



**ORKUSTOFNUN**

**Forðafræðistuðlar. Staða verkefnis í árslok  
1997**

**Ómar Sigurðsson**

**Greinargerð Ómar-97-04**



## FORDAFRÆÐISTUÐLAR

### Staða verkefnis í árslok 1997

#### INNGANGUR

Verkefnið "Forðafræðistuðlar" var áður verkþáttur í stærra verki sem gekk undir samheitinu "Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu". Við skipulagsbreytingar sem urðu á Orkustofnun fyrri hluta árs 1997 skiptist stóra verkefnið upp í smærri verkefni sem inniheldu fyrrum verkþætti þess og fjallar þessi greinargerð um fyrrnefndan verkþátt. Verkefnið "Forðafræðistuðlar" er samsafn verkþátta sem fjalla um rannsóknir á eiginleikum bergs í íslenskum jarðhitakerfum með áherslu á eðlisþætti sem hafa áhrif á forðafræði jarðhitans. Á árinu 1997 innihélt verkefnið eftirtalda verkþætti: Varmaleiðni, Kvörðun á nat-gamma, Samanburður NN og grops, Ummyndun-grop-lekt. Fjallað verður lauslega um hvern þessara verkþátta hér á eftir og stöðu hans við árslok 1997.

#### STAÐA VERKEFNIS

##### Varmaleiðni.

Verkþátturinn "Varmaleiðni" er samvinnuverkefni milli Orkustofnunar, Tækniháskólans í Gautaborg, Svíþjóð, Jarðfræðastofnunar Danmerkur (DGU) og Rogalands rannsóknarstofnunar, Noregi. Markmið verkefnisins er að ákvarða samband varmaleiðni og grops fyrir algengt gosberg. Framlag Orkustofnunar til verksins felst í útvegun bergsýna og vinnu tengri söfnun þeirra og þáttöku í túlkun mælinga á þeim. Í byrjun árs 1997 var safnað sýnum úr einu hrauni í Öskjuhlíð sem höfðu í ásýnd mjög breytilegt grop. Lekt og grop sýnana var mælt hjá DGU í Kaupmannahöfn og varmaleiðni hjá háskólanum í Gautaborg. Haldinn var samráðsfundur um niðurstöður þeirra mælinga hér á landi í ágúst 1997. Fyrstu niðurstöður mælinga voru mjög athyglisverðar en ekki var þá lokið mælingum á varmaleiðni vatnsmettaðra sýna. Stefnt var á að ljúka þeim mælingum fyrir ráðstefnu sem haldin yrði í Gautaborg í janúar 1998. Einnig var ákveðið að ljúka fyrir þann tíma öðrum athugunum á sýnum sem hjálpað gætu við túlkun fyrrnefndra mælinga. Því voru nokkur sýni send til efnagreininga til Kanada og þunnsneiðar gerðar og nokkrar þeirra sendar til Íöntæknistofnunar fyrir litun (impregnate) og sprunguleit í rafeindasmásjá.

Túlkun mælinga bíður þar til þeim er öllum lokið fyrir sýnahópinn frá Öskjuhlíð, en það verður ekki fyrri en í byrjun árs 1998. Til þessa undirverkþáttar voru áætlaðir 155 tímari á árinu 1997. Þá var ekki tekin með þátttaka í samráðsfundi í ágúst. Þessir tímari hafa að mestu verið nýttir í söfnun sýna og vinnslu með þau eins og gert var ráð fyrir í verklýsingu milli ALD og ROS. Ótaldir eru þá 137 tímari sem fóru í undirbúning og þáttöku í samráðsfundi um verkið í ágúst 1997. Samkvæmt verklýsingu er áætlaðri vinnu við þennan verkþátt á árinu 1997 lokið.

Æskilegt er að samningar náiist við ALD um framhald þessa verkþáttar á árinu 1998. Þar liggr fyrir vinna við samtúlkun mælinga á varmaleiðni (þurr og mettuð sýni), gropi og lekt. Einnig vinna er lítur að þáttöku í fyrrnefndu samstarfi. Þá gætu bætst við á árinu 1998 mælingar á rafleiðni fyrir sömu sýni og samtúlkun þeirra við fyrri mælingar.

### **Kvörðun á nat-gamma.**

Þessi verkþáttur fjallar um endurskoðun á reiknuðu kísilinnihaldi bergs út frá mælingum á náttúrulegri gammageislun þess. Við upphaf bergfræðilegra borholumælinga hér á landi var sýnt fram á að hægt var að ákvarða berggerð, þ.e. styrk  $\text{SiO}_2$  bergsins, með mælingum á náttúrulegri gammageislun þess. Þessi aðferð var á sínum tíma kvörðuð við gögn frá rannsóknarholunni á Reyðarfirði. Rúm 15 ár eru liðin frá þeiri vinnu og á þeim tíma hafa safnast viðbótargögn um efnasamsetningu bergs úr fleiri íslenskum jarðhitakerfum. Því var ákveðið að endurskoða fyrrnefnda kvörðun. Farið var ofan í eðlisfræðina fyrir náttúrulega geislun bergs og ákvarðað hvaða eiginleikar bergsins hefðu ráðandi áhrif á samspli náttúrulegrar geislunar og kísilinnihalda þess. Í byrjun þessa verkþáttar stóð til að birta niðurstöðurnar á ráðstefnu í Póllandi í september 1997. Af þeiri ráðstefnuför varð ekki og drögst lokafrágangur verksins.

