

## Viðnámsmælingar við Geysi í Haukadal

**Ragna Karlsdóttir**

**Greinargerð RK-2002-01**



ljósm. Oddur Sigurðsson

## *Viðnámsmælingar við Geysi í Haukadal*

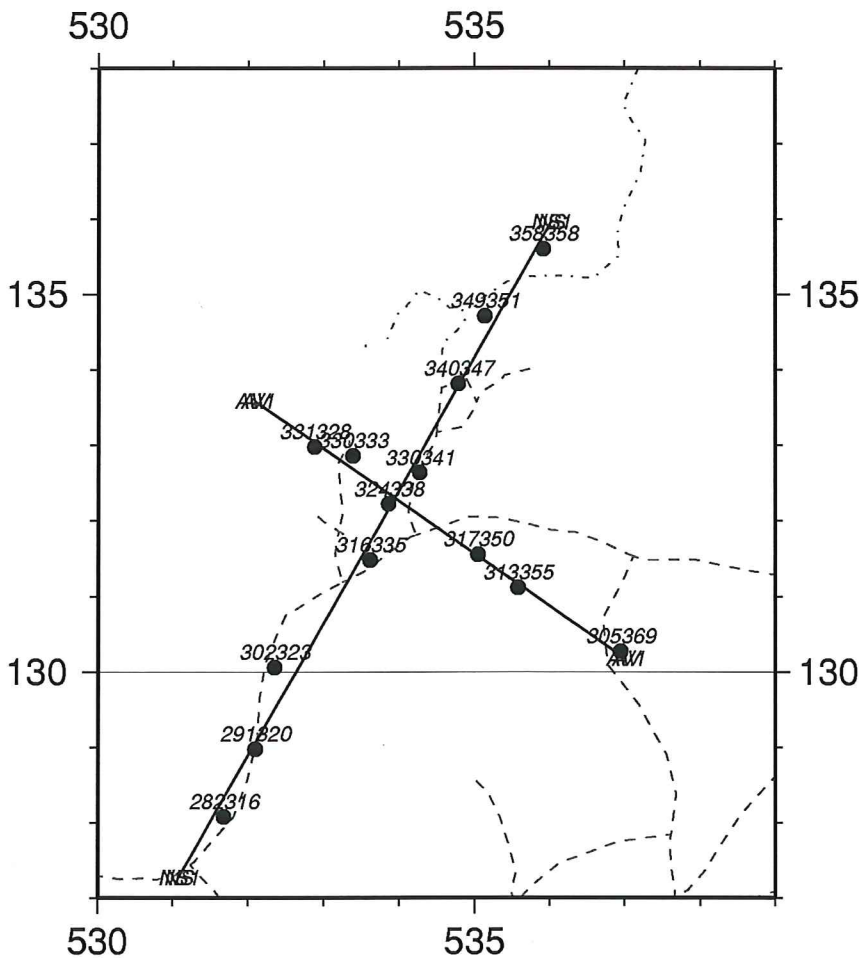
Sumarið 2002 var stigið fyrsta skref í rannsókn á umfangi Geysissvæðisins með TEM-viðnámsmælingum. Mæld voru tvö snið yfir svæðið, alls 14 mælingar. Mælingarnar eru unnar eftir samningi Rannsóknasviðs Orkustofnunar og Auðlindadeildar Orkustofnunar.

### **TEM-viðnámsmælingar**

Viðnámsmælingum er beitt við rannsókn háhitasvæða, því að með þeim er hægt að nema víðáttu þess bergs sem ummyndast hefur fyrir tilverknað háhitans. Einkennandi viðnámsmynd af háhitakerfi er lágviðnámskápa sem liggur utan á háhitakjarna. Lágviðnámskápan svarar til beltis smektítis og zeólíta, sem eru ummyndunarsteindir, sem verða til við hitastig á bilinu 100-230°C í háhitakerfinu. Zeólítar og einkum smektít leiða vel rafstraum og valda hinu lága viðnámi í lágviðnámskápunni. Við hærri hitastig, eða hærri en 240°C í jarðhitageyminum hverfa zeólítar og smektít breytist í klórít, sem verður ráðandi ummyndunarsteind. Klórítið leiðir ekki vel

rafstraum og því sjást með viðnámsmælingum skil á milli lágviðnámskápunnar og háviðnámskjarnans. Þessi leiðniskil svara til hitastigs um 240°C.

