ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

KRAFLA - KG-25
Upphleyping og blástur
Afköst - Efnaeiginleikar rennis

Halldór Ármannsson og Gestur Gíslason

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-91023/JHD-10 B Maí 1991

KRAFLA. KG-25. UPPHLEYPING OG BLÁSTUR AFKÖST - EFNAEIGINLEIKAR RENNIS

Halldór Ármannsson og Gestur Gíslason

OS-91023/JHD-10 B

1. Inngangur

Holu KG-25 var hleypt upp 22. október 1990. Starfsmenn Kröfluvirkjunar fylgdust náið með afköstum hennar frá upphleypingu og þar til henni var lokað 7. janúar 1991.

Holunni var lokað um stundar sakir 17. desember 1990, en við upphleypingu eftir þá lokun kom upp leiðarabútur. Þeirri aðgerð og athugun á leiðarabútnum er lýst í greinargerð eftir Ásgrím Guðmundsson o. fl. (1991).

Á vegum Orkustofnunar voru farnar tvær sýnatökuferðir í Kröflu vegna upphleypingar og blásturs holunnar. Í fyrri ferðinni voru tekin tvö sýni til heildargreininga og að auki fimm sýni til greiningar á gasi og kísli. Ennfremur var járn greint í tveimur þessara síðasttöldu. Í seinni ferðinni var tekið eitt sýni til heildargreininga auk þess sem sett var upp aðferð fyrir starfsmenn virkjunarinnar til ljóshleypnimælingar sem stillt var með járnmælingu og ætluð er til mats á járnmagni. Skýrt hefur verið frá frumniðurstöðum þessara ferða í tveimur greinargerðum (Gestur Gíslason & Kristján Hrafn Sigurðsson 1990, Gestur Gíslason 1990). Starfsmenn Kröfluvirkjunar fylgdust með ljóshleypni vökvans fram til þess er holunni var lokað og tóku og á þeim tíma þrjú sýni til kísilgreininga.

2. Afköst

Upphleypingunni er lýst í greinargerð Gests Gíslasonar & Kristjáns H. Sigurðssonar (1990). Þar kemur fram að karbít þurfti til. Voru sett 110 kg í holuna og hún látin blása beint upp í loft í 22 tíma áður en renslinu var beint til hljóðdeyfis.

Í Töflum 1 og 2 er að finna niðurstöður aflmælinga frá upphafi til loka ofangreinds blásturs og hegðun helstu þátta með tíma á myndum 1 og 2.

Lýsingu á hegðun holunnar er að finna í greinargerð Ásgríms Guðmundssonar o. fl. (1990a). Þar kemur fram, að breytingar á afköstum holunnar fylgja ákveðnu mynstri með tilliti til sambands rennslis og vermis (mynd 4). Fyrst minnkar rennsli með auknu vermi í nokkurn tíma (lína A), en síðan snýst ferillinn við, vermi minnkar og rennsli eykst, þar til kemur að rennslisminnkun án vermisbreytingar og loks sömu hegðun og í upphafi, þ.e. rennslisminnkun samfara vermisminnkun (lína B) og þannig koll af kolli. Svartar útfellingar koma fram í vökva frá holunni um það bil, er vermi nær hámarki hverju sinni en þær ná hámarki, er vermið hefur aftur náð lágmarki og minnka svo aftur með auknu vermi.

Af niðurstöðum blöndunarreikninga þeirra, sem lýst er hér á eftir, má ráða, að rennslisminnkun kemur aðallega fram í neðra kerfi holunnar. Holan hegðar sér eins og við er að búast í fyrstu, en síðan virðist rennsli neðri hluta rennis vera heft. Við þá breytingu eykst rennsli úr efra kerfi um stundar sakir, en síðan verður rennslishegðun eðlileg á ný. Svartur litur affallsvatnsins bendir til þess, að útfellingar valdi þessum rennslistruflunum.

Ekki hafa verið gerðar markvissar tilraunir til þess að fá aflferil fyrir holuna, en stuttu eftir upphleypingu var ákveðið að halda holutoppsþrýstingi yfir 20 bar, í tilraun til þess að halda útfellingum í skefjum. Af þessum sökum hefur toppþrýstingi nokkrum sinnum verið breytt með herðingum að ventli eða blenduskiptum, en ekki hafa komið- fram afgerandi áhrif á rennsli, sem rekja má til þrýstingsbreytinga, enda breytingar af öðrum toga gjarnan í gangi. Því virðist aflferill tiltölulega flatur, þ.e. litlar rennslisbreytingar samfara þrýstingsbreytingum á því þrýstingsbili, sem holan hefur verið rekin við, eins og við er að búast miðað við tiltölulega mikið vermi rennis holunnar.

Tafla 1. **Krafla. Hola KG-25. Holutoppsþrýstingur, heildarstreymi og vermi 90.10.23 - 91.01.**

KRAFLA HRNR: 6607 SVÆDISNR: 260 STADS.NR: 125 ADF.NR: 3210 aflkg25.dat

Tvifasa rennsli			V: V-Yfirfall			G+V: Krit. st		Reiknuð gildi		
Dags.	kl.	PO bary	vh mm	Horn gr.	Tvatn C	D mm	PC bary	Qtot kg/s	Htot kJ/kg	Athugasemdir
901023	1035	11.50	180.	90.0	100.0	184.3	2.00	40.03	1649.3	
901023	1058	14.10	215.	90.0	100.0	184.3	2.40	52.09	1448.4	
901023	1135	15.50	215.	90.0	100.0	184.3	2.25	50.94	1420.9	
901023	1310	16.00	210.	90.0	100.0	184.3	2.55	51.79	1511.6	
901023	1543	16.20	205.	90.0	100.0	184.3	2.60	50.79	1557.6	Vatn skvettist úr hl
901024	0753	16.50	190.	90.0	100.0	184.3	2.65	47.29	1681.8	Vatn skv. úr hl.df.
901024	0950	17.50	195.	90.0	100.0	184.3	2.75	49.29	1658.4	
901024	1425	17.00	190.	90.0	100.0	184.3	2.70	47.67	1689.6	
901024	2010	17.00	180.	90.0	100.0	184.3	2.70	45.32	1769.0	
901025	0815	17.00	170.	90.0	100.0	184.3	2.85	44.27	1870.5	
901025	1600	17.00	172.	90.0	100.0	184.3	2.85	44.69	1854.5	
901025	2030	17.00	170.	90.0	100.0	184.3	2.82	44.05	1866.4	
901026	0815	17.00	165.	90.0	100.0	184.3	2.80	42.88	1903.7	
901026	2100	17.00	165.	90.0	100.0	184.3	2.80	42.88	1903.7	
901027	0845	16.80	160.	90.0	100.0	184.3	2.75	41.53	1937.3	
901027	1600	16.80	158.	90.0	100.0	184.3	2.70	40.78	1946.8	
901027	2150	16.80	157.	90.0	100.0	184.3	2.75	40.97	1961.5	
901028	0915	16.80	158.	90.0	100.0	184.3	2.72	40.93	1949.5	
901028	1630	16.70	160.	90.0	100.0	184.3	2.75	41.53	1937.3	
901029	0035	16.60	164.	90.0	100.0	184.3	2.75	42.31	1905.0	
901029	1400	16.50	173.	90.0	100.0	184.3	2.70	43.78	1825.3	Ath. vh á undan
901029	2100	18.70	181.	90.0	100.0	184.3	2.55	44.41	1737.8	Hert að á legg
901030	0820	18.60	186.	90.0	100.0	184.3	2.58	45.80	1702.4	
901031	0830	18.10	190.	90.0	100.0	184.3	2.50	46.16	1657.5	
901101	0940	20.70	192.	90.0	100.0	184.3	2.25	44.76	1598.0	Hert að 31. okt
901102	1100	20.20	190.	90.0	100.0	184.3	2.10	43.13	1586.0	
901105	0950	20.00	190.	90.0	100.0	184.3	2.10	43.13	1586.0	
901106	1100	20.80	186.	90.0	100.0	184.3	2.00	41.41	1599.3	110 mm blenda
901107	0900	20.50	170.	90.0	100.0	184.3	1.90	37.11	1715.2	
901108	1030	20.00	172.	90.0	100.0	184.3	1.85	37.14	1687.9	
901109	1155	22.80	167.	90.0	100.0	184.3	1.85	36.11	1731.6	100 mm blenda
901110	1040	23.00	168.	90.0	100.0	184.3	1.85	36.32	1722.8	
901111	1615	23.00	168.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.94	1712.7	
901112	1300	23.50	175.	90.0	100.0	184.3	1.80	37.40	1651.7	
901113	1000	22.50	168.	90.0	100.0	184.3	1.85	36.32	1722.8	
901114	1000	22.50	168.	90.0	100.0	184.3	1.85	36.32	1722.8	
901115	1135	22.50	165.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.33	1739.2	
901116	1135	22.50	165.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.33	1739.2	
901117	1420	22.20	167.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.73	1721.5	
901121	1300	22.00	166.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.53	1730.3	
901122	1330	21.50	168.	90.0	100.0	184.3	1.80	35.94	1712.7	
901123	1100	23.00	162.	90.0	100.0	184.3	1.75	34.37	1755.7	Po mælir tékkaður af
901125	1430	22.50	156.	90.0	100.0	184.3	1.65	32.48	1789.4	
901126	1315	22.50	156.	90.0	100.0	184.3	1.65	32.48	1789.4	
901127	1300	22.50	158.	90.0	100.0	184.3	1.60	32.47	1760.6	
901128	1350	22.50	162.	90.0	100.0	184.3	1.60	33.22	1724.2	
901129	1250	22.00	156.	90.0	100.0	184.3	1.50	31.34	1757.1	
901130	1345	20.00	168.	90.0	100.0	184.3	1.40	32.88	1623.3	
901201	1320	19.00	178.	90.0	100.0	184.3	1.30	34.22	1508.4	
901202	1100	20.50	173.	90.0	100.0	184.3	1.40	33.92	1578.2	Hert að í gær
901203	1300	20.30	175.	90.0	100.0	184.3	1.40	34.34	1560.5	
901204	1300	21.00	162.	90.0	100.0	184.3	1.40	31.69	1678.3	Mjög svört
901205	1320	20.20	160.	90.0	100.0	184.3	1.50	32.08	1720.2	
901207	1120	20.00	170.	90.0	100.0	184.3	1.40	33.29	1605.2	
901210	1110	17.50	174.	90.0	100.0	184.3	1.20	32.59	1517.1	D
901211	1320	24.00	155.	90.0	100.0	184.3	1.20	28.86	1694.1	
901212	1100	22.50	157.	90.0	100.0	184.3	1.10	28.45	1647.9	
901219	1130	36.00	170.	90.0	100.0	135.0	2.70	29.69	1475.7	66 mm blenda
901220	1400	43.00	160.	90.0	100.0	135.0	2.50	26.91	1537.0	
901224	1100	40.00	170.	90.0	100.0	135.0	2.30	28.06	1406.0	Vatn tært
901227	1000	33.00	170.	90.0	100.0	135.0	2.00	26.83	1347.8	vatn tært
910102	1200	26.00	165.	90.0	100.0	135.0	1.50	23.76	1283.8	
910104	1000	23.00	160.	90.0	100.0	135.0	.90	20.30	1166.2	
910107	0800	15.00	145.	90.0	100.0	135.0	.20	14.72	1046.1	Holu lokað

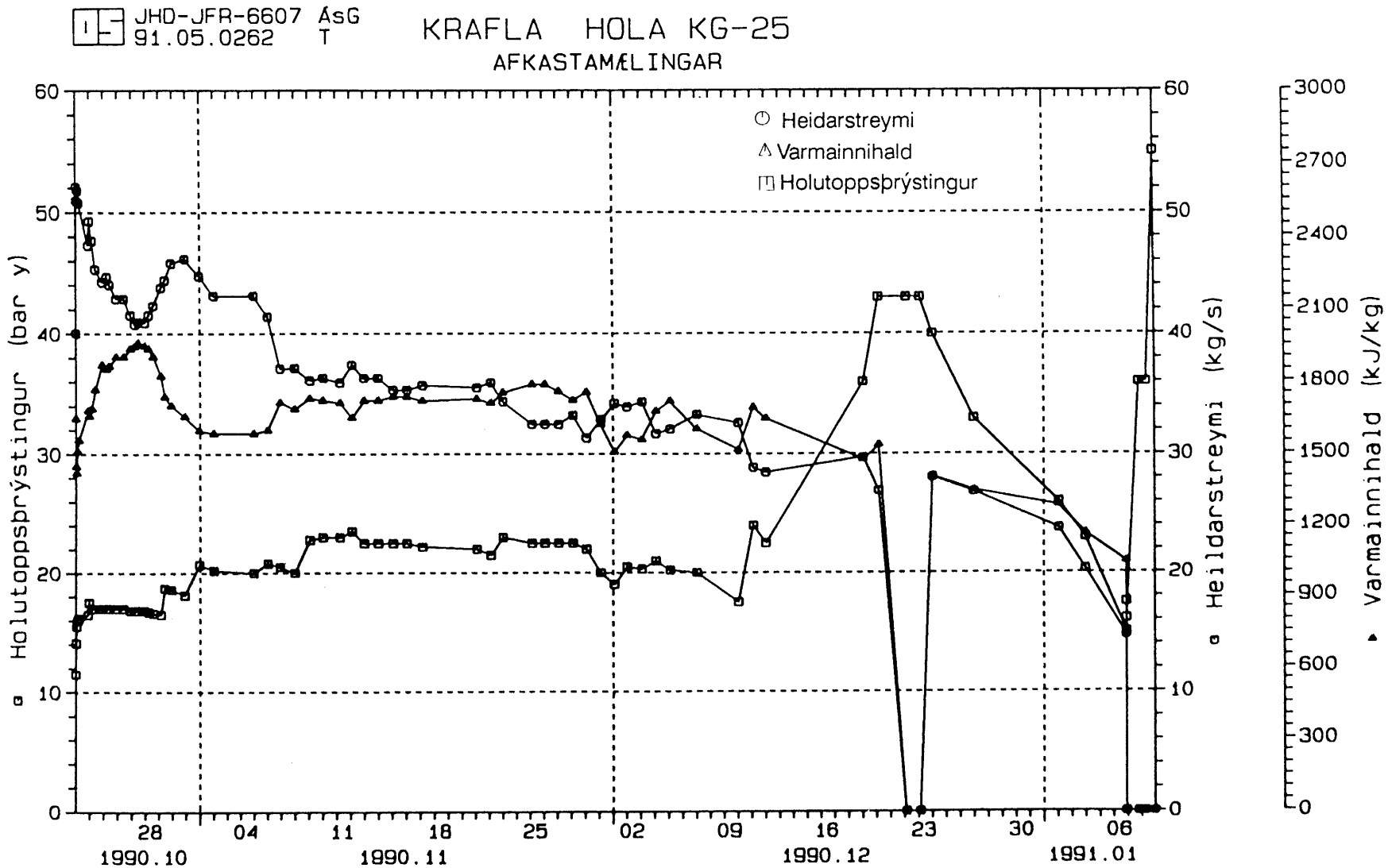
Dags.	kl.	PO bary	Qtot kg/s	Htot kJ/kg	Athugasemdir
901222	14	43.00	.00	.0	
901223	1400	43.00	.00	.0	
910107	0810	17.50	.00	.0	
910107	0830	16.10	.00	.0	
910108	0500	36.00	.00	.0	
910108	1800	36.00	.00	.0	
910109	0900	55.00	.00	.0	Hola lokuð

Tafla 2. Krafla. KG-25. Gufa við 7 bar y og vatn og gufa við 1 bar y 90.10.23 - 91.01.04

