

**Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu. Staða  
verks í maí 1996**

**Valgarður Stefánsson**

**Greinargerð VS-96-01**

## Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu

Staða verks í maí 1996

### INNGANGUR

Rammasamningur um samvinnu Hitaveitu Reykjavíkur, Hitaveitu Suðurnesja, Landsvirkjunar og Orkustofnunar við *Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu* var undirritaður í mars 1992. Á árinu 1993 kom Hitaveita Akureyrar einnig til samstarfs í þessu verki.

Þetta er víðfeðmt verkefni þar sem gera þarf ráð fyrir að umfang og áherslur verkefnisins geti breyst í tímans rás. Til þess að hafa yfirlit um framvindu verksins og til þess að auðvelda sveigjanleika í verkefnastjórnun, er verkefninu skipt í undirþætti (verkpætti), þar sem gert er ráð fyrir að hver verkþáttur hafi upphaf og enda. Tímalengd hvers verkþáttar er mjög mismunandi og sumir verkþættir eru þess eðlis að búist er við að þeir verði samfelld í gangi á meðan að verkefnið verður á verkefnaskrá Orkustofnunar. Við skilgreiningu á umfangi og eðli verkþátta hafa tvö konar sjónarmið einkum ráðið ferðinni:

- \* Að rannsaka einstaka virkjunarstaði (staðarrannsóknir). Rannsóknirnar miðast við að afla nægilegra upplýsingar um einstaka virkjunarstaði þannig að þær nýtist til samanburðar við ákvarðanatöku um næstu virkjanir. Til þess að samanburður virkjunarkosta geti komið til þyrfti verkefnið að spanna öll stig staðarrannsókna (þ.e. frumrannsóknir, yfirborðsrannsóknir, rannsóknarboranir, hagkvæmniathuganir), en sakir takmarkaðs fjármagns hafa staðarrannsóknir að mestu verið takmarkaðar við frum- og yfirborðsrannsóknir.
- \* Að rannsaka almenna forðafræðilega eiginleika háhitasvæða. Mikilvægi slíkra rannsókna tengjast því að þegar jarðhiti er virkjaður í stöðluðum 20 MW einingum ræðst virkjunarhraði einstakra virkjunarstaða af forðafræðilegum eiginleikum jarðhitasvæðanna. Mikið skortir á að næg grundvallarþekking liggja fyrir um innri eiginleika íslenskra háhitasvæða. Af þessum sökum er stefnt að því að almennar rannsóknir um forðafræðilega eiginleika háhitasvæða hafi sama vægi og staðarrannsóknir í þessu verkefni.

Eftirfarandi verkþættir hafa verið skilgreindir innan raforkuverksins:

Verknúmer	Heiti
720-000	Samræming og almenn atriði
720-101	Frumrannsókn í Brennisteinsfjöllum
720-102	Yfirborðsrannsóknir á Torfajökulsvæði
720-103	Yfirborðsrannsóknir á Ölkelduhálsi
720-104	Hagkvæmniathugin í Bjarnarflagi

720-105	Forðafræðistuðlar
720-106	Kjarnataka í háhitaholum
720-107	Áhrif niðurdælingu á vinnslutilhögun
720-108	VSP- forðafræðistuðlar
720-109	Hagkvæmniathugun á Reykjanesi
720-110	Yfirborðsrannsókn við Sandfell
720-111	Yfirborðsrannsókn við Sveifluháls

Svo sem heiti verkþáttanna ber með sér eru 7 verkþættir staðarrannsóknir, en 5 verkþættir almennar orkurannsóknir.

Ekki hefur verið byrjað á þremur síðustu verkþáttunum (nr. 720-109, 720-110, 720-111) sakir fjárskorts, en aðrir verkþættir eru misjafnlega langt á veg komin. Sumum verkþáttum er lokið, sumum verkþáttum hefur miðað hálfu leið, en sumir verkþættir eru langtímaverk. Nánar er greint frá einstökum verkþáttum í kaflanum Verkþættir hér á eftir.

Þátttaka orkufyrirtækjanna hefur verið nokkuð mismunandi, eins og fram kemur í kaflanum Fjármál hér á eftir. Þátttakan er í öllum tilvikum tengd sérstökum verkþáttum. Fyrirliggjandi greinargerð er ætlað að lýsa framvindu verksins eins og hún liggur fyrir í maí 1996 og rekja helstu atriði sem hafa áhrif á framvindu verksins í náinni framtíð. Fyrri samantekt um þetta verkefni var gerð í nóvember 1994 (Valgarður Stefánsson 1994).

## FJÁRMÁL

Kostnaður við verkið hefur frá upphafi verið metinn á sama hátt og gert er í söluverkum Orkustofnunar. Gjaldskrá stofnunarinnar er notuð við útreikninga á kostnaði við einstaka þætti verksins. Gert er ráð fyrir að gjaldskráin endurspegli sameiginlegan kostnað á stofnuninni, þannig að þessi uppgjörsaðferð gefi heildarkostnað verksins. Helsti kostur við þessa meðhöndlun kostnaðar er sá að sömu reikningsaðferðir eru notaðar í þessu verkefni og orkufyrirtækin eru vön við úr söluverkum stofnunarinnar. Einnig er talið eðlilegt að sams konar aðferðir séu notaðar við uppgjör söluverka og verka sem kostuð eru af ríkisfjárveitingu. Hins vegar er nokkur munur á þeim niðurstöðutölum sem birtar eru hér og þeim niðurstöðutölum sem birtar eru í Ársskýrslu Orkustofnunar. Þessi munur stafar af því að mismunandi aðferðir eru notaðar við útreikninga á heildarkostnaði.

