

Holur NJ-21 og NJ-22. Forsendur fyrir  
staðsetningu og hönnun holanna

**Benedikt Steingrímsson,  
Hjalti Franzson,  
Kristján Sæmundsson,  
Sverrir Þórhallsson**

**Greinargerð BS-HF-KS-SP-2000-01**

## HOLUR NJ-21 OG NJ-22. Forsendur fyrir staðsetningu og hönnun holnanna.

### Forsendur

Holum NJ-21 og 22 á Nesjavöllum hefur verið valinn staður uppi á stallinum sunnan Nesjavalladalsins, skammt frá holu NG-8, sem boruð var með Gufubor sumarið 1984. Holurnar verða forboraðar með jarðbornum Aza, en Jötunn mun síðan bora holuna. Forborun hefst á útmánuðum ársins 2000, en Jötunn kemur á svæðið með vorinu. Borverkin hefst með holu NJ-21. Áformað er að skáboru holurnar og sveigja þær í suðurátt undir Hengilinn. Miðað við 2000 m bordýpi má reikna með að holubotn verði um 700 m sunnan holutopps. Staðsetning holnanna er sýnd á mynd 1. Hnit holu NJ-21 eru  $X = 659906,65$  og  $Y = 403378,96$ . Ekki fæst endanleg mæling á hæðarkvóta holunnar fyrir en plan og kjallari eru frágengin. Hæðin verður hins vegar nærri því að vera 309 m y. s. Hóla NJ-22 er um 69 m norð-norðaustur frá NJ-21 og eru hnit hennar  $X=659863,51$  og  $Y = 403432,50$  en hæð borplans holu NJ-22 verður í u.þ.b. 305 m y.s. Holurnar munu fá staðarnúmerin 95021 og 95022 í gagnagrunni Orkustofnunar.

Markmið borana á árinu 2000 er að útvíkka vinnslusvæði Nesjavallavirkjunar og afla orku fyrir hugsanlega stækkun virkjunarinnar. Sérstaklega er miðað að því að fá hávermiholur, en holur uppi á stallinum hafa allar reynst mjög gufuríkar. Jarðhitarannsóknir á Nesjavöllum hafa leitt í ljós að uppstreymi jarðhitans sé að finna undir Henglinum, og berist hann inn á svæðið eftir gosprungunum í Kýrdalsbrúnum. Fýsilegasti kosturinn til að útvíkka vinnslusvæðið er talinn sá að bora inn undir Hengilinn í átt að uppstreyminu. Á síðasta ári var hola NJ-20 boruð í þessum tilgangi. Sú hola er austan Nesjalaugagils, tæpan kílómetra austan gossprungnanna (mynd 1). Hún var skáboruð til suðvesturs um 640 m, en náði samt ekki tengslum við uppstreymissvæðið. Því var ákveðið að bora næstu holur sem næst gossprungunum í Kýrdalsbrúnum og sem næst Henglinum. Þetta þýðir að bora verður mjög nærri holu NG-8, sem var boruð sumarið 1984. Þar lentu menn í mjög yfirþrýstu jarðhitakerfi og reyndist vera um eða yfir 20 bar þrýstingur á gufuæðum á 115-125 m dýpi. Jarðborinn Dofri, sem vann verkið, var ekki búinn til að fást við svo háan þrýsting í holunni og var verkinu að lokum hætt á 400 m dýpi. Nokkru eftir borun var holan fyllt upp í topp af steypu. Við borun NJ-21 og 22 verður að taka tillit til reynslunnar frá borun NG-8 og allur búnaður, þar með talinn öryggisbúnaður boranna, verður að miðast við að hægt verði að ráða við háan þrýsting grunnt í jörðu. Fjarlægðin milli holu NJ-21 og NG-8 er um 43 m, en um 95 m eru milli NG-8 og NJ-22 (sjá mynd 1).

Hitaveita Reykjavíkur boraði á árunum 1965-99 tuttugu borholur á Nesjavöllum og eru sjö þeirra á stallinum sunnan Nesjavalladalsins. Jarðhitaupplýsingar frá þessum holum eru lagðar til grundvallar við undirbúning borana á árinu 2000 og er þá einkum litið til NG-6, NG-8, NG-9, og NJ-19, en þær eru næstu nágrannar NJ-21 og 22 (mynd 1). Gögn frá Nesjavallaholum eru aðgengileg í áfanga- og lokaskýrslum. Þá hafa einnig verið gerðar fjölmargar samantektarskýrslur um svæðið. Má þar nefna skýrslur um rannsóknir á

borsvarfi úr öllum borholunum, þar sem dregin eru upp jarðлага- og ummyndunarsnið um svæðið og sett fram jarðfræðilíkan af svæðinu. Yfirlit um þær skýrslur sem einkum nýtast við undirbúning borana ársina 2000 eru í skýrsluskrá aftan við þessa greinargerð.

### **Jarðhiti á Nesjavöllum**

Jarðhitakerfið á Nesjavöllum nærast á uppstreymi undir Henglinum og streymir vatn og gufa undan fjallinu til norðurs út í sprungustykki Hengilsins. Mestur virðist straumurinn vera austan í gossprungunum í Kýrdalsbrúnum, en einnig leitar einhver taumur fram gossprungu sem fylgir Nesjalausgagili og sprungu í Köldulaugargili. Síðastnefndu taumarnir daga uppi á móts við brúnina ofan Hraunprýði, en Kýrdalssprungurnar leiða jarðhitavökva norður með Nesjavalladalnum a.m.k. norður að holu NJ-18, sem er nyrsta djúpa borholan á svæðinu.

Yfirborðsjarðhiti á Nesjavöllum er sýndur á mynd 1. Þar eru ummynduðu svæðin sýnd með gulum lit, samfelld hvera- og gufusvæði sem rauðar skellur. Einstaka hverir og gufuaugu eru merkti sem rauðir þríhyrningar, og vísar oddurinn upp, ef brennisteinsútfellingar sjást. Á myndinni kemur fram að jarðhitavirknin er einkum í Köldulauga- og Nesjalausgagiljum en óveruleg í nágrenni Kýrdalssprungnanna. Helst má þar nefna heitar skellur og gufur undir Fálkaklettum og á svæðinu norður af holu NG-8.

### **Sprungur og misgengi norðan undir Hengli**

Á jarðfræði- og jarðhitakorti af Hengilsvæðinu (sjá mynd 1) eru sýnd þau misgengi og gossprungur sem fundust við kortlagningu svo og ummyndun og hverir. Meginstefna alls þessa er NA-SV-læg. Norðan í Hengli hliðrast siglægðin til vesturs frá Hengli vestur fyrir Kýrdalshrygg. Þar sem hliðrunin verður, stefna misgengin á kafla NNA-SSV og N-S, en verða þó ekki rakin lengra norður en að rótum meginfjallsins.

Borun holu NG-8 mistókst á sínum tíma vegna þess að borinn lenti í öflugri æð á litlu dýpi, en fóðring og öryggisbúnaður ónógur til að mæta þeim aðstæðum. Nú er fyrirhugað að bora aftur í grennd við holu 8. Af því tilefni var svæðið þar umhverfis, þ.e á milli Nesjalausgagils og gossprungnanna í Kýrdalsbrúnum, skoðað á ný í október 1999 og leitað að misgengjum og sprungum sem taka þyrfti tillit til við staðsetningu á borholum. Mynd 1 sýnir þær sprungur, misgengi og bresti sem sú athugun leiddi í ljós. Hér að neðan skal dregið á það helsta.

Misgengi með NA-SV stefnu og nokkurra metra falli til vesturs stefnir ofan úr Hengli 150-180 m austan við holu 8. Á prentuðu kortunum er einungis syðsti hluti þessa misgengis sýndur þar sem það er greinilegast. Á móts við holu 8 markar það vesturbrekku móbergsáss sem heldur að hrauni og framburði í dalbotninum þar sem holan er. Gufu- og leirhverir eru í norðaustur-framhaldi þessa misgengis austan við veginn þar á móts við sem hann greinist að holum NG-6 og 8.