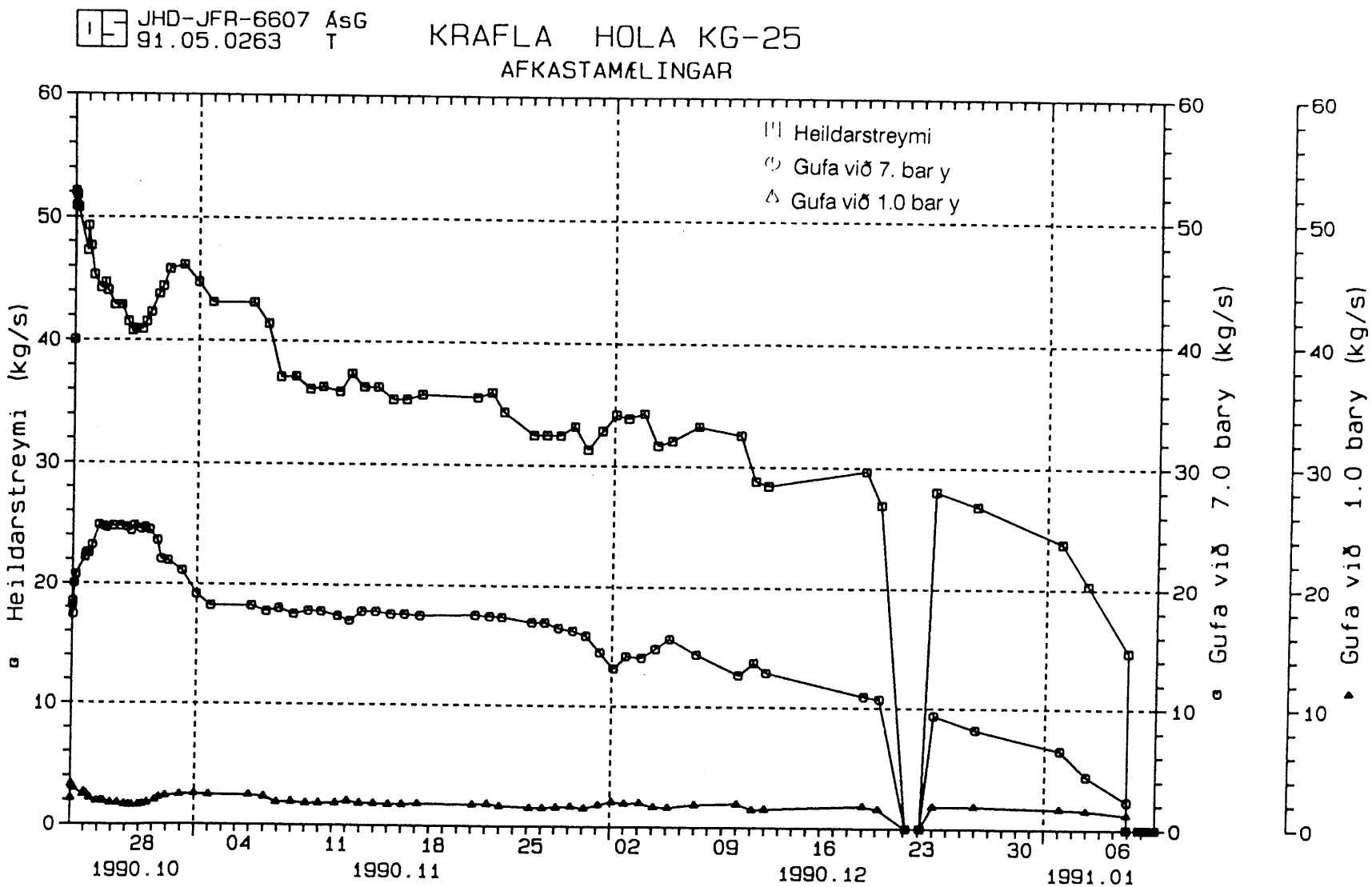
KRAFLA HOLA KG-25
AFKASTAMÆLINGAR

Dag-setning	Kl.	Topp-þryst. (bary)	Heildar-streymi (kg/s)	Varma-innih. (kJ/kg)	Gufa v. 7.0 bary (kg/s)	Gufa v. 1.0 bary (kg/s)	Vatn v. 1.0 bary (kg/s)	Athugasemdir
90.10.23	10:35	11.50	40.0	1649.	18.2	2.1	19.7	
90.10.23	10:58	14.10	52.1	1448.	18.5	3.3	30.3	
90.10.23	11:35	15.50	50.9	1421.	17.4	3.3	30.2	
90.10.23	13:10	16.00	51.8	1512.	20.0	3.1	28.7	
90.10.23	15:43	16.20	50.8	1558.	20.8	2.9	27.1	Vatn skvettist úr hl
90.10.24	07:53	16.50	47.3	1682.	22.2	2.5	22.6	Vatn skv. úr hl.df.
90.10.24	09:50	17.50	49.3	1658.	22.6	2.6	24.1	
90.10.24	14:25	17.00	47.7	1690.	22.6	2.5	22.6	
90.10.24	20:10	17.00	45.3	1769.	23.2	2.2	19.9	
90.10.25	08:15	17.00	44.3	1870.	24.9	1.9	17.5	
90.10.25	16:00	17.00	44.7	1854.	24.8	2.0	18.0	
90.10.25	20:30	17.00	44.0	1866.	24.7	1.9	17.5	
90.10.26	08:15	17.00	42.9	1904.	24.8	1.8	16.3	
90.10.26	21:00	17.00	42.9	1904.	24.8	1.8	16.3	
90.10.27	08:45	16.80	41.5	1937.	24.7	1.7	15.2	
90.10.27	16:00	16.80	40.8	1947.	24.4	1.6	14.8	
90.10.27	21:50	16.80	41.0	1962.	24.8	1.6	14.6	
90.10.28	09:15	16.80	40.9	1950.	24.6	1.6	14.8	
90.10.28	16:30	16.70	41.5	1937.	24.7	1.7	15.2	
90.10.29	00:35	16.60	42.3	1905.	24.5	1.7	16.1	
90.10.29	14:00	16.50	43.8	1825.	23.6	2.0	18.2	Ath. vh á undan
90.10.29	21:00	18.70	44.4	1738.	22.1	2.2	20.2	Hert að á legg
90.10.30	08:20	18.60	45.8	1702.	22.0	2.3	21.5	
90.10.31	08:30	18.10	46.2	1657.	21.1	2.5	22.6	
90.11.01	09:40	20.70	44.8	1598.	19.2	2.5	23.1	Hert að 31. okt
90.11.02	11:00	20.20	43.1	1586.	18.2	2.4	22.5	
90.11.05	09:50	20.00	43.1	1586.	18.2	2.4	22.5	
90.11.06	11:00	20.80	41.4	1599.	17.8	2.3	21.3	110 mm blenda
90.11.07	09:00	20.50	37.1	1715.	18.0	1.9	17.2	
90.11.08	10:30	20.00	37.1	1688.	17.5	1.9	17.7	
90.11.09	11:55	22.80	36.1	1732.	17.8	1.8	16.5	100 mm blenda
90.11.10	10:40	23.00	36.3	1723.	17.8	1.8	16.7	
90.11.11	16:15	23.00	35.9	1713.	17.4	1.8	16.7	
90.11.12	13:00	23.50	37.4	1652.	17.0	2.0	18.4	
90.11.13	10:00	22.50	36.3	1723.	17.8	1.8	16.7	
90.11.14	10:00	22.50	36.3	1723.	17.8	1.8	16.7	
90.11.15	11:35	22.50	35.3	1739.	17.6	1.7	16.0	
90.11.16	11:35	22.50	35.3	1739.	17.6	1.7	16.0	
90.11.17	14:20	22.20	35.7	1721.	17.5	1.8	16.5	
90.11.21	13:00	22.00	35.5	1730.	17.5	1.8	16.2	
90.11.22	13:30	21.50	35.9	1713.	17.4	1.8	16.7	
90.11.23	11:00	23.00	34.4	1756.	17.4	1.7	15.3	Po mælir tékkaður af
90.11.25	14:30	22.50	32.5	1789.	17.0	1.5	14.0	
90.11.26	13:15	22.50	32.5	1789.	17.0	1.5	14.0	
90.11.27	13:00	22.50	32.5	1761.	16.5	1.6	14.4	
90.11.28	13:50	22.50	33.2	1724.	16.3	1.7	15.3	
90.11.29	12:50	22.00	31.3	1757.	15.9	1.5	14.0	
90.11.30	13:45	20.00	32.9	1623.	14.5	1.8	16.6	
90.12.01	13:20	19.00	34.2	1508.	13.2	2.1	19.0	
90.12.02	11:00	20.50	33.9	1578.	14.2	1.9	17.8	Hert að í gær
90.12.03	13:00	20.30	34.3	1560.	14.1	2.0	18.3	
90.12.04	13:00	21.00	31.7	1678.	14.8	1.7	15.2	Mjög svört
90.12.05	13:20	20.20	32.1	1720.	15.7	1.6	14.8	
90.12.07	11:20	20.00	33.3	1605.	14.4	1.9	17.1	
90.12.10	11:10	17.50	32.6	1517.	12.7	2.0	18.0	D
90.12.11	13:20	24.00	28.9	1694.	13.7	1.5	13.7	
90.12.12	11:00	22.50	28.4	1648.	12.9	1.5	14.0	
90.12.19	11:30	36.00	29.7	1476.	10.9	1.8	16.9	66 mm blenda
90.12.20	14:00	43.00	26.9	1537.	10.7	1.6	14.6	
90.12.22	14:	43.00	.0	0.	.0	.0	.0	
90.12.23	14:00	43.00	.0	0.	.0	.0	.0	
90.12.24	11:00	40.00	28.1	1406.	9.4	1.8	16.8	Vatn tært
90.12.27	10:00	33.00	26.8	1348.	8.2	1.8	16.8	vatn tært
91.01.02	12:00	26.00	23.8	1284.	6.5	1.7	15.5	
91.01.04	10:00	23.00	20.3	1166.	4.4	1.6	14.3	
91.01.07	08:00	15.00	14.7	1046.	2.3	1.2	11.2	Holu lokað
91.01.07	08:10	17.50	.0	0.	.0	.0	.0	
91.01.07	08:30	16.10	.0	0.	.0	.0	.0	
91.01.08	05:00	36.00	.0	0.	.0	.0	.0	
91.01.08	18:00	36.00	.0	0.	.0	.0	.0	
91.01.09	09:00	55.00	.0	0.	.0	.0	.0	Hola lokuð

Mynd 1. Krafla. Hola KG-25. Holutoppsþrýstingur, heildarstreymi og vermi 90.10.23 - 91.01.04



Mynd 2. Krafla. Hola KG-25. Heildarstreymi, gufa við 7 bar y og 1 bar y 90.10.23 - 91.01.04



Tafla 3. Krafla KG-25. Niðurstöður efnagreininga 90.10.24 - 91.01.02

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-24	00:00	90-1001		GG/KHS

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	17.5	17.5	1623	90-10-24	49.4

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)		Þéttivatn (mg/kg)	
pH	6.8	Li		Al		H_2	4.88	pH	3.6
/Hiti	20.5	Na	148.2	Cr		CO_2	83.45	/Hiti	18
CO_2	136	K	18	Mn		H_2S	8.51	CO_2	1806
H_2S	54	Mg	.061	Fe		O_2	.02	H_2S	428
NH_3		Ca	3.43	Cu		N_2	3.05	NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4	.09	B	
Leiðni§		F	3	As		NH_3		Na	.32
/Hiti		Cl	51.2	Ag		Ar		Hg	
SiO_2	386	Br	.13	Cd		Rn#		Rn‡	
Uppl. efni	779	I		Sb				δD†	
		NO_2		Hg				$\delta^{18}O$†	
		NO_3	.03	Pb					
O_2		HPO_4						Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4	130	Vægi (%):				CO_2	13000
δD†				Jóna	.76	lg/kgþv*		H_2S	992
$\delta^{18}O$†				Massa	-5	/Hiti		Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-25	00:00	90-1002		GG/KHS

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	17.5	17.5	1831	90-10-25	44.3

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)		Þéttivatn (mg/kg)	
pH		Li		Al		H_2		pH	
/Hiti		Na		Cr		CO_2		/Hiti	
CO_2		K		Mn		H_2S		CO_2	
H_2S		Mg		Fe		O_2		H_2S	
NH_3		Ca		Cu		N_2		NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4		B	
Leiðni§		F		As		NH_3		Na	
/Hiti		Cl		Ag		Ar		Hg	
SiO_2	372	Br		Cd		Rn#		Rn‡	
Uppl. efni		I		Sb				δD†	
		NO_2		Hg				$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb					
O_2		HPO_4						Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4		Vægi (%):				CO_2	11840
δD†				Jóna		lg/kgþv*		H_2S	957
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti		Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Tafla 3 (frh.).

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-26	00:00	90-1003		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	17	17	1864	90-10-26	42.9

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)	
pH		Li		Al		H_2	pH	
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti	
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2	
H_2S		Mg		Fe		O_2	H_2S	
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4	B	
Leiðni§		F		As		NH_3	Na	
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg	
SiO_2	355	Br		Cd		Rn#	Rn‡	
Uppl. efni		I		Sb			δD†	
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb				
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2	9723
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S	836
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-27	00:00	90-1004		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	16.8	16.8	1898	90-10-27	41.5

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)	
pH		Li		Al		H_2	pH	
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti	
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2	
H_2S		Mg		Fe		O_2	H_2S	
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4	B	
Leiðni§		F		As		NH_3	Na	
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg	
SiO_2	346	Br		Cd		Rn#	Rn‡	
Uppl. efni		I		Sb			δD†	
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb				
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2	9840
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S	913
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Tafla 3 (frh.).

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-27	00:00	90-1005		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	16.8	16.8	1907	90-10-27	40.8

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)	
pH		Li		Al		H_2	pH	
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti	
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2	
H_2S		Mg		Fe	4.9	O_2	H_2S	
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4	B	
Leiðni§		F		As		NH_3	Na	
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg	
SiO_2	340	Br		Cd		Rn#	Rn‡	
Uppl. efni		I		Sb			δD†	
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb				
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2	8680
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S	944
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-28	00:00	90-1006		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	16.8	16.8	1910	90-10-28	40.9

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)	
pH		Li		Al		H_2	pH	
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti	
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2	
H_2S		Mg		Fe	4.86	O_2	H_2S	
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3	
B		Sr		Zn		CH_4	B	
Leiðni§		F		As		NH_3	Na	
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg	
SiO_2	323	Br		Cd		Rn#	Rn‡	
Uppl. efni		I		Sb			δD†	
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb				
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2	9230
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S	861
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Tafla 3 (frh.).

