

Ársfundur Orkustofnunar 2009

Erindi

Reykjavík 31. mars 2009

OS-2009/003

Ársfundur Orkustofnunar 2009

Erindi

Reykjavík 31. mars 2009

OS-2009/003

978-9979-68-256-1

ÁRSFUNDUR ORKUSTOFNUNAR

Þriðjudaginn 31. mars kl. 13:30-17:00
Grand Hótel, Gullteigi

Fundarstjóri: Ragnheiður I. Þórarinsdóttir, aðstoðarorkumálastjóri.

Dagskrá:

13:30-13:40 Tónlist

13:40-13:50 Ávarp iðnaðarráðherra, Össurar Skarphéðinssonar

13:50-14:10 Ávarp orkumálastjóra, Guðna A. Jóhannessonar

14:10-14:30 Íslenskur orkuiðnaður í ljósi breyttra efnahagsaðstæðna,
Stefán Pétursson, framkvæmdastjóri fjármálasviðs Landsvirkjunar.

14:30-14:50 Nýting jarðhitaauðlinda á Karíbaeyjum
Jónas Ketilsson, jarðhitasérfræðingur á Orkustofnun

14:50-15:10 Kaffi

15:10-15:30 Olíuleit á Drekasvæði
Þórarinn Sveinn Arnarson, verkefnisstjóri olíuleitar á Orkustofnun

15:30-15:50 Landfræðileg gögn og vefsjár
Þorvaldur Bragason, verkefnisstjóri gagnamála á Orkustofnun

15:50-16:10 Jarðhitanámskeið, framlag Íslands til Þúsaldarmarkmiða
Sameinuðu þjóðanna
*Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður, Jarðhitaskóla Háskóla
Sameinuðu þjóðanna*

16:10-16:20 Viðurkenningar til starfsmanna

Í lok fundar verða bornar fram léttar veitingar

EFNISYFIRLIT

Ávarp orkumálastjóra	7
<i>Guðni A. Jóhannesson</i>	
Nýting jarðhitaauðlinda á Karíbaeyjum	9
<i>Jónas Ketilsson, jarðhitasérfræðingur á Orkustofnun</i>	
Olíuleit á Drekasvæði	19
<i>Þórarinn Sveinn Arnarson, verkefnisstjóri olíuleitar á Orkustofnun</i>	
Landfræðileg gögn og vefsjár á Orkustofnun	25
<i>Þorvaldur Bragason, verkefnisstjóri gagnamála, Orkustofnun</i>	
Jarðhitanámskeið - framlag Íslands til Þúsaldarmarkmiða Sp	31
<i>Ingvar Birgir Friðleifsson og Lúðvík S. Georgsson, Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna</i>	

Ávarp orkumálastjóra

Ársins 2008 kemur á spjöldum sögunnar sennilega til með að verða minnst fyrir þær miklu sviptingar sem urðu í efnahagsmálum okkar með hruni bankakerfisins og fallandi krónu. Það mun taka nokkur ár að koma í ljós hverjar verða varanlegar afleiðingar af þeim atburðum fyrir velferð okkar og atvinnulíf. Þar erum við háð þróun efnahagslífsins og fjármálamarkaða úti í hinum stóra heimi en ekki síður er rík ástæða til endurmats á áherslum okkar og aðferðafræði við uppbyggingu atvinnulífsins og samfélagsins. Hvert fyrirtæki og stórverkefni byggir á áætlunum til lengri og skemmri tíma sem sýna hvernig tekjur standa straum af fjármagns- og rekstrarkostnaði og skila eigendum sínum hagnaði. Það sem er erfitt er að meta áhættuna og það sem er ennþá erfiðara er að lifa með þeirri staðreynd að öllum fjárfestingum fylgir áhætta, hversu vel sem að þeim er staðið. Orkufyrirtæki okkar hafa þangað til nú verið fjárhagslega sterk og notið mikils trausts á alþjóðlegum fjármálamörkuðum að hluta til í ljósi tengsla þeirra við almannahagsmuni og ríkissjóð, sem einnig hefur notið mikils trausts. Orkufyrirtækin hafa því hingað til getað fjármagnað sig með 100 % eignarhlut í virkjununum. Á sama tíma hafa orkufyrirtækin tekið töluverða áhættu, annars vegar vegna hugsanlegra vanefnda þeirra sem hafa tryggt langtíma orkukaupasamninga og hins vegar vegna hugsanlegra áfalla t.d. af völdum náttúruhamfara. Hætt er við að hugsanleg áföll hefðu ekki áhrif á orkufyrirtækið eingöngu heldur þjóðarbúið í heild sinni. Það getur því verið full ástæða til þess að annars vegar kanna nýja möguleika á fjármögnun og eignarhaldi nýrra virkjana og hins vegar að skilgreina upp á nýtt eftirlitshlutverk ríkisvaldsins við nýtingu auðlindanna m.t.t. efnahagslegs öryggis.

