



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**KRAFLA, HOLA KJ-28**

**3. áfangi: Borun vinnsluhluta  
holunnar frá 392 m í 1003 m**

Hjalti Franzson, Ásgrímur Guðmundsson,  
Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jósef Hólmjárn,  
Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96079/JHD-46 B

Desember 1996



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630 665

**KRAFLA, HOLA KJ-28**  
**3. áfangi: Borun vinnsluhluta**  
**holunnar frá 392 m í 1003 m**

Hjalti Franzson, Ásgrímur Guðmundsson,  
Guðmundur Ómar Friðleifsson, Jósef Hólmjárn,  
Ómar Sigurðsson, Sigurður Sveinn Jónsson,  
Dagbjartur Sigursteinsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-96079/JHD-46 B      Desember 1996

## EFNISYFIRLIT

|   |    |
|---|----|
| 1. INNGANGUR .....                      | 3  |
| 2. BORSAGA .....                        | 4  |
| 3. JARÐLÖG, UMMYNDUN OG VATNSÆÐAR ..... | 9  |
| 4. BORHOLUMÆLINGAR .....                | 10 |
| 5. ÆPREPADÆLING.....                    | 12 |

## TÖFLUSKRÁ

|   |    |
|---|----|
| 1. Gangur borunar.....                      | 4  |
| 2. Skolun holu í borun fyrir 2. áfanga..... | 6  |
| 3. Fóðrunarskýrsla.....                     | 7  |
| 4. Borholumælingar í 2. áfanga.....         | 10 |

## MYNDASKRÁ

|   |    |
|---|----|
| 1. Helstu atriði borunar 2. áfanga KJ-28 .....                                  | 13 |
| 2. Einfaldað jarðlagasnið, vatnsæðar, borhraði og skoltöp .....                 | 14 |
| 3. Hitamælingar 22.,23. og 25.11.1996 .....                                     | 15 |
| 4. Hitamælingar 5.12.1996.....  | 16 |
| 5. Vídd holu KJ-28 neðan vinnslufóðringar .....                                 | 17 |
| 6. Hiti, vídd og jarðlagamælingar .....   | 18 |
| 7. Gangur þrepaðælingar .....   | 19 |
| 8. Hvert þrep dæluprófunar í KJ-28 .....  | 19 |
| 9. Líkan-nálgun við tvö síðustu þrep þrepaðælingar .....                        | 20 |
| 10. Vatnsborðsmælingar í holum 1, 3A, 6 og 27 dagana 10. nóv. til 1.des. 1996.. | 20 |

## 1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um borun þriðja áfanga holu KJ-28 og að hluta til greint frá þeim athugunum sem fram hafa farið á borholugögnum. Lýst er stuttlega helstu atriðum borsögu, jarðlaga og ummyndunar, svo og mælingum og þrepaðælingu í lok borunar. Hér fyrir neðan er jafnframt höfð með verklýsing þessa áfanga orðrétt úr skýrslu Sverris Þórhallssonar o.fl. (1996), (Sverrir Þórhallsson og Ásgrímur Guðmundsson OS, Matthías Matthíasson VGK, Sigurður Benediktsson BENE ehf. 1996. Verklýsing fyrir borun holu KJ-28. OS-96039/JHD-24 B):

*“Áfanga 3 má skipta í eftirfarandi þætti:*

- a. *Holutopps- og öryggislokabúnaði er komið fyrir á holunni.*
- 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 eða háþrýstibarki frá dælu borsins fasttengd kæfingarstút á millistykki.*
- c. *Holan er boruð með 12 1/4" borkrónu með krónurýmra. Stýring er höfð milli fyrstu og annarrar 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 því 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 fóðrun 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.”*

## 2. ÁGRIP BORSÖGU

Borun síðasta áfanga holu 28 hófst 13. nóvember og lauk með fellingu masturs þann 26. nóvember 1996. Hann hófst með því að settur var niður borstrengur sem samanstóð af 12 1/4" borkrónu, stýringu, álagsstöng, stýringu, 11 álagsstöngum, og svo borstöngum. Kæla þurfti holuna frá 300 m dýpi. Borað var í stungustykkið á 357 m og síðan í steypu niður úr 13 3/8" fóðringu. Borun í berg hófst neðan 392 m dýpis á miðnætti aðfaranótt hins 14. nóvember. Í töflu 1 eru skráð m.a. borun á dag og meðalborhraði, og á mynd 1 er gangur borunar sýndur.

**Tafla 1.** Gangur borunar í 12 1/4" vinnsluhluta holu KJ-28.

| Dagsetn. | Borun á dag | Bortími | Meðalborhraði m/klst á dag | Dýpi á miðnætti | Tími á krónu |
|----------|-------------|---------|----------------------------|-----------------|--------------|
| 13.11.96 | 0           | 0       | 0                          | 393             | 0            |
| 14.11.96 | 67          | 22,5    | 3                          | 460             | 22,5         |
| 15.11.96 | 76          | 22,5    | 3,4                        | 539             | 43,5         |
| 16.11.96 | 79          | 22      | 3,6                        | 621             | 65,5         |
| 17.11.96 | 94          | 21,5    | 4,4                        | 720             | 86,5         |
| 18.11.96 | 94          | 22,5    | 4,2                        | 820             | 109          |
| 19.11.96 | 65          | 21,5    | 3                          | 886             | 130,5        |
| 20.11.96 | 58          | 22,5    | 2,6                        | 946             | 153          |
| 21.11.96 | 56          | 22      | 2,5                        | 1003            | 174,5        |

Samtals tók borunin 8 daga frá 392 m dýpi niður á 1003 m dýpi. Borun hvern sólarhring rokkaði frá 57 m upp í um 100 m. Í töflu 2 er sýnt magn dælingar, skoltöp og hiti skolvatns meðan á borun stóð. Aðeins önnur dæla borsins var notuð við borun niður á um 590 m dýpi og hægði það eilítið á borun. Eftir að gert hafði verið við dælu 2 jókst skolmagn úr um 30 l/s upp í 40-45 l/s og borhraði aukinn.

Skoltap var að venju mælt af bormönnum á 4 klst. fresti og er það sýnt í töflu 2 og á mynd 2. Skoltöpin reyndust óveruleg, yfirleitt vel innan við 5 l/s, þar til komið var í 809 m dýpi. Á því dýpi varð algert skoltap og féll þrýstingur um 150 psi, sem samsvarar um 100 m falli vatnsborðs, og það í 44 l/s dælingu. Hést skoltapið algert niður á 1003 m dýpi að undanskildu því að er holan var 941 m, tók vatn að renna út úr "flow-line" í um 43 l/s dælingu. Við aukningu dælingar upp í 57 l/s runnu upp úr holunni rúm 7 l/s. Skömmu síðar féll vatnsborð á ný og sást ekki aftur og mun ekki sjást í deigan vatnsdropa fyrr en holan fer í blástur. Ekki varð vart við teljandi botnfall svarfs í stangarskiptum meðan á borun stóð og í borlok reyndist holan vera hrein í botninn, sem benti til að æðin hafi tekið við öllu svarfi.

Álag á borkrónu var breytilegt. Meðan önnur dælan var biluð var álagi haldið í 1-6 tonnum allt niður á 587 m dýpi. Þar fyrir neðan og niður undir 820 m dýpi var álagið 2-8 tonn. Eins og gjarnt er um holar í námd við KJ-28 skiptir nokkuð um berg á 800-900 m dýpi, þar breytist bergið úr móbergi yfir í hraunlög og innskot, en þau

síðarnefndu eru mun harðari í borun. Frá um 900 m dýpi fór álag á krónu því upp í allt að 12 tonn.

Í upphafi borunar hafði lokadýpi verið ákveðið við 1000-1100 m. Eftir að skoltapið kom á 809 m dýpi var takmarkið sett á allt að 1000 m ef ekki kæmi til vandræða í borun. Ástæðan var að freista þess að ná til fleiri æða til að auka vatnsgæfni holunnar. Á tímabili (á um 941-950 m dýpi) virtist sem svarfið ylli einhverri minnkun lektar en lektin jókst aftur, sem benti til að svarffyrirstaðan í æðinni hafi brostið og færst fjær holunni.

Eftir að 1003 m dýpi hafði verið náð, var skolað í gegnum strenginn í um 1 klst. og síðan hitamælt í stöngum eftir að fimm stangir og kelly höfðu verið teknar úr strengnum (króna um 60 m frá botni holu) í öryggisskygni. Hitamælingum er lýst sérstaklega í kafla hér á eftir. Í ljós kom eins og vænta mátti að æðin í 809 m tók við mestöllu vatninu, og virtist lítið sem ekkert fara þar niður fyrir. Þó virtust vera til staðar nokkrir kælipunktur sem bentu til að skolvatnið hefði eitthvað náð að þrýsta sér inn í bergið meðan á borun stóð. Að lokinni hitamælingu var botnfall athugað og reyndist holan nær hrein í botn. Síðan tók við dæling í gegnum strenginn í rúmar 5 klst. til að kæla holuna. Er því var lokið var aftur hitamælt í stöngum til að kanna frekar viðbrögð holunnar og vatnsæða við hana. Svipuð mynd og áður kom upp, þar sem æðin í 809 m var ráðandi. Áður en ákvörðun var tekin um framhaldið, var gerð fallmæling til að fá gróft mat á hve áðurnefnd vatnsæð væri gjöf. Urðu niðurstöður þær að hún væri að líkindum mjög vel opin. Einnig reyndust öll ummerki, svo sem svarfgreining rétt ofan við æðina og lögun upphitarferilsins, benda til að holan skæri nær lóðréttu sprungu og að skolvatnið flæddi niður með sprungunni, kældi grannberg hennar og þar með holuvegginn niður í a.m.k. 900 m. Þannig var séð að kæling ætti sér stað niður fyrir 809 m æðina þótt utan holu væri. Sú mynd, sem draga mátti af gögnunum, leiddi til þess að ákvörðun var tekin að frekari örvunaraðgerðir væru ekki nauðsynlegar, þar sem vatn ætti leið niður að botni holunnar í ádælingu.