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-10-29	00:00	90-1007		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	16.5	16.5	1786	90-10-29	44.9

Efnasamsetning vatns (mg/kg)								Gas (% rúmm)		Þéttivatn (mg/kg)	
pH	6.8	Li		Al				H_2	3.32	pH	4
/Hiti	20.2	Na	157.9	Cr				CO_2	88.25	/Hiti	22.2
CO_2	81.8	K	15.4	Mn				H_2S	7.29	CO_2	1770
H_2S	31.7	Mg	.053	Fe	15			O_2	.02	H_2S	377
NH_3		Ca	4.25	Cu				N_2	1.05	NH_3	
B		Sr		Zn				CH_4	.07	B	
Leiðni§		F	3.61	As				NH_3		Na	
/Hiti		Cl	69.2	Ag				Ar		Hg	
SiO_2	308	Br	.14	Cd				Rn#	923	Rn‡	465
Uppl. efni	682	I		Sb						δD†	
		NO_2		Hg						$\delta^{18}O$†	
		NO_3	.02	Pb							
O_2		HPO_4								Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4	169.9	Vægi (%):						CO_2	7120
δD†				Jóna	12.54			lg/kgþv*		H_2S	970
$\delta^{18}O$†				Massa	9.01			/Hiti		Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-11-15	00:00	90-1008		GG

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	22.5	22.5	1741	90-11-15	35.5

Efnasamsetning vatns (mg/kg)								Gas (% rúmm)		Þéttivatn (mg/kg)	
pH	6.45	Li		Al				H_2	3.63	pH	3.98
/Hiti	16	Na	159.6	Cr				CO_2	87.09	/Hiti	16
CO_2	65.7	K	16.25	Mn				H_2S	8.24	CO_2	1900
H_2S	35.2	Mg	.06	Fe				O_2	.02	H_2S	432
NH_3		Ca		Cu				N_2	.95	NH_3	
B		Sr		Zn				CH_4	.07	B	
Leiðni§		F	4.31	As				NH_3		Na	
/Hiti		Cl	71.8	Ag				Ar		Hg	
SiO_2	261	Br		Cd				Rn#	726	Rn‡	203
Uppl. efni	706	I		Sb						δD†	
		NO_2		Hg						$\delta^{18}O$†	
		NO_3		Pb							
O_2		HPO_4								Gufa (mg/kg)	
Rn‡		SO_4	175.9	Vægi (%):						CO_2	8192
δD†				Jóna	7.4			lg/kgþv*		H_2S	1232
$\delta^{18}O$†				Massa	-2.42			/Hiti		Rn‡	

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Tafla 3 (frh.).

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-12-10	00:00	90-1009		RES

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	17.5		1517	90-12-10	32.6

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)
pH		Li		Al		H_2	pH
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2
H_2S		Mg		Fe	8.21	O_2	H_2S
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3
B		Sr		Zn		CH_4	B
Leiðni§		F		As		NH_3	Na
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg
SiO_2	332	Br		Cd		Rn#	Rn‡
Uppl. efni		I		Sb			δD†
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†
		NO_3		Pb			
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
90-12-21	00:00	90-1010		RES

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	43.6	43.6	1537	90-12-20	26.9

Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)
pH		Li		Al		H_2	pH
/Hiti		Na		Cr		CO_2	/Hiti
CO_2		K		Mn		H_2S	CO_2
H_2S		Mg		Fe		O_2	H_2S
NH_3		Ca		Cu		N_2	NH_3
B		Sr		Zn		CH_4	B
Leiðni§		F		As		NH_3	Na
/Hiti		Cl		Ag		Ar	Hg
SiO_2	315	Br		Cd		Rn#	Rn‡
Uppl. efni		I		Sb			δD†
		NO_2		Hg			$\delta^{18}O$†
		NO_3		Pb			
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)
Rn‡		SO_4		Vægi (%):			CO_2
δD†				Jóna		lg/kgþv*	H_2S
$\delta^{18}O$†				Massa		/Hiti	Rn‡

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns

Tafla 3 (frh.).

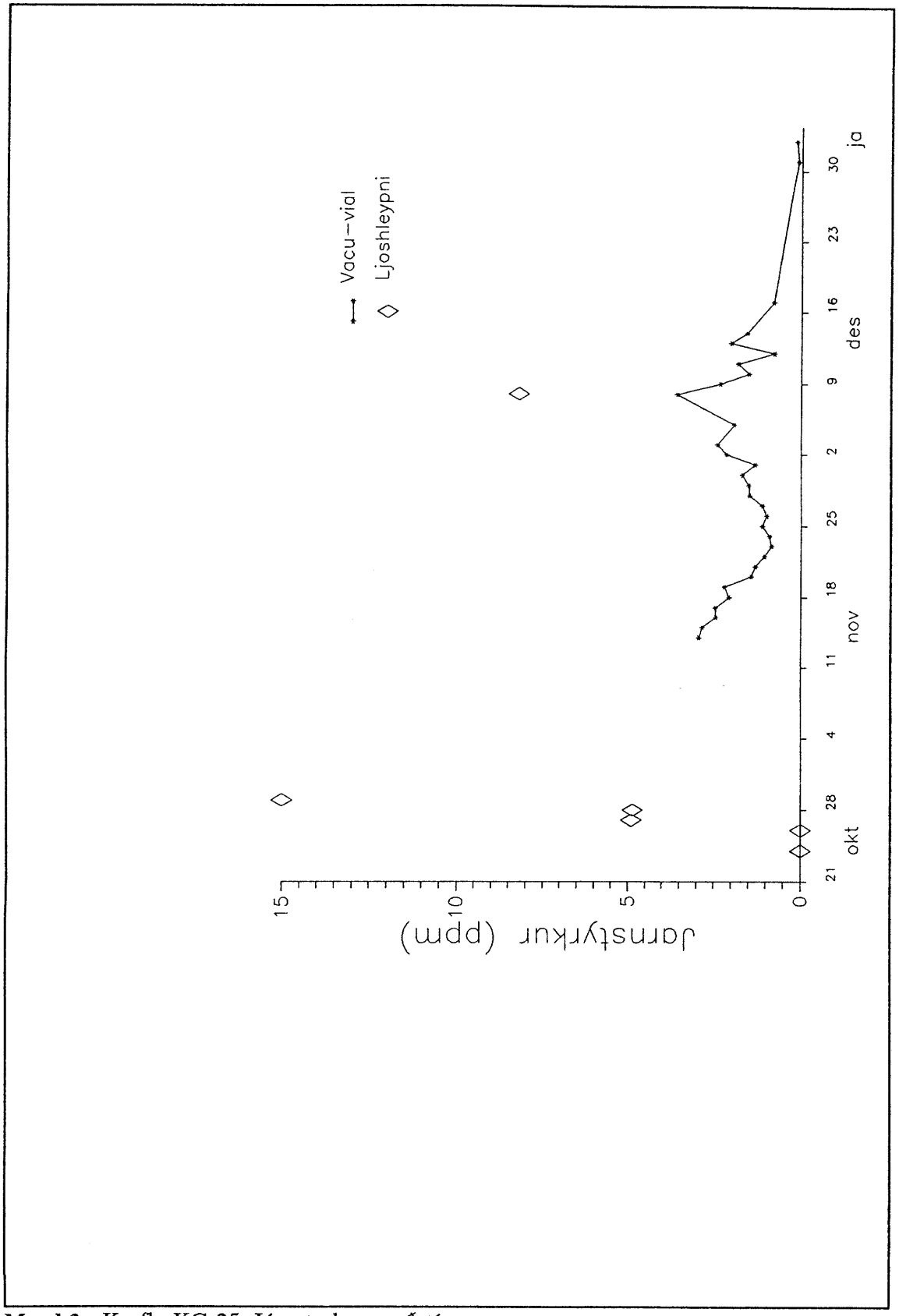
Dagsetning	Tími	Númer	Dýpi (m)	Sýni tók
91-01-02	00:00	91-1001		RES

Krafla Vítismór K-25 Vítismór, nálægt holu nr. K-2
Skútustaðahreppur Suður-Þingeyjarsýsla

Hiti (°C)	Þrýstingur á holutoppi (bar-g)	Þrýstingur við söfnun (bar-g)	Vermi (kJ/kg)	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)
	26	26	1284	91-01-02	23.4

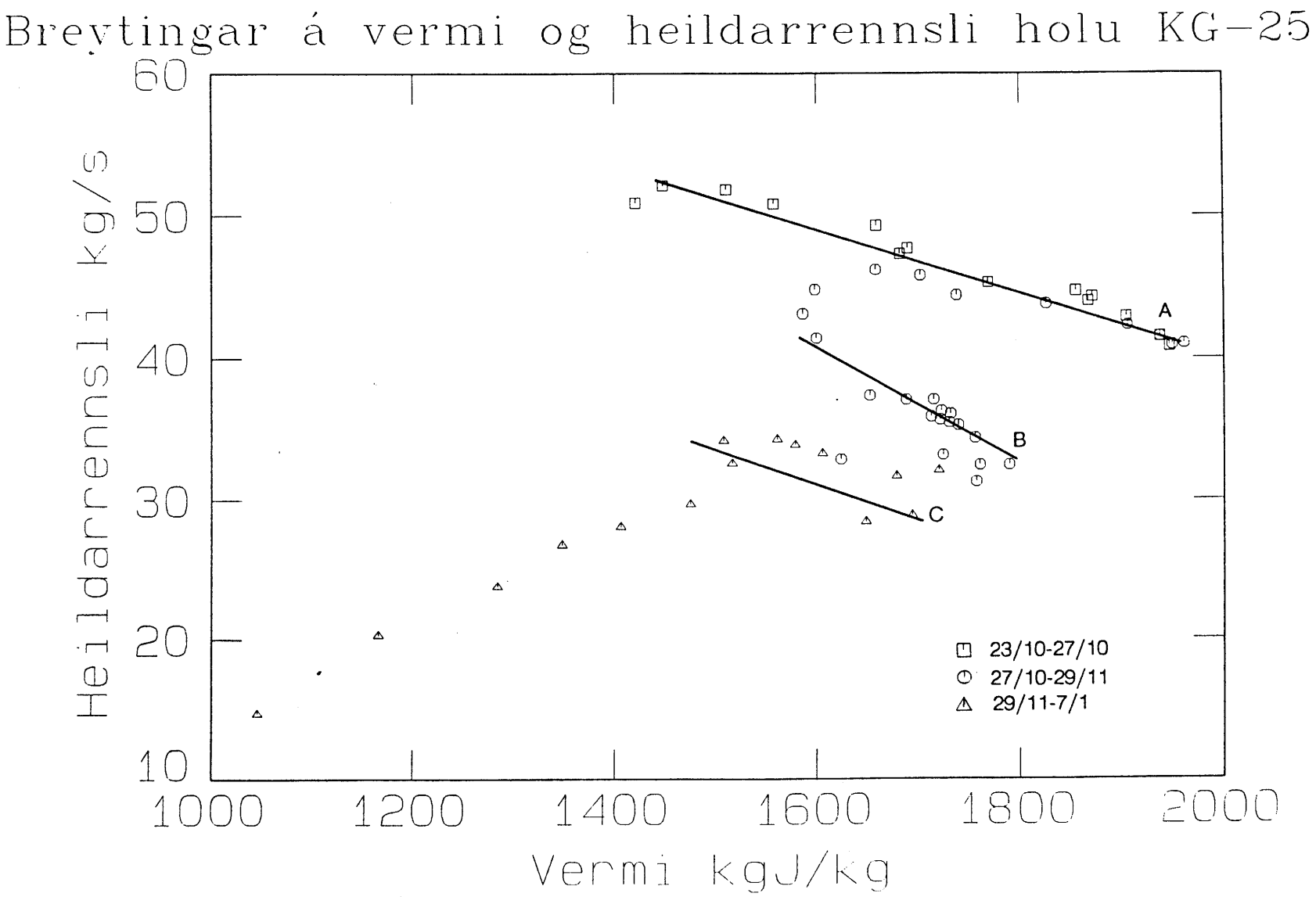
Efnasamsetning vatns (mg/kg)				Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)
pH		Li	Al	H_2	pH
/Hiti		Na	Cr	CO_2	/Hiti
CO_2		K	Mn	H_2S	CO_2
H_2S		Mg	Fe	O_2	H_2S
NH_3		Ca	Cu	N_2	NH_3
B		Sr	Zn	CH_4	B
Leiðni§		F	As	NH_3	Na
/Hiti		Cl	Ag	Ar	Hg
SiO_2	331	Br	Cd	Rn#	Rn‡
Uppl. efni		I	Sb		δD†
		NO_2	Hg		$\delta^{18}O$†
		NO_3	Pb		
O_2		HPO_4			Gufa (mg/kg)
Rn‡		SO_4	Vægi (%):		CO_2
δD†			Jóna	lg/kgþv*	H_2S
$\delta^{18}O$†			Massa	/Hiti	Rn‡

§ μS/cm ‡ dpm/kg # dpm/l † ‰SMOW * Lítrar gass með hverju kg þéttivatns



Mynd 3. Krafla KG-25. Járnstyrkur með tíma

Mynd 4. Krafla. KG-25. Vermi á móti heildarrennsli



3. Efnafræði - Túlkunaraðferðir

Þegar hefðbundnum aðferðum er beitt við túlkun á efnajafnvægjum í jarðhitaholum er gert ráð fyrir að allt vatn og gufa sem úr holunni komi hafi svipaða efnasamsetningu, hvort sem það er ættað úr einni eða fleirum æðum. Þegar þessum skilyrðum er fullnægt er hægt að reikna ýmis jafnvægi milli bergs og vatns og meta margvíslega eðliseiginleika, svo sem hitastig, sýrustig og fasabreytingar.

Eins og margar aðrar holur í Kröflu dregur KG-25 vatn og gufu úr tveimur kerfum sem eru mjög ólík hvað varðar hitastig, vermi og efnainnihald. Sýni af renninu eru tekin við holutopp, og endurspegla því þá blöndu sem verður til í holunni þegar vatn og gufa úr neðra kerfi blandast við efra kerfis vatn á móts við æðina á 1400 m dýpi. Af þessum sökum er ekki hægt að beita þeim hefðbundnu reikniaðferðum sem að ofan var lýst, þar sem renni með efnasamsetningu sýnisins hefur aldrei verið í snertingu við berg. Þess vegna verður að beita túlkunaraðferðum á sérstakan hátt við hverja holu, og er þá hægt að draga ýmsan þarflegan lærdóm af sýnum frá KG-25 og systrum hennar í Kröflu.

Þessum túlkunaraðferðum hefur einkum verið beitt til reikninga á þremur atriðum. Þau eru:

1. *Útfellingahætta í holunni ofan við 1400 m.* Mæld efnasamsetning og vermi við holutopp er hægt að nota til þess að reikna líkur á útfellingu frá blöndunarstað að holutoppi.

2. *Blöndun.* Efnasamsetning og vermi við holutopp og þekktur hiti efra kerfis gerir kleift að reikna blöndunarhlutföll og vermi neðra kerfis.

3. *Efnasamsetning í efra og neðra kerfi.* Efnasamsetning vatns í efra kerfis holum í Kröflu er nokkuð vel þekkt. Með því að áætla líklegasta efnasamsetningu vatns úr efra kerfi í KG-25 er hægt að reikna samsetningu rennis úr neðri æðum út frá samsetningu sýnis og blöndunarreikningum.

Túlkun undir fyrsta lið byggir beint á mældum stærðum, og telst hún því ábyggilegust af ofangreindum túlkunum. Síðasttalda atriðið byggir mikið á áætluðum stærðum (auk mældra gilda) og er því erfiðast viðfangs. Niðurstöður efnagreininga eru sýndar í töflu 3.

4. Útfellingahætta í holunni ofan við 1400 m.

Við suðu og eða kælingu verða breytingar sem geta leitt til útfellinga úr jarðhitarenninu í holunni. Ýmsar reikniaðferðir eru til sem nota má til að ákvarða hvort hætt sé við útfellingum. Við túlkun á gögnum frá KG-25 hafa tvö tölvuforit verið notuð, WATCH1 og SOLVEQ (Arnórsson o. fl. 1982, Spycher & Reed 1989) . Bæði forritin vinna á svipaðan hátt, reikna spesíun við mismunandi hita út frá efnasamsetningu og vermi, sem mælt er við holutopp, og ákvarða leysnimarfeldi, sem segir til um hvort hætt sé við útfellingum steinda (yfirmettun) eða hvort jarðhitavökvinn sé undirmettaður og því engin hætta á útfellingum.

Í töflu 4 má sjá niðurstöður slíkra reikninga. Tölurnar sýna mismun á mettun (þ.e. þeim fræðilega hámarksstyrk sem getur verið í vatninu við ákveðið hitastig) og reiknuðu leysnimargfeldi í viðkomandi sýni. Tölur stærri en núll tákna útfellingarhættu, en neikvæðar tölur benda til undirmettunar. Líklegt hitastig á ýmsu dýpi í holunni í blæstri, þ.á.m. blöndunarhitasig var reiknað með forritinu HOLA (Björnsson & Böðvarsson 1987), að sjálfsögðu með mældan hita sem grunn.