Á liðnu ári sáum við fram á mikil umsvif íslenskra fyrirtækja og sérfræðinga á sviði jarðhita og reyndar líka í virkjun vatnsafls. Það er ljóst að mörg þessara verkefna hafa fengið gjörsamlega breyttar forsendur vegna hruns banka og fjármálafyrirtækja sem voru bakhjarlar þeirra. Við megum hins vegar ekki láta það byrgja okkur sýn og afskrifa með algildum hætti möguleika okkar í þessum geira á alþjóðavettvangi. Ísland hefur yfirburðastöðu á þessu sviði, ekki vegna þess að við séum stærstir í jarðhitánýtingu heldur vegna þess að á síðustu árum hefur verið mikill vöxtur í greininni og margir nýir áfangar í jarðhitavirkjunum litið dagsins ljós. Jafnframt hyggja lönd eins og Bandaríkin, Ástralía, Indónesía og Japan á stórauðnar fjárfestingar í virkjun jarðhita til raforkuframleiðslu. Það eru því úti í hinum stóra heimi ærin verkefni á sviði jarðhitánýtingar og brýnt að við höldum til haga þeim víðtæku möguleikum sem enn eru fyrir sérfræðinga og sérhæfð fyrirtæki á þessu sviði.

Í ágúst 2008 var nýrri skipan komið á þannig að leyfisveitingar vegna rannsókna, auðlindánýtingar og orkuvinnslu eru nú í höndum Orkustofnunar en áður var Orkustofnun umsagnaraðili og ráðgjafi iðnaðarráðuneytisins vegna slíkra mála. Þetta leggur okkur nýjar skyldur á herðar sem við verðum að bregðast við, ekki einungis með því að styrkja okkur á sviði lögfræðinnar heldur á metnaður okkar að vera að ákvarðanir okkar séu byggðar á styrkum fræðilegum grunni og jafnframt að málsmeðferð okkar sé þannig að ekki skapist réttaróvissa um okkar gerðir.

Í janúar 2009 lauk undirbúningsvinnu við útboð leyfa vegna leitar og vinnslu jarðefnaeldsneytis á Drekasvæðinu. Þar hefur mikið brautryðjendastarf verið unnið, til lengri tíma af þeim sem hafa þróað og unnið með jarðfræðilegar undirstöður verkefnisins og nú síðustu ár með upplýsingagjöf, lagaramma og undirbúning útboðsferlisins og útboðsgagna.

Enn er unnið að Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma frá árinu 1999 í samræmi við framkvæmdaáætlun undir yfirskriftinni *Sjálfbær þróun í íslensku samfélagi*. Rammaáætlunin hefur verið umgjörð um stórt mengi rannsóknaverkefna sem hafa tengst verkefninu. Þannig hefur verulegur hluti rannsókna síðastliðinna ára á jarðfræði, og áhrifum virkjana á náttúrufar, lífríki og landnýtingu farið fram innan rammaáætlunar.

