

Jarðhitafélag Íslands
Málþing 21. febrúar 2002
Hvernig á að standa að rannsókn og virkjun jarðhitasvæðis?

Setning málþings Jarðhitafélags Íslands
“Hvernig á að standa að rannsókn og virkjun
jarðhitasvæðis?”
21. febrúar 2002 í Norræna húsinu.

Guðmundur Pálmason
formaður JHFÍ

Ágætu þinggestir!

Það er mér mikil ánægja að bjóða ykkur velkomin á þessa þriðju ráðstefnu Jarðhitafélagsins, eða málþing eins og við höfum kosið að kalla þetta að þessu sinni. Efnið sem hér verður fjallað um er sett fram í formi spurningar “Hvernig á að standa að rannsókn og virkjun jarðhitasvæðis?”. Allir sem hafa þurft á einn eða annan hátt að eiga aðild að ákvörðunum sem snerta virkjun jarðhita til mismunandi þarfa kannast við það að þó að markmiðið með virkjun sé venjulega sæmilega vel skilgreint þá eru leiðirnar að því marki ekki alltaf að sama skapi jafn skýrar og vegast þar á tæknileg, hagræn, jarðvísindaleg, umhverfisleg og jafnvel stundum pólitísk sjónarmið. Við töldum því í stjórn félagsins að þetta væri efni sem tímabært væri að taka til umfjöllunar, ekki síst vegna þess að einmitt þessi misserin eru frekari stórvirkjanir á jarðhitasvæðum á næsta leiti. Nú liggur fyrir reynsla þriggja áratuga af virkjunum á háhitasvæðum en jafnframt eru komnar fram nýjar kröfur vegna vaxandi umhverfisvitundar sem krefjast flóknari undirbúnings en áður var.

Allt frá því að Íslendingar fóru fyrst að nýta sér jarðhitann hafa verkefni á þessu sviði farið stækkandi. Það tók 40 ár að byggja Hitaveitu Reykjavíkur upp að því marki að hún þjónaði öllum íbúum Reykjavíkur og 7-8 ár í viðbót þurfti til þess að hún gæti þjónað höfuðborgarsvæðinu öllu ef undan er skilið Seltjarnarnesið. Mikilvægur þáttur í þessu ferli sem skeði í mörgum áföngum var að tryggja nægilegt vatn sem treysta mátti á til frambúðar. Þegar síðan var farið að hyggja að virkjun háhitasvæða til raforkuframleiðslu komu ný viðhorf til sögunnar. Fyrsta meiri háttar virkjunin af því tagi var Kröfluvirkjun og þar greindi menn nokkuð á um leiðir að settu marki eins og þeir muna sem að þeim málum komu. Þar voru menn einnig harkalega minntir á náttúruöflin sem læra þarf að lifa með ef við ætlum að nýta háhitann. Í öðrum virkjunum sem á eftir komu, í Svartsengi og á Nesjavöllum, var nokkuð annarri aðferðafræði beitt og þær báru þann góða árangur sem raun ber vitni. Jafnframt þessu voru fræðimenn að þróa aðferðafræði til að ná settum markmiðum á sem hagkvæmasta hátt. Um það fáum við að heyra hjá Valgarði Stefánssyni.

Undirbúningsrannsóknir undir boranir eru mjög mikilvægur þáttur í aðdraganda virkjunar jarðhitans. Ég hygg að á engan sé hallað þó að ég segi að fáir eða engir búi yfir lengri eða meiri reynslu á þessu sviði en Kristján Sæmundsson. Hann mun væntanlega miðla okkur einu og öðru af sinni löngu reynslu og yfirgripsmiklu þekkingu á þeim málum.

En það eru í reynd orkufyrirtækin sjálf sem þurfa að taka ákvarðanir um undirbúning virkjana og marka leiðina að settu marki. Við fáum að heyra frá tveimur af stærri orkufyrirtækjum landsins, Orkuveitu Reykjavíkur og Hitaveitu Suðurnesja, hvernig þau standa að stórvirkjunum sínum á sviði jarðhita. Enn fremur mun Franz Árnason segja frá reynslu sinni af því að reyna að koma af stað virkjunum á nýjum svæðum með nýjum fyrirtækjum.

Vonandi verða þau erindi og skoðanaskipti við pallborð sem hér fara fram einhverjum til fróðleiks um það hvernig skynsamlegt sé að standa að virkjunum jarðhita í framtíðinni. Fyrir hönd stjórnar Jarðhitafélagsins segi ég málþingið sett og bið Benedikt Steingrímsson að taka við fundarstjórn.

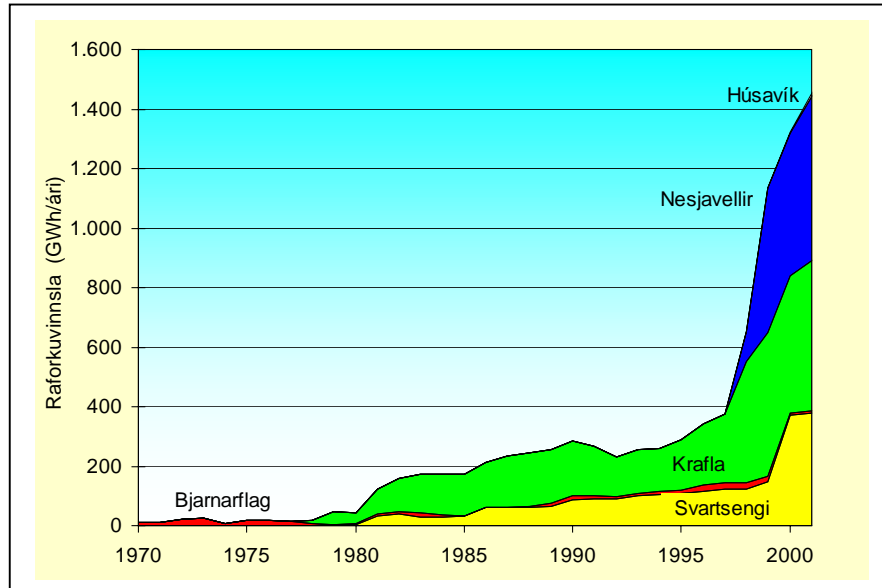
Virkjun í þrepum

Aðferðafræði við rannsóknir og virkjun háhita til raforkuvinnslu

Valgarður Stefánsson
Orkustofnun

Inngangur

Vinnsla raforku úr jarðhita á Íslandi hefur næstum fjórfaldast á síðast liðnum fjórum árum. Hlutfallslega er þetta mesta aukningin í heiminum á þessu tímabili. Íslendingar eru ekki bara komnir á blað sem framleiðendur raforku úr jarðhita heldur eru þeir í 8. sæti í heiminum í þessari tegund raforkuvinnslu. Íslendingar hafa nýtt jarðhita til hitunar lengur en flestar aðrar þjóðir og raforkuvinnsla úr vatnsorku er næstum aldagömul í landinu, en það er ekki fyrr en eftir 1995 sem skriður kemst á vinnslu raforku úr jarðhita.



Mynd 1. Vinnsla raforku úr jarðhita.

Spyrja má hvað hafi valdið því að Íslendingar drógu það svo lengi að hefja fyrir alvöru vinnslu á raforku úr jarðhita. Einnig er áhugavert að athuga hvaða aðstæður réðu því að þjóðin dembdi sér út í þessa tegund raforkuvinnslu á tíunda áratug tuttugustu aldar.

Einföld skýring á þessum aðstæðum er sú að það sé ekki fyrr en um miðjan síðasta áratug sem menn höfðu almennt sannfærst um að vinnsla raforku úr jarðhita væri hagkvæmur kostur.

Hér verður ekki reynt að skýra hvað olli þeim útbreidda misskilningi að raforkuvinnsla úr jarðhita væri ekki hagkvæm vinnsluáferð, en umræðan um nýja aðferðafræði við undirbúning og virkjun háhitasvæða skipti trúlega sköpum við að breyta afstöðu manna til jarðhitavirkjana.

Í þessari grein er fjallað um þá aðferðafræði að undirbúa og virkja háhitasvæði í tiltölulega smáum þrepum (20-30 MW) og þær afleiðingar sem það vinnulag hefur á framleiðsluverð raforkunnar.

Söguleg framvinda

Um langt skeið var það hræðslan við óvissuna sem réði aðgerðum manna við rannsóknir og undirbúning jarðhitamannvirkja. Jarðhitinn er sóttur djúpt í jörð, og það hefur gengið misvel að kortleggja eiginleika orkugjafans og skilja hegðun þeirra jarðhitakerfa sem jarðhitinn er unninn úr. Á meðan menn voru í vafa um hvers mætti vænta af hegðun orkugjafans var undirbúningsvinnan einkum fólgin í því að sannreyna stærð og eiginleika orkugjafans áður en ráðist var í fjárfestingar til orkuvinnslu. Þetta lítur út fyrir að vera varfærin og örugg fjárfestingarleið, en við nánari athugun kemur í ljós að kostnaðurinn við að “sanna” eiginleika orkugjafans er mikill og hleypir upp kostnaði við virkjunina og þar með einnig framleiðslukostnaði raforkunnar. En þann dag í dag setur Alþjóðabankinn það skilyrði við fjármögnun jarðhitavirkjana að búið sé að sannreyna með borunum að fyrir hendi sé 30-70% af þeirri gufu sem væntanleg virkjun þarf fyrir fulla vinnslu áður en bankinn tekur til athugunar hvort ástæða sé til að fjárfesta í virkjun á viðkomandi jarðhitasvæði. Eins og síðar verður vikið að verður þessi aðferðafræði og vanþekking fjármálastofnana til þess að auka verulega vinnslukostnað raforku úr jarðhitavirkjunum.

Nýting íslenskra háhitasvæða hófst á sjöunda og áttunda áratug síðustu aldar. Þá var byrjað að athuga hvernig heppilegast væri að standa að undirbúningi jarðhitavirkjana á háhitasvæðum landsins. Árið 1982 gaf Orkustofnun út skýrslu um skipulegar rannsóknir á háhitasvæðum landsins (Valgarður Stefánsson o.fl. 1982) þar sem lýst var aðferðafræði við rannsóknir háhitasvæða í anda hræðslunnar við óvissuna. Í stórum dráttum byggði þessi aðferðafræði á þeirri reynslu og því verklagi sem viðtekið var á þeim tíma við undirbúning vatnsaflsvirkjana. Gert var ráð fyrir mjög löngum tíma til rannsókna og undirbúnings áður en ákvörðun um virkjun væri tekin.

Ekki var farið út í skipulegar rannsóknir á háhitasvæðum landsins á áttunda áratugnum og en þann dag í dag eru flest háhitasvæði landsins tiltölulega illa þekkt.

Hræðslan við óvissuna hefur verið ráðandi afl við undirbúning jarðhitavirkjana bæði á Íslandi og annars staðar í heiminum, sérstaklega þar sem opinberir aðilar hafa staðið fyrir þróuninni. Hins vegar kom fljótt í ljós að olufyrirtækið Unocal virtist ekki eins hrætt við óvissuna eins og flestir opinberir aðilar. Unocal tók sér mun styttri tíma til rannsókna en aðrir og boranir komu mjög fljótt til sögunnar í undirbúningsvinnu hjá fyrirtækinu t.d. í Kaliforníu, Indonesíu og á Filipseyjum. Þó jarðhitaspekingum heimsins þætti lítið koma til þeirrar aðferðafræði sem Unocal notaði, urðu menn að viðurkenna að Unocal var fyrsta fyrirtækið á alþjóðavettvangi sem græddi verulega á því að virkja jarðhita til raforkuvinnslu. Það voru því einhver atriði í þeirri aðferðafræði sem Unocal notaði sem reyndust hagkvæmari en sú aðferðafræði sem byggði á hræðslunni við óvissuna.

Eftir að hafa unnið um árabíl að undirbúningi háhitavirkjana á erlendum vettvangi kom mér það spánskt fyrir sjónir að jarðhitavirkjanir á Íslandi voru ekki taldar vera hagkvæmur virkjunarkostur. Við nánari skoðun komst ég að raun um að aðferðafræðin sem ég hafði sett saman í skýrslu Orkustofnunnar árið 1982 var tiltölulega dýr kostur og að hægt var að lækka

rannsóknar- og virkjunarkostnað með því að miða undirbúninginn við að virkja öll háhitasvæði í tiltölulega smáum þrepum (Valgaarður Stefánsson, 1994). Upphaflega miðaði ég við að stærðin á þessum þrepum væri 20 MW, en vegna þróunar í tækjabúnaði á síðustu árum er nú heppilegra að miða við að þrepin geti verið á stærðarbilinu 20-40 MW.

Virkjun í þrepum

Hugmyndafræðin á bak við aðferðarfræðina *virkjun í þrepum* er einkum þessi:

Meginmarkmið við rannsóknir og undirbúning virkjunar er að gera framleiðslukostnað raforku í væntanlegri virkjun eins lágan og kostur er.

Aðferðafræðin við rannsóknir og undirbúning virkjunar þarf að taka mið af eiginleikum og einkennum jarðhitans.

Reynslan hefur sýnt að kostnaður við að sanna eiginleika orkugjafans er mikill, og þessi kostnaður kemur til löngu áður en tekjur fara að myndast af orkuvinnslu. Þetta á einkum við þá kröfu að sanna stærð orkugjafans löngu áður en byrjað er að vinna og selja orku. Sönnunarkostnaðurinn getur hæglega orðið verulegur hluti af heildarkostnaði virkjunar. Til þess að losna við þennan sönnunarkostnað er einfaldlega gert ráð fyrir að byrja að vinna og selja orku frá tiltölulega lítilli virkjunareiningu, áður en vitneskja liggur fyrir um heildarstærð orkugjafans. Þessi aðferð fellur einnig vel að eiginleikum jarðhitans, því eina leiðin til að ákvarða vinnslugetu jarðhitakerfisins er að vinna orku úr jarðhitakerfinu og mæla hvernig kerfið bregst við vinnslunni. Þegar búið er að vinna úr jarðhitakerfinu í nokkur ár liggja fyrir nægar upplýsingar um orkugjafann til þess að meta hvort heppilegt sé að stækka virkjunina. Þannig er svo haldið áfram koll af kalli þar til búið er að fullvirkja svæðið.

Þar sem aðferðafræðin byggir á því að lækka kostnað við rannsóknir og undirbúning fyrsta virkjunarþreps, gefur það auga leið að áhættan verður meiri en í því tilviki þar sem búið er að sanna vinnslugetu svæðis áður en ákvörðun um virkjun er tekin. Það þarf því að velja stærð á fyrsta virkjunarþrepi þannig að áhættan sé ásættanleg, en jafnframt að stærð þrepsins sé hagkvæm. Áhættan eykst með stærð þrepsins, en ef þrepið er mjög lítið verður hagkvæmni virkjunarinnar lakari. Það er því fyrir hendi stærðarbil sem er heppilegast sem fyrsta þrep virkjunar.

Mesta áhættan við fyrsta þrep virkjunar er að vinnslugeta jarðhitakerfisins sé ekki nægjanleg fyrir fyrsta þrep virkjunarinnar. Fram að þessu hafa öll þekkt háhitasvæði á Íslandi (Reykjanes, Svartsengi, Nesjavellir, Námafjall, Krafla) reynst vera með vinnslugetu sem er meiri en 50-100 MW. Miðað við þá reynslu ætti ekki að vera mikil áhætta samfara því að hafa fyrsta þrepið minna en 50 MW. Erlendis eru til dæmi um háhitasvæði þar sem vinnslugetan virðist ekki vera nema 10-20 MW (Dixie Valley, Yanbajain) en jarðfræðilegar og jarðhitalegar aðstæður á þessum erlendu svæðum eru svo frábrugðnar því sem gerist á íslenskum svæðum að mestar líkur eru á því að öll háhitasvæði á Íslandi hafi vinnslugetu sem er meiri en 20-30 MW.

Annað atriði sem taka þarf tillit til við val á stærð fyrsta þreps er að virkjunarbúnaðurinn sé nægilega meðfærilegur til að hægt sé að flytja hann á annað virkjunarsvæði ef svo ólíklega færi að jarðhitasvæðið reyndist ekki standa undir fyrirhugaðri vinnslu. Þegar aðferðafræðin um virkjun í þrepum var fyrst sett fram, fyrir um áratug eða svo, voru stæstu einingarnar af þessu tagi 20 MW. Nú eru hins vegar fyrir hendi tiltölulega meðfærilegar 30 MW einingar þannig að frá því sjónarmiði má segja að heppilegasta stærðin á fyrsta þrepi virkjunar sé 20-30 MW.