Svo fremi að jafnvægi ríki á milli ummyndunar og hitastigs er hægt að nema umfang þess rýmis þar sem hitastig er hærra en 240°C niður á um þúsund metra dýpi. En það er ekki algilt að hitastig sé í jafnvægi við ummyndun bergsins. Hitaástand jarðhitakerfisins getur breyst vegna ytri aðstæðna s.s. jarðskjálfta. Jafnvægi getur þá raskast á milli hita og ummyndunar og er þá ummyndunin merki um hæsta hita sem ríkt hefur í kerfinu fremur en nýtt hitaástand.



Myndl. Staðsetning mælinga og lega viðnámsniða

## Framkvæmd mælinga við Geysi

Mælt var dagana 9.-13. júlí 2002. Mælingum stjórnaði Sigurlaug Hjaltadóttir jarðeðlisfræðingur og með henni við mælingarnar voru Tinna Jökulsdóttir, Unnar Thor Backman og Einar Leif Nielsen, sumarfólk á Orkustofnun. Í mælingunum er lögð út straumlykkja, sem er 300x300 metrar á kant. Straumur er sendur eftir straumlykkjunni um stund en síðan slökkt á rafstraumnum. Á meðan straumurinn fer um lykkjuna byggist upp segulsvið umhverfis. Þegar straumurinn er rofinn hnignar segulsviðinu og við það myndast spanstraumar í jörðunni. Mæliykkja á yfirborði nemur leiðni jarðarinnar. Mælingarnar eru viðkvæmar fyrir rafmagnslínunum og voru þær nokkuð til trafala við mælingarnar. Oftast náðust þó mjög góð



gögn og var afraksturinn 14 mælingar á fimm dögum.

Mælt var eftir tveimur sniðum, 9 km löngu sniði með NA-SV stefnu og 5 km löngu sniði þvert á. Mynd 1 sýnir staðsetningu mælinganna.

