



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Trausti Hauksson

REYKJANES

Styrkur efna í jarðsjó

OS81015/JHD10
Reykjavík, ágúst 1981



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Trausti Hauksson

REYKJANES

Styrkur efna í jarðsjó

OS81015/JHD10

Reykjavík, ágúst 1981

ÁGRIP

Tekin eru saman og endurtúlkuð gögn um styrk efna í sýnum af jarðsjó á Reykjanesi, bæði hverum og holum, frá tímabilinu 1937-1980. Flest sýnin eru úr holum 2, 4 og 8 sem boraðar voru 1968 og 1969. Reynt er að endurbæta eldra líkan um rennsli og hita í jarðhitakerfinu út frá niðurstöðum mælinga á styrk efna og birt mynd af því.

Styrkur aðalefna er breytilegur eftir staðsetningu og er selta lítið eitt meiri í hverum og grunnum holum en í djúpum heitum holum. Kaldur sjór leitar inn á svæðið á litlu dýpi. Minni selta mælist í grunnum holum utan við hitasvæðið en í heitum jarðsjónum. Birtar eru niðurstöður ýmissa athugana á styrk snefilefna, ísotópum vatns og radongeislun. Styrkur alkálí- og jarðalkalímálma er frábrugðinn styrk sömu efna í sjó vegna jónskipta við steindir í berginu. Ekki varð marktæk breyting á seltu eða öðrum efnastyrk með tíma.

Fjallað er um útfellingar og skemmdir fóðurrörs í holu 8 og hreinsun í desember 1979. Hugsanlegar skýringar eru teknar fyrir og stungið upp á að jarðrask ásamt útfellingu magnesíumsilikata, vegna millirennslis í lokaðri holu, séu líklegustu orsakir.

EFNISYFIRLIT

	Bl.s.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
TÖFLUSKRÁ	5
MYNDASKRÁ	6
1. INNGANGUR	7
2. SÝNATÖKUSTAÐIR	8
2.1 Hverir og borholur 1, 3, 5 og 7	8
2.2 Holur 2 og 4	8
2.3 Hóla 8	9
3. STYRKUR EFNA Í JARÐSJÓ	29
3.1 Samanburður hvera og hola	29
3.2 Breytingar með tíma	31
3.3 Ýmsar athuganir	33
4. ÚTFELLINGAR OG SKEMMDIR Á LEIÐARA HOLU 8	38
4.1 Hreinsun holu 8	38
4.2 Hugsanlegar orsakir fyrirstöðu í holu 8	38
5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR	42
6. FRAMHALD RANNSÓKNA	43
HEIMILDASKRÁ	44
VIÐAUKI A: Útreikningar á þáttum og leysnimargfeldum steinda fyrir meðalsýni úr holu 8, Reykjanesi	47
VIÐAUKI B: Efnagreiningaraðferðir	51

TÖFLUSSKÁ

1	Reykjanes, hverir, styrkur efna í mg/kg	11
2	Reykjanes, hola 1 (T=220°C). Styrkur efna í mg/kg	12
3	Reykjanes, djúpsýni, holur 3, 5 og 7. Styrkur efna í mg/kg	12
4	Reykjanes, hola 2 (T=225°C). Styrkur efna í mg/kg	13
5	Reykjanes hola 4 Djúpsýni. Styrkur efna í mg/kg	14
6	Reykjanes hola 4 (T=250°C). Styrkur efna í mg/kg	14
7	Reykjanes hola 8 Djúpsýni. Styrkur efna í mg/kg	15
8	Reykjanes hola 8 (T=270°C). Styrkur efna í mg/kg	16

	bls.
9 Reykjanes, meðalstyrkur efna í jarðsjó	34
10 Reykjanes, hlutföll efna í jarðsjó (mg/mg)	35
11 Styrkur ýmissa snefilefna í jarðsjó á Reykjanesi. (mg/kg).	35
12 Tvívetni og súrefni-18 í jarðsjó á Reykjanesi. Styrkur miðaður við SMOW	36
13 Niðurstöður greininga á útfellingasýnum úr holu 8, Reykja- nesi frá des. 1978	40

MYNDASKRÁ

1 Einfaldað jarðfræðikort af Reykjanesi.	18
2 Reykjanes, hola 2. Styrkur efna, kísill, natríum, kalíum, klór	19
3 Reykjanes, hola 2. Styrkur efna, kalsíum, súlfat, Uppl.efni	20
4 Reykjanes, hola 4. Djúpsýni, Na/Cl, K/Cl, Ca/Cl og Mg/Cl.	21
5 Reykjanes, hola 4. Styrkur efna, kísill, natríum, kalíum, klór	22
6 Reykjanes, hola 4. Styrkur efna, kalsíum, súlfat, Uppl.efni	23
7 Reykjanes, hola 8. Afköst	24
8 Reykjanes, hola 8. Djúpsýni, Na/K, K/Cl, Na/Cl og SiO ₂ /Cl	25
9 Reykjanes, hola 8. Djúpsýni, Uppl.efni/Cl, SO ₄ /Cl, Mg/Cl, Ca/Cl	26
10 Reykjanes, hola 8. Styrkur efna, kísill, natríum, kalíum, klór	27
11 Reykjanes, hola 8. Styrkur efna, kalsíum, magnesíum, súlfat, Uppl.efni.	28
12 Mismunur á seltu (Cl/kg) jarðsjávar og meðalseltu sjávar við Reykjanes	36
13 Hlutfall Na/K (mg/mg) í jarðsjó á Reykjanesi	37
14 Tilgáta um hita og rennslisleiðir á Reykjanesvæðinu . . .	37
15 Reykjanes, hola 8. Víddarmælingar og hreinsun	41

1 INNANGANGUR

Frá því að skýrsla Orkustofnunar um Reykjanes (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1971) kom út hefur verið safnað fjölda sýna til efnagreininga af jarðhitavökva á Reykjanesvæðinu. Flest sýni eru úr holu 8 en nokkur úr holum 2 og 4 og aðalhvernum á svæðinu. Í álitni vinnuhóps um Reykjanes (Jón Steinar Guðmundsson o.fl. 1981) er farið fram á að saman verði dregin og túlkuð fyrirhagandi gögn um efnafræði jarðsjávarins með tilliti til væntanlegrar nýtingar jarðhitasvæðisins og einnig athugað hvort og hvaða frekari rannsóknir á þessu sviði væri æskilegt að gera. Tilgangur slíkrar samantektar er helst að athuga hvort líklegt sé að breytingar verði á efnasamsetningu jarðsjávarins við langvarandi vinnslu og hvort vænta megi örðugleika við rekstur borhola, er rekja megi til efnasamsetningar jarðsjávarins.

Í skýrslunni eru dregnar saman í töflum og myndum niðurstöður efnagreininga á sýnum úr holu 8 og einnig til samanburðar á sýnum úr öðrum holum og hverum sem safnað var fram til ársins 1980.

Í álitni nefndar um saltverksmiðju (Iðnaðarráðuneytið 1981) er gefið upp að áætluð saltverksmiðja þurfi 51 kg/s af jarðsjó og 17 kg/s af jarðgufu til framleiðslu 40.000 árstonna natríumklóríðs. Að auki er áætlað að vinna kalíum og kalsíumklóríð og nauðsynlegt er að skilja frá kísil og brómíð. Þessi efni öll, nema brómíð, voru mæld reglulega í jarðsjónum en þau skipta meginmáli við saltvinnsluna. Að auki hefur styrkur magnesíums, súlfats, flúors og gastegunda verið mældur.

Reynt er að endurmeta það sem sagt var um svæðið í skýrslu OS frá 1971.

Að síðustu er fjallað um útfellingar og skemmdir á holu 8 og orsakir þeirra.

2 SÝNATÖKUSTAÐIR

2.1 Hverir og borholur 1, 3, 5 og 7

Til eru sýni úr þremur hverum og einni laug á Reykjanesi. Staðsetning þeirra og borhola er sýnd á mynd 1. Elstur er "Hver 1918", gamall goshver sem tók að gjósa á ný í mikilli skjálftahrinu 1967 (Jón Jónsson 1978). Þá mældist aukning í styrk magnesíums í hvernum og benti hún til innstreymis sjávar inn í jarðhitasvæðið. Styrkur magnesíums lækkaði síðan á nokkrum árum í fyrra gildi (tafla 1). Í sömu skjálftahrinu myndaðist nýr hver sem nefndur var "Hver 1967". Magnesíumstyrkur í honum mældist strax eftir myndun svipaður og í "Hver 1918" og lækkaði er frá leið. Þessi hver er nú horfinn. Eitt sýni er til úr gamalli lítilli sundlaug utanvert í dalnum milli Valahnúka og Valbjargagjár.

Hola 1 var boruð 1956 og var hún 162 m djúp. Niðurstöður efnagreininga tveggja sýna úr henni eru birt í töflu 2. Haustið 1968 braut hola 1 af sér bönd og myndaði hver er nefndur var "Holuhver". Nokkur sýni eru til úr hver þessum og eru niðurstöður efnagreininga þeirra birtar í töflu 1. Þessi hver er nú horfinn.

Árin 1968 og 1969 voru boraðar sjö holur á Reykjanesi. Þrjár þeirra blésu einhvern tíma eftir borun, þ.e. 2, 4 og 8. Holur 5, 6 og 7 voru kaldar en hola 3 hrundi við upphleypingu. Til eru djúpsýni úr holum 3, 5 og 7 og eru niðurstöður efnagreininga þeirra birtar í töflu 3.

2.2 Holur 2 og 4

Hola 2 var boruð í ágúst 1968 og varð 301 m og var hún heilfóðruð í botn. Holan var dregin í gos til að ná sýni en ekki tókst að kæfa hana aftur til frekari dýpkunar. Vatnsæðin er talin vera í botni holunnar á um 300 m dýpi. Safnað var sýnum úr holunni reglulega fram á árið 1972. Niðurstöður efnagreininga eru birtar í töflu 4. Gert er ráð fyrir að innstreymishiti sé um 225°C (botnhiti í hitamælingu frá 1968-10-19) og að hann haldist óbreyttur blásturstímann. Á myndum 2 og 3 er styrkur nokkurra efna í jarðsjó holu 2 sýndur sem fall af tíma.

Hola 4 var boruð í desember 1968 og var borað í 1036 m dýpi og fóðrað í 245 m. Við hitamælingu kom í ljós að kaldur jarðsjór rann niður holuna úr 245 m í æðar nálægt botni. Tekin voru djúpsýni, sem sýndu að niðurrennsli var kaldur sjór (tafla 5). Hlutföll efna voru því eins og í sjó niður eftir holunni nema að í grennd við 800 m dýpi streymdi inn annarskonar vatn sem virtist hafa verið í snertingu við berg og náð þar efna- jafnvægi (sjá mynd 4). Þetta benti til að ofan við 800 m bættist heitur jarðsjór í niðurrennslið. Holan var fóðruð í sept. 1969 í 640 m og hleypt upp 20. október 1969. Holan blés í nokkrar vikur og var þögnuð 27. nóvember vegna hruns. Nokkur sýni eru tekin fyrir þann tíma en talið var að aðeins æðin á 700 m dýpi væri virk í holunni meðan hún blés. Reynt var að hreinsa holuna í des. 1969. Tókst að hreinsa niður í 774 m en þar festist stangarlengjan og varð að skilja eftir 130 m af stöngum í holunni.

Holan tók að gjósa af sjálfsdáðum í febrúar 1970 og eru til sex sýni úr holunni tekin 1970 (tafla 6 og myndir 5 og 6). Reikningar á samsetningu jarðsjávarins byggja á að innstreymishiti sé 250°C og haldist óbreyttur blásturstímamann. Þetta hitastig mældist hæst við æðina á 700 m dýpi. Holan blæs nú upp um lítinn stút á holutoppi. Erfitt er að safna úr holunni en framkvæmanlegt ef ástæða þykir til.

2.3 Hola 8

Hola 8 var boruð í nóvember 1969 og varð 1754 m djúp. Hún var fóðruð í 297 metra með steyptri fóðringu. Laus fóðring var hengd niður á 825 m dýpi og holan látin standa lokuð í eitt ár eftir borun meðan beðið var eftir efni í leiðara. Nokkur djúpsýni voru tekin úr holunni á þessu tímabili (tafla 7 og myndir 8 og 9).

Í hitamælingu fyrir upphleypingu var hiti í botni um 250°C og um 230°C í 820 m. Í 820 m mátti búast við að samkvæmt hitamælingum í upphitun. Í mælingu eftir að holunni var hleypt í gos var hiti hærri en 270°C fyrir neðan 900 m dýpi og botnhiti 292°C. Af þessu má álykta að fyrir upphleypingu hafi streymt um 230°C heitur jarðsjór inn í holuna á um 800 m dýpi og niður eftir henni.

Leiðari var settur í holuna í september 1970 og náði hann niður á 1685 metra dýpi. Leiðarinn var raufaður þar sem vænta mátti æða (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1972).

Hola 8 var fyrst látin blása 24. okt 1970 og síðan svo til samfelld í fjögur ár. Hún stóð lokuð frá október 1974 til október 1977 en þá var hún látin blása til nóvember 1978. Holan var hreinsuð í des 1978 og hleypt upp í febrúar 1979 og hefur blásið svo til samfelld síðan.

Fylgst var reglulega með afli holunnar fyrir hreinsun 1978 (Sverrir Þór-hallsson 1977) og eftir hreinsun (Jón Steinar Guðmundsson 1980). Varmainnihald rennslis var ekki mælt fyrr en í janúar 1980 en fram að því eingöngu mældur "kítískur" þrýstingur með stút, og gert ráð fyrir varmainnihaldi vatns við kísilhita. Varmainnihaldsákvörðunin var gerð með mælingu "kítísku" þrýstings með stút og vatnsrennslis. Mælingin sýndi að inn í holuna streymdi jarðsjór með svipuðu varmainnihaldi og vatn hefur við meðal kísilhita, þ.e. 270°C. Af þessu má álykta að eldri aflmælingar, sem miðaðar voru við kísilhita, séu nothæfar. Á mynd 7 eru afköst holunnar sýnd sem fall af tíma.

Meðan holan blés var fylgst reglulega með efnastyrk í jarðsjónum sem kom úr holunni. Niðurstöður þeirra mælinga eru birtar í töflu 8 og á myndum 10 og 11. Gert er ráð fyrir að meðal innstreymishiti sé 270°C og haldist óbreyttur allan tímann.

TAFLA 1

Reykjanes, hverir, styrkur efna í mg/kg

Staður	Dags	Nr.	T°C	pH	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Ue	CO ₂	H ₂ S
Hver 1918	370900	0000	5,00	138,8	15030	1574	2072	115,0*	277,0	28634	47500				
Hver 1918	671002	0000	5,40	388,4	11400	1070	1900	300,0*	352,7	26840	46000			6,7	
Hver 1918	680400	3317	99,0	531,0	16440	1900	2370	129,3	213,7	31300	0,30		56600	5,0	
Hver 1967	680400	3319	99,0	544,0	14325	1670	2260	123,2	206,4	29100	0,20		52160	5,0	0,2
Holuhver	700129	0011	100,0	470,0	17000	2300	2390	25,5*	100,6	28900	51187				
Hver 1967	700303	0015	99,0	4,61	568,0	14900	2015	2308	47,0*	172,0	28500		48419		
Hver 1918	700303	0016	99,0	5,31	558,0	14300	2030	2308	53,0*	60,0	28250		48525		
Holuhver	700427	0069	7,02	696,0	14600	2040	2412	7,0*	128,0	29400	50517				
Holuhver	700525	0072	6,75	699,0	14500	2155	2400	37,0*	86,0	29300	50474				
Holuhver	700706	0087	6,60	616,0	15000	2060	2476	15,0*	89,0	29900	51312				
Holuhver	701030	0163	6,50	649,0	14890	2240	2480	24,0*	129,0	29600	50728				
Holuhver	710105	0004	6,63		15580	2040	2538	24,0*	123,0	30250	51362				0,2
Holuhver	710113	0008	769,0		15200	2030	2860	13,0*	90,9	30600					
Hver 1918	710113	0009	625,0		14000	1880	2540	22,0*	175,9	28300					
Sundlaug	741001	0085	21,0	7,67	50,0	500	710		1183,0	14825	0,28		27404	73,9	
Hver 1918	770328	0033			11050	2180		19,9	144,0	28373	0,24		48687		
Hver 1918	790123	0014	85,0	5,06	562,0	15930	2130	2405	181,1	28450	0,21		49784	42,1	

* EDTA - títun.