Að lokinni hitamælingu í stöngum var borstrengur tekinn upp úr holunni og þar næst tók við mæliprógram. Byrjað var á hitamælingu. Kom þar í ljós að holan tók við meira vatni í 975 m dýpi í ádælingu og að lekt var enn að aukast í holunni. Frekari vísbendingu um aukna lekt mátti merkja á því að í 38 l/s utanádælingu tóku æðar á rúmlega 500 m dýpi að gefa inn í holuna, en það gat bent til að vatnsborð hefði lækkað í holunni. Auk hitamælinga var mælt viðnám og nifteinda- og gammamæling sem lýst er í næsta kafla. Botn holu reyndist á 997,5 m dýpi og hefur svarf að líkindum komist í holuna á meðan á mælingum stóð.

Að loknu mæliprógrammi tók við fóðrun með 9 5/8" leiðara sem hengdur var í vinnslufóðringu á 352,34 m dýpi. Meirihluti röranna var raufaður og voru þau rör sett þar sem vænta mátti vatnsæða í holunni. Leiðiskór er á 973,5 m dýpi miðað við kjallarabrun. Fóðrunarskýrslan er sýnd í töflu 3.

| Dagsetn    | Tími  | Dýpl<br>m | PSI | Dæla 1<br>slög | Dæla 1<br>l/s | Dæla 1 | Dæla 2<br>slög | Dæla 2<br>l/s | Dæling<br>l/s | Tap<br>cm | Tap<br>l/s | Skolhradl<br>m/mín | Taftími<br>skols f holu | Svarftími<br>í holu | Taftími sv.<br>í holu (mín) | T °C niður<br>skolv. | T °C upp<br>skolv. | T °C mism.<br>skolv. |
|------------|-------|-----------|-----|----------------|---------------|--------|----------------|---------------|---------------|-----------|------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| 14.11.1996 | 2,15  | 397       | 440 | 106            | 20,14         | 107    | 20,33          | 40,47         | 29,84         | 9         | 2,67       | 29,84              | 13,3                    | 24,84               | 15,98                       |                      |                    |                      |
| 14.11.1996 | 5,45  | 405       | 240 | 156            | 29,64         |        |                | 29,64         | 29,64         | 6         | 1,78       | 21,99              | 18,41                   | 16,99               | 23,83                       |                      |                    |                      |
| 14.11.1996 | 10    | 420       | 240 | 158            | 30,06         |        |                | 30,06         | 30,06         | 4         | 1,19       | 22,79              | 18,43                   | 17,79               | 23,61                       | 12,4                 | 16,7               | 4,3                  |
| 14.11.1996 | 13,3  | 430       | 240 | 159            | 30,21         |        |                | 30,21         | 30,21         | 4         | 1,19       | 22,91              | 19,77                   | 17,91               | 24,01                       | 11,5                 | 16                 | 4,5                  |
| 14.11.1996 | 17,3  | 441       | 280 | 158            | 30,02         |        |                | 30,02         | 30,02         | 8         | 2,38       | 21,82              | 20,21                   | 16,82               | 26,22                       | 10,5                 | 15                 | 4,5                  |
| 14.11.1996 | 21,4  | 453       | 250 | 159            | 30,21         |        |                | 30,21         | 30,21         | 3         | 0,89       | 23,15              | 19,57                   | 18,15               | 24,96                       | 9,5                  | 14,4               | 4,9                  |
| 15.11.1996 | 1,4   | 466       | 245 | 154            | 29,26         |        |                | 29,26         | 29,26         | 6         | 1,78       | 21,69              | 21,48                   | 16,69               | 27,91                       | 12,3                 | 17                 | 4,7                  |
| 15.11.1996 | 5,95  | 477       | 300 | 157            | 29,83         |        |                | 29,83         | 29,83         | 3         | 1,78       | 22,14              | 21,54                   | 17,14               | 27,82                       | 15,1                 | 19,5               | 4,4                  |
| 15.11.1996 | 9,3   | 489       | 220 | 157            | 29,83         |        |                | 29,83         | 29,83         | 5         | 1,49       | 22,37              | 21,86                   | 17,37               | 28,15                       | 16                   | 21                 | 5                    |
| 15.11.1996 | 13,3  | 504       | 210 | 158            | 30,02         |        |                | 30,02         | 30,02         | 10        | 2,97       | 21,36              | 23,6                    | 16,36               | 30,82                       | 17,2                 | 22                 | 4,8                  |
| 15.11.1996 | 17,3  | 518       | 210 | 157            | 29,83         |        |                | 29,83         | 29,83         | 10        | 2,97       | 21,21              | 24,43                   | 16,21               | 31,96                       | 15,2                 | 21,2               | 6                    |
| 15.11.1996 | 21,4  | 532       | 240 | 158            | 30,02         |        |                | 30,02         | 30,02         | 9         | 2,67       | 21,59              | 24,64                   | 16,59               | 32,06                       | 18,8                 | 24                 | 5,2                  |
| 16.11.1996 | 1,4   | 544       | 240 | 160            | 30,4          |        |                | 30,4          | 30,4          | 10        | 2,97       | 21,36              | 25,47                   | 16,36               | 33,26                       | 20,5                 | 25,77              | 5,27                 |
| 16.11.1996 | 5,4   | 555       | 240 | 160            | 30,4          |        |                | 30,4          | 30,4          | 12        | 3,56       | 21,19              | 26,19                   | 16,19               | 34,28                       | 20                   | 25,9               | 5,9                  |
| 16.11.1996 | 9,4   | 566       | 220 | 158            | 30,02         |        |                | 30,02         | 30,02         | 10        | 2,97       | 21,36              | 26,5                    | 16,36               | 34,61                       | 15,9                 | 22,3               | 6,4                  |
| 16.11.1996 | 13,4  | 586       | 240 | 157            | 29,83         |        |                | 29,83         | 29,83         | 10        | 2,97       | 21,21              | 27,63                   | 16,21               | 36,16                       | 19,2                 | 25,2               | 6                    |
| 16.11.1996 | 17,4  | 598       | 475 | 106            | 20,14         | 110    | 20,9           | 41,04         | 41,04         | 7         | 2,08       | 30,76              | 19,44                   | 25,76               | 23,22                       | 21                   | 26,5               | 5,5                  |
| 16.11.1996 | 20,4  | 613       | 475 | 104            | 19,76         | 109    | 20,71          | 40,47         | 40,47         | 15        | 4,46       | 28,43              | 21,56                   | 23,43               | 26,16                       | 17,8                 | 23,7               | 5,9                  |
| 17.11.1996 | 1,35  | 627       | 610 | 113            | 21,47         | 110    | 20,9           | 42,37         | 42,37         | 11        | 3,27       | 30,87              | 20,31                   | 26,87               | 24,24                       | 16,5                 | 22,6               | 6,1                  |
| 17.11.1996 | 5,35  | 644       | 545 | 103            | 19,57         | 104    | 19,76          | 39,33         | 39,33         | 12        | 3,56       | 28,24              | 22,8                    | 23,24               | 27,71                       | 15,1                 | 21,7               | 6,6                  |
| 17.11.1996 | 9,35  | 661       | 590 | 110            | 20,9          | 110    | 20,9           | 41,8          | 41,8          | 7         | 2,1        | 31,11              | 21,25                   | 26,11               | 25,32                       | 17,2                 | 21,8               | 4,6                  |
| 17.11.1996 | 16    | 689       | 630 | 106            | 20,14         | 109    | 20,71          | 40,85         | 40,85         | 8         | 2,4        | 30,83              | 22,95                   | 25,83               | 26,68                       | 17,8                 | 24,5               | 6,7                  |
| 17.11.1996 | 21,35 | 712       | 605 | 114            | 21,66         | 112    | 21,28          | 42,94         | 42,94         | 6         | 1,8        | 31,06              | 22,92                   | 26,06               | 27,32                       | 25,5                 | 29,5               | 4                    |
| 18.11.1996 | 1,35  | 728       | 600 | 116            | 22,04         | 117    | 22,23          | 44,27         | 44,27         | 12        | 3,6        | 30,92              | 26,54                   | 25,92               | 28,08                       | 23,1                 | 29,5               | 6,4                  |
| 18.11.1996 | 5,35  | 745       | 610 | 119            | 22,61         | 120    | 22,8           | 45,41         | 45,41         | 17        | 5,1        | 34,67              | 21,49                   | 29,67               | 25,11                       | 23                   | 28,7               | 5,7                  |
| 18.11.1996 | 10,15 | 765       | 600 | 117            | 22,23         | 115    | 21,85          | 44,08         | 44,08         | 5         | 1,5        | 33,14              | 23,08                   | 28,14               | 27,18                       | 23,4                 | 30                 | 6,6                  |
| 18.11.1996 | 17,3  | 797       | 600 | 115            | 21,85         | 116    | 22,04          | 43,89         | 43,89         | 7         | 2,1        |                    |                         |                     |                             | 23,1                 | 29,6               | 6,5                  |
| 18.11.1996 | 20,1  | 809       | 450 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 19.11.1996 | 16,3  | 868       | 440 | 111            | 21,09         | 111    | 21,09          | 42,18         | 42,18         |           | >42        |                    |                         |                     |                             | 23,1                 | 29,6               | 6,5                  |
| 20.11.1996 | 7,35  | 901       | 560 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 11,4  | 915       | 620 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 16,3  | 927       | 610 | 114            | 21,66         | 112    | 21,28          | 42,94         | 42,94         |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 17,1  | 929       | 590 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 18,45 | 933       | 580 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 21,4  | 941       | 610 | 114            | 21,366        | 115    | 21,85          | 43,51         | 43,51         |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 20.11.1996 | 23,1  | 943       | 520 |                |               |        |                |               |               |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 21.11.1996 | 13,15 | 978       | 495 | 114            | 21,66         | 116    | 22,04          | 43,7          | 43,7          |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 21.11.1996 | 17    | 986       | 600 | 114            | 21,66         | 116    | 22,04          | 43,7          | 43,7          |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 21.11.1996 | 18,3  | 990       | 605 | 114            | 21,66         | 115    | 21,85          | 43,51         | 43,51         |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |
| 21.11.1996 | 21,15 | 997       | 550 | 118            | 22,42         | 116    | 22,04          | 44,46         | 44,46         |           | >42        |                    |                         |                     |                             |                      |                    |                      |

