



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**NESJAVELLIR, HOLA NG-9**  
**Upphitun, upphleyping og blástur**

Valgarður Stefánsson  
Einar Gunnlaugsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-85034/JHD-10 B

Máí 1985



**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknúmer 611113

**NESJAVELLIR, HOLA NG-9**

**Upphitun, upphleyping og blástur**

Valgarður Stefánsson

Einar Gunnlaugsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-85034/JHD-10 B

Maí 1985

## EFNISYFIRLIT

	bls.
1 INNGANGUR	4
2 UPPHITUN	4
3 UPPHLEYPING	6
4 BLASTURSSAGA	6
5 EFNAFRÆÐI	9
5.1 Niðurstöður efnagreininga	10
5.2 Breytingar á efnasamsetningu með tíma	10
5.3 Jafnvægi bergs og vatns	10
5.4 Áhrif efnasamsetningar á nýtingu	11
6 SAMANBURÐUR VIÐ AÐRAR HOLUR	11
7 NIÐURSTÖÐUR	11
HEIMILDIR	17
<b>MYNDASKRÁ</b>	
Mynd 1 Hiti í NG-9 í upphitun	18
Mynd 2 Þrýstingur í NG-9 í upphitun	19
Mynd 3 Blásturssaga holu NG-9	20
Mynd 4 Sveiflur í holu NG-9 á fyrsta sólarhring blásturs	21
Mynd 5 Breytingar á efnainnihaldi heildarrennslis úr holu NG-9	22

## TÖFLUSKRÁ

	bls.
1 Samanburður æða í holu NG-6 og NG-9	5
2 Aflmælingar á holu NG-9	8
3 Efnainnihald í heildarrennsli úr holu NG-9 á Nesjavöllum	13
4 Samanburður á styrk kísils í meðalsýni og sýni söfnuðu í þrýstipúlssi	13
5 Efnasamsetning borholuvökva við 280°C í holu NG-9	14
6 Hlutföll nokkurra efna í rennsli	14
7 Efnahiti reiknaður út frá efnasamsetningu vökva úr holu NG-9 á Nesjavöllum	15
8 Gas í gufu úr holu NG-9, miðað við 7 bar-a þrýsting	16
9 Samsetning gass í gufu úr holu NG-9 miðað við 7 bara þrýstig	16
10 Hitastig ópalmettunar við hvellduðu	16

## 1 INNGANGUR

Við borun holu NG-6 á Nesjavöllum árið 1982 kom fram mjög athyglisverð mynd af því hvernig þrýstingur í jarðhitakerfinu breyttist með dýpi. Í efstu 800 m kerfisins virtist þrýstingur aukast meira en sem samsvarar þunga kaldrar vatnssúlu, en neðan við 900 m dýpi var þrýstihæð (potential) kerfisins meira en 20 bar lægri en í efri hluta kerfisins.

Þessar aðstæður voru túlkaðar á sínum tíma þannig að möguleiki væri á að þurrugufulag væri í kerfinu á 900-1100 m dýpi. Þar eð hola NG-6 tekur inn vökva bæði í þessum lágþrýsta hluta kerfisins og í efri hlutanum þar sem þrýstingur í kerfinu er hár og vökvinn í vatnsfasa var ekki hægt að fá einhlítt svar með holu NG-6 um það hvort lágþrýstihluti kerfisins væri þurr gufa eða hvort kerfið væri tveggja fasa sjóðandi kerfi.

Til þess að fá svar um tilvist þurrugufulags var ákveðið að næsta hola, sem boruð væri í þennan hluta jarðhitakerfisins, yrði fóðruð með steyptri fóðringu, sem lokaði af efri hluta kerfisins. Rennsli úr slíkri holu mundi þá gefa ótrufluð sýni af þeim jarðhitavökva sem er í kerfinu á 900-1100 m dýpi.

Hola NG-9 er fyrsta holan sem uppfyllir þessi skilyrði. Holan er fóðruð í 815 m dýpi, og er hún aðeins opin inn í þann hluta jarðhitakerfisins sem er með lága þrýstihæð. Blástur holu NG-9 og upphitun átti að skera úr um tilvist þurrugufulags á Nesjavöllum. Niðurstöður athugana urðu þær að líta bæri á þennan lágþrýsta hluta kerfisins sem tveggja fasa sjóðandi jarðhitakerfi fremur en að fyrir hendi væri þurr gufa í jarðhitakerfinu.

Þessi skýrsla greinir frá nefndum athugunum á holu NG-9 og líklegu eðlisástandi jarðhitakerfisins á umræddu dýpi. Blásturssaga holunnar er rakin fram til ársloka 1984 og efnasamsetningu borholuvökva gerð skil.

Hönnun holunnar og staðsetningu er lýst í skýrslu eftir Hjalta Franzson og Hilmar Sigvaldason (1985).

## 2 UPPHITUN

Hætt var að dæla á holuna 22. september 1984 kl. 9:52 og hófst þá upphitun hennar. Hitamæling, sem gerð var sama dag eftir að holan hafði hitnað í 1,5 tíma, sýnir mjög greinilega að æðarnar á 870 m og 883 m dýpi hitna fljótast upp (mynd 1).

Svipuð mynd kemur fram í þeim hitamælingum sem gerðar voru 25. og 29. september 1984 eða eftir 3ja og 6 daga upphitun (mynd 1). Upphitun holunnar á 870 m dýpi er ca 250°C á 6 dögum, sem er svo hröð upphitun að varla getur verið um annað að ræða en að kröftug suða sé í berginu eða kröftugt lárétt rennsli í berginu á þessu dýpi.

Holan var það fljót að hitna upp og koma undir þrýsting að einungis eru til þær þrjár hitamælingar í upphitun sem sýndar eru á mynd 1. Ekki þýðir að meta berghita út frá svo fáum mælingum. Sá hiti, sem mestu máli skiptir fyrir rekstur holunnar, er hitastig á 870 m dýpi, en sá hiti ákvarðast best út frá þrýstimælingum.

Þrjár þrýstimælingar eru til frá upphitunarskeiði holunnar og eru þær sýndar á mynd 2. Þó einhverjar truflanir virðist vera fyrir hendi í a.m.k. sumum mælinganna er nokkuð ljóst að skurðpunktur þrýstiferlanna er á 870 m dýpi eins og vænta mátti. Þrýstingur á 870 m dýpi mælist nálægt 67,5 kg/cm<sup>2</sup> eða 66,2 bar. Samsvarandi suðuhiti er 283°C, sem er trúlegasta hitastig í kerfinu á 870 m dýpi.

TAFLA 1 Samanburður æða í holum NG-6 og NG-9.

Hola	Dýpi (m)	m y.s.	Þrýst. (bar)	Suðumarks- hiti °C
NG-9	870	- 564	66,2	283
NG-6	1095	- 801	84,3	299

Samantekt á þrýstingi við aðalæðar í holum NG-6 og NG-9 er sýndur í töflu 1. Þar kemur greinilega í ljós að holurnar geta ekki verið tengdar samfelldu þurrgufulagi. Hins vegar geta holurnar báðar verið tengdar sjóðandi kerfi. Þrýstigradient milli æða er:

$$\begin{array}{rcl} \Delta P & 84,3 - 66,2 \\ \hline & = \hline & = 0,07637 \text{ bar/m} \\ \Delta Z & 801 - 564 \end{array}$$

sem samsvarar því að eðlisþyngd vökvans sé 764 kg/m .

