80 m dýpi. Síðan hafa þau farið hækkandi og voru í byrjun árs 1982 í 73-74 m á nýjan leik. Þar eð margnefnt sjóvatnslag, með hærri hitastigli en neðan þess, hefur trúlega átt þátt í flotjafnvægi ferskvatns og sjávar, þá ber sennilega að túlka

Þessa hæðarlegu marka blandlags og sjávar svo, að mörkin hafi lyfst eitthvað. Hve mikið er óvísst.

Nokkur óregla hefur verið á mældum gildum hita og viðnáms í sjóvatninu undir blandlaginu, og er þá að framan margnefndu sjóvatnslagi sleppt. Óvenju hátt viðnám (0,18 ohmm) mældist 1978. 02.07., en þá mældist einnig óvenjulega hár hitastigull sjóvatnsins, eða  $0,7^{\circ}\text{C}$  á 20 m bili. Yfirleitt er hitamunur  $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$  á 25 m bili. Hiti var þá tiltölulega lágur efst í sjóvatnslaginu og gæti því þarna hafa verið um einhverskonar niðurrennsli að ræða. Sennilega eru sémilega lek jarðlög á 87-93 m dýpi. Ástand sjóvatns á 90 m dýpi ætti því að samsvara nokkuð ástandi sjóvatns í berginu. Athyglisvert, er að hiti fer heldur lakkandi á þessu dýpi sjá töflu 7.

#### Tafla V.V-6

##### Hiti á 90 m dýpi í HSK-11

Tímabil:	Hiti $^{\circ}\text{C}$
Febrúar 1978 - apríl 1978	14,3 - 14,6
Maí 1978 - júlí 1978	14,0 - 14,1
Ágúst 1978 - febrúar 1979	13,7 - 13,9
Mars 1979 - maí 1979	13,6 - 13,8
Ágúst 1979 - mars 1982	13,3 - 14,0
(September 1982	14,3)

Hér gætir vísast áhrifa úrdælingar á sjóvatnslögin í margrænum (heterogen) jarðlögum umhverfis Gjá í Lágum. Er sennilegt, að misjöfn hæðarlega þeirra vegna misgengja eigi þar drjúgan hlut í máli; en áhrifa úrdælingar gætir trúlega meira í vel lekum jarðlögum en vatnsþéttum lögum. Hiti getur verið misjafn í leku lögunum vegna hæðarmunar þeirra. Hitastigull er lágur í sjóvatninu, aðeins sem svarar  $1,0^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ; Gæti það bent til lóðréttra hreyfinga á sjóvatninu (í holunni) en þeirra myndi væntanlega gæta í lárétta stefnu í leku lögunum (í berginu), í samræmi við afstöðu þeirra og samtengingar.

Sem fyrr segir leið um hálf tveggja ár frá borun og þar til ástand vatns í borholunni var talið vera komið í eðlilegt horf aftur. Boruninni sjálfri lauk 1977. 08.07., en næstu þrjú daga var reynt að dæla sandi úr holunni með loftblæstri. Holan var svo fódruð 1977. 08.10. Mælt var í henni 7 dögum seinna og aftur daginn eftir. Var töluverður munur á þeim mælingum. Næst var mælt 1977. 09.07. Höfðu þá enn orðið breytingar á holunni. Frekari breytinga varð svo vart fram í febrúar 1978, en upp frá því voru breytingar sáralitlar um sinn. Þessum eftirköstum borunar og blásturs má skipta á tvö tímabil: Ágúst til september 1978, og september 1978 til febrúar 1979. Hér á eftir verður stuttlega lýst helstu breytingum á einstökum vatnslögum (sjá hér að framan) á þessum tímabilum.

Í efsta laginu (yfirborðsvatn) lækkaði hiti um  $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$  á fyrria bilinu. Samtímis hækkaði viðnám úr 15 í 23 ohmm. Neðri mörk lagsins hækkuðu úr 34-35 m dýpi á 29-30 m dýpi, samhliða því, að næsta vatnslags fyrir neðan varð greinilega vart. Á seinna tímabilinu kólnaði vatnslagið enn um  $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$  (vetrarkæling?), en viðnám jókst aðeins lítillega, úr 23 í 25 ohmm. Neðri mörkin héldu áfram að lyftast í 27 m, og kom þá næsta lag fyrir neðan æ betur í ljós. Virtist vatn í því

lagi ná hægt og sígandi yfirhöndinni gagnvart upprótaða vatninu. Þriðja vatnslagið (á u.p.b. 37-49 m dýpi) seig smátt og smátt niður borholuna. Hiti breyttist lítið í því, en viðnám hækkaði, þ.e. selta minnkaði. Loks myndaðist sérstakt lag í neðri hluta þess í þéttri borholunni. Fjórdða lagið (á u.p.b. 49-57 m dýpi) var einnig nokkurn tíma að ná sér á strik. Þess gætti fyrst neðan við steypufyllingu í borholunni (45 1/2 m dýpi) og ofan við sennileg mörk þétts og leks bergs (á 51 m dýpi), rétt eins og um innrennsli með uppstreymi eftir holunni væri að ræða. Síðan lækkaði það smátt og smátt á síðara tímabilinu. Hiti hækkaði samtímis um 0,4°C og viðnám úr 6 1/2 ohmm í 11 ohmm. Selta minnkaði að sama skapi. Þungamiðja blandlagsins (50% sjóblöndun - 0,3 ohmm) var frá upphafi á um 67 m dýpi. Hins vegar seig blandlagið sjálft niður á við, þannig að efri hluti þess (ofan þungamiðjunnar) þynntist, en neðri hutinn þykknaði. Jafnframt hlýnaði vatnið um 1°C eða meira. Veruleg kæling hefur orðið á sjóvatninu við borun og blástur. Hiti á 90 m dýpi var aðeins 12,2°C í ágúst 1977, hækkaði í 13,1°C í september og í 13,8°C í febrúar 1978. Viðnám mældist aðeins 0,10 ohmm í ágúst 1977 og 0,09 ohmm í nóvember sama ár. Þessi lágu gildi eru sennilega að mestu leyti háð því, hvaða mælitæki voru notuð, en á þessum tíma var unnið að þróun og kvörðun seltumælanna. Borholan nær aðeins 30-35 m ofan í sjóvatnslagið og því hæpið að draga of miklar ályktanir um breytingar og streymi í því lagi, enda er henni ætlað að veita fyrst og fremst upplýsingar um breytingar á mörkum sjóvatns og ferskvatns. Því hlutverki virðist hún líka gegna á viðunandi hátt.

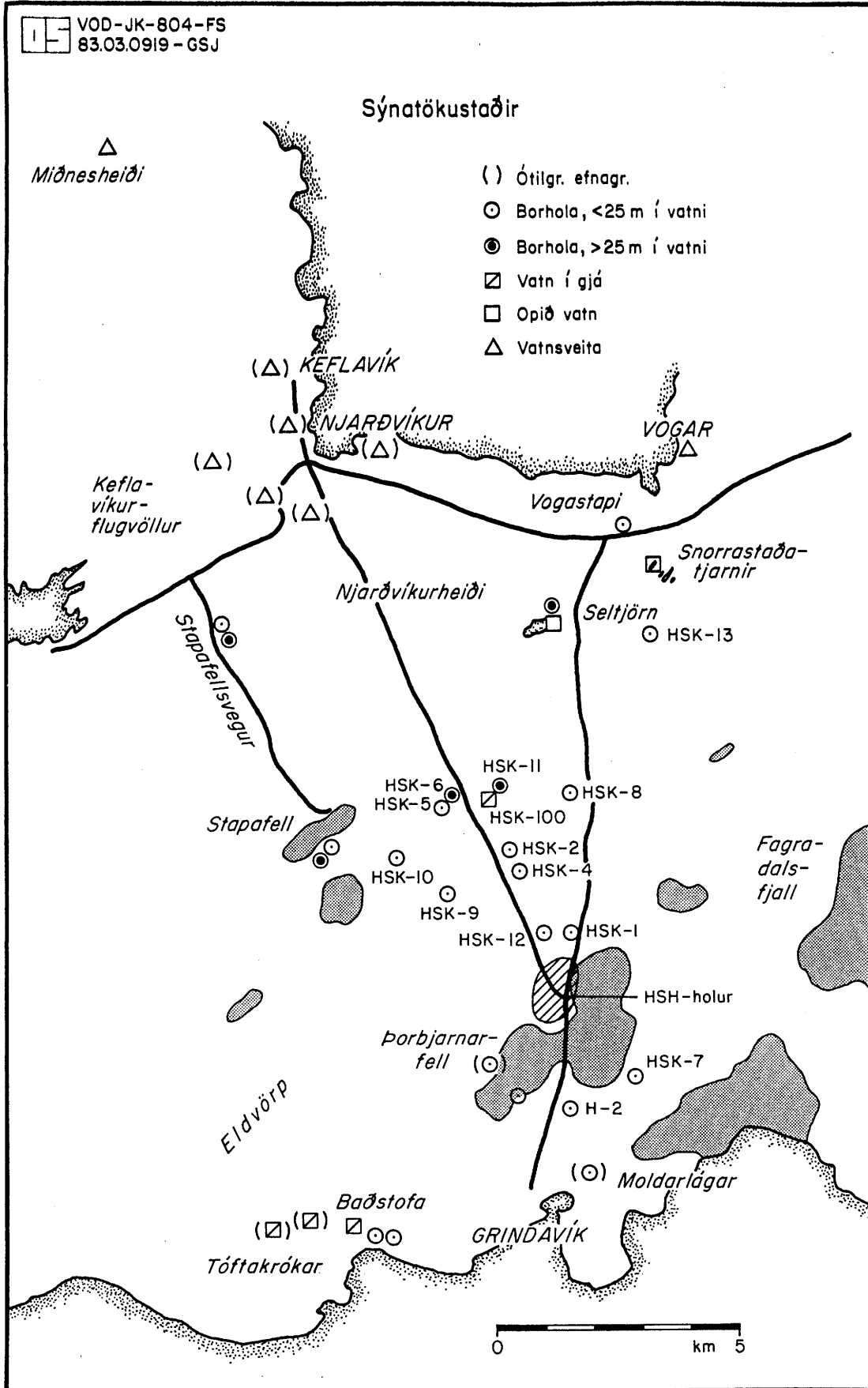
Athygli skal vakin á þeim hitamun, sem er neðst í blöndunarlaginu (efst í sjóvatnslaginu í borholum HSK-6 og HSK-11). Á u.p.b. 60 m dýpi undir vatnsborði er hiti 9 1/2-10°C í HSK-6, en á sama dýpi í HSK-11 hefur hann verið 13-14°C. Fjarlægðin á milli þeirra er rúmír 500 m. Sama fjarlægð er frá HSK-6 að ofanvarpi frá HSK-11 eftir sprungustefnu á skemmstu línu frá HSK-6 til Svartsengis (þ.e. veituvæg). Fjarlægð HSK-6 frá varmaorkuveri er um 4 1/2 km. Liggur beinast við að skýra þennan hitamun með áhrifum jarðhita í sjóvatnslaginu. Varpar hann einnig ljósi á mun á hita og viðnámi í ferskvatni á NV- og SA-hlutum Lágasvæðis.