Tafla 2. Kraltla hola KJ-28, 2. áfangi. Dæling í borun, skollöpp og hiti skolvatns.

**JARÐBORANIR HF** FÓÐRUNARSKÝRSLA Eyðublað nr. 68-051

|           |                        |             |                      |              |
|-----------|------------------------|-------------|----------------------|--------------|
| Verk nr.  | Hola nr.               | Borstaður   | Bor                  | Verkkaupi    |
| 420-656   | KJ-28                  | Krafla      | Jötunn               | Landsvirkjun |
| Vidd holu | Dýpt holu mv. drifborð | Fóðring nr. | Fóðrun framkv. dags. | Útfyllt af   |
| 12 1/4"   | 1003,32                | 3           | 1996.11.23-24        | D.Sig        |

|  |  |                    |           |    |        |
|--|--|--------------------|-----------|----|--------|
| Holudýpt frá flangsi 996,82 m. Fóðringardýpt f. fl. 973,50 m   |  | <b>RÖRATALNING</b> |           |    |        |
| FÓÐRING  | Gerð K-55  | LENGD              | NR        | MS | ALLS m |
|  | Þyngd 40 lbs/ft. Pöntun nr. JB/961117  | 1,24               | Upphengja |    | 352,34 |
|  | Utánmál 9 5/8" Innanmál 220,5mm Veggþykkt 10,03 mm   |                    |           |    | 353,58 |
|  | Tengi Skrúfuð Buttress   | 13,22              | 1         |    | 366,80 |
|  | Flangs Upphengi í 352,34 m. dýpi   | 11,62              | 2         |    | 378,42 |
|  | Stungutengi  | 11,85              | 3         |    | 390,27 |
|  | Skór Leiðiskór   | 10,40              | 4         |    | 400,67 |
|  | Miðjustillar stk. Steyputappar stk.  | 11,13              | 5         | R  | 411,80 |
| STEYPING   | Steypa 1, þurrefni kg  | 11,68              | 6         | R  | 423,48 |
|  | Tafeíni kg Eðlisþ. steypu Steypingartími mín.  | 11,20              | 7         | R  | 434,68 |
|  | Steyputæki   | 11,55              | 8         |    | 446,23 |
|  | Steypa kom upp <input type="checkbox"/> Já <input type="checkbox"/> Nei Eðlisþ. steypu upp | 12,19              | 9         |    | 458,42 |
|  | Eftirdæling: magn lítrar tími mín.   | 10,36              | 10        | R  | 468,78 |
| FRÁGANGUR  | Steypa 2, þurrefni kg  | 12,37              | 11        | R  | 481,15 |
|  | Dýpi á steypu utan röra m  | 12,17              | 12        |    | 493,32 |
|  | Steypt utan með eftir kist. Skorið ofan af eftir kist.                                     | 11,21              | 13        | R  | 504,53 |
|  | Dýpi á steypu í röri m Steypa boruð eftir kist.  | 11,33              | 14        | R  | 515,86 |
| ATHUGASEMDIR   |  | 11,30              | 15        | R  | 527,16 |
| R í MS reit merkir raufað rör.                                 |  | 11,42              | 16        | R  | 538,58 |
| Rör nr. 1 er 43 lbs/ft. en öll önnur véins og að ofan greinir. |  | 11,67              | 17        |    | 550,25 |
|  |  | 12,10              | 18        |    | 562,35 |
|  |  | 11,71              | 19        | R  | 574,06 |
|  |  | 11,65              | 20        | R  | 585,71 |
|  |  | 11,93              | 21        | R  | 597,64 |
|  |  | 11,78              | 22        | R  | 609,42 |
|  |  | 12,62              | 23        | R  | 622,04 |





### 3. JARÐLÖG OG UMMYNDUN

Jarðlagaskipan holunnar er sýnd á mynd 2. Neðan vinnslufóðringar kemur í móbergsmýndun á 400 m dýpi og svípar KJ-28 því til holna KJ-3, KJ-3A og KJ-27 hvað það varðar. Móbergið í KJ-28 er afskaplega ljóst á litinn og mjög útfellingaríkt og því er hugsanlegt að borað hafi verið í gegnum misgengi. Ljósa útfellingaríka móbergið finnst allt niður á 500-550 m dýpi. Þar neðan við fær móbergið á sig grænni og algengari lit, þar sem járn og magnesíum bergsins er bundið í grænleitt klórít. Í ljósa túffinu er aðal leirsteindin trúlega illít, en járnhluti bergsins horfinn eða bundinn í pýrít sem er sérlega algengt. Neðan a.m.k. 720 m dýpis er túffið mjög plagióklasdílótt, og nær það niður á um 780 m dýpi. Þar neðan við kemur á um 4 m bili sambland basalt breksíu með grófkorna ummynduðum basaltkornum. Þar neðan við kemur í grófkorna mjög ummyndað ólivínþóleíft-basalt hraunlag og neðan 790 m fer basaltið yfir í basaltríka breksíu og svo í hlutkristallað túff. Líklegt er að skilin á 780 m dýpi marki samskeyti tveggja móbergsmýndana, þeirrar dílóttu fyrir ofan og ólivínþóleíft móbergs með "hraunlagatoppi" fyrir neðan. Svipuð skil fundust í holu KJ-27 og gæti hér verið komið ákjósanlegt leiðarlag til að meta möguleg misgengi á þessu svæði.

Fyrstu basaltinnskot sem holan sker koma fram neðan 570 m dýpis. Í allt greindust 8-9 basaltinnskot, flest innan við 5 m sýndarþykktar. Nokkuð augljóst er að vatnsæðarnar á um 580 og 620 m dýpi tengjast basaltinnskotum.

Ummyndunarsteindir neðan fóðringar eru þær sömu og ofan fóðringar milli 300-400 m nema hvað laumontít sést ekki neðan fóðringar. Leirgerðin er óviss og þarf röntgengreiningar til að greina hana. Epidót sést fyrst með vissu á rúmlega 520 m dýpi þar sem innskotin fara að sjást, og eykst magn þess er neðar dregur. Þar er klórít og komið inn, en aðrar steindir eru kvars, kalsít, wairakít og pýrít af þeim sem auðgreindar eru í svarfsjá. Wollastonít kemur til sögunnar þegar komið er niður á um 730 m dýpi. Grófur samanburður við ummyndun í holu KJ-27 bendir til að ummyndunarbeltin geti legið 40-60 m neðar í KJ-28. Kalsít, ein af einkennisútfellingum efra kerfinsins reyndist vera í miklu magni allt niður á skoltapsstaðinn á 809 m. Í síðustu sýnunum fyrir skoltapið varð vart við fjölda sprungufyllinga í móbergstúffinu og voru þær aðallega úr epidóti, preníti og einhverju af pýrít. Getur þetta bent til að æðin á 809 m dýpi tengist nær lóðréttu sprungu. Sprungan hefur líklega norðlæga stefnu þar sem vart verður við góð tengsl á milli þessa skoltaps og vatnsborðhækkunar í holum 6, 3A og 27. Endanleg vísbending þess að sprungan væri nærri lóðréttu var lögum hitaferils í upphitun holunnar eins og vikið var að í ágripi af borsögu.