Yfirlit um framlag samstarfsaðilanna er sýnt í töflu 1. Taflan sýnir að á tímabilinu 1992 - 1995 hefur Orkustofnun lagt fram 74,2% af kostnaði við verkið, Hitaveita Reykjavíkur 16%, Landsvirkjun 7,1%, Hitaveita Akureyrar 1,5% og Hitaveita Suðurnesja 1,2%. Heildarkostnaður á þessum fjórum árum er rúmar 84 miljónir króna, eða að meðaltali um 21 miljón króna á ári.

Tafla 1. Yfirlit um framlag samstarfsaðila

	1992	1993	1994	1995	Samtals
Hitaveita Reykjavíkur	3.092.112	2.952.510	4.245.691	3.200.000	13.490.313
Hitaveita Suðurnesja	0	1.000.000	0	0	1.000.000
Landsvirkjun	2.806.000	3.145.900	0	0	5.951.900
Hitaveita Akureyrar	0	1.160.465	0	136.620	1.297.085
Orkustofnun	12.565.894	18.564.891	13.890.839	17.366.959	62.388.583
Samtals	18.464.006	26.823.766	18.136.530	20.703.579	84.127.881

Tafla 2 sýnir hins vegar hvernig kostnaður hefur skipst á milli einstakra verkþátta á tímabilinu 1992 - 1995. Þar kemur fram að mestum fjármunum hefur verið varið til verkþáttanna: 720-102 *Yfirborðsrannsókn á Torfajökulsvæði*, 720-105 *Forðafræðistuðlar*, og 720-104 *Hagkvæmniathugun í Bjarnarflagi*. Kostnaður við þessa þrjá verkþætti er 71% af heildarkostnaði við verkefnið. Einnig sýnir tafla 2 að um 51 milljón króna (60,6%) hefur verið varið til staðarrannsókna, en um 33 milljónum króna (39,4%) til almennra orkurannsókna.

Tafla 2. Skipting kostnaðar á verkþætti á árunum 1992 -1995.

Verknr.	Heiti	1992	1993	1994	1995	Samtals
720-000	Samræming og almenn atriði	932.639	1.044.457	820.013	546.165	3.343.274
720-101	Frumrannsókn í Brennisteinsfjöllum	2.431.908	2.613.029	817.981	2.284.712	8.147.630
720-102	Yfirborðsrannsókn á Torfajökulsvæði	1.017.209	3.387.229	7.524.030	10.481.363	22.409.831
720-103	Yfirborðsrannsókn á Ölkelduhálsi	2.912.232	1.240.923	914.145	0	5.067.300
720-104	Hagkvæmnisathugun í Bjarnarflagi	5.013.600	9.874.542	491.474	6.173	15.385.789
720-105	Forðafræðistuðlar	6.073.418	5.380.475	5.485.791	5.022.626	21.962.310
520-106	Kjarnataka í háhitaholum	0	0	0	900.212	900.212
720-107	Áhrif niðurdælingu á vinnslutilhögun	83.000	1.349.003	2.052.736	1.189.088	4.673.827
720-108	VSP - forðafræðistuðlar		1.934.108	30.360	273.240	2.237.708
720-109	Hagkvæmniathugun á Reykjanesi					0
720-110	Yfirborðsrannsókn við Samdfell					0
720-111	Yfirborðsrannsókn við Sveifluháls					0
	Samtals	18.464.006	26.823.766	18.136.530	20.703.579	84.127.881

Hér er rétt að benda á einn veikleika í þessari samantekt um kostnað. Framlag samstarfsaðila getur verið mun meira en það framlag sem samstarfsaðilinn greiðir til Orkustofnunar og kemur fram í bókhaldi Orkustofnunar. Þannig kostaði HR til dæmis alfarið kjarnatöku í borholu við Ölkelduháls sem hluta af verkþættinum *Kjarnataka í háhitaholum*. Kostnaður við þessa kjarnatöku var 3 - 4 milljónir króna, en sá kostnaður kemur ekki fram í töflu 2. Kostnaðurinn sem gefinn er upp í töflu 2 nær einungis til framlags OS að viðbættu því framlagi sem HR greiddi beint til OS.

Orkustofnun hefur alfarið kostað þrjá fyrstu verkþættina í töflu 2, þ.e. 720-000 *Samræming og almenn atriði*, 720-101 *Frumrannsókn í Brennisteinsfjöllum* og 720-102 *Yfirborðsrannsókn á Torfajökulsvæði*. Orkufyrirtækin hafa tekið mismikinn þátt í kostnaði við aðra verkþætti (nema við þrjá síðasttöldu verkþættina sem hafa ekki hafist ennþá). Þátttaka orkufyrirtækjanna í einstökum verkþáttum hefur verið þannig:

	Þátttaka í verkþáttum
Hitaveita Reykjavíkur	720-103, 720-105, 720-106, 720-107
Hitaveita Suðurnesja	720-105
Landsvirkjun	720-104
Hitaveita Akureyrar	720-108

## VERKÞÆTTIR

Hér verða rakin helstu atriði í framvindu hvers verkþáttar og lýst hugmyndum um framhald í þeim tilvikum þar sem það á við.

