



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Valgarður

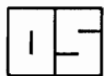
Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1993

Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Valgarður Stefánsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-94004/JHD-02 B

Febrúar 1994



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 612 662

Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1993

Benedikt Steingrímsson
Grímur Björnsson
Valgarður Stefánsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-94004/JHD-02 B

Febrúar 1994

EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT	2
MYNDASKRÁ	3
TÖFLUSKRÁ	4
1. INNGANGUR	5
2. YFIRLIT UM ÁSTAND VINNSLUSVÆÐA	9
2.1 Efri hluti Leirbotna	9
2.2 Neðri hluti Leirbotna	10
2.3 Suðurhlíðar Kröflu	11
2.4 Hvíthólasvæðið	12
2.5 Bjarnarflag	13
3. NIÐURDÆLING EFRI HLUTA VATNS TIL NEÐRI HLUTANS	14
4. HELSTU NIÐURSTÖÐUR	16
5. HEIMILDASKRÁ	17
VIÐAUKI: Lýsing mælinga í einstökum borholum	19
Hóla KJ-6	19
Hóla KJ-9	21
Hóla KG-10	24
Hóla KJ-16	26
Hóla KJ-18	29
Hóla KJ-21	32
Hóla KG-24	34
Hóla KG-26	38
Hóla B-2 í Bjarnarflagi	39
Hóla B-5 í Bjarnarflagi	42
Hóla B-9 í Bjarnarflagi	44

MYNDASKRÁ

Mynd	bls.
1 Vatnsborðsmælingar í holum KJ-3A, KJ-6, KG-10 og KJ-18	10
2 Hitamælingar í holu KJ-6	19
3 Þrýstimælingar í holu KJ-6	20
4 Hiti á 600 og 1000 m dýpi í holu KJ-6	20
5 Þrýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-6	21
6 Hitamælingar í holu KJ-9	22
7 Þrýstimælingar í holu KJ-9	22
8 Hiti á 1200 m dýpi í holu KJ-9	23
9 Þrýstingur á 1200 m dýpi í holu KJ-9	23
10 Hitamælingar í holu KG-10	24
11 Hiti á 800 m dýpi í holu KG-10	25
12 Þrýstingur á 800 m dýpi í holu KG-10	25
13 Þrýstimælingar í holu KG-10	26
14 Hitamælingar í holu KJ-16	27
15 Hiti á 1000 og 1600 m dýpi í holu KJ-16	27
16 Þrýstimælingar í holu KJ-16	28
17 Þrýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-16	29
18 Hitamælingar í holu KJ-18	30
19 Hiti á 900 og 2000 m dýpi í holu KJ-18	30
20 Þrýstimælingar í holu KJ-18	31
21 Þrýstingur á 900 m dýpi í holu KJ-18	32
22 Hitamælingar í holu KJ-21	32
23 Þrýstimælingar í holu KJ-21	33
24 Hiti á 700 og 1000 m dýpi í holu KJ-21	34
25 Þrýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-21	34
26 Hitamælingar í holu KG-24	35
27 KG-24: Hiti í blæstri og staðinni holu	36
28 Hiti á 600 m dýpi í holu KG-24	37
29 Þrýstingur á 600 m dýpi í holu KG-24	37
30 Þrýstimælingar í holu KG-24	38
31 Hitamælingar í holu B-2	40
32 Hiti á 400 m dýpi í holu B-2	40
33 Þrýstimælingar í holu B-2	41
34 Vatnsborð í holu B-2 1963-1993	42
35 Hitamælingar í holu B-5	42
36 Þrýstimælingar í holu B-5	43

37	Hiti á 600 m dýpi í holu B-5	44
38	Þrýstingur á 500 m dýpi í holu B-5	44
39	Hitamælingar í holu B-9	45
40	Hiti á 800 m dýpi í holu B-9	45
41	Þrýstimælingar í holu B-9	46
42	Þrýstingur á 800 m dýpi í holu B-9	47

TÖFLUSKRÁ

Tafla		bls.
1	Yfirlit um eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 1993	5
2	Mæliniðurstöður Amerada þrýstimælinga í Kröflu- og Bjarnarflagsholum 1993	6
3	Mæliniðurstöður Amerada hitamælinga í Kröflu- og Bjarnarflagsholum 1993	7
4	GO-hitamælingar í holum B-2, B-5, KJ-6 og KJ-18	8

1. INNGANGUR

Hér á eftir er fjallað um niðurstöður eftirlitsmælinga, sem gerðar voru í borholunum í Kröflu og Bjarnarflagi haustið 1993. Mælingarnar voru framkvæmdar í einu úthaldi á tímabilinu 12. til 18. september. Eru þær þáttur í reglubundnu vinnslueftirliti sem Orkustofnun annast fyrir Kröfluvirkjun. Kröfluholurnar eru mældar árlega en í Bjarnarflagi hefur verið mælt á 4-5 ára fresti. Þá verður einnig fjallað um mælingar virkjunarmanna á vatnsborði í nokkrum Kröfluholum.

Yfirlit um eftirlitsmælingarnar er að finna í töflu 1. Um er að ræða 7 hita- og þrýstingarmælingar í holum B-2, B-5 og B-9 í Bjarnarflagi og 16 hita- og þrýstingarmælingar í Kröfluholum: KJ-6, KJ-9, KG-10, KJ-16, KJ-18, KJ-21 og KG-24. Þá var hola KG-26 þrýsti- og hitamæld í tengslum við niðurdælingu í hana síðastliðið ár. Einnig var hola KG-24 körfumæld til að kanna útfellingar. Alls voru mældir 21.492 metrar í Kröfluholum, sem er svipað og 1992. Í eftirlitsholunum þremur í Bjarnarflagi voru mældir 3.766 metrar. Tafla 2 sýnir öll Amerada þrýstingarmælingar sem safnað var í eftirlitsholunum árið 1993 og tafla 3 sýnir Amerada hitagildin sem safnað var á sama tímabili. Að lokum sýnir tafla 4 hitagildin sem fengust með rafeindamæli í holum B-2, B-5, KJ-6 og KJ-18, en efri hluti þessara holna er það kaldur að hægt er að koma við rafeindamæli.

TAFLA 1. Yfirlit um eftirlitsmælingar í Kröfluholum haustið 1993.

HOLA	Dags í september	Hiti		Þrýstingur		Vatnsb. (m)	Toppþr. (bar-y)
		Metrar	Nemi	Metrar	Nemi		
KJ-6	13.	0-260	Go-4			29.35	
KJ-6	13.	0-1200	79484	0-1200	74370	29.35	
KJ-9	16.	0-1236	79484	0-1236	74370		0.9
KG-10	13.	0-800	79484	0-800	74370	90.90	
KJ-16	15.	0-1921	79484	0-1922	74370		32-40
KJ-18	13.	0-870	Go-4			206.85	
KJ-18	14.	1200-2187	79484	0-2187	74370	206.85	
KJ-21	16.	0-997	79484	0-997	74370		36
KG-24	14.	0-1382	79484	0-1382	74370	48.10	
KG-26	14.	0-2025	79484				
B-2	17.	0-489	Go-4	0-485	74370	64.6	
B-5	17.	0-125	Go-4			20.3	
B-5	17.	100-603	79484	0-602	74370	20.3	
B-9	17.	0-827	79484	0-825	74370		25
Alls		13.622		11.636			

Lengst af voru eftirlitsmælingar á hita og þrýstingi gerðar 2-3 mánuðum eftir að Kröfluvirkjun var stöðvuð á vorin. Síðustu tvö árin var rekstrarhlé virkjunarinnar lengt í tæplega sex mánuði, eða frá um miðjum apríl til septemberloka. Lætur því nærri að eftirlitsmælingarnar nú séu gerðar eftir fimm mánaða hvíld á vinnslusvæðunum í Kröflu.

Uppsetning þessarar skýrslu er með nokkuð öðru sniði en undanfarin ár. Þannig var afráðið að fjalla um ástand vinnslusvæðanna í Efri- og Neðri-Leirbotnum, Suðurhlífum, Hvíthólum og Bjarnarflagi í megin-texta en færa lýsingu mælinga í holum ásamt samanburði við eldri mæligögn í viðauka. Telja höfundar að þessi uppsetning henti betur við birtingu á niðurstöðum mælingaefirlitsins.

TAFLA 2: Amerada þrýstimælingar í Kröflu og Bjarnarflagi, gerðar 1993.

Hola Dags	KJ-6 13/9	KJ-9 16/9	KG-10 13/9	KJ-16 15/9	KJ-18 14/9	KJ-21 16/9	KG-24 14/9	KG-26 3/5	B-2 17/9	B-5 17/9	B-9 17/9
Dýpi (m)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)	(bör)
0				37.8		34.0					22.4
100	6.8						4.8	3.6	3.6	7.9	
150								8.4	8.4	11.8	
200	15.4	9.8	10.1	38.1			13.7	13.0	13.0	16.0	23.2
250			14.3					17.5	17.5	20.0	
300	25.9		18.6		8.9		22.3	22.1	22.1	24.4	26.7
350			23.1					27.1	27.1	28.8	
400	34.5	26.6	27.4	38.8		35.3	30.8	31.9	31.9	32.9	35.0
450								35.9	35.9	37.3	
485								39.1	39.1		
500	43.1		36.2		28.4		39.4			41.8	43.2
550										45.8	
600	51.4	42.4	44.5	42.3		36.0	48.2				51.0
602										50.1	
650						39.5					
700	60.5	50.7	53.1	47.0	47.2	43.4	56.8				58.4
800	67.7	58.6	61.8	53.9		51.5	65.5				
801					55.7						
825											68.6
900	75.8	66.8			64.2	59.4	73.9				
901				60.7							
997						67.1					
1000	83.3	74.6			73.3		82.5				
1001				68.0							
1100	91.1	81.9		75.1	82.3		90.8				
1200	98.6	89.7		81.9	91.4		98.8				
1236		93.2									
1300				89.1	100.4		106.7				
1382							112.7				
1400				96.5	109.4						
1500				103.9							
1503					118.6						
1600				111.4	127.1						
1700				119.1	136.1						
1800				126.7	144.9						
1900					153.8						
1922				136.4							
2000					162.6						
2100					171.6						
2187					179.3						

TAFLA 3: Amerada hitamælingar í Kröflu og Bjarnarflagi, gerðar 1993.

Hola Dags	KJ-6 13/9	KJ-9 16/9	KG-10 13/9	KJ-16 15/9	KJ-18 14/9	KJ-21 16/9	KG-24 3/5	KG-24 14/9	KG-26 3/5	B-5 17/9	B-9 17/9
Dýpi (m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
0				228.3		237.6					213.9
100							148.9				215.3
150							154.9			174.4	
200			169.2	232.7		239.3	160.0	174.8		194.4	214.9
250			183.5							207.5	
300	145.6	183.9	185.6				173.7	176.4		214.1	222.6
350			183.7							211.2	
400	165.3	187.8	182.9	234.9		239.9	187.9	183.7		213.7	228.6
450										204.8	
453							189.9				
500	194.2	204.2	185.8				191.5	185.6		196.4	241.5
550							192.8			185.6	
600	209.9	219.6	185.8	249.5		241.3	194.0	189.1			247.5
603										176.2	
650						244.9	194.5				248.3
700	219.2	227.6	188.8	254.7		247.0	196.3	190.9			248.3
750							197.8				250.0
800	231.1	224.8	188.8	263.7		249.0	200.1	193.4			250.8
827											251.3
850							204.7				
900	248.2	223.7		270.8		250.0	214.0	199.9			
950							220.7				
997						247.3					
1000	271.5	224.5		279.3			222.2	212.9	120.0		
1050							222.4				
1100	279.0	223.7		285.8			222.8	222.5	121.5		
1150							232.3				
1200	274.1	195.8		291.3	142.7		249.3	237.3	134.8		
1236		175.5									
1300				293.8	145.9		270.5		151.0		
1302								271.0			
1382								303.3			
1400				292.3	150.6				169.9		
1500				284.7	157.0				195.7		
1600				274.9	162.8				217.6		
1700				259.2	166.1				238.0		
1800				251.6	172.1				253.1		
1900					178.1				265.8		
1921				252.7							
2000					184.6				277.6		
2048									282.3		
2050									284.3		
2100					190.7						
2187					191.8						

TAFLA 4: GO hitamælingar í Kröflu og Bjarnarflagi, gerðar 1993.

Hola Mældagur	B-2 17/9	B-5 17/9	KJ-6 13/9	KJ-18 13/9	KG-26 3/5	Hola Mældagur	B-2 17/9	B-5 17/9	KJ-6 13/9	KJ-18 13/9	KG-26 3/5
Dýpi (m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	Dýpi (m)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
20		100.6				380	94.4			122.6	125
30		104.8				390	95.1			124.4	
35		104.9	58.2			400	96			126	127
40		104.8	61.1			405	96.6				
45		106.5				410	96.9			127	
50		112.9	56.8			415	97.4				
55		118.9	49.1			420	97.7			127.5	128.1
60		123.7	50.4			425	98.2				
65		127.9	53.5			430	160.8			127.5	
70	101.6	131.8	55.9			440	160.6			126.5	129.8
75		135.2	57.4			450	160.3			125.2	
80	102.4	133.2	58			460	160.1			123.6	131.5
85		134.1	52.3			470	160.1			122	
90	103	134	45.8			480	160			120.6	133.7
95		127.4	41			489	160				
100	101.4	128.1	35.5			490				119.6	
105		130.9	30.2			500				118.7	136.5
110	103.6	136.4	24.1			510				118	
115		141	22.2			520				117.6	139
120	111	148.5	21.6			530				117.6	
125		157.8	21.9			540				117.6	140.8
130	119.2		22.7			550				117	
135			24			560				117	141.3
140	125.8		25.7			570				116.8	
145			28			580				116.4	141.6
150	128.1		31.3			590				116	
155			36.2			600				115.7	142.1
160	124		41.5			610				115.7	
165			47.2			620				114.8	143.1
170	121.1		53.6			630				114.1	
175			60.3			640				113.4	144.3
180	116		67.5		40	650				113	
185			76.1			660				112.4	145.5
190	111.2		81			670				111.7	
195			87.2			680				110.9	146.5
200	106.1		93.4		47	690				109.5	
205			98.9			700				106.5	146.7
210	99.3		104.5	86.5		710				102.7	
215			109.8			720				102.7	147.1
220	91		115	86.8	59.4	730				104.7	
225	83.6		121.5			740				106	146.5
230	83.7		127.3	88.2		750				106.9	
235			133			760				107.5	146.8
240	91.7		137.7	89.6	75.2	770				118.5	
245			142.3			780				118.8	146.9
250	93.4		146.4	90.7		790				119	
255			149.1			800				119.6	147.5
260	94.7		151.3	91.7	92	810				120	
270	94.8			92.5		820				120.5	148.7
280	94.6			93.8	107	830				121.1	
285	93.7					840				121.9	149.6
290	86.2			95.9		850				122.6	
300	86.1			98.7	114	860				124.7	150.3
310	86.7			101.9		870				125.2	
320	87.8			105.2	116.3	880					150.7
330	90			108.7		900					152
340	91.3			111.8	120	920					153.2
350	92.5			114.8		940					154.6
360	93.2			117.6	123	960					156.1
370	93.8			120.3		980					157.7
						1000					159.3

2. YFIRLIT UM ÁSTAND VINNSLUSVÆÐA

2.1 Efri hluti Leirbotna

Að þessu sinni var mælt í holum KJ-6, KJ-9, KG-10 og KG-24. Engin sérstök vandkvæði voru við að mæla í holunum utan venjubundinna loftfímleika yfir óbygðum kjallara holu KJ-6. Þannig gekk t.d. vel að mæla fram hjá fódoringarskemmdinni í holu KJ-9, öfugt við festuna sumarið 1992. Þá sýndu körfumælingar í holu KG-24 engar mælanlegar útfellingar.

Efri hluti Leirbotna er nýttur á vetrum til að afla lágþrýstigufu fyrir Kröfluvirkjun, en á sumrum hafa efrakerfisholur blásið vegna prófana og til vatnsöflunar við boranir. Veturinn 1992/93 notaði Kröfluvirkjun aðeins tvær borholur sem tengjast efri hlutanum. Þetta voru hola KG-24, sem vinnur eingöngu úr þessu kerfi, og hola KJ-9, sem tengist bæði efri og neðri hluta Leirbotna. Breytingar í vinnslu frá vetrinum 91/92 voru þær að KG-5 var ekki nýtt síðastliðinn vetur, en hins vegar var hola KJ-9 komin aftur í notkun eftir eins vetrar hvíld. Engin vinnsla var úr efrakerfinu sumarið 1993. Það er breyting frá undanförunum sumrum og haustum þegar umtalsverður massi var tekinn úr efrakerfisholunni KJ-3A vegna borframkvæmda á svæðinu.

Vinnsla úr holum KG-24 og KJ-9 veturinn 92/93 varð á móta og öll vinnsla úr efri hlutanum árinu fyrir (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993). Vinnslan úr efri hluta Leirbotna hefur því eitthvað dregist saman milli ára, en hversu mikil sú minnkun er ræðst af því hvernig vinnsla úr holu KJ-9 skiptist milli efri og neðri hluta. Í kafla 3, hér á eftir, er leidd rök að því að 60-90 % af vinnslunni komi úr efri hlutanum.

Vinnsla úr efri hluta Leirbotna var í hámarki á árunum 1975-77. Mest munaði þá um holu KG-4 (Sjálfskaparvíti), sem blés óbeisluð í tæpt ár, en einnig voru ýmsar efrakerfisholur blástursprófaðar á þessum árum. Þessi massataka leiddi til 5 bara niðurdráttar í svæðinu, sem gekk að mestu til baka þegar Sjálfskaparvíti lokaðist í árslok 1976.

Þrýsti- og vatnsborðsmælingar sýna að vinnsla undanfarinna ára hefur ekki leitt til varanlegs niðurdráttar í efra Leirbotnakerfinu. Hefur þrýstingur undanfarin haust mælst svipaður eða jafnvel heldur hækkanði ár frá ári. Haustið 1993 var t.d. vatnsborð í efrakerfisholum með því alhæsta sem mælst hefur síðan boranir hófust í Kröflu haustið 1974.

Það er þó ekki svo að þrýstingur sé stöðugur árið um kring í efri hluta holum. Þannig svarar vatnsborð dauðra holna mjög fljótt vinnslubreytingum. Eru því verulegar þrýstibreytingar í kerfinu innan hvers árs eftir því hver massatakan er og hvaða holur blása hverju sinni. Fylgst hefur verið með þessum breytingum frá 1990 og er vatnsborð mælt u.þ.b. mánaðarlega í efrakerfisholunum KJ-6, KJ-3A og KG-10. Þessar mælingar eru sýndar á mynd 1. Sést þar m.a. árstíðabundin sveifla í vatnsborði, sem tengist rekstri svæðisins. Vatnsborð fellur á haustin þegar vinnsluholur efra kerfisins fara í blástur en hækkar að vori, þegar þeim er lokað. Athyglivert er að mun hærra vatnsborð mælist í holunum veturinn 91/92 en veturna á undan og eftir. Er munurinn mestur í holu KJ-6. Það er hola KJ-9 sem veldur þessu, en hún stóð lokuð veturinn 91/92. Því er ljóst að hola KJ-9 er í góðu þrýstisambandi við efri hluta Leirbotna og tekur hún væntanlega umtalsverðan hluta af rennsli sfnu úr því.

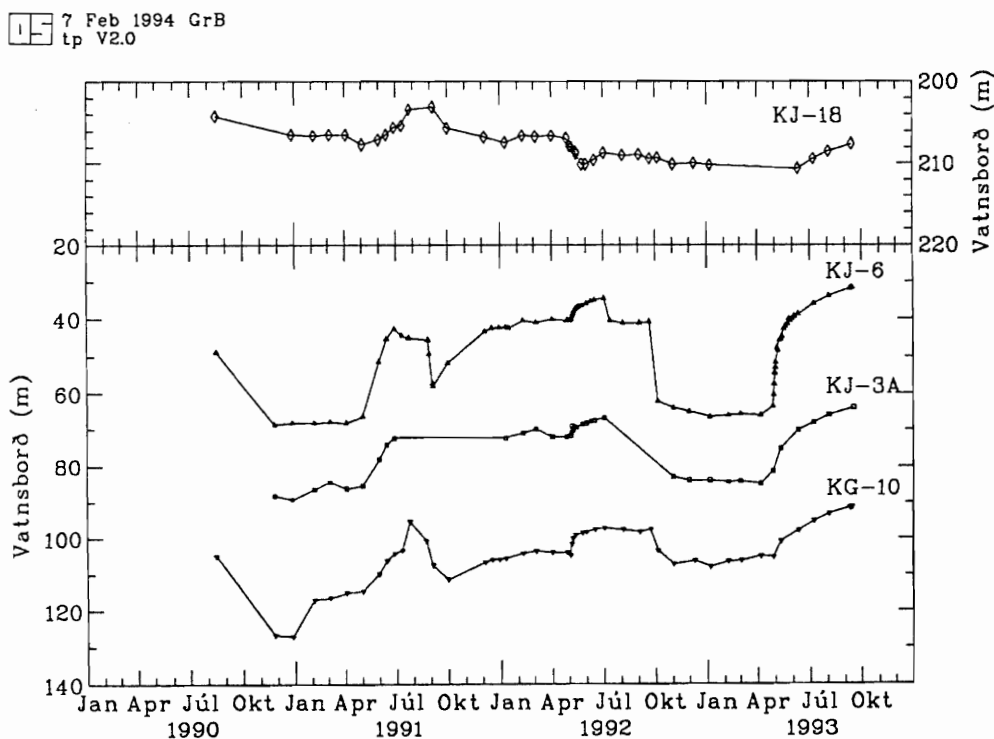
Aðrar breytingar, sem sjást á mynd 1, má rekja til tímabundins blásturs eða ádælingar í einstakar borholur, svo sem holur KG-25, KG-26 og KJ-3A.