Vatn sem er 272°C heitt hefur eðlisþyngd 764 kg/m . Þessar aðstæður benda til að það jarðhitakerfi, sem aðalæðar hola NG-6 og NG-9 eru tengdar við, sé sjóðandi heitavatnskerfi þar sem vatnsfasinn stjórnar þrýstiaukningu með dýpi.

### 3 UPPHLEYPING

Holan kom mjög fljótt með þrýsting á holutopp, og var blætt af holunni gegnum 2 mm gat í tvær vikur áður en henni var hleypt í blástur.

Upphleyping var gerð þann 17. október 1984 eða 25 dögum eftir að dælingu var hætt á holuna. Byrjað var að opna fyrir holuna kl. 14:26 þann 17. október og var búið að fullopna fyrir holu kl. 15:25. Þessi skammi tími til upphleypingar stafar af því að vegna blæðingarinnar var holan fullheit í toppinn þegar byrjað var að opna fyrir hana, og því í lagi að fullopna holu á tiltölulega skömmum tíma. Upphleypingin var mjög einföld í sniðum, þó að mörgum áhorfendum hafi þótt nóg um kraftinn í holunni þegar hún var að hreinsa sig af drullu og svarfi.

Strax í byrjun blásturs kom úr holunni 40 kg/s af hreinni gufu (samsvarar 106 MW af varma) og var blástur holunnar tilkomumikill þá stundina. Rennsli úr holu blotnaði svo með tíma eins og nánar er rakið í næsta kafla.

### 4 BLÁSTURSSAGA

Hola NG-9 hefur blásið samfelld frá 17. október 1984. Tafla 2 sýnir aflmælingar á holunni frá upphleypingu fram til loka árs 1984, en mynd 3 sýnir blásturssöguna á sama tímabili. Það, sem einkennir þennan blástur og gerir þessa blásturssögu frábrugðna því sem áður hefur fengist um blásturssögu hola sem taka vökva úr sjóðandi jarðhitakerfi (Valgarður Stefánsson o.fl., 1983, Valgarður Stefánsson and Benedikt Steingrímsson, 1980), er það atriði, að á fyrstu klukkutímum blásturs er rennsli úr holu svo til hrein gufa, en með tíma blotnar rennslið og

virðist ekki komið í jafnvægi eftir þá 50 daga blásturs, sem hér eru teknir til umfjöllunar. Annað atriði við blásturssögu á mynd 3 eru hinar miklu sveiflur í rennsli og varmainsihaldi.

Fyrst verður vikið að sveiflum í rennsli en síðan tekið fyrir atriðið um þurru gufuna í byrjun blásturs.

Strax á fyrsta sólarhring blásturs var skrásett sveifla í blæstri holunnar. Mynd 4 sýnir sírita skrásetningu á holutoppsþrýstingi nóttina eftir að holu var hleypt í blástur. Um kl. 01 þann 18. okt. byrjar þrýstingur að breytast reglulega þannig að í byrjun eru u.þ.b. 5,5 sveiflur á klukkustund, en 18 tímum seinna eru um 4,5 sveiflur á klukkustund. Ferlarnir tveir á mynd 4 eru báðir skrásetning á holutoppsþrýstingi þannig að annar ferillinn sýnir tíu sinnum betri upplausn á skrifaranum. Sveiflur í rennsli holunnar byrjuðu eftir u.þ.b. 10 tíma blástur, og koma fram í því að annað slagið vex vatnsrennsli úr holunni, en gufuhlutinn breytist lítið. Talað er um að það komi vatnspúls í rennsli holunnar. Í þessum vatnspúlsum eykst þrýstingur á holutoppi, en mælt varmainsihald borholuvökva verður hlutfallslega minna. Þannig er hægt að skilgreina hágildi og lággildi í rennslisparametrum holunnar. Við þær aflmælingar, sem liggja til grundvallar (tafla 2) mynd 3 hefur tilviljun ráðið því hvort mælingar eru gerðar við hágildi, lággildi eða einhvers staðar þar á milli. Þess vegna er dreifing mælipunkta í mynd 3 mikil, en þar má sjá að breytingin í markgildum (hággildi eða lággildi) breytist á sama hátt með tíma.

Skýringar á sveiflum í rennslisparametrum jarðhitahola eru lítið þróuð vísindi, en menn virðast þó vera sammála um að þegar slíkar sveiflur koma fram sé það vegna samspils tveggja eða fleiri æða í holu.

Einnig virðist það nokkuð augljóst að það verður að vera munur á vatnsleiðni þeirra æða sem valda sveiflunni, en mikið lengra er erfitt að færa skýringuna þannig að tillit sé tekið til allra skoðana sem fram hafa komið um þessi mál.



TAFLA 2 Aflmælingar í holu NG-9

HITAVEITA REYKJAVIKUR  
1985-03-27

Nesjavellir NG-9

				THVER- MAL STUTS.	PO	PC	VATN RENNSL	H ENTH.	HEILD. RENNSL Q	GUFA VID 1 BAR ABS.	GUFA VID 7 BAR ABS.	Ath.	
AR	MAN	DAG	KL	MM.	BAR	BAR	KG/S	KJ/KG	KG/S	KG/S	KG/S		
84	10	17	1505	EG/V	161.1	15.0	6.20	0.33	2658.	40.4	40.0	38.3	
84	10	17	1700	EG	161.1	14.0	5.25	2.51	2524.	37.3	34.8	33.0	
84	10	17	1820	EG	161.1	13.8	5.00	2.91	2495.	36.4	33.4	31.6	
84	10	18	0830	EG	161.1	11.8	4.25	0.61	2631.	30.2	29.5	28.2	
84	10	18	1330	EG	161.1	11.8	4.10	0.08	2670.	28.9	28.8	27.6	
84	10	19	1530	EG	161.1	9.9	3.22	0.00	2676.	24.0	24.0	23.0	
84	10	20	1020	EG	161.1	9.5	3.12	0.45	2633.	23.9	23.4	22.4	
84	10	21	1130	EG	161.1	9.5	3.08	0.53	2626.	23.7	23.2	22.2	
84	10	22	0000	MG	161.1	9.1	3.13	0.99	2584.	24.4	23.4	22.3	
84	10	24	0000	MG	161.1	9.1	2.75	2.00	2482.	23.3	21.3	20.1	
84	10	25	2210	MG	161.1	9.1	2.80	2.14	2472.	23.7	21.5	20.4	
84	10	26	0930	MG	161.1	9.0	2.80	2.00	2484.	23.6	21.5	20.4	
84	10	26	1530	EG	161.1	9.1	2.82	1.23	2555.	23.0	21.7	20.6	
84	10	26	1545	EG	161.1	12.0	3.38	7.55	2140.	31.8	24.2	22.2	Vatnspúls
84	10	31	0000	MG	161.1	10.3	2.87	2.91	2411.	24.8	21.8	20.6	
84	11	03	1326	MG	161.1	9.0	2.90	7.25	2110.	28.9	21.6	19.8	
84	11	05	1500	EG	161.1	9.1	2.85	3.35	2374.	25.1	21.7	20.4	
84	11	05	1515	EG	161.1	12.0	3.40	10.89	1973.	35.0	24.0	21.6	Vatnspúls
84	11	09	0925	MG	161.1	9.3	2.92	6.83	2138.	28.7	21.8	20.0	
84	11	13	1340	MG	161.1	9.7	2.97	4.04	2330.	26.4	22.3	20.9	
84	11	16	1655	MG	161.1	10.1	3.00	6.83	2146.	29.1	22.2	20.4	
84	11	22	1030	MG	161.1	9.0	2.90	8.32	2048.	29.9	21.5	19.6	
84	11	24	1430	MG	161.1	9.5	2.90	4.91	2262.	26.8	21.8	20.3	
84	11	28	1205	MG	161.1	10.2	2.90	6.83	2136.	28.5	21.7	19.9	
84	11	30	1400	MG	161.1	9.6	2.70	5.51	2202.	26.2	20.7	19.1	
84	12	04	1520	MG	161.1	9.6	2.80	7.55	2081.	28.7	21.1	19.2	

