



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

Afkastamælingar á borholum í Svartsengi og í Eldvörpum árin 1996 Og 1997

**Grímur Björnsson
Jón Örn Bjarnason
Sigvaldi Thordarson**

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

1998

OS-98008



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 630231

**Grímur Björnsson
Jón Örn Bjarnason
Sigvaldi Thordarson**

Afkastamælingar á borholum í Svartsengi og í Eldvörpum árin 1996 og 1997

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-98008

Mars 1998



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-98008	Dags.: Mars 1998	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: Afkastamælingar á borholum í Svartsengi og í Eldvörpum árin 1996 og 1997		Upplag: 40
		Fjöldi síðna: 70
Höfundar: Grímur Björnsson Jón Örn Bjarnason Sigvaldi Thordarson		Verkefnisstjóri: Sverrir Þórhallsson
Gerð skýrslu / Verkstig: Borholumælingar, heildarprófun		Verknúmer: 630 231
Unnið fyrir: Hitaveitu Suðurnesja		
Samvinnuaðilar:		
<p>Útdráttur:</p> <p>Í skýrslunni er lýst umfangsmiklum afkastaprófunum á sex djúpum borholum Hitaveitu Suðurnesja í Svartsengi (holum 7, 8, 9, 11 og 12) og Eldvörpum (holu 2). Til verksins var notuð sérsmíðuð, liggjandi skilja, sem annaði að hámarki u.p.b. 50 kg/s heildarrennsli. Holurnar skila á víxl gufuríku og vatnsráðandi renni sem veldur slætti í holurennslu. Með því að skilgreina sérstakra stillistuðla tókst að ákvarða meðalástand rennslisins. Samanburður af ferla í Svartsengi sýnir að búast má við 25-35 kg/s aukningu í heildarrennsli holna ef holutoppsþrýstingur er felldur um 1 bar frá því sem nú er og er það meginniðurstaða mælinganna. Þær sýna einnig að þunnt, útbrett lag á 600-700 m dýpi í Svartsengi hefur hlaupið í suðu vegna lækkandi svæðisþrýstings. Samkvæmt mælingunum er styrkur gass í gufu óháður rennsli úr þeim holum sem hafa einfasa innstreymi, en vex með minnkandi rennsli í holum með sjóðandi æðar. Hegðun holu 2 í Eldvörpum hefur breyst og lækkandi þrýstingur veldur því að aðalæð holunnar skilar nú hreinni gufu. Áframhaldandi notkun nýju skiljunnar í Svartsengi krefst þess að lesið sé af öllum skynjurum með tölvu. Eindregið er mælt með því að holutoppsþrýstingur verði tölvuskráður við vinnslueftirlit í Svartsengi.</p>		
Lykilorð: Svartsengi, jarðhitakerfi, borholur, vinnsla, mælingar, afl, afköst, vermi, rennsli, gas	ISBN-númer: 9979-68-009-1	Undirskrift verkefnisstjóra:
	Yfirlæsing af: SP	

ÁGRIP

Lokið er umfangsmiklum afkastaprófunum á sex djúpum borholum Hitaveitu Suðurnesja í Svartsengi og í Eldvörpum. Mælingarnar voru gerðar haustið 1996 og sumarið 1997 með sérsníðaðri, láréttir skilju.

Djúpu holurnar í Svartsengi bæta 25-35 kg/s hver við heildarstreymið, ef holutoppsþrýstingur er felldur um 1 bar frá því sem nú er, og er þetta meginndurstaða aflmælinganna. Þrýstingur djúpt í holunum, neðan suðuborðs, fél að jafnaði aðeins um 1-2 bör við 50 kg/s rennslisbreytingu. Endurspeglar það óvenjulega góða lekt jarðhitakerfisins. Þá benda spár með reiknilíkani til þess að holutoppsþrýstingur verði 9-12 bör þegar heildarstreymið nær 100 kg/s. Við þær aðstæður yrði hraði gufunnar við holutopp 35-40 m/s, en hraði vatnsins 10-20 m/s.

Aflmælingarnar sýna að þunnt, útbreitt lag á 600-700 m dýpi í Svartsengi hefur hlaupið í suðu vegna lækkandi svæðisþrýstings. Hefur nokkurra ára gömul tilgáta þar með hlotið staðfestingu. Úr þessu lagi vinna grunnar æðar holna 7 og 11, en vermi rennis úr þeim holum er u.p.b. 1140 kJ/kg. Holur 8 og 9 skila hins vegar renni með 1030-1040 kJ/kg vermi, og er það í samræmi við vatnshita þeirra neðan suðuborðs, nálægt 240°C. Vermi holu 12 er um 1010 kJ/kg, enda er vatnshiti hennar u.p.b. 235°C. Grunur er um sjóðandi æð ofarlega í holu 9, en hún leggur ekkert til rennslisins vegna þess að leiðari er óraufaður ofan 830 m dýpis.

Styrkur gass í gufu vex með minnkandi rennsli í holum með sjóðandi æðar. Hann er hins vegar óháður rennsli úr holum með einfasa innstreymi, og þar er hann heldur minni en í hinum fyrrnefndu. Þessi mæliaðferð virðist henta vel til að staðfesta grun um hækkað vermi í holu, án þess að skilja þurfi allt rennið.

Um holutoppa í Svartsengi streymir á víxl gufuríkt og vatnsráðandi renni, og verður af þessu sveifla eða sláttur, sem veldur því að í skiljunni mælast útgildi rennslisins, en ekki meðalástand þess. Þetta veldur nokkrum erfiðleikum í úrvinnslu mælinga, en í skýrslunni er því lýst hvernig sá vandi var leystur. Í ljós kom, að samband er milli heildarstreymis úr holu og lotulengdar sláttarins. Sískráning toppþrýstings ásamt tíðnigreiningu gæti því reynst verðmætt verkfæri í vinnslueftirliti í Svartsengi. Jafnframt er ljóst að komi til aflmælinga síðar meir, þá verður að tölvutengja alla skynjara á holutoppi og við skilju til að sem áreiðanlegast mat fáist á holuafköstin.

Hegðun holu 2 í Eldvörpum hefur breyst verulega síðan hún blés eftir borun árið 1983. Efri aðalæð holunnar á 575 m dýpi skilar nú aðeins þurri gufu, og má vinna úr þeirri að einni saman 5 kg/s við háan þrýsting á toppi. Eftir því sem toppþrýstingur lækkar leggur 1250 m vatnsæð holunnar hlutfallslega æ meir til heildarrennslisins, og lækkar þá heildarvermi sem því nemur. Meðalvermið í prófunum 1996 mældist engu að síður u.p.b. 1650 kJ/kg, en hafði verið 1350 kJ/kg árið 1983. Þrýstingur djúpt í holunni fellur umtalsvert við aukið rennsli. Þannig mælist niðurdrátturinn 5-10 sinnum meiri en í Svartsengi, að jöfnu heildarrennsli. Vísbendingar eru um að holan sé á jaðri lekara og heitara jarðhitakerfis, sem kynni að bjóða upp á talsverða möguleika í gufuvinnslu.

EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	2
1. INNGANGUR	5
2. FRAMKVÆMD MÆLINGA	6
3. GRUNNJÖFNUR VARMA- OG RENNSLISREIKNINGA	8
4. GAS Í GUFU	10
5. MÆLINGAR Á HOLU SG-7	12
6. MÆLINGAR Á HOLU SG-8	20
7. MÆLINGAR Á HOLU SG-9	28
8. MÆLINGAR Á HOLU SG-11	35
9. MÆLINGAR Á HOLU SG-12	41
10. AFLMÆLINGAR Í ELDVÖRPUM	48
10.1 Mælingar árið 1996	48
10.2 Samanburður afmælinga árin 1983 og 1996	51
11. EFNASAMSETNING RENNIS Í ELDVÖRPUM	53
12. UMRÆÐA	56
13. HELSTU NIÐURSTÖÐUR	59
14. HEIMILDASKRÁ	61
ENGLISH SUMMARY	62
VIÐAUKI A: Mæligögn fyrir holur í Svartsengi	63
VIÐAUKI B: Mæligögn fyrir holu EG-2 í Eldvörpum	67

MYNDASKRÁ

1. Búnaður sem notaður var til að mæla aflferla holna í Svartsengi og Eldvörpum	7
2. Hitamælingar í holu 7	12
3. Þrýstimælingar í holu 7	12
4. Frumgögn afmælinga í holu 7	13
5. Heildarrennsli, -vermi og gufurennslí í þepaprófi holu 7	14
6. Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 7 í september 1997	17
7. Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 7 í september 1997	17
8. Afróf toppþrýstings holu 7 í september 1997	18
9. Heildarrennsli holu 7 sem fall af einkennislotulengd toppþrýstings	19
10. Hitamælingar í holu 8	20
11. Þrýstimælingar í holu 8	20
12. Frumgögn afmælinga í holu 8, ásamt óvissubilum	21
13. Reiknað afl holu 8 ef vægi há- og lággilda er jafnt	23
14. Líklegt afl og rennsli holu 8 í júlí 1997	24
15. Aflferill holu 8 í júlí 1997	26

16. Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 8 í júlí 1997	27
17. Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 8 í júlí 1997	27
18. Hitamælingar í holu 9	28
19. Þrýstimælingar í holu 9	28
20. Frumgögn aflmælinga í holu 9, ásamt óvissubilum	30
21. Reiknað afl holu 9 ef vægi há- og lággilda er jafnt	31
22. Aflferill holu 9 í júní 1997	33
23. Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 9 í júní 1997	34
24. Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 9 í júní 1997	34
25. Hitamælingar í holu 11	35
26. Þrýstimælingar í holu 11	35
27. Frumgögn aflmælinga í holu 11, ásamt óvissubilum	37
28. Reiknað afl holu 11 ef vægi há- og lággilda er jafnt	38
29. Aflferill holu 11 í maí 1997	40
30. Hitamælingar í holu 12	41
31. Þrýstimælingar í holu 12	41
32. Frumgögn aflmælinga í holu 12, ásamt óvissubilum	42
33. Reiknað afl holu 12 ef vægi há- og lággilda er jafnt	43
34. Líklegt afl og rennsli holu 12 í júní 1997	44
35. Aflferill holu 12 í júní 1997	45
36. Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 12 í júní 1997	47
37. Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 12 í júní 1997	47
38. Hitamælingar í holu EG-2	48
39. Þrýstimælingar í holu EG-2	48
40. Afkastamæling holu EG-2 í ágúst og september 1996	49
41. Aflferill holu EG-2 haustið 1996	50
42. Þrýstingur á 1230 m dýpi í holu EG-2	50
43. Aflferlar æða holu 2 sem fall af botnþrýstingi	51
44. Aflferlar holu 2 árin 1983 og 1996	52
45. Vermi holu 2 árin 1983 og 1996	52
46. Aflferlar holna í Svartsengi sumarið 1997	56
47. Gasstyrkur í Svartsengi sumarið 1997 sem fall af heildarrennsli	58

TÖFLUSKRÁ

1. Styrkur koldíoxíðs og brennisteinsvetnis í gufu	11
2. Meðalgildi ýmissa mældra og reiknaðra stærða í þrepaprófi holu 7	15
3. Reiknaðar einkennisstærðir holu 8 í blæstri	25
4. Reiknaðar einkennisstærðir holu 9 í blæstri	32
5. Aflmæling holu 11 þann 8. nóvember 1996	36
6. Reiknaðar einkennisstærðir holu 11 í blæstri	39
7. Reiknaðar einkennisstærðir holu 12 í blæstri	46
8. Efnasamsetning sýnis úr holu 2 í Eldvörpum	53
9. Styrkur efna í djúpvatni holu 2	55
10. Styrkur koldíoxíðs og brennisteinsvetnis í gufu í Eldvörpum	56
11. Nokkrar einkennistölur í afköstum vinnsluholna Hitaveitu Suðurnesja	57

1. INNGANGUR

Á þeim liðugu tveimur áratugum, sem liðnir eru frá því Hitaveita Suðurnesja hóf rekstur orkuvers síns í Svartsengi, hafa orðið nokkrar breytingar á jarðhitakerfinu þar. Vegna vinnslu jarðsjávar og gufu úr svæðinu hefur þrýstingur í því fallið. Af þessum sökum hefur efsti hluti kerfisins hlaupið í suðu, og nægir þar að vitna til ástandsbreytinga í holu SG-10 vorið 1984 (Jón Örn Bjarnason, 1988). Þrýstifallið og suðan hafa einnig breytt vinnslueiginleikum annarra borholna í Svartsengi eins og fram hefur komið í fjölmögum skýrslum um borholumælingar, vinnslueftirlit og efnavöktun. Hafa áhrif vinnslunnar raunar teygt sig allt vestur í Eldvörp.

Þótti því orðið tímabært að mæla vermi og afköst borholna í Svartsengi, því þessar tvær stærðir skipta höfuðmáli við rekstur jarðhitasvæða. Sú skýrsla, sem hér birtist og unnin er að beiðni Hitaveitu Suðurnesja, fjallar einmitt um ítarlegar aflmælingar sem gerðar voru á borholum veitunnar haustið 1996 og sumarið 1997. Áður höfðu holurnar allar verið afkastamaeldar á blásturstíma, skömmu eftir borun, en ekki síðan. Í Svartsengi voru nú mældar holar SG-7, SG-8, SG-9, SG-11, SG-12, en í Eldvörpum hola EG-2.

Tilgangur mælinganna var tvíþættur. Í fyrsta lagi var ætlunin að komast að því hvort syði í efri æðum holna í Svartsengi og Eldvörpum. Í annan stað skyldi meta sem nákvæmast heildarafköst „blautu“ holnanna (þ.e. annarra holna en 10 og 14) vegna áætlana um nýboranir og stækkun orkuversins.

Aflmælingaverkefnið reyndist umfangsmikið. Smíðuð var sérstök skilja, sem flutt var af inni holu á aðra, en hún skilur holurennið við andrúmsloftsþrýsting. Skiljan hleypir gufunni upp um stromp, en veitir vatninu niður af sér, og má þannig mæla rennsli beggja, hvort í sínu lagi. Mælingarnar reyndust tilraunaverkefni öðrum þræði. Er þar vísað til þess að ýmsir veikleikar mæliferlisins komu æ betur í ljós eftir því sem fleiri holur voru mældar, og var jafnóðum reynt að ráða á þeim bót. Engu að síður var leitast við að framkvæma mælingarnar með sem allra líkustum hætti frá holu til holu. Með því móti var unnt að samræma niðurstöður og fá þannig prófin til að styðja hvert annað.

Í kaflanum hér á eftir er framkvæmd mælinganna lýst, þ.e. hönnun skiljunnar, mælingum tengdum henni, svo og mælingum sem gerðar voru niðri í sjálfum holunum. Þriðji kafli lýsir helstu jöfnum sem notaðar voru til að ákvarða höfuðniðurstöður prófana, en þær eru vermi og heildarrennsli sem fall af holutoppsþrýstingi. Í fjórða kafla segir frá styrk gass í gufu. Síðan koma fimm kaflar þar sem mælingum í hverri Svartsengisholu er lýst svo og úrvinnslu þeirra, en í tíunda kafla er fjallað um aflmælingar í Eldvörpum. Í ellefta kafla er efnasamsetningu rennis í Eldvörpum gerð nokkur skil. Honum fylgir umræðukafli þar sem kostir og annmarkar aflmælinganna eru ræddir og niðurstöður bornar saman milli holna. Í lokakafla eru niðurstöður svo dregnar saman.

2. FRAMKVÆMD MÆLINGA

Mynd 1 sýnir búnaðinn sem notaður var til að mæla aflferla háhitaholnanna. Mest var mælt á fimm stöðum samtímis, en alls voru sex stærðir mældar. Þær eru:

Djúpprýstingur var ýmist mældur með Amerada eða Kuster þrýstimælum niðri í hverri holu. Með því móti skyldi tveimur ferlum náð, þ.e. holuþrýstingnum með dýpi við fast rennsli, og þrýstibreytingum með tíma meðan mælirinn var á föstu dýpi. Á ýmsu gekk með þessar mælingar þar sem klukkur tólanna voru vægast sagt mislyndar og tókst tímamælingin því aðeins í tvö skipti af sex. Mæling dýpisferlanna gekk hins vegar mun betur.

Djúphiti var mældur með Amerada hitamælum við upphaf hvers aflprófs. Mældur var dýpisferill, nokkuð þétt milli 600 og 700 m dýpis svo ákvarða mætti vermi í suðuborði með sem mestri nákvæmni.

Holutoppsþrýstingnum verður hér eftir lýst með táknuinu P_0 (bör-y). Hann var ætíð mældur á leggnum að skiljunni, ofanstreymis við leggventilinn sem notaður var til að stilla rennslið í hverju þepri.

Krítískur þrýstingur verður kallaður P_c (bör-y). Hafður var 162,04 mm stútur á enda leggrörsins, þar sem það stóð inn í skiljuna. Það gaf færi á að reikna vermi og rennsli úr holunni með aðferð Russell James (sjá kafla 3).

Gufurennslíð upp um stromp skiljunnar er táknað með m_g (kg/s). Mælingin fór þannig fram, að sett var tígullaga rör (annubar nemí DCR-25 frá Dietric Standard) inn í miðjan strompinn og mælt þrýstifallið yfir það (ΔP). Sérstakt aflestrartæki frá sama framleiðanda sá svo um að lesa þrýstimerkið, taka meðaltalið af því og skila síðan gufurennslinu í kg/s beint á skjá.

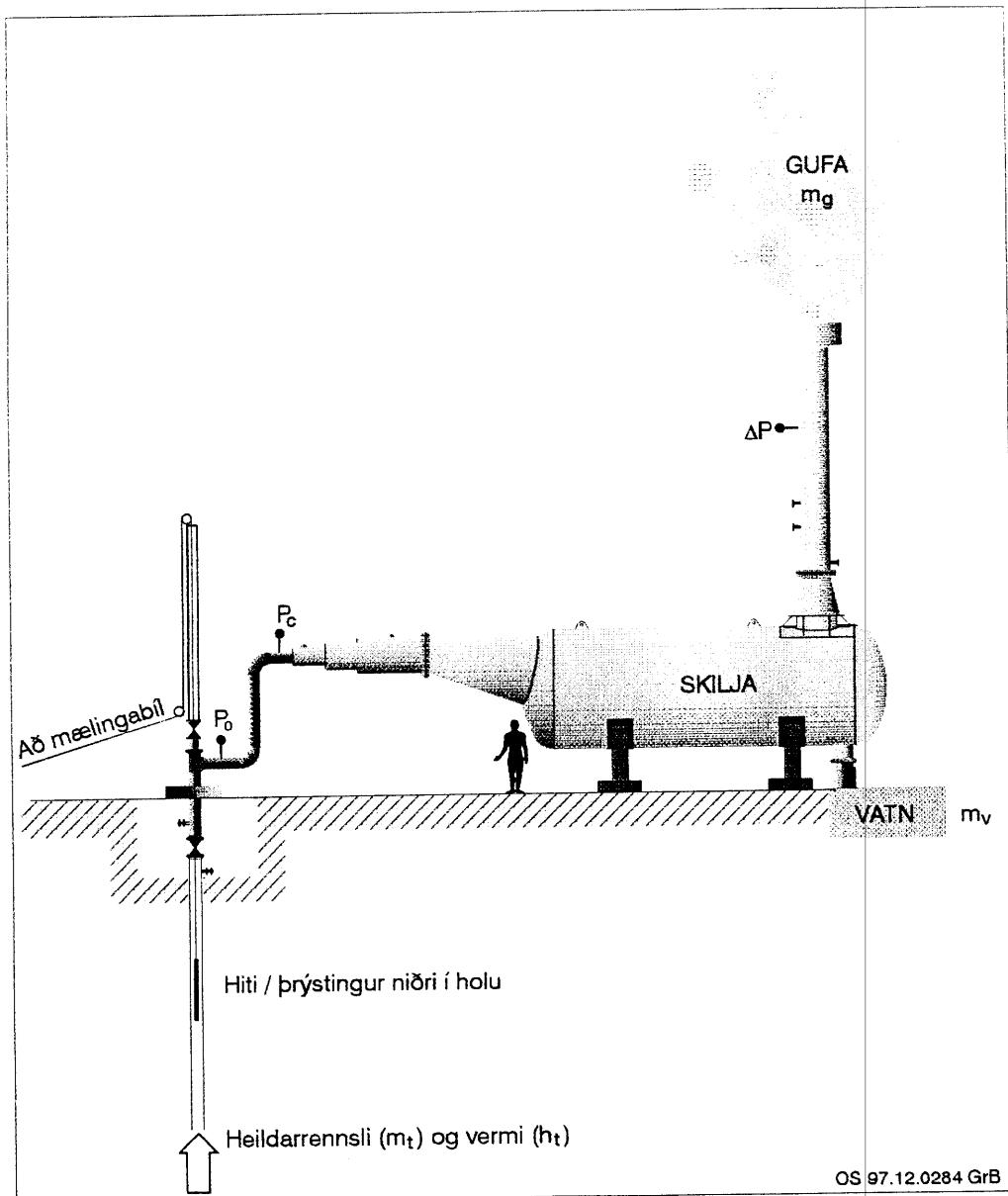
Vatnsrennslið úr skiljunni var ákvarðað á óbeinan hátt, þannig að mæld var vatnshæð í kari með V-laga yfirlalli og rennslið síðan reiknað út frá hæðinni. Mælingin í karinu reyndist einn veikasti hlekkurinn í öllu ferlinu sökum þess að veruleg sveifla er í vatnsmagninu, einkum þegar rennsli er mikil. Sveiflaðist vatnshæðin kringum 5 cm. Nánar verður fjallað um þessa óvissu í næsta kafla. Vatnshæðin var mæld frá efri brún á kari niður að vatnsborðinu í því, en sléttir 50 cm voru frá karbrúninni niður í kverk V-sniðsins. Vegna gufu úr vatninu voru þessar mælingar erfiðar. Því var karinu breytt lítillega með því að setja utan á það lóðrétt rör (ca. 100 mm í þvermál) sem tengt var karinu með $1\frac{1}{2}$ " röri. Vannst þannig tvennt í senn, ekki þurfti að bogra yfir karinu og hliðarrörið virkaði sem oldustillir og jók þannig nákvæmnina í aflestrum. Í ljós kom þó að skiljan þoldi tæplega meira en 50 kg/s heildarrennsli, færi það hærra freyddi í karinu og vatn frussaðist upp um strompinn.

Merkin á ofangreindum mælistöðum voru skráð á 5-10 mínutna fresti meðan þrepaprófin stóðu yfir. Sökum sveiflna í mælingum voru oftast skráð bæði há- og lággildi hverrar stærðar.

Einnig punktuðu mælingamenn hjá sér lotulengd sveiflu sem fram kom í holutoppsþrýstingnum og könnuðu hvort hámark toppþrýstings kæmi fram sem hámark í krítískum

þrýstingi og í kari. Frumgögn þessara mælinga er að finna í feltbók mælingabíls Orku-stofnunar (NB-765).

Hvert þrep stóð í u.þ.b. 50-60 mínútur. Það sýndi sig að vera nægur tími til að fá stöðug-an aflestur í öllum mælistöðnum. Einnig var safnað í lút sýni af gufu í lok hvers þreps til þess að ákvarða styrk gass í gufunni.



Mynd 1: Búnaður sem notaður var til að mæla affferla holna í Svartsengi og Eldvörpum.
Útlitsmynd skilju var fengin hjá Varmaverki, Hafnarfirði.

EKKI VAR SAMI HÁTTUR HAFÐUR Á VIÐ MÆLINGAR Í SVARTSENGI OG ELDVÖRPUM. ÞANNIG VORU SVARTSENGISHOLURNAR EINUNGIS ÞREPAMÆLDAR Í EINN DAG, EN PRÓF ELDVARPAHOLUNNAR STÓÐ VIK-

um saman. Hér réði miklu að orkuverið í Svartsengi mátti illa við að missa holu úr rekstri, en Eldvarpaholan stóð ónotuð og frjáls til hvers kyns tilrauna.

Yfirleitt komu sex menn að hverju þepaprófi, þrír mælingamenn frá Orkustofnun, gufuveitustjóriinn í Svartsengi, vörubílstjóri með bíl sinn og krana, og loks suðumaður úr Grindavík sem fylgdist vel með að allur frágangur og tengingar við skiljuna væru í lagi. Ríkti góður andi í þeim hópi. Mælidagarnir urðu langir, yfirleitt var lagt úr bænum kringum 7:30 og komið til baka milli 22 og 23 á kvöldin.

3. GRUNNJÖFNUR VARMA- OG RENNSLISREIKNINGA

Mælingunum með færانlegu gufuskiljunni var ætlað að leiða fram samband fjögurra kennistærða hverrar holu. Þær eru holutoppsþrýstingur, heildarrennsli, heildarvermi og magn óþéttanlegs gass í gufu. Þrýstingurinn var mældur beint, en rennslið, gasstyrkurinn og vermið eru afleiddar stærðir.

Einfalt er að reikna vatnsrennslið í V-laga þversniðinu. Ef gert er ráð fyrir að mæld sé hæð frá brún kars niður að vatnsborði, Δh (cm), þá er vatnsrennslinu m_v (kg/s) lýst með jöfnunni (ASME, 1971):

$$m_v = 1,39 \cdot \left[(50 - \Delta h) / 100 + 0,0008 \right]^{2,5} \cdot \rho$$

þar sem ρ er eðlismassi vatnsins í karinu. Hann er 958 kg/m^3 í fersku 100°C vatni, en meiri í söltu vatni eins og hér er unnið með. Eðlismassi jarðsjávar í Bláa lóninu hefur verið mældur sem fall af klóríðstyrk og hita (Jón Örn Bjarnason, 1986) og má tjá þetta samband með jöfnunni:

$$\rho(T) = \rho_0(T) + 1,19 \cdot 10^{-6} \cdot Cl$$

þar sem ρ táknað er eðlismassa lónvökva í g/cm^3 við hita T , $\rho_0(T)$ er eðlismassi eimaðs vatns við hitann T og Cl er styrkur klóríðs í mg/kg . Ef u.p.b. 73 % af holurenninu er vatn við andrúmsloftsprýsting, má gera ráð fyrir að dæmigert klóríðinnihald vatnsins í karinu sé á bilinu $(12000-12600)/0,73$, þ.e. 16400 til 17300 mg/l . Þar með fæst að eðlismassi vatnsins í karinu hækkar um 19 til 21 kg/m^3 frá ferskvatnsgildinu 958 kg/m^3 . Ekki er leiðrétt fyrir þessari skekkju í komandi aftreikningum, en hún er af stærðarþrepunu 2 %.

Þrýstinginn í krítiska stútnum inn í skiljuna, P_c (bar-a), ásamt vatnshæðinni í karinu má nota til að reikna heildarvermi h_t (kJ/kg) og streymi m_t (kg/s) samkvæmt aðferð Russell James (Grant et al., 1982). Þá jöfnu má umrita með tilliti til vatnsrennslis í karinu sem:

$$m_v = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{d^2 \cdot P_c^{0,96}}{h_t^{1,102}} \cdot \frac{2676 - h_t}{2676 - 419}$$

þar sem d er þvermál krítiska stútsins í cm. Ofangreind jafna er ólínuleg gagnvart óþekktu stærðinni h_t en má leysa með Newton ítrun. Athugið að reikningur heildarvermisins er mjög háður vatnsrennslinu m_v sem mælt er í karinu. Skekkjur í þeirri mælingu leiða því beint til skekkna í útreikningi heildarvermisins.

Þegar heildarvermið h_t er þekkt, er auðvelt að reikna gufuhluta heildarstreymisins, x , við

andrúmsloftsþrýsting skv. jöfnunni:

$$x = \frac{h_t - 419}{2676 - 419}$$

þar sem gildin 419 og 2676 eru vermi hreins vatns og gufu við andrúmsloftsþrýsting. Heildarrennsli, m_t , má síðan reikna sem

$$m_t = \frac{m_v}{1-x}$$

Heildarrennslið má einnig meta út frá karmælingunni og mælingu á strompgufunni, m_g . Það er þá einfaldlega:

$$m_t = m_v + m_g$$

og heildarvermið fæst út frá jöfnunni

$$h_t = x \cdot h_g + (1-x) \cdot h_v$$

þar sem h_g og h_v eru vermi hreinnar gufu og hreins vatns og gufuhlutinn x er fenginn með $x = m_g/m_t$.

Einn mesti vandinn við að mæla holuafköst í Svartsengi stafar af því að sláttur er í rennslinu, þ.e. upp úr holunum renna til skiptis gufuríkir og vatnsríkir „pokar“. Mælingarnar sem gerðar eru í karinu og með skiljunni sýndu því aldrei meðalástand rennslisins, sem hér er mestur akkur í að vita. Kostaði það tölverða vinnu að leysa þetta vandamál, og voru í þeim tilgangi smíðaðar viðeigandi „sleggjur“ til að berja afkastamælingarnar til hlýðni.

Sveiflur í vatnsborði mælikarsins urðu hæglega 5 cm og var venjan að skrá lægstu og hæstu stöðu. Vaknar þá sú spurning hvaða vatnshæð lýsi meðalrennslinu gegnum karið. Afráðið var að taka á þessum vanda með því að setja vog á vatnshæðina. Ef hæsta vatnsborð í karinu er skilgreint sem h_{\max} , það lægsta sem h_{\min} og vægi háá vatnsborðsins sem ω , þá áætlast meðalvatnshæðin sem:

$$h_{\text{meðal}} = \omega \cdot h_{\max} + (1-\omega) \cdot h_{\min}$$

Engan veginn var ljóst hvaða gildi skyldi setja á vægisstuðulinn ω . Var því farin sú leið að fikta við stuðulinn uns heildarrennsli og -vermi urðu sambærileg hvort sem notaðar voru mælistærðir kars og stromps, eða mælistærðir kars og krítiska stútsins. Jafnframt var litið til þess hvernig magn gass í gufu hegðaði sér milli þrepa, svo og þess vermis sem holuhitinn í suðuborði sagði til um.

Enn einn skekkjuþátturinn í þeirri þraut að meta meðalafköst Svartsengisholna liggar í því að ekki reyndist unnt að mæla gufurennslíð upp um strompinn þegar rennslið var lítið. Þrýstifallið á annubar stútnum var leitt að mælitölvunni um tvær lóðréttar, vatnsfylltar slöngur og var hæðarmunur skynjara og tölvu 5-6 metrar. Hugsanlegt er að svoltíð hafi vantað upp á að önnur hvor slangan stæði alveg full. Í því tilviki var ekki við því að búast að gufurennslí færi að mælast fyrr en nokkru þrýstifalli væri náð yfir annubar skynjarann. Að sögn Trausta Haukssonar hjá Kemíu hf. fylgir gufurennslíð jöfnunni:

$$\hat{m}_g = C \sqrt{\Delta \hat{P}}$$

þar sem $\hat{\Delta P}$ er þrýstifall yfir annubar nemann (mm H₂O) og C er stuðull sem er háður gufurennslinu og vídd rörsins sem gufan streymir um. Gildi C stuðulsins er hér 0,833 ef rennslið er 5 kg/s, 0,832 ef rennslið er 10 kg/s og 0,826 ef rennslið er 20 kg/s. Mælitölvan sem las gildin á $\hat{\Delta P}$ tók meðaltöl þrýstings í nokkrar sekúndur og reiknaði síðan rennslið beint í kg/s. Mælingamenn skráðu svo það rennsli, bæði hámark og lágmark.

Nú virðist sem fyrrgreind slönguhönnun hafi orðið til þess að 1-3 cm vatns hafi stundum vantað inn í aðra tengislönguna. Þar með var annubar þrýstimunurinn alltaf of lágur, um sem nam sama gildi í öllum þrepum hverrar holu. Leiðrétt var fyrir þessum þrýstimun með því að skilgreina skekkjuþrýsting Δp . Réttur þrýstingur yfir annubar stútinn er þá $\Delta P = \hat{\Delta P} + \Delta p$. Þar með er rétt gufurennslu um strompinn, m_g , fengið með jöfnunni:

$$m_g = C \sqrt{\left(\frac{\hat{m}_g}{C}\right)^2 + \Delta p}$$

Önnur leiðréttning sem gera þurfti á stromprennslinu fólst í óvissu um meðalgufurennslíð. Aflestrarnir sýna útgildi gufurennslisins, þ.e. $m_{g\ max}$ og $m_{g\ min}$. Líkt og fyrir vatnshæðina í karinu er skilgreindur vægisstuðull, α . Meðalgufurennslíð fæst þá með:

$$m_{g\ meðal} = \alpha \cdot m_{g\ max} + (1-\alpha) \cdot m_{g\ min}$$

Fyrirfram mátti búast við því að gildið á α lægi nærrí 0,5 þar sem mælitölva strompgufunnar sýndi ætíð hlaupandi meðaltal rennslisins og var því þegar búin að jafna verstu sveiflurnar í gufurennslinu.

Í allt er því þörf á þremur stillstuðlum til að fella mælingar á há- og lággildum gufu- og vatnsrennslis í þepaprófunum að einskonar meðalgildi. Þetta eru vægisstuðlarnir α og ω auk þrýstileiðréttigarinnar Δp .

4. GAS Í GUFU

Styrkur gass í gufu var ákvarðaður í hverju þepi prófsins. Það var gert á þann hátt, að lítil gufuskilja var skrúfuð á holutoppinn og hún stillt svo, að annar hani hennar skilaði einungis þurri gufu. Öllu vatninu og hluta gufunnar var veitt út um hinn hanann. Gufan var leidd um barka ofan í lofttæmda flösku, sem þó hafði að geyma u.p.b. 50 ml af rammri vítissódalausn, og látin þéttast þar. Styrkur koldíoxíðs og brennisteinsvetnis í gufunni var síðan fundinn með titrun lútarglundursins.

