



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Benedikt Steingrímsson
Hjalti Franzson
Hjálmar Eysteinnsson
Ómar Sigurðsson
Einar Gunnlaugsson

NESJAVELLIR, HOLA NJ-17

**Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar
Lokaskýrsla**

OS-94005/JHD-01
Reykjavík, febrúar 1994

**Unnið fyrir
Hitaveitu Reykjavíkur**

**Benedikt Steingrímsson
Hjalti Franzson
Hjálmar Eysteinnsson
Ómar Sigurðsson
Einar Gunnlaugsson**

NESJAVELLIR, HOLA NJ-17

Borun, rannsókir og vinnslueiginleikar

Lokaskýrsla

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-94005/JHD-01

Reykjavík, febrúar 1994

ISBN 9979-827-39-4

ÁGRIP

Hola NJ-17 er í Kýrdal um 600 m suðvestan við holu NJ-12. Hún er í um 335 m y.s., og var boruð á tímabilinu 2. júní til 25. ágúst 1986. Skýrslan er samantekt á helstu niðurstöðum rannsóknna á holunni fram til 1. janúar 1993. Áfangaskýrslur, sem út hafa komið um rannsóknirnar, eru birtar í viðaukum við skýrsluna.

Hola NJ-17 var boruð niður á 2100 m dýpi á 47 verkdögum. Vinnslufóðring er steypst í 773 m, en leiðarinn situr á stalli á 1976 m dýpi. Þrjár borkjarnar voru teknir í vinnsluhluta holunar til ákvörðunar á forðastuðlum bergsins, þeir fyrstu á Nesjavöllum. Kjarnatakan gekk vel, en kjarnaheimtur voru lakari en vonast var til, eða á bilinu 14-74%

Jarðlagastaflinn við holu NJ-17 er svipaður og í öðrum Nesjavallaholum. Móberg er ráðandi ofan 600 m dýpis, en hraunlagamyndanir þar fyrir neðan. Ekki er hægt að tengja jarðlög NJ-17 yfir í næstu holur án misgengja. Munar um 70-80 m yfir til NJ-12 og 120-150 yfir til NG-6 og þurfa bæði þessi misgengi að hafa fall til austurs. Innskotaberg sást fyrst á rúmlega 600 m dýpi, en tíðni þess eykst með dýpi. Þó er einna mest um innskot á um 1000 m dýpi, um eða yfir 50%. Þarna er einnig mest um ísúr innskot í holunni. Í neðstu 400-500 m holunnar er sennilega a.m.k. 40% bergsins innskot. Þetta er byggt á borholumælingum eingöngu, en lítið sem ekkert borsvarf fékkst úr holunni neðan 1562 m vegna mikils skoltaps. Vatnsinnihald bergsins reiknast um 21% samkvæmt nifteindamælingunni, sem er svipað og í öðrum holum á Nesjavöllum. Fram að þessu hefur verið talið að slíkar mælingar ofmætu vatnsinnihald bergsins hressilega. Samanburður á mældum poruhluta kjarnabútanna sem teknir voru úr holunni annars vegar og nifteindamælingunum hins vegar sýnir að mælingarnar gefa nánast sömu gildi fyrir poruhlutann og mælist í kjörnum.

Berghiti er innan við 100°C í efstu 600 m holu NJ-17. Hiti hækkar síðan hratt með dýpi, er um 200°C á 900, en fer hæst í um 245°C á 1300-1500 m dýpi. Þar fyrir neðan er hitaferillinn viðsnúinn og er áætlaður hiti á 1800 m aðeins 210°C, en botnhiti (2000 m) er talinn vera 225°C. Þetta er mun lægri hiti en mælist í holu NJ-12. Þar er t.d. hiti neðan 1500 m um eða yfir 300°C. Samkvæmt þessu verður að telja að hola NJ-17 sé nærri vesturjaðri jarðhitakerfisins í Kýrdal. Athuganir á ummyndun bergs við holu NJ-17 sýna að hiti hefur í fyrndinni verið mun hærri á þessum stað en nú er. Mestur er munurinn á 200-800 m dýpi, þar sem ummyndunin bendir til allt að 200°C. Þegar sú ummyndun hefur orðið til hefur jarðhitavirknin því verið mun meiri og kerfið náð upp undir yfirborð.

Alls fannst 21 vatnsæð í holu NJ-17 og eru fimmtán þeirra í vinnsluhluta holunnar. Jarðfræðileg tengsl vatnsæðanna er með mjög líkum hætti og í öðrum holum á svæðinu. Ofan 600 m er vatnsgengd mest eftir lagskilum í móbergi, einkum á milli einstakra myndana. Neðan þess tengjast allar, nema e.t.v. ein, innskotum; fersklegum basaltinnskotum, ísúrum og ummynduðum basaltinnskotum. Helsta vinnsluæðin er á 1590 m dýpi, en vel opnar æðar er einnig að finna á um 1100 og 1200 m dýpi. Þrýstingur á vatnæðunum er svipaður og í öðrum holum vestan Kýrdalssprungunnar (NJ-12 og NJ-18). Lekt holu NJ-17 var áætluð út frá þrepadælingu í lok borunar $1,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$. Þrepadælingin benti til þess að svarf hefði skolast út í æðar í borun og stíflað æðar að hluta. Mælingar á vatnsborði í nálægum holum, þegar NJ-17 var látin blása, svo og samanburður við aðrar holur bendir til þess að lektin í nágrenni NJ-17 gæti verið tvisvar til þrisvar sinnum hærri en þrepadælingin sýndi eða svipuð og í nágrenni NJ-18.

Hola NJ-17 var dreginn í gos haustið 1987 og hún blástursprófuð í 87 daga. Vermi holunnar mældist um 950 kJ/kg (um 225°C innstreymishiti) og við 7-8 bar mótþrýsting afkastaði hún um 45 kg/s. Þetta samsvarar 40-45 MW í hrávarma, sem er nokkru lægra en meðalvarmaafli Nesjavallahola, sem er um 60 MW.

Efnasamsetning vökvans, sem hola NJ-17 gefur, bendir til um 245°C innstreymishita. Þetta er heldur hærri hiti en mælingar á vermi gefa til kynna en í góðu samræmi við áætlaðann hita á helstu vatnsæðum holunnar. Telja verður að efnasamsetningin sé í jafnvægi við ríkjandi hita í jarðhitakerfinu. Styrkur gass í gufu við 7 bar-a er svipaður og í öðrum lágvermiholum á Nesjavöllum. Að meðaltali mælist hann um 0,32% af þunga og var koldíoxíð um 70%, en brenni-steinsvetni um 10%.

Telja verður vinnslueiginleika jarðhitavökvans úr holu NJ-17 góða. Vökvinn er ósaltur og gasstyrkur lágur. Efnufræðilegar athuganir og reynslan frá öðrum holum á Nesjavöllum benda ekki til þess að hætta sé á kalkútfellingum úr jarðhitavökvanum og kísill ætti heldur ekki að falla út í holunni, ef holutoppþrýstingi í vinnslu er haldið yfir 6 bar-a.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	3
TÖFLU- OG MYNDASKRÁ	6
1. INNGANGUR	7
2. STAÐSETNING	8
3. BORSAGA	9
4. JARÐLÖG	12
4.1 Upphleðslueiningar	26
4.2 Samanburður jarðlaga NJ-17 við NG-6 og NJ-12	27
4.3 Innskot	27
4.4 Jarðlagamælingar	28
5. UMMYNDUN	33
5.1 Greiningaraðferðir	33
5.2 Bergummyndun	33
5.3 Dreifing ummyndunarsteinda	33
5.4 Beltaskipting ummyndunar og samanburður við NG-6 og NJ-12	36
5.5 Vökvainnlyksur	36
6. EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS	41
6.1 Staðsetning vatnsæða	41
6.2 Vatnsleiðni NJ-17	42
6.3 Þrýstingur á vatnsæðum	45
6.4 Berghiti	45
7. AFL OG AFKÖST	48
7.1 Upphitun og upphleyping	48
7.2 Mælingar á afli og afköstum	48
8. EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA	52
8.1 Mat á hita	52
8.2 Efnasamsetning og breyting með tíma	53
8.3 Vinnsluhæfni jarðhitavökvans	54
9. HELSTU VINNSLUEIGINLEIKAR	59
10. HEIMILDIR	60
VIÐAUKI V-1 Jarðlagasnið og mælingar	61
VIÐAUKI V-2 Nesjavellir hola NJ-17, 1. áfangi	75
VIÐAUKI V-3 Nesjavellir hola NJ-17, 2. áfangi	91
VIÐAUKI V-4 Nesjavellir hola NJ-17, 3. áfangi	107
VIÐAUKI V-5 Nesjavellir hola NJ-17, 4. áfangi	163
VIÐAUKI V-6 Nesjavellir kjarnar úr holu NJ-17	195

TÖFLUSKRÁ

1	Punnarneiðar af svarfi úr holu NJ-17	12
2	Punnarneiðar úr kjörnum í holu NJ-17	12
3	Mælingar í NJ-17	34
4	Nesjavellir hola NJ-17. Áætlaður berghiti og þrýstingur á vatnsæðum	46
5	Loftdæling á NJ-17 í júlí til september 1987	49
6	Aflmælingar á holu NJ-17	50
7	Yfirlit um sýni safnað úr holu NJ-17 á Nesjavöllum	52
8	Útreiknaður efnahiti í holu NJ-17	53
9	Efnasamsetning djúpvatns miðað við 245°C	54
10	Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting og samsetning þess	54

MYNDASKRÁ

1	Staðsetning NJ-17 á Nesjavöllum	8
2	Framvinda borunar NJ-17	10
3	Frágangur NJ-17	11
4	Jarðlagasnið og mælingar	13
5	Einfaldað jarðlagasnið, mælingar og ummyndunarbelti	25
6	Tenging jarðlaga og misgengi milli hola NG-6, NJ-17 og NJ-12	30
7	Berggerðir í innskotum	31
8	Tiðnidreifing gammageislunar, vatnsinnihalds og viðnáms	32
9	Ummyndun á gleri, ólívíni, plagíóklas og magnetíti.	37
10	Dreifing ummyndunarsteinda og ummyndunarbelti	38
11	Breytingar í magni kalsíts og pýríts. Fylling holrýmis	39
12	Ummyndunarhitaferlar hola NG-6, NJ-17 og NJ-12	39
13	Hiti í vökvainnlyksum	40
14	Staðsetning vatnsæða	43
15	Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum	47
16	Áætlaður berghiti	47
17	Breytingar á holutoppsþrýstingi, vermi, heildarrennsli vatns og gufu, og varmaafli með tíma fyrir holu NJ-17	51
18	Útreiknaður efnahiti í holu NJ-17. Breytingar með tíma	55
19	Efnasamsetning djúpvökva miðað við 245°C í NJ-17 og jafnvægisferlar	56
20	Breyting á styrk nokkurra efna í djúpvatni miðað við 245°C	57
21	Upplýsanleiki kalsíts, anhydríts, flúoríts og kísilsteinda sem fall af hita og jónamargfeldi 7 vatnssýna úr holu NJ-17	58

1. INNGANGUR

Sumarið 1986 voru holur NJ-17 og NJ-18 á Nesjavöllum boraðar með jarðbornum Jötni. Báðar holurnar eru vestan Kýrdalssprungunnar. Markmiðið með borunum var að kanna nánar jarðhitakerfið í Kýrdal og útbreiðslu þess meðfram Kýrdalssprungunni, en fyrir var einungis hola NJ-12 á þessu svæði. Hola NJ-18 er við Litluvelli um 2200 m norðaustur af holu NJ-12, en NJ-17 er hins vegar syðst í Kýrdal um 600 m suðvestur af NJ-12. Meginniðurstöðum rannsóknna á holum NJ-12 og NJ-18 hafa verið gerð skil í tveimur skýrslum (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1986 og 1987), en í eftirfarandi skýrslu er röðin komin að rannsóknarniðurstöðum fyrir holu NJ-17.

Hola NJ-17 var boruð á 47 verkdögum í 2100 m dýpi. Verkið var að því leyttinu frábrugðið öðrum borverkum á Nesjavöllum, að í vinnsluhluta holunnar voru teknir 3 borkjarnar til mælinga á poruhluta bergsins og lekt þess. Þetta eru fyrstu kjarnarnir, sem teknir hafa verið úr borholum á Nesjavöllum.

Frumgögn um borunina og rannsóknir á holunni eru geymd hjá Jarðborunum, Jarðhitadeild Orkustofnunar og Hitaveitu Reykjavíkur eftir því hver þau eru. Jarðboranir halda utan um borskýrslur og fóðringarskýrslur. Þær fyrrnefndu er að finna innbundnar í árbækur merktar Jötni, en fóðringarskýrslur eru geymdar í sérstökum möppum. Hjá Orkustofnun eru svarfsýni og borholumælingar geymd. Svarfsýnin eru í dósnum merktum holunni og því dýpi, sem sýnið er frá, en borkjarnar í sérsmíðuðum kössum. Millistig í úrvinnslu jarðfræðigagna má finna á tveimur stöðum. Lýsingar á svarfsýnum og þunnsneiðum er að finna í möppu merktri holunni og er mappan í vörslu jarðfræðisviðs. Þunnsneiðar eru geymdar í sérstakri þunnsneiðageymslu sama sviðs. Röntgengreiningar og túlkun þeirra eru geymd í röntgenstofu JHD. Allar borholumælingar úr NJ-17 eru nú aðgengilegar í Oracle-gagnagrunni OS. Á forðafræðisviði JHD má finna frumgögn um mælingar í borun í möppum merktum holunni, en mælingum eftir borun (Ameradamælingar) er hins vegar safnað saman ásamt áþekktum mælingum í öðrum holum á landinu á einn stað og flokkaðar í möppur eftir mælidagssetningum og ártali.

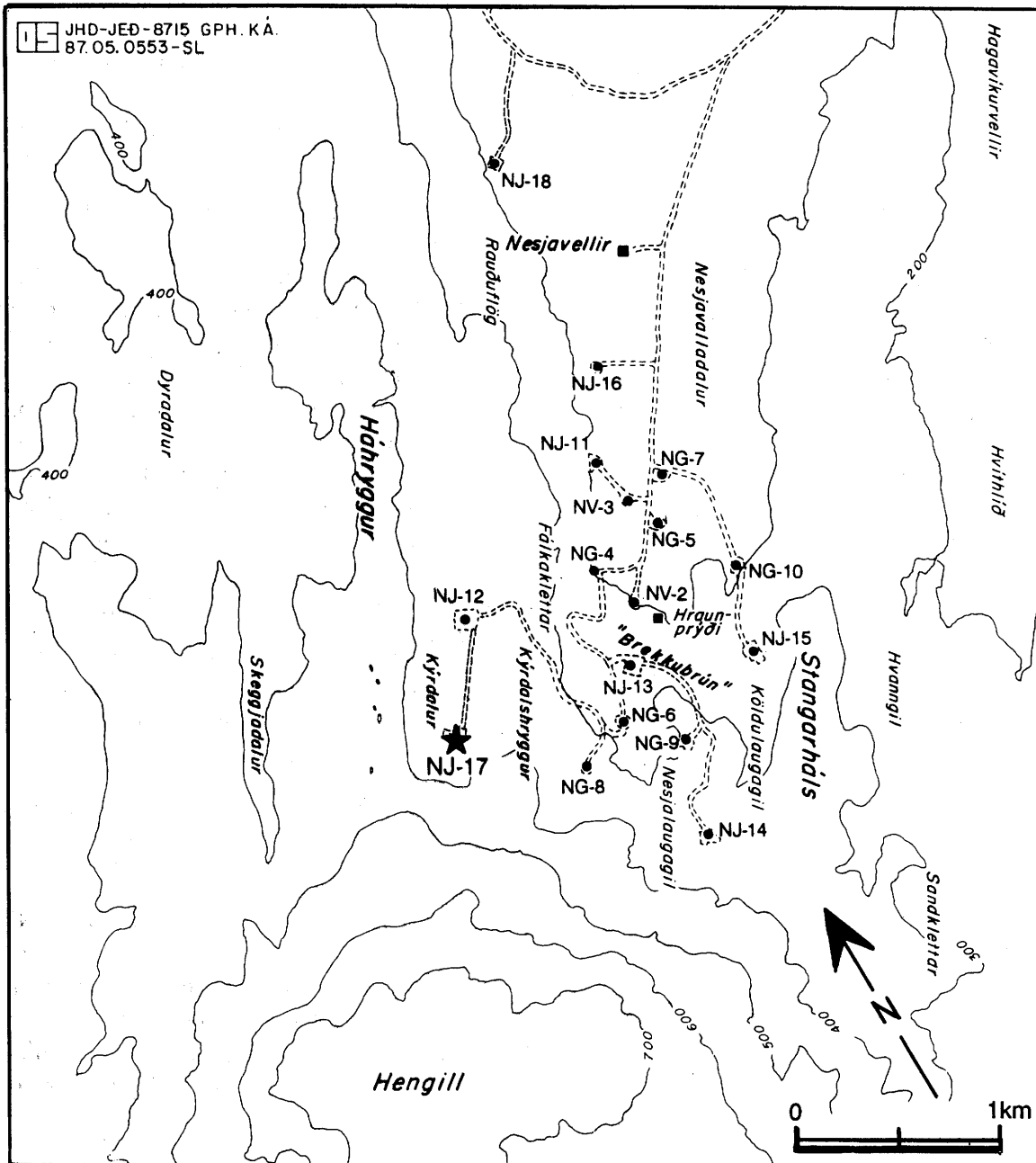
Gögn um blástur holunnar eru í vörslu Hitaveitunnar. Mæligögn fyrir afl holunnar og toppþrýsting geymir HR annars vegar í töflum í mælimöppum og hins vegar á disklingum fyrir PC-tölvur. Í mælimöppunum er einnig að finna upplýsingar um rekstur og viðhald á holunni. Auk þessa heldur HR utan um efnasýni, sem tekin hafa verið, og efnagreiningar.

Í eftirfarandi skýrslu er greint frá öllum athugunum, sem gerðar hafa verið á NJ-17 í og eftir borun fram til 1. janúar 1993. Um verkið hafa þegar komið út nokkrar áfangaskýrslur, og eru þær birtar hér sem viðaukar aftan við skýrsluna.

Jarðhitadeild Orkustofnunar og Hitaveita Reykjavíkur hafa unnið að rannsóknum á holu NJ-17. Einar Gunnlaugsson er starfsmaður HR, en aðrir höfundar eru starfsmenn JHD. Auk höfunda hafa fjölmargir aðilar sinnt einstökum rannsóknarþáttum. Má þar nefna eftirtalda: Má Gunnarsson og Jóhann Kristjánsson hjá HR, Ásgrím Guðmundsson, Guðmund Ómar Friðleifsson, Guðlaug Hermannsson, Guðna Guðmundsson, Gyðríði Jónsdóttur, Helgu Tulinius, Hilmar Sigvaldason og Jósef Hólmjárn, hjá JHD og Sigurð Benediktsson og Dagbjart Sigursteinsson ásamt áhöfn Jötuns hjá Jarðborunum.

2. STAÐSETNING

Hola NJ-17 er staðsett syðst í Kýrdal um 600 m suðvestur af holu NJ-12 (mynd 1). Holutoppur er í um 355 metra hæð yfir sjávarmáli. Hola NJ-12 í Kýrdal, sem boruð var sumarið 1985, reyndist öflug jarðhitahola og þegar það lá fyrir var NJ-17 staðsett og boruð til að kanna suðurhluta Nesjavallakerfisins vestan Kýrdalssprungunnar, og fá upplýsingar um berghita og meta þrýsting og lekt í kerfinu, en talið var að jarðhitakerfið væri öflugra í átt að Hengli.



Mynd 1. Staðsetning NJ-17 á Nesjavöllum.

3. BORSAGA

Jarðborinn Jötunn boraði holu NJ-17 á tímabilinu 2. júní til 25. ágúst 1986 í 2100 metra dýpi. Verkið var ekki unnið samfellt, en alls tók 47 verkdaga að ljúka boruninni. Gangi verksins hefur verið gerð ítarleg skil í þremur áfangaskýrslum, og er þær að finna í viðaukum V-2 til V-4. Hér verður því aðeins stiklað á helstu þáttum borsögunnar, en að öðru leyti vísað í viðaukana.

Á mynd 2 er framvinda borunar NJ-17 sýnd, en hönnun og frágangur hennar sést á mynd 3. Högborsfóðring nær í 69 m dýpi, en fyrir öryggisfóðringu boraði Jötunn í 271 m dýpi. Fljótlega eftir að borun hófst mældist um 3 l/s skoltap, sem síðan minnkaði í 1 l/s. Á 217 m dýpi mældist 11 l/s skoltap, en þegar fóðringardýpi var náð tók holan við 7-8 l/s. Neðan 120 m dýpis fór að bera á botnfalli í holunni. Hrunið var þó ekki það mikið að ástæða væri til að steypa í holuna. Botnfall í holunni eftir borun og skolun með borleðju var 3 m, en fóðringarendi er í 264 m, eða um 7 metrum yfir botni. Steyping fóðringarinnar gekk vel og kom steypa upp í fyrstu tilraun. Á meðan steypan stirðnaði, seig steypuborð niður á 65 m dýpi. Fyllt var upp með steypu og lauk þar með frágangi öryggisfóðringarinnar.

Borun fyrir vinnslufóðringu gekk hratt og áfallalaust. Engin skoltöp komu fram og tók holan aðeins við 1 l/s, þegar lokið var skolun í 773 m, sem varð fóðringardýpið. Samkvæmt athugunum á borsvarfi benti ummyndun bergsins til allt að 200°C hita neðan 750 m dýpis, en þessi hitamörk voru höfð til viðmiðunar, þegar endanlegt fóðringardýpi var ákveðið. Vinnslufóðringin nær í 770 m dýpi. Fóðringin steypist upp í fyrstu tilraun og seig yfirborð steypunnar aðeins um 6,6 m á meðan hún stirðnaði.

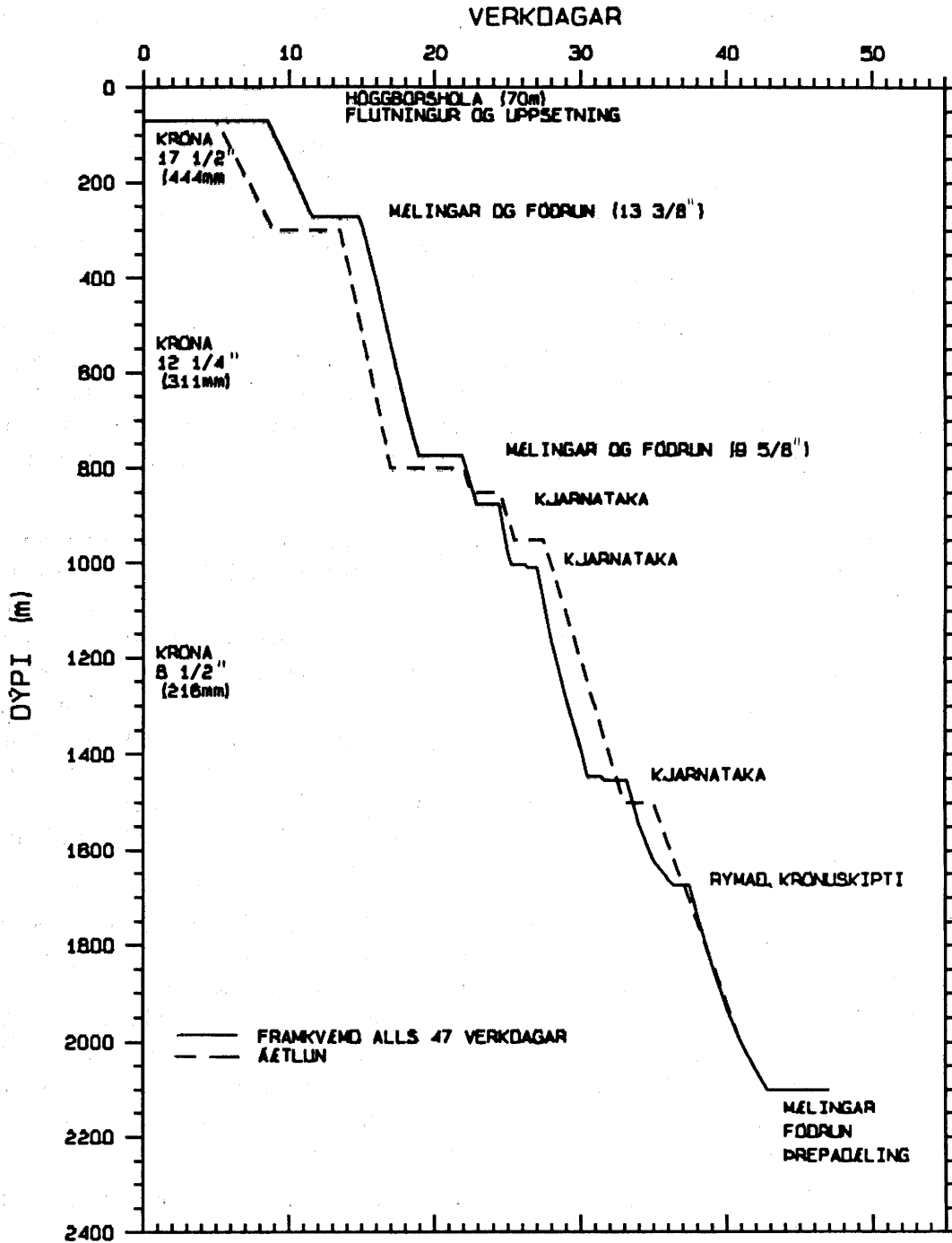
Borun vinnsluhluta NJ-17 var að því leyti óvenjuleg, að teknir voru þrjár borkjarnar á um 876, 1003 og 1447 m dýpi. Eru þetta fyrstu borkjarnarnir, sem teknir eru úr holum á Nesjavöllum. Tilgangur kjarnatökunnar var að ná bergsýnum til mælinga á poruhluta og lekt, en báðar þessar stærðir ráða miklu um vatnsforða jarðhitakerfa og endingu þeirra eftir að vinnsla hefst. Fyrstu tveir kjarnarnir voru teknir úr basalhraunlögum og móbergi. Ekki fengust samfelldir kjarnar, en samanlögð lengd þeirra mola, sem fengust í hvort skipti, var um 3 m. Þriðji kjarnastaðurinn var í 14 m þykku ísúru innskoti. Boraðir voru 7 metrar, en einungis heimtust bútar sem samsvara einum metra. Flestir búturnir reyndust vera úr basalti, en fáeinir molar fengust af ísúru bergi. Gerð er grein fyrir kjarnatökunni og mælingum sem gerðar hafa verið á kjörnunum í viðaukum V-4 og V-6. Telja verður að kjarnatakan hafi gengið vel þrátt fyrir að kjarnaheimtur hafi verið lélegri en búist var við.

Í borun vinnsluhluta NJ-17 kom fram 25 l/s skoltap á 1100 m dýpi. Tapið minnkaði fljótlega í um 16 l/s. Neðan 1450 m dýpis var skoltap breytilegt 12-25 l/s allt niður á 1590 m, þegar allt skol tapaðist um stund (32 l/s). Neðan 1640 m var holan boruð með algjöru skoltapi í 2100 m dýpi, sem varð endanleg dýpt holunnar. Eftir borun var leiðara komið fyrir í holunni. Leiðarinn settist á stall á 1976 m dýpi og gekk ekki neðar. Hugsanlega hefur skekkja á holunni ráðið því að leiðarinn komst ekki í botn, en samkvæmt mælingum hallar holunni um 7-8° frá lóðréttu neðan 1750 m dýpis. Ofan 1400 m dýpis er holan hins vegar nær lóðrétt eins og kemur fram á mynd 3. Ekki er vitað í hvaða stefnu neðri hluti holunnar liggur.

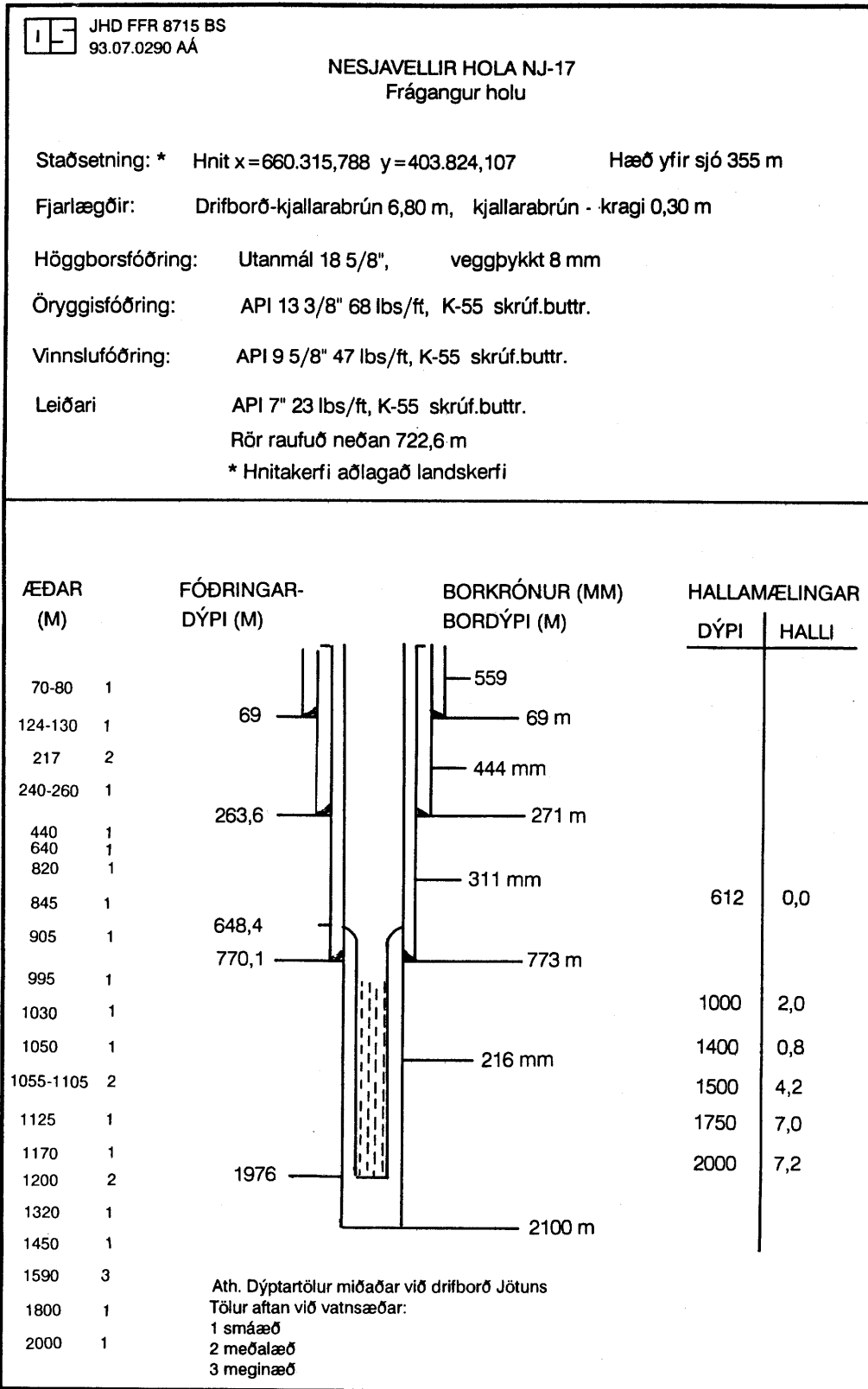
Alls tók borun NJ-17 47 verkdaga og var verkið nokkurn veginn á áætlun eins og sést á mynd 2.

JHD-BM-8715 GuH
90.08.0330 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 BORUN JÖTUNS 1986.06.02-08.25



Mynd 2. Framvinda borunar NJ-17.



Mynd 3. Frágangur NJ-17 (Tölur aftan við dýpi vatnsæðar: 1 smáæð, 2 meðalæð, 3 meginæð).

4. JARÐLÖG

Hér verður lýst bergmyndunum í holu NJ-17. Skrá um þunnsneiðar úr holu NJ-17 er birt í töflum 1 og 2. Mynd 4 sýnir nákvæmt jarðlagasnið ásamt borhraða og mælingum sem gerðar voru í holu NJ-17. Mynd 5 sýnir síðan einfaldaða útgáfu af jarðlagasniðinu og mælingunum, en auk þess sýnir sú mynd hlutfallslega tíðni innskota og ummyndunarbelti. Vatnsæðar eru teiknaðar á báðar útgáfur jarðlagasniðsins.

Tafla 1. Þunnsneiðar af svarfi úr holu NJ-17.

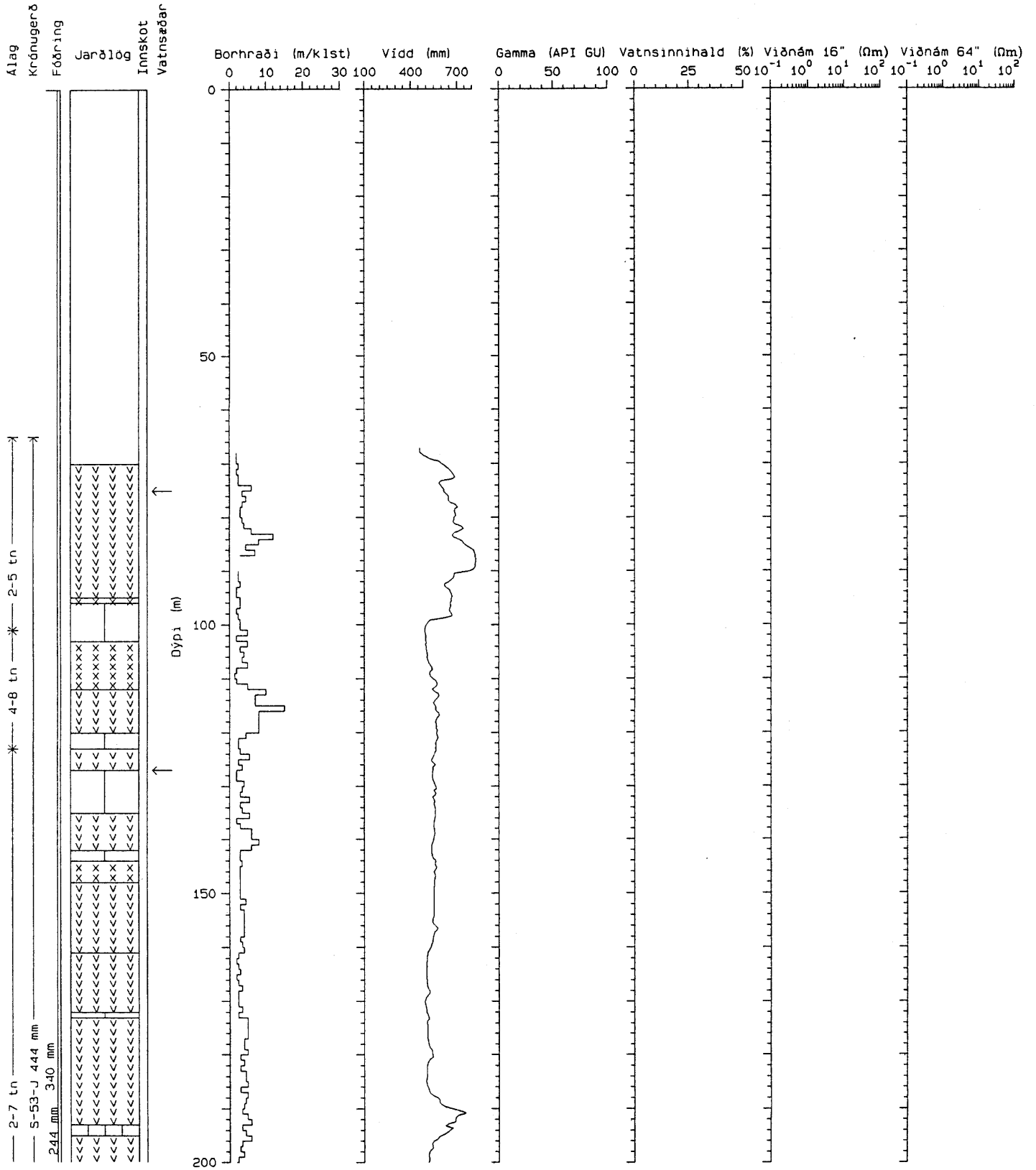
Númer	Dýpi(m)	Númer	Dýpi(m)	Númer	Dýpi(m)	Númer	Dýpi(m)
14910	76	14926	570	14942	970	14958	1316
14911	96	14927	582	14943	982	14959	1328
14912	110	14928	598	14944	992	14960	1348
14913	128	14929	628	14945	1026	14961	1370
14914	154	14930	638	14946	1028	14962	1392
14915	198	14931	676	14947	1042	14963	1446
14916	240	14932	712	14948	1070	14964	1482
14917	258	14933	766	14949	1092	14965	1526
14918	284	14934	772	14950	1102	14966	1546
14919	318	14935	820	14951	1110	14967	1554
14920	198	14936	846	14952	1126	14968	1580
14921	412	14937	850	14953	1158	14969	1612
14922	446	14938	892	14954	1202	14970	1614
14923	460	14939	930	14955	1220	14971	1624
14924	508	14940	942	14956	1252	14972	1640
14925	540	14941	958	14957	1290		

Jarðlagakaflanum er skipt í þrjá hluta: Í þeim fyrsta er fjallað um upphleðslueiningar, þ.e. jarðlög sem hlaðist hafa upp á yfirborði í eldgosum. Í öðrum hluta eru jarðlög í NJ-17 borin saman á einfaldaðan hátt við jarðlög í holum NG-6 og NJ-12. Í þriðja hlutanum er gerð grein fyrir innskotslögum.

Tafla 2. Þunnsneiðar úr kjörnum í holu NJ-17.

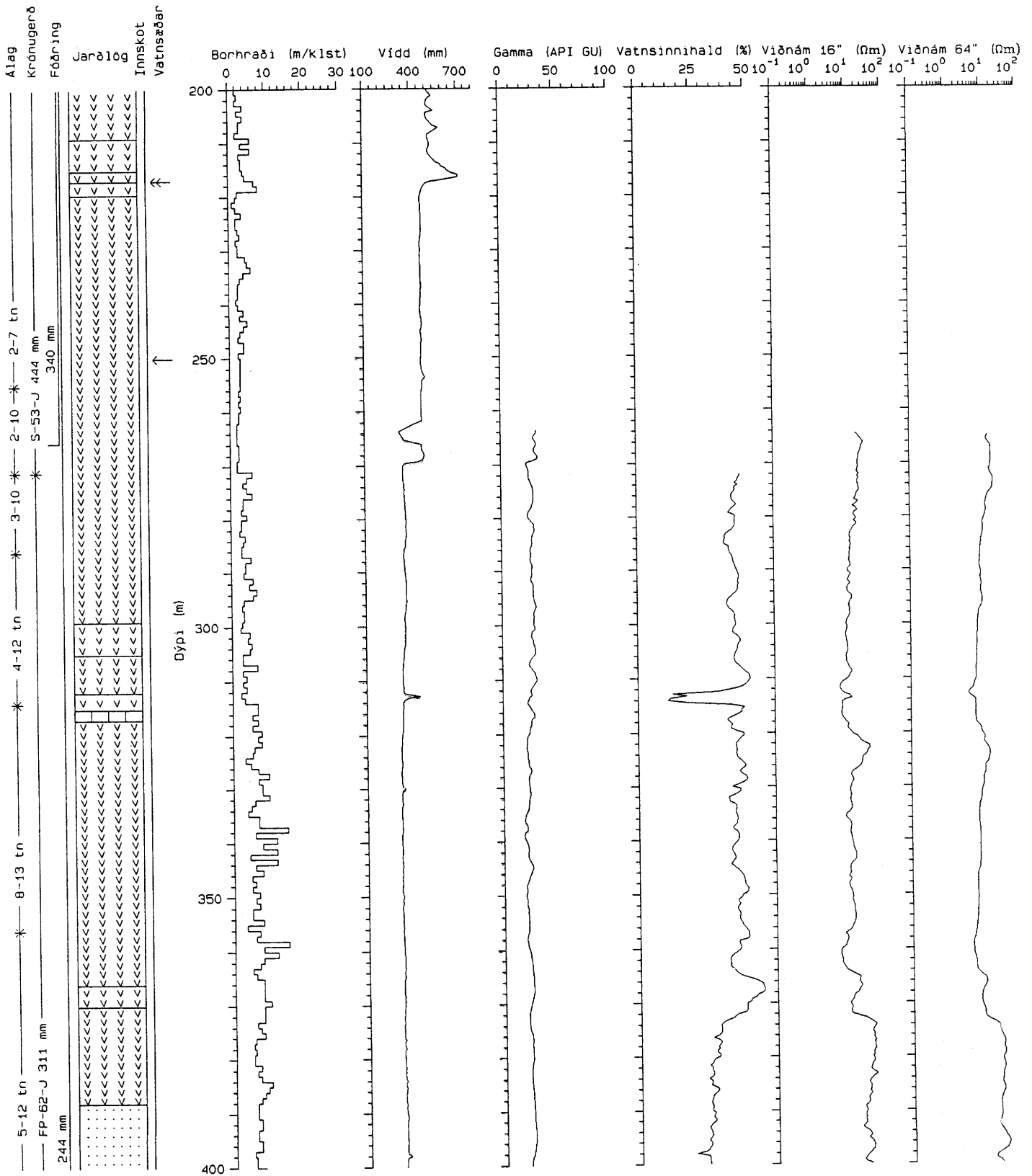
Númer	Kjarni	Dýptarbil (m)	Poki	Ath.
14695	1	876-880	1	efst
14696	1	876-880	3	
14697	1	876-880	3	
14698	1	876-880	4	
14699	1	876-880	4	
14700	1	876-880	5	neðst
14701	2	1003-1010	1	efst
14702	2	1003-1010	1	
14703	2	1003-1010	2	
14704	2	1003-1010	3	
14705	2	1003-1010	5	neðst
14706	3	1447-1454		efst
14707	3	1447-1454		2. að ofan
14708	3	1447-1454		neðst
14709	3	1447-1454		neðst

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



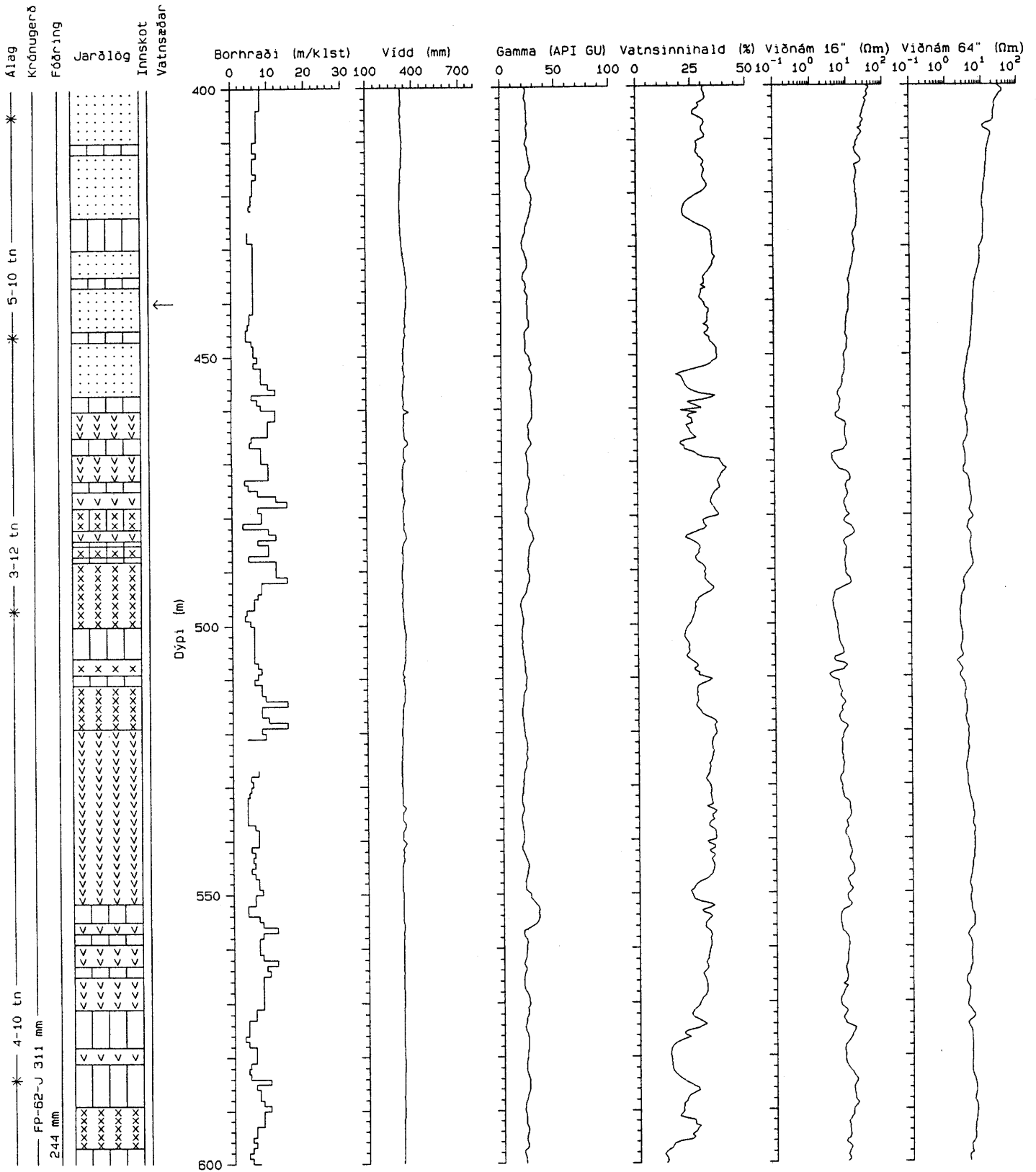
Mynd 4. Jarðlagasnið og mælingar. (Sjá skýringar á bls. 24).

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



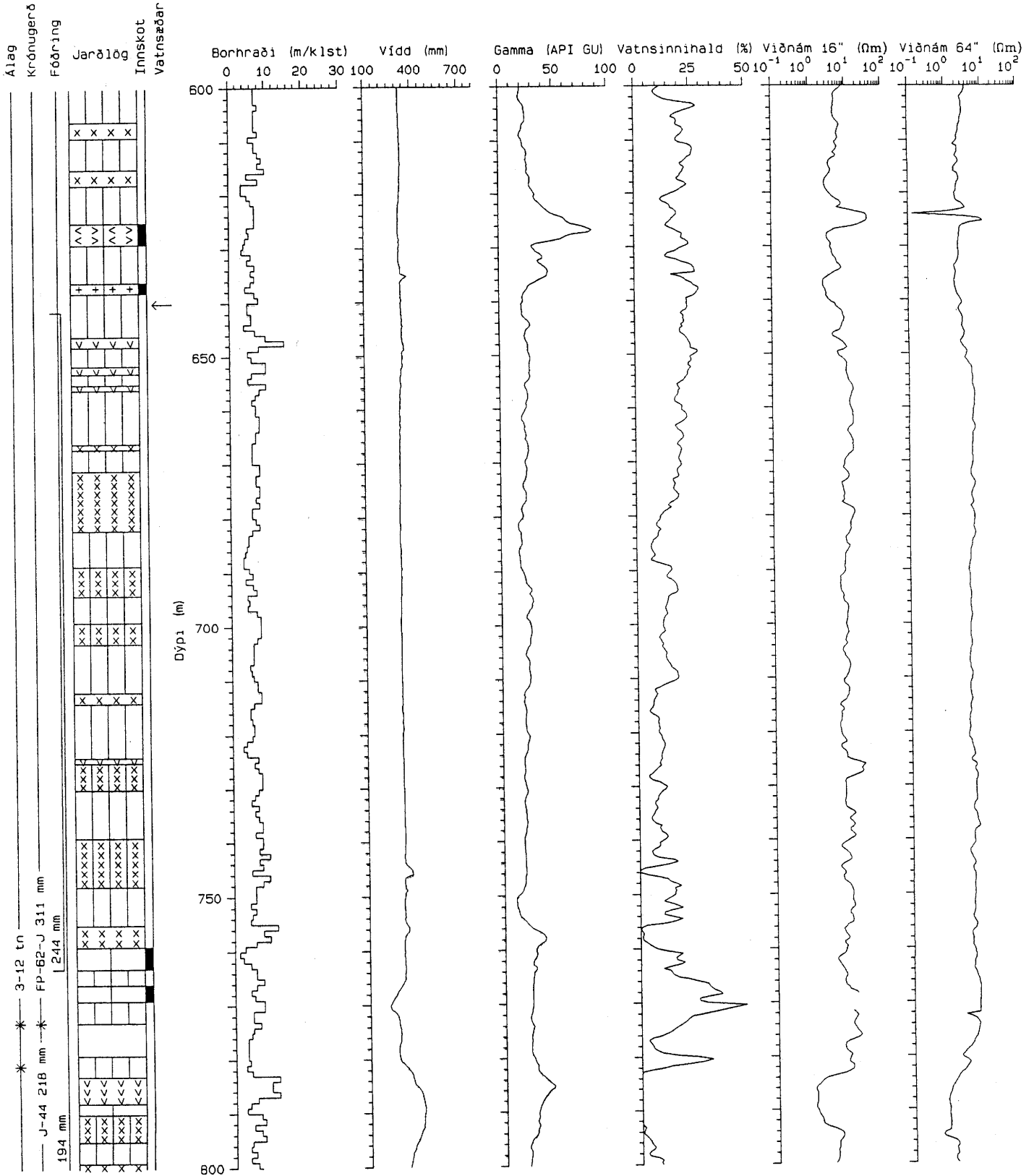
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



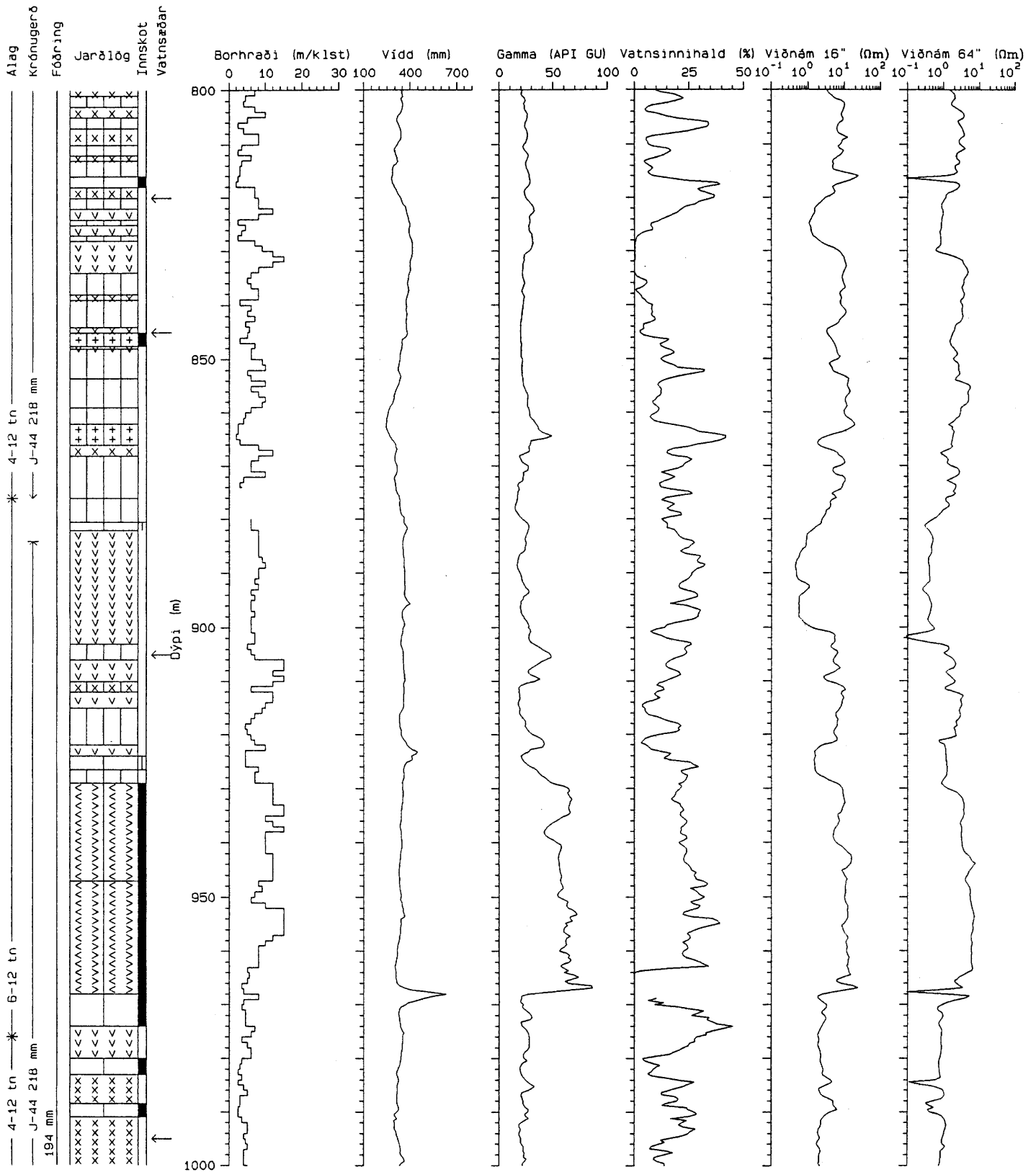
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



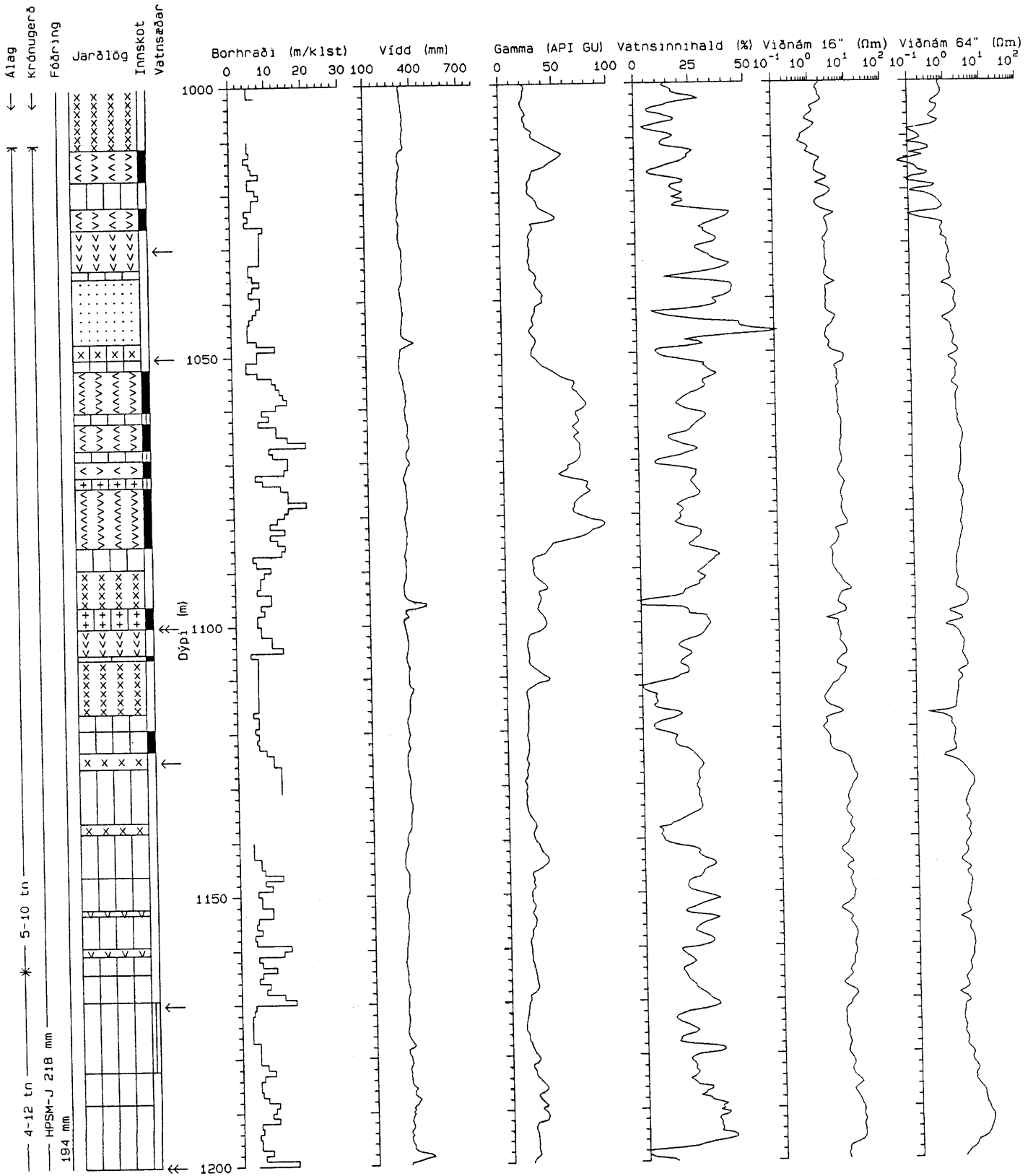
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



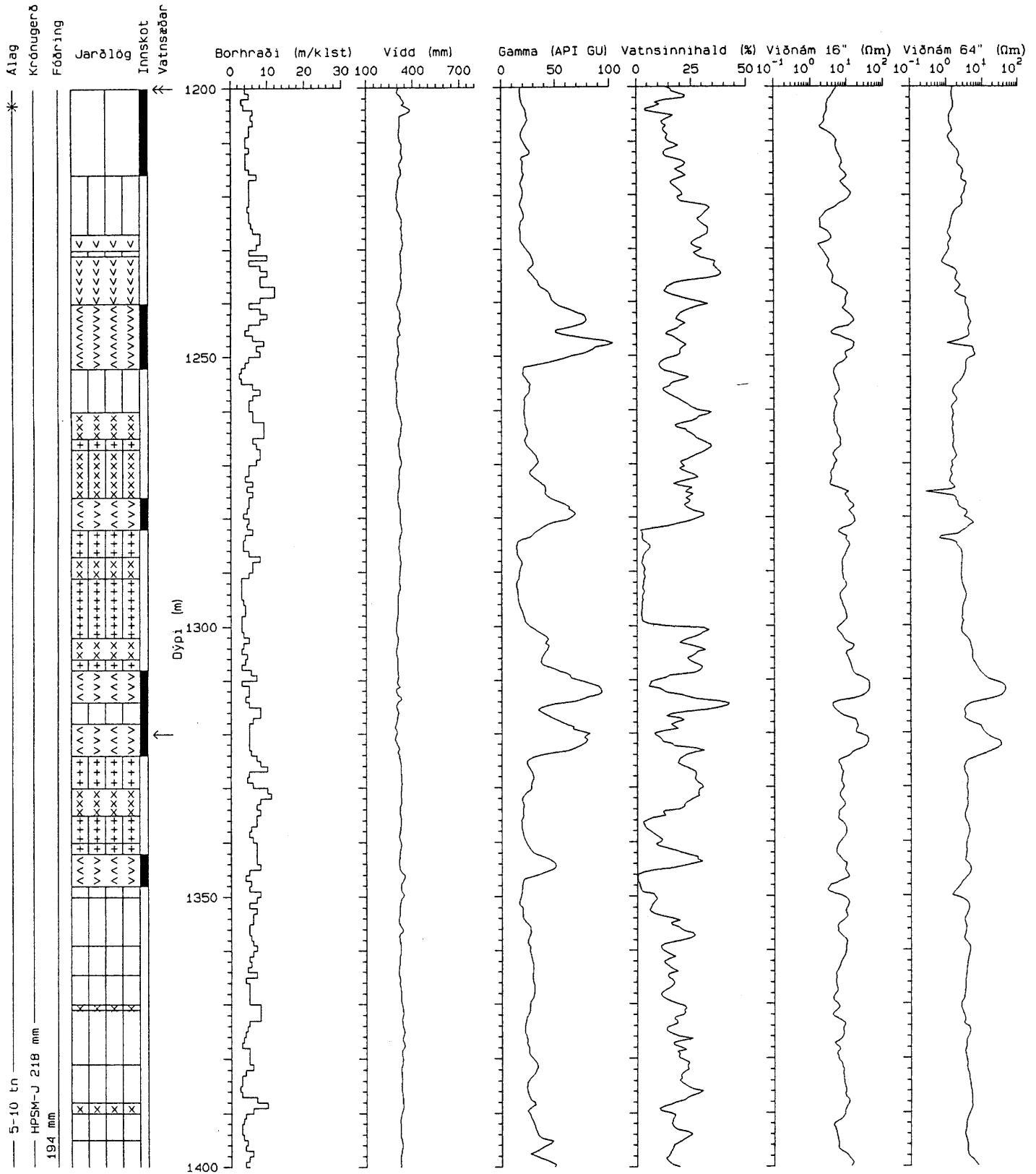
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



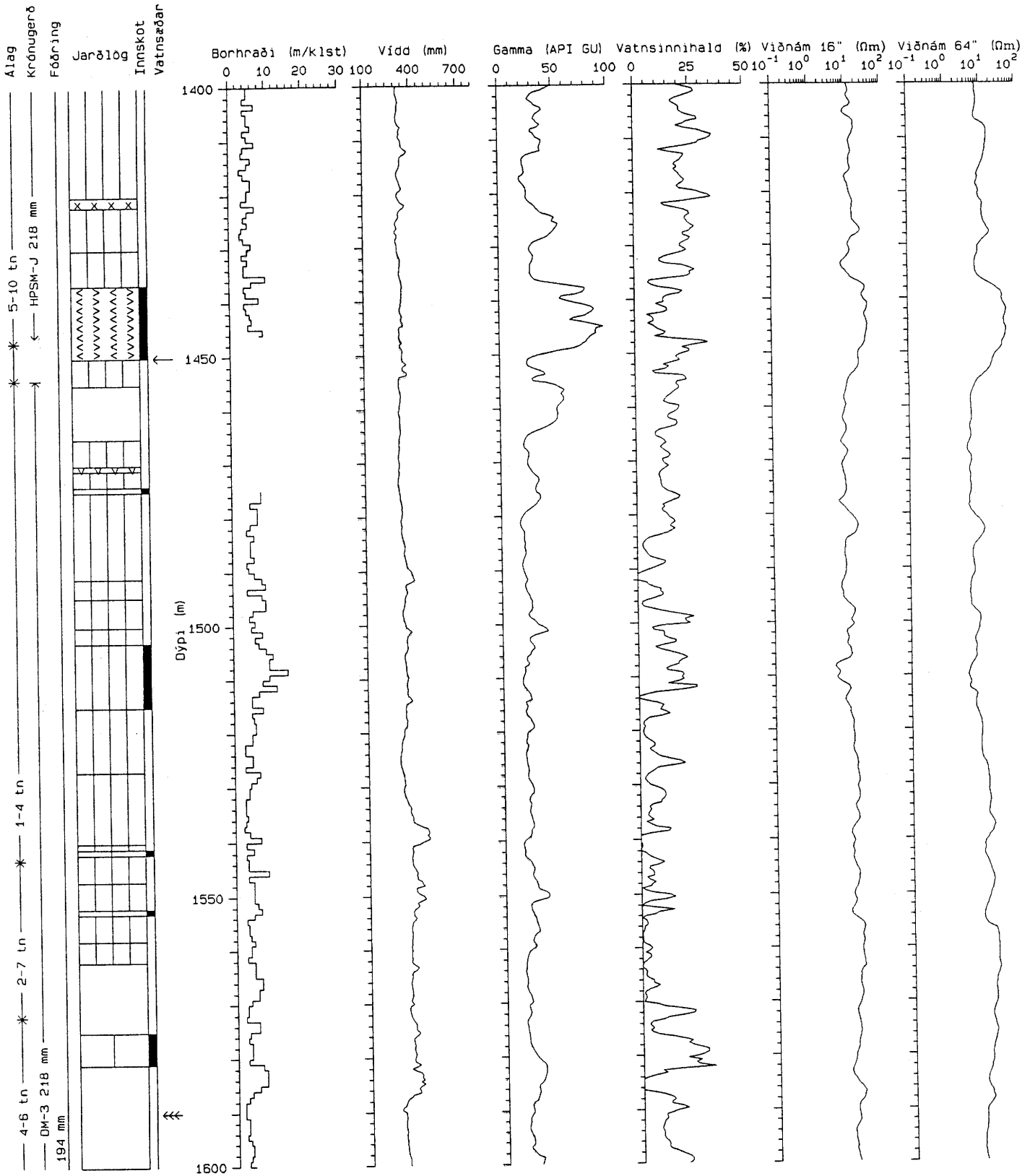
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



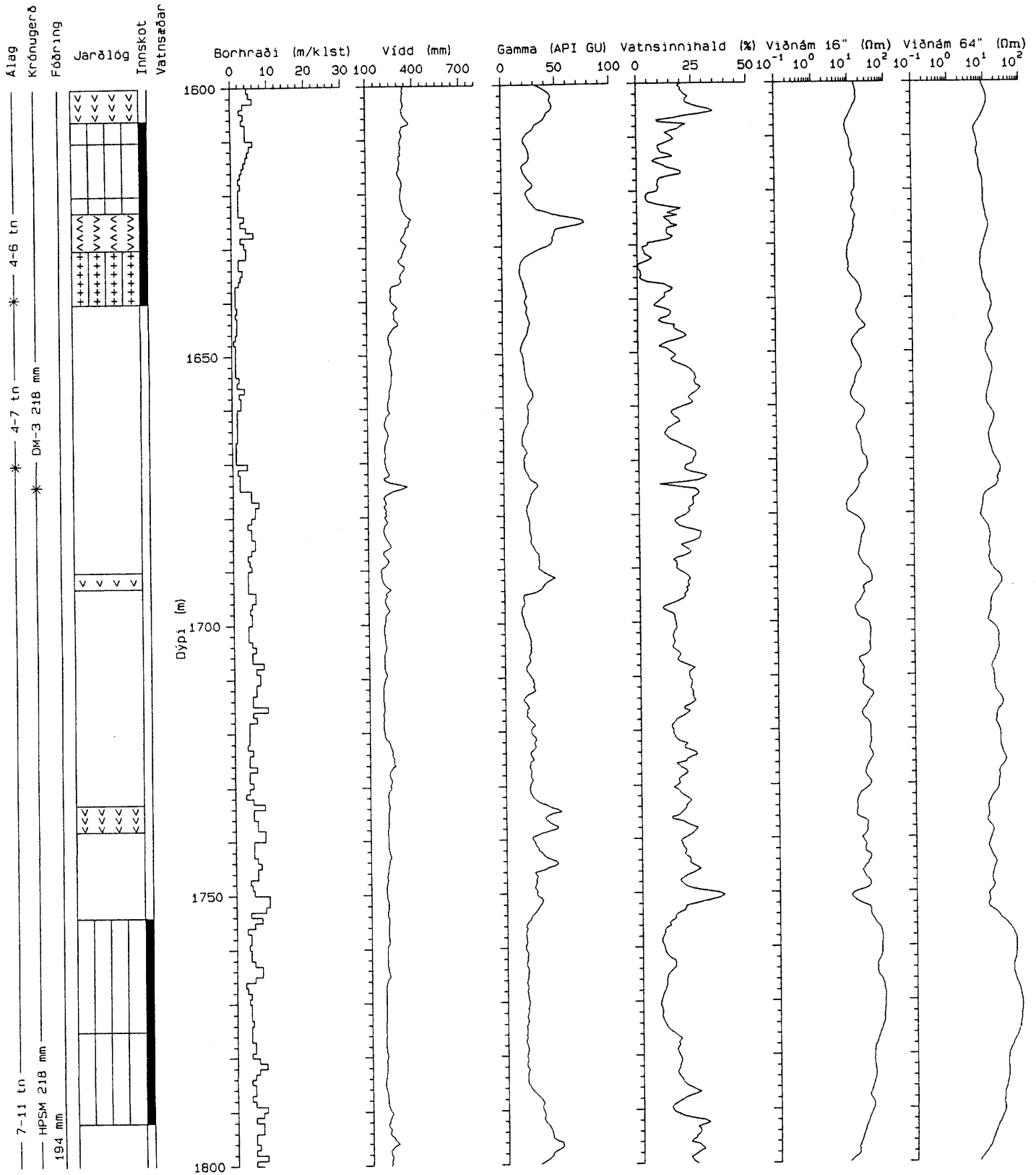
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



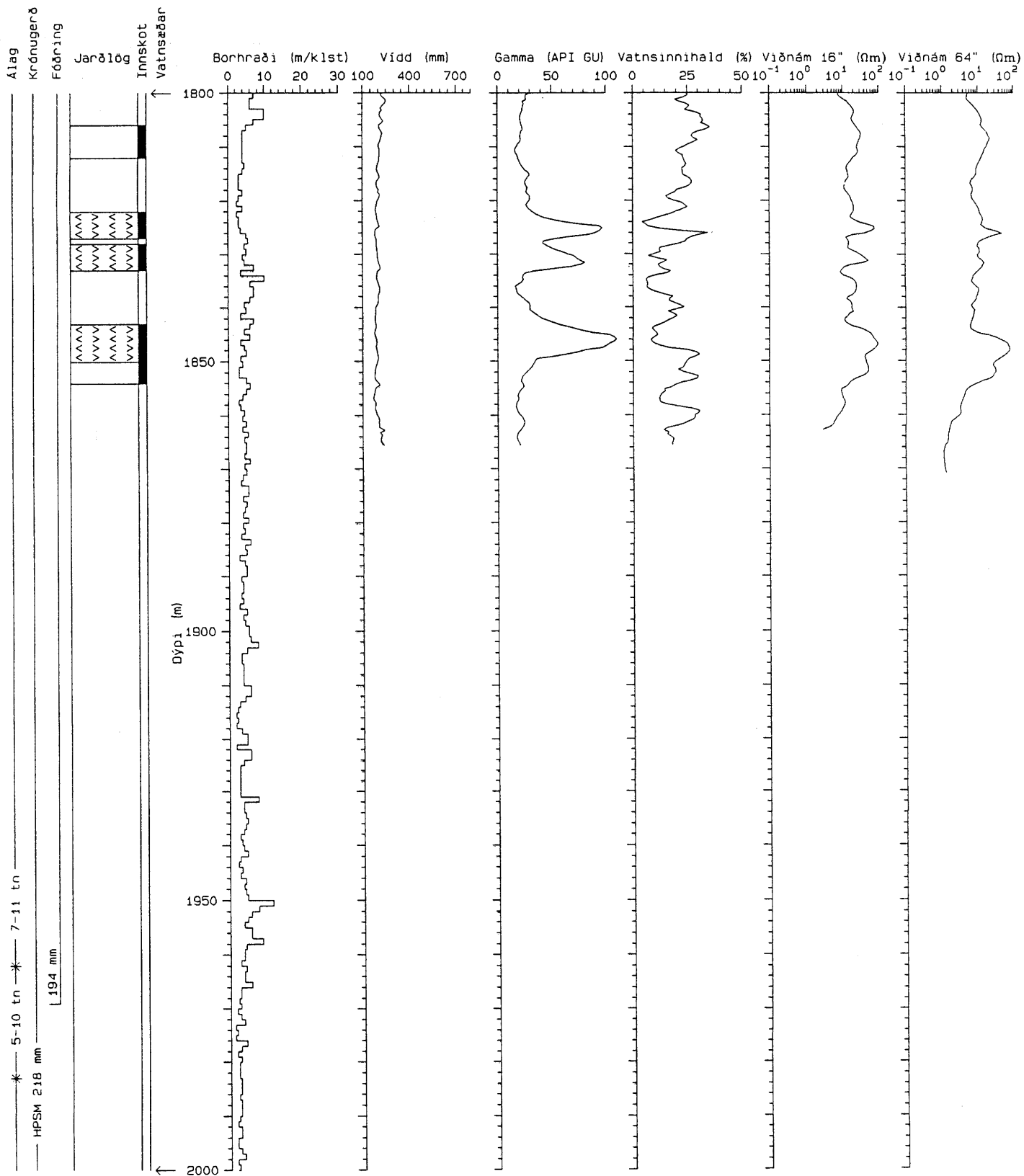
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



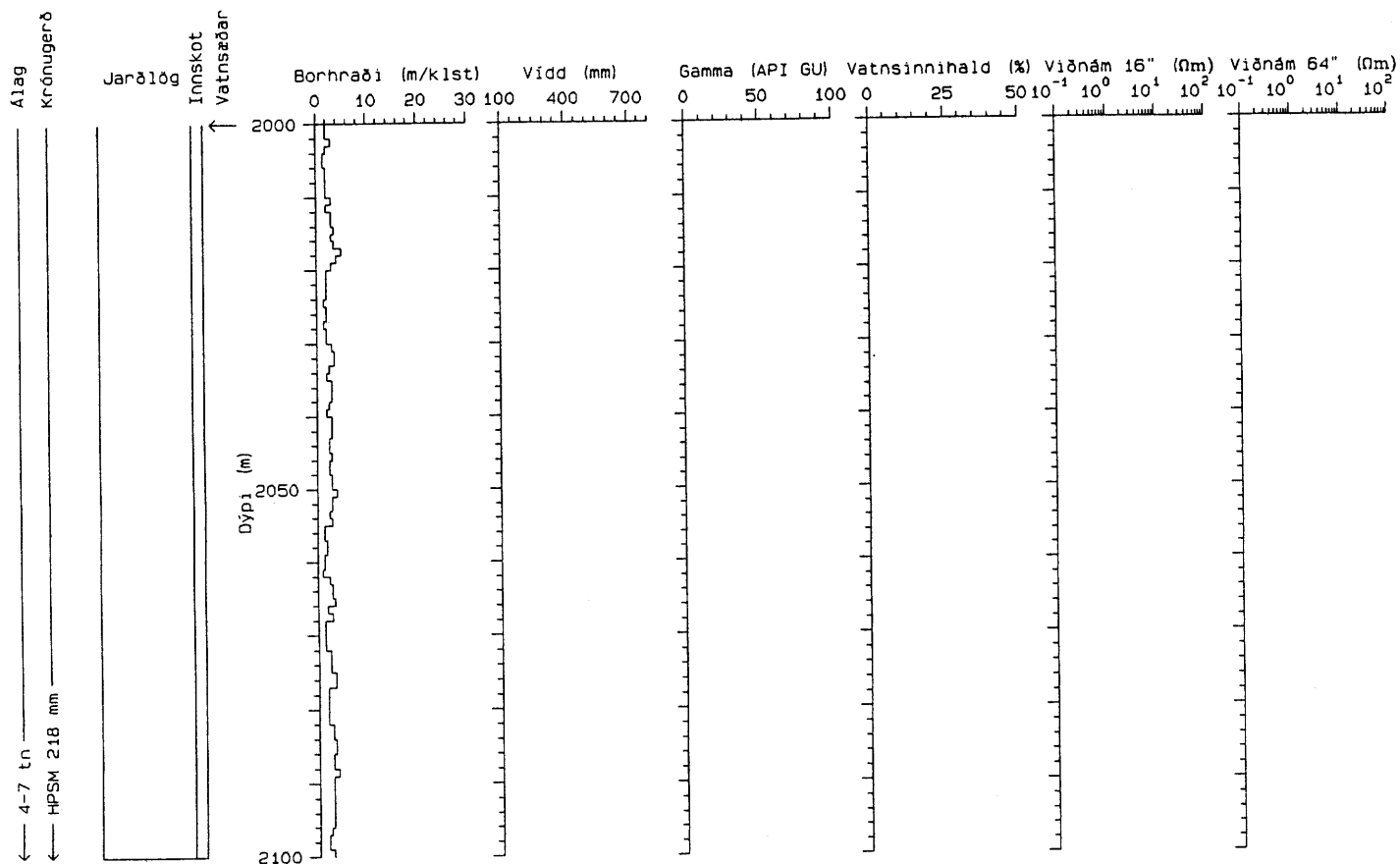
Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

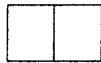
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR



Mynd 4. (frh.) Jarðlagasnið og mælingar.

Skýringar við myndir 4 og 5.

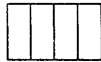
Skýringar við jarðlagasnið



Fersklegt fín-meðalkorna basalt



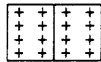
Túff



Ummyndað fín-meðalkorna basalt



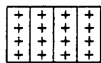
Isúrt fínkornótt berg



Fersklegt meðal-grófkorna basalt



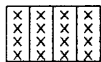
Isúrt grófkornótt berg



Ummyndað meðal-grófkorna basalt



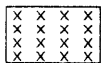
Fínkornótt set



Ummyndað glerjað basalt



Epidót-amfiból beltí



Basaltrík breksía



Svarf vantar

Skýringar við innskot



Innskot



Upphleðsluberg



Hugsanlegt innskot

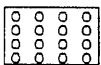
Skýringar við vatnsæðar

← : Lítil vatnsæð

←← : Stór vatnsæð

←← : Meðal vatnsæð

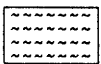
Skýringar við ummyndunarbelti



Klórít-epidót beltí



Svarf vantar



Klórítbeltí



Blandlagabeltí



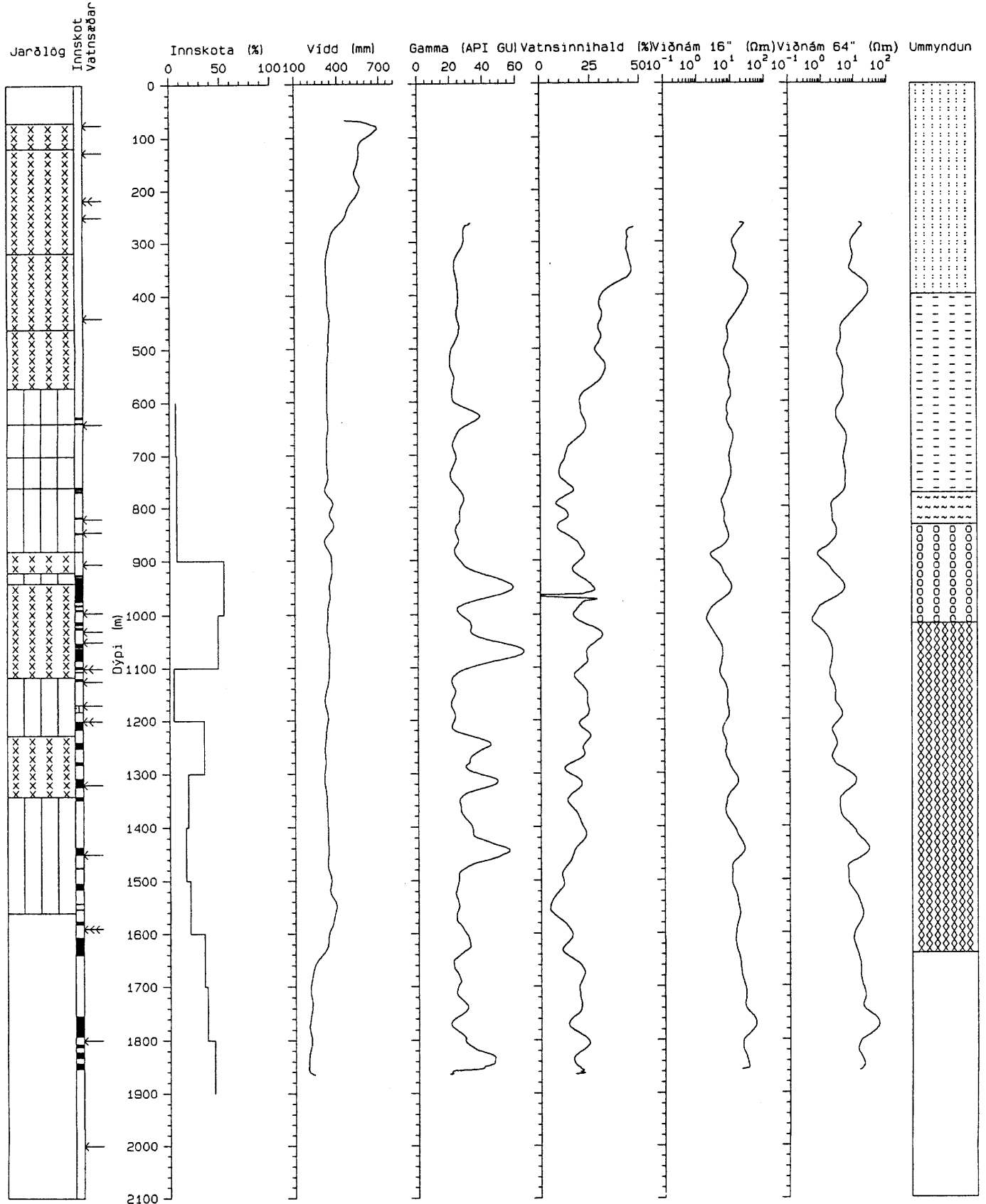
epidót-amfiból beltí



Smektít-zeólítabeltí

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

EINFALDAÐ JARÐLAGASNIÐ, MÆLINGAR OG UMMYNDUN



Mynd 5. Einfaldað jarðlagasnið, mælingar og ummyndunarbelti.

4.1 Upphleðslueiningar

Upphleðslueiningum í holunni er skipt í alls 9 myndanir. Af þeim eru 6 móbergsmýndanir, sem hver um sig samsvarar líklega einu eldgosi undir jökli ísaldar. Hraunlögum er skipt í 3 myndanir, og er hver myndun að líkindum tengd einu hlýskeyði.

Móbergsmýndun 1. (<70-127 m). Bergið er að mestu túff, nema um miðbikið þar sem það er basaltrikara (bólstraberg/bólstrabreksía). Þunnsneiðagreining bendir til ólivín-þóleiít berggerðar. Í svarfgreiningu var talið að bergið væri stakdílótt, en þunnsneiðagreining sýnir að plagíólistarnir eru partur af hlutkristöllum bergsins, en ekki dílar í eiginlegri merkingu.

