

BORHOLUR 3, 4 OG 5 Í KRÖFLU

Borun, vatnsæðar, niðurstöður  
berggreininga.

Hrefna Kristmannsdóttir  
Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Einar Gunnlaugsson

BORHOLUR 3, 4 OG 5 Í KRÖFLU

Borun, vatnsæðar, niðurstöður  
berggreininga.

Hrefna Kristmannsdóttir  
Guðmundur Ómar Friðleifsson  
Einar Gunnlaugsson

## ÁGRIP - HELSTU NIÐURSTÖÐUR.

Þrjár borholur voru boraðar á Kröflusvæði árið 1975.

Frá borunum þeirra fimm hola, sem nú hafa verið boraðar á svæðinu hefur fengist góð mynd af berggrunni og ummyndunarmynstri ofan 1200 m dýpis, en neðar er myndin mun ógleggri. Berggrunnur svæðisins skiptist í þrjár aðalmyndanir.

- 1) Móbergsmýndun, sem er 800-900 m þykk og skiptist í þrjár einingar.
  - 1.1) Efri hluta móbergsmýndunar í efstu 300-350 m sniðsins.
  - 1.2) Basaltmýndun, sem er 100-150 m þykk, skiptir móbergsmýnduninni.
  - 1.3) Neðri hluti móbergsmýndunar, sem er 400-500 m þykkur.
- 2) Basaltmýndunin, sem er a.m.k. 400 m þykk.
- 3) Innskotamýndunin af óþekktri þykkt.

Móbergsmýndanirnar einkennast af þykkum móbergsbreksíum með þynnri basaltlögum á milli. Ummyndun er alls staðar mikil að magni til í þessum bergmyndunum. Basaltmýndanirnar eru byggðar upp af basalt-hraunlögum, sem flest eru allmikið ummyndað. Magn ummyndunar er þó breytilegra í þessum myndunum en í móbergsmýndununum. Talsvert er um innskotslög í báðum þessum myndunum, einkum neðan 500 m dýpis. Tíðni innskotslaga eykst með dýpi. Flest eru innskotin úr basalti en þunn, súr innskot hafa fundist í tveim holanna á 800-900 m dýpi. Á suðurhluta svæðisins er fersklegt basalt, sem örugglega er innskotsberg, ráðandi neðan u.þ.b. 1230 m dýpis. Aðeins ein holanna á þessu svæði er þó dýpri en 1300 m. Eina djúpa holan á norðurhluta svæðisins er talsvert frábrugðin. Þar nær mikið ummyndað basalt niður á um 1700 m dýpi, en tíðni innskota eykst neðan 1000 m. Frá 1700 m dýpi eru ferskleg basalt- og granofýrinnskot ráðandi niður á botn holunnar í 2003 m.

Efnasamsetning basaltlaga í öllum berggrunninum er fremur samleit. Basaltið er þóleít af mjög líkri samsetningu og sprungubasalthraun á yfirborði Kröflusvæðis.

Helstu vatnsæðar í borholunum eru í móbergsmýnduninni og þær stærstu á um 700 m dýpi.

Litlar vatnsæðar eru í basaltmýnduninni og efri hluta innskotamyndunar. Aðeins í dýpstu holunni, KG-4 á norðurhluta svæðisins fékkst góð æð í innskotamynduninni. Var hún neðarlega, nálægt mörkum basalt og granofýr innskotslaga.

Ummyndunarmynstur er, miðað við berghita og dýpi, svipað og fundist hefur á öðrum jarðhitasvæðum hér á landi. Aðalumyndunarbeltin eru þrjú. Eru þau kennd við einkennandi ummyndunarsteindir í hverju belti, en mörkin dregin þar sem ráðandi leirsteind hverfur og ný tekur við. Smektít-zeolítabelti er ráðandi niður á um 200 m dýpi eða berghita um 200°C. Blandlagsleirsteindabelti tekur þá við niður á 350-600 m dýpi. Frá því dýpi tekur við klórít-epidótbelti.

Í innskotamynduninni fara að finnast aftur blandlagsleirsteindir og lághitazeolít. Auk þessa fremur reglubundna ummyndunarmynsturs finnast á ákveðnum dýptarbilum ummyndunarsteindir, sem hafa myndast við mun hærri hita. Oft má sjá, að þær hafa myndast á kostnað fyrri útfellinga úr jarðhitavatninu og þær finnast aðallega nálægt innskotslögum í móbergs- og basaltmyndun. Tilvera þessara háhitaumyndunarsteinda sýnir, að í afmörkuðum rásum hefur yfirhitun getað haldist talsvert lengi áður en konveksjon náði að jafna hitann.

## EFNISYFIRLIT

|       |                                     |      |
|-------|-------------------------------------|------|
| 0     | Ágrip - Helstu niðurstöður          |      |
| 1.    | Inngangur                           | s. 1 |
| 2.    | Einstakar holur                     | " 1  |
| 2.1   | Hola 3                              | " 1  |
| 2.1.1 | Borun                               | " 1  |
| 2.1.2 | Jarðlög                             | " 2  |
| 2.1.3 | Ummýndun                            | " 3  |
| 2.1.4 | Vatnsæðar                           | " 4  |
| 2.2   | Hola 4                              | " 4  |
| 2.2.1 | Borun                               | " 4  |
| 2.2.2 | Jarðlög                             | " 4  |
| 2.2.3 | Ummýndun                            | " 5  |
| 2.2.4 | Háhitaummýndunarsteindir            | " 6  |
| 2.2.5 | Vatnsæðar                           | " 8  |
| 2.3   | Hola 5                              | " 8  |
| 2.3.1 | Borun                               | " 8  |
| 2.3.2 | Jarðlög                             | " 8  |
| 2.3.3 | Kjarnataka                          | " 9  |
| 2.3.4 | Ummýndun                            | " 10 |
| 2.3.5 | Vatnsæðar                           | " 10 |
| 3.    | Efnagreiningar                      | " 11 |
| 3.1   | Efnagreiningar á bergsýnum          | " 11 |
| 3.1.1 | Almennt um efnagreiningarnar        | " 11 |
| 3.1.2 | Bergtegundir                        | " 12 |
| 3.1.3 | Áhrif ummyndunar á efnasamsetningu  | " 13 |
| 3.2   | Efnagreiningar á einstökum steindum | " 15 |
| 4.    | Niðurstöður                         | " 17 |
| 4.1   | Berggrunnur                         | " 17 |
| 4.2   | Ummýndun                            | " 17 |
| 4.3   | Vatnsæðar                           | " 20 |
| 4.4   | Ályktanir                           | " 20 |

## TÖFLUR

1. Skoltöp samkvæmt skráningu bormanna.
2. Poruhluti í bergsýnum úr kjarna frá holu 5.
3. Efnagreiningar á bergsýnum úr holu 4
4. Efnagreiningar á bergsýnum úr holu 3
5. Efnagreiningar á einstökum steindum

## MYNDASKRÁ

|   |                     |
|---|---------------------|
| Jarðlagasnið hola 3                             | fnr. 13228 blöð 1-3 |
| Greining á ummyndunarsteindum í holu 3          | " 13348             |
| Talningar á þunnsneiðum í holu 3                | " 14426             |
| Hitamælingar, hola 3                            | " 13705             |
| Jarðlagasnið, hola 4                            | " 13580 blöð 1-3    |
| Greining á ummyndunarsteindum í holu 4          | " 13543             |
| Talningar á þunnsneiðum í holu 4                | " 14425             |
| Hitamælingar, hola 4                            | " 13706             |
| Jarðlagasnið, hola 5                            | " 13910 blöð 1-2    |
| Greining á ummyndunarsteindum í holu 5          | " 14191             |
| Hitamælingar, hola 5                            | " 13707             |
| Efnasamsetning bergs í holu 4 í Kröflu          |                     |
| Ol - Di - Hy - Oz þríhyrningalínurit            | " 14117             |
| " " " í holu 3                                  | " 14457             |
| Efnasamsetning bergs í holu 4 í Kröflu          |                     |
| Alkali/kísill línurit og AFM þríhyrningslínurit | " 14167             |
| " " " í holu 3                                  | " 14458             |
| Breytingar á efnasamsetningu bergs með dýpi     |                     |
| í holu 4 í Kröflu                               | " 14121 blöð 1-5    |
| Breytingar á efnasamsetningu móbergssýna með    |                     |
| dýpi í holu 4                                   | " 14120             |
| Breytingar á efnasamsetningu basaltsýna með     |                     |
| dýpi í holu 4                                   | " 14119             |
| Samanburður þunnsneiðatalninga og efnagreininga |                     |
| með dýpi í holu 4 í Kröflu                      | " 14113             |
| Breytingar á efnasamsetningu bergs með dýpi     |                     |
| í holu 3.                                       | " 14459 blöð 1-2    |
| Borholur í Kröflu, staðsetning jarðlagasniðs    | " 14305             |
| Jarðlagasnið gegnum holur 1, 2, 3, 4 og 5       |                     |
| í Kröflu  | " 14306             |
| Ummyndunarbelti í jarðlagasniði gegnum holur    |                     |
| 1, 2, 3, 4 og 5 í Kröflu                        | " 14393             |

## 1. INNGANGUR

Skýrsla þessi er samantekt á þeim gögnum, sem nú (júní 1976) liggja fyrir frá jarðlagagreiningum, rannsóknum á ummyndun og efnagreiningum á bergsýnum frá borunum á árinu 1975. Um gang borana hefur verið fjallað í skýrslu um Kröfluboranir í desember 1975 og er því stiklað á stóru um það efni í þessari skýrslu.

Jarðlagasnið og ummyndunarsnið voru gerð því sem næst jafnhliða borunum og hafa því verið tiltæk síðan í haust, þótt þau hafi ekki verið birt í skýrslu fyrr. Í skýrslum og greinargerðum um Kröflu og Kröfluboranir, sem birst hafa í vetur, hefur jarðfræðilegri uppbyggingu svæðisins verið lýst í grófum dráttum. Vegna þess að enn er ekki að fullu lokið öllum þáttum rannsókna á ummyndunarsteindum og úrvinnslu á efnagreiningum ber að skoða þess skýrslu sem áfangaskýrslu. Lýsing á einstökum jarðlögum fylgir sem viðauki með skýrslunni.

Þeir, sem unnið hafa að úrvinnslu gagna í skýrslunni eru, auk Hrefnu Kristmannsdóttur: Guðmundur Ómar Friðleifsson, sem unnið hefur efnagreiningar á öllum bergsýnum úr holu 4, Ásgrímur Guðmundsson hefur talið í þunnsneiðum frá holum 3 og 4. Allar röntgengreiningar voru unnar á röntgenstofu jarðhitadeildar af Hildigunni Þorsteinsdóttur. Guðmundur Ingi Haraldsson gerði poruhlutamælingar á kjarnasýnum. Með í skýrslunni eru niðurstöður á efnagreiningum á bergsýnum úr holu 3, sem Einar Gunnlaugsson hefur unnið í sambandi við doktorsritgerð sína.

## 2. EINSTAKAR HOLUR

### 2.1 Hola 3.

#### 2.1.1 Borun

Hola 3 var boruð á tímabilinu 13. júní til 22. júlí. Holan var fóðruð í 120 m með 340 mm (13 3/8") víðri fóðringu og í 600 m með 244 mm (9 5/8") víðri fóðringu. Holan varð 1724 m djúp.



### 2.1.2 Jarðlög

Jarðlagasnið af holu 3 er á fnr. 13228, blöðum 1-3.

Efstu 180 m sniðsins skiptast á þykkar móbergsbreksiur og þynnri basaltlög. Ummyndun er mikil og er allt upprunalegt gler endurkristallað. Basaltið er einnig allmikið ummyndað, en þunn fersklegri basaltlög finnast einnig.

Á dýptarbilinu 180-300 m skiptast á basaltlög og basaltríkar móbergsbreksiur. Ummyndun er heldur minni en ofar. Á 300-415 m dýpi er þykk myndun af basalhraunlögum. Flest basaltlögin eru úr dílóttu, fremur fínkornóttu basalti, sem er allummyndað og holufyllt. Ummyndun er mismikil í basaltlögunum.

Frá 415 m niður á um 815 m dýpi skiptast á þykkar móbergsbreksiur og þunn basaltlög. Mikil ummyndun er í móberginu og basaltlögunum. Neðan 500 m finnast dreift þunn lög af þéttu, fersku basalti, sennilega innskot. Nálægt sumum þessara laga finnast ummyndunarsteindir myndaðar við mun hærri hita en ríkjandi er á svæðinu.

Neðan 815 m dýpis niður á um 1225 m dýpi, eru ráðandi basaltlög, sum fremur lítið ummyndað en önnur mjög mikið ummyndað. Ekki hafa verið staðsettir margir gangar í þessari basaltmyndun nema rétt efst. Eitt innskotslag úr súru bergi finnst á um 840 m dýpi. Ummyndunarsteindir af sömu gerð og þær sem finnast nálægt þunnum göngum ofar í sniðinu, finnast á nokkrum stöðum neðarlega í mynduninni. Dreifð korn af ferskara basalti finnst einnig í sumum sýnanna.

Frá 1224 m dýpi og niður á 1644 m dýpi er mun ferskara basalt ráðandi berggerð. Ekki sjást nein greinileg lagskipti í þessu fersklega basalti. Epidót og kvars finnast sem sprungufyllingar og sömuleiðis pyrít.

Ummyndun í basaltinu eykst nokkuð með dýpi. Frumsteindirnar plagióklas og pyroxen eru enn eftir í basaltinu, en eru að byrja að ummyndast, aðallega á jöðrum og í sprungum. Ekkert svarf fékkst neðan 1644 m dýpis.

### 2.1.3 Ummyndun

Á fnr. 13348 er sýnd dreifing ummyndunarsteinda í holu 3. Kalsít, kvars og pyríít finnast strax efst í móbergsmyndun, sem útfellingar í glufum og sprungum. Pyríítíð hverfur efst í basaltmyndun, en kalsít og kvars finnast í öllu sniðinu. Zeolítin, heulandít, mordenít og laumontít finnast í efstu 230 m sniðsins bæði í móberginu, sem útfellingar og holufyllingar í basalti. Analsím og/eða wairakít finnast dreift frá 250 m dýpi. Gips fannst í einu sýni alveg efst í holunni. Á svipuðu dýptarbili og zeolít, önnur en analsím/wairakít, hverfa, verða blandlagsleirsteindir ráðandi leirsteindir í stað smektíts, sem finnst efst. Klórít finnst fyrst á um 300 m dýpi og er ráðandi leirsteind neðan 550 m dýpis. Epidót finnst frá um 580 m dýpi. Prenít finnst dreift í neðri hluta sniðsins. Það finnst fyrst á heldur meira dýpi en epidót.

Wollastonít, sennilega monoklín afbrigðið parawollastonít, finnst í afmörkuðum rásum, oftast nálægt innskotum, á 600-900 m dýpi. Það er í þráðlaga allstórum þyrpingum og oft er kalsít og/eða kvars með því. Sum staðar er greinilegt að parawollastonítið hefur vaxið á kostnað þessara steinda. Amfiból er greint í röntgenlínuritum, en hefur aðeins sést í örfáum þunnsneiðum í smáum kornum. Dreifing þess er mjög svipuð og parawollastoníts. Er óvíst hvort myndun þess er háð nálægð við ganga, eða hvort það myndast við jarðhitaummyndunina. Amfiból hefur hingað til ekki fundist í bergi frá öðrum jarðhitasvæðum hér á landi, þótt berg-hitastig sé sambærilegt.

Talið var í um 25 þunnsneiðum úr þessari holu. Niðurstöður talninga eru sýndar á fnr. 14426. Línuritið sýnir hlutfallslegt magn helstu ummyndunarsteinda, en talningar eru heldur fáar til að gefa gott yfirlit.

Af línuritinu sést að zeolít eru allt að 25% bergsins, en hverfa að mestu í 200 m dýpi. Kalsít fyllir allt að 20% bergsins, þar sem mest er af því. Á mótum móbergs og basaltmyndunar minnkar magn þess snögglega og finnst kalsít eftir það aðeins dreift í litlu magni.

Kvars finnst í talsverðu magni bæði í móbergs- og basaltmyndun, en hverfur að mestu í innskotamyndun. Epidót finnst í talsverðu magni í basaltmyndun og magn þess minnkar ekki verulega í innskotamyndun, þar sem það er algeng sprungufylling. Prenítmagn minnkar efst í innskotamyndun, en eykst síðan aftur er neðar dregur.

#### 2.1.4 Vatnsæðar

Í töflu 1 eru sýnd skoltöp samkvæmt skráningu bormanna. Flest skoltöp eru skráð í móbergsmyndun, og eru þau stærstu á mótum basaltlaga og móbergsbreksíu. Stærsta skoltapið í basaltmynduninni varð á mótum basalts og basaltbreksíu. Í innskotamyndun varð algjört skoltap neðarlega í holunni og voru neðstu 80 m boraðir með algjöru tapi. Hitamælingar (fnr. 13705) og síðari prófanir á holunni sýna, að það eru aðallega vatnsæðar á rúmlega 700 m dýpi sem gefa inn í holuna. Botnhitastig er um 260°, en gæti verið truflað af niðurrennsli úr efri æðum.

## 2.2 HOLA 4

### 2.2.1 Borun

Hola 4 var boruð á tímabilinu 4. ágúst til 4. september. Holan var fóðruð í 120 m með 340 mm (13 3/8") fóðringu og í 600 m með 244 mm (9 5/8") fóðringu. Holan varð 2002 m djúp. Óhöpp þau, sem urðu eftir borun þessarar holu hafa verið rakin í öðrum skýrslum og verða ekki rædd hér.

### 2.2.2 Jarðlög

Jarðlagasnið af holu 4 er sýnt á fnr. 13580.

Efst á um 40 m dýpi er túffkennt ummyndað berg. Frá um 42 m niður á 90 m skiptast á lög af blöðróttu, lítið holufylltu basalti með breksíulögum inn á milli. Frá 90 m niður á um 180 m dýpi er túffkennd móbergsbreksía ráðandi berggerð. Mikið er um útfellingar og ummyndun er mikil í glerinu. Á bilinu 180-230 m dýpi er talsvert mikið um basaltlög. Basaltið er aðallega fínkornótt, fersklegt og dökkt á lit.

Neðan 230 m dýpis eru móbergsbreksíur, sums staðar með ívafi af basalti. Ummyndun er talsvert mikil á þessu bili.

Engin sýni fengust frá 288-604 m dýpi. Borhraði gæti bent til að basalt sé ráðandi niður á um 500 m dýpi.

Móbergsbreksíur eru ráðandi berggerð á dýptarbilinu 604-915 m dýpi. Innskotslög eru áberandi á um 650 m dýpi. Þunn basaltlög (1-2 m þykkt) eru algeng í breksíunni sérstaklega neðan 700 m dýpis. Þessi lög eru sennilega innskot. Oft finnast nálægt þeim háhitaummyndunarsteindir, sem ekki eru annars staðar í ummyndaða berginu.

Neðan 915 m dýpis er basalt ráðandi berggerð, yfirleitt allmikið ummyndað. Allmikil blöndun er á svarfi á sumum dýptarbilum, einkum þar sem mikið ber á háhitaummyndun. Eru þau bil greind sem basalt-rík breksía. Svarfið er blanda af mörgum gerðum basalts, stökum frumsteindum og ummyndunarsteindum. Oft eru þar brotkorn af dóleríti, en erfitt er að staðsetja innskotin nákvæmlega. Innskotslögin verða yfirleitt betur afmörkuð í svarfinu neðan 1500 m. Neðan 1700 m er fínkornótt þétt basalt, svipað og neðst í holu 3, ráðandi berggerð. Fyrsta granofýrinnskotið finnst á um 1670 m dýpi og á 1800 - 1920 m dýpi eru súr innskotslög ráðandi berggerð. Neðan 1920 m er fersklegt basalt aftur ráðandi, en í botni holunnar er 8 m þykkt lag af súru bergi.

### 2.2.3 Ummyndun

Dreifing ummyndunarsteinda er sýnd á fnr. 13543.

Kalsít finnst frá því efst í sniðinu og niður á a.m.k. 1800 m dýpi. Neðan 1200 m finnst það dreift og í litlu magni eins og sést á niðurstöðum talninga í þunnsneiðum (fnr. 14425). Kvars finnst í öllu sniðinu, nema rétt efstu 100 m. Pyrít finnst á nær sama dýptarbili og kalsít. Zeolítin, heulandít og mordenít finnst í efstu 200 m sniðsins. Neðan þess dýpis finnst dreift analím og/eða

wairakít. Í örfáum sýnum neðan 100 m finnst fillipsít og sömu-leiðis kabasít. Þessi zeolít hafa ekki fundist ofar í holunni og eru því tæplega flotkorn. Við það hitastig sem ríkjandi er á þessu dýpi er stöðug nýmyndun þessara zeolíta vart hugsanleg. Holufyllingar, sem fyrir væru af þessum zeolítum mundu, a.m.k. í vel gegndræpu bergi, endurkristallast yfir í aðrar steindir. Þessi zeolít finnast í nálægð háhitaummyndunarsteinda, myndaðra í nálægð ganga. Myndun þeirra steinda bendir til að þétt lög séu í grannbergi ganganna. Lághitazeolítin myndast sennilega í gangberginu sjálfu. Ekki hefur unnist tími til að athuga nánar þessar steindir.

Leirsteindir sýna allgreinilega beltaskiptingu miðað við hita og dýpi. Smektít er ráðandi leirsteind niður á 200 m dýpi. Neðan 600 m dýpis er klórít ráðandi. Blandlagsleirsteindir af klóríti/smektít og svellandi klórít finnast á 200-290 m dýpi og aftur á 600-650 m dýpi. Epidót finnst neðan 620 m dýpis og prenit kemur fram á svipuðu dýpi. Amfiból greinist af og til á röntgenlínu-ritum frá tæplega 800 m dýpi niður á 1300 m dýpi og á 1700-1900 m dýpi. Parawollastonít finnst í mörgum sýnum neðan 700 m og dreifni þess er greinilega háð göngum. Granat finnst einnig í allmörgum sýnum í nálægð ganga. "Diopsíð" greindist í einu sýni á 780 m dýpi. Finnst það ásamt granati, parawollastoníti, amfibóli, kalsíti og kvarsi. Ljós glimmer greindist í sumum súru innskotslögunum. Virðist í þunnsneið að þessi steind sé mynduð á kostnað feltspata í berginu.

#### 2.2.4 Háhitaummyndunarsteindir

Í kafla 3.2 aftar í skýrslunni eru sýndar þær efnagreiningar, sem gerðar hafa verið þegar á þessum steindum.

Parawollastonít er monoklín afbrigði af pyroxeníðinu wollastonít  $\text{CaSiO}_3$ . Ekki hafa verið gerðar nákvæmar kristallagrafískar greiningar á þessari steind. Röntgengreiningar benda fremur til að þetta sé parawollastonít afbrigðið, en triklint wollastonít. Ekki er þó unnt að skera úr því með algjöru öryggi nema með röntgenkristallagrafískum athugunum. Ljóseiginleikar þessara tveggja

afbrigða eru of líkir til að unnt sé að greina á milli þeirra með smásjárathugun. Hugsanlega gætu líka bæði afbrigðin hafa myndast. Í þeim sýnum þar sem margar fleiri steindir eru með "wollastonítinu" er ekki hægt að greina á milli afbrigðanna. Þótt þau sýni, þar sem steindin var ein, hafi verið greind fremur sem parawollastonít gæti hugsanlega verið wollastonít í öðrum. Wollastonít myndast, samkvæmt tilraununum, við lágmarkshitastig  $450^{\circ}\text{C}$  (hlutþrýstingur  $\text{CO}_2 = 0$ ) úr kalsíti og kvarsí. Við hækkanði hlutþrýsting af  $\text{CO}_2$  hækkar myndunarhitastig þess ört. Í mörgum svarfsýnanna sést að parawollastonítið hefur myndast á kostnað kvars og kalsítútfellinga. Granatið, sem finnst í holunni, er nær hreint andradít samkvæmt efnagreiningum á örgreini. Röntgengreiningar höfðu sýnt að það var granatgerð í grossular-andradít blandröð. Útreikningur á kantlengd í einingarsellu gáfu  $a = 12,15 \text{ \AA}$ , sem þýðir að strúkturinn er vatnaður. Summa efna í efnagreiningum á örgreini var yfirleitt um 95%, þótt standardar gæfu góða niðurstöðu. Granatið er því hydro-andradít, sem er vatnað kalsíum-járn-silikat. Ekkert er vitað um samsetningu amfibólsins. Það hefur ekki verið efnagreint og korn eru oftast mjög smá og því örðugt að ákveða ljóseiginleika. Röntgengreiningar hafa ekki gefið upplýsingar um samsetningu. Pyroxeninn, sem finnst ásamt þessum steindum, var greindur á röntgen, sem diopsíd, en fyrstu örgreiningar sýna að hann er járnríkur og nær hedenbergíti að samsetningu.

Steindirnar, wollastonít, andradít, amfiból, hedenbergít eru einkennandi fyrir hornblendri-hornfels/K-feltspat cordierít-hornfelsfés í kontaktmyndbreytingu á kalksteini í nálægð basaltganga. Myndun þessara steinda ætti að eiga sér stað við  $520\text{-}600^{\circ}\text{C}$ . (Winkler, 1967). Kalsít-kvars ( $\pm$  pyrít, leirsteindir) útfellingaæðar eru ekki ósvipaðar að samsetningu og kalksteinn og er þetta fyrirbæri því ekki eins einkennilegt og virtist í fyrstu. Það, að merki háhitaummyndunar koma helst í ljós á útfellingaæðum, getur verið vegna þess að þau verða mest áberandi í slíku upprunalegu bergi. Einnig er sennilegt að einmitt þar sem bergið er orðið mest þettað af útfellingum séu aðstæður bestar til að halda yfirhitun nógu lengi til að háhitaummyndun geti orðið.

### 2.2.5 Vatnsæðar

Skoltöp samkvæmt skráningu bormanna eru sýnd í töflu 1. Algjört skoltap varð á um 290 m dýpi og var borað, án þess að skolvatn kæmi upp, niður á fóðrunardýpi í 600 m. Í neðsta hluta móbergsmyndunar og efst í basaltmyndun urðu óveruleg skoltöp. Á um 1130 m dýpi varð algjört skoltap á mörkum breksíu og basalts. Á þessu dýptarbili ber nokkuð á þunnum innskotum og háhitaummyndunarsteindir finnast. Óveruleg skoltöp urðu í innskotamyndun. Helsta skoltap þar, á 1940 m dýpi, ekki langt frá mörkum basalts og granofýrinnskota, mældist 8 l/s. Hitamælingar (fnr. 13706) og hegðun holunnar eftir borun, sýna að þessi neðsta vatnsæð er mjög kraftmikil. Á um 700 m dýpi er einnig æð samkvæmt hitamælingum, sem ekki hefur verið skráð í borun. Vatn það sem nú rennur úr leifum holu 4 er talið komið frá æðum á um 700 m og 290 m dýpi. Berghitastig í þessari holu virðist fylgja suðuferli vatns með dýpi.

### 2.3. HOLA 5

#### 2.3.1 Borun

Hola 5 var boruð á tímabilinu 27. september til 28. október. Holan var fóðruð í 120 m með (13 3/8") 340 mm fóðringu og í 650 m með 244 mm (9 5/8") fóðringu. Holan varð 1299 m djúp.

Í holu 5 var tekinn einn kjarni á 789,6 - 795,6 m dýpi.

