



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Jarðlagasnið um holur BJ-11 og BJ-12
í Bjarnarflagi**

Samvinnuverkefni Landsvirkjunar og Orkustofnunar

Ásgrímur Guðmundsson

OS-93071/JHD-35 B

Desember 1993



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 720 104

Jarðlagasnið um holur BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi

Samvinnuverkefni Landsvirkjunar og Orkustofnunar

Ásgrímur Guðmundsson

OS-93071/JHD-35 B

Desember 1993

EFNISYFIRLIT

	Bls.
1. INNGANGUR	2
2. BORUN HOLU BJ-11	2
3. JARÐLÖG	5
4. VATNSÆÐAR Í HOLU BJ-11	13
5. BORUN HOLU BJ-12	14
6. JARÐLÖG	16
7. VATNSÆÐAR Í HOLU B-12	22
8. JARÐLAGASNIÐ GEGNUM HOLUR BJ-11 OG BJ-12	22
9. NIÐURSTÖÐUR	26
10. HEIMILDIR	28

MYNDIR

1. Afstöðumynd borhola í Bjarnarflagi	3
2. Bjarnarflag hola BJ-11 - Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar	11
3. Bjarnarflag hola BJ-12 - Einfaldað jarðlagasnið	21
4. Þversnið jarðlaga gegnum holur BJ-11 og BJ-12	23

TÖFLUR

1. Efni í fóðringargsteypu öryggisfóðringar holu BJ-11	4
2. Hallamælingar í BJ-11	5
3. Efni vinnslufóðringarsteypu holu BJ-11	5
4. Æðar bak við vinnslufóðringu í BJ-12	15
5. Efni í steypingu vinnslufóðringar	15
6. Hallamælingar í BJ-12	16
7. Upplýsingar um sigræða	24

VIÐAUKAR

1. Jarðlagasnið og jarðlagamælingar í holu BJ-11	29
2. Jarðlagasnið og jarðlagamælingar í holu BJ-12	41

1. INNGANGUR

Eftirfarandi samantekt fjallar um jarðlög í næsta nágrenni hola BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi og er unnin sem samvinnuverk Orkustofnunar og Landsvirkjunar um nýtingu jarðgufu í Bjarnarflagi til raforkuframleiðslu. Verk þetta er unnið í beinu framhaldi af úrvinnslu ummyndunargagna sama svæðis (Ásgrímur Guðmundsson 1993).

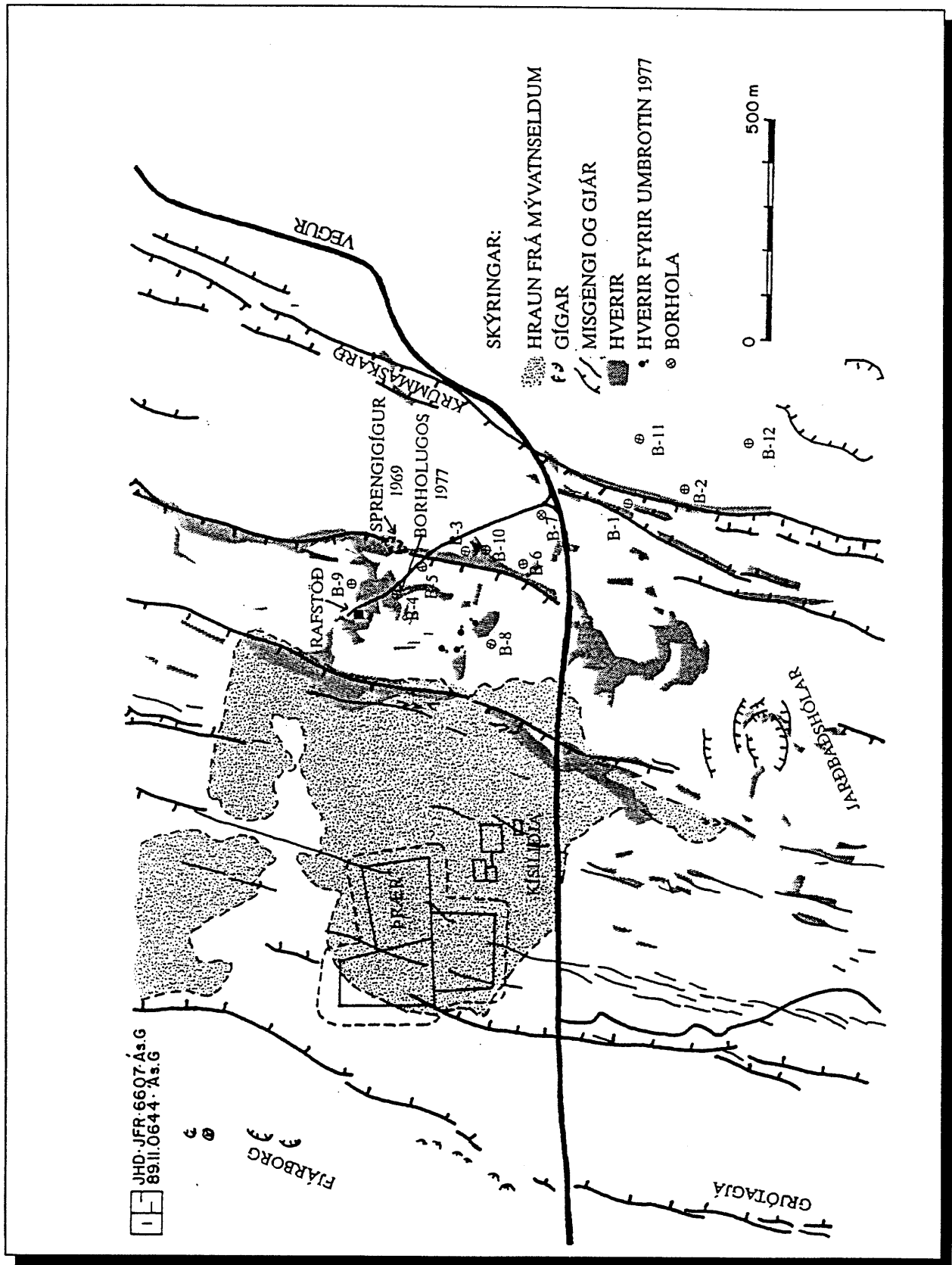
Upphaflega stóð til að taka saman gögn úr öllum holum í Bjarnarflagi og útbúa nokkurs konar jarðlagalíkan af svæðinu en í ljós kom að til þess þurfti talsvert meiri tíma en ætlaður var í þetta tiltekna verk. Gert hafði veið ráð fyrir að til væru jarðlagasnið af öllum holunum en svo reyndist ekki vera. Til var snið af holu BJ-11 með þeim jarðlagamælingum sem alla jafna eru gerðar meðan á borun stendur eða þá í borlok. Einnig var til snið af holu BJ-12 en lítið var um jarðlagamælingar vegna séstakra aðstæðna á meðan á borun stóð. Þá voru til teiknuð borhraðasnið af holum B-6, B-7, B-8, og B-9. Ófullkomin jarðlagasnið voru til af hluta af holum B-1, B-2, B-3, B-4 og B-5. Af holu BG-10 var til frágengið jarðlagasnið, en það átti eftir að samræma það yngri gögnum. Ef vel á að vera þarf að yfirfara eldri gögn til þess að ná fram heilsteyptu líkani af öllu svæðinu en borsvarf er til úr öllum holum, sem gerir slíkt kleift. Á mynd 1 er sýnd afstaða borhola og helstu kennileita á svæðinu.

Það jarðlagsnið sem hér verður kynnt er af svæðinu austan Krummaskarðssprungunnar, sem er jafnframt það svæði sem er undir smásjá til að byrja með. Full ástæða er að halda síðan áfram og fara nánar í gegnum allar eldri holur innan sigdældarinnar milli Krummaskarðs og Grjótagjár. Ekki er ástæða til að tíunda frekar hér um eldri holur, þar sem það hefur þegar verið gert (Ásgrímur Guðmundsson 1993, Ásgrímur Guðmundsson og fl. 1989 og Kristján Sæmundsson o.fl. 1971).

2. BORUN HOLU BJ-11

Seinni hluta október og í byrjun nóvember 1978 var forborað fyrir holu BJ-11 í Bjarnarflagi með Höggbor 3. Notaður var 559 mm (22") meitill og farið niður á 42,5 m dýpi, sem síðar var fódrað niður á 42 m með 473 mm (18 5/8") víðri fódringu. Mikið gufustreymi var úr holunni í lokin og gerði það erfitt um vik þegar fódringu var komið fyrir og hún steipt.

Í byrjun júní 1979 var jarðbornum Jötnei komið fyrir á borplaninu yfir höggborsholunni og 12. sama mánuðar hófst borun holu BJ-11 (Jarðboranir ríkisins 1979). Notuð var til verksins 444 mm (17 1/2") króna af gerðinni J-44. Smávægilegar tafir urðu í upphafi borunar. Á hádegi þann 13. júní festist borinn á 81 m dýpi og tókst að losa hann eftir 8 tíma baráttu. Þarna tapaðist allt skolvatn og var borað niður á 99 m dýpi með algjöru tapi. Þá var steipt úr 100 pokum af sementi blönduðum nytsömum þéttiefnum eins og kókóshnetum, sellófanræmum, úlfaldataði og sagi. Fimm tímum síðar var steipt á sama hátt úr 70 sementspokum til viðbótar. Að morgni 15. júní var borun haldið áfram. Á hádegi sama dag var borað niður úr steypu og töpuðust þá aðeins 2 l/s. Daginn eftir stíflaðist krónan á 202 m dýpi og var þá tekið upp, króna hreinsuð, sett niður á ný, dælingu komið á og farið í 17. júní frí. Að loknu sólarhrings fríi var haldið áfram og reyndust þá vera 18 m af sandi í holunni. Eftir 8 tíma skolun voru 6 m eftir á holubotni. Þá var byrjað að bora á ný og um hádegisbilið þann 19. júní var komið í fódringardýpi á 288,5 m. Sett voru niður 340



Mynd 1. Afstöðumynd borhola í Bjarnarflagi.

mm (13 3/8") fódurrör skrúfuð saman og voru notaðir 9 miðjustillar til að stilla fódringuna rétt af í holunni. Fódringin var kominn á sinn stað sólarhring síðar. Steyping hófst um leið og sementsbílarnir komu á staðinn eða rúmum einum og hálfum sólarhring eftir að fódrun lauk. Sementsblöndunni var dælt niður fódurrörin og þrýst upp með þeim. Efnisnotkun er sýnd í töflu 1. Eðlisþyngd blöndunnar var 1,64 g/cm³.

Tafla 1. Efni í fódringarsteypu öryggisfódringar holu BJ-11.

Magn í kg	Efni
36.550	Portland sement
400	Bentónít (gel)
360	Perlusteinn
100	HR 4 tafefni
?	Kísill

Steypa kom upp og seig síðan niður á 43 m dýpi. Hún var látin stíðna áður en steyp var utan með fódringunni ofan frá úr 83 sementspokum eða 4.150 kg. Að lokinni steypingu var gengið frá holutoppi og var aðalflansinn festur á öryggisfódringuna.

Rétt eftir kvöldmat laugardaginn 23. júní var byrjað að bora út steypu innan fódringar og var notuð 311 mm (12 1/4") króna af gerðinni J-33. Komið var niður úr steypu á miðnætti og hófst þá borun fyrir vinnslufódringu. Á um það bil 414 m dýpi tapaðist allt skolið, en borsvarf þétti lekann fljótlega. Fram að því hafði gelblanda verið notuð, en eftir að skol fór að tapast þá var eingöngu notað vatn og ýmis þétt efni sem áður hefur verið getið um. Á 572 m dýpi tapaðist allt skolvatn og kom ekkert upp eftir það í þessum áfanga. Borað var við þær aðstæður niður í fódringardýpi í 629,5 m. Tekið var mið af holu BG-10 og siritandi borhraða, þegar staðurinn var valinn fyrir fódurrörsendann. Rétt er að geta þess að holan var nánast hrein, þ.e. ekkert botnfall.

Áður en tekið var upp var holan hallamæld með 50 m millibili og var halli alls staðar innan við eina gráðu eins og fram kemur í töflu 2. Þá var tekið til höndum við venjubundnar mælingar og holan hita-, viðnáms- og víddarmæld.

Lokið var við að setja niður 244 mm (9 5/8") skrúfuð fódurrör fyrir hádegi þann 27. júní og voru notaðir 20 miðjustillar til þess að halda fódringunni réttri í holunni. Síðan var beðið í einn og hálfan sólarhring eftir sementsbílum.

Áður en aðal steypingin byrjaði var steyp úr 130 sementspokum með sömu aðferð og hefur verið lýst hér að framan, þ.e. neðan frá. Í þessu tilviki niður og upp í æðina á 572 m dýpi. Þá var steyp úr sementsblöndu frá sementsbílunum í tveimur áföngum ofan frá á milli fódringa og leið um það bil klukkustund á milli. Í lokin, eftir að blandan úr bílunum var farin að stíðna, var steyp tvisar sinnum. Í fyrra skiptið úr 108 pokum eða 5.400 kg og í seinna skiptið úr 160 pokum eða 8.000 kg. Eftir að steypingu var lokið og steypan orðin hörð var holan hitamæld og síðan athugað með CBL-mælingu (Cement bond logging) hvernig til tókst með steypinguna. Að því loknu var gert

klárt til áframhaldandi borunar. Eðlisþyngd sementsblöndunar var $1,67 \text{ g/cm}^3$. Í töflu 3 er getið um magn og samsetningu sementseðjunar sem niður fór.

Tafla 2. Hallamælingar í BJ-11.

Dýpi (m)	Halli (°C)	Frávik frá loðr. (m)	Dýpi (m)	Halli (°C)	Frávik frá loðr. (m)
50	0,5	0,4	700	0,9	4,4
100	0,5	0,9	800	2	7,9
150	0,25	1,1	900	1,7	10,9
200	0	1,1	1.000	1,3	13,1
250	0	1,1	1.100	1	14,9
300	0	1,1	1.200	1,4	17,3
350	0,25	1,3	1.300	1,2	19,4
400	0,25	1,5	1.400	2,6	24
450	0,25	1,7	1.500	3	29,2
500	0,25	2	1.600	2,5	33,5
550	0,5	2,4	1.700	2,8	38,4
600	0,5	2,8			

Tafla 3. Efni í vinnslufóðringarsteypu BJ-11.

Magn (kg)	Efni
44.900	Portland sement
400	Perlusteinn
400	Bentónít
?	Kísill

Á miðnætti í upphafi júlí mánuðar hófst borun hinnar eiginlegu vinnsluholu. Notuð var 211 mm (8 1/2") króna af gerðinni J-33. Borun gekk hratt fyrir sig. Að meðaltali voru boraðir um 179 m á sólarhring, þrátt fyrir að stoppað væri á um 100 m fresti til að hallamæla. Ekki urðu neinar umtalsverðar tafir í borun ef frá er talin um 5 tíma töf þegar hallamæling stóð yfir og dýpið var 1.333 m. Þá tók að renna upp úr holunni meðan á mælingunum stóð. Mælirinn var dreginn upp úr í skyndi og látið renna á holuna jafnframt því sem fylgst var með hegðun hennar. Þegar sýnt þótti að allt væri lagi, var hallamæling endurtekin og borun síðan haldið áfram. Undir morgun sunnudaginn 8. júlí lauk borun og var dýpið þá orðið 1.923 m. Dælt var á holuna í nokkra tíma, en síðan var tekið til höndum við mælingar.

Meðan á borun stóð var fylgst reglulega með skolvökvanum og reyndist skoltap vera óverulegt. Getið var um 6-7 l/s tap á 1.334 m dýpi en það var skömmu eftir hallamælingu og því varla marktækt. Mikill borhraði hefur vafalaust valdið því að svarfið hefur stíflað æðar jafnharðan og þær voru skornar. Þegar borun var lokið og holan skoluð þá opnuðust æðarnar og holan tók við yfir 70 l/s.

Lokið var við að setja niður 194 mm (7 5/8") leiðara fimmtudaginn 12. júlí. Neðri endi sat á botni og náði hann upp í 611,5 m dýpi (sleppimúffa á 604 m dýpi frá flansi). Þar með var borverki lokið.

3. JARÐLÖG Í HOU BJ-11

Á meðan á borun holu BJ-11 stóð var svarfsýnum safnað á tveggja metra fresti og fylgst með jarðlögum jafnharðan. Nákvæmt jarðlagasnið var síðan útbúið og er það sýnt í viðauka 1 ásamt jarðlagamælingum og borhraða. Út frá þeim gögnum var útbúið einfaldað jarðlagasnið þar sem sambærileg jarðlög eru flokkuð saman í syrpur eins og sýnt er á mynd 1. Í jarðlagalýsingu hér á eftir eru dregin fram helstu einkenni í hverri syrpu.

0 - 40 m dýpi. Höggborshola, en ekki er til jarðlagalýsing frá henni.

40 - 120 m dýpi. Plagióklasdílótt basalhraunlög einkenna þennan kafla. Alls sjást 11 lög og er þykkt þeirra 2 - 10 m. Kjarni laganna er venjulega grásvartur á lit og finkornóttur. Iðulega eru lögin blöðrótt að stórum hluta og með þykkum karga. Stundum líkjast lögin mjög basaltbreksíu og spurning hvort þau eigi að flokkast sem hraunlög. Oxun er áberandi í blöðróttu og breksíulega hlutanum. Bergið er lítið eitt ummyndað en víða sést í nánast ferskt gler. Af ummyndunarsteindum ber mest á pýrít, zeólítum og kalsíti. Einnig sést kalsedón og gifs. Á 81 m dýpi kom fram algjört skoltap þegar borinn festi sig og er það rétt ofan við hraunlagamót.

120 - 150 m dýpi. Plagióklasdílótt móbergstúff. Megin uppistaðan er ljóst- og dökkgrænt túff, eins og það sé sambrætt. Öðru hvoru sést ljósbrún basaltbreksía. Af ummyndunarsteindum ber mest á pýrít, zeólítum og kalsíti. Einnig sést í gifs. Vart var við skoltöp á tveimur stöðum, á 123 m dýpi á mótum túffs og breksíu og á 134 m dýpi í túffinu.

150 - 170 m dýpi. Basalhraunlög eru einkennandi. Bergið er grábrúnt til brúnt og finkorna. Þrjú hraunlög sjást 4 - 6 m þykk aðskilin með túffi. Bergið er mikið ummyndað og er ljósgræn leirhúð í blöðrum orðin áberandi. Sama ummyndun og fyrir ofan.

170 - 202 m dýpi. Móberg. Breksíur og túff einkenna þennan kafla. Efsti hlutinn er ljósbrúnleitur og blöðróttur og minnir stundum á mjög ummyndað glerjað basalt. Þá tekur við ljósgrænleitt túff. Síðan koma tveir breksíukaflar aðskildir af túffi. Einkennandi ummyndunarsteindir eru sem og á undan pýrít, zeólítar og kalsít. Á um 180 m dýpi sést kvars í fyrsta skipti og gefur það til kynna að farið sé að hitna í kolunum.

202 - 230 m dýpi. Glerjað basalt eða basaltríkar breksíur einkenna þennan hluta. Efst er að vísu 6 m þykkt sæmilega kristallað basaltlag gráhvítt á lit og nokkuð ummyndað. Þá tekur við glerjaði

hlutinn ljósgrænbrúnn á lit. Bergið er blöðrótt og eru þær allar fylltar. Inn á milli sjást vel kristölluð bergbrot. Ummyndun er mikil og er af sama tagi og fyrir ofan.