TAFLA 2

Reykjanes, hola 1 (T=220°C). Styrkur efna í mg/kg

Dags	Nr.	P _o bar	H _o kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	UE	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
580904	0000	1,0	943,0	417,0	10585,0	1472,7	1687,5	34,52	98,2	21017,0	0,54	36435,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00
680400	3318	1,0	943,0	414,0	12426,0	1507,3	1979,0	23,01	82,2	23664,0	0,15	55527,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00
Meðaltal		1,0	943,0	415,0	11506,0	1490,0	1833,3	28,76	90,2	22340,0	0,35	45981,0	0	0,0	0,00	0,00	0,00
Staðalf. %		0,0	0,0	0,4	11,3	1,6	11,2	28,3	12,5	8,4	78,6	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

TAFLA 3

Reykjanes, djúpsýni, holur 3, 5 og 7. Styrkur efna í mg/kg

Staður	Dags	Nr	Dýpi m	pH	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	UE
Hola 3	690409	0025	8			4,8		10,4*			550	
Hola 3	690409	0026	30			4,0		6,1*			781	
Hola 3	690409	0027	50			148,0		58,3*			2010	
Hola 5	690129	0007	105								17600	
Hola 5	690129	0008	30								2945	
Hola 7	700413	0062	45	12,5	3,0	3150	200	66,0		276	4710	9716

* EDTA - títrun

TAFLA 4

Reykjanes, hola 2 (T=225°C). Styrkur efna í mg/kg

Dags	Nr.	P _o bar	H _o kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Uppl. efni	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
680400	3359	1,0	966	298	8628	1210	1347	4,5*	64,1	17104	0,15	33088					
690409	0024	1,0	966				2302	17,0*		26500							
690722	0077	5,6	966	420	12338	1477	1948	18,8*		21999							
690722	0078	3,7	966	467	12227	1470	1970	22,2*		22132			1371				
691219	0204	6,5	966	390	10293	1467	1759	21,5*	81,3	20076		34512					
700129	0009	4,8	966	310	12630	1519	1835	9,2*	65,8	20882		36681					
700129	0010	1,0	966	185	12260	1456	1767	11,1*	58,4	20207		35808					
700225	0012	4,6	966	356	10774	1485	1780	9,2*	63,7	20542		36728					
700225	0013	1,0	966	339	10383	1466	1734	7,6*	54,5	19639		34656					
700303	0014	4,6	966	331	10103	1509	1785	15,1*	154,3	20357		35469					
700324	0026	4,7	966	349	10297	1504	1788	22,7*	110,1	20889		35699					
700427	0068	1,0	966	302	9309	1437	1699	5,3*	85,5	19791		33990					
700525	0071	1,0	966	367	9914	1392	1718	28,0*	62,8	19980		34399					
700706	0086	1,0	966	357	9914	1362	1704	10,6*	67,4	19677		34042					
700831	0128	1,0	966	333	9687	1324	1674	8,3*	65,1	19223		33929					
701030	0164	1,0	966	357	9952	1173	1695	36,3*	47,7	19488		33376					
701106	0167	5,6	966	394	10999	1413	1869	16,2*	61,4	21359		36598					
701113	0172	1,0	966	335	9763	1242	1660	12,9*	65,8	19200		32767					
701218	0194	1,6	966	350	10129	1276	1737	7,6*	99,7	19513		33949					
710113	0005	4,4	966		10406	1284	1797	6,7*		20378		34647	1710	26,3	0,22	0,18	9,93
710514	0038	4,4	966	415	11373	1371	2007	1,67	78,6	20655		34520					
710910	0086	5,6	966	409	10570	1564	1815	0,85	65,6	21481		35737	3252	59,8			18,30
720111	0003	5,9	966	383	12409	1472	1814	0,86	83,8	20710		35700					
Meðaltal		3,1	966	355	10653	1403	1791	1,13	75,6	20512		34815	2111	43,1			14,11
Staðalf	%	66,8		16,2	10,4	7,8	9,5	41,9	32,4	8,2		3,4	47,5	55,0			41,9

* EDTA-ítrun

TAFLA 5

Reykjanes hola 4 djúpsýni. Styrkur efna í mg/kg

Staður	Dags	Nr.	Dýpi pH/GRC	Na	K	Ca	Mg	Cl
Hola 4	690117	0003	96	548	112	400	52	3272
"	690117	0004	300	11750	480	798	1190	19260
"	690117	0005	400	11350	450	714	1155	18450
"	690117	0006	800	12800	580	859	1082	19610
"	690408	0014	100	6,52	90800	3221	584	8800
"	690408	0015	240	7,28	12610	461	736	1422
"	690408	0016	500	7,15	12250	442	759	1325
"	690408	0017	700	7,25	11120	488	802	1218
"	690408	0018	820	7,25	11120	479	794	1228
"	690408	0019	100	6,52				145800
"	690408	0020	150	6,58				75600
"	690408	0021	200	6,65				35000
"	690408	0022	255	7,61				21650
"	690408	0023	600	7,22				20750
"	690409	0028	750	7,37				20800
Meðaltal			7,04	19372	745	716	1941	40740
Staðalf. %			5,6	139,6	125,6	19,8	134	111

TAFLA 6

Reykjanes hola 4 (T=250°C). Styrkur efna í mg/kg

Dags	Nr.	P _o bar	H ₂ O kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	Úþpl. efni
691027	0192	3,1	1085	534	9211	1215	1512	17,0*	73,7	18149	31437
691029	0193	2,7	1085	576	10711	1240	1493	25,5*	70,3	18153	31480
691031	0197	2,7	1085	541	9982	1240	1513	26,5*	70,9	18326	31396
691103	0198	2,7	1085	451	9823	1238	1515	43,5*	71,5	18536	32017
691105	0199	2,7	1085		10546	1288	1517	43,5*	76,9	18571	32331
691110	0200	2,5	1085	530	10192	1242	1494	27,6*	75,9	18027	31254
691113	0201	2,4	1085	523	9732	1276	1498	27,0*		17899	31135
691121	0203	2,4	1085	535			2014	26,9*	97,0	24050	41502
700413	0061	1,0	1085	319	9401	1084	1671	20,4*	101,4	19963	34267
700427	0067	1,0	1085	398	9577	1619	1766	20,4*	94,4	21604	37145
700525	0070	1,0	1085	415	10950	1579	1809	39,4*	63,4	22111	38312
700706	0085	1,0	1085	301	10562	1478	1743	10,6*	55,6	20914	35413
700831	0129	1,0	1085	356	10774	1506	1760	12,7*	69,0	21336	36953
701030	0165	1,0	1085	403	9985	1422	1633	20,4*	48,6	19857	28782
Meðaltal		2,0	1085	452	10111	1341	1638	25,8*	74,5	19821	33816
Staðalf. %		43,6		20,6	5,5	12,1	9,8	40,0	20,7	9,7	10,5

* EDTA-titrun

TAFLA 7

Reykjanes hola 8, djúpsýni. Styrkur efna í mg/kg

Staður	Dags.	Nr.	Dýpi m	T°C	pH	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	Uppl. efni
Hola 8	700102	0001	200		6,10	187	5540	774	808	27,3*	77,6	8960	15542
"	700102	0002	750		5,78	367	10220	1220	1484	63,7*	89,9	16630	28262
"	700112	0006	800		5,86	438	9920	1300	1652	27,3*	78,2	17820	30823
"	700112	0007	1040		5,68	447	9630	1300	1555	31,7*	76,0	17280	30214
"	700324	0029	100		7,30	10	643	32	120	21,0*	44,5	1232	2186
"	700324	0030	400		5,30	440	8760	1190	1635	17,0*	98,0	17720	30458
"	700324	0031	800		5,20	457	8760	1190	1660	15,0*	95,0	17930	30686
"	700402	0041	1700	253,0	5,75	477	8450	1260	1654	21,0*	141,0	17900	31032
"	700908	0130	1680	260,0	5,82		9200	1288	1728	26,0*	78,0	18220	32496
Meðaltal				256,5	5,78	352,9	7902	1060	1366	27,7*	86,5	14854	25744
Staðalf. %				1,9	10,3	47,3	38,5	39,5	39,8	52,2	29,7	39,6	39,6

* EDTA-títrun

TAFLA 8

Reykjanes hola 8 (T=270°C). Styrkur efna í mg/kg

Dags	Nr.	Po bar	Ho kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Uppl. efni	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
701030	0166	6,2	1184	467	9059	1432	1509	54,4*	49,1	17967		36808					
701106	0168	3,6	1184	371	9148	1190	1481	15,9*	48,3	17856		30294					
701113	0171	6,4	1184	506	9524	1275	1551	15,5*	65,9	18737		31587					
701120	0173	6,0	1184	488	9469	1248	1577	9,0*	48,9	18668		32258					
701120	0174	5,0	1184	376	9485	1267	1587	9,6*	55,6	18711		31916					
701127	0178	6,0	1184	522	9409		1583	15,1*	64,0	19007		32633					
701204	0179	6,1	1184	530	9589	1340	1595	25,7*	46,0	18921		32213					
701218	0193	5,9	1184	515	9912	1366	1614	8,4*	49,6	19354		32969					
710105	0001	5,7	1184	763	9938	1304	1615	20,2*	46,5	19374		32381					
710112	0003	5,7	1184										7046	119,1		0,96	40,18
710205	0013	4,3	1184	726	10453	1542	1666	23,8*	31,9	20321		34621					
710217	0014	4,4	1184	740	10471	1757	1566	23,8*	32,7	20648		35073					
710226	0022	4,3	1184	995	8118	1360	1579	12,8*	49,7	19601		34720					
710312	0024	8,2	1184	458	8286	1370	1626	13,2*	46,5	20443		33393					
710326	0035	1,0	1184	0	8269	1184	1370	14,5*	38,3	16267							
710505	0036	8,4	1184	652	8070	1303	1513	2,95	46,6	20175		32430					
710514	0037	8,3	1184	670	11084	1317	1689	1,24	54,3	19532		32869					
710606	0043	8,2	1184	630	7900	1401	1572	1,86	51,9	20293		34622					
710823	0046	7,7	1184	541	9768	1369	1676	1,00	43,1	19767		34212					
710706	0047	8,1	1184	644	8974	1353	1578	1,61	34,7	20269		33424					








TAFLA 8 (frh)

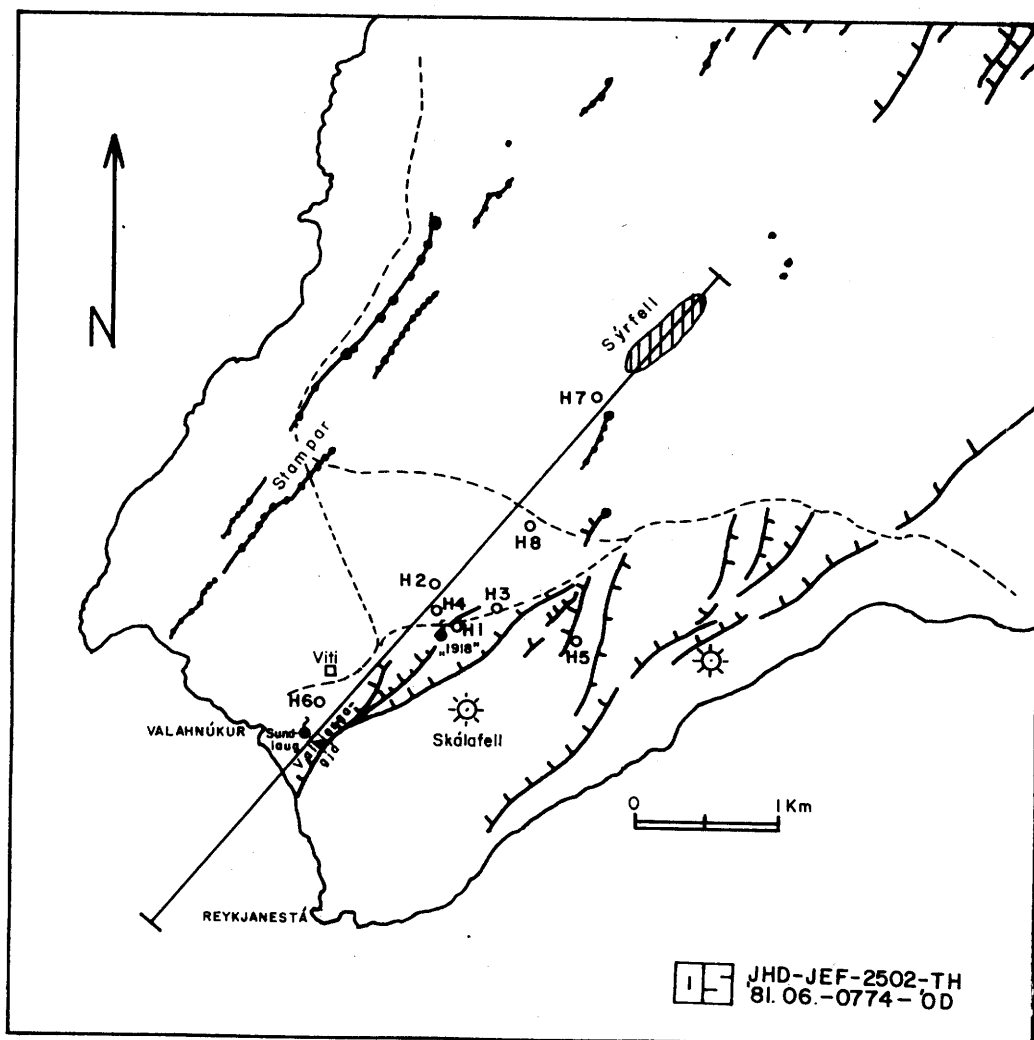
Reykjanes hola 8 (T=270°C). Styrkur efna í mg/kg

Dags	Nr.	P _o bar	H _o kJ/kg	SiO ₂	Na	K	Ca	Mg	SO ₄	Cl	F	Uppl. efni	CO ₂	H ₂ S	H ₂	CH ₄	N ₂
710708	0048	8,1	1184	668	8510	1377	1493	1,86	42,3	20269		33248	704	18,9			3,79
710910	0083	7,9	1184	617	9492	1342	1543	0,85	43,5	19834		33796	2076	46,4	0,67		
711022	0126	8,1	1184	702	10444	1640	1477	1,01	22,0	20347		33994					
720111	0002	7,7	1184	653	11470	1462	1632	0,85	51,3	19399		32978					
730122	0024	6,6	1184	596	11529	1375	1517	1,37	0,0	19190		32768	1445	24,3			
730608	0079	14,2	1184	607	10266	1541	1529	0,34	23,2	19238			1680	31,9	0,14		8,10
731010	0127	5,7	1184	593	10463	1511	1668	1,28	23,4	20293		35031	1468	24,9			
731108	0143	21,7	1184	596	9993	1477	1647	1,26	22,7	19169	0,09	39633	2198	40,6			9,36
740124	0004	22,5	1184	619	11584	1426	1740	0,97	23,7	19754	0,09	38887	1346	24,2	0,12		4,10
741001	0084	5,8	1184	567	9478	1488	1517	0,89	17,3	19951	0,15	35475	1957	34,2			8,15
771003	0147	3,7	1184	466	8414	1182	1613	3,12	60,0	18562	0,14	29353	1670	26,4	0,23		15,03
771005	0151	4,2	1184	494	8655	1201	1610	2,32	46,6	18698	0,17	30786	1255	23,5			5,97
780307	0009	20,2	1184	598	9092	1113	1586	1,42	28,7	17553	0,18	32707	1679	39,2			8,58
790123	0013	18,6	1184	520	9101	1393	1541	1,50	34,0	17227	0,15	30779	2341	50,6			12,43
790823	0093	25,3	1184	664	8822	1435	1811	1,14	37,7	18435	0,19	30780					
790528	3009	20,0	1184	538	9498	1465	1452	1,23	24,2	19453	0,18	33329	935	29,8	0,08	0,30	3,16
800108	0001	10,9	1184	478	9054	1413	1499	1,40	23,3	17901	0,14	29618	1148	13,5	0,23	0,22	
Meðaltal		9,0	1184	588	9522	1378	1578	1,43	40,8	19200	0,15	33282	1930	36,5	0,24	0,49	10,80
Staðalf. %		67,5		20,3	10,3	9,7	5,3	46,6	32,0	5,3	25,0	6,8	77,1	68,5	88,9	82,6	96,2

* EDTA-títrun

Einfaldað jarðfræðikort
af Reykjanesi,
byggt á kortum eftir
Jón Jónsson (1972 og 1978)

-  Gígaröð
-  Dyngja
-  Misgengi
-  Hver
-  Borhola
-  Vegur
-  Snið

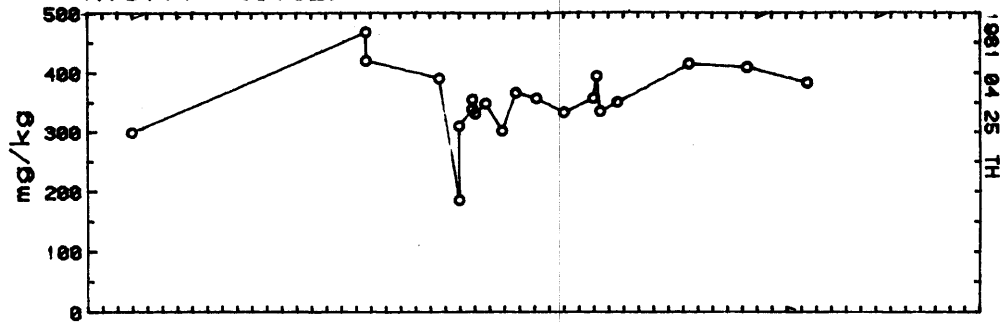


MYND 1

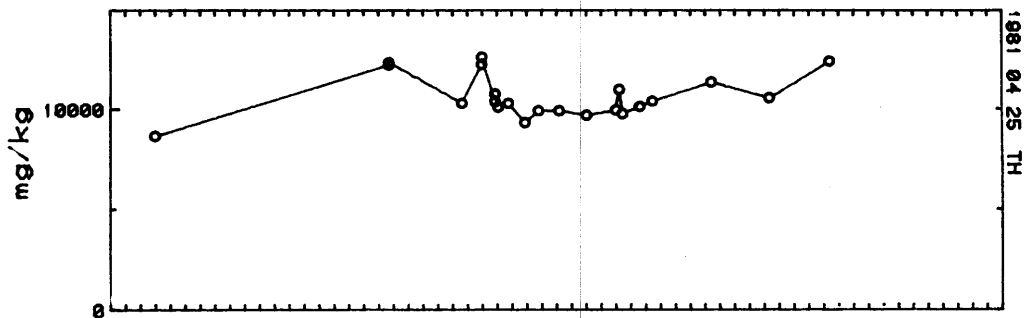
Einfaldað jarðfræðikort af Reykjanesi, byggt á kortum
eftir Jón Jónsson (1972 og 1978).