Tvö misgengi með NA-SV-stefnu og innan við 2 m falli til vesturs sáust suðvestan við holu NG-8. Það vestra er skýrara og sést í krappri skoru efst í brúninni suðvestan við holuna. Hóla 8 er rétt vestan við eystra misgengið og hefur sennilega lent í því grunnt og því farið sem fór með hana. Framhald þessa misgengis norðaustan við holuna liggur

líklega um hveraþyrpingu við lækinn sem sprettur upp þar nærri og hverfur í hraunið 200 m norðar.

Á nokkrum stöðum sáust smábrot nærri aðalmisgengjunum. Á þau má líta sem greinar (splays) út frá þeim stærri.

Loks er nokkuð um sprungur eða bresti með NV-SA-lægri stefnu sem mynda nokkuð áberandi skorur. Sprungur þessar eru í sumum tilfellum nærri og samsíða bröttum hlíðum og klettum og sýna sig að vera mjóar rifur (nokkrir cm), fylltar af bergmylsnu. Óvíst er hvort þær séu beinlínis tengdar höggun, því skriðhreyfingar geta orðið í móbergsstabba í brattlendi einkum á upphleðslustigi.

Við staðsetningu NJ-21 og 22 í grennd við holu 8 var ákveðið að hafa holurnar vestan við framhald misgengisins sem stefnir í átt að holu 8 ofan úr Hengli. Næsta misgengi þar fyrir vestan stefnir í að vera 80 m vestan hennar og var ákveðið að nýju holurnar yrðu hliðraðar um 40 m frá holu 8 þ.e. á miðri spildunni milli misgengjanna. Einnig hefði verið mögulegt að bora holuna fast við hlíðina niður undan Kýrdalsbrúnum, vestan við bæði misgengin sem stefna næst holu 8. Þyrftu borholurnar í því tilfalli að vera 120-130 m vestan við sprungulínuna gegnum holu 8.

## Jarðlög í nágrenni NJ-21 og NJ-22

### Gosberg

Á mynd 2 eru sýndar helstu bergeiningar í holum NJ-13, NG-6, NG-8 og NJ-19, og hvernig þær einingar tengjast. Taka skal fram að úrvinnslu ganga NJ-19 er ekki lokið svo vænta má að einhvern óvissu gæti þar. Holur NJ-21 og 22 eru um 50 til 100 m frá holu NG-8. Því má þess vænta að jarðlagaskipunin ofan 400 m dýpis verði mjög svipuð þeirri sem fannst í NG-8. Jarðlagalýsing holu NG-8 er eftirfarandi:

1. Móbergsmyndun (0-ca. 30 m). Ólivín-plagióklasdílótt bólstraberg og bólstrabreksía. Bergið er fremur smákorna og jafnkorna.

2. Móbergsmyndun (ca. 30-130 m). Niður á 114 m dýpi er bergið lagskiptar basaltbreksíur og bólstraberg, en frá 114 niður á 130 m er bergið setkennt móbergstúff. Bergið er stak-plagióklas-/ólivíndílótt. Grunnmassinn í berginu er mun grófkristallaðri en í móberginu fyrir ofan, sem bent gæti til basískari efnasamsetningar (ólivín þóleíft).

3. Móbergsmyndun (130-175 m). Efstu 15 m móbergsins er túff ásamt einu fínkorna basaltlagi. Þar neðan við kemur í bólstraberg og bólstrabreksíu. Grunnmassinn er jafnkorna og magnetítríkur, sem bendir til þóleíftsamsetningar.

4. Móbergsmyndun (175-305 m). Móbergið er túff nema efstu 10 m sem gerðir eru úr móbergsbreksíu. Móbergið sker sig á áberandi hátt frá öðrum myndunum á hve þétt-plagióklasdílótt það er. Dílarnir gera það að ákjósanlegu leiðarlagi til að tengja á milli hola.

5. Móbergsmyndun (305- ca. 410 m). Móbergið er að mestu túff, nema á 330-345 m þar sem bergið verður mun breksíukenndara. Móbergið er talið vera svonefnd Háhyggsmýndun, sem jaðrar við að teljast basalt-andesít. Kristöllun, þar sem til hennar

sést, er mjög smágerð og straumkristöllun áberandi. Holan nær ekki niður úr móberginu, en líklegt er að botn þess sé á ca. 410 m dýpi.

6. Jarðlagastaflinn neðan 400 m dýpis er nokkuð óviss, þar sem ósamræmi kemur fram á milli holna eins og sýnt er á mynd 2. Samkvæmt jarðlögum í holu 19 kemur fram hraunlagasyrpa neðan móbergsins milli 400 og 500 m dýpis, sem erfitt er að rekja saman við jarðlög annarra holna uppi á stallinum. Möguleiki er á að hraunlögin tengist hraunlagasyrpu, sem finnst á 300-400 m dýpi í holum 6 og 13, en þá verður að gera ráð fyrir rúmlega 100 m misgengi þar á milli.

7. Frá 500 niður á um 624 m dýpi er móbergsmýndun í holu NJ-19, sem að mestu er gerð úr túffi, nema um miðbikið þar sem bergið er breksúkenndara.

8. Móbergsmýndun (624-718 m). Þetta basaltmóberg er mun breksúkenndara en það sem er fyrir ofan.

9. Hraunlagamyndun (718-820 m). Þessi hraunlagasyrpa er að mestu gerð úr ólivín þóleíti. Um 20 m móbergsbreksía finnst ofarlega í mynduninni á 735-750 m dýpi. Yfirborð þessarar hraunlagamyndunar í NJ-19 liggur rúmum 100 m ofar í holu 6 og um 200 ofar í holu 13. Ef slíkt verður staðfest í lokaúrvinnslu gagna úr holu 19 er ljóst að mikil misgengi verður að setja á milli holnanna eins og reyndar er sýnt á mynd 2.

10. Móbergsmýndun (820-890 m). Móbergið er sambland af breksíum og túffi.

11. Hraunlagamyndun (890-ca. 1300 m). Í holu NJ-19 er jarðlagastaflinn hraunlög, og verður ekki vart neinna set- eða breksíulaga þar inn á milli hraunlaga.

## **Innskot**

Innskot í jarðlagastaflanum eru af *basalt-* og *díórítefnasamsetningu*. Hóla NJ-19 sker basaltinnskot neðan ca. 1000 m dýpi. Díórítinnskotin eru töluvert algeng í NJ-19 og koma fyrir á 950-958 m, 978-992 m, 1198-1218 m, 1290-1300m, 1390-1425 m og í 1580-1592 m dýpi.

## **Vatnsæðar**

Í borun holu NG-8 varð vart óvenju hás yfirþrýstings í vatnsæðum, sem varð þess valdandi að ekki reyndist unnt að ljúka boruninni. Þar sem holur NJ-21 og 22 eru innan við 100 m frá NG-8 má ætla að æðar komi fram á svipuðum stöðum í þessum holum. Vatnsæðar holu 8 og líklegar jarðfræðilegar aðstæður við æðarnar eru sýndar á mynd 3. Vænta má að þær æðar, sem koma fram á lagskilum, liggi eftir nær láréttum fleti, og er því mjög líklegt að þær skili sér inn holur 21 og 22. Ekki eru jarðfræðilegar aðstæður þeirra æða ljósar, sem mestum vandræðum ollu í borun NG-8 á 115-125 m dýpi. Vitað er að á því dýpi eru lagskil á milli móbergsmýndana, sem hafa reynst lek í öðrum holum í nágrenninu. Sá mikli þrýstingur og vatnsgæfni æðanna í NG-8 bendir þó til þess að þær gætu einnig tengst nærliggjandi lóðréttri sprungu, en vitað er að misgengi stefnir nærri holu NG-8 (sbr. mynd 1).

Vatnsæðar í vinnsluhluta NJ-19 sýnir að æðarnar tengjast aðallega jöðrum basalt- og díorítinnskota, sem er í samræmi við þær kenningar sem áður hafa verið settar fram um djúpæðar Nesjavallakerfisins, og má búast við að svo verði einnig með vinnsluæðar holna NJ-21 og 22.