#### 2.3.2 Jarðlög

Efstu 250 m sniðsins er ummyndað móberg ráðandi berggerð. Á milli eru þunn basaltlög og bólstrabergsbríkur. Á 250 til 400 m dýpi eru basaltlög ráðandi. Basaltið er yfirleitt allumyndað. Það er oft plagióklasdílótt. Lög af ferskara basalti finnast aðallega á 310 - 340 m dýpi. Frá 400 m dýpi niður á um 500 m dýpi er móberg ráðandi berggerð. Lög af fersklegu, dökku basalti finnast á 450-460 m dýpi. Frá um 500 m niður á 666 m dýpi skiptast á basaltlög, móberg og basaltríkar breksíur. Á þessu dýptarbili eru fersk basaltlög, sem

sennilega eru gangar, áberandi. Móbergið er allmikið ummyndað á þessu bili. Á 660-790 m dýpi er móberg með nokkrum þunnum basaltlögum. Flest basaltlaganna eru fremur ferskleg. Á 790-880 m dýpi eru eingöngu basaltlög. Basaltið er talsvert ummyndað, en þunn lög af ferskara basalti eru á milli. Á 880-900 m dýpi er lag af ummyndaðri móbergsbreksíu. Neðan við það er 10 m þykkt lag af súru fremur fínkornóttu bergi, sem er sennilega gangur. Frá um 910 m dýpi og í botn holunnar er basalt ráðandi. Basaltið er yfirleitt talsvert mikið ummyndað. Nokkuð ber á innskotslögum. Á um 1130-1170 m dýpi og í neðstu 80 m holunnar er fersklegt, fínkornótt basalt mjög líkt basaltinu neðan 1220 m í holu 3.

### 2.3.3 Kjarnataka

Úr þeim 4 holum, sem boraðar höfðu verið í október, hafði aðeins fengist einn kjarni. Var hann af 540 m dýpi í holu 2. Æskilegt hefði verið að fá annan kjarna neðar úr móbergsmynduninni og 1-2 kjarna úr basaltmynduninni og nokkra úr innskotamyndun. Reiknað hafði verið með í áætlun um boranir að taka 1-2 kjarna úr hverri holu, en af því varð ekki. Hóla 5 átti ekki að verða nema 1300 m djúp og tiltæk kjarnatökutæki voru aðeins talin nothæf í fremur mjúku bergi. Var því sjálfgert að taka kjarna úr neðri hluta móbergsmyndunar. Auk þess að gefa upplýsingar um poruhluta var vonast til að fá úr kjarna fyllri upplýsingar um ummyndun í móbergsmyndun. Í holu 1 og 3 höfðu fundist neðarlega í móbergsmyndun og í basaltmyndun merki háhitaummyndunar vegna áhrifa innskota á fyrri útfellingar. Flest þessara innskota eru þunn og erfitt að staðsetja þau nákvæmlega. Var við ákvörðun kjarnatökustaðar tekið mið af því að reyna að hitta á gangasveim með samanburði við greiningar á holum 1 og 3 og greiningar á svarfinu úr holu 5 jafnóðum og boraðir voru síðustu 100 m niður á kjarnatökudýpið. Ekki var talið mjög líklegt að hitta á slíkt þunnt innskot, en þó það tækist ekki fengjast upplýsingar um poruhluta og strúktúr í neðrihluta móbergsmyndunar.

Kjarninn var tekinn nálægt mótum móbergs- og basaltmyndunar á 789,5 - 795,5 m dýpi. Kjarninn er 2,1 m langur og vantar því



í hann um 4 m. Greinilegar eyður eru á fimm stöðum í kjarnanum. Svo virðist sem linustu lögin hafi skolast út í borun. Kjarninn er allur úr móbergsbreksíu, nema neðstu 40 cm, sem eru úr þéttu allumynduðu basalti. Lausir molar af frauðkenndara basalti komu upp neðst í kjarnakörfunni ásamt molum af þéttu basalti. Í fremur ummyndaða basaltinu nálægt botni sést vottur af háhitaummyndunarsteindum, en mörkin við basaltið sjást ekki. Hafa þau væntanlega verið lin og ósamleit og því skolast út í borun. Poruhluti, mældur í kjarnanum, er sýndur í töflu 2. Poruhluti er í móberginu 14-17%. Er það mjög í samræmi við það, sem búist er við fyrir þá berggerð, og heildarporuhluti og opnar porur eru af svipaðri stærðargráðu. Í þetta basaltinu er poruhluti um 5%, sem er mjög lágt og af þeirri stærðargráðu, sem búist væri við í þéttu basalti eða innskotslagi.

#### 2.3.4 Ummyndun

Dreifing ummyndunarsteinda er sýnd á fnr. 14191.

Zeolítin, mordenít og stilbít finnast í efstu 150 m holunnar. Stilbít, sem greint var í 690 m dýpi, gæti verið flotkorn. Analsím/wairakít finnast frá um 60 m dýpi niður á um 900 m dýpi. Pýrít og kalsít finnast frá efstu metrum sniðsins. Kalsít finnast alveg niður á botn, en pýrít hverfur að mestu neðan 900 m og finnast ekki í innskotamynduninni. Kvars er ekki áberandi fyrr en á um 200 m dýpi og finnast alveg í botn sniðsins. Epidót finnast fyrst á um 750 m dýpi og er samfelld niður í innskotamyndun. Þar finnast það einnig, en í minna magni og aðallega í æðum og sprungufyllingum. Smektít er ráðandi leirsteind efst í sniðinu, niður á tæplega 200 m dýpi. Blandlagsleirsteindir finnast fyrst á um 140 m dýpi. Klórít er ráðandi frá um 600 m dýpi. Í innskotamyndun finnast í einu sýni svellandi klórít ásamt venjulegu klóríti. Parawollastonít finnast í nokkrum sýnum og sömuleiðis amfiból.

#### 2.3.5 Vatnsæðar

Skoltöp samkvæmt skráningu bormanna eru sýnd í töflu 1. Algjört skoltap varð á tveim stöðum ofan fóðringar. Mjög óveruleg skoltöp urðu eftir það. Holan hefur líka reynst nánast þurr. Botnhiti í holu 5 er 300°C. Berghiti fylgir sennilega suðuferli.

### 3. Efnagreiningar

#### 3.1. Efnagreiningar á bergsýnum

##### 3.1.1 Almennt um efnagreiningarnar

Einar Gunnlaugsson gerði, í sambandi við doktorsritgerð sína, heildarefnagreiningar á um 14 svarfsýnum úr holu 3 í Kröflu. Niðurstöður þessara greininga eru með í þessari skýrslu. Í þessari holu fékkst svarf nær samfellt niður á 1640 m dýpi.

Úr holu 4 efnagreindi Guðmundur Ó. Friðleifsson um 30 bergsýni. Sýni voru þar valin af öllum helstu berggerðum. Sýni vantar þó í þessari holu úr neðri hluta móbergsmýndunar. Sýnin voru einnig valin með tilliti til þess, að mismikið ummyndað berg af sömu berggerð væri greint. Tilgangur efnagreininga var tvíþættur:

- 1) að greina breytileika í berggerðum í sniðinu og
- 2) athuga hvort einhver áhrif ummyndunar væru merkjanleg í magni aðalefna.

Fyrri athuganir hafa sýnt að jafnvel ummyndun, sem hefur í för með sér endurkristöllum 60-80% af berginu veldur lítilli og oft ekki mælanlegri breytingu á aðalefnum í bergsýnunum. Þeir efnaflutningar, sem verða yfir lengri fjarlægðir á aðalefnum, eru smávægilegir miðað við heildarmagn aðalefna í berginu. Af aðalefnum hafa það helst verið Si, Mg og alkalimálmarnir, sem hafa í afmörkuðum beltum sýnt nokkrar breytingar.

Á Kröflusvæðinu hafa áður verið efnagreind nokkur basaltsýni úr holu 1. Sýndu þau nokkurn, en þó smávægilegan efnaflutning á aðalefnum. Á vissum dýptarbilum, sérstaklega í móbergsmýndun, er steindasamsetning þannig að ástæða er til að ætla að verulegur efnaflutningur hafi átt sér stað. Berghitastig á svæðinu er mjög hátt og ástæða er til að ætla að allmikil útskolun hafi átt sér stað a.m.k. í móbergsmýndun og hlutum af basaltmyndun.

Sum sporefni, eins og t.d. Rb og Sr, sýna mun skarpari breytingar vegna ummyndunar. Ekki er enn búið að greina sporefni í sýnunum, en það verður gert síðar. Greining aðalefna í helstu berggerðum er hins begar nauðsynlegur grundvöllur fyrir sporefngreiningar.

### 3.1.2 Bergtegundir

Efnasamsetning basalts á Kröflusvæðinu er vel þekkt frá rannsóknum Karls Grönvolds á þessu svæði. Í stórum dráttum má skipta basalti á svæðinu í tvo flokka: sprunguhraun, sem eru mjög samleit að samsetningu og dyngjuhraun, sem eru fremur ósamleit vegna diffrunar. Sem dæmi um efnasamsetningu hvers flokks eru sýndar efnagreiningar af tveim hraunum úr hvorum flokki í töflu 3. Í þeirri töflu eru einnig sýndar niðurstöður efnagreininga á sýnum úr holu 4. Efnagreiningar á sýnum úr holu 3 eru í töflu 4. Ef litið er á basalt-sýni eingöngu er efnasamsetning þeirra mjög samleit neðan 800 m dýpis þ.e. í hinni svokölluðu basaltmyndun. Eru basalhraunlög in öll þóleít. Basaltinnskot í innskotamyndun hafa mjög svipaða samsetningu og basalhraunin í basaltmynduninni. Basaltlög úr móbergssmynduninni hafa mun breytilegri samsetningu. Vötnun eykst er ofar dregur í staflanum og alkálíinnihald lækkar. Talsverðar sveiflur eru einnig í Al, Mg og Ca, en Ti er fremur stöðugt.

Móbergssýnin sýna talsverðan breytileika. Vötnun er mikil, en mjög breytileg að magni. Talsverðar sveiflur eru í Al, Ca, Mg og alkálímálmum. MgO er í öllum sýnum nema tveim, álíka hátt eða lægra en í sprungubasaltinu. Innihald af alkálímálmum er talsvert breytilegt.

Á fnr. 14117 er sýnt Hy - Ol - Qz - Ne línurit af efnagreiningum úr holu 4 og á fnr. 14457 er tilsvandi línurit af efnagreiningum úr holu 3. Efnagreiningar af 2 sprungubasalhraunum og einu dyngjuhrauni frá svæðinu eru sýndar með til samanburðar.

Af línuritunum sést að séu notuð gildi án leiðréttingar á  $Fe_2O_3/FeO$  hlutfalli fyrir oxunaráhrifum, eru allar efnagreiningar kvars normatívar. Sé leiðrétt fyrir oxunaráhrifum eru efnagreiningar ýmist ólivín eða kvars normatívar og flokkast nálægt markalínunni.

Á fnr. 14167 og 14458 er sýnt AFM og alkálí-kísillínurit af efnagreiningum úr holu 4 og 3. Á línuritunum eru einnig sýndar sömu þrjár efnagreiningar og fyrr af hraunum á svæðinu. AFM línuritið sýnir að breytileiki þóleítsins er lítill og samsetning þess

svipuð og í sprungubasalthraunum á yfirborði. Alkalí-kísillínu-ritið sýnir að alkaliinnihald í ummyndaða berginu er yfirleitt lágt og lægra en í yfirborðshraununum.

Basalthraunlög í basaltmyndun og basaltinnskot í innskotamyndun hafa því mjög svipaða samsetningu og sprungubasalthraunin á yfirborði svæðisins.

Niðurstöður efnagreininga benda fremur til, að basalthraunlög í móbergsmýnduninni og einnig móbergið, að undanteknum 1-2 sýnum, sé, eins og basalt í basaltmyndun og basaltinnskotum, einnig upprunalega þóleitt af svipaðri samsetningu og sprungubasaltið á yfirborði svæðisins.

Auk basíks bergs (hrauna og móbergs) finnst súrt berg á svæðinu. Þrjár efnagreiningar eru til af súra berginu. Kísilinnihald er allbreytilegt 65,4 - 74,3%. Í því sýni, sem lægst kísilinnihald hefur, er sennilega einhver blöndun við basalt, en ekki er yfir 10% basalt í sýninu. Hæsta kísilinnihald gefur sýni, sem skilið var frá blöndu af basalti og súru bergi. Þetta sýni er sennilega með eitthvað af kvarsríkum útfellingum úr sprungum, sem hækka hlutfallslega kísilmagnið.

### 3.1.3 Áhrif ummyndunar á efnasamsetningu

#### Hola 4.

Á fnr. 14121 er sýnd breyting á magni aðalefna með dýpi ásamt jarðlagasniði af holunni. Á fnr. 14120 eru sýndar breytingar á efnasamsetningu móbergssýna með dýpi í holu 4 og á fnr. 14119 eru sýndar breytingar á efnasamsetningu basaltsýna með dýpi í holunni. Vötnun er mest áberandi breytingin og veldur hún stærstu sveiflunum í aðalefnum. Reikul efni eru í miklu magni í móberginu og einnig í basaltsýnum í móbergsmýndun, en í basaltinu neðar í holunni er magn þeirra mun minna. Allmiklar sveiflur eru í kísilinnihaldi, einkum í móbergsmýndun. Séu bornar saman efnagreiningar og magn ummyndunarsteinda í sniðinu (fnr. 14113) sést greinilegt sambengi á milli kísilríkra sýna og sýna með miklum kvarsútfellingum.

Innihald af alkalímálmum er fremur lágt, sérstaklega efstu 200 - 300 m sniðsins. Er það mun lægra en meðalsamsetning sprungubasalt-hrauna á yfirborði svæðisins. Lægst innihald af alkalímálmum fellur saman við smektít-zeolítaummyndunarbeltið.

Kalsíummagn er yfirleitt fremur stöðugt í basaltinu (hraunum og móbergi), en nokkrar stórar sveiflur koma þó fram ofarlega í sniðinu. Magn þess lækkar heldur í ferska basaltinu.

Magnesium sýnir talsverðar sveiflur í móbergsmýndun, en er fremur stöðugt í basaltmýndun, Magnesium er hæst í smektít-zeolítabelti, og gæti það verið afleiðing ummyndunar, en einnig er mögulegt að breytileiki í upprunalegri samsetningu sé orsök þessa háa magnesium magns.

Oxun eykst upp á við í sniðinu.

### Hola 3

Á fnr. 14459 er sýnt magn aðalefna með dýpi.

Talsverðar sveiflur eru á kísilinnihaldi, einkum efst. Þegar leiðrétt hefur verið fyrir innihaldi af reikulum efnum, er kísilinnihald að jafnaði hærra í móberginu efst í holunni, en í basaltinu fyrir neðan. Reikul efni eru í miklu magni í móberginu, en í basaltinu undir eru þau í minna magni. Brennisteinn sýnir sömu dreifingu. Þegar komið er niður í ferska basaltið á botni holunnar lækkar brennisteinn enn og eru þá litlar breytingar á honum. Magnið í ferska basaltinu neðst í holunni er álíka og á öðrum háhitasvæðum. Kalsíum sýnir nokkrar stórar sveiflur, en er annars tiltölulega stöðugt í móbergs- og basaltmýndun. Magn þess lækkar í ferska basaltinu. Á um 450 m dýpi er kalsíum mun hærra en í sýnum fyrir ofan og neðan. Á sama dýpi er jafnframt mikil aukning á reikulum efnum, sem er þá að nokkru leyti CO<sub>2</sub>. Talningar í þunnsneiðum (sjá fnr. 14426) sýna aukningu kalsíts á sama dýptarbili. Oxun eykst upp á við. Magnesium sýnir aukningu með dýpi í móbergs og basaltmýndun. Í ferska basaltinu lækkar magnesium og helst síðan nokkuð stöðugt.

Innihald af alkalímálmum eykst með dýpi og sveiflur minnka þegar komið er niður í ferska basaltið.

Efnagreiningar á aðalefnum sýna að ferska basaltið er frábrugðið hinum bergmyndunum. Sveiflur þar á milli sýna eru mun minni.

Helsti munur á niðurstöðum efnagreininga á sýnum úr holu 3 og 4 eru breytingar í magnesíuminnihaldi. Sýni voru ekki efnagreind úr efsta hluta holu 3. Ummýndaða basaltið í holu 4 sýnir ekki aukningu á magnesíum, en innihald magnesíums er svipað í öllum basaltsýnum og í því ferska í holu 3.

Sveiflur á efnasamsetningu í móbergsmýndun virðast tengdar ummyndun. Ummýndun er meiri að magni til í móbergsmýndun en í basaltmýndun og þar sjást áhrif hennar í breytingum á magni aðalefna.

Ef upprunaleg samsetning móbergsins hefur verið svipuð og sprungubasaltsins, eru efnaflutningar heldur meiri en áður hefur sést við greiningar á ummynduðu bergi frá öðrum jarðhitasvæðum t.d. á Reykjanesi.

Niðurstöður efnagreininga á basalti úr holu 1 í Kröflu bentu til tiltölulega lítils efnaflutnings aðalefna. Þó kom fram greinileg aukning í kísli í sumum sýnanna og breytingar í innihaldi alkálímálma og magnesíums miðað við þóleít frá svæðinu í kring. Engin móbergssýni voru greind úr þeirri holu.

Breytileiki efnainnihalds í basaltsýnum efst í holu 4 er talsverður. Er þessi breytileiki af svipaðri stærðargráðu og í basaltsýnum úr holu 1.

Breytileiki í samsetningu basaltsýna í holunni í basaltmýnduninni, neðan 900 m dýpis, er mjög lítil. Efnasamsetning basaltsins er mjög svipuð og sprungubasalhrauna á yfirborði. Samsetning fersklegu basaltsýnanna úr innskotamyndun er einnig samleit og mjög lík samsetningu basaltsýna úr basaltmýndun.

### 3.2 Efnagreiningar á einstökum steindum

Í vor hafa verið gerðar nokkrar efnagreiningar á örgreini á einstökum steindum í bergi frá borholunum í Kröflu. Flestar greiningarnar eru af háhitaummyndunarsteindum, en einnig hafa verið greindar frumsteindir í berginu.

Áætlað er að gera fleiri örgreiningar. Verður m.a. reynt að greina zeolít og leirsteindir, en greining slíkra vatnaðra steinda er talsverðum tæknilegum örðugleikum bundin. Mikilvægt væri að fá a.m.k. hlutföll á milli helstu efna í steindunum þótt ekki fengjust heildar-efnagreiningar.

Greiningar á frumsteindum voru gerðar til að staðfesta eða athuga betur einstök atriði frá öðrum greiningum og verður ekki fjölyrt um þær hér.

Nokkrar af greiningunum af háhitasteindunum eru sýndar í töflu 5. Summur greininganna eru yfirleitt of lágar, en það getur stafað af vötnun. Standardisering gaf góðar summur í þessum keyrslum. Ber þó að líta á þessar greiningar sem frumniðurstöður.

Parawollastonítið er nær hreint  $\text{CaSiO}_3$  og aðeins spor eru af öðrum efnunum. Venjulega er wollastonít nær hreint  $\text{CaSiO}_3$ , en þó geta orðið talsverð skipti á Fe og Mn og Ca. Járnríkt wollastonít getur t.d. myndast við kontakt-myndbreytingu á óhreinum kalksteini.

Af greiningum á pyroxeninu, sem finnst með parawollastonítinu og granatinu, oft í kalsíti, eru þrjár svipaðar. Eru þær af pyroxen í díopsíd-hedenbergítblandröðinni og samsetning er Fe 0,3 - 0,5 Mg 0,5 - 0,7  $\text{CaSi}_2\text{O}_6$ .

Ein greiningin sker sig úr og er af hreinu  $\text{FeCaSi}_2\text{O}_6$ . Finnast báðar gerðir í sama sýni.

Pyroxen hefur myndast í útfellingaæðum og í ummynduðu móbergi. Mismunandi samsetning hans gæti endurspeglad mismunandi samsetningu á því bergi, sem "bakaðist" við mörkin. Það háa hitastig, sem var við mörkin við innskotslagið hefur varað tiltölulega stutt og því ekki að vænta að neitt jafnvægisástand næðist.

Greiningar á granati eru allar fremur svipaðar og sýna að það er nær hreint andradít. Mælingar á kantlengd einingarsellu bentu til vatnaðs strúktúrs og óvenjulág summa allra greininga (94-98%) bendir til hins sama.

#### 4. NIÐURSTÖÐUR

##### 4.1 Berggrunnur

Á fnr. 14393 er sýnt jarðlagasnið gegnum holur 1, 3, 5 og 2 og er holu 4 varpað inn á sniðið. Sniðið liggur næstum því norður-suður (um 6° til V). Kort af svæðinu, þar sem merkt er inn staðsetning allra borhola og lega sniðsins, er á fnr. 14305. Jarðlagasniðið gefur allgóða heildarmynd af jarðlögum ofan 1300 m dýpis. Neðan 1300 m er sniðið nánast einfaldað jarðlagasnið af holum 3 og 4. Á milli þessara hola eru um 660 m. Þar sem jarðlagaskipan neðan 1300 m er allólík í holunum er ekki um neina tengingu að ræða á milli þeirra á þessu stigi. Eins og sniðið sýnir er eðlilegt að skipta berggrunni svæðisins í þrjár aðalmyndanir. Móbergsmýndun, sem nær niður á 800-900 m dýpi. Í henni skiptast á þykk móbergslög og þunn basaltlög. Allsamfelld syrpa 100-150 m þykk af basaltlögum skiptir þessari myndun. Talsvert ber á innskotslögum í móbergsmýnduninni neðan 500 m dýpis. Helstu gangasveimarnir virðast vera á 500-600 m dýpi og 700-800 m dýpi. Hola 2, nyrst á svæðinu, fellur ekki vel inn í þessa mynd af svæðinu neðan 600 m. Basalt er þar ráðandi á 600-760 m dýpi. Basaltmyndunin tekur við neðan móbergsmýndunarinnar. Er sú myndun yfir 400 m þykk. Í basaltmyndun er talsvert um innskotslög. Basaltinnskot eru ráðandi, en örfá þunn innskot úr súru bergi finnast líka. Neðsta bergmyndunin er nefnd innskotamyndun. Á suðurhluta svæðisins (holur 3 og 5) verður ferskt basalt ráðandi á 1200-1300 m dýpi. Tíðni ganga eykst á þessu dýpi í holu 4, en innskotslög verða ekki ráðandi fyrr en á um 1700 m dýpi.

Basalt í berggrunninum, bæði hraunlög, móberg og innskotslög, er nær eingöngu þóleít af líkri samsetningu og sprungubasalthraun á yfirborði Kröflusvæðis.

##### 4.2 Ummyndun

Ummyndun er mikil að magni til í móbergsmýnduninni. Í basaltmyndun er einnig mikil ummyndun, þótt hún sé heldur minni en í móbergsmýndun. Í innskotamyndun er bergið yfirleitt mun ferskara, en sprungur eru fylltar af jarðhitaútfellingum. Berghiti á svæðinu er talinn fylgja



að mestu suðuhita vatns miðað við dýpi. Þau ummyndunarbelti, sem fást fram í sniðinu, eru sýnd í grófum dráttum á fnr. 14393. Smektít-zeolítabelti nær í öllum holunum niður á um 200 m dýpi. Neðri mörk þess eru talin vera við berghita um 200°C.

Blandlagsleirsteindabelti, sem einkennist af því dýptarbili, sem breyting leirsteinda frá smektíti yfir í klórít á sér stað, er nokkuð misþykkt. Klórít-epidótbelti tekur því við á mismiklu dýpi í holunum. Efri mörk þess eru dregin þar sem klórít verður ríkjandi leirsteind. Berghiti á þeim mörkum er talinn vera um 230-260°C. Epidót finnst yfirleitt samfelld á háhitasvæðum við heldur hærri berghita, 260 - 270°C.

Yfirlitsmyndin yfir ummyndunarbelti í berggrunni Kröflusvæðis sýnir að efri mörk klórít-epidótbeltis liggja nokkuð misdjúpt. Þau falla þó innan hitastigsmarkanna 230-260°C, sé miðað við að berghiti fylgi nærfelld suðumarksferli vatns með dýpi. Epidót kemur fram 50-200 m neðan þessara marka. Klórít-epidótbelti er talið ná niður á það mesta dýpi sem borað hefur verið í. Dreifing amfibóls í holu 1 í Kröflu benti til, að sennilega mætti marka nýtt ummyndunarbelti með amfibóli, sem leiðisteind. Greiningar á holum 3 og 4, sem eru mun dýpri, hafa ekki staðfest þá tilgátu. Er dreifing þessarar steindar mjög óregluleg og virðist einna helst fylgja gangasveimum.

Í innskotamyndun finnast stöku sinnum blandlagsleirsteindir og jafnvel lághitazeolít. Þessi truflun í ummyndunarbeltaskiptingu með dýpi stafar sennilega af því hversu ung og ógegndræp sum af innskotslög-unum eru. Sams konar truflun í beltaskiptingu kom fram í innskotslög-unum neðan 1450 m dýpis í holu 5 á Nesjavöllum.

Ummyndunarsteindir, myndaðar við mun hærri hita en ríkjandi berghita, finnast í nálægð gangasveima í berggrunninum. Mest áberandi eru þessar steindir við ganga í móbergs og basaltmyndun, en finnast þó einnig í innskotamyndun, einkum í holu 4. Oft má sjá, að þær eru myndaðar á kostnað fyrri jarðhitaútfellinga. Samanburður við rannsóknastofu-niðurstöður um myndun og stöðugleika steindanna sýnir að þær eru

sennilega myndaðar við 500-600°C. Hitastig við jaðra 2 m þykks basaltinnskots, sem er 1200°C heitt, hækkar um 665°C (sbr. Jaeger, 1957) og hækun á hitastigi um 600°C helst í um 1 mánuð. Um 1 m frá gangnum hækkar hitastigið um 370°C eftir u.þ.b. 1 mánuð og helst hitastigið á þeirri stærðargráðu talsvert lengi, ef ekki er vatnsrennsli í berginu. Þessir útreikningar byggjast á að varmi flytjist eingöngu með varmaleiðni í berginu og gilda því ekki ef um vatnsrennsli er að ræða.

Þar sem steindirnar eru, í a.m.k. mörgum tilfellum, myndaðar á kostnað fyrri jarðhitaútfellinga hafa þær örugglega myndast eftir að jarðhitakerfið varð virkt. Þær hefðu auk þess sennilega eyðst ef þær væru eldri en það. Gangarnir eru auk þess margir ferskir að sjá og sumir eru örugglega mjög nýlegir. Aðstæður, sem þrátt fyrir vatnskerfið, leyfðu hækun hitastigs upp fyrir suðumark vatns á viðkomandi dýpi, hljóta að vera mjög þétt jarðlög á vissum dýptarbilum. Annars myndi verða hringrás, sem jafnaði berghitann fljótlega. Að slíkar aðstæður séu fyrir hendi í berggrunnum undir Kröflusvæðinu benda m.a. hinir mörgu sprengigígar, sem þar finnast, til.

Ástæðan til þess að háhitaummyndunarsteindirnar finnast í minna magni í sjálfri innskotamynduninni en kringum gangasveima í móbergs- og basaltmyndun er sú, að þar eru innskotslögin orðin nær einráð í berginu og nær ekkert er þar af upprunaefni þeirra háhitasteinda, sem eru mest áberandi ofar.

#### 4.3 Vatnsæðar

Í töflu 1 eru sýnd öll skoltöp, sem bormenn hafa skráð við borun hola 3, 4 og 5. Staðsetning skoltapa í öllum holum, sem boraðar hafa verið, eru merkt inn á sniðið á fnr. 14306. Algjört skoltap er merkt með pílu, en minni töp með breiðu striki. Helstu skoltöp hafa orðið á norðurhluta svæðisins í efri hluta móbergsmýndunar nálægt mörkum við þykku basaltsyrpuna. Á suðurhluta svæðisins er mun minna um skoltöp á þessu bili. Algjört skoltap varð þó í holu 3 við neðri mörk basaltsyrpunnar og móbergsins. Í holu 5 urðu einu stóru skoltöpin á 520-580 m dýpi í móbergsmýndun, við mörk móbergs og fersks basalts, sennilega innskota. Öll þessi skoltöp eru ofan vinnslufóðringar í vinnsluholum. Bæði á suðurhluta og norðurhluta svæðisins urðu skoltöp í neðri hluta móbergsmýndunarinnar. Í holu 3 eru aðalæðarnar á þessu dýpi. Einnig virðist talsverður hluti af núverandi rennsli úr holu 4 koma af þessu dýptarbili. Á svipuðu dýptarbili eru þunnir basaltgangar algengir og gætu vatnsæðarnar verið tengdar mörkum þeirra við móbergið.