#### 4 EFNAINNIHALD GRUNNVATNS

Vatn hefur verið efnagreint frá fjölmörgum stöðum á ferskvatnssvæði Hitaveitu Suðurnesja, og raunar víðar á Suðurnesjum (mynd V.V-10). Í Töflum V.V-7 - V.V-9 eru tilgreindar allmargar þessara efnagreininga, þó mörgum sé sleppt og frá sumum stöðum aðeins tilgreind meðaltöl. Heimildir eru fyrst og fremst efnagreiningatöflur Jarðkönnunardeildar, fyrrverandi, og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Efnagreiningar á jarðhitapækli úr borholum í Svartsengi (HSK-2 -4) eru úr skýrslu um þær greiningar (Trausti Hauksson 1980). Auk efnagreininga á ferskvatni af rannsóknarsvæðinu sjálfu eru tilgreindar ýmsar greiningar til samanburðar: Úrkoma í Keldnaholti; bergvatn á Reykjaneskaga og Rosmhvalanesi; venjulegt sjóvatn og jarðsjór á utanverðum Reykjaneskaga; jarðhitapækil í Svartsengi og "ferskvatn" á háhitasvæðinu þar.

Uppruni uppleystra efna í ferskvatninu er margvíslegur. Að uppruna er ferskvatnið úrkomuvatn, en það er ekki með öllu efnafrítt, þó efna-snautt sé. Við dvöl í bergi, sem grunnvatn, á vatnið efnaskipti við bergið. Á streymi sínu um óregluleg jarðlögin getur blandast sjóvatn í ferskvatnið úr sjónum undir ferskvatnslaginu. Náttúrulegt affallsvatn frá jarðhitasvæðum getur og blandast ferskvatninu. Sama gildir um upphitaðan sjó umhverfis jarðhitasvæðin. Áhrif þessara ýmsu þátta eru misöflug eftir stöðum. Fyrir vikið hafa hinir aðskiljanlegu hlutar rannsóknarsvæðisins sín séreinkenni, hvað varðar efnainnihald í ferskvatni. Þeirri svæðaskiptingu hefur verið stuttlega lýst áður (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a), en hér verður höfuðdráttum og helstu forsendum lýst.





MYND V.V-10 Efnagreiningar, sýnatökustaðir

Efni í vatnssýnum, almennt

Staður, borhola	Aths.	Sýna- töku- ár	pH við 20°C	Efnainnihald í mg/l ≈ ppm							
				CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Úrkoma:</b>											
Keldnaholt, Cl < 5ppm meðaltal		1974-75	5,6	4,4	0,6	1,8	0,14	0,33	0,49	2,0	2,6
Cl > 5 "		"	5,7	(2,2)	0,28	9,0	0,40	1,3	1,0	14,2	5,65
<b>Bergvatn a Reykjan.sk.</b>											
Þorlákshöfn borhola		1974	8,6	19	18	10	0,7	2,6	4,5	13	-
Kaldársel lindir		1975	6,8	19	14	8,7	0,5	1,4	1,0	13	-
Kleifarvatn stöðuvatn		1975	6,0	11	14	13	1,1	3,8	2,4	8	-
<b>Sjór og jarðsjór</b>											
Úthafssjóvatn (34,5 0/00 selta)		1975-6	8	100	1	10.560	380	1.270	400	18.980	2.560
Stapafell, 145 m dýpi meðaltal		1976	10,5	-	0,55	10.700	375	995	775	18.850	-
Njarðv.heiði, 300 m dýpi meðaltal		1976	10,4	-	7,6	10.400	240	200	2.400	19.900	-
" 485 " "		1976	10,3	-	12,4	11.900	300	7,5	3.700	21.400	-
<b>Jarðhitapækili</b>											
HSH-4	úrrennsli	1974-9	-	475	452	6.400	1.000	1,2	970	12.500	34
HSH-3	"	1972-9	-	170	449	6.760	1.050	0,8	940	12.800	29
HSH-2	"	"	-	140	457	7.270	1.100	1,1	1.100	13.700	48
HSH-1, 75 m dýpi		1977	6,7	300	95	7.700	210	960	790	14.500	2.300
HSH-1, 20 " "		"	7,3	35	40	310	11	25	27	460	64
HSH-7, 28 " "		1979	8,0	21	18	4.600	250	155	660	7.200	56

Skýringar : " : sama ; - : vantar.

## Efni í vatnssýnum. N-hluti

Staður, borhola	Aths.	Sýna- töku- ár	pH við 20°C	Efnainnihald í mg/l ≈ ppm							
				CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Njarðvíkurheiði:</b>											
Miðnesheiði		1976	7,6	29	5,5	16	1,3	4,9	8,6	32	7,2
Njarðvíkurh.v.flugv. vatnsveita		1975	6,6	21	5,9	16	1,4	4,0	8,5	32	4,7
Njarðvíkurh.v.Stapaf.v.		1979	6,9	12	5,7	16	1,0	2,5	2,2	22	5,3
<b>Vogasvæði:</b>											
Vogar	vatnsveita	1974	7,3	20	16	94	3,8	18,7	23	153	30
Snorrastaðatjarnir	stöðuvatn	1977	7,2	(6,5)	8,3	27	1,3	4,8	5,3	53	9,3
Vogastapi, 33 m dýpi		1979	7,3	30	16	26	2,0	5,6	9,3	46	8,5
Seltjörn, 4 " "	borhola	1977	7,4	16	7,3	15	0,8	2,7	3,1	21	4,9
" 30 " "	"	1979	7,4	14	9,9	21	1,1	4,3	4,3	36	5,8
"	stöðuvatn	1974	-	8	1,0	13	0,9	0,6	2,3	18	5,7
HSK-13, 21-23 m dýpi	meðaltal	1978-9	7,0	9	7,5	18	1,1	3,5	3,6	32	8,7
<b>Lágasvæði, NV-hluti:</b>											
HSK-5	meðaltal	1976	7,5	10	13,4	17	1,0	4,2	5,0	38	8,3
-	dæluþr.	1977	-	-	12,3	21	1,7	4,4	4,8	46	7,4
HSK-6, 32 m dýpi		1979	7,3	11	9,1	22	1,2	4,2	4,2	41	6,6
" 60 " "		1976	7,1	(11)	-	20	1,1	4,4	5,0	42	8,2
" " " "		1978	7,2	12	11,6	28	-	-	5,7	4	-
" 65 " "	blandlag	1976	7,2	(20)	-	220	7,9	31	22	455	61
" 70 " "	"	"	7,4	(14)	-	1.330	44	180	130	2.900	370
" 75 " "	meðaltal	"	7,9	-	-	7.300	220	820	530	13.300	1.860
Stapafell	úrdæling	1973	7,4	8	12,7	20	1,1	4,3	6,3	41	4,7
"		1979	7,6	8	11,4	23	1,2	4,5	4,5	44	7,2
HSK-10	meðaltal	1977-9	7,7	14	6	28	2,7	3	6,5	48	8,6

Efni í vatnssýnum. S-hluti

Staður, borhola	Aths.	Sýna- töku- ár	pH við 20°C	Efnainnihald í mg/l ≈ ppm							
				CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
<b>Lágasvæði, SA-hluti</b>											
HSK-8	dæluþr.	1977	7,9	22	15,5	35	1,7	8,3	9,2	80	12,3
"	40 m dýpi	1979	7,6	14	11,7	29	1,6	5,1	5,6	56	8,9
HSK-100 (Gjá í L.)	meðaltal	1976-9	7,6	(10)	13,2	30	1,4	5,3	6,3	66	10,0
HSK-11, 35 m dýpi		1979	7,7	14	14,8	34	1,4	6,5	7,0	66	10,2
"	45 " "	1979	10,1	-	7,7	52	3,0	1,7	17	97	15,5
"	60 " "	"	7,6	-	2,9	420	14	36	88	860	76
"	100 " "	"	7,7	(36)	18	11.700	320	1.000	500	19.000	2.300
HSK-2	meðaltal	1976-7	7,8	17	14	32	1,6	7,2	8,2	75	11,5
HSK-4	meðaltal	1976-9	7,6	18	14,6	35	1,6	7,4	7,6	71	11,2
HSK-9	meðaltal	1977-9	7,7	16	12,3	36	1,8	6,8	6,8	70	11,1
<b>Affallssvæði, N-hluti</b>											
HSK-12, 28 m dýpi		1977	7,4	18	15,5	78	3,1	11,2	15,8	152	24
"	" " "	1979	8,4	25	(2,4)	58	3,9	7,1	9,6	94	21
"	38 " "	1977	7,2	20	14	84	3,7	11,2	16,5	165	26
HSK-1		1974	7,5	21	19,5	131	9,9	16	17	240	27
"		1979	7,7	20	21	153	8,7	16	18	290	29
<b>Affallssvæði, S-hluti</b>											
HSK-7, yfirborð		1977	7,8	26	14,8	180	10,8	21	30	400	40
Grindavík, hola 2 vatnsveita		1974	7,6	54	34	130	6,5	23	23	206	36
"	" " "	1977	-	32	28	96	4,7	18	22	216	37
borbjörn	"	1977	-	26	29	88	3,9	13,5	12	173	28
Baðstofug., 4m dýpi opið vatn		1977	-	19	15	110	5,5	16	15	240	33

Úrkomuvatnið er að stofni til uppgufun af jarðaryfirborði, að langmestu leyti af úthöfunum. Í því leysast upp efni, meðan það er í andrúmsloftinu. Efni þessi eru komin úr gastegundum loftsins, ryki í loftinu, og sælðri, sem vindar sópa upp af yfirborði hafanna. Frá gastegundum er að verulegu leyti ættað súlfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) það, sem greinist í úrkomuvatninu. Það gas er svo aftur fyrst og fremst ættað úr iðnaðarreyk þeim, sem spúð er út í andrúmsloftið beggja vegna Norður-Atlantshafs og valdið hefur súrnun úrkomu og síðan spjöllum á gróðri. Efnaskipti við loftryk eru sennilega í smáum stíl í úrkomuvatni því, sem fellur á utanverðan Reykjanesskaga. Veldur þar mestu, að hafáttir eru ríkjandi úrkomuáttir vegna legu skagans og veruleg uppblásturssvæði langt í burtu. Sælðursins gætir þeim mun meira. Úr því er ættað að langmestu leyti klóríð ( $\text{Cl}^-$ ) það, sem greinist í ferskvatninu. Magn sjóefna í úrkomuvatninu er mjög háð veðurfari, einkum vindum. Það er miklu meira í hvassviðrum en hægviðrum. Úrkomumagn, hitastig og úrkomuform hafa einnig sín áhrif. Þannig er allt að tvöfalt meira klóríð í snjó en regni, að öðru jöfnu (Matthess, G., 1973).