Móbergsmýndun 2. (127-318 m). Myndunin hefur verið kennd við Háhrygg, sem gaus á fyrri hluta síðasta jökulskeyðs, og myndar á yfirborði vesturhlíðar Kýrdals. Bergið er að langmestu leyti túff með plagíóklaslistum, sem raða sér í straumstefnu (flow crystallization), nema í efstu 20 metrunum þar sem kristallað basalt og basaltbreksía eru ríkjandi.

Móbergsmýndun 3. (318-460 m). Móbergið er áberandi plagíóklasdílótt og sést víða að dílarnir hafa brotnað. Það er að meginhluta til túff nema í neðstu 50 m þar sem <6 m þykk samkynja basaltlög finnast í túffinu. Neðan 400 m dýpis er túffið mun samanþjappaðra, sem bendir til að það hafi sest til í vatni.

Móbergsmýndun 4. (460-571 m). Móbergið er að miklu leyti bólstra- og breksíukennt niður á um 520 m dýpi en að mestu ókristallað túff þar fyrir neðan. Bergið er þóleiítlegt skv. þunnsneiðargreiningu af 508 m dýpi.

Hraunlagamyndun 1. (571-880 m). Þessari rúmlega 300 m þykku myndun er skipt í fjóra hluta:

- a) Ólivín-þóleiít (571-636 m). Mörkin á milli móbergssins og hraunlaganna voru ákveðin á 571 m dýpi vegna þess að þar breytist berggerðin úr þóleiítlegu bergi yfir í ólivín-þóleiít. Í allt teljast 6 hraunlög til hópsins, öll af ólivín-þóleiít samsetningu. Um 8 m þykkt breksíulag er á milli 2. og 3. hraunlags.
- b) Dílótt ólivín-þóleiít (636-712 m). Alls greindust átta hraunlög ásamt einu um 10 m breksíulagi í miðri syrpu. Einkenni flestra hraunlaganna eru plagíóklasdílar. Flest eru þau stakdílótt, en efsta og næst neðsta hraunlagið eru áberandi dílótt.
- c) Ólivín-þóleiít (712-758 m). Í þessum hluta eru 3 hraunlög sem eru af ólivín-þóleiít samsetningu, aðskilin af glerjuðum þóleiítískum breksíulögum.
- d) Þóleiít basalt (758-880 m). Alls geta verið um eða yfir 16 hraunlög og tvö túfflög (4 og 12 m þykk) í þessari myndun. Í vísýnd lítur bergið út sem jafnkorna og með jafndreifðum málm, og hefur fín- til meðalkorna kristöllum. Greining í þunnsneiðum bendir til að bergið sé "millibasalt" frekar en kvars-þóleiít, því í sumum tilvikum finnst töluvert af ólivíni í grunnmassa bergsins.

Móbergsmýndun 5. (880-1105 m). Móbergið er mjög sundurskorið af innskotsbergi. Líklegast er hér ein móbergsmýndun (túff, breksía og basalt) þar sem þunnsneiðagreining sýnir frekar einhliða ólivín-þóleiít samsetningu. Þar sem innskot eru um 50% af heildarþykktinni þá má vera að móbergsmýndunin sé lítt meira en 120 m þykk.

Hraunlagamyndun 2. (1105-1217 m). Á þessu bili greinast um 11 hraunlög. Bergfræðileg einkenni í þunnsneiðum eru ekki sterk, sem gæti bent til "millibasalts".

Móbergsmýndun 6. (1217-1348 m). Móbergið er mjög sundurskorið af innskotum. Það er af ólivín-þóleítt samsetningu og er að mestu glerríkt til meðalgrófkorna basalt (bólstraberg), nema efst þar sem túff er ríkjandi.

Hraunlagamyndun 3. (1348-"1562" m). Berglagastaflinn er, að undanskildum nokkrum innskotum, eingöngu hraunlög. Þau eru sennilega flest "millibasalt" samkvæmt þunnsneiðaathugunum.

Neðan 1562 m dýpis og niður undir 1650 m var skoltap mjög mikið og algert þar fyrir neðan, og er jarðlagagreining þar því af skornum skammti. Stuðst var við jarðlagamælingar niður undir 1850 m. Flest jarðlög sem greind voru niður á 1850 m dýpi eru sennilega innskot, nema líklegt er að þunn túfflög liggi á rúmlega 1600 m, 1690 m, og tæplega 1740 m dýpi.

4.2 Samanburður jarðlaga NJ-17 við NG-6 og NJ-12

Á mynd 6 er sýnt á einfaldaðan hátt hvernig jarðlög NJ-17 tengjast við jarðlög NG-6 og NJ-12. Stuðst er við bergfræðilega flokkun (ólivín-þóleítt, þóleítt, dílótt basalt) til að tengja myndanir á milli hola, en litið er til lóðréttrar færslu á efri skilum hraunlagamyndana til að meta misgengi á milli hola. Samkvæmt jarðlagatengingunum á mynd 6 er hliðrun berglaga á milli NJ-17 og NG-6 um 120-150 m með falli austan megin. Á milli NJ-17 og NJ-12 kemur fram 70-80 m hliðrun einnig með falli austanmegin. Lega þessara misgengja er sýnd á mynd 6, en um þau hefur áður verið fjallað í yfirlitsskýrslu um Nesjavelli (Hjalti Franzson, 1988).

4.3 Innskot

Innskot eru auðkennd á jarðlagasniðinu á mynd 4. Þau finnast neðan 600 m dýpis. Neðan 1650 m dýpis reyndist svarfheimta takmörkuð, og er tilvist innskota þar því meira dulin en ella. Jarðlagamælingar gefa vísbendingar um innskot allt niður á rúmlega 1860 m dýpi, en ekki var mælt dýpra vegna hita. Hlutfall innskota í berggrunni er sýnt á mynd 5. Eins og áður er getið, verður ekki vart við innskot ofan 600 m dýpis. Þaðan og niður á 900 m dýpi er hlutfallið innan við 10%. Milli 900-1000 m er hlutfall innskota einna hæst eða um 50%. Hlutfallið fer niður fyrir 10% á 1100-1200 m, yfir 30% á 1200-1300 m og minnkar smá saman niður fyrir 20% á 1400-1500 m dýpi. Þar fyrir neðan eykst hlutfallið á ný og er skv. jarðlagamælingum a.m.k. 40% á 1800-1900 m dýpi. Hlutfall innskota virðist svipað í NJ-17 og í öðrum holum á Nesjavöllum (sbr. mynd 8 í Hjalti Franzson, 1988).

Innskot í holu NJ-17 eru flokkuð, eins og tíðkast hefur, í þrjá meginflokka, og er skiptingin sýnd á mynd 7 og kemur þar einnig fram á hvaða dýpi þau koma fyrir.

- (i) Ferskleg basaltinnskot. Innskot sem í svarfgreiningu voru greind í þennan flokk voru athuguð bergfræðilega í þunnsneiðum. Svo virðist sem mögulegt sé að skipta þeim í tvo hópa: Í þeim fyrri er bergið jafnkorna (equigranular) og með jafndreifðum málmum og ólivíni í grunnmassa. Í hinum flokknum er bergið grófar kristallað, magnetítið síðkristallað, og textúrinn "sub-ófitískur", þ.e. berg líkara ólivín-þóleítti en í fyrri hópnum. Fyrirnefndu innskotin finnast á 750-950 m dýpi og á um 1550 m, en þau síðarnefndu eru jafndreifðari.
- (ii) Ummynduðu basaltinnskotin eru einnig tiltölulega jafndreifð.
- (iii) Ísúru innskotin eru einna algengust á milli 900-1100 m dýpis en eru annars frekar jafndreifð neðan þess. Eitt þunnt ísúrt innskot finnst á rúmlega 600 m dýpi, og hafa slík inn-

skot ekki fundist svo ofarlega áður í Nesjavallaholum.

4.4 Jarðlagamælingar

Í töflu 3 eru skráðar allar borholumælingar sem gerðar voru í holu NJ-17 fram til 1. janúar 1993. Í viðauka V-1 eru frumgögn jarðlagamælinga sýnd ásamt jarðlagasniði og borhraða. Auk ofangreinds jarðlagasniðs er á mynd 4 sýndur borhraði, vídd holunnar, víddarleiðrétt gammamæling, útreiknað vatnsinnihald út frá víddarleiðréttri nifteindarmælingu og hitaleiðrétt viðnám að áætluðum berghita. Loks eru einfaldað jarðlagasnið og hlaupandi meðaltal ofangreindra mælinga sýnd á mynd 5, og einnig ummyndunarsteindir. Hér á eftir verður fjallað um hverja einstaka mæliaðferð, úrvinnslu mælinga og helstu niðurstöður.

Gammamælingar sýna náttúrulega gammageislun og er þeim ætlað að gefa mat á kísilsýruinnihaldi bergsins (Valgarður Stefánsson o.fl., 1982). Kísilsýrustyrkurinn hækkar með vaxandi styrk gammageislunar sem mældur er í svokölluðum API einingum (API: American Petroleum Institute). Með samanburði á víddarleiðréttum styrk gamma geislunar (I_0) og kísilsýruinnihalds (SiO_2) bergsýna úr holu á Reyðarfirði, hefur fengist eftirfarandi samband milli I_0 og SiO_2 í prósentum:

$$\text{SiO}_2 = 0,27I_0 + 40 \%,$$

(Valgarður Stefánsson o.fl., 1982). Ekki er þó ljóst hversu vel þetta samband gildir fyrir bergtegundir á Nesjavöllum og er því látið nægja að teikna víddarleiðréttu gammamælingu (myndir 4 og 5).

Mynd 8a sýnir tíðnidreifingu gammageislunar ásamt útreiknaðri bestu normaldreifingu. Þar kemur fram að meðaltalið er nálægt 29 API einingum, sem samkvæmt ofanskráðri jöfnu samsvarar 48% kísilsýru. Þetta meðaltal er svipað og fæst úr öðrum holum á Nesjavallasvæðinu. Mestur mælist styrkur gammageislunarinnar um 100 API einingar á tæplega 1250 og 1850 m dýpi (sjá mynd 4). Samkvæmt jöfnunni að ofan samsvarar það 67% kísilsýruinnihaldi.

Út frá nifteindarmælingum er reiknað vatnsinnihald bergsins, en með því er átt við vatn sem bundið er í ummyndun og það vatn sem er í þorum í berginu. Vatnsinnihaldið er gefið í prósentum á myndum 4 og 5. Samanburður á útreiknuðu vatnsinnihaldi þessarar holu og mældum poruhluta nokkurra kjarnasýna úr holunni hafa sýnt að nifteindarmælingarnar gefa ótrúlega gott mat á raunverulegum poruhluta bergsins. Þessar mælingar sýna að reiknað vatnsinnihald bergsins er innan við 5% hærra en raunverulegur poruhluti (sjá viðauka V-6). Mynd 8b sýnir tíðnidreifingu vatnsinnihalds bergsins, ásamt útreiknaðri bestu normaldreifingu. Þar kemur fram að meðaltal vatnsinnihalds bergsins er 21% sem er mjög svipað meðaltal og úr öðrum holum á svæðinu. Eins og fram kemur á myndum 4 og 5 er útreiknað vatnsinnihald einna mest í efstu 600 m. Mesta vatnsinnihaldið reiknast 64% á 1046 m.

Viðnámsmælingum er ætlað að finna rafviðnám bergsins umhverfis holuna. Þar sem rafviðnámið er mjög háð hitastigi og vatnsmagni (mengaðs vatns) gefur það oft, ásamt öðrum mælingum, upplýsingar um heitar vatnsæðar. Þannig má ætla að lágt viðnám ásamt háu hitastigi og háu vatnsinnihaldi (samkvæmt nifteindarmælingu) sýni staðsetningu heitra vatnsæða. Þetta er þó ekki einhlítt því viðnámið er einnig háð öðrum þáttum svo sem bergtegund, ummyndum o.fl. Einnig er viðnámsmælingum ætlað að auðvelda tengingu borholumælinga við viðnámsmælingar frá yfirborði.

Í viðnámsmælingunum í borholum er mælt svokallað sýndarviðnám, sem er það viðnám, sem mælist, ef um einsleitna jörð væri að ræða. Mælt er með tveim mæliuppsetningum, annarsvegar er haft 16" milli straum- og spennupóls og hinsvegar með 64" á milli þeirra. Viðnámið fyrir 64" bilið skynjar lengra út í bergið heldur en 16" viðnámið, en það síðarnefnda gefur betri upplausn. Þar sem viðnámsgildin ná yfir nokkrar stærðargráður, og eins vegna þess að þau eru nálægt því að vera logarítmískt normaldreifð, er viðnámið teiknað í logarítmískum skala.

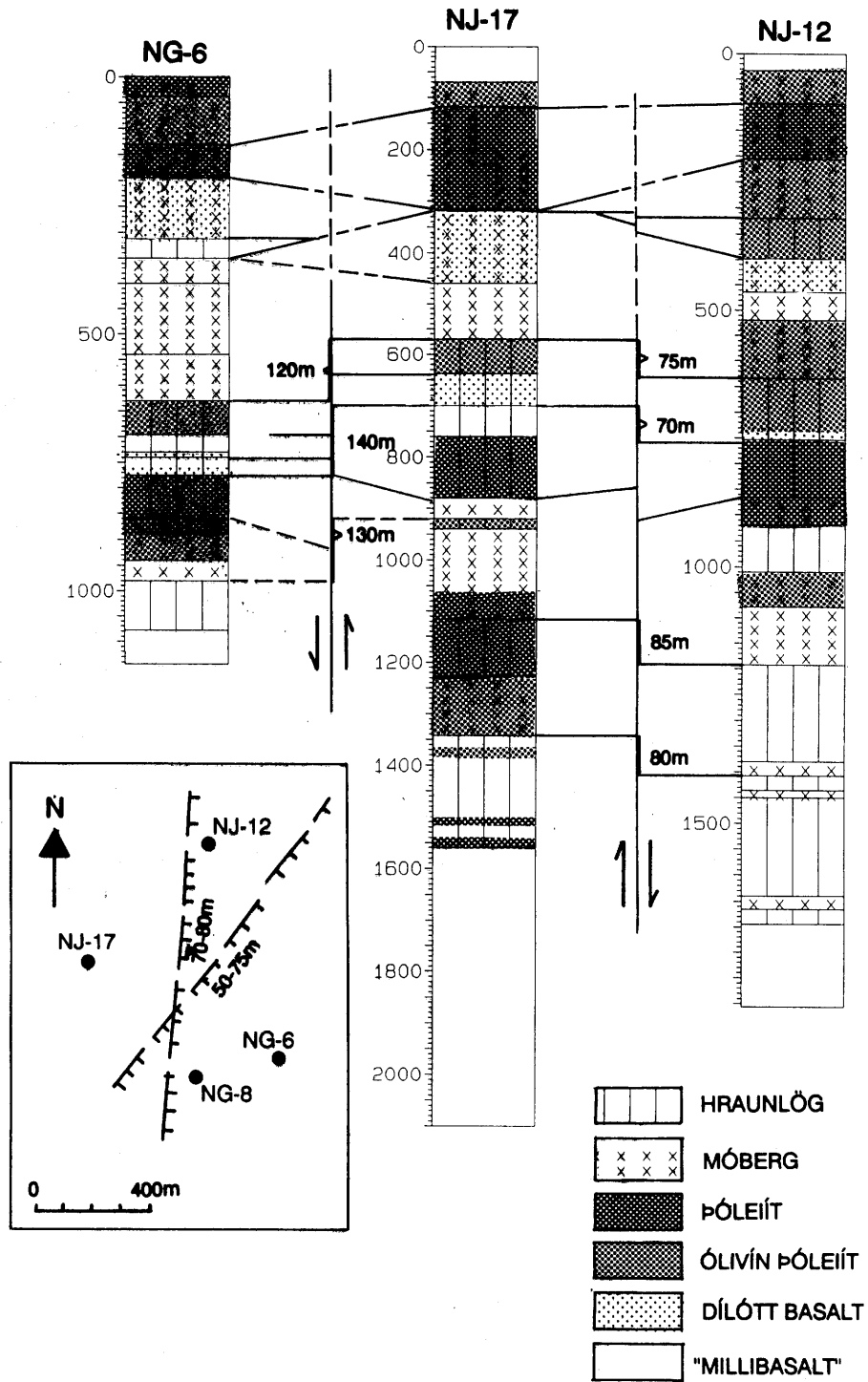
Bæði vídd holunnar og viðnám holuvökvans hefur áhrif á viðnámsmælingarnar. Ef viðnám holuvökvans er þekkt með dýpi er hægt að leiðrétta fyrir þessum áhrifum með aðstoð þar til gerðra kvörðunarferla. Viðnám holuvökvans er ekki hægt að mæla í holunni með núverandi tækjakosti Orkustofnunar. Ef hinsvegar er gert ráð fyrir að viðnámsbreytingarnar séu litlar með dýpi, þá er oft hægt að nota bæði 16" og 64" viðnámin ásamt vídd holunnar til að reikna út bæði viðnám holuvökvans og víddarleiðrétt bergviðnám. Þessa aðferð er ekki unnt að nota hér þar sem 64" viðnámið er yfirleitt lægra en 16" viðnámið. Í flestum tilvikum þýðir slík hegðun að viðnám holuvökvans er meira en viðnám bergsins, en slíkt er talið ósennilegt og stafar munurinn sennilega af ófullkomnum tækjabúnaði til mælinga í lágu viðnámi, sem ekki verður farið nánar út í hér. Vegna ofangreindra atriða er ekki unnt að víddarleiðrétta viðnámsferlana.

Auk ofangreindra þátta hefur hitastig holunnar áhrif á mælt viðnám. Þar sem ádæling kælir holuna þarf að leiðrétta viðnámsferlana að raunverulegum berghita. Þetta er gert í tvennu lagi, í fyrsta lagi er leiðrétt að föstum berghita (30°C) með hliðsjón af hitamælingum, sem gerðar eru um leið og viðnámsmælingarnar, og hinsvegar er viðnámið umreiknað að áætluðum berghita holunnar (sjá töflu 4). Viðnámið reiknað að áætluðum berghita er teiknað á myndum 4 og 5 og dreifing viðnámsgildanna á myndum 8c og 8d fyrir 16" og 64" viðnámin. Meðaltal viðnámsgildanna reiknast 9,0 og 4,7 Ω m fyrir 16" og 64" viðnámin. Þetta eru svipuð viðnámsgildi og í öðrum holum á Nesjavallasvæðinu. Á mynd 5 er sýnt vegið hlaupandi meðaltal viðnáms leiðrétt að áætluðum berghita. Þar kemur fram að viðnámið er einna lægst á 800-1100 m dýpi.

Þar eð tækjabúnaður Orkustofnunar til viðnámsmælinga í borholum hentar illa til mælinga á lágviðnámi eins og hér um ræðir, ber að taka viðnámsgildin með nokkurri varúð. Sérstaklega á það við um 64" viðnámferilinn. Líta ber frekar á niðurstöður viðnámsmælinganna sem afstætt viðnám þ.e. viðnámsgildin eru sennilega of lág, en hinsvegar má nota mælingarnar til að skoða viðnámsbreytingar í jarðlögum.



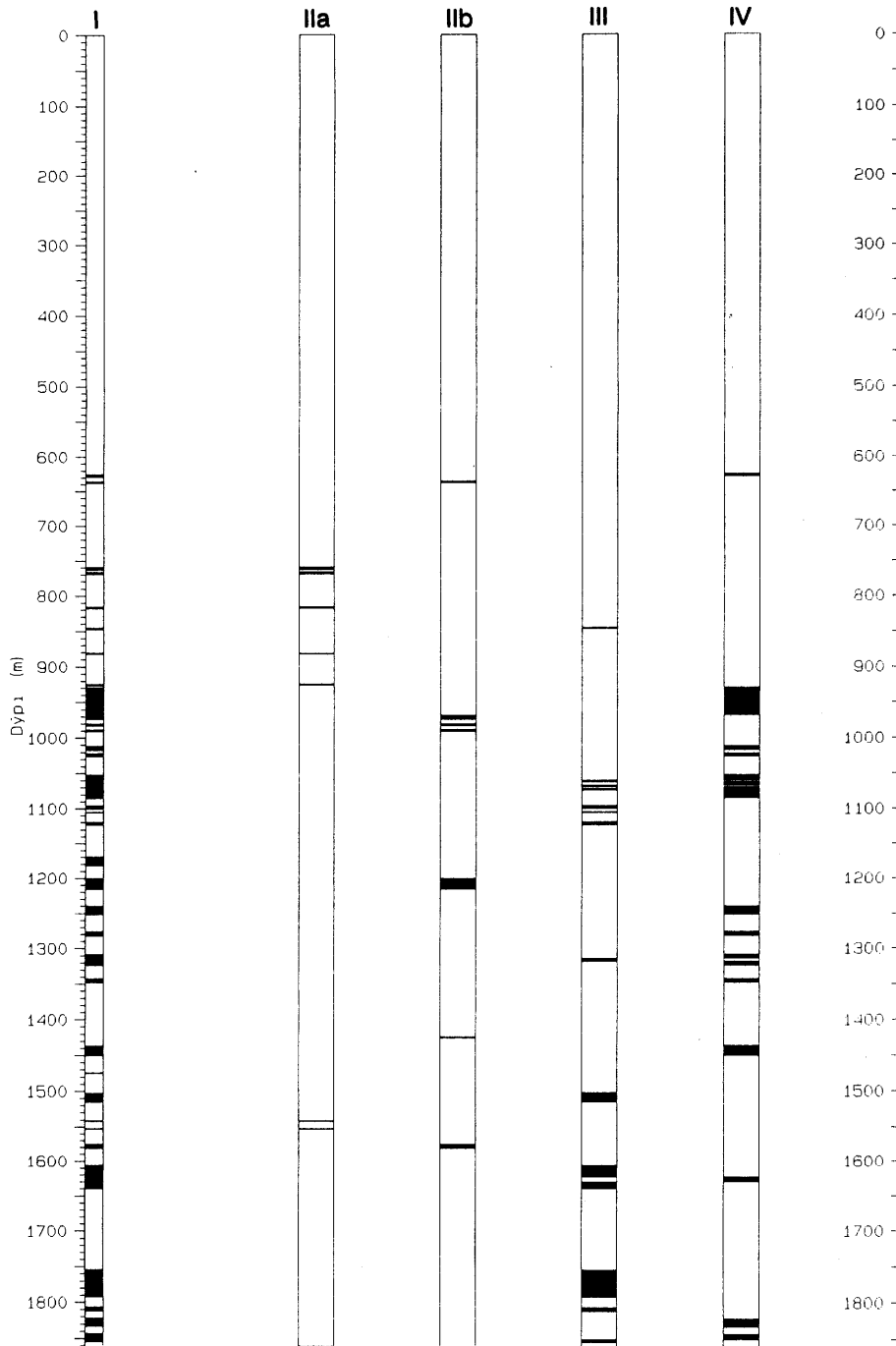
JHD JFR 8715 HF
90.05.0162 T/AA



Mynd 6. Tenging jarðlaga og misgengi milli hola NG-6, NJ-17 og NJ-12.

IE JHD JFR 8715 HF
90.05.0162 T/AA

NESJAVELLIR HOLA NJ-17
Flokkun innskota



SKÝRINGAR

I. Öil innskot

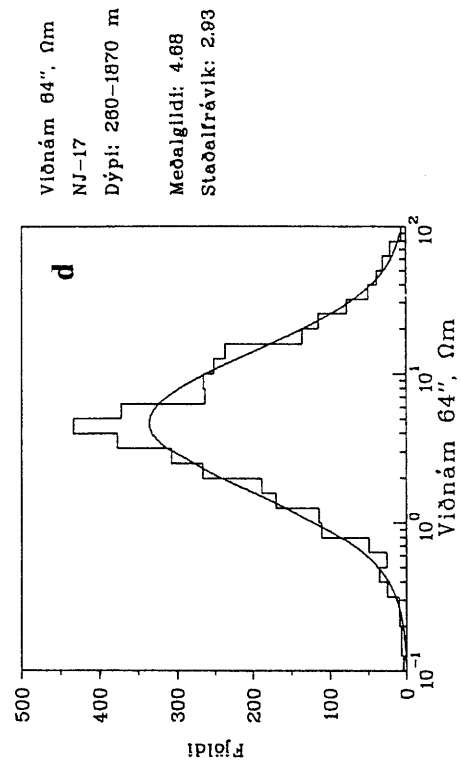
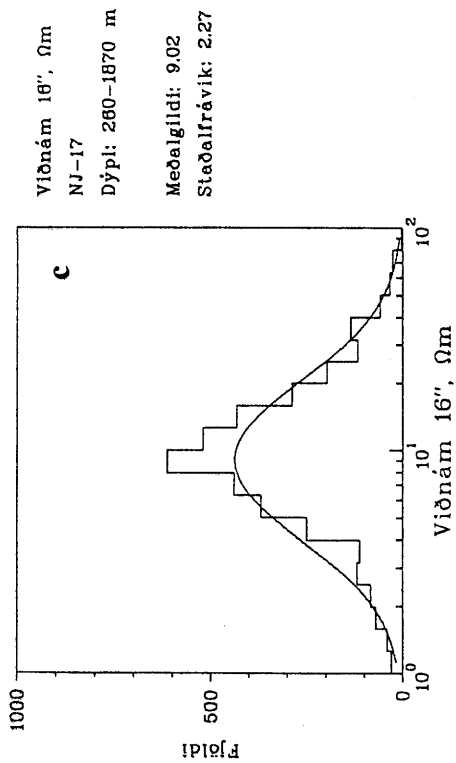
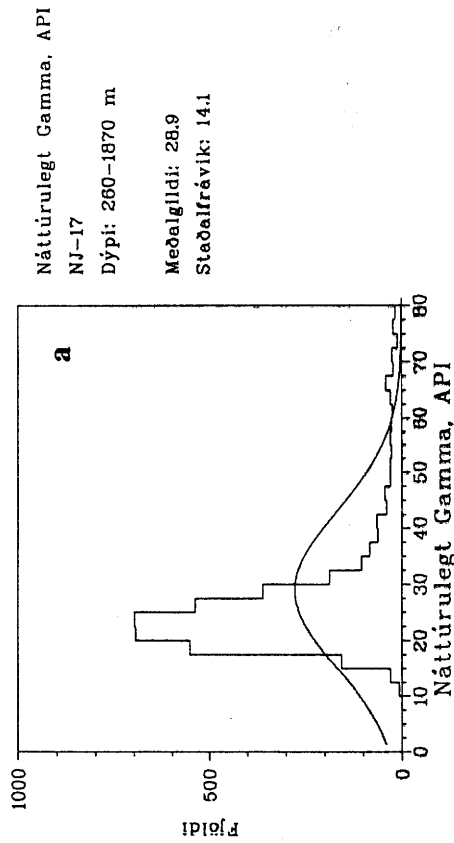
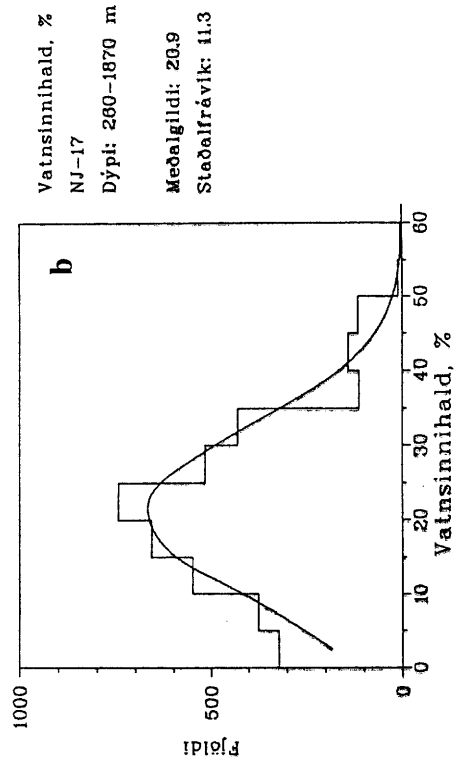
IIa. Fersklegt jafnkorna basalt

IIb. Fersklegt ólivín póleíft basalt

III. Ummyndað basalt

IV. Ísúrt berg

Mynd 7. Berggerðir í innskotum.



Mynd 8. Tíðnidreifing gammageislunar, vatnsinnihalds og viðnáms.

5. UMMYNDUN

5.1 Greiningaraðferðir

Ummyndunarsteindir voru greindar á þrennan máta:

1. Svarf var skoðað í **víðsjá** jafnóðum og borað var. Margar ummyndunarsteindir eru auðþekktar við slíka athugun og gefur hún því sæmilega mynd af ummyndun bergsins, sérstaklega um magn ummyndunarsteinda.
2. Sýni voru valin til þunnsneiðagerðar með hliðsjón af svarfgreiningu og skoðuð í **bergfræðismásjá**. Þannig má, auk berggerðar, greina flestar ummyndunarsteindir.
3. Leirsteindir voru greindar með **XRD-tæki**, en einnig var stuðst við svarf- og þunnsneiðagreiningu. Þessar greiningar hjálpa til að skipta ummynduninni í belti, sem lýsa ákveðnum hitabreytingum.

5.2 Bergummyndun

Á mynd 9 er sýnd ummyndun á gleri, ólivíni, plagíóklas og magnetíti með dýpi í holu NJ-17. Gögnin eru byggð á afstæðu mati í þunnsneiðaathugunum. **Gler** er þegar farið að ummyndast ofan 100 m. Neðan 110 m eykst ummyndun þess mjög og í 200 m er hún langt komin. Neðan 400 m dýpis er ummyndunin alger. Glerið ummyndast alls staðar þar sem til sést yfir í leir. Í holum annars staðar á svæðinu, (t.d. NG-6 og NJ-12) verður einnig vart við ummyndun glers yfir í kalsít og kvars sérstaklega við virkar vatnsæðar. **Ólivín** sést fremur sjaldan sem steind í basaltinu, og því eru gagnapunktur færri. Ummyndun þess er tiltölulega takmörkuð niður undir 250 m dýpi, en virðist aukast þar og neðan 450 m dýpis er ummyndun þess alger. Yfirleitt ummyndast ólivínið yfir í leirsteindir, en þó vottar fyrir spheni og amphibóli neðan 900 m, þótt ekki sé ljóst hvort sú ummyndun er tengd ólivíninu eða leirnum. **Plagíóklas** er, líkt og pýroxeninn, harðari af sér gagnvart ummyndun. Hann er að mestu leyti ferskur niður undir 450 m dýpi. Ummyndun hans verður meira áberandi neðan 550 m dýpis, sérstaklega milli 1000-1200 m þar sem ummyndun hans er nær alger. Ummyndun plagíóklasans er aðallega yfir í leir og auk þess albíts neðan 550 m dýpis. Milli 400 og 800 m dýpis verður vart við ummyndun hans yfir í stílbít, sérstaklega áberandi í plagíóklas dílum. Sú ummyndun er að öllum líkindum eldri en leir- og albítumyndunin. Neðan 1100 m dýpis verður vart kalsítumyndunar á plagíóklasanum, og virðast dýpin þar sem sú ummyndun kemur fram falla saman við vatnsæðar (rúmlega 1100 m og 1160 m). Kalsítumyndun bergs við vatnsæðar er vel þekkt úr öðrum holum. **Magnetít** er ferskt allt niður fyrir 750 m dýpi. Þar fyrir neðan umbreytist hann smám saman yfir í sphen.

Á mynd 9 má einnig lesa mun á ummyndun upphleðslubergs og innskota. Í báðum tilvikum er ólivínið ummyndað, en plagíóklas og magnetít er áberandi minna ummyndað í innskotunum en í grannberginu. Innskotin eru yngri en grannbergið og yfirleitt þéttari. Er það yfirleitt talin skýringin á mun í ummyndun þessara bergeininga.

5.3 Dreifing ummyndunarsteinda

Mynd 10 sýnir dreifingu ummyndunarsteinda, og eru þær táknaðar á myndinni eftir greiningaraðferð. Á sömu mynd er einnig sýnt einfaldað jarðlagasnið, innskotadreifing, vatnsæðar og beltaskipting ummyndunar.

Tafla 3. Mælingar í NJ-17.

Dags.	Tími (kl)	Dýpi (m)	Hvað mælt	Athugasemdir
1986.06.16	3:25-4:20	0-256	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.06.16	8:05	0-265	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.06.16	8:40	0-265	Vídd	
1986.06.26	0:05-2:00	0-756	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.06.26	5:45-6:30	0-756	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.06.26	6:30-8:00	0-766	Vídd	Skápar
1986.06.26	8:00	0-773	Viðnám	Jarðlög
1986.06.26	9:30-11:00	0-770	NN+Gamma	Jarðlög
1986.06.26	11:15-12:00	0-773	Hiti- Δ T-CCL	Mælt fyrir fóðringu
1986.07.01	17:35-18:15	0-757	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.07.10	16:50-19:15	0-1432	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun, æðar
1986.07.12	11:30	0-1454	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun í borhlé
1986.07.14		0-1442	Am. þrýstingur	Upphitun
1986.07.14		0-1442	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.07.22		0-1442	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.08.09		0-1442	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.08.09		0-1442	Am. þrýstingur	Upphitun
1986.08.15	11:00-13:35	0-1640	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.21	23:20-01:35	0-2050	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.22	10:00-10:47	0-2050	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.22	11:45-12:45	700-2050	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.22	13:20-14:30	0-2050	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.23	3:30-15:00	0-1872	Hiti- Δ T-CCL	Upphitun
1986.08.23	5:15-8:00	0-1872	Vídd	Skápar
1986.08.23	8:30-10:05	0-1872	Viðnám	Jarðlög
1986.08.23	10:30-15:00	0-1872	NN+Gamma	Jarðlög
1986.08.24	15:15-3:44	0-1977	Þrýstingur Hiti	Dæluþrófun
1986.08.30		200-1954	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.08.30		300-1953	Am. þrýstingur	Upphitun
1986.09.08		200-1954	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.10.02		260-1953	Go- og Am. hiti	Upphitun
1986.10.02		300-1953	Am. þrýstingur	
1986.11.21		300-1953	Go- og Am. hiti	Upphitun
1987.06.10		230-620	Go-hiti	Upphitun
1987.06.11		700-1951	Am. hiti	Upphitun
1987.06.11		300-1951	Am. þrýstingur	Upphitun
1987.24.11		0-1952	Am. hiti	Strax eftir blástur
1987.24.11		0-1952	Am. þrýstingur	Strax eftir blástur
1988.05.17		230-1951	Go- og Am. hiti	Eftirlit
1988.05.17		300-1951	Am. þrýstingur	Eftirlit
1988.11.23		230-1952	Go- og Am. hiti	Eftirlit
1988.11.23		300-1952	Am. þrýstingur	Eftirlit
1989.06.01		230-630	Go-hiti	
1989.06.01		300-1952	Am. þrýstingur	Eftirlit
1989.06.07		700-1952	Am. hiti	
1990.06.06		230-1953	Go- og Am. hiti	Eftirlit
1990.06.06		300-1953	Am þrýstingur	Eftirlit
1991.06.05		240-1953	Go- og Am. hiti	Eftirlit
1991.06.05		300-1953	Am. þrýstingur	Eftirlit
1992.05.29		300-1953	Go- og Am. hiti	Eftirlit
1992.05.29		300-1952	Am þrýstingur	Eftirlit

Kalsít er ein algengasta ummyndunarsteindin, og finnst hún neðan rúmlega 100 m dýpis. Í svarfgreiningu var reynt á afstæðan máta að meta magn kalsíts í berginu með því að setja dropa af saltsýru í sýnið og athuga hve mikið það freyddi. Mynd 11 sýnir magnbreytingar í kalsítinu í holunni. Hún sýnir að kalsítið er algengast frá rúmum 300 m niður á 1100 m þar sem það tekur að minnka. Athyglisvert er að neðan 1500 m virðist kalsítið aukast á ný. Svipaðar magnmælingar sem voru gerðar í holum NG-7, NJ-11 og NG-10 sýna að kalsít minnkar er kemur niður fyrir 1200 m dýpi. Minnkunin hefur verið túlkuð þannig að kalsít sé ekki í jafnvægi, fari hiti yfir 280-290°C. Aukningin á kalsíti í neðri hluta NJ-17 gæti verið merki um kælingu eða að jarðhitakerfið hafi aldrei náð yfir áðurnefnd hitamörk. Einnig er athyglisvert að kalsít er sjaldséð við ísúr innskot. Sveipmyndað **aragonít** greindist í þunnsneiðum rétt neðan 100 m dýpis.

Kalsedón finnst frá 250 m niður á 650 m dýpi. Talið er að kalsedónið myndist upp að 180°C, og er það nokkuð í takt við að það hverfur á svipuðum slóðum og kvarzið myndast (600-700 m). Í sprungufyllingu í fersklegu innskoti á um 1100 m dýpi greindist kalsedón örugglega. Ef til vill er það tengt kælingu í kerfinu. **Kvarz** finnst aðallega neðan 440 m dýpis og er sérlega algengt milli 600 og 1100 m dýpis. Milli 240 og 290 m dýpis finnst kvarz bæði í svarfi og þunnsneiðum.

Zeólítar sýna mjög ámóta hegðun og annars staðar á Nesjavallasvæðinu. Lághitategundirnar **kabasít** og **tomsonít** greindust aðallega ofan 250 m dýpis og **analsím** aðallega niður á rúmlega 500 m dýpi. Allar greiningarnar eru gerðar í víðsjánni, en erfitt er sums staðar að greina á milli analsíms og wairakíts. **Skólesít/mesólít stilbít** og **heulandít** birtast neðan 230 m dýpis, verða algengar neðan um 400 m, en fækkar er komið er niður fyrir 600 m og hverfa nokkurn veginn samstíga á tæpum 800 m. **Mordenít** kemur fram á um 500 m dýpi en er horfin, líkt og áðurnefndir zeólítar, á tæplega 800 m dýpi. **Laumontít** greinist fyrst enn neðar en mordenít eða á um 550 m dýpi og nær niður á rúmlega 1000 m dýpi. **Wairakít** finnst fyrst á 530 m dýpi, að undanskildum einum fundarstað á 235 m dýpi. Það er algengast á 1000-1200 m dýpi en minnkar að magni þar fyrir neðan þótt það finnist svo djúpt sem svarf heimtist úr holunni.

Prenít finnst fyrst á 530 m dýpi, en verður algengt neðan um 900 m dýpis. **Epidót** greinist fyrst á 840 m og verður einnig algeng neðan rúmlega 900 m dýpis. **Wollastonít** og **aktínólít** fylgjast nokkuð að, birtast fyrst á rúmlega 1000 m dýpi. Það síðarnefnda er bæði sem ummyndun í háhitakerfi sem og hluti af kristöllun díorítinnskota. **Granat** greindist á nokkrum stöðum neðan 1200 m dýpis. **Albít** greinist sem ummyndun á plagíóklas neðan 530 m dýpis. **K-feldspat** greindist á fjórum stöðum milli 1200 og 1400 m dýpis, og tengist útfellingum úr jarðhitavökva við ísúru innskotin. Neðan 780 m fer að gæta ummyndunar magnetíts yfir í **sphen** eins og áður var getið. **Fe-oxíð** eða rauð málmoxun einskorðast við efstu 500 m holunnar, með einni undantekningu á 940 m dýpi. **Pýrít** er ein af áberandi ummyndunarsteindunum og greinist neðan 150 m dýpis. Pýrít er hér notað sem samheiti fyrir súlfíð steindir. Sýnt hefur verið fram á að ofan 1000 m er pýrít mjög gjarnan tengt við jarðhitalekt. Kannað var pýrítmagn á afstæðan máta með talningu á svarfspjaldi niður á 1000 m dýpi, og er það framreitt á mynd 11. Áberandi pýrít toppar sjást á 460-480 m dýpi, á 600-645 og 800-820 m dýpi og neðan 900 m dýpis.

Leirsteindir voru aðallega greindar með röntgen (XRD) og í bergfræðismásjá. Greiningarnar gefa ekki afgerandi skiptingu leirsteindanna í belti. Þær sýna áberandi **smektít** niður undir 700 m dýpi. Vottur af **blandlagi** kemur fram í greiningum á rúmum 400 og 500 m dýpi. Efra mark blandleirsins er með semingi sett á 420 m dýpi. Efri mörk klóríts í röntgengreiningu eru

einnig óljós. Efsta mögulega klórítíð kemur fram á um 800 m dýpi og eru efri mörk þess sett þar með sama semingnum. Í þunnsneiðum sjást ákveðnar breytingar í leirkristöllun: Lítt kristölluð smektíthúð í blöðrum er nær einráð niður undir rúma 400 m, ef frá er talið á 250-290 m, þar sem vottar fyrir grófari kristöllun. Einmitt þar koma líka fram óreglur í röntgengreiningunum, sem lýsir sér í 13-14 Ångström toppi í ómeðhöndluðum sýnum og 8-9 Ångström toppi í glýkoleringu. Neðan 446 m dýpis er útfellingaleirinn "hápleókróiskur" og gróffjaðraður. Neðan 800 m minnkar "pleókróisminn" og líkist þá meir klóríti.

Á mynd 11 er sýnt hve blöðrur og annað holrými er fyllt af útfellingum. Þær eru yfirleitt tómar niður undir 100 m, en fyllast smá saman niður undir 300 m. Neðan þess dýpis eru blöðrur, skv. svarf- og þunnsneiðaskoðun, yfirleitt fylltar.

5.4 Beltaskipting ummyndunar og samanburður við NG-6 og NJ-12

Á mynd 10 er sýnd beltaskipting ummyndunar í holu NJ-17 eins og áður hefur verið fjallað um. Leirgreiningarnar sjálfar sýna ekki afgerandi beltaskiptingu, en eftirfarandi atriði styðja beltaskiptinguna enn frekar:

Ummyndun á plagióklasa yfir í leir kemur fyrst fram rétt neðan við efri mörk blandlagsbeltisins, sem er svipað og gerist í NG-6. Albítummyndunin hefst 130 m neðan við blandlagsmörkin í NJ-17, og til samanburðar eru samsvarandi mörk albítummyndunar 300 m neðar í holu NG-6 og 50 m neðar en samsvarandi beltaskipti í NJ-12. Efri mörk preníts, sem talin eru marka vel yfir 200°C, ná mun nær meintum blandleirs skilum en það gerir í holum NJ-12 og NG-6. Möguleg ástæða fyrir fremur daufri beltaskiptingu er að lekt í jarðhitakerfinu hafi ávallt verið fremur takmörkuð ofan 900 m dýpis.

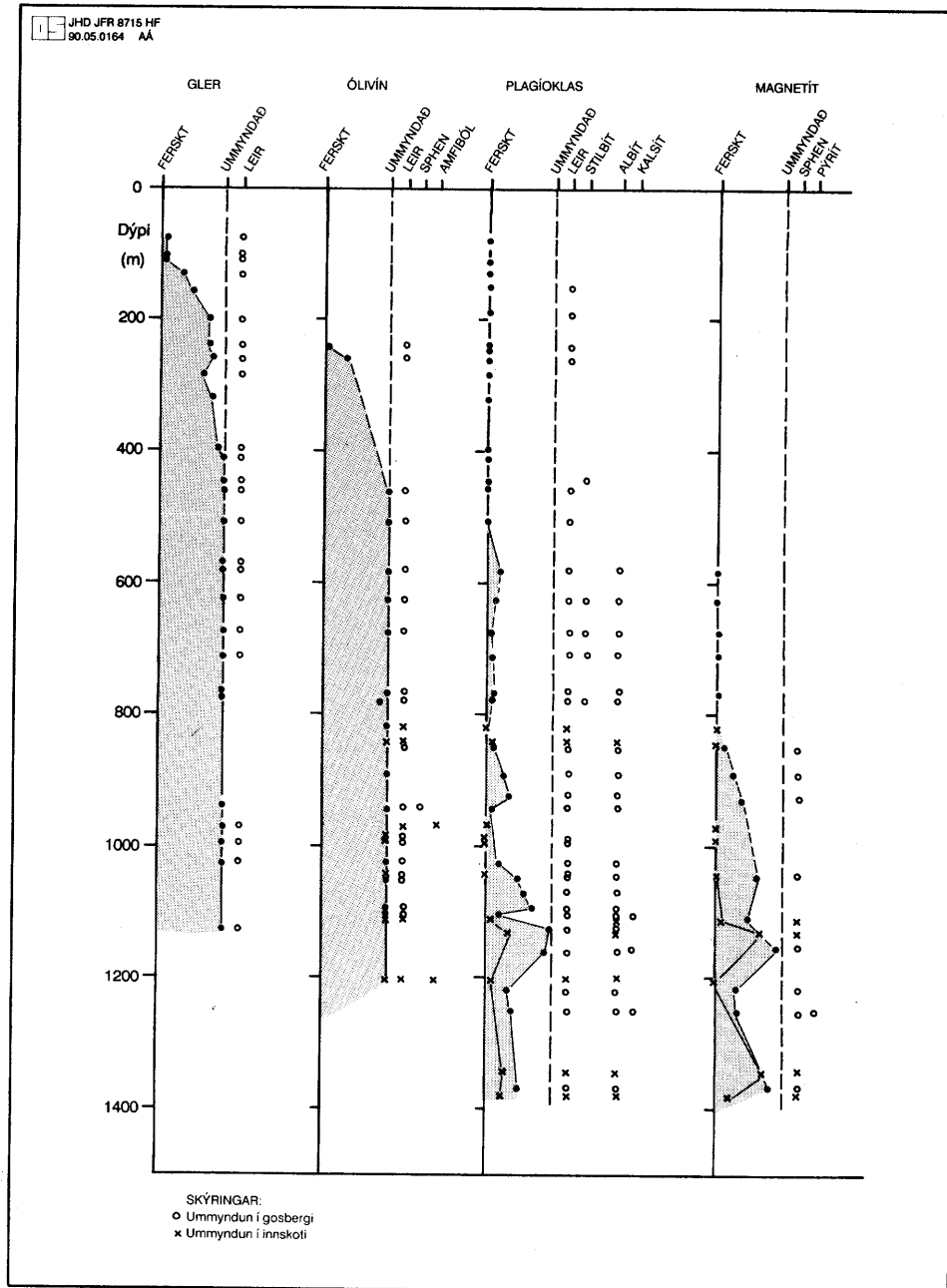
Mynd 12 sýnir ummyndunarhitaferla í holum NG-6, NJ-12 og NJ-17. Ferlarnir hafa verið samræmdir m.t.t. mismunandi hæðar í landi. Sá ferill sem gefur hæstu svörun er hola NG-6, en sú sem næst kemur er NJ-17. NJ-12 er ívið kaldari skv. ummyndun en NJ-17 þótt ekki muni þar miklu. Í yfirlitsskýrslu (Hjalti Franzson 1988) var þess getið að ummyndun í NJ-12 næði ívið hærra en í NJ-17. Fyrirliggjandi rannsókn á NJ-17 sýnir að þetta var röng fullyrðing, því ummyndun í NJ-17 er hærri en frumskoðun (svarfgreining) gaf til kynna og heldur hærri en fram kemur í holu NJ-12. Endurskoða þarf þá túlkun, sem sett er fram í téðri yfirlitsskýrslu, að hámark jarðhitaflæðis hafi ekki verið "sýmmetrískt" um Kýrdalshrygginn, heldur einskorðað að miklu leyti við eystri jaðar hryggjarins.

5.5 Vökvainnlyksur

Vökvainnlyksa er vökví sem lokast hefur inni í kristal við jarðhitaútfellingu, annað hvort þegar kristallinn er að myndast (prímer) eða í sprungum sem komið hafa í kristalinn eftir að hann myndaðist (sekúnder). Vökvinn, sem í innlyksunni geymist, er jarðhitavökvinn sem streymdi um bergið, þegar innlyksan myndaðist. Á tiltölulega einfaldan hátt er unnt að mæla nákvæmlega þann hita sem ríkti við kristalinn er innlyksan varð til. Í þessari rannsókn voru teknar útfellingar af þremur dýptarbilum (610 m, 1095 m og 1346 m), sneiðar gerðar og hiti mældur í tæplega 150 vökvainnlyksum.

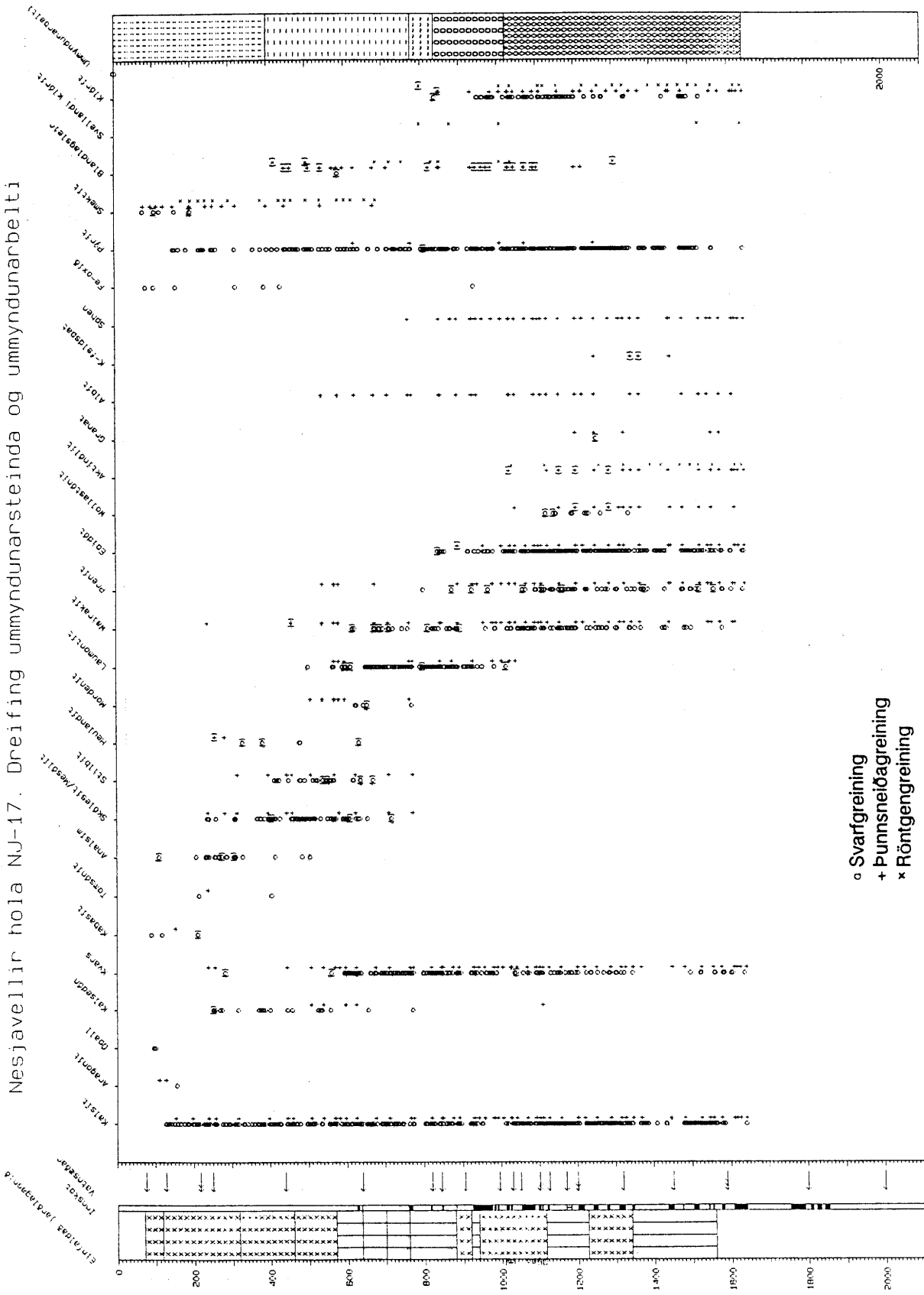
Á mynd 13 er sýnt stöplarit af fjölda mælinga og hita, ásamt suðukúrfu, ummyndunarhitaferli, og mældum hita. Meiri hluti kristallanna sem mælt var í var kalsít, en einnig var nokkuð um kvarz (í samfélagi við epidót). Hitinn í kvarzkristöllunum reyndist í mörgum tilfella liggja við efri hitamörkin. Ekki var gerður greinamunur nema í fáeinum tilvikum á prímerum og sekúnd-

erum vökvabólum, en þar sem slíkt var mögulegt þá voru þær síðarnefndu með lægri hitagildi en þær þrímeru. Hágildum hitamælinga innlyksanna ber vel saman við ummyndunarhita (sem fengin er með reynslutölum á myndunarhita útfellinga), nema á rúnum 600 m þar sem innlyksur mælast allt að 25°C hærri í hita en ummyndunin segir til um. Athyglivert er að vökvainnlyksurnar ná hvergi nær suðumarksferlinum en um 20°C, sem bendir til að jarðhitakerfið hafi aldrei náð sjóðandi ástandi. Þau gildi sem lægst eru, liggja nærri mældum hita í borholunni; á rúnum 600 m eru lægstu gildin um 125°C, rétt rúnum 30°C hærri en mældur hiti. Á 1345 m dýpi mælast nokkrar bólur 25-30°C lægri en mældur hiti.

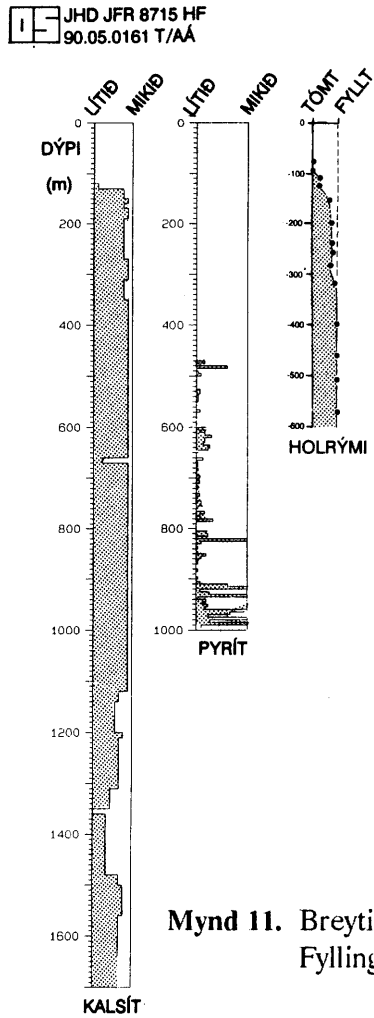


Mynd 9. Ummyndun á gleri, ólívíni, plagióklas og magnetíti.

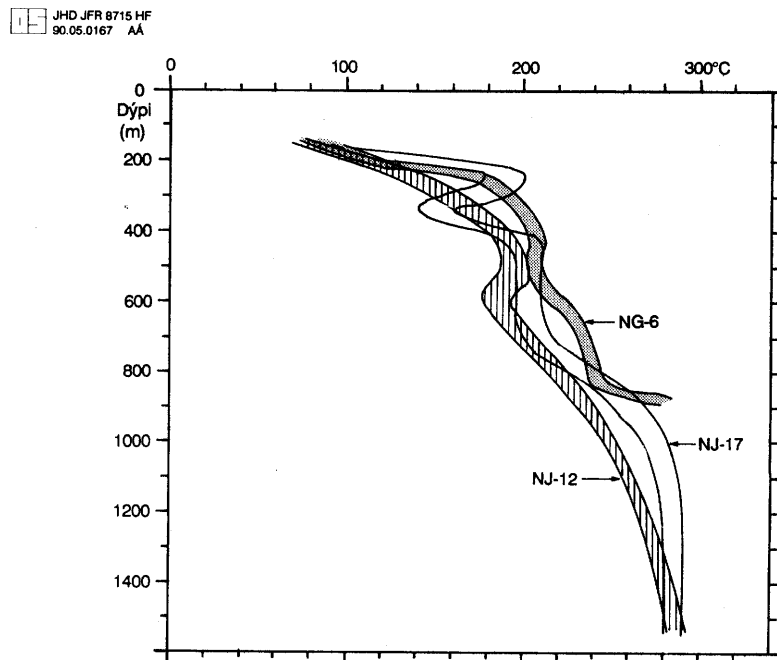
Nesjavellir hola NJ-17. Dreifing ummyndunarsteinda og ummyndunarbelti



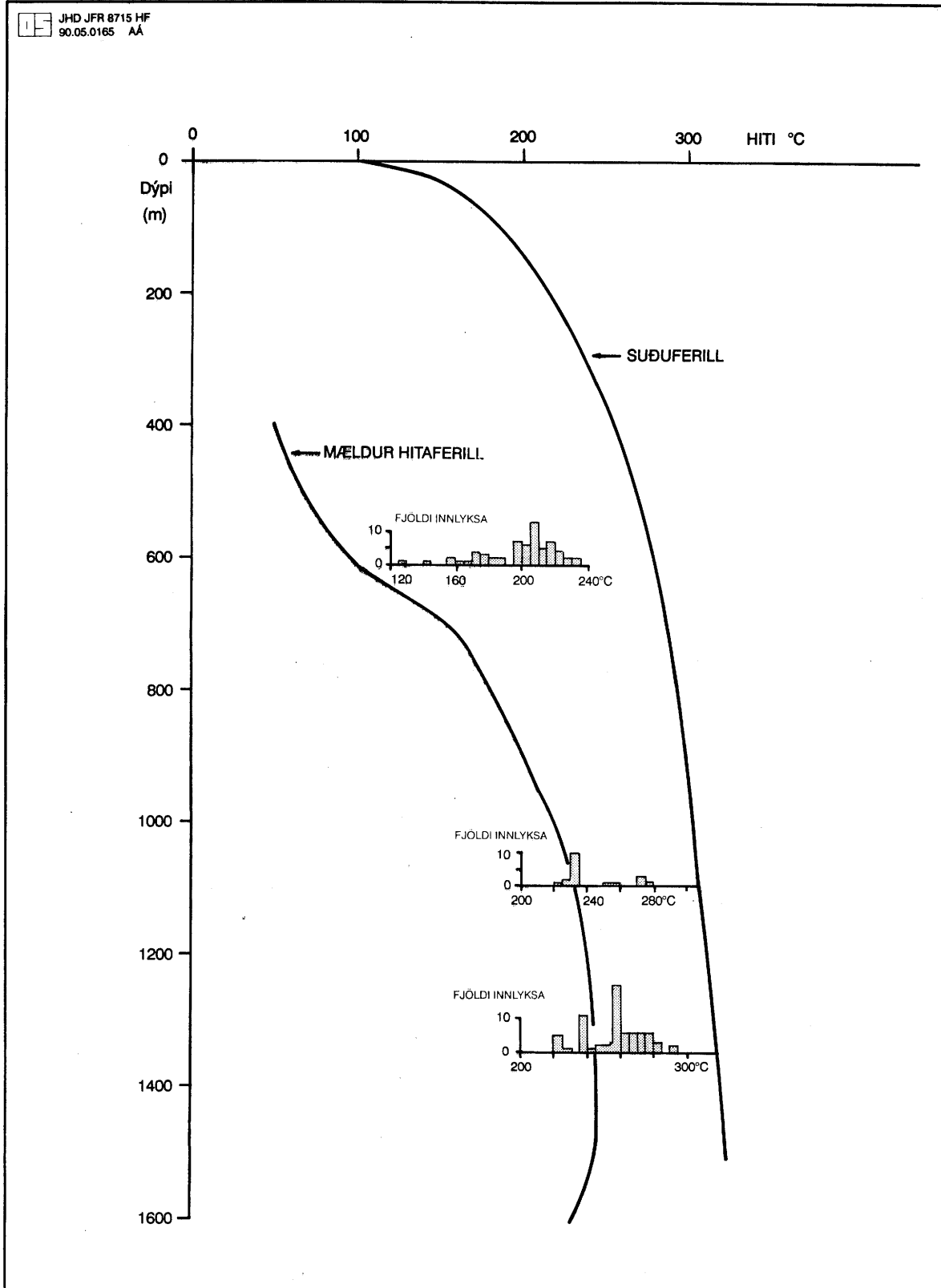
Mynd 10. Dreifing ummyndunarsteinda og ummyndunarbelti.



Mynd 11. Breytingar í magni kalsíts og pyríts.
Fylling holrýmis.



Mynd 12. Ummyndunarhitaferlar hola NG-6, NJ-17 og NJ-12.



Mynd 13. Hiti í vökvainnyksum.

6. EÐLISÁSTAND JARÐHITAKERFIS

6.1 Staðsetning vatnsæða

Í holu NJ-17 fannst alls tuttugu og ein vatnsæð og eru fimmtán þeirra í vinnsluhluta holunnar. Skoltap mældist um 11 l/s á 217 m dýpi, en annars var skoltap óverulegt meðan borað var fyrir fóðringum. Í borun vinnsluhlutans varð 25 l/s skoltap á um 1100 m, og mældist breytilegt skoltap (12-25 l/s) niður í 1590 m dýpi er allt tapaðist (32 l/s) um stundarsakir. Neðan 1640 m dýpis var borað með algjöru skoltapi. Samkvæmt þrýstimælingum er helsta vinnsluæð holu NJ-17 á 1590 m dýpi, en umtalsverðar vatnsæðar eru einnig á um 1100 og 1200 m dýpi. Aðrar vatnsæðar virðast vera smáar. Jarðfræðileg tengsl vatnsæðanna er með mjög líkum hætti og í öðrum holum á svæðinu. Ofan 600 m er vatnsgengd mest eftir lagskilum í móbergi, einkum á milli einstakra myndana. Neðan þess tengjast allar vatnsæðar nema ef til vill ein innskotum; fimm þeirra fersklegum basaltinnskotum, aðrar fimm ísúrum innskotum og þrjár ummynduðum basaltinnskotum. Á mynd 14 er staðsetning vatnsæða í NJ-17 og afstæð stærð þeirra sýnd samkvæmt fyrirbyggjandi gögnum, en hér fer á eftir stutt lýsing á einkennum hverrar æðar.

1. 70-80 m. Um 3 l/s skoltap mældist fljótlega eftir að borun NJ-17 hófst. Ekki er hægt að staðsetja lekann nákvæmlega út frá fyrirbyggjandi gögnum.
2. 124-130 m. Á 124-130 m dýpi finnast áberandi útfellingar á skilum móbergsmýndana. Þetta bendir til aukinnar lektar, enda þótt ekki hafi mælst mikið skoltap við æðina.
3. 217 m. Hér varð 11 l/s skoltap í borun og sást æðin greinilega í hitamælingum eftir að komið var í fóðringardýpi. Æðin kemur fram í frauðkenndum móbergslagskilum. Vart verður við nokkra aukningu í útfellingum. Núverandi hiti æðarinnar er innan við 30°C.
4. Á 240-260 m dýpi verður vart áberandi ummyndunar (kvars, wairakít auk gróffjaðraðs leirs) sem bendir til að allt að 200°C hiti hafi eitt sinn ríkt á þessu dýpi. Núverandi hiti er hins vegar um 30°C. Ummyndunin bendir til aukinnar lektar, enda þótt ekki sjáist merki um það í mælingum á hita eða skoltapi.
5. 440 m. Þyrít er mjög áberandi í lagskilum í móbergi, og ummyndun snareykst, og sjást þar kvars og blandlagsleir. Hitamælingar í upphitun eftir borun benda til æðar á þessu dýpi, þótt ekki hafi mælst skoltap á þessum stað. Æðin kemur fram neðarlega í dílotta móberginu. Hiti æðarinnar er rúmlega 50°C.
6. 640 m. Smáæð sem ákvarðast fyrst og fremst af miklu magni þyríts. Hiti er um 115°C.
7. 820 m. Hér kemur fram áberandi þyríttoppur við jaðar á fersklegu basaltinnskoti. Brot í hitamælingum sjást einnig sem bent gæti til leka í berginu.
8. 845 m. Þegar komið var í fyrsta kjarnatökudýpið (876 m), mældist 2,5 l/s skoltap í holunni. Smáæðin sem tók við þessum leka er samkvæmt hitamælingum á um 845 m dýpi. Við æðina sást epidót í fyrsta sinn í holunni, sem bendir til þess að þarna hafi hiti einhvern tíman náð 230°C. Berghiti í dag er hins vegar nokkru lægri og er hann áætlaður út frá hitamælingum um 190°C. Æðin kemur fram við basaltinnskot.
9. 905 m. Engar marktækar breytingar sáust á skolvatni, en greinilegt innstreymi sést á þessu dýpi í hitamælingum eftir að borun holunnar lauk. Æðin virðist koma fram við lagskil í móbergi. Áberandi þyrítútfellingar eru á þessu dýptarbili. Vera má að æðin eigi

skyldleika að rekja til um 40 m þykks díorítinnskots sem holan sker um 20 m neðar. Hitastig þessarar smáæðar er um 200°C.

10. 995 m. Smáæð, sem sést í hitamælingum eftir að dælingu lauk við borlok. Æðin er líklega tengd fersklegum basaltinnskotum. Mjög áberandi pýrít er tengt basaltinnskotunum. Hiti æðarinnar er áætlað um 220°C.
11. 1030 m. Smáæð, sem sést í hitamælingum eftir borun. Æðin kemur fram við efri jaðar á díorítinnskoti.
12. 1050 m. Smáæð, sem kom fram þegar dælingu var hætt í holuna við borlok. Æðin kemur fram við efri jaðar á díorítinnskoti.
13. 1095-1105 m. Á 1099 m dýpi varð algjört skoltap í nokkrar mínútur. Skolun var þá um 25 l/s. Hitamælingar sýna nokkrar æðar á um 10 m bili við skoltapsstaðinn. Bendir það til þess að berg sé brotið á þessu dýpi, og æðanetið sé tengt sprungu. Hitastig við æðina er áætlað um 235°C. Hún er við jaðar basaltinnskots.
14. 1125 m. Æðin sést í hitamælingum eftir borun. Hún er við jaðar á basaltinnskoti.
15. 1170 m. Æðin sést í hitamælingum eftir borun. Helst má ætla að æðin sé á lagskilum milli hraunlaga.
16. 1200 m. Allar hitamælingar, sem gerðar voru eftir að 1200 m dýpi var náð, sýna öfluga vatnsæð á þessu dýpi. Virðist æðin vera opnari en t.d. æðanetið á um 1100 m dýpi, enda þótt engar skoltapsbreytingar hafi orðið, þegar borað var í gegnum æðina. Æðin kemur fram við efri jaðar á basaltinnskoti. Hitastig hennar er áætlað um 240°C.
17. 1320 m. Smáæð, sem kemur fram í hitamælingum. Hitastig er um 245°C. Æðin kemur fram við díorítinnskot.
18. 1450 m. Skoltap jókst í holunni meðan verið var að taka þriðja borkjarnann. Hitamæling, sem gerð var í tengslum við kjarnatökuna, sýndi sömuleiðis smáleka við kjarnatökustaðinn. Æðin kemur fram við díorítinnskot. Hitastig hennar er áætlað um 245°C.
19. 1590 m. Allt skolvatn tapaðist á þessu dýpi (32 l/s). Reyndar var um 20 l/s tap í holunni fyrir, og aukning því um eða yfir 12 l/s. Lítils háttar skolun náðist upp að nýju, en neðan 1640 m dýpis var borað með algjöru skoltapi. Æðin á 1590 m er samkvæmt hita- og þrýstimælingum helsta vinnsluæð holu NJ-17. Berghitaferill holu NJ-17 er viðsnúinn og er hitastig æðarinnar á 1590 m nokkru lægra en við æðarnar hér að ofan eða um 235°C. Jarðlög óviss vegna skorts á svarfi.
20. 1800 m. Æðin sést í hitamælingum eftir borun. Hitastig hennar er aðeins um 210°C.
21. 2000 m. Samkvæmt hitamælingum við borlok kældi ádæling holuna niður á 2000 m dýpi. Þetta er smáæð. Hitastig hennar er um 225°C.

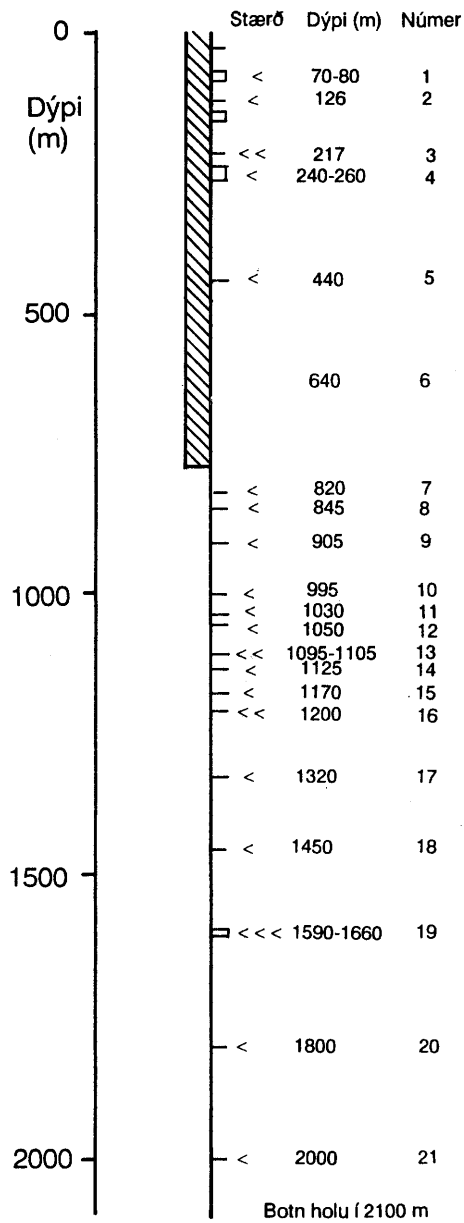
6.2 Vatnsleiðni NJ-17

Borun vinnsluhluta holu NJ-17 spannar nærri tveggja mánaða tímabil, en því er skipt í tvennt með mánaðarlöngu sumarfrú bormanna. Fyrri hlutinn er frá 1. til 12. júlí 1986. Þá var borað frá vinnslufóðringu í 773 m niður í 1454 m dýpi. Þá voru einnig boraðir þrír kjarnar. Skoltap var lítið í byrjun eða um 2 l/s, en jókst á um 1100 m dýpi. Þannig töpuðust um 6700 m³ af



JHD FFR 8715 BS
93.07.0289 AÁ

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 Staðsetning vatnsæða



Mynd 14. Staðsetning vatnsæða.

skolvatni út í jarðhitakerfið á þessu tímabili. Þegar þriðju og síðustu kjarnatökunni var lokið fóru bormenn í sumarfrí og var holunni leyft að hitna upp á meðan. Síðari hlutinn hófst 11. ágúst er bormenn komu úr frí og lauk 25. ágúst er hin eiginlega upphitun holunnar hófst. Á þessum tíma var holan dýpkuð frá 1454 m í 2100 m dýpi. Skoltap var nokkuð, en frá um 1640 m dýpi tapaðist allt skolvatn, eða um 32-35 l/s. Eftir það var borað með algeru skoltapi sem þá réðst af dælingu. Þannig töpuðust um 30.595 m³ af skolvatni út í jarðhitakerfið í þessum hluta. Við borun vinnsluhluta holu NJ-17 töpuðust því alls um 37.295 m³ af skolvatni út í jarðhitakerfið. Skoltap varð fyrst verulegt á um 1100 m dýpi og samkvæmt hitamælingum dregur úr því neðan 1820 m dýpis. Ef skolvatnið hefur tapast nokkuð jafnt á þessu dýptarbili nægir magnið til að kæla svæði sem nær um 5 m út frá holunni.

Holan var þrepaðeld 24. til 25. ágúst 1986 og er gangi dæluþrófunarinnar lýst í viðauka V-4 (mynd 15, tafla 16). Í dæluþrófuninni var þrýstiskynjarinn hafður á 1700 m dýpi eða neðan til í virkasta hluta holunnar. Hitabreytingar milli ádæluþrepa voru um 10°C sem ætti ekki að valda of miklum truflunum við þrófunina. Hins vegar féll þrýstingurinn undir lok ádælingar í þrófuninni, sem bendir til batnandi vatnsgengdar milli borholunnar og jarðhitakerfisins. Túlkun þrepaðælingarinnar gefur því lágmarks mat fyrir vatnsleiðnina við holu NJ-17 eða um $1,7 \times 10^{-8}$ m³/Pas. Vitað var að mikið svarf hafði tapast út í vatnsæðar holunnar, þar sem borað hafði verið í algjöru skoltapi frá um 1640 m dýpi til botns í 2100 m dýpi. Við borun þessara 460 m hefur borkrónan losað um 16,8 m³ af bergmylsnu sem hlaðist hefur út í vatnsæðarnar eða á borholuvegginn við æðarnar. Líklegt er að hlutfallslega hafi mest af svarfinu hlaðist í æðarnar þar sem mest skoltap hefur verið og þá í betri æðar holunnar á u.þ.b. 1600 m dýpi. Þetta svarf myndar síu sem veldur rennslisregðu milli jarðhitakerfisins og holunnar. Eitthvert niðurbrot á þessari svarfsíu virtist vera að eiga sér stað undir lok þrepaðælingarinnar og blástur holunnar getur hafa bætt þar eitthvað um. Að vísu barst lítið svarf til yfirborðs með blæstri holunnar en nokkurt magn þess gæti hafa fallið til botns því um 140 m sokkur var í holunni.

Ekki var fylgst reglulega með þrýstingsjöfnuninni í holunni sjálfri eftir að lokað var fyrir blástur hennar. Hins vegar var fylgst með vatnsborðsbreytingum í holu NJ-12 þegar hola NJ-17 var sett í blástur og eins eftir að henni var lokað. Vatnsborðsbreytingunum, sem mældust í holu NJ-12 um 600 m norðaustur af holu NJ-17, er lýst í viðauka V-5. Eins og þar kemur fram er greitt þrýstings samband milli þessara hola og sjást áhrif að upphleypingu og lokun holu NJ-17 nokkrum klukkustundum síðar í vatnsborðsbreytingum í holu NJ-12. Þar kemur einnig fram að misræmi er í hegðun vatnsborðs holu NJ-12 vegna blásturs og lokunar holu NJ-17. Þannig bendir vatnsborðsbreytingin í holu NJ-12 til að línuleg rás eða sprunga beri þrýstimerkið á milli holanna þegar hola NJ-17 er í blæstri, en eftir lokun holu NJ-17 jafnist þrýstingur í jarðhitakerfinu eins og um víðáttumikið vatnskerfi sé að ræða, þar sem þrýstibreytingin nær ekki til ytri marka þess. Út frá vatnsborðsbreytingunum í holu NJ-12 er metin meðalvatnsleiðnin í jarðhitakerfinu milli hola NJ-12 og NJ-17. Það mat gefur vatnsleiðnina $2,9 \times 10^{-7}$ m³/Pas, sem er rúmlega tífalt hærra en metið er út frá þrepaðælingunni. Sambærilegur mismunur kom fram við athugun á þrýstiáhrifum milli hola NG-10 og NJ-15 (Ómar Sigurðsson, 1987). Hið háa mat fyrir vatnsleiðnina milli hola NJ-12 og NJ-17 getur að einhverju leyti verið háð rennslisstefnunni. Þannig reynist vatnsleiðnin mun hærra í þær áttir þar sem vatnsrennslis getur verið greitt eftir sprungum og misgengjum, en lægri í aðrar áttir. Holur NJ-12 og NJ-17 liggja á línu sem er nærri samsíða ríkjandi sprungustefnu á svæðinu og einnig hafa verið færðar líkur að misgengi milli holanna með mun norðlægari stefnu (Hjalti Franzson, 1988). Tilvist sprungna og misgengis getur því stuðlað að mun hærra mati á vatnsleiðni milli holanna en fyrir næsta

umhverfi þeirra.

Afköst holu NJ-17 eru sambærileg eða nokkru meiri en holu NJ-18, þar sem jöfnun þrýstings eftir blástur var mæld. Holurnar eru einnig líkar að ýmsu öðru leyti. Þá er rennslistregða talin töluverð í holu NJ-17 vegna mikils svarfs í betri vatnsæðum holunnar, en rennslistregða er einnig nokkur í holu NJ-18. Vatnsleiðni í næsta umhverfi við holu NJ-18 er talin vera um $5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$. Líklegt er að vatnsleiðni í næsta umhverfi við holu NJ-17 sé svipuð og í holu NJ-18 (Ómar Sigurðson og Einar Gunnlaugsson, 1989). Vatnsleiðni NJ-17 er því um tvöfalt til þrefalt hærrí en það lágmarksmat sem þrepaðælingin gaf, en hins vegar 5 til 6 sinnum lægra en matið er út frá þrýstíáhrifum milli holanna. Þar hefur tilvist sprungna og misgengja meiri áhrif en í mati fyrir næsta umhverfi holunnar.

6.3 Þrýstingur á vatnsæðum

Í borun NJ-17 kom fram 11 l/s skoltap á 217 m dýpi. Þessi æð tengist volgu grunnvatnskerfi (25-30°C). Eftir að borað hafði verið fyrir öryggisfóðringu var þrýstingur æðarinnar kannaður. Dælingu var hætt, og fylgst með falli vatnsborðs í holunni í tæplega 60 mínútur. Ekki náðist stöðugt vatnsborð á tímabilinu, en mæligildin benda til jafnvægis á um 90-100 m dýpi. Virðist þrýstingur æðarinnar því vera um 13 kg/cm^2 .

Í vinnsluhluta holunnar tókst að ákvarða þrýsting tveggja æða. Í borhléinu, þegar holan var um 1454 m djúp, mældist þrýstijafnvægi á 1200 m dýpi. Samkvæmt mælingum var helsta æð holunnar þá á þessu dýpi og þrýstingur hennar um 91 kg/cm^2 . Eftir að holan hafði verið boruð í botn stjórnaði æð á 1590 m dýpi þrýstingi í holunni. Þrýstingur við þá æð, sem jafnframt er helsta vinnsluæð holunnar, var í upphitun eftir borun um 123 kg/cm^2 .

Til að meta þrýsting á öðrum vinnsluæðum holunnar hefur út frá mældum þrýstingi æðarinnar á 1590 m verið reiknaður þrýstiferill vatnssúlu, sem fylgir áætluðum berghita við NJ-17. Ferillinn er sýndur á mynd 15, en reiknigildin eru birt í töflu 4. Fellur mældur þrýstingur æðarinnar á 1200 m á þennan feril, sem sýnir að sú æð tilheyrir sama vatnskerfi og æðin á 1590 m dýpi. Þrýstiferillinn er einungis reiknaður upp að 800 m dýpi. Ofan 600-700 m tekur við volgt grunnvatnskerfi með mun hærri þrýstingi, en ríkir í jarðhitakerfinu eins og mælingar á vatnsborði æðarinnar á 217 m dýpi sýna ótvírætt. Þrýstingur á vinnsluæðum NJ-17 er mjög áþekkur þrýstingi við holur NJ-12 og NJ-18. Það virðast því ekki vera miklar láréttar breytingar í þrýstingi í Nesjavallakerfinu vestan Kýrdalssprungunnar. Ólíkt því sem mælst hefur austan sprungunnar. Einnig staðfestir hola NJ-17 að þrýstingur vestan Kýrdalssprungunnar er mun hærri en austan hennar.

6.4 Berghiti

Helstu upplýsingar um berghita við holu NJ-17 eru dregnar saman á mynd 16 og í töflu 4. Í upphitun eftir borun gætti hvergi suðu í holunni og rennsli milli vatnsæða var óverulegt þegar leið á upphitunina. Sömu sögu er að segja um ástand holunnar eftir blástursprófun. Í efri hluta holunnar er hitastig tiltölulega lágt. Á 250 m dýpi er hitinn t.d. innan við 30°C. Hiti hækkar með dýpi í efri hluta NJ-17 og mælist 100 stiga hiti fyrst á um 600 m dýpi. Þar virðist holan fara inn í "þakbergið" yfir jarðhitakerfinu, og vex hiti hratt með dýpi næstu nokkur hundruð metrana, t.d. er berghiti áætlaður um 200°C á 900 m dýpi. Efsta vinnsluæð holu NJ-17 er á 845 m dýpi. Þrátt fyrir að þar sé komið í jarðhitakerfið er bergið trúlega nokkuð þétt, enda eru allar æðar ofan 1100 m dýpis smáar og hitastig vaxandi með dýpi allt niður í 1300 m dýpi

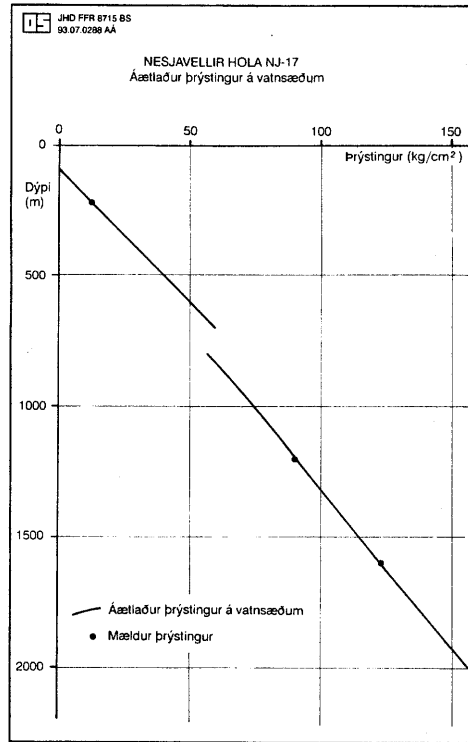
þar sem hiti mælist um 245°C. Neðan 1500 m dýpis lækkar hitastig með dýpi, en hitamæling sem gerð var meðan á blástursprófun holunnar stóð yfir bendir til, að hiti sé lægstur á 1800 m dýpi, aðeins um 210°C. Botnhiti (1950 m) er hins vegar um 220°C.