### **720-000 Samræming og almenn atriði**

*Skilgreining.* Meginhluti þessa verkþáttar er verkefnisstjórnun og önnur atriði sem tengjast verkefninu í heild.

*Staða.* Á árunum 1992-1994 var lögð umfangsmikil vinna í það að fá fram skilgreiningu á orkugetu jarðgufustöðva, þannig að hægt sé að bera saman kostnaðaráætlanir fyrir jarðgufuvirkjanir og vatnsaflsvirkjanir. Niðurstöður eru þær að heppilegast sé að skilgreina orkugetu jarðgufustöðva sem aukningu í orkugetu raforkukerfisins þegar viðkomandi virkjun tengist raforkukerfinu. Á þennan hátt er hægt að nota samskonar skilgreiningu á orkugetu vatnsaflsstöðva og jarðgufustöðva. Þar sem jarðgufustöðvar hafa sömu eiginleika og rennislístöðvar við tengingu við raforkukerfið verður nýtingartími afls í jarðgufustöðvum yfir 8000 stundir á ári þegar þær tengjast núverandi raforkukerfi.

*Árangur.*

- Greinin *Jarðhiti til raforkuvinnslu* eftir Valgarð Stefánsson, sem birtist í Árbók VFÍ 1993/94.

*Framhald.* Áætlað er að umfang vinnu í þessum verkþætti verði svipað og verið hefur á undanförunum árum.

### **720-101 Frumrannsókn í Brennisteinsfjöllum**

*Skilgreining.* Könnun á jarðhita í Brennisteinsfjöllum með það markmið í huga að staðsetja rannsóknarborholu á svæðinu.

*Staða.* Á árunum 1992 og 1993 voru gerðar 38 TEM viðnámsmælingar í Brennisteinsfjöllum, og jarðfræðikortlagning fór fram á árunum 1993-1995. Skýrsla um TEM viðnámsmælingar kom út á árinu 1995. Þar kemur fram að flatarmál háhitasvæðisins á 500 m dýpi er um 15-20 km<sup>2</sup>, sem er svipað og flatarmál jarðhitasvæðisins við Námafjall. Má því ætla að orkugeta svæðisins sé nægileg til að standa undir 100 MW raforkuvinnslu. Útivistu vegna frumrannsókna svæðisins var

lokið á árinu 1995, og er áætlað að skýrsla um jarðfræði þess komi út á árinu 1996. Þar með er frumrannsókn svæðisins lokið og eru rannsóknarboranir næsta skref í rannsókn svæðisins. Vegna þess að yfirborðsjarðhiti er óverulegur í Brennisteinsfjöllum er ekki gert ráð fyrir frekari rannsóknum (yfirborðsrannsóknir) á svæðinu áður en rannsóknarborhola er staðsett.

*Árangur.*

- ▶ Skýrsla Rögnu Karlsdóttur *Brennisteinsfjöll. TEM - Viðnámsmælingar.* OS-95044/JHD-06.

*Framhald.* Gert er ráð fyrir að þessum verkþætti ljúki á árinu 1996 með útkomu skýrslu um jarðfræði svæðisins.

## **720-102 Yfirborðsrannsóknir á Torfajökulsvæði**

*Skilgreining.* Jarðhitarannsóknir á svæðinu við Torfajökul þar sem beitt er aðferðum á sviði jarðfræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði til þess að afmarka jarðhitavæði, greina á milli mismunandi virkjunarstaða og setja upp fyrsta hugmyndalíkan af jarðhitakerfi. Staðsetning rannsóknarborhola er lokatakmark þessa verkþáttar.

*Staða.* Jarðfræðikortlagning hófst á árinu 1992 og hefur síðan haldið áfram árlega með nokkuð jöfnum hraða. Viðnámsmælingar með TEM aðferð hófust 1993, en jarðefnafræðiathuganir á árinu 1994. Síðan hefur bæði jarðeðlisfræði- og jarðefnafræðiathugunum verið fram haldið árlega. Með þessum rannsóknarhraða hefur verið áætlað að hægt væri að ljúka þessum verkþætti árið 1997, þannig að meginhluta útivinnu yrði lokið á árinu 1996. Nú hafa stjórnendur Orkustofnunar ákveðið að engin útivinna fari fram á svæðinu á árinu 1996, þannig að öll áætlun um verklok er rokin út í veður og vind. Auk þess vantar tilfinnanlega að ganga frá grunnkortum í skala 1:20000 eða í skala 1:25000 af öllu jarðhitasvæðinu. Eins og sakir standa vantar tilfinnanlega tvö kortablöð. Jarðfræðiathuganir hafa sýnt að á svæðinu er mun eldra yfirborðsberg en áður var haldið. Einnig hefur fundist meiri jarðhitavirkni í suðaustur hluta svæðisins en vitað var um áður. Alls hafa nú verið mældar 85 TEM mælingar á Torfajökulsvæði á síðastliðnum þrem árum. Úrvinnsla mælinga er skammt á veg komin og því ekki hægt að segja mikið um viðnámsdreifingu innan svæðisins. Sýnatökuleiðangrar voru farnir á árunum 1994 og 1995 og hefur alls verið safnað 39 sýnum af gufu og vatni. Úrvinnsla jarðefnafræðigagna er einnig skammt á veg komin. Ekki liggur ljóst fyrir hvenær hægt er að búast við því að öllum verkþáttum yfirborðsrannsóknar ljúki eins og áður var sagt. Mjög bagalegt er að verkefni sem tekur meira en 5 ár að vinna skuli vera brotið niður á þann hátt sem nú er gert. Árið 1996 hefur verið snjólétt þannig að búast má við mjög hagstæðum skilyrðum til útivinnu sumarið og haustið 1996, en þar sem snjóá leysir yfirleitt seint á þessu svæði er árlegur vinnutími yfirleitt aðeins nokkrar vikur. Verulegur kostnaður og vinnutap er samfara því að hætta við svona rannsókn í miðjum klíðum, sérstaklega af því að ekki liggur fyrir hvenær verkið verður tekið upp aftur. Ef það verður ekki gert á næstu 1-2 árum má ætla að þær 22 miljónir króna sem verið hefur verið í verkið á s.l. fjórum árum séu glatað fé.

