



Staður í Grindavík. Þrepidæling holu ST-08
við borlok

Þórólfur H. Hafstað,
Kristján Sæmundsson,
Peter E. Danielsen

Greinargerð PHH-KS-PED-2001-10

Staður í Grindavík. Prepadæling holu ST-08 við borlok.

Inngangur

Hér er sagt frá loftdælingu úr nýrri vinnsluholu, sem gerð var í borlok þann 3. maí 2001. Dælingin var gerð til að geta lagt gróft mat á afköst holunnar. Áður var hún hitamæld og síðan aftur í lok dælingarinnar til að reyna að finna hvar innrennsli ætti sér stað. Nýja holan reyndist gjöful. Upp dældist fullsaltur, heitur jarðsjór. Undir lok dælingar mældist hann um 84°C . Reikna má með um 25 - 30 m vatnsborðslækkun í holunni við 20 l/s úr dælingu.

Holan ST-08 (fast staðarnúmer; s=16858: N $63^{\circ}49.902'$, V $22^{\circ}33.681'$, (WGS84)).

Hún var boruð með jarðbornum Sleipni frá Jarðborunum hf. Holan er í Berghrauni, 150 metra vestur af holu ST-07, sem boruð var fyrr í veturn og um 120 m norður af vinnsluholunni ST-03. Nýja holan er 821 m djúp og er fóðruð niður á 540 m dýpi. Fóðringin skermrar af gjöfular æðar, sem gefa $40 - 50^{\circ}\text{C}$ heitan vökva, að því ráðið verður af af dælingu úr ST-07 í febrúar síðast liðnum (OS.grg. ÞHH-KS-2001-05). Lengri fóðring í ST-08 á að tryggja að heitari vökvi fáist úr holunni en fóðringin veldur því jafnframt að hún verður ekki eins gjöful fyrir vikið.

Meðan dæluprófunin fór fram í ST-08 var dælt úr vinnsluholunni ST-03 og var talið að úr henni fengjust um 20 l/s en ekki er vitað um niðurdráttinn. Hlé mun hafa orðið á dælingu úr henni nokkra hríð meðan á síðasta þrepi prufudælingarinnar stóð. Fylgst var með vatnsborðsbreytingum í holunni ST-07 meðan á dælt var úr ST-08. Ljóst er, að dæling úr einni holu dregur vatnsborð strax niður í annarri, enda er stutt á milli þeirra.

Gangur dælingar 3. maí 2001

Eftirfarandi er lauslegur útdráttur úr minnispunktum mælingamanna, sem sýnir helstu skráningar meðan dæling úr holunni ST-08 stóð yfir. Áður en loftdælingar hófust var holan hitamæld í botn og er mælingin sýnd á mynd 2.

08:15. Vatnsborð í ST-08 mældist á 45,50 m dýpi. Allar vatnsborðsmælingar eru hér miðaðar við efri stangaenda, sem var 3,5 m ofan við flangs á holutoppi.

08:30. Vatnsborð í ST-07 mælt á 52,88 m dýpi miðað við efri flangs á T-stykki; 70 cm ofan við holuflangs.

Fyrsta þrep.

Borstangir ná niður á 205 m dýpi. Prýstiskynjara mælingabílsins komið fyrir á 300 m. Prýstimælir Sleipnis sýnir 1.5 bar á loftgrein án álags.

09:45. Dæling hefst vandræðalaust og varð rennslið fljótt jafnt. Bununni beint út í hraunið sem gleypir umsvifalaust vatnið. Vökvinn varð strax saltur. Prýstingur á loftgrein nær fljótt jafnvægi en lengri tíma tekur að fá vitrænan aflestur af þrýstiskynjara mælingabílsins niðri í holunni.