Í holu NG-9 er aðeins vitað um æðar á 870 og 900 m dýpi sem trúlegt er talið að stjórni blæstri holunnar. Það er mjög athyglisvert að æðar, sem koma inn í holu með aðeins 30 m dýptarbili, skuli geta haft þau áhrif á rennsli úr holu sem NG-9 ber vitni um. Þessar aðstæður undirstrika það að dýptarákvörðun á vatnsæðar í borholum er mjög mikilsvert atriði þegar kemur að því að ákvarða rennsliseiginleika borhola í vinnslu. Þetta atriði undirstrikar líka þær aðstæður að upplýsingaöflun um gerð jarðhitakerfis meðan á borun stendur skiptir höfuðmáli fyrir rekstur borholu sem vinnsluholu. Fullyrða má að ef ekki hefði komið til mjög góð skrásetning á eiginleikum holu NG-9 meðan á borun stóð hefði sveiflan í rennsli hennar verið óskýranleg. Mun á æðum í 870 og 890 m í holu NG-9 er ekki hægt að fá fram með borholumælingu eftir að borun lýkur. Þannig byggist skilningur á rekstri holu NG-9 á því að nægjanlegra gagna var safnað meðan á borun hennar stóð. Ef nú er farið út í það atriði að blástur holunnar byrjar með hreinum gufu-

fasa, en það líða nokkrir dagar þar til rennsli úr holu fer að blotna, þá er höfundum þessarar skýrslu ekki kunnugt um hliðstæður slíkrar blásturssögu nema í holu OW-19 í Olkaria í Kenya. Sennileg skýring á blásturssögu OW-19 var talin liggja í sérstökum aðstæðum við holuna rétt áður en hún var sett í blástur.

Skýringin á blásturssögu NG-9 verður þá sú að þessi tveggja vikna blæðing sem var á holunni áður en fullopnað var hafi búið til gufupúða í holunni og að gufupúðinn hafi náð nokkuð út í æðarnar á 870 og 890 m dýpi. Í blæstri holunnar eru áhrif þessa gufupúða afgerandi fyrstu tvo dagana, en eftir það taka við hin eiginlegu viðbrögð jarðhita-kerfisins.

## 5 EFNAFRÆÐI

Eins og fram kemur í síðasta kafla er blásturssaga þessarar holu nokkuð sérstæð. Í fyrstu var rennslið úr holunni nær hrein gufa, en blotnaði síðan og virðist ekki vera búið að ná jafnvægi í árslok. Þessi blásturssaga endurspeglast í þeim efnafræðilegu gögnum sem hér eru til umfjöllunar. Frá því hola NG-9 fór í blástur 17. október 1984 hefur verið fylgst með efnainnihaldi borholuvökvans. Eru til 4 sýni frá fyrstu viku blásturs og auk þeirra þrjú sýni þar sem greind hafa verið öll aðalefni. Síðasta sýnið var tekið 21. nóvember 1984.

Þegar sýnum var safnað í fyrstu viku blásturs var rennslið að mestu gufa. Í þeim tilfellum var ekki hægt að safna vatnsfasa í gegnum skilju. Vatni var því safnað við útrennsli úr hljóðdeyfi eftir suðu í um 100°C. Í einni sýnatöku (841019) var ekki hægt að safna vatni úr hljóðdeyfi vegna lítils vatnsrennslis. Í útreikningum hér á eftir er gert ráð fyrir að það vatn sem safnað var við hljóðdeyfi hafi soðið í einu þrepi í 100 oC með fullkominni afgösun. Þessi gögn eru því ekki þau bestu sem gerast.

Fyrsta sýni, þar sem hægt var að safna báðum fösúm í gegnum skilju, er frá 26. október 1984 eða 9 dögum eftir að holan fór í blástur. Við töku þessa sýnis og þeirra sem fylgdu á eftir komu greinilega fram púlsar í streymið. Á um 15 mínútna fresti jókst skiljuþrýstingur úr um 9 bar í 11,5 bar og var þannig í um 2 til 3 mínútur, en lækkaði síðan aftur. Við þetta breyttist rennslið í gegnum skiljuna. Var söfnun hætt meðan aðalpúlsarnir gengu yfir. Þetta sýnir að söfnunin getur aldrei orðið fullkomin, þar sem alltaf hlýtur að koma til einhver blöndun. Í einu tilfalli var vatni safnað í þrýstipúlsi til greininga á kísli.

### 5.1 Niðurstöður efnagreininga

Tafla 3 sýnir efnasamsetningu í heildarrennsli holunnar. Í fyrstu sýnunum er vatnsrennslið mjög lítið og kemur það greinilega fram í tölunum. Fyrstu tvö sýnin gefa til kynna nokkurn veginn hreinan gufufasa. Til að átta sig á hvort vatnsfasi við hljóðdeyfi sé sambærilegur við það vatn sem safnað er með skilju var 26. október safnað aukalega vatnsfasa við hljóðdeyfi til greininga á kísli. Þá var söfnunarþrýstingur 10,1 bar-a og mældist styrkur kísils 907 mg/kg. Í vatnsfasa úr hljóðdeyfi (ca. 100°C) var styrkur kísils aftur á móti 784 mg/kg. Styrkur kísils í vatnsfasanum við hljóðdeyfi ætti að vera hærri en þar sem vatni er safnað undir þrýstingi vegna áhrifa suðu. Þessar tölur benda því til þess að vatnsfasinn sem streymir úr hljóðdeyfi sé töluvert blandaður. Þarna gæti þétting gufu haft áhrif.

Í töflu 4 er sýndur samanburður á styrk kísils í borholuvökva safnað við "meðalstreymi" og hins vegar þegar safnað var í þrýstipúlssi. Styrkur kísils er mjög svipaður, og þegar leiðrétt hefur verið fyrir mun í söfnunarþrýstingi (hvellsuða úr 12,5 bar a í 10,1 bar a), er munurinn einungis um 20 mg/kg eða um 2,5 %.

Tafla 5 sýnir efnainnihald borholuvökva við 280 oC. Ástæðuna fyrir að þessi hiti varð fyrir valinu má finna í töflu 1, en eins og fram kemur hér á eftir virðist efnainnihald vökvans ekki enn vera búið að ná jafnvægi og eru efnahitamælar því varhugaverðir.