*Árangur.*

- ▶ Greinargerð Knúts Árnasonar og Rögnu Karlsdóttur *Viðnámsmælingar á Torfajökulsvæði 1993.* KÁ/RK-94/03.
- ▶ Minnisblað Magnúsar Ólafssonar og Jóns Arnar Bjarnasonar frá 31. ágúst 1995 *Yfirborðsrannsókn á Torfajökulsvæði. Efnasamsetning jarðhitavökva. Staða verks eftir sýnatökufærð haustið 1994.*
- ▶ Minnisblað MÓ/JÖB/12 frá 29. desember 1995 *Yfirborðsrannsókn á Torfajökulsvæði. Efnasamsetning jarðhitavökva. Sýnatökufærð 1995 og áætlun um framhald á hausti 1996.*

- ▶ Greinargerð þeirra Guðmundar Ó. Friðleifssonar og Kristjáns Sæmundssonar *Jarðfræðikortlagning á Torfajökulssvæðinu. Staða verksins í lok árs 1994.* GÓF-KS/94-06.

*Framhald.* Til þess að ljúka útivinnu fyrir þennan verkþátt þarf 1-2 ár miðað við þann rannsóknarhraða sem notaður hefur verið fram að þessu. Verklök gætu orðið um einu ári eftir að útivinnu er lokið. Ef það dregst meira en 1-2 ár að útivinna hefjist aftur á svæðinu tekur lengri tíma að ljúka verkinu. Ekki liggur fyrir hvenær fjármagn fæst til þess að ljúka þessum verkþætti.

### **720-103 Yfirborðsrannsóknir á Ölkelduhálsi**

*Skilgreining.* Jarðhitarannsóknir á Ölkelduhálssvæði sem stefna að því að staðsetja rannsóknarborholur á svæðinu.

*Staða.* Lokaskýrsla um yfirborðsrannsóknir á Ölkelduhálsi kom út á árinu 1993. Hönnun og verkáætlun rannsóknarholu var gerð á árinu 1994. Borun rannsóknarholu fór fram á seinni hluta árs 1994 og fyrri hluta árs 1995.

*Árangur.*

- ▶ Skýrsla Knúts Árnasonar *Jarðhiti á Ölkelduhálssvæði*, OS-93037/JHD-10.
- ▶ Skýrsla Sverris Þórhallssonar o.fl. *Rannsóknarhola á Ölkelduhálsi. Hönnun og verklýsing* OS-94009/JHD-04 B.

*Framhald.* Þessum verkþætti er lokið.

### **720-104 Hagkvæmniathugun í Bjarnarflagi**

*Skilgreining.* Að gera verkhönnun á jarðhitavirkjun í Bjarnarflagi.

*Staða.* Verkið var unnið í tveim áföngum. Fyrri hluti verksins var að mestu unninn á árinu 1992, og kom út áfangaskýrsla um þann hluta um áramótin 1992/93. Niðurstöður þeirra athugana voru þær að virkjun í Bjarnarflagi væri mjög álitlegur kostur. Var því farið í seinni hluta verksins á árinu 1993 og lauk þeim áfanga í byrjun árs 1994. Í seinni hluta verksins voru öll fyrirbyggjandi jarðhitagögn um svæðið endurskoðuð og forsendur virkjunar endurmetnar. Lokaskýrsla í formi verkhönnunar 20 MW virkjunar í Bjarnarflagi kom út í febrúar 1994. Í skýrslunni er einnig lagt mat á hvaða þættir hafa mest áhrif á orkuverð frá virkjuninni og nákvæm athugun gerð á rekstrarkostnaði virkjunar. Niðurstöður þessarar hagkvæmniathugunar sýna að Bjarnarflagsvirkjun er einn hagkvæmasti virkjunarkostur sem nú er þekktur á Íslandi. Framleiðslukostnaður raforku frá Bjarnarflagsvirkjun er áætlaður 1,03 kr/kWh.

