



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

ÖLKELDUHÁLSSVÆÐI

Hola ÖJ-1, 4. áfangi

Upphitun, upphleyping og blástur

Benedikt Steingrímsson, Einar Gunnlaugsson,
Gestur Gíslason, Grímur Björnsson
og Ómar Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-96003/JHD-07 B

Mars 1996

útlán.

ÖLKELDUHÁLSSVÆÐI

Hola ÖJ-1, 4. áfangi

Upphitun, upphleyping og blástur

Benedikt Steingrímsson, Einar Gunnlaugsson,
Gestur Gíslason, Grímur Björnsson
og Ómar Sigurðsson

Unnið fyrir Hitaveitu Reykjavíkur

OS-96003/JHD-07 B

Mars 1996

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. YFIRLIT YFIR TÍMABILÐ 22. JANÚAR - 1. OKTÓBER 1995	3
3. MÆLINGAR Í UPPHITUN	4
4. UPPHLEYPING	5
5. AFL OG AFKÖST	6
6. EFNASAMSETNING JARÐHITAVÖKVANS	7
6.1 Mat á hita	7
6.2 Samsætumælingar	8
6.3 Vinnslueiginleikar jarðhitavökvans	8
7. HITI OG ÞRÝSTINGUR Í BLÆSTRI	9
8. LOKUN ÖJ-1 EFTIR BLÁSTURPRÓFUN	10
8.1 Holutoppsþrýstingur við lokun	10
8.2 Þrýstijöfnun holunnar eftir blástur	10
9. HEIMILDIR	11

TÖFLUSKRÁ

1. Mælingar í upphitun	4
2. Loftdæling á ÖJ-1 í júlí til ágúst 1995	6
3. Aflmælingar á holu ÖJ-1	6
4. Efnasamsetning djúpvatns í holu ÖJ-1	7
5. Efnahitamælar	8
6. ÖJ-1. Niðurstöður samsætumælinga	8
7. ÖJ-1. Ópalmettun	9
8. ÖJ-1. Samsetning gass í gufu	9

MYNDASKRÁ

1. Vatnsborð í upphitun	12
2. Hitamælingar í ádælingu í lok borunar og í byrjun upphitunar	13
3. Hitamælingar í upphitun	14
4. Þrýstimælingar í upphitun	15
5. Þrýstingur á 900 og 1000 m dýpi á upphitunartímabilinu	16
6. Samanburður aflferla	17
7. ÖJ-1. Aflmælingar	17
8. ÖJ-1. Samanburður á styrk efna	18
9. ÖJ-1. Efnajafnvægi	18
10. Samsætur	19
11. Kalsítmettun	19
12. Hita- og þrýstimælingar í blæstri	20
13. ÖJ-1. Þrýstingur eftir lokun	20
14. Jöfnun þrýstings á 1000 m dýpi. Nálgun við sprungulíkan	21
15. Jöfnun þrýstings á 1000 m dýpi. Mæligildi ásamt mátferli fyrir sprungulíkan	21

1. INNGANGUR

Hola ÖJ-1 er fyrsta rannsóknarholan, sem boruð er á Ölkelduhálssvæðinu. Hún er á Ölkelduhálsi fyrir miðjum Þverárdal, rúmlega 2 km suðvestur frá Tjarnarhnjúk en um 1 km suðaustan Kýrgils. ÖJ-1 var höggboruð í 70 m dýpi í október 1994, en borun með jarðbornum Jötni hófst í lok nóvember og lauk á 1035 m dýpi þann 22. janúar 1995. Hönnun holunnar gerði ráð fyrir borun í allt að 2000 m dýpi (Sverrir Þórhallsson o.fl., 1994), en á rúmlega 1000 m dýpi lenti Jötunn í hrungjörnu bergi, sem ekki varð við ráðið, og var borun hætt.

Hola ÖJ-1 er fóðruð með 9 5/8" vinnslufóðringu í 778 m dýpi, en 7"-leiðari er frá 735 í 1013 m dýpi. Stendur leiðarinn á botnfalli sem safnaðist í holuna vegna hrungjarna bergsins. Leiðarinn er allur raufaður, ef frá eru taldir efstu 26 metrarnir (tvö rör) sem eru heil. Holan skar nokkrar mjög opnar vatnsæðar. Helstu vatnsæðar vinnsluhlutans eru á um 825, 950, 960 og rétt neðan 1000 m dýpis. Dýpsta æðin er í hruninu í botni holunnar. Dýptartölurnar hér að ofan eru miðaðar við drifborð Jötuns, sem var tæplega 7 metra yfir jörð (kjallarabrun).

Framgangi borunar holu ÖJ-1 og rannsóknum á holunni á meðan á borun Jötuns stóð hefur verið lýst í þremur áfangaskýrslum (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1994, 1995a og 1995b). Í þeirri skýrslu, sem hér birtist, er fjallað um upphitun holunnar eftir borun, upphleypingu holunnar og blástursprófun og spannar skýrslan tímabilið 22. janúar til 25. september 1995. Þáttur Jarðhitadeildar í verkinu var unninn samkvæmt rannsóknasamningi milli Hitaveitu Reykjavíkur og Orkustofnunar.

2. YFIRLIT YFIR TÍMABILIÐ 22. JANÚAR - 1. OKTÓBER 1995

Bormenn hættu dælingu í holu ÖJ-1 þann 22. janúar 1995 um kl 03 og lauk þar með eiginlegu borverki, og upphitun hennar eftir borun hófst. Athuganir á holunni síðustu daga borunarinnar höfðu sýnt að millirennslí ríkti í holunni, enda þótt dælt væri stöðugt í hana vatni. Rann inn um æðar á um 825, 950 og 960 m, en út um botnæðina neðan 1000 m dýpis. Út frá hitamælingum var áætlað að framlag æða til millirennslisins væri um 25 l/s, óháð því hversu mikil ádæling bormanna var (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1995b).

Millirennslíð í holunni gerði það að verkum að innstreymisæðarnar í 825, 950 og 960 m dýpi voru nánast ókældar eftir borunina, og ljóst að þær færu strax í fullan hita þegar slókt yrði á dælum Jötuns. Búast mátti því við mjög hraðri upphitun í holunni strax eftir borun, og líklegt að holan færi mjög fljótlega undir þrýsting. Hafist var þess vegna strax handa um að koma hljóðdeyfi og öðrum blástursbúnaði við holuna.

Fyrstu hita- og þrýstimælingarnar eftir borun ÖJ-1 voru gerðar 23. janúar og þær næstu þremur dögum síðar. Mælingarnar sýndu að millirennsliskaflinn neðan 800 m hefði hitnað strax í 180-190°C, en síðan hefði upphitunin verið mjög hæg, og var svo áfram. Blæðingar-tappa var komið fyrir í holutoppi, og fór holan fljótlega að pústa öðru hvoru í gegnum tappann, en gufu- og gasstreyni var aldrei það mikið að blæðingin hefði ekki undan. Þann 11. júlí var komið með loftpressu að holunni og lofti dælt á toppinn. Var haldið 30-40 bar þrýstingi á holutoppi fram til 9. ágúst, þegar holunni var hleypt í gos. Blástursprófunin stóð fram til 21. september og var fylgst reglulega með afli holunnar og tekin sýni til efnagreininga og samsætumælinga. Eftir lokun holunnar var síðan fylgst með þrýstijöfnun, og lækun holutoppþrýstings í næstu daga.

Yfirlit um mælingar og aðrar aðgerðir sem gerðar voru á og í holu ÖJ-1 á tímabilinu 22. janúar til 1. október 1995 er sýnt í töflu 1.

