



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Helga Tulinius  
Jens Tómasson  
Þorsteinn Thorsteinsson  
Guðlaugur Hermannsson

**REYKJAVÍK, HOLA RV-40**  
**Rannsóknir og tengsl holunnar**  
**við aðra hluta Laugarnessvæðisins**

OS-85023/JHD-06  
Reykjavík, apríl 1985

Unnið fyrir  
Hitaveitu Reykjavíkur



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer 611111

**Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Helga Tulinius  
Jens Tómasson  
Þorsteinn Thorsteinsson  
Guðlaugur Hermannsson**

# **REYKJAVÍK, HOLA RV-40**

## **Rannsóknir og tengsl holunnar við aðra hluta Laugarnessvæðisins**

**OS-85023/JHD-06**  
Reykjavík, apríl 1985

**Unnið fyrir  
Hitaveitu Reykjavíkur**

## ÁGRIP

Hola RV-40, sem er rétt vestan við Þvottalaugarnar í Reykjavík, var boruð í byrjun árs 1984 og varð 2191 m djúp. Í þessari skýrslu eru birtar niðurstöður rannsókna á jarðlögum og ummyndun svo og mælinga í holunni, og þær notaðar til samanburðar og tenginga við aðra hluta Laugarnessvæðisins.

Jarðlagatenging neðri hluta svæðisins reynist einföld. Einungis þarf að taka tillit til austlægs jarðlagahalla sem er 6-8°. Tengt er milli hola RV-40, RV-35 og RV-34. Upphleðslusaga efri hluta svæðisins er heldur flóknari því mun meira móberg kemur fram í efri hluta RV-40 en holunum vestar á svæðinu, og jafnframt er þar til staðar þykkt dólerítinnskot (u.p.b. 200-450 m dýpis) sem ekki finnst vestantil á svæðinu.

Hvergi er grynnra á gamla háhitaummyndun á Laugarnessvæðinu en í RV-40. Epidót/klórít belti kemur fram milli 500 og 600 m, og dæmi um staðbundna hitamyndbreytingu (hedenbergít, granat) er að finna neðar í holunni. Ummyndunarsagan er rakin og borin saman við þróun ummyndunar vestantil á svæðinu. Í stórum dráttum er sagan svipuð, til dæmis virðist unnt að rekja tiltölulega ungan "kólnunaratburð" milli borhola á svæðinu.

Vísbindingu um lægri berghita austantil á svæðinu en vestan má finna í ummyndun bergsins, og er það í samræmi við mældann hita. Einnig sýna ummyndunarrannsóknir að berg hafi um langa hríð verið þéttara á Þvottalaugasvæðinu en vestar á Laugarnessvæðinu. Þau gögn benda til að sé um umtalsvert magn gegnumflæðandi djúpvatns að ræða í nágrenni RV-40, þá sé það að finna í lóðréttum vatnsleiðurum.

Hitamælingar í RV-40 sýna að berghiti er lægri austantil á svæðinu en vestan. Neðan 800 m og í botn virðist berghiti liggja milli 110-115°C, sem er um 30°C lægra en vestantil á svæðinu á sama dýptarbili. Hinn jafni hiti er túlkaður svo, að um lóðrétt vatnsstreymi sé að ræða á Þvottalaugasvæðinu. Vatnsæðar holunnar í borun voru hins vegar litlar, þó nokkuð tækist að auka gæfni hennar með þrýstiprófun í lok borunar. Dæluprófun hefur ekki verið framkvæmd svo ekki er hægt að meta vinnslueiginleika holunnar umfram það sem gert var í áfangaskýrslu. Ljóst er þó að árstíðabundinnar sveiflu vatnsborðs vegna vinnslu á Laugarnessvæðinu gætir í holu RV-40.

Reykjavík 17/4 1985  
Dags.JT/GÓF/pp  
Tilv. yðarHitaveita Reykjavíkur  
Grensásvegi 1  
108 REYKJAVÍK

## VARÐAR RANNSÓKNIR Á HOLU RV-40, REYKJAVÍK

Hér með fylgir lokaskýrsla um rannsóknir á holu RV-40 við Þvottalaugarnar í Reykjavík. Jarðhitadeild hefur unnið þetta verk fyrir Hitaveitu Reykjavíkur samkvæmt samningi dagsettum 17. febrúar 1984.

Nokkur óvissa er enn um vinnslueiginleika holunnar sökum þess að fyrirhuguð dæluprófun hefur ekki farið fram.

Virðingarfyllst

*Jens Tómasson*  
Jens Tómasson

EFNISYFIRLIT

	Bls
ÁGRIP .....	2
EFNISYFIRLIT .....	3
MYNDA- OG TÖFLUSKRÁ .....	4
1 INNGANGUR .....	5
2 JARÐLÖG .....	7
2.1 Yfirlit .....	7
2.2 Mælingar .....	7
2.3 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar .....	11
2.4 Tenging milli borhola .....	14
3 UMMYNDUN .....	19
3.1 Dreifing ummyndunar .....	19
3.2 Þróun ummyndunar og umræða .....	22
4 ÁSTAND JARÐHITAKERFIS .....	26
4.1 Yfirlit yfir vatnsleiðni og vinnslueiginleika ..	26
4.2 Hitamælingar .....	27
5 HELSTU NIÐURSTÖÐUR .....	31
HEIMILDIR .....	33
VIÐAUKI: Nákvæmt jarðlagasnið og mælingar .....	35

## MYNDASKRÁ

	Bls.
1 Staðsetningarkort .....	5
2 SiO <sub>2</sub> - tíðnidreifing í RV-40 .....	8
3 Poruhluti - tíðnidreifing í RV-40 .....	8
4 Viðnámsmælingar - tíðnidreifingar í RV-40 .....	10
5 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í RV-40 .....	12
6 Jarðlagatenging milli borhola á Laugarnessvæðinu .....	16
7 Tenging jarðlaga og ummyndunar á Laugarnessvæðinu .....	18
8 Dreifing ummyndunar í RV-40 .....	20
9 Þróun ummyndunar í RV-40 .....	24
10 Breyting vatnsborðs í RV-40 og H-3 .....	26
11 Hitamælingar í RV-40, 84.05.10 .....	28
12 Hitamælingar í RV-40, 84.08.14 .....	29

## TÖFLUSKRÁ

1 Mælingar í RV-34, RV-35, RV-38 og RV-40 .....	11
---	----

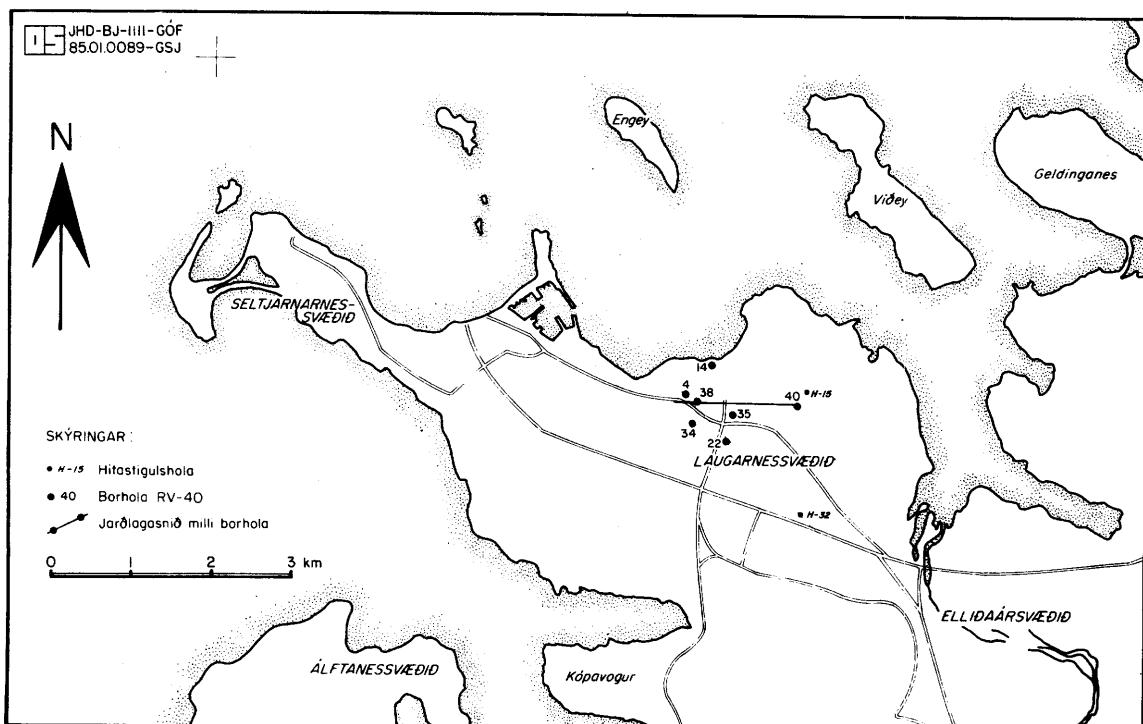
## 1 INNGANGUR

Hola RV-40 var boruð með Gufubor í byrjun árs 1984 (84.02.08.-84.03.26). Niður á 300 m dýpi var notuð 311 mm króna og holan fódruð með 244 mm rörum niður á 296 m dýpi. Síðan var borað með 216 mm krónu niður á 2191 m dýpi. Holan er nánast bein, mestur halli mældur 3.1° á 2050 m dýpi.

Verkgangi og helstu niðurstöðum borunar hefur verið lýst í tveim B-skýrslum (Helga Tulínus o.fl. 1984, Jens Tómasson o.fl. 1984). Borverkið gekk nokkurn vegin samkvæmt áætlunum. Einungis þurfti að steypa tvisvar, í fyrra skiptið til að festa höggborsfóðringu, og í seinna skiptið var steyppt í 711 mm skáp á 600 m dýpi.

Hola RV-40 er rétt vestan við Þvottalaugarnar og er staðsetning hennar sýnd á mynd 1 (mæld hnit eru: X = 19473,75 ; y = 17542,69 ; og hæð 12,76 m.y.s). Við Þvottalaugarnar er annar af tveim stöðum á Laugarnessvæðinu sem sýnir hærri hitastigul en umhverfið, en hinn er á núverandi vinnslusvæði hitaveitunar (Jens Tómasson o.fl. 1977).

Holu RV-40 var valin staður við Þvottalaugarnar í því skyni að kanna dýpri hluta jarðhitakerfisins þar með tilliti til hitaástands og vatnafræðilegs sambands við vestari hluta Laugarnessvæðisins. Svæðið umhverfis RV-40, þ.e. eystri hluti Laugarnessvæðisins, er jöfnum höndum kennt við Þvottalaugarnar í þessari skýrslu.



MYND 1. Staðsetningarkort

Svo sem fram kom í fyrri B-skýrslunni um holu RV-40 benda þyngdar-  
mælingar svo og óbirt segulkort í fórum OS til, að undir Þvotta-  
laugunum sé mikið af innskotum á litlu dýpi, sennilega tengd  
Kjalarneseldstöðinni (Ingvar B. Friðleifsson, 1973). Við borun holu  
RV-40 kom í ljós þykkur innskotakafli frá rúmlega 100 m dýpi niður á  
tæplega 500 m dýpi, og má heita að á milli 200-460 m sé nær samfelld  
dólerítinnskot.

Skoltöp í borun reyndust lítilfjörleg en nokkuð tókst að bæta holuna  
með þrýstiprófun í lok borunar, og virtist hola gefa um 14 l/s miðað  
við 100 m niðurdrátt, en hefðbundnar þrepaðælingar að lokinni þrýsti-  
prófun voru ekki gerðar þar sem fyrirhugað var að dæluþrófun yrði  
framkvæmd síðar á árinu. Af því hefur þó ekki orðið enn. Vinnslu-  
eiginleika er því ekki unnt að meta endanlega. Fjallað er um ætlaðan  
berghita umhverfis holu RV-40 í ljósi upphitunarmælinga meðan á borun  
stóð og svo síðari hitamælinga.

Gerður er samanburður við vestari hluta Laugarnessvæðisins með tilliti  
til jarðlaga, jarðlagamælinga og ummyndunar. Til þess eru notuð birt  
og óbirt gögn úr RV-4, RV-34, RV-35 og RV-38, sem sett eru fram í  
einfölduðu formi í köflum 2 og 3.



## 2 JARÐLÖG

### 2.1 Yfirlit

Yfirlit um helstu einkenni jarðlaga holu RV-40 var birt í tveim áfangaskýrslum um holuna (Helga Tuliníus o.fl. 1984; Jens Tómasson o.fl. 1984). Svo sem getið er í þeirri síðari var fyrirhugað að endurskoða jarðlagasniðin að loknum þunnsneiðaathugunum og samanburði við jarðlagamælingar. Endurskoðun og samanburður hefur nú farið fram, og eru helstu breytingar á jarðlagasniðinu þær, að ísúra bergið neðan 1500 m fær rétta myndmerkingu. Einnig voru gerðar nokkrar minnháttar breytingar sem óþarft er að tíunda. Vert er þó að geta ljósa lagsins milli 2104-2110 m sem ætlað var að gæti reynst nothæft leiðarlag (Jens Tómasson o.fl. 1984). Lagið virðist vera súrt að samsetningu að því er séð verður, en gammamæling er ekki til á þessu dýpi í RV-40. Leitað var að samsvarandi jarðlagi í holum RV-35 og RV-34 og reyndist um nothæft leiðarlag að ræða. Af þeim sökum er lagið sýnt á einfölduðu jarðlagasniðunum.

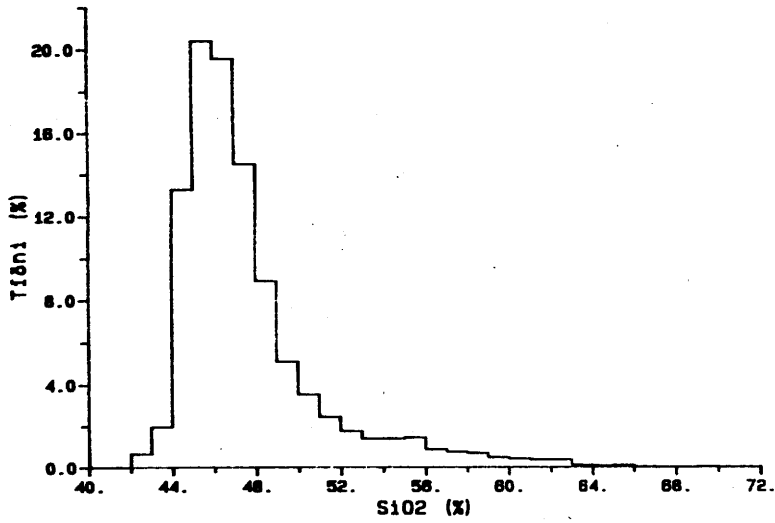
Endurskoðaða jarðlagasniðið ásamt jarðlagamælingum er birt í viðauka. Gammamælingar og nifteindadreifing eru reiknaðar yfir í kísilsýruinnihald og poruhluta og birtar í stað viðkomandi mælinga með endurskoðaða jarðlagasniðinu. Þrátt fyrir nokkrar breytingar í framsetningu jarðlagasniðsins, er ekki talin ástæða til að endurrita einfölduðu samantektirnar um jarðlögin sem birtust í áfangaskýrslunum. Þess í stað er framsetning á jarðlagasyrpum og mælingum holu RV-40 einfölduð enn frekar í þessari skýrslu (kafla 2.3). Jafnframt var unnið úr helstu jarðlagamælingum úr holum RV-34, RV-35 og RV-38 (tafla 1) og framsetning þeirra og jarðlagasyrpa holanna aðlöguð samanburði við RV-40 (kafla 2.4).

### 2.2 Mælingar

Í áfangaskýrslum um RV-40 voru birtar töflur og myndir yfir þær mælingar sem gerðar voru meðan á borun stóð og við þrýstiprófanir í lok borunar. Síðan þá hafa bæst við tvær hitamælingar (tafla 1) og verður nánar fjallað um þær í kafla 4. Í áfangaskýrslunum voru mælingarnar birtar nokkurn veginn eins og þær komu úr mælingabílum, aðeins var búið að samræma dýptarkvarða þeirra og er dýpið miðað við drifborð Gufubors í þeim öllum. Þessar mælingar eru birtar aftur í viðauka, ásamt endurskoðuðu jarðlagasniði og einnig eru vatnsæðar og vísbendingar um vatnsæðar merktar inn á myndina. Gammamælingin hefur verið leiðrétt fyrir vídd og reiknuð yfir í kísilsýru eins og áður sagði (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982).

