

ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

GREINING Á ÚTFELLINGUM ÚR  
BORHOLUM KJ-7, KG-10 OG KJ-9  
f KRÖFLU.

Hrefna Kristmannsdóttir  
Jan Svantesson.

O R K U S T O F N U N  
Jarðhitadeild

---

Greining á utfellingum úr borholum

KJ-7, KG-10 og KJ-9

i Kröflu

---

Hrefna Kristmannsdóttir

Jan Svantesson

Október 1977

---

## A g r i p

A tímabilinu júlí - september 1977 voru boraðar útfellingar úr fóðurörum í holum KJ-7 og KG-10 í Kröflu og í rörum sem tekin voru upp úr KJ-9 voru útfellingar.

Í þessari skýrslu er lýst athugunum á útfellingunum.

Útfellingarnar skiptast í sex meginflokkar: kalk, kísil, "járnsiliköt", járnþúlfíð, járnoxyð og kalsíumsúlfat.

Járnsilikötin og hluti járnoxyðanna og e.t.v. hluti kísilútfellinganna eru ókristölluð (amorf) efni. Hin efnin eru kristölluð. Kalkið ( $\text{CaCO}_3$ ) myndar að langmestu leyti steindina kalsít, en vottur finnast af aragóniti. Kalsíumsúlfatið er kristallað sem steindin anhydrit ( $\text{CaSO}_4$ ). Járnþúlfín er að miklu leyti magnetít ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), en aðrar óákvarðaðar steindir og hálfkristölluð eða ókristölluð oxyð finnast einnig. Tvö kristölluð afbrigði finnast af kíslí ( $\text{SiO}_2$ ). Mest er af kristobalíti, en einnig finnast kvars. Tvær gerðir járnþúlfíðsteinda finnast í útfellingunum, pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) og pyrrhotít ( $\text{FeS}$ ). Járnsilikötin hafa allbreytilegt Fe/Si hlutfall. Algengast er það um 1.2, en spannar bilið frá 3.4 - 0.2.

Magnhlutfall og gerðir útfellinga eru mismunandi í holunum og í sýnum frá mismunandi dýpi í sömu holum.

Í öllum holunum eru kalkútfellingar ráðandi efst. Kísilútfellingar ná hámarki á ákveðnu dýpi og hverfa síðan að mestu. Útfellingarnar verða járnrikari með auknu dýpi.

Í KJ-9 eru einungis kalkútfellingar.

Í KJ-7 eru kalkútfellingar um 20-30% af sýnum frá 900 og 1200 m dýpi, en hverfa nær alveg í neðri sýnum. Kísilútfellingar ná hámarki á 1500 m dýpi, en finnast í hinum sýnum í minna magni. Járnsiliköt eru í mestu magni af útfellingunum í KJ-7. Járnþúlfíð er í fremur litlu magni (≤7%) í KJ-7 og einungis kristallað sem steindin pyrrhotít. Magn járnoxyða vex með dýpi og jafnframt verða járnþúlfíðin járnrikari og óstöðugri.

Í KG-10 voru kalkútfellingar ráðandi í sýnum niður á 985 m

dýpi, en voru nær horfnar á 1585 m dýpi. Járnsúlfíð, kristölluð sem steindin pyrít, finnast í öllum sýnum. Er það í litlu magni efst, en mjög hátt á 1500-1700 m. dýpi. Þar fyrir neðan minnkar magn þess, en eykst aftur í neðstu sýnunum. Kísilútfellingar finnast nánast ekki ofarlega í holunni. Þær eru í miklu magni í sýnum frá 1600 m og 1848 m, dýpi, en eru nær horfnar í neðstu sýnunum. Járnsiliköt finnast í mjög litlu magni í útfellingum úr þessari holu. Magn járnxyðútfellinga eykst mikið með dýpi. Þær finnast fyrst í nokkru magni í sýni frá 1668 m. Neðan 1550 m finnst anhydrít í litlu magni í flestum sýnum.

Efnisyfirlit:

1.	Inngangur	s. 5
2.	Athugun á útfellingum úr holu KJ-7	s. 5
2.1.	Athugun í smásjá	s. 5
2.2.	Röntgengreiningar	s. 7
2.3.	Efnagreiningar á heildarsýnum	s. 7
2.4.	Niðurstöður örgreininga.	s. 10
2.5.	Niðurstöður greininga á sýnum í KJ-7	s. 16
3.	Athugun á útfellingum úr KG-10	s. 16
3.1.	Athugun í smásjá	s. 16
3.2.	Röntgenákvarðanir	s. 18
3.3.	Efnagreiningar á heildarsýnum	s. 18
3.4.	Niðurstöður greininga á sýnum úr KG-10	s. 22
4.	Greiningar á útfellingum úr KJ-9	s. 22
5.	Athugasemd vegna greininga á málsteindum	s. 22
6.	Samanburður á útfellingum úr holunum	s. 22

Töflur:

Tafla 1	Efnagreining á heildarsýnum af útfellingum úr holu KJ-7 í Kröflu	s. 9
Tafla 2	Örgreiningar	s. 12
	KJ-7, 900 m	s. 5
	" 1200 m	s. 6
	" 1500 m	s. 6
	" 1800 m.	s. 6
Tafla 3	Efnagreining á heildarsýnum úr KG-10	s. 20
	3.a. Blautkjemiskar greiningar	s. 20
	3.b. Röntgenfluorescensgreiningar	s. 21

Myndaskrá:

1. 1.1. Magn brennisteins og járns á móti dýpi í KG-10 og KJ-7.
- 1.2. Magn kalsíums og kísiloxýðs á móti dýpi í KG-10 og KJ-7.
- 1.3. Magn magníums og áloxiðs á móti dýpi í KG-10 og KJ-7.
- 1.4. Magn alkalinálma (Na og K) á móti dýpi í KG-10 og KJ-7.
- 1.5. Magn Mn á móti dýpi í KG-10 og KJ-7.
2. Einfaldað jarölagsnið, vatnsæðar, mæld þykkt utfellingar, gerðir utfellinga, magn Ca,  $\text{SiO}_2$ , Fe og S á móti dýpi og dreifing utfellingasteinda í bergi frá KJ-7. fnr. 16557
3. Do, frá KG-10 fnr. 16556
4. Einfaldað jarölagsnið, vatnsæðar, dreifing kalsíts og aragoníts, magn CaO í utfellingu, þykkt utfellingar í holunni og dreifing utfellinga á bergi í KJ-9.. fnr. 16558

1. Inngangur:

Við borun útfellinga úr raufuðum leiðara í holu KJ-7 nú í ágúst voru tekin fjögur sýni á 900 m, 1 200 m, 1 500 m og 1800 m dýpi. Við borun útfellinga úr holu KG-10 í september voru tekin 15 sýni af útfellingum á 220-2001 m dýpi. Þegar leiðari var tekinn upp úr KJ-9 kom í ljós mikil útfelling á 250-410 m dýpi.

Sýnin úr KJ-7 hafa verið athuguð í venjulegri stækkandi smásjá, duftsýni skoðuð í bergsmásjá, þunnsneiðar skoðaðar í gegnfallandi og áfallandi ljósi, gerðar röntgengreiningar á heildarsýnum og nokkrum aðskildum fösum í sýnunum. Einstök korn voru greind í örgreini og skoðuð dreifing einstakra frumefna í þeim.

Greining á aðalefnum í heildarsýnum er að mestu lokið. Enn vantar þó greiningu á karbónati. Setja þarf upp tæki til að greina karbonat. Er efni í það í pöntun.

Athugun á sýnum úr KG-10 var ekki eins umfangsmikil. Sýnin voru athuguð í stækkandi smásjá, skoðuð duftsýni og þunnsneiðar í bergsmásjá og gerð röntgengreining. Efnagreiningar voru gerðar með röntgenfluerescenstæki en vegna skorts á viðmiðunarstöölum varð að endurtaka þær blautkjemiskt. Greining á karbónati er ólokið. Röntgengreiningar voru gerðar á útfellingum úr KJ-9. Halldór Ármannsson efnagreindi einnig eitt sýni af þeim.

Fyrirliggjandi niðurstöður sýna um hvaða gerðir útfellingar er að ræða og gróflega í hvaða hlutföllum þær eru. Þessi samantekt á niðurstöðum eyði því gerð til glöggvunar fyrir þá sem vinna að útfellingavandamálum á Kröflusvæðinu.

2. Athugun á útfellingum úr holu KJ-7

2.1. Athugun í smásjá

Sýni frá 900 m.

Í sýnинu er blanda af dökkum vaxkenndum kornum og ljósum myndlausum kornum. Áætluð hlutföll eru 60:40 (dökk:ljós).

Dreif finnst með af bergbrotum úr basalti.

Ljósu útfellingarnar freyða í þynntri saltsýru (eins og Kalk

gerir), en leysast ekki tilveg upp. Sum kornin í þesum ljósá massanum líkjast steypu. Þugar kristallaðar steindir sjást í massanum í venjulegri stækkandi smásjá. Í dökku kornunum er stundum greinileg lagskipting og sjást stundum örsmáir pyrrhotítkristallar á lagflötunum. Aðrar kristallaðar steindir sjást ekki.

Í duftsýnum og þunnsneiðum skoðuðum í bergsmásjá eru dökku kornin mjög áþekk brúnu basaltgleri. Í þeim sjást smákorn af pyrrhotíti og öðrum málmfasa.

Í ljósu kornunum sést um 10-15% kalsít, en hitt er myndlaus massi.

#### Sýni frá 1200 m dýpi

Sýnið líkist mjög því frá 900 m. dýpi, en heldur meira er af ljósum kornum.

