



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**Verklýsing fyrir borun hola KJ-27 og KJ-28**

Sverrir Þórhallsson og Ásgrímur Guðmundsson

Matthías Matthíasson VGK

Sigurður Benediktsson Bene ehf.

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96039/JHD -24 B

Júlí 1996

**Verklýsing fyrir borun hola KJ-27 og KJ-28**

Sverrir Þórhallsson og Ásgrímur Guðmundsson

Matthías Matthíasson VGK

Sigurður Benediktsson Bene ehf.

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96039/JHD -24 B

Júlí 1996

## EFNISYFIRLIT:

1. INNGANGUR.....	5
2. STAÐSETNING RANNSÓKNARHOLU .....	5
3. JARÐFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR TIL BORUNAR.....	6
4. HÖNNUN HOLUNNAR - FÓÐRINGAR OG DÝPI.....	7
5. BORPLAN - JARÐRASK.....	8
6. LÝSING Á BORVERKINU .....	8
7. ÖRYGGISKRÖFUR.....	11
8. SKOLVÖKVI.....	11
9. STEYPING FÓÐRINGA.....	12
10. SUÐA OG SUÐUEFTIRLIT .....	13
11. RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR .....	13
VIÐAUKI 1. DÝPI FÓÐRINGA VIÐ BORUN Í KRÖFLU 1996 .....	15

MYNDIR

## Töfluskrá

1. Yfirlit um fóðringar .....	7
2. Annað fóðringarefni .....	8
3. Blöndunarhlutföll þurrefnis í steypu .....	12
4. Borholumælingar.....	14

## Myndaskrá:

1. Afstöðumynd af borsvæðinu í Leirbotnum.....	24
2. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og skoltöp í holum KJ-3A og KG-5.....	25
3. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og vatnsæðar í holu KJ-11 og KG-24 .....	26
4. Berghiti í holu KG-24 .....	27
5. Hönnun hola KJ-27 og KJ-28 .....	28
6. Holutoppur og suða við fóðringu.....	29
7. Borplan Jötuns .....	30
8. Uppsetning öryggisloka fyrir 2. og 3. áfanga.....	31



## 1. INNGANGUR

Eftir nokkurra ára hlé í gufuöflun í Kröflu hefur verið ákveðið að hefja boranir á nýjan leik. Unnið verður í samræmi við áætlunina “*Gufa til reiðu*” (VGK og RT 1996). Megininntak þeirrar áætlunar er að setja niður vél 2, bæta og breyta gufuveitunni og að afla nægilegrar gufu til að auka framleiðslu úr 30 í 45 MW.

Byrjað verður á að bora eftir lágþrýstigufu úr efrakerfi Leirbotnasvæðisins. Áætlað er að holurnar geti náð allt að 1100 m dýpi. Staðsetningin tók mið af því að sem minnst áhætta væri tekin. Holunum var því valinn staður ekki fjarri eldri holum á svæðinu, sem hafa verið lekar í borun í væntanlegum vinnsluhluta eða á 400 - 1100 m dýpi. Megin forsendur staðsetningar voru:

- Lágmarks áhætta
- Hitta á góðar vatnsæðar
- Hiti á vökva verði sem næst 200 °C
- Holur verði ekki fyrir áhrifum úr neðra kerfinu í gegnum eldri holur
- Efnasamsetning vökvans verði viðunandi til nýtingar
- Vera eins nærri yfirborðsmannvirkjum og kostur er á til að draga úr kostnaði vegna tenginga við orkuverid

Verklýsing sú er hér er greint frá nær yfir tvær holur boraðar til að afla lágþrýstigufu á allvel þekktu vinnslusvæði Kröfluvirkjunar. Ef eitthvað nýtt kemur fram við borun fyrri holurnar þá getur það kallað á einhverjar breytingar á verklýsingu fyrir þá seinni.

Að inngangi loknum er fjallað um staðsetningu hola KJ-27 og KJ-28 síðan er fjallað um jarðfræðilegar aðstæður til borunar. Í fjórða kafla er farið yfir hönnun holanna, þ.e. fóðringar og dýpi. Þá er tekin fyrir gerð borplans og röskun á umhverfi sem getur átt sér stað vegna þess og borunar. Í 6. kafla er borverkinu lýst og skipt niður í áfanga eftir sverleika borkróna. Í 7. og 8. kafla er farið yfir öryggiskröfur og skolvökva. Steypingu fóðringa er lýst í 9. kafla og sá 10. er skrifaður af VGK og fjallar um suðuvinnu á fóðringarflansi. Að lokum er fjallað um rannsóknir meðan á borun stendur.

## 2. STAÐSETNING BORHOLA

Árangur borunar í efstu 1000 m á Leirbotnasvæðinu var metinn og borinn saman við jarðfræðilegar forsendur. Með það í huga var suðurhluti svæðisins í nágrenni hola KJ-6, KW-1 og KG-12 útilokaður. Athyglinni var beint að svæðinu austan við KJ-11 og KG-24 og vestan við holurnar við Hveragilið. Vitað er um sprungu sem hreyfðist í byrjun umbrotatímabils Kröfluelda árið 1976 og hefur sú hreyfing vafalaust aukið lektina í næsta nágrenni sprungunnar. Ekki er vitað nákvæmlega um legu hennar, en sennilega hefur hún valdið skemmdum á holum KG-3 og KW-1. Mikilvægt er að vera í nágrenni slíkrar sprungu með vinnsluhluta holu eða neðan 400 m dýpis. Ennfremur var það haft í huga að meiri lekt virðist vera norðar í svæðinu en reyndar er hætta á því að vökvinn þar geti verið lítið eitt kaldari. Vísbendingar um einhvers konar innskotastrúktúr með stefnu VNV-ASA sáust í segulmælingum, sem gerðar voru af OS sumarið 1977. Innskotin liggja nokkurn veginn á sömu

línu og holur KG-8, KJ-11 og KG-3 eru á. Þar af leiðandi er það ekki gott að vera langt sunnan línunnar enda mjög líklegt að um sé að ræða einhvers konar vegg sem heftir að einhverju leyti rennsli jarðhitavökvans til suðurs.

Með þessa forskrift að leiðarljósi er lögð fram tillaga um staðsetningu á holum, KJ-27 og KJ-28 og er staðsetning þeirra sýnd á meðfylgjandi korti (mynd 1).

Holu KJ-27 hefur verið valinn staður, sem er nokkurn veginn á línu milli holu KJ-11 og KJ-3A. Þar var fyrir höggborshola rúmlega 30 m frá gufulögninni. Hún var höggboruð í október og nóvember 1976 niður á 61 m dýpi og var hún skilin eftir ófóðruð. Hnit holunnar hafa ekki verið mæld, en hún er í um 490 m hæð y.s.

Hola KJ-28 verður um 150 m sunnan við holur KG-3 og KJ-3A, skammt austan við þann stað er kallaður var Herbertstrasse, og nánast þar sem borlón var borárið mikla 1976. Hnit holunnar hafa ekki verið mæld en hún er í um 475 m hæð y.s.

### 3. JARDFRÆÐILEGAR AÐSTÆÐUR TIL BORUNAR

Á yfirborði sjást ekki nein brot eða sprungur á næstu tugum metra við holurnar. Þar er leirborin slétta án nokkurs sjáanlegs hita í. Upplýsingar liggja nú þegar fyrir um jarðlög niður á rúmlega 60 m dýpi, eða eins langt niður og höggborsholan nær. Skömmu áður en holubotni var náð var borað í gott hart basalhraunlag. Það er í góðu samræmi við það sem sást í holu KJ-3A. Þar fyrir neðan má búast við jarðlagaskipan eitthvað á þessa leið:

*Móbergsmýndun:* Hún spannar bilið frá rúmlega 60 m niður á 150 - 170 m dýpi. Túff og breksíur einkenna myndunina, en fáein þunn fínkornótt basaltlög eru til staðar frá 110 m niður á 130 m dýpi.

*Basaltmyndun:* Hún nær frá 150 - 170 m niður á 420 m dýpi. Eins og nafn myndunarinnar gefur til kynna eru basalhraunlög einkennandi og lítið sem ekkert um innskotsberg. Í efstu metrunum ber mest á ummynduðu glerjuðu basalti, en þar neðan við og niður á 310 m dýpi er ummyndað meðalkorna basalt ráðandi. Þá taka við fínkorna ummynduð og glerjuð basaltlög rétt niður á rúmlega 400 m. Neðri mörk myndunarinnar er ekki gott að staðsetja nákvæmlega, en þau gætu legið á bilinu 370 - 410 m. Á því bili hafa komið inn mikil skoltöp í nærliggjandi holum.

*Móbergsmýndun:* Hún spannar bilið frá rúmlega 400 m niður á um það bil 820 m dýpi. Mjög útfellingaríkt móbergstúff er þar einkennandi. Neðan 700 m dýpis sjást dólerítinnskot og eykst tíðni þeirra niður á við. Fá en þunn basaltlög gegnumstinga túffið. Einna athyglisverðast við myndunina er að hún hefur verið lítið vatnsleiðandi, en öflugar vatnsæðar hafa komið fram á efri og neðri mörkum hennar. Bergið er mjög útfellingaríkt eins og áður segir og er líklegt að ummyndun og útfelling hafi þétt myndunina að mestu. Ekki er samt útilokað að vatnsæðar tengdar einhvers konar brotastrúktúrum eða innskotum geti verið til staðar.