JHD·JEF·2502·T.H.
81.09.1119. T

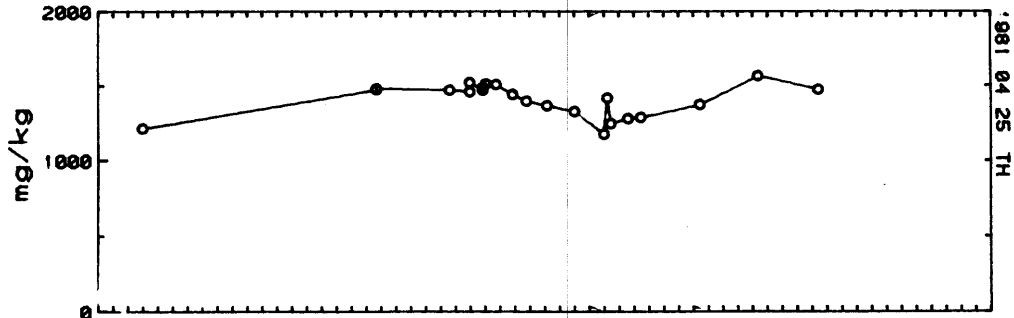
Reykjanes Hóla 2 Styrkur efna
Kísill (SiO₂)



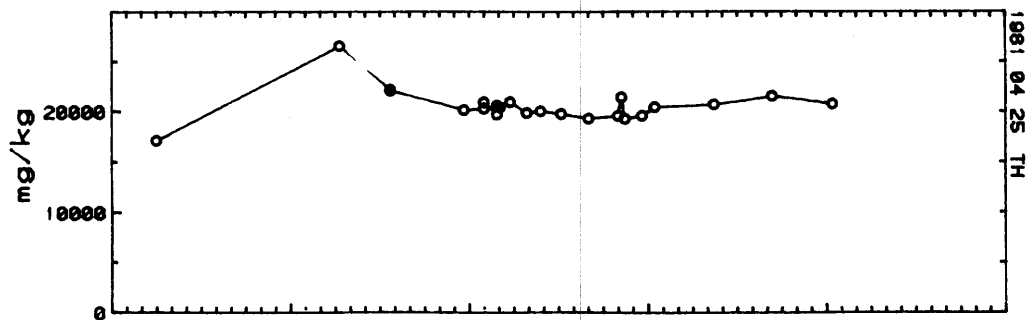
Natrium (Na)



Kalíum (K)



Klór (Cl)

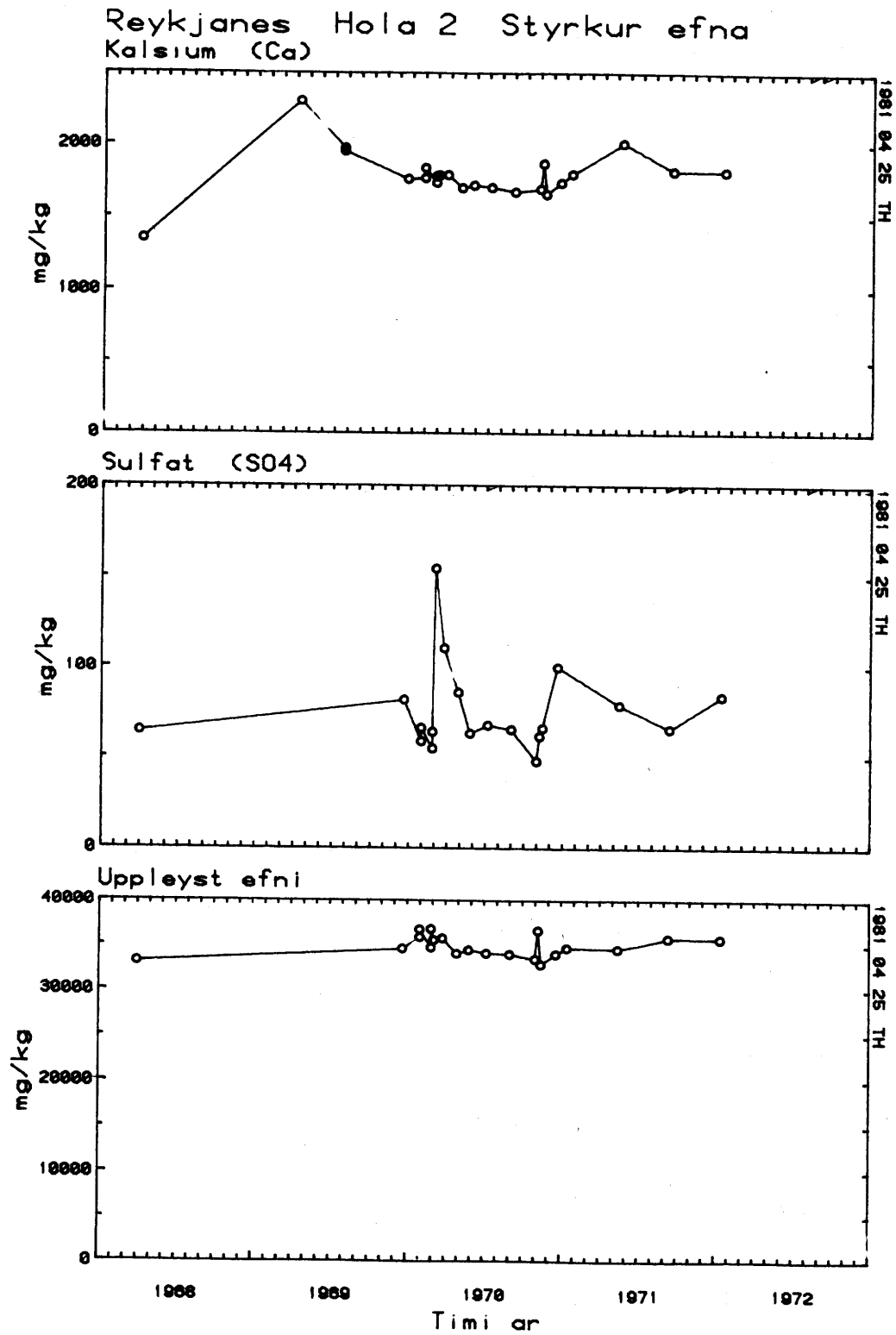


1968 1969 1970 1971 1972

MYND 2

Reykjanes, hóla 2. Styrkur efna, kísill, natríum, kalíum og klór.

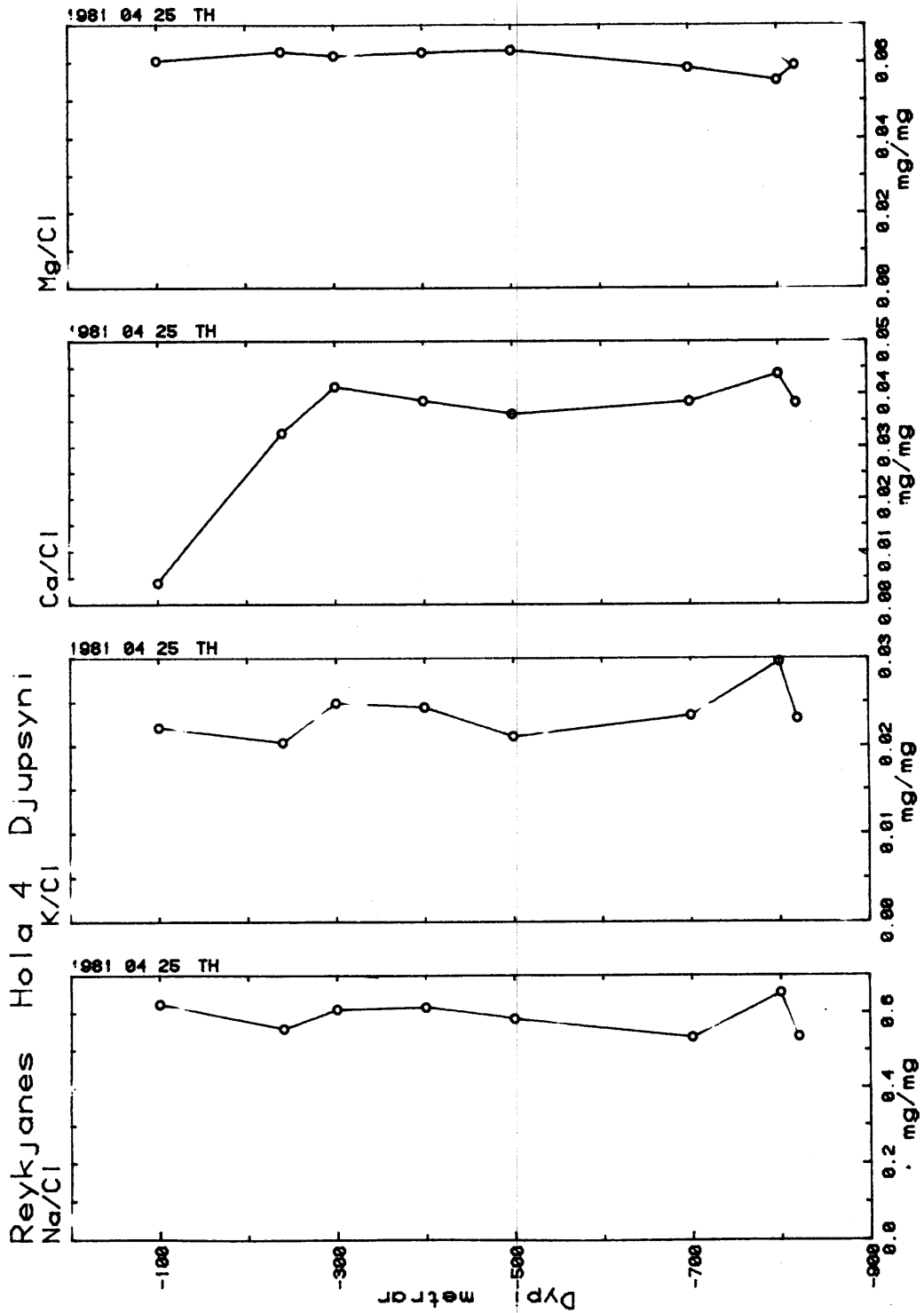
JHD·JEF·2502·T.H.
8.09.1119. T



MYND 3

Reykjanes, hola 2. Styrkur efna, kalsíum, súlfat og uppleyst efni.

JHD·JEF·2502·T.H.
81.09.1120.T

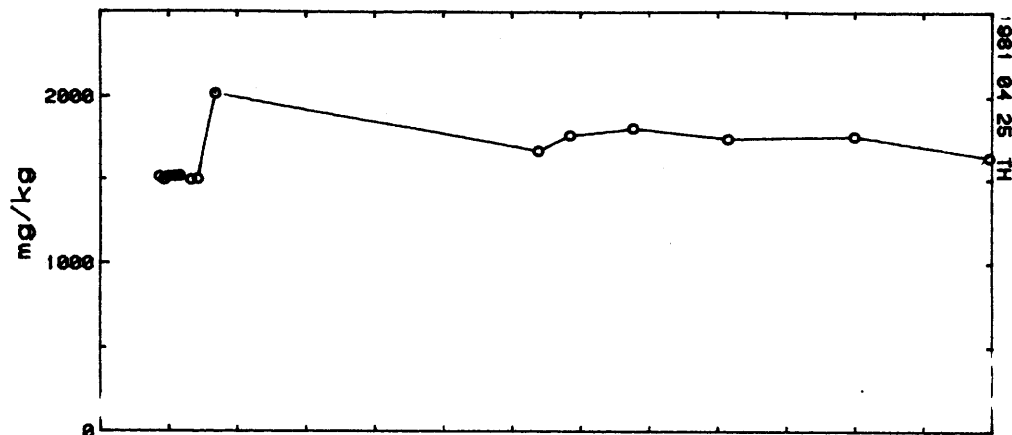


MYND 4

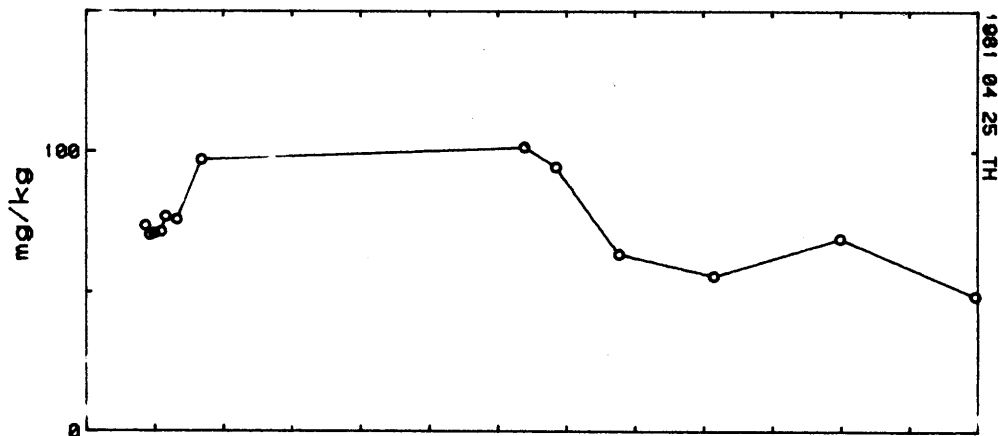
Reykjanes, hola 4. Djúpsýni, Na/Cl, K/Cl, Ca/Cl og Mg/Cl.

