

**Hola RV-43 í Geldinganesi. Forsendur fyrir
staðsetningu og hönnun holunnar**

**Benedikt Steingrímsson
Guðmundur Ómar Friðleifsson
Karl Gunnarsson
Sigvaldi Thordarson
Sverrir Þórhallsson
Þórólfur H. Hafstað**

Greinargerð BS-GÓF-KG-SThor-SP-ÞHH-2001-02

Júní 2001

HOLA RV-43 Í GELDINGANESI

Forsendur fyrir staðsetningu og hönnunar holunnar.

Inngangur

Á undanförunum áratugum hefur Orkuveita Reykjavíkur (áður Hitaveita Reykjavíkur) látið bora margar rannsóknarholur til að kanna hitastig og hitastigul í berggrunni víðs vegar á Höfuðborgarsvæðinu. Hafa holurnar fengið einkennisstafina HS og er þær orðnar 64 talsins. Við borun holu HS-33 á vestanverðu í Geldinganesi vorið 1993 kom í ljós hár hitastigull og á tæplega 350 m dýpi var komið í tæplega 100°C heitt vatn. Þetta var síðan staðfest þremur árum síðar þegar hola HS-44 var boruð í 1265 m dýpi um 170 m austan við holu HS-33. Þessar holur gefa í dælingu um 10 l/s af 100°C heitu vatni við 100 m niðurdrátt.

Á árinu 1998 ákvað Orkuveitan að kortleggja nákvæmlega hitastigul í Geldinganesi með það fyrir augum að ákvarða hvort tengja mætti jarðhitauppstreymið í nésinu við misgengissprungu í berggrunninum. Boranirnar hófust haustið 1998 og voru boraðar 13 holur (HS-52 til 64) fram í febrúar 1999 og voru flestar þeirra um 100-120 m djúpar. Hitamælingar í holunum sýndu að um miðbik norðurstrandar Geldinganes er hitastigull mjög hár eða um 460°C/km, en það er með því hæsta sem mælst hefur á lágheitsvæðum héraendis. Á mynd 1 er sýnt hvernig hitafrávikkið teygir sig úr norðaustri inn yfir nesið og er ljóst að jarðhitauppstreymið tengist bergsprungu með norðaustlæga stefnu. Jafnframt er ljóst að meginuppstreymið er undan norðurströnd Geldinganes. Hugsanlega tengist uppstreymið einnig víðáttumiklum innskotum í berggrunninum þar, en þau sjást í segulmælingum á svæðinu (mynd 2).

Orkuveitan mun sumarið 2001 halda áfram könnun jarðhitans í Geldinganesi með borun djúprar borholu og verður þess freistað að skera jarðhitasprunguna norðan við nesið og kanna innskotin í berggrunninum vestan Þerneyjar. Borstaður hefur verið valinn nærri Norðurnesi og verður holan skáboruð út undir sundið. Hnit holunnar eru (ÍSNET 93) X=363551.0 og Y=410880.3 en hæð hennar er um 22 m y.s. Endanleg mæling á hæð holunnar fæst þegar borplan er frágengið og holukjallari kominn á sinn stað. Holan er hönnuð sem vinnsluholu og mun hún falla inn í númeraröð vinnsluholna orkuveitunnar og bera nafnið RV-43 og staðarnúmerið 5043 í borholuskrá Orkustofnunar.

Jarðfræðilegar aðstæður

Í Geldinganesi er víðast grunnt niður á fast berg. Lausu jarðlögin eru misþykkur moldarjarðvegur en undir honum er sjávarmöl þar sem dýpst er á fasta klöpp á sunnanverðu nesinu. Berggrunnur nessesins er nær alfarið grágrýtisskjöldur; Reykjavíkurgrágrýtið. Helguhóll á nesinu norðvestanverðu er úr eldra bergi og einnig lítil opna í fjörunni á því sunnanverðu. Í grágrýtinu skiptast á heillegt berg og kargakennt og er neðsti hluti þess úr bólstra- og brotabergi, sem oftast er með dálitlum leirfyllingum. Þetta er brotabreksía og bendir til að það grágrýtishraun hafi flætt í sjó fram. Hún er sums staðar laus í sér og víðast hvar nokkuð lek. Grágrýtisþekjan er misþykk. Undirlagi hennar hallar nokkuð ákveðið til norðausturs og má ætla, að það hafi runnið úr austri eftir dálitlu daldragi eða fjarðarbotni.

Setlög eru undir grágrýtinu, og líkast til er hér um svonefnt Elliðavogsset að ræða. Þetta er fínkorna sjávarset, sem virðist vera vel samlímt. Yfirborð setsins er víðast að finna á 15 - 40 m dýpi undir sjávarmáli. Það er nokkuð misþykkt, oftast aðeins nokkrir metrar og í borholunum nyrst á nesinu finnast ekki merki um það. Í holum HS - 54 og HS - 55, sem eru vestast á nesinu (mynd 1), er setlagið klofið af þunnu basaltlagi og svo er einnig í HS-33. Setið og bergið neðan þess er þétt og neðan þess verður yfirleitt ekki vart niðurrennslis kalds vatns í borholunum. Í einstökum holum varð setlagsins ekki vart.