Tafla 1. Mælingar í upphitun

Dagsetn.	Tími	Mælingar	Athugasemdir
95.01.22	03:00		Bormenn hætta dælingu (9,9 l/s)
95.01.23	12:20-13:30	Am-hitamæling	Vatnsborð 311 m
95.01.23	13:45-14:45	Am-þrýstimæling	
95.01.26	16:05-16:45	Go-hitamæling	Vatnsborð 302 m
95.01.26	16:50-17:30	Am-þrýstimæling	
95.01.26	17:45-18:45	Am-hitamæling	
95.02.08	12:30-13:10	GO-hitamæling	Vatnsborð 288 m
95.02.08	13:00-14:00	Am-þrýstimæling	
95.02.08	14:00-15:30	Am-hitamæling	
95.03.27	11:30-13:00	Ku-hitamæling	Vatnsborð 276 m
95.03.27	13:00-14:00	Am-þrýstimæling	
95.03.27	14:00-15:00	Am-hitamæling	
95.06.29	12:00-12:25	Go-hitamæling	Vatnsborð 274 m
95.06.29	12:53-13:24	Am-þrýstimæling	
95.06.29	13:40-15:06	Ku-hitamæling	
95.07.11	10:00		Byrjað að dæla lofti á holu
95.08.09	14:00		Upphleyping
95.08.30	13:00-14:45	Ku-hitamæling	Í blæstri Po=4 bar
95.08.30	15:10-16:30	Am-þrýstimæling	Í blæstri Po=4 bar
95.09.21	13:46		Blástursprófun lýkur
95.09.21	13:12-15:34	Am-þrýstimæling	Þrýstijöfnun

3. MÆLINGAR Í UPPHITUN

Upphitun holu ÖJ-1 stóð frá kl 03 aðfaranótt 22. janúar 1995, er kælingu vegna borverksins lauk, og til kl 14 þann 9. ágúst 1995, er blástursprófun holunnar hófst. Á þessu tímabili var farið fimm sinnum að holunni og hún hita- og þrýstimæld. Blæðingartappi var hafður í holutoppnum og fór holan ekki undir þrýsting, þó heyrðist öðru hvoru smáhvæs frá holunni, sem benti til suðu undir vatnsyfirborði.

Vatnsborðbreytingar í holunni á upphitunartímanum eru sýndar á mynd 1. Í fyrstu mælingu 23. janúar var vatnsborð á um 311 m dýpi og hækkaði í 274 m fram til júniloka. Tvær vikurnar, eða svo, hækkaði vatnsborðið um 1-2 m/dag að meðaltali, en frá síðari hluta mars til júniloka er heildarhækkunin aðeins 2 m, sem sýnir glögg hve upphitun holunnar var orðin hæg, aðeins fáum vikum eftir borun.

Á mynd 2 eru sýndar fyrstu hitamælingarnar sem gerðar voru í upphitun, ásamt einni mælingu frá borlokum, þegar enn var dælt köldu vatni í holuna. Þá var bullandi rennsli milli æða í vinnsluhluta holunnar, eins og mælingin sýnir greinilega. Hitamælingin frá 23. janúar var gerð um hálfum öðrum sólarhring eftir að dælingu var hætt. Vegna millirennslins í borun var upphitun vinnsluhlutans mjög snögg og mældist hitinn þá neðan 800 m dýpis á bilinu 182-189°C og hækkaði einungis um 3-4°C á næstu þremur dögum (mynd 2).

Allar hitamælingarnar í upphitun ÖJ-1 eftir borun eru sýndar á mynd 3. Helstu hitabreytingarnar, sem sjást á myndinni, eru í fóðraða hluta holunnar ofan 800 m og má þar m.a. sjá kælipunkta við vatnsæðar sem tóku við köldu skolvatni í borun. Í síðustu hitamælingunni frá 29. júní fylgir hiti suðumarksferli fyrstu hundrað metrana frá vatnsborði, sem var á 274 m dýpi, en þar fyrir neðan eru flest ummerki um kælingu í borun horfin og hitinn á bilinu 190-199°C allt til holubotns. Telja verður að holan hafi verið komin í hitajafnvægi við bergið í síðustu mælingunni, enda vatnsborð orðið stöðugt eins og kom fram á mynd 1. Samkvæmt þessu er hola ÖJ-1 tengd hræringarvatnskerfi með vatnshita rétt tæplega 200°C.

Þrýstimælingarnar fimm, sem gerðar voru í upphitun holunnar, eru sýndar á mynd 4. Þar kemur fram hækkanði þrýstingur með tíma ofan 800 m dýpis, en litlar sem engar breytingar í vinnsluhlutanum. Endurspeglar þrýstimælingarnar í raun upphitun holunnar. Þrýstijafnvægi kemur gjarnan fram við helstu vinnsluæð háhitaholu, á meðan á upphitun holunnar stendur. Til að skoða þetta nánar var þrýstingur á 900 og 1000 m dýpi dreginn upp sem fall af tíma (mynd 5). Þær breytingar sem fram koma á myndinni eru innan skekkjumarka og er ekki hægt á grundvelli þrýstimælinga að segja til um hver opnasta æð holunnar er, þ.e. í 825, 950, 960 m eða botni. Það er þó ljóst að allar æðarnar eru mjög vel vatnsleiðandi. Sönnun á því hversu lek holan er má sjá á mynd 5, en þrýstipunkturinn, sem mældur var í lok ágúst, er úr holunni blásandi. Eins og sjá má af myndinni er niðurdráttur í blæstri hverfandi og innan skekkjumarka þrýstimælisins.

4. UPPHLEYPING

Strax eftir borun undir lok janúar var komið fyrir blástursbúnaði við holuna. Undirbúningur upphleypingar hófst þó ekki fyrr en á miðju sumri. Þá var komið með loftpressu á staðinn og lofti dælt á holutopp. Þá var vatnsborð í holunni á um 274 m dýpi. Síðan stóð holan undir þrýstingi í um 4 vikur. Tafla 2 sýnir yfirlit um toppþrýsting þennan tíma. Þegar loftinu var hleypt af holunni þann 9. ágúst kom hún í blástur. Á mynd 6 eru afköst holu ÖJ-1 borin saman við afköst borhola á Nesjavöllum og Kolviðarhóli. Þar sést að holu ÖJ-1 svipar til NJ-18 á Nesjavöllum, nema hvað vermið er lægra.

Tafla 2. Loftdæling á ÖJ-1 í júlí til ágúst 1995

Dags.	Tími	Prýstingur bar	Athugasemd
950711	10:00	0,0	Loftdæling hafin
950712		28,0	í gangi
950713	10:00	38,0	
950713	14:00	40,5	Dæla stöðvuð, hafði gengið í 26-29 klst.
950717	10:00	38,5	
950723	18:00	37,0	
950731		34,3	
950808		32,0	
950809	14:00	32,0	Upphleyping

5. AFL OG AFKÖST

Hola ÖJ-1 blés stöðugt frá 9. ágúst til 21. september 1995 eða í 43 daga. Allan tímann blés holan um 161 mm stút og 150 mm blendu. Á blásturstímanum var fylgst með afli og afköstum holunnar. Niðurstöður eru sýndar í töflu 3 og á mynd 7. Holutoppsprýstingur var einungis um 4 bar þann tíma sem holan blés og heildarrennslið um 30 kg/s. Vermis holunnar reiknaðist 880-900 kJ/kg sem samsvarar lítið eitt hærri hita en þeim sem mældist í holunni. Þetta samsvarar um 27 MW í varmafli.

Tafla 3. Hola ÖJ-1, aflmælingar

Dagsetning	Po (barg)	Stútmæling		Vatnsmæling		Heildarrennsli		Rennsli v. 100°C		Varma- afl (MWth)
		Dc (mm)	Pc (barg)	Vh (mm)	rennsli (l/s)	Q (kg/s)	Ho (kJ/kg)	Gufa (kg/s)	Vatn (kg/s)	
09.08.95 14:23	4,1	161	0,40	200	24,68	29,7	878	6,0	23,6	26,1
09.08.95 14:42	4,1	161	0,40	200	24,68	29,7	878	6,0	23,6	26,1
09.08.95 15:50	4,1	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
10.08.95 13:40	3,9	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
12.08.95 15:40	4,0	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
14.08.95 15:20	4,1	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
16.08.95 10:20	4,0	161	0,50	200	24,68	30,3	915	6,7	23,6	27,7
23.08.95 14:20	4,0	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
30.08.95 10:30	4,0	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
13.09.95 00:00	4,0	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9
21.09.95 11:00	4,1	161	0,45	200	24,68	30,0	897	6,4	23,6	26,9

6. EFNASAMSETNING JARÐHITAVÖKVVANS

Efnainnihald jarðhitavökvans má nota til að segja fyrir um jafnvægisghita vökvans sem rennur í holuna, meta jafnvægisástand milli bergs og vatns og segja til um vinnslueiginleika. Á því tíma-bili sem hola ÖJ-1 blés voru tekin 6 sýni, nokkuð jafn dreifð yfir blásturstímabilið. Öll sýnin utan eitt voru tekin með sýnatökuskilju við holutopp, en daginn sem holunni var lokað var einnig tekið sýni af vatni sem soðið hafði í 100°C í hljóðdeyfi. Tafla 4 sýnir niðurstöður efna-greininga, þar sem vatn og gufa hafa verið reiknuð saman í einn vatnsfasa, og var notað vermið 843 kJ/kg, en það samsvarar þeim hita sem mældist í holunni, 198°C. Í töflunni er einnig efnasamsetning vatns sem soðið hefur í 100°C (sýni 95-5214).

