



Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2011

Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2011



ÍSOR-2012/026

Verknr. 521039

Maí 2012

Upplýsingablað



Skýrsla LV nr.: LV-2012-073

Dags: Maí 2012

Fjöldi síðna: 48

Upplag: 8

Dreifing:

- ☒ Opin
☒ Birt á vef LV
☐ Takmörkuð til

Titill: Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2011.

Höfundar / fyrirtæki Þorsteinn Egilson

Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson Magnús Ólafsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknum fyrir Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Hefðbundnar eftirlitsmælingar á jarðhitasvæðum Landsvirkjunar voru gerðar 2011. Reglubundnar hita- og þrýstimælingar í Kröflu voru gerðar dagana 11. og 14. ágúst í KJ-6, KG-10 og KJ-18 en hola KJ-21 var mæld í tengslum við blossaörvun 1. júní 2011. Auk þessa var hola KG-25 mæld í tengslum við vinnslu úr holu IDDP-1. Holur B-2 og B-5 í Bjarnarflagi voru mældar 1. desember.

Hiti mældist óbreyttur milli áranna 2010 og 2011 á 1200 m dýpi í KJ-6. Þrýstingur á 1200 m dýpi breyttist lítið milli ára og fylgdi vel vinnslu úr Leirbotnakerfi. Í KG-10 lækkaði hiti með svipuðu sniði og undanfarin ár en þrýstingur breyttist lítið milli ára. Árið 2011 mældist hitnun í 1000 m í KJ-18 milli ára í stað smávægilegrar hitalækkunar 2006–2010. Þá mældist kæling í 2000 m og við botn (2180 m) árið 2011 á móti jafnri lítilsháttar hitahækkun 2006–2010. Vinnsla úr djúpbörunarholunni IDDP-1 á árunum 2009–2011 hefur ekki haft áhrif á hitann í holu KG-25. Óvíst er hvort sú vinnsla hefur orsakað 2 m niðurdrátt í KG-25 því ekki er vitað með vissu hvort holan skynjar þrýstinginn í kerfinu. Litlar breytingar eru í hita og þrýstingi í holu B-2. Á það einnig við hita í holu B-5 en þrýstingur hefur lækkað vegna aukinnar vinnslu úr holu BJ-14.

Lykilorð:

Krafla, Bjarnarflag, jarðhitakerfi, borholur, eftirlitsmælingar, hitamælingar, þrýstimælingar, vatnsborð, KJ-06, KG-10, KJ-18, KJ-21, KG-25, B58006, B58010, B58018, B58021, B58025, B-2, B-5, B58302, B58305

ISBN nr.:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Undirskrift verkefnisstjóra

Yfirfarið af

BS

Efnisyfirlit

1	Inngangur.....	7
2	Ferðadagbók mælingamanna.....	8
3	Krafla.....	8
3.1	Hola KJ-6.....	10
3.2	Hola KG-10	16
3.3	Hola KG-25	20
3.4	Hola KJ-18.....	23
3.5	Hola KJ-21	27
4	Bjarnarflag	28
4.1	Hola B-2	30
4.2	Hola B-5.....	35
5	Samantekt.....	39
6	Heimildir.....	41
	Viðauki: Aðkoma ÍSOR að blossaörvun í holu KJ-21.....	42

Töflur

Tafla 1. Yfirlit um hita- og þrýstimælingar í hinum hefðbundnu eftirlitsholum í Kröflu og Bjarnarflagi 2006–2011.	7
--	---

Myndir

Mynd 1. Staðsetning borholna á Kröflusvæðinu	9
Mynd 2. Saga vatnshita á 1000 og 1200 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-6 hefur verið nýtt sem eftirlitshola.	11
Mynd 3. Saga vatnsborðs sem og saga þrýstings á 1000 og 1200 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-6 hefur verið nýtt sem eftirlitshola.	11
Mynd 4. Saga vinnslu í Leirbotnum og vatnsborðs og þrýstings á 1200 m dýpi í holu KJ-6 frá 1976–2011.	12
Mynd 5. Orkuinnihald (vermi) vökva sem unninn er úr efra kerfi Leirbotna upp um holur sem liggja næst KJ-6.....	12
Mynd 6. Orkuinnihald (vermi) vökva sem unninn er úr neðra kerfi Leirbotna upp um holur sem liggja næst KJ-6.....	13
Mynd 7. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu KJ-6 ásamt berghitaferlinum.	14
Mynd 8. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu KJ-6 ásamt upphafsþrýstingi.	15

Mynd 9. Mælingar á hita á 800 m dýpi í holu KG-10 frá 1976–2011 ásamt metnum upphafshita á því dýpi.....	17
Mynd 10. Saga vatnsborðs og þrýstings á 800 m dýpi í KG-10 og vinnslusaga Leirbotna 1976–2011.....	17
Mynd 11. Hitamælingar síðustu átta ára í KG-10 ásamt metnum berghita.	18
Mynd 12. Þrýstimælingar síðustu átta ára í KG-10 ásamt metnum upphafsþrýstingi.	19
Mynd 13. Hitamælingar úr holu KG-25.....	21
Mynd 14. Þrýstimælingar úr holu KG-25.....	22
Mynd 15. Saga vatnshita á 1000, 2000 og 2180 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-18 hefur verið notuð sem eftirlitshola.....	24
Mynd 16. KJ-18. Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 og 2000 m dýpi.....	24
Mynd 17. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu KJ-18 ásamt metnum berghitaferli.	25
Mynd 18. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu KJ-18 ásamt metnum upphafsþrýstingi.	26
Mynd 19. Hóla KJ-21. Saga hita á 995 m dýpi	27
Mynd 20. KJ-21. Þrýstingur ásamt mældum toppþrýstingi og upphafsþrýstingi í 995 m.....	28
Mynd 21. Samantekt yfir vinnslu í Bjarnarflagi 1977–2011	29
Mynd 22. Orkuinnihald vökvu úr holum í Bjarnarflagi sem hafa verið í vinnslu 1997–2011	29
Mynd 23. Yfirlit um holustaðsetningar, skáholuferla og kennileiti í Bjarnarflagi.	30
Mynd 24. Hóla B-2. Mældur hiti á 350 og 480 m dýpi	31
Mynd 25. Mældur þrýstingur á 350 og 480 m dýpi í holu B-2.....	31
Mynd 26. Mældur þrýstingur á 480 m dýpi í holu B-2	32
Mynd 27. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berghitaferli.....	33
Mynd 28. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum upphafsþrýstingi.	34
Mynd 29. Mældur hiti á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 ásamt tilsvareandi berghita.....	35
Mynd 30. Mældur þrýstingur á 300 og 600 m dýpi í holu B-5.....	36
Mynd 31. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum upphafsþrýstingi.....	37
Mynd 32. Þrýstimælingar síðustu sex ára í holu B-5 ásamt metnum upphafsþrýstingi.	38

1 Inngangur

Hefðbundnar eftirlitsmælingar á jarðhitasvæðum Landsvirkjunar í Kröflu og Bjarnarflagi voru gerðar dagana 11. og 14. ágúst 2011 í Kröflu og 1. desember í Bjarnarflagi. Hóla KJ-21 við Hvíthóla var ekki eftirlitsmæld 2011 en hins vegar voru gerðar í henni prófanir með blossaörvun 1. júní 2011 (sjá viðauka).

Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2011 voru tvinnnaðar saman við aðrar mælingar sem voru í gangi á Norðurlandi það ár. Mælingateymi frá ÍSOR vegna borunar tveggja holna á Þeistareykjum hafði aðsetur í Kröflu og voru því hæg heima-tökin. Eftirlitsmælingar í holum KJ-6, KG-10 og KJ-18 voru gerðar í ágúst 2011 en eftirlitsmælingarnar í holum BJ-2 og BJ-5 í Bjarnarflagi voru gerðar í byrjun desember 2011, í sömu ferð og upphitunarmæling var gerð í holu KJ-38 í Kröflu. Auk þess var hola KG-25 mæld á ágúst 2011 í tengslum við vinnslu úr holu IDDP-1.

Í skýrslunni eru niðurstöður mælinganna birtar í langri röð mælinga sem gerðar hafa verið í holunum. Gefin var út skýrsla um eftirlitsmælingar í október 2010 (Þorsteinn Egilson o.fl., 2010) og ýtarleg skýrsla um eftirlitsmælingar og vinnslu áranna 2006–2009 var gefin út í ágúst sama ár (Þorsteinn Egilson, 2010).

Tafla 1. Yfirlit um hita- og þrýstímælingar í hinum hefðbundnu eftirlitsholum í Kröflu og Bjarnarflagi 2006–2011.

Hola	2006		2007		2008		2009		2010		2011	
	Dags	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi
KJ-6	19/8	120-1200	17/8	0-1200	24/9	0-1200	8/6	0-1200	19/7	0-1200	11/8	0-1200
KG-10	18/8	130-800	18/8	0-800	23/9	0-800	9/6	0-800	21/7	0-800	11/8	0-800
KJ-18	18/8	245-2197	17/8	0-2100	23/9	0-2213	9/6	0-2200	20/7	0-2200	14/8	0-2195
KJ-21		-		-	27/6	0-1004	9/6	0-998	21/7	0-1000		-
KG-25											18/8	0-1100
B-2	19/8	0-486	18/8	0-490	24/9	0-490	-	-	19/7	0-490	1/12	0-488
B-5	19/8	20-611	18/8	0-600	24/9	0-615	-	-	19/7	0-611	1/12	0-611

2 Ferðadagbók mælingamanna

Fimmtudagur 11. ágúst

Þennan dag héldu mælingavaktmenn vegna Þeistareykja kyrru fyrir í Kröflu og mældu holur KJ-6 og KG-10. Það gekk greiðlega fyrir sig og í KJ-6 mældist vatnsborð á 115,9 m dýpi og var hiti og þrýstingur mældur niður á 1200 m dýpi. Hóla KG-10 var að venju mæld niður í 800 m og reyndist vatnsborð í henni vera á 145,0 m. Allt í allt fóru tæpar 2 klst. í að mæla hvora holu fyrir sig.

Sunnudagur 14. ágúst

Þennan dag var hola KJ-18 eftirlitsmæld. Allt gekk að óskum og var mælingin gerð milli kl. 11 og 13. Vatnsborð reyndist vera í 255,7 m en holan var mæld niður í botn á 2195 m dýpi.

Fimmtudagur 18. ágúst

Hóla KG-25 er að öllu jöfnu ekki eftirlitsmæld enda liggur hún ekki langt frá KG-10. En vegna borunar og vinnsluprófana í holu IDDP-1 var holan mæld í desember 2009 og aftur 18. ágúst 2011. Holan er þrýstingslaus með vatnsborð á 177 m dýpi og er mælanleg niður undir 1100 m en steyppt var í botn fóðringarinnar 1996. Ekki er loki á holunni og fóðringin stendur opin við kjallaramynni. Mælihjól var boltað í timburflekann sem lokar kjallaranum og tókst mælingin vel. Holan púlsar léttum gufuhnoðrum með reglulegu millibili.

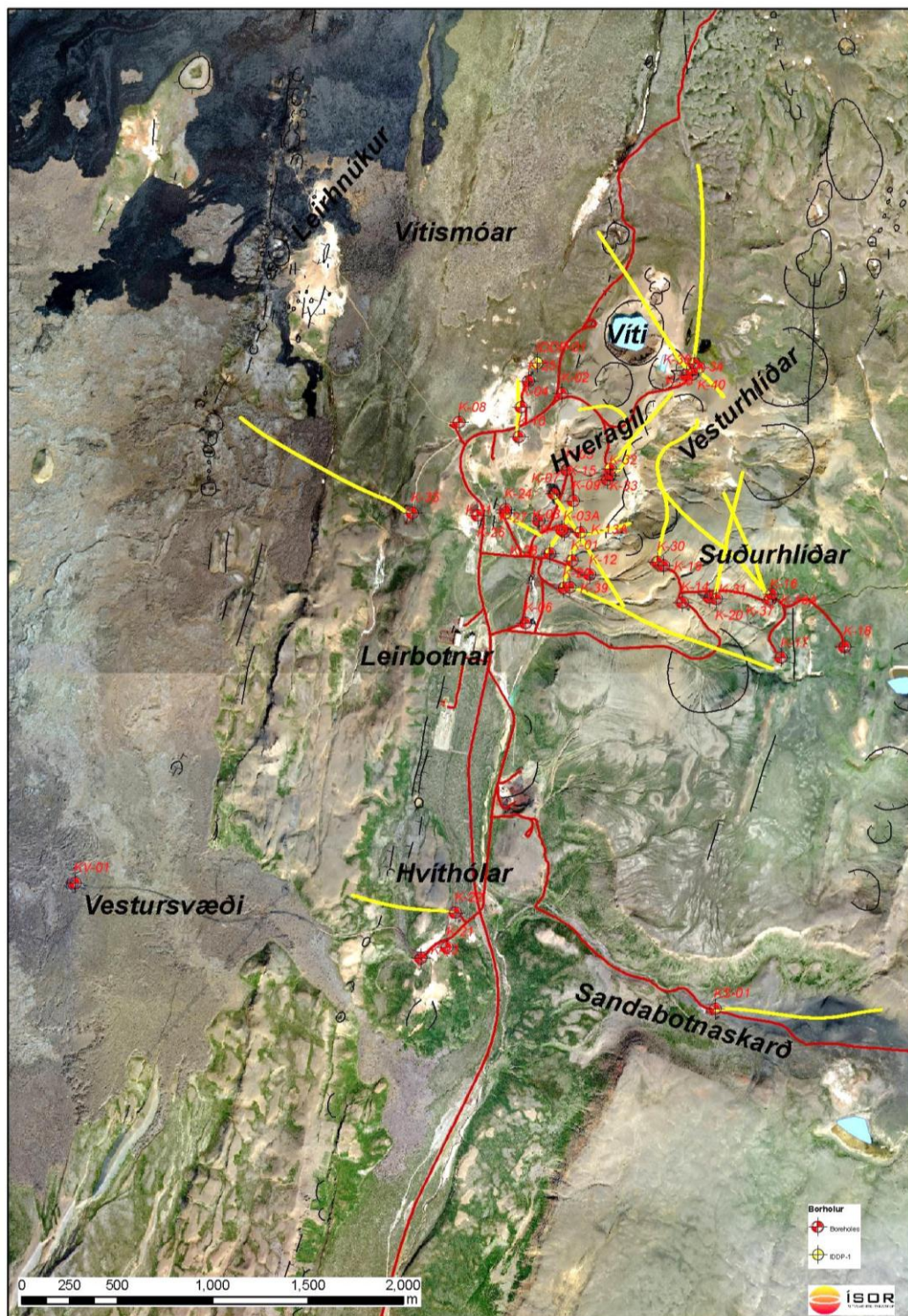
Fimmtudagur 1. desember

Eftirlitsmælingar í Bjarnarflagi 2011 voru gerðar í sömu ferð og mæla þurfti í KJ-38 í Kröflu. Holur B-2 og B-5 voru mældar síðdegis og að kvöldi 1. desember við ágætar aðstæður í fallettri vetrarblíðunni. Reyndar þurfti að bræða ís úr holulokanum á B-2 með því að sækja heitt vatn í V-karið við holu BJ-14. Vatnsborð í holu B-2 mældist á 62,2 m dýpi en í holu B-5 mældist það á 23,0 m dýpi.

3 Krafla

Í Kröflu voru reglubundnar hita- og þrýstimælingar gerðar í holum KJ-6, KG-10 og KJ-18 og auk þess var mælt í holu KG-25. Einnig fór fram blossaörvun í KJ-21.

Yfirlit holna og ferlar stefnuboruðu holnanna eru sýndir á mynd 1.



Mynd 1. Staðsetning borholna á Kröflusvæðinu ásamt borferlum stefnuboraðra holna, vörp-
uðum til yfirborðs, nema hvað ferill KT-40 er einungis teiknaður eins og hann var við
lok 2. áfanga, niður í u.þ.b. 1000 m.

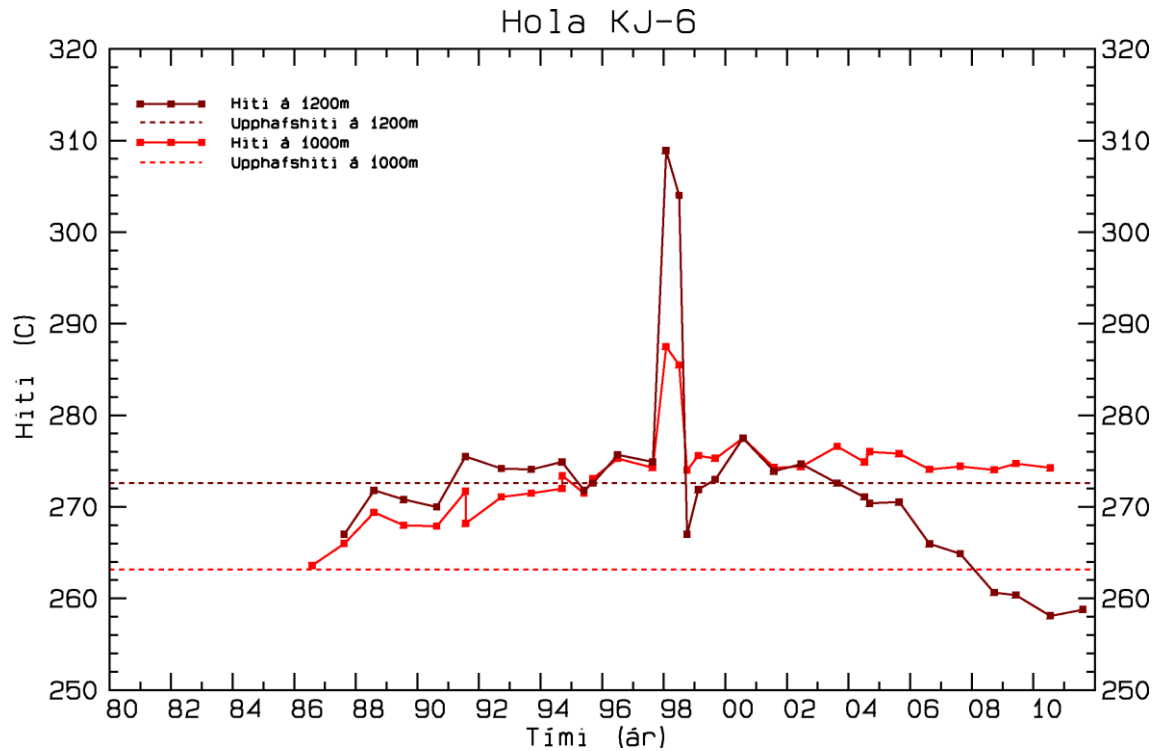
3.1 Hola KJ-6

Hola KJ-6 var boruð sumarið 1976 í 2000 m dýpi. Hún er aðeins mæld í 1200 m dýpi og er ástæðan sú að ýmislegt rusl er í holunni og vitað er um skemmdir á leiðaranum.