Niðurstöður þessara mælinga er að finna í töflu 1. Þótt þær séu hliðstæðar greiningum gass í gufu í venjubundnum efnavöktunarsýnum, er rétt að geta þess, að nú var í fyrsta sinn stuðst við nýja kvörðun lútarmælingarinnar. Um hríð hefur grunur leikið á galla í aðferð þeirri sem um árabil hefur verið notuð til ákvörðunar á styrk koldíoxíðs í lútarsýnum. Á liðnu vori var aðferðin því endurskoðuð. Þó að þeirri endurskoðun sé ekki að fullu lokið, er hún þó svo langt komin að rétt þykir að nota nýrri kvörðun á gögnin úr afslmælingunum. Alltjent eru þau gögn öll sambærileg innbyrðis þótt nokkuð kunni að skorta á

samhengi þeirra við niðurstöður efnavöktunarsýna. Í sem stystu máli má segja, að hin nýja kvörðun leiði til hækkunar á styrk koldíoxíðs í gufu, sem oftast nemur 800 - 900 mg/kg í Svartsengi. Þetta er hlutfallslega mikil leiðréttинг þar sem gasið er minnst, einkum í holu 9, en að tiltölum minni í öðrum holum. Því má bæta hér við, að í holu 10 er þessi leiðréttинг í raun innan skekkjumarka.

Hlutur koldíoxíðs í gasi í Svartsengi er yfirgnæfandi, nærri 98 af hundraði, en meiri hluti þess sem á vantar er brennisteinsvetni. Í umfjöllun þessarar skýrslu verður því allri athygli beint að koldíoxíðinu, og litið á styrk þess í gufu sem staðgengil fyrir heildarstyrk gass.

Tafla 1. Styrkur koldíoxíðs (CO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S) í gufu.

Eining er mg gass í hverju kg gufu við holutoppsþrýsting.

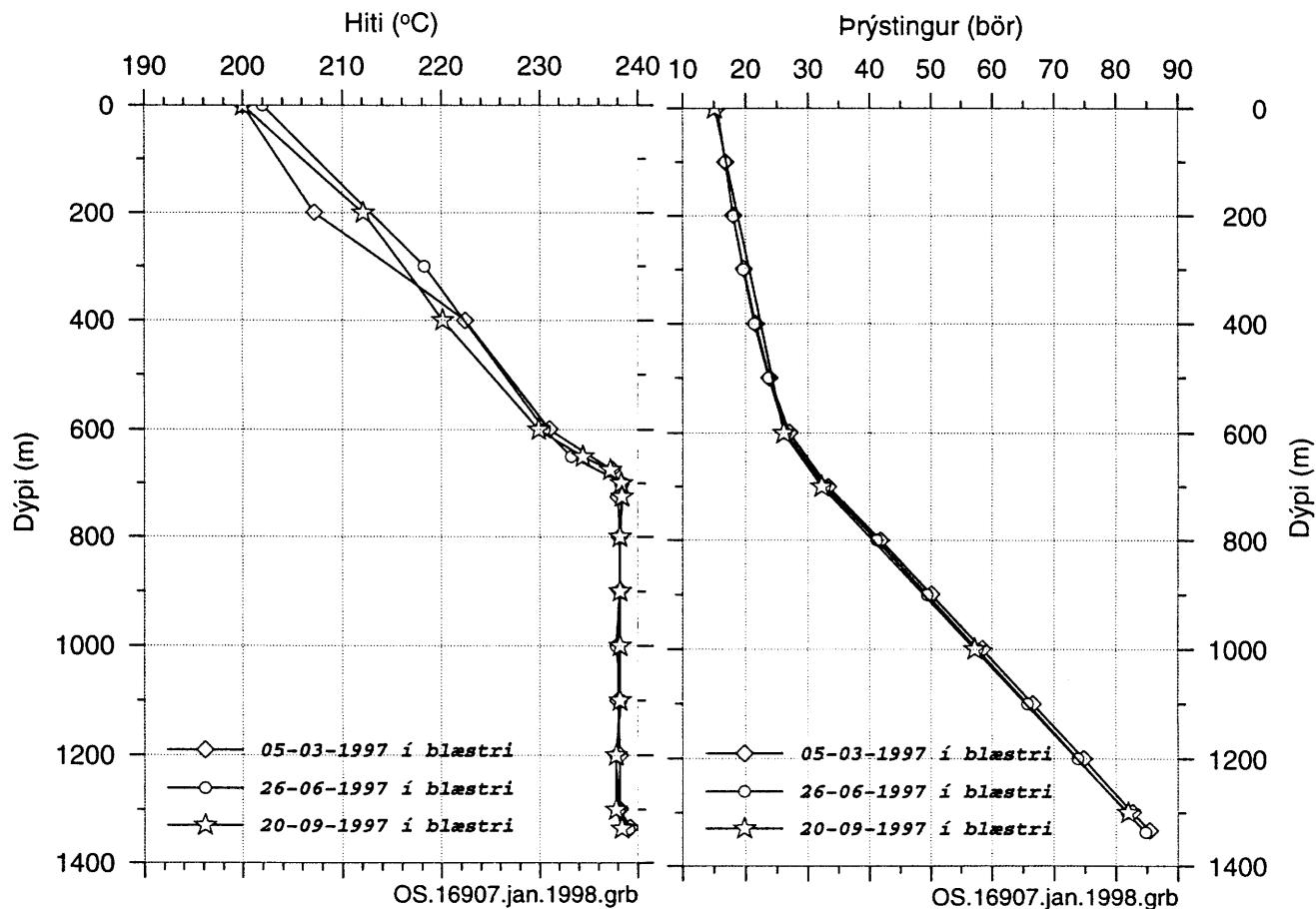
Hola	Prep	Nr. sýnis	CO_2	H_2S	Hola	Prep	Nr. sýnis	CO_2	H_2S
7	1	97-8492	9300	170	8	1	97-8425	4900	75
7	2	97-8493	7900	122	8	2	97-8426	5450	82
7	3	97-8494	6980	126	8	3	97-8427	4620	78
7	4	97-8495	7010	119	8	4	97-8428	4510	77
7	5	97-8496	6130	112	8	5	97-8429	4230	74
9	1	97-8317	2330	69					
9	2	97-8318	2190	69	11	2	97-8277	14460	228
9	3	97-8319	2290	75	11	3	97-8278	8120	142
9	4	97-8320	2060	71	11	4	97-8279	7060	140
9	5	97-8321	2000	68	11	5	97-8280	6710	132
12	1	97-8398	2680	27					
12	2	97-8399	2630	50					
12	3	97-8400	2530	51					
12	4	97-8401	2640	50					
12	5	97-8402	2570	50					
12	6	97-8403	2550	48					

Rétt er að benda hér á helstu drætti ofanskráðra mælinga. Styrkur gass í gufu í holum 9 og 12 reyndist hinn sami í öllum þrepum. Má raunar kalla svo, að þetta gildi einnig um holu 8, þó að vísu sé gasstyrkur þar nokkru hærri í 2. þrepi en hinum. Sé innstreymi í holu einfasa, er einmitt við því að búast að gasstyrkur sé lítt háður rennsli úr holunni. Í holu 11 reyndist gufan hins vegar gasríkust, svo frá bar, í fyrsta þrepi prófsins, en síðan dró úr gasstyrk eftir því sem streymið úr holunni var aukið. Þetta mynstur er dæmigert fyrir holur þar sem innstreymi er tvífasa. Hola 7 hegðaði sér á svipaðan hátt og hola 11, þó breyttingarnar þar mældust minni.

5. MÆLINGAR Á HOLU SG-7

Hola 7 var síðasta holan sem mæld var í verkefninu sem hér er lýst. Mælingarnar voru gerðar 20. september 1997. Holan blés inn á safnæð þegar mælingamenn OS mættu á svæðið. Var byrjað á að mæla hita hennar með dýpi. Rennslið var þá um 37 kg/s við 15,0-15,7 bara-y toppþrýsting. Strax að lokinni hitamælingu var þrýstimæli slakað niður á 1300 m dýpi, og þrýstiferill mældur í leiðinni. Myndir 2 og 3 sýna þessar tvær mælingar ásamt eldri mæliferlum. Á þeim sést að hiti og þrýstingur eru mjög ámóta og við fyrri tvær mælingar ársins 1997. Suða á sér stað í holunni rétt neðan við 675 m dýpi. Er holuhitinn $237,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 675 m en $238,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ í 700 m. Því er ljóst, að rennið sem fer upp í gegnum suðuborðið hefur vermið 1030 kJ/kg, sé miðað við ósalt vatn.

Klukkan í þrýstimælinum gekk illa eftir að hann kom í holubotn. Þó mátti lesa að botnþrýstingurinn hækkaði um ca. 0,8 bör við 40 kg/s rennslisbreytingu. Er það í góðu samræmi við mælingar frá 1988, en þá lækkaði holuþrýstingurinn um 1 bar við 60-70 kg/s rennslisbreytingu (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1992).

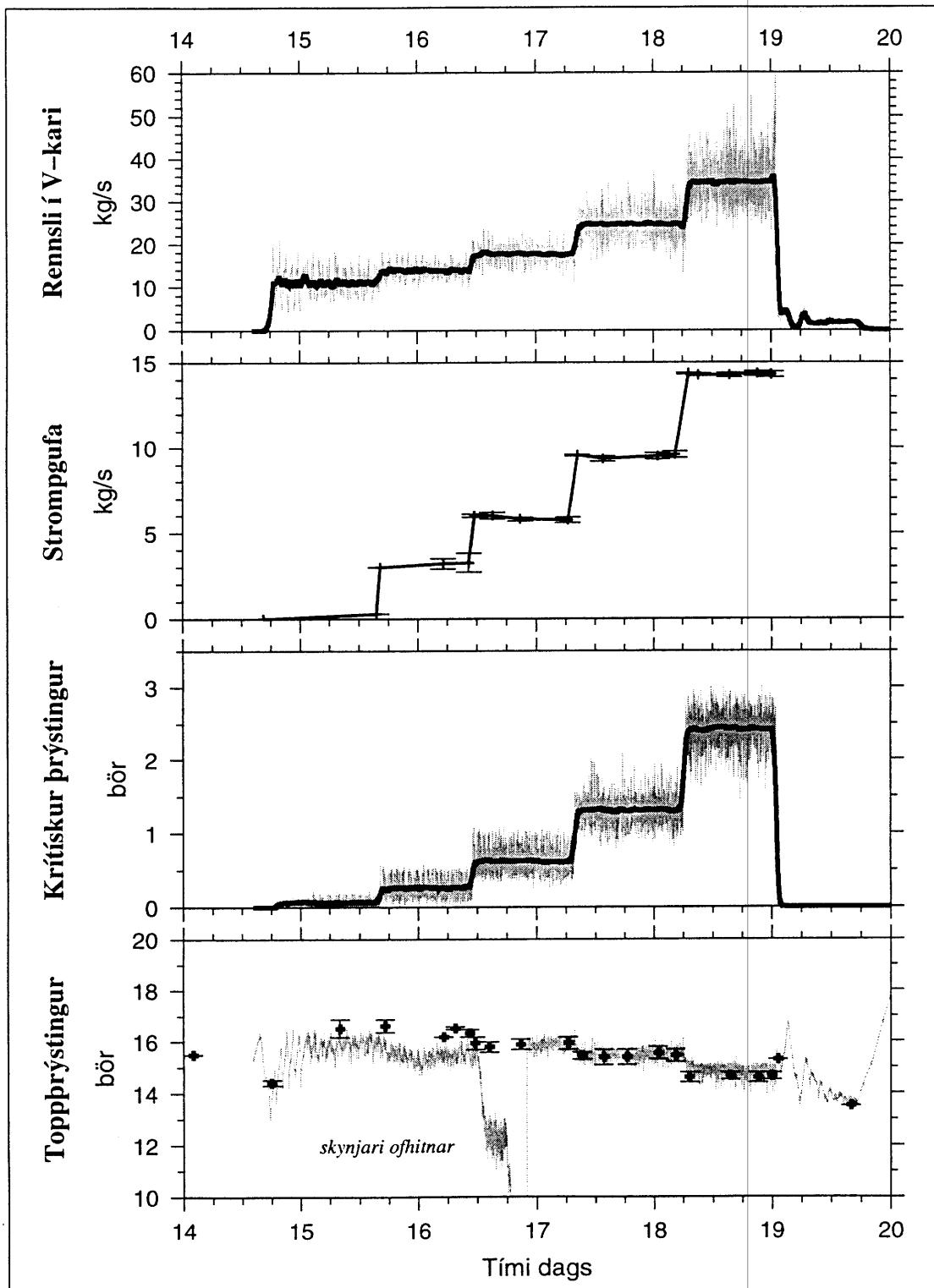


Mynd 2: Hitamælingar í holu 7.

Mynd 3: Prýstimmingar í holu 7.

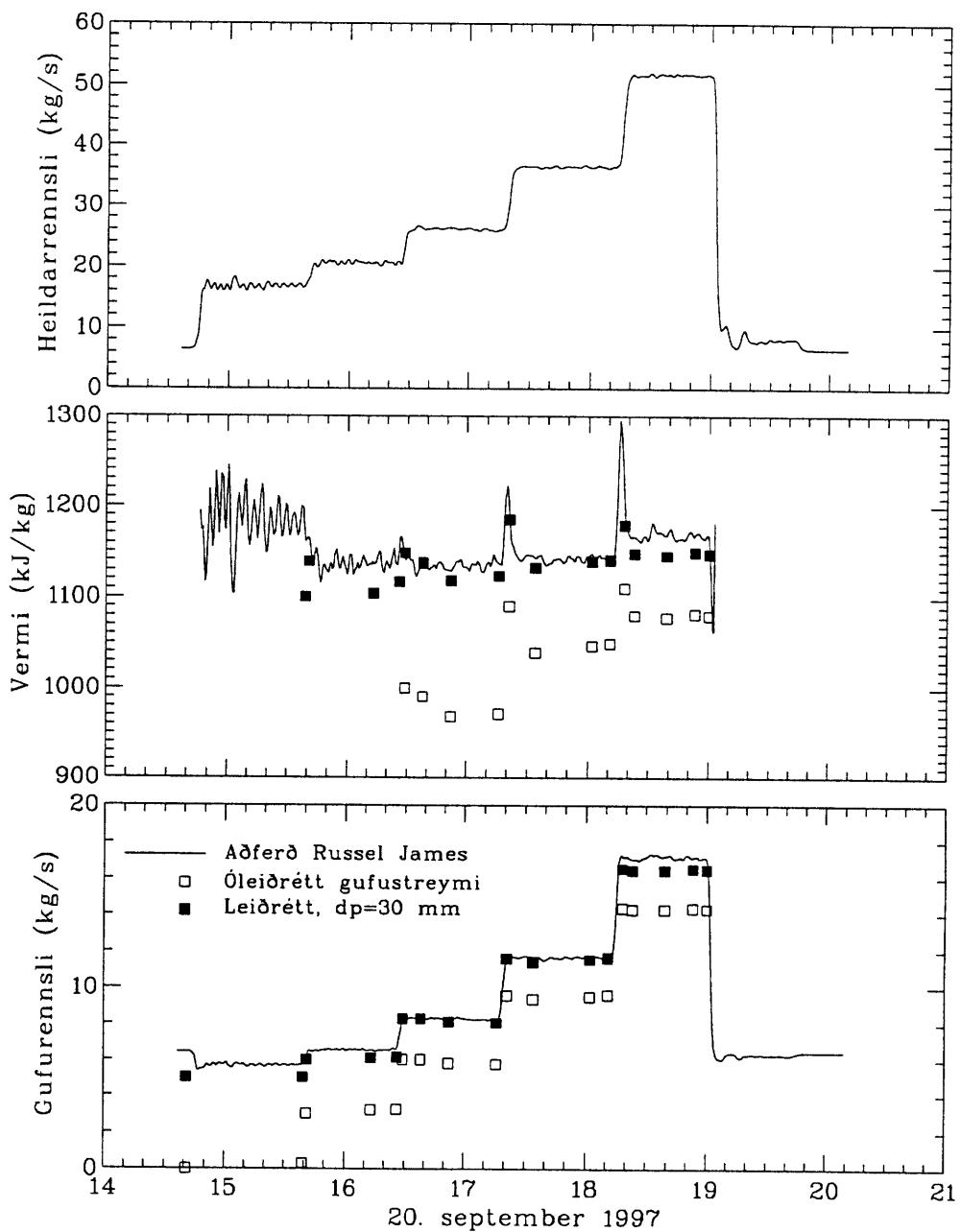
Afkastamælingin á holu 7 var óvenju ítarleg þar sem tölva skráði ástand allra mælistafaða, nema gufustreymið upp úr skilju, á 2 sekúndna fresti. Því til viðbótar var holutoppsþrýstingurinn „handskráður“ nokkrum sinnum svo og vatnshæðin í karinu. Mynd 4 sýnir niðurstöður allra mælinganna. Þar sem tölverð sveifla var í mældu gildunum eru hafðir

tveir ferlar fyrir hverja mælistærð. Annars vegar eru frumgögnin teiknuð með daufri línu, og hins vegar eru síuð frumgögn (mínútu löng Gauss klukka) dregin með gildum ferli.



Mynd 4: Frumgögn afmælinga í holu 7 (gráar línur). Síuð gögn eru sýnd með sverum ferlum og handskráð gildi með krossum og óvissubilum.

Að fengnum frumgögnunum á mynd 4 er síðan tiltölulega auðvelt að reikna heildarrennsli og vermi holu 7 í þrepaprófinu. Er þá byggt á síuðu ferlunum, gufustreymi um strompinn og jöfnunum í kafla 3. Mynd 5 sýnir niðurstöðuna, þ.e. heildarrennsli, -vermi og gufurennslu úr skilju.



Mynd 5: Heildarrennsli, -vermi og gufurennslri í þrepaprófi holu 7.

Tvær meginniðurstöður blasa við þegar myndin er skoðuð. Önnur er sú að vermi holunnar reiknast kringum 1140 kJ/kg samkvæmt krítiska stúnum, ef fyrsta og síðasta þepið eru undanskilin. Það er rúmlega 100 kJ/kg hærra vermi en hiti í suðuborði á 680 m gefur til kynna (mynd 2). Er einsýnt að sjóðandi æð veitir renni inn í holuna ofan þessa dýpis. Einnig sést á myndinni að unnt er að færa gufumælinguna um strompinn að reiknuðu gufustreymi krítiska stútsins ef þrýstileiðréttningin Δp er höfð 30 mm vatns. Hin meginniðurstaðan er sú að skiljan annar í mesta lagi 50 kg/s. Hátt vermi í síðasta þepi skýrist

þannig nær örugglega af vatni sem tapaðist upp um strompinn, en það gerir mælinguna í karinu of lága. Ekki er hægt að segja til um vermið í fyrsta þepi þar sem hvorki mældist þá stromprennsli né krítískur þrýstingur.

Skýrsluhöfundar höfðu nokkrar efasemdir um að úrvinnslan á mynd 5 væri rétt, og þá einkum hvort síuð gildi krítíks þrýstings og rennslis gæfu rétt meðalafli holunnar. Því var tekið eitt meðaltal toppþrýstings, vatnshæðar í kari og krítíks þrýstings fyrir hvert þrep prófsins, en þar var yfirleitt um 1300-1500 mæligildi að ræða. Þá var reiknað meðal-rennslu, bæði út frá meðalhæð í karinu og með því að reikna rennslu út frá hverju einasta hæðargildi í karinu og taka meðaltal. Tafla 2 sýnir niðurstöðuna.

Tafla 2: Meðalgildi ýmissa mældra og reiknaðra stærða í þrepaprófi holu 7.
Aðalniðurstöður prófsins eru sýndar feitletraðar.

	Prep 1	Prep 2	Prep 3	Prep 4	Prep 5 [#]
Fjöldi mælinga⁺)	1500	1319	1439	1619	1349
Hæð í kari, (mm)	145	160	176	201	230
Staðalfrávik (mm)	15	8	7	12	13
Vatnsrennslu (kg/s)	10,8	13,8	17,6	24,4	34,1
Toppþrýstingur⁺) (bör-y)	15,89	15,46	15,87	15,48	14,85
Staðalfrávik (bör)	0,27	0,27	0,19	0,19	0,21
Krítískur þrýst. (bör-y)	0,06	0,26	0,61	1,30	2,42
Staðalfrávik (bör)	0,06	0,13	0,17	0,17	0,233
Vatnsrennslu[*]) (kg/s)	11,0	13,9	17,7	24,6	34,4
Staðalfrávik (kg/s)	2,7	1,6	1,8	3,4	4,9
<i>Krítíski stúturinn</i>					
Heildarvermi (kJ/kg)		1140	1135	1143	1170
Heildarstreymi (kg/s)	16	20,5	26,0	36,3	51,6
Gufustreymi (kg/s)		6,5	8,25	11,6	17,2
Vatnsstreymi (kg/s)	11,0	14,0	17,7	24,6	34,4
<i>Stromprennslið</i>					
Strompgufa, óleiðrétt (kg/s)	0	3	6	9,5	14,3
Leiðr. rennslu, $\Delta p=25$ mm (kg/s)	4,5	5,7	7,9	11,3	16,3
Leiðr. heildarvermi (kJ/kg)	1050	1100	1110	1140	1140
Leiðr. rennslu, $\Delta p=30$ mm (kg/s)	5,0	6,1	8,2	11,6	16,5
Leiðr. heildarvermi (kJ/kg)	1100	1120	1130	1140	1150
Gas í gufu (mg/kg af CO₂)	9300	7900	6980	7010	6130

^{+) Skráning á toppþrýstingi brást í þepi 2 og í fyrri hluta þreps 3, aðeins síðustu 500 gildin notuð.}

^{*}) Rennslið reiknað fyrir allar vatnshæðarmælingarnar og meðaltal tekið af öllu saman.

^{#)} Vatn þeytist upp úr skilju, vatnsborð í kari of lágt og vermi reiknast of hátt. Bæta þarf 1,5 kg/s við.

Af töflu 2 sést að meðalgildi krítíkska þrýstingsins og hæðar í karinu gefa mjög sannfærandi niðurstöðu um afköst holu 7. Þannig reiknast vermið í þrepum 2-4 á bilinu 1135-1143 kJ/kg, sem telst mjög stöðugt og trúverðugt. Háa vermið í þepi 5 má færa

niður í 1140 kJ/kg með því einu að hækka vatnsborð karsins um 4 mm. Það jafngildir því að 1½ kg/s af vatni hafi borist upp um strompinn, og telst eðlilegt miðað við rigninguna upp um hann í síðasta þrepinu. Þá má ekki gleyma að mikill styrkur gass í gufu rennir stoðum undir hækkað vermi holu 7. Þannig er gasstyrkurinn í senn mikill og nokkuð jafn milli þrepa, ef fyrsta þrepíð er undanskilið (tafla 1).

Mynd 4 sýnir að handskráðum og tölvulesnum toppþrýstingi ber vel saman, nema í þrepum 1 og 2. Þar eru handskráðu gildin áberandi hærri. Munurinn kann að skýrast af ofhitnun stafræna þrýstiskynjarans, en þetta var fært í lag í þrepí 3. Skoðun allra þrýstingmælinganna á grafi, sem sýnir heildarrennslið á móti toppþrýstingi, gefur til kynna að rennslinu sé þokkalega lýst með sambandinu:

$$m_t = 446 - 26,5 \cdot P_0$$

Til að ofangreind jafna standist er áríðandi að gildi P_0 séu tölvuskráð þétt í nokkrar mínutur og síðan tekið meðaltal. Að teknu tilliti til þessa, virðist sem jafnan dugi vel á þrýstingsbilinu 14,5 til 16,2 bör-y.

Hækkað vermi holu 7 stafar því af suðu í æðum ofan við 680 m dýpi. Líklegast er hér um að ræða æðakerfi sem talið er meira eða minna samfellt milli 620 og 800 m dýpis (Hjalti Franzson, 1990). Efsti hluti þess er þá kominn í suðu, en óvist er um gufuhluta innstreymsins úr því. Ef gert er ráð fyrir að æðin skili hreinni gufu, má áætla hlutfall hennar í heildarstreyminu með jöfnunni:

$$h_t \approx 1140 \text{ kJ/kg} \approx x \cdot h_g + (1-x) \cdot h_v$$

þar sem h_v er vermi vatnsins rétt neðan suðuborðs á 680 m (1030 kJ/kg) og h_g er vermi gufunnar við holuþrýsting milli 620 og 680 m dýpis (mynd 3). Hann er á bilinu 27-31 bar-y og gufuvermið því 2800 kJ/kg. Þar með fæst að gufuríka æðin, ofan suðuborðs í holu 7, skili a.m.k. 6 % heildarrennslisins. Ef gert er ráð fyrir að æðin skili blöndu af vatni og gufu er hlutur hennar stærri.

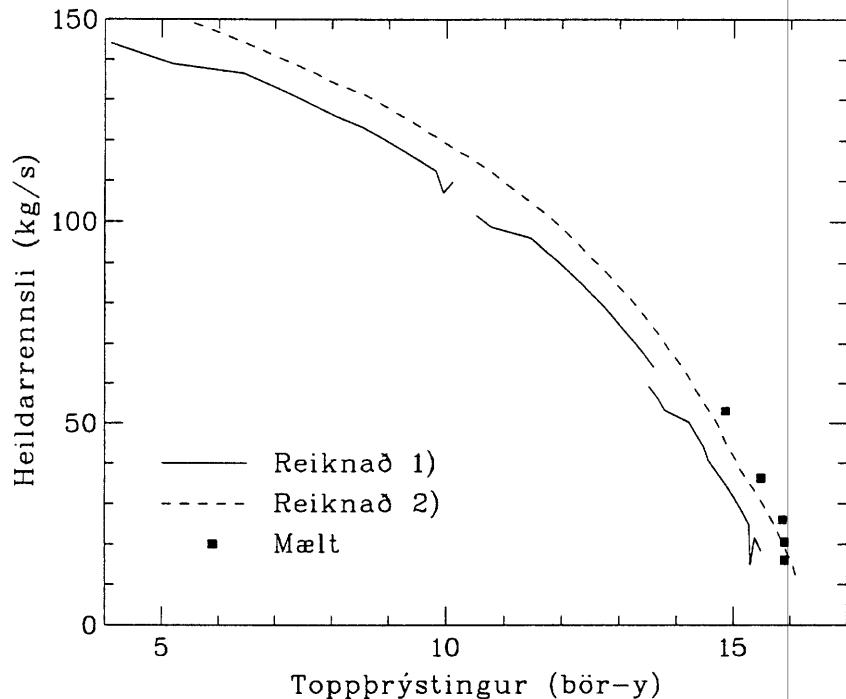
Reyndar verður að gera ráð fyrir því að þessi æðakafli leggi hlutfallslega mikið til heildarrennslisins, því annars er erfitt að sjá fyrir sér að vermið haldist óbreytt milli þrepa. Þannig eykur suðan í grunnu æðinni töluvert rúmmálsflæðið úr henni. Þetta verður til þess að æðin eykur hægar við heildarstreymið úr sér við lækkaðan holuþrýsting en t.d. djúp, eins fasa vatnsæð.

Suðan efst í holu 7 er reyndar ekki nein frétt, því enn eru í minni starfsmanna orkuversins drunur miklar sem bárust frá holunni í nóvember 1994 (Grímur Björnsson o.fl., 1996). Reynt var að finna ástæðuna með samfelldri skráningu á toppþrýstingi í nokkra sólarhringa. Á því tímabili kom eitt slíkt skot og féll holutoppsþrýstingurinn þá um ca. 2,5 bör. Orsök þessa er rakin til suðu í æð milli 600 og 700 m dýpis og svo hins, að suðuvæði hennar sveiflist að holunni og frá.

Bágð er að ljúka rannsóknum á afli holu 7 við hámarksrennslið 50 kg/s. Því sýna myndir 6 og 7 reiknað heildarstreymi holunnar, bæði sem fall af toppþrýstingi, og sem fall af þrýstingnum á 800 m dýpi. Til reikninganna var notað forritið HOLA (Grímur Björnsson, 1987). Skilgreindur var leiðnistuðull (productivity index) fyrir eina holuæð á 800 m dýpi, vermi hennar, svo og þrýstingur úti í bergi. Síðan var kannað hvert ástandið yrði á

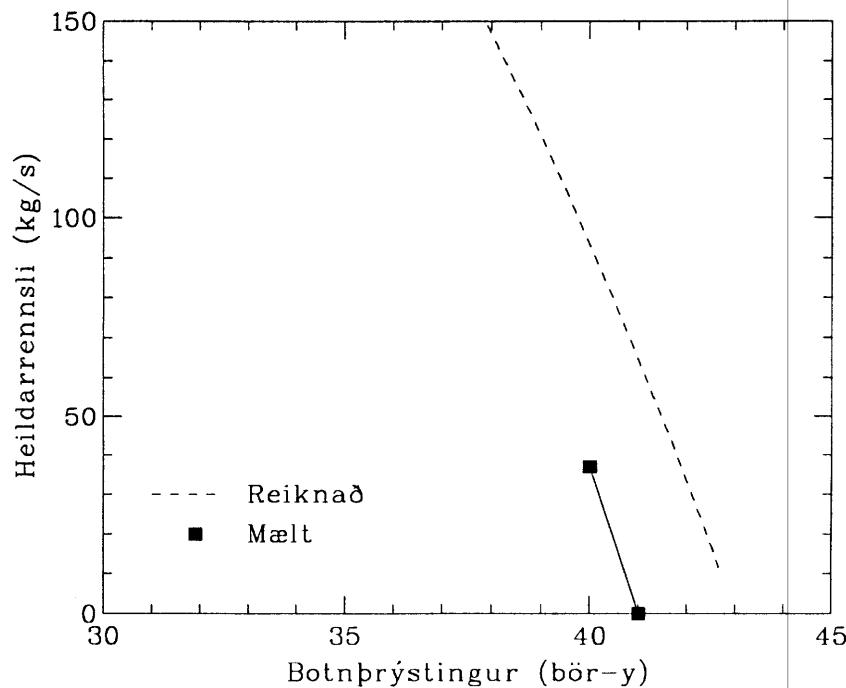
holutoppi við breytilegan þrýsting í holunni á 800 m dýpi. Þau gildi sem best virtust eiga við holuæðina eru leiðnistuðull $7 \times 10^{-11} \text{ m}^3$, vermi 1150 kJ/kg og 43 bara-y þrýstingur á 800 m.

 10 Dec 1997 GrB
xy V1.0



Mynd 6: Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 7 í september 1997. Reiknuðu ferlarnir eru byggðir á hraðajöfnum vatns og gufu samkvæmt 1) Chisholm og 2) Orkustofnun. Vermi holuvatnsins er fast, 1150 kJ/kg. Hvorki er gert ráð fyrir áhrifum seltu né gass.

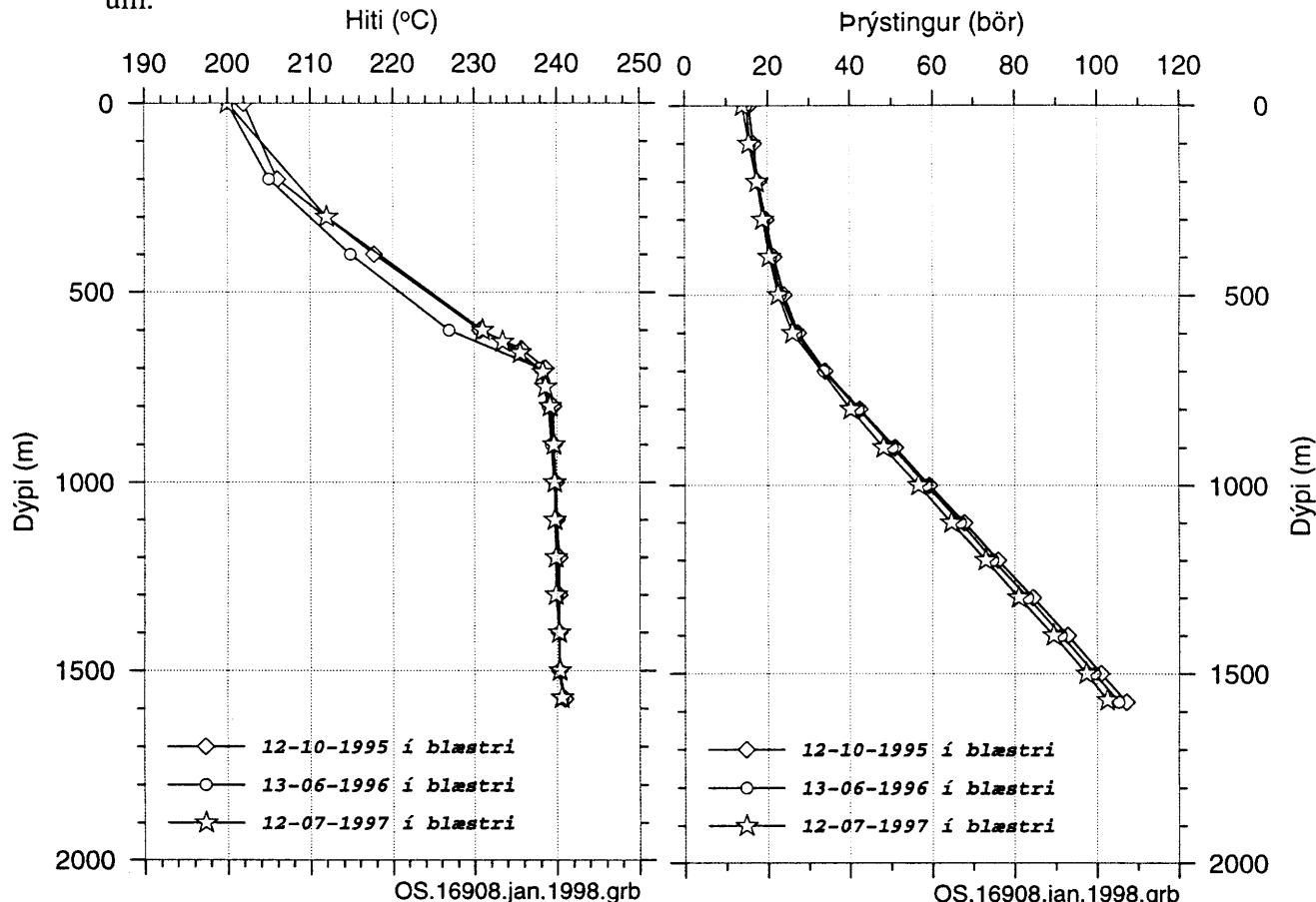
 10 Dec 1997 GrB
xy V1.0



Mynd 7: Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 7 í september 1997.