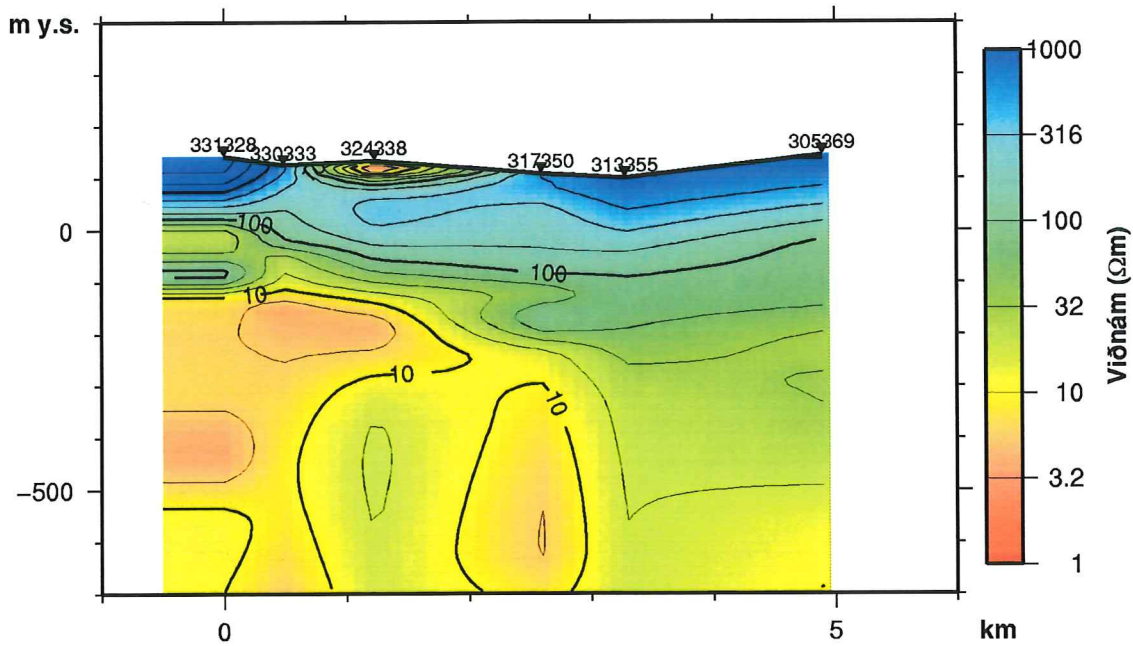
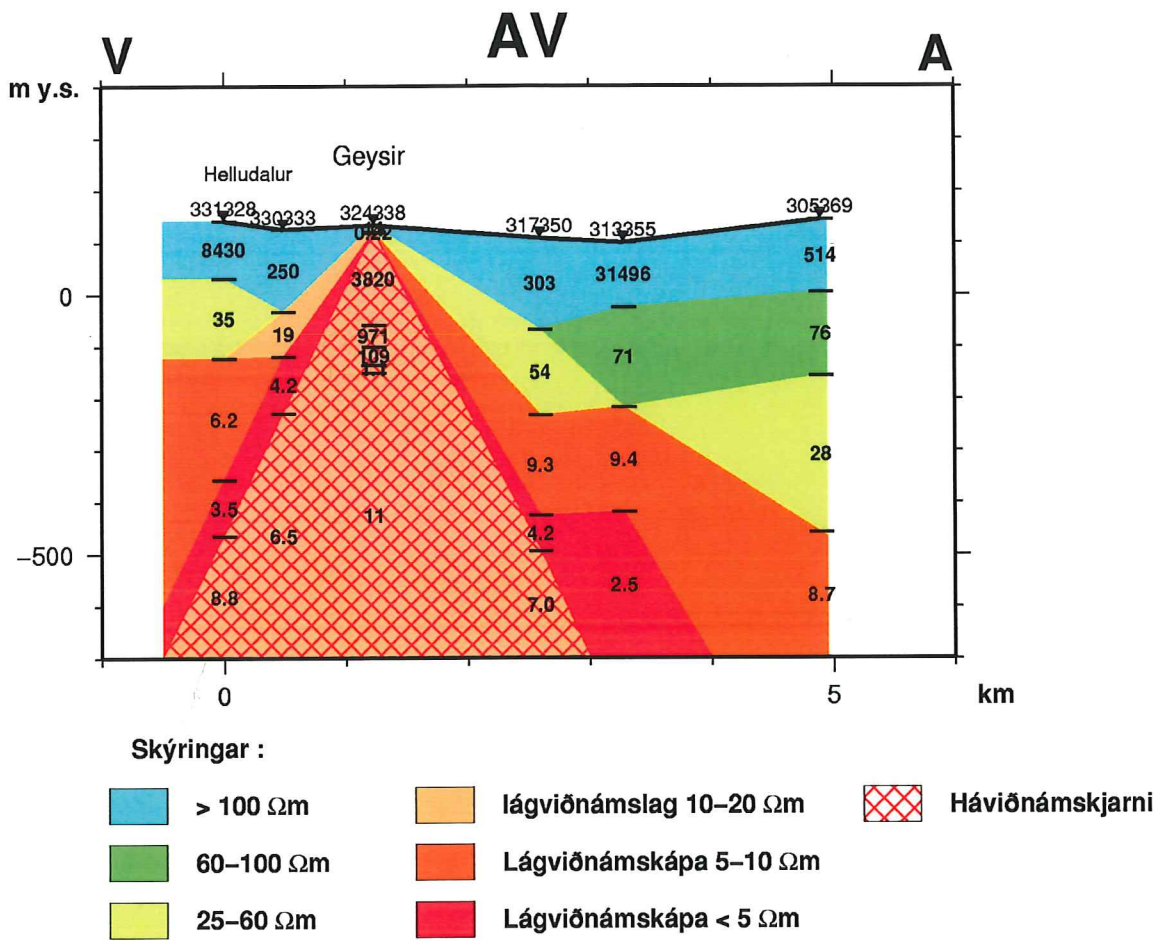
## Niðurstöður mælinganna

Niðurstöður mælinganna eru settar fram í viðnámsniðum, sem sýna lagskipt líkan svo og líkan sem sýnir samfelldari breytingu á viðnámi með dýpi. Hér að framan er sagt að háhitakerfi sýni einkennandi viðnámsmynd sem háviðnámskjarna með utanáliggjandi lágviðnámskápu. Geysissvæðið sýnir ekki svo einfalda mynd. Hér á eftir verður farið í nokkra möguleika á túlkun viðnámsmælinganna og gerð tillaga um hvað valdi.