Á suðurhluta svæðisins (holu 3) hafa æðarnar í neðri hluta móbergsmýndunar slappast mjög eftir eldgosið eða a.m.k. nú á fyrri hluta þessa árs. Á norðurhluta svæðisins virðast æðar á þessu dýpi, og einnig ofar í móbergsmýndun hins vegar vera mjög kraftmiklar.

Í basaltmýndun var ekki mikið um skoltöp. Algjört skoltap varð þó á 1000 m dýpi í holu 3 og 1130 m dýpi í holu 4, en þaðan fæst lítið sem ekkert vatn. Í innskotamýndun eru nær engin skoltöp efst. Í holu 3 varð algjört skoltap neðarlega í holunni, en ekki hefur fengist neitt úr æðum þar. Í holu 4 varð skoltap, 8 l/s, á 1940 m dýpi í fersku basaltinnskoti ekki langt frá mörkum við granofýr. Reyndist þetta síðar vera mjög kraftmikil æð.

#### 4.4 Alyktun

Af þeim gögnum, sem fram hafa komið í þessari skýrslu, niðurstöðum fyrri borana, hitamælingum og niðurstöðum prófana og athugana á holum og rannsóknum á efnasamsetningu vatns og breytingar á henni

sbr. fyrri skýrslur og skýrslu Gests Gíslasonar og Stefáns Arnórssonar, sem kemur út nú næstu daga, virðist mega draga eftirfarandi ályktanir:

- 1) Yfir öllu svæðinu frá holu 1 til holu 2 er 800-900 m þykk vel gegndræp jarðmyndun, móbergsmýndunin, og eru vatnsæðar í neðri hluta hennar, e.ð.v. tengdar gangasveimum.
- 2) Undir þessari myndun er mun þéttari bergmyndun, basaltmyndunin, sem minna er um vatnsæðar í. Ummyndun bendir þó til talsverðrar gegndræpni og rennslis jarðhitavatns í þessari myndun.
- 3) Neðsta bergmyndunin, innskotamyndunin er mjög þétt og lítið gegndræp. Vatnsrennsli þar er sennilega meira takmarkað við ákveðin belti.
- 4) Aðaluppstreymi af svæðinu er sennilega í norðurhluta þess, en í efri gegndræpari jarðmyndunum breiðist heita vatnið meira út. Þó ber þess að gæta að ekki hafa verið boraðar eins djúpar holur á suðurhluta svæðisins og á norðurhluta þess. Auk niðurstaða frá breytingum á rennsli og efnasamsetningu vatns styður einnig meiri ummyndun í dýpri jarðlögum, ásamt kraftmiklu æðinni í granofýr/basalt innskotastaflanum, í holu 4 þessa ályktun.

HEIMILDASKRÁ

1. Krafla. Skýrsla um niðurstöður rannsóknaborana 1974. Febrúar 1975. Kristján Sæmundsson, Stefán Arnórsson, Karl Ragnars, Hrefna Kristmannsdóttir, Gestur Gíslason.
2. Jarðlög og ummyndun í borholu 1 og 2 í Kröflu. Júní 1975. Hrefna Kristmannsdóttir.
3. Krafla - niðurstöður vinnsluborana 1975 - horfur um gufuöflun. Desember 1975. Stefán Arnórsson, Karl Ragnars, Kristján Sæmundsson.
4. Framvinduskýrsla um breytingar á rennsli og efnainnihaldi í borholum 3 og 4 í Kröflu. Júní 1976. Stefán Arnórsson, Gestur Gíslason.
5. Jaeger, J.C., 1957. Amer, J.Sci. 255, 306-318.
6. Winkler, H.G.F. 1967. Petrogenesis of Metamorphic Rocks. 1-237. Springer, Berlin.

TAFLA 1

Skoltöp samkvæmt skráningu bormanna.

| <u>Hola 3</u> |     | <u>Hola 4</u> |     | <u>Hola 5</u> |     |
|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|
| dýpi í m      | l/s | dýpi í m      | l/s | dýpi í m      | l/s |
| 110           | ~2  | 146           | <2  | 518           | >40 |
| 396           | >40 | 290           | >40 | 581           | >40 |
| 652           | 1   | 645           | 3   | 764           | 2   |
| 750           | >40 | 814           | 2   | 886           | 1   |
| 810           | >40 | 900           | 2   | 942           | 3   |
| 854           | 5   | 1000          | 6   | 1220          | 2   |
| 1000          | >40 | 1132          | >40 | 1299          | 3   |
| 1373          | 2   | 1228          | 10  |               |     |
| 1452          | 1   | 1354          | 2   |               |     |
| 1533          | 2   | 1660          | 2   |               |     |
| 1538          | >40 | 1790          | 1   |               |     |
| 1603          | 5   | 1940          | 8   |               |     |
| 1620          | >40 |               |     |               |     |
| 1648          | >40 |               |     |               |     |

TAFLA 2

Poruhlutamælingar í bergsýnum úr kjarna á 789,5 - 795,5 m dýpi.

| fjarlægð frá<br>efri mörkum<br>kjarna í m | Berggerð       | Eðlisþyngd<br>bergs í g/cm <sup>3</sup> | Poruhluti í % |                  |
|---|----------------|---|---------------|------------------|
|   |                |   | opnar porur   | Heildarporuhluti |
| 0,1                                       | móbergsbreksía | 2,64                                    | (19)          | 16               |
| 0,9                                       | - " -          | 2,75                                    | 15            | 15               |
| 1,20                                      | - " -          | 2,73                                    | 17            | 17               |
| 1,6                                       | - " -          | 2,69                                    | (17)          | 14               |
| 1,85                                      | basalt         | 2,82                                    | 5             | 5                |
| 2,0                                       | basalt         | 2,92                                    | 2             | 4                |

TAFLA 3

## Efnagreiningar á bergsýnum úr holu 4

|                                | 46 m   | 76 m   | 132 m  | 176 m | 218 m | 272 m | 622 m | 630 m |
|--------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 40,47  | 45,98  | 43,10  | 44,10 | 41,83 | 48,40 | 45,24 | 52,76 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,00  | 14,41  | 12,32  | 11,20 | 12,66 | 13,65 | 13,37 | 12,62 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,09   | 1,33   | 1,07   | 1,14  | 1,24  | 1,62  | 1,54  | 1,78  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 7,17   | 7,05   | 3,69   | 3,90  | 6,43  | 6,20  | 2,30  | 3,61  |
| FeO                            | 6,21   | 4,83   | 5,52   | 7,13  | 5,03  | 6,21  | 11,27 | 8,39  |
| MnO                            | 0,24   | 0,12   | 0,19   | 0,16  | 0,16  | 0,19  | 0,21  | 0,17  |
| MgO                            | 6,63   | 5,28   | 6,65   | 7,94  | 9,14  | 5,35  | 4,97  | 2,71  |
| CaO                            | 11,14  | 7,36   | 10,69  | 11,96 | 10,74 | 11,21 | 11,72 | 8,80  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,24   | 0,74   | 0,59   | 0,74  | 1,05  | 1,95  | 1,35  | 1,41  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,11   | 0,16   | 0,15   | 0,22  | 0,12  | 0,37  | 0,16  | 0,42  |
| H <sub>2</sub> O               | 12,05  | 11,64  | 11,68  | 8,44  | 8,39  | 4,08  | 4,62  | 4,95  |
| Glæðitap                       | 2,30   | 1,44   | 4,42   | 3,04  | 1,43  | 0,39  | 1,82  | 0,76  |
| Σ                              | 100,65 | 100,34 | 100,03 | 99,97 | 98,22 | 99,62 | 98,57 | 98,38 |
| QZ                             | 1,12   | 11,60  | 6,22   | 1,62  | 0,00  | 2,14  | 1,67  | 17,14 |
| OR                             | 0,75   | 1,08   | 1,05   | 1,46  | 0,80  | 2,29  | 1,02  | 2,67  |
| AB                             | 2,35   | 7,17   | 5,94   | 7,07  | 10,05 | 17,34 | 12,39 | 12,87 |
| AN                             | 39,47  | 40,71  | 36,36  | 30,04 | 33,34 | 28,79 | 32,50 | 28,98 |
| WO                             | 10,25  | 0,47   | 11,19  | 15,45 | 11,24 | 12,38 | 12,77 | 7,56  |
| EN                             | 4,76   | 0,20   | 6,06   | 8,33  | 6,41  | 5,44  | 5,04  | 2,23  |
| FS                             | 5,38   | 0,26   | 4,74   | 6,59  | 4,34  | 6,90  | 7,87  | 5,65  |
| EN                             | 14,36  | 14,85  | 13,66  | 14,00 | 11,21 | 8,55  | 8,38  | 5,04  |
| FS                             | 16,24  | 18,59  | 10,70  | 11,06 | 7,59  | 10,84 | 13,08 | 12,74 |
| FO                             | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 5,65  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| FA                             | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  | 4,24  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| MT                             | 2,18   | 1,39   | 1,23   | 1,53  | 1,78  | 1,49  | 1,92  | 1,07  |
| IM                             | 2,39   | 2,89   | 2,42   | 2,44  | 2,66  | 3,23  | 3,17  | 3,64  |
| Σ                              | 99,31  | 99,26  | 99,63  | 99,66 | 99,36 | 99,44 | 99,88 | 99,65 |

Norm gefin vatnslaus og Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO leiðrétt skv. FMQ-Buffer.



|                                | 660 m | 776 m | 810 m | 876 m | 994 m | 1084 m | 1120 m | 1200 m |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46,99 | 48,36 | 48,60 | 49,93 | 49,30 | 55,79  | 49,88  | 48,38  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,96 | 14,13 | 13,52 | 14,73 | 14,19 | 15,56  | 13,65  | 13,04  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,92  | 1,53  | 1,31  | 1,45  | 1,33  | 1,54   | 2,04   | 1,86   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,54  | 3,50  | 2,90  | 3,93  | 3,81  | 4,27   | 5,96   | 5,48   |
| FeO                            | 7,36  | 9,24  | 9,66  | 8,51  | 8,16  | 8,71   | 9,15   | 9,59   |
| MnO                            | 0,22  | 0,20  | 0,21  | 0,20  | 0,19  | 0,20   | 0,24   | 0,23   |
| MgO                            | 7,19  | 5,70  | 6,57  | 3,77  | 6,43  | 6,88   | 5,39   | 5,18   |
| CaO                            | 12,39 | 11,52 | 12,45 | 10,66 | 12,56 | 13,67  | 11,26  | 11,23  |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,43  | 2,09  | 1,82  | 1,80  | 1,79  | 2,25   | 2,06   | 1,78   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,16  | 0,42  | 0,17  | 0,60  | 0,18  | 0,40   | 0,31   | 0,21   |
| H <sub>2</sub> O               | 2,35  | 3,14  | 2,36  | 3,39  | 1,70  | 2,53   | 2,22   | 1,89   |
| Glæðitap                       |       |       |       |       | 0,26  |        |        | 0,40   |
| Σ                              | 99,51 | 99,83 | 99,57 | 98,97 | 99,90 | 111,80 | 102,16 | 99,27  |
| QZ                             | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 5,71  | 0,93  | 1,09   | 1,39   | 2,20   |
| OR                             | 0,97  | 2,56  | 1,03  | 3,70  | 1,08  | 2,16   | 1,83   | 1,27   |
| AB                             | 12,45 | 18,29 | 15,84 | 15,93 | 15,46 | 17,42  | 17,44  | 15,53  |
| AN                             | 29,30 | 28,88 | 29,02 | 31,74 | 30,78 | 28,53  | 27,09  | 27,80  |
| WO                             | 14,18 | 12,61 | 14,40 | 9,84  | 13,70 | 14,00  | 12,02  | 12,37  |
| EN                             | 6,87  | 5,56  | 6,76  | 3,48  | 6,55  | 6,67   | 4,79   | 4,79   |
| FS                             | 7,07  | 7,02  | 7,48  | 6,60  | 6,95  | 7,13   | 7,35   | 7,75   |
| EN                             | 10,63 | 8,34  | 9,86  | 6,33  | 9,79  | 9,00   | 8,63   | 8,50   |
| FS                             | 10,95 | 10,53 | 10,91 | 12,00 | 10,37 | 9,62   | 13,23  | 13,75  |
| FO                             | 0,64  | 0,53  | 0,14  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| FA                             | 0,73  | 0,75  | 0,17  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MT                             | 1,88  | 1,62  | 1,59  | 1,41  | 1,47  | 1,37   | 1,84   | 1,90   |
| IM                             | 3,75  | 3,00  | 2,55  | 2,88  | 2,57  | 2,67   | 3,87   | 3,64   |
| Σ                              | 99,45 | 99,74 | 99,81 | 99,67 | 99,71 | 99,70  | 99,52  | 99,56  |

|                                | 1202 m | 1224 m | 1390 m | 1518 m | 1584 m | 1670 m | 1782 m | 1830 m |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 46,84  | 48,63  | 47,74  | 48,60  | 48,78  | 65,44  | 50,89  | 68,72  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,94  | 13,26  | 13,17  | 13,62  | 14,13  | 12,69  | 13,11  | 12,71  |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,88   | 1,41   | 1,78   | 1,79   | 1,58   | 1,01   | 2,01   | 1,03   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,63   | 5,02   | 6,47   | 5,59   | 5,56   | 4,26   | 6,14   | 3,82   |
| FeO                            | 8,05   | 7,52   | 8,39   | 8,69   | 8,21   | 3,22   | 10,12  | 3,27   |
| MnO                            | 0,22   | 0,20   | 0,22   | 0,22   | 0,21   | 0,15   | 0,24   | 0,11   |
| MgO                            | 5,43   | 0,14   | 5,70   | 5,95   | 6,51   | 1,70   | 5,41   | 3,01   |
| CaO                            | 10,02  | 11,53  | 10,66  | 11,39  | 11,94  | 4,30   | 9,66   | 3,90   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,51   | 2,19   | 2,20   | 2,16   | 2,08   | 3,13   | 2,21   | 3,42   |
| K <sub>2</sub> O               | 0,28   | 0,46   | 0,27   | 0,32   | 0,26   | 1,58   | 0,51   | 1,78   |
| H <sub>2</sub> O               | 2,87   | 2,55   | 1,70   | 1,69   | 1,90   | 0,70   | 0,20   | 0,50   |
| Glæðitap                       |        |        | 0,14   |        |        | 0,14   |        |        |
| Σ                              | 97,67  | 98,91  | 98,44  | 100,02 | 101,16 | 98,32  | 100,50 | 101,77 |
| QZ                             | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 26,20  | 2,10   | 25,13  |
| OR                             | 1,74   | 2,82   | 1,65   | 1,92   | 1,54   | 9,57   | 3,00   | 10,83  |
| AB                             | 22,40  | 19,23  | 19,27  | 18,58  | 17,73  | 27,16  | 18,64  | 28,43  |
| AN                             | 24,48  | 25,93  | 26,15  | 26,97  | 28,66  | 16,32  | 24,27  | 13,82  |
| WO                             | 11,66  | 13,95  | 11,93  | 12,73  | 12,94  | 2,32   | 9,81   | 2,16   |
| EN                             | 4,75   | 6,42   | 4,92   | 5,48   | 5,90   | 0,67   | 3,72   | 0,91   |
| FS                             | 7,00   | 7,40   | 7,08   | 7,25   | 6,94   | 1,75   | 6,25   | 1,25   |
| EN                             | 6,60   | 7,97   | 8,52   | 8,04   | 7,52   | 3,66   | 9,70   | 6,44   |
| FS                             | 9,73   | 9,18   | 12,24  | 10,62  | 8,84   | 9,55   | 16,28  | 8,85   |
| FO                             | 2,02   | 1,01   | 0,86   | 1,07   | 2,02   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| FA                             | 3,29   | 1,30   | 1,38   | 1,57   | 2,63   | 0,00   | 0,00   | 0,00   |
| MT                             | 1,93   | 1,54   | 1,92   | 1,82   | 1,76   | 0,32   | 1,89   | 0,28   |
| IM                             | 3,76   | 2,77   | 3,49   | 3,45   | 3,02   | 1,96   | 3,80   | 1,95   |
| Σ                              | 99,42  | 99,58  | 99,45  | 99,55  | 99,55  | 99,54  | 99,51  | 99,60  |

|                                | 1886 m | 1904 m | 1940 m | 2000A<br>m | 2000B<br>m | 2000C<br>m | Gesafjöll<br>Dyngja | Sprunguhraun<br>NAM 510 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|------------|------------|------------|---------------------|-------------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 50,49  | 68,79  | 48,75  | 63,02      | 48,35      | 74,28      | 45,9                | 50,27                   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10,01  | 12,19  | 13,71  | 13,59      | 14,59      | 13,27      | 13,9                | 13,42                   |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,51   | 0,85   | 1,94   | 1,08       | 1,49       | 0,76       | 1,6                 | 2,10                    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 6,53   | 1,75   | 10,05  | 4,73       | 7,36       | 3,90       | 13,0                | 16,44                   |
| FeO                            | 7,89   | 2,35   | 8,05   | 3,70       | 6,09       | 0,46       |                     |                         |
| MnO                            | 0,23   | 0,03   | 0,23   | 0,13       | 0,20       | 0,06       | 0,20                | 0,24                    |
| MgO                            | 5,78   | 1,04   | 6,63   | 3,94       | 7,54       | 0,89       | 12,90               | 5,55                    |
| CaO                            | 10,20  | 3,52   | 11,48  | 6,20       | 11,31      | 2,30       | 11,10               | 10,30                   |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,59   | 3,85   | 2,05   | 3,07       | 2,33       | 3,86       | 1,8                 | 2,33                    |
| K <sub>2</sub> O               | 0,72   | 1,08   | 0,24   | 1,33       | 0,31       | 2,06       | 0,17                | 0,33                    |
| H <sub>2</sub> O               | 0,12   | 0,83   | 0,07   | 0,46       |            |            |                     |                         |
| Glæðitap                       | 0,35   | 0,40   | 0,10   |            |            |            |                     |                         |
| Σ                              | 96,42  | 96,68  | 103,30 | 101,25     | 99,57      | 101,84     |                     |                         |
| QZ                             | 0,83   | 33,06  | 0,00   | 17,62      | 0,00       | 34,29      | 0,00                | 1,17                    |
| OR                             | 4,43   | 6,68   | 1,37   | 7,79       | 1,83       | 11,95      | 0,99                | 1,93                    |
| AB                             | 22,84  | 34,13  | 16,82  | 25,77      | 19,80      | 32,07      | 15,14               | 19,52                   |
| AN                             | 14,13  | 13,39  | 26,66  | 19,22      | 28,55      | 11,20      | 29,17               | 24,93                   |
| WO                             | 16,11  | 2,04   | 11,97  | 4,71       | 11,60      | 0,00       | 10,67               | 10,71                   |
| EN                             | 6,66   | 0,66   | 4,85   | 2,09       | 5,76       | 0,00       | 6,68                | 4,30                    |
| FS                             | 9,55   | 1,44   | 7,16   | 2,60       | 5,60       | 0,00       | 3,33                | 6,51                    |
| EN                             | 8,33   | 2,04   | 6,11   | 7,64       | 4,97       | 2,17       | 1,21                | 9,38                    |
| FS                             | 11,95  | 4,46   | 9,01   | 9,53       | 4,84       | 5,83       | 0,60                | 14,18                   |
| FO                             | 0,00   | 0,00   | 3,51   | 0,00       | 5,66       | 0,00       | 16,75               | 0,00                    |
| FA                             | 0,00   | 0,00   | 5,74   | 0,00       | 6,11       | 0,00       | 9,27                | 0,00                    |
| MT                             | 1,57   | 0,12   | 2,42   | 0,47       | 1,74       | 0,11       | 1,84                | 1,87                    |
| IM                             | 2,98   | 1,69   | 3,57   | 2,03       | 2,84       | 1,41       | 3,02                | 3,94                    |
| Σ                              | 99,42  | 99,77  | 99,17  | 99,53      | 99,35      | 99,07      | 98,75               | 98,49                   |

## Efnagreiningar úr holu 3

|                                | 258 m  | 358 m | 458 m | 558 m | 668 m | 780 m | 858 m | 960 m | 1058 m | 1158 m | 1258 m | 1358 m | 1458 m | 1558 m | N 121 |
|--------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 50,84  | 48,22 | 41,43 | 46,64 | 47,59 | 48,56 | 51,44 | 49,71 | 47,29  | 49,12  | 48,78  | 46,47  | 47,74  | 48,00  | 50,28 |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 12,21  | 13,66 | 12,31 | 11,93 | 12,12 | 13,42 | 12,93 | 13,81 | 13,01  | 13,53  | 12,82  | 11,83  | 12,74  | 12,91  | 13,46 |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,29   | 2,88  | 1,03  | 2,08  | 1,32  | 1,57  | 1,36  | 2,01  | 2,32   | 1,93   | 2,83   | 3,99   | 2,30   | 2,18   | 2,19  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,56   | 3,66  | 5,56  | 4,38  | 6,33  | 3,48  | 2,00  | 2,87  | 2,96   | 2,69   | 4,15   | 5,02   | 3,22   | 3,29   | 1,22  |
| FeO                            | 7,80   | 9,67  | 3,16  | 7,48  | 5,80  | 7,80  | 8,38  | 9,16  | 9,92   | 9,12   | 10,97  | 12,26  | 10,61  | 10,25  | 13,15 |
| MnO                            | 0,21   | 0,21  | 0,14  | 0,19  | 0,16  | 0,20  | 0,21  | 0,22  | 0,23   | 0,21   | 0,25   | 0,29   | 0,24   | 0,24   | 0,25  |
| MgO                            | 4,73   | 3,32  | 4,07  | 3,78  | 4,80  | 5,34  | 5,05  | 6,09  | 6,75   | 6,69   | 5,01   | 4,83   | 5,24   | 5,39   | 5,42  |
| CaO                            | 9,76   | 9,35  | 15,33 | 10,42 | 10,54 | 11,47 | 10,80 | 12,00 | 12,12  | 12,00  | 9,80   | 9,38   | 10,23  | 10,38  | 9,90  |
| Na <sub>2</sub> O              | 2,04   | 2,83  | 0,46  | 1,29  | 1,68  | 2,01  | 1,90  | 2,47  | 2,06   | 2,19   | 2,50   | 2,33   | 2,45   | 2,45   | 2,94  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,36   | 0,69  | 0,25  | 0,54  | 0,28  | 0,52  | 0,65  | 0,31  | 0,21   | 0,31   | 0,49   | 0,44   | 0,36   | 0,39   | 0,45  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,38   | 0,40  | 0,28  | 0,48  | 0,26  | 0,30  | 0,30  | 0,27  | 0,29   | 0,25   | 0,32   | 0,36   | 0,32   | 0,31   | 0,32  |
| reikul efni                    | 6,00   | 4,93  | 14,70 | 8,52  | 7,40  | 4,46  | 3,40  | 0,37  | 1,93   | 2,71   | 2,32   | 2,29   | 3,77   | 3,87   | 0,00  |
| Σ                              | 100,18 | 99,82 | 98,72 | 97,73 | 98,28 | 99,13 | 98,42 | 99,29 | 99,09  | 100,75 | 100,24 | 99,49  | 99,22  | 99,66  | 99,63 |
| QZ                             | 11,92  | 5,06  | 15,05 | 12,22 | 11,66 | 5,17  | 8,39  | 1,76  | 0,65   | 1,68   | 4,28   | 4,39   | 2,70   | 2,60   | 0,00  |
| OR                             | 2,12   | 4,07  | 1,47  | 3,19  | 1,65  | 3,07  | 3,84  | 1,83  | 1,24   | 1,83   | 2,89   | 2,60   | 2,12   | 2,30   | 2,69  |
| AB                             | 17,26  | 23,94 | 3,89  | 10,91 | 14,21 | 17,00 | 16,07 | 20,90 | 17,43  | 18,53  | 21,15  | 19,71  | 20,73  | 20,73  | 24,91 |
| AN                             | 23,09  | 22,53 | 30,78 | 25,16 | 24,70 | 26,05 | 24,83 | 25,67 | 25,63  | 26,17  | 22,31  | 20,52  | 22,70  | 23,07  | 22,18 |
| WO                             | 9,63   | 8,97  | 6,48  | 9,89  | 10,87 | 12,13 | 11,26 | 13,47 | 13,68  | 13,31  | 10,19  | 9,97   | 10,92  | 11,10  | 10,45 |
| EN                             | 5,49   | 3,96  | 5,60  | 5,45  | 7,67  | 6,86  | 5,66  | 7,37  | 7,58   | 7,49   | 4,99   | 4,84   | 5,28   | 5,53   | 4,25  |
| FS                             | 3,72   | 4,97  | 0,00  | 4,07  | 2,27  | 4,76  | 5,35  | 5,61  | 5,58   | 5,27   | 5,01   | 4,96   | 5,45   | 5,33   | 6,29  |
| EN                             | 6,28   | 4,29  | 4,53  | 3,96  | 4,27  | 6,43  | 6,91  | 7,79  | 9,22   | 9,16   | 7,47   | 7,18   | 7,76   | 7,88   | 8,07  |
| FS                             | 4,26   | 5,39  | 0,00  | 2,96  | 1,26  | 4,46  | 6,53  | 5,92  | 6,78   | 6,45   | 7,49   | 7,35   | 8,01   | 7,61   | 11,94 |
| FO                             | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,82  |
| FA                             | 0,00   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 1,35  |
| MT                             | 5,16   | 5,30  | 7,65  | 6,35  | 9,17  | 5,04  | 2,89  | 4,16  | 4,29   | 3,90   | 6,01   | 7,27   | 4,66   | 4,77   | 1,77  |
| IM                             | 4,34   | 5,46  | 1,95  | 3,95  | 2,50  | 2,98  | 2,58  | 3,81  | 4,40   | 3,66   | 5,37   | 7,57   | 4,36   | 4,14   | 4,16  |
| HM                             | 0,00   | 0,00  | 0,27  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00   | 0,00  |
| AP                             | 0,83   | 0,87  | 0,61  | 1,05  | 0,56  | 0,65  | 0,65  | 0,59  | 0,63   | 0,54   | 0,70   | 0,78   | 0,70   | 0,67   | 0,70  |
| VN                             | 5,99   | 4,92  | 14,69 | 8,51  | 7,39  | 4,45  | 3,39  | 0,36  | 1,92   | 2,70   | 2,31   | 2,28   | 3,76   | 3,87   | 0,00  |
| Σ                              | 100,16 | 99,81 | 93,03 | 97,71 | 98,26 | 99,12 | 98,40 | 99,28 | 99,09  | 100,74 | 100,23 | 99,48  | 99,21  | 99,65  | 99,62 |
| Afgangs Cao                    |        |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        | 3,13  |