Ummyndun í NJ-17 hefur mjög líkt yfirbragð og annars staðar á svæðinu, þ.e. að zeólítarnir eru annað hvort á leiðinni að ummyndast eða ummyndaðir í kvars og wairakít. Einnig sjást grófir leirþræðir fylgja sprunguflötum zeólítanna, sem bendir til að grófkristallaði leirinn sé að myndast á eftir zeólítunum. Prenít myndast eins og kvars og wairakít með síðustu útfellinga-steindunum eins og í öðrum holum. Kalsít virðist vera síðasta útfellingin í holrými bergsins. Athyglivert er að kalsít virðist aukast neðan 1500 m dýpis. Það er þveröfugt við aðrar holur á Nesjavöllum. Þetta getur verið vísbending um kólnandi vatnskerfi.

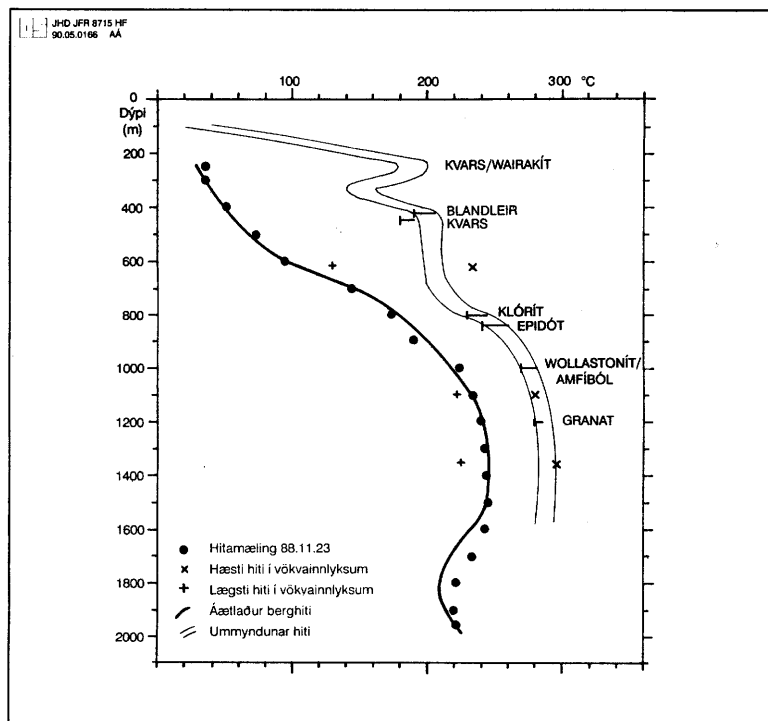
Mynd 16 sýnir mældan hitaferil og ummyndunarhita. Mjög augljóst er að núverandi mældur hiti er miklu lægri í allri holunni en sá sem ummyndunin sýnir. Kælingin er langmest ofan 700 m dýpis þar sem munar allt að 170°C. Neðan 700 m dýpis er svipaður hitamunur eða um 40°C, og athyglisvert að lögun hitaferlanna er mjög lík.

Tafla 4. Nesjavellir hola NJ-17.
Áætlaður berghiti og þrýstingur á vatnsæðum.

Dýpi (m)	Berghiti (°C)	Þrýstingur á vatnsæðum (kg/cm ²)
100		1,0
200		11,0
250	28	16,0
300	35	21,0
350	42	26,0
400	48	30,9
450	54	35,8
500	68	40,7
550	80	45,6
600	94	50,4
700	145	60,0
800	180	57,6
900	200	66,5
1000	220	75,0
1100	235	83,2
1200	242	91,4
1300	245	99,5
1400	245	107,6
1500	245	115,7
1600	235	123,8
1700	220	132,1
1800	210	140,6
1900	215	149,1
2000	225	157,5



Mynd 15. Áætlaður þrýstingur á vatnsæðum.



Mynd 16. Áætlaður berghiti.

7. AFL OG AFKÖST

7.1 Upphitun og upphleyping

Eftir að borun holunnar lauk þann 25. ágúst 1986 var hún látin hitna í rúmt ár áður en hún var látin blása. Á þessu tímabili var holan 6 sinnum hitamæld og þrívægis var þrýstiferill mældur. Upphitun holunnar var hæg ofan 650 m dýpis og náði hitastig aldrei 100°C ofan 600 m. Þar fyrir neðan var upphitun einnig hæg og heitust mældist holan 234-235°C á 1300-1500 m dýpi. Vatnsborð mældist hæst í upphitun eftir borun á rúmlega 226 m dýpi, í júní 1987. Það var því sýnt að draga þyrfti holuna í gos með bullu á svipaðan hátt og gert hefur verið með nokkrar aðrar holur á Nesjavöllum.

Fyrsta skrefið í upphleypingunni var að dæla lofti á holuna. Hófst loftdæling á holuna 6. júlí 1987. Var þá vatnsborð á um 226 m dýpi. Holan stóð með 35-40 bar loftþrýstingi (tafla 5) í um hálfan annan mánuð eða til 20. ágúst, en þá var lofti hleypt af holunni. Vatnsborð fór þá í 195 m. Strax var hafist handa við að dæla lofti aftur á holuna og stóð holan með rúmlega 30 bar þrýstingi til 22. september þegar hafist var handa við að draga holuna í gos.

Rétt fyrir hádegi 22. september var allt tilbúið til að draga holuna í gos. Lokið var tekið af og bullunni slakað í stálvír niður fyrir vatnsborð. Stálvírinn lá yfir tryssu við holutoppinn og í dráttarbíl. Bullan var síðan dregin upp með því að bíllinn ók áfram. Í byrjun gekk uppdráttur vel og voru farnar 10 ferðir og kom vatn upp í hverri ferð. Var það orðið snarpheitt þegar hætta þurfti vegna þess að togvírinn trosnaði. Þá var lofti dælt á holuna á ný meðan vírinn var stytur um 40 m. Hafist var handa á ný næsta dag og þá voru dregnar upp 33 ferðir áður en holan kom í blástur. Samtals voru ferðirnar 44 á þessum tveimur dögum. Ef gert er ráð fyrir að um 10 m vatnssúlu sé dælt í hverri ferð samsvarar þetta um 440 m vatnssúlu.

7.2 Mælingar á afli og afköstum

Holan blés stöðugt frá 23. september til 18. desember 1987 að undanskildum stuttum stöppum til að skipta um blendur og til hita- og þrýstimælinga í holunni. Samtals blés holan í 87 daga, allan tímann í gegnum 161 mm stút. Í fyrstu var 150 mm blenda við legglokann, en síðar þegar holutoppsþrýstingur var hækkaður voru settar inn 125 mm og 100 mm blendur.

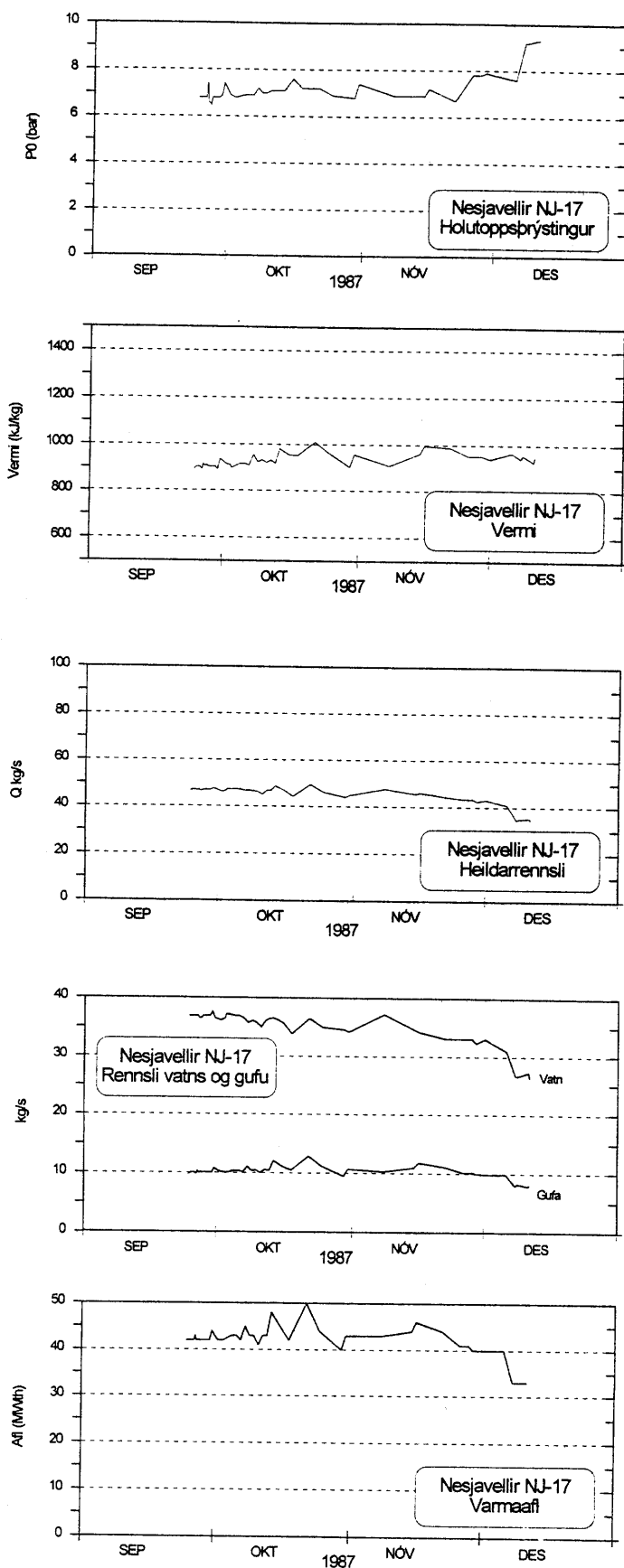
Á blásturstímanum var fylgst reglulega með afli og afköstum holunnar. Niðurstöður mælinganna eru sýndar í töflu 6 og á mynd 17. Holutoppsþrýstingur var fyrst um 7 bar meðan 150 mm blenda var við legglokann. Þá var heildarrensli holunnar um 45 kg/s. Með þrengri blendu minnkaði heildarrenslið, þannig að með 100 mm blendu var heildarrenslið um 35 kg/s og holutoppsþrýstingur um 9,3 bar. Vermis holunnar var um 950 kJ/kg allan tímann. Í varmaafli gaf þessi hola um 40-45 MW við 7-8 bar holutoppsþrýsting.

Tafla 5. Loftdæling á NJ-17 í júlí til september 1987.

Dags.	Tími	Prýstingur
87.07.06	12:00	Byrjað að dæla lofti.
87.07.07	00:00	20,0 bar
87.07.07	12:00	36,0 bar
87.07.07	18:00	40,0 bar
87.07.09	11:20	39,5 bar
87.07.13	14:55	39,0 bar
87.08.02		35,0 bar
87.08.20	08:30	Lofti hleypt af. Vatnsborð fór í 195 m, en var áður í 226 m.
87.08.20	10:00	Byrjað að dæla lofti.
87.09.02	11:20	28 bar, hleypt af niður í 18 bar.
87.09.02	11:30	Pressa ræst.
87.09.02	18:00	18 bar
87.09.02		21 bar
87.09.02	20:30	26 bar, stöðvað, WKM loka lokað.
87.09.03	09:15	22 bar ofan WKM loka.
87.09.03	09:17	26 bar eftir að WKM loki var opnaður.
87.09.03	09:20	26 bar, pressa ræst.
87.09.03	18:35	34,5 bar
87.09.03	21:00	36,5 bar
87.09.22	11:22	33 bar. Lofti hleypt af og byrjað að að draga holuna í gos.

Tafla 6. Aflmælingar á holu NJ-17.

Dags.	Kl	Þver- mál stúts.	Po	Pc	Vatns- rennsli		Vermi H	Heild. rennsli Q	Gufa við 1 bar abs.	Gufa við 7 bar abs.	Afl	Athugasemd.
		mm.	bar	bar	cm	kg/s	kJ/kg	kg/s	kg/s	kg/s	MWt	
870924	1430 sj	161,0	6,8	1,30	23,9	36,85	892	46,6	9,8	4,5	42	150 mm blenda
870924	2210 sj	161,0	6,8	1,33	23,9	36,85	899	46,8	9,9	4,6	42	
870925	0900 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870925	2120 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870926	1020 sj	161,0	6,8	1,30	23,9	36,85	892	46,6	9,8	4,5	42	
870926	1600 eg	161,0	7,4	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
870926	2100 sj	161,0	6,6	1,34	23,8	36,47	907	46,5	10,1	4,8	42	
870927	1010 sj	161,0	6,5	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
870927	1935 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870928	1010 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870928	2100 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870929	0920 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870929	2140 sj	161,0	6,9	1,35	24,1	37,62	892	47,6	10,0	4,6	42	
870930	1100 eg	161,0	7,4	1,47	23,8	36,47	936	47,3	10,8	5,5	44	
871001	2200	161,0	6,9	1,35	23,7	36,08	915	46,2	10,2	5,0	42	
871002	2030	161,0	6,8	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
871003	1905	161,0	6,8	1,35	24,0	37,23	897	47,2	10,0	4,7	42	
871005	2253	161,0	6,9	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
871006	2130	161,0	6,9	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
871007	1555	161,0	6,9	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
871008	1400 eg	161,0	7,2	1,50	23,6	35,71	955	46,8	11,1	5,9	45	
871009	1150	161,0	7,0	1,39	23,7	36,08	924	46,5	10,4	5,2	43	
871010	1025	161,0	7,0	1,40	23,6	35,71	932	46,2	10,5	5,3	43	
871011	1020	161,0	7,1	1,30	23,4	34,96	921	45,0	10,0	4,9	41	
871012	1126	161,0	7,1	1,42	23,7	36,08	931	46,7	10,6	5,4	43	
871013	1635	161,0	7,1	1,39	23,8	36,47	918	46,8	10,4	5,1	43	
871014	1625	161,0	7,1	1,68	23,8	36,47	981	48,6	12,1	6,8	48	
871016	1400 eg	161,0	7,6	1,50	23,6	35,71	955	46,8	11,1	5,9	45	
871018	1255 sp	161,0	7,2	1,35	23,1	33,85	951	44,3	10,5	5,5	42	
871022	2200	161,0	7,2	1,82	23,8	36,47	1010	49,4	12,9	7,6	50	
871025	0000 sj	161,0	6,9	1,49	23,4	34,96	965	46,1	11,2	6,0	44	
871030	1100 eg	161,0	6,8	1,20	23,3	34,59	903	44,0	9,5	4,5	40	
871031	1655 sp	161,0	7,4	1,40	23,2	34,22	957	44,9	10,7	5,7	43	
871108	1335 sj	161,0	6,9	1,40	24,0	37,23	909	47,6	10,3	4,9	43	
871115	1410 jk	161,0	6,9	1,45	23,3	34,59	962	45,5	11,0	5,9	44	
871116	1400 eg	161,0	7,2	1,58	23,2	34,22	997	46,0	11,8	6,8	46	
871122	1440 sj	161,0	6,7	1,45	22,9	33,13	987	44,3	11,1	6,3	44	
871126	1745 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	
871127	1720 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	
871128	1420 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	
871129	1405 jk	161,0	7,9	1,25	22,7	32,41	952	42,4	10,0	5,3	40	
871201	1445 jk	161,0	7,8	1,25	22,9	33,13	940	43,1	9,9	5,1	40	
871206	1400 sj	161,0	7,6	1,20	22,3	31,01	966	40,9	9,9	5,4	40	
871208	1700 jk	161,0	9,2	0,80	21,0	26,70	941	34,7	8,0	4,1	33	
871208	1735 jk	161,0	9,2	0,85	21,0	26,70	956	35,0	8,3	4,4	33	
871211	1100 jk	161,0	9,3	0,80	21,2	27,34	927	35,3	7,9	4,0	33	
871211	1415 jk	161,0	9,3	0,80	20,9	26,38	948	34,5	8,1	4,2	33	



Mynd 17. Breytingar á holutoppþrýstingi, vermi, heildarrensli, rennsli vatns og gufu og varmaafi með tíma fyrir holu NJ-17.

8. EFNASAMSETNING BORHOLUVÖKVA

Rannsóknir á efnainnihaldi borholuvökvans miða aðallega að því að skilgreina efnainnihald vatns og gufu, meta jafnvægishita þess vökva sem streymir í holuna, kanna útfellingahættu og þar með vinnslueiginleika og kanna breytingar á efnainnihaldi sem verða með vinnslu og skýra orsök þeirra. Á blásturstíma holu NJ-17 á Nesjavöllum voru tekin 7 sýni til efnagreininga. Fyrsta sýnið er tekið tveimur dögum eftir að holan fór í blástur. Síðan var safnað um það bil vikulega fyrsta mánuðinn eftir að holan kom í blástur, en síðan á mánaðarfresti. Tafla 7 sýnir yfirlit um þau sýni sem safnað var.

Tafla 7. Yfirlit um sýni safnað úr holu NJ-17 á Nesjavöllum.

Sýni	Dags.	Dagar frá upphafi bl.	Söfnunar-þrýst. abs.	Söfnunar-hiti °C	Igas/kg. cond. óþétt. v/25°C	Vermi kJ/kg
87-5226	870926	2	6,2	160,1	0,433	915
87-5231	870930	6	6,4	161,4	0,894	936
87-5245	871008	14	6,7	163,2	1,111	955
87-5254	871016	22	6,7	163,2	0,942	955
87-5260	871030	36	6,2	160,1	1,221	903
87-5264	871116	53	6,9	164,4	0,997	997
87-5289	871217	84	10,3	181,3	0,725	982

8.1 Mat á hita

Helstu vinnsluæðar holunnar eru taldar vera á 1200 m, 1450 m og á 1590 m dýpi. Berghiti í þessum hluta holunnar er talinn vera á bilinu 235 - 245°C. Efnasamsetningu vatns og gufu má einnig nota til að meta innstreymishita í holuna. Aðallega hefur verið stuðst við styrk kísils og alkalímálma í vatnsfasa til að meta hita, en einnig styrk ýmissa gastegunda í gufu. Jafnvægi bergs og vökva næst tiltölulega fljótt ef hiti er yfir 250°C, og gefa hitamælar oft þann hita sem ríkir við innstreymi í holuna. Kísill er fljótari að ná jafnvægi við berg en alkalímálar. Ef fleiri en ein æð er virk með mismunandi hita á hitabilinu 200 - 300°C þá gefur kísilhiti meðal-hita á þeim vökva sem streymir inn í holuna.

Gashitamælar byggja á efnajafnvægi bergs og styrks gastegunda í gufu. Vegna mismunandi leysanleika gastegunda í gufu geta fleiri atriði breytt mati á hitastigi. Þannig geta mismunandi gashitamælar gefið til kynna aðskilnað fasa og massahluta soðins vatns í flæðinu.

Til eru mismunandi kvarðanir fyrir kísilhita og alkalíhita. Hér hefur verið valið að nota kvörðun Stefáns Arnórssonar o.fl. (1983) fyrir kísil- og alkalíhita, en þær kvarðanir hafa gefist vel á Nesjavöllum. Niðurstöður efnahitamæla fyrir sýni úr NJ-17 er gefnar í töflu 8. Mynd 18 sýnir breytingar á útreiknuðum efnahita með tíma fyrir sýni úr NJ-17.

Kísilhita (T_{SiO_2}) og alkalíhita (T_{NaK}) ber vel saman, meðaltal 246°C og 245°C. Mesti munur milli kísilhita og alkalíhita einstakra sýna er 8°C. Gashitamælar gefa lægri hita sem gæti stafað af aðskilnaði fasa og mismunandi leysanleika gastegundanna. Efnahiti byggður á kísli og alkalímálmum er mjög í samræmi við áætlaðan berghita í aðal vinnsluæðum holunnar. Vermí holunnar (tæplega 950 kJ/kg) samsvarar hita svipuðum þeim sem gashitamælar gefa.

Tafla 8. Útreiknaður efnahiti í holu NJ-17.

Sýni	T _{SiO₂}	T _{Na-K}	T _{CO₂}	T _{H₂S}	T _{H₂}	T _{CO₂/H₂}
87-5226	253	245	210	218	230	249
87-5231	250	244	219	227	235	250
87-5245	253	246	212	223	226	241
87-5254	240	244	215	224	231	246
87-5260	243	248	200	200	212	222
87-5264	245	248	197	203	221	241
87-5289	236	241	209	229	247	278
Meðaltal	246	245	209	218	229	247

Skýringar:

T_{SiO₂} = 1498/(5,70 - log SiO₂) - 273,15 (180-300°C). Stefán Arnórsson o.fl.(1983). Styrkur í mg/kg.

T_{Na-K} = 1319/(1,699 + log Na/K) - 273,15 (250-350°C). Stefán Arnórsson o.fl. (1983).
Styrkur í mg/kg.

T_{CO₂} = -44,1 + 269,25Q -76,88Q + 9,52Q. Þar sem Q = log CO₂ (mmole/kg). Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).

T_{H₂S} = 173,2 + 65,04 log H₂S. Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).

T_{H₂} = 212,2 + 38,59 log H₂. Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).

T_{CO₂/H₂} = 311,7 - 66,72 log (CO₂/H₂). Styrkur í mmole/kg. Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson (1985).

8.2 Efnasamsetning og breyting með tíma

Efnasamsetning djúpvatns var reiknuð miðað við 245°C og samsvarandi vermi (1060 kJ/kg). Mælt vermi samsvarar lægri hita en hitastig metið samkvæmt kísil- og alkalíhitamælum svo og berghita. Útreiknuð djúpvatnssamsetning, sem reiknuð er með forritinu WATCH, er gefin í töflu 9.

Efnasamsetning djúpvökvans er borin saman við jafnvægisferla fyrir hlutfall katjóna og vetnis og jafnvægisferla sýrumólíkúla anjóna (mynd 19). Jafnvægisferlarnir eru fengnir fram við að skoða valin sýni af jarðhitasvæðum, þar sem aðeins er ein vatnsæð og og vel þekktur hiti. Yfirleitt er gott samræmi á milli jafnvægisferla og efnasamsetningar, helst eru frávik á sýrumólíkúlinu H₂SO₄ og á hlutfalli Na/H og K/H. Aftur á móti er gott samræmi þegar um er að ræða hlutfall natríums og kalíums, sbr. alkalí-efnahitamælirinn. Það eru því líkur á að frávikid frá jafnvægislinum, þegar um er að ræða Na/H og K/H, stafi af útreikningum á sýrustigi. Má þvíætla að vökvinn sé í nokkuð góðu jafnvægi við berg við áætlaðan berghita.

Á mynd 20 eru sýndar breytingar á styrk nokkurra efna á blásturstímanum. Styrkur koldíoxíds, köfnunarefnis, metans, kalsíum og kísils lækkar dálítið á blásturstímanum. Önnur efni eru nokkuð svipuð, en tiltölulega miklar sveiflur eru í styrk sulfats. Lækkun köfnunarefnis stafar trúlega af minnkandi áhrifum skolvatns sem staðið hefur í holunni eftir borun hennar. Lækkun á kísli gæti bent til að einhver blöndun ætti sér stað milli mismunandi vatnsæða í holunni.

Tafla 9. Efnasamsetning djúpvatns miðað við 245°C.

Dags. Nr. sýnis	870926 87-5226	870930 87-5231	871008 87-5245	871016 87-5254	871030 87-5260	871116 87-5264	871217 87-5289
pH/°C	7,16	6,97	7,15	7,24	7,21	7,25	7,04
SiO ₂	567,7	447,9	595,8	573,1	603,3	494,5	413,7
Na	125,2	125,9	131,5	133,9	136,6	136,5	127,3
K	17,8	17,8	19,0	18,9	20,1	20,1	17,3
Ca	0,73	0,98	0,49	0,49	0,4	0,5	0,5
Mg	0,0018	0,05	0,002	0,006	0,002	0,049	0,017
SO ₄	13,9	14,7	12,4	12,8	21,4	9,7	14,9
Cl	4,2	3,8	17	10,3	13,6	12,9	16,9
F	0,77	0,66	0,73	0,94	0,96	0,94	0,85
CO ₂	440,7	715,6	424,2	447,3	369,8	303,4	416,9
H ₂ S	106,3	129,0	120,3	123,5	87,5	86,2	145,6
H ₂	1,08	1,38	0,82	1,09	0,35	0,6	2,3
O ₂ + Ar	0,8	0,25	0,19	0,09	0,01	0,22	0,82
N ₂	105,4	135,1	294,5	71,3	24,2	24,3	62,7
CH ₄	4,09	6,36	10,3	3,51	1,39	1,32	4,0

8.3 Vinnsluhæfni jarðhitavökvans

Það er einkum tvennt sem ræður vinnsluhæfni jarðhitavökvans, annars vegar útfellingahætta og hins vegar styrkur gass í gufu. Styrkur gass í gufu við 7 bar-a þrýsting er sýndur í töflu 10 ásamt samsetningu gassins. Að meðaltali eru 0,32 þyngdar % gass í gufu við 7 bar-a þrýsting. Koldíoxíð er um 70% af gasinu, brennisteinsvetni um 10% og köfnunarefni um 16%. Þetta er svipað og í öðrum lágvermiholum á Nesjavöllum.

Tafla 10. Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting og samsetning þess.

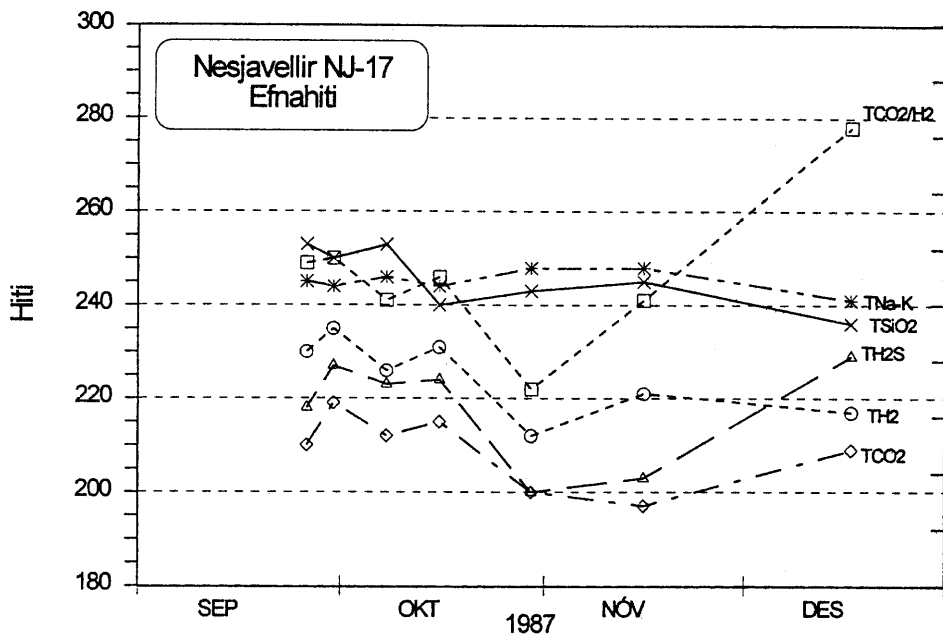
Sýni	Dags.	Gas í gufu þyngdar %	CO ₂	H ₂ S	H ₂	O ₂	CH ₄	N ₂	Ar
87-5226	87-08-26	0,33	70,92	10,29	0,18	0,13	0,67	17,43	0,38
87-5231	87-09-30	0,41	68,68	11,12	0,19	0,03	0,87	18,62	0,49
87-5245	87-10-08	0,44	51,14	8,48	0,10	0,02	1,33	37,94	0,98
87-5254	87-10-16	0,33	74,66	11,88	0,19	0,01	0,61	12,39	0,26
87-5260	87-10-30	0,23	85,66	8,05	0,08	0,00	0,33	5,74	0,14
87-5264	87-11-16	0,19	82,42	9,30	0,18	0,07	0,41	7,48	0,13
87-5289	87-12-17	0,30	68,42	15,14	0,54	0,00	0,94	14,78	0,19
Meðaltal	0,32	71,70	10,61	0,21	0,04	0,74	16,34	0,37	

Þær útfellingar sem helst má búast við eru kísill og kalk. Á mynd 21 eru sýndar jafnvægis-myndir fyrir nokkrar ummyndunarsteindir sem fall af hita.

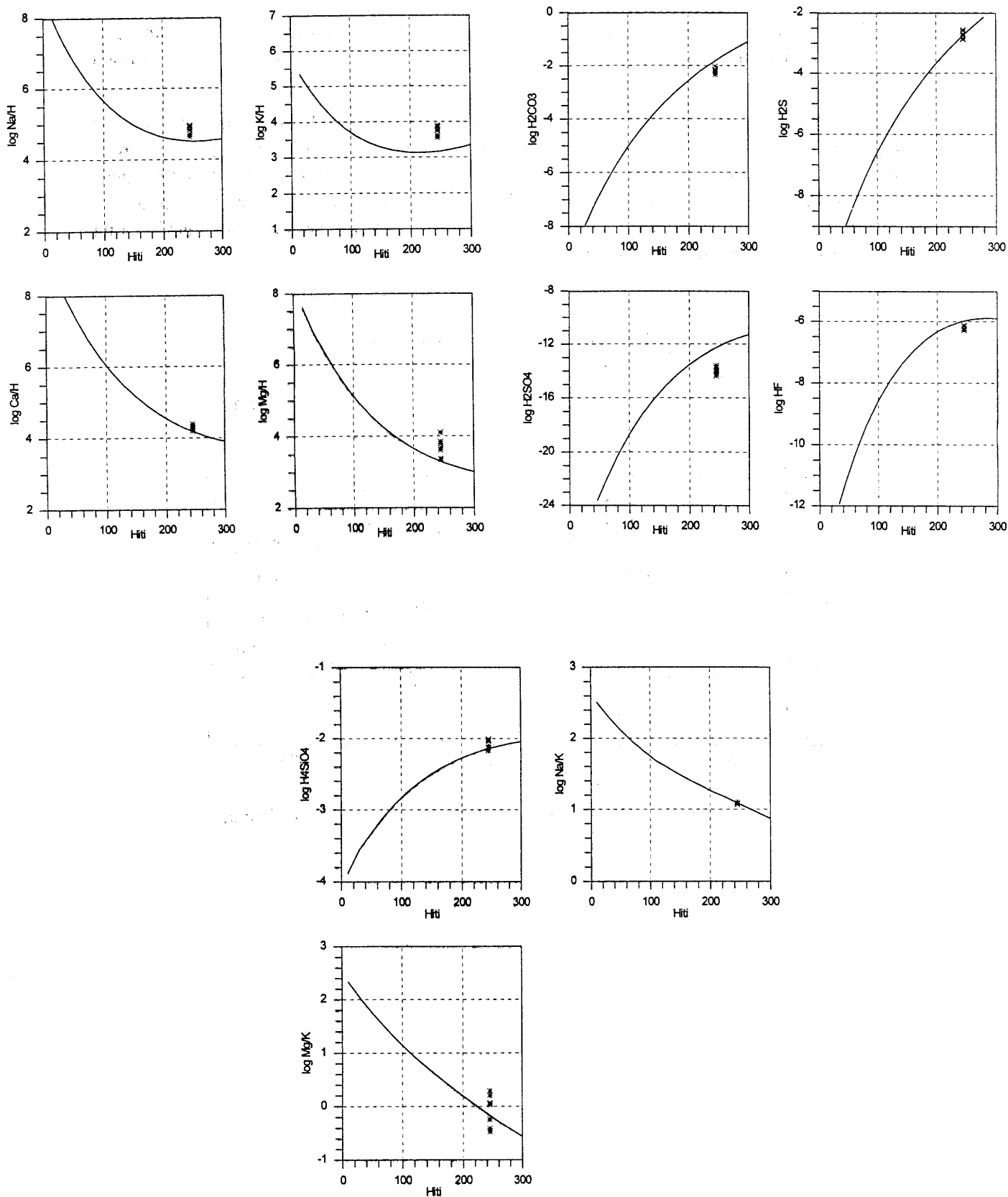
Jarðhitavökvinn er í jafnvægi við kalsít við innstreymi í holuna. Á mynd 21a er sýndur leysni-ferill kalsíts með hita. Jafnframt eru sýnd skekkjumörk fyrir jafnvægisferilinn. Miðað við reynslu annars staðar frá þarf yfirmettunin að vera meiri en sem svarar skekkjumörkunum til að kalsít útfellingar fari að myndast. Inn á myndina eru teiknaðir punktar fyrir sýnin frá holu NJ-17. Samkvæmt þessu er því lítil hætta á kalsít útfellingum í holunni.

Jarðhitavökvinn úr NJ-17 er undirmettaður með tilliti til anhydríts og flúoríts (mynd 21b og c) eins og algengt er um ósalt vatn á íslenskum jarðhitasvæðum þar sem vökvinn er í snertingu við basískt berg.

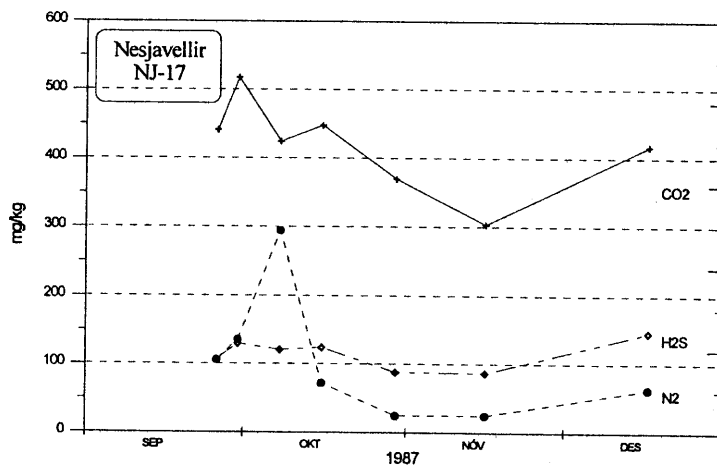
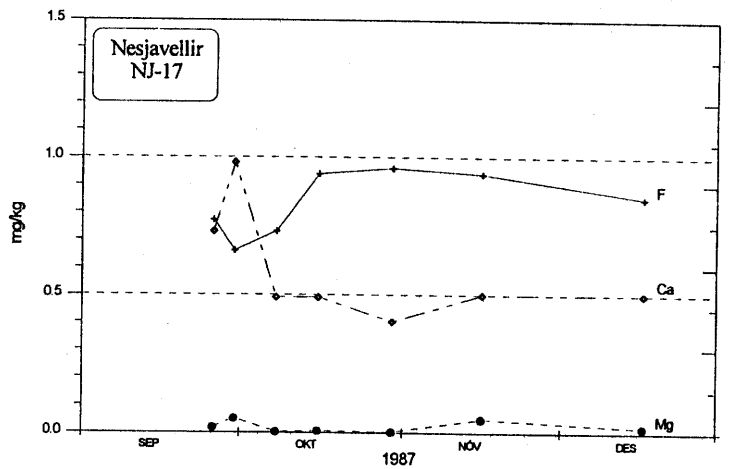
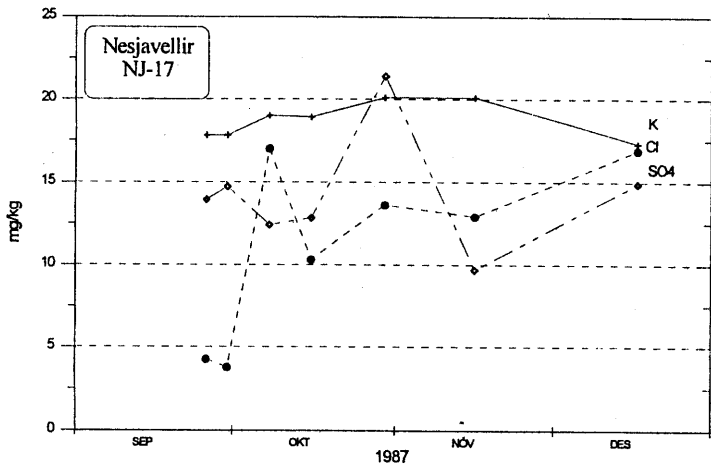
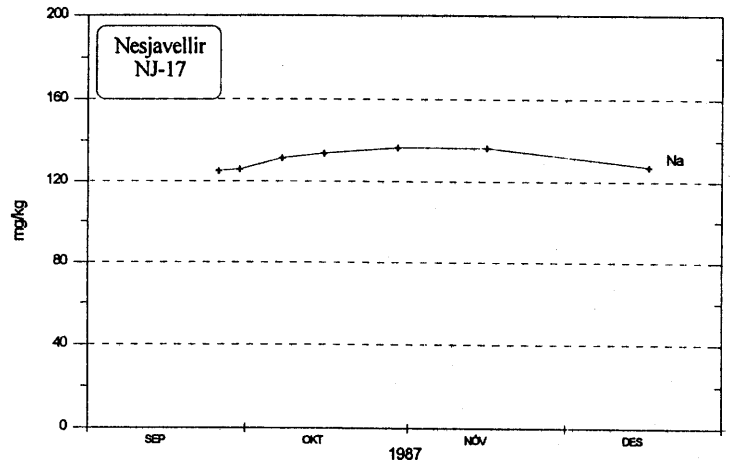
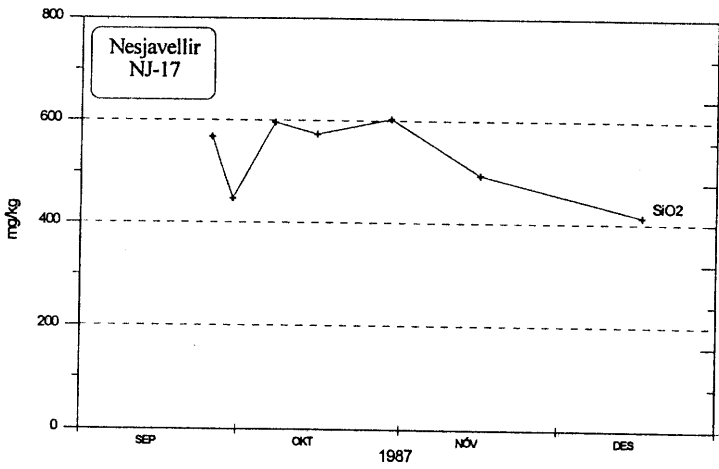
Styrkur kísils í djúpvatni stjórnast af uppleysanleika kvarz. Þegar vökvinn sýður eykst styrkur kísils í þeim vökva sem eftir er og hiti vatnsins lækkar. Inn á mynd 21d eru dregnar línur fyrir breytingar á styrk kísils fyrir sýni úr holu NJ-17 við suðu úr 245°C í 100°C. Kísilútfellingar geta myndast þegar vökvinn nær mettnarferli ópals. Hitastig ópalmettunar er á bilinu 130-150°C fyrir þessi sýni. Það er því ekki ráðlegt að keyra holuna til langframa við lægri þrýsting en sem svarar til þessa hita þ.e. um 6 bar-a.



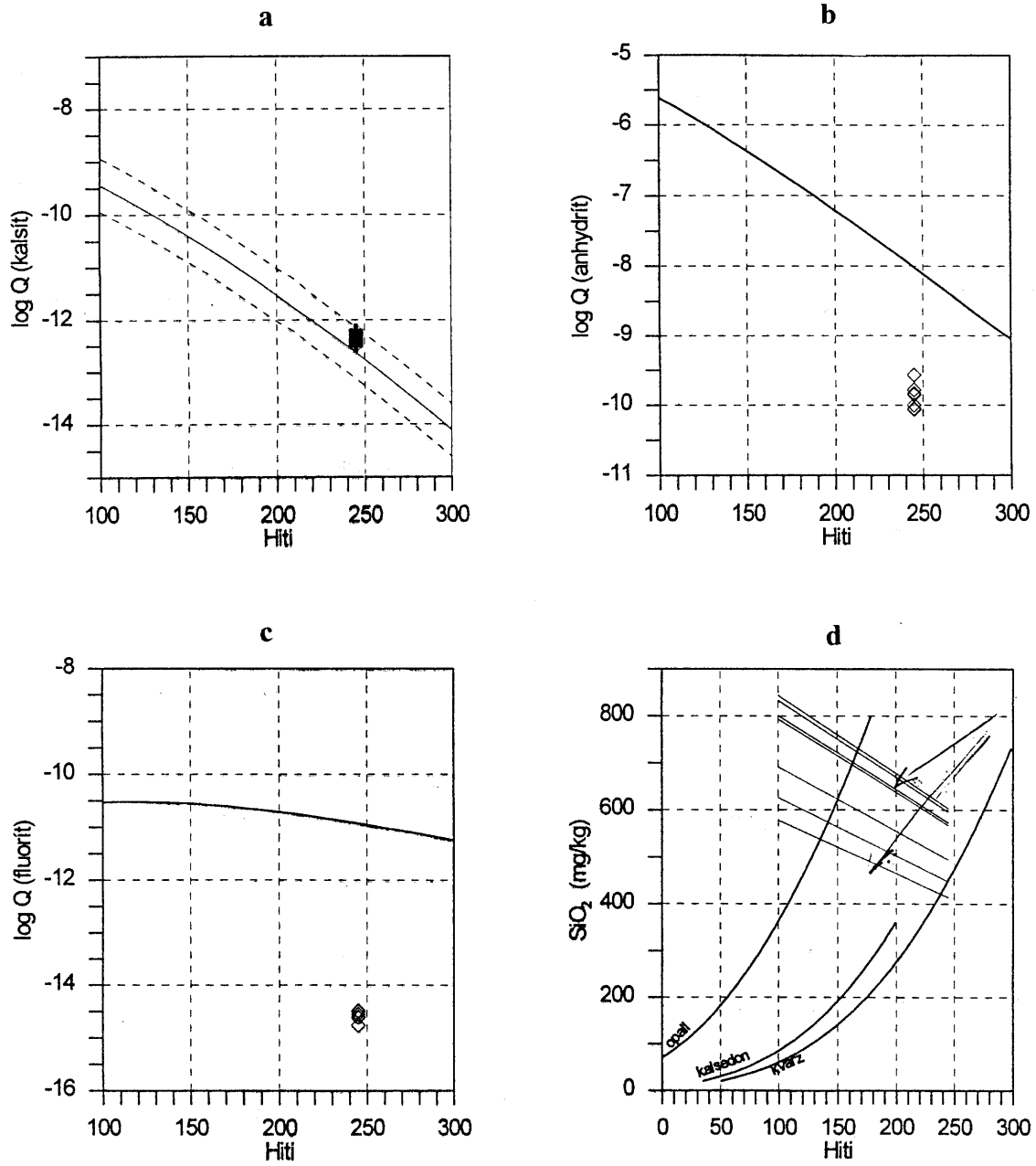
Mynd 18. Útreiknaður efnahiti í holu NJ-17. Breytingar með tíma.



Mynd 19. Efnasamsetning djúpvökva miðað við 245°C í NJ-17 og jafnvægisferlar.



Mynd 20. Breyting á styrk nokkurra efna í djúpvatni miðað við 245°C.



Sýni frá NJ-17
Hiti: kvarz hiti

Mynd 21. Uppleysanleiki kalsíts, anhydríts, flúoríts og kísilsteinda sem fall af hita og mælt jónamargfeldi 7 vatnssýna úr holu NJ-17. Strikin á mynd d sýna breytingar á kísilstyrk við suðu sýnanna úr 245 í 100°C.

9. HELSTU VINNSLUEIGINLEIKAR

Hér að framan hefur verið fjallað um rannsóknir á holu NJ-17 og helstu niðurstöður þeirra, en einnig hefur verið minnst á eiginleika holunnar til nýtingar. Engu að síður er rétt að draga saman á einn stað í lok skýrslunnar það helsta sem vitað er um vinnslueiginleika þessarar holu. Hér verður því að nokkru um endurtekningu að ræða á því sem minnst hefur verið á á við og dreif í skýrslunni.

Hola NJ-17 er kaldasta vinnsluholan á Nesjavöllum, ef frá er talin hola NJ-18, sem staðsett er við Litluvelli um 2200 m norðan holu NJ-17. Aflmælingar þegar holan var blástursprófuð gáfu vermi holuvökvans á bilinu 890-1000 kJ/kg og liggur meðalgildi mælinganna nærri 950 kJ/kg. Lætur nærri að 75% af rennslinu sé vatn en 25% gufa, við eina loftþyngd. Við 7-8 bar mótþrýsting gefur holan um 45 kg/s. Varmaafli holunnar er því 40-45 MW við 7-8 bar. Ef vökvinn er aðskilinn við 7 bar-a fást um 5,5-6 kg/s af háþrýstigufu, eða sem samsvarar tæplega 3 MW rafafli frá eimþrýstihverfli. Við hærri toppþrýsting dregur hratt úr rennslinu og mældist það 35 kg/s við 9,3 bar. Þegar holunni var lokað eftir 87 daga blástursprófun í desember 1987 fór þrýstingur aðeins í 12 bar.

Engar marktækar breytingar komu fram í rennsli holu NJ-17, þann stutta tíma sem hún var prófuð, enda ekki við því að búast. Holan er hins vegar nærri vesturjaðri jarðhitakerfisins og því má búast við langtímabreytingum þegar niðurdráttur vegna vinnslu fer að segja til sín í Kýrdal. Er talið líklegt að kaldara vatn sem seitlar inn í kerfið í stað þess sem upp er tekið, eigi eftir að kæla bergið á þessum slóðum. Er það m.a. byggt á niðurstöðum hermireikninga af Nesjavallakerfinu (Guðmundur S. Böðvarsson, 1987 og 1993). Fyrir holu NJ-17 þýddi slík kæling að vermi holuvökvans lækkaði enn frekar og lokunarþrýstingur einnig.

Vinnslueiginleikar vökvans frá holu NJ-17 eru hagstæðir eins og reyndar í öllum vinnsluholum á Nesjavöllum. Styrkur óþéttanlegra gastegunda í háþrýstigufu er lítill eða um 0,32% af massa og eru 80% þeirra koldíoxíð (70%) og brennisteinsvetni (10%), en köfnunarefni mældist um 16%. Efnainnihald rennslis úr holunni er í jafnvægi við hita (245°C) helstu vinnsluæða. Ekki er að vænta kalkútfellinga í holunni og til að forðast kísilútfellingar í henni nægir að reka hana við 6 bar-a, samanborið við 10-15 bar-a fyrir flestar aðrar holur á Nesjavöllum.

Lokunarþrýstingur holunnar er aðeins 12 bar eins og áður hefur komið fram. Strax eftir lokun fellur toppþrýstingur og eftir einn sólarhring er holan orðin þrýstingslaus. Til að hafa holuna tiltæka með skömmum fyrirvara til notkunar verður því að halda henni í stöðugum blæstri. Standi holan lokað um einhvern tíma (hálfan til heilan sólarhring) verður að draga hana í blástur með bullu, líkt og gert var þegar hún var blástursprófuð.

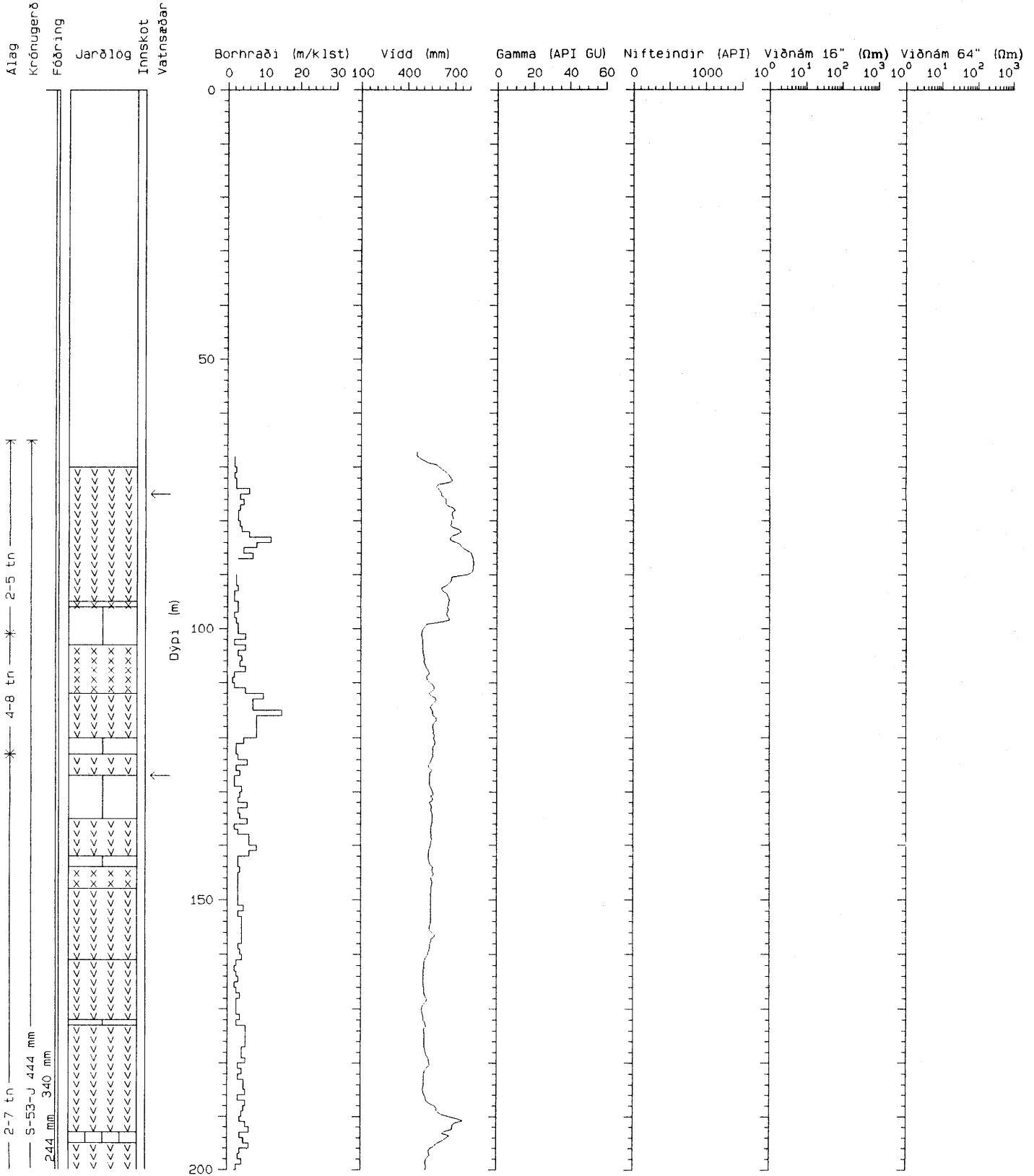
10. HEIMILDIR

- Benedikt Steingrímsson, Hjalti Franzson, Guðrún Sverrisdóttir, Hilmar Sigvaldason, Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson, 1986. Nesjavellir, Hola NJ-12 Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-86026/JHD-06, 147 s.
- Benedikt Steingrímsson, Guðrún Sverrisdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ómar Sigurðsson, Hjalti Franzsson, og Guðlaugur Hermannsson, 1987. Nesjavellir, Hola NJ-18. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-87029/JHD-06, 118 s.
- Guðmundur S. Böðvarsson, 1987. The Nesjavellir Geothermal Field, Iceland. Reservoir Evaluation. Hitaveita Reykjavíkur, júlí 1987, 186 s.
- Guðmundur S. Böðvarsson, 1993. Recalibration of the Three-Dimensional Model of the Nesjavellir Geothermal Field. Hitaveita Reykjavíkur, janúar 1993, 111 s.
- Hjalti Franzson, 1988. Nesjavellir. Borholujarðfræði: Vatnsgengd í jarðhitageymi. Orkustofnun, OS-88046/JHD-09, 58 s.
- Ómar Sigurðsson, 1987. Nesjavellir. Lokun hola 7, 10, 12, 14 og þrýstingsjöfnun þeirra. Orkustofnun, OS-87010/JHD-09 B. 117 s.
- Ómar Sigurðsson og Einar Gunnlaugsson, 1989. Nesjavellir, Hola NJ-18. 4. áfangi: Upphitun, upphleyping, blástur og jöfnun þrýstings eftir blástur. Orkustofnun, OS-89011/JHD-05 B. 47 s.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson og Hörður Svavarsson, 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 47: 567-577.
- Stefán Arnórsson og Einar Gunnlaugsson, 1985. New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49: 1307-1325.
- Valgarður Stefánsson, Ásgrímur Guðmundsson og Rolf Emmerman, 1982. Gamma Ray Logging in Icelandic Rocks. *The Log Analyst XXIII*, No. 6: 11-16.

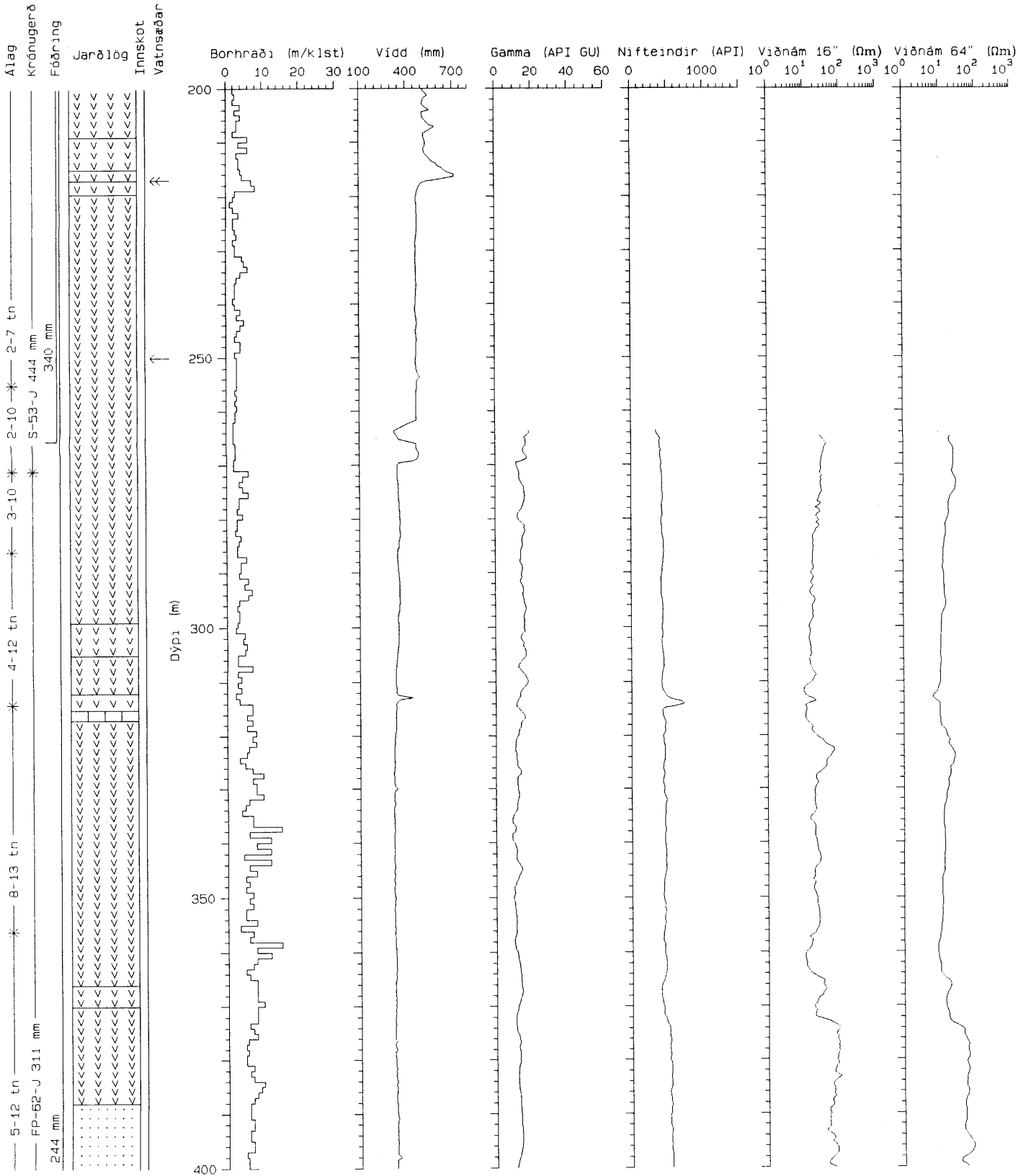
VIÐAUKI V-1

Jarðlagasnið og mælingar

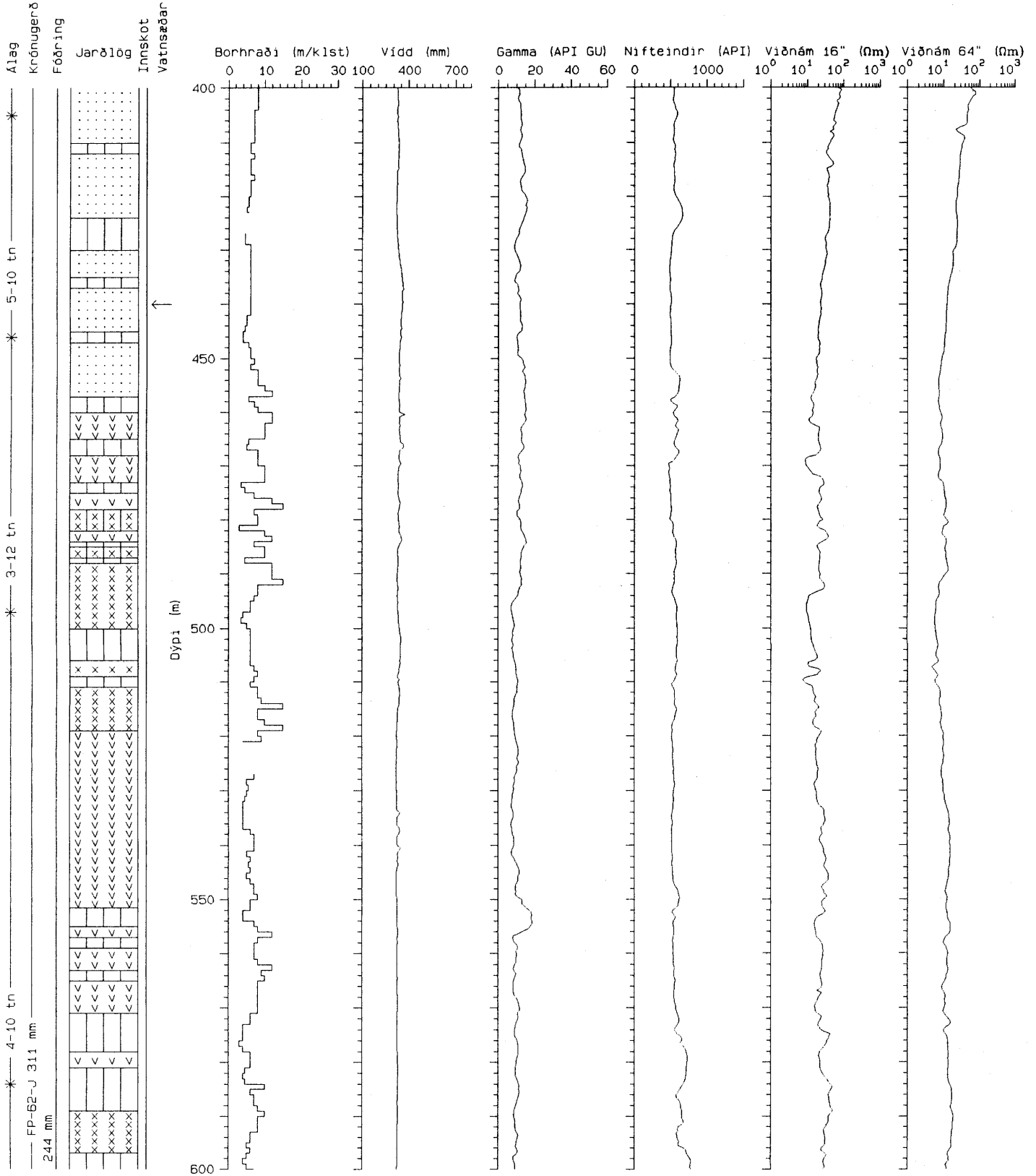
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



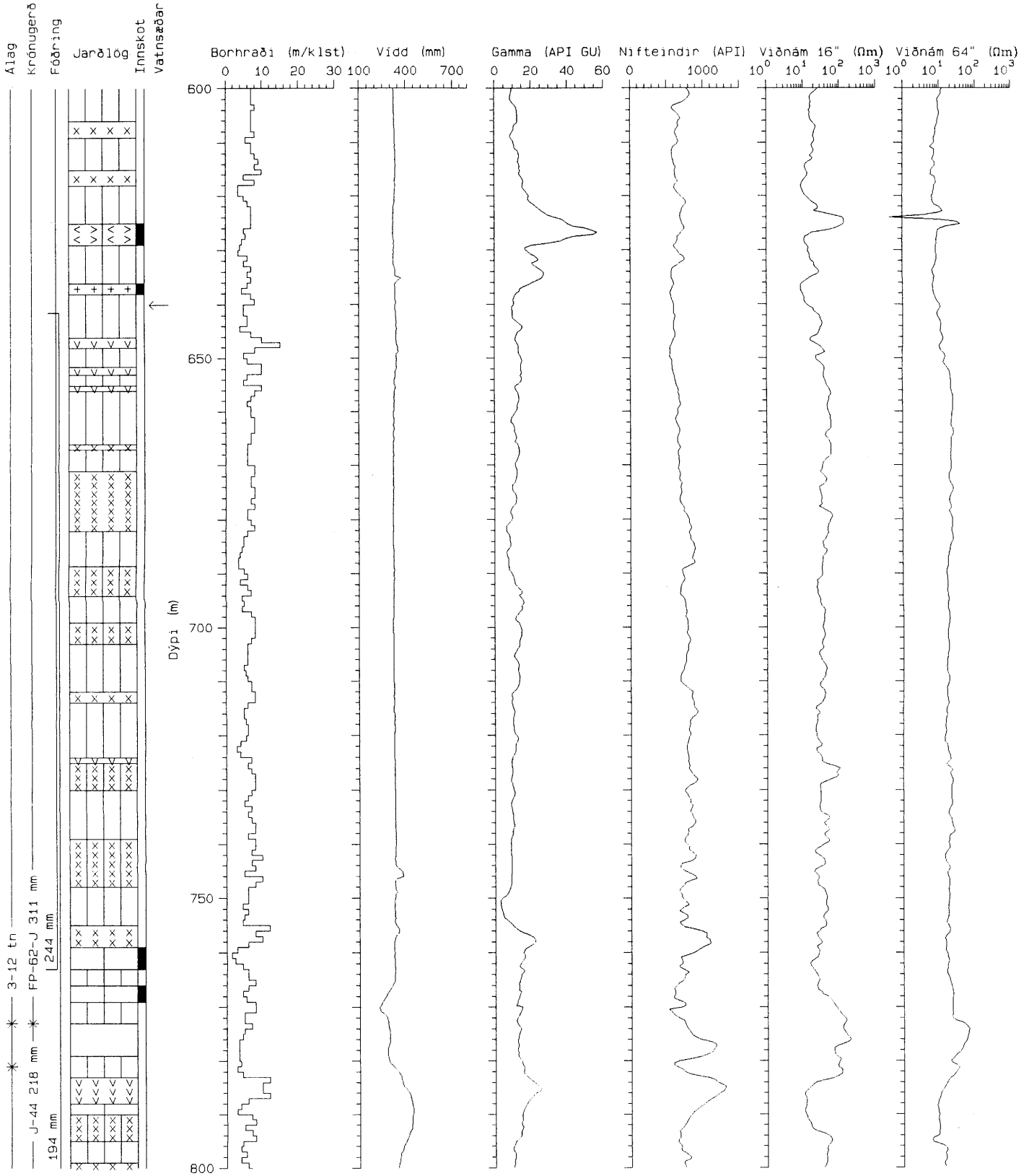
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



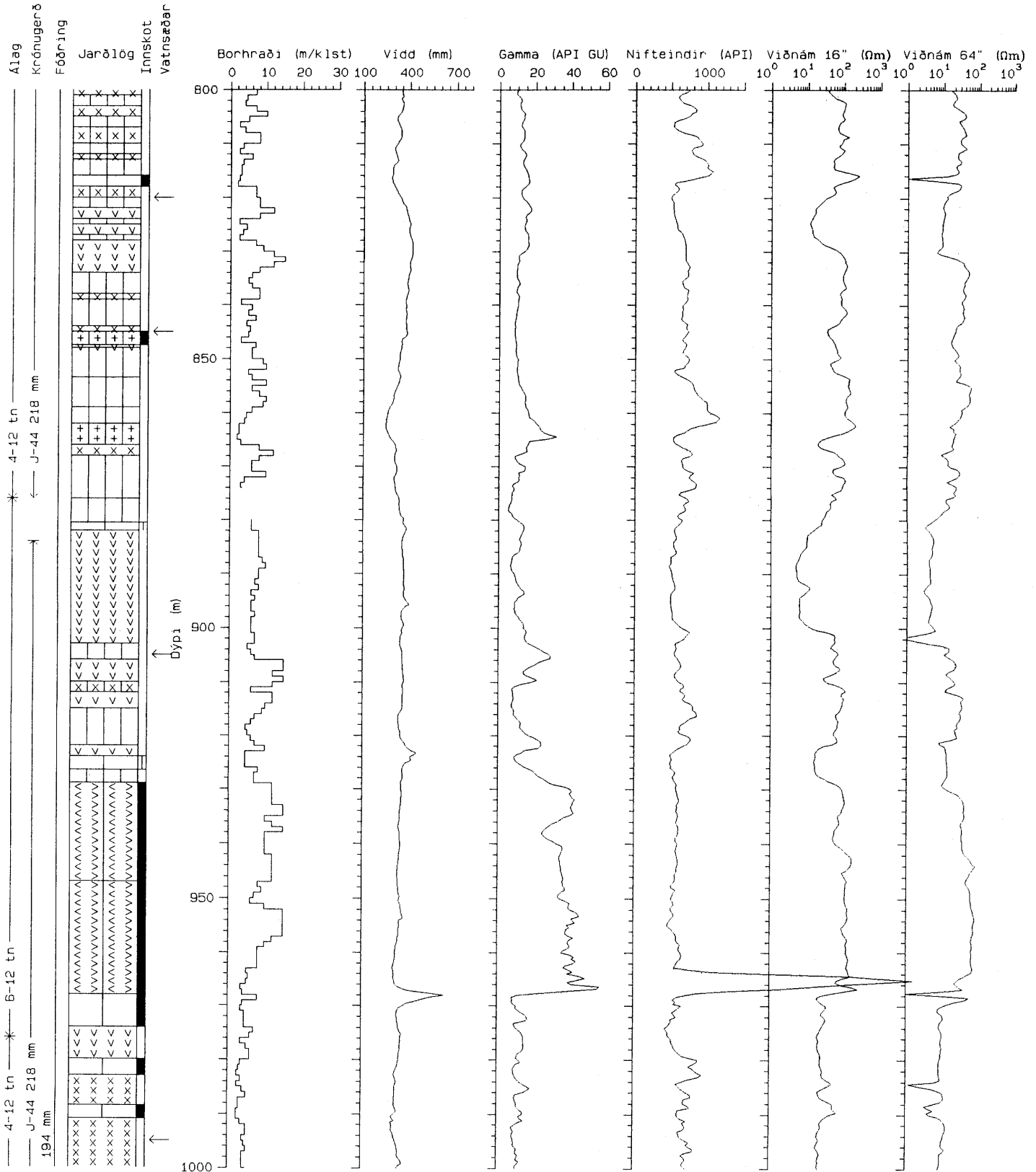
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



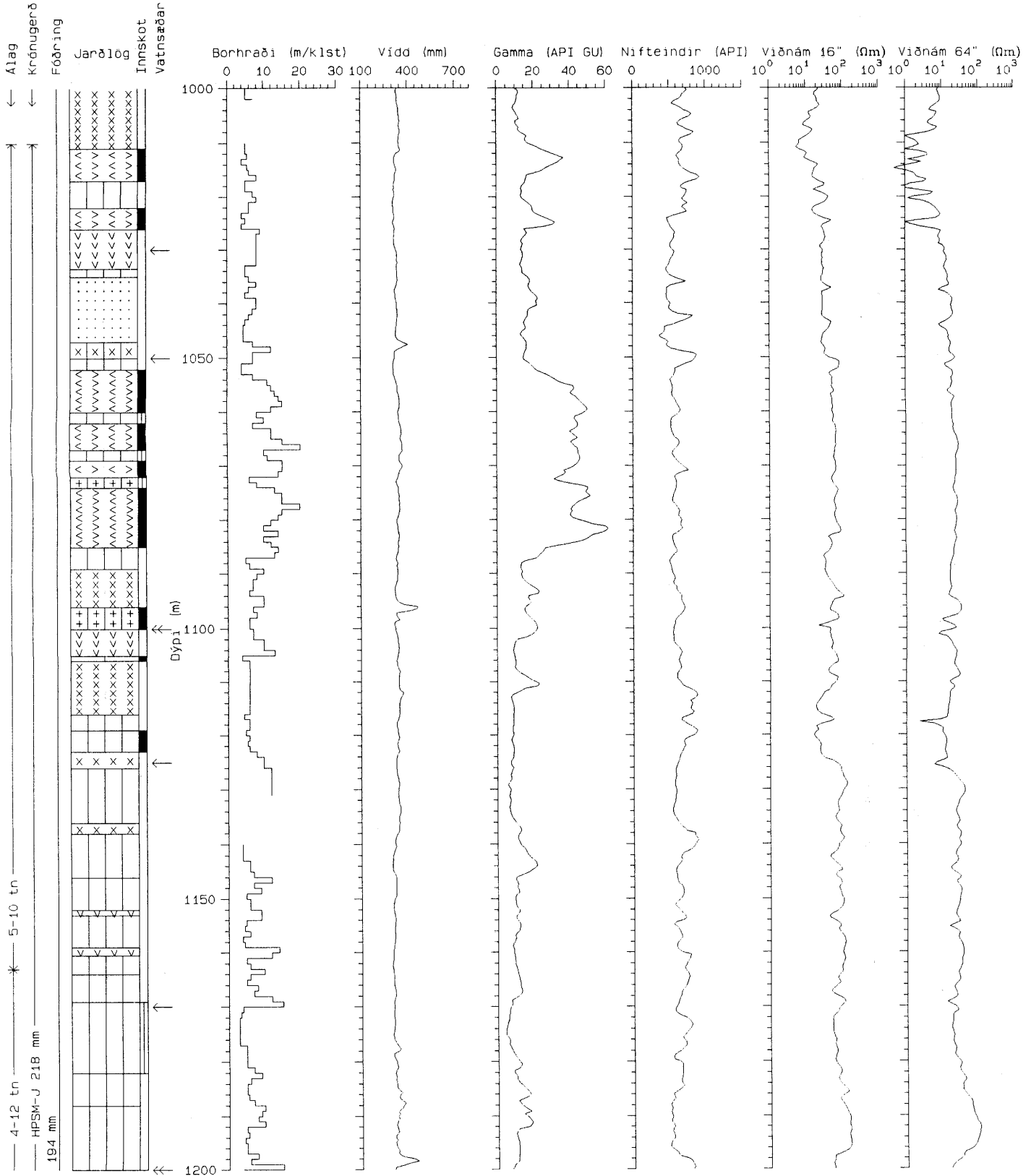
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)

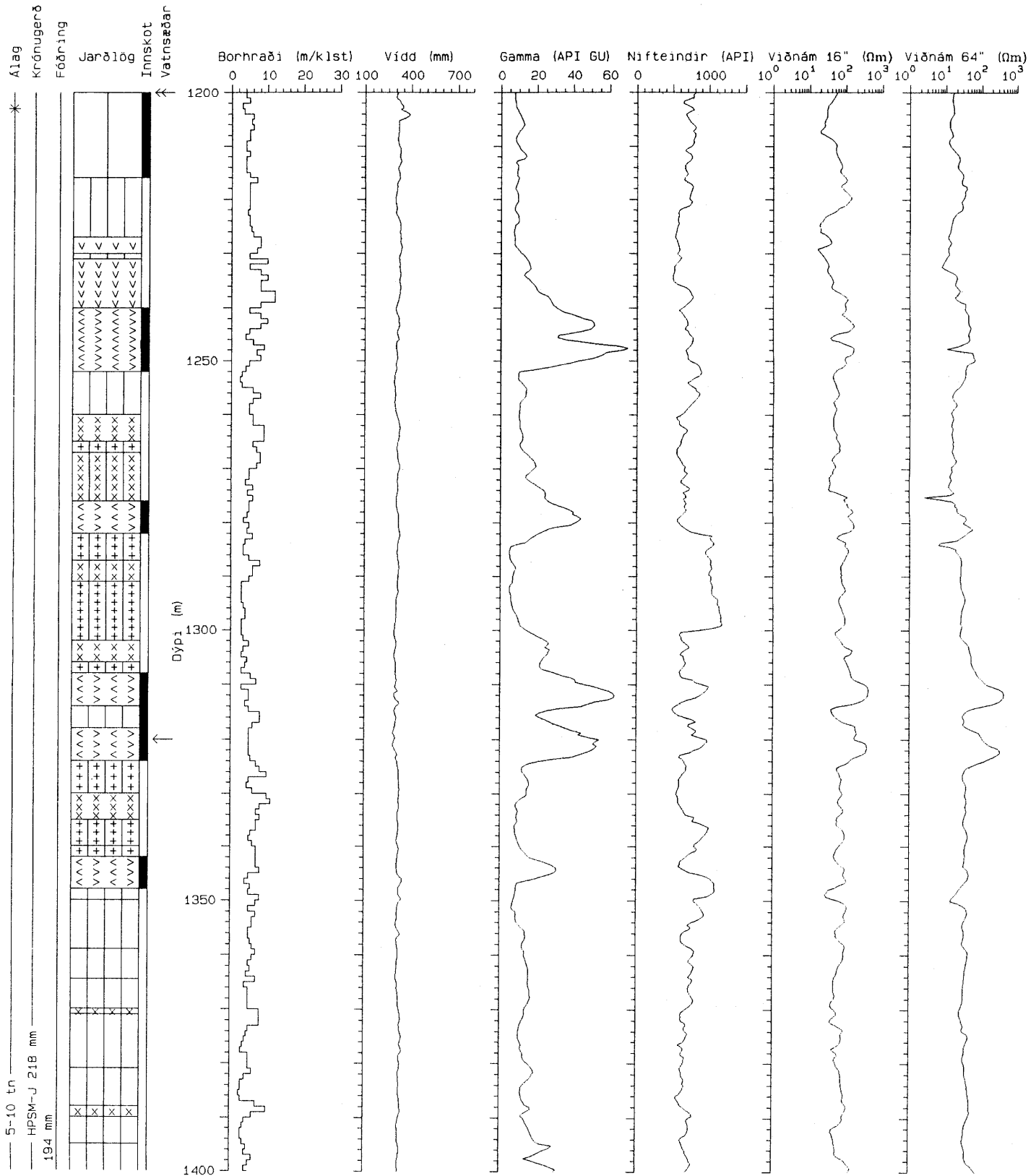


NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)

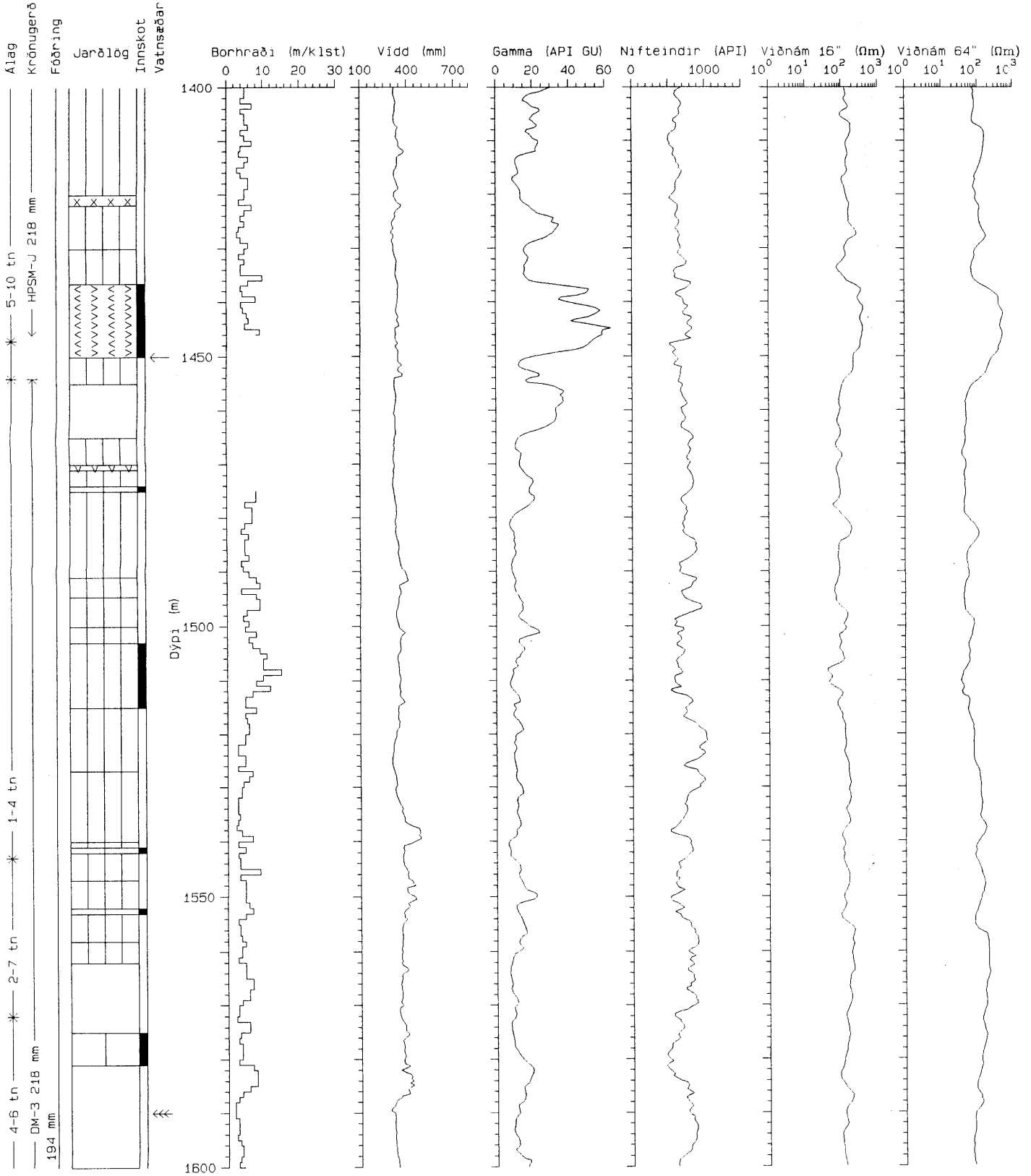


NESJAVELLIR HOLA NJ-17

JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)

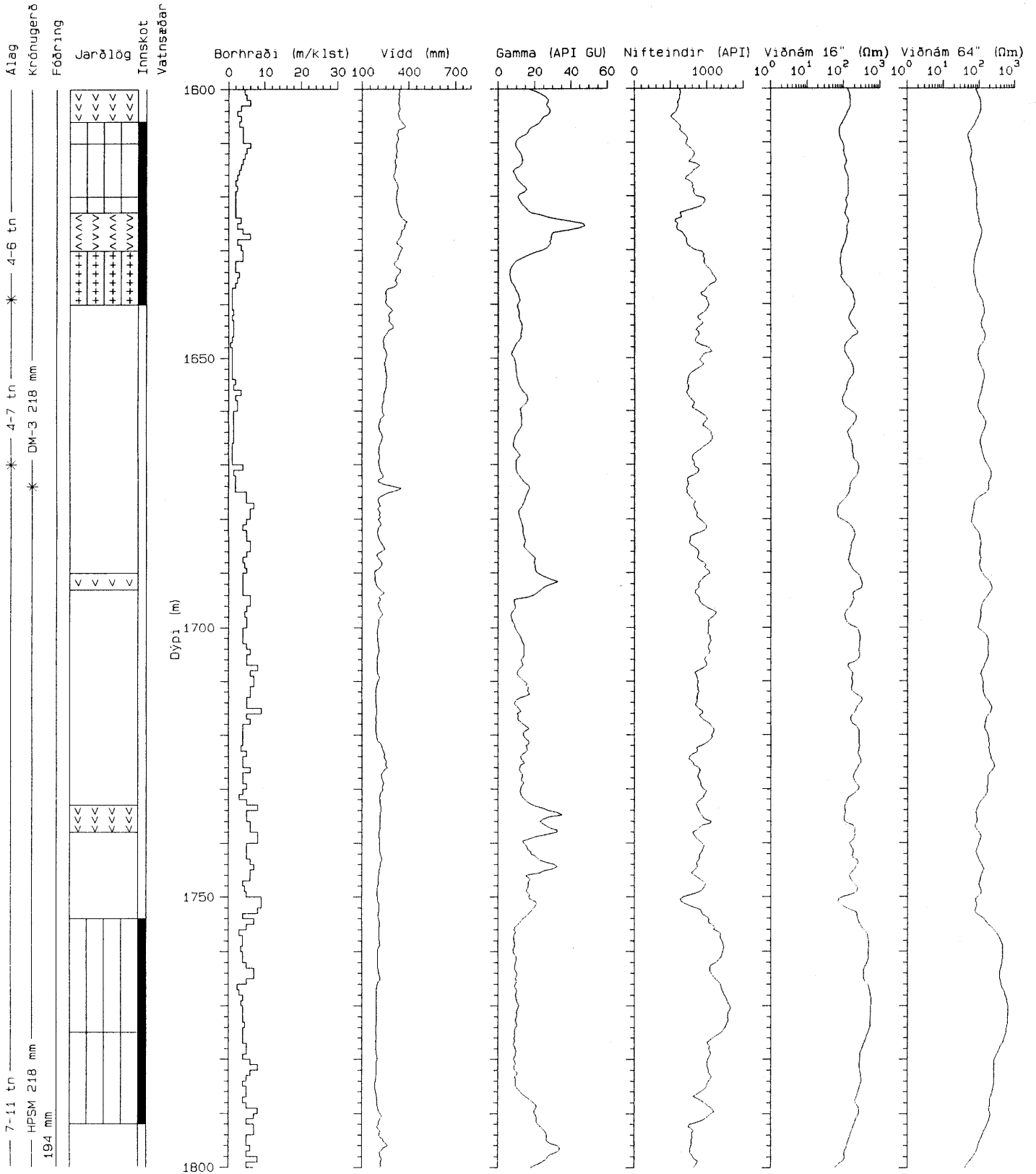


NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)

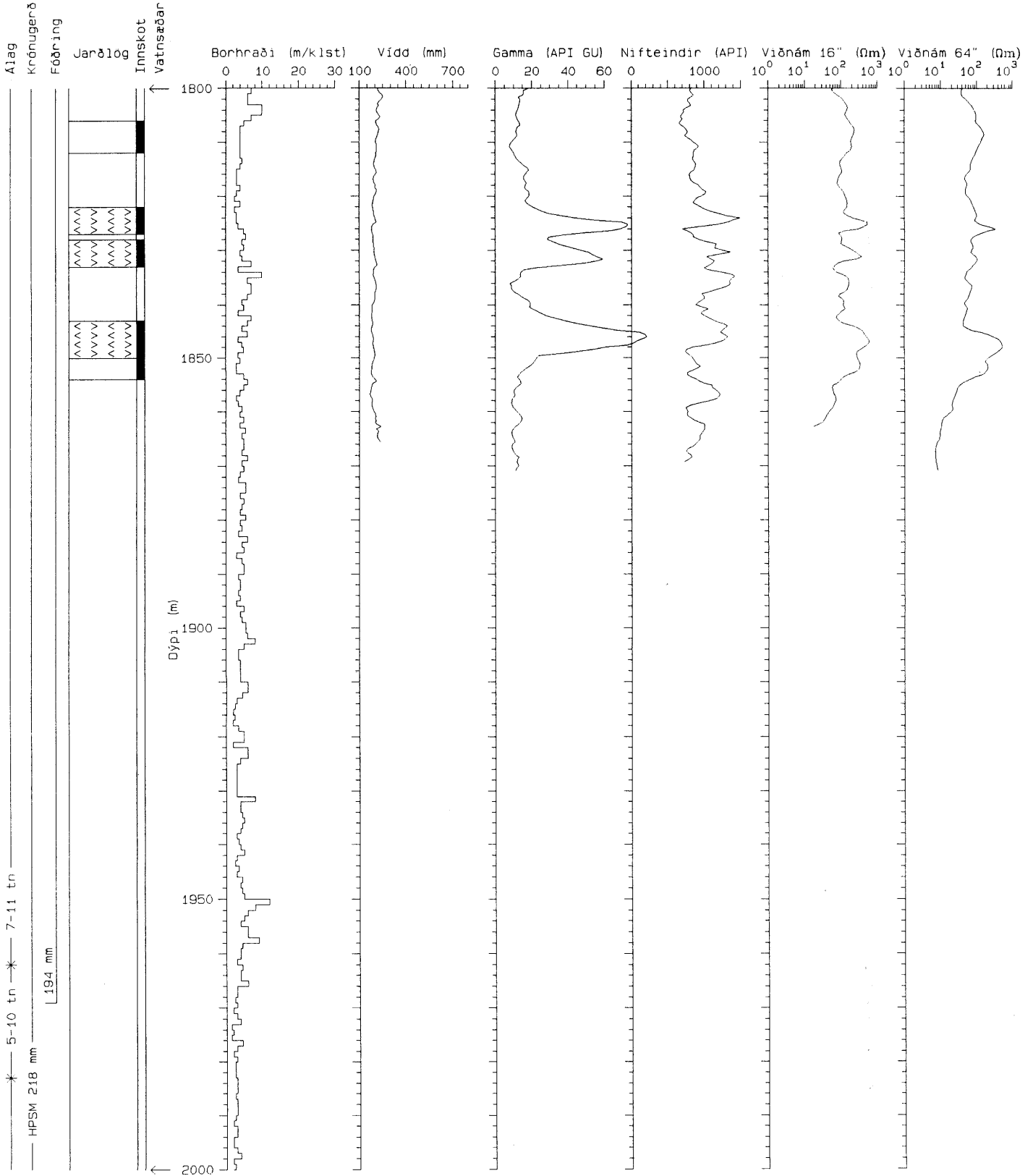




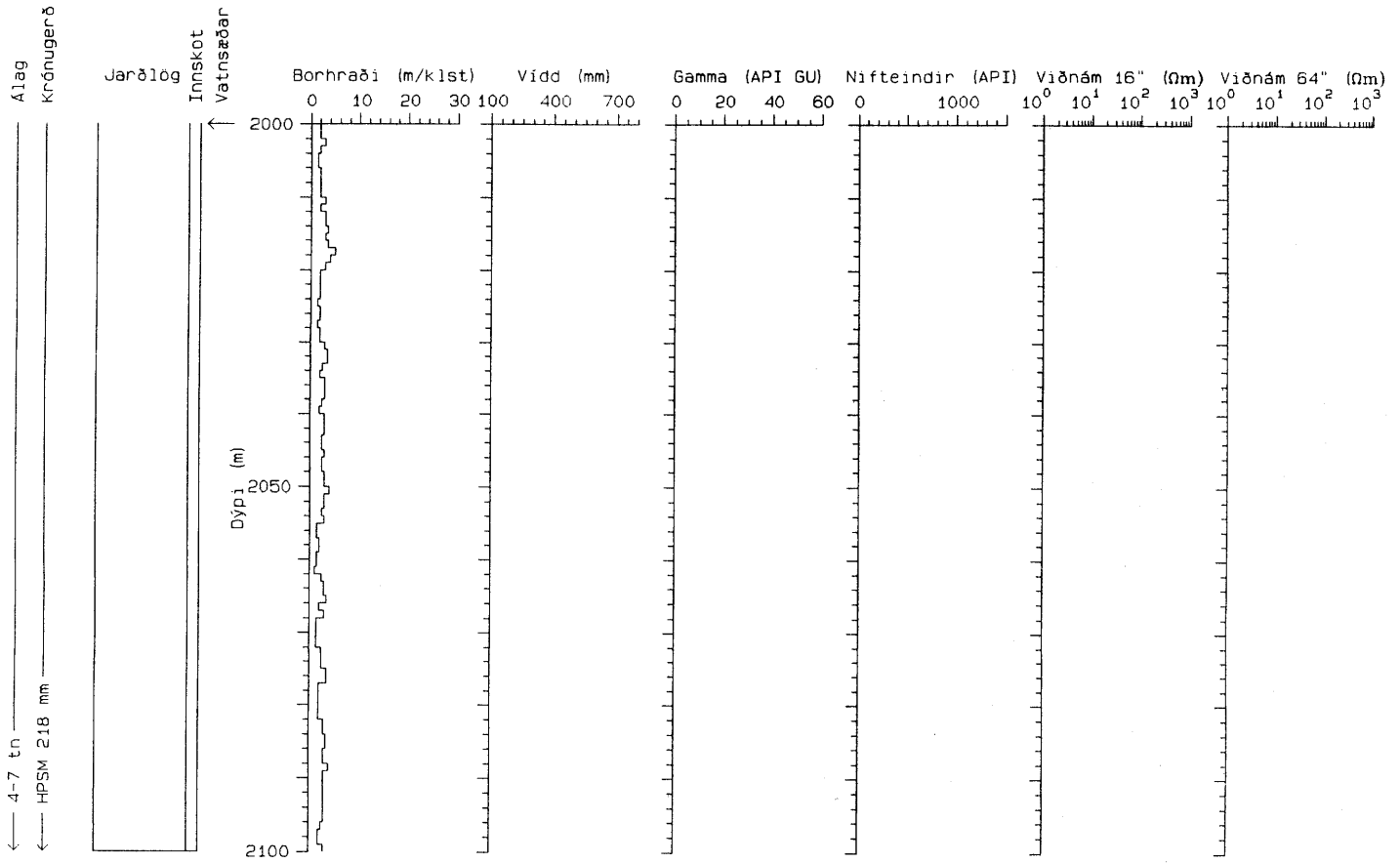
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



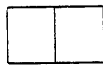
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARDLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLAGASNIÐ OG MÆLINGAR (FRUMGÖGN)



Skýringar við jarðlagasnið



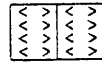
Fersklegt fin-meðalkorna basalt



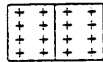
Túff



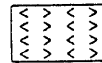
Ummyndað fin-meðalkorna basalt



Isúrt finkornótt berg



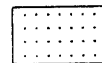
Fersklegt meðal-grófkorna basalt



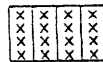
Isúrt grófkornótt berg



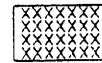
Ummyndað meðal-grófkorna basalt



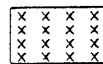
Finkornótt set



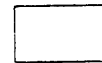
Ummyndað glerjað basalt



Epidót-amfiból beltí

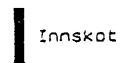


Basaltrík breksía

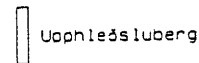


Svarf vantar

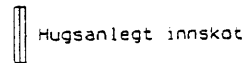
Skýringar við innskot



Innskot



Uopfleðsluberg



Hugsanlegt innskot

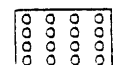
Skýringar við vatnsæðar

← : Lítil vatnsæð

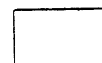
←← : Stór vatnsæð

←← : Meðal vatnsæð

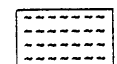
Skýringar við ummyndunarbelti



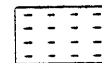
Klórít-epidót beltí



Svarf vantar



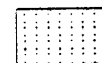
Klórítbeltí



Blandlagabeltí



epidót-amfiból beltí



Smektít-zedlítabeltí

VIÐAUKI V-2

Nesjavellir hola NJ-17, 1. áfangi

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NESJAVELLIR HOLA NJ-17. 1. ÁFANGI

Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu
frá 69 m í 271 m.