### 5.2 Breytingar á efnasamsetningu með tíma

Á mynd 5 eru sýndar breytingar á efnainnihaldi heildarrennslis úr holu NG-9 frá því henni var hleypt í blástur. Greinilegar breytingar koma fram sem fylgja breytingum í varmainnihaldi. Styrkleiki flestra steinefna vex með auknu vatnsmagni og styrkur gastegunda lækkar. Greinilegt er að jafnvægi er ekki náð.

### 5.3 Jafnvægi bergs og vatns

Efnasamsetning jarðhitavökva sem er í jafnvægi við bergið stjórnast að mestu af efnajafnvægjum við steindir og eru þau háð hita. Með því að athuga styrk aðalefna í jarðhitavökvanum og bera hann saman við ýmis steindajafnvægi eða jafnvægisferla (Stefán Arnórsson o.fl., 1983a) má kanna hvort jafnvægi ríki milli bergs og jarðhitavökva. Þetta hefur verið athugað fyrir efnasamsetningu jarðhitavökva úr holu NG-9. Í ljós kom að jarðhitavökvinn sem safnað hefur verið hefur ekki enn náð jafnvægi við bergið. Efnahitamælar byggja á jafnvægjum milli

ákveðinna efna í vökva og bergi. Mikill munur á útreiknuðum efnahita fyrir hin ýmsu efni endurspeglar þá að ekki sé um fullkomið jafnvægi að ræða milli vökva og bergs. Þetta kemur greinilega fram í töflu 7 og ber því að taka þær niðurstöður með varúð.

#### 5.4 Áhrif efnasamsetningar á nýtingu

Efnasamsetning jarðhitavökvans getur skipt miklu máli varðandi nýtingu. Hér verður einkum rætt um þrjú atriði, magn gass í gufu og útfellingarhættu kísils (ópal) og kalks.

Í töflu 8 er sýnt hver þyngdarprósenta gass í gufu yrði ef sýni er skilið við 7 bar-a þrýsting. Meðalgildi er um 0,60 % gas í gufu, sambærilegt við holur NG-6 og NG-7. Tafla 9 sýnir samsetningu gass í gufu í holu NG-9 miðað við 7 bara þrýsting.

Styrkur kísils í djúpvatni (280°C) er um 600 mg/kg, en hann eykst við suðu sem nemur þeirri gufu sem tapast við suðuna. Við lækandi hita og aukinn styrk kísils má búast við að útfellingar af kísli (ópal) geti farið að myndast. Hitastig ópalmettunar hefur verið reiknað fyrir sýni úr holu NG-9 (tafla 10). Eins og sést í töflunni gefa sýnin nokkuð mismunandi ópalmettunar mörk. Meðalgildið er um 180°C, sem samsvarar 10 bara holutoppsþrýstingi, ef hins vegar er tekið tillit til þess hve tölurnar um ópalmettun í töflu 10 eru breytilegar verður að telja það óráðlegt að reka holuna við lægri holutoppsþrýsting en 15 bar.

Hætta á útfellingu kalks virðist vera hverfandi. Að vísu reiknast fyrstu sýni af borholuvöknum nokkuð yfirmettuð af kalki, en yngstu sýnin eru mjög nærri kalkmettun eins og flest jarðhitavatn hérlendis.

## 6 SAMANBURÐUR VIÐ AÐRAR HOLUR

Þó svo efnasamsetning borholuvökvans hafi enn ekki náð jafnvægi er ljóst að efnasamsetningin er mjög keimlík þeirri er fram kemur í holu NG-6. Er þá átt við þau sýni sem safnað var eftir að varmainsihald vökvans hafði lækkað. Breytingar á blæstri fyrstu mánuðina er aftur á móti gerólíkur.

## 7 NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður þessarrar skýrslu eru:

1. Tvær æðar stjórna blæstri holunnar. Þær eru á 870 og 900 m dýpi. Þrýstingur í jarðhitakerfinu á 870 m dýpi er 66 bar og hitastig er trúlega 283°C.
2. Æðar í holu NG-9 og æð á 1095 m dýpi í holu NG-6 geta allar tengst sjóðandi jarðhitakerfi, en báðar holurnar geta ekki verið tengdar samfelldu þurrugufulagi.
3. Blásturssaga holunnar er einkennileg að því leyti að fyrstu tvo daga blásturs var rennslið þurr gufa en blotnaði síðan. Rennsli úr holu er óstöðugt vegna samspils tveggja æða í holu, og jafnvægi er ekki komið á rennsli eftir 50 daga blástur.
4. Efnasamsetning borholuvökva einkennist af ójafnvægi í rennsli holunnar, og ekki er jafnvægi milli bergs og þess jarðhitavökva sem safnað hefur verið fram til þessa.
5. Heildarrennsli úr holunni er í desember 1984 um 28 kg/s með 2100 kJ/kg varmainnihaldi. Hrávarmi úr holu er því um 59 MW.
6. Óþéttanleg gös í gufu eru um 0,6% miðað við þunga en hitastig ópalmettunar er hátt, og ekki ætti að reka holuna við lægri holu-toppþrýstingi en 15 bar.

TAFLA 3. Efnainnihald í heildarrensli úr holu NG-9 á Nesjavöllum.  
Styrkur efna í mg/kg.

Sýni	5281	5282	5283	5284	5285	5289	5292
dags.	841018	841019	841020	841021	841026	841105	841121
PO bar	12,8	10,9	10,5	10,6	10,1	10,1	10,5
HO kJ/kg	2670	2676	2633	2626	2555	2374	2184
SiO <sub>2</sub>	2,9		16,2	19,1	102,2	164,5	285,6
Na	1,2		7,2	5,1	15,1	25,2	53,1
K	0,19		1,24	0,84	2,58	5,86	7,1
Ca	0,007		0,025	0,021	0,026	0,101	0,010
Mg	0,001		0,002	0,002	0,010	0,004	0,0
SO <sub>4</sub>	0,67		3,12	1,49	2,02	3,10	1,89
Cl	0,02		0,21	0,21	6,52	16,2	30,6
F	0,004		0,036	0,030	0,10	0,18	0,23
CO <sub>2</sub>	4058	4038	4725	4347	5151	3084	2560
H <sub>2</sub> S	1273	1516	1599	1276	1441	930	817
H <sub>2</sub>	55,3	69,7	76,0		74,1	49,9	38,4
CH <sub>4</sub>	3,50	4,81	4,30		4,36	3,33	3,40
N <sub>2</sub>	100,8	97,1	94,9		78,9	47,1	33,3
O <sub>2</sub> +Ar	3,55	2,68	2,65		4,35	1,99	1,61

TAFLA 4. Samanburður á styrk kísils í "meðalsýni" og sýni söfnuðu í þrýstipúlssi.

Dags.	Meðalsýni		Þrýstipúlssi		Þrýstipúlssi, soðið úr 12,5 í 10,1 bar mg/kg
	Ps	mg/kg	Ps	mg/kg	
84-11-05	10,1	815,8	12,5	776,5	794

TAFLA 5. Efnasamsetning djúpvökva við 280°C í holu NG-9.  
Styrkur efna í mg/kg.