Hiti hefur lengst af verið stöðugur í efrakerfinu enda þótt nokkrar hitabreytingar komi fram

árlega í einstökum holum. Mestar hafa breytingarnar verið í holu KG-10. Hitadreifing í efri hluta Leirbotna bendir til aðstreymis "kaldara" vatns úr norðri inn á borsvæðið nærri holu KG-10. Sýna hitabreytingarnar, sem mælast í holunni, að þetta aðstreymi er breytilegt eftir því hve mikil og hvar massatakan er úr svæðinu. Þannig jókst hraði kólnunar í KG-10 við að hola KG-24 fór í vinnslu.

Hola KG-24 var hita- og þrýstimæld í blæstri á árinu. Mælingarnar sýna að vermi holunnar er um 810 kJ/kg sem er töluvert lægra en mælingar á hljóðdeyfi gefa (920-940 kJ/kg). Of hátt vermismat með hljóðdeyfi má að öllum líkindum skýra með meðburði vatns upp úr honum eða til halla á mælikari. Einnig sýna mælingarnar að við hvert bar sem þrýstingur fellur niðri í holunni í blæstri, bætast um 1,3 kg/s við rennslið. Þessi afköst eru sambærilegt við margar lághitaholur í Eyjarfirði.

Í heild sýna því vinnsluviðbrögð efri hluta Leirbotna að þar er útbreitt vatnskerfi með góða tengingu við víðáttumikil grunnvatnskerfi. Þessi tenging veldur því að sumarhvíld svæðisins nægir fyllilega til að vinna upp þrýstilækkun vegna vinnslu undangengis vetrar. Á móti vegur að aðrennslið til kerfisins er "kalt". Það hefur þegar leitt til kólnunar í bergi nærri holu KG-10 og gæti, til lengdar litið, takmarkað vinnslugetu svæðisins.



Mynd 1: Vatnsborðsmælingar í holum KJ-3A, KJ-6, KG-10 og KJ-18.

2.2 Neðri hluti Leirbotna

Einungis holur KJ-9 og KG-26 voru mældar að þessu sinni. Mælingarnar í holu KG-26 gagnast ekki til mats á hita- og þrýstiástandi bergsins við holuna vegna truflana sem ádæling olli. Þá hafa

mælingar í holu KJ-9 þau takmörk að vera háðar báðum Leirbotnakerfunum.

Neðra-Leirbotnasvæðið er langstærsta jarðhitakerfið í Kröflu. Borholur ná einungis yfir hluta þess og vinnslan fer fram á enn takmarkaðra svæði. Heildarvinnslan hefur verið um 25 kg/s af nær hreinni háþrýstigufu úr holum KJ-11, KG-12 og KJ-13 síðustu árin (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993). Auk þessara holna vinnur hola KJ-9 að hluta úr neðra kerfinu og einnig hefur hola KJ-15 blásið neðri hluta vatni út á hljóðdeyfi árum saman.

Fæstar neðri hluta holurnar henta til eftirlits með hita og þrýstingi. Þannig sjóða þær í botn í blæstri og standa sjaldnast lokaðar nægjanlega lengi til að ná hita- og þrýstijafnvægi við jarðhitakerfið. Stöku mælingar hafa þó náðst undanfarin 10-15 ár þegar vinnsluholur hafa verið kæfðar og hreinsaðar. Flestar eru þær úr holu KJ-13 en einnig úr holum KG-25 og KG-26 nú hin síðari ár.

Síðustu tvö haust hefur hola KJ-9 verið þrýstimæld til að kanna niðurdrátt. Mælingarnar sýna að niðurdráttur við KJ-9, frá upphafi vinnslu haustið 1977, er aðeins um 1-2 bar. Það er svipaður niðurdráttur og hefur mælst í holu KJ-13. Styðja mælingarnar í KJ-9 þá skoðun að vinnsla síðustu ára hafi lítil sem engin áhrif á neðra Leirbotnakerfinu, hvorki í þrýstingi né í hita (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1990). Virðist því sem vinnslan hafi, enn sem komið er, vart snert á orkuforða kerfisins.

Endurteknar mælingar í holu KG-26 sýna að um 70 m langur drullutappi er kominn í holuna, að öllum líkinda vegna svifefna sem bárust með niðurdælingarvatni í hana. Enn virðist þó vatnslekt gegnum tappann til botnæðarinnar. Gerð er nánari grein fyrir þessu í viðaukanum.

2.3 Suðurhlíðar Kröflu

Að venju voru mælingar í holum KJ-16 og KJ-18 nýttar til að meta hita- og þrýstiástand Suðurhlíðakerfisins. Mælingarnar gengu vel og voru engin sérstök vandkvæði við að fara í þessar holur. Hola KJ-18 hefur staðið lokað frá borun árið 1981 og hola KJ-16, sem blés á árunum 1981-84, hefur síðan ýmist staðið fulllokuð eða verið í blæðingu. Hinar fjórar holurnar á Suðurhlíðasvæði, KJ-14, 17, 19 og 20 eru allar nýttar af Kröfluvirkjun.

Vinnsluholurnar í Suðurhlíðum blása yfir vetrarmánuðina, en eru settar á blæðingu yfir sumartímann, nema hola KJ-14. Hún var reyndar í blæðingu sumarið 1991, en hefur annars blásið stöðugt frá 1980. Massatakan hefur minnkað nokkuð síðustu árin. Frá 1990 til 1992 varð breytingin um 10%. Réði því m.a lokun holu KJ-14 sumarið 1991 og lengra sumarstopp 1992, en ekki afbreytingar í holunum sjálfum. Vorið 1993 mældist hins vegar veruleg aflmínkum í holu KJ-20. Er talið að massatakan úr Suðurhlíðakerfinu hafi dregist saman um allt að 15 % milli tveggja síðustu vinnslutímabíla af þessum sökum (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993).

Suðurhlíðar eru sjóðandi jarðhitakerfi. Á vesturhluta svæðisins, við holur KJ-14, 19 og e.t.v 20, fylgir hitastig og þrýstingur suðumarki niður á meira en 2 km dýpi. Austar á svæðinu, við holur KJ-16 og 17, nær suðan hins vegar einungis niður á 1000-1200 m dýpi. Þar tekur við um 270 °C heitt vatnskerfi. Hola 18 stendur austan í vinnslusvæðinu. Hvergi gætir suðu í holunni, en æðar neðan 2000 m dýpis eru í þrýstisambandi við vinnsluholur í Suðurhlíðum.

Helsta eftirlitsholan í Suðurhlíðum er hola KJ-16. Þrýstingur í henni hefur farið lækkandi allt frá borun árið 1981. Er þrýstilækkunin fram til 1993 á bilinu 8-10 bar, sem svarar til um 0,7 bara niðurdráttar á ári. Svipuð þrýstisaga hefur einnig mælst í holu KJ-18, þó breytingar þar séu

hægari en í holu KJ-16 vegna aukinnar fjarlægðar frá vinnslusvæðinu. Þrýstilækkun síðustu tíu ára í holu KJ-18 hefur verið um eða innan við 0,5 bar á ári. Eftirlitsmælingarnar haustið 1992 bentu til að hraði niðurdráttarins í Suðurhlíðum væri að aukast og lágu mælipunktur það haustið vel undir fyrri gildum. Var jafnvel talið að þetta stafaði af minnkun í vatnsforða svæðisins (Benedikt Steingrímsson o.fl., 1993). Mælingarnar nú sýna hins vegar að þrýstingur hefur hækkað á ný og reyndist hann svipaður í holum KJ-16 og KJ-18 og mældist sumarið 1991. Svipaða sögu má lesa úr vatnsborði holu KJ-18 (mynd 1). Freistandi er að afgreiða sveiflur af þessu tagi með skekkju í mælitækjum haustið 1992. Það er þó frekar ódýr skýring þegar haft er í huga að sami þrýstimælir var notaður í öllum eftirlitsmælingum haustið 1992 og sýndi hann eðlileg mæligildi í öðrum holum. Af þessum sökum höldum við því fram að þrýstingur hafi í raun verið óvenju lágur í Suðurhlíðum haustið 1992. Minni massataka úr svæðinu veturinn 92/93 hefur svo nægt til að haustþrýstingurinn hresstist á nýjan leik.

Það voru ekki eingöngu þrýstimælingarnar haustið 1992 í Suðurhlíðum, sem sýndu miklar breytingar. Þannig lækkaði hiti í holu KJ-16 um 15°C á 1300-1700 m dýpi í holunni. Kælingin var skýrð með rennsli milli æða í holunni, sem orsakaðist af ójafnvægi í vatnsæðaþrýstingi. Þessi kæling var horfin nú í haust enda hafði holuþrýstingurinn hækkað að nýju. Aðrar markverðar hitabreytingar hafa ekki komið fram í Suðurhlíðum. Reyndar hefur hiti djúpt í holu KJ-18 lækkað með tímanum, en orsök þeirrar kælingar er niðurrennsli úr æðum ofan þúsund metra dýpis.

Lengri sumarhvið Suðurhlíðakerfisins hefur því skilað sér í hærri haustþrýstingi en áður. Þessi niðurstaða leiðir jafnframt til þeirrar ályktunar að minnkuð afköst holu KJ-20 megi fremur rekja til breytinga í jarðhitakerfinu allra næst holunni eða í holunni sjálfri, fremur en til víðfeðmra ástands-breytinga í sjálfu Suðurhlíðakerfinu. Þann fyrirvara verður þó að gera við þessa ályktun að eftirlitsmælingarnar, sem byggt er á, eru gerðar í holum sem eru mun austar en KJ-20.

2.4 Hvíthólasvæðið

Heppilegasta eftirlitsholan með Hvíthólakerfinu er hola KJ-23. Sú hola hefur verið stífluð síðustu árin og er því óaðgengileg til mælinga. Hola KJ-22 gagnast ekki heldur til eftirlits og er vinnsluholan KJ-21 því eina eftirlitsholan á svæðinu í dag. Í viðaukanum er gerð grein fyrir mælingunum sem gerðar voru í holunni í haust.

Kröfluvirkjun nýtir nú eingöngu holu KJ-21 á Hvíthólasvæðinu. Hola KJ-22 blés af og til fram til ársins 1987 en hola KJ-23 hefur staðið lokuð frá lokum borunar haustið 1983. Massataka úr svæðinu yfir vetrarmánuðina hefur numið að jafnaði um 35-40 kg/s. Þá er svæðið hvílt á sumrin. Árlegur vinnslutími hefur hins vegar styst síðustu tvö árin. Varð vinnslan úr Hvíthólasvæðinu veturinn 92/93 því um 25% minni en á árunum 89-91 (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993). Stemmur það vel við styttn rekstrartíma holu KJ-21. Hins vegar þarf að endurskoða massatökuna veturinn 91/92, því samkvæmt ofanefndri eftirlitsskýrslu var tekið meira upp úr svæðinum þann vetur en þá næstu á undan, þrátt fyrir styttri rekstrartíma.

Vinnslan úr Hvíthólasvæðinu hefur valdið verulegri þrýstilækkun í jarðhitakerfinu frá upphafi blásturs haustið 1982. Fram til 1987 féll þrýstingur í holu KJ-21 mjög hratt eða um 3 bar á ári. Síðan hefur þrýstingur breyst óreglulega. Fram til 1991 var breytingin heldur niður á við en þó innan við 0,4 bar á ári. Eftir að vinnslutími holunnar styttist hefur þrýstingur hækkað aftur og þarf að fara aftur til ársins 1986 til að finna hærri þrýsting en mældist nú.

Hitamælingar sýna kólnun í Hvíthólasvæðinu ofan 1000 m dýpis. Í holu KJ-23 var þessi kæling um 1°C á ári fram til 1991 (Benedikt Steingrímsson o.fl.,1992). Kæling mælist einnig í holu KJ-21 og helst hún í hendur við þrýstilækkun í holunni. Þannig var kælingin mest fram til 1987, og er greinilegt að suða í nágrenni holu KJ-21 hefur stjórnað kælingunni. Eftir 1987 hefur hiti haldist nokkurn veginn í jafnvægi í holu KJ-21, og má skýra þær breytingar sem sjást með misjafnri blæðingu úr holunni. Það er því athyglivert að hiti hefur ekki hækkað að nýju nú þegar þrýstingur hefur hækkað milli ára. Hiti haustið 1993 er meira að segja í lægri kantinum. Það gæti bent til þess að niðurdráttur sé enn að breiðast út í jarðhitakerfinu þó svo það komi ekki fram í holu KJ-21 eftir nokkurra mánaða hvíld. Langtíma niðurdráttur sést best í athugunarholum sem standa lokaðar langtímum saman. Engin slík hola er tiltæk á Hvíthólum síðan hola KJ-23 stíflaðist og er það miður. Athuga þyrfti möguleika á því að hreinsa stífluna úr holu KJ-23, t.d. með kröftugri ádælingu.

Í heild má því segja að lengd sumarhvíld Hvíthólakerfisins hafi leitt til stöðugs eða eilítið hærri haustþrýstings. Aftur á móti fer hiti þess eilítið lækkandi sem sýnir að vinnslan étur hægt og rólega af varmaforðanum sem er fólgin í berginu á svæðinu.

2.5 Bjarnarflag

Að þessu sinni var mælt í holum B-2, B-5 og B-9 í Bjarnarflagi. Greiðlega gekk að mæla og eru engin sérstök vandkvæði að stunda eftirlit í þessum holum, utan að nokkuð klifur er fólgið í mælingum á holu B-9. Í Bjarnarflagi er unnið úr þremur vinnsluholum, B-4, BJ-11 og BJ-12. Alls er talið að tæp 50 milljón tonn hafi verið tekin upp úr jarðhitakerfinu frá upphafi vinnslu árið 1963 (Ómar Sigurðsson, 1993).

Mælingarnar nú sýna að hiti ofangreindra eftirlitsholna er enn mjög truflaður af niðurrennsli kaldara vatns í jarðhitakerfið. Þetta niðurrennsli er talið hafa komist í gang í tengslum við Kröfluumbrot á árunum 1977-1980. Þó hægfara endurhitnun eigi sér stað er enn nokkuð í land með að holur B-5 og B-9 hafi náð fyrri hita. Hola B-2 fer hins vegar enn kólnandi. Veldur þar niðurrennsli í sjálfri holunni úr æðum á 230 og 280 m til æðar á 430 m dýpi.

Þrýstingur í þessum þremur holum hefur haldist nær stöðugur allt frá árinu 1980. Hámarks þrýstilækkun er á milli 1 og 2 bör. Má því ætla að vinnslan úr holum B-4, BJ-11 og BJ-12 valdi sáralitlum þrýstibreytingum ofarlega í jarðhitakerfinu. Undantekning er hola B-2. Þar kann þrýstingur að hafa lækkað nægilega í botnæðinni til að hleypa niðurrennslinu í gang. Nánar er vikið að þessu í viðaukanum.

Hola BJ-11 var síðast mæld árið 1987 og þá í blæstri. Holu BJ-12 tókst hins vegar ekki að lóða nema í 867 m sumarið 1989 vegna útfellinga. Sú lóðun var einnig gerð í blæstri. Holurnar sjóða báðar út í berg í vinnslu og einnig byggðu þær upp mjög háan toppþrýsting við langtíma lokun (80-100 bör). Þær þóttu því henta illa til eftirlitsmælinga. Nýlegar lokanir á holu BJ-11 hafa hins vegar sýnt að holan byggir nú upp hóflegan toppþrýsting við lokun og virðist jafnvel fara langt í að fyllast af vatni. Ef holan kemst aftur í slíkt ástand, er hún tilvalin til mælinga á djúpþrýstingi jarðhitakerfisins í Bjarnarflagi.

3. NIÐURDÆLING EFRI HLUTA VATNS TIL NEÐRI HLUTANS

Borholumælingarnar í Kröflu hafa margsinnis sýnt að vatn úr efri hluta Leirbotna rennur niður í neðra kerfið í borholum. Er nærtækast að minnast upphitunarmælinga í holum KG-25 og KG-26 í þessu sambandi. Minna er vitað um slíkt rennsli í bergi. Er helst að skoða megi gögn úr holu KJ-9 til að meta slíkt. Efnamælingar á holuvatninu sýna að það ber einkenni efri hluta vatns og er holan því flokkuð með efri hluta holum í efnaeftirlitsskýrslum (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993). Einnig sýna vatnsborðsmælingarnar á mynd 1 að vinnslan úr KJ-9 hefur veruleg áhrif á vatnsborð holna í efri hluta Leirbotna. Hér á eftir er gerð tilraun til að áætla tillag efra kerfisins til rennslis holu 9 og er þá einungis byggt á eftirlitismælingunum.

Hola KJ-9 var upphaflega boruð í 1101 m dýpi árið 1976. Þá vann hún eingöngu úr æðum sem tengjast efra kerfinu. Sumarið 1977 er holan fódruð í tæpa 1100 m og dýpkuð í 1263 m. Kom þá inn góð æð í 1226 m. Enn átti að örva og dýpka holuna árið 1982. Eftir nokkuð bras var borað út úr og niður í 1280 m dýpi. Holan virtist fylgja sprungu yfir einhverja tugi metra í endurboruninni. Er æðin á 1226 m því talin tengjast nær lóðréttu sprungu sem teygir sig hvoru tveggja upp til efri hlutans sem og niður í dýpri hluta Leirbotnakerfisins. Skýrir það hví hola KJ-9 er kölluð millikerfahola.

Hola KJ-9 var hita- og þrýstimælt í blæstri fyrir og eftir fódrun og dýpkun 1977. Myndir 6 og 7 í viðaukanum sýna mælingarnar. Af þeim má ráða að hiti efra kerfisins, í 1100 m er um 210 °C. Eins sýnir blástursmælingin eftir dýpkun að blandhiti æðarinnar á 1220 m er 255 °C. Berghiti á þessu dýpi var um 300 °C. Ef gert er ráð fyrir að efra hluta vatnið hitni óverulega á 100 m langri leið sinni að æðinni í 1220 m og að neðri hlutinn veiti eingögnu 300 °C heitu vatni til æðarinnar, má reikna minnsta mögulega tillag efra hlutans með eftirfarandi jöfnu

$$24,5\text{ °C} \approx 210\text{ °C} \times X + 300\text{ °C} \times (1-X)$$

þar sem 24,5 °C blandhiti samsvarar vermi holunnar eins og það mælist í aflmælingum (1050 kJ/kg) og X er massahluti vatnsins úr efri hlutanum. Fæst þá að minnst 60 % massans komi frá efri hlutanum.

Nú er vitað að flestar neðri hluta holnanna þorna alveg í blæstri. Er ekki ólíklegt að sama gerist í þeim hluta æðasprungunnar í holu KJ-9 sem liggur niður á við, þ.e. að hrein gufa komi frá neðra kerfinu til æðarinnar á 1206 m. Þrýstimælingin í blæstri (mynd 7) sýnir að æðaprýstingurinn fellur í um 80 bör í blæstrinum og skilar það gufu með vermið 2780 kJ/kg. Fæst þá um blöndunina:

$$1050\text{ kJ/kg} \approx 900 \times X + 2780 \times (1-X)$$

þar sem 900 kJ/kg vermið svarar til 210 °C vatnshita. Þetta gefur blandhlutfall X upp á rúm 90 %. Því er niðurstaða þessara blandreikninga að hola KJ-9 vinni 60-90 % af rennsli sínu úr efri hlutanum.

