



Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2017

Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2017



ÍSOR-2017/084

Verknr. 17-0148

Desember 2017

Lykilsíða



Skýrsla LV nr.: LV-2017-118

Dags: Desember 2017

Fjöldi síðna: 41

Upplag: 5

Dreifing:

- ☒ Birt á vef LV
☒ Opin
☐ Takmörkuð til

Titill: Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2017.

Höfundar/fyrirtæki: Þorsteinn Egilson, Hörður H. Tryggvason, Halldór Ingólfsson og Halldór Ö. Stefánsson

Verkefnisstjóri: Ásgrímur Guðmundsson f.h. LV Magnús Ólafsson f.h. ÍSOR

Unnið fyrir: Unnið af Íslenskum orkurannsóknnum fyrir Landsvirkjun

Samvinnuaðilar:

Útdráttur: Eftirlitsmælingar árið 2017 á jarðhitasvæðum Landsvirkjunar í Kröflu og Bjarnarflagi voru gerðar 13. og 16. ágúst. Í holu KG-10 lækkaði hiti í 800 m um 0,1°C frá 2016 til 2017. Kerfisbundin kæling í holu KG-10 (0,47°C/ár) hefur verið síðan 1976. Þrýstingur í 800 m lækkaði um 0,2 bar milli ára í holu KG-10 og er nú um 2,6 bar undir upphafsþrýstingi. Hóla KJ-18 hefur ekki enn jafnað sig að fullu eftir ádælinguna 2015 og eru eftirlitsmælingar ársins því ekki fullkomlega samanburðarhæfar við fyrri mælingar. Hóla KJ-11 í Leirbotnum var mæld fimmta árið í röð. Hiti í 1350 m hækkaði um 4,8°C milli ára en ekki varð breyting á þrýstingi. Hóla KJ-21 við Hvíthóla var eftirlitsmæld í fyrsta sinn síðan 2010. Jafnaðarbreyting í henni er 0,8°C/ár hitalækkun á 929 m dýpi en 1,3 bar/ár þrýstihækkun á sama dýpi. Miklar breytingar eru milli ára í hita og þrýstingi í holu B-2 í Bjarnarflagi, líklegast vegna niðurdælingar í LUD-12 við Jarðböðin. Litlar breytingar urðu hins vegar í holu B-5. Þrýstingur er mjög svipaður upphafsþrýstingi en hiti vel undir berghita.

Lykilorð:

Krafla, Bjarnarflag, jarðhitakerfi, borholur, eftirlitsmælingar, hitamælingar, þrýstimælingar, vatnsborð, niðurdráttur, niðurdæling, kólnun, KG-10, KJ-11, KJ-18, KJ-21, KG-26, LUD-12, B58010, B58011, B58018, B58021, B58026, B-2, B-5, BJ-11, B58302, B58305, B58522.

ISBN nr.:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

Undirskrift verkefnisstjóra

Yfirfarið

Benedikt Steingrímsson, Magnús Ólafsson

Efnisyfirlit

1	Inngangur	7
2	Dagbók mælingamanna.....	7
3	Eftirlitsmælingar í Kröflu.....	9
3.1	Hola KG-10.....	12
3.2	Hola KJ-11	16
3.3	Hola KJ-18	20
3.4	Hola KJ-21	25
4	Eftirlitsmælingar í Bjarnarflagi	29
4.1	Hola B-2	29
4.2	Hola B-5	35
5	Helstu niðurstöður	39
6	Heimildir	41

Töflur

Tafla 1.	Yfirlit um hita- og þrýstimælingar í Kröflu- og Bjarnarflagsholum 2009–2017.....	10
----------	--	----

Myndir

Mynd 1.	Yfirlit um holustaðsetningu og holuferla stefnuboraðra holna í Kröflu.....	11
Mynd 2.	Saga hita á 800 m dýpi í holu KG-10 þar sem kerfisbundinnar kælingar gætir	13
Mynd 3.	Þrýstingur í 800 m og vatnsborð í KG-10 ásamt vinnslusögu Leirbotna til ársins 2017.	13
Mynd 4.	Hitamælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum berghitaferli.....	14
Mynd 5.	Þrýstimælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum upphafsþrýstingi 2010.	15
Mynd 6.	Hin stutta saga hita á 1350 m dýpi í holu KJ-11	17
Mynd 7.	Hin stutta saga þrýstings á 1350 m dýpi í holu KJ-11	17
Mynd 8.	Valdar hitamælingar úr holu KJ-11 í Kröflu ásamt metnum berghita	18
Mynd 9.	Nokkrar þrýstimælingar úr holu KJ-11 í Kröflu ásamt metnum upphafsþrýstingi.....	19
Mynd 10.	Saga hita á 1000, 2000 og 2180 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-18 hefur verið notuð sem eftirlitshola.	21
Mynd 11.	Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 og 2000 m dýpi í holu KJ-18 ásamt vinnslu- og niðurdælingarsögu Suðurhlíða fram til 2017.	21
Mynd 12.	Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 m dýpi í holu KJ-18 ásamt vinnslusögu Suðurhlíða fram til ársins 2017	22
Mynd 13.	Hitamælingar síðustu átta ára í holu KJ-18 ásamt metnum berghitaferli.	23
Mynd 14.	Þrýstimælingar síðustu átta ára í holu KJ-18 ásamt metnum upphafsþrýstingi.....	24
Mynd 15.	Saga hita á 929 m dýpi úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 frá 1982.....	26
Mynd 16.	Saga þrýstings á 929 m dýpi í holu KJ-21 úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 frá 1982 ásamt vinnslusögu Hvíthóla fram til ársins 2017	26

Mynd 17. <i>Hitamælingar úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 síðan 2003 ásamt metnum berghitaferli</i>	27
Mynd 18. <i>Þrýstimælingar úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 síðan 2003 ásamt metnum upphafsþrýstingi</i>	28
Mynd 19. <i>Yfirlitsmynd um staðsetningu og ferla stefnuboraðra holna í Bjarnarflagi.</i>	29
Mynd 20. <i>Mældur hiti á 350 og 480 m dýpi í holu B-2 ásamt metnum berghita</i>	31
Mynd 21. <i>Mældur þrýstingur á 480 m dýpi í holu B-2 ásamt metnum upphafsþrýstingi og mældu vatnsborði</i>	31
Mynd 22. <i>Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berghitaferli</i>	32
Mynd 23. <i>Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum upphafsþrýstingi</i>	33
Mynd 24. <i>Hitamælingar 2008–2017 í holu BJ-11</i>	34
Mynd 25. <i>Mældur hiti á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 ásamt metnum berghita</i>	36
Mynd 26. <i>Mældur þrýstingur á 600 m dýpi í holu B-5 ásamt metnum upphafsþrýstingi, mældu vatnsborði og vinnslusögunni í Bjarnarflagi út árið 2016</i>	36
Mynd 27. <i>Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum berghitaferli</i>	37
Mynd 28. <i>Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum upphafsþrýstingi</i>	38

1 Inngangur

Eftirlitsmælingar á hita- og þrýstibreytingum vegna gufuvinnslu úr jarðhitasvæðunum í Kröflu og Bjarnarflagi voru gerðar 13. og 16. ágúst 2017. Helstu holur sem hafa verið notaðar undanfarna áratugi til að fylgjast með hita og þrýstingi í vinnslusvæðunum í Kröflu eru KJ-6, KG-10, KJ-18 og KJ-21, en einstakar aðrar holur hafa verið nýttar óreglulega í eftirlitinu. Þá hefur hola KJ-11 verið mæld árlega síðan 2013. Venjulega eru eftirlitsmælingarnar gerðar í skipulagðri mæliferð en þetta árið var nýttur laus tími hjá mælingamönnum á vakt á Þeistareykjum til að fara í Kröflu og Bjarnarflag og mæla eftirlitsholurnar. Hola KJ-6, sem til marga ára var fastur punktur í vinnslueftirliti fyrir Kröflustöð, hefur verið tekin inn sem vinnsluhola fyrir lágþrýstiprep virkjunarinnar (Þorsteinn Egilson, 2017).

Hola KJ-11 hefur verið mæld síðan 2013 og er mælingin í ágúst 2017 sú fimmta í röðinni en hola verður í næstu framtíð notuð til eftirlitsmælinga. Hola KG-10 var að venju mæld 2017 sem hluti af hefðbundnum eftirlitsmælingum á jarðhitasvæði Landsvirkjunar í Kröflu og einnig var hola KJ-18 mæld. Hola KJ-21 var mæld að þessu sinni en hún er eftirlitshola fyrir jarðhitakerfið í Hvíthólum og er venjulega mæld í vinnsluhléum en síðasta eftirlitsmæling í henni var gerð árið 2010 (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015).

Helstu holur sem hafa verið notaðar undanfarna áratugi í Bjarnarflagi til eftirlits með hita og þrýstingi eru holur B-2 og B-5 og voru þær báðar mældar í ágúst 2017. Einnig var hola BJ-11 mæld til að kanna hvort hitabreytingar sem fram komu í hitamælingu í holu B-2 kæmu fram í holu BJ-11.

Hluti af þeim upplýsingum sem birtar eru í vinnslueftirlitsskýrslum ÍSOR fyrir Kröflu og Bjarnarflag er ársvinnsla einstakra vinnslusvæða (Trausti Hauksson, 2017) og koma þær jafnan fram með upplýsingum um vatnsborð og þrýsting í eftirlitsholunum.

Greint er frá framkvæmd mælinganna hér á eftir í kafla 2 eins og henni er lýst í dagbók mælingamanna.

Niðurstöður eftirlitsmælinganna 2017 eru hér birtar í langri röð mælinga sem gerðar hafa verið í eftirlitsholunum síðustu áratuginu en yfirlit mælinga í hinum hefðbundnu eftirlitsholum í Kröflu og Bjarnarflagi síðustu átta ár er sýnt í töflu 1.

2 Dagbók mælingamanna

13. ágúst 2017

Sunnudagsmorguninn 13. ágúst héldu mælingamenn sem voru á vakt á Þeistareykjum vegna borunar holu ÞG-18 áleiðis í Kröflu til árlegra eftirlitsmælinga fyrir Landsvirkjun. Byrjað var á að ganga frá verkleyfi eftir að komið var í Kröflu en strax í framhaldinu var farið að holu KJ-18 og hiti og þrýstingur mældur í henni. Mæling gekk ljómandi vel, enda aðstæður góðar við holuna. Næst var farið að holu KG-10 og gekk mæling í henni einnig vel. Hola KJ-11 var næst í röðinni en þar er kúluhús yfir holutoppnum. Fyrir nokkrum árum var komið fyrir steypuklumpi við vestari hurðina á kúluhúsinu til að fá festu fyrir mælihjól til að taka mælivír út um hurðina. Þessi aðferð til að festa mælihjólið hefur þó aldrei verið neitt sérstaklega góð. Þegar mælingamenn komu á staðinn sást ekkert í steypuklumpinn og virðist hann hafa verið fjarlægður af planinu. Eftir smávegis fündur var mælihjólinu komið fyrir inni í kúluhúsinu til að koma vírnum út um hurðina. Við þetta nuddast mælivír í handfang lokans sem er á holutoppnum. Ljóst er að laga þarf aðstöðuna til að mæla holuna fyrir næstu mælingu. Best

væri að snúa lokanum á holutoppnum þannig að handfangið snúi í aðra átt en beint að hurðinni, eins og hann snýr núna. Þá væri auðvelt fyrir mælingamenn að festa mælihjól á réttum stað. Einnig þarf að stækka gatið í toppnum á kúluhúsinu. Festingu milli mælivírs og mælis hefur verið breytt og krefst það að gatið á húsinu sé að lágmarki 30 cm í þvermál. Vegna þess hve gatið var lítið í toppnum á húsinu var notast við „gömlu“ aðferðina við að festa mælivír við mæli, aðferð sem mælingamenn vilja eindregið hætta að nota. Að öðru leyti gekk mælingin vel en halda þurfti við mælihjólið nánast alla mælinguna.

Að lokum voru holur B-2 og B-5 í Bjarnarflagi mældar og gekk vel að mæla báðar holurnar. Þegar niðurstöður mælingar úr holu B-2 voru skoðaðar sást strax að holan var mun kaldari neðan 150 m dýpis en áður og botnhiti (488 m) var 92°C en hefur verið í kringum 114–120°C undanfarin ár. Ekki var hægt að sjá að nein bilun væri í mælinum og er til athugunar hvort kólnun geti stafað af niðurdælingu á volgu vatni í holu LUD-12 við Jarðböðin. Eftir að búið var að mæla héldu mælingamenn aftur á Þeistareyki til að sinna mælingavakt við holu ÞG-18.

16. ágúst 2017

Premur dögum seinna, miðvikudaginn 16. ágúst, fóru sömu mælingamenn og áður í Kröflu frá Þeistareykjum til að mæla holu KJ-21. Toppþrýstingur hennar var rúm 22 bar og þurfti því að nota mælirör á holutopp og var það híft með kranabíl frá Landsvirkjun. Mælingarnar gengu vel eins og mælingarnar 13. ágúst. Nauðsynlegt er að stækka gatið í toppnum á kúluhúsinu til að auðveldara sé að koma mæliröri niður í húsið. Þá var töluverður leki með spindlinum á 3" lokanum eftir að hann var opnaður, nokkuð sem þarf að laga. Engin einangrun er á holutoppnum og því aðstaðan ekki góð við hann. Nauðsynlegt er að lagfæra þetta fyrir næstu mælingu. Þegar búið var að ganga frá héldu mælingamenn aftur á Þeistareyki til að sinna mælingavaktinni þar.

Vegna kólnunar í holu B-2 var ákveðið að mæla til viðbótar næstu holur, BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi, til að kanna hvort kælingin næði yfir í þær holur.

20. ágúst 2017

Mælingamenn á vakt á Þeistareykjum fóru sunnudaginn 20. ágúst í Bjarnarflag til gera þessar mælingar. Byrjað var að mæla holu BJ-11 en hún hefur staðið lokað í nokkur ár og er þrýstingslaus á holutoppi. Mælingin gekk vel og er holan heldur kaldari núna frá yfirborði og niður á tæplega 150 m dýpi en í síðustu mælingum. Þegar búið var að mæla holuna fóru mælingamenn að holu BJ-12. Blástursrör er tengt frá holu B-13 yfir að holu B-12 og þaðan út í hljóðdeyfi. Starfsmaður Landsvirkjunar hafði farið á staðinn og átti að vera búinn að tryggja að lokað væri fyrir blásturinn að holu B-12 og að hún væri þrýstingslaus á holutoppi. Þegar búið var að opna 3" loka á holutoppi átti að koma K-10 mælinum í holutoppinn en hann stoppaði í 3" lokanum. Mælir var tekinn í burtu og skoðað ofan í lokann og sást þá að hann var fullur af drullu. Var þá þakkað með skrifjární ofan í lokann og eftir smá stund fór að blása kröftuglega upp um holutoppinn og drullan úr lokanum þeyttist út um allt. Ekki sáu mælingamenn neina leið til að loka fyrir blásturinn annan en að loka 3" lokanum og var það gert. Í samráði við Ásgrím Guðmundsson hjá Landsvirkjun var ákveðið að hætta frekari aðgerðum á holunni að sinni. Fór mælingamenn því aftur á Þeistareyki.

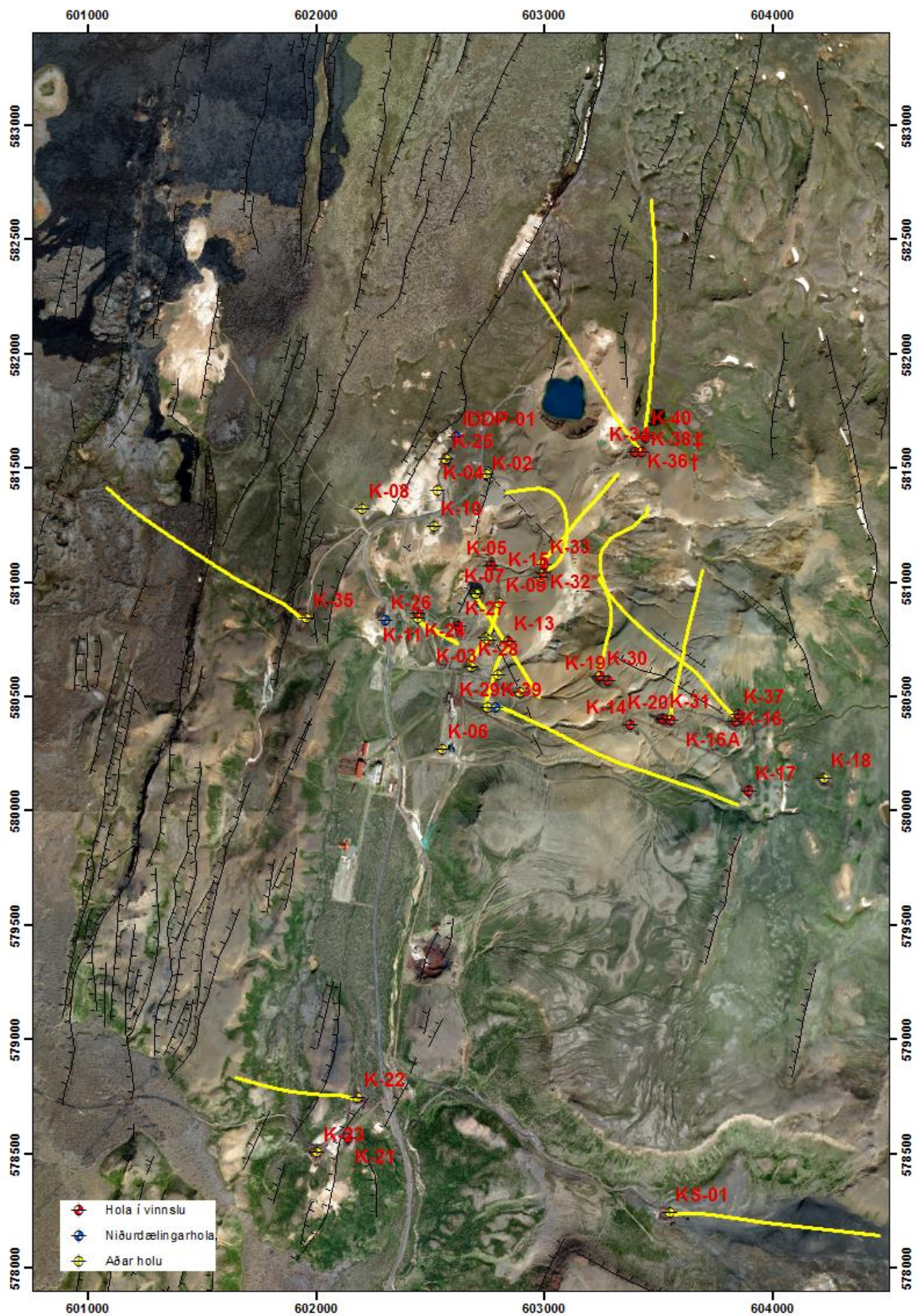
3 Eftirlitsmælingar í Kröflu

Í Kröflu voru reglubundnar hita- og þrýstimælingar gerðar sumarið 2017 í holum KG-10, KJ-11 og KJ-18 og hola KJ-21 á Hvíthólum var eftirlitsmæld í fyrsta skipti síðan 2010 en í milli-tíðinni hafa þó ýmsar gerðir mælinga farið fram í holunni, m.a. í tengslum við blossaörvun (Friðgeir Pétursson, 2011) og rennslismælingar í blæstri (Þorsteinn Egilson og Benedikt Steingrímsson, 2014).