Sýni	5285	5289	5292
Dags.	841026	841105	841121
Ps(bar a)	10,1	10,1	10,3
Ho (kJ/kg)	2555	2374	2184
-----			
pH	7,81	7,75	7,73
SiO <sub>2</sub>	692,2	623,6	741,1
Na	102,5	95,7	137,9
K	17,5	22,2	18,4
Ca	0,15	0,38	0,08
Mg	0,069	0,015	0,015
SO <sub>4</sub>	13,7	11,8	4,9
Cl	44,2	61,4	80,1
F	0,69	0,70	0,69
CO <sub>2</sub> (v)	131,4	85,0	79,6
H <sub>2</sub> S(v)	157,1	105,8	107,2
H <sub>2</sub> (v)	0,29	0,23	0,21
O <sub>2</sub> +Ar(v)	0,02	0,01	0,01
CH <sub>4</sub> (v)	0,01	0,01	0,01
N <sub>2</sub> (v)	0,26	0,18	0,16
-----			
CO <sub>2</sub> (g)	6001	4149	3947
H <sub>2</sub> S(g)	1658	1223	1261
H <sub>2</sub> (g)	86,6	67,5	63,3
O <sub>2</sub> +Ar(g)	5,1	2,7	2,7
CH <sub>4</sub> (g)	5,1	4,5	5,7
N <sub>2</sub> (g)	92,2	63,8	55,0
-----			

TAFLA 6. Hlutföll nokkurra efna í rennsli.

Sýni	H <sub>2</sub> S/SO <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> S	Na/Cl
84-5281	1900	0,079	0,043	3,19	51,6
84-5282		0,064	0,046	2,66	
84-5283	454,9	0,059	0,048	2,96	34,4
84-5284	858,7			3,41	24,0
84-5285	714,4	0,055	0,051	3,57	2,32
84-5289	299,6	0,051	0,054	3,32	1,55
84-5292	432,5	0,041	0,047	3,13	1,74

TAFLA 7 Efnahiti reiknaður út frá efnasamsetningu vökva úr holu HG-9, Nesjavöllum.

	T SiO <sub>2</sub> A	T SiO <sub>2</sub> B	T SiO <sub>2</sub> C	T NaK D	T NaK E	T NaK F	T CO <sub>2</sub> G	T H <sub>2</sub> S H	T H <sub>2</sub> I	T CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> J
84-5281	267	271	292	259	254	235	266	276	268	277
84-5282							261	280	272	284
84-5283	260	262	282	268	262	246	266	282	273	282
84-5284	262	265	285	265	259	250	263	276	276	288
84-5285	287	298	320	267	261	259	270	280	275	280
84-5289	276	282	303	302	292	293	256	270	270	283
84-5292	296	313	334	243	239	233	251	269	267	283
Meðaltal	275	282	303	267	261	265	261	276	272	282
	287			264						

- A.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1164 / (4.90 - \log \text{SiO}_2) - 273.15$  (180-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur efna í mg/kg.
- B.  $t(^{\circ}\text{C}) = -42.198 + 0.28831 (\text{SiO}_2) - 3.6686 \cdot 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 3.1665 \cdot 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 77.034 \log (\text{SiO}_2)$  (0-330 $^{\circ}\text{C}$ ) Fournier og Potter (1982). Styrkur efna í mg/kg.
- C.  $t(^{\circ}\text{C}) = 39.536 + 0.58127 (\text{SiO}_2) - 6.1713 \cdot 10^{-4} (\text{SiO}_2)^2 + 3.7499 \cdot 10^{-7} (\text{SiO}_2)^3 + 19.985 \log (\text{SiO}_2)$  (180-340 $^{\circ}\text{C}$ ) Ragnarsdóttir og Walter (1983). Styrkur SiO<sub>2</sub> í mg/kg.
- D.  $t(^{\circ}\text{C}) = 1217 / (\log \text{Na/K} + 1.483) - 273.15$  (100-300 $^{\circ}\text{C}$ ). Fournier (1979). Styrkur Na og K í mg/kg.
- E.  $T(^{\circ}\text{C}) = 1319 / (1.699 + \log \text{Na/K}) - 273.15$  (250-350 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur Na og K í mg/kg.
- F.  $\log \text{Na/K} = -1.782 - 2775.5/T + 558780/T^2 - 0.00964T + 4.104 \log T$  (25-360 $^{\circ}\text{C}$ ). Arnórsson o.fl. (1983b). Styrkur Na og K í mole/kg (T í  $^{\circ}\text{K}$ ).
- G.  $t(^{\circ}\text{C}) = -44.1 + 269.25Q - 76.88Q^2 + 9.52Q^3$ . Þar sem  $Q = \log \text{CO}_2$  (mmole/kg). Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- H.  $t(^{\circ}\text{C}) = 173.2 + 65.04 \log \text{H}_2\text{S}$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- I.  $t(^{\circ}\text{C}) = 212.2 + 38.59 \log \text{H}_2$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).
- J.  $t(^{\circ}\text{C}) = 311.7 - 66.72 \log (\text{CO}_2/\text{H}_2)$ . Styrkur í mmole/kg. Arnórsson og Gunnlaugsson (1985).



TAFLA 8. Gas í gufu úr holu NG-9, miðað við 7 bar-a þrýsting

Dags.	Sýni	Gas í gufu % þynqdar
84-10-18	5281	0,56
84-10-19	5282	0,60
84-10-20	5283	0,69
84-10-26	5285	0,75
84-11-05	5289	0,51
84-11-21	5292	0,46

TAFLA 9. Samsetning gass í gufu úr holu NG-9 miðað við 7 bar a þrýsting.

Sýni	CO <sub>2</sub> %	H <sub>2</sub> S %	H <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> +Ar %	CH <sub>4</sub> %	N <sub>2</sub> %
5281	71,6	21,9	1,0	0,1	0,1	1,9
5282	70,5	26,5	1,2	0,0	0,1	1,7
5283	72,7	24,6	1,2	0,0	0,1	1,5
5285	76,2	21,2	1,2	0,1	0,1	1,3
5289	75,0	22,3	1,3	0,1	0,1	1,2
5292	73,6	23,9	1,2	0,1	0,1	1,1
meðaltal	74,0	23,4	1,2	0,1	0,1	1,4

TAFLA 10. Hitastig ópalmettunar við hvelisuðu.

Dags.	Sýni	Styrkur SiO <sub>2</sub> í djúpvatni (mg/kg)	Hitastig ópal- mettunar	P (bar a)
84-10-18	5281	605,5	178	9,57
84-10-20	5283	531,5	166	7,18
84-10-21	5284	540,6	168	7,54
84-10-26	5285	692,2	191	12,83
84-11-05	5289	623,6	181	10,26
84-11-21	5292	741,1	198	14,91