### Tvöföld lágviðnámskápa vegna þrívíddarhrifa:

Mæling 324338 er við Geysi og styður, að þar sé toppur háhitakerfisins. Hún er hinsvegar ekki einföld í túlkun en hefur afgerandi áhrif vegna stöðu sinnar. Í mælingunni er mjög lágt viðnám á 10 til 20 metra dýpi og er eðlilegt að líta á það sem lágviðnámskápu. Annað lágviðnámslag er á um 300 metra dýpi og gæti einnig verið lágviðnámskápa. Tvöföld lágviðnámskápa kemur einnig fram í þremur næstu mælingum við Geysismælinguna (í tveimur norðan við og einni sunnan við) í NA-SV sniðinu. Þessi „tvöfeldni“ getur komið fram vegna þrívíddarhrifa, sem einvíð túlkun, sem hér er notuð ræður ekki við. Þessi mynd getur komið fram þar sem uppstreymisrás er mjög þröng. Þetta kemur fram í NA-SV sniðinu og bendir þá til að þessi þrönga jarðhitasprunga hafi NA-SV stefnu og geti verið nálægt 4 kílómetra löng. En hafa ber í huga að í frumathugun sem þessari er langt á milli mælinga og aðeins tvö snið. Snið AV á mynd 2 sýnir viðnámsmynd af jarðhitakerfinu þvert á sprunguna. Athygli vekur að lágviðnámskápan virðist lagskipt, þ.e. 5-10  $\Omega\text{m}$  í ytra borði hennar en  $<5 \Omega\text{m}$  í innra borði hennar. Einnig er athyglisvert að undir lágviðnámskápunni hækkar viðnámið tiltölulega lítið. Vænta má að viðnám í háviðnámskjarna í ferskvatnskerfi sé allt að stærðargráðu hærra en í lágviðnámskápu. Algengt er að viðnámið í lágviðnámskápunni sé undir 10  $\Omega\text{m}$  en hækki svo í 30-100  $\Omega\text{m}$  eða jafnvel enn hærra. Hátt viðnám er aðeins í mælingunum við Geysi á dýptarbilinu á milli lágviðnámslaganna. Hvort hér er um eiginlegan háviðnámskjarna er því óvíst.

Miðað við þessa túlkun er Geysissvæðið allvíðáttumikið á 300-500 metra dýpi og nær til yfirborðs í 4 km langri NA-SV sprungu. Út frá þessum fáu mælingum virðist svæðið afmarkað í norð-austur en er opið í allar aðrar áttir á nokkur hundruð metra dýpi.