JHD:JEF:2502:T.H.
81.09.1121.T

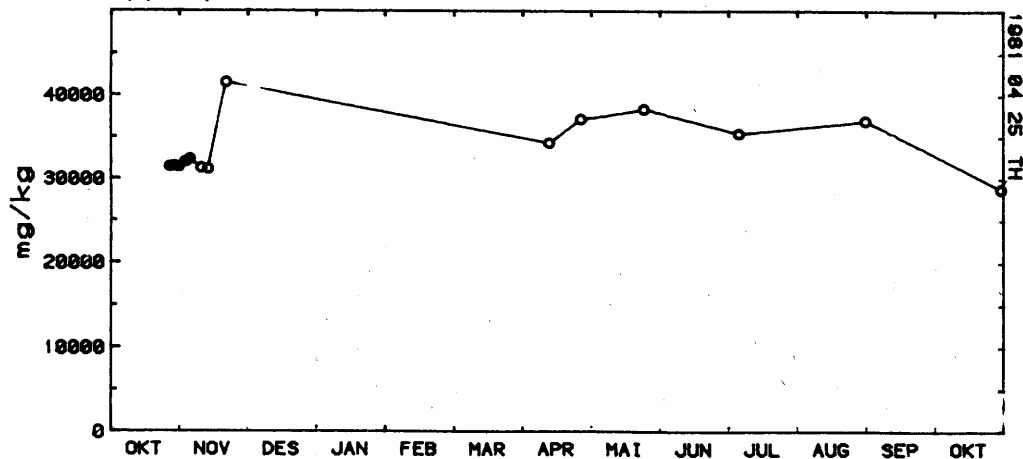
Reykjanes Hóla 4 Styrkur efna Kalsíum (Ca)



Sulfat (SO4)



Uppleyst efni



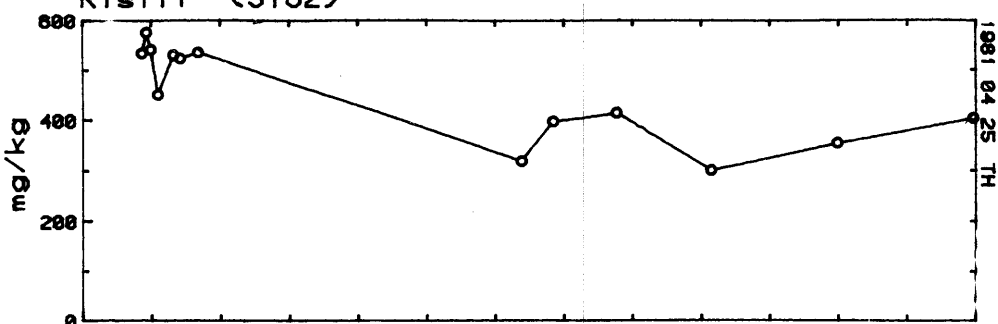
1969-1970

MYND 5

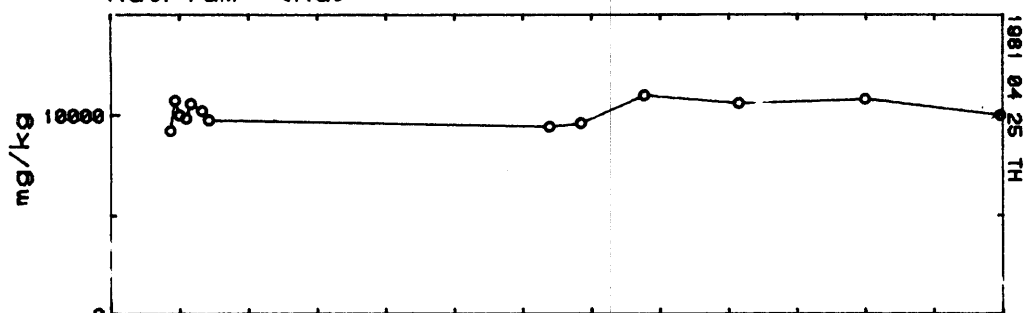
Reykjanes, hóla 4. Styrkur efna, kísill, natríum, kalíum og klór.

JHD-JEF-2502-T.H.
81.09.1121 T

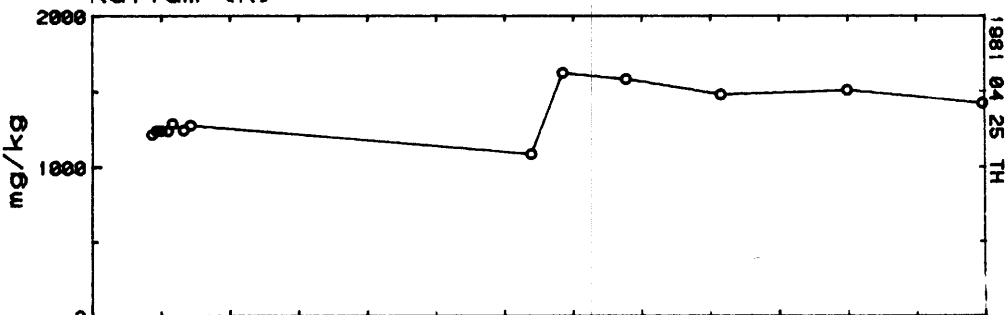
Reykjanes Hóla 4 Styrkur efna Kisill (SiO₂)



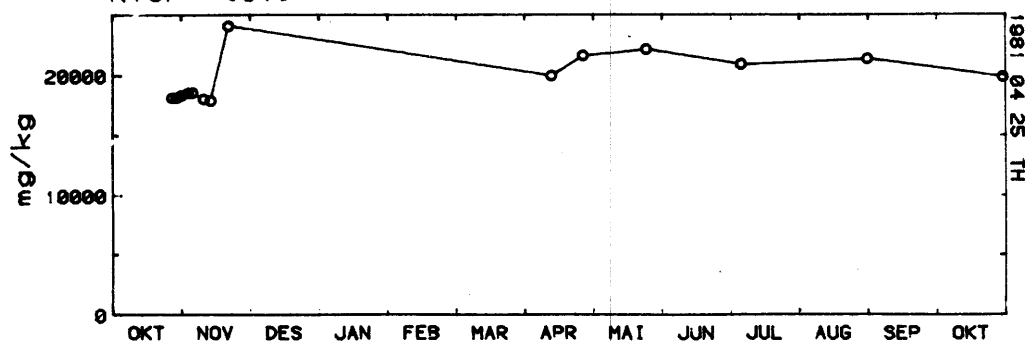
Natrium (Na)



Kalium (K)



Klor (Cl)

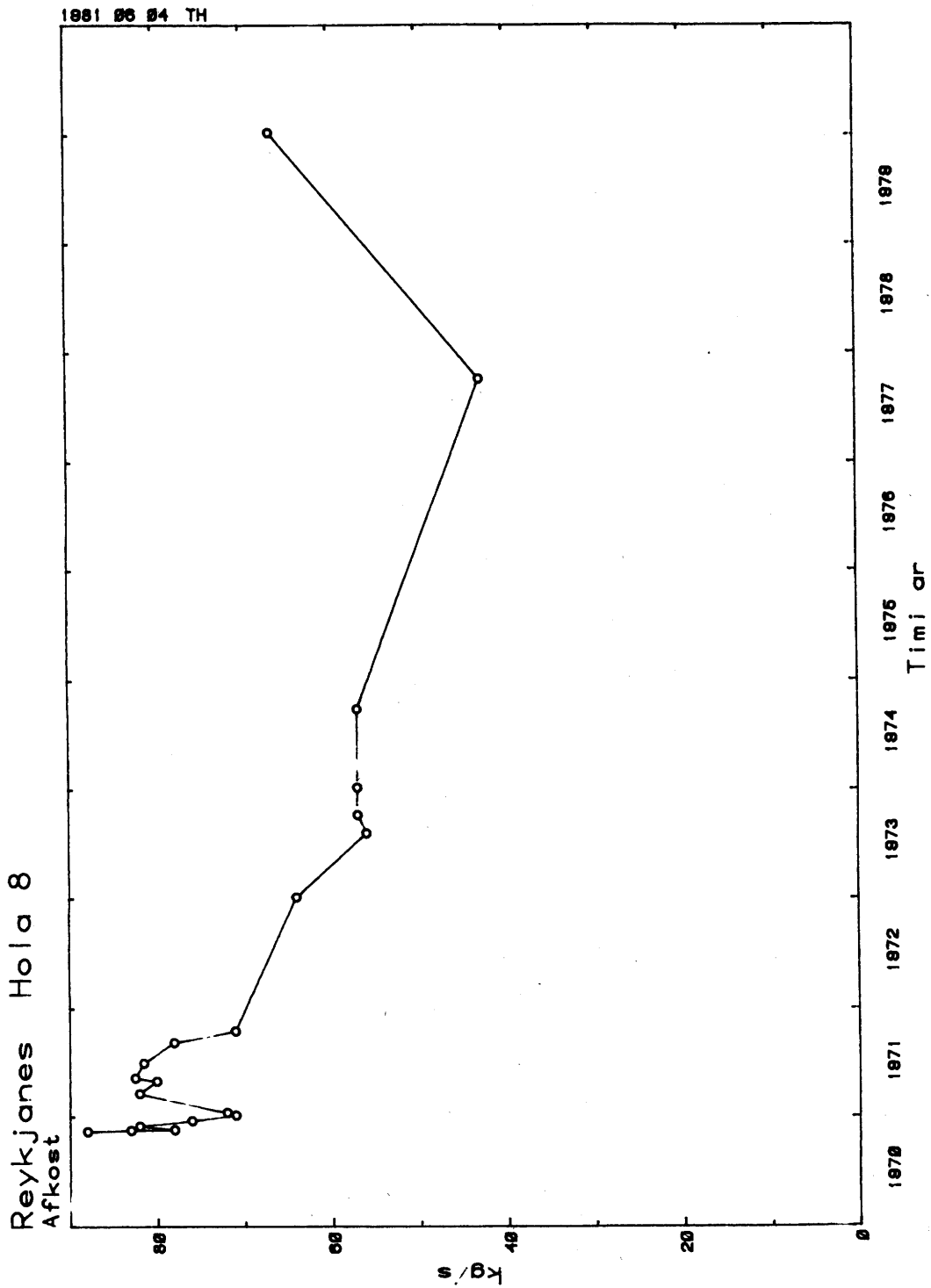


1969-1970

MYND 6

Reykjanes, hola 4. Styrkur efna, kalsíum, súlfat og uppleyst efni.

JHD-JEF-2502-T.H.
81.09.1122 T

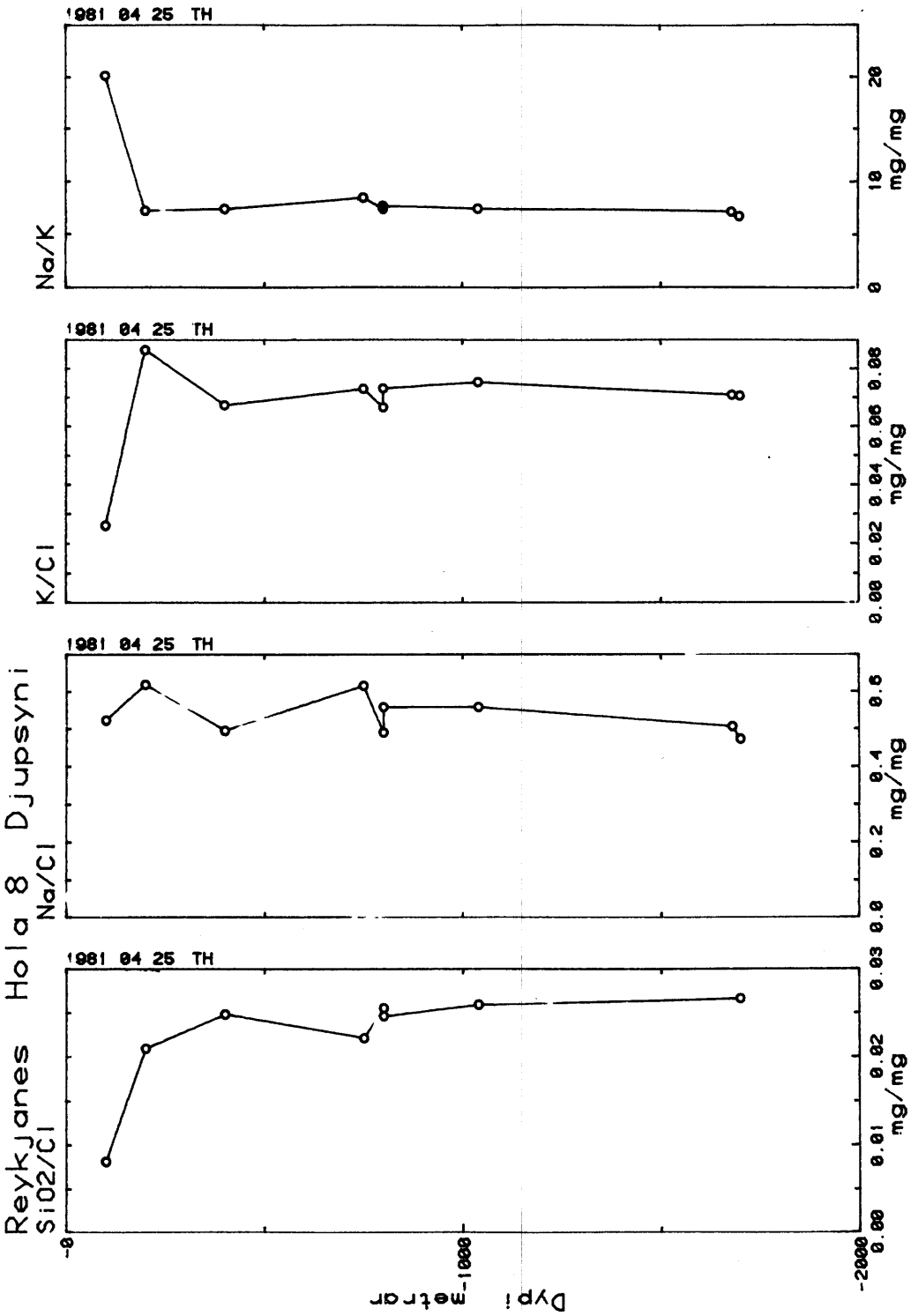


MYND 7

Reykjanes, hola 8. Afköst.



JHD·JEF·2502·T.H.
8I.09.1123. T

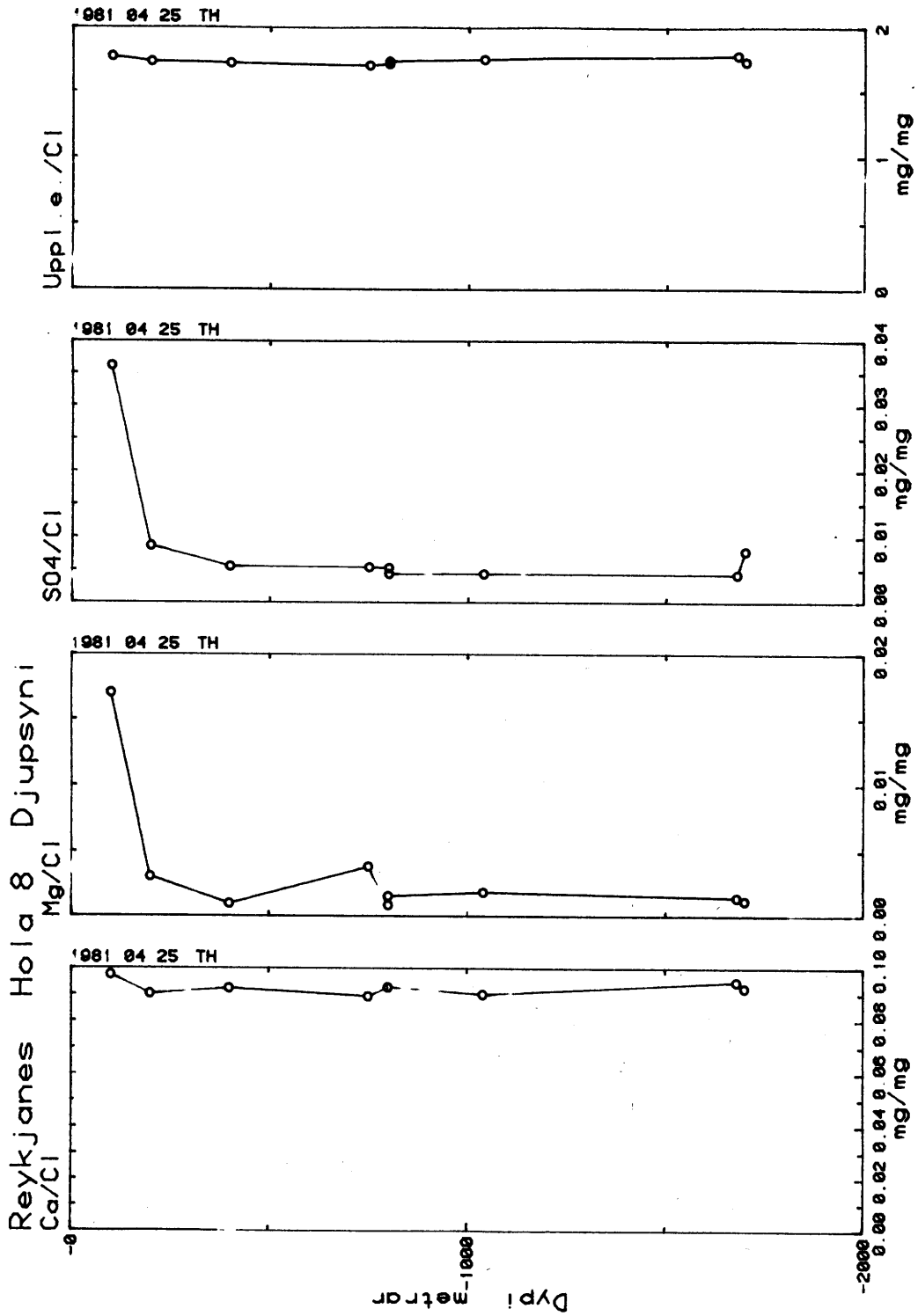


MYND 8

Reykjanes, hola 8. Djúpsýni, Na/K, K/Cl, Na/Cl og SiO₂/Cl.