Borholusvæðið í Kröflu og ferlar stefnuboraðra holna eru sýndir á mynd 1.

Tafla 1. Yfirlit um hita- og þrýstimælingar í Kröflu- og Bjarnarflagsholum 2009–2017.

Hola	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017	
	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi	Dags.	Dýpi
KJ-6	19/7	1200	11/8	1200	4/7	1200	-	-	-	-	25/6	1200	-	-	-	
KG-10	21/7	800	11/8	800	5/7	800	10/9	805	5/7	800	24/6	800	6/8	800	13/8	800
KJ-18	20/7	2200	14/8	2195	5/7	2197	11/9	2197	9/4	2197	25/6	2198	7/8	2197	13/8	2195
KJ-21	21/7	998	-	-	28/9	933	-	-	-	-	-	-	-	-	16/8	934
KJ-11							11/9	1400	6/7	1400	26/6	1400	6/8	1400	13/8	1400
KJ-17									8/7	1941	-	-	-	-	-	
KJ-35							10/9	0	-	-	-	-	-	-	-	
KV-1											24/6	2878	-	-	-	
B-2	19/7	488	1/12	490	3/7	488	10/9	485	6/7	488	24/6	488	2/7	488	13/8	488
B-5	19/7	611	1/12	611	3/7	611	11/9	600	6/7	611	24/6	612	2/7	612	13/8	611
BJ-11															20/8	1865
BJ-14							12/9	2398	-	-	-	-	-	-	-	



Mynd 1. Yfirlit um holustaðsetningu og holuferla stefnuboraðra holna í Kröflu.

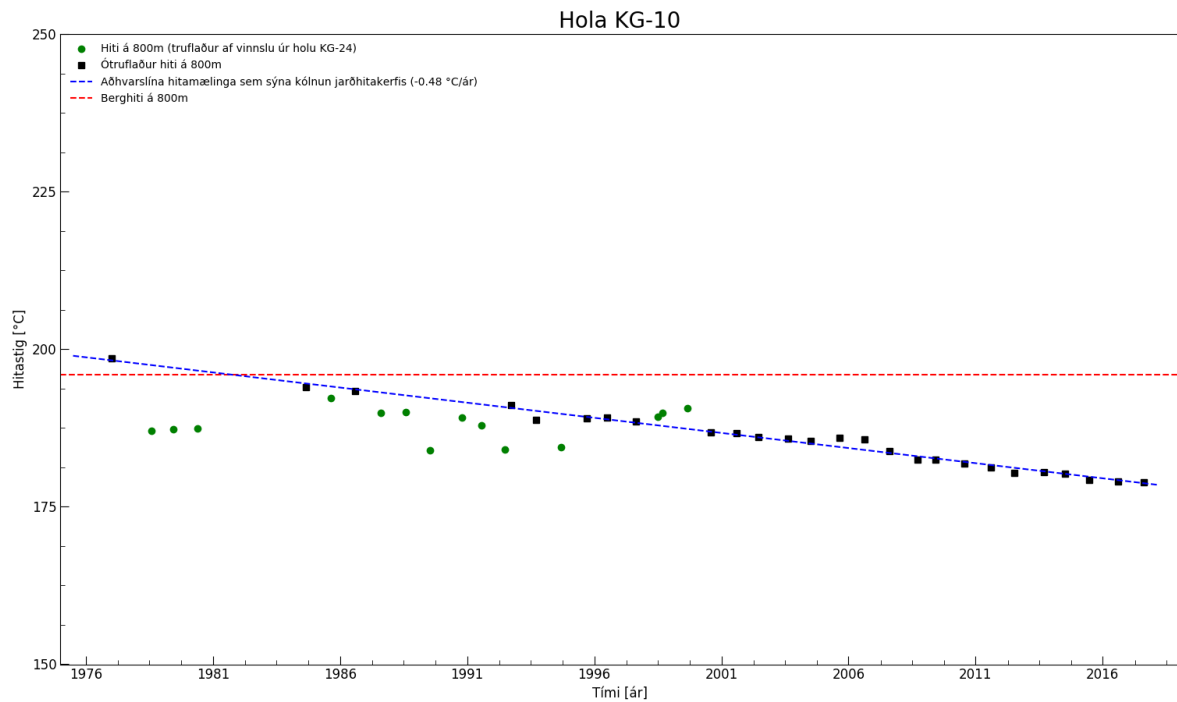
3.1 Hola KG-10

Hola KG-10 var boruð árið 1976 niður á 2082 m dýpi og er tengd bæði Efra- og Neðra-Leirbotnakerfinu (Valgarður Stefánsson o.fl., 1977). Holan reyndist aflmikil í byrjun en stíflaðist fljótlega vegna útfellinga. Við hreinsun holunnar árið 1977 kom í ljós að leiðarinn hafði fallið niður um 75 m, líklega vegna tæringar nálægt botni. Holan lóðast um 850 m djúp en þar eru festur og því er hún aðeins mæld niður á 800 m dýpi (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015).

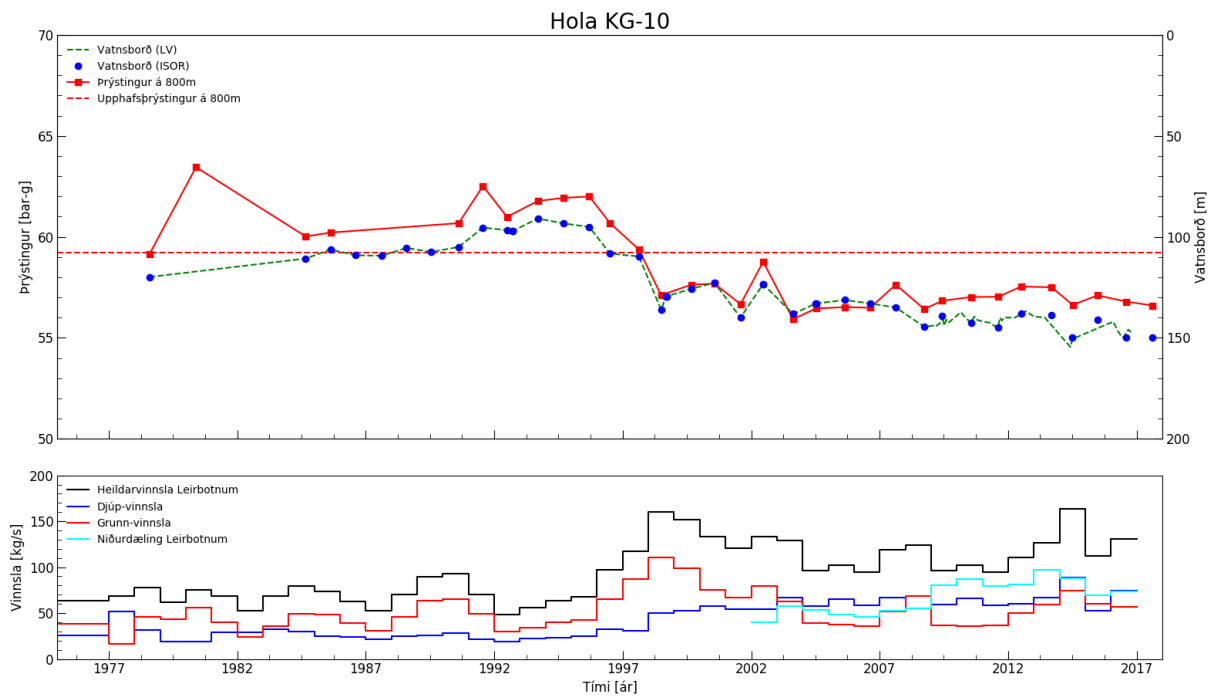
Eftirlitsmælingar ársins 2017 voru gerðar í holu KG-10 þann 13. ágúst. Mynd 2 sýnir mældan hita á 800 m dýpi í holunni frá 1976 til 2017. Fram til ársins 1999 var nokkurt flökt á mældum hita á þessu dýpi og er vinnsla úr holu KG-24 að hluta til talin ábyrg fyrir því (Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson, 1995) en sú hola vinnur úr Efra-Leirbotnakerfinu nærri holu KG-10. Frá árinu 2000 gætir þessa flökts óverulega og síðan þá er stöðug kólnun á 800 m dýpi greinileg. Að teknu tilliti til umrædds hitaflökts er talið að kólnunin hafi verið byrjuð þegar árið 1976 (Arnar Hjartarson, 2006; Þorsteinn Egilson o.fl., 2015). Meðalkólnunin, sem er mæld með hjálp aðhvarfslínu í gegnum valið safn mælinga frá 1977 (svartir kassar á mynd 2), er 0,48°C/ár. Hitamælingin í holunni sumarið 2017 fylgir þessari þróun. Hitinn á 800 m dýpi í holu KG-10 mældist 178,9°C 13. ágúst 2017, sem er 17,1°C lægri en áætlaður berghitinn á þessu sama dýpi. Hitinn í 800 m mældist 179,0°C miðsumars 2016 þannig að á milli ára er um 0,1°C lækkun að ræða sem er nokkru minna en meðaltalslækkunin segir til um. Berghitinn á 800 m dýpi var endurmetinn í ljósi kólnunarinnar sem orðið hefur síðan vinnsla úr Leirbotnakerfinu hófst (Þorsteinn Egilson, 2010) og er hann nú metinn 196°C í stað 186,5°C samkvæmt berghitamati frá 1990 (bhg 51; BS/GrB 5.4.1990). Nýi berghitinn er birtur á mynd 4 og tilsvareandi ferill fyrir upphafsþrýsting er sýndur á mynd 5.

Mynd 3 sýnir mældan þrýsting á 800 m dýpi í holu KG-10 frá 1978 til 2017 ásamt áætluðum upphafsþrýstingi og mældu vatnsborði á sama tímabili. Í eftirlitsmælingaferðum ÍSOR er vatnsborð holunnar mælt (bláir hringir á mynd 3) en auk þess hefur vatnsborðið verið mælt af starfsmönnum LV (brotadregin, græn lína á mynd 3). Myndin sýnir einnig árlega meðalvinnslu úr Leirbotnakerfinu til ársins 2017. Þrýstingur á 800 m dýpi var sumarið 2017 um 2,6 bar undir áætluðum upphafsþrýstingi og hefur lækkað um 0,2 bar milli áranna 2016 og 2017. Tímabundin þrýstilækkun sem kemur fram sumarið 2014 fellur saman við vinnslutopp og aukið niðurrennsli það ár. Frá 2013 má segja að um 0,2 bar/ár þrýstilækkun sé að ræða. Hola KG-10 skynjar trúlegast einvörðungu þrýsting í efra kerfinu en vinnslan úr því hefur einnig aukist, en, eins og áður þarf að hafa í huga að magnfrek, tímabundin vinnsla getur hæglega raskað vatnsborðinu svo um munar (Þorsteinn Egilson, 2017). Vatnsborð er mælt jafnaðarlega af starfsmönnum Landsvirkjunar í Kröflu en þó vantar inn í þá röð mælingar frá 2015. Miðað við tæknimöguleikana árið 2017 er vert að kanna möguleikann á að sískrá vatnsborðið í holu KG-10.

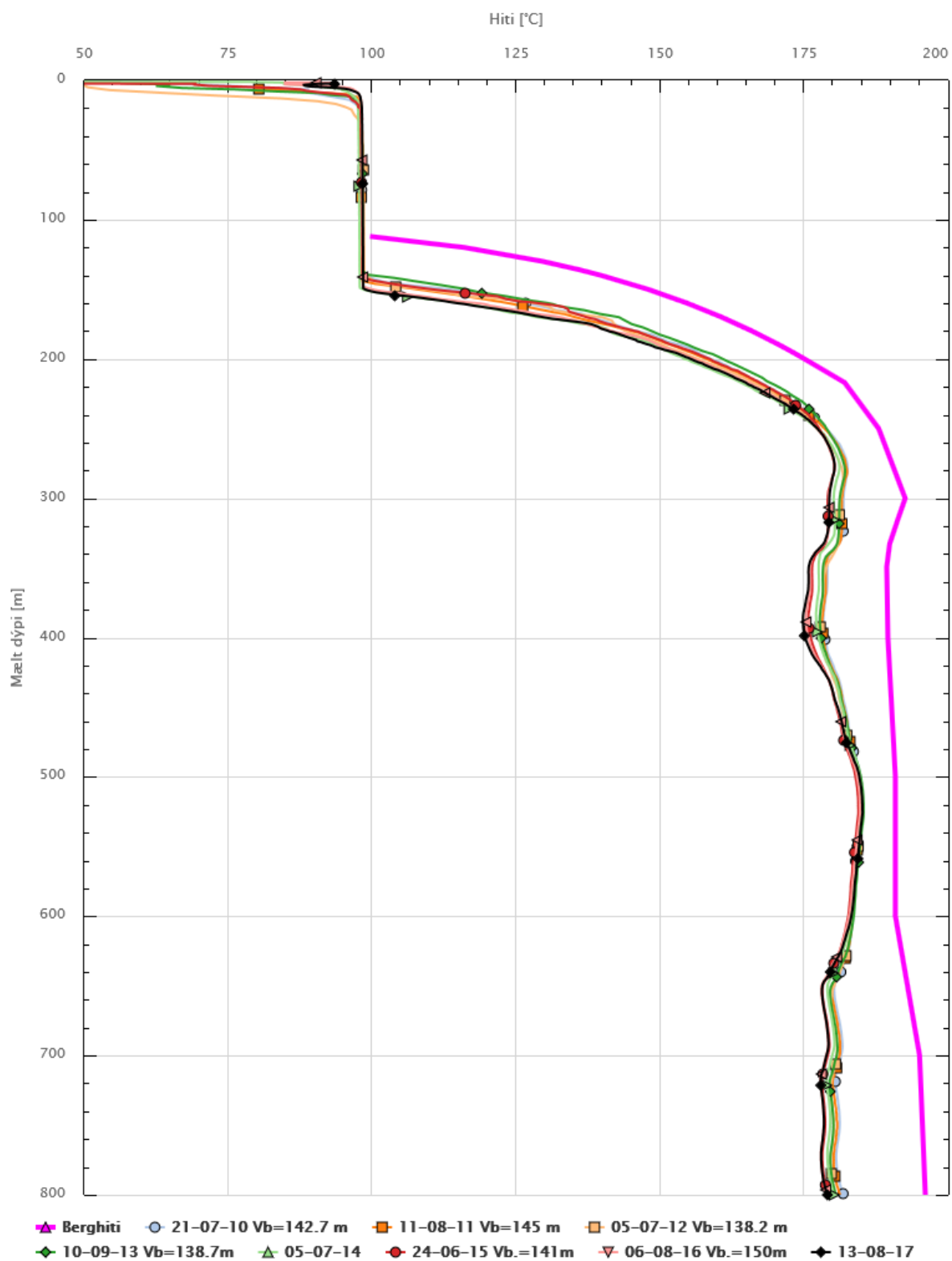
Myndir 4 og 5 sýna hita- og þrýstiferla síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi (Þorsteinn Egilson, 2010).