Hlutföll sjóefna í úrkomu eru ekki þau sömu og í sjóvatni. Efnagreiningar hafa ekki verið gerðar á úrkomu af rannsóknarsvæðinu. Hér eru tilgreindar efnagreiningar á úrkomu í Keldnaholti, ofan Reykjavíkur. Búast má við því, að efnainnihald úrkomu sé þar með eitthvað öðru móti en á Suðurnesjum. Vegna landslegu er efnainnihaldið ábyggilega mun meira á Suðurnesjum. Samanburður á klóríðsnauðri úrkomu ( 5 ppm (milljónustuhlutur)  $\text{Cl}^-$ ) og klóríðríkri úrkomu ( $\text{Cl}^- > 5$  ppm) í Keldnaholti (tafla V.V-7) gefur vissar ábendingar, hvert efnamunurinn stefnir, þegar efnainnihaldið er ennpá meira. Þessi munur er gleggri í hlutföllum milli einstakra efna (tafla V.V-10). Miðað við klóríðinnihald í vatninu og sama klóríðinnihald í þynntu sjóvatni, þá sýnir sig, að úrkomuvatnið er kísilsnautt ( $\text{SiO}_2$ ), en þó ekki alveg eins og sjóvatn; natríum ( $\text{Na}^+$ ) er hlutfallslega minna í úrkomuvatni en í sjóvatni, miðað við klóríðinnihald; kalíum ( $\text{K}^+$ ) og magnesíum ( $\text{Mg}^{2+}$ ) er heldur meira í úrkomuvatni en sjóvatni, og kalsíum ( $\text{Ca}^{2+}$ ) mun meira; súlfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) er hlutfallslega mun meira í úrkomuvatni en sjóvatni.

Aðalbreytingarnar við samskipti bergs og vatns eru þær, að styrkur kísils og katjóna (andfareinda) alkálí- ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) og jarðalkalímálma ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) eykst. Skipti þessi eru háð efnasamsetningu bergs og vatns, og hita þeim, sem ríkir við þau ásamt fleiru. Kísilstyrkur er mjög háður hitastigi, en það hafa jarðhitafræðingar notfært sér lengi. Við þann hita, sem yfirleitt ríkir í ferskvatninu (3-6°C), er kísilstyrkur oft nærri 15 ppm  $\text{SiO}_2$ . Minni styrkur bendir þá til lægri hita eða skammrar dvalar í bergi; meiri styrkur bendir til hærri hita (affallssvæðin), eða íblöndunar kísilríks jarðhitavatns. Veruleg áhrif bergs leiða til þess, að  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ -hlutfallið verður herra en í sjóvatni, andstætt því, sem telja má líklegt að sé ríkjandi í úrkomuvatni á Suðurnesjum.  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$  og  $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$ -hlutföllin hækka yfirleitt lítillega, en  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ -hlutfallið lækkar sennilega. Þar er þó á að líta, að súlfatstyrkur þarf ekki að vera mun meiri í úrkomu á Suðurnesjum heldur en í Keldnaholti, þar eð hann er að verulegu leyti ættaður úr langt að komnu lofti. Klóríðstyrkur er mun meiri á Suðurnesjum, og gæti því  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ -hlutfallið verið mun lægra í úrkomu á Suðurnesjum en á Keldnaholti. Hæstu greind  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ -hlutföll í ferskvatninu á Suðurnesjum eru á bilinu 0,20-0,25, og þarf þetta hlutfall ekki að hafa verið mun herra í úrkomunni.

Afleiðingar íblöndunar jarðsjávar og jarðhitapækils frá Svartsengi eru

nokkkuð ólíkar. Íblöndun jarðsjávar leiðir einkum til marktækrar aukningar á klóríði, natríum, súlfati og magnesíum, en mest er af þessum efnum í sjóvatni. Jarðhitapækillinn er að vísu saltur, enda að miklu leyti sjóvatn að uppruna, og leiðir íblöndun hans því til aukningar á klóríði og natríum. Hins vegar vantar magnesíum og súlfat í hann að langmestu leyti. Auk þess hefur átt sér stað í honum aukning á kalíum og kalsíum. Vökvar þessir hafa því harla ólík áhrif, hvað hlutföll milli efna varðar. Íblöndun sjávar eða jarðsjávar leiðir til lækkunar á  $\text{SiO}_2/\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+/\text{Cl}^-$  og  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -hlutföllunum. Þessi hlutföll eru lægst í sjó af þeim vökvum (vatnsgerðum), sem hér eru til umræðu (úrkoma, bergvatn sjór, jarðhitapækill).  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ -hlutföllin eru yfirleitt hærri í ferskvatninu (bergvatni) en í sjó, og breytast því í átt að gildum þeim, sem ríkja í sjónum, við íblöndun sjóvatns. Jarðhitapækillinn leiðir einkum og sér í lagi til lækkunar á  $\text{Mg}^{2+}/\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ -hlutföllunum, en hann hefur lægst gildi umræddra vatnsgerða fyrir þessi hlutföll. Þessi rýrnum á magnesíum, samfara aukningu á kalsíum, leiðir til stórhækkaðs  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ -hlutfalls. Svipuð breyting kemur að vísu einnig fram í borholum, sem steipt hefur verið í (sjá HSK-11, 45 m dýpi í töflu V.V-12).

Mikið er af kalsíum í steypunni, sem leiðir til myndunar kalsíumhydroxíðs ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), en það veldur lægra sýrustigi (hærra pH), jafnvel svo, að magnesíum falli út sem magnesíumhydroxíð ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ). Stappar nærri vissu, að þetta hafi gerst í borholu HSK-11 á því bili, þar sem holan var þétuð með steypu: Sýrustig (pH) vatns af því bili var líðlega 10, rýrnun er á magnesíum og nokkur aukning á kalsíum. Svipað gæti hafa gerst í djúpu holunum við Stapafell og í Njarðvíkurheiði. Í djúpu holuna við Stapafell (163 m) var steipt, samkvæmt borskýrslum, úr 960 pokum af sementi, eða sem svarar til 300 kg á hvern metra dýptar í borholunni.

Í efnahlutföllum og efnastyrk má þannig greina að nokkru áhrif hinna mismundandi vatnsgerða, sem hér eiga hlut að máli (mynd V.V-11). Hlutföll þessi eru tilgreind í töflum V.V-10 - V.V-12. Í töflu V.V-10 má sjá, hver munur er á efnahlutföllum í hinum helstu vatnsgerðum, sem hlut eiga að máli. Einkennisgildi efnahlutfalla fyrir þessar vatnsgerðir eru dregin saman í töflu V.V-13. Þar er einnig tilgreint hvaða öfgagildi (hámarks- eða lágmarksgildi) eru einkennandi fyrir hverja vatnsgerð. Áhrif tveggja eða fleiri vatnsgerða á efnahlutföllin geta verið svipuð, eða vegið hver önnur upp. Með hliðsjón af töflu V.V-13 og efnastyrk í vatnssýnum (töflum V.V-7 - V.V-9) má meta áhrif einstakra vatnsgerða á gildistölur einstakra hlutfalla. Gildi þessi er þannig hægt að draga í flokka og meta einkennandi áhrif hverrar vatnsgerðar í hverjum flokki. Þessi flokkadráttur er að sjálfsögðu tölulegt háður mati, einkum hvað varðar töluleg mörk milli flokka. Þessi flokkun er tilgreind í töflu V.V-14. Svo er hægt að meta áhrif vatnsgerða samkvæmt þeirri töflu. Slíkt mat er eðlislægt en ekki magnlægt. Niðurstöður þess eru sýndar á mynd V.V-12. Þar sést, að úrkomuvatns gætir í efnainnihaldi víðast hvar á rannsóknarsvæðinu. Einna daufust eru áhrif þess á affallssvæði háhitans í Svartsengi. Áhrifa langrar dvalar ferskvatns í bergi gætir einkum nyrst, á Njarðvíkurheiði og á Vogastapa, en þó sér þeirra glögg merki á NV-hluta Lágasvæðis. Áhrifa sjóvatns gætir á SA-hluta Lágasvæðis og á öllu affallsvatnssvæðinu. Því fylgir meiri efnastyrkur og er hér hugsanlega um að ræða íblöndun jarðsjávar vegna óreglu í grunnvatnssstreymi. Jarðhitapækilsins gætir á affallsvatnssvæðinu. E.t.v. gætir einhverra jarðhitaáhrifa við HSK-10. Mikið efnainnihald ferskvatnsins í Snorrastaðatjörnum og á Vogastapa gætu bent til þess sama, en efnagreiningar þaðan eru af skornum skammti.