## Ummyndun

Ummyndun er sýnd á myndum 4 og 5. Sú fyrri, sem sýnir dýpi á efra borð wairakíts, bendir til að jarðhitakerfið nái mun nær yfirborði við holu 8, en annars staðar á Nesjavallasvæðinu. Rannsóknir á NJ-19 styðja fyrri hugmyndir um að uppstreymi jarðhitans í Kýrdalsbrúnum sé ekki eingöngu tengt NA-SV sprungum, heldur rísi jarðhitavirknin hæst á mótum slíkra sprungna og N-S sprungna. Ef slík tengsl eru til staðar við holu NG-8, er möguleiki á að þau hafi áhrif í nágrenni við NJ-21 og 22. Af þessum sökum var ákveðið að hafa hvoruga nýju holuna á hánorður frá holu NG-8. Á mynd 5 er sýnt hvar fyrst varð vart við útfellingar og ummyndun í holu NG-8, og er myndin sett fram til að auðvelda staðarjarðfræðingi að gera sér grein fyrir mögulegum yfirþrýstingi við borun NJ-21 og 22.

## Hiti og þrýstingur uppi á stallinum

Grunnt er á jarðhitakerfið uppi á stallinum sunnan Nesjavalladals og hafa allar holur þar komist í tengsl við jarðhitakerfið á nokkur hundruð metra dýpi. Grynnt var á kerfið í holu NG-8 en efsta jarðhitaæðin í þeirri holu kom fram á aðeins 115 metra dýpi. Sú æð er vel yfir 200°C heit. Dýpst var hins vegar á hita í holu NJ-13, þar sem fyrstu jarðhitaæðarnar eru neðan 400 m dýpis. Á mynd 6 er sýndur berghiti í efstu þúsund metrnum við holurnar sem næstar eru gossprungunum í Kýrdalsbrúnum. Kemur hitamunurinn þar skýrt fram grunnt í holum NJ-13 og NG-8. Neðan 800 m dýpis er hitinn svipaður í öllum holunum eða í kringum 270-290°C og fylgir suðumarki. Áætlaður berghiti í holunum neðan 1 km dýpis er um eða yfir 300°C og vex í um 335°C á 2 km dýpi.

Á mynd 7 er sýndur þrýstingur vatnsæða í efsta kílómetranum við holurnar uppi á stallinum, sem næstar eru gossprungunum í Kýrdalsbrúnum. Volgt grunnvatnskerfi, sem liggur ofan á jarðhitunum, er lágþrýst og mælist skoltap við vatnsæðar þess. Komið er niður úr þessu kerfi á 100-300 m dýpi. Jarðhitakerfið, sem þá tekur við, er hins vegar háþrýst og rann inn í holurnar við hverja jarðhitaæð allt niður á 500-800 m dýpi (yfirþrýstingur umfram kalda vatnssúlu). Dýpst náði yfirþrýstingurinn í holu NG-6.

Í holu NG-8 leiddi yfirþrýstingurinn til vandræða. Vatns- og gufuæðar á 115-125 m dýpi í þeirri holu voru með um 22 bar þrýstingi og æðin þess vegna ókæfanleg með köldu vatni og einnig með baríþyngdarefni. Lauk þeirri viðureign með því að verkinu var hætt. Talið er að æðin í holu NG-8 hafi verið í, eða nærri, opinni sprungu. Í holu NG-9 kom fram yfirþrýstæð á 310 m dýpi. Um 10-12 l/s runnu úr holunni, en þrýstingur æðarinnar var metinn 37 bar (6 bar umfram kalda súlu). Æðin var stífluð með steypu og tókst það svo vel að aðeins rann 1 l/s úr æðinni þar eftir. Aðrar vatnsæðar sem komið hafa fram í efri hluta holanna uppi á stallinum komu fram á lagskilum milli goseininga. Þær voru flestar fremur tregar og ollu ekki erfiðleikum í borun.

Nálægð NJ-21 og 22 til holu NG-8 þýðir að búast verður við svipuðum yfirþrýstingi og þar kom fram á um 120 m dýpi. Verði stungið á opinni sprungu grunnt líkt og gerðist í holu

NG-8 er viðbúið að erfitt reynist að hemja slíka æð og ljóst að steypa verði í æðina líkt og gert var með 310 m æðin í holu NG-9. Sú æð er reyndar á lagskilum, en ekki í sprungu. Hvernig gengur að ráða við dýpri æðar skiptir meginmáli á hvaða dýpi vatnsæðar koma fram og sömuleiðis hversu opnar þær verða. Á mynd 8 eru dregnir þrýstiferlar annars vegar fyrir jarðhitakerfið við holur NG-6, NG-8 og NG-9 og hins vegar fyrir kalt vatn og þyngdarefni í holu. Þá er einnig sýndur þrýstingur vegna fargs jarðlaganna og er þar miðað við að eðlismassi bergsins sé  $2,4 \text{ g/cm}^3$ . Má af myndinni ráða hvernig gangi að kæfa vatnsæð eftir því á hvaða dýpi hún kemur fram. Þar sést að þrýstingur vatnsæðanna á 115-125 m dýpi í holu NG-8 er rétt undir þrýstingi jarðlaganna og æðin hvorki kæfanleg með leðju né köldu vatni. Þetta er ástæðan fyrir því að steypa varð í æðina og gefast að lokum upp við borunina. Hefði æðin verið rúmlega 100 m dýpra hefði hún verið kæfanleg með þungri borleðju (mynd 5). Allar æðar NG-6 voru kæfanlegar með borleðju, en yfirþrýstar æðar með tilliti til kaldrar vatnssúlu komu fram á um 100 dýpi og á 500-700 m dýpi. Sama gildir um vatnsæðar NG-9, en þar voru yfirþrýstar æðar á 310-360 m dýpi.

Boranir á stallinum hafa sýnt að komið er niður úr yfirþrýsta hluta jarðhitakerfisins á 700-800 m dýpi. Kerfið þar undir er undirþrýst og skoltap við vatnsæðar. Allar holurnar á stallinum hittu á góðar vatnsæðar og lentu í algjöru skoltapi áður en komið varð í áætlað lokadýpi. Fyrirfram var gengið út frá borun í 2000 m, en sú dýpsta þeirra, NJ-20, varð aðeins 1800 m djúp og hafði þá verið borað í algjöru skoltapi síðustu 500 metrana.

## Útlit og hönnun NJ-21 og 22

Á undanförunum árum hafa nokkrar gerðir af háhitaholum verið hannaðar og boraðar hér á landi. Í meginatriðum má er um að ræða tvær gerðir borhola, þ.e hefðbundnar holur og víðar holur. Sé horft til fóðringa er munurinn sá að í víðu holunum er 22 1/2"-yfirborðsfóðring, 18 5/8"-öryggisfóðring, 13 3/8"-vinnslufóðring og 9 5/8"-raufaður leiðari, þegar hefðbundna hönnunin er skrefi á eftir þ.e. 18 5/8"-yfirborðsfóðring, 13 3/8"-öryggisfóðring, 9 5/8"-vinnslufóðring og loks 7"-raufaður leiðari. Víðar holur hafa verið boraðar á jarðhitasvæðunum á Reykjanesi, en flestar aðrar vinnsluholur háhita á Íslandi eru með hefðbundinni hönnun, þar með taldar holur á Nesjavöllum.

Við hönnun holna NJ-21 og 22 hefur verið horft til þess hve búast má við mjög háum þrýstingi grunnt, jafnvel strax á 100 m dýpi. Vegna þessa var ákveðið að víkja frá hefðbundinni hönnun hvað varðar forborun og fyrstu fóðringar. Við forborunina verður beitt forkönnun með 7 7/8"-borkrónu til að kanna vatnsæðar og þrýsting þeirra og verður verkinu skipt í tvo áfanga. Í fyrri áfanganum verður borað með 7 7/8" í 40 m og holan síðan rýmd (boruð) með 26" og fóðruð með 22 1/2" yfirborðsfóðringu. Í seinni áfanganum verður borað með 7 7/8" í 90 m, rýmt (borað) með 21" og fóðrað með 18 5/8". Eftir forborunina er hönnun holnanna hefðbundin, en yfirlit um síddir fóðringanna er eftirfarandi:

- |   |         |                     |
|---|---------|---------------------|
| 1. Yfirborðsfóðring I                           | 22 1/2" | 40 m dýpi.          |
| 2. Yfirborðsfóðring II                          | 18 5/8" | 90 m dýpi.          |
| 3. Öryggisfóðring                               | 13 3/8" | Allt að 300 m dýpi. |
| 4. Vinnslufóðring                               | 9 5/8"  | Allt að 800 m dýpi  |
| 5. Raufaður 7"-leiðari í vinnsluhluta holunnar. |         |                     |

Dýptartölur hér að ofan miðast við bordýpi. Nánari lýsing er sýnd á mynd 9.