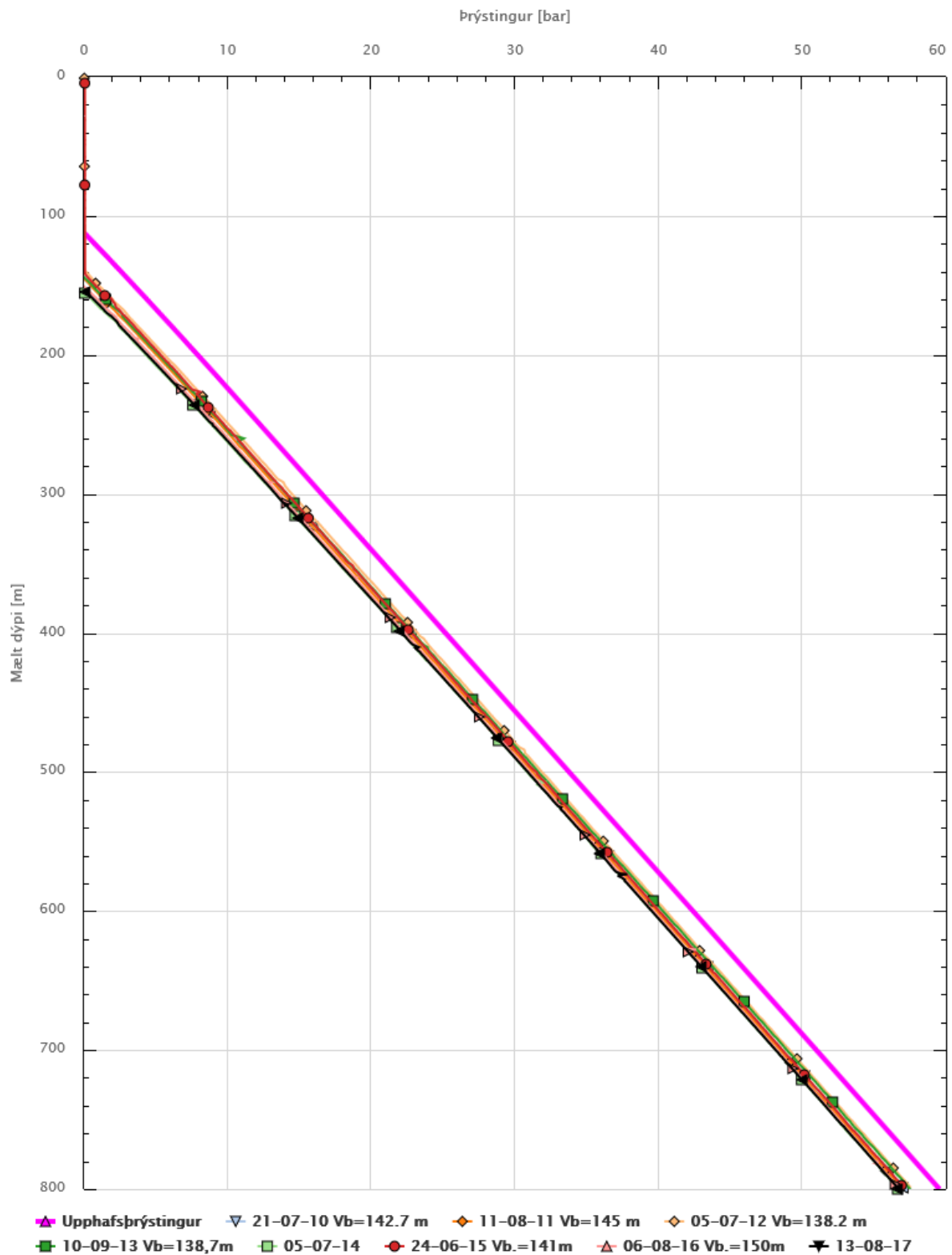
Mynd 2. Saga hita á 800 m dýpi í holu KG-10 þar sem kerfisbundinnar kælingar gætir. Grænmerktu mælipunktarnir eru undandregnir í mati á þessari kólnun vegna áhrifa frá vinnslu, fyrst úr holunni sjálfri og síðar vegna vinnslu úr holu KG-24.



Mynd 3. Þrýstingur á 800 m dýpi og vatnsborð í holu KG-10 ásamt vinnslusögu Leirbotna til ársins 2017.



Mynd 4. Hitamælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum berghitaferli sem síðast var endurskoðaður 2010 í ljósi túlkunar á kólnun í holunni frá því að vinnsla úr Leirbotnasvæðinu hófst.



Mynd 5. Prýstimælingar síðustu átta ára í holu KG-10 ásamt metnum upphafsprýstingi 2010.

3.2 Hola KJ-11

Hola KJ-11 var boruð haustið 1976 með vinnslufóðringu í 788 m og holudýpi 2217 m. Holan var boruð sem bein hola en síðar kom í ljós í gírómælingu að borinn hafði leitað til aust-suðausturs (sjá mynd 1). Skoltöp í vinnsluhluta voru nokkur en flest lítil og var 75% raufaður leiðari settur í vinnsluhluta holunnar (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1977). Haustið 1978 var leiðarinn skorinn í sundur á um 1290 m dýpi og tekinn upp og eftir það var holan fóðruð með 75% rörum á 770–1250 m dýpi og fóðringin steyppt. Holan var síðan hreinsuð í botn. Tilgangurinn með þessari aðgerð var að loka af æðar efra kerfisins. Holan hefur verið mæld árlega síðan 2013 en fram til þess höfðu mælingar í henni ekki verið tíðar, enda holan lengstum í vinnslu eða niðurdælingu (Þorsteinn Egilson, 2017; Þorsteinn Egilson o.fl., 2015). Eftirlitsmælingin 13. ágúst 2017 var gerð niður í 1400 m en við lóðun holunnar haustið 2012 reyndist vera fyrirstaða á 1428 m dýpi (Hörður Tryggvason og Halldór Ingólfsson, 2012).

Hola KJ-11 var vinnsluhola frá 1977 fram á sumar 2002 og gaf lengst af eftir endurfóðrun 1978 um 1,2–1,5 MW. Holan var notuð til niðurdælingar, fyrst frá marslokum árið 2003 til ágústloka 2005 og síðan aftur frá október 2009 til apríl 2010 (Þorsteinn Egilson, 2017). Síðan hefur holan staðið lokuð og þrýstingslaus á toppi.

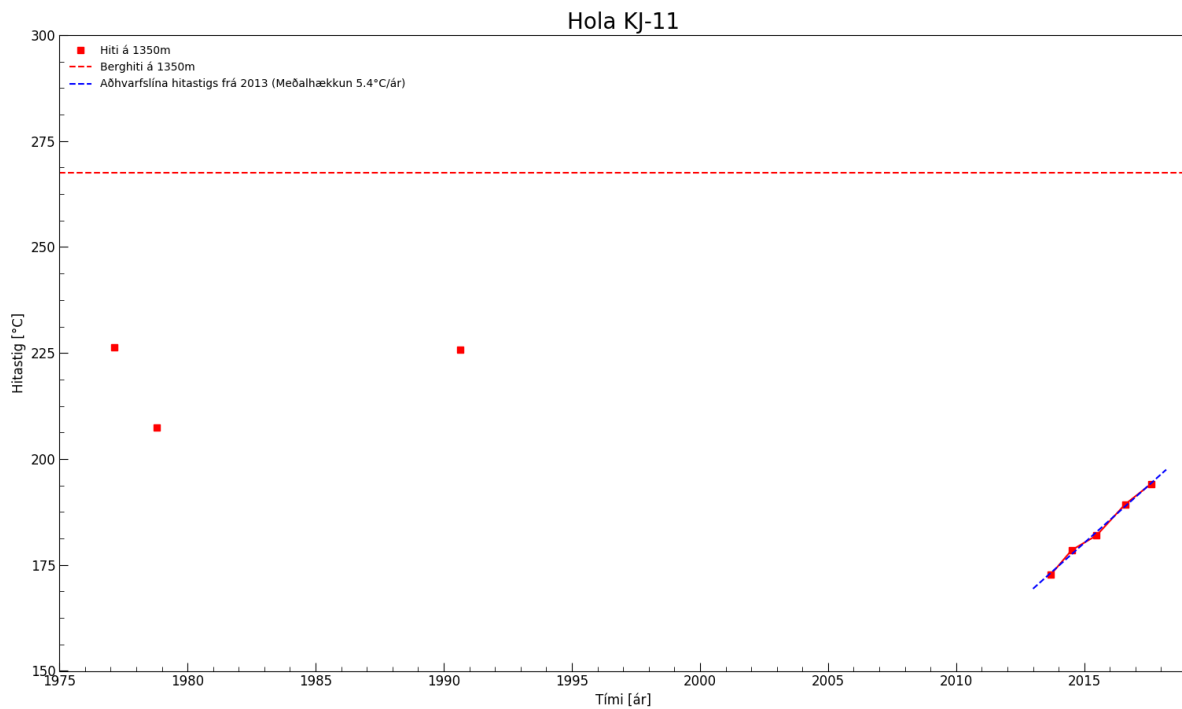
Myndir 6 og 7 sýna hita- og þrýstisögu holunnar á 1350 m dýpi. Aðeins er um fimm athugarnir að ræða síðan 2013 og segja þær enn sem komið er ekki mikla sögu. Í ágúst 2017 mældist hitinn á 1350 m dýpi 194,1°C, sem er um 73,5°C kaldara en áætlaður upphafshitinn þar (miðað við 1976), og í júlí 2016 mældist hitinn þarna 189,3°C. Frá árinu 2013 hefur hitinn á 1350 m dýpi að jafnaði hækkað um 5,4°C/ár (sjá mynd 6) og er nákvæmnisstuðullinn um 0,98.

Í ágúst 2017 mældist þrýstingur á 1350 m dýpi 99,7 bar sem er 4,4 bar lægri en metinn kerfisþrýstingur á þessu dýpi 1976. Á milli áranna 2016 og 2017 varð engin breyting á þrýstingi á 1350 m dýpi en hann hafði, á sama dýpi, hækkað um 2,2 bar frá 2015 til 2016. Fyrir framhald KJ-11 sem eftirlitsholu er mikilvægt að vatnsborð hennar verði mælt mánaðarlega í a.m.k. eitt ár.

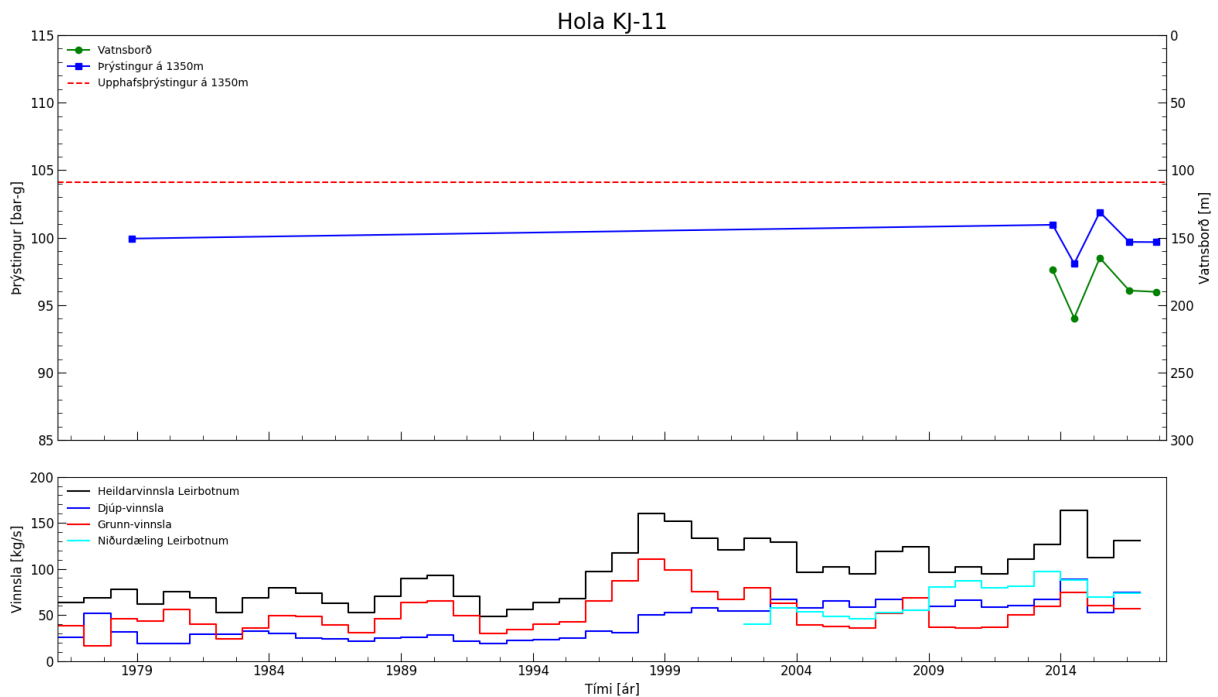
Mynd 8 sýnir þær hitamælingar úr holu KJ-11 sem gerðar hafa verið eftir að hún var tekin inn sem eftirlitshola. Að auki sýnir myndin hitamælingu frá 1990 og berghitaferil holunnar. Berghitaferillinn var gefinn út árið 1990 og byggist á hugmyndum um skiptingu jarðhitakerfisins í Leirbotnum í efra og neðra kerfi (Valgarður Stefánsson o.fl., 1977). Í eftirlitsmælingunum eftir 2013 kemur fram kæling í um 1320 m en við borun holunnar var lek æð staðsett á 1326 m dýpi (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1977). Þessi kæling kemur ekki fram í hitamælingu árið 1990 en á þeim tíma hafði niðurdæling í Kröflu ekki hafist.

Mynd 9 sýnir þær þrýstimælingar úr holu KJ-11 sem gerðar hafa verið eftir að hún var tekin inn sem eftirlitshola sem og upphafsþrýsting sem fylgir eiginleikum berghitaferilsins fyrir holuna með vatnsborð á 92 m dýpi.

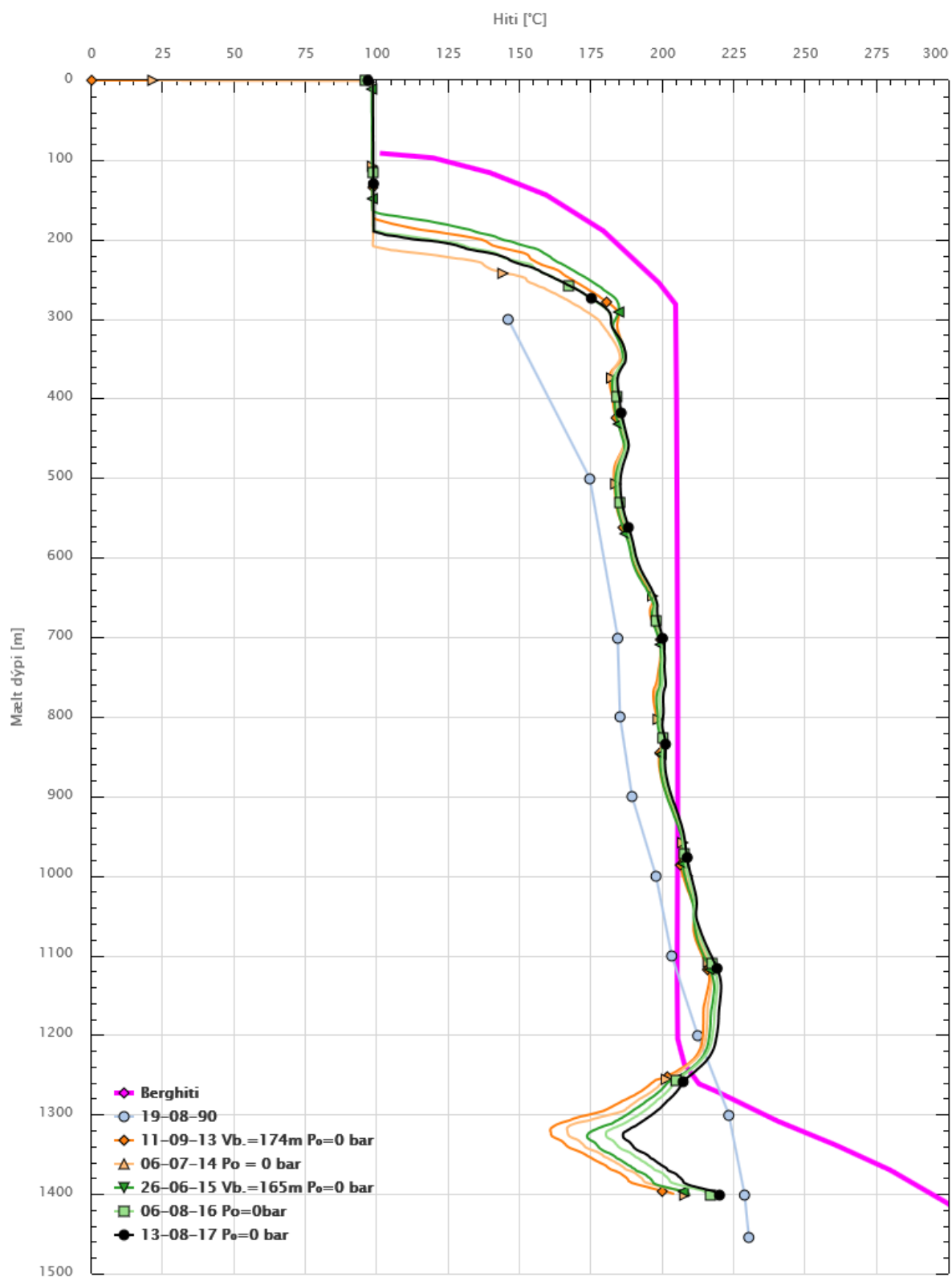
Ítrekað er að ástæða er til að fylgjast í framtíðinni með þróun hita og þrýstings í holu KJ-11 vegna nálægðar hennar við niðurdælingarholuna KG-26 (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015) og vert er að skoða möguleika á sískráningu vatnsborðs í holunni.