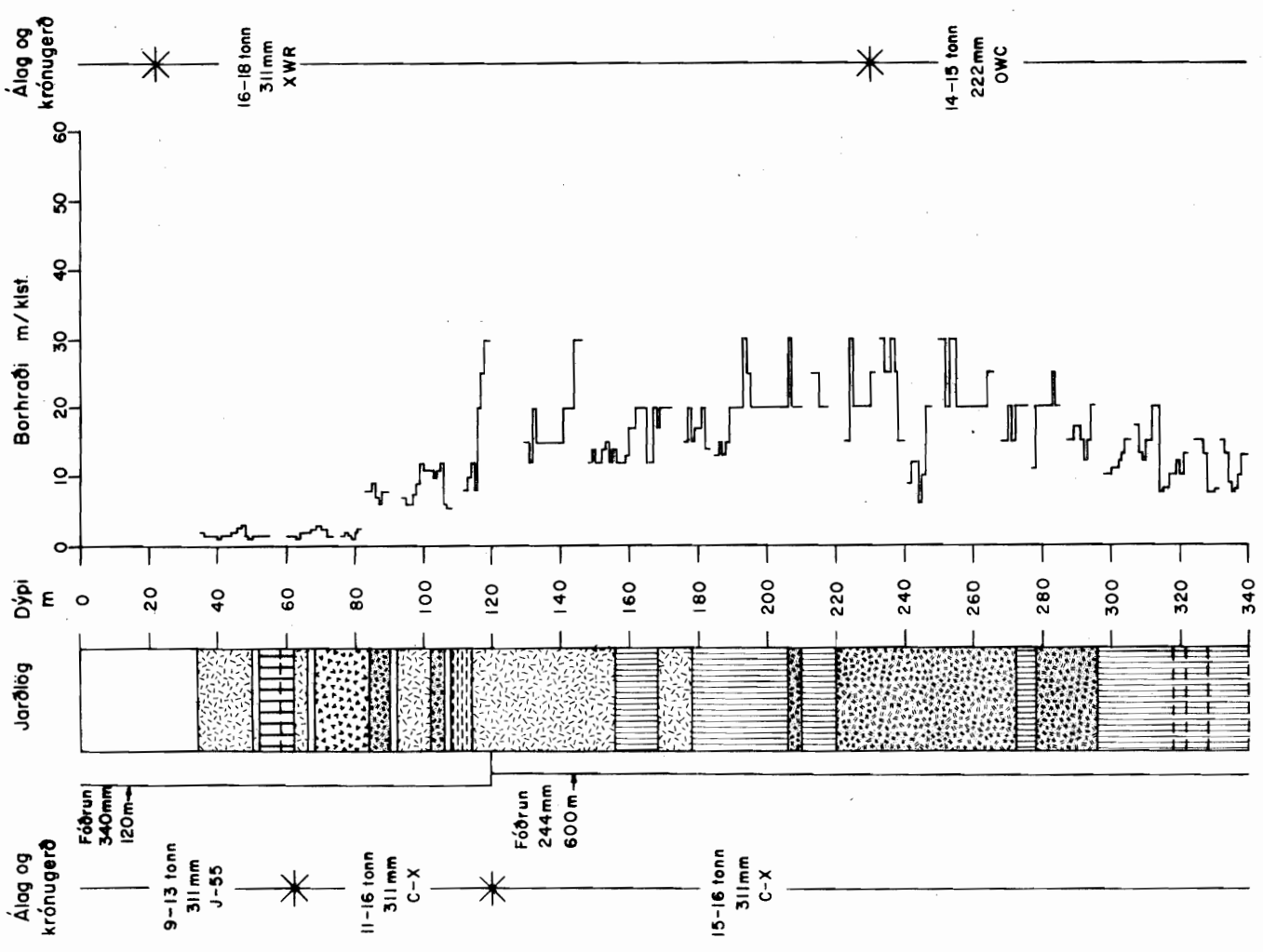
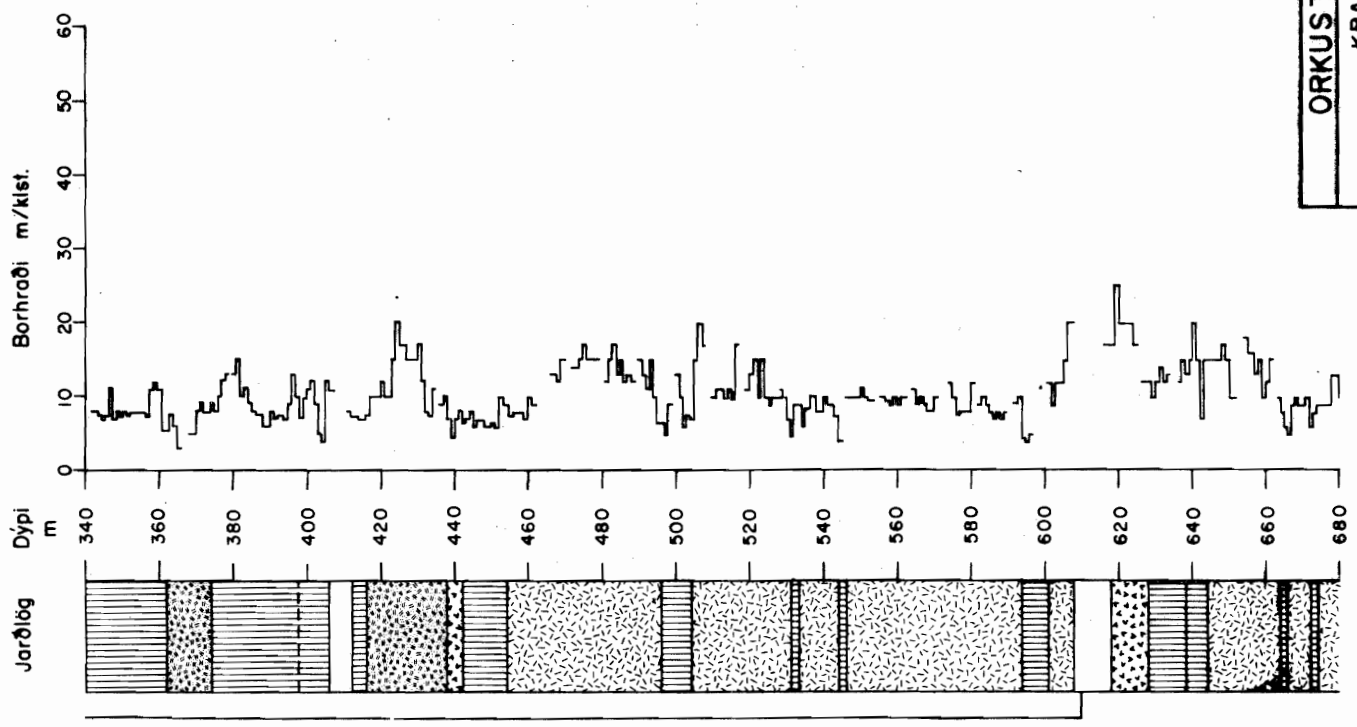
\* Vatnslaus, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO skv. FMQ-Buffer.

TAFLA 5

## EFNAGREININGAR Á UMMYNDUNARSTEINDUM

|                                | Paravollastonít |       | Pyroxen |       |       |       |
|--------------------------------|-----------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 51,78           | 49,83 | 47,4    | 49,96 | 51,2  | 50,98 |
| TiO <sub>2</sub>               | -               | 0,01  | -       | 0,02  | 0,01  | 0,01  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,05            | 0,1   | 0,01    | 1,53  | 2,03  | 0,75  |
| FeO                            | 0,03            | 0,25  | 7,0     | 15,09 | 16,97 | 14,81 |
| MnO                            | -               | 0,19  | 1,26    | 0,46  | 0,92  | 0,45  |
| MgO                            | 0,04            | 0,01  | -       | 6,87  | 5,81  | 5,63  |
| CaO                            | 49,13           | 46,8  | 21,88   | 23,12 | 23,28 | 23,15 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,01            | 0,02  | 0,13    | 0,22  | 0,54  | 0,19  |
| K <sub>2</sub> O               | -               | 0,02  | -       | 0,01  | 0,1   | 0,01  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | -               | 0,02  | -       | -     | -     | 0,01  |
|                                | 101,04          | 97,36 | 97,67   | 97,3  | 101,0 | 96,0  |

|                                | Granat |       |       |
|--------------------------------|--------|-------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 34,1   | 34,85 | 36,18 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,13   | 0,56  | -     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,1    | 0,01  | 2,56  |
| FeO                            | 27,69  | 27,52 | 25,55 |
| MnO                            | 0,11   | 0,11  | 0,09  |
| MgO                            | 0,15   | -     | 0,09  |
| CaO                            | 32,75  | 33,2  | 33,3  |
| Na <sub>2</sub> O              | -      | -     | -     |
| K <sub>2</sub> O               | 0,01   | -     | 0,01  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | -      | -     | -     |
|                                | 95,06  | 96,25 | 97,78 |



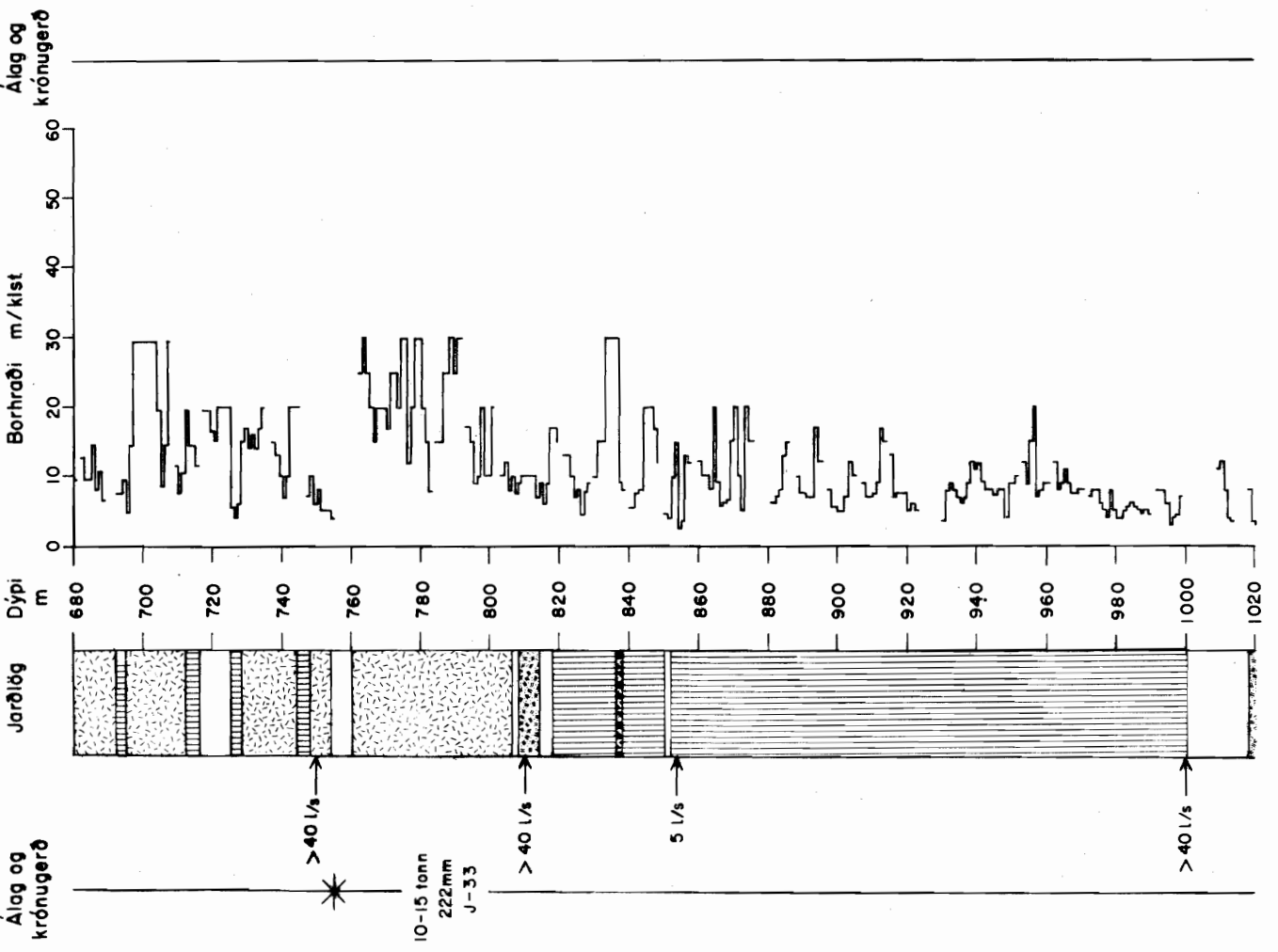
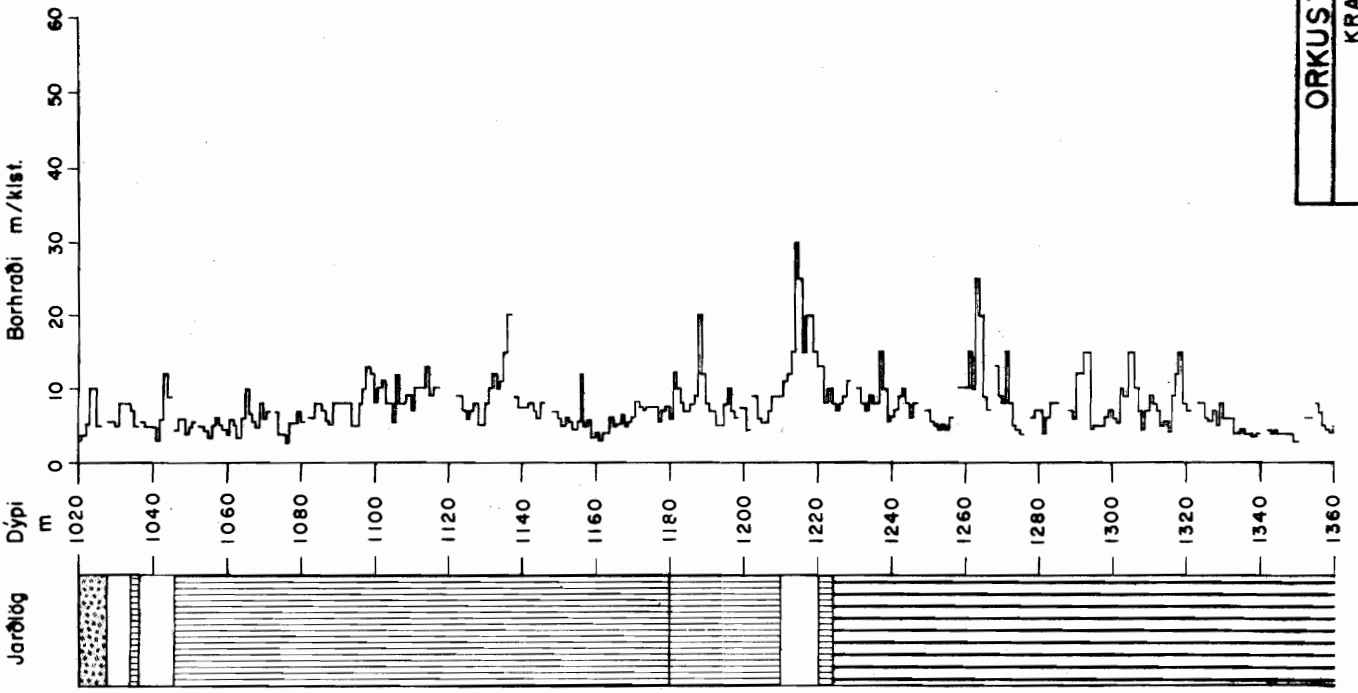
ORKUSTOFNUN

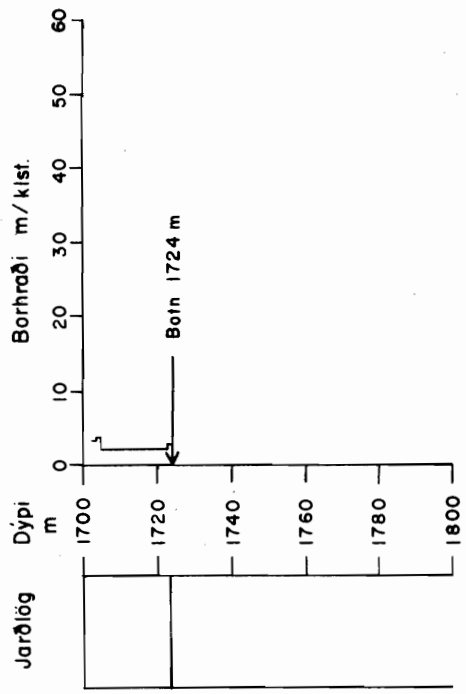
KRAFLA

Jarðlagasnið KG-3

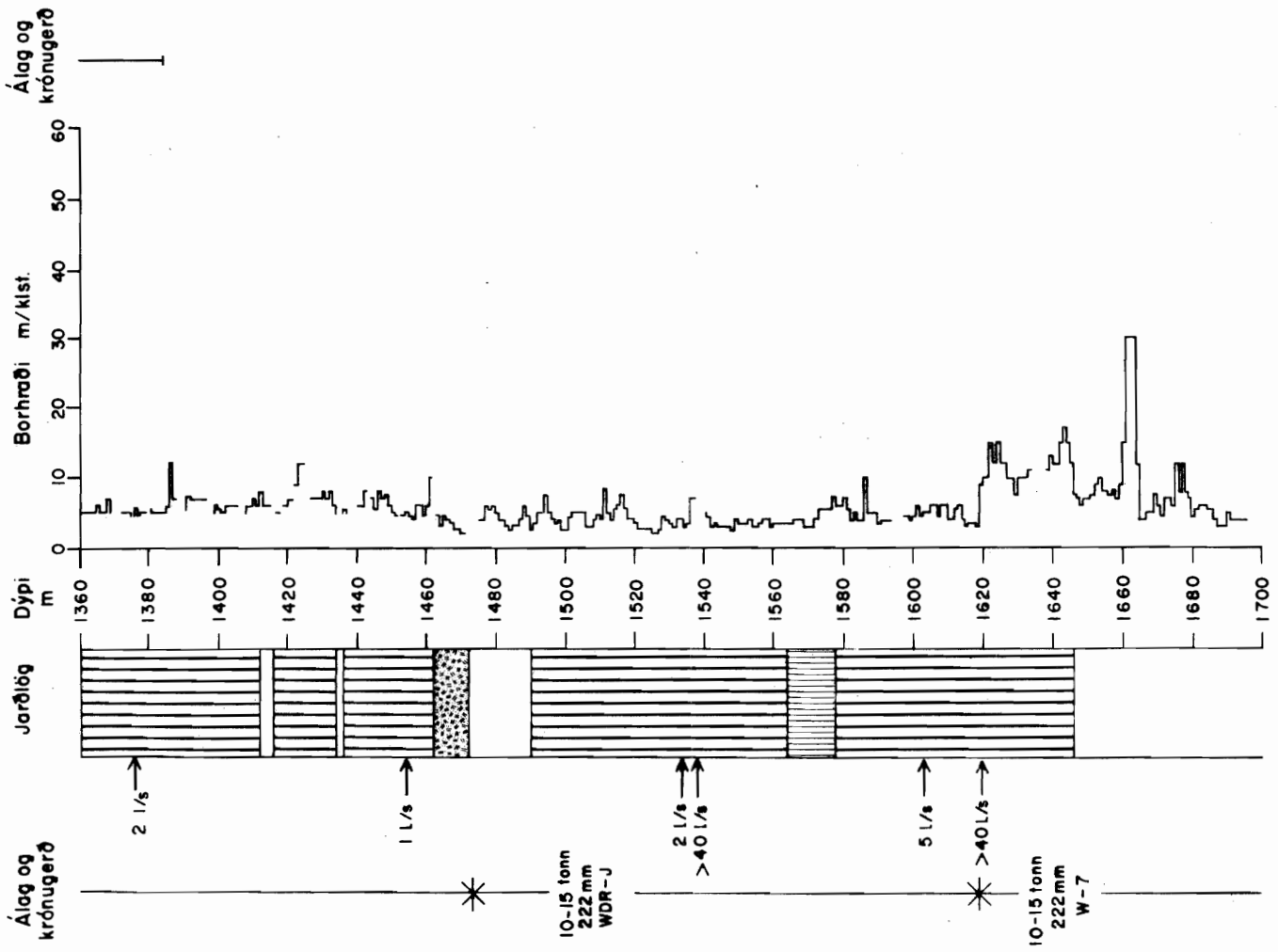
13.8.1975 HK/0966 Tr. 46  
Bl. 2 af 3 J-Krafía

Fnr. 13228



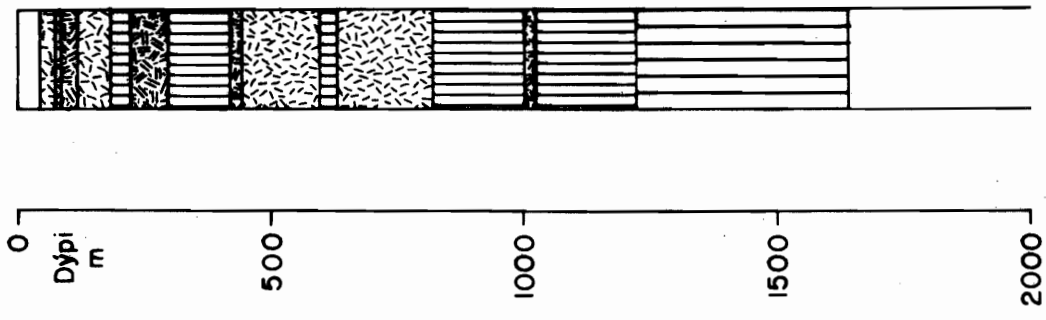


- SKÝRINGAR:
- Mýndbreytt basalt
  - Ferskt basalt
  - Móbergbreksía
  - Túff
  - Basaltrik breksía
  - Túffkennt set
  - Vantar svart
  - Granofyr
  - Lagskipti