Undir Elliðavogssetlögum er bergið jafnan verulega ummyndað; víðast hvar túffkennt móberg og svo ummyndað tertíert basalt. Samkvæmt berggrunnskorti er hér sennilega um að ræða móberg, sem sést í Geldinganesfjöru vestur af Eiðsgranda og einnig í Gufunesi. Eins og að líkum lætur er móbergið misjafnlega þykkt. Í holu HS-33 eru neðri mörk móbergsins um 120 m u.s., en mun neðar í HS-44 (250 m u.s.) þó örstutt sé á milli. Þessi munur hefur að nokkru verið skýrður með misgengi, en einnig að móbergshryggur væri skorinn í HS-44.

Neðan við móbergið er samkvæmt HS-33 og HS-44 aftur komið í lekara berg, hraunamyndun þar sem nokkuð ber á þunnum millilögum. Hraunamyndunin nær í botn holu HS-33 (345 m), en niður á 368 m dýpi í HS-44. Hraunin eru fín- meðalkorna niður á 340 m dýpi, en þar tekur við 28 m þykkt grófkorna dólerít hraunlag. Bergið er þó misjafnlega grófkorna og hugsanlega komið úr beltóttu dyngjubasalti.

Hola HS-44 er eina holan í Geldinganesi sem nær niður fyrir 345 m dýpi. Borsvarf úr holunni hefur verið greint og er niðurstöðum jarðlagagreininganna lýst í skýrslu Guðmundar Ó. Friðleifssonar o.fl. (1996). Þar er m.a. eftirfarandi lýsing á jarðlögum neðan við hraunlagamyndunina:

368-436 m. Móbergstúff gegnum stungið af einu basaltlagi. Móbergstúffið er ljósgrænt af ummyndun, en ljósgult við basaltlagið. Basaltlagið er grófkorna um miðbikið, en fínkornóttarar til jaðranna. Talið er hugsanlegt að þetta sé innskot.

436-1265 m. Hraun og innskotaflækja. Efsta lagið viðist vera innskot. Innskotsbergið er jafnkorna og þétt, og þunnar æðar úr súru bergi virðast vera til staðar. Næstu lög neðan við virðast vera hraunlög með þunnum setlögum á milli, en á 500 m dýpi er aftur komið í innskotsberg, en þar sést fyrst í epidót. Síðan má heita að dólerítinnskot séu ráðandi niður

holuna, en svarfgreining var erfið vegna þess hversu svarfið var fínt malað. Aðeins vottar fyrir súru innskotsbergi á um 600 m dýpi.

Ummyndun jarðlaga í HS-44

Ummyndunarstig hefur hvergi sést jafnhátt á Reykjavíkursvæðinu en í holu HS-44. Kom það ekki á óvart því Geldinganes er mun nær miðju meginseldstöðvarinnar á Sundunum en vinnslusvæðin í Laugarnesi og við Elliðaár. Heita má að kalsít, kvars og pýrít má finnast í holu HS-44 neðan Elliðavogssetsins og niður í botn. Klórít er greint á nokkrum stöðum frá 100 m dýpi og niður úr, og bendir það til fornhita um eða yfir 220-240°C.

Blandlagsleir greinist hins vegar eingöngu milli 350 til 500 m og smektít kemur einungis fram ofan 500 m dýpis. Epidót sást fyrst á rúmlega 500 m dýpi og er síðan algengt neðan 700 m dýpis. Í þunnisneiðum greindist prenit, albít og líklega kalífeldspat á rúmlega 500 m dýpi eða svipuðum stað og epidót greindist fyrst. Laumontít finnst frá 100 m dýpi og niður alla holuna en athygli vakti að aðrir zeólítar sáust ekki í holunni.

Ummyndunarsamfélagið í holu HS-44 er gamalt og er meginhluti þess frá þeim tíma er háhitavirkni ríkti í Kjalarneseldstöðinni, en hluti ummyndunarinnar (t.d. laumontít og smektít) er þó síðari tíma yfirprentun. Ljóst er að hola RV-43 mun líkjast holu HS-44 hvað ummyndun varðar og má búast við að ummyndunarstigið verði jafnvel enn hærra í RV-43 þar sem hún er nær miðju Kjalarneseldstöðvarinnar en HS-44. Nægir þar að minna á umræðuna í kaflanum hér að framan en þar kemur fram að víðáttumikil innskot er að finna norðan Geldinganes og verður hola RV-43 skáboruð í átt til þess.

Segulmælingar á Sundunum

Orkustofnun hefur á undanförunum árum segulmælt fyrir Orkuveitu Reykjavíkur á sundunum norðan Reykjavíkur og eins í Viðey, Engey, Þerney og Geldinganesi. Eldri gögn um segul- og þyngdarmælingar hafa verið endurunnin og gerð segul- og þyngdarkort af svæðinu. Við undirbúning borunar RV-43 var sérstaklega horft til þessara mælinga, en miklar sviftingar eru í segul- og þyngdarsviðinu í nágrenni Geldinganes. Fjallað er ýtarlega um þessar mælingar í skýrslum og greinargerðum Karls Gunnarssonar (1997, 1999, 2000 og 2001) og er eftirfarandi texti útdráttur úr þeirri síðustu.