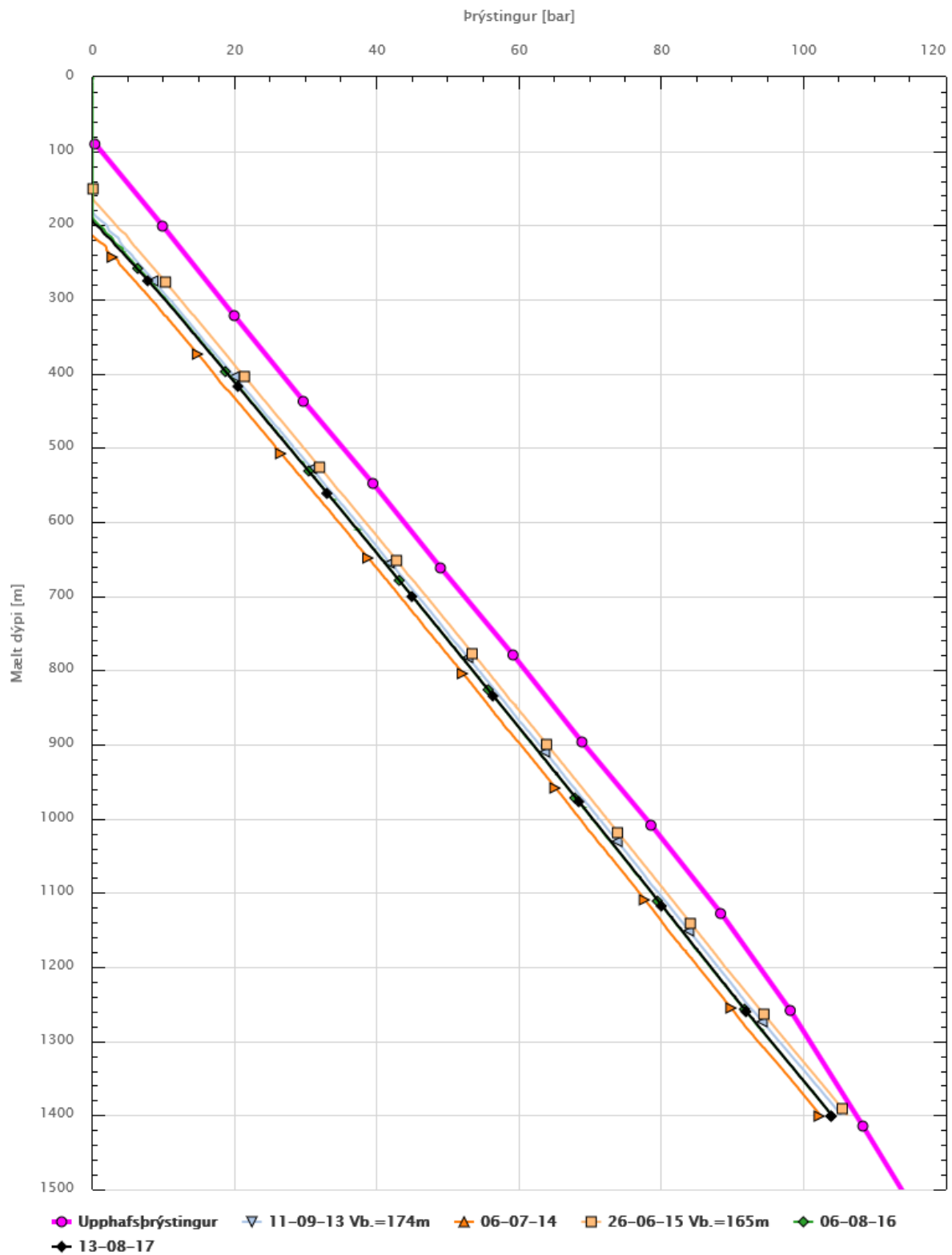
Mynd 6. Hin stutta saga hita á 1350 m dýpi í holu KJ-11. Grafið sýnir upphaf eftirlitsmælinga í holunni en þær hófust árið 2013.



Mynd 7. Hin stutta saga þrýstings á 1350 m dýpi í holu KJ-11. Grafið sýnir upphaf eftirlitsmælinga í holunni en þær hófust árið 2013. Þá sýnir myndin einnig ársmeðalvinnslu úr Leirbotna-kerfunum fram til 2017.



Mynd 8. Valdar hitamælingar úr holu KJ-11 í Kröflu sem var boruð 1976 ásamt metnum berghita. Holan var nýtt sem vinnsluhola til 2002 og síðan til niðurdælingar en hefur staðið lokuð frá 2010. Hitamæling frá 2002, þegar niðurdæling í grannholuna KG-26 hófst, nær ekki nægilega langt niður í holuna til að gefa upplýsingar um hitabreytingar við æð á 1326 m dýpi.



Mynd 9. Nokkrar þrýstimælingar úr holu KJ-11 í Kröflu sem var boruð 1976 ásamt metnum upphafsprýstingi.

3.3 Hola KJ-18

Hola KJ-18 er austan við vinnslusvæði Suðurhlíða Kröflu og var boruð haustið 1981 í 2215 m dýpi. Vinnslufóðring nær niður á 663 m dýpi en enginn leiðari er í holunni sem aldrei hefur blásið. Ekki hefur orðið vart við neinar fyrirstöður í holunni og hafa mælingar ávallt gengið vel (Þorsteinn Egilson o.fl., 2013). Eftirlitsmælingin í holu KJ-18 árið 2017 var gerð 13. ágúst.

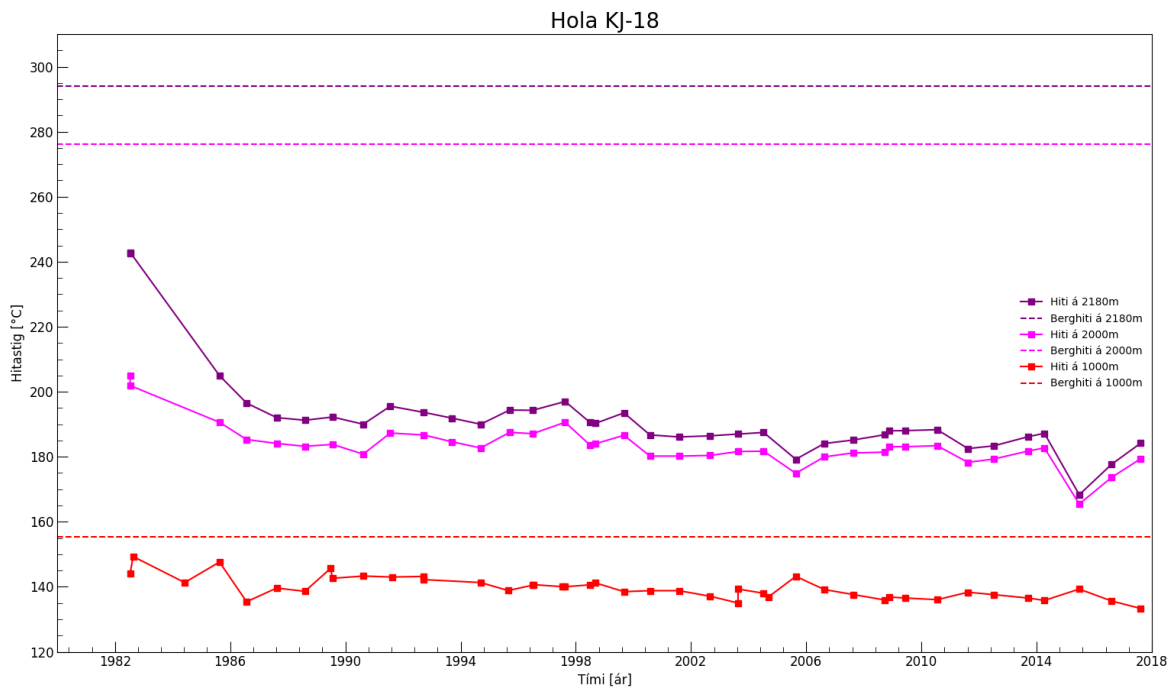
Á árinu 2014 fóru fram umfangsmiklar mælingar í Kröflu á vegum Evrópuverkefnisins IMAGE (Gylfi Páll Hersir, 2013) og meðal annars var hola KJ-18 kæld niður. Eftirlitsmælingin árið 2015 var gerð þann 25. júní (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015) og er hitaferillinn (sjá mynd 13) verulega kældur frá 1315 m miðað við fyrri ár og er þessi kæling beintengd við áðurgreinda niðurdælingu.

Mynd 10 sýnir sögu hitastigs á 1000, 2000 og 2180 m dýpi frá 1982 til 2017. Mældur hiti í 2000 m er 5,8°C hærri í ágúst 2017 en í ágúst 2016 og samvarandi hitahækkun í 2180 m er 6,5°C. Hitinn í 1000 m lækkaði um 2,3°C milli ára, líkt og árið áður. Frá 2011 til 2014 var jöfn hitahækkun á 2000 m dýpi um 1,7°C/ár en á 2180 m dýpi var þessi hitahækkun ~2°C/ár. Eins og sést á mynd 10 hafa komið fram nokkur nokkurra ára tímabil þar sem nokkuð jöfn hitabreyting hefur orðið í 2000 og 2180 m, ýmist til hækkunar eða lækkunar, þótt engin vinnsla hafi verið úr holunni. Á sama tíma, 2011–2014, greindist jöfn hitalækkun, 0,9°C/ár, í 1000 m í holu KJ-18. Áður en niðurdælingin var gerð árið 2014 var metin kólnun á 2000 m dýpi 92,7°C miðað við áætlaðan berghita, og á 2180 m dýpi (nærri botni holunnar) var kólnunin metin 106°C (Þorsteinn Egilson o.fl., 2014). Þessi mikla kæling skýrist af því að tiltölulega kalt vatn seytlar niður holuna úr smáæðum á 750–950 m dýpi.

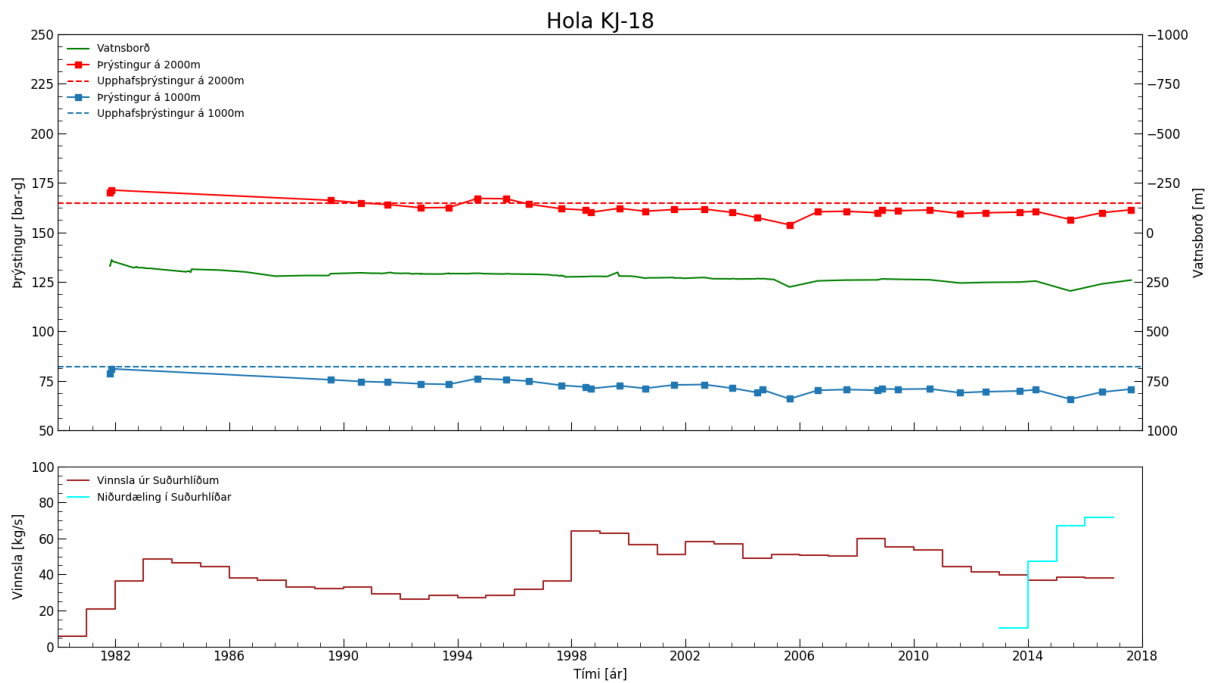
Mynd 11 sýnir mældan þrýsting á 1000 og 2000 m dýpi í holu KJ-18 frá 1981 til 2017, áætlaðan upphafsþrýsting, mælt vatnsborð og vinnslu- og niðurdælingarsögu Suðurhlíða fram til 2017. Frá 2006 til 2014 hafði þrýstingurinn í 1000 og 2000 m dýpi haldist nokkuð óbreyttur en hafði samt þokast aðeins upp á við sem er í samræmi við heldur minnkandi vinnslu úr Suðurhlíðakerfinu (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015). Á 1000 m dýpi mældist þrýstingur í ágúst 2017 70,8 bar sem er 11,2 bar lægri en metinn upphafsþrýstingur. Þetta er 0,6 bar hærri þrýstingur en mældist í ágúst 2016, þar á undan hækkaði þrýstingur um 4,3 bar milli ára. Frá 2014 til 2015 verður hins vegar 4,6 bar þrýstilækkun. Á 2000 m dýpi er þrýstingurinn í ágúst 2017 3,5 bar lægri en metinn upphafsþrýstingur og svarar til 1,5 bar þrýstihækkunar frá 2016 til 2017 og vatnsborðið hækkaði um 19 m á sama tíma. Í ágúst 2016 var vatnsborð í 260 m og hafði þá hækkað um 36 m frá 2015. Mynd 12 sýnir þrýsting á 1000 m dýpi og vatnsborð með hærri upplausn en sýnt er á mynd 11 til að draga betur fram breytingar sem hafa orðið. Eins og sést á mynd 12 fór vinnslan úr Suðurhlíðum minnkandi frá 2008 til 2014 auk þess sem niðurdæling í kerfið um holu KJ-39, sem hófst árið 2013, hefur verið stóraukin.

Myndir 13 og 14 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu átta ára í holu KJ-18 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi. Í gegnum tíðina hafa hitamælingar í holunni bent til milli-rennslis (niðurrennsli) í henni (Þorsteinn Egilson, 2010). Rennslið er ekki mikið en það er enn lagt til hér að við næstu eftirlitsmælingar verði notaður sambyggður hita-, þrýsti- og rennslismælir (Kuster K-10/PTS) til að meta hvert rennslið er.

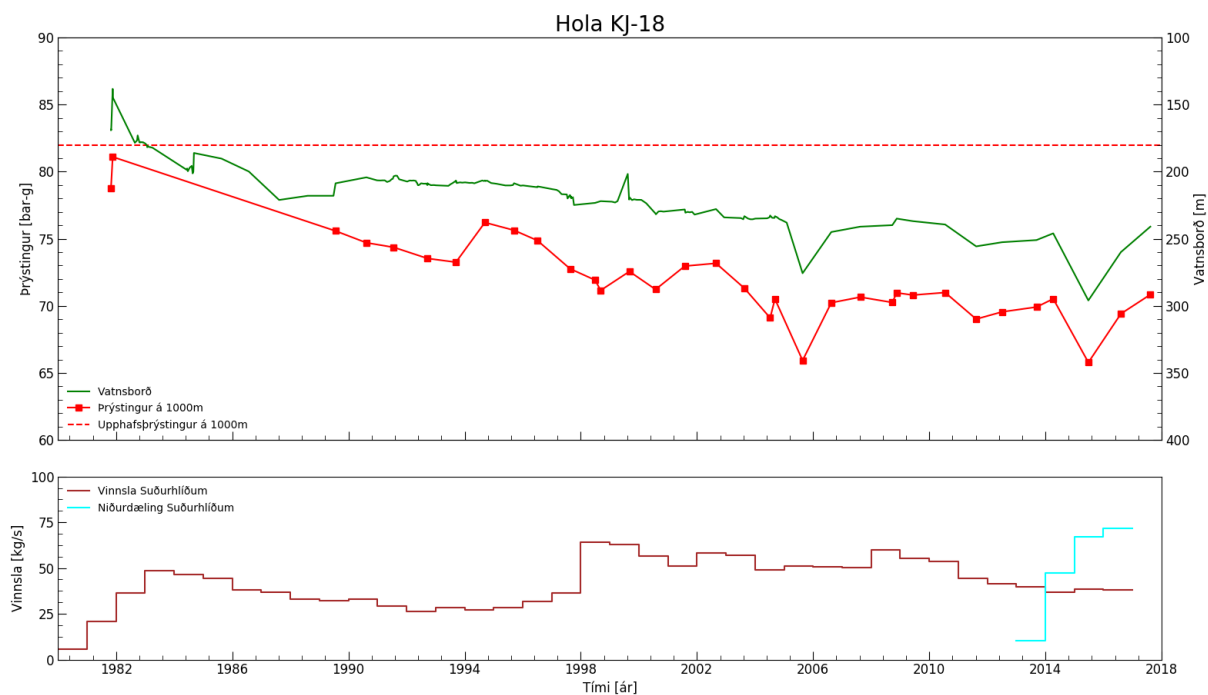
Út frá sjónarhóli vinnslueftirlits raskaðist jafnvægi í holu KJ-18 með þeirri niðurdælingu sem IMAGE-tilraunirnar útheimtu. Mælingarnar 2017 sýna að kælingin hafi að mestu gengið til baka en þó ekki að fullu.



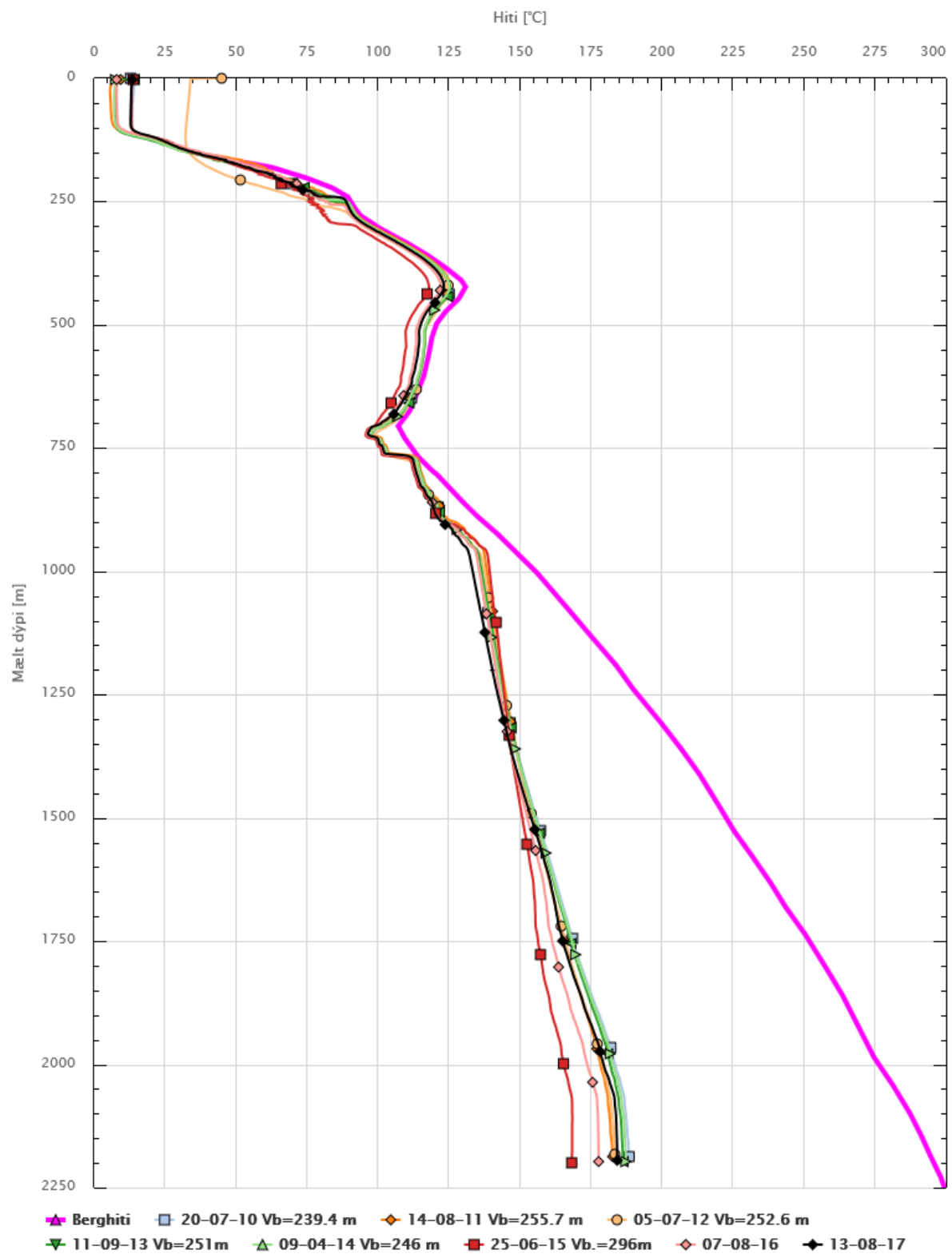
Mynd 10. Saga hita á 1000, 2000 og 2180 m dýpi yfir þann tíma sem KJ-18 hefur verið notuð sem eftirlitshola.