#### Sýni frá 1500 m dýpi

Þetta sýni er einnig að mestu blanda af dökkum og ljósum myndlausum kornum í hlutföllunum u.p.b. 60:40. Örlitið sést af bergbrotum. Dökku kornin eru vaxkennd, brúnsvört á lit, oft plötulaga. Á þeim sést oft húð af kristölluðu pyrrhotíti, einnig sjást stöku sinnum í þeim saumar af tærum útfellingum.

Ljósu útfellingarnar eru flestar myndlaus massi, en sumar, eru greinilega kristallaðar í stanglaga þyrpingum.

Í sýninu finnast einnig þyrpingar af vel kristölluðu pyrrhotíti.

Við athugun á þunnsneið sést að magn kalsíts er fremur lítið og er það yfirleitt sem húð utan á kornunum.

Kristölluðu útfellingarkornin eru úr fjöðruðum þyrpingum af mjög smáum kristöllum, með lágt tvíbrot og eru tæplega greinileg með neinu öryggi í smásjá. Þeir ljóseiginleikar, sem eru ákvároðanlegir eru í samræmi við ljóseiginleika kristobalíts.

Pyrrhotít sést í meira magni í þunnsneið en í efri sýnum.

Að minnsta kosti tvær aðrir málmsfasar voru í sýninu, en gerð þeirra var ekki ákvörðuð.

#### Sýni frá 1800 m dýpi

Dökk, vaxkennd brotkorn eru ráðandi í þessu sýni, um 75-80%. Einnig er dreif af ryðlituðum járnflísum, sennilega úr rörum.

Í dökku kornunum sést vel kristallað pyrrhotít, en í mun minna magni en í sýni frá 1500 m. Í þessu sýni eru aðrir málmsfasar áberandi, en gerð þeirra varð ekki greind í þunn-sneið. Ljósar útfellingar eru um 20%. Stanglaga ljósar útfellingar eins og í 1500 m sjást, en eru í minna magni.

#### 2.2. Röntgengreiningar

Í sýni frá 900 m greindist kalsít og pyrrhotít. Í 1200 m greindist aðeins kalsít. Magn þess virðist fremur lágt bæði í 900 og 1200 m, en viðmiðunarefni vantar í sýni og magngreining er ekki möguleg á röntgen þar sem sýnið er ekki alkristallað. Í sýni frá 1500 m var greint kristobalít bæði í heildarsýni, í dökku og í ljósu útfellingunum. Stanglaga kristalþyrpingarnar reyndust vera kristobalít og kvars í minna magni.

Einnig fannst kalsít í litlu magni. Pyrrhotít fannst í dökku kornunum.

Í sýni frá 1800 m var greint kalsít og vottur af kvarsi. Úttíndur magnetískur málmsfasi reyndist vera magnetít.

#### 2.3. Efnagreiningar á heildarsýnum

Í töflu 1 eru sýndar efnagreiningar á helstu aðalefnum, nema enn vantar gildi fyrir  $\text{CO}_2$  og  $\text{H}_2\text{O}$ . Í sýni frá 900 m er mjög lág summa. Jafnvel þótt allt Ca væri bundið sem karbonat og allt Fe sem súlfíð væri summan enn verulega of lág. Aðrar athuganir sýna að járn er ekki bundið brennisteini eingöngu. Jafnvel þótt vatnsinnihald væri hátt, 10-15%, næst ekki nógu góð summa.

Í sýni frá 1200 m dýpi gæti summa orðið nálægt 100% miðað

við sem tilleg gildi fyrir júrn og brønnistein út frá öðrum athugunum og sama gildir um sýni frá 1500 m. Í sýni frá 1800 m gætu verið járnflísar, sem skýra of háa summu þegar allt Fe er talið bundið sem  $Fe_3O_4$ .

A mynd 1 er sýnt innihald einstakra efna og oxyða á móti því dípi sem sýni eru skráð á.

Áberandi niðurstöður frá greiningum eru mun lægri gildi á Ca neðan 1200 m, há gildi fyrir  $SiO_2$  í 1200 og sérstaklega í 1500 m dípi og síðan lækkun aftur í neðsta sýninu. Aukning á járni með dípi er einnig greinileg.

Gildi fyrir  $Al_2O_3$ , MgO og alkalímálmana staðfesta að mjög lítið er um bergbrot í massanum, eins og fyrsta athugun í smásjá benti til.

TAFLA 1

Efnagreining á heildarsýnum af útfellingum úr holu KJ-7 í Kröflu.

d í m	900	1200	1500	1800
SiO <sub>2</sub>	23.7	33.4	56.9	21.7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.5	3.9	2.2	3.7
Fe	17.35	18.94	23.77	55.74
Mn	0.83	1.11	0.19	0.79
MgO	1.55	2.32	0.47	0.38
CaO	13.45	17.41	1.98	2.91
Na <sub>2</sub> O	0.56	0.65	0.47	0.19
K <sub>2</sub> O	0.23	0.29	0.17	0.15
S	5.28	4.15	3.12	1.30
Summa	66.45	82.17	89.27	86.86
glæðitap	6.0	6.3	3.1	- 1.6
Summa útr..				
fyrir allt				
Ca bundið				
sem CaCO <sub>3</sub>	77.01	95.83		
Summa útr..				
fyrir Fe				
umfram FeS,				
sem Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>			96.23	107.18

## 2.4. Niðurstöður örgreininga

Til örgreininga voru notaðar fægðar þunnsneiðar eftir að þær höfðu verið skoðaðar í gegnfallandi og áfallandi ljósi. Greindir voru 13-30 punktar í hverju sýni. Auk þess var skannað yfir nokkur korn í sýnunum frá 900 og 1500 m til að athuga dreifingu helstu frumefna, aðallega járns og kísils. Mörg korn reyndust óstöðug undir elektrónugeismanum, þótt hafður væri fremur lágor straumur og breiður geisli. Stafar það sennilega af því að stór hluti útfellinganna eru ókristallaðar eða hálfkristallaðar og einnig vatnaðar.

Í töflu 2 eru sýndar efnagreiningar á einkennandi gerðum útfellinga úr hverju sýni. Nokkrar greiningar þar sem summa er mjög lág vegna "suðu" í sýni eru teknar með sem dæmi, en flestum sílikum er sleppt.

### Efnasamsetning korna í einstökum sýnum

#### Sýni frá 900 m dýpi

Ókristölluðu, dökku, vaxkenndu kornin reyndust vera að mestu úr kíslí og járni og innihalda mjög lítinn brennistein. Dreifing járns og kísils í kornunum er mjög jöfn, þ.e. ekki sjást nein belti eða kjarnar þar sem annað þessara frumefna raðar sér í meira magni en hitt. Bendir þetta til þess að efnin séu bundin í efnasamband. Hið sama bendir tiltölulega, jafnt hlutfall milli þessara efna í kornunum til. Þessi korn eru mjög sennilega úr járnsilikati, sem er ókristallað (amorf) og vatnað.

Í þessu sýni var einnig greint kalsít og útfellingar úr nær hreinum kíslí. Lítið var um kristallaðan málm í þunnsneiðinni og ekkert járnsúlfíðkorn fannst til greiningar. Málmfasi, sem er örugglega oxyð reyndist hafa nær 10% kísil.

#### Sýni frá 1200 m dýpi

Dökku vaxkenndu kornin reyndust einnig í þessu sýni vera járn og kísilsambönd, en hlutföllin á milli þessara efna, eru meira breytileg og Si:Fe lægra í flestum kornum en í sýni frá 900 m. Járnsúlfíð (pyrrhotít) var einnig greint í þessu sýni. Talsverður kíssill kom fram í greiningu þeirra e.t.v.

vegna þess hversu smá kornin eru. Lítlö var um aðra málmiða í þessu sýni. Kristallaður kísill var í smákornum í sýninu en var ekki greindur.

Sýni frá 1500 m dýpi

Dökku vaxkenndu útfellingarnar eru úr járni og kíslí í svipuðum hlutföllum og í sýni frá 900 m. dýpi. Er Si:Fe hlutfallið það sama í flestum greindum kornum. Dreifing járns og kíslis er jöfn í kornunum. Talsvert ber á æðum af járnsúlfíði í dökku ókristölluðu útfellingunum og voru greindir nokkrir punktar í sliku lagskiptu korni. Að minnsta kosti tveir málmsasar aðrir en pyrrhotít sáust í þunnsneið og voru þeir báðir efnagreindir. Talsverður munur er á endurvarpsgetu ljóss í þessum málmsteindum og hefur sá sem hefur lægri endurvarpsgetu hærra kísilinnihald.

Talsvert meira var um kísilútfellingar í þessu sýni en þeim efri og eru þær allar úr nær hreinu  $\text{SiO}_2$ . Þó er  $\text{Al}_2\text{O}_3$  innihald breytilegt og allt að hálfu prósenti. Mest af kíslinum er kristobalít, sem getur tekið talsvert Al inn í kristalgrind sína, en það getur kvars ekki.

Sýni frá 1800 m dýpi

Dökku útfellingarnar eru mun járnrikari í þessu sýni en hinum. Flestar reyndust mjög óstöðugar undir elektrónugeismanum og því fengust engar góðar greiningar með áreiðanlegu Si:Fe hlutfalli. Mun meira er um kristallaða málma í þessu sýni en hinum, bæði súlfíð og oxyð. Hreinn kísill var ekki í mjög miklu magni en þó var einfalt að finna korn til greininga.