Mynd 2. A-V viðnámsnið

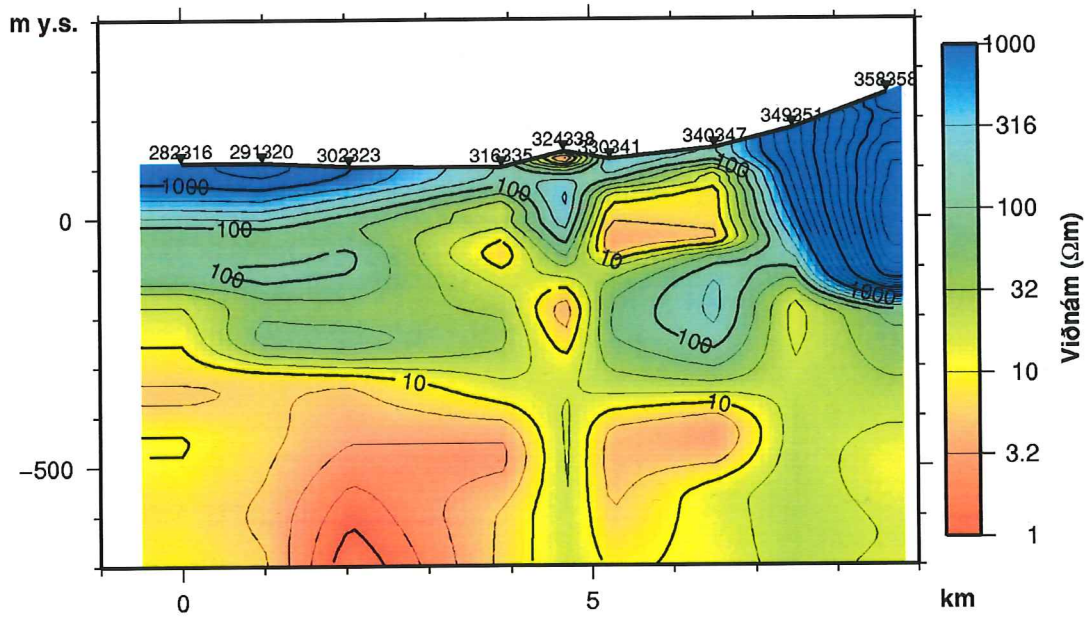
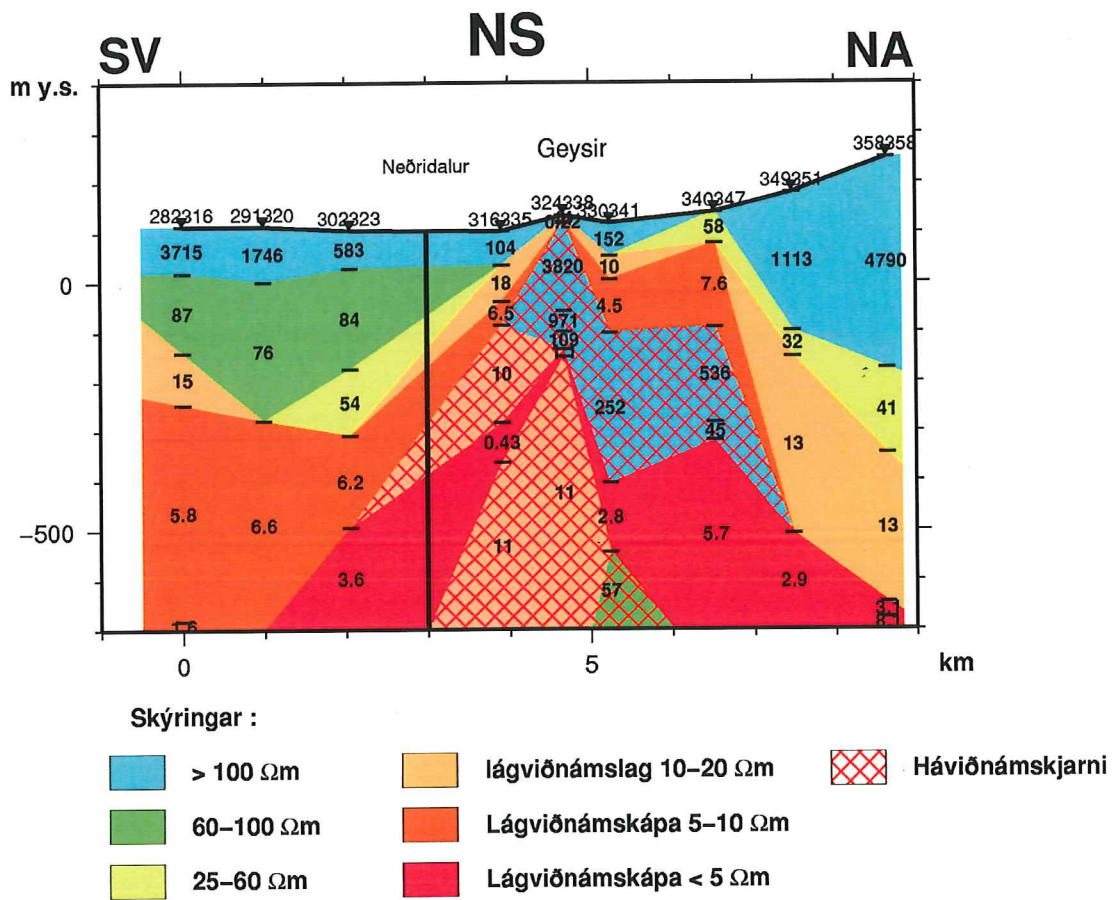
### **Tvöföld lágviðnámskápa raunveruleg:**