*Árangur.*

- ▶ Skýrsla um verkhönnun Bjarnarflagsvirkjunar unnin af Orkustofnun og Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf.
- ▶ Áfangaskýrsla um frumhönnun jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi unnin af Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns hf.
- ▶ Skýrsla Ásgríms Guðmundssonar *Ummýndunarhiti jarðhitakerfisins í Bjarnarflagi*, OS-93065/JHD-31 B.
- ▶ Skýrsla Ásgríms Guðmundssonar *Jarðlagasnið um holur BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi*, OS-93071/JHD-35 B.
- ▶ Skýrsla Ómars Sigurðssonar *Jarðhitakerfið í Bjarnarflagi. Mat á hita, þrýstingi og afköstum*, OS-93016/JHD-08 B.
- ▶ Skýrsla Rögnu Karlsdóttur *Námafjall. TEM - viðnámsmælingar 1992*, OS-93022/JHD-12 B.

- ▶ Skýrsla Halldórs Ármannssonar *Jarðhitakerfið í Námafjalli. Efnafraeðileg úttekt.* OS-93053/JHD-29 B.

*Framhald.* Þessum verkþætti er lokið.

### **720-105 Forðafræðistuðlar**

*Skilgreining.* Skipuleg söfnun gagna um forðafræðistuðla í íslensku bergi þar sem stefnt er að því að koma upp gagnabanka um íslenska forðafræðistuðla. Forðafræðistuðlar eru samheiti yfir þá eiginleika bergsins sem hafa áhrif á forðafræði jarðhitans. eru það eiginleikar eins og lekt, grop (poruhluti), eðlisþyngd, varmaleiðni, berggerð, efnasamsetning, ummyndun og fleira.

*Staða.* Safnað hefur verið um 400 bergsýnum úr rofnum megineldstöðvum (útkulnuðum háhitasvæðum) til þess að athuga áhrif ummyndunar á grop og lekt bergsins. Mælingarnar eru gerðar í erlendum rannsóknarstofum, þar sem tæki eru ekki fyrir hendi hér á landi til slíkra mælinga. Komið hefur í ljós kerfisbundinn munur á lektarmælingum gerðum með gasi og lektarmælingum gerðum með vatni. Unnið er að því að finna skýringu á þessu misræmi, en nú liggur fyrir að munurinn er meiri en að hægt er skýra með nákvæmni mælinganna. Einnig hefur komið fram að munur á virku gropi og heildargropi er mjög lítil í íslensku bergi. Móberg og súrt berg hefur að meðaltali herra grop en basalhraun og basaltinnskot. Hins vegar er bergeðlismassi (efnisþyngd) basalts herra en móbergs og súrs bergs. Ummyndun bergs virðist hafa þau áhrif að bergeðlismassinn er lægri og að grop bergsins er minna en í fersku bergi. Að meðaltali er ummyndað berg auk þess með minni lekt en ferskt berg. Það kemur líka á óvart að lekt móbergs mælist að meðaltali herra en annara bergtegunda. Móberg er þannig sú berggerð sem hefur bæði mesta grop og hæsta lekt. Af þessu má ætla að móberg sé mjög heppilegt geymslugerð fyrir jarðhitakerfi. Hafnar eru viðræður við Tækniháskólann í Gautaborg og Jarðfræðastofnun Danmerkur um samvinnuverkefni við mælingar á íslenskum bergsýnum. Til umræðu er að gera sérstaka athugun á áhrifum grops á varmaleiðni og rafleiðni bergs. Vonast er til að þetta samstarf hefjist á árinu 1996.

*Árangur.*

- ▶ Skýrsla Valgarðs Stefánssonar *Varmaleiðni og poruhluti*, OS-93038/JHD-11.
- ▶ Skýrsla Ómars Sigurðssonar og Valgarðs Stefánssonar *Forðafræðistuðlar. Mælingar á bergsýnum.* OS-94049/JHD-28-B.
- ▶ Skýrsla Ásgríms Guðmundssonar o.fl. *Forðafræðistuðlar. Söfnun sýna.* OS-95017/JHD-11 B.
- ▶ Greinin *Core measurements and geothermal modelling* eftir Valgarð Stefánsson o.fl. sem var lögð fram á "Second Nordic Symposium on Petrophysics and Reservoir Modelling" í Gautaborg í janúar 1966.

*Framhald.* Áætlað er að umfang verka á næstu árum verði svipað og verið hefur á síðast liðnum árum.

### **720-106 Kjarnataka í háhitaholum**

*Skilgreining.* Stefnt er að því að taka borkjarna í sem flestum háhitaholum sem boraðar verða í landinu á næstu árum og gera sem flestar mælingar á þessum kjörnum til samanburðar og kvörðunar á niðurstöðum sem fást í verkþættinum *Forðafræðistuðlar*.



*Staða.* Á árinu 1995 var tekinn einn borkjarni úr holu sem boruð var á háhitasvæðinu við Ölkelduháls. Hitaveita Reykjavíkur kostaði sjálfa kjarnatökuna, en Orkustofnun sér um mælingar á kjarnanum, úrvinnslu gagna og samanburð við aðrar mæliaðferðir. Komið hefur í ljós allgott samband milli mælinga á kjarna og borholumælinga í holunni sjálfri. Reynt var að draga út vökva úr kjarnanum til þess að fá fram efnasamsetningu vökvans í berginu. Mjög lítið magn af vökva náðist úr kjarnanum, þannig að efnagreining vökvans er ófullkomin. Gerð var ein mæling á stærðardreifingu grops, og kom þar í ljós að meðalstærð holrýmis í bergi var mjög lítil (0,01-0,1  $\mu\text{m}$ ), en það er um tíu sinnum lægra gildi en lægstu gildi fyrir setberg. Einnig kom í ljós að áhrif grops á rafleiðni bergsins líkist því að holrýmið sé sprungur. Ekki er ljóst hvernig á að tengja saman þessar niðurstöður, en vera má að smæð holrýmisins geri m.a. það að verkum að samband forðafræðistuðla í íslensku bergi er á sumum sviðum frábrugðið því sem gerist í setbergi. Ljóst er að í framtíðinni þarf að athuga betur stærðardreifingu holrýmis í íslensku bergi og hvaða áhrif sú dreifing hefur á ýmsa forðafræðistuðla.