Reynsla hefur sýnt að helst er hætt við kísil (opal, kalsedón) og kalkútfellingum (kalsít) í jarðhitaholum. Auk þess eru járnbrennisteinsútfellingar (pýrít, pyrrhótít) þekktar í sumum

holanna í Kröflu. Leysnimargfeldi allra þessara steinda voru athuguð í þeim þremur heildarsýnum sem fyrir liggja.

Tafla 4. Reiknuð leysnimargfeldi við blöndunarhita á 1400 m dýpi

Sýni nr.	90-1001	90-1007	90-1008
Blöndunarhiti	280	277	275
Sýrustig	7.45	7.26	6.99
Undir/yfirmettun:			
Kalsedón	-0.41	-0.49	-0.53
Kalsít	1.32	0.80	0.34
Pýrít		4.33	
Pýrrhotít		3.33	

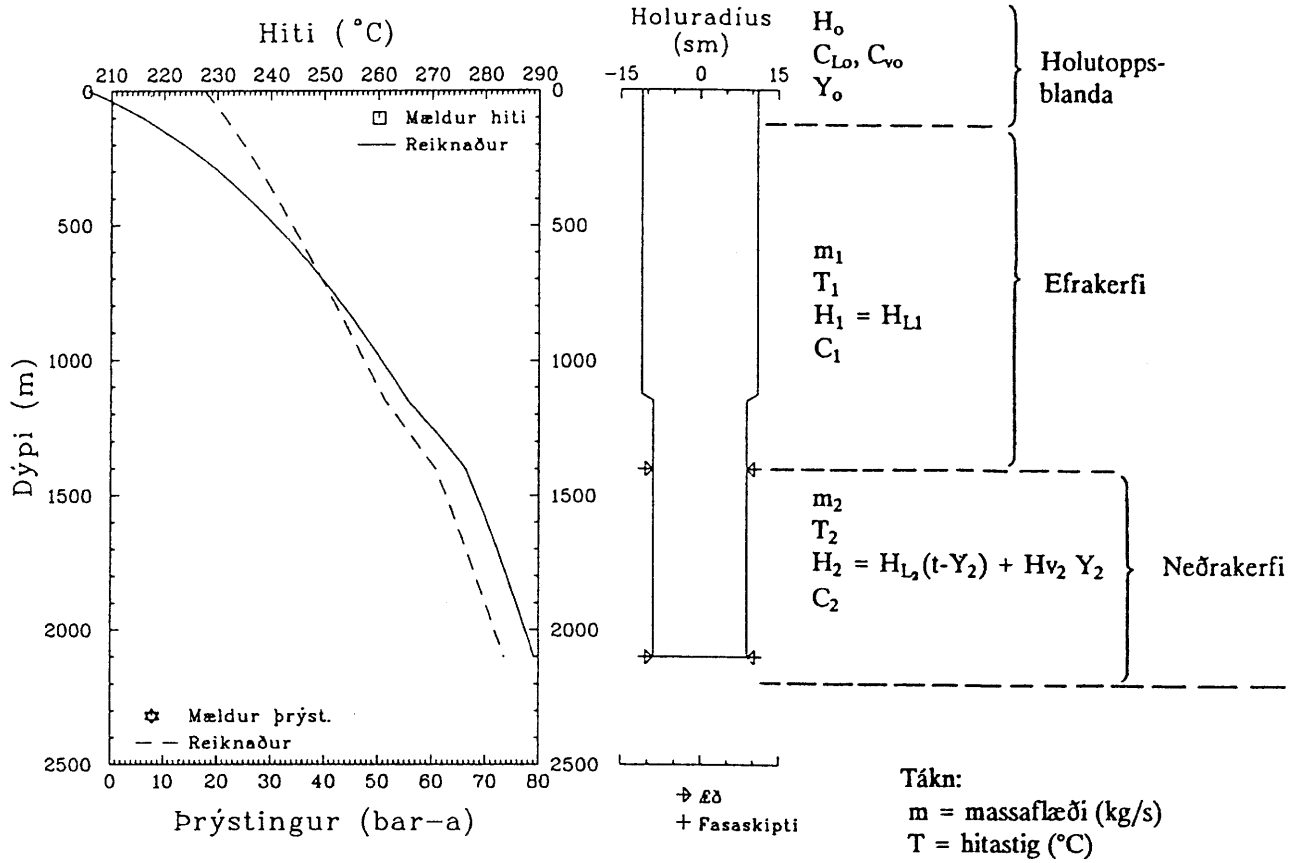
Kísilútfellingar. Kísilútfellingar í kólnandi jarðhitavatni ráðast af leysni ókristallaðra kísilsteinda (ópals eða kalsedóns). Af töflu 4 má ráða að lítil hætta er á kísilútfellingum við blöndunina við 1400 m æðina. Útfellingamörk kísils hafa verið ákvörðuð fyrir öll heildarsýnin úr KG-25, og eru niðurstöður sýndar í töflu 5, og eru bæði hitastig og þrýstingur mettunar reiknuð. Þessi mörk eru mun lægri en í mörgum eldri hola í Kröflu, og stafar það af lágum kísilstyrk. Í öllum tilfellum eru mettunarmörkin nokkru lægri heldur en holutoppsþrýstingurinn, og því er ekki búist við kísilútfellingum ofan við 1400 m dýpi.

Kalkútfellingar ráðast af leysnimargfeldi steindarinnar kalsíts. Niðurstöður reikninga sem sýndar eru í töflu 4 sýna væga yfirmettun við blöndunarhitastig í öllum þremur sýnunum. Þar sem sýnið er tekið við holutopp, er ekki hægt að sjá hvort þegar er fallið út úr vatninu á leið þess frá blöndunarstað að sýnatökustað og þá hve mikið, en niðurstöðurnar benda til aðstæðna sem gera kalkútfellingar mögulegar í holunni. Reynsla sýnir að líklegast er að útfellingar verði þar sem suða er áköfust, í þessu tilfelli við eða rétt ofan við æðina á 1400 m dýpi. Þegar holan var lóðuð með grönnu lóði í desember 1990 fannst engin fyrirstaða ofan við æðina og körfumælingar í janúar leiddu heldur ekkert slíkt í ljós (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 1991).

Tafla 5. Kísilmettun

Sýni nr.	Kísilmettun Hiti (°C)	Þrýst. (bary)
1001	200	14.5
1007	185	10.2
1008	178	8.6

Útfellingar járnbrennisteinssambanda. Meðal þeirra útfellinga, sem fundust í holu KG-10 voru járnbrennisteinssambönd (járnsúlfíð). Þar sem sorti hefur komið fram í rennsli frá holum eins og í holu KG-25 hafa slík sambönd verið aðalefni hans. Breytilegar forsendur hafa verið settar fram um hvarfleiðir slíkra útfellinga, en reikningar benda til þess, að sé miðað við oxunar-afoxunarleið eins og Gunnlaugsson & Arnórsson (1982) gera eru ekki líkur á járnsúlfíðfellingum í neðrihluta holunnar en að þær verði mjög afgerandi ofan 600 m dýpis. Þetta stangast á við reynsluna í KG-10, þar sem slíkar útfellingar fundust eingöngu neðan 1500 m dýpis og allt niður undir botn í svarfi, sem kom upp við hreinsun (Hrefna Kristmannsdóttir & Jan Swanteson 1977). Sé miðað við einfalda útfellingarleið Helgeson o. fl. (1978) benda reikningar til þess að járnsúlfíð ættu að geta fallið út í neðra kerfi, þegar pH er tiltölulega hátt eins og raunin var á um sýni úr holu KG-10 frá því í nóvember 1977. Reikningar á neðra kerfis samsetningum fyrir sýni úr KG-25 benda hins vegar til breytilegs sýrustigs og í þeim þremur sýnum, sem tekin voru reiknaðist undirmettun með tilliti til járnsúlfíða í neðri hluta. Í einu tilvikinu var ástandið mjög nálægt mettun og yfirmettun innan skekkjumarka. Líklegt verður og að teljast, að pH hafi á stundum verið nokkru hærra, þó að ekki hafi þá verið tekin sýni. Nokkur yfirmettun reiknast eftir blöndun og ætti því ekki að vera útilokað, að útfellingar mynduðust ofan við blöndunarstað. Niðurstaða körfumælinga í janúar 1991 bentu til þess, að holan væri hrein ofan við hann (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 1991), svo að útfellingarnar þyrftu annaðhvort að setjast allar til á þeim slóðum eða setjast alls ekki til og berast til yfirborðs í formi sorta, ef þær myndast eftir blöndun, nema hvorttveggja sé.



	Dýpi (m)	Flæði (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	Þrýstingur (bar-a)	Flæði neðan æðar (kg/s)	Vermi neðan æðar (kJ/kg)
Holutoppur	.0	25.40	1786.00	17.50		
Æð 1	1400.0	19.50	830.00	60.75	25.40	2544.38
Æð 2	2100.0	25.40	2551.25	73.53		

Tákn:
m = massaflæði (kg/s)
T = hitastig (°C)
Y = gufuhluti
C = styrkur (mg/kg)
H = vermi (kJ/kg)
Niðurskriftir
o : við holutopp
1 : í efrakerfi
2 : í neðrakerfi
L ; í vatnsfasa
V : í gufufasa

Gert er ráð fyrir

Massavægi : $m_o = m_1 + m_2$ (1)

Varmavægi : $H_o = H_1 m_1 + H_2 m_2$ (2)

þar sem $H_1 = H_{L1}$ og $H_2 = H_{L2}(1-Y_2) + H_{V2} Y_2$

Efnavægi : $C_o = C_1 m_1 + C_2 m_2$ (3)

þar sem $C = C_L(1-Y) + C_v Y$

Kísill er órokgjarn og óklofinn í djúpvatni:

Því er: $[SiO_2]_{Lo}(1 - Y_o) = [SiO_2] m_1 + [SiO_2] m_2 (1-Y_2)$ (4)

og $[SiO_2]_1 = \Psi(T_1)$ (5) og $[SiO_2]_2 = \Psi(T_2)$ (6)

Vermi vatns og gufu er fall af hita:

$H_{L1} = \theta_1(T_1)$ (7); $H_{L2} = \theta_1(T_2)$ (8) og $H_{V2} = \theta_2(T_2)$ (9)

Þá er $H_o = m_1\theta_1(T_1) + \{\theta_1(T_2)(1-Y_2) + \theta_2(T_2)Y_2\} m_2$ (10)

og $[SiO_2]_{Lo}(1-Y_o) = \Psi(T_1) m_1 + \Psi(T_2) m_2 (1-Y_2)$ (11)

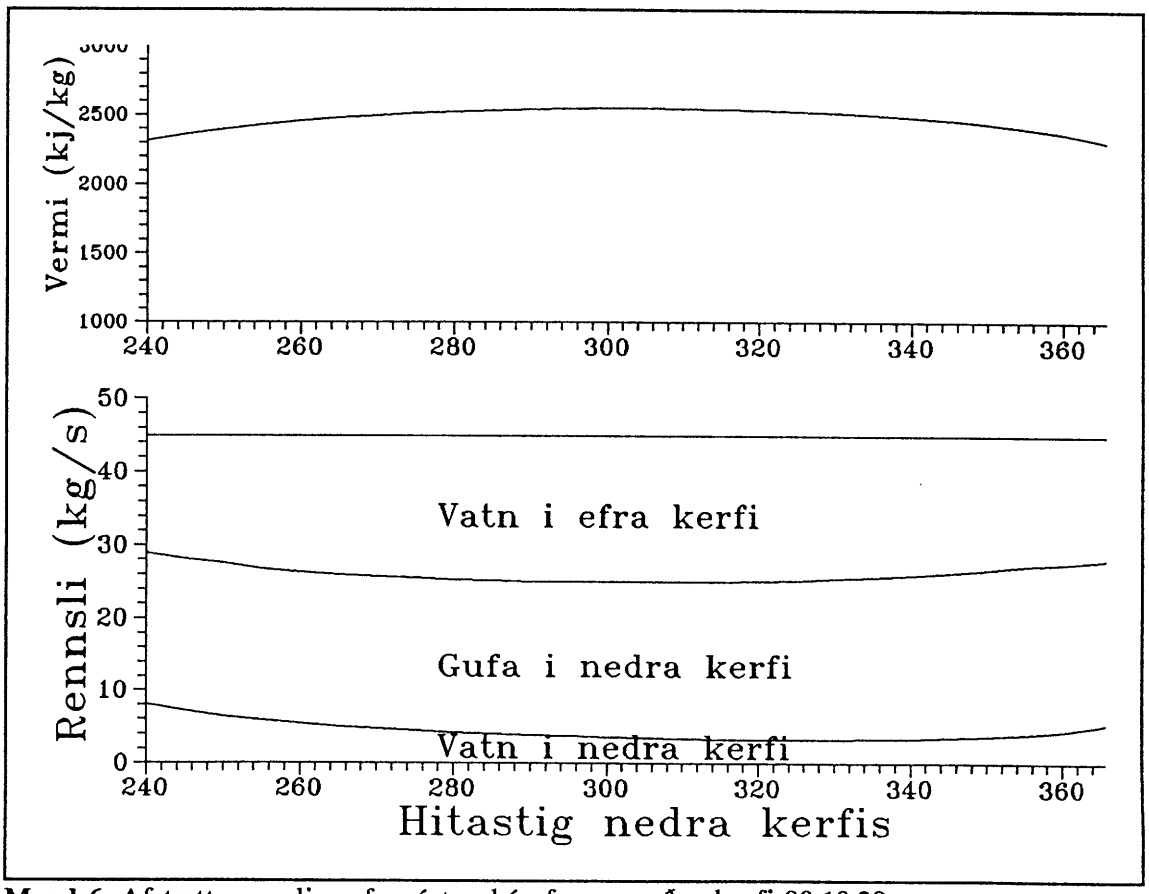
T_1 og T_2 eru þekkt. Því má leysa (1), (10) og (11) saman og fá m_1, m_2 og Y_2.
H_1 og C_1 fást frá hitamælingum og reynslu frá öðrum efrakerfisholum.
Því má reikna H_2 og C_2 úr jöfnum (2) og (3).

Mynd 5. Krafla. Hola KG-25. Einfalt líkan

5. Blöndunarreikningar

Á Orkustofnun hafa verið þróaðar reikniaðferðir til þess að ákvarða blöndunarhlutföll í þeim holum í Kröflu sem draga vatn úr tveimur kerfum (Gestur Gíslason o. fl. 1978, Trausti Hauksson 1980). Til þess að unnt sé að leysa dæmið verður að gera eftirfarandi einfaldanir: 1) Efra kerfið gefur eingöngu vatnsfasa, og kísilstyrkur er sá, sem fram kemur, þegar jafnvægi er milli vatns og bergs. Í þeim niðurstöðum sem hér birtast er gert ráð fyrir að hiti í efra kerfi sé 195°C, sbr. hitamælingar fyrir blástur. 2) Í neðra kerfinu er gert ráð fyrir að jafnvægi sé milli hita, vermis og kísilstyrks í vatnsfasa. Á mynd 5 er sýnt einfalt líkan af holunni, og helstu forsendur reikninganna skráðir.