Tafla 2 Örgreininingar

KJ-7 900 m

svarbrúnar vaxkenndar  
útfellingar

	(1)	(3)	(16)	(8)	(17)	(12)	(19)	(20)	(18)
SiO <sub>2</sub>	33.79	30.76	16.62	34.20	21.68	1.40	95.09	98.32	9.80
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.02	0.04	0.02	0.00	0.01	0.00	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.67	1.65	0.33	2.06	0.33	0.10	0.01	0.04	0.09
FeO	40.08	46.58	43.63	23.53	21.77	0.09	0.00	0.03	70.82
MnO	3.75	1.97	0.41	0.60	1.52	0.00	0.00	0.00	0.19
MgO	1.41	1.52	0.37	4.45	0.54	0.01	0.00	0.01	0.10
CaO	1.34	1.31	0.51	0.92	0.61	53.57	0.03	0.08	0.23
Na <sub>2</sub> O	0.12	0.11	0.02	0.06	0.13	0.03	0.00	0.00	0.17
K <sub>2</sub> O	0.15	0.07	0.04	0.10	0.09	0.03	0.00	0.00	0.08
P <sub>2</sub> O	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00
summa	82.31	84.01	61.87	65.98	46.69	55.29	95.17	98.52	81.50
Si/Fe	1.8	0.79	0.46	1.20	1.19				

S myjög lágt í öllum sýnum &lt; 0.5%

Tafla 2 Örgreiningar  
KJ-71200 m

dökkar vaxkendar útfellingar

Fe/Si ríkur fasi

	(1)	(5)	(7)	(8)	(9)	(14)	(11)	(2)	(3)	(12)	járnseigð
SiO <sub>2</sub>	51.28	41.82	38.92	43.63	40.44	43.61	42.77	6.36	7.93	2.77	
FeO	31.62	29.24	28.94	31.01	14.38	27.19	37.10	72.23	64.58	68.02	
MnO	2.41	1.49	1.42	1.60	1.38	1.12	1.19	0.40	0.35	0.12	
MgO	2.59	2.54	0.87	1.09	7.72	4.44	1.59	0.45	0.49	0.10	
CaO	1.33	2.28	1.58	1.23	1.32	1.87	1.85	0.50	0.38	0.45	
NiO	0.00	0.02	0.04	0.02	0.02	0.05	0.09	0.10	0.05	0.00	
	89.22	77.40	71.76	78.59	65.25	78.28	84.57	80.05	73.76	71.45	
Si/Fe	1.94	1.71	1.73	1.69	3.37	0.73	1.38				

Tafla 2 Örgreiningar

KJ-7	Svarbrúnar, vaxkenndar ókristalláðar (amorf) útfellingar, oft í plötu- laga massa	Lagskipt korn með jámsúlfíð æðum í										Jámsúlfíð korn				Kísilírikur rámfasi			
		Járnóxyd.					Jámsúlfíð.					(23)		(26)		(27)			
(1)	(3)	(4)	(8)	(10)	(11)	(12)	(13)	(17)	(25)	(3)	(6)	(9)	(23)	(26)	(27)	(5)			
SiO <sub>2</sub>	42.18	43.28	42.31	41.09	8.55	17.86	7.01	32.84	1.70	0.69	0.92	0.23	0.25	95.5	94.56	96.79	16.21		
TiO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.04	0.01		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.00	0.02	0.00	0.07	0.37	0.32	0.85	0.00	0.01	0.03	0.03	0.02	0.44	0.00	0.00	0.02		
FeO	41.03	41.77	39.03	43.48	68.76	23.12	71.62	33.03	86.99	86.98	72.78	74.92	74.24	0.02	0.09	0.06	71.12		
MnO	0.21	0.26	0.20	0.24	0.37	0.61	0.29	1.39	0.49	0.28	0.01	0.03	0.00	0.01	0.00	0.03	0.43		
MgO	0.44	0.38	0.72	0.10	0.35	0.74	0.30	1.44	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	0.20		
CaO	0.85	1.06	1.88	0.37	0.38	0.21	0.90	0.05	0.07	0.02	0.00	0.01	0.04	0.03	0.04	0.04	0.21		
Na <sub>2</sub> O	0.80	0.67	0.38	0.55	0.10	0.09	0.08	0.13	0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.03	0.08	0.08	0.30		
K <sub>2</sub> O	0.32	0.31	0.23	0.33	0.02	0.09	0.02	0.18	0.03	0.00	0.00	0.01	0.04	0.03	0.03	0.12	0.21		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	0.02	0.00	0.02	0.07	0.01	0.00	0.03	0.09	0.03	0.02	0.01	0.04	0.00	0.00	0.08	0.08		
summa	85.87	37.76	84.81	86.20	74.57	43.26	79.85	70.79	89.38	88.11	73.80	75.25	74.57	96.13	94.75	97.07	88.69		
S	~0.1	~0.1												35.8	< 0.1	< 0.5			
Si/Fe	1.23	1.24	1.30	1.13										1.19	0.02	0.27			

~38

35.8 &lt; 0.1 &lt; 0.5

1.19 0.02 0.27

Tafla 2 Örgreiningar  
KJ-7 1800 m

	Massífar, dökkar útfellingar		Málmfasar aðrir en súlfir					Jármálsúlfir	Kísill		
	(6)	(8)	(1)	(7)	(5)	(2)	(12)	(13)	(9)	(3)	(11)
SiO <sub>2</sub>	12.49	1.26	2.28	0.12	1.51	0.18	0.16	0.91	0.67	1.75	99.20
FeO	73.73	40.15	87.39	89.43	88.60	89.53	86.27	73.99	75.69	74.08	0.06
MnO	0.05	0.17	0.59*	0.15	0.74	0.06	0.29	0.58	0.05	0.00	0.01
MgO	0.11	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00
CaO	0.32	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.03	0.03	0.01
NiO	0.00	0.01	0.12	0.07	0.05	0.05	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
	86.70	41.67	90.40	89.77	90.90	89.83	86.75	75.49	76.63	75.86	99.27
Si/Fe	0.20	0.04									

Si/Fe 0.20 0.04

## 2.6. Niðurstöður

Greiningar sýna að gerðir útfellinga í KJ-7 eru kalsít, kíssill (cristobalít og kvars) járnsiliköt, járnsúlfíð (pyrrhotít) og járnoxyð. Kalsít er um 20-30% útfellinga í tveim efstu sýnum. Það hverfur nær í neðstu tveim sýnum. Kíssill eykst mjög á 1500 m dýpi en er í minna magni í sýni frá 1800 m. Járn-súlfíðið pyrrhotít finnst í öllum sýnum. Það er aðeins í litlu magni, yfirleitt undir 5% og hæst 7-8% af sýninu. Járn-silikötin eru í langmestu magni í útfellingunum. Hlutfall Fe/Si í þeim er breytilegt. Í sýnum frá 900 og 1500 m er það svipað og minnsta breytilegt, um 1.2. Í sýni frá 1200 m er það að jafnaði hærra, en mun breytilegra. Í sýni frá 1800 m eykst mikið magn málmoxyða og jafnframt verða járn-silikötin járnrikari. Eru þau þar mjög óstöðug í elektrónugeislanum og erfitt að greina þau á örgreini. Á mynd 2 er sýnt yfirlit yfir helstu niðurstöður útfellingagreininga. Til samanburðar er sýnd dreifing helstu útfellinga í berginu.

## 3. Athugun á útfellingum úr KG-10

### 3.1. Athugun í smásjá

#### Sýni frá 220-230 m dýpi

Kalsít er nær einrátt í sýninu, en einnig sést fínkornóttur myndlaus massi, bæði ísotrop og tvíbrjótandi. Örfá korn eru af ógegnsæjum steindum.

660 m Í sýninu er nær eingöngu kalsít, en örfá smákorn af málmsteindum sjást einnig.

689 m Magn málmsteindakorna hefur aukist talsvert. Eru þau í beltuðum plötulaga kornum með velkristölluðum þráðóttum málmsteindum. Kalsít er í miklu magni í sýninu.

Nokkur korn sjást af rauðbrúnleitum ísotrop massa, svipuðum órkristölluðu járn-sílikötum, sem algeng voru í útfellingum frá KJ-7.

906 m Talsvert mikið er um kalsít og svipuð málmsteindakorn og í sýninu ofan við. Meira ber á kornum úr myndlausum, fínkornóttum massa og rauðbrúnleit, glerkennd brotkorn.

935 m Aukning verður á brotkornum með miklu af málmsteindum í. Mest er enn af kalsíti. Nokkur korn sjást af anhydriti.

1553 m Mjög mikið er um málmsteindir í þessu sýni. Pyrit í velþróúðum kristöllum er algengt. Talsvert er enn af kalsíti. Anhydrit sést.

1580 m Málmsteindir eru í mestu magni í þessu sýni. Heldur minna er um pyrít en í 1552 m. Blygráar, vel-kristallaðar járnoxyðútfellingar sjást einnig. Einnig sjást fínkornótt, massíf, myndlaus korn og stök kalsítkorn. Kristobalítþyrpingar sjást einnig. Örlítill dreif er af gulleitum og rauðbrúnleitum, glerkenndum kornum.

1610 m Heldur minna er um ógegnsæ útfellingakorn en í tveim síðustu sýnum. Ísotrop myndlaus korn eru allalgeng. Anhydrit sést. Pyrit er talsvert algengt. Járnlísaar úr rörum erusennilega í sýninu og mörg kornanna eru ryðlituð.

1639 m Ógegnsæ myndlaus korn eru ráðandi. Innan við 20% af sýninu eru ljós korn. Talsvert er af pyriti. Ryðlitar er algengur á kornunum. Ísotrop rauðbrúnleit útfellingakorn sjást dreifð í þunnsneið og einnig sést anhydrit.

1668 m Sýnið er mjög svipað og frá 1639 m.

1848 m Mjög mikið er af stálgráum málmutfellingum í þessu sýni. Nær öll korn eru ógegnsæ í þunnsneið. Málmsteindir eru ísotropar og með allháa endurvarpsgetu.

1895 m Heldur meira ber á ljósum kornum. Dreif er af bergbrotum í þessu sýni. Talsvert mikið sést af kristobalíti. Einnig sést anhydrit og massíf korn úr fínkornóttum tvíbrjótandi ögnum og glerkennd korn.

1896 m Þetta sýni líkist mjög sýni frá 1848 m.