## Efnahlutföll í vatnssýnum, almennt

Staður, borhola	Efnahlutföll (ppm/ppm)							Aths. :
	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2-</sup>	
Úrkoma:								
Keldnaholt, Cl <sup>-</sup> < 5 ppm	2,0	0,065	0,98	0,042	0,10	0,75	1,3	Meðaltal af
- Cl <sup>-</sup> > 5 ppm	14,2	0,011	0,39	0,029	0,085	0,50	1,1	hlutföllum í sýnum.
<u>Bergvatn á Reykjan.sk.:</u>								
Porlákshöfn	13	1,4	0,77	0,054	0,20	-	1,7	
Kaldársel	13	1,8	0,67	0,041	0,11	-	0,7	
Kleifarvatn	8	1,8	1,6	0,14	0,48	-	0,6	
<u>Sjór og jarðsjór :</u>								
Úthafssjóvatn	19.000	0,00	0,56	0,020	0,07	0,13	0,3	
Stapafell, 145 m dýpi	18.850	0,00	0,57	0,020	0,05	-	0,8	
Njarðv.h., 300 " "	19.900	0,00	0,56	0,014	0,01	-	500	
" " 485 " "	21.400	0,00	0,56	0,014	0,00	-	500	
<u>Jarðhitapækil:</u>								
HSH-4	12.500	0,04	0,51	0,080	0,00	0,00	800	
HSH-3	12.800	0,04	0,53	0,082	0,00	0,00	1.200	
HSH-2	13.700	0,03	0,53	0,080	0,00	0,0	1.000	
HSH-1, 75 m dýpi	14.500	0,01	0,53	0,014	0,07	0,16	0,8	
" " 20 " "	460	0,09	0,67	0,024	0,05	0,14	1,1	berg
HSH-7, 28 m dýpi	7.200	0,00	0,64	0,035	0,02	0,01	4,3	pækil og berg

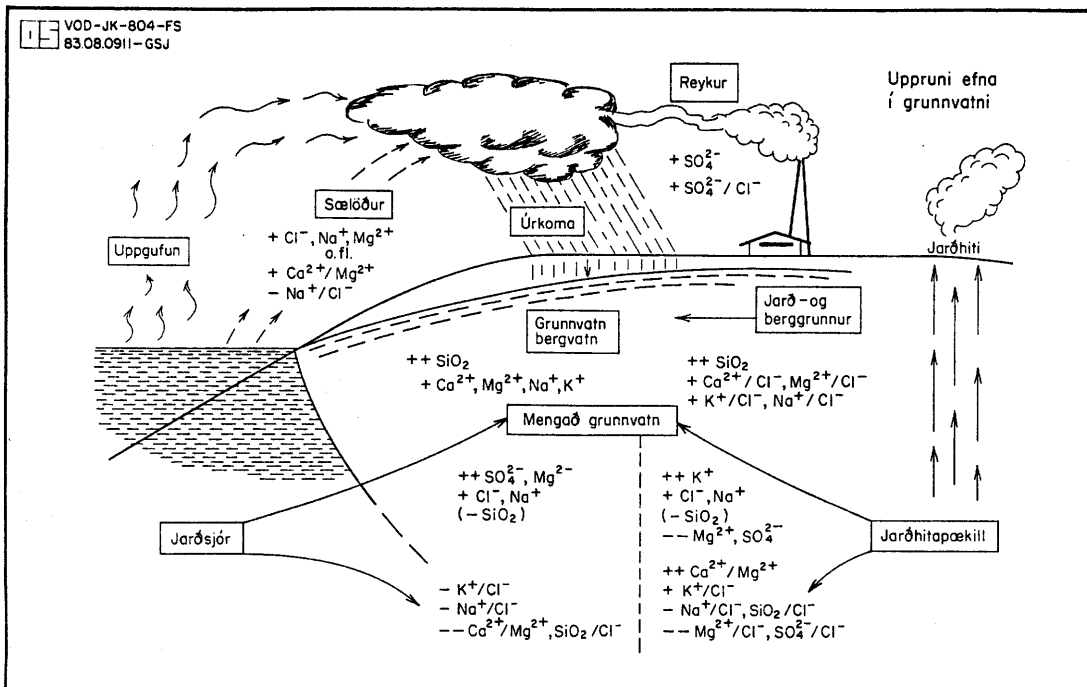
## Efnahlutföll í vatnssýnum. N-hluti

Staður, borhola	Efnahlutföll (ppm/ppm)										Aths. :
	Cl <sup>-</sup>	-----									
	ppm	SiO <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2-</sup>				
<b>Njarðvíkurheiði:</b>											
Miðnesheiði	32	0,17	0,50	0,041	0,15	0,22	1,58				
Njarðvíurh.v.Flugv.	32	0,18	0,50	0,044	0,12	0,15	2,1				
Njarðvíurh.v.Stapaf.v.	22	0,26	0,72	0,054	0,11	0,24	0,9				
<b>Vogasvæði:</b>											
Vogar	153	0,10	0,61	0,025	0,12	0,20	1,2				
Snorrastaðatjarnir	53	0,16	0,51	0,025	0,09	0,18	1,1				
Vogastapi, 33 m dýpi	46	0,35	0,57	0,043	0,12	0,18	1,7				
Seltjörn, 4 "	21	0,35	0,71	0,038	0,13	0,23	1,1				
" 30 "	36	0,27	0,58	0,031	0,12	0,16	1,0				
HSK-13, 21 "	32	0,23	0,56	0,035	0,11	0,27	1,0				
<b>Lágasvæði, NV-hluti:</b>											
HSK-5	38	0,35	0,45	0,026	0,11	0,22	1,2				
"	46	0,27	0,46	0,037	0,10	0,16	1,1				
HSK-6, 35 m	41	0,22	0,54	0,029	0,10	0,16	1,0				
" 60 "	42	-	0,48	0,026	0,10	0,20	1,1				
" " "	54	0,21	0,52	-	-	-	2				
" 65 "	455	-	0,48	0,017	0,017	0,07	0,13	0,7			
" 70 "	2.900	-	0,46	0,015	0,06	0,13	0,7				
" 75 "	13.300	-	0,55	0,017	0,06	0,14	0,6				
Stapafell	41	0,31	0,49	0,027	0,10	0,11	1,5				
"	44	0,26	0,52	0,027	0,10	0,16	1,0				
HSK-10	48	0,12	0,58	0,056	0,06	0,18	2				

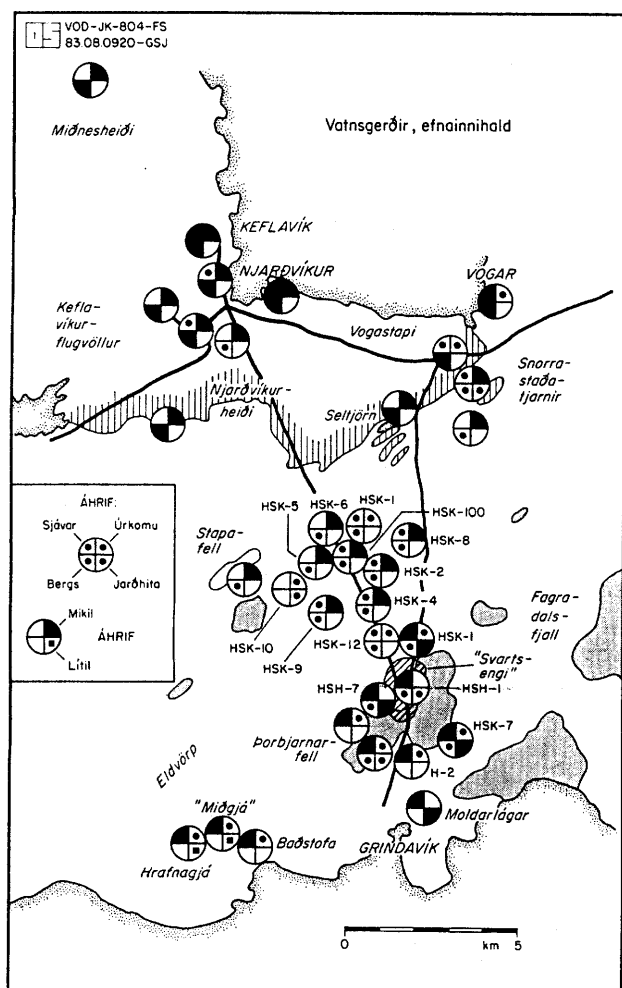


## Efnahlutföll í vatnssýnum. S-hluti

Staður, bothola	Efnahlutföll (ppm/ppm)								Aths. :
	Cl <sup>-</sup>	SiO <sub>2</sub> /Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	K <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup> /Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup> /Mg <sup>2-</sup>		
Lágasvæði, SA-hluti:									
HSK-8	80	0,19	0,44	0,021	0,10	0,15	1,1		
" 40 m dýpi	56	0,21	0,52	0,028	0,09	0,16	1,1		
HSK-100 (Gjá í L)	66	0,20	0,45	0,021	0,08	0,15	1,2		
HSK-11, 35 m dýpi	66	0,22	0,52	0,021	0,10	0,15	1,1		
" 45 " "	97	0,05	0,54	0,031	0,02	0,16	10		
" 60 " "	860	0,00	0,49	0,016	0,04	0,09	2,4		
" 100 " "	19.000	0,00	0,62	0,017	0,05	0,12	0,5		
HSK-2	75	0,19	0,43	0,021	0,10	0,15	1,1		
HSK-4	71	0,21	0,49	0,023	0,10	0,16	1,0		
HSK-9	70	0,18	0,51	0,026	0,10	0,16	1,0		Steypt í holu!
Affallssvæði, N-hluti:									
HSK-12, 28 m dýpi	152	0,10	0,51	0,020	0,07	0,16	1,4		
" " "	94	-	0,62	0,041	0,08	0,22	1,4		
" 38 " "	165	0,08	0,51	0,022	0,07	0,16	1,4		
HSK-1	240	0,08	0,55	0,041	0,07	0,11	1,1		
" "	290	0,07	0,53	0,030	0,06	0,10	1,1		
Affallssvæði, S-hluti:									
HSK-7, yfirborð	400	0,04	0,45	0,027	0,05	0,10	1,4		
Grindavík, hola 2	206	0,17	0,63	0,032	0,11	0,17	1,0		
" "	216	0,13	0,44	0,022	0,08	0,17	1,2		
borbjörn	173	0,17	0,51	0,023	0,08	0,16	0,9		
Baðstofugjá, 4 m dýpi	240	0,06	0,46	0,023	0,07	0,13	0,9		



MYND V.V-11 Uppruni efna í grunnvatni



MYND V.V-12 Vatnsgerðir, efnainnihald

Draga má saman upplýsingar þær, sem efnagreiningarnar veita um efnainnihald í vatni á helstu vatnasvæðum. Í Njarðvíkurheiði er aðeins ein borhola til viðmiðunar, en vatn þar virðist um margt líkjast vatni á Rosmhvalanesi. Klóríðstyrkur er lítil, eftir því sem gerist á þessum slóðum, eða 20-35 ppm. Athyglisvert er, hvað kísilstyrkur hefur greinst lítil, eða um 6 ppm. Lágur vatnshiti gæti valdið þar einhverju um. Vatn þetta virðist eiga uppruna sinn í staðbundinni úrkomu og gæti hafa dvalist lengi í berginu, þá sennilega vegna tregs rennslis og lítillar lektar.