230 - 309 m dýpi. Basalthraunlög eru einkennandi. Bergið er ljóst á lit ýmist grágrænt eða grábrúnt. Það sjást að minnsta kosti 11 basaltlög og þykkir breksíukaflar sem sjást eru sennilega hluti af basalthraunlögum. Möguleiki er á því að finkona - meðalkona innskot sé á 166 - 170 m dýpi. Bergið er að jafnaði blöðrótt og útfellingaríkt. Ummyndun er áberandi og er pýrít mest áberandi ummyndunarsteinda en einnig ber mikið á zeólítum og kalsíti. Kvars sést öðru hvoru. Skoltap kom fram á 261 m dýpi í hraunlagi skammt ofan við finkona basalt innskot.

309 - 319 m dýpi. Móberg. Uppistaðan er ljósgrænt túff, en er mjög basaltblandað. Bergið er ummyndað og sömu ummyndunarsteindir og að ofan.

319 - 338 m dýpi. Basalthraunlög. Tvö finkornótt 5 m þykk basalthraunlög sjást efst og neðst í þessum kafla. Þau eru ljósgræn ummyndað og blöðrótt og að mestu leyti blöðrufyllt. Neðan við efra lagið er komið túfflega breksíu og síðan í finkornótt grásvart basalt innskot. Sama ummyndunarstig og fyrir ofan.

338 - 416 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt ummyndað og pýrítrikt túff er ráðandi berggerð á þessum kafla. Túffið er allt stungið af finkornóttum grábrúnum blöðróttum basaltlögum. Neðstu 20 metrana er breksía ráðandi, sem gæti eins verið bólstraberg. Þar gætir mismikillar kristöllumar og mjög stór hluti er glerjaður og kolummyndaður. Eins og áður segir er pýrít mest áberandi ummyndunarsteind, en zeólítar eru að tina tölunni og litið sést af þeim. Þeirra í stað sést meira af kalsíti, kvars og wairakít er komið til sögunnar. Ennfremur á sér stað sú breyting að leirinn breytist frá smektíti yfir í blandlög og klórit. Á 414 m dýpi tapaðist allt skolvatn um stundarsakir í breksíu rétt ofan við skilin á móberginu og basaltinu.

416 - 502 m dýpi. Basalthraun, móberg og innskot. Eins og segir hér að framan er erfitt að segja til um hvað er einkennandi berggerð á þessu dýptarbili. Í efstu 20 m sjást þrjú finkona basalt hraunlög aðskilin af túffi og meðalgrófkona innskoti. Niður í rúma 470 m er móbergstúff að mestu ráðandi, en þunn basaltlög fléttast inn í það. Þá tekur við 15 m þykkt grágrænt finkona basaltlag, sem sennilega er hraunlag, þó eru vísbendingar um innskot eins og örsmáir pýrít kristallar í berginu. Aftur á móti eru tvö meðalgróf til grófkona innskot neðst í þessum kafla, sem geta skýrt tilvist pýrítisins. Ummyndun er mikil í upphleðslueiningunum. Þar ber mest á pýríti, kalsíti, kvars og wairakíti. Einnig setur grænn litur leirsins sterkan svip á bergið.

502 - 569 m dýpi. Móberg. Túff er einkennandi í efri hluta þessa kafla, en móbergsbreksía í þeim neðri. Túffið er ljósgrænt á lit og er mjög ummyndað sem og breksían, sem hefur ljósbrúnt yfirbragð og á köflum sjást í henni daufir listar, sem sýna basalt einkenni. Á 520 - 535 m dýpi sjást tvö basaltlög sem gætu verið finkona innskot en mjög erfitt er að skera úr um það. Á 555 - 562 m dýpi sést grófkona basaltinnskot eða dólerít. Einkennandi ummyndunarsteindir eru pýrít, kvars, kalsít og wairakít ásamt leirsteindunum smektíti, blandlagsleir og klóriti. Zeólítar sáust ekki. Aukið skoltap var á 524 m dýpi í basaltlagi rétt neðan við þykkt túff.

569 - 640 m dýpi. Eyða, ekkert svarf kom upp. Algjört skoltap varð í móbergsbreksíu á 572 m dýpi rétt neðan við basalt innskot.

640 - 659 m dýpi. Basalthraunlög. Bergerðin er finkorna ljósgrágræn á lit vegna ummyndunar og blöðrótt, en blöðrur eru fylltar. Þrjú lög, 3 - 9 m þykk, sjást og er túff á milli þeirra. Ummyndunarsteindir eru kalsít, kvars, pýrít, wairakit og klórít.

659 - 698 m dýpi. Basalt innskot. Bergið er aðallega grásvart finkorna og að hluta nokkuð fersklegt að sjá. Smáir pýrítkrystallar sjást.

698 - 847 m dýpi. Basaltrikar breksíur, basalthraun og túff. Eins og upptalningin hér á undan gefur til kynna þá er erfitt að gefa upp afgerandi einkennisberg á þessu dýptarbili. Basaltbreksíunar, sem eru einkennandi niður á 752 m dýpi, eru ljósgrábrúnar á lit mikið ummyndaðar, blöðróttar og yfirleitt blöðrufylltar. Það má hugsa sér að þetta gæti verið bólstraberg sem hefur víða spönn í kristöllum stigi, eða frá því að vera nánast hreint gler yfir alkristallað berg. Á 720 - 740 m sjást tvö þykk lög af ljósgrænu túffi með breksíu og basaltlagi á milli. Á bilinu 752 - 798 m skiptast á basalthraun og túfflög, en eitt finkorna þétt grásvart basaltinnskot sést á 770 - 778 m dýpi. Frá 798 m niður á 827 m eru basaltbreksíur ráðandi sams konar og lýst var hér að ofan. Neðan við breksíunar taka við dólerítinnskot niður á 847 m dýpi en finkornótt ljósgrágrænt basalt sést þar á milli. Einkennandi ummyndunarsteindir eru kalsít, kvars, pýrít, prenit, wairakit og klórít.

847 - 959 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt mikið ummyndað túff er alls ráðandi í efstu 30 metrunum og þar neðst sést fyrst í ummyndunarsteindina epidót. Í neðri hlutanum skiptast á ljósgrænt túff og ummynduð basaltlög. Á bilinu frá 919 - 959 m dýpi sjást fjögur dólerítinnskot 2 - 4 m þykk. Eingöngu er nú um að ræða háhita ummyndun og er komið niður í epidót/aktínólít-beltið á tæplega 920 m dýpi, sem þýðir að hiti sé kominn yfir 280 °C. Á 929 m dýpi varð vart við smávægilega breytingu í skoli og jókst tapið þar um 2 l/s á milli dólerít innskota.

959 - 1037 m dýpi. Basalthraunlög. Finkorna ljósgrágrænt ummyndað basalt er einkennandi á þessu dýptarbili. Hér er að mestu um hraunlög að ræða aðskilin af ljósgrænu túffi sem í mörgum tilfellum gæti verið kargi. Ekki er gott að greina í öllum tilfellum lagamót hraunanna og því útilokað að gefa upp einhverjar þykktar tölur, en glögglega má sjá í nifteinda- og viðnámsmælingunum að um mörg þunn lög er að ræða. Eitt þriggja metra þykkt finkornótt grásvart basaltinnskot sést á um 980 m dýpi. Ummyndun einkennist af háhitasteindum og sjást þar epidót, kvars, wollastónít, prenit, wairakit, klórít og aktínólít ásamt pýríti og pyrrhótíti.

1037 - 1053 m dýpi. Basaltinnskot. Meðalgróft - grófkorna basalt fyllir út í þetta dýptarbil. Bergið finkorna efst en verður grófkornóttara er neðar dregur. Túff sést bæði og ofan og neðan við það, sem gæti þýtt að innskotið skjótist í gegnum efsta hluta túffkaflans sem þarna er til staðar.

1053 - 1111 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt túff er ráðandi niður á 1087 m dýpi og á einstaka stað er það gulgrænt vegna epidótumyndunar. Borhraði gefur til kynna að þunnir harðir eitlar stingi sér inn í túffið og er líklega um basalt að ræða. Þá tekur við þunnt basaltlag niður í 1090 m dýpi og er það meðal - grófkorna og ef til vill innskot. Síðan verður breksía ráðandi niður. Þar ægir saman

ljósbrúnu mjög glerjuðu basalti, ljósgrænu túffi og sæmilega kristölluðu basalti. Ummyndun er svipuð og lýst hefur verið hér að ofan. Þá er rétt að geta þess að kalsít sést ekki.

1111 - 1158 m dýpi. Basalt hraunlög. Finkorna grágrænt basalt einkennir þetta dýptarbil og er bergið nokkuð ummyndað. Ljósgrænt túff sést á milli basaltlaganna. Á einum stað frá 1123 - 1130 m sést meðal - grófkorna basalt, en meira sést af því litlu neðar. Sama ummyndun og áður en meira er um pyrrhótít en áður.

1158 - 1270 m dýpi. Meðal - grófkorna basalt. Meðalgróft - grófkorna basalt (dyngja) er nánast einrátt á þessum kafla. Ýmis litatilbrigði koma fram. Mest er af ljósgrænu bergi öðru hvoru hvíturjóttu einnig er hluti bergsins nánast grænsvartur. Túff eða breksíur sjást á nokkrum stöðum milli basaltlaganna. Á 1195 - 1218 m dýpi eru grófkorna basaltinnskot, öðru nafni dólerít, sem eru grásvört á lit og nokkuð ferskleg. Útslag sést í gammamælingunni á móts við innskotið. Ummyndunin er eins og fyrir ofan, þ.e. háhitasteindirnar epidót, kvars, klórít, wollastónít, prenit og wairakít ásamt járn-súlfíðunum pýríti og pyrrhótíti.

1270 - 1455 m dýpi. Móberg og meðal - grófkorna basalt. Niður á 1358 m dýpi er ljósgrænt túff ráðandi berggerð. Öðru hvoru sjást þunn kolummynduð ljósgrágræn finkornabasaltlög stinga sér inn í túffið. Neðan 1358 m skiptast á túff og meðal - grófkorna basaltlög ásamt einstaka finkorna basaltlögum ofan til. Oft er erfitt að sjá hvort meðal - grófkorna basaltið sé innskot eða upphleðsluberg. Ef t. d. basaltið við 1360 m dýpi er innskot þá má segja að lýsingin á túffkaflanum hér á unda nái niður á 1393 m dýpi. Mest ber á meðal - grófkorna basalti á 1393 - 1412 m og á 1430 - 1454 m dýpi, og gætu það verið dyngjuhraun. Á 1275 m dýpi var skorið dólerít innskot efst í móbergskaflanum og jókst skoltapið við það. Inn í basaltkaflanum í móberginu á 1400 m dýpi er öflugasta æð holunnar samkvæmt þrýstimælingum. Útslag kemur fram í gammamælingunni frá 1375 og er sveiflu kennt niður á 1560 m dýpi. Ummyndun er samskonar og hér að ofan.

1455 - 1527 m dýpi. Dólerítinnskot. Bergið er að mestu grófkorna grænleitt basalt. Sennilega er um fjögur innskot að ræða og er það neðsta öllu þykkast. Gammamælingin synir útslag á móts við innskotin. Pýrít kristallar sjást víða í því í mismiklum mæli.

1527 - 1612 m dýpi. Basalthraun og innskot. Hér skiptast á aðallega finkorna kolummynduð basalthraunlög og túff. Milli 1540 og 1560 m sjást tvö þykk basaltlög fin - meðalkorna, sem gætu verið innskot en vafi leikur á því. Á 1591 - 1606 m dýpi er meðalkorna basaltinnskot. Breksía er neðan við innskotið og niður þennan kafla. Ummyndun hefur ekkert breyst, en öðru hvoru sjást kalsít molar og er sennilegt að þeir séu ættaðir innan úr borsköftum bortækisins.

1612 - 1722 m dýpi. Meðal - grófkorna basalthraun og innskot. Grágrænt - grænt meðal - grófkorna basalt (dyngja) er allsráðandi niður á 1710 m, en þar neðan við sjást tvö 3 og 4 m þykk finkorna basaltinnskot, sem stynga sér inn í basaltstaflann. Ummyndun er nokkuð mismikil en mest ber á epidóti og klóríti.

1722 - 1790 m dýpi. Basalthraunlög og innskot. Basalthraunin, sem hér sjást eru finkorna ljósgræn á lit og kolummynduð. Inn á milli þeirra sést í túff en finkorna þétt basaltinnskot sjást ofan til og

eru 3 - 5 m á þykkt. Tvö 10 m þykk grófkorna basaltinnskot eða dólerít sjást í neðri hlutanum. Við innskotin eru útslög í gammamælingunni. Ummyndun er sambærileg og fyrir ofan.

1790 - 1814 m dýpi. Basaltrík breksía. Hér er allsráðndi mjög glerjað og blöðrótt finkorna basalt. Bergið er gráhvítt á lit vegna ummyndunar.

1814 - 1900 m dýpi. Innskot og basalhraunlög. Efst niður á 1823 m dýpi er meðal - grófkorna basalt- eða dólerít innskot. Þá tekur við þykkur basalhraunlaga kafli, sem nær niður á 1900 m dýpi. Bergið er ljóst á lit vegna ummyndunar og finkorna. Tvö díóritinnskot sjást. Það efra er 7 m þykkt og nær niður á 1840 m, en það neðra er öllu þykkara eða 28 m þykkt og nær niður á 1876 m dýpi. Ummyndun er sambærileg og á undan. Í neðri hluta neðra díóritinnskotsins virðist neðsta æðin í holunni vera.

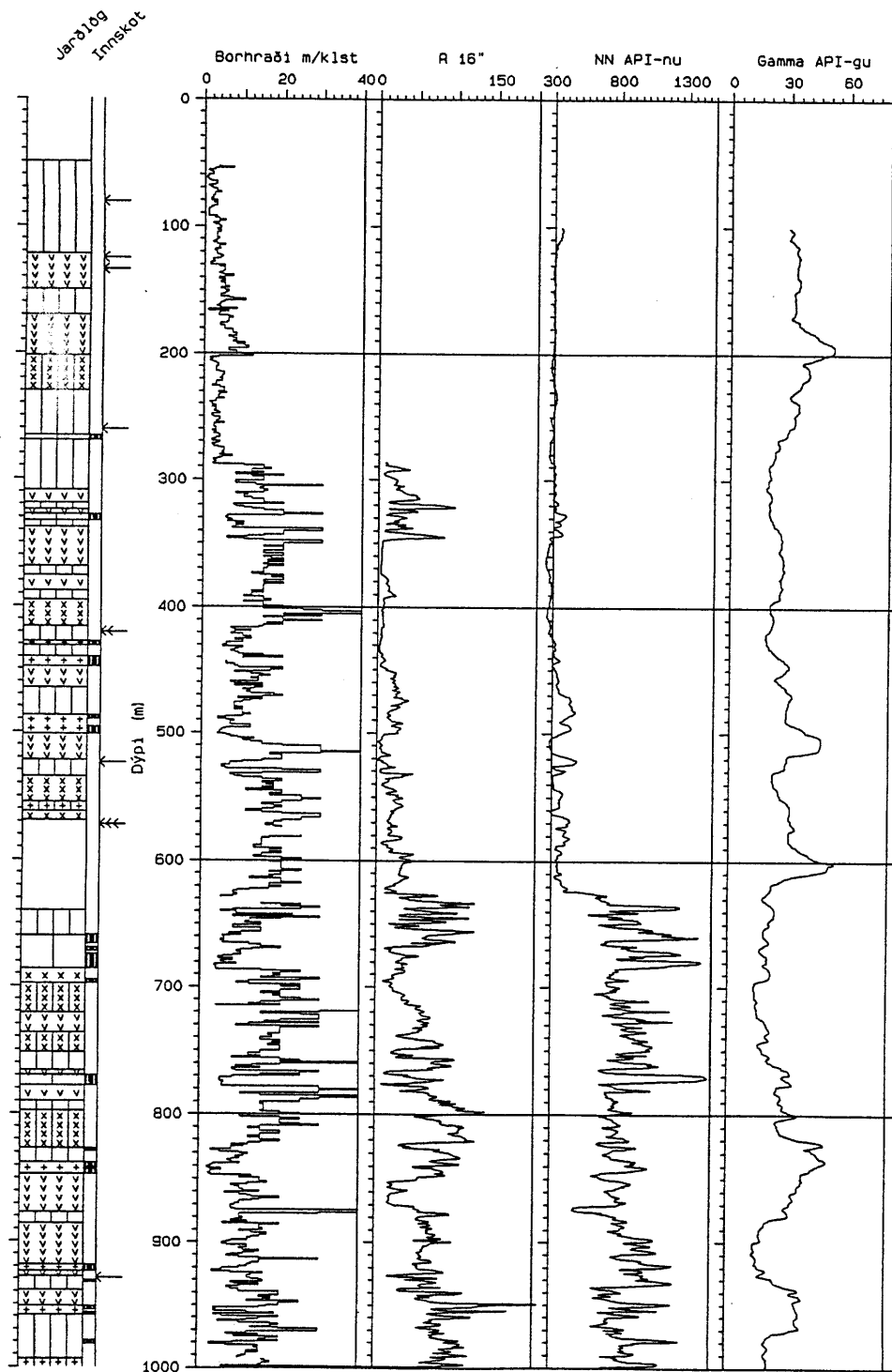
1900 - 1908 m dýpi. Móberg. Mjög ummyndað ljósgrænt túff, skorið af þriggja metra meðal - grófkorna basaltinnskoti.

1908 - 1923 m dýpi. Innskot. Bergið er meðal - grófkorna basalt- eða dólerítinnskot.

Athyglisvert er þegar jarðlagasniðið og ferill gammamælingar eru borin saman þá kemur í ljós að útslög í mælingunni koma víða á móts við grófkorna dólerítinnskot. Líklegasta skýringin á því er að um sé að ræða innskot frá sama góstímabili af dólerít gerð, en samsetningin sé nálægt mörkum dóleríts og díórits.

JHD-JF-6607 Ásg
93.11.0667 T

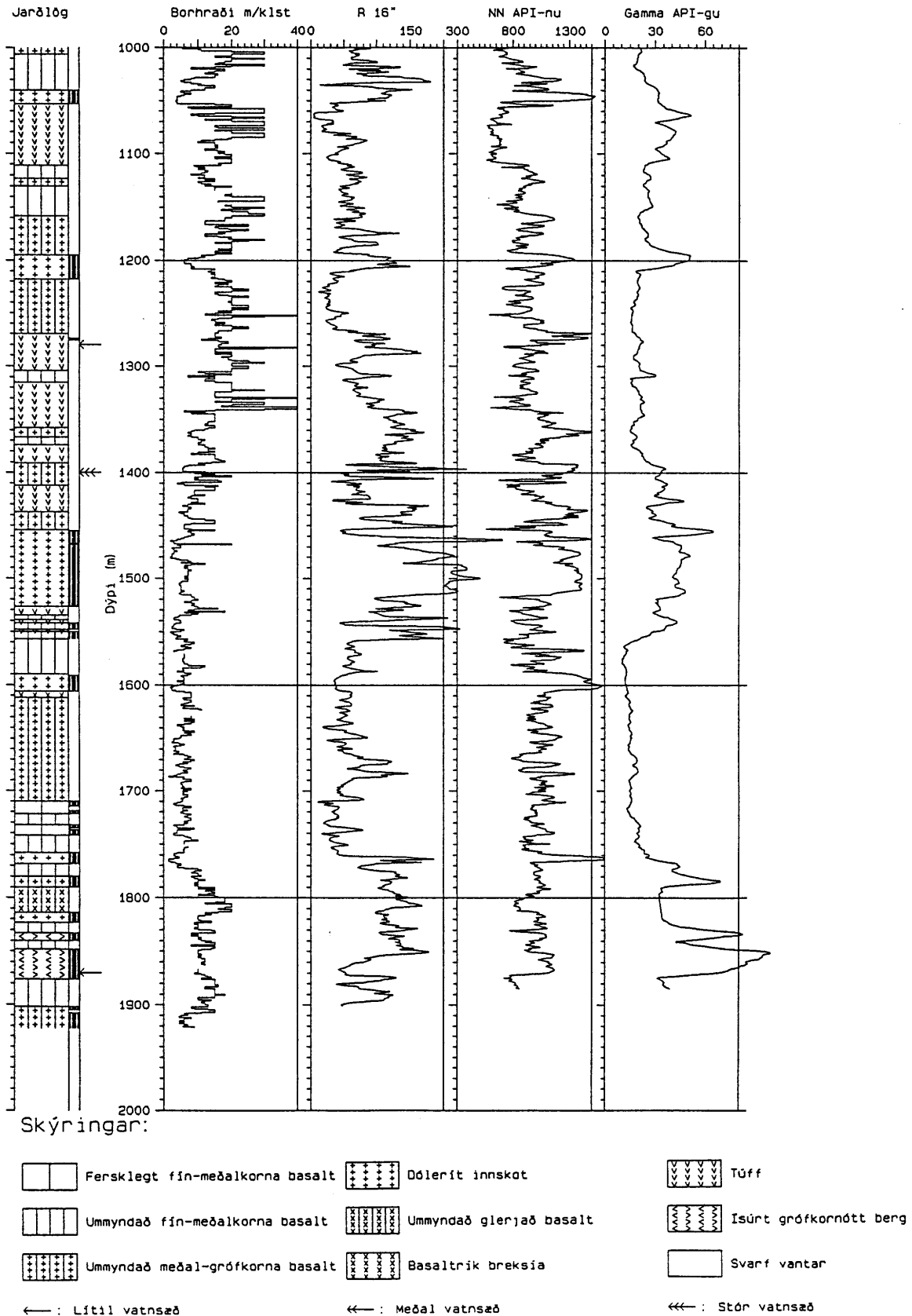
BJARNARFLAG HOLA BJ-11
Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar



Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar (blað 1 af 2).