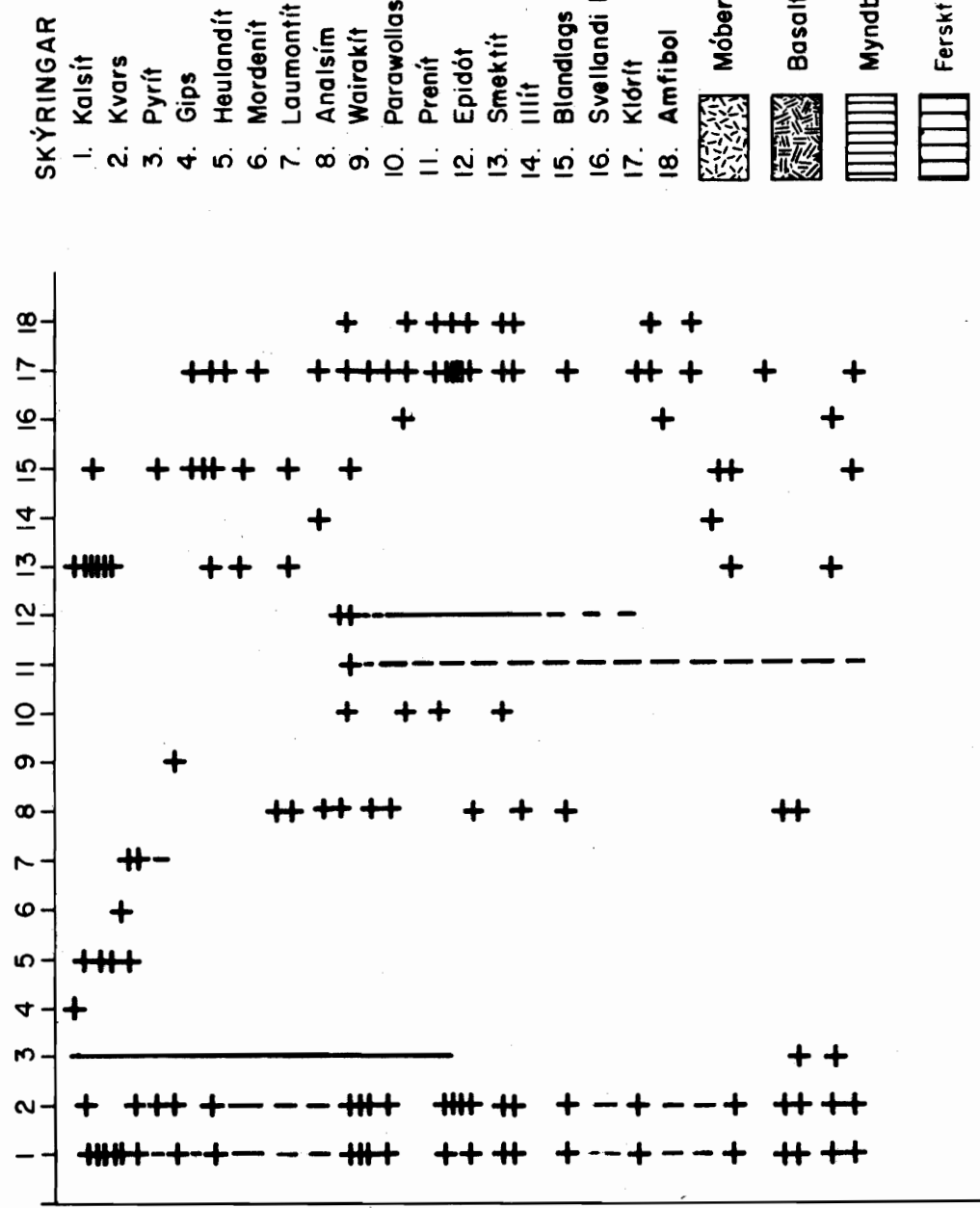




Jarðlagasnið



Steindagreining



ORKUSTOFNUN

Hala 3 í Kröflu  
Þunnsveidatalingar

176 DT1E HKA J-Tr. 139  
J-Krafta

Fnr. 14426

Prenit

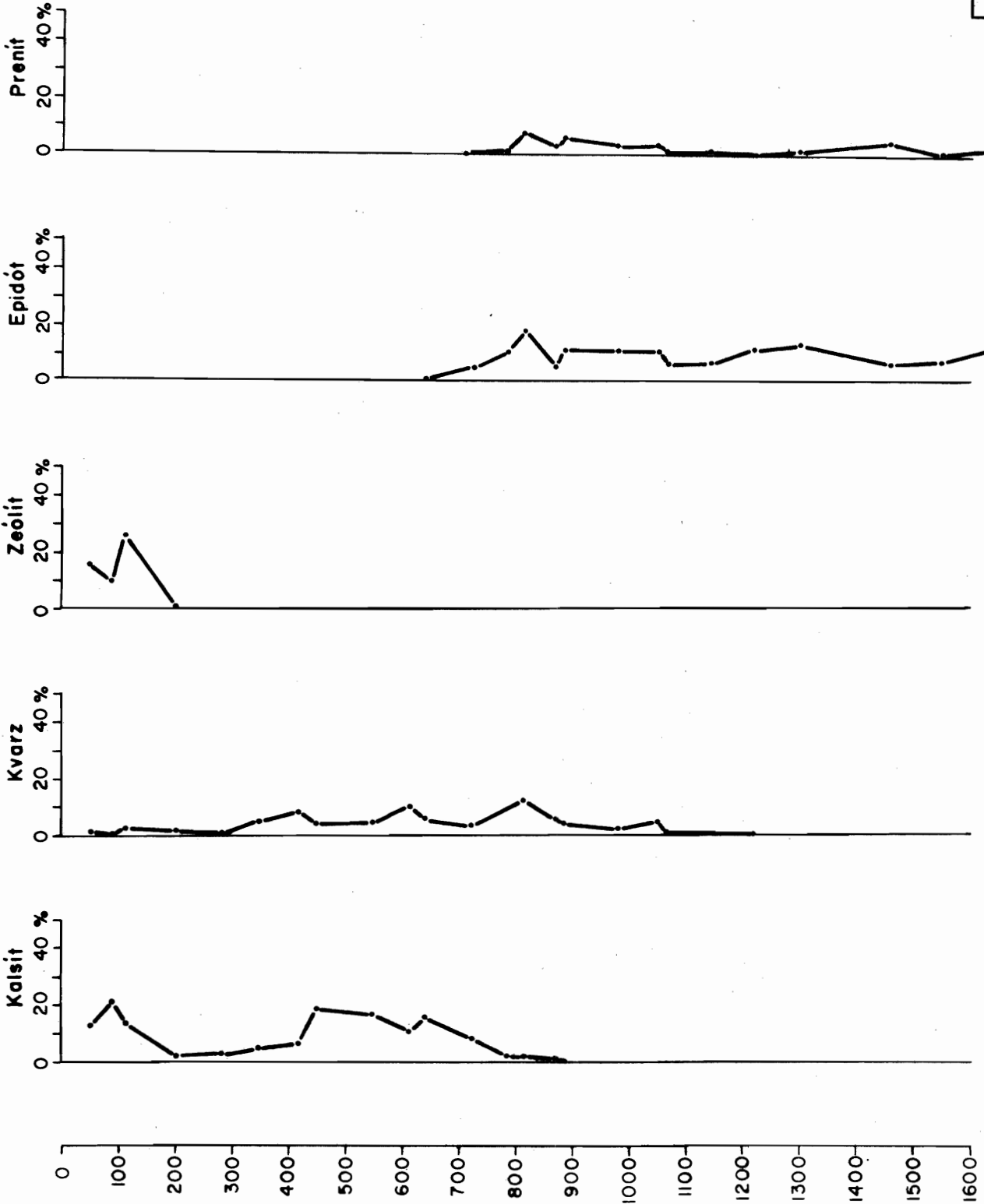
Epidót

Zeólít

Kvarz

Kalsít

0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600





KRAFLA  
Hitamælingar, hola 3

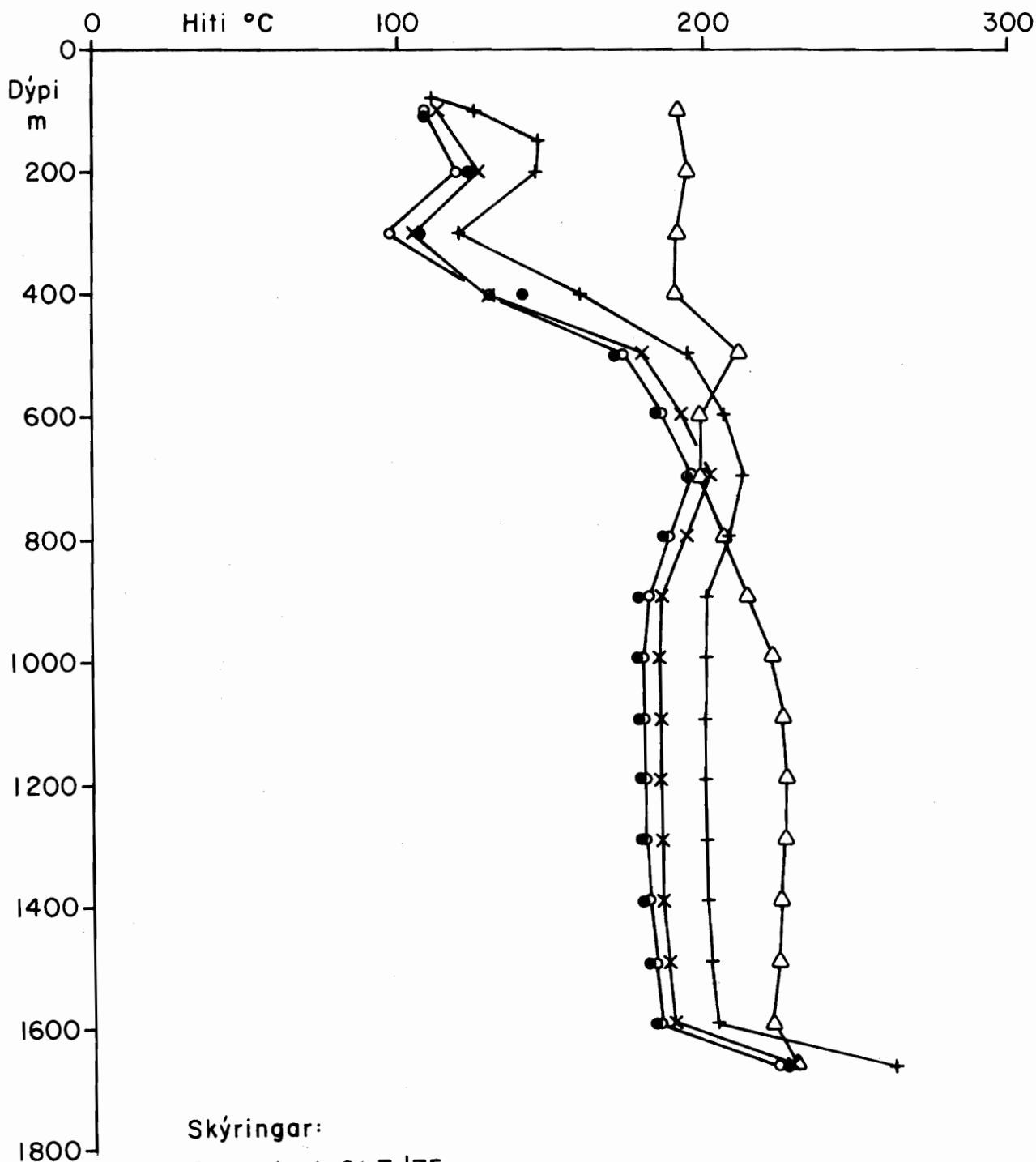
16.12.'75 SA/SL

Tnr. 93 Tnr. 1576

J-Krafla J-Hitam.

Fnr. 13705

Mynd 1



Skýringar:

Borun lauk 21.7.'75,  
holan opnuð 23.8.'75

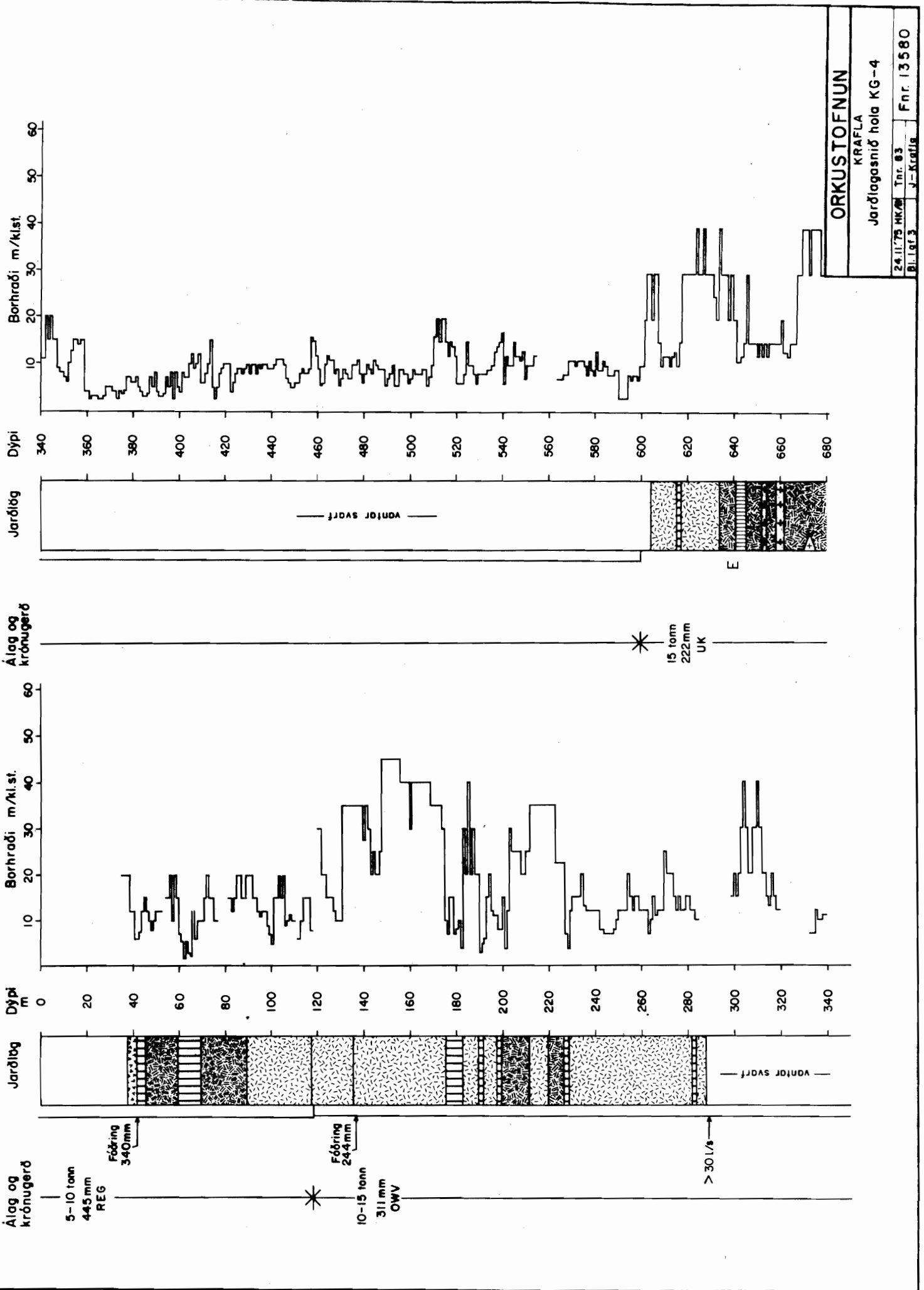
○ 30.7.'75

● 1.8.'75

× 4.8.'75

+ 12.8.'75

△ 10.10.'75 (Mælt strax eftir lokun)



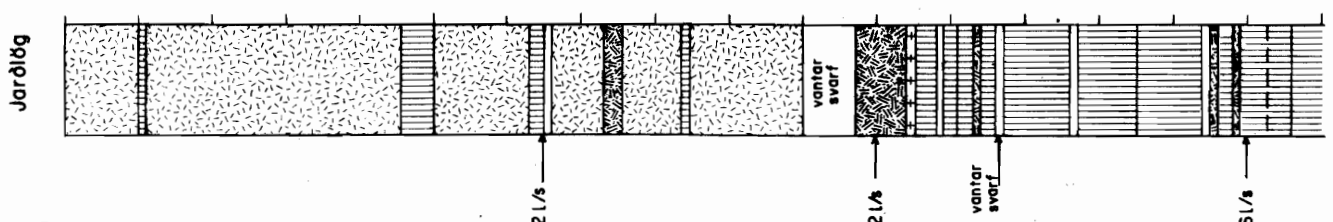
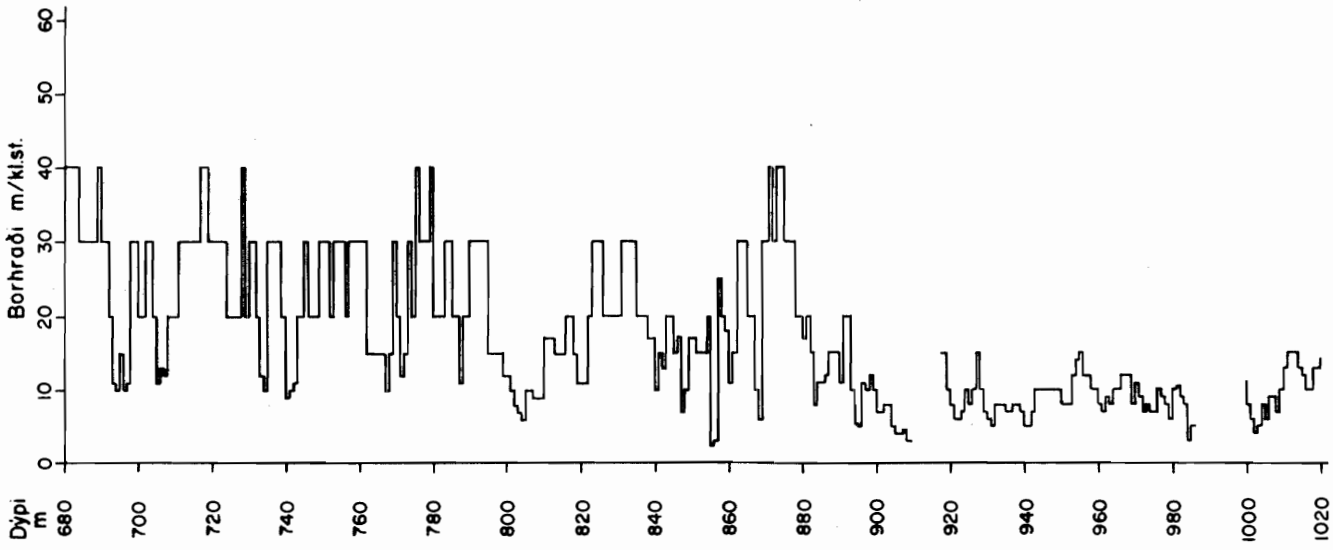
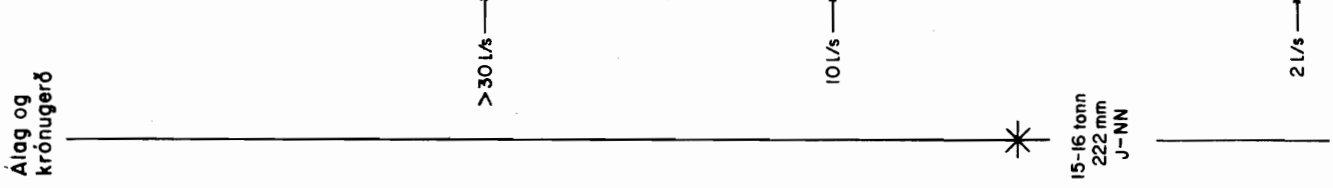
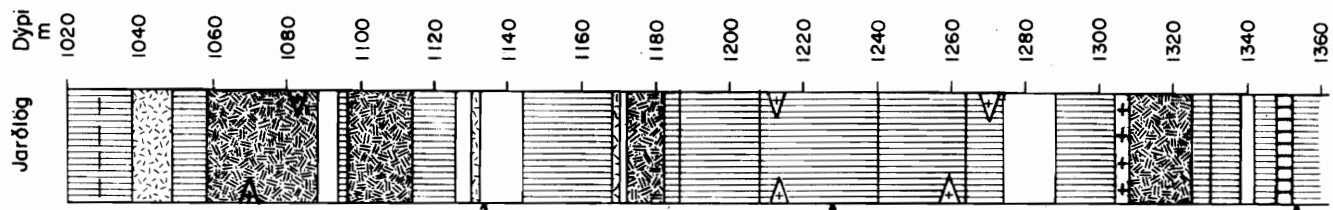
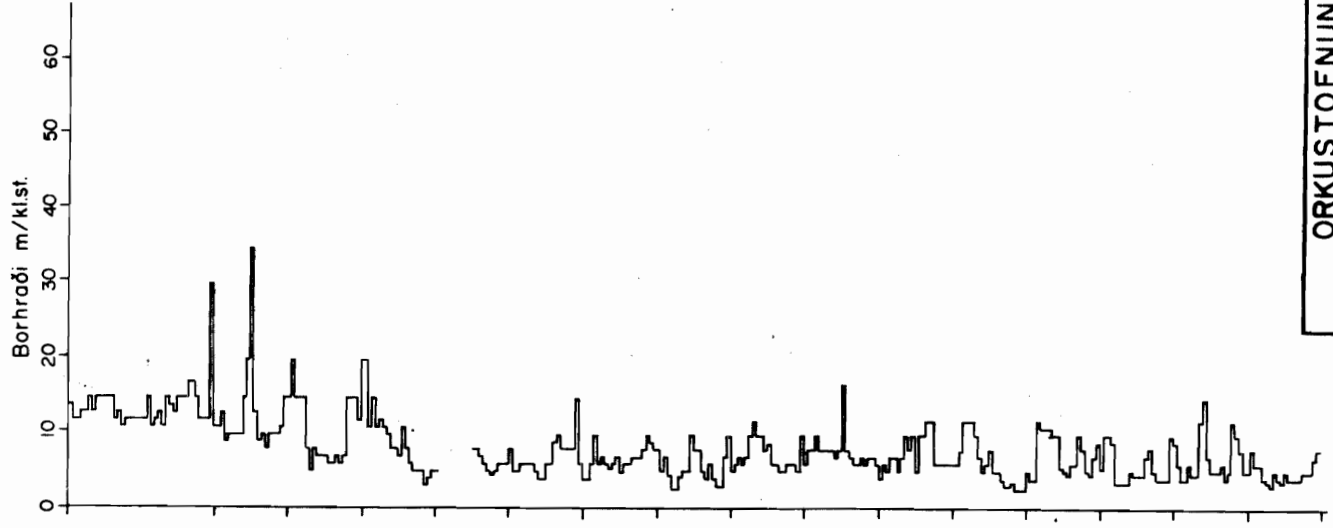
ORKUSTOFNUN

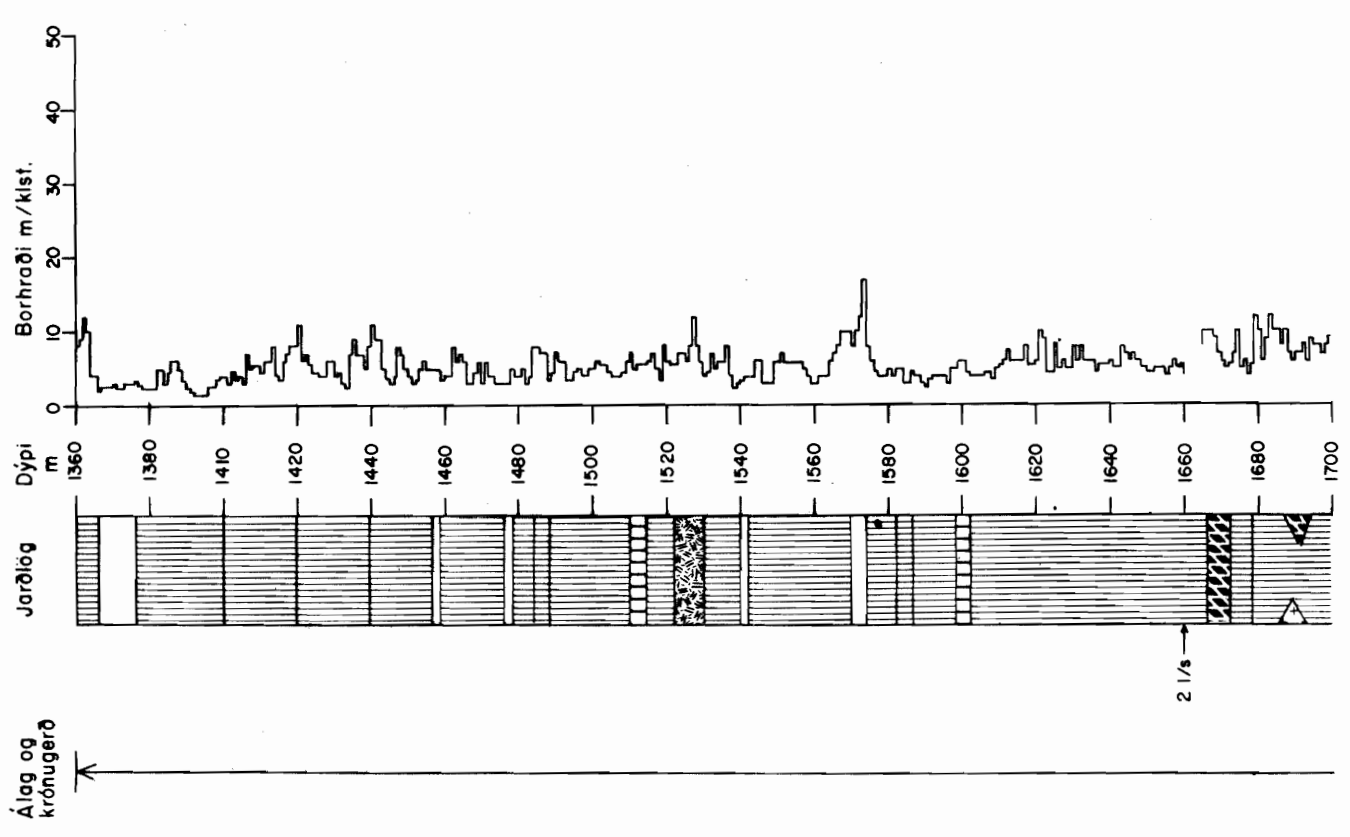
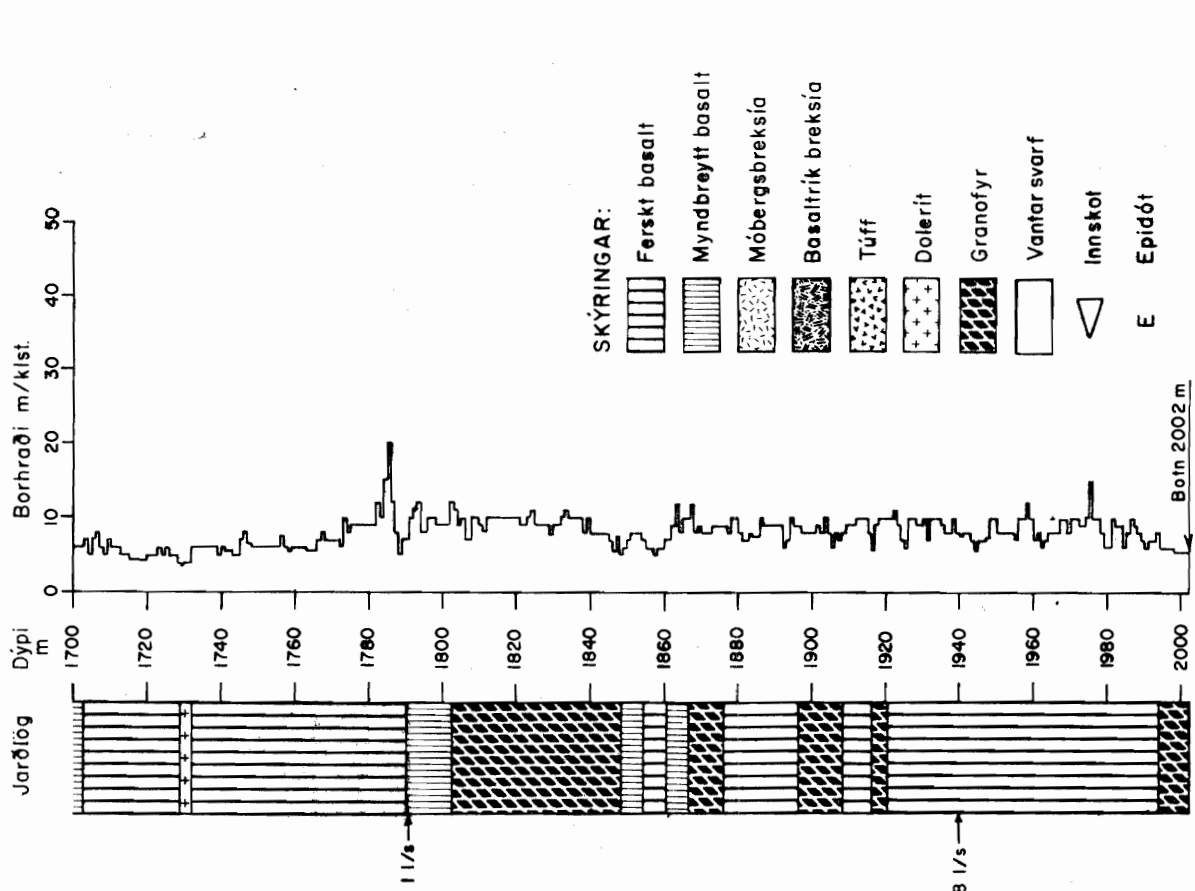
KRAFLA

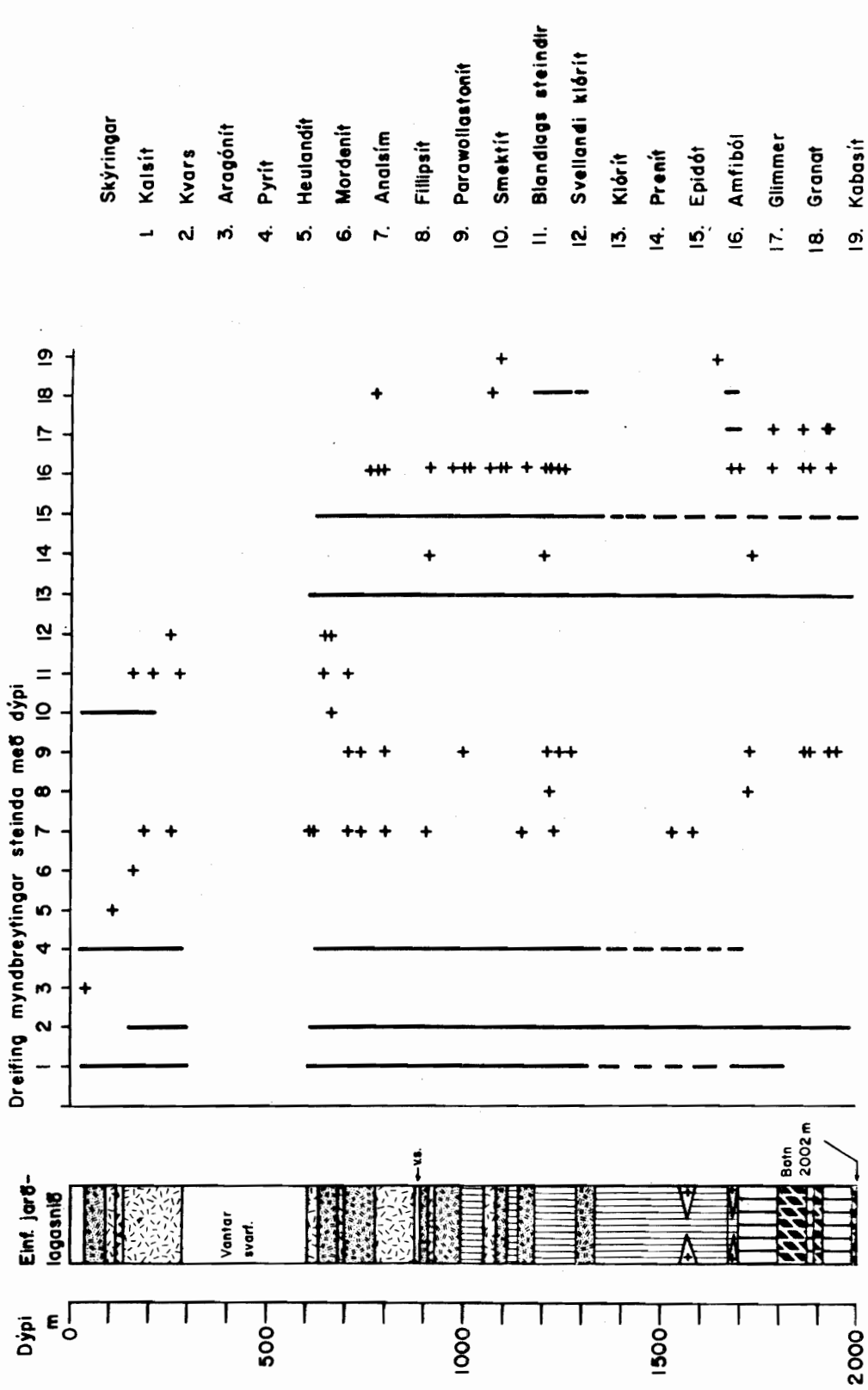
Jardlagasnið hola KG-4

26.II.75 HK/EN Tnr. 83  
Bl. 2 af 3 J-Krafia

Fnr. 13580





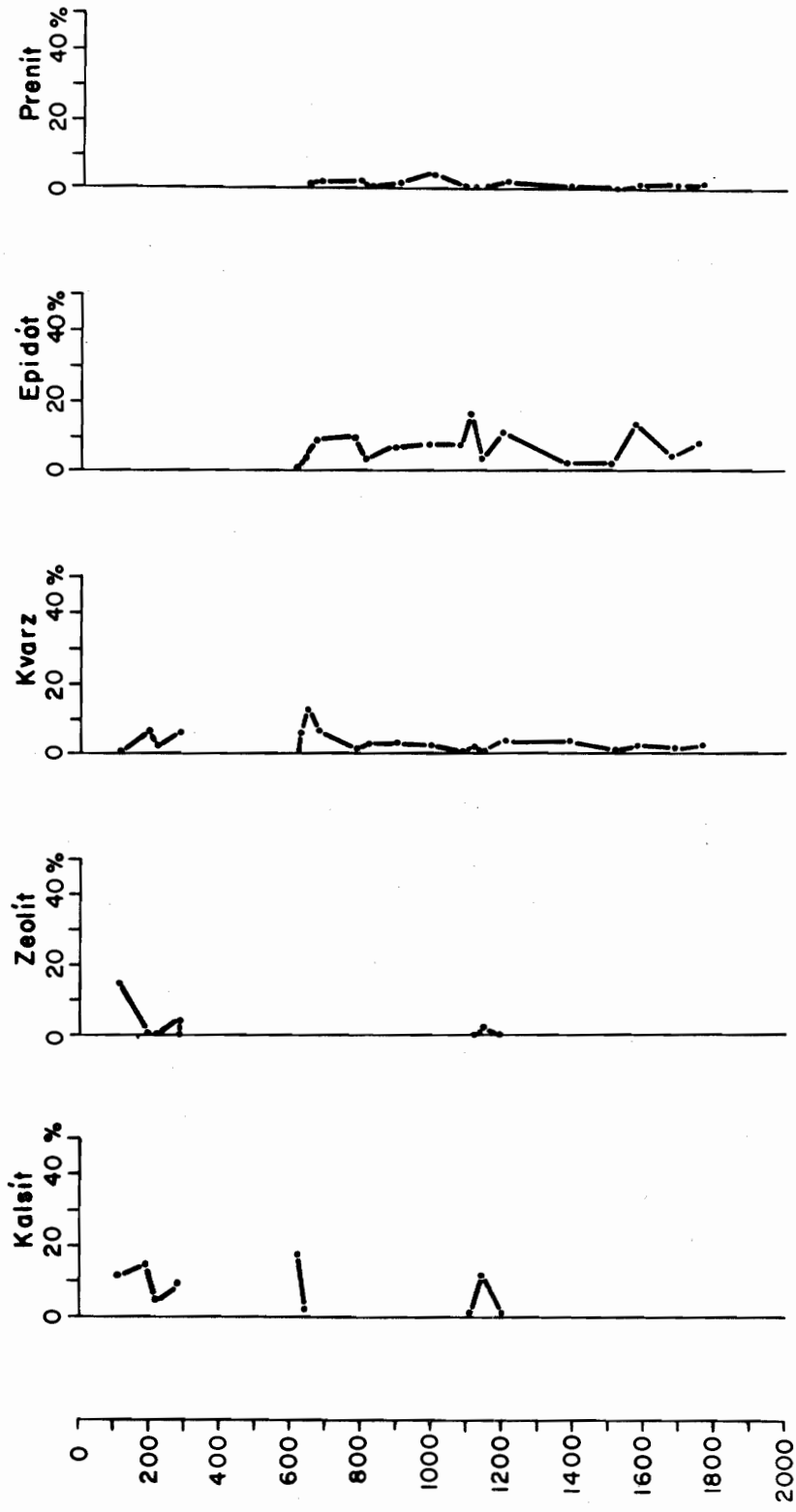


Dýpi  
m

Eimf. jarðlagasnið

Vanlar svarf.