Út frá mældu vermi, þrýstingi og kísilstyrk við holutopp ásamt með ofanskráðum nálgunum er hægt að reikna út blöndunarhlutföll milli kerfa við ákveðinn hita í neðra kerfi. Í töflu 6 eru skráðar niðurstöður 11 mælinga. Mynd 6 sýnir lausnir úr slíkum reikningum fyrir sýni 90-1007 þar sem lárétti ásinn sýnir hækkandi hitastig neðra kerfis æða, frá 240°C upp í 370°C. Heildarrennsli holunnar þegar þessi mæling var gerð var 44.9 kg/s, og myndin sýnir hvernig þetta rennsli skiptist í þrennt: vökva (195°C heitan) úr efri æðum, og gufu og vökva úr neðri æðum, við það hitastig sem sýnt er á lárétta ásnum.



Mynd 6. Afstætt rennsli og fasaástand í efra og neðra kerfi 90.10.29

Samkvæmt hitamælingum er hitastig í neðra kerfinu í KG-25 á bilinu 300-340°C, en á mynd 7 sést, að breytingar í blöndunarhlutföllum eru litlar á bilinu 290-330°C, og niðurstöður truflast því lítið þrátt fyrir að nákvæmar upplýsingar um hitastig í neðra kerfi liggi ekki fyrir.

Niðurstöður reikninga sem birtir eru hér á eftir byggja á að hitastigið í neðra kerfinu sé 330°C, sem er talið líklegasta gildið.

Alls hafa verið tekin 11 sýni af vatni frá KG-25 til kísilákvörðunar. Heildarvermi hefur verið mælt á sama tíma í öllum tilvikum, og reyndar mun oftar, og er því unnt að reikna hlutföll milli æða fyrir þessi sýni. Niðurstöður kísilgreininga og varmamælinga eru sýndar í töflu 6 og niðurstöður blöndunarreikninga eru birtar í töflu 7 og á mynd 7. Í 2. kafla var gerð grein fyrir afköstum og afli KG-25 frá upphafi, og verða hér eingöngu athugaðar niðurstöður á blöndunarreikningunum.

Tafla 6. Niðurstöður kísilgreininga og varmamælinga

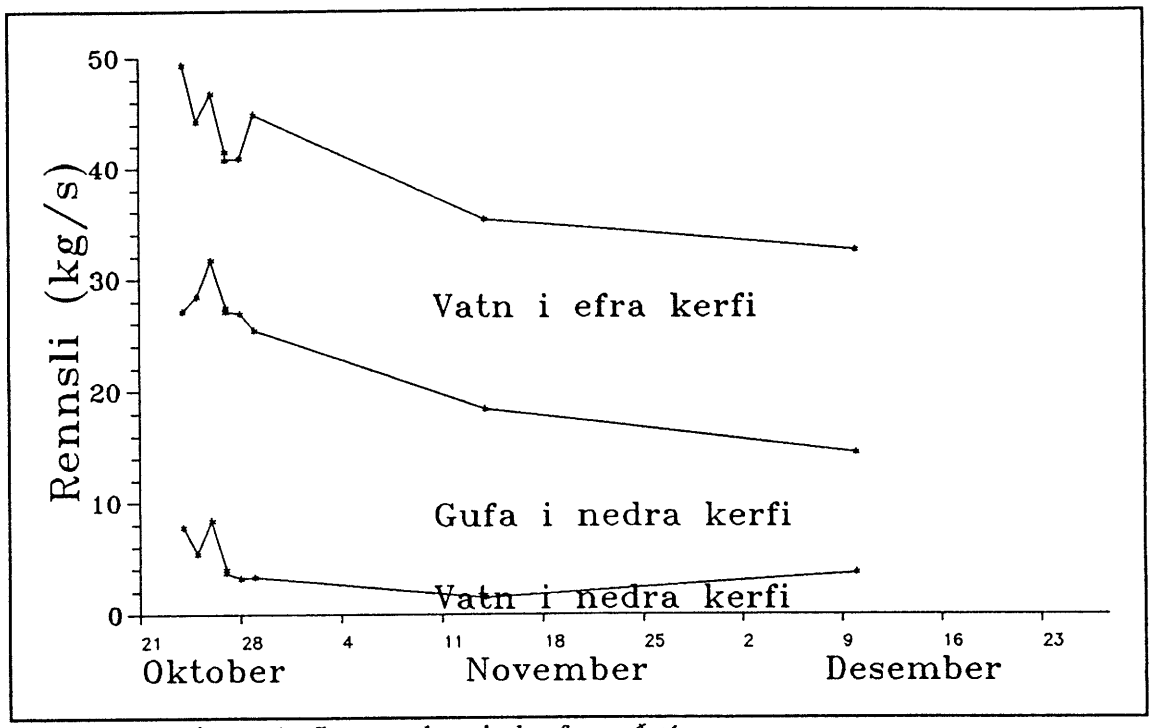
Syni nr.	Dags	P_s (bary)	SiO_2 (ppm)	Vermi (kJ/kg)	Rennsli (kg/min)
90-1001	24/10/90	17.5	386	1658	49.3
90-1002	25/10/90	17.5	372	1871	44.3
90-1003	26/10/90	17.0	355	1904	42.9
90-1004	27/10/90	16.8	346	1937	41.5
90-1005	27/10/90	16.8	340	1947	40.8
90-1006	28/10/90	16.8	323	1950	40.9
90-1007	28/10/90	16.5	308	1905	42.3
90-1008	15/11/90	22.5	261	1739	35.3
90-1009	10/12/90	17.5	332	1517	32.6
90-1010	21/12/90	43.6	315	1537	26.9
91-1001	02/01/91	26.0	331	1284	23.4

Afköst holunnar minnkuðu verulega frá því að henni var hleypt upp þar til henni var lokað. Blöndunarreikningar gefa hins vegar til kynna að afköst efra kerfisins hafi lítið breyst, og varð streymið nokkuð stöðugt 14-18 kg/s. Útreikningarnir benda sterklega til þess að þær breytingar sem urðu á afköstum KG-25 eigi rætur að rekja til breytinga á rennsli úr neðri æðum. Mælingar á kísilstyrk voru ekki jafn tíðar og aflmælingarnar, og var því ekki unnt að fylgjast jafn náið með breytingum í neðra kerfinu eins og breytingum á heildarafköstum, en hins vegar er vísbending um að í upphafi hafi gufuhlutinn í neðri æðum aukist úr um 0.7 í yfir 0.9. Sveiflukennd afköst frá því í lok október orsökuðust af mismiklu vatnsmagni úr neðri æðum, og olli það breytingum á vermi flæðisins. Undir lokin virðist aðalbreytingin hafa verið minnkun gufu í neðra kerfi.

Hið stöðuga streymi úr efra kerfinu bendir til að útfellingar ofan við æðina í 1400 m (ef einhverjar eru) séu það litlar að þær hafi ekki haft nein áfrif á rennsli. Breytingar á rennsli úr neðri æðum geta hugsanlega stafað af eðlilegri hnignun svæðisins, en ólíklegt er að alla afkastarýrnunina megi rekja til lítillar afkastagetu svæðisins þar sem lekt botnæða mældist mikil í holunni (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 1990b). Líklegra verður að telja að einhver fyrirstaða hafi myndast í eða við holuna annaðhvort vegna útfellinga eða af öðrum orsökum.

Tafla 7. Niðurstöður blöndunarreikninga um afköst efra og neðra kerfis

		Efra kerfi	<---- Neðra kerfi		---->
Sýni nr.	dags	Vatn (kg/s)	Vatn (kg/s)	Gufa (kg/s)	Vermi (kJ/kg)
90-1001	24/10/90	22.2	7.8	19.3	2339
90-1002	25/10/90	15.8	5.4	23.1	2449
90-1003	26/10/90	15.0	8.4	23.4	2482
90-1004	27/10/90	14.0	4.0	23.6	2502
90-1005	27/10/90	13.7	3.7	23.4	2512
90-1006	28/10/90	14.0	3.2	23.8	2532
90-1007	29/10/90	19.5	3.3	22.1	2518
90-1008	15/11/90	16.9	1.5	16.9	2573
90-1009	10/12/90	18.1	3.7	10.8	2374
90-1010	21/12/90	15.3	3.4	8.2	2338
91-1001	02/01/91	15.9	3.3	4.2	2167



Mynd 7. Breytingar á afköstum beggja kerfa með tíma.

6. Efnasamsetning vatns og gufu í neðra kerfi

Í framhaldi af blöndunarreikningum er hægt að fá hugmynd um samsetningu vatns og gufu í neðra kerfi, ef efnasamsetning vatns í efra kerfinu er þekkt. Athuganir á KG-25 hafa leitt í ljós að vatn streymir inn í holuna á 1400 m dýpi, og vitað er að hitastig þess vatns er um 195°C. Hins vegar er ekki til sýni af þessu vatni, og efnasamsetning þess ekki þekkt. Á meðan ekki hefur fengist sýni af vatninu verður að leita annara leiða til þess að áætla samsetningu þess. Hér er farin sú leið að athuga nærliggjandi holur, og velja hentug sýni til þess að nota við útreikninga.

Allnokkrar holur í Kröflu hafa dregið vatn eingöngu úr efra kerfinu. Sú hola sem næst er KG-25 er KG-10, en sú hola dró fyrst vatn og gufu úr báðum kerfum, en seinna lokaðist neðra kerfið af, og vermið minnkaði í tæp 900 kJ/kg, sem er vermi vatns við tæpar 200°C. Athugun á sýnum sem tekin voru af renni KG-10 á þessum tíma benda hins vegar til, að eitthvað af gasi hafi alltaf borist úr dýpri æðunum. Sýni úr KG-10 virðast því ekki henta sem dæmi um samsetningu vatns í efra kerfi.

Önnur hola sem er nærri KG-25 er KW-2. Þessi hola er tiltölulega grunn (1204 m), og hefur því eingöngu blásið efra kerfis vatni. Sýni af vatni úr KW-2 getur því hentað vel til útreikninga, en þó er skylt að geta tveggja annmarka, í fyrsta lagi dregur hún vatn langtum ofar úr efra kerfinu (aðallega af 353 og 1150 m) heldur en KG-25 (1400 m), og í öðru lagi er þeim sýnum sem til eru safnað fyrir 1981, og ekki tryggt að einhverjar breytingar hafi ekki átt sér stað síðan. Valið var eitt sýni úr KW-2, nr. 77-1148.

Enn ein hola, sem gott er að miða við, er KG-24 (æðar frá 480 - 1150 m, en sú öflugasta e.t.v. á 780 790 m dýpi (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 1988)). Hún er lengra frá holu KG-25 en fyrrnefndu holurnar, en sýnin eru yngri. Eitt sýni var valið, nr. 88-1008. Í viðauka er WATCH1 útprentun fyrir bæði þessi sýni, en helstu einkenni eru reifuð í töflu 8. Allmikill munur er á

sýrustigi vatnsins, og stafar aðallega af mismiklum styrk CO_2. Ekki er hægt að segja til um hvort sýnið eigi betur við efra kerfis vatnið í KG-25, og eru því bæði notuð við reikningana. Eins og fram kemur veldur þessi mismunur allnokkrum frávikum á reiknaðri samsetningu vatns og gufu neðra kerfisins í KG-25.

Tafla 8. Efnasamsetning efra kerfis vökva

	KW-2 77-1148	KG-24 88-1008
pH	7.38	6.52
Na	177	141
K	13.4	12.1
Ca	2.0	3.6
CO_2	203	257
H_2S	55.9	40.8
Cl	21.6	18.1
SO4	173	168

Til eru 3 heildarsýni af vatni og gufu úr KG-25, og eru þau öll notuð til að einangra og ákvarða samsetningu rennis úr neðra kerfinu. Niðurstöður eru eingöngu ætlaðar til að gefa vísbendingu um samsetningu, og má ekki nota sem niðurstöður raunverulegra efnagreininga á vatni og gufu úr neðra kerfi.

Til þess að reikna samsetningu neðra kerfis vatnsins er hlutföll milli efri og neðri æða fyrst reiknuð. Þeim niðurstöðum er lýst í 5. kafla. Síðan er efnastyrkur í efra kerfi dreginn frá styrk viðkomandi efnis í heildarsýnunum í réttum hlutföllum. Mismunurinn er styrkur þeirra efna sem berast með renni úr neðra kerfi. Þessir reikningar segja hins vegar ekki til um sýrustig vatnsins í neðra kerfinu.

Til þess að efnasamsetning sé trúverðug verður að ríkja jónavægi, þ.e. jákvæð hleðsla katjóna verður að vera jöfn neikvæðri hleðslu anjóna. Auk styrks hinna mismunandi efna, skiftir sýrustig miklu máli við jónavægisreikninga. Gott jónavægi reiknast fyrir öll heildarsýnin frá KG-25, og sömuleiðis sýnin tvö sem valin voru af efra kerfis vatni. Þegar samsetning neðra kerfis hefur verið fundin er jónavægið reiknað með WATCH1 og sýrustig síðan valið þannig að viðunandi jónavægi náist. Sá styrkur og sýrustig sem þannig fást eru talin besta nálgun á samsetningu í neðra kerfi. Í sumum tilfellum reiknast pH lægra en 4, en WATCH1 hefur það sýrustig sem lágmark, og er því ekki alltaf unnt að reikna með sýrustigi jónavægis. Í viðauka eru útprentanir af reikningum með WATCH1 á reiknaðri samsetningu vatns og gufu í holunni neðan við 1400 m, en helstu niðurstöður úr efnareikningum eru dregnar saman í töflu 9 og sýrustig í töflu 10. Í þeim tilvikum þar sem reiknað er með efra kerfis sýnum eru tvær lausnir og er beggja getið og eru niðurstöður þar sem sýni úr KW-2 er notað, skráðar á undan.

Tafla 9. Reiknuð samsetning vatns og gufu neðra kerfis (ppm)

	90-1001	90-1007	90-1008
Vatnsfasi:			
Na	72.6/171	68.6/228	101/346
K	31.7/ 35.0	24.1/ 29.5	24.4/ 50.6
Ca	7.6/ 3.1	14.4/ 7.1	23.6/ 12.3
Cl	137/147	285/300	451/475
SO4	13.9/ 10.4	154/167	267/287
Gufufasi:			
CO_2	12600/12500	7000/6970	7500/7480
H_2S	971/ 977	943/ 959	1130/1150

Tafla 10. Reiknað sýrustig fyrir og eftir blöndun

Sýni nr	Holu-toppur	Blanda á 1400 m	Í efra kerfi	Vökvi í neðra kerfi: Rétt neðan við blöndunarstað	Vökvi í neðra kerfi: Í holu-botni	Vökvi í neðra kerfi: Í bergi
901001	7.59	7.44	7.38/6.52	5.94/7.58	5.96/7.60	6.07/7.48
901007	7.39	7.26	7.38/6.52	<4.0 /5.52	<4.0 /5.55	<4.0 /5.78
901008	7.08	6.99	7.38/6.52	4.00/5.70	4.02/5.74	4.25/6.02

7. Útfellingahætta í neðra kerfi

Þegar leidd hefur verið út efnasamsetning vökva og gufu í neðra kerfi er unnt að beita reikniforritum fyrir steindajafnvægi til að kanna útfellingahættu í neðra kerfi. Slíkir reikningar hafa verið gerðir fyrir ýmsar aðstæður í holum KG-25 og KG-10. Niðurstöður fyrir tvö sýni úr KG-25 og eitt úr KG-10 um nokkrar steindir eru birtar í töflu 11 auk tölu um stærsta gufuhluta, sem reiknaðist í holu KG-25. Þar er um að ræða steindir þær, sem fundust í útfellingum frá holu KG-10 auk þess sem hedenbergít er tekið með, ekki af því að líklegt sé talið, að það myndist, heldur til að sýna dæmigerða hegðun járnsilikats við þessar aðstæður.

Í vökva beggja hola reiknast lítils háttar yfirmettun með tilliti til kvars, en það er vart marktækt, þar eð mettunarstyrkur kísils er ein af forsendum reikninga á efnasamsetningu neðra kerfis rennis. Smávegis kísilútfelling fannst í leiðarabútnum, sem holan sendi frá sér 17. desember 1990 (Ásgrímur Guðmundsson o. fl. 1991).