Það kann að skekkja ofangreinda útreikninga að ekki er gert ráð fyrir að efrihlutavökvinn hitni neitt á rúmlega 100 m langri leið sinni til æðanna neðan 1200 m í KJ-9. Sé gert ráð fyrir slíkri hitnun mun 60 % blandhlutfallið hækka en 90 % hlutfallið lækka. Líklegast er að vatnið hitni sáralítið vegna þess hve rennslið er mikið (20-30 kg/s) og vegalengdin stutt. Ávinningurinn af því að bæði kerfin vinna saman í holunni felst því fyrst og fremst í því að toppþrýstingur verður nógu hár í blæstri til að rennslið fari inn á háþrýstiskilju. Það veldur því að nær 10 % af 210 ° heita

vatninu úr efri hlutanum sýður yfir í háprýstigufu. Slík vinnsla er ómöguleg úr venjulegum efri hluta holum vegna þess hve toppprýstingur þeirra er lágur í blæstri.

Nú hefur runnið skiljuvatn frá holu KG-24 inn á holu KG-26 um nokkurt skeið. Hér er varpað fram þeirri hugmynd að skoðaður verði möguleikinn á að dæla þessu skiljuvatni niður í holu KJ-11 í nokkrar vikur eftir að vinnsla stöðvast vorið 1994. Vökvinn sem niður fer fær síðan að liggja í rúmlega 300 °C heitu neðra kerfinu í nokkra mánuði áður en hola 11 fer aftur í gos að hausti. Gæti þá stór hluti vatnsmagnsins, sem fór niður, skilað sér sem háprýstigufa í haust ef vel tekst til. Rétt er að minna á að ádæling gæti farið tímabundið af holu KG-26, nái þessi hugmynd fram að ganga, og þarf þá að huga að hvort slíkt sé óhætt vegna hugsanlegrar tæringarhættu.

4. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður af mælingaefirliti í Kröflu og Bjarnarflagi haustið 1993 ásamt samanburði við eldri mælingar eru eftirfarandi:

1. Greiðlega gekk að mæla í öllum eftirlitsholunum og er ástand þeirra til mælinga óbreytt frá fyrri árum. Þó má nefna að hola KJ-23 er enn stífluð á u.þ.b. 100 m dýpi. Engar útfellingar fundust í holu KG-24. Aftur á móti sýnir hitamæling í blæstri að vermi holunnar er um 810 kJ/kg í stað þeirra 920-940 kJ/kg sem mælingar á hljóðdeyfi gefa.
2. Þrýstingur í efri hluta jarðhitakerfisins í Leirbotnum hefur sjaldan eða aldrei mælst jafnhár og haustið 1993. Staðfestir það fyrri tilgátur um að enginn langtímaniðurdráttur myndist í kerfinu við núverandi vinnslu. Þetta bendir til mikillar vísðáttu jarðhitakerfisins og/eða greiðrar tengingar þess við grynri og kaldara vatnskerfi. Síðari skýringin þykir líklegri í ljósi lækkandi hita í holu KG-10.
3. Þær strjálu mælingar sem til eru um hita og þrýsting í neðri hluta Leirbotnakerfisins, benda til þess að hita- og þrýstibreytingar í því séu óverulegar.
4. Niðurdæling í holu KG-26 virðist hafa myndað um 70 m langan drullutappa neðst í holunni. Enn lekur þó vatn í gegnum hann til botnæða holunnar.
5. Þrýstingur í Suðurhlíðaholunum KJ-16 og KJ-18 stóð í stað eða hækkaði milli mælinga 1992 og 1993. Er hann svipaður nú og haustið 1991. Þetta má að öllum líkindum skýra með lengri sumarhvíld svæðisins, en einnig virðist sem þrýstingur holu KJ-16 hafi verið óvenju lágur haustið 1992. Hefur hækkaður þrýstingur í holu KJ-16 nú, væntanlega snúið ástandi millirennslis í holunni til fyrri vegar og er 10-15 °C kólnun, sem mældist 1992, gengin til baka.
6. Lengri sumarhvíld Hvíthólasvæðisins hefur einnig skilað sér í hækkuðum haustþrýstingi. Þarf að leita aftur til ársins 1986 til að finna hærri þrýsting en mældist haustið 1993. Hiti við holu KJ-21 er hins vegar enn á hægri niðurléið, sem sýnir að staðbundið varmanám á sér stað vegna suðu í jarðhitakerfinu. Sérlega vantar mælingar í holu KJ-23 til að meta útbreiðslu þessa.
7. Skoðun hita- og þrýstimælinga í holu KJ-9 bendir til að 60-90 % vökvans úr holunni komi úr efri hluta Leirbotna. Er þessi vinnsla því dæmi um eins konar náttúrulega niðurdælingu efri hluta vatns til neðri hlutans. Óvíst er hvort mikill viðbótarvarmi vinnist með þessu móti, þar sem efri hluta vatnið rennur einungis um 100-150 m leið í neðri hlutanum áður en það kemur inn í holu KJ-9. Lagt er til að prófuð verði nokkurra vikna niðurdæling vökvans úr holu KG-24 í holu KJ-11 vorið 1994 þegar Kröfluvirkjun stöðvast. Þetta vatn fær nokkra mánuði til að hitna upp í neðra kerfinu. Kemur þá í ljós að hausti hvort niðurdælingin bæti einhverju við langtímaafköst holu KJ-11.
8. Hiti í Bjarnarflagi er enn nokkuð truflaður af niðurrennslu kaldara vatns í jarðhitakerfið og vegna millirennslis í borholum. Þetta niðurrennslu hljóp af stað við Kröfluumbrotin 1977-1980. Þrýstingur er hins vegar stöðugur ofan til í jarðhitakerfinu. Virðist sem vinnslan úr holum B-4, BJ-11 og BJ-12 nái ekki að hafa mælanleg áhrif í eftirlitsholunum, enn sem komið er.

5. HEIMILDASKRÁ

- Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Sæþór L. Jónsson og Sverrir Þórhallsson, 1989: *Borholur í Bjarnarflagi*. Orkustofnun OS-89046/JHD-21 B, 87s.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1990: *Krafla-Vinnslueftirlit. Borholumælingar 1990*. Orkustofnun, OS-90048/JHD-28 B, 48 s.
- Benedikt Steingrímsson, Grímur Björnsson og Hilmar Sigvaldason, 1992: *Krafla-Vinnslueftirlit. Borholumælingar 1991*. Orkustofnun, OS-92004/JHD-01 B, 41 s.
- Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Grímur Björnsson, 1993: *Krafla-Vinnslueftirlit. Borholumælingar 1992*. Orkustofnun, OS-93017/JHD-09 B, 35 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1989: *Kröflustöð. Afköst og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás í maí 1989*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 51 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1990: *Kröflustöð. Afköst og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás í maí 1990*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 56 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1991: *Kröflustöð. Afköst og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás í maí 1991*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 54 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1992: *Kröflustöð. Afköst og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás í apríl 1992*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 50 s.
- Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1993: *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borholna og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás í apríl 1993*. Landsvirkjun, Kröflustöð, 56 s.
- Ómar Sigurðsson, 1993: *Jarðhitakerfið í Bjarnarflagi: Mat á hita, þrýstingi og afköstum*. OS-93016/JHD-08 B, 45s.

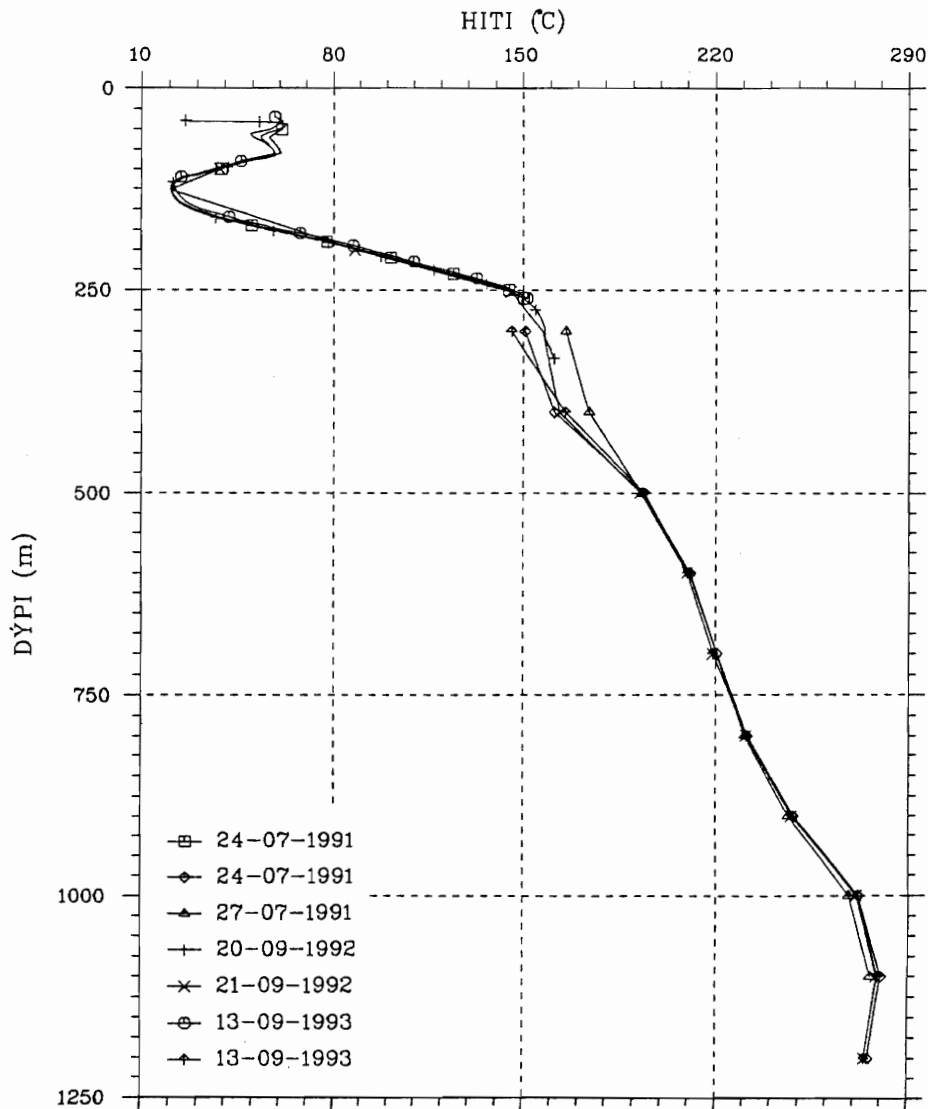
VIÐAUKI: Lýsing mælinga í einstökum borholum

Hola KJ-6

Hola KJ-6 var hita- og þrýstimæld 13. september 1993. Vatnsborð mældist á 29,35 m dýpi m.v. kjallarabrún. Það er um 10 m hærra en haustið 1992. Hefur það aldrei áður mælst svo ofarlega.

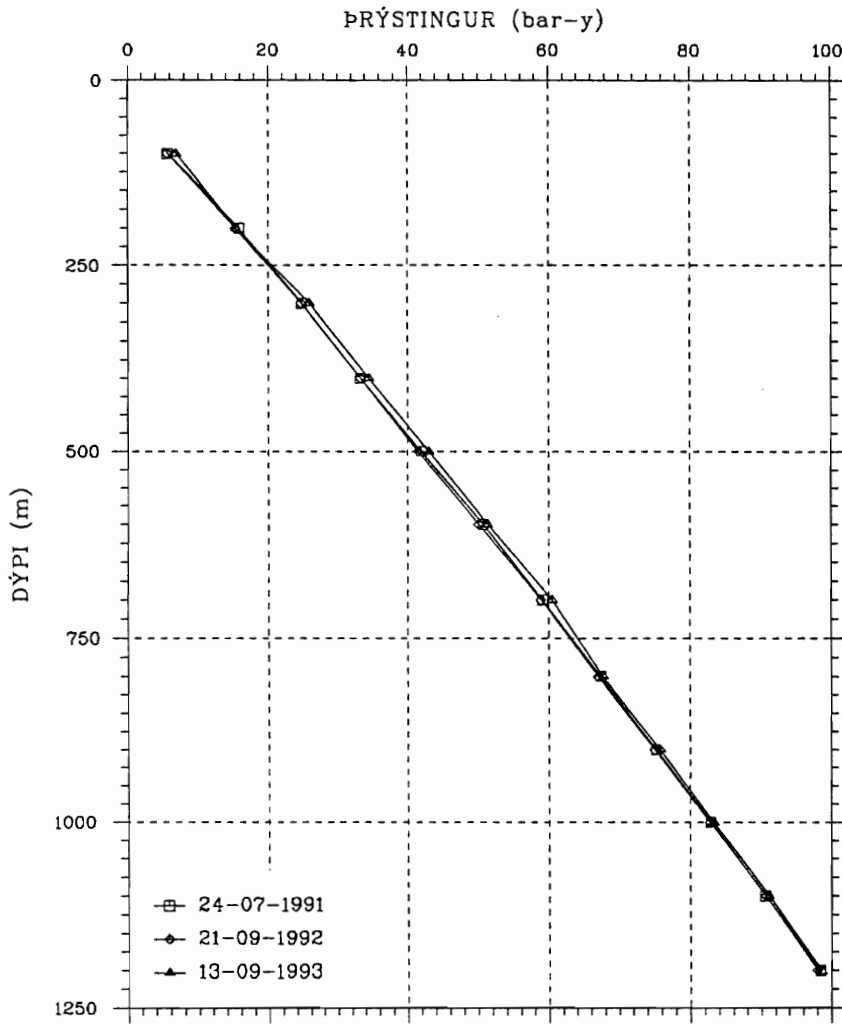
Niðurstöður hita- og þrýstimælinga í holu KJ-6 eru sýndar á myndum 2 og 3, en myndir 4 og 5 sýna hita og þrýsting með tímanum á 600 og 1000 m dýpi í holunni. Litlar sem engar hitabreytingar hafa verið milli ára í þessari holu, síðan henni var lokað sumarið 1984. Þrýstingur hækkaði hins vegar ár frá ári eftir lokun holunnar 1984, en eftir 1988 hafa breytingar milli ára verið óverulegar, eða á bilinu 1-2 bör. Vatnsborð er mælt reglulega í holunni, og hafa þær mælingar sýnt að þrýstingur sveiflast í takt við vinnslu úr Leirbotnasvæðinu. Er ársveiflan í vatnsborði um 40-50 m, eða sem samsvarar þrýstisveiflu upp á 4-5 bar. Er vikið að þessu í yfirlitskaflanum um ástand vinnslusvæða.

7 Feb 1994 grb
L= 58006 Oracle



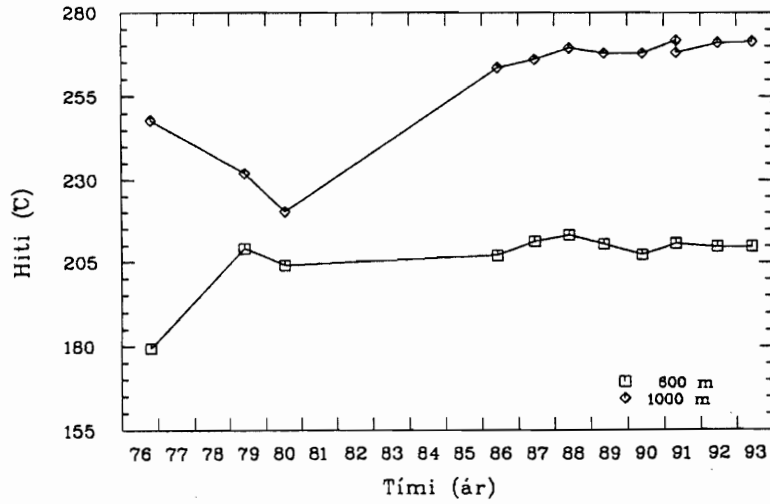
Mynd 2: Hitamælingar í holu KJ-6

7 Feb 1994 grb
L= 58006 Oracle

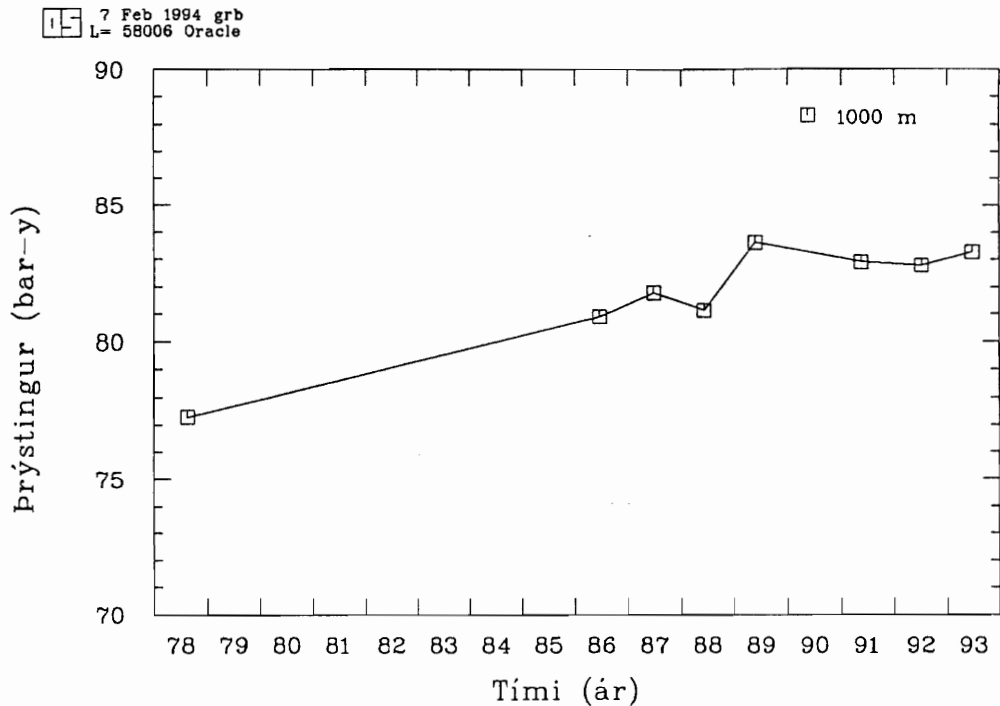


Mynd 3: Þrýstimælingar í holu KJ-6

7 Feb 1994 grb
L= 58006 Oracle



Mynd 4: Hiti á 600 og 1000 m dýpi í holu KJ-6



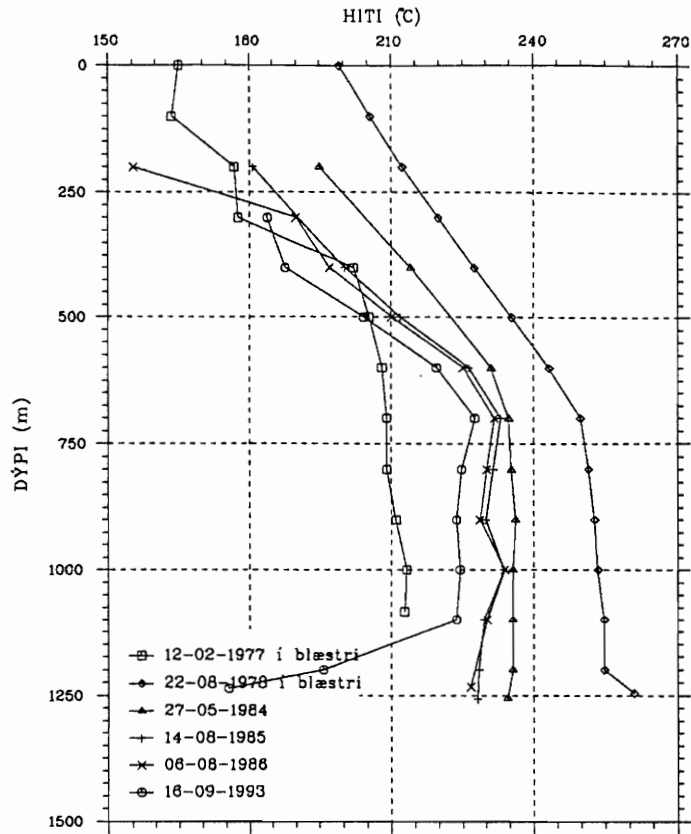
Mynd 5: Þrýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-6

Hola KJ-9

Hola KJ-9, hefur ekki fallið undir hið árlega mælingaefirlit í Kröflu. Hún vinnur úr einni vatnsæð á rúmlega 1200 m dýpi og tengist æðin báðum Leirbotnakerfunum. Þrýstimælingar í holunni eru einn af fáum möguleikum sem gefast til að kanna niðurdrátt í dýpri hlutum Leirbotnakerfisins. Var því ákveðið að taka holuna inn í reglulega mælingaefirlitið haustið 1992.