Aðferðafræðin við virkjun í þrepum nær ekki bara til stærðar vinnslumannvirkja, heldur er allt rannsóknarferlið aðlagð að þessu verklagi. Ákvörðun um virkjun fyrsta þreps er tekin eftir að boraðar hafa verið 2-3 rannsóknarholur. Á því stigi er hitastig og efnasamsetning jarðhitavökva þekkt, en lítil reynsla komin á rennliseiginleika jarðhitageymisins. Vitneskja um rennliseiginleika og vinnslugetu svæðisins fæst eftir að byrjað er að vinna orku úr því. Í stað þess að láta kostnað við sönnun á vinnslugetu svæðisins koma áður en ákvörðun um virkjun er tekin, er þessi kostnaður látinn koma samhliða orkuvinnslu úr svæðinu. Það er mun hagkvæmara að taka þennan sönnunarkostnað sem hluta af rekstrarkostnaði virkjunar heldur en að greiða þessa fjárfestingu áður en vinnsla hefst á svæðinu.

Mynd 2 sýnir tímaáætlun helstu verkþátta við virkjun tveggja fyrstu þrepanna með þessari aðferðafræði.

Ár	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rannsóknarleyfi	■													
Jarðfræðikort		■	■	■										
Jarðhitakort		■	■	■										
Sprungukort		■	■	■										
Jarðefnafræði-yfirborð		■	■	■										
Viðnámsmælingar														
Aðrar jarðeðlisfræðilegar mælingar														
Umhv.rannsóknir vegna ranns.borunar		■	■	■										
Umhv.mat vegna rannsóknarborunar		■	■	■										
Rannsóknarboranir			■	■	■									
Umhv.ranns.vegna virkjunar			■	■	■									
Umhverfismat. vegna virkjunar			■	■	■									
Ákvörðun um virkjun				X										
Nýtingarleyfi					■									
Virkjunarleyfi					■									
Vinnsluboranir						■	■	■						
Þyngdarmælingar														
Gróft hermilikan														
Virkjun						■	■	■	■	■	■	■	■	■
Vinnsla														
Viðnámsmælingar														
Jarðefnafræðileg úttekt														
Umhverfisranns.vegna stækkunar														
Umhverfismat. vegna stækkunar														
Monitoring-vinnsla+reservoir														
Likangerð														
Hermun														
Ákvörðun um stækkun														
Nýtingarleyfi														
Virkjunarleyfi														
Vinnsluboranir														
Þyngdarmælingar														
Hermilikan														
Virkjun														
Vinnsla														

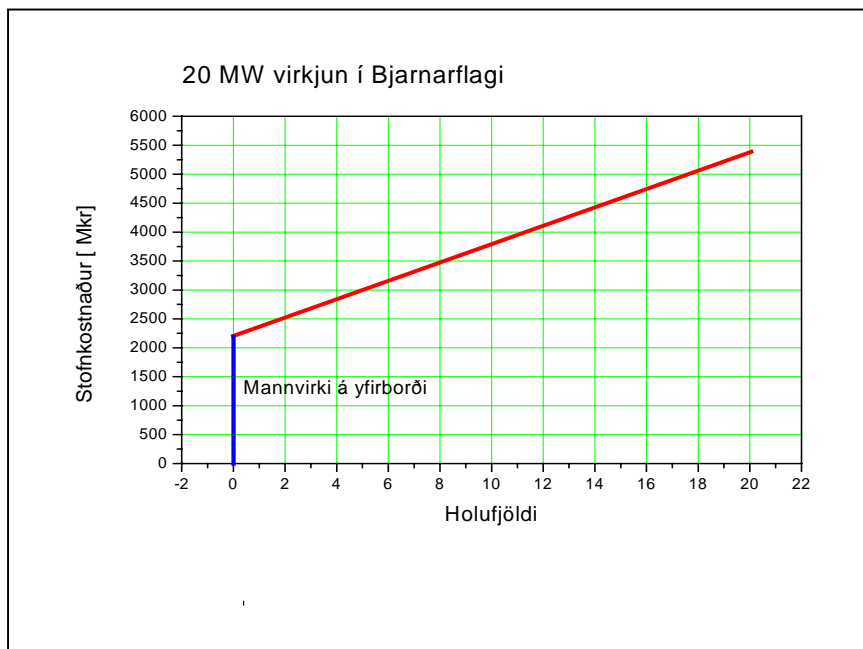
Mynd 2. Tímaáætlun við undirbúning og virkjun tveggja fyrstu þrepanna í jarðhitavirkjun.

Í þessari áætlun er tekið tillit til nýrra laga um auðlindir í jörðu og laga um umhverfismat. Gera þarf ráð fyrir í tímaáætlun að það taki vissan tíma að fá tilskilin leyfi (rannsóknarleyfi, nýtingarleyfi, virkjunarleyfi, framkvæmdaleyfi o.s.frv.). Auk þess þarf að hefja umhverfisrannsóknir vegna borana og virkjunar um tveim árum áður en byrjað er á þessum framkvæmdum. Miðað við eðlilega framvindu mála er hægt að taka ákvörðun um virkjun þremur og hálfu ári eftir að sótt er um rannsóknarleyfi og vinnsla getur hafist þrem árum síðar. Heildartími við að fullgera fyrsta þrep jarðhitavirkjunar er þannig sex og hálf ári. Annað þrep virkjunar tekur sex ár og seinni þrepinn einnig sex ár.

Virkjunarkostnaður

Með því að virkja jarðhitasvæði í þrepum er hægt að meta líklegan virkjunarkostnað jarðhitavirkjana. Þetta mat byggir annars vegar á kostnaðardreifingu þekktra jarðhitavirkjana, og hins vegar á væntanlegum boráarangri á mismunandi jarðhitasvæðum.

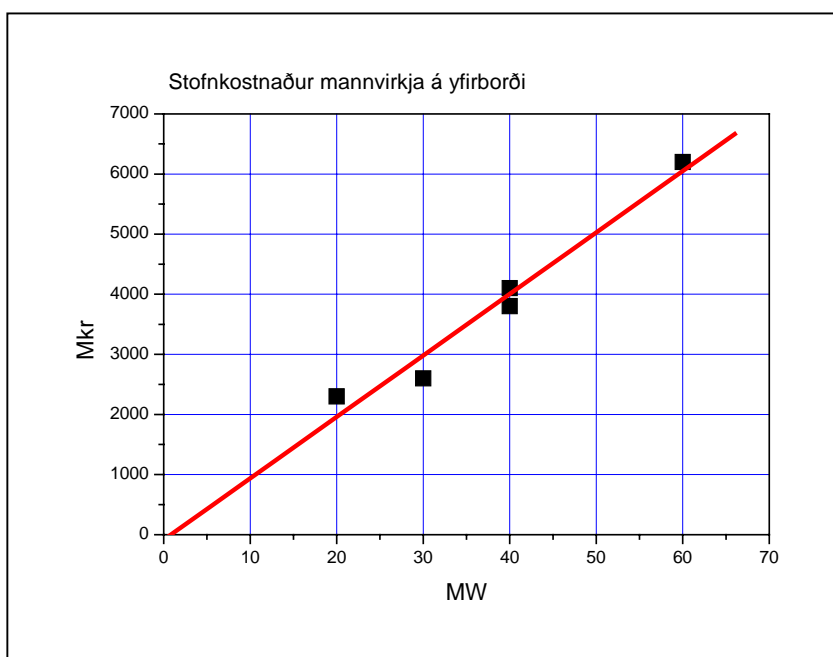
Mynd 3 sýnir áætlaðan virkjunarkostnað við 20 MW virkjun í Bjarnarflagi. Heppilegt er að skipta kostnaði í tvo hluta. Annars vegar er kostnaður við sjálfa virkjunina og önnur mannvirki á yfirborði jarðar, en hins vegar er kostnaður við mannvirki neðanjarðar, þ.e. boranir.



Mynd 3. Stofnkostnaður 20 MW virkjunar í Bjarnarflagi.

Hægt er að áætla kostnað við yfirborðsmannvirki með sömu nákvæmni og annara mannvirkja, en kostnaður við boranir ræðst af því hvað þarf að bora margar borholur á svæðinu til að standa undir vinnslu í fyrirhugaðri virkjun. Myndin sýnir að kostnaður við yfirborðsmannvirki hefur verið áætlaður 2300 miljónir og skekkjumörk í áætlunargerð á verkhönnunarstigi eru um 15%. Miðað við árangur fyrri borana á svæðinu er líklegast að meðalafköst næstu hola sem boraðar verða á svæðinu verði 4 MW. Til þess að standa undir 20 MW virkjun þarf því að bora 5 holur auk tveggja niðurdælingahola. Skekkjumörk í því mati er hins vegar um 30% svo það gæti þurft að bora allt að 9 holum til þess að standa undir þörfum virkjunarinnar. Myndin sýnir að líklegasti stofnkostnaður virkjunarinnar er 3300 miljónir en efri vikmörk eru 4100 miljónir. Skekkjumörk í heildaráætlun virkjunar eru því um 24%.

Á síðast liðnum árum hafa verið reistar jarðhitavirkjanir í Svartsengi og á Nesjavöllum. Auk þess liggja fyrir verkáætlanir um 40 MW stækkun Kröfluvirkjunar og fyrir 20 og 40 MW virkjanir í Bjarnarflagi. Stöðvarnar í Svartsengi og á Nesjavöllum framleiða bæði varma og raforku, svo ekki er hægt að bera saman heildarkostnað þeirra virkjana við stöðvar sem vinna einungis raforku. Hins vegar er kostnaður yfirborðsmannvirkja til raforkuvinnslu í stöðvunum í Svartsengi og á Nesjavöllum sambærilegur við kostnað yfirborðsmannvirkja í stöðvum sem vinna einungis raforku. Slíkur samannburður er sýndur á mynd 4 og kemur þá í ljós línulegt samband kostnaðar við uppsett afl til raforkuvinnslu. Þetta kemur svolítið á óvart því vitað er að kostnaður vélbúnaðarins eykst hægar en línulega með stærð vélbúnaðsins. Skýringin er væntanlega sú að kostnaðurinn við gufuveitu er tiltölulega hærri fyrir stórar virkjanir en fyrir minni vegna þess að meðalfjarlægð frá stöð að borholum verður meiri.



Mynd 4. Stofnkostnaður yfirborðsmannvirkja til raforkuvinnslu.

Kostnaður við boranir er í réttu hlutfalli við stærð virkjunar. Hagkvæmni stærðar kemur því ekki fram fyrir jarðhitavirkjanir á bilinu 20-60 MW.

Við mat á borkostnaði er stuðst við samantekt um árangur jarðhitaborana frá 1982 (Valgarður Stefánsson, 1982). Í þeirri samantekt er sýnt fram á að meðalborárangur á hverju háhitasvæði breytist mjög lítið eftir að vissum þekkingarþröskuldi um eiginleika jarðhitakerfisins hefur verið náð. Þessi þekkingarþröskuldur er skilgreindur sem fjöldi borhola sem bora þarf á hverju svæði þar til þekkingin á jarðhitakerfinu er orðin nægileg til þess að mesti mögulegi árangur verði við borun hværrar nýrrar holu á svæðinu. Ef miðað er við hvern boraðan km á jarðhitasvæði er meðalborárangur á háhitasvæðum víðsvegar um heim $3,4 \pm 1,4$ MW eftir að þessum þekkingarþröskuldi er náð. Með því að nota þessar tölfræðilegu niðurstöður og vitneskju um borkostnað (Valgarður Stefánsson, 2000) er hægt að fá fram líklegasta stofnkostnað jarðhitavirkjana. Aðferðinni er nánar lýst í greininni *Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana* sem kynnt var á Orkuþingi 2001 (Valgarður Stefánsson, 2001). Niðurstöður þessara athugaana er sýndur í töflu 1.

Tafla 1. Stofnkostnaður jarðhitavirkjana á stærðarbilinu 20-60 MW

	Væntanlegur kostnaður kr/kW	Vikmörk meðalfrávíks kr/kW
Eingöngu stofnkostnaður á yfirborði	97.700	76.200-119.200
Heildarstofnkostnaður á þekktu jarðhitasvæði	126.700	106.200-169.200
Heildarstofnkostnaður á óþekktu jarðhitasvæði	144.000	112.200-199.200

Einnig er algengt að miða stofnkostnað virkjana við orkugetu og er sá kostnaður sýndur í töflu 2.

Tafla 2. Stofnkostnaður jarðhitavirkjana á stærðarbilinu 20-60 MW

	Væntanlegur kostnaður kr/árskWh	Vikmörk meðalfráviks kr/árskWh
Eingöngu stofnkostnaður á yfirborði	12,2	9,5 – 14,9
Heildarstofnkostnaður á þekktu jarðhitasvæði	15,8	13,3 – 21,1
Heildarstofnkostnaður á óþekktu jarðhitasvæði	18,0	14,0 – 24,9

Kostnaður við fyrsta þrep virkjunar (óþekkt jarðhitasvæði) er um 14% hærri en við seinni þrep virkjunar (þekkt jarðhitasvæði). Hinns vegar er stofnkostnaður jarðhitavirkjana mjög hagkvæmur hvort sem miðað er við fyrsta eða seinni þrep virkjunarinnar.

Olkaria West og Olkaria Northeast

Á Olkaria jarðhitasvæðinu í Kenya er verið að reisa tvær jarðhitavirkjanir. Önnur virkjunin er á norðaustur hluta svæðisins og er sú virkjun ýmist kennd við staðsetningu (Olkaria Northeast) eða kölluð Olkaria II. Hin virkjunin er á vesturhluta svæðisins og er hún ýmist kölluð Olkaria West eða Olkaria III.

KenGen stendur að uppbyggingu Olkaria NE en Alþjóðabankinn hefur fjármagnað mestan hluta af rannsóknum og undirbúningi virkjunarinnar. Í byrjun setti bankinn þau skilyrði að búið væri að sannreyna með borunum 70% af gufuþörf fyrirhugaðrar virkjunar áður en kæmi til fjármögnunar sjálfrar virkjunarinnar. Þetta skilyrði hefur nú verið mildað niður í 30% af gufuþörf virkjunar.

Í töflu 3 má sjá hvenær borholur voru boraðar á svæðinu og þær 20 holur sem boraðar voru á norðaustur hluta svæðisins standa næstum því undir fyrirhugaðri 64 MW virkjun. Þó búið væri að sannreyna mikið gufumagn á svæðinu náðust ekki samningar um fjármögnun virkjunarinnar fyrr en um 2000 og hófust þá framkvæmdir við virkjunina. Áætlað er að raforkuvinnsla hefjist á árinu 2003.

KenGen kannaði einnig Olkaria West og á tímabilinu 1985-1993 voru boraðar þar 8 holur. Framhald verksins var boðið út 1995 og síðan 1999 hefur Ormat haft með höndum boranir og uppbyggingu þess hluta svæðisins. Ormat byrjaði strax á því að reisa virkjun á svæðinu og á tæpu ári var þar risin 12 MW virkjun sem selur raforku inn á raforkukerfi landsins. Samtímis hefur verið borað á svæðinu og er Ormat þegar búið að bora 5 viðbótarholur á svæðinu.

Tafla 3 sýnir yfirlit um borframkvæmdir á þessum tveim vinnslusvæðum í Olkaria. Í töflunni er gert ráð fyrir að alls verði boraðar 12 holur í Olkaria West á árunum 2000-2002. Var sú tala einungis valin til þess að sami holufjöldi væri á báðum vinnslusvæðunum. Munurinn í uppsöfnuðum borkostnaði er því einungis háður tímasetningu borframkvæmda. Í töflunni kemur fram að uppsafnaður borkostnaður í Olkaria NE er 65,8 M\$ en 49,9 M\$ fyrir Olkaria West. Munurinn er rúmlega 30%. Í báðum tilvikum er stefnt að því að stærð virkjunar verði 64 MW.

Tafla 3. Undirbúningur virkjana á Olkaria jarðhitasvæðinu í Kenya.