Holurnar verða skáboraðar í suðurátt. Gert er ráð fyrir að skáborunin hefjist á um 500 m dýpi og verði byggður upp 30° halli með hallaupbyggingunni 3°/30 m. Áætlað er að hola NJ-21 verði boruð í stefnuna 210° en hola NJ-22 verði stefnt nánast beint í suður. Þá er áætlað að bora holurnar í 2000 m, en samkvæmt reynslunni af borunum uppi á stallinum er viðbúið að algjört skoltap stöðvi borun áður en komið er svo djúpt. Það skal tekið fram að boranir á stallinum hafa gengið mjög vel, ef frá er talin hola NG-8. Á mynd 10 er sýnd framvinda borunar holu NJ-19, sem er ein dýpsta holan á stallinum. Á myndinni sést að borun holunnar tók aðeins 39 daga.

## Öryggi við borun

Áralöng hefð er fyrir því að nota öryggisloka við háhitaboranir hér á landi. Þetta hefur þó eingöngu gilt um aðalborunina, en við forborun hefur ávallt verið borað án öryggiloka. Við borun holna NJ-21 og 22 verður þessu breytt. Jarðborinn Azi mun forbora holurnar og mun hann verða búinn svipuðum öryggisbúnaði og Jötunn mun nota við framhald verksins. Þessir hefðbundnu öryggislokaar eru eftirfarandi:

- Belggosvarar (Shafer og Hydril) loka að borstöngum, álagsstöngum og fóðringum. Er þá gúmmíþétting þrýst saman og lokar hún þá holunni. Hitapól þessara loka er takmarkað.
- Öryggisloki sem lokar að stöngum er með stáltungu og gúmmíþéttingu (Cameron). Lokinn getur aðeins þétt við borstengur og takmarkar það notkunarsvið hans.
- Pakkdós (Grant) er höfð efst á öryggisventlunum til að beina því sem úr holunni kemur út um hliðarstút og vernda þar með starfsmenn borsins gegn gufugosi. Í pakkdósinni er gúmmíþétting sem snýst með stöngunum.
- Holulokar sem geta fullokað þegar tæki eru ekki í holunni verða hafðir og er endanlegur aðalloki holunnar reyndar hafður á henni við borun 3. áfanga.
- Kæfingarlok eru hafðir til að hægt sé að dæla vatni eða þungri leðju í holuna eftir að öryggislokum hefur verið lokað til að "kæfa" holuna. Dæla borsins er fasttengd kæfingarlokanum um stálleiðslu eða sambærilegri lögn.

Fyrirsjáanlegt er að æðar í efstu 700- 800 m holunnar verði yfirþrýstar miðað við þyngd kaldrar vatnssúlu. Nauðsynlegt er að gæta ítrustu varkárni við borunina og fylgjast grant með skolvatnsbreytingum, hitabreytingum á skoli og öðru sem gefur til kynna að yfirþrýst æð hafi verið skorin. Tryggt skal að öryggislokar séu í góðu lagi og þeir prófaðir í upphafi hvers boráfangs. Mikilvægasta öryggisatriðið til að koma í veg fyrir að holan gjósi skyndilega er að halda stöðugri dælingu í holuna. Til að ráða frekar við yfirþrýstar æðar þarf að tryggja aðgang að barit þyngdarefni svo hægt verði fyrirvaralaust að laga borleðju með eðlismassa 1400 kg/m<sup>3</sup>, en efnisnotkun á baríumsúlfati er þá um 525 kg í hvern rúmmetra af leðju. Lágmarksmagn af tiltæku baríumsúlfati er talið vera 20 tonn. Við svarfgreiningu skal fylgjast sérstaklega með því hvenær farið er í gegnum lagmótin sem komu fram á um 100 og 300 m dýpi í hinum holunum og skoða ummyndun bergsins, einkum hvort steindirnar kvars og wairakít sjáist.

Þá þarf að tryggja nægjanlegt skolvatn til borunarinnar. Miðað er við að slík vatnsveita skili að lágmarki 50 l/s inn á borplanið. Huga þarf vel að öryggi skolvatnsveitunnar þannig að vatn sé til reiðu komi til smá bilana.



## Skýrsluskrá

Ýtarlegar upplýsingar eru til um boranir holanna á stallinum sunnan Nesjavalladals. Má þar í fyrsta lagi nefna borskýrslur bormanna um borverkin, en síðan hefur Orkustofnun tekið saman fjölmargar skýrslur um boranirnar og rannsóknir þeim tengdum. Hér á eftir er skrá þær skýrslur Orkustofnunar sem fjalla um borholur í næsta nágrenni við holur NJ-21 og 22 og samantektarskýrslur um jarðfræði og ummyndun bergs á Nesjavöllum. Tekið skal fram að skráin er engan veginn tæmandi. Skýrslurnar eru aðgengilegar á bókasafni Orkustofnunar.

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1986: Nesjavellir, hola NJ-13. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-86027/JHD-07, 146 s. Unnið fyrir HR

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1986: Nesjavellir, hola NJ-14. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-86028/JHD-08, 133 s. Unnið fyrir HR

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1999: Nesjavellir, hola NJ-19. 1. Áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 283 m dýpi. Orkustofnun, OS-99044, 18 s. Unnið fyrir OR

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1999: Nesjavellir, hola NJ-19. 2. Áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu í 793 m dýpi. Orkustofnun, OS-99049, 23 s. Unnið fyrir OR

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1999: Nesjavellir, hola NJ-19. 3. Áfangi: Borun vinnsluhluta frá 793 m í 1700 m dýpi. Orkustofnun, OS-99088, 24 s. Unnið fyrir OR

Benedikt Steingrímsson og Hjalti Frazson, 1999: Nesjavellir hola NJ-19. Berghiti og þrýstingur vatnsæða. Orkustofnun greinargerð BS/HF-99-01, 8 s. Unnið fyrir OR

Hjalti Franzson o.fl., 1985: Nesjavellir, hola NG-8. Fyrri áfangi: Borun í 127 m og steyping 13 3/8" fóðringar. Orkustofnun, OS-84066/JHD-25B. Unnið fyrir HR.

Hjalti Franzson o.fl., 1985: Nesjavellir, hola NG-8. Seinni áfangi: Borun vinnsluhluta, frá 100 m í 403 m. Orkustofnun, OS-84067/JHD-26B. Unnið fyrir HR.

Hjalti Franzson og Hilmar Sigvaldason, 1985: Nesjavellir, hola NG-8. Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar. Orkustofnun, OS-85120/JHD-16, 33 s. Unnið fyrir HR

Hjalti Franzson og Hilmar Sigvaldason, 1985: Nesjavellir, hola NG-9. Jarðlög, ummyndun, mælingar og vatnsæðar. Orkustofnun, OS-85123/JHD-17, 38 s. Unnið fyrir HR

Hjalti Franzson, 1988: Nesjavellir, borholujarðfræði. Vatnsgengd í jarðhitageymi. Orkustofnun, OS-88046/JHD-09, 58 s. Unnið fyrir HR