Tafla 4. Efnasamsetning djúpvatns, vermi vatns = 840 kJ/kg

Dags. Sýni númer	16.08.95 5114	23.08.95 5201	30.08.95 5202	13.09.95 5211	21.09.95 5213	21.09.95 5214
Hitast. (°C)	198	198	198	198	198	100
Sýrust. pH/25°	5,76	6,14	6,10	5,70	6,16	9,60
CO ₂ (mg/kg)	497	309	338	432	333	28
H ₂ S (mg/kg)	48,1	30,1	31,5	122,3	32,9	13,4
SiO ₂ (mg/kg)	273	310	321	257	337	446
Na (mg/kg)	144	164	169	132	172	229
K (mg/kg)	14,6	19,4	18,3	13,1	17,1	22,9
Ca (mg/kg)	1,34	1,34	1,41	1,17	1,37	2,04
Mg (mg/kg)	0,0108	0,0072	0,0018	0,0188	0,0062	0,0020
SO ₄ (mg/kg)	46,7	47,0	34,2		33,6	47,1
Cl (mg/kg)	134	158	158	120	170	218
F (mg/kg)	0,81	0,78	0,81	0,58	0,79	1,06
Fe (mg/kg)	0,026	0,027	0,024	0,072	0,037	0,020
Al (mg/kg)	0,647	0,662	0,681	0,548	0,678	0,875

Þar sem langur tími leið frá því að borun holunnar lauk þar til að henni var hleypt upp, voru áhrif kælivatns sem notað er við borun hverfandi, og því litlar breytingar á efnasamsetningu einstakra sýna, eins og sést í töflu 4 og á mynd 8 þar sem styrkur valinna þátta er sýndur sem fall af tíma. Eitt sýni (95-5211) sker sig helst úr, en grunur leikur á að sýnatakan sé gölluð.

6.1 Mat á hita

Efnasamsetningu vatns og gufu má nota til að meta við hvaða hitastig jafnvægi hafi ríkt milli vökvu og bergs. Í slíkum reikningum er ýmist stuðst við styrk efna í vatninu (t.d. SiO₂, CO₂, H₂S) eða hlutföll tveggja eða fleiri efna eða efnasambanda (t.d. Na/K, Na⁺/H⁺, ÖMg⁺²/H⁺). Það hitastig þar sem styrkur eða hlutfall efna í sýninu (Qsp) er það sama og fræðilega gildið (Ksp) er kallað jafnvægisghitastig. Mynd 9 sýnir niðurstöður slíkra reikninga á sýni 95-5213 fyrir 9 efni eða efnahlutföll sem hafa reynst vel við túlkun við íslenskar aðstæður. Jafnvægisghitinn ($\log(Qsp/Ksp) = 0$) er á bilinu 185-230°C fyrir 8 af efnunum, það níunda sýn-ir ekkert jafnvægi. Þetta tiltölulega þrönga hitasvið bendir til þess að í jarðhitakerfinu sem hola ÖJ-1 tekur vatn úr, sé efnafræðilegt jafnvægisástand milli bergs og vatns.

Í töflu 5 eru sýndar niðurstöður reikninga með þeim efnahitamælum sem best hafa reynst við

Tafla 5. ÖJ-1. Efnahitamælar

Sýni númer	Kvarts t(°C)	Na/K t(°C)	CO ₂ t(°C)	H ₂ S t(°C)
95-5201	211	226	210	221
95-5202	213	217	223	224
95-5213	216	208	223	225

túlkun á Nesjavöllum og við Kolviðarhól. Sýndir eru reikningar fyrir 3 sýni, og er samræmi gott, bæði milli einstakra sýna og milli efnahitamæla. Meðalhitastig reiknast $218 \pm 6^\circ\text{C}$, sem er óvenjugott samræmi. Þetta hitastig er hins vegar 20°C hærra en hitastig mældist við innstreymi í holuna.

6.2 Samsætumælingar

Til að kanna uppruna vökvans voru sýni tekin til greininga á samsætum súrefnis og vetnis. Niðurstaða mælinga er sýnd í töflu 6 og á mynd 10 ásamt niðurstöðum samsætumælinga frá Nesjavöllum og Kolviðarhóli. Sýnin frá ÖJ-1 hafa svipuð gildi og sýni frá Nesjavöllum, en Kolviðarhóll sker sig aftur á móti úr.

Tafla 6. ÖJ-1, Niðurstöður samsætumælinga.

Sýni	gufuhluti	$\delta^{18}\text{O}$ ‰(g)	$\delta^{18}\text{O}$ ‰(v)	$\delta^{18}\text{O}$ ‰	δD ‰(g)	δD ‰(v)	δD ‰
95-5202	0,21	-9,47	-5,88	-6,63	-84,4	-72,2	-74,76
95-5211	0,21	-9,44	-6,64	-7,23	-81,8	-71,4	-73,58

6.3 Vinnsloeiginleikar jarðhitavökvans

Vinnsloeiginleikar jarðhitavökva stjórnast helst af tveimur þáttum, annars vegar hvort hætt sé við útfellingum í borholum eða vinnslurásum og hins vegar hvort að taka þurfi tillit til styrks gass í gufu við vinnsluna.

Aðalefni í jarðhitavatni er kísill, og við suðu þess eða kælingu er hætt við að kísillinn fari að falla út úr vatninu og mynda ópal á pípuveggi og annað sem vatnið kemst í snertingu við. Þau mörk þar sem kísill getur byrjað að myndast eru kölluð ópalmettunarmörk, og í töflu 7 er sýnt við hvaða hitastig og þrýsting þau reiknast fyrir 3 sýni úr holu ÖJ-1. Nýverið lét Hitaveita Reykjavíkur kanna við hvaða aðstæður kísill fellur út úr jarðhitavatni á Nesjavöllum. Fyrsta stig í útfellingu er myndun fjölliða, þ.e. að kísilmólekúlin fara að tengjast saman í vatninu. Þessi mörk eru sýnd í töflu 7, en tilraunin og reynslan frá Nesjavöllum sýnir að kísill fer ekki að falla út þó svo að fjölliður myndist.

Útfelling kalsíts er stundum samfara suðu og kælingu jarðhitavökva. Á mynd 11 eru sýndar niðurstöður reikninga á því hvaða breytingar verða á mettnarástandi vatnsins með tilliti til kalsíts. Á myndinni kemur fram að kalsít er í jafnvægi við það hitastig sem vatnið hefur við vatnsæðina í holunni. Við suðu verður dálítill yfirmettun (hætta á útfellingum), sem nær há-

Tafla 7. ÖJ-1. Ópalmettun

Sýni númer	SiO ₂ (ppm)	Ópalmettun		Fjölliðunarmörk	
		t(°C)	P(bara)	t(°C)	P(bara)
95-5201	310	103	1,1	93	0,77
95-5202	321	106	1,2	96	0,86
95-5213	337	110	1,4	99	0,6

marki við 175°C en fer síðan minnkandi þar til jafnvægi er aftur náð við 80°C.

Í töflu 8 er sýnd efnasamsetning og heildarmagn gass í gufu við 100°C. Heildarstyrkurinn er lágur (0,4%), svipað því lægsta sem mælist á Nesjavöllum (0,4-0,9%), og verulega lægra en mældist í holu KhG-1 við Kolviðarhól (0,7%). Eins og við er búist er koldíoxíð (CO₂) langmestur hluti gassins, en styrkur brennisteinsvetnis (H₂S) er tölverður.

Tafla 8. ÖJ-1, Samsetning gass í gufu

Númer	95-5201	95-5202	95-5213
CO ₂	91,4	84,2	92,0
H ₂ S	7,8	15,2	7,8
H ₂	0,7	0,1	0,1
CH ₄	nd	nd	nd
O ₂	nd	nd	nd
N ₂	0,2	0,5	0,1
AR	nd	nd	nd
Gas í gufu (þyngdar %)			
Heildargas	0,38	0,42	0,41

7. HITI OG ÞRÝSTINGUR Í BLÆSTRI

Hola ÖJ-1 var hita- og þrýstimæld í blæstri þann 30. ágúst 1995. Þannig var staðið að mælingunum að u.þ.b. 4 m langt og 2" svert rör var skrúfað ofan á 3" holutoppslokann, mælum ásamt lóði komið fyrir í rörinu og tólinu síðan slakað niður í holuna án þess að trufla rennslið að neðan með því að hreyfa aðalloka. Óvenju auðvelt var að blástursmæla holu ÖJ-1 þar sem holutoppsframlengingin stóð með efri endann rétt upp í gegnum drifborð Jötuns. Var því hægðarleikur að koma mælum í og úr rörinu.