Á Vogasvæðinu er klóríðstyrkur í vatni víða meiri. Þó er hann lágur við Seltjörn. Raunar getur verið, að vatn sé að stofni til svo staðbundið úrkomuvatn við Seltjörn og Stapafellsveg í Njarðvíkurheiði, að fjarlægðar frá sjó gæti þar í lægri klóríðstyrk, borið saman við Rosmhvalanes. Á Vogastapa og í Snorrastaðatjörnum er klóríðstyrkur um 50 ppm. Raunar hefur við hlutgreiningar greinst mun meira klóríð í Snorrastaðatjörnum, eða 57-95 ppm. Samanburður við nálæga staði bendir ekki til þess, að úrkoma eða særok valdi þessum mikla styrk. Veruleg dreifing á gildum bendir hins vegar ekki til stöðugs ástands, eins og búast mætti við, ef hér væri um upprót jarðsjávar eða írennsli jarðhitavatns að ræða. Kísilstyrkur er lágur og þarf það ekki að koma á óvart við Seltjörn, en þörungalíf er mikið í henni, sem dregur kísil úr vatninu. Í vatni á þessu svæði gætir efnaáhrifa úrkomuvatns mikið. Áhrifa bergs gætir meira við Seltjörn og á Vogastapa en úti í hraununum. Gætu þar verið að verki sömu vatnajarðfræðilegu aðstæður og á Njarðvíkurheiði.

Efnainnihald vatns er hvarvetna svipað á NV-hluta Lágasvæðis (HSK-5, HSK-6, Stapafell). Klóríðstyrkur er um 42 ppm, kísilstyrkur um 12 ppm, magnesíum 4-4 1/2 ppm og kalsíum um 5 ppm. Að innihaldi er þetta eitthvert besta nytjavatn á öllu svæðinu. Aukningar uppleystra efna gætir minna á þessu svæði en svæðunum norðan þess. Til að skýra meiri klóríðstyrk getur þurft að gera ráð fyrir einhverju uppróti jarðsjávar.

Á SA-hluta Lágasvæðisins er klóríðstyrkur enn meiri, eða um 70 ppm. Þar benda efnahlutföll til áhrifa sjóvatns á úrkomuvatn í bergi. Kísilstyrkur er 12-16 ppm, súlfat um 11 ppm, magnesíum víðast um 7 ppm og kalsíum á móta. Áhrifa steypubéttingar verður greinilega vart í HSK-11. Geta þau áhrif villt fyrir túlkun efnahlutfalla í vatni í holunni, en þau gætu ella bent til einhverra áhrifa jarðhitavatns í blandlagi sjávar og ferskvatns, svo og í sjóvatninu neðst í holunni. Talsverð aukning efnainnihalds varð í HSK-8 við dæluprófun og gæti það bent til þess, að efnaríkara vatn en finnst í holunni leyndist skammt neðan holubotns.

Vatn á affallssvæðunum N og S frá Svartsengi einkennist fyrst og fremst af miklu efnainnihaldi. Klóríðstyrkur er víðast um og yfir 150 ppm, þó vera megi, að úr honum hafi dregið í HSK-12 með tímanum. Má jafnvel túlka efnahlutföll í vatni í holunni svo, að dregið hafi úr áhrifum sjóvatns en áhrif jarðhitapækils aukist eitthvað í staðinn. Í vatnsbólum við Grindavíkurveg (vatnsból Grindavíkinga) virðist draga úr efnaáhrifum bergs og úrkomuvatns, en áhrifa sjóvatns gæta meira. Klóríðstyrkur hefur svo gott sem staðið í stað.

Tafla V.V-13

Einkennisgildi efnahlutfalla í vatnsgerðum

Efnahlutföll	Einkennisgildi vatnsgerða			
	sjór	úrcoma	bergvatn	jarðhitapækili
SiO <sub>2</sub>	0,00	0,01- 0,07	>>0,10	0,04
Cl <sup>-</sup>	lágt		hátt	
Na <sup>+</sup>	0,56	<0,56	>0,56	0,50-
Cl <sup>-</sup>		lágt	hátt	0,56
K <sup>+</sup>	0,02	0,02- 0,04	0,03- 0,06	0,08
Cl <sup>-</sup>	lágt			hátt
Mg <sup>2+</sup>	0,07	0,07- 0,10	>0,10	0,00
Cl <sup>-</sup>			hátt	lágt
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,13	>0,2	>0,13	0,00
Cl <sup>-</sup>		hátt		lágt
Ca <sup>2+</sup>	0,3	>1,0	>1,0	1.000
Mg <sup>2+</sup>	lágt			hátt

Tafla V.V-14

Áhrif vatnsgerða á efnahlutföll

Efna- hlut- föll	R ö ð u n a r f l o k k a r			
	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	<0,01	0,01- 0,07	0,08- 0,25	>0,25
Cl <sup>-</sup>	S	S r (h)	(r)(b)	(B)
Na <sup>+</sup>	<0,50	0,50- 0,55	0,56- 0,60	>0,65
Cl <sup>-</sup>	R	S r h	(S)(r) (b)	(r) B
K <sup>+</sup>	<0,023	0,024- 0,029	0,030- 0,035	0,035
Cl <sup>-</sup>	(S)	(s) r	r h b	(r) (H) b
Mg <sup>2+</sup>	>0,12	0,09- 0,12	0,05- 0,08	<0,05
Cl <sup>-</sup>	B	(s) r (b)	(S) (r) h	H
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,20	0,16- 0,20	0,12- 0,15	<0,12
Cl <sup>-</sup>	R b	(s) r (b)	(S) h	H
Ca <sup>2+</sup>	<1,0	1,0- 1,3	1,4- 2,0	>2,0
Mg <sup>2+</sup>	S	(s) r b	h b	H

Stór bókstafur merkir mikil áhrif, lítill bókstafur lítil; svigi merkir minni áhrif. S: sjór; R: úrkoma; B: berg; H: jarðhitapækill

Í borholu HSH-1 er klóríðríkara vatn á 75 m dýpi en kemur úr háhita-holunum HSH-2 - HSH4. Þetta vatn, eða sjór, hefur einkenni þess, að vera aðallega sjóvatn, sem uppleystra efna úr bergi gætir lítillega í. Svipað er að segja um sjóblandað vatn á 20 m dýpi í holunni, að það virðist vera úrkomuvatn með glöggum merkjum um áhrif bergs. Í borholu HSH-7 ber sjóblandan á 4 m dýpi undir vatnsborði öll merki jarðhitapækilsins. Þó benti kísilstyrkur til venjulegs sjóvatn, en hlutfall  $\text{Na}^+/\text{Cl}^-$  til áhrifa bergs. Hér er þess að gæta, að efnajafnvægi bergs (steinda) og vatns er allbreytilegt við mismunandi hita-, þrýstings- og sýrustigsáðstæður og því hæpið að beita sömu flokkunum til túlkunar á vatni á háhitasvæðinu og utan þess, þó hiti vatnsins mælist lágur og uppleyst efni minni en í jarðhitapæklinum.

V I Ð A U K I V I

DYKKT FERSKVATNSLAGS

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 ÞYKKT FERSKVATNSLAGS	3

## TÖFLUSKRÁ

1 Þykkt ferskvatnslags við borholu	6
------------------------------------	---

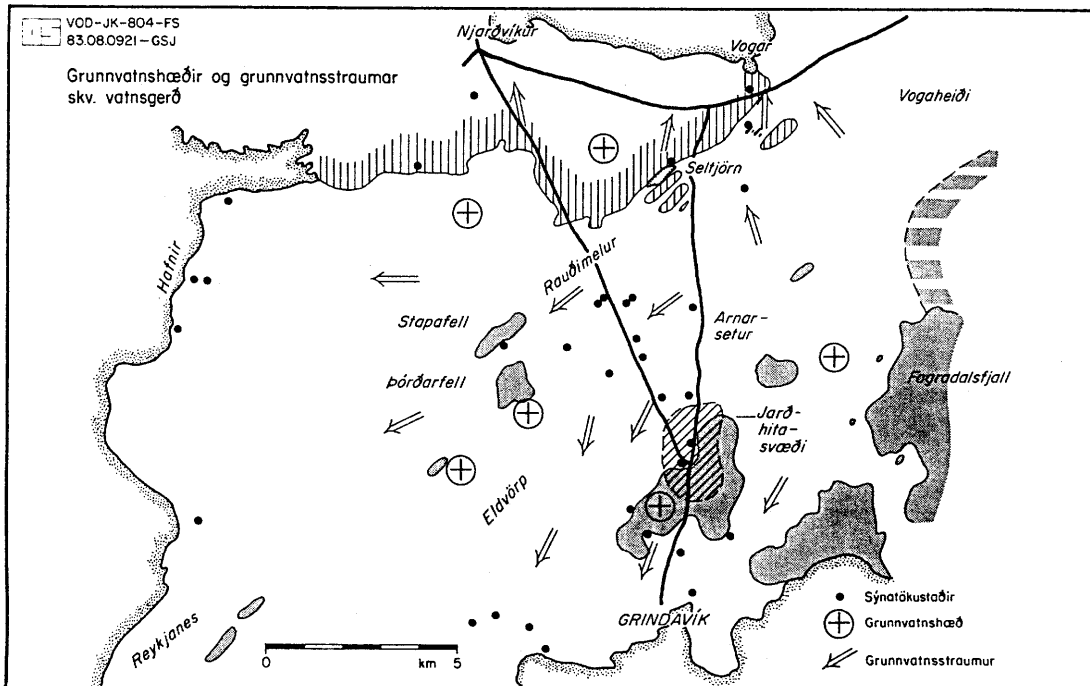
## MYNDASKRÁ

1 Grunnvatnshæðir og grunnvatnsstraumar skv. vatnsgerð	3
2 Þykkt ferskvatnslags skv. Kristjáni Ágústssyni og Frey Þórarinssyni 1979	4
3 Þykkt ferskvatnslags skv. Lúðvík S. Georgssyni 1979	5
4 Þykkt ferskvatnslags, samskoðuð	6



## 1 ÞYKKT FERSKVATNSLAGS

Upplýsingar um vatnsborðshæð og þykkt ferskvatnslagsins eru með ýmsu móti. Beinar upplýsingar fást við mælingar á stöðu vatnsborðs í borholum (svo fremi sem þær eru opnar út í vatnslagið, og vatnslagið er í opnum veiti). Það vatnsborð sveiflast hins vegar eftir veðráttu, einkum úrkomu. Áramunur er á vatnsborðshæð á vatnasvæðinu. Hverskonar meðaltöl þurfa því að ná til langs tímabils, ef þau eiga að vera nákvæm. Óbeinar upplýsingar um þykkt ferskvatnslagsins má fá með viðnámsmælingum. Túlkun þeirra er vandasöm við þær aðstæður sem eru á Reykjaneskaga. Skekkja getur því orðið töluverð og túlkun á einstökum mælingum fjarri öllu lagi. Óbeinar upplýsingar fást einnig úr athugunum á eiginleikum vatnsins sjálfs (hita, leiðni, efnainnihaldi). Þær geta veitt ábendingar um skiptingu vatnasvæðisins í minni vatnasvið, og þar með um rennslisstefnur og afstæðar jarðvatnshæðir. Mynd V.VI-1.