Hár hitastigull mælist norður eftir Geldinganesi, og benda jafnhitalínur til hámarks norðan við nesið. Markmið borunar RV-43 er að kanna þetta hitahámark, og verður reynt að nálgast það með því að sveigja holuna til norðurs, eins og fram kemur á mynd 1. Á mynd 2 er hins vegar sýndur hluti af segulkortinu á Sundunum norðan Reykjavíkur og nær þessi hluti yfir Geldinganes, Þerney og Lundey. Staðsetning og lega RV-43 er einnig sýnd á myndinni. Í Geldinganesi eru afar litlar breytingar í segulsviði. Í grunnnum borholum víða um nesið kemur að ráðandi bergtegundir eru grágrýti efst en ummyndað móbergstúff þar fyrir neðan og skýrir það hve lítið er um segulfrávik á kortinu á mynd 2. Þó má sjá nokkur neikvæð segulfrávik við og rétt undan ströndum nessins. Vægt neikvætt frávik er yfir hluta af Helguhól (norðvestan í nesinu), en þar kemur innskot í ljós á yfirborði. Inni í Eiðsvík virðist vera slæðingur af öfugt segulmögnum innskotum, líklega fremur aflöng í norðlæga stefnu. Norður úr Réttarnesi (norðaustast) gengur áberandi aflangt neikvætt frávik. Þá er vægt neikvætt frávik við norðausturströndina, hugsanlega jaðar innkotasvæðisins þeim megin.

Megin segulfrávikíð á mynd 2 er hins vegar um ½ km norðan Geldinganes og álíka langt vestan Þerneyjar. Þetta er mjög sterkt neikvætt segulfrávik, nærri kringlótt í laginu. Hitastigulsfrávikíð á mynd 1 stefnir í átt að þessu segulfrávik og er ljóst að hola RV-43 muni fara inn á þetta svæði. Til að kanna þetta nánar var sett upp einfalt tvívítt jarðlagalíkan, eða snið, í sömu stefnu og borholunni er ætlað að stefna frá Geldinganesi norður fyrir segulfrávikíð. (Karl Gunnarsson, 2001). Lögun og seguleiginleikum jarðlagaeininganna var síðan breytt uns viðunandi hermum fékkst á segulsviði.

Svo sem búast mátti við komu ýmis reiknilíkon til greina, þar sem raðað er upp misstórum bergskrokkum (innskotum), sem eru mismunandi grunnt í jörðu og ná mismunandi djúpt, hafa mismunandi þykkt og eru missegulmögnuð. Þegar þess er krafist að segulmögnumargildi séu raunhæf verður að hafa efra borð skrokkanna við Þerney á tiltölulega litlu dýpi, líklega innan 100 m. Ætla má að þeir nái allt upp í yfirborð berggrunns (sjávarbotns), sem er rofflötur á nokkurra tuga metra dýpi. Valið var að hafa botn skrokkanna á um 1500 m dýpi, en reikningarnir voru ekki ýkja viðkvæmir fyrir þeirri stærð.

Meginfrávikíð á svæðinu norðan Geldinganes krefst þess að þar undir sé um 500 m breiður og 1500 m djúpur stautur (innskot) með óvenju hárra segulmögnum, eða svipað hæstu gildum sem mælst hafa í bergsýnum í rannsóknarstofu. Suðurhlíð fráviksins er þannig löguð að ekki er mögulegt að líkja eftir henni með bröttum vegg. Tveir möguleikar eru sýnilegir: Annað hvort verður að setja gisið innskotsberg á um 400-500 m kafla sunnan við, eða láta innskotinu halla til suðurs og teygjast undir Geldinganesið með vaxandi dýpi.

Norðan megininnskotsins eru fremur sterk segulmagnaðir bergskrokkar á um 1 km breiðu belti uns komið er í lítt segulmagnað berg. Nyrst er sterksegulmagnað innskot á innan við 50 m dýpi, og gæti það verið 90 m á þykkt. Milli þess og megininnskotsins hlýtur að vera töluvert magn af innskotsbergi þó segulmögnum sé heldur minni en við jaðarinn og mun minni en í megininnskotinu sjálfu.

Borhola RV-43 mun ná norður í megininnskotið. Miðað við þá áætlunina um skáborun holunnar mun hún, samkvæmt tvívíða líkaninu, ná inn í jaðareininguna sunnan megininnskotsins, þegar 200 m hliðrun er náð eða í 800-1000 m mældu bordýpi. Inn í megininnskotið ætti hola síðan að komast þegar 300-700 m hliðrun er náð (1-1 ½ km bordýpi) eftir hversu mikill halli er í raun á innskotsjaðrinum.