#### 4. BORHOLUMÆLINGAR

Fyrir utan upphitunarmælingu sem gerð var fyrir niðursetningu borstrengs við upphaf þessa áfanga þurfti ekki aðrar þjónustumælingar meðan á borun stóð. Fyrir upptekt borstrengs við borlok var hitamælt inni í strengnum til að kanna staðsetningu vatnsæða og að meta upphitunarhraða í holunni. Nokkuð margar mælingar voru gerðar í þessum tilgangi bæði með og án dælingar í holuna. Hitamælingarnar eru sýndar á myndum 3 og 4, en all flestar þeirra eru gerðar innan í borstrengnum. Algjört skoltap (>44 l/s) varð í holunni á 809 m dýpi og fékkst ekkert svarf upp eftir það. Með hitamælingunum voru skoltapsstaðir ákvarðaðir og athugað hvort holan kældist til botns. Mælingarnar voru þannig notaðar til að hjálpa til við ákvarðanatöku um borlok. Mælingarnar sýna að holan kælir sig niður á 800 m dýpi eða rétt rúmlega það, en þar var aðal skoltap holunnar. Þær benda einnig til að skoltapið sé í sprungu sem liggur niður holuna og er opin til holunnar á 45-65 m löngum kafla. Holan kólnaði þá niður á við með tíma. Annað markvert í hitamælingunum er að vatnsæð á um 513 m dýpi gefur inn í holuna við litla dælingu og einnig æð á um 535 m. Aðrar æðar virðast óverulegar.

Jarðlagamælingar við borlok voru gerðar 23. nóvember á tímabilinu milli kl. 9 til 15 um daginn. Þær, ásamt öðrum mælingum úr þessum áfanga, eru birtar í töflu 4. Byrjað var á hitamælingu, þá var vídd holunar mæld og síðan jarðlagamælingar. Um hitamælingarnar hefur verið fjallað áður, en í þeim eru vatnsæðar á um 800 m, 513 m og 535 m mest áberandi. Vatnsæðarnar á 513 m og 535 m gefa inn í holuna við litla eða enga ádælingu og það vatn rennur niður holuna og hitar hana aðeins upp. Á 800 m dýpi skar holan sprungu og er holan í henni niður á um 860 m dýpi. Þarna er holan mikið kæld enda hefur tapast þarna mikið vatnsmagn út í jarðhitakerfið. Nánar verður fjallað um þetta í næsta kafla. Víddarmælingin (mynd 5) sýnir nokkra útvöskun neðan vinnslufóðringar og niður á um 500 m dýpi, en þar fyrir neðan og allt til botns holunnar

**Tafla 4.** Mælingar í þriðja áfanga holu KJ-28

| Dagsetning | Tími        | Mæling          | Dýptarbil | Tilgangur        | Athugasemd                        |
|------------|-------------|-----------------|-----------|------------------|-----------------------------------|
| 96-11-13   | 0:00-0:15   | Hiti            | 0-356 m   | Upphitun         | Fyrir niðursetningu borstrengs    |
| 96-11-22   | 0:20-0:50   | Hiti            | 133-953 m | Upphitun, æðar   | Skolun lauk kl. 0:00              |
| 96-11-22   | 0:50-1:35   | Hiti            | 945 m     | Upphitun         | Dælt utan með stöngum 30 l/s      |
| 96-11-22   | 1:35-2:05   | Hiti            | 96-953 m  | Upphitun, æðar   | Í stöngum, dæling 30 l/s          |
| 96-11-22   | 2:30-2:40   | Halli           | 900 m     | Halli holu       | Í stöngum                         |
| 96-11-22   | 9:30-9:55   | Hiti            | 144-960 m | Upphitun, æðar   | Í stöngum, dæling 38,2 l/s        |
| 96-11-22   | 9:55-10:55  | Hiti            | 960 m     | Upphitun         | Dælt utan með stöngum 38,2 l/s    |
| 96-11-22   | 10:55-11:25 | Hiti            | 78-960 m  | Upphitun, æðar   | Í stöngum, skoltap yfir 38,2 l/s  |
| 96-11-22   | 12:00-13:00 | Þrýstingur      | 0-800 m   | Þrýstingsstígull | Dælt utan með stöngum 38,2 l/s    |
| 96-11-22   | 13:00-14:50 | Þrýstingur      | 800 m     | Fall vanskorbórs | Dælt utan með stöngum 38,2 l/s    |
| 96-11-22   | 14:50-15:00 | Hiti            | 800-960 m | Upphitun, æðar   | Mar á gæfni holu                  |
| 96-11-22   | 15:00-15:20 | Hiti            | 160-960 m | Upphitun, æðar   | Í stöngum, dælingu hátt kl. 13:43 |
| 96-11-22   | 17:10-17:30 | Hiti            | 160-960 m | Upphitun, æðar   | Í stöngum                         |
| 96-11-22   | 17:30-17:55 | Hiti            | 160-960 m | Upphitun, æðar   | Í stöngum, engin dæling           |
| 96-11-23   | 9:40-10:10  | Hiti            | 0-994 m   | Upphitun, æðar   | Upptekt, ádæling 38 l/s           |
| 96-11-23   | 10:50-11:50 | XY-víddarmæling | 0-994 m   | Skápar           | Skoltap yfir 38 l/s               |
| 96-11-23   | 12:10-13:30 | Nifteindamæling | 95-984 m  | Jarðlagaskipan   | Kvörðun röng                      |
| 96-11-23   | 12:10-13:30 | Gammamæling     | 95-984 m  | Jarðlagaskipan   |                                   |
| 96-11-23   | 13:50-14:20 | Víðnámsmæling   | 370-984 m | Jarðlagaskipan   | Ádæling 11,5 l/s                  |
| 96-11-24   | 22:50-23:10 | Þrýstingur      | 0-800 m   | Þrýstingsstígull | Mar á gæfni holu                  |
| 96-11-24   | 23:10-6:10  | Þrýstingur      | 800 m     | Þrepadæling      | Engin dæling                      |
| 96-11-25   | 6:10-6:20   | Hiti            | 800-980 m | Upphitun, æðar   | Engin dæling eða þrepadælingu     |
| 96-11-25   | 6:20-6:40   | Hiti            | 350-980 m | Upphitun, æðar   | Vb=167 m frá dnfbordi             |
| 96-11-25   | 6:40-7:05   | Þrýstingur      | 160-350 m | Vanskorbórs      |                                   |

er útvöskun lítil og fáir og litlir skápar. Víðastur er stuttur skápur við skoltapsstaðinn á um 800 m, en þar fer vídd holunnar yfir 580 mm (23").

Jarðlagamælingarnar eru sýndar á mynd 6, en aðeins verður lauslega fjallað um þær hér. Eftir er að víddar- og dýptarleiðréttu þær og verður því betur fjallað um þær í lokaskýrslu um holunna. Viðnámsmælingin sýnir tiltölulega lágt viðnám niður á tæplega 500 m dýpi. Nærri 500 m hækkar viðnám í um 45 Ohmm og helst þannig lítið breytt niður á 770 m dýpi. Þar hækkar viðnámið meira (80 Ohmm) og er þannig niður á 900 m að það hækkar enn í rúmlega 100 Ohmm og helst svo til botns holunnar á rúmum 1000 m. Þessi viðnámsdreifing gefur til kynna ákveðna skiptingu í gerð jarðlaga á þessum dýptarbilum. Nifteindamælingin sýnir áberandi lággildi við vatnsæðarnar á um 513 m og á 800 m, en einnig á 845 m. Þá má greina nokkrar þéttari jarðlagasyrpur í mælingunni s.s. 630-660 m og 710-735 m. Kvörðun gammamælisins var ekki rétt svo ekki er hægt að notast við þá mælingu eins og er.