Árið 2008 var gott ár í sögu Orkustofnunar. Við tókumst á við ný og krefjandi verkefni eins og undirbúning olíuleitar og að taka við leyfisveitingum frá iðnaðarráðuneytinu. Að auki hafa orðið breytingar á innri starfsemi Orkustofnunar þar sem um áramótin sameinuðust Vatnamælingar og Veðurstofan í nýrri stofnun, Veðurstofu Íslands og þar með eru engar þjónusturannsóknir lengur seldar út frá Orkustofnun. Stofnunin getur þar með sinnt sínu stjórnsýsluhlutverki óháð og óbundin þeim sem hún á að fjalla um. Sérstök áhersla hefur verið lögð á að koma skýrslum og rannsóknargögnum frá fyrri árum á stafrænt form. Eins hefur verið unnið að nýjum vefsíðum og nýrri heimasíðu til þess að bæta og auka aðgengið að upplýsingum okkar og gögnum og bókasafn okkar er einstakt á sviði orku og auðlindamála. Sá hluti okkar sem er norðan heiða hefur unnið m.a. að umsjón með orkuspám, betri orkunýtingu, niðurgreiðslum á raforku til húshitunar, eingreiðslum til hitaveitna og Orkusjóði en jafnframt hafa þar verið unnar tillögur um samstarf við notendur með rafhitun um varanlega lækkaðan orkukostnað með varmadælum. Ásamt iðnaðarráðuneytinu og öðrum samstarfsaðilum höfum við stofnað til alþjóðlegs samstarfs um sjálfbæra nýtingu jarðvarma og vatnsorku, um tækniframfarir við jarðhitannýtingu, um sjálfbæran orkubúskap eyríkja, rafmagnsbílavæðingu og bindingu kolefnis í manngert eldsneyti svo dæmi séu nefnd.

Það er ljóst að við endurreisn efnahagslífsins og uppbyggingu nýrra atvinnutækifæra kemur nýting auðlinda landsins og kunnátta okkar á því sviði til með að hafa afgerandi þýðingu. Það getur hins vegar orðið bið á því að þær aðstæður skapist á ný að stórir orkukaupendur bíði í röðum eftir að við getum framleitt meiri orku. Við á Orkustofnun viljum vinna með öðrum í því skyni að skapa nýja og fjölbreytta kosti til orkunýtingar og útflutnings á hugviti í þágu atvinnusköpunar.

Guðni A. Jóhannesson

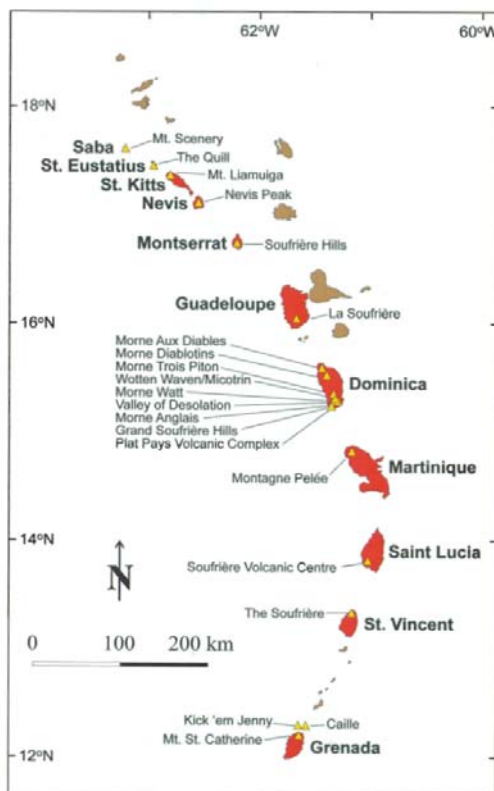
Nýting jarðhitaauðlinda á Karíbaeyjum

Jónas Ketilsson, jarðhitasérfræðingur á Orkustofnun

Að undanfögnu hefur verið lögð áhersla á að styrkja tengsl Íslands við smærri eyríki og samtök þeirra. Iðnaðarráðherra skrifaði þannig undir samstarfssamning við Bandaríkin og Nýja-Sjáland um þróun endurnýjanlegrar orkunotkunar eyríkja (EDIN) árið 2008. Eyríki eru að miklu leyti háð innfluttu jarðefnaeldsneyti til raforkuvinnslu og samgangna. Hlutverk samstarfsvettvangsins verður að vinna sameiginlega með eyríkjum og hliðstæðum svæðum í að auka stöðugleika í orkumálum og minnka þörf á jarðefnaeldsneyti með því að virkja innlenda og endurnýjanlega orkugjafa s.s. sólarorku, vindorku og jarðhita. Í ljósi þeirrar reynslu sem Íslendingar hafa af nýtingu jarðhita þá verður framlag Íslendinga til þessa samstarfs líklega ráðgjöf við nýtingu jarðhitaauðlinda á Litlu-Antillaeyjunum Dóminíku og Nevis í Karíbahafi sem er auk þess hluti af úttekt til handa Þróunarsamvinnustofnun. Aðstoð Orkustofnunar er á þessu stigi aðallega á sviði lagaumgjarðar og almennrar ráðgjafar á sviði jarðhitanytingar.