JHD.BM.1111.HTu1  
85.02.0323 T

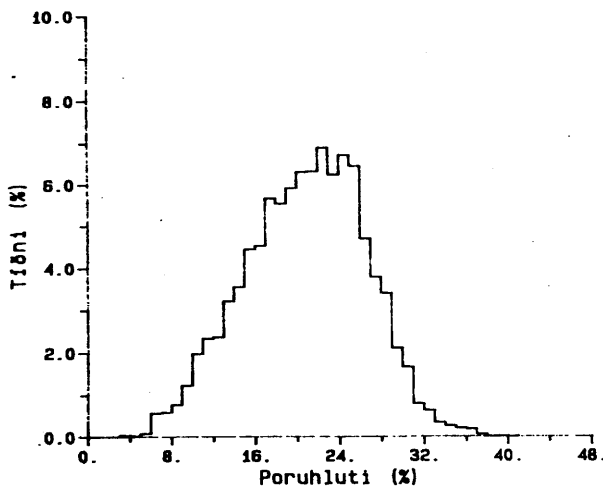
### REYKJAVIK HOLA RV-40



MYND 2. SiO<sub>2</sub> - tíðnidreifing í RV-40

JHD.BM.1111.HTu1  
85.02.0322 T

### REYKJAVIK HOLA RV-40 310-2072 m




Mynd 3. Poruhlutí - tíðnidreifing í RV-40

Á mynd 2 sést tíðnidreifing (reiknaðs) kísilsýruinnihalds bergsins niður holuna. Þar kemur fram að toppur er við (45-46)% en dreifing nær frá (42-67)%. Meðaltalið er  $(47,7 \pm 3,5)\%$  sem er nokkuð lágt miðað við að berg með þóleiítssamsetningu virðist yfirgnæfandi í holunni. Kvörðun á gammamælingum yfir í kísilsýru kann þó að vera fremur ónákvæm fyrir lág mæligildi. Umreikningur yfir í kísilsýru gefur þó góða hugmynd um stærri breytingar í kísilsýruinnihaldi bergs, t.d. toppurinn í 1480-1740 m (mynd 5).

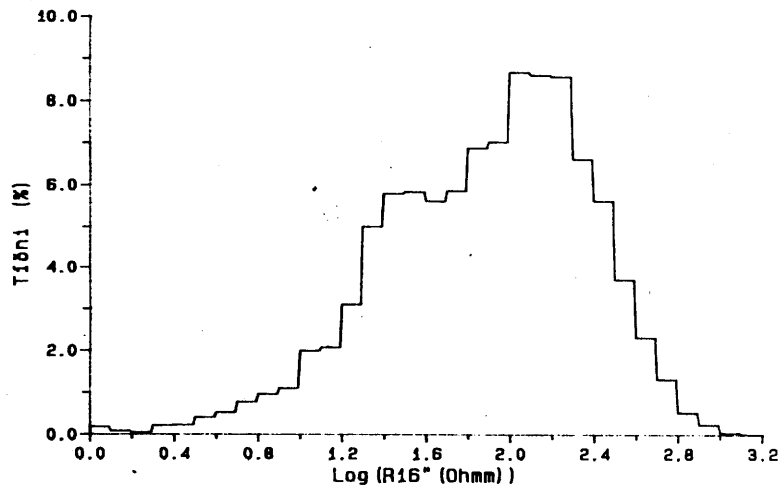
Nifteindamælingin hefur einnig verið víddarleiðrétt og reiknuð yfir í poruhluta. Það sem hér er kallað poruhluti er í raun allt vatn í berginu bæði bundið í ummyndunarsteindum og óbundið (í porum og sprungum). Poruhlutinn reiknaður út frá nifteindamælingum er yfirleitt frekar hár. Tíðnidreifing poruhluta fyrir bilið 310-2072 m er birt á mynd 3. Toppur er við (22-23)% og nær dreifingin yfir bilið (3-40)%. Meðalporuhluti yfir dýptarbilið er  $(21 \pm 6)\%$ , sem er mjög hátt og er líklegt að einhver skekkja í kvörðun hafi áhrif til hækkunar á útreiknuðum poruhluta.


Viðnámsmælingarnar eru birtar óbreyttar frá áfangaskýrslunum. Þar sem viðnámsgildin ná yfir langt bil, þá er venjan að birta logaritmiska dreifingu þeirra. Á mynd 4 eru lógaritmísk tíðnidreifing fyrir báðar viðnámsmælingarnar. Þar sést að bilið í dreifingu nær frá 0 (1 Ohmm) og upp í 3,2 (1580 Ohmm). Tveir toppar sjást fyrir báðar mælingarnar við 1,5-1,6 og 2,0-2,1 fyrir aðra (16"), en við 1,3-1,4 og 1,9-2,0 fyrir hina (64"). Meðaltöl mælinganna eru mjög lík, um 128 Ohmm ( $1.88 \pm 0.49$  og  $1.87 \pm 0.49$  í lógarithma) og bendir það til þess að þau séu lítið trufluð af vídd holunnar.

Til að sjá betur stærri breytingar í mæligildunum með dýpi, þ.e. áhrif einstakra jarðlagakafla, þá eru einfaldar mælingar af kísilsýru ( $\text{SiO}_2$ ), poruhluta og viðnámunum birtar á mynd 5 ásamt einfölduðu jarðlagasniði og vatnsæðum holunnar. Mælingarnar eru einfaldaðar á þann hátt að tekið er 50 m hlaupandi meðaltal (þríhyrningslaga). Við það mást allar breytingar í mælingunum út sem ná yfir minna en 50 m. Samskonar einföldun er beitt á mælingar úr öðrum holum á svæðinu sem bornar eru saman við holu RV-40.

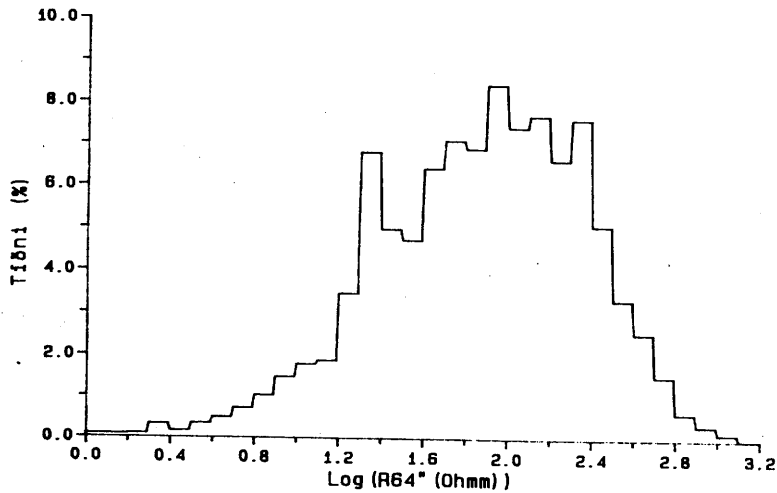
 JHD.BM.1111.HTu1  
85.02.0324 T

### REYKJAVÍK HOLA RV-40



 JHD.BM.1111.HTu1  
85.02.0325 T

### REYKJAVÍK HOLA RV-40



MYND 4. Viðnámsmælingar - tíðnidreifingar í RV-40

TAFLA 1 Mælingar í RV-34, RV-35, RV-38, RV-40

	Dags.	Dýpi (m)	Ath.
RV-34			
Vídd	78.10.29	100-3040	Léleg upplausn í mælingunni
Viðnám 16",64"	78.10.29	330-3060	
NN,Gamma	78.(dags.óþekkt)	170-3077	NN-kvörðun léleg,Gamma ókvarðað
RV-35			
Vídd	79.02.09		
Viðnám 16",64"	79.02.10	707-2840	
NN,Gamma	79.02.04	230-2840	Kvörðun óviss
RV-38			
Vídd	82.03.29	340-1080	Ókvarðað
Viðnám 16",64"	82.02.22	330-1130	
RV-40			
Hiti	84.05.10	10-2090	
Hiti	84.08.14	50-2080	

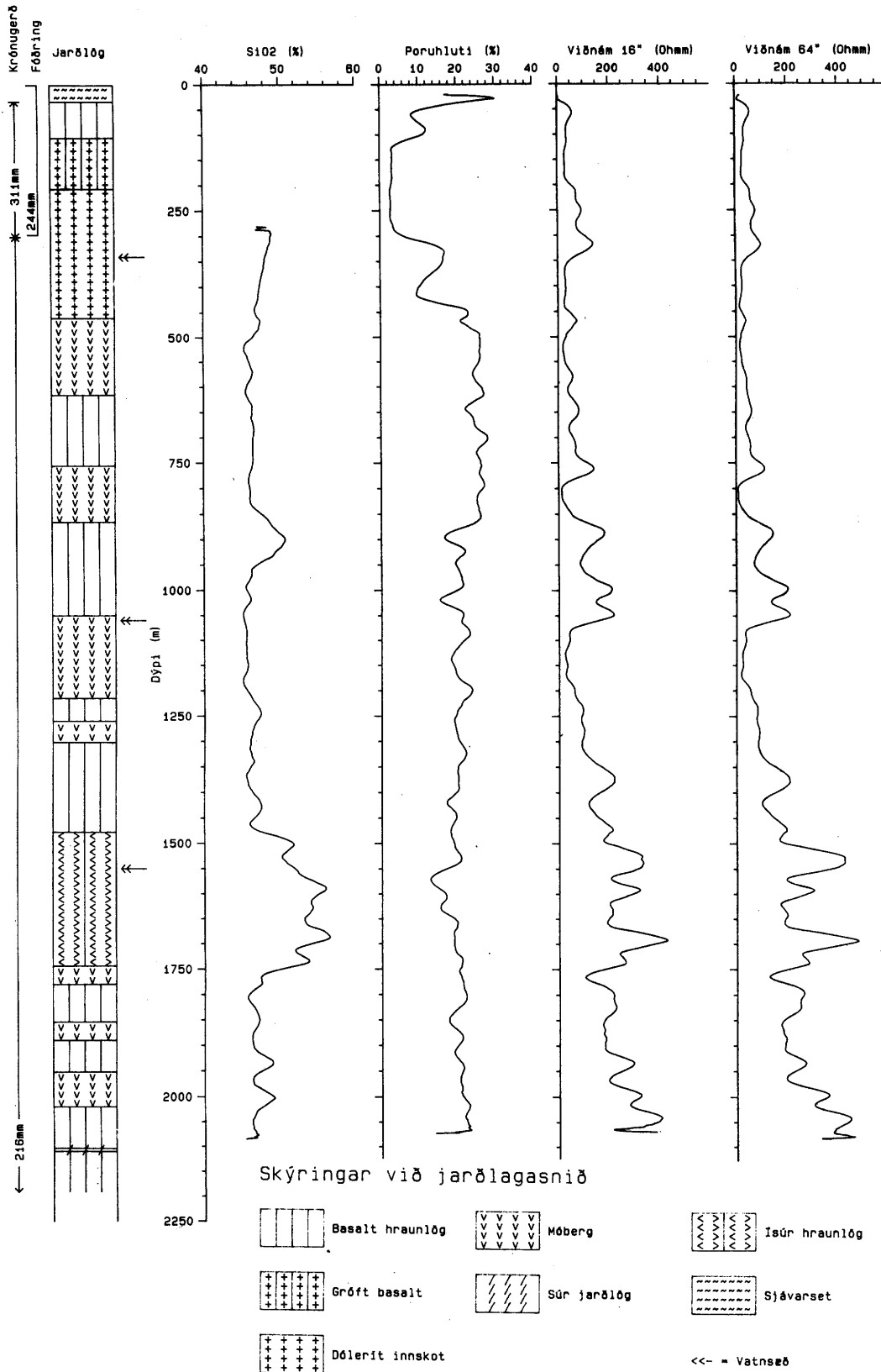
### 2.3 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar

Við flokkun jarðlaga í syrpur er notuð mjög einföld skipting (mynd 5). Sama á við um skiptingu jarðlaga í holum RV-4, RV-34, RV-35 og RV-38, sem bornar eru saman við holu RV-40 í kafla 2.4. Lýsing á jarðlagaflokkuninni hér að neðan á því við um allar þessar holur.

Allar gerðir hraunlaga eru dregnar saman í einn flokk sem "hraunlög", og því einungis aðgreindar að um ótvíræðar einingar sé að ræða, svo sem ólivín-þóleiít hraunlagasyrpan (gróft basalt) nærri 500 m dýpi í holum RV-34 og RV-35 (sjá mynd 6). (Þessi hraunlagæining sést hins vegar ekki í holu RV-40). Hér er því notuð mjög einfölduð jarðlagaskipting, því ljóst er að einstök hraunlög eru um margt ólík, svo sem í þykkt, þéttleika og grófleika, og sama á við um millilög þeirra. Samskonar einföldun er beitt við skiptingu móbergsins.

JHD-BM/BJ-1111  
85.02.236 GuH/T

REYKJAVIK HOLA RV-40  
EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



Mynd 5. Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í RV-40

Laus glerkennd jarðlög eru flokkuð sem "Móberg" og er ekki gerður greinarmunur á túffi, hugsanlegu bólstrabergi, basaltbreksíum eða móbergsættuðum setlögum. Fæst þannig fram einföld skipting algengustu jarðlagagerða, sem auðveldar samanburð milli hola.

Þriðji flokkur algengrar jarðlagagerðar, sem nú er fremur auðvelt að aðgreina, er ísúrt fínkorna berg (basaltískt andesít - íslandít). Fram til síðustu ára hafa borholujarðfræðingar nær eingöngu notast við útlitsmun mismunandi berggerða við flokkun bergs. Að hluta til byggir þó flokkun þessi á efnasamsetningu bergsins og má hér nefna til kunnuglegustu dæmin þóleiítbasalt og ólivín-þóleiít basalt. Efnagreiningum hefur hins vegar verið í hóf stillt, en á síðari árum hafa gammamælingar í borholum að nokkru leyst þær af hólmi. Mælingarnar eru ekki hvað síst notadrjúgar þegar um "millistigs" berggerðir er að ræða. Með tilkomu gammamælinganna skiljast t.d. ísúr jarðlög einkar vel frá basaltlögum.

Grófkorna basískt innskotsberg (dólerít) skipar fjórða aðalflokk jarðlaga. Svo sem sést á mynd 5 er nær samfelldur innskotskafla í holu RV-40 frá u.þ.b. 200 m dýpi niður á 450 m dýpi. Ofan 200 m (þ.e. milli 100-200 m) er nokkuð af innskotslögum milli hraunlaga, og er þetta bil auðkennt sem gróft basalt. Þunn dólerítinnskot (svo og önnur basaltinnskot) finnast svo víðar í holunni, eins og sjá má á nákvæma jarðlagasniðinu í Viðauka.

Ellidavogssetið finnst ofarlega í flestum borholum á Laugarnessvæðinu og er auðkennt sem sjávarset.

Neðan sjávarsetsins í holu RV-40 er komið í fyrstu hraunlagaeininguna, sem nær niður í u.þ.b. 100 m dýpi. Þar fer að bera nokkuð á meðaltil grófkorna basaltinnskotum, og eykst tíðni þeirra þar til komið er inn í samfelldan innskotakafla (dólerít, mynd 5) nærri 200 m dýpi. Dólerítinnskotinu (200-450 m dýpi) má líkja við stóru innskotin sem sjást á yfirborði í Viðey, á Kjalarnesi og í Þverfelli í Esju. Samsvarandi þykk innskot finnast í nokkrum borholum á Elliðársvæðinu. Innskotið í RV-40 er að nokkru lagskipt, sem kemur fram í svarfi sem aukning í magni ákveðinna frumsteinda annars vegar, og í mismunandi grófleika bergsins hins vegar. Þannig má finna nokkra feldspatríka kafla í innskotinu, svo og stöku lagmót.

Neðan innskotsins er komið í fyrstu móbergseininguna af sjö sem aðgreindar eru í holunni, en milli þeirra eru hraunlagaeiningar (mynd 5).