JHD-JF-6607 AsG
93.11.0667 T

BJARNARFLAG HOLA BJ-11
Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar



Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið og jarðlagamælingar (blað 2 af 2).

4. STAÐSETNING VATNSÆÐA

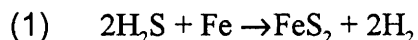
Í Bjarnarflagi er þrýstingurinn í jarðhitakerfinu, eins og það er þekkt nú, lægri heldur en á kaldri vatnssúlu frá yfirborði að athugunarstað. Þess vegna tapast skolvatn, þegar æðar eru skornar, og er í grófum dráttum hægt að meta stærð æðanna út frá skoltapi hverju sinni. Reglulegt eftirlit var með breytingum á skolvökvanum meðan á borun stóð. Það hefur verið mjög haldgóð aðferð við að staðsetja vatnsæðar. Þó er sá galli á gjöf Njarðar að þegar borhraði er mikill getur svarfið í holunni þétt æðarnar jafnharðan og þær eru skornar þannig að nákvæm staðsetning fæst ekki á þennan hátt. Ofangreind leið er góð til síns brúks, en samt sem áður er ávallt beitt öðrum hefðbundnum aðferðum til að fá sem öruggastar upplýsingar um nákvæmar staðsetningar vatnsæðanna. Þá er um að ræða hitamælingar bæði í borun og í upphitun, þrýstimælingar meðan á upphitun stendur og nákvæm greining á jarðlögum og ummyndun.

Æðalisti var útbúinn eftir að búið var að meta fyrirbyggjandi gögn. Hér á eftir er sýndur listi yfir æðarnar í holunni og nánari upplýsingar um þær.

- 81 m dýpi. Algjört skoltap kom fram þegar borinn festist á þessu dýpi, sem þéttist ekki eftir losun og var að lokum steipt í það. Lekinn var á hraunlagamótum og ummyndun og hitamælingar benda til þess að æðin sé undir 100 °C hita.
- 123 m dýpi. Fram kom 5 l/s skoltap. Æðin kom fram á mótum túffs og breksíu, en ummyndun og hitamælingar benda til þess að æðin sé undir 100 °C hita.
- 134 m dýpi. Skoltap eykst um 5 l/s um stundarsakir. Æðin kom fram í pýrítríku túffi og er samkvæmt ummyndun og hitamælingum um eða undir 100 °C hita.
- 261 m dýpi. Veik visbending var um æð, þar sem skoltap jókst um 2 l/s. Hún er í basalthraunlagi skammt ofan við finkornótt innskot. Ummyndun gefur til kynna að hiti geti verið um eða yfir 180 °C. Aftur á móti sjá hitamælingar ekki hærri hita en 80 - 90 °C.
- 414 m dýpi. Allt skolvatn tapaðist um stundarsakir í breksíu rétt ofan við skilin á móberginu og basaltinu. Ummyndun gerir ráð fyrir 200 - 230 °C hita. Hitamælingar gera ráð fyrir hita á bilinu 100 - 200 °C.
- 572 m dýpi. Allt skolvatn tapaðist og hélst það þannig þar til fóðringardýpi var náð á tæpum 630 m. Skoltapið varð í móbergsbreksíu á 572 m dýpi rétt neðan við basalt innskot. Ummyndun gerir ráð fyrir 200 - 230 °C hita eða sama hita og hitamælingar áætla á þessu dýpi.
- 929 m dýpi. Smávægileg breyting kom fram í skoli og jókst tapið þar um 2 l/s á milli dólerítinnskota. Ummyndun sýnir 250 - 280 °C hita eða sambærilegt við áætlaðan berghita út frá hitamælingum.
- 1280 m dýpi. Á 1275 m dýpi var skorið dólerítinnskot efst í móbergskafnanum og jókst skoltapið við það. Hiti samkvæmt ummyndun er um eða yfir 300 °C og samkvæmt áætluðum berghita út frá hitamælingum er hann yfir 300 °C.

- 1400 m dýpi. Aðalæð holunnar virðist vera á þessu dýpi samkvæmt þrýstimælingum, sem gerðar voru, á meðan upphitun hennar stóð. Æðin er í basaltkafla inn í móbergi. Hiti samkvæmt ummyndun er um eða yfir 300°C og samkvæmt áætluðum berghita út frá hitamælingum er hann yfir 300°C.
- 1870 m dýpi. Í ádælingu við borlok sést í hitamælingu að vatn fer alla leið þangað niður. Það virðist vera neðarlega í díórítinnskoti. Ef um væri að ræða öfluga æð þá væri vökvinn sem streymdi um díórítinnskotið ríkur af flúori en svo er ekki. Ummyndun gerir ráð fyrir hita yfir 300°C. Aftur á móti gerir áætlaður berghiti út frá hitamælingum ráð fyrir viðsnúningi neðan við tæpa 1500 m og fer hiti sammkvæmt því aðeins undir 300°C.

Ummyndunarsteindir eru oft notadrjúgar við staðsetningu æða. Mikil aukning útfellinga getur þýtt að annað hvort leiki vökvi um það svæði eða hafi leikið. Einnig hafa járnúlfíð og þá aðallega steindin pýrít verið leiðandi við að staðsetja æðar. Snögg aukning í pýríti gefur til kynna að jarðhitahvökvi streymi eða hafi streymt þar um. Alltaf eru vissir vankantar á aðferðum af þessu tagi. Þar ber helst að nefna að pýrít eða önnur svipuð járnúlfíð myndast þar sem oxandi aðstæður eru til staðar og er fyrst að nefna útstreymi jarðhitavökva við yfirborð. Neðangreind jafna skýrir þett nokkuð vel:



Þar af leiðandi getur þessi steind verið í miklu magni þar sem mikil myndun hefur verið á yfirborði og bergið síðan kaffærast undir yngri jarðlögum. Aftur á móti er það nánast ófrávikjanlegt að þegar mikið er af pýríti við innskot þá þýði það að streymi vökva hafi verið með innskotinu. Því er það góð vísbending um æðar ef saman fer aukið magn pýríts í svarfi og innskot. Á mynd 4 er þetta sýnt á samantektarmynd og verður fjallað nánar um það síðar.

5. BORUN HOLU BJ-12

Frá 27. ágúst til 24. september 1979 var hola BJ-12 forboruð með Höggbor 3 niður á rúmlega 52 m dýpi.

Byrjað var að flytja Jötunn úr Kröflu í Bjarnarflag 24. október 1980 og hann settur yfir holu BJ-12. Fimmtudaginn 30. sama mánuðar kl. 13:20 hófst borun á 57 m dýpi. Notuð var 444 mm (17 1/2") króna af gerðinni S-88. Borun gekk hratt og vel fyrir sig og var komið niður í 305 m skömmu fyrir miðnætti 1. nóvember og var það fóðringardýpi öryggisfóðringar. Eina stoppið meðan á borun stóð var vegna hallamælingar á 150 m dýpi. Botnfall reyndist þá vera um 14 m og fór allur næsti sólarhringur og rúmlega það, að skola botnfallinu og var gel notað til þess. Aðfaranótt 3. nóvember var holan nokkurn vegin hrein eða aðeins um 1 m botnfall eftir. Þá var hallamælt og gert klárt til að fóðra. Sett voru niður 340 mm (13 3/8") skrúfuð fóðurrör. Búið var að koma fóðringunni fyrir í holunni og tengja stengur við stungustykki fyrir miðnætti og holan síðan skoluð fyrir steypingu. Kukkan 02:50 þann 4. nóvember byrjaði fóðringarsteypa. Steypu var fyrst dælt niður fóðringuna og þrýst upp utan með henni. Síðan voru stangir teknar upp og lokið við að steypa ofan frá niður með fóðringunni. Alls voru notuð um 30 tonn af sementsblöndu í

aðgerðina og var eðlisþyngdin 1, 6 g/cm³. Eftir að búíð var að þrifa steypu þá var holuflans soðinn á og gengið frá holutoppi fyrir áframhaldandi borun.

Komið var niður á steypu á 280 m dýpi og hún boruð út. Borun í berg fyrir vinnslufóðringu hófst kl. 09:30 þann 5. nóvember og var notuð til þess verks 311 mm (12 1/4") króna af gerðinni J-44. Borun gekk áfallalaust og hratt niður í fóðringardýpi á 698 m og aðeins einu sinni var stoppað til að hallamæla, en það var á 500 m dýpi. Meðan á borun stóð var fylgst með skolvökvbreytingum eins og venjulega. Þar komu fram nokkrar vísbendingar um æðar eins og fram kemur í töflu 4.

Tafla 4. Æðar bak við vinnslufóðringu í BJ-12.

Dýpi (m)	Skoltap (l/s)	Skolbreyting (l/s)
345-377	6	3
377-398	12	6
408-433	14	5
465-483	20	6
483-509	25	5

Ef til vill eru fleiri æðar neðan við 509 m dýpi, þar sem skoltap rokkar þar upp og niður, en það fer ekki upp fyrir 25 l/s eins og það mældist mest í 509 m. Hallamælt var í 670 m og síðan hitamælt áður en borstrengurinn var tekinn upp. Að upptekt lokinni var viddar-, viðnáms- og hitamælt. Að mælingum loknum þótti ástæða til að setja niður á ný til að hreinsa botnfall úr holunni. Eftir um 5 tíma skolun með geli og vatni þá var eftir um 4,5 m botnfall og var það látið eiga sig. Tekið var upp úr holunni öðru sinni og byrjað að fóðra. Sett voru niður 244 mm (9 5/8) skrúfuð fóðurrör. Tvær tegundir fóðurröra voru notaðar, þ.e. tæpir 108 m af N-80 (43,5 lbs./fet) og tæpir 577 m af K-55 (40,0 lbs./fet). Fóðringin var komin niður kl. 01:40 aðfaranótt 10. nóvember og skömmu síðar var hún steypd í gegnum stangir og steypu þrýst upp utan fóðringar. Hún kom ekki upp og var beðið þar til hörðnun var orðin nægileg til að unnt væri að CBL-mæla og finna hvar efra borð á steypu væri. Eftir mælingu voru skotin göt á vinnslufóðringuna á um 315 m dýpi og fóðringin síðan steypd upp í gegnum þau. Seinna sama dag lauk steypingu með smá slettu ofan frá. Það magn og efni sem notað var í fóðringarsteypuna er sýnt í töflu 5.

Tafla 5. Efni í steypingu vinnslufóðringar í BJ-12.

Magn (kg)	Efni
41.000	Portland sement
900	Perlusteinn
500	Bentónít
9.600	Kísill

Eftir að gengið hafði verið frá holutoppinum og öryggisventlar komnir á sinn stað, þá var sett niður til borunar vinnsluhlutans. Notuð var 216 mm (8 1/2") króna af gerðinni FP-62-J til verksins. Komið var var niður á steypu í föðringunni á 298 m dýpi og var hún samfelld niður að skotgötunum á 315 m dýpi. Síðan varð smá fyrirstaða í 530 m, en á 630 m var síðan samfelld steypa niður fyrir föðringarenda.

Borun í berg hófst kl. 10:20 þann 12. nóvember. Borun gekk hratt og örugglega niður. Einu stoppin voru þegar var hallamælt, en yfirlit yfir allar hallamælingarnar úr holunni eru í töflu 6.

Tafla 6. Hallamælingar í holu BJ-12.

Dýpi (m)	Halli (°)	Frávik frá lör. (m)	Dýpi (m)	Halli (°)	Frávik frá lör. (m)
150	0,8	2,1	900	0,1	16,4
290	0,0	2,1	1100	0,8	19,2
500	2,1	9,8	1430	1,0	25,0
670	2,1	16,0	1700	2,4	36,3

Þegar upp var staðið þá höfðu borast að meðaltali um 200 m á dag í vinnsluhlutanum og er þá ekki dreginn frá sá tími sem fór í mælingar. Fylgst var með skolvatnsbreytingum allan tímann og var lengi vel ekki hægt að merkja nein marktæk skoltöp. Því olli mikill borhraði og þétti svarfið nánast allar æðar jafnharðan og þær voru skornar. Tapið var smám saman að aukast niður á 1650 m dýpi, en þá fór það úr tæpum 5 l/s í tæpa 11 l/s. Síðan rokkaði það lítilega til þar til endanlegu dýpi var náð á 1999 m. Að borun lokinni opnaðist holan smám saman og um það bil hálfum sólarhring eftir að borun lauk tók hún við um 40 l/s í skolun. Í borlok, áður en tekið var upp, var holan hitamæld með utanádælingu. Engar frekari mælingar voru gerðar í borlok vegna taugatitrings útaf eldgosahættu. Tekið var upp úr holunni í snarhasti og raufaður 178 mm (7") leiðari settur niður. Tveimur sólarhringum eftir að borun lauk var leiðarinn kominn á sinn stað.

Alls voru skráðir 29 verk dagar á holuna frá því að flutt var á hana 20. október 1980 og þar til mastur borsins var fellt 21. nóvember. Lokadýpi var 1999 m.

6. JARÐLÖG Í HOLU BJ-12

Á sama hátt og í holu BJ-11 var svarfsýnum safnað á tveggja metra fresti og fylgst með jarðlögum jafnharðan. Nákvæmt jarðlagasnið var síðan útbúið og er það sýnt í viðauka 1 ásamt borhraða. Aðstæður í borlok leyfðu því miður ekki venjubundið mælingaprógram og eru því engar jarðlagamælingar til úr vinnsluhlutanum. Út frá fyrirliggjandi gögnum var útbúið einfaldað jarðlagasnið þar sem sambærileg jarðlög eru flokkuð saman í syrpu. Í jarðlagalýsingu hér á eftir eru dregin fram helstu einkenni í hverri syrpu. Einfaldað jarðlagasnið er sýnt á mynd 3 og er jarðlagalýsingin sniðin að því.

0 - 62 m dýpi. Höggborshola, ekkert svarf er til úr henni.

62 - 97 m dýpi. Basalthraunlög. Bergið er gráleitt, finkorna, blöðrótt og sennilega plagíóklasólótt. Að minnsta kosti 5 hraunlög sjást og eru þau áberandi meira glerjuð í efri hlutanum. Í glerjaða hlutanum og í karga hraunlaganna sést víða ferskt gler og oxun er áberandi við svipaðar kringumstæður. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítarnir; analsím, heulandít, skólesít, mordenít og lámontít.

97 - 147 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt ummyndað plagíóklasólótt móbergstúff einkennir þennan kafla. Efst undir basaltinu má sjá seteinkenni. Annars er þetta víðast nokkuð hreint gler en á köflum blandað basaltfauði. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítarnir; analsím, heulandít, mordenít og lámontít.

147 - 171 m dýpi. Basalthraunlög. Bergið er mjög glerjað og spurning hvort ætti að flokka þetta sem basaltríka breksíu, en þar sem þetta minnti frekar á hraunlög var sú flokkun látin ráða. Blöðrur eru áberandi og liturinn er ljósbrúnn yfir í grábrúnt. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítarnir; analsím, heulandít og mordenít.

171 - 272 m dýpi. Móberg. Í efstu 5 metrunum ber mest á túffi þar neðan við tekur við einskonar breksía ljósbrún á lit og má sjá veikburða kristöllun, sem oft hefur verið nefnd illa kristallað basalt í svarflýsingum. Á 213 m dýpi er komið niður í 7 m þykkt grábrúnt finkorna basalt og þar neðan við er 8 m af mjög glerjuðu ljósbrúnu basalti. Á 229 m og niður í 241 m er grænleitt túff. Síðan koma þar neðan við mjög glerjað basalt, breksía, túff og þunn basaltlög. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítarnir; analsím, heulandít, skólesít og mordenít.

272 - 317 m dýpi. Basalthraunlög. Á þessu bili sjást 7 hraunlög 2 - 8 m þykk. Bergið er grágrænt á lit og yfirleitt blöðrótt en hluti laganna er þéttur. Kargi sést á lagamótum og er hann venjulega ljósari en bergið eða ljósbrúnn á lit og útfellingaríkur. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítarnir; analsím, heulandít, skólesít og mordenít.

317 - 330 m dýpi. Móberg. Túff einkennir þennan kafla og eru sömu ummyndunarsteindir og fyrir ofan.

330 - 342 m dýpi. Basalthraun. Þrjú 2- 5 m þykk lög sjást og er bergið gráleitt og yfirleitt sæmilega til illa kristallað. Hluti þess er frauðkenndur eða mjög blöðróttur. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítar.

342 - 362 m dýpi. Móberg. Grænleit breksía að hluta til oxuð og hluti af glerinu er lítið sem ekkert ummyndaður. Þriggja metra þykkt finkorna og þétt basaltlag sker þennan kafla og gæti það allt eins verið innskot. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítar, þar á meðal mordenít.

362 - 377 m dýpi. Basalthraunlög. Þrjú lög sjást 3 - 8 m þykk og eru þau fin til meðalkorna grágrænt basalt. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítar.

377 - 396 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt útfellingaríkt túff einkennir þennan kafla, en neðst í laginu virðist vera finkorna þunnt ljósbrúnt basaltlag. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, pýrít og zeólítar, þar á meðal lámontít.

396 - 512 m dýpi. Basalthraunlög. Um er að ræða um eða yfir 20 hraunlög 3 - 14 m þykk. Bergið er ýmisst grágrænt eða grábrúnt á lit, finkorna og blöðrur sjást oftast í því, oftast fylltar. Á um 420 m dýpi er meðal - grófkorna 3 m þykkt lag. Frá 485 niður á 497 m dýpi er breksía ráðandi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, kvars, kalsedón, pýrít og zeólítarnir; analsím, skólesít og mordenít. Kvars sést á 480 m dýpi.

512 - 532 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt frauðkennt túff einkennir þennan kafla og eru hlutar þess mjög útfellingaríkir. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, kvars, pýrít og zeólítar.

532 - 562 m dýpi. Basalthraunlög og innskot. Í efstu 12 metrnum er finkorna lítið ummyndað basaltinnskot. Bergið er grágrænt á lit og þétt. Neðan við innskotið 4 metra þykkt túfflag og þá fin til grófkorna grænleitt basaltlag. Þá taka við tæpir 10 m af basalti, efri hlutinn mjög glerjaður, en neðri hlutinn þéttari og betur kristallaður. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, kvars, pýrít og zeólítar.