JHD JEF 2502 T.H.
81.09.1123. T

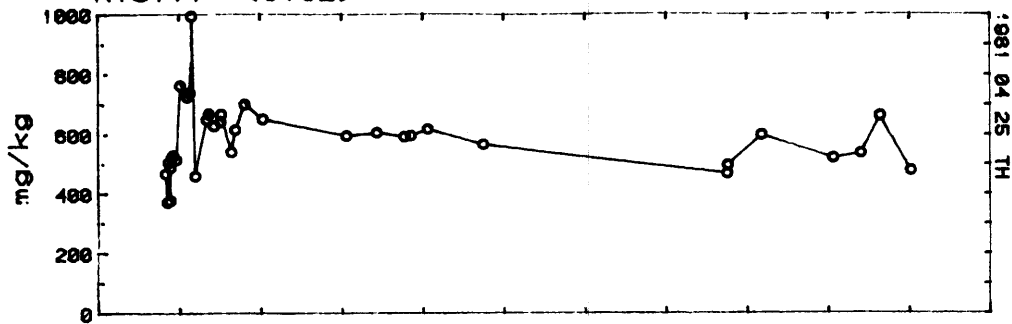


MYND 9

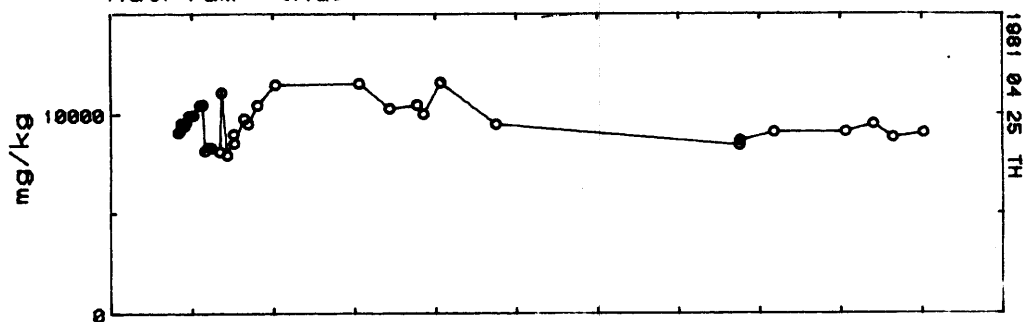
Reykjanes, hola 8. Djúpsýni, Uppl. efni/Cl, SO₄/CL, Mg/Cl og Ca/Cl.

JHD-JEF-2502-T.H.
81.09.1124.T

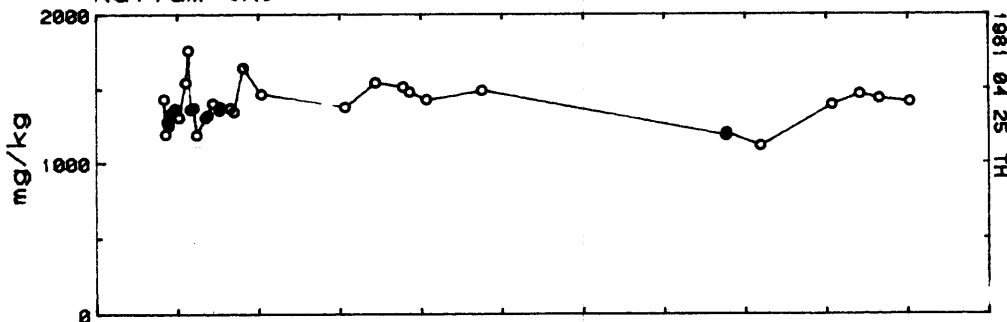
Reykjanes Hóla 8 Styrkur efna Kísill (SiO₂)



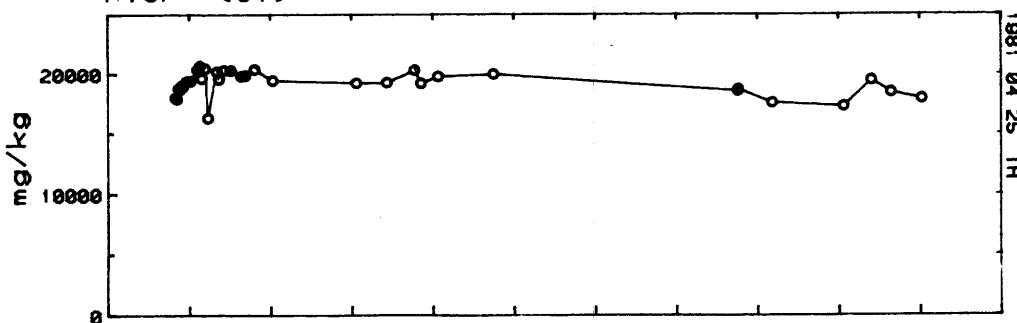
Natrium (Na)



Kalíum (K)



Klór (Cl)



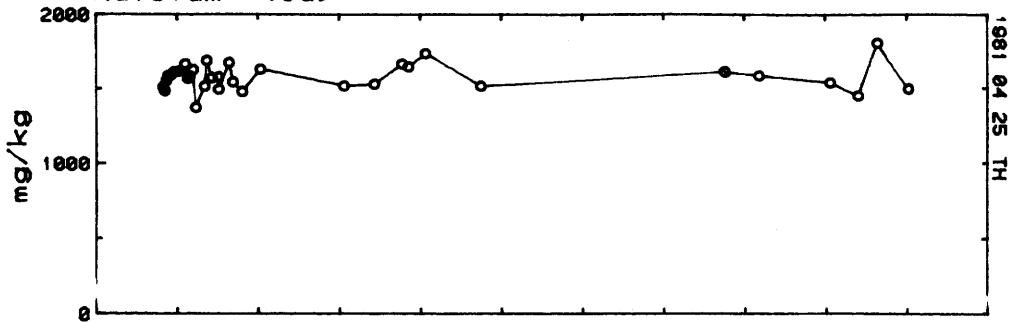
1978 1979 1980
1981 04 25 TH
Tími ar

MYND 10

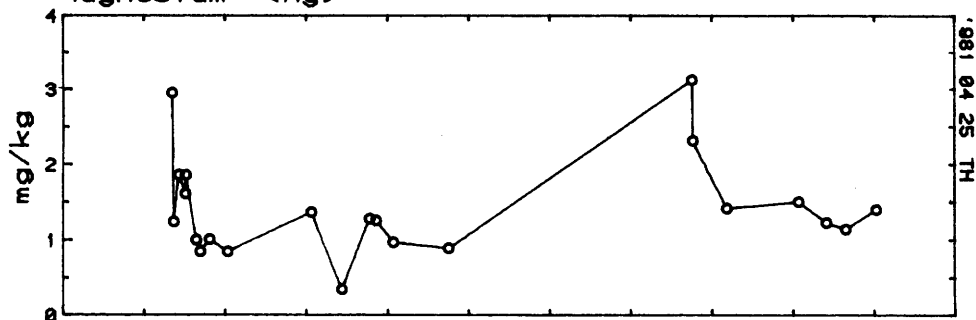
Reykjanes, hóla 8. Styrkur efna, kísill, natrium, kalíum og klór.

JHD·JEF·2502·T.H.
81.09.1124.T

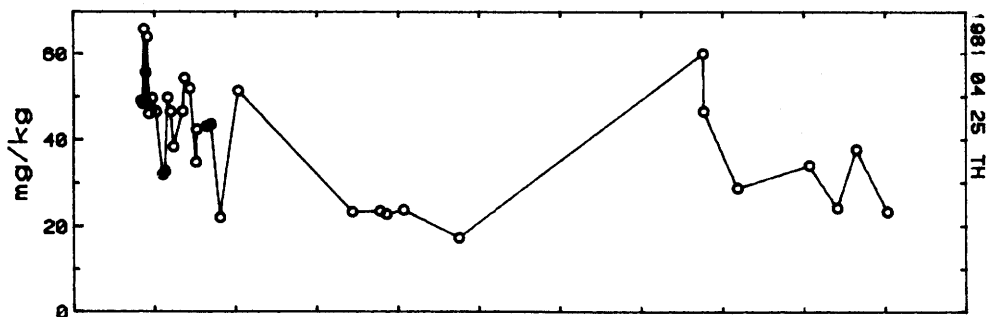
Reykjanes Hóla 8 Styrkur efna Kalsíum (Ca)



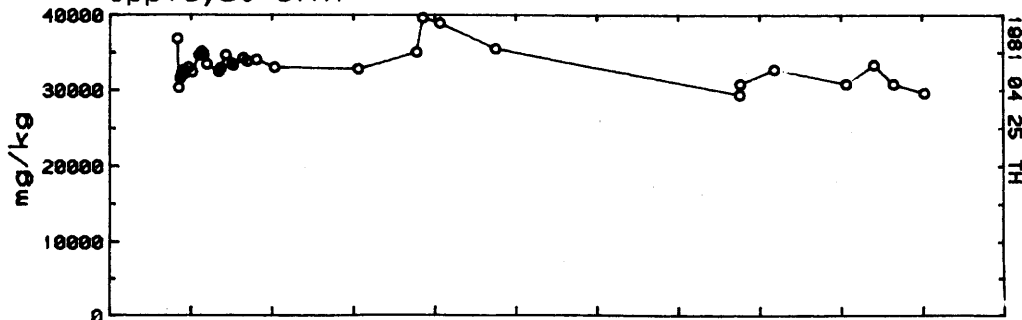
Magnesium (Mg)



Sulfat (SO4)



Uppléyst efni



1970 1971 1972 1973 1974 1975 1976 1977 1978 1979 1980
Tími ár

MYND 11

Reykjanes, hóla 8. Styrkur efna, kalsíum, magnesíum, súlfat og uppl. efni.

3 STYRKUR EFNNA Í JARÐSJÓ

3.1 Samanburður hvera og hola

Meðalstyrkur efna í heita jarðsjónum á Reykjanesi er tekinn saman í töflu 9. Þar er einnig birtur efnastyrkur sjávar með um 34⁰/100 seltu (K.K. Turekian 1969). Selta við Reykjanes er lítillega lægri en meðalselta sjávar og breytileg eftir árstímum (Baldur Líndal o.fl. 1960). Styrkur efna í sjó er í fóstum innbyrðis hlutföllum óháð seltu eða staðsetningu. Meðalselta sjávar við Reykjanes mældist í maí 1958 33,9⁰/100. Selta (Cl) jarðsjávarins er áberandi hærri í "hver 1918" og grunnum holum en í sjó og dýpri holum. Þessi munur er talinn stafa af suðu jarðsjávar og aðskilnaði gufu og vatns nálægt yfirborði.

Í töflu 10 eru sýnd hlutföll efnastyrks í borholum, hverum og sjó. Meðalhlutföll eru birt fyrir sýni úr blásandi holum og einkennandi sýni fyrir innstreymi í lokaðar holur sem fengust með djúpsýnatöku. Í holu 4 fyrir fóðringu var innstreymi undan fóðurröri á um 240 m dýpi og niður holuna. Sýni frá 500 m dýpi eru því talin þaðan komin. Í holu 8 er innstreymi af um 800 m og niður. Sýni af 1040 m dýpi er því valið sem einkennandi fyrir innstreymisæðina. Kísilstyrkur á 1040 m dýpi gefur kísilhita 238°C. Á mynd 12 er mismunur seltu við æðar og meðalseltu við Reykjanes teiknaður á snið frá sjó við Valbjargagjá að Sýrfelli (sjá mynd 1).

Við hækkun hitastigs breytist styrkur alkali- og jarðalkali-málma í jarðsjó frá styrk sömu efna í sjó, vegna jónskipta sjávar við berg. Kalíumstyrkur hækkar en natríumstyrkur lækkar vegna jónskipta við álsiliköt (Arnórsson, S. 1978). Hlutfall natríums og kalíums er því háð hita og hefur fundist einfalt reynslusamband milli þess og hita í ósöltu vatni (Truesdell 1976). Áhrif seltu á sambandið eru ekki vel þekkt og ekki hægt að nota það beint til að segja fyrir um hita í jarðsjó. Þrátt fyrir það má nota hlutfallið sem mælikvarða á breytilegt hitastig innan sama jarðhitakerfis. Mögulegt er að vöntun á kalíumjónum í bergið hafi áhrif á hlutfallið Na/K og það sé herra en það ætti að vera við berghita á Reykjanesi. Á mynd 13 er þetta hlutfall sýnt á fyrrnefndu sniði gegnum jarðhitakerfið. Lægst er hlutfallið í dýpri æðum holu 8 og þar með

hæstur hiti. Í holu 4, grunnum holum og "hver 1918" er hlutfallið svipað, og bendir það til sama hitauppruna. Breytingar verða einnig á styrk magnesíums og kalsíums vegna jónskipta sjávar við steindir eins og klórít og smektít (Ellis & Mahon 1977). Styrkur kalsíums hækkar við hækkingu hitastig en magnesíum hverfur nær alveg. Hærri magnesíumstyrkur í "hver 1918" og holu 1 en í dýpri holum bendir til blöndunar við kaldan sjó sem streymir inn á svæðið gegnum setlög eða sprungur á litlu dýpi. Kaldur sjór rann inn í holu 4 strax eftir borun á um 240 metra dýpi og niður holuna. Selta sýnis sem tekið var á 600 m dýpi eftir að holan hafði staðið lokuð í mánuð og náð jafnvægi, var um 2000 mg/kg hærri en meðalselta sjávar. Þessi seltumunur stafar líklega af suðu í holunni og auknum styrk allra uppleystra efna. Þetta sést greinilega á sýnum af 100, 150 og 200 m dýpi en þar er selta margföld á við seltu sjávar. Magnesíumstyrkur er heldur lægri í þessu sýni en í sjó og bendir það til blöndunar við heitari jarðsjó eða hvörfunar við berg.

Styrkur súlfats og flúors ræðst af leysni kalsíumsalta þessara efna. Kalsíumsúlfat er leysnara í heitu vatni en köldu og hefur súlfat því að mestu fallið út úr heitum jarðsjónum. Styrkur flúors hefur einnig lækkað miðað við styrk flúors í sjó vegna lítills uppleysanleika kalsíumflúoríðs við hátt hitastig.

Ef gerðir eru reikningar fyrir þáttun jóna í jarðsjónum úr holu 8 (meðalsýni) við berghitastig (270°C) og virknimargfeldi leysingar kalsíumsúlfats og flúoríts reiknuð, kemur í ljós að jarðsjórinn er yfirmettaður með tilliti til kalsíumsúlfats en ekki flúoríts. Reikningar þessir eru gerðir með forriti Orkustofnunar Watch 3 (Hörður Svavarsson 1981) og er útskrift birt í Viðauka A. Þetta styður þá kenningu að súlfat falli út úr sjónum sem anhýdrít (CaSO_4). Þessum niðurstöðum ber þó að taka með varúð, því að í söltu vatni verða ýmsar forsendur slíkra reikninga veikar. Í viðauka A eru sýnd fleiri leysnimargfeldi reiknuð fyrir jarðsjó ásamt mettunarmargfeldum viðkomandi steinda. Í flestum þessara steinda er járn og ál. Tölur um styrk járn og áls í jarðsjónum eru fengnar frá Jóni Ólafssyni 1978 (pers. uppl.). Jarðsjórinn er samkvæmt þessum reikningum undirmettaður með tilliti til allra þessara steinda nema anhýdríts og kvarts, en mjög nálægt kalkmettun.

Þessar niðurstöður eru notaðar til að endurbæta líkan er birtist í skýrslu Orkustofnunar um Reykjanes (Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1971). Það lýsir rennslisleiðum og hitaástandi svæðisins. Líkanið er sýnt á mynd 14 þar sem helstu streymisleiðir sjávar, ferskvatns og gufu koma fram ásamt hitastigi jarðsjávarins.

Há selta í hverum og grunnum holum á hverasvæðinu bendir til suðu og uppgufunar um sprungur undir hitasvæðinu til yfirborðs. Svæðið virkar sem "háfur" er hleypir út hita í gufuformi úr dýpri hluta svæðisins. Rennsli jarðsjávar þar upp er lítið sem bendir til tregs aðrennslis að jarðhitageyminum undir. Lítil selta í holu 7 og "sundlaug" bendir til blöndunar ferskvatns, líklega regnvatns, við jarðsjóinn í grynri lögum fyrir utan hitasvæðið. Kaldur jarðsjór er í jarðlögum á 100-300 m dýpi og nær hann inn undir hitasvæðið. Þrýstingur í jarðhitageyminum stjórnast af hitaferli gegnum sjóðandi hitasvæðið og er því hættu á niðurrennsli úr köldum grunnum æðum utan við "háfinn".