Það sem helst vekur athygli við skoðun jarðlagasniðsins á mynd 5 neðan þykka innskotsins, er þykkt og fjöldi móbergseininganna borið saman

við aðrar borholur á Laugarnessvæðinu, og er fjallað um það í kafla 2.4. Að sama skapi er tilvist og þykkt ísúra bergsins neðan 1500 m dýpis athyglisverð. Í einfaldaða sniðinu er ísúrt berg sýnt á dýptarbilinu 1480-1742 m. Vert er að vísa til nánari skiptingar berglaga þessa dýptarbils í nákvæma jarðlagasniðinu í viðaukanum. Þar sést að ísúru lögin eru tiltölulega þunn, eða rétt um 10 m flest hver. Það, að viðbættum nokkrum þunnsneiðaathugunum bendir til að ísúri kaflinn sé aðallega hraunlög af basaltandesít samsetningu. Samkvæmt mynd 5 fer kísilinnihald bergsins hæst í u.p.b. 58%, en liggur þó yfirleitt undir 55% SiO<sub>2</sub>.

Milli 2104-2110 m finnst nothæft leiðarlag eins og vonast var eftir. Lag þetta er súrt að samsetningu, fínkornótt og líklega að mestu endurkristallað súrt gler. Í sumum kornum má þó sjá feldspatlista og jafnframt í öðrum feldspatdíla. Lag þetta er sýnt sem súrt jarðlag í einfölduðu sniðunum. Gammamælingar eru ekki til af þessu lagi í holu RV-40, því engin mælitæki komust niður fyrir 2080 m dýpi (Jens Tómasson o.fl. 1984).

Af mynd 5 sést að samræmi milli jarðlaga og mælinga er gott. Þannig sést að reiknaður poruhluti, er að jafnaði heldur hærri í móbergslögunum en hraunlögunum, og sést það betur á nákvæma jarðlagasniðinu í Viðauka. Ummyndun glerhluta móbergisins er svo gott sem algjör og magn ummyndunarsteinda og þar með vatnsinnihald því yfirleitt meira í móberginu en í þéttari hraunlögum. Þar við bætist að móbergsmýndanir eru gjarnan groprar.

Á mynd 5 eru jafnframt sýndir 16" og 64" viðnámsferlar. Sýna þeir gott samræmi við einfaldaða jarðlagasniðið. Þannig mælist herra viðnám á móts við hraunlagasypurnar en móbergskafana. Áberandi hátt viðnám sést jafnframt á móts við ísúra jarðlagakaflann, sem lætur vel að þéttu bergi. Meðalviðnámið hækkar heldur er neðar dregur og þéttleiki jarðlaga vex.

#### 2.4 Tenging milli borhola

Á mynd 6 eru birt einfölduð jarðlagasnið af holum RV-40, RV-35 og RV-34, en milli RV-40 og RV-35 eru tæpir 800 m og rúmir 600 m milli RV-35 og RV-34. Fjarlægð milli holanna á mynd 6 er hlutfallslega rétt, en fylgt er sniðlínu milli RV-40 og RV-38 (mynd 1). Á mynd 6 eru jafnframt sýndir einfaldaðir mæliferlar fyrir gammamælingar (heildregnar línur) og 16" viðnámsmælingar (brotnar línur). Gammamælingarnar úr holum RV-34 og RV-35 eru meðal þeirra fyrstu sem gerðar voru hér á landi, og kvörðun þeirra því ekki mjög ábyggileg. Af þeim sökum voru mælingarnar kvarðaðar þannig að þær samsvari mælingum úr RV-40 (frá 0-70 API GU).

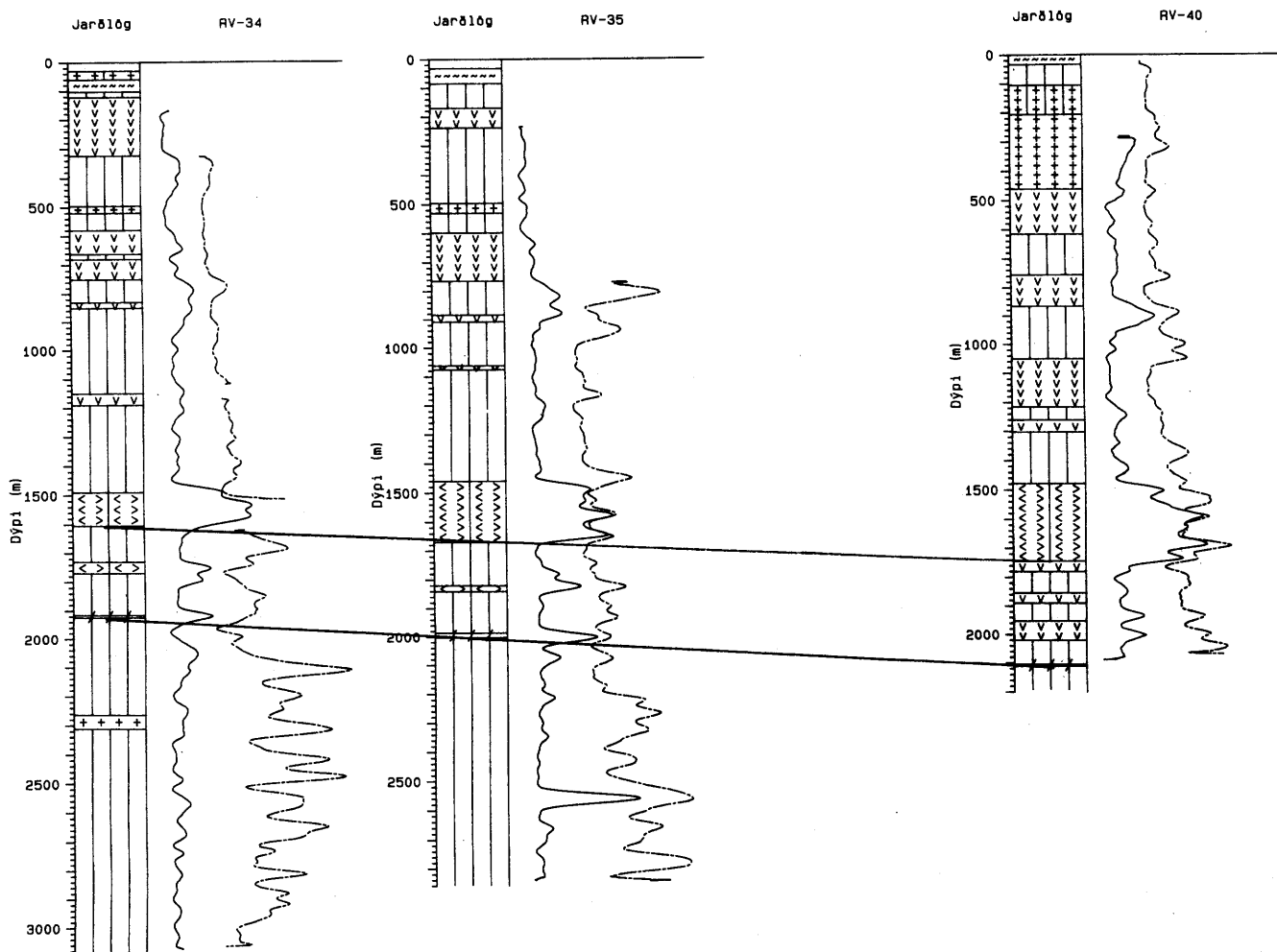


Svo sem fram hefur komið (kafla 2.3) er sömu einföldunum beitt við jarðlagaskiptingu allra holanna. Einfaldaða jarðlagaskiptingin fyrir holur RV-34 og RV-35 var unnin upp úr óbirtum gögnum Orkustofnunar (Fnr. 18190 (34) og Fnr. 17973 (35)) að hluta til, en jafnframt voru jarðlög endurtúlkuð að nokkru með skoðun svarfspjalda af báðum holum.








A mynd 6 eru sýndar tvær augljósar tengilínur milli borholanna. Sú efri er dregin við botn ísúra jarðlagakaflans, sem þynnist til vesturs. Miðað við þessa tengingu fæst jarðlagahalli upp á tæplega 6°. Neðri tengingin er dregin við súra leiðarlagið sem getið er í kafla 2.3 (á 2104-2110 m dýpi í RV-40). Þetta lag var unnt að tengja milli holanna m.a. með skoðun þunnssneiða úr eldri holunum. Útslag í gammamælingunni sést jafnframt á móts við leiðarlagið í RV-35 og RV-34. Reiknaður halli á þessa tengingu er rúmlega 7°, sem er í samræmi við suðaustlægann jarðlagahalla kvarter berggrunns Kjalarnes - Reykjavíkur svæðisins sem er um eða yfir 8° (Ingvar B. Friðleifsson, persl.uppl.). Tenging jarðlaga yfir Laugarnessvæðið virðist því einungis háð jarðlagahalla, a.m.k. niður á 2 km dýpi. Til dæmis sjást engin meiri háttar misgengi. Þessar niðurstöður eru í samræmi við eldri athuganir á svæðinu (Þorsteinn Thorsteinsson og Jónas Elíasson, 1970). Mismunur milli borholanna kemur hins vegar fram ofan 1500 m. Holur RV-34 og RV-35 eru nokkuð líkar nema allra efst, en hola RV-40 mjög ólík hinum, þar sem móbergsmýndanir eru mun þykkari. Þykka dólerítinnskotið ofan til í RV-40 sést svo ekki í holunum vestan til á svæðinu eins og fram hefur komið.

JHD-BM/BJ-1111  
85.02.237 GuH/T

EINFÖLDUD JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR ÚR  
HOLUM RV-34, RV-35 OG RV-40



Skýringar við jarðlagasnið

	Basalt hraunlög		Móberg		Isúr hraunlög
	Gróft basalt		Súr jarðlög		Sjávasset
	Dólerít innskot				

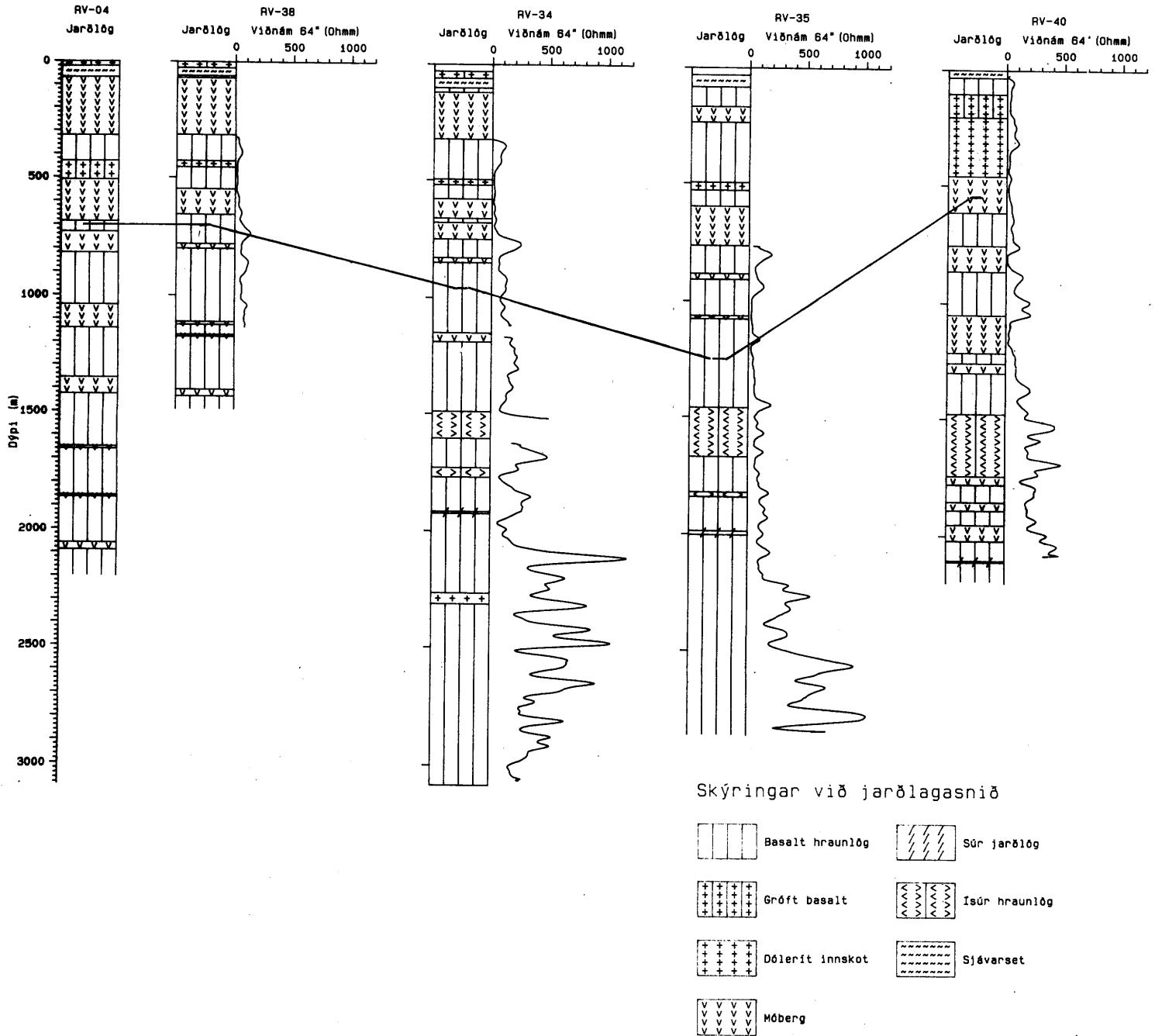
MYND 6. Jarðlagatenging milli borhola á Laugarnessvæðinu. Gamma-mælingar eru sýndar með heildregnum ferli, en 16" viðnámsmælingar með slitnum.

Á mynd 7 eru að viðbættum RV-34, RV-35 og RV-40 sýnd einfölduð jarðlagasnið úr holum RV-38 og RV-4. Með sniðunum eru sýndar einfaldaðar 64" viðnámsmælingar sem ekki hafa birst áður. Hlutfallsleg fjarlægð milli holanna er skekkt í mynd 7. Jarðlagatengsl milli holanna á vestari hluta svæðisins eru auðsæ, en rétt er að benda á hvað viðnámsmælingarnar eru líkar í holunum. Má t.d. benda á toppinn milli 700 og 800 m í RV-38 sem auðgreindur er í hinum holunum og dýpkar á hann til austurs í samræmi við jarðlagahallann.

Á mynd 7 er sýnt með heildreginni línu milli holanna fyrsti fundarstaður epidóts, en svo sem fram kom í inngangi grynnkar á gamla háhitaummyndun í átt til Þvottalaugasvæðisins. Ekki hefur verið unnið mikið að rannsókn á þróun ummyndunar á vestari hluta Laugarnessvæðisins nema hvað helst í holu RV-38 (Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1982). Samanburður á ummyndunargögnum austan og vestan til á svæðinu takmarkast því að nokkru við RV-40 og RV-38, og er fjallað um það í næsta kafla.

JHD-BM/BJ-1111  
85.02.238 GuH/T

EINFÖLDUÐ JARÐLAGASNIÐ OG VIÐNÁMSMÆLINGAR  
ÚR HOLUM Á LAUGARNESSVÆÐI



MYND 7. Tenging jarðlaga og ummyndunar á Laugarnessvæðinu. Heildregin lína milli borhola er dregin við efsta fundarstað epidóts.

### 3 UMMYNDUN

#### 3.1 Dreifing ummyndunar

Rannsókn á ummyndun í holu RV-40 var notuð sem þjálfunarverkefni fyrir einn af styrkþegum Háskóla Sameinuðu Þjóðanna (HSP) 1984, og hefur ummyndun holunnar því verið lýst all ýtarlega (Winai Yaowanoyothin, 1984). Verk það var óháð samningum við Hitaveitu Reykjavíkur. Í framhaldi af verkinu var framkvæmd nokkur viðbótarrannsókn til uppfyllingar gagna. Helstu niðurstöðum er lýst í þessum kafla.