Mynd 12 sýnir mælingarnar sem söfnuðust. Eins eru sýndir á myndinni reiknaðir hita- og þrýstiferlar holu ÖJ-1, eins og forritið HOLA spáir þeim (Grímur Björnsson, 1987). Við gerð ferlanna er eingöngu stuðst við afköst holunnar á holutoppi svo og innanmál hennar. Holu-mælingarnar sýna að suða ríkti niður á u.þ.b. 450 m dýpi í blæstrinum, en þar fyrir neðan streymdi 198°C vatn upp holuna úr æðunum í vinnsluhlutanum. Eins sást með samanburði við þrýsting mældan í holunni dauðri, að nær enginn niðurdráttur verður milli holu og jarðhita-

kerfis í blæstrinum. Flokkast því ÖJ-1 í þann holuflokk þar sem afköst stjórnast nær eingöngu af hönnun holu en ekki af jarðhitakerfinu.

Reiknuðu hita- og þrýstiferlarnir á mynd 12 herma þokkalega mældu gögnin með þeirri undantekningu að holuforritið spáir suðu í holunni nokkru dýpra en er í raun. Þó svo að langlíklegast sé að þetta ósamræmi liggi í ónákvæmni þeirra reynslujafna sem holuforritið byggir á, er ekki loku fyrir það skotið að hér valdi skekkja í aflmælingu. Þannig er auðvelt að ná góðu samræmi milli mælda og reiknaða þrýstingsins með því einu að auka rennslið úr 33 í 36 kg/s.

8. LOKUN ÖJ-1 EFTIR BLÁSTURPRÓFUN

8.1 Holutoppsþrýstingur við lokun

Þegar holunni var lokað þann 21. september var búist við að þrýstingur á holutoppi mundi fljótt falla niður og vatnsborð mælast í holunni. Holan stóð aftur á móti lengi með þrýstingi eins og mynd 13 sýnir. Þetta stafar eflaust af því að holan er í suðu í vatnsborði.

8.2 Þrýstijöfnun holunnar eftir blástur

Þrýstimælingar í blæstri bentu til mjög lítils niðurdráttar í holu ÖJ-1 þrátt fyrir töluvert rennsli úr holunni eða um 33 kg/s. Því var ákveðið að fylgjast með hvernig þrýstingur í holunni jafnaði sig eftir blásturinn og athuga þannig hver niðurdrátturinn í holunni var í raun. Komið var að holunni þann 21. september 1995 skömmu áður en lokað var fyrir blásturinn úr holunni. Síritandi mekanískum þrýstimæli (Ameradamæli) var slakað niður holuna meðan hún blés enn. Mælirinn var settur niður á 1000 m dýpi (drifborð Jötuns) eða nálægt neðstu æð holunnar. Komið var á 1000 m dýpi um kl. 13:38 og var mælirinn látinn jafna sig að umhverfinu í um 10 mínútur. Á meðan blés holan út í hljóðdeyfi um 33 kg/s með um 4,05 bar-g þrýstingi á holutoppi. Holunni var lokað um kl. 13:48 og gekk það greiðlega. Síðan var fylgst með þrýstingi á 1000 m næstu 97 mínúturnar, en byrjað var að hifa mælinn upp um kl. 15:25.

Þegar lesið var úr mælingunni kom í ljós að þrýstibreytingin var mjög lítil eins og blástursmælingar höfðu bent til. Breytingin yfir þann tíma sem fylgst var með þrýstingnum er 0,4 bar. Kvörðunarskekkja í mælinum getur verið um 1 bar, en hlutfallsleg skekkja í er miklu minni. Blástursmælingin og mæling á jöfnun þrýstings eftir blástur gefa því sömu niðurstöðu.

Þrýstijöfnunin var skoðuð með það í huga að meta vatnsleiðni við holuna, en ekki tókst að fá mat á vatnsleiðninni útfrá þrepaðælingu við borlok vegna mikils millirennslis í holunni (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1995b). Mæligildin frá þrýstijöfnuninni eru teiknuð á tvennan hátt á myndum 14 og 15. Þegar mynd 15 er grannt skoðuð sést að mæligildin nálgast að fylgja beinni línu með hallanum 0,5. Í forðafræði er slík hegðun almennt túlkuð sem línulegt aðflæði til holu um stóra sprungu (oft nær lóðrétta). Þannig fræðilegt líkan var fellt að gögnunum og er reiknuð þrýstijöfnun fyrir slíkt líkan sýnd sem heildregin lína á myndunum ásamt nálgunarstuðlum líkansins. Samkvæmt því er vatnsleiðnin við holuna mjög há ($22,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{Pas}$) sem er tæpri stærðargráðu hærri vatnsleiðni en svipuð túlkun gefur fyrir Nesjavallaholur. Þá bendir líkanið til stórrar sprungu með geisla (rædius) allt að 48 m.

Samandregin niðurstaða túlkunarinnar er því sú, að vatnsleiðni við holu ÖJ-1 sé mjög há. Öflugt sprungustreymi er næst holunni og þegar holan blæs er niðurdrættinum við holuna dreift til stórs svæðis umhverfis hana.

9. HEIMILDIR

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Jósef Hólmjárn og Sigurður Benediktsson, 1994. Ölkelduhálssvæði, Hóla ÖJ-1, 1. áfangi: Höggborun og borun fyrir 13 3/8" fóðringu í 309 m dýpi. Orkustofnun OS-94056/JHD-33 B.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðlaugur Hermannsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Jósef Hólmjárn Ómar Sigurðsson og Sigurður Benediktsson, 1995. Ölkelduhálssvæði, Hóla ÖJ-1, 2. áfangi: Borun fyrir 9 5/8" vinnslufóðringu frá 309 m í 781 m dýpi. Orkustofnun OS-95001/JHD-01 B.

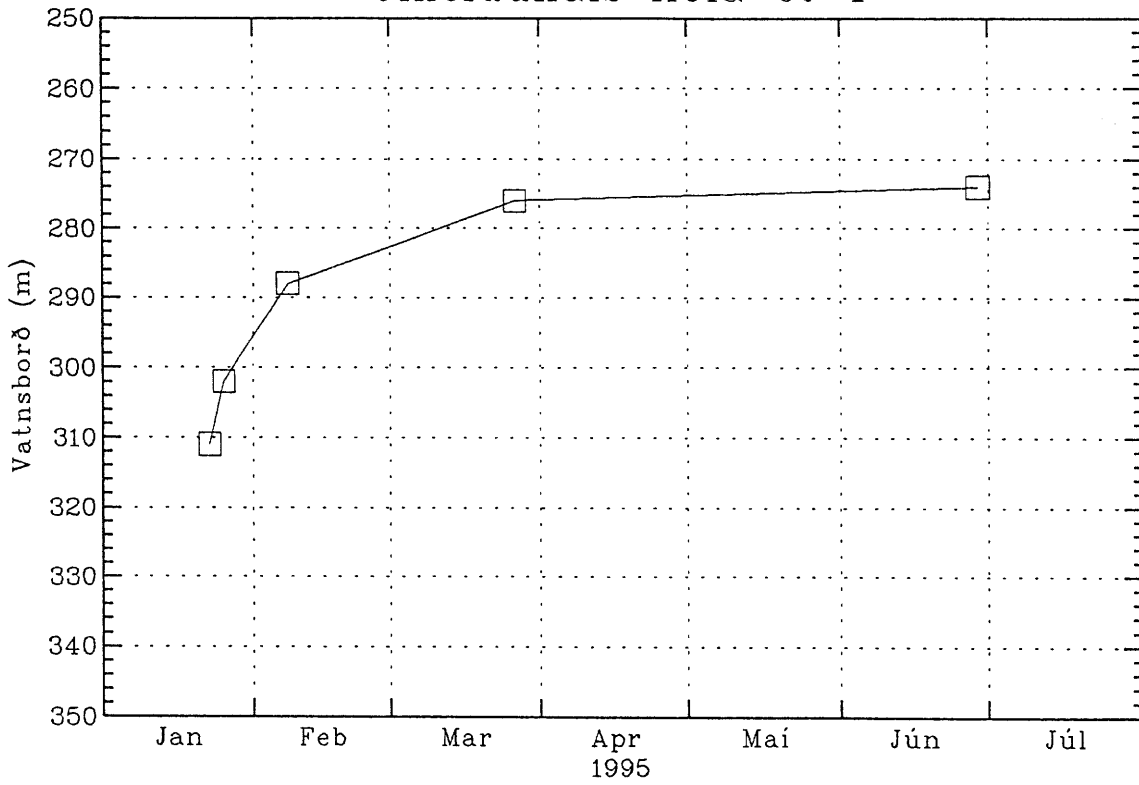
Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Grímur Björnsson, Hilmar Sigvaldason, Hjalti Franzson, Jósef Hólmjárn, Sigurður Benediktsson og Sverrir Þórhallsson, 1994. Ölkelduhálssvæði, Hóla ÖJ-1, 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 781 m í 1035 m. Orkustofnun OS-95007/JHD-05 B.