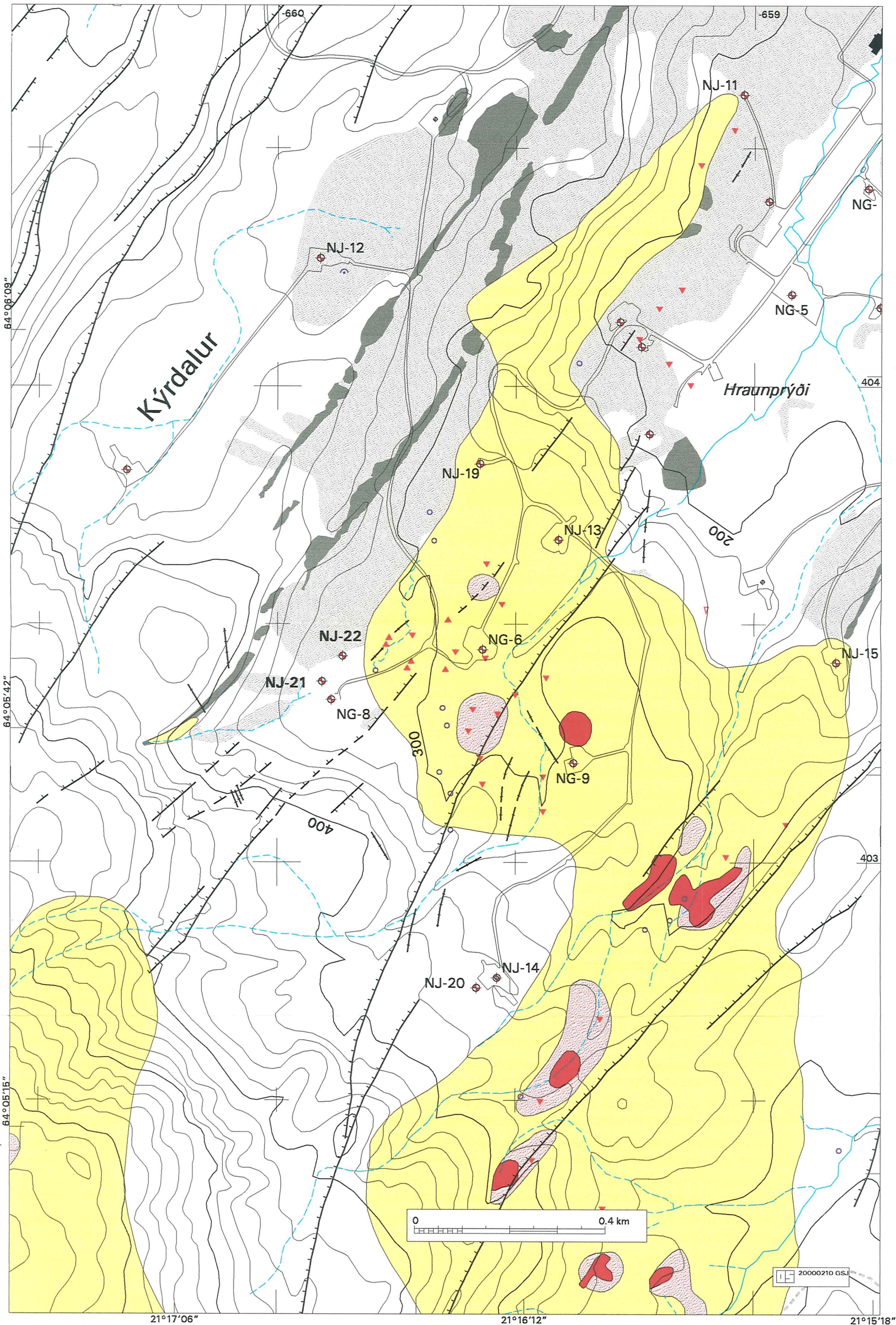
Hjalti Franzson, 1993: Bergmyndanir í borholum á Nesjavöllum. Upphleðslueiningar. Orkustofnun, OS-93010/JHD-05B, 31 s. Unnið fyrir HR

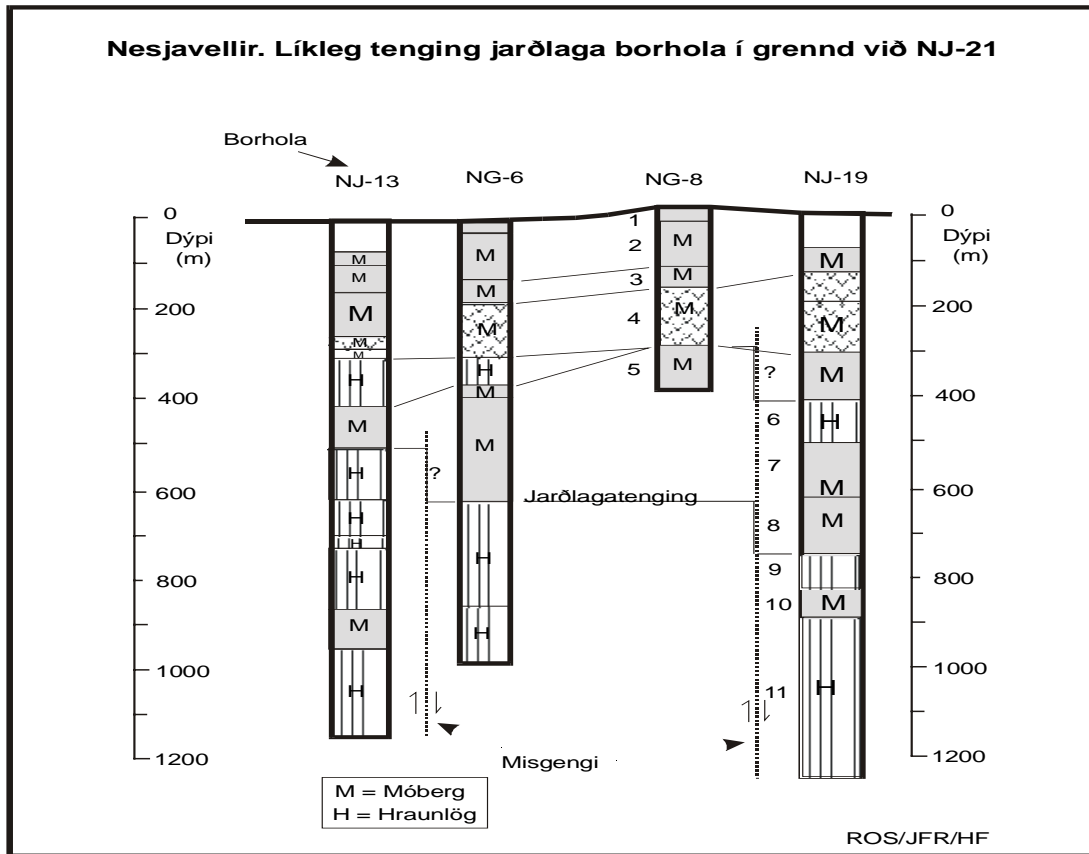
Valgarður Stefánsson o.fl., 1983: Nesjavellir, hola NG-6. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-83023/JHD-04, 100 s. Unnið fyrir HR

## Niðurlag

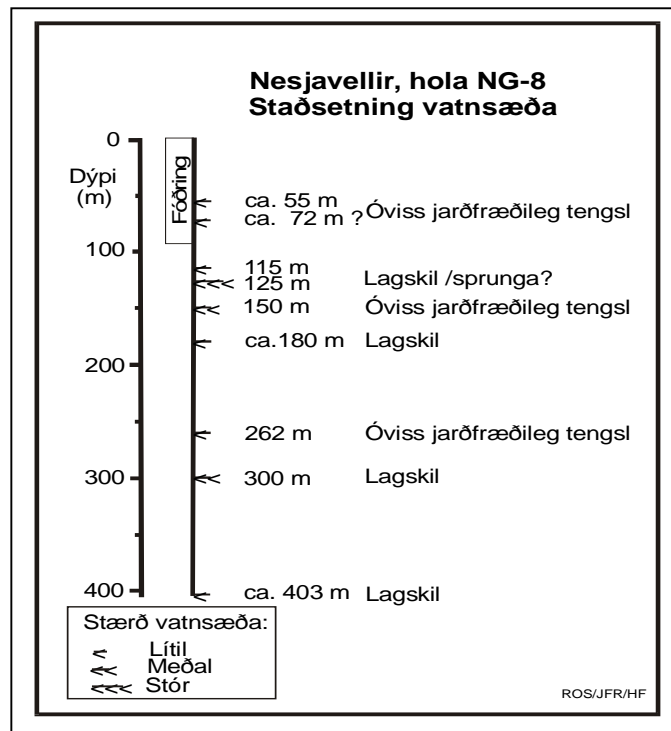
Greinargerð þessi kemur sem viðbót við verksamning, milli Orkuveitu Reykjavíkur og Jarðborana hf um borverk vegna holna NJ-21 og 22. Hér er kveðið nánar á um hönnun holunnar og fjallað um upplýsingar úr nálægum borholum, sem taldar eru skipta máli við framkvæmd verksins.