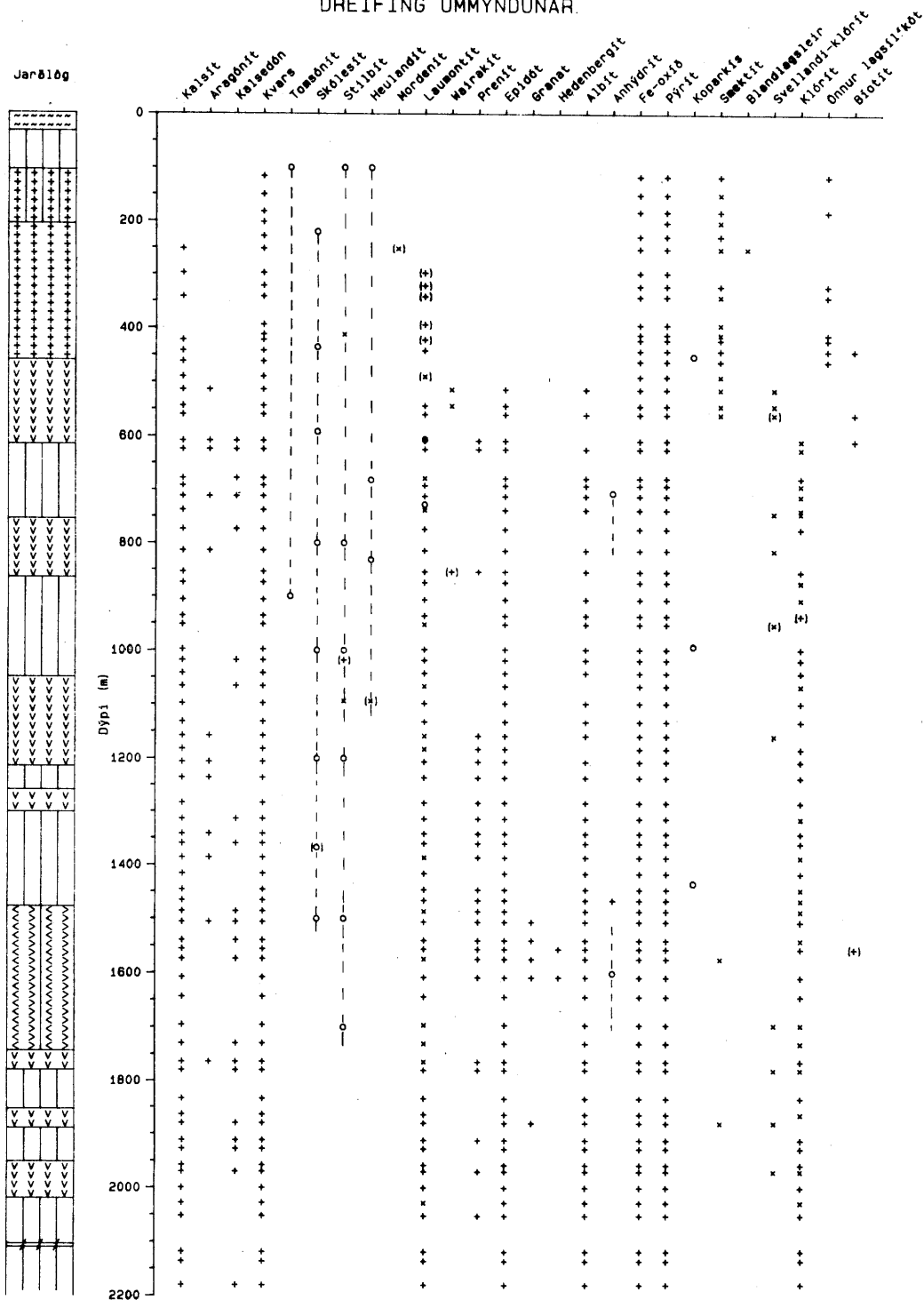
Við skoðun ummyndunarinnar var að mestu notast við hefðbundnar aðferðir Borholujarðfræðideildar, sem felast í ýtarlegri þunnsneiðaskoðun og síðan XRD-greiningum á útfellingum og leir til ákvörðunar steinda og/eða úrskurðar á vafaatriðum þunnsneiðagreiningar. Þunnsneiðar höfðu áður verið valdar með nokkuð reglulegu millibili og það þétt að ekki var talin ástæða til að notast við svarfgreiningu steinda, nema þá til uppfyllingar. Jafnframt voru tíndar út útfellingar úr nokkrum svarfsýnum til XRD-greiningar. Er niðurstöður lágu fyrir (Winai Yaowanoyothin, 1984) voru svarfsýni holunar skoðuð í þeim tilgangi að safna upplýsandi sprungu- og holufyllingabrotum til að fá sem skýrasta mynd af yngsta steindasamfélaginu á hverju dýptarbili. Safnað var yfir 80-200 m dýptarbil og þunnsneið gerð af hverju safni. Markverðustu viðbótarupplýsingar sem fengust úr sýnasöfnunum eru sýndar á mynd 8.

Myndin sýnir dreifingu ummyndunarsteinda í holu RV-40, og er greiningaraðferð táknuð með mismunandi merkingu. Við skoðun myndarinnar sést e.t.v. fyrst að gerð ummyndunarsteindanna er all fjölbreytileg og jafnframt að margar þeirra rekja ættir til háhitakerfis en ekki lág-hita. Er það í samræmi við fyrirliggjandi vitneskju um Laugarnes-svæðið.

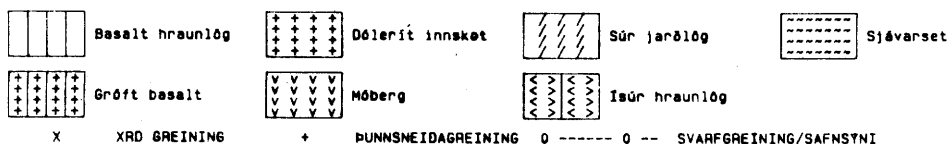
Nokkrar steindir finnast nær alls staðar í holunni neðan mislægisins sem Elliðavogssetið markar. Er þar fyrst að telja kvars, járn-oxíð (trúlega límonít/götít) og pýrít. Með þeim finnst leirsteindin smektít, einkum ofan til í holunni. Milli 200 og 300 m fer fyrst að bera á kalsíti og síðan laumontíti, og finnast þessar steindir niður alla holuna.

JHD-BJ-1111-GOF/T  
B5.03.0405

REYKJAVIK HOLA RV-40  
DREIFING UMMYNDUNAR.



Skýringar við jarðlaga og ummyndunarsnið



Mynd 8. Dreifing ummyndunar í RV-40

Veruleg breyting verður í steindasamfélaginu milli 500 og 600 m, því þar bætast í hópinn steindirnar epidót, svellandi klórít og síðan klórít, albít, wairakít, aragónít og loks prehnít. Milli 500 og 600 m er því komið niður í epidót/klórít ummyndunarbeltið, sem kennt er við einkennissteindirnar, og talið er að myndist fyrst við 230-260°C. Fyrst vottar fyrir epidóti á 544 m dýpi, og samfelldt finnst það frá 580 m dýpi. Hvergi á Reykjavíkursvæðinu er grynna á háhitaummyndun svo vitað sé, en efri mörk beltisins vestan til á svæðinu eru sýnd á mynd 7.

Er neðar dregur í holuna, milli u.þ.b. 1200-1600 m dýpis, er augljós aukning á magni preníts, en þýðing þess er ekki ljós. Í neðri hluta sama dýptarbils finnast svo bæði granat og hedenbergít, en þær steindir eru taldar verða til við hitamyndbreytingu.

Meðal sjaldgæfra ummyndunarsteinda sem finnast í holu RV-40, má nefna bíótít og anhydrit. Á Laugarnessvæðinu hefur anhydrit einungis fundist í holu RV-38 til þessa (Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1982). Á mynd 8 má jafnframt sjá steindaflokk sem kallaður er "önnur lagsiliköt", en í þeim flokki eru lagsiliköt sem mynduðust á kostnað ólivíns í berginu. Annars vegar er um að ræða rauðbrúnt iddingsít og hins vegar grænleita leirsteind sem áður var nefnd bowlingít en er trúlega samsett úr smektíti og jærnoxíði í þessu tilfelli.

Dreifing zeólíta í RV-40 sýnir nokkuð sérstakt mynstur (mynd 8). Laumontít, sem finnst í talsverðu magni, má heita einrátt zeólíta neðan 300 m dýpis, því aðrir zeólítar finnast í það litlu magni að gera þurfti sérstakar ráðstafanir til að kanna gerðir þeirra og dýptardreifingu. Zeólítar þessir (skólesít, stilbít, heulandít og thomsonít) koma fyrir sem sprungufyllingar í smásprungum. Í sömu sprungufyllum finnst stundum brúnleitur leir sem ætlað er að hafi myndast við svipaðan hita og zeólítarnir.

Að lokum er rétt að benda á dreifingu algengra leirsteinda í holunni, en þær eru aðgreindar með XRD-greiningum. Svo sem áður er sagt finnst smektít efst í holunni og niður á u.þ.b. 600 m dýpi, en neðar einungis í tveim af þeim fjölmörgu sýnum sem greind voru með XRD. Blandlagsleir fannst aðeins í einu af 34 XRD-greindum leirsýnum. Svellandi klórít greindist fyrst með smektíti milli 500 og 600 m, en síðan öðru hvoru með klóríti niður holuna (mynd 8). Algengasta leirgerðin er hins vegar klórít sem fannst í nær öllum XRD-greindum sýnum neðan 600 m dýpis. Miðað við ríkjandi berghita hefði mátt búast við að finna meira af lághitaleirsteindinni smektít, og/eða blandlögum smektíts-/klóríts. Svellandi klórít (ásamt blandlagssteindum) er talið myndast á hitabilinu 200-240°C á háhitasvæðum, en klórít við hærri hita (Hrefna Kristmannsdóttir, 1979). Miðað við að svipuð hitastig hafi

ríkt við myndun svellandi klóríts í RV-40 þá virðist lítið hafa myndast af leirsteindum í og umhverfis holuna eftir að svæðið kólnaði niður fyrir 200°C. Það kann svo aftur að benda til lítillar vatns-gengni lághitavatns um bergið sjálft, hvað sem líður vatnsflæði um sprungur. Í smásprungum myndaðist t.d. brúnleitur "lághitaleir" svo sem áður er sagt.

Það að lághitaleir og aðrir zeólítar en laumontít skuli ekki finnast í ríkari mæli en raun ber vitni kemur nokkuð á óvart í ljósi vitneskju um berghita í RV-40, sem er < 120°C (sjá kafla 4.2), og eins í ljósi samanburðar við RV-38 vestan til á Laugarnessvæðinu. Í RV-38 fundust t.d. stilbít o.fl. zeólítar í talsverðu magni niður á u.þ.b. 1 km dýpi, en eingöngu laumontít þar fyrir neðan (Guðmundur Ómar Friðleifsson 1982). Ofan 1 km dýpis er þó fyrst og fremst um mun í magni útfellinganna að ræða því dreifing zeólítanna er svipuð í báðum holunum. Aftur á móti finnast lághitazeólítarnir niður á meira dýpi í RV-40, og er það í samræmi við lægri berghita umhverfis RV-40 (sjá kafla 4.2).

### 3.2 Þróun ummyndunar og umræða.

Þróun ummyndunar í RV-40 var greind eftir því sem tók voru á í þunn-sneiðum af svarfi og sýnasöfnum af sprungu- og holufyllingarbrotum. Einfölduð niðurstaða þeirra athugana er sýnd á mynd 9, sem gefur einskonar heildaryfirlit yfir þróun ummyndunar í RV-40. Áður en vikið er nánar að mynd 9 er þó rétt að geta helstu breytinga í þróun ummyndunar með dýpi.

Í efsta hluta holu RV-40 (ofan 500 m), kemur fram sú mynd að kvars sé eldri útfelling en kalsít, en þessar tvær steindir tengjast trúlegast hinu gamla háhitakerfi svæðisins. Yngra en útfelling kvars og kalsíts er tímabil laumontítútfellinga í berginu. Í kjölfar laumontíts myndaðist svo lághitaleir í kerfinu, og í beinu framhaldi skólesít, stilbít og líklega thomsónít.

Neðan 500 m og niður á u.þ.b. 900 m sést að háhitasteindirnar kvars, klórít og epidót, og síðan kalsít og pyrít, hafa yfirleitt myndast á undan laumontíti. Vísbendingu um yfirprentun kalsíts á laumontít er þó að finna úr þessu dýptabili. Á eftir laumontít útfellingatímabilinu myndaðist fyrst leir og síðan heulandít í efri hluta dýptarbilsins, en anhydrít og síðan skólesít í neðri hlutanum. Anhydrítið er í mjög litlu magni og finnst nær eingöngu í sprungufyllingum með skólesíti. Anhydrítið er sennilega myndað úr söltu vatni og verður rætt frekar hér að neðan.



Sama sagan gildir að mestu um næstu tvö til þrjú hundruð metrana. Á eftir laumontít útfellingatímabilinu féll út leir í smásprungum, og síðan leir með skólesíti eða heulandíti. Allra síðast mynduðust svo skólesít og stilbít. Rétt er að benda sérstaklega á síðustu atburðarás niður holuna. Á eftir laumontíti kemur alls staðar fram leir og anhydrít finnst staðbundið. Í kjölfarið falla síðan út skólesít, stilbít og heulandít. Fundur anhydríts í skólesítsprungufyllu er þekktur úr holu RV-38, en í þeirri holu fundust sprungufyllur með anhydríti á minna dýpi en í holu RV-40, eða milli 510-550 m dýpis, og virtist magn þess fara þverrandi með dýpi (Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1982). Í holu RV-40 sést anhydrít fyrst um 200 m neðar.

Nærtækust túlkun á anhydrítinu er að sjór hafi komist inn í jarðhitakerfið ekki alls fyrir löngu, og líkast til valdið nokkurri kólnun, því breyting í steindasamfélaginu verður samtíma. Ekki er ljóst hvenær þetta gerðist, því jarðhitavatn í kerfinu í dag er fjarri anhydrítmettun. Helst er hallast að ísaldarlokum sem líklegri tíma-setningu á innflæði sjávar í kerfið, því veruleg röskun varð á ísóstatísku jafnvægi við fargléttingu jökuls. Í kjölfarið fylgdi hærri sjávarstaða í Reykjavík samtíma landlyftingu með tilheyrandi sprungumyndunum. Kjörin skilyrði fyrir innflæði sjávar í jarðhitakerfið voru því fyrir hendi á þeim tímum. Þó anhydrítið finnist bæði staðbundið og í litlu magni, þá myndaðist leir mun víðar í RV-40 á sama tíma, og styrkir það frekar þá skoðun að jarðhitakerfið hafi opnast og kólnað í tengslum við ákveðin atburð, fremur en hægara þróun. Þó hér sé að sjálfsögðu um túlkun að ræða, stendur eftir að anhydrít myndaðist á ákveðnu tímabili úr lághitavatninu í Laugarneskerfinu öllu (þ.e. miðað við RV-38 og RV-40), og jafnframt virðist dýpka á myndun þess til austurs.

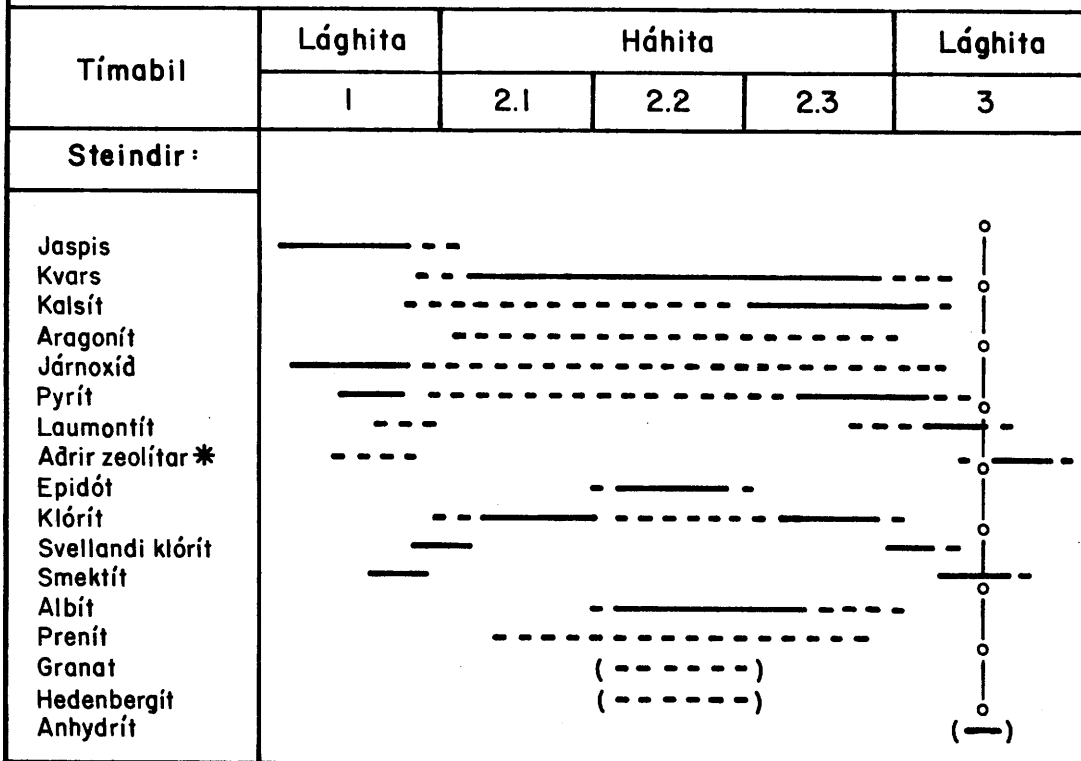
Svo vikið sé að mynd 9, þá sýnir hún þrjú tímabil í jarðhitasögu Þvottalaugasvæðisins, þ.e. gamalt lághitakerfi (1), yngra háhitakerfi (2.1, 2.2 og 2.3) og síðan lághitakerfið (3) sem ríkir í dag. Geta má sérstaklega að nokkrar sterkar vísbendingar fundust í safnsýnum neðan u.þ.b. 1 km dýpis um að lághitazeólítar hafi myndast í jarðhitakerfi (1) áður en háhitakerfi (2) hóf sitt skeið. Háhitatímabilinu er skipt í þrennt út frá steindasamfélaginu. Þar má t.d. sjá að hæsti hiti ríkti í kerfinu á tímabili 2.2, en einhvern tíma á því tímabili mynduðust m.a. steindirnar granat og hedenbergít, trúlegast vegna nálæggra kvikuinnskota (hitagjafa). Atburðurinn sem leiddi til ætlaðrar kólnunar, hugsanlega vegna innflæðis sjóvatns (sjá fyrr), og myndunar leirs, anhydríts og skólesíts er táknaður með lóðréttri línu á tímabili 3.