Ár	Olkaria NE			Olkaria West		
	Boraðar holur	Uppsafnaður borkostn. M\$	Virkjun	Boraðar holur	Uppsafnaður borkostn. M\$	Virkjun
1983		0,00		1	1,50	
1984		0,00		1	3,09	
1985	1	1,50		1	4,78	
1986		1,59			5,06	
1987	3	6,19			5,37	
1988	2	9,56			5,69	
1989	3	14,63		3	10,53	
1990	1	17,01		1	12,66	
1991	8	30,03			13,42	
1992		31,83			14,23	
1993	2	36,74		1	16,58	
1994		38,94			17,57	
1995		41,28			18,63	
1996		43,76			19,75	
1997		46,38			20,93	
1998		49,17			22,19	
1999		52,12			23,52	
2000		55,24	bygging hefst	4	30,93	12 MW
2001		58,56		4	38,78	
2002		62,07		4	47,11	
2003		65,80	64 MW		49,94	alls 64 MW
Holufjöldi	20			20		
Vextir 6% á ári. Allar holur taldar kosta 1,5 M\$						

Samantekt

Í þessari grein er gefið yfirlit yfir aðferðafræði við virkjun háhitasvæða í þrepum. Helstu atriði umfjöllunarinnar eru:

- Það er dýrt að sannreyna eiginleika og stærð jarðhitasvæðis áður en ákvörðun um virkjun er tekin.
- Hægt er að lækka rannsóknar- og undirbúningskostnað með því að hefja orkuvinnslu áður en búið er að sannreyna heildarstærð orkugjafans.
- Meginmarkmið við rannsóknir og undirbúning virkjunar er að gera framleiðslukostnað raforku í væntanlegri virkjun eins lágan og kostur er.
- Aðferðafræðin við rannsóknir og undirbúning virkjunar tekur mið af eiginleikum og einkennum jarðhitans.
- Stærð íslenskra háhitasvæða virðist yfirleitt vera meiri en 50 MW þannig að lítil áhætta er því samfara að velja fyrsta þrep virkjunar 20-30 MW.
- Lýst er helstu verkþáttum í undirbúningi og virkjun fyrstu tveggja þrepanna með þessari aðferðafræði.

- ❑ Vinnsla raforku frá fyrsta þrepi virkjunar getur hafist 6,5 árum eftir að sótt er um rannsóknarleyfi á svæðinu og vinnsla frá næsta þrepi 6 árum eftir gangsetningu fyrsta þreps.
- ❑ Stofnkostnaður yfirborðsmannvirkja er í réttu hlutfalli við afl virkjunar.
- ❑ Árangur borana ræður mestu um breytilegan virkjunarkostnað jarðhitastöðva.
- ❑ Jarðhitavirkjanir eru mjög hagkvæmur virkjunarkostur á Íslandi.

Heimildir

Valgarður Stefánsson, Gestur Gíslason, Helgi Torfason, Lúðvík S. Georgsson, Stefán G. Sigurmundsson og Sverrir Þórhallsson, 1982: Áætlun um skipulegar rannsóknir á háhitasvæðum landsins. Skýrsla Orkustofnunar OS82093/JHD13, 176 bls.

Stefansson, V. 1992, Success in geothermal development. *Geothermics*, **21**, 823-834.

Valgarður Stefánsson, 1994: Jarðhiti til raforkuvinnslu. Árbók VFÍ 1993/94, bls. 233-251.

Stefansson, V. 2000, Competitive status of geothermal energy in the 21st century. Framsöguerindi á Plenary Session III á World Geothermal Conference 2000.

Valgarður Stefánsson, 2001: Stofnkostnaður jarðvarmavirkjana. Orkuþing 2001, bls. 68-74.

Rannsóknir til undirbúnings vali á borstöðum í jarðhitaleit

ÚRDRÁTTUR

Kristján Sæmundsson
Orkustofnun

Jarðfræðilegar aðstæður ráða mestu um rannsóknaraðferðir. Talsverður munur er á aðferðum og áherslum eftir því hvort um er að ræða háhitasvæði eða lághitasvæði. Hér á eftir verður dregið á hvort tveggja, en efnið er yfirgripsmikið og ekki unnt að dvelja við smáatriði.

Á háhitasvæðum afmarka yfirborðsmerki, viðnám í bergi ofan 1000 m og efnahiti (gashlutföll) jarðhitaforðann í megindráttum og þar með vænleg(t) vinnslusvæði. Háhitasvæðin eru í megineldstöðvum, langoftast virkum. Sprungu- og gosreinar í þeim ráða því síðan hvar borað er og landslag, náttúruvernd og hagkvæmni varðandi vegi og lagnir hvort þörf er á stefnuborun. Enn er þekking á halla sprungnanna lítil. Þar sem um er að ræða opnar gjár (lárétta færslu) er líklegt að undir séu gangar. Varðandi sigsprungurnar má fastlega gera ráð fyrir að þær sveigi meir og meir undir sigspilduna þegar dýpra kemur. Lekt í þeim myndi þá að sama skapi minnka. Hins vegar fylgir þeim oft brömluð ræma og brotaberg er í þeim stærri. Misgengi af þessu tagi eru algeng í berglagastafla þar sem hægt er að skoða efstu 1000-1500 m jarðskorpunnar. Þar er algengur halli á þeim 65-80° ef jarðlagahalli er dreginn frá. Af rannsóknargögnum má stundum ráða hvar sé um afrennsli að ræða.

Ung gosrein þar sem brotahrinur (gangainnskot eða sprungugos) eru tíðar (jarðfræðilega séð) reyndist vera meginuppstreymisrás á Nesjavöllum. Hitatungan sem fylgir henni stækkar til suðvesturs undir Hengil. Boranir suðvestan Hengils taka mið af þessari niðurstöðu. Svipaðar aðstæður virðast vera í Námafjalli (Bjarnarflag), í Trölladyngju og á Reykjanesi. Á sumum háhitasvæðum eru þyrpingar sprengigíga. Þar hefur kvika brotist upp í gegnum jarðhitakerfin og vatn síðan soðið upp úr gosrásinni og myndað gufusprengigíga. Dæmi eru í Krýsuvík, Trölladyngju, á Hengilsvæði og Kröflu. Boranir í gígasvæði af þessu tagi hafa gefist vel í Kröflu, en ekki hefur reynt á það annars staðar. Á Reykjanesskaga og austur á Hellið og Grændal/Hveragerði skapar lárétt hliðrun annars konar sprungur, norð-suðlæggar (sjást á yfirborði) og ANA-VSV-lægar (sjást í dreifingu skjálfta). Austast, þ.e. í Grændal/Hveragerði eru slíkar sprungur einráðar, enda komið austur fyrir eldvirka beltið inn á jarðskjálftabelti Suðurlands. Lekt hefur ekki reynt hamlandi þáttur þar sem sprunguvirkni af þessu tagi er ríkjandi.

Lághitasvæðin eru (þau heitari í það minnsta) flest hver í holufylltum berggrunni frá tertíer og fyrri hluta ísaldar sem er upp undir það eins þéttur og venjuleg steypa (Hvalfjarðargöng). Sprungulekt ræður mestu um árangur af borunum. Það skiptir því höfuðmáli að þekkja sprungumynstur landsins í heild og í hinum ýmsu landshlutum,

og geta greint á milli sprungna sem eru gamlar og þéttar af útfellingum og hinna sem eru ungar (jarðfræðilega séð) og gætu verið lekar. Utan virku eldgosabeltanna eru vel þekkt nokkur ung brotakerfi. Sum gefa sig til kynna með sýnilegum sprungum, önnur einnig með skjálftavirkni. Víða sést að laugar og hverir koma upp á sprungum, en oftar er berggrunnurinn hulinn og beint samband sést ekki. Hins vegar er löngu ljóst að helstu lághitasvæðin eru í ungum brotakerfum.

Etv. benti Guðm. G. Bárðarson fyrstur á tengsl lághitasvæðis við ákveðið sprungu-svæði þar sem voru laugasvæðin í Mosfellssveit á enda sprungureinar sem liggur norðaustur frá Trölladyngju og Krýsuvík. Dæmi þessu líkt er vestast í Mývatnssveit þar sem sprungur frá Þeistareykjakerfinu liggja inn í kvarteran berggrunn. Enn má nefna jarðhitann í innsveitum Skagafjarðar sem ræðst af sprungum í tertíerum berggrunni í NNV-framhaldi af misgengjaskara sem liggur frá Hofsjökli, eldfjalli sem raunar hefur lítið bært á sér á síðustu árbúsundum.

Jarðhiti, ung sprungukerfi og skjálftavirkni fer saman á Suðurland, í Borgarfirði, á norðanverðum Tröllaskaga og við Húsavík. Á þessum svæðum öllum gefa sprungurnar til kynna að orsökina sé lárétt hliðrun og sama segja skjálftarnir amk. á Suðurlandi og Tröllaskaga. Á Suðurlandi liggja ungu sprungurnar norður-suður og ANA-VSV, í Borgarfirði eins, en á Tröllaskaga og við Húsavík norður-suður og VNV-ASA. Norður-suður-stefnan er í öllum tilfellum sú sem er ráðandi um dreifingu hvera og lauga, nema við Húsavík.

Á Tröllaskaga eru laugar iðulega tengdar berggöngum þótt þeir séu myndaðir fyrir um og yfir 10 milljón árum eins og berglagastaflinn sem þeir eru í. Samt hefur gefist vel að bora eftir heitu vatni í þá. Þar vill svo til að ríkjandi gangastefna er norð-suðlæg, mjög nærri annari sprungustefnunni í unga brotakerfinu sem raunar nær langt suður fyrir hið sívirka skjálftasvæði, þ.e. inn í Eyjafjörð og Skagafjörð.

Unga sprungumynstrið í Borgarfirði heldur áfram vestur á Snæfellsnes. Jarðhiti sem þar er fylgir aust-vestlægum brotum, en nokkur tilfelli hafa nýlega fundist (í Helgafellssveit) þar sem NNV-SSA brot ráða í jarðhitakerfunum líkt og gegnir um jarðhitann í Reykholtssdal.

Á Suðurlandi má sjá beint samband hvera og lauga við ungar jarðskjálftasprungur (Hjallanes og Hvammur á Landi, Þjórsárholt, Selfoss) eða nálægð við þær sem benda myndi til tengsla (Vindás, Hlemmiskeið, Oddgeirshólar, Laugardælur). Virkasti hluti skjálftabeltisins, ~20 km ræma milli Heklu og Ölfuss er mjög þakinn hrauni og ungu grágrýti. Þar norðan við er land mishæðótt austan til, en flatneskjulegt og þakið setmyndunum vestar. Þar sjást bein tengsl milli sprungna og hvera og lauga á nokkrum stöðum, bæði í berggrunni og í yfirborðslögum (Flúðir/Grafarbakki, Laugarás, Laugarvatn, Austurey og víðar). Í berggrunninum á þessu svæði sést urmull sprungna, bæði þeirra vensluðu sem fylgja ungu skjálftavirkninni og svo eldri misgengja og ganga með NA-SV-stefnu. Lítt hefur reynt á vatnsleiðni í þeim, því nóg er af hinum sem vitað er að eru lekar. Sunnan skjálftabeltisins er enginn jarðhiti og árangur borana heldur ekki slíkur að þar sé nokkurs að vænta sem gagn sé í (Litlaland, Þorlákshöfn, Eyrarbakki, Hvolsvöllur, Þykkvibær, djúpar holur, allar árangurslausar). Þótt jarðhitakerfin á Suðurlandi eigi sameiginlegt einkenni þar sem eru tengsl við skjálftasprungur eru þau að öðru leyti ólík: misheit allt frá volgrum upp í 150°C (Laugar í Ytrihepp og Efrireykir heitust), ólík að efnainnihaldi, t.d. kolsýrumenguð (Klausturhólar) og misjafnlega gjöful. Fundist hafa belti þar sem vel hefur tekist til með boranir (góð lekt og hár hiti) og önnur nærri þar sem lekt er léleg eða góð en vatnshiti lágur. Þannig háttar til í Hreppum og Tungum þar sem land er beltaskipt á

þennan hátt. Með viðnámsmælingum hefur tekist að kortleggja þessi belti nokkurn veginn, og væri mikilsvert að fylgja þeim mælingum eftir, en þær voru gerðar á 8. áratugnum. Svipuð viðnámskortlagning liggur fyrir af Borgarfirði. Á báðum þessum svæðum hafa viðnámskortin verið leiðbeinandi um val á borstöðum, en komið til kasta lauga- og sprungukortlagningar, viðnámsniðmælinga og (á síðustu 10-15 árum) leitar með grunnnum rannsóknarholum við endanlegt staðarval (Ósabotnar norðan við Selfoss, Skriðufell, Stóriklofi, Galtafell).

Jarðhiti er víða á Vestfjörðum og nokkur í Breiðafjarðareyjum, en honum er misskipt. Uppstreymið fylgir ýmist sprungum eða berggöngum. Vel þekkt er NV-SA-læg sprungustefna í jarðhitakerfum við Tálknafjörð og Súgandafjörð. Það síðarnefnda nær upp á Breiðadalsheiði sem sýndi sig áþreifanlega í Vestfjarðagöngum. Norð-suðlæg sprungustefna er meðvirk og sýnir sig best í Djúpi og á Ströndum, þar sem berggangar hafa sömu stefnu og allt aðra en sunnar á Vestfjörðum þar sem jarðhiti er strjálí. Æskilegt væri að gera átak í að rannsaka brotamynstrið á Vestfjörðum betur. Þar er jarðfræðilega séð ung virkni á ferðinni þótt fátt sé um skjálfta. Jarðhitakerfi hafa fundist á Vestfjörðum með kerfisbundinni leit í grennd við nokkra þéttbýlisstaði, svo sem Ísafjörð, Hólmavík og Drangnes þar sem enginn vissi þeirra von. Val á borstöðum á tveim þeim fyrst nefndu er mjög svo háð því að takist að finna stefnu og legu sprungunnanna sem leiða heita vatnið. Undan því má þó reyna að sleppa með bortækni sem nýlega er farið að nota á lágheitsvæðum. Þar er um að ræða stefnuborun, en af henni er góð reynsla á háheitsvæðum, utan hvað kostnaður er miklu meiri en við lóðbeinar holur.

Fram að þessu hefur verið stefnuborað á fjórum stöðum á lágheitsvæðum. Árangurinn skilaði sér að nokkru í vatnsgæfum holum, en einnig í nýrri sýn á kerfi sem reyndust flóknari en fyrirfram var reiknað með. Þessari boraðferð þarf að beita víðar á lágheitsvæðunum, einkum þar sem ekki verður komist að með lóðbeina holu, t.d. þar sem uppstreymið er í sjó, undir áreyrum eða fjalli, en einnig þar sem uppstreymisrás verður ekki staðsett með nægilegri vissu til að hitta í hana með beinni holu. Sums staðar hefur jarðhitaleit siglt í strand þar sem volg, en feikna vatnsmikil kerfi (20-40°C) eru í efstu 300-500 m jarðlaganna, eða þar sem vísbending um lágan hita í efnainnihaldi hefur fundist í þekktum sprungukerfum. Með stefnuborun mætti komast niður til hliðar við uppstreymisrásirnar og sleppa við að fóðra djúpt, bora síðan inn að sprungunum á svo sem 1500 m dýpi til að kanna hvort ekki sé heitara vatn að hafa úr þeim dýpra þar sem lektin er væntanlega minni. Sjálfsagt verður þungt fyrir að afla fjár til slíkra rannsókna, en líkur á árangri samt nokkrar. Ef 5-10% af því fé sem varið er til að greiða niður rafmagn til húshitunar yrði nýtt til rannsókna má búast við árangri á einhverjum stöðum.

Hér að ofan hefur verið tæpt á mörgu sem varðar val á borstöðum. Grunnþekking þarf að vera fyrir hendi um ung sprungukerfi í hinum ýmsu landshlutum. Sums staðar er hún nokkuð góð en annars staðar ófullkomnin, t.d. í Húnavatnssýslu á Vestfjörðum og á Austurlandi. Grunnþekking og yfirborðsaðstæður ráða því síðan hvaða leitaraðferðir helst koma til greina. Lauga- og sprungukortlagning, hitamæling í jarðvegi eða segulmælingar duga stundum einar sér til að velja borstað. Oftast þarf þó meira að koma til, s.s. leitarboranir eða viðnámsmælingar.