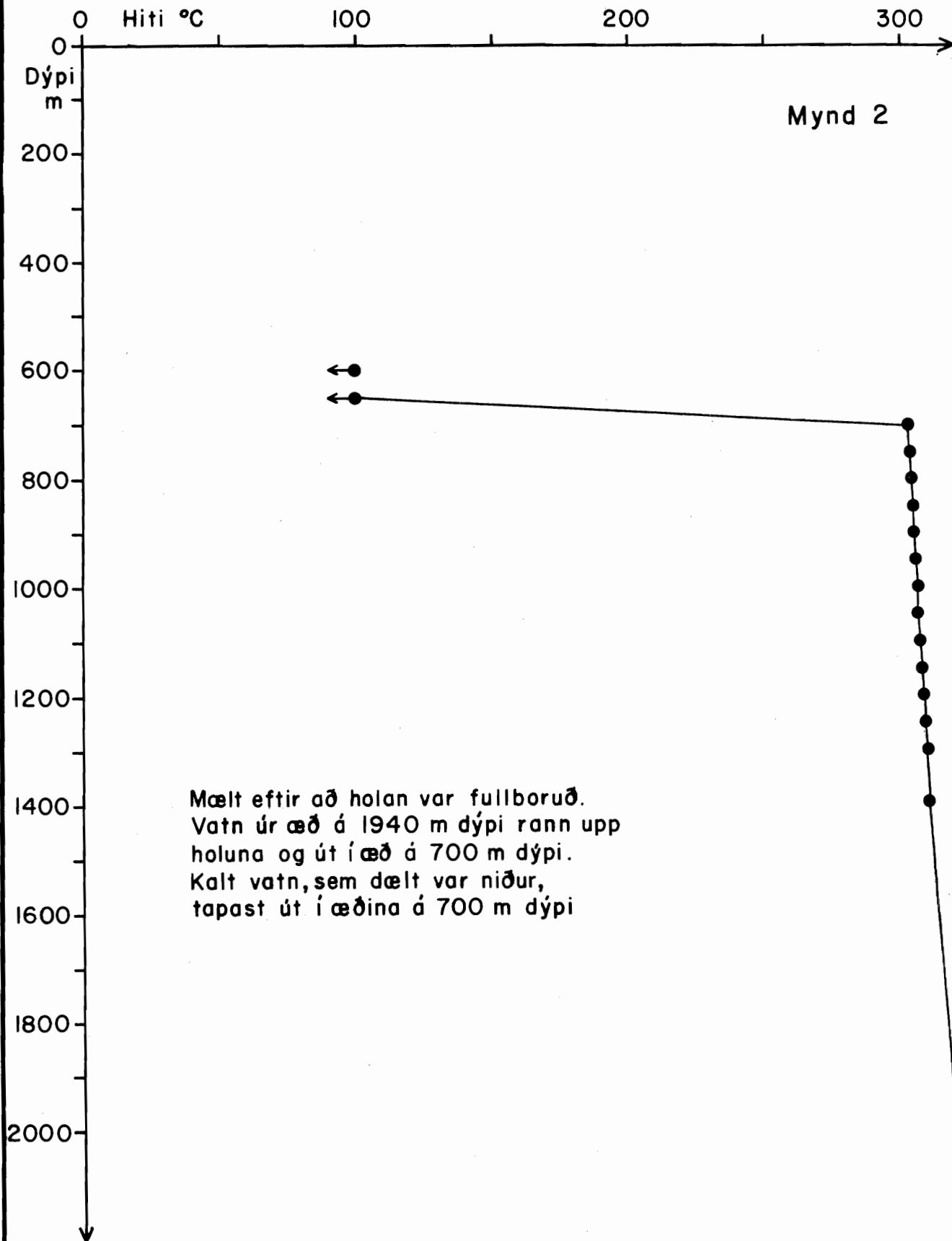
Balm  
2002 m

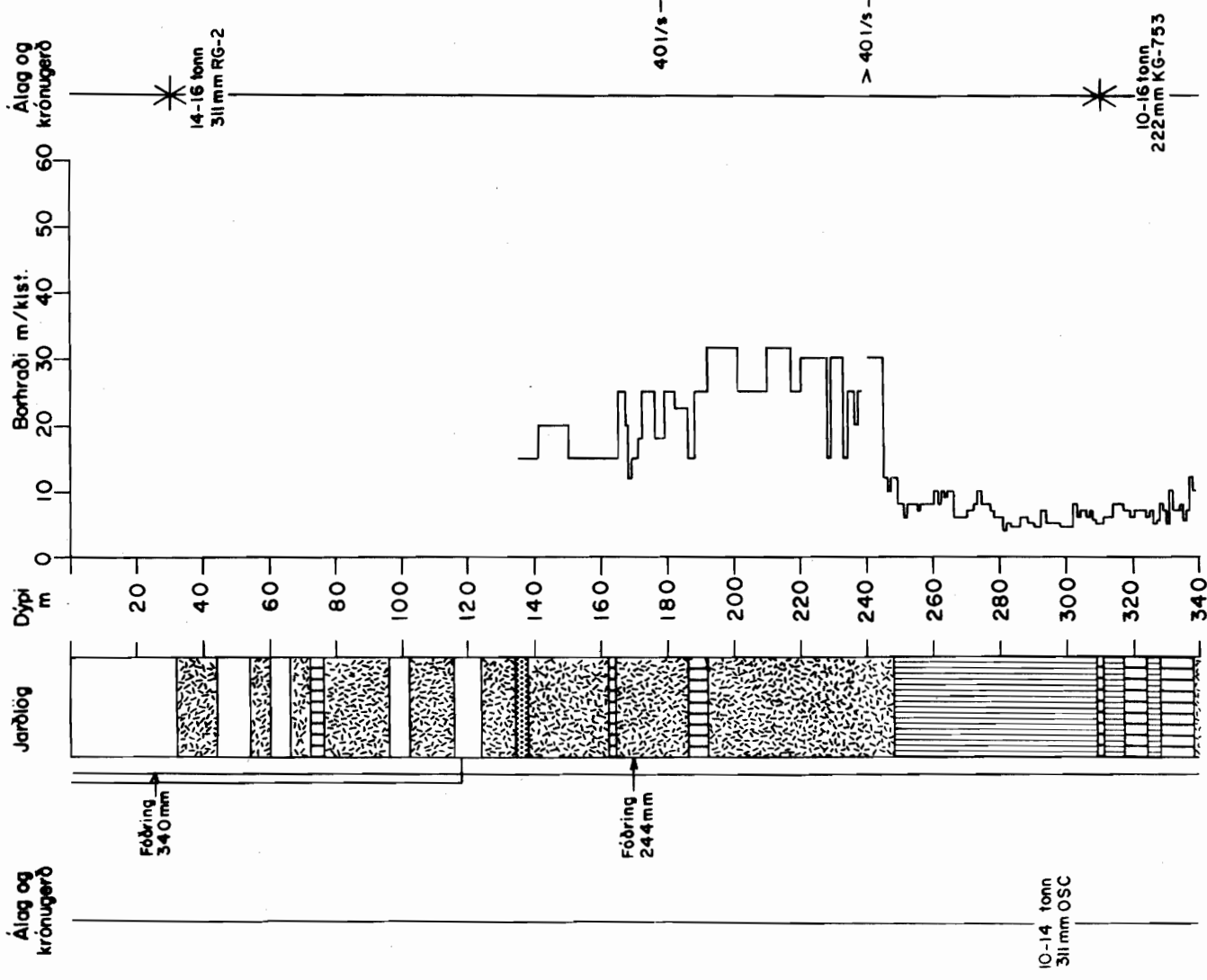
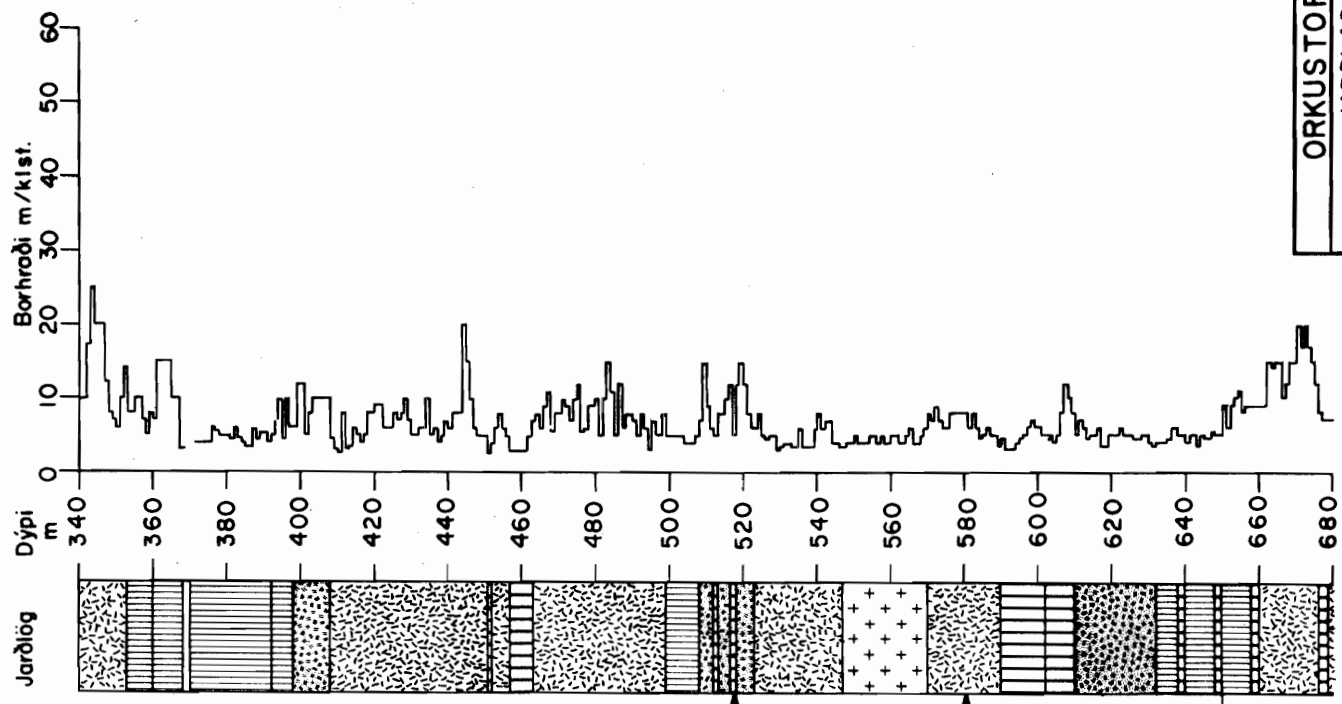






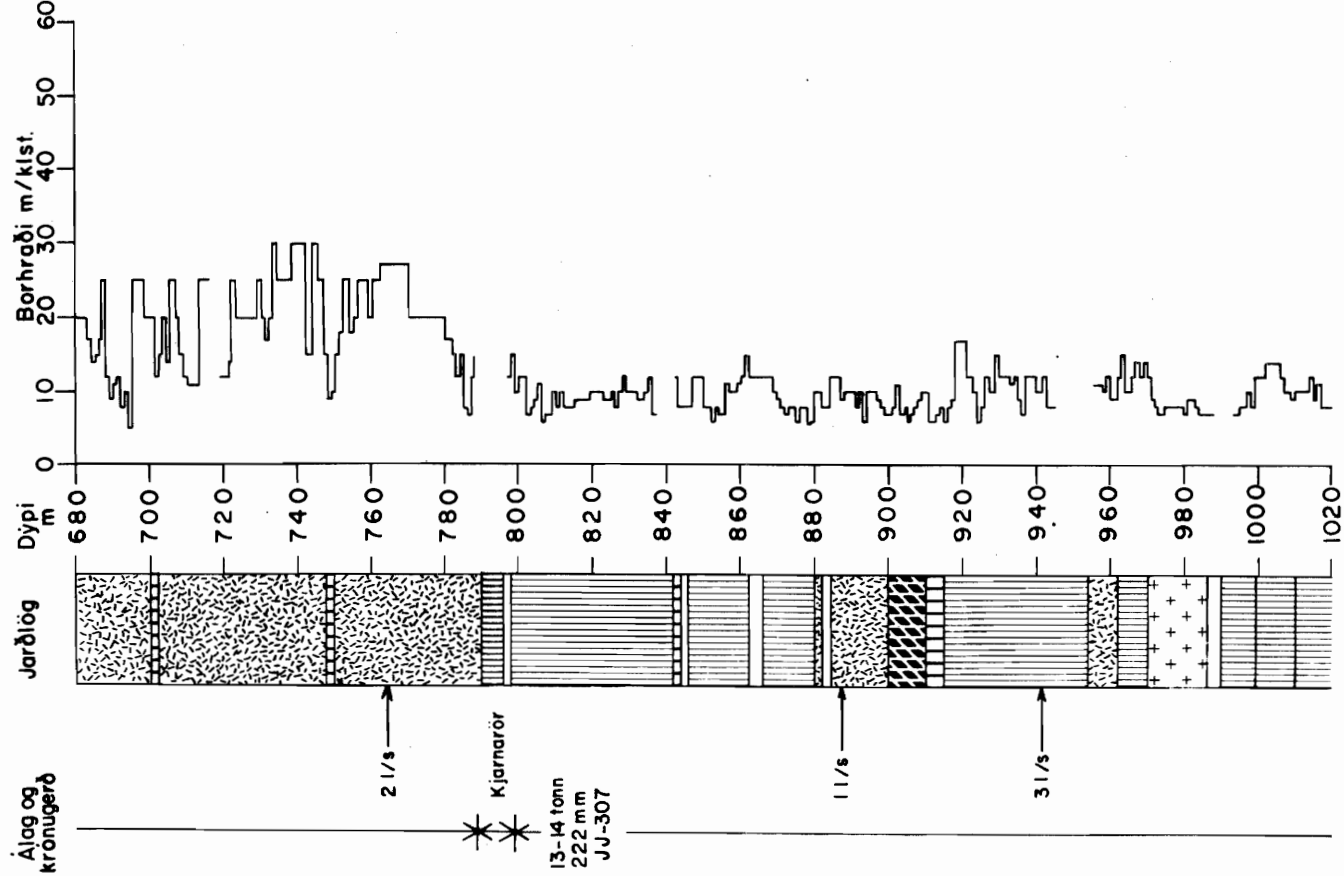
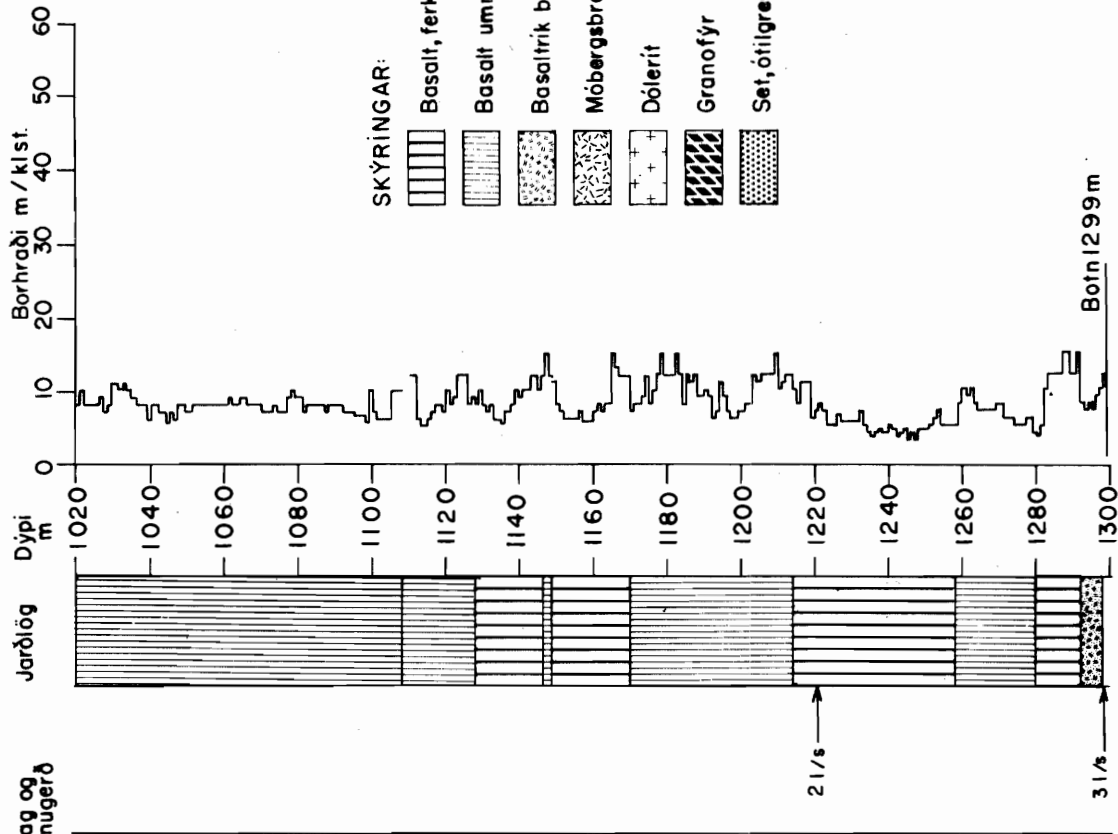
KRAFLA  
Hitamælingar, hola 4





Álag og krónugerð  
 14-16 tenn  
 311 mm RG-2

Álag og krónugerð  
 10-16 tenn  
 222 mm KG-753



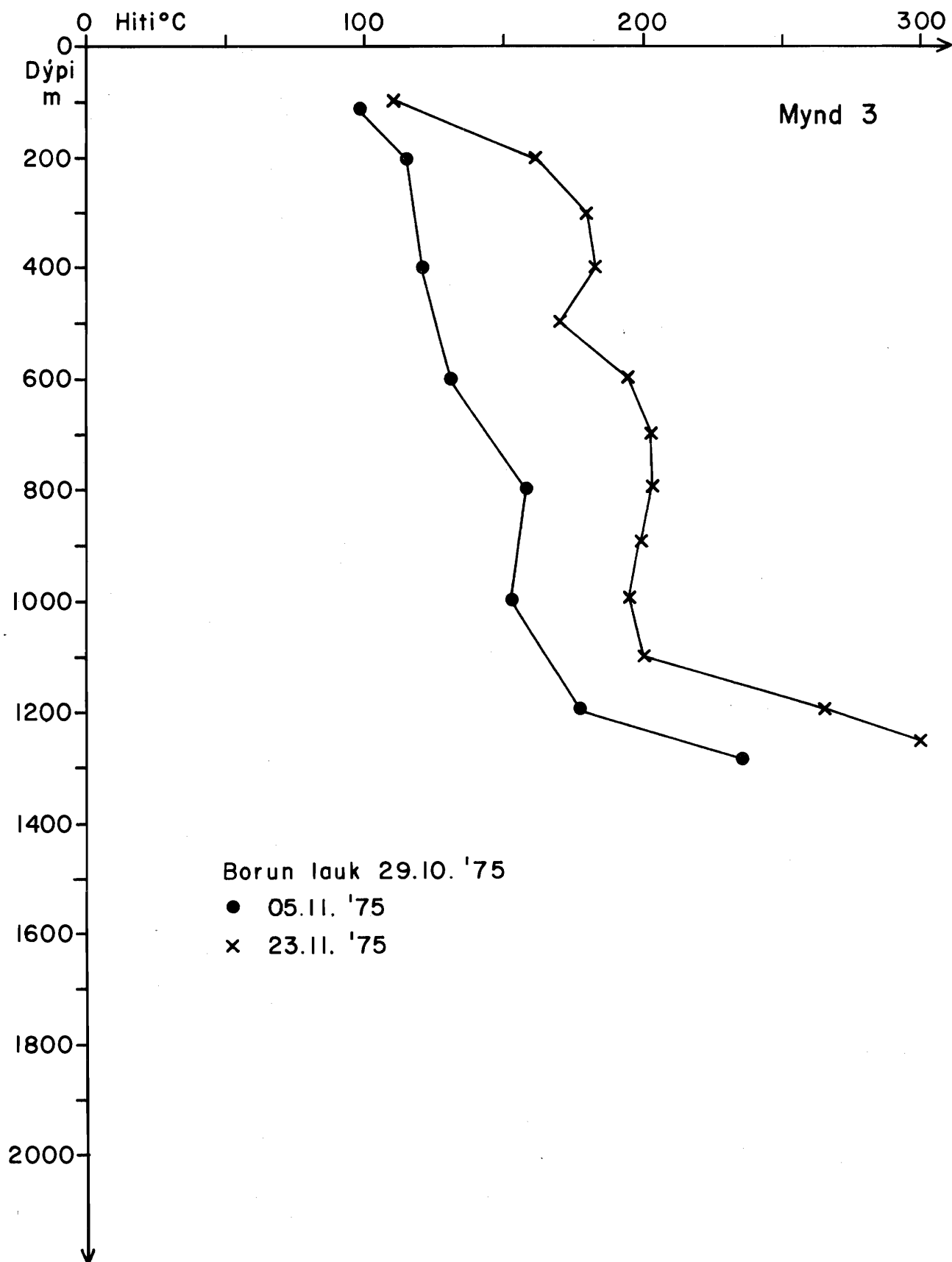
ORKUSTOFNUN

JARÐLAGSNIÐ  
Hala 5 í Kröflu.

176 10.02 HK/AÞ Tr. 112  
Bl. 2 af 2 J-Kröflu.

Fnr. 13910







ORKUSTOFNUN

KRAFLA HOLA 4

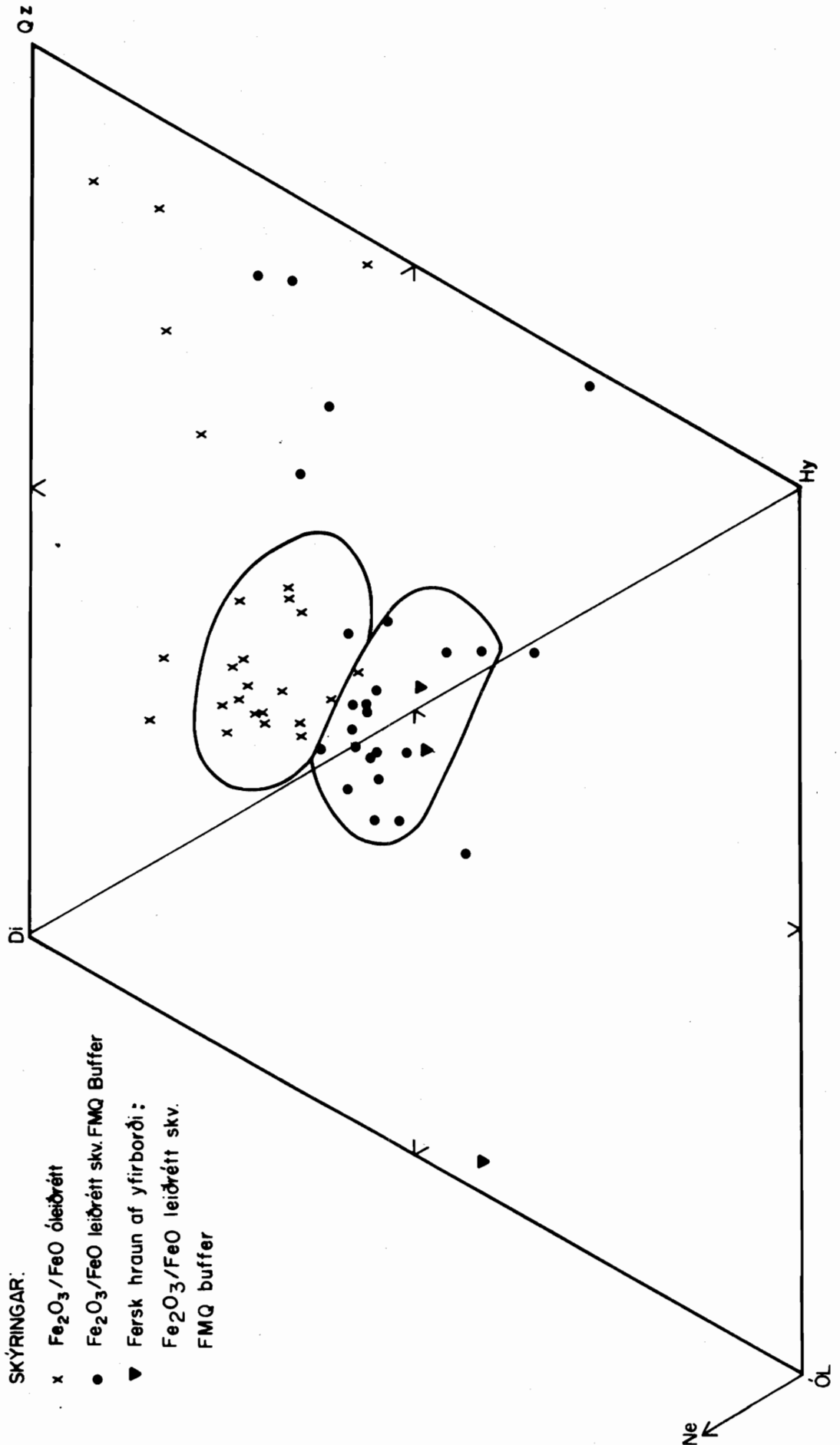
Efnagreiningar

76.0406. GÖF/GSJ

Tr. 208 Tr. 119

J-Jafnafr. J-Krafla

Fnr.14117



SKÝRINGAR:

- x  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  leiðrétt
- $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  leiðrétt skv. FMQ Buffer
- ▼ Fersk hraun af yfirborði:  
 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO}$  leiðrétt skv.  
FMQ buffer