Gerum ráð fyrir að lágviðnámskápan sé í raun tvöföld eins og sést á NV-SA sniðinu á mynd 3 og A-V sniðinu á mynd 4. Lágviðnámskápan er þá lagskipt með viðnám 5-10  $\Omega$ m í ytra borði með undirliggjandi lag með  $<5$   $\Omega$ m, sem skilur sig frá hinu laginu í miðju svæðisins þannig að þar er lágviðnámskápan tvöföld með háu viðnámi á milli laganna. Ef þetta er raunin virðist þessi viðnámsmynd geta sagt til um þróun háhitakerfisins. Hér er sett fram sú hugmynd að efri lágviðnámskápan beri vott um annað hitaástand en nú. Þá hafi lágviðnámskápa náð upp undir yfirborð og háviðnámskjarni undir. Kerfið kólnar síðan í efstu 500-600 metrunum og lághitasteindir yfirprenta þann hluta kerfisins. Þetta gæti skýrt lágt viðnám í háviðnámskjarnanum. Neðri lágviðnámskápan ber þá vott um núverandi hitaástand og aðeins sést í raunverulegan háviðnámskjarna á 700 metra dýpi í mælingunni næstu norðan við Geysi (330341).

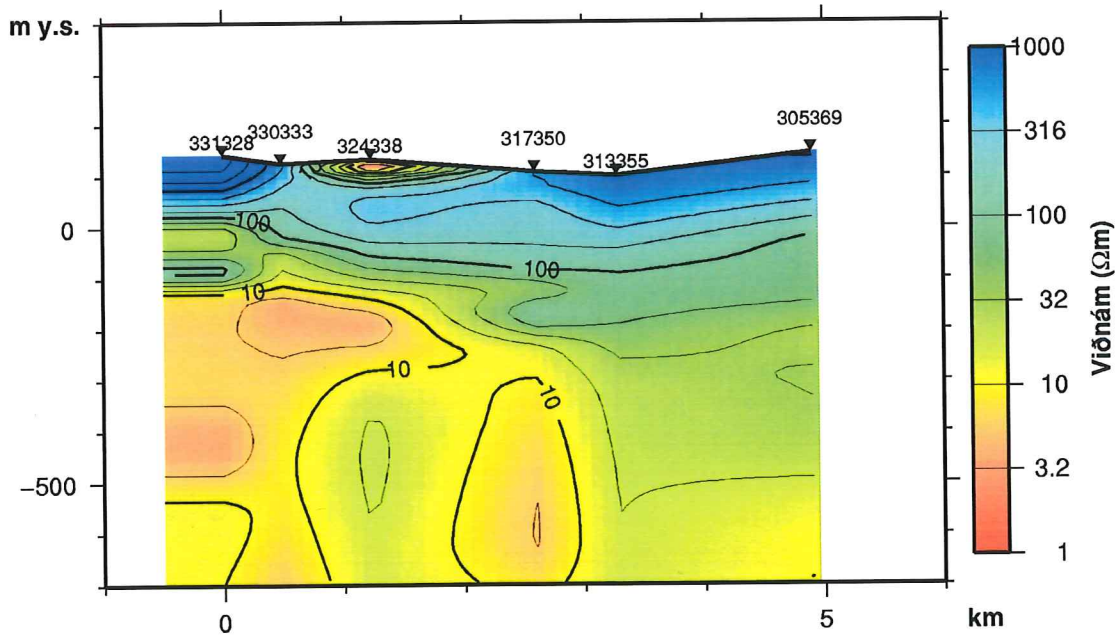
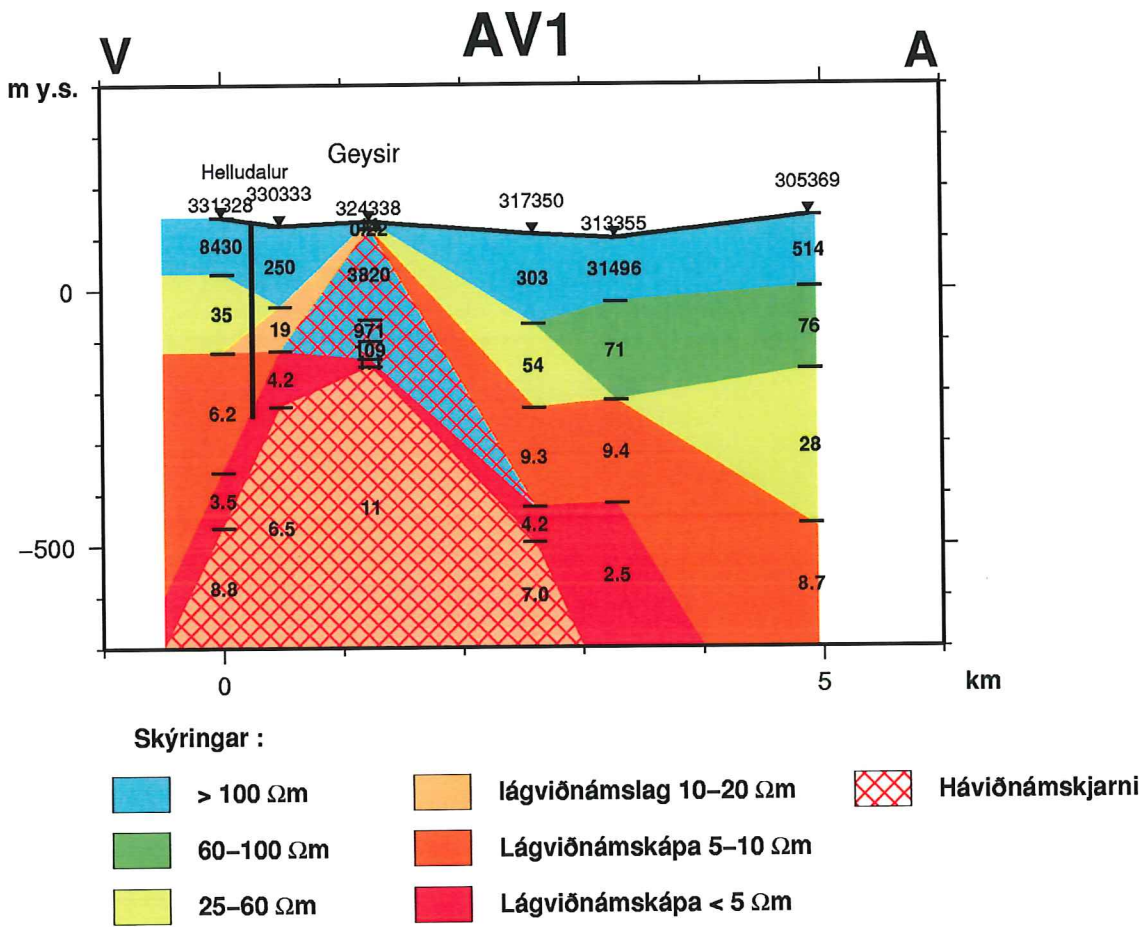
Samkvæmt þessari viðnámsmynd er toppur jarðhitakerfisins á 300 metra dýpi undir Geysi. Hátt viðnám sést hins vegar ekki í háviðnámskjarnanum fyrr en á 700 metra dýpi.