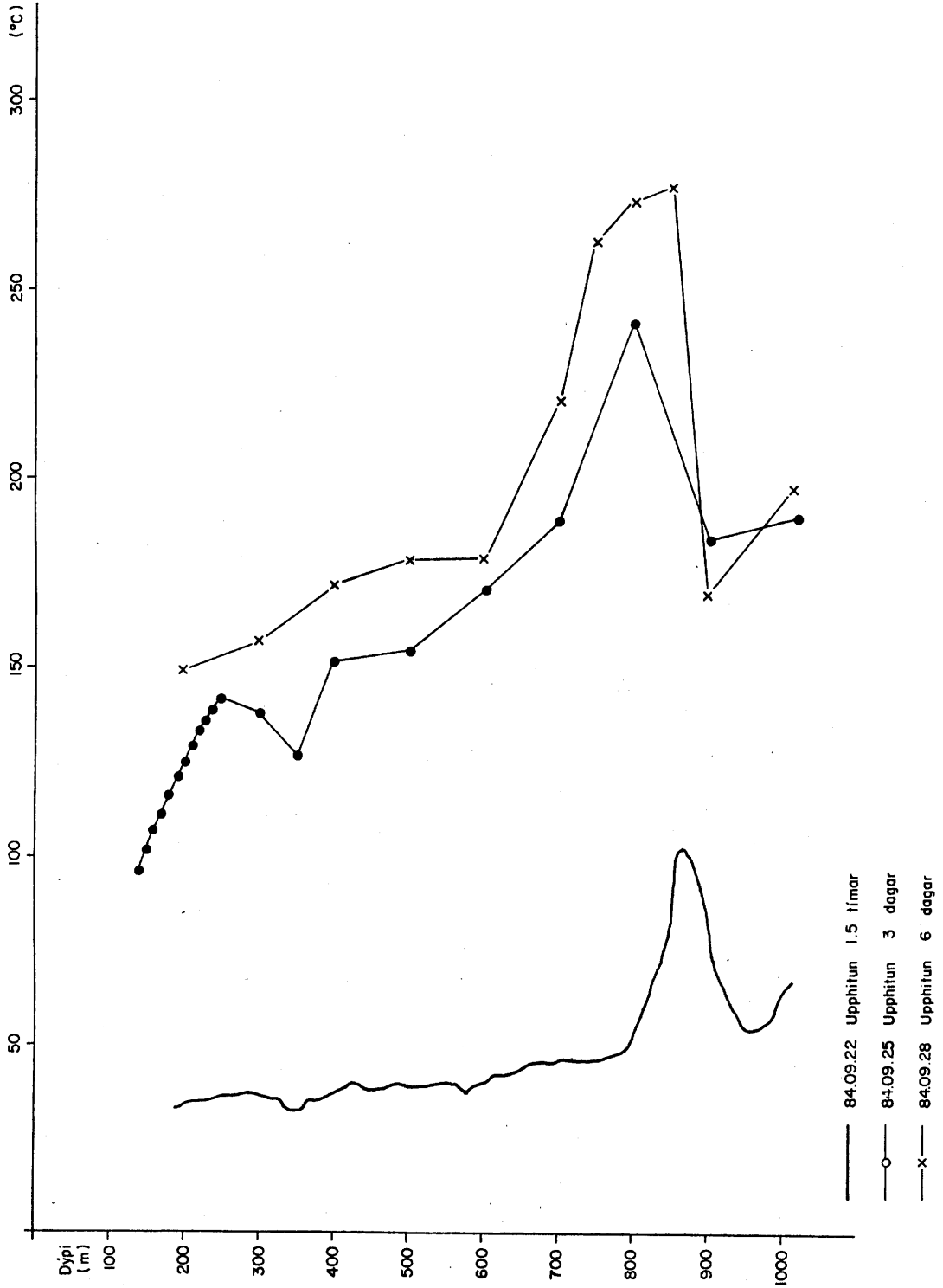
## HEIMILDIR

- Fournier, R.O., 1979: A revised equation for the Na/k geothermometer.  
Geothermal Resources Council Transactions, 3: 221-224.
- Fournier, R.O. and Potter, R.W. 1982: A revised and expanded silica (quartz) geothermometer.  
Geothermal Resources Council Bulletin, Nov. 1982: 3-9.
- Hjalte Franzson og Hilmar Sigvaldason 1985. Nesjavellir, hola NG-9. Jarðlög, vatnsæðar og ummyndun (í prentun).
- Kristín Vala Ragnarsdóttir, and Walter, J.V., 1983: Pressure sensitive "silica geothermometer" determined from quartz solubility experiments at 250°C. Geochim. Cosmochim. Acta. 47: 941-946.
- Stefán Arnórsson, and Einar Gunnlaugsson, 1985: New gas geothermometers for geothermal exploration - Calibration and application. Geochim. Cosmochim. Acta, í prentun.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson, and Hörður Svavarsson, 1983a: The chemistry of geothermal waters in Iceland. II. Mineral equilibria and independent variables controlling water compositions. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 547-566.
- Stefán Arnórsson, Einar Gunnlaugsson, and Hörður Svavarsson, 1983b: The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal investigations. Geochim. Cosmochim. Acta, 47: 567-577.
- Valgarður Stefánsson, and Benedikt Steingrímsson 1980: Production characteristics of wells tapping two phase reservoirs at Krafla and Námafjall. Stanford, 6: 49-59.
- Valgarður Stefánsson, Jens Tómasson, Einar Gunnlaugsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalte Franzson, Ómar Sigurðsson, 1983: Nesjavellir, hola NG-6. Borun, rannsóknir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, OS-83023/JHD-04, 100 s.