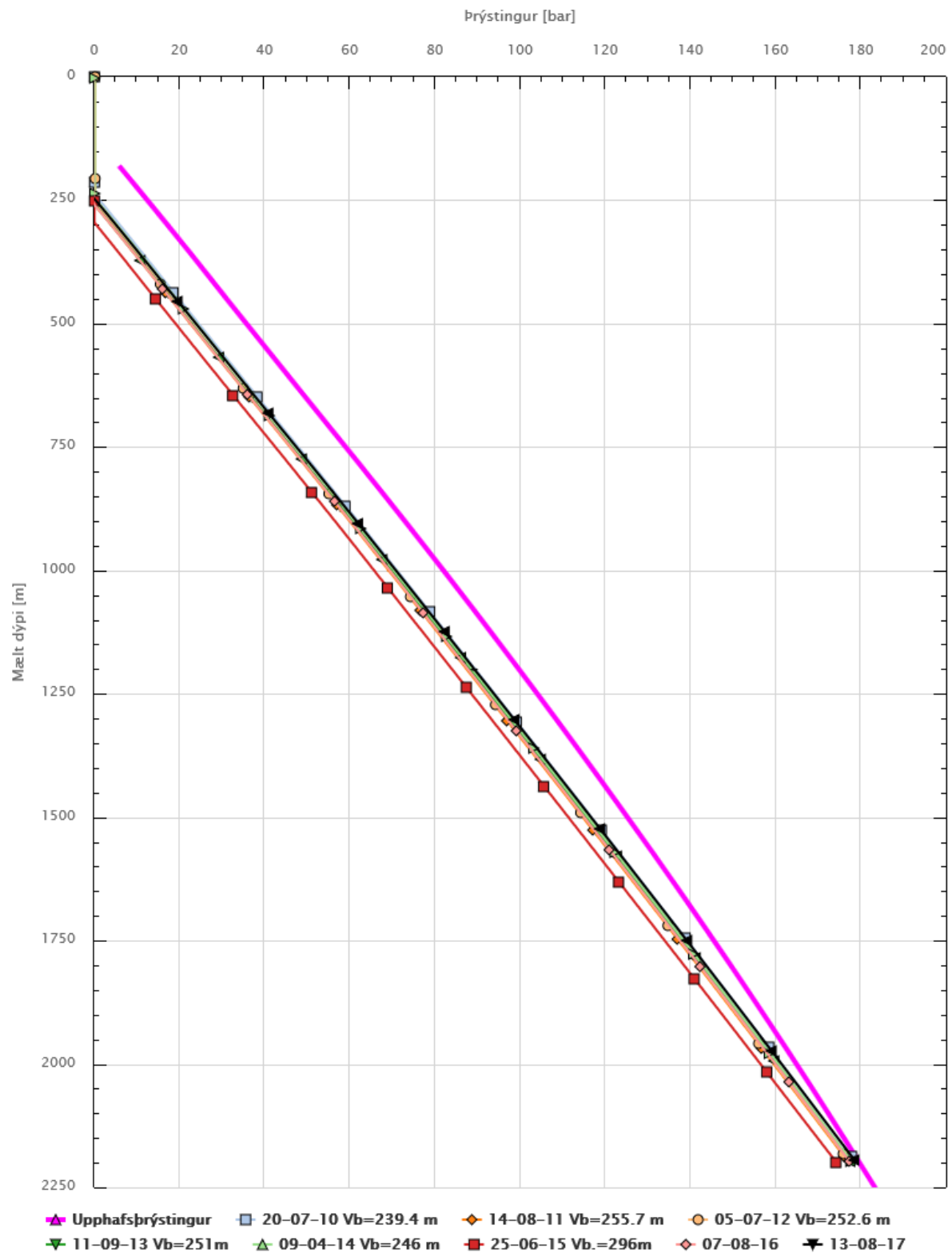
Mynd 11. Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 og 2000 m dýpi í holu KJ-18 ásamt vinnslu- og niðurdælingarsögu Suðurhlíða fram til 2017.



Mynd 12. Saga vatnsborðs og þrýstings á 1000 m dýpi í holu KJ-18 ásamt vinnslusögu Suðurhlíða fram til ársins 2017 þar sem breytingar eru með hærri upplausn en sýnt er á mynd 11. Niðurdæling í holu KJ-39 frá 2013 er einnig sýnd.



Mynd 13. Hitamælingar síðustu átta ára í hól KJ-18 ásamt metnum berghitaferli.



Mynd 14. Þrýstimælingar síðustu átta ára í holu KJ-18 ásamt metnum upphafsprýstingi.

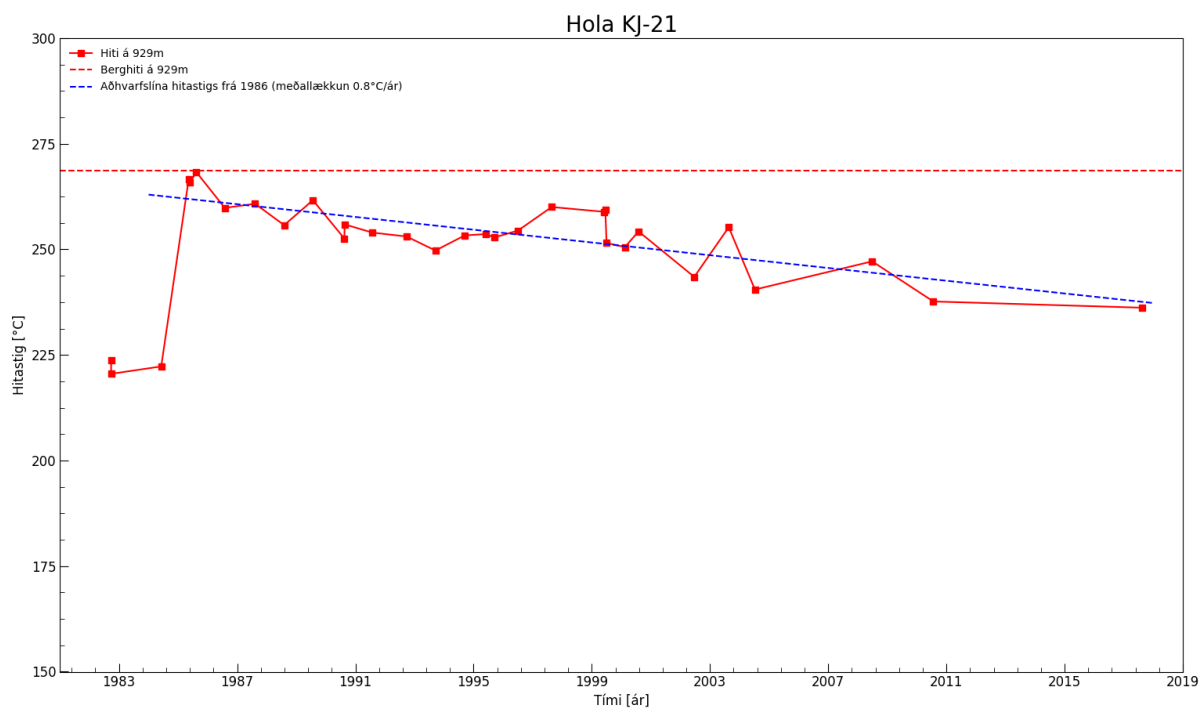
3.4 Hola KJ-21

Hola KJ-21 við Hvíthóla var boruð í 1200 m dýpi árið 1982 með tæplega 300 m $13\frac{3}{8}$ " 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 $9\frac{5}{8}$ " fóðring sett í holuna og var hún rauðuð neðan 300 m dýpis (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1984). Undanfarin ár hefur holan mælst í kringum 1000 m djúp en við eftirlitsmælingu 16. ágúst 2017 komst mælirinn einungis niður á um 934 m dýpi. Í fyrri vinnslueftirlitsskýrslum hefur skoðunardýpi verið 995 m en vegna þeirrar stöðu sem upp er komin er skoðunardýpi að þessu sinni 929 m. Holan var blossaörvuð árið 2011 (Friðgeir Pétursson, 2011) og rennslismæld í blæstri í október 2014 (Þorsteinn Egilson og Benedikt Steingrímsson, 2014).

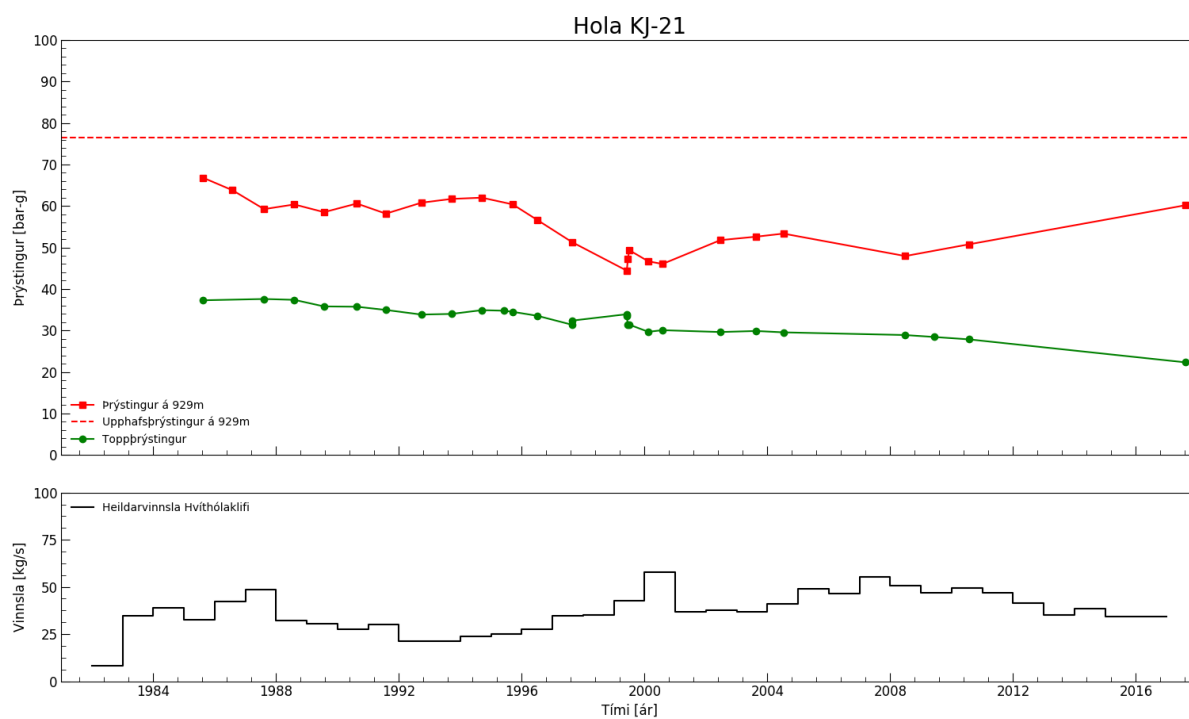
Mynd 15 sýnir mældan hita á 929 m dýpi í KJ-21 frá 1982 til 2017 auk áætlaðs berghita á sama dýpi. Vegna þess að holan er mæld mislöngum tíma eftir að vinnsluhlé hefst einkennast mælingarnar af nokkrum sveiflum eða toppum í hita og þrýstingi með tíma en tíminn frá lokun hefur mikið að segja um þrýsti- og hitajöfnunina. Því getur verið erfitt að sjá bein áhrif vinnslunnar á niðurdráttinn í svæðinu (Þorsteinn Egilson, 2010). Þrátt fyrir það má sjá að einhver kólnun á sér stað til lengri tíma og á mynd 15 hefur þetta verið metið með jafnaðarlínu í gegnum mælingarnar og er niðurstaðan sú að kólnunin geti legið nærri $0,8^{\circ}\text{C}/\text{ár}$ síðan 1986. Hitinn 2017 er $32,4^{\circ}\text{C}$ undir áætluðum berghita á 929 m dýpi sem er $268,6^{\circ}\text{C}$.

Mynd 16 sýnir mældan þrýsting á 929 m dýpi í holu KJ-21 frá 1982 til 2017 auk áætlaðs upphafsþrýstings á sama dýpi. Þá sýnir myndin einnig mældan toppþrýsting á holunni í gegnum árin. Þrýstingur 2017 er um 26 bar undir áætluðum upphafsþrýstingi í 929 m en frá 2008 er þrýstihækkunin um $12,3$ bar og þar sem þrýstingur á 929 m dýpi árið 2010 fellur að þessari breytingu benda mælingarnar til þrýstihækkunar um $1,3$ bar/ár. Frá árinu 2007 hefur vinnslan minnkað nokkuð jafnt úr 55 kg/s í 34 kg/s árið 2016 og vermi unnins vökva minnkar um 32 kJ/kg/ár (Trausti Hauksson, 2017).

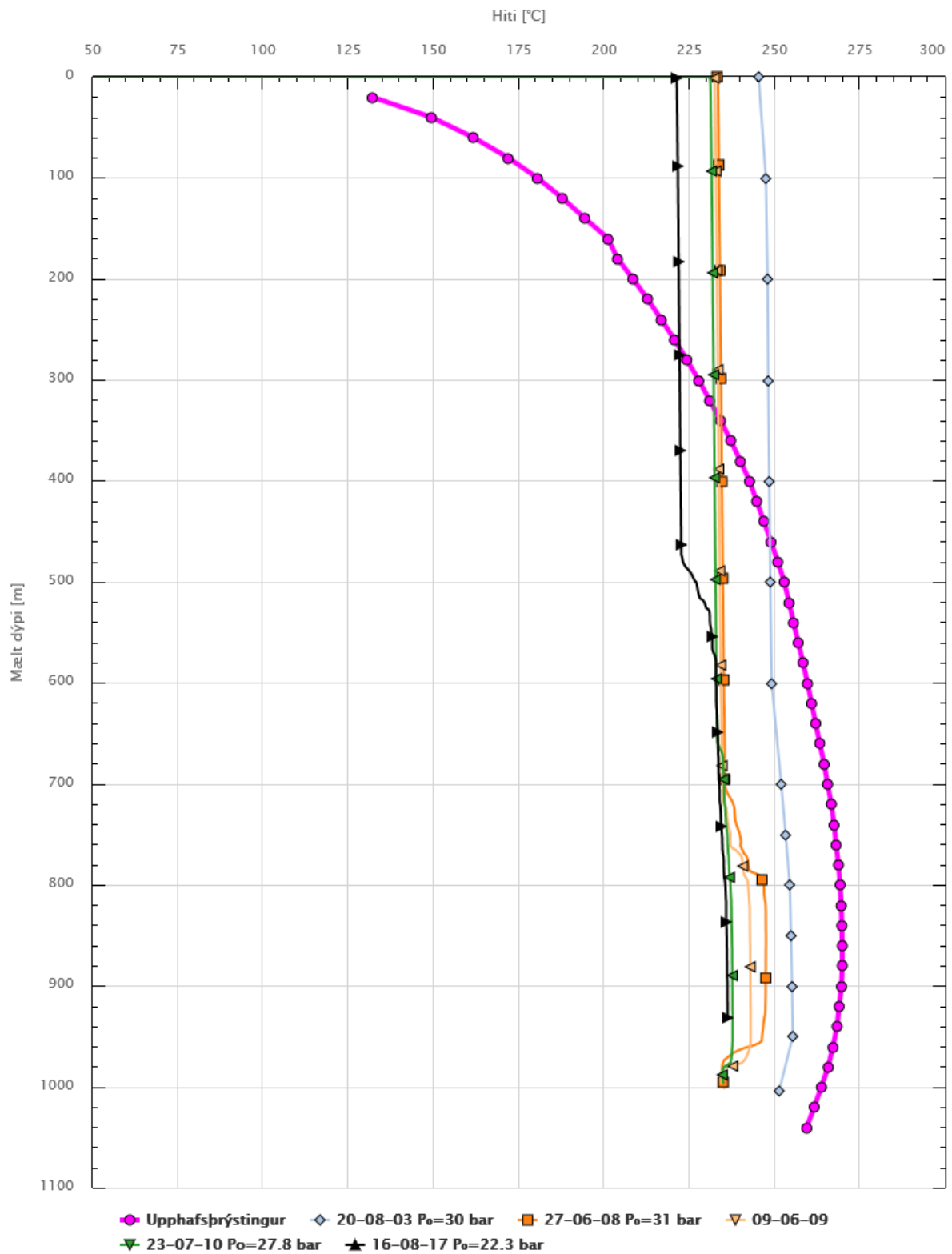
Myndir 17 og 18 sýna hita- og þrýstimælingar úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 frá 2003 ásamt metnum berghita og upphafsþrýstingi.