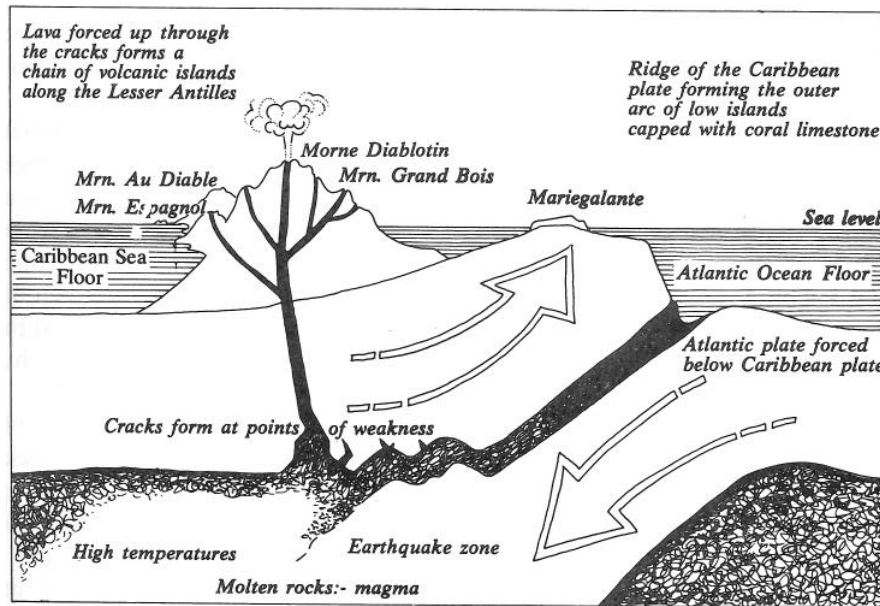
Í þessari samantekt verður stuttlega farið yfir helstu atriði málinu tengd. Í fyrsta kafla má finna umfjöllun um jarðfræðilega myndun og þróun Litlu-Antillaeyja. Í öðrum kafla er farið yfir sögu mannsins á eyjunum og þá sérstaklega Dóminíku og í þriðja og fjórða kafla er farið yfir stöðu orkumála á eyjunum Dóminíku og Nevis auk möguleika á nýtingu jarðhitaauðlinda á þessum eyjum til raforkuvinnslu.

1. Jarðsöguleg myndun og þróun Litlu-Antillaeyja



Mynd 1. Kort af Litlu Antillaeyjum. Rauðlitar eyjar mynda yngri eyjabogann og bær brúna bann eldri (Lindsav et al., 2005).

Litlu-Antillaeyjar mynda um 850 km langan eyjaboga frá Grenada í suðri til Sombrero í norðri (mynd 1). Myndun eyjanna má rekja til flekamóta Karíba- og Atlantshafsflækans en úthafsflékkinn sekkur og skríður undir Karíbaflekann sem er talinn vera myndaður úr 90 milljón ára gamalli, þykkri úthafsskorpu (Sinton et al., 1998). Atlantshafsflékkinn tekur að bráðna á 100-150 km dýpi og kvika myndast, aðallega andesít. Hún brýtur sér síðan leið upp í gegnum Karíbaflekann og storknar þar sem djúpberg eða nær til yfirborðs. Litlu-Antillaeyjarnar eru þó myndaðar af tveimur eyjabogum, þar sem sá ytri er mun eldri og veðraðri, en sá yngri enn eldvirkur (mynd 2). Angvilla, Sankti Barts, Barbúda, Antígva, austari hluti Gvadelúp, Mariagalante og syðri hluti Martiník tilheyra eldri og ytri eyjaboganum. Þó að eldsumbrot hafi fært sig vestar þá héldu útræn öfl áfram að móta landslagið á eldri eyjunum. Vatnsföll og vindar hafa rofið fjöllin niður þannig að eyjarnar bera þess ekki merki í dag að vera gamlar eldfjallaeyjur. Kalkmyndanir hafa svo lagst á berglögin í milljónir ára (Honychurch, 1995).



Mynd 2. Flekamót Karíba- (til vinstri) og Atlantshafsflökans (til hægri) í gegnum Dóminíku sem tilheyrir yngri eyjaboganum og Maríagalante sem tilheyrir þeim eldri (Lindsay et al., 2005).