Hiti og vatnsborð

Á mynd 3 eru sýndar hitamælingar í holu HS-44 og áætlaður berghiti þar. Hitamælingarnar sýna að hiti vex hratt með dýpi og er komið í um 100°C heitt hræringarkerfi neðan við um 500 m dýpi og nær hræringin niður fyrir botn holunnar. Búist er við svipuðu hitaástandi við holu RV-43. Þó er ljóst að grynna er á jarðhita við holu RV-43 en HS-44, eins og hitastigulskortið á mynd 1 ber með sér. Einnig er líklegt að hræringarhitinn sé heldur hærri í RV-43, en í HS-44 þar sem hola RV-43 verður á uppstreymissvæði, en HS-44 í nokkurri fjarlægð frá því.

Mælingar í holu HS-44 hafa sýnt að vatnsborð í holunni fullheitri er á um 25 m dýpi eða sem næst við sjávarmál. Vatnsborð holu RV-43 ætti að vera nærri sjávarmáli eða jafnvel heldur hærra en í holu HS-44 vegna minni fjarlægðar til uppstreymissprungunnar.

Hönnun RV-43

Hola RV-43 er hönnuð sem vinnsluhola lághita og er vídd og sídd vinnslufóðringar valin með væntanlegan rekstur djúpdælu í holunni í huga. Áformað er að tveir borar Jarðborana h/f komi að verkinu. Jarðborinn Sleipnir mun hefja verkið og bora holuna niður á 700 m dýpi. en jarðborinn Jötunn tekur þar við lýkur verkinu. Steypt vinnslufóðring mun ná í 250 m dýpi, en vinnsluhluti holunnar verður síðan boraður í tvennu lagi. Frá 250 m og niður í 700 m dýpi verður borað með 12 ¼" borkrónu og sett laus fóðring í þetta dýptarbil. Þar með lýkur verki Sleipnis og Jötunn tekur við og með honum verður borað með 8 ½" borkrónu þaðan og í botn. Yfirlit um borvíddir og fóðringar holu RV-43 er sýnt á mynd 4. Dýptartölur hér að ofan miðast við bordýpi. Endanlegt fóðringardýpi verður ákveðið af staðarjarðfræðingi í samráði við fulltrúa Orkuveitu Reykjavíkur.

Hola RV-43 verður boruð á ská og er gert er ráð fyrir að skáborunin hefjist á um 250 m dýpi, eða strax neðan vinnslufóðringar. Byggður verði upp 35° halli með hallabreytingu upp á 2,5°/30 m. Áformuðum halla verður náð á 670 m dýpi, en eftir það verður borað með læstum streng og 35° halla haldið í botn. Miðað við 2000 m borað dýpi verður lárétt hliðrun um 900 m og raundýpi um 1750 m. **Áætlað er að bora holu RV-43 í norðnorðaustur stefnu eða nánar tiltekið í stefnuna 20°+/-10°.** Helstu forsendur fyrir stefnuborun holu RV-43 eru eftirfarandi:

Uppstreymisrás jarðhitans í Geldinganesi er bergsprunga sem talin er liggja í stefnuna 40° út frá norðurströnd Geldinganes og virðist meginuppstreymið vera úti á sundinu. Lega sprungunnar byggist á mældum hitastigli í grunnum borholum í Geldinganesi og jarðlagasniðum dýpri rannsóknarholna (HS-33 og 44). Lætur nærri að áformaður holutoppur RV-43 verði um 70 m frá miðju hitastigulsfrávíksins (mynd 1). Halli bergsprungunnar er ekki þekktur en talið er líklegt að hann sé lítill eða enginn.

Ákveðið var að gera ráð fyrir að stefna sprungunnar væri 40° og að halli hennar væri 0°+/-3° og að stefna holunnar 20°+/-10°. Á mynd 5 er sýnd afstaða holu og misgengis með dýpi. Þar kemur fram að fyrir lóðréttu sprungu mun borholan skera sprunguna á 600-800 m dýpi. Erfitt er að ákvarða skurðpunktinn nákvæmlega þar sem holan er mjög nærri sprungunni og stefna holunnar og sprungunnar nær samsíða. Halli sprungunni t.d. 3° til vesturs sker holan sprunguna á um 840 m dýpi (bordýpi) ef stefna holu er 10°, en skurðpunkturinn færir niður á 1065 m bordýpi ef stefna sprungunnar er 20°. Ef holunni er hins vegar stefnt í 30° þarf að bora niður fyrir 2000 m dýpi til að komast í sprunguna miðað við að henni halli 3° til vesturs. Hugsanlega þarf að endurskoða stefnu holunnar þegar komið er í 1000 m dýpi og stýra holunni í átt að sprungunni.

Niðurlag

Greinargerð þessi kemur sem fylgirit við verksamning Orkuveitu Reykjavíkur og Jarðborana hf um borverk vegna holu RV-43. Hér er kveðið nánar á um hönnun holunnar og fjallað um helstu jarðhitalegu forsendur fyrir staðsetningum og borstefnu. Þá er einnig litið til jarðfræðilegra upplýsinga sem fengist hafa við fyrri boranir í Geldinganesi.