3.2 Breytingar með tíma

Eins og fyrr segir hefur verið fylgst með "hver 1918" og holum 2, 4 og 8 yfir nokkur blásturstímabil. "Hver 1918" breyttist í jarðhræringum 1967 úr vatnshver í goshver og varð þá vart aukningar magnesíumstyrks sem benti til sjávarblöndunar. Áhrif þessi hurfu og urðu ekki marktæk- ar breytingar á styrk efna eftir það.

Sýni úr holu 2 ná yfir fjögur ár, frá 1968 til jan. 1972. Litlar breyt- ingar verða á seltu (Cl) jarðsjávarins úr holu 2 að undanskildum tveim fyrstu sýnum, sem skera sig úr. Þau frávik er vart hægt að skýra nema sem skekkju í efnagreiningu eða djúpvatnsreikningum. Styrkur uppleystra efna er mjög stöðugur og staðalfrávik frá meðalgildi aðeins 3,4%. Holan dregur jarðsjó úr einni æð á 300 m dýpi og má álykta að selta hans hafi ekki breytst þessi fjögur ár. Nokkrar sveiflur verða í styrk súlfats og varð aukning í upphafi árs 1970. Samtímis lækkaði styrkur kísils. Líklega hefur þá komist kaldari jarðsjór inn í holuna og áhrif hans hafa síðan dvínað fljótt aftur.

Hola 4 blés tvö tímabil. Fyrst í einn mánuð í okt. 1969, og var talið að eina virka æðin væri á 700 m dýpi. Þann tímabreyttist ekki efnastyrkur í jarðsjónum. Næst blés holan frá febrúar 1970 og eru til nokkur sýni frá árinu 1970. Styrkur efna eftir hreinsunartilraun varð annar en fyrir. Kísilstyrkur varð lægri og selta hærri og benti það til innstreymis kaldari soðins jarðsjávar eftir hreinsun. Kalíumstyrkur mældist hærri og súlfatstyrkur lægri en það benti aftur á móti til innstreymis heitari jarðsjávar eftir hreinsun. Ekki er reynt að skýra þessar niðurstöður enda ekki mikið vitað um dýpi holunnar eftir misheppnaða hreinsun og sprengingar í holunni.

Hola 8 hefur nú blásið með hléum í rúm 10 ár. Fyrsta tímabilið var fjögur ár og hófst í október 1970. Selta hélst óbreytt þetta tímabil og einnig styrkur allra helstu efna svo sem natríums, kalíums og kalsíums. Kísilstyrkur var breytilegur og hækkaði fyrstu mánuðina. Kísilmælingar í söltu vatni eru erfiðar vegna fjölleiðunar kísils. Þetta getur skýrt mikinn breytileika í niðurstöðum kísilákvarðana. Styrkur magnesíums og kalsíums lækkaði fyrst eftir að holan byrjaði að blása. Væntanlega stafaði þetta af upphitun holunnar og innstreymi úr heitum, djúpum æðum sem höfðu kólnað fyrir blástur vegna niðurstreymis úr kaldari og grynri æðum. Sama átti sér stað þegar holunni var hleypt upp aftur eftir lokun í þrjú ár 1974 til 1977. Þá lækkaði einnig styrkur magnesíums og súlfats. Búast má við hærri styrk magnesíums og súlfats í kaldari æðum á um 1000 m dýpi en dýpri og heitari æðum á 1700 m dýpi. Styrkur súlfats í djúpsýni sem tekið var af 1040 m dýpi fyrir upphleypingu mældist hærri en í jarðsjó úr holu 8 eftir að hún hafði jafnað sig (76 mg/kg borið saman við 49 mg/kg í fyrsta sýni eftir upphleypingu).

Eftir upphleypingu að nýju 1977 mældist selta aðeins minni en á fyrra blásturstímabilinu. Kalíum- og kísilstyrkur mældist lægri, og rennsli úr holunni hafði einnig minnkað. Ljóst var að fyrirstaða var í holunni og sýndi körfumæling mesta þrengingu á 1370 m dýpi. Þessi stífla hefur væntanlega hindrað rennsli úr dýpri æðum og hefur því hlutfallslega meira streymt úr kaldari og grynri æðum. Eftir hreinsun holunnar í desember 1978 hafði kalíumstyrkur hækkað en selta og styrkur kísils breyst lítið. Rennsli jókst um 50% eftir hreinsun og er viðbótin líklegast ættuð úr dýpri æðum.

3.3 Ýmsar athuganir

Þann tíma sem skýrslan fjallar um hefur eingöngu verið fylgst reglulega með styrk aðalefna jarðsjávarins. Styrkur snefilefna hefur ekki verið mældur á vegum Orkustofnunar. Til eru nokkrar ákvarðanir á snefilefnum gerðar af öðrum. Stefán Arnórsson birtir niðurstöður mælinga nokkurra snefilefna í hverum og holum 1 og 2 í doktorsritgerð sinni (Stefán Arnórsson 1969). Í skýrslu rannsóknarráðs um saltverksmiðju (Vilhjálmur Lúðvíksson 1972) er birt tafla um efnastyrk í jarðsjó og þar á meðal styrkur ýmissa snefilefna svo sem bróms og líþíums. Að síðustu eru birtar í grein eftir Jón Ólafsson og J.P. Riley niðurstöður ýtarlegrar úttektar á efnasamsetningu jarðsjávar í hverum og holum 2 og 8 (Jón Ólafsson og J.P. Riley 1978). Um þessar mælingar er vísað í fyrrtaldar heimildir. Í töflu 11 er tekið saman yfirlit um þau efni sem mælst hafa yfir eitt milligramm í kíló (mg/kg) og geta skipt máli við framleiðslu salts úr jarðsjónum. Bróm í jarðsjónum er áþekkt styrk sama efnis í sjó. Bróm hegðar sér líkt og klór í jarðsjó og hvarfast ekki að ráði við berg. Hlutfall bróms og klórs í lausn breytist ekki nema salt falli úr lausn vegna mettunar. Það má því álykta út frá þeirri staðreynd að Br/Cl-hlutfall í jarðsjónum er sama og í sjó, að selta jarðsjávarins sé ekki tilkomin vegna saltlaga í jörðu heldur sé um að ræða upphitaðan sjó. Brómstyrkur ræðst því af seltu sjávarins og er ekki ástæða til að fylgjast sérstaklega með breytingum brómstyrks með tíma jafnhliða seltuákvörðun. Líþíum og rúbídíum eru skyld natríum og kalíum og taka þau væntanlega þátt í hitaháðum jónskiptum við ál-siliköt. Styrkur þeirra í jarðsjónum er 40 sinnum hærri en í sjó. Strontíumstyrkur er svipaður og í sjó en baríumstyrkur allt að 5000 faldur. Strontíum og baríum eru skyld magnesíum og kalsíum og má búast við að þau taki þátt í svipuðum efnahvörfum svo sem jónskiptum við smektít og fellingum með súlfati. Bórstyrkur er allt að tvöfalt hærri en í sjó, og blý og mangan margfalt meira. Jón Ólafsson og J.P. Riley mældu styrk mun fleiri efna og er rétt að nefna vegna hugsanlegra mengunaráhrifa að styrkur arsens, kopars, zinks og kvikasilfurs mældist margfalt meiri í jarðsjónum en í sjó.

Isotópahlutföll vatnssameindar voru mæld af Braga Árnasyni (1976) og H. Craig (Ólafsson, J. & J.P. Riley 1978). Helstu niðurstöður eru birtar í töflu 12. Ályktuðu þeir út frá þessum niðurstöðum að jarð-

sjórinn væri tilkominn við suðu á blöndu sjávar og regnvatns við hita frá eldvirkni. Þessi skýring er sú eina sem skýrir seltumagn í kringum 30-32 ‰ og ísotópahlutföllin $\delta D \approx -23 \text{ ‰}$ og $\delta^{18}O \approx -1 \text{ ‰}$ í holu 8. Ísotópahlutföll og selta í hverum og holu 2 eru samkvæmt því afleiðing af suðu jarðsjávar með sömu samsetningu og jarðsjórinn í holu 8 hefur.

Ein mæling á radongeislun jarðsjávarsýnis er til, úr holu 8 frá 7. mars 1978. Þá mældist radongeislun jarðsjávar 122 dpm/kg. Þessi niðurstaða sýnir t.d. miklu lægri radongeislun jarðsjávar á Reykjanesi en kviku- virks borholuvökva í Kröflu (Gestur Gíslason o.fl. 1978) en um tvöfalt hærri en geislun borholuvökva í Svartsengi (50-70 dpm).

TAFLA 9

Reykjanes, meðalstyrkur efna í jarðsjó.

	"Hver 1918"	Sundlaug	Hola 1 ¹⁾	Hola 2	Hola 4	Hola 8	Sjór ²⁾
Vinnsludýpi (m)	0	0	159	300	700	1000-1750	
Hitastig (°C)	100	21	220	225	250	270	
SiO ₂ (mg/kg)	569	50	414	355	452	588	6,0
Na (mg/kg)	14300	7590	12400	10700	10100	9520	10470
K (mg/kg)	2020	500	1510	1400	1340	1380	380
Ca (mg/kg)	2400	710	1980	1790	1640	1580	398
Mg (mg/kg)	19,9	1183	1,13			1,43	1250
SO ₄ (mg/kg)	155	1180	82,2	75,6	74,5	40,8	2630
Cl (mg/kg)	28900	14800	23700	20500	19800	19200	18800
F (mg/kg)	0,25	0,28	0,15			0,15	1,26
Uppl.e. (-)	50900	27400		34800	33800	33300	33900
CO ₂ (mg/kg)	42,1	73,9		2110		1930	100
H ₂ S (mg/kg)				43,1		36,5	
H ₂ (mg/kg)						0,24	

1) Stefán Arnórsson 1969

2) K.K. Turekian 1969

TAFLA 10

Reykjanes, hlutföll efna í jarðsjó (mg/mg)

	"Hver 1918"	Sundlaug	Hola 1 ¹⁾	Hola 2	Hola 4	Hola 4	Hola 7	Hola 8	Hola 8	Sjór ²⁾
Vinnsludýpi	0	0	159	300	240	700	45	800-1000	1000-1750	
Hitastig °C	100	21	220	225	40	250	15	230	270	
Cl (mg/kg)	28900	14800	23700	20500	20800	19800	4710	17280	19200	18800
SiO ₂ /Cl	0,020	0,003	0,017	0,017		0,023	6·10 ⁻⁴	0,026	0,031	3·10 ⁻⁴
Na/Cl	0,495	0,513	0,523	0,522	0,584	0,510	0,669	0,557	0,496	0,557
K/Cl	0,070	0,034	0,064	0,068	0,021	0,068	0,042	0,075	0,072	0,020
Ca/Cl	0,083	0,048	0,084	0,087	0,036	0,083	0,014	0,090	0,082	0,021
Mg/Cl	0,001		0,001	5·10 ⁻⁵	0,063			0,002	7·10 ⁻⁵	0,066
SO ₄ /Cl	0,005	0,080	0,003	0,004		0,004	0,059	0,004	0,002	0,140
F/Cl	8·10 ⁻⁶	19·10 ⁻⁶	6·10 ⁻⁶						8·10 ⁻⁶	67·10 ⁻⁶
Uppl.e./Cl	1,761	1,851		1,698		1,707	2,060	1,748	1,734	1,803
Na/K	7,7	15,2	8,2	7,6	25,2	7,54	15,8	7,5	6,9	27,5

1) Stefán Arnórsson 1969. 2) K.K. Turekian 1969.

TAFLA 11

Styrkur ýmissa snefilefna í jarðsjó á Reykjanesi (mg/kg)

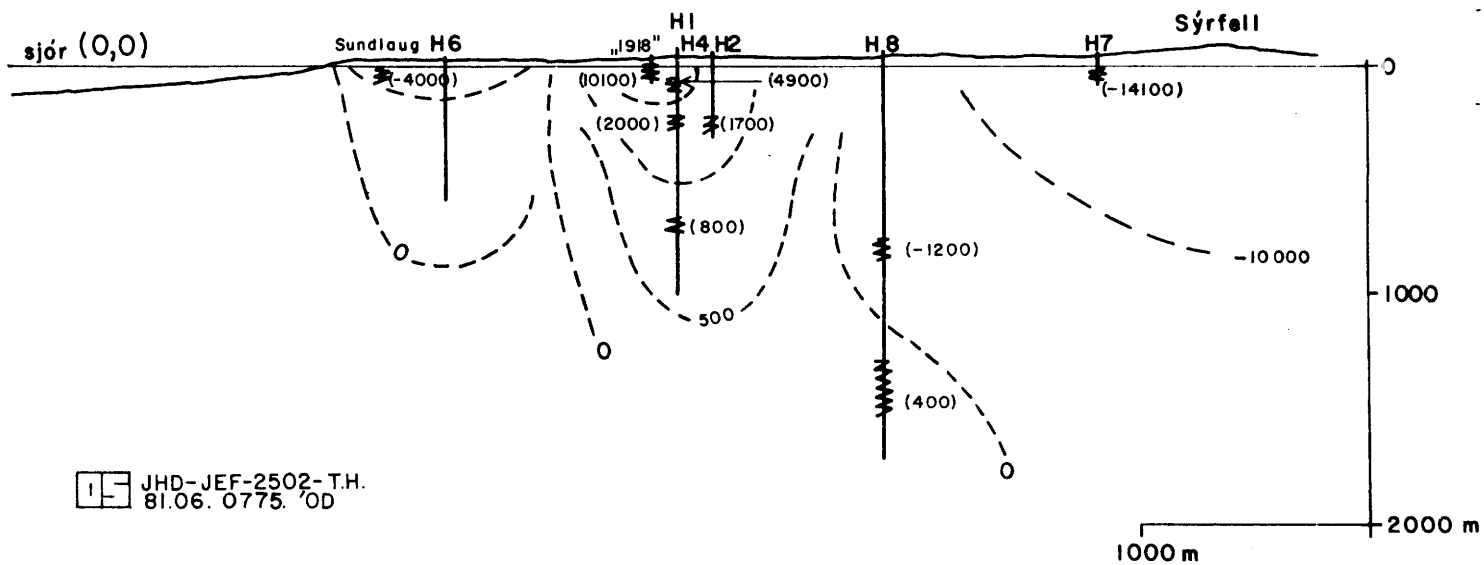
Staður	Selta Cl	Br	B	Li	Rb	Sr	Ba	Pb	Mn	Heimild
"Hver 1918"	31300		12,2					1,34		Stefán Arnórsson 1969
Hola 2	22600		12,0					0,57		- " -
(Hola 8)	29800	108	12,4	7,7					0,05	Vilhjálmur Lúóvíksson 1972
"Hver 1918"	27400	98,1	11,8	7,4	6,3	9,2	5,8		3,7	Jón Ólafss.& J.P.Ryley 1978
Hola 2	23700	83,8	11,5	6,0	4,5	8,4	5,7		0,51	- " -
Hola 8	25100	87,3	11,3	6,6	5,2	8,9	10,0		2,6	- " -
Sjór	19400	67,3	4,45	0,17	0,12	8,1	0,02	0,00003	0,01	K.K. Turekian 1969

TAFLA 12

Tvívetni og súrefni-18 í jarðsju á Reykjanesi. Styrkur miðaður við SMOW

Staður	δD	$\delta^{18}O$	Heimild
Hver -	-10,2	+2,3	Bragi Árnason 1976
Hola 2	-18,8 [*]		- " -
Hola 8	-22,5 [*]	-0,26 [*]	- " -
"Hver 1918"	-12,5	+2,24	Jón Ólafss.& J.P.Riley 1978
Hola 2	-19,3 [*]	-0,25 [*]	- " -
Hola 8	-23,0 [*]	-1,08 [*]	- " -
Regnvatn (Reykjanes)	-48,0	-6,5	Bragi Árnason 1976
Sjór (SMOW)	0	0	Craig 1961

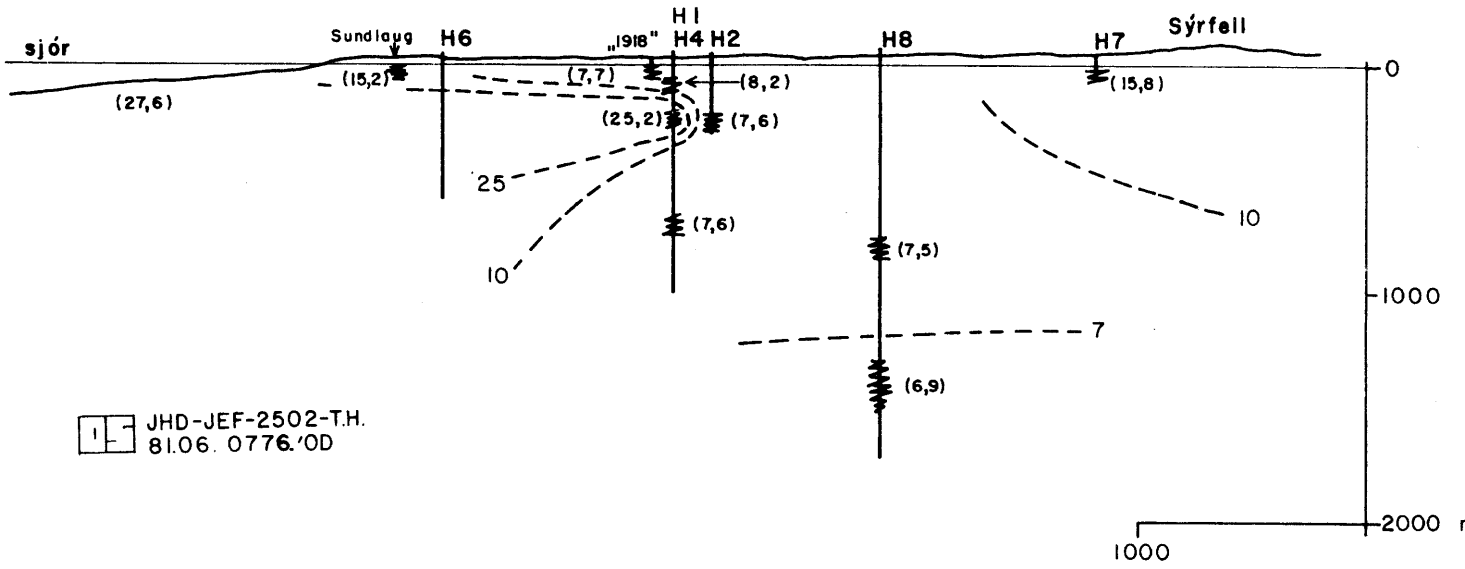
* Gildi leiðrétt fyrir suðu.