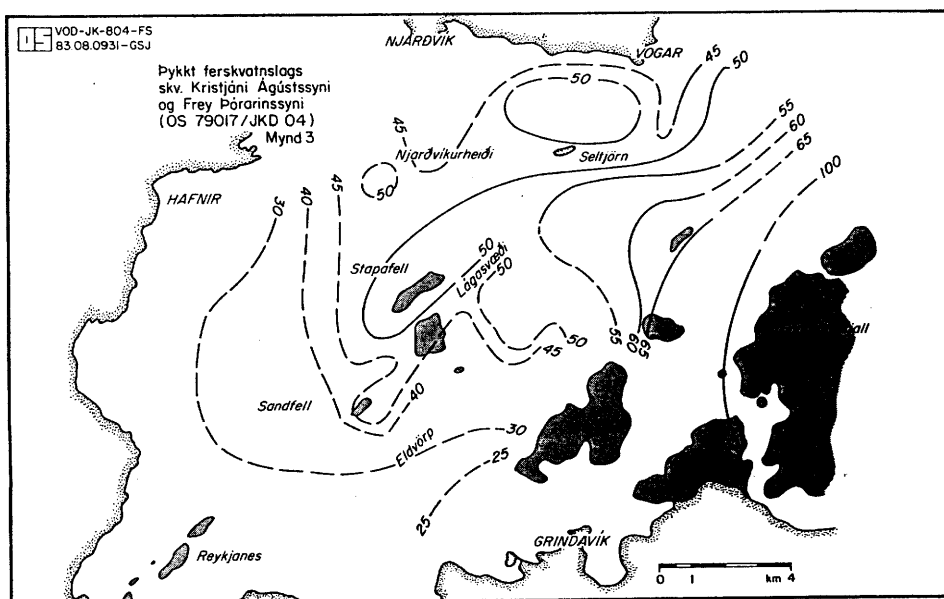
MYND V.VI-1 Grunnvatnshæðir og grunnvatnsstraumar skv. vatnsgerð

Kort af þykkt ferskvatnslagsins var birt 1978 (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a). Það var byggt á vatnsborðsmælingum í borholum 1976-1977 (oft stopulum), bráðabirgðatúlkunum á jarðviðnámsmælingum fram til 1977, hita- og seltumælingum í borholum 1975-1977 (Freysteinn Sigurðsson 1977) og efnagreiningum á vatni af vatnasvæðinu 1975-1977. Greint er frá mati á þykkt ferskvatnslagsins samkvæmt túlkunum á viðnámsmælingum hjá Kristjáni Ágústssyni og Frey Þórarinssyni (1979) (mynd V.VI-2) og Lúðvík S. Georgssyni (1979) (mynd V.VI-3). Í fyrrnefndu skýrslunni eru metnar niðurstöður úr færri mælingum og ferskvatnslagið jafnan túlkað sem eitt viðnámslag. Hins vegar er dreifing metinna gilda bæði minni og reglulegri en samkvæmt síðarnefndu

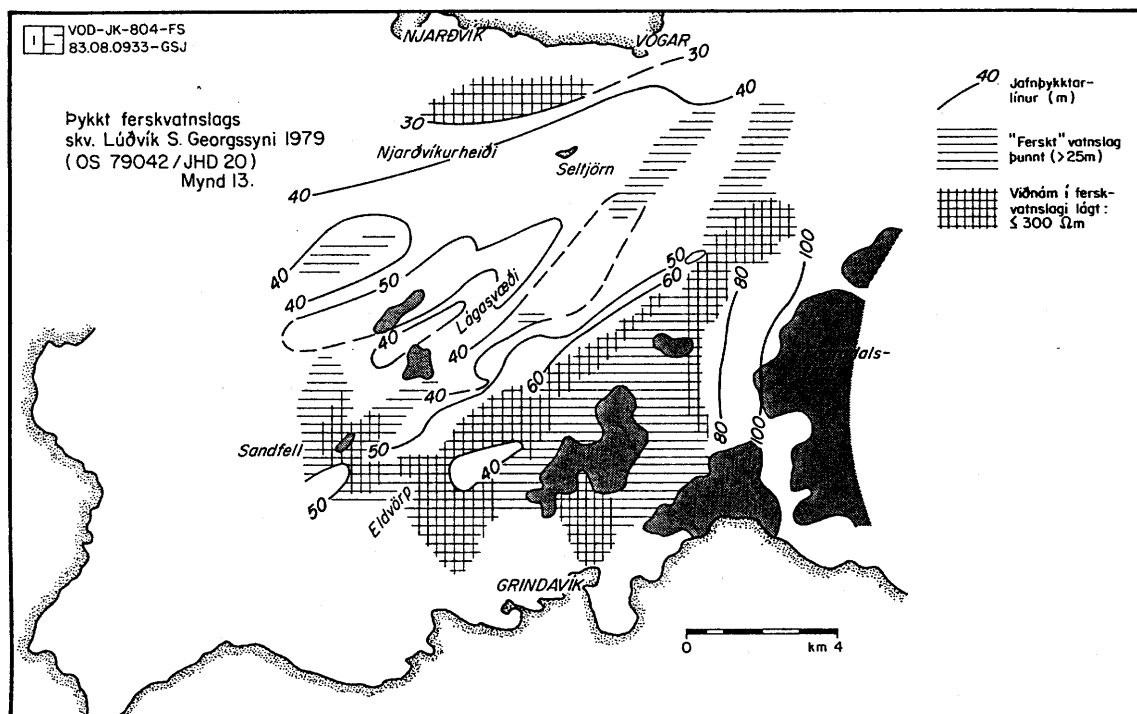
skýrslunni, og því eru niðurstöður hennar hér taldar trúverðugri um þykkt ferskvatnslagsins á þeim svæðum, sem þær ná til. Hins vegar veitir síðarnefnda skýrslan ábendingar um íblöndun jarðhitavats, sem sú fyrnefnda gerir síður eða ekki.

Verulegar breytingar hafa ekki orðið á öðrum upplýsingum síðan 1979. Lengri mælingaraðir eru nú fyrirlioggjandi um vatnsborðshæð, hita, seltu og efnainnihald. Þær auka bæði öryggi og nákvæmni í mati, en hafa ekki breytt neinum meginatriðum í fyrri ályktunum (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a; Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980).

Þykkt ferskvatnslagsins er þekkt í borholum HSK-6 og HSK-11. Í báðum holum er dýpi frá meðalvatnsborði og niður á u.p.b. 50% sjávarblöndu 52-53 m. Meðalhæð vatnsborðs virðist vera u.p.b. 1,29 m yfir meðal-sjávarmáli í hæðarkerfi Njarðvíkur, eða svo gott sem 1/40 af þykkt ferskvatnslagsins. Að gefnum sömu aðstæðum og í Lágum, þá má reikna þykkt ferskvatnslinsunnar annars staðar með því að margfalda hæð jarðvatnsborðs yfir sjó með 40 (sjá töflu V.VI-1). Í námunda við flestar borholurnar hafa verið gerðar viðnámsmælingar og þykkt ferskvatnslagsins metin eftir túlkun þeirra. Athugun á mati samkvæmt framan-greindum skýrslum um viðnámsmælingar sýnir, að meðalfrávik mats frá reiknaðri þykkt hjá borholum er 2-3 m, ef mat samkvæmt túlkunum Lúðvíks S. Georgssonar (1979) er hvarvetna hækkað um 5 m, og mati á nokkrum mælingum í þeirri skýrslu er sleppt. Þá er einnig sleppt niðurstöðum allra mælinga sem taldar eru vera ónákvæmar (í hvorri skýrslu fyrir sig). Þannig ber niðurstöðunum oftast nær mjög vel saman, tölugildi eru lík úr mælingum á sama stað eða svæði ef breytingar á tölugildum frá einum stað til annars eru reglulegar. Þá mynd af þykkt ferskvatnslagsins, sem þannig kemur fram, má svo enn bæta með upplýsingum úr hita- og seltumælingum og efnagreiningum (sjá viðauka V). Á grundvelli þeirra upplýsinga má draga ýmsar ályktanir um afstæðar jarðvatnsbungur, skil vatnasvæða og rennslisstefnur grunnvatns. Þessar ályktanir gefa svo ábendingar um það, hvernig draga skuli jafnþykktarlínur fyrir ferskvatnslagið í gegnum gildasafn það, sem kortleggja má samkvæmt viðnámsmælingunum.