Sverrir Þórhallsson, Sæþór L. Jónsson, Sigurður Benediktsson, Einar Gunnlaugsson og Benedikt Steingrímsson, 1994. Rannsóknarhóla á Ölkelduhálssvæði - Hönnun og verklýsing. Orkustofnun OS-94009/JHD-04 B.

Grímur Björnsson, 1987. A multi-feedzone, wellbore simulator. M.S. ritgerð við University of California, Berkeley.

☐ Jarðhitadeild
17.11.95/bs

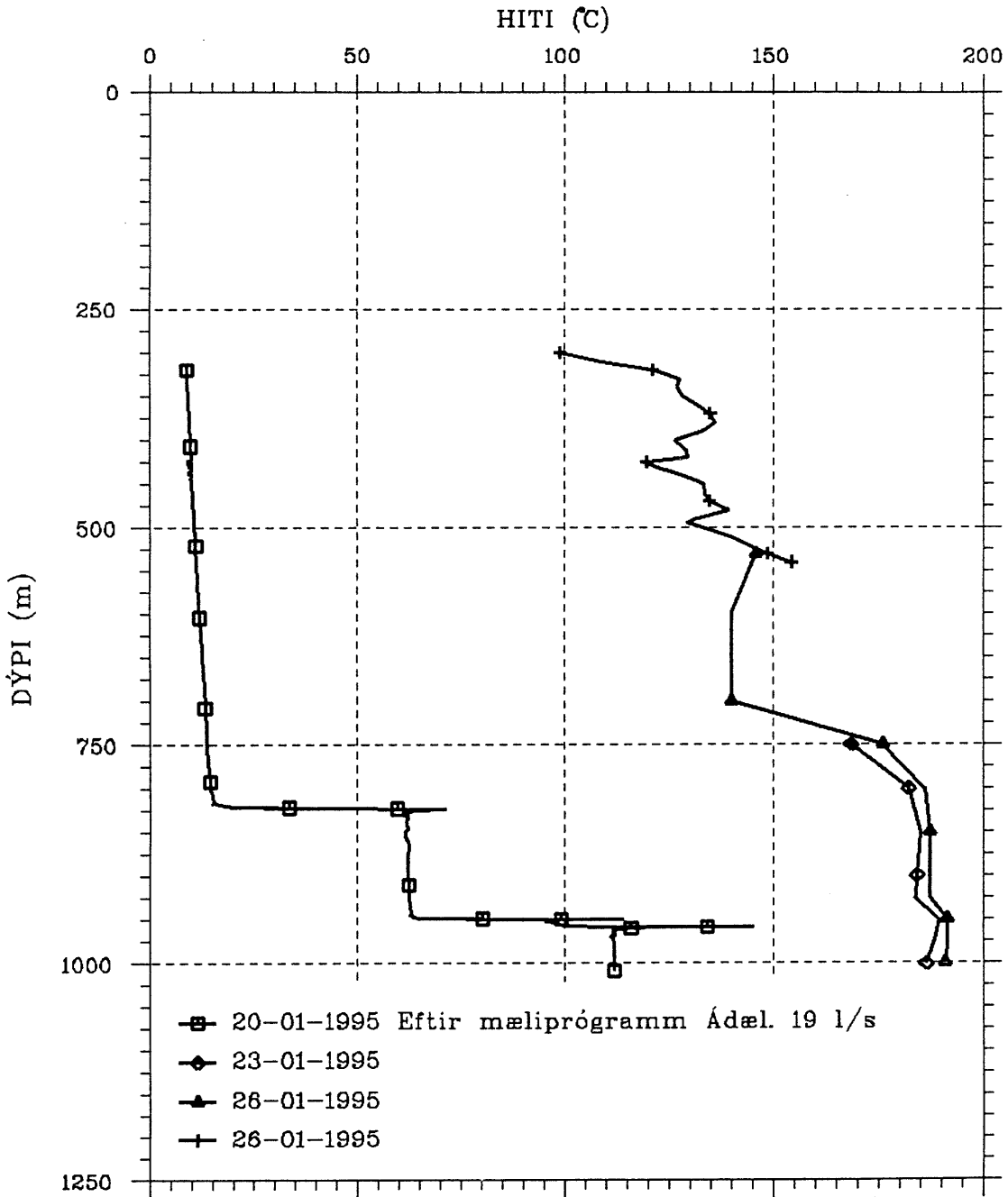
Ölkelduháls Hola ÖJ-1



Mynd 1. Vatnsborð í upphitun

20 Nov 1995 bs
L= 95101 Oracle

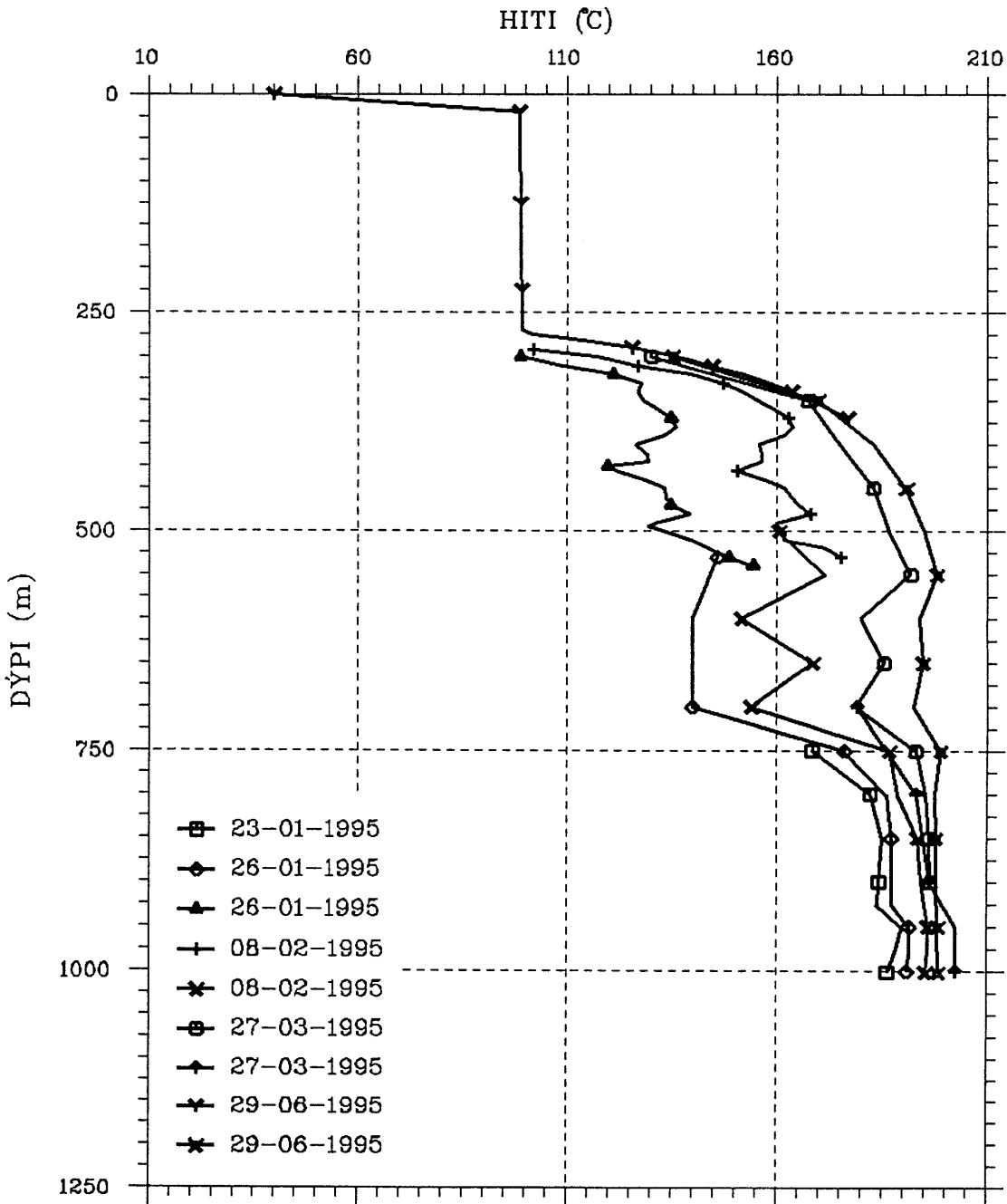
ÖLKELDUHÁLS HOLA ÖJ-1 Hitamælinga í og eftir borun