Skýrsluskrá

Allmiklar jarðhitarannsóknir og boranir hafa farið fram í Geldinganesi og hefur verið fjallað um niðurstöður í skýrslum. Skrá um skýrslurnar fylgir hér með, en þær eru aðgengilegar á bókasafni Orkustofnunar og hjá Orkuveitu Reykjavíkur.

Benedikt Steingrímsson o.fl., 1994. Korpuósar, Hóla RV-42. Jarðlög, vatnsæðar og jarðhitavökvi. Orkustofnun, OS-94015/JHD-04 B, 35 s.

Grímur Björnsson, Sigvaldi Thordarson og Benedikt Steingrímsson, 1999: Hiti í berggrunni og hugmyndalíkan af jarðhitakerfum á höfuðborgarsvæðinu. Orkustofnun, OS-99112, 100 s.

Guðmundur Ómar Friðleifsson, Þórður Arason, Helga Tulinius og Benedikt Steingrímsson, 1996: Hóla HS-44 í Geldinganesi. Jarðlög, ummyndun og niðurstöður jarðlagamælinga. Orkustofnun, OS-96053/JHD-33 B, 29 s.

Helgi Torfason, Árni Hjartarson, Haukur Jóhannesson, Ingvar Birgir Friðleifsson, Jón Jónsson og Kristján Sæmundsson, 1997: Berggrunnskort, Viðey 1613 III NV-B. 1:25.000. Landmælingar Íslands, Orkustofnun, Hafnarfjarðarbær, Garðabær, Kópavogsbær, Mosfellsbær, Seltjarnarnesbær og Reykjavíkurborg.

Jens Tómasson, Helga Tulinius og Benedikt Steingrímsson, 1994: Höfuðborgarsvæði: Holur HS-23 til HS-35. Jarðfræði og jarðlagamælingar. Orkustofnun, OS-94023/JHD-11 B, 68 s.

Karl Gunnarsson, 1997. Um þyngdar- og segulmælingar í Reykjavík, 1997-1999. Orkustofnun OS-97033.

Karl Gunnarsson, 1999. Segulmælingar á sjó við Reykjavík, 1997-1999. Orkustofnuns greinargerð. KG-02/99.

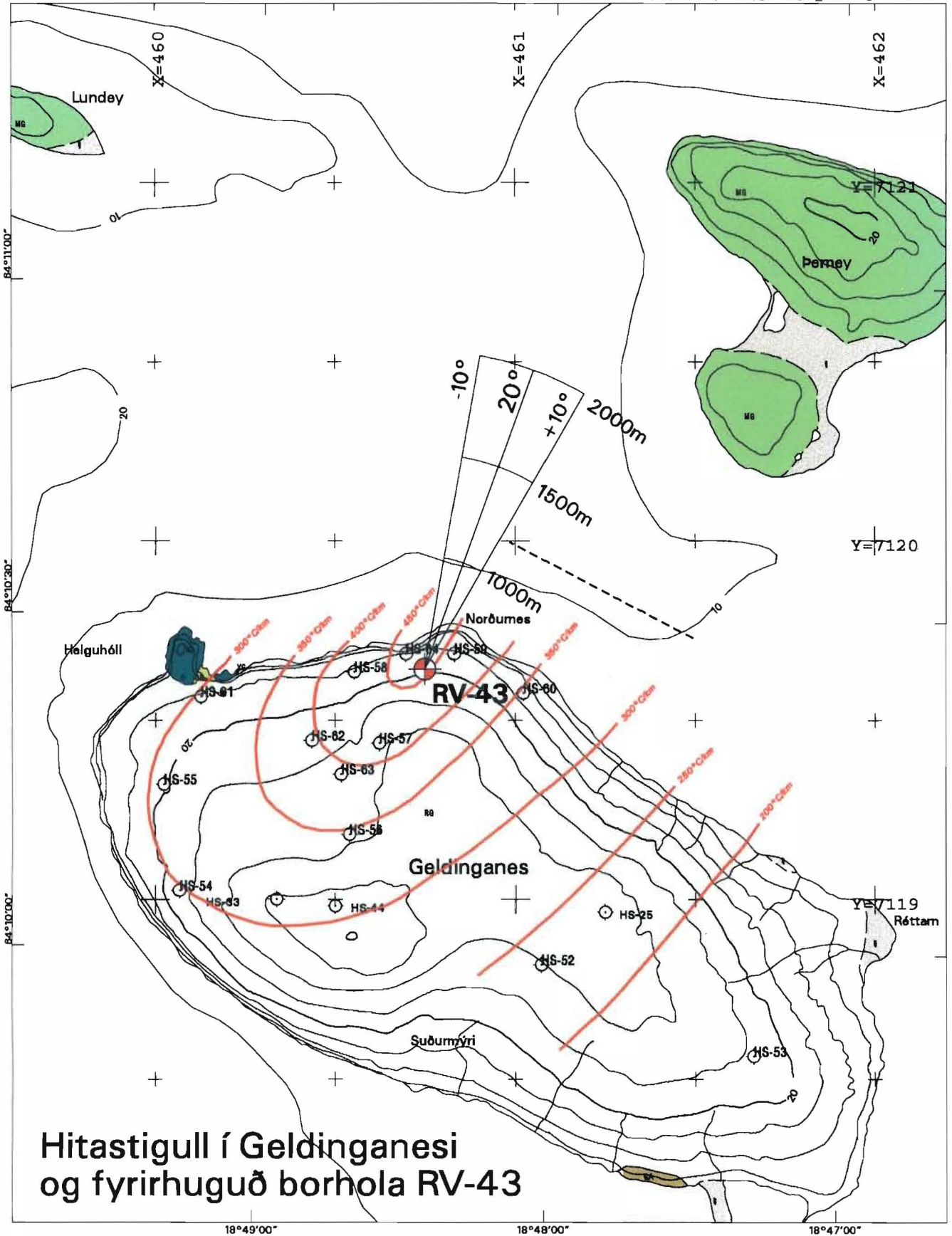
Karl Gunnarsson, 2000. Segulmælingar við Reykjavík árið 2000. Orkustofnun greinargerð, KG/ML-04/2000.