10:00. Þrýstimælir Sleipnis (á loftgreininni) sýnir 10,2 bar.
 10:10. Hiti (á 300 m dýpi) 72,5°C.
 10:15. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 10,2 bar.
 10:17. Vatnsborð í ST-07 mælt 55,00 m.
 10:48. Vatnsborð í ST-07 mælt 57,52 m.
 10:55. Þrýstimælir bors sýnir 10,0 bar.
 11:00. Hiti á uppdældum vökva 81,1°C.
 11:15. Rennsli beint í borkar nr. 1 þar sem gusugangurinn dempaðist. Úr því í kar nr. 2, þar sem það var mælt **36 l/s**.
 Bunu beint út í hraunið á ný.
 11:30. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 10,2 bar.
 11:42. Vatnsborð í ST-07 mælt 60,84 m.
 11:50. Hiti á uppdældum vökva 82,9°C.
 11:58. Vatnsborð í ST-07 mælt 61,64 m.
 12:04. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 10,3 bar.
 12:47. Þrýstimælir bors sýnir 10,2 bar.
 12:52. Vatnsborð í ST-07 mælt 64,10 m.
 12:58. Vatnsborð í ST-07 mælt 64,33 m.
 12:59. Hiti á uppdældum vökva 84,2°C.
 13:00. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 10,2 bar.
 13:01. Slökkt á loftpressu. Fyrsta þrepilíkur. Dælt var í 196 mínútur.
36 l/s dæling lækkar vatnsborð niður á 118 m samkvæmt þrýstingi á loftlögn bors. Þrýstimæling niðri í holunni gefur vatnsborð á um 105 m.
 13:15. Vatnsborð í ST-07 mælt 64,61 m.

Annað þrep.

13:48. Borstangir dregnar upp í 148 m. Vatnsborð í ST-08 mælt á 60,10 m dýpi. Þrýstiskynjara mælingabílsins komið fyrir á 250 m dýpi.
 13:48. Vatnsborð í ST-07 mælt 63,32 m.
 14:10. Loftdælingu komið í gang á ný.
 14:15. Þrýstimælir Sleipnis; 6,8 bar.
 14:26. Vatnsborð í ST-07 mælt 61,40 m.
 14:26. Þrýstimælir bors; 6,9 bar.
 14:36. Hiti á uppdældum vökva 83,5°C.
 15:00. Rennsli mælt á sama hátt; **27 l/s**.

Þrýstingur á loftlögninni truflast lítillega við aðfarirnar, en jafnar sig fljótt.
 15:15. Vatnsborð í ST-07 mælt 60,85 m.
 15:16. Slökkt á loftpressu. Öðru þrepilíkur. Dælt var í 66 mínútur.
27 l/s dæling lækkar vatnsborð í holunni niður á 94 m samkvæmt þrýstimælingu á loftlögn borins. Mæling niðri í holu gefur sömu niðurstöðu.

Priðja þrep.

15:50. Borstangir síkkaðar niður í 168 m. Vatnsborð í ST-08 mælt á 57,10 m dýpi. Þrýstiskynjari mælingabílsins sem fyrr á 250 m dýpi.
 16:00. Loftdælingu komið í gang á ný. Vatnsborð í ST-07 á 61,40 m.
 16:04. Þrýstimælir bors; 8,0 - 8,2 bar.
 16:28. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 8,0 bar.
 16:53. Hitinn á vökvunum er 84,5°C og enn er hann dálítíð óhreinn. Tekið sýni til leiðnimælingar; 48 mS.
 16:55. Þrýstimælir Sleipnis sýnir 8,0 bar.
 17:00. Vatnsborð í ST-07 er á 61,40 m. Hitmæling hefst í ST-08.
 17:15. Rennsli mælt á sama hátt og fyrr var gert; **31 l/s**.
 17:35. Hitamælingu lokið. Þrýsti- og hitapróba á 250 m; hiti þar 84,5°C.
 17:40. Slökkt á loftpressu. Priðja þrepilíkur. Dælt var í 100 mínútur.
31 l/s dæling lækkar vatnsborðið í 103 m samkvæmt þrýstingi á loftgrein. Raunhæf mæling niðri í holu náðist ekki á þessu þrepip, hugsanlega vegna truflana sem hafa orðið þegar slökkt var á dælu í ST-03 um tíma.
 17:42. Vatnsborð í ST-07 er á 59,75 m.
 18:30. Vatnsborð í ST-07 er á 59,05 m. Hitamælt í holunni (sjá mynd 3).
 19:30. Vatnsborð í ST-07 er á 57,62 m.
 19:45. Vatnsborð í ST-08 mælt að síðustu eftir að stangir höfðu verið dregnar upp; 51,53 m á vatn miðað við þilfarið á Sleipni, eða 48,5 m neðan við flangs á toppi holunnar.