Landeigendur – Rétthafar

Franz Árnason
Norðurorku

Inngangur

Það sem ég ætla að segja hér á eftir er ekki alveg í samræmi við yfirskrift þessa málþings en er samt sem áður grunnurinn að, “rannsókn og virkjun háhitasvæðis”.

Fyrst er til að taka að fyrir hendi þarf að vera meint háhitasvæði. Fram undir þetta hafa þeir sem ráðist hafa í rannsóknir og virkjun jarðhita í flestum tilfellum nánast haft fullvissu um tilvist hans á því svæði sem þeir hafa fest sér. Jafnframt hafa þetta verið fáir aðilar a.m.k. hvað háhita varðar. Reynslan af fyrstu virkjun Laxárvirkjunar á háhita til raforkuframleiðslu í Bjarnarflagi var góð þrátt fyrir tiltölulega lítinn og ófullkominn undirbúning. Þarna var að sönnu um litla virkjun að ræða. Ekki var sama að segja um Kröfluvirkjun sem kom næst í röðinni. Þar var ekki einvörðungu um að kenna ónógum undirbúningi heldur gripu náttúruöflin inn í. Þetta varð til þess að nokkur tími leið uns virkjun háhita til raforkuframleiðslu var reynd frekar. Aðrir sem hér tala munu væntanlega fjalla ítarlega um vísindalega og tæknilega hlið undirbúnings háhitavirkjana.

Fram til þessa hafa Landsvirkjun, OR, og HS virkjað háhita til raforkuframleiðslu mestmegnis á tiltölulega vel afmörkuðum og rannsökuðum svæðum sem fyrirtækin áttu eða höfðu virkjunarrétt á. Undanfarið hafa fleiri aðilar farið af stað með undirbúning á nýtingu háhita með framleiðslu rafmagns og aðra nýtingu í huga. Hvernig fara menn að slíku. Sumir eiga þegar eða hafa rannsóknar- og virkjunarrétt, á svæði sem talið er vænlegt. All miklar rannsóknir hafa verið gerðar á líklegum háhitasvæðum á vegum yfirvalda. Orkustofnun hefur að mestu annast þessar rannsóknir. Nú á allra síðustu árum hafa fleiri aðilar en þeir sem að framan eru taldir aflað sér réttinda til rannsókna á tilteknum jarðhitasvæðum. Þar má nefna, Sunnlenska orku ehf, Íslenska Orku ehf og Þeistareykja ehf. Hvernig fara menn að því að afla sér slíkra svæða? Til er skýrsla Iðnaðarráðuneytisins frá 1994 þar sem talin eru upp háhitasvæði sem líkleg eru talin til virkjunar. Þarna eru talinn upp bæði svæði sem þegar hefur verið úthlutað sem og önnur sem líkleg eru talin. Í skýrslunni er tiltekin áætluð stærð svæðis og vinnslugeta. Þá er getið um þær rannsóknir sem til grundvallar liggja. Þrjú þessara svæða hafa þegar verið virkjuð önnur eru á rannsóknarstigi og enn önnur hafa lítið verið rannsökuð.

Íslensk orka ehf – rannsóknir í Öxarfirði

Ég þekki best til tveggja félaga Íslenskrar orku ehf og Þeistareykja ehf og get sagt frá því hvernig þau fyrirtæki urðu til og helguðu sér svæði til rannsókna með vinnslu raforku, gufu og önnur not í huga. Í framhaldi rannsókna á vegum ríkisins í Öxarfirði og Kelduhverfi var árið 1991 boruð 450m djúp rannsóknarhola á jarðhitasvæðinu við Skógalón í Öxarfirði sem sýndi um 120°C hita. Áður höfðu verið boraðar nokkrar holur á svæðinu meðal annars til að fá heitt og kalt vatn vegna fiskeldis. Árangur af þessum borunum varð nokkur og fiskeldið

blómstrar. Heitt vatn úr holu við Skógalón er nú notað vegna hitaveitu á Kópaskeri og í hluta dreifbýlis í Öxarfirði. Vísbendingar fundust einnig um að á svæðinu við Bakkahlaup kynni að finnast háhiti yfir 200°C. Þá fundust óvænt merki um lífrænt jarðgas við þessar boranir. Heimamenn höfðu áhuga á að svæðið yrði rannsakað frekar með nýtingu háhita í huga og auðvitað vildu menn vita meira um lífrænt gas og hugsanlega tilvist olíu. Þetta var hinsvegar óframkvæmanlegt fyrir þá eina vegna kostnaðar og fé ekki falt til frekari rannsókna og jarðhitaleitar úr opinberum sjóðum. Þetta má sjá á bókun sveitarstjórnar Öxarfjarðarhrepps frá 7. maí 1997. Á haustdögum þetta sama ár virðist sveitarstjóri Öxarfjarðarhrepps vera orðinn úrkula vonar um opinbert liðsinni og ritar þá bréf til stjórnar RARIK og sendir samrit til Iðnaðarráðherra, Landsvirkjunar, Kelduneshrepps, Jarðborana hf, Orkuveitu Húsavíkur og Olúfélagsins Esso hf. með fyrirspurn um hvort þessir aðilar vilji standa, með Öxarfjarðarhreppi, að stofnun eignarhaldsfélags um framhaldsrannsóknir á háhitasvæðinu í Öxarfirði með gufuafsvirkjun í huga og hugsanlega olíunýtingu, eins og segir orðrätt í bréfinu.

Þetta frumkvæði sveitarstjórnar varð til þess að hópur myndaðist um verkefnið. Í þeim hópi voru Öxarfjarðarhreppur, Kelduneshreppur, Landsvirkjun, RARIK, Jarðboranir hf, Orkuveita Húsavíkur, Rafveita Akureyrar og Hita-og vatnsveita Akureyrar. Ekki kom til formlegrar félagsstofnunar í upphafi þar sem örðugleikar voru, vegna lagaákvæða, hjá RARIK og Landsvirkjun að taka þátt í eignarhalds eða hlutafélagi. Hópurinn gerði með sér samstarfssamning og hóf störf og fjármagnaði hönnun rannsóknarholu sem unnin var af Orkustofnun. Orkustofnun staðsetti einnig holuna. Um var að ræða 400m rannsóknarholu. Áður en til borunar kom var Íslensk orka ehf stofnuð í lok mars 1999 af sömu aðilum og áður höfðu staðið að undirbúningshópnum. Markmið félagsins var það sama og hópsins áður þ.e.a.s. rannsóknir og nýting jarðhita á tilteknu svæði á söndum Öxarfjarðar.

Sveitarstjórnir hreppanna tveggja höfðu gengið frá samkomulagi við landeigendur á svæðinu varðandi jarðhitavinnslu. Það þótti hinsvegar ekki tryggt að sá samningur væri fullnægjandi. Því var farið í samningagerð við tólf landeigendur. Þann 28. júlí 1998 voru undirritaðir samningar við ellefu þeirra. Samkvæmt samningnum er samstarfshópnum, nú Íslenskri orku ehf, heimilt að rannsaka, nýta og selja jarðhitaafurðir og hverskyns önnur verðmæti er finnast kunna í jörðu á svæðinu. Fyrir þessi réttindi skal greiða þegar sala afurða hefst og eru greiðslur tengdar vinnslumagni. Að þessum samningi gerðum töldu aðilar sig hafa rannsóknarleyfi á svæðinu á grundvelli lagaheimildar landeigenda til að rannsaka jarðhita í landareign sinni án heimildar ráðherra. Um það hvort samningurinn er fullnægjandi trygging fyrir því að Iðnaðarráðherra veiti ekki öðrum rannsóknarleyfi á svæðinu, með vísan til laga nr. 57 frá 10. júní 1998, er ágreiningur. Því sótti ÍO formlega um rannsóknarleyfi til iðnaðarráðuneytisins í árslok ársins 2000. Það verður að teljast öruggara að sækja um rannsóknarleyfi til ráðuneytisins þrátt fyrir að allar heimildir liggi fyrir frá landeigendum ekki síst með tilliti til nýtingarleyfis og virkjanaleyfis. Veiting þeirra virðist, samkvæmt téðum lögum, bundin því skilyrði að iðnaðarráðherra hafi áður veitt rannsóknarleyfi enda stendur í lögnum að "Landeigandi hefur ekki forgang að nýtingarleyfi vegna auðlindar í eignarlandi sínu nema hann hafi áður fengið útgefið rannsóknarleyfi". Áður en hægt er að hefjast handa við framkvæmdir þarf að gæta að ýmsum öðrum leyfum en þeim er upp hafa verið talin. Fá þarf framkvæmdaleyfi hjá viðkomandi sveitarstjórn, sem í þessu tilfelli var auðsótt. Þá var komið að samráði við Skipulagstofnun og Náttúruvernd Ríkisins. Fengin voru góð ráð hjá Einari Gunnlaugssyni sem skrifaði greinargerð þar sem hann lýsti ferli við mat á umhverfisáhrifum út frá reynslu sinni á slíku ferli vegna borholu Hitaveitu Reykjavíkur á Ölkelduhálsi. Orkustofnun var fenginn til að kynna Skipulagsstofnun og Þjóðminjasafni fyrirhugaðar framkvæmdir. ÍO taldi að ekki þyrfti sérstakt leyfi yfirvalda né umhverfismat vegna borunar rannsóknarholu þó um meint háhitasvæði væri að ræða. Meiri óvissa ríkti hinsvegar um gerð borplans og vega. Samkomulag var gert um að gerð yrði frumskoðun og skýrsla um gróður og fuglalíf við Bakkahlaup í Öxarfirði. Það merkilegasta sem fram kom er tilvist Skúms á sandinum sem raunar var vituð fyrir. Á sandinum voru fyrir slóðar sem einungis þurfti að lagfæra lítilsháttar og fékkst leyfi fyrir því sem og borplani með þeim

skilyrðum að fulltrúi Náttúruverndar fylgdist með framkvæmdum þ.a.m. efnistöku. Þegar hér var komið sögu var ákveðið að hefjast handa við framkvæmdir. Við nánari athugun og að fenginni frekari ráðgjöf sérfræðinga var ákveðið að hætta við borun 400 metra rannsóknarholu þar sem talið var að hún mundi ekki svara þeim spurningum sem svara þurfti. Þess í stað var ákveðið að bora 1200-2000 m djúpa holu. Holan var hönnuð og staðsett af Orkustofnun og gert ráð fyrir að hún gæti orðið vinnsluhola ef vel tækist til. Hönnun holunnar var því miðuð við fullt fóðringarprógramm miðað við allt að 300°C hita. Holan var boðin út. Samið var við Jarðboranir hf. um borunina og var verkið unnið haustið 1999. Jafnframt var gerður samningur við Orkustofnun um rannsóknir á borunartíma og að gera skýrslu um verkið og árangur að borun lokinni. Vegna þess að lífrænt jarðgas hafði greinst við borun á söndunum var ákveðið að kaupa sérstakt mælitæki til gasgreiningar við borunina. Árangur borunarinnar varð ekki sem skyldi. Á þeim stað sem holan var boruð reyndist um niðurkælt gamalt háhitasvæði að ræða og hitinn í dýpri hluta holunnar svipaður og á heitum lágheitsvæðum. Þó er ljóst að á svæðinu er a.m.k. 200°C hita að finna en í nokkurri fjarlægð frá þeim stað þar sem holan var boruð. Önnur bortilraun var gerð sumarið 2000. Í ljósi reynslunnar af fyrri boruninni hannaði og staðsetti Orkustofnun, að beiðni ÍO, mun ódýrari holu. Árangur borunarinnar varð sá að sannað þykir að undir söndum Öxarfjarðar leynist mikill jarðhiti og að mikla orku megi vinna á svæðinu, en sá jarðhiti er fyrst og fremst heitur lágheitur fremur en háhiti. Þó er ljóst að háhiti, þ.e. hiti um eða yfir 200°C er til staðar á hluta svæðisins en sá háhitahluti er mun minni en áætlað var í upphafi. Því er ekki líklegt að vinna megi raforku í Öxarfirði í verulegum mæli á samkeppnishæfan hátt, eins og er, og ekki í því mæli sem ætla mátti út frá fyrirliggjandi yfirborðsrannsóknnum og fyrri borunum. Um framhald rannsókna á þessu svæði ríkir nokkur óvissa. Hluthafar hafa þegar lagt í umtalsverðan kostnað og ekki víst að þeir séu allir tilbúnir til að leggja meira að mörkum til að fullrannsaka svæðið. Sumir þeirra eiga annarra kosta vól kosta sem virðast tryggari en Sandurinn. Hinsvegar þykir hluthöfum afleitt að skiljast við verkið óklárað og því hefur ÍO sótt um styrk til Orkusjóðs til að kleift verði að kortleggja svæðið betur.

Ef draga á ályktanir af reynslu Íslenskrar orku má segja að ekki sé auðvelt að taka ákvarðanir um rannsóknir lítt kannaðra jarðhitasvæða. Það verður alltaf að taka vissa áhættu og ekki má gera ráð fyrir árangri við fyrstu tilraun. Þetta eru auðvitað ekki ný sannindi reynsla annarra er einnig misjöfn. Ljóst er að mjög dýrt er og áhættusamt fjárhagslega að leita að nýtanlegum háhita. Bent hefur verið á að gera eigi eins miklar yfirborðsrannsóknir og mögulegt er áður en ráðist er í boranir. Í þessu tilfalli var það mat ráðgjafa að yfirborðsrannsóknir væru fullnægjandi til að ráðast í borun rannsóknarholu þótt þær væru byggðar á eldri tækni. Þó ber að geta þess hér að vitað var að Öxarfjörður var ekki dæmigert háhitasvæði, þar er engin eldvirkni eins og á öðrum háhitasvæðum og jafnframt voru aðstæður þannig að ekki var unnt að ná í gufusýni til að meta líklegan hita jarðhitakerfisins áður en til borunar kom. Val á gerð fyrstu borholu verður alltaf erfitt. Á að einbeita sér að eins ódýrri lausn og hægt er? Er óhætt að taka áhættu varandi öryggisatriði? Hvað á að bora djúpt? Það er t.d. ljóst núna að 400m rannsóknarholu í Öxarfirði hefði tæplega bent til annars en að háhiti væri þar til staðar og þannig ekki forðað borun dúpri holu. Hvað á að leggja mikið í rannsóknir á bortíma? . Hafa þarf í huga við stofnun hlutafélaga um sérsök verkefni eins og hér um ræðir hver skattaleg meðferð verður. Virðisaukaskattur er endurgreiddur hjá orkufyrirtækjunum. Ekki er sjálfgefið að það sé gert þegar stofnað er fyrirtæki til að eyða peningum án þess að nokkrar tekjur séu af rekstrinum í skattalegu tilliti. Sótt var um að fá virðisaukaskatt, vegna framkvæmda, endurgreiddan. Það fékkst en þó þannig að endurnýja þar beiðni um endurgreiðsluna árlega. Óljóst er hver endanleg meðferð verður komi ekki til einhverrar virðisaukskyldrar sölu á vegum félagsins.

Rannsóknir á Þeistareykjum

Þá skal vikið að stofnun annars félags um rannsóknir á öðru meintu hábitasvæði á Þeistareykjum. Félagið Þeistareykjir ehf var formlega stofnað 28. apríl 1999 á Þeistareykjum, af Aðaldælahreppi, Hita-og vatnsveitu Akureyrar, Orkuveitu Húsavíkur, Rafveitu Akureyrar og Reykdælahreppi. Þessir aðilar höfðu frá haustdögum árið 1998 unnið að undirbúningi félagsstofnunarinnar og m.a. gengið frá samningum við landeigendur, sem eru Aðaldæla- og Reykdælahreppar í S-Þingeyjarsýslu, um leyfi til rannsókna og nýtingar. Þess má geta að Þeistareykjir voru bújörð fram á þessa öld en voru í eigu ríkisins því samkvæmt afsali (glæra) seldi ríkissjóður hreppunum jörðina á kr. 1.000-, að brennisteinsnámi undanskildu. Tilgangur Þeistareykja ehf er fyrst og fremst nýting jarðhita að Þeistareykjum. Samið var á sama hátt um gjald til landeiganda og gert var í Öxarfirði.