Tafla 11. Krafla KG-25 og KG-10. Vermi rennis, vatnshluti og sýrustig vökva og reiknuð mettunarmörk nokkurra steinda í neðra kerfi[1]

Sýni nr.	Dags.	Vermi kJ/kg	Vatnshluti neðra kerfis	pH neðra kerfis	log (Q/K) kvars	pýrít	pýrrhótít	anhýdrít	kalsít	magnetít	hedenbergít
901001	24/10/90	1623	0.29	6.84	0.29	-0.19	-1.20	0.53	0.05	-1.83	-0.01
901008	15/11/90	1741	0.08	4.40	0.19	-0.46	-2.86	0.38	-3.43	-8.02	-6.32
911001	02/01/91	1284	0.44								
771193[2]	26/10/77	1341	0.62	7.83	0.30	4.56	3.92	0.21	1.64	13.48	6.11

[1] Tölur stærri en núll tákna yfirmettun og því útfellingahættu, en neikvæðar tölur undirmettun.
2 Sýni nr. 771193 er úr holu KG-10.

Í vökva KG-25 reiknast kalsít nálægt mettunarmörkum í byrjun en stefnir síðan til undirmettunar. Í vökva holu KG-10 reiknast hins vega nokkur yfirmettun og má sennilega rekja það til miklu meiri gasstyrks í renni þeirrar holu en í renni KG-25 og því ekki mikil hætta á kalsítútfellingum í þeirri síðarnefndu.

Lítils háttar yfirmettun reiknast með tilliti til anhýdríts ($CaSO_4$) í neðra kerfis vökva beggja hola. Vottur af þessari steind fannst í útfellingum úr holu KG-10 (Hrefna Kristmannsdóttir & Jan Swanteson 1977) og einnig fannst hún á rörbút þeim úr KG-25, sem áður var sagt frá.

Í töflunni er sýndur vatnshluti neðra kerfis, skv blöndunarreikningunum, sem lýst er hér að ofan, og einnig reiknað sýrustig vökva í neðra kerfi (miðað við efra kerfis vökva úr holu KG-24). Virðist sem samband sé á milli, þ.e. að auknum vatnshluta fylgi hærra sýrustig. Sé litið til járnsteindanna (þ.e. járnsúlfíðanna pýríts og pýrrhótíts, járnoxíðsins magnetíts, og járnsilikatsins hedenbergíts), er mettun þeirra mjög háð sýrustigi. Í þeim tilvikum, þar sem sýni voru tekin úr holu KG-25, reiknast ekki yfirmettun fyrir þessar steindir, þó að undirmettun sé ekki marktæk fyrir flestar þeirra í fyrsta sýninu, þegar vatnshluti neðra kerfis vökva reiknast 0.29 og sýrustig 6.84. Hins vegar reiknast mjög greinileg yfirmettun fyrir allar þessar steindir í neðra kerfis vökva holu KG-10, þar sem vatnshluti er 0.62 og sýrustig 7.83. Þó að ekki séu til nema þrjú heilsýni af renni KG-25 er vitað, að vatnshluti hefur farið upp í 0.44 og sé sambandið milli vatnshluta og sýrustigs raunverulegt eru allar líkur til þess, að vökvinn hafi að minnsta kosti öðru hverju yfirmettast með tilliti til járnsteinda. Járn og brennisteinn greindust í útfellingu á títtnefndum leiðarabút og sömu efni hafa reynst vera uppistaðan í svarta efninu, sem borist hefur með vatni úr holu KG-25 (Ásgrímur Guðmundsson & Guðrún Sverrisdóttir 1990) og fleiri holum til yfirborðs. Athyglisvert er við sorta þennan, að tilvist hans virðist vensluð vermi holunnar og þá vatnshluta neðra kerfis og virðist það í samræmi við þá tilgátu, að járnsúlfíðútfellingar myndist við ákveðin skilyrði í holunni.

Aðstæður eru fyrir hendi til að leysa allt það járn úr bergi, sem þarf til myndunar þeirra útfellinga, sem fundist hafa að viðbættum þeim, sem líklegt er, að hafi myndast í holunni. Hins vegar virðist sýrustig vökvans geta orðið svo lágt, að hann geti leyst járn úr rörum í holunni. Lauslegir reikningar sýna, að það járnmagn, sem borist hefur til yfirborðs og það, sem setið getur í útfellingum í holunni er ekki nema brot af því, sem geymt er í rörum í holunni. Tæring er yfirleitt staðbundin og fer oftast fram, þar sem truflanir verða á rennsli. Vera má, að á blöndunarstað efra kerfis vökva við neðra kerfis renni verði rennslisbreytingar, sem orkað geti hvetjandi á tæringu.

8. Gasstyrkur rennis

Tafla 12. Gasstyrkur og CO_2/H_2S hlutföll í gufu frá holum KG-10 og KG-25

Hola nr.	Dags.	Gas %	CO_2/H_2S mg/mg
KG-10	26/10/77	20.0	41.7
KG-25	15/11/90	0.94	6.6

Kvikugös ruddu sér leið inn í jarðhitakerfið í Kröflu á árunum 1976 - 1980 í tengslum við eldsumbrot, röskuðu ríkjandi efnajafnvægjum og komu þar með af stað útfellingum og ullu e.t.v. breytingum á sýrustigi (Ármannsson o. fl. 1982, 1989). Merki um slíkt kvikugas hafa minnkað mjög hin síðari ár og var sú minnkun ein aðalástæðan til þess, að ráðist var í borun holu KG-25 á Efra Leirbotnasvæðinu, sem virst hafði gjöfult, en hafði orðið fyrir miklum skakkaföllum sökum þessarara gasinnrásar. Kvikugösin komu fram í auknum gasstyrk gufu og var aukningin einkum í koldíoxíði. Því hækkuðu um leið tölur um hlutföll koldíoxíðstyrks við styrk annarra gasa. Gasstyrkur gufu á þeim svæðum, sem fyrir innrásinni urðu, hefur minnkað verulega á seinustu árum og kemur sú minnkun greinilega fram, ef bornar eru saman tölur um renni frá holu KG-10 stuttu eftir hreinsun og tölur um gufu frá KG-25 nú í haust eins og gert er í töflu 12. Ástæða er til að ætla, að lágt sýrustig vökva í neðra kerfi holu KG-25 megi rekja til áhrifa frá þessari gasinnrás og virðast því öll áhrif þeirrar

innrásar á efnajafnvægi milli vökva og bergs ekki horfin, þó að gasstyrkur virðist kominn í eðlilegt horf. Sé gasofgnóttin horfin ætti styrkur hinna ýmsu gastegunda að ráðast af hitastigi jarðhitageymisins. Vensl milli gasstyrks og gashlutfalla og hitastigs hafa verið leidd út og notuð sem gashitamælar (Arnórsson & Gunnlaugsson 1985). Gashiti miðaður við styrk koldíoxíðs, brennisteinsvetnis, vetnis og hlutfalli koldíoxíðs við vetni er sýndur í töflu 13 fyrir þau sýni úr KG-25, sem gas hefur verið greint í og virðist mjög trúverðugur. Að vísu er miðað við gasstyrk í gufu frá blönduðu renni, en ætla má, að gas úr neðra kerfi sé ráðandi, en áhrif blöndunar yrðu til lítils háttar lækkunar. Til samanburðar er sýnd niðurstaða gashitareikninga fyrir sýni úr KG-10 í október 1977 og er ljóst að þá var þar um ofgnótt gass að ræða.

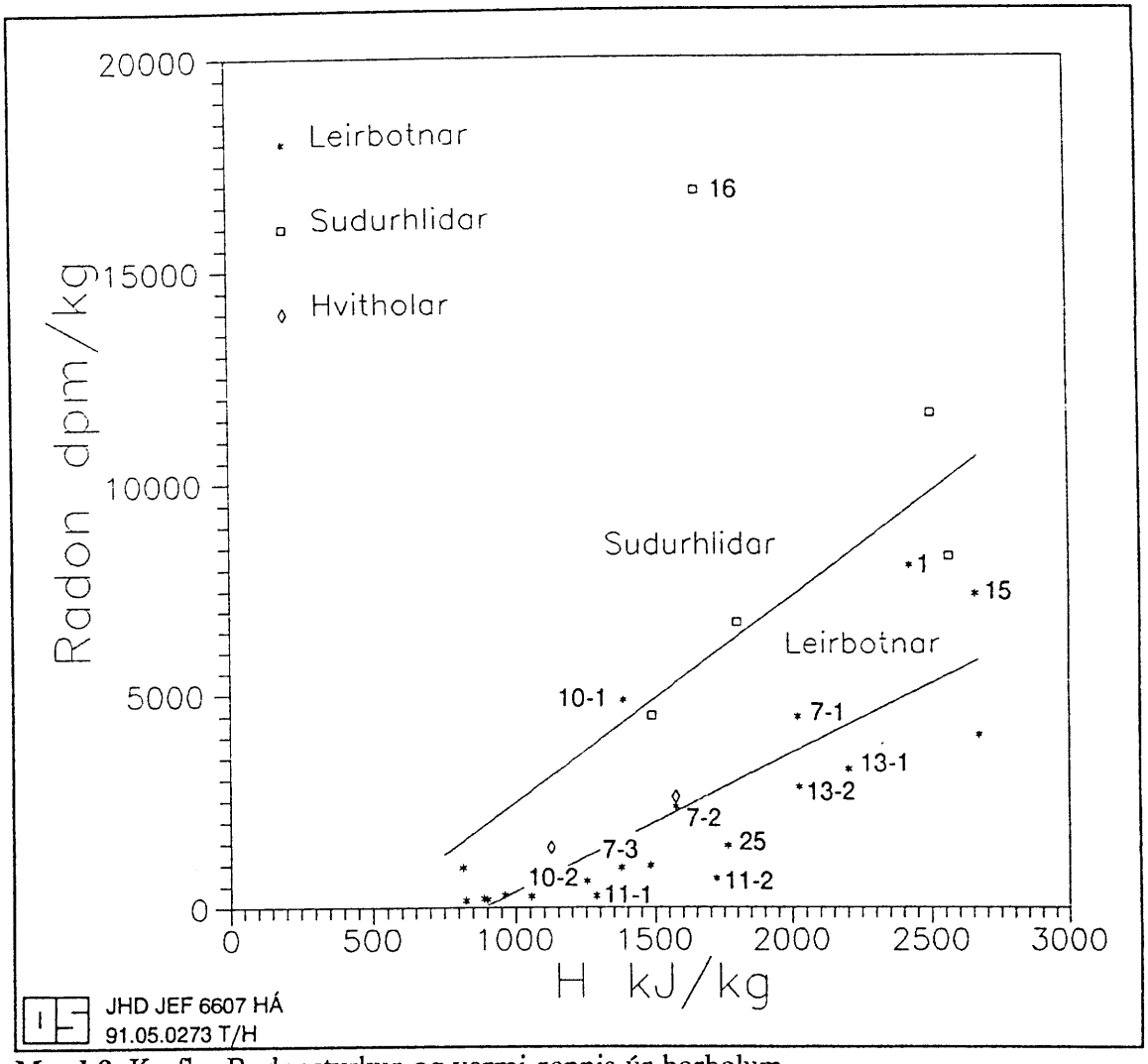
Tafla 13. Krafla KG-25 og KG-10. Gashiti

Hola nr.	Dags.	Sýni nr.	t-CO_2 °C	t-H_2S °C	t-H_2 °C	t-CO_2-H_2 °C
KG-25	24/10/90	1001	300	319	305	305
	25/10/90	1002	295	316		
	26/10/90	1003	290	313		
	27/10/90	1004	290	315		
	27/10/90	1005	286	315		
	28/10/90	1006	288	314		
	29/10/90	1007	282	317	293	297
	15/11/90	1008	287	323	296	299
KG-25	Meðaltal		290	316	298	300
KG-10	26/10/77	1193	386	354	311	276

Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson (1980) fjölluðu um styrk geislavirku lofttegundarinnar radons í jarðhitarenni. Af niðurstöðum þeirra má álykta, að berggerð og gufuhluti ráði yfirleitt mestu um styrk hennar. Á svæði, þar sem berg er mjög svipað ætti að vera nokkurn veginn beint samband á milli radonstyrks og gufuhluta og þar sem gufuhluti er fall af vermi, milli radonstyrks og vermis. Tvær ástæður geta legið til frávika, þ.e. ofgnótt radons, t.d af völdum innspýtingar kvikugasa, og veruleg staðbundin frávik í berggerð, þá einkum meiri eða minni lekt en í næsta nágrenni. Áhrif tímabundinnar ofgnóttar eru mjög skammvinn, þar eð helmingunartími radons er einungis 3.8 dagar.

Með þessar hugmyndir að leiðarljósi var dregið línurit, þar sem radonstyrkur er lagður á móti vermi (mynd 10). Notuð eru meðaltöl niðurstaðna radongreininga úr hverri holu í Kröflu, en niðurstöðum fyrir einstakar holur þó skipt í hópa, þar sem ástæða hefur þótt til. Þannig eru þrjú gildi fyrir holu KJ-7, þ.e. greinileg, þverrandi og engin kvikuáhrif, tvö fyrir holu KG-10, greinileg og engin kvikuáhrif, og tvö fyrir holu KJ-11, fyrir og eftir skermun efra kerfis, og tveir fyrir holu KJ-13; eitt fyrir beina holu og annað fyrir skáholu. Leirbotnar voru skoðaðir sem eitt svæði með tilliti til berggerðar, en Suðurhlíðar sem annað og besta lína dregin fyrir bæði svæðin (gildi fyrir holu KJ-16 var svo langt utan allra marka, að það var ekki haft með við reikning á línu). Í ljós kemur, að radonstyrkur miðaður við vermi er alla jafna lægri í Leirbotnum en í Suðurhlíðum og er það túlkað með skírskotun til betri lektar á fyrrnefnda svæðinu. Gildi fyrir holurnar í Hvíthólum falla að Leirbotnagildum. Eins og vitað var falla gildi fyrir gasríkar holur töluvert ofan við Leirbotnalínuna, en svo var um KG-10 og KG-15, sem urðu fyrir áhrifum kvikugasa. Gildi fyrir KJ-16 eru ofar öllum öðrum, en líklegra er að það stafi af staðbundnu lektarleysi. Hins vegar falla gildi fyrir holu KG-25 töluvert langt fyrir neðan línuna og gefur það

til kynna, að mjög ólíklegt sé, að bein innspýting kvikugasa sé í gangi og að lekt í grennd við innstreymi holunnar sé óvenju góð miðað við Kröflusvæðið í heild.



Mynd 8. Krafla. Radonstyrkur og vermi rennis úr borholum.

9. Um jafnvægisástand og efnahitamæla

Ein helsta forsenda blöndunarreikninganna hér að ofan er sú, að styrkur kísils í vökva við tiltekið hitastig, sé í jafnvægi við styrk hans í bergi, enda hefur verið sýnt fram á, að kísilstyrkur kemst afar fljótt í jafnvægi við hita á borð við botnhitann (330°C) (Weres o. fl. 1980). Því er kísilstyrkur við 330°C ákveðinn fyrirfram og ekki unnt að nota hann til að reikna kvarshita. Kísilstyrkur er hins vegar mældur í blöndunni við holutopp og samkvæmt niðurstöðum um afköst efra og neðra kerfis ætti lunginn af þeim kísli að eiga uppruna sinn í efra kerfis vökva, en aðeins lítið eitt að vera ættað að neðan. Því ætti reiknaður kvarshiti að gefa til kynna hitastig nálægt hitastigi efra kerfis með smávægilegri viðbót, sem ætla mætti að væri háð gufuhluta neðra kerfis; þ.e. ef hann er hár er viðbótin lítil og öfugt. Niðurstöður kvarshitareikninga (Fournier & Potter 1982) fyrir þau ellefu sýni, sem tekin voru til kísilgreininga, benda til þess, að sú túlkun sé ekki fjarri lagi (tafla 14).