1925 m Meginhluti kornanna er úr fínkornóttum ógegnsæjum massa. Einnig er nokkuð um pyrit, blygráu málmutfellingarnar og anhydrit.

2001 m Svipað og í 1925 m, en mun meira er um bergbrot.

3.2. Röntgenákvarðanir

Í sýnum frá 220-230 m, 660m, 689m, 906 m og 935 m greindist kalsít og vottur fannst af aragoníti í 660 m, 906 og 935 m. Í 1553 m greindist kalsít, pyrit anhydrit og vottur af kvarsi. Í 1580 m fannst kristobalít, vottur af kalsíti, kvarsi og anhydriti, pyrit og sennilega vottur af pyrrhotiti. Í 610 m fannst magnetít, kristobalít og pyrit. Í 1639 m fannst magnetít og kristobalít.

Frá 1668 m dýpi fannst kristobalít, magnetít og vottur af kvarsi. Í 848 m greindist aðeins magnetít og e.t.v. anhydrit. Í 895 m fannst magnetít, kristobalít, kvars og vottur af kalsíti.

Í 1896 m var magnetít og e.t.v. vottur af anhydriti.

Frá 1925 m dýpi var greint magnetít, pyrit og sennilega anhydrit.

Í neðsta sýnинu frá 2001 m var greint magnetít, pyrit og anhydrit.

3.3. Efnagreiningar á heildarsýnum

Í töflu 3a er sýnd efnasamsetning (frá blautkjemiskum greiningum) á þeim 15 sýnum, sem tekin voru úr KG-10. Einnig er sýnd summa fyrir allt Ca útreiknað sem  $\text{CaCO}_3$  (kalsít) og fyrir Fe umfram  $\text{FeS}_2$  útreiknað sem  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetít).

Í töflu 3b eru sýndar röntgenfluorescens greiningar á sömu sýnum. Ber greiningunum yfirleitt vel saman, en greiningaraðferð notuð í töflu b er mun fljótlegri og heldur ónákvæmari.

Til frekari glöggvunar eru breytingar á magni hvers efnis eða oxyðs með dýpi sýnt á mynd 1. Magn brennisteins er mun hærra í utfellingum úr KG-10 en KG-7, enda er  $\text{FeS}_2$  (pyrit) þar ráðandi jármsúlfíðfasi en ekki FeS (pyrrhotít). Magn brennisteins er lágt efst og neðst og nær hámarki á um 1600 m. Jármagn eykst mikið neðan 1600 m og helst hátt í botn. Kalsíum lækkar mjög snögglega í 600 m, þar sem kalsítutfellingar hverfa. Kísill hefur mun lægra gildi að jafnaði en í utfellingum frá KG-7, en nær hámarksgildi á um 1600 m.

Það lekkar síðan mjög mikil og heist lágt í botn, nema í einu sýni þar sem magn kísilútfellinga verður aftur mjög mikið.

Útreiknuð summa efnasambanda út frá þeim málmfösum, sem greinst hafa í sýnum er yfirleitt nokkuð há í járnrikustu sýnum. Gæti þetta stafað af of háum mæligildum fyrir járn. Þó er ekki líklegt að mæliskekkja sé meiri en 5%. Einnig gætu verið aðrir málmsasar í sýnu en þeir sem tekist hefur að greina. Í því sýni, sem hæst summa fæst í, bar mest á ryðguðum málmögnum. Ekki þarf mikið magn af flísum og brotum úr rörunum til að breyta verulega hlutföllum í heildarefnagreiningu. Of lág summa í greiningunni á kalkríku útfellingunum stafar mjög sennilega af vötnun.

Tafla 3a

Efnagreining á heildarsýnum úr KG-10, blautkjemiskar greiningar

Tafla 3b

Röntgenfluorescensgreiningar á sýnum úr KG-10

Dýpi í m.	220-30	660	689	906	935	1 553	1 580	1 610	1 639	1 668	1 848	1 895	1 896
SiO <sub>2</sub>	18.7	4.5	5.1	4.2	7.5	7.9	30.2	45.2	14.4	10.7	4.0	25.4	2.7
Fe	5.9	2.5	10.2	9.3	22.6	18.7	37.5	33.6	50.0	52.1	69.4	43.0	69.5
CaO	28.0	55.1	42.6	47.4	26.5	23.0	1.8	1.2	95	.86	92	5.0	.85
S	.32	.28	5.8	4.5	13.3	18.8	20.3	13.5	21.6	23.0	1.6	( - )	3.8
Summa	52.9	62.4	63.7	65.4	69.9	68.4	89.8	93.5	87.0	86.7	75.9	73.4	76.9

Dýpi í m.	1 925	2. 001
SiO <sub>2</sub>	4.7	6.4
Fe	63.8	61.3
CaO	2.3	3.2
S	6.2	5.0
Summa	77.0	75.9

3.4. Niðurstöður greininga af sýnum úr KG-10

Gerðir útfellinga í KG-10 eru kalk (kalsít og aragonít), kíssill (kristobalít og kvars), járnsúlfíð (pyrit), járnoxyð (magnetít) kalsíumsúlfat (anhydrit) og í litlu magni járnsiliköt. Yfirlit yfir greiningar á útfellingum úr KG-10 er sýnt á mynd 3, ásamt dreifingu útfellinga í berginu úr holunni.

Kalsít er ráðandi í sýnum niður fyrir 935 m dýpi, en er nær horfið á 1580 m dýpi. Kísilútfellingar eru í mesta magni á um 1600 m dýpi og aftur í 1848 m dýpi, en eru nær horfnar í neðstu sýnum.

Járnsúlfíð á formi pyrits finnst í litlu magni í fimm efstu sýnum, en magn þess eykst mjög í sýni frá 1553 m og er hátt í sýnum frá 1580 m, 1639 m og 1668 m. Síðan minnkar mjög magn pyrits, og eykst svo nokkuð aftur í þrem neðstu sýnum.

Járnoxyðútfellingar finnast aðallega frá 1668 m og eykst síðan magn þeirra í sýnum með dýpi. Kalíumsúlfat finnst dreift aðallega neðan 1550 m. Járnsiliköt, svipuð og í útfellingum frá KJ-7 finnast dreifð í flestum sýnanna.

4. Greiningar á útfellingum úr KJ-9

Einungis voru gerðar röntengreiningar á útfellingum úr holu KJ-9. Útfellingarnar voru nær hreinar kalkútfellingar. Kalkið var kristallað að mestu sem steindin kalsít, en vottur fannst af steindinni aragonít. Efnagreining Halldórs Ármannssonar á sýni frá 280-290 m dýpi sýndi að CaO = 55.6 og MgO = 0.64. Önnur efni voru undir 0.1%. Sýnið er því nánast hreint kalsít. Á mynd 4 er sýnt yfirlit yfir niðurstöður útfellingagreininga, ásamt dreifingu útfellinga í bergi.

5. Athugasemd vegna greininga á málsteindum

Í flestum sýnanna fundust málsteindir, sem ekki voru ákvarðaðar. Einföldustu tæki til ákvörðunar málsteinda eru ekki til hér á landi. Reynsla höfunda við málsteinda athuganir takmarkast við algengustu málsteindir í fersku og ummynduðu basalti. Tæki skortir til að mæla þá eiginleika sem flokkun í handbókum byggist á. Leitað var til þess jarðfræðings hérlendis sem mesta reynslu hefur í málsteindagreiningu, en hann þekkti heldur ekki allar málsteindirnar.