Á Þeistareykjum er gert ráð fyrir að fundist geti allt að 300°C hiti og að raforkuframleiðsla geti orðið allt að 60 TWh, svo vitnað sé í skýrslu Iðnaðarráðuneytis. Rannsóknir voru gerðar á svæðinu á vegum Orkustofnunar á árunum 1972-1974 og 1981-1984. Svæðið er talið nægilega rannsakað á yfirborði þannig að borun fyrstu rannsóknarholu er næsta skref. Að vísu er það byggt á eldri mælitækni viðnámsmælinga líkt og í Öxarfirði en sá meginmunur er þó á að á Þeistareykjum eru til mörg sýni úr gufuaugum og bendir gasstyrkur í þeim til allt að 300°C hita í jarðhitakerfinu. Þá eru Þeistareykjir í miðju eldstöðvarkerfi ólíkt Öxarfirði. Það sem sagt var hér á undan um undirbúning hjá Íslenskri- orku vegna borana á söndum Öxarfjarðar á einnig við hér a.m.k. hvað leyfi varðar. Þó er það svo að mun meira gróið land er á Þeistareykjum og meira af sjaldgæfum plöntum. Dýra og fuglalíf er hinsvegar fábrotnara. Einnig eru á svæðinu hraunmyndanir og fleira sem þarfnast sérstakrar aðgæslu við framkvæmdir. Að svæðinu liggur vegur af Kísilvegi og áfram á Reykjaheiðarveg sem á sínum tíma var þjóðvegurinn austur fyrir Tjörnes. Segja má að þetta vegakerfi sé nánast fólksbílafært við góðar aðstæður. Nokkrar vegabætur voru gerðar á árunum 2000 og 2001. Leyfi var fengið fyrir þeim. Fyrst og fremst er um styrkingar að ræða. Hluti vegabóta var unninn af Þeistareykjum ehf en hluti af sveitarfélögum á svæðinu með styrk frá Vegagerð ríkisins, enda um skráðan fjallveg að ræða. Á Þeistareykjum er upphitað hús sem hýst getur 25-30 manns. Ekki er mikil umferð um svæðið mest hestamenn á sumrin, vélsleðamenn á vetrum auk gangnamanna að haustlagi en vegna þeirra var húsið upphaflega reist.

Einn er þó munur á aðstöðu til borana á Þeistareykjum og í Öxarfirði sem tundaður skal frekar það er að segja vatnsskortur. Ekki er nægilegt rennsli úr hverum á svæðinu til að nota sem borvatn og kalt vatn á yfirborði í ásættanlegri fjarlægð frá borunarsvæði nægir aðeins sem neysluvatn í sæluhúsinu. Vitað var að leggja þurfti í nokkurn kostnað til að finna nægilegt borvatn. Sumarið 1999 voru boraðar nokkrar grunnar 100-120m holur til að leita að “köldu borvatni” árangur var ófullnægjandi. Sumarið 2000 var boruð um 150m djúp borhola og fannst 28°C heitt vatn á um 100m dýpi um 3 km væntanlegum borstað. Könnun á magni tókst ekki sem skyldi vegna bilana og var framkvæmdum frestað til sumarsins 2001. Unnið var við öflun nauðsynlegra leyfa á meðan vatnsleit fór fram. Meðal annars var sótt um rannsóknarleyfi til Iðnaðráðuneytisins. Leyfi fengust til að gera borplan en Orkustofnun hafði áður, út frá fyrri rannsóknum, bent á borstaði. Haustið 2001 var unnið að gerð borplans. Einnig var dæla sett í kaldavatnsholuna og hún dæluþrófuð. Svo virðist sem að úr henni fáiast allt að 50 lítrar á sek. af um 28°C vatni sem er nægilegt sem borvatn vegna djúprar rannsóknarholu. Á svæðinu er einnig, fyrri hluta sumars, allstór tjörn sem nýta má með vatni úr borholunni. Þar sem fyrsta rannsóknarholan verður boruð á ókönnuðu svæði þar sem má eiga von á allt að 300°C hita þarf líklega að bora aðra kaldavatnsholu til öryggis áður en rannsóknarholan verður boruð. Verið er að afla tilboða í 1200-2000 metra djúpa rannsóknarholu sem bora á þessu ári.

Samantekt og lokaorð

Það sem ég hef sagt hér að framan er að miklu leyti yfirlit yfir tvö jarðhitasvæði þar sem rannsóknarboranir höfðu ekki eða hafa ekki farið fram. Ég geri ekki ráð fyrir að neitt af því sem fram kom hér að framan séu ný sannindi. Það hlýtur alltaf að verða svo að lýsing á undirbúningi, rannsóknum og borunum á jarðhitasvæðum verði svipuð. Flest háhitasvæði eiga eitthvað sameiginlegt og umfjöllun um þau hlýtur því að verða á svipuðum nótum í mörgum atriðum.

Ef draga á ályktun af reynslu þeirra tveggja fyrirtækja sem ég hef fjallað um þá er hún m.a. sú að það er mikið verk og tímafrekt að hefja rannsóknir hvort sem um er að ræða yfirborðsrannsóknir eða rannsóknarboranir. Þá er einnig ljóst að um mikinn kostnað er að ræða einkum við rannsóknarboranir. Gera má ráð fyrir að bora þurfi tvær til fimm holur áður en fullnægjandi niðurstöður fást. Ef heppni er með nýtast einhverjar þessara hola sem vinnsluholur hafi menn valið að gera þær þannig úr garði í upphafi. Þessar boranir kosta mikið fé og vandséð að aðrir en mjög fjársterkir aðilar geti tekið þá áhættu sem þessu fylgir ekki minnst vegna þess að nýting svæðisins getur dregist þótt vel hafi gengið að finna orkuna. Kosturinn er þó sá að hægt er að virkja í þrepum.

Það er nauðsynlegt að halda áfram rannsóknum á þeim jarðhitasvæðum sem ekki hafa verið könnuð nægilega með yfirborðsrannsóknum og koma þeim á rannsóknarborstig. Síðan þarf að bora 1-2 djúpar holur til að hægt sé að ákveða með nokkurri vissu hvað svæðin gefa mikla orku og til að hægt sé að bregðast við og virkja með litlum fyrirvara þegar þarf. Ég veit hinsvegar ekki hvort einhverjir eru tilbúnir til að framkvæma þetta með vísan til kostnaðar.

Því skal að lokum bætt við að þó ekki sé víst að krafist verði umhverfismats vegna rannsóknanna sjálfra þarf, eigi síðar en ljóst er að svæðið sé virkjanlegt, að láta fara fram umhverfismat til að fá úr því skorið hvaða kröfur þarf að uppfylla við virkjunina. Sé þetta ekki gert kann virkjunartíminn að lengjast um 1-2 ár.

Verklag við virkjun háhitasvæða og aðlögun þess að síbreytilegum eðliseiginleikum svæðanna.

Albert Albertsson
Hitaveita Suðurnesja

Rannsóknarleyfi veitt af iðnaðarráðherra

Virkjun háhitasvæða þ.e.a.s. rannsóknir og nýting háhitasvæða hefst með rannsóknum og um þær gilda “Lög um rannsókir og nýtingu á auðlindum í jörðu (1998 nr. 57 10. júní)”. Löggin eru ung og hefur ekki reynt á þau svo neinu nemi. Í lögunum, grunni þeirra og tengslum þeirra við aðra lagabálka eru mörg hugtök, ákvæði og álitamál, sem þurfa skilgreininga og skýringa við og sem æskilegt væri að ræða á þessum vettvangi, fjölsóttum ættarmótum jarðhitafólks. Jarðhitafélag Íslands er hérmeð hvatt til þess að gaumgæfa hvort ekki sé rétt að halda sérstakt málþing um þessi lög og önnur lög sem þeim tengjast. Slíkt málþing gæti reynt yfirvöldum drjúg hjálp við túlkun laganna og að skilja fjölfræði grunn þeirra niður í kjöl. Í þessu sambandi skal hér vakin athygli á þeim hremmingum, sem Iðnaðarráðuneytið virðist nú vera í við veitingu rannsóknarleyfis í Brennisteinsfjöllum. Tvö fyrirtæki hafa sótt um rannsóknarleyfi Jarðlind ehf og Orkuveita Reykjavíkur. Jarðlind sótti um rannsóknarleyfi 27. apríl 2000 og Orkuveitan 8. ágúst sama ár. Jarðlind ehf sendi ráðuneytinu frekari gögn 24. júlí 2000, gekk skriflega eftir niðurstöðu og svari 15. júní 2001 og hefur að auki marg oft gengið munnlega eftir svari. Viðbrögð ráðuneytisins hafa til þessa verið lítil sem engin og stjórnslulög því væntanlega þverbrotin. Væntanlega eru umsóknir fyrirtækjanna áþekkar ef frá er talið, að svæði Jarðlindar ehf, sem hún sækir um til rannsókna er nokkru stærra en svæði Orkuveitunnar. Hvorki í lögunum né reglugerð er kveðið á um hvernig með tvær eða fleiri umsóknir um rannsóknir á sama svæðinu skuli farið. Annað áþekkt dæmi gæti verið í uppsiglingu á Torfajökulssvæðinu. Seinangangur hins opinbera stöðvar í svipinn, seinkar ákveðinni og eðlilegri framþróun háhitaiðnaðarins á Íslandi, iðnaði sem hæglega má flokka undir hátækniíðnað, fjölþættan þekkingariðnað. Það gefur augaleið að þessi staða er afar óheppileg og er til skaða. Málþing Jarðhitafélagsins um löggin gæti t.d. varpað nokkru ljósi á lausn vandamáls sem þessa.

Umsókn um rannsóknarleyfi, rannsóknirnar og síðar nýting auðlindarinnar er margslungið og flókið ferli bundið í mörgum lögum/lagabálkum og reglugerðum. Virkjun háhitans krefst þess ávallt, að leitað sé eftir grunnvatni, sem nýta á sem skolvatn fyrir jarðbora, sem kælimiðil fyrir vélbúnað og jafnvel sem vatn til margs konar iðnaðarnota. Jarðefni til mannvirkjagerðar eru einnig könnuð. Við virkjun háhitans verður einnig að huga að vinnslu lífrænna og ólífrænna efna úr jarðhitavökvanum. Löggin um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu snerta alla þessa þætti þ.e. jarðhitann, grunnvatnið, jarðefnin og lífræn sem ólífræn efni, sem geta fallið til við virkjunina. Lögbundnir umsagnar- og eftirlitsaðilar eru margir m.a. Orkustofnun, Umhverfisráðuneyti, sveitastjórnir, Náttúrufræðistofnun o.fl. o.fl. Löggin um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu tengjast m.a. lögum um umhverfi, náttúruvernd, skipulag, grunnvatn, orku, hollustu/mengun, o.fl. Margþætt hlutverk Orkustofnunar er alls ekki nægjanlega vel skilgreint í lögunum, viðmið ekki skilgreind og mælikvarðar, sem OS á að vinna eftir ekki skilgreindir, því hlýtur það að vera afar erfitt fyrir stofnunina að rækja hlutverk sitt samkvæmt lögunum. Löggin um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu ásamt tengdum lögum, eru

ófrávikjanlegur hluti leyfisveitingaferils háhitavirkjana á órannsökuðum svæðum. Leyfisveitingaferillinn er afar flókinn, dýr, óljós og í reynd eru leyfisveitendur margir. Brýnt er að einfalda lög og reglugerðir, gera lög in og verkferli þeirra skýr, markviss og gera þau þannig úr garði að auvelt sé að vinna eftir þeim.

Mat á umhverfisáhrifum

Nú um stundir er verið að vinna að endurskoðun á lögum um mat á umhverfisáhrifum. Það er degi ljósar, að það fyrirkomulag, sem nú er við lýði er meingallað þar sem úrskurðir Skipulagsstofnunar eru allt of oft kærðir, kröfur um gögn og rannsóknir oft óraunhæfar m.t.t. verkstöðu, o.fl. Lög in verða endurskoðuð 2003 og er að vænta breytinga á þeim. Þessar breytingar munu væntanlega ekki taka á þeirri sérstöðu, sem virkjun háhitasvæðanna hefur. Hér gæti málþing Jarðhitafélagsins lagt þungt lóð á vogarskálina og skýrt fyrir yfirvöldum hver sérstaða virkjunar háhitasvæðanna er í raun. Í þessu sambandi skal hér minnst á fáein atriði. a) Virkjun háhitasvæða er í eðli sínu tímaháð fyrirbrigði (dynamískt) andstætt t.d. virkjun vatnsfalla. Dæmi um það á hvern hátt jarðhitavirkjun er háð tíma er t.d. eðlisbreytingar á jarðhitageyminum, sem geta orðið þegar jarðskjálftar riða yfir, myndun gufupúða líkt þeim í Svartsengi, þrýstilækkun við vinnslu, sem gerir vinnsluholur ónothæfar til þeirra nota sem þær voru í upphafi gerðar til, lækkun vermis, einhverra hluta vegna ófullnægjandi niðurdæling o.fl. b) Nýtingarleyfi verður að taka til svæðis, sem er “nægilega” víðfeðmt og sem rúmar bæði vinnslu og niðurdælingu og sem getur annað mun stærri virkjun en ráðgerð er hverju sinni, því með tímanum þarf m.a. að endurnýja vinnslu- og niðurdælingaholur. Við borun vinnslu- og niðurdælingahola þá getur borun og prófun einnar holu haft veruleg áhrif á staðsetningu næstu holu. Virkjun háhitasvæðanna leiðir oftast af sér samninga til langs tíma um vöru og þjónustu (gufa, þéttivatn, jarðhitavökvi, rafmagn, hitaveituvatn, lágvarmavökvi o.fl.), samninga sem í eru stífar ábyrgðir og sektarákvæði. Verðmæti mannvirkja háhitavirkjana er alla jafna afar hátt, mannvirkin afskrifuð á löngum tíma og m.a. þess vegna er afar mikilvægt að hafa stórt vinnslusvæði fyrir búnað virkjunarinnar svo bora megi “með skjótum hætti” nýjar holur í stað þeirra, sem dala og gefa sig einhverra hluta vegna. c) Nýting háhitasvæðanna gerist ávallt í margs konar þrepum þar sem hvert þrep byggir á reynslu af rekstri undangenginna þrepa og stendur nýtingin alla jafna yfir í tugir ára (50 – 100 ár). Hver virkjanaprepin eru hverju sinni fer eftir ýmsu t.d. markaði, þekkingu, færni, tæknistigi, reynslu af rekstri grunnvatns- og jarðhitageymanna (vinnsla, niðurdæling) o.fl. d) Gera verður ráð fyrir náttúruhamförum og því verður sá sem heldur á nýtingaleyfinu helst að eiga öruggan aðgang að tryggu varasvæði. Við hönnun vinnsluferla og virkjanamannvirkja ber að hafa í huga náttúruhamfarir og því verða mannvirkin að vera sem “færanlegust” og því einna helst byggð úr viðráðanlegum einingum, e) þekkingar og reynslu, sem aflað er við rannsóknir og nýtingu háhitasvæðanna er sterkt háð tíma, afar fjölpætt, sértæk, eftirsótt erlendis og til þess fallin að byggja upp sérhæfða skóla og rannsóknarstofnanir (ROS, Háskóli Sameinuðupjóðanna,..) f) háhitasvæðin geta þjónað fjölbreyttum iðnaði og því geta virkjanaáfangarnir orðið æði margbreytilegir í rás tímans þ.e.a.s. eftir því við hvers konar iðnferli háhitavinnslan er fléttuð hverju sinni. Þau atriði, sem hér hafa verið talin upp og sem lýsa að nokkru sérstöðu háhitavirkjana eru hvergi nærri tæmandi. Upptalningin skýrir vonandi að nokkru hvers vegna ekki er unnt að meta í eitt skipti fyrir öll áhrif fast skilgreindra virkjanamannvirkja á umhverfið sbr vatnsaflsvirkjun með tilheyrandi miðlunarlóni. Nýting háhitasvæðanna breytist með tímanum, sem leiðir af sér breytta notkun virkjanamannvirkja og jafnvel nýja gerð virkjanabúnaðar. Skilningur yfirvalda og almennings á sérstöðu háhitavirkjana séð af sjónarhóli laga um mat á umhverfisáhrifum hefur til þessa verið takmarkaður og því er það umhugsunarefni hvort Jarðhitafélagið ætti ekki að stofna til málþings um þetta efni og önnur skild.