## 5. PREPADÆLING

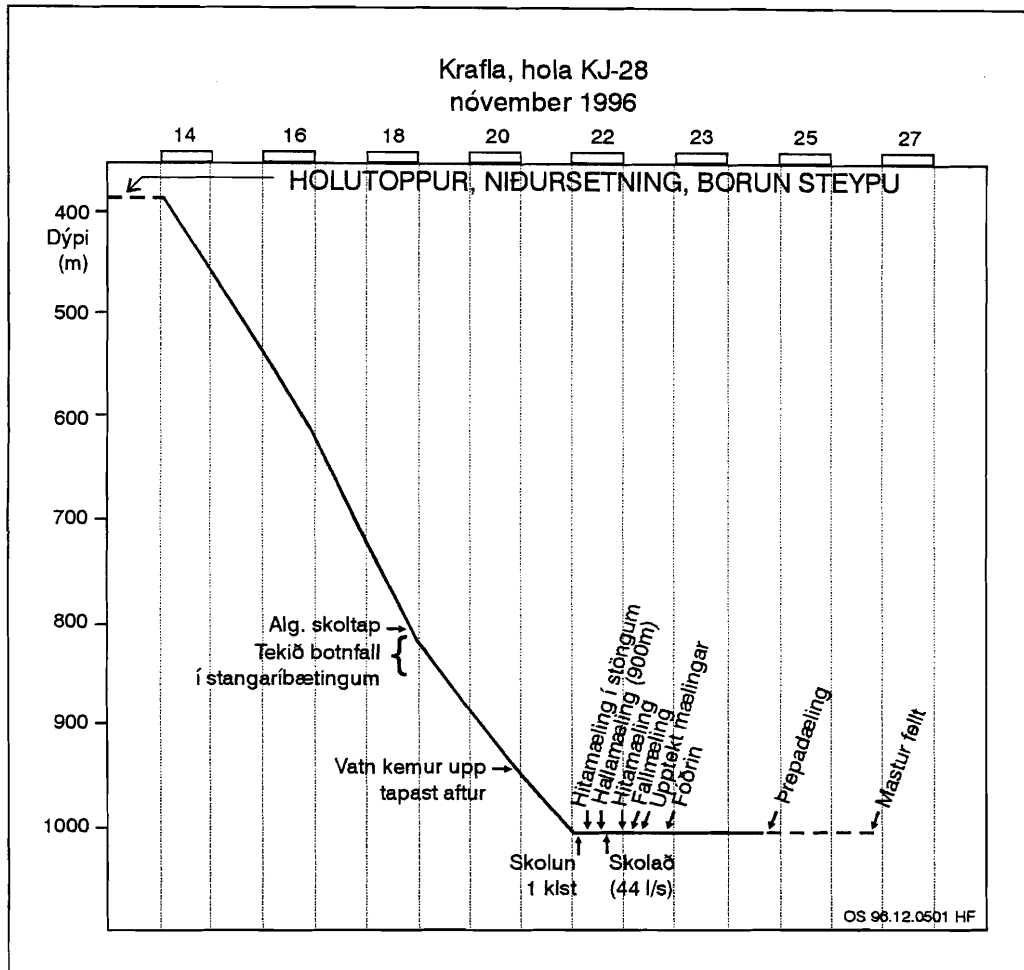
Eftir að leiðari hafði verið settur í holunna var hún dæluprófuð á líkan hátt og gert hefur verið við aðrar holur á Kröflusvæðinu. Byrjað var á að mæla þrýstistigul niður á 800 m dýpi skömmu fyrir kl. 23 þann 24. nóvember. Vatnsborð fannst á rúmlega 164 m dýpi miðað við drifborð Jötuns og var ádæling þá 11,5 l/s, en ádæling hafði verið breytileg meðan á niðursetningu leiðarans stóð. Stuttu seinna var dæling aukin í 24,7 l/s og haldið þannig í tæpar 100 mín. Aftur var dæling aukin, nú í 38,4 l/s og haldið þannig í um 160 mín. Þá var slökkt á dælingu og fylgst með falli vatnsborðsins. Að lokum var holan hitamæld og síðan mældur þrýstistigull frá 350 m dýpi og upp. Vatnsborð fannst á um 167 m dýpi þrem tímum eftir að dælingu var hætt. Framgangur þrepadælingarinnar er sýndur á mynd 7.

Hvert þrep dæluprófunarinnar er sýnt nánar á mynd 8 og til samanburðar fallþrep sem mælt var fyrir upptekt borstrengs. Ekki sjást nein greinileg áhrif sprungustreymis í þrepunum þó búast mætti við því. Þá eru áhrif rýmdar holunnar horfin úr mælingunum innan 10 mínútna eftir að dælingu er breytt. Þrýstibreytingin er því hröð sem bendir til góðrar lektar. Við túlkun þessara mælinga var því notað líkan fyrir óendanlegt vatnskerfi, þ.e. mælingin greinir ekki ytri mörk þess á mælitímanum. Mynd 9 sýnir nálgun líkansins við síðari þrep prófunarinnar, en truflun er í fyrsta þrepinu líklega vegna hitabreytinga í holunni: Nálgun líkansins við mælinguna er góð og bendir niðurstaða þess til mjög hárrar lektar, en líkanið metur vatnsleiðnina (T) allt að  $14,5 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$ . Þetta eru hæstu gildi fyrir vatnsleiðni sem sést hafa fyrir holur í Kröflu og um 50% hærra en metið var fyrir holu KJ-27. Tregðustuðullinn (s) er

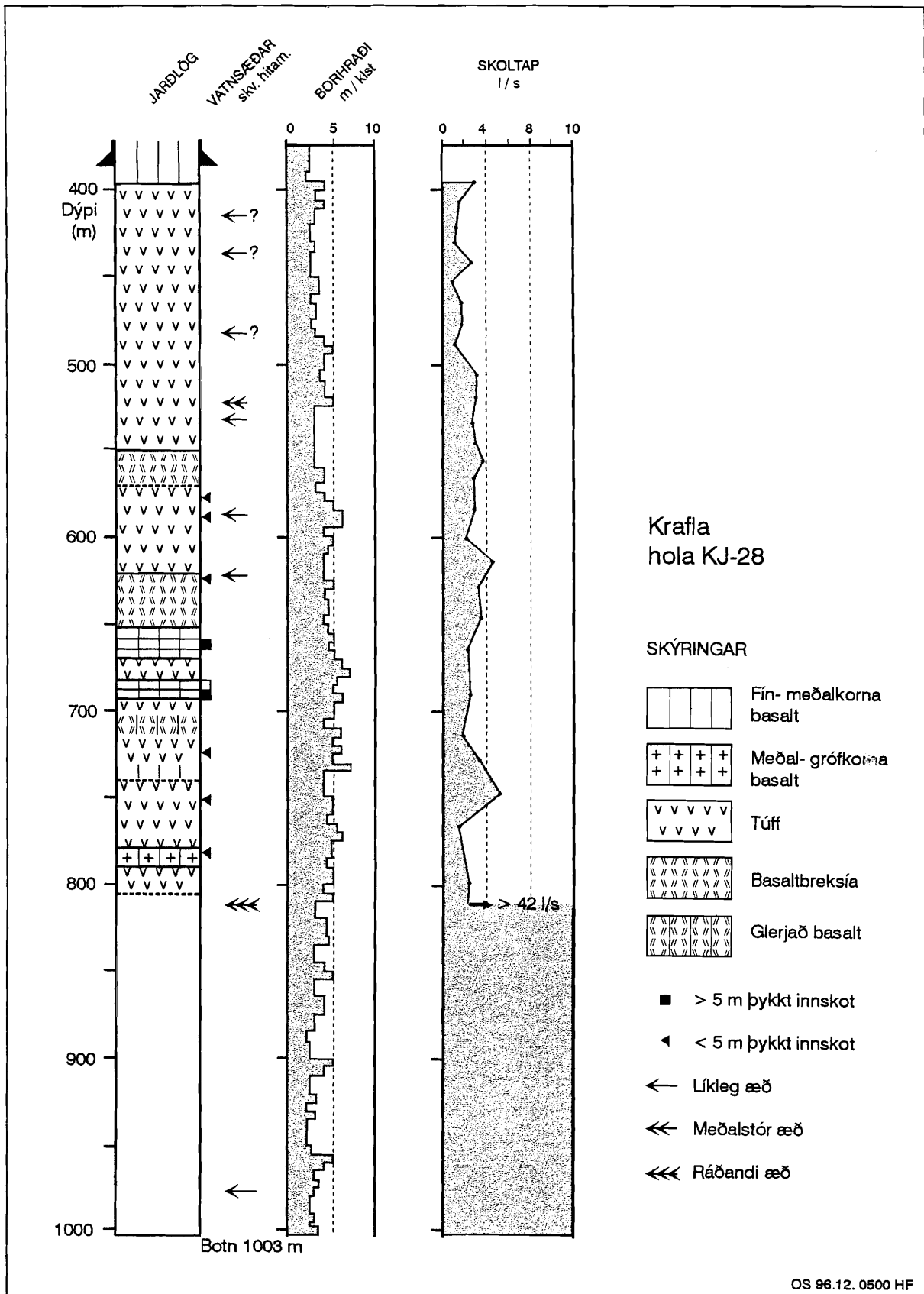
jákvæður sem þýðir að rennslistregða er við holuna og stafar hún í þessari holu líklega af svarfi sem tapaðist út í sprunguna við borun neðan 800 m. Mögulegt er að hluti af því komi upp þegar holan fer í blástur og mun þá rennslistregðan minnka eitthvað. Sambærilegar niðurstöður fengust fyrir prófunina sem gerð var fyrir upptekt borstrengs.

Meðan á borun holu KJ-28 stóð var fylgst með vatnsborði í nálægum holum. Eftir að æðin á um 800 m var skorin varð vart við vatnsborðsbreytingar í þeim. Þetta eru holur KJ-3A, KJ-6 og KJ-27, en einnig var mælt vatnsborð í K-1 sem er grunn hola og í KG-10 meðan færð leyfði greiðan aðgang að henni. Hluti vatnsborðsmælinganna er sýndur á mynd 10. Mest varð breytingin í holu KJ-6, sem er SSV af holu KJ-28, en þar hækkaði vatnsborð um 12-13 m. Breytingin var meir en tvöfalt minni í holu KJ-3A, sem er næst holu KJ-28 af þessum holum, og í holu KJ-27 var breytingin svipuð og í KJ-3A. Af þessu má ráða að sprungan sem skorin var hafi NNA-SSV læga stefnu og er vatnsleiðnin mun meiri í þá stefnu en þvert á hana. Einng er ljóst af þessum vatnsborðsmælingum að holurnar á þessu svæði muni keppa um vökvann í jarðhitakerfinu.