JHD.BM.8715VS  
185.03.0419.e

Mynd 1

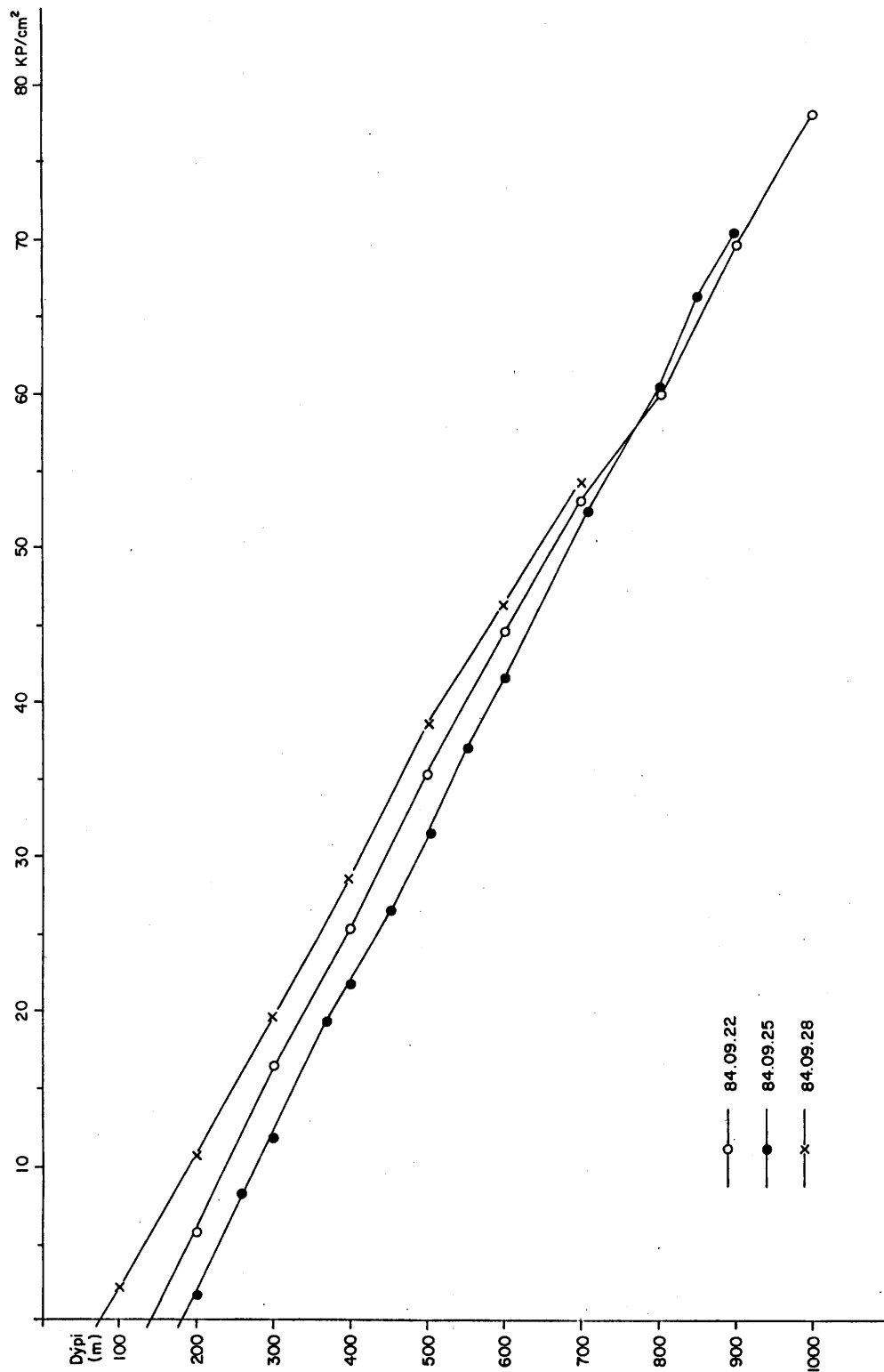
NESJAVELLIR NG-9, hiti í upphitun



IF JHD-BM-8715-VS  
85.03.0418.e

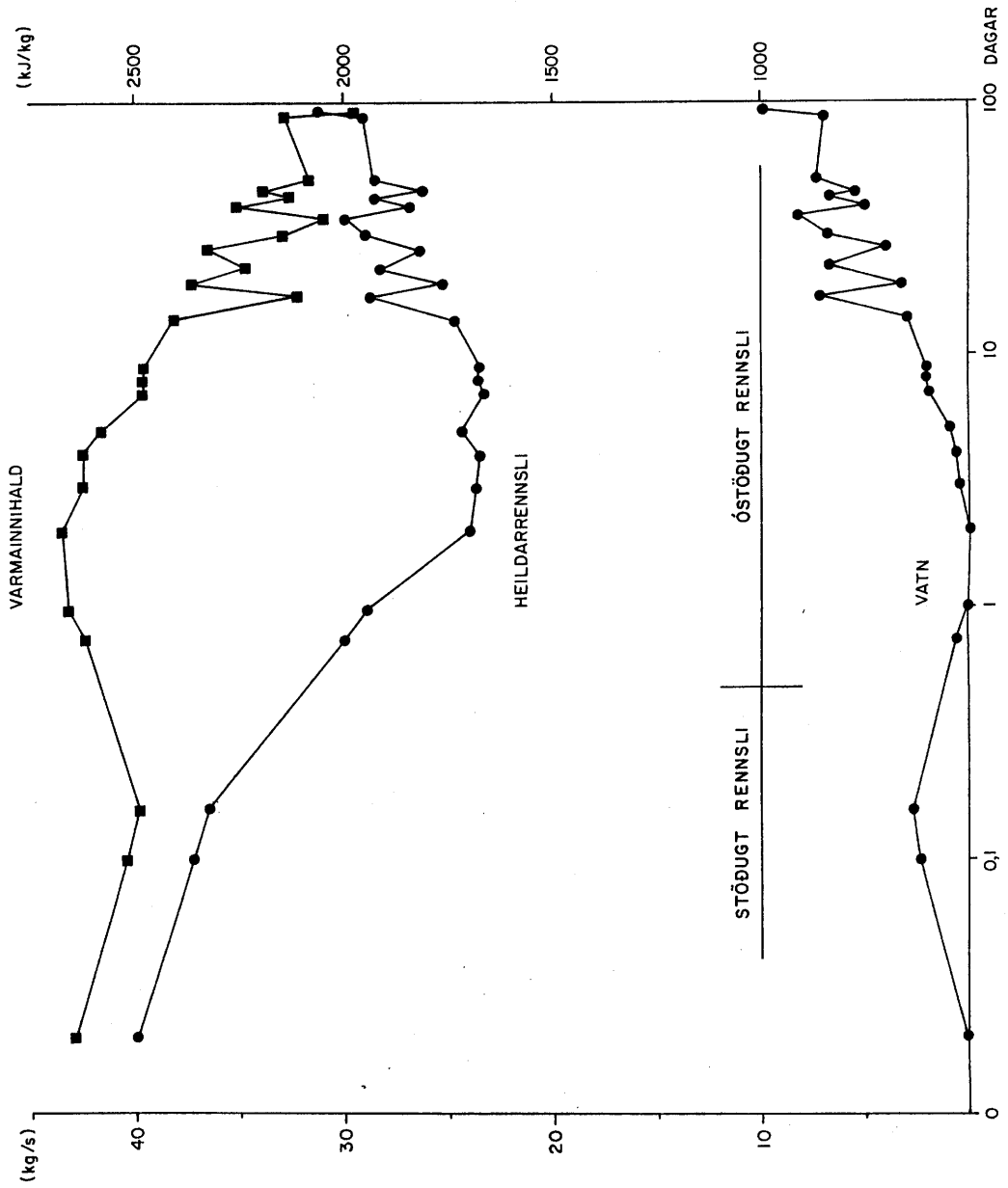
Mynd 2

### NESJAVELLIR NG-9, þrýstingur í upphitun



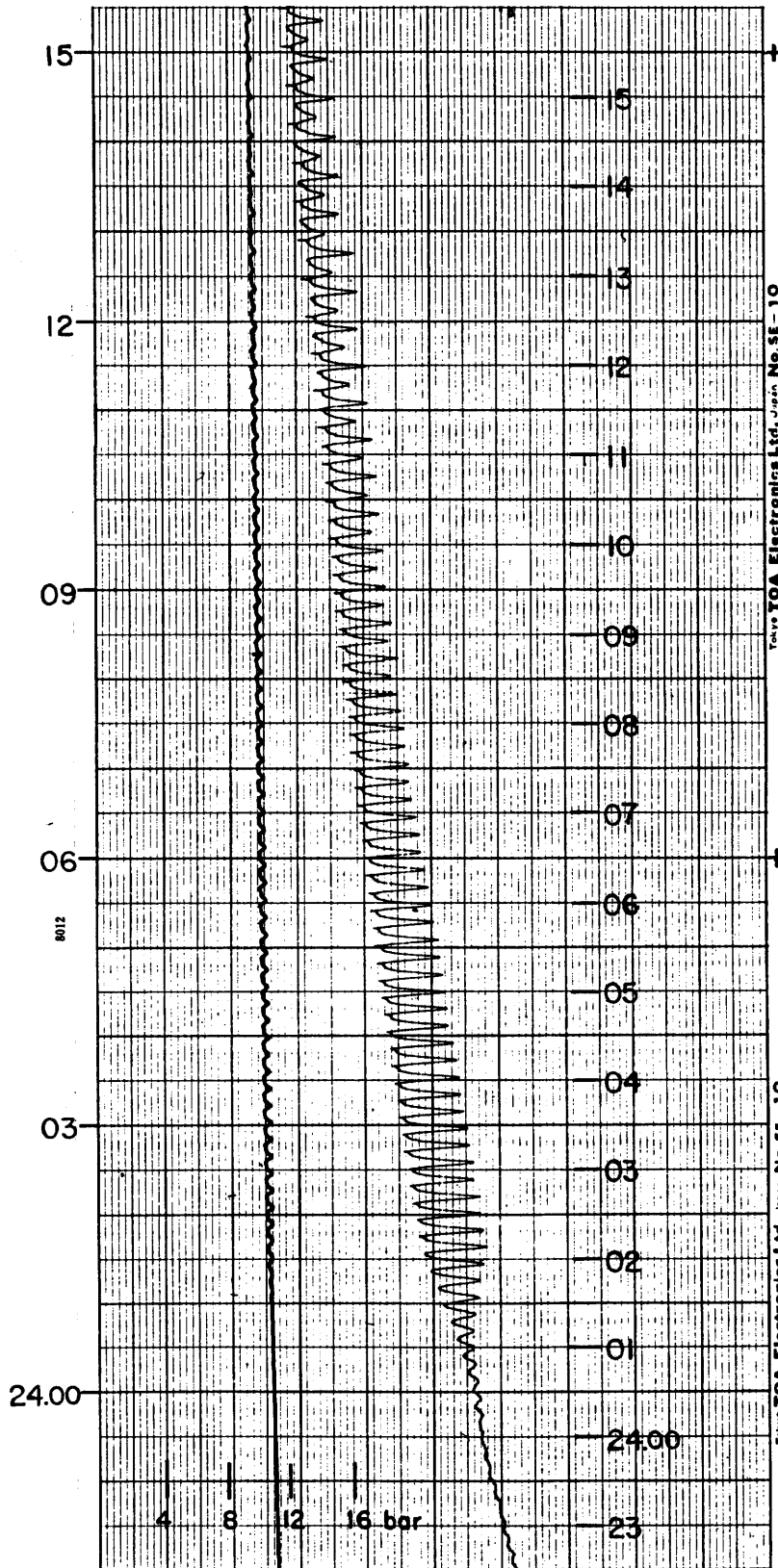
Mynd 3

### Blásturssaga holu NG-9



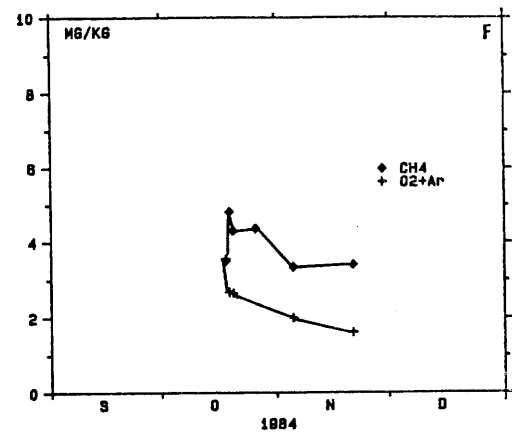