Karl Gunnarsson, 2001. Segulmælingar og fyrirhuguð borun í Geldinganesi 2001. Orkustofnun greinargerð, KG-01/2001

Knútur Árnason, 1996 Viðnámsmælingar á Geldinganesi. Orkustofnun, OS-96006/JHD-03 B, 13 s.

Ómar Bjarki Smárason o.fl., 1985. Reykjavík Hóla RV-42 við Korpuós. Borun og þrýstiprófun. Orkustofnun, OS-85063/JHD-28 B, 62 s.

Þórólfur Hafstað, 1999: Höfuðborgarsvæði. Holur HS-52 til HS-64. Hitastigulsholur í Geldinganesi. Orkustofnun, OS-99027, 29 s.



Hitastigull í Geldinganesi og fyrirhuguð borhola RV-43

96.02.0034
20010628 sv

1:15000

Mynd 1



460

461

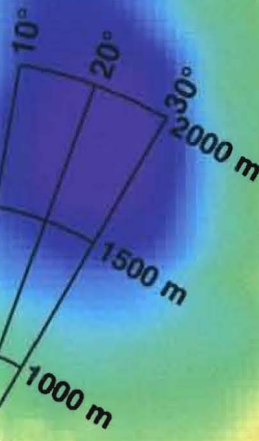
462

Lundey

7121

Perney

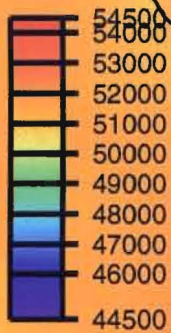
7120



RV-43

7119

Geldinganes



Mynd 2.
Segulkort af Geldinganesi
og nágrenni
ásamt fyrirhugaðri borholu RV-43

Heildarsvið við jörðu (nT)

Gauss-Kruger hnit (km).