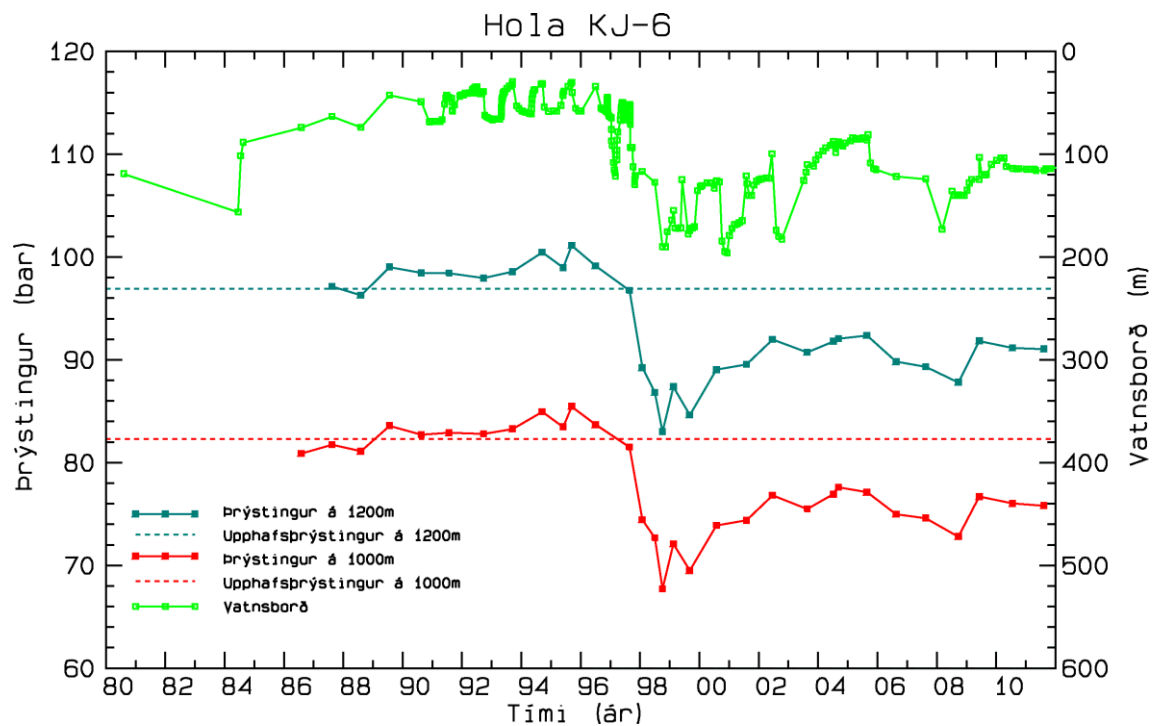
Hiti og þrýstingur hefur verið mældur árlega í holu KJ-6 frá 1986. Mynd 2 sýnir mælt hitastig í holunni á 1000 og 1200 m dýpi ásamt tilsvarende berghitamati. Þróun hitastigs er með sama hætti og áður þ.a. vatnshitinn í 1000 m helst í stað en vatnskólnunin í 1200 m, sem hefur haldist nokkuð jöfn frá 2002 (Þorsteinn Egilson, 2010), kemur ekki fram í mælingu 2011. Hitinn á 1200 m dýpi hækkar nú um tæpar 0,7°C milli ára og verður athyglisvert að sjá hvort framhald verður á því. Frá árinu 1999 hefur hitinn í 1000 m haldist það stöðugur í kringum 274°C að ætla má að vinnslan á svæðinu hafi orsakað hitahækkun í berginu á þessu tiltekna dýpi vegna þess að breytt þrýstiástand veldur seytli eftir æðum og sprungum neðar úr kerfinu en vitað er að holan er tengd neðra kerfis æðum neðan við 1200 m þannig að úr þeim seytla inn í holuna þegar þrýstingur fellur í hana (Arnar Hjartarson, 2006). Hitatoppurinn sem fram kemur árið 1998, og sker sig verulega frá öðrum mælingum, er talinn vera afleiðing af niðurdrætti í efra kerfinu vegna vinnslu úr holu KJ-28, og þar með lækkaðri vatnsborðsstöðu í holu KJ-6, og leitt hefur til uppstreymis í holunni úr neðra kerfis æðum upp í efra kerfis æðar (Þorsteinn Egilson, 2010). Mynd 7 sýnir nokkra hitaferla ásamt metnum berghita fyrir dýptarbilið 900–1200 m og þar sést að hin síðari ár hefur hitinn í holu KJ-6 farið lækkaði neðan við 1100 m. Þegar litið er til vinnslu þeirra holna sem næst liggja eftirlitsholunni, KJ-6, KJ-9, KG-24 og KJ-28 í grunnvinnslu (mynd 5) og KG-12, KJ-13, KJ-27 og KJ-29 í djúpvinnslu (mynd 6), sést að vermi vökvans sem unninn er úr efra kerfi Leirbotna helst nokkuð stöðugt allan vinnslutímann en vermi vökvans sem unninn er úr neðra kerfi Leirbotna fer að jafnaði lækkaði frá byrjun vinnslu. Vermislækkun vökvans sem unninn er úr neðra kerfi Leirbotna er því í samræmi við hitalækkunina sem mælist í holu KJ-6 neðan við 1100 m dýpi.

Mynd 3 sýnir mælt vatnsborð í holunni og mældan þrýsting á 1000 og 1200 m dýpi frá 1986–2011 og áætlaður upphafsþrýstingur er sýndur með stríkalínunum. Árabilið 2005–2008 verður vart þrýstilækkunar sem byrjaði að ganga til baka 2008 (Þorsteinn Egilson, 2010) en mælingarnar 2010 og 2011 sýna lítilsháttar þrýstilækkun frá 2009. Mynd 4 sýnir mældan þrýsting á 1200 m dýpi ásamt mældu vatnsborði og vinnslu úr Leirbotnasvæði Kröflu og sýnir hún vel hvernig þrýstingurinn breytist í takt við breytta djúpvinnslu. Umrædd hitalækkun í 1200 m, sem kemur fram á mynd 2 frá í sumar, sýnir þrýstilækkun frá því í fyrra.

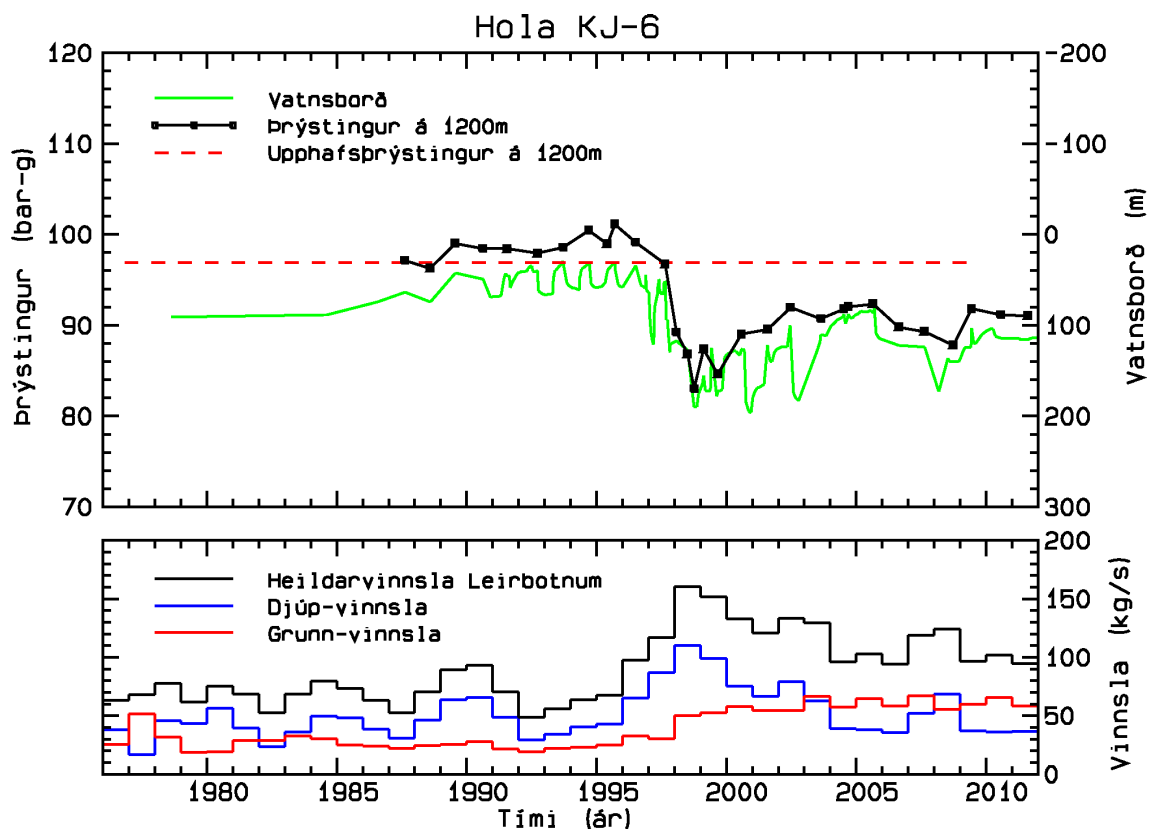
Myndir 7 og 8 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sex ára sem gerðar hafa verið í holu KJ-6.



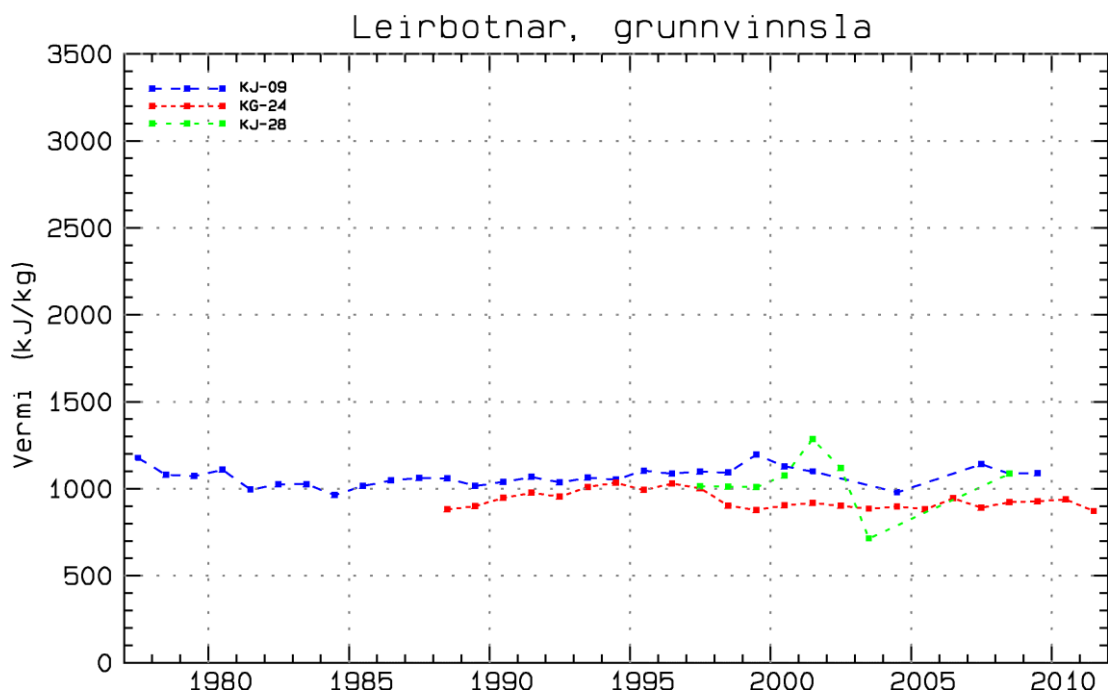
Mynd 2. Saga vatnshita á 1000 og 1200 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-6 hefur verið nýtt sem eftirlitshola.



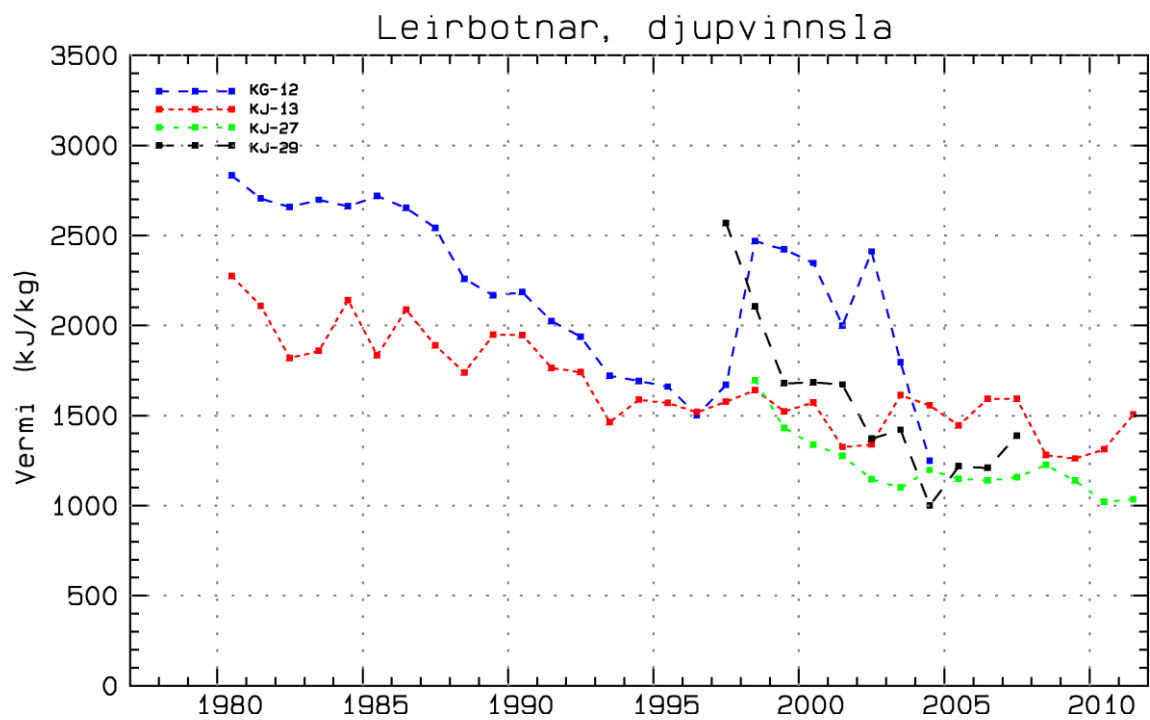
Mynd 3. Saga vatnsborðs sem og saga þrýstings á 1000 og 1200 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-6 hefur verið nýtt sem eftirlitshola.



Mynd 4. Saga vinnslu í Leirbotnum og vatnsborðs og brýstings á 1200 m dýpi í holu KJ-6 frá 1976–2011.

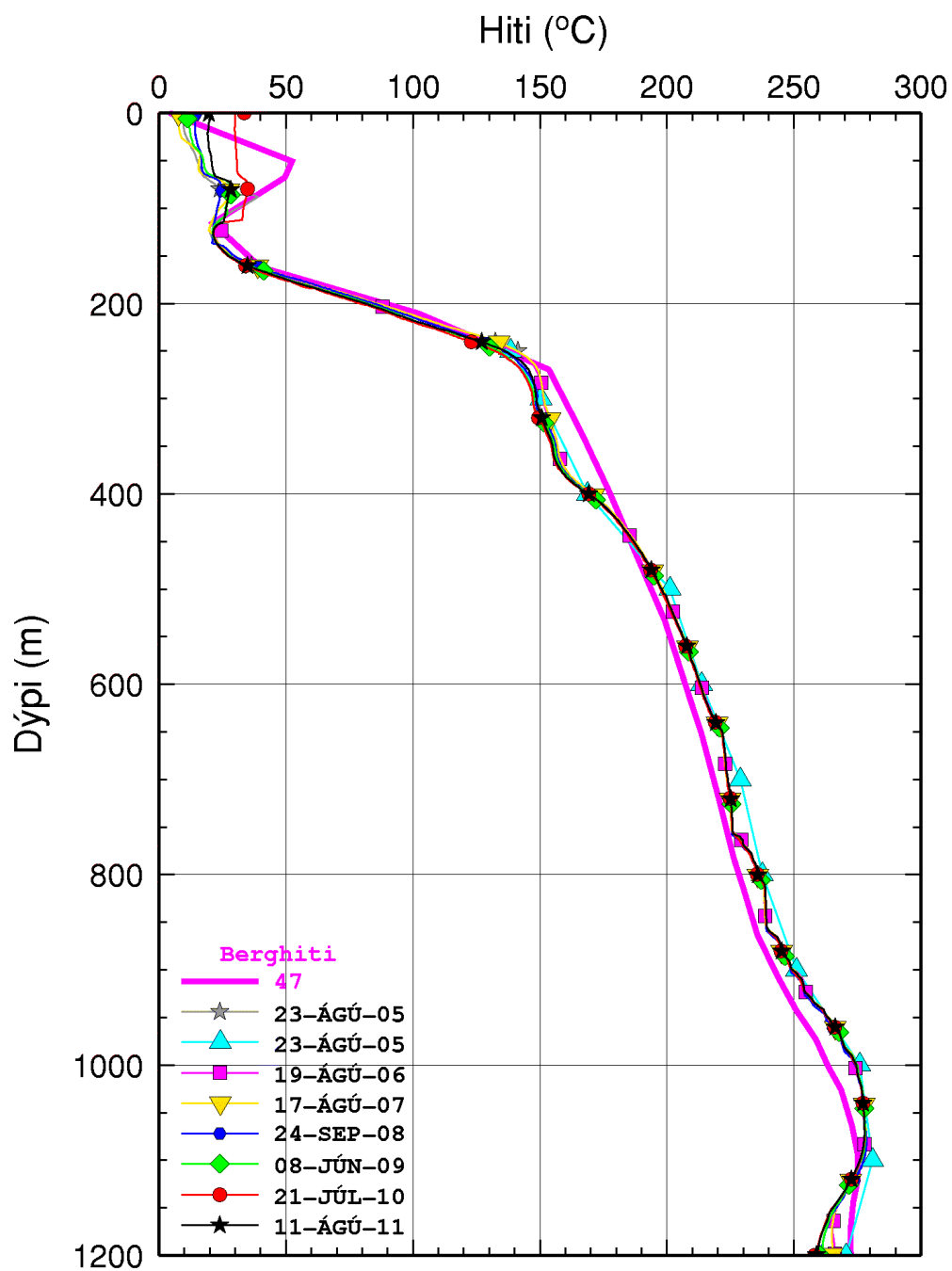


Mynd 5. Orkuinnihald (vermi) vökvu sem unninn er úr efra kerfi Leirbotna upp um holur sem liggja næst KJ-6. Fyrir utan breytingar sem sjást á vermi vökvans úr holu KJ-28 frá 2000–2003 hefur vermið haldið nokkuð stöðugt allan vinnslutímann.



Mynd 6. Orkuinnihald (vermi) vökvæ sem unninn er úr neðra kerfi Leirbotna upp um holur sem liggja næst KJ-6. Fyrir utan skyndilega vermisaukningu árið 1998 í holu KG-12, sem síðan fellur aftur að fyrri þróun lækkaðs vermis, sést að vermi vökvæns úr neðra kerfi Leirbotna minnkar jafnt og þétt með tímanum.

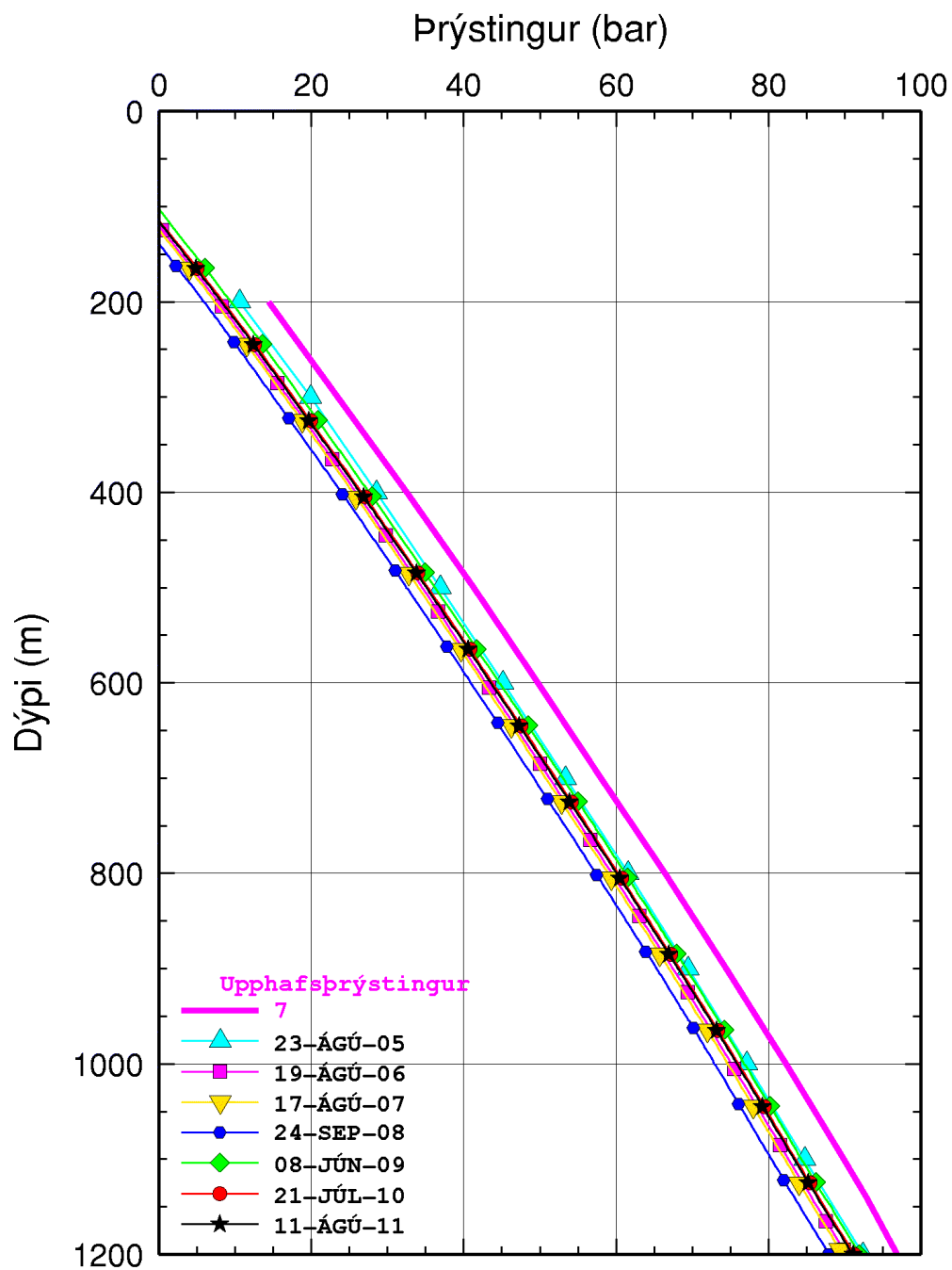
Krafla K-06
Leirbotn
Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 7. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu KJ-6 ásamt berghitaferlinum. Hin síðari ár hefur hitinn í holu KJ-6 verið að lækka neðan við 1100 m dýpi.