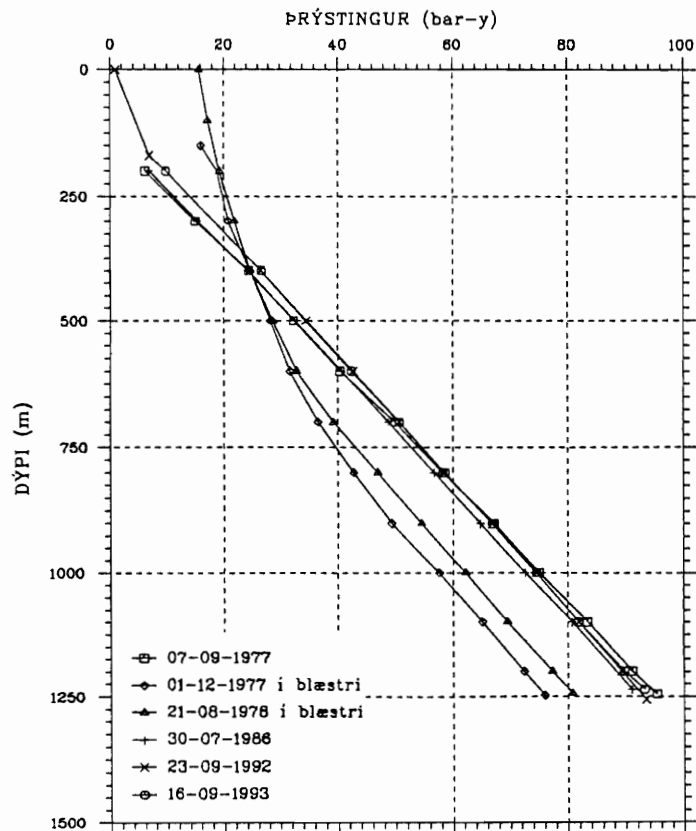
Hola KJ-9 var kæfð í ágúst 1993 og árleg hreinsun á kalkútfellingum gerð. Eftir það stóð holan lokuð til 16. september, þegar kom að mælingaefirlitinu. Niðurstöður hita- og þrýstimælinganna eru sýndar á myndum 6 og 7 ásamt nokkrum eldri mælingum, en breytingar með tíma á 1200 m dýpi eru sýndar á myndum 8 og 9. Hiti í holu KJ-9 er samkvæmt mælingunum nokkuð breytilegur. Hér er þó ekki talið vera um breytingar í berghita að ræða heldur að margar mælinganna eru gerðar skömmu eftir að holan hefur verið kæld vegna hreinsana. Þetta skýrir því lág mæligildi á árunum 1979-82 og einnig í september 1993. Skoðun á aflmælingum úr holunni sýnir að vermi borholuvökvans hefur lítið breyst síðustu tíu árin og mælist gjarnan á bilinu 1020-1050 kJ/kg (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1992). Þetta samsvarar 230-250°C innstremishita vinnsluæðarinnar á 1200 m.

7 Feb 1994 grb
L= 58009 Oracle



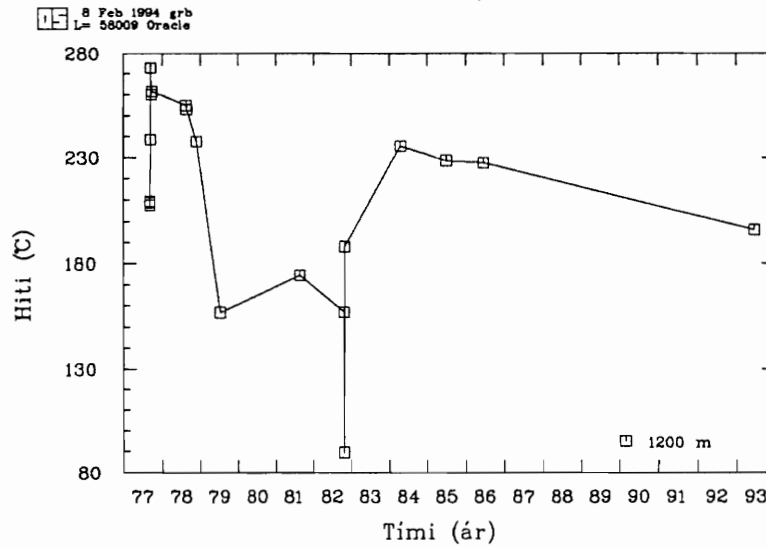
Mynd 6: Hitamælingar í holu KJ-9

8 Feb 1994 grb
L= 58009 Oracle

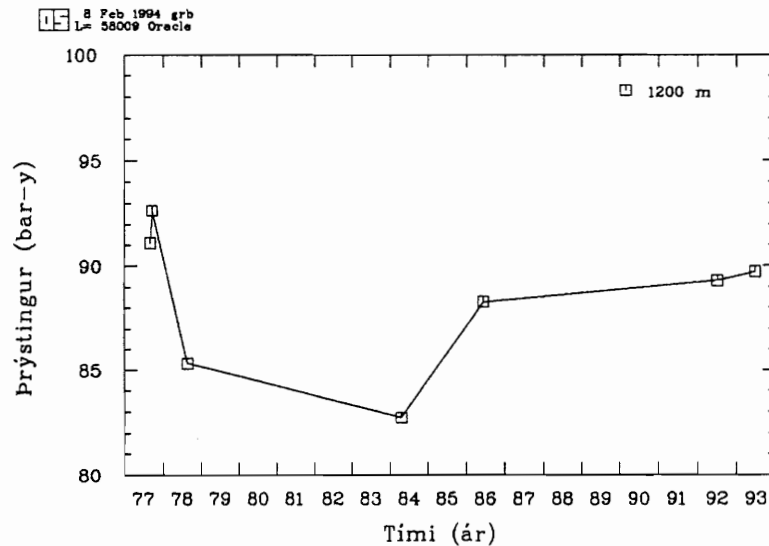


Mynd 7: Þrýstimælingar í holu KJ-9

Þrýstingur í KJ-9 hefur einnig mælst nokkuð breytilegur milli ára. Hér eru ekki um áhrif frá hreinsunum ræða heldur er það vinnsla úr holunni sem veldur breytileikanum. Til dæmis voru mælingarnar frá 1977, 1978 og 1984 gerðar ýmist í blæstri eða skömmu eftir að holan hafði blásið. Það sem skiptir hins vegar máli á mynd 9 er að þrýstingur síðustu árin er nánast sá sami og mældist strax eftir dýpkun holunnar 1977. Virðist niðurdráttur yfir tímabilið vera um eða innan við 2 bar.



Mynd 8: Hiti á 1200 m dýpi í holu KJ-9.

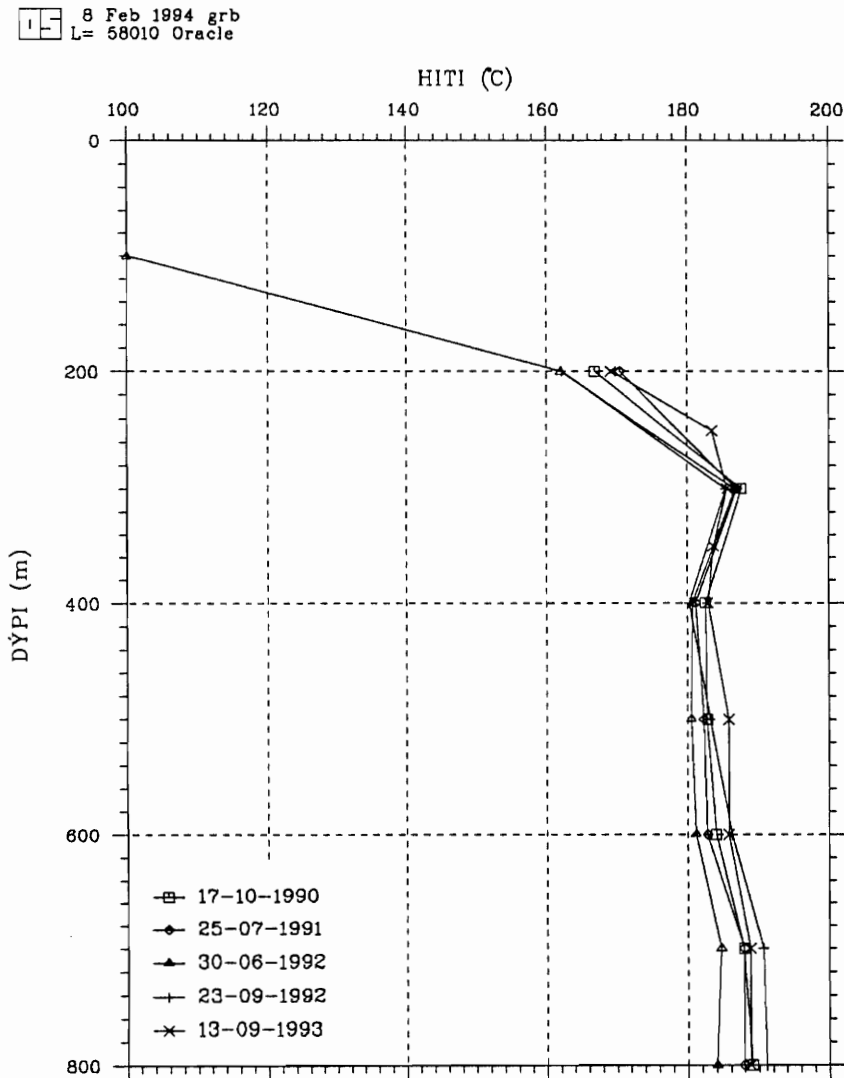


Mynd 9: Þrýstingur á 1200 m dýpi í holu KJ-9.

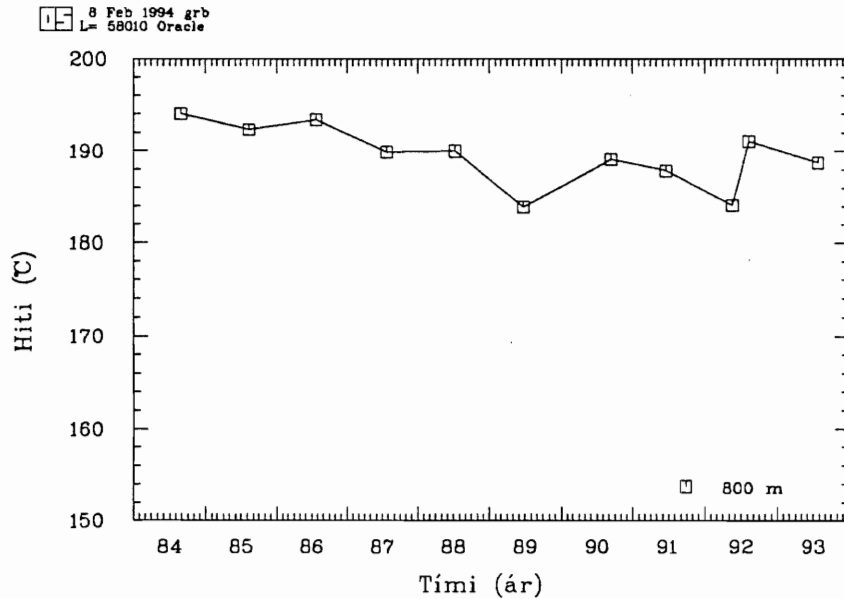
Hola KG-10

Hola KG-10 var hita- og þrýstimæld þann 13. september 1993. Vatnsborð holunnar mældist á 90,9 m dýpi.

Mynd 10 sýnir hitamælinguna ásamt nokkrum eldri mælingum, en mynd 11 sýnir hita á 800 m dýpi í holunni frá 1984. Nokkuð flökt hefur verið á hitanum og er talið að vetrarvinnslan úr efri hluta Leirbotna dragi kaldara vatn inn kerfið í nágrenni holu KG-10. Hiti í holunni er því lægri að vori en hausti og sést þetta vel í mælingunum frá 1992. Sömuleiðis er talið að sú hægfara kæling, sem sjá má á mynd 11, sé vegna þessa rennslis inn í Leirbotnakerfið.

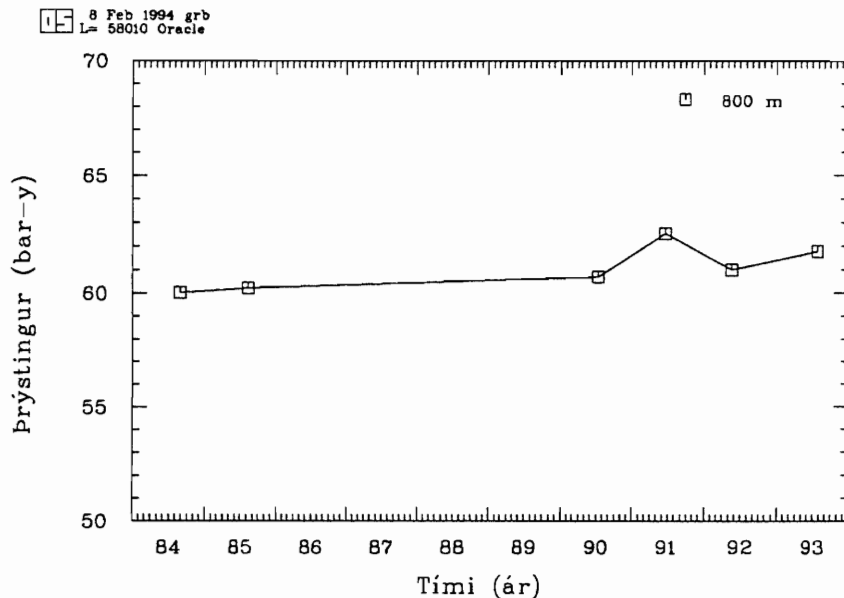


Mynd 10: Hitamælingar í holu KG-10.



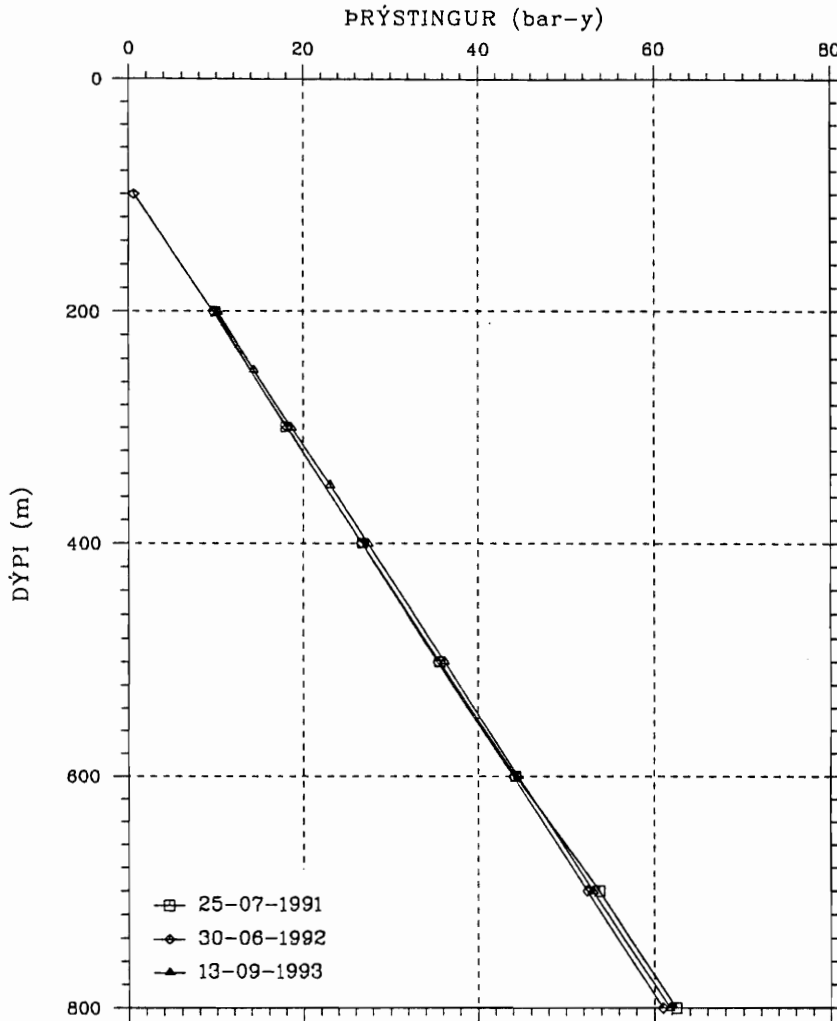
Mynd 11: Hiti á 800 m dýpi í holu KG-10.

Þrýstingur í holu KG-10 hefur farið heldur hækkandi undanfarin ár (myndir 12 og 13). Hár þrýstingur sumarið 1991 skýrist reyndar af því, að þá stóð yfir dæling í holu KG-25 skammt norðan holu KG-10, en að þeim mælipunkti frátöldum má sjá að þrýstihækkunin frá 1984 er um 2 bar. Svipuð breyting sést einnig í vatnsborðsmælingum. Fyrr á árum var vatnsborð yfirleitt á 105-110 m dýpi en mældist sumarið 1993 á tæplega 91 m dýpi og hefur "ótruflað" vatnsborð ekki mælst áður svo ofarlega í holunni. Er þetta í góðu samræmi við mælingar í öðrum efrakerfis holum, sem sýna að enginn langtíma niðurdráttur er í kerfinu. Er þrýstingur nú svipaður og þegar boranir hófust í Kröflu um miðjan áttunda áratuginn.



Mynd 12: Þrýstingur á 800 m dýpi í holu KG-10

8 Feb 1994 grb
L= 58010 Oracle

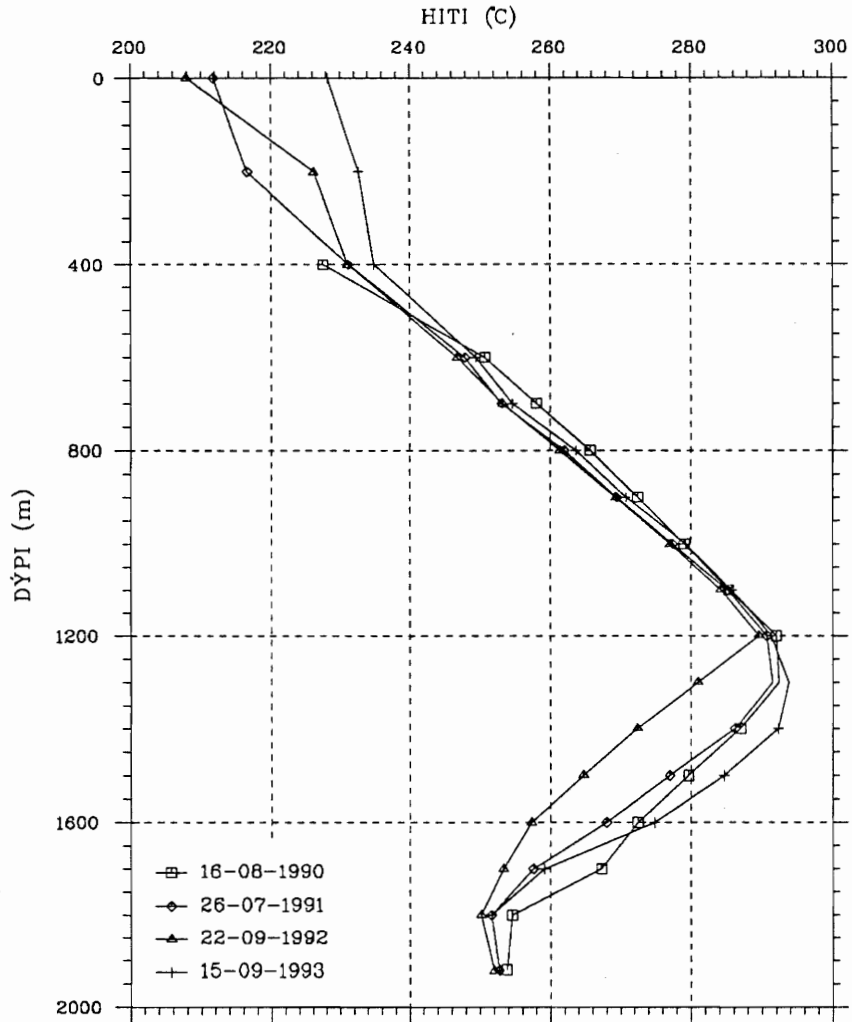


Mynd 13: Þrýstimælingar í holu KG-10

Hola KJ-16

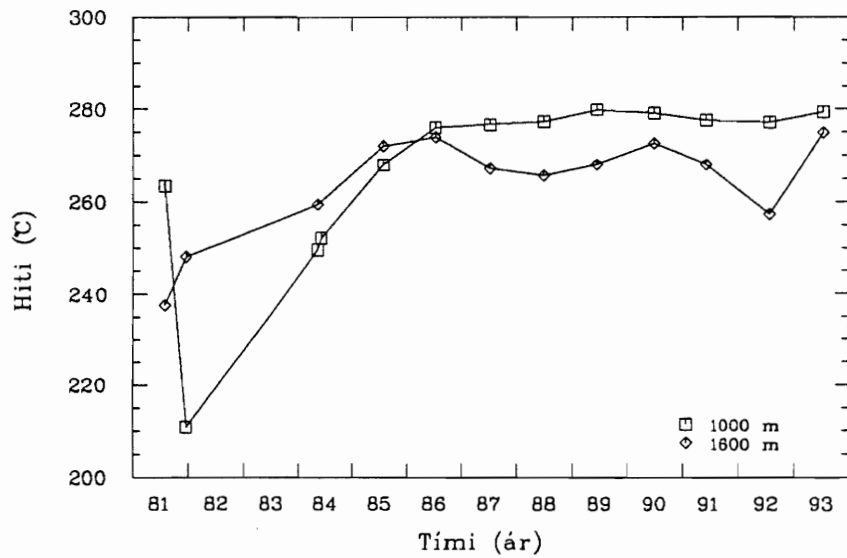
Hola KJ-16 var hita- og þrýstimæld 15. september 1993. Hún hefur verið í blæðingu undanfarin ár. Var toppþrýstingur um 31 bar áður en mælt var, hækkaði í 38 bar á meðan mælingar stóðu yfir. Myndir 14 og 15 sýna hitamælingarnar með dýpi og tímanum ásamt nokkrum eldri mælingum. Ekki hafa komið fram marktækar hitabreytingar í holu KJ-16 ofan 1200 m eftir að holan var tekin úr vinnslu um miðjan síðasta áratug og sömuleiðis hefur hiti í botni staðið í stað. Hins vegar mældist allt að 20°C kólnun á dýptarbilinu 1300-1700 m árið 1992, eins og greint var frá í síðustu eftirlitsskýrslu (Benedikt Steingrímsson o.fl., 1993). Kælingin hafði hins vegar gengið tilbaka haustið 1993 og er hiti svipaður nú og fyrir 1991 (sjá mynd 15). Í áður nefndri eftirlitsskýrslu var talið að hitabreytingin stafaði af breyttu millirennslu í holunni vegna aukins niðurdráttar. Hærri hiti í holunni nú styður þessa tilgátu, enda er þrýstingur í kerfinu hærri haustið 1993, en árinu fyrr og svipaður og 1991 eins og sést af mynd 17.