6. Samanburður á útfellingum úr holum

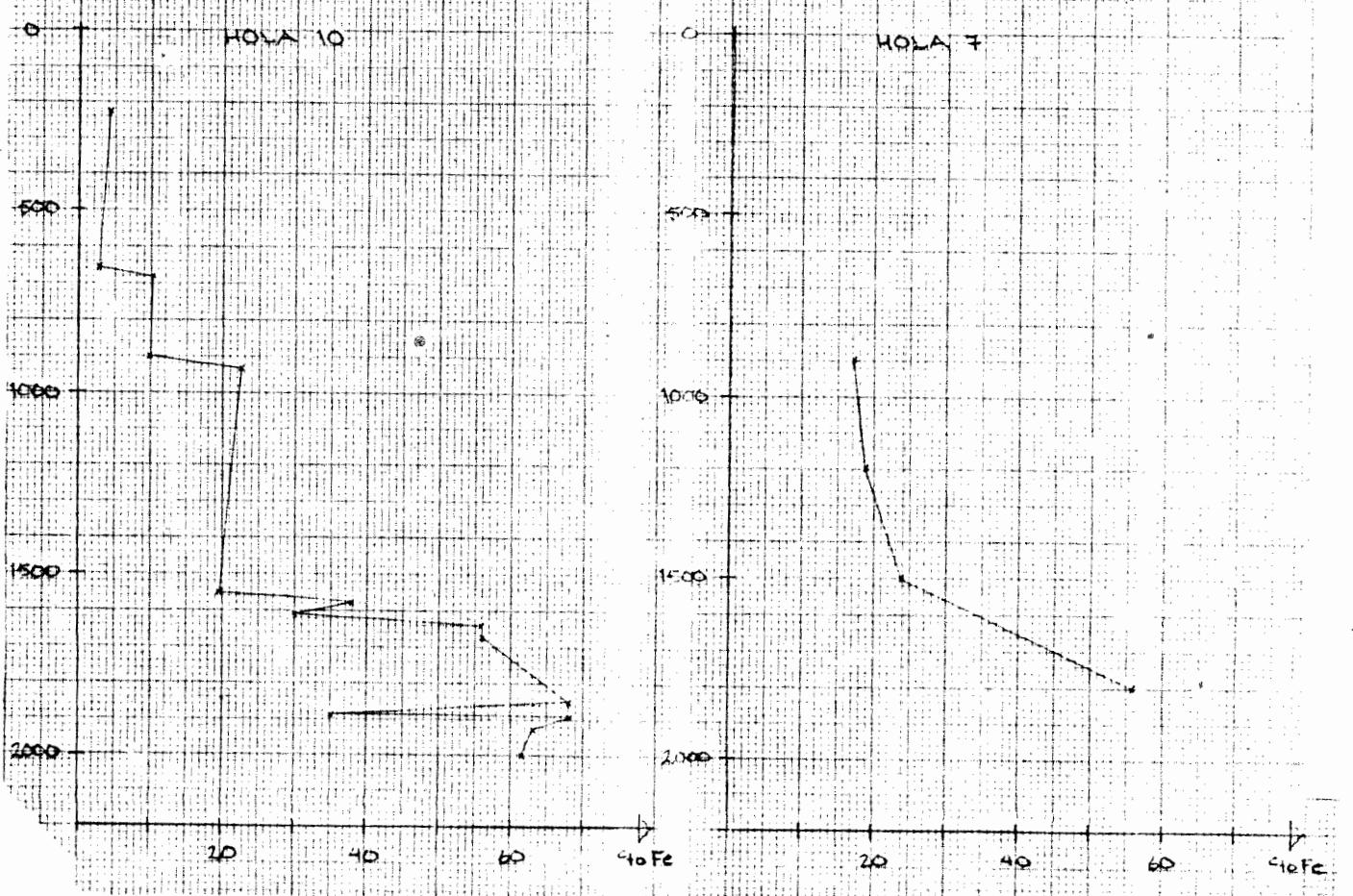
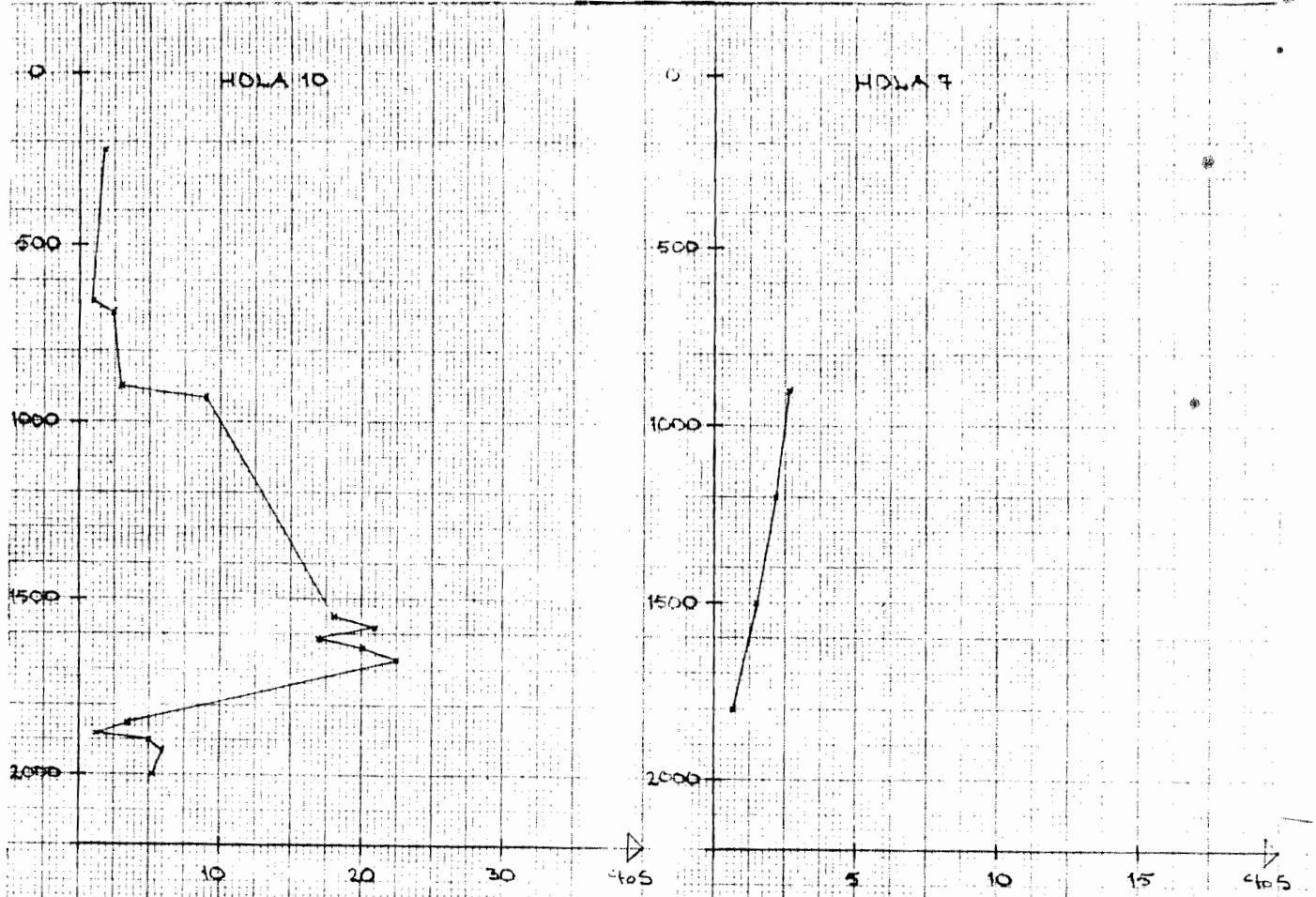
Einungis kalkútfellingar hafa orðið í KJ-9. Útfellingar

ofarlega í þeim KJ-7 og KG-10 eru að mestu úr kalki. Kalkútfellingar virðast ná dýpra niður í holu KG-10 en KJ-7. Dreifing hreinna kísilútfellinga í holunum virðist ekki ósvipuð. Þar sem sýni eru svo fá frá KJ-7 er a.m.k. óvarlegt að leggja mikið upp úr þeim mismun sem fram kemur. Áberandi minna heildarmagn af kíslí er að jafnaði í útfellingum frá KG-10 en KJ-7. Járnsiliköt hafa ekki fallið út nema í litlum mæli í KG-10, en þau eru yfirleitt ráðandi útfellingar í KJ-7.