Ne

ÓL



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

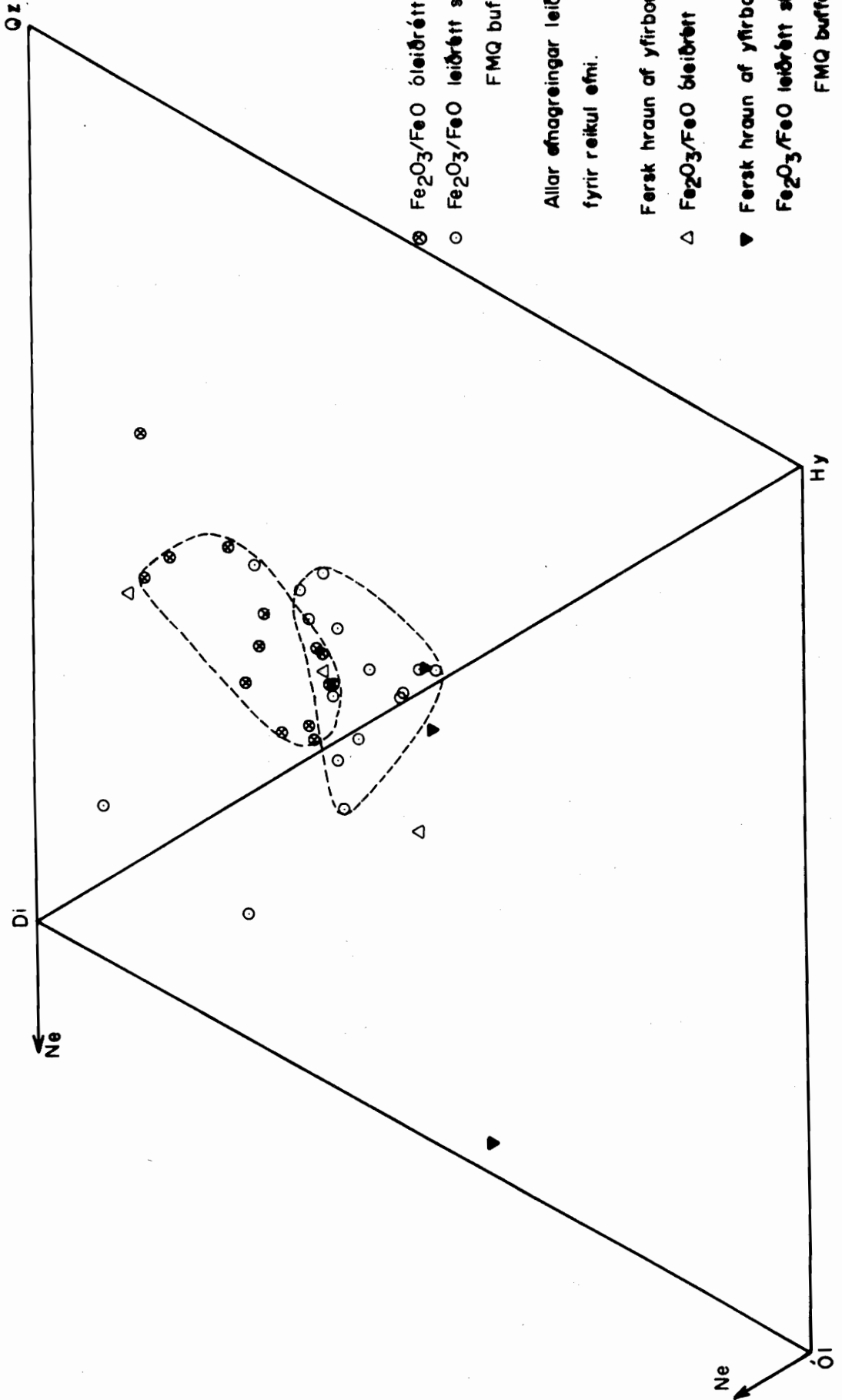
KRAFLA HOLA 3  
Efnagreiningar

76.08.05 EG/AV

Tnr. 143 Tnr. 218

J-Krafla J-J.énaft

Fnr. 14457





ORKUSTOFNUM

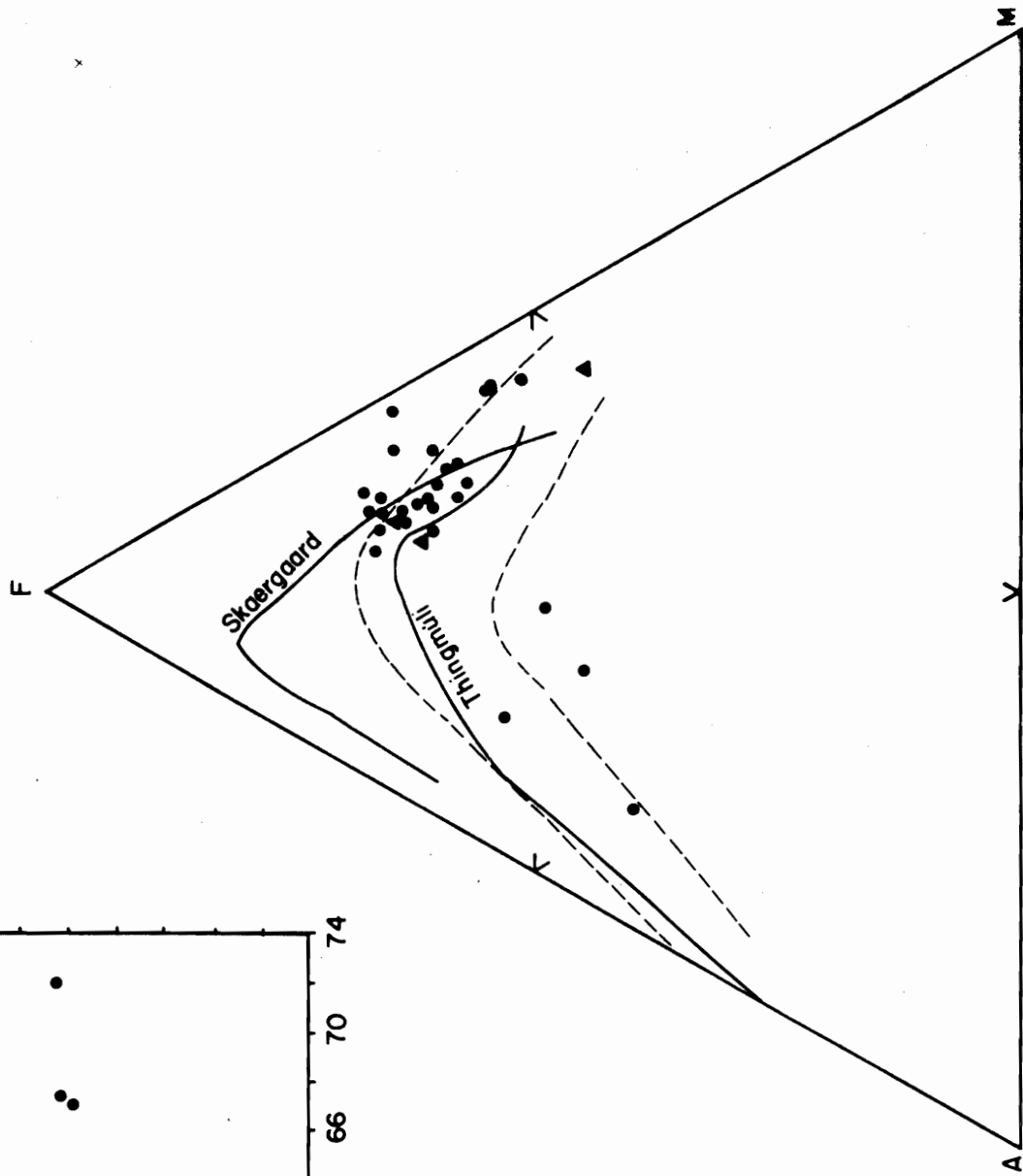
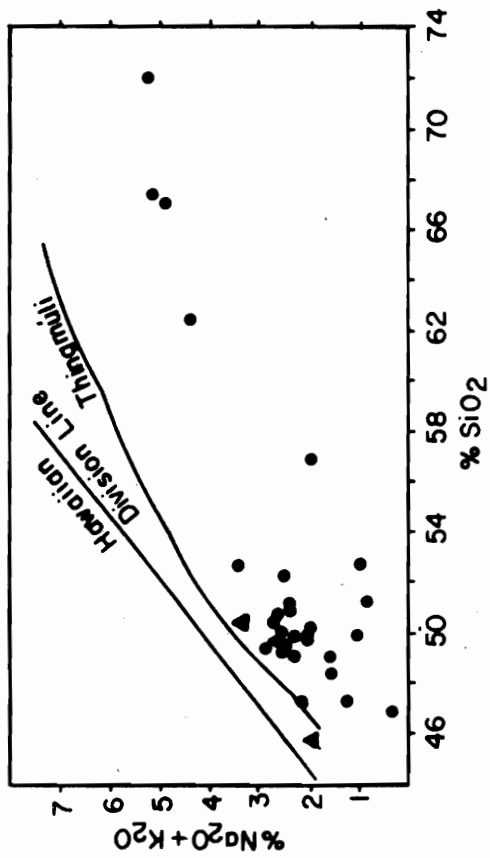
KRAFLA HOLA 4  
Efnagreiningar

76.04.27 GÖF/AA

TW. 124 TW. 215

J-Krafla Júléfnaftr

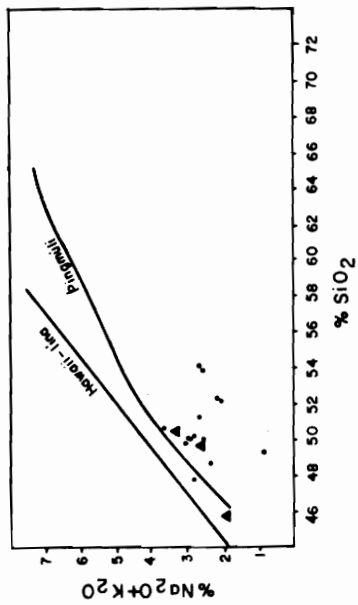
Fv. 14167



SKÝRINGAR:

- þurrar efnagreiningar
- Svæðið milli punktalina á AFM Diagrami afmarkar allt postglacial vulkansk berg á Íslandi (S.P. Jakobsson 1972)
- ▲ Ferskt hraun yfirborði:
- Öll sýni eru leiðrétt fyrir reikul efni

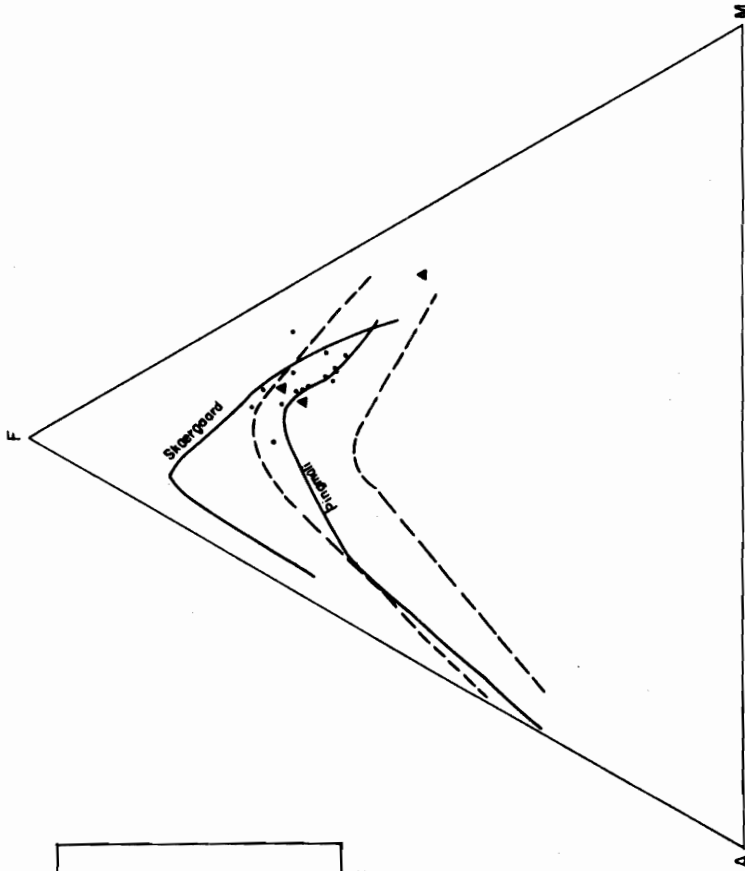




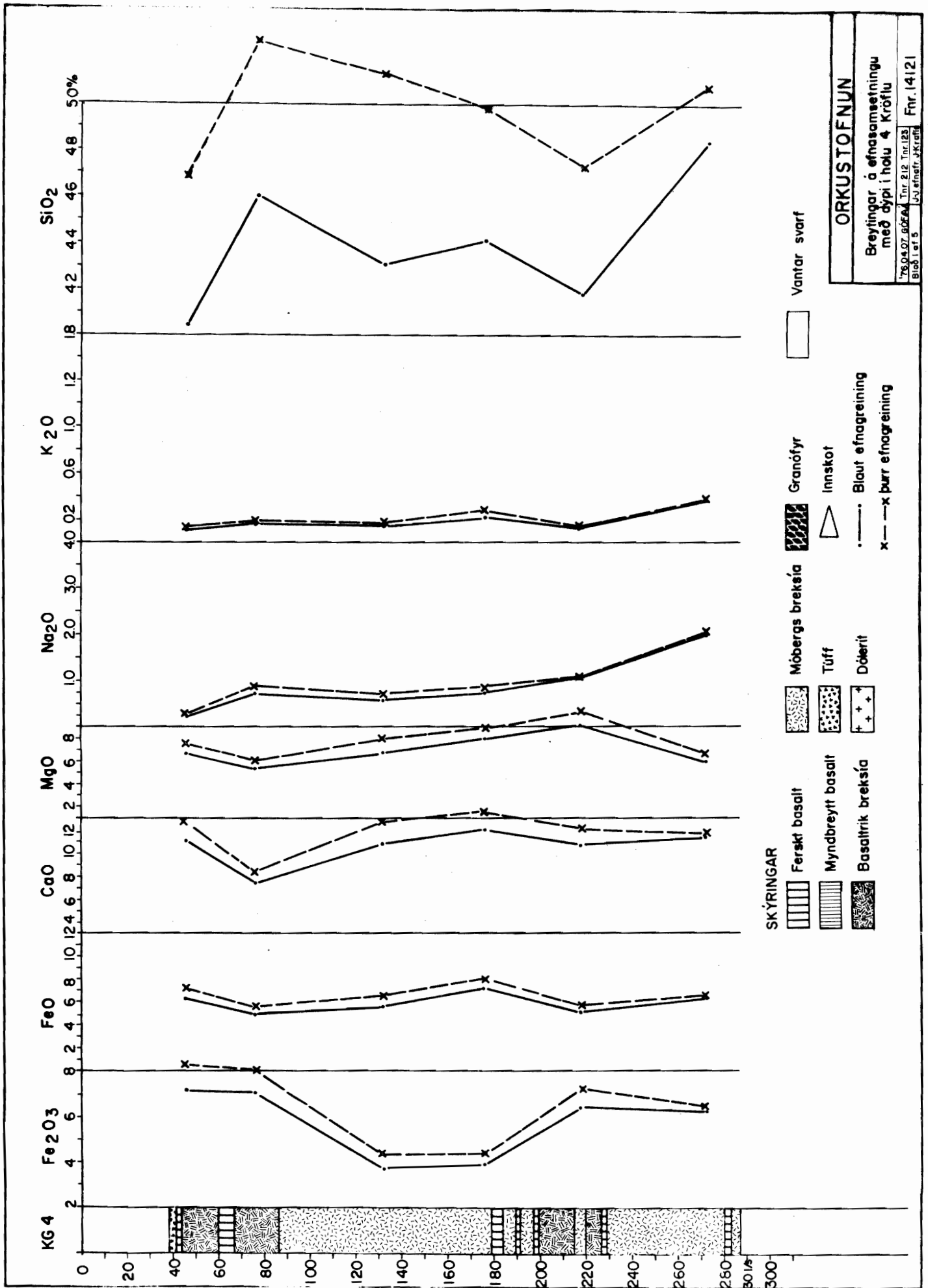
**SKÝRINGAR**

- þurrar efnagreiningar
  - ▲ Færst hraun af yfirborði
- Öll sýni eru leiðrétt fyrir reikug efni

Svæðismáli punktalínu á AFM línuritti  
afmarkar allt nútíma gosberg á Íslandi  
(S. Jakobsson 1972)

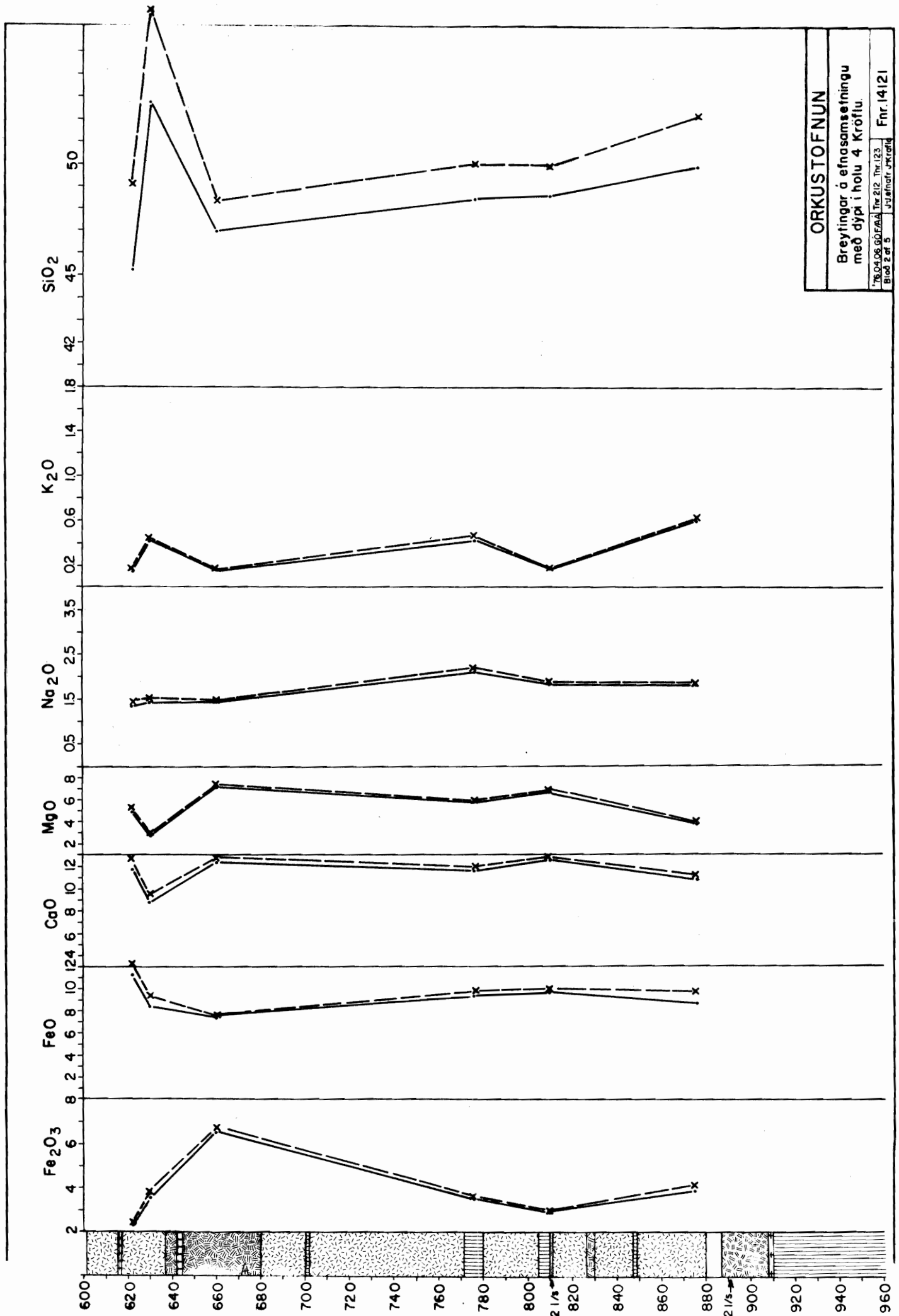


|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| ORKUSTOFNUN     |                 |
| KRAFLA HOLA 3   |                 |
| Efnagreiningar  |                 |
| 780810.E.G.A.A. | Tr. 144 Tr. 219 |
|                 | J-Stofnla-efni  |
|                 | Fnr. 14458      |



**ORKUSTOFNUN**  
 Breytingar á efnasamsetningu með dýpi í holu 4 Kröflu  
 Tölur 212 Tölur 213  
 Blað 1 af 5 Júlíeintr. 1911 Fnr. 14121

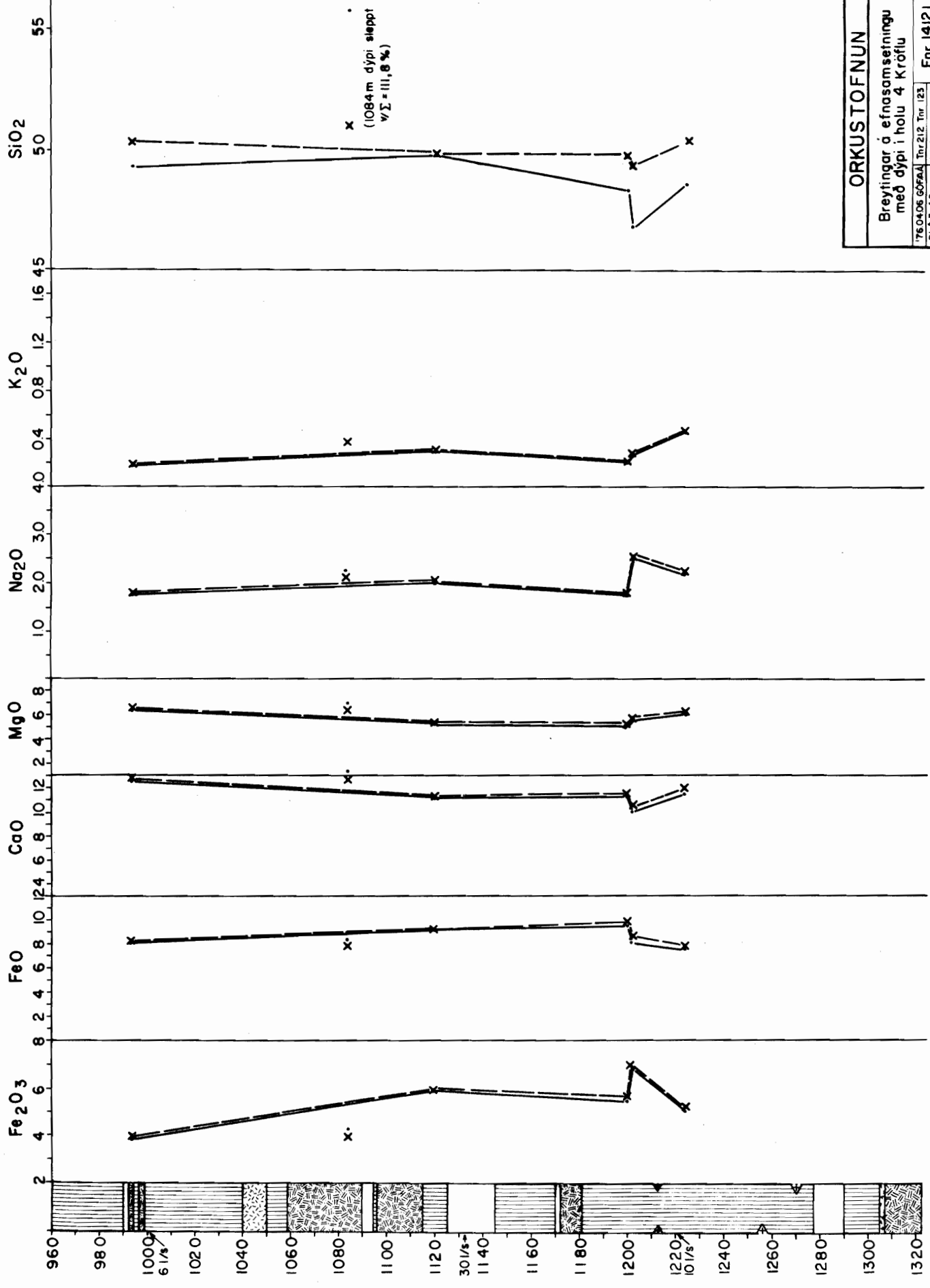
ORKUSTOFNUN  
 Breytingar á efnasamsetningu  
 með dýpi í holu 4 Kröflu.  
 Töl. 04.06.60/F.A.A. Th. 212 Th. 123  
 Bl. 2 af 5 Júlífr. 1960 Fnr. 14121



ORKUSTOFNUN

Breytingar á efnasamsetningu með dýpi í holu 4 Kröflu

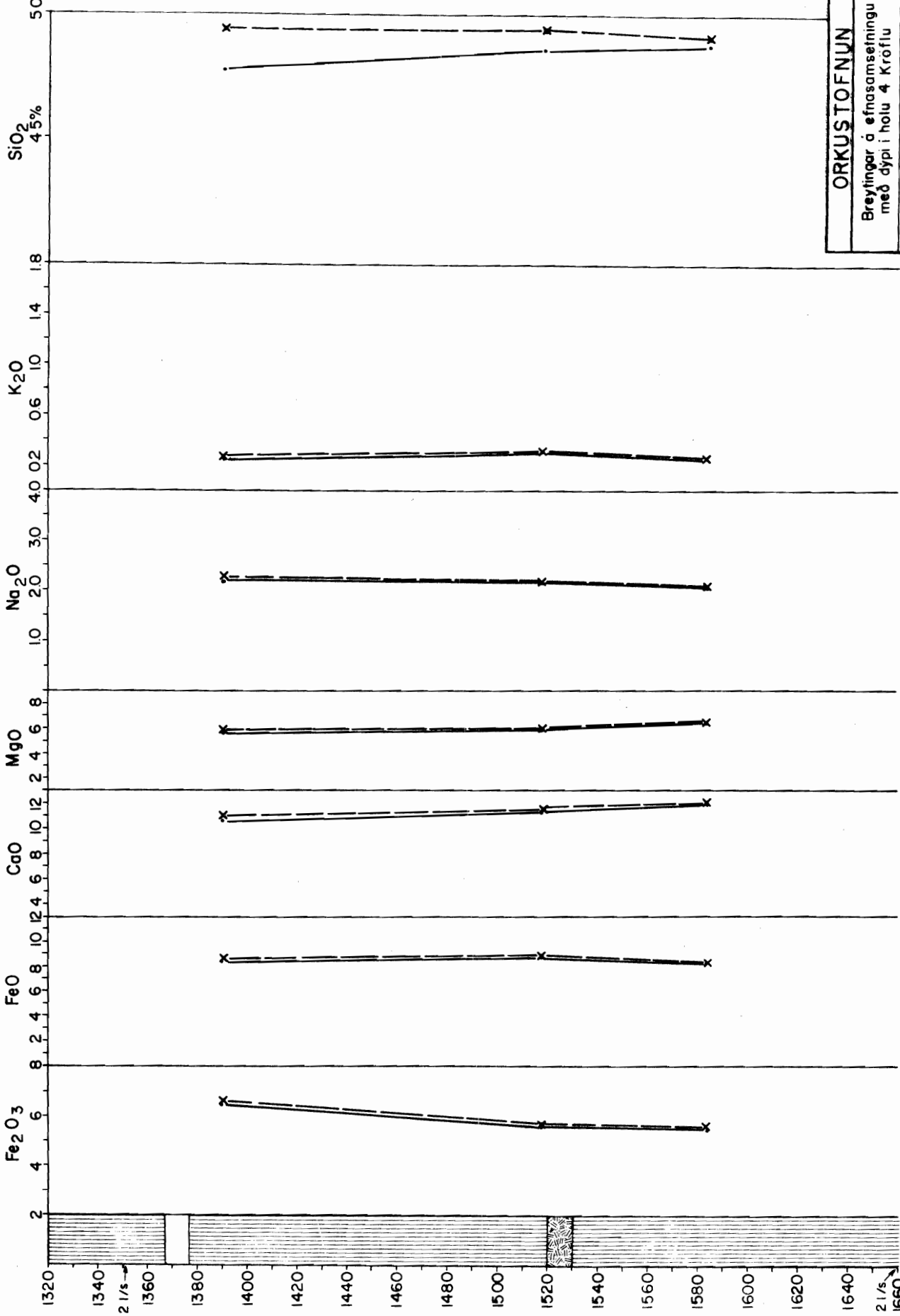
176.04.06 GÖFAAÍ Tr. 212 Tr. 123 Blað 3 af 5 Útgefið: „Krafti“ Fnr. 14121