JHD·BJ·1111·GÓF  
85.03.0371·e

Mynd 9

## Þróun ummyndunar í RV-40 Reykjavík

-----> Tími



**Skýringar :**

----- Öruggur myndunartími

----- Óviss myndunartími

(-----) Staðbundin myndun

\* Aðrir zeolítar : skólesít, stilbít, heulandít, thomsónít

○  
○  
|  
Atburður (sjá texta)

Mynd 9. Þróun ummyndunar í RV-40

Spyrja mætti hvað nútímann varði um þessa ummyndunarsögu. Fyrst skyldi þá augum beint að tímabili 3, og þá einkum seinni hluta þess. Ætlaður "kólnunarátburður" til dæmis, sem sýndur er á mynd 9, er sem slíkur liðin tíð. Áhrifa þessa atburðar kynni þó enn að gæta í kerfinu, t.d. í hærri seltu djúpvatns ?

Svo sem fram hefur komið þurfti að beita sérstakri "einangrunaraðferð" til að sjá síðasta steindasamfélagið í tímabili 3, þ.e. lághitazeólítana (skólesít, stilbít og heulandít) sem líkast til eru nærri jafnvægi við jarðhitavatnið. Þessar lághitasteindir ( $T \leq 120^\circ\text{C}$ ) er að finna a.m.k. niður á 1000-1200 m dýpi og e.t.v. niður holuna, því steindirnar fundust í safnsýnunum niður á 1600-1800 m, þó í minna magni væri og einhver vöskun úr holuveggjum ekki útilokuð. Það að beita þurfti sérstökum tilfæringum til að sjá síðustu steindirnar segir þó e.t.v. merkari sögu, því vísbendingin gæti verið :

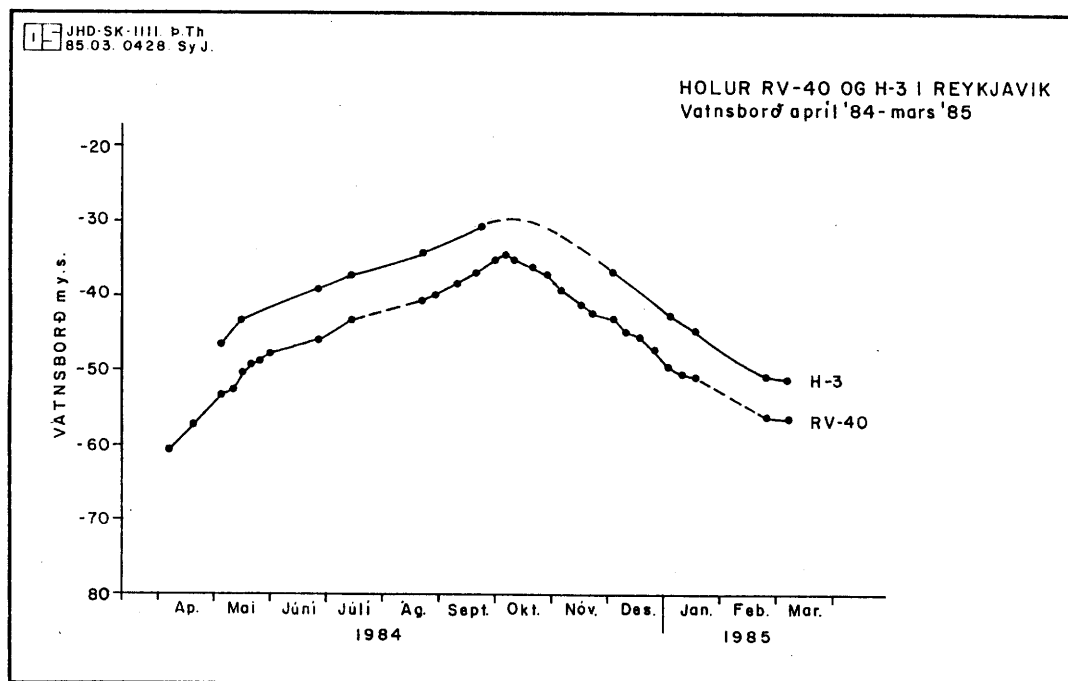
- (i) Að bergið væri þétt og myndun zeólítanna því mjög staðbundin, t.d. við sprungur,
- (ii) Að tími til myndunar þeirra hafi verið jarðfræðilega skammur (tugir til þúsundir ára).

Ljóst er að fyrri kosturinn gildir, því ummyndunarstig bergsins á svæðinu rís hvergi hærra en í í holu RV-40. Berg er þettað af útfellingum og lághitazeólítarnir koma nær eingöngu fyrir sem fyllur í smásprungum. Skoltöp voru að sama skapi óveruleg í borun. Að seinni kosturinn gildi líka er mögulegt því núverandi berghiti er rétt undir  $120^\circ\text{C}$ . Hitamælingar (kaflí 4) benda til að nær beinn berghitaferill í RV-40 eigi sér skýringu í lóðréttu gegnumflæði vatns nærri  $120^\circ\text{C}$  heitu. Í framhaldi af því vakna upp spurningar um eðli þess gegnumflæðis og hve lengi slíkt ástand hafi varað. Síðasta ummyndunin gefur strax þá vísbendingu að berghitaferillinn hafi verið svipaður um nokkuð langan tíma, þ.e. á mannlegan mælinkvarða, því einhvern tíma þarf til myndunar lághitasteindanna sem finnast niður holuna þó í litlu magni sé. Sé um verulegt magn gegnumflæðandi vatns að ræða á þvottalaugasvæðinu, þá bendir hin staðbundna (smásprungur) en þó reglulega dýptardreifing lághitazeólítanna jafnframt til þess, að það vatn sé bundið við afmarkaða lóðrétta vatnsleiðara (sprungur).

#### 4 ASTAND JARÐHITAKERFISINS

##### 4.1 Yfirlit yfir vatnsleiðni og vinnslueiginleika

Aður hefur verið fjallað um vatnsleiðni og vinnslueiginleika RV-40 (Jens Tómasson o.fl. 1984). Heildarvatnsleiðni holunnar var ákvörðuð  $3,2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{PaS}$  í samræmi við hækkunarferil eftir loftdælingu 23. mars '84. Vatnsleiðni dýptarbilsins 296-896 m var á sama hátt ákvarðað eftir ádælingu  $1,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{PaS}$  en dýptarbilsins 896-2082  $1,3 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{PaS}$ . Vatnsleiðni holunnar skiptist því nokkurnvegin jafnt á dýptarbilin. Tregðustuðull var í efra bilinu en það gæti verið vísbending um aðrennsli um sprungur. Stuðullinn var lágur en jákvæður í neðra bilinu sem bendir frekar til lárétts streymis að holunni. Iðustreymisstuðull holunnar var áætlaður út frá loftdælingunni 23. mars  $0,47 \text{ m}/(1/\text{s})^2$  og skammtíma afkastageta 14 l/s miðað við 100 m niðurdrátt. Ekki er enn ljóst hvort fyrirstaða sem fannst í 1550 m dýpi eftir loftdælinguna hefur dregið úr afkastagetu holunnar. Vatnsæðar neðan við 1550 m eru þó ekki taldar miklar.



MYND 10. Breyting vatnsborðs í RV-40 og H-3, 1984-1985

Mælingar á vatnsborði RV-40, bæði einstakar mælingar og með sírita, voru gerðar frá því í aprílbyrjun 1984. Mælingarnar eru sýndar á mynd 10 ásamt einstökum mælingum úr holu H-3 (dýpi 40,5 m). Við lok borunar 23. mars `84 var vatnsborð RV-40 85 m.u.s. en hafði hækkað í 60,79 m.u.s. 6. apríl. Vatnsborðið hækkar síðan um 13 m til 31. maí en síðan hægar í 34,35 m.u.s. 6. október. Það fer síðan lækkandi og er orðið 56,4 m.u.s. 8. mars `85 eða 22 metrum lægra en það var hæst í október 1984.

Marktæk áhrif frá einstökum vinnsluholum á Laugarnessvæðinu verða ekki greind á vatnsborðsferlinum en árstíðabundin sveifla vegna vatns- vinnslu á Laugarnssvæðinu virðist vera því sem næst hin sama og hún er í holu H-3. Vatnsborð H-3 er þó að jafnaði 5-6 metrum hærra. Árstíðabundin sveifla í H-3 hefur verið um 50% af sveiflu mælingar- holunnar RV-7 við Hátún (752 m) en 75% af sveiflu RV-18 við Sigtún (1442 m). Samræmið í árstíðabundnum sveiflum holanna bendir til þess að efsti hluti RV-40 neðan fóðringar í 296 m sé í tengslum við H-3 en að vatnsæðar í neðri hluta hennar séu óháðar Laugarnessvæðinu. Vatns- vinnsla úr RV-40 gæti því að einhverju leyti orðið hrein viðbót við vinnslu Laugarnessvæðisins. Hagkvæmni vinnslunnar færi eftir við- brögðum efri æða holunnar, vatnsgæfni neðri hluta holunnar og vatns- borðslökkun í grunnum holum á Þvottalaugasvæðinu, sem virðast tengdar RV-40 með sprungukerfi neðan við fóðringu á 296 m dýpi.

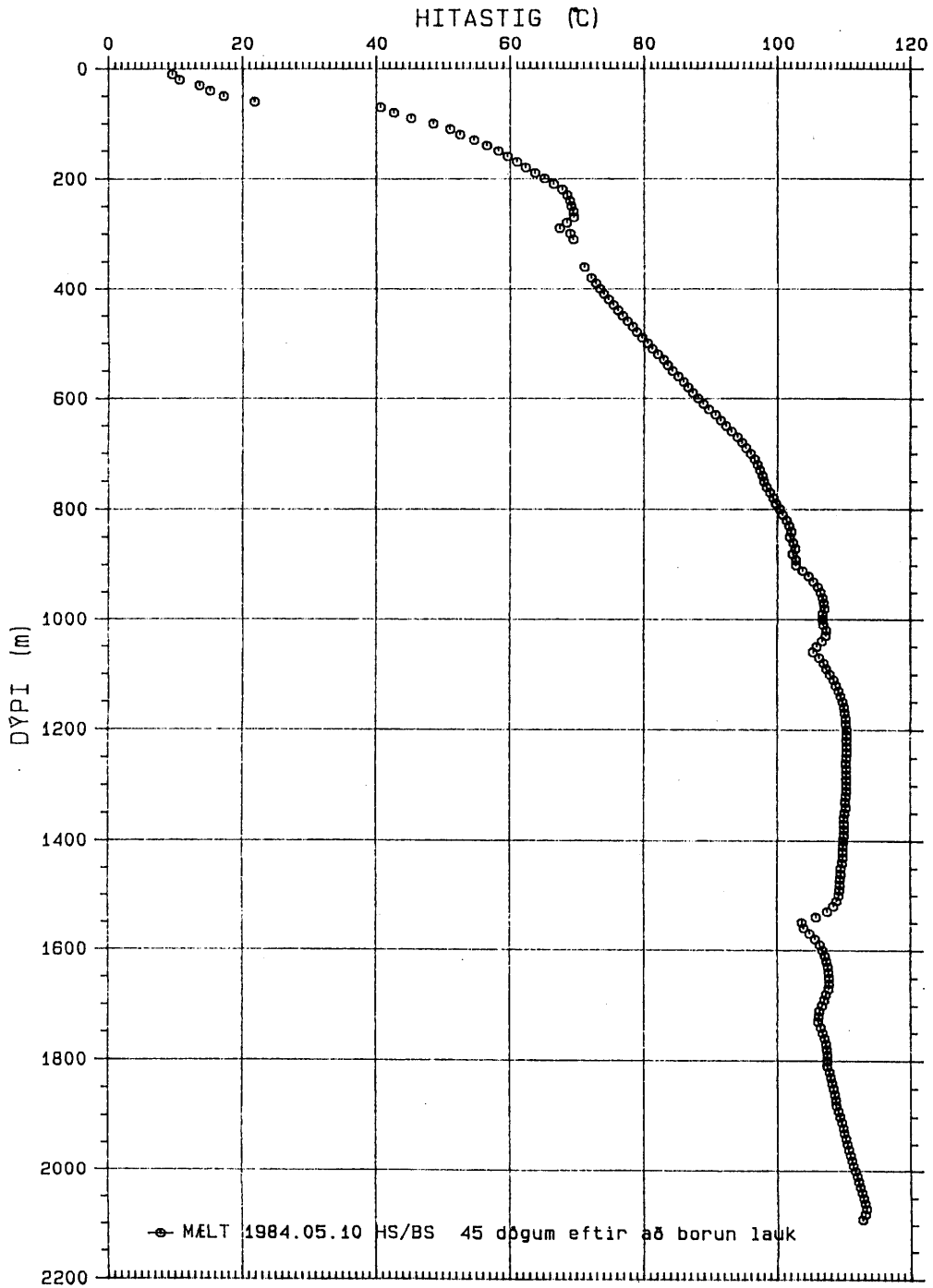
#### 4.2 Hitamælingar

Eins og fyrr segir þá hafa tvær hitamælingar verið gerðar eftir að þrýstiprófunum lauk (myndir 11 og 12). Tilgangurinn með þessum hita- mælingum er að fylgjast með því hvernig holan hitnar upp og fá þannig mat á berghitann.

Tvær upphitunarmælingar voru gerðar í 625 m og 1751 m (Jens Tómasson o.fl. 1984). Túlkun á þeim gaf 105°C og 109°C. Farið var betur yfir þessar túlkanir og nýtt forrit notað (Ragnar Sigurðsson, pers.uppl.) og fengust svipaðar niðurstöður. Eins og sést á myndum 11 og 12 þá hefur holan lítið hitnað á milli mælinga á fyrstu 200 m og frá 1300 m og niður í botn (2100 m). Því má gera ráð fyrir að á þessum dýptar- bilum sé holan að mestu búin að jafna sig fyrir utan æðina í 1550 m. Mælingarnar benda til þess að enn vanti eitthvað upp á upphitun á 625 m dýpi, en að holan sé nær fullheit á 1751 m dýpi.