MYND V.VI-2 Þykkt ferskvatnslags skv. Kristjáni Ágústssyni og Frey Þórarinssyni 1979

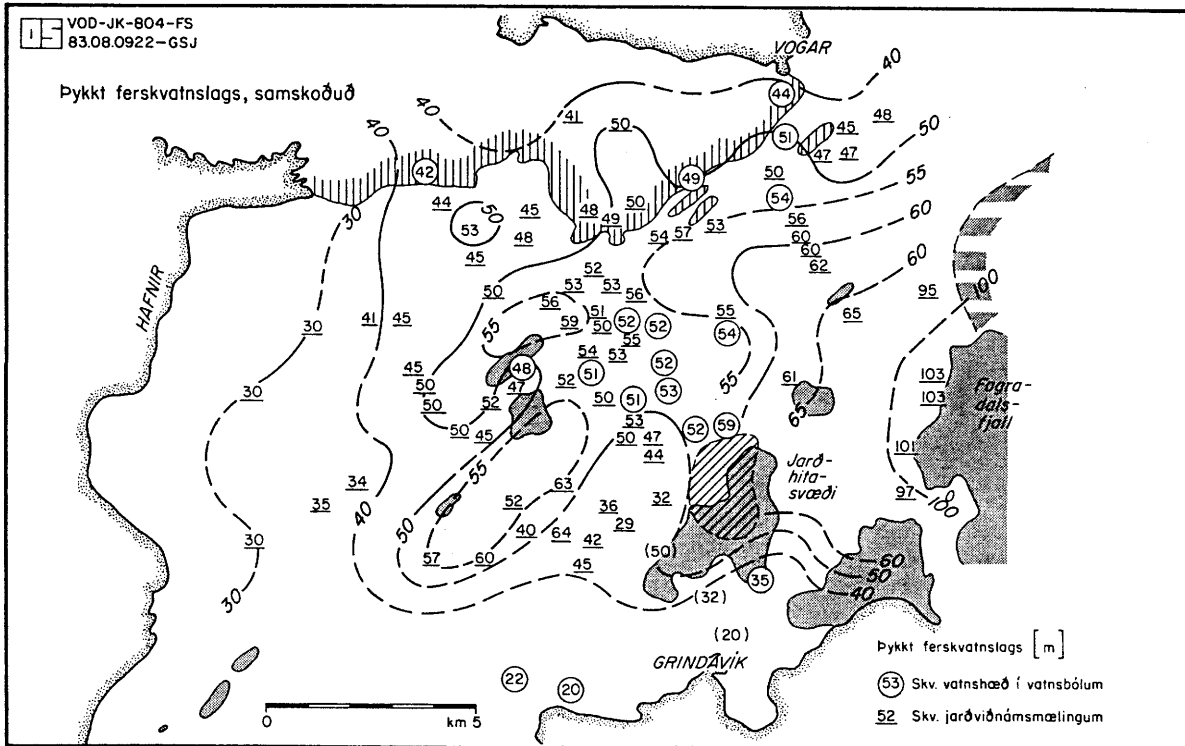


MYND V.VI-3 Þykkt ferskvatnslags skv. Lúðvík S. Georgssyni 1979

Þetta kort vîkur í ýmsum atriðum frá kortum samkvæmt fyrri hugmyndum (Freysteinn Sigurðsson o.fl. 1978a), sjá mynd V.VI-4. Áberandi jarðvatnsbunga virðist vera suður og austur frá Þórðarfelli og Sandfelli. Einhver skekkja kynni þó að vera þar í túlkunum víðnámsmælinga vegna hugsanlegra áhrifa frá jarðhita í Eldvörpum. Í Njarðvíkurheiði, milli Stapafells-Ósabotna og Seltjarnar, virðast vera a.m.k. þrjár afstæðar jarðvatnsbungur, allar sennilega næsta flatar. Jarðvatnsbunga við Grindavíkurveg (jafnþykktarlinur 55 m, 60 m) virðist liggja norðar en haldið var, þannig að skýrari jarðvatnslögð virðist vera norður-norðaustur frá jarðhitasvæðinu en áður var talið. Yfir jarðhitasvæðinu sjálfu er sennilega afstæð jarðvatnsbunga, eða "jarðvatns-hóll", kröpp en lítil um sig. Jarðvatnsbunga er nokkuð örugglega um norðanvert Þorbjarnarfell, eða einhver önnur vatnafræðileg smíð ("hýðrólógiskur strúktúr"), sem hindrar rennsli jarðhitamengaðs vatns suður fyrir Þorbjarnarfell. Jarðvatnslögðin vestan Þorbjarnarfells er ef til vill grynri en áður var talið, þar eð verulegra jarðhitaáhrifa gæti gætt þar. Þau lýstu sér samkvæmt víðnámsmælingum í þynna ferskvatnslagi en raunverulega væri til staðar, ef að líkum lætur.

Þessi frávik eru þó öll minniháttar. Þau varða fyrst og fremst staði utan Lágasvæðisins og ramma þess. Heildarmyndin breytist lítið.

Sá munur sem er, bendir helst til þess, að lektarmunur muni vera ennþá meiri á móbergsfjöllum annars vegar og hraunasundum hins vegar en áður var talið. Drættir í "jarðvatnslandslagi" eru sennilega skarpari en líkanið frá 1978 sýnir (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980).



MYND V.VI-4 Þykkvátungu, samskoðuð

Tafla V.VI-1

Þykkvátungu við borholu

Borhola, vatnsból	Þykkvátungu vatnsborðshæð m	Þykkvátungu KÁ og Fp '79 m	Viðnámsmæl. LSG '79 m
Snorrast.tj.	51	50	44
Seltjörn	49	48	44
HSK-13	54	54	49
HSK-8	54	55	-
HSK-1	59	-	55
HSK-7	(35)	-	10
HSK-12	52	48	(45)
HSK-4	53	48	-
HSK-11	52	-	-
HSK-9	51	52	34 (49)
HSK-6	52	50	51
HSK-10	51	54	46
Stapafell	48	51	52
Njarðv.heiði	42	45	(16) (29)
Meðaltal, frávik	-	-0,3	-4,0
Meðaltalsfrávik	-	+2,0	+5,7

V I Ð A U K I V I I

GRUNNVATNSLÍKAN OG JARÐLEKTARKORT

EFNISYFIRLIT

	bls.
1 VATNSVINNSLA OG GRUNNVATNSLÍKAN	3
2 ÚTLIT OG ÞÆTTIR GRUNNVATNSLÍKANS	3
3 JARÐGERÐ OG JARÐLEKT	5
4 NÁKVÆMNI OG ÖRYGGI GRUNNVATNSLÍKANS	6

## 1 VATNSVINNSLA OG GRUNNVATNSLÍKAN

Ferskvatn það, sem Hitaveita Suðurnesja notar, er numið úr grunnvatni á vatnsvinnslusvæði Hitaveitunnar á svokölluðu Lágasvæði. Vatnsvinnslusvæði þetta er hluti af grunnvatnssvæði utanverðs Reykjanesskaga. Vatnstaka á svæðinu hefur áhrif á grunnvatnið út fyrir vatnsvinnslusvæðið sjálft. Áhrif þessi eru væntanlega einkum með tvennu móti: Breytingar á stöðu grunnvatnsborðs og þykkt ferskvatnslags á vatnsvinnslusvæðinu; breytingar á grunnvatnsstraumum umhverfis vatnsvinnslusvæðið og á því sjálfu. Þessar breytingar geta haft áhrif á gæði ferskvatnsins og takmarkað vatnstöku. Þynning ferskvatnslagsins getur leitt til aukningar á seltu (sjóblöndun) í ferskvatninu. Breytingar á grunnvatnsstraumum geta leitt til þess, að óæskilegt vatn leiti inn á vatnsvinnslusvæðið, t.d. jarðhitamengað vatn frá háhitasvæðinu við Svartsengi eða olíumengað vatn frá malarnámum og malbikunarstöðvum á Rauðamel. Búast má við því, að téðar breytingar verði því meiri, sem ferskvatnstakan er meiri.

Ferskvatnstaka Hitaveitunnar er magnlæg ("quantitativ") og hægt að lýsa henni með tölulegum stærðum ( $l/s$ ;  $m^3/s$ ). Áhrifum hennar er einnig sumum hægt að lýsa tölulega, svo sem breytingum á grunnvatnsborði og breytingum á stefnu og hraða grunnvatnsstrauma. Eina færa og viðráðanlega leiðin til að kanna þessi áhrif magnlægt er að skoða áhrif ímyndaðrar vatnstöku á grunnvatnslíkan af vatnasvæðinu. Svona líkan er fræðilega gerð ímynd af náttúrulegum aðstæðum á svæðinu. Það sýnir hæð grunnvatnsborðs og stefnu og hraða grunnvatnsrennslis á vatnasvæðinu. Sjálft er líkanið gert á grundvelli þekkingar á náttúrulegum aðstæðum, fyrst og fremst írennslis, jarðvatnsástandi og jarðlekt. Niðurstöður líkanreikninga eru að sjálfsögðu aldrei nákvæmari og öruggari en þessi náttúrufarsþekking gefur tilefni til. Eðli sínu samkvæmt er líkanið í senn reikningslegt og kortlægt. Með hinni reikningslegu gerð er hægt að meta tölulega (magnlægt) ástand og breytingar á grunnvatnslíkaninu. Gerð þess sem korts sýnir annars vegar legu staða og er hins vegar til eðlislægs (qualitativs) samburðar við kort yfir jarðfræðilega þætti líkangrunnsins (jarðlektarkort).

## 2 ÚTLIT OG ÞÆTTIR GRUNNVATNSLÍKANS

Gerð grunnvatnslíkans af utanverðum Reykjanesskaga, reikningslegri meðferð þess og niðurstöðum reikninga hefur verið lýst annars staðar (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980). Þeim atriðum verður ekki lýst hér nánar. Kort það, sem samsvarar grunnvatnslíkaninu ("grunnvatnslíkanakort"), er að miklu leyti af vatnafræðilegum toga spunnið, og þar með líkanið í heildareðli sínu. Á korti þessu er vatnasvæði það afmarkað, sem líkanið á að samsvara (sjá fyrri tilvitnun, kafla 5.2.1). Vatnasvæðinu er skipt í þríhyrninga á kortinu. Írennslis á flatareiningu, stærð og stefna lektar eru eins innan hvers þríhyrnings. Hæð jarðvatnsborðs er út frá þessum viðmálum reiknuð fyrir hornpunkta þríhyrninganna. Halli vatnsborðs í hverjum þríhyrningi er þá þekktur, og hægt að reikna stefnu og hraða grunnvatnsstraums í þríhyrningnum líka, þar eð lekt og misleitni ("anósótróþí") eru gefin, sem forsendur fyrir hvern þríhyrning.