*Basaltmyndun:* Hún tekur við af móberginu en neðri mörkin er erfitt að geta sér til um vegna innskotakraðaks. Basaltlögin eru að mestu þunn glerjuð og blöðrótt og gæti jafnvel verið um að ræða basaltbreksíur. Nokkur þunn díórítinnskot eru til staðar á þessu dýptarbili. Vatnsæðar hafa komið fram á þessum kafla tengdar innskotum.

Nokkuð má ráða í borhraða útfrá ofangreindri lýsingu. Móberg er jafnaði lint og auðboranlegt, en basaltið harðara. Á mynd 2 eru sýndar upplýsingar af umræddu dýptarbili frá holum KG-3 og KJ-

3A, en þær eru boraðar skammt frá hvorri annari (mynd 1) og mynd 3 sýnir sambærilegar upplýsingar frá holum KJ-11 og KG-24.

Upplýsingar um hita og þrýsting í jarðhitakerfinu eru ágætar. Mælingar eru til úr öllum nærliggjandi holum. Hiti var til dæmis mældur í holu KG-24 í blæstri. Suðan í holunni á sér stað upp í vinnslufóðringu á 300 - 400 m dýpi og berghiti er um 200 °C rétt neðan 400 m dýpis. Hitamælingar og berghiti holunnar eru sýnd á mynd 4 og má búast við svipuðum aðstæðum í holu KJ-27. Aldrei hefur komið fram yfirþrýstingur á þessu dýptarbili og gasstyrkur í jarðhitavökvanum hefur verið mjög lágur eða um eða undir 0,1 þunga%.

#### 4. HÖNNUN HOLUNNAR - FÓÐRINGAR, FÓÐRINGAREFNI OG DÝPI

Holur KJ-27 og KJ-28 verða víðari en flestar aðrar holur í Kröflu hingað til. Holurnar verða með 13 3/8" vinnslufóðringu í stað 9 5/8". Tvær holur hafa verið boraðar í Kröflu með þessu prógrami, en það eru holur KJ-3A og fyrri hluti KG-26, en hún var dýpkuð síðar. Víðar háhitaholur af þessari gerð hafa til þessa aðallega verið boraðar í Svartsengi og á Reykjanesi. Holan er hönnuð með tilliti til fjölmargra atriða eins og t.d. reynslu af fyrri borunum í Kröflu, jarðfræðilegra aðstæðna, hita og þrýstingi í jarðhitakerfinu, hugsanlegra afkasta, öryggiskrafna. Upplýsingar eru m.a. sóttar í greinargerð Orkustofnunar frá 1988 "Hugmyndir um hönnun lágþrýstiholu í Kröflu" (GrB-88/05). Einnig er tekið tillit til efnis sem til er í landinu og þeirra bortækja sem fyrirhugað er að nota til verksins. Hönnun hola KJ-27 og KJ-28 er sýnd á mynd 5

Megin breytingar á hönnun frá flestum eldri hola í Kröflu eru eftirfarandi:

1. Í holunni er yfirborðsfóðring og vinnslufóðring, en engin öryggisfóðring (töflur 1 og 2). Út frá hita- og þrýstimælingum í nærliggjandi holum er ekki spáð hærra hita en 180-210°C í jarðhitakerfinu ofan 1100 m dýpis, en það dregur verulega úr goshættu. Holutoppur er frábrugðinn að því leyti að engin þensluslíf er notuð.
2. Mikilvægt atriði í að lækka borkostnað er að holan er hönnuð án borkjallara, en í hans stað kemur eins metra djúp steipt þró. (mynd 6). Þetta eykur einnig öryggi þeirra sem starfa við rekstur borholanna því gas safnast þá ekki fyrir og aðgengi að holunum verður greiðara. Þessi árangur næst vegna þess að engin þensluslíf er á holutoppi og ekki er gert ráð fyrir að hafa holulokana tvo hvern upp af öðrum eins og tíðkast hefur. Með því að setja T-stykki ofan á aðaloka holunnar og tengja loka úttaki þess lækkar hæð lokabúnaðarins verulega.
3. Brjóstflans er notaður á holutopp (mynd 6), en ekki hefðbundinn holutoppsflans (casing head).

Tafla 1. Fóðringar

Heiti fóðringar	Pvermál (")	Þungi fóðurrörs	Stál. API	Gengjur API	Röralengd (m)	Heildar- lengd
Yfirborðsfóðring	API 18 5/8"	87,5 lb/ft	H-40	fösun	7,62-10,36	60 - 70 m
Öryggisfóðring	API 13 3/8"	68 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	400 m
Raufaður leiðari	API 9 5/8"	43,5 lb/ft	K-55	buttress	10,36-14,63	750 m



Tafla 2. Annað fóðringarefni

Efni	Þörf stk.
Flotskór fyrir 13 3/8"	1
Flotkolti fyrir 13 3/8", buttress	1
Hengist. f. leiðara 13 3/8" fóðring, 9 5/8" leiðari	1
Miðjustillar á 13 3/8" fóðringu í 17 1/2"	15
Botnskór á 9 5/8" leiðara	1

## 5. BORPLAN - JARÐRASK

Hola KJ-27 var forboruð með höggbor og er nú unnið að undirbúningi fóðrunar holunnar. Einnig þarf að gera borplan við holuna. Flutningur borsins Jötuns á staðinn gerir kröfu til vegar sem þolir þungaflutning með dráttarbíl og aftanivagni sem vegur um 40 tonn. Borinn er samtals um 400 tonn á þyngd og er hann fluttur á 24 vögnum. Auk þess þarf að flytja 102 tonn af fóðurrörum á staðinn, 65 tonn af sementi, 10 tonn af borleðju og 30 tonn af díselolíu fyrir hvora holu.

Borplan þarf fyrir borinn og fylgihluti og er gert ráð fyrir sömu gerð borplans og tíðkast hefur. Á mynd 7 eru sýnd málin á planinu og þær kröfur sem gerðar eru um jarðvegsskipti og þjöppun. Mikilvægt er að vanda til fyllingar og þjöppunar á skyggða svæðinu umhverfis holuna því bormastrið með fylgihlutum vegur um 190 tonn. Stærð plansins er 2780 m<sup>2</sup> og er aðflutt fyllingarefni allt að 2400 m<sup>3</sup>. Forsteypt þró sem er 1 m að dýpt er sett í planið og stendur höggborsholan upp úr henni.. Frárennslislögn 300 mm er lögð frá kjallaranum út í leðjuþrónna. Við gerð borplansins og alla borframkvæmd verður þess gætt að valda sem minnstu jarðraski. Athafnasvæðið takmarkast af stærð borplansins og verður allt fyllingarefni flutt á staðinn, en ekki ýtt upp.

Við borplanið verður safnþró fyrir borsvarf og leðju og fellur þar til svarf (140 m<sup>3</sup>) og megnið af þeirri borleðju og sementi sem berst frá holunni. Úr þrónni er vatninu fleytt um yfirfall um olúgildru til að fyrirbyggja að olúbrák berist í lækinn.

## 6. LÝSING Á BORVERKINU

Verklýsingin nær ekki til allra verkþátta, heldur er henni ætlað að lýsa hönnun holunnar og efnisvali og þeim atriðum sem Orkustofnun telur að geti stuðlað að öruggu og góðu verki.

### ÁFANGI 1, YFIRBORÐSFÓÐRING (0-70 m)

YFIRBORÐSFÓÐRING nær niður á 60 - 70 m dýpi og verður borað fyrir henni með höggbor áður en endanlegt borplan verður gert. Holan verður fóðruð með 18 5/8" fóðurröri niður á 60 - 70 m dýpi. Yfirborðsfóðringin verður soðin saman og síðan verður hún steypt með portlandssementi. Við steypinguna þarf að fergja fóðringuna til að fyrirbyggja að hún gangi upp. Berg á þessum kafla er talið að mestu ummyndað túff.

## ÁFANGI 2, VINNSLUFÓÐRING (70-400 m)

VINNSLUFÓÐRING er áætluð niður í 400 m dýpi. Engu er hægt að spá fyrir um lekastaði í berginu og stærð þeirra. Komi fram mikill leki (meiri en 10-15 l/s) verður borun stöðvuð og steyp t í lekann, en minni töp verða þétt með sagi og spónum. Þessi hluti holunnar er boraður með borleðju. Þó er steypa sem bora þarf í yfirborðsfóðringunni boruð með vatni því sementið hleypir leðjuna. Eiginleikum borleðjunnar er lýst í kafla um skolvökva.