Mynd 2. Hitamælingar í ádælingu í lok borunar og í byrjun upphitunar

☐ 20 Nov 1995 bs
L= 95101 Oracle

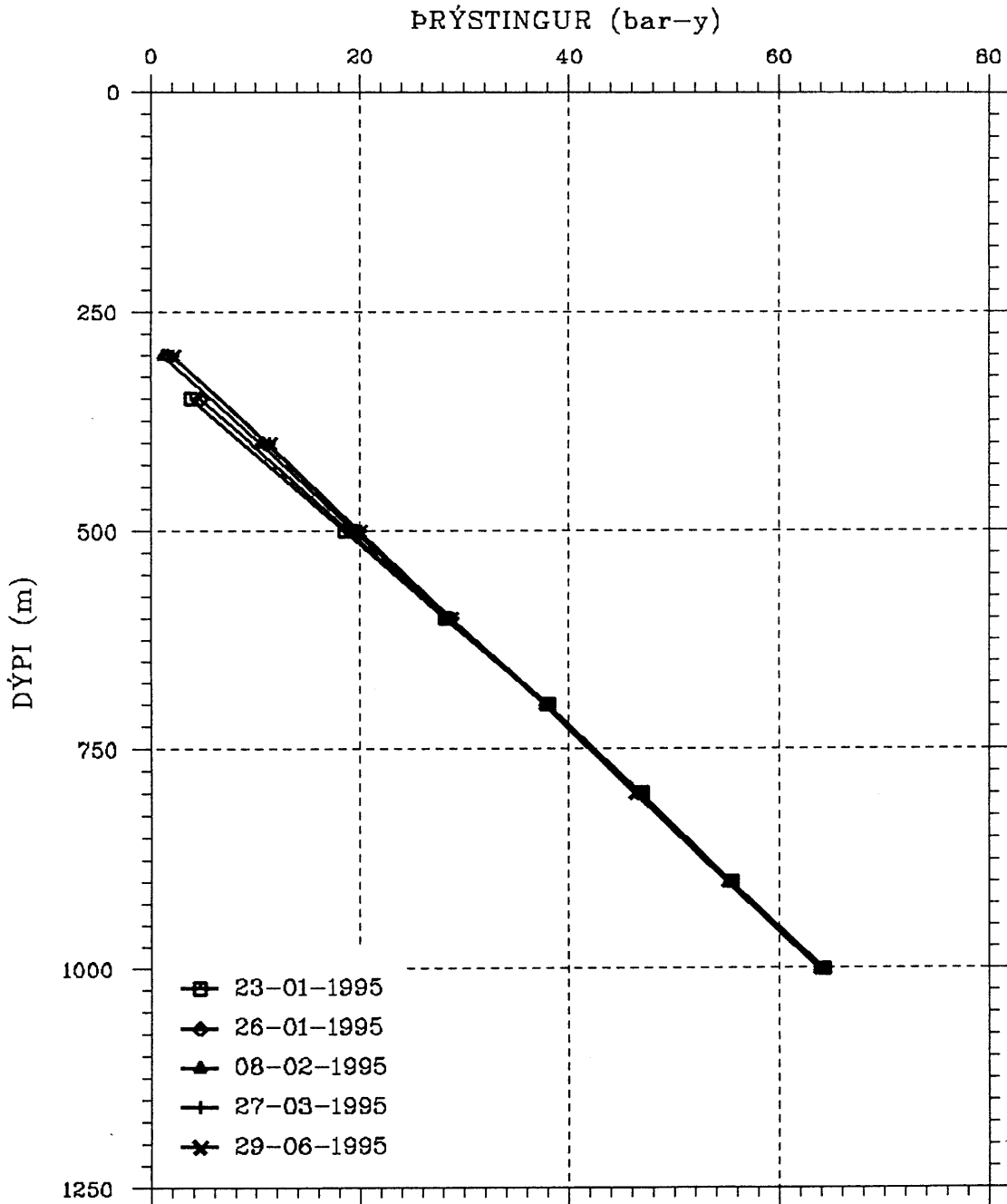
ÖLKELDUHÁLS HOLA ÖJ-1 Hitamælingar í upphitun



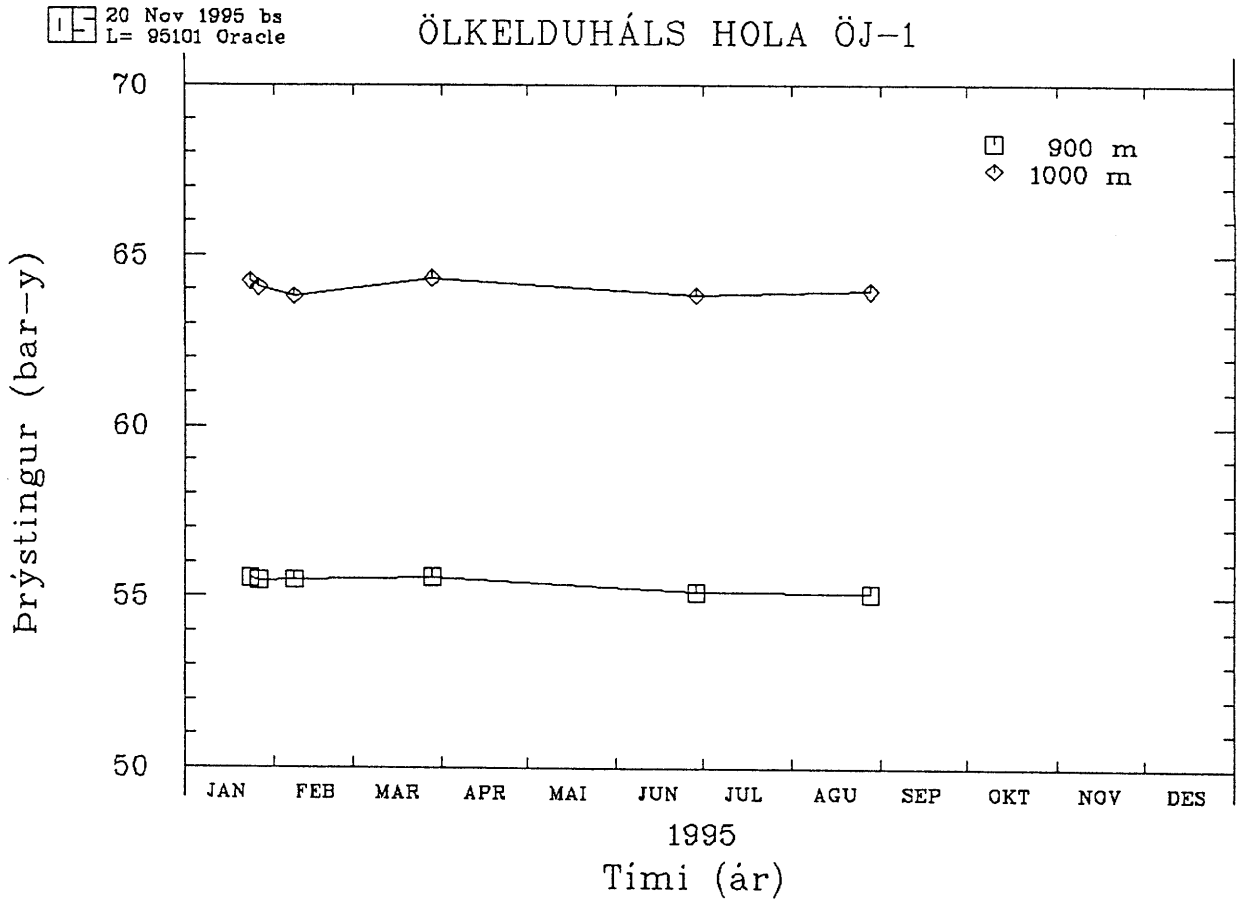
Mynd 3. Hitamælingar í upphitun

☐ 20 Nov 1995 bs
L= 95101 Oracle

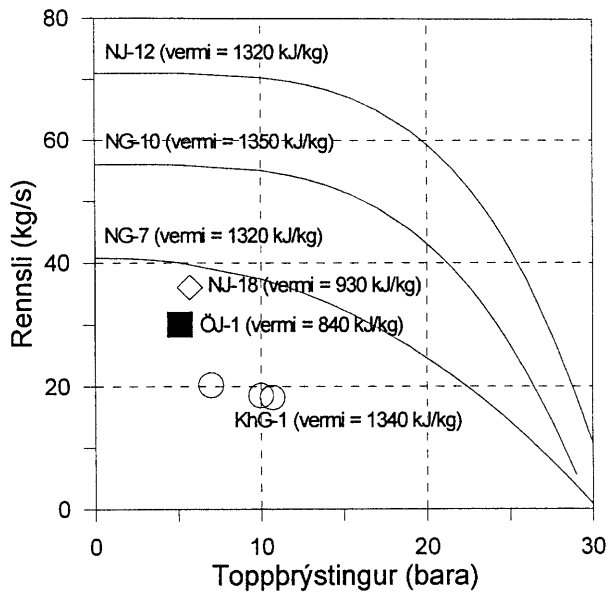
ÖLKELDUHÁLS HOLA ÖJ-1 Prýstimælingar í upphitun