Krafla K-06
Leirbotn
Suður-Pingeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 8. Prýstimælingar síðustu sjö ára í holu KJ-6 ásamt upphafsprýstingi.

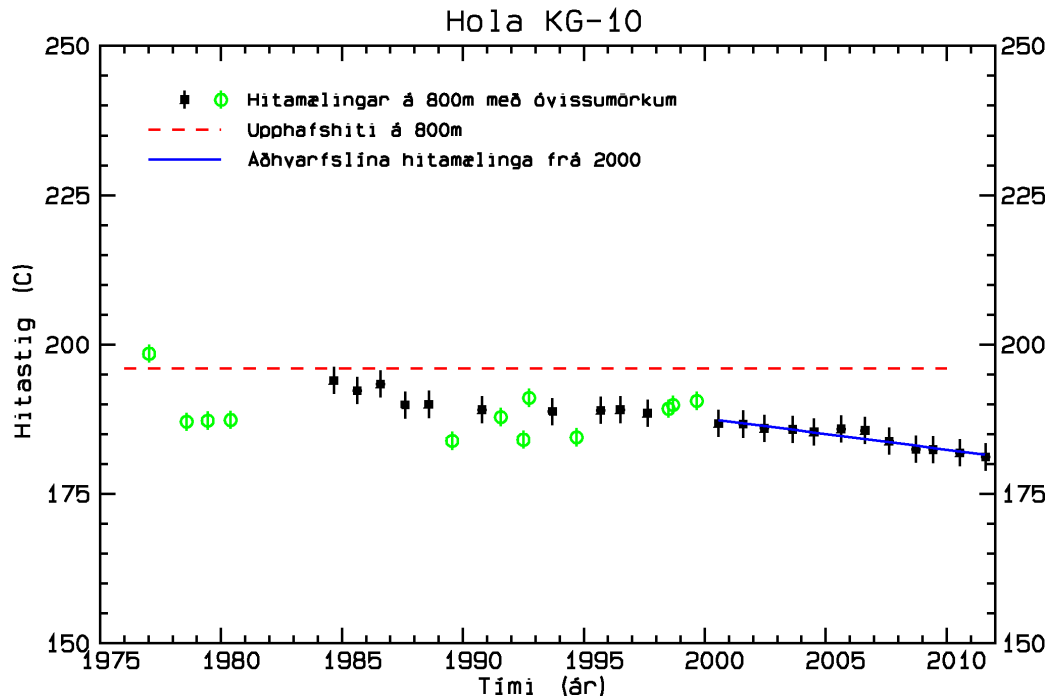
3.2 Hola KG-10

Hola KG-10 var boruð árið 1976 niður á 2082 m dýpi og er tengd bæði efra og neðra kerfi Leirbotna. Holan reyndist mjög aflmikil í byrjun en stíflaðist fljótlega vegna útfellinga. Við hreinsun holunnar 1977 kom í ljós að leiðarinn hafði fallið niður um 75 m, líklega vegna tæringar nálægt botni, en holan sveigist í borun til norðurs um 250 m þar sem mjög fjandsamlegan jarðhitavökva er að finna. Holan lóðast um 850 m djúp en þar eru festur og því er hún aðeins mæld niður á 800 m dýpi.

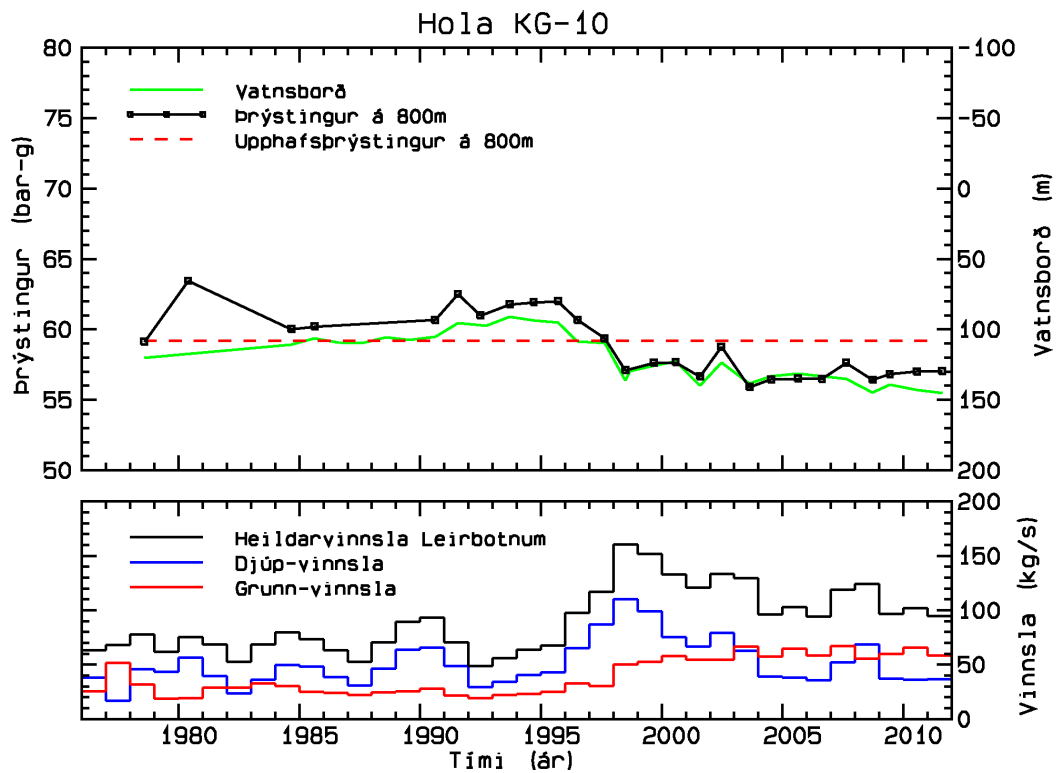
Mynd 9 sýnir mældan hita á 800 m dýpi í holu KG-10 frá 1976–2010. Um 10°C hitaflökt hefur verið á mældum hita á þessu dýpi og er KG-24 að hluta til talin ábyrg fyrir því (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1995) en hún vinnur úr efra kerfi Leirbotna nálægt holu KG-10. Talið er að hún dragi kaldari vökva úr norðri inn í kerfið og valdi kælingu í KG-10. Þetta sést greinilega á árunum 1989, 1992 og 1994 en þá var hola KG-24 í blæstri þegar hola KG-10 var mæld. Mælingin 2011 sýnir að kælingin heldur áfram með svipuðu sniði og áður en aðhvarfslínan sem fellur að hitamælingum sem ekki eru gerðar við bein áhrif frá KG-24 gefur til kynna stöðuga hitalækkun, 0,37°C/ár. Hitamælingarnar sem koma fram á mynd 9 eru hér sýndar með 2°C óvissumörkum í stað 3°C óvissumörkum áður (Þorsteinn Egilson, 2010; Arnar Hjartarson, 2006). Grænmerktu mælingarnar á mynd 9 eru ekki með í kælingarmatinu vegna meintra áhrifa frá KG-24 (Arnar Hjartarson, 2006). Rétt er að líta á kólnun sem kemur fram neðan við 1000 m í holu KJ-6 (sjá mynd 2) og lækkað orkuinnihald vökva sem unninn er úr neðra Leirbotnakerfinu (sjá mynd 6) í samhengi við kólnunina í KG-10.

Mynd 10 sýnir mældan þrýsting á 800 m dýpi í holu KG-10 frá 1978–2011, ásamt áætluðum upphafsþrýstingi, og mælt vatnsborð frá sama tíma. Á myndinni sést að þrýstingurinn breytist ekki á milli ára nema hvað vinnsluaukningin vegna stækkunar Kröfluvirkjunar leiddi til 2,7 bar þrýstilækkunar sem náði yfir þrjú ár.

Myndir 11 og 12 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sex ára í KG-10 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi.

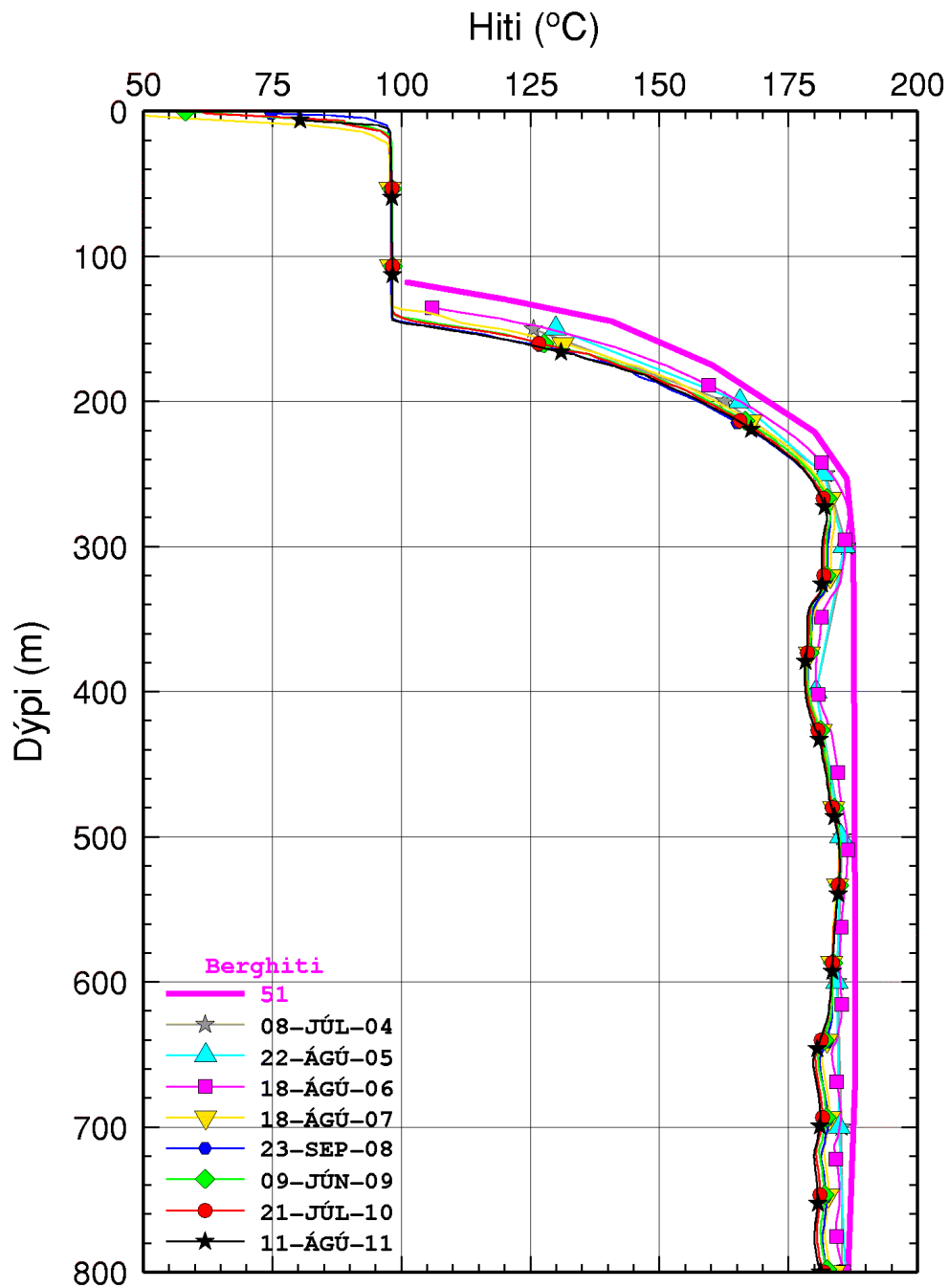


Mynd 9. Mælingar á hita á 800 m dýpi í holu KG-10 frá 1976–2011 ásamt metnum upphafshita á því dýpi. Myndin sýnir einnig aðhvarfslínu hitamælinga frá 2000 en þar gættir hitalækkunar, $0,37^{\circ}\text{C}/\text{ár}$.



Mynd 10. Saga vatnsborðs og þrýstings á 800 m dýpi í KG-10 og vinnslusaga Leirbotna 1976–2011.

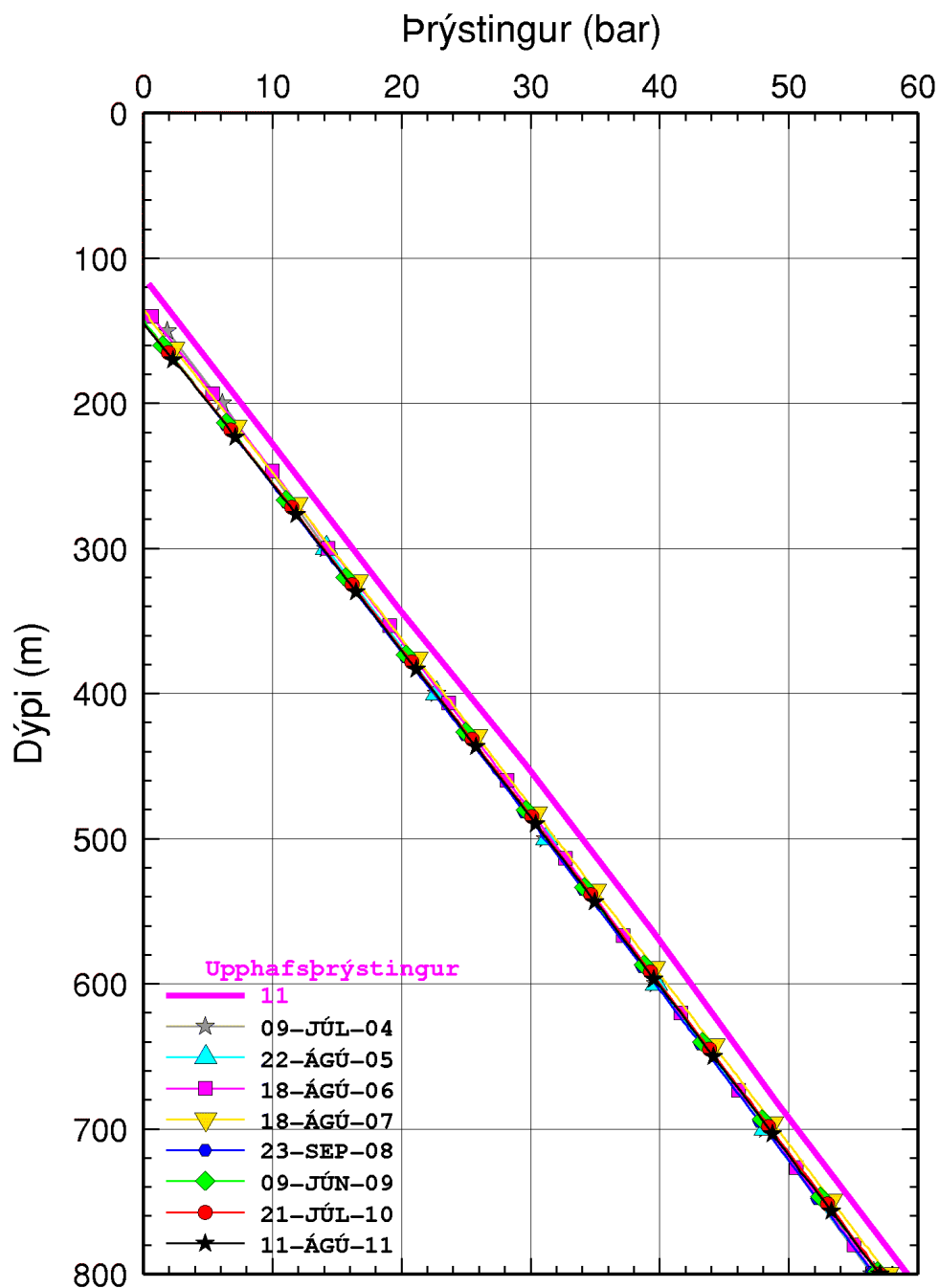
Vítismór K-10 Vítismór Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 11. Hitamælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum berghita.

Vítismór K-10 Vítismór Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 12. Prýstimælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum upphafsprýstingi.

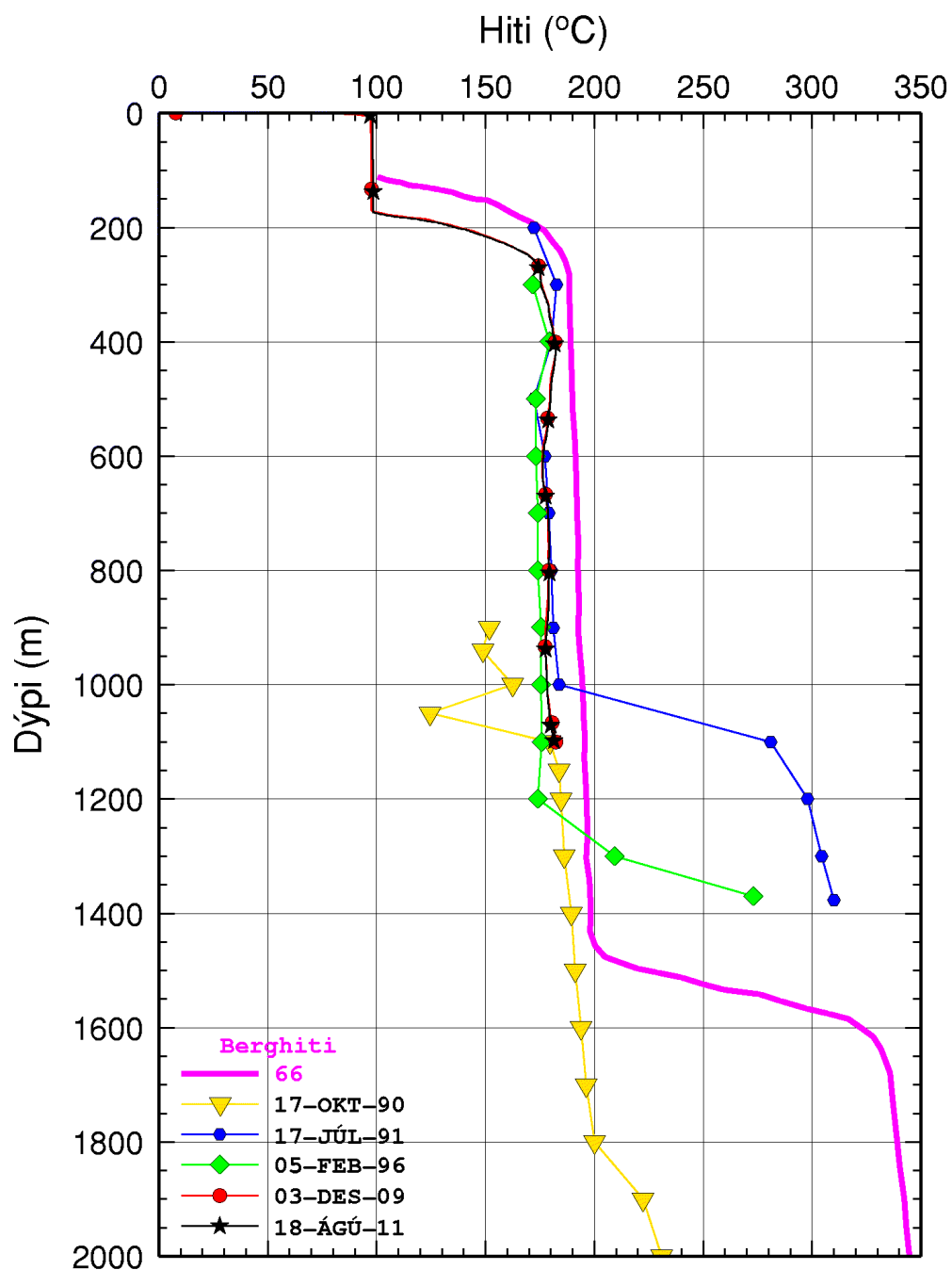
3.3 Hóla KG-25

Hóla KG-25 var boruð í 2105 m síðsumars 1990 og upphitun í henni hófst 5. september það ár en frá 5. september til 17. október 1990 var hólan hita- og þrýstimæld og út frá þeim mælingum var berghiti og upphafsþrýstingur metinn (Grímur Björnsson o.fl., 1990).

Hólan er staðsett rétt sunnan við djúpborunarholuna IDDP-1 (sjá mynd 1) og hefur verið mæld tvisvar eftir að IDDP-1 var boruð, 3. desember 2009 og síðan 18. ágúst 2011. Mynd 13 sýnir þessar hitamælingar ásamt metnum berghitaferli og völdum mælingum frá upphituninni 1990 og áður en farið var í aðgerðir við holuna 1996. Lítil hitamunur er á mælingunum 2009 og 2011 en vatnsborðið er 2 m lægra í ágúst 2011 en það var í desember 2009. Miðað við kyrrstæða vatnssúlu í holunni er þrýstimunurinn í 1100 m, miðað við sama vatnsborð, um 1,4 bar hærri en sem nemur hitamun milli mælinganna, reiknað með PREDYP-forritinu (Þórður Arason o.fl., 2004). Þrýstimælingarnar frá 2009 og 2011 eru sýndar á mynd 14 sem einnig sýnir metinn upphafsþrýsting og mældan þrýsting í holunni fyrir aðgerðir í henni 1996 en þá hafði hólan staðið óhreyfð frá 1992 þegar fyrirhugað var að endurvinnna hana (Ásgrímur Guðmundsson, 1996).