**Mynd 1.** Sprungu- og jarðhitakort af Nesjavöllum. Staðsetning holna NJ-21 og 22 – Sjá næsta blað.

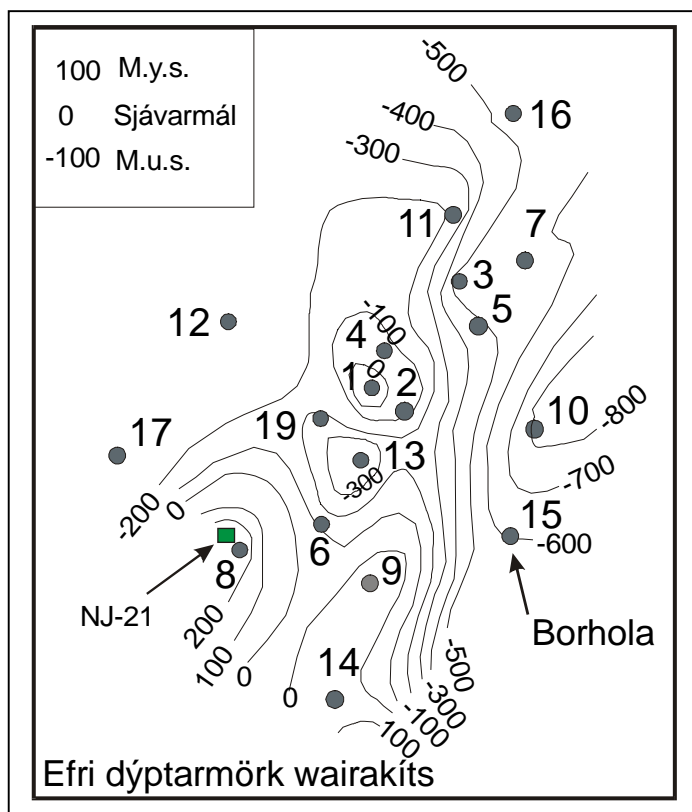




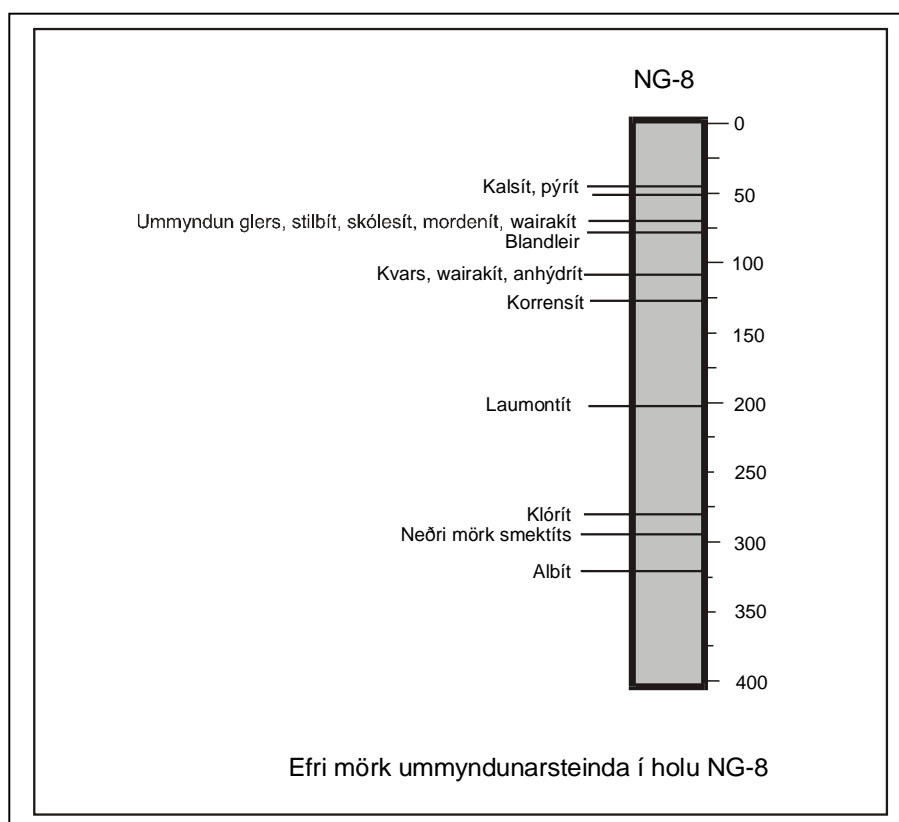
Mynd 2. Líkleg tenging jarðlaga í grennd við holur NJ-21 og 22.



Mynd 3. Hóla NG-8. Staðsetning vatnsæða og tengsl þeirra við jarðlagastafann.

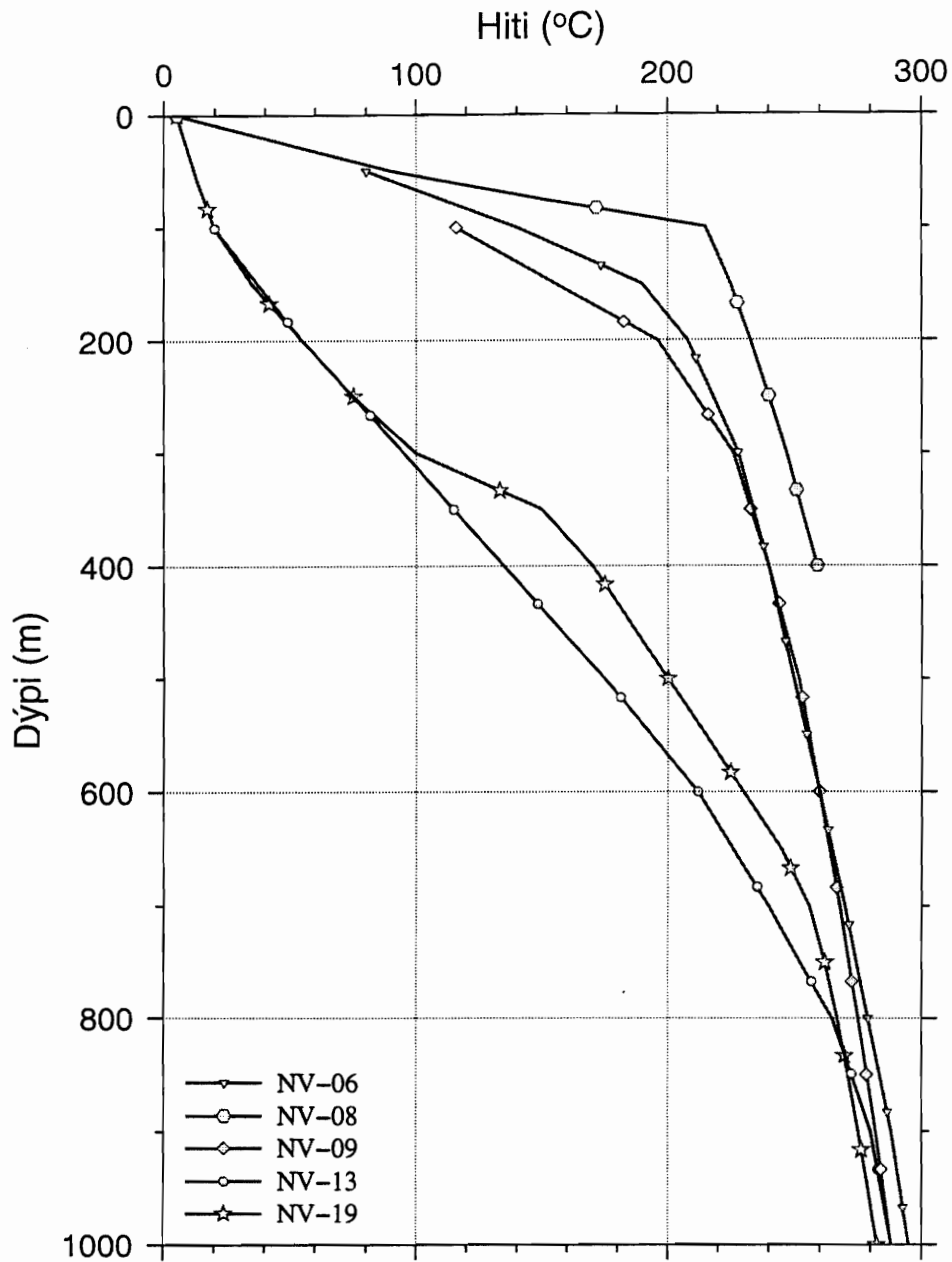


Mynd 4. Efri mörk wairakíts á Nesjavöllum.