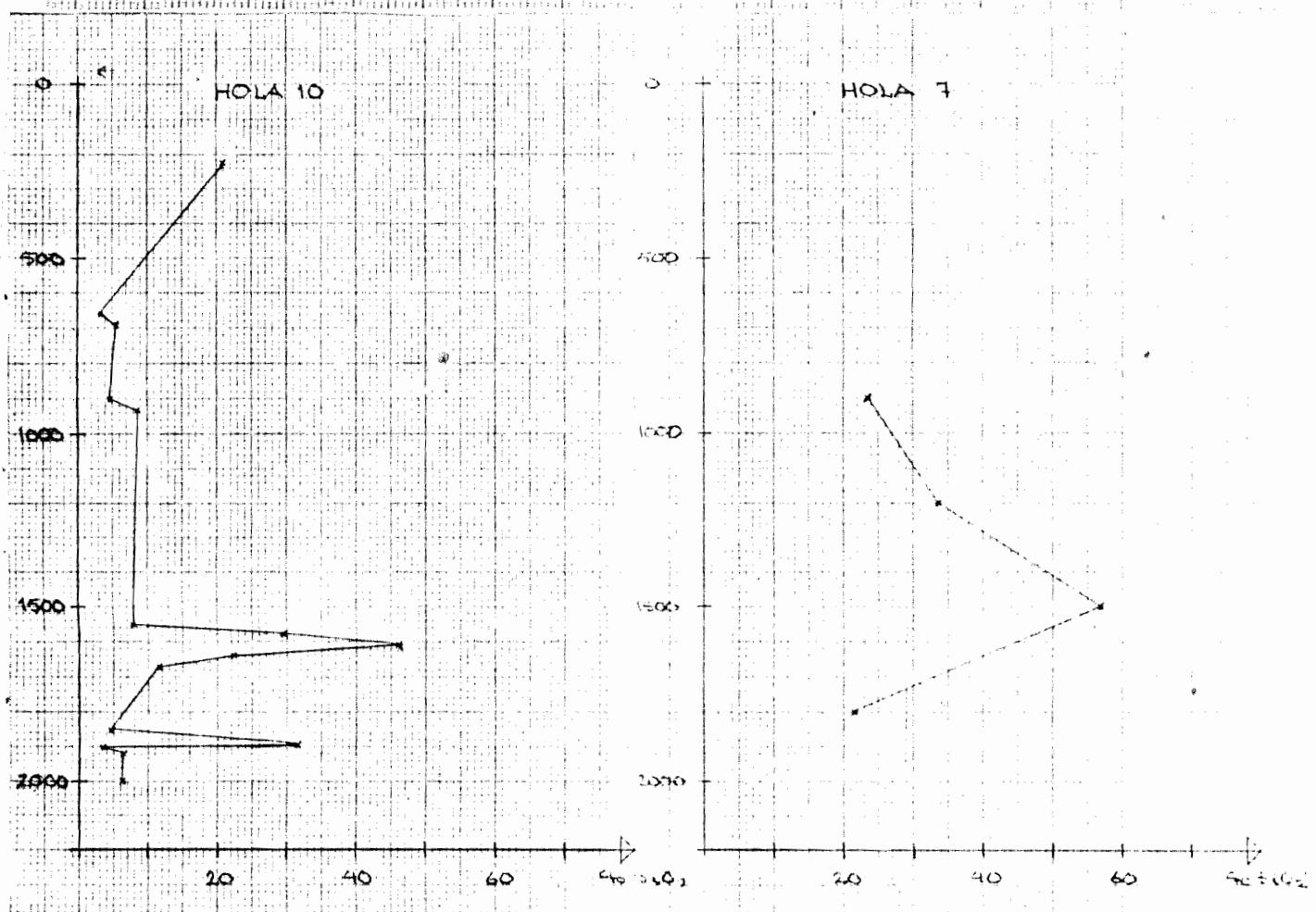
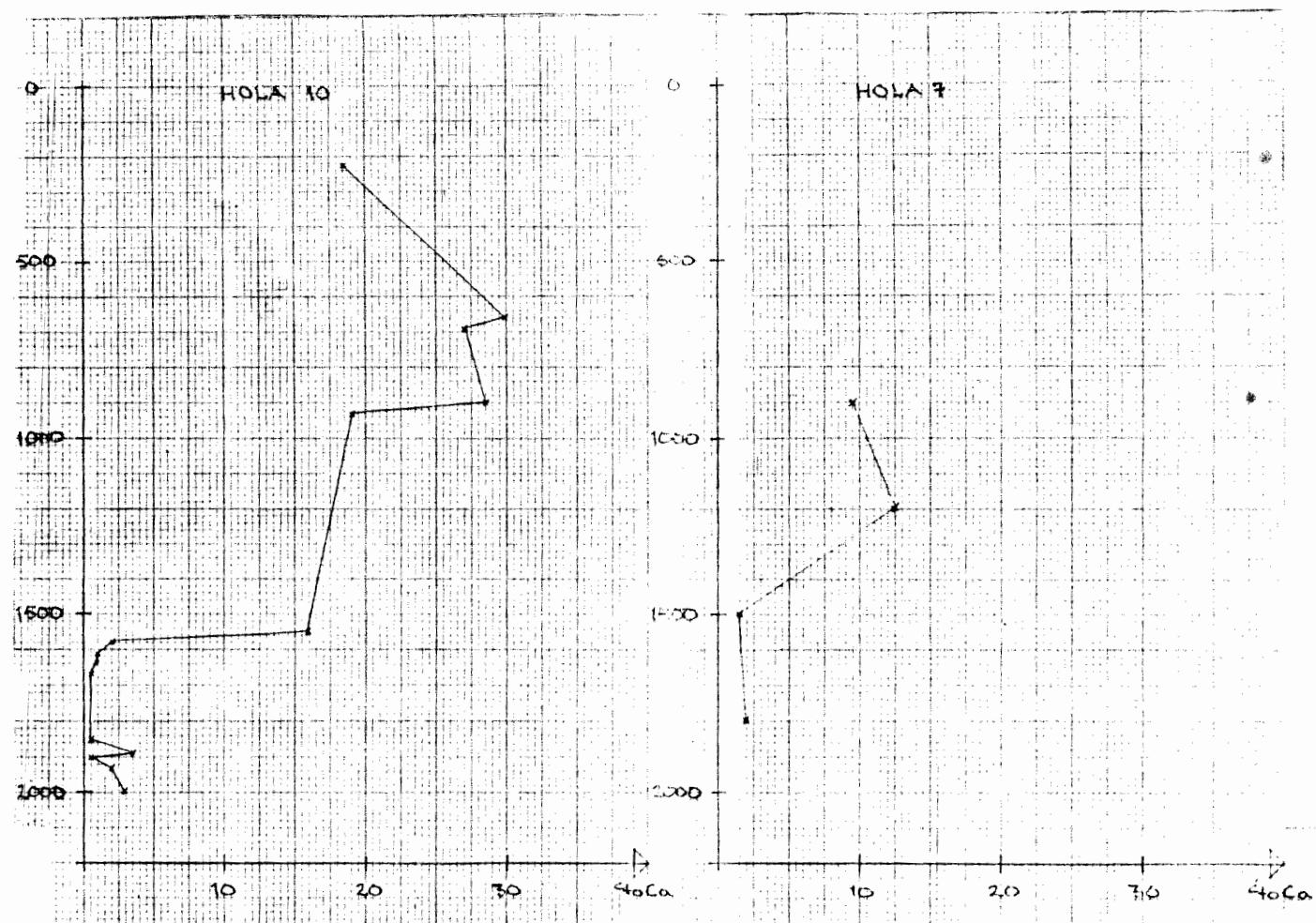
Járnsúlfíð eru í meira magni í KG-10 en í KJ-7 og á formi pyrits ( $FeS_2$ ), en ekki pyrrhotíts (FeS) eins og í KJ-7. Auk þess finnast kalsiumsúlfat (anhydrit) í KG-10 en ekki í KJ-7. Þetta bendir til meira redúserandi aðstæðna í KJ-7 en KG-10 þegar útfelling varð. Járnmagn eykst með dýpi í útfellingum í báðum holunum. Fellur það út sem járnoxyð neðst í báðum holunum.

-----

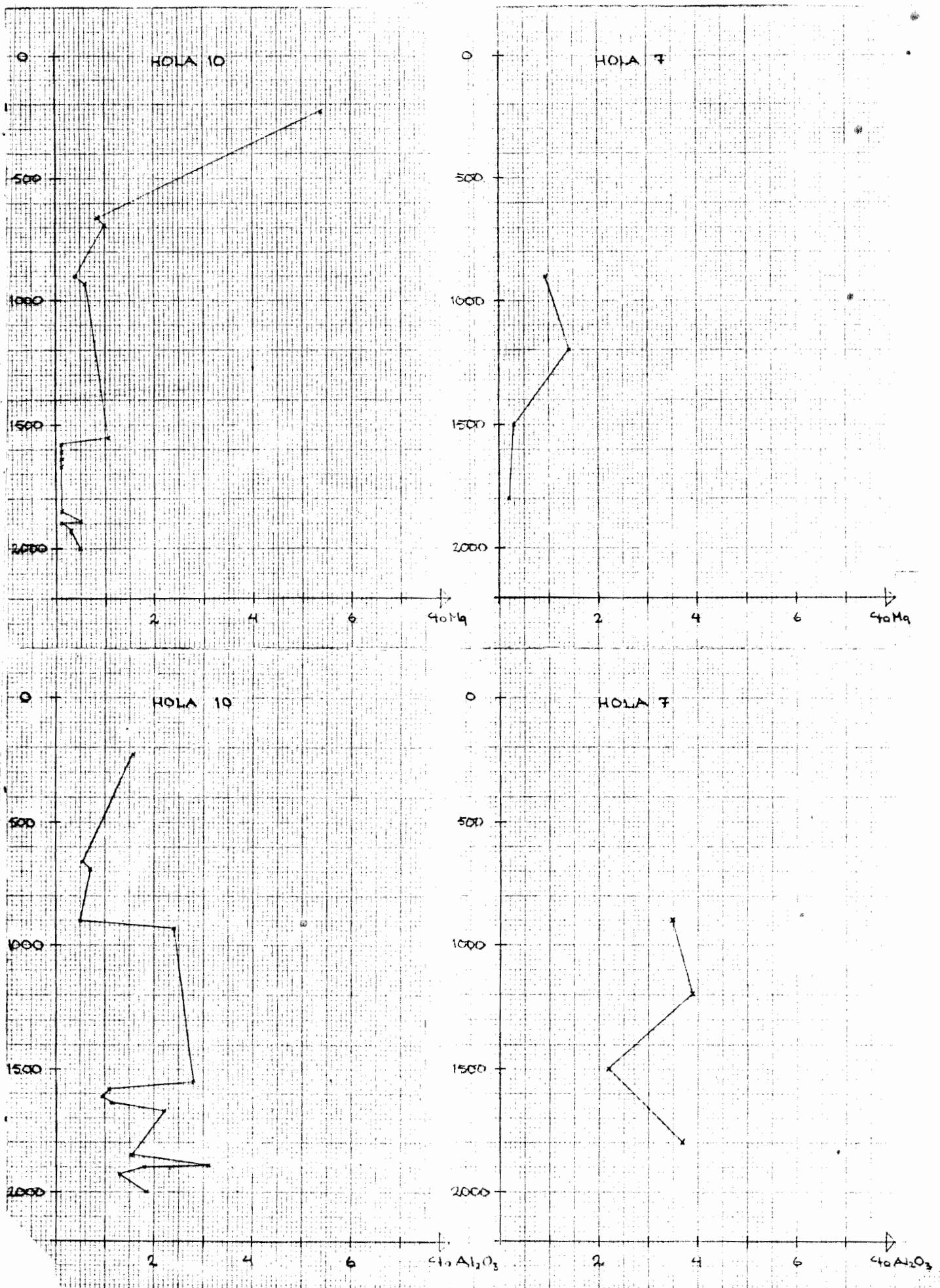
MYND. 1.1.