8 Feb 1994 grb
L= 58016 Oracle



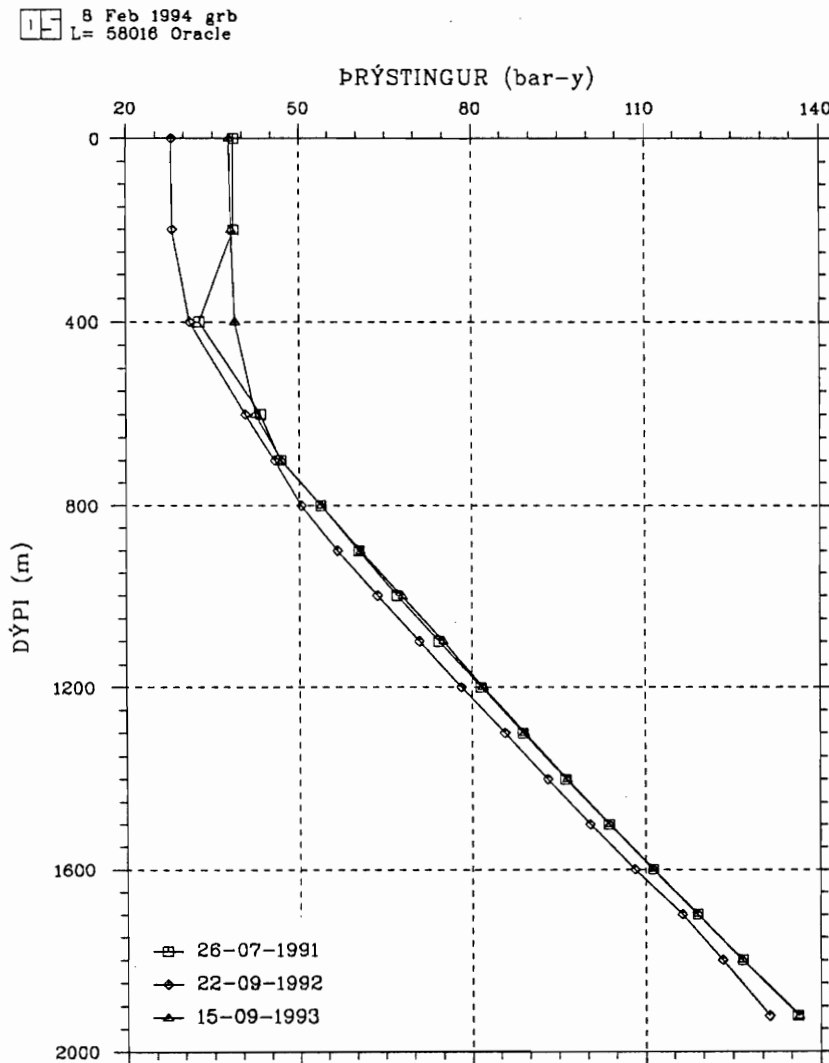
Mynd 14: Hitamælingar í holu KJ-16

8 Feb 1994 grb
L= 58016 Oracle

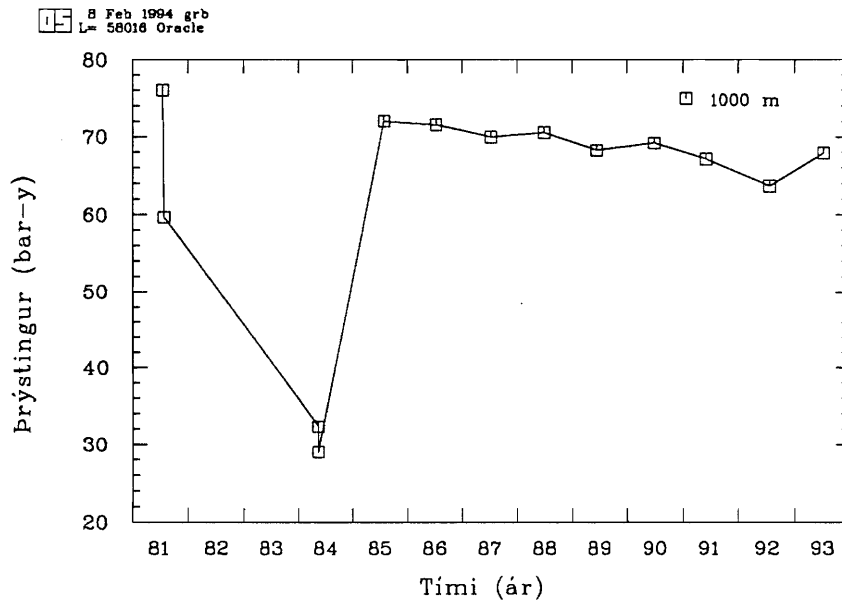


Mynd 15: Hiti á 1000 og 1600 m dýpi í holu KJ-16

Mynd 16 sýnir þrýstimælingu með dýpi og mynd 17 sýnir þrýstisögu KJ-16 á 1000 m dýpi. Fram til 1984 var holan blásandi og skýrir það lágan mældan þrýsting, en síðan hefur holan staðið í blæðingu. Þrýstingur á 1000 m dýpi er talinn hafa verið um 76 bar á árinu 1981, en hann mælist nú um 68 bar. Árleg þrýstilækkun á tímabilinu er um 0,6-0,8 bar samkvæmt þrýstisögunni á mynd 17 og hefur lækkunin verið nokkuð jöfn á tímabilinu, nema hvað mælipunkturinn frá 1992 sker sig úr sem óeðlilega lágur, en á móti er þrýstingurinn síðastliðið haust í hærra lagi.



Mynd 16: Þrýstimælingar í holu KJ-16



Mynd 17: Prýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-16

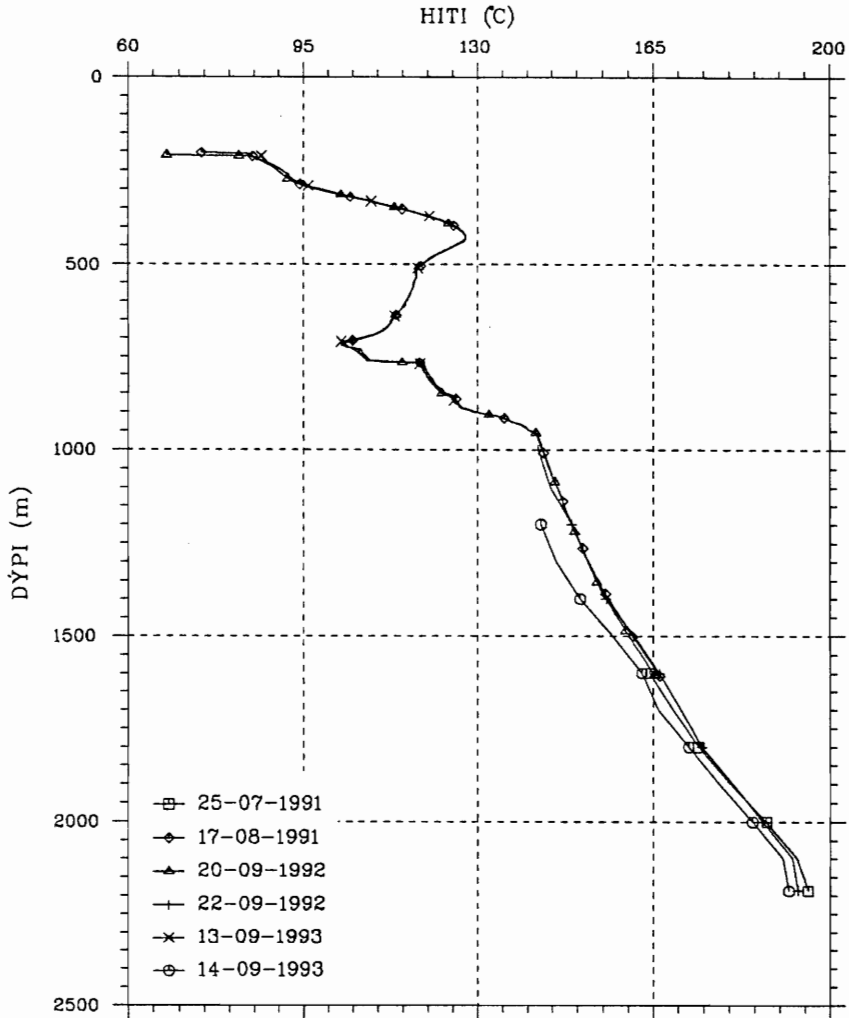
Hola KJ-18

Hola KJ-18 er austan við vinnslusvæði Suðurhlíða. Berghiti við holuna er innan við 150°C ofan 1200 m dýpis, sem er um 100°C lægri hiti en ríkir í vinnslusvæðinu á þessu dýptarbili. Holan var hitamæld með rafeindamæli í 900 m dýpi 13. september 1993. Degi síðar var neðri hluti holunnar hitamældur með Ameradamæli og öll holan þrýstimæld. Vatnsborð mældist á 206,85 m dýpi, sem er tveimur metrum hærra en haustið 1992. Myndir 18 og 19 sýna hitamælingar síðustu ára, bæði með tímanum og með dýpi.

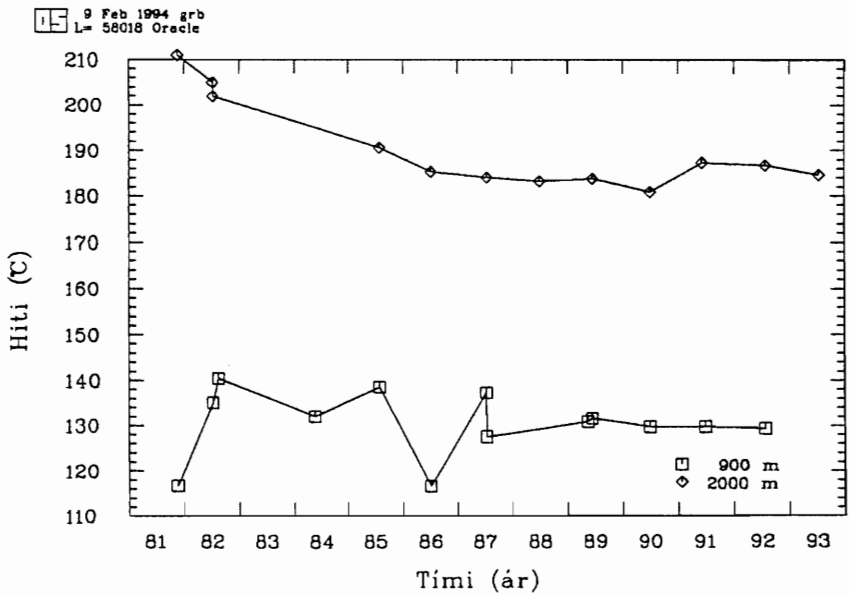
Talið er að seilt sé niður holu KJ-18 úr tiltölulega köldum æðum ofan 1000 m niður undir holubotn og hefur hiti farið lækkandi djúpt í holunni. Mest var þessi breyting á árunum fram til 1986. Haustið 1993 mælist sami hiti og undanfarin ár niður á 900 m dýpi. Mælingin með Ameradamæli sýnir hins vegar kælingu upp á 2-7°C frá 1200 m og niður í holubotn og mældist minnsta kælingin í botni. Bendir kælingin til þess að niðurrennsli hafi hafi eitthvað aukist í holunni. Þó verður að hafa í huga að Ameradamælirinn, sem notaður var vinnur á bilinu 140-310°C. Hér var því verið skoða hita við neðri mörk mælisviðsins, þar sem mæliskekkja er mest. Kælingin er því væntanlega ofmetin, og er teljum við að hún sé tæpast meiri en 3°C neðan 1200 m í holunni.

Myndir 20 og 21 sýna þrýstimælingar í holu KJ-18. Prýstingur hefur farið lækkandi í holunni og er meðallækkunin 0,4-0,5 bar á ári, ef miðað er við allt mælitímabilið frá 1981 til 1993. Fer þrýstifallið saman við þrýstisögu KJ-16. Þó er þrýstingur á 900 m dýpi stöðugur nú, öfugt við hækkaðan þrýsting KJ-16 milli 1992 og 1993 (myndir 17 og 21).

9 Feb 1994 grb
L= 58018 Oracle

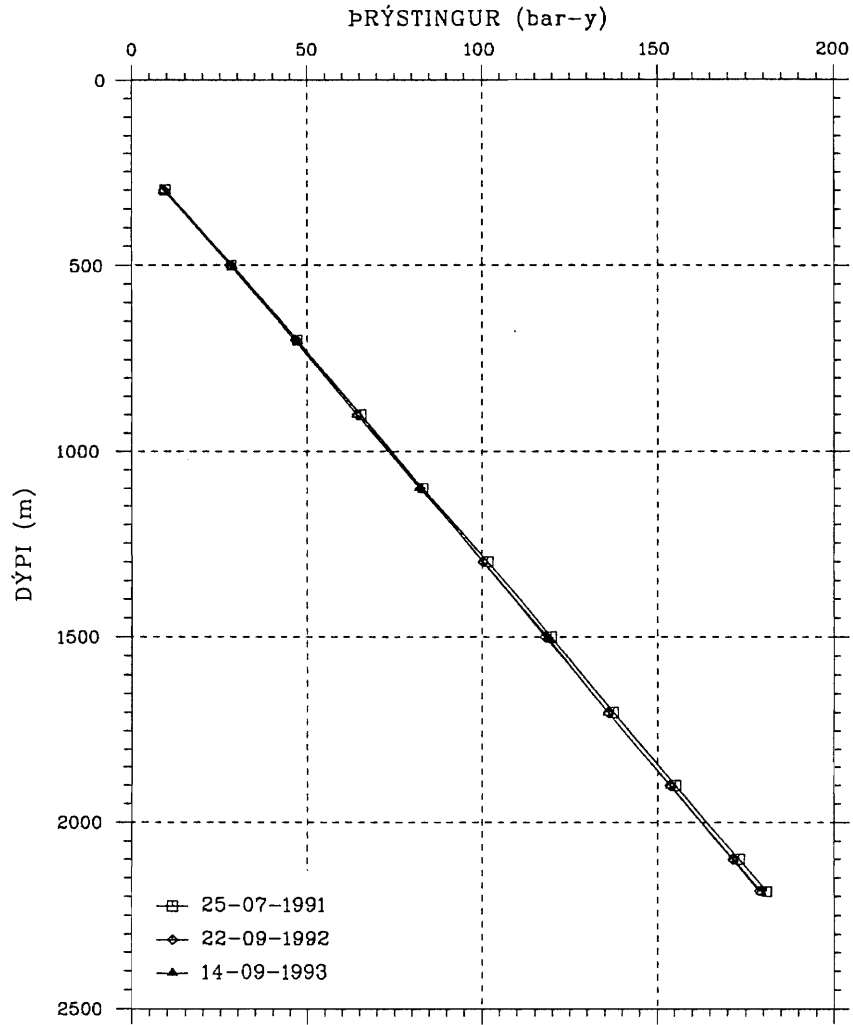


Mynd 18: Hitamælingar í holu KJ-18



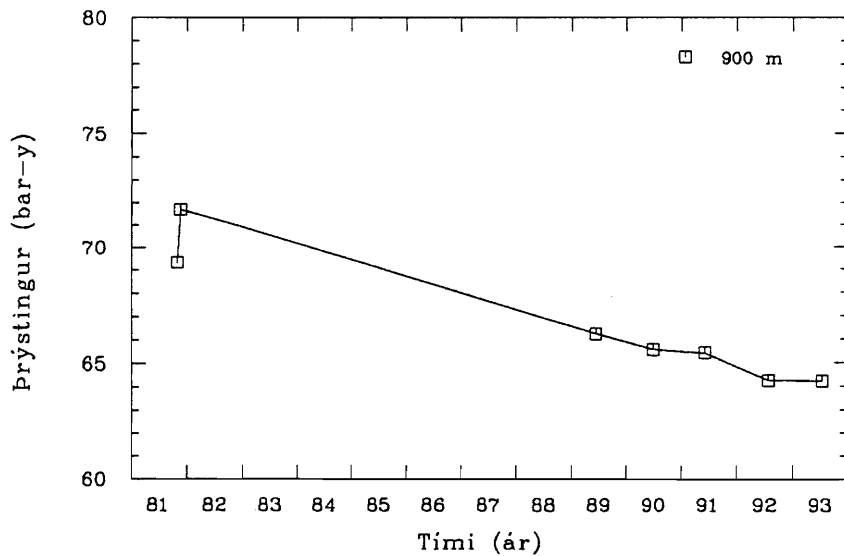
Mynd 19: Hiti á 900 og 2000 m dýpi í holu KJ-18