Áfanga 2 má skipta í eftirfarandi þætti:

- a. Borað í planið fyrir "músar- og rottuholu" sem geyma borstöng og drifstöng.
- b. Holuflans (21 1/4" x API 2000) er soðinn á yfirborðsfóðringuna, 0,75 m ofan við jörðu og stútur fyrir loka (4 1/16" x API 3000) soðinn á fóðringuna. Lokinn er kæfingarstútur en nýtist einnig til að láta steypu streyma út um.
- c. Tveir öryggislokar eru settir á yfirborðsfóðringuna. "Cameron QRC" gosvari sem lokar að stöngum og "Shaffer" gosvari sem lokar að hverju sem er (mynd 8, áfangi 2). Liðalögn frá dælu borsins er tengd kæfingarstút.
- d. Öryggislokarnir eru reyndur sitt í hvoru lagi með því að loka að stöng og síðan er þrýstiprófað áður en steypan er boruð út. Holan er fyllt af vatni og 10 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Lokunartími öryggislokans er skráður og þrýstingur á holunni í upphafi og lok þrýstiprófunar.
- e. Borkrónu 17 1/2" með stýringum er slakað niður að steypu og hún boruð út með vatni.
- f. Borað er með 17 1/2" krónu niður á um það bil 400 m dýpi. Borleðja verður notuð við borun í bergi, eftir að steypan hefur verið boruð út (sjá kafla 8). Æskilegt er að hafa loftpressu á staðnum (900 cfm, 16 bar) til að létta leðjuna, verði skoltap mikið. Holan verður hallamæld á 100 m fresti. Halla holunnar verði haldið innan 3°. Í borstreng skal hafa krónurýmara og eina stýringu milli fyrsta og annarrar álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónu.
- g. Ákvörðun um fóðringar dýpi er tekin af staðarjarðfræðingi út frá gerð jarðlaga, nálægt, 400 m dýpi.
- h. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamæling gerð til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar, jafnframt því að vita hver upphitunarhraðinn verður í holunni.
- i. Holan hita-, víddar og jarðlagamæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp. Víddarmælingin er notuð til að reikna út rúmmál rýmis sem steyp t er í og áætla steypuþörf.
- j. Mikilvægt er að vatn sé látið renna á holuna samfelld, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fóðrun stendur.
- k. Fóðrað er með 13 3/8" fóðurrörum og er botnskór með einstefnuloka hafður neðst ("float-shoe"), síðan tvö heil fóðurrör og því næst svonefndur flotkollur ("float-collar" - stykki með einstefnuloka og tengingu fyrir stengur til steypingar). Gengjur fóðringanna "buttress" þarf að

hreinsa og smyrja með háhitafeiti áður en til fóðrunar kemur. Þær eru síðan skrúfaðar í botn, þ.e. þar til múffan nemur við þríhyrnt herslumerki sem er á efra rörinu. Komi í ljós að ekki takist að ná tilskilinni herslu eða að sýnilega er eitthvað að gengjunum skal rörið tekið frá og ekki fara ofan í holu.

l. Á fóðringuna eru settar 9 grindur til miðjustillingar, tvær á neðsta rörið, og síðan ein á þriðja hvert rör. Endanleg staðsetning miðjustilla tekur mið af niðurstöðum víddarmælinga, þannig að þeir lendi ekki við skápa í holunni. Næst eru borstengurnar tengdar flotkollanum og vatni dælt til að kæla holuna fyrir steypingu og til að meta skoltap. Ef skoltap er meira en 5-10 l/s verður reynt að stífla það með því að skola sandi niður milli fóðringar og holuveggjar samtímis því að vatni er dælt hægt um borstrenginn.

m. Fóðringin er steyppt með tækjum borsins (sjá sér kafla 8 um "Steypingu fóðringa"). Sérstakt eftirlit er haft með framkvæmdinni. Ef sementseðjan kemur ekki upp er steypugæðamælt (CBL) og ákvörðun tekin um frekari aðgerðir. Þeim verður ekki lýst frekar í verklýsingunni, enda þarf að taka ákvörðun þar um á staðnum. Nauðsynlegt er að steypan fái a.m.k. 8 klst hörðnunartíma. Ef steypan kemur upp skal steypumælt eftir að hún hefur náð að harðna í það minnsta 8 klst.

n. Öryggislokarnir eru teknir af yfirborðsfóðringunni og hún skorin í sundur 0,5 m ofan í þrónni. Síðan er öryggisfóðringin (13 3/8") skorin í sundur þannig að efri brún á fóðringarflangsi verði slétt við þróarbrún (mynd 5, áfangi 2). Endanlegur holuflans ("casing head") 12" 900 ANSI (13 3/8" x 3000 API) er soðinn á vinnslufóðringuna samkvæmt lýsingu í kafla 10.

### **ÁFANGI 3, VINNSLUHLUTI HOLUNNA (400-1100 m)**

Áfanga 3 má skipta í eftirfarandi þætti:

a. Holutopps- og öryggislokabúnaði er komið fyrir á holunni (mynd 8, áfangi 3).

b. Áður en steypan, flotkollinn og flotskórinn eru boruð út eru öryggislokarnir þrýstiprófaðir. Lokað er að stöng og þrýstiprófað þannig að hver loki fyrir sig er reyndur sér. Holan er fyllt af vatni og 30 bar þrýstingur látinn standa á holunni í 15 mínútur. Athugað er hvort leki kemur fram og einnig er opunar- og lokunartími lokanna skráður ásamt þrýstingi í holu við upphaf og lok þrýstiprófunar. Stállidaleiðsla skal tengd kæfingarloka holunnar frá dælu borsins. Einnig er liðalögn frá dælu borsins tengd kæfingarstút á millistykki.

c. Holan er boruð með 12 1/4" borkrónu með krónurýmra. Stýringar eru hafðar milli fyrstu og annarrar álagsstangar og ákjósanlegt er að hafa aðra stýringu milli annarrar og þriðju álagsstangar. Einstefnuloki er hafður við krónuna. Vatn er notað sem skolvökvi við borunina og þarf vatnsveitan fyrir borinn að afkasta um 40 l/s að staðaldri.

d. Borun er stöðvuð og holan hallamæld með tækjum borsins á u.þ.b. 100 m fresti. Bora skal holuna sem næst lóðréttu og halda henni innan við 5°. Ef hún ætlar að skekkjast meira skal athuga aðgerðir til að rétta holuna af.

e. Ákvörðun um lokadýpi verður tekin á staðnum, samkvæmt tillögu staðarjarðfræðings.

- f. Áður en borstrengurinn verður hífður upp úr holunni verður holan kæld rækilega og hitamælingar gerðar til að ganga úr skugga um að goshætta sé ekki til staðar.
- g. Ef staðarjarðfræðingur telur nauðsynlegt að örva holuna vegna ónógs leka þá skal það reynt með að hita hana og kæla á víxl.
- h. Holan er hita-, víddar- og jarðlagamæld eftir að borstrengurinn hefur verið tekinn upp.
- i. Mikilvægt er að vatn sé látið renna samfellt á holuna, þannig að hún nái ekki að hitna upp á meðan á mælingum og fódruun stendur.
- j. Raufaður leiðari 9 5/8" er settur í holuna. Neðst á fóðringuna kemur fóðringarskór. Miðað er við að leiðarinn sé hengdur um 20 m frá botni holunnar og að hengistykkið sé um 30 m upp í vinnslufóðringunni. Efst á leiðaranum er hengistykki með 9 5/8" buttress pinna og gripklossum fyrir 13 3/8" fóðringu. Þegar leiðarinn hefur verið hengdur, er sleppistykkið aftengt og tekið upp. Dýpi sleppistykkis er skráð nákvæmlega ásamt lýsingu á gerð sleppistykkis.
- k. Áður en borinn er tekinn af holunni er holan þrepaðæld og er áætlað að það taki hálfan sólarhring.

## 7. ÖRYGGISKRÖFUR

Kröfur um öryggisloka og dýpi fóðringa eru við það miðaðar að hættuástand skapist ekki þótt holan taki upp á því að gjósa. Þá skipta rétt viðbrögð boráhafnar höfuðmáli til að kæfa gos og fást við önnur ófyrirséð atvik. Mikilvægasta öryggisatriðið til að fyrirbyggja skyndigos er að sífellt sé dælt á holuna þannig að hún haldist ávallt full af vatni. Mælt er til að kynningarfundur verði haldinn með allri áhöfn borsins og þeim sem nærri borverkinu koma. Þar verði fyrirhuguðu borverki lýst og farið yfir helstu viðbrögð við óvæntum atburðum og skyndigosum.

## 8. SKOLVÖKVI

Mikið vatn er notað til skolunar holunnar á meðan borun stendur yfir og til að tryggja að holan fari ekki í óvænt gos. Verði algert skoltap þarf 30 - 40 l/s af vatni að staðaldri á borinn, því annars geta komið til tafir meðan vatni er safnað í kárið.

Við borun 17 1/2" holunnar er gert ráð fyrir að bentonít borleðja verði notuð. Bentonít leir er blandaður í vatnið (um 5% þurrefnis) og er seigju leðjunnar haldið á bilinu 45-55 sekúndur (trektartími). Leðjan er hreinsuð á hristisigti og í sandskiljum. Leðjunotkun getur orðið 10 tonn en það fer eftir hve mikil töp verða í boruninni. Seigju leðjunnar skal skrá á tveggja stunda fresti ásamt bentonít notkun. Æskilegt er að hafa lofpressu (9900 cfm, 16 bar) á staðnum til að draga úr leðjutöpum. Þetta auðveldar einnig skolun holunnar. Loftblandin leðja eða vatn hefur ekki verið notuð áður við háhitaborun á Íslandi og er hér verið að innleiða tækni sem algeng er við háhitaboranir erlendis.