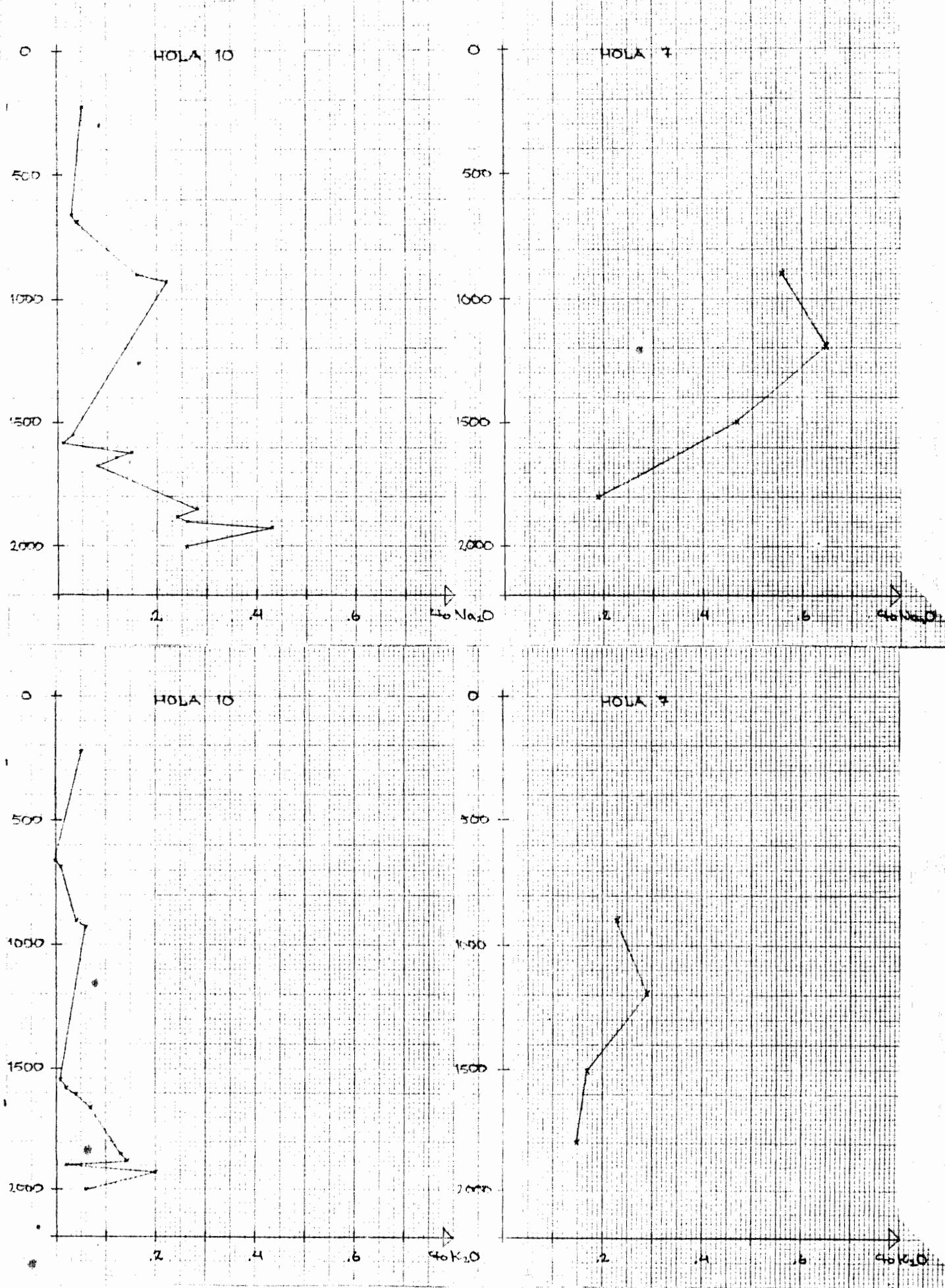
MYND 1.2.



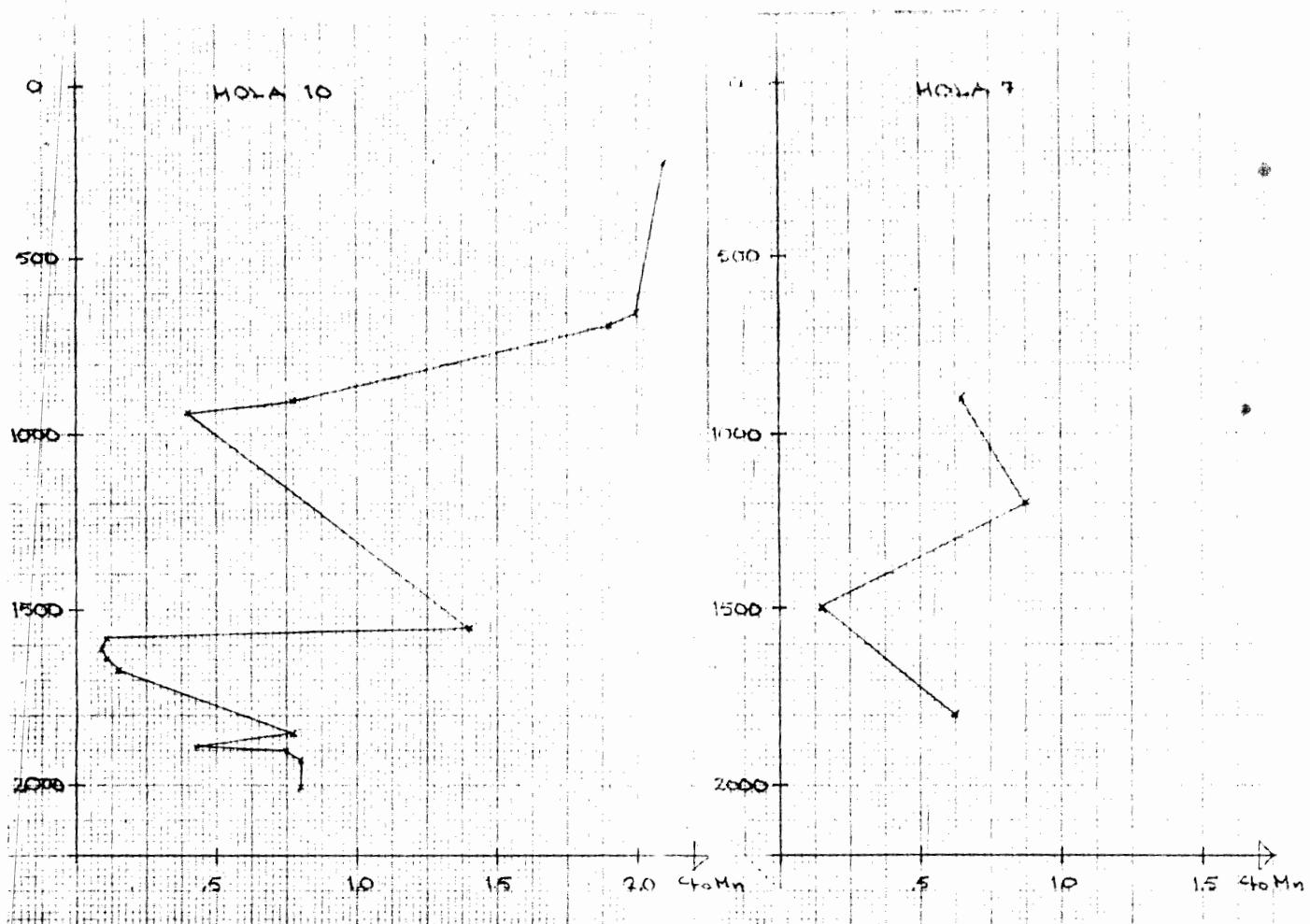
MYND 1.3.



MYND 1.4.

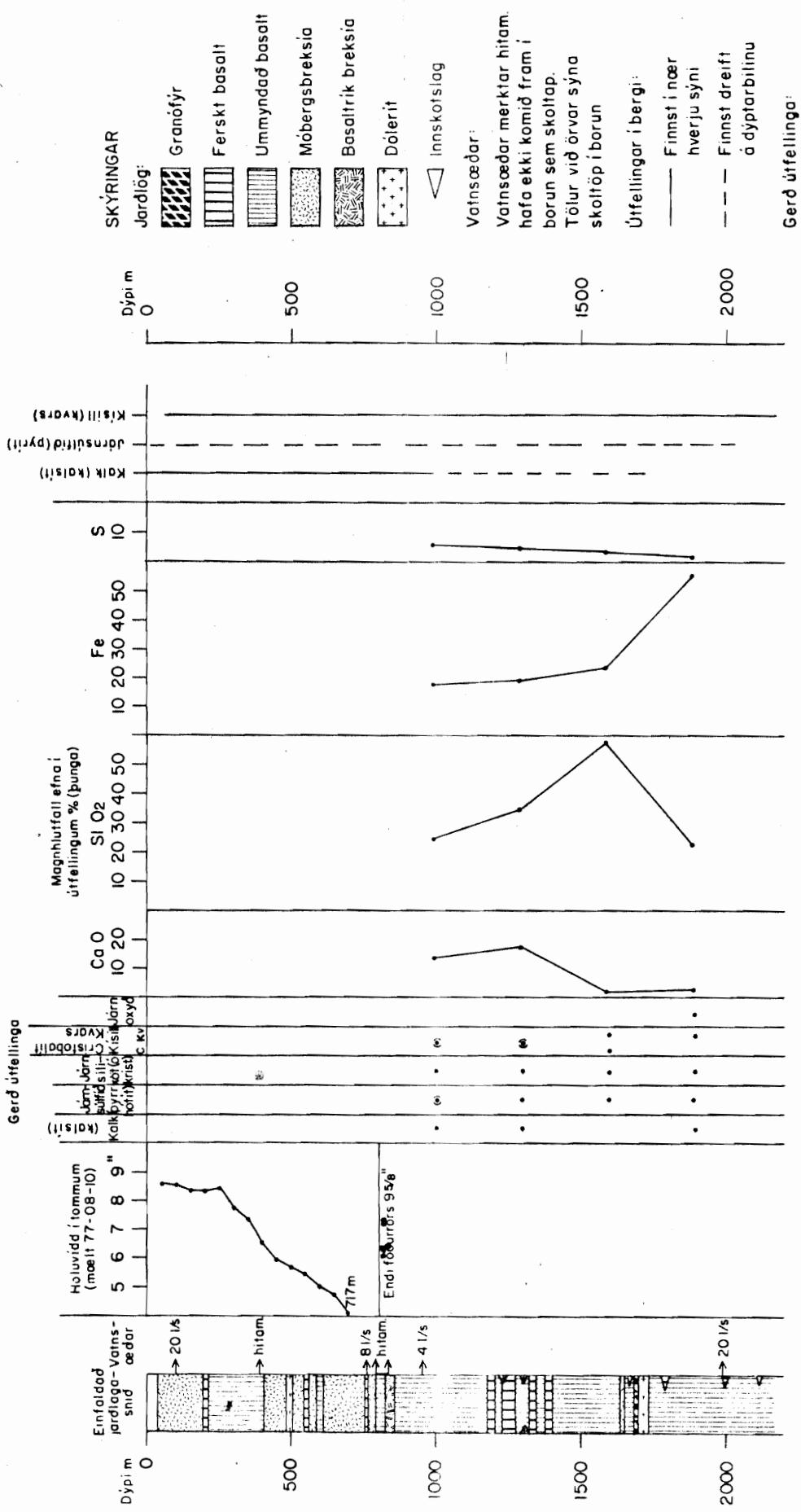


MYND 1.5.