Afköst ST-08

Afkastaferill holunnar er sýndur á mynd 1. Taka ber mið af því að hér er um stutta prufudælingu að ræða. Einungis var dælt í fáeinar klukkustundir og á þeim tíma hefur vatnskerfið engan veginn náð að laga sig að nýjum aðstæðum. Það gerist ekki að fullu fyrr en eftir langa, samfellda úrdælingu. Fyrst og fremst er tekið mið af þrýstimælingum í loftlögn borsins, enda er mætagott samband milli þeirra innbyrðis á hverju þrepi fyrir sig. Raunar má leiða líkum að því að hér sé um hámarksgildi að ræða. Þrýstimælingarnar, sem gerðar voru niðri í holunni meðan dælt var, benda til þess að svo sé. Samkvæmt þessu fylgir afkastaferillinn líkingunni $Vb = 0,03Q^2 + 0,7Q + 48$. Þarna er Vb dýpi á vatnsborð miðað við holutopp (m) og að vökvinn sé heitur og Q er rennslið (l/s). Samkvæmt þessu ætti vatnsborð að lækka úr 48 m niður í 75 m við 20 l/s dælingu úr ST-08 og er þá miðað við óbreytta dælingu úr ST-03 og enga úr ST-07. Þessi niðurstaða rímar vel við áætlaða vatnsstöðu í ST-03 við úrdælingu, en fóðringadýpið í henni er svipað og í ST-08.

Innbyrðis áhrif holnanna

Eins og fram kemur hér að framan var fylgst með vatnsborðsbreytingum í ST-07 meðan á dælingu úr ST-08 stóð. Samkvæmt þeim mælingum eru áhrif dælingarinnar fljót að skila sér þarna á milli. Á fyrsta þrepi dælingarinnar (36 l/s) féll vatnsborðið í ST-07 (sem er í rúmlega 150 m fjarlægð) um tæpa 12 m og var ekki séð fyrir endann á þeirri lækkun. Næsta lítið er að öðru leyti um þessar mælingar að segja þar sem þær stóðu í of stuttan tíma. Vitað er að þarna gætir áhrifa sjávarfalla en ekki hversu mikil.

Sé á hinn böginn tekið mið af jöfnum afkastaferlanna, sem reiknaðir hafa verið fyrir holurnar ST-07 og ST-08, má a.m.k. fá hugmynd um hve mikil áhrifin verða milli þeirra og frá þeim sameiginlega á vatnskerfið. Afkastaferlar holanna tveggja fylgja líkingunum:

$$Vb(ST-07) = 0,015Q^2 + 0,4Q + 46 \quad \text{og} \quad Vb(ST-08) = 0,03q^2 + 0,7Q + 48$$

Fyrsti liður jöfnunnar merkir lækkun af völdum iðustreymis inn í holuna (stundum kallað holutap). Annar liðurinn táknað lækkun af völdum lagstreymis og sá þriðji er hæð ótruflaðs vatnsborðs miðað við heita vökvásúlu í holu.

Tafla 1. Niðurdráttur í holunum og innbyrðis áhrif milli þeirra.

Hola	Q	Iðustr. l/s	Lagstr. tap, m	Niðurdr. m	Gagnkvæm niðurdr. áhrif, m	+ 45 m vatns- borðshæð
ST-07	50	Δ40	Δ20	Δ60	15+60=75	120 m á vatn
ST-08	20	Δ12	Δ15	Δ27	20+27=47	92 m á vatn
Svæðis- niðurdr.			Δ35 m		45+35=80 m	

Hér gerum við ráð fyrir að sambandið milli holanna sé afar gott og að allt lagstreymis-tapið, sem önnur veldur, komi fram í hinni (og öfugt). Þannig er lítið á að svæðið sé einn sameiginlegur vatnsgeymir, sem verði fyrir ákveðnum "svæðisniðurdrætti" við úrdælingu, sem er dálítill einföldun. Samkvæmt þessum gefnu forsendum má áætla vatnsstöðu í hvorri holu fyrir sig miðað við gefna úrdælingu. Hér er valið að reikna áhrifin við að 50 l/s séu teknir úr ST-07, 20 l/s úr ST-08 og að dæling úr ST-03 haldist óbreytt frá því sem nú er; allt að 20 l/s. Væntanlega eru þetta alls 80 - 90 l/s.

Í töflu 1 er reiknað með að vatnsborð sé á um 45 m dýpi, en það er í samræmi við það sem mælt hefur verið í nýju holunum tveim meðan vatnssúlan í þeim er heit og dæling í gangi í ST-03. Ætla má að niðurdráttur vatnsborðsins á svæðinu aukist um 35 m þegar farið verður að dæla úr ST-07 og ST-08. Þessi aukning á lyftihæð hlýtur að koma niður á afköstunum hjá dælunni í ST-03, sem mun vera á um 110 m dýpi og gæti jafnvel þurft að síkka hana. Annars er lítið vitað um afköstin og enn minna um vatnsstöðuna í þeirri holu meðan dælt er og er ekki möguleiki á að mæla hana.