Innan Litlu-Antillaeyja er að finna 21 eldstöðvakerfi á ellefu eyjum. Á flestum eyjanna er eitt eldfjall að finna og á það við Saba, Statía, Nevis, Montserrat, Gvadelúp og Sankti Vinsent. Á hinum eyjunum er jarðfræðin mun flóknari eins og á Dóminíku þar sem finna má níu eldfjöll. Á Litlu-Antillaeyjum hafa 34 eldsumbrot verið skráð frá upphafi 16. aldar þar af 21 frá upphafi síðustu aldar. Þekktast þeirra er vafalaust eldsumbrotin við eldfjallið Pelée á eyjunni Martiník frá 1902-1907 sem olli dauða 30 þúsund einstaklinga og eyðingu bæjarins Sankti Píere. Gufugos átti sér stað á Gvadelúp 1956 og 1976-1977 og á Dóminíku 1997. Neðansjávareldfjallið Kick'em Jenny, norðan af Grenada, hefur gosið tólf sinnum. Eldhræringar með hléum hafa svo skekið eyjaskeggja við rætur eldkeilunnar á Montserrat frá 1995 (Lindsay et al. 2005).

Innan gosbeltisins er hægt að afmarka einstök eldstöðvakerfi bergfræðilega, þ.e. eftir efnasamsetningu og eiginleika gosefna. Þannig hefur aðallega gosið upp andesíti (52-65% SiO_2) og dasíti (>65% SiO_2) frá Saba til Sankti Lúsíu. Kvikan verður þannig seigari eftir því sem magn kísilsýru er herra og á þá til að hrúgast yfir gosrás heldur en að flæða í burtu líkt og þunnfljótandi basalthraun. Háð m.a. gasinnihaldi geta átt sér stað sprengigos; með myndun gosmökks og tilheyrandi gjóskuflóði eða flæðigos; með myndun t.d. dyngju. Gjósi oft í sömu eldstöð, hlaðast upp há fjöll sem venjulega eru gerð úr hraun- og gjóskulögum á víxl. Flest eldfjöll á þessum hluta eyjabogans eru af þeirri gerð og nefnast eldkeilur. Eldkeilur eru með um 30° halla við toppinn og 5° við rætur. Á syðsta hluta Litlu-Antillaeyja, þ.e. frá Sankti Vinsent til Grenada, hefur aðallega komið upp basískt berg (<52% SiO_2). Þar má finna auk eldkeilna, sprengigíga og hraunbreiður. Þó að algengustu eldsumbrotin séu flæðigos með meðalstórum sprengigosum öðru hvoru þá hafa átt sér stað ofsafengnir atburðir í jarðsögu þessa svæðis. Ber þar að nefna stór þeytigos á Dóminíku og Sankti Lúsíu frá 20.000 til 40.000 árum síðan. Hegðun slíkra eldgosa er á þann veg að sprenging verður við og við sem þeytir eldleðju upp úr gosopi og gushlaup hleypur niður. Gjóskulögin sem við þetta myndast kallast flikrubergr (ignimbrit) og má finna slík jarðlög á báðum eyjunum í dag.

2. Saga mannsins á Karíbaeyjum

Talið er að landkönnuðir frá Suður-Ameríku hafi fyrst komið til Litlu-Antillaeyja 5000 árum fyrir Kristsburð. Margir ættbálkar ríktu á eyjunum og komu sumir þeirra frá Norður-Ameríku. Í sagnfræðiriti um Dóminíku eftir Honychurch (1995) má finna frekari lýsingu á sögu frumbyggja Karíbaeyja. Honychurch segir frá hinum herskáa ættbálki Kalínagóa sem átti í stríði við friðsamari ættbálka að norðan um yfirráð yfir Karíbaeyjum þegar Evrópumenn komu til Ameríku. Þessi ættbálkur reyndist Evrópubúum erfiður viðureignar (Honychurch, 1995).