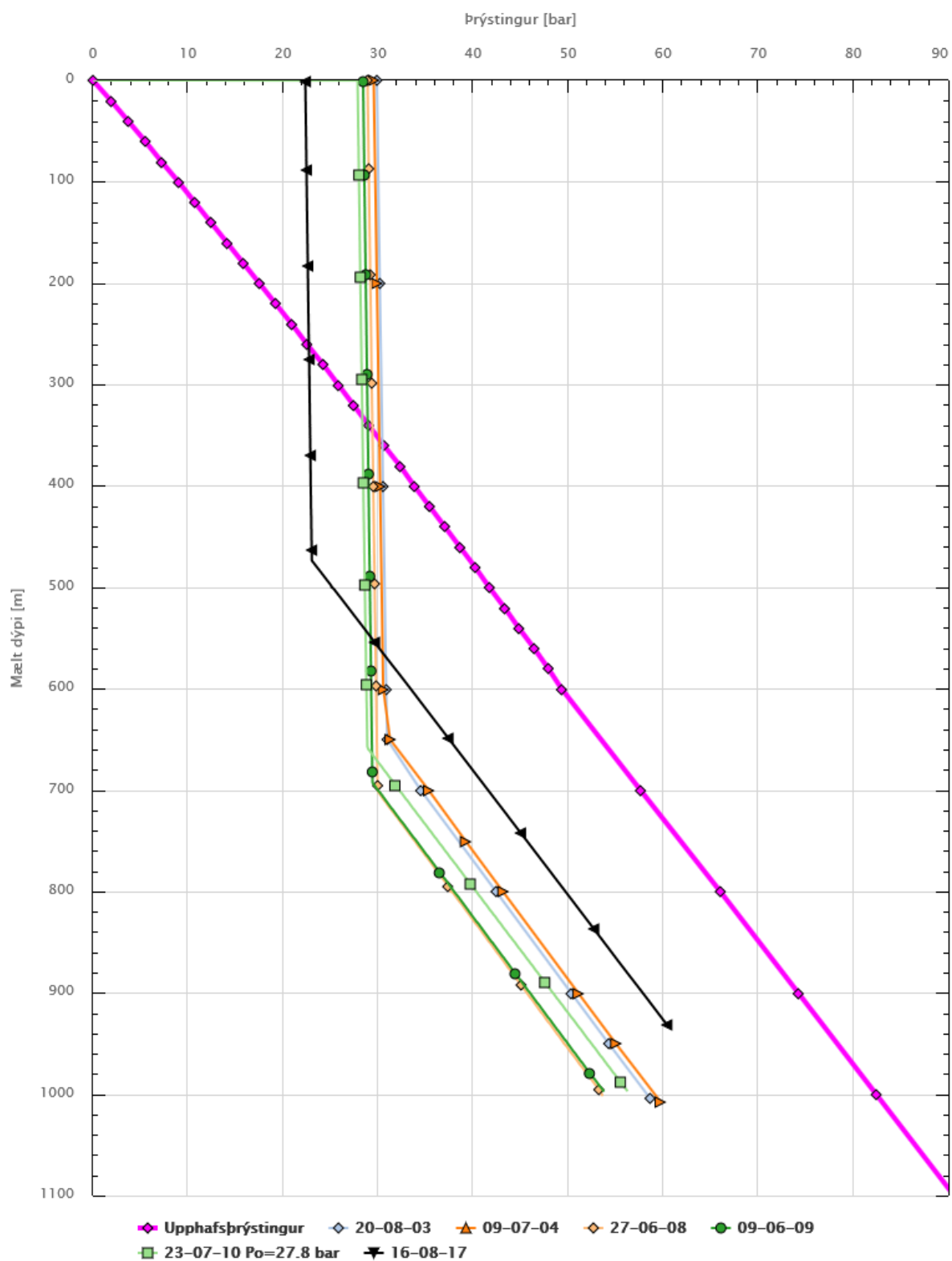
Mynd 15. Saga hita á 929 m dýpi úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 frá 1982.



Mynd 16. Saga þrýstings á 929 m dýpi í holu KJ-21 úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 frá 1982 ásamt vinnslusögu Hvíthóla fram til ársins 2017.



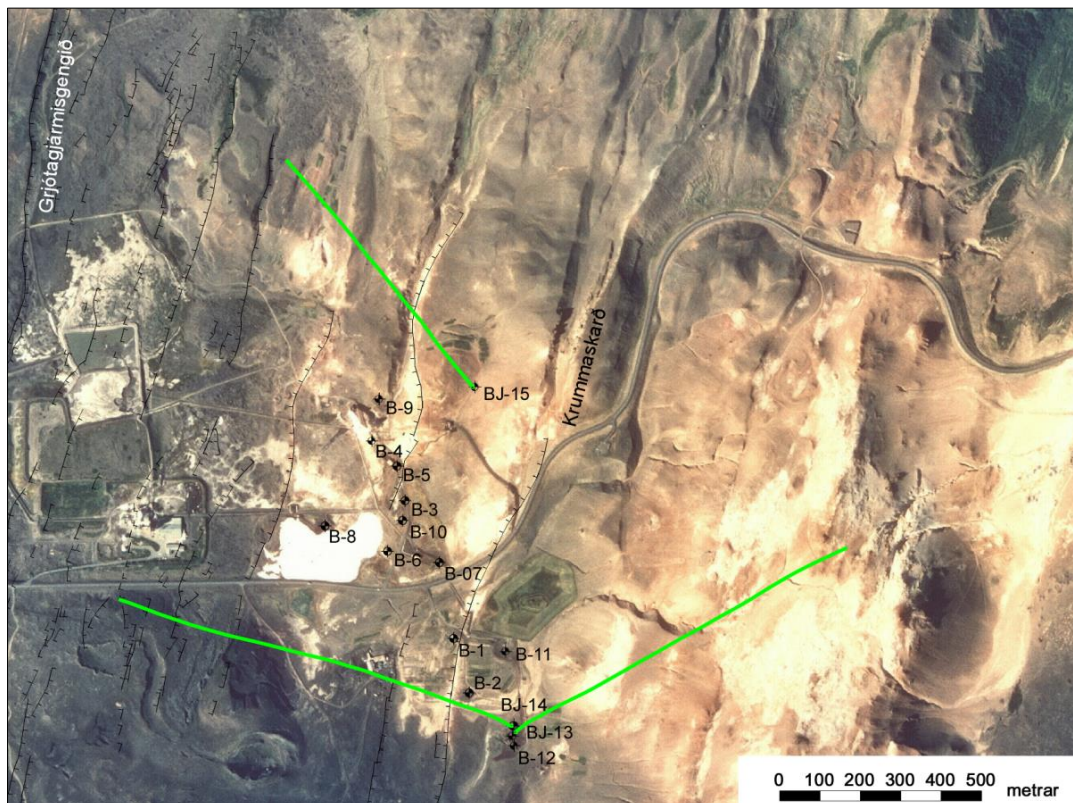
Mynd 17. Hitamælingar úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 síðan 2003 ásamt metnum berghitaferli.



Mynd 18. *Prýstimælingar úr eftirlitsmælingum í holu KJ-21 síðan 2003 ásamt metnum upphafsprýstingi.*

4 Eftirlitsmælingar í Bjarnarflagi

Borun á Bjarnarflagssvæðinu hófst árið 1963 með holu B-1 en alls hafa verið boraðar 15 jarðhitaholur í Bjarnarflagi. Aðalvinnsluholurnar á svæðinu eftir 1979 hafa lengst af verið holur B-11 og B-12. Hola B-9 bættist í hóp vinnsluholna árið 2001 og eftir að borun holu BJ-13 lauk árið 2006 hefur hún verið notuð sem vinnsluhola (Þorsteinn Egilson o.fl., 2014). Mynd 19 sýnir holustaðsetningu og ferla holna í Bjarnarflagi. Holur B-2 og B-5 eru aðaleftirlitsholur í Bjarnarflagi og hafa verið mældar reglulega síðan 1979, í fyrstu á nokkurra ára fresti en árlega frá 1993 eða annað hvort ár.



Mynd 19. Yfirlitsmynd um staðsetningu og ferla stefnuboraðra holna í Bjarnarflagi.

4.1 Hola B-2

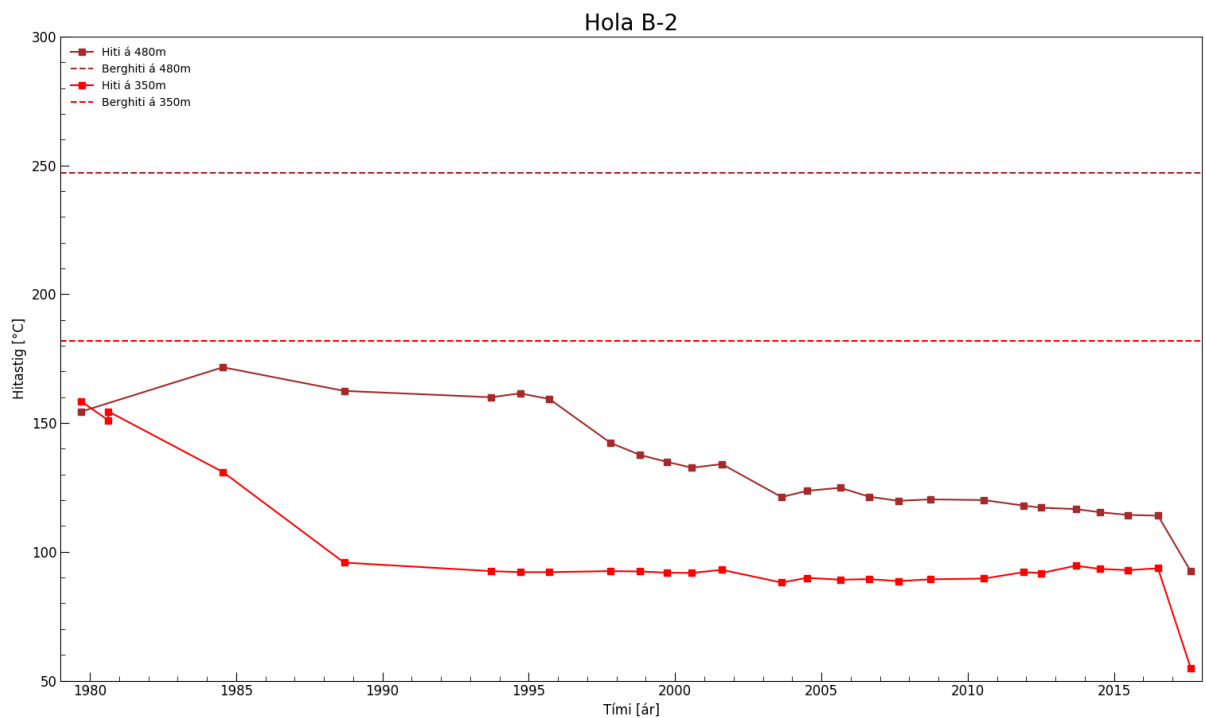
Hola B-2 í Bjarnarflagi var boruð árið 1963. Hún er um 500 m djúp með steyptri fóðringu niður á tæplega 210 m dýpi og er staðsett 10–20 m austan megin við Krummaskarðsmisgengi vel sunnan við þjóðveginn. Holan var afllítill og var vinnslu úr henni hætt árið 1969. Nú stendur hún þrýstingslaus með vatnsborð á um 64 m dýpi.

Hola B-2 var hita- og þrýstimæld 13. ágúst 2017. Mynd 20 sýnir mældan hita í holu B-2 á 350 og 480 m dýpi frá 1979 til 2017 þar sem fram kemur greinileg kæling miðað við áætlaðan berg-hitaferil holunnar. Á 350 m dýpi verður ríflega 92°C kæling frá 1979 til 1988 en frá 1989 til 2016 hélst hitinn á 350 m dýpi nokkuð stöðugur. Þróun hitastigs á 480 m dýpi í holu B-2 hefur verið með öðrum hætti en á 350 m dýpi. Frá 1984 til 1995 urðu ekki miklar breytingar á hitastiginu þar en hitinn var þó 74–88°C undir metnum berghita. Frá 1995 til 2005 varð nokkuð skörp hitalækkun á 480 m dýpi úr tæpum 160°C í 125°C. Frá 2005 hefur hiti á 480 m dýpi lækkað

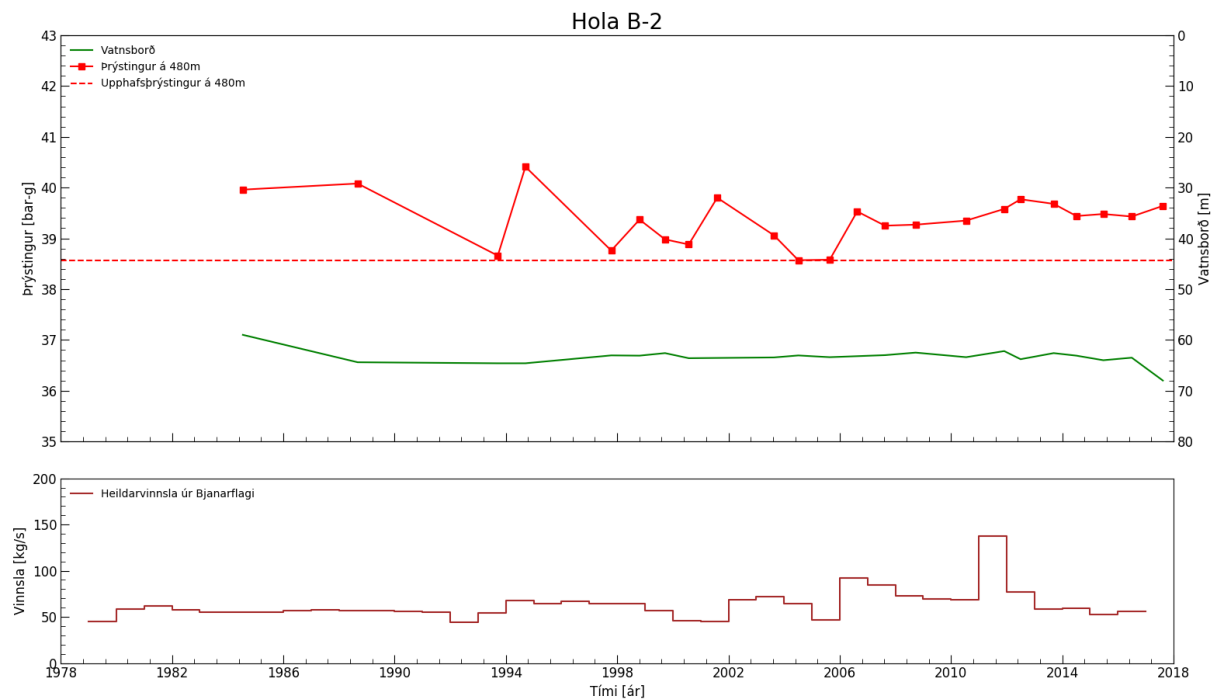
nokkuð jafnt um $1,1^{\circ}\text{C}/\text{ár}$ (Þorsteinn Egilson, 2017). Í eftirlitsmælingunni 2017 kemur hins vegar fram mikil hitalækkun frá fyrra ári, 38°C á 350 m dýpi og $21,6^{\circ}\text{C}$ í 480 m, sem er grundvallarbreyting. Þessi mikla breyting er rakin til þess að í apríl 2016 hófst 20–25 l/s niðurdæling á affallsvatni vatni í holu LUD-12 við jarðböðin í Mývatnssveit. LUD-12 er 80 m djúp, mjög lek hola í um 620 m fjarlægð frá holu B-2. Af tilefni kælingarinnar sem komin er upp í holu B-2 var hola BJ-11 mæld 20. ágúst og er sú mæling sýnd á mynd 24 þar sem fram kemur kæling niður undir 520 m (utan fóðringar) sem líklega má rekja til niðurdælingar í holu LUD-12 við jarðböðin. Þann 17. október 2017 var ferilefni sett í holu LUD-12. Sýni eru tekin úr holu B-2 og á sex öðrum stöðum í Mývatnssveit. Í lok árs 2017 höfðu engar endurheimtur verið á ferilefninu.

Mynd 21 sýnir mældan þrýsting í holu B-2 á 480 m dýpi frá 1980 til 2017. Myndin sýnir einnig mælt vatnsborð í holunni og vinnslusögu Bjarnarflags frá 1980 fram til ársins 2017. Volga (100°C) grunnvatnskerfið á 200–400 m dýpi stjórnar þrýstingi í holunni og ljóst að þrýstingurinn í því kerfi haggast lítið við vinnslu úr djúpu holunum (BJ-11, BJ-12 og BJ-13) (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015). Hin mikla vinnsluaukning árið 2011, vegna prófana á holu BJ-14 (Trausti Hauksson, 2014), leiddi hvorki til lækkunar á þrýstingi né hita í holu B-2. Svo virðist sem vatnsborð í holu B-2 hafi hvorki verið mælt sumarið 2016 né 2017 en miðað við þrýstismælinguna frá 2. júlí 2016 reiknast það á um 63,5 m dýpi það árið og 68,0 m 13. ágúst 2017. Útreikningar sýna að lækkun vatnsborðsins milli ára svarar til hitamunarins í mælingunum milli 2016 og 2017.