Unnið af vinnuhópi JHD og JB h/f.

OS-86043/JHD-14 B

Júní 1986

EFNISYFIRLIT

	Bl.s.
EFNISYFIRLIT	2
TÖFLUSKRÁ	2
MYNDASKRÁ	2
1 INNGANGUR	3
2 BORSAGA	4
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	5
4 BORHOLUMÆLINGAR	6
TÖFLUSKRÁ	
1 Gangur borunar.....	4
2 Fóðrunarskýrsla	7
3 Mælingar í fyrsta áfanga.....	6
MYNDASKRÁ	
1 Framvinda borunar	8
2 Jarðlagasnið og mælingar í borun	9
3 Hitamæling í stöngum 1986.06.16 fyrir fóðringu	10
4 Vatnsborðsmæling	11
5 Hitamælingar eftir upptekt.....	12
6 Steyping 13 3/8" fóðringar.....	13

1 INNGANGUR

Fyrsta verk Jötuns á Nesjavöllum sumarið 1986 er borun holu NJ-17. Holan er staðsett innst í Kýrdal um 500 m sunnan holu NJ-12. Haustið 1985 meitlaði Höggbor 3 niður í 62,5 m og fóðraði (höggborshola M). Hnit holunnar eru $X=660.315,788$ og $Y=403.824,107$ og hún er í u.þ.b. 355 m y.s. Hönnun holunnar er áætluð sem hér segir:

- a) Höggborsfóðring er í 62,5 m (miðað við Höggbor 3).
Utanmál 473 mm, veggþykkt 8 mm.
- b) Öryggisfóðring 250 m.
API 13 3/8", 61 lbs/ft og 68 lbs/ft, K-55 BTC,
innanmál 317,9 og 315,3 mm. A.m.k. þrjú efstu rör
fóðringarinnar skulu vera 68 lbs/ft.
- c) Vinnslufóðring 700-800 m.
API 9 5/8", 47,0 lbs/ft, K-55 BTC.
Innanmál 220,5 mm. Við ákvörðun á fóðringardýpi skal stuðst
við ummyndunargreiningu og ekki fóðrað fyrr en ummyndun bendir
til 200°C hita (kvars, wairakít).
- d) Vinnsluhluti verður boraður í allt að 2000 m, og fóðraður með
raufuðum leiðara. API 7" 23,0 lbs/ft J-55 BTC.

Í vinnsluhlutanum verða teknir þrír kjarnar. Þvermál: 114 mm, lengd
allt að 7 m. Áætlað er að taka kjarnana í 1) móbergi á 800-1000 m
dýpi, 2) basalti á 900-1000 m dýpi og í 3) innskotabergi nærri 1500 m
dýpi.

Aðalloki holunnar skal festur á 13 3/8" öryggisfóðringu með milli-
stykki.

Aðalflangs holunnar skal rafsjóðast af viðurkenndum suðumanni og gæði
suðunnar reynd með röntgenmyndatöku.

Verkbáttur þessi er unnin samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu
Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Að þessum áfanga unnu
fyrir hönd JHD og JB h/f þeir Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt
Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðni Guðmundsson, Ómar
Sigurðsson, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Flutningur og uppsetning Jötuns á holu NJ-17 á Nesjavöllum hófst mánudaginn 2. júní 1986. Borun byrjaði á 9. verkdegi, fimmtudaginn 13. júní. Borað var með 17 1/2" (444 mm) krónu af gerðinni S-53-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 17 1/2" króna, stýring, tengistykki, álagsstöng, stýring, tengistykki, 11 álagsstengur, "cross over" tengistykki og borstengur.

Eins og áður segir þá hófst borun á hádegi þann 13. júní og var komið niður úr höggborsfóðringu á tæplega 70 m dýpi. Borun fyrir 13 3/8" (340 mm) öryggisfóðringu lauk sunnudaginn 15. júní á 12. verkdegi í 271 m dýpi (mynd 1). Borhraði var nokkuð jafn niður holuna eða rúmir 3 m/klst eins og fram kemur í töflu 1.

TAFLA 1 Gangur borunar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
9. verkd.	36	10	3,6	10	101
10. "	62	19,5	3,2	29,5	163
11. "	68	22	3,1	51,5	231
12. "	40	14,5	2,8	66	271

Álag var 2-5 tonn og snúningur á krónu 64-78 sn/mín. Fylgst var með breytingum á skolvatni, dælingu og þrýstingi á dælum á fjögurra tíma fresti (og oftast þegar ástæða þótti til). Í fyrstu mælingu eftir að borun hófst mældist skoltap vera rúmir 3 l/s og minnkaði það fljótlega um 1 l/s þar til komið var niður í 217 m dýpi, en þar töpuðust tæpir 11 l/s. Það þéttist síðan að nokkru þannig að ekki þótti ástæða til að steypa í lekann. Á mynd 2 eru sýndar skolvatnsbreytingar, dæling og þrýstingur á dælum, samhliða einfölduðu jarðlagasniði, borhraða og víddarmælingu.

Eins og oft vill verða, þegar vatn er notað við borun 17 1/2" holu, þá safnast gróft borsvarf fyrir í holunni og er erfiðleikum bundið að skola því upp. Þegar 120 m höfðu verið boraðir, var botnfall mælt og reyndist vera 15 m og í 214 m dýpi var það 8 m og eftir skolun í 3 1/2 tíma að lokinni borun í 271 m og síðan eftir 25 mínútna stopp var botnfallið 19,5 m. Til að hreinsa holuna var notað gel úr 78 pokum. Unnið var við að hreinsa sand af holubotni fram til klukkan 3 aðfaranótt mánudagsins 16. júní og voru aðeins 3 metrar eftir þegar hrein-

gerningum var lokið. Þá var hitamælt inni í stöngum (mynd 3) og er nánar fjallað um það í kafla um mælingar hér að aftan. Eftir hitamælingu var holan vatnsborðsmæld og eru niðurstöður sýndar á mynd 4. Samkvæmt því er síðasta mæligildi frá 79 m dýpi, en jafnvægisstaða vatnsborðs virðist vera á 90-100 m dýpi eða svipuð vatnsborðsstaða og mældist í efsta hluta NJ-12. Búið var að taka borstrenginn upp skömmu fyrir klukkan 8 um morguninn og þá var hitamælt í opinni holu (mynd 5) og síðan víddarmælt (mynd 2). Megin skáparnir eru ofan við 100 m dýpi þar sem bergið er lítið sem ekkert ummyndað, einnig var útvöskun nokkuð mikil niður undir 220 m. Það skýrir nokkuð vandamál við skolun á svarfi úr holunni. Meðan mælingar stóðu yfir var skoltap 7,5 l/s. Á meðan fóðurrörin voru tínd niður var skoltapið mælt um 10-11 l/s og mældist það aldrei meira. Unnið var við undirbúning að fóðrun holunar fram að hádegi. Um hádegisbilið var byrjað að fóðra og því lokið klukkan 22. Allar nánari upplýsingar um fóðringuna er að finna í töflu 2.

Skömmu eftir miðnætti voru stangir tengdar við stungustykki við önnur neðstu samskeyti fóðringarinnar. Síðan var undirbúin fóðringarsteyping. Klukkan 04:10 aðfaranótt þjóðhátíðardagsins 17. júní var byrjað að steypa. Framkvæmdin gekk vel. Meðaleðlisþyngd steypunnar, sem dælt var niður, var 1,68 g/cm³ og eðlisþyngd þess er upp kom var um 1,6 g/cm³. Hætt var að dæla niður steypu kl. 04:57 og eftirdælingu lauk kl. 05:05. Alls voru notuð 56 tonn af G-sement gæðablöndu, 50 tonnum var dælt niður í gegnum stangir og steyppt var ofanfrá úr 6 tonnum á tímabilinu kl. 15-16, þar sem fóðringarsteypan frá því um nóttina virtist hafa sigið niður á allt að 70 m dýpi. Líklega hefur hún sigið niður að lekastaðnum, sem var við enda höggborsfóðringarinnar. Ekki þótti ástæða til að CBL-mæla.

3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Móberg er nánast einrátt í þessum áfanga og þá fyrst og fremst túff eins og kemur skýrt fram á mynd 2. Ekki var sýnt að komið yrði niður úr túffinu á næstu 40 metrum þegar fóðringardýpi var ákveðið og er þá tekið mið af holu NJ-12. Því var fóðringardýpi fastsett í 271 m dýpi. Frá 95-135 m eru fínkornótt ferskleg basalthraunlög áberandi. Að öðru leyti sjást þunn basaltlög á stangli niður holuna.

Ofan við 100 m er bergið nánast ferskt, en þaðan og niður í 135 m dýpi er ummyndun glersins stigvaxandi og nánast aiger þar neðan við. Kalsít sést fyrst á tæpum 130 m og samfelld þaðan niður í fóðringardýpi. Á svipuðum slóðum sést í fyrstu zeólítana og eru þeir all

dreifðir niður undir 230 m dýpi, en þar sést í analísím og skólesít lítið eitt neðar. Þýrit sést dreift neðan 150 m dýpis og eru krist-
allar alla jafna mjög smáir. Ummyndun bendir til hita vel neðan við
100°C.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Mælingar, sem gerðar voru í fyrsta áfanga borunar NJ-17 eru skráðar í
töflu 3. Ekkert var mælt fyrr en komið var í fóðringardýpi (271 m).
Þá var hitamælt í stöngum til að fylgjast með upphitun (mynd 3).
Skoltap var 7-8 l/s og kældi ádæling holuna niður fyrir 200 m dýpi.
Borkróna var á 256 m dýpi og mældist þar hæg upphitun (0.3°C á 20
mínútum).


Eftir upptekt var hita- og víddarmælt. Jarðlagamælingum var hins vegar
sleppt að þessu sinni m.a. vegna þess hve holan reyndist útpvegin.
Hitamælingin er sýnd á mynd 5. Á meðan mælt var, tók holan við
7-8 l/s af vatni og virðist samkvæmt hitamælingunni helsta vatnsæðin
vera á 218 m dýpi. Vatnsþrýstingur á þessari æð er 22-23 bar samkvæmt
vatnsborðsmælingunni sem minnst er á hér að framan. Í holu NJ-12 kom
fram vatnsæð á svipuðu dýpi og þessi æð er. Þrýstingur þeirrar æðar
er einnig talinn vera um 22 bar. Mælt hitastig í NJ-17 er lágt og
mældist aðeins um 12.5°C í 265 m dýpi. Þegar tekið er tillit til þess
hve upphitun var hæg er ljóst að efstu 300 metrar NJ-17 eru kaldir og
hitastig líkt og í efri hluta NJ-12.

Víddarmælingin í þessum hluta NJ-17 er sýnd á mynd 2. Mælingin sýnir
að holan hefur þvegist hressilega út í boruninni og mælist vídd
holunnar allt upp í 32". Einkum hefur holan þvegist út neðan við
höggborsfóðringuna frá 70-100 m dýpis, en einnig eru stórir skápar á
um 190 m dýpi og við vatnsæðina á 218 m dýpi.

Tafla 3 Hóla NJ-16. Mælingar í fyrsta áfanga.

Dags.	Tími (kl)	Hvað mælt	Dýptarbil (m)	Athugasemdir
1986.06.16	03:25-04:20	Hiti+dT+CCL	0-256	Í stöngum
1986.06.16	08:05-08:25	Hiti+dT+CCL	0-265	Eftir upptekt
1986.06.16	08:30-09:15	Vídd	0-262	Skápar, jarðlög

Tafla 2 Fóðrunarskýrsla

 ORKUSTOFNUN
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA
Jötuns

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
649-1	NJ-17	Nesjavellir (Kýrdalur)		Hitaveita Reykjavíkur
VÍÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
17½"	271 m.	2	1986.06.16.-17.	.1986.06.17 DS

FJARLÆGD KJALLARABRÚN—KRAGI		o.30 m			
FÓÐRING	PVERM. UTAN 13 3/8"	INNAN 315,3 m.m.			
	GERÐ K-55	ÞYNGD 68 lbs/ft			
	TENGI Skrúfuð Buttress				
	NOTAÐ 268,08 m	FRÁ KRAGA 256,52m			
	KRAGI(FLANGS) 12" Ser 900				
	SKÓR Float Shoe & Float Collar				
MÍÐJUST.	7 stk.	STEYPUT.	0 stk.		
STEYPING	SEMENT G-blanda	50.000 kg			
	SEMENT	kg			
	ÍBL.EFNI Bentonite. Perlite. Kísilsall	kg			
	ÍBL.EFNI	kg			
	TAFÆFNI	kg	EDLISP.STEYPU	1,68	
	STEYPUTÆKI Haliburton Steypusamstæða				
	STEYPINGARTÍMI	47 mín			
	EFTIRDELING. MAGN 2814	I TÍMI	8 mín		
	STEYPA KOM UPP	<input checked="" type="checkbox"/> JÁ <input type="checkbox"/> NEI			
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	ca	65 m		
FRÁANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	10 h			
	SEMENT 6000 kg	ÍBL.EFNI G-blanda	kg		
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR	8,5 h			
	STEYPA BORUD EFTIR	ca	100 h		
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	230 m			
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR	ALLS	
h	11,0	4,0	12,0	2,0	49,0
ATH. Góð steypa kom upp í fyrstu steypingu					
ca. 65 m voru niður á steypu eftir 10 klst.					
Seinni steypa seig ekki neitt					
Farið var í 3 sólahringa frí áður en boruð var úr steypan.					

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
11,24	1 x	11,24
12,60	2	23,84
12,67	3	36,51
12,20	4 x	48,71
11,48	5	60,19
12,47	6	72,66
12,67	7	85,34
12,75	8 x	98,09
11,88	9	109,97
11,84	10	121,81
11,27	11 x	133,08
12,84	12	145,92
12,75	13	158,67
12,02	14 x	170,69
10,22	15	180,91
12,63	16	193,54
12,69	17 x	206,23
10,88	18	217,11
12,37	19	229,48
0,74	Float Collar	230,22
12,97	20 x	243,19
12,84	21	256,03
0,49	Float Shoe	256,52

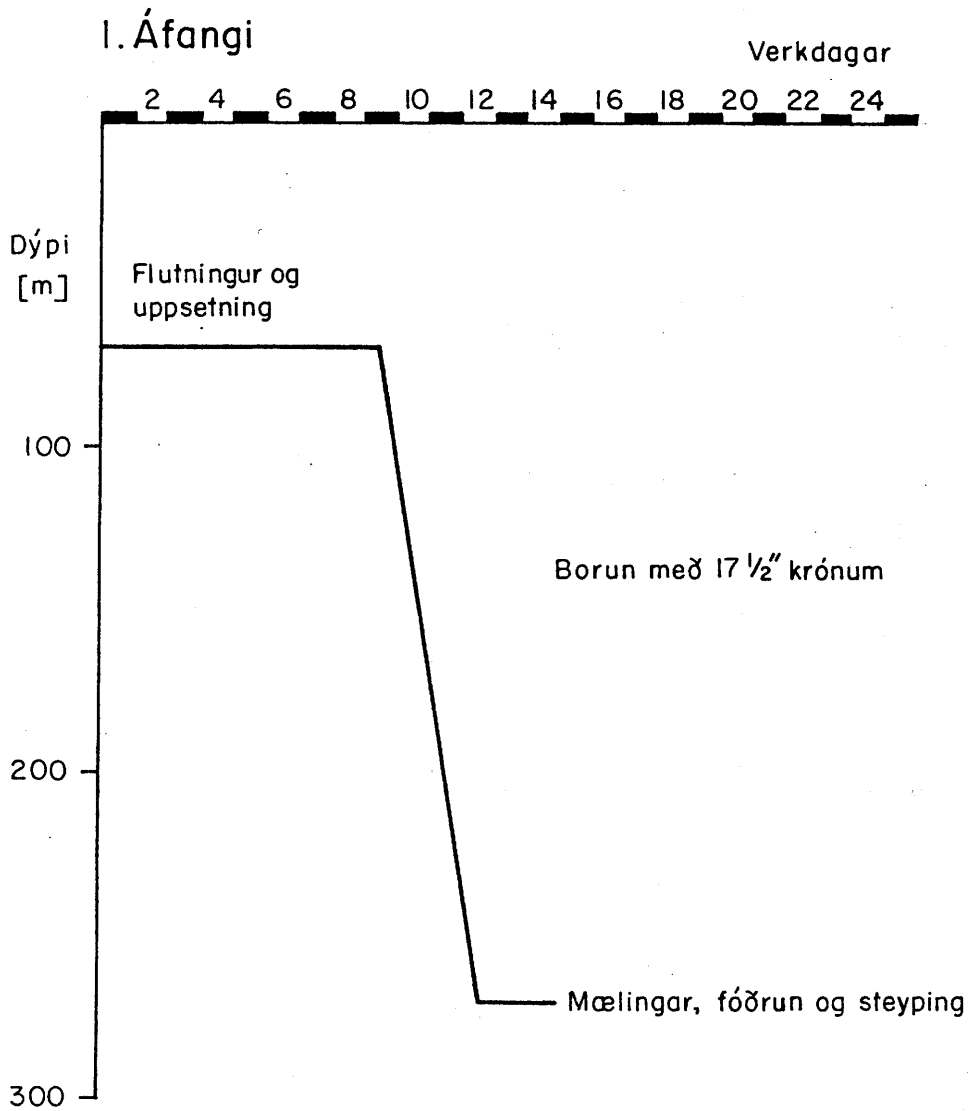
05.82 20x30FDH

1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALIÐ FRÁ FLANGSI EDA UPPHENGJU

JHD-BJ-8715-ÁsG
86.06.0558-0D

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

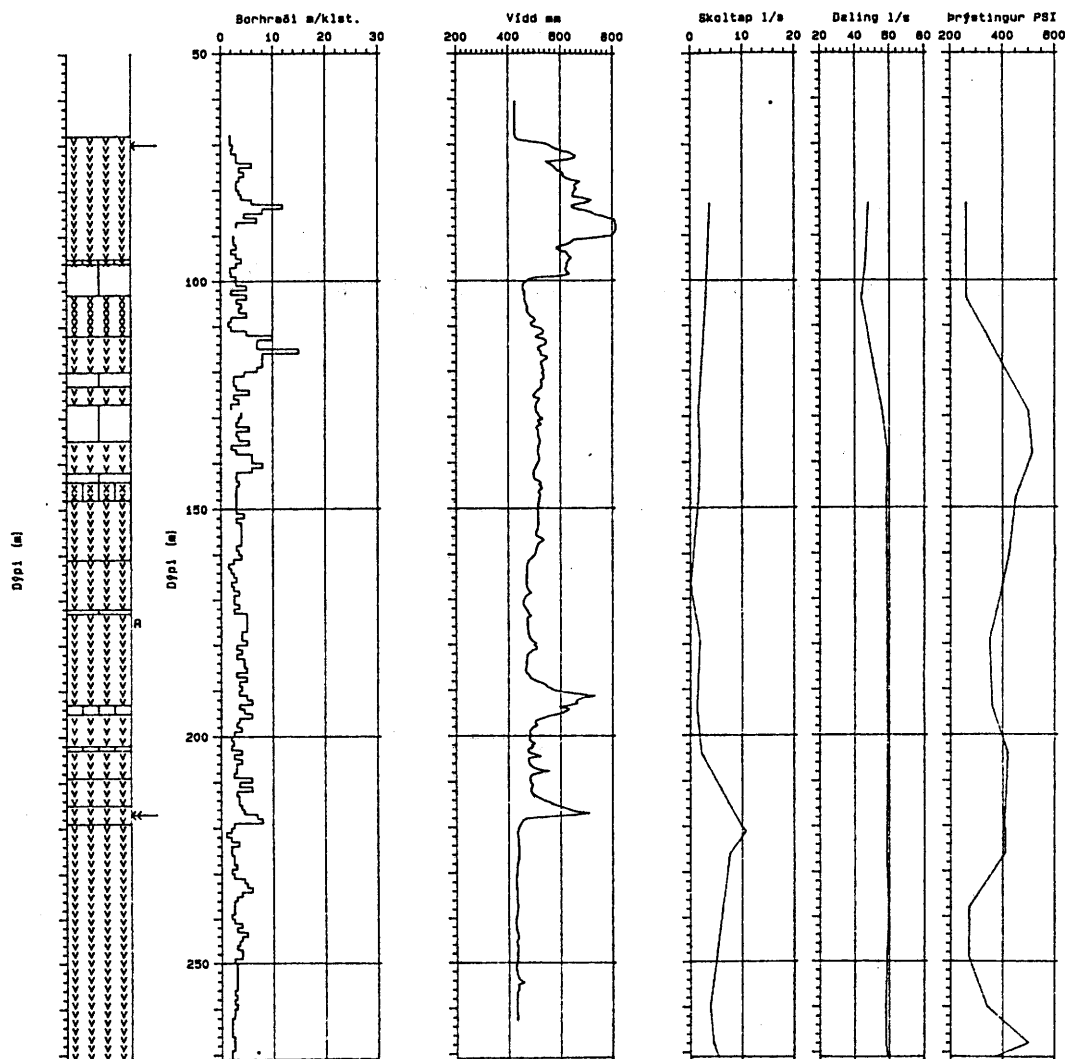
Framvinda borunar








Mynd 1 Framvinda borunar

JHD-BJ-8715 A66
86.08.0551 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 Jarðlög og mælingar



Skýringar:

-  Fersklegt fin-meðalkorna basalt
-  Umeýndað fin-meðalkorna basalt
-  Umeýndað glerjað basalt
-  Basaltísk brekkja
-  Tóff

R : Áberandi oxun

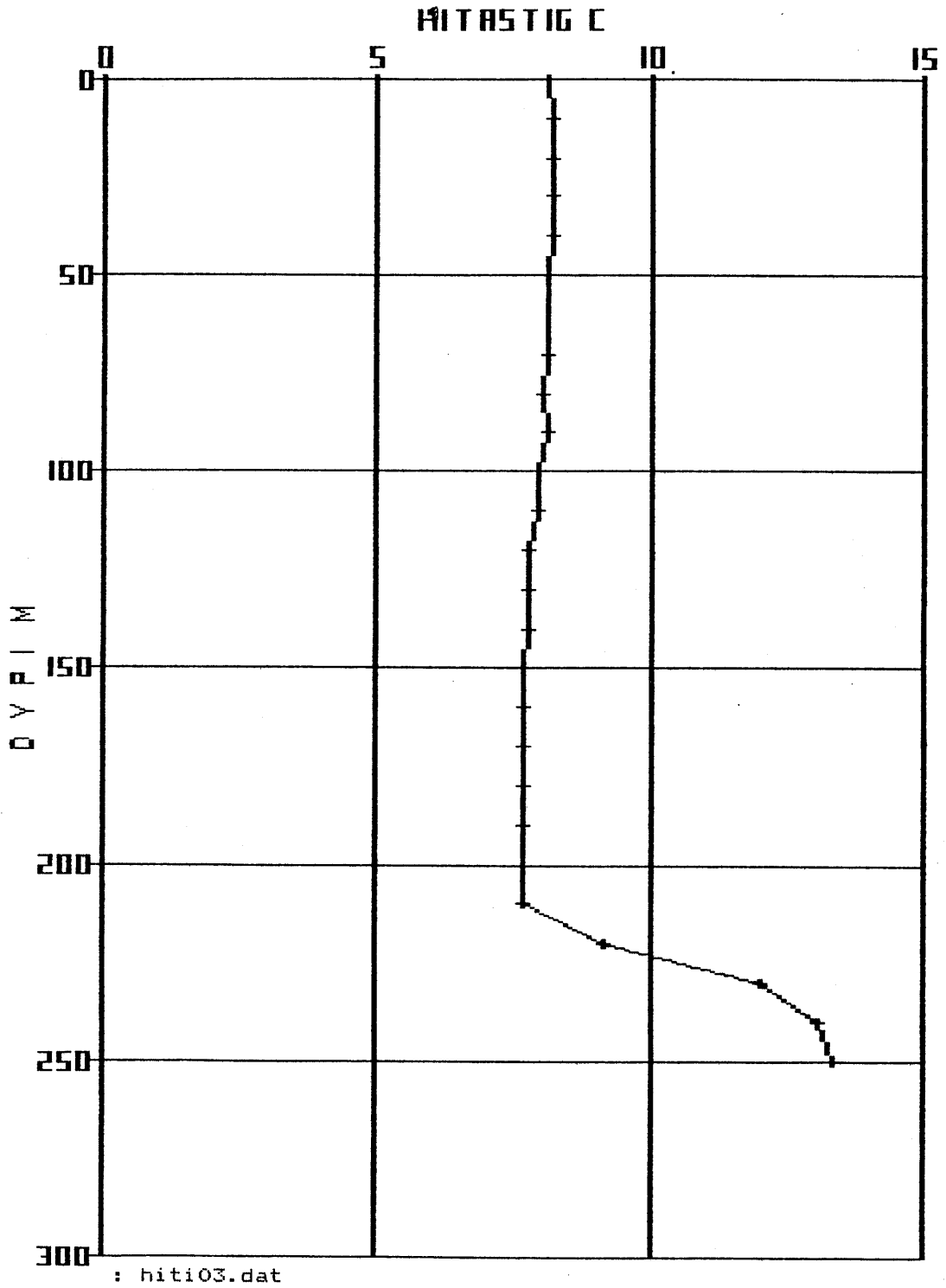
←- Visbending um vatnsá

Mynd 2 Jarðlagasnið og mælingar í borun



JHD-BJ- 8715 AsG
86.06.0570 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17
Hitamæling



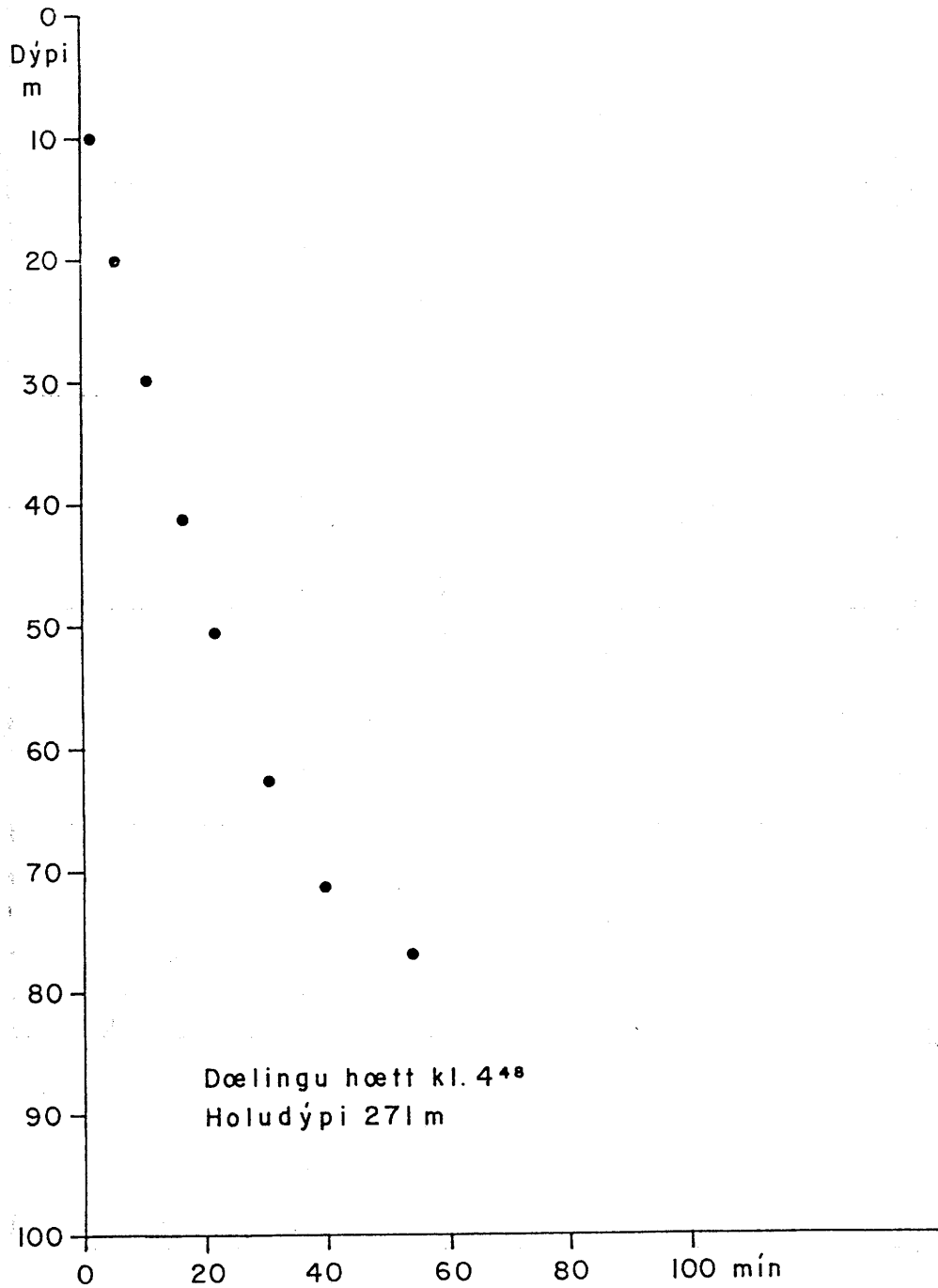
Mynd 3 Hitamæling í stöngum 1986.06.16 fyrir fóðringu



JHD-BJ-8715. ÁsG
86.06.0559. SyJ.

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

Vatnsborðsmæling

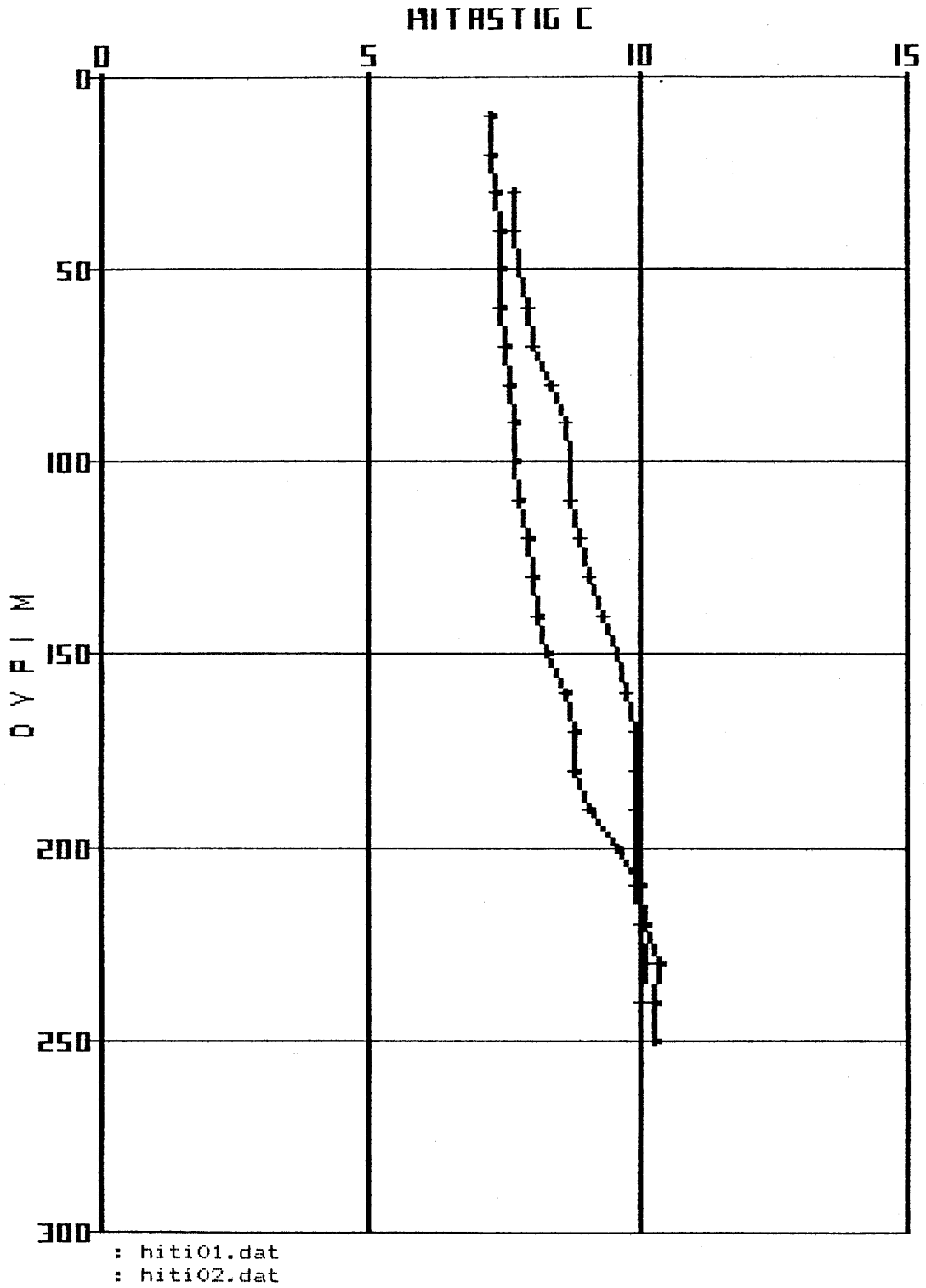


Mynd 4 Vatnsborðsmæling

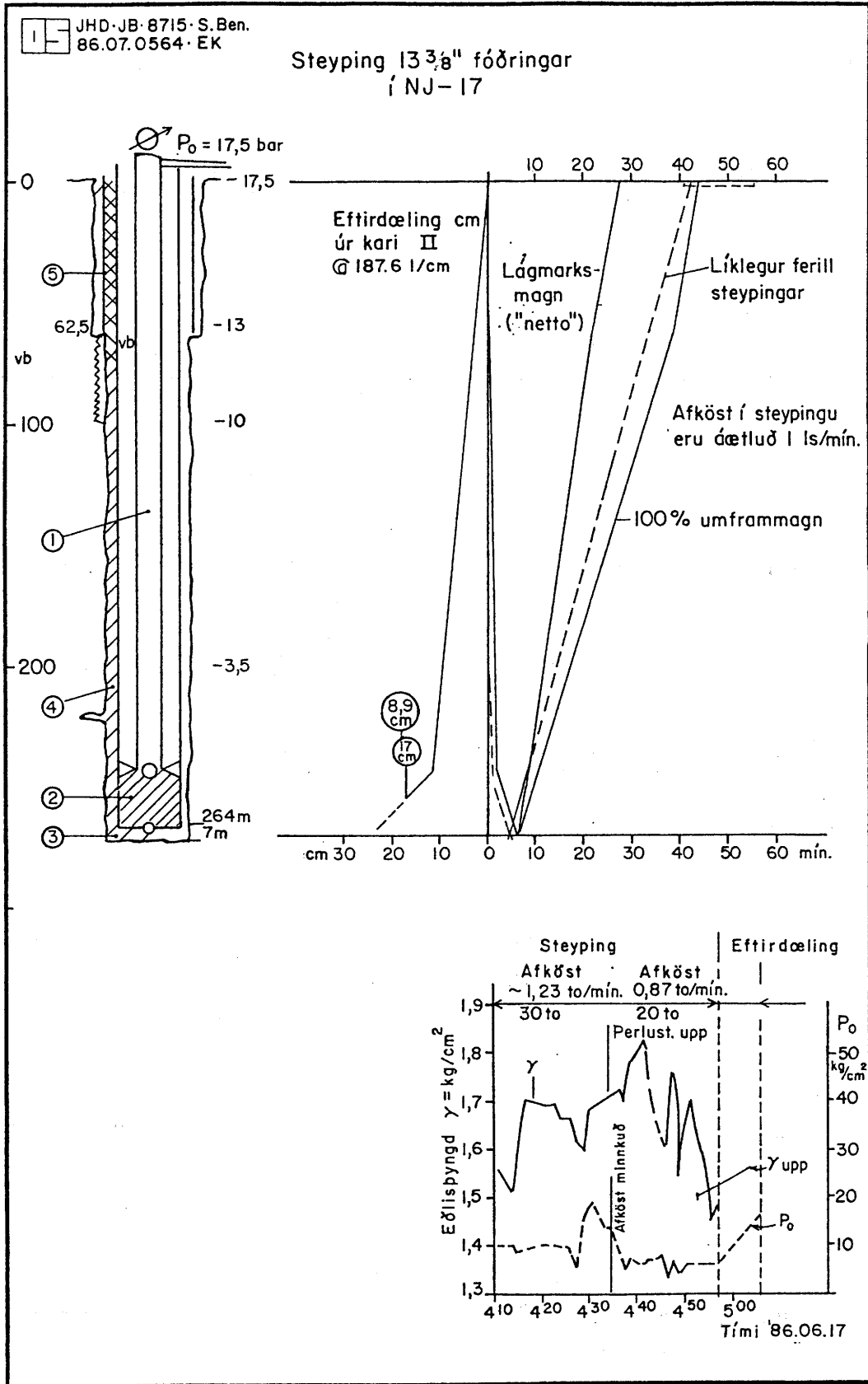


JHD-BJ- 8715 ÅsG
86.06.0569 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17
Hitamælingar



Mynd 5 Hitamælingar eftir upptekt



Mynd 6 Steyping 13 3/8" fóðringar

VIÐAUKI V-3

Nesjavellir hola NJ-17, 2. áfangi

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu
frá 271 m í 773 m.

Unnið af vinnuhópi JHD og JB hf

OS-86049/-16 B

Júlí 1986

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	2
TÖFLUSKRÁ	2
MYNDASKRÁ	2
1 INNGANGUR	3
2 BORSAGA	3
3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	4
4 BORHOLUMÆLINGAR	5
TÖFLUSKRÁ	
1 Gangur borunar	3
2 Borholumælingar	6
3 Fóðrunarskýrsla	7
MYNDASKRÁ	
1 Framvinda borunar	9
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun	10
3 Steyping 9 5/8" fóðringar	11
4 Hitamælingar	12
5 Jarðlög og ummyndun	13

1 INNGANGUR

Rannsóknir í verkáfangu nr. 2 við holu NJ-17 á Nesjavöllum voru unnar samkvæmt verksamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Fyrirhugað var að bora niður á allt að 800 m dýpi, en grynna ef ummyndun (kvars og wairakít) gæfi tilefni til þess.

Eftirtaldir aðilar unnu við þennan verkáfangu af hálfu JHD og JB h/f: Asgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðjón Guðmundsson, Guðrún Sverrisdóttir, Sigurður Benediktsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Borun fyrir vinnslufóðringu NJ-17 hófst undir kvöld laugardagsins 21. júní kl. 19:15 á 271 m dýpi. Til verksins var notuð 12 1/4" (311 mm) króna af gerðinni FP-62-J. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 12 1/4" króna, tengistykki, stýring, álagsstöng, stýring, 11 álagsstangir, "cross over" tengistykki og borstengur.

Borun gekk hratt og vel eins og sýnt er á mynd 1 og er gangur borunar sýndur í töflu 1.

TAFLA 1. Gangur borunar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
14. verkd.	0				
15. "	16	4,5	3,6	4,5	286
16. "	119	22	5,4	26,5	405
17. "	137	22	6,2	48,5	542
18. "	127	22	5,8	70,5	669
19. "	104	18,5	5,6	89	773
20. "	0				
21. "	0				

Engar tafir voru meðan á borun stóð og aðeins einu sinni var stoppað til að hallamæla þegar dýpið var 612 m. Holan reyndist vera bein þ.e frávik frá lóðréttu var aðeins brot úr gráðu.

Að venju var fylgst reglulega með skolvatni, dælingu og þrýstingi á dælum og upplýsingar þar að lútandi skráðar á fjögurra tíma fresti. Á mynd 2 eru niðurstöður þessara athugana sýndar og sést þar m.a. að engin skoltöp mældust meðan á borun stóð og aðeins 1 l/s eftir skolun.

Borun lauk að kvöldi miðvikudagsins 25. júní kl. 20:30 og var dýpið þá 773 m. Skolað var fram til kl. 22:40 en þá var mælt botnfall, sem reyndist vera tæpur hálfur metri. Holan var síðan kæld til miðnættis, en þá var hitamælt inni í stöngum og fylgst með upphitun holunnar í 45 mínútur. Upphitun var mjög hæg eða um 5-6 gráður á ofangreindum tíma. Upptekt á borstreng var lokið um kl. 5 að morgni fimmtudagsins og var þá byrjað að mæla. Fyrst var hitamælt (mynd 3) og síðan komu vídd, viðnám, n-n, gamma og að lokum hitamælt á ný (mynd 3). Mælingum var lokið um hádegisbilið. Síðdegis var byrjað að fódra, en bilun í vökvakerfi olli nokkurri töf um kvöldið. Fóðringin var komin niður undir morgun. Þá voru stangir tengdar við stungustykki, fóðringin miðjustillt og holan kæld. Steyping fóðringar hófst kl. 14:06 og var lokið kl. 14:51. Eftirdæling stóð yfir í 13 mínútur. Aðgerðin tókst vel. Steypumjöldurinn var jafnþykkur allan tímann og var eðlisþyngdin $1,66 \text{ g/cm}^3$ á því er niður fór og sú sama á því er upp kom (mynd 4). Alls voru notuð 49,9 tonn af gæðasementi. Skorið var ofan af fóðringu skömmu fyrir miðnætti og kom þá í ljós að steypa hafði sigið niður um 6,6 metra. Ekki þótti ástæða til að steypa þar í. Allar nánari upplýsingar um fóðrun og steypingu eru í töflu 2.

3 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 5 er sýnt einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda. Móbergstúff er einkennandi niður á 570 m dýpi. Plagíóklasdýlar einkenna túffið frá 300 m dýpi. Frá 410 m dýpi sjást fínkorna basalhraunlög strjáltniður, en frá tæpum 460 m eykst tíðni þeirra og er fínkorna basalt ráðandi niður í 510 m þar sem móbergstúff tekur við á ný. Það nær síðan niður í 570 m, en í neðstu 20 m sjást nokkur basaltlög. Fínkorna og meðalkorna basalhraunlög eru síðan ráðandi niður í fóðringardýpi. Eitt andesítlag sést á 630 m dýpi og kom það skýrt fram í gammamælingu. Þrjú innskotslög sáust þ.e. eitt þunnt dólerítlag rétt neðan við andesítið og svo tvö fínkorna ferskleg basaltlög neðan 760 m dýpis.

Lághitazeólítar ($<120^\circ\text{C}$), kalsedon og kalsít eru einkennandi niður á tæplega 600 m dýpi. Af zeólítum eru skólesít og stílbít algengastir og yfir ákveðin dýptarbil eru einstakar steindir einkennandi eins og t.d. skólesít frá 455-530 m. Á tæplega 600 m dýpi sjást laumontít og

kvars fyrst í holunni. Kvars sést vel niður í 640 m dýpi, en er strjálalt síðan niður á 700 m dýpi þar sem það verður meira áberandi á ný. Laumontít sést eins og áður sagði fyrst með kvasi á tæpum 600 m og síðan ekki fyrr en á 650 m dýpi. Þaðan er það ráðandi steind í holunni. Wairakít sést af og til frá 625 m dýpi. Pýrítvottur sést í öllum þessum hluta holunnar.

Ummyndunarsteindir eins og kvars og wairakít benda til þess að 200 stiga hita hafi verið náð, en mikið magn laumontíts getur verið vís-bending um eitthvað lægri hita.

Með góðum vilja má tengja jarðlög milli hola NJ-17 og NJ-12. Í grófum dráttum þá er móberg einkennandi í báðum holunum niður á um 570 m dýpi og basaltlög eins langt niður og séð verður að sinni. Þó vantar alveg basaltkafla í holu NJ-17, sem sést á frá 315 m í tæplega 400 m dýpi í NJ-12. Túffið neðan við þessa basaltmyndun í NJ-12 einkennist af plagíóklasdílum, en plagíóklasdílar eru einmitt einkennandi í túffinu frá 300 m dýpi og niður. Það bendir til að móbergseiningin í NJ-17 sé þykkari en sambærileg eining í NJ-12 sem nemur þykkt basaltsins í tólfunni frá 315 m í tæpa 400 m.

4 BORHOLUMÆLINGAR

Tafla 2 sýnir yfirlit mælinga sem gerðar voru í 2. verkáfangi NJ-17. Þegar fóðringardýpi var náð í 773 m, var upphitun könnuð. Borkróna var á 756 m dýpi og var hitamælt þar í 47 mín. Reyndist upphitunin nema 6°C, sem svarar til tæplega 8°C á klst. Dælt var 1 l/s á holuna á meðan. Eftir upptekt á borstreng var hitamælt í 771 m dýpi og samkvæmt þeirri mælingu eru engar æðar sjánlegar enda holan nánast þétt. Síðan voru gerðar víddar- og jarðlagamælingar og sýnir víddar-mælingin mjög góða holu og skápalausa. Jarðlagamælingum verða gerð skil í lokaskýrslu um holu NJ-17 svo sem venja er. Í lok mælinga-prógrams var hitamælt og er sú mæling sýnd ásamt hinum tveimur á mynd 4.

Tafla 2 Mælingar í NJ-17

Dags.	Tími	Hvað mælt	Dýptarbil	Athugas.
86.06.26	00:05-02:00	Hiti í stöngum	0-756	Upphitun
86.06.26	05:45-06:30	Hiti eftir upptekt	0-771	
86.06.26	06:30-08:00	Vídd	0-766	Skápar
86.06.26	08:00-09:30	Viðnám	0-767	Jarðlög
86.06.26	09:30-11:00	N-N + nat	0-770	Jarðlög
86.06.26	11:15-12:00	Hiti	0-770	Upphitun
86.07.01	17:35-18:15	Hiti	0-757	Upphitun

Tafla 3 Fóðrunarskýrsla

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNARSKÝRSLA

Jötuns _____

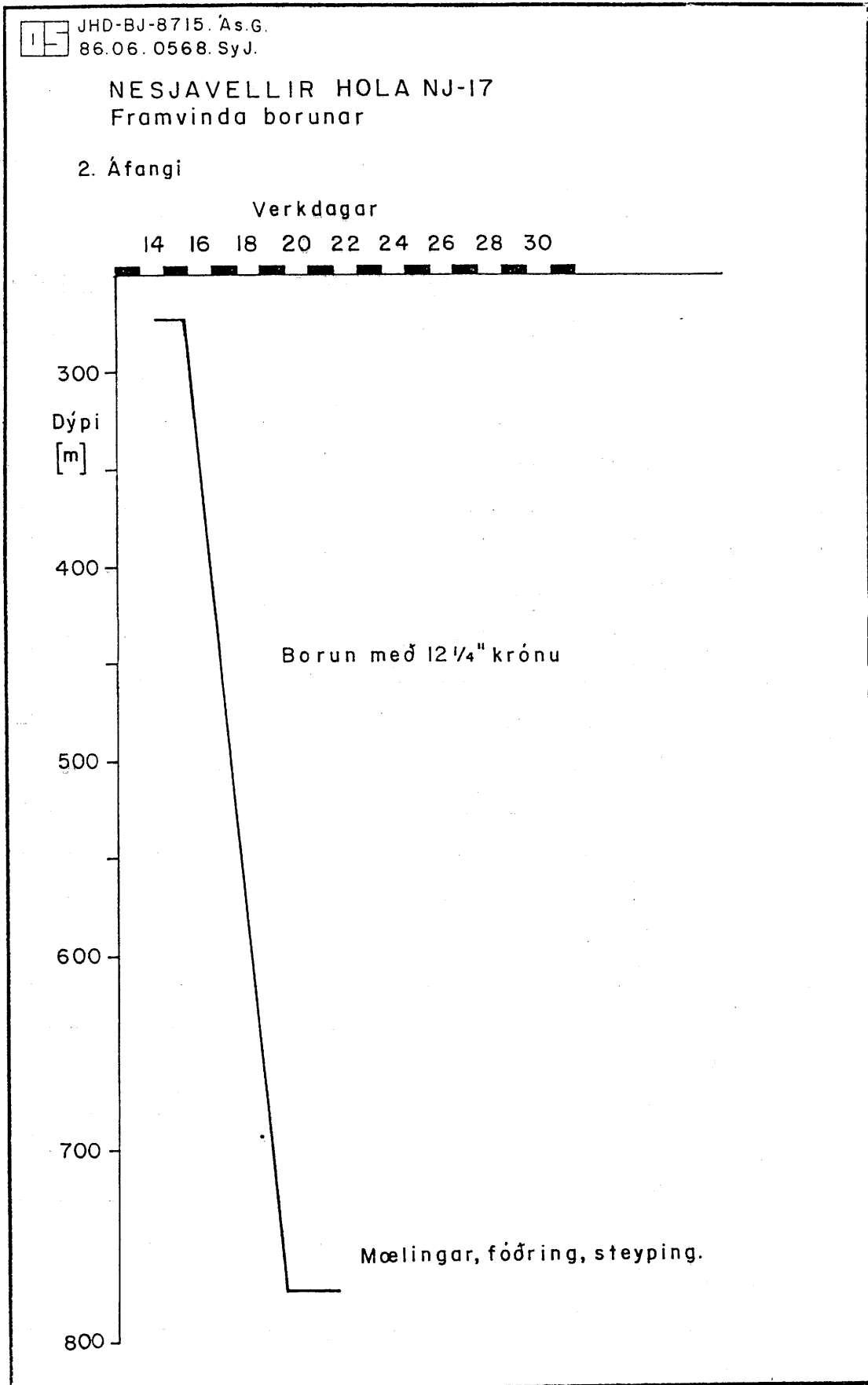
VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR	VERKKAUPI
649-1	NJ-17	Nesjavellir	Hitaveita Reykjavíkur
VIDD HOLU	DÝPT HOLU	FÓÐRING NR.	FÓÐRUN FRAMKV. DAGS.
12 1/4"	773 m.	3	1986.06.26.- 28.
			1986.06.28. D.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN - KRAGI		0,30 m
FÓÐRING	PVERM. UTAN	9 5/8" INNAN 220,5 m.m.
	GERÐ	K-55 ÞYNGD 47 lbs/ft
	TENGI	Skrúfuð Buttress
	NOTAÐ	769,72 m FRÁ KRAGA 763,05 m
	KRAGI (FLANGS)	Í slíf í holuflansi
	SKÓR	Float Shoe & Float Collar (Maxan)
STEYPING	MÍÐJUST.	12 stk. STEYPUT. 0 stk.
	SEMENT G-Blanda	49.900 kg
	SEMENT	kg
	ÍBL.EFNI	Perlusteinn, Kísilsalli, Bentoni
	ÍBL.EFNI	kg
	TAFAEFNI	0 kg EÐLISP. STEYPU 1,66
	STEYPUTÆKI	Haliburton steypusamstaða
	STEYPINGARTÍMI	45 mín
	EFTIRDELING. MAGN	7300 Í TÍMI 13 mín
	STEYPA KOM UPP	<input checked="" type="checkbox"/> JÁ <input type="checkbox"/> NEI
FRÁGANGUR	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	6,6 m
	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	ekki steypt utanmeðh
	SEMENT	kg ÍBL.EFNI kg
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR	6,5 h
	STEYPA BORUD EFTIR	24,0 h
DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	731 m	
VERKTÍMI RÖR	STEYPA TOPPUR TAFIR ALLS	
	h 16,0 1,0 12,0 3,5 65,0	
ATH. Fóðringin er 3 m. frá holubotni.		
2 m. sardur var í holunni.		
Steyping tókst með miklum ágætum.		

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
5,32	1	5,32
12,88	2	18,20
11,70	3	29,90
12,99	4	42,89
13,13	5	56,02
13,15	6	69,17
11,28	7 x	80,45
13,36	8	93,81
13,21	9	107,02
13,40	10	120,42
13,32	11	133,74
12,99	12 x	146,73
13,36	13	160,09
13,20	14	173,29
13,09	15	186,38
13,11	16	199,49
13,05	17 x	212,54
13,03	18	225,57
13,11	19	238,68
13,20	20	251,88
13,29	21	265,17
13,16	22 x	278,33
12,13	23	290,46
13,05	24	303,51

05.82 20x30FDH

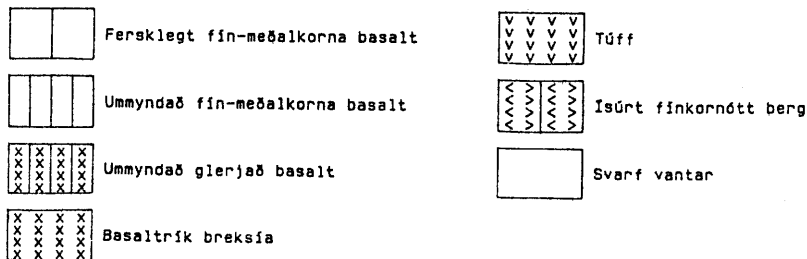
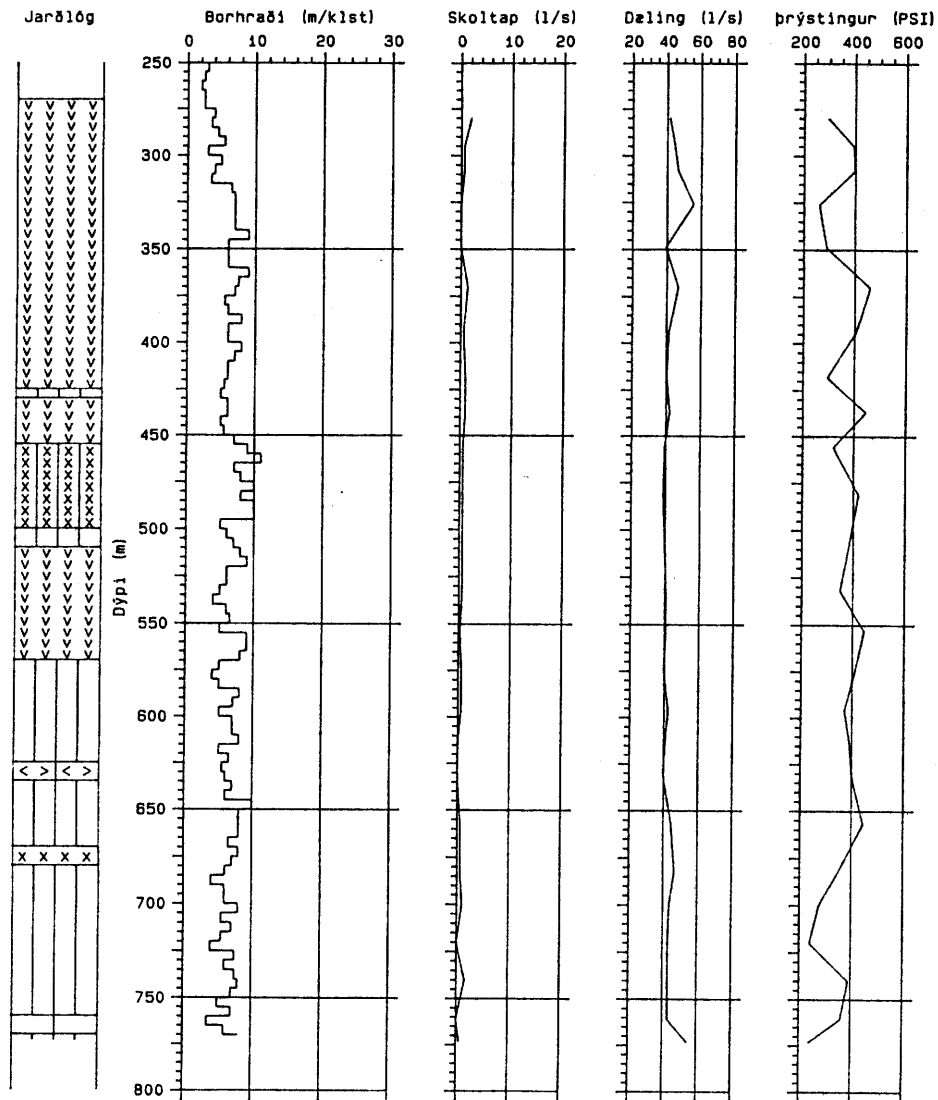
1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALID FRÁ FLANGSI EDA UPPHENGJU



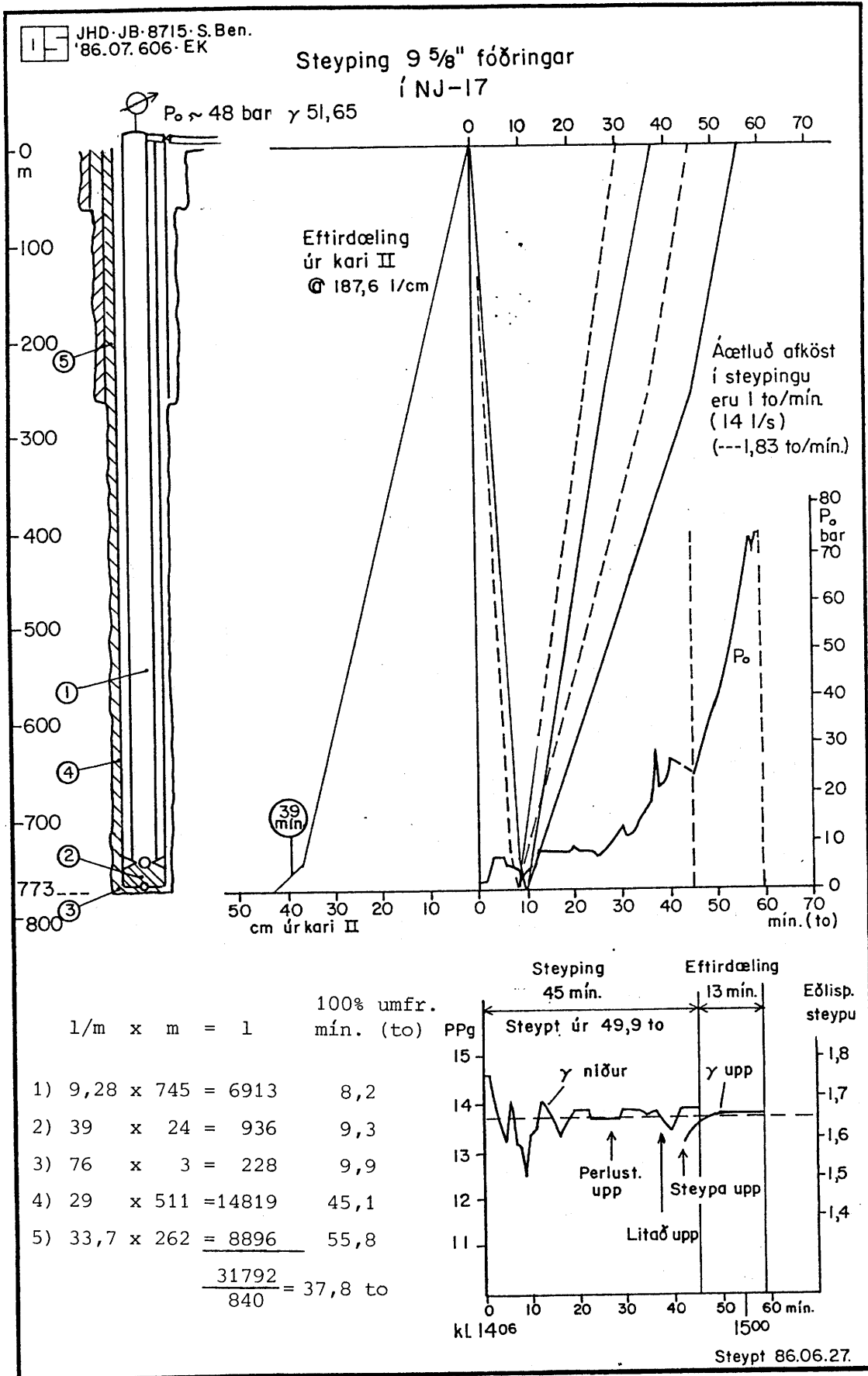
Mynd 1 Framvinda borunar

JHD-BJ-8715 AsG
86.08.0637 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 JARÐLÖG OG MÆLINGAR



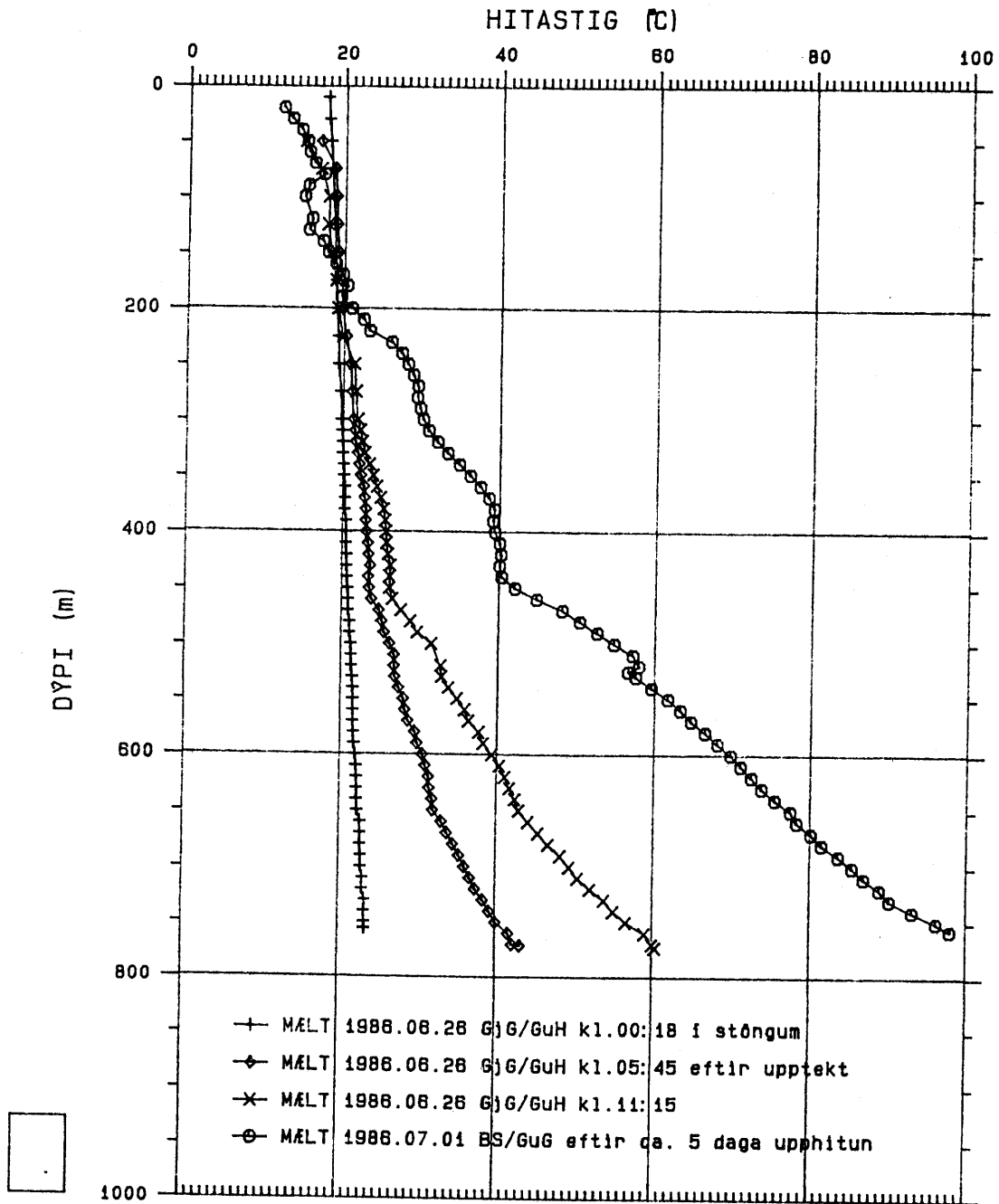
Mynd 2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun



Mynd 3 Steyping 9 5/8" fóðringar

JHD-BM-8715 GuH
86.07.0574 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR

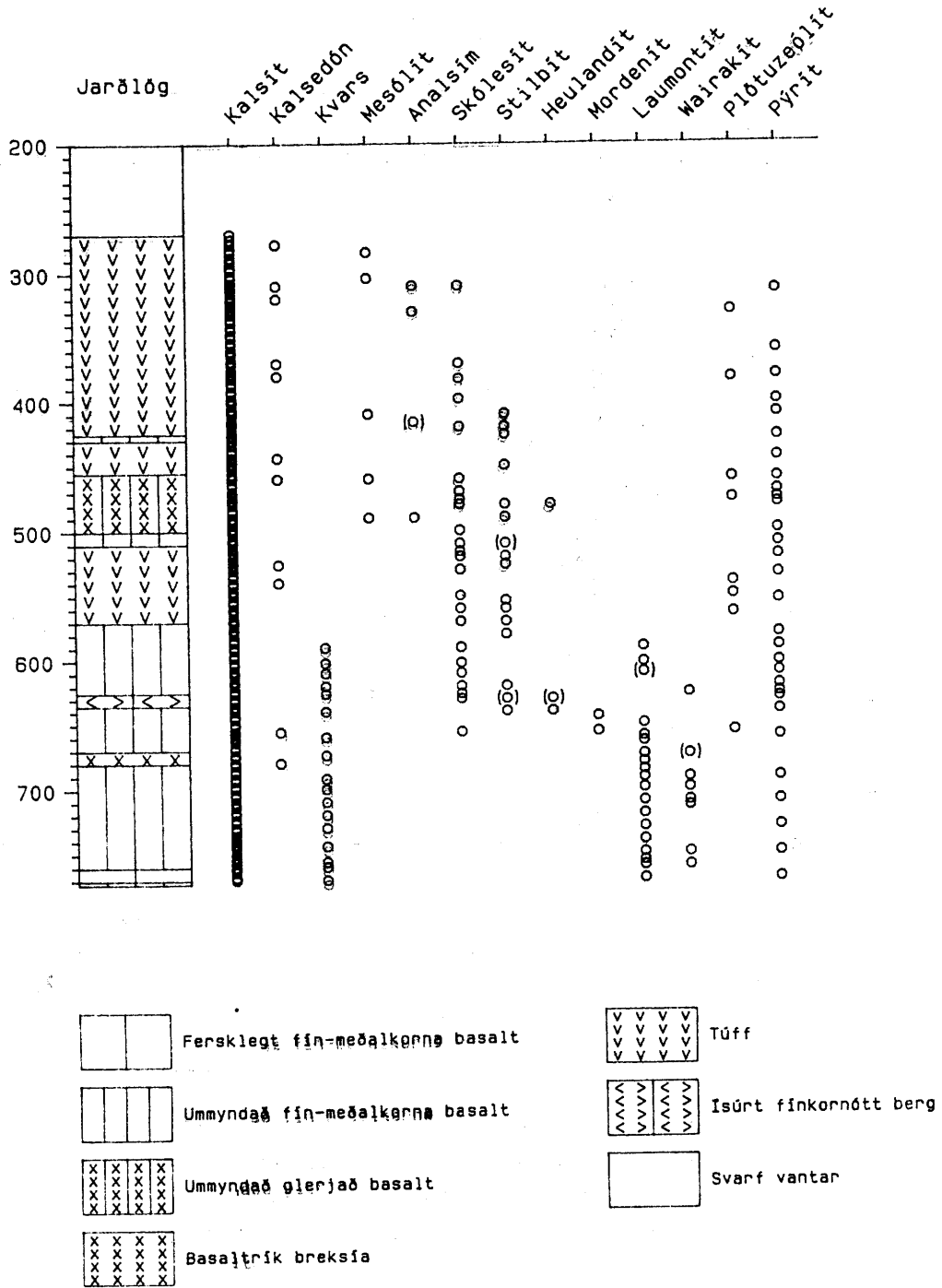


Mynd 4 Hitamælingar

JHD-BJ-8715 Ás.G.
86.07.0605 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

Jarðlög og ummyndun



Mynd 5 Jarðlög og ummyndun

VIÐAUKI V-4

Nesjavellir hola NJ-17, 3. áfangi

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

NESJAVELLIR, HOLA NJ-17

Borun vinnsluhluta frá 773 m til 2100 m

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur
af vinnuhópi JHD og JB hf.

OS-86054/JHD-18 B

September 1986

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	2
TÖFLUSKRÁ	3
MYNDASKRÁ	4
1 INNGANGUR	5
2 BORSAGA	6
3 KJARNATAKA	15
4 JARÐLÖG OG UMMYNDUN	28
5 BORHOLUMÆLINGAR	30
6 ÞREPADÆLING	32

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Borkrónuskýrsla	7
2 Gangur borunar	8
3 Hallamælingar í vinnsluhluta	11
4 Fóðrunarskýrsla	12
5 Kjarnaborun nr. 1	19
6 Sundurliðun verktíma við kjarnatöku nr. 1	20
7 Kjarnaborun nr. 2	21
8 Sundurliðun verktíma við kjarnatöku nr. 2	23
9 Kjarnaborun nr. 3	24
10 Sundurliðun verktíma við kjarnatöku nr. 3	26
11 Helstu verkþættir kjarnatökunnar og verktímar	27
12 Helstu niðurstöður kjarnaheimtu og verktímar	27
13 Borhraði með karbítkrónu við mismunandi álag (kjarni 3)	28
14 Vatnsæðar	29
15 Borholumælingar	32
16 Prepadæling	35

MYNDASKRÁ

	Bl.s.
1 Framvinda borunar	38
2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun	39
3 Hitamælingar inn í stöngum (dýpi 1447 m)	40
4 Hitamælingar í borhléi	41
5 Hitamælingar við krónuskipti (dýpi 1674 m)	42
6 Hitamælingar fyrir upptekt í borlok	43
7 Hitamælingar fyrir upptekt í borlok	44
8 Borhraði við kjarnatöku	45
9 Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda ...	46
10 Þrýstingsbreytingar á bordælum (1680-2100 m)	47
11 Þrýstimælingar í borhléi (dýpi 1447 m)	48
12 Hitamælingar eftir upptekt	49
13 Þrýstimælingar við þrepaðölingu	50
14 Hitamælingar við þrepaðölingu	51
15 Framgangur þrepaðölingar	52
16 Mat á vatnsleiðni með hjálp þrepaðölingar	53

1 INNGANGUR

Fyrsta verk Jötuns á Nesjavöllum sumarið 1986 er borun holu NJ-17 eins og gert var grein fyrir í skrifum um fyrsta áfanga holunnar. Holan er staðsett innst í Kýrdal um 500 m sunnan holu NJ-12. Haustið 1985 meitlaði Höggbor 3 niður í 62,5 m og fóðraði (höggborshola M). Hnit holunnar eru $X=660.315,788$ og $Y=403.824,107$ og hún er í 355 m y.s. Hönnun vinnsluhluta holunnar var áætluð sem hér segir:

Vinnsluhluti verður boraður í allt að 2000 m, og fóðraður með raufuðum leiðara. API 7" 23,0 lbs/ft J-55 BTC.

Í vinnsluhluta holunnar verða teknir þrjár borkjarnar. Kjarnakrónan, sem verður notuð sker 4 1/2" kjarna, en lengd kjarnans gæti orðið allt að 7 m. Búist er við því að borhraði í kjarnaboruninni verði um 1 m/klst. Áformað er að taka kjarnana úr helstu bergmyndunum á Nesjavöllum, þ.e. úr móbergi, basalti og innskotabergi. Allir kjarnarnir verða teknir í vinnsluhluta holunnar neðan 800 m dýpis. Móbergs- og basalthraunlagakjarnarnir ættu að nást á 800-1000 m dýpi, en reiknað er með því að taka þriðja kjarnann í innskotabergi á um 1500 m dýpi.

Aðalloki holunnar skal festur á 13 3/8" öryggisfóðringu með milli-stykki.

Aðalflangs holunnar skal rafsjóðast af viðurkenndum suðumanni og gæði suðunnar reynd með röntgenmyndatöku.

Lítillega var brugðið útfrá áætluninni þ.e.a.s. holan var boruð niður í 2100 m dýpi.

Verkþáttur þessi er unninn samkvæmt rannsóknarsamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar. Að þessum áfanga unnu fyrir hönd JHD og JB h/f þeir Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Guðni Guðmundsson, Guðrún Sverrrisdóttir, Hjalti Franzson, Jósef Hólmjárn, Ómar Sigurðsson, Sverrir Þórhallsson og áhöfn Jötuns.