JHD-JEF-2502-T.H.
81.06. 0775. 0D

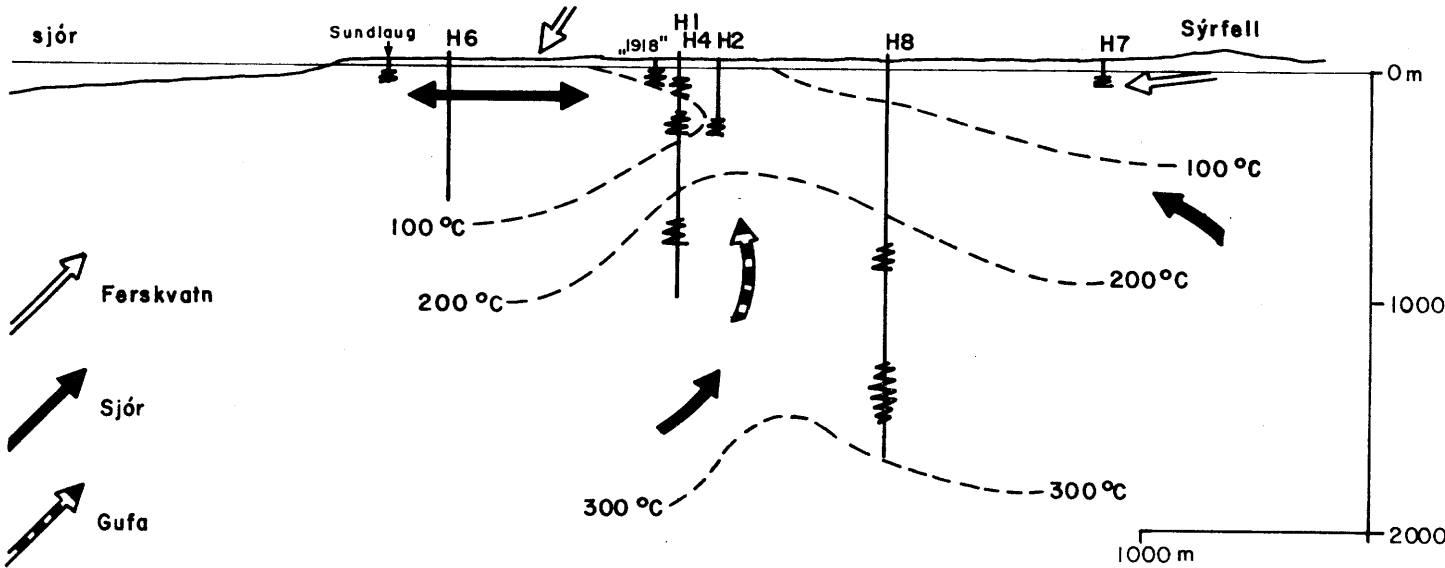
MYND 12

Mismunur á seltu (Cl mg/kg) jarðsjuvar og meðalseltu sjávar við Reykjanes



MYND 13

Hlutfall Na/K (mg/mg) í jarðsjó á Reykjanesi



MYND 14

Tilgáta um hita og rennslisleiðir á Reykjanesvæðinu

4 ÚTFELLINGAR OG SKEMMDIR Á LEIÐARA HOLU 8

4.1 Hreinsun holu 8

Þegar holu 8 var hleypt í blástur aftur 1977, eftir langvarandi lokun, reyndist afl hennar minna en fyrir lokun. Rennsli úr holunni reyndist óháð holutoppsþrýstingi. Þetta var talið benda til að "flöskuháls væri í holunni er skammtaði rennsli og að þrengingin væri líklegast kalktappi (Sverrir Þórhallsson 1977).

Holan var kæfð og víddarmæld með körfum í september 1977. Þrengingar komu fram á 700, 840 og mest á 1370 m dýpi. Víddarmæling var endurtekin í júní 1978 og gaf hún svipaðar niðurstöður (Sverrir Þórhallsson 1978). Holan var hreinsuð í desember 1978 með bornum Dofra, og er gang hreinsunar lýst á mynd 15. Fyrsta fyrirstaða var á 440 m og gekk á ýmsu niður holuna. Holan var víddarmæld fyrir hreinsun á dýptarbilinu 600-800 m og virtist hún nokkuð jafnvíð og um 7 1/2". Eftir hreinsun var víddarmælt á 630-725 m dýpi og kom þá í ljós að holan hafði víkkað í 8" til 10" og voru veggir mjög ójafnir. Virtist sem leiðari holunnar væri horfinn og borinn hafi leitað út í holuveggina og víkkað holuna á þessu bili. Fimm sýni náðust af útfellingunni, það er tvö frá 440 m dýpi, tvö frá 750 m og eitt af hristisigti. Bæði sýnin eru innan úr heilum leiðara. Samsetning útfellingar er sýnd í töflu 13 (Hrefna Kristmannsdóttir 1979). Þar kemur fram að á 440 m dýpi er steindaformúla nálægt $\text{FeMg}_4\text{Si}_9\text{O}_{24}$ og í 750 m nálægt $\text{Fe}_2\text{Mg}_3\text{Si}_9\text{O}_{24}$. Hér er því ekki um kalktappa að ræða heldur járnríkt magnesíum silikat.

4.2 Hugsanlegar orsakir fyrirstöðu í holu 8

Eftirtaldir möguleikar eru tilteknir sem skýring á fyrirstöðu í holunni og rennslisminnkun.

1. Skemmdir á leiðara vegna
 - a) hitaþenslu
 - b) tæringar eða annarra efnaáhrifa.
 - c) þrýstifalls inn í holu við blástur
 - d) hruns eða annars jarðrasks.

2. Útfellingar vegna
 - a) yfirmettunar vegna suðu
 - b) millirennslis í blásandi holu
 - c) millirennslis í lokaðri holu.

Leiðari holunnar var 6,35 mm þykkur sem er þynnra en venja er í nýrri borholum á háhitasvæðum (7,62 mm). Við upphleypingu verður hitaþensla í fóðurrörum vegna hækkunar hitastigs í efstu metrum. Þá verður hitaþensla í leiðara vegna lækkunar hitastigs djúpt í holunni ef suðuborð leitar út í berg. Þar sem fyrirstaðan var fyrir neðan 440 m stenst fyrri tilgátan illa. Engin vísbending er um að suðuborð hafi leitað út í berg við blástur. Hiti mældist hærri í holunni eftir blástur og varmainnihald rennis mældist nálægt varmainnihaldi vatns við kísilhita. Ólíklegt er því að leiðari hafi skemmst vegna hitaþenslu eða mikils þrýstifalls inn í holuna.

Tæring er hugsanleg skýring, en á móti mælir að járnstyrkur í jarðsjónum úr holu 8 mældist mjög lítil ($< 15 \mu\text{g}$). Telja verður jarðrask líklegasta skýringu þar sem þarna eru hrungjörn jarðlög og jarðskjálftar algengir á svæðinu. Efnaáhrif á leiðaran hafa hugsanlega minnkað styrkleika hans og gert hann stökkann og þannig átt sinn þátt í skemmdum á holum.

Sýni af útfellingu náðust eins og fyrr segir aðeins af 440 og 750 m dýpi. Efnagreining, röntgengreining og skoðun sýndi að hér var um útfellingu að ræða en ekki bergbrot. Ekki er unnt að segja hvort útfellingar þessar hafi verið í einhverju magni í holunni eða hvort þær hafi aðeins verið skæni innan á leiðaranum. Þrátt fyrir það verður að telja líklegt að slíkar útfellingar hafi átt einhvern þátt í að stífla holuna. Stungið er upp á tveimur myndunarleiðum slíkra útfellinga.

1. Við suðu og afgösun í holunni yfirmettast jarðsjór með tilliti til vissra magnesíumsilikat vegna hækkunar sýrustigs. Útfelling silikata er mjög sýrustigsháð. Á móti þessari tilgátu mælir að slík útfelling myndast vanalega fyrir ofan suðuborð líkt og kalkútfelling. Fyrirstaða var mest á 1370 m dýpi en suðuborð hefur væntanlega ekki náð niður fyrir 1000 m.
2. Misheitur jarðsjór streymir inn í holuna bæði í blæstri og

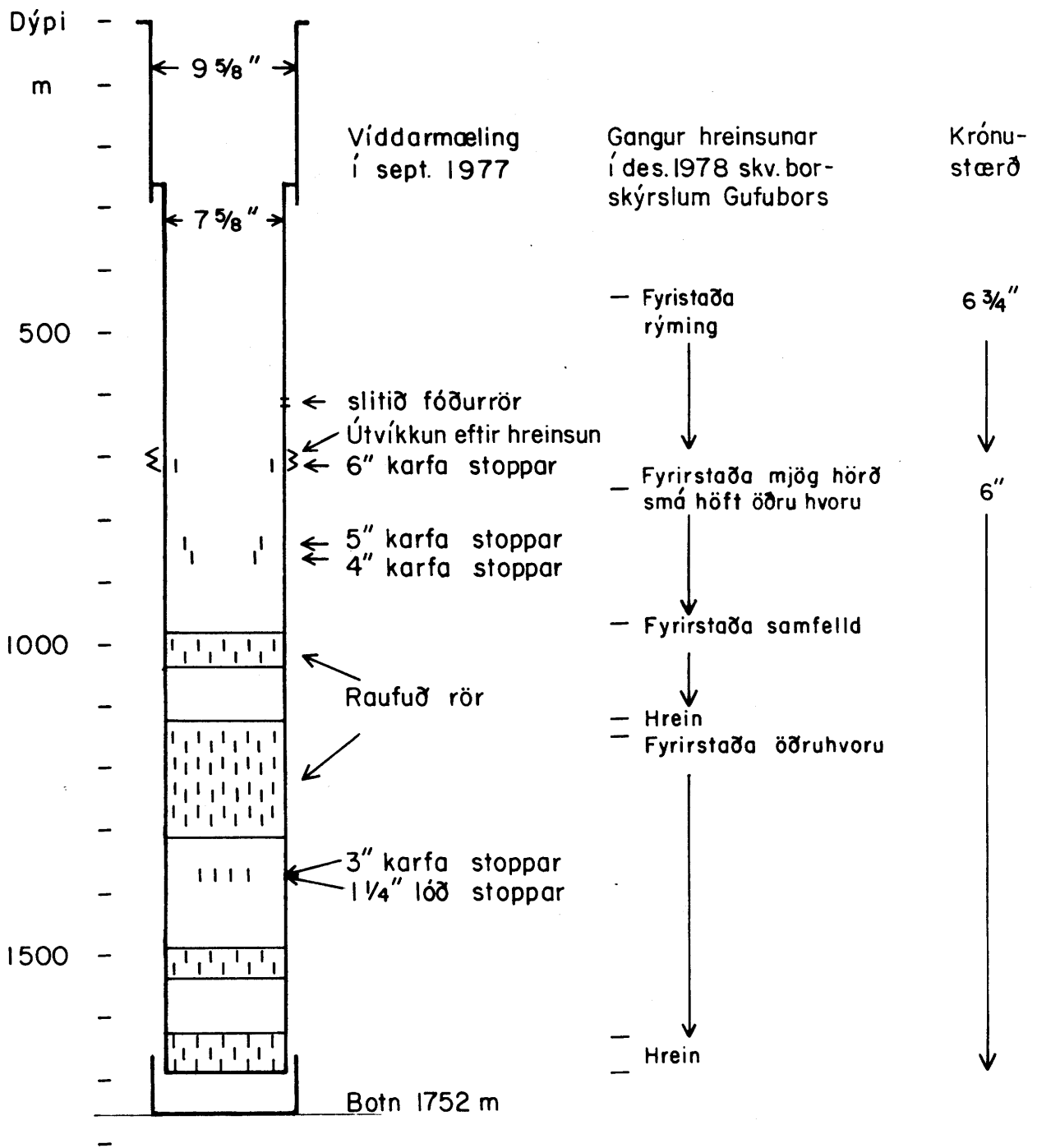
lokaðri holu. Jarðsjórinn er í jafnvægi við innstrymishita en við blöndun yfirmettast hann með tilliti til magnesíum-silikata. Nokkuð víst er að niðurrennsli verður í holunni ef hún stendur lokuð og rennur þá 230°C heitur jarðsjór niður holuna en botnhiti mældist hæstur 292°C eftir upphleypingu. Styrkur magnesíums í jarðsjónum úr holu 8 lækkar þegar frá líður upphleypingu og styður það þessa tilgátu.

Af framansögðu má ljóst vera að orsakir fyrirstöðu í holunni geta verið af ýmsum toga og ekki hægt að skera óyggjandi úr um hvaða skýring er rétt og e.t.v. nauðsynlegt að grípa til fleiri en einnar.

TAFLA 13

Niðurstöður greininga á útfellingasýnum úr holu 8, Reykjanesi frá des. 1978 (Hrefna Kristmannsdóttir 1979).

Dýpi	440 m	750 m	Dýpi	440 m	750 m
Efni	Massaprósentur, %		Efni	Steindaformúla	
SiO ₂	66,6	54,7	Si	9,2	8,6
TiO ₂	0,00	0,05	Ti	0,00	0,00
Al ₂ O ₃	0,71	3,98	Al	0,12	0,74
FeO	8,95	17,7	Fe	1,0	2,3
MnO	2,03	0,3	Mn	0,24	0,04
MgO	19,7	13,6	Mg	4,0	3,2
CaO	0,33	0,69	Ca	0,05	0,12
Na ₂ O	0,14	0,45	Na	0,04	0,14
K ₂ O	0,25	0,92	K	0,05	0,18
Σ	98,7	92,3	-	-	-



Mynd 15

Reykjanes, hola 8. Viddarmælingar og hreinsun.

5 SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

Styrkur efna í jarðsjónum virðist breytilegur eftir staðsetningu í jarðhitakerfinu. Selta er hæst í hverum og grunnum holum en lægri í djúpum heitum holum. Kaldur sjór leitar inn á svæðið á litlu dýpi og er hætta á að hann streymi niður í heitt jarðhitakerfið ef fóðrað er grunnt. Lægri selta en í jarðsjónum mælist í grunnum holum utan við hverasvæðið.