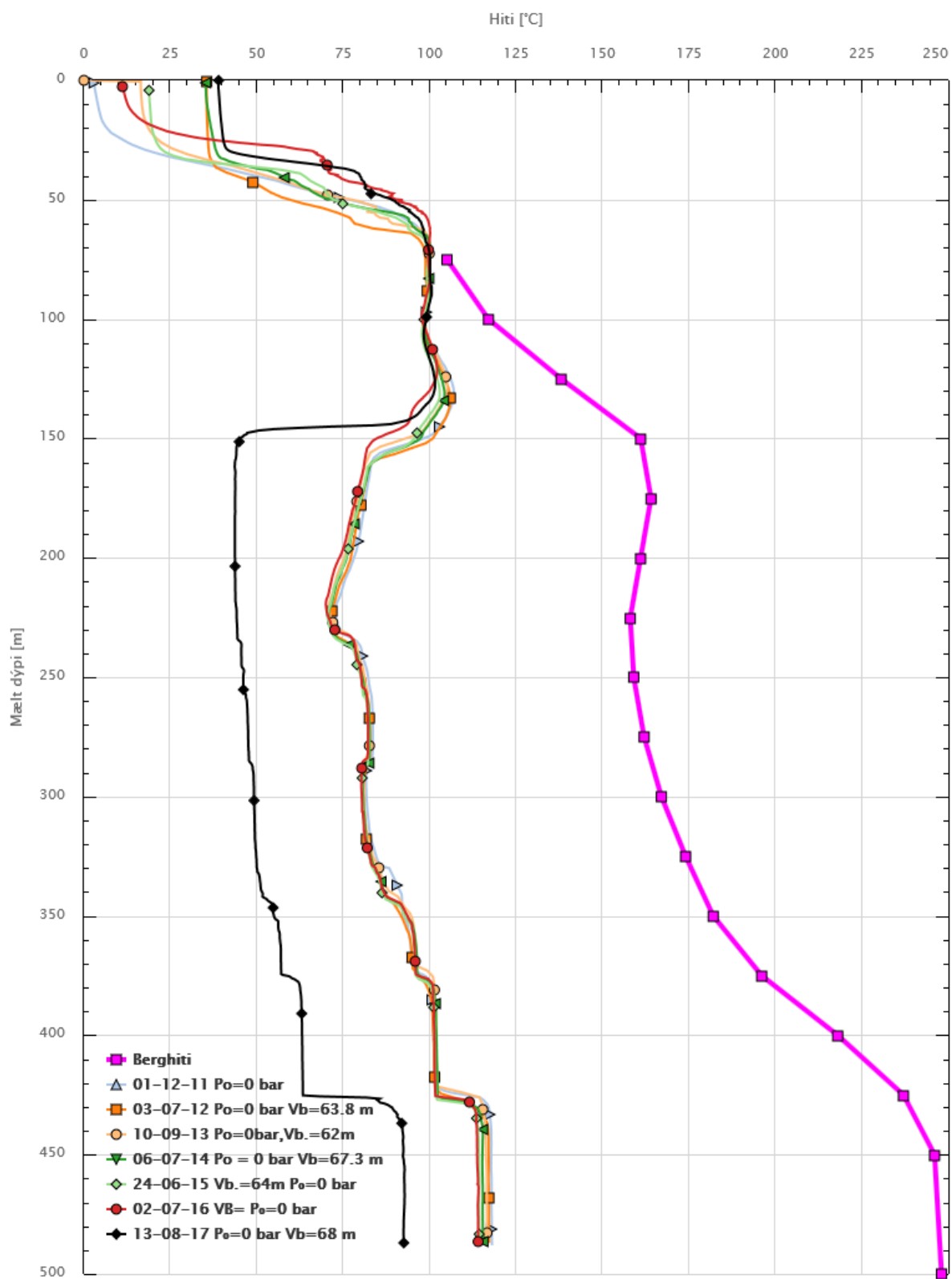
Myndir 22 og 23 sýna hita- og þrýstismælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berg-hita og upphafsþrýstingi.



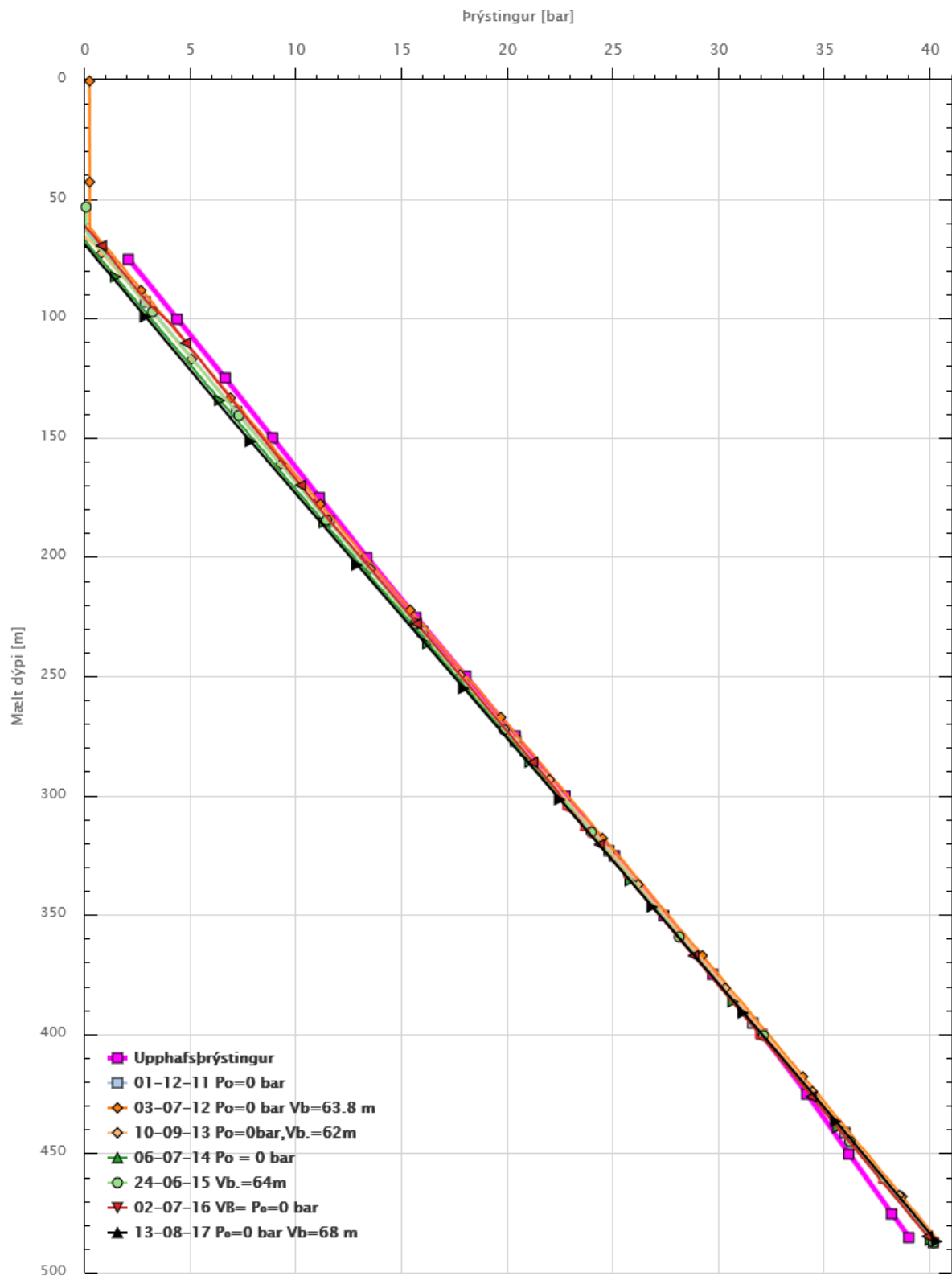
Mynd 20. Mældur hiti á 350 og 480 m dýpi í holu B-2 ásamt metnum berghita.



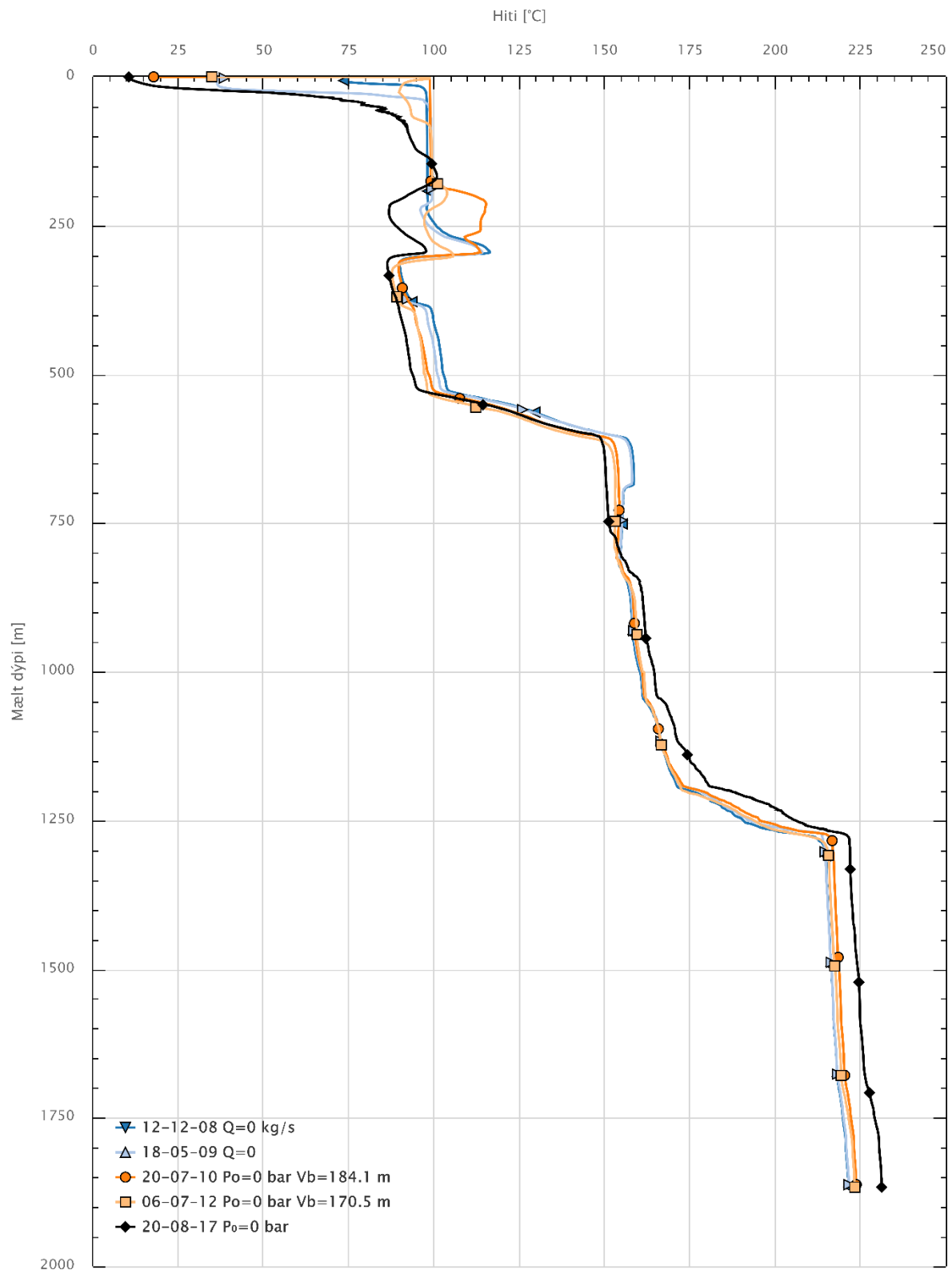
Mynd 21. Mældur þrýstingur á 480 m dýpi í holu B-2 ásamt metnum upphafsprýstingi og mældu vatnsborði. Þá sýnir myndin einnig vinnslusöguna í Bjarnarflagi fram til 2017.



Mynd 22. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum berghitaferli.



Mynd 23. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-2 ásamt metnum upphafsprýstingi.



Mynd 24. Hitamælingar 2008–2017 í holu BJ-11. Kæling niður undir 520 m (utan við fóðringu) er líklega vegna niðurdælingar í holu LUD-12 við jarðböðin í Mývatnssveit.

4.2 Hola B-5

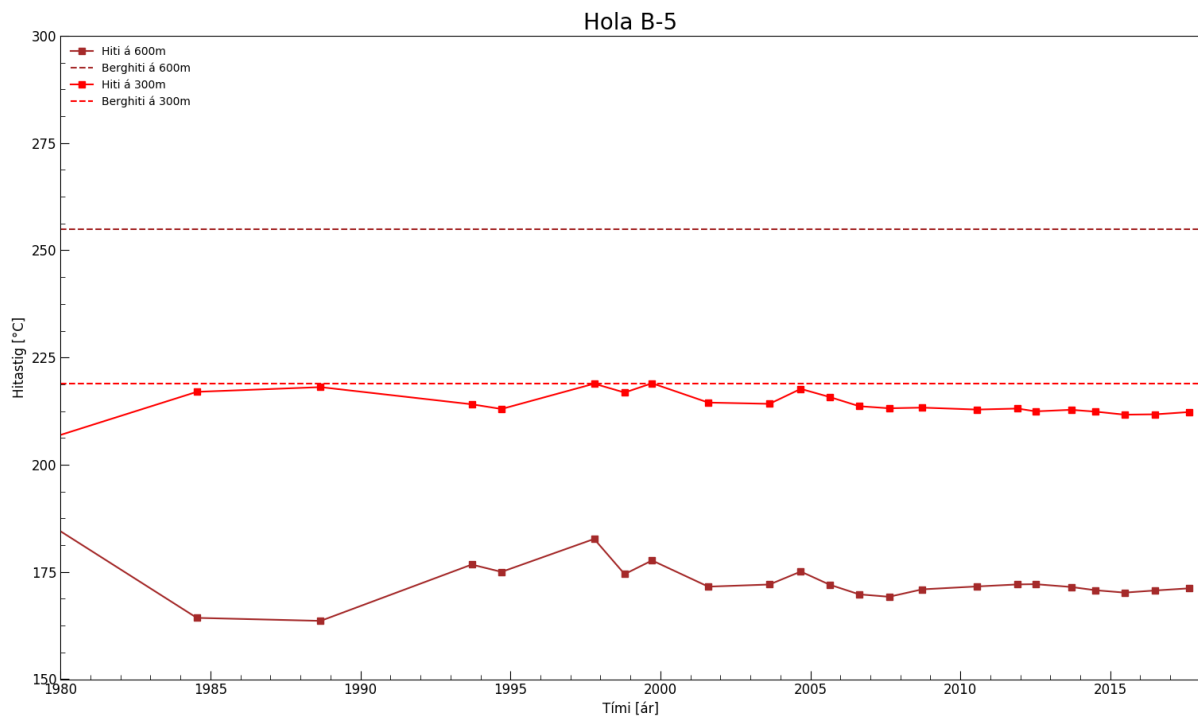
Hola B-5 í Bjarnarflagi var boruð veturinn 1968–1969 niður á 638 m dýpi. 7" fóðring nær niður á 478 m dýpi en henni var komið fyrir eftir að holan hafði verið kæfð vegna þess að hún hljóp í gos (Ásgrímur Guðmundsson o.fl., 1989). Holan fór fljótlega í notkun en hún var aflítil og notkun hennar var hætt árið 1976. Frá 1984 hefur hún nýst sem reglubundin eftirlitshola.

Hola B-5 var hita- og þrýstimæld 13. ágúst 2017. Mynd 25 sýnir mældan hita á 300 og 600 m dýpi í holunni frá 1984–2017 ásamt áætluðum berghita á sama dýpi. Á 300 m dýpi hefur hitinn lítið breyst í holunni en hann hefur þó mælst með lítils háttar sveiflum í gegnum tíðina. Síðan árið 2006 hefur hitinn á 300 m dýpi haldist tæpum 7°C undir metnum berghita. Greining hita-mælinganna árin 2013–2016 með aðhvarfslínu leiddi í ljós 0,64°C/ár jafna kólnun (Þorsteinn Egilson, 2017) en þeirri þróun er ekki nákvæmlega fylgt í mælingunni 13. ágúst 2017 sem sýnir 0,5°C hækkun frá fyrra ári.

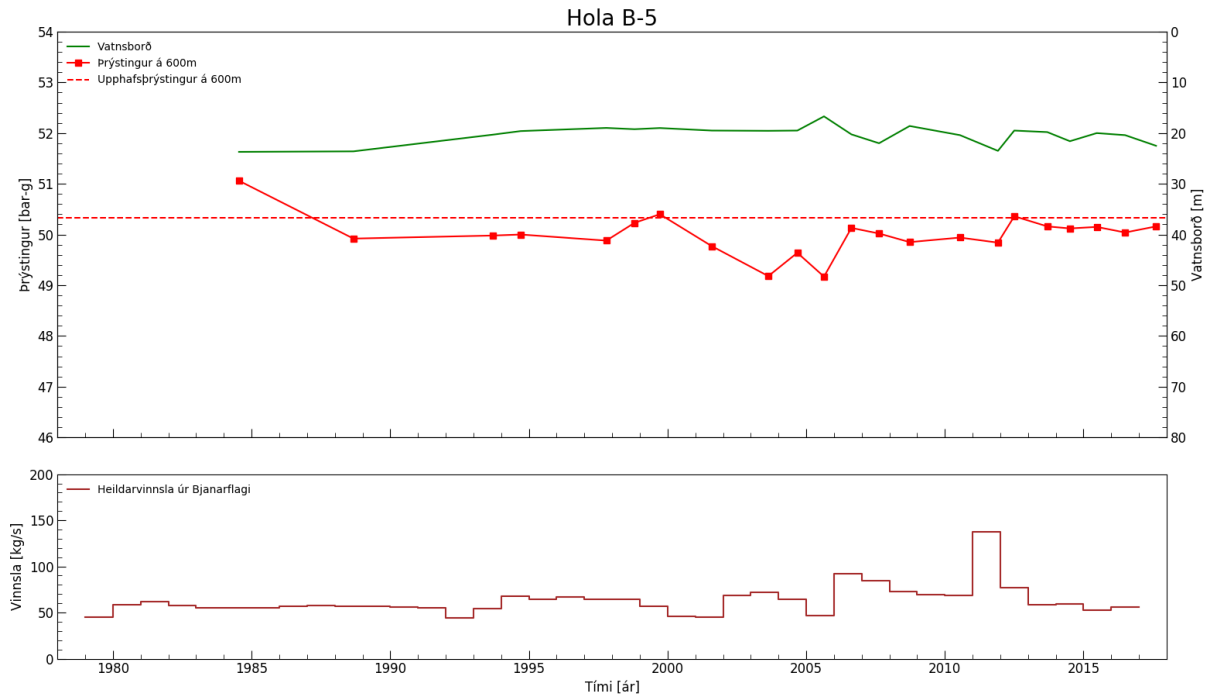
Hitinn á 600 m dýpi er um 83°C lægri en metinn berghiti við holuna en eins og sjá má á mynd 25 og hefur svo verið frá 1984. Nokkrar sveiflur hafa þó verið á mældum hita á umræddu dýpi í gegnum tíðina. Frá 2007 til 2012 hækkaði hitinn á 600 m dýpi um rúmar 3°C. Líkt og með þróun hitastigs á 300 m dýpi gætti um 0,68°C/ár kólnunar frá 2012 til 2015 (Þorsteinn Egilson o.fl., 2015) en mælingin í ágúst 2017 sýnir 0,5°C hækkun frá fyrra ári þannig að hitahækkun frá 2015 er 1,0°C.