Ef gos verður í holunni, getur þurft að laga borleðju með hárrí eðlisþyngd. Er þá fyrst löguð venjuleg borleðja, en þar eð hún hefur aðeins eðlisþyngd um 1,05 þarf að bæta eðlisþyngungu efni í

hana. Baríum sulfat (barít) er notað og þarf 500-600 kg af baríti í hvern rúmmetra leðju til að ná eðlisþyngdinni 1,4. Ákvörðun um notkun þungrar leðju verður aðeins tekin á staðnum og eðlisþyngdin ákvörðuð út frá þeim þrýstingi sem þarf að yfirvinna (sjá Drillig Data Handbook bls. 273). Ein af hönnunarforsendum fyrir lengd fóðringa er að hægt sé að laga leðju með eðlisþunga 1,4 til að kæfa gos í holunni. Til að fylla vinnslufóðringuna af þungri leðju þarf (400 m x 85 l/m) = 34.200 lítra eða um 19 tonn af baríti. Þetta lágmarksmagn þarf að vera tiltækt þannig að hægt sé að grípa til þess með stuttum fyrirvara.

## 9. STEYPING FÓÐRINGA

Fóðringarnar skal steypa með sementsefju. Þurrefnið er portlandsement frá Sementsverksmiðju ríkisins, auk innflutts kísilsalla, perlusteins og bentoníts. Er því blandað saman á borstað áður en til steypingar kemur. Blöndunarhlutföll þurrefnis eru eftirfarandi:

Tafla 3. Blöndunarhlutföll þurrefnis í steypu.

Portland sement frá SR	100 kg
Kísilsalli (-325 mesh)	40 kg
Perlusteinn (Manville 4X/37)	2 kg
Bentonít (Wyoming)	2 kg
Tafefni (eftir þörf, u.þ.b. 0,5%)	0,5 kg

Framangreind efni eru sett á sementskúlu borsins og blásið í réttum hlutföllum í einn sementsgeymi sem tekur um 35 tonn. Efninu er síðan blásið milli tveggja geyma a.m.k. þrisvar sinnum (3) til að það nái að blandast. Verktakinn leggur til framangreind bætiefni í sementið auk tækja og mannskaps við að blanda efnunum saman. Upplýsingum um efnisgæði og framleiðendur skal skila með fóðringarskýrslu (steypuskýrslu).

Framangreindu sementsefni er síðan blandað við vatn í blandara sem þarf að afkasta um 1 tonni af þurrefni á mínútu. Þar þískast saman við ofanefnt þurrefnismagn í töflunni (byggt á 100 kg af portland sementi) um 80 l af vatni og úr verða 139 l af sementsefju sem hefur eðlisþyngd 1,6.

Þegar steyp er skal eðlisþyngd efjunnar skráð á fimm mínútna fresti og henni haldið sem næst 1,60. Steyp skal þar til sement kemur upp utan með fóðringunni og skal liðlega tvöfalt sementsmagn (120% umfram reiknað magn út frá rúmmáli bils milli fóðringar og holu) vera til staðar þegar steypingin hefst.

Gróflega áætluð efnisþörf (sjá útreikninga í viðauka):

- |                                     |         |                 |
|-------------------------------------|---------|-----------------|
| 1. Steyping yfirborðsfóðringar 70 m | 10 tonn | portlandssement |
| 2. Steyping öryggisfóðringar 400 m  | 55 tonn | sementsblanda   |

Steypingu verður stjórnað af verkfræðingi sem gefur frekari fyrirmæli á staðnum.

## 10. SUÐUVINNA

Suðutákn og mál á suðum eru í samræmi við ÍST 63. Ef ekki kemur annað fram á teikningunum eru allar hringsuður pípa og tengistykkja V-suður skv. DIN 2559, gerð 22.

Suðumenn, sem vinna eiga verkið, skulu hafa gild skírteini í hæfnisflokkki ÍST EN 287-1, 111 T, BW, W01, B, t08, D200, PC, ss, nb. Verktaki skal veita eftirlitsmanni upplýsingar um suðumenn og afhenda afrit af hæfnisprófi þeirra, áður en suðuvinna hefst.

Verktaki skal fjarlægja alla gjallhúð af suðum. Einnig skal fjarlægja öll ummerki eftir hjálpertæki við suðuvinnu svo sem suðusár og suðukanasta. Gerðir rafsuðuvírs, sem fyrirhugað er að nota, skulu vera viðurkenndar fyrir samsuðu á viðkomandi grunnefni af aðilum eins og Lloyd's, Bureau Veritas eða TÜV. Gerðir suðuvírs svo og suðuaðferðir eru háðar samþykki eftirlits.

Við suðu á fóðringum (API J-55 og K-55) skal fara að á eftirfarandi hátt:

1. Nota skal basískan  $\varnothing 3,25$  mm suðuvír. Vírin skal baka í ofni í 2 klst. við  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  hita og geyma í hitaboxi.
2. Forhita skal efnið í  $250 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$  100 mm frá suðu.
3. Gæta skal að því að halda jöfnum hita við suðuna.
4. Að suðu lokinni skal hita hitasvæði suðunnar í um  $550\text{ }^{\circ}\text{C}$  og síðan einangra það (t.d. með steinull) og láta kólna hægt.

Suður skal útlitsskoða og eftirlit skal hafa með suðugæðum. Suður skulu standast kröfur, sem gerðar eru skv. AD-Merkblatt HP 5/1. Meðal annars er vakin athygli á kröfum varðandi misbrýningu í þeim staðli. Misbrýning, m.a. vegna misþykks pípuafnis, skal slípað eða rennt niður í flága  $\leq 30^{\circ}$ .

Suður skulu uppfylla kröfur, sem gerðar eru fyrir flokk C skv. ÍST EN 25817.

Krafist er 100% röntgenmyndunar eða hljóðbylgjuprófunar á öllum hringsuðum.

Komi fram gallar við prófun á suðum skal verktaki lagfæra þá og verða suður síðan prófaðar að nýju.

Suðueftirlit skal vera í höndum óháðra aðila, sem viðurkenndir eru af Vinnueftirliti ríkisins. Úttektarskýrslur skulu liggja fyrir áður en þrýstingi er hleypt á. Skýrslugerð skal vera í samræmi við AD-Merkblatt HP 5/3.

## 11. RANNSÓKNIR MEÐAN Á BORUN STENDUR

Mikilvægt er að halda reglubundinni skráningu á upplýsingum, sem fást meðan á borun stendur, og kemur það mikið til í hlut áhafnar borsins að sinna því. Veigamikið er að borskýrslur séu fylltar út samvisskusamlega eins og þær gefa tilefni til eins og t.d. helstu upplýsingar um borstrenginn, álag og snúningshraða krónu, þrýsting á bordælum, seigju borleðju, og gerð grein fyrir tölum ef einhverjar eru. Ennfremur að skrá á fjögurra tíma fresti eða oftár ef tilefni er til skolvatnsbreytingar, þ.e. slög á dælu, skoltöp/aukningu, hita á skolvökva niður og upp og athugasemdir ef einhverjar eru.

Auk framangreindra atriða skal verktaki sjá um að skrá gang verksins á "Geograph" sírita (kjaftakerlingu) og afhenda staðarjarðfræðingi afrit þess ásamt afriti af borskýrslum.

Svarfsýnum skal safna á tveggja metra fresti og setja í 120 ml plastdósir. Eftirfarandi merkingar þurfa að koma fram á hverri dós:

- staður
- holunúmer
- dýpi,
- dagsetning
- tími

Þegar vart verður við skoltap eða aðra vísbendingu um að vatnsæð hafi verið skorin, þá skal það skráð í borskýrslu og tilkynnt verkkaupa sem fyrst.

Verkkaupi hefur heimild til að stöðva verkið tímabundið og fara fram á að prófanir eða mælingar verði gerðar á holunni. Slík fyrirmæli skal verkkaupi gefa skriflega.

Í verkinu er gert ráð fyrir að holan verði hallamæld á 100 m fresti og er það gert með mælitækjum borsins. Einnig eru hefðbundnar borholumælingar fyrirhugaðar að loknum hverjum áfanga og eru þær taldar upp í töflu 4. Tilgangur þeirra er að tryggja öryggi (mat á goshættu) við fóðrun og steypingar með því að hitamæla holuna áður en fóðrun hefst. Holan er víddarmæld til að meta ástand holunnar (hrunkaflar og skápar), hvar setja skuli miðjustilla og til ákvörðunar á sementsmagni. Jarðlagamælingar (viðnám, nifteindir, náttúrulegt gamma) eru gerðar áður en fóðrað er, til söfnunar á jarðfræðilegum upplýsingum um eðli bergsins og vatnsæðar. Í lokin er holan þrepaðæld með því að dæla vatni á hana til þess að sjá hve vel hún tekur við því. Það gefur vísbendingu um lekt berglaga og væntanleg afköst holunnar. Í viðauka er tafla "Mælingar við borun" sem sýnir hvenær og hvað mælt er, ásamt áætlun um frátafir vegna þeirra.