2 BORSAGA

Byrjað var að vinna við vinnsluhluta holu NJ-17 kl. 20 þriðjudaginn 1. júlí eftir um þriggja sólarhringa borhlé. Lokið var að bora fóður-rörsskóinn kl. 22:35 þá um kvöldið og hófst þá borun vinnsluhluta holunnar. Borað var með 8 1/2" (216 mm) krónum. Fyrst var sett niður króna af gerðinni J-44 og notuð að kjarnatöku nr. 2 á 1003 m dýpi. HPSM varð svo fyrir valinu og notuð niður í 1454 m dýpi, þá var sett niður ný krónugerð að minnsta kosti hér á landi þ.e. MD-3 frá Reed og var notuð niður í 1674 m og að lokum HPSM króna, sem var notuð niður í endanlegt dýpi í 2100 m. Í töflu 1 er nákvæm samantekt á endingu bor-króna við borun holu NJ-17. Borstrengurinn var byggður upp sem hér segir: 8 1/2" króna, stýring, álagsstöng, stýring, 10 álagsstengur og "cross over" tengistykki (lykilholurýmari með MD-3 krónunni).

Jötunn boraði niður í fyrsta kjarnatökudýpi að kvöldi miðvikudagsins 2. júlí og var endanlegt dýpi 876 m. Borun gekk vel eins og reyndar niður alla holuna. Nánari upplýsingar þar um koma fram á mynd 1 og í töflu 2. Stoppað var í basalhraunlagi. Lítilsháttar skoltap eða 1,5 l/s hafði mælst um eftirmiðdaginn og var ekki ljóst hvort um leka í borkerfinu eða holunni væri að ræða. Um kvöldið skömmu eftir að borun lauk mældist skoltap 2,5 l/s og renndi það stoðum undir leka í holunni. Einnig er rétt að geta þess að epidót vottur sást á um 850 m dýpi og gæti það verið tengt einhverri smáæð á þeim slóðum. Eftir hálf tíma skolun og bið síðan í jafnlangan tíma skömmu fyrir miðnætti var botnfall kannað. Ekki fannst sandkorn í holunni. Upp úr miðnætti var borstrengur tekinn upp og álagsstengur mældar. Ein stöng og stýring komust ekki í gegnum skoðun ennfremur var "cross over" tengistykki orðið hálf lélegt og fjarlæggt með það sama. Þegar túttan af "grantinum" var losuð af kom í ljós að átta bolta var saknað. Aðeins fannst brot úr einum þeirra. Að morgni fimmtudagsins var ruslakarfa komin niður til að hreinsa burt allt járnarusl og karbíta, sem höfðu safnast fyrir á botni holunnar. Um hádegisbilið var karfan komin upp og voru í henni leifar af boltunum og svo splittvír ennfremur fáeinir hrunmolar úr fersku basaltinnskoti. Það var því engum blöðum um það að fletta, að boltarnir höfðu farið niður í holuna. Þess vegna var ákveðið að setja niður svokallaða VEG-krónu, sem er heimatilbúin ásoðin karbítkróna til notkunar við kjarnatöku. Fallið var frá notkun gels við borunina eins og áður hafði verið fyrirhugað ef demantskrónan hefði verið sett niður.

Milli kl. 15-16 var byrjað að setja niður kjarnatökuútbúnaðinn og kjarnaborun hófst skömmu eftir kl. 20 þá um kvöldið. Alls voru boraðir 4,10 m með kjarnatökutækjunum og var kjarnaheimta 74 %. Eftir að losun kjarnans á borpalli var lokið þ.e. milli kl. 5 og 6 að morgni föstudagsins 4. júlí, var hafist handa við niðursetningu til borunar. Sama krónan var sett niður enda aðeins ætlað að bora niður á um 1000 m dýpi, en þar var kjarnataka nr. 2 fyrirhuguð.

TAFLA 1

BORKRÓNUSKÝRSLA

ORKUSTOFNUN

Dags.	Borstaður		Nr.	Stærð	Gerð	Framl. nr.	Dýpi		Borun		Álag tonn	Snún mín.	Ástand		Losað m ³	Ath.	
	Höla	Notuð áður					Frá	Til	m	h			m/h	Tennur			Legur
12/6			1	17½"	S-53	27326	65	271	206	66,0	3,12	7	70	+	32,0	33% sala og sl	
21/6			2	12 1/4"	FP-62	890004	271	773	502	89,0	5,64	10	65	+	38,2	50% " "	
1/7		uppgerð	3	8½"	J-44	JB-7	773	876	103	22,5	4,57	7,5	65	+	3,8	25% " "	
3/7		Kjárnakr.	4	"	VEG	Karbide	876	880	4	3,0	1,33	3	55	+	0,1	50% " "	
4/7	NJ-17	103	5	"	J-44	JB-7	880	1003	123	21,0	5,85	5,5	65	+	4,5	25% " 50%	
6/7		Demantskjkr.	6	8 7/16"	JKS	81636	1003	1010	7	5,5	1,27	2,5	55	-	0,3	75% " oð	
6/7			7	8½"	HPSM	NGH-736	1010	1447	437	79,0	5,33	6	60	+	16,0	50% " "	
11/7	NJ-17	4	3	"	VEG	Karbide	1447	1454	7	5,0	1,40	4	55	+	0,3	50% " 100%	
11/8		Razörback	9	"	MD-3	DS10760	1454	1674	220	67,0	3,28	8	110	-	8,0	100% " "	
15/8	NJ-17	437	10	"	HPSM	NGH-736	1674	2100	426	118,5	3,59	8	70	-	15,6	50% " "	
															118,4		
				17 ½"	Krónustýring		65	271	205	66,0							
				"	Strengstýring		65	271	205	66,0							
				12 1/4"	Krónustýring		271	773	502	89,0							
				"	Strengstýring		271	773	502	89,0							
				8 ½"	Krónustýring		773	2100	1327	321,0							
				"	Strengstýring		773	2100	1327	321,0							
				7 1/4"	Iykilhlurým.		1447	1670	223	72,0							

TAFLA 2 Gangur borunnar.

	Borun á dag (m)	Tími (klst.)	Meðalborhraði (m/klst.)	Tími á krónu (klst.)	Dýpi (m)
22. verkd.	7	1,5	4,7	1,5	780
23. "	95	21	4,5	22,5	876
24. "	4				880
25. "	96	13,5	7,1	36	976
26. "	27	7,5	3,6	43,5	1003
27. "	7				1010
28. "	153	22	7,0	22	1163
29. "	120	22,5	5,3	44,5	1283
30. "	103	22	4,7	66,5	1386
31. "	61	12,5	4,9	79	1447
32. "	7				1454
33. "	0				1454
34. "	89	15,5	5,7	15,5	1543
35. "	77	19,5	4,0	35	1620
36. "	40	22,5	1,8	57,5	1660
37. "	14	9,5	1,5	67	1674
38. "	61	11,5	5,3	11,5	1735
39. "	106	22,5	4,7	34	1841
40. "	89	21,5	4,1	55,5	1930
41. "	71	22,5	3,2	78	2001
42. "	57	22,5	2,5	100,5	2058
43. "	42	17,5	2,4	118	2100
44. "	0				2100
45. "	0				2100
46. "	0				2100

Borun hófst kl. 9:40 á föstudeginum og var borað fram til kl. 8:35 á laugardagsmorgun og var dýpið þá 1003 m. Þar var valinn kjarnatöku- staður í kafla sem einkennist af móbergi og ferskum basaltinnskotum. Skömmu áður en kjarnatökudýpi var náð þá var lítilsháttar hrun í holunni þ.e. þegar dýpið var 979 m. Eftir skolun var mælt botnfall og reyndist það vera 3,5 m. Skolað var þá í einn tíma til viðbótar og minnkaði botnfallið aðeins um 0,5 m. Þá var ákveðið að blanda gel í holuna, skyldi síðan verða notað áfram við fyrirhugaða kjarnatöku. Holan var síðan hreinsuð með gelinu og fannst ekkert botnfall eftir það. Næsta dagsskráratíði var að setja niður ruslakörfu til hreinsunar á karbitum og járnögnum ef slíkt kynni að fyrirfinnast á botninum. Niðursetning hófst skömmu eftir kvöldmat og milli kl. 22-23 var

reynt að dæla í ruslakörfuna. Upptekt byrjaði um miðnætti. Ein af festingum körfunnar hafði brotnað af, en karfan sá um að skila henni upp til yfirborðs ásamt slatta af grófu svarfi.

Niðursetning á kjarnaröri og demantskrónu hófst milli kl. 4 og 5 aðfaranótt sunnudagsins 6. júlí og byrjað var að bora kl. 7:30. Alls voru boraðir 7 metrar af kjarna og var heimtan 43 %.

Borun hófst á ný skömmu eftir miðnætti mánudaginn 7. júlí á 1010 m dýpi. Í um 1099 m kom algert skoltap (dæling var þá 25 l/s) í 3-5 mínútur. Tapið minnkaði fljótlega í um 20 l/s og síðar dró ennfrekar úr því (mynd 2). Eftir samfellda borun var valinn staður fyrir þriðju kjarnatökuna við díórítinnskot á 1447 m dýpi klukkan 13:20 fimmtudaginn 10. júlí. Skolað var í um tvo tíma en að því loknu var hitamælt í stöngum (mynd 3). Í ljós kom að í ádælingu hélst holan köld í að minnsta kosti 1437 m dýpi, sem gefur til kynna, að það hafi verið skorin mjög nærri botni. Án dælingar reyndist vatnsborð vera á 267 m dýpi og rann þá inn í holuna úr það á u.þ.b.. 1100-1150 m dýpi. Að hitamælingu lokinni var botnfall um 4 m og því nauðsýlegt að hreinsa það burt með geltappa áður en til kjarnatöku kæmi. Hnausþykkum geltappa var dælt niður um miðnættið og voru aðeins 20 sm á botninum eftir það. Þá var borstrengur tekinn upp. Upptekt var lokið kl. 5:00 að morgni föstudagsins og kl. 7:30 var kjarnatökubúnaðurinn settur niður. Alls voru boraðir 7 metrar af kjarna eða niður á 1454 m dýpi, en kjarnaheimta var aðeins 14 %. Að því loknu var tekið upp úr holu og stangir lagðar út, þar sem framundan var mánaðarlangt sumarfrí bormanna, frá 12. júlí til 11. ágúst.

Fylgst var með upphitnun holunnar í borhlénu og er upphitunin sýnd á mynd 4, en nánari lýsingar þar um eru hér á eftir í kaflanum um borholumælingar.

Eftir sumarfrí hófu bormenn störf um kl. 8 að morgni 11. ágúst. Seinni part dags um klukkan 16 hófst niðursetning borstrengs og var lokið um klukkan 4 aðfaranótt 12. ágúst. Bryddað var upp á þeirri nýjung að setja niður hitapolna krónu, sem er eins og hnallur í laginu, og fá reynslu á hana í íslensku bergi. Krónan ber nafnið Razorback af gerðinni MD-3 og átti hún að vera endingarbetri en karbíthjólakrónurnar, sem hafa verið notaðar undanfarin ár, enda er hún þrisvar sinnum dýrari. Álagi var haldið í 4-7 tonnum mest allan tímann og snúningur um 100-130 sn/mín. Borun gekk vel framan af eins og sést í töflu 2 en síðan fór mjög að draga úr afköstum. Ákveðið var að taka upp föstudaginn 15. ágúst og kanna ástand krónunnar, þegar dýpi var 1674 m, en fyrst var hitamælt inni í borstreng (mynd 5) og sást þar að holan kældi sig við ádælingu niður undir botn. Ástand krónunnar reyndist vera vægast sagt bágborið. Það má líkja ástandi hennar við mannstennur, sem legið hafa í kók og sætindabaði í lengri

tíma, án nokkurrar umhirðu. Krónustýringin var all slitin og strengstýringin gjörslitin, ennfremur var komið brot í lykilholurýmara og ekki langt í það að hann færi alveg í sundur.

Ákveðið var að setja niður nýja HPSM krónu enda góð reynsla fengin af notkun þeirra. Þegar krónan var á ný kominn til botns og hefja átti dælingu kom í ljós að borstrengurinn var stíflaður. Reyndist ekki með neinu móti unnt að losa um stífluna og var því ekki um neitt annað að ræða en að taka strenginn upp á ný og athuga orsök stíflunnar. Því var lokið um klukkan 5 aðfaranótt laugardagsins 16. ágúst og varð þá ljóst að um þriggja metra þykkt set af ryði og útfellingum innan úr stöngum lá ofan á innstreymislokanum og stíflaði allt rennsli. Eftir að stíflan var úr tekin var enn sett niður og lauk því samdægurs um kl. 11 og hófst þá borun með það sama. Frá u. þ. b. 1640 m dýpi tapaðist allt skolvatn út í æðar eða um 32-35 l/s og kom ekkert til yfirborðs það sem eftir var borunar. Áætlað hafði verið að bora niður á 2100 m dýpi ef ekkert benti til vandamála á þeirri leið. Þannig gekk það fyrir sig vandamálalaust ef undan eru skilin minniháttar umframtog öðru hvoru við stangaríbætingar. Komið var niður á 2100 m dýpi kl. 18:45 fimmtudaginn 21 ágúst og var eiginlegri borun holu NJ-17 í Kýrdal þar með lokið. Eftirleikurinn tók þó nokkra daga til viðbótar. Holan var skoluð til kl. 21 sama kvöld og botnfall mælt síðan í u.þ.b. eina og hálfu klukkustund. Þá voru komnir 30 metrar af sandi í hana og ekki líklegt að það myndi aukast neitt að ráði. Krónan var hífð upp í 2050 m dýpi áður en byrjað var að hitamæla. Hitamæling stóð yfir frá kl. 23:20-01:35 mynd 6. Þegar komið var niður í 2050 m var hitinn 73,4°C og hálf tíma síðar hafði holan hitnað þar um 4°C. Ákveðið var að dæla á holuna í gegnum strenginn í 3 tíma og hallamæla síðan á 1000, 1500 og 2000 m dýpi. Eftir klukkutíma skolun skvetti holan af sér smá gusu. Líklega var þar um að ræða innilokað andrúmsloft, sem borist hafði niður með skolvatninu, en nánar er fjallað um þetta í kaflanum um borholumælingar hér á eftir. Þetta atvik olli því að holan var kæld lengur en ráð var fyrir gert og hitamælt var á ný inni í borstreng frá kl. 10:00-14:30 á föstudeginum (mynd 7).

Holan var hallamæld þá um morguninn, en þar sem mælir skaddaðist var hallamælingum haldið áfram eftir hitamælingu inni í stöngum. Niðurstöður hallamælinga eru sýndar í töflu 3.

TAFLA 3 Hallamælingar í vinnsluhluta NJ-17

Dýpi (m)	Gráður
1000	2
1400	0,8
1500	4,2
1750	7,0
2000	7,2

Þegar niðurstöður hallamælingana eru skoðaðar er vert að hafa í huga eftirfarandi: Borað var með HPSM krónu í 1454 m dýpi, MD-3 (hnallur) í 1674 m dýpi og HPSM í botni þ.e. í 2100 m. Ennfremur var strengstýring, sem notuð var með MD-3 eins og ný þegar hún fór niður en var gjörslitin þegar upp var komið. Einnig missti krónustýringin marga karbíta. Ný strengstýring var sett niður við krónuskriptin, þegar dýpið var 1674 m. Af þessu má telja nokkuð ljóst að holuskekkjan tengist notkun MD-3 krónunar.

Upptekt úr 2050 m dýpi byrjaði milli kl. 17 og 18 og var lokið um kl. 2:30 aðfaranótt laugardagsins 23. águst. Byrjað var á venjubundinni mælingardagsskrá um þrjúleytið þá um nóttina og var lokið 13 tímum síðar og er nánar gerð grein fyrir mælingunum í kaflanum um borholu-mælingar. Ekki tókst að koma mælitækjum neðar en á 1870 m dýpi líklega vegna skápa og skekkju á holu.

Að loknum mælingum var hafist handa við niðursetningu leiðara. Leiðarinn var kominn niður um hádegisbilið á sunnudeginum. Hann lenti í þrengingum eða á stalli í 1974 m og fór ekki neðar. Allar frekari upplýsingar um leiðarann er að finna í fóðrunarskýrslu í töflu 4. Prepadæling byjaði um kl.15 sama dag og lauk um nóttina. Nánar er gerð grein fyrir þeim í kaflanum um prepadælingar.

Eins og venja er við boranir var fylgst reglulega með skolvökvanum. Skráð var á fjögurra tíma fresti skolmagn, þrýstingur á dælum og skoltap. Á mynd 2 eru eftirtaldir þættir sýndir ásamt einfölduðu jarðlagasniði og borhraða. Fyrsta verulega skoltapið kom í um 1100 m dýpi, en þaðan og niður í 1450 m hélst það neðan 16 l/s. Meðan verið var að bora kjarna 3 jókst tapið upp í 23 l/s og kom þá einnig í ljós í hitamælingu að holan kældi sig í botn. Í upphafi borunar eftir sumarfrí reyndist skoltap vera um 25 l/s en það minnkaði fljótlega niður í 12 l/s. Það jókst í rúma 20 l/s á liðlega 1500 m dýpi og á um 1590 m dýpi tapaðist allt skolvatn í nokkrar mínútur (> 32 l/s) síðan töpuðust 24-28 l/s þar til skolvatn hætti að koma upp frá 1650 m dýpi.

Alls tók borun vinnsluhluta holu NJ-17 25 daga, en borun holunnar í heild 46 verkdaga.

Tafla 4 FÓDRUNARSKÝRSLA

ORKUSTOFNUN
JARDBORANIR RÍKISINS

FÓDRUNARSKÝRSLA

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTAÐUR		VERKKAUPI
649	NJ-17	Nesjavellir		Hitaveita Reykjavíkur
VIÐD HOLU	DÝPT HOLU	FÓDRING NR.	FÓDRUN FRAMKV. DAGS.	ÚTFYLLT
8½	2100 m.	4	1986-08-23-08-24	H.S.

FJARLEGD KJALLARABRÚN—KRAGI		0,36 m. m		
FÓDRING	PVERM. UTAN 7" INNAN 161,7 mm.			
	GERÐ K-55 ÞYNGD 23,00 lbs/ft			
	TENGI Skrúfuð. Buttress			
	NOTAÐ 1326,09 m FRÁ KRAGA 1968,85m			
	KRAGI (FLANGS) Þurn hengistykki í 641,34 m.			
	SKÓR VEG.			
MÍÐJUST.	stk.	STEYPUT.	stk.	
STEYPING	SEMENT	kg		
	SEMENT	kg		
	ÍBL.EFNI	kg		
	ÍBL.EFNI	kg		
	TAFAEFNI	kg	EDLISP. STEYPU	
	STEYPUTEKI			
	STEYPINGARTÍMI	mín		
	EFTIRDELING. MAGN	I TÍMI	mín	
	STEYPA KOM UPP	<input type="checkbox"/> JÁ	<input type="checkbox"/> NEI	
	DÝPI Á STEYPU UTAN RÖRA	m		
FRÁGANGUR	STEYPT UTAN MEÐ EFTIR	h		
	SEMENT	kg	ÍBL.EFNI kg	
	SKORIÐ OFAN AF EFTIR	h		
	STEYPA BORUD EFTIR	h		
	DÝPI Á STEYPU Í RÖRI	m		
VERKTÍMI RÖR	STEYPA	TOPPUR	TAFIR ALLS	
h 16			5 21	
ATH. Upphengja er í 641,34 m. frá flanzi.				
6 efstu rörin 73,20 m. eru óraufuð.				
Hin öll raufuð. Skór er í 1968,85 m 3m				
ofan við botnfall, 131,15 frá botni.				

RÖRATALNING		
LENGD	NR ¹⁾	ALLS m
0,75	Upphengja	641,34
		642,09
0,20	Milli stykki	642,29
12,15	1	654,44
12,27	2	666,71
12,05	3	678,76
12,20	4	690,96
12,24	5	703,20
12,29	6	715,49
11,96	7	727,45
12,12	8	739,57
11,69	9	751,26
11,95	10	763,21
12,14	11	775,35
12,30	12	781,65
12,20	13	799,85
12,05	14	811,90
12,37	15	824,27
11,39	16	835,66
11,39	17	847,05
12,07	18	859,12
12,12	19	871,24
11,79	20	883,03
12,20	21	895,23
11,66	22	906,89

05.82.20x30FDH

1) X=MÍÐJUSTILLAR. ÁVALLT ER TALID FRÁ FLANGSI EDA UPPHENGJU

Tafla 4 (frh.)

ORKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS

FÓÐRUNAR SKÝRSLA (frh.)

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BLS.
649	NJ-17	Nesjavellir	4.	2

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,20	23	919,09
11,66	24	930,75
12,20	25	942,95
12,42	26	955,37
12,25	27	967,62
11,81	28	979,43
12,38	29	991,81
11,73	30	1003,54
12,26	31	1015,80
11,58	32	1027,38
11,64	33	1039,02
12,50	34	1051,52
12,02	35	1063,54
11,93	36	1075,47
12,14	37	1087,61
11,76	38	1099,37
12,37	39	1111,64
12,20	40	1123,86
11,86	41	1135,72
11,75	42	1147,47
10,78	43	1158,25
12,14	44	1170,39
11,45	45	1181,84
12,39	46	1194,23
12,23	47	1206,46
11,74	48	1218,20

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,38	49	1230,58
12,20	50	1242,78
12,40	51	1255,18
12,58	52	1267,76
12,27	53	1280,03
12,79	54	1292,82
12,04	55	1304,86
12,30	56	1317,16
11,99	57	1329,15
12,22	58	1341,37
11,93	59	1353,30
12,16	60	1365,46
12,59	61	1378,05
11,90	62	1389,95
12,05	63	1402,00
11,88	64	1413,88
11,93	65	1425,81
12,56	66	1438,37
12,77	67	1451,14
11,68	68	1462,82
12,05	69	1474,87
11,81	70	1486,68
12,52	71	1499,20
12,07	72	1511,27
11,76	73	1523,03
11,85	74	1534,88

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,25	75	1547,13
12,41	76	1559,54
12,25	77	1571,79
12,23	78	1584,02
11,89	79	1595,91
11,96	80	1607,87
12,28	81	1620,15
12,31	82	1632,46
12,07	83	1644,53
12,16	84	1656,69
12,27	85	1668,96
12,21	86	1681,17
12,18	87	1693,35
12,32	88	1705,67
11,76	89	1717,43
12,27	90	1729,70
12,53	91	1742,23
11,72	92	1753,95
11,39	93	1765,34
12,26	94	1777,60
11,66	95	1789,26
11,64	96	1800,90
11,54	97	1812,44
11,94	98	1824,38
12,26	99	1836,64
11,70	100	1848,41

Tafla 4 (frh.)

 **ORFKUSTOFNUN
JARÐBORANIR RÍKISINS**

FÓÐRUNARSKÝRSLA (frh.)

Jötunn

VERK NR.	HOLA NR.	BORSTADUR	FÓÐRING NR.	BLS.
649	NJ-17	Nesjavellir	4	3

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m
12,40	101	1860,81
12,24	102	1873,05
11,99	103	1885,04
12,27	104	1897,31
12,42	105	1909,73
12,27	106	1922,00
10,67	107	1932,67
12,46	108	1945,13
11,49	109	1956,62
12,03	110	1968,65
0,20	Skór	1968,85

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m

RÖRATALNING		
LENGD	NR	ALLS m

09.84 10x30FDH

3 KJARNATAKA

Megintilgangur kjarnatökunnar er að fá mælingar á "rock parametrum" sem máli skipta í hermireikningum fyrir Nesjavallakerfið, en hins vegar er sjálfsagt að kanna fleiri stærðir fyrst á annað borð er ráðist í kjarnatöku. Rannsóknunum á kjörnunum er hér skipt í þrjá flokka þ.e. (1) jarðfræðirannsóknir, (2) mælingar á "reservoir parameters" og (3) aðrar mælingar. Ljóst er að megnið af mælingunum verður að fara fram erlendis og verður móðurkjarninn geymdur hér á landi, en smærri sýni send utan til mælinga. Skipt verður við tilraunastofur við háskóla þar sem það er hægt, en annars við olíutilraunastofur.

1 Jarðfræðirannsóknir

- a) Berggerð verður ákvörðuð fyrst með frumgreiningu á staðnum og valin sýni til þunnsneiða og annara rannsókna. Full ástæða er til að gera efnagreiningar á kjörnunum (10 greiningar). Einnig er rétt að gera tilraun til að aldursákvarða bergið með K/Ar-aðferð. Brotstyrkur bergsins verður mældur.
- b) Ummyndun bergsins verður könnuð með sérstöku tilliti til hita sögu jarðhitasvæðisins. Teknar verða þunnsneiðar af kjörnunum, gerðar efnagreiningar í míkroprób, XRD, og vökvabólur rannsakaðar.

Jarðfræðirannsóknirnar verða unnar hérlendis, að mestu leyti á Orkustofnun, en einnig verður leitað til annara innlendra aðila. Reiknað er með að kostnaður vegna þessara rannsókna samsvari eins mánaðar vinnu jarðfræðings (160 klst.).

2 Mælingar á "reservoir parameters"

Guðmundur S Böðvarsson (GSB) hefur kannað möguleika á því að fá þessar stærðir mældar og hversu mikið mælingarnar kosta. Sumar stærðirnar er hægt að fá stúdenta í Berkeley til að mæla en aðrar stærðir verður að fá Core lab til að mæla. Eðlilegast er að fá GSB til að sjá um að mælingarnar verði gerðar og þarf að senda sýni af kjörnunum til hans. Það sem Guðmundur leggur til að gert verði við hvern kjarna er:

Mælistærð	Sýnafjöldi úr hverjum kjarna	Verð á sýni	Lab.
Vatnslekt	1	200-500 \$	CORE LAB
olíulekt	3	30 \$	- " -
gaslekt	3	30 \$	- " -
poruhluti (total og eff)	3	30 \$	- " -
eðlismassi	3	30 \$	- " -
varmarýmd	3	50 \$	Berkeley
varmaleiðni	3	50 \$	- " -

Samkvæmt ofanskráðum verðum kosta mælingar á þremur kjörnum um 3300 \$. Guðmundur segir að það ætti að taka um mánuð að fá mælingarnar gerðar eftir að hann hefur fengið kjarnasýnin í hendur.

3 Aðrar mælingar

Hér verða aðeins nefndar nokkrar stærðir, sem æskilegt er að mæla á kjörnunum: Rafviðnám við nokkur hitastig (mælt hjá Olhoefft í Denver USA), segulstefna (mælt hjá Leo Kristjánssyni RHÍ) og SP og P- bylgjuhraði (væntanlega mælt í Noregi). Fleiri stærðir koma væntanlega upp í hugann síðar.

Reiknað er með því að þessar mælingar fáiist gerðar ókeypis, en hins vegar er líklegt að óskað verði eftir því að fá að birta mæligögnin í fagtímaritum.

4 Framkvæmd

Til verksins var notað kjarnatökutæki sem borar stóran kjarna um 10 cm í þvermál og allt að 7 mað lengd. Keypt var ný demantskróna og tækið allt rækilega yfirfarið fyrir notkun. Tíu ár eru frá því kjarni var síðast tekinn á háhitasvæði hér á landi og var því vandað til undirbúnings verksins. Í kafla þessum er stutt lýsing á framkvæmd verksins, en nákvæmar upplýsingar eru einning settar fram í töflum og á myndum. Einnig eru dregnar ályktanir af þeirri reynslu sem fékkst við kjarnatökuna, sem gæti orðið að gagni við næstu verk. Þar má helst nefna að borkróna sem smíðuð var hér á landi reyndist mjög vel, en kostir karbitkrónu af því tagi fram yfir hefðbundnar demantskrónur er mun lægra verð og styttri tími sem verkið tekur.

Holan er fóðruð í 773 m dýpi með 9 5/8" stálfóðringu, og boruð þar fyrir neðan með 8 1/2" krónu. Kjarnakrónan er með sama ytra þvermáli, en með gat sem er hálfút utanmálið. Krónan þarf því að fjarlægja mum meira berg en þær kjarnakrónur sem notaðar eru við rannsókn virkjanastaða og mest reynsla er af hér á landi.

KJARNI NR. 1

Þegar komið var niður á 876 m dýpi var ákveðið að taka fyrsta kjanann í basaltlagi. Borhraðinn hafði verið um 6 m/klst. við 10-20.000 punda álag og snúningshraða krónu 60 sn/mín (krónutegund Hughs J-44). Þá var óverulegt skoltap í holunni (2 l/s) og náðist að hreinsa allt svarf úr holunni með vatnsskolun.

Í ljós kom við upptekt borkrónu að allir boltar sem halda þéttigúmmíinu í "Grant" öryggislokanum, sem er á holutoppi, höfðu losnað og fallið niður í holuna. Boltar þessir, átta að tölu, höfðu losnað þrátt fyrir að þeir væru splittaðir með vír. Ekki er tiltæk skýring á því hvernig stendur á því að boltarinn hafa losnað. Reynt var að ná boltunum úr holunni með svonefndri "ruslakörfu" (junk basket) sem slakað er í holuna með borstöngum og komu upp nokkur boltabrot og splittvír. Einsýnt var að ekki hafði tekist að ná öllum brotunum úr holunni og var því ákveðið að nota karbitkrónu í stað demantskrónu þar eð hún þolir ekki járnbrott. Króna þessi var hönnuð af Ólafi Sigfús-syni vélstj. og smíðuð í Vélsmiðju Einars Guðbrandssonar í Reykjavík árið 1981, og stóð til að reyna hana við kjarnatöku í Færeyjum á sínum tíma. Karbitkrónur eru nær eingöngu notaðar við að mylja og skera járn sem fallið hefur í borholu (junk mill), en ekki við kjarnaborun. Við kjarnaborun eru í flestum tilfellum notaðar demantskrónur, eða hjólakrónur. Að þessu leyti var hér um athyglisverða tilraun að ræða.

Kjarnaborunin hófst á hreinsun holunnar með svonefndri ruslakörfu til að fjarlægja járneið úr holunni. Auk hreinsunar á holunni fór fram sprunguleit í álagsstöngum og tafði hvoru tveggja nokkuð fyrir verkinu. Þessi tími er þó talinn með verktíma sem fór í kjarnatökuna.

Kjarnaborunin var framkvæmd samkvæmt sérstökum leiðbeiningum sem Sverrir Þórhallsson verkfr. hafði tekið saman.

Upplýsingar um skolmagan, álag á borkrónu, snúningshraða o.fl. byggðu alfarið á upplýsingum frá framleiðanda kjarnatækisins og frá framleiðanda demantskrónunnar. Nákvæmt eftirlit var haft með kjarnaboruninni og voru helstu mæligildi skráð jafnóðum og fylgst var með breytingum. Tafla 5 sýnir niðurstöður, en þar eru skráðar (mín), þ.e. tímalegd borunar á botni, (RPM) snúningar á borstöngum á mínútu, (SPM) slaga-fjöldi á stimpildælu (95 SPM=17,6 l/s), (PSI) dæluþrýstingur í pundum á fertommu, (cm) sem er lengd borkjarna á hverjum tíma, (Amp) er straumnotkun í amperum á rafmótor við stangarsnúning, (lbs) er álag á kjarnakrónu í þúsundum punda, (dia) er þvermál kjarna á nokkrum stöðum.

Sundurliðun verktíma er sýnd í töflu 6, og kemur þar fram að tími frá því borun var stöðvuð þar til hún hófst aftur var 36 klukkustundir. Borunin sjálf tók 3 tíma og boruðust 4,1 m á þeim tíma. Borun var hætt fyrr en áformað var því þrýstingur á dælu jókst skyndilega. Í ljós kom við skoðun á kjarnatækinu að verki loknu að haldari fyrir kjarnagrind (core catcher sub) hafði losnað að hluta og hindraði það skolvatnsstreymið.

Við skoðun á kjarnanum kom í ljós að hann var all sprunginn og höfðu endarnir núist saman. Ennfremur var kjarninn mikið eyddur, sem benti til ónógrar miðjustillingar á kjarnarörinu í holunni. Að hluta var þetta talið stafa af borkrónunni þar eð hún er slétt að neðan og veitir því ekki sömu miðjustillingu og demantskrónan sem er með ávölum bana. Skoðun á krónunni sýndi að hún var furðu lítið slitin, en samt var soðið á hana viðbótar karbít á verkstæði VEG þannig að nýta mætti hana seinna.

Kjarninn var 3,05 m að lengd, en borunin var 4,1 m; kjarnaheimta var því 74% sem verður að teljast allgott.

KJARNI NR. 2

Kjarni nr. 2 var tekinn í ummynduðu móbergi á 1003 m dýpi. Kjarnatökustaðirnir voru valdir af staðarjarðfræðingum Orkustofnunar, þeim Ásgrími Guðmundssyni og Hjalta Franssyni. Nú var demantskróna valin, enda holan hrein af járnarusli. Borkróna þessi var keypt af bresku fyrirtæki J.K. Smith and Sons, og tók hönnun hennar mið af uppgefnum jarðfræðilegum skilyrðum á Nesjavöllum, enda krónan sérpöntuð. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun og tók kjarnatakan 37 tíma. Nú tókst að bora fulla 7 m, en kjarninn var aðeins 3,0 m að lengd. Demantskrónan var nokkuð slitin, sérstakalega á innri bana, þar sáust allmargir brotnir demantar.

Í töflum 7 og 8 eru sýndar helstu tölulegar niðurstöður.

KJARNI NR. 3

Síðasti kjarninn var tekinn á 1447 m dýpi í ummynduðu díorít innskoti (súrt innskotsberg). Kjarnatakan var gerð með íslensku karbítkrónunni frá VEG, þar eð demantskrónan hafði ekki sýnt neina yfirburði. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun, og eru helstu niðurstöður sýndar í töflum 9 og 10. Nú bar svo við að kjarnaheimtan varð léleg, eða aðeins 1.5 m af 7.0 m boruðum. Frekar er fjallað um þetta á eftir, þar sem helstu niðurstöður eru dregnar saman.

TAFLA 5 Kjarnaborun nr. 1 í holu NJ-17.

Kjarnataki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbítkróna, smíðuð hjá VEG 1981
Útanmál 8 1/2", Innanmál 11.1 cm
Skolun 17 1/s
Álag 2.000-10.000 lbs.

Dags: 1986.07.03

Klukka mín RPM SPM PSI cm Amp lbs dia

8:30		0	95	120				
8:35		35	95	155				
8:45	0	40	162	450	borun	hefst		
8:50	5	37	95	160	4	2	9,4	
8:55	10	38	95	156	10	90	3	
9:00	15	38	95	154	12	90	3	
9:05	20	39	95	154	17	90	3	
9:10	25	39	95	152	20	90	3	
9:15	30	50	95	154	27	100	6	
9:20	35	51	95	154	33	100	6	
9:25	40	48	95	162	41	110	8	
9:30	45	49	95	162	51	110	8	9,6
9:35	50	52	95	162	60	125	10	
9:40	55	51	95	190	71	125	10	
9:45	60	51	95	190	80	125	10	
9:55	70	50	95	190	97	125	10	9,7
10:05	80	50	95	190	115	125	10	
10:15	90	49	95	190	132	125	10	
10:27	102	53	95	190	164	125	10	
10:40	115	55	95	210	192	125	10	
10:50	130	51	95	200	250	125	10	9,4
11:05	140	52	95	200	288	125	10	
11:15	150	52	95	190	312	125	10	
11:25	160	53	95	190	340	125	10	
11:35	170	53	95	190	367	125	10	9,6
11:45	180	52	95	195	396	125	10	
11:53	188	52	92	600	419	125	10	

12:00 borun hætt vegna þrýstingsaukningar

haldari fyrir kjarnagrind hafði losnað

TAFLA 6 Sundurliðun tíma við borun kjarna nr. 1

2. Júlí, 1986

- | | |
|------------------------------|-------|
| 1. Borun hætt á 875.9 m dýpi | 21:50 |
| 2. Upptekt hefst | 23:00 |

3. Júlí, 1986

- | | |
|--|------------|
| 3. Upptekt borstanga lokið | 0:30 |
| 4. Kollar og subbar mældir um nóttina | |
| 5. Sett niður ruslakarfa "junk basket" | 6:00 |
| 6. Skolað frá botni | 8:00-10:00 |
| 7. Karfa komin upp | 12:30 |
| 8. Kjarnatæki tilbúið til hífingar | 14:00 |
| 9. Kjarnatæki tilbúið í rotary | 17:00 |
| 10. Kjarnatæki komið niður og skolun hefst | 20:30 |
| 11. Kjarnatöku lokið, lengd kjarna 4,1 m | 24:00 |

4. Júlí, 1986

- | | |
|------------------------------------|------|
| 12. Kjarni kominn upp | 3:00 |
| 13. Gengið frá kjarnatæki | 5:00 |
| 14. Borun hefst aftur á 880 m dýpi | 9:45 |

* HEILDARTÍMI Í KJARNATÖKU 36 KLUKKUSTUNDIR

<u>Klukka</u>	<u>mín</u>	<u>RPM</u>	<u>SPM</u>	<u>PSI</u>	<u>cm</u>	<u>Amp</u>	<u>lbs</u>	<u>Aths.</u>
9:45	135	56	96	250	326	100	5	
9:50	140	57	96	250	340	110	5	
9:55	145	56	96	250	353	110	5	
10:00	150	57	96	245	365	110	5	
10:05	155	56	96	250	376	110	5	
10:10	160	57	96	240	384	110	5	
10:15	165	58	96	250	393	110	5	
10:20	170	58	96	250	404	110	5	
10:25	175	58	96	260	416	110	5	
10:30	180	57	96	260	430	110	5	
10:35	185	57	96	260	443	110	5	
10:40	190	58	96	260	455	110	5	
10:45	195	58	96	260	467	110	5	
10:50	200	57	96	260	476	110	5	
10:55	205	57	96	280	481	110	5	
11:00	210	59	97	280	485	110	5	
11:05	215	59	97	280	493	110	5	
11:10	220	58	97	300	505	110	5	
11:15	225	57	97	350	519	110	5	
11:21	231	57	96	340	546	110	5	
11:25	235	57	97	320	556	110	5	
11:30	240	57	97	320	566	110	5	
11:35	245	57	97	320	575	110	5	
11:40	250	57	97	320	584	110	5	
11:45	255	58	97	330	594	110	5	
11:50	260	57	98	330	602	110	5	
11:55	265	57	97	360	611	110	5	
12:00	270	58	97	320	618	110	5	
12:05	275	58	97	330	627	110	5	
12:10	280	58	96	350	635	110	5	
12:15	285	58	97	340	643	110	5	
12:20	290	58	97	360	652	110	5	
12:25	295	59	97	350	661	110	5	
12:30	300	59	97	350	669	110	5	
12:35	305	58	97	340	676	110	5	
12:40	310	58	97	330	684	110	5	
12:45	315	58	97	320	691	110	5	
12:50	320	58	97	300	700	110	5	borun hætt
12:55	325	59	98	280	700	80	1	
13:00	330	59	99	260	700	80	1	
13:05	335	0	0	0	700	0	1	(0-skekkja)

TAFLA 8 Sundurliðun tíma við borun kjarna nr. 2

5. Júlí, 1986

1. Borun hætt á 1003 m dýpi	8:35
2. Skolun botnfallins svarfs með vatni	9:00-13:00
Botnfall mældist 3,5 m	10:00
" " 2,6 m	11:00
3. Ákveðið að setja borleðju í holuna	11:00
4. Borleðja löguð í kar 1 og 2, samtals 47 m ³ . Leðjunotkun 3 t af bentoniti. Trektartími 56 sek. (vatn hefur trektatíma 29 sek).	
5. Þykkri borleðju dælt á holuna	15:30
6. Holan hrein	16:30
7. Upptekt borkrónu lokið	19:00
8. Niðursetning ruslakörfu hafin	20:30
9. Ruslakarfa á botni, skolun hafin	22:30
10. Upptekt ruslakörfu hafin	24:00

6. Júlí, 1986

11. Upptekt ruslakörfu lokið	2:00
12. Kjarnarör í rotary	3:00
13. Niðursetning kjarnarörs hefst	4:00
14. Kjarnarör komið að botni, skolun hefst	6:00
15. Kjarnaborun hefst	7:30
16. Kjarnaborun 7 metra kjarna lýkur	12:50
17. Upptekt kjarnarörs hefst	13:30
18. Kjarnarörið komið upp	16:00
19. Kjarnarörið lagt út, kjarnaheimta 3 m	17:00
20. Niðursetning borkrónu hefst	18:00
21. Borun hefst aftur á 1010 m dýpi	21:30

* KJARNATAKAN TÓK SAMTALS 37 TÍMA.

TAFLA 9 Kjarnaborun nr. 3 í holu NJ-17

Kjarnatæki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbidkróna, smíðuð hjá VEG 1981
Utanmál 8 1/2", Innarmál 11.1 cm
Skolun 14 l/s
Álag 5.000 lbs.

Dags: 1986.07.11

<u>Klukka</u>	<u>mín</u>	<u>RPM</u>	<u>SPM</u>	<u>PSI</u>	<u>cm</u>	<u>Amp</u>	<u>lbs</u>	<u>Aths.</u>
11:40		0	125	200	120	BOTNFALL.		
11:50		30	125	290				
12:00	0	30	95	220	0	80	2	BORUN HEFST
12:05	5	30	95	220	4	100	2	
12:10	10	28	98	220	10	100	2	
12:15	15	29	97	230	17	100	2	
12:20	20	51	95	220	22	130	2	
12:25	25	51	98	230	32	120	2	
12:30	30	52	97	220	37	130	2	
12:30	35	52	98	220	48	120	5	
12:40	40	53	98	230	56	120	5	
12:45	45	54	96	240	65	120	5	
12:50	50	53	98	240	77	120	5	
12:55	55	53	98	240	89	120	5	
13:00	60	53	98	240	99	120	5	
13:05	65	52	74	150	108	120	5	
13:10	70	52	75	150	117	120	5	
13:15	75	66	75	140	129	170	5	
13:20	80	67	74	140	141	170	5	
13:25	85	67	74	140	152	170	5	
13:30	90	67	76	140	165	170	5	
13:35	95	68	77	140	175	160	5	
13:40	100	68	77	140	185	150	5	
13:45	105	67	77	140	198	160	5	
13:52	112	68	78	140	216	150	5	
13:55	115	68	78	140	223	150	5	
14:00	120	69	75	130	235	150	5	
14:05	125	69	76	130	256	150	5	HOLAN FULL

framhald

Borun kjarna nr.3
framh.

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
14:10	130	69	78	120	270	150	5	
14:15	135	68	77	130	284	150	5	
14:20	140	69	78	130	296	150	5	
14:25	145	68	77	130	311	150	5	
14:30	150	68	78	130	325	150	5	
14:35	155	68	78	130	340	150	5	
14:40	160	69	78	130	357	150	5	
14:45	165	69	77	130	372	150	5	
14:50	170	69	77	130	386	150	5	
14:55	175	69	78	130	394	150	5	
15:00	180	69	76	130	409	150	5	
15:05	185	69	77	130	425	150	5	
15:10	190	69	78	130	437	150	5	
15:15	195	69	78	130	447	150	5	
15:20	200	69	77	130	459	150	5	
15:25	205	69	78	140	471	150	5	
15:30	210	68	76	140	482	150	5	
15:35	215	68	76	150	490	150	5	
15:40	220	69	76	160	496	140	5	
15:45	225	68	76	160	505	140	5	
15:50	230	68	78	160	512	140	5	
15:55	235	67	76	160	523	140	5	
16:00	240	67	77	150	532	140	5	
16:05	245	68	77	160	542	140	5	
16:10	250	68	77	160	549	140	5	
16:15	255	67	77	150	557	140	5	
16:20	260	68	77	150	566	140	5	
16:25	265	65	77	170	586	160	8	
16:30	270	65	76	170	604	160	8	
16:35	275	65	78	180	621	160	8	
16:40	280	64	40	30	638	160	8	
16:45	285	64	40	30	656	160	8	
16:50	290	63	38	30	678	170	10	
16:55	295	63	41	30	700	170	10	BORUN HÆTT
17:00	300	69	39	30	700	130	0	
17:05	305	69	38	30	700	130	0	

TAFLA 10 Sundurliðun tíma við borun kjarna nr. 3

10. Júlí, 1986

1. Borun hætt á 1447 m dýpi í díorít innskoti 13:20
2. Skolun botnfallins svarfs með vatni 13:20-16:30
3. Hitamælt í stöngum við 27,5 l/s 16:30-19:15
4. Vatnsborð mældist á 267 m, og botnfall 4,0 m 20:00
5. Löguð þykk borleðja 40 m³, gelnotkun 3,7 t 21:00
6. Borleðju dælt á holuna 23:30

11. Júlí, 1986

7. Upptekt borkrónu hefst, botnfall 0,2 m 2:30
8. Upptekt borkrónu lokið 6:30
Ruslakarfa ekki sett niður til hreinsunar.
9. Kjarnarör í rotary 7:00
10. Niðursetning kjarnarörs hefst 7:15
11. Niðursetningu kjarnarörs lokið 11:30
12. Borun kjarna hefst á botni 12:00
13. Kjaranaborun lokið, boraðir 7,0 m 17:00
14. Upptekt hefst 17:30
15. Upptekt lokið 21:30
16. Kjarninn reyndist 1 m að lengd, tækið lagt út 22:00

* KJARNATAKAN TÓK 33 TÍMA.

5 Nokkur bortæknileg atriði um kjarnatökuna

Helstu atriðin sem fram komu við kjarnatökuna í þessari holu voru eftirfarandi:

1. Áætlað hafði verið að kjarnatakan tæki þrjá sólarhringa frá því borun væri hætt á botni, þar til hún gæti hafist aftur. Kjarnatakan gekk í öllum tilfellum vel fyrir sig og tók hún einn og hálfan sólarhring, eða mun styttri tíma en áætlað hafði verið. Trúlagá má stytta tímunn enn frekar, ef karbítkróna er notuð, því þá þarf ekki að fara sér ferð niður með "ruslakörfu" til að hreinsa hlóluna. Við þetta getur heildartíminn styttest um þann tíma, sem nemur einni niðursetningu.

TAFLA 11 Helstu verkþættir og verktími

KJARNI NR.	UPPTEKTIR OG HREINSUN HOLU (klst)	KJARNATAKA (klst)
1	24	12
2	23	14
3	18	15

2. Borðkjarni náðist í öll þrjú skiptin.

Tafla 12 sýnir samandreganr niðurstöður um kjarnaheimtu, og tíma sem fór í verkið.

TAFLA 12 HELSTU NIÐURSTÖÐUR UM KJARNAHEIMTU OG VERKTÍMA

KJARNI NR.	DÝPI (m)	LENGD SÝNIS (m)	KJARNAHEIMTA (%)	HEIDARTÍMI (klst)
1	875	3,0	74	36
2	1003	3,0	42	37
3	1447	1,0	14	33

3. Slit á demantskrónunni var allmikið, en karbítkrónan íslenska (VEG) var lítið slitin, og hægt að gera við hana að lokinni notkun. Ástæða er til að þróa þessa krónugerð frekar, enda er hún mun ódýrari og skemmri tími ætti að fara í verkið því hún krefst þess ekki að holan sé hreinsuð með sérstakri ruslakörfu.
4. Mismikil kjarnaheimta (14%-74%) ræðst m. a. af berginu sjálfu. Bergið er mishart, sprungið og ummyndað og náðust sýnin fyrst og fremst af harðari hlutanum. Skoðun á kjörnunum sýndi að bergið molnar og skolast burtu með skolvatninu áður en það nær að komast í "skjól" uppi í kjarnarörið. Hugsanlega má minnka skolvatnsrennsli fyrir karbítkrónu, frá því sem gefið er upp fyrir demantskrónu. Einnig er athugandi að bæta miðjustillinguna, þannig að kjarninn eyðist síður. Séstaklega var gengið úr skugga um að engin kjarnabrot væru á botni holunnar þegar borun hófst aftur.
5. Borhraðinn var mjög viðunandi í öllum tilfellum, um 1.5 m/klst. Auðvelt reyndist að auka borhraðann með meira álagi. Mynd 8 sýnir borhraðann og hversu líkur hann var öll skiptin.

TAFLA 13 Borhraði karbítkrónu við mismunandi álag (kjarni nr. 3)

Krónuframleiðandi: Vélsn. Einars Guðbr.
Snúningshraði krónu: 68 RPM
Skolvatnsrennsli: 14 l/s

ÁLAG Á KRÓNU (lbs)	BORHRAÐI (m/h)
2000	0.75
5000	1.55
8000	2.10
10000	2.70

Hugsanlega má beita meira álagi til að stytta bortímann og flýta fyrir að kjarninn komist í "skjól" upp í kjarnarörið. Kjarnarörið þolir þó ekki álag yfir 10000-15000 pund.

6. Kostnaður við kjarnatöku er allverulegur. Kostnaður við borun 7 m kjarna er svipaður og væri annars við borun 70 m kafla með hefðbundnum hætti.

Þær vísindalegu upplýsingar sem kjarnarnir veita, fást ekki með öðrum hætti.

4 JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Á mynd 9 er sýnt einfaldað jarðlagasnið og dreifing helstu ummyndunarsteinda. Basalthraunlög eru einkennandi berggerð niður á 880 m dýpi. Þaðan og niður á 1120 m er móberg ráðandi. Þar af er ísúrt - súrt berg frá 930-965 m dýpi. Nokkur basalthraunlög sjást á stangli, en neðan við súra bergið sjást fínkorna ferskleg basaltinnskot. Basalthraunlög eru síðan einkennandi á ný niður á 1200 m dýpi. Þar neðan við er 50 m þykkur móbergskafli og efst í honum eru fínkorna fersk basaltinnskot. Basalt er síðan ráðandi berggerð eins langt og séð var, en ekkert svarf kom neðan 1654 m dýpis. Á nokkrum stöðum sjást ísúr eða súr innskotslög, þ.e. á 1310-1330, 1435-1450 og 1500-1515 m. Ennfremur er áberandi breyting neðan 1570 m, en þar verður greinileg aukning í fínkorna ferskum basaltinnskotum eins langt og séð verður. Neðan um 1550 m niður á 1654 m dýpi er jarðlagagreining fremur erfið vegna mikils skoltaps, en ljóst er að á því bili eru hraunlög og innskot ráðandi.

Eins og sést á mynd 9 þá eru nokkrar sviftingar í ummyndunarsamfélaginu niður á um 1000 m dýpi. Þar er fyrst til að taka að laumontít hverfur á um 930 m dýpi, en það var í all miklu magni frá 800-880 m dýpi. Wairakít sést fyrst í 825 m og síðan af og til niður holuna. Epidót sést fyrst á um 850 m dýpi og síðan í rúmum 900 m og af og til niður í 1090 m en nokkuð samfelld þaðan og niður. Prenít sést með vissu á rúmlega 1050 m dýpi og síðan nokkuð samfelld niður. Wollastónít sést fyrst á um 1150 metrum og síðan dreift niður á 1350 m dýpi. Kalsít, kvars og pýrít sjást samfelld í öllum vinnsluhlutanum.

Ummyndunarsamfélagið bendir til þess að niður undir 900 m sé hiti um 200°C, tilvist epidóts á um 850 m dýpi bendir til þess að þar geti verið einhver hitatoppur. Hiti virðist fara hægt vaxandi þangað niður þar sem wollastónít sést, en á þeim kafla (1150-1350 m) gæti hann verið 250-260°C. Þar neðan við virðist hitinn vera um eða undir 250°C, þ.e. niður að 1650 m dýpi en ekki er hægt að spá í hitann þar fyrir neðan vegna algjörs skoltaps í borun.

Ekki verður gerð grein fyrir kjarnagreiningu á þessu stigi.

Í töflu 14 eru listaðar æðar sem vart var við meðan á borun stóð, þ.e. með hjálp hitamælinga, skolvatnsbreytinga og ummyndunar.

TAFLA 14. Vatnsæðar í vinnsluhluta holu NJ-17.

Dýpi (m)	Athugasemd
850	Hitamæling og ummyndun
900	Hitamæling
1025	- " -
1045	- " -
*1095	Hitamæling og skoltap
1120	Hitamæling
*1200	- " -
*1450	- " -
1530-1560	Skoltap
*1590	Hitamæling
1810	- " -
1990	Hitamæling og þrýstifall

*Við fyrstu sýn virðast þetta vera sterkustu æðarnar.

Erfitt var að notast við jarðfræði og skolvatnsbreytingar við staðsetningar á vatnsæðum í neðri hluta holunnar. Þó má sjá á mynd 10

hvernig þrýstingsbreytingar gefa til kynna hvar æðar eru skornar eins og t.d. á tæplega 2000 m dýpi.

5 BORHOLUMÆLINGAR

Í töflu 15 eru skráðar allar borholumælingar, sem gerðar voru í loka-áfangna borunar holu NJ-17. Eins og kemur fram hér að framan klauf sumarfrí starfsmanna Jarðborana h/f borunina í tvennt. Fyrir sumarfrí var borað í 1454 m dýpi, en að fríinu loknu var borun haldið áfram í 2100 m, sem varð endanleg dýpt holunnar.

Í borun NJ-17 kom fyrst fram verulegt skoltap á 1100 m dýpi. Ekki þótti því ástæða til að hitamæla holuna áður en tveir fyrstu kjarnarnir voru teknir. Þegar kom að þriðju kjarnatökunni í 1447 m dýpi var skoltap hins vegar um 25 l/s. Áður en tekið var upp úr holunni var því hitamælt til að kanna upphitunarhraða og hvar vatnsæðar væru í holunni. Mælingarnar eru sýndar á mynd 3. Í fyrri mælingunni var dælt 25 l/s í holuna og sést að megnið af vatninu tapast út ofan 1200 m dýpis. Einhver dreitill komst þó allt niður í holubotn og var upphitun þar aðeins um 3°C á klst. Eftir mælinguna var dælingu hætt og var síðari mælingin á mynd 3 gerð 30 mín síðar. Þar sést að fyrstu viðbrögð holunnar í upphitun eru millirennisli úr æðum ofan um 1100 m dýpis niður í dýpri æðar. Mest er innstreymið um æðar í 995 og 1105 m dýpi, en einnig sést votta fyrir æðum á 850 og 900 m dýpi. Sú æð, sem tók við megninu af vatninu er hins vegar á um 1200 m dýpi. Þegar dælingu var hætt féll vatnsborð niður undir 300 m dýpi. Þetta ásamt fyrri athugunum benti til þess að holan væri í flestu áþekk holu NJ-12 og því ekki ástæða til að óttast að hún byggði upp þrýsting á holutoppi þó hún stæði lokuð á meðan bormenn væru í sumarfríi.

Í hléinu sem varð á meðan sumarfrí stóðu yfir, var fylgst með holunni og hún hita- og þrýstimæld. Upphitun holunnar reyndist hæg (sjá mynd 4) og var hæsta hitastig um 220°C um það leyti sem borun hófst að nýju eftir frí. Samkvæmt þrýstimælingunum (mynd 11) hélst þrýstingur óbreyttur út tímabilið í holubotni um 106 bar. Er það um 3 bar lægri þrýstingur en mældist í NJ-12 fyrir ári síðan.

Borkrónan, sem notuð var eftir að borun hófst að nýju entist stutt og var henni skipt út, þegar komið var í 1674 m dýpi. Fyrir upptekt var holan hitamæld. Dælt var 20 l/s í holuna á meðan mælingin var gerð og kældist holan niður í 1600 m dýpi (sjá mynd 5). Á 1640 m dýpi mældist hins vegar hæg upphitun (4°C á klst).

Ekki þurfti að grípa til fleiri mælinga fyrr en borun lauk í 2100 m dýpi. Eftir að holan hafði verið skoluð og botnfall mælt, var borkróna hífð í 2050 m dýpi og síðan hitamælt í stöngum til að kanna upphitunarhraða. Mælingin er sýnd á mynd 6. Dælt var 27,5 l/s í holuna í mælingunni og sést á mynd 6 að megnið af vatninu tapaðist út ofan 1600 m dýpis. Dýpri æðar (1800 og 2000 m) tóku hins vegar við nægu vatni til að kæla holuna niður í 2000 m dýpi. Við borkrónuna í 2050 m dýpi hækkaði hitastig um 3°C á hálfri klukkustund. Telst það fremur hæg upphitun og má vera að vatnsdælingin hafi haft einhver áhrif niður undir holubotn. Í byrjun mælingar var vatnsborð í stöngum á 143 m dýpi, en að mælingu lokinni mældist það á 178 m dýpi. Benti þessi breyting til þess að "skoltap" hefði aukist á meðan á hitamælingunni stóð. Til að freista þess að opna holuna enn betur var ákveðið að skola í gegnum streng í þrjá tíma áður en ráðist yrði í upptekt. Um klukkustund eftir að skolun hófst að nýju gusaðist vatn upp úr holunni, og var öryggislokum lokað að stöngum. Lítil sem enginn þrýstingur var á holutoppi og var opnað fyrir öryggislokana að nýju. Samkvæmt hitamælingunni fyrr um nóttina (mynd 6) var ekki talið líklegt að um raunverulegt gos væri að ræða, heldur hefði loftið sem var í stöngunum þegar skolun hófst, náð að ausa úr holunni um leið og það kom til yfirborðs utan stanga. Gegn þeirri skýringu mælti tvennt. Í fyrsta lagi þótti fulllangur tími hafa liðið frá því að skolun hófst uns flæddi upp úr holunni, og í öðru lagi var jafnvel talið að einhver gasfnykur hefði fylgt vatnsgusunum. Rétt þótti af þessum ástæðum að skoða holuna betur áður en tækið væri upp úr holunni. Gerðar voru þrjár hitamælingar og eru þær sýndar á mynd 7. Fyrst var mælt í 30 l/s ádælingu (mælt kl 10:00-10:47). Er þar nánast um endurtekningu á mælingunni á mynd 6 að ræða. Eini munurinn er sá að neðan 2000 m dýpis hafði hitastig hækkað og mældist t.d. um 99°C í 2050 m. Dælingu var síðan hætt og 30 mínútum síðar hitamælt, til að kanna fyrstu viðbrögð holunnar í upphitum (mynd 7, mælt kl 11:45-12:45). Mælingin sýnir að strax og dælingu er hætt kemur fram rennsli milli æða í holunni. Upptök millistreymisins er úr æðum ofan 1200 m dýpis og sjást æðar á um 800, 900, 1030, 1045, 1100, 1125 og 1170 m dýpi. Mest innstreymið er um 1100 m æðina og var hitastig þar strax orðið rúmlega 60°C. Æðarnar sem taka við þessu vatni eru neðan 1200 m dýpis og erfitt að sjá staðsetningu þeirra nákvæmlega, en sem fyrr virðist lítið vatn tapast út neðan 1600 m dýpis. Að mælingu lokinni var dæling sett á að nýju (30 l/s) og 30 mínútum síðar hitamælt (mynd 7, mælt kl 13:20-14:30). Mælingin sýnir að ádælingin kæfir strax milli-streymið og rekur hitatoppinn sem því fylgdi niður holuna. Var hann kominn niður í 1600 m dýpi þegar mælt var.

Út frá hitamælingum var ekki sjáanlegt að holan gæti farið í gos af sjálfsdáðum. Gusugangurinn sem kom fram í skolun gegnum borstreng hefur því verið vegna lofts í stöngunum. Að hitamælingum loknum var

Því strax farið í upptekt. Að henni lokinni voru gerðar jarðлага- og víddarmælingar og verður gerð grein fyrir þeim síðar. Rétt er hins vegar að geta þess að fyrirstaða var í holunni á 1608 m dýpi og allar mælipróbur settust á 1872 m dýpi og komust ekki neðar. Hitamæling sem gerð var eftir upptekt (mynd 12) sýndi að ádæling kældi holuna niður í þetta dýpi. Holan er því ekki stífluð á 1872 m dýpi og hafa mælitækin trúlega setst á grjótnibbu.

TAFLA 15 Borholumælingar í 3. áfanga NJ-17

Dags.	Kl.	Hvað mælt	Dýptarbil	Athugas.
86.07.10	16:50-17:35	Hiti, dt, CCL	0-1432	Í stöngum Q=25 l/s
86.07.10	18:20-19:15	- " -	0-1432	- " - Q=0
86.07.12	11:30-12:10	- " -	0-1450	Upphitun
86.07.14	20:43-21:20	Am. þrýstim.	0-1442	- " -
86.07.14	21:35-22:15	Go- Am. hiti	0-1442	- " -
86.07.22	13:15-15:20	- " -	0-1442	- " -
86.08.09	13:50-15:15	- " -	0-1442	- " -
86.08.09	16:00-17:00	Am. þrýstim.	0-1442	- " -
86.08.15	11:10-13:35	Hiti, dt, CCL	0-1640	Krónuskipti
86.08.21-2	23:20-01:35	- " -	0-2050	Í stöngum Q=27,5 l/s
86.08.22	10:00-10:47	- " -	0-2050	- " - Q=30 l/s
86.08.22	11:45-12:45	- " -	700-2050	- " - Q=0
86.08.22	13:20-14:30	- " -	0-2050	- " - Q=30 l/s
86.08.23	00:30-05:00	- " -	0-1872	Eftir uppt. Q=28 l/s
86.08.23	05:15-08:00	Vídd	0-1872	- " - - " -
86.08.23	08:30-10:05	Viðnám	0-1872	- " - - " -
86.08.23	10:30-15:00	N-N og nat.gamma	0-1872	- " - - " -

6 ÞREPADÆLING

Hola NJ-17 var dæluþrófuð 24. til 25. ágúst 1986. Hafist var handa við dæluþrófunina strax eftir að raufuðum leiðara hafði verið komið fyrir í holunni. Byrjað var á að mæla þrýsting niður holuna um leið og sambyggðum hita- og þrýstingsmæli var rennt niður fyrir þrepaðælinguna. Meðan það var gert var dælt á holuna 25.95 l/s og hafði þeirri dælingu verið haldið nokkuð stöðugt frá því byrjað var að setja leiðarann niður. Við þessa dælingu fannst vatnsborð á 104 m, en eins og sést af mynd 13 er því haldið uppi af lofti í vatnssúlunni sem berst í holuna við ádælinguna. Stöðugt vatnsborð holunnar þegar ekki er dælt í hana var aftur á móti á 347 m dýpi.

Mælunum var komið fyrir á 1700 m dýpi eða neðan til í virkasta hluta holunnar. Af mynd 14 sést að skoltap er óverulegt neðan 1820 m dýpis. Þrepaðælingin hófst með því að dælingin var minnkuð úr 25.95 l/s í 12.23 l/s. Eftir tæpa 3 tíma var hún aukin í 30.23 l/s en það var nálægt því rennsli sem fékkst að bornum. Þeirri dælingu var haldið í tæpa 4 tíma en að lokum var dæling stöðvuð og fylgst með þrýstingslækkuninni og upphitun holunnar. Framgangur þrepaðælingarinnar er sýndur á mynd 15 og í töflu 16.

Ef litið er á fyrsta og síðasta þrepið í þrepaðælingunni á mynd 15, þegar dæling er minnkuð, sést að eftir 25 til 30 mínútur kemur fram truflun. Þessi truflun stafar af því að loft er að hverfa úr efstu hundruðum metra vatnssúlunnar í holunni og í síðasta þrepinu var loftstreymið upp holuna nógu öflugt til að lyfta með sér vatnspúðum og valda smá gosi. Einnig fer að gæta áhrifa frá innstreymi eða aðallega á 1120-1190 m dýpi sem gefa inn í holuna við litla eða enga ádælingu. Þessar æðar hafa því einhvern yfirþrýsting miðað við kalda vatnssúlu holunnar. Sama má segja um æðar á 1320-1340 m.

Til að fá mat á vatnsleiðnina fyrir holu NJ-17 var 2. þrepið fellt að reiknuðum ferli samkvæmt fræðilegu líkani fyrir óendanlegt kerfi. Þokkaleg samsvörun fékkst milli reiknaðs ferils og mældra gilda og er þetta sýnt á mynd 16 ásamt þeim stuðlum sem gefa ferilinn. Samkvæmt því fæst vatnsleiðnin sem

$$\frac{kh}{\mu} = 1.7 \times 10^{-8} \frac{\text{m}^3}{\text{Pa} \cdot \text{s}}$$

Samsvarandi reikningar fyrir fyrstu 30 mínúturnar í hinum þrepunum gefa sambærilegar niðurstöður. Þetta er með því lægsta sem ákvarðað hefur verið fyrir holur á Nesjavöllum.

Eftir tæplega tveggja tíma ádælingu byrjaði þrýstingurinn að lækka (mynd 15). Skýring á þessari þrýstilækkun er ekki ljós en hún bendir til að streymi úr holunni út í jarðhitakerfið verði greiðari. Vitað er að mikið svarf hefur tapast út í æðar holunnar og má hugsa sér að það hafi færst til þannig að streymi í gegnum það út í æðar holunnar verði greiðara. Á mynd 16 er sýndur ferill sem reiknaður er með sömu stuðlum fyrir vatnsleiðni og vatnssýmd og ferillinn sem fellur að mæligildunum nema að tregðustuðullinn er minnkaður úr $s = -1.21$ í $s = -2.25$. Þannig fellur ferillinn nú að síðasta mæligildi í þessu þrepi og samsvarar að ádælingarstuðull holunnar hafi batnað um allt að 20% í þessu þrepi. Annars er ádælingarstuðull holunnar á bilinu 1.8 til 2.3

(l/s)/bar sem samsvarar að vatnsleiðnin gæti verið á bilinu

$$kh/\mu = (1.7 - 2.1) \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}\cdot\text{s}$$

Af ofansögðu er ljóst að ákvörðuð vatnsleiðni holu NJ-17 er lág í samanburði við vatnsleiðni annara hola á Nesjavöllum. Einnig er vitað að mikið svarf hefur tapast út í æðar holunnar sem hefur áhrif á viðbrögð holunnar við dæluþrófuninni. Ef holan nær að hreinsa verulegt magn af þessu svarfi úr sér þegar hún fer í blástur þarf hún ekki að verða lakari vinnsluhola en meðalholan á Nesjavöllum.

Tafla 16 Prepadæling

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

HRNR: 8715 SVÆDISNR: 153 STADS.NR: 117 ADF.NR: 3120

NJ17D.DMP

DELUPROFUR

Dássetning	Tími	Tímabreyting min	Þrústingur bar	Þáling l/s	Drýgja nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRNR
860825	0121	18.0	132.03	0.00	1700.00	34.70		102
860825	0123	20.0	131.75	0.00	1700.00	34.70		103
860825	0128	25.0	131.45	0.00	1700.00	34.70		104
860825	0133	30.0	131.93	0.00	1700.00	37.10		105
860825	0134	31.0	129.78	0.00	1700.00	37.10	FLÆDIR UPP UR HÖLU	106
860825	0135	32.0	126.30	0.00	1700.00	37.10	GOS BYRJAR VEGNA	107
860825	0136	33.0	124.65	0.00	1700.00	37.10	UPPSTREYMIS LOFTS	108
860825	0137	34.0	125.48	0.00	1700.00	37.10	SEM ER AD TÖMAST	109
860825	0138	35.0	127.63	0.00	1700.00	37.10	UR VATNSSULUNNI	110
860825	0139	36.0	128.85	0.00	1700.00	37.10	GOS HATT UR HÖLU	111
860825	0140	37.0	129.58	0.00	1700.00	37.10	GOSVARI HERTUR	112
860825	0141	38.0	129.93	0.00	1700.00	37.10	AD STÖNGUM	113
860825	0142	39.0	130.05	0.00	1700.00	37.10		114
860825	0143	40.0	130.13	0.00	1700.00	37.10		115
860825	0148	45.0	130.45	0.00	1700.00	39.70		116
860825	0153	50.0	130.58	0.00	1700.00	39.70		117
860825	0158	55.0	130.63	0.00	1700.00	39.70		118
860825	0203	60.0	130.65	0.00	1700.00	39.40		119
860825	0208	65.0	130.65	0.00	1700.00	39.40		120
860825	0213	70.0	130.65	0.00	1700.00	39.40		121
860825	0218	75.0	130.65	0.00	1700.00	39.40		122
860825	0223	80.0	130.65	0.00	1700.00	40.80		123
860825	0228	85.0	130.63	0.00	1700.00	40.80		124
860825	0233	90.0	130.63	0.00	1700.00	40.80		125
860825	0238	95.0	130.63	0.00	1700.00	40.80		126
860825	0243	100.0	130.60	0.00	1700.00	44.00		127
860825	0245	102.0	130.60	0.00	1700.00	44.00	MFLINSU HATT	128

Tafla 16 (frh.)

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

HRNR: 8715 SVÆÐISNR: 153 STADS.NR: 117 ADF.NR: 3120

NJ17D.DMP

DELUPROFUN

Dassetrins	Timi	Tímabresting min	Þrestingur bar	Dæling l/s	Þyppi a nema m	Hiti C	ATHUGASEMDIR	SKRNR
860824	2118	9.0	142.93	30.23	1700.00	43.00		52
860824	2119	10.0	142.88	30.23	1700.00	43.00		53
860824	2121	12.0	143.03	30.23	1700.00	44.40		54
860824	2123	14.0	143.18	30.23	1700.00	44.40		55
860824	2125	16.0	143.33	30.23	1700.00	44.40		56
860824	2127	18.0	143.45	30.23	1700.00	44.40		57
860824	2129	20.0	143.65	30.23	1700.00	44.40		58
860824	2134	25.0	143.85	30.23	1700.00	44.40		59
860824	2139	30.0	144.08	30.23	1700.00	44.40		60
860824	2144	35.0	144.25	30.23	1700.00	45.30		61
860824	2149	40.0	144.33	30.23	1700.00	45.30		62
860824	2154	45.0	144.48	30.23	1700.00	45.30		63
860824	2159	50.0	144.55	30.23	1700.00	45.30		64
860824	2204	55.0	144.63	30.23	1700.00	44.90		65
860824	2209	60.0	144.70	30.23	1700.00	44.90		66
860824	2214	65.0	144.75	30.23	1700.00	42.10		67
860824	2219	70.0	144.80	30.23	1700.00	42.10		68
860824	2224	75.0	144.78	30.23	1700.00	42.10		69
860824	2229	80.0	144.78	30.23	1700.00	42.10		70
860824	2234	85.0	144.83	30.23	1700.00	38.30		71
860824	2239	90.0	144.78	30.23	1700.00	38.30		72
860824	2244	95.0	144.78	30.23	1700.00	37.30		73
860824	2249	100.0	144.80	30.23	1700.00	37.30		74
860824	2259	110.0	144.78	30.23	1700.00	37.30		75
860824	2309	120.0	144.70	30.23	1700.00	37.30		76
860824	2319	130.0	144.65	30.23	1700.00	35.80		77
860824	2329	140.0	144.60	30.23	1700.00	35.80		78
860824	2339	150.0	144.60	30.23	1700.00	35.80		79
860824	2349	160.0	144.53	30.23	1700.00	35.40		80
860824	2359	170.0	144.50	30.23	1700.00	35.40		81
860825	0009	180.0	144.45	30.23	1700.00	35.40		82
860825	0019	190.0	144.40	30.23	1700.00	35.40		83
860825	0029	200.0	144.35	30.23	1700.00	35.00		84
860825	0039	210.0	144.30	30.23	1700.00	35.00		85
860825	0049	220.0	144.28	30.23	1700.00	35.00		86
860825	0059	230.0	144.23	30.23	1700.00	34.70		87
860825	0103	234.0	144.23	30.23	1700.00	34.70		88
860825	0104	1.0	142.00	0.00	1700.00	34.70	DELINGU HATT	89
860825	0105	2.0	140.00	0.00	1700.00	34.70	FRIDJA PÆP	90
860825	0106	3.0	138.53	0.00	1700.00	34.70		91
860825	0107	4.0	137.35	0.00	1700.00	34.70		92
860825	0108	5.0	136.53	0.00	1700.00	34.70		93
860825	0109	6.0	135.68	0.00	1700.00	34.70		94
860825	0110	7.0	135.23	0.00	1700.00	34.70		95
860825	0111	8.0	134.60	0.00	1700.00	34.70		96
860825	0112	9.0	134.03	0.00	1700.00	34.70		97
860825	0113	10.0	133.65	0.00	1700.00	34.70		98
860825	0115	12.0	133.05	0.00	1700.00	34.70		99
860825	0117	14.0	132.65	0.00	1700.00	34.70		100
860825	0119	16.0	132.28	0.00	1700.00	34.70		101

Tafla 16 (frh.)