Taflan er gerð samkvæmt niðurstöðum í stuttum dæluprófunum og verður að taka niðurstöðunum með viðeigandi varúð, þar sem í þeim var ekki fengið endanlegt jafnvægisástand milli dælingar og niðurdráttar vatnsborðsins. Þá er reiknað með að lagstreymistap, sem dæling úr einni holu veldur, komi allt fram á svæðinu í heild. Þetta, sem og aðrir þýðingarminni óvissuþættir valda því að taka verður töflunni sem leiðbeinandi upplýsingum um hvert ástand jarðsjávarkerfisins þarna er.

Hiti og vatnsæðar

Gjöfular vatnsæðar koma gjarnan í ljós meðan á borun stendur og kemur það þá fram í því að verulegur hluti skolvatns tapast út í þær. Meðan á borun ST-07 stóð í veturnar ekki vart við skoltap, og það er í samræmi við borun ST-03 á sínum tíma. Við borun ST-08 varð hins vegar skoltap, allt að 6 l/s neðan 714 m dýpis, en tapið minnkaði við áframhaldandi borun eftir því sem borsvarfið þétti æðarnar.

Hitamælingaferlar ST-08 sýna æðar á 600 - 620 m dýpi og úr þeim æðum fékkst obbinn af vökvunum sem upp var dælt í dæluprófuninni (mynd 2). Þá er gjöfult svæði á 700 - 750 m dýpi, eða á þeim slóðum sem skoltapsins varð vart. Hitinn á þessu svæði náði upp í 95°C undir lok dælingarinnar var enn að hitna. Neðan 760 m eru ekki vatnsæðar.

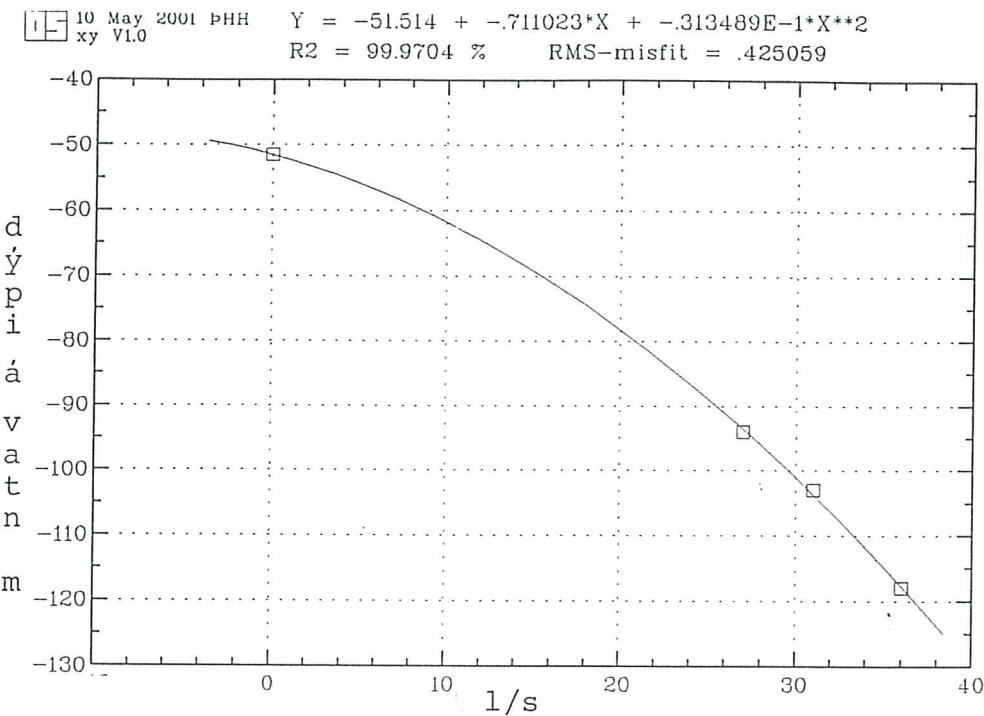
Hitamælingarnar í ST-03 vitna um innstremmisæðar á sem næst 600 m dýpi.

Gjöfular æðar eru í holu ST-07 rétt neðan fóðringarenda holunnar, sem er á 457 m dýpi. Þar er hitinn um 35°C en á um 500 m eru æðar sem gefa rúmlega 50°C heitan jarðsjó. Þessar æðar reyndust drýgstær þegar holan var prufudæld (mynd 3) og aðeins verður lítillega vart við æðarnar á rúmlega 600 m, sem best gefa í hinum holunum. Síðasta hitamælingin sýnir ástandið í holunni eftir þrjá mánuði. Þar sést að úr þessum æðum streymir niður holuna, allt niður á 770 m dýpi. Þar neðan við eru ekki vatnsæðar.