Eiðsvík

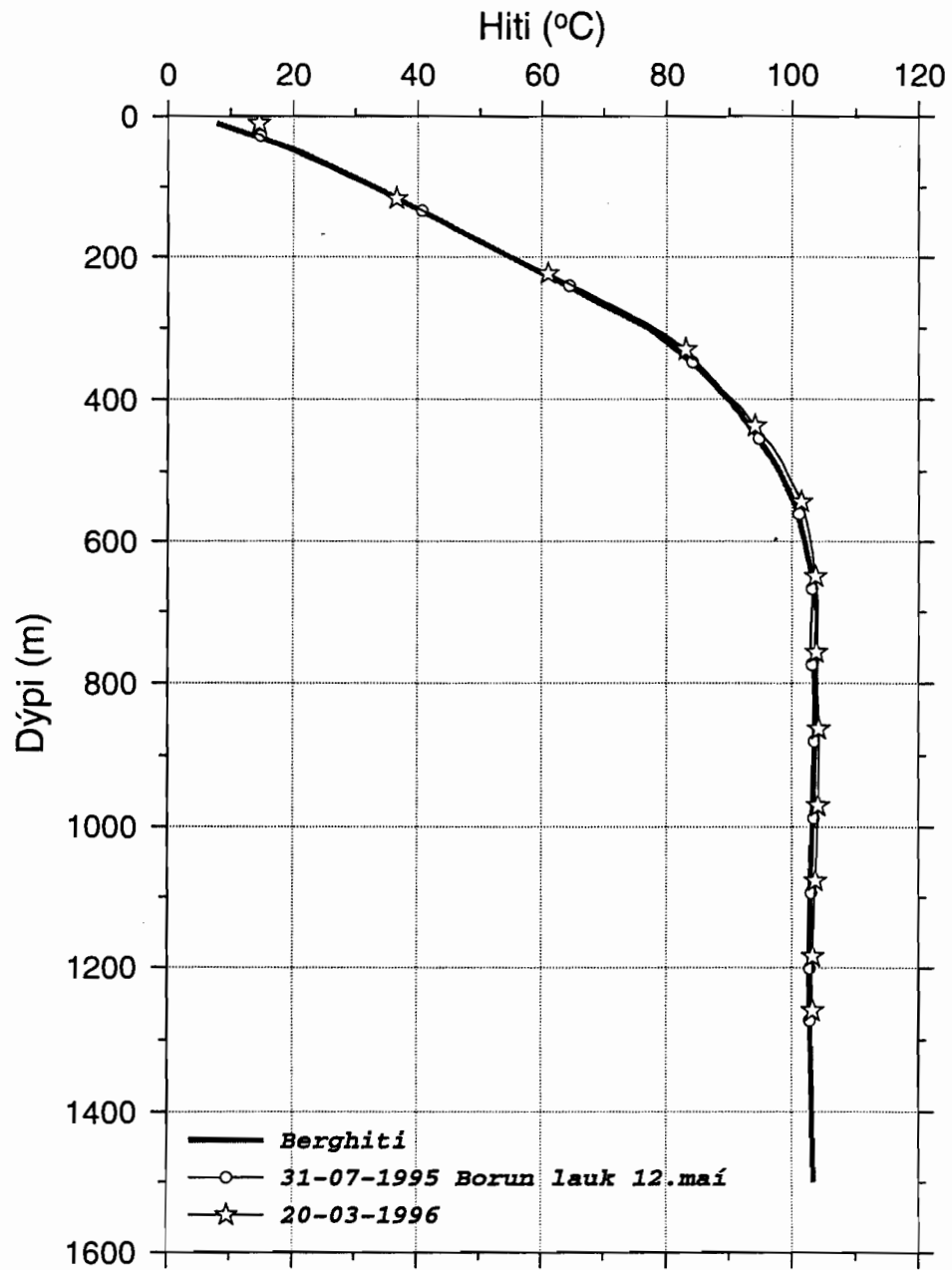
ROS JEL 1111. KG
 2001.02.xxxx GMT



28-jún-2001

bs s=1844

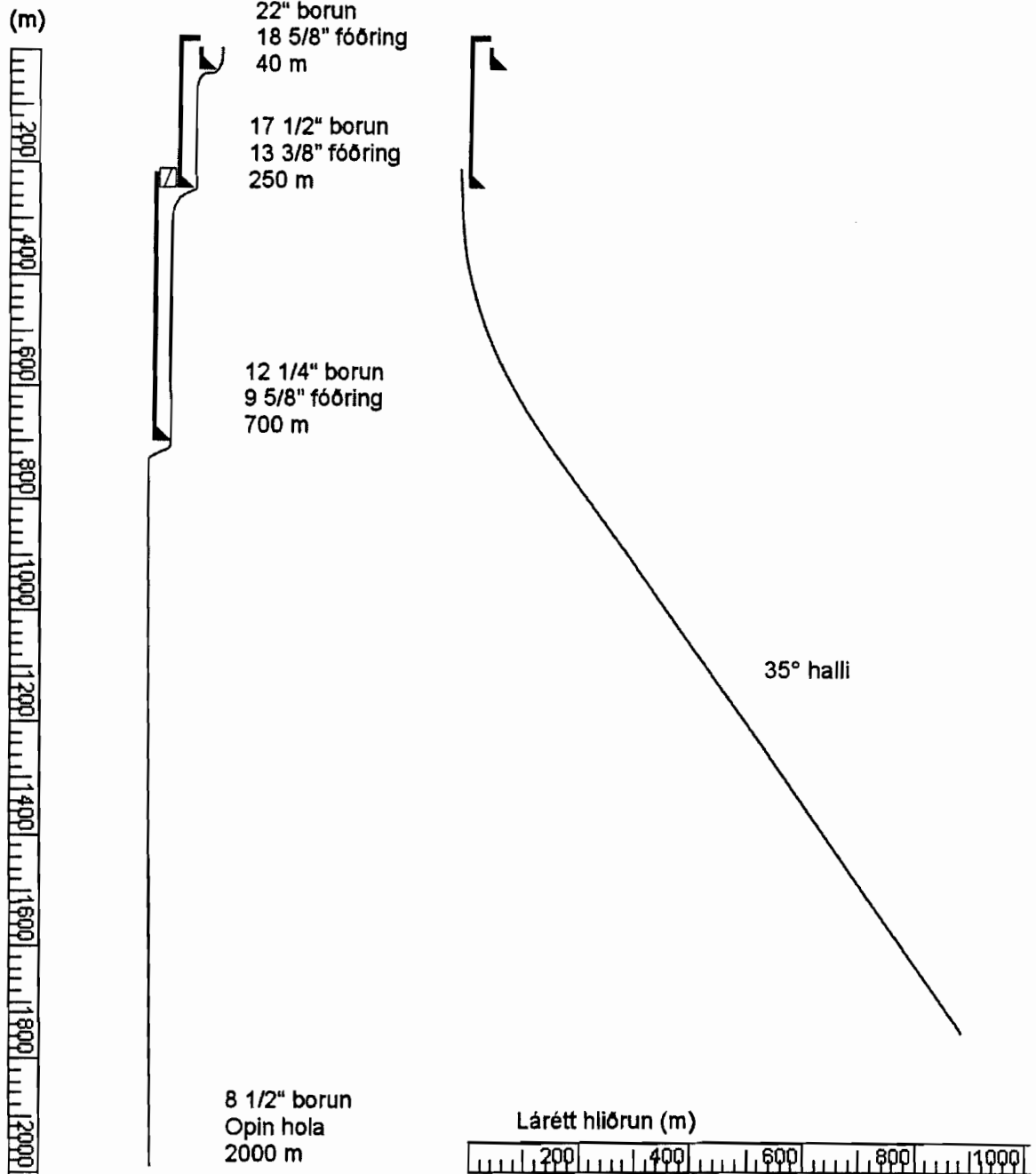
Mynd 3 Geldinganes Hóla HS-44 Berghiti og hitamælingar