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

HRNR: 8715 SVFDISNR: 153 STABS.NR: 117 ADF.NR: 3120

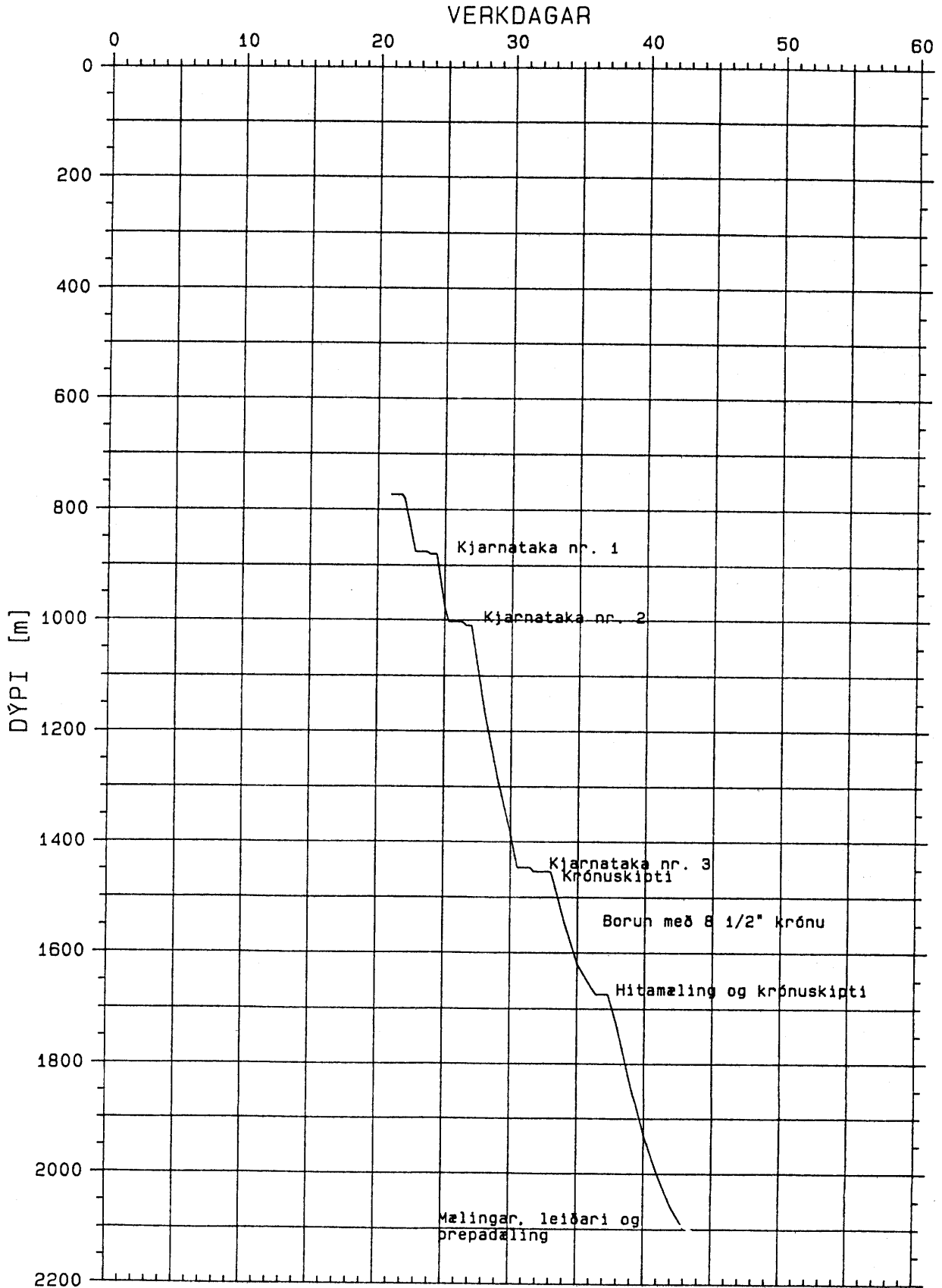
NJ17D.DMP

DÆLUPROFUN

Dæsetnings	Tími	Tímabrestins min	Þrustinsur þar	Dyfi a		Hiti C	ATHUGASEMÐIR	SKRNR
				Dæling l/s	nema m			
860824	1800	0.0	143.33	25.95	1700.00	35.70	NEMI A 1700m DYPI	2
860824	1815	15.0	144.15	25.95	1700.00	35.70	HITAJAFNVÆGI NEMA	3
860824	1817	17.0	144.15	25.95	1700.00	35.70	DÆLING MINNKUD	4
860824	1818	1.0	142.68	12.23	1700.00	35.70	FYRSTA ÞREP	5
860824	1819	2.0	141.60	12.23	1700.00	35.70		6
860824	1820	3.0	140.75	12.23	1700.00	35.70		7
860824	1821	4.0	140.70	12.23	1700.00	35.70		8
860824	1822	5.0	139.65	12.23	1700.00	35.70		9
860824	1823	6.0	139.20	12.23	1700.00	35.70		10
860824	1824	7.0	138.88	12.23	1700.00	35.70		11
860824	1825	8.0	138.58	12.23	1700.00	35.70		12
860824	1826	9.0	138.30	12.23	1700.00	35.70		13
860824	1827	10.0	138.18	12.23	1700.00	35.70		14
860824	1829	12.0	137.75	12.23	1700.00	35.70		15
860824	1831	14.0	137.40	12.23	1700.00	35.70		16
860824	1833	16.0	137.33	12.23	1700.00	35.70		17
860824	1835	18.0	137.28	12.23	1700.00	35.70		18
860824	1837	20.0	137.10	12.23	1700.00	35.70		19
860824	1842	25.0	136.90	12.23	1700.00	35.70		20
860824	1847	30.0	136.58	12.23	1700.00	36.20		21
860824	1852	35.0	136.98	12.23	1700.00	36.20		22
860824	1857	40.0	137.00	12.23	1700.00	36.20		23
860824	1902	45.0	136.93	12.23	1700.00	36.20		24
860824	1907	50.0	136.85	12.23	1700.00	36.20		25
860824	1912	55.0	136.78	12.23	1700.00	36.60		26
860824	1917	60.0	136.75	12.23	1700.00	36.60		27
860824	1922	65.0	136.73	12.23	1700.00	36.60		28
860824	1927	70.0	136.68	12.23	1700.00	36.60		29
860824	1932	75.0	136.65	12.23	1700.00	37.20		30
860824	1937	80.0	136.65	12.23	1700.00	37.20		31
860824	1942	85.0	136.65	12.23	1700.00	37.20		32
860824	1947	90.0	136.60	12.23	1700.00	37.20		33
860824	1952	95.0	136.58	12.23	1700.00	37.20		34
860824	1957	100.0	136.55	12.23	1700.00	38.20		35
860824	2007	110.0	136.53	12.23	1700.00	38.20		36
860824	2017	120.0	136.50	12.23	1700.00	38.20		37
860824	2027	130.0	136.48	12.23	1700.00	38.20		38
860824	2037	140.0	136.45	12.23	1700.00	41.30		39
860824	2047	150.0	136.43	12.23	1700.00	41.30		40
860824	2057	160.0	136.43	12.23	1700.00	43.00		41
860824	2107	170.0	136.43	12.23	1700.00	43.00		42
860824	2109	172.0	136.43	12.23	1700.00	43.00	DÆLING AUKIN	43
860824	2110	1.0	138.18	30.23	1700.00	43.00	ANNAD ÞREP	44
860824	2111	2.0	139.58	30.23	1700.00	43.00		45
860824	2112	3.0	140.45	30.23	1700.00	43.00		46
860824	2113	4.0	141.13	30.23	1700.00	43.00		47
860824	2114	5.0	141.75	30.23	1700.00	43.00		48
860824	2115	6.0	142.63	30.23	1700.00	43.00		49
860824	2116	7.0	142.88	30.23	1700.00	43.00		50
860824	2117	8.0	142.93	30.23	1700.00	43.00		51

NESJAVELLIR HOLA NJ-17
FRAMVINDA BORUNAR
3. ÁFANGI

JHD-BJ-8715 ÁsG
86.09.0751 T

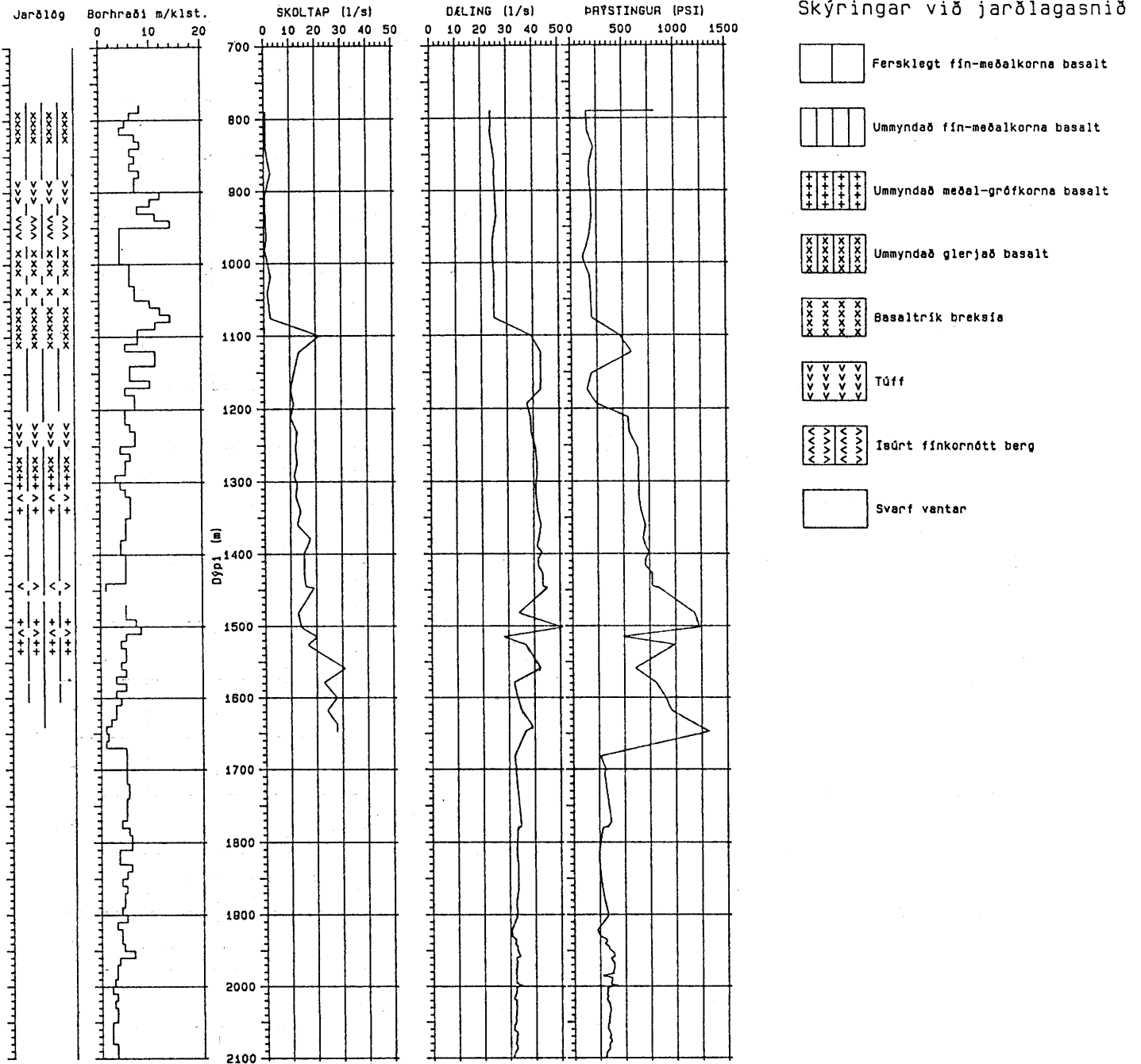


Mynd 1 Framvinda borunar

JHD-BJ-8715 Ásg
86.09.0743 I

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

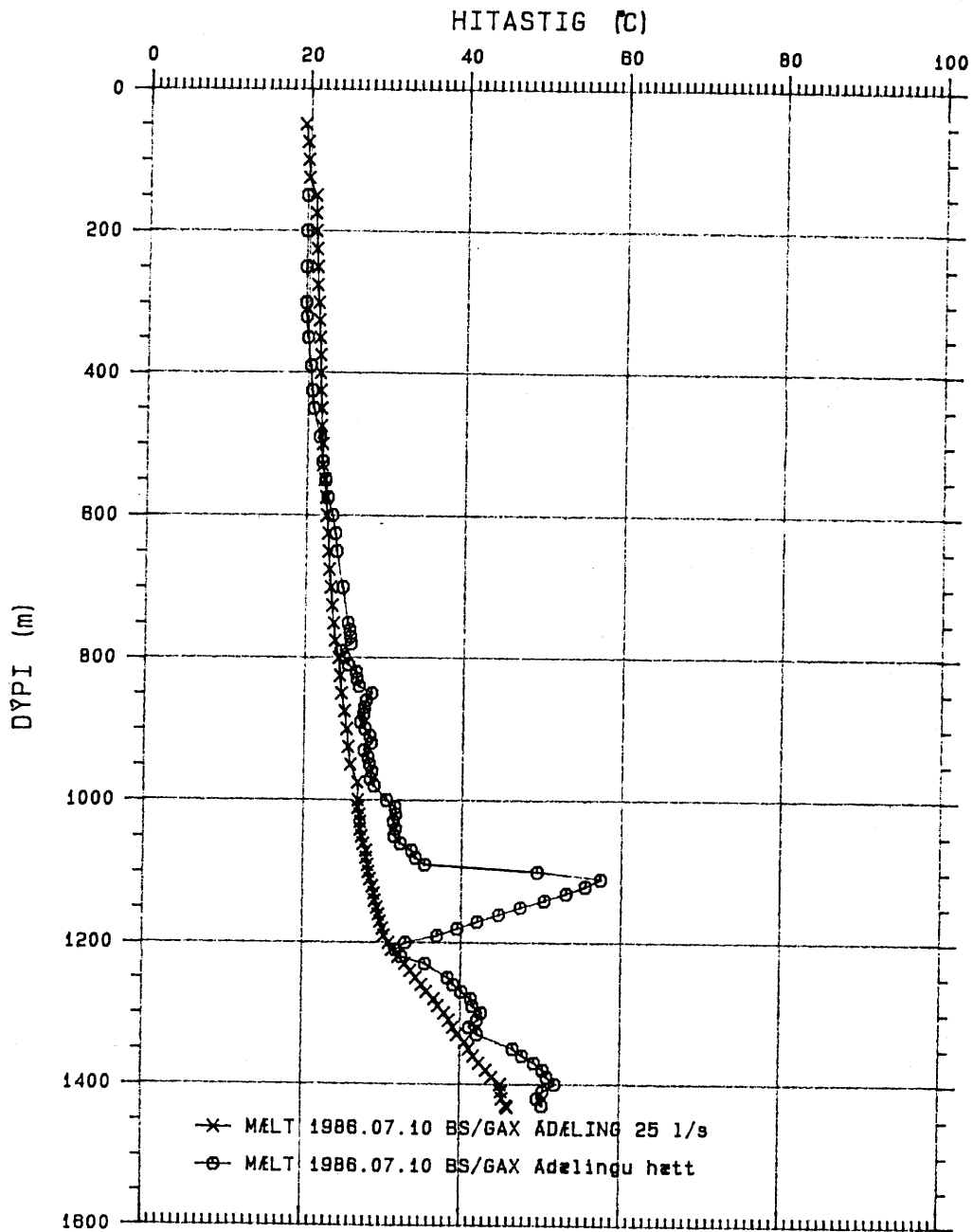
Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun



Mynd 2 Einfaldað jarðlagasnið og mælingar í borun

JHD-BM-8715 GuH
86.09.0754 T

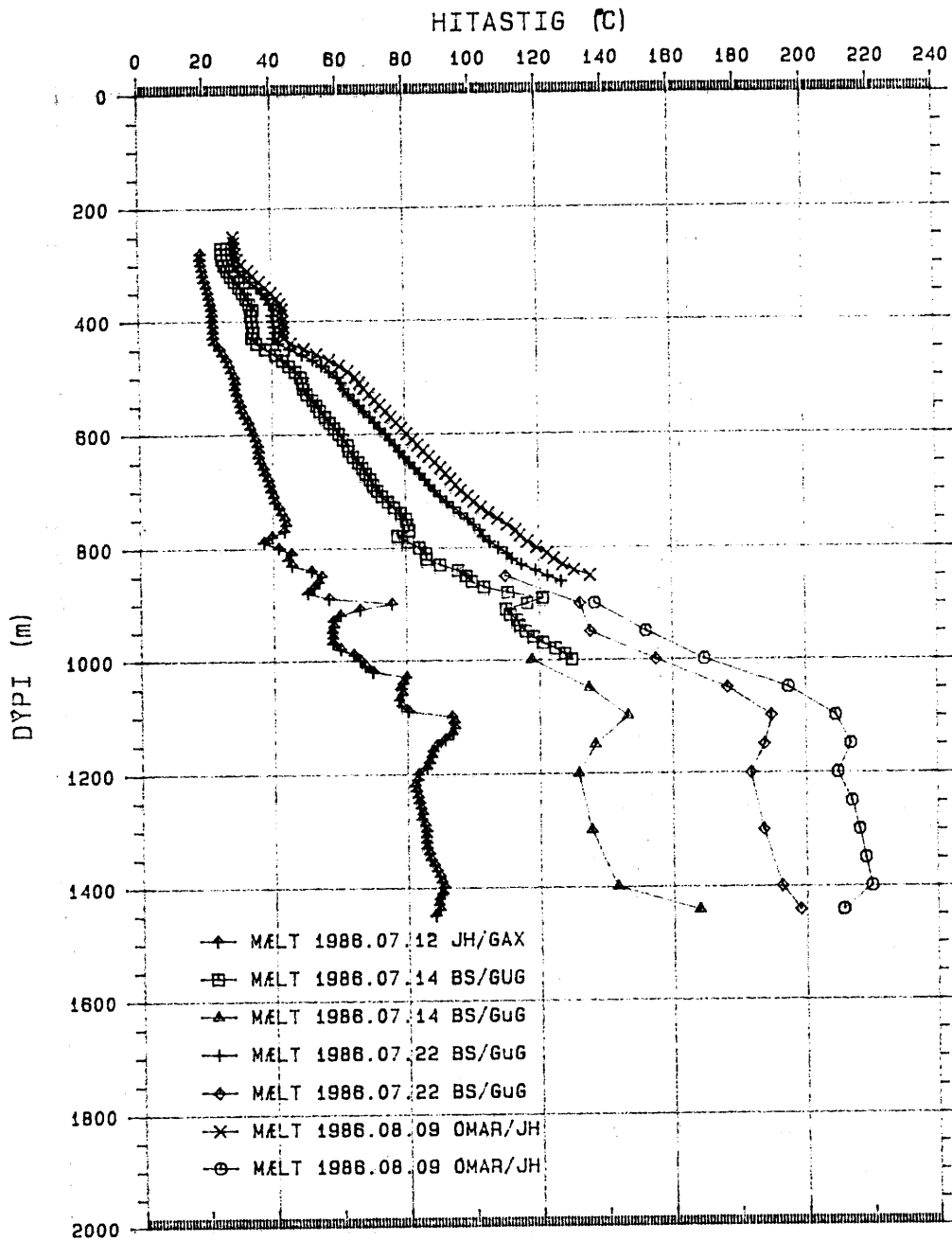
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR



Mynd 3 Hitamælingar inn í stöngum (dýpi 1447 m)

JHD-BM-8715 GuH
86.09.0758 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR

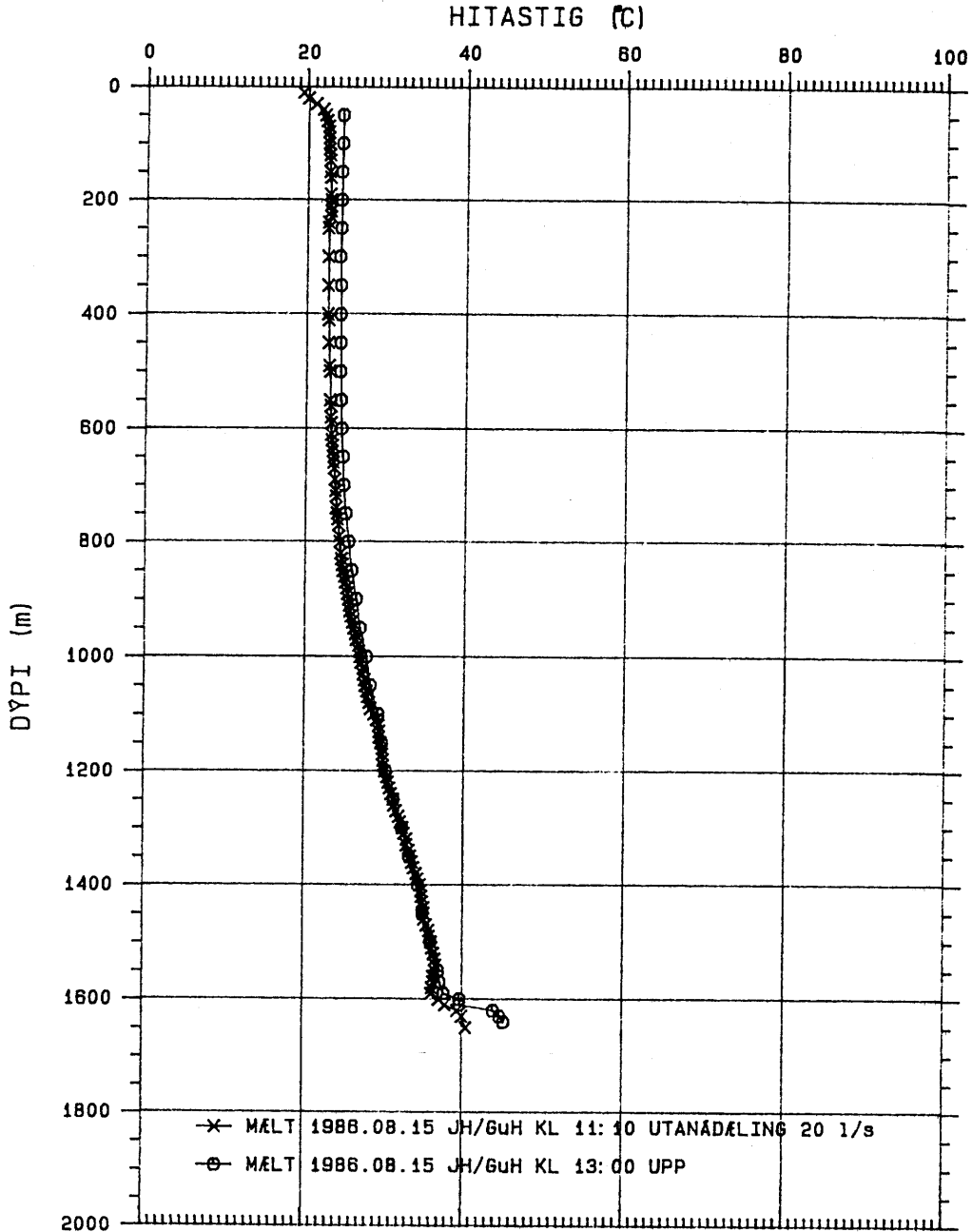


Mynd 4 Hitamælingar í borhléi



JHD-BM-8715 GuH
86.09.0757 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR

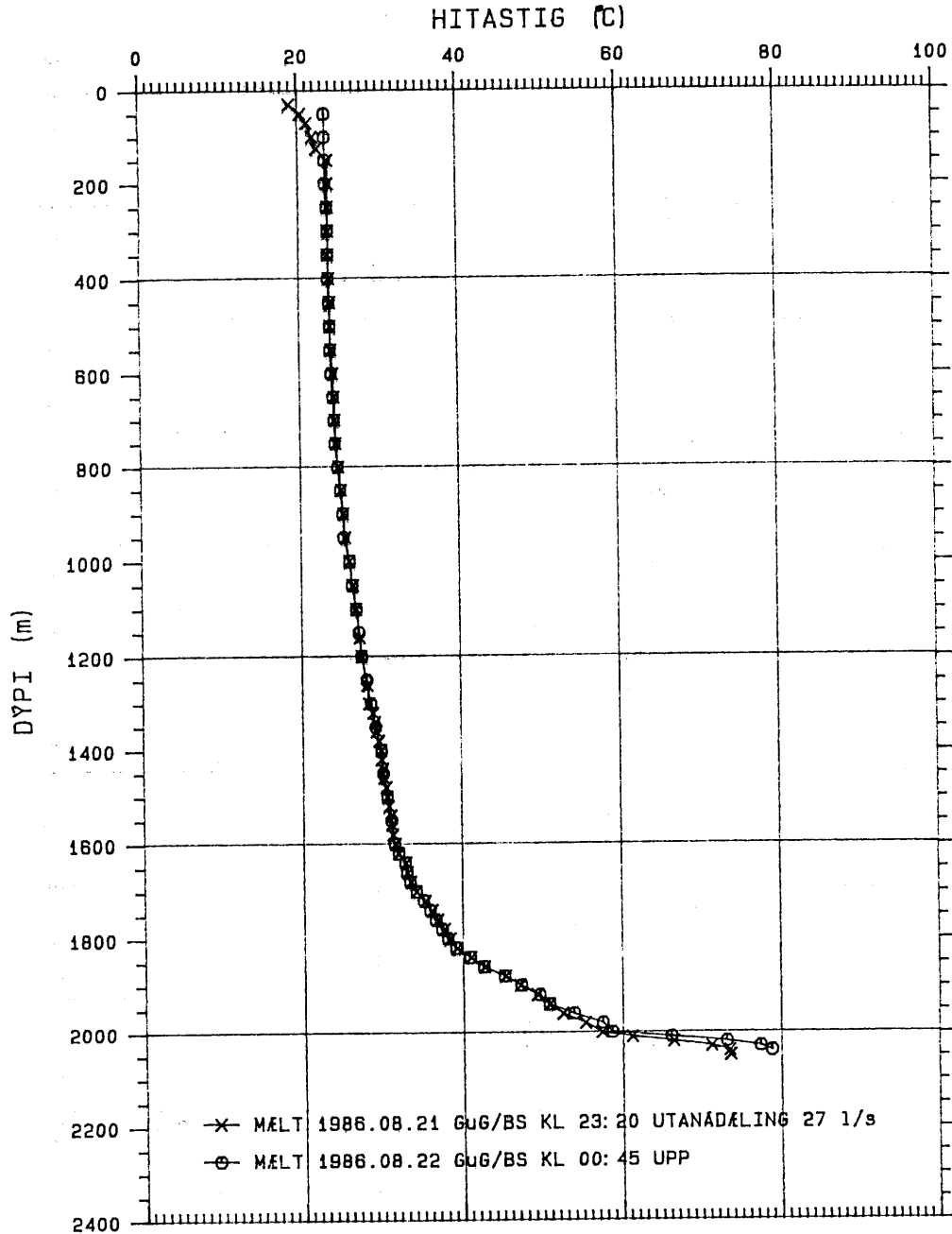


Mynd 5 Hitamælingar við krónuskipti (dýpi 1674 m)



JHD-BM-8715 GuH
86.09.0756 T

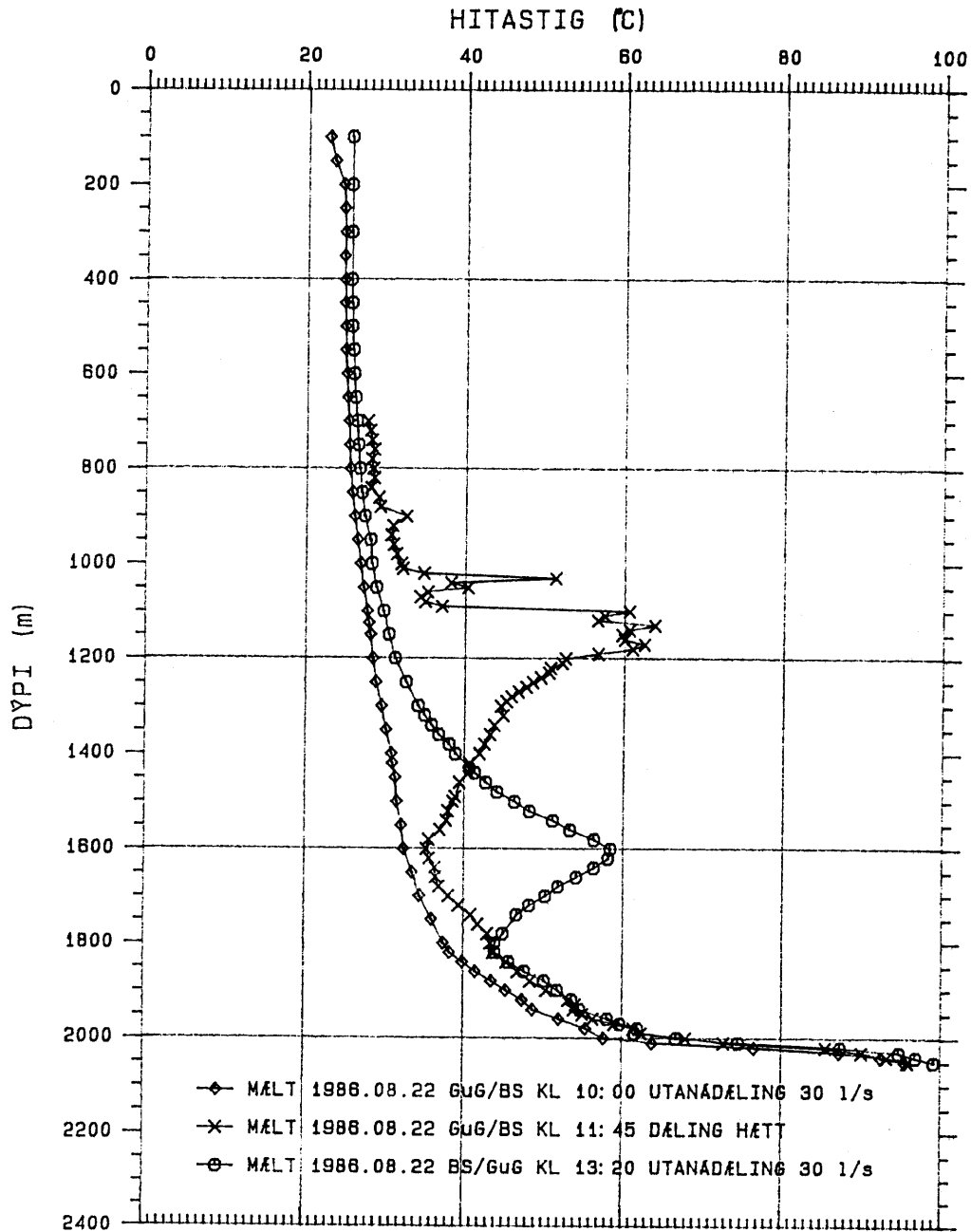
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR



Mynd 6 Hitamælingar fyrir upptekt í borlok

15 JHD-BM-8715 GuH
86.09.0755 T

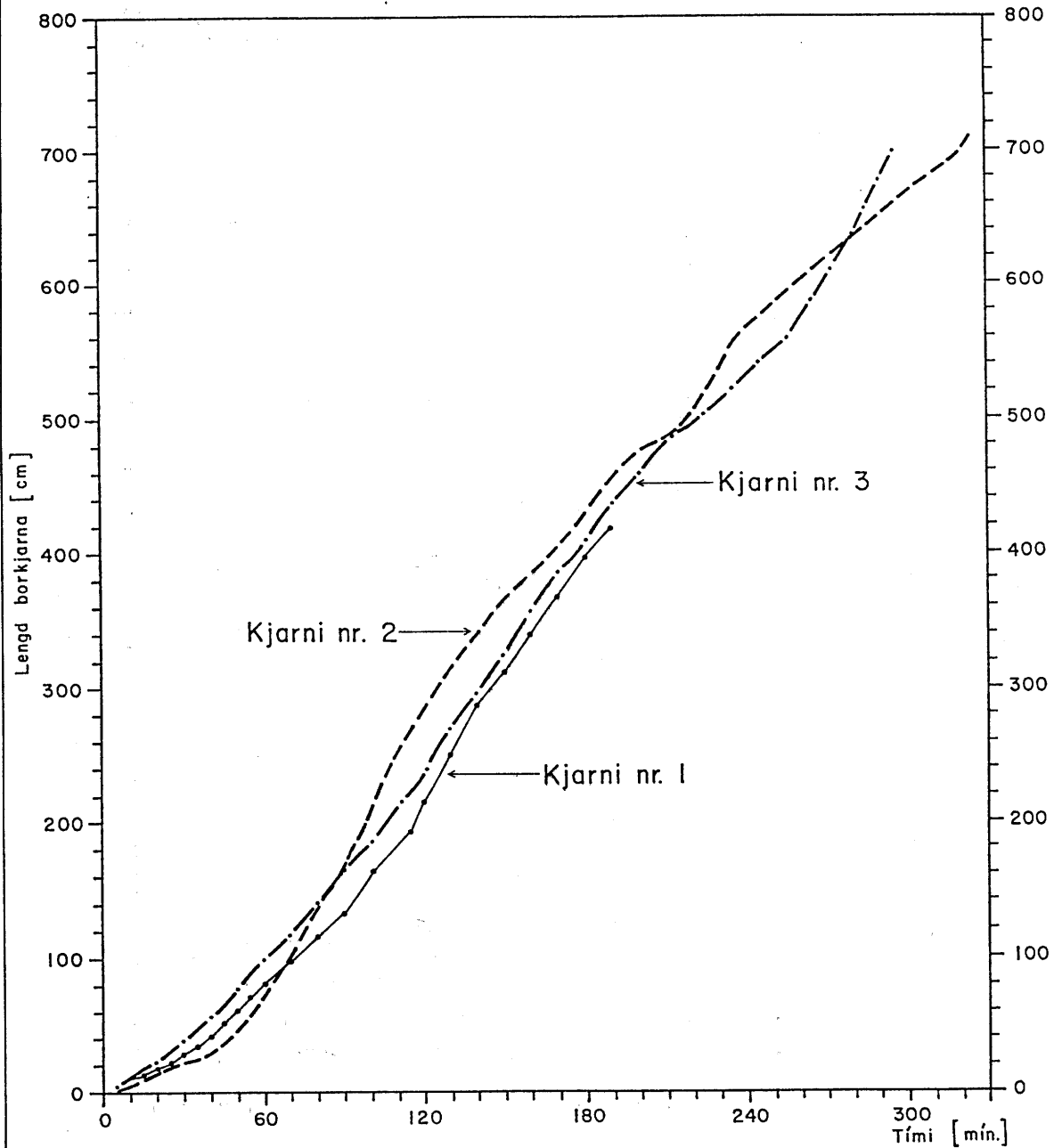
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR



Mynd 7 Hitamælingar fyrir upptekt í borlok

JHD-VT-8715-SP
86.09.0677-EK

BORUN KJARNA Í HOLU NJ-17 Á NESJAVÖLLUM



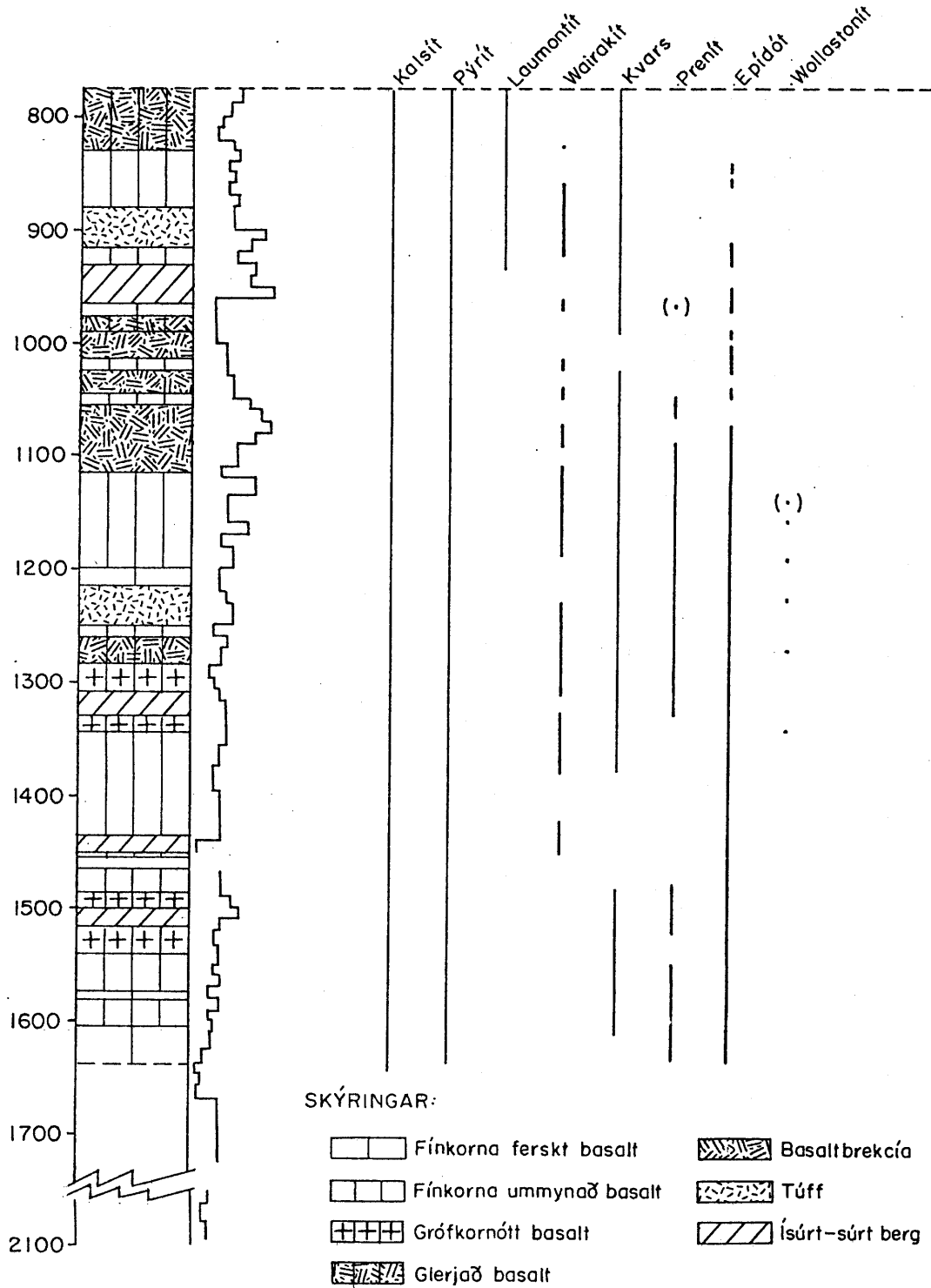
Mynd 8 Borhraði við kjarnatöku

JHD-BJ-8715-AsG
86.09.0742-'0D

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

Vinnsluhluti

Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda



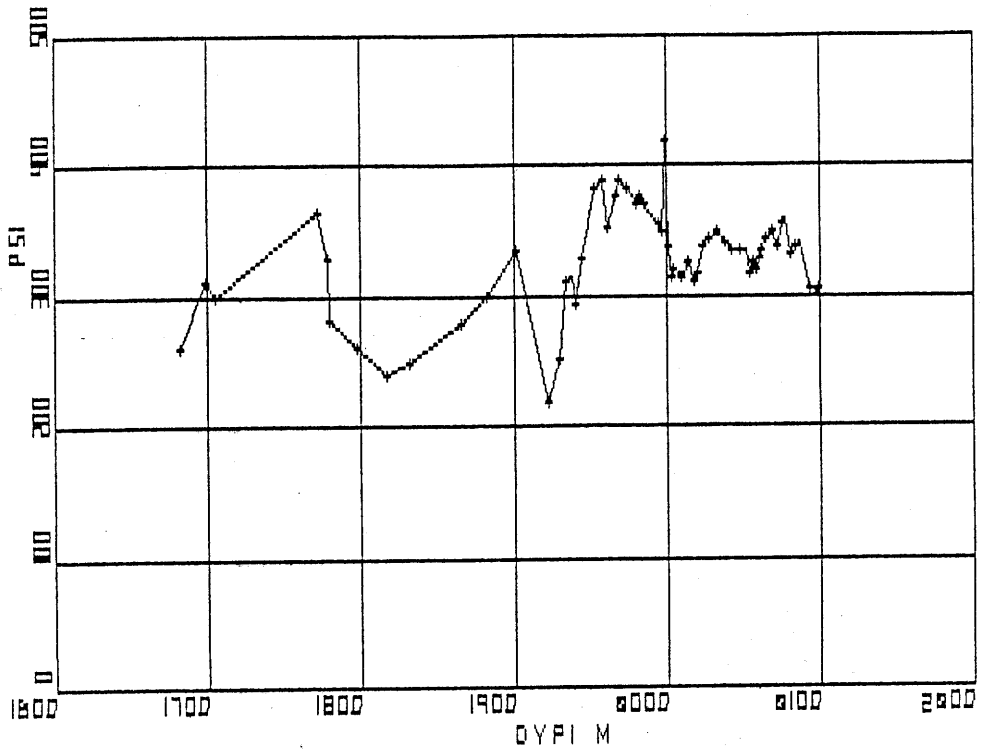
Mynd 9 Einfaldað jarðlagasnið og dreifing ummyndunarsteinda

+ MIELT I BORUN
+ MIELT I BORUN
+ MIELT I BORUN

JHD-BJ-8715 Åsg
86.08. 0765 T
NESJAVELLIR HOLA NJ-17

—
—

PRÝSTINGUR Á BORDÆLUM



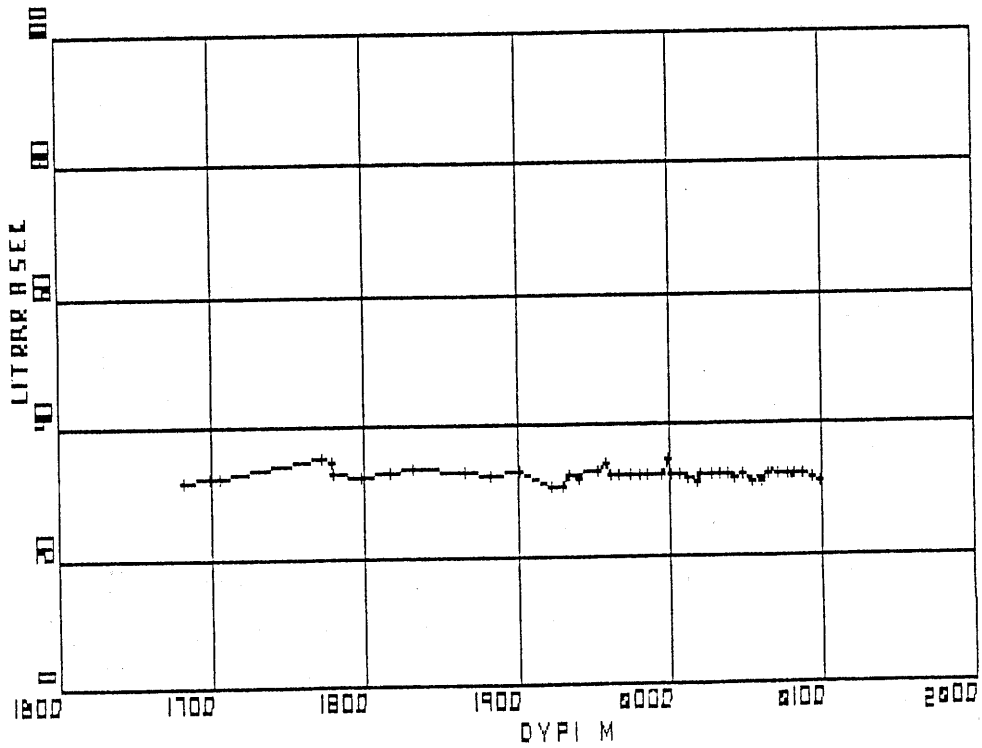
: PSI.DAT

+ MIELT I BORUN
+ MIELT I BORUN
+ MIELT I BORUN

JHD-BJ-8715 Åsg
86.08. 0765 T
NESJAVELLIR HOLA NJ-17

—
—

MAGN SKOLVÆKVA

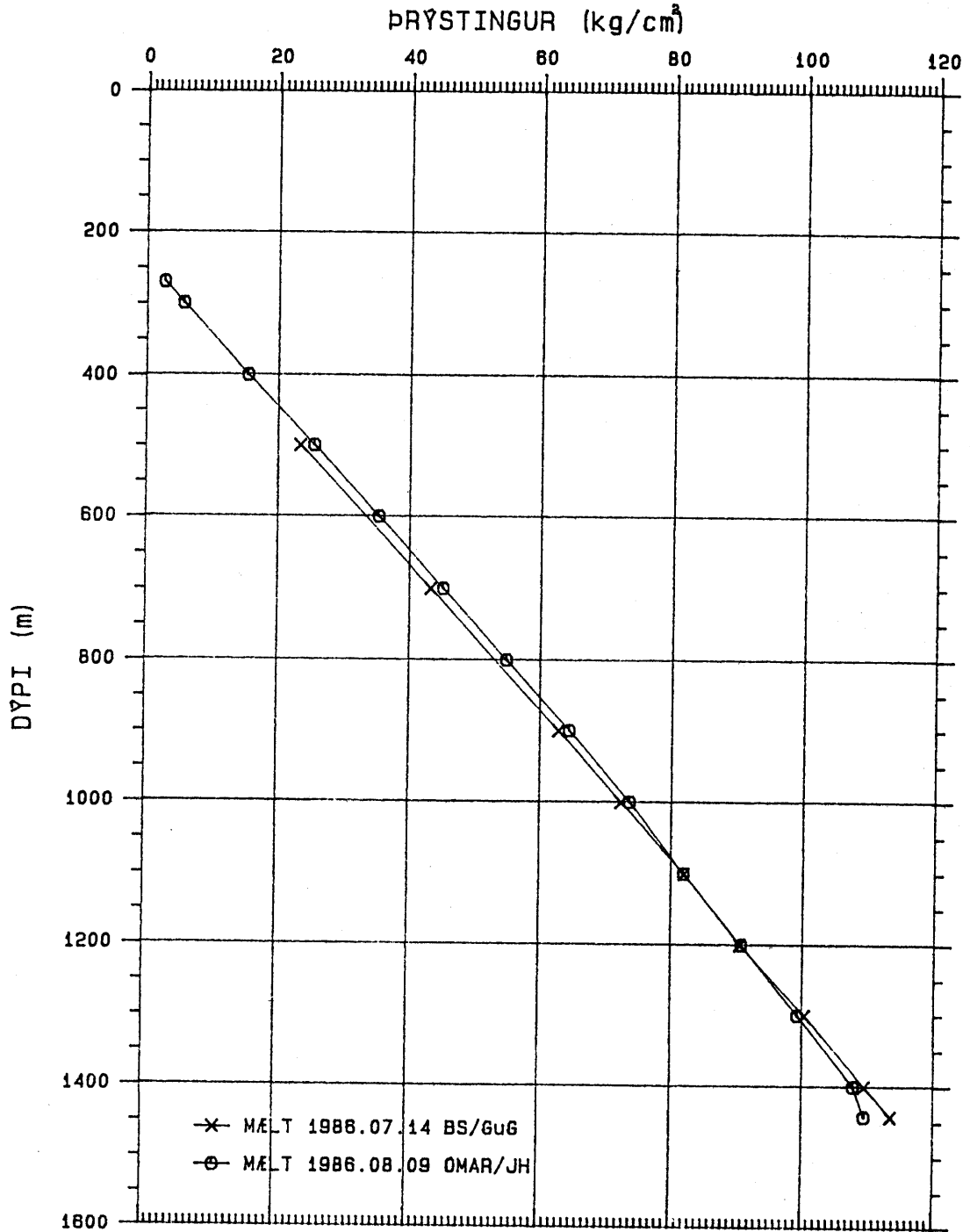


: LITRAR.DAT

Mynd 10 Þrýstingsbreytingar á bordælum (1680-2100 m)

JHD-BM-8715 GuH
86.09.0760 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 ÞRÝSTIMÆLINGAR

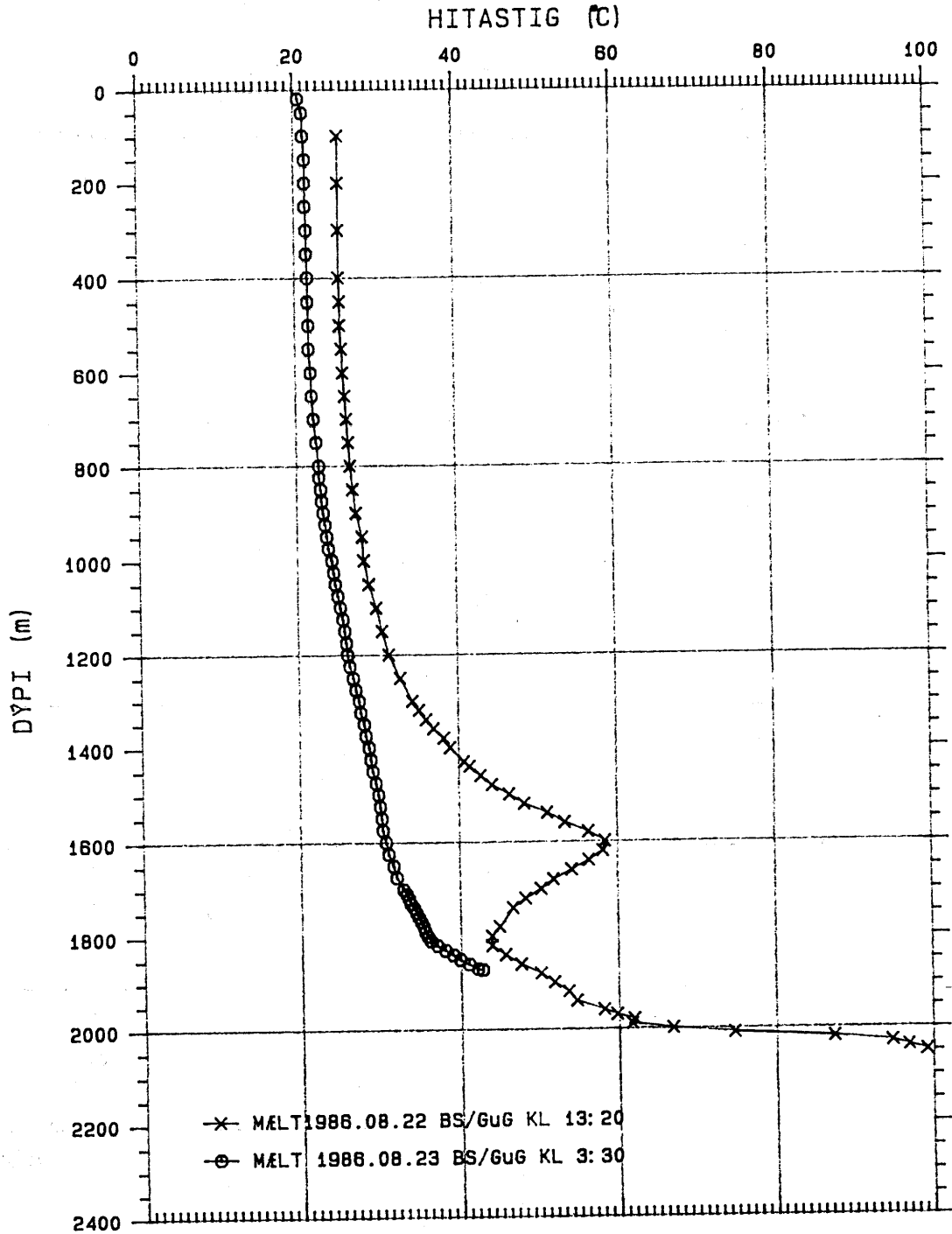


Mynd 11 Þrýstimælingar í borhléi (dýpi 1447 m)



JHD-BM-8715 GuH
86.09.0759 T

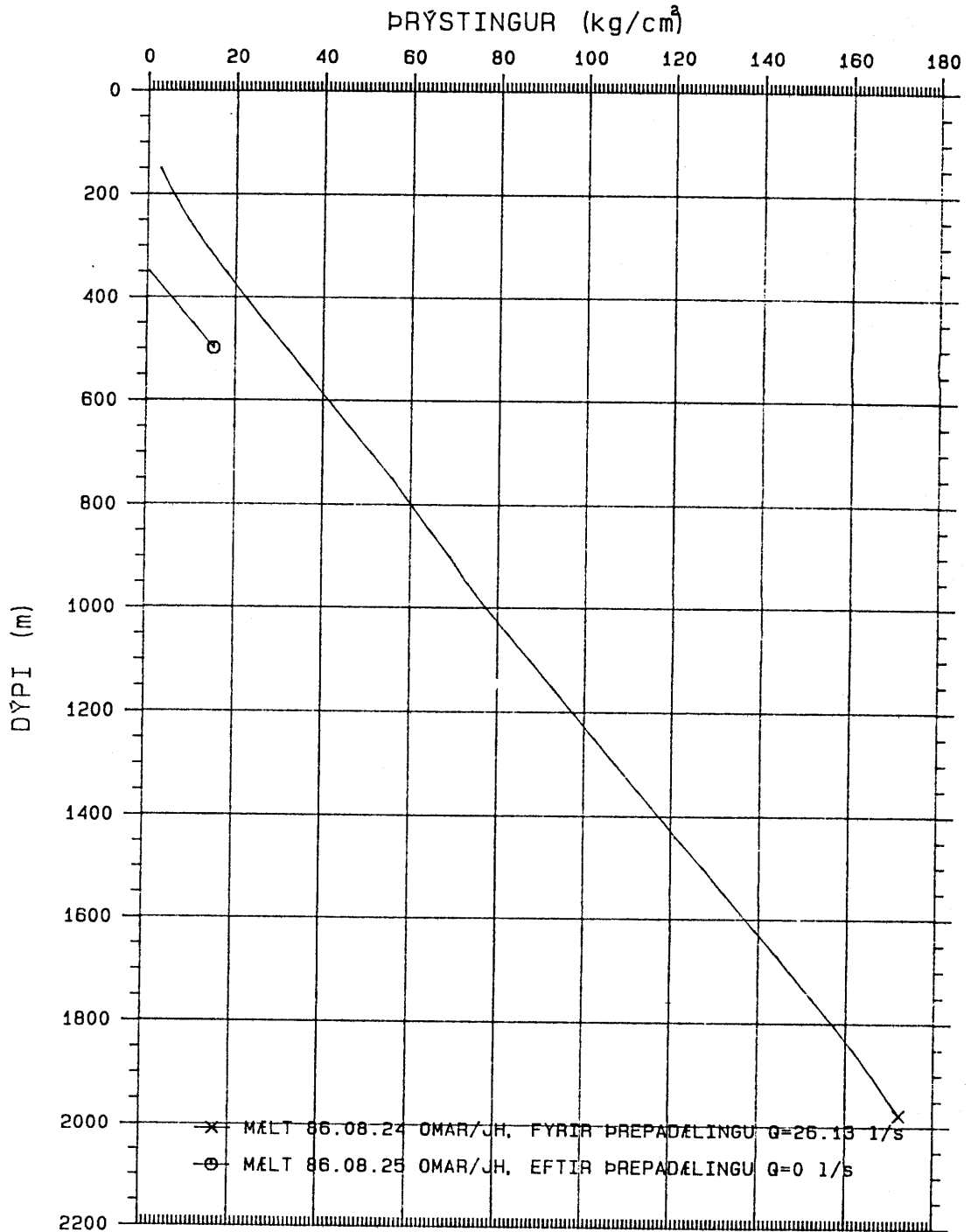
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR



Mynd 12 Hitamælingar eftir upptekt

JHD-BM-8715.0S
86.09.0688.T

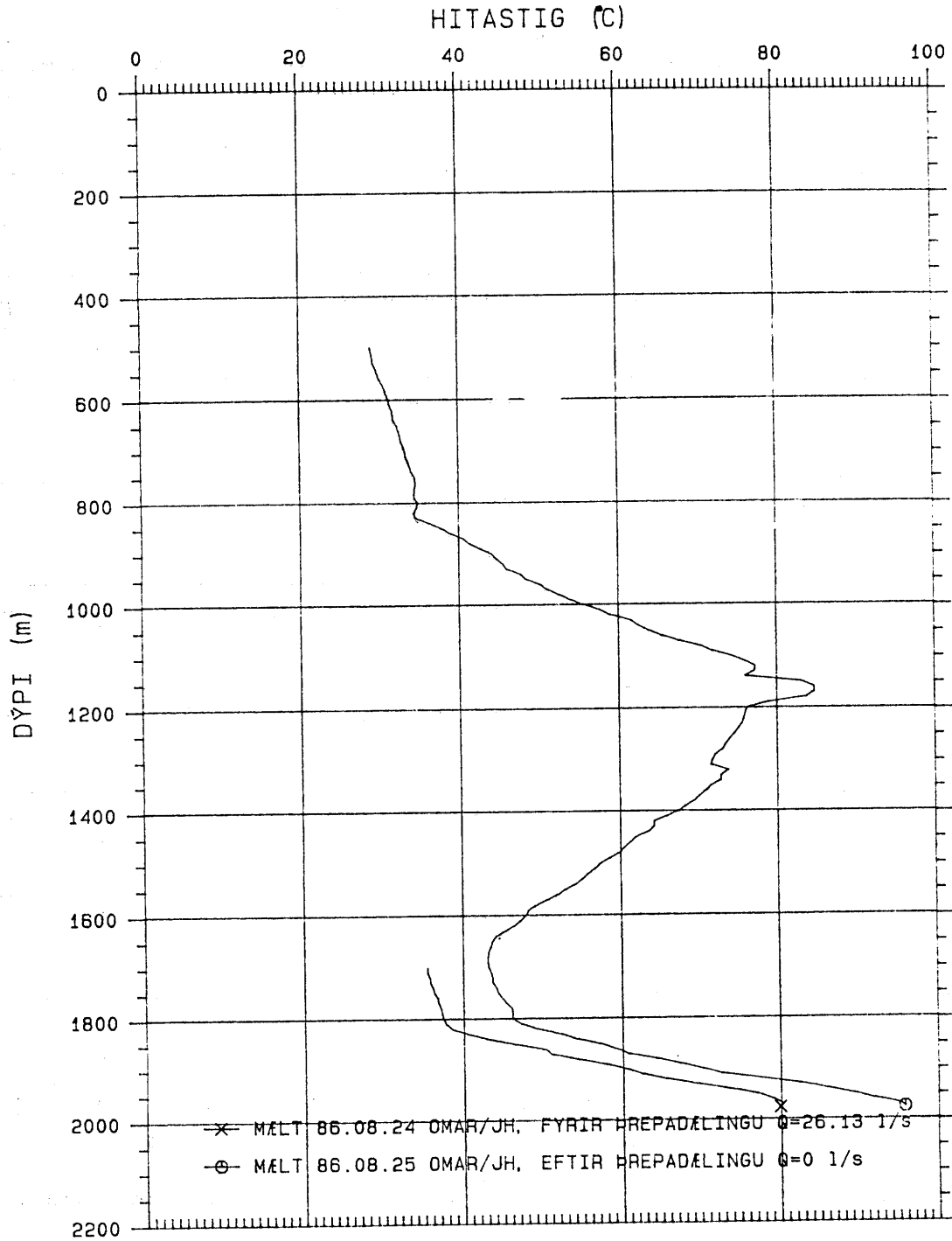
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 ÞRYSTIMÆLINGAR



Mynd 13 Þrystimælingar við þrepaðælingu

JHD-BM-8715. OS
86.09.0688. T

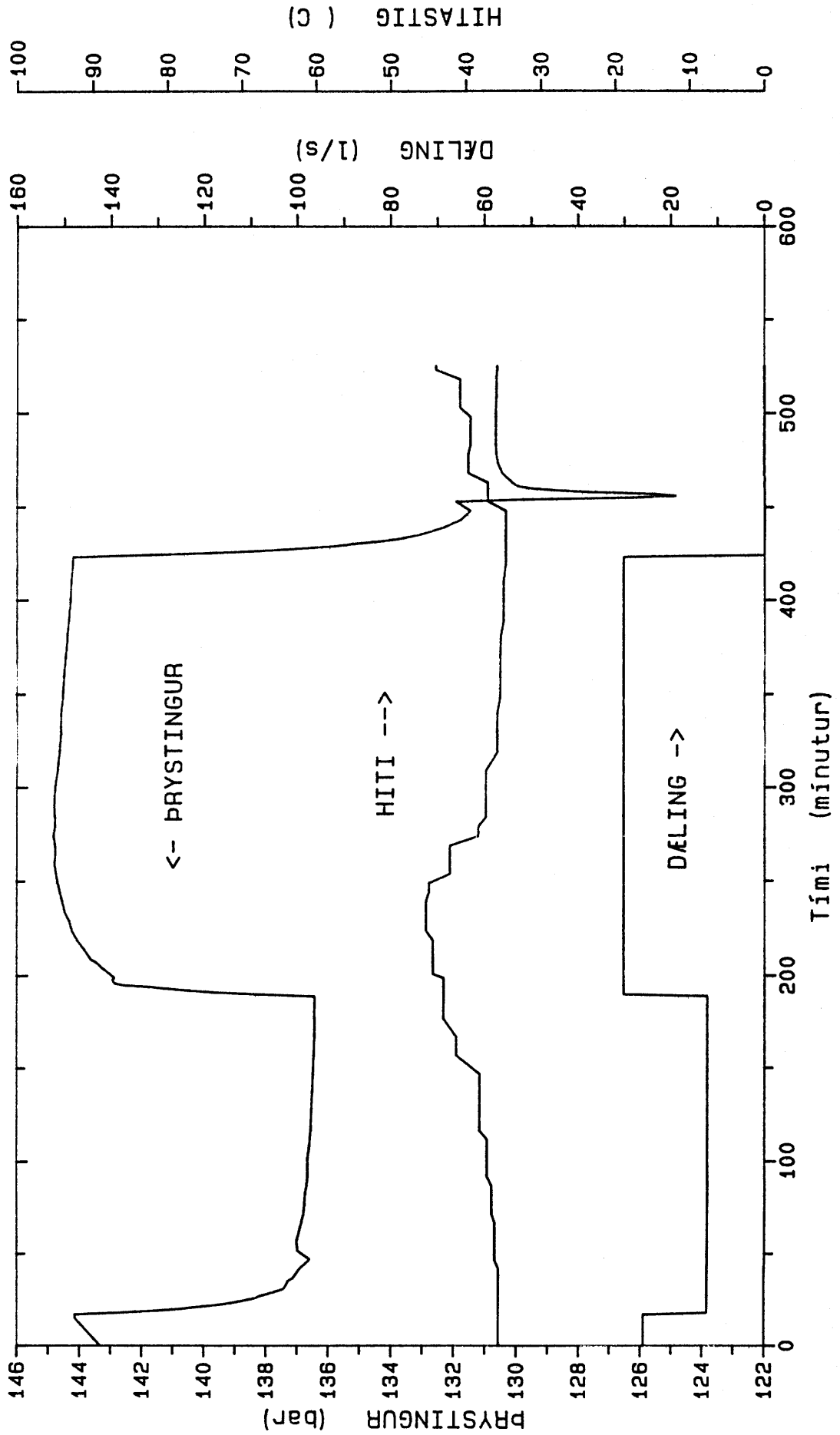
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR



Mynd 14 Hitamælingar við þrepadælingu

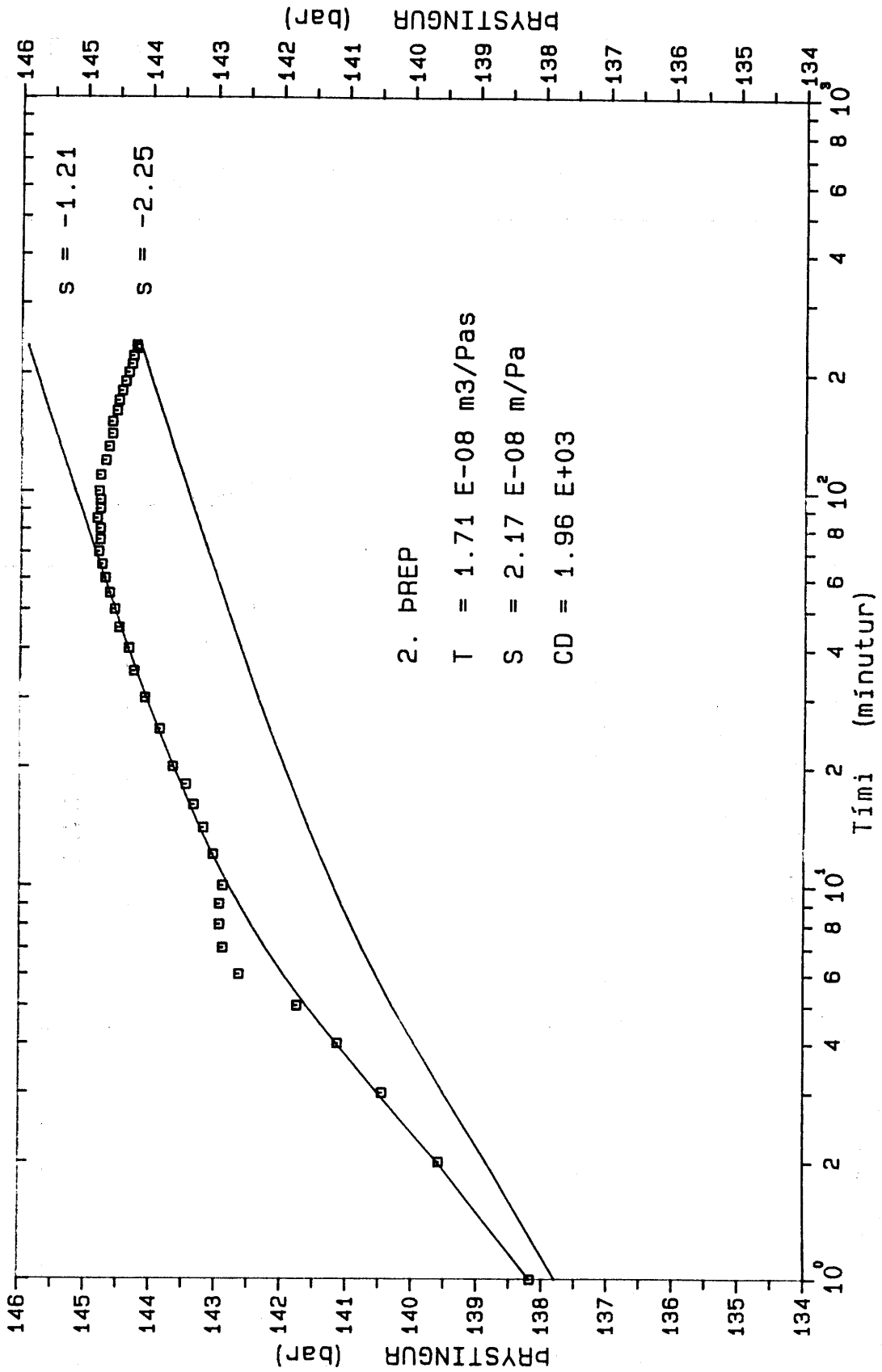
IF JHD-BM-8715-0mar
86.09.069I. T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17
PREPADÆLING



JHD-BM-8715-0mar
86.09.0690. T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 PREPADÆLING



Mynd 16 Mat á vatnsleiðni með hjálp þrepadælingar

VIÐAUKI V-5

Nesjavellir hola NJ-17. 4. áfangi



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr.: 611113

NESJAVELLIR HOLA NJ-17

4. áfangi: Upphitun, upphleyping og blástur

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur
af vinnuhópi JHD, JB og HR

OS-89010/JHD-04 B

Mars 1989

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	4
2. YFIRLIT YFIR TÍMABILID 25. ÁGÚST 1986 - 31. DESEMBER 1988	4
2.1 Mælingar í upphitun	4
3. UPPHLEYPING	5
4. AFL OG AFKÖST	7
5. EFNI Í JARÐHITAVÖKVA.	8
6. ÁHRIF BLÁSTURS NJ-17 Á ÞRÝSTING Í NÆRLIGGJANDI HOLUM. HEIMILDIR	11 12

TÖFLUSKRÁ

1 Yfirlit yfir tímabilið 86.08.25-88.12.31	5
2 Loftdæling á NJ-17 í júlí til september 1987	6
3 Aflmælingar á holu NJ-17	7
4 Efnasamsetning djúpvatns í holu NJ-17	8
5 Efnahiti	9
6 Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting	10
7 Samsetning gass í gufu (%) við 7 bar-a þrýsting	10
8 Hitastig ópalmettunar við hvellsuðu í NJ-17	10

MYNDASKRÁ

1 Vatnsborð í upphitun	13
2 Þrýstimælingar í upphitun	14
3 Hitamælingar í upphitun	15
4 Hitamælingar eftir blástur	16
5 Blásturssaga NJ-17	17
6 Breytingar í styrk efna á blásturstíma	18
7 Efnasamsetning djúpvökva og jafnvægisferlar	21
8 Mettunarferill kalsíts	24
9 Vatnsborðsbreytingar í NJ-12 í september 1987 til október 1988	25
10 Vatnsborðslækkun í NJ-12 vegna blásturs NJ-17 og NJ-18	25
11 Vatnsborðsbreyting í NJ-12 vegna blásturs NJ-17	26
12 Vatnsborðshækkun í NJ-12 vegna lokunar NJ-17	26
13 Samspil vatnsborðs og loftþrýstings	27
14 Vatnsborðshækkun í NJ-12 vegna lokunar NJ-17 á lín-log skala	27
15 Nálgun vatnsborðsbreytinga í NJ-12 með líkanreikningum	28

1. INNGANGUR

Hola NJ-17 er staðsett innst í Kýrdal um 600 m suðvestan við holu NJ-12. Hún var boruð á tímabilinu frá 2. júní til 25. ágúst 1986 (sumarfrí bormanna var frá 12. júlí til 11. ágúst). Borunin tók 46 verkdays. Holan var boruð í 2100 m dýpi og var vinnslufóðring (9 5/8") steipt niður á 763 m dýpi. Raufaður leiðari (7") nær frá 641,3 m niður á 1968,9 m dýpi, þar sem hann stöðvaðist í niðursetningu og gekk ekki neðar.

Frá borun holunnar hefur verið sagt í þremur áfangaskýrslum (sjá heimildir). Þessi skýrsla fjallar um þær athuganir sem gerðar hafa verið eftir að borun lauk til ársloka 1988.

Verkið var unnið í samræmi við rannsóknarsamning milli Hitaveitu Reykjavíkur og Jarðhitadeildar Orkustofnunar. Að verkinu unnu eftirtaldir: Guðjón Guðmundsson, Ómar Sigurðsson, Guðni Guðmundsson, Jósef Hólmjárn, Guðlaugur Hermannsson og Benedikt Steingrímsson frá JHD, Dagbjartur Sigursteinsson frá Jarðborunum H/F og Einar Gunnlaugsson frá HR.

2. YFIRLIT YFIR TÍMABILID 25. ÁGÚST 1986 - 31. DESEMBER 1988

Upphitun holunnar hófst þann 25. ágúst 1986, þegar þrepaðælingu lauk. Fylgst var með upphitun holunnar næstu mánuði og mældir hita- og þrýstiferlar ásamt vatnsborðsstöðu hverju sinni.

Upphitun holunnar var hæg ofan 650 m dýpis og fór hitastig aldrei yfir 100°C ofan 600 m. Þar fyrir neðan hitnaði holan einnig rólega og mældist heitust í upphitun eftir borun 234-235°C á dýptarbilinu 1300-1500 m.

Vatnsborð holunnar stóð mjög neðarlega. Við lok þrepaðælingarinnar, þegar dælingu var hætt, féll það og náði jafnvægi á 339 m dýpi. "Ótruflað" vatnsborð mældist síðan hæst í upphitun eftir borun á rúmlega 226 m

dýpi í júní 1987.

Upphleyping holu NJ-17 var undirbúin í júlí til september 1987 og holan loks dregin í blástur þann 23. september 1987. Blástursprófunin stóð fram til 18. desember 1987 þegar holunni var lokað. Toppþrýstingur hækkaði lítills háttar við lokunina, en féll síðan hratt og var holan orðin þrýstingslaus rúmum sólarhring eftir lokun. Hefur hún staðið þannig síðan, en fylgst er með vatnsborði, hita og þrýstingi í holunni líkt og í öðrum Nesjavallaholum, sem standa lokaðar.

Á meðan á blástursprófun NJ-17 stóð var fylgst reglulega með afli holunnar og tekin vökvasýni til efnagreininga. Holan skilar við 7-8 bar mótþrýsting um 40-45 kg/s. Þar sem vermið er aðeins um 1000 kJ/kg samsvarar þetta tæplega 45 MW varmaafli, sem er nokkuð undir meðalafli Nesjavallahola.

Í töflu 1 er að finna yfirlit yfir helstu athuganir, sem gerðar voru á holu NJ-17 á tímabilinu 25. ágúst 1986 til ársloka 1988. Ekki er þar minnst á einstakar aflmælingar, en þær eru birtar í töflu 3 síðar í skýrslunni.

2.1 Mælingar í upphitun

Upphitun holunnar eftir borun stóð frá því að borun og þrepaðælingu lauk klukkan 01:03 aðfararnótt 25. ágúst 1986 fram til 23. september 1987, þegar holan var dregin í gos. Á þessu tímabili voru gerðar fimm hita- og þrjár þrýstimælingar í holunni og vatnsborð mælt fjórum sinnum (tafla 1).

Í þrepaðælingunni við borlok þann 25. ágúst var stöðugt vatnsborð holunnar 339 m og fimm dögum síðar (30. ágúst) við fyrstu hita- og þrýstimælinguna var það á 286 m dýpi. Vatnsborðið steig hægt og mældist það hæst í 226,1 m þann 10. júní 1987 (mynd 1). Þess má geta til samanburðar að vatnsborð í holu NJ-12 stendur rúmum 100 m hærra (124 m). Skýringin á þessum mun í vatnsborði er sú að hitastig við NJ-12 er mun hærra en við NJ-17 og er áþekkur "botnþrýstingur" í þessum holum.

TAFLA 1. Yfirlit yfir tímabilið 86.08.25-88.12.31

Dagsetn.	Tími	Mælingar	Athugasemdir
86.08.25	01:03	Vatnsborð 339 m	Upphitun hefst
86.08.30	21-23	Hiti og þrýstingur	Vatnsborð 286 m
86.09.08	14-15	Hiti	
86.10.02	14-18	Hiti og þrýstingur	Vatnsborð 254,3 m
86.11.21	17-19	Hiti	Vatnsborð 239,3 m
87.06.10		Hiti	Vatnsborð 226,1 m
87.06.11	08-11	Hiti og þrýstingur	
87.09.23	11:50		Hola dregin í gos
87.09.26		Efnasýni	Sýni nr. 87-5226
87.09.30		Efnasýni	Sýni nr. 87-5231
87.10.08		Efnasýni	Sýni nr. 87-5245
87.10.16		Efnasýni	Sýni nr. 87-5254
87.10.30		Efnasýni	Sýni nr. 87-5260
87.11.16		Efnasýni	Sýni nr. 87-5264
87.11.24	14-16	Hiti og þrýstingur	Eftir blástur
87.12.17		Efnasýni	Sýni nr. 87-5289
87.12.18	09:20	Þrýstingur 9,4 bar	Holu lokað. Po = 12 bar
87.12.18	11:35		Po = 6,9 bar
87.12.18	13:40		Po = 5,0 bar
87.12.18	16:30		Po = 3,5 bar
87.12.18	20:45		Po = 2,1 bar
87.12.19	08:20		Po = 0,5 bar
87.12.19	11:50		Po = 0,3 bar
87.12.19	17:45		Po = 0,0 bar
87.12.22	10:55		Vatnsborð 201,35 m
88.05.17	13-17	Hiti og þrýstingur	Vatnsborð 228,2 m
88.11.23	11-15	Hiti og þrýstingur	Vatnsborð 227,0 m

Á mynd 2 eru sýndar þrýstimælingarnar sem gerðar voru í upphitun í holu NJ-17. Þær sýna þrýstjafnvægi á 1600 m dýpi í holunni, þar sem ótruflaður þrýstingur er 123,7 kg/cm². Þar kom fram í hitamælingum við borlok ein af aðalæðum holunnar og stjórnar hún þrýstingi í holunni.

Mynd 3 sýnir hitamælingar, sem gerðar voru meðan á upphitun stóð. Þar sést að holan hitnar mjög hægt ofan 650 m dýpis og virðist berghiti þar innan við 100°C og áþekkur og berghiti á þessu dýpi í holu NJ-12. Heitust mælist holan í upphitun um 234-235°C á 1300-1500 m dýpi. Holan var svo mæld eftir um tveggja mánaða blástur og síðan tvívegis árið 1988 (mynd 4). Síðustu mælingarnar sýna nokkru hærri hita

neðan 1000 m dýpis en mældist í upphitun. Ennþá er þó hæstur hiti á bilinu 1300-1600 m, nú um 245-246°C. Ætla má að þessar mælingar liggi nærri ríkjandi berghita við holu NJ-17. Borið saman við berghita við NJ-12 er hitastig neðan 1000 m dýpis um 50°C lægra við NJ-17 en holu NJ-12.

3. UPPHLEYPING

Hola NJ-17 er eins og fleiri holur á Nesjavöllum tiltölulega köld efstu 600-700 metrana. Til að ná holunni í gos var beitt því ráði sem vel hefur dugað þ.e að draga holur í gos með bullu.

TAFLA 2. Loftdæling á NJ-17 í júlí til september 1987.

Dags.	Tími	Þrýstingur
87.07.06	12:00	Byrjað að dæla lofti.
87.07.07	00:00	20,0 bar
87.07.07	12:00	36,0 bar
87.07.07	18:00	40,0 bar
87.07.09	11:20	39,5 bar
87.07.13	14:55	39,0 bar
87.08.02		35,0 bar
87.08.20	08:30	Lofti hleypt af. Vatnsborð fór í 195 m, en var áður í 226 m.
87.08.20	10:00	Byrjað að dæla lofti.
87.09.02	11:20	28 bar, hleypt af niður í 18 bar.
87.09.02	11:30	Pressa ræst.
87.09.02	18:00	18 bar
87.09.02		21 bar
87.09.02	20:30	26 bar, stöðvað, WKM loka lokað.
87.09.03	09:15	22 bar ofan WKM loka.
87.09.03	09:17	26 bar eftir að WKM loki var opnaður.
87.09.03	09:20	26 bar, pressa ræst.
87.09.03	18:35	34,5 bar
87.09.03	21:00	36,5 bar
87.09.22	11:22	33 bar. Lofti hleypt af og byrjað að að draga holuna í gos.

Undirbúningur að upphleypingu holunnar hófst 6. júlí 1987, með því að lofti var dælt á holuna. Tafla 2 sýnir breytingar á þrýstingi meðan á þessari aðgerð stóð.

Holan stóð með 30-40 bar loftþrýstingi í hálfan annan mánuð eða til 20. ágúst, en þá var loftinu hleypt af holunni. Vatnsborð fór þá í 195 m en hafði áður verið á um 226 m dýpi. Strax var hafist handa við að dæla lofti aftur á holuna og stóð holan með rúmlega 30 bar þrýstingi til 22. september þegar uppdráttur hófst. Í byrjun gekk uppdráttur vel enda þótt sækja þyrfti "vatnið" niður á um 190 m dýpi. Farnar voru 10 ferðir og kom upp vatn í hverri ferð. Var það orðið snarpheitt, þegar hætta þurfti vegna þess að togvírinn trosnaði. Enn var lofti dælt á holuna á meðan vírinn var stytur um 40 m og hafist handa að nýju næsta dag um kl 10:30. Voru þá dregnar upp 33 ferðir áður en holan kom í blástur. Var aðgerðinni lokið kl 11:50. Samtals voru ferðirnar því 44 á þessum tveimur dögum. Ef gert er ráð fyrir að

um 10 m vatnssúlu sé dælt í hverri ferð samsvavar þetta um 440 m vatnssúlu.

4. AFL OG AFKÖST

Hola NJ-17 blés stöðugt frá 23. september til 18. desember 1987 að undanskildum mjög stuttum stoppum til að skipta um blendur og til hita- og þrýstimælinga í holunni. Allan tímann blés holan í gegnum 161 mm stút. Við legglökan var fyrst 150 mm blenda, en síðar 125 mm og 100 mm blendur. Aflmælingar á holunni eru sýndar í töflu 3 og blásturssagan sýnd á mynd 5. Heildarrensli holunnar var um 45 kg/s við um 7 bar holutoppsþrýsting, en minnkaði þegar holutoppsþrýstingur hækkaði með þrengri blendum við legglökann. Vermis holunnar var nærri 1000 kJ/kg allan tímann. Í varmaafli gefur þessi hola um 40-45 MWt við 7-8 bar holutoppsþrýsting.

TAFLA 3. Aflmælingar á holu NJ-17.

Dags.	Kl	Þver- mál stúts.	Po	Pc	Vatns- rennsli	Vermi H	Heild. rennsli Q	Gufa við 1 bar abs.	Gufa við 7 bar abs.	Afl	Athugasemd.	
		mm.	bar	bar	cm	kg/s	kg/s	kg/s	kg/s	MWt		
870924	1430 sj	161,0	6,8	1,30	23,9	36,85	892	46,6	9,8	4,5	42	
870924	2210 sj	161,0	6,8	1,33	23,9	36,85	899	46,8	9,9	4,6	42	150 mm
870925	0900 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	blenda
870925	2120 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870926	1020 sj	161,0	6,8	1,30	23,9	36,85	892	46,6	9,8	4,5	42	
870926	1600 eg	161,0	7,4	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
870926	2100 sj	161,0	6,6	1,34	23,8	36,47	907	46,5	10,1	4,8	42	
870927	1010 sj	161,0	6,5	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
870927	1935 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870928	1010 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870928	2100 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870929	0920 sj	161,0	6,8	1,35	23,9	36,85	903	46,9	10,1	4,8	42	
870929	2140 sj	161,0	6,9	1,35	24,1	37,62	892	47,6	10,0	4,6	42	
870930	1100 eg	161,0	7,4	1,47	23,8	36,47	936	47,3	10,8	5,5	44	
871001	2200	161,0	6,9	1,35	23,7	36,08	915	46,2	10,2	5,0	42	
871002	2030	161,0	6,8	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
871003	1905	161,0	6,8	1,35	24,0	37,23	897	47,2	10,0	4,7	42	
871005	2253	161,0	6,9	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
871006	2130	161,0	6,9	1,40	23,9	36,85	915	47,2	10,4	5,0	43	
871007	1555	161,0	6,9	1,35	23,8	36,47	909	46,6	10,1	4,9	42	
871008	1400 eg	161,0	7,2	1,50	23,6	35,71	955	46,8	11,1	5,9	45	
871009	1150	161,0	7,0	1,39	23,7	36,08	924	46,5	10,4	5,2	43	
871010	1025	161,0	7,0	1,40	23,6	35,71	932	46,2	10,5	5,3	43	
871011	1020	161,0	7,1	1,30	23,4	34,96	921	45,0	10,0	4,9	41	
871012	1126	161,0	7,1	1,42	23,7	36,08	931	46,7	10,6	5,4	43	
871013	1635	161,0	7,1	1,39	23,8	36,47	918	46,8	10,4	5,1	43	
871014	1625	161,0	7,1	1,68	23,8	36,47	981	48,6	12,1	6,8	48	
871016	1400 eg	161,0	7,6	1,50	23,6	35,71	955	46,8	11,1	5,9	45	
871018	1255 sp	161,0	7,2	1,35	23,1	33,85	951	44,3	10,5	5,5	42	
871022	2200	161,0	7,2	1,82	23,8	36,47	1010	49,4	12,9	7,6	50	
871025	0000 sj	161,0	6,9	1,49	23,4	34,96	965	46,1	11,2	6,0	44	
871030	1100 eg	161,0	6,8	1,20	23,3	34,59	903	44,0	9,5	4,5	40	
871031	1655 sp	161,0	7,4	1,40	23,2	34,22	957	44,9	10,7	5,7	43	
871108	1335 sj	161,0	6,9	1,40	24,0	37,23	909	47,6	10,3	4,9	43	
871115	1410 jk	161,0	6,9	1,45	23,3	34,59	962	45,5	11,0	5,9	44	
871116	1400 eg	161,0	7,2	1,58	23,2	34,22	997	46,0	11,8	6,8	46	
871122	1440 sj	161,0	6,7	1,45	22,9	33,13	987	44,3	11,1	6,3	44	
871126	1745 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	125 mm
871127	1720 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	blenda
871128	1420 jk	161,0	7,8	1,30	22,9	33,13	952	43,4	10,2	5,4	41	
871129	1405 jk	161,0	7,9	1,25	22,7	32,41	952	42,4	10,0	5,3	40	
871201	1445 jk	161,0	7,8	1,25	22,9	33,13	940	43,1	9,9	5,1	40	
871206	1400 sj	161,0	7,6	1,20	22,3	31,01	966	40,9	9,9	5,4	40	
871208	1700 jk	161,0	9,2	0,80	21,0	26,70	941	34,7	8,0	4,1	33	100 mm
871208	1735 jk	161,0	9,2	0,85	21,0	26,70	956	35,0	8,3	4,4	33	blenda
871211	1100 jk	161,0	9,3	0,80	21,2	27,34	927	35,3	7,9	4,0	33	
871211	1415 jk	161,0	9,3	0,80	20,9	26,38	948	34,5	8,1	4,2	33	

TAFLA 4. Efnasamsetning djúpvatns í holu NJ-17. Miðað er við 250°C og reiknað vermi (1084 kJ/kg).

Sýni	87-5226	87-5231	87-5245	87-5254	87-5260	87-5264	87-5289
Dags.	870926	870930	871008	871016	871030	871116	871217
SiO ₂	504,8	589,0	505,1	432,3	447,4	461,7	407,8
Na	123,4	124,1	129,6	132,0	134,7	134,5	125,5
K	17,5	17,6	18,7	18,6	19,8	19,8	17,0
Ca	0,72	0,97	0,49	0,49	0,40	0,49	0,53
Mg	0,018	0,049	0,002	0,006	0,002	0,013	0,017
SO ₄	13,7	14,5	12,2	12,6	21,1	9,6	14,7
Cl	16,3	3,7	16,8	10,2	13,4	12,7	
F	0,76	0,65	0,72	0,92	0,95	0,92	0,83
CO ₂	465,4	547,6	449,5	474,8	390,5	320,8	448,2
H ₂ S	109,3	133,2	123,8	127,1	88,7	87,4	151,8
H ₂	1,15	1,47	0,88	1,16	0,38	0,64	2,49
O ₂	0,85	0,27	0,20	0,09	0,02	0,23	0,89
CH ₄	4,35	6,76	11,1	3,74	1,48	1,41	4,33
N ₂	112,1	143,7	313,7	76,0	25,8	25,9	67,88

5. EFNI Í JARÐHITAVÖKVA.

Á blásturstímanum voru tekin 7 sýni til efnagreininga. Reiknuð efnasamsetning djúpvatns er sýnd í töflu 4. Er þá gert ráð fyrir 250°C djúphita og samsvarandi vermi. Tafla 5 sýnir útreiknaðan efnahita miðað við styrk kísils, natríum og kalíum og styrk gastegunda. Efnahiti miðað við kísil og alkálímálma gefur um 250°C hita, svipað og áætlaðan berghita, en gastegundirnar gefa lægri hita. Lágur hiti reiknaður út frá styrk gastegunda getur bent til þess að gufa hafi tapast, þ.e. að um soðið djúpvatn sé að ræða.

Á myndum 6a-6f er sýndar breytingar í styrk nokkurra efna á blásturstímanum. Styrkur nokkurra efna fer lækkandi með tíma, svo sem köfnunarefnis, kolsýru og metans. Lækkun á styrk köfnunarefnis með tíma stafar trúlega af minnkandi áhrifum skolvatns. Styrkur natríums og kalíums eykst heldur með tíma, nema í síðasta sýninu, en hlutfall þessara efna er nokkuð svipað og gefur það nánast sama alkálíhita allan tímann.

Á myndum 7a-7c er efnasamsetning djúpvökvans borin saman við "jafnvægisferla"

sem fengnir eru fram við að skoða valin sýni af jarðhitasvæðum, þar sem aðeins er ein vatnsæð og vel þekkt hitastig. Í ljós kemur að vatnið í holu NJ-17 er mjög nærri jafnvægi fyrir flest aðalefni, ef undan eru skilin sýrumólíkúlin H₂CO₃ og H₂SO₄. Það má því ætla að vatnið sé í nokkuð góðu efnajafnvægi við áætlaðan berghita holunnar.

Gas í gufu í holu NJ-17 er að meðaltali 0.32% af þunga miðað við 7 bar-a þrýsting (tafla 6). Samsetning gassins er sýnd í töflu 7. Kolsýra og brennisteinsvetni eru 80-90% af gösunum. Styrkur vetnis er tiltölulega lágur og styrkur metan og argon tiltölulega hár, svipað og í öðrum lágvermiholum á Nesjavöllum.

Útreikningar benda til að vatn í holunni sé nærri mettunarferli kalsíts við áætlaðan berghita (mynd 8). Útreikningar benda og til að ópalmettun sé náð við 130 til 150°C eða 2,7 til 5,1 bar (tafla 8). Það er því ekki ráðlegt að reka holuna við lægri þrýsting en 5 bar-a.

TAFLA 5. Efnahiti.

Sýni	TSiO ₂ A	TSiO ₂ B	TSiO ₂ C	TNaK D	TNaK E	TCO ₂ F	TH ₂ S G	TH ₂ H	TCO ₂ /H ₂ I
87-5226	253	278	251	249	245	210	218	230	249
87-5231	250	274	247	249	244	219	227	235	250
87-5245	253	278	251	251	246	212	223	226	241
87-5254	240	259	235	248	244	215	224	231	246
87-5260	243	263	238	252	248	200	200	212	222
87-5264	245	267	241	253	248	197	203	221	241
87-5289	236	251	229	245	241	209	229	247	278

A) $t(^{\circ}\text{C}) = 1498 / (5,70 - \log(\text{SiO}_2)) - 273,15$ (180-300°C). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur efna í mg/kg.

B) $t(^{\circ}\text{C}) = 39,536 + 0,58127(\text{SiO}_2) - 6,1713 \cdot 10^{(-4)}(\text{SiO}_2)^2 + 3,7499 \cdot 10^{(-7)}(\text{SiO}_2)^3 + 19,985 \log(\text{SiO}_2)$ (180-340°C). Ragnarsdóttir og Walter (1983). Styrkur SiO₂ í mg/kg.

C) $t(^{\circ}\text{C}) = -42,198 + 0,28831(\text{SiO}_2) - 3,6686 \cdot 10^{(-4)} \cdot (\text{SiO}_2)^2 + 3,1665 \cdot 10^{(-7)} \cdot (\text{SiO}_2)^3 + 74,034 \cdot \log(\text{SiO}_2)$ (0-330°C). Fournier og Potter (1982). Styrkur efna í mg/kg.

D) $t(^{\circ}\text{C}) = 1217 / (\log \text{Na/K} + 1,483) - 273,15$ (100-300°C) Fournier (1979). Styrkur Na og K í mg/kg.