6. MÆLINGAR Á HOLU SG-8

Hola 8 var afmæld þann 12. júlí 1997. Mælt var á hefðbundnum stöðum og allt handskráð. Frumgögn mælinganna eru sýnd í viðauka A. Blæðing hafði verið úr holunni um 2" stút áður en mælingar hófust. Því var byrjað á að hita skiljuna upp og mæla um leið hita og þrýsting með dípi. Mælingarnar eru sýndar á myndum 10 og 11 ásamt eldri gögnum.

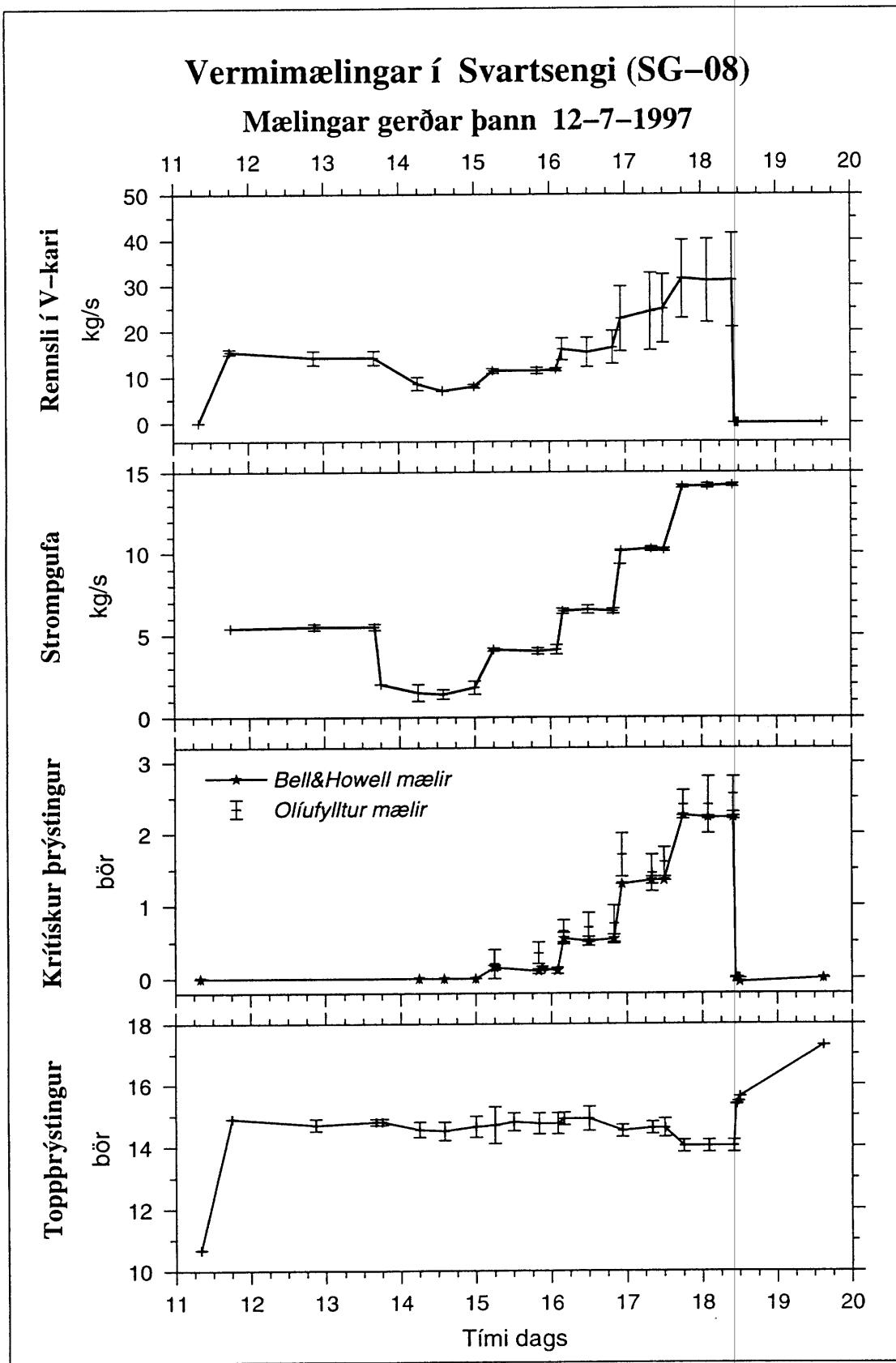


Mynd 10: Hitamælingar í holu 8.

Mynd 11: Prýstimælingar í holu 8.

Hitinn í suðuborði holu 8, á u.p.b. 690 m dípi, var rétt rúmar 238°C . Það jafngildir heildarverminu 1030 kJ/kg . Ef engin suða á sér stað í æðum ofan 690 m, ætti holutoppsvermið að mælast svipað eða örlítið lægra. Klukkan gekk illa í þrýstimælinum að venju. Þó mátti lesa að þrýstingurinn breyttist um $0,8$ bör frá því að neminn kom í holubotn við ca. 20 kg/s rennsli, og þar til holunni var lokað.

Mynd 12 sýnir mæligögnin sem söfnuðust í prófi holu 8, bæði meðalgildi og óvissubil. Glögglega sést þar að óvissa allra mæligilda vex mjög eftir því sem líður á prófið og rennslið eykst. Þannig sveiflast t.d. karrennslið milli 23 og 43 kg/s í síðasta þreppinu. Krítiski þrýstingurinn var lesinn af olíufylltum mæli, og einnig með Bell&Howell skynjara og aflestrartæki sem gaf u.p.b. 10 sekúndna meðalgildi. Athyglisvert er að þrýstimælingin með meðaltalsgildinu liggar ætíð neðan við miðgildi há- og lágmarks á olíufyllta mælinum. Það sýnir að varasamt getur verið að treysta háslættinum í holutoppsþrýstingi í Svartsengi, því hann sýnir ástand sem er miklu fjær meðalástandi holu heldur en lággildi þrýstingsins.

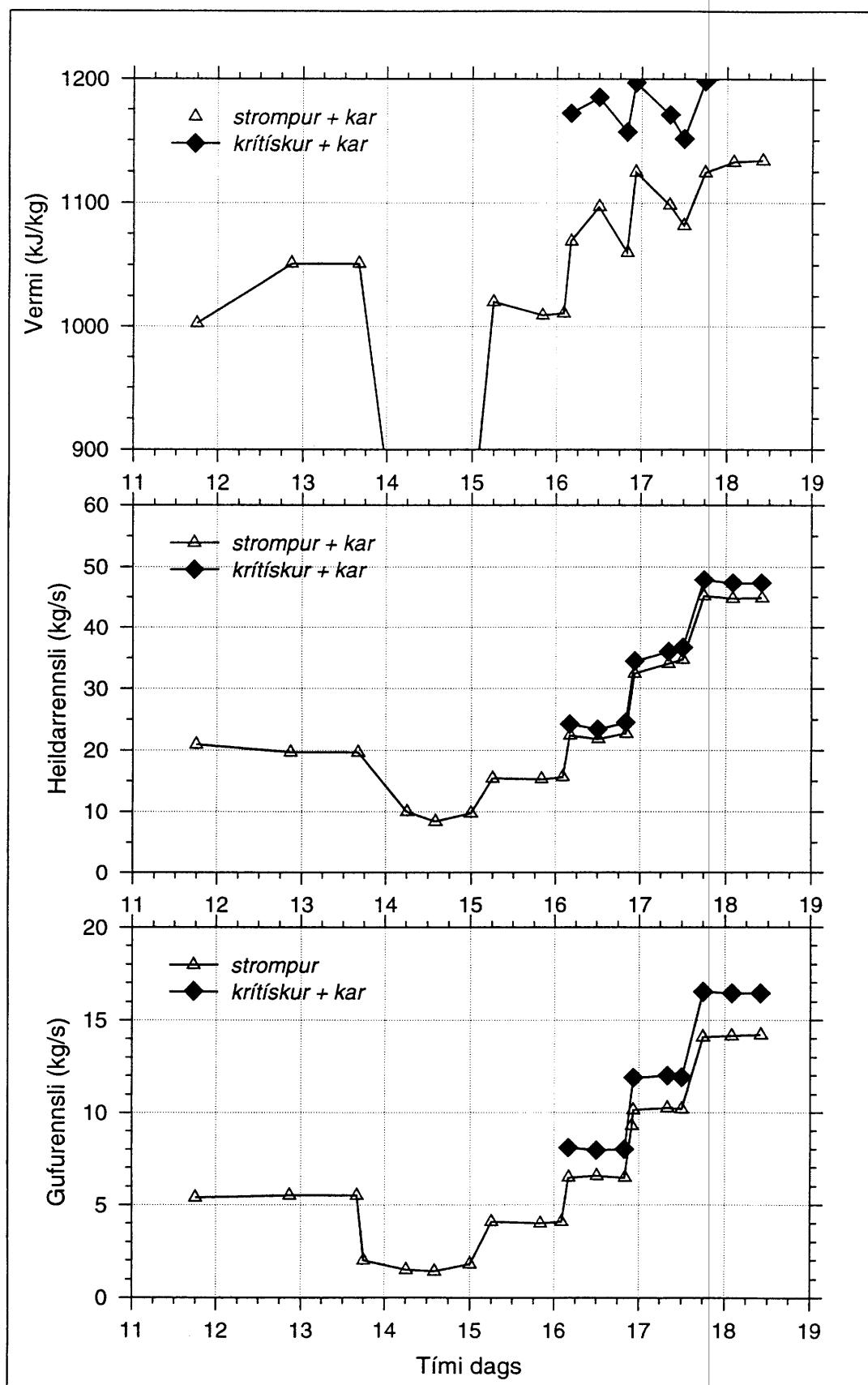


Mynd 12: Frumgögn afmælinga í holu 8, ásamt óvissubilum.

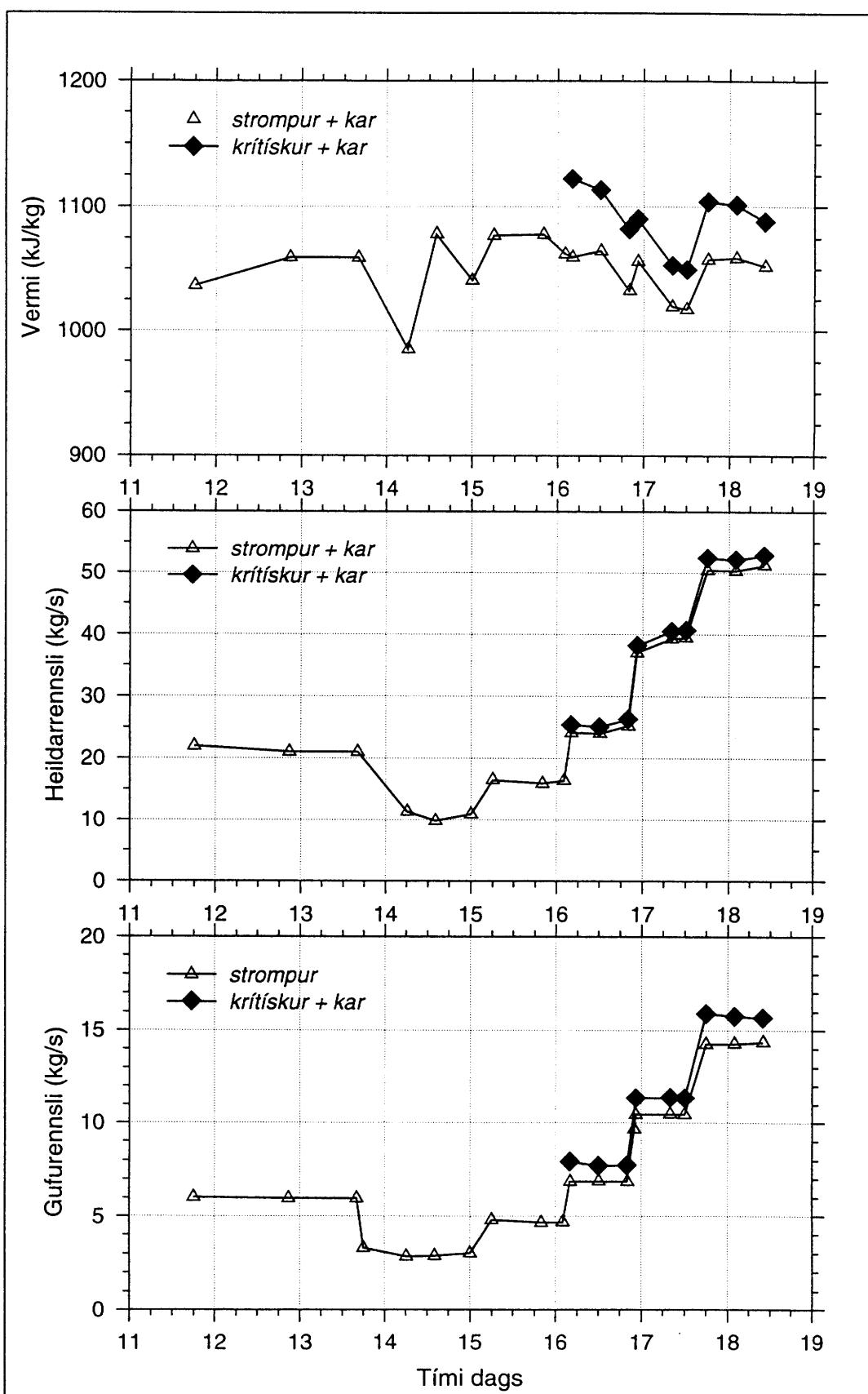
Næsta skref var að reikna heildarafköst og vermi samkvæmt jöfnunum í kafla 3. Var þá sett jafnt vægi á hámarks- og lágmarkstölur hæðar í kari, krítíksks þrýstings og rennslis upp um strompinn, auk þess sem gert var ráð fyrir að slöngurnar upp í annubar skynjarann störfuðu rétt. Mynd 13 sýnir niðurstöðurnar. Skemmt er frá því að segja að þær virðast afleitar, vermið reiknast mjög hátt og fer hækkandi eftir því sem líður á prófið. Í fyrsta þreppinu fellur vermi þó niður fyrir 900 kJ/kg, samkvæmt mælingu í strompi og kari. Það er hins vegar fráleitt ef mið er tekið af hitamælingunni og toppþrýstingi holunnar. Hér var því augljós ástæða til að berja á gögnunum og sjá þannig hvort ekki væri hægt að smala öllum gagnahópnum í það ástand að skilaði sennilegri niðurstöðu um heildarafköst holunnar.

Í þessu augnamiði var byrjað á að fikta í vogarstuðlunum Δp , ω og α . Auðveldast var að finna gildið á Δp , því strompurinn hlaut augljóslega að gefa meiri gufu í fyrsta þreppinu til að heildarvermið færi yfir 1000 kJ/kg. Virtist gildið $\Delta p = 10 \text{ mm}$ vera skynsamlegt. Í öðru lagi var ljóst að setja þurfti aukið vægi á hágildi vatnshæðar í karinu, til að meðalrennslið reiknaðist sennilegt. Í kafla 4 hér að framan var á það bent, að styrkur gass í gufu hefði verið tiltölulega jafn í öllum þrepunum fimm. Því var tekin sú afstaða að vægi vatnshæðanna í karinu ætti að skila sem jöfnustu vermi, og krafðist það vægisstuðulsins $\omega = 0,9$. Þá var vægi leiðrétt Há- og lágrennslis strompgufu sett 0,9. Það hefur lítil áhrif á heildarniðurstöðuna, enda gufumælingin þegar búin að ganga í gegnum hlaupandi meðaltalsreikninga áður en gildin voru lesin.

Mynd 14 sýnir því það sem skýrsluhöfundar telja líklegt rennsli og afl holu 8 í þrepaprófinu í júlí 1997. Fer heildarrennslið hæst í rétt rúm 50 kg/s, líkt og mældist í holu 7. Þá var í báðum tilvikum byrjað að freyða í kari og gusast upp um stromp skiljunnar. Vermið reiknast kringum 1050 kJ/kg ef miðað er við stromp og kar, en tæp 1100 kJ/kg ef miðað er við karið og krítíkska þrýstinginn. Líklegast er að engin eða óveruleg suða sé í holuæðum ofan 690 m dýpis, og að vermið 1030 kJ/kg, sem fékkst út frá hita í suðuborði á 690 m, standist.



Mynd 13: Reiknað af holu 8 ef vægi há- og lággilda er jafnt.



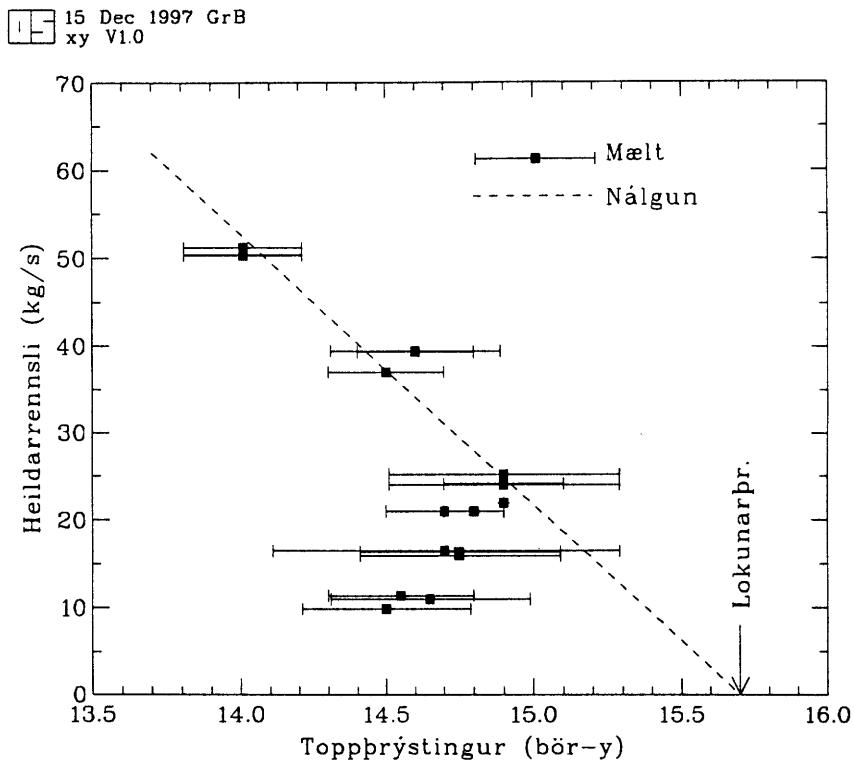
Mynd 14: Líklegt afl og rennsli holu 8 í júlí 1997.
Notaðir eru vægisstuðlarnir $\Delta p = 10 \text{ mm}$, $\omega = 0,9$ og $\alpha = 0,9$.

Tafla 3 sýnir töluleg gildi rennslis og vermis ferlanna á mynd 14. Á mynd 15 er skilgreindur aflferill holu 8, þ.e. rennsli sem fall af toppþrýstingi. Þar sést að þrátt fyrir töluverða dreifingu í toppþrýstingi, má áætla heildarrennsli holunnar með einfaldri línu, ef þrýstingurinn er á milli 13,5 og 15,5 bör. Sambandið er þá:

$$m_t = 486 - 31 \cdot P_0$$

Tafla 3: Reiknaðar einkennisstærðir holu 8 í blæstri.

Prep nr.	Tími dags			Kar + strompur				Kar + krítiski			
		P ₀ (bör)	Óvissa (bör)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)
0	11:45	14,90		1036	22,0	6,0	16,0				
0	12:52	14,70	0,20	1059	21,0	6,0	15,0				
0	13:40	14,80	0,10	1059	21,0	6,0	15,0				
1	14:15	14,55	0,25	984	11,4	2,9	8,5				
1	14:35	14,50	0,29	1078	9,8	2,9	7,0				
1	15:00	14,65	0,34	1040	11,0	3,0	7,9				
2	15:15	14,70	0,59	1077	16,5	4,8	11,7				
2	15:50	14,75	0,34	1077	15,9	4,7	11,3				
2	16:05	14,75	0,34	1062	16,4	4,7	11,7				
3	16:10	14,90	0,20	1059	24,1	6,9	17,3	1122	25,4	7,9	17,5
3	16:30	14,90	0,39	1064	24,0	6,9	17,2	1112	25,1	7,7	17,4
3	16:50	14,90	0,39	1032	25,2	6,9	18,4	1081	26,3	7,7	18,6
4	16:56	14,50	0,20	1056	37,0	10,4	26,6	1090	38,2	11,4	26,8
4	17:20	14,60	0,20	1019	39,3	10,5	28,9	1053	40,5	11,4	29,1
4	17:30	14,60	0,29	1017	39,4	10,5	29,0	1049	40,6	11,4	29,3
5	17:45	14,01	0,20	1057	50,4	14,3	36,2	1103	52,4	15,9	36,5
5	18:05	14,01	0,20	1058	50,3	14,3	36,1	1100	52,2	15,8	36,4
5	18:25	14,01	0,20	1051	51,2	14,4	36,9	1088	52,8	15,7	37,2

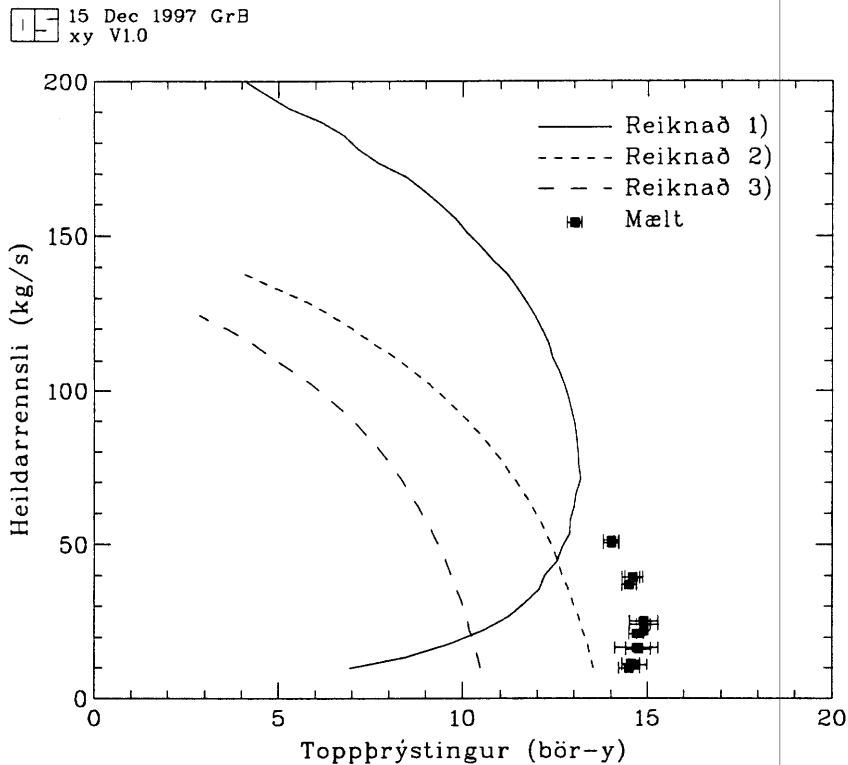


Mynd 15: Aflferill holu 8 í júlí 1997.

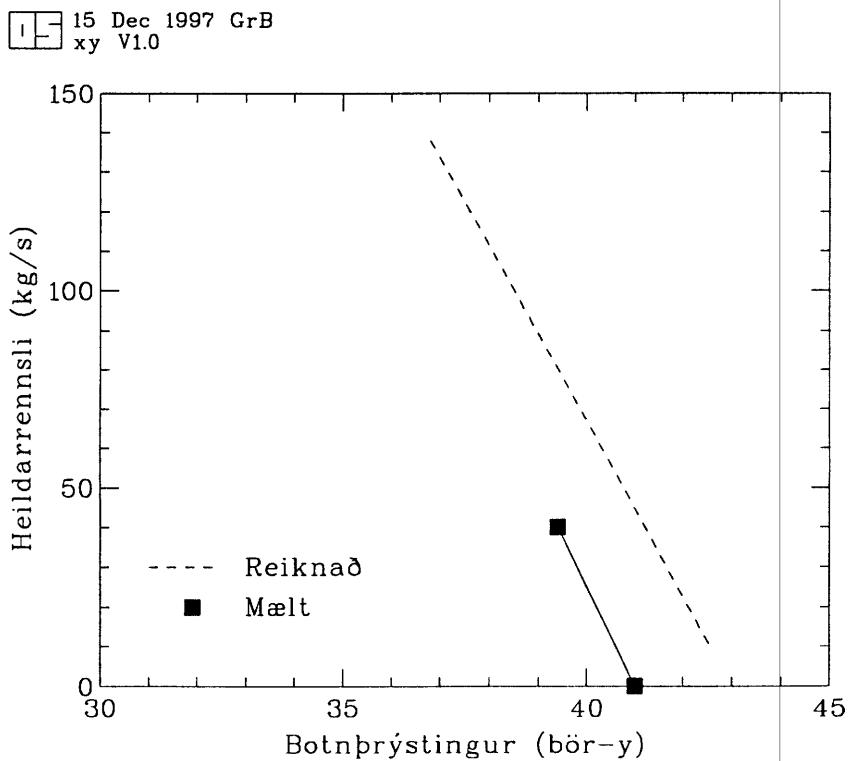
Lokaferlið í afkastastúdíu holu 8 var að meta heildarrennslið við meira en þau 50 kg/s sem skiljan þoldi. Var þá aftur gripið til HOLU og sýna myndir 16 og 17 niðurstöðuna. Skoðuð voru þrjú hraðalíkön, kennd við Chisholm, Orkustofnun og Orskizewsky. Aðeins ein æð var skilgreind neðan suðuborðs og var henni gefið vermið 1050 kJ/kg og leiðni-stuðullinn $3 \times 10^{-11} \text{ m}^3$. Það er helmingi lægra en í holu 7, enda nær tvöfalt meira þrýstifall í holu 8 í blæstri. Vermið er af ásettu ráði haft of hátt. Er það til að vega upp á móti kerfisbundinni skekkju í hraðalíkönum vatns og gufu.

Nú er vafamál hvern ferlanna á mynd 16 á að telja réttastan. Skýrsluhöfundar eru trúað-astir á eigin afurð, þ.e. reynsluferil Orkustofnunar sem meðal annars styðst við blásturs-mælingar í Svartsengi. Sá gefur fyrirheit um að holan skili 100 kg/s við u.p.b. 10 bör-y, sem er tveimur börum lægra en fékkst fyrir holu 7 (mynd 6), og að hámarksrennsli við 5 bara-y toppþrýsting sé um 140 kg/s.

Ekki var sérstaklega hlustað eftir sveiflutíma holu 8 í blæstri nema í þepri 3. Þá var skráð-ur u.p.b. 30 sekúndna sveiflutími við 25 kg/s heildarstreymi. Reynslujafna holu 7 gefur tæplega 40 kg/s rennsli við þessa sveiflulengd.



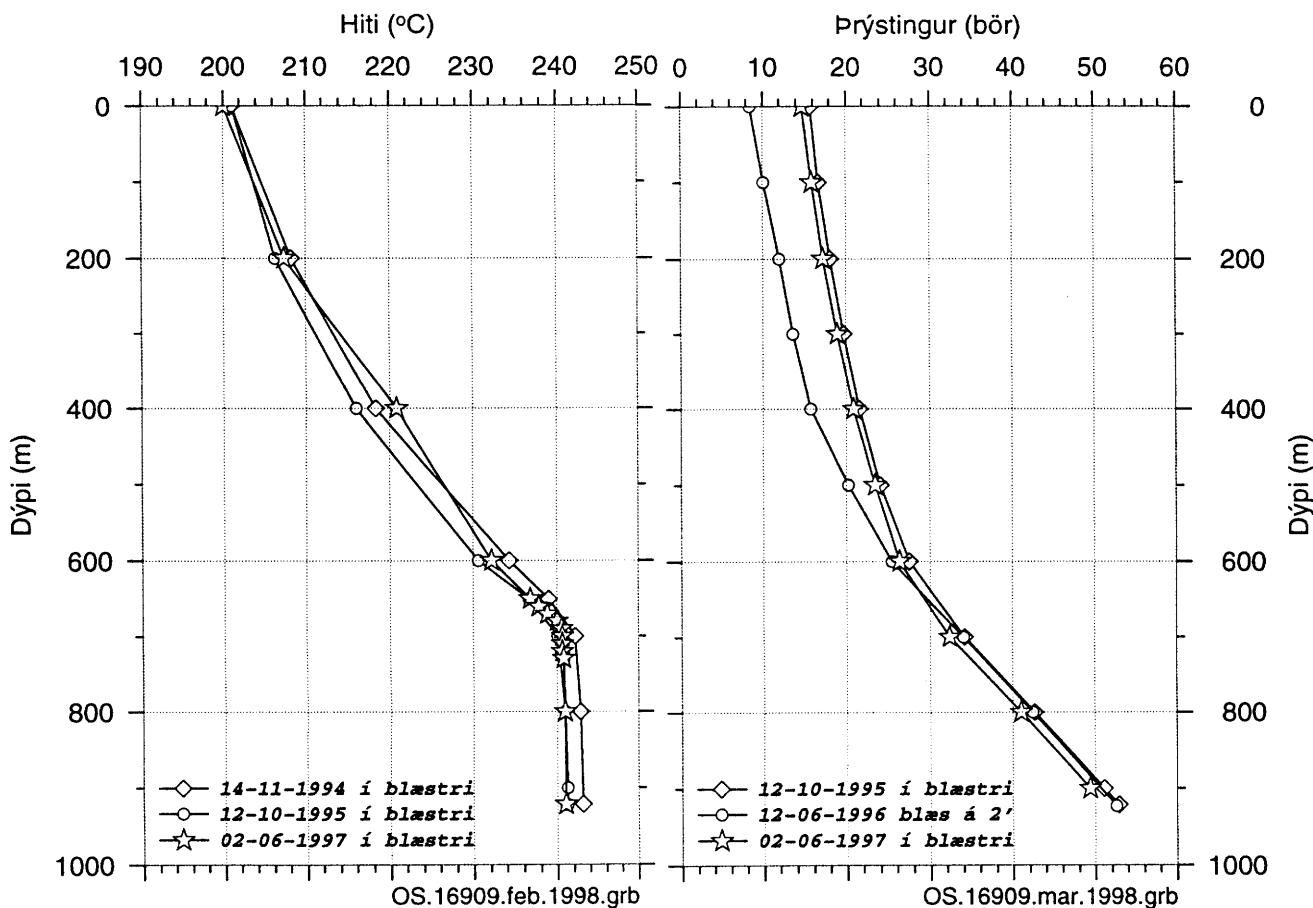
Mynd 16: Heildarstreymi og toppþrystingur holu 8 í júlí 1997. Reiknuðu ferlarnir eru byggðir á hraðajöfnum vatns og gufu samkvæmt 1) Orskizewsky, 2) Orkustofnun og 3) Chisholm. Vermi holuvatnsins er fast, 1050 kJ/kg og það talið gas- og saltfrítt.



Mynd 17: Heildarstreymi og þrystingur á 800 m dýpi í holu 8 í júlí 1997.