562 - 609 m dýpi. Móberg og innskot. Á þessu dýptarbili ægir saman mörgum berggerðum. Fyrst er komið í breksíu og þar neðan við tekur við 4 m þykkt grófkorna basalt, sennilega dólerít innskot, og svo glerjað basalt næstu 2 m þar neðan við. Þá tekur við 3 m þykkt grágrænt basaltlag og 6 m af breksíu. Á 581 m dýpi virðist vera komið í nokkuð þykkt grófkorna innskot, sem nær niður á 603 m dýpi. Síðan tekur við 6 m þykkur breksiukafli. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, kvars og pýrít, en zeólítarnir virðast horfnir. Kvars er áberandi í sprungum ásamt pýríti.

609 - 652 m dýpi. Innskot og basalthraunlög. Efst er fersklegt þunnt grófkorna basalt, sennilega dólerítinnskot. Þá er komið í finkorna basalthraunlag um 4 m þykkt og þar neðan við er aftur komið í grófkorna basalt, sem er sennilega innskot. Næst tekur við finkorna basalthraun og túff, en á 629 - 645 m dýpi er finkorna fersklegt basaltinnskot. Neðst í þessum kafla eru þunn lög af glerjuðu basali og betur kristölluðu. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, kalsít, pýrít og zeólítinn mordenít.

652 - 686 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt ummyndað túff einkennir þennan kafla og sjást öðru hvoru í því basaltfrauð. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, kalsít og pýrít.

686 - 799 m dýpi. Móberg. Móbergsbreksiur einkenna þennan kafla. Efstu tólf metrarnir samanstanda af mjög glerjuðu basalti og þar neðan við 4 m þykkt sennilega kristallað ummyndað basalt. Þá tekur við nokkuð samfelldur breksiukafli niður í 740 m dýpi. Þá sjást tvö basaltlög frá 740 m niður á 752 m dýpi. Þau eru finkorna og þétt, sennilega innskot. Þá tekur við breksía á ný niður á 762 m dýpi, þar sem finkorna þétt og nokkuð fersklegt basaltinnskot sést. Frá 770 m heldur breksían áfram. Í 777 - 787 m er komið í grófkorna þétt basaltlag og eykst ummyndun í því er neðar dregur. Að lokum er basaltbreksía niður á 799 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kalsít, kvars, pýrít, wairakít, prenit og mordenít.

799 - 824 m dýpi. Glerjuð basaltlög eða breksíur. Glerjað, blöðrótt ummyndað basalt einkenniir þennan kafla. Hér virðist vera um að ræða basaltlög á mismunandi kristöllumarstigi. Eitt betur kristallað 4 m þykkt fínkorna basaltlag sést frá 804 m og frá 812 í 816 m er bergið mjög breksilegt. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, kalsít, wairakít og pýrít.

824 - 840 m dýpi. Basalthraunlög. Fínkorna grágrænt basalt frekar ummyndað. Tvö 6 m þykk lög sjást aðskilin af glerjuðu basalti, hugsanlega kargi. Sömu ummyndunarsteindir.

840 - 956 m dýpi. Móberg. Einkennandi berggerðir eru túff og breksíur, all mikið ummyndað. Öðru hvoru sést aukning í basaltbrotum enda vafalaust einhvegir basalteitlar í þessum kafla þó lítið beri á þeim í svarfinu. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, wairakít, epidót, pýrít og kalsít sést niður á rúmlega 900 m dýpi en lítið sem ekkert eftir það.

956 - 1004 m dýpi. Basalthraunlög. Efst eru 6 m af mjög glerjuðu basalti og þar neðan við koma 7 fínkorna ummynduð grágræn basaltlög aðskilin af breksíum. Efsta lagið er 10 m þykkt en hin eru 4 - 6 m þykk ef lítið er á breksíuna sem karga. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, wairakít, epidót wollastónít og pýrít.

1004 - 1106 m dýpi. Móberg. Túff og breksíur eru ráðandi í þessum kafla. Efst er breksía sem endar við 2 m þykkt basaltlag á 1017 m dýpi. Þá tekur við túff niður á 1037 m dýpi, þar sem kemur niður í fínkorna þétt fersklegt basaltinnskot og skilur það á milli túffsins og breksíu þar neðan við. Frá 1053 - 1073 m dýpi koma inn 3 - 4 basaltlög, en þar neðan við er túff í 1091 og svo breksía í 1106 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót, wollastónít, prenit, wairakít og pýrít.

1106 - 1137 m dýpi. Glerjuð basalthraun. Meginn hluti bergsins er mjög glerjaður (hlutkristallaður), en á rúmlega 1100 m dýpi er fínkorna vel kristallað ummyndað basaltlag. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót, wairakít og pýrít.

1137 - 1270 m dýpi. Dyngjubasalt. Fín - grófkorna ummyndað grænleitt basalt. Erfitt er að tilgreina þykkt laga þar sem mjög oft er erfitt að sjá nokkur lagamót. Í neðri hlutanum neðan við 1205 m dýpi ber mikið á glerjuðu basalti með grófkorna basaltlögum á milli. Tvö þunn fínkorna ferskleg basaltinnskot sjást á 1230 - 1240 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, wairakít og pýrít.

1270 - 1372 m dýpi. Móberg. Ljósgrænt ummyndað túff er ráðandi niður á 1358 m dýpi. Öðru hvoru sást ívaf af basaltinnskotum. Frá 1358 - 1367 m er hlutkristallað grófkorna basalt, en þar neðan við breksía niður á 1372 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, wairakít og pýrít.

1372 - 1424 m dýpi. Dyngjubasalt. Meðalkorna til grófkorna ummyndað og þétt ummyndað grænleitt basalt. Ekki er hægt að útiloka að hér sé um innskot að ræða og vissar grunsemdir eru fyrir hendi, þar sem aðalæð holunnar er á um 1400 m dýpi. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót, wollastónít og líklega prenit.

1424 - 1440 m dýpi. Móberg. Bergið er breksíulegt og verið nefnt hlutkristallað túff. Bergið er ummyndað og sömu ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót, wollastónít og líklega prenit.

1440 - 1522 m dýpi. Meðalkorna - grófkorna basalt. Bergið er grænleitt vegna ummyndunar og nokkuð þétt. Í efri hlutanum ber nokkuð á hlutkristölluðu bergi mjög breksíulegu. Á 1460 - 1470 mdýpi sját tvö finkorna basaltlög. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót og pýrít.

1552 - 1569 m dýpi. Móberg. Ljóst ummyndað hlutkristallað túff er ráðandi niður á 1550 m dýpi. Þrátt fyrir að bergið virðist vera samleitt þá gefur borhraði til kynna einhverskonar breytingar í því. Frá 1550 m er bergið til að byrja með eins og hlutkristallað basalt en þar neðan við mjög breksíulegt. Ummyndunarsteindir sem sjást eru kvars, epidót og pýrít.

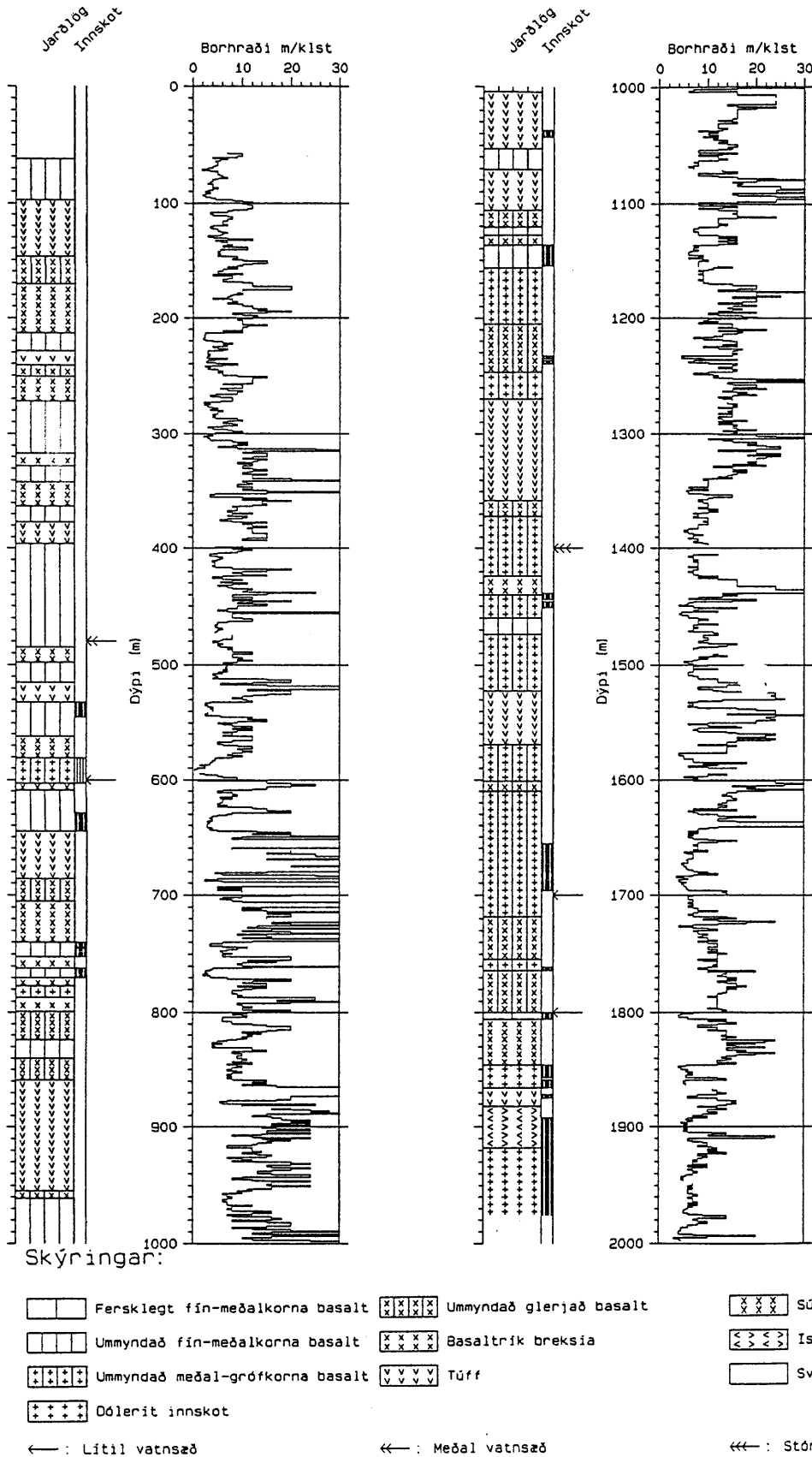
1569 - 1718 m dýpi. Meðalkorna - grófkorna basalt. Sennilega er hér um að ræða dyngjubasalt. Það er grænleitt á lit og nokkuð ummyndað. Öðru hvoru koma þunnar linsur af glerjuðu bergi mikið ummynduð og er það líklega hluti hraunlaganna. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, pýrít, pyrrhótít, wollastónít og prenit.

1718 - 1806 m dýpi. Hlutkristallað basalt. Bergið er mjög glejað og kristöllun á öllum stigum og þar sem bergi er vel kristallað er það oftast meðal - grófkorna. Neðst er finkorna fersklegt basaltinnskot. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, pýrít, pyrrhótít, wollastónít og prenit.

1806 - 1846 m dýpi. Basalt eða móbergsbreksía. Bergið er mjög ummyndað og glerjað, hluti þess er nánast hreint túff. Ummyndunarsteindir sem sjást eru epidót, kvars, pýrít, pyrrhótít, wollastónít og prenit.

1846 - 1999 m dýpi. Innskot og móbergstúff. Efstu 20 m eru grófkorna dólerítinnskot. Þar neðan við tekur við um 16 m þykkt túff, grænleitt og mjög ummyndað, og er það gegnumstungið af 3 m þykku dóleríti. Þá tekur við díórítinnskot frá 1882 - 1918 m. Frá 1918 m og og niður á botn eru dólerítinnskot, en breksiur sjást á 1976 - 1978 og á 1993 - 1995 m dýpi. Sömu ummyndunarsteindir og fyrir ofan sjást.

BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



Mynd 3. Hóla BJ-12 - Einfaldað jarðlagasnið.

7. STAÐSETNING VATNSÆÐA

Sömu aðferðum var beitt við staðsetningu vatnsæða í holu BJ-12 og BJ-11. Fylgst var reglubundið með skolvökvaþreytingum meðan á borun stóð og það ásamt niðurstöðum úr svarfgræiningu, hita- og þrýstimælingum notað til að staðsetja vatnsæðarnar eins nákvæmlega og unnt var. Tiltölulega góðar upplýsingar lágu fyrir eftir borun fyrir fóðringar, en hár borhraði í vinnsluhlutanum olli því að holan reyndist nánast þétt meðan á borun stóð og opnaðist ekki fyrr en byrjað var að skola hana að borun lokinni.

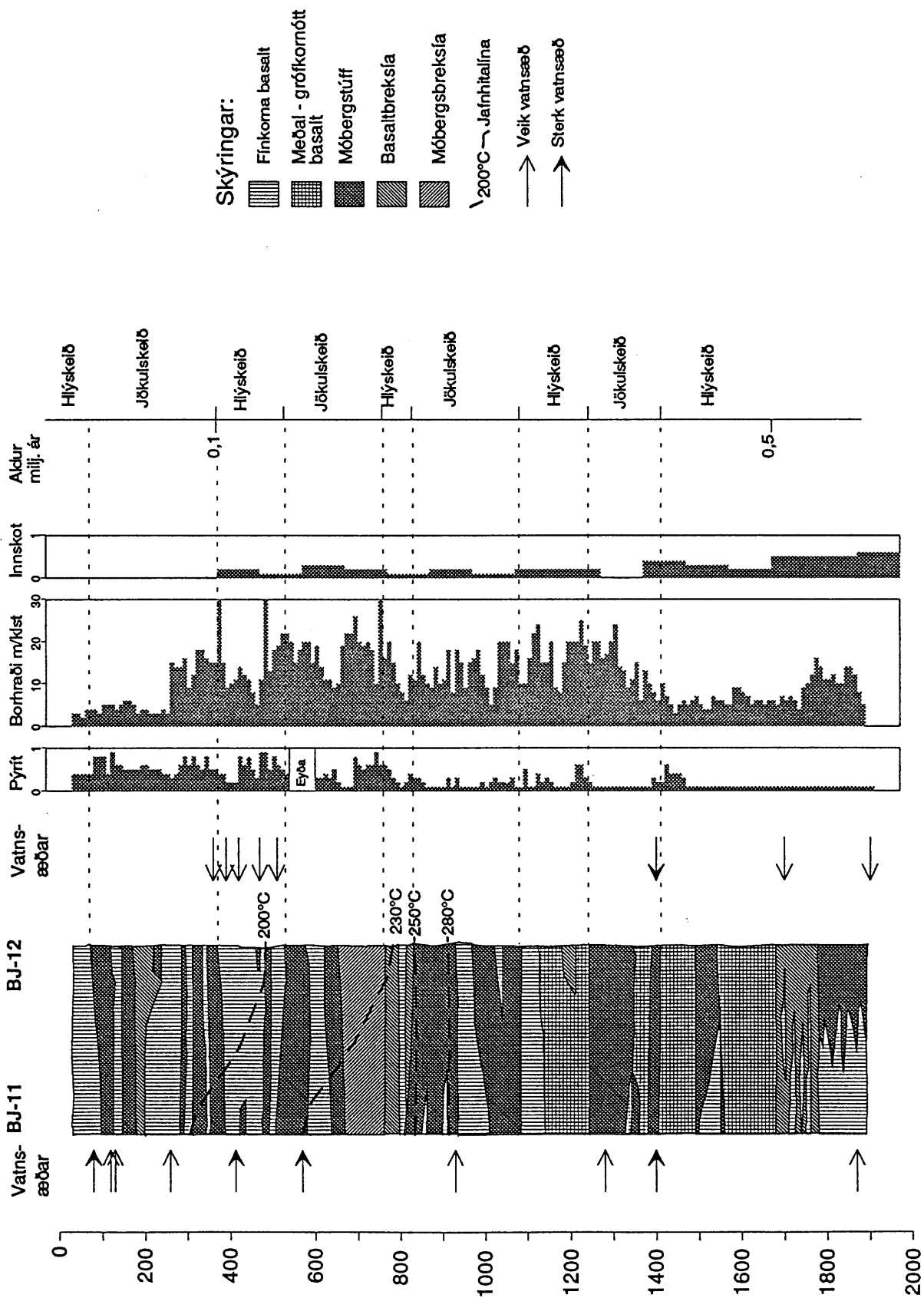
- 345 - 377 m dýpi. Skoltap mældist vera 6 l/s og var það aukning um 3 sekúndulíttra. Erfitt er að staðsetja lekann nákvæmlega, en ummyndun og jarðlög gefa til kynna tvo möguleika innan þessa dýptarbils; á um 360 m dýpi og á rúmlega 370 m dýpi.
- 377 - 398 m dýpi. Skoltap mældist vera 12 l/s og var um að ræða 6 sekúndulíttra aukningu. Erfitt er að staðsetja þennan leka nákvæmlega, en á um 395 m dýpi er mikil útvíkkun (skápur) í holunni og gæti æðin verið á þeim slóðum.
- 408 - 433 m dýpi. Skoltap mældist vera 14 l/s og var það 5 sekúndulíttra aukning. Sennilega er lekinn á um 420 m dýpi, tengdur lagamótum þykks basaltslags.
- 465 - 483 m dýpi. Skoltap mældist 20 l/s og var það aukning um 6 sekúndulíttra. Engar ákveðnar vísbendingar komu fram í svarfi um staðsetningu lekans, en líklegast að það sé á um 480 m dýpi, þar sem kvars sést í fyrsta skipti.
- 1400 m dýpi. Ekkert skoltap mældist, en þrýstimælingar gefa til kynna að þarna sé æðin sem stjórni þrýstingi holunnar og er þar af leiðandi öflugasta æðin. Vegna mikils borhraða varð ekki vart við hana í borun. Æðin er um miðbik þykks dólerítkafla og er óljóst hvort um er að ræða innskot eða dyngjubasalt.
- 1700 m dýpi. Æðin sést í hitamælingum, en ekki varð vart við hana í borun vegna mikils borhraða. Hún sést í hlutkristölluðu mikið ummynduðu basalti milli grófkorna basaltinnskota.
- 1800 m dýpi. Æðin sést í hitamælingum, en ekki varð vart við hana í borun vegna mikils borhraða. Hún er við efri hluta á fersku finkorna innskoti.

Varðandi nánari útskýringu á notkun gagna við staðsetningu æða þá vísast í 4. kafla um staðsetningu vatnsæða í holu BJ-11.

8. JARÐLAGASNIÐ GEGNUM HOLUR BJ-11 OG BJ-12

Samanburður á jarðlögum í holum BJ-11 og BJ-12 sunnan þjóðveggar í Bjarnarflagi var gerður í framhaldi af samantekt um holurnar. Engin sjánaleg misgengi eða lóðréttir strúktúrar sjást á yfirborði milli holanna, á um 300 m vegalengd. Í jarðlagalýsingum af holum BJ-11 og BJ-12 hér á undan voru upphleðslueiningar flokkaðar niður eftir ráðandi berggerðum og jarðlagasnið einfaldað á þann hátt, en það er sýnt á myndum 2 og 3. Í viðaukum eru birt jarðlagasnið í þeirri upplausn, sem sýnataka gaf tilefni til. Á mynd 4 eru upphleðslueiningar umræddra hola sýndar á einu sniði

BJARNARFLAG - Þversnið jarðlaga



Mynd 4. Þversnið jarðlaga gegnum holur BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi.

ásamt vatnsæðum samkvæmt lýsingum hér að framan. Auk þess er getið um magnhlutfall járnsúlfiða, borhraða og hlutfallslega dreifingu innskota. Borhraði og dreifing súlfiða byggja eingöngu á holu BJ-11. Að lokum er reynt að meta upphleðsluhraðann með því að flokka myndanir í jökulskeið og hlýskeið, og tímasetja atburðina á þann hátt.