Til þessa undirverkþáttar voru áætlaðir 200 tímar á árinu 1997 og hafa um 180 tímar verið skráðir á verkið. Lokið er allri fræðilegri úrvinnslu en eftir er að flokka betur saman mælingar miðað við fjölda greindra bergeiginleika og að skrifa skýrslu um niðurstöðurnar. Til að ljúka verkinu með skýrslu, eins og til stóð, er áætlað að þurfi um 140 tíma til þess. Því þarf um 120 tíma til viðbótar við þann tíma sem samið var um við ALD fyrir árið 1997 til að ljúka verkinu. Seinni hluta janúar 1998 verður ráðstefna í Gautaborg um bergeiginleika og forðafræðilega líkangerð og er áhugi fyrir að birta niðurstöður frá þessum athugunum þar, sem framlag frá Íslandi. Til að svo verði þarf að ljúka þessari vinnu að mestu í janúar 1998. Samkvæmt verklýsingu er endurkvörðun á sambandi náttúrulegrar gammageislunar og efnasamsetningu bergs næstum lokið. Eftir er að gera skýrslu þar um.

### **Samanburður NN og grops.**

Þessi verkþáttur fjallar um samanburð á nifteindamælingum gerðum í borholum við mælingar á bergeiginleikum gerðum í rannsóknarstofum með áherslu á grop bergsins. Fyrir setberg hefur olíuviðnaðurinn útbúið reiknisambönd til að áætla grop bergsins út frá mælingu á nifteindageislun. Við upphaf bergfræðilegra borholumælinga hér á landi voru þessi reiknisambönd heimfærð á gosberg. Síðan hafa safnast mælingar á gropi í bergkjörnum gosbergs þannig að hægt er að athuga hversu vel fyrrnefnd reiknisambönd fyrir setberg falla að sömu eiginleikum fyrir gosberg. Annað atriði var að vídd jarðhitaholu var oft meiri en kvörðunarferlar gerðu ráð fyrir og áætlaðir voru fyrir olíuholur. Þannig þarf einnig að lagfæra reiknisamböndin til að þau leiðrétti fyrir meiri holuvídd en áður. Þá eru vísbindigar um að endurskoða þurfi leiðréttigar fyrir mjög grannar holar (kjarnaholur).

Á árinu 1997 voru áætlaðir 200 tímar til þessa undirverks. Til er greinargerð (Samanburður á borholumælingum og mælingum á kjörnum Htul/PA 95/02) um samanburð nifteindamælinga úr borholum við mælingar á gropi í kjörnum úr viðkomandi holu. Til að ná markmiðum verksins þarf að fullgera þá vinnu til að ákvarða betur bergleiðréttingu á reiknisambandinu. Eftir er svo að bera saman áhrif holuvíddar í mælingum úr misvígum holum í sömu bergeiningunni (HS og RV holar á höfuðborgarsvæðinu).

### **Ummyndun-grop-lekt.**

Þessi verkþáttur inniheldur önnur undirverk og fjallar eitt þeirra um áhrif ummyndunar á mælda eiginleika bergsins eins og lekt og grop. Önnur undirverk fela í sér söfnun bergsýna og sendingu þeirra til erlendra rannsóknastofa til ýmissa mælinga og síðan frumúrvinnslu á niðurstöðum þeirra mælinga. Alls voru ætlaðar 450 vinnustundir til þessara undirverkþáttá á árinu 1997.

Á undirverkið ummyndun voru ætlaðir 150 tímar og í byrjun desembers voru skráðir tímar á verkið 190. Reiknað er með að skráðum tínum fjölgj eitthvað til áramóta. Áhersla á úrvinnslu í þessu verki breytist frá upphaflegri áætlun þar sem áhugi á að meta glæðitap í bergi jókst og bættust um 95 tímar á verkið vegna þess. Við úrvinnslu kom þýðing glæðitaps betur í ljós, en það orsakast aðallega af tveimur þáttum, þ.e. bundnu vatni í bergi og  $\text{CO}_2$  sem aðallega geymist sem hluti af

kalsíti. Glæðitap er mælt við efnagreiningu sýna, en CO<sub>2</sub> hafði ekki verið greint í sýnum og því var gerð sérstök talning á kalsíti í þunnsneiðum sýnanna. Mat á bundnu vatni í bergi er þyðingarmikið fyrir túlkun á gropi reiknuðu frá nifteindamælingum, en heildarmagn vatns í bergi hefur áhrif á nifteindamælingu, jafnt það vatn sem er í holrými bergsins og það sem er bundið í ummyndun þess. Skýrsla er til í handriti um frumúrvinnslu á áhrifum ummyndunar á forðafræðieiginleika bergsins og mun hún koma út á næstunni. Samkvæmt verklýsingu er þessu undirverki nær lokið.