7. MÆLINGAR Á HOLU SG-9

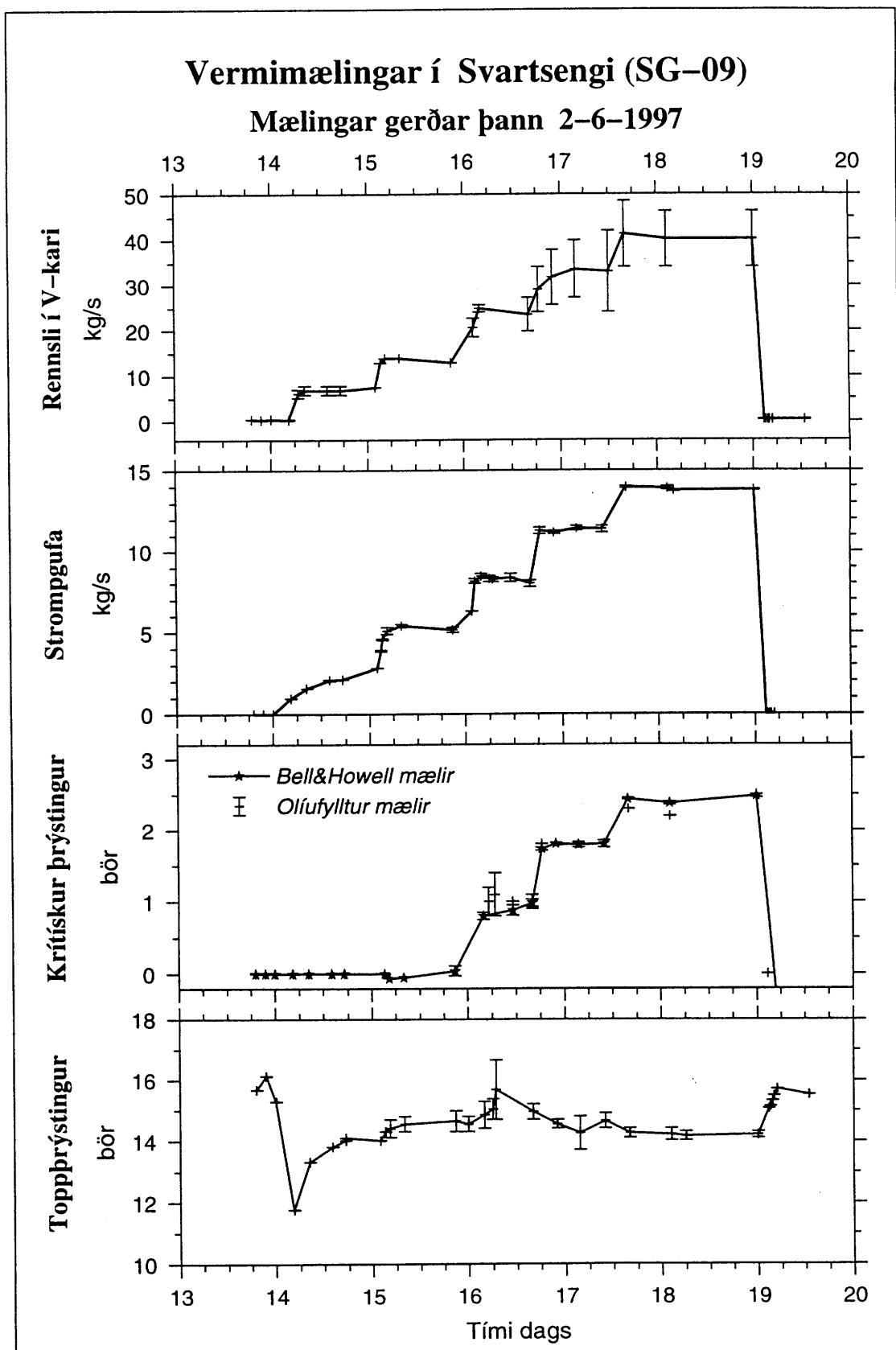
Hola 9 var afslmæld 2. júní 1997, með sama hætti og hola 8. Þannig voru mæligildi öll handskráð, nema rennsli strompgufunnar sem var tölvuskráð, en Bell&Howell skynjarinn reiknaði hlaupandi meðalgildi P_c . Að venju hófst verkið með hitamælingu í blæstri, og var holan þá inni á veitu. Strax að lokinni hitamælingunni var þrýstingurinn mældur. Myndir 18 og 19 sýna niðurstöður ásamt eldri gögnum. Suðuborðið mældist á 680-690 m dýpi og var hitinn þar rétt yfir 240°C sem jafngildir 1040 kJ/kg heildarvermi. Aldrei þessu vant gekk klukka þrýstimælisins allt prófið, en mælirinn var hafður kyrr á 900 m dýpi. Fékkst þar stórmerk niðurstaða, þ.e. að þrýstifall milli 0 og u.p.b. 50 kg/s heildarrennslis er einungis 0,20-0,25 bör. Er það óvenjulega góð lekt. Gildi þrýstingsins eru sýnd í töflu 4. Holutoppsþrýstingurinn var til gamans mældur með Bell&Howell skynjaranum og reyndist $14,8 \pm 0,2$ bör.



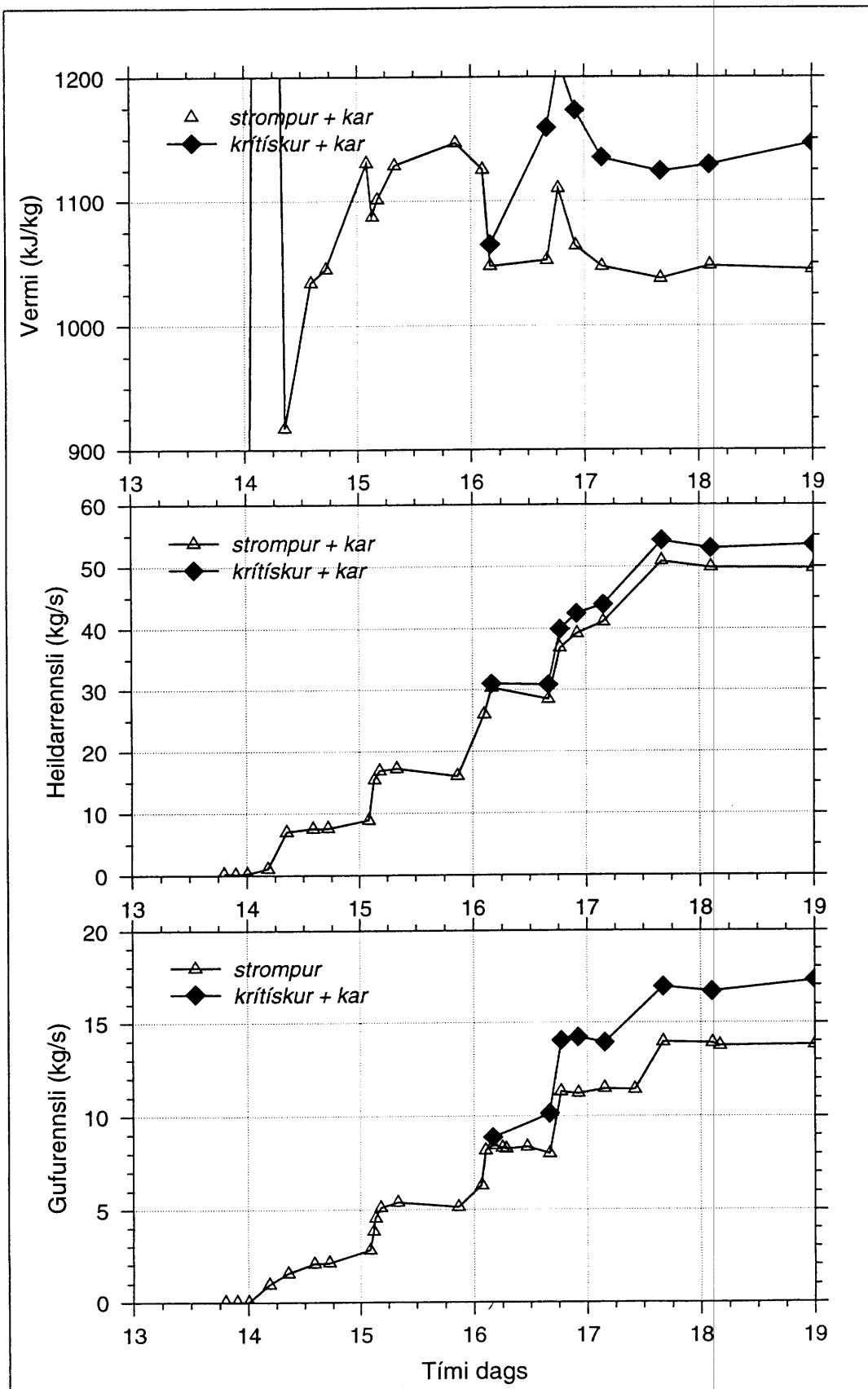
Að loknum mælingum á djúpástandi holunnar hófst sjálf aflmælingin með upphitun skiljunnar og síðan þrepaprófi. Mynd 20 sýnir mæligildin með óvissukrossum, en þau er einnig að finna í viðauka A. Vatnshæðin var nú mæld í hliðarröri á karinu, en það var nýbreytni, og gæti hæðin verið lítillega vanmetin. Rennsli og vermi voru reiknuð úr mældum gögnum en niðurstöður eru sýndar á mynd 21. Nú bregður svo við að niðurstöður eru sannfærandi án nokkurra reikningsklækja. Má þar einkum nefna tvennt. Annars vegar reiknast vermið rétt um 1040 kJ/kg, í góðu samræmi við hitann í suðuborði. Hins vegar er mesta rennsli, þegar byrjar að gusast upp um strompinn, rétt rúm 50 kg/s, eins og áður í holum 7 og 8.

Þó eru truflanir í aflmælingu holu 9. Þannig mælist vermið hátt og sveiflukennt í fyrstu tveimur þrepunum, og einnig kom gufuskot í holuna milli 3. og 4. þreps. Sló toppþrýstingnum t.d. upp í 19 bör við skotið. Hugsanlega kennir hér aðær sem er rétt undir fóðringu á 590-600 m dýpi (Hjalti Franzson, 1990). Þetta er merkileg niðurstaða og verðskoðunar. Nú hagar svo til í holu 9 að leiðari hennar er óraufaður milli hengistykis á 550 m dýpi og niður að u.þ.b. 830 m dýpi. Hér er varpað fram þeirri tilgátu að æðin á 590-600 m sé byrjuð að þorna en að gufan frá henni sitji að einhverju eða öllu leyti föst utan við leiðarann. Væntanlega má ná þessari gufu, annað hvort með því að gata leiðarann ellegar með því að fjarlægja hann úr holunni. Fýsileiki slíkrar aðgerðar útheimtir þó nákvæmari athugun og meiri vangaveltur en hér er rúm fyrir.

Annað markvert atriði í hegðun holu 9 í þrepaprófinu er að þrýstingur og vatnshæð sveiflast minna en t.d. í holu 8. Þótti því ekki ástæða til að punkta í feltbækur sveiflutíma í rennsli. Einnig má nefna að vermi mælt með krítiska stútnum er marktækt hærra í holu 9 en í holum 7 og 8.



Mynd 20: Frumgögn afmælinga í holu 9, ásamt óvissubilum.



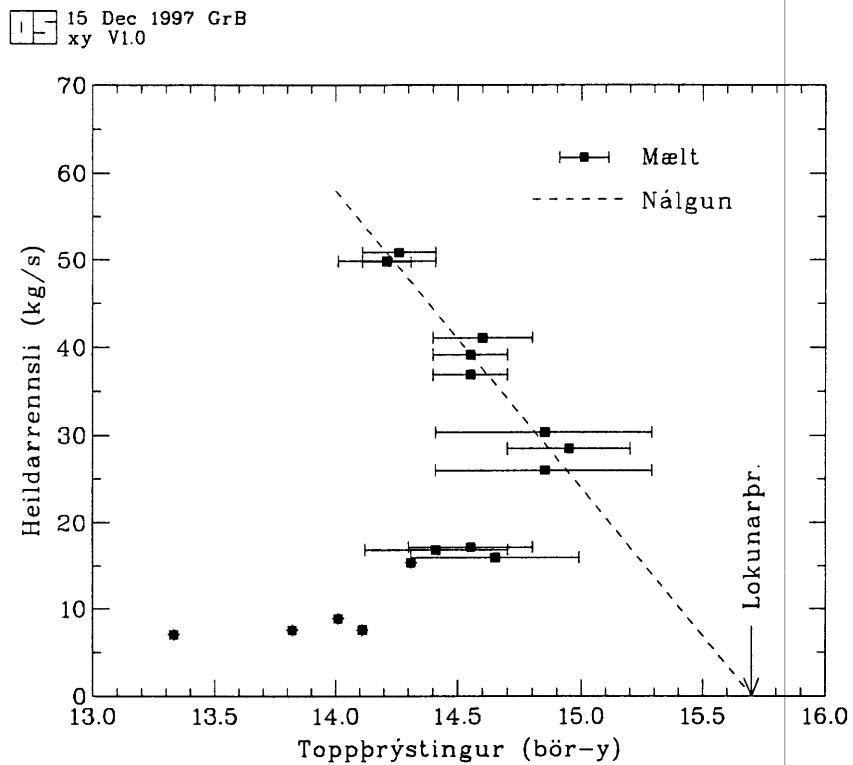
Mynd 21: Reiknað aft holu 9 ef vægi há- og lággilda er jafnt.

Tafla 4 geymir töluleg gildi vermis og rennslis samkvæmt úrvinnslunni á mynd 21. Mynd 22 sýnir svo aflferil holu 9. Hann má nálgá á þrýstingsbilinu 13,5 til 15,5 bör-y með línulega sambandinu:

$$m_t = 536 - 34 \cdot P_0$$

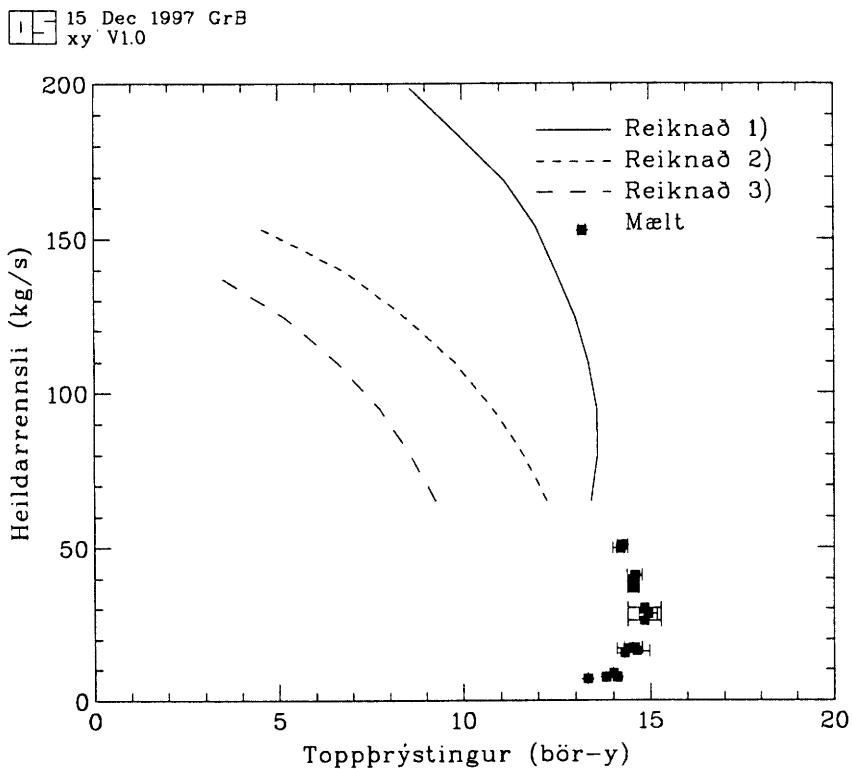
Tafla 4: Reiknaðar einkennisstærðir holu 9 í blæstri.

			Kar + strompur				Kar + krítíski					
Prep nr.	Tími dags	P ₀ (bör)	Óvissa (bör)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)	Prýst. á 900 m (bör)
1	14:21	13,33		917	7,0	1,6	5,5					49,50
1	14:35	13,82		1034	7,5	2,1	5,5					
1	14:43	14,11		1045	7,6	2,1	5,5					
1	15:05	14,01		1130	8,9	2,8	6,1					
2	15:08	14,31		1087	15,4	4,6	10,8					49,50
2	15:11	14,41	0,29	1101	16,9	5,1	11,8					
2	15:20	14,55	0,25	1128	17,2	5,4	11,8					
2	15:52	14,65	0,34	1146	16,0	5,2	10,8					
3	16:06	14,85	0,44	1125	26,0	8,2	17,9					49,50
3	16:10	14,85	0,44	1047	30,3	8,5	21,9	1064	31,0	8,9	22,1	
3	16:40	14,95	0,25	1052	28,5	8,0	20,5	1159	30,9	10,1	20,7	
4	16:46	14,55	0,15	1110	36,9	11,3	25,6	1212	39,9	14,0	25,9	49,44
4	16:55	14,55	0,15	1063	39,2	11,2	28,0	1173	42,5	14,2	28,3	
4	17:09	14,60	0,20	1047	41,1	11,5	29,7	1134	43,9	13,9	30,0	
5	17:40	14,26	0,15	1037	50,9	14,0	36,9	1123	54,2	16,9	37,3	49,38
5	18:06	14,21	0,20	1048	49,9	13,9	36,0	1129	53,0	16,7	36,3	
5	19:00	14,21	0,10	1044	49,8	13,8	36,0	1146	53,6	17,3	36,3	
6	19:15	16,1			0	0	0		0	0	0	49,56

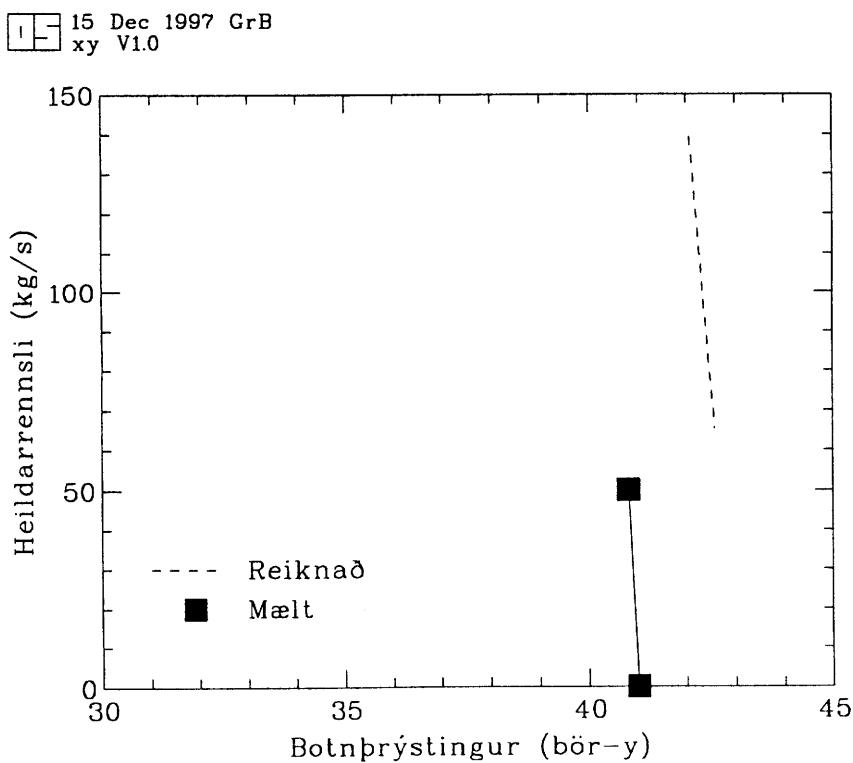


Mynd 22: Afferill holu 9 í júní 1997.

Líkt og áður sýna myndir 23 og 24 spár HOLU um afköst holu 9, ofan við hámarksrennsl-ið 50 kg/s, sem skiljan þoldi. Skilgreind var ein æð neðan suðuborðs með leiðnistuðulinn $20 \times 10^{-11} \text{ m}^3$ og vermi 1050 kJ/kg. Búast má við 100 kg/s afköstum við u.p.b. 11 bör-y og yfir 150 kg/s þegar toppþrýstingur er fallinn að gufuveituprýstingi.



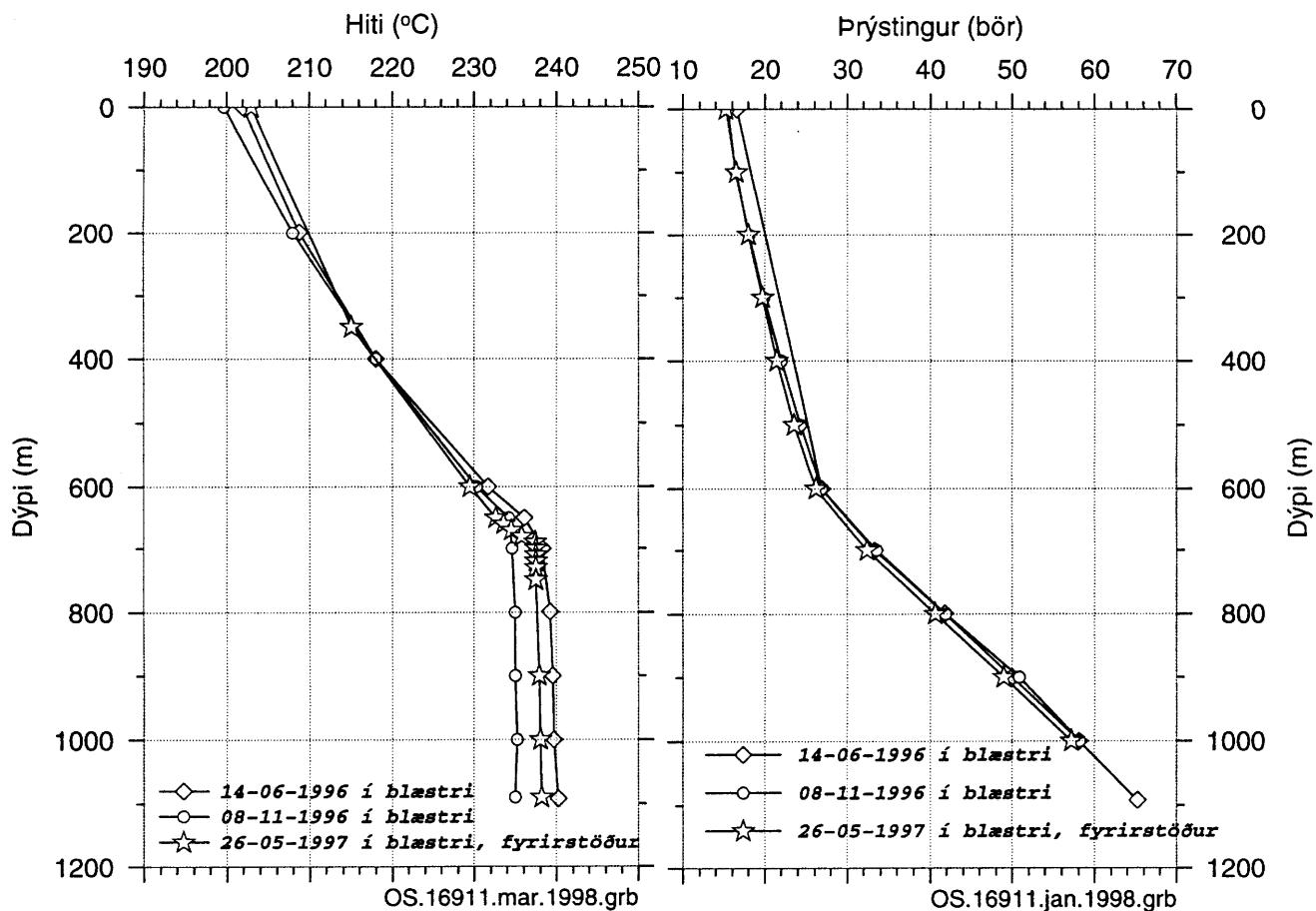
Mynd 23: Heildarstreymi og toppþrystingur holu 9 í júní 1997. Reiknuðu ferlarnir eru byggðir á hraðajöfnum vatns og gufu samkvæmt 1) Orskizewsky, 2) Orkustofnun og 3) Chisholm. Vermi holuvatnsins er fast, 1050 kJ/kg og það talið gas- og saltfrítt.



Mynd 24: Heildarstreymi og þrystingur á 800 m dýpi í holu 9 í júní 1997.

8. MÆLINGAR Á HOLU SG-11

Hola 11 var afmæld tvívegis í því verkefni sem hér er lýst. Fyrri mælingin var gerð 8. nóvember 1996, eftir að skiljan kom úr Eldvörpum. Ólag reyndist þá á gufumælingunni, hugsanlega vegna frostlagar í slöngunum sem tengdu annubar stútinn við mælitölву. Því var afráðið að bíða vors, og var afmælt öðru sinni þann 26. maí 1997. Í báðum tilvikum voru stöður mæla handskráðar án sérstakra tilfæringa. Viðauki A sýnir gögnin sem söfnuðust í prófinu vorið 1997. Holan var hita- og þrýstimæld á undan prófunum í bæði skiptin, og eru niðurstöður sýndar á myndum 25 og 26, ásamt samanburði við eldri gögn. Var suðuborðið á 650-700 m og hiti um 237 °C í haustmælingunni 1996, en á 680-690 m og hiti 237,5 °C í mælingunni vorið 1997. Þetta samsvarar 1020-1030 kJ/kg vermi í báðum tilvikum.



Tafla 5 gefur yfirlit um gögnin sem söfnuðust í prófinu haustið 1996. Hún sýnir einnig heildarafköst og vermi reiknuð út frá krítiskum þrýstingi og hæð í kari. Athugið að vatnshæðin er mæld frá efri brún niður á vatnsborð.

Tafla 5: Aflmæling holu 11 þann 8. nóvember 1996.

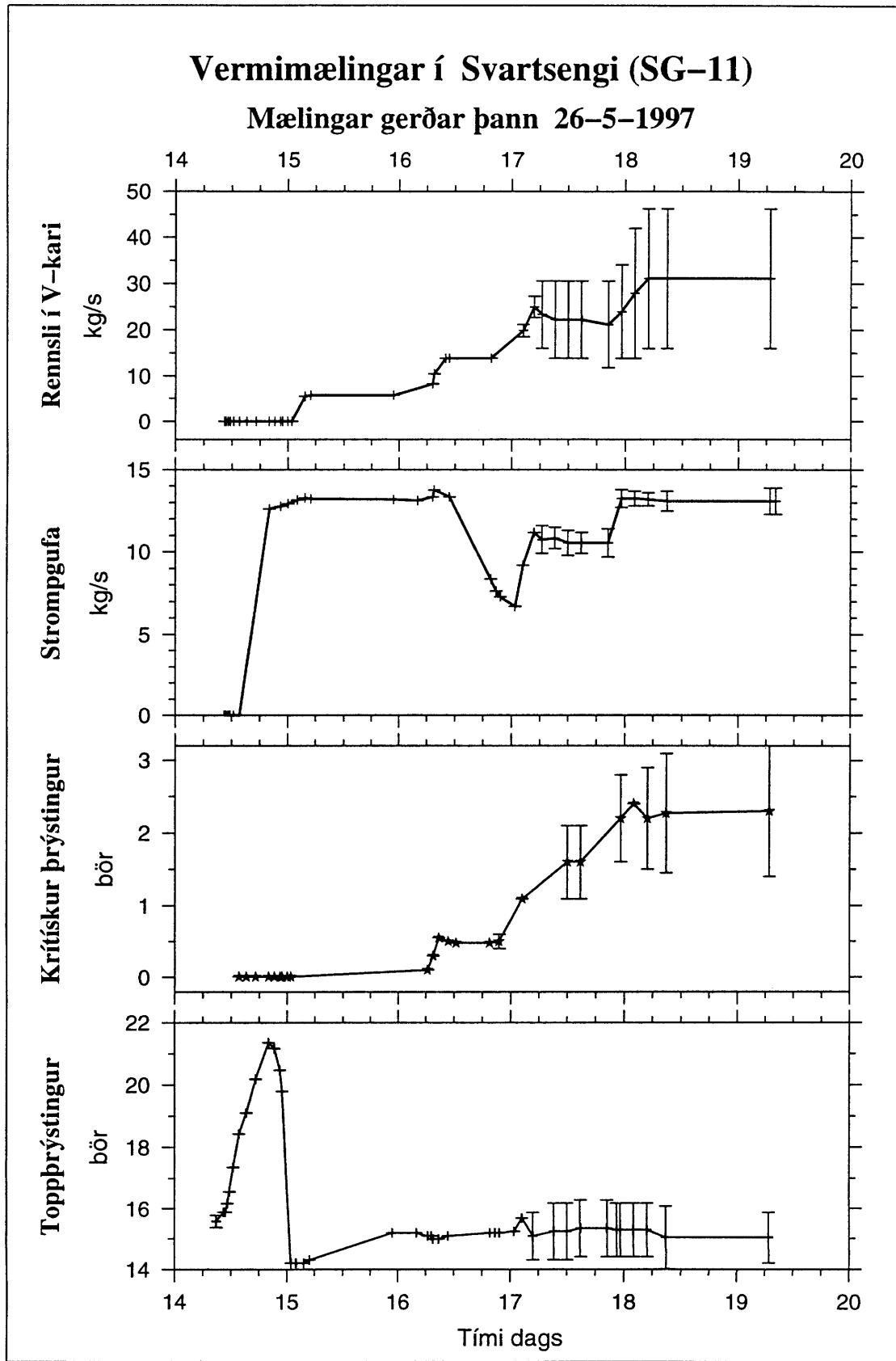
Tími	Aflestrar					Reiknað (krítiski stúturinn)			
	P ₀ (bör-y)	P ₀ (bör-y)	hæð (cm)	P _c (bör-y)	m _g (kg/s)	h _t (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)
15:00	15,7	15,4	36	0,32		1373	17,4	7,4	10,1
17:10	15,7	15,4	35,5	0,20		1261	17,5	6,5	11,0
18:00			35	0,22	12,2	1218	18,5	6,5	11,9
18:17			30,5		13,9				
18:25	16,05	15,7	31,0	1,65	15,6	1315	35,5	14,1	21,4
18:37					15,5				
18:45	16,25	15,9	29,5	1,65	15,6	1197	39,5	13,6	25,9
18:52	lokað								
18:53	16,0	15,7	50		10,8		0	0	0
19:25	23,0	22,5							

Af töflu 5 sést að mælingin á gufurennslinu var fjarri lagi, og stóð hún í 10,8 kg/s eftir að lokað hafði verið fyrir rennslið út á skilju. Gerði það mælingamenn svo tortryggna að hætt var við frekari próf á holunni þar til veður urðu frostlaus að vori 1997.

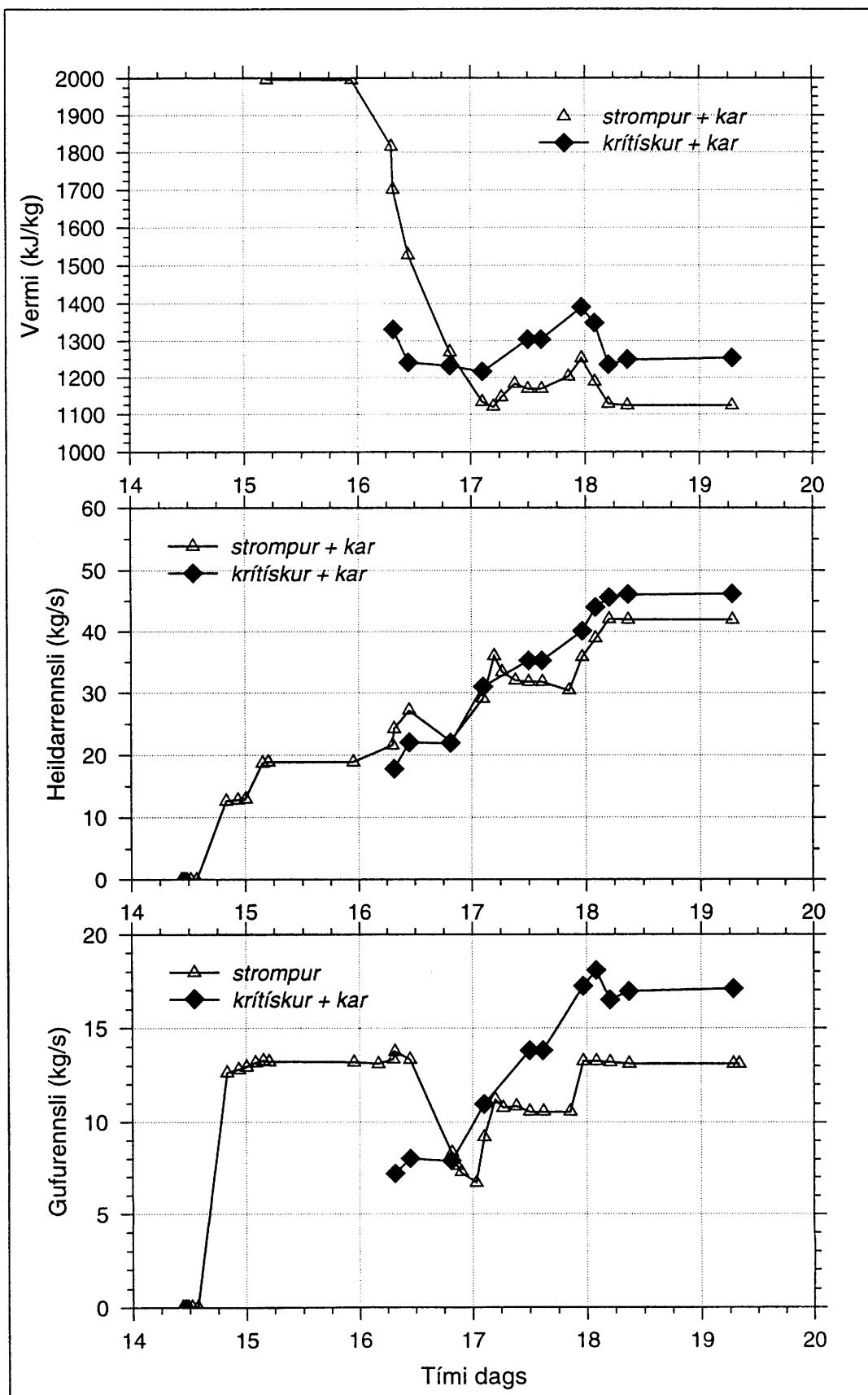
Haustmælingin 1996 er þó síður en svo gagnslaus, því hún sýnir að vermi hafði þegar hækkað í holu 11 á þessum tíma. Þannig mældist það á bilinu 1200-1300 kJ/kg, en vermi í suðuborði var 1020-1030 kJ/kg. Þá var reynt að láta holuna blása þurri gufu eingöngu með því að herða mjög að rennslinu. Skemmst er frá því að segja að þetta tókst ekki, þurr gufa fékkst að vísu í tæplega 30 mínútur, en eftir það blotnaði rennið. Styrkur koldíoxíðs í gufu reyndist 11510 mg/kg og styrkur brennisteinsvetnis 210 mg/kg þegar sýni var tekið síðdegis þann 9. nóvember. Við venjulega vinnslu, 50 - 60 kg/s, hafði styrkur koldíoxíðs undanfarin ár yfirleitt mælst um 7000 mg/kg. Þessi hækjun við lítið rennsli staðfestir hækkað vermi.