Þegar Kristófer Kólumbus lagði af stað í vesturátt yfir Atlantshafið árið 1492, ætlaði hann sér að fara til Indlands. Hann hafði þá ekki hugmynd um að Ameríka væri yfir höfuð til og hélt að hann væri kominn til Asíu. Þess vegna kallaði hann íbúana Indíána og eyjaboga Karíbaeyja Vestur-Indíur þegar hann kom að landi á Bahamaeyjum í Karíbahafi, fyrstur Evrópumanna. Ameríkuferðir Kólumbusar urðu alls fjórar. Með þeim tengdust saman tveir heimar og grunnur var lagður að útrás Evrópumanna til vesturs. Í annarri för Kólumbusar til Ameríku kom hann fyrst að landi á Dóminíku á sunnudegi og nefndi eyjuna eftir deginum (*sp. Domingo*) (Honychurch, 1995). Stóru-Antillaeyjar (s.s. Púerto Rico og Kúba) voru þéttbýlar þegar Spánverjar lögðu þær undir sig, en síðan lá við að heimamenn yrðu þar aldauða. Indíánar voru nú svo gott sem horfnir innan fárra áratuga á Stóru-Antillaeyjum. Á 16. öld varð þróunin þó sú, á spænsku nýlendunum í Karíbahafi, að þær sem áður voru þungamiðja nýlenduvelðisins máttu nú kallast hornrekur. Athygli Spánverja beindist þá að Mexíkó og Perú. Öll hagræn og pólitísk skipulagning snerist um framleiðslu silfurs og flutning þess til Spánar. Eyjarnar sjálfar voru því taldar skipta minna máli, þó að sykurreyr og ýmis annar varningur hafi verið unnin á plantekrum Karíbaeyja eins og kaffi, krydd, súkkulaði og tóbak. Spánverjar framfylgdu þó kröfum sínum um einokun á eyjunum af mestri hörku. Hvert það skip sem ekki var spænskt og leitaði hafnar á Vestur-Indíum hafði framið lögbrot. Gera mátti skip og farm þess upptæk og áhöfnin var dæmd til dauða sem sjóræningjar. Vestur-Indíur urðu þannig freistingin mikla fyrir t.d. ævintýragjarna Breta og Frakka. Sögusagnir um Astekagull, m.a. í hellum Dóminíku, lögðu grundvöll að mörgum ferðum sævíkinga um eyjarnar sem hafa veitt mörgum rithöfundinum innblástur í gegnum tíðina. Við hafnarborgir á Karíbaeyjum söfnuðust svo saman spænsk skip sem sigla skyldu heim til Sevilla. Svartir þrælar frá Afríku urðu með tímanum þorri íbúanna á eyjunum (Jóhannesson, 1986).

Í fyrstu ferð Kólumbusar sögðu hinir friðsömu frumbyggjar Bahamaeyja, Taínóar, þeim frá hinum grimmu Caniba eða Kalínagóum sem réðust á menn og átu til þess að sölsa undir sig Karíbaeyjar. Þegar Spánverjar hittu Kalínagóa fyrst nokkru síðar nefndu þeir þá Caribs. Spánverjar fundu mannabein í húsakynnum Kalínagóa á eyjunni Gvadelúp og felldu þá þann áfellsdóm yfir Kalínagóum að þeir væru mannætur og því réttdræpir. Sögusagnir um þessa frumbyggja sem nefndir voru Cannibal í daglegu tali bárust fljótt til Evrópu og þó að í reynd hafi ekki reynst neinn fótur fyrir þeirri fullyrðingu, þá notuðu Spánverjar þessa gróusögu til þess að réttlæta þjóðarhreinsanir á eyjunum. Það reyndist þeim þó erfiðara verk en þeir bjuggust við og Kalínagóar náðu að lifa heimsveldi Spánverja af m.a. í skógivöxnum og bröttum hlíðum Dóminíku og nokkrum öðrum eyjum í kring, ólíkt mörgum öðrum ættbálkum á Karíbaeyjum. Eftir fall spænska heimsveldisins juku Bretar, Frakkar og Hollendingar umsvif sín í Karíbahafi. Umræður um rétt innfæddra hvarf svo á endanum í skuggann á rétti Evrópuþjóða innbyrðis til yfirráða á svæðinu. Í dag eru t.d. eyjarnar Martiník og Gvadelúp hluti af Frakklandi á meðan aðrar hafa öðlast sjálfstæði frá Evrópuríkjum, eins og Dóminíka. Sökum þessa þá er verulegur munur á velmegun milli einstakra ríkja í Karíbahafi (Honychurch, 1995).