9 Feb 1994 grb
L= 58018 Oracle



Mynd 20: Þrýstimælingar í holu KJ-18

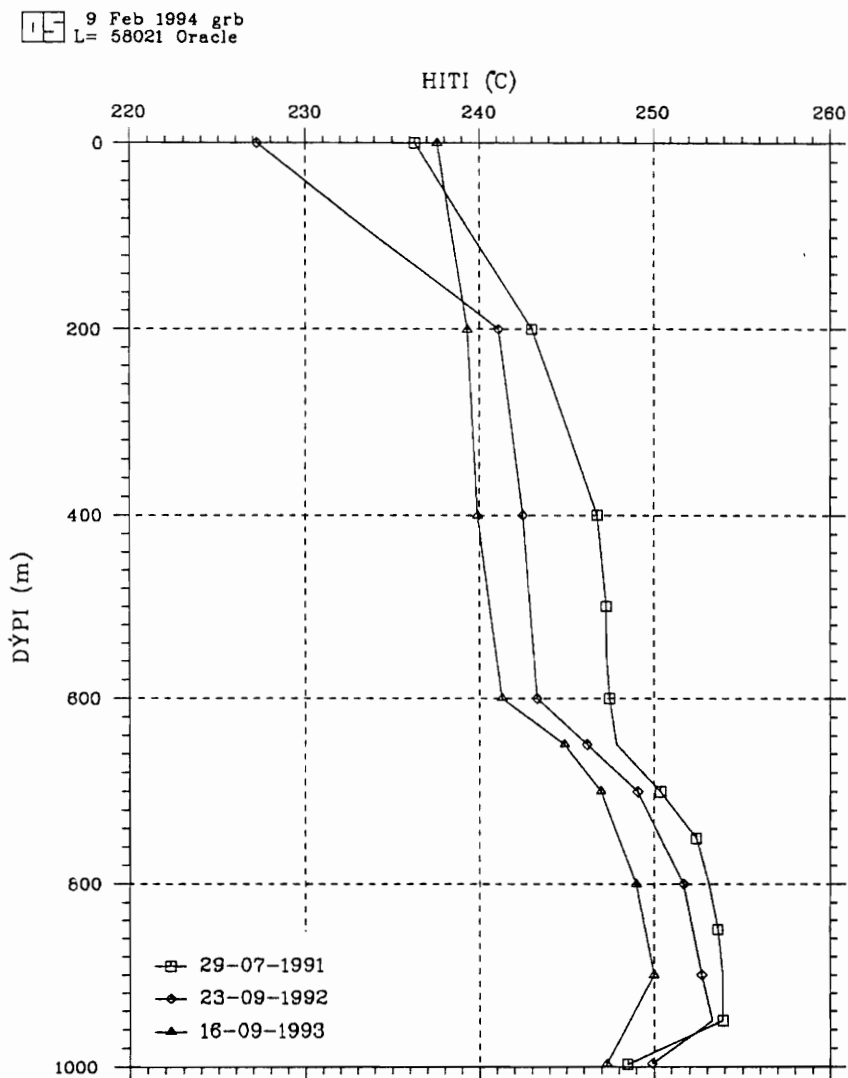
9 Feb 1994 grb
L= 58018 Oracle



Mynd 21: Þrýstingur á 900 m dýpi í holu KJ-18

Hola KJ-21

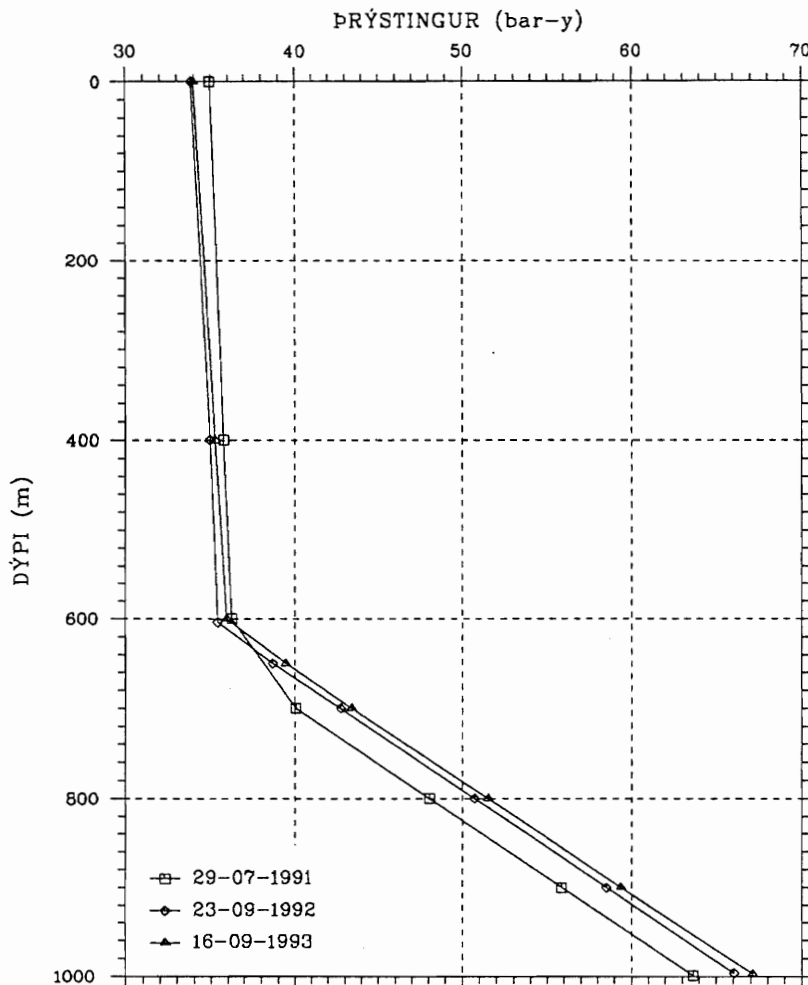
Hola KJ-21 var hita- og þrýstimæld 16. september 1993. Holan var í blæðingu fyrir mælingarnar og var toppþrýstingur um 36 bar sem er svipað og undanfarin ár. Hitamælingin haustið 1993 er sýnd á mynd 22 ásamt mælingum frá 1991 og 1992. Suðuborð er í holunni á rúmlega 600 m dýpi, og er hiti neðan þess heldur lægri en undanfarin ár og munar 2-3°C. Þessi kæling kann að stafa af meiri blæðingu nú úr holunni en áður, en vitað er að hiti fellur um nokkrar gráður þegar blæðing er mikil (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1990). Erfitt er hins vegar að meta nákvæmlega hvað blæðingin er mikil hverju sinni, þar sem blæðiblendur slitna með tímanum og gatið sem blætt er um fer því hægt stækkandi.



Mynd 22: Hitamælingar í holu KJ-21.

Þrýstimælingin frá 16. september er sýnd á mynd 23 ásamt tveimur eldri mælingum. Hafa ber í huga að mælingar síðustu tveggja ára eru gerðar eftir um 5 mánaða vinnsluhlé, en mælingin frá 1991 eftir um helmingi styttri hvíld á svæðinu. Þetta skýrir hvers vegna þrýstingur mælist svo hár í svæðinu síðustu tvö árin og er þrýstingurinn haustið 1993 jafnvel enn hærri en árið áður.

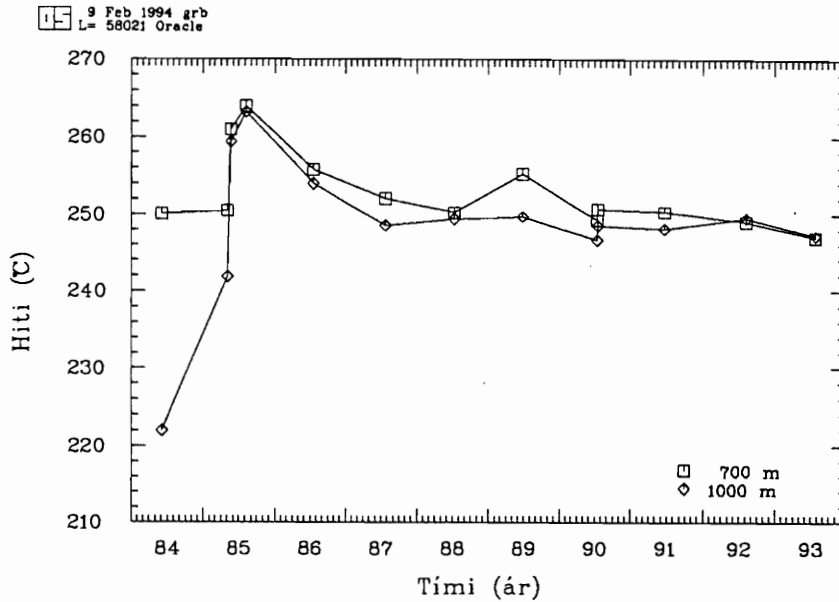
9 Feb 1994 grb
L= 58021 Oracle



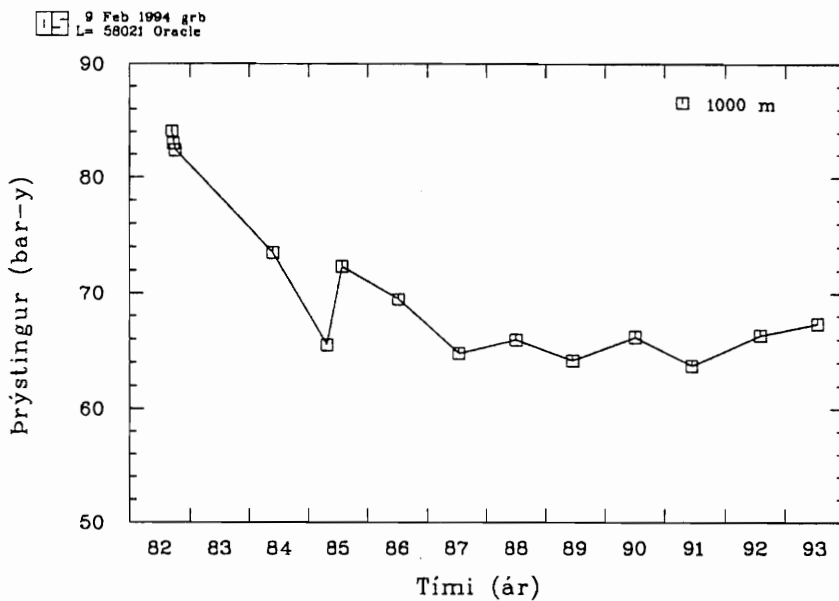
Mynd 23: Þrýstímælingar í holu KJ-21

Myndir 24 og 25 sýna sögu hita og þrýsting á 700 og 1000 m dýpi frá 1984. Fyrstu tveir punktarnir eru mældir eftir endurfóðrun holunnar vorið 1984 og vorið 1985, strax eftir stöðvun vinnslu. Aðrir mælipunktur fengust síðla sumars eftir að holan hafði verið hvíld í nokkra mánuði. Hiti mældist hæstur í holu KJ-21 í ágúst 1985, en lækkaði um nærri 10°C fram til 1987. Hiti hefur síðan haldist nokkuð stöðugur, ef frá er talin óvenju hár hiti sumarið 1989. Haustmælingin 1993 er í lægri kantinum eins og áður hefur komið fram. Skýra má breytingar sem sjást í hita í holunni síðustu árin með mismikilli blæðingu, en hins vegar er ekki hægt að útiloka að einhverrar kælingar gæti í jarðhitakerfinu neðan 600 m vegna suðu.

Þrýstingur holu KJ-21, og þar með Hvíthólakerfisins, hefur lækkað verulega frá því sem hann var áður en vinnsla hófst haustið 1982. Fyrstu fimm árin féll þrýstingur mjög hratt eða um 3 bar á ári, en eftir 1987 hefur þrýstingur á 1000 m dýpi haldist svipaður ár frá ári, ef tillit er tekið til þrýstijöfnunar í holunni eftir vinnslu. Lágur þrýstingur sumrin 1989 og 1991 ræðst því fyrst og fremst af hversu snemma er mælt þessi sumur. Síðustu tveir þrýstipunktarnir eru hins vegar mældir eftir tvöfalt lengra vinnslustopp en áður og hefur ekki mælst jafn hár þrýstingur í Hvíthólasvæðinu síðan 1986.



Mynd 24: Hiti á 700 og 1000 m dýpi í holu KJ-21

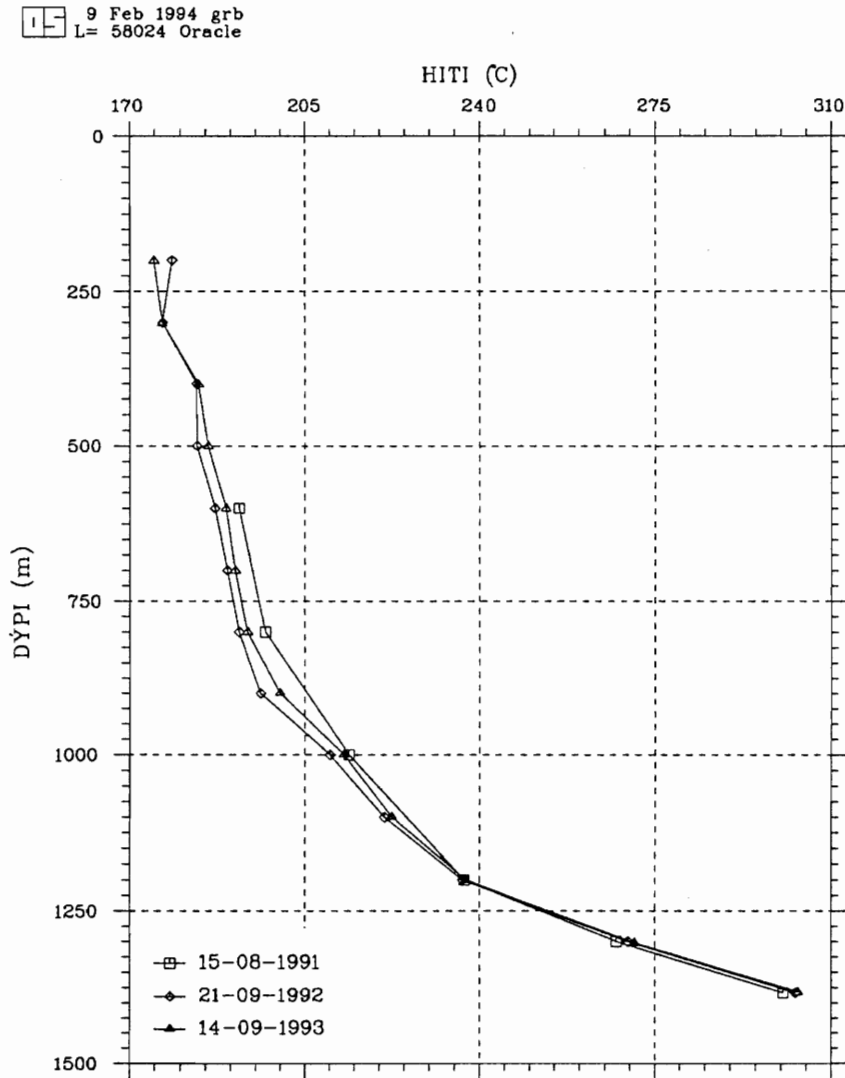


Mynd 25: Þrýstingur á 1000 m dýpi í holu KJ-21

Hola KG-24

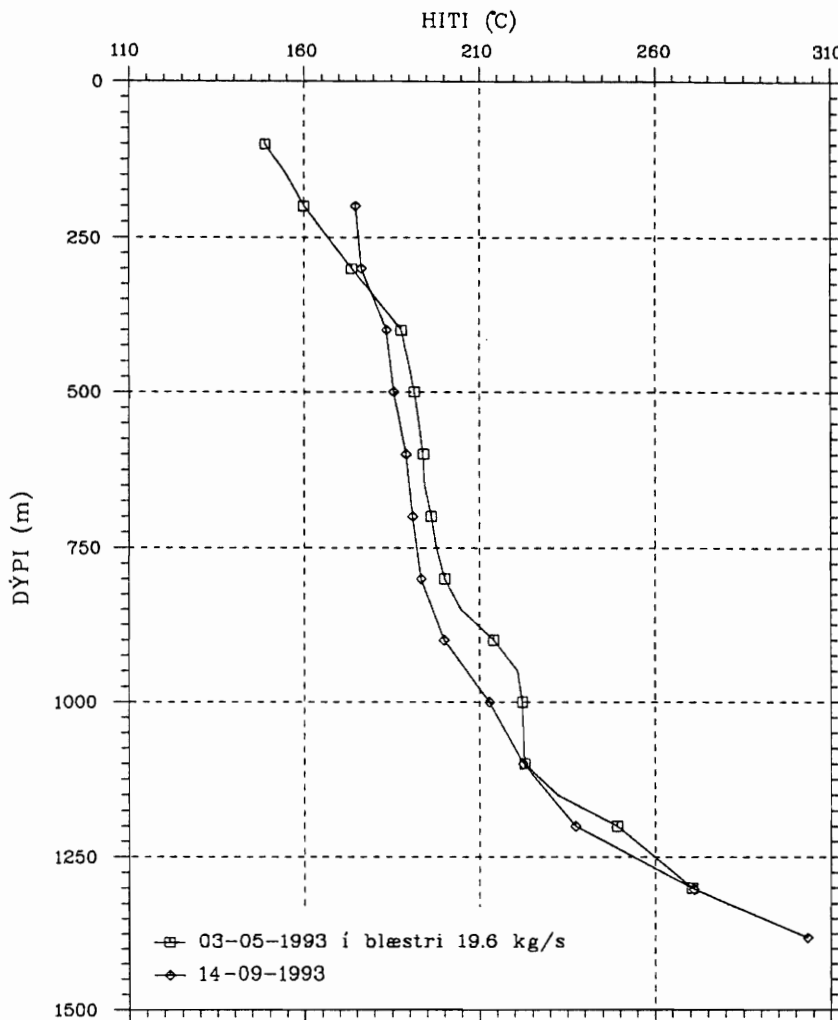
Í byrjun maí 1993 komu borholumælingamenn OS í Kröflu til að kanna ástand holu KG-26. Ákveðið var að nota tækifærið og mæla holu KG-24 í blæstri, en unnið hefur verið að því á Orkustofnun undanfarin ár að mæla þrýstítap í blásandi borholum við breytilegt hlutfall milli vatns og gufu. Hafa þessar mælingar leitt í ljós að eldri hugmyndir um hvernig meta skuli þrýstítap í tveggja fasa lóðréttu streymi, eru víðsfjarri raunveruleikanum, þegar hluti gufu í streyminu er tiltölulega lágur. Gufuhluti upp úr holu KG-24 er um 20% og var því talið áhugavert mæla þrýstítap í holunni. Mælingarnar gefa þar að auki upplýsingar um vatnsæðar og innstreymishita (blöndunarhita) í holunni og niðurdrátt miðað við ákveðna vinnslu. Mældur var hiti við streymið 19,6 kg/s og þrýstingur við 19,6 og 10 kg/s. Að blástursmælingum loknum fékk holan síðan sumarhvíldina.

Eftirlitsmælingarnar í holu KG-24 voru gerðar 14. september 1993. Vatnsborð mældist á 48,10 m eða um 5 m ofar en haustið 1992. Niðurstöður hitamælinganna eru sýndar á myndum 26 og 27. Fyrri myndin sýnir eftirlitsmælingar síðustu ára, en á mynd 27 er borinn saman hitaferill holunnar í blæstri vorið 1993 og síðan hitinn samkvæmt eftirlitsmælingunni haustið 1993. Loks eru hitabreytingar með tímanum á 600 m dýpi sýndar á mynd 28.



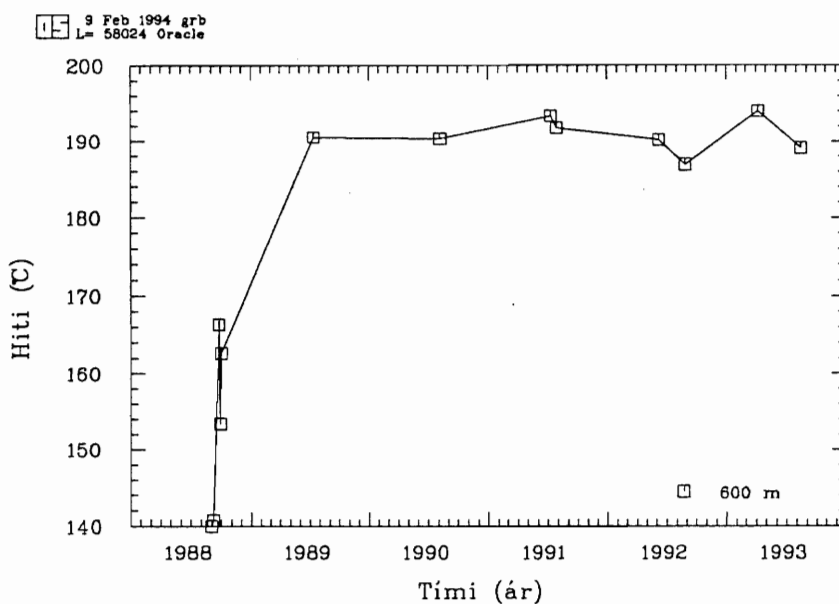
Mynd 26: Hitamælingar í holu KG-24

9 Feb 1994 grb
L= 58024 Oracle



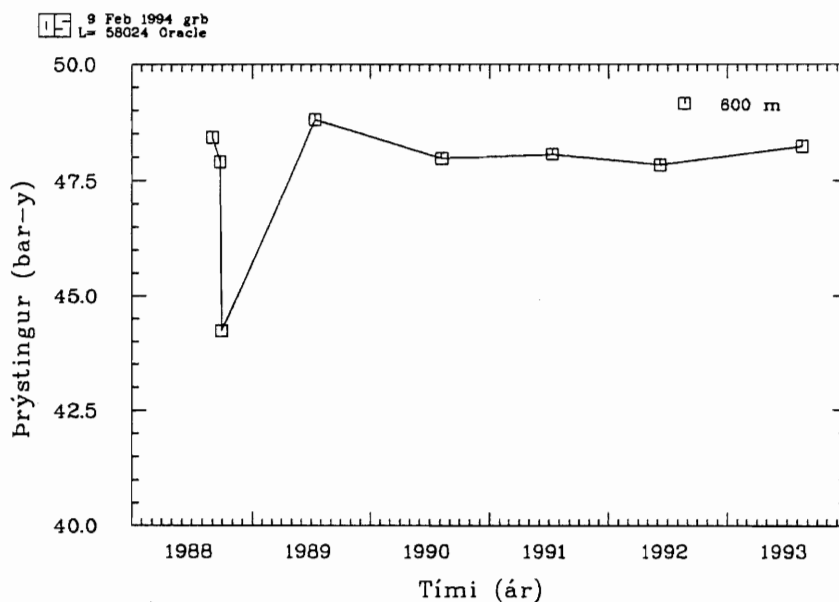
Mynd 27: Samanburður hita í blæstri og í staðinni holu KG-24.