Hlutföll ýmissa efna eru frábrugðin sömu hlutföllum í sjó. Natrium-, kalíum-, líþíum- og rubídíumstyrkur er annar en í sjó og er það talið stafa af jónskiptum við álsiliköt. Sama er að segja um magnesíum-, kalsíum- og baríumstyrk en þar koma til bæði jónskipti við smektít og felling með súlfati. Hlutfall klórs og bróms er hið sama og í sjó sem bendir til sjávaruppruna seltunnar. Styrkur ýmissa þungmálma er hærri en í sjó sem stafar af leysingu slíkra efna úr bergi vegna fyrirtalinna jónskipta og sýrustigslækkunar. Ekki verður breyting á seltu né helstu efnahlutföllum við langvarandi blástur.

Ekki er munur á varmainnihaldi rennslis úr holum og varmainnihaldi vatnsfasa við kísilhita. Það bendir til þess að ekki sjóði út í berg heldur streymi jarðsjórinn sem vökvafasi inn í holur í blæstri. Hætta er á rennslí í djúpum holum milli æða með mismunandi hita. Slíkt getur orsakað útfellingu í holum. Þetta ásamt tæringu fóðurröra, hruni og jarðraski getur stíflað holur.

6 FRAMHALD RANNSÓKNA

Lagt er til að safnað verði áfram úr borholu 8 og "Hver 1918" einu sinni á ári.

Ef fleiri holur verða boraðar þá er lagt til að a.m.k. fjórum sýnum verði safnað fyrsta árið en síðan dregið úr tíðni ef ekki verður vart breytinga.

Reynandi væri að fylgjast með styrk magnesíums við upphleypingu og athuga hvort styrkur þess breytist hratt fyrstu dagana.

Radongeislun jarðsjávar er ekki mjög há og má því búast við að jarðhræringar og sprungumyndanir hafi áhrif á hana. Áhugavert væri að fylgjast með radongeislun, sérstaklega ef mannvirki verða reist á staðnum, sem hætt væri við skemmdum vegna jarðhræringa.

Djúpsýnatöku úr holum 6 og 7 þyrfti að framkvæma sem fyrst.

Ákvarða þyrfti kvikasilfur í jarðsjó úr djúpum holum.

HEIMILDASKRÁ

Bragi Árnason 1976: Groundwater systems in Iceland traced by deuterium.
Vísindafélag Íslendinga, XLII, 236 s.

Arnórsson, S. 1978: Major element chemistry of the geothermal seawater
at Reykjanes and Svartsengi, Iceland. Mineral. Mag., 42, 209-220.

Baldur Líndal, Ísleifur Jónsson, Jóhann Jakobsson & Unnsteinn Stefáns-
son 1960: Sjávarselta við strendur Faxaflóa og suðvesturland.
Tímarit Verkfræðingafélags Íslands (1.-2. hefti), 45 árg., 19-27.

Ellis, A.J. & Mahon, W.A.J. 1977: Chemistry and geothermal systems.
New York, Academic Press. 392 s.

Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1978: Krafla.
Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. Orkustofnun, OS-JHD-
7846, 45 s.

Hörður Svavarsson 1981: Forritin "Watch 1" og "Watch 3". Hjálpartæki
til túlkunar efnagreininga á jarðhitavatni. Leiðbeiningar fyrir
notendur. Orkustofnun, OS81007/JHD03, 70 s.

Hrefna Kristmannsdóttir 1979: Athugun á "útfellingum" í holu 8 á Reykja-
nesi. Orkustofnun, Jarðhitadeild, 7 s.

Iónaðarráðuneyti 1981: Sjóefnavinnsla á Reykjanesi, Álit nefndar um
saltverksmiðju, Nr. 81-6, 65 s.

Jón Jónsson 1978: Jarðfræðikort af Reykjaneskaga. Orkustofnun, OS-JHD-
7831, 363 s og kort.

Jón Steinar Guðmundsson 1980: Afkastamæling holu 8 á Reykjanesi. Orku-
stofnun, greinargerð JSG-80/01, 16 s.

- Jón Steinar Guðmundsson, Gísli Karel Halldórsson, Jens Tómasson & Lúðvík S. Georgsson 1981: Álit vinnuhóps um Reykjanes, Orkustofnun, greinargerð JSG-GKH-JT-LSG-81/01, 9 s.
- Jón Ólafsson & Riley, J.P. 1978: Sjá Ólafsson, J & Riley, J.P. 1978.
- Ólafsson, J. & Riley, J.P. 1978: Geochemical studies on the thermal brine from Reykjanes (Iceland). Chem. Geol., 21, 219-237.
- Stefán Arnórsson 1969: A geochemical study of selected elements in thermal waters of Iceland. Ph.D. ritgerð, Royal School of Mines, Imperial College, London, 353 s.
- Stefán Arnórsson 1978: Sjá Arnórsson, S. 1978:
- Sveinbjörn Björnsson, Birna Ólafsdóttir, Jens Tómasson, Jón Jónsson, Stefán Arnórsson & Stefán G. Sigurmundsson 1971: Reykjanes, Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun, 122 s.
- Sverrir Þórhallsson 1977: Hola 8 á Reykjanesi - Greinargerð til Undirbúningsfélags saltvinnslu á Reykjanesi. Orkustofnun, OS-JHD-7730, 7 s.
- Sverrir Þórhallsson 1978: Bréf til Undirbúningsfélags saltverksmiðju, Orkustofnun, 1978-08-24.
- Truesdell, A.H. 1976: Summary of Section III - Geochemical Techniques in Exploration. Second United Nations Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources, San Francisco, U.S.A., May 1975. Proceedings, Vol. 1, liii - lxxix.
- Turekian, K.K. 1969: The Oceans, Streams and Atmosphere. In: Handbook of Geochemistry, Vol. I. Springer-Verlag, Berlín, 297-323.
- Vilhjálmur Lúðvíksson 1972: 250.000 ton Salt Plant at Reykjanes. Rannsóknaráð ríkisins, R.r.-'72 - 1, 104 s.

VIÐAUKI A

Reikningar á þáttum og leysnimargfeldum steinda
fyrir meðalsýni úr holu 8, Reykjanesi.

DRKUSTOFNUN JHD
1981-04-24 TH

REYKJANES HOLA 8

2502 10: 108 * MEDAL SYNI REYKJANES HOLA 8

PROGRAM WATCH1.

WATER SAMPLE (PPM)

STEAM SAMPLE

PH/DEG.C	8.83/20.0	GAS (VOL.%)		REFERENCE TEMP.	DEGREES C	270.0 (ARBITRARY)
SIO2	737.00	CO2	97.16			
NA	11930.00	H2S	0.16	SAMPLING PRESSURE	BARS ABS.	11.0
N	1727.00	H2	0.52	DISCHARGE ENTHALPY	KJ/KG	1.185 (MEASURED)
CA	1979.00	O2	0.41	DISCHARGE	KG/SEC.	0.0
MG	1.790	CH4	0.06			
CO2	26.60	N2	1.02	MEASURED TEMPERATURE	DEGREES C	0.0
SO4	51.10	O		RESISTIVITY/TEMP.	OHM/DEG.C	0.0/ 0.0
H2S	0.61	O		EH/TEMP.	mv/DEG.C	0.000/ 0.0
CL	24080.00					
F	0.19	LITERS GAS PER KG				
DISS.SOLIDS	41700.00	CONDENSATE/DEG.C	2.27/16.0	MEASURED DOWNHOLE TEMP.	DEGREES C/METERS	FLUID INFLOW DEPTH (METERS)
AL	0.0005					
B	0.0000	CONDENSATE (PPM)		0.0	0.0	0.0
FE	0.0150	PH/DEG.C	4.68/22.0	0.0	0.0	0.0
NH3	0.0000	CO2	821.00	0.0	0.0	0.0
		H2S	58.10	0.0	0.0	0.0
		NA	2.00	0.0	0.0	0.0
		O		0.0	0.0	0.0
				0.0	0.0	0.0
				0.0	0.0	0.0
		CONDENSATE WITH NaOH (PPM)		0.0	0.0	0.0
		CO2	0.00	0.0	0.0	0.0
		H2S	0.00	0.0	0.0	0.0

LOWIC STRENGTH = 0.71756

IONIC BALANCE : CATIONS (MOL.EQ.)0.65870553
ANIONS (MOL.EQ.)0.67693585
DIFFERENCE (%) -2.73

DEEP WATER (PPM)

DEEP STEAM (PPM)

GAS PRESSURES (BARS ABS.)

SIO2	588.26	CO2	933.72	CO2	89992.89	CO2	0.203E+01
NA	9521.57	H2S	13.03	H2S	389.15	H2S	0.113E-01
	1378.28	H2	0.16	H2	61.07	H2	0.300E-01
CA	1579.48	O2	2.02	O2	695.38	O2	0.215E-01
MG	1.429	CH4	0.13	CH4	77.30	CH4	0.478E-02
SO4	40.16	N2	6.57	N2	3022.54	N2	0.107E+00
CL	19201.13	NH3	0.00	NH3	0.00	NH3	0.000E+00
F	0.15					H2O	0.550E+02
DISS.S.	33281.59					TOTAL	0.572E+02
AL	0.0004						
B	0.0000			H2O (%)			0.06
FE	0.0120			BOILING PORTION			0.20

GAS SOLUBILITY MULTIPLYING FACTOR : 1.00

ACTIVITY COEFFICIENTS IN DEEP WATER

H+	0.596	KSO4-	0.489	FE++	0.072	FECL+	0.430
OH-	0.406	F-	0.406	FE+++	0.011	AL+++	0.011
H3SiO4-	0.430	CL-	0.380	FE(OH)+	0.473	AL(OH)++	0.060
H2SiO4--	0.060	NA+	0.430	FE(OH)3-	0.473	AL(OH)2-	0.489
H2BO3-	0.352	K+	0.380	FE(OH)4--	0.053	AL(OH)4-	0.453
HCO3-	0.430	CA++	0.072	FE(OH)++	0.053	ALSO4+	0.453
CO3--	0.044	MG++	0.112	FE(OH)2+	0.489	AL(SO4)2-	0.453
HS-	0.406	CAHCO3+	0.511	FE(OH)4-	0.489	ALF++	0.060
S--	0.053	MGHCO3+	0.430	FES04+	0.473	ALF2+	0.489
HSO4-	0.453	CAOH+	0.511	FECL++	0.053	ALF4-	0.453
SO4--	0.036	MGOH+	0.527	FECL2+	0.473	ALF5--	0.044
NASO4-	0.489	NH4+	0.352	FECL4-	0.430	ALF6---	0.001

CHEMICAL COMPONENTS IN DEEP WATER (PPM AND LOG MOLE)

H+ (ACT.)	0.01	-4.980	MG++	1.41	-4.237	FE(OH)3	0.02	-6.774
OH-	0.04	-5.647	NACL	4318.43	-1.131	FE(OH)4-	0.01	-7.359
H4SiO4	940.71	-2.009	KCL	270.06	-2.441	FECL+	0.00	-8.844
H3SiO4-	0.12	-5.888	NASO4-	7.23	-4.217	FECL2	0.00	-10.877
H2SiO4--	0.00	-11.660	KSO4-	5.97	-4.355	FECL++	0.00	-16.972
NAH3SiO4	0.19	-5.792	CASO4	19.74	-3.839	FECL2+	0.00	-17.753
H3BO3	0.00	0.000	MGSO4	0.07	-6.264	FECL3	0.00	-18.813
H2BO3-	0.00	0.000	CACCO3	0.01	-6.922	FECL4-	0.00	-19.687
H2CO3	1288.83	-1.632	MGCCO3	0.00	-10.970	FES04	0.00	-12.664
HCO3-	3.63	-4.225	CAHCO3+	38.30	-3.422	FES04+	0.00	-19.877
CO3--	0.00	-9.678	MGHCO3+	0.00	-7.249	AL+++	0.00	-21.245
H2S	12.96	-3.420	CAOH+	0.14	-5.613	ALOH++	0.00	-14.848
HS-	0.07	-5.695	MGOH+	0.01	-6.662	AL(OH)2+	0.00	-9.616
S--	0.00	-14.670	NH4OH	0.00	0.000	AL(OH)3	0.00	-7.837
H2SO4	0.00	-10.275	NH4+	0.00	0.000	AL(OH)4-	0.00	12.300
HSO4-	4.17	-4.367	FE++	0.00	-9.528	ALSO4+	0.00	-22.726
SO4--	12.60	-3.882	FE+++	0.00	-22.240	AL(SO4)2-	0.00	-35.030
HF	0.10	-5.290	FE(OH)+	0.00	-10.381	ALF++	0.00	-17.827
F-	0.05	-5.545	FE(OH)2	0.00	-11.822	ALF2+	0.00	-16.494
CL-	16453.13	-0.333	FE(OH)3-	0.00	-13.355	ALF3	0.00	-17.118
NA+	7821.29	-0.468	FE(OH)4--	0.00	-19.688	ALF4-	0.00	-19.458
K+	1234.93	-1.501	FE(OH)++	0.00	-15.013	ALF5--	0.00	-22.756
CA++	1558.38	-1.410	FE(OH)2+	0.00	-9.409	ALF6---	0.00	-27.229

IONIC STRENGTH = 0.49632 IONIC BALANCE : CATIONS (MOL.EQ.)0.45004877
 ANIONS (MOL.EQ.)0.46445262
 DIFFERENCE (%) -3.15

CHEMICAL GEOTHERMOMETERS DEGREES C 1000/T DEGREES KELVIN = 1.84

QUARTZ 273.5
 CHALCEDONY 999.9
 NAK 237.9

OXIDATION POTENTIAL (VOLTS) : EH H2S= -0.384 EH CH4= -0.463 EH H2= -0.460 EH NH3= 99.999

LOG SOLUBILITY PRODUCTS OF MINERALS IN DEEP WATER

	TEQR.	CALC.		TEQR.	CALC.		TEQR.	CALC.
ADULARIA	-11.845	-16.123	ALBITE LOW	-11.408	-15.037	ANALCINE	-9.049	-13.027
ANHYDRITE	-8.477	-7.880	CALCITE	-13.230	-13.588	CHALCEDONY	-1.978	-2.009
MG-CHLORITE	-79.804	-96.620	FLUORITE	-11.092	-14.428	GOETHITE	2.385	-1.631
LAUMONDITE	-17.699	-26.942	MICROCLINE	-12.455	-16.123	MAGNETITE	-13.648	-26.013
CA-MONTMOR.	-39.631	-88.740	K-MONTMOR.	-17.611	-45.013	MG-MONTMOR.	-40.742	-91.371
NA-MONTMOR.	-17.764	-43.927	MUSCOVITE	-10.721	-20.395	PREHNITE	-32.508	-39.865
PYRRHOTITE	0.807	-4.134	PYRITE	-28.134	-42.079	QUARTZ	-2.019	-2.009
WAIKAKITE	-19.917	-26.942	WOLLASTONITE	6.901	5.394	ZOISITE	-31.251	-41.700
EPIDOTE	-38.578	-41.196						

VIÐAUKI B

Efnagreiningaraðferðir

VIÐAUKI B

Efnagreiningaraðferðir.

Ekki er í öllum tilfellum vitað hvaða aðferðum var beitt við greiningu eldri sýna. Hér verður því fyrst og fremst greint lauslega frá þeim aðferðum sem notaðar hafa verið á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar eftir 1974 eða þar um bil.

Vísað er í ritgerð Stefáns Arnórssonar (1969) og grein Jóns Ólafssonar og J.P. Riley (1978) varðandi aðferðir við greiningu snefilefna.

Kísill er greindur með litmælingu sem molybdat-komplex. Sýni eru þynnt við söfnun til að hindra fjöliliðun kísils. Sama aðferð hefur væntanlega verið notuð frá upphafi.

Natríum er greint með atómisogstaki og er líþíumlausn bætt í sýni og staðla til að hindra jónun.

Kalíum er greint með atómisogi.

Kalsíum og magnesíum er greint með atómisogi og er lanþaníumlausn bætt í sýni og staðla til að binda flúor og kísil. Sýni greind fyrir maí 1971 sýndu hærri magnesíumstyrk en sýni greind eftir þann tíma. Það stafaði væntanlega af breyttri greiningaraðferð. Talið er að magnesíum og kalsíum hafi verið greint með EDTA-títrun fyrir maí 1971 og að kalsíummælingar séu sambærilegar við fyrri mælingar en magnesíummælingar gerðar fyrir þennan tíma sýni of há gildi.

Súlfat er greint "gravimetrískt" sem baríumsúlfat. Talið er að sú aðferð hafi verið notuð frá upphafi.

Klór er greint með Mohr-títrun eða óbeint með silfurfellingu og atómisogi. Aðferðirnar eru sambærilegar.

Flúor er greindur með selektróðu.

Uppleyst efni hafa verið greind frá upphafi með þurreimingu og vigtun.