Nokkra furðu vekur lágt viðnám háviðnámskjarnans. Spurning er, hvort um raunverulegan háviðnámskjarna er að ræða. Efnahitamælar gefa til kynna lágmarkshitastig  $240^{\circ}\text{C}$  í jarðhitageyminum. Ef hitinn er ekki hærri en  $240^{\circ}\text{C}$  er ekki von á ummyndunarsteindum í kerfinu sem valda háu viðnámi í háviðnámskjarnanum. Lágt viðnám í háviðnámskjarnanum styður það að hitastig í kerfinu fari ekki mikið yfir  $240^{\circ}\text{C}$ .





Mynd 3. N-S viðnámsnið



Mynd 4. A-V viðnámsnið



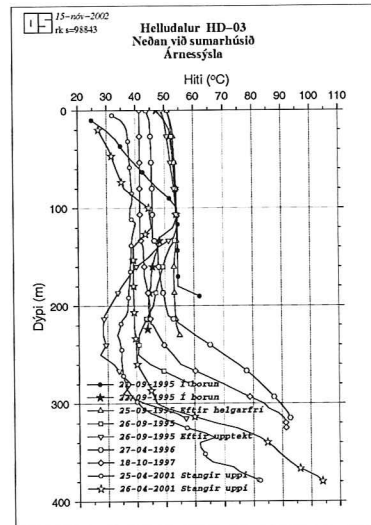
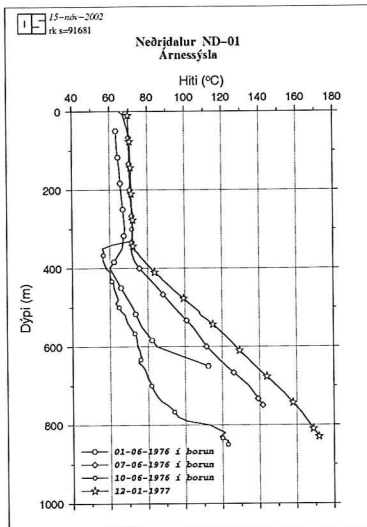
## Borholur í nágrenni Geysissvæðis

Næstu borholur við Geysissvæði eru við Neðridal og Helludal. Holurnar við Neðridal eru um það bil mitt á milli mælinganna 302323 og 316335 á NV-SV sniðinu. Um tveir kílómetrar eru á milli mælinganna.

Á mynd 5 sjást hitamælingar úr holu ND-01, sem er 900 metra djúp hola við Neðridal. Á myndinni sést að hitaferlarnir breyta um stefnu þ.e. hitastigull hækkar mjög á 350 metra dýpi í holunni. Á þessu dýpi fer holan niður í lágviðnámskápuna miðað við næstu mælingar. Hafa verður þó í huga hversu langt er á milli mælinga í sniðinu. Hitastig í botni holunnar er nálægt 175°C.

Á mynd 6 sjást hitaferlar ú holu HD-03, sem er tæplega 400 metra djúp hola við Helludal. Þar breyta hitaferlar um stefnu á um 200 metra dýpi en það er einmitt þar sem holan fer niður í lágviðnámskápuna. Hitastigullinn í henni er hærri en í Neðridalsholunni enda er þessi hola nær háhitakerfinu.

Bæði holurnar við Neðridal og við Helludal ná ofan í Geysissvæði eins og þar er skilgreint miðað við legu lágviðnámskápunnar. Vatn í þeim er hins vegar blanda háhitavats og grunnvatns.



Mynd 5 og mynd 6:

Hitamælingar úr holu ND01 í Neðridal og holu HD02 í Helludal

## Samandregnar niðurstöður

- Fyrsta skref í rannsókn á umfangi Geysissvæðisins með viðnámsmælingum leiðir í ljós lágviðnámskápu með topp undir Geysi. Undir henni er aðeins hærra viðnám, sem ef til vill er ofsagt að kalla háviðnámskjarna en þó glyttir í topp á 700 metra dýpi með sannfærandi háviðnámi (í einni mælingu).
- Efnahitamælar, sem byggja á efnainnihaldi vatns úr Geysi benda til lágmarkshitastigs um 240°C í jarðhitakerfinu. Lágt viðnám í „háviðnámskjarnanum” getur bent til að hitastigið á niður á það dýpi, sem mælingarnar skynja fari ekki yfir 240-250°C. Vatn úr borholum í Neðridal og Helludal bera merki þess að það sé blanda af grunnvatni og háhitavökva úr Geysissvæði.
- Umfang háhitakerfa eru skilgreind sem ytri mörk lágviðnámskápunnar. Af sniðunum sést að ekkert er hægt af þessum gögnum að segja til um víðáttu svæðisins. Svæðið virðist lokast í norð-austur en er opið á alla aðra vegu, einkum í vestur og suð-vestur þar sem lágviðnámskápan er aðeins á 200-300 metra dýpi í ystu mælingum í sniðinu.
- Ljóst er að frekari mælinga er þörf til að fá vissu um stærð Geysissvæðis. Þörf er á að þetta mælinetið nálægt Geysi til að fá betri mynd af sjálfum topp háhitakerfisins, þ.e. hvor tilgátan í túlkun reynist rétt. Þar gæti einnig reynst þörf á þrívíddartúlkun á nokkrum mælingum í miðju svæðisins. Sá hugbúnaður er til þarf er í vinnslu og á tilraunastigi. Einnig er ljóst að svæðið er „opið á þrjá vegu og því nauðsynlegt að stækka mælisvæðið og setja upp mælinet svo fá megi gleggri mynd af umfangi Geysissvæðisins.

*Ragna Karlsdóttir*