Meginniðurstaða mælinganna í hólu KG-25 er sú að vinnslan í djúpborunarholunni IDDP-1 á árunum 2009–2011 hafi ekki haft áhrif á hitann í hólu KG-25 en spurning er hvort sú vinnsla hefur orsakað 2 m niðurdrátt í KG-25 ásamt því að valda rennsli í holunni sem orsakar þrýstilækkun umfram það sem hitamunur gerir en ekki er vitað með vissu hvort hólan skynjar þrýstinginn í kerfinu. Full ástæða er því til að mæla reglulega í hólu KG-25 til að fylgjast með hita- og þrýstibreytingum í henni og fyrsta skrefið í þá átt væri að koma þar fyrir siritandi vatnborðsmæli.

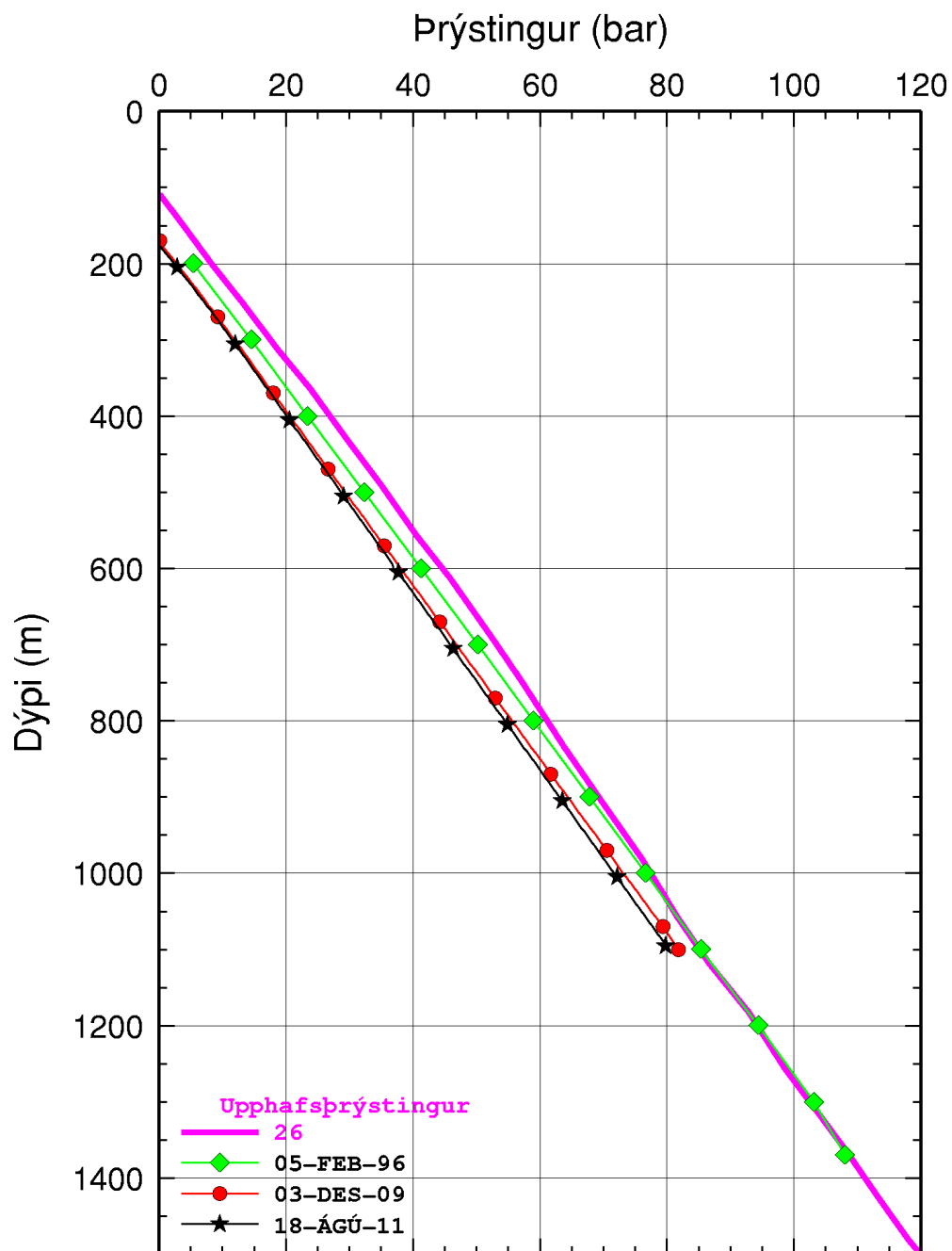
Vítismór K-25 Vítismór Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 13. Hitamælingar úr holu KG-25. Engar sjáanlegar breytingar eru á hita þann tíma sem hola IDDP-1 var í upphitun og vinnslu. Í upphitun holu KG-25 (1990) sýnir hitaferillinn millirennslu og eru mót efra og neðra kerfis metin vera á 1500 m dýpi (Grímur Björnsson o.fl., 1990).

Vítismór K-25 Vítismór Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 14. Þrýstimælingar úr holu KG-25. Merkjanlegar breytingar sjást á þrýstingi þann tíma sem hola IDDP-1 var í upphitun og vinnslu.

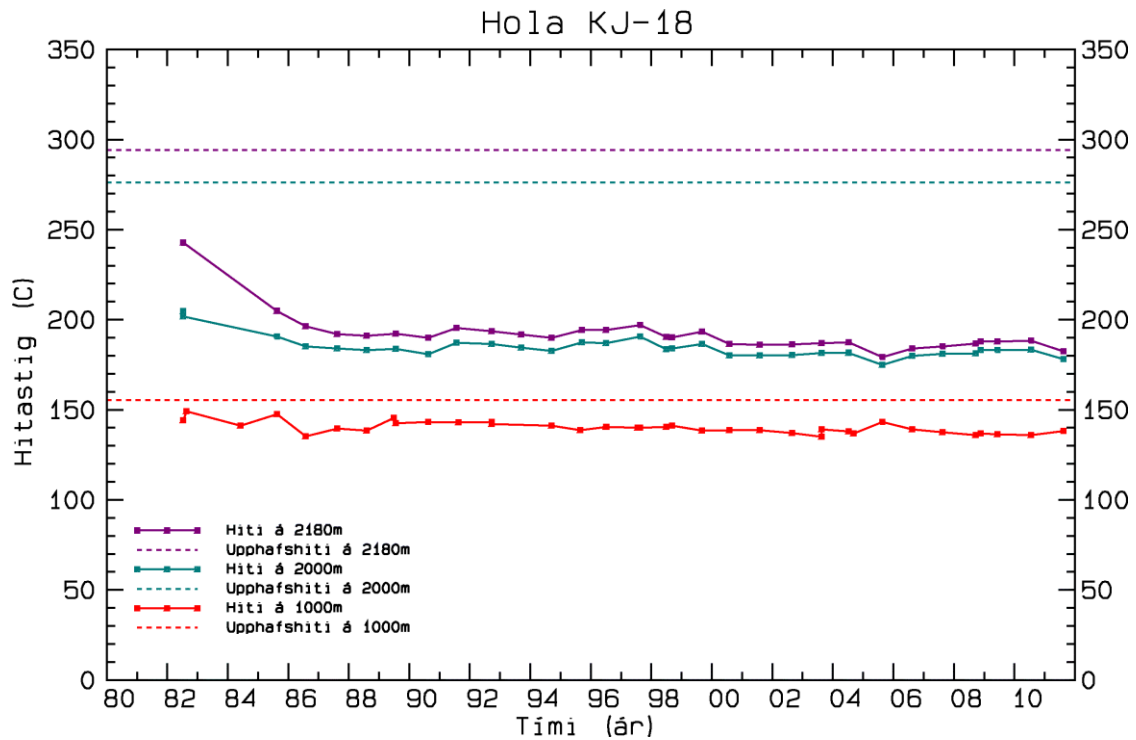
3.4 Hóla KJ-18

Hóla KJ-18 er austan við vinnslusvæði suðurhlíða Kröflu og var boruð haustið 1981 í 2215 m dýpi. Vinnslufóðring nær niður í 663 m og enginn leiðari er í holunni sem aldrei hefur blásið. Ekki hefur orðið vart neinnar fyrirstöðu í holunni og hafa mælingar ávallt gengið vel (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1995).

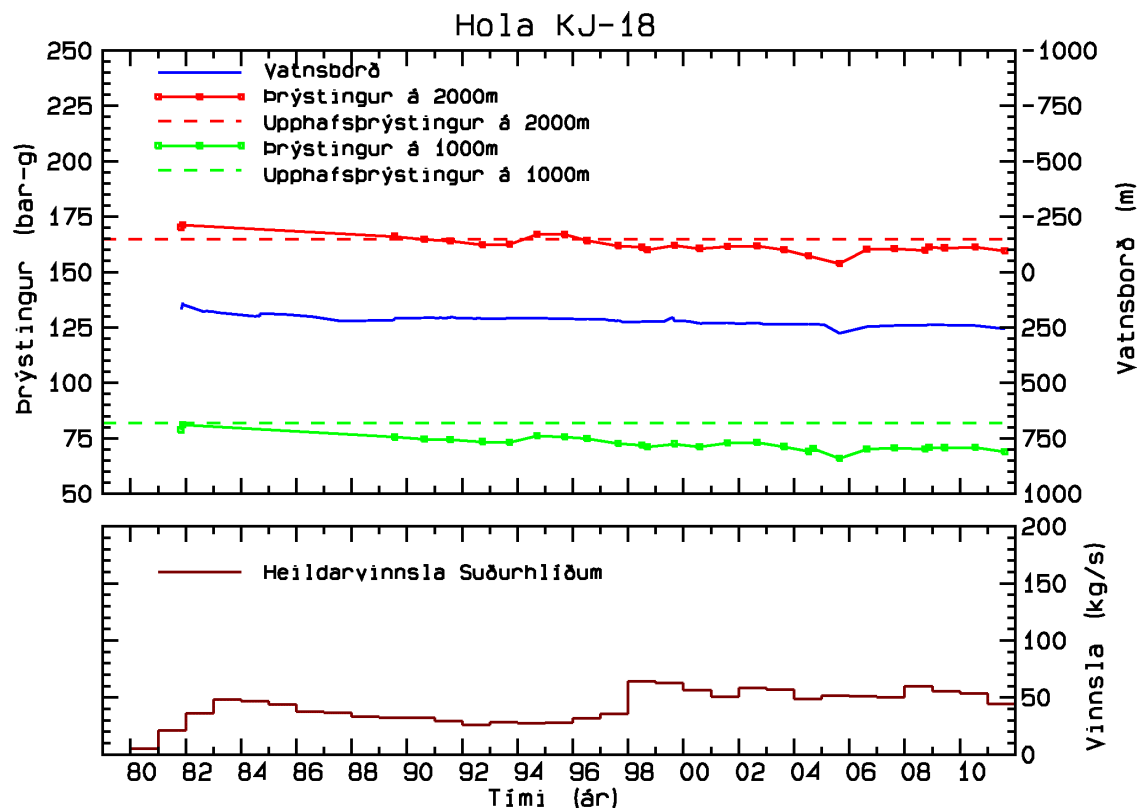
Mynd 15 sýnir mældan hita á 1000, 2000 og 2180 m dýpi í holu KJ-18 frá 1981–2011. Á henni sést að hitinn hefur lítið breyst í áranna rás á 1000 m dýpi en töluverðrar kólnunar gætir í 2000 m og nokkru meiri á 2180 m dýpi. Kólnunin er hvað mest á árunum 1981–1988 en þá kólnar um 28°C á 2000 m dýpi en um 87°C við botn nærri 2180 m dýpi (Þorsteinn Egilson, 2010). Mælingin 2011 sýnir lítilsháttar hitahækkun á 1000 m dýpi en á 2000 og 2180 m dýpi gengur veik tilhneiging til hitahækkunar frá 2005–2010 til baka.

Mynd 16 sýnir mældan þrýsting á 1000 og 2000 m dýpi í holu KJ-18 frá 1981–2011, tilsvareandi áætlaðan upphafsþrýsting og mælt vatnsborð. Þá sýnir myndin einnig samanlagða vinnslusögu holna sem vinna úr jarðhitakerfinu sem telst til Suðurhlíða. Af þrýstimælingunum að dæma hefur þrýstingur í holu KJ-18 farið lækkandi með tíma en á tímabilinu 2006–2010 hafði þrýstingurinn haldist óbreyttur á ofangreindum stöðum í holunni en lækkaði aðeins milli 2010 og 2011. Í heildina er ekki hægt að tala um varanlega þrýstilækkun í holu KJ-18 frá 1998 þegar vinnslan var aukið í Suðurhlíðum vegna stækkunar Kröfluvirkjunar. Á sama tíma hefur verið um jafna vinnslulækkun að ræða upp á 1,3 (kg/s)/ár, metið úr frá línuriti á mynd 16.

Myndir 17 og 18 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu KJ-18 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi.

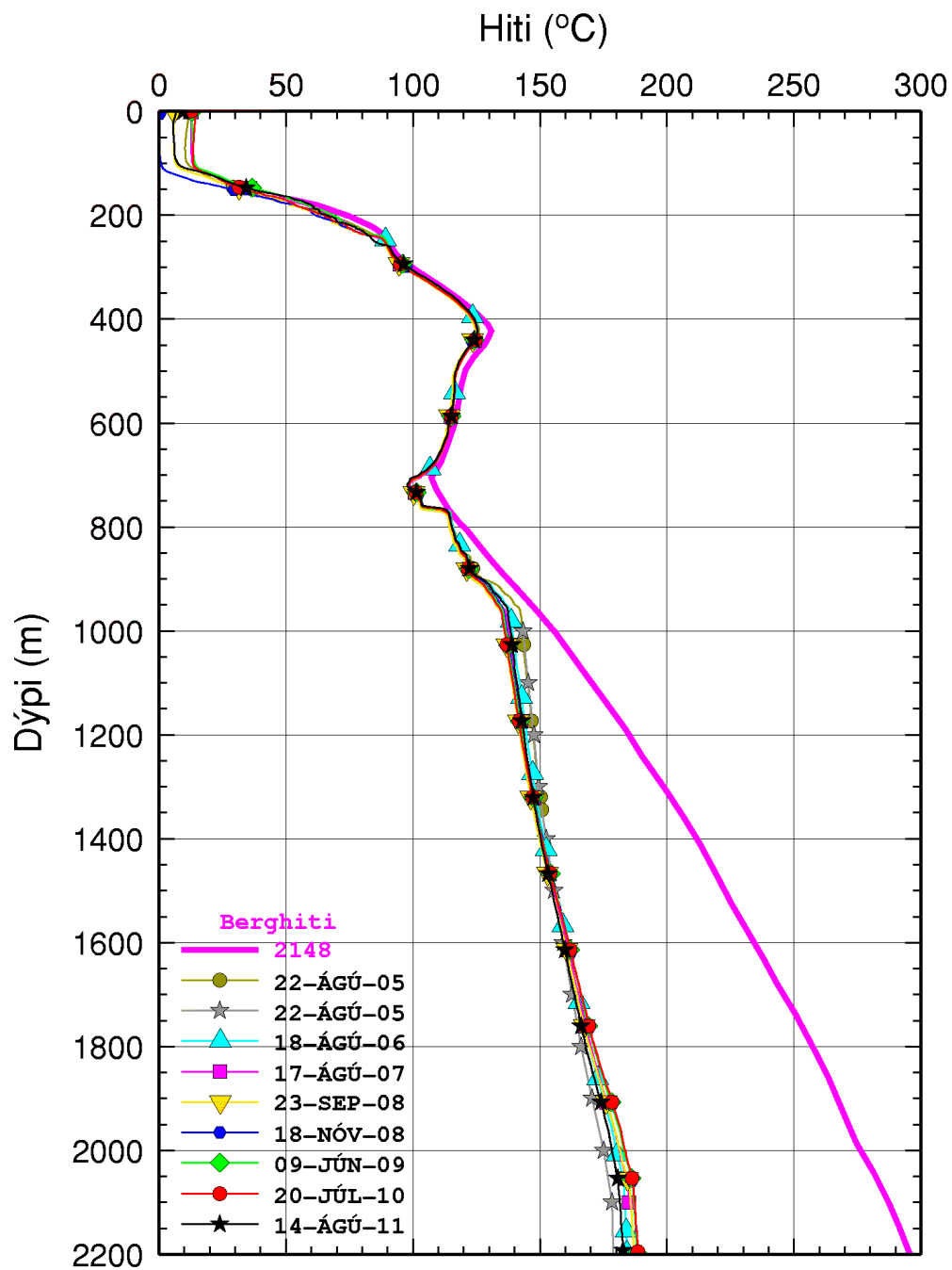


Mynd 15. Saga vatnshita á 1000, 2000 og 2180 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-18 hefur verið notuð sem eftirlitshola.



Mynd 16. Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 og 2000 m dýpi ásamt metnu upphafsástandi á sama dýpi yfir þann tíma sem KJ-18 hefur verið notuð sem eftirlitshola. Auk þess sýnir myndin heildarvinnslu holna í Suðurhlíðum.

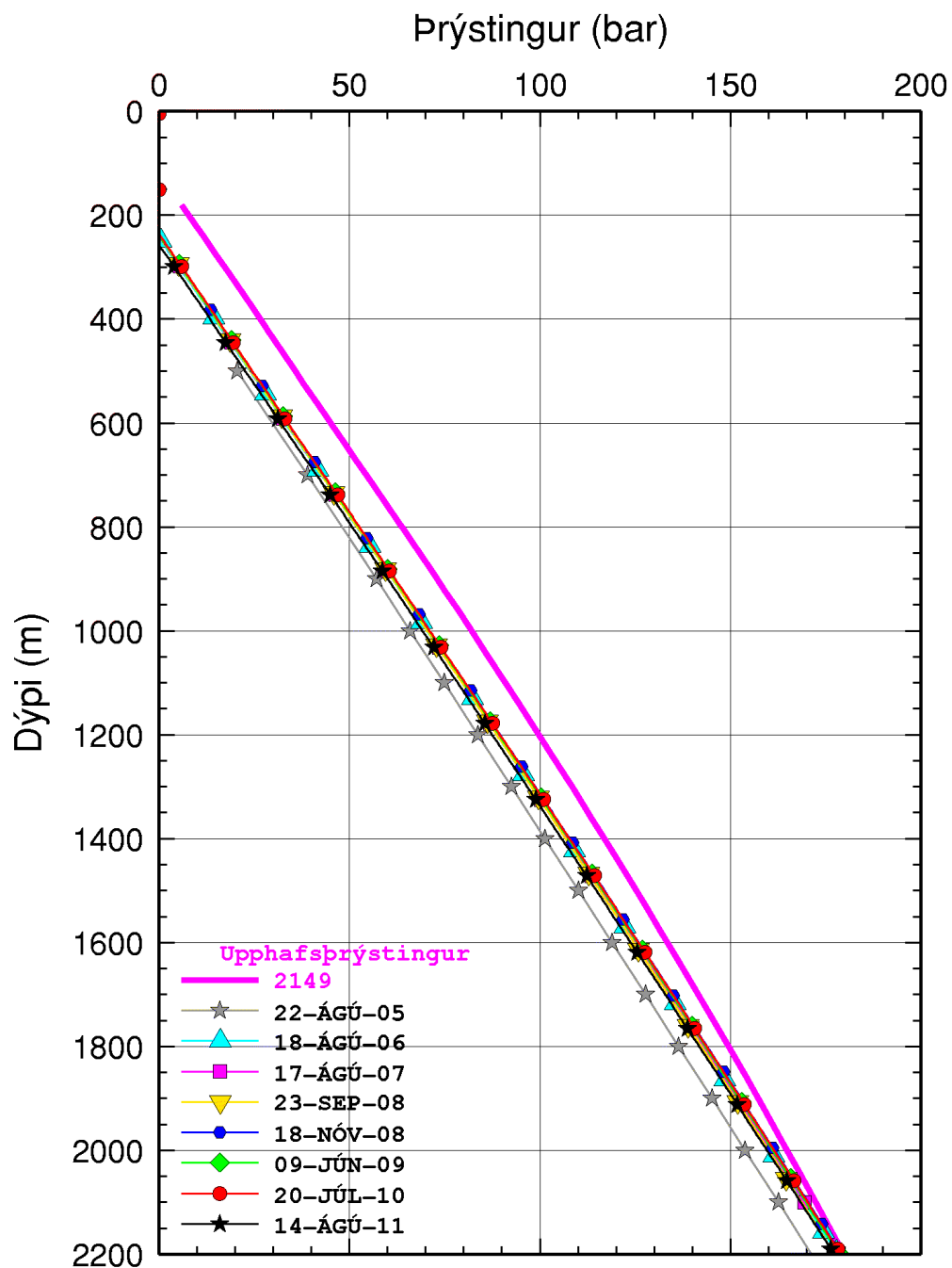
Suðurhlíðar K-18 Suðurhlíðar Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 17. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu KJ-18 ásamt metnum berghitaferli.