Eins og fram hefur komið olli innrás kvikugasa í jarðhitakerfið miklum breytingum á efnasamsetningu vökva þess og hafa þær breytingar bæði gert vart við sig í útfellingum og

breytingum á sýrustigi. Hið lága sýrustig, sem reiknast í neðra kerfis vökva holu KG-25 bendir til þess, að enn sé um að ræða ójafnvægi í vökvafasa, þó að kvikugös séu hætt að streyma inn í kerfið. Þó að reikna megi með, að kísilstyrkur nái fljótt jafnvægi við 330°C, getur tekið lengri tíma að ná jafnvægi milli vökva og bergs fyrir aðrar mikilvægar efnategundir, þar með taldar katjónirnar Na^+, K^+, Ca^{+2} og Mg^{+2}. Giggenbach (1988) hefur sýnt fram á fljótlega leið til að kanna jafnvægisástand vökva með tilliti til styrks Na^+, K^+ og Mg^{+2} jóna. Þá er teiknað þríhyrningsgraf með Na/1000, K/100 og Mg sem hornpunkta (Na, K og Mg = styrkur efnanna í mg/kg) og teiknaðir inn á ferlar, sem sýna aðstæður fyrir fullt jafnvægi, hlutjafnvægi og ójafnvægi ("óþroskað vatn"). Á mynd 9 hafa niðurstöður greininga á efra kerfis vatni úr holum KW-2 og KG-24, og reiknaðar tölur fyrir neðra kerfis vatn úr holum KG-10 og KG-25, verið teiknaðar inn á slíkt graf. Samkvæmt þeim er vökvi úr KG-24 mjög nálægt því að vera í fullu jafnvægi, en úr KW-2 aðeins að hluta til. Því eru tölur um efra kerfis vatn úr KG-24 taldar öruggari til að reikna neðra kerfis efnasamsetningu en tölur um vatn úr KW-2 og því notaðar til að fá þær útkomur, sem sýndar eru fyrir neðra kerfis vökva úr holum KG-10 og KG-25. Niðurstöður fyrir þær benda til þess að neðra kerfis vökvi úr KG-10 sé að hluta til í jafnvægi en neðra kerfis vökvi úr KG-25 á mörkum ójafnvægis og hlutjafnvægis. Þetta má túlka á þann hátt, að áhrif til ójafnvægis hafi e.t.v. verið tiltölulega skammt á veg komin í október 1977, en erfitt er að segja um núverandi stöðu. Allar líkur eru á því, að vökvinn stefni til jafnvægis, þar sem ekki hafa fundist nein merki um neina innrás aukaefna í kerfið upp á síðkastið. Út frá þessum niðurstöðum er hins vegar ómögulegt að segja til um það hve hratt kerfið stefni til jafnvægis. Takist að hafa holuna í því ástandi, að unnt verði að láta hana blása í nokkra daga í senn, ætti að vera hægt að draga úr henni sýni á tilteknum fresti og fylgjast með hraða slíkrar þróunar.

Tafla 14. Krafla KG-25. Kvarshiti

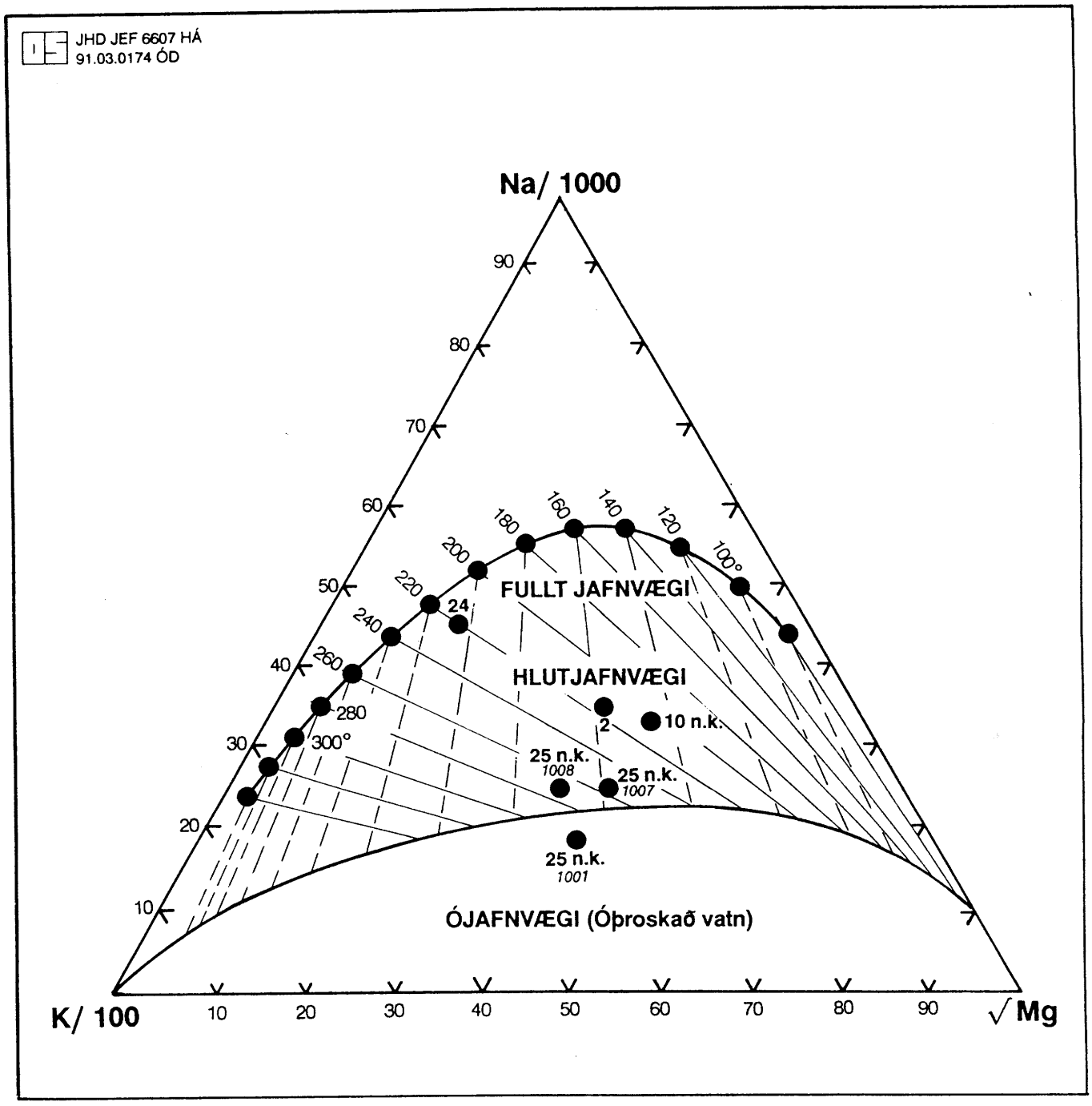
Dags.	Sýni nr.	Hluti neðra kerfis vatns	Kvarshiti °C
24/10/90	1001	0.26	228
25/10/90	1002	0.26	225
26/10/90	1003	0.36	221
27/10/90	1004	0.22	219
27/10/90	1005	0.21	218
28/10/90	1006	0.19	215
29/10/90	1007	0.14	212
15/11/90	1008	0.08	203
10/12/90	1009	0.17	217
21/12/90	1010	0.18	222
02/01/91	1001	0.17	220

Tafla 15. Krafla. Holur KW-2, KG-24, KG-10 og KG-25. Katjónahiti.

Hola nr.	Dags.	Sýni nr.	t_{Na-K} °C[1]	$t_{Na-K-Ca}$ °C[2]
KW-2	17/07/77	1148	194	188
KG-24	06/10/88	1008	205	186
KG-10_{nk}	26/10/77	1193	191	191
KG-25_{nk}	24/10/90	1001	287	251
	29/10/90	1007	240	218
	15/11/90	1008	252	231

Til frekari glöggvunar er í töflu 15 sýndur efnahiti byggður á jafnvægi milli katjóna fyrir ofangreind sýni úr holum KW-2 og KG-24 og reiknuðu niðurstöðurnar fyrir neðra kerfis vökva úr holum KG-10 og KG-25. Þar koma fram trúverðugar niðurstöður fyrir efra kerfis vökvann, en tölur, sem líklega má rekja til ójafnvægis, fyrir neðra kerfis vökvann.

[1] Fournier 1979
[2] Fournier & Truesdell 1973



Mynd 9. Na-K-Mg jafnvægi. KW-2, KG-24 efrakerfi. KG-10, KG-25 neðrakerfi.

10. Helstu niðurstöður

Renni holunnar er blanda af efra kerfis vökva, sem kemur inn í hana á 1400 m dýpi og neðra kerfis vökva og gufu, sem kemur inn neðan 2000 m dýpis.

Niðurstöður blöndunarreikninga gefa til kynna, að hlutur neðra kerfis hafi verið á bilinu 50 - 70% fyrsta mánuðinn, en hafi minnkað í um 30%, áður en holunni var lokað. Rennsli úr efra kerfi hélst tiltölulega stöðugt allan tímann.

Greinileg merki hafa fundist um tæringu í holunni og járn-brennisteinsútfellingar hafa borist með vökva til yfirborðs. Vottur af kísli, járni, brennisteini og anhýdríti fundust á leiðarabút, sem ætlað er, að kominn sé af um 1400 m dýpi. Lóðun og körfumælingar sýna, að engar útfellingar sitja í holunni ofan við 1400 m dýpi.

Niðurstöður jafnvægisreikninga og reikninga á samsetningu neðra kerfis vökva benda til möguleika á kalsít-, anhýdrít- og járn-brennisteinsútfellingum eftir blöndun vökva efra og neðra kerfis. Sýrustig í neðra kerfi reiknast breytilegt og háð gufuhluta. Í þeim tilvikum sem könnuð voru reyndist sýrustig nógu lágt til að koma í veg fyrir yfirmettun annarra steinda en anhýdríts. Hins vegar eru miklar líkur til þess, að vökvinn hafi orðið yfirmettaður með tilliti til nokkurra járnsambanda, þegar gufuhluti var lítill.

Hegðun holunnar með tíma er sú, að eftir eðlilega hegðun í nokkurn tíma, er þrengt að rennslinu. Vermi minnkar og járn-brennisteinsútfellingar myndast. Svipuð hegðun endurtekur sig síðan.

Engin merki hafa fundist um gasofgnótt þá, er var áberandi í mörgum Krófluholum í kjölfar umbrota á árunum 1976 - 1980. Hins vegar virðist ekki hafa náðst jafnvægi í efnasamsetningu vökva neðra kerfis og getur hann bæði valdið útfellingum og tæringu. Ekki er ljóst hve lengi má búast við, að slíkt ójafnvægi vari, en æskilegt væri að hafa holuna í því ástandi, að unnt væri fá úr henni sýni á ákveðnum fresti til að fylgjast með hraða afturbata.

HEIMILDIR

Arnórsson, S. & Gunnlaugsson, E. 1985. New gas geothermometers for geothermal application. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1307 - 1325.

Arnórsson, S.,Sigurðsson, S. & Svavarsson, H. 1982. The chemistry of geothermal waters in Iceland I. Calculation of aqueous speciation from 0° to 370°C. Geochim. Cosmochim. Acta, 46, 1513 - 1532.

Ármannsson, H., Benjamínsson, J. & Jeffrey, A.W.A. 1989. Gas changes in the Krafla geothermal system, Iceland. Chem. Geol., 76, 175 - 196.

Ármannsson, H., Gíslason, G. & Hauksson, T. 1982. magmatic gases in well fluids aid the mapping of the flow pattern in a geothermal system. Geochim. Cosmochim. Acta., 46, 167 - 177.

Ásgrímur Guðmundsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Benedikt Steingrímsson, Ómar Sigurðsson, Hilmar Sigvaldason & Jósef Hólmjárn 1988. Borun holu KG-24. 3. áfangi - Borun vinnsluhluta. Orkustofnun. Greinargerð. ÁsG-DS-BS-ÓMAR-HS-JH-88/09, 24 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Gestur Gíslason & Halldór Ármannsson 1990a. Krafla. KG-25. Ástand holu KG-25 í desember 1990. Orkustofnun. Greinargerð. ÁsG-BS-GeG-HÁ-90/14, 6 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Jósef Hólmjárn, Valgarður Stefánsson, Sigurður Benediktsson & Dagbjartur Sigursteinsson 1990b. Krafla. Borun Holu KG-25. #. Áfangi. Orkustofnun. Greinargerð. ÁsG-JH-VS-SBen-DS-90/07, 25 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Guðrún Sverrisdóttir & Halldór Ármannsson 1991. Krafla. Hola KG-25. Ástand og horfur í upphafi árs 1991. Orkustofnun. Greinargerð. ÁsG-BS-GSv-HÁ-91/03, 5 s.

Björnsson, G, & Böðvarsson, G.S. 1987. A multi-feedzone wellbore simulator. Geoth. Res. C. Trans., 11, 503 - 507.

Fournier, R.O. 1979. A revised equation for the Na/K geothermometer. Geoth. Resour. C. Trans., 3, 221 - 224.

Fournier, R.O. & Potter II., R.W. 1982. A revised and expanded silica (quartz) geothermometer. Geoth. Resour. C. Bull., Nov., 3 - 9.

Fournier, R.O. & Truesdell, A.H. 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. Geochim. Cosmochim. Acta, 37, 515 - 525.

Gestur Gíslason 1990. Krafla. KG-25. Af sýnatökuferð. Greinargerð. GG-90/02, 3 s.

Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1978. Krafla. Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. Orkustofnun OS JHD - 7846, 84 s.

Gestur Gíslason & Kristján H. Sigurðsson 1990. Krafla. KG-25. Upphleyping og fyrstu mæliniðurstöður. Orkustofnun. Greinargerð. GG-KHS-90/01, 5 s.

Giggenbach, W.F. 1988. Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. Geochim. Cosmochim. Acta, 52, 2749 - 2765.

Gunnlaugsson, E. & Arnórsson, S. 1982. The chemistry of iron in geothermal systems in Iceland. J. Volc. Geoth. Res., 14, 281 - 299.

Halldór Ármannsson & Trausti Hauksson 1980. Krafla. Samsetning gass í gufuaugum. Orkustofnun. OS-80027/JHD-16, 51 s.

Helgeson, H.C., Delany, J.M., Nesbitt, H.W. & Bird, D.K. 1978. Summary and critique of the thermodynamic properties of rock forming minerals. Am. J. Sci., 278A, 1 - 229.

Hrefna Kristmannsdóttir & Jan Swanteson 1977. Greining á útfellingum úr borholum KJ-7, KG-10 og KJ-9 í Kröflu. Orkustofnun. OS-JHD 7820, 31 s.

Spycher, N.F. & Reed, M.H. 1989. SOLVEQ: A computer program for computing aqueous-mineral-gas equilibria. Revised preliminary edition. Department of Geological Sciences, University of Oregon, Eugene, Oregon, 40 s.

Trausti Hauksson 1980. Krafla. Reiknuð efnasamsetning vatns og gufu í borholum. Orkustofnun. OS-80018/JHD-10, 29 s.

Weres, O., Yee, A. & Tsao, L. 1980. Kinetics of silica polymerization. LBL - 7033, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley, California, 256 s.

VIÐAUKI

WATCH1 ÚTPRENTANIR FYRIR

EFRAKERFIS SÝNI ÚR HOLUM

KW-2 OG KG-24.