Umhverfisgát

Að loknu mati á umhverfisáhrifum, að fengnu nýtingar-/virkjanaleyfi (hver leyfisveitandi er fer eftir eðli starfseminnar) svo og að öðrum leyfum fengnum þá er hafist handa við byggingu mannvirkja og síðan tekur rekstur þeirra við. Oft virðast einungis lítilfjörleg lifandi tengsl, ef nokkur bundin á milli þess viðamikla starfs, sem matið á umhverfisáhrifum oft er og þess rekstrar, sem lagt er út í að mati loknu. Matsskýrslan fer einfaldlega ofan í skúffu og er það miður og oftast mikil sóun á verðmætum. Það er oftast ekki að hönnun og útfærslum er breytt til betri vega vegna ábendinga, sem koma fram við mat á umhverfisáhrifum. Það er mjög mikilvægt að matsferlið sjálft svo og matið í sjálfu sér sé í stöðugri skoðun og því verður matsskýrslan nokkurs konar fast upphafsviðmið við þá reynslu og þekkingu, sem aflast með rekstrinum hverju sinni í tímans rás. Hitaveitan átti því láni að fagna í upphafi, að verkefnastjóri Orkustofnunar, Sverrir Þórhallsson lagði til við Hitaveituna nokkuð umfangsmikla umhverfisvöktun, sem þá hét vinnslueftirlit. Helstu þættirnir, sem fylgst hefur verið með og skráðir hafa verið sem fall við tíma frá upphafi vinnslu í Svartsengi eru: magn og efnainnihald jarðhitavökva, sem fargað er á yfirborði, magn og efnainnihald jarðhitavökva, sem settur er niður í jarðhitageyminn, magn og samsetning þess “jarðhitagas”, sem sleppt er út í andrúmsloftið, magn gufu og jarðhitavökva, sem tekið er upp úr svæðinu, vöxtur Bláalónsins, jarðsig, þyngdarbreytingar o.fl. Allir þessir þættir munu ganga inn í væntanlegt umhverfisbókhald Hitaveitunnar. Þó svo að mat á umhverfisáhrifum hafi ekki verið komið til sögunnar á upphafsárum Hitaveitunnar þá eru þessar upplýsingar afar verðmætar nú og hjálpa mjög mikið til við það að skilja eðli háhitánýtingar séð frá sjónarhóli laga um mat á umhverfisáhrifum og hjálpa mjög til við að móta og hafa áhrif á löggjöfina. Vinnslueftirlitið eða umhverfisgátin hefur reynst afar mikilvæg og verðmæt rekstri orkumannvirkjanna í Svartsengi og til þess að gera grein fyrir áhrifum orkumannvirkjanna á umhverfið. Mat á umhverfisáhrifum fylgt eftir með virkjanaleyfi og rekstri orkumannvirkja er næsta gagnslítið án lifandi vinnslueftirlits á borð við það sem Hitaveitan hefur stundað sé litið til langs tíma þ.e. rekstrar háhitavirkjana í áratugi. Hér er á ferðinni grunnur og stór þáttur þess, sem umhverfisstjórnunarkerfi nútímans (t.d. ISO 14000) leggja á herðar þeim, sem taka upp fromlegt umhverfisstjórnunarkerfi. Umhverfisstjórnun jarðhitavirkjana og þá einkum háhitavirkjana er áhugavert íhugunarefni og athugandi er hvort íslenskur háhitaiðnaður getur skapað sér sérstöðu á þessu sviði.

Jarðhitarannsóknir

Fyrir rúnum tveimur áratugum fékk Hitaveitan hjá Orkustofnun A4 blað, sem ber titilinn: “Áætlun um rannsóknir háhitasvæða”. Á blaðinu er virkjun háhitasvæða skipt upp í forathugun, forhönnun og verkhönnun. Í forathugun felast 9 verkliðir, í forhönnun 6 verkliðir og í verkhönnuninni 6 verkliðir. Skemmst er frá því að segja, að þetta blað er enn í fullu gildi hjá Hitaveitunni þó svo nú sé uppi rík þörf til þess að breyta því lítið eitt. Nauðsynlegt er nú að tengja verklag blaðsins við skipulags- og byggingarlög, lög um rannsókir og nýtingu á auðlindum í jörðu, lög um mat á umhverfisáhrifum og lögum um mengunarvarnir og hollustuhætti á vinnustöðum. Brýnt er að kljúfa mat á umhverfisáhrifum upp í þætti og fella þá hvern og einn að verklagi sambærilegu því sem lýst er á OS blaðinu. Með öðrum orðum þá er brýnt mjög að smíða og koma á “stöðluðu” verklagi við rannsóknir og virkjun háhitasvæðanna. Hluta af mati á umhverfisáhrifum á augljóslega að gera þegar gert er svæðis- og deiliskipulag af því svæði, sem jarðhitinn liggur í. Eðli máls er, að megin hluti matsins verður gerður á forathugunarstigi (skv. OS blaðinu) og því skipt upp í a.m.k. fjóra áfanga. Reynslan leiðir nú í ljós, að niðurstaða mats á umhverfisáhrifum sé langtum viðkvæmust fyrir því þegar yfirborði jarðar er raskað. Breytt ásýnd lands getur hæglega sett vænlegar framkvæmdir út af borði. Markviss og öflug vinsun er því brýn þ.e.a.s. fyrst eru metin þau atriði, sem allar líkur eru á að um ríki mjög ólíkar skoðanir og niðurstaða fengin. Sé niðurstaðan neikvæð er numið staðar og jafnvel ekkert frekara að gert. Með þessu móti verður

matsvinnan markvissari, tekur skemmri tíma og kostnaður verður væntanlega í lágmarki. Það er degi ljósar að mat á umhverfisáhrifum er og getur ekki verið annað en samofið fjölþættum rannsóknum háhitasvæða þegar þau eru brotin til virkjunar. Sjálfstætt einangrað mat á umhverfisáhrifum háhitavirkjana eins og það er nú framkvæmt er órókrétt og ekki í takt við það verklag rannsókna, sem þróast hefur hér á landi um áratuga skeið. Allt mælir með því og fátt á móti, að það beri að flétta saman rannsóknum háhitasvæðanna og þeim hluta af mati á umhverfisáhrifum, sem ekki var gert skil á skipulagsstigi. Þegar til verkhönnunar kemur þá ber að skipuleggja umhverfisgátina og tengsl hennar við matið á umhverfisáhrifum framkvæmdanna. Áhugavert væri að fá umræður og sjónarmið ráðstefnugesta um þessar hugrenningar, sem í reynd grundvallast á mati á áratuga langri reynslu höfundar af rekstri jarðhitakerfa Hitaveitu Suðurnesja.

Heildarnýting

Ein megin fegurð háhitasvæða er það, sem liggur undir jarðaryfirborði þeirra og sem ekki sést, sem sé jarðlagastaflinn, gerð hans og ummyndun, innri gerð jarðhitageymisins, varma- og straumfræði geymisins. Þessa innri fegurð er ekki unnt að sjá og kanna nema með rannsóknum og vinnslu. Háhitinn og háhitavökvinn er allt of verðmæt og fjölþætt auðlind til framleiðslu á rafmagni einu saman. Mörg háhitasvæði íslensk hafa þá einstöku sérstöðu að hreinn og góður kælimiðill þ.e. grunnvökvi (ferskur, ísaltur, saltur) er auðfenginn í næstu grennd þeirra. Í reynd ætti því nýting hrakvarma að vera órjúfanlegur og óumflýjanlegur hluti af virkjun háhitans á þessum svæðum. Við virkjun háhitans ber að gaumgæfa samnýtingu margra þátta svo nýtni vinnslunnar verði sem hæst og arðsemin mest: framleiðslu rafmagns, varmafrek iðnferli (há-, miðlungs- og lágvarmi), fræðslu, ferðamennsku, starfsemi tengda heilsu manna, innviði þess svæðis sem virkjunin er á og tengist (logistik), mannauður, innviði þess fyrirtækis sem rekur virkjunina o.fl. Sé þessari hugsun beitt þá er háhitinn ekki unninn í orkuveri heldur **auðlindagarði**, á þessu tvennu er regin munur.

Rekstrarrannsóknir

Þegar í rekstur er komið er afar mikilvægt að fylgjast náið með öllum breytingum, sem verða á helstu kennistærðum jarðhitavinnslunnar sjálfrar. Það að þekkja auðlindina og eðli hennar vel er lykill að farsælum rekstri. Á holutoppi vinnslu- og niðurdælingahola er nauðsynlegt að fylgjast með þrýstingi, hitastigi og heildarrensli. Á háhitasvæðum Hitaveitu Suðurnesja hf eru þessar stærðir mældar með traustum og hugvitssamlegum búnaði, sem OS hefur hannað og sett saman að hluta. Á hverjum holutoppi safnar lítil iðntölva öllum símælingum og sendir þær til OS, sem “hreinsar” gögnin og birtir þau síðan á netinu. Á þennan hátt er vinnslusvæðum Hitaveitunnar fjargætt af Orkustofnun. Til viðbótar þessum símælingum er svo þrýstingur og hiti mældur sem fall við dýpi í sérhverri holu og að auki eru tekin sýni til efnagreininga. Aðrar rekstrarrannsóknir eru helstar þær, sem tengjast tækjabúnaði sjálfrar virkjunarinnar svo sem tæringa- og útfellingaransóknir o.fl. Rekstur háhitasvæða kallar á þróun verkferla, tækja og sérhæfðra tóla þar sem staðlaðar lausnir eru sjaldnast til. Rekstrarrannsóknir eru mikilvægar m.a. til þess að halda starfsfólki meðvituðu um reksturinn, til þess að skapa öfluga liðsheild og til þess að vera starfsfólki uppspretta nýrra hugmynda.

Lokaorð

Hér læt ég staðar numið þó svo ég eigi ótal margt ósagt. Skrifin bera glöggan svip af því að vera til komin á síðustu stundu og biðst ég velvirðingar á því. Í brjósti el ég þá von, að greinarkorn þetta vekji upp spurningar og vangaveltur, sem geta orðið að umræðuefni í

pallborði. Að endingu færi ég ykkur öllum, sem málþingið sækir einlæggar kveðjur mínar um leið og ég óska þess að þingið verði málefnalegt, gagnlegt og fullt af lífi.

Undirbúningur virkjunar á Hellisheiði

Einar Gunnlaugsson og Ingólfur Hrólffsson
Orkuveita Reykjavíkur

Inngangur

Hengilssvæðið er talið vera eitt stærsta háhitasvæði landsins, um 110 km² að stærð. Í skýrslu Iðnaðarráðuneytisins frá 1994 um Innlendar orkulindir til vinnslu raforku er 80 % svæðisins talið aðgengilegt til vinnslu (Iðnaðarráðuneytið, 1994). Þar er jafnframt reiknað með að svæðið geti staðið undir 5.500 GWh/ári í rafmagni í 50 ár og uppsettu afli 690 MWe. Þar er gert ráð fyrir að um sé að ræða 5-7 virkjunarstaði.

Í dag er orka sem tilheyrir þessu háhitasvæði einkum nýtt á tveimur stöðum, þ.e. í Hveragerði og á Nesjavöllum. Hitaveita Reykjavíkur keypti jörðina Nesjavelli 1964 í þeim tilgangi að þar gæti orðið framtíðar vinnslusvæði. Rannsóknir hófust fljótlega með borun nokkurra grunnra hola. Fyrsta djúpa holan (NG-5) var boruð 1972, en síðan lágu boranir niðri til 1982 þegar rannsóknir fóru að fullu í gang, sem leiddu til þeirrar virkjunar sem tekin var í notkun árið 1990.

Hitaveita Reykjavíkur keypti jörðina Kolviðarhól af Íþróttafélagi Reykjavíkur árið 1955 og var boruð þar djúp hola árið 1985. Jörðin Ölfusvatn í Grafningi var keypt árið 1986 en henni tilheyrir að hluta til jarðhitinn á Ölkelduhálssvæði. Á árunum 1998 – 2000 var síðan keypt eignarland á Hellisheiði allt frá Kömbum vestur að Reykjafelli og Lambafelli. Með þeim kaupum eignaðist Hitaveitan og síðar Orkuveitan jarðhitann sunnan við Hengilinn sem ekki tilheyrir afrétti.

Á fundi sínum 5. júní 2001 samþykkti stjórn veitustofnana að fela forstjóra Orkuveitu Reykjavíkur að hefja nú þegar undirbúning að 120 MW virkjun á Hellisheiði, þar með talið að útvega tilskilin leyfi, láta fara fram mat á umhverfisáhrifum og flýta þeim rannsóknum og hönnun sem til þarf.

Rannsóknir

Rannsóknir á vegum Hitaveitu Reykjavíkur vegna Nesjavallavirkjunar náðu yfir mun stærra svæði en einungis Nesjavelli og sumar tóku til alls Hengilsins. Í fyrstu var kostnaður af sumum þessum verkefnum að hluta til borinn af ríkinu í gegnum Orkustofnun, en síðan bar Hitaveita Reykjavíkur allan kostnað. Sem dæmi um verkefni sem þannig var að hluta til greitt af ríkinu voru landhæðarbreytingar. Hitaveitan kostaði mælingar á vinnslusvæðinu og næsta nágrenni, en ríkið mælingar yfir Hellisheiði. Þær breytingar sem sést hafa í þessum mælingum má að miklu leyti rekja til náttúrulegra breytinga og náðu því langt út fyrir hugsanlegt áhrifasvæði Nesjavallavirkjunar.

Rannsóknum til undirbúnings virkjunar á háhita má skipta í þrjá megin þætti:

- ◆ Rannsóknir á jarðhitasvæðinu
- ◆ Grunnvatnsrannsóknir
- ◆ Rannsóknir vegna umhverfis

Rannsókn jarðhitasvæðisins

Ýmsar yfirborðsrannsóknir eru fyrstar í rannsókn jarðhitasvæða. Þar má nefna jarðfræðikortlagningu, þar sem berggrunnur og sprungur eru kortlagðar ásamt jarðhita, ummyndun og vatnafari. Jarðfræðikort af Nesjavöllum og næsta nágrenni var unnið í tengslum við rannsóknir vegna Nesjavallavirkjunar og heildarjarðfræðikort af öllum Henglinum kom út árið 1995 (Kristján Sæmundsson 1995a, 1995b). Skipta má Hengilssvæðinu í þrjú eldstöðakerfi, Hengilskerfið sem er yngst, þá Hróðmundartindskerfið og loks Grændalskerfið sem er elst. Einhverjar leiðréttingar hafa verið gerðar síðan kortið kom út þó svo það hafi ekki verið endurútgæfið. Nákvæmari kortlagningu þarf eflaust að gera á þeim stöðum þar sem reisa á mannvirki.

Efnasamsetning á gasi í gufuaugum hefur verið greind nokkrum sinnum á öllu Hengilssvæðinu og fylgst er með breytingum á völdum svæðum (Gretar Ívarsson 1996). Styrkur gastegunda í gufu er breytilegur í eldstöðvakerfunum þremur. Innan Hengilskerfisins sýna efnahitamælar sem byggja á styrk á gasi í gufu hæstan hita vestan til á Hellisheiði sem síðan lækkar til austurs.

Jarðeðlisfræðilegar mælingar hafa verið gerðar á öllu Hengilssvæðinu undanfarin ár. Nýútkomin er skýrsla þar sem fjallað er um viðnámsmælingar og túlkun þeirra (Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001). Í þessari skýrslu er jafnframt reynt að samtúlka önnur gögn sem safnað hefur verið á undanförunum árum svo sem jarðskjálftagögnum, þyngdarmælingum, legu sprungna og jarðefnafræðilegum athugunum.

Þegar yfirborðsrannsóknum á jarðhitanum lýkur er komið að rannsóknaborunum. Á þessu stigi erum við núna. Rannsóknaborunum er ætlað að kanna jarðhitasvæðið nánar og vinnslueiginleika þess. Rannsóknaboranir á háhitasvæðum eru háðar viðauka 2 við lög um mat á umhverfisáhrifum frá árinu 2000. Það þýðir að tilkynna þarf til Skipulagsstofnunar allar rannsóknaholur og það er metið í hverju einstöku tilfelli hvort viðkomandi rannsóknaborun þarf að fara í mat á umhverfisáhrifum. Árið 2000 tilkynnti Orkuveitan tvær holur á vestanverðri Hellisheiði til Skipulagsstofnunar. Þessar holur voru leyfðar án mats á umhverfisáhrifum og voru boraðar á árinu 2001. Á síðasta ári voru jafnframt tilkynntar þrjár aðrar rannsóknaholur til Skipulagsstofnunar sem fyrirhugað er að bora á þessu ári. Þessar holur hafa einnig verið leyfðar án mats á umhverfisáhrifum.