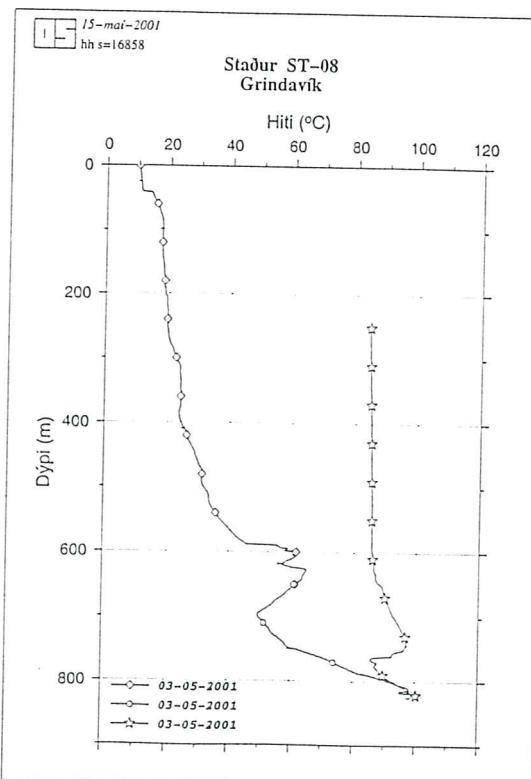
Efri æðarnar, sem fram komu í ST-07 eru fóðraðar af í ST-08 allt niður á 540 m dýpi með það fyrir augum að að ná upp heitari jarðsjó en ST-07 gefur. Það virðist hafa tekist mætavel, því upp mældist nú koma um 84°C heitur vökví. Síð fóðring kemur hins vegar niður á afköstunum; nýja holan er aðeins um hálfdrættingur á við ST-07.

Holan ST-08 mun fá sinn jarðsjó að mestu af ríflega 600 m dýpi, líkt og ST-03 hefur gert til þessa. Hitinn stjórnast líklega nokkuð af því hve miklu er dælt, en gert er ráð fyrir að við 20 l/s verði hann 80 - 90°C, sem er hærra en ST-03 gefur.

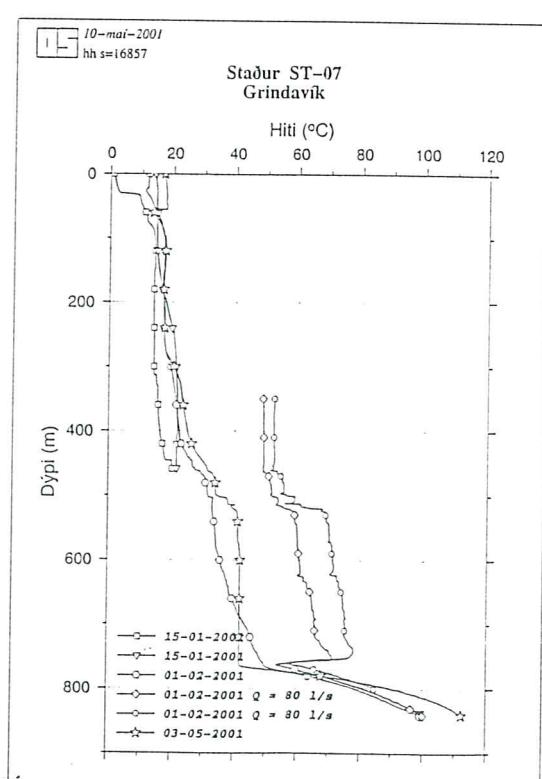
Holan ST-07 mun að mestu taka jarðsjóinn inn ofan 500 m dýpis þar sem hann er 50 - 60°C. Hvernig samspil hita og vatnsborðs verður í raun þegar til lengri tíma er lítið í þessum nýju holum kemur ekki í ljós fyrr en eftir að dælt hefur verið úr þeim samtímis um nokkurt skeið. Óvisst er hver heildaráhrifin verða á ST-03 við stóraukna dælingu úr svæðinu, en líkast skiptir dæling úr ST-08 verulegu máli þar sem innstremmi er á svipuðu dýpi í þessum holum.



Mynd 1. Afkastaferill ST-08, mældur við dælingu þann 3. maí 2001.



Mynd 2. Hitamælingar í ST-08.



Mynd 3. Hitamælingar í ST-07.