Marga þætti þarf að hafa til hliðsjónar þegar gögn af þessu tagi eru túlkuð. Vegna þess að hér er fyrst og fremst verið að skoða jarðlagstaflann með tilliti til jarðhitanýtingar svæðisins þá voru efnistösk á úrvinnslu valin með hliðsjón af því. Upphleðslueiningarnar eru flokkaðar niður á mynd 4 eins og áður er sagt og til frekari glöggvunar er sýnd tíðni innskota og magnbundin dreifing pýrít (járnsúlfiða). Fyrir því eru góðar og gildar ástæður Mjög oft tengjast vatnsæðar innskotum, en pýrít og önnur járnsúlfið eru þar gjarnan í auknu magni. Ef mynd 4 er skoðuð þá sést engin regluleg fylgni milli vatnsæða, innskota og járnsúlfiða í efri hluta holunnar, en með góðum vilja má sjá vissa fylgni í vinnsluhlutanum. Meginæðin á 1400 m dýpi er þar sem greinileg aukning verður á tíðni innskota og einnig kemur þar fram aukning í járnsúlfiðum. Neðan við 900 m dýpi má ef til vill segja að vísbendingar um æðar séu, þar sem járnsúlfiðtopparnir sjást, enda jafnan við innskot. Mikið magn járnsúlfiða í efri hlutanna er aðallega í tengslum við mjög gropið berg eða þar sem leifar gamalla leirhvera eru, sem hafa kaffærst í tímanna rás.

Borhraði er hár einkum vegna þess að innskot eru fá. Ef Bjarnarflag og Krafla eru borin saman þá er sá megin munur í jarðfræðinni að innskotatíðnin í Kröflu er nálægt því að vera 80 - 100 % neðan við 1000 - 1200 m dýpi á meðan hún er um eða innan við 50 % í Bjarnarflagi á samsvarandi dýpi.

Eins og fram kemur á mynd 4 sjást móbergsmýndanir eins langt og holurnar ná, eða niður á 2000 m dýpi. Móberg myndast við gos undir og því hefur bergið sigið niður á þetta dýpi á einhverjum vissum árafjölda. Upphleðsluhraðinn og sigráðinn haldast nokkuð í hendur og er þá gert ráð fyrir að landhæð hafi haldist nokkurn veginn óbreytt. Í þessu tilviki á upphleðslan sér stað á rekásnum innan gosbeltisins og þarf því ekki að taka tillit til reksins við mat á sigráða. Til eru upplýsingar um sigráða á Reykjanesi (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1972), Þingvöllum (Eysteinn Tryggvason 1974), Króflusvæðinu (Ásgrímur Guðmundsson 1989) og í setlögum undan Suðurströndinni (Ólafur G Flovens 1981), og eru niðurstöður þar um birtar í töflu 7.

Tafla 7. Upplýsingar um sigráða

Staður	Sigráði (mm/ári)	Sigráði á 100 þus. arum
Þingvellir	5-10	500 - 1000
Reykjanes	>0.5	>50 m
Krafla	3,5	350 m
Setlög undan Suðurströndinni	0,5-1	50 - 100 m

Eins og sést á þessum tölum þá er spönnin í sigráða allmikil eða frá 0,5 - 10 mm/ári. Hæstu tölurnar frá Þingvöllum og frá Kröflu eru beinar mælingar, annars vegar mælt sig yfir sigdældina á

Þingvöllum (sig s.l. 10 þúsund ára) og hins vegar samanburður á vel þekktu jarðlagi (Halarauð) í borholu KJ-22 og í Halaskógarfjalli við Kröflu. Í Kröflu er um að ræða lágmarkstölu þar sem viðmiðunarstaðarnir eru báðir innan sigbeltisins. Við Vík og næsta nágrenni var byggt á bylgyubrotsmælingum, þar sem mælt var niður á setlög sem talin eru jafnaldra setlögum undir Skammadalskömbum. Á Reykjanesi var um að ræða 1800 m djúpa holu, en talið er að allur sá stafli sé kvarter að aldri.

Annar þáttur sem taka þarf tillit til í hugleiðingum af þessu tagi er líftími gosreina innan virka beltisins. Algengt er að miða við líftíma á bilinu 300 - 700 þúsund ár (K.Sæm. munnl. uppl.) og ef það er lagt til grundvallar í athugunum á jarðlögum í Bjarnarflagi þá gæti aldur myndanna á 1600 - 1800 m dýpi verið um 500 þúsund ár eða jafnvel yngri (mynd 4).

Til hjálpar við að áætla aldur jarðlaga var notast við athuganir á götungum (fóraminiferum) úr Kyrrahafi og staflanum skipt upp með tilliti til hlýskeyða og jökulskeyða. Á jökulskeyðum verða einingarnar venjulega þykkar er þær hrúgast upp á tiltölulega afmörkuðu svæðum og lítið af gosefnum tapast út í umhverfið. Aftur á móti renna hraun á hýskeyðum oft tugi kílómetra frá upptökum sínum yfir víðáttumikil svæði. Um annars konar eldvirkni er hins vegar að ræða þar sem dyngjur hlaðast upp, og er þá oftast um mikið rúmtak gosefna að ræða og staflast þannig upp í þunn lög, sem erfitt getur verið að greina á milli í borholum. Dyngjur sjást oftast á jöðrum gosreina og kaffæra þær eldstöðvar sem fyrir eru. Dyngjurnar eru venjulega gerðar úr meðkorna - grófkorna basalti.

Ofangreind flokkun gosefna almennt gefur tilefni til að skipta jarðlögum í Bjarnarflagi í efri og neðri hluta. **Efri hlutinn** nær frá yfirborði niður á liðlega 1100 m dýpi og spannar yfir þrjú jökulskeyð og jafnmörg hlýskeyð. Bergið þar er að jafnaði finkorna þar sem það er kristallað, en um 70 % af berginu er móberg (annað hvort hreint gler eða hlutkristallað basalt). Lítið ber á dilóttu bergi neðan 150 m dýpis, sem gefur til kynna að upphleðslan hefur verið nokkuð ör allan tímann. Einnig bendir það til þess að kvikan hafi ekki haft viðdvöl í kvikuhólfi, eða að sú viðdvöl hafi þá verið mjög skammvinn. Hallast er að því hér að sú virkni, sem er í dag á þessu svæði hafi byrjað fyrir um 300 þúsund árum og allur efri hluti staflans tilheyri henni. **Neðri hlutinn** nær frá 1120 m niður á 1700 - 1900 m dýpi og hefur einkenni dyngjubasalts, með þykkum móbergsmyndunum á milli. Þykktin er það mikil að vafalaust er um nokkrar dyngjur að ræða, enda eru þær algengar á þessum slóðum. Bæði getur verið um að ræða venjulegar dyngjur og svo móbergsstapa, þ.e. móbergsfjall með hraunlagabunka á kollinum. Neðan við 1700 - 1900 m dýpi er skiptingin óljósari þar sem mörgum bergerðum ægir saman, innskotin eru þar um eða yfir 50 % og þar á meðal ísúr innskot.

Ef ofangreind lýsing er höfð í huga við mat á þóruhluta þá er ljóst að mjög hár þóruhluti ætti að vera í jarðlagastaflanum í Bjarnarflagi, þar sem innskotatírni er mjög lág. Til hliðsjónar eru þóruhlurtamælingar úr kjarna frá Nesjavöllum (Ómar Sigurðsson o.fl. 1988) með gildi á bilinu 10 - 20 % fyrir mikið ummynduð basalhraunlög og móberg. Áætlað meðalgildi fyrir jarðlagastaflann í Bjarnarflagi er því áætlað á bilinu 14 - 16 %. Vitað er að innskot eru mikilu þéttari og má búast við að þóruhluti þeirri liggi nærri því að vera um 5 %.

Innskotin skipta miklu máli, þegar jarðhiti er annars vegar enda liggja þau eins og veggir í gegnum svæðið og stjórn þar af leiðandi streymi jarðhitavökvans. Vatnsæðar tengjast því eðlilega innskotum og eru annað hvort í þeim sjálfum eða að innskotin veiti vökva inn í jarðlög með háa lekt. Öflugustu æðar svæðisins eru á 1400 m dýpi og er það á þeim slóðum þar sem innskotatiðni eykst verulega. Einnig eru þar grófkorna innskot sem skera sig nokkuð úr, og sést það í ferli gamma mælinga á mynd 2 (sjá einnig 3. kafla). Talið er að um sé að ræða samtíma innskot, sem stjórn leiðum jarðhitavökvans. Neðan 1800 m dýpis eru díórit innskot, sem vatnsæðar tengjast, en þær vega ekki þungt þegar afköst holunnar eru metin. Það byggist á því að lítið sem ekkert ber á efnnum eins og flúori, sem er áberandi efnainnihaldi jarðhitavökva og tengist gjarnan súrum eða ísúrum jarðmyndunum.

Ef jarðlög í Bjarnarflagi eru borin saman við Kröflu þá er sá regin munur á að nokkuð hrein skipting er á efstu 800 - 1000 m í Kröflu, þar sem sjást tvær þykkar móbergsmýndanir og þrjár basaltmýndanir. Þar neðan við er innskotatiðnin 80 - 100 %. Í Kröflu er til staðar mikil öskjufylling og neðst í henni sjást þykkir bunkar af súru bergi. Einnig eru súr innskot, aðallega granófýr, neðan 2000 m dýpis. Í Bjarnarflagi virðist upphleðslan óreglulegri og er að vissu leyti erfiðara að flokka jarðlögin niður á hlý- og jökulskeið. Innskot eru fá niður á 1300 - 1400 m dýpi, þar neðan við eykst innskotatiðni og fer hún yfir 50 % neðan við 1700 m. Lítið er um súr jarðlög í Bjarnarflagi, en þau sjást neðan 1700 m dýpis. Engin ummerki um öskju eru sjáanleg og sennilega er Bjarnarflag yngra eldstöðvarkerfi heldur en Krafla, sem endurspeglast í einfaldari ummyndunarsögu, færri innskotum og áberandi minna af súru bergi.

Í efri hluta svæðisins eru vatnsæðarnar nokkuð dreifðar og virðast vera öflugri í BJ-11 heldur en BJ-12. Þó ber þess að geta að erfitt er að meta stærð æða út frá skoltapsmælingum í borun, þar sem það ræðst af borhraða hvort mikil skoltöp verða. Í báðum holunum var lekinn það mikill í efri hlutanum að sérstaklega þurfti að bregðast við því við frágang á föðringum. Í vinnsluhlutanum er sterkasta æðin á 1400 m dýpi í báðum holunum. Algengt er að æðar tengist súrum innskotum í jarðhitakerfum á háhitasvæðum og svo er einnig hér, en vægi þeirra er lítið og byggist það á efnainnihaldi borholuvökvans.

9. NIÐURSTÖÐUR

Í köflunum hér á undan hefur verið reynt að draga saman helstu þætti jarðfræðinnar undir yfirborði í sunnanverðu Bjarnarflagi. Á mynd 4 er reynt að sýna það sem skiptir mestu máli fyrir undirbúning frekari boranna á athugunar svæðinu jafnframt því að draga fram aðalatriði varðandi jarðhitafræðilegt mat. Þau atriði sem helst ber að nefna eru:

- ✓ Áætlað er að jarðlagastafllinn hafi hlaðist upp á síðustu 0,5 miljón árum.
- ✓ Á 1100 - 1200 m dýpi eru hugsanlega skil í upphleðslusögu svæðisins. Ofan við eru hraunlagasyrpur og móbershrúgöld að því ætlað er frá eldstöðvarkerfinu eins og það er nú. Þar neðan við eru þykkar einingar af grófkorna bergi, líklega dyngjubasalt og móbergstapar af sömu gerð, og nær það niður á 1700-1800 m dýpi.

- ✓ Upphleðslueiningarnar samnstanda af móbergi og basalthraunlögum. Þórhvati bergsins er áætlaður á bilinu 10 - 20 % og er líklegt meðalgildi fyrir svæðið nálægt því að vera um 14 - 16 %. Innskotin eru þéttari og er þórhvatiinn áætlaður um 5 % í þeim.
- ✓ Jarðlagastaflinn einkennist af móbergi og basalthraunlögum niður á 1200 - 1400 m dýpi með basaltinnskotum á stangli. Þar neðan við eykst tíðni innskota og nær hún að vera um 50 - 60 % neðan 1700 m dýpis.
- ✓ Jarðhitaummyndun er áberandi í öllum staflanum, en í efstu 200 - 500 m má víða sjá í ferskt berg. Sá hluti gæti orðið vandasamur í borun vegna hrinhættu.
- ✓ Vatnsæðar eru nokkuð dreifðar í efstu 600 metrunum. Þó virðist mesta lekasvæðið á þeim kafla vera á 400 - 600 m dýpi, bæði í holu BJ-11 og BJ-12. Í holu BJ-11 voru veruleg skoltöp í efstu 150 metrunum.
- ✓ Búast má við hellsu æðum í vinnsluhlutanum á 1200 - 1500 m dýpi, en æðar sjást alveg niður að 2000 m dýpi.

10. HEIMILDIR

Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Gujón Guðmundsson, Guðmundur Ómar Friðleifsson og Hjörtur Tryggvason 1983: KRAFLA, HOLA KJ-22 - Borun fyrir vinnslufóðringu, frá 198 m til 567 m. Orkustofnun, OS-83070/JHD-20 B.

Eysteinn Tryggvason 1974: Vertical structural movements in Iceland. In Geodynamics of Iceland and North Atlantic Area, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht- Holland; 241-262.

Jarðboranir ríkisins 1979: Jötunn - borskýrslur.

Jarðboranir ríkisins 1980: Jötunn - borskýrslur.

Ólafur G. Flóvens 1981: Setlög undir Suðurströnd Íslands. Náttúrufræðingurinn, 51 (4); 169-177.

Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson og Hjalmar Eysteinnsson 1988: NESJAVELLIR - Kjarnar úr holu NJ-17. Orkustofnun OS-88010/JHD-05 B, 33s.

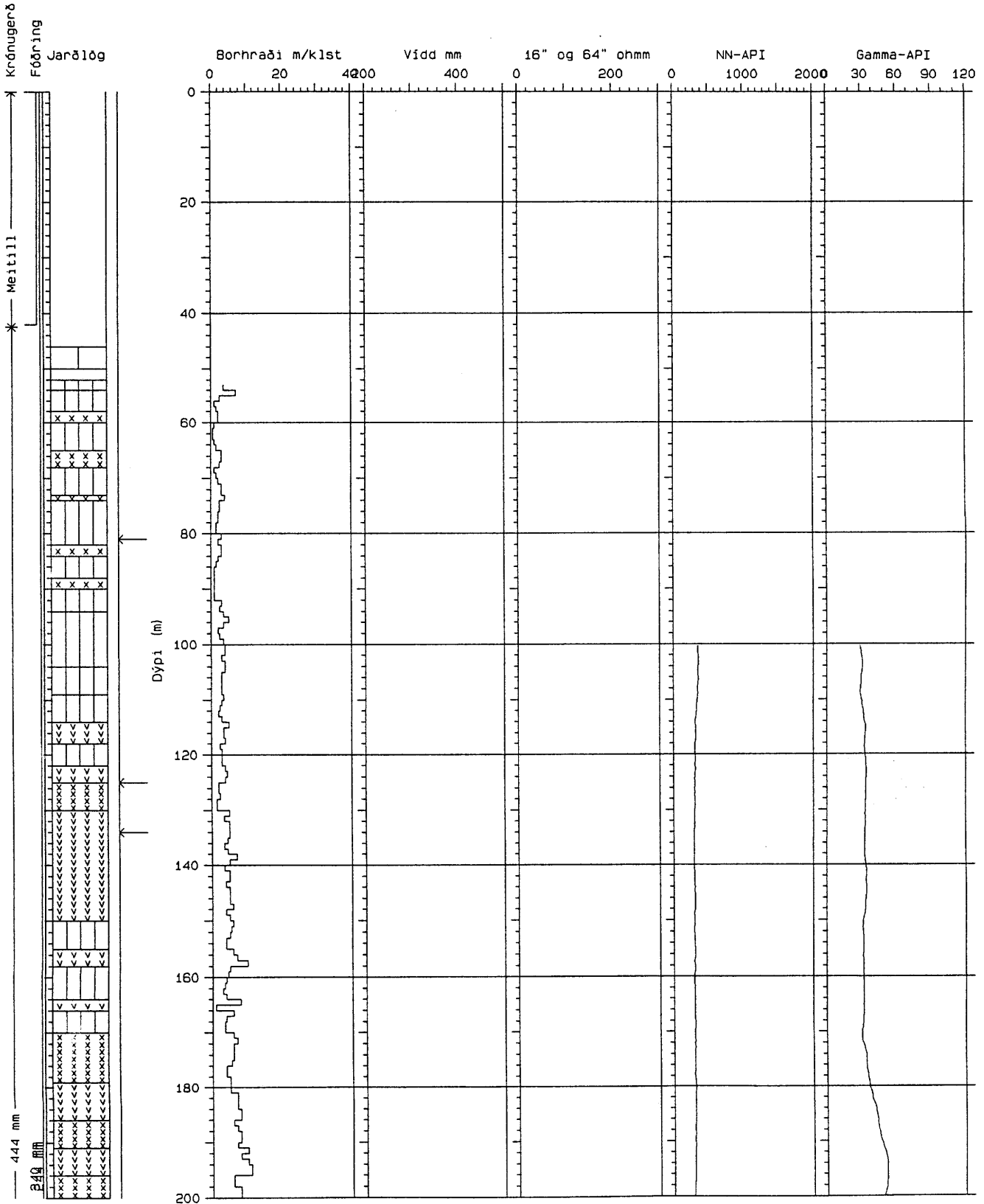
Sveinbjörn Björnsson, Stefán Arnórsson og Jens Tómasson 1972: Economic evaluation of Reykjanes thermal brine area. Am. Ass. Petr. Geol. Bull., 56: 2380-2391.