Eins og gefur að skilja er einn af aðalþáttum undirbúnings virkjunar á háhitasvæðum jarðhitasvæðið sjálft, stærð þess og útbreiðsla og hvað það stendur undir mikilli nýtingu. Á Nesjavöllum var snemma á rannsókniferlinu hafin gerð hermílikans af svæðinu sem tók til allra þátta þess (Guðmundur S. Böðvarsson, 1987, 1993, 1998, Grímur Björnsson o.fl. 2000). Líkanið var notað til að halda utan um upplýsingar og skerpa á því hvar auka þurfti við. Reiknilíkanið er síðan notað til að herma vinnslusögu og spá fyrir um vinnslugetu svæðisins. Það hefur verið ákveðið að vinna að gerð heildarhermílikans af Hengilssvæðinu, þ.e. útvíkka líkanið af Nesjavöllum yfir Hellisheiðina. Í reynd er þetta nýtt líkan með neti sem er þéttast í gegnum sprungusveim Hengilsins. Upphaflega hugmyndalíkanið af Hengilssvæðinu frá 1985 er talið að standist ennþá í megin atriðum.

Grunnvatnsrannsóknir

Annar mikilvægasti þáttur í undirbúningi rannsókna á háhitasvæðum er grunnvatnið. Þekking á grunnvatninu, þ.e. grunnvatnsgeyminum sjálfum og grunnvatnsstraumum er undirstaða fyrir alla öflun á köldu vatni ef nýta á svæðið jafnframt til heitavatsframleiðslu. Jafnframt er þekkingin nauðsynleg þegar huga á að förgun affallsvatns. Hengilssvæðið er eitt úrkomusamasta svæði landsins, en afrennsli á yfirborði er mjög takmarkað. Til Þingvallavatns falla lækir frá Nesjavöllum og síðan Ölfusvatnsá sem á upptök sín í lindum norðan undir Ölkelduhálsi. Til austurs rennur Hengladalsá. Annað afrennsli er ekki á yfirborði og engar ár eða lækir er að finna á vestanverðri Helliheiði. Það er því ljóst að miklir grunnvatnsstraumar hljóta að vera til staðar. Til að kanna grunnvatnið hafa þegar verið boraðar 16 holur allt að 200 m djúpar. Mælt hefur verið vatnsborð og hiti. Það er þó ljóst að bora þarf fleiri holur til að fá betri mynd af grunnvatnsstraumum.

Grunnvatnslíkan af höfuðborgarsvæðinu nær inn á Bláfjallasvæðið (Verkfræðistofan Vatna-skil 2001), en Hengilssvæðið er jaðarsvæði í því líkani. Í tengslum við grunnvatnsrannsóknir á Hengilssvæðinu hefur grunnvatnslíkanið af höfuðborgarsvæðinu verið stækkað til austurs. Þegar náðst hefur að kvarða líkanið má nýta það til að segja fyrir um áhrif vatnsvinnslu á grunnvatnsstrauma og jafnframt um áhrif förgunar affallsvatns.

Umhverfisrannsóknir

Áður en farið er af stað með virkjanir þarf að gera gerin fyrir áhrifum virkjunarinnar á umhverfið. Lög um mat á umhverfisáhrifum voru fyrst sett 1993 sem síðan voru endurskoðuð árið 2000. Löggin eiga að tryggja að þegar leyfi er veitt fyrir virkjun þá liggi fyrir allar upplýsingar um áhrif virkjunarinnar á umhverfið í víðasta skilningi. Þá er ekki einungis átt við náttúruna heldur einnig mannlíf, menningu og efnahag.

Á Helliheiði var á síðasta ári sérstaklega skoðað fuglalíf, smádýralíf á landi og í vötnum, gróðurfar og landslagsheildir. Þessar grunnrannsóknir er síðan hægt að nota til að fylgjast með breytingum sem framkvæmd kann að hafa.

Sjálfvirkum veðurstöðvum hefur verið komið fyrir á tveimur stöðum, annars vegar ofan við Helligskarð og hins vegar á Ölkelduhálssvæði. Veðurstofan rekur þessar stöðvar, en þær eru kostaðar af Orkuveitunni. Gögn síðustu viku má sjá á vef Veðurstofnunnar.

Grunnupplýsingum um styrk brennisteinsvetnis í andrúmslofti hefur verið safnað reglulega. Þessi gögn má nýta síðar til samanburðar.

Skráning fornleifa á Hengilssvæðinu fór fram 1997 (Orri Vésteinsson, 1997, 1998) og lega menningarminja hefur verið sett út á kort.

Undirbúningur vegna virkjunar á Nesjavöllum og á Helliheiði

Þegar undirbúningur Nesjavallvirkjunar hófst var ekki búið að setja lög um mat á umhverfisáhrifum. Ef borinn er saman undirbúningur Nesjavallavirkjunar og undirbúninginn vegna virkjunar á Helliheiði þá er ekki mikill munur á.

Á Nesjavöllum voru rannsóknir á jarðhitnum með svipuðu sniði og síðar, þ.e. fyrst yfirborðsrannsóknir sem síðan leiddu til rannsóknaboranna. Snemma var farið að huga að umhverfismálum. Kannaðir voru útstreymisstaðir jarðhitans við Þingvallavatn og hefur verið fylgst með þeim stöðum æ síðan. Rannsókuð voru snefilefni í jarðhitavökvanum og lífríki

vatnsins var skoðað sérstaklega undan stönd Nesjavalla. Á Nesjavöllum var strax tekið fyrir allan akstur utan vega og hafa þau sjónarmið fylgt á aðra staði þar sem Orkuveitan hefur farið um.

Þegar ákvörðun var tekin um virkjun á Nesjavöllum var búið að sanna tilvist þeirrar orku sem til þurfti fyrir þá stærð af virkjun sem ákveðin var. Í því tilfalli var um að ræða varmavirkjun en aðveituæð til Reykjavíkur er einn af stóru kostnaðarliðunum við þannig virkjun. Þessar upplýsingar voru því nauðsynlegar vegna hönnunar æðarinnar þó svo virkjað væri í áföngum.

1965	Fyrstu boranir	1981	
1966		1982	
1967		1983	
1968		1984	
1969		1985	Borun KhG-1
1970		1986	
1971		1987	
1972	Fyrsta djúpa holan (NG-5)	1988	
1973		1989	
1974	Tilraunastöð	1990	
1975		1991	
1976		1992	
1977		1993	
1978		1994	Borun á ÖJ-1
1979	Kortlagðir útstremmisstaðir við Þingvallavatn	1995	Jarðfræðikort af Hengli
1980		1996	
1981		1997	Skráning fornleifa
1982	NG-6	1998	
1983	NG-7 , Snefilefni	1999	
1984	NG-8, NG-9, NG-10, Líffræði Þingvallavatns, Jarðeðlisfræði	2000	Jarðeðlisfræði
1985	NJ-11, NJ-12, NJ-13, NJ-14, NJ-15, NJ-16, Grunnvatnslíkan, Jarðfræðikort, Hermilíkan	2001	HE-3, HE-4, Rannsókn á náttúrufari, Grunnvatnslíkan, Hermilíkan
1986	NJ-17 og NJ-18, Ákvörðun um virkjun	2002	HE-5, HE-6, HE-7, Mat á umhverfisáhrifum, Ákvörðun um virkjun ?
1987	Ráðstefna um virkjun á Nesjavöllum	2003	
1988		2004	
1989		2005	
1990	Virkjun tekin í notkun	2006	

Mynd 1. Undirbúningur virkjunar á Nesjavöllum og Hellisheiði

Við virkjun háhita til raforkuvinnslu skiptir endanleg stærð ekki eins miklu máli. Hægt er að virkja í áföngum og einungis byggja fyrir hvern áfanga fyrir sig. Það þarf þó að liggja nokkurn veginn fyrir að svæðið standi undir virkjun fyrsta áfangans. Vinnslusagan er síðan mikilverðustu upplýsingarnar til þess að hægt sé að leggja mat á afkastagetuna og þar með heildarstærð virkjunarinnar.

Í framhaldi af ákvarðanatöku um virkjun jarðhitans á Nesjavöllum hélt Verkfræðingafélag Íslands ráðstefnu um væntanlega Nesjavallavirkjun. Þar var farið yfir forsendur fyrir virkjuninni, skýrt frá rannsóknum á jarðhitasvæðinu og umhverfinu auk þess sem tekið var á hagkvæmnisþættinum. Þau vinnubrögð sem viðhöfð voru og þessi kynningafundur líkjast mjög þeim vinnubrögðum sem nú eru tíðkuð með mati á umhverfisáhrifum.

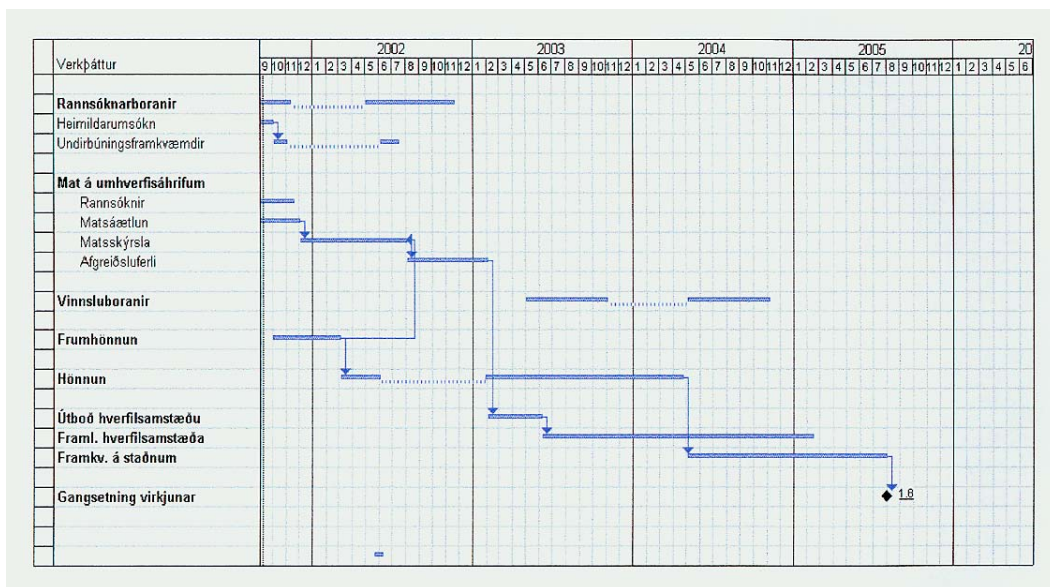
Hellisheiðarvirkjun

Í framhaldi af ákvörðun Stjórnar Veitustofnana sem skýrt var frá í upphafi var formlega hafinn undirbúningur að virkjun á Hellisheiði. Boðin var út ráðgjafarþjónusta vegna virkjunarinnar og bærust þrjú tilboð. Á grundvelli þeirra var síðan samið við sama ráðgjafahóp

og stóð að virkjuninni á Nesjavöllum. Vinna ráðgjafanna felst fyrst í frumhönnun á virkjun og virkjunarfyrirkomulagi. Þessi vinna er nú að hefjast. Samhliða er verið að vinna að mati á umhverfisáhrifum fyrir virkjunina. Tillaga að matsáætlun fyrir mat á umhverfisáhrifum verður væntanlega lögð fram seinni hlutann í febrúar 2002 og er það tiltölulega snemma á ferlinum þar sem margt er enn óljóst og þarf að skoðast nánar.

Gert er ráð fyrir að virkjunin geti fullbyggð orðið 120 MW í rafmagni ásamt 200-400 MW varmastöð. Virkjunin verður byggð í áföngum og í fyrsta áfanga verður einungis um rafmagnsframleiðslu að ræða. Um endanlegar stærðir er enn margt óljóst. Ekki kemur í ljós hver afkastageta jarðhitasvæðisins er fyrr en vinnsla er hafin og enn er verið að kanna grunnvatn bæði vegna öflunar kalds vatns fyrir varmastöð og eins vegna affallsmála. Staðsetning orkuvers hefur ekki verið ákveðin og koma nokkrir staðir til greina. Einn þáttur frumhönnunarinnar er að tífunda kosti og galla mismunandi staðsetninga.

Enn hefur ekki verið tekin ákvörðun um virkjun en áður en sú ákvörðun er tekin þarf að liggja fyrir mat á lágmarks afkastagetu svæðisins og orkusölusamningur. Allur undirbúningur miðast við að sala á rafmagni geti hafist sem fyrst. Miðað við að allir þættir gangi upp og ekki verði neinar tafir gæti virkjun í fyrsta lagi komist í gagnið seint á árinu 2005.



Mynd 2. Drög að tímaáætlun

Tilvitnanir

Gretar Ívarsson, 1996. Jarðhitagas á Hengilssvæðinu. Söfnun og greining 1993-1995. Hitaveita Reykjavíkur

Grímur Björnsson, Ómar Sigurðsson, Guðmundur S. Böðvarsson og Benedikt Steingrímsson, 2000. Nesjavellir. Endurkvarðað reiknilíkan og spár um ástand jarðhitakerfis við aukna vinnslu. Orkustofnun, OS2000/019.

Guðmundur S. Böðvarsson, 1987. Líkanreikningar fyrir jarðhitakerfi Nesjavalla. I. The Nesjavellir Geothermal Field, Iceland. Hitaveita Reykjavíkur.

Guðmundur S. Böðvarsson, 1993. Recalibration of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field. Hitaveita Reykjavíkur.

Guðmundur S. Böðvarsson, 1998. Update of the three-dimensional model of the Nesjavellir geothermal field – the 1998 model. Hitaveita Reykjavíkur.

Iðnaðarráðuneytið, 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku.

Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon, 2001. Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. Orkustofnun, OS-2001/091.

Kristján Sæmundsson, 1995a. Hengill, jarðfræðikort (berggrunnur) 1:50.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur og Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson, 1995b. Hengill, jarðhiti, ummyndun og grunnvatn. 1:25.000. Orkustofnun, Hitaveita Reykjavíkur og Landmælingar Íslands.

Orri Vésteinsson, 1997. Fornleifar í landi Nesjavalla og Ölfusvatns. Árbæjarsafn.

Orri Vésteinsson, 1998. Fornleifar á afrétti Ölfushrepps. Skýrslur Árbæjarsafns 71

Verkfræðistofan Vatnaskil, 2001. Höfuðborgarsvæði. Grunnvatns- og rennislíkan. Verkfræðistofan Vatnaskil 01.14.

Jarðhitafélag Íslands
Málþing 21. febrúar 2002
Hvernig á að standa að rannsókn og virkjun jarðhitasvæðis?

Pallborðsumræður

Halldór Ármannsson
Orkustofnun

Pátttakendur: Valgarður Stefánsson, Kristján Sæmundsson, Geir Þórólfsson, Hreinn Hjartarson, Einar Gunnlaugsson og Ingólfur Hrólfsson. Stjórnandi umræðnanna var Stefán Arnórsson prófessor.

Stefán Arnórsson hóf umræður með því að vitna í Valgarð Stefánsson, sem í framsöguerindi hafði komist að þeirri niðurstöðu að kostnaður við yfirborðsmannvirki jarðhitavera væri nánast fastur en óvissan lægi í borkostnaði. Í framhaldi af því varpaði hann fram þeirri spurningu hvernig ætti að fara að því að bora sem fæstar holur.

Valgarður Stefánsson sagði að það gerði sig sjálft. Borað væri þannig að sem mest kæmi úr hverri holu, en athugun á árangri háhitaborana sýndi að það væri svæðið sjálft sem afmarkaði hve mikið kæmi að meðaltali úr hverri holu. Innri gerð kerfisins væri ákveðin og aðalmáli skipti að borað væri, ekki hvar holan væri staðsett.