Á undirverkið grop-lekt voru ætlaðir 300 tímar á árinu 1997 og hafa tæplega 80 tímar verið skráðir á verkið. Þetta undirverk innifelur aðallega val á sýnum til mælinga á erlendum rannsóknarstofum og fyrstu úrvinnslu á niðurstöðum þeirra mælinga. Vegna eðli og sérhæfni mælinganna eru í flestum tilvikum ekki til tæki hér á landi til að framkvæma þær og því verður að senda sýnin til erlendra rannsóknastofa. Ráðgert var að senda um 150 sýni til mælinga á gropi, lekt og efnisþyngd og svipað magn sýna í efnagreiningu á árinu 1997. Seint á árinu voru send rúmlega 100 sýni til efnarannsóknarstofu í Kanada. Þar verða sýnin efnagreind og verður CO<sub>2</sub> greint í þeim ásamt sem glæðitap verður mælt. Þá fást betri upplýsingar um tengsl glæðitaps og CO<sub>2</sub> og einnig um samband þess við talningu á kalsíti í þunnsneið. Niðurstöður þessara efnagreininga hafa enn ekki borist og bíður því frumúrvinnsla þeirra. Hins vegar var frestað að senda sýni til mælinga á gropi, lekt og efnisþyngd þar til frekari skýringar fengust á mældum mismun í lekt með gasi og vatni. Þó var ákveðið að reyna að koma sýnum í sérhæfðari mælingar til að fá fram rúmmálsdreifingu grops í sýninu, en úrvinnsla hefur bent til að tengja megi grop og lekt bergsins ef þessi dreifing er þekkt í því. Síðari hluta ársins var leitað eftir tilboðum í þannig mælingar og þá fyrst horft til nýrrar mælitækni sem byggist á NMR-aðferð. Í desember hafa svör við þeim umleitunum ekki enn borist. Samkvæmt verklýsingu er þessu undirverki aðeins lokið að hluta sem mætti meta til um 30%.

## KOSTNAÐARSTAÐA.

Ráðgert var að heildarkostnaður við verkið yrði rúmlega 6,5 milljónir króna (6,5 Mkr.). Síðla árs 1997 var ljóst að ekki yrði hægt að ljúka öllum verkþáttum þessa verks á tilsettum tíma. Þá var ákveðið að fresta verkum að upphæð um 1,5 Mkr. Þar var aðallega um að ræða frestun á mælingum og niðurfall kostnaðar við kynningu á niðurstöðum. Eftir skipulagsbreytingu Orkustofnunar hafa verið innheimtar um 2,3 Mkr. en í heild er sú upphæð líklega nær 2,7 Mkr. Kostnaður fyrir yfirstandandi mælingar hefur enn ekki verið bókfærður. Almennt er verkið innan umsamins kostnaðarramma miðað við stöðu þess við árslok 1997. Ljóst er þó að til þess að ljúka verkþættinum fyrir kvörðun nat-gamma mun hann fara fram úr upphaflegum áætlunum.

## FRAMHALD VERKEFNIS.

Niðurstöður úr athugunum og mælingum tengdum verkþættinum varmaleiðni eru enn að berast inn til verksins. Nauðsynlegt er að semja um framhald þess verkþáttar til að halda samfellu í úrvinnslu þeirra gagna.

Ólokið er skýrslu um endurkvörðun á reiknisambandi náttúrulegrar gammageislunar og kísilinnihalds bergs. Breyta þarf fyrirliggjandi samningi við ALD eða taka þetta atriði upp í nýjum samningi svo hægt verði að ljúka þessum verkþætti.

Endurskoða þarf verklýsingu fyrir verkþáttinn um samanburð nifteindamælinga og grops og endursemja um þann verkþátt.

Æskilegt er að tryggt verði fjármagn til áframhaldandi mælinga á bergsýnum en stýra verður því til mælinga sem niðurstöður mælinga og úrvinnslu krefjast á hverjum tíma. Þannig er nú æskilegt að leggja fjármagn í mælingar á rúmmálsdreifingu grops auk almennra mælinga á gropi, lekt og

efnisþyngd. Þá er nauðsynlegt að gera ráð fyrir nokkrum tíma til frumúrvinnslu á niðurstöðum þeirra mælinga sem berast til verksins á hverjum tíma.

Reykjavík 30. desember 1997  
Ómar Sigurðsson