Tafla 3. Mælingar í borun

Mælingar	Fjöldi	Metrar	Alls tímar
Híti	4	400	
Vídd	1,5	400	
Viðnám	1	400	
Nifteindir	1	400	
Gamma	1	400	5 tímar
CBL	2	400	3 tímar
Híti	7	1.100	
Prýstingur	2	1.100	
Vídd	1,5	1.100	
Viðnám	1	700	
Nifteindir	1	700	
Gamma	1	700	9 tímar
Samt.:			17 tímar

# VIÐAUKI 1







## DÝPI FÓÐRINGA VIÐ BORUN Í KRÖFLU 1996

### Inngangur:

Ákveðið hefur verið að bora tvær víðar 1000-1100 m djúpar vinnsluholur til að afla lágþrýstiguflu fyrir Kröflustöð. Holurnar hafa verið staðsettar á milli eldri hola sem boraðar voru fyrir virkjunina og er ætlað að vinna eingöngu úr efra jarðhitakerfinu sem er með 180-204 °C hita á dýptarbilinu 300-1100 m. Holurnar eiga ekki að ná til neðra kerfisins neðan 1200 m dýpis þar sem hiti er nærri því hámarki sem næst á viðkomandi dýpi þ.e. 300-340 °C (suðumarksferil). Hér eru fyrst skýrðar forsendur fyrir lágmarksdýpi fóðringa gagnvart vörnum gegn gosi og til að hægt sé að "kæfa" holuna. Síðan er fjallað um önnur atriði sem hafa áhrif á endanlegt val fóðrunardýptar og komist að niðurstöðu.

### Helstu forsendur:

1. Heildardýpi holu. Næsta fóðring (vinnslufóðringin) þarf að vera nógu djúp til að hemja allan þann þrýsting sem getur komið fram við borun lokaáfangans, þ.e. opna hluta holunnar.
2. Upplýsingar um berghita og þrýsting þurfa að liggja fyrir eða spá fyrir þann stað sem bora skal á. Einnig skal mið taka af væntanlegum þrýstingi við fóðurrörsendann frá æð í botni, annars vegar ef holan fer í blástur og hins vegar í holunni staðinni.
3. Önnur meginreglan við ákvörðun fóðrunardýpis er að þrýstingur við fóðurrörsendann má aldrei verða hærri en jarðlagaprýstingurinn.
4. Hin meginreglan er að nauðsynlegt er að hafa stjórn á rennsli úr holu þannig að unnt sé að "kæfa" hana. Mikilvægt atriði er að með þungri leðju náist að upphefja þrýsting holunnar í blæstri með fóðringuna fulla að vökva með hárrí eðlisþyngd.
5. Jarðlagaskipan á svæðinu skiptir miklu máli og að endi fóðringar sé í heillegu bergi. Lek jarðlög geta einnig haft áhrif á dýpi fóðringa. Því er það jarðfræðings að ákveða nákvæmlega hve djúp fóðringin skuli vera. Hún má þó ekki víkja frá ákvörðun lágmarksdýpis fóðringar vegna öryggis.
6. Fóðringar þurfa að vera nógu djúpar til að bera öryggisloka borsins og í sumum tilfellum holutoppinn.
7. Ef borholur standa þétt getur vatn, gufa eða gas borist milli hola og valdið mun hærri þrýstingi en er á því dýpi sem borað er á. Sama á við um borstaði nærri náttúrlegum sprungum. Þetta atriði á sérstaklega við í þessu tilfelli við borun hola KJ-27 og KJ-28 því sprungur mynduðust við umbrot samfara Kröflueldum sem talið er að klippt hafi fóðringu KG-3 í sundur þannig að upp kom gufugos-gígur við hlið holunnar og sennilega hefur hún einnig

skemmt holu KW-1. Fóðring holu KG-5 bognaði þannig að borkróna komst ekki aftur í holuna til að unnt yrði að ljúka við hana og gæti það einnig verið tengt umbrotunum.

8. Reynslu af borunum á viðkomandi svæði og einnig reglum sem mótaðar hafa verið fyrir borun jarðhitahola.

Fyrirliggjandi upplýsingar sem máli skipta eru m.a. eftirfarandi:

1. Berghiti holu KG-5 sem sýnir 210°C hita í efra kerfinu á dýptarbilinu 300-1100 m en ört hækkandi eftir það og nær 315°C hita á 1250m dýpi. Einnig berghita í holu KJ-9 sem sýnir 210°C hita í efra kerfinu. Mældur hiti í efra kerfinu í holum KG-10, KG-24, KJ-9, KG-5 og KJ-3A er á bilinu 180-204°C.

2. Þýstingur í efra kerfinu fer eftir þrýstingi heitrar vatnssúlu og er vatnsborðið í á 80-110 m dýpi í staðinni holu. Ekki er gert ráð fyrir að gas- eða gufupúða sé að finna á svæðinu.

3. Útreikningum á þrýstingi í blásandi holum er lýst í greinargerð Orkustofnunar "Hugmyndir um hönnun lágþrýstiholu í Kröflu" GrB-88/6.

4. Yfirlit um dýpi fóðringa í holum í Kröflu.

5. Nýsjálenskur staðall NZS 2403:1991 "Code of practice for: Deep Geothermal Wells.

6. Þrýstimælingum í blásandi holum frá öðrum háhitasvæðum.

#### **A Öryggi lokaðrar holu:**

Ákvörðun fóðrunardýpis, miðað við að holan standi lokað og full af gufu,skv. nýsjálenskum staðli 2403:1991.

Vinnslufóðring:

Fyrirhugað er að bora í 1000-1100 m og þar getur hiti og suðuprýstingur mestur orðið:

·Hæstur hiti samkvæmt suðumarksferli:er 300°C (85 bar).

·Berghiti KG-5 og KJ-9 um 240°C í 1100 m (33 bör) en hiti í efra kerfi 210°C (18 bör).

·Hundrað metrum neðar, á 1200 m dýpi, er suðurmarferli náð 306°C (92 bör).

Því er ákveðið að miða hönnunina við að holan geti annars vegar náð 300°C hita á 1100 m dýpi. sem er suðumark á viðkomandi dýpi og hinsvegar 240°C sem er mældur hiti í KG-5. Engar öruggar vísbendingar er að hafa við borun holunnar til að stoppa borun áður en samband gæti náðst við neðra kerfið og því tekur valið mið af mesta öryggi við að ákvarða lágmarksdýpi vinnslufóðringar. Jarðgufa við 85 bar þrýsting hefur eðlisrúmmál 22 m<sup>3</sup>/kg og því verður 85 bar þrýstingur á botni um 80 bar við fóðurrörsendann. Jarðlagastafllinn hefur eðlisþyngd 2,6 og er 80 bara jarðlagaprýstingi því náð á 307 m dýpi. Það telst því lágmarksdýpi vinnslufóðringarinnar samkvæmt þessari aðferð (sjá þó lið B). Sé aftur á móti tekið mið af 240°C hita og 32 bör við fóðurrörsenda er lágmarks fóðrunardýpi aðeins 113 m.

Yfirborðsfóðring:

Yfirborðsfóðringin þarf að gefa fullnægjandi öryggi gangvart borun 300-450 m djúprar vinnslufóðringar. Á þessu dýptarbili er hægt að taka fullt tillit til mælds hita sem er á bilinu 180-204 °C og spár um berghita sem er 210 °C. Gufuþrýstingur við áætlaðan berghita við 210°C er 18 bör og eðlisrúmmál 105 m<sup>3</sup>/kg sem gerir um 17,6 bar sem hæstan þrýsting við fóðurrörsenda yfirborðsfóðringar. Til að jarðvegsstaflinn nái að upphefja þann þrýsting þarf 71 m yfirborðsfóðringu. Sé aftur á móti miðað við hæstan mældan hita 204°C er gufuþrýstingurinn 16 bör og eðlisrúmmálið 118 m<sup>3</sup>/kg sem gerir um 15,6 bör við fóðurrörsenda þarf 60 m djúpa fóðringu.

### **B Öryggi holu í blástri og kæfing:**

Ákvörðun fóðrunardýpis miðað við blásandi holu og að unnt sé að upphefja þrýsting við fóðurrörsenda með þungri borleðju sem fyllir fóðringuna.

Vinnslufóðring:

Vinnslufóðring þarf í blásandi holu að vera nógu löng til að unnt sé að upphefja með þungri leðju þrýstinginn við neðri enda fóðurrörsins. Í þessu tilfelli er miðað við mælingar sem gerðar hafa verið í blásandi holum. Lágmarksdýpi vinnslufóðringarinnar fyrir 40 bör er þá 285 m miðað lágan hita efra kerfisins, en 400 m sé miðaða við hæstan mögulegan hita samkvæmt suðumarksferli.

Yfirborðsfóðring:

Yfirborðsfóðringin þarf að upphefja suðuþrýsting 210°C heits vatns sem er 20 bör en sem yrði við fóðurrörsendann í blásandi holu líklega um 10 bör. Miðað við eðlisþyngd þungrar leðju 1,4 þarf lengd yfirborðsfóðringarinnar að vera 71 m. Sé mið tekið af hæstum mældum hita sem er 204°C er líklegt að þrýstingur við fóðurrörsenda verði ekki yfir 9 bar og því ekki þörf á dýpri yfirborðsfóðringu en 64 m.