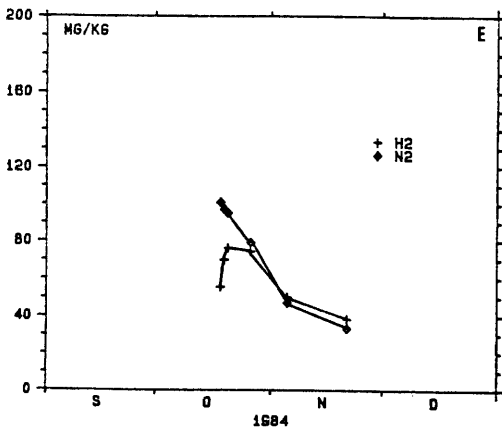
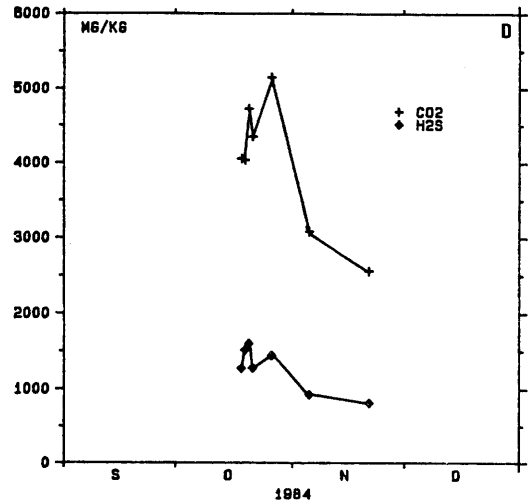
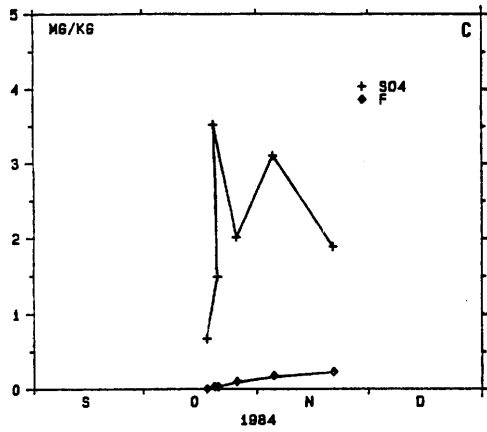
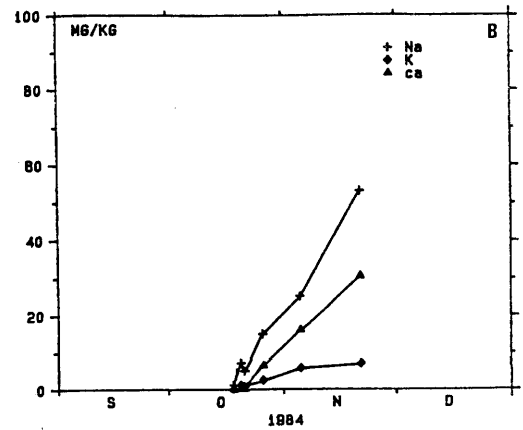
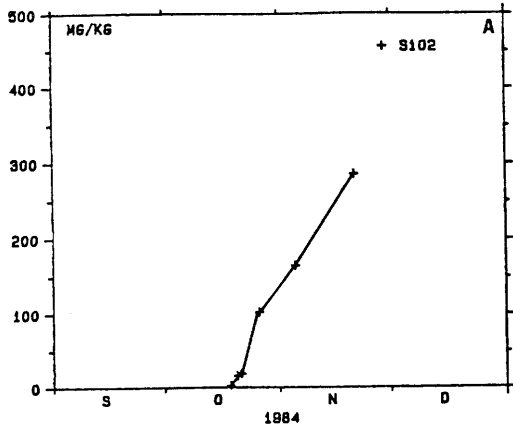
JHD-BM-8715-VS  
65.03.0417-e

JHD-BM-8715-VS  
85.03.0427-e



Mynd 4

Sveiflur í holu NG-9 á fyrsta sólarhring blásturs



Breytingar á efnainnihaldi heildarrennslis úr holu NG-9