*Árangur.*

► Engin skýrsla hefur komið út fram að þessu.

*Framhald.* Áætlað er að skýrsla um kjarnatöku í holu við Ölkelduháls komi út á árinu 1996. Ekki liggur fyrir hvenær búast má við næstu kjarnatöku í háhitaholu.

#### **720-107**      **Áhrif niðurdælingar á vinnslutilhögun á háhitasvæðum**

*Skilgreining.* Í þessum verkþætti eru áhrif niðurdælingar athuguð á fræðilegan hátt. Sett er upp einfalt reiknilíkan fyrir háhitasvæði og viðbrögð jarðhitakerfisins reiknuð fyrir mismunandi gerð jarðhitakerfa og mismunandi tilhögun á niðurdælingu.

*Staða.* Byrjað var á þessum verkþætti seint á árinu 1993 og hefur verið síðan haldið áfram svo sem tími hefur leyft. Fyrstu niðurstöður af þessum athugunum voru lagðar fram á Jarðhitaráðstefnunni í Flórens í maí 1995. Þar kemur fram að ef um er að ræða vatnskerfi eða tveggja fasa jarðhitakerfi skiptir varmanám úr bergi meira máli fyrir orkugetu kerfisins heldur en að viðhalda þrýstingi í kerfinu. Í þannig vinnslu fæst betri nýting með því að dæla niður í jaðra kerfisins eða með tvíþólvinnslu frekar en að vera með jafna dreifingu á niðurdælingaholum og vinnsluholum. Ef lekt jarðhitakerfa er mjög mikil og aðstreymi gott að svæðum virðist niðurdæling ekki hafa mikil áhrif á orkugetu svæðanna. Til þess að niðurdæling hafi marktæk áhrif á vinnslugetu háhitasvæða þarf magnið af niðurdælingavökva að vera svipað og magnið af þeim vökva sem unninn er.

*Árangur.*

► Greinin *Reinjection strategy for geothermal systems* eftir Ómar Sigurðsson o.fl. sem lögð var fram á "World Geothermal Congress 1995".

*Framhald.* Áætlað er að áfangaskýrsla komi út á árinu 1996, en að lokaskýrsla liggja fyrir á árinu 1997.

#### **720-108**      **VSP - forðafræðistuðlar**

*Skilgreining.* Að ákvarða meðalgrop jarðhitakerfis með því að mæla hljóðhraða bergsins í lóðrétta stefnu innan jarðhitakerfisins sjálfs. Vinnslugeta jarðhitakerfa er mjög háð gropi bergsins.

*Staða.* Á árinu 1993 voru gerðar VSP-mælingar í tveim holum í Eyjafirði og einni holu við Nauthólsvík í Reykjavík. VSP-mælingar (Vertical Seismic Profiling) eru lóðrættar hljóðhraðamælingar í borholu. Háskólinn í Ósló lagði til sérstakt borholumælitæki til þessara

mælinga. Auk Orkustofnunar eru Hitaveita Akureyrar og Háskólinn í Ósló þáttakendur í þessum verkþætti. Unnið er að úrvinnslu mælinganna.

*Árangur.*

► Hluti af niðurstöðum VSP mælinga er í grein þeirra Sverre Planke og Ólafs G. Flóvenz *Seismic properties of flood basalts.*

*Framhald.* Niðurstaða VSP-mælinganna ákvarðar framhald verkþáttar. Ef reyndin verður sú að VSP-mælingar hafi mikið gildi fyrir mat á vinnslugetu jarðhitakerfa verður stefnt að því að kaupa sérstakt borholumælingatæki til VSP-mælinga.

#### **720-109 Hagkvæmniathugun á Reykjanesi**

*Skilgreining.* Að gera kostnaðaráætlun um vinnslu raforku á háhitasvæðinu á Reykjanesi. Gert er ráð fyrir samnýtingu jarðhita til iðnaðar og raforkuvinnslu.

*Staða.* Verkið hefur ekki hafist ennþá. Verkið þarf að vinna með virkri þátttöku rekstraraðila jarðhitasvæðisins, en rekstraraðili hefur ekki verið tilbúinn að hefja samstarf um þennan verkþátt.

*Árangur.* Enginn.

*Framhald.* Óvíst.

#### **720-110 Yfirborðsrannsókn við Sandfell**

*Skilgreining.* Að rannsaka jarðhitasvæðið við Sandfell að því marki að þar megi staðsetja rannsóknarborholur.