Grunngildi líkansins (írennsli, lekt) eru svo stillt af með því að máta grunnvatnskort, gerðu samkvæmt líkani (grunnvatnshæð og grunnvatnsstrauma), við grunnvatnskort, gerðu samkvæmt þekkingu á grunnvatnsástandi á svæðinu (sjá fyrri tilvitnun, kafla 5.3.). Til að rétta af frávik milli korta er lektargildum breytt í þar til völdum þríhyrningum. Þegar frávikin eru orðin minni, en kröfur um nákvæmni kveða á, þá er líkanið talið vera í eins góðu samræmi við þekkingu á hinum raunverulegu náttúrulegum aðstæðum og að var stefnt.

Eftir sem áður er líkanið aðeins einfölduð ímynd af náttúrulegum aðstæðum. Því er þó ætlað að veita ákveðnar upplýsingar í formi niðurstaðna líkanreikninga. Ferli aðgerða þeirra, sem leiða frá náttúrulegum aðstæðum til umræddra upplýsinga má skipta í nokkra áfanga hvað varðar þátt jarðlektar:

1. Náttúrulegar aðstæður: Jarðgerð og grunnvatnsástand.
2. Jarðfræði- og jarðvatnsrannsóknir.
3. Gerð jarðfræði- og grunnvatnskorta sem ímynda af jarðgerð og grunnvatnsástandi.
4. Vatnajarðfræðileg túlkun þeirra korta og gerð jarðlektarkorts, sem ímyndar vatnajarðfræðilegar gerðir svæðisins.
5. Gerð grunnvatnslíkankorts og reikningslegs grunnvatnslíkans.
6. Líkanreikningar.
7. Upplýsingar um ástand og breytingar á grunnvatnskortum samkvæmt grunnvatnslíkani, tölulegar upplýsingar um áhrif vatnstöku og annarra breytingar.

Ítrekað skal, að árangur aðgerða á sérhverju þessara stiga verður aldrei betri né meiri en staðan á öllum undanfarandi stigum gefur til efni til. Víða eru stór skörð og eyður í þekkingu á jarðgerð og grunnvatnsástandi. Þessi þekkingarskortur gerir líkanið að sjálfsögðu ótraustara. Reynt var að meta hugsanleg áhrif þessa skorts, með því að breyta líkaninu fyrir nokkra staði innan sennilegra marka og reikna út hverjar breytingarnar yrðu (sjá fyrri tilvitnun, kafla 5.5). Aðeins var um örfá tilfelli að ræða og hafa niðurstöður þessa mats því takmarkað gildi. Það sem þær náðu, bentu þær þó til þess, að ekki væri um verulegar skekkjur að ræða, varðandi þau vandamál (affallsvatn, þynningu ferskvatnslags), sem athuguð voru þessu sinni.



### 3 JARÐGERÐ OG JARÐLEKT

Rennsli grunnvatnsins stjórnast af orku grunnvatnsins og jarðlögum þeim, sem það rennur um. Lektin er sá eiginleiki jarðlaga þessara, sem hefur áhrif á grunnvatnsrennslið. Jarðlektarkort eru því frábrugðin venjulegum jarðfræðikortum um tvennt: Þau sýna legu og útbreiðslu jarðlaga í ferskvatnslaginu en ekki á yfirborði; jarðlög eru flokkuð með tilliti til lektar en ekki með tilliti til aldurs eða berggerðar, eins og algengast er á jarðfræðikortum. Ferskvatnslagið hefur ekki einasta flatarlega útbreiðslu, heldur hefur það einnig vissa þykkt. Jarðlög þau, sem grunnvatnið rennur um, eru því rúmleg en ekki flatarleg fyrirbrigði, þó þau verði að birtast sem slík á korti. Því er rétt að tala um "bergskrokka" (Freysteinn Sigurðsson 1976), en jarðlög þessi eru öll úr föstu bergi á utanverðum Reykjanesskaga. Bergskrokkur er í þessu tilliti ekkert annað en lýsandi hugtak, og á við einingu í berginu með ákveðin mörk og ákveðna lekt. Fræðilega séð geta bergskrokkarnir verið óendanlega margir og smáir, en því eru þó takmörk sett í reynd. Veldur því margt. Mestu veldur, að óhagkvæmt er að afmarka bergskrokkana smærri en svo, að þeim samsvari viss lágmarksstærð reita á korti. Skilyrði afmarkananna sjálf (flokkun) eru háð þessari lágmarksstærð og verða alla jafna því einfaldari, sem lágmarksstærð bergskrokkanna er meiri. Því fylgir, að minna tillit verður að taka til minniháttar munar á lekt á milli bergskrokkanna. Gætir þar þess líka, að takmarkað er vitað um lektarflokkun jarðlaga á þessum slóðum, nema í grófum dráttum. Helstu berggerðum á Reykjanesskaga hefur verið raðað eftir vatnajarðfræðilegum eiginleikum, þ.e. lekt og vatnsrýmd (Freysteinn Sigurðsson 1976; Freysteinn Sigurðsson í Freyr Þórarinsson o.fl. 1976). Sú röðun hefur verið lögð til grundvallar flokkun eftir lekt, en fleiri atriði koma þar til, eins og aldur jarðlaga, áhrif höggunar, ummyndun, þétting o.fl. Lektarflokkaðir bergskrokkar geta því haft nokkuð aðra legu (útbreiðslu) en samsvarandi bergskrokkar, flokkaðir eftir berggerð einni.

Legu jarðlaga í grunnvatni er oft önnur en legu jarðlaga á yfirborði. Grunnvatnið er oft á 50-100 m dýpi undir yfirborði á utanverðum Reykjanesskaga. Því verður iðulega að beita óbeinum aðferðum við að geta sér til, um hvaða jarðlög grunnvatnið streymi. Þar er annars vegar um að ræða ályktanir, sem dregnar eru af jarðfræðirannsóknum á yfirborði, og hins vegar jarðeðlisfræðilegar mælingar. Um þessi atriði er fjallað að nokkru í viðaukum I og II.

Opnar sprungur auka lekt jarðar í stefnu sprungnanna ("sprungulekt") og valda þar með misleitni ("anisótropí") í lekt. Áhrif þeirra er hægt að kortleggja, sem reiti á korti, er hafa ákveðna sprungustefnu og sprungulekt. Um þá kortlagningu gildir svipað og um kortlagningu vatnajarðfræðilegra bergskrokkanna: Stærð reitanna eru takmörk sett, eða öllu heldur smáð þeirra, svo og fjölda flokka. Því veldur líka fjöldi þeirra athugana, sem hægt er að gera á sprungunum með viðráðanlegu móti. Um sprungumælingar er fjallað í viðauka III.

Óbeint má geta sér til um jarðlekt út frá hæðarlegu grunnvatnsborðs. Í illa lekum bergskrokkum stendur grunnvatnsborð hærra heldur en í vel lekum bergskrokkum eða svæðum með opnum sprungum. Hæð jarðvatnsborðs hefur verið mæld í borholum, eða hún hefur verið metin eftir þykkt ferskvatnslags samkvæmt viðnámsmælingum. Um þetta er fjallað í viðauka VI. Óbeinar upplýsingar um jarðvatnshæð felast í hita- og seltu-

mælingum og efnagreiningum. Á grundvelli niðurstaðna þessara mælinga má geta sér til um legu grunnvatnsbungna og grunnvatnsstrauma (Freysteinn Sigurðsson 1977). Um þessar mælingar er fjallað í viðauka V.

Borholur ná í jörð niður og má því ráða í jarðlög þau, er borað var í, á grundvelli upplýsinga, sem aflað var við borun (svarf, borskýrslur o.s.frv.). Um borholusnið er fjallað í viðauka IV.

#### 4 NÁKVÆMNI OG ÖRYGGI GRUNNVATNSLÍKANS

Á jarðlektarkorti eru mörk jarðlektarsvæða (svæða með sömu jarðlekt) oft sveigð og hlykkjótt. Svæði þessi eru líka mjög misstór. Ræður þar bæði jarðgerðin sjálf og eins, hversu nákvæm þekking á henni er. Reitaskipting á grunnvatnslíkankorti er önnur. Reitirnir eru þríhyrningar og því með beinar hliðar; fjöldi þeirra er takmarkaður af reiknitæknilegum ástæðum; stærð þeirra, og þar með þéttleiki hornpunkta, fer eftir því, hvar mestrar nákvæmni er óskað.

Drættir reiknaðs grunnvatnskorts eru háðir legu og fjölda punkta og reita í líkaninu. Því þéttari sem punktarnir eru, því finni verða drættirnir. Um leið minnkar öryggi gilda í hverjum punkti, nema reitum á jarðlektarkorti og grunnvatnshæðapunktum á mældu grunnvatnskorti fjölgi að sama skapi, svo að máta megi reiknað grunnvatnsborð við mælt grunnvatnsborð af einhverri skynsemi. Sé þessum punktum og reitum ekki fjölgað, þá eru nýju, fínu drættirnir í reiknaða grunnvatnsborðinu lítið eða ekki marktækir. Í þessu tilvikki er líkanið gert nákvæmara en grundvöllur þess.

Fjarri vatnsvinnslusvæðinu verða reitir oft stórir á líkankortinu, einkum ef talið er, að áhrifa þaðan gæti lítt á vatnsvinnslusvæðinu. Hæð jarðvatnsborðs og rennsli grunnvatnsstrauma getur þar orðið fjarri sanni, vegna of mikillar einföldunar. Það þarf ekki að koma neitt að sök, hvað varðar vandamál á vatnsvinnslusvæðinu sjálfu. Hins verður að gæta, að treysta þessum upplýsingum varlega á svæði þessu sjálfu. Þannig er t.d. varasamt að taka of bókstaflega niðurstöður á grunnvatnskorti því, sem reiknað var vegna Lágasvæðis (Jón Ingimarsson og Jónas Elíasson 1980), hvað varðar grunnvatnsstreymi til Vogavíkur eða Stóru-Sandvíkur.

Best er að sjálfsögðu, að samræmi sé á milli grunnvatnslíkans og þekkingar þeirrar, sem líkanið byggir á. Betri og nákvæmari þekking, en þarf fyrir líkanið, skaðar að sjálfsögðu ekki, en gæti hafa kostað óþarfa rannsókn, svo fremi sem það var fyrirsjáanlegt. Líkan, sem byggt er á ónógri þekkingu, hefur lítinn tilgang og getur meira að segja verið villandi. Hér skal því endurtekin sú ítrekun, að niðurstöður líkanreikninga eru aldrei betri né traustari en líkanið sjálft og grunnur þess, en það er svo aftur aldrei betra né traustara en rannsóknir þær, sem gerðar hafa verið til að finna nauðsynlegan grunn að líkaninu.