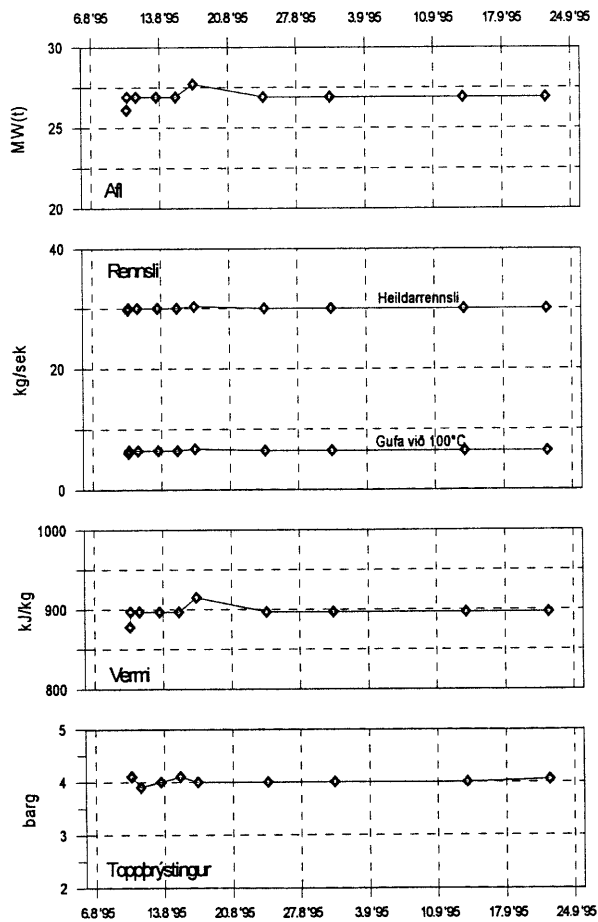
Mynd 4. Prýstimælingar í upphitun



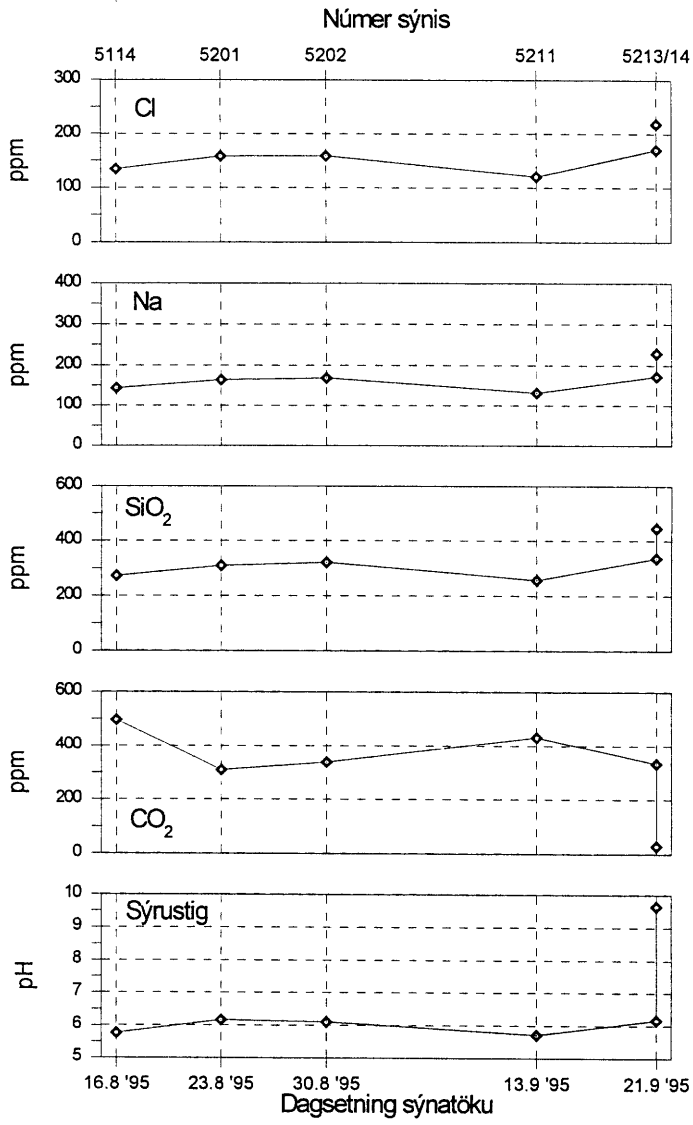
Mynd 5. Prýstingur á 900 og 1000 m dýpi á upphitunartímabilinu