Þegar vatnsborðsbreytingin í holum KJ-6 og KJ-27 er skoðuð betur virðist vatnsborð fara að hækka í holu KJ-6 um 300 mínútum eftir að æðin/sprungan í 800 m er skorin, en eftir rúmar 350 mínútur í holu KJ-27. Gerð var tilraun til að finna stefnu sprungunnar út frá vatnsborðsbreytingunum, en vegna misleitni tókst það ekki með einföldum reikningum. Frekari úrvinnsla vatnsborðsmælinga bíður því lokaskýrslu um þessa holu.



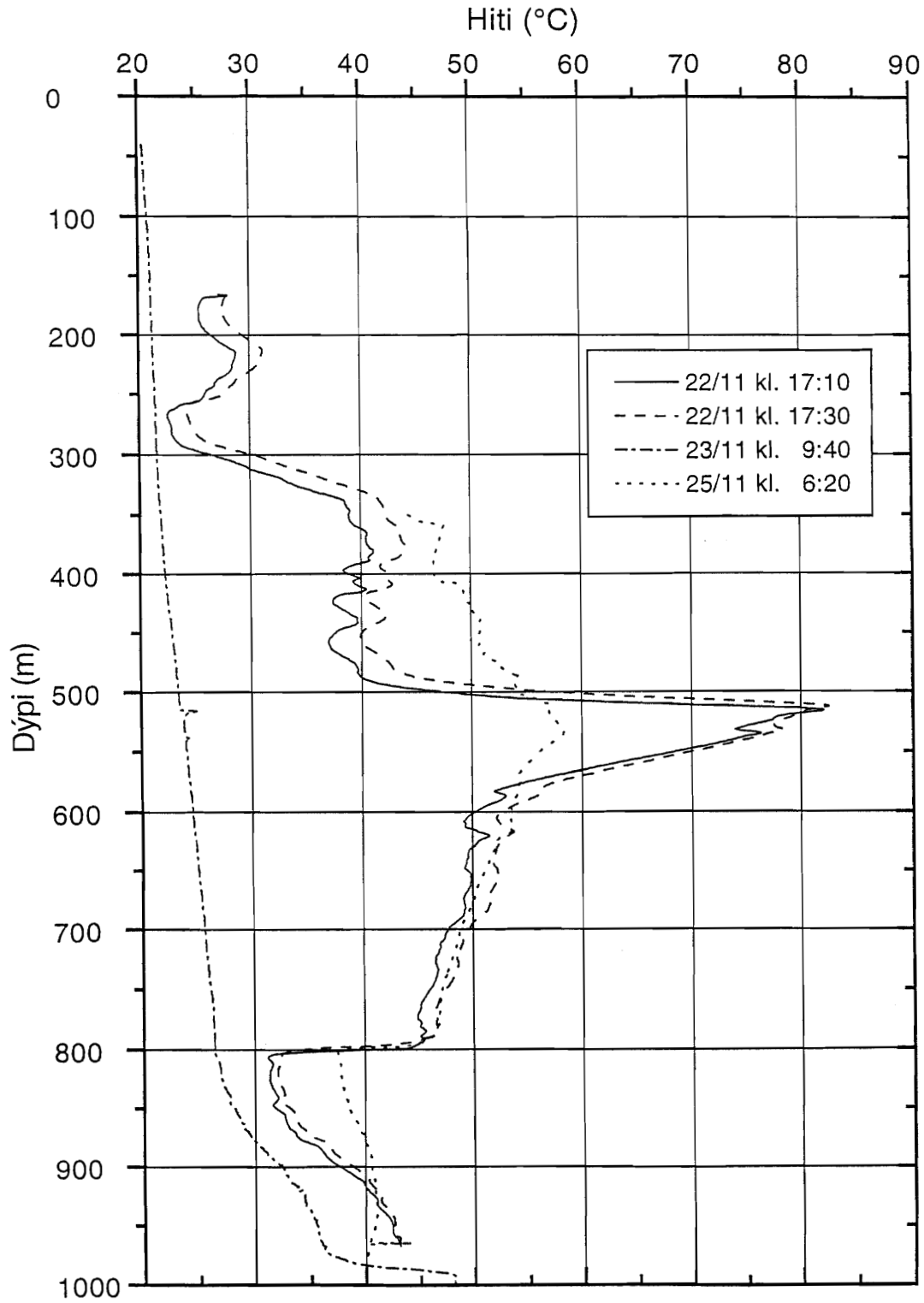
Mynd 1. Helstu atriði borunar, 2. áfangi KJ-28.



Mynd 2. Einfaldað jarðlagasnið, vatnsæðar, borhraði og skoltöp í 2. áfanga KJ-28.

Orkustofnun  
Borholumælingar

## Krafla hola KJ-28

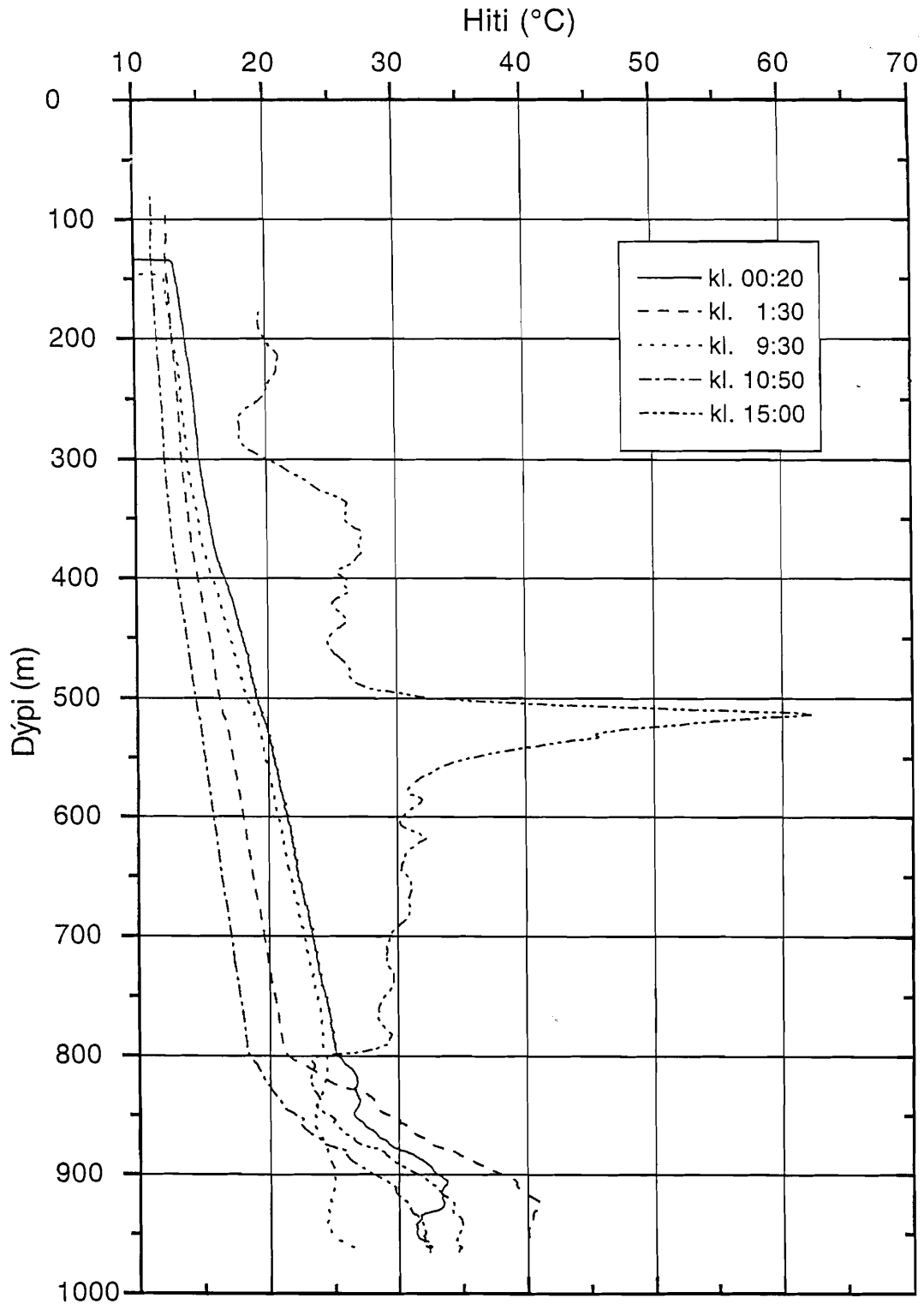


Mynd 3. Hitamælingar 22., 23. og 25. 11. 1996.