Botnhiti í holu KG-24 hefur ekki breyst undanfarin ár. Hins vegar hefur hiti ofan 1200 m dýpis rokkað til um fáeinir gráður á milli ára. Er það svipað og komið hefur fram í öðrum holum, sem vinna úr efri hluta Leirbotna (mynd 28). Í blæstri streymir 222°C vatn inn í holuna um æð nærri 1100 m dýpi. Þetta vatn blandast vatni úr efri æðum og er hiti í blæstri ofan 800 m um 5°C hærri en þegar holan hefur staðið lokuð í langan tíma (mynd 27). Samkvæmt blástursmælingunni er suðuborð uppi í vinnslufóðringu eða á um 400 m dýpi, þegar 19,6 kg/s eru tekin úr holunni. Mældur hiti í blæstri á 400-500 m dýpi er þess vegna blöndunarhiti fyrir streymið í holunni og er í raun bein mæling á vermi holunnar. Mældur blöndunarhiti er rétt rúmlega 190°C sem þýðir að vermi er um 810 kJ/kg. Þetta er mun lægra gildi á verminu, en aflmælingar gefa, en flestar tölur undanfarinna ára eru á bilinu 920-940 kJ/kg (Trausti Hauksson og Jón Benjamínsson, 1989-93). Útilokað er að þessar háu vermistöður aflmælinganna geti staðist. Til að svo væri þyrfti blöndunarhitinn að vera um 215-220°C. Líklegast kemur skekkja inn í aflmælingarnar vegna vanmats á vatnsmagni. Einhvert vatn tapast upp um hljóðdeyfinn, og eins má vera að vatnskarið við holuna sé ekki fullkomlega lárétt. Þetta þyrfti að athuga.



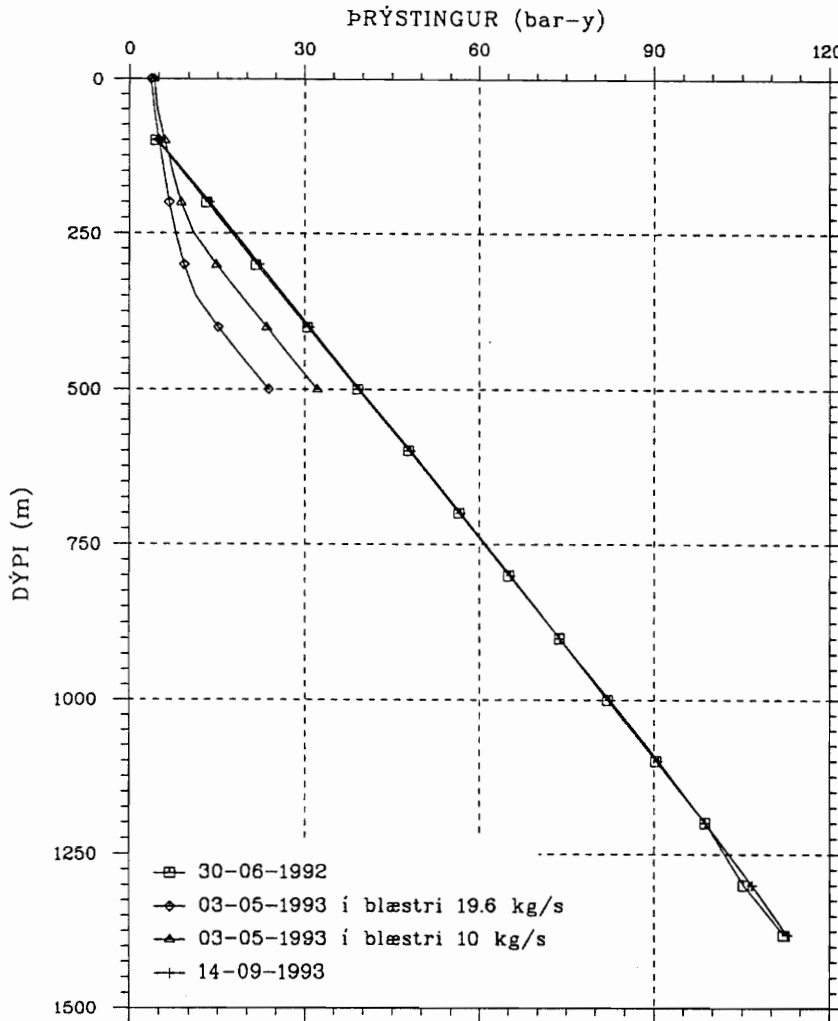
Mynd 28: Hiti á 600 m dýpi í holu KG-24

Niðurstöður þrýstimælinga síðustu ára í holu KG-24 eru sýndar á myndum 29 og 30. Mynd 29 sýnir þrýsting á 600 m dýpi með tímanum. Ljóst er af þeim mælipunktum að engar marktækar þrýstibreytingar hafa orðið við holuna frá því hún var boruð sumarið 1988. Blástursmælingarnar vorið 1993 (mynd 30) sýna að niðurdráttur í holunni er um 7 bar þegar 10 kg/s eru tekin úr holunni, en við 19,6 kg/s vinnslu eykst niðurdrátturinn í um 16 bar. Miðað við ekki meiri vinnslu er þetta mikið þrýstifall, enda hola KG-24 í tregara lagi. Þrátt fyrir mikinn niðurdrátt í blæstri nær holan fullu jafnvægi í sumarhvfldinni.



Mynd 29: Þrýstingur á 600 m dýpi í holu KG-24

9 Feb 1994 grb
L= 58024 Oracle



Mynd 30: Þrýstimælingar í holu KG-24

Að eftirlitsmælingum loknum var 8" og 5 1/2" sverum körfum rennt niður holuna til að athuga með kalkútfellingu. Víðari karfan stoppaði ofan á toppi leiðarans á 392 m dýpi, en sú grennri fór víðstöðulaust í 700 m dýpi. Ljóst er að eftir 5 ára vinnslu eru litlar sem engar útfellingar í holunni.

Hola KG-26

Hola KG-26 fellur ekki undir mælingaefirlitið í Kröflu. Frá miðju sumri 1992 hafa verið gerðar tilraunir með niðurdælingu á vatni í holuna með það fyrir augum að hindra tæringu leiðarans á móts við botnæðina og eins til að bæta vinnslueiginleika neðra Leirbotnakerfisins. Í fyrstu var notað í niðurdælinguna vatn úr lóninu suður af holu KJ-6. Þar er safnað saman vatni úr lækjum í Hlíðardalnum og jarðhitavatni frá skiljustöðinni. Vitað var að vatnið er kísilríkt og því hætta á útfellingum og hugsanlegri stíflun holunnar eða æða hennar. Mest er þessi hætta yfir vetrartímann, þegar allar holur blása, og lítið er af regn- eða leysingavatni í lóninu. Haustið 1992 var holan lóðuð eftir að dælt hafði verið stöðugt um tveggja mánaða skeið úr lóninu 25-30 l/s af vatni niður í hana. Holan reyndist hrein í botn sem var á 2094 m dýpi líkt og strax eftir borun í árslok 1991.

Niðurdælingunni var haldið áfram meira og minna allan veturinn 1992/93 en vegna hættu á útfellingum var dregið úr dælingunni og einungis dælt um 2-5 l/s. Holan var enn lóðuð og hitamæld í maíbyrjun 1993. Lóð og mælar settust á 2054 m dýpi og gengu ekki neðar. Var greinilegt að um 40 m drullutappi hafði safnast í holuna yfir veturinn. Hitamælingar sýndu hins vegar að dælingin kældi holuna niður í 2054 m. Virtist vatnið ná niður í botnfallið og fara út í dýpri æðar.

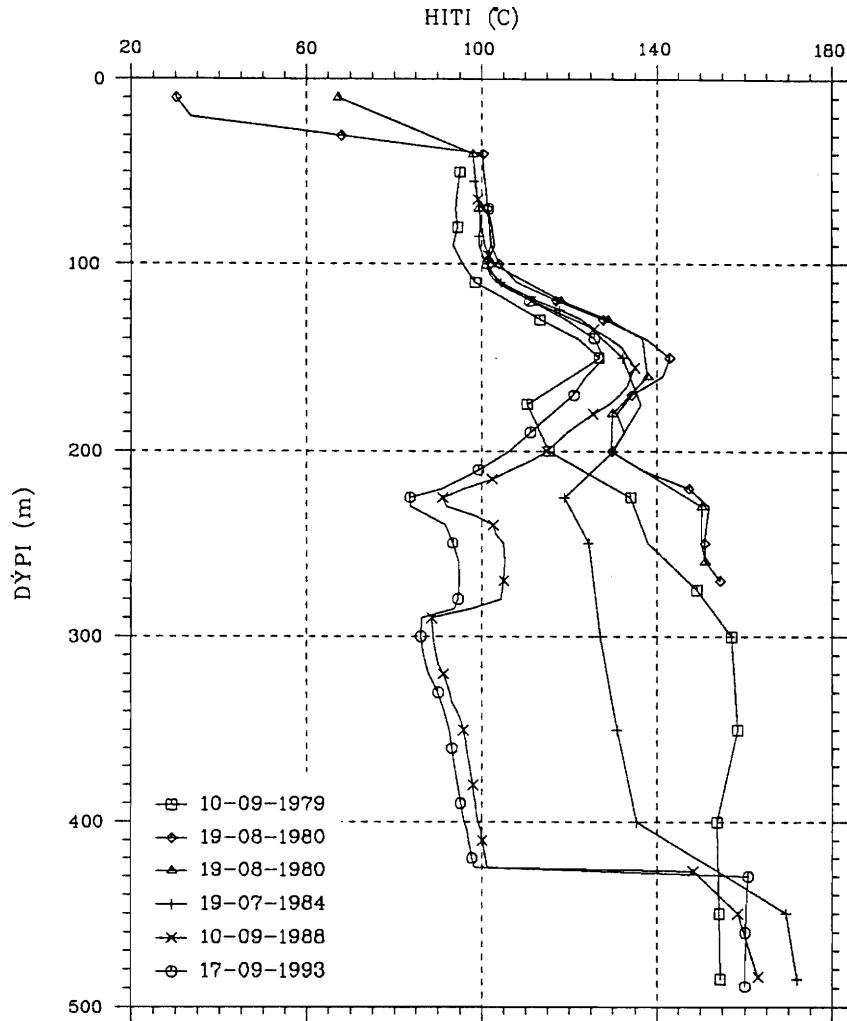
Eftir mælingarnar var niðurdælingu vatns úr lóninu hætt. Þess í stað vat dælt í holuna yfir sumartímann 5-10 l/s af köldu vatni úr vatnsveitu virkjunarinnar. Holan var enn lóðuð 14. september 1993. Botnfall náði þá upp í 2025 m dýpi, og höfðu 30 m bæst í holuna yfir sumarið. Lfkt og áður kældi ádæling holuna niður í botnfallið. Hugsanlega er viðbótin vegna leðju sem setið hefur innan í holunni eftir veturinn, en fallið til botns í hægri sumardælingunni. Botnfallið hefur a.m.k. ekki komið úr kalda vatninu. Notkun vatns úr kaldavatsveitunni var einungis hugsað til bráðabirgða. Haustið 1993 var sett gufuskilja við holu KG-24 og vatnið frá skiljunni leitt í holu KG-26. Samkvæmt efnafræðilegum rökum er ekki talin hætta á útfellingum úr skiljuvatni frá KG-24. Áfram verður samt fylgst með holunni og hún lóðuð við fyrsta tækifæri.

Hola B-2 í Bjarnarflagi

Hola B-2 stendur austan misgengisins sem kennt er við Krummaskarð um 200 m sunnan við þjóðveginn í Bjarnarflagi. Holan er tæplega 500 m djúp og stóð af sér umbrotin á árinu 1977, ein fárra holna í Bjarnarflagi. Engin vinnsla hefur verið úr holu B-2 síðustu áratuginna, en eftir umbrot hefur verið fylgst með hita og þrýstingi í henni.

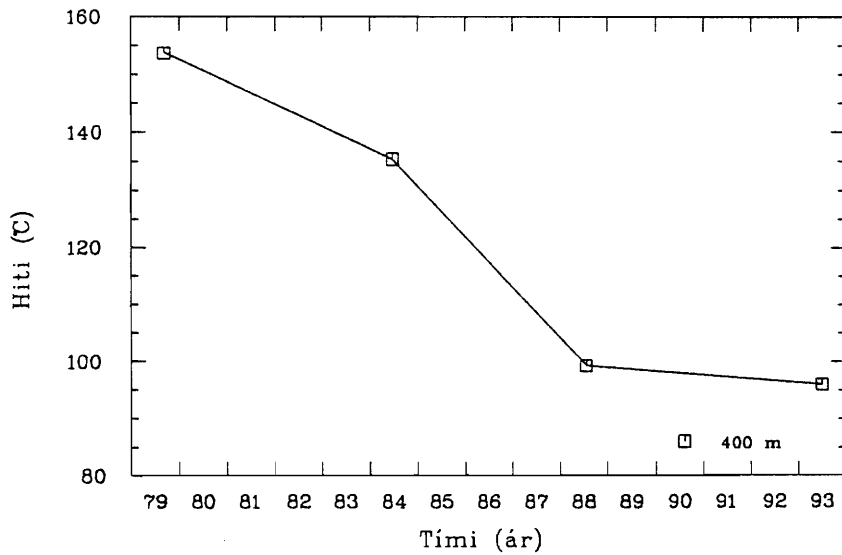
Hola B-2 var hita- og þrýstimæld 17. september 1993, en þar áður var holan mæld haustið 1988. Vatnsborð var þá á 64,4 m dýpi, en var 20 sm lægra haustið 1993. Niðurstöður eftirlitsmælinganna eru sýndar myndum 31, 32 og 33 ásamt eldri mælingum. Umtalsverðar hitabreytingar hafa orðið á 200-400 m dýpi í holunni eftir 1980, eins og sést á mynd 31. Þessu veldur niðurrennsli kaldara vatns úr æðum á 230 og 280 m dýpi og niður til meginvatnsæðar holunnar á 425 m. Samkvæmt hitamælingunum hefur niðurrennslið hafist milli 1980 og 1984, og eru miklar hitabreytingar milli mælinga á síðasta áratug. Sést þetta vel á mynd 32, en þar er hiti á 400 m dýpi sýndur með tímanum. Hefur hiti þar lækkað úr rúmlega 150°C í 95°C. Talið er að kælingin sé afleiðing umbrotanna í Bjarnarflagi á árinu 1977 og hafi kalt grunnvatn leitað niður um sprungur sem hreyfðust í umbrotunum. Kælingin í holu B-2 er því væntanlega í tengslum við Krummaskarðsmisgengið.

9 Feb 1994 grb
L= 58302 Oracle



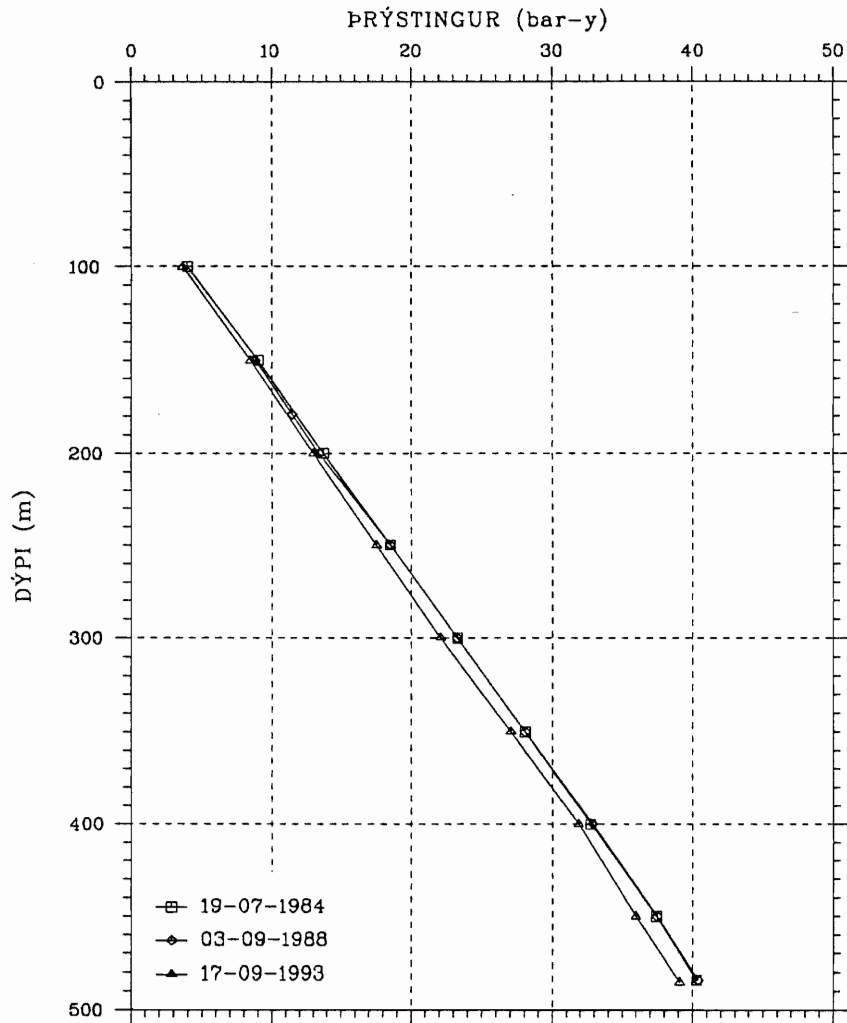
Mynd 31: Hitamælingar í holu B-2

9 Feb 1994 grb
L= 58302 Oracle



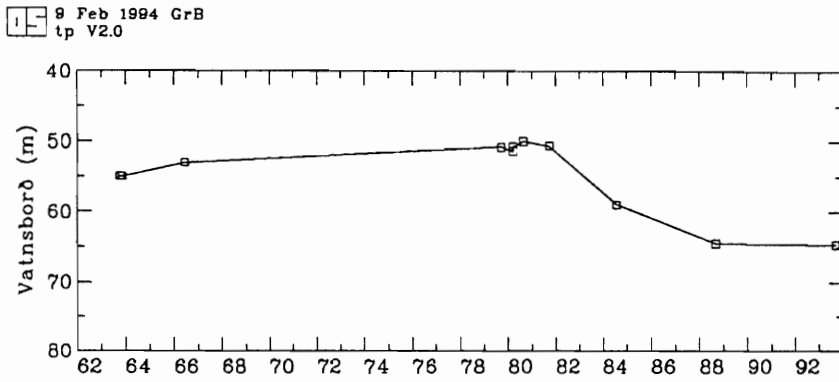
Mynd 32: Hiti á 400 m dýpi í holu B-2

9 Feb 1994 grb
L= 58302 Oracle



Mynd 33: Þrýstimælingar í holu B-2

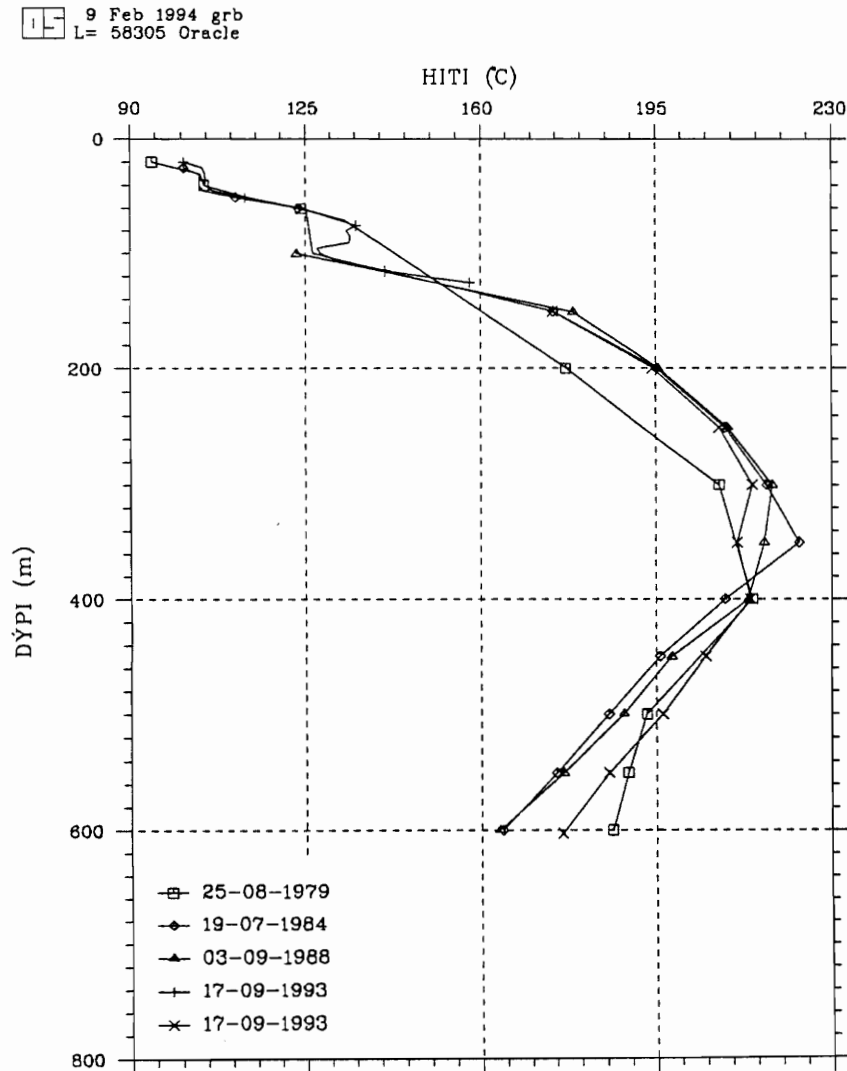
Kólnun holu B-2 vegna niðurrennslisins sést sem lækkandi vatnsborð. Á mynd 34 eru teknar saman allar tiltækar upplýsingar um vatnsborð í holunni allt frá 1963. Þar sést að vatnsborð var á 53-55 m dýpi fyrstu árin eftir borun hennar. Um 1980 mældist það hins vegar á 50 m dýpi, en hefur síðan fallið um 14-15 m. Skýra má alla vatnsborðslækkununa með eðlismassabreytingu vegna kælingarinnar sem mælist í holunni, og er ekki talið að vinnsla úr holum BJ-11 og BJ-12, skammt austan B-2, hafi leitt til marktækra breytinga á þrýstingi í holunni (smbr. mynd 33, sjá einnig Ómar Sigurðsson, 1993)



Mynd 34: Vatnsborð í holu B-2 árin 1963-1993.