ORKUSTOFNUN Krafla, KW-2

==========

, 771148 KW-2

PROGRAM WATCH1.

WATER SAMPLE (PPM)

PH/DEG.C	9.90/21.0
SIO2	381.00
NA	195.00
K	14.80
CA	2.20
MG	.040
CO2	51.10
SO4	190.40
H2S	40.90
CL	23.80
F	.54
DISS.SOLIDS	989.00
AL	.0000
B	.0000
FE	.0000
NH3	.0000

STEAM SAMPLE

GAS (VOL.%)	
CO2	84.00
H2S	5.20
H2	5.90
O2	.10
CH4	.50
N2	.50

LITERS GAS PER KG CONDENSATE/DEG.C .57/18.0

CONDENSATE (PPM)	
PH/DEG.C	3.92/21.0
CO2	804.00
H2S	160.00
NA	.00

CONDENSATE WITH NAOH (PPM)	
CO2	.00
H2S	.00

REFERENCE TEMP.	DEGREES C	195.0 (ARBITRARY)
SAMPLING PRESSURE	BARS ABS.	4.8
DISCHARGE ENTHALPY	MJOUL/KG	.829 (CALCULATED)
DISCHARGE	KG/SEC.	.0
MEASURED TEMPERATURE	DEGREES C	.0
RESISTIVITY/TEMP.	OHMM/DEG.C	.0/ .0
EH/TEMP.	MV/DEG.C	.000/ .0

MEASURED DOWNHOLE TEMP. DEGREES C/METERS		FLUID INFLOW DEPTH (METERS)
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0

IONIC STRENGTH = .01192

IONIC BALANCE :

CATIONS (MOL.EQ.)	.00866431
ANIONS (MOL.EQ.)	.01035040
DIFFERENCE (%)	-17.73

DEEP WATER (PPM)

SIO2	345.63	CO2	202.98
NA	176.89	H2S	55.89
K	13.42	H2	.26
CA	2.00	O2	.07
MG	.036	CH4	.18
SO4	172.71	N2	.31
CL	21.59	NH3	.00
F	.49		
DISS.S.	897.12		
AL	.0000		
B	.0000		
FE	.0000		

DEEP STEAM (PPM)

CO2	.00
H2S	.00
H2	.00
O2	.00
CH4	.00
N2	.00
NH3	.00

H2O (%)	.00
BOILING PORTION	.00

GAS PRESSURES (BARS ABS.)

CO2	.189E+00
H2S	.159E-01
H2	.120E+00
O2	.170E-02
CH4	.138E-01
N2	.128E-01
NH3	.000E+00
H2O	.140E+02
TOTAL	.143E+02

SAMPLE = , 771148

==========

ACTIVITY COEFFICIENTS IN DEEP WATER

H+	.869	KSO4-	.856	FE++	.545	FECL+	.850
OH-	.848	F-	.848	FE+++	.286	AL+++	.286
H3SIO4-	.850	CL-	.846	FEOH+	.854	ALOH++	.539
H2SIO4--	.539	NA+	.850	FE(OH)3-	.854	AL(OH)2+	.856
H2BO3-	.843	K+	.846	FE(OH)4--	.535	AL(OH)4-	.852
HCO3-	.850	CA++	.545	FEOH++	.535	ALSO4+	.852
CO3--	.530	MG++	.564	FE(OH)2+	.856	AL(SO4)2-	.852
HS-	.848	CAHCO3+	.858	FE(OH)4-	.856	ALF++	.539
S--	.535	MGHCO3+	.850	FESO4+	.854	ALF2+	.856
HSO4-	.852	CAOH+	.858	FECL++	.535	ALF4-	.852
SO4--	.524	MGOH+	.860	FECL2+	.854	ALF5--	.530
NASO4-	.856	NH4+	.843	FECL4-	.850	ALF6---	.240

CHEMICAL COMPONENTS IN DEEP WATER (PPM AND LOG MOLE)

H+ (ACT.)	.00	-7.383	MG++	.01	-6.472	FE(OH)3	.00	.000
OH-	2.52	-3.830	NACL	.13	-5.651	FE(OH)4-	.00	.000
H4SIO4	527.85	-2.260	KCL	.00	-7.273	FECL+	.00	.000
H3SIO4-	22.90	-3.618	NASO4-	11.52	-4.014	FECL2	.00	.000
H2SIO4--	.01	-7.123	KSO4-	3.05	-4.647	FECL++	.00	.000
NAH3SIO4	2.31	-4.709	CASO4	1.98	-4.838	FECL2+	.00	.000
H3BO3	.00	.000	MGSO4	.13	-5.975	FECL3	.00	.000
H2BO3-	.00	.000	CACO3	.27	-5.568	FECL4-	.00	.000
H2CO3	84.09	-2.868	MGCO3	.00	-8.203	FESO4	.00	.000
HCO3-	197.31	-2.490	CAHCO3+	1.77	-4.757	FESO4+	.00	.000
CO3--	.17	-5.560	MGHCO3+	.00	-7.458	AL+++	.00	.000
H2S	12.30	-3.443	CAOH+	.01	-6.777	ALOH++	.00	.000
HS-	42.30	-2.893	MGOH+	.00	-7.267	AL(OH)2+	.00	.000
S--	.00	-10.586	NH4OH	.00	.000	AL(OH)3	.00	.000
H2SO4	.00	-14.482	NH4+	.00	.000	AL(OH)4-	.00	.000
HSO4-	.10	-5.969	FE++	.00	.000	ALSO4+	.00	.000
SO4--	159.65	-2.779	FE+++	.00	.000	AL(SO4)2-	.00	.000
HF	.00	-7.239	FEOH+	.00	.000	ALF++	.00	.000
F-	.49	-4.590	FE(OH)2	.00	.000	ALF2+	.00	.000
CL-	21.51	-3.217	FE(OH)3-	.00	.000	ALF3	.00	.000
NA+	174.16	-2.121	FE(OH)4--	.00	.000	ALF4-	.00	.000
K+	12.54	-3.494	FE(OH)++	.00	.000	ALF5--	.00	.000
CA++	.60	-4.826	FE(OH)2+	.00	.000	ALF6---	.00	.000

IONIC STRENGTH = .01008 IONIC BALANCE : CATIONS (MOL.EQ.) .00794447
ANIONS (MOL.EQ.) .00886338
DIFFERENCE (%) -10.93

CHEMICAL GEOTHERMOMETERS DEGREES C 1000/T DEGREES KELVIN = 2.14

QUARTZ	210.8
CHALCEDONY	191.3
NAK	168.2

OXIDATION POTENTIAL (VOLTS) : EH H2S= -.557 EH CH4= -.594 EH H2= -.643 EH NH3= 99.999

LOG SOLUBILITY PRODUCTS OF MINERALS IN DEEP WATER

	TEOR.	CALC.		TEOR.	CALC.		TEOR.	CALC.
ADULARIA	-14.839	99.999	ALBITE LOW	-14.327	99.999	ANALCIME	-11.681	99.999
ANHYDRITE	-7.120	-8.150	CALCITE	-11.407	-10.926	CHALCEDONY	-2.242	-2.260
MG-CHLORITE	-81.446	99.999	FLUORITE	-10.698	-14.413	GOETHITE	-.596	99.999
LAUMONTITE	-24.645	99.999	MICROCLINE	-15.696	99.999	MAGNETITE	-21.994	99.999
CA-MONTMOR.	-73.531	99.999	K-MONTMOR.	-34.799	99.999	MG-MONTMOR.	-74.974	99.999
NA-MONTMOR.	-35.025	99.999	MUSCOVITE	-18.124	99.999	PREHNITE	-36.021	99.999
PYRRHOTITE	-51.150	99.999	PYRITE	-80.131	99.999	QUARTZ	-2.366	-2.260
WAIRAKITE	-23.871	99.999	WOLLASTONITE	8.486	7.415	ZOISITE	-36.051	99.999
EPIDOTE	-37.440	99.999	MARCASITE	-61.396	99.999			

ORKUSTOFNUN Krafla, KG-24

, 881008 KG-24

PROGRAM WATCH1.

WATER SAMPLE (PPM)

PH/DEG.C	8.65/15.6
SIO2	256.00
NA	161.10
K	13.90
CA	4.10
MG	.000
CO2	67.10
SO4	192.80
H2S	25.50
CL	20.68
F	.50
DISS.SOLIDS	800.00
AL	.0000
B	.0000
FE	.0000
NH3	.0000

STEAM SAMPLE

GAS (VOL.%)	
CO2	32.12
H2S	3.18
H2	.49
O2	1.17
CH4	1.02
N2	62.02

REFERENCE TEMP.	DEGREES C	195.0 (ARBITRARY)
SAMPLING PRESSURE	BARS ABS.	2.9
DISCHARGE ENTHALPY	MJOUL/KG	.829 (CALCULATED)
DISCHARGE	KG/SEC.	17.5
MEASURED TEMPERATURE	DEGREES C	.0
RESISTIVITY/TEMP.	OHMM/DEG.C	770.0/20.2
EH/TEMP.	MV/DEG.C	.000/ .0

LITERS GAS PER KG CONDENSATE/DEG.C .00/10.0

MEASURED DOWNHOLE TEMP. DEGREES C/METERS		FLUID INFLOW DEPTH (METERS)
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0
.0	.0	.0

CONDENSATE (PPM)

PH/DEG.C	4.34/18.7
CO2	561.00
H2S	136.00
NA	.25

CONDENSATE WITH NAOH (PPM)

CO2	1571.00
H2S	146.00

IONIC STRENGTH = .00937

IONIC BALANCE :

CATIONS (MOL.EQ.)	.00751767
ANIONS (MOL.EQ.)	.00700715
DIFFERENCE (%)	7.03

DEEP WATER (PPM)

SIO2	223.61	CO2	257.47
NA	140.71	H2S	40.75
K	12.14	H2	.00
CA	3.58	O2	.00
MG	.000	CH4	.00
SO4	168.39	N2	.00
CL	18.06	NH3	.00
F	.44		
DISS.S.	698.73		
AL	.0000		
B	.0000		
FE	.0000		

DEEP STEAM (PPM)

CO2	.00
H2S	.00
H2	.00
O2	.00
CH4	.00
N2	.00
NH3	.00

H2O (%)	.00
BOILING PORTION	.00

GAS PRESSURES (BARS ABS.)

CO2	.613E+00
H2S	.357E-01
H2	.000E+00
O2	.000E+00
CH4	.000E+00
N2	.000E+00
NH3	.000E+00
H2O	.140E+02
TOTAL	.146E+02

SAMPLE = , 881008

==========

ACTIVITY COEFFICIENTS IN DEEP WATER

H+	.882	KSO4-	.871	FE++	.582	FECL+	.866
OH-	.865	F-	.865	FE+++	.324	AL+++	.324
H3SIO4-	.866	CL-	.863	FEOH+	.870	ALOH++	.577
H2SIO4--	.577	NA+	.866	FE(OH)3-	.870	AL(OH)2+	.871
H2BO3-	.861	K+	.863	FE(OH)4--	.574	AL(OH)4-	.868
HCO3-	.866	CA++	.582	FEOH++	.574	ALSO4+	.868
CO3--	.569	MG++	.598	FE(OH)2+	.871	AL(SO4)2-	.868
HS-	.865	CAHCO3+	.873	FE(OH)4-	.871	ALF++	.577
S--	.574	MGHCO3+	.866	FESO4+	.870	ALF2+	.871
HSO4-	.868	CAOH+	.873	FECL++	.574	ALF4-	.868
SO4--	.565	MGOH+	.875	FECL2+	.870	ALF5--	.569
NASO4-	.871	NH4+	.861	FECL4-	.866	ALF6---	.282

CHEMICAL COMPONENTS IN DEEP WATER (PPM AND LOG MOLE)

H+ (ACT.)	.00	-6.521	MG++	.00	.000	FE(OH)3	.00	.000
OH-	.34	-4.700	NACL	.09	-5.809	FE(OH)4-	.00	.000
H4SIO4	355.45	-2.432	KCL	.00	-7.378	FECL+	.00	.000
H3SIO4-	2.08	-4.660	NASO4-	9.57	-4.095	FECL2	.00	.000
H2SIO4--	.00	-9.048	KSO4-	2.87	-4.673	FECL++	.00	.000
NAH3SIO4	.17	-5.833	CASO4	4.97	-4.437	FECL2+	.00	.000
H3BO3	.00	.000	MGSO4	.00	.000	FECL3	.00	.000
H2BO3-	.00	.000	CACO3	.04	-6.396	FECL4-	.00	.000
H2CO3	273.66	-2.355	MGCO3	.00	.000	FESO4	.00	.000
HCO3-	86.61	-2.848	CAHCO3+	1.88	-4.730	FESO4+	.00	.000
CO3--	.01	-6.803	MGHCO3+	.00	.000	AL+++	.00	.000
H2S	27.58	-3.092	CAOH+	.00	-7.262	ALOH++	.00	.000
HS-	12.79	-3.413	MGOH+	.00	.000	AL(OH)2+	.00	.000
S--	.00	-11.990	NH4OH	.00	.000	AL(OH)3	.00	.000
H2SO4	.00	-12.741	NH4+	.00	.000	AL(OH)4-	.00	.000
HSO4-	.78	-5.098	FE++	.00	.000	ALSO4+	.00	.000
SO4--	154.35	-2.794	FE+++	.00	.000	AL(SO4)2-	.00	.000
HF	.01	-6.425	FEOH+	.00	.000	ALF++	.00	.000
F-	.43	-4.646	FE(OH)2	.00	.000	ALF2+	.00	.000
CL-	18.00	-3.294	FE(OH)3-	.00	.000	ALF3	.00	.000
NA+	138.79	-2.219	FE(OH)4--	.00	.000	ALF4-	.00	.000
K+	11.31	-3.539	FE(OH)++	.00	.000	ALF5--	.00	.000
CA++	1.35	-4.472	FE(OH)2+	.00	.000	ALF6---	.00	.000

IONIC STRENGTH = .00764 IONIC BALANCE : CATIONS (MOL.EQ.) .00641228
ANIONS (MOL.EQ.) .00559224
DIFFERENCE (%) 13.66

CHEMICAL GEOTHERMOMETERS DEGREES C 1000/T DEGREES KELVIN = 2.14

QUARTZ	181.0
CHALCEDONY	160.0
NAK	180.7

OXIDATION POTENTIAL (VOLTS) : EH H2S= -.461 EH CH4= 99.999 EH H2= 99.999 EH NH3= 99.999

LOG SOLUBILITY PRODUCTS OF MINERALS IN DEEP WATER

	TEOR.	CALC.		TEOR.	CALC.		TEOR.	CALC.
ADULARIA	-14.839	99.999	ALBITE LOW	-14.327	99.999	ANALCIME	-11.681	99.999
ANHYDRITE	-7.120	-7.749	CALCITE	-11.407	-11.754	CHALCEDONY	-2.242	-2.432
MG-CHLORITE	-81.446	99.999	FLUORITE	-10.698	-14.125	GOETHITE	-.596	99.999
LAUMONTITE	-24.645	99.999	MICROCLINE	-15.696	99.999	MAGNETITE	-21.994	99.999
CA-MONTMOR.	-73.531	99.999	K-MONTMOR.	-34.799	99.999	MG-MONTMOR.	-74.974	99.999
NA-MONTMOR.	-35.025	99.999	MUSCOVITE	-18.124	99.999	PREHNITE	-36.021	99.999
PYRRHOTITE	-51.150	99.999	PYRITE	-80.131	99.999	QUARTZ	-2.366	-2.432
WAIRAKITE	-23.871	99.999	WOLLASTONITE	8.486	5.903	ZOISITE	-36.051	99.999
EPIDOTE	-37.440	99.999	MARCASITE	-61.396	99.999			