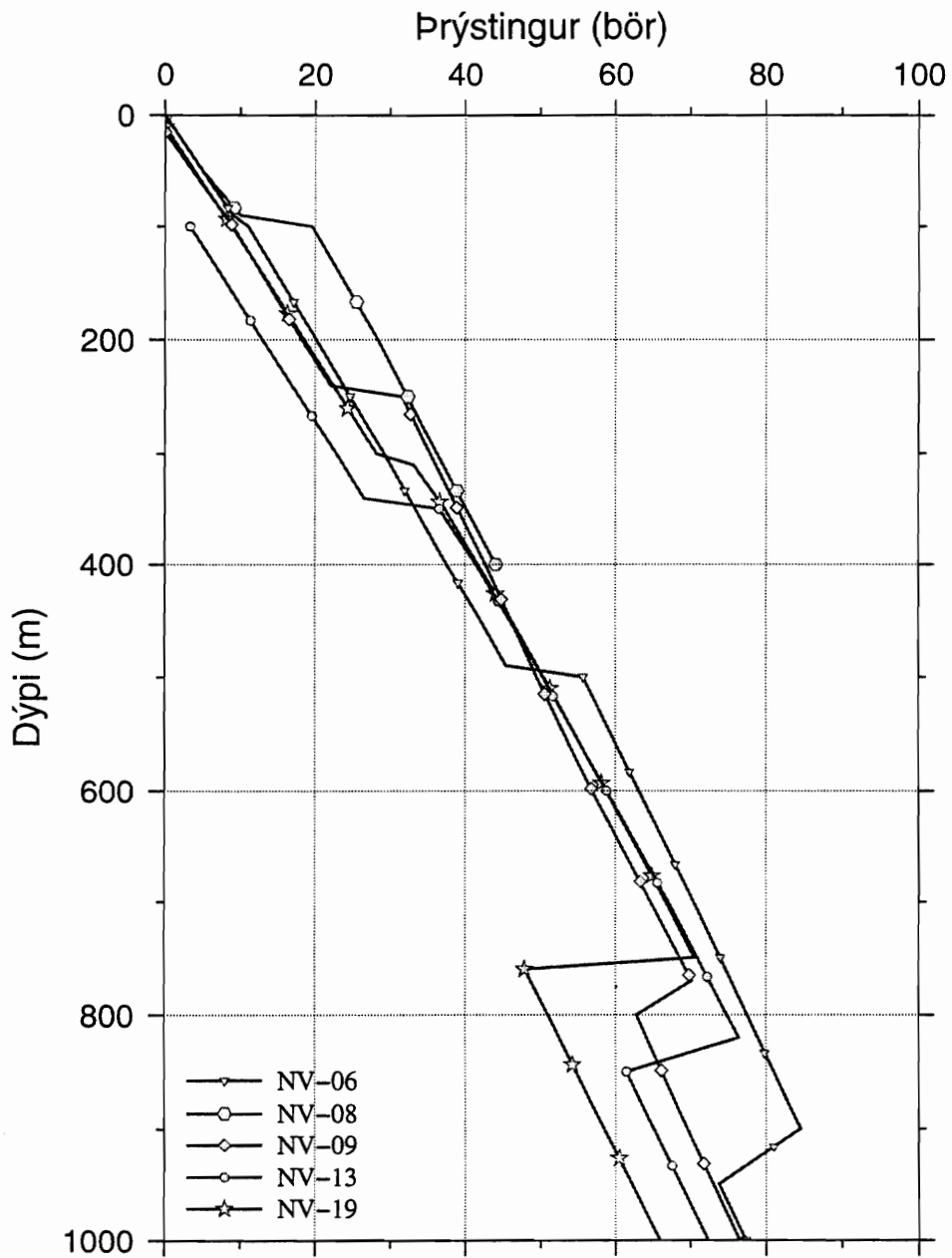
Mynd 5. Efri mörk ummyndunarsteinda í holu NG-8

## NESJAVELLIR Hitaástand nærri Kýrdalsbrúnum



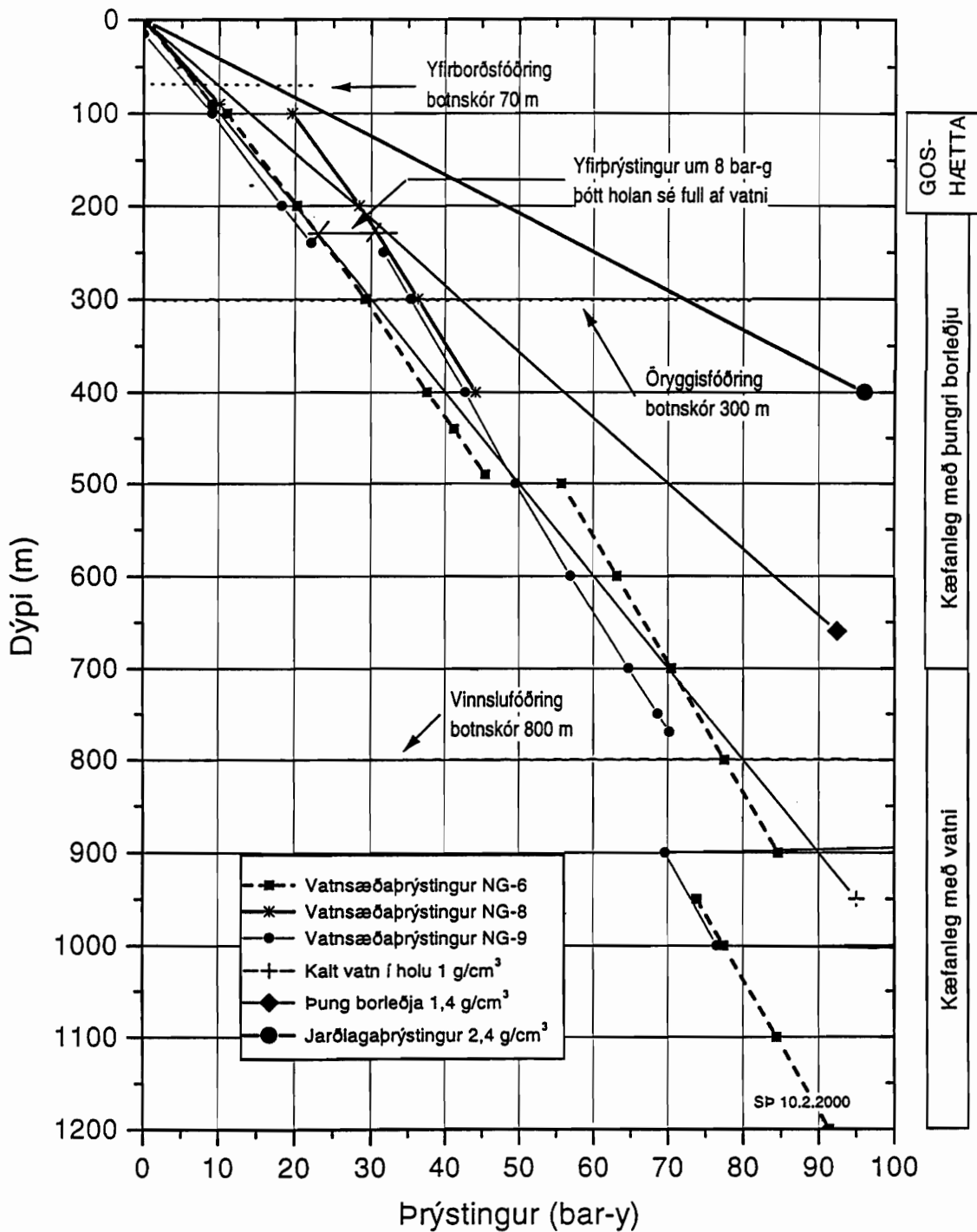
Mynd 6. Berghiti ofan eins kílómetra dýpis fyrir holur á stallinum sunnan Nesjavalladals.