IE JHD-BM-1111 HTu1  
85.02.254 T

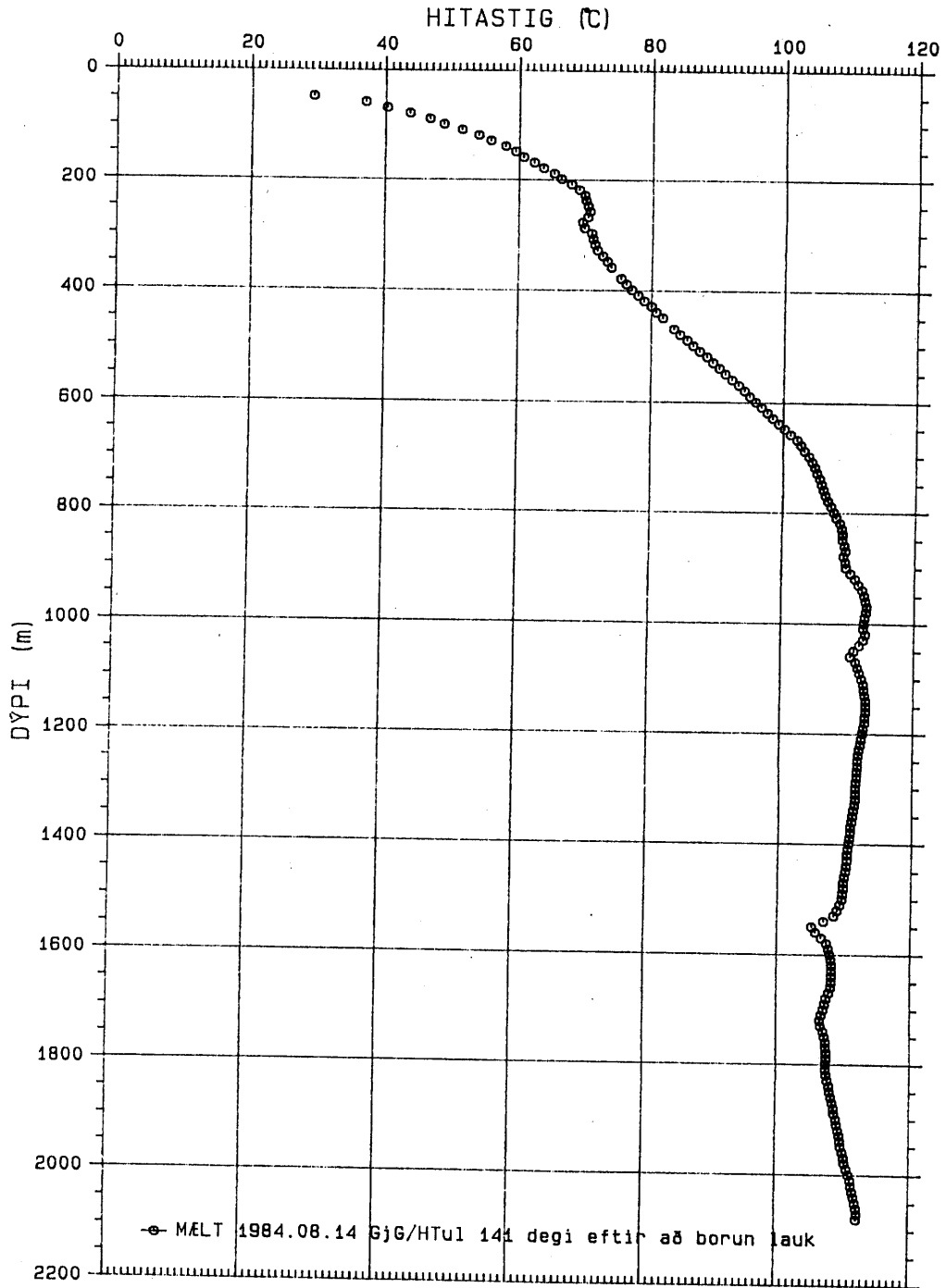
# REYKJAVIK HOLA RV-40 HITAMÆLING



Mynd 11. Hitamæling í RV-40, 84.05.10.

JHD-8M-1111 HTu1  
85.02.255 T

### REYKJAVIK HOLA RV-40 HITAMÆLING



Mynd 12. Hitamæling í RV-40, 84.08.14.

Ekkert millirennisli virðist vera í holunni og auðveldar það mat á berghitanum. Hitinn vex með dýpi niður í a.m.k. 625 m (105°C) en er nokkuð jafn á bilinu 800-2100 m, 110-115°C, sem bendir til lóðréttrar vatnsleiðni á þessu dýptarbili. Vatnskerfið á Þvottalaugasvæðinu virðist því vera svipað og á vinnsluhluta Laugarnessvæðisins, en berg-hitinn er um 30°C lægri.

Aðalæðar holunnar eru í 340 m, 1060 m og 1550 m eins og kom fram í áfangaskýrslunum.



## 5 HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Jarðlög eru flokkuð í fjóra aðalflokka ((1) basalt hraunlög, (2) móberg, (3) ísúr hraunlög og (4) dólerítinnskot) og þrjá aukaflokka ((5) gróft basalt, (6) súr jarðlög og (7) sjávarset). Gammamælingin og nifteindadreifingin eru ummreiknaðar í kísilinnhald og poruhluta bergsins. Einfölduðu 16" og 64" viðnámsmælingarnar sýna góða samsvörun við berggerðaflokka, en einkum eru það gammamælingarnar sem reynast hvað notadrýgstar við jarðlagatengingar.

Í RV-40 eru aðgreindar 8 hraunlagasyrpur og 7 móbergsmýndanir. Jafnframt finnst mjög þykkt dólerítinnskot í holunni (200-450 m). Auk innskots þessa vekur ísúr hraunlagasyrpa (1480-1742 m) og súrt jarðlag (2104-2110 m) sérstaka athygli í holu RV-40.

Jarðlagasamanburður við holur RV-35 og RV-34 vestar á svæðinu er skýr. Unnt er að tengja með öryggi súra og ísúru jarðlögin í neðri hluta allra holanna. Fæst fram austlægur jarðlagahalli um 6-7° sem er sambærilegur við þekktan jarðlagahalla á berggrunni Reykjavíkur og nágrennis. Meiriháttar misgengi eru því ekki á milli vestur- og austurhluta Laugarnessvæðisins. Upphleðslusagan er svipuð í neðri hluta holanna, en ísúra hraunlagasyrpan þykkar austur á bóginn.

Efri hluti holu RV-40 reynist all frábrugðinn efri hluta hola á vestursvæðinu, því auk þykka innskotsins eru móbergsmýndanir mun þykkari á Þvottalaugasvæðinu.

Niðurstaða ummyndunarrannsókna sýnir að þróun ummyndunar er svipuð á Þvottalaugasvæðinu og vestan til á Laugarnessvæðinu. Hvergi er þó grynnra á gamla háhitaummyndun en í RV-40. Ummyndunarsögu RV-40 er skipt í þrennt (mynd 9), þ.e. tímabil lághita (1), háhita (2.1, 2.2 og 2.3) og núverandi lághitakerfis (3). Anhydrit, sem ætlað er að hafi myndast í söltu lághitavatni virðist hafa myndast á sama tíma í RV-40 og RV-38. Í RV-40 sést jafnframt að lághitaleir myndaðist á sama tíma í smásprungum um mestan hluta holunnar. Í beinu framhaldi tekur steindasamfélagið þeim breytingum að lághitazeólítar (einkum skólesít) tóku að myndast í stað laumontíts, sem myndast við hærri hita. Atburður sem leiddi til aukinnar seltu og kólnunar lághitavatns í Reykjavík virðist því hafa orðið á Laugarnessvæðinu, sennilega í ísaldarlok.

Athugun á yngstu ummynduninni bendir jafnframt til þess að berg umhverfis RV-40 hafi um langa hríð verið þéttara en berg vestan til á svæðinu. Þau gögn benda til, að ef um umtalsvert magn gegnumflæðandi djúpvatns er að ræða í nágrenni RV-40, þá sé það að finna í lóðréttum vatnsleiðurum.

Hitamælingarnar sýna að ekkert millirennisli virðist vera í holunni og auðveldar það mat á berghitanum sem virðist vera milli 110-115°C á dýptarbilinu 800-2100 m. Berghitinn í RV-40 bendir til lóðrétts vatnsrennslis í nágrenni RV-40. Aðalvatnsæðar holunnar voru í 340, 1060 og 1550 m dýpi. Miðað við 100 m niðurdrátt er talið að skammtímaafköst holunnar séu um 14 l/s. Ekki er ljóst hvort fyrirstaða sem fannst í 1550 m dýpi eftir loftdælinguna hefur dregið úr afkasta-getunni. Árstíðabundin sveifla í RV-40 vegna vatnsvinnslu á Laugarnessvæðinu er því sem næst hin sama og í holu H-3. Niðurstaðan bendir til að neðri æðar RV-40 séu óháðar Laugarnessvæðinu og því gæti vatnsvinnsla úr RV-40 verið hrein viðbót við vinnslu Laugarnessvæðisins. Hagkvæmni vinnslunnar fer eftir vatnsgæfni neðri hluta holunnar og vatnsborðslækkun í efsta hluta Þvottalaugasvæðisins. Fyrirhuguð dæluprófun hefur ekki farið fram svo ekki er unnt að meta vinnslueiginleika holunnar endanlega.

Frekari rannsókn á Þvottalaugasvæðinu ætti að beinast að því að finna lóðréttar vatnsleiðandi sprungur.

## HEIMILDIR

Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1982. Reykjavík, Hóla RV-38, Borun, Jarðlög og Ummyndun. Skilagrein, OS82034/JHD05 B, 18 bls.

Helga Tulinius, Jens Tómasson, Guðlaugur Hermannsson, Þorsteinn Thorsteinsson, Héðinn Agústsson og Sigurður Benediktsson, 1984. Reykjavík, Hóla RV-40, Borun frá 36 m í 300 m og steyping 9 5/8" fóðringar, OS-84018/JHD-04 B, 17 bls.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1979. Alteration of Basaltic Rocks by Hydrothermal Activity at 100-300 degrees C, Clay Conference 1978, Ed. M.M. Mortland and V.C. Farmer, pp. 359-367.

Ingvar Birgir Friðleifsson, 1973. Petrology and Structure of the Esja Quaternary volcanic region, southwest Iceland. D.phil.thesis, Oxford University, 200 p.

Jens Tómasson, Þorsteinn Thorsteinsson, Hrefna Kristmannsdóttir og Ingvar Birgir Friðleifsson, 1977. Höfuðborgarsvæði, Jarðhitarrannsóknir 1965-1973, OSJHD 7703, 109 bls.

Jens Tomasson, Gísli Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson, Helga Tulinius og Þorsteinn Thorsteinsson, 1984. Reykjavík, Hóla RV-40, Borun vinnsluhluta holunnar, OS-84035/JHD-10 B, 65 bls.

Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson and Rolf Emmerman, 1982. Gamma Ray Logging in Icelandic Rocks, The Log Analyst, v. 23, no 6, pp. 11-16.

Winai Yaowanoyothin, 1984. Hydrothermal Alteration in Borehole RV-40 Reykjavik, Iceland, UNU Geothermal Training Programme, Iceland, Report 1984-12, 36 p.

Þorsteinn Thorsteinsson og Jónas Elíasson, 1970. Geohydrology of the Laugarnes Hydrothermal System in Reykjavik, Iceland, U.N. Symposium on the Development and Utilization of Geothermal Resources, Pisa 1970, v. 2, pp. 1191-1204.

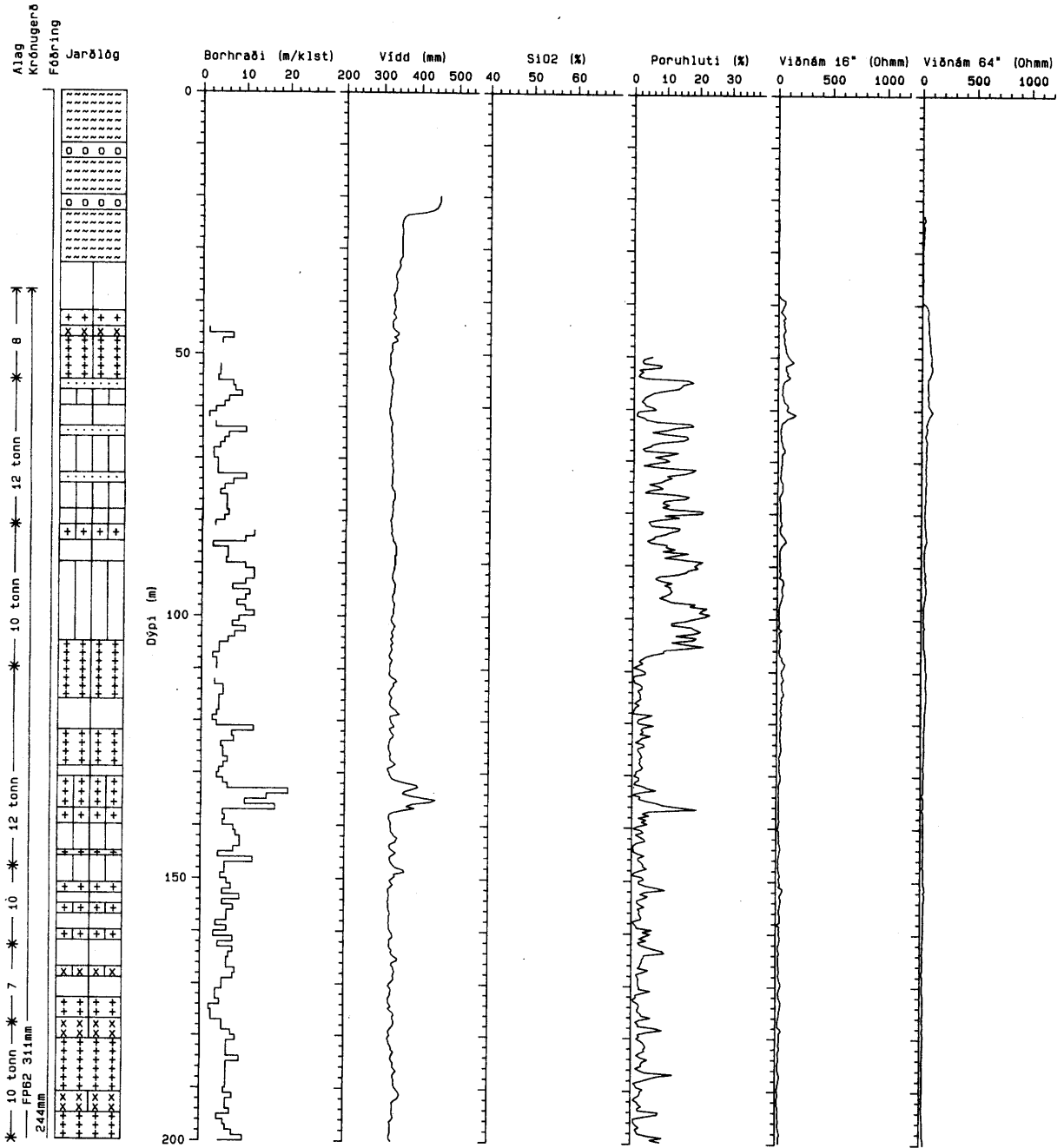


VIÐAUKI

Nákvæmt jarðlagasnið og mælingar

JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

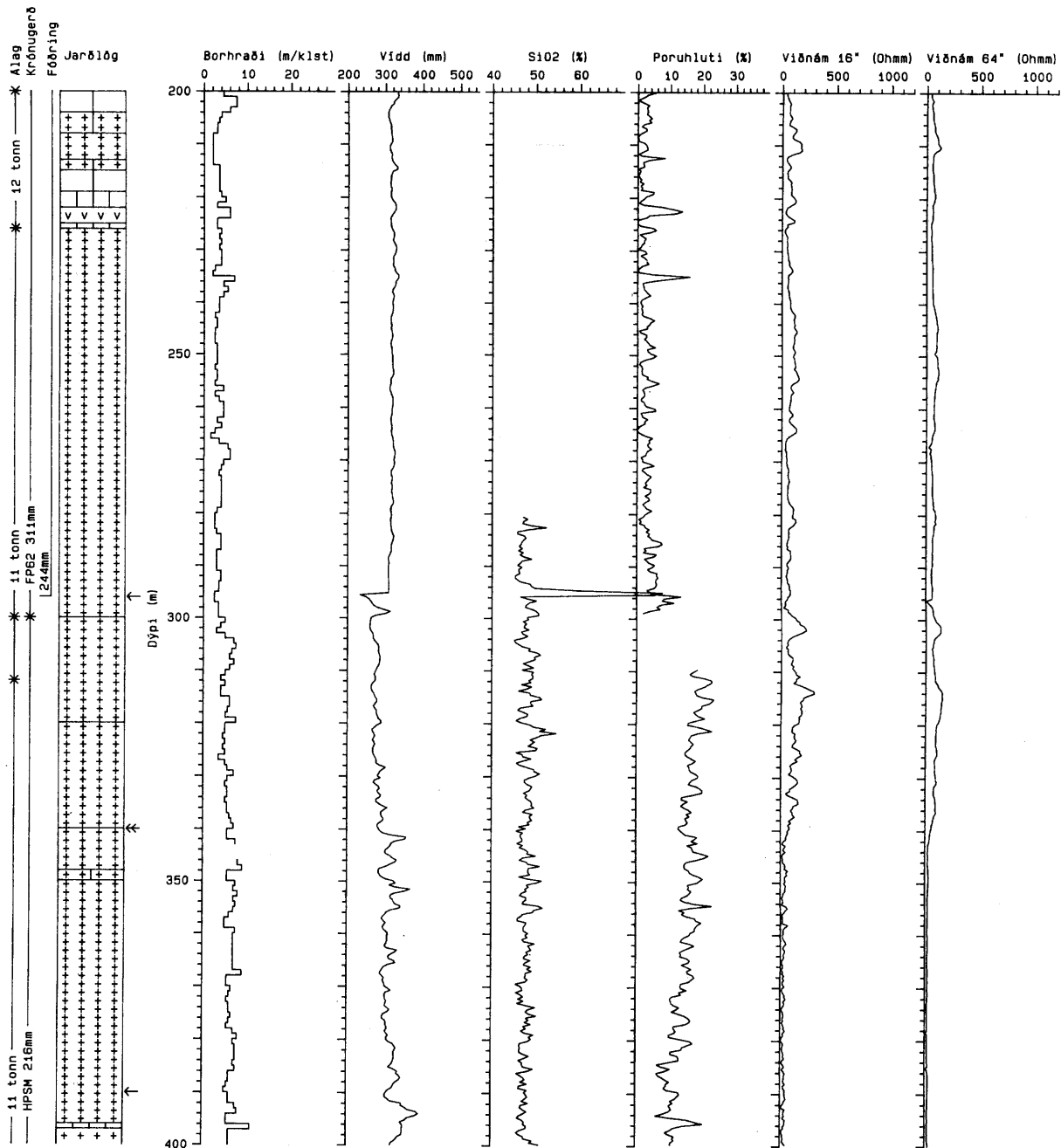
REYKJAVÍK HOLA RV-40  
JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