Orkustofnun  
Borholumælingar

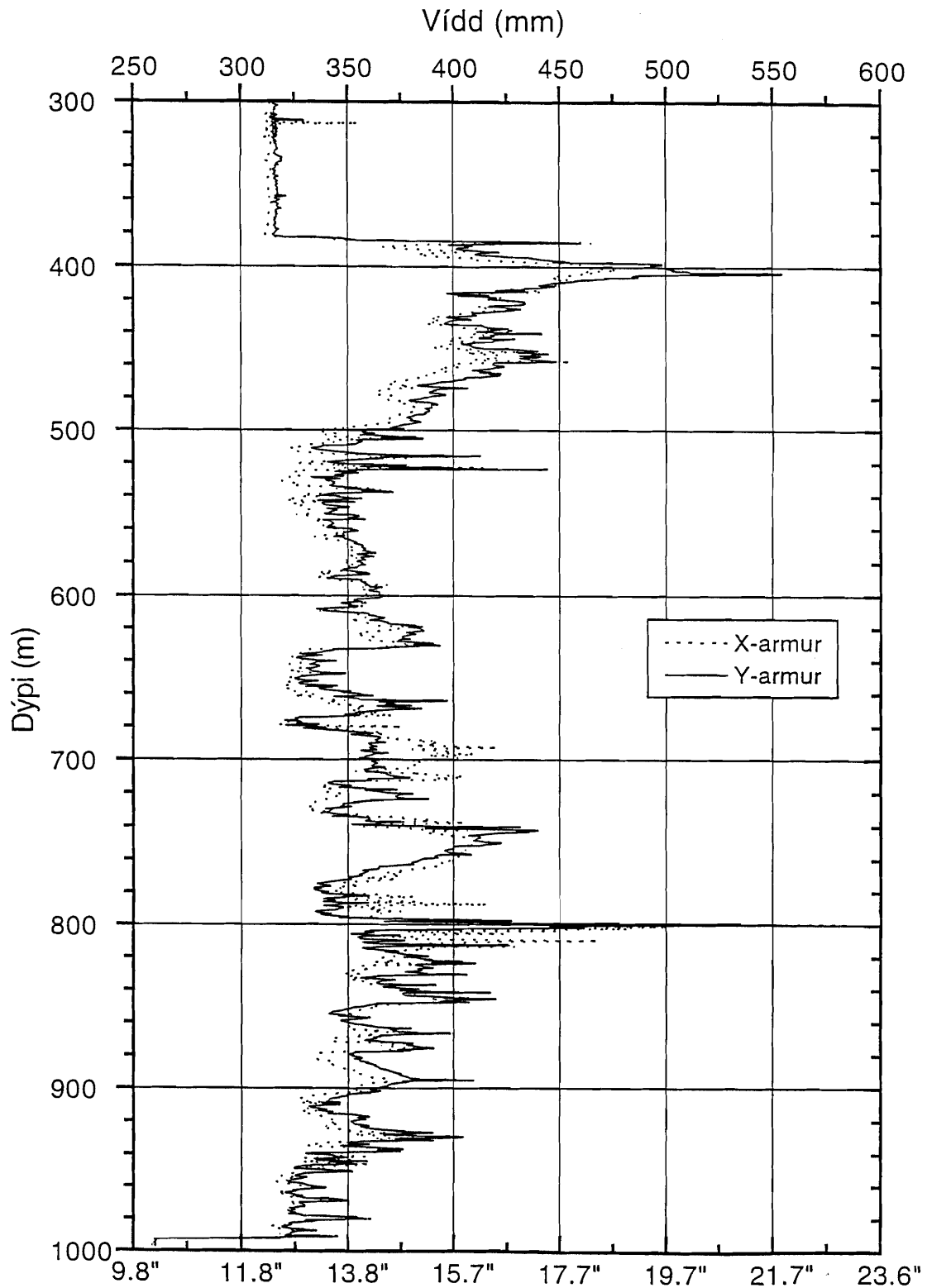
## Krafla hola KJ-28



Mynd 4. Hitamælingar 5.12.1996.

Orkustofnun  
Borholumælingar

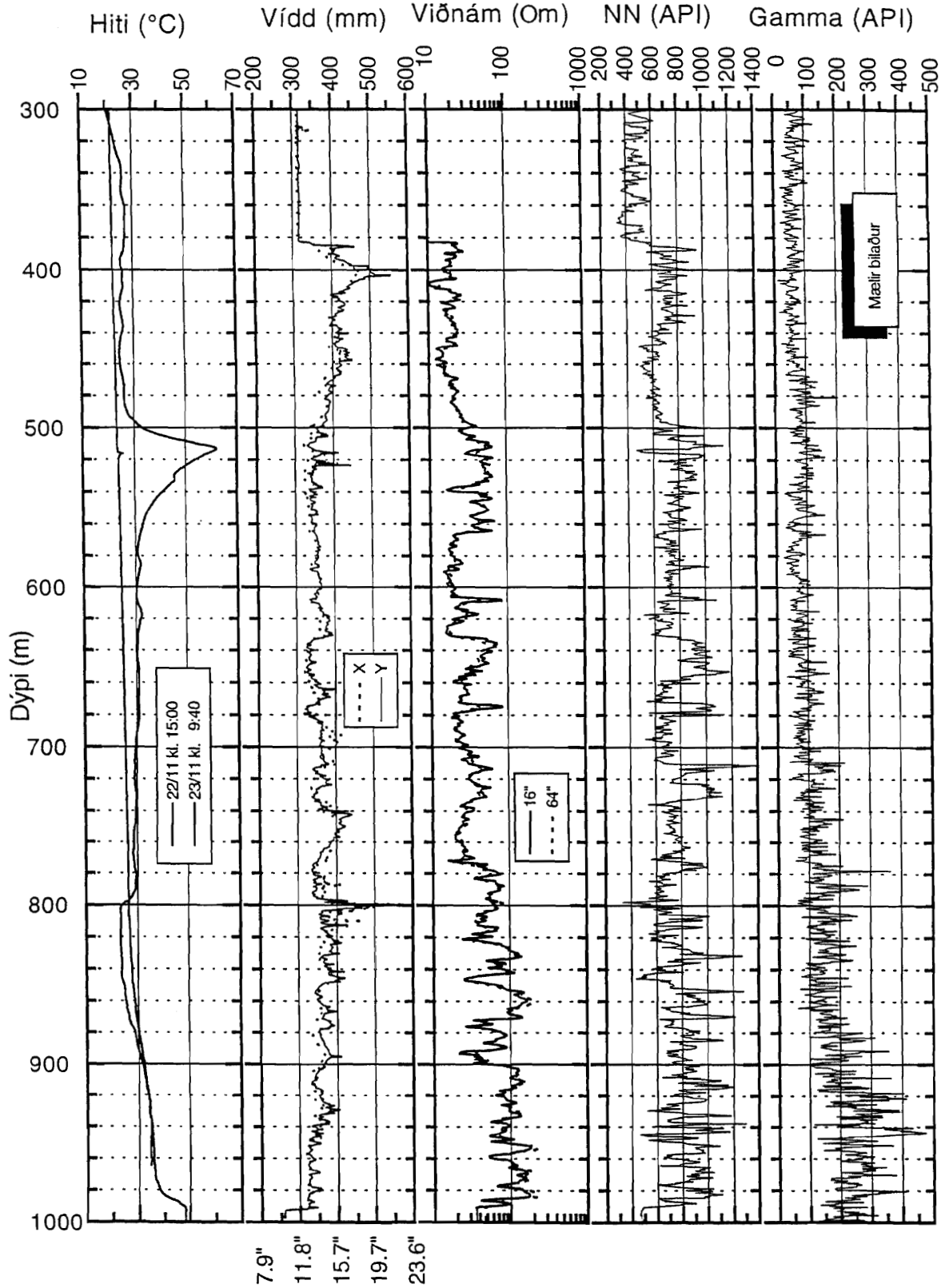
## Krafla hola KJ-28



Mynd 5. Vídd holu KJ-28 neðan vinnslufóðringar.

Orkustofnun  
 Borholumælingar

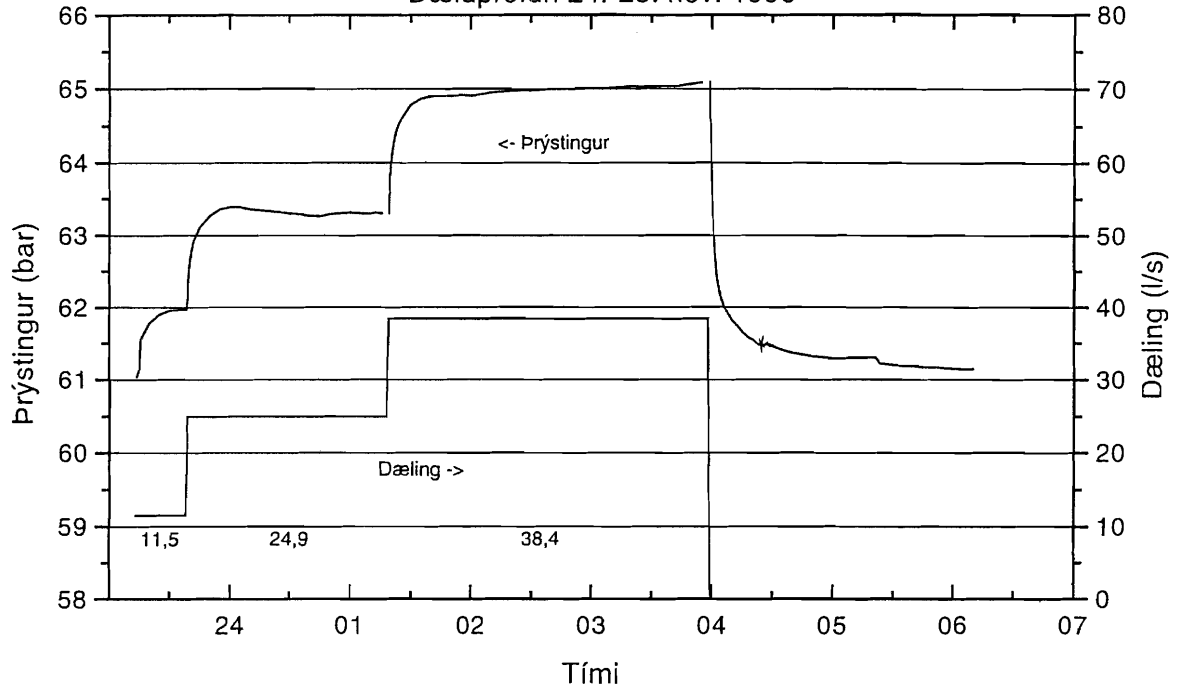
# Krafla hola KJ-28



Mynd 6. Hiti, vídd og jarðlagamælingar.