## NESJAVELLIR Þrýstiástand nærri Kýrdalsbrúnum



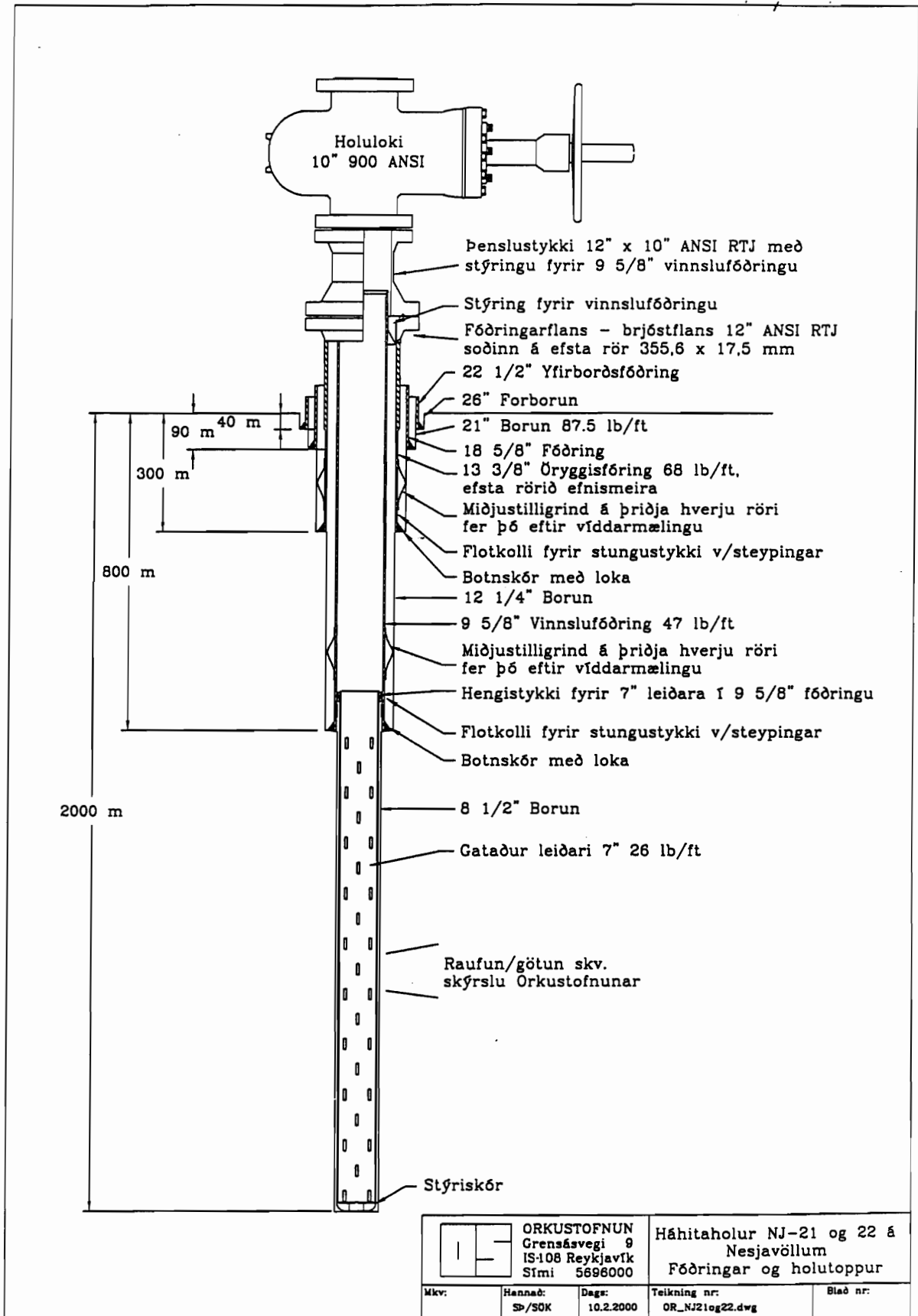
Mynd 7. Þrýstingur vatnsæða ofan eins kílómetra dýpis fyrir holur á stallinum sunnan Nesjavalladals.

## Spá um þrýsting við borun NJ-21 og 22



Mynd 8. Samanburður á fargi bergs, leðju og vatns við þrýsting vatnsæða í holum NG-6, 8 og 9.

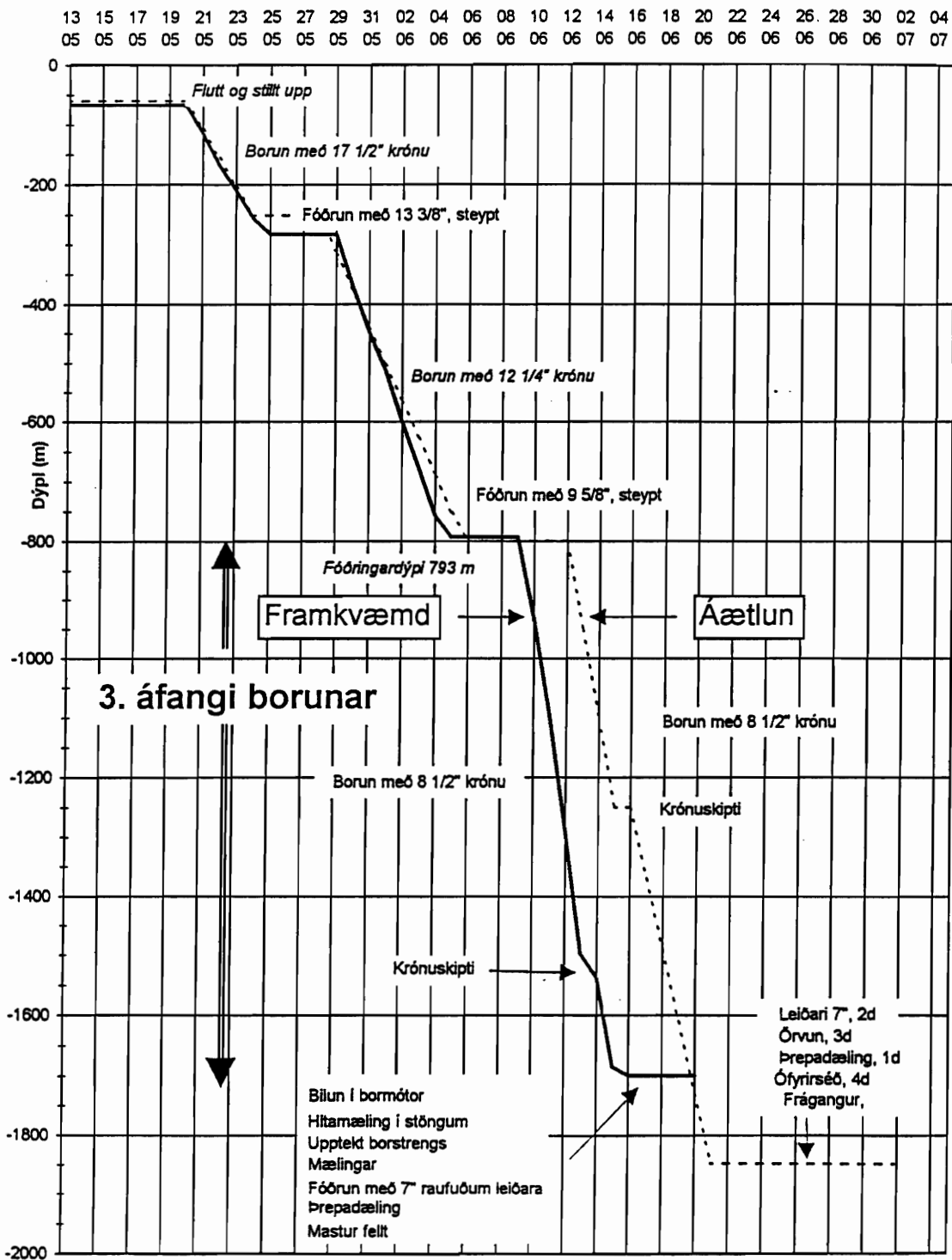




Mynd 9. Útlit og hönnun holna NJ-21 og 22.

# Nesjavellir, hola NJ-19

## Áætlun og framkvæmd borunar



Mynd 10. Framvinda borunar holu NJ-19 sumarið 1999