E) $t(^{\circ}\text{C}) = 1319 / (1,699 + \log \text{Na/K}) - 273,15$ (250-350°C). Arnórsson o.fl. (1983). Styrkur efna í mg/kg.

F) $t(^{\circ}\text{C}) = -44,1 + 269,25Q - 76,88Q^2 + 9,52Q^3$. Þar sem $Q = \log \text{CO}_2$ (mmole/kg). Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).

G) $t(^{\circ}\text{C}) = 173,2 + 65,04 \log \text{H}_2\text{S}$. Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).

H) $t(^{\circ}\text{C}) = 212,2 + 38,59 \log \text{H}_2$. Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).

I) $t(^{\circ}\text{C}) = 311,7 - 66,72 \log(\text{CO}_2/\text{H}_2)$. Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).

TAFLA 6. Gas í gufu við 7 bar-a þrýsting.

Sýni	Dags.	Gas í gufu (þyngdar %)
87-5226	87-09-26	0,33
87-5231	87-09-30	0,41
87-5245	87-10-08	0,44
87-5254	87-10-16	0,33
87-5260	87-10-30	0,23
87-5264	87-11-16	0,19
87-5289	87-12-17	0,30

TAFLA 7. Samsetning gass í gufu (%) við 7 bar-a þrýsting.

Sýni	CO ₂	H ₂ S	H ₂	O ₂	CH ₄	N ₂	AR
87-5226	70,92	10,29	0,18	0,13	0,67	17,43	0,38
87-5231	68,68	11,12	0,19	0,03	0,87	18,62	0,49
87-5245	51,14	8,48	0,10	0,02	1,33	37,94	0,98
87-5254	74,66	11,88	0,19	0,01	0,61	12,39	0,26
87-5260	85,66	8,05	0,08	0,00	0,33	5,74	0,14
87-5264	82,42	9,30	0,18	0,07	0,41	7,48	0,13
87-5289	68,42	15,14	0,54	0,00	0,94	14,78	0,19

TAFLA 8. Hitastig ópalmettunar við hvelsuðu í NJ-17.

Sýni	Ps (bar-a)	Hitastig ópalmettunar	P(ópal) bar-a
87-5226	6,2	153	5,1
87-5231	6,4	150	4,7
87-5245	6,7	153	5,1
87-5254	6,7	138	3,4
87-5260	6,2	141	3,7
87-5264	6,9	144	4,0
87-5189	9,3	131	2,7

6. ÁHRIF BLÁSTURS NJ-17 Á PRÝSTING Í NÆRLIGGJANDI HOLUM.

Hola NJ-17 fór í blástur 23. september 1987 um kl 11:50. Skömmu síðar tók vatnsborð í holu NJ-12 að lækka örar, en það var lækkaði fyrir vegna blásturs holu NJ-18, sem byrjaði að blása 11. september 1987. Mynd 9 sýnir vatnsborðsbreytingarnar sem urðu í holu NJ-12 á tímabilinu september 1987 til október 1988, en hola NJ-12 er í um 601 m fjarlægð norðaustur af holu NJ-17 og um 2245 m suðvestur af holu NJ-18. Mynd 10 sýnir betur vatnsborðslækkunina í holu NJ-12 þegar 6 holur NJ-17 og NJ-18 blésu samtímis. Á því tímabili lækkaði vatnsborð í holu NJ-12 um rúma 13 m, þannig að áhrifa blásturs hola NJ-17 og NJ-18 gætir sterklaga í prýstingi í jarðhitakerfinu vestan Kýrdalshryggjar. Efstu 700 m vatnssúlunnar í holu NJ-12 kólnuðu líklega á þessu tímabili um tæpar 4°C að jafnaði. Þessi kæling getur valdið um 1-2 m vatnsborðslækkun, þannig að raunlækkun vatnsborðs í NJ-12 vegna blásturs hola NJ-17 og NJ-18 eru rúmir 11-12 m. Einnig sést á mynd 10 að vatnsborð í NJ-12 er byrjað að hækka aftur undir lok þessa tímabils, en þá er rennsli farið að minnka úr holu NJ-17 vegna þrengri blendna eða úr um 46,6 kg/s í 34,5 kg/s.

Þegar vatnsborðsbreytingin í holu NJ-12 er athuguð betur fyrir þann tíma sem hola NJ-17 blés, kemur í ljós að vatnsborðið lækkar nokkurnveginn línulega með kvaðratróttinni af tíma (mynd 11). Þannig hegðun er almennt túlkuð þannig að holur NJ-12 og NJ-17 liggi á afmarkaðri spildu sem líkist rennu (línuleg rás) eða að sprunga tengi holurnar saman. Þessi skýring fellur einnig vel að því sem vitað er um jarðfræði þess svæðis þar sem holurnar eru staðsettar.

Lokað var fyrir blástur úr holu NJ-17 þann 18. desember 1987 um kl 9:20. Fljótlega eftir lokun holu NJ-17 fer vatnsborð holu NJ-12 að hækka og er það hækkandi næstu tvo mánuði, en þá tekur það að lækka aftur vegna blásturs holu NJ-18. Vatnsborðs-

hækkunin í holu NJ-12 frá lokun holu NJ-17 og fram í byrjun maí 1988 þegar holu NJ-18 var lokað er sýnd á mynd 12. Eins og sjá má á mynd 12 eru töluverðar óreglulegar sveiflur á vatnsborðinu. Vatnsborð í holu NJ-12 fyrir mánuðina febrúar - apríl 1988 er því sýnt betur á mynd 13 ásamt breytingum á loftprýstingi eins og hann var mældur á Veðurstofunni í Reykjavík á sama tíma. Áhrif loftprýstibreytinga á vatnsborð í holu eru þannig að hækki loftprýstingur þá lækkar vatnsborðið og öfugt. Þannig má sjá á mynd 13 að sterk fylgni er milli breytinga á loftprýstingi og þessara óreglulegu breytinga á vatnsborðinu. Á mynd 13 er einnig búið að teikna inn leiðrétt vatnsborð, en þá er búið að reikna út fylgnistuðullinn (barometric efficiency) milli vatnsborðs- og loftprýstingsbreytinga og síá áhrif loftprýstingsbreytinganna frá. Fylgnistuðullinn reyndist vera um $BE = 0,85$, en hann getur legið á bilinu 0-1. Þetta hár fylgnistuðull bendir til að jarðhitakerfið sé lokað að ofan með þakbergi, þ.e. ofan á jarðhitakerfinu eru tiltölulega þykk og þétt jarðlög sem hindra rennsli grunnvatns niður í jarðhitakerfið.

Þegar litið er frekar á vatnsborðshækkunina í holu NJ-12 vegna lokunar holu NJ-17, kemur í ljós að á því tímabili sem vatnsborð er hækkandi, þá hækkar það nærri línulega með logarithmanum af tíma (mynd 14). Þannig hegðun bendir almennt til víðáttumikils vatnskerfis sem er að nokkru leyti andstætt við hegðun vatnsborðsins meðan hola NJ-17 var í blæstri. Blástur og lokun holu NJ-17 valda þannig mismunandi prýstingsviðbrögðum í jarðhitakerfinu sem liggur umhverfis og milli hola NJ-12 og NJ-17. Vatnsleiðni á þessu svæði er því stefnuháð og er mest í stefnu frá holu NJ-17 að holu NJ-12 eða nokkurn veginn samsíða ríkjandi sprungustefnu á svæðinu. Blástur holu NJ-17 veldur því tiltölulega örum niðurdrætti í jarðhitakerfinu sem breiðist mest út samsíða sprungustefnunni. Þegar lokað er fyrir blásturinn safnast vatn í niðurdráttarkeiluna af víðáttumeira svæði, líka úr áttum þvert á sprungustefnuna þó rennsli úr þeim áttum sé mun tregara.

Í skýrslu um borholujarðfræði og vatnsgengd í jarðhitakerfinu (Hjalti Franzson, 1988) eru færðar líkur að tilvist misgengis milli hola NJ-12 og NJ-17 með mun norðlægari stefnu, en er ríkjandi sprungustefna nú á yfirborði. Misgengið er talið vera nokkrum tugum metra vestan við holu NJ-12 og stefna rúmum 100 m vestan við holu NG-8, þannig að það skerst undir um 30° horni á Kýrdalshrygg og sprungusveiminn þar fyrir vestan. Virkni þessa misgengis í vatnsgengd jarðhitakerfisins fyrir vestan Kýrdalshrygg getur hugsanlega haft áhrif á að þrýstiáhrifin vegna blásturs og lokunar holu NJ-17 berast með mismunandi hætti í jarðhitakerfinu að holu NJ-12.

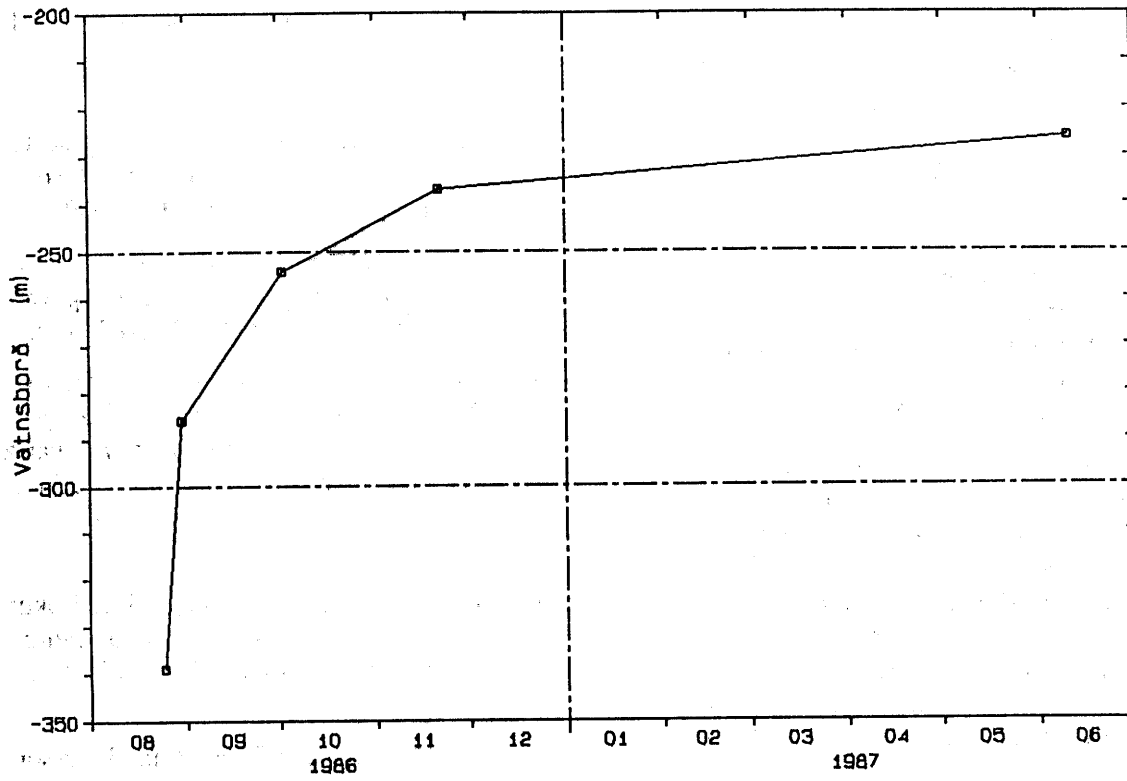
Reynt hefur verið að nálga vatnsborðsbreytingarnar sem mælast í holu NJ-12, vegna áhrifa frá vinnslu hola NJ-17 og NJ-18, með fræðilegu líkani sem gerir ráð fyrir víðáttumiklu vatnskerfi. Fyrst og fremst var reynt að nálga vatnsborðsbreytingarnar eftir lokun holu NJ-17 og eru niðurstöður líkansins sýndar á mynd 15. Líkanið bendir til að meðalvatnsleiðni á svæðinu milli hola NJ-12 og NJ-17 og reyndar líka á svæðinu milli hola NJ-12 og NJ-18 sé um $2,9 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{Pas}$. Þetta er um 4-5 sinnum hærri vatnsleiðni en fæst út frá prófunum í holunum sjálfum á þessu svæði. Við sambærilega athugun á þrýstiáhrifum milli hola NG-10 og NJ-15 á Nesjavöllum (Ómar Sigurðsson 1987) fékkst vatnsleiðnin milli holanna allt að tífalt hærri en í næsta umhverfi við þær. Síðari athuganir (Hjalti Franzson 1988) hafa bent til að misgengi leiði þrýstiáhrifin milli þessara hola. Vatnsrýmd metur líkanið sem $3,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pa}$ sem er sambærilegt og fæst út frá öðrum prófunum í holunum sjálfum.

HEIMILDIR

- Fournier, R.O., 1979: A revised equation for Na/K geothermometer. Geothermal Resources Council Transactions, 3: 221-224.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W., 1983: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geothermal Resources Council Bulletin, Nov. 1982: 3-9.
- Hjalti Franzson, 1988: Nesjavellir. Borholujarðfræði, vatnsgengd í jarðhitageymi. Orkustofnun, OS-88046/JHD-09, 58 s.
- Kristín Vala Ragnarsdóttir and Walter, J.B., 1983: Pressure sensitive "silica geothermometer" determined from quartz solubility experiments at 250°C. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 941-946.
- Ómar Sigurðsson, 1987: Nesjavellir. Lokun hola 7, 10, 12, 14 og þrýstijöfnun þeirra. Orkustofnun, OS-87010/JHD-09 B, 117 s.
- Stefán Arnórsson and Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta, 49: 1307-1325.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson and Hörður Svavarsson, 1983b: The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 567-577.
- Vinnuhópur JHD/JB, 1986: Nesjavellir, hola NJ-17, 1. áfangi. Borun fyrir 13 3/8" öryggisfóðringu frá 69 m í 271 m. Orkustofnun, OS-86043/JHD-14 B.
- Vinnuhópur JHD/JB, 1986: Nesjavellir, hola NJ-17, 2. áfangi. Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 271 m í 773 m. Orkustofnun, OS-86049/JHD-16 B.
- Vinnuhópur JHD/JB, 1986: Nesjavellir, hola NJ-17, 3. áfangi. Borun vinnsluhluta holunnar frá 773 í 2100 m. Orkustofnun, OS-86-54/JHD-18 B.

JHD-BM-8715-GjG
88.10. T

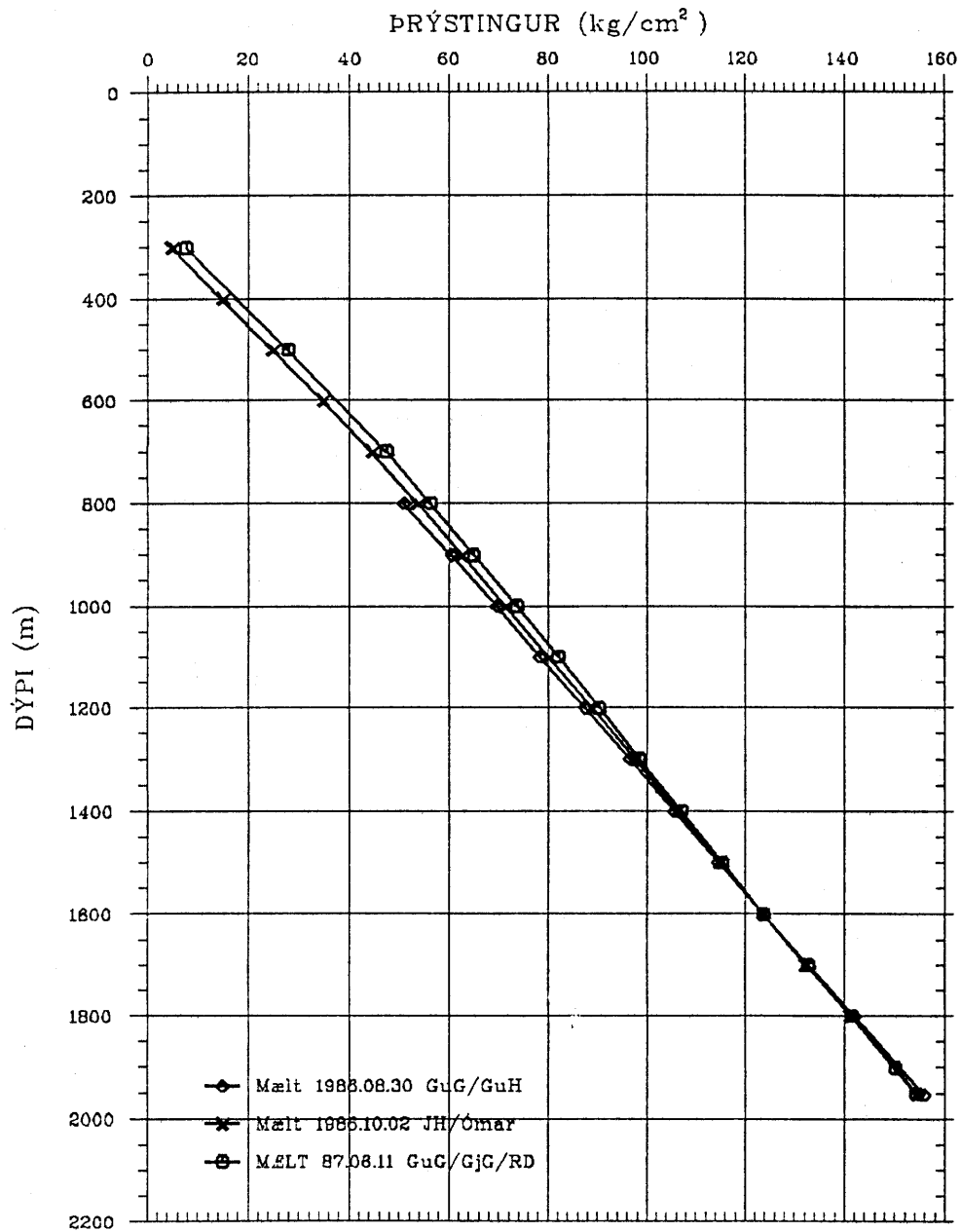
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 VATNSBORÐ I UPPHITUN



MYND 1 Vatnsborð í upphitun

JHD-BM-8715 GuH
89.03.0123 T

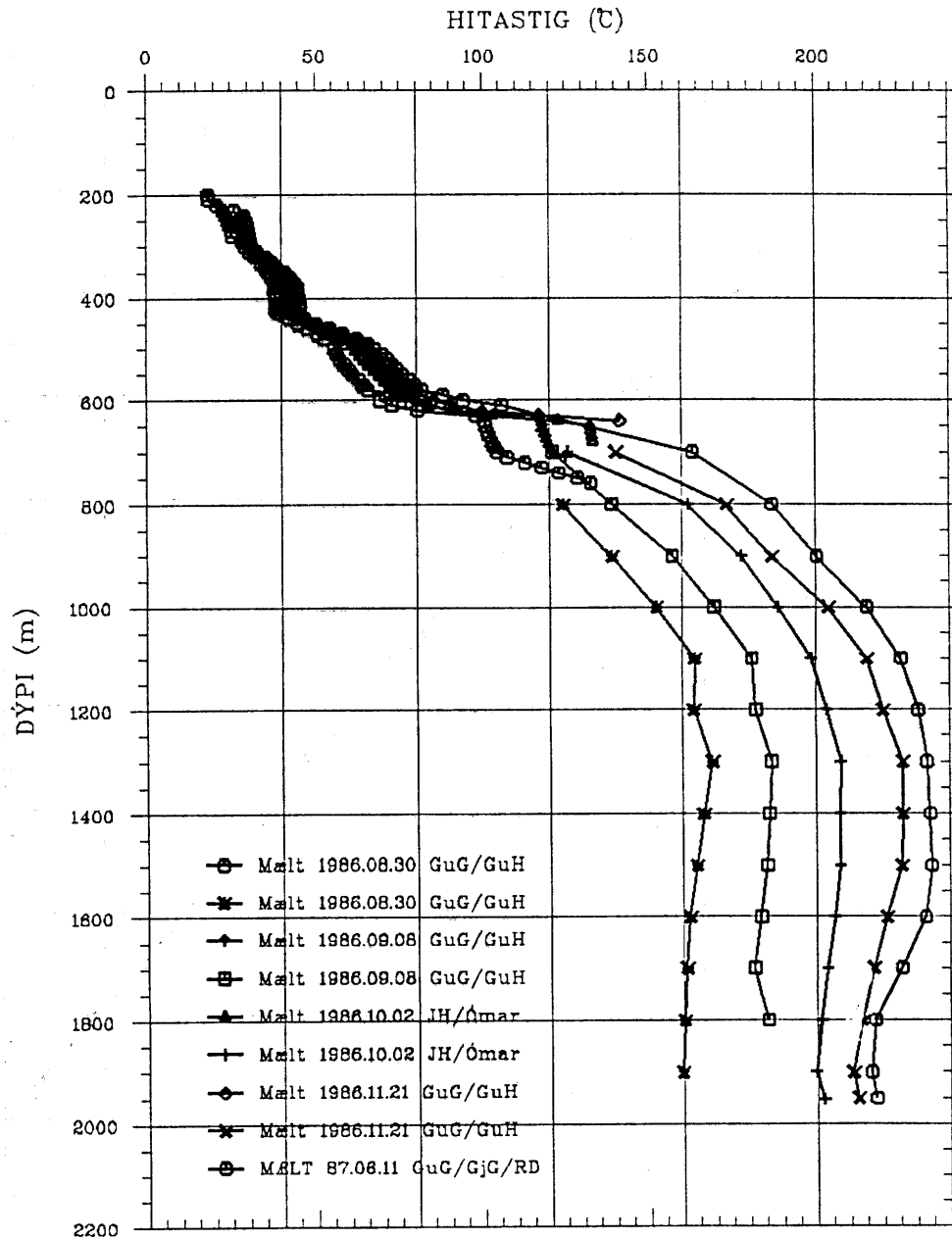
NESSJAVELLIR HOLA NJ-17 ÞRÝSTIMÆLINGAR Í UPPHITUN



MYND 2 Þrýstimælingar í upphitun

JHD-BM-8715 GuH
89.03.0124 T

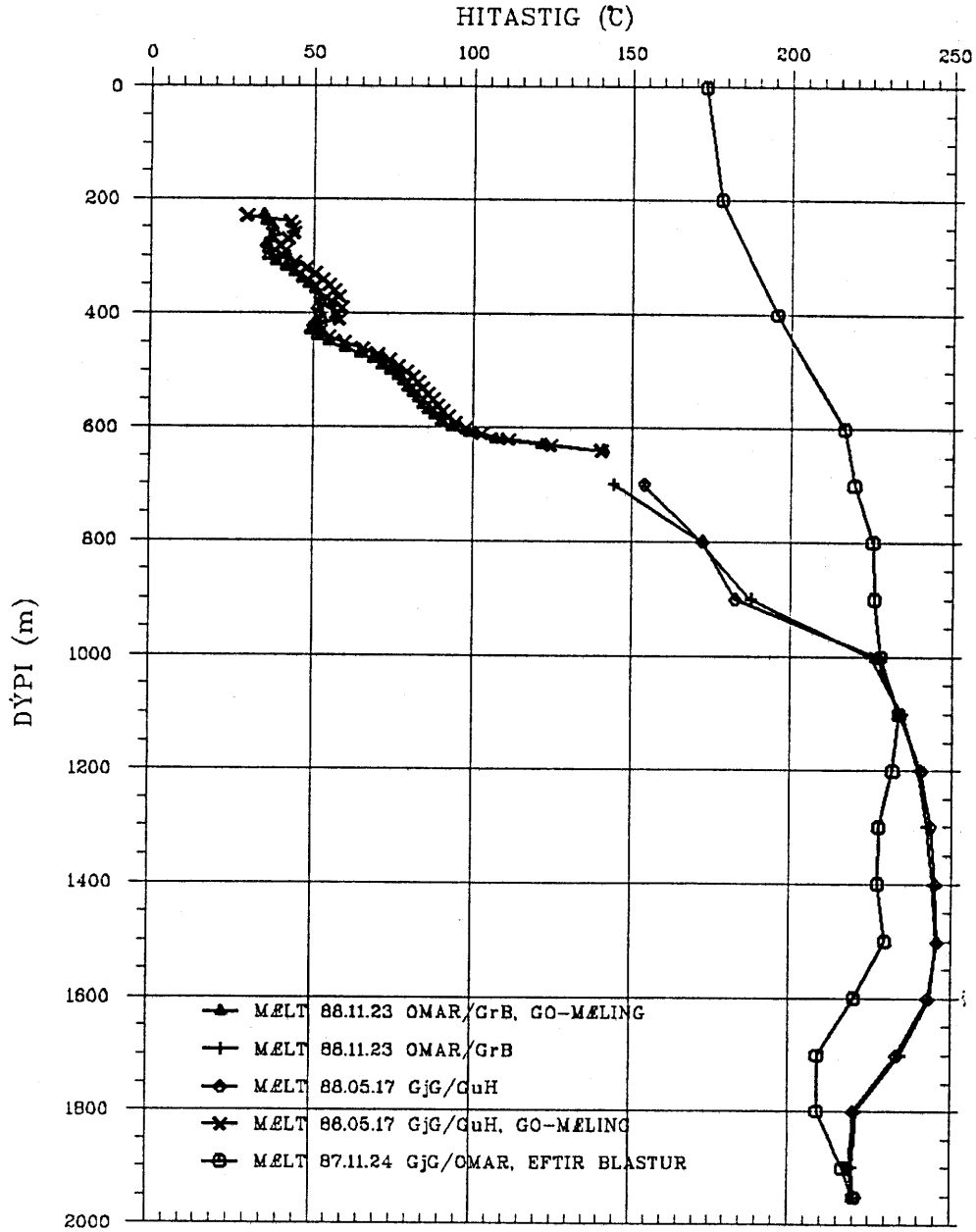
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR Í UPPHITUN



MYND 3 Hitamælingar í upphitun

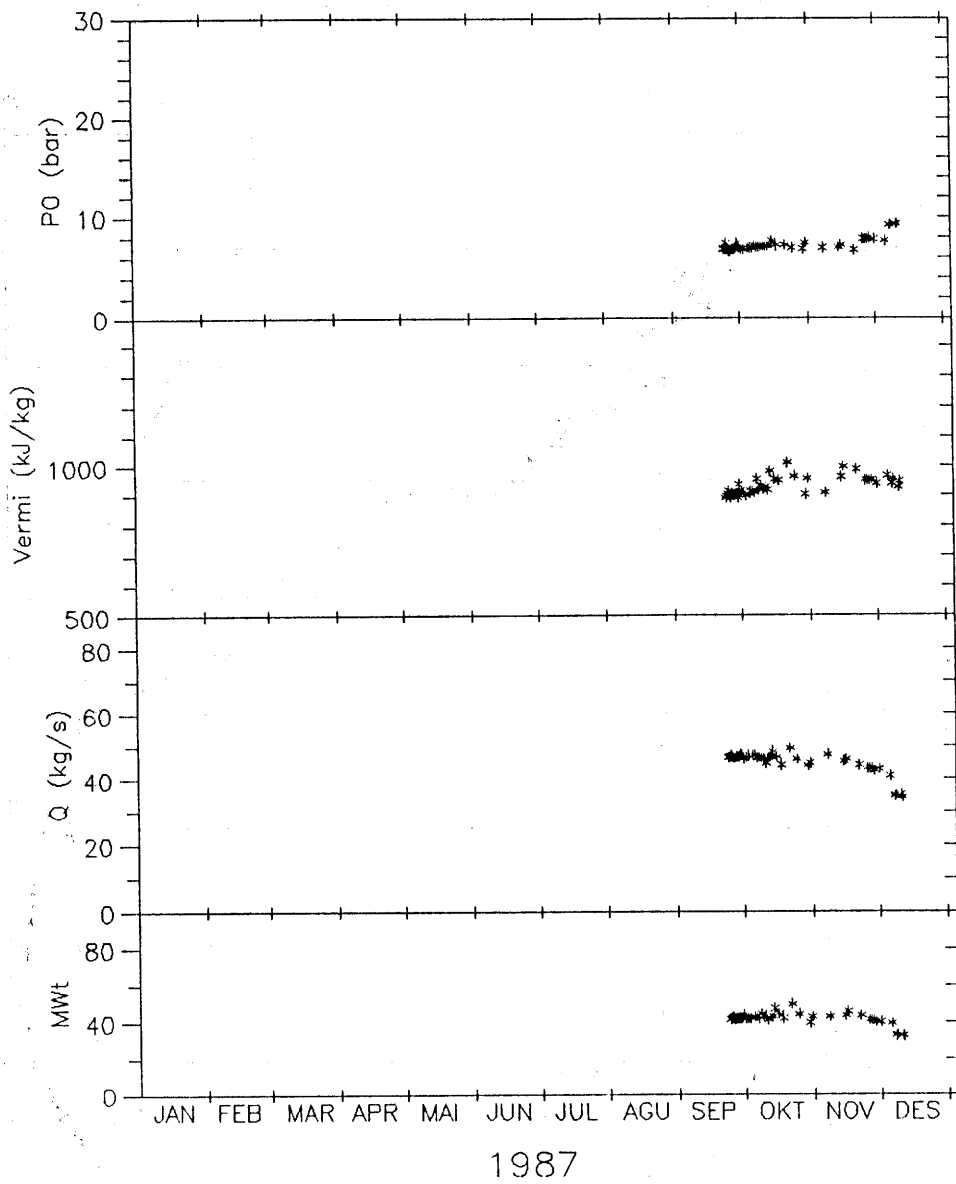
JHD-BM-8715 GuH
88.06.0351 T

NESJAVELLIR HOLA NJ-17 HITAMÆLINGAR EFTIR BLÁSTUR



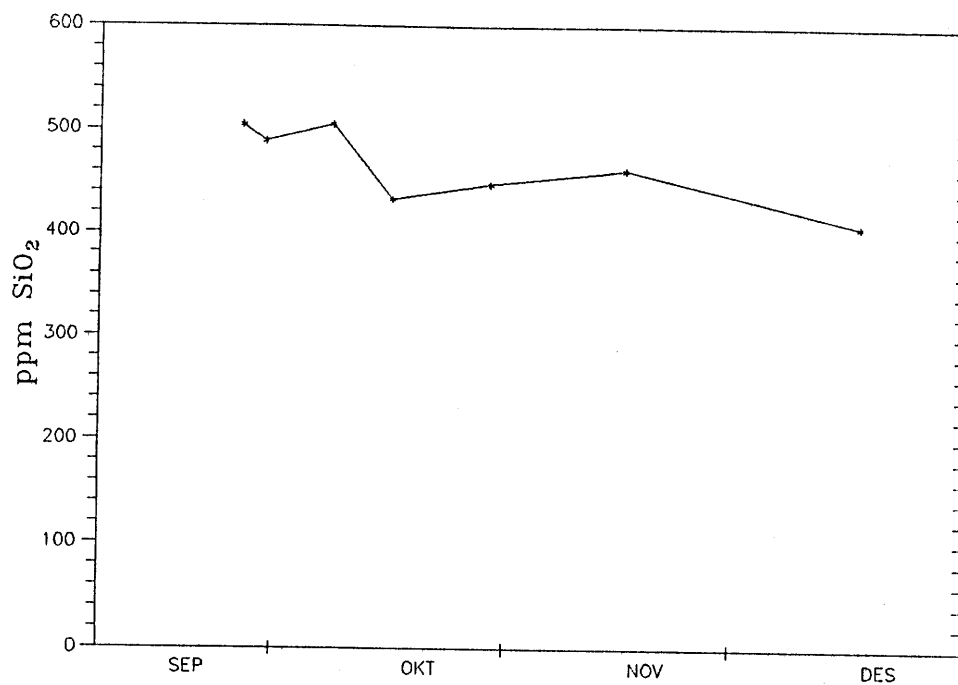
MYND 4 Hitamælingar eftir blástur

Nesjavellir hola NJ-17

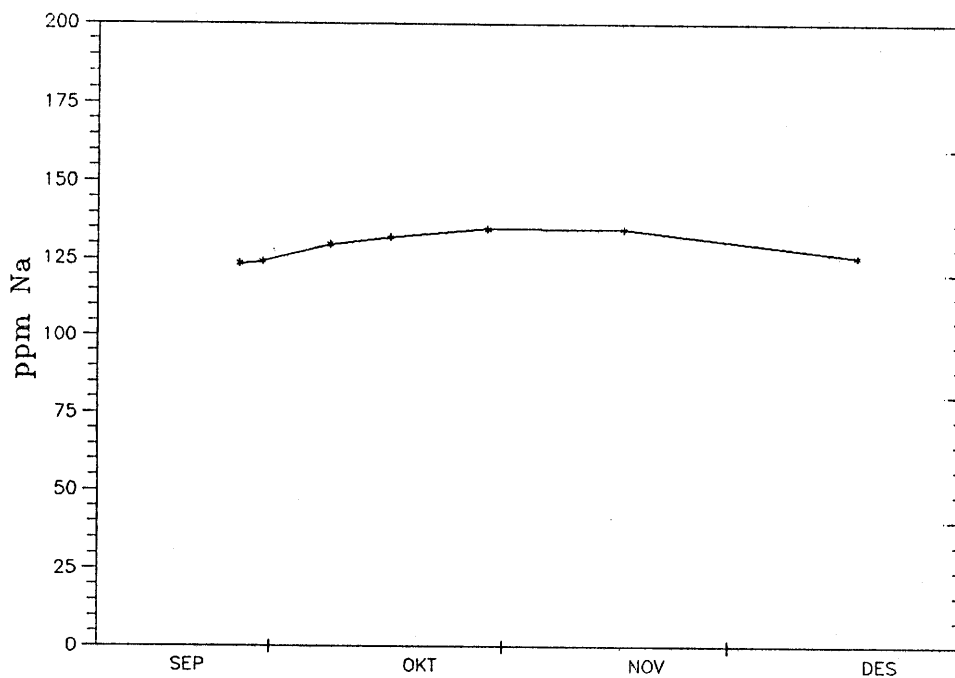


MYND 5 Blásturssaga NJ-17

Nesjavellir hola NJ-17

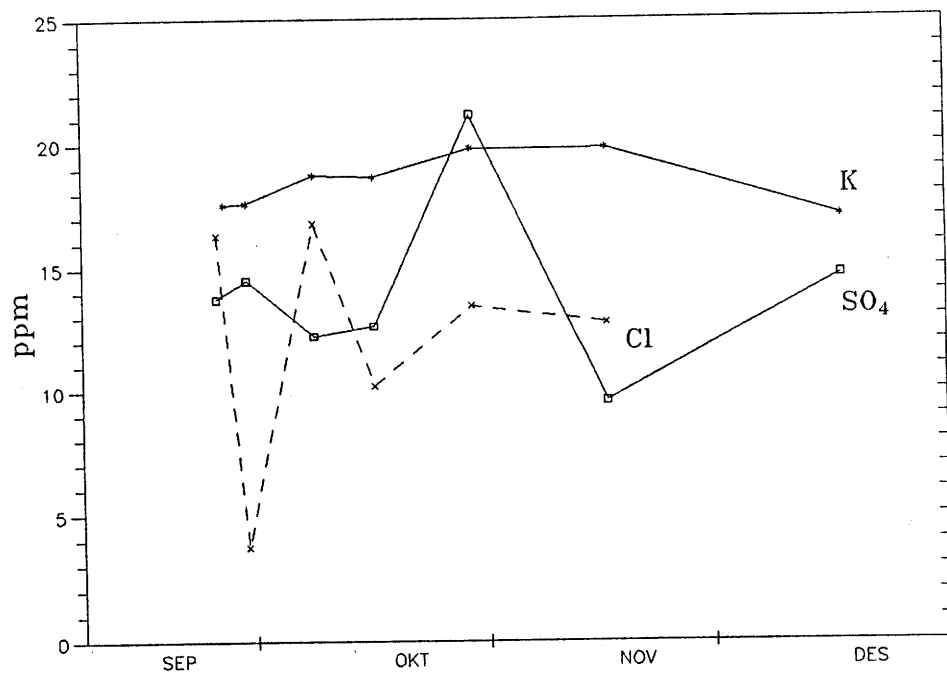


MYND 6a Breytingar í styrk efna á blásturstíma, SiO₂

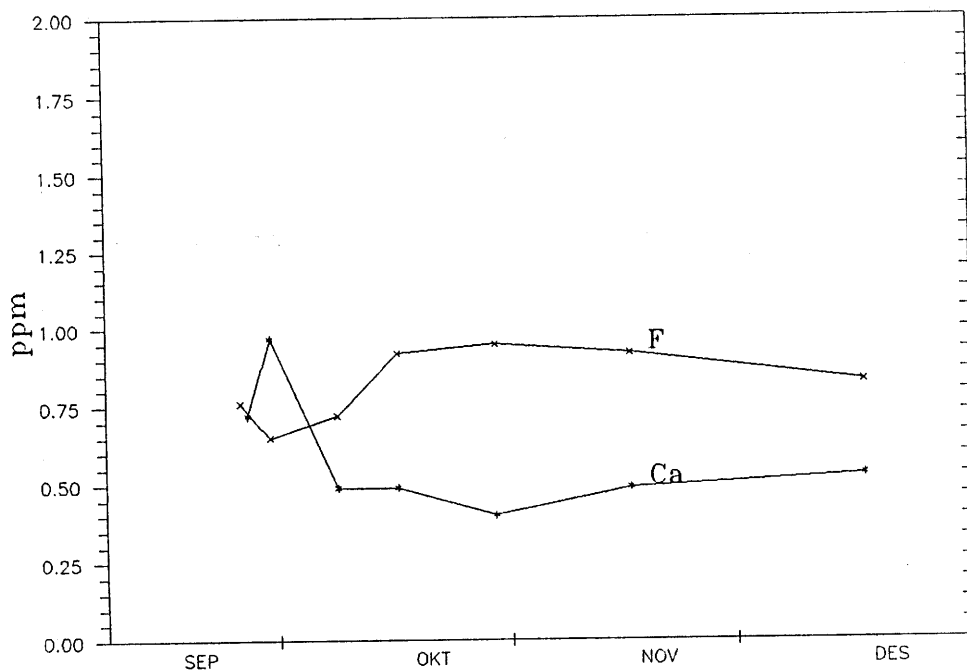


MYND 6b Breytingar í styrk efna á blásturstíma, Na

Nesjavellir hola NJ-17

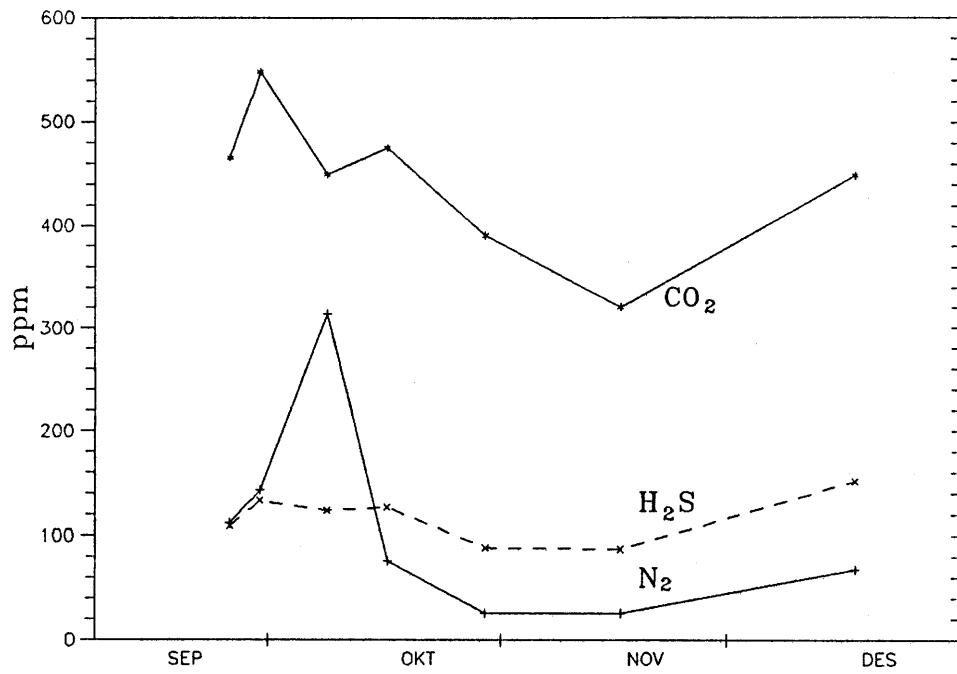


MYND 6c Breytingar í styrk efna á blásturstíma, K, SO₄

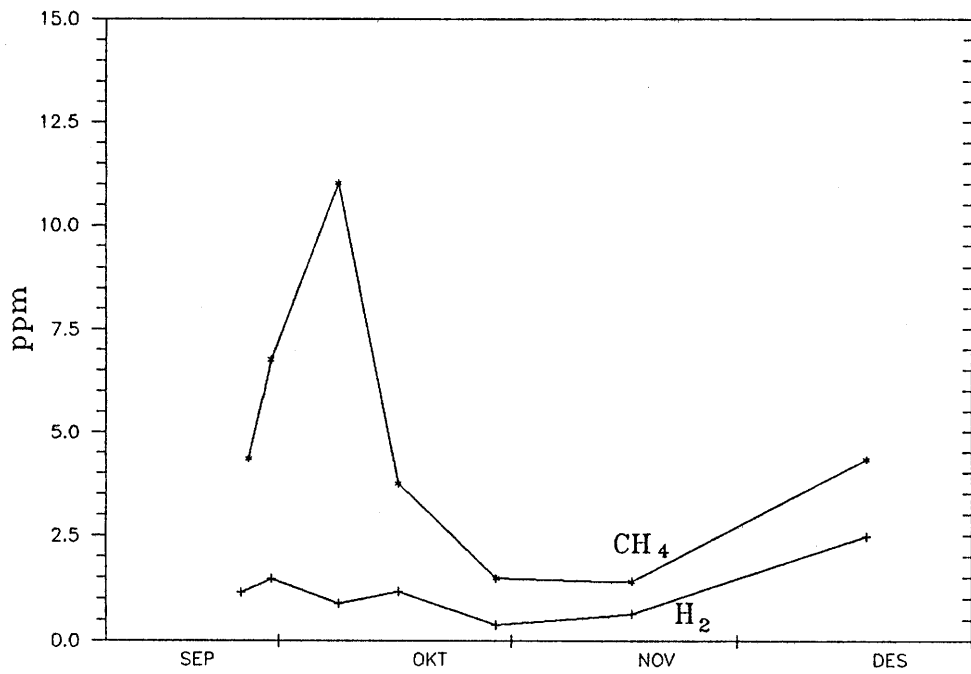


MYND 6d Breytingar í styrk efna á blásturstíma, F, Ca

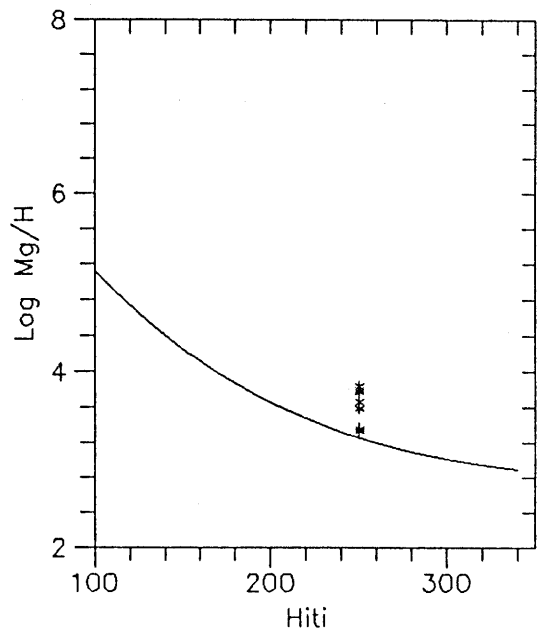
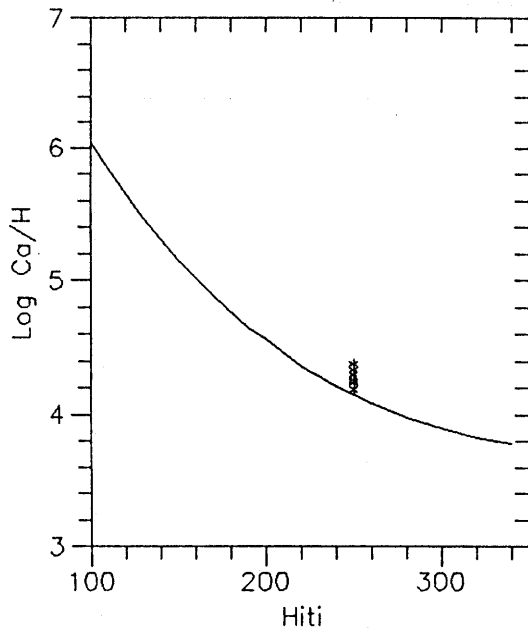
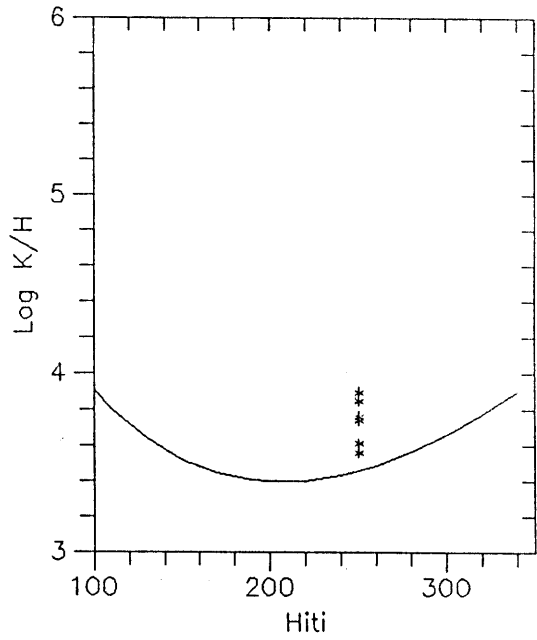
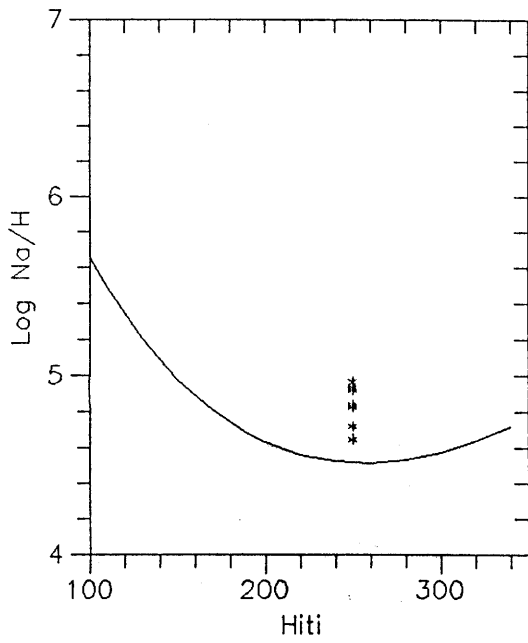
Nesjavellir hola NJ-17



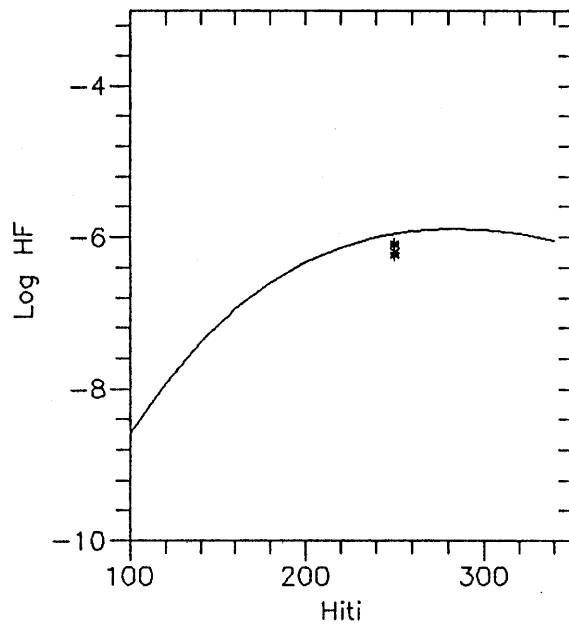
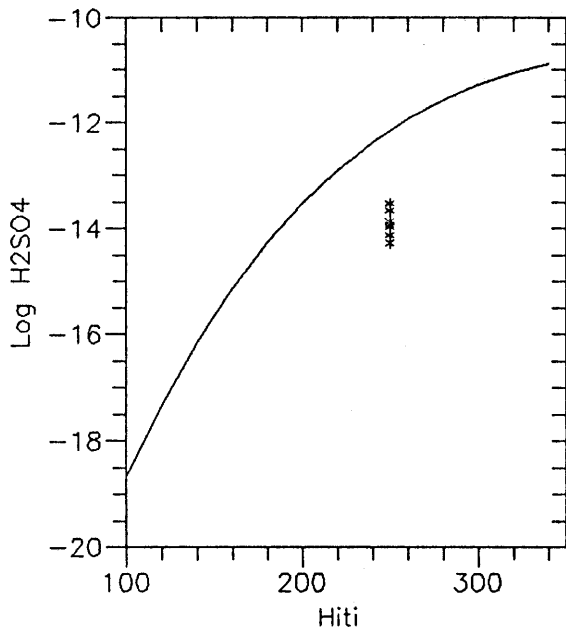
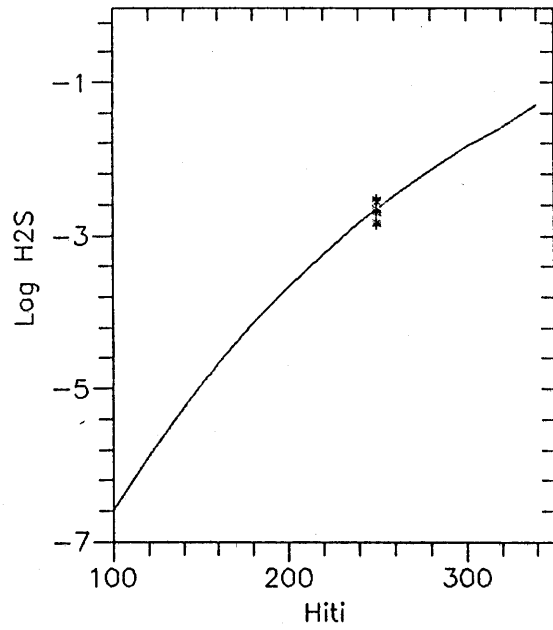
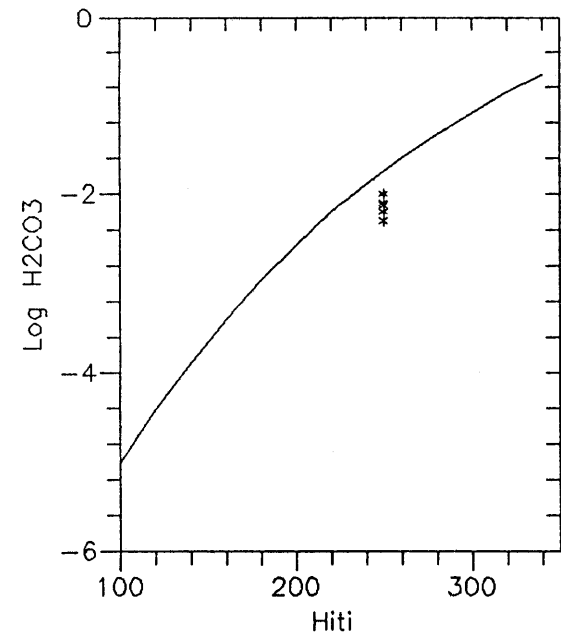
MYND 6e Breytingar í styrk efna á blásturstíma, CO₂, H₂S, N₂



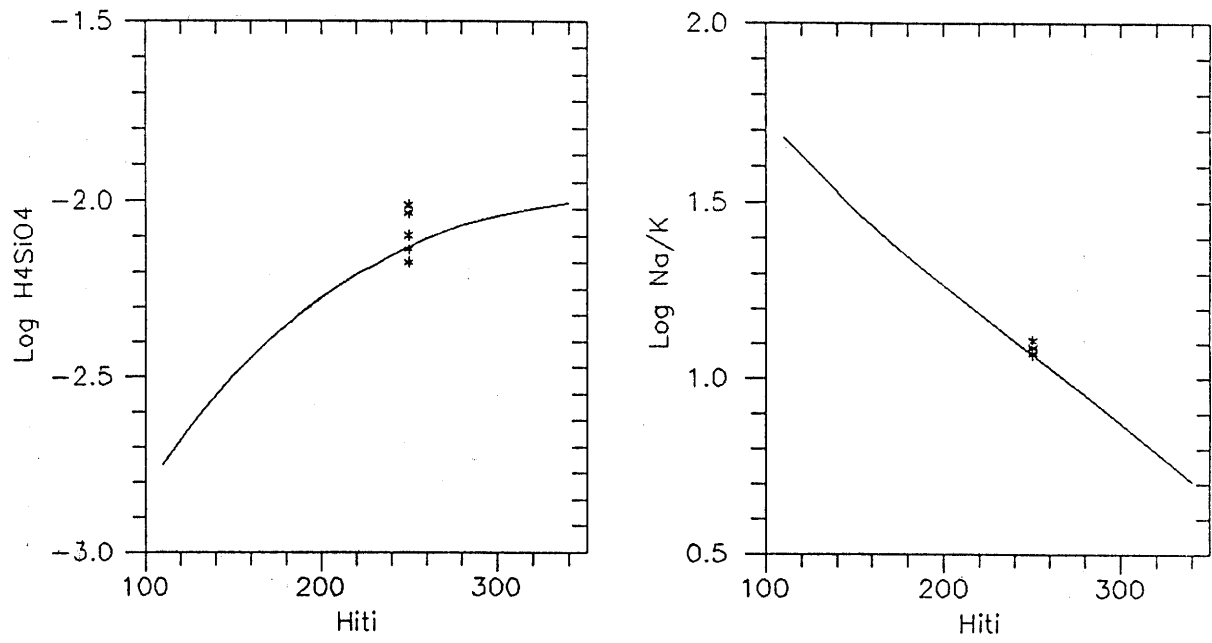
MYND 6f Breytingar í styrk efna á blásturstíma, CH₄, H₂



MYND 7a Efnasamsetning djúpvökva og jafnvægisferlar

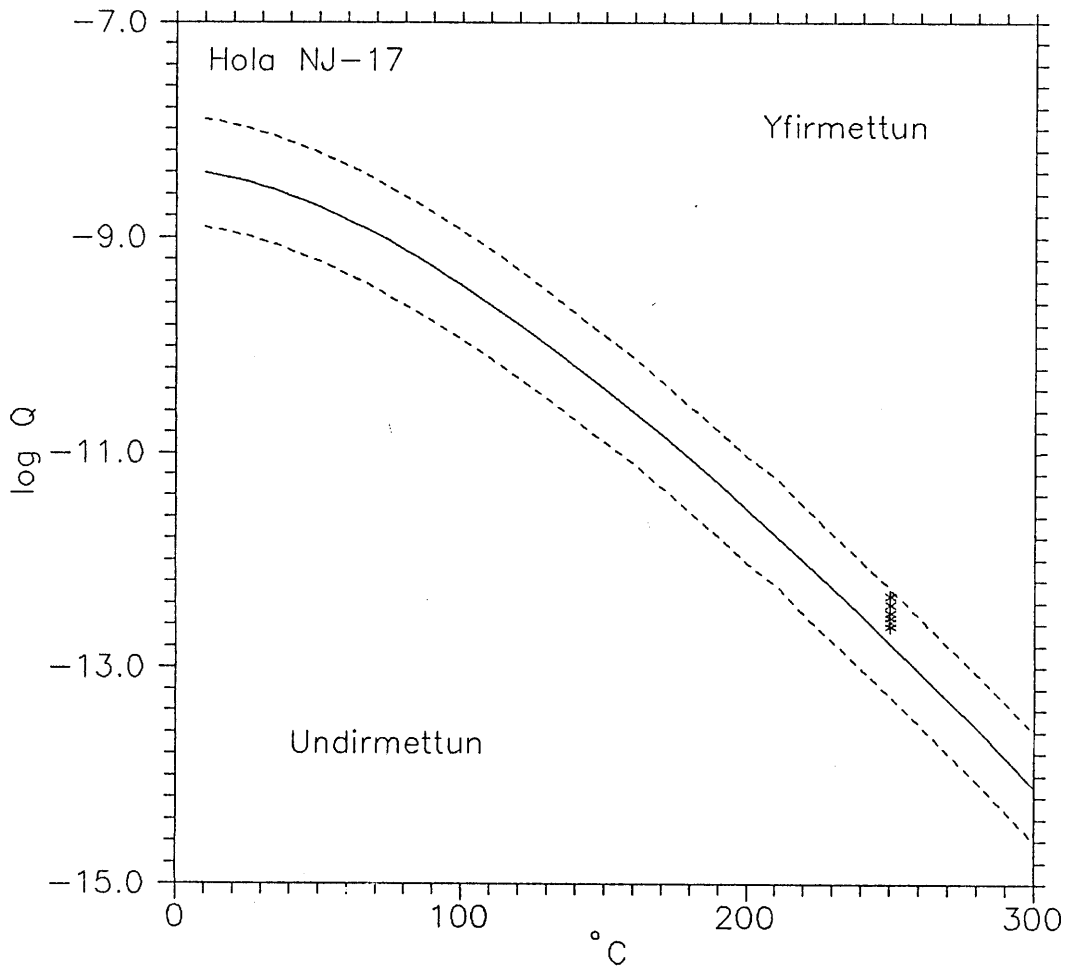


MYND 7b Efnasamsetning djúpvökva og jafnvægisferlar

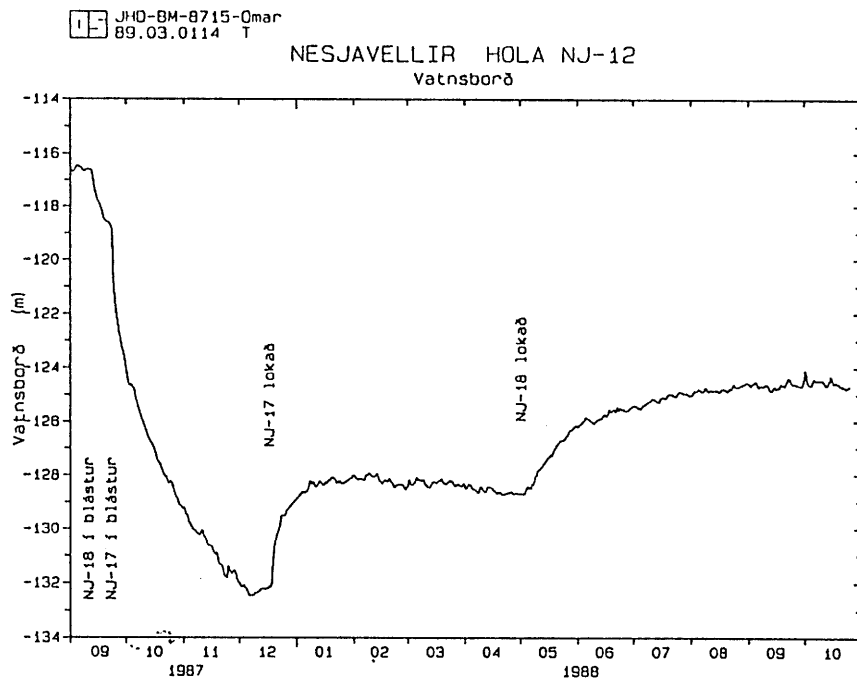


MYND 7c Efnasamsetning djúpvökva og jafnvægisferlar

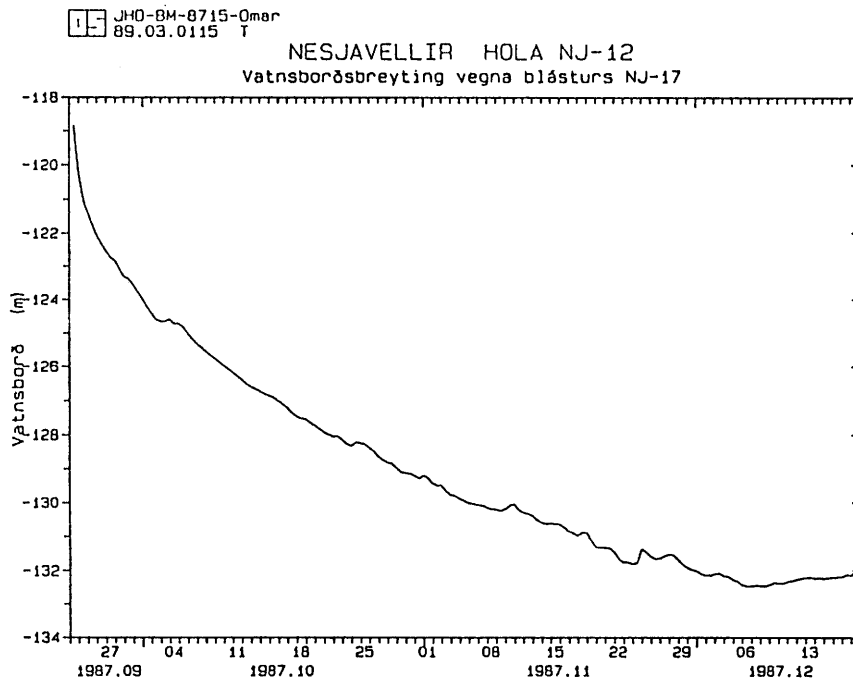
KALSIT



MYND 8 Mettunarferill kalsíts



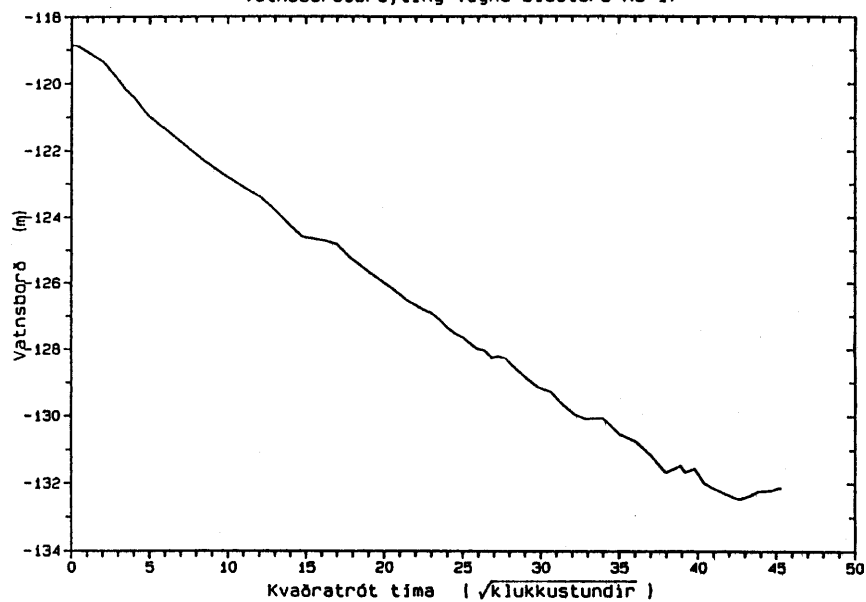
MYND 9 Vatnsborðsbreytingar í NJ-12 í september 1987 til október 1988



MYND 10 Vatnsborðslækkun í NJ-12 vegna blásturs NJ-17 og NJ-18

JHD-BM-8715-Omar
89.03.0116 T

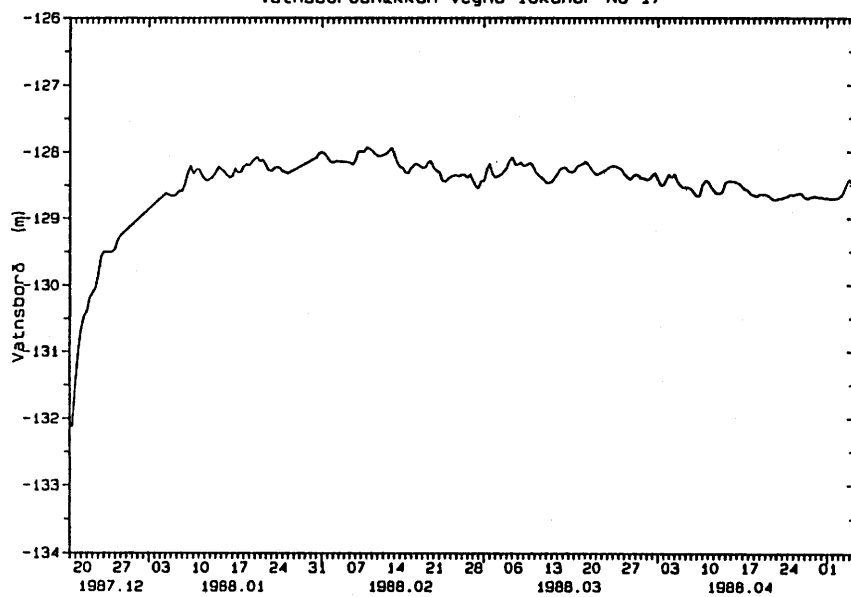
NESJAVELLIR HOLA NJ-12
Vatnsborðsbreyting vegna blásturs NJ-17



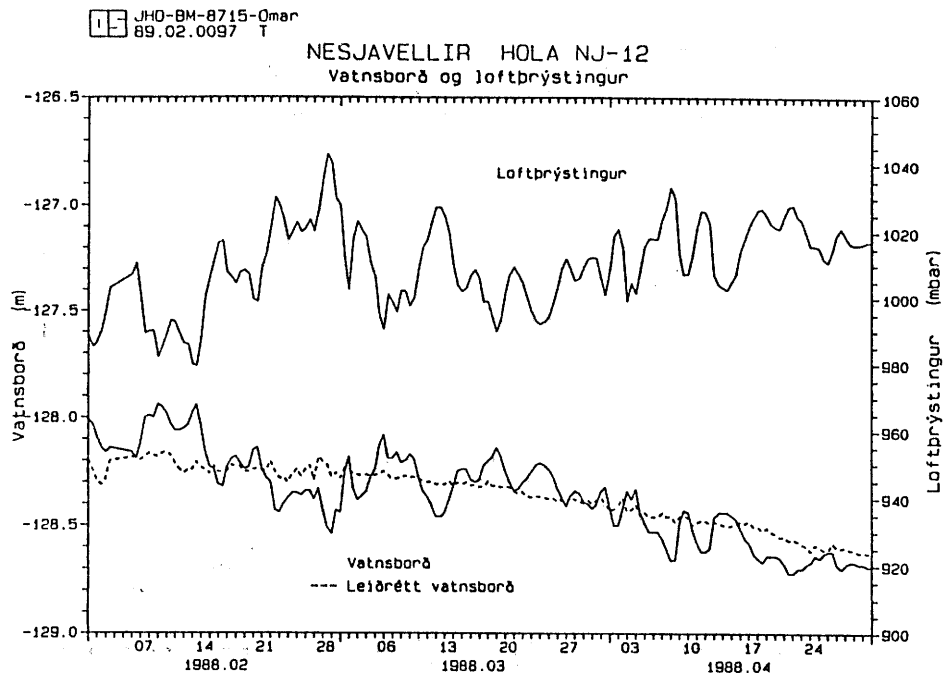
MYND 11 Vatnsborðsbreyting í NJ-12 vegna blásturs NJ-17

JHD-BM-8715-Omar
89.03.0117 T

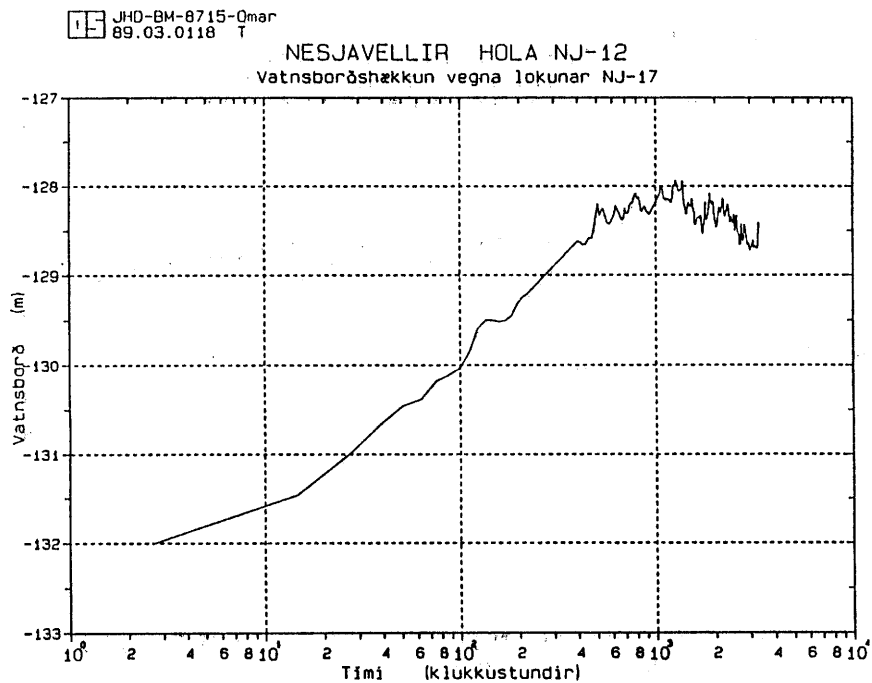
NESJAVELLIR HOLA NJ-12
Vatnsborðshækkun vegna lokunar NJ-17



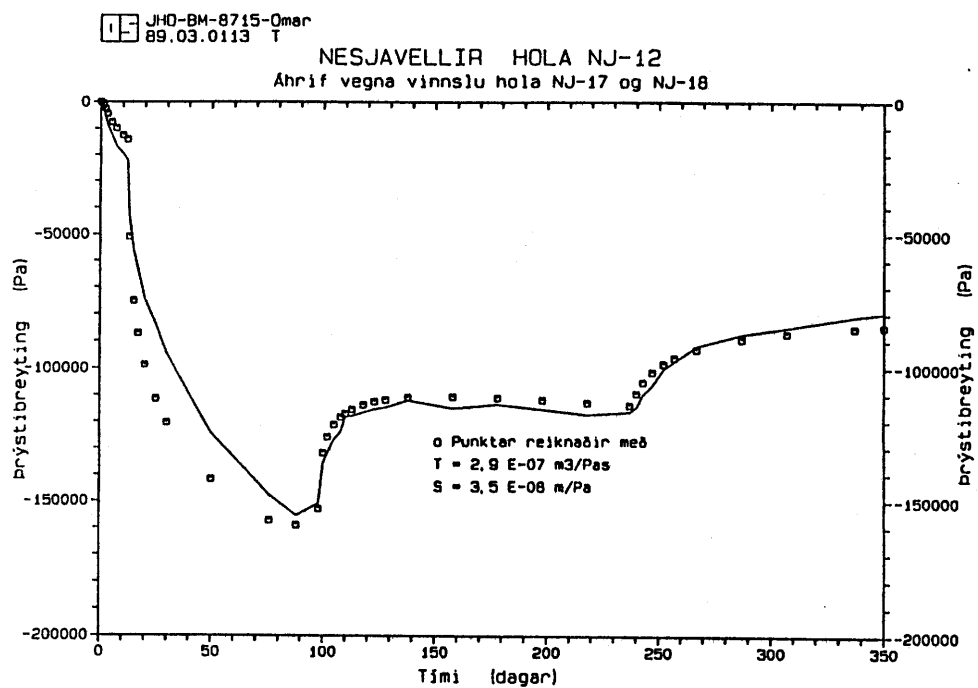
MYND 12 Vatnsborðshækkun í NJ-12 vegna lokunar NJ-17



MYND 13 Samspil vatnsborðs og loftþrýstings



MYND 14 Vatnsborðshækkun í NJ-12 vegna lokunar NJ-17 á lín-log skala



MYND 15 Nálgun vatnsborðsbreytinga í NJ-12 með líkanreikningum

VIÐAUKI V-6

Nesjavellir kjarnar úr holu NJ-17



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

Verknr.: 611113

NESJAVELLIR

Kjarnar úr holu NJ-17

Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson
og Hjálmar Eysteinnsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-88010/JHD-05 B

Apríl 1988

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. KJARNATAKA	3
2.1 Kjarni 1	3
2.2 Kjarni 2	6
2.3 Kjarni 3	9
2.4 Nokkur bortæknileg atriði um kjarnatökuna	12
3. BERGGERÐ OG UMMYNDUN	13
3.1 Kjarni 1 (875,9-880,0 m)	14
3.1.1 Ummyndun	14
3.1.2 Niðurstöður athugana á kjarna 1	15
3.2 Kjarni 2 (1003-1010 m)	17
3.2.1 Ummyndu	17
3.2.2 Niðurstöður athugana á kjarna 2	18
3.3 Kjarni 3 (1447-1454 m)	19
3.3.1 Ummyndun	19
3.3.2 Niðurstöður athugana á kjarna 3	20
4. MÆLINGAR Á KJÖRNUM	20
4.1 Mæling á grophlutfalli	20
4.2 Mæling á lekt	21
4.3 Mælingar á kjörnum í U.S.A.	22
4.3.1 Mælingar hjá Core Lab	22
4.3.2 Mælingar hjá Terra Tek	23
4.3.3 Mælingar hjá LBL	25
5. SAMANBURÐUR VIÐ BORHOLUMÆLINGAR	26
HEIMILDIR	27
MYNDIR	29

1. INNGANGUR

Hola NJ-17 er staðsett syðst í Kýrdal um 500 m sunnan holu NJ-12. Holan var boruð á tímabilinu 2. júní til 25. ágúst 1986 og tók 46 verkdaga. Holan var boruð í 2100 m dýpi og er steipt 9 5/8" vinnslufóðring í 763 m. Raufaður 7" leiðari nær frá 642 m og niður í 1968 m. Ekki reyndist unnt að setja leiðarann neðar í holuna því hann lenti í þrengingum eða á stalli í holunni á um 1972 m dýpi. Ástæða þess er líklega sú að neðan 1450 m dýpis fer holan að byggja upp halla sem er orðinn rúmar 4° í 1500 m og fer upp í 7° í 1700 m dýpi. Þannig hélst hallinn nær óbreyttur til botns.

Ákveðið var að taka alls þrjá kjarna úr jarðlögum sem væru einkennandi fyrir jarðhitakerfið. Þessi jarðlög voru basalt, ummyndað móberg og ísúrt innskotsberg (ummyndað díorít). Tilgangurinn var að fá einkennandi bergsýni, sem hentuðu til að mældir væru við þekktar aðstæður ýmsir eiginleikar bergsins. Var þá fyrst og fremst miðað við eiginleika sem skiptu verulegu máli fyrir hermireikninga og afkastamat fyrir jarðhitakerfið á Nesjavöllum, en það eru lekt bergsins og grophlutfall þess. Auk þess þótti rétt að rannsaka fleiri þætti svo sem berggerð og ummyndun bergsins, aldursákvörðun, könnun vökvabóla, rafviðnám bergsins við mismunandi hitastig, segulstefnur, hljóðbylgjuhraða bergsins og fleira.

Í þessari skýrslu er kjarnatökunni lýst og kynntar niðurstöður jarðfræðirannsóknna á kjörnunum. Þá eru birtar niðurstöður mælinga á lekt, grophlutfalli og varmaleiðni sem framkvæmdar voru í Bandaríkjunum, og gerður samanburður við borholu-mælingar. Fleiri athuganir á kjörnunum eru í gangi og má þar nefna mælingar á rafviðnámi sem gerðar verða hjá Bandarísku jarðfræðistofnuninni (U.S.G.S.) í Denver, en ekki verður fjallað um þær hér.

2. KJARNATAKA

Tilgangur kjarnatökunnar var að fá einkennandi bergsýni fyrir jarðhitakerfið sem hentuðu til ýmissa mælinga. Kjarnatökustaðirnir voru því valdir af staðarjarðfræðingum Orkustofnunar, þeim Ásgrími Guðmundssyni og Hjalta Franzsyni. Til verksins var notað kjarnatökutæki sem borar stóran kjarna um 10 cm í þvermál og allt að 7 m að lengd. Keypt var ný demantskróna og tækið allt rækilega yfirfarið fyrir notkun. Tíu ár voru frá því kjarni var síðast tekinn á háhitasvæði hér á landi og var því vandað til undirbúnings verksins. Á eftir fer stutt lýsing á framkvæmd verksins, en nánari upplýsingar eru einnig settar fram í töflum og á myndum. Einnig eru dregnar ályktanir af þeirri reynslu sem fékkst við kjarnatökuna, sem gæti orðið að gagni við næstu verk. Þar má helst nefna að borkróna sem smíðuð var hér á landi reyndist mjög vel, en kostir karbítkrónu af því tagi fram yfir hefðbundnar demantskrónur er mun lægra verð og styttri tími sem verkið tekur.

Holan er fóðruð í 763 m dýpi með 9 5/8" stálfóðringu, og boruð þar fyrir neðan með 8 1/2" krónu. Kjarnakrónan er með sama ytra þvermáli, en með gat sem er hálfútanmálið. Krónan þarf því að fjarlægja mun meira berg en þær kjarnakrónur sem notaðar eru við rannsókn virkjanastaða og mest reynsla er af hér á landi.

2.1 Kjarni 1

Þegar komið var niður á 876 m dýpi var ákveðið að taka fyrsta kjarnann í basaltlagi. Borhraðinn hafði verið um 6 m/klst við 10-20 þúsund punda álag og snúningshraða krónu 60 sn/mín (krónutegund Hughs J-44). Þá var óverulegt skoltap í holunni (21/s) og náðist að hreinsa allt svarf úr holunni með vatnsskolun.

Í ljós kom við upptekt borkrónu að allir boltar sem héldu þéttigúmmíinu í "Grant" öryggislokanum, sem var á holutoppi, höfðu losnað og fallið niður í holuna. Boltar

Þessir, átta að tölu, höfðu losnað þrátt fyrir að þeir væru splittaðir með vír. Ekki er tiltæk skýring á því hvernig stendur á því að boltarnir losnuðu. Reynt var að ná boltunum úr holunni með svonefndri "ruslakörfu" (junk basket) sem slakað var í holuna með borstöngum og komu upp nokkur boltabrot og splittvír. Einsýnt þótti að ekki tækist að ná öllum brotunum úr holunni og því ákveðið að nota karbítkrónu í stað demantskrónu þar eð hún þolir ekki járnbrott. Karbítkrónan var hönnuð af Ólafi Sigfússyni vélstjóra og smíðuð í Vélsmiðju Einars Guðbrandssonar í Reykjavík árið 1981. Á sínum tíma stóð til að reyna hana við kjarnatöku í Færeyjum. Karbítkrónur eru nær eingöngu notaðar við að mylja og skera járn sem fallið hefur í borholu (junk mill), en ekki við kjarnaborun. Við kjarnaborun eru í flestum tilfellum notaðar demantskrónur, eða hjólakrónur. Að þessu leyti var hér um athyglisverða tilraun að ræða. Auk fyrr nefndar hreinsunar á holunni fór fram sprunguleit í álagsstöngum og tafði hvoru tveggja nokkuð fyrir verkinu. Þessi tími er þó talinn með verktíma sem fór í kjarnatökuna.

Kjarnaborunin var framkvæmd samkvæmt sérstökum leiðbeiningum sem Sverrir Þórhallsson verkfræðingur hafði tekið saman. Upplýsingar um skolmagn, álag á borkrónu, snúningshraða o.fl. voru byggðar alfarið á upplýsingum frá framleiðanda kjarnatækisins og frá framleiðanda demantskrónunnar. Nákvæmt eftirlit var haft með kjarnaboruninni og voru helstu mæligildi skráð jafnóðum og fylgst með breytingum. Tafla 1 sýnir niðurstöður, en þar er skráður tími, og tímalengd borunar á botni, snúningur borstanga á mínútu (RPM), slagafjöldi stimpildælu á mínútu (SPM), ($95 \text{ SPM} = 17,6 \text{ l/s}$), dæluþrýstingur í pundum á fertommu (PSI), lengd borkjarna á hverjum tíma (cm), straumnotkun rafmótors til stangarsnúnings í amperum (Amp), álag á kjarnakrónu í þúsundum punda (lbs) og þvermál kjarna á nokkrum stöðum (dia).

Sundurliðun verktíma er sýnd í töflu 2, og kemur þar fram að tími frá því borun var stöðvuð og þar til hún hófst aftur var 36 klukkustundir. Kjarnaborunin sjálf tók 3 tíma og boruðust 4,1 m á þeim tíma. Borun var hætt fyrir en áformað var því þrýstingur á dælu jókst skyndilega. Í ljós kom við skoðun á kjarnatækinu að verki loknu að haldari fyrir kjarnagrind (core catcher sub) hafði losnað að hluta og hindraði það skolvatnsstreymið.

Við skoðun á kjarnanum kom í ljós að hann var all sprunginn og höfðu endarnir núist saman. Ennfremur var kjarninn mikið eyddur, sem benti til ónógrar miðjustillingar á kjarnarörinu í holunni. Að hluta var þetta talið stafa af borkrónunni þar eð hún er slétt að neðan og veitir því ekki sömu miðjustillingu og demantskrónan, sem er með ávöllum bana. Skoðun á krónunni sýndi að hún var furðu lítið slitin, en samt var soðið á hana viðbótar karbít á verkstæði VEG þannig að nýta mætti hana seinna.

Kjarninn var 3,05 m að lengd, en borunin var 4,19 m; kjarnaheimta var því 73% sem verður að teljast allgott.

TAFLA 1. Kjarni 1 í holu NJ-17.

Kjarnatæki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbítkróna, smíðuð hjá VEG 1981
 Utanmál 8 1/2", Innanmál 11.1 cm (4 3/8")
 Skolun 17 l/s
 Álag 2.000-10.000 lbs.