Suðurhlíðar K-18 Suðurhlíðar Suður-Píngeyjarsýsla



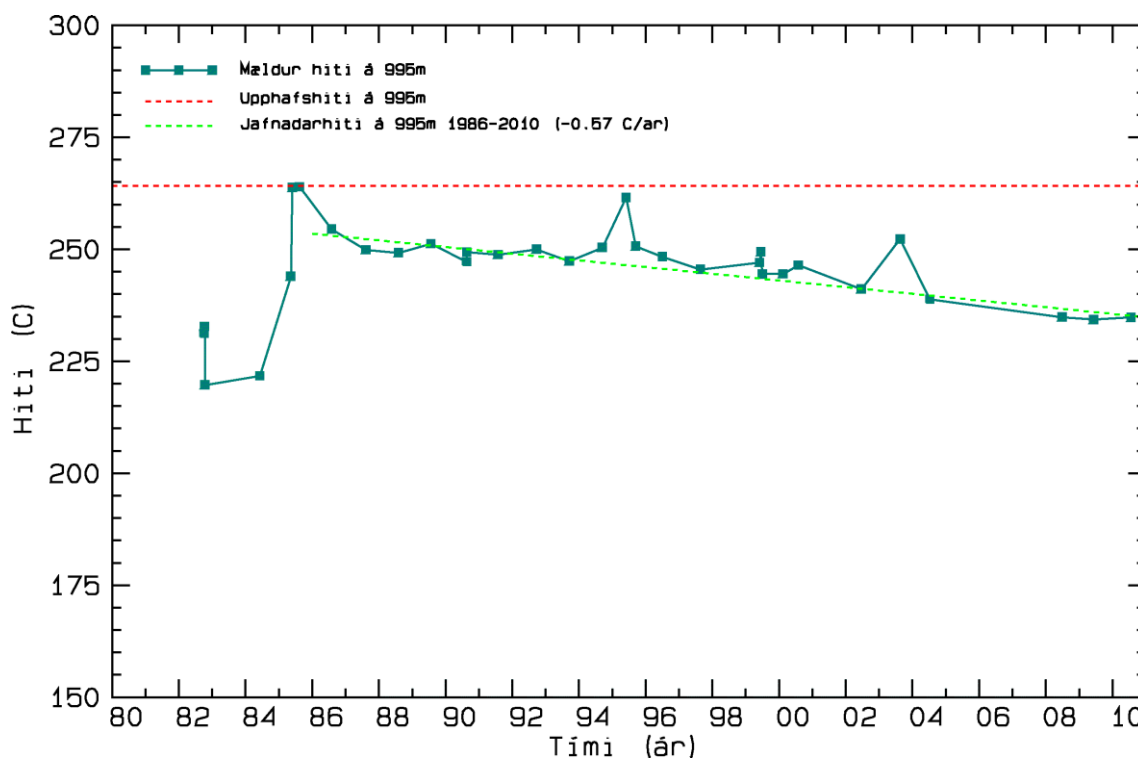
©Sigvaldi Thordarson

Mynd 18. Prýstimælingar síðustu sjö ára í holu KJ-18 ásamt metnum upphafsprýstingi.

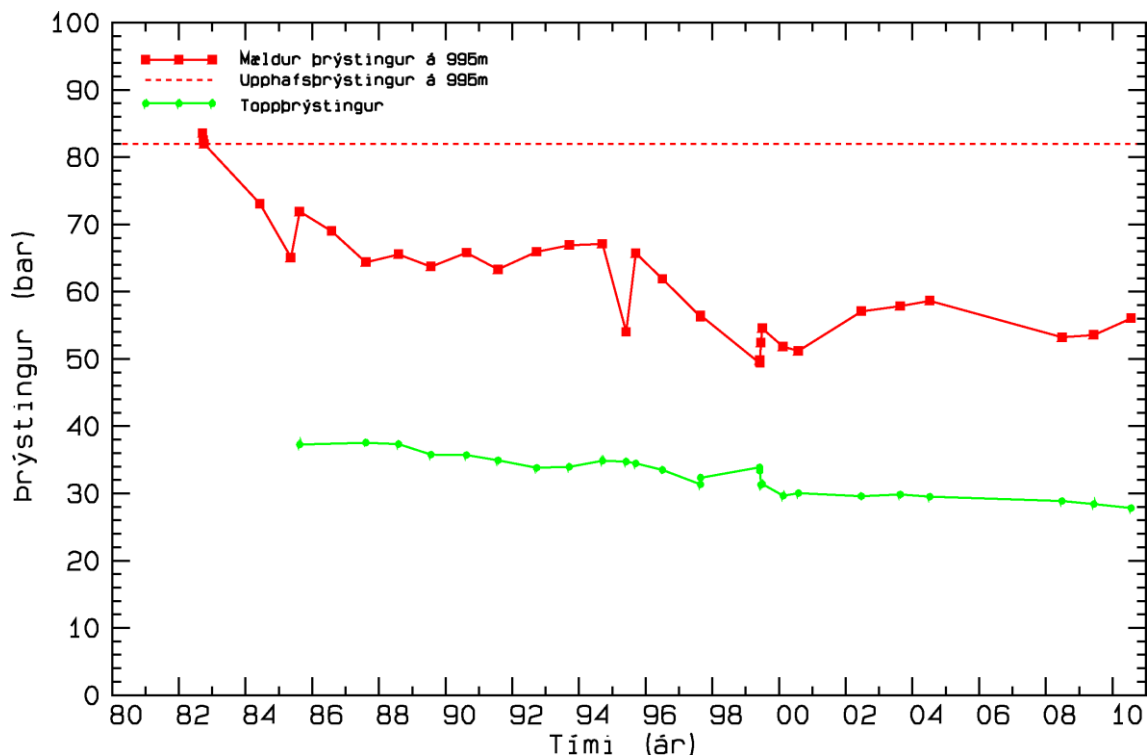
3.5 Hola KJ-21

Hola KJ-21 var boruð í 1200 m dýpi árið 1982 með tæplega 300 m 13½" öryggisfóðringu sem jafnframt varð vinnslufóðring og í hana var hengdur 7" leiðari. Árið 1984 var leiðarinn fjarlægður vegna leir- og drullupéttinga á 640 m dýpi og ný 1030 m 9½" fóðring sett í holuna sem var raufuð og/eða götuð frá 300 m dýpi (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1984). Undanfarin ár hefur holan mælst í kringum 1000 m djúp.

Eiginlegar eftirlitsmælingar voru ekki gerðar í holu KJ-21 árið 2011 en hins vegar var gerð í henni tilraun til blossaörvunar og fylgir minnisblað Friðgeirs Péturssonar um þær aðgerðir í viðauka þessarar skýrslu. Til glöggvunar er bæði hita- og þrýstisaga holunnar á 995 m dýpi frá 1982–2010 sýnd á myndum 19 og 20 ásamt áætluðum berghita og upphafsþrýstingi á því dýpi. Enn er vakin athygli á því að holan er mæld mislöngum tíma eftir vinnsluhlé og þá einkennast mælingarnar af miklum sveiflum í hita og þrýstingi með tíma en tíminn frá lokun hefur mikið að segja um þrýsti- og hitajöfnunina. Því getur verið erfitt að sjá bein áhrif vinnslunnar á niðurdráttinn í svæðinu (Þorsteinn Egilson, 2010). Eftirlitsmælingar til ársins 2010 sýna kólnun til lengri tíma, um 0,75°C/ár frá 1986 (Þorsteinn Egilson o.fl., 2010).



Mynd 19. Hola KJ-21. Saga hita á 995 m dýpi. Græna, slitna línan er aðhvarfslína að hita-mælingunum og samkvæmt henni hefur kólnunin í 995 m í KJ-21 verið að jafnaði 0,75°C/ár síðan 1986.



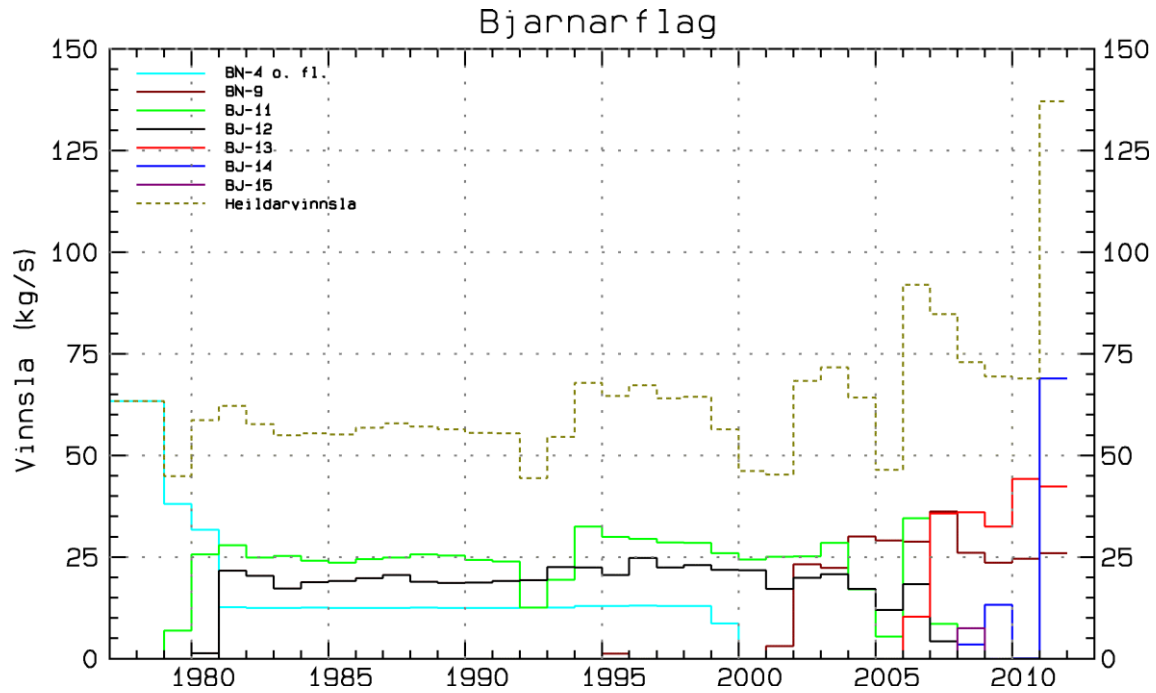
Mynd 20. Hóla KJ-21. Þrýstingur ásamt mældum toppþrýstingi og upphafsprýstingi á 995 m dýpi.

4 Bjarnarflag

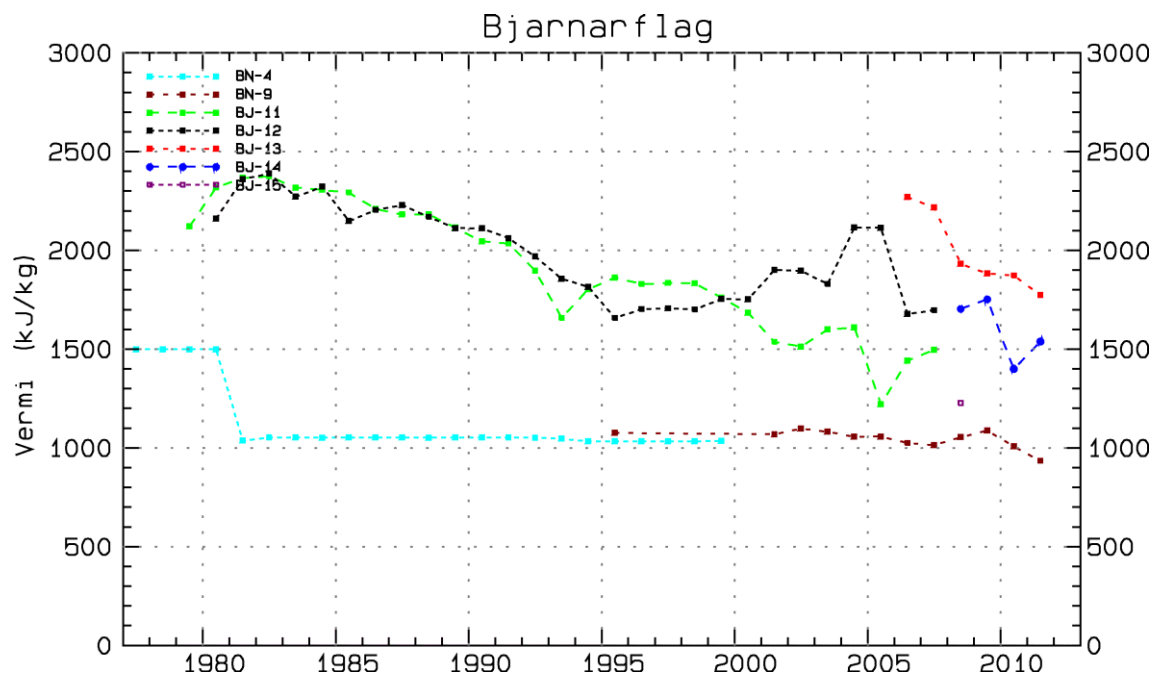
Vinnsla úr svæðinu hófst árið 1963 með holu B-1 en alls hafa verið boraðar 15 holur í Bjarnarflagi. Staðsetning holna og ferlar stefnuboruðu holnanna eru sýndir á mynd 23. Aðalvinnsluholurnar á svæðinu eftir 1979 hafa verið holur BJ-11 og BJ-12 auk þess sem B-9 bættist í hóp vinnsluholna árið 2001. Hóla BJ-13 verið notuð eftir að borun hennar lauk 2006 (Þorsteinn Egilson, 2010) sem og holur BJ-14 og BJ-15. Mynd 21 sýnir yfirlit um vinnslu einstakra holna frá 1977–2011 og þar kemur fram að heildarvinnslan úr svæðinu hafði haldist á bilinu 50–75 kg/s þar til hún fór yfir 130 kg/s árið 2011. Einnig gefur mynd 21 gott yfirlit um vinnslutímabil einstakra holna.

Mynd 22 sýnir orkuinnihald vökvna úr einstökum holum sem notaðar eru til vinnslu í Bjarnarflagi miðað við uppgefinn heildarmassa og uppgefna heildarorku sem holurnar hafa skilað á hverju ári (úr gagnaskrá frá Trausta Haukssyni). Hóla B-4, sem var í vinnslu til ársins 2000, var stöðug í vermi með um 1000 kJ/kg nánast allan vinnslutím-ann. Hóla B-9 hefur verið í stöðugri vinnslu frá 2001 og lengstan þann tíma hefur orkuinnihaldið verið yfir 1100 kJ/kg en frá 2009–2011 hefur það lækkað um u.þ.b. 200 kJ/kg. Orkuinnihald vökvans úr holu BJ-11 var árið 1980 um 2400 kJ/kg en var komið niður í 1500 kJ/kg árið 2007 en skv. mynd 21 hefur hún ekki verið í vinnslu síðan þá. Fyrstu vinnsluárin lækkaði orkuinnihald vökvans úr holu BJ-12 úr 2400 kJ/kg árið 1981 niður í 1700 kJ/kg árið 1995 en frá 1995–2004 hækkaði það nokkuð jafnt aftur. Mælingarnar 2004 og 2005 sýna verulega hækkun vermis sem síðan lækkaði verulega aftur 2006. Hóla BJ-13 hefur verið í vinnslu síðan 2006 með árlegri vinnsluaukningu á sama tíma

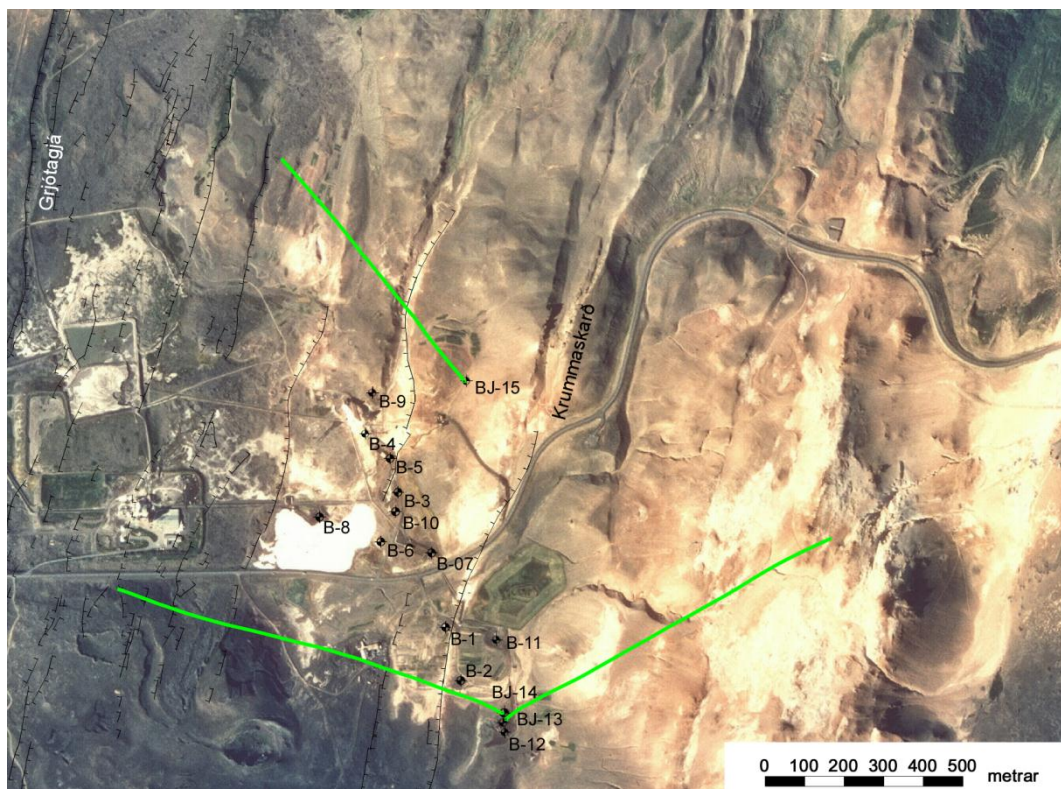
og vermi vökvans úr holunni hefur lækkað nokkuð jafnt úr 2300 kJ/kg árið 2006 niður í 1800 kJ/kg árið 2011. Hin mikla vinnsluaukning í Bjarnarflagi milli áráanna 2010 og 2011 er til komin vegna þess að hola BJ-14 fór í blástur í janúar 2011 og skilaði að jafnaði 70 kg/s út árið.



Mynd 21. Samantekt yfir vinnslu í Bjarnarflagi 1977–2011 sýnir mikla aukningu árið 2011 (úr gagnaskrá frá Trausta Haukssyni).



Mynd 22. Orkuinnihald vökva úr holum í Bjarnarflagi sem hafa verið í vinnslu 1997–2011 (úr gagnaskrá frá Trausta Haukssyni).



Mynd 23. Yfirlit um holustaðsetningar, skáholuferla og kennileiti í Bjarnarflagi.