Orkustofnun  
Borholumælingar

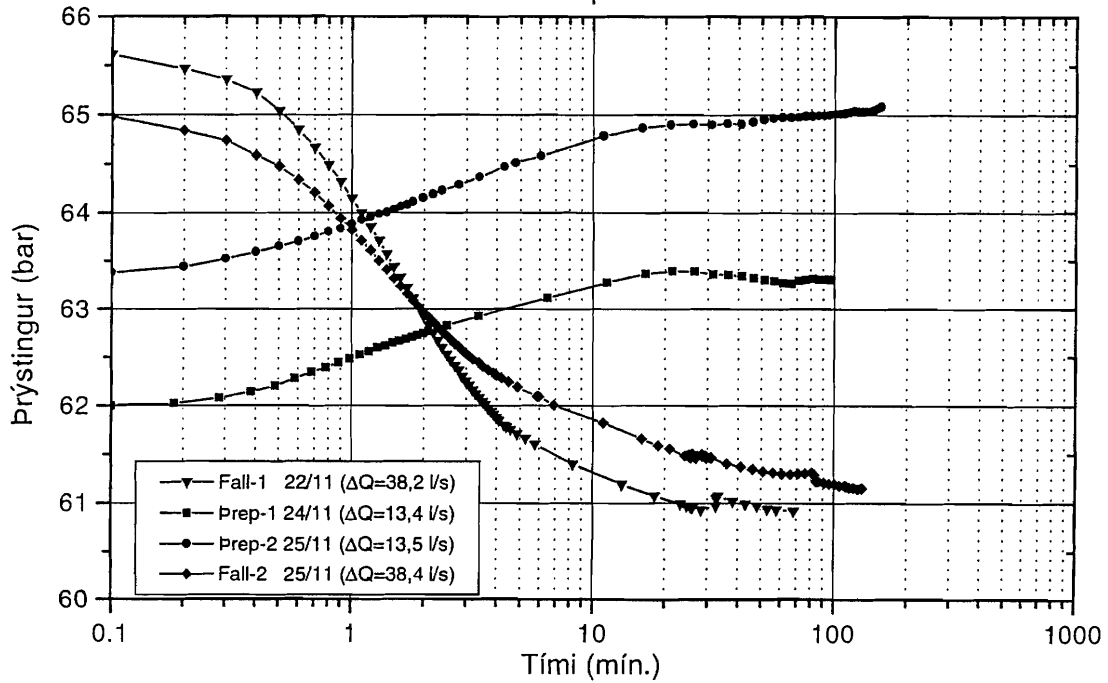
Krafla hola KJ-28  
Dæluprófun 24.-25. nóv. 1996



Mynd 7. gangur þrepaðælingar.

Orkustofnun  
Borholumælingar

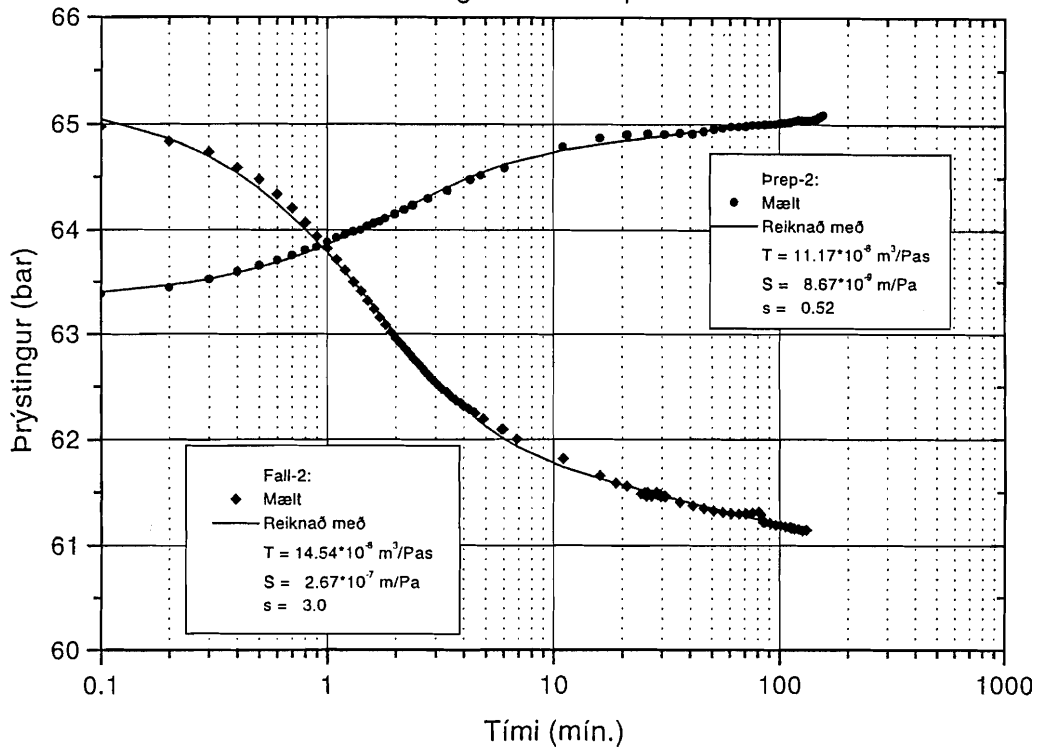
Krafla hola KJ-28  
Dæluprófun



Mynd 8. Hvert þrep dæluprófunar.

Orkustofnun  
Borholumælingar

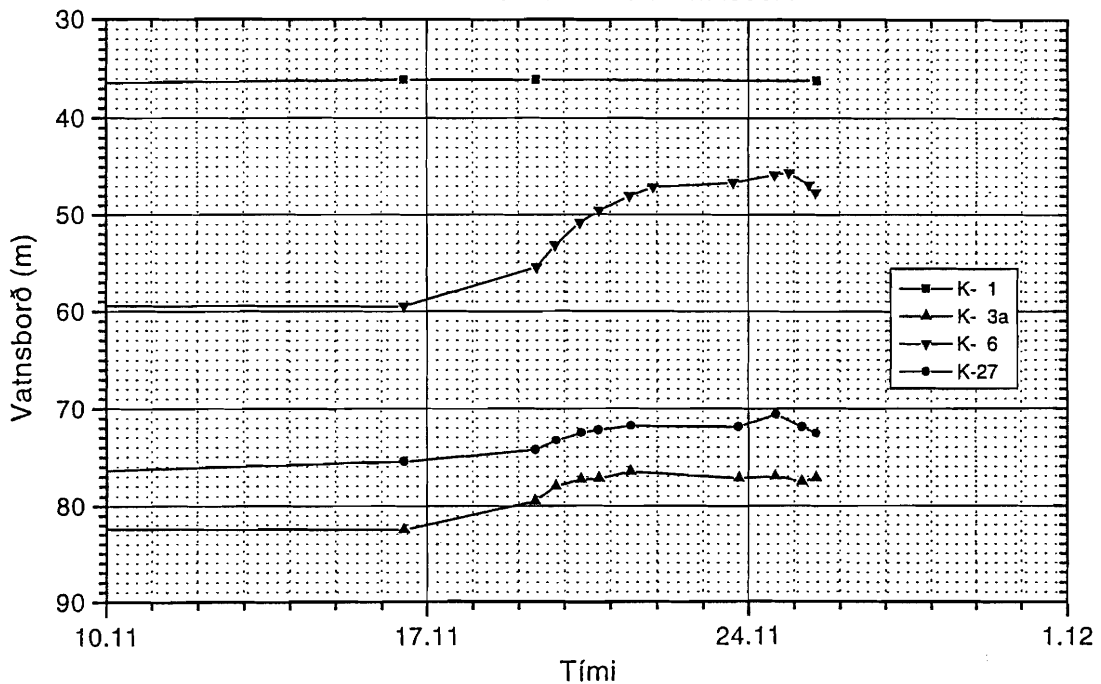
Krafla hola KJ-28  
Nálgun við dæluprófun



Mynd 9. Líkan-nálgun við tvö síðustu þrep þrepaðælingar.

Orkustofnun  
Borholumælingar

Krafla  
Áhrif borunar KJ-28 á vatnsborð



Mynd 10. Vatnsborðsmælingar í holum 1, 3A, 6 og 27 dagana 10. nóv. til 1. des. 1996.