# Mynd 2

Útfellingar í bergrí



Gerd útfellinga:

• Mjög lítið magn

— Finnst í nær hveju sýni

— Finnst dreift á dýplarbilnu

Útfellingar í bergrí:

— Finnst i nærliggjandi skoltöppunum

Vatnsæðar:  
Vatnsæðar merktar hitam.  
Hafa ekki komið fram í  
borun sem skoltap.  
Tölur vid örvar sýna  
skoltöppunum í borun

Innskotslag

Ferskt basalt

Ummyndað basalt

Móbergsbreksia

Basaltírik breksia

Dólerit

Granofyr

Jordiög:

SKÝRINGAR

Jordiög:

Granofyr

Ferskt basalt

Ummyndað basalt

Móbergsbreksia

Basaltírik breksia

Dólerit

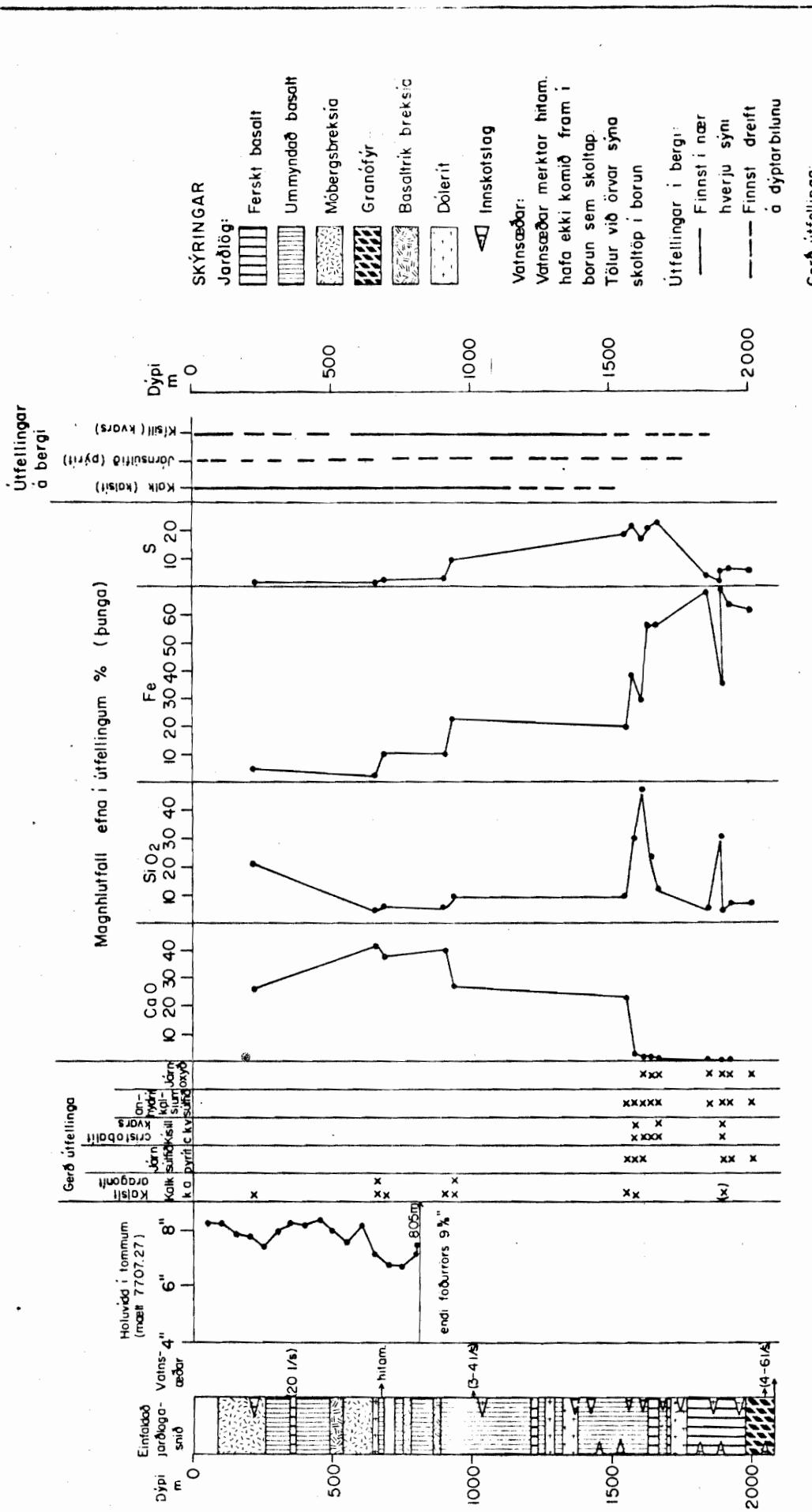
Granofyr

ORKUSTOFNUN

KJ-7

Jordiög, þykkt, gerd og efnumarsætning útfellinga i bergrí  
fodurorum og hestu gerd útfellinga í bergrínu  
77 ÓL 27 HK/SW T522 Kröla F 16557

# Mynd 3

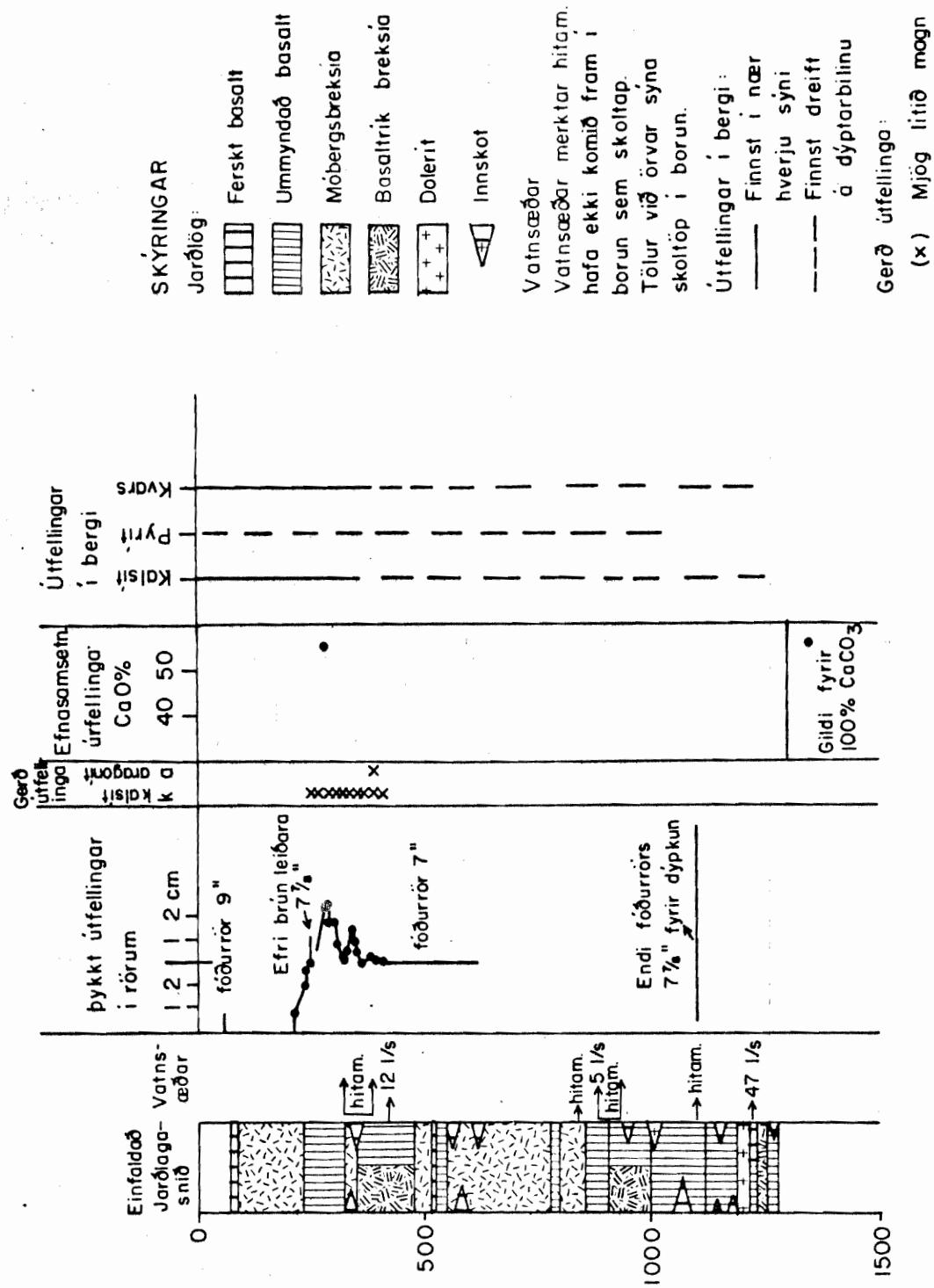


ORKUSTOFNUN

Jardlög, brykti, gerð og efnumsetning urfellinga  
fölburrum og heilsu gerðar urfellinga i Bergi

KG-10

# Mynd 4



<input checked="" type="checkbox"/> ORKUSTOFNUN	KJ-9	780127 KK/AA
Jordlög, þykkt, gerð og efnasamsetning útfellinga	T 523	Kraflo
i fóðurriðum og heilstu gerdir útfellinga i þærinu		F 16 558