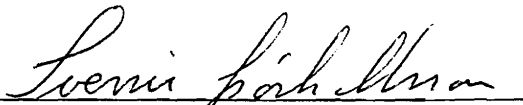
### **Aðrir þættir sem áhrif hafa á fóðrunardýpi:**

Þar sem kalsít útfellinga gætir eins og er t.d. í holum KG-5, KG-9 og raktar eru til þess dýpis sem suða hefst á (í þeim tilfellum á 200-300 m dýpi) er ástæða til að velja fóðrunardýpi það mikið að suðan hefjist ekki fyrr en inni í vinnslufóðringunni en ekki niðri í raufuðum leiðara. Engar útfellingar eru aftur á móti í KJ-24 sem nýtir efra kerfið og boruð var eftir umbrot. Auk þess þarf að hafa fóðringuna það djúpa að tilfærsla útfellinganna niður holuna vegna niðurdráttar á svæðinu af völdum vinnslunnar rýmist innan hennar. Í Svartsengi voru fóðringarnar hafðar 200 m dýpri af þessum sökum til að mæta niðurdrættinum. Því marki er nú náð nærri 20 árum síðar og útfellingar komnar niður í leiðara. Talsverð óvissar ríkir um hvort útfellingar verði í þessum holum. Til að mæta þeim eru vinnslufóðringin höfð 13 3/8" sem gefur útfellingunni helmingi meira pláss áður en holan stíflast. Aðeins hola KG-3A er með svo víðri fóðringu. Þessi frágangur á holum hefur verið notaður í öllum vinnsluholum í Svartsengi og á Reykjanesi. Víðar holur geta að örðu jöfnu einnig afkastað um helmingi meir magni en hefðbundna gerðin.

Þau rök sem ýta á að hafa vinnslufóðringuna ekki öllu dýpri en 400 m eru að leitast er við að nýta allar virkjanlegar æðar í þessum hluta jarðhitakerfisins.

## Niðurstaða:

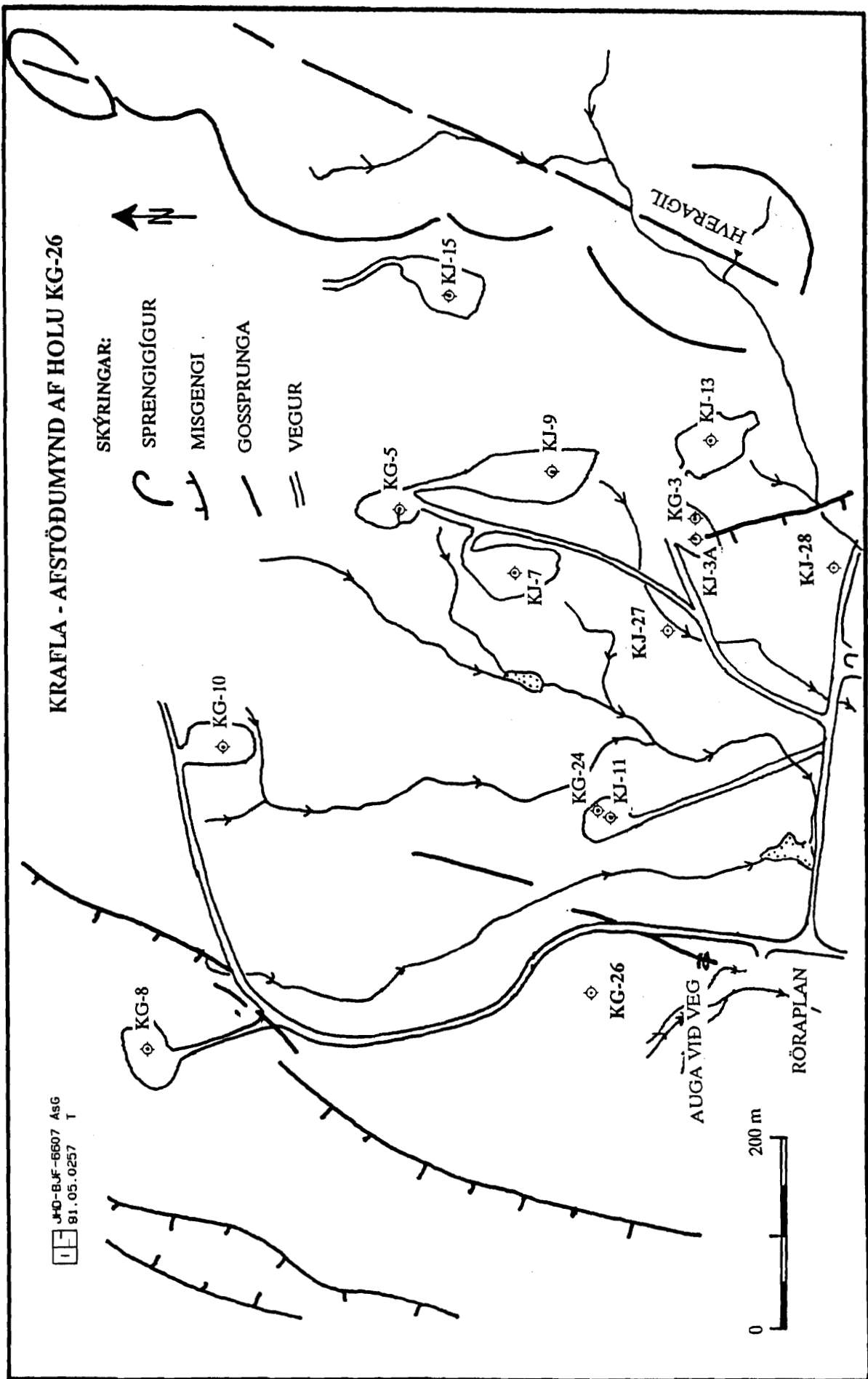
Yfirborðsfóðringin þarf að ná niður á að minnsta kosti 60-70 m dýpi. Svipuð niðurstaða næst hvort heldur er miðað við kröfu fyrir lokaða holu eða holu í blæstri. Vinnslufóðringin í 1100 m djúpri holu þarf að ná niður á 300 m dýpi (287-307 m eftir því hvor aðferðin er notuð) sé miðað við lágan hita efra kerfisins, en 400 m sé tekið miða af verstu hugsanlegu aðstæðum. Velja ber kostinn sem gefur dýpri fóðringu og því lagt til að vinnslufóðringin verði höfð 400 m að lengd. Þessi dýpt er einnig nauðsynleg til að fá suðuborðið innan vinnslufóðringar sem getur haft áhrif verði vart við útfellingar. Sé fyrirhugað að komast í 1200 m dýpi þarf vinnslufóðringin að vera 450 m djúp.



Sverrir Þórhallsson, verkfr.