Viðauki 1

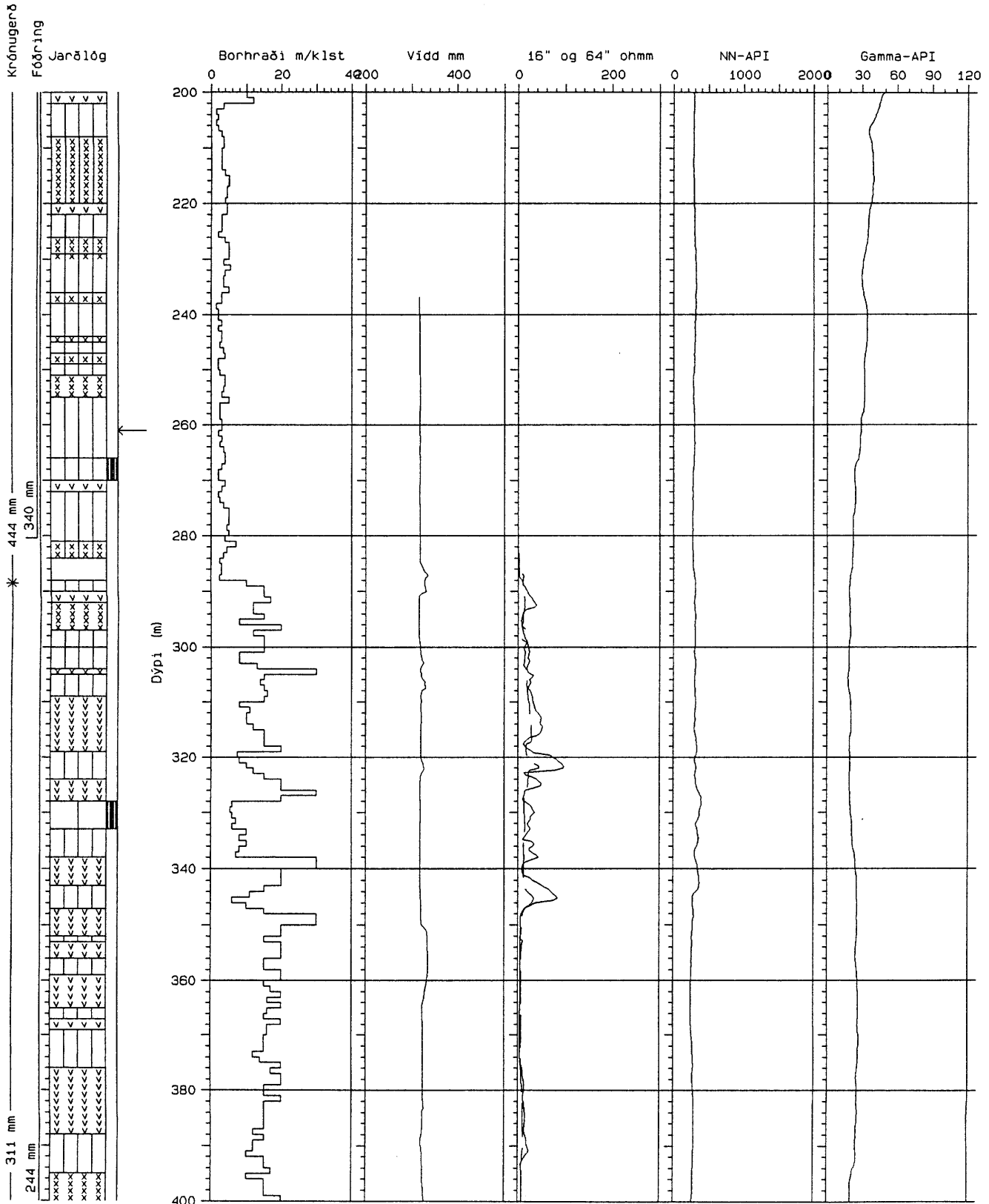
Jarðlagasnið og jarðlagamælingar í holu BJ-11 Bjarnarflagi.

JHD-JF-6607 AsG
03.12.1993 T

BJARNARFLAG HOLA BJ-11
Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

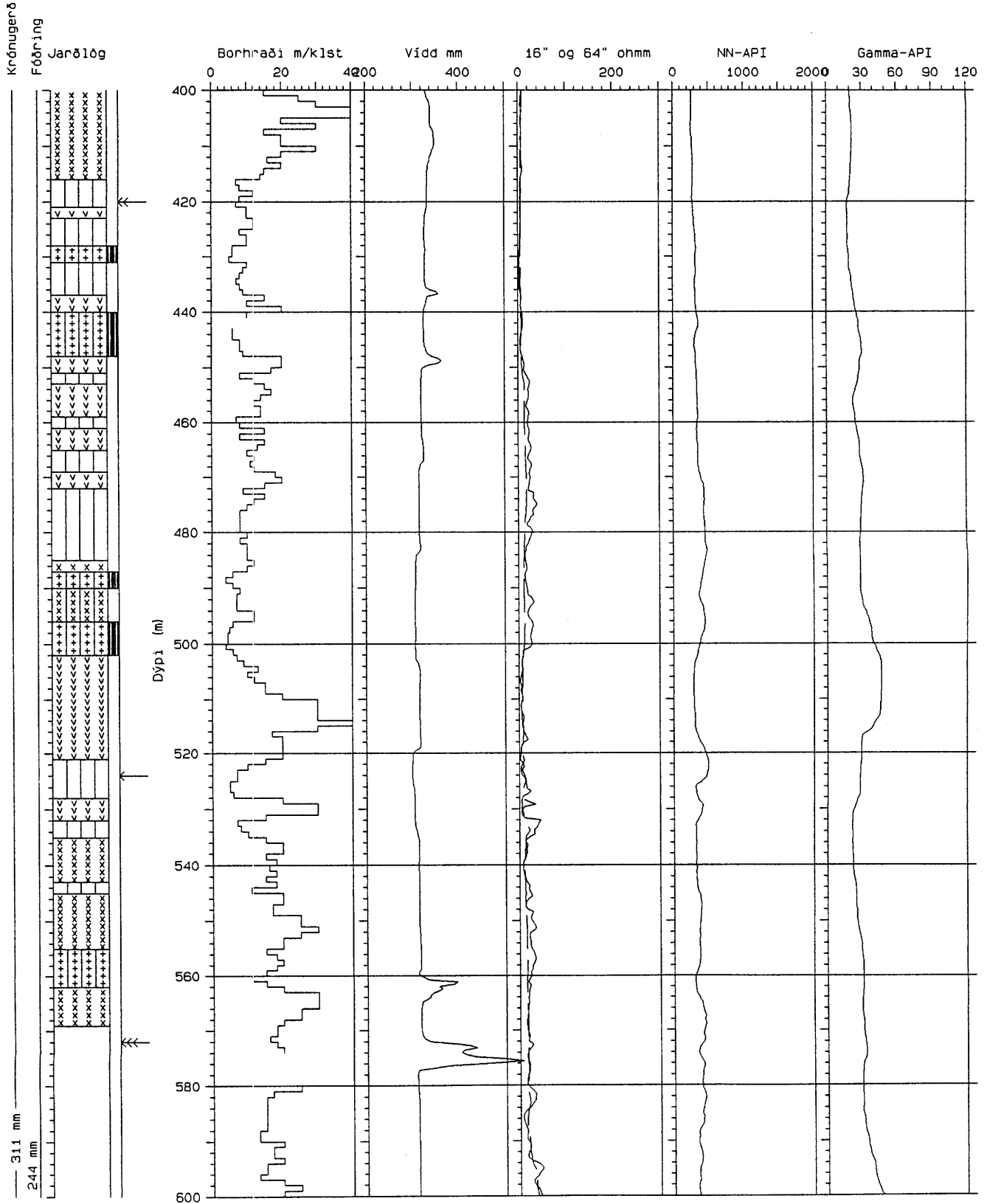


BJARNARFLAG HOLA BJ-11
 Jarðlagasnið og jarðlagamælingar



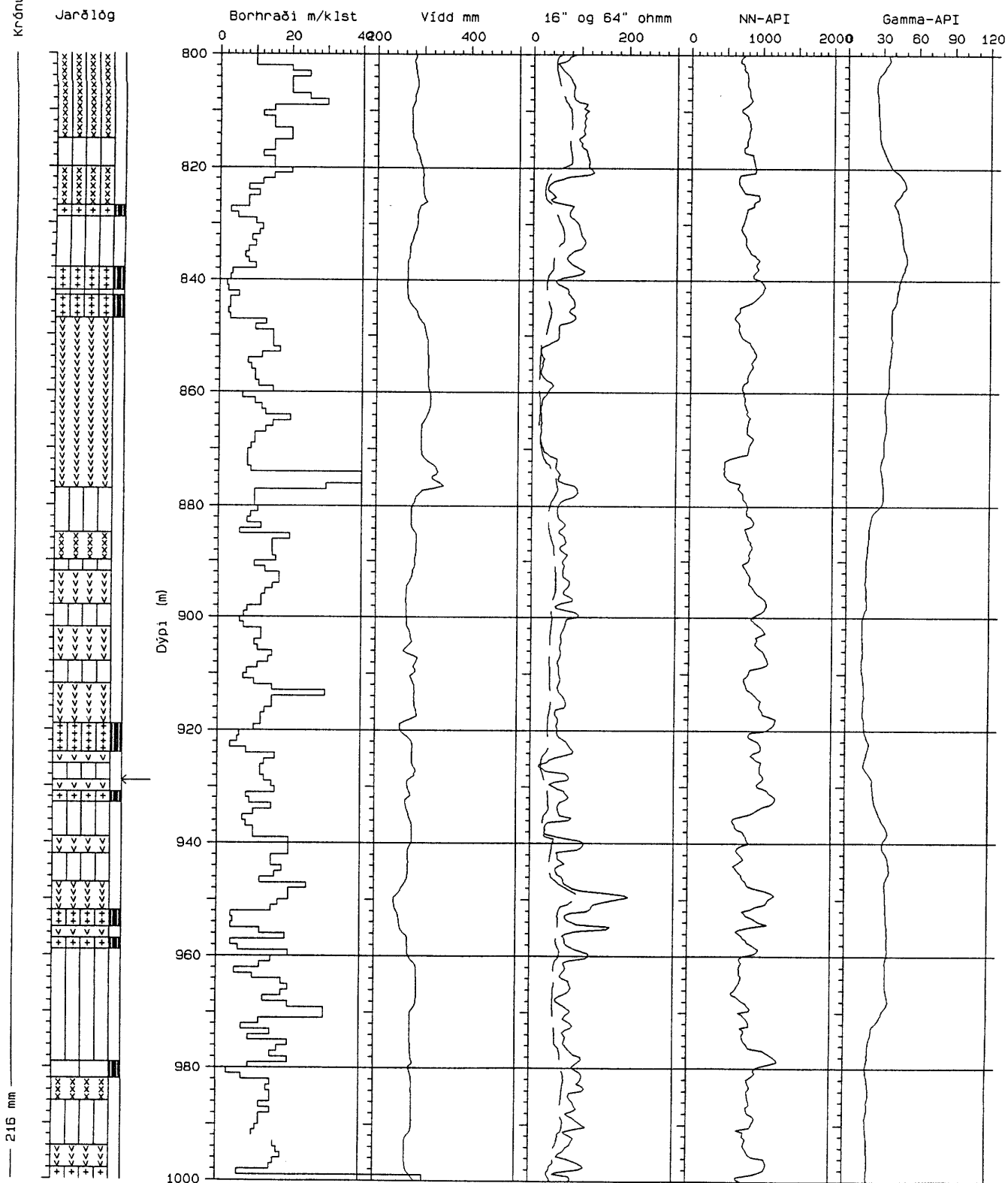
BJARNARFLAG HOLA BJ-11

Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

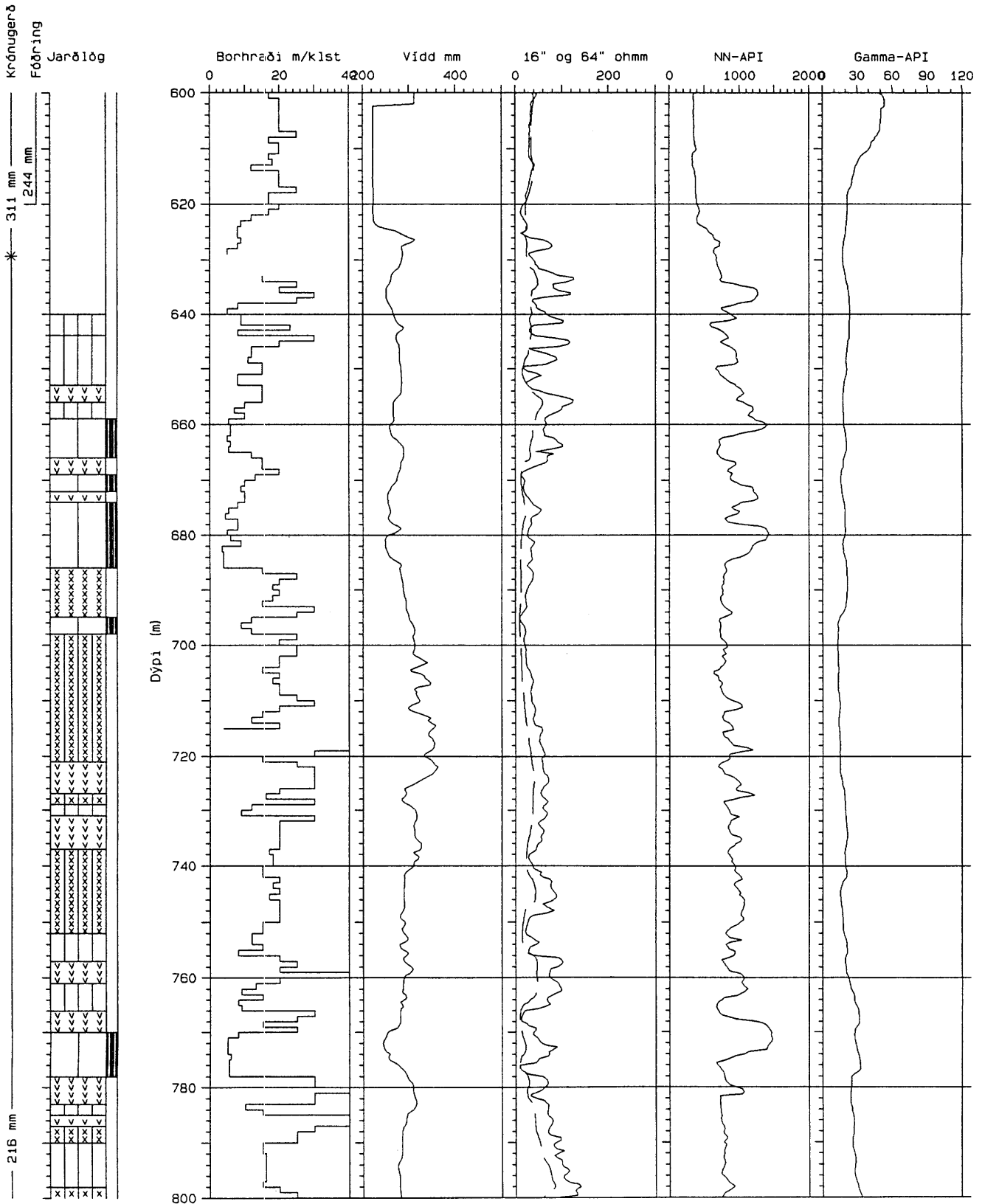


BJARNARFLAG HOLA BJ-11
 Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

Kröngugerð



BJARNARFLAG HOLA BJ-11
 Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

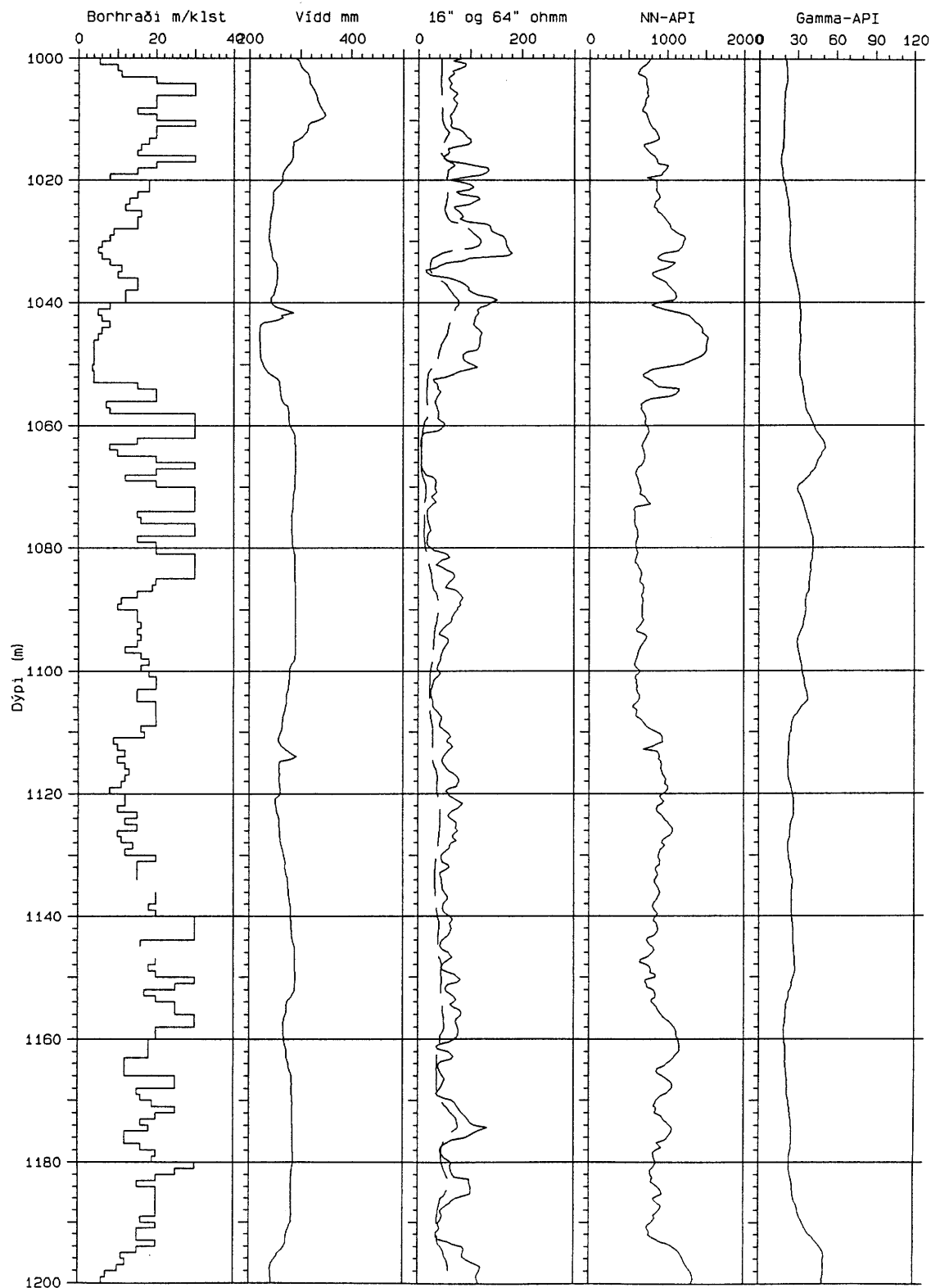
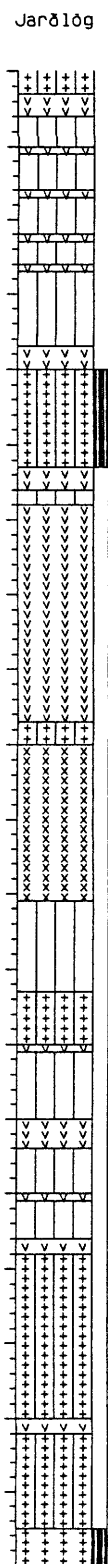