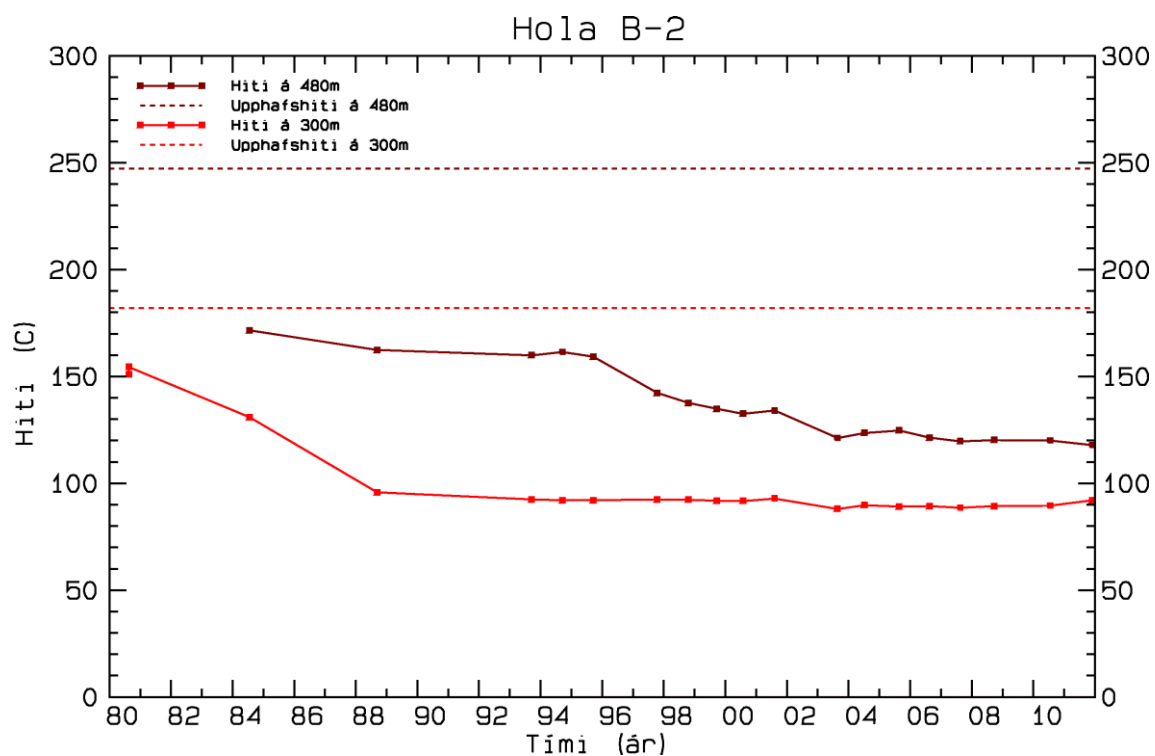
4.1 Hóla B-2

Hóla B-2 í Bjarnarflagi var boruð árið 1963. Hún er um 500 m djúp með fóðringu niður á tæplega 210 m dýpi og er staðsett 10–20 m austan megin við Krummaskarðs-misgengið (mynd 23). Holan var aflítil og var vinnsla úr henni hætt árið 1969. Eftir umbrotin 1977 hefur verið fylgst með hita og þrýstingi í holunni nokkuð reglulega en hún stendur þrýstingslaus með vatnsborð á um 64 m dýpi.

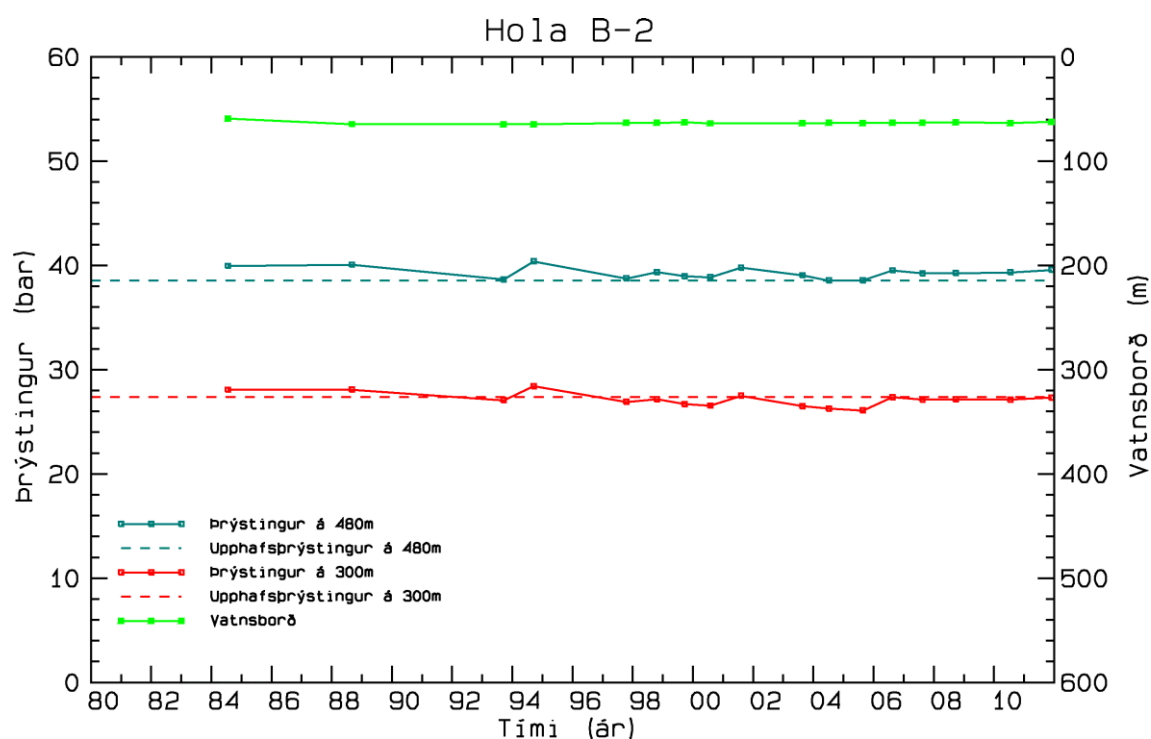
Mynd 24 sýnir mældan hita í holu B-2 á 350 og 480 m dýpi frá 1980–2011 þar sem fram kemur greinileg kæling miðað við áætlaðan berghitaferil holunnar. Á 350 m dýpi verður um 90°C kæling frá 1979–1988 en eftir 1989 hefur hitinn á 350 m dýpi haldist stöðugur. Kælingin á 480 m dýpi náði yfir mun lengri tíma en frá 2003 hefur hitinn lítið breyst en hitinn í 480 m er talinn endurspegla hitann á innstreymisvatninu sem kemur inn í holuna á 425 m dýpi og rennur út úr henni við botn.

Mynd 25 sýnir mældan þrýsting í holu B-2 á 350 og 480 m dýpi frá 1980–2011 þar sem fram kemur að þrýstiástandið hefur lítið breyst með tíma. Mynd 26 sýnir vatnsborð og þrýsting á 480 m dýpi ásamt heildarvinnslunni úr Bjarnarflagi. Stóraukin vinnsla árið 2011 hafði enn ekki haft áhrif á þrýstinginn í holunni undir lok þess sama árs.

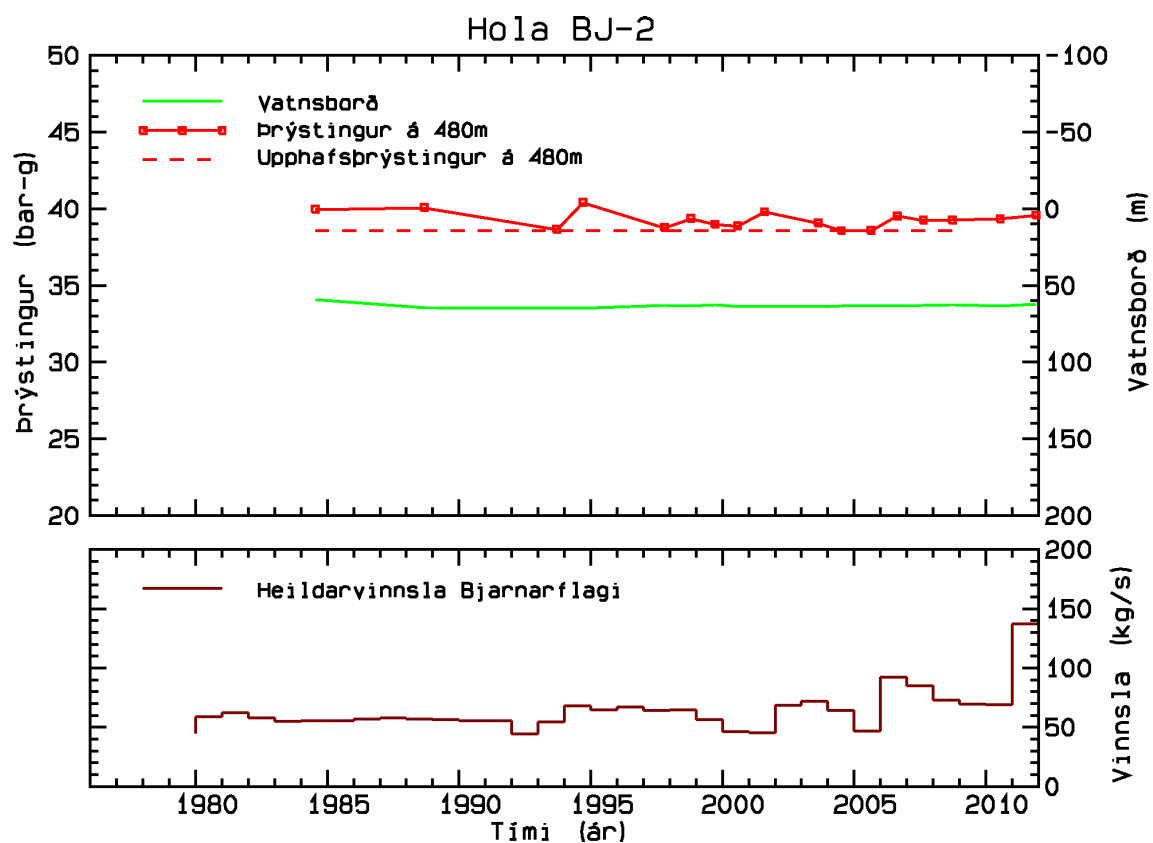
Myndir 27 og 28 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi.



Mynd 24. HOLA B-2. Mældur hiti á 350 og 480 m dýpi ásamt tilvarandi upphafshita í jarðhita-kerfinu þar sem holað stendur.

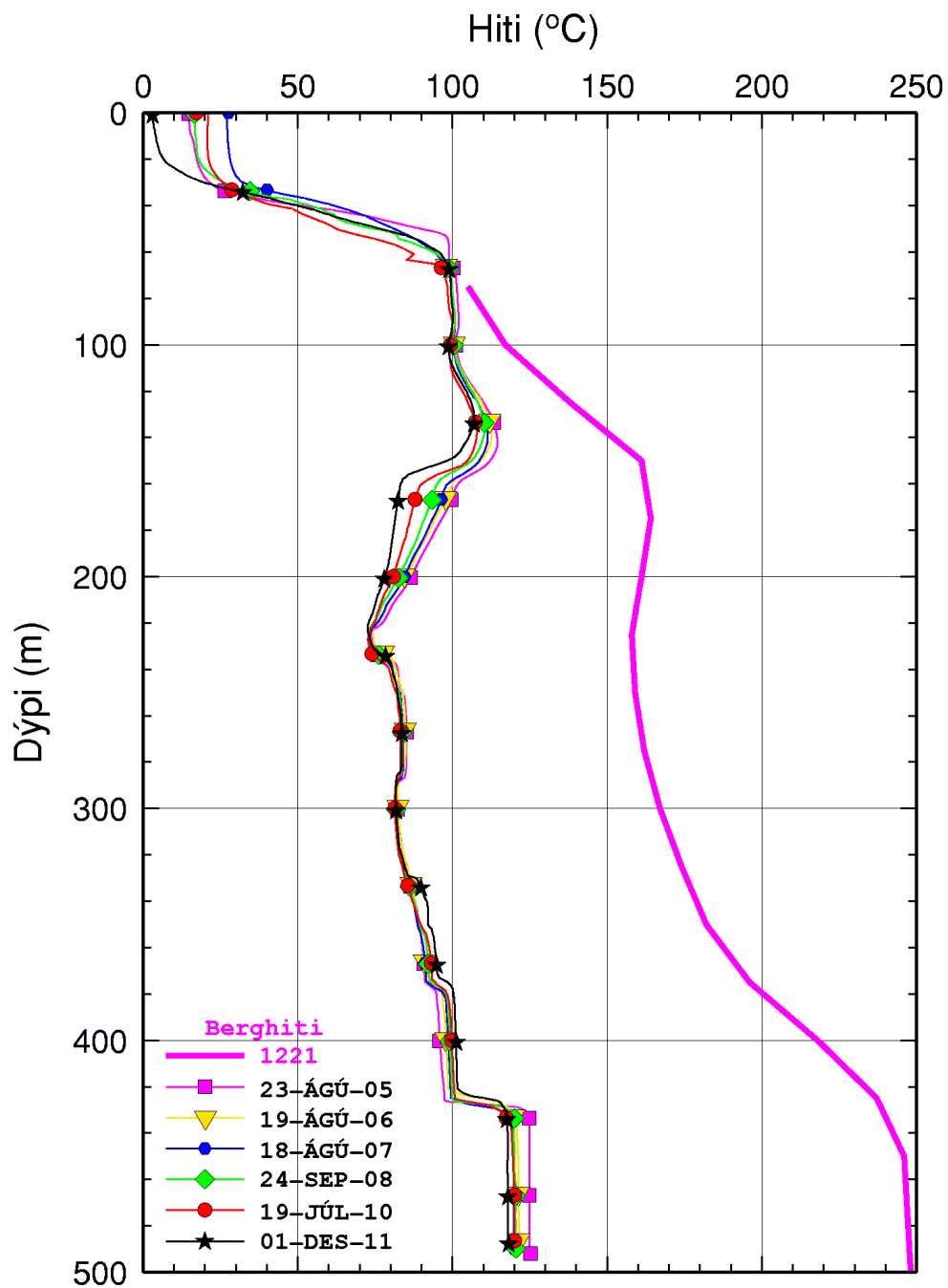


Mynd 25. Bjarnarflag. Mældur þrýstingur á 350 og 480 m dýpi í holu B-2 ásamt tilsvareandi upphafsþrýstingi og mældu vatnsborði.



Mynd 26. Bjarnarflag. Mældur þrýstingur á 480 m dýpi í holu B-2 ásamt tilsvareandi upphafsprýstingi og mældu vatnsborði auk heildarvinnslunnar í Bjarnarflagi. Stóraukin vinnsla árið 2011 hafði enn ekki haft áhrif á þrýstinginn í holunni í árslok 2011.

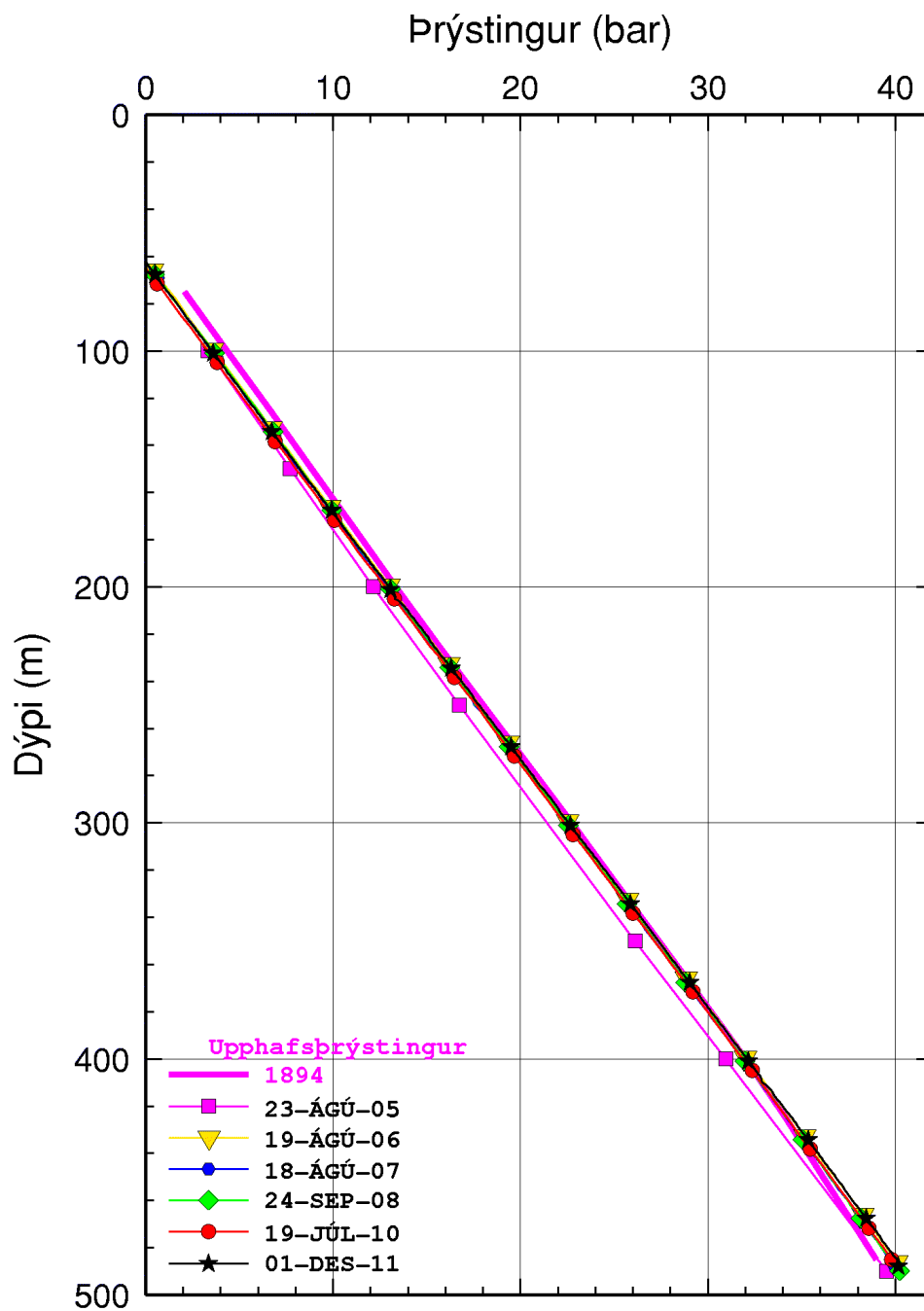
Námafjall B-02
Bjarnarflag
Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 27. Bjarnarflag. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berghitaferli.

Námafjall B-02
Bjarnarflag
Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 28. Bjarnarflag. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum upphafs-
þrýstingi.

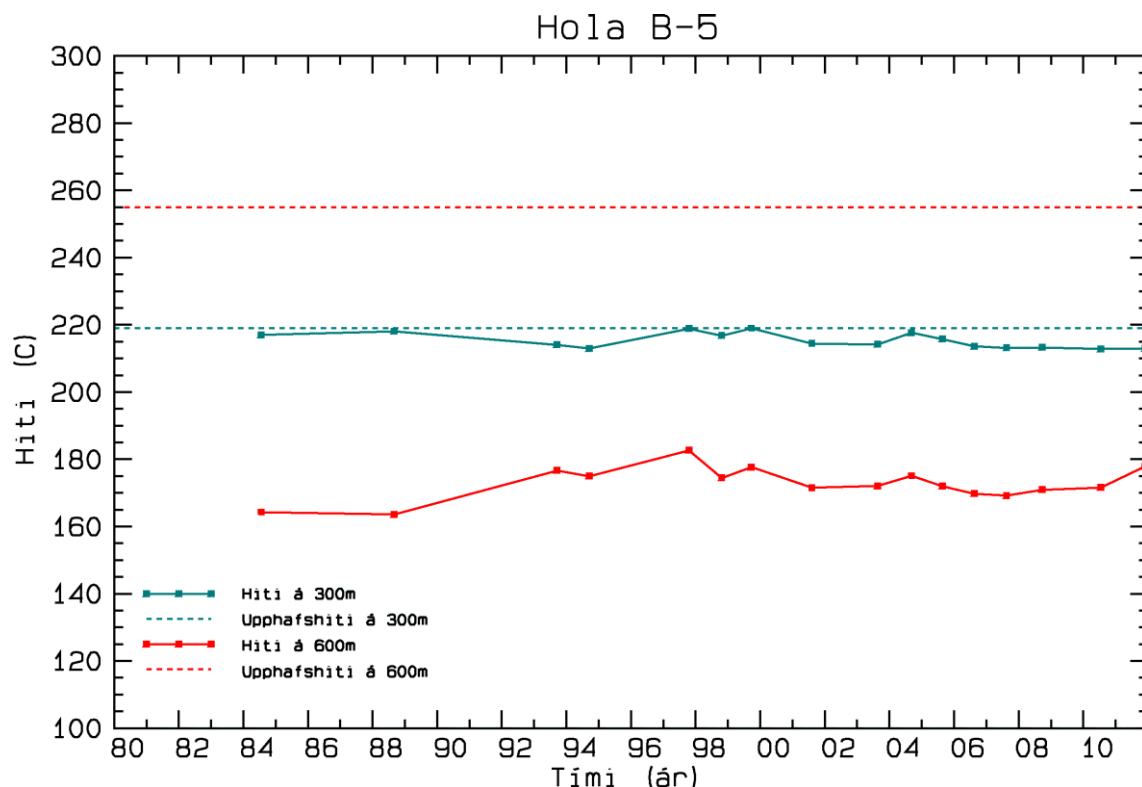
4.2 Hola B-5

Hola B-5 í Bjarnarflagi var boruð veturinn 1968–1969 í 638 m dýpi. Fóðring nær niður á 478 m dýpi en eftir borun mældist hola 615 m djúp. Holan fór fljótlega í notkun en hún var aflítil og notkun hennar var hætt árið 1976 og hefur hún frá 1984 nýst sem reglubundin eftirlitshola.