*Staða.* Fyrri rannsóknir á Krísuvíkursvæði benda eindregið til að við Sandfell sé sérstakt undirsvæði (virkjunarstaður) Krísuvíkursvæðisins. Hins vegar eru fyrirliggjandi gögn um suðurhluta Krísuvíkursvæðisins ófullnægjandi þannig að þetta þarf viðnámsmælingar og gera sprungukort af svæðinu áður en rannsóknarhola verður staðsett. Vegna nálægðar við markað er Sandfell áhugaverður virkjunarstaður þar sem hefja mætti raforkuvinnslu með tiltölulega stuttum fyrirvara ef rannsóknarboranir sýna að svæðið sé heppilegt til raforkuvinnslu. Verkið hefur ekki hafist ennþá vegna fjárskorts.

*Árangur.* Enginn.

*Framhald.* Óvíst.

#### **720-111 Yfirborðsrannsókn við Sveifluháls**

*Skilgreining.* Fylla upp í eyður í fyrirliggjandi gögnum um jarðhitann við Sveifluháls til þess að gera frekari boranir þar markvissari.

*Staða.* Allmiklar rannsóknir hafa verið gerðar á Krísuvíkursvæðinu og nokkrar holur voru boraðar þar fyrir 25-35 árum. Jarðhitinn á þessu svæði virðist vera flókinn þannig að ekki liggur fyrir góður skilningur á eðli jarðhitakerfisins. Af þessum sökum er æskilegt að bæta við rannsóknir á svæðinu til þess að gera frekari boranir markvissari. Sveifluháls er einn þeirra virkjunarstaða þar sem hefja mætti raforkuvinnslu með stuttum fyrirvara ef frekari boranir sýna að svæðið sé heppilegt til raforkuvinnslu. Verkið hefur ekki hafist ennþá sakir fjárskorts.

*Árangur.* Enginn.

*Framhald.* Óvíst.

## ÁÆTLUN FYRIR 1996

Svo sem fram hefur komið hafa stjórnendur Orkustofnunar ákveðið að draga verulega úr fjármagni til verkefnisins á árinu 1996. Niðurstaðan er sú að einungis verður unnið að þeim verkþáttum þar sem samstarfsaðilar leggja eitthvað að mörkum. Þessi niðurskurður kemur harðast niður á *Yfirborðsrannsóknunum á Torfajökulssvæðinu* vegna þess að í því tilviki er verið að fresta eða hætta við verk sem unnið hefur verið að um margra ára skeið og verkið er komið það langt áleiðis að verklok eru í sjónmáli. Ef verkið hefst ekki aftur innan 1-2 ára má búast við að þær 22 miljónir króna sem varið hefur verið í verkið séu glatað fé.

Niðurskurður á fjármagni til þessa verkefnis hefur einnig bein áhrif á framboð raforku á Íslandi. Umræður um hugsanlegt álver á Grundartanga leiddi í ljós að til þess að hægt væri að bjóða næga raforku á þeim tíma sem óskað var eftir þyrftu jarðhitavirkjanir að sjá fyrir þeirri aukningu í raforkuvinnslunni að miklum hluta. Tíminn var einfaldlega of stuttur til þess að hægt væri að reisa vatnsaflsvirkjanir á þeim tíma sem var fyrir hendi. Þessi uppákoma sýnir glögglega að jarðhitavirkjanir hafa meiri sveigjanleika í því að aðlagast skyndilegum breytingum í markaðsþörf heldur en þær stóru vatnsaflsvirkjanir sem helst hafa verið til athugunar á síðasta áratug. Nú liggja fyrir mjög margir kostir í vatnsorku, sem hafa verið rannsakaðir að því marki að hægt er að meta virkjunarkostnað og þar með framleiðslukostnað raforku. Á sviði jarðhitavirkjana liggur aðeins fyrir ein nákvæm kostnaðaráætlun um virkjunarkostnað (Bjarnarflag). Af því sést að mjög mikil þörf er á því að rannsaka fleiri jarðhitakosti og jafna þannig aðstöðu á milli jarðhitavirkjana og vatnsaflsvirkjana. Uppákomman vegna álvers við Grundartanga hefði átt að verða til þess að átak væri gert í rannsókn jarðhitavirkjana, en sú varð ekki raunin. Það liggur því nokkuð ljóst fyrir að ójöfn skipting fjármagns milli jarðhitarannsókna og vatnsaflsrannsókna kemur til með að skapa mjög erfiða aðstöðu þegar kemur að næstu viðræðum um sölu á íslenskri raforku.

Tafla 3 sýnir áætlun verksins fyrir árið 1996. Til þess að sýna áhrif niðurskurðar eru bæði tilgreindar tillögur verkefnisstjóra og samþykkt áætlun um verkið.

Tafla 3. Áætlun fyrir árið 1996.

Verknr.	Heiti	Tillaga verkefnisstjóra [kr]	Samþykkt áætlun [kr]	Samþykkt áætlun [stundir]	Athugasemdir
720-000	Samræming og alm. atriði	1.002.960	1.002.960	240	
720-101	Frumr. Brennisteinsfjöll	1.606.864	612.600	200	Ganga frá skýrslu
720-102	Yfirb. Torfajökull	14.840.982	306.300	100	Skorið
720-103	Yfirb. Ölkelduháls	0	0	0	Lokið
720-104	Hagkv. Bjarnarflag	0	0	0	Lokið
720-105	Forðafræðistuðlar	8.733.036	6.233.036	1200	Þátt. HR
720-106	Kjarnat. háhitaholur	1.498.800	1.498.800	400	Þátt. HR
720-107	Áhrif niðurdælingu	1.987.800	1.987.800	500	Þátt. HR
720-108	VSP-forðafræðistuðlar	804.490	804.490	230	Þátt. HA
720-109	Hagkv. Reykjanes	0	0	0	
720-110	Yfirb. Sandfell	3.793.935	0	0	Skorið
720-111	Yfirb. Sveifluháls	2.908.235	0	0	Skorið
	Samtals	37.177.102	12.445.986	2870	

## HEIMILDIR

Ásgrímur Guðmundsson, 1993a: Ummyndunarhiti jarðhitakerfisins í Bjarnarflagi. Skýrsla Orkustofnunar OS-93065/JHD-31 B, 21 bls.