BJARNARFLAG HOLA BJ-11

Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

Kröngugerð

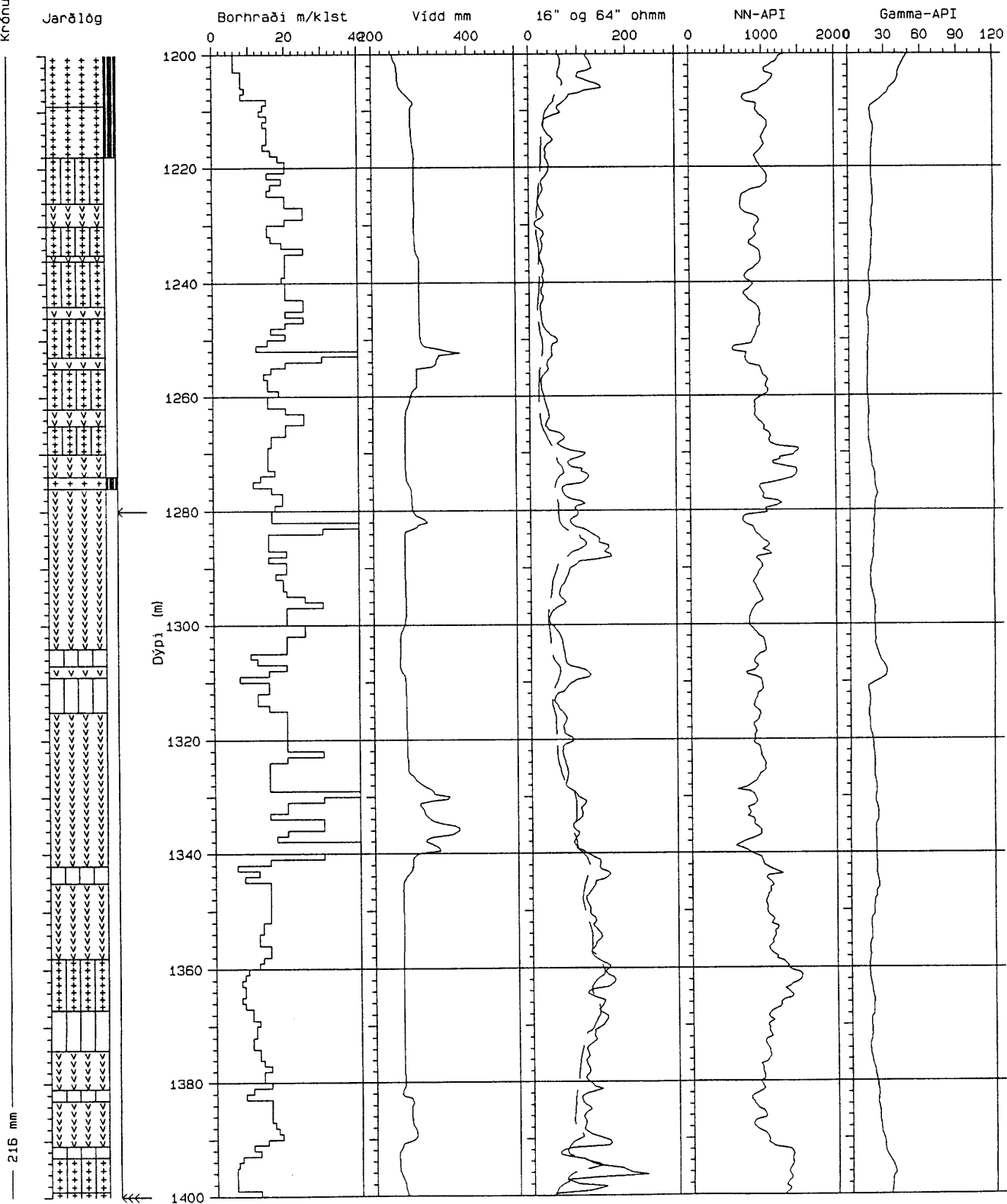
— 215 mm



BJARNARFLAG HOLA BJ-11

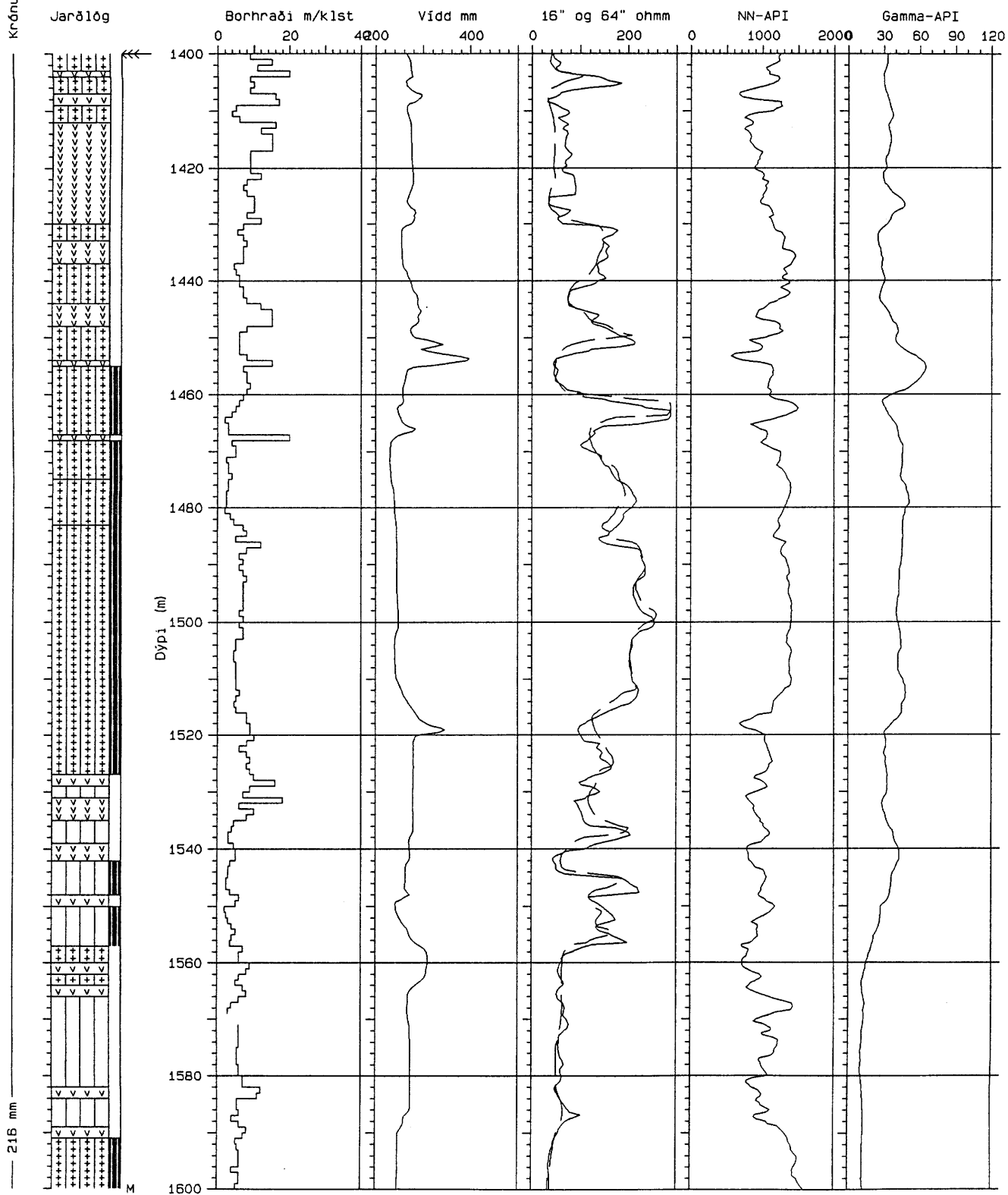
Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

Kröngugerð



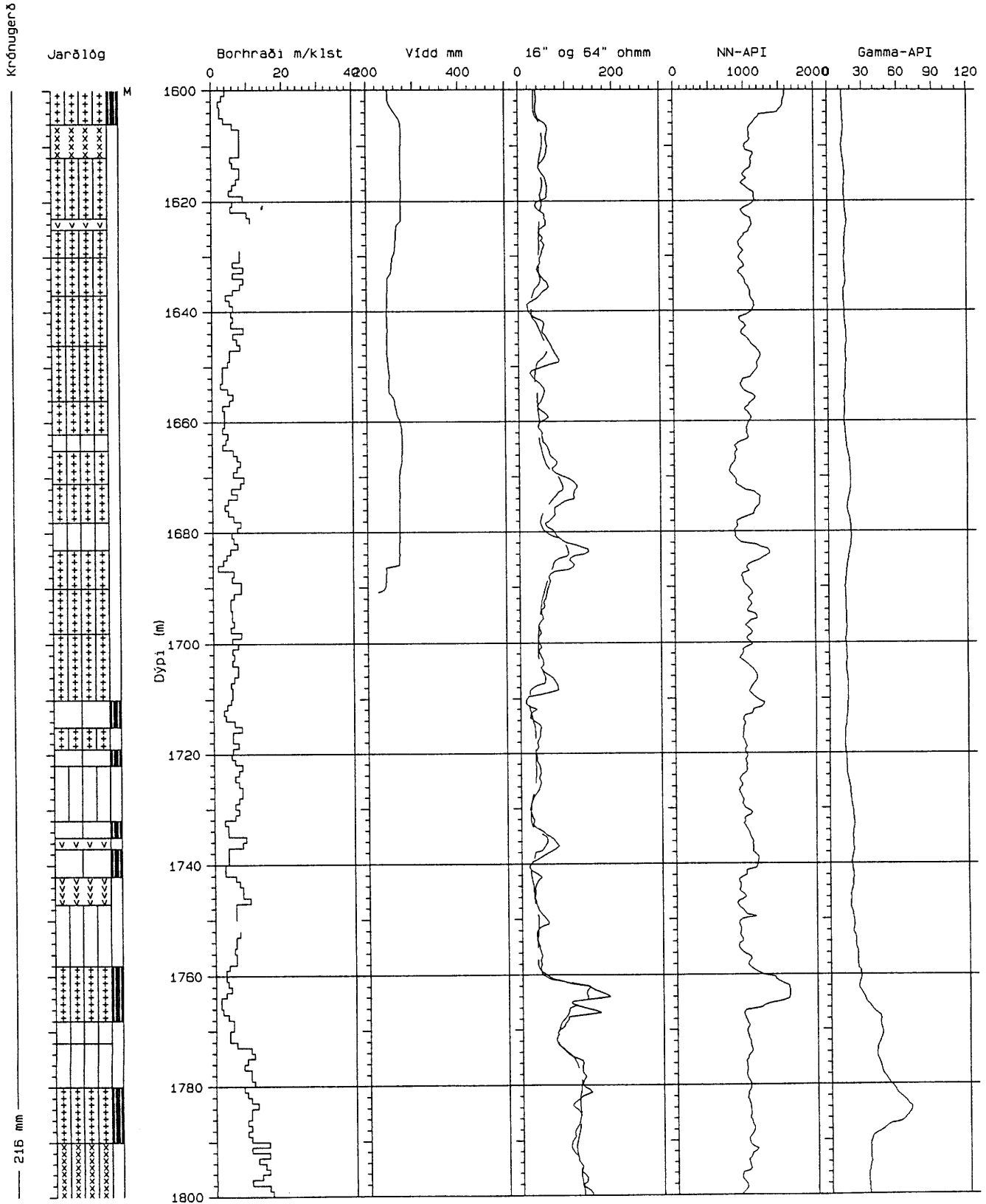
BJARNARFLAG HOLA BJ-11
 Jarðlagasnið og jarðlagamælingar

Króngugerð



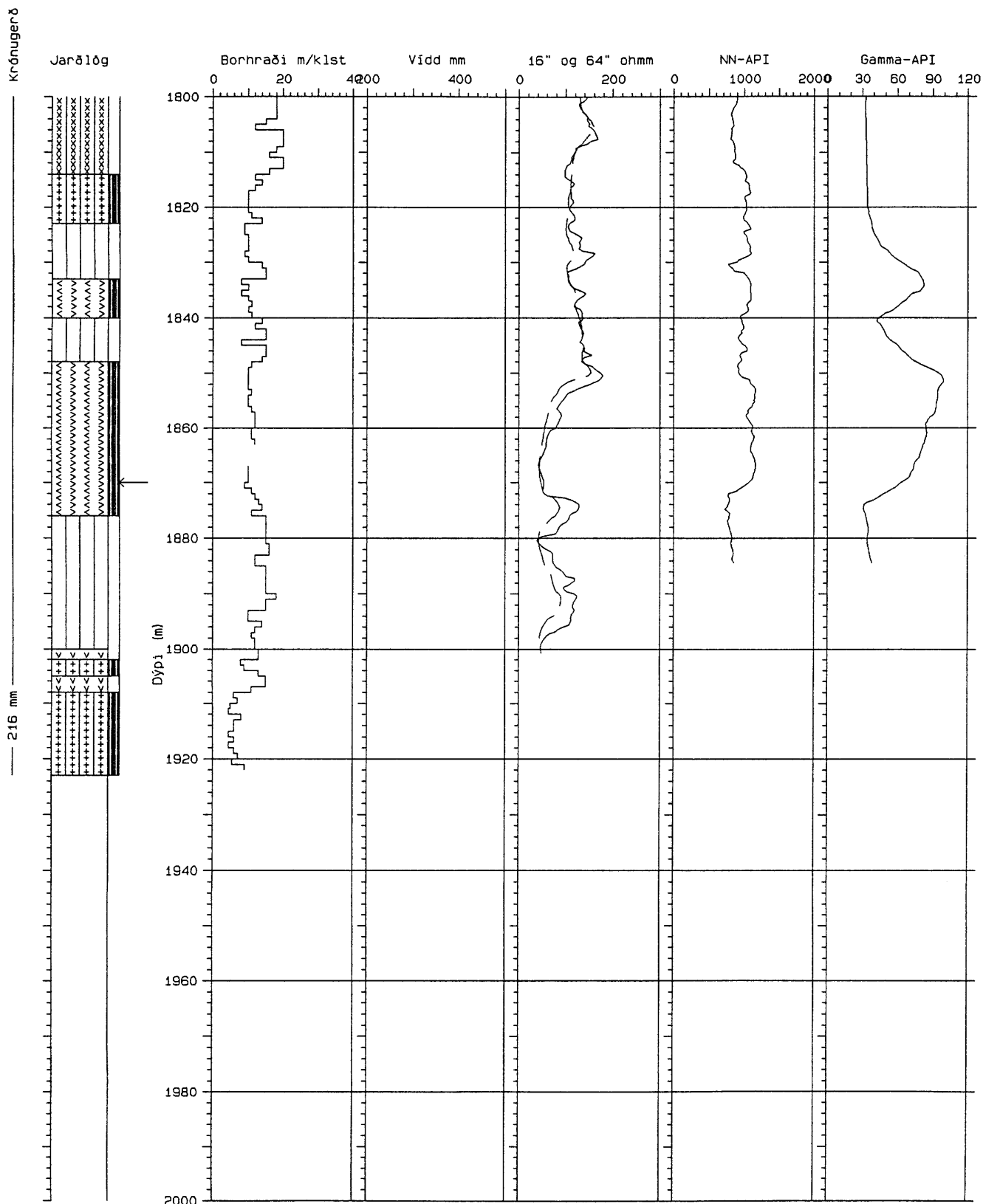
216 mm

BJARNARFLAG HOLA BJ-11
 Jarðlagasnið og jarðlagamælingar



BJARNARFLAG HOLA BJ-11

Jarðlagasnið og jarðlagamælingar



Skýringar:

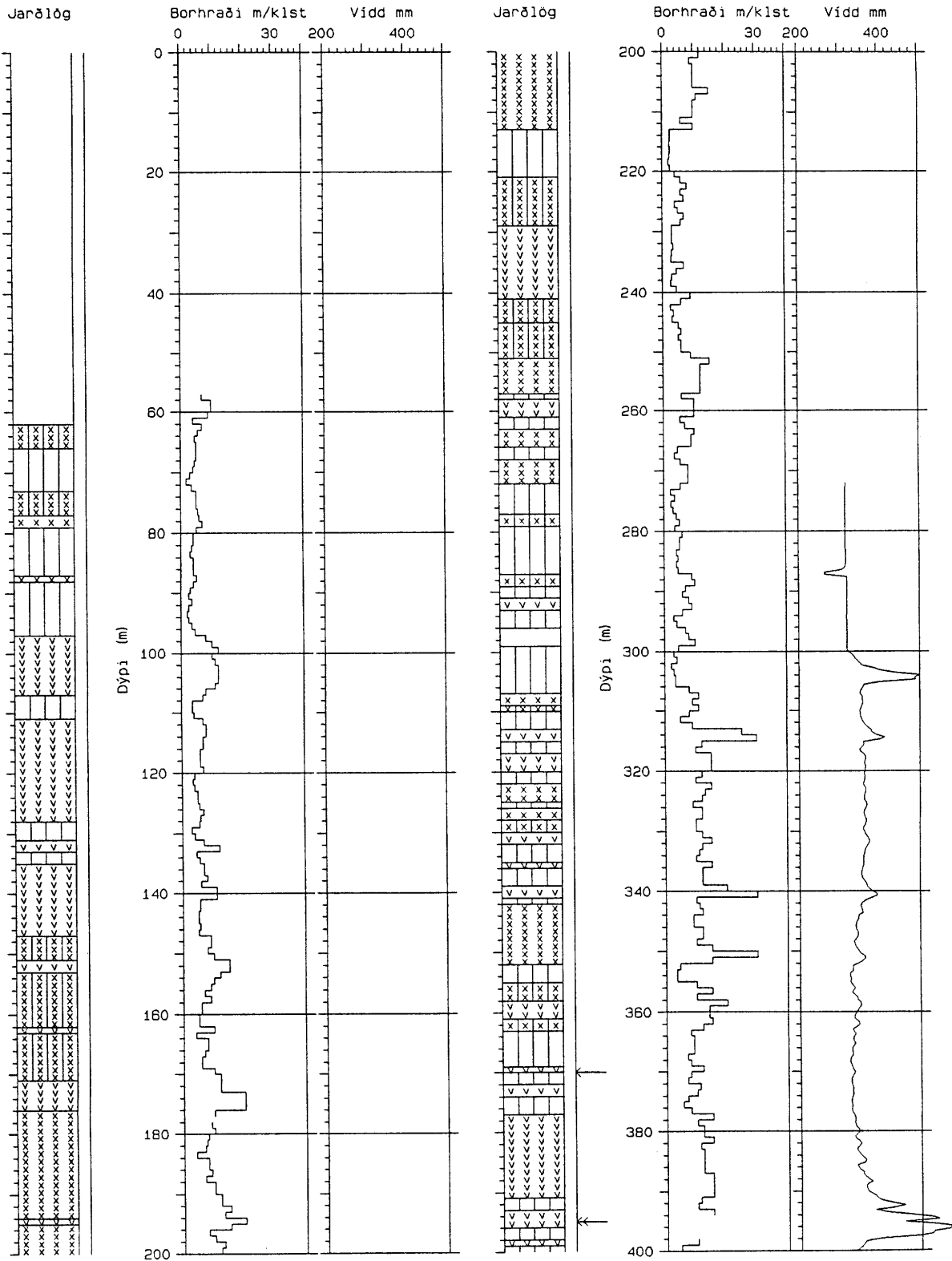
- | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|-------------------------|--|------------------------|
| | Fersklegt fín-meðalkorna basalt | | Dólerit innskot | | Túff |
| | Ummyndað fín-meðalkorna basalt | | Ummyndað glerjað basalt | | Ísúrt grófkornótt berg |
| | Ummyndað meðal-grófkorna basalt | | Basaltrik breksía | | Svarf vantar |
- ← : Lítil vatnsæð ←← : Meðal vatnsæð ←←← : Stór vatnsæð