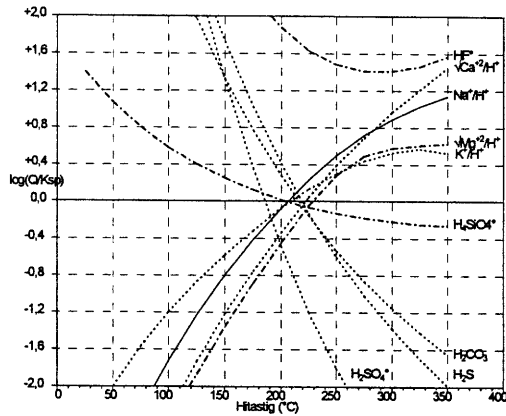
Mynd 6. Samanburður aflferla



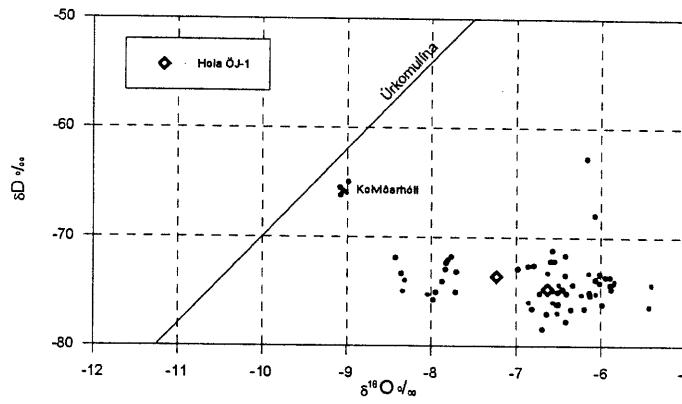
Mynd 7. ÖJ-1. Aflmælingar



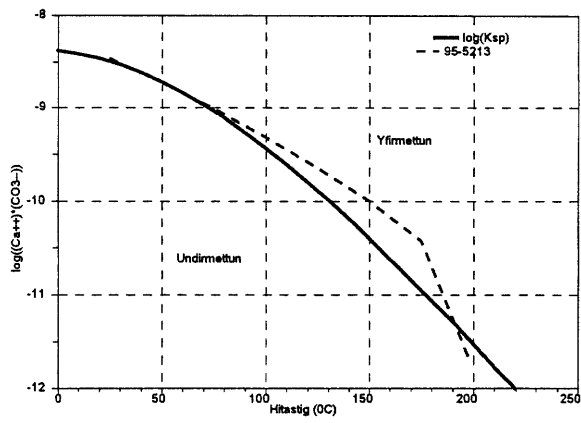
Mynd 8. ÖJ-1. Samanburður á styrk efna



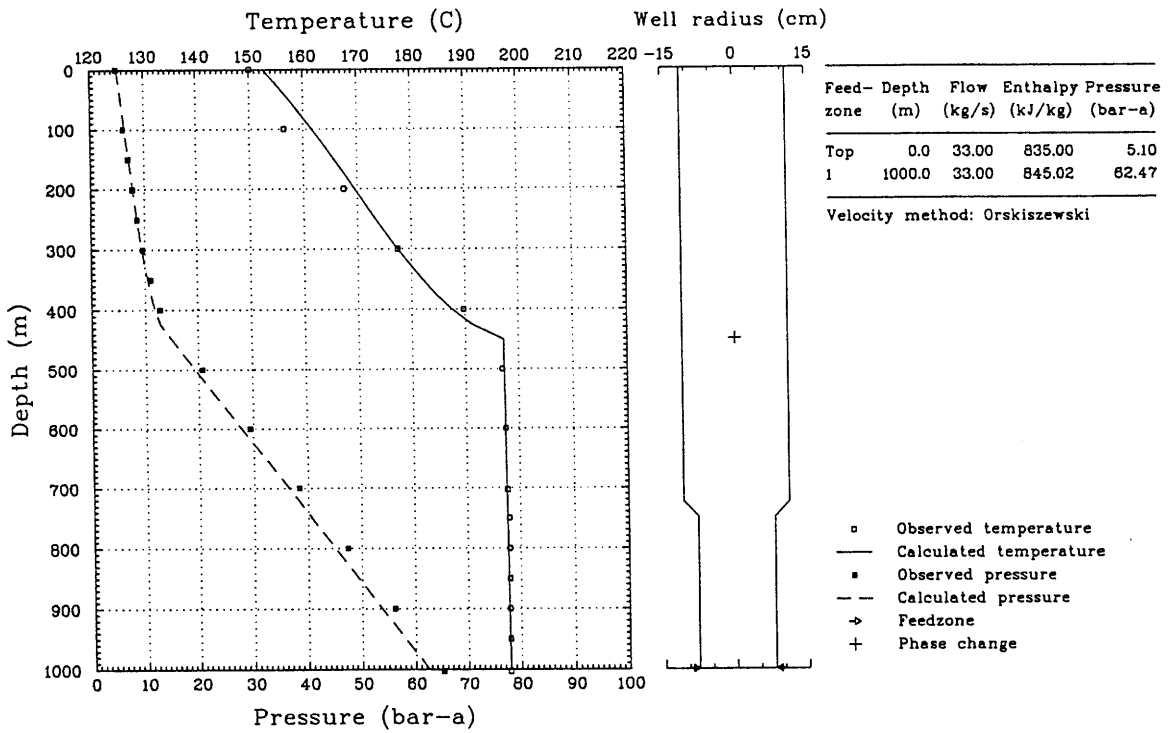
Mynd 9. ÖJ-1. Efnajafnvægi



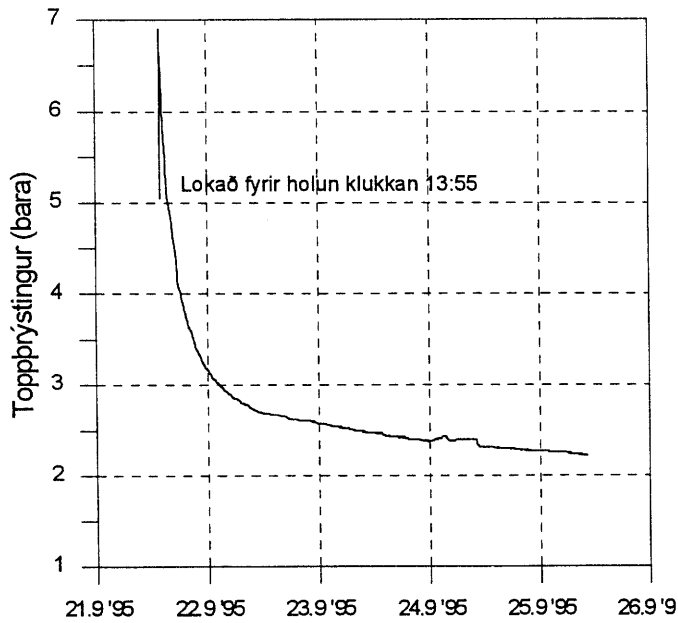
Mynd 10. Samsætur



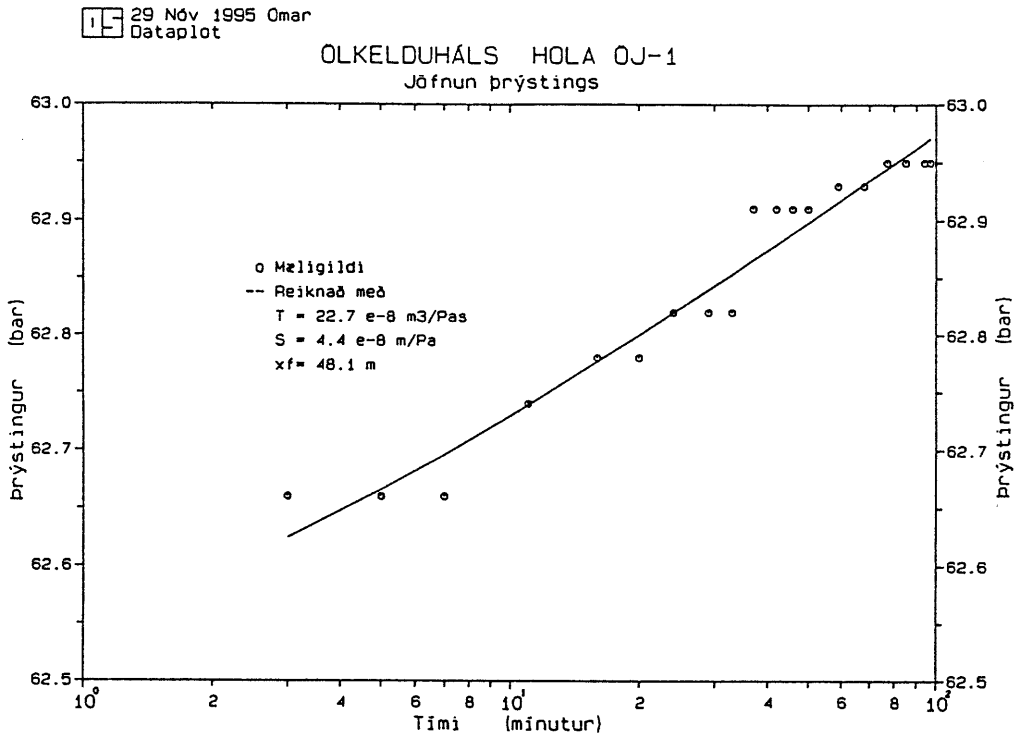
Mynd 11. Kalsítmættun



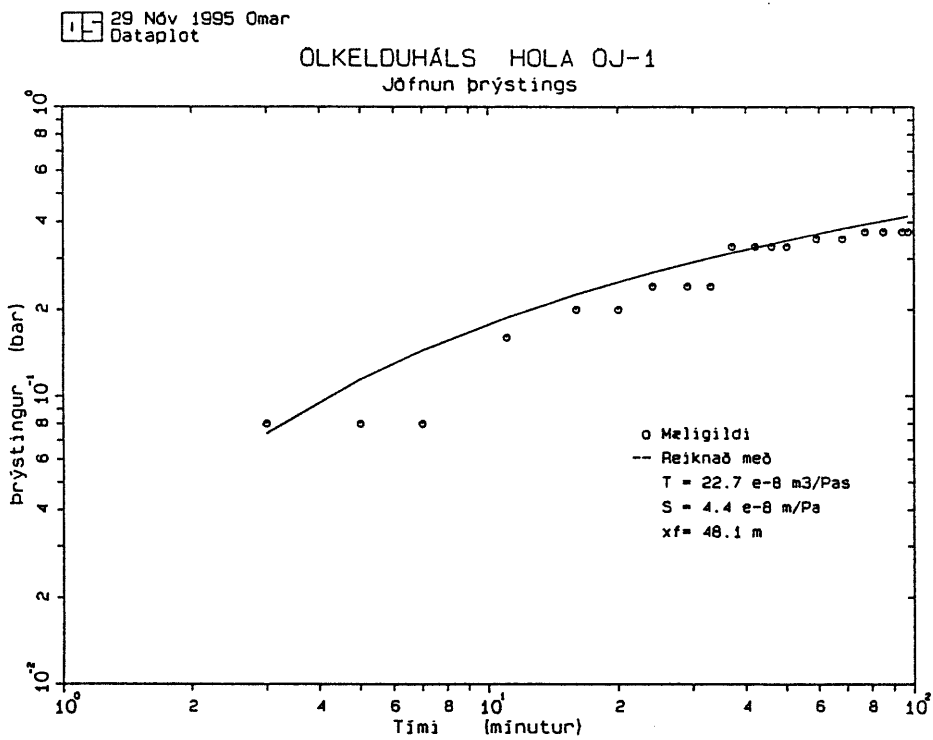
Mynd 12. Hita- og þrýstimælingar í blæstri



Mynd 13. ÖJ-1. Þrýstingur eftir lokun



Mynd 14. Jöfnun þrýstings á 1000 m dýpi. Nálgun við sprungulíkan



Mynd 15. Jöfnun þrýstings á 1000 m dýpi. Mæligildi ásamt mátferli fyrir sprungulíkan