Deildarstjóri Verkfræðideildar

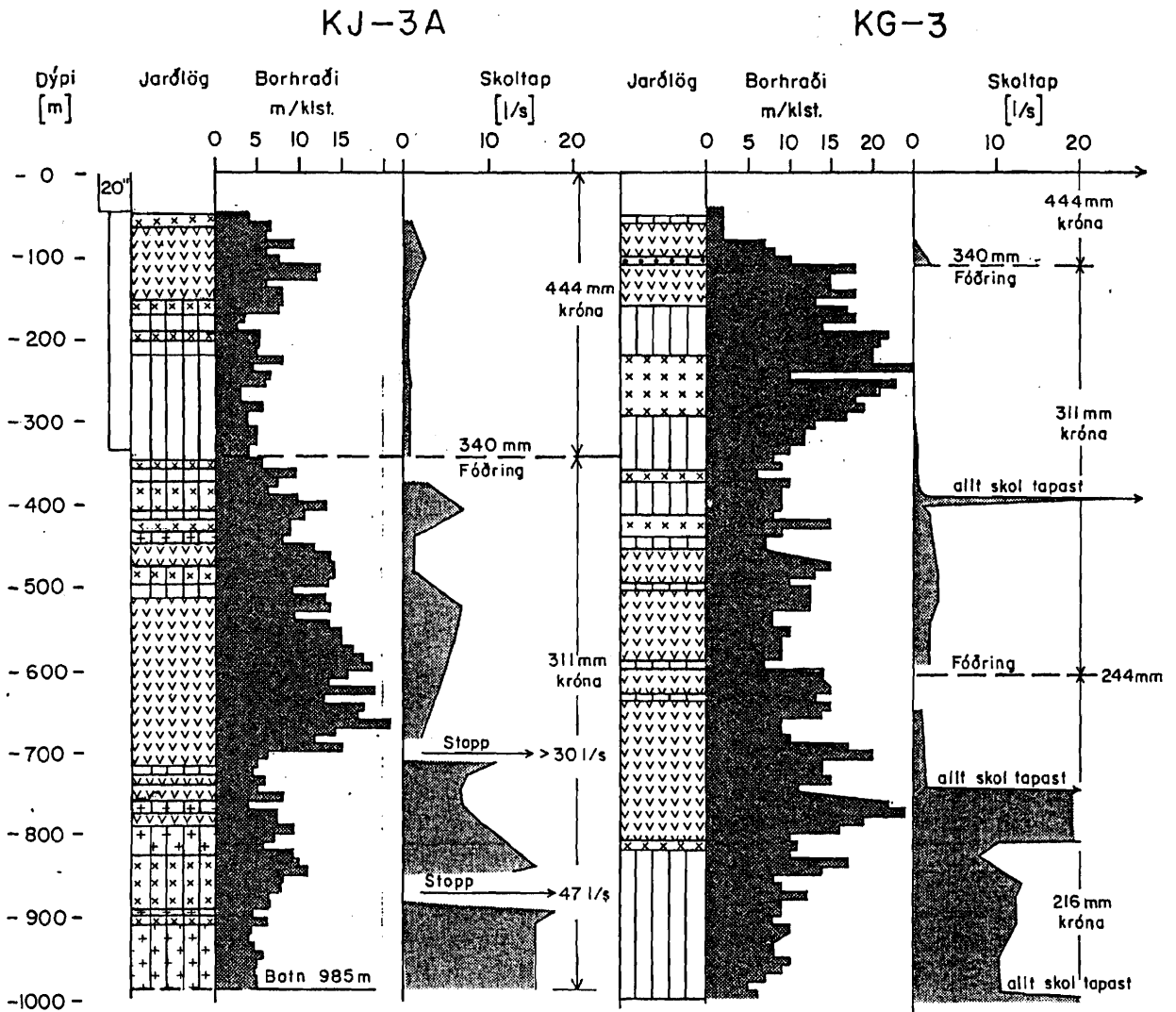
## **MYNDIR**









Mynd 1. Afstöðumynd af borsvæðinu í Leirbotnum

# KRAFLA

Einfaldað jarðlagasnið og skoltap í borun



SKÝRINGAR:

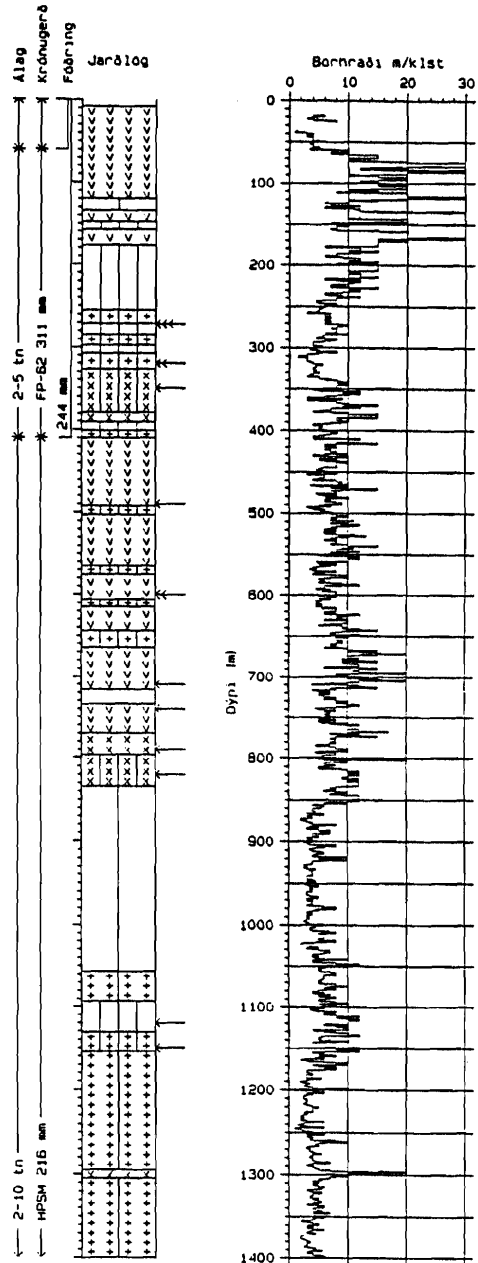
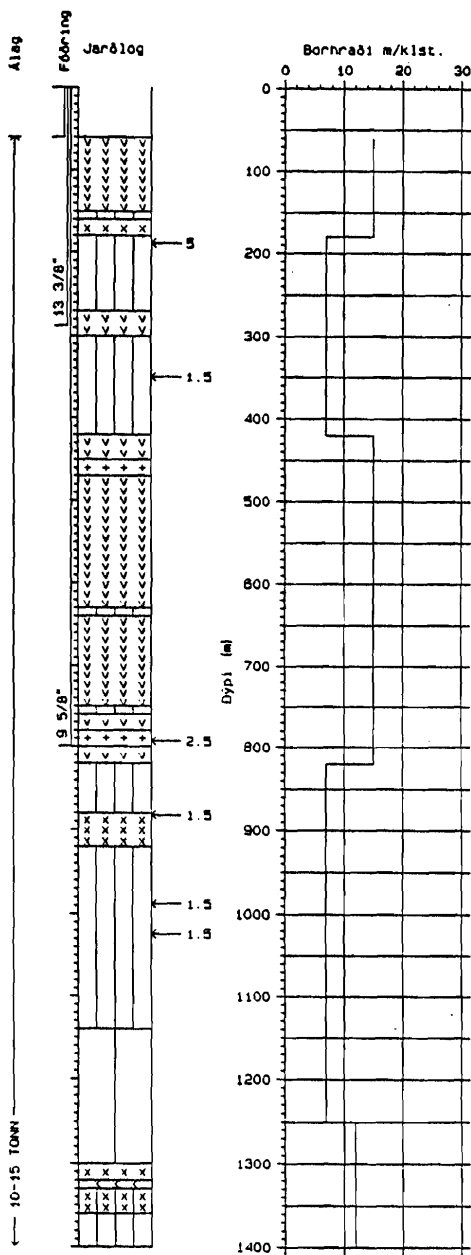
- |   |                               |   |                                |
|---|-------------------------------|---|--------------------------------|
|  | Móbergset                     |  | Grófkornótt basalt eða dólérít |
|  | Fínkornótt ummyndað basalt    |  | Breksía                        |
|  | Ummyndað mjög gljerjað basalt |  | Túff                           |

Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið, borhraði og skoltöp í holum KJ-3A og KG-5



KRAFLA - HOLUR KJ-11 OG KG-24  
 EINFALDAD JARDLAGASNIÐ OG BORHRAÐI  
 KG-24

KJ-11



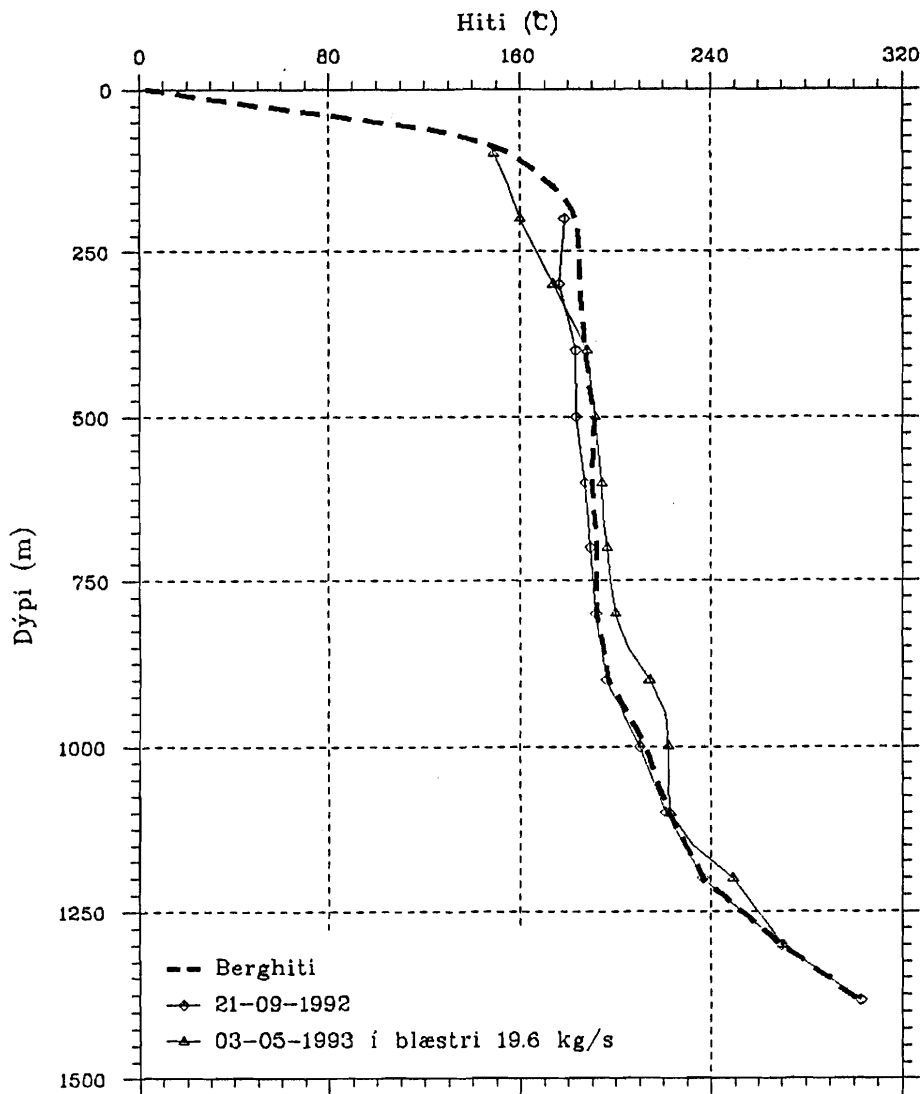
Skýringar við jarðlagasnið

- |  |                                  |  |                                 |  |                   |
|--|----------------------------------|--|---------------------------------|--|-------------------|
|  | Fersklegt fín-meðalkorna basalt  |  | Ummyndað meðal-gröfkorna basalt |  | Basaltrík breksía |
|  | Ummyndað fín-meðalkorna basalt   |  | Dólerít innskot                 |  | Túff              |
|  | Fersklegt meðal-gröfkorna basalt |  | Ummyndað glerjað basalt         |  | Granofýr          |
- ← : Lítil vatnsæð      ←← : Meðal vatnsæð      ←←← : Stór vatnsæð