Viðauki 2

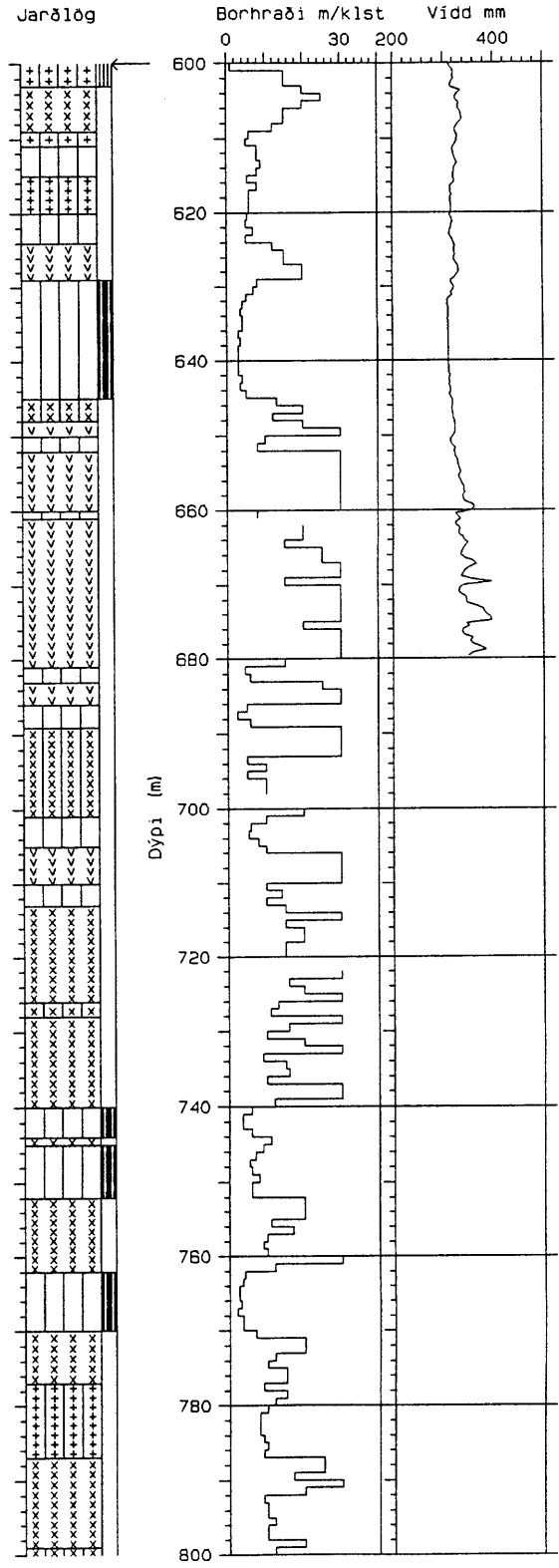
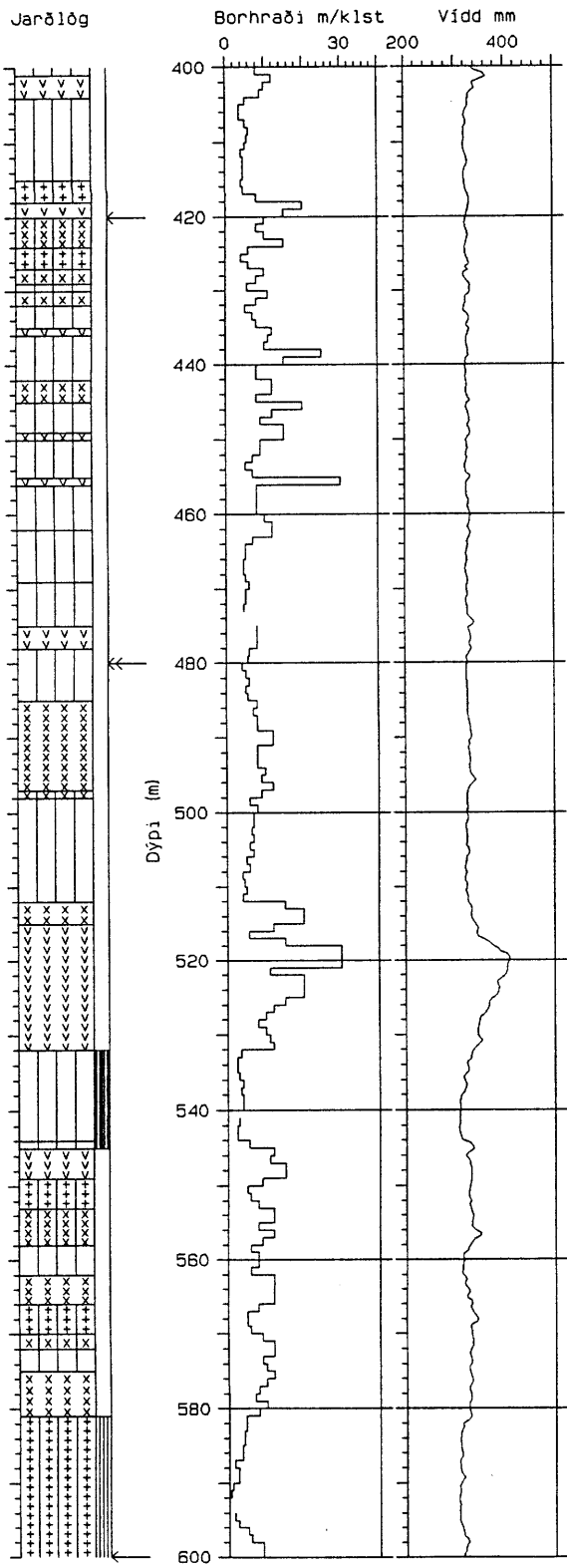
Jarðalagasnið og mælingar í holu BJ-12 Bjarnarflagi.

JHD-JF-6607 AsG
14.12.1993 T

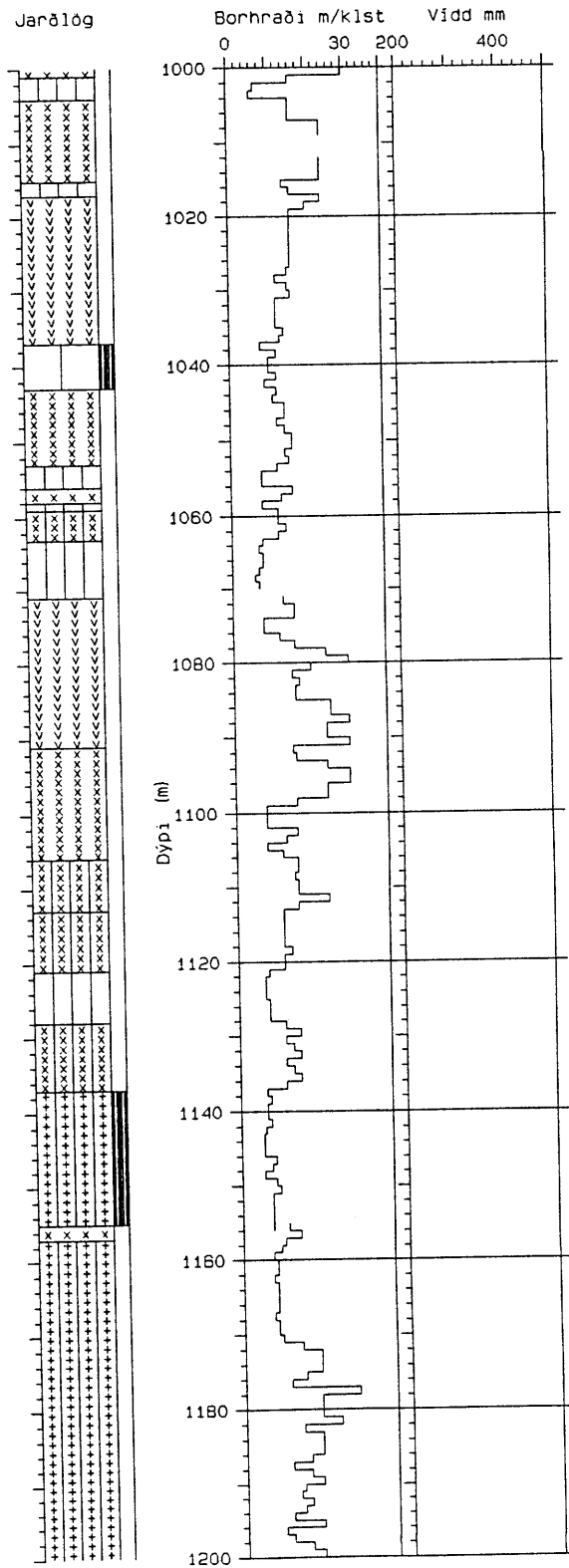
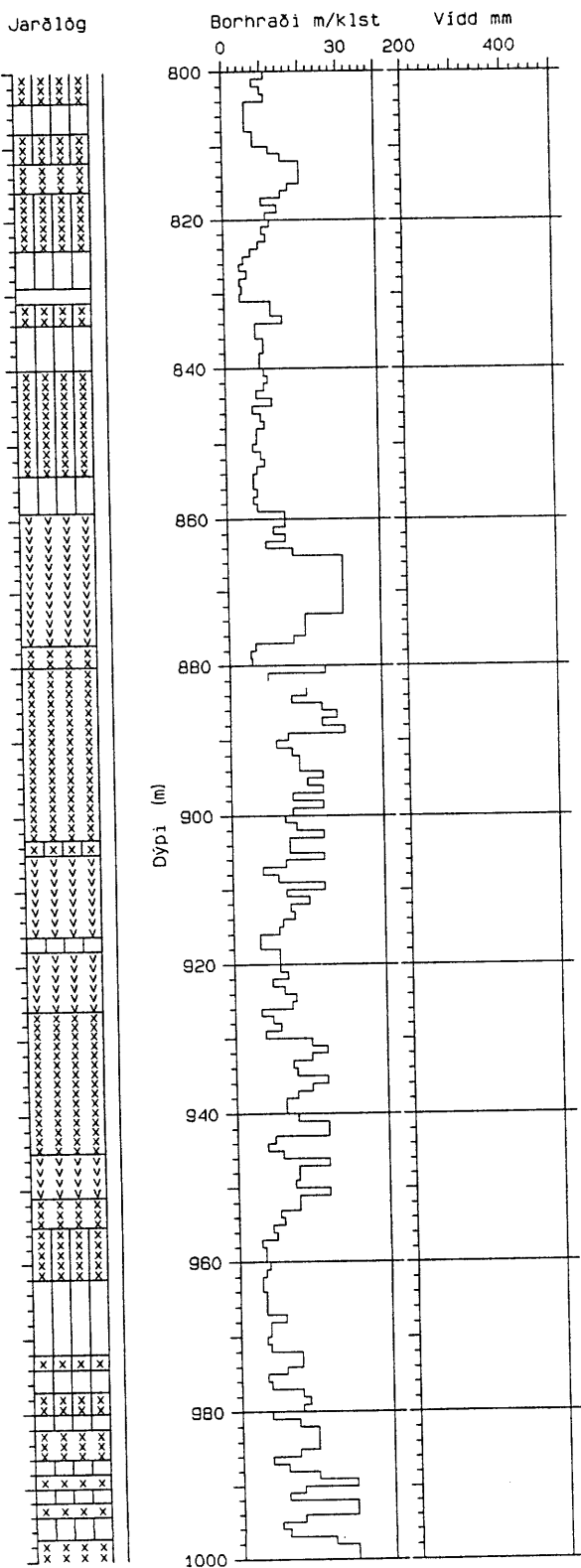
BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



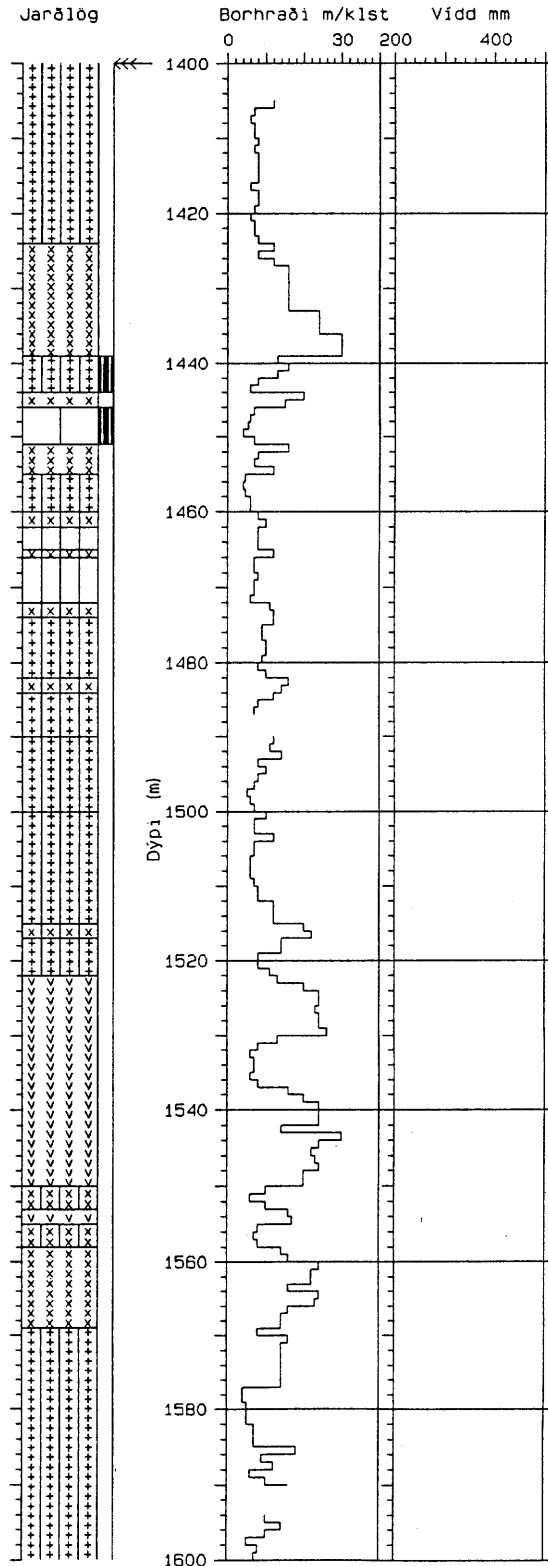
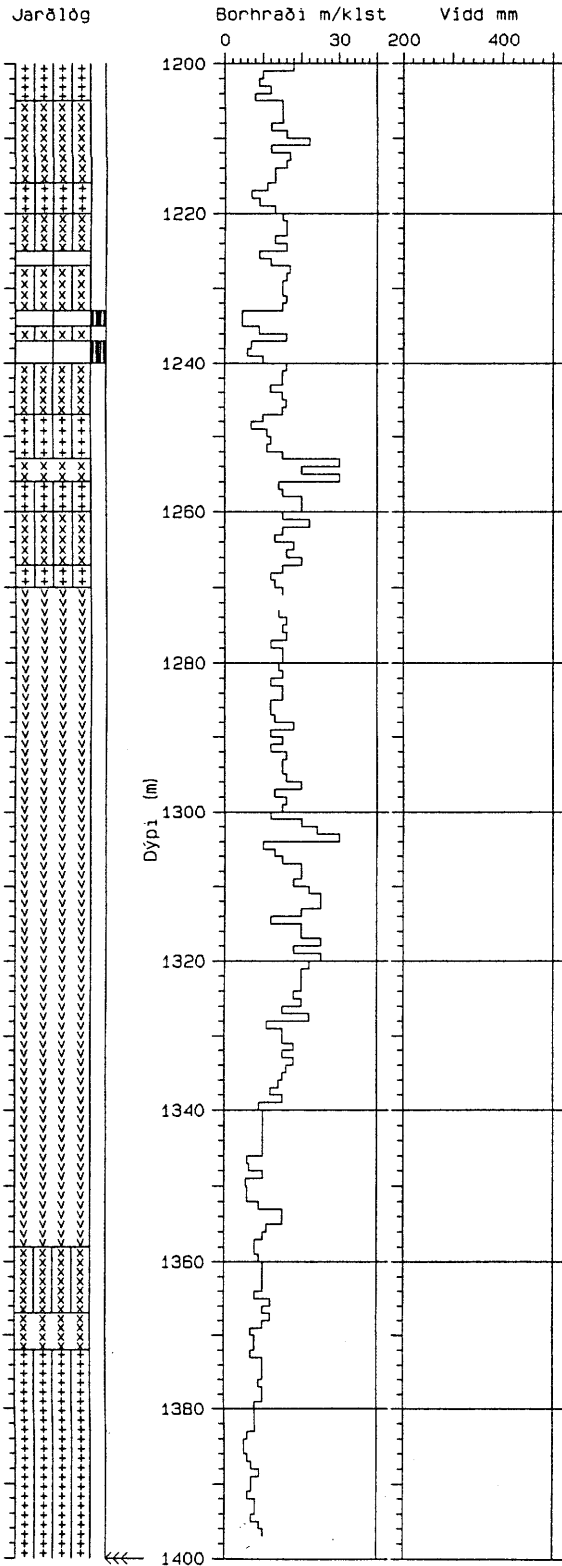
BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



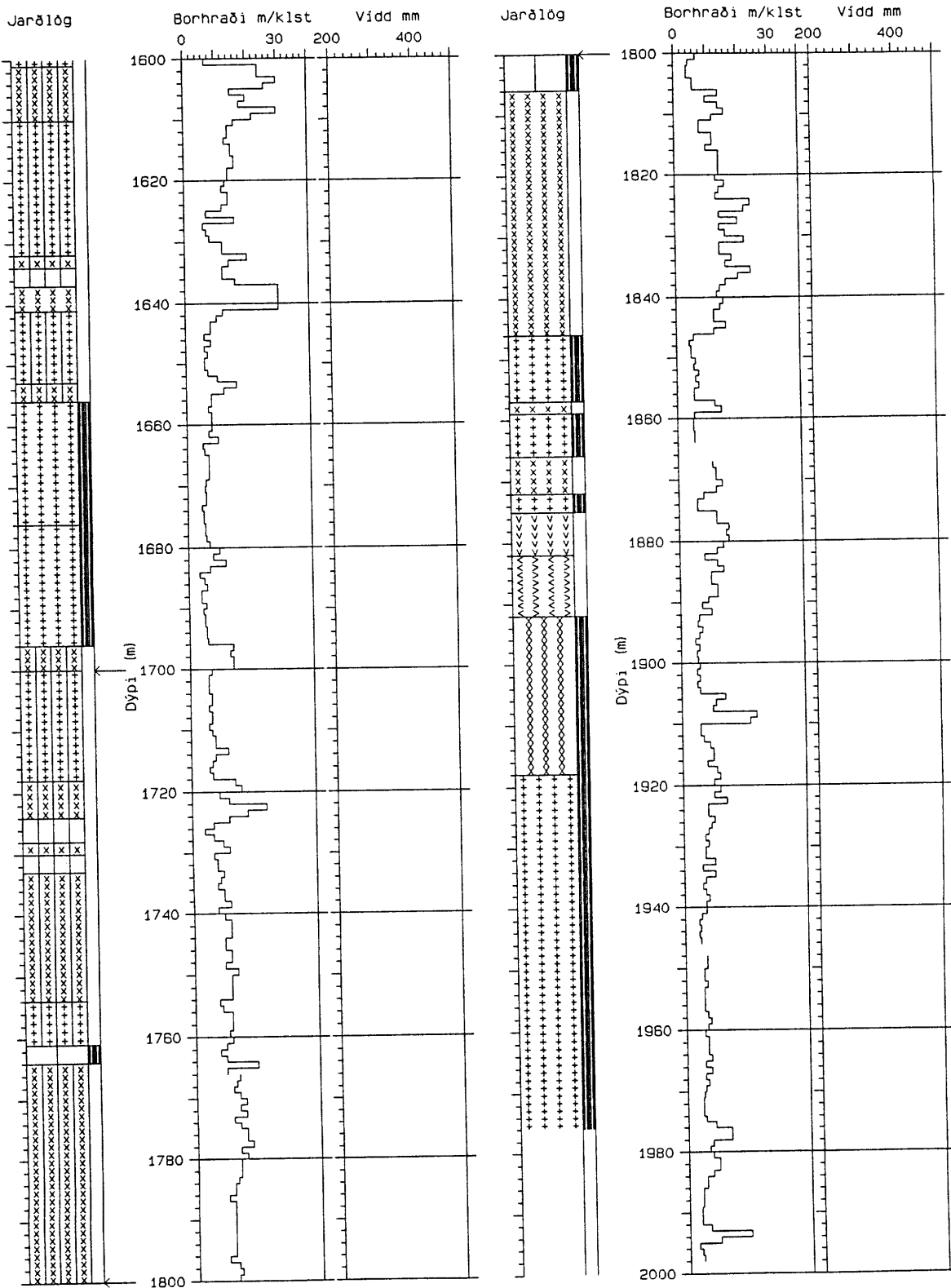
BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



BJARNARFLAG HOLA BJ-12
Einfaldað jarðlagasnið



Skýringar:

- | | | | | | |
|--|---------------------------------|--|------------------------|--|------------------------|
| | Fersklegt fin-meðalkorna basalt | | Umyndað glerjað basalt | | Súrt grófkornótt berg |
| | Umyndað fin-meðalkorna basalt | | Basaltrik breksia | | Ísúrt grófkornótt berg |
| | Umyndað meðal-grófkorna basalt | | Túff | | Svarf vantar |
| | Dólerit innskot | | | | |

← : Lítil vatnsæð

← : Meðal vatnsæð

← : Stór vatnsæð