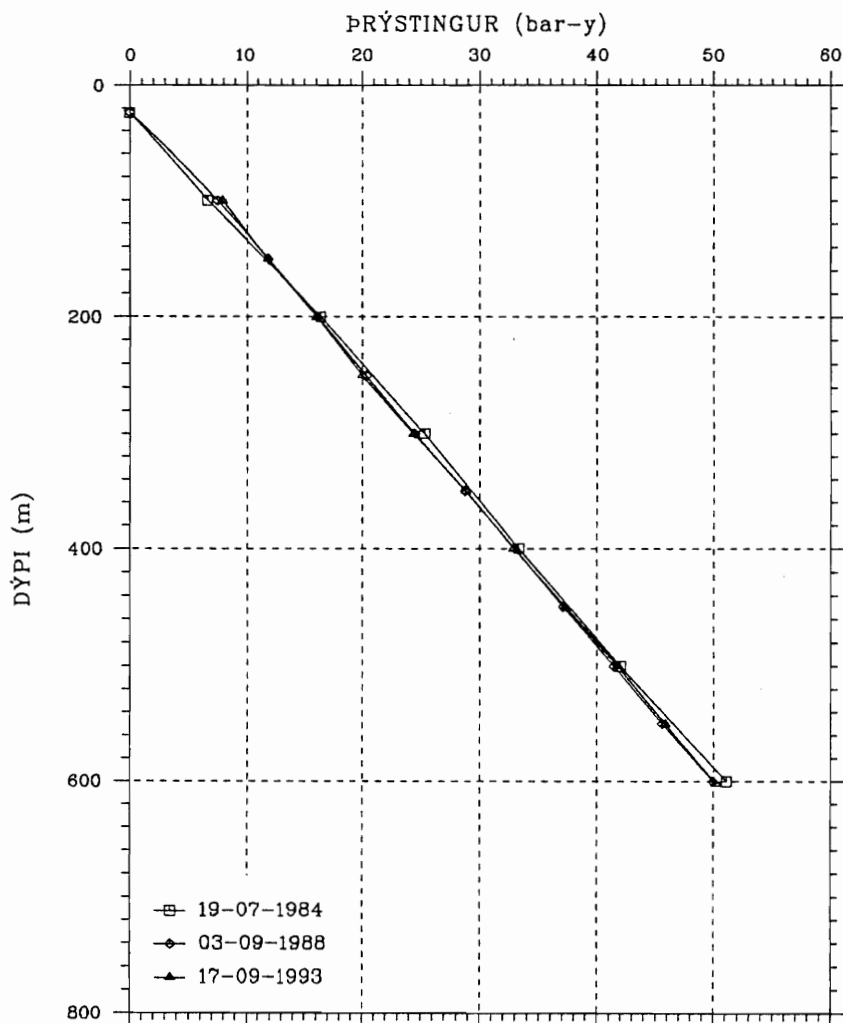
Hola B-5 í Bjarnarflagi

Hola B-5 var hita og þrýstimæld 17. september 1993. Er það í fimmta sinn sem holan er mæld eftir umbrotin 1977, en hún hefur staðið lokuð allan tímann. Mælingarnar eru sýndar á myndum 35 og 36, en breytingar með tímanum eru sýndar á myndum 37 og 38. Engar þrýstibreytingar hafa komið fram í holunni frá 1984 og hefur vatnsborð mælst á 20-24 m dýpi.



Mynd 35: Hitamælingar í holu B-5

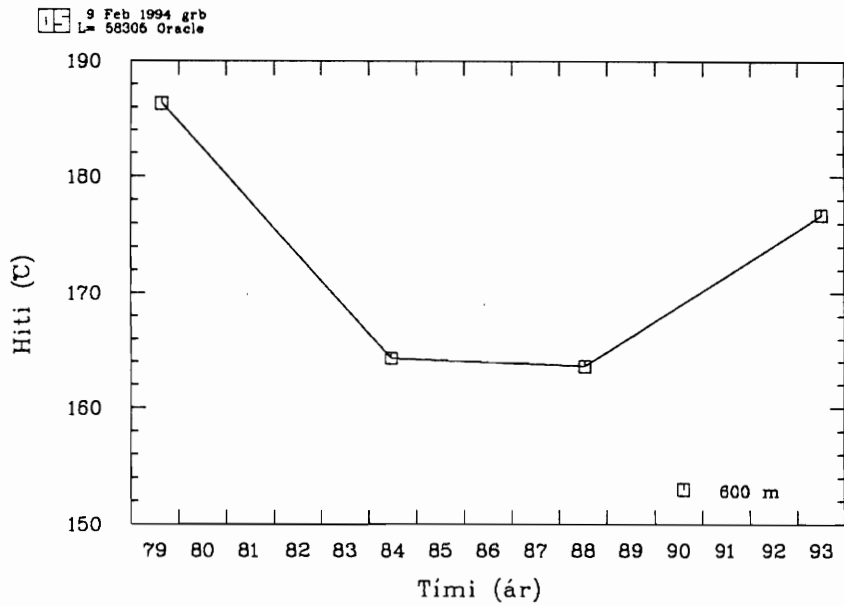
9 Feb 1984 grb
L= 58305 Oracle



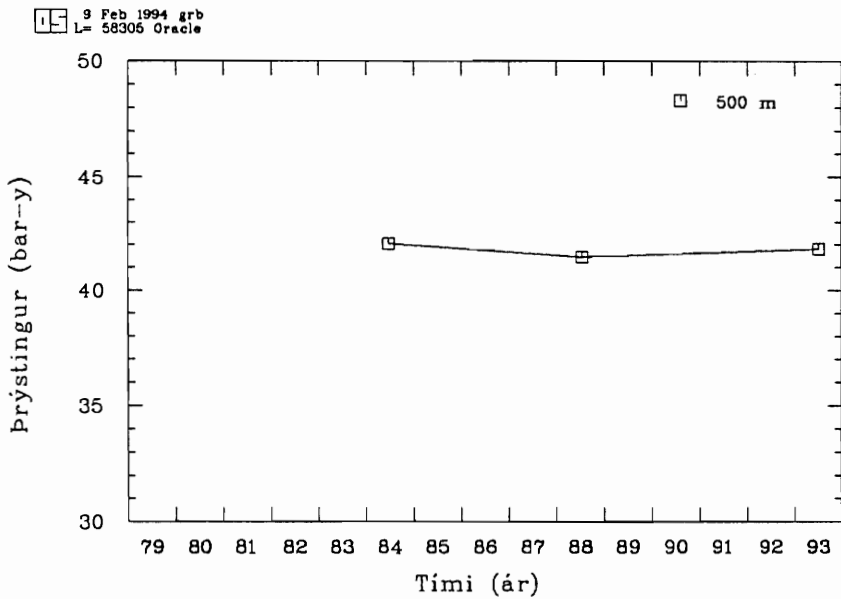
Mynd 36: Þrýstimælingar í holu B-5

Eftir umbrot hefur hitaferill við holuna mælst viðsnúinn. Hæstur hiti mælist á 300-400 m dýpi, en þar fyrir neðan lækkar hiti í botn á rúmlega 600 m. Hitahámarkið hefur verið um 220°C allan tímann, en hiti dýpra í holunni hefur breyst. Á tímabilinu 1979-84 féll t.d. hiti í botni um rúmlega 20°C (sjá mynd 37), en milli tveggja síðustu mælinga hefur kælingin gengið til baka að hluta og hiti hækkað að nýju um rúmlega 10°C.

Talið er að viðsnúningurinn í hita við holu B-5 sé vegna umbrotanna, enda mældist hiti á 600 m um 250°C eftir borun holunnar 1969 (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1989). Sprungur sem hreyfðust í nágrenni holunnar hafa veitt kaldara vatni niður í jarðhitakerfið og kælt duglega næsta umhverfi sitt. Það að hitaferill holunnar verður viðsnúinn ræðst af því að sprungurnar eru ekki lóðréttar og fjarlægð holu B-5 til næstu kælispungu breytileg (minnkandi) með dýpi. Hækkandi hiti í botni síðustu árin bendir til þess að dregið hafi úr niðurrennsli á kaldara vatni í nágrenni holu B-5.



Mynd 37: Botnhiti í holu B-5 1979-1993

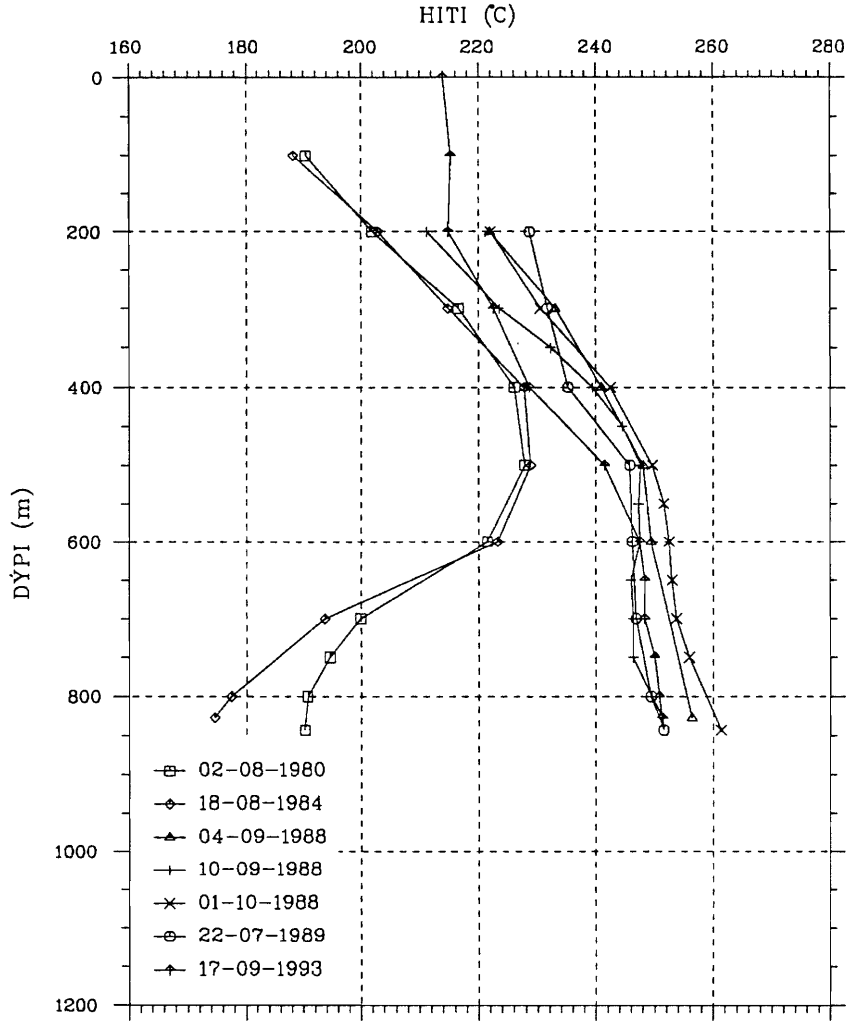


Mynd 38: Prýstingur á 500 m dýpi í holu B-5

Hola B-9 í Bjarnarflagi

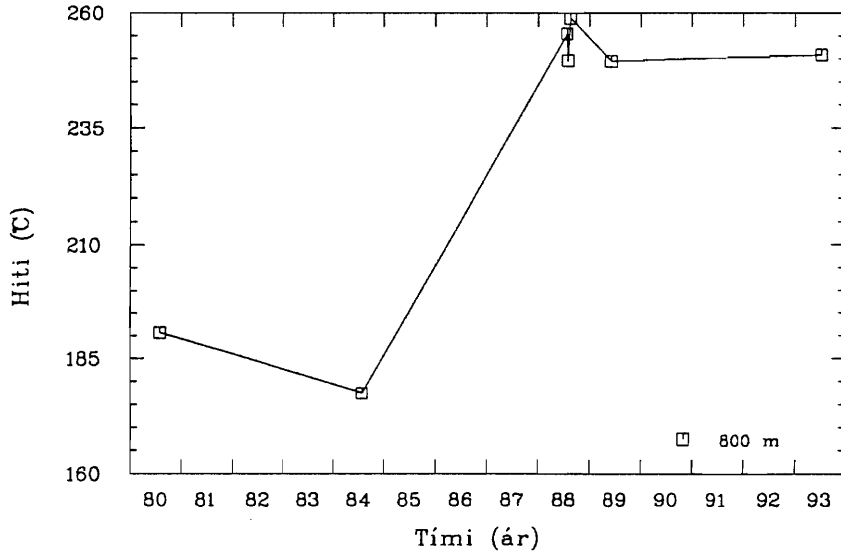
Hola B-9 var hita- og þrýstimæld 17. september 1993. Myndir 39 og 40 sýna hitamælingar í holunni eftir umbrot, en myndir 41 og 42 þrýstimælingar. Engar þrýstibreytingar hafa mælst djúpt í holunni síðan 1980, fremur en í holu B-5. Bendir það til þess að vinnslan úr holu B-4, sem er boruð mitt á milli B-5 og B-9, hafi óverulegan niðurdrátt í för með sér.

9 Feb 1994 grb
L= 58309 Oracle



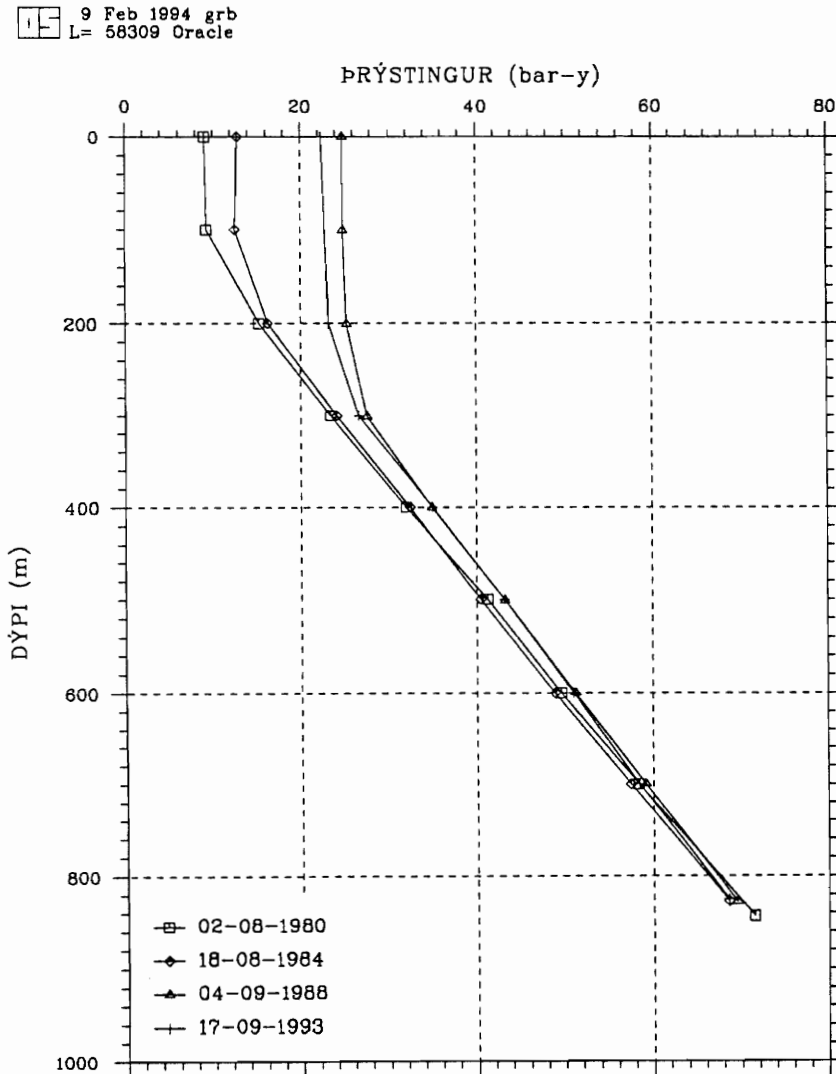
Mynd 39: Hitamælingar í holu B-9

9 Feb 1994 grb
L= 58309 Oracle

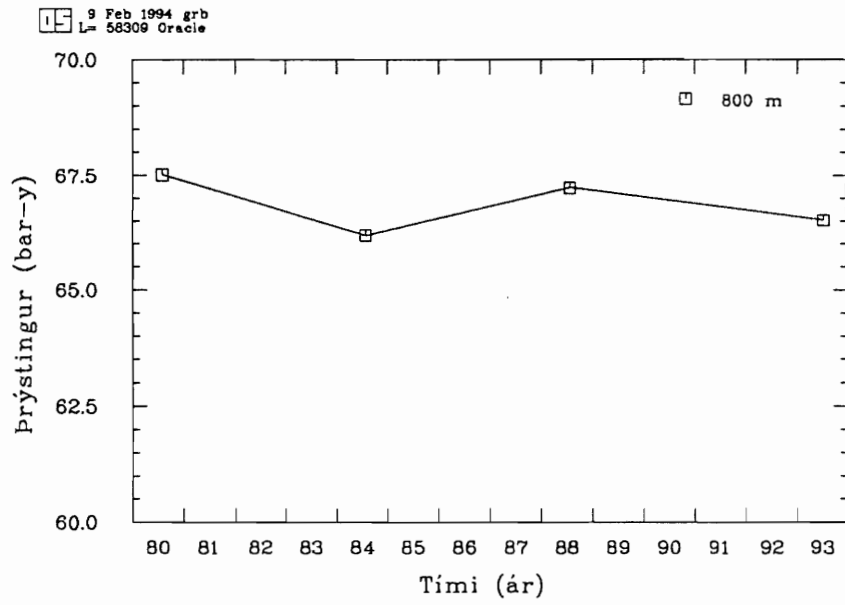


Mynd 40: Hiti á 800 m dýpi í holu B-9

Hiti í holu B-9 hefur breyst mikið frá umbrotunum og er skýringin trúlega niðurrennsli á tiltölulega köldu vatni um sprungur sem opnuðust þá. Þetta er sama skýringin og nefnd var fyrir holu B-5 hér að framan. Í fyrstu mælingum eftir umbrot er hiti viðsnúinn við holuna og lækkandi með tíma. Hæstur er hitinn á 500 m dýpi tæplega 230°C, en í mældum botni rétt neðan 800 m er hitinn aðeins 170-190°C. Í öllum mælingum síðan 1988, er hiti hins vegar vaxandi með dýpi, og mælist 250-260°C í 800 m dýpi. Samkvæmt sprungukenningunni, þýðir þessi umbylting í hita við holuna að tekið hefur fyrir kalda niðurrennslið í nágrenni holunnar og bergið hitnað að nýju.



Mynd 41: Þrýstimælingar í holu B-9



Mynd 42: Prýstingur á 800 m dýpi í holu B-9