# REYKJAVÍK HOLA RV-40

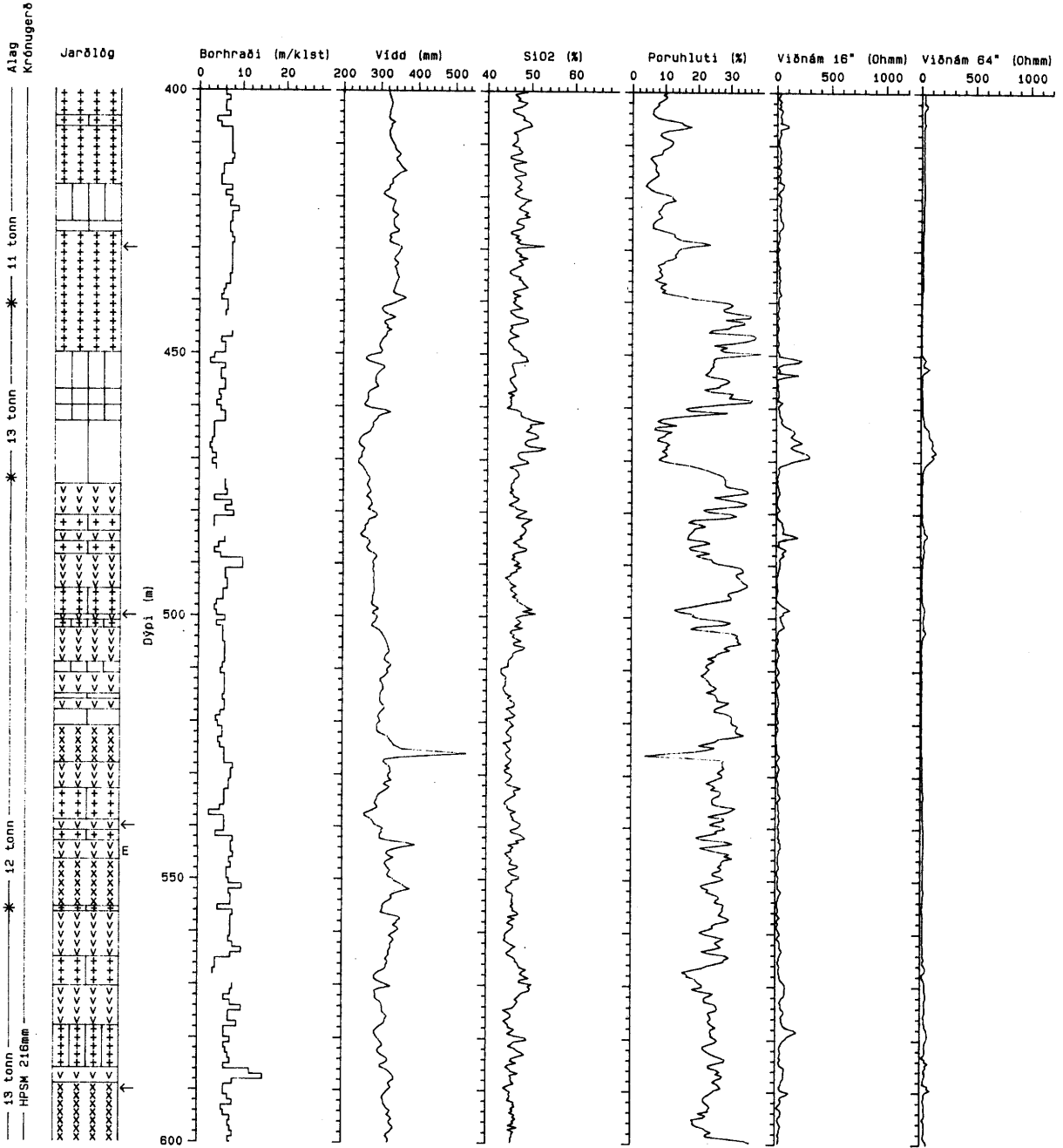
## JARFLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BH/BJ-1111  
85.02.0199 GUH/T

# REYKJAVIK HOLA RV-40

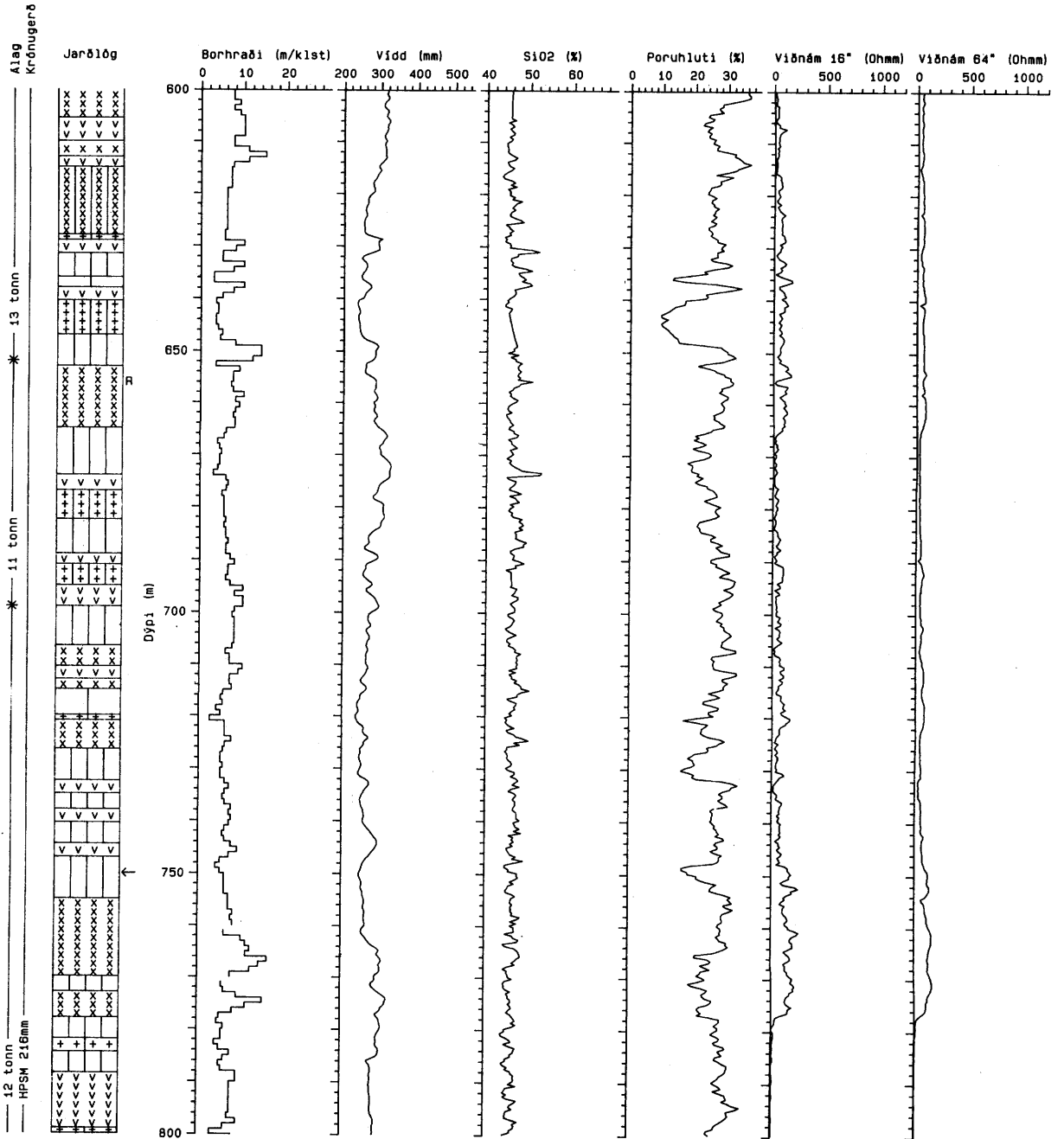
## JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR





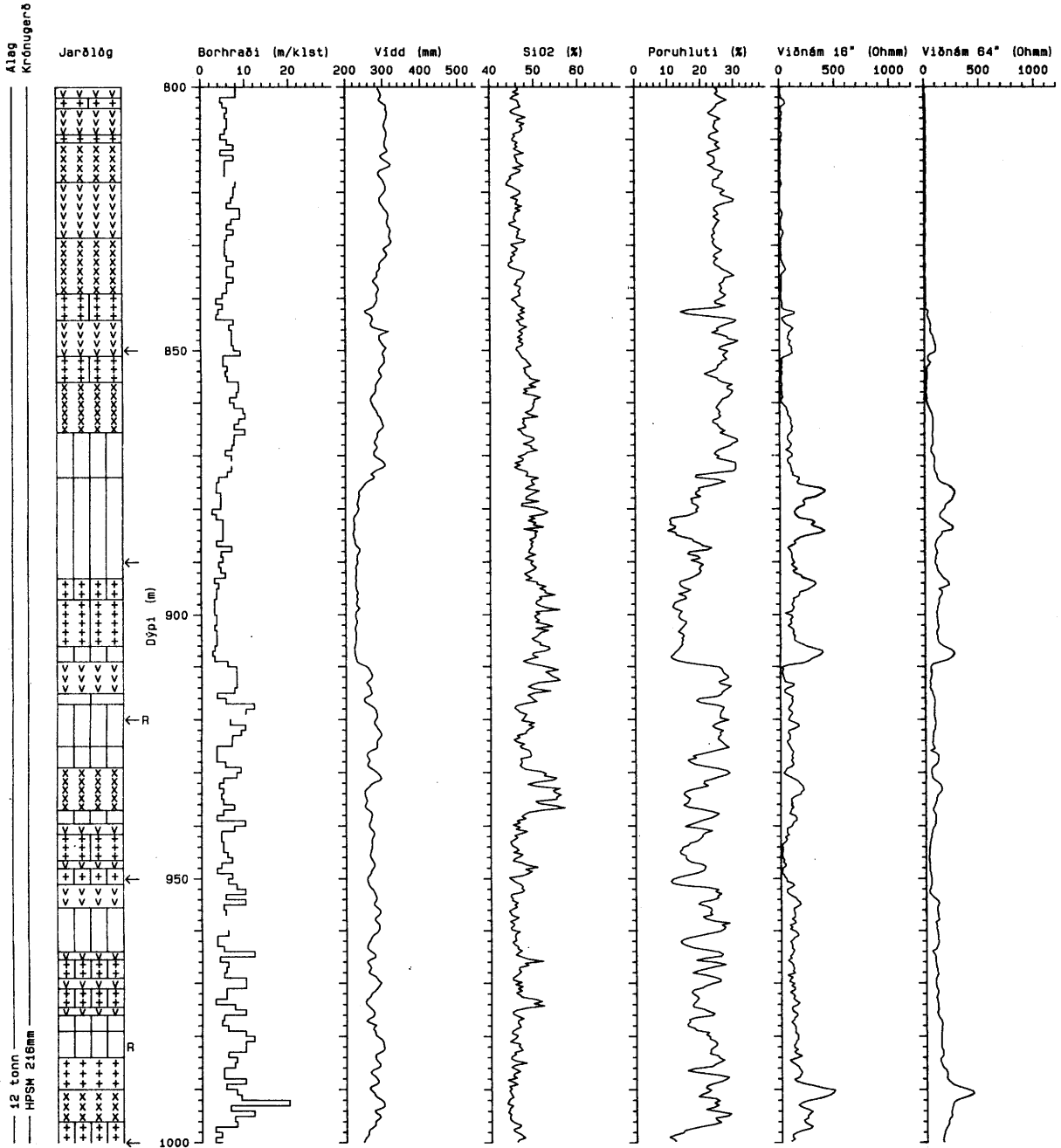
JHD-8M/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

### REYKJAVÍK HOLA RV-40 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



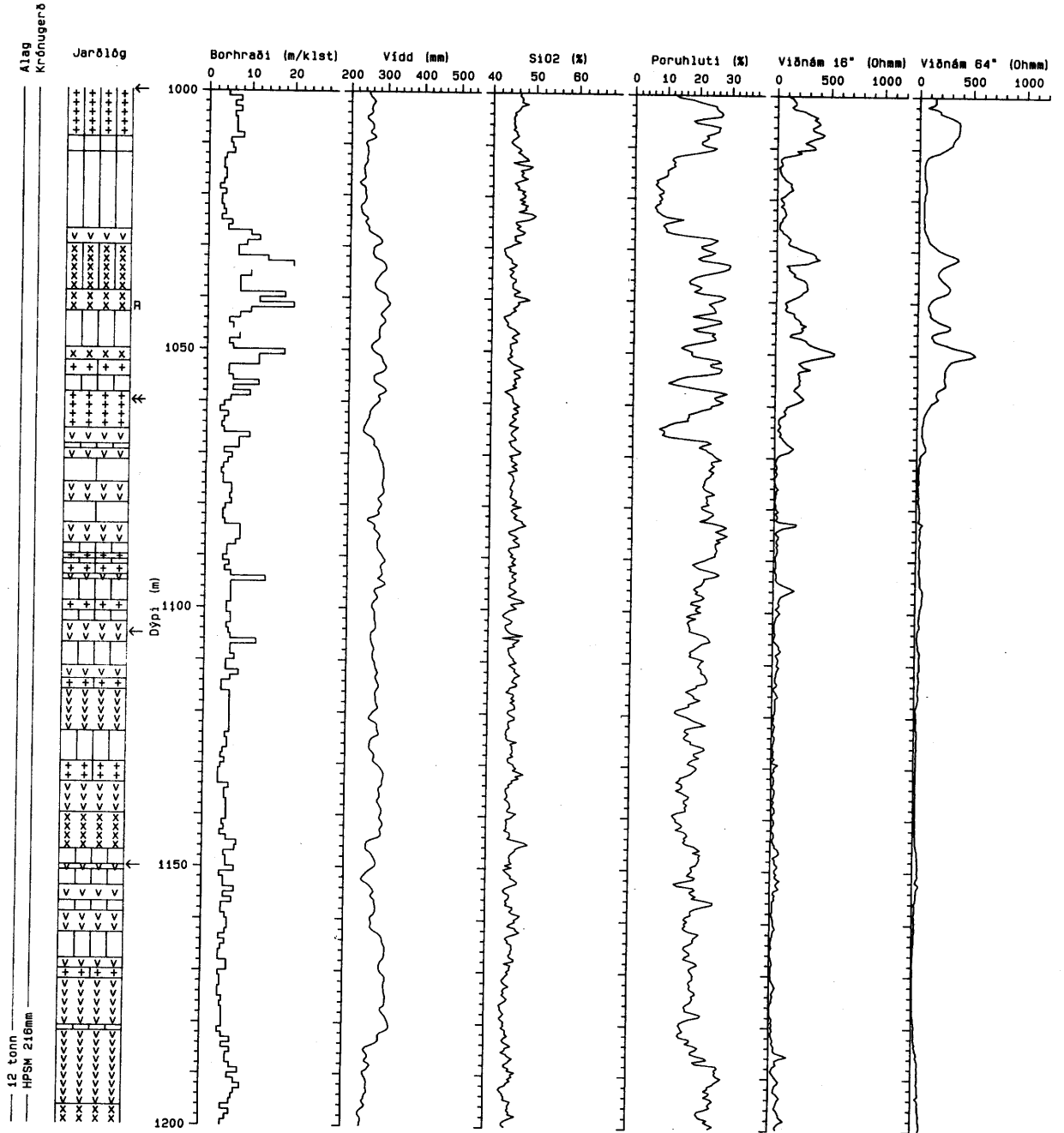
JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