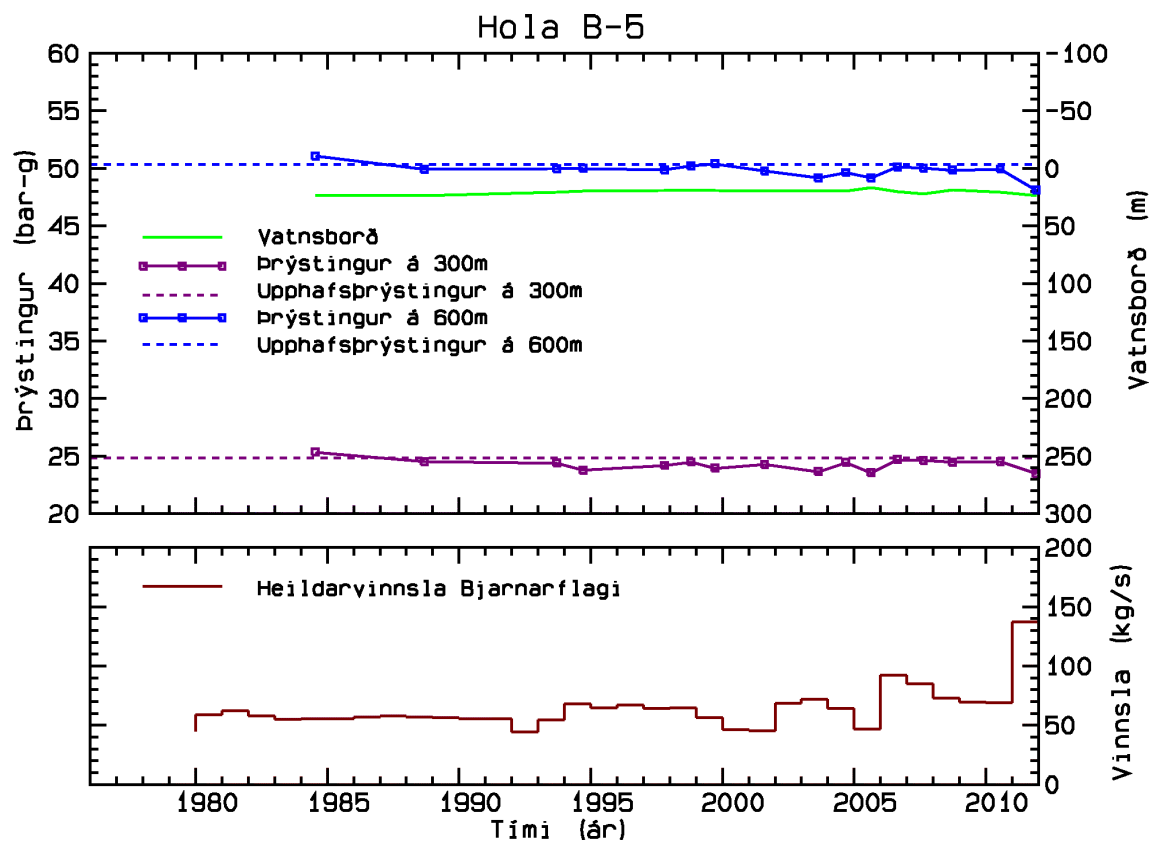
Mynd 29 sýnir mældan hita á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 frá 1984–2010, ásamt áætluðum berghita á sama dýpi. Á 300 m dýpi hefur hitinn lítið breyst í holunni en á 600 m dýpi hefur kælingin verið mikil, 170–180°C miðað við berghitamatið.

Mynd 30 sýnir mælt vatnsborð í holu B-5 og mældan þrýsting á 300 og 600 m dýpi frá 1984 ásamt áætluðum upphafsþrýstingi á sama dýpi. Þótt kerfisþrýstingurinn hafi sveiflast lítillega verður í heildina ekki sagt að hann víki mikið frá upphafsástandi. Árið 2005 leit út fyrir að lækking kerfisþrýstings væri hafin miðað við tímabilið 1997–2005 (Arnar Hjartarson, 2006) en sú breyting var að fullu gengin til baka árið 2010. Stóraukin vinnsla úr svæðinu á árinu 2011 kemur fram sem lækkanði þrýstingur í árslok 2011 (mynd 30).

Myndir 31 og 32 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sex ára í holu B-5 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi.

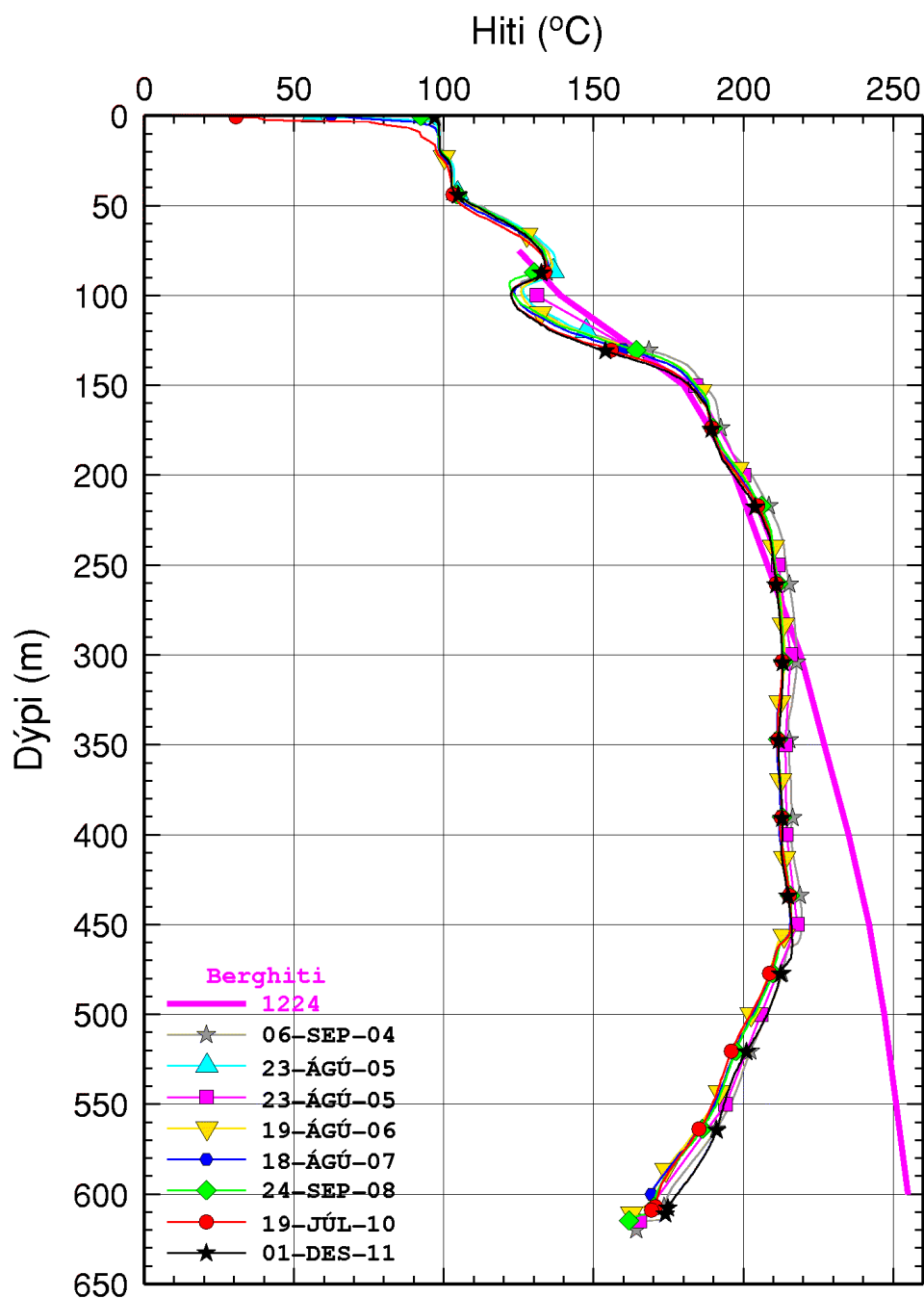


Mynd 29. Bjarnarflag. Mældur hiti á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 ásamt tilsvareandi berghita.



Mynd 30. Bjarnarflag. Mældur prýstingur á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 ásamt tilsvareandi upphafsprýstingi, mældu vatnsborði og vinnslusögu frá 1980–2011. Stóraukin vinnsla árið 2011 hafði haft greinileg áhrif á prýstinginn í holunni undir lok þess sama árs.

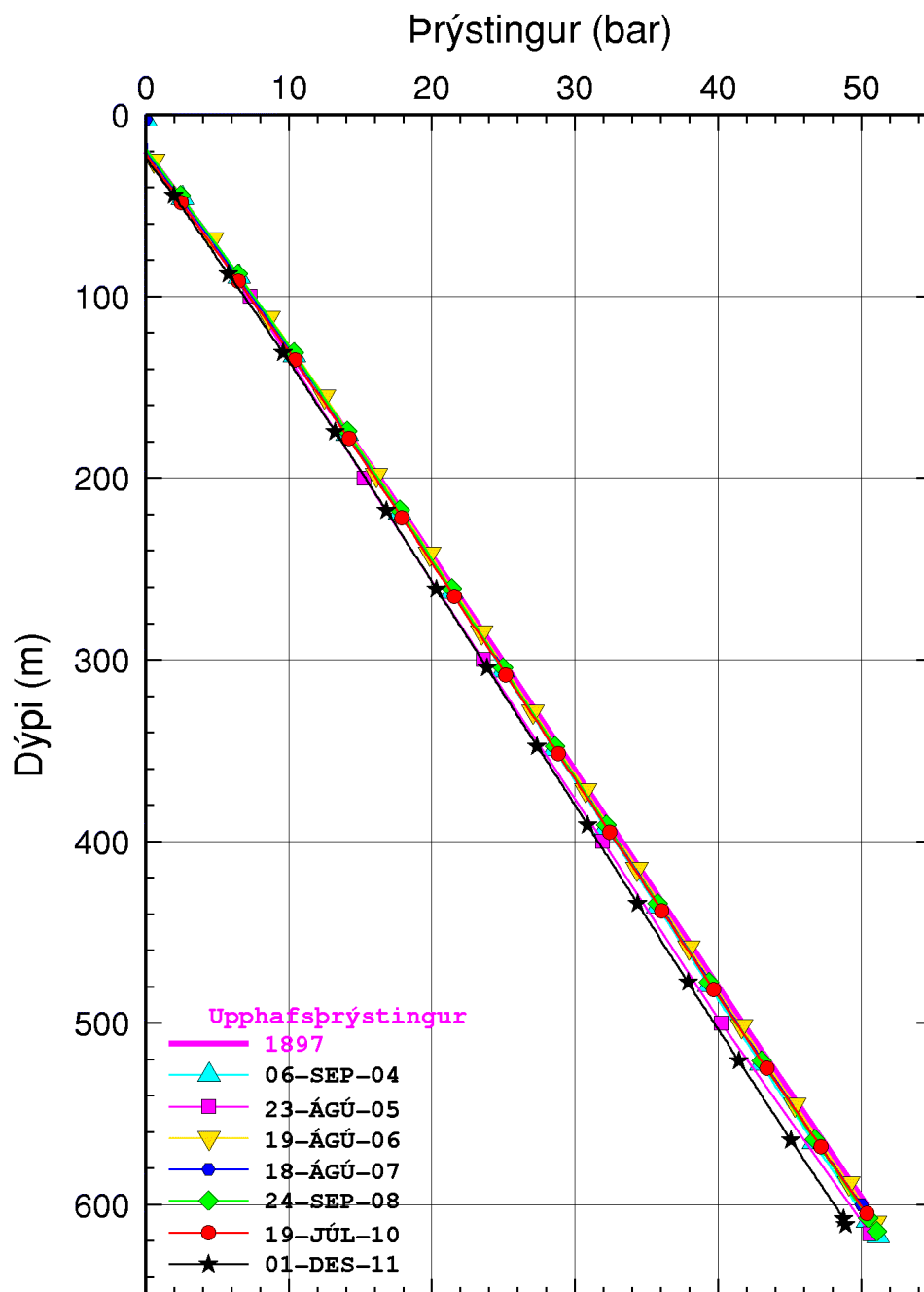
Námafjall B-05 Bjarnarflag Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 31. Bjarnarflag. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum upphafs-
þrýstingi.

Námafjall B-05 Bjarnarflag Suður-Píngeyjarsýsla



©Sigvaldi Thordarson

Mynd 32. Bjarnarflag. Þrýstimælingar síðustu sex ára í holu B-5 ásamt metnum upphafsþrýstingi.

5 Samantekt

Helstu niðurstöður af mælingaefirlitinu í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2011 ásamt samanburði við eldri mælingar eru eftirfarandi:

- Í holu KJ-6 helst vatnshitinn í 1000 m í stað en vatnskólnunin í 1200 m var nokkuð jöfn frá 2002 fram til 2010. Hitinn í 1200 m haustið 2011 er sá sami og 2010.
- Þrýstilækkun í KJ-6 gengur vel til baka við minnkaða vinnslu úr efra kerfi Leirbotna og holan sýnir einnig greinilegar árstíðabundnar sveiflur í vatnsborði sem helst í hendur við vinnsluna úr efra kerfinu.
- Nokkur niðurdráttur varð í holu KG-10 við stækkun Kröfluvirkjunar en síðan hefur þrýstingur nokkurn veginn staðið í stað frá 1998. Frá stækkun virkjunarinnar hefur kólnunin á 800 m dýpi verið 0,4°C/ár.
- Frá 2006 hefur ekki orðið breyting á kerfisþrýstingi, hvorki á 1000 né 2000 m dýpi við KJ-18 í Suðurhlíðum Kröflu og hefur þrýstilækkunin sem varð vart á árunum 2002–2005 gengið til baka án þess að það hafi verið útskýrt.
- Árið 2011 mældist í KJ-18 hitnun á 1000 m dýpi milli ára í stað smávægilegrar hitalækkunar 2006–2010. Á sama hátt mældist kæling á 2000 m dýpi og við botn (2180 m) árið 2011 á móti jafnri lítilsháttar hitahækkun 2006–2010.
- Hefðbundnar eftirlitsmælingar voru ekki gerðar í holu KJ-21 á árinu 2011 en hins vegar voru gerðar í henni tilraunir með blossaörvun í júní 2011.
- Vinnsla úr djúpborunarholunni IDDP-1 á árunum 2009–2011 hefur ekki haft áhrif á hitann í holu KG-25. Óvíst er hvort sú vinnsla hefur orsakað 2 m niðurdrátt í holu KG-25 því ekki er vitað með vissu hvort holan skynjar þrýstinginn í kerfinu.
- Kólnunin sem mælist neðan 1000 m í holu KJ-6 og á 800 m dýpi í KG-10 helst í hendur við lækkað orkuinnihald jarðhitavökvans sem unninn er úr neðra kerfi Leirbotna.
- Hitasaga holu B-2 í Bjarnarflagi er vel þekkt frá 1979 en unnið hefur verið úr svæðinu frá 1967. Fram til ársins 1989 er hitalækkunin á 350 m dýpi jöfn á sama tíma og vinnslan úr svæðinu er stöðug en eftir það hefur hitinn á þessu dýpi ekki breyst þrátt fyrir sveiflur í vinnslu úr holum í Bjarnarflagi frá árinu 1992. Frá 1979–1989 lækkaði hitinn í 350 m um 60°C og er nú 85°C lægri en metinn upphafshiti á 350 m dýpi.
- Í heildina hefur upphafsþrýstingurinn á 350 m dýpi í B-2 ekki breyst þrátt fyrir samfellda vinnslu úr Bjarnarflagssvæðinu.
- Upphafsþrýstingurinn á 480 m dýpi í holu B-2 hefur lítið haggast í tímans rás og hitalækkun á þessu dýpi hefur ekki mælst eftir 2001.
- Kerfishitinn í 300 m í holu B-5 hefur lengstum lítið vikið frá upphafshita en í eftirlitsmælingum frá 2006–2011 liggur hann 5–6°C undir upphafshita.

- Þrýstingurinn á 600 m dýpi í holu B-5 hefur sveiflast lítið í gegnum tíðina og er ekki lítið svo á að hann hafi breyst frá upphafsástandi fyrr en 2011 að þrýstingur lækkar um 1,8 bar vegna aukinnar vinnslu úr holu BJ-14.
- Hitinn á 600 m dýpi í holu B-5 vísar mjög frá upphafshita en nýjasta endurmat á honum er frá 2005. Vinnslan í Bjarnarflagi hefur strax í upphafi valdið mikilli kælingu neðan til í holu B-5 með inndrætti kaldara vatns. Einnig er vert að hafa í huga að eldsumbrotin 1975–1984 gætu einnig átt sinn þátt í þessari miklu kælingu. Á árunum 1999–2010 gætti lítilla breytinga en 2011 gætir um 7°C hita-hækkunar milli ára.

6 Heimildir

- Arnar Hjartarson (2006) *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi frá 1996 til 2005*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2006/020, Landsvirkjun, LV-2006/077, 52 bls.
- Ásgrímur Guðmundsson (1996). *Endurvinnsla holu KG-25 í Kröflu í október 1996*. Orkustofnun, greinargerð, ÁsG-96/02, 12 bls.
- Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Guðjón Guðmundsson, Halldór Ármannsson, Hilmar Sigvaldason, Jón Benjamínsson og Sigurður Benediktsson (1984). *Krafla, hola KJ-21. Viðgerð vorið 1984*. Orkustofnun OS-84070/JHD-29 B. 45 bls.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson (1995). *Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1994*. Orkustofnun, OS-95024/JHD-17, 62 bls.
- Grímur Björnsson, Benedikt Steingrímsson og Ásgrímur Guðmundsson (1990). *Krafla - Hóla KG-25. Upphitun og upphafsástand*. Orkustofnun OS-90052, 17 bls.
- Þorsteinn Egilsson, Halldór Ingólfsson og Sveinbjörn Sveinbjörnsson (2010). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2010*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/039, Landsvirkjun, LV-2010/104, 37 bls.
- Þorsteinn Egilsson (2010). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árin 2006–2009*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/029, Landsvirkjun, LV-2010/078, 51 bls.
- Þórður Arason, Grímur Björnsson, Guðni Axelsson, Jón Örn Bjarnason og Páll Helgason (2004). *ICEBOX – Geothermal Reservoir Engineering Software for Windows. A user's manual*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2004/014, 80 bls.

Viðauki: Aðkoma ÍSOR að blossaörvun í holu KJ-21



Minnisblað
3. júní 2011

Aðkoma ÍSOR að „blossaörvun“ í holu KJ-21 í Kröflu þann 1. júní 2011.

Markmið verkefnisins var, í samstarfi við Sprengjusveit Landhelgisgæslu Íslands (LHG) að örva holu KJ-21 með „blossaörvun“ (e. Deflagration).

Aðgerðaáætlun og ákvarðanatataka var í höndum Ásgríms Guðmundssonar (LV) og Sveinbjörns Hólmeirssonar (LV).

Kæfing holunnar [KJ-21] hófst um kl. 07:00 að morgni 1. júní, með 5 l/s dælingu sem átti að duga til að halda holunni niðri og kæla. Miðað var við að kælt yrði til hádegis og aðgerðir gætu hafist strax upp úr hádegis.