1320 1340 1360 1380 1400 1420 1440 1460 1480 1500 1520 1540 1560 1580 1600 1620 1640 1660

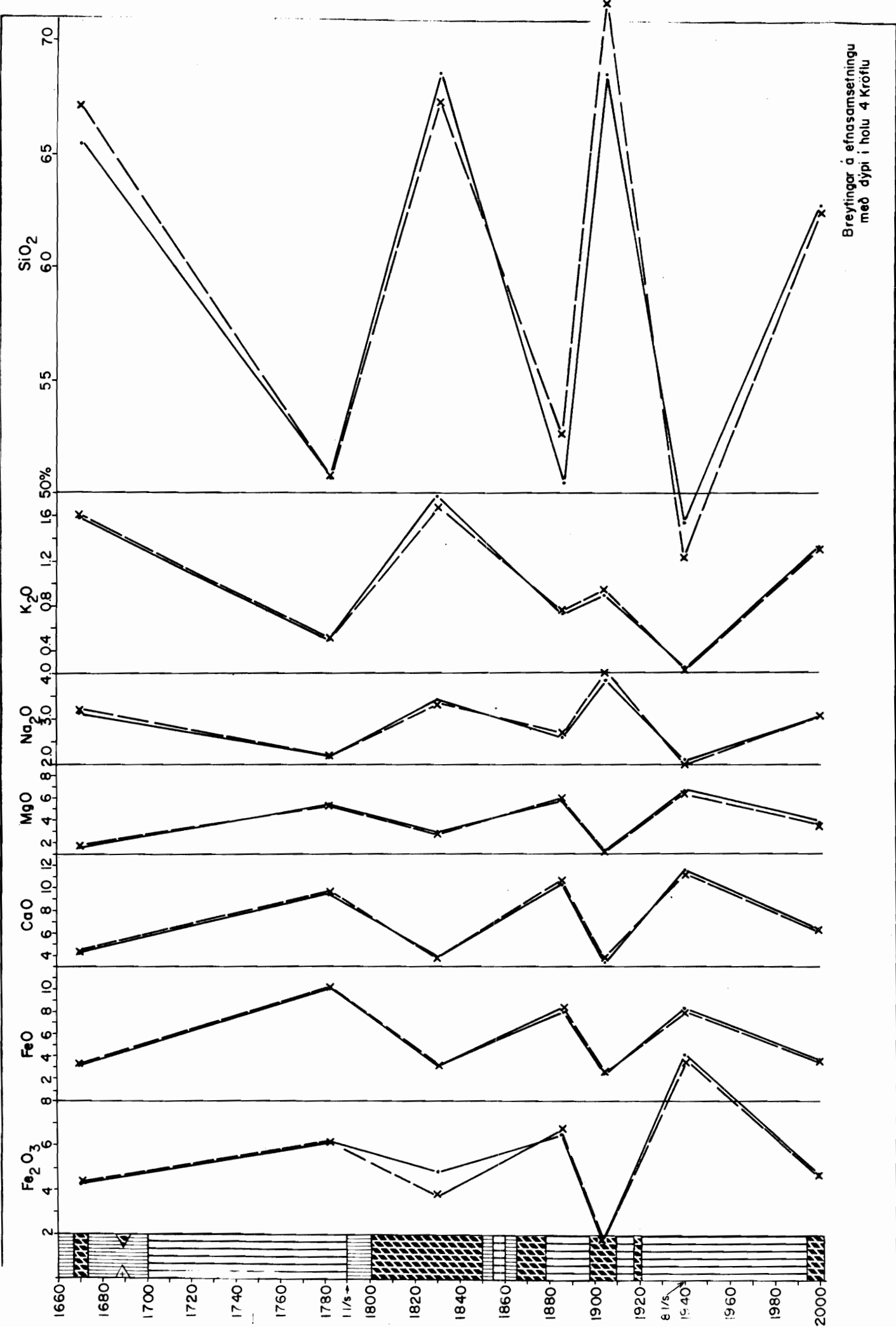
2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 30 40 0.2 0.6 1.0 1.4 1.8

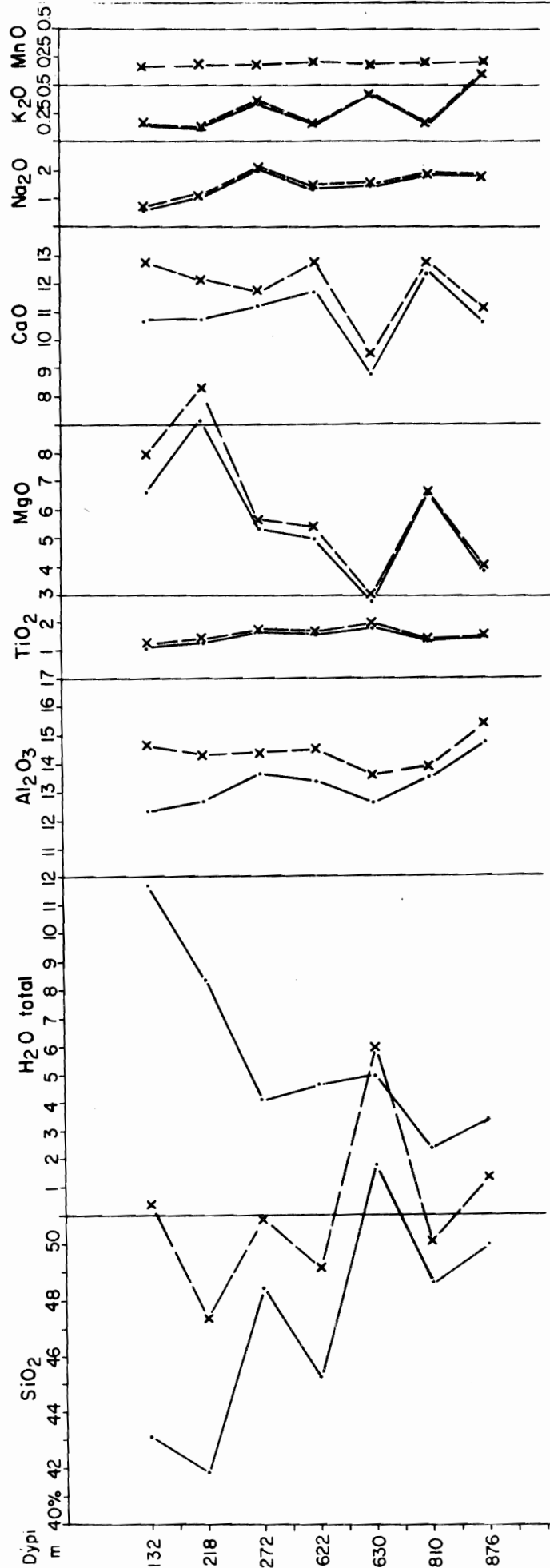
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> FeO CaO MgO Na<sub>2</sub>O K<sub>2</sub>O SiO<sub>2</sub> 45%



**ORKUSTOFNUN**  
 Breytingar á efnasamsetningu  
 með dýpi í holu 4 Kráfla

76.06.00/AA Tr. 212 Tr. 123  
 Búð 3 at 5 Útvefni 4 Kráfla Fnr. 14121





SKÝRINGAR

Möbergssýni

—•— Blaut efnagreining

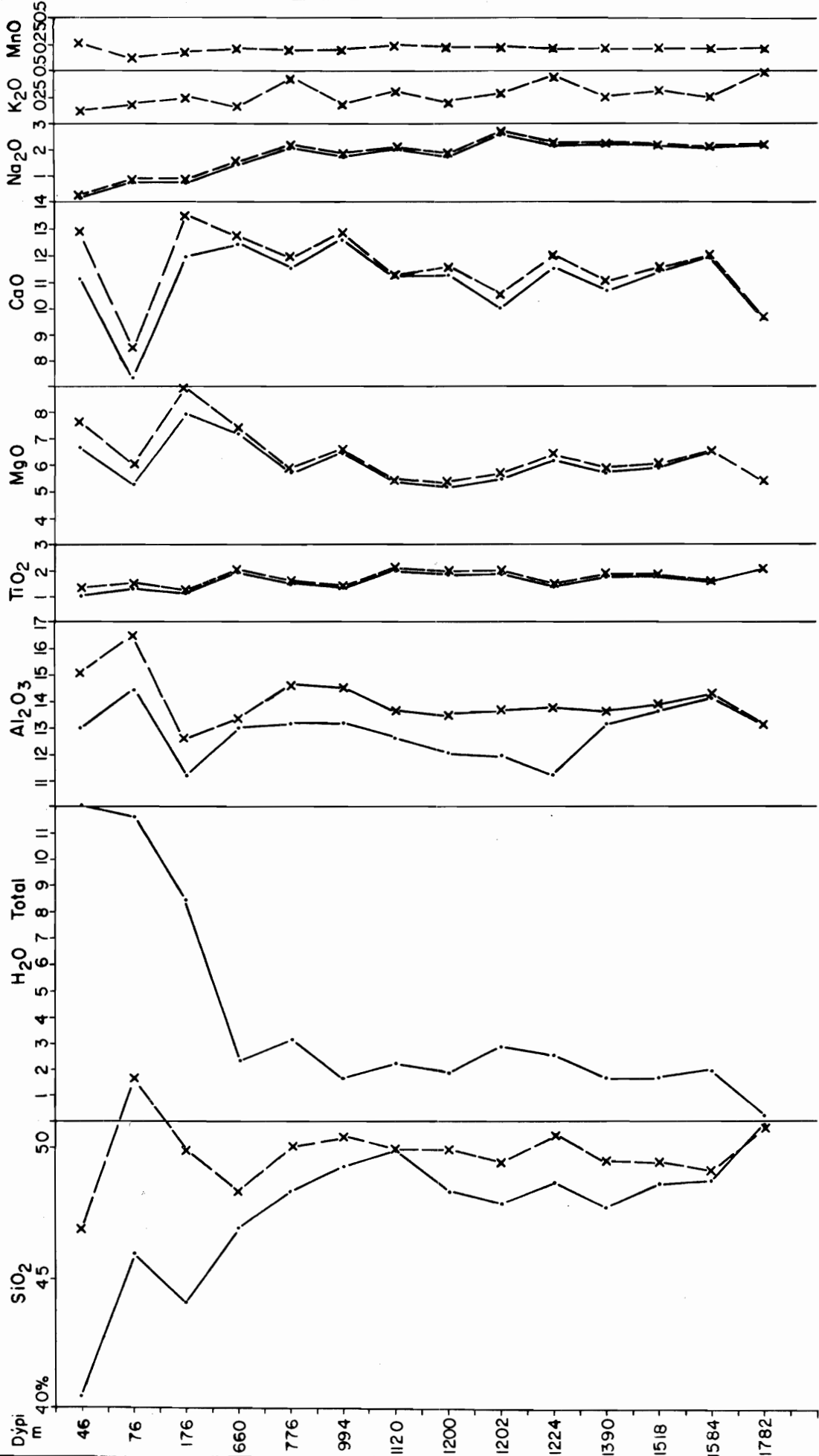
-x- x-purr efnagreining

ORKUSTOFNUN

Breytingar á efnasamsetningu með dýpi í holi 4 Kröflu

750408 GÓFAR Tr. 2 li. Tr. 12.2  
J-J efnagr. Jkröflu

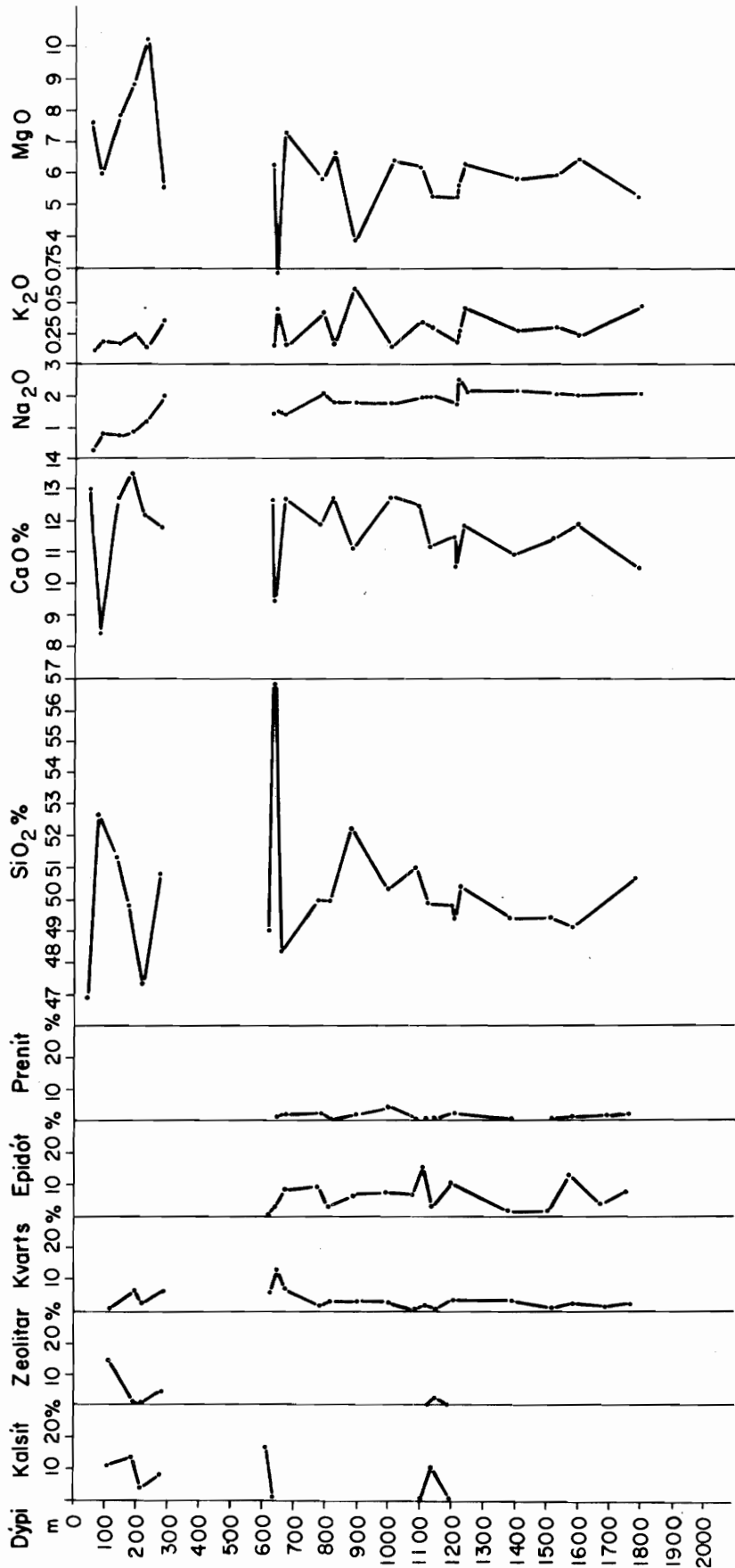
Fnr. 14120



SKÝRINGAR  
 Basaltsýni  
 —•— Blaut efnagreining  
 - - - x - - - Blaut efnagreining

ORKUSTOFNUN  
 Breytingar á efnasamsetningu  
 með dýpi í hól 4 Kröflu  
 76.04.08 GÖP/Á Tr. 210 Tr. 121  
 Júlíenarr. J. Kröflud  
 Fnr. 14119

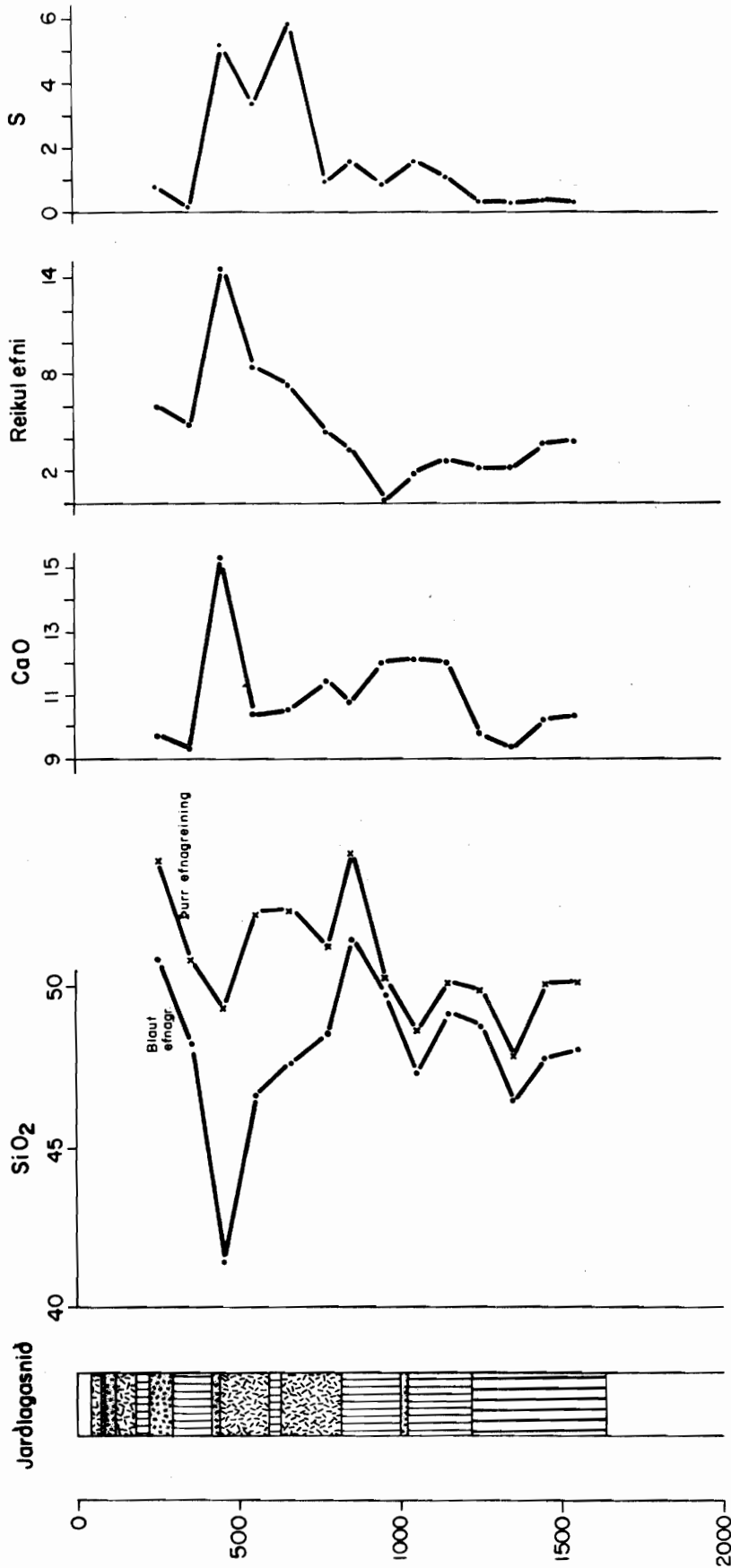








**ORKUSTOFNUN**

Samanburður þunnseiddatolninga og  
efnagreininga með dýpi í holu 4 Kröflu

76.04.03.00.FAA Þnr. 117 Þnr. 20.4  
Mikrofa. Hefngift. Fnr. 14113



SKÝRINGAR

-  Móbergbreksia
-  Basaltrik breksia
-  Myndbreytt basalt
-  Ferskt basalt

ORKUSTOFNUN

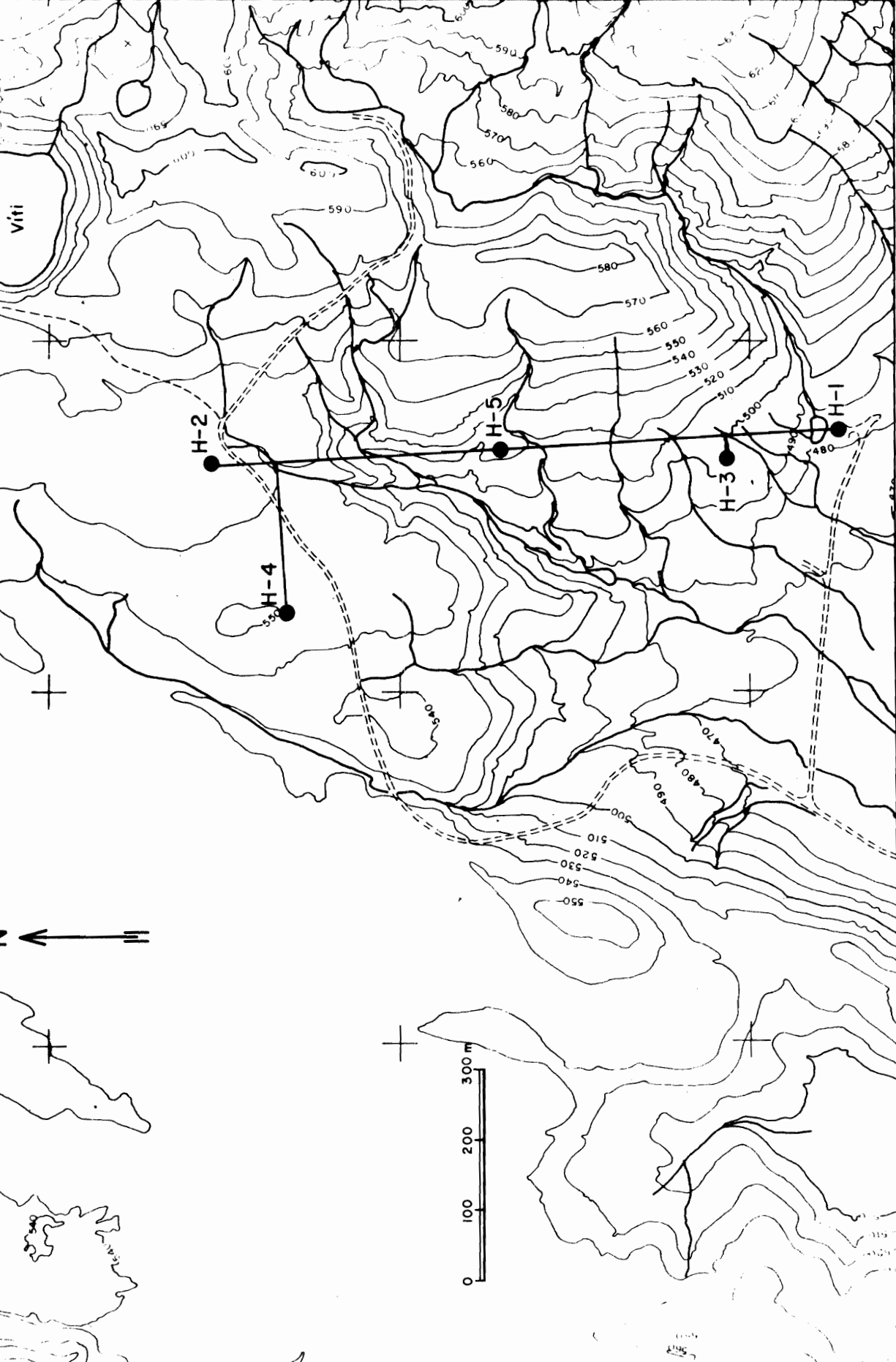
Breytingar á afnosamsetningum  
með dýpi í holu 3 Kröflu

178 0411 66 09-1 Thr. 145 Thr. 220 Fnr. 14459  
Blod í afz J-Kröflu J-Jafn

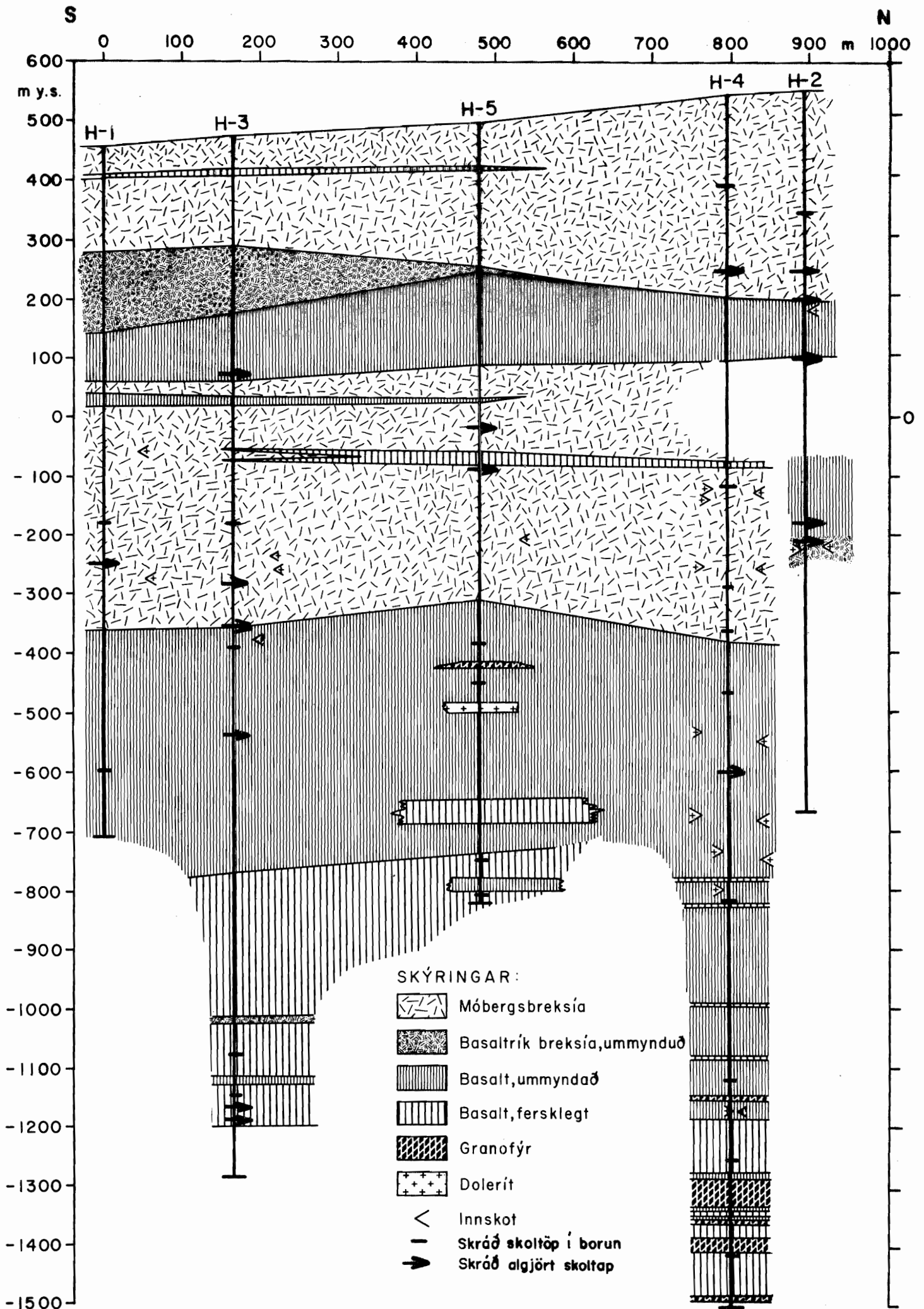


760531. H.K./HO  
Tnr. 133  
J.-Kraftla  
Fnr. 14305  
23300  
23300

ORKUSTOFNUN KRÖFLUSVÆÐI  
Staðsetningarkort sem sýnir borholur  
boraðar 1974 og 1975



JARÐLAGASNIÐ GEGNUM HOLUR 1,2,3,4 OG 5 Í KRÖFLU



# Ummyndunarbelti, snið gegnum holur 1. 2. 3. 4. og 5 í Kröflu