Mynd 4. BORSTÆRÐIR OG FÓÐRINGAR Í HOLU RV-43 Í GELDINGANESI

FÓÐRINGAPRÓGRAM

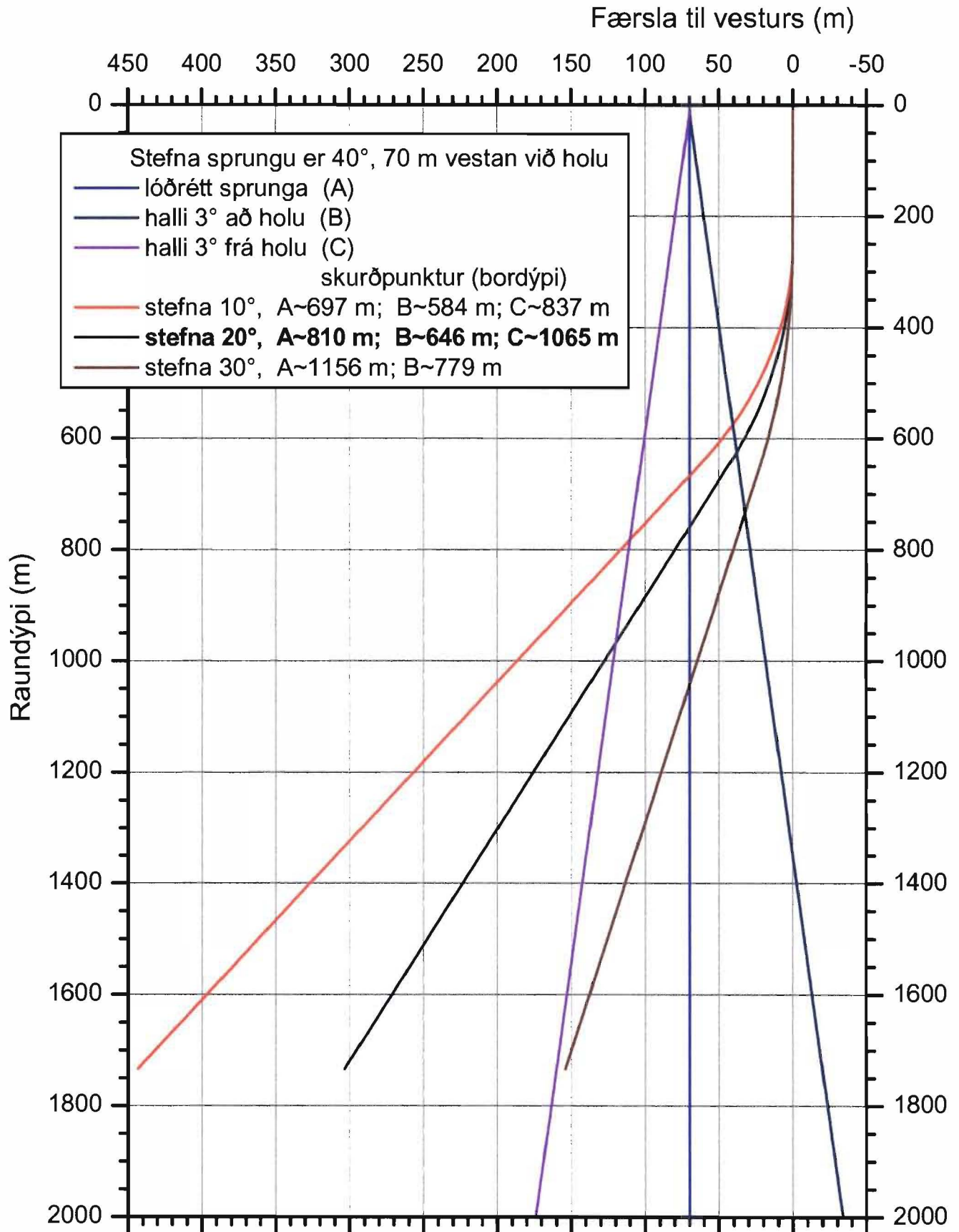
FERILL HOLUNNAR



sp 21.06.2001

ORKUSTOFNUN

Borholumælingar



Mynd 5. Afstaða milli RV-43 og jarðhitasprungu miðað við skáborun í stefnu $20^\circ \pm 10^\circ$.