Mynd 26 sýnir mælt vatnsborð í holu B-5 og mældan þrýsting á 600 m dýpi frá 1984 til 2017, áætlaðan upphafsþrýsting á sama dýpi og vinnslusögu Bjarnarflags út árið 2016. Í ágúst 2017 var vatnsborð á 22,5 m dýpi en var í júlí 2016 á 20,4 m dýpi. Þrýstingurinn nú er um 0,2 bar lægri en metinn upphafsþrýstingur í 600 m.

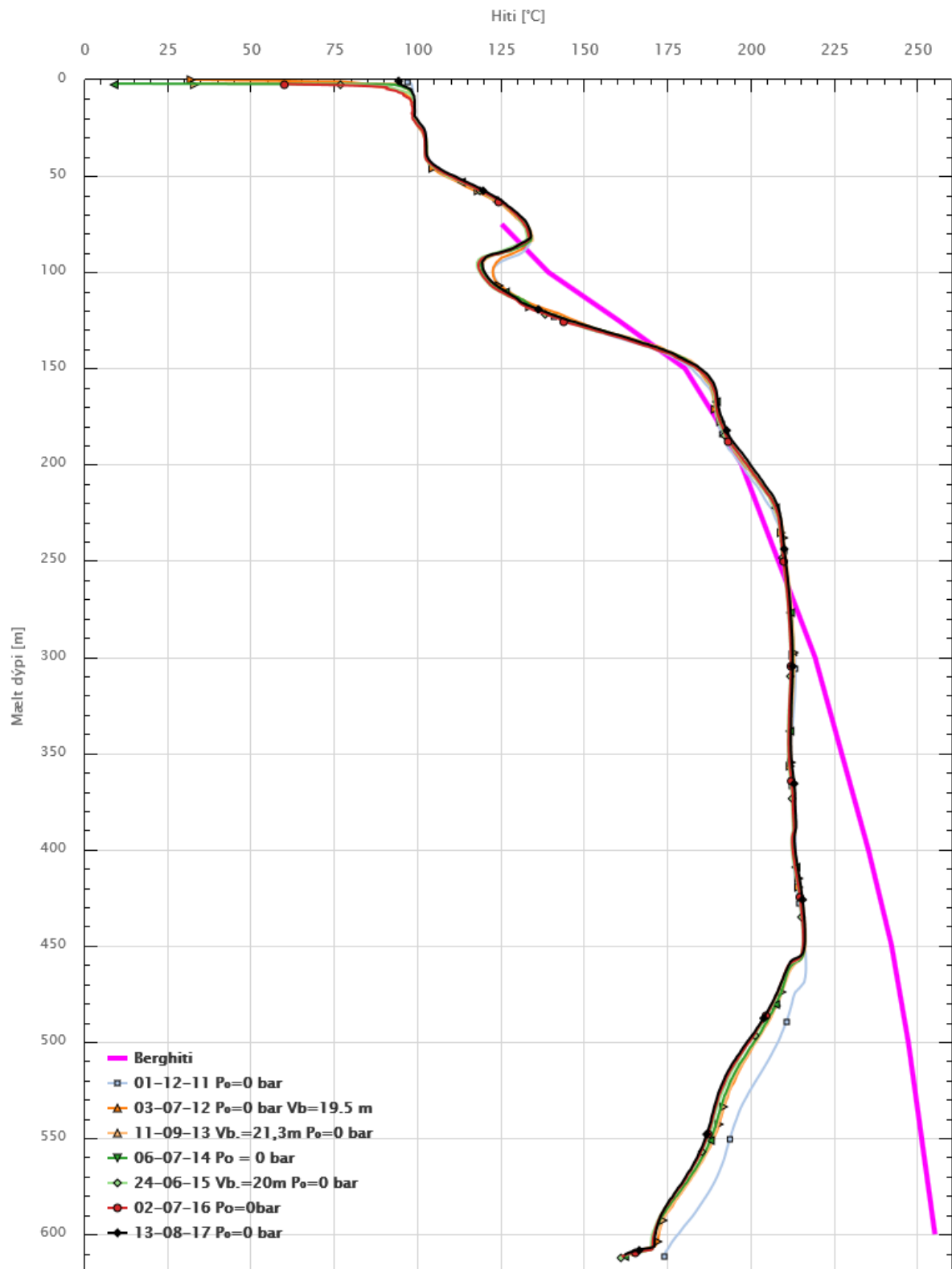
Myndir 27 og 28 sýna hita- og þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum berg-hita og upphafsþrýstingi.



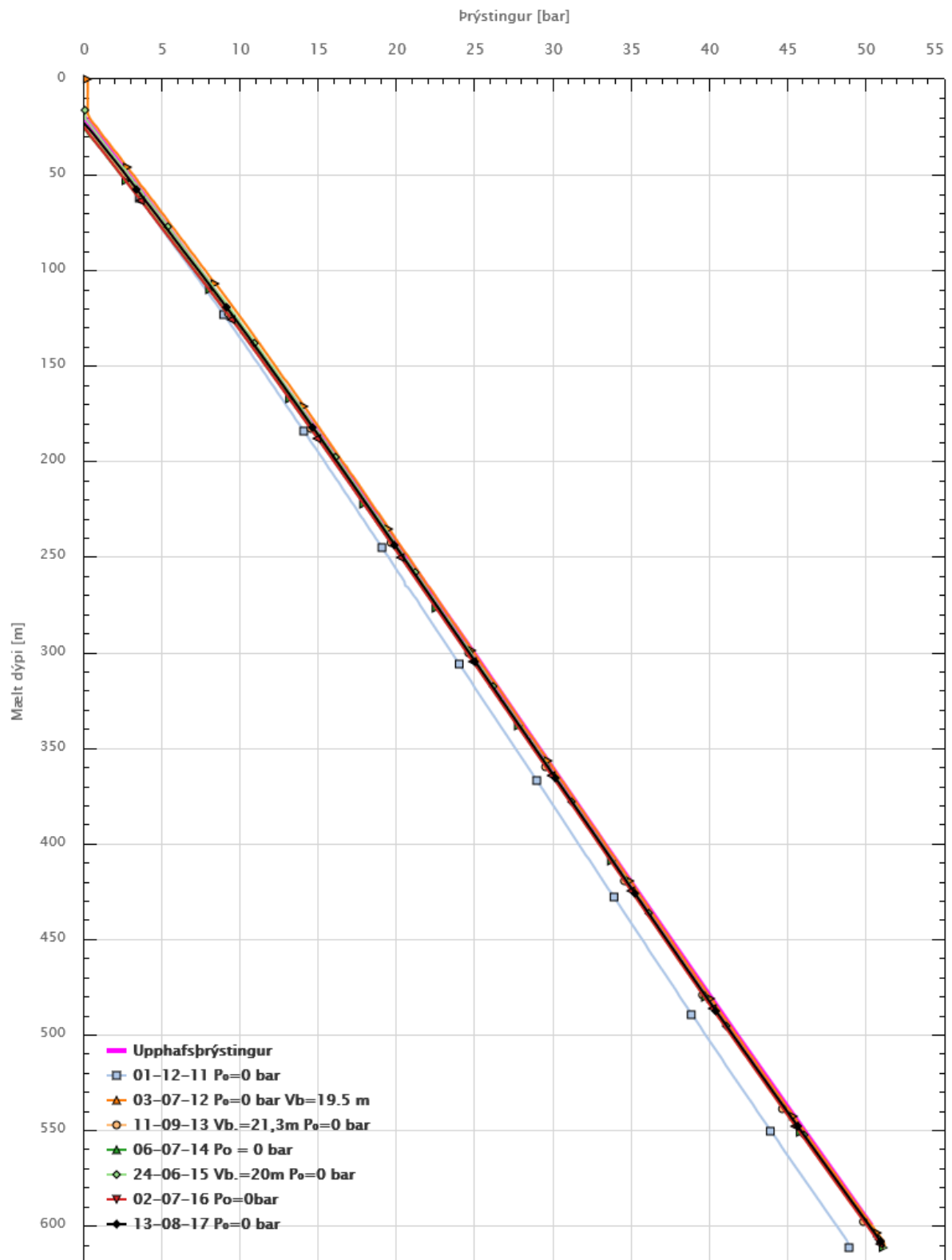
Mynd 25. Mældur hiti á 300 og 600 m dýpi í holu B-5 ásamt metnum berghita.



Mynd 26. Mældur þrýstingur á 600 m dýpi í holu B-5 ásamt metnum upphafsprýstingi, mældu vatnsborði og vinnslusögunni í Bjarnarflagi út árið 2016.



Mynd 27. Hitamælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum berghitaferli.



Mynd 28. Þrýstimælingar síðustu sjö ára í holu B-5 ásamt metnum upphafsprýstingi.

5 Helstu niðurstöður

- Árlegar eftirlitsmælingar voru gerðar í Kröflu og Bjarnarflagi í ágúst 2017.
- Mældar voru holur KG-10, KJ-11, KJ-18 og KJ-21 í Kröflu og holur B-2 og B-5 í Bjarnarflagi. Auk þess var hola BJ-11 mæld vegna kælingar sem fram kom í holu B-2.
- Berghitaferillinn fyrir holu KG-10 var endurmetinn árið 2010.
- Hitinn á 800 m dýpi í holu KG-10 heldur áfram að lækka í samræmi við þróun síðustu áratuga og mælist í ágúst 2017 um 17,1°C lægri en metinn berghiti (1976).
- Frá 2003 hefur þrýstingur á 800 m dýpi í holu KG-10 heldur þokast upp á við en hefur tvö síðustu árin lækkað um 0,2 bar á ári frá 2015 til 2017.
- Sumarið 2017 er þrýstingur á 800 m dýpi 2,6 bar lægri en metinn upphafsþrýstingur.
- Auka þarf skráningu á vatnsborði í holu KG-10. Ef ekki finnst til þess sjálfvirk tækni þarf að mæla það handvirkt tvisvar í mánuði.
- Vegna niðurdælingar í holu KJ-11 á árunum 2003–2005 og síðan 2009–2010 er ennþá að svo stöddu ekki unnt að segja til um hversu mikil áhrif niðurdælingin í KG-26 hefur á hita og þrýsting í henni en kæling á um 1320 m dýpi bendir til áhrifa frá KG-26.
- Fyrir framhald KJ-11 sem eftirlitsholu er mikilvægt að vatnsborð hennar verði mælt með sírita eða mælt mánaðarlega með handmæli í eitt ár og eftir það verði mælitíðni endurákvörðuð.
- Á árinu 2014 fóru fram umfangsmiklar mælingar í Kröflu á vegum Evrópuverkefnisins IMAGE sem m.a. fólu í sér ádælingu í holu KJ-18 sem truflaði ástand hennar frá því sem verið hefur í eftirlitmælingum undanfarinna ára. Truflunin er að mestu gengin til baka.
- Hitinn í 1000 m í holu KJ-18 hefur lækkað um 2,3°C milli ára.
- Mældur hiti í 2000 m í holu KJ-18 er 5,8°C hærri í ágúst 2017 en hann var í ágúst 2016 og samsvarandi hitahækkun á 2180 m dýpi er 6,5°C.
- Frá 2011 til 2014 var jöfn hitahækkun í 2000 m um 1,7°C/ár en í 2180 m var hitahækkunin ~2°C/ár.
- Áður en niðurdælingin var gerð 2014 var kólnun á 2000 m dýpi 92,7°C og á 2180 m dýpi var kólnunin metin 106°C.
- Þrýstingurinn í holu KJ-18 mælist 0,6 bar hærri á 1000 m dýpi sumarið 2017 en hann mældist í ágúst 2016. Tilsvareandi þrýstihækkun á 2000 m dýpi er 1,5 bar og vatnsborðið mældist 19 m ofar 2017 en árið áður.
- Þrýstingurinn í KJ-18 mældist í ágúst 2017 vera 11,2 bar lægri en metinn upphafsþrýstingur á 1000 m dýpi og á 2000 m dýpi mældist tilsvareandi þrýstimunur 3,5 bar.
- Enn er lagt til að við næstu eftirlitsmælingar í holu KJ-18 verði notaður sambyggður hita-, þrýsti- og rennslismælir (Kuster K-10/PTS) til að meta og áætla niðurrennslið í holunni.
- Hiti í 930 m í holu KJ-21 hefur farið lækkandi og er jafnaðarmat kólnunar um 0,8°C/ár.
- Þrýstingur í 930 m í holu KJ-21 fer hækkandi á sama tíma og toppþrýstingur lækkar.

- Frá 2007 hefur vinnslan úr holu KJ-21 minnkað nokkuð jafnt úr 55 kg/s í 34 kg/s en 32 kJ/kg/ár vermislækkun á vinnsluvökva nær til ársins 1990.
- Mikil kólnun hefur orðið síðasta árið í eftirlitsholu B-2 í Bjarnarflagi og er hún rakin til niðurdælingar í holu LUD-12 þar sem 20–25 l/s af 8,5°C heitu vatni er dælt í hana.
- Áhrifa niðurdælingarinnar gætir líklegast ofan við 520 m í holu BJ-11.
- Hækkun þrýstings í 480 m um 0,2 bar í holu B-2 verður líklegast rakin til niðurdælingar í holu LUD-12 við Jarðböðin en lækkun vatnsborðs um 4,5 m er vegna hinnar miklu kælingar sem af niðurdælingunni hefur hlotist.
- Mælingarnar í ágúst 2017 sýna að þrýstingurinn í B-2 er nánast jafn upphafsþrýstingnum á 350 m dýpi en á 480 m dýpi er þrýstingurinn 1,1 bar hærri en metinn upphafsþrýstingur.
- Volga (100°C) grunnvatnskerfið á 200–400 m dýpi stjórnar þrýstingi í holu B-2 þ.a. þrýstingurinn í því kerfi haggast lítið við vinnslu úr djúpu vinnsluholunum.
- Eftirlitsholan B-5 í Bjarnarflagi sýnir smávægilega hitahækkun síðasta árið á 300 m dýpi og liggur hitinn þar um 7°C lægra en áætlaður berghiti. Á 600 m dýpi er hitinn 2017 hins vegar um 85°C lægri en metinn berghiti.
- Mælingarnar 2017 sýna að þrýstingurinn í holu B-5 er nánast jafn metnum upphafsþrýstingi á bæði 300 og 600 m dýpi og ekki er um markverða breytingu að ræða frá 2016.

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, 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-24 B, 46 bls.
- Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Sæþór L. Jónsson og Sverrir Þórhallsson (1989). *Borholur í Bjarnarflagi*. Orkustofnun, OS-89046/JHD-21B, 93 bls.
- Benedikt Steingrímsson og Grímur Björnsson (1995). *Borholumælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 1994*. Orkustofnun, OS-95024/JHD-17, 62 bls.
- Friðgeir Pétursson (2011). *Aðkoma ÍSOR að blossaörvun í holu KJ-21 í Kröflu þann 1. júní 2011*. Íslenskar orkurannsóknir, minnisblað 3/6/2011, 7 bls.
- Gylfi Páll Hersir (2013). *IMAGE: Integrated methods for advanced geothermal exploration. Exploration and assessment of geothermal reservoir.*
http://www.isor.is/sites/isor.is/files/704/image-isor-georg_presentation.pdf
- Hrefna Kristmannsdóttir, Ásgrímur Guðmundsson og Margrét Kjartansdóttir (1977). *Krafla. Hola KJ-11. Borun, vatnsæðar, jarðlög og ummyndun*. Orkustofnun, OD-JHD-77/08, 23 bls.
- Hörður Tryggvason og Halldór Ingólfsson (2012). *Krafla. Lóðanir og mælingar í vinnsluholum í september og október 2012*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð ÍSOR-12069, 11 bls.
- Trausti Hauksson (2017). *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borholna og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2016*. Landsvirkjun, LV-2017-051, 78 bls.
- Trausti Hauksson (2014). *Krafla og Bjarnarflag. Afköst borhola og efnainnihald vatns og gufu í borholum og vinnslurás árið 2013*. Landsvirkjun, LV-2014-064, 75 bls.
- Valgarður Stefánsson, Karl Ragnars og Kristján Sæmundsson (1977). *Gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun 1977*. Orkustofnun, OS-JHD-7707, 17 bls.
- Þorsteinn Egilsson (2010). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árin 2006–2009*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2010/029, Landsvirkjun, LV-2010/078, 51 bls.
- Þorsteinn Egilsson (2017). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2016*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2017/003, Landsvirkjun, LV-2017-006, 38 bls.
- Þorsteinn Egilsson og Benedikt Steingrímsson (2014). *Hita-, þrýsti- og rennslismælingar í holu KJ-21 í Kröflu í október 2014*. Íslenskar orkurannsóknir, greinargerð, ÍSOR-14082, 36 bls.
- Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason og Bjarni Kristinsson (2013). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2013*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2013/059, Landsvirkjun, LV-2013/129, 40 bls.
- Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason og Björn Már Sveinbjörnsson (2015). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2015*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/071, Landsvirkjun, LV-2015/132, 45 bls.
- Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason, Halldór Ingólfsson og Halldór Örvar Stefánsson (2014). *Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi 2014*. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2014/055, Landsvirkjun, LV-2014/128, 42 bls.



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