Kristján Sæmundsson ræddi staðsetningu borholna. Fyrst væri reynt að staðsetja uppstreymisrásir og legu þeirra. Ef borað væri rétt til hliðar við þær væri eins víst að dæmið gengi ekki upp. Oft væri erfitt að finna rásirnar þar sem bergrunnurinn væri hulinn af yfirborðslögum. Borun skáholna gæfi nýjar vonir í þessu tilliti. Undanfarið hefði verið stefnuborað á 4 lághitasvæðum og við það hefði ýmislegt lærst og náðst þokkalegur árangur (u.þ.b. 75%), a.m.k. sambærilegur við hefðbundnar boranir. Taldi hann slíkar boranir eiga mikla framtíð fyrir sér þó að þær séu 30% dýrari en hinar hefðbundnu því að ekki væri alltaf hægt að sjá hvernig hitta eigi í mark ef lega uppstreymisrásar er illa þekkt. Þá benti hann á að á mörgum lághitasvæðum hefðu á litlu dýpi komið upp feikn af tiltölulega köldu vatni sem ómögulegt væri að komast framhjá til að ná hugsanlega heitara vatni á meira dýpi og væru stefnuboranir leið til að prófa slíkt. Benti hann á að ævintýramenn hefðu oft náð árangri á stöðum sem hinir gætnari vöruðu við og væri alltaf hægt að læra af þeim einkum þar sem lítið fé væri lagt í beinar rannsóknir með leitarborunum.

Valgarður Stefánsson sagði frá reynslu sinni af Palimpinon-svæðinu á Filippseyjum, sem væri gott dæmi um jarðhitakerfi þar sem menn töldu að jarðhitavökvinn væri fyrst og fremst í lóðréttum sprungum. Reynt hefði verið að ákvarða hvaða sprungur væru góðar og hverjar slæmar og hefðu sumar holur verið boraðar beint og sumar á ská. Þegar hér var komið sögu höfðu verið boraðar 30 holur á svæðinu og reist virkjun sem framleiddi 110 MW_e. Samantekt sýndi hins vegar að innan skekkjumarka var meðaltalsrennslið úr skáholum það sama og meðaltalsrennslið úr beinum holum. Hins vegar sagði hann að slíkt gildi eingöngu um háhitasvæði. Útbreiðsla lághitasvæða væri yfirleitt mjög takmörkuð og aðrar reglur giltu um staðsetningu þar.

Guðmundur Pálmason minnti á að spurt hefði verið um hvernig komast mætti af með sem fæstar holur. Því hlyti þvermál holnanna að skipta máli, því sverari því meira ætti að geta fengist úr þeim. Kallaði hann eftir álitni manna um skynsamlegt þvermál.

Sverrir Þórhallsson upplýsti að oftast væru notuð 9^{5/8} vinnslufóðring. Hitaveita Suðurnesja hefði notað 13^{3/8} vinnslufóðringu og hefði það gefið góða raun vegna góðrar lektar

svæðanna. Um væri að ræða tvöföldun á þverskurðarflatarmáli og þar með tvöföldun rennslis, en kostnaðaraukning við vikkun holu og fóðringar hefði einungis verið 25%. Þá væri kostur við víðari holur að þær stífluðust síður af útfellingum og viðhaldskostnaður við þær væri minni.

Guðmundur Ómar Friðleifsson spurði hvort ekki mætti nota 17½” vinnslufóðringu.

Sverrir Þórhallsson upplýsti að það hefði verið gert í Kaliforníu og fengjust 25-30 MW_e úr hverri holu sem væri heimsmet.

Stefán Arnórsson upplýsti að í Salton Sea, Kaliforníu hefðu verið notaðar 3 feta víðar vinnslufóðringar og tekist að byggja 60 MW_e virkjun á tveimur holum.

Eyjólfur Sæmundsson gerði fyrirspurn um endurnýjanleika jarðhita sem orkulindar, hvort um væri að ræða eins konar námagróft þegar hann væri unninn.

Geir Þórólfsson skýrði frá því að 1977 hefði verið gert ráð fyrir að Svartsengi slefaði í að nýttast í 50 ár til hitaveitu. Nú hefði framleiðsla verið stóraukin og m.a. framleidd 45 MW_e, og sæst vart högg á vatni. Taldi hann slík afköst víðs fjarri námagreftri því að náman virtist fara stækkandi við vinnslu.

Ragnar Halldórsson gerði að umtalsefni þau vandkvæði tilvonandi rannsakenda og framleiðenda í sambandi við öflun leyfa og þann skort á skýrum svörum frá stjórnvöldum, sem fram hafði komið í máli norðanmanna og Suðurnesjamanna. Varpaði hann fram þeirri spurningu hvort ekki ætti að taka mið af olíuiðnaðinum í þessu tilliti og skipta ferlinu í þrennt;

- 1) Hönnunarleyfi. Um fleiri en einn aðila gæti verið að ræða á sama svæði.
- 2) Rannsóknarferli.
- 3) Vinnsla eða virkjun.

Taldi hann að losa þyrfti tappa ríkisvalds úr slíkum málum, því að í raun væri holum lokað áður en byrjað væri að bora þær.

Þorkell Helgason var ekki viss um að um tappa væri að ræða og spurði hvort menn teldu svo vera.

Ingólfur Hrólfsson sagði að um tappa gæti verið að ræða. Hins vegar taldi hann að mat á umhverfisáhrifum væri gagnlegt ferli sem kæmi í veg fyrir að gerðar væru vitleysur þegar á ferlið liði. Nú væri farið að tíðka að hefja mat á umhverfisáhrifum um leið og hönnunarferill hefist. Á Nesjavöllum hefði ekki verið unnt að svara ýmsum spurningum umhverfismats fyrr en virkjunin var komin. Nú væri fróðlegt að sjá hvort sú leið gengi upp að laga hönnun að niðurstöðum mats á umhverfisáhrifum fremur en að setja fullskapaða virkjun í mat. Reynt væri að nýta tímann sem best, t.d. væri næsta skref í sambandi við Hellisheiðarvirkjun að bjóða út vélbúnað, en það yrði ekki gert fyrr en kominn væri úrskurður frá Skipulagsstofnun. Ekki er enn ljóst hvort verkið tefst af þessum sökum.

Sveinbjörn Björnsson sagðist taka undir með Ragnari Halldórssyni, Geir Þórólfssyni og Albert Albertssyni að endurskoða þyrfti auðlindalög og lög um mat á umhverfisáhrifum. Þá minnti hann á að senn kæmu til framkvæmda ný raforkulög. Hann taldi ríkið eiga í töluverðum vanda vegna aukinnar ásóknar í rannsóknarleyfi á háhitasvæðum. Svo gæti litið út sem orkufyrirtæki væru að safna leyfum sem ykju væntingar til þeirra og gerðu hlutabréf í þeim eftirsóknarverðari. Það væru ekki góðar fréttir að ríkið ætti engin svör til handa þeim sem um rannsóknarleyfi hefðu sótt. Samkvæmt núgildandi kerfi gæti iðnaðarráðherra einn veitt slíkt leyfi, en leyfishafinn þyrfti síðan að semja við eigendur lands. Í olíuiðnaðinum tíðkaðist að auglýsa svæði tilbúin til rannsókna og veita mætti einum aðila eða fleirum rannsóknarleyfi. Oft væri þó einn í forsvari og oft yrðu nýtingaraðilar fleiri en einn. Hann tók undir að halda skyldi þing um löggjöf er varðaði nýtingu jarðhita.

Einar Gunnlaugsson sagði frá því að sótt hefði verið um leyfi til rannsókna á stóru svæði vegna nýtingar Hengilssvæðisins en svæðið verið minnkað þegar leyfið var veitt. Hins vegar hefði þurft að fara langt út fyrir jarðhitasvæðin og hið leyfða rannsóknarsvæði til rannsókna á grunnvatni.

Jón Ingimarsson tók undir að halda þyrfti þing um löggjöf varðandi nýtingu jarðhita. Hann sagði reglur til um skiptingu svæða í núverandi auðlindalögum en þau væru frekar sniðin að jarðefnum en orkuvinnslu. Athuga þyrfti samvinnun nýtingar og leyfisveitingar. Allar upplýsingar þyrftu að liggja fyrir á einum stað til að bjóða mætti upp á eina heildstæða lausn. Svæðin mætti bjóða út, en spurning væri hver vildi taka áhættu, t.d. hefði komið fram að fyrstu holur skiptu miklu máli. Ef þær mistækjust væri erfitt að fá fjármagn í fleiri holur.

Stefán Arnórsson benti á að þrískipting sú í olíuðnaðinum sem Ragnar Halldórsson hefði bent á hefði verið reynd í áratugi og gefist vel en sama gildi ekki um auðlindalögin.

Björn Gunnarsson benti á að háhitasvæðin væru inni í virka gosbeltinu og virkjanir væru dýrar. Spurði hann hvort ekki þyrftu að fara fram hættumat og áhættumat áður en ráðist væri í virkjanir.

Einar Gunnlaugsson svaraði því til að slíkt mat væri hluti af mati á umhverfisáhrifum.

Bryndís Brandsdóttir spurði hvort niðurdráttur væri ekki lengur vandi, t.d. í Svartsengi og þá hvort niðurdæling hefði við niðurdrætti.

Geir Þórólfsson svaraði að niðurdæling hefði ekki við niðurdrætti. Gufupúði hefði hins vegar stækkað við aukinn niðurdrátt og úr honum hefði mátt vinna ódýrari orku vegna grynri og hagkvæmari holna. Líkanreikningar bentu ekki til að lækkaður þrýstingur yrði til vandræða á næstunni en ef til þess kæmi mætti auka niðurdælingu.

Valgarður Stefánsson benti á að með auknum niðurdrætti ykist aðstreymi að svæði, t.d. væri vinnsla á Laugarnessvæðinu í Reykjavík sjálfbær við 150 m niðurdrátt.

Bryndís Brandsdóttir spurði hvort skyndileg innrás kalds vatns gæti ekki valdið vanda.

Geir Þórólfsson svaraði til að jarðhitageymir virtist þéttur og ekki hefðu sést merki um að kalt vatn kæmist þar inn nema e.t.v. rétt í byrjun vinnslu.

Kristinn Sigurjónsson spurði hvort ekki væri hagkvæmt að keyra jarðhitasvæði fremur á þeim árstíma þegar óvissa er um orku frá vatnsaflsvirkjunum og hvíla síðan.

Valgarður Stefánsson kvað þetta að vissu leyti hafa verið gert en slík aðgerð væri háð því hvað menn teldu sig græða á að slökkva á jarðhitavirkjunum. Þetta gæti borgað sig ef niðurdráttur væri mikill en annars ekki. Jarðhitaafli hentaði best sem grunnafli og ekki mikill fjárhagslegur ávinningur að samhæfa við vatnsaflsvirkjanir.

Ásgrímur Guðmundsson benti á að Valgarður Stefánsson hefði fjallað um 10 ára gamla áætlun um rannsókn háhitasvæða og þeir Albert Albertsson og Geir Þórólfsson lagt til grundvallar sínu máli 20 ára gamla áætlun. Spurði hann hvort ekki væri tímabært að þeir sem við þessi mál fást settust niður og mótuðu áætlun miðaða við núverandi aðstæður.

Daníel Gíslason tók til umræðu velgengni UNOCAL við jarðhitarannsóknir, sem Valgarður Stefánsson hafði sagt frá í erindi sínu, og spurði hvort einhver megin munur væri á rannsóknaraðferðum olíufyrirtækja og jarðhitafyrirtækja.

Valgarður Stefánsson kvað megin muninn vera þann að UNOCAL væri einkafyrirtæki, sem hugsaði mest um arðsemi eigin fjár, en önnur jarðhitafyrirtæki væru það yfirleitt ekki. UNOCAL væri nú búíð að selja allar sínar jarðhitavirkjanir í Bandaríkunum og væri e.t.v. enn skrefi á undan hinum.

Stefán Arnórsson kvaðst fyrst hafa séð drög að áætlun um rannsókn jarðhitasvæða hjá Sveinbirni Björnssyni 1969 og áætlunina fullmótaða hjá honum 1979-1980 og hefði sú áætlun tekið mið af vatnsaflsrannsóknum. Hin þrískipta aðferðafræði olíuðnaðarins væri e.t.v. um 100 ára gömul. Jarðhiti væri nú að vinna sig frá vatnsafla en vonandi ekki í átt til olíu, því að í þeim iðnaði væri mikil áhætta tekin enda fengist mikill gróði ef vel tækist. Sagði hann dollara fást úr olíuholum en aðeins sent úr jarðhitaholum.

Sveinbjörn Björnsson sagði að allt fram á síðustu ár hefði verið ætlast til að ríkið rannsakaði jarðhitasvæði og boraði fyrstu rannsóknarholu. Nú orðið sæju orkufyrirtækin um jarðhitarannsóknir og fyrstu boranir og ástæða væri til að ríkið drægi sig enn meira út úr slíkum rannsóknum. Ríkið ætti frekar að laga umhverfið svo að jarðhitaiðnaðurinn geti alfarið séð um rannsóknir. Viðhorfsbreyting hefði orðið sem of langan tíma hefði tekið að fá menn til að skilja.

Einar Gunnlaugsson sagði að samt sem áður ætti ríkið að sjá um ýmsar grunnrannsóknir og færi víðs fjarri að þær væri búíð að gera, t.d. gerð grunnkorta.

Þorkell Helgason velti fyrir sér hvort rétt væri að skjóta inn nýju stigi í rannsóknar- og virkjunarferlið. Til greina kæmi að óháðir aðilar gerðu forrannsóknir og seldu niðurstöðurnar síðan orkufyrirtækjunum. Þá gætu orðið til einkarannsóknaraðilar sem væru reiðubúnir að fjármagna seljanlegar rannsóknir.

Hreinn Hjartarson sagði lítil fyrirtæki ekki vita hve langt þau gætu gengið varðandi virkjun. Þeir norðanmenn væru að gera rannsóknir til eigin þarfa og alls ekki gefið að þeir mundu virkja. Hugsanlegt væri að aðrir aðilar tækju það að sér.

Ingólfur Hrólfsson spurði hve langt millistigið ætti að ná. Óhugsandi væri að óháð fyrirtæki boraði holur sem kostuðu 150-200 miljón krónur hver ef búast mætti við að tvær slíkar misheppnuðust. Fá lítil fyrirtæki þyldu slíkt og þau þyrftu að selja dýrt þær holur sem heppnuðust.

Geir Þórólfsson kvaðst ekki mundu leggja fé í slíkt fyrirtæki ef hann ætti.

Stefán Arnórsson kvað marga vera í jarðefnaleit víða um heim og reyna síðan að selja námafyrirtækjum það sem þeir finna, en slík leit horfði öðruvísi við.

Ragnar Halldórsson minnti á að slík sjónarmið hefðu ríkt í sambandi við gulleit á Íslandi fyrir nokkrum árum.

Guðmundur Pálmason ræddi millistigið og nefndi sem dæmi að olíufélög hefðu gert rannsóknir við Ísland. Ef olía finnst er alltaf unnt að vinna hana og selja. Jarðhita verður hins vegar að selja í nágrenni við jarðhitasvæðið. Jarðhitamarkaður á Íslandi sé einfaldlega of lítill til að borgi sig að selja rannsóknarniðurstöður er varða hann.

Kristján Sæmundsson benti á að kominn væri vísir að slíkum einkarannsóknum í kortagerð sem einkafyrirtæki sæju um. Taldi hann að innan slíkra fyrirtækja gætu líka rúmast t.d. jarðfræðikortlagning og náttúrufarsskoðun vegna jarðganga og jarðhita í von um kaupanda síðar. Erfiðara væri að eiga við dýrari verk eins og segulmælingar og viðnámsmælingar en þó vel hugsanlegt að þau mætti vinna á vegum slíkra fyrirtækja. Síðan spurði hann hvernig lög

ættu við um skáholur sem boraðar væru t.d. 7-800 m út undir sjó eða vötn, hvort ekki þyrfti að semja við réttthafa þar.

Valgarður Stefánsson kvað lög kveða skýrt á um að jarðhiti væri bundinn við landareign. Ef fleiri en einn eiga tilkall til hans er farið með hann sem sameign á sama hátt og farið er með sameign í fjölbýlishúsi og þurfa þá eigendur að gera samning sín í milli um nýtingu sameignarinnar.

Í lokaorðum sínum sagði Guðmundur Pálmason að stjórn Jarðhitafélags Íslands myndi taka til athugunar áskorun Alberts Albertssonar o. fl. um málþing um löggjöf varðandi jarðhita.