Þann 26. maí 1997 var aftur gert á holunni þrepapróf á sama hátt og lýst hefur verið í fyrri köflum. Mynd 27 sýnir hvernig mælistærðirnar teiknast með tíma. Strax vekur athygli að holan skilaði þurri gufu í u.p.b. 20 mínútur, en þá tók vatnið að láta sjá sig. Einnig er athyglisvert að toppþrýstingur fór í 21-22 bör-y við skamma lokun. Rennið var greinilega mjög gufuríkt í fyrsta þepi prófsins, en laust eftir 16:30 dró mjög úr gufustreymingu og hegðaði holan sér eftir það á svipaðan hátt og holur 7 og 8. Veruleg sveifla var í karinu, og mældist rennslið á bilinu 15-45 kg/s.

Heildarstreymi og -vermi voru reiknuð út frá gögnum á mynd 27 og sýnir mynd 28 niðurstöður. Gert er ráð fyrir að vægi há- og lággilda sé jafnt. Heildarrennsli í síðasta þepi náði ekki 50 kg/s, enda voru mælingamenn ragir við að auka rennsli til skiljunnar því yfirþrýstingur var tekinn að mælast inni í henni.



Mynd 27: Frumgögn afmælinga í holu 11, ásamt óvissubilum.



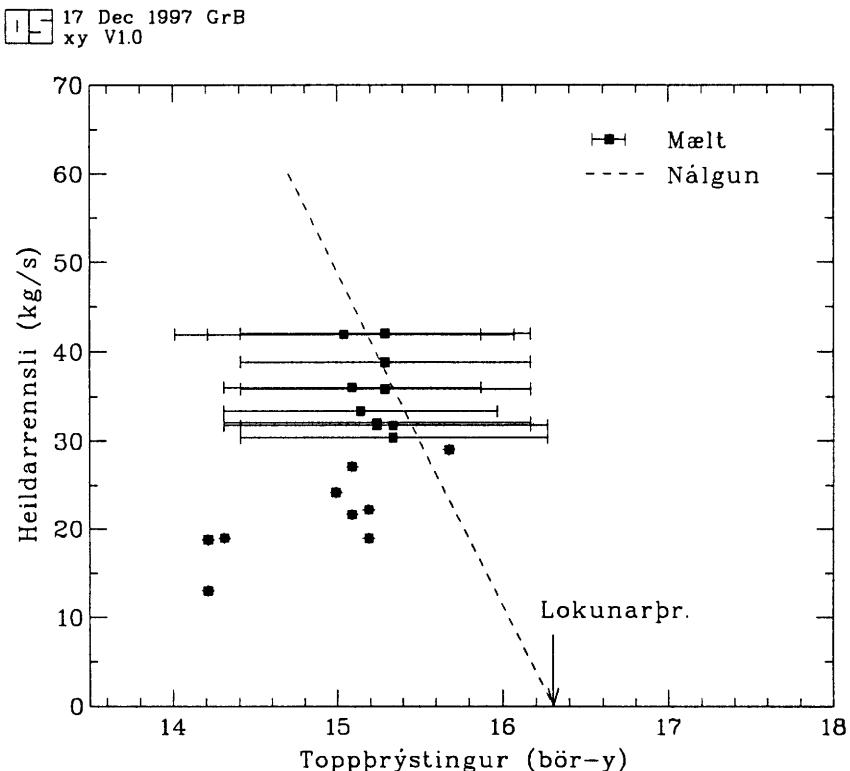
Mynd 28: Reiknað aft holu 11 ef vægi há- og lággilda er jafnt.

Mynd 28 sýnir, svo ekki verður um villst, að hola 11 skilaði verulega gufuríku renni framan af rennslisprófinu. Einnig sést að mjög dregur úr gufuhluta streymisins við aukið heildarrennsli. Virðist það jafna sig að u.p.b. 1150 kJ/kg vermi, sem svipar til holu 7. Vermi samkvæmt krítiska þrýstingnum er mun hærra. Því veldur væntanlega að þrýstingurinn var aðeins mældur með olíufylltum mæli, en ekki með Bell&Howell skynjaranum sem tók 10 sekúndna hlaupandi meðaltal. Reynslan frá holu 8 sýnir að vafasamt er að treysta meðalgildi há- og lágstöðu olíufyllta mælisins. Því er talið að bæði kar og strompur, og kar og krítíski þrýstingurinn skili sambærilegri niðurstöðu. Tafla 6 geymir því það sem hér er talið líklegasta afl holu 11 vorið 1997.

Tafla 6: Reiknaðar einkennistærðir holu 11 í blæstri.

Prep nr.	Tími dags	P ₀ (bör)	Óvissa (bör)	Kar + strompur				Kar + krítíski			
				Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)
1	14:53	21,17		2676	12,6	12,6	0,0				
1	14:56	20,48		2676	12,8	12,8	0,0				
1	15:00	14,21		2676	12,9	12,9	0,0				
2	15:09	14,21		2018	18,7	13,3	5,5				
2	15:12	14,31		1996	18,9	13,2	5,7				
2	15:57	15,19		1994	18,9	13,2	5,7				
3	16:18	15,09		1814	21,6	13,4	8,3				
3	16:19	14,99		1701	24,2	13,8	10,5	1330	17,8	7,2	10,6
3	16:27	15,09		1527	27,2	13,3	13,8	1240	22,0	8,0	14,0
4	16:49	15,19		1269	22,2	8,4	13,8	1232	21,9	7,9	14,0
4	17:06	15,68		1134	29,0	9,2	19,8	1216	31,0	11,0	20,1
4	17:12	15,09	0,78	1120	36,0	11,2	24,8				
4	17:16	15,14	0,83	1146	33,4	10,8	22,6				
4	17:23	15,24	0,93	1183	32,0	10,9	21,2				
4	17:30	15,24	0,93	1169	31,7	10,6	21,2	1303	35,2	13,8	21,4
4	17:37	15,34	0,93	1169	31,7	10,6	21,2	1303	35,2	13,8	21,4
5	17:51	15,34	0,93	1202	30,4	10,6	19,8				
5	17:58	15,29	0,88	1253	35,9	13,3	22,6	1388	40,1	17,2	22,9
5	18:05	15,29	0,88	1188	38,9	13,3	25,6	1346	43,9	18,1	25,9
5	18:12	15,29	0,88	1128	42,0	13,2	28,8	1235	45,6	16,5	29,1
5	18:22	15,04	1,03	1124	41,9	13,1	28,8	1249	46,1	16,9	29,1
5	19:00	15,04	0,83	1124	41,9	13,1	28,8	1253	46,2	17,1	29,1

Á mynd 29 er teiknaður líklegur afleffur holu 11, samkvæmt tölunum í töflu 6. Strax vekur athygli að toppþrýstingur liggar mun hærra en í holum 7, 8 og 9, en einnig dreifast aflestrarnir mjög, sem gerir nákvæma skilgreiningu á holuaflinu mjög erfiða. Sökum þessa verður sleppt útreikningi á líklegu afli holunnar við rennsli ofan 50 kg/s, en talið líklegt að holan hegði sér á svipaðan hátt og hola 7, enda vermi beggja sambærilegt.



Mynd 29: Aflferill holu 11 í maí 1997.

Hægt er að nálgja afl holu 11 með sambandinu:

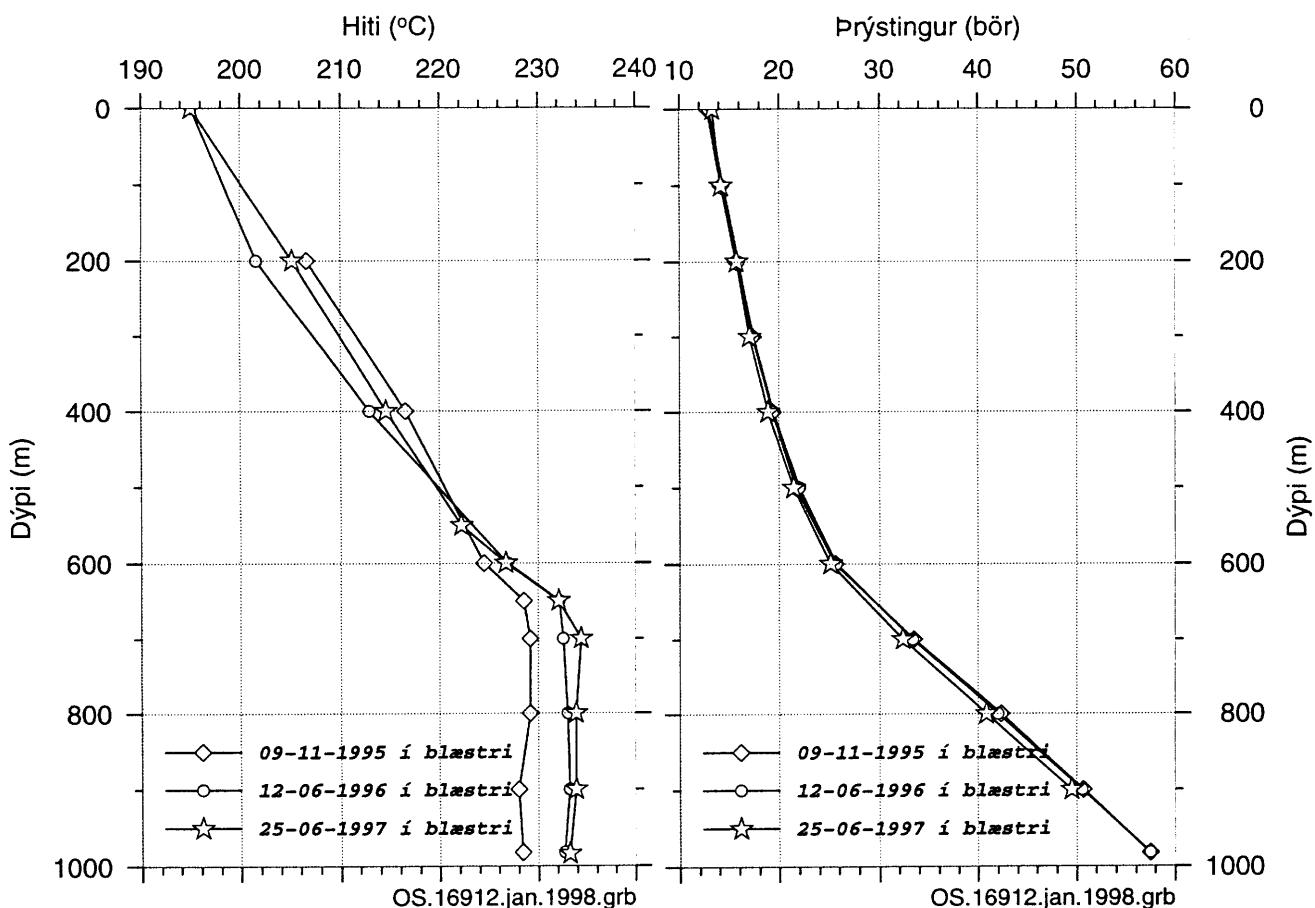
$$m_t = 611 - 37,5 \cdot P_0$$

þar sem P_0 er holutoppsþrýstingurinn í börum-y. Jafnan er talin gilda á þrýstisviðinu 14-16 bör.

Svolítið var fylgst með tíðni holutoppsþrýstings og sambandi hans við vatnshæð í kari og krítiska þrýstinginn. Þannig er skráð klukkan 17:15 að fjórar lotur standi í 1:54 mínútur, þ.e. að hver sveifla standi í 28,5 sekúndur. Þá var rennslið á bilinu 30-35 kg/s. Reynslujafna holu 7 gefur rúm 40 kg/s fyrir þessa bylgjulengd. Toppþrýstingurinn og krítiski þrýstingurinn fylgdust að, þ.e. voru báðir háir samtímis og öfugt. Karið var hins vegar í andsveiflu við þetta, þannig að mikið vatn í kari fylgdi lágum toppþrýstingi. Í hverri bylgju var hávermisfasinn talinn standa í ≈ 14 sekúndur en lágvermisfasinn í 16. Aftur er skráð 33 sekúndna lota klukkan 18:12, í ca. 45 kg/s rennsli, en reynslujafna holu 7 gefur 35 kg/s. Það er hægari sveifla en í fyrra skiptið og sýnir aðeins að erfitt er að nota eyrað til að meta svona tíðni. Miklu betra er að skrá toppþrýstinginn þétt og fá lotulengdina svo fram með tíðnigreiningu.

9. MÆLINGAR Á HOLU SG-12

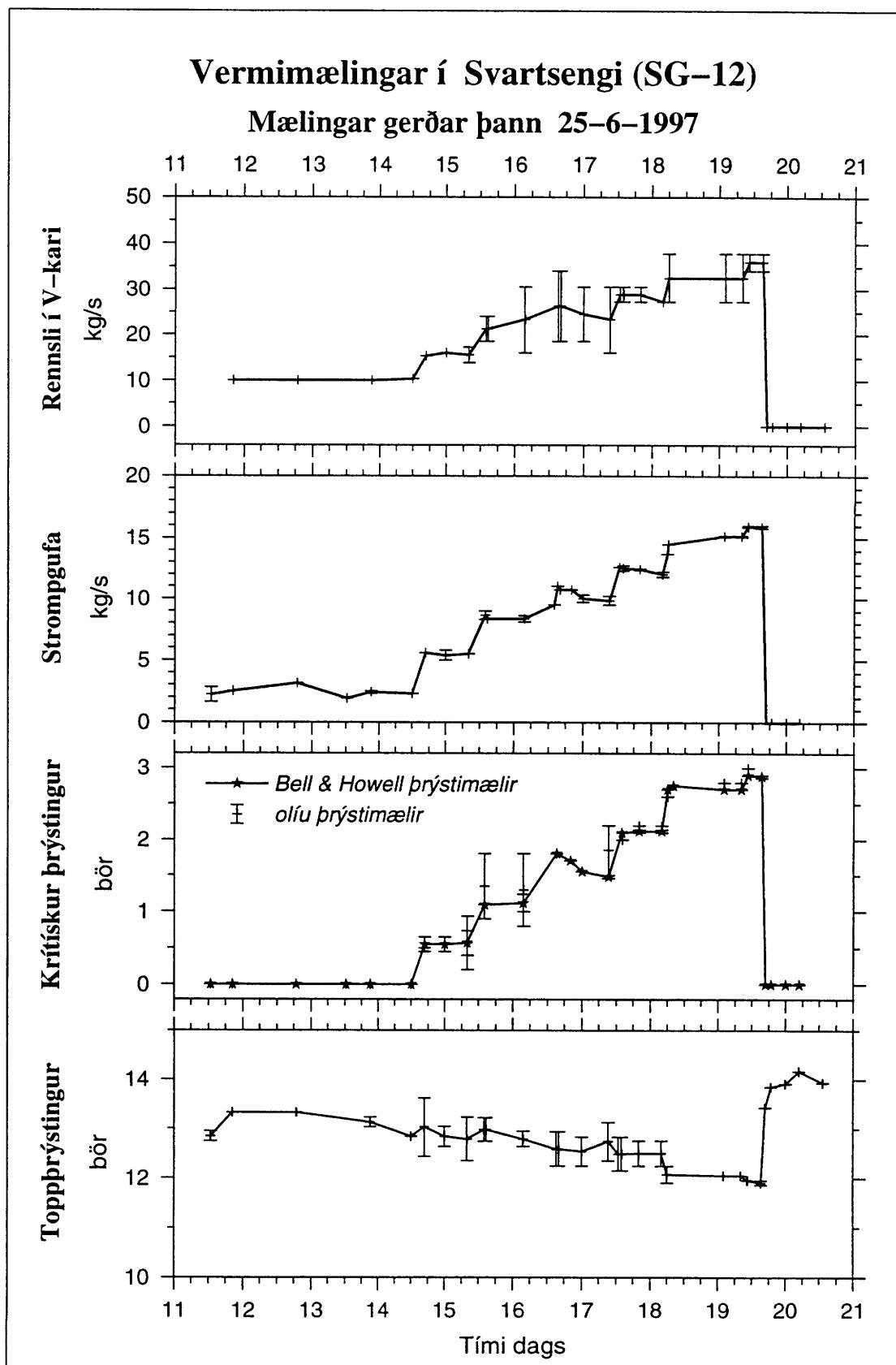
Hola 12 var aflmæld þann 25. júní 1997 með hefðbundnum hætti, þ.e. fyrst voru mæld hiti og þrýstingur niður holuna í blæstri, en því næst gert afþróf með þrýstinema kyrran á 900 m dýpi. Frumgögn aflmælinganna eru í viðauka A. Myndir 30 og 31 sýna niðurstöður hita- og þrýstimælinganna og samanburð við fyrri mælingar. Skemmt er frá því að segja að suðuborðið mældist á rétt rúmlega 650 m dýpi og reyndist hiti þar 234-235 °C. Það jafngildir 1010 kJ/kg vermi. Saga þrýstings á 900 m mældist ekki, utan að hann lækkaði um 0,85 bör milli klukkan 14:00 og 19:22, en þá er rennslisbreytingin u.p.b. 40 kg/s (tafla 7).



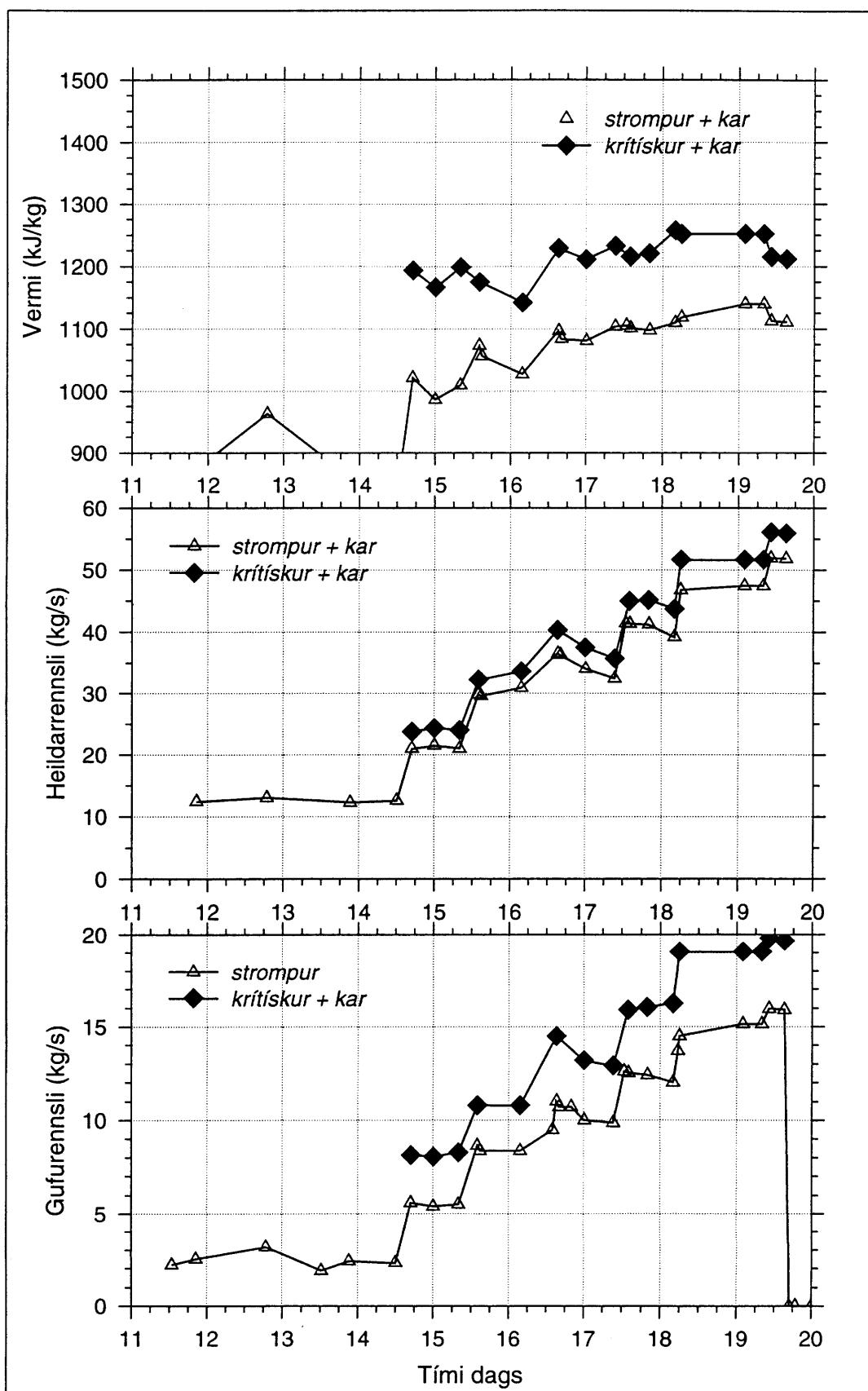
Mynd 30: Hitamælingar í holu 12.

Mynd 31: Prýstimælingar í holu 12.

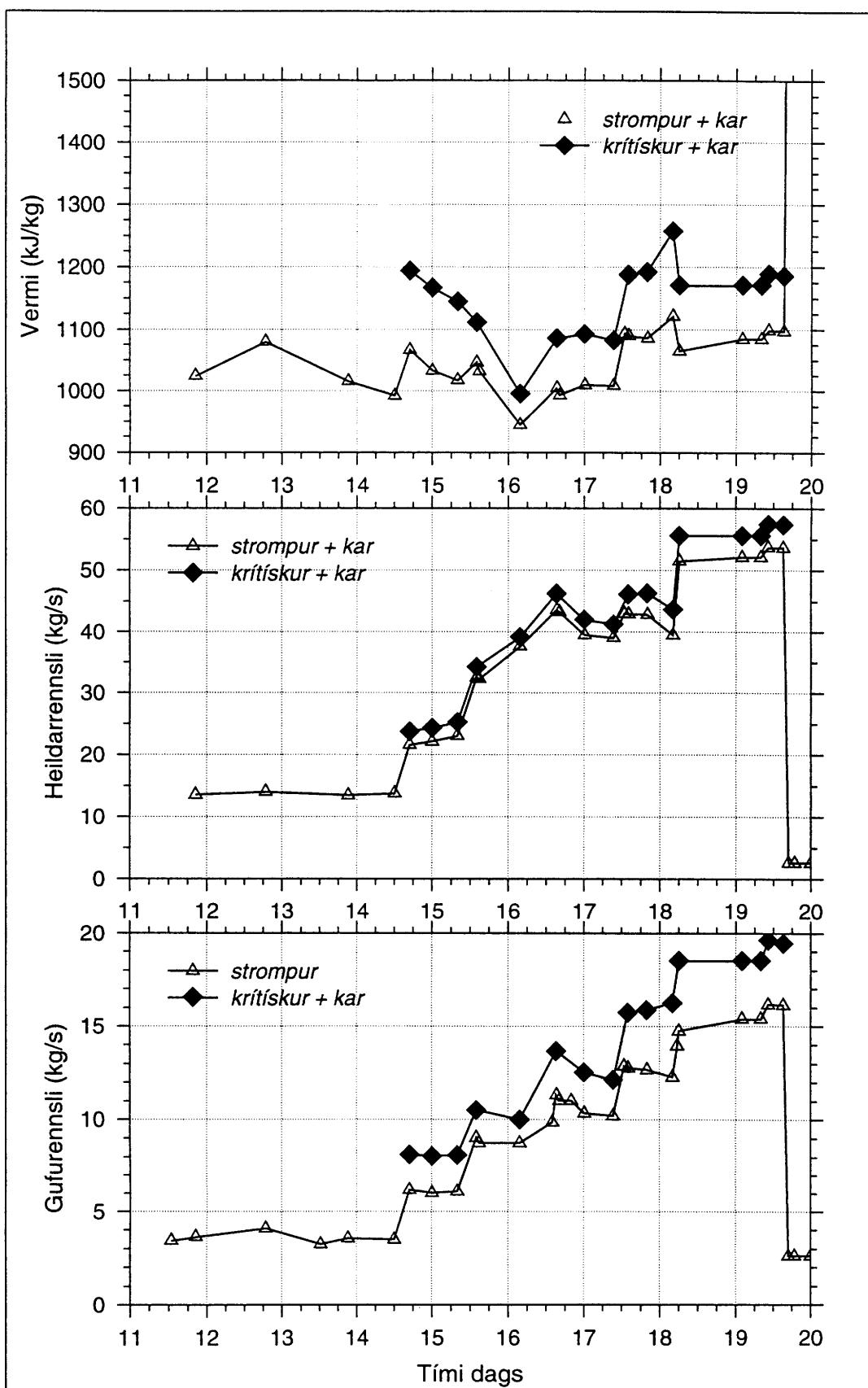
Mynd 32 sýnir frumgögn aflmælinganna nema að búið er að breyta hæð í kari yfir í rennslu í kg/s. Þepin sjást ekki mjög skýrt í myndinni og er aðalástæðan sú að miklar sveiflur voru í vatnsborði karsins. Reyndu mælingamenn því að skrifa hjá sér meðalástand þess fremur en há- og lággildin. Mynd 33 sýnir svo reiknað afl holunnar ef vægi há- og lággilda er jafnt. Er þá margt skrýtið í kýrhausnum, og þá helst að vermið er hægvaxandi, byrjar allt of lágt miðað við hita í suðuborði, og endar allt of hátt. Því var gripið til vægisstuðulsins $\omega = 0,9$ í hæð karsins, og $\Delta p = 10$ mm var bætt við strompgufuna. Hvort tveggja jafnar mjög vermið og er niðurstaðan sýnd á mynd 34. Þar sést að holan skilar u.p.b. 1000 kJ/kg vermi fram að síðustu tveimur þrepunum, en þá er vatn tekið að frussast upp um strompinn sem aftur leiðir til ofmats á verminu.



Mynd 32: Frumgögn aftmælinga í holu 12, ásamt óvissubilum.



Mynd 33: Reiknað aft holu 12 ef vægi há- og lággilda er jafnt.



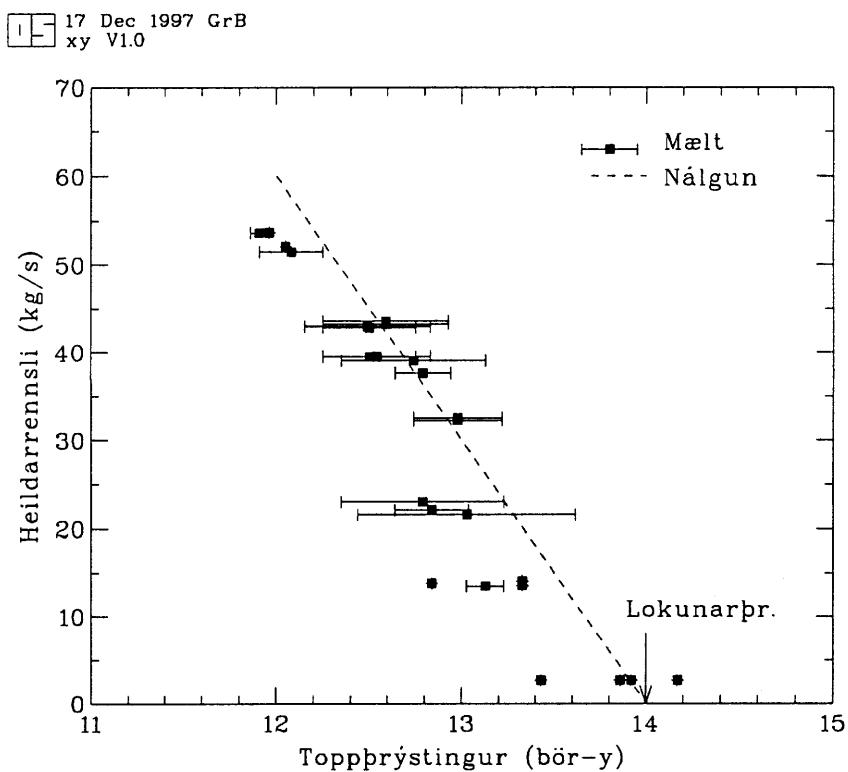
Mynd 34: Líklegt afl og rennsli holu 12 í júní 1997.

Notaðir eru vægisstuðlarnir $\Delta p = 10 \text{ mm}$ og $\omega = 0,9$.

Tafla 7 sýnir tölulegu gildin sem liggja til grundvallar mynd 34 og talin eru sýna af holu 12 í júní 1997. Mynd 35 sýnir áætlaðan aflferil holu 12 samkvæmt sömu gögnum. Nálga má aflferilinn með líkingunni:

$$m_t = 420 - 30 \cdot P_0$$

og gildir hún á bilinu 11 til 14 bör-y. Vermið er fasti, 1010 kJ/kg.



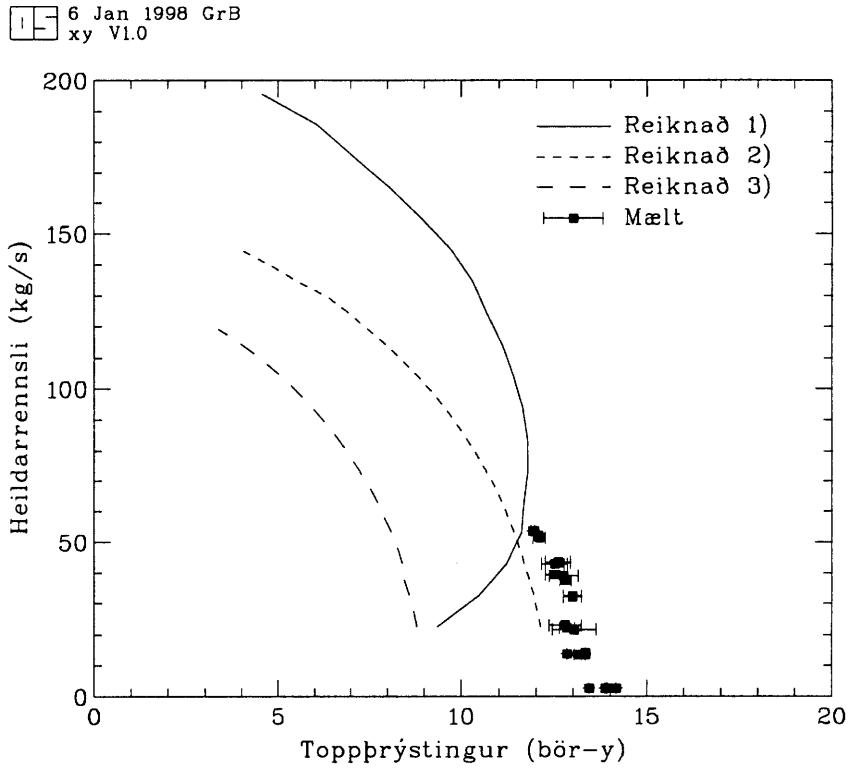
Mynd 35: Aflferill holu 12 í júní 1997.

Aðeins var skráð ein mæling á lotulengd sláttarins í holu 12. Er sveiflutíminn talinn u.p.b. 50 sekúndur kl. 14:54, en þá er rennslið um 24 kg/s. Reynslujafna holu 7 skilar 23 kg/s rennsli við þessa sveiflulengd þannig að hér virðist gott samræmi þrátt fyrir töluverðan mun í vermi holnanna.

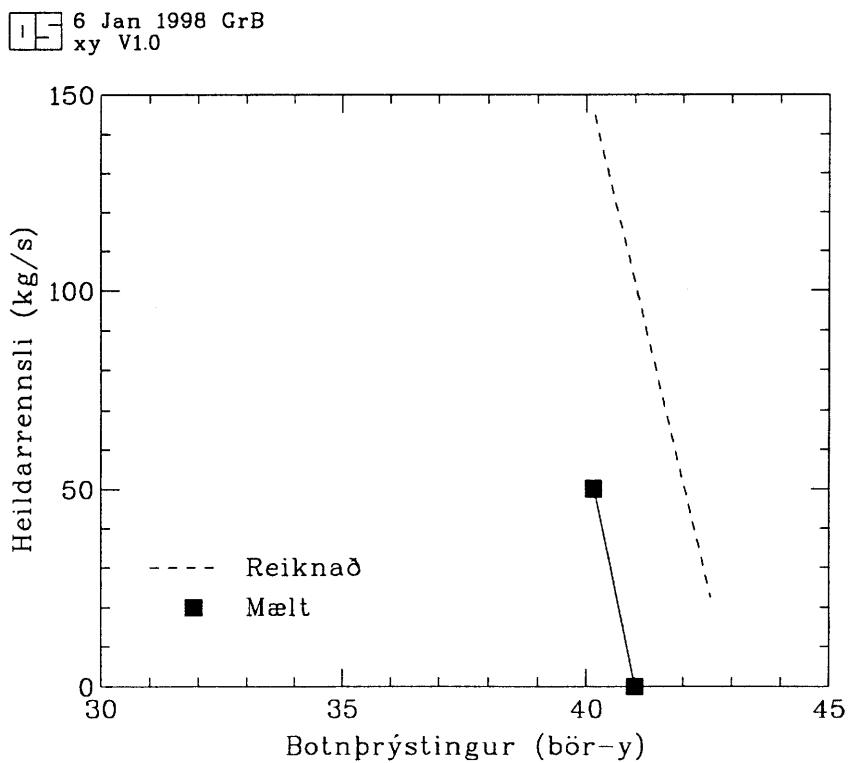
Tafla 7: Reiknaðar einkennisstærðir holu 12 í blæstri.