Dags: 1986.07.03

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	dia
8:30		0	95	120				
8:35		35	95	155				
8:45	0	40	162	450	borun hefst			
8:50	5	37	95	160	4		2	9,4
8:55	10	38	95	156	10	90	3	
9:00	15	38	95	154	12	90	3	
9:05	20	39	95	154	17	90	3	
9:10	25	39	95	152	20	90	3	
9:15	30	50	95	154	27	100	6	
9:20	35	51	95	154	33	100	6	
9:25	40	48	95	162	41	110	8	
9:30	45	49	95	162	51	110	8	9,6
9:35	50	52	95	162	60	125	10	
9:40	55	51	95	190	71	125	10	
9:45	60	51	95	190	80	125	10	
9:55	70	50	95	190	97	125	10	9,7
10:05	80	50	95	190	115	125	10	
10:15	90	49	95	190	132	125	10	
10:27	102	53	95	190	164	125	10	
10:40	115	55	95	210	192	125	10	
10:50	130	51	95	200	250	125	10	9,4
11:05	140	52	95	200	288	125	10	
11:15	150	52	95	190	312	125	10	
11:25	160	53	95	190	340	125	10	
11:35	170	53	95	190	367	125	10	9,6
11:45	180	52	95	195	396	125	10	
11:53	188	52	92	600	419	125	10	
12:00	borun hætt vegna þrýstingsaukningar haldari fyrir kjarnagrind hafði losnað							

TAFLA 2. Sundurliðun tíma við borun kjarna 1

2. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 875.9 m dýpi	21:50
2.	Upptekt hefst	23:00

3. Júlí, 1986

3.	Upptekt borstanga lokið	0:30
4.	Kollar og subbar mældir um nóttina	
5.	Sett niður ruslakarfa (junk basket)	6:00
6.	Skolað frá botni	8:00-10:00
7.	Karfa komin upp	12:30
8.	Kjarnatæki tilbúið til hífingar	14:00
9.	Kjarnatæki tilbúið í rotary	17:00
10.	Kjarnatæki komið niður og skolun hefst	20:30
11.	Kjarnatöku lokið, lengd kjarna 4,1 m	24:00

4. Júlí, 1986

12.	Kjarni kominn upp	3:00
13.	Gengið frá kjarnatæki	5:00
14.	Borun hefst aftur á 880 m dýpi	9:45

HEILDARTÍMI KJARNATÖKU 36 KLUKKUSTUNDIR

2.2 Kjarni 2

Næsti kjarni var tekinn í ummynduðu móbergi á 1003 m dýpi. Valin var demantskróna, enda holan hrein af járnarusli. Borkróna þessi var keypt af bresku fyrirtæki J.K. Smith and Sons, og tók hönnun hennar mið af uppgefnum jarðfræðilegum skilyrðum á Nesjavöllum, enda krónan sérpöntuð. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun og tók kjarnatakan 37 tíma. Tókst að bora fulla 7 m, en kjarninn reyndist aðeins 3,0 m að lengd. Kjarnaheimtan var því 43%. Demantskrónan var nokkuð slitin, sérstaklega á innri bana, þar sáust allmargir brotnir demantar.

Í töflum 3 og 4 eru sýndar helstu tölulegu upplýsingar við þessa kjarnatöku.

TAFLA 3. Kjarni 2 í holu NJ-17.

Kjarnatæki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Demantskróna, J.K. Smit & sons.
 Utanmál 8 7/16", Innanmál 4 3/8", Typ. PXX
 Skolun 17,6 l/s
 Álag 2.000-5.000 lbs.
 I.R. 260796

Dags: 1986.07.06

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
7:25		0	95	130	0	0	0	
7:30	0	36	100	130		50	2	borun hefst
7:35	5	36	95	150	1	80	2	
7:40	10	37	94	150	4	80	2	
7:45	15	37	95	150	10	80	2	
7:50	20	37	95	150	14	80	3	
7:55	25	37	95	150	19	80	3	
8:00	30	41	95	150	22	80	3	
8:05	35	41	95	150	24	80	3	
8:10	40	54	95	150	28	80	3	
8:15	45	54	95	150	36	70	3	
8:20	50	55	95	150	48	70	3	
8:25	55	54	95	150	59	70	3	
8:30	60	54	95	150	72	70	3	
8:35	65	54	95	150	86	70	3	
8:40	70	56	90	150	100	70	3	
8:45	75	56	90	160	119	90	5	
8:50	80	55	90	180	136	90	5	
8:55	85	55	91	180	152	90	5	
9:00	90	56	95	190	168	90	5	
9:05	95	55	95	190	186	90	5	
9:10	100	57	95	190	209	90	5	
9:15	105	55	95	200	233	90	5	
9:20	110	55	95	210	251	90	5	
9:25	115	56	95	220	269	95	5	
9:30	120	56	95	230	283	100	5	
9:35	125	56	95	230	300	100	5	
9:40	130	56	95	240	314	100	5	
9:45	135	56	96	250	326	100	5	
9:50	140	57	96	250	340	110	5	
9:55	145	56	96	250	353	110	5	
10:00	150	57	96	245	365	110	5	
10:05	155	56	96	250	376	110	5	
10:10	160	57	96	240	384	110	5	
10:15	165	58	96	250	393	110	5	

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
10:20	170	58	96	250	404	110	5	
10:25	175	58	96	260	416	110	5	
10:30	180	57	96	260	430	110	5	
10:35	185	57	96	260	443	110	5	
10:40	190	58	96	260	455	110	5	
10:45	195	58	96	260	467	110	5	
10:50	200	57	96	260	476	110	5	
10:55	205	57	96	280	481	110	5	
11:00	210	59	97	280	485	110	5	
11:05	215	59	97	280	493	110	5	
11:10	220	58	97	300	505	110	5	
11:15	225	57	97	350	519	110	5	
11:21	231	57	96	340	546	110	5	
11:25	235	57	97	320	556	110	5	
11:30	240	57	97	320	566	110	5	
11:35	245	57	97	320	575	110	5	
11:40	250	57	97	320	584	110	5	
11:45	255	58	97	330	594	110	5	
11:50	260	57	98	330	602	110	5	
11:55	265	57	97	360	611	110	5	
12:00	270	58	97	320	618	110	5	
12:05	275	58	97	330	627	110	5	
12:10	280	58	96	350	635	110	5	
12:15	285	58	97	340	643	110	5	
12:20	290	58	97	360	652	110	5	
12:25	295	59	97	350	661	110	5	
12:30	300	59	97	350	669	110	5	
12:35	305	58	97	340	676	110	5	
12:40	310	58	97	330	684	110	5	
12:45	315	58	97	320	691	110	5	
12:50	320	58	97	300	700	110	5	borun hætt
12:55	325	59	98	280	700	80	1	
13:00	330	59	99	260	700	80	1	
13:05	335	0	0	0	700	0	1	(0-skekkja)

TAFLA 4. Sundurliðun tíma við borun kjarna 2

5. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 1003 m dýpi	8:35
2.	Skolun botnfallins svarfs með vatni	9:00-13:00
	Botnfall mældist 3,5 m	10:00
	" " 2,6 m	11:00
3.	Ákveðið að setja borleðju í holuna	11:00
4.	Borleðja löguð í kar 1 og 2, samtals 47 m ³ . Leðjunotkun 3 tonn af bentoniti. Trektartími 56 sek. (vatn hefur trektartíma 29 sek).	
5.	Pykkri borleðju dælt í holuna	15:30
6.	Holan hrein	16:30
7.	Upptekt borkrónu lokið	19:00
8.	Niðursetning ruslakörfu hafin	20:30
9.	Ruslakarfa á botni, skolun hafin	22:30
10.	Upptekt ruslakörfu hafin	24:00

6. Júlí, 1986

11.	Upptekt ruslakörfu lokið	2:00
12.	Kjarnarör í rotary	3:00
13.	Niðursetning kjarnarörs hefst	4:00
14.	Kjarnarör komið að botni, skolun hefst	6:00
15.	Kjarnaborun hefst	7:30
16.	Kjarnaborun 7 metra kjarna lýkur	12:50
17.	Upptekt kjarnarörs hefst	13:30
18.	Kjarnarörið komið upp	16:00
19.	Kjarnarörið lagt út, kjarnaheimta 3 m	17:00
20.	Niðursetning borkrónu hefst	18:00
21.	Borun hefst aftur á 1010 m dýpi	21:30

KJARNATAKAN TÓK SAMTALS 37 TÍMA.

2.3 Kjarni 3

Þriðji og síðasti kjarninn var tekinn á 1447 m dýpi í ummynduðu díorít innskoti (ísúrt innskotsberg). Kjarnatakan var gerð með íslensku karbítkrónunni frá VEG, þar eð demantskrónan hafði ekki sýnt neina yfirburði. Verkið gekk allt samkvæmt áætlun, og eru helstu upplýsingar um gang kjarnatökunnar sýndar í töflum 5 og 6. Kjarnaheimtan við þessa kjarnatöku varð léleg, eða aðeins 1,0 m af 7,0 m boruðum. Þetta er um 14% kjarnaheimta.

Frekar er fjallað um þetta á eftir, þar sem helstu niðurstöður eru dregnar saman.

TAFLA 5. Kjarni 3 í holu NJ-17

Kjarnataeki: Dowdco 6 7/8" X 25 ft

Borkróna: Karbítkróna, smíðuð hjá VEG 1981
 Utanmál 8 1/2", Innanmál 11.1 cm (4 3/8")
 Skolun 14 l/s
 Álag 5.000 lbs.

Dags: 1986.07.11

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
11:40		0	125	200	120	botnfall		
11:50		30	125	290				
12:00	0	30	95	220	0	80	2	borun hefst
12:05	5	30	95	220	4	100	2	
12:10	10	28	98	220	10	100	2	
12:15	15	29	97	230	17	100	2	
12:20	20	51	95	220	22	130	2	
12:25	25	51	98	230	32	120	2	
12:30	30	52	97	220	37	130	2	
12:30	35	52	98	220	48	120	5	
12:40	40	53	98	230	56	120	5	
12:45	45	54	96	240	65	120	5	
12:50	50	53	98	240	77	120	5	
12:55	55	53	98	240	89	120	5	
13:00	60	53	98	240	99	120	5	
13:05	65	52	74	150	108	120	5	
13:10	70	52	75	150	117	120	5	
13:15	75	66	75	140	129	170	5	
13:20	80	67	74	140	141	170	5	
13:25	85	67	74	140	152	170	5	
13:30	90	67	76	140	165	170	5	
13:35	95	68	77	140	175	160	5	
13:40	100	68	77	140	185	150	5	
13:45	105	67	77	140	198	160	5	
13:52	112	68	78	140	216	150	5	
13:55	115	68	78	140	223	150	5	
14:00	120	69	75	130	235	150	5	
14:05	125	69	76	130	256	150	5	holan full
14:10	130	69	78	120	270	150	5	
14:15	135	68	77	130	284	150	5	
14:20	140	69	78	130	296	150	5	
14:25	145	68	77	130	311	150	5	
14:30	150	68	78	130	325	150	5	
14:35	155	68	78	130	340	150	5	
14:40	160	69	78	130	357	150	5	
14:45	165	69	77	130	372	150	5	

Klukka	mín	RPM	SPM	PSI	cm	Amp	lbs	Aths.
14:50	170	69	77	130	386	150	5	
14:55	175	69	78	130	394	150	5	
15:00	180	69	76	130	409	150	5	
15:05	185	69	77	130	425	150	5	
15:10	190	69	78	130	437	150	5	
15:15	195	69	78	130	447	150	5	
15:20	200	69	77	130	459	150	5	
15:25	205	69	78	140	471	150	5	
15:30	210	68	76	140	482	150	5	
15:35	215	68	76	150	490	150	5	
15:40	220	69	76	160	496	140	5	
15:45	225	68	76	160	505	140	5	
15:50	230	68	78	160	512	140	5	
15:55	235	67	76	160	523	140	5	
16:00	240	67	77	150	532	140	5	
16:05	245	68	77	160	542	140	5	
16:10	250	68	77	160	549	140	5	
16:15	255	67	77	150	557	140	5	
16:20	260	68	77	150	566	140	5	
16:25	265	65	77	170	586	160	8	
16:30	270	65	76	170	604	160	8	
16:35	275	65	78	180	621	160	8	
16:40	280	64	40	30	638	160	8	
16:45	285	64	40	30	656	160	8	
16:50	290	63	38	30	678	170	10	
16:55	295	63	41	30	700	170	10	borun hætt
17:00	300	69	39	30	700	130	0	
17:05	305	69	38	30	700	130	0	

TAFLA 6. Sundurliðun tíma við borun kjarna 3

10. Júlí, 1986

1.	Borun hætt á 1447 m dýpi í díorít innskoti	13:20
2.	Skolun botnfallins svarfs með vatni	13:20-16:30
3.	Hitamælt í stöngum við 27,5 l/s	16:30-19:15
4.	Vatnsborð mældist á 267 m, og botnfall 4,0 m	20:00
5.	Löguð þykk borleðja 40 m ³ , gelnotkun 3,7 tonn	21:00
6.	Borleðju dælt í holuna	23:30

11. Júlí, 1986

7.	Upptekt borkrónu hefst, botnfall 0,2 m	2:30
8.	Upptekt borkrónu lokið Ruslakarfa ekki sett niður til hreinsunar.	6:30
9.	Kjarnarör í rotary	7:00
10.	Niðursetning kjarnarörs hefst	7:15
11.	Niðursetningu kjarnarörs lokið	11:30
12.	Borun kjarna hefst á botni	12:00
13.	Kjaranaborun lokið, boraðir 7,0 m	17:00
14.	Upptekt hefst	17:30
15.	Upptekt lokið	21:30
16.	Kjarninn reyndist 1 m að lengd, tækið lagt út	22:00

KJARNATAKAN TÓK SAMTALS 33 TÍMA.

2.4 Nokkur bortæknileg atriði um kjarnatökuna

Helstu atriðin sem fram komu við kjarnatökuna í þessari holu voru eftirfarandi:

1. Áætlað hafði verið að kjarnatakan tæki þrjú sólarhringa frá því borun væri hætt á botni, þar til hún gæti hafist aftur. Kjarnatakan gekk í öllum tilfellum vel fyrir sig og tók hún einn og hálfan sólarhring, eða mun styttri tíma en áætlað hafði verið. Trúlega má stytta tímamann enn frekar, ef karbítkróna er notuð, því þá þarf ekki að fara sér ferð niður með "ruslakörfu" til að hreinsa holuna. Við þetta getur heildartíminn stytst um þann tíma, sem nemur einni niðursetningu (sjá töflu 7).

TAFLA 7. Helstu verkþættir og verktími

Kjarni nr.	Upptektir og hreinsun holu (klst)	Kjarnataka (klst)
1	24	12
2	23	14
3	18	15

2. Borkjarni náðist að einhverju leyti í öll þrjú skiptin. Tafla 8 sýnir samandregnar niðurstöður um kjarnaheimtu, og tíma sem fór í verkið.

TAFLA 8. Helstu niðurstöður um kjarnaheimtu og verktíma

Kjarni nr.	Dýptarbil (m)	Lengd kjarna (m)	Kjarnaheimta (%)	Heildartími (klst)
1	876-880	3,0	73	36
2	1003-1010	3,0	43	37
3	1447-1454	1,0	14	33

- Slit á demantskrónunni var allmikið, en íslenska (VEG) karbítkrónan var lítið slitin, og hægt að gera við hana að lokinni notkun. Ástæða er til að þróa þessa krónugerð frekar, enda er hún mun ódýrari og skemmri tími ætti að fara í verkið, því hún krefst þess ekki að holan sé hreinsuð með sérstakri ruslakörfu.
- Mismikil kjarnaheimta (14%-73%) ræðst m. a. af berginu sjálfu. Bergið er mishart, sprungið og ummyndað og náðust sýnin fyrst og fremst af harðari hlutanum. Skoðun á kjörnunum sýndi að bergið molnar og skolast burtu með skolvatninu áður en það nær að komast í "skjól" upp í kjarnarörið. Hugsanlega má minnka skolvatnsrennsli fyrir karbítkrónu, frá því sem gefið er upp fyrir demantskrónu. Einnig er athugandi að bæta miðjustillinguna, þannig að kjarninn eyðist síður. Séstaklega var gengið úr skugga um að engin kjarnabrot væru á botni holunnar þegar borun hófst aftur.
- Borhraðinn var mjög viðunandi í öllum tilfellum, um 1.5 m/klst. Auðvelt reyndist að auka borhraðann með meira álagi. Mynd 1 sýnir borhraðann og hversu líkur hann var öll skiptin. Borhraðinn í þriðju kjarnatökunni er sýndur í töflu 9.

TAFLA 9. Borhraði karbítkrónu við mismunandi álag (kjarni 3)

Framleiðandi: Vélsmiðja Einars Guðbrandssonar.
Snúningshraði krónu: 68 RPM
Skolvatnsrennsli: 14 l/s

Álag á krónu (lbs)	Borhraði (m/klst)
2000	0.75
5000	1.55
8000	2.10
10000	2.70

Hugsanlega mætti beita meira álagi til að stytta bortímann og flýta fyrir að kjarninn komist í "skjól" upp í kjarnarörið. Kjarnarörið þolir þó ekki álag yfir 10.000-15.000 pund.

- Kostnaður við kjarnatöku er allverulegur. Kostnaður við borun 7 m kjarna er svipaður og væri annars við borun 70 m kafla með hefðbundnum hætti. Þær vísindalegu upplýsingar sem kjarnarnir veita, fást hins vegar ekki með öðrum hætti.

3. BERGGERÐ OG UMMYNDUN

Við jarðhitaboranir undanfarin ár hefur lítil sem engin áhersla verið lögð á kjarnatöku í borholum. Þess í stað hefur borsvarfi verið safnað reglulega, en athugun þess gefur fyrst og fremst nálgun fyrir þær upplýsingar er fá má við rannsóknir á kjarna. Til að bæta þar úr ákváðu stjórnendur Hitaveitu Reykjavíkur að láta taka þrjá kjarna úr holu NJ-17. Markmiðið með kjarnatökunni var að afla áreiðanlegri gagna varðandi eiginleika jarðhitageymisins með beinum mælingum á kjörnunum.

Hér á eftir verður fjallað um bergfræðihlutann þ.e.a.s. berggerð og ummyndun með tilliti til berghita. Við þessa vinnu var aðallega stuðst við rannsóknir á þunnsneiðum úr kjörnunum og

útliti kjarnanna. Í töflu 10 er skrá yfir þunnssneiðarnar úr öllum kjörnunum.

TAFLA 10. Þunnssneiðalisti

KJARNI 1	KJARNI 2	KJARNI 3
14695	14701	14706
14696	14702	14707
14697	14703	14708
14698	14704	14709
14699	14705	

Seinna verður nánar fjallað um efnasamsetningu bergsins og ummyndunarsteinda, og reynt að spá í efnaflutninga innan jarðhitakerfisins út frá því. Alls voru 11 sýni valin til efnagreininga. Þar af þrjú úr kjarna 1, fjögur úr kjarna 2 og sömuleiðis fjögur úr kjarna 3. Þau voru send til efnagreiningastofu McGill háskóla í Kanada um mánaðamótin febrúar/mars 1988 og eru niðurstöður væntanlegar fljótlega. Einnig er gert ráð fyrir að niðurstöður efnagreininga á ummyndunarsteindum liggi fyrir á svipuðum tíma, en þær verða gerðar á Norrænu Eldfjallastöðinni þegar aðstæður leyfa.

3.1 Kjarni 1 (875,9-880,0 m)

Boraðir voru 4,1 m og fengust 3,05 m af kjarna sem er 73% kjarnaheimta. Í borun var fylgst vandlega með hvernig kjarnarörið færðist niður sentimetra fyrir sentimetra og auk þess sem fylgst var m.a. með skoli. Á um það bil eins metra bili litaðist skolið sterk rautt, en ekkert jarðlag sem samsvaraði því kom fram í kjarnanum. Aftur á móti mátti greina lagamót tveggja basalthrauna þaðan sem rauðlitaða skolið átti rót sína að rekja. Því leikur varla nokkur vafi á, að þarna hafi verið um að ræða rautt lint setlag, sem hefur flotið burtu með skolvatninu meðan á kjarnatöku stóð. Lagið hefur verið um einn metri á þykkt og kemur það heim og saman við kjarnaheimtuna og kjarnaborunina. Í kjarnanum voru neðri og efri hluti af tveimur basalhraunlögum og eru þau sýnd á mynd 2. Þar kemur einnig fram ytri ásýnd bergsins svo sem brot og

blöðrur. Kjarninn kom upp í smá bútum og höfðu fletirnir núist saman í láréttu plani. Því var ekki hægt að greina neinar láréttar sprungur, en því sem næst lóðréttar sprungur sáust greinilega og eru þær sýndar á mynd 2. Reynt var að raða bútunum saman í þeirri röð er þeir komu upp til þess að fá sem heillegasta mynd af kjarnatöku-svæðinu.

3.1.1 Ummyndun

Gerðar voru 5 þunnssneiðar úr kjarnanum (tafla 10) til að meta ummyndun í berginu, grop og sprungur. Til efnagreiningar á ummyndunarsteindum voru valdar þrjár "próp-" sneiðar, einnig var reynt að skilja steindir að í segulskilju til þess að fá hreinan hluta til efnagreininga. Þrjú sýni voru valin til efnagreininga.

Hér á eftir verður lýst einstökum þunnssneiðum og gerð grein fyrir ummyndun og innbyrðis afstöðu steindanna:

Þunnssneið nr. 14695: Grunnmassi bergsins er fín-dulkornóttur og stakdílóttur. Plagíóklasinn greinist skv. aðferð Michel-Lévy sem labradorít (An 54-56). Pyroxeninn er mjög smár og erfiður í greiningu. Málmsteindir eru aðallega magnetít, en ilmenít nálar sjást. Þær eru óreglulega dreifðar og þekja um 5-10% af flatarmáli sneiðarinnar. Einn ólívín díll sást.

Ummyndun er mest tengd fínnum sprungum og smáum blöðrum. Blöðrunar eru fylltar af grænum leir og einnig liggur hann í böndum á sprungujöðrum. Hér er um að ræða svellandi klórít (skv. XRD-greiningu). Á stökum stað í sprungum sést í kalsít og lámontít, en annars eru sprungurnar tómar. Líklegast hafa lámontít og kalsít fyllt þær, en þurkast að mestu út við gerð þunnssneiðarinnar. Magnetít er víða ummyndað yfir í sphene og er ummyndunin sérstaklega áberandi, þar sem magnetít liggur að blöðru eða sprungu eða er innan ummyndaðs svæðis í berginu. Plagíóklasdílar virðast vera veikir fyrir ummyndun og sést lámontít myndast á þeirra kostnað, auk

Þess er leir nánast án undantekninga í sprungum eða á brotflötum þeirra.

Smásjármyndir voru teknar til að sýna megin ummyndunarþætti. Alls voru teknar 14 myndir af sneiðinni.

Sýni var valið til efnagreininga af sama kjarnahluta og þunnsneið 14695 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14696: Sama bergerð og á undan, en er verulega ummyndaðra. Bergið er greinilega dílótt og eru plagíóklasdílar mikil ummyndaðir eða eyddir. Einnig sjást mjög sóneraðir pyroxen dílar. Það sést hér nokkuð skýrt, að þegar tvær eða fleiri sprungustefnur mætast þá eykst rúmmál sprungnanna verulega í skurðfletinum. Ummyndunarstig er það sama og í sneiðinni á undan en nú bætast kvars og pýrít í steindasamfélagið, sem samanstendur þá auk þeirra af kalsíti, leir (svellandi klórít), sphene og lámontít. Leirbönd liggja að jafnaði næst berginu hvort sem um sprungur eða blöðrur er að ræða. Í sumum tilfellum sést eingöngu leir, en í öðrum sést hvernig kvars kristallar vaxa út í blöðrur sem annars eru fylltar af kalsíti og/eða lámontíti.

Alls voru teknar 11 smásjármyndir af blöðru- og sprungufyllingum í sneiðinni.

Þunnsneið nr. 14697: Enn er um sama berg að ræða og í þunnsneiðunum hér á undan. Hér er bergið blöðróttara og ummyndaðra ásamt því að vera allbrotið. Ummyndun er svipuð og á undan, þ.e. sama steindafélag, en að magni er ummyndunin þó meiri hér. Í sneiðinni sést mjög skýrt ummyndunar-svæði í og út frá sprungu. Í sprungunni sjálfri eru útfellingar eins og leir, kvars, kalsít og lámontít, en sphene sóna er við snertiflöt bergsins. Ummyndun nær lítið út fyrir sjálfa sprunguna, nema þar sem veikleikar eru í berginu eins og við örfínar sprungur eða við díla sem liggja að sprungunni. Til dæmis eru aðliggjandi plagíóklasdílar mikil ummyndaðir og eru leir og lámontít þar orðin nánast einráð.

Teknar voru átta myndir af ummyndun í og við sprunguna.

Eitt sýni var valið til efnagreininga þ.e. af sama hluta kjarnans og þunnsneiðin er af. Ennfremur var gerð ein próp-sneið af sama fleti og þunnsneiðin sýnir.

Þunnsneið nr. 14698: Enn er um sama berg að ræða og lýst var í þunnsneið 14695 enda sama hraunlag.

Ummyndunarsamfélagið hefur ekkert breyst frá því í sneiðunum hér á undan. Í smáum blöðrum er algengt að sjá leirinn einan sér. Í sprungum er leirinn að jafnaði við snertiflöt bergsins en kvars áberandi sprungufylling. Á nokkrum stöðum sést kalsít og leir vera inn á milli kvars þyrpinga. Hugsanlega eru þetta steindir sem hafa myndast á kostnað lámontíts. Fleiri en ein kynslóð af kvarsi sjást í sprungum. Pýrít er til staðar í og við sprungur.

Alls voru teknar 10 smásjár-myndir af sprungu- og blöðrufyllingum. Auk þess var valin til próp-greininga sami flötur og þunnsneiðin sýnir.

Þunnsneið nr. 14699: Enn er sama berg og var lýst í þunnsneið 14695, en það er allt mikið ummyndað og þá sérstaklega við sprungur. Ólivín sést í grunnmassanum. Ummyndunarsamfélagið er hið sama og í sneiðunum hér á undan. Kvars, kalsít og leir eru greinilega að ryðja lámontíti í burtu. Skurðfletir sprungustefna sýna greinilega aukið rúmmál í sprungum.

Alls voru teknar 8 smásjár-myndir af sprungum og sprungufyllingum.

3.1.2 Niðurstöður athugana á kjarna 1

Kjarninn er úr tveimur basalhraunlögum. Þau eru fínkornótt og ummyndunin í berginu er mest í nágrenni við lagamót (aukið grophlutfall) og við sprungur. Bergið er einhvers konar millistig af þóleíti og ólivín-þóleíti. Eins metra rautt setlag er á milli hraunlaganna, en ekki náðist sýni af

Því við kjarnatökuna. Bergið er stórbloðrótt við lagamótin, en blöðrunar verða fínna inn að miðju lagsins. Talsvert er um sprungur í berginu og er erfitt að greina aðrar með vissu en þær sem eru lóðréttar eða lítið hallandi frá lóðréttu (mynd 2).

Ummyndunarsamfélagið samanstendur af lámontíti, kvarsí, kalsíti, sphene og svellandi klóríti. Lámontítið er greinilega komið úr jafnvægi við ríkjandi umhverfi og kalsít, kvars, pýrít og svellandi klórít myndast á þess kostnað. Magnetít er einnig víða ummyndað og að hluta til komið yfir í sphene. Magnetít sem er í snertingu við blöðrur eða sprungur hefur ummyndast í nánast öllum tilfellum. Í töflu 11 eru sýndar hitaháðar ummyndunarsteindir og stöðugleikasvið þeirra.

TAFLA 11. Hitakvörðun ummyndunarsteinda.

Hiti °C	100-180	180-200	200-230	230-250	250-280	280-?
Lámontít	-----					
Smektít	-----					
Kvars		-----	-----	-----	-----	-----
Wairakít			-----	-----	-----	?
Prenít			-----	-----	-----	?
Sv. klórít			-----			
Klórít				-----	-----	-----
Epidót					-----	-----
Aktínólít						-----

Það að lámontít er í ójafnvægi og kvars, kalsít og leir myndast á kostnað þess gefur til kynna berghita á bilinu 180-200°C. Fjarvera smektíts og tilvist svellandi klóríts gefur til kynna berghita um eða yfir 200°C. Fjarvera wairakíts og preníts gefur til kynna berghita um eða undir 200°C. Niðurstöður smásjárathuguna á berginu og steindasamfélaginu í kjarna 1 eru þær, að berghiti er um 200°C.

3.2 Kjarni 2 (1003-1010 m)

Annar kjarninn var tekinn í ummynduðu móbergi á 1003-1010 m dýpi. Alls voru 7 metrar boraðir, en kjarnaheimta var aðeins 3.0 m eða 43%. Ekki er ljóst hvar á þessum 7 m kafla kjarnin kom nákvæmlega frá. Eins og títt er um móberg þá er það sundurleitt (heterogent). Jafnvel þessi stutti kaflar sem kom upp við kjarnatökuna hefur mismunandi ásýnd. Bútarnir sem upp komu voru mjög núnir og brotnir. Bergið er að hluta brúnt á lit vegna oxunar eða þá grágrænt til grænt og virðist leirinn þá setja megin svip á bergið. Auk þess sem liturinn var mismunandi þá var sjálfur strúktúrinn frábrugðinn milli kjarnabúta. Brúnleiti hlutinn hafði svokallaðan mósaík strúktúr og var það vegna grófra óreglulegra brota sem voru samlímd eða þökkuð saman í einni massa. Í efri hluta kjarnans eða bútonum sem voru efstir í kjarnarörinu er bergið breksíulegra, en til dæmis í neðri hlutanum. Allt bergið er mölbrotið, en er samlímt af útfellingum og allt gler er ummyndað.

3.2.1 Ummyndu

Valdar voru 5 þunnsneiðar úr kjarnanum (tafla 10) til að meta ummyndunarstig bergsins og útfellingar í gropum og sprungum. Til efnagreininga á ummyndunarsteindum voru valdar tvær próp-sneiðar. Einnig var reynt að skilja að steindir í segulskilju til að fá hreinan hluta til efnagreininga. Fjögur sýni voru valin til efnagreininga á berginu úr kjarnanum og voru þau send til Kanada eins og sýnin úr kjarna 1.

Hér á eftir verður lýst einstökum þunnsneiðum og gerð grein fyrir ummyndun og innbyrðisafstöðu steindanna:

Þunnsneið nr. 14702: Bergið er að hluta til kristallað og að hluta gler. Kristallaði hlutinn er fyrst og fremst smáir plagíóklaslistar í mjög ummynduðum massa. Í einstaka tilfellum má sjá leifar af pyroxen milli plagíóklaslistanna. Í svarfgreiningu hefur berg eins og þetta verið kallað illa-hálf kristallað basalt, sem þýðir í raun að bergið

flokkast til móbergs þ.e. breksíuhluta þess. Eins og berggerðin gefur til kynna þá er ummyndun mikil í sjálfu berginu. Glerið er allt ummyndað og aðrar frumsteindir en plagíóklas eru nánast horfnar eins og til dæmis pyroxen og magnetít. Bergið er mjög blöðrótt og sprungið og eru allar glufur fylltar af útfellingum. Samfélag ummyndunarsteinda samanstendur af kvasi, kalsíti, wairakíti, preníti, pýrít og leir (blandlag, svellandi klórít og klórít) og einnig sjást leifar af lámontíti. Veik vísbending um myndun epidóts sést þar sem kalsít er í ójafnvægi og járnútleysing er til staðar. Af steindunum ber mest á kvasi og fyllir það eitt sér margar sprungur. Kalsít virðist sumstaðar vera á undanhaldi og koma prenit og wairakít í þess stað. Leirinn er lítið áberandi í sprungum og blöðrum, en hann er meiri í berginu sjálfu eða þá við snertifleti glufa og bergs. Pýrít er áberandi steind og raðar sér að jafnaði eftir sprungum og oft má sjá örfínar sprungur í berginu út frá pýrít kristöllum, sem liggja eins og keðjur um bergið.

Alls voru teknar fjórar smásjár-myndir af útfellingum.

Þunnsneið nr. 14704: Bergið samanstendur af lítt kristölluðu basalti og gleri. Eina sjáanlega frumsteindin er plagíóklas þ.e örfínir listar. Það er mjög blöðrótt og sprungið. Bergið er flokkað sem móberg eða nánar tiltekið basaltbreksía. Ummyndun er mikil í berginu og útfellingar fylla allar glufur. Glerið er allt ummyndað og í kristallaða hlutanum sjást fínir plagíóklaslistar í ummynduðum massa. Eftirfarandi ummyndunarsteindir einkenna steindasamfélagið: Kalsít, kvars, prenit, wairakít, klórít, sphene og pýrít. Örmsmáir epidót kristallar sjást í kalsítflekum. Röðun útfellinga í blöðrum og sprungum gefur til kynna hvenær þær hafa myndast. Samkvæmt því eru klórít, kvars, wairakít, og prenit í jafnvægi við þann vökva er síðast lék um bergið. Pýrít er dreift innan útfellinga-samfélagsins.

Alls voru teknar átta smásjármyndir af útfellingum í glufum bergsins.

Sýni var valið til efnagreininga af sama hluta kjarnans og þunnsneið nr. 14704 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14705: Bergið er fínkristallað þóleiðbasalt og mikið ummyndað. Af frumsteindum sjást plagióklas, pyroxen og magnetít, en magnetítið er víða ummyndað yfir í sphene. Ummyndun er sem áður segir áberandi í berginu og þá sérstaklega við sprungur og blöðrur. Áberandi sprunga liggur eftir endilangri sneiðinni. Þar sjást eftirfarandi steindir: Kvars, kalsít, wairakít pýrít og klórít. Tvær kynslóðir af kvarsi eru til staðar. Annars vegar flekar eða breið bönd og hins vegar smáir vel formaðir kristallar. Wairakít liggur í breiðum oftast um miðbik sprungnanna. Kalsít er á undanhaldi og virðist wairakít vera að ryðja því út. Pýrít er í áberandi böndum við sprunguádranna, en einnig dreift um sprunguna og sést stundum í þyrpingum. Klórít er áberandi í grunnmassa bergsins og hefur það líklega mikið til myndast á kostnað pyroxen. Leirinn er ekki dæmigert klórít, þar sem hann er grængulur með gráu ívafi í póludu ljósi.

Alls voru teknar fjórar smásjármyndir af ummyndunarsteindum.

Sýni var valið til efnagreininga úr sama hluta kjarnans og þunnsneið nr. 14705 var gerð af.

Þunnsneið nr. 14703: Hlutar bergsins eru vel kristallaðir og hlutar þess mjög glerjaðir. Bergið er mikið ummyndað eins og í sneiðunum á undan. Ummyndun er að sömu stærðargráðu og lýst hefur verið hér á undan á sama dýptarbili. Einkennissteindir eru: Kvars, wairakít, klórít, sphene, pýrít og kalsít. Oxun er nokkuð áberandi í tengslum við pýrít þyrpingar. Á stökum stað í því umhverfi sést votta fyrir myndun epidóts. Í einum plagióklasflecka virðist epidót vera að myndast, en kristallar eru mjög smáir og því erfitt að fullyrða nokkuð. Hægt er að rekja

mjög finar og næstum ógreinanlegar sprungur með því að skoða legu og dreifingu pýrít kristalla.

Þunnsneið nr. 14701: Bergið er dæmigert móberg þ.e. mjög glerjaður massi með plagióklaslistum. Minna ber á öðrum frumsteindum þó má sjá magnetít, þar sem bergið hefur verið að mestu kristallað, en bergið er mjög sundurleitt. Pyroxen er alveg horfið.

Ummyndun er mikil. Ekkert ferskt gler sést. Samfélag ummyndunarsteinda er sem hér segir: Wairakít, kvars, albít, kalsít, prenit, klórít, sphene og pýrít. Eins og í sneiðunum sem lýst hefur verið hér á undan virðist kalsít vera í ójafnvægi og wairakít og prenit að myndast að hluta til á þess kostnað. Einnig er athyglisvert að wollastónít þræðir virðast teigja sig út úr kvarsi og wairakíti, sem er samvaxið í sprungu. Pýrít er algengt í berginu og þá fyrst og fremst við einhvers konar glufur.

Alls voru teknar 7 smásjármyndir af ummyndunarsteindum í þunnsneiðinni.

3.2.2 Niðurstöður athugana á kjarna 2

Bergið er frekar sundurleitt móberg, mikið ummyndað og brotið. Ákveðnar megin sprungur sjást eins og í kjarna 1, en bergið er einnig mölbrotið og allar sprungur samlímdar af útfellingum að því er best verður séð. Efri hluti þess er meira kristallaður en neðri hlutinn. Ekki var hægt að staðsetja kjarnabútana nákvæmlega í dýptarbilinu sem þeir eru ættaðir frá. Eftirfarandi ummyndunarsteindir einkenna steindasamfélagið: Kvars, wairakít, kalsít, prenit, blandlag, svellandi klórít, klórít, sphene og pýrít.

Lámontít er svo gott sem horfið. Wairakít og prenit eru áberandi steindir, en þær eru báðar stöðugar yfir 200°C (tafla 11). Svellandi klórít og blandlag greinast ásamt klóríti (XRD-aðferð) í einu sýni en í öðrum er eingöngu klórít. Það bendir til 220-230°C hita. Niðurstöður smásjárathugana á steindasamfélaginu á svæði kjarna 2 benda

til um 220-230°C berghita.

3.3 Kjarni 3 (1447-1454 m)

Kjarna 3 var valinn staður þar sem komið var niður í díorít innskot, en kjarnatakan var allt að því misheppnuð þar sem kjarnaheimta varð aðeins 14% og fékkst aðeins 1,0 m af 7 m boruðum. Kjarninn kom upp í bótum og má líkja honum við sérlega gróft svarf, þar sem hann deifist á 7 m dýptarbil sem nær ómögulegt er að staðsetja hvern kjarnabút innan. Ljósu punktarnir við kjarnatökuna voru þeir, að upp komu þær berggerðir er leitað var eftir þó ekki tækist að fella þær nákvæmlega að þeim mælingum er gerðar voru í holunni, en það var einmitt hluti af kjarnarannsókninni.

3.3.1 Ummyndun

Valdar voru 4 þunnsneiðar úr kjarnabútunum (tafla 10) til að meta ummyndunarstig bergsins og útfellingar í blöðrum og sprungum. Til efnagreininga á ummyndunarsteindum voru valdar þrjár próp-sneiðar. Ennfremur voru valin fjögur bergsýni til efnagreininga og voru þau send til Kanada.

Hér á eftir verður lýst þunnsneiðum og gerð grein fyrir innbyrðis afstöðu ummyndunarsteinda.

Þunnsneið nr. 14706: Berggerðin er ófítískt ólívín þóleít. Leir er mjög áberandi í berginu þ.e. klórít og er ekki um að ræða neinar dæmigerðar blöðrufyllingar, heldur er eins og að leirinn myndist í grunnmassanum á kostnað frumsteinda. Þar sem sprungur eru sjáanlegar eru aðrar steindir með, eins og prenít, kvars, epidót og adularía (K-feldspat). Nánast allt magnetít er komið yfir í sphene. Á stöku stað sjást örfínir þræðir með áðurnefndum steindum og eru þeir með hátt ljósbrot og lága tvíbrotslíti, sem fellur vel að wollastóníti, en ekki er það afdráttarlaust. Í sprungum eru epidót, prenít, kvars og adularía venjulega inn að miðju, en leirinn myndar oftast einhvers konar kápu við grannbergið. Epidótið virðist vera að ryðja preníti út.

Alls voru teknar 6 smásjármyndir af ummyndunarsteindum í sneiðinni.

Gerð var próp-sneið sambærileg við ofangreinda þunnsneið til greiningar á ummyndunarsteindum í berginu. Einnig var sami kjarnabútur tekinn til efnagreiningar.

Þunnsneið nr. 14707: Berggerðin reyndist vera ísúrt innskotsberg, en það var megin-tilgangur með kjarna 3 að ná í sýnishorn af þannig bergi. Frumsteindir í berginu eru plagíóklas, pyroxen, magnetít, amfiból, apatít og líklega kalífeldspat. Bergið er mikið ummyndað. Plagíóklasinn virðist vera á mörkum andesíns og ólígóklas (An 30). Á nokkrum stöðum sést svokallaður granófýr textúr, sem gefur til kynna að bergið gæti verið í súrari kantinum í díorít samfélaginu, enda gefur samsetning plagíóklasins það einnig til kynna. Kalífeldspat virðist vera til staðar, en það verður kannað betur í próp-greiningu. Ummyndun er bæði í berginu svo og í sprungum. Blöðrur eru ekki sjáanlegar í berginu enda lítið um þær í innskotsbergi. Í sprungum sjást kvars, epidót, klórít, aktínólít, adularía og pýrít. Magnetít er nánast alveg ummyndað yfir í sphene og líklega ilmenítálar. Áberandi eru fleiri en ein kynslóð af kvars í sprungum og liggja epidót kristallar í böndum meðfram þeim eða sundurslitnir inn á milli í kvarsinu. Klórít í sprungum liggur í böndum meðfram berginu og einnig eru klórítbönd á milli kvarskynslóða, sem sýna að breytingar hafa verið í samsetningu vökvans, er hefur leikið um sprunguna.

Alls voru teknar sex smásjármyndir af steindasamfélaginu í sneiðinni.

Valinn var til próp-greininga flötur sambærilegur við þunnsneiðina. Ennfremur var valinn sami kjarnabútur til efnagreininga.

Þunnsneið nr. 14708: Hér er sama berggerð og lýst var í þunnsneið nr 14706. Sama er að segja um ummyndunarsteindir.

Kjarnabútur sambærilegur við þunnsneiðina

var valinn til efnagreininga.

Þunnsneið nr. 14709: Berggerð er ófistískt ólívínþóleiút. Bergið er frekar fersklegt, en blöðrótt. Erfitt er að skýra ferskleika bergsins á annan hátt en að það sé innskotsberg. Ummyndunarsteindir eru fyrst og fremst í blöðrum, en í berginu sjálfu er magnetít að mestu kominn yfir sphen. Plagíóklasinn er nokkuð étinn til jaðrana, en pyroxeninn er sóneraður en að öðru leyti ferskur. Í blöðrum sést annars vegar eingöngu klórít eða þá epidót einangrað að mestu frá berginu af klóríti.

Alls voru teknar sex smásjármyndir af steindum í sneiðinni.

Eitt sýni var tekið til efnagreiningar.

3.3.2 Niðurstöður athugana á kjarna 3

Eins og áður hefur komið fram þá var kjarnaheimta léleg af þessu dýptarbili og fengust upp nokkrir bútar, sem ekki var hægt að staðsetja með neinni vissu á kjarnatökustaðnum. Þrátt fyrir það var hægt að meta ummyndunarstig bergsins og áætla hita útfrá steindasamfélaginu, en í því eru: Kvars, prenit, klórít, epidót, aktínólít, adularía, sphen og pýrít. Í töflu 11 eru tilgreindar þær steindir sem gefa sem besta vísbendingu um ríkjandi hitastig.

Tilkoma epidóts og aktínólíts gefur til kynna hita yfir 250°C. Útfrá reynslu frá öðrum holum á Nesjavöllum og frá öðrum háhitasvæðum þá hefur epidót verið ríkjandi steind við 250°C. Ekki er hægt að fullyrða að epidót sé ríkjandi ummyndunarsteind á þessu dýptarbili. Aktínólít sést í öllum sýnum af þessu dýptarbili, en þó fyrst og fremst í dforítinu. Steindin er lítið áberandi í sprungum í basaltinu. Niðurstöður smásjárathugana gefa sterklega til kynna berg-hita yfir 250°C á svæði kjarna 3. Hugsanlega gæti berghiti legið nær 280°C eins og tilvist aktínólíts gefur til kynna.

4. MÆLINGAR Á KJÖRNUM

4.1 Mæling á grophlutfalli

Sú aðferð sem mest er notuð í kjarnarannsóknarstofum til mælinga á grophlutfalli (porosity) byggir á hegðun gass og lögmáli Boyles. Gas hegðar sér þannig að það þenst út og fyllir það rúmmál sem er tiltækt. Lögmál Boyles segir að við fast hitastig sé þrýstingur gass (p) í öfugu hlutfalli við rúmmál þess (v) þ.e :

$$v \propto \frac{1}{p} \text{ eða fyrir kjörgas } pv = \text{fasti}$$

Fyrir kjörgas gildir því að þegar rúmmáli þess er breytt úr v_1 í v_2 breytist þrýstingur þess úr p_1 í p_2 skv.:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

Við framkvæmd gromælingar er kjarnasýnið sett í kjarnahaldara sem síðan er tengdur við gaskút með þekktu rúmmáli og þrýstingi. Þrýstingurinn í kútnum er þó hafður það lágur að hann komi ekki til með að opna gropur og/eða sprungur í sýninu sem eru lokaðar fyrir. Þá er opnað fyrir krana og gasið (helíum) þenst inn í gropurnar. Þegar jafnvægi er náð er nýr þrýstingur lesinn af tækinu og virkt rúmmál gropa reiknað út. Síðan er kjarninn tekinn úr tækinu og dýft í vökva sem bleytir hann ekki (kvikasilfur) og utanrúmmál kjarnans ákvarðað út frá rúmmáli vökvans sem kjarninn ryður frá sér. Með þessi tvö rúmmál þekkt er virkt grophlutfall (effective porosity) kjarnans ákvarðað;

$$v_2 = (p_1 v_1) / p_2$$

$$PV = v_2 - v_1$$

$$\phi_e = \frac{PV}{BV} \times 100$$

þar sem PV er rúmmál gropa (pore volume) og BV er utanrúmmál kjarnans (bulk volume).

Með þessari mæliaðferð er eingöngu ákvarðað virkt grophlutfall í kjarnanum, þar sem eingöngu er mælt rúmmál opinna og samtengdra holrúma (gropa) í kjarnanum. Auk þess geta verið til staðar lokuð holrými. Til að ákvarða heildar grophlutfall (total porosity) kjarnans er kjarninn mulinn eftir að þurr þyngd, og utanrúmmál hans hefur verið ákvörðuð. Síðan er rúmmál mylsnunnar (kornanna) ákvarðað og þá fundinn eðlismassi kornanna og heildar grophlutfall;

$$\phi_t = \frac{(BV-GV)}{BV} \times 100$$

þar sem GV er rúmmál korna (grain volume).

4.2 Mæling á lekt

Mæling á lekt á kjarnarannsóknarstofum er nú oftast gerð með lektartækjum sem byggja á breytilegu (unsteady state) streymi gass í gegnum kjarnann. Lektarmæling með tækjum sem byggja á þessari aðferð er miklu fljótlegri og talin í flestum tilfellum eins nákvæm og mælingar gerðar með eldri aðferðum, sem byggðu á æstæðu (steady state) ástandi. Lektarmælitækið er tiltölulega einfalt og svipar til tækisins sem notað er við mælingar á groprúmmáli og er í reynd hægt að mæla hvort tveggja með sama tækinu á sumum rannsóknarstofum. Í megin atriðum samanstendur tækið af gaskút með þekktu rúmmáli, næmum þrýstiskynjara og kjarnahaldara sem er opnanlegur út í andrúmsloftið. Mælingin fer þannig fram að gaskúturinn er hlaðinn gasi (helíum, köfnunarefni eða þurru lofti). Kjarninn er settur í kjarnahaldarann og tengdur kútnum, og síðan er opnað fyrir gasstreymi úr kútnum gegnum kjarnann. Þrýstingurinn í gaskútnum er síðan skráður sem fall af tíma frá því kúturinn er opnaður. Á hverju augnabliki er þannig þekktur þrýstingurinn inn og út úr kjarnanum, og rennslið gegnum kjarnann er í réttu hlutfalli við þrýstifallið í gaskútnum á tímaeiningu. Lektin er síðan reiknuð út frá þessum

stærðum ásamt lögmáli Darcys. Lögmál Darcys lýsir lygnstreymi vökva gegnum gropið berg og má skrifa;

$$q = \frac{ak}{\mu} \frac{dp}{dx}$$

þar sem q er rúmmálsrennsli vökvans, a er þverskurðar flatarmál, k er lekt bergs, μ er skriðseigja vökvans og dp/dx er þrýstifallið yfir kjarnann.

Þegar notað er gas til að mæla lekt í bergsýnum reynist oft nauðsynlegt að leiðréttta mælda lekt fyrir ýmsum skekkjuvöldum til að fá raunlekt sýnisins eða þá lekt sem myndi mælast ef í stað gass væri notaður vökvi við mælinguna. Einn þessara skekkjuvalda stafar af mjög misjöfnum rennslis hraða (slippage) gass um rennslisleiðir bergsýnisins. Áhrifa af völdum þessa fer að gæta í auknum mæli eftir því sem þverskurður rennslisleiðanna gegnum sýnið nálgast meðalsnerta (mean free path) gassins, en meðalsnerta gassins er háð sameindastærð þess og hreyfiorku. Þessi áhrif hafa verið kölluð "Klinkenberg-áhrif" og eru háð þeirri gastegund sem notuð er við mælinguna. Mæld lekt með gasi er því leiðrétt með hliðsjón af eftirfarandi jöfnu.

$$k = \frac{k_g}{1+b/p}$$

Þar sem k_g er lekt sýnis samkvæmt mælingu með gasi, p er meðal þrýstingur yfir sýnið sem k_g er mælt við og b (Klinkenberg stuðullinn) er fasti fyrir ákveðna gastegund og ákveðið berg.

Annar helsti skekkjuvaldur sem kemur fyrir, þegar gas er notað til lektarmælinga, stafar af rennslis hraða gassins gegnum bergsýnið. Vegna líttillar skriðseigju gasa verður rennslis hraðinn gegnum bergsýni oft það mikill að rennslið breytist úr lygnstreymi í iðustreymi. Þegar rennslið breytist í iðustreymi gildir lögmál Darcys ekki lengur og

taka verður tillit til verulega aukinna orkutapa rennslisins. Þetta er oftast gert með því að bæta leiðréttingarlið við lögmál Darcys sem lítur þá þannig út

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{k} u + \beta \rho u^2$$

þar sem u er rennslis hraðinn (q/a), ρ er eðlisþyngd vökvans (gassins) og β (beta) er iðustreymisstuðull. Þessi jafna er oft kennd við Forcheimer.

Hægt er að taka tillit til fleiri þátta við mælingu á lekt og grophlutfall og má þar nefna áhrif af ríkjandi þrýstiástandi á því dýpi þar sem kjarnasýni er tekið, einnig áhrif af afstæðri lekt einstakra fasa vökvans. Ekki verður fjallað nánar um þessa þætti hér.

4.3 Mælingar á kjörnum í U.S.A.

Sendir voru kjarnabútar frá öllum þrem kjarnatökustöðunum til Guðmundar S. Böðvarssonar við Lawrence Berkeley Laboratory í Bandaríkjunum. Þaðan var síðan hluti þeirra sendur til tveggja rannsóknarstofa sem skyldu mæla lekt og grophlutfall í kjörnunum auk annarra athugana. Þessar rannsóknarstofur voru Terra Tek Core Services í Salt Lake City, Utah og Core Laboratories, Inc. í Aurora, Colorado. Fjallað verður lauslega um niðurstöður mælinga á kjörnunum hjá þessum tveim rannsóknarstofum en mæli- aðferðir þeirra eru sambærilegar.

4.3.1 Mælingar hjá Core Lab

Til Core Lab voru send þrjú kjarnabrot sem auðkennd voru I a, II a og III c. Undirbúningur á kjarnabrotunum fyrir mælingar fólst í því að úr hverju kjarnabroti var boraður smá-kjarni (plug) ein tomma í þvermál (2,54 cm) eins nálægt miðju kjarnabrotsins og hægt var. Drykkjarvatn var notað til kælingar og smurningar við borun smá-kjarnanna. Smá-kjarnarnir voru síðan þurrkaðir í ofni við 90°C í um 6 klukku- stundir.

Við mælingar á grophlutfalli og lekt var notað Helíum. Kjarnahaldarinn er af svokallaðri Hassler gerð, en til að þetta fyrir rennsli meðfram hliðum kjarnasýnisins þarf um 800 psi (55,16 bar) þrýsting utan á þéttihulsuna um sýnið. Til að líkja eftir þrýstiástandi á því dýpi þaðan sem kjarni var tekinn er þrýstingurinn utan á þéttihulsuna hækkaður. Helstu niðurstöður mælinga hjá Core Lab eru sýndar í töflum 12 og 13.

TAFLA 12 Grophlutfall og lóðrétt lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Prýstingur		Virkt Grophlutfall (%)	Raunlekt (md)	Óleiðrétt lekt k(loft) (md)
			(psi)	(bar)			
1	879,6-	I a	800	55,16	10,2	0,003	0,008
	879,8		1015	69,98	10,1	0,002	0,006
2	1003-	II a*	800	55,16	8,7	0,005	0,010
	1010		1233	85,01	8,5	0,002	0,007
3	1447-	III c*	800	55,16	11,5	0,112	0,241
	1454		1740	119,97	11,3	0,083	0,191

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi

TAFLA 13 Eðlismassi og lárétt lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Óleiðrétt lekt k (loft) (md)	Eðlismassi korna (g/cm ³)
1	879,6-879,8	I a	< 0,01	2,98
2	1003-1010	II a *	0,01	2,87
3	1447-1454	III c *	0,18	3,01

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi

Breyting á grophlutfalli við mismunandi þrýstingsálag er líklega ómarktæk, þar sem miðað er við sama heildarrúmmál sýnis þó þrýstingsálagi sé breytt. Mæling á lárétrri lekt er gerð með þurru lofti í mælitæki fyrir æstætt rennslisástand. Eðlismassi korna er líklega aðeins of lár því rúmmál korna er líklega ákvarðað sem mismunurinn á utan-rúmmáli kjarnans og virku rúmmáli gropa.

4.3.2 Mælingar hjá Terra Tek

Til Terra Tek voru send fjögur kjarnabrot sem auðkennd voru I b, I c, II c og III a. Byrjað var á að gera heilsýni úr hverju kjarnabroti með nær sama þvermáli og kjarnabrotið (full diameter sample). Þessi heilsýni voru síðan þurrkuð í ofni við 110°C. Að því búnu var grophlutfall og lekt sýnanna

mæld ásamt fleiru. Þegar mælingum á heilsýnunum var lokið voru boraðir þrjár smá-kjarnar úr hverju heilsýni. Mælingarnar voru síðan endurteknaar á hverjum smá-kjarna. Til ákvörðunar á virku grophlutfalli var notað Helíum. Til að ákvarða heildar grophlutfall var einn smákjarni úr hverju heilsýni mulinn.

Aðeins þrjú af fjórum heilsýnunum úr kjarnabrotunum hentuðu til ákvörðunar á lekt. Í þeim var lóðrétt vökvalekt ákvörðuð með 1% NaCl lausn. Auk þess var lóðrétt lekt og lekt í tvær hornréttar láréttar stefnur mæld með köfnunarefni. Helstu niðurstöður mælinga hjá Terra Tek eru sýndar í töflum 14 og 15.

TAFLA 14. Eðlismassi og grophlutfall

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Smá- kjarni	Virkt grophlutfall (%)	Heildar grophlutfall (%)	Eðlismassi korna (g/cm ³)	Eðlismassi mulnings (g/cm ³)
1	877,5-877,7	I b		14,7		2,81	
			1 ba	13,9		2,88	
			1 bb	15,9	16,7	2,83	2,86
			1 bc	18,2		2,84	
1	875,9-876,2	I c		8,9		2,95	
			1 ca	11,7	12,5	2,98	3,00
			1 cb	12,0		2,94	
			1 cc	9,3		3,00	
2	1003-1010	II c*		14,2		2,84	
			2 a	14,2		2,84	
			2 b	11,7	12,8	2,84	2,87
			2 c	16,8		2,85	
3	1447-1454	III a*		12,0		3,01	
			3 a	11,9		3,02	
			3 b	10,4	10,9	3,00	3,02
			3 c	11,9		3,00	

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi

TAFLA 15. Lekt

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Smá- kjarni	Lóðrétt vökva raunlekt k (md)	Óleiðrétt lekt k (köfnunarefni)			Lauslega áætluð raunlekt k			
					Lóð- rétt (md)	Lárétt- hámark (md)	Lárétt- 90° (md)	Lóð- rétt (md)	Lárétt- hámark (md)	Lárétt- 90° (md)	
1.	877,5- 877,7	I b		0,003	0,046	0,167	0,111	0,025	-	-	
			1 ba								0,001
			1 bb								0,014
			1 bc								0,275
1.	875,9- 876,2	I c		0,002	0,005	0,021	0,011	<0,005	-	-	
			1 ca								0,004
			1 cb								0,039
			1 cc								0,002
2.	1003- 1010	II c*		0,001	0,062	0,036	0,030	<0,055	-	-	
			2 a								0,014
			2 b								0,004
			2 c								0,015
3.	1447- 1454	III a*		+	+	+	0,009	0,005	0,045		
			3 a								0,029
			3 b								0,020
			3 c								0,078

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirleggjandi + Sýni hentaði ekki til mælinga

Í töflu 15 er lekt samkvæmt mælingu með köfnunarefni aðeins lauslega leiðrétt fyrir Klinkenberg-áhrifum út frá gögnum sem fylgdu með niðurstöðum Terra Tek. Gildin innan sviga í töflu 15 eru áætluð með því að nota Klinkenberg-stuðullinn 3,57 psi, sem var ákvarðaður fyrir smá-kjarna 2 a, þar sem ekki tókst að ákvarða Klinkenberg-stuðullinn fyrir viðkomandi sýni.

Auk ofangreindra mælinga voru athugaðar hjá Terra Tek sprungur í þeim kjarnabrotum sem þeir fengu send. Sprungur í kjarnabrotunum voru athugaðar með tilliti til sprungugerðar, hvernig myndaðar og þéttleika á lengdareiningu. Fyrir hverja sprungu voru allt að átta atriði athuguð en þau voru; sprungugerð, vídd, lengd, sýndarhalli, fyllingarefni (útfellingar), grop, merki um olú og fjöldi samskonar sprungna á lengdareiningu. Sprungugerð er flokkuð í fjóra flokka sem eru: 1) sprungur sem ná gegnum sýnið og eru að hluta opnar, 2) sprungur sem ná ekki gegnum sýnið og eru að hluta opnar, 3) sprungur sem eru fullopnar og ná gegnum sýnið, og 4) fylltar sprungur. Sprunguhallinn er ekki leiðréttur fyrir halla borholunnar og vídd sprungna sem er minni en 0,5 mm er aðeins metin út frá ásjónu.

Í kjarnabroti I b sáust tvær sprungur með halla 80-85° og voru þær fylltar kalsíti. Vídd sprungnanna var um 0,2 mm. Í kjarnabroti I c sást aðeins ein sprunga og var hún að hluta opin en náði ekki gegnum sýnið. Halli sprungunnar var um 85° og vídd um 0,2 mm. Ekki sáust merki um útfellingar í sprungunni og er hugsanlegt að hún hafi myndast við kjarnaborunina. Í kjarnabroti II c fundust flestar sprungur eða alls fimm. Þrjár þeirra voru lokaðar og fylltar kalsíti og kvarzi. Halli þeirra var á bilinu 60-80° og vídd um 0,5 mm. Hinar tvær voru að hluta opnar. Önnur náði gegnum sýnið og með halla 75° og vídd um 0,2 mm. Hin hafði fína bergmylsnu sem gæti verið leir, hallann 50° og vídd um 0,5 mm. Í síðasta kjarnabrotinu merktu III a sáust tvær sprungur og voru þær fullopar og náðu gegnum sýnið. Halli þeirra var 75-85°. Engar útfellingar sáust í

þeim og er talið að önnur þeirra geti hafa myndast við kjarnaborunina.

Við kjarnaborunina var stefna kjarnanna ekki fest og því var ekki hægt að ákveða stefnur einstakra sprungna í kjarnabrotunum. Hins vegar ef tekin er afstæð viðmiðun af rennslisböndum í bergi kjarnans og reiknað með að þau hafi sömu stefnu og halla á öllum stöðum þar sem kjarnar voru teknir, virðast sprungurnar hafa tilhneigingu til að raða sér í ákveðna stefnu. Sú stefna er hins vegar ekki þekkt eins og áður sagði.

4.3.3 Mælingar hjá LBL

Hjá Lawrence Berkeley Laboratory var mæld varmaleiðni í nokkrum kjarnabrotum við mismunandi hita í sýnunum. Kjarnabrotin sem mæld voru eru auðkennd með I b, I c, II b og III b. Niðurstöður mælinganna eru birtar í töflu 16.

TAFLA 16. Varmaleiðni

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Hiti (°C)	Prýstings álag (psi)	Prýstings álag (bar)	Prýstingur í gropum (psi)	Prýstingur í gropum (bar)	Varmaleiðni (W/m ² K)
1.	877,5	I.b	120,85	750	51,71	35	2,41	1,972
	877,7		184,90	750	51,71	200	13,79	1,940
1.	875,9	I.c	121,00	750	51,71	35	2,41	1,752
	876,2		175,10	Sýni þornaði				
2.	1003,0	II.b*	69,00	750	51,71	6	0,41	1,716
	1010,0		90,00	750	51,71	6	0,41	1,770
			155,60	750	51,71	80	5,51	1,800
			188,80	750	51,71	200	13,79	1,880
3.	1447,0	III.b*	78,80	750	51,71	6	0,41	1,816
	1454,0		124,85	750	51,71	32	2,21	1,820
			163,25	750	51,71	82	5,65	1,794
			194,30	750	51,71	200	13,79	1,783

* Nákvæm staðsetning ekki fyrirbyggjandi

5. SAMANBURÐUR VIÐ BORHOLUMÆLINGAR

Eitt af markmiðum kjarnatökunnar var að bera saman niðurstöður borholumælinga og mældra eiginleika kjarnanna. Þær mælingar sem hér er átt við eru nifteindamælingar annars vegar og viðnámsmælingar hins vegar. Ekki eru enn fyrirbyggjandi niðurstöður viðnámsmælinga á kjörnunum frá USGS og verður því samanburður þeirra og mælds viðnáms að bíða.

Nifteindamælingar gefa upplýsingar um heildar vatnsinnihald bergs. Er þar bæði átt við bundið og óbundið vatn. Mælingarnar eru fyrst leiðréttar með tilliti til víddar holunnar og síðan er reiknað út vatnsinnihald bergsins með þar til gerðum kvörðunarferlum. Kvörðunarferlarnir eru ákvarðaðir með mælingum í holum sem hafa verið búnar til með þekktum eiginleikum. Þessar holur eru staðsettar við háskólann í Houston í Bandaríkjunum (American Petroleum Institute, 1959). Á myndum 3-5 eru sýndar niðurstöðurnar fyrir reiknað vatnsinnihald ásamt dreifingu

mælipunkta (hnitað á 40 cm bili) fyrir kjarnatökustaðina í holunni.

Virkt grophlutfall gefur upplýsingar um rúmmál þess vatns sem hugsanlega gæti lekið um bergið. Þó ber þess að gæta að vatn lekur einnig um sprungur sem eru á mun stærri mælikvarða, en mælikvarði sýnanna er. Eins og sést í töflum 12 og 14 er virkt grophlutfal mjög breytilegt milli kjarnasýna, jafnvel milli einstakra smákjarna úr hverjum kjarnabút. Þetta gefur tilefni til að ætla að grophlutfallið og þá einnig vatnsinnihald bergsins sé nokkuð breytilegt jafnvel yfir lítinn lengdarskala og benda myndir 3-5 til þessa.

Samanburður á mældu grophlutfalli og út-reiknuðu vatnsinnihaldi út frá nifteindamælingum er dreginn saman í töflu 17. Eins og sést í töflunni er mjög góð fylgni milli mælds grophlutfalls og reiknaðs vatnsinnihalds, sérstaklega úr fyrstu kjörnunum þar sem nákvæm staðsetning einstakra kjarnabúta er þekkt.

TAFLA 17. Samanburður á grophlutfalli og útreiknuðu vatnsinnihaldi skv. nifteindamælingu.

Kjarni	Dýpi (m)	Sýni	Mælt virkt grophlutfall (%)	Reiknað vatnsinnihald (%)
1.	876,0	I.c	8,9-12,0	12-13
	877,5	I.b	13,9-18,2	17-18
	879,7	I.a	10,2	12-16
2.	1003*	II.a	8,7	4-18
	- 1010	II.c	11,7-16,8	
3.	1453*	III.a	10,4-12,0	8-13
	- 1454	III.c	11,5	

* Nákvæm staðsetning sýnis ekki fyrirleggjandi

Mælt grophlutfall úr fyrsta kjarnanum er á bilinu 8,9-18,2%, en vatnsinnihald samkvæmt nifteindamælingum reiknast á bilinu 12-21% með meðalgildi 16,3%. Í öðrum kjarnanum mælist grophlutfallið 8,5-16,8%, en vatnsinnihaldið reiknast á bilinu 4-18% með meðalgildið 11,7%. Vitað er að bútarnir úr þriðja kjarnanum eru frá síðasta metra kjarnatökustaðarins eða frá 1453-1454 m dýpi (Hjalti Franzson, munnlegar upplýsingar). Mælt grophlutfall þessara búta er á bilinu 10,4-12,0%, en nifteindamæling frá þessu dýpi gefur vatnsinnihald upp á um 10%.

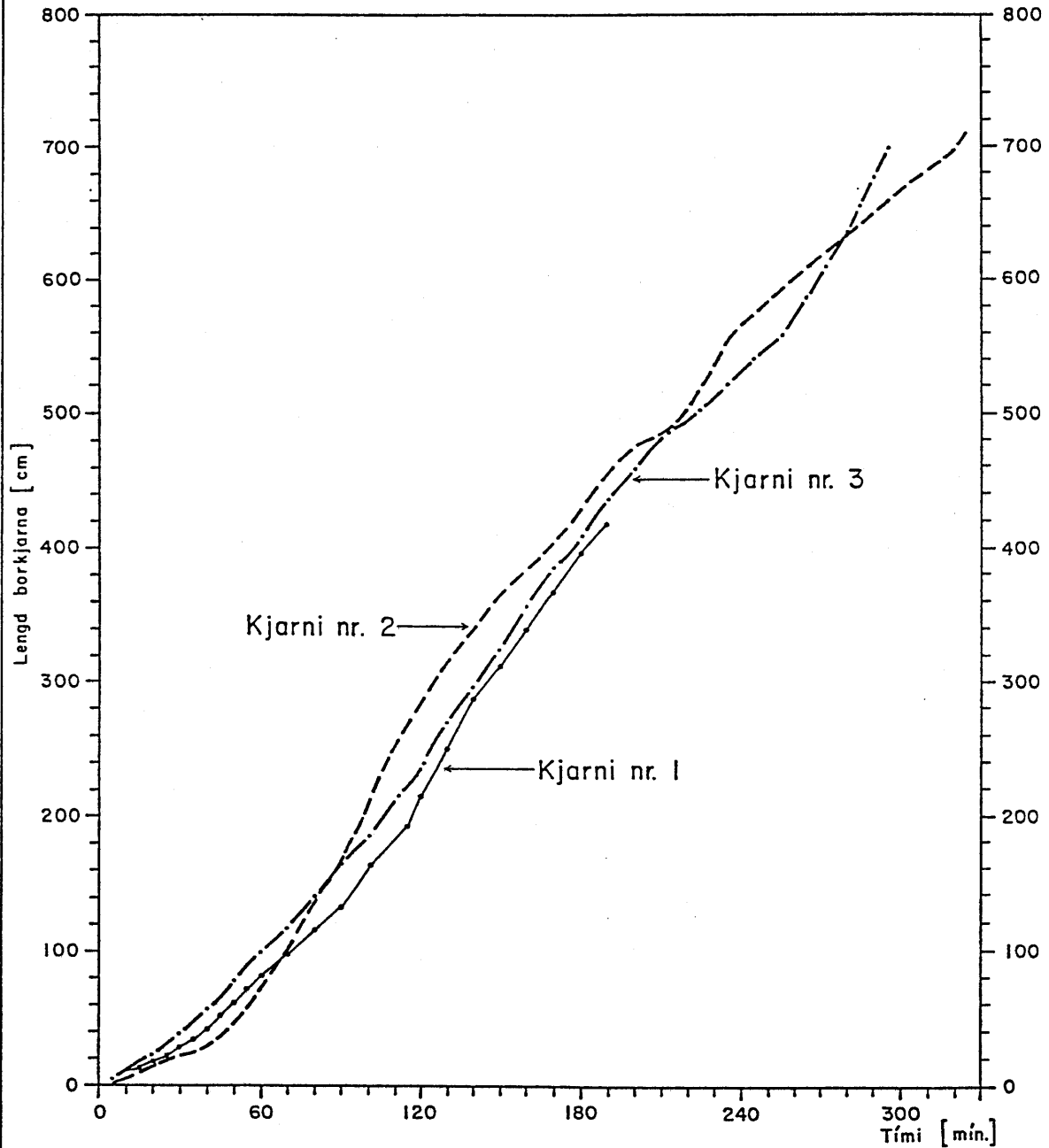
Af ofansögðu má ljóst vera að vatnsinnihald reiknað út frá nifteindamælingu gefur gott mat á grophlutfalli. Gildin fyrir vatnsinnihald eru yfirleitt heldur hærri en mælt grophlutfall eins og við er að búast. Hlutfallsmismunurinn milli þessara gilda virðist þó vera innan við um 5%.

HEIMILDIR

American Petroleum Institute, 1959:
Recommended practice for standard calibration and form for nuclear logs, API RP 33, September.

JHD-VT-8715-SP
86.09.0677-EK

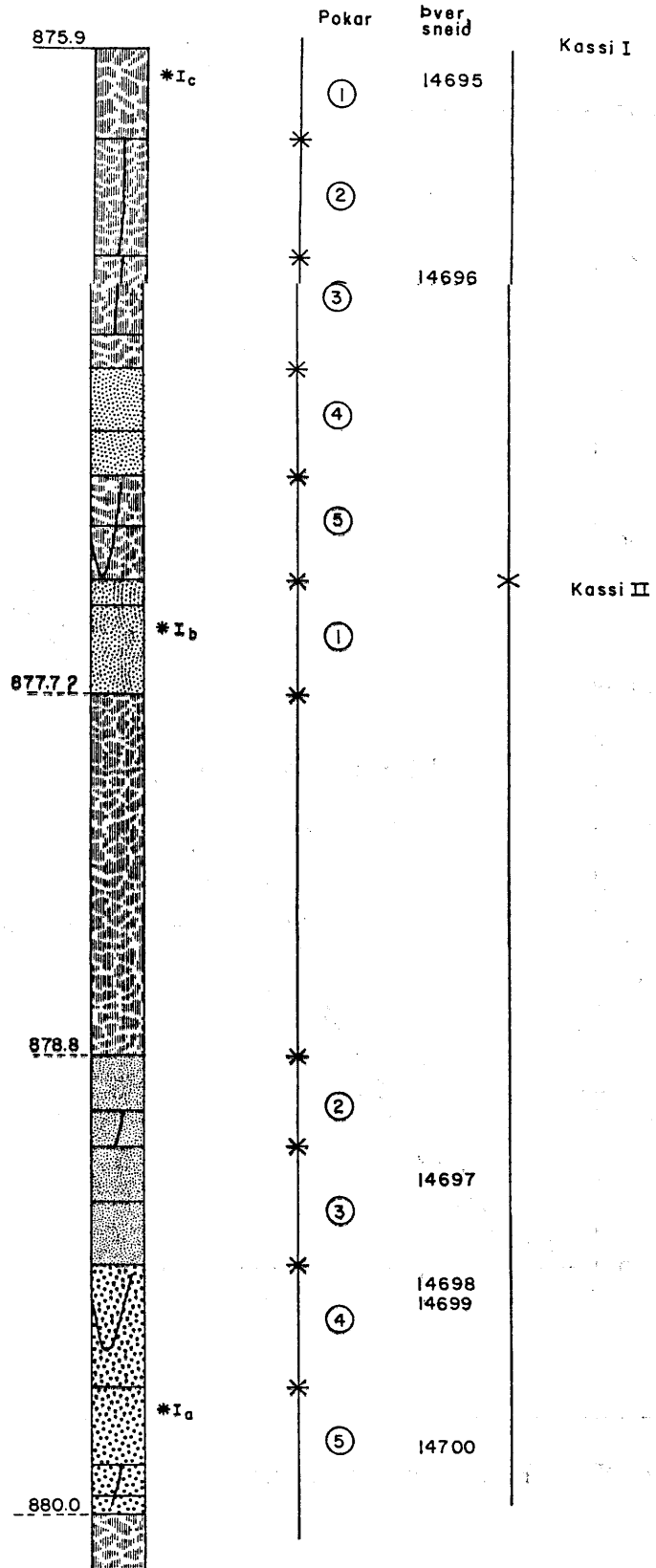
BORUN KJARNA Í HOLU NJ-17 Á NESJAVÖLLUM



MYND 1 Borhraði við kjarnatöku

JHD-BJ-8715. AsG.
88.07. 0408. SyJ.

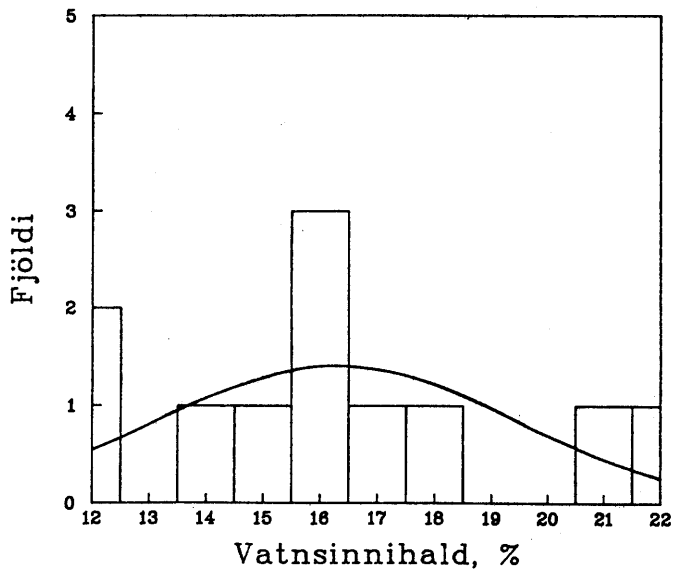
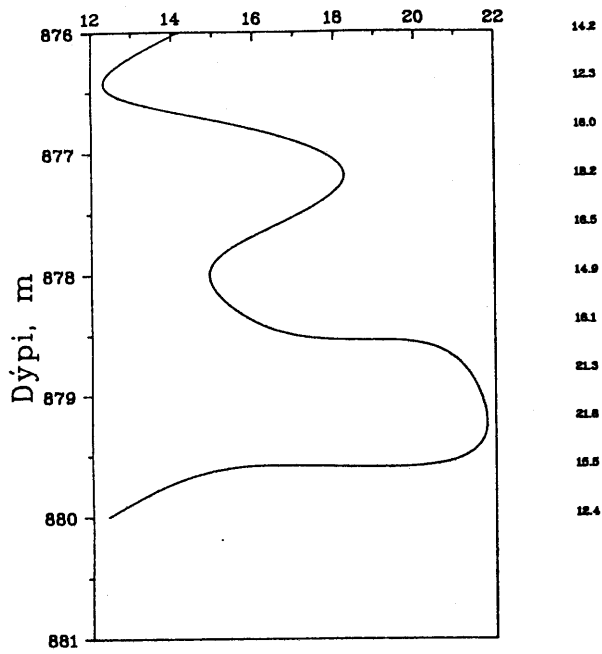
NESJAVELLIR HOLA NJ-17 Kjarni I



MYND 2 Jarðlagasnið kjarna 1

JHD-BM-1111 HE
88.07.0431 T

Vatnsinnihald, %

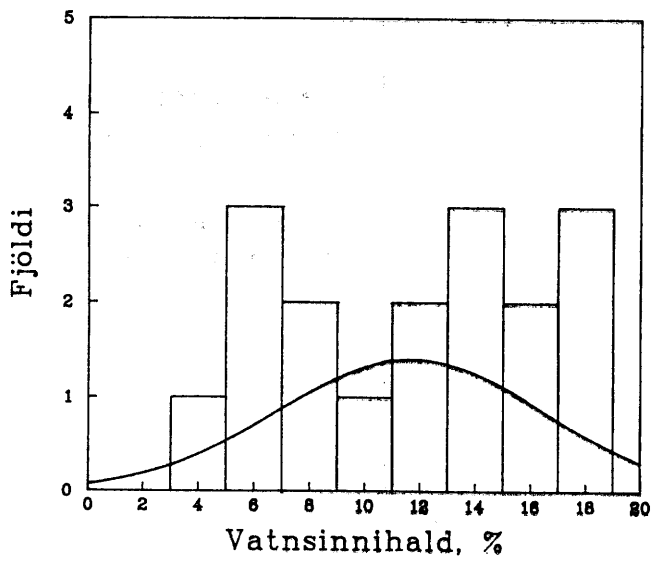
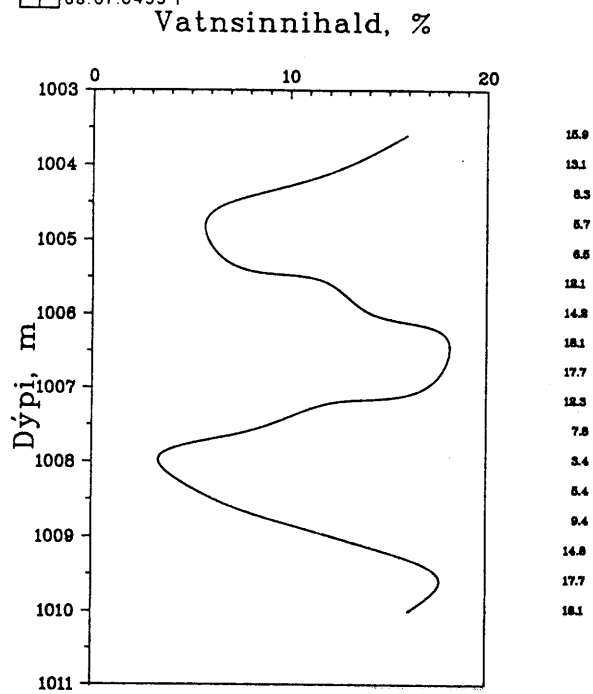


Meðalgildi 16.3 %
Staðalfrávik 3.119

95% Öryggismörk meðaltals
11.1 < 16.3 < 21.5

MYND 3 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 1

JHD-BM-III HE
88.07.0433 T

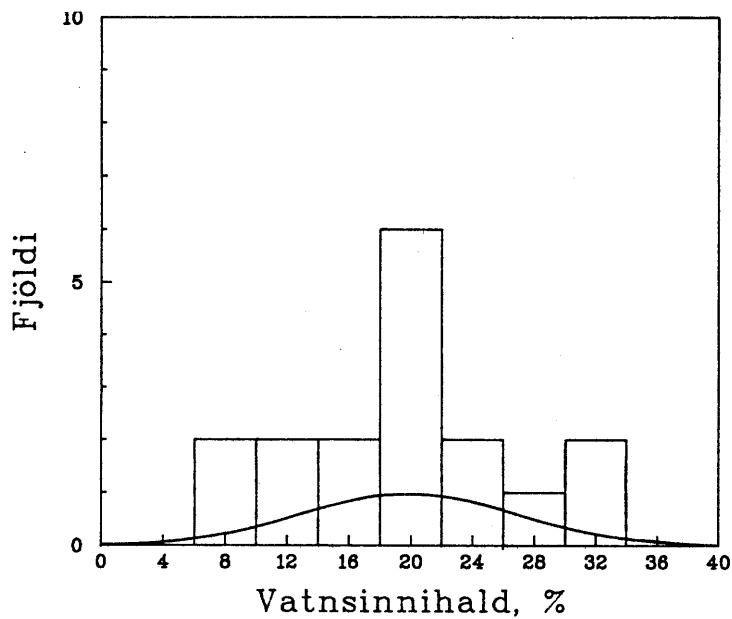
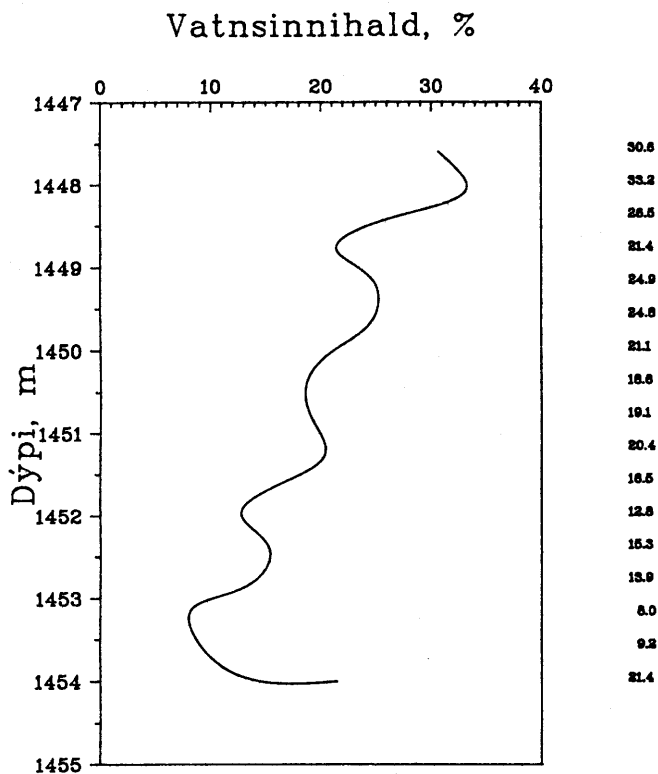


Meðalgildi 11.7 %
Staðalfrávik 4.817

95% Öryggismörk meðaltals
3.7 < 11.7 < 19.7

MYND 4 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 2

JHD-BM-III HE
88.07.0432 T



MYND 5 Reiknað vatnsinnihald og dreifing þess við kjarnatökustað 3