Vegna verklagsreglna LV var gerð krafa um fund um öryggis- og umhverfismál með fulltrúum þeirra verktaka sem komu að aðgerðunum, þann fund sátu Pétur Yngvason [LV] Sveinbjörn Hólmeirsson [LV], Sigurður Ásgrímsson [LHG], Ásgeir R. Guðjónsson [LHG] og Friðgeir Pétursson [ÍSOR]. Farið var yfir öryggiskröfur og áhættumat gert fyrir verkefnið. *Undirritaður minntist lauslega á að til að gæta fyllsta öryggis ætti að gera kröfu um mælirör fyrir blossahylkið og pakkdós að kapli. Var ekki skjalfest.*

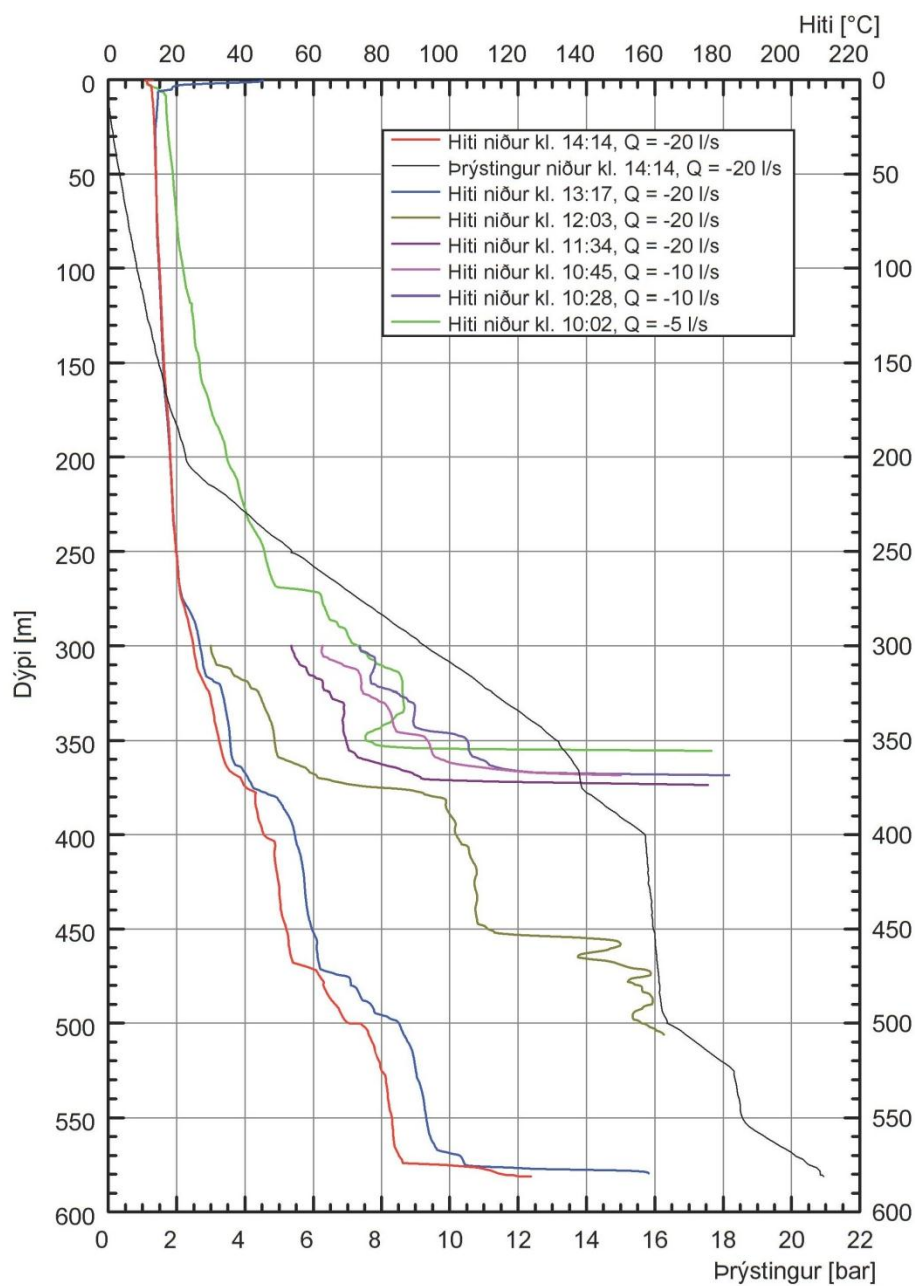
Eftir morgunkaffi var ákveðið að renna hitamæli í holuna til að meta áhrif kælingarinnar.

Tafla 1 er úrklippa úr mælisvuntu sem skráð var jafn óðum á staðnum, frá fyrstu mælingu að fyrstu örvunarferð. Mynd 1 sýnir allar mælingar fram að fyrstu örvun sem gerð var í 580 m.

Tafla 1

Hvað mælt	Mæli- stefna	Mælir nr.	Klukkan		Mældýpi (m)	Q l/s	Athugasemdir
			Frá	Til			
Hiti + CCL	N	TG-T5	10:02	10:18	2-355	-5	150°C náð í 355m, híft í 300 og beðið eftir aukinni dælingu
Hiti + CCL	N	TG-T5	10:28	10:31	300-368	-10	Dæling aukin í 10 l/s, 150°C náð í 368
Hiti + CCL	N	TG-T5	10:45	10:47	300-368	-10	Sama dæling og áður, engin breyting.
Hiti + CCL	N	TG-T5	11:34	11:37	300-372	-20	Auka dæling, rennsli metið ca. 20l/s
Hiti + CCL	N	TG-T5	12:03	12:11	300-505	-20	Holan heldur kólnað, en hitaþolmörkum náð í 505m. Ákveðið láta holu standa með dælingu á yfir hádegismat.
Hiti + CCL	N	TG-T5	13:17	13:34	0-580	-20	Mælt eins langt niður og hiti leyfir, hitaþolmörkum náð í 580m.
hiti + þrýst	N	G5035	14:14	14:32	0-580	-20	Mælt til að sjá vatnsborð. Dýpisstopp í 250.8, 500.1m. ástand holu óbreytt frá fyrri mælingum, ca. 20 l/s renna á holuna.

Krafla Hóla KJ-21



Mynd 1

Eftir fyrstu þrjár mælingarnar varð ljóst að 10 l/s nægðu ekki til að kæla æðina í ~360 m. Var þá brugðið á það ráð að sækja slökkviliðsdælu sem dældi ca. 10 l/s til viðbótar. Fjórða mælingin sýndi þá aukna kælingu niður undir 370 m, en enn of heit. Híft var upp í 300 m og beðið þar í um hálf tíma.

Fimmta mælingin sýndi svo að kælingin hafði náð umtalsvert neðar, en farið var heldur nærri uppgefnum hitaþolmörkum kapalhauss, en mælirinn sjálfur var þó aldrei í hættu.

Sjötta mælingin var tekin rúmlega klukkutíma síðar og sýndi þá loksins eina af aðalæðum holunnar í um 580 m. Í framhaldi af því var ákveðið að K10 mæla holuna til að fá staðsetningu á vatnsborði í holunni. Leiddi sú mæling í ljós nokkra loft/gufutappa, en ákveðið var engu að síður að drífa í fyrstu örvun.

Fyrsta hleðsla fór niður um kl. 15:26 og kveikt var í henni á 581.5 m dýpi, kl. 15:52. Hylkið kom upp kl. 16:04, augljóslega tomt.

Tafla 2 sýnir svo hitamælingar sem teknar voru eftir fyrstu örvunarhleðslu og mynd 2 sýnir mælingarnar fyrir og eftir örvun til samanburðar.

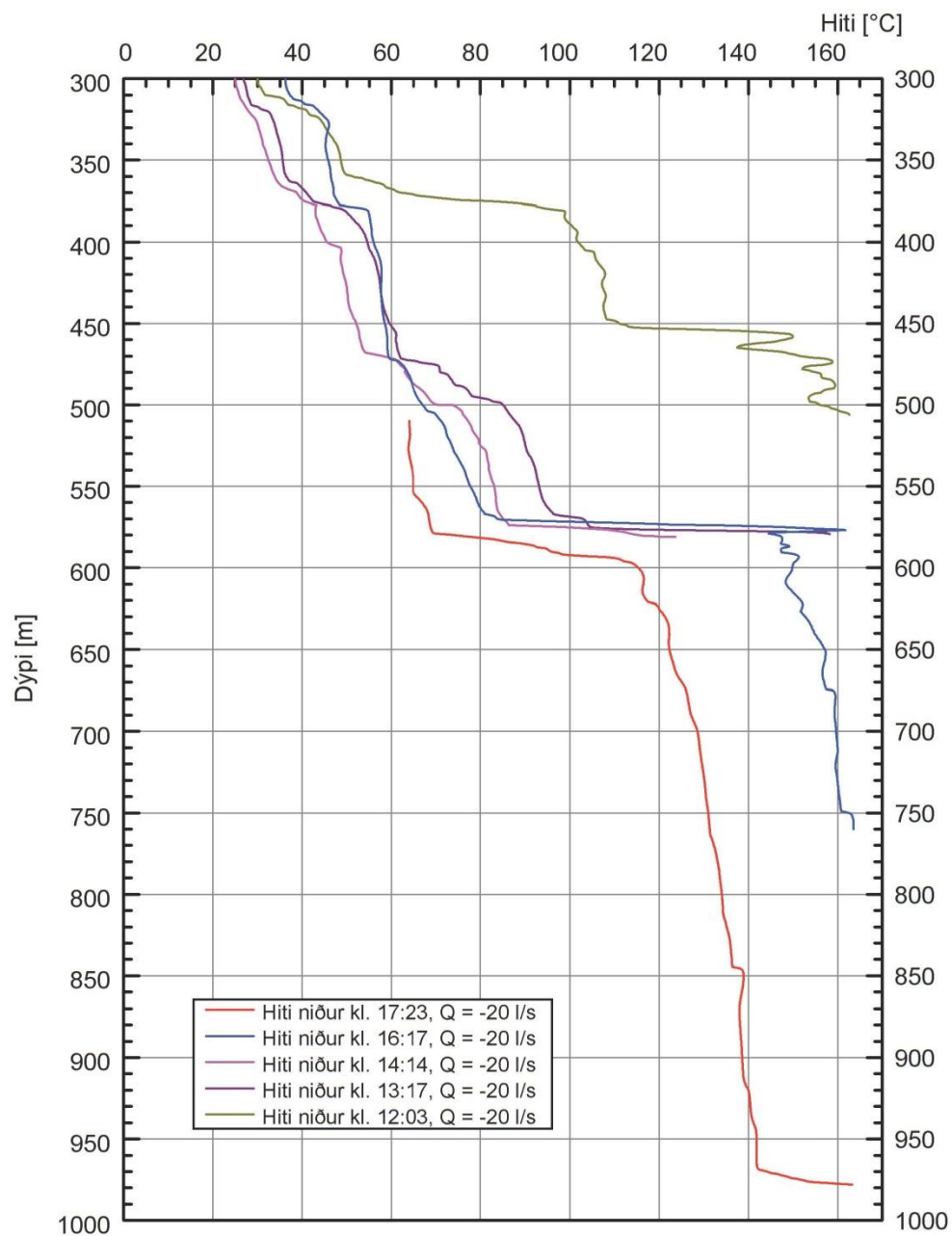
Tafla 2

Hvað mælt	Mæli- stefna	Mælir nr.	Klukkan		Mælidýpi (m)	Q l/s	Athugasemdir
			Frá	Til			
Hiti + CCL	N	TG-T5	16:17	16:40	10-760	-20	Hiti kominn upp fyrir þolmörk kapalhauss í 760m.
Hiti + CCL	N	TG-T5	17:23	17:32	510-978	-20	Þyngdargraf mjög óeðlilegt, líkleg orsök loftmettað vatn.

Áttunda hitamælingin var framkvæmd í beinu framhaldi af fyrsta skoti. Einhver áhrif virðist bruninn hafa haft, sem og lengri tími með 20 l/s dælingu. Hitamælir náði niður á 760 m. Híft var upp í 510 m og beðið þar í tæp þrjú korter.

Níunda mælingin var svo tekin og náðist niður undir neðstu æð. Samkvæmt CCL-mælingu endaði mælingin í 978 m og var mælir enn á hreyfingu og því ekki enn snert botn. Togmæling á mælikapli staðfestir það sömuleiðis, en togið var mjög óreglulegt alla leið niður, en CCL- og togmælingu má sjá saman á mynd 3.

Krafla Hóla KJ-21



Mynd 2

Eftir þetta var ákveðið að drepa á slökkviliðsdælu og hafa aðeins 10 l/s dælingu á holunni. Þá var ákveðið að senda niður næstu hleðslu og fór hún niður kl. 17:59. Slakað var nokkuð hratt niður. Kveikt var í henni á 926 m dýpi, kl. 18:13. Öll ummerki á yfirborði bentu til þess að kveikihleðslan hafi sprungið og hvellhetta mældist yfir 1000 Ohm. Tog á kapli á uppleið var mikið á reiki, erfitt var að meta út frá því hvort hylkið væri tómmt eða ekki. Við niðursetningu stóð togið í um 192 kg við yfirborð, en á 100 m dýpi á uppleið flökti togið á bilinu 160-220 kg. Híft var nokkuð hratt upp og hylkið var komið á 12 m dýpi kl. 18:24:00.

LV, LHG og menn frá PPS (Precise Propellant Stimulation) voru við holutoppinn og kúluhúsið til að taka á móti hylkinu. Einn maður (frá PPS) stóð ofan á holutoppnum með höfuðið upp úr kúluhúsinu til að stýra hylkinu upp og út fyrir kúluhúsið, þegar vatn byrjar að vella upp úr holutoppnum. Þegar menn sjá í hvað stefndi þustu menn hver í sína átt og holan kastaði af sér miklu magni af lofti, vatni og grófkornaðri mól sem dundi m.a. á mælingabílnum sem stóð í a.m.k. 15 m fjarlægð frá holutoppnum. Aftur úr mælingabílnum var ógerlegt að greina toppinn á vatnssúlunni sem stóð beint upp úr kúluhúsinu. Samkvæmt dýpisskráningu í mælingabíl var spilið stöðvað þegar neðri endi hylkisins var í 10.1 m dýpi, klukkan 18:24:13.

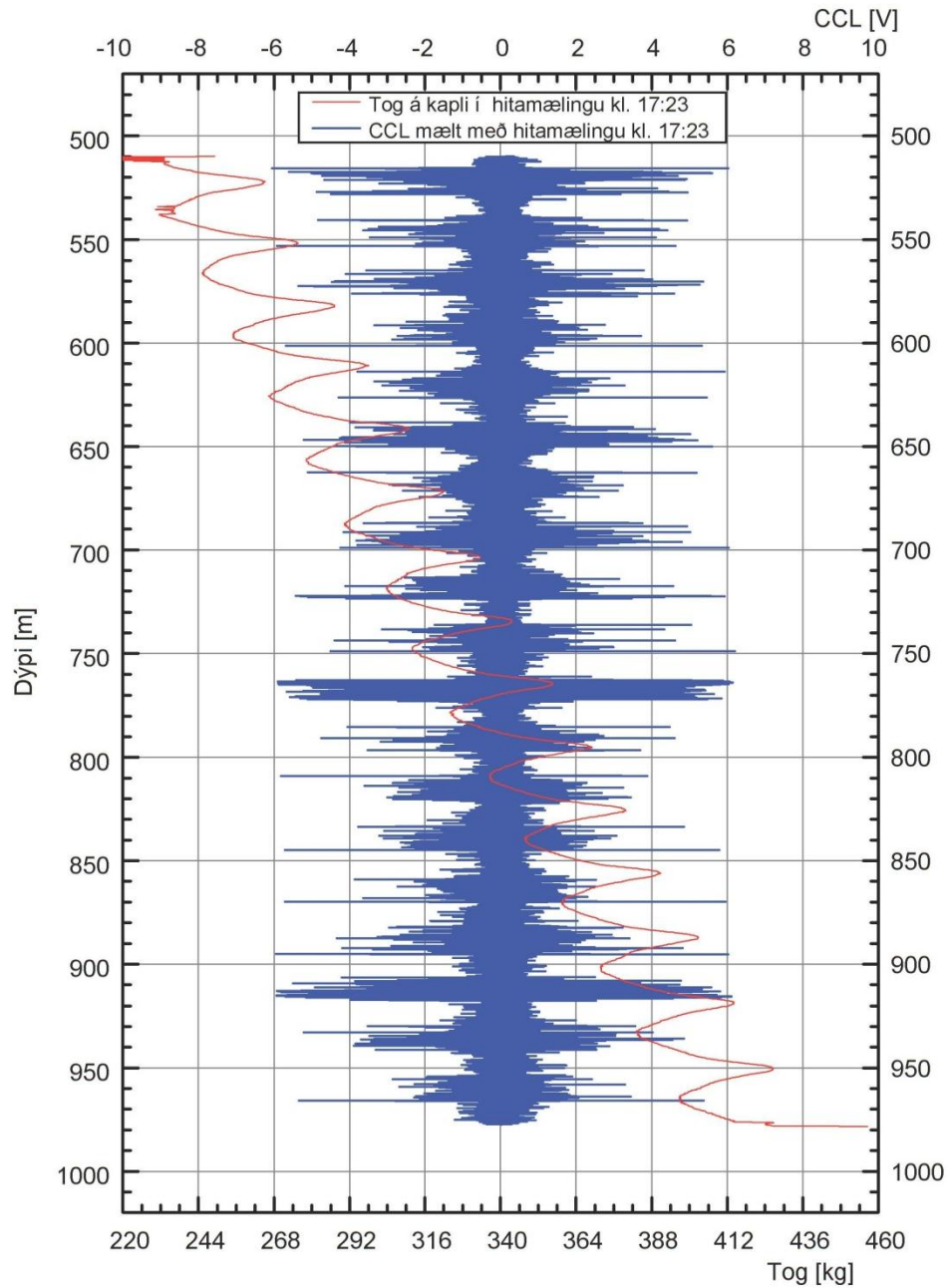
Holan skaut því hylkinu af 10 m dýpi og endaði það á hvolfi ofan í kúluhúsinu, sem er af eldri gerð úr trefjaplasi. Í hamaganginum tók hylkið með sér kapalinn og reif blökkina úr lyftaranum en þar sem kapallinn lá í gegnum blökkina, endaði hún á milli kúluhúss og lyftara og skemmdi kapalinn lítillega.

Kapalhausinn skemmdist einnig, en skoða þarf hausinn betur, sem og annan endabúnað sem festur var við hylkið. Klíptir voru um 15m af kaplinum og nýr kapalhaus settur á.

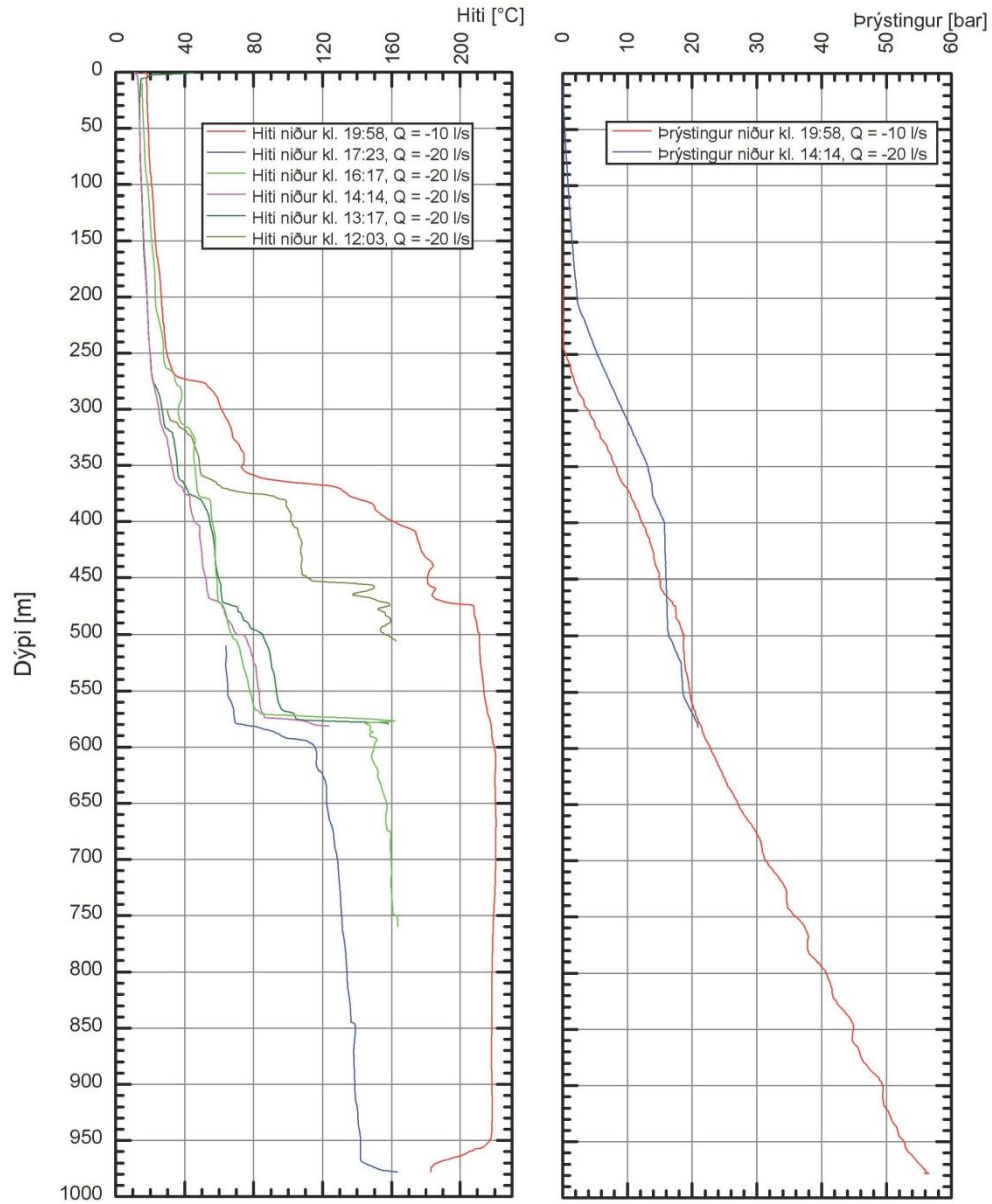
Á meðan nýr kapalhaus var settur á var holan hita- og þrýstimæld með K10 mæli á öðrum mælingabíl með mælivír. Samkvæmt þeirri mælingu var botn holunnar á 980 m dýpi. Þá mælingu annaðist Halldór Ö. Stefánsson [ÍSÖR]. Mælinguna má sjá á mynd 4, sem og samanburð við fyrri mælingar. Eftir þá mælingu var aðgerðum sjálfhætt, enda holan augljóslega komin upp undir suðuferil og ekki stætt að eiga við hana nema með frekari kælingu.

*Friðgeir Pétursson
Selfossi*

Krafla Hóla KJ-21



Mynd 3



Mynd 4



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