Ásgrímur Guðmundsson, 1993b: Jarðlagasnið um holur BJ-11 og BJ-12 í Bjarnarflagi. Skýrsla Orkustofnunar OS-93071/JHD-35 B, 46 bls.

Ásgrímur Guðmundsson, Hjalti Franzson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 1995: Forðafræðistuðlar. Söfnun sýna. Skýrsla Orkustofnunar OS-95017/JHD-11 B, 72 bls.

Guðmundur Ómar Friðleifsson og Kristján Sæmundsson, 1994: Jarðfræðikortlagning á Torfajökulssvæðinu. Staða verksins í lok árs 1994. Greinargerð Orkustofnunar GÓF-KS/94-06, 7 bls.

Halldór Ármannsson, 1993: Jarðhitakerfið í Námafjalli. Efnafræðileg úttekt. Skýrsla Orkustofnunar OS-93053/JHD-29 B, 30 bls.

- Knútur Árnason, 1993: Jarðhiti á Ölkelduhálssvæði. Viðnámsmælingar 1991 og 1992. Skýrsla Orkustofnunar OS-93037/JHD-10, 82 bls.
- Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir, 1994: Viðnámsmælingar á Torfajökulssvæði 1993. Greinargerð Orkustofnunar KÁ/RK-94/03, 7 bls.
- Magnús Ólafsson og Jón Örn Bjarnason, 1995a: Yfirborðsrannsókn á Torfajökulssvæði (720-102). Efnasamsetning jarðhitavökva. Staða verks eftir sýnatökuferð haustið 1994. Minnisblað dagsett 31. ágúst 1995, 4 bls.
- Magnús Ólafsson og Jón Örn Bjarnason, 1995b: Yfirborðsrannsókn á Torfajökulssvæði (720-102). Efnasamsetning jarðhitavökva. Sýnatökuferð 1995 og áætlun um framhald á hausti 1996. Minnisblað MÓ-JÖB/12, dagsett 29. desember 1995, 2 bls.
- Orkustofnun og Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf, 1994: Jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi. Verkhönnun. Skýrsla Landsvirkjunar og Orkustofnunar, Febrúar 1994, 102 bls.
- Ómar Sigurðsson, 1993: Jarðhitakerfið í Bjarnarflagi. Mat á hita, þrýstingi og afköstum. Skýrsla Orkustofnunar OS-93016/JHD-08 B, 45 bls.
- Ómar Sigurðsson og Valgarður Stefánsson, 1994: Forðafræðistuðlar. Mælingar á bergsýnum. Skýrsla Orkustofnunar OS-94049/JHD-28 B, 35 bls.
- Planke, Sverre and Ólafur G. Flóvenz, 1996: Seismic properties of flood basalts. Presented at NPF Meeting "Geophysics for Lithology Prediction", Kristiansand, 11-13 March 1996.
- Ragna Karlsdóttir, 1993: Námafjall. TEM-viðmámsmælingar 1992. Skýrsla Orkustofnunar OS-93022/JHD-12 B, 34 bls.
- Ragna Karlsdóttir, 1995: Brennisteinsfjöll. TEM - Viðnámsmælingar. Skýrsla Orkustofnunar OS-95044/JHD-06, 41 bls.
- Sverrir Þórhallsson, Sæþór L. Jónsson, Sigurður Benediktsson, Einar Gunnlaugsson og Benedikt Steingrímsson, 1994: Rannsóknarhola á Ölkelduhálsi. Hönnun og verklýsing. Skýrsla Orkustofnunar OS-94009/JHD-04 B, 24 bls.
- Valgarður Stefánsson, 1993: Varmaleiðni og poruhluti. Skýrsla Orkustofnunar OS-93038/JHD-11, 41 bls.
- Valgarður Stefánsson, 1994: Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu. Staða verks í nóvember 1994. Greinargerð Orkustofnunar VS/94-03, 6 bls.
- Valgarður Stefánsson, 1995: Jarðhiti til raforkuvinnslu. Árbók VFÍ 1993/94, Ritstj. Birgir Jónsson, bls. 233-251, Reykjavík 1995.

Valgarður Stefánsson, Ómar Sigurðsson, Ásgrímur Guðmundsson, Hjalti Franzson, Guðmundur Ó. Friðleifsson og Helga Tulinius, 1996: Core measurements and geothermal modelling. Grein lögð fram á "Second Symposium on Petrophysics and Modelling" 25-26 janúar 1996 í Gautaborg.

Verkfræðistofa Guðmundar og Kristjáns hf, 1993: Jarðvarmavirkjun í Bjarnarflagi. Frumáætlun. Áfangaskýrsla. Skýrsla Landsvirkjunar, Janúar 1993, 36 bls.

c:\raforka\gr96\_01.wp6