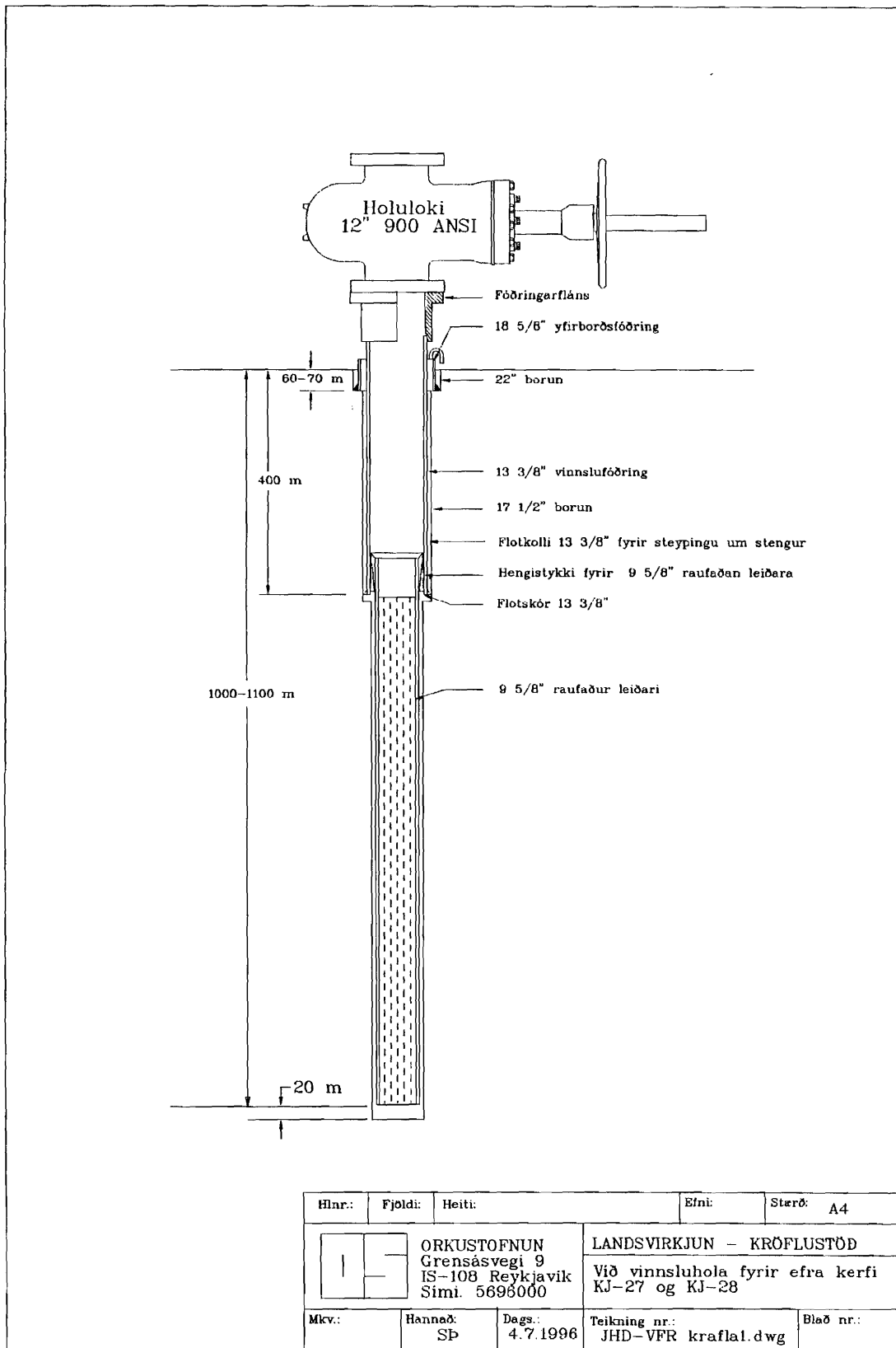
Mynd 3. Einfalt jarðlagasnið, borhraði og vatnsæðar í holu KJ-11 og KG-24.

17 Jul 1996 bs  
L= 58024 Oracle

### Krafla - Hóla KG-24 Hitamælingar og berghiti

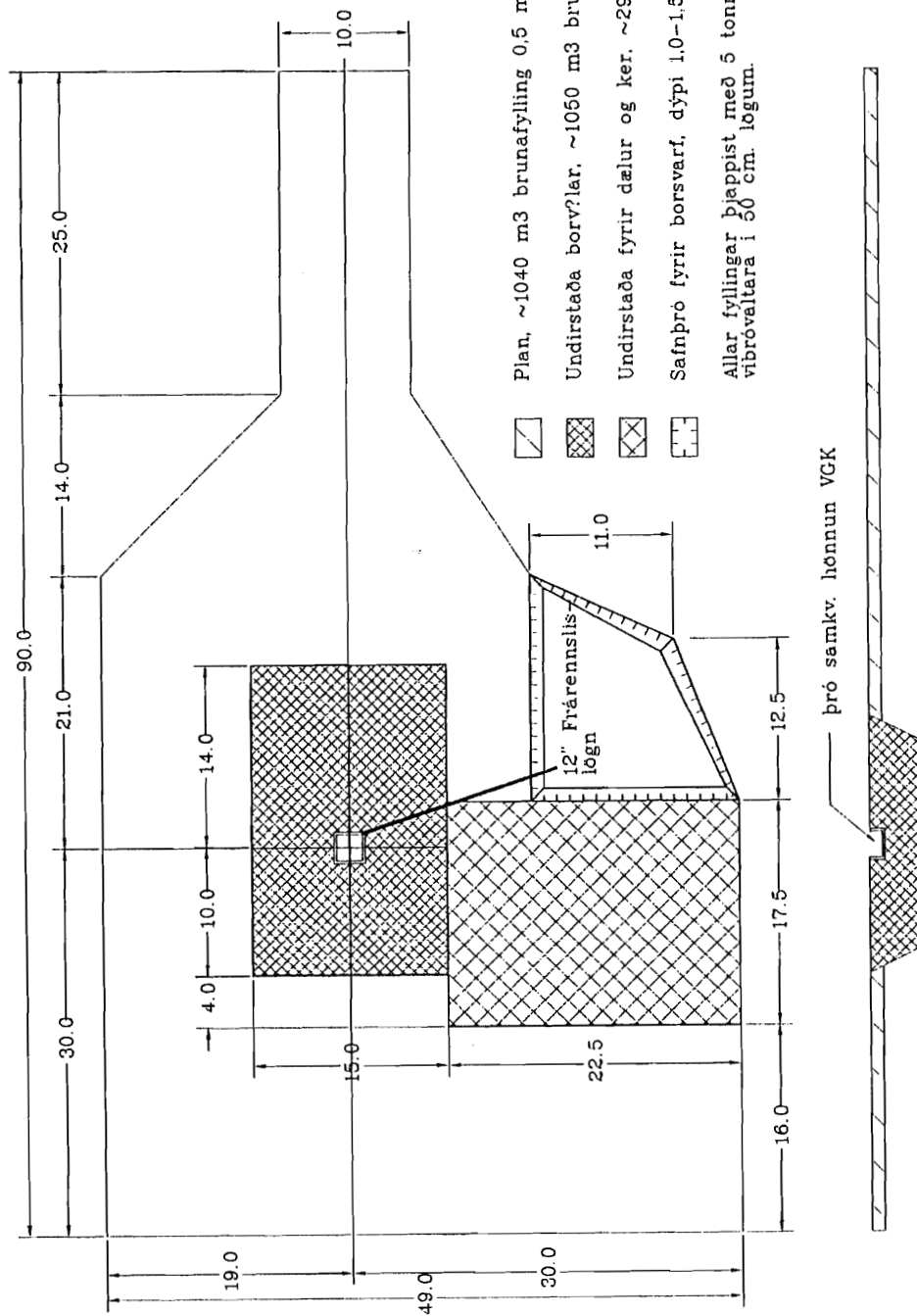


Mynd 4. Hitamæling úr holu KG-24.



Mynd 5. Hönnun hola KJ-27 og KJ-28.





Blátt:	Fjöldi:	Heiti:	Stærð:	Stærð:
05		ORKUSTÖPUN		A4
		Grensasveg, 9	LANDSVIRKIUN - KRÖFLUSTOB	
		IS-108 Reykjavík	Borplan Jötuns	
		Sumi 5696000	KJ-27 og KJ-28	
Msk:	Skala:	Dag:	Tekning af:	Blátt nr.:
1:500	SP/SJL	3.7.1998	MD-VFS króflustob	Mýnd

Mynd 7. Borplan Jötuns.