Prep nr.	Tími dags	P ₀ (bör)	Óvissa (bör)	Kar + strompur				Kar + krítíski			
				Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	m _t (kg/s)	m _g (kg/s)	m _v (kg/s)
1	11:51	13,33		1024	13,5	3,6	9,9				
1	12:47	13,33		1079	14,0	4,1	9,9				
1	13:53	13,13	0,10	1015	13,5	3,6	9,9				
1	14:30	12,84		992	13,8	3,5	10,3				
2	14:42	13,03	0,59	1066	21,6	6,2	15,4	1193	23,7	8,1	15,6
2	15:00	12,84	0,20	1033	22,1	6,0	16,1	1166	24,3	8,1	16,3
2	15:20	12,79	0,44	1017	23,0	6,1	16,9	1144	25,2	8,1	17,1
3	15:35	12,98	0,24	1046	32,5	9,0	23,5	1111	34,2	10,5	23,7
3	15:37	12,98	0,24	1031	32,2	8,8	23,5				
3	16:09	12,79	0,15	944	37,6	8,8	28,8	995	39,1	10,0	29,1
4	16:38	12,59	0,34	1004	43,6	11,3	32,3	1086	46,3	13,7	32,6
4	16:40	12,59	0,34	993	43,3	11,0	32,3				
4	17:00	12,54	0,29	1009	39,5	10,3	29,2	1093	42,0	12,5	29,5
4	17:23	12,74	0,39	1008	39,0	10,2	28,8	1082	41,2	12,1	29,1
5	17:32	12,49	0,34	1093	43,1	12,9	30,2				
5	17:35	12,49	0,34	1090	43,0	12,8	30,2	1187	46,2	15,7	30,5
5	17:50	12,50	0,25	1086	42,9	12,7	30,2	1192	46,4	15,9	30,5
5	18:10	12,50	0,25	1121	39,5	12,3	27,2	1257	43,7	16,2	27,5
6	18:15	12,08	0,17	1065	51,5	14,7	36,7	1170	55,6	18,5	37,1
6	19:05	12,05		1084	52,1	15,4	36,7	1170	55,6	18,5	37,1
6	19:20	12,05		1084	52,1	15,4	36,7	1170	55,6	18,5	37,1
7	19:26	11,96		1098	53,7	16,2	37,5	1189	57,5	19,6	37,9
7	19:38	11,91	0,05	1097	53,6	16,1	37,5	1185	57,3	19,5	37,9

Forritið HOLA var svo notað til að meta afköst holu 12 við meira en 50 kg/s heildarrennsli og sýna myndir 36 og 37 niðurstöðuna. Sem áður var skilgreind ein æð neðan suðuborðs með leiðnistuðulinn $7 \times 10^{-11} \text{ m}^3$ og vermi 1020 kJ/kg. Af mynd 36 sést að búast má við afköstunum 100 kg/s við u.p.b. 9 bör-y á holutoppi og u.p.b. 140 kg/s þegar toppþrýstingur er fallinn að gufuveituprýstingi.



Mynd 36: Heildarstreymi og toppþrýstingur holu 12 í júní 1997. Reiknuðu ferlarnir eru byggðir á hraðajöfnum vatns og gufu samkvæmt 1) Orskizewsky, 2) Orkustofnun og 3) Chisholm. Vermi holuvatnsins er fast, 1020 kJ/kg og það talið gas- og saltfrítt.

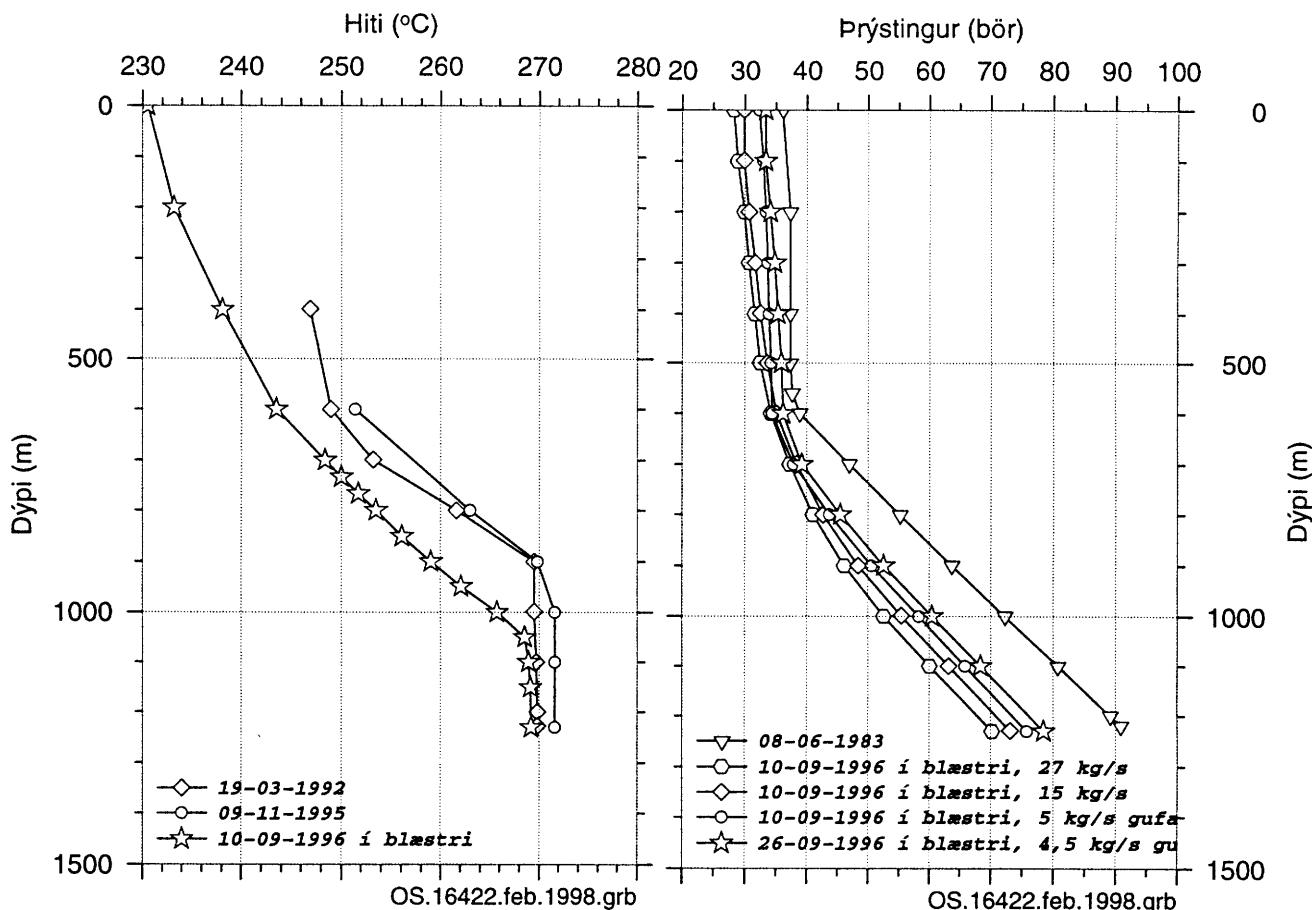


Mynd 37: Heildarstreymi og þrýstingur á 800 m dýpi í holu 12 í júní 1997.

10. AFLMÆLINGAR Í ELDVÖRPUM

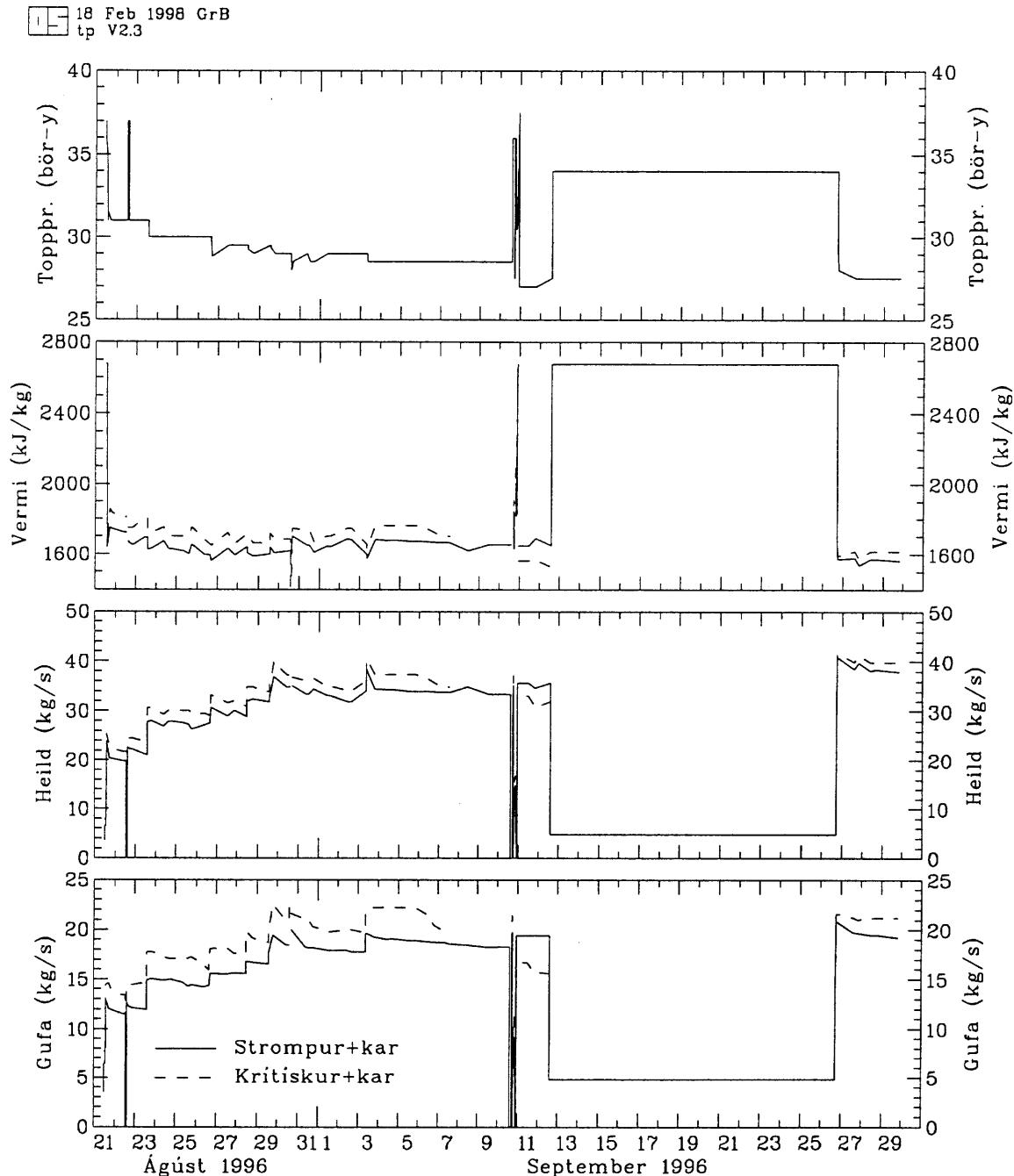
10.1 Mælingar árið 1996

Hola EG-2 í Eldyörpum vígði skiljuna góðu sem notuð var til aflmælinganna hjá Hitaveitu Suðurnesja. Ólíkt Svartsengismælingunum stóð prófun holu 2 í rúman mánuð og var tvívegis farið til mælinga á þeim tíma, 10. og 26. september. Í þessum ferðum var þrýstingur mældur alls fjórum sinnum en hiti einu sinni. Mælingarnar eru sýndar á myndum 38 og 39, ásamt eldri gögnum.



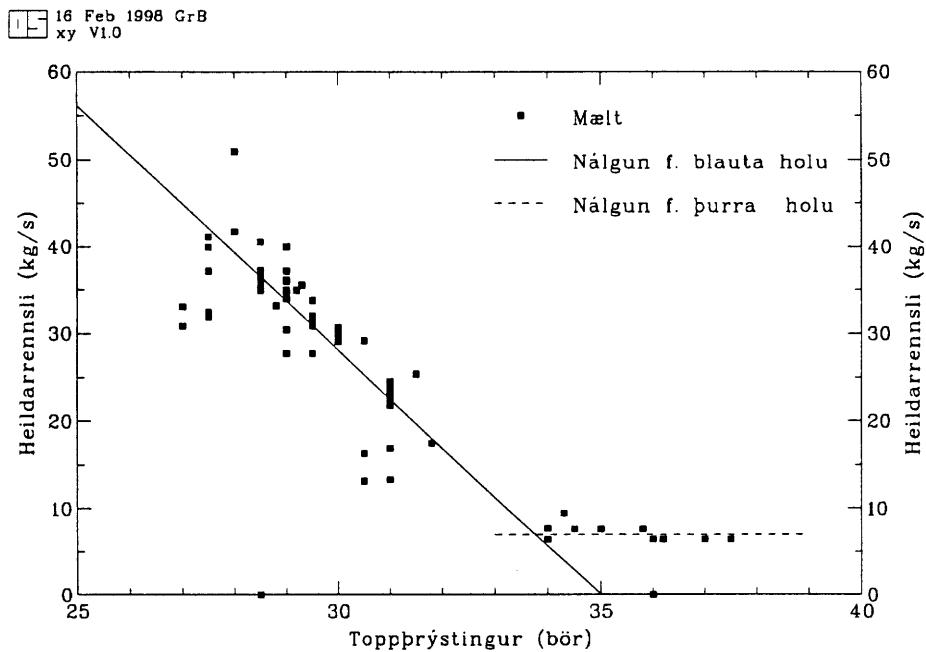
Myndir 38 og 39 sýna, svo ekki verður um villst, að töluberðar breytingar hafa orðið á ástandi holu 2 frá því hún blés haustið 1983. Þannig hefur svæðisþrýstingurinn fallið um 12-13 bör milli áranna 1983 og 1996. Þá er niðurdráttur í blæstri töluberður í holu 2, og verður vikið nánar að því hér á eftir. Samtulkun hita- og þrýstimælinga sýnir að suðurborð í Eldvarpaholunni er núna rétt ofan 900 m dýpis, en í blæstrinum hleypur það niður á 1050 m dýpi.

Niðurstöður skiljumælinganna eru teiknaðar á mynd 40, og einnig eru þær skráðar í viðauka B. Sem áður voru jöfnurnar í kafla 3 notaðar við útreikning á massaflæði og vermi, með þeirri mikilvægu undantekningu þó, að vægisstuðlum var ekki beitt á mæligildin vegna tiltölulega stöðugra aflestra á öllum mælistöðvum.



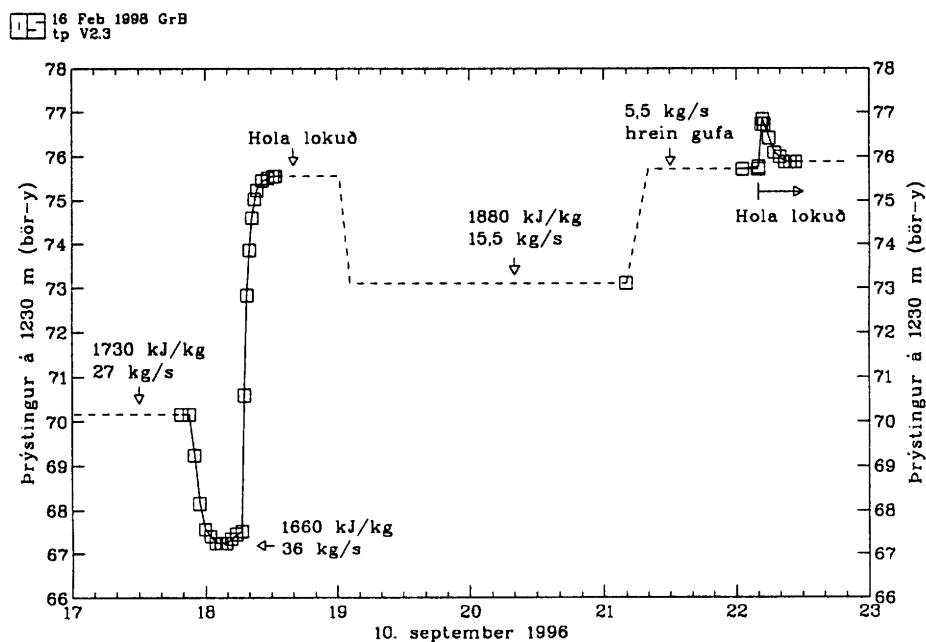
Mynd 40: Afkastamæling holu EG-2 í ágúst og september 1996.

Mynd 41 sýnir hvernig allar mælingar toppþrýstings teiknast á móti heildarrennslinu. Fram koma tveir afkastaferlar, hér kenndir við blauta og þurra holu. Ástæða þessa er að í holu 2 eru tvær ráðandi vatnsæðar, á 575 og u.p.b. 1250 m dýpi (Hjalti Franzson, 1996). Efri æðin hefur hlaupið í suðu við lækkandi svæðisþrýsting, líkt og aðalæð holu 10 árið 1984. Í hinni djúpu er hins vegar aðeins vatnsfasi ennþá. Myndin sýnir að við háan toppþrýsting skilar holan eingöngu þurri gufu úr efri æðinni, u.p.b. 5 kg/s. Við þrýsting lægri en 34 bör fer djúpa æðin síðan að segja til sín og vermið fellur niður í 1600-1700 kJ/kg.



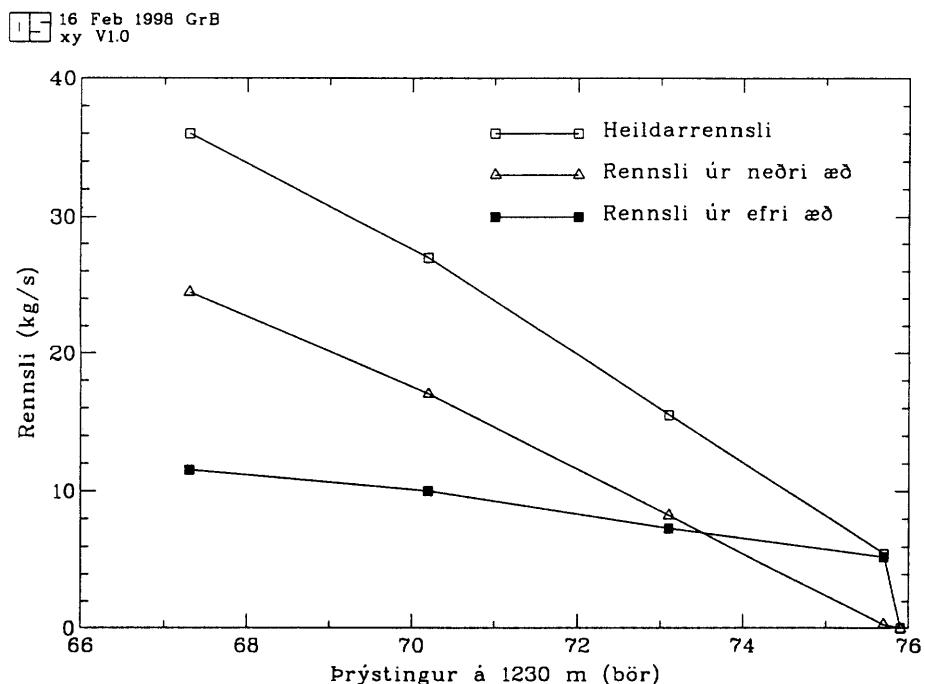
Mynd 41: Aflerill holu EG-2 haustið 1996.

Mynd 42 sýnir djúþrýsting holu 2 við mælingarnar 10. september 1996. Eru gögnin tínd saman úr þremur ferðum þrýstimælis í holuna. Ástand holunnar var kannað við fjölgur þrep í rennsli, en jafnframt var holunni lokað tvívegis með mæli í botni. Skemmt er frá því að segja, að þrýstingur breyttist verulega með rennsli; reyndist mesta lækkun hans tæp 9 bör milli lokunar og 36 kg/s heildarrennslis. Vermi holunnar er breytilegt, og kennir hér mismikils rennslis úr djúpu æðinni á ≈ 1250 m.



Mynd 42: Prýstingur á 1230 m dýpi í holu EG-2.

Mynd 43 sýnir hvernig heildarrennsli holu 2 skipti sér milli æðanna á 575 og 1250 m dýpi, sem fall af botnþrýstingi. Gert er ráð fyrir að grunna æðin skili ætið þurri gufu, en að vermi djúpu æðarinnar sé 1180 kJ/kg. Ljóst er að æðarnar eiga hvor sinn aflferil, töluvert ólíka. Þannig eykst rennsli úr grunnu æðinni sáralítið fyrir hvert bar sem botnþrýstingurinn lækkar, en um 2,3 kg/s/bar ef litið er á djúpu æðina eingöngu. Til samanburðar má geta þess að djúpu æðarnar í Svartsengi gefa 5-50 falt meira við samsvarandi breytingu í botnþrýstingi. Þá er fróðlegt að sjá að hola 10 í Svartsengi gefur tæp 30 kg/s af hreinni gufu við u.p.b. 3 bara þrýstibreytingu á toppi, en hér koma aðeins 5 kg/s.

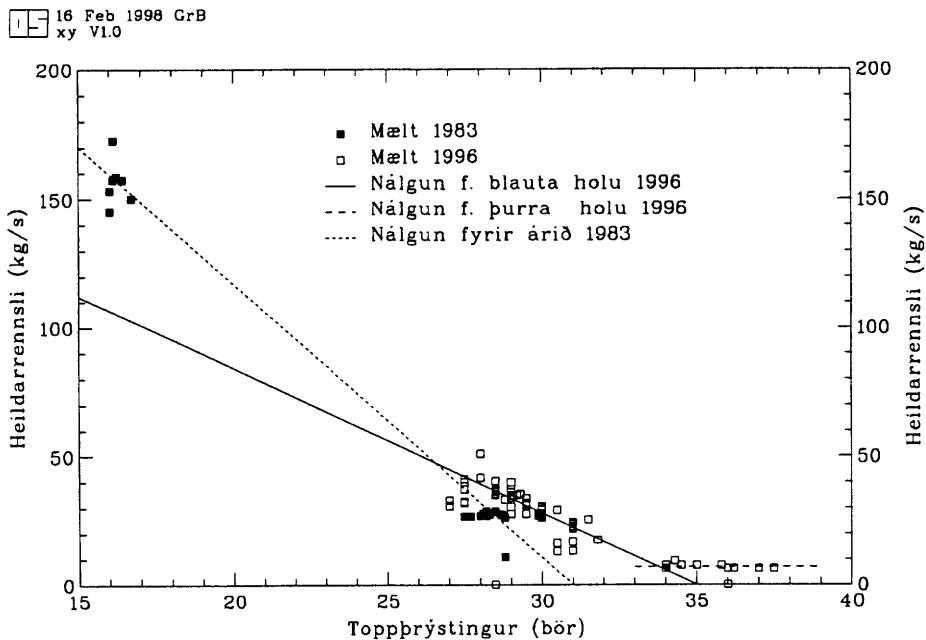


Mynd 43: Aflferlar æða holu 2 sem fall af botnþrýstingi.

Rétt er að skýra skarpa breytingu gufurennslis sem varð við opnum holu 2. Hér olli, að holutoppsþrýstingurinn, og þar með þrýstingurinn ofan suðuborðs, féll sem nam u.p.b. 3 borum við að holan blés þurri gufu. Þannig getur þrýstingur fallið við efri æðina án þess að sú neðri verði breytinga vör, að því tilskildu að suðuborðið gangi upp við breytinguna. Þetta er lykill þess að holu 2 getur blásið þurri gufu eingöngu. Þá finnst höfundum notalegt að sjá hve ferlarnir á mynd 43 eru jafnir, þó svo að gögnin á ásunum tveimur séu fengin úr algerlega óháðum mælingum. Þetta merkir væntanlega að afreikningarnir í skýrslunni eru rétt gerðir og að skiljan hafi rækt sitt hlutverk eins og til var ætlast.

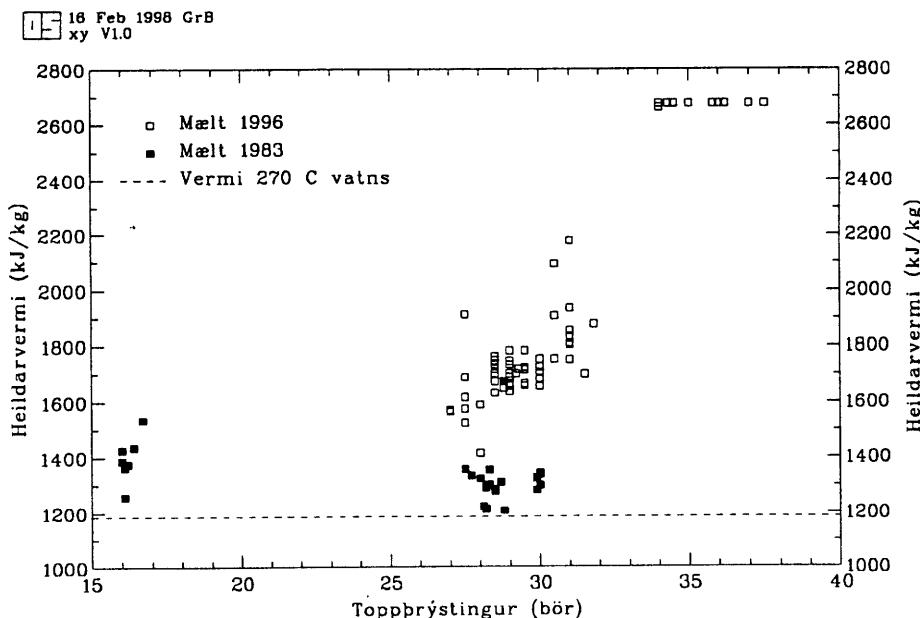
10.2 Samanburður aflmælinga árin 1983 og 1996

Fróðlegt er að gera einfaldan samanburð aflmælinga á holu EG-2 árin 1983 og 1996. Mynd 44 sýnir hvernig massaflæðið breytist sem fall af toppþrýstingi. Marktækur munur er milli áranna tveggja og á sér skýringu í fyrrgreindri þornun æðarinnar á 575 m. Þannig virðist hámarksrennslið, miðað við 16 bör á toppi, hafa fallið úr 170 kg/s árið 1983 í 110 kg/s árið 1996. Gefur holan nú kringum 6 kg/s fyrir hvert bar sem toppþrýstingur fellur, en gaf 1983 riflega 10 kg/s við sömu breytingu.



Mynd 44: Afferlar holu 2 árin 1983 og 1996.

Mælingar á vermi holu 2 eru sýndar á mynd 45, sem fall af holutoppsþrýstingi. Eingöngu eru sýndar mælingar sem byggja á krítiska stúnum og karinu. Sést þar að vermi í holunni er í öllum tilvikum yfir 1185 kJ/kg, sem er vermi 270 °C vatns. Árið 1983 skilaði holan 1350 kJ/kg vermi að meðaltali og var staðalfrávik þess 90 kJ/kg. Árið 1996 er þessi tala komin í 1725 kJ/kg og staðalfrávik 260 kJ/kg ef allar tölur eru metnar jafnt. Sé mælingum á þurri gufu hins vegar sleppt, fæst meðalvermið 1650 kJ/kg með staðalfrávik 60 kJ/kg. Ef holan yrði rekin nú við 1650 kJ/kg vermi, væri hlutur háþrýstigufu 45 % og hefði þá vaxið úr 30 % árið 1983.



Mynd 45: Vermi holu 2 árin 1983 og 1996.

11. EFNASAMSETNING RENNIS Í ELDVÖRPUM

Sýni var tekið af renni holunnar í Eldvörpum þann 3. september 1996 og styrkur helstu efna ákvarðaður. Ekki var látið við það sitja að mæla einungis styrk gass í gufu, eins og gert var við þrepaprófin í Svartsengi, heldur var safnað svonefndu heilsýni. Rennið var því skilið, eins og venja er, með lítilli gufuskilju, sem skrúfuð var á holutoppinn. Eftir að-skilnað var hvort tveggja kælt, vatnið og gufan, og sýni tekin af báðum. Loks var allt efnagreint, vatn, gas og þéttivatn, en hvert í sínu lagi.

Niðurstöður greininganna er að finna í töflu 8. Til skýringar er rétt að benda á nokkur at-riði. Efnasamsetning vatnsfasa er skráð í fyrstu þrjá dálkana. Mælistærðir þar eru í mg/kg (ppm) nema sýrustigið, pH, sem að sjálfsögðu er einingarlaust, eðlisleiðni, sem gefin er í $\mu\text{S}/\text{cm}$, og samsætuhlutföll, en þau eru skráð sem einingarlaus frávik frá meðalsjó og talin í þúsundstu hlutum. Samsetning óþéttanlegs gass er sýnd í fjórða dálki. Skráðir eru hundraðshlutar rúmmáls af hverri lofttegund. Ein aðferð til að ákvarða magn gass í gufu er að mæla beint rúmmál gass þess, sem safnast á sama tíma og tiltekið magn þéttivatns. Þessi tala (lg/kgþv) er skráð, ásamt söfnunarhita gassins, neðst í fjórða dálki sem lítrar gass á hvert kg þéttivatns. Önnur aðferð til að finna styrk gass í gufu er að safna gufufas-anum í 40% vítissódalausn og ákvarða síðan styrk karbónats og súlfíðs í sýninu með titr-un. Niðurstöður eru reiknaðar sem milligrömm koldíoxíðs eða brennisteinsvetnis í hverju kg gufu við sýnatökuprýsing. Þær eru skráðar neðst í fimmata dálk töflunnar. Efnasam-setning þéttivatns er sýnd ofantil í fimmata dálki. Í vatni og þéttivatni táknað CO_2 heildar-karbónat reiknað til koldíoxíðs, en H_2S heildarsúlfíð reiknað til brennisteinsvetnis.

Tafla 8. Efnasamsetning sýnis úr holu 2 í Eldvörpum.

Dagsetning 96-09-03		Tími		Númer 96-8203		Dýpi (m)		Sýni tók JÖB			
Hiti (°C) 230	Prýstingur á holutoppi (bar-g) 27	Prýstingur við söfnun (bar-g) 27	Vermi (kJ/kg) 1700	Dagsetning vermismælingar	Rennsli (kg/s)						
Efnasamsetning vatns (mg/kg)						Gas (% rúmm)	Þéttivatn (mg/kg)				
pH	5,44	Li	Al	0,076	H_2	1,22	pH	4,34			
/Hiti	21,7	Na	Cr		CO_2	96,94	/Hiti	21,8			
CO_2	115,3	K	Mn	0,48	H_2S	1,39	CO_2	1880			
H_2S	3,1	Mg	Fe	0,119	O_2	0,01	H_2S	68,5			
NH_3		Ca	Cu		N_2	0,43	NH_3				
B	7,96	Sr	Zn		CH_4	0,01	B				
Leiðni [§]		F	As		NH_3		Na	0,9			
/Hiti		Cl	Ag		Ar		Hg				
SiO_2	629	Br	Cd		Rn [‡]		Rn [‡]				
Uppl. efni	27420	I	Sb				δD^+	-18,2			
		NO_2	Hg				$\delta^{18}\text{O}^+$	-3,22			
		NO_3	Pb								
O_2		HPO_4					Gufa (mg/kg)				
Rn [‡]		SO ₄	20,7	Vægi (%):			CO ₂	17250			
δD^+	-18,2			Jóna	-0,21	lg/kgþv*	H ₂ S	216			
$\delta^{18}\text{O}^+$	-1,16			Massa		/Hiti	Rn [‡]				
$\pm \mu\text{S}/\text{cm}$		$\pm \text{dpm}/\text{kg}$	$\pm \pm \text{dpm/l}$	$\pm \% \text{SMOW}$	* Lítrar gass með hverju kg þéttivatns						

Þegar finna á samsetningu heildarrennis út frá niðurstöðum greininga einstakra fasa verður að „reikna saman vatn og gufu,” eins og það er kallað en þá þarf hlutfall vats og gufu að vera þekkt. Þetta hlutfall er háð vermi rennis og söfnunarþrýstingi, en hann er mældur þegar sýni er tekið. Sé innstreymi í holuna einfasa, ræðst vermið aðeins af innstreymis-hita, og þá er samsetning djúpvatns og heildarrennis að sjálfsögðu hin sama. Sé innstreymi í holu tvífasa, eins og í Eldvörpum, er hins vegar nauðsynlegt að mæla vermið sérstaklega. Til að finna samsetningu djúpvatns í því tilviki þarf hvort tveggja að vera þekkt, vermið og hitinn. Þó skiptir hitinn miklu meira máli; sé hann þekktur er reiknaður styrkur steinefna í djúpvatni lítt háður vermi.

Meðaltal vermismælinga var 1683 kJ/kg daginn sem sýnið var tekið, en 1745 kJ/kg daginn áður og 1761 kJ/kg daginn eftir. Við útreikninga á djúpefnastyrk verður því gengið út frá verminu 1700 kJ/kg.

Ofanskráð heilsýni er hið fyrsta sem tekið hefur verið úr holunni í þrettán ár. Holan var boruð á útmánuðum 1983, en síðan var hún látin blása frá því snemma í júlí og þar til seint í október. Á því tímabili voru tekin úr henni sjö heilsýni, og voru þeim gerð skil í skýrslu á sínum tíma (Jón Örn Bjarnason, 1984). Frá returnóttum 1983 til loka hundadaga 1996 var hins vegar ekki unnt að ná úr holunni heilsýni, svo að trúverðugt væri.

Á blásturstíma mældist hiti í holunni hæstur 263 °C, og var það gildi lagt til grundvallar útreikningum í tilvitnaðri skýrslu. Seinni árin hefur hitinn mælst nokkru hærri, yfirleitt um 270 °C, og var svo einnig þann 10. september 1996, viku eftir að áðurnefnt sýni var tekið. Við fyrstu sýn virðist því eðlilegast að miða reikninga á efnasamsetningu við 270 °C.

Hér er þó að fleiru að hyggja. Meðal þess sem efnainnihald jarðhitavökva getur veitt vitnesku um er hiti djúpt í jörðu, þar sem vökvinn var síðast í jafnvægi við berg. Þar sem hiti í borholum er hár, yfir 180 °C eða svo, má ætla að mest sé á kvarshitamæli byggjandi, sem svo er kallaður. Hann grundvallast á einföldu sambandi milli hita og styrks óklof-innar kísilsýru, en þann styrk má finna út frá mældum heildarstyrk kísils og sýrustigi vökvans.

Kvarshiti vökvans í Eldvarpaholunni reiknaðist u.p.b. 253 °C árið 1983. Aðeins 0,8 °C skildu hæsta og lægsta gildi meðal seinni sýnanna sex. Fyrsta sýnið gaf um 4 °C lægri hita, en það var tekið aðeins tveimur klukkustundum eftir að holunni var hleypt í blástur og bar merki skolvatnsblöndunar. Hlýtur þetta samræmi að teljast óvenjulega gott. Sýnið frá 1996 gefur hins vegar mun hærri kvarshita, liðlega 270 °C. Í fljótu bragði kann að þykja freistandi að líta framhjá þessari hækkun kvarshita sem einhverju óskýrðu fráviki, með því og að síðastnefnda sýnið er stakt og því ennþá án staðfestingar. En hér er ekki undankomu auðið, því svo vill til að kíssillinn er ekki einn til vitnis um hærri hita.

Eins og fyrr segir, ræður hiti miklu um það hver styrkur steinefna reiknast í djúpvatni, en að gefnum hita breytir vermið litlu sem engu. Sé djúpstyrkur 1996 reiknaður við sama hita og gert var 1983, þ.e. við 263 °C, er niðurstaða sú að selta hafi aukist um nálega tíu af hundraði. Til þess að auka seltu um það hlutfall í vökvra sem svo saltur er fyrir, dygði ekki minna en sjóblöndun að fjórðungi. Þótt vissulega megi hugsa sér, að holan dragi nú inn saltari vökvra en áður, sýnist samt ólíklegt að seltan hafi breyst svo mjög á þessum

árum. Sé dæminu hins vegar snúið við, kemur í ljós að hiti þyrfti að vera um 20 °C hærri, þ.e. um 280 - 285 °C, til þess að styrkur steinefna nú reiknist álfka og 1983. Þessi hækken kemur einmitt heim við hækken kvarshita í holunni.

En þótt efnasamsetningin gefi ótvíráett til kynna að rennið úr holunni hafi til uppjafnaðar verið allt að 20 °C heitara árið 1996 en 1983, er ekki þar með sagt að efnafræðin gefi vís-bendingu um 285 °C hita nú. Sennilegra er, að of hátt hafi verið seilst til viðmiðunar hið fyrra sinn, en hiti holunnar var þá aðeins mældur einu sinni eftir að hún hafði blásið, í október árið 1983. Þótt hiti þá hafi að vísu mælst 263 °C, þar sem hann var hæstur, var hitinn á 500 - 600 m dýpi aðeins um 250 °C, en á 575 m dýpi er einmátt öflug æð. Það er því ekki ólíklegt að meðalhiti innstreymis hafi í raun verið nálægt kvarshita, sem þá var 253 °C eins og þegar er getið. Á síðustu árum hefur hiti í holunni verið mældur nokkrum sinnum og ávallt reynst um 270 °C. Kvarshiti sýnisins frá 1996 reyndist 272 °C, og ber vel saman við þessar mælingar.

Að öllu athuguðu sýnist því eðlilegast að álykta sem svo, að meðalhiti innstreymis hafi losað 250 °C árið 1983, en verið um 270 °C þegar sýni var tekið í september 1996.

Þessi ályktun hefur þó þá afleiðingu að selta í Eldvörpum hlýtur að vera nokkru meiri en í Svartsengi, og meiri en áður var talið, og gæti þar munað u.p.b. tíu af hundraði. Sú niðurstaða getur hæglega komið heim við þá staðreynd að svolítil seltumunur hefur komið fram í holum vestursvæðis Svartsengis. Þar er klóríðstyrkur hæstur í holu 9, svolítið minni í holum 11 og 7, en minnstur í holu 8 (Jón Örn Bjarnason, 1996).

Tafla 9 sýnir reiknaðan styrk steinefna í djúpvatni í Eldvarpaholunni, og er þá miðað við 253 °C hita árið 1983, en 272 °C árið 1996. Í töflunni táknar **Uppleyst** heildarstyrk uppleystra efna fundinn með þurreimingu sýnis, en **P_s** þrýsting á skilju við söfnun. Að auki er skráður í töfluna styrkur kísils, natríums, kalíums, magnesíums, kalsíums, flúoríðs, klóríðs og súlfats.

Tafla 9: Styrkur efna (mg/kg) í djúpvatni holu 2. Þrýstingur í bar-y.

Númer	Dags.	Hiti	P _s	SiO ₂	Na	K	Mg	Ca	F	Cl	SO ₄	Uppleyst
83-0150	83-07-08	253,	23,	458,	6371,	1121,	0,506	875,	0,132	12132,	31,3	21798,
83-0151	83-07-11	253,	23,	477,	6638,	1173,	0,515	926,	0,125	12756,	27,8	22575,
83-0174	83-07-18	253,	13,7	478,	6646,	1166,	0,398	876,	0,124	12956,	27,1	23089,
83-0213	83-08-12	253,	13,0	480,	6675,	1176,	0,482	879,	0,123	13041,	22,6	23766,
83-0237	83-09-22	253,	13,0	481,	7055,	1219,	0,551	963,	0,143	13880,	27,0	22931,
83-0241	83-10-05	253,	13,0	478,	6823,	1179,	0,551	960,	0,143	13375,	25,6	22838,
83-0255	83-10-17	253,	6,5	483,	6812,	1127,	0,517	936,	0,136	13488,	24,0	22641,
96-8203	96-09-03	272,	27,0	560,	7257,	1131,	0,499	997,	0,160	13984,	18,4	24416,

Sýni af gufu var tekið úr holu EG-2 þann 26. september 1996 og styrkur gass ákvarðaður. Tafla 10 sýnir styrk koldíoxíðs og brennisteinsvetnis í gufu í báðum sýnum, tittnefndu heilsýni og þessu gufusýni, sem tekið var liðugum þremur vikum seinna. Til samanburðar er þar einnig skráður gasstyrkur í gufu tveggja síðustu sýna sem tekin voru 1983. Allar eru færslurnar byggðar á hinni nýju kvörðun lútargreiningarinnar sem getið var í 4. kafla.

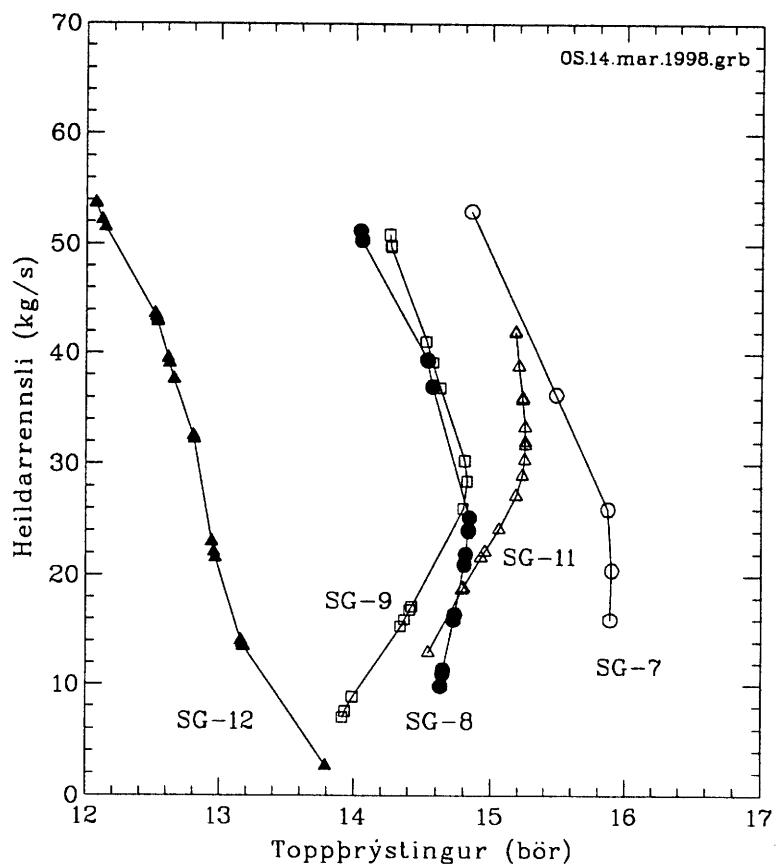
Gasstyrkur er mjög mishár í þessum fjórum sýnum. Kemur það ekki á óvart, því bæði er vermi fremur hátt í holunni, og svo eru sýnin tekin við mjög mismunandi þrýsting, eins og sjá má. Bent skal á að þegar holan blés hreinni gufu í september 1996, reyndist styrkur koldíoxíðs í gufu vera um 2,6 % massa. Til samanburðar má nefna að gasstyrkur í holu SG-10 er nú um 5 % (Jón Örn Bjarnason, 1996).

Tafla 10: Styrkur koldíoxíðs (CO_2) og brennisteinsvetnis (H_2S) í gufu í Eldvörpum.

Dags.	Nr. sýnis	P_o (bör-y)	CO_2 (mg/kg)	H_2S (mg/kg)	Dags.	Nr. sýnis	P_o (bör-y)	CO_2 (mg/kg)	H_2S (mg/kg)
96-09-03	96-8203	27	17250	216	83-10-05	83-8241	13	11690	124
96-09-26	96-8289	34	26200	364	83-10-17	83-8255	6,5	7230	74

12. UMRÆÐA

Þær miklu upplýsingar sem nú hafa safnast í prófum á vinnsluholum Hitaveitu Suðurnesja eru dregnar saman á mynd 46 og í töflu 11 hér að neðan. Í töflunni eru sýndir stuðlar lína sem nálga afköst holnanna sem fall af toppþrýstingi, spár um toppþrýsting við mismikið rennsli, einkennandi vermi og leiðnistuðull (productivity index, PI) æða niðri í jarðhitakerfinu.



Mynd 46: Aflar holna í Svartsengi sumarið 1997. Ferlar byggja á töflum sem fylgja hverri holu framar í skýrslunni. Búið er að síða þá lítillega. Notað er meðaltal há- og lággilda toppþrýstings nema í holu 7 þar sem mælitölva sá um aflestra.

Tafla 11: Nokkrar einkennistölur í afköstum vinnsluholna Hitaveitu Suðurnesja.

Hola	Lína		Toppþrýstingur			Vermi kJ/kg	Leiðni PIx10 ⁺¹¹
	a0	a1	0 kg/s	50 kg/s	100 kg/s		
SG-7	446	-26,5	15,7	14,85	12	1140	7
SG-8	486	-31		14,0	9,5	1040	3
SG-9	536	-34	16,1	14,2	10,5	1040	20
SG-11	611	-37,5	23	15	12	1140	7
SG-12	420	-30	14	12	9	1010	7
EG-2	196	-5,6	37	26		1650	0,7

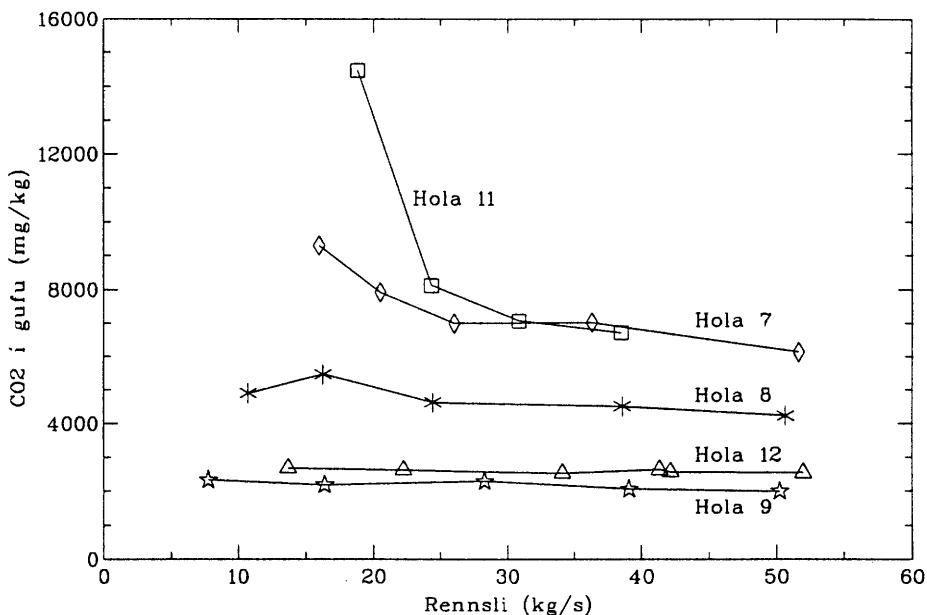
Sú óvænta niðurstaða blasir við úr töflu 11 að aflmesta holan, EG-2, er með lökustu lektina. Síðan koma holar SG-8, SG-7, SG-11 og SG-12, allar á svipuðu róli, en hola SG-9 skarar síðan fram úr með ótrúlega góða lekt. Reyndar þarf léleg lekt holu EG-2 ekki að koma á óvart sé viðnámsdreifing á Reykjanesskaga skoðuð (Ragna Karlsdóttir, 1997). Þá kemur nefnilega í ljós að Eldvarpaholan er á jaðri lágvíðnámssvæðisins sem tengir Eldvörp og Svartsengi. Því er eðlilegt að holulektin sé slök miðað við það sem best gerist í viðnámslægðinni miðri.

Línuleg nálgun afferla veitir þá mikilsverðu niðurstöðu að almennt bætast 25 - 35 kg/s við rennsli úr Svartsengisholu sé toppþrýstingur felldur um 1 bar (súla **a1** í töflu 11). Hola EG-2 skilar hins vegar aðeins 5 viðbótarkílóum á barið. Því valda væntanlega þættir sem tengjast suðu í 575 m æðinni, eins og hlutlektir gufu og vatns svo og stóraukið rúmmálsflæði við sama massarennslu. Þá segir hækkað vermi í holum SG-7 og SG-11 til sín í hærri toppþrýstingi við sömu afköst (mynd 46).

Auk sjóðandi æða í holum 7 og 11 eru merki um sjóðandi „feluæð“ í holu 9, bak við óraufaðan leiðara. Þessar æðar virðast ekki sérstaklega aflmiklar í samanburði við grunnar æðar holu 10. T.d. eru merki um að sjóðandi æðin í holu 11 fari dalandi þann dagspart sem hún var prófuð. Suðuæð holu 7 sýnist hins vegar vænlegri til langframa, enda skilar hún umtalsverðum hluta heildarrennslisins.

Minni afköst sjóðandi æða svona djúpt skýrast áreiðanlega af lægri lekt og poruhluta í jarðhitakerfinu, en hvort tveggja hefur mikil áhrif á langtímaafköst sjóðandi æða. Alltjent er ljóst að suðusvæðið í Svartsengi á sér nú tvö form, annars vegar eins konar stromp sem nær upp á lítið dýpi við holu 10, og hins vegar þunna en útbreidda skífu á 600-700 m dýpi undir mestöllu borsvæðinu. Er þar með eftir gengin spá sem gerð var 1991 og byggði á áætlaðri hita- og þrýstdreifingu í Svartsengi (Grímur Björnsson og Benedikt Steingrímsson, 1991).

Á mynd 47 eru dregnar saman mælingar á gasstyrk holna í Svartsengi sem fall af heildarrennslu. Þessi gögn styðja vel niðurstöður aflmælinga með skiljunni. Þannig er gasstyrkur í holu með sjóðandi æðum marktækt hærri en í hinum. Einnig endurspeglar gasstyrkurinn minnkandi hlut sjóðandi æðar holu 11 með auknu heildarrennslu. Sökum einfaldleika mælinga á gasi í gufu sýnist hér komin gráupplögð aðferð til að meta hvort suða eigi sér stað grunnt í djúpum holum í Svartsengi.



Mynd 47: Gasstyrkur í Svartsengi sumarið 1997 sem fall af heildarrennsli.

Höfundum sýnast tvær skýringar líklegastar á hækandi efnahita djúpvatns úr holu 2 í Eldvörpum. Önnur er að hlutur 575 m æðarinnar hafi verið ráðandi í efnasýnum sem tekin voru árið 1983. Hiti hennar þá passar vel við efnahitann, 253 °C. Djúpvatnið úr efnasýninu frá 1996 kemur hins vegar allt úr 1250 m æðinni. Hún er 270 °C heit, og efnahitinn litlu hærri. Hin skýringin, sýnu langsstærra, er að nú andi „suðrið sæla vindum þýðum“, þ.e. að niðurdrátturinn í Svartsengi dragi gegnum Eldvörp riflega 270 °C heitan vökva frá uppstreymi sem er vel sunnan eða suðvestan við holu 2. Ef þessi skýring reynist rétt eru verulegar gufuuppsprettur í boði á þessum slóðum. Úr því fæst samt ekki skorið nema með borun í lágviðnámssvæðið, þar sem það rís hæst u.b.b. 1 km í SSV frá Eldvörpum (Ragna Karlsdóttir, 1997).

Forritið HOLU má nota til að meta rennslishraða vatns og gufu efst í 13 3/8" vinnslufóðringu dæmigerðrar Svartsengisholu. Ef gert er ráð fyrir að heildarrennslið sé 100 kg/s, vermið 1040 kJ/kg og toppþrýstingur 9 bör-y, fæst að hraði gufunnar liggi á bilinu 35 - 40 m/s en vatnins kringum 10 m/s, eftir því hvaða hraðajöfnur vatns og gufu eru notaðar. Sýnist því óhætt að reka Svartsengisholurnar við þetta rennsli og þennan þrýsting á toppi. Þess hefur ekki verið freistað að spá hraðanum við meira rennsli sökum óvissu í hraðajöfnum vatns og gufu í holuforritinu. Hér má til samanburðar geta þess að í holu 10 reiknað gufhraðinn rétt um 30 m/s, en þar er þrýstingur á toppi 24 bör og gufurennslí 27 kg/s.

Ljóst er að ýmsu má breyta til að gera afkastamælingar enn nákvæmari í framtíðinni. Áður hefur komið fram að slátturinn í holurennslinu er til vandræða við mælingar, þannig að augnablik saflestrar gefa ekki til kynna meðalástand. Því verður að tölvutengja alla skynjara skiljunnar og skrá ástand þeirra á 1-2 sekúndna fresti. Athugandi væri að mæla karrennslið með segulnæmum rennslismæli, því hann reiknar safnrennslið auk þess að mæla augnablikrenslið. Einnig þarf að huga að frágangi annubar skynjarans í strompi skiljunnar. Líklega er best að lesa þrýstimuninn með skynjara sem hengdur er í eigin festingu í sömu hæð og annubar stúturinn. Þannig má losna við titringinn í skiljunni og strompnum, en hann truflar mjög annubar aflestrana.

Aðferðir virkjunarinnar við að mæla toppþrýsting holna í blæstri má bæta umtalsvert frá því sem nú er. Þessi stærð liggur til grundvallar öllum afkastareikningum. Best væri að setja stafræna þrýsti- og hitaskynjara á allar holar og safna aflestrum inni í stjórnstöð til

frekari úrvinnslu. Þar yrði lotulengd sláttarins ákvörðuð jafnhraðan með tíðnigreiningu, meðaltöl reiknuð og valdar stærðir skráðar á tíu mínumáta fresti eða svo. Einnig kæmi til greina að vista alla mælingasúpuna á segulböndum, eða í hringminni. Með því móti má ná til frumgagna síðar, ef á þarf að halda.

Næst besti kosturinn er sá að virkjúnin reki færnanlegan þrýstiskynjara ásamt söfnunar-tæki. Með þeim yrði tuga mínumáta saga toppþrýstings hverrar holu skráð vikulega og hún lesin inn í gagnasafn. Þá yrði hægur vandi að finna áreiðanleg meðalgildi toppþrýstings, og þar með rennslis, og einnig mætti ákvarða lotulengd holusláttarins til samanburðar í rennslisútreikningum.

Í þessari skýrslu hefur áður komið fram að meðaltöl há- og lággilda mælistærða eru ekki góður mælikvarði á meðalástand holurennslisins. Virðist hér komið efni í sérstaka rann-sókn á því hvernig blendujöfnum massareikninga ber saman við tölvuskráningu á topp-þrýstingi, t.d. á holu 7. Þannig gæti sést hvort kerfisbundin skekkja liggur í núverandi að-ferðum. Leiðréttingu þyrfti þá væntanlega að bakreikna til fyrstu daga vinnslunnar í Svartsengi.

Þar sem holutoppurinn er líklega lakasti staðurinn til mælinga á afköstum sökum tit-tnefnds sláttar í rennsli, vaknar sú spurning hvort ekki sé best að vakta vinnsluna neðan-streymis við skiljur, inni í virkjun. Það er tæknilega auðveldara að ákvarða rennsli hvors fasa um sig en að mæla tvífasa rennsli. Auk þess myndi sá háttur skila hvoru tveggja, heildarrennsli og vermi viðkomandi holu, í stað eingöngu rennslis númer. Þá er sennilegt að langar, láréttar aðveituaðar jafni sveifluna í holurennslinu, þannig að aflestrar verði mun jafnari inni í virkjun en úti við holu.

Dæmigert þrýstifall í fullheiti Svartsengisholu liggur á bilinu 1 - 2 bör við 50 kg/s rennsli. Þessi vitneskja mun koma sér vel þegar endanlegt dýpi í borunum ársins 1998 verður ákveðið. Lækkun svæðisþrýstings frá því síðast var borað árin 1978-1982 er nefnilega ávísun á mikil skoltöp, þó svo að lekt holu sé óveruleg.

13. HELSTU NIÐURSTÖÐUR

Helstu niðurstöður þessa verkefnis má draga saman sem hér segir:

1. Lokið er ítarlegum aflmælingum á holum 7, 8, 9, 11 og 12 í Svartsengi og á holu 2 í Eldvörpum. Til verksins var notuð sérsmíðuð, liggjandi skilja. Hún annaði að há-marki u.p.b. 50 kg/s heildarrennsli.
2. Slátturinn í holurennslinu í Svartsengi veldur miklum sveiflum í mæliaflestrum á holutoppi og við skilju. Holurnar skila á víxl gufuríku og vatnsráðandi renni, með ólíku heildarvermi og eðlisþyngd. Þetta veldur því að meðalástand holurennslisins mælist ekki á yfirborði, heldur öfgar þess. Við þessum vanda var brugðist með því að skilgreina sérstaka stillistuðla fyrir há- og lággildi aflestra.
3. Samanburður aflferla í Svartsengi sýnir að búast má við 25-35 kg/s aukningu í heildarrennsli holna 7, 8, 9, 11 og 12 ef holutoppsþrýstingur er felldur um 1 bar frá því sem nú er.
4. Fundið var samband milli heildarafkasta holu í Svartsengi og lotulengdar sláttar hennar. Virðist hér komin auðveld og einföld leið til nákvæmara vinnslueftirlits.

5. Með aðstoð reiknilíkans er spáð 9-12 bara-y holutoppsþrýstingi í blautri Svartsengisholu við 100 kg/s heildarrennsli. Þá yrði hraði gufu við holutopp 35-40 m/s en vatnshraðinn kringum 10 m/s.
6. Botnþrýstingur djúpra Svartsengisholna fellur almennt um 1-2 bör við 50-60 kg/s heildarrennsli. Framúrskarandi góð lekt mælist í holu 9, en einna síst í holu 8.
7. Samþætting allra mæligilda og óvissuþáttu sýnir ótvíráett að vermi holna 7 og 11 í Svartsengi er tekið að hækka. Stendur það í u.p.b. 1140 kJ/kg í báðum holum í stað u.p.b. 1030 kJ/kg sem nú mælist í holum 8 og 9, en í holu 12 er það 1010 kJ/kg. Hlutur háþrýstigufu í renni holna 7 og 11 hefur þannig vaxið úr 17 % í u.p.b. 22 %, ef skilið er við 160 °C (6,2 bar-a). Vísbendingar eru um sjóðandi æð ofarlega í holu 9, en hún leggur lítið til heildarrennslisins sökum staðsetningar sinnar bak við óraufaðan holuleiðarann.
8. Sjóðandi æðar grunnt í holum 7, 9 og 11 eru ekki sérlega aflmiklar hver um sig, sé miðað við æðar holu 10. Hins vegar staðfestir tilvist þeirra, að nú er komið þunnt en útbreitt suðusvæði á 600-700 m dýpi í Svartsengi, til viðbótar við grunna suðusvæðið umhverfis holu 10.
9. Styrkur gass í gufu er óháður rennsli úr þeim holum sem hafa einfasa innstreymi. Í holum með sjóðandi æðum vex gasstyrkur í gufu eftir því sem rennsli minnkar. Er hér komin álitleg aðferð til eftirlits með breytingum í vermi vinnsluholna.
10. Lækkandi þrýstingur hefur valdið að efri aðalæð holu 2 í Eldvörpum skilar nú hreinni gufu. Meðalvermi á toppi hefur því hækkað úr u.p.b. 1350 kJ/kg árið 1983 í u.p.b. 1650 kJ/kg árið 1996. Vermið lækkar hins vegar með auknu rennsli sökum þess að djúpa æðin eykur þá afköst sín meira en sí grunna og gufuríka. Hægt er að láta holuna skila rúmlega 5 kg/s af hreinni gufu til langframa.
11. Lekt jarðлага við Eldvarpaholuna er lægri en í Svartsengi. Er niðurdráttur þar, í blæstri, 5-10 sinnum meiri við sömu heildarvinnslu. Hluti skýringarinnar liggur í breyttu eðlisástandi grunnu æðarinnar. Holuafköstin eru samt sem áður mjög álitleg og skilar holan mestu afli djúpu holnanna sem hér hefur verið fjallað um.
12. Ýmislegt bendir til þess að Eldvarpaholan sé boruð á jaðri lekara og heitara jarðhitakerfis. Afstaða hennar til lágvíðnámssvæða, mun meiri niðurdráttur í blæstri en í Svartsengi og breytingar í efnahita djúpvatns renna stoðum undir þessa ályktun. Töluverðir möguleikar gætu því verið til öflunar gufu á þessum slóðum.
13. Áframhaldandi notkun nýju skiljunnar í Svartsengi krefst þess að lesið sé af öllum skynjurum með tölvu og gildi skráð á 1-2 sekúndna fresti. Þá er þörf nokkura endurbóta á mælingu gufurennslis upp um stromp, svo og vatnsrennslis frá skilju. Að gefnum þessum breytingum dugar skiljan vel til síns brúks, þó svo að heildarafköst hennar séu ekki meiri en 50 kg/s.
14. Eindregið er með því mælt, að holutoppsþrýstingur verði tölvuskráður við vinnslu-eftirlit í Svartsengi, annað hvort í sífellu til gagnasöfnunarþúnaðar inni í virkjun, ellegar með færانlegu, stafrænu söfnunartæki. Vægi há- og lággilda toppþrýstings í afkastareikningum um blendu þarfnað einnig endurskoðunar. Gæti það leitt til endurmats vinnlusögunnar í Svartsengi.
15. Loks er lagt til að kannaðir verði möguleikar á að mæla rennsli vatns og gufu neðanstreymis við skiljur inni í orkuveri, því það er tæknilega einfaldara að ákvarða

rennsli hvors fasa sérstaklega en að mæla tvífasa streymi. Auk þess yrðu þær mælingar nákvæmari því búast má við að holuslátturinn sé þarna mun minni eða jafnvel enginn, sökum útjöfnunar í aðveituæðum.

14. HEIMILDASKRÁ

ASME, 1971: *Fluid Meters. Their theory and application.* The American Society of Mechanical Engineers, New York, 273 s.

Grímur Björnsson, 1987: *A multi-feedzone geothermal wellbore simulator.* MS-ritgerð við University of California, Berkeley, 102 s.

Grímur Björnsson og Benedikt Steinþímsson, 1991: *Hiti og þrýstingur í jarðhitakerfinu í Svartsengi. Upphafsástand og breytingar vegna vinnslu.* Orkustofnun, OS-91016/JHD-04, 69 s.

Grímur Björnsson, Benedikt Steinþímsson, Guðlaugur Hermannsson, Hjálmar Eysteinson og Hjalti Franzson, 1996: *Borholumælingar í Svartsengi og í Eldvörpum árið 1995.* Orkustofnun, OS-96004/JHD-01 B, 47 s.

Jón Örn Bjarnason, 1984: *Eldvörp. Efnasamsetning jarðsjávar og gufu úr holu EG-2.* Orkustofnun, OS-84071/JHD-11, 20 s.

Jón Örn Bjarnason, 1986: *Svartsengi. Eðlismassi vatns í Bláa lóninu.* Orkustofnun, OS-86068/JHD-29 B, 11 s.

Jón Örn Bjarnason, 1988: *Svartsengi. Efnaeftirlit 1980-1987.* Orkustofnun, OS-88001/JHD-01, 98 s.

Jón Örn Bjarnason, 1996: *Svartsengi. Efnavöktun 1988-1995.* Orkustofnun, OS-96082/JHD-10, 125 s.

Grant, M.A., Donaldsson, I.G., and Bixley, P.F., 1982: *Geothermal Reservoir Engineering.* Academic Press, New York, 369 s.

Hjalti Franzson, 1990: *Svartsengi. Jarðfræðilíkan af háhitakerfi og umhverfi þess.* Orkustofnun, OS-90050/JHD-08, 41 s.

Hjalti Franzson, 1996: *Eldvörp, hola EG-2. Jarðfræðirannsóknir.* Orkustofnun, OS-96030/JHD-05, 56 s.

Ragna Karlsdóttir, 1997: *TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjanesskaga.* Orkustofnun, OS-97001, 63 s.

ENGLISH SUMMARY

The results of extensive discharge measurements of six deep production wells in the Svartsengi and Eldvörp geothermal fields in southwest Iceland are presented. The tests were carried out in the fall of 1996 and the summer of 1997 with a custom-built, horizontal separator.

The total discharge of each of the deep wells in Svartsengi will increase by 25-35 kg/s if the wellhead pressure is decreased by 1 bar from its present value. This is the primary result of the tests. The wellbore pressure, below the flashing level, only fell by 1-2 bars as the flow increased by 50 kg/s. This reflects the outstanding permeability of the geothermal reservoir. Computer modelling suggests that the wellhead pressure may drop to 9-12 bars-g if the total discharge reaches 100 kg/s. Under these conditions the velocity of the steam phase at the wellhead would be 35-40 m/s, and that of the water around 10 m/s.

The tests showed that boiling now occurs in a thin, but extensive, zone at a depth of 600-700 m in Svartsengi, confirming a hypothesis of some years' standing. This zone feeds shallow feedpoints in wells 7 and 9, whose discharge enthalpy is approximately 1140 kJ/kg. Wells 8 and 9, however, discharge fluid with an enthalpy of 1030-1040 kJ/kg, corresponding to a measured 240°C water temperature below the flashing level. The discharge enthalpy of well 12 is approximately 1010 kJ/kg, in agreement with its downhole water temperature of 235°C. The presence of a relatively shallow, boiling feedzone in well 9 is suspected, but it does not contribute to the total discharge since the well liner is slotted only below a depth of 830 m.

The concentration of gas in steam from wells with two-phase inflow increases as the total discharge decreases. In wells with single-phase inflow, however, the gas concentration in steam is independent of the rate of discharge and somewhat lower than in the former. Measurements of gas in steam appear well suited to confirm two-phase inflow to Svartsengi wells, without having to separate the entire discharge in a full-scale output test.

The discharge at Svartsengi wellheads is characterized by alternating pulses of steam-rich and water-dominated fluid, giving rise to a beat, an oscillation in the flow (slug flow). As a result, measurements in the separator represent extreme values of the flow parameters, rather than approximating their means. This complicates data interpretation, and the report describes how the problem was handled. A relationship between the total discharge from a well and the slug frequency was established. Fourier analysis of continuous pressure logs might thus become a useful tool for monitoring production from the Svartsengi field.

The behavior of Eldvörp well 2 has changed appreciably from the time of its first production test, which took place shortly after drilling in 1983. The shallower of its two main feedzones, located at a depth of 575 m, now discharges only dry steam due to declining reservoir pressure. At high wellhead pressures, the well can be made to produce 5 kg/s of dry steam from this feedzone alone. As the wellhead pressure decreases, the single-phase feedzone at 1250 m depth contributes an increasing share of the total discharge, and the enthalpy falls correspondingly. During the output test of 1996, the enthalpy averaged 1650 kJ/kg, compared to 1350 kJ/kg in 1983. The downhole pressure in the well drops significantly with increasing discharge rates, and the drawdown turns out to be 5-10 times that observed at equal flow rates in Svartsengi wells. There are some indications that the well is located at the margin of a hotter and more permeable geothermal system, which may represent a considerable source of steam.

**Viðauki A: Mæligögn sem lágu til grundvallar útreikningum
á afli Svartsengisholna sumarið 1997.**

Frumgögn mælinga í holu SG-8, 12. júlí, 1997.

HE#Staður# Svartsengi (SG-08)
HE#Dags# 12-7-1997
HE#vatnsborð# 52.8 # 50.5 #(austur-vestur)
HE#P1-skýr#Bell&Howell mælir
HE#P2-skýr#Oliufylltur mælir
HE#graf-2#Kritiskur þrýstingur
HE#Vfactor# 50 # 1 # (bar/V) breytir Voltum yfir í bör
HE#gefin eru min(1) og max (2) gildi
HE# P0 er toppþrýstingur
HE# P1 og P2 eru kritiskur þrýstingur (mælt með raf og olíu þrýstimeli)
HE#timi # P0(1) # P0(2) # P1(1) # P1(2) # P2(1) # P2(2) # gufa(1) # gufa(2) # Vau(1) # Vau(2) # Vve(1) # Vve(2)
HE# # kg/cm2# kg/cm2# Volts # Volts # bar # bar # kg/s # kg/s # cm # cm # cm # cm
11:20 # 10.9 # 10.9 # 0 # 0 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5
11:45 # 15.2 # 15.2 # # # # # 5.4 # 5.4 # # 33.5 # 34.0
12:52 # 14.8 # 15.2 # # # # 5.3 # 5.7 # 36.0 # 37.0 # 34.0 # 35.0
13:40 # 15.0 # 15.2 # # # # 5.3 # 5.7 # 36 # 37 # 34 # 35
13:45 # 15.0 # 15.2 # # # # 2.0 # 2.0 # # # #
HE#Prep 1
14:15 # 14.6 # 15.1 # 0 # 0 # 0 # 0 # 1.0 # 2.0 # 39.0 # 39.0 # 38.0 # 38.0
14:35 # 14.5 # 15.1 # 0 # 0 # 0 # 0 # 1.1 # 1.7 # 40.6 # 40.6 # 38.4 # 38.4
15:00 # 14.6 # 15.3 # 0 # 0 # 0 # 0 # 1.4 # 2.2 # 40.2 # 40.2 # 37.5 # 37.5
HE#Prep 2
15:15 # 14.4 # 15.6 # 0.0025 # 0.0035 # 0 # 0.4 # 4.0 # 4.2 # 37.8 # 38.3 # #
15:30 # 14.8 # 15.4 # # # # # # # #
15:50 # 14.7 # 15.4 # 0.0014 # 0.0024 # 0.2 # 0.5 # 3.8 # 4.2 # 37.8 # 37.8 # 36.0 # 36.0
15:53 # 14.7 # 15.4 # 0.0022 # 0.0036 # # # # # #
16:05 # 14.7 # 15.4 # 0.0014 # 0.0030 # # # 3.8 # 4.4 # 37.8 # 38.3 # 35.5 # 35.5
HE#Prep 3
16:10 # 15.0 # 15.4 # 0.0095 # 0.0126 # 0.5 # 0.8 # 6.3 # 6.6 # 35.0 # 36.8 # 33.0 # 34.0
16:30 # 14.8 # 15.6 # 0.0090 # 0.0116 # 0.5 # 0.9 # 6.3 # 6.8 # 35.0 # 37.0 # 33.0 # 35.0
16:50 # 14.8 # 15.6 # 0.0097 # 0.0120 # 0.5 # 1.0 # 6.3 # 6.6 # 35.0 # 37.3 # 32.0 # 34.0
HE#Prep 4
16:55 # # # # # 9.3 # 9.3 # # # #
16:56 # 14.6 # 15.0 # 0.026 # 0.026 # 1.4 # 2.0 # 10.1 # 10.2 # 31.5 # 35.0 # 29.5 # 33.0
17:20 # 14.7 # 15.1 # 0.026 # 0.028 # 1.2 # 1.7 # 10.1 # 10.4 # 31.5 # 35.5 # 28.0 # 32.0
17:30 # 14.6 # 15.2 # 0.027 # 0.027 # 1.4 # 1.8 # 10.1 # 10.3 # 31.0 # 34.5 # 28.5 # 32.0
HE#Prep 5
17:45 # 14.1 # 14.5 # 0.045 # 0.045 # 2.2 # 2.6 # 14.0 # 14.2 # 29.0 # 32.5 # 26.5 # 30.0
18:05 # 14.1 # 14.5 # 0.044 # 0.045 # 2.0 # 2.8 # 14.0 # 14.3 # 29.0 # 32.5 # 26.5 # 30.5
18:25 # 14.1 # 14.5 # 0.044 # 0.045 # 2.3 # 2.8 # 14.1 # 14.3 # 29.0 # 33.5 # 26.0 # 30.0
HE#Holu lokað
18:27 # 15.67 # 15.67 # 0 # 0 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5
18:27.5 # 15.69 # 15.69 # 0 # 0 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5
18:29 # 15.77 # 15.77 # 0 # 0 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5
18:30 # 15.93 # 15.93 # -0.001 # -0.001 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5
19:37 # 17.64 # 17.64 # 0.00 # 0.00 # 0 # 0 # # 52.8 # 52.8 # 50.5 # 50.5

Frumgögn mælinga í holu SG-9, 2. júní, 1997.

HE#Stáður# Svartsengi (SG-09)
HE#Dags# 2-6-1997
HE#Vfactor# 50 # 1 # breytir mælingu í bör
HE#vatnsbord# 51 # 50 #
HE#P1-skýr#Bell&Howell mælir
HE#P2-skýr#Oliufylltur mælir
HE#graf-2#Kritískur þrystingur
HE#gefin eru min(1) og max (2) gildi
HE# P0 er toppþrystingur
HE# P1 og P2 er kritískur þrystingur (mælt með raf- og olíu þrystimæli)
HE#gufa er gufumaling úr skilju (hlandflösku) : og V eru vatnsbordsmalingarnar í V-kari
HE#timi # P0(1) # P0(2) # P1(1) # P1(2) # P2(1) # P2(2) # gufa(1) # gufa(2) # Vau(1) # Vau(2) # Vve(1) # Vve(2)
HE# # kg/cm2# kg/cm2# Volts # Volts # bar # bar # kg/s # kg/s # cm # cm # cm # cm
HE#Prep 1
13:48 # 16.0 # 16.0 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # #
13:54 # 16.46 # 16.46 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
14:00 # 15.6 # 15.6 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # #
14:11 # 12.0 # 12.0 # 0 # 0 # 0 # 0 # 0.95 # 0.95 # 49 # 49 # 49 # 49
14:17 # # # # # # # # # # 40 # 40 # 40 # 40
14:21 # 13.6 # 13.6 # 0 # 0 # 0 # 0 # 1.55 # 1.55 # 39.5 # 39.5 # 39.5 # 39.5
14:35 # 14.1 # 14.1 # 0 # 0 # 0 # 0 # 2.00 # 2.10 # 39.5 # 39.5 # 39.5 # 39.5
HE#Kippt í vir 14:39
14:40 # 14.3 # 14.3 # # # # # # # # # #
14:43 # 14.4 # 14.4 # 0 # 0 # 0 # 0 # 2.10 # 2.10 # 39.5 # 39.5 # 39.5 # 39.5
15:05 # 14.3 # 14.3 # # # # # # 2.8 # 2.8 # 39.5 # 39.5 # 39.5 # #
15:07 # # # # # # # # # 3.8 # 3.9 # # # #
15:08 # 14.6 # 14.6 # -0.0001# -0.0001# # # # # 4.5 # 4.6 # 36.5 # 36.5 # #
15:11 # 14.4 # 15.0 # -0.0011# -0.0011# # # # # 4.9 # 5.3 # 36.0 # 36.0 # #
15:20 # 14.6 # 15.1 # -0.001 # -0.001 # # # # 5.3 # 5.5 # 36.0 # 36.0 # #
HE#Kippt í vir 15:22
15:52 # 14.6 # 15.3 # -0.0006# 0.0022# # # # 5.0 # 5.3 # 36.5 # 36.5 # #
16:00 # 14.6 # 15.1 # # # # # # # # # #
HE#Prep 2
16:04 # # # # # # 6.3 # 6.3 # # # #
16:06 # 14.7 # 15.6 # # # # 8.0 # 8.3 # 32.5 # 34.0 # #
16:10 # 14.7 # 15.6 # 0.015 # 0.017 # # # 8.3 # 8.6 # 31.5 # 32.0 # #
16:13 # # # # # 0.8 # 1.2 # # # # # #
HE#Kippt í vir 16:15
16:15 # 15.0 # 15.7 # # # # 8.1 # 8.5 # # # #
16:17 # 15.0 # 17.0 # # # 0.8 # 1.4 # 8.1 # 8.4 # # # #
16:28 # 15.0 # 16.0 # 0.016 # 0.019 # 1.0 # 1.0 # 8.1 # 8.6 # # # #
16:40 # 15.0 # 15.5 # 0.0185 # 0.0205 # 0.9 # 1.1 # 7.8 # 8.2 # 31.0 # 33.5 # #
HE#Prep 3
HE#ádeins byrjað að bóla í kari
16:46 # 14.7 # 15.0 # 0.034 # 0.035 # 1.8 # 1.8 # 11.1 # 11.5 # 29.0 # 32.0 # #
HE#kippt í vir
16:55 # 14.7 # 15.0 # 0.0355 # 0.0365 # # # 11.1 # 11.3 # 28.0 # 31.5 # #
17:09 # 14.7 # 15.1 # 0.035 # 0.0365 # 1.8 # 1.8 # 11.3 # 11.6 # 27.5 # 31.0 # #
17:25 # 14.7 # 15.2 # 0.035 # 0.037 # # # 11.2 # 11.6 # # # #
17:30 # # # # # # # # # 27 # 32 # #
HE#Prep 4
HE#bólar vel í kari og hendist upp úr strömpni
17:40 # 14.4 # 14.7 # 0.0485 # 0.049 # 2.3 # 2.3 # 13.9 # 14 # 25.5 # 29 # #
HE#kippt í vir
18:06 # 14.3 # 14.7 # 0.047 # 0.048 # 2.2 # 2.2 # 13.8 # 14.0 # 26 # 29 # #
18:10 # # # # # # # # 13.7 # 13.8 # # # #
18:15 # 14.3 # 14.6 # # # # # # # #
19:00 # 14.4 # 14.6 # 0.049 # 0.050 # 2.5 # 2.5 # 13.77 # 13.82 # 26 # 29 # #
HE#lokað á leggventli 19:06
19:07 # 15.38 # 15.38 # # 0 # 0 # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
19:08 # 15.44 # 15.44 # # # # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
19:09 # 15.64 # 15.64 # # # # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
19:10 # 15.81 # 15.81 # # # # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
19:12 # 16.04 # 16.04 # -0.005 # -0.005 # # # 0.01 # 0.01 # 49 # 49 # 49 # 49
HE#hifst úr 900m dýpi 19:18
HE#gufumalix á strömpni sýnir 0.00 e. lokun
19:32 # 15.84 # 15.84 # # # # # 49 # 49 # 49 # 49
HE#blaðing á 2° sett á 19:32

Frumöggn mælinga í holu SG-11, 26. maí, 1997.

HE #Staður# Svartsengi (SG-11)
HE #Dags# 26-5-1997
HE #Vfactor# 1 # 1 # mæli þrýsting í börum
HE #vatnsborð# 50 # 50 #
HE#P1-skýr#oliu þrýstimalir
HE#P2-skýr#
HE#graf-2#Kritískur þrýstingur
HE#gefin eru min(1) og max (2) gildi
HE# P0 er toppþrýstingur
HE# P1 er kritískur þrýstingur (mældur með oliu þrýstimali)
HE# P2 er ekki notað
HE#gufa er gufumæling úr skilju (hlandflösku) ; og V eru vatnsborðsmælingarnar í V-kari
HE#timi # P0(1) # P0(2) # P1(1) # P1(2) # P2(1) # P2(2) # gufa(1) # gufa(2) # Vau(1) # Vau(2) # Vve(1) # Vve(2) HE# # kg/cm2# kg/cm2# Volts # Volts # bar # bar # kg/s # kg/s # cm # cm # cm # cm
HE#byrjað að loka fyrir kl. 14:22 ; þrýstimalir kyrr í 1000 m meðan afmæling fer fram
14:22 # 15.7 # 16.1 # # # # # # # # # # # #
HE#mikið lokuð kl. 14:26, alveg lokuð kl. 14:27
14:26 # 16.2 # # # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
14:27 # 16.2 # # # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
14:28 # 16.5 # # # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
14:29 # 16.9 # # # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
14:31 # 17.7 # # # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
HE#14:34 Byrjað að hita upp HF
14:34 # 18.8 # # 0.01 # # # # 0.01 # 0.01 # 50 # # #
14:38 # 19.5 # # 0.01 # # # # # 50 # # #
14:43 # 20.6 # # 0.01 # # # # # 50 # # #
HE#14:50 Aukið við á HF
14:50 # 21.8 # # 0.01 # # # # 12.63 # # 50 # # #
14:53 # 21.6 # # 0.01 # # # # # 50 # # #
HE#Aukið við á HF
14:56 # 20.9 # # 0.01 # # # # 12.79 # # 50 # # #
14:57 # 20.2 # # 0.01 # # # # # 50 # # #
HE#aukið á HF
15:00 # 14.5 # 14.5 # 0.01 # # # # 12.94 # # 50 # # #
15:02 # 14.5 # # 0.01 # # # # # 50 # # #
HE#aukið á HF, sjóinn kemur
15:05 # 14.5 # # sog # # # # 13.15 # # # # #
15:09 # 14.5 # # # # # # 13.27 # # 39.0 # # #
15:12 # 14.6 # # sog # # # # 13.22 # # 38.8 # # #
15:57 # 15.5 # # sog # # # # 13.19 # # 38.8 # # #
16:10 # 15.5 # # # # # # 13.11 # # # # #
16:16 # 15.4 # # 0.1 # # # # # # # # #
HE#aukið á HF
16:18 # 15.4 # # # # # # 13.36 # # 37.0 # # #
16:19 # 15.3 # # 0.3 # # # # 13.75 # # 35.7 # # #
HE#aukið á HF
16:22 # 15.3 # # 0.55 # # # # # # # # #
HE#aukið á HF
16:25 # 15.3 # # # # # # # # 34.0 # # #
16:27 # 15.4 # # 0.50 # # # # 13.34 # # 34.0 # # #
16:31 # 15.4 # # 0.48 # # # # # # # #
HE#aukið flökt á Pc
16:49 # 15.5 # # 0.48 # # # # 8.36 # # 34.0 # # #
16:52 # 15.5 # # # # # # 7.62 # # # # #
16:54 # 15.5 # # 0.4 # 0.6 # # # 7.27 # # # # #
17:02 # 15.55 # # # # # # 6.70 # # # # #
HE#aukið á HF kl. 17:05
17:06 # 16 # # 1.1 # # # # 9.2 # # 31 # 32 # #
HE#aukið á HF kl. 17:10
17:12 # 14.6 # 16.2 # # # # 11.2 # # 29 # 30.5 # #
17:16 # 14.6 # 16.3 # # # # 9.9 # 11.6 # 28 # 33 # #
HE#4 púlsar/1:54 min í V-kari
17:23 # 14.6 # 16.5 # # # # 10.2 # 11.5 # 28 # 34 # #
17:30 # 14.6 # 16.5 # 1.1 # 2.1 # # 9.8 # 11.3 # 28 # 34 # #
HE#Pc er lágor þegar mikið vatn er í kari, P0 hár þegar Pc hár
17:37 # 14.7 # 16.6 # 1.1 # 2.1 # # 9.9 # 11.2 # 28 # 34 # #
HE#hávermifasi er í ca 14 s ; lágvermifasi er í ca 16 s
17:51 # 14.7 # 16.6 # # # # 9.7 # 11.4 # 28 # 35 # #
HE#vatn lengi í 29-34 cm í V-kari
17:56 # 14.7 # 16.5 # # # # # # # #
HE#aukið við HF
17:58 # 14.7 # 16.5 # 1.6 # 2.8 # # 12.7 # 13.8 # 27 # 34 # #
18:05 # 14.7 # 16.5 # 2.4 # # # 12.8 # 13.7 # 25 # 34 # #
18:12 # 14.7 # 16.5 # 1.5 # 2.9 # # 12.8 # 13.6 # 24 # 33 # #
HE#33 s bylgja í V-kari
18:22 # 14.3 # 16.4 # 1.45 # 3.1 # # 12.5 # 13.7 # 24 # 33 # #
HE#18:30 byrjað að hífa úr 1000 m í 500 m og þá farið í mat ; 18:35 stopp í 500 m
19:17 # 14.5 # 16.2 # 1.4 # 3.2 # # 12.3 # 13.9 # 24 # 33 # #
19:20 # # # # # # # # # #
HE#19:22 híft úr 500 m

Frumgögn mælinga í holu SG-12, 25. júní, 1997.

HE #Staður# Svartsengi (SG-12)
HE #Dagst# 25-6-1997
HE #Vfactor# 50 # 1 # til að fá þrýsting í börum
HE #vatnsbord# 52 # 52 #
HE#P1-skýr#Bell & Howell þrýstimælir
HE#P2-skýr#olíu þrýstimælir
HE#graf-2#Kritiskur þrýstingur
HE#gefin eru min(1) og max (2) gildi
HE# P0 er toppþrýstingur
HE# P1 og P2 eru kritiskus þrýstingur (mældur með electroniskum og olíu þrýstimæli)
HE#gufa er gufumæling úr skilum (hlandflösku); og V eru vatnsborðsmælingarnar í V-kari
HE# Hola á blaðeingu inná 2" þegar komið að, ekki verið inná veitu í 2 vikur
HE#Hitameld milli 10:37 og 12:47
HE#þrýstimað milli 13:15 og 13:53 þrýstimælir kyrr í 900 m meðan aflmæling fer fram
HE#tími # P0(1) # P0(2) # P1(1) # P1(2) # P2(1) # P2(2) # gufa(1) # gufa(2) # Vau(1) # Vau(2) # Vve(1) # Vve(2)
HE# # kg/cm2# kg/cm2# Volts # Volts # bar # bar # kg/s # kg/s # cm # cm # cm # cm
11:32 # 13.0 # 13.2 # 0 # # 0 # # 1.6 # 2.8 # # # # #
11:51 # 13.6 # # 0 # # 0 # # 2.5 # # 38 # # #
12:47 # 13.6 # # 0 # # mælist # ekki # 3.15 # # 38 # # #
13:31 # # # 0 # # 0 # # 1.9 # # # # #
HE# Farið í að taka þrepin
13:53 # 13.3 # 13.5 # 0 # # 0 # # 2.3 # 2.5 # 38 # # #
14:30 # 13.1 # # 0 # # 0 # # 2.3 # # 37.8 # # #
HE# farið í næsta brep
14:42 # 12.7 # 13.9 # 0.009 # 0.013 # 0.5 # # 5.6 # # 35.3 # # #
HE# í 14:42 mælingunni hér að ofan hefur verið skráð P0=13.7 og P1=0.012 sem einkennandi gildi
HE# 14:54 holan er cyklist með u.p.b. 50 sek sveiflutima
15:00 # 12.9 # 13.3 # 0.009 # 0.013 # # # 5.0 # 5.8 # 35 # # #
15:20 # 12.6 # 13.5 # 0.008 # 0.015 # 0.2 # 0.95 # 5.5 # # 34.5 # 36 # #
HE# aukið við 15:30 - næsta þrep
15:35 # 13.0 # 13.5 # 0.022 # # 0.9 # 1.8 # 8.3 # 9.0 # 32 # 34 # #
15:37 # 13.0 # 13.5 # # # # 8.35 # # 32 # 34 # #
16:09 # 12.9 # 13.2 # 0.02 # 0.025 # 0.8 # 1.8 # 8.1 # 8.6 # 30 # 35 # #
HE# aukið við 16:30
16:35 # # # # # # 9.5 # # # # # #
16:38 # 12.5 # 13.2 # 0.036 # # 1.8 # # 11 # # 29 # 34 # #
16:40 # 12.5 # 13.2 # # # # 10.7 # # 29 # 34 # #
HE# 16:40 stöðugir aflestrar á elektróník en ?karið? snarvitlaust
16:50 # # # 0.034 # # # # 10.7 # # # # #
17:00 # 12.5 # 13.1 # 0.031 # # # # 9.7 # 10.3 # 30 # 34 # #
17:23 # 12.6 # 13.4 # 0.029 # 0.03 # 1.5 # 2.2 # 9.5 # 10.2 # 30 # 35 # #
HE# 17:30 farið í næsta þrep
17:32 # 12.4 # 13.1 # # # # 12.6 # # 30 # 31 # #
HE# gufa með á vatnslás (17:32)
17:35 # 12.4 # 13.1 # 0.042 # # 2 # # 12.3 # 12.7 # 30 # 31 # #
17:50 # 12.5 # 13.0 # 0.042 # 0.043 # 2.2 # # 12.35 # 12.45 # 30 # 31 # #
HE# (17:50) vatnsbord sveiflast milli 27 -34
18:10 # 12.5 # 13.0 # 0.042 # 0.043 # 2.2 # # 11.8 # 12.2 # 31 # # #
HE# farið í næsta þrep (18:13)
18:14 # # # # # # 13.7 # # # # #
18:15 # 12.15 # 12.5 # 0.054 # # 2.6 # # 14.5 # # 28 # 31 # #
18:20 # # # 0.055 # # # # # # # #
19:05 # 12.3 # # 0.054 # # 2.8 # # 15.1 # 15.2 # 28 # 31 # #
19:20 # 12.3 # # 0.054 # # 2.8 # # 15.1 # 15.2 # 28 # 31 # #
HE# kippt í am-vir (19:22)
HE# aukið við (19:25)
19:26 # 12.2 # # 0.058 # # 3 # # 15.9 # 16 # 28 # 29 # #
HE# mikil fröda í kari; 10 bör á legg út í kút; P á kút 0.05-0.1 bar-y
19:38 # 12.1 # 12.2 # 0.057 # 0.058 # # # 15.8 # 16 # 28 # 29 # #
HE# hola full-lokuð (19:42)
19:42 # 13.7 # # 0 # # # # 0 # # 52 # # #
19:47 # 14.14 # # 0 # # # # 0 # # 52 # # #
20:00 # 14.2 # # 0 # # # # 0 # # 52 # # #
20:12 # 14.46 # # 0 # # # # 0 # # 52 # # #
HE# byrjað að hifa úr 900 m 20:15 mælir í toppi 20:33
20:33 # 14.22 # # # # # # # 52 # # #

Viðauki B: Mæligögn og útreikningar á afli holu EG-2 í Eldvörpum.

Dags	kl	P_0 (bör)	P_c (bör)	m_g (kg/s)	Hæð (cm)	m_v (kg/s)	Kar+krítiskur	Kar+strompur		
							m_t (kg/s)	h_t (kJ/kg)	m_t (kg/s)	h_t (kJ/kg)
21-Ágú-96	11:39	37.0	0.0	3.50	50.0	0.0			3.5	2676
21-Ágú-96	11:43	36.2	0.0	4.85	50.0	0.0			4.9	2676
21-Ágú-96	11:46	35.8	0.2	6.46	50.0	0.0	7.7	2676	6.5	2676
21-Ágú-96	13:09	35.0	0.2	6.45	50.0	0.0	7.7	2676	6.5	2676
21-Ágú-96	13:17	34.3	0.5	8.02	50.0	0.0	9.5	2676	8.0	2676
21-Ágú-96	13:21	31.0	0.7	8.20	41.5	3.0	13.4	2177	11.2	2078
21-Ágú-96	13:35	31.8	0.9	9.55	38.5	6.2	17.5	1876	15.8	1787
21-Ágú-96	13:45	31.5	1.5	12.93	35.5	11.0	25.4	1698	23.9	1639
21-Ágú-96	16:50	31.0	1.5	12.05	37.0	8.4	23.0	1854	20.4	1750
21-Ágú-96	20:00	31.0	1.4	11.90	37.0	8.4	22.4	1832	20.3	1743
22-Ágú-96	08:38	31.0	1.3	11.50	37.0	8.4	21.8	1809	19.9	1723
22-Ágú-96	13:05	31.0	1.3	11.48	37.0	8.4	21.8	1809	19.9	1722
22-Ágú-96	13:06	37.0	0.0	0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
22-Ágú-96	14:24	37.0	0.0	0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
22-Ágú-96	14:25	31.0	1.5	12.60	36.0	10.1	24.5	1750	22.7	1674
22-Ágú-96	16:22	31.0	1.5	12.30	36.0	10.1	24.5	1750	22.4	1660
22-Ágú-96	20:30	31.0	1.5	12.10	36.0	10.1	24.5	1750	22.2	1651
23-Ágú-96	10:25	31.0	1.5	12.00	36.5	9.2	23.8	1801	21.2	1696
23-Ágú-96	14:00	31.0	1.5	11.90	36.5	9.2	23.8	1801	21.1	1691
23-Ágú-96	14:15	30.0	2.1	14.85	34.5	12.9	30.7	1723	27.8	1625
23-Ágú-96	18:40	30.0	2.1	15.05	34.5	12.9	30.7	1723	28.0	1632
24-Ágú-96	08:40	30.0	2.0	14.92	35.0	11.9	29.2	1752	26.9	1673
24-Ágú-96	14:45	30.0	2.0	14.96	34.5	13.0	30.1	1704	27.9	1628
24-Ágú-96	17:35	30.0	2.0	14.99	34.5	13.0	30.1	1704	27.9	1629
25-Ágú-96	08:20	30.0	2.0	14.66	34.5	13.0	30.1	1704	27.6	1617
25-Ágú-96	14:30	30.0	2.0	14.25	34.5	13.0	30.1	1704	27.2	1601
25-Ágú-96	17:55	30.0	2.0	14.40	35.0	11.9	29.2	1752	26.3	1653
26-Ágú-96	08:10	30.0	1.9	14.18	34.5	13.0	29.5	1685	27.1	1598
26-Ágú-96	15:00	30.0	1.8	14.33	34.4	13.2	29.1	1655	27.5	1595
26-Ágú-96	16:25	28.8	2.2	15.58	33.5	15.1	33.2	1648	30.7	1564
27-Ágú-96	11:47	29.5	2.2	15.52	34.3	13.4	31.6	1722	28.9	1631
27-Ágú-96	20:30	29.5	2.1	15.64	33.8	14.4	32.0	1657	30.1	1592
28-Ágú-96	10:58	29.5	2.1	15.60	34.4	13.2	30.8	1713	28.8	1643
28-Ágú-96	11:15	29.2	2.5	16.82	33.5	15.1	34.9	1700	31.9	1607
28-Ágú-96	17:25	29.0	2.4	16.70	33.3	15.6	34.8	1665	32.3	1587
29-Ágú-96	13:50	29.5	2.3	16.57	33.5	15.1	33.8	1666	31.7	1599
29-Ágú-96	14:00	29.3	2.6	17.73	33.5	15.1	35.5	1716	32.8	1637
29-Ágú-96	18:30	29.0	3.0	19.41	32.5	17.5	40.0	1689	36.9	1606
30-Ágú-96	10:05	29.0	2.7	18.45	33.0	16.3	37.2	1687	34.7	1618
30-Ágú-96	14:05	29.0	2.7	18.51	33.0	16.3	37.2	1687	34.8	1620
30-Ágú-96	14:15	28.0	3.2	30.65	28.7	28.4	50.9	1415	59.1	1589
30-Ágú-96	16:05	28.5	2.8	19.98	33.5	15.1	36.7	1746	35.1	1704
31-Ágú-96	08:40	29.0	2.7	18.20	33.5	15.1	36.1	1731	33.3	1652
31-Ágú-96	12:15	28.5	2.7	18.16	33.5	15.1	36.1	1731	33.3	1650
31-Ágú-96	17:50	28.5	2.6	18.15	33.0	16.3	36.6	1671	34.4	1609

Dags kl	P ₀ (bör)	P _c (bör)	m _g (kg/s)	Hæð (cm)	m _v (kg/s)	Kar+krít.		Kar+strompur	
						m _t (kg/s)	h _t (kJ/kg)	m _t (kg/s)	h _t (kJ/kg)
01-Sep-96 08:50	29.0	2.5	17.95	33.5	15.1	34.9	1700	33.1	1644
01-Sep-96 14:00	29.0	2.5	17.89	33.5	15.1	34.9	1700	33.0	1642
02-Sep-96 09:15	29.0	2.5	17.94	34.0	14.0	34.0	1745	31.9	1686
02-Sep-96 14:30	29.0	2.5	17.75	34.0	14.0	34.0	1745	31.8	1680
03-Sep-96 08:30	29.0	2.5	17.78	33.0	16.3	36.0	1655	34.1	1597
03-Sep-96 08:45	28.5	2.9	19.65	32.0	18.7	40.5	1632	38.4	1574
03-Sep-96 18:40	28.5	2.9	19.25	33.5	15.1	37.3	1761	34.4	1683
04-Sep-96 09:15	28.5	2.9	19.05	33.5	15.1	37.3	1761	34.2	1677
04-Sep-96 16:35	28.5	2.9	19.10	33.5	15.1	37.3	1761	34.2	1679
05-Sep-96 10:55	28.5	2.9	18.90	33.5	15.1	37.3	1761	34.0	1673
05-Sep-96 19:45	28.5	2.9	18.93	33.5	15.1	37.3	1761	34.0	1674
06-Sep-96 08:40	28.5	2.8	18.82	33.5	15.1	36.7	1746	33.9	1670
06-Sep-96 19:25	28.5	2.6	18.74	33.5	15.1	35.5	1716	33.8	1668
07-Sep-96 08:50	28.5	2.5	18.68	33.5	15.1	34.9	1700	33.8	1666
07-Sep-96 12:55	28.5	2.5	18.59	33.5	15.1	34.9	1700	33.7	1664
08-Sep-96 10:30	28.5		18.50	33.0	16.3			34.8	1619
09-Sep-96 11:55	28.5		18.26	33.5	15.1			33.4	1654
10-Sep-96 11:40	28.5		18.30	33.5	15.1			33.4	1655
10-Sep-96 14:50	28.5		18.30	33.5	15.1			33.4	1655
10-Sep-96 14:51	36.0		0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
10-Sep-96 17:11	36.0		0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
10-Sep-96 17:12	30.5	2.0	14.76	35.0	11.9	29.2	1752	26.7	1667
10-Sep-96 17:27	29.5	1.9	14.75	35.5	11.0	27.7	1782	25.7	1713
10-Sep-96 17:48	29.0	1.9	14.65	35.5	11.0	27.7	1782	25.6	1709
10-Sep-96 17:58	27.5	2.7	18.86	35.5	11.0	32.4	1911	29.8	1845
10-Sep-96 18:08	27.5	2.7	18.92	33.0	16.3	37.2	1687	35.2	1632
10-Sep-96 18:15	27.5	2.7	18.82	33.0	16.3	37.2	1687	35.1	1629
10-Sep-96 18:16	36.0	0.0	0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
10-Sep-96 19:05	30.5	0.6	7.99	41.0	3.4	13.2	2094	11.4	2003
10-Sep-96 20:10	30.5	0.8	9.05	39.0	5.6	16.3	1907	14.6	1818
10-Sep-96 21:01	31.0	0.9	9.19	39.0	5.6	16.9	1934	14.8	1825
10-Sep-96 21:30	34.0	0.2	5.20	48.5	0.1	7.7	2661	5.3	2654
10-Sep-96 22:05	34.5	0.2	5.57	50.0	0.0	7.7	2676	5.6	2676
10-Sep-96 22:10	36.2	0.0	0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
10-Sep-96 23:10	37.5	0.0	0.00	50.0	0.0	0.0		0.0	
10-Sep-96 23:11	27.0	2.0	19.40	33.0	16.3	33.0	1564	35.7	1646
11-Sep-96 11:35	27.0	2.0	19.40	33.0	16.3	33.0	1564	35.7	1646
11-Sep-96 19:50	27.0	1.8	19.46	33.5	15.1	30.8	1569	34.6	1689
12-Sep-96 14:30	27.5	1.8	19.44	33.0	16.3	31.9	1523	35.7	1648
12-Sep-96 14:35	34.0	0.0	4.82	50.0	0.0			4.8	2676
26-Sep-96 17:15	34.0	0.0	4.82	50.0	0.0			4.8	2676
26-Sep-96 17:35	29.0	1.9	15.25	34.0	14.0	30.4	1637	29.3	1595
26-Sep-96 18:05	28.0	2.9	20.88	31.5	20.1	41.7	1590	40.9	1570
27-Sep-96 14:05	27.5	2.8	19.75	32.0	18.7	39.9	1617	38.5	1577
27-Sep-96 18:55	27.5	2.8	19.65	31.5	20.1	41.1	1575	39.7	1535
28-Sep-96 09:05	27.5	2.8	19.48	32.0	18.7	39.9	1617	38.2	1569
28-Sep-96 17:05	27.5	2.8	19.51	32.0	18.7	39.9	1617	38.3	1570
29-Sep-96 19:55	27.5	2.8	19.18	32.0	18.7	39.9	1617	37.9	1560