### REYKJAVÍK HOLA RV-40 JARDLAGASNID OG MÆLINGAR



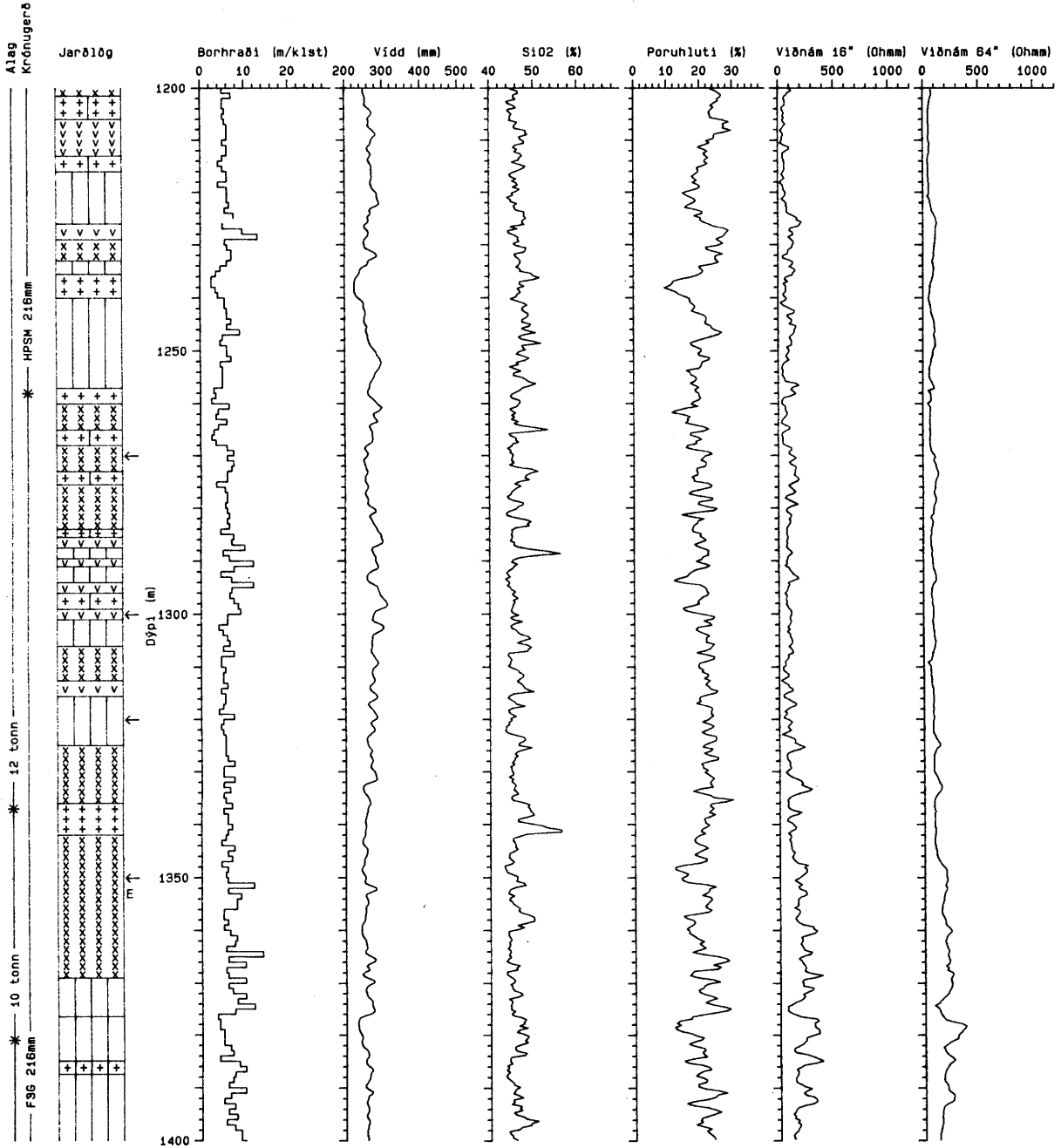
JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

### REYKJAVÍK HOLA RV-40 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

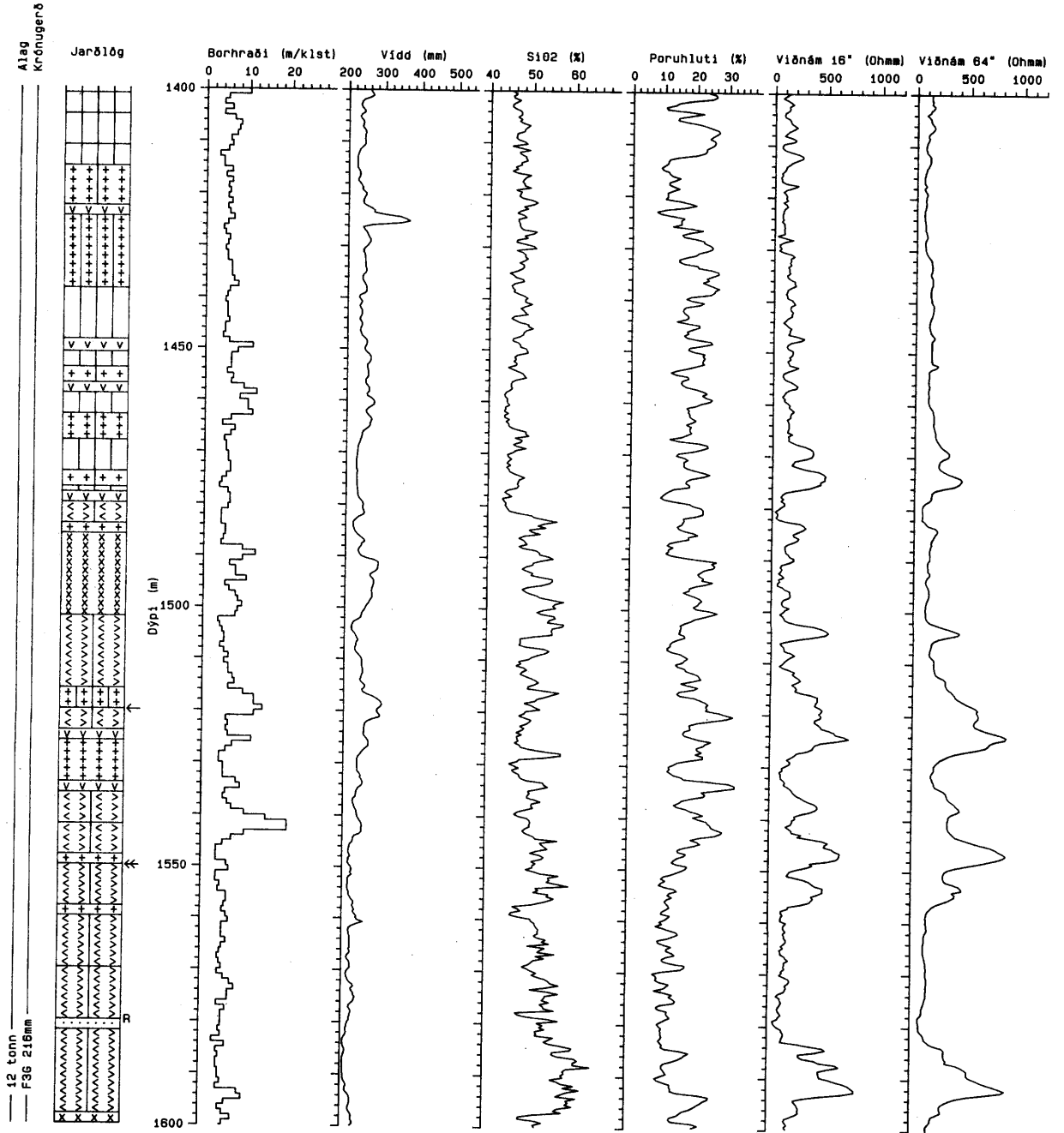
### REYKJAVÍK HOLA RV-40 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

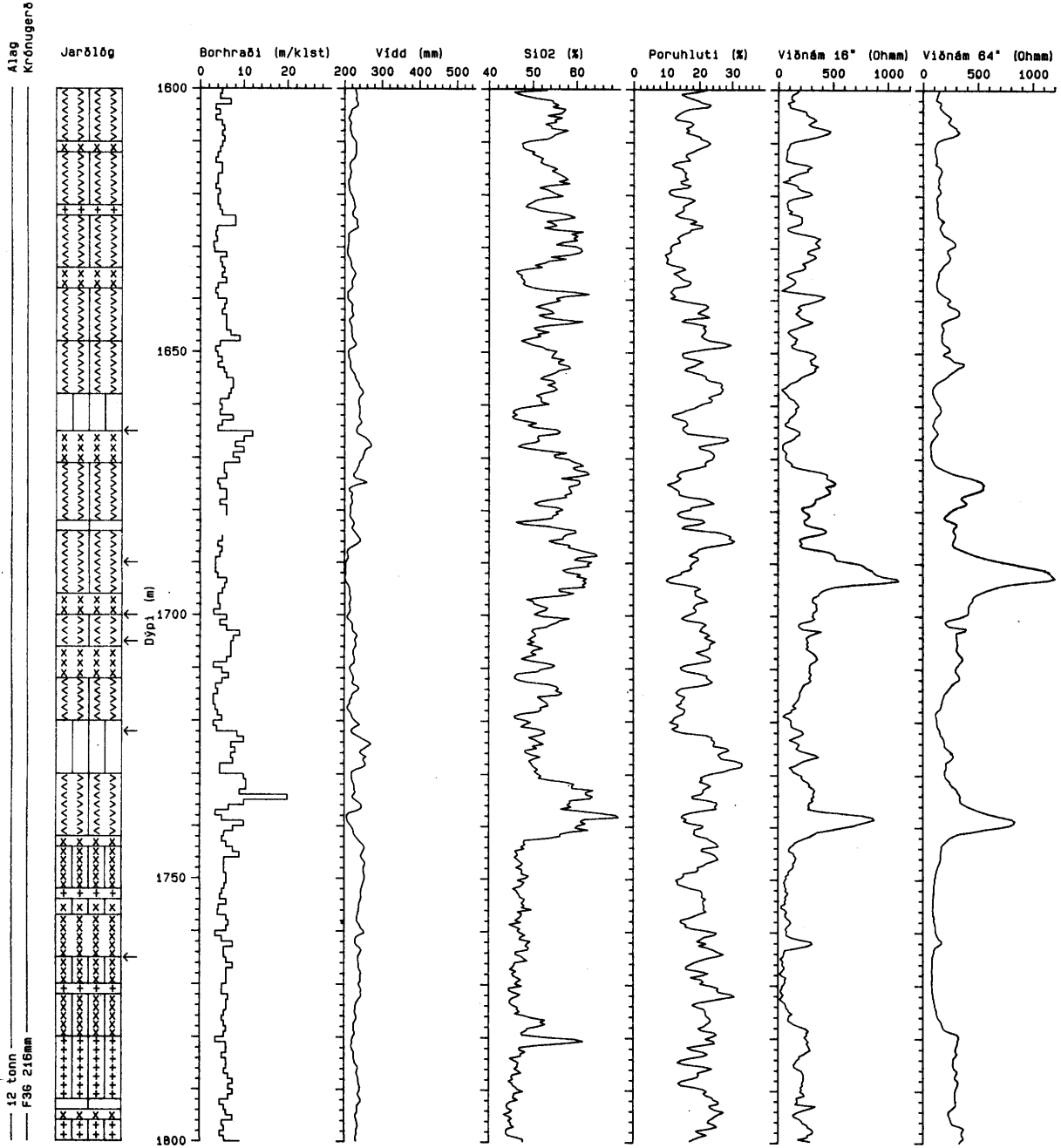
# REYKJAVÍK HOLA RV-40

## JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

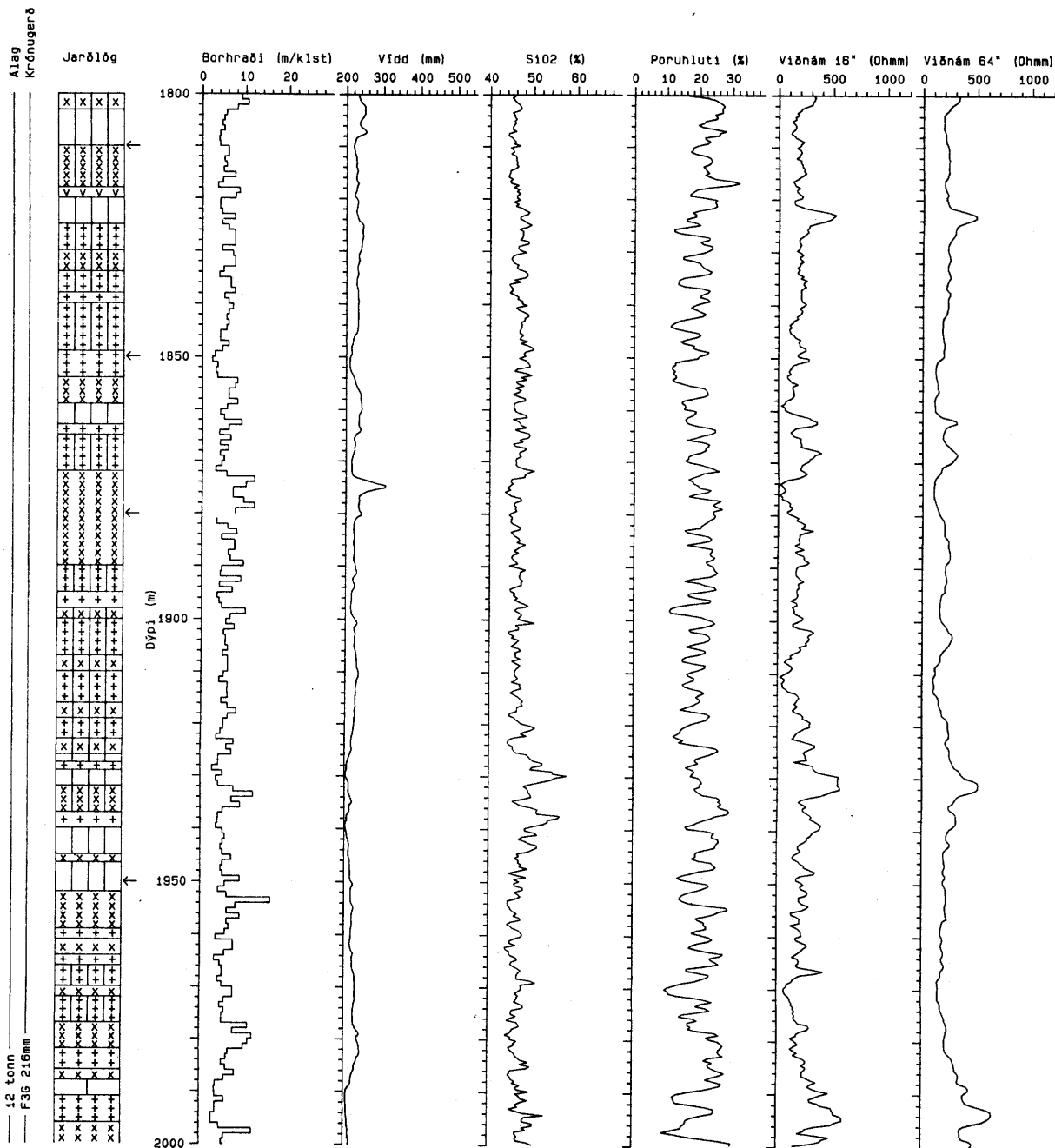
### REYKJAVÍK HOLA RV-40 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



JHD-BM/BJ-1111  
85.02.0199 GuH/T

# REYKJAVÍK HOLA RV-40

## JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



# REYKJAVÍK HOLA RV-40

## JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR