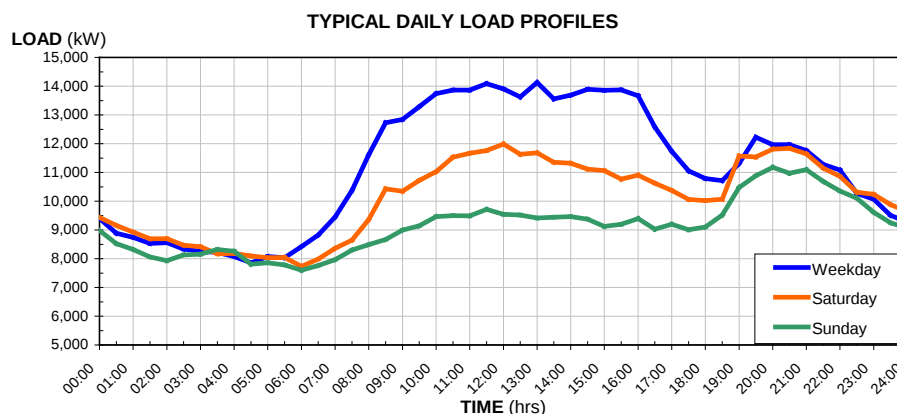
3. Dóminíka

Samveldið Dóminíka er 751 km² að stærð með 71.180 íbúa (árið 2007) og þar af búa um 3.000 á höfuðborgarsvæðinu, Roseau. Dóminíka öðlaðist sjálfstæði frá Bretum árið 1978. Flestir tala því ensku á eyjunni þó áhrifa frá frönsku eyjunum gæti en eyjan er mitt á milli tveggja franskra yfirráðasvæða; Gvadelúp í norðri og Martíník í suðri. Árið 2007 nam verg landsframleiðsla 687 milljón dólum ef byggt er á kaupmáttarjöfnuði eða 9.582 dalir á mann og árið 2001 var atvinnuleysi 11,6%. Þingræði er sú stjórnskipunarregla sem er á Dóminíku. Eyjan er þekkt fyrir mikla óspillta náttúrufegurð, regnskóga og sjaldgæfar jurtir og fugla. Efnahagur landsins byggir að miklu leyti á ferðaþjónustu. Helstu útflutningsvörur eru ýmsar landbúnaðarafurðir, drykkjarvatn og timbur (Ali, 2009).

3.1 Orkunotkun á Dóminíku og nærliggjandi eyja

Orkunotkun á Dóminíku er óveruleg á hvern íbúa eða 1,2 MWh sem er um 20% af meðalraforkunotkun á íbúa í Bretlandi. Ef tekið er tillit til þurrkatíma dugar að öllum líkindum 15 MW jarðvarmavirkjun fyrir heimamarkaðinn með um 50% meðalálág. Líklegt má þó telja að raforkunotkun muni aukast með lækkun raforkuverðs. Á eyjunni er uppsett afl vatnsaflsvirkjana 6,4 MW og olíukyntra rafstöðva 16 MW. Þar sem eiginleg lónstæði eru ekki til staðar þá er eingöngu um rennslisvirkjanir að ræða. Hámarksálág náði 14,5 MW í júní 2007 en sjá má á mynd 3 hefðbundna álagsferla á landsneti Dóminíku. Árið 2007 nam raforkuvinnsla á eyjunni 86,4 GWh, þar af 25% frá vatnsaflsvirkjunum. Við skoðun á raforkunotkun ársins 2007 kemur í ljós að 47% fer til almennings, 40% til þjónustu, 8% til iðnaðar, 3% til hótela og 2% til götulýsingar. Olíukynntu rafstöðvarnar eru heldur gamlar með lágum nýtingarstuðli og eyða því meiri olíu en ella. Töþ í kerfinu námu 17,3% árið 2005 og 14,1% 2007, sem er umtalsvert hærra en á Íslandi (5,2%). Straumleysisklukkustundir (SAIDI) voru 82 árið 2007 sem er margfalt meira en hér á landi (~1 klst á landsvísi). Á Dóminíku er 11 kV dreifikerfi. Raforkuverð er hátt á Dóminíku, afstætt við aðrar Karíbaeyjar. Ástæða þess er eflaust óhagkvæmar rafstöðvar og hár rekstrarkostnaður auk þess má leiða að því líkur að ástæða tapa í kerfinu sé óskráð sala raforku. Domlec er í einkaeigu og á og rekur landsnet Dóminíku. Það starfar samkvæmt raforkulögum frá árinu 2006. Samkvæmt raforkulögum fer stofnunin IRC (Independent Regulatory Commission) með eftirlitshlutverk af hálfu ríkisins og ber að tryggja afhendingaröryggi raforku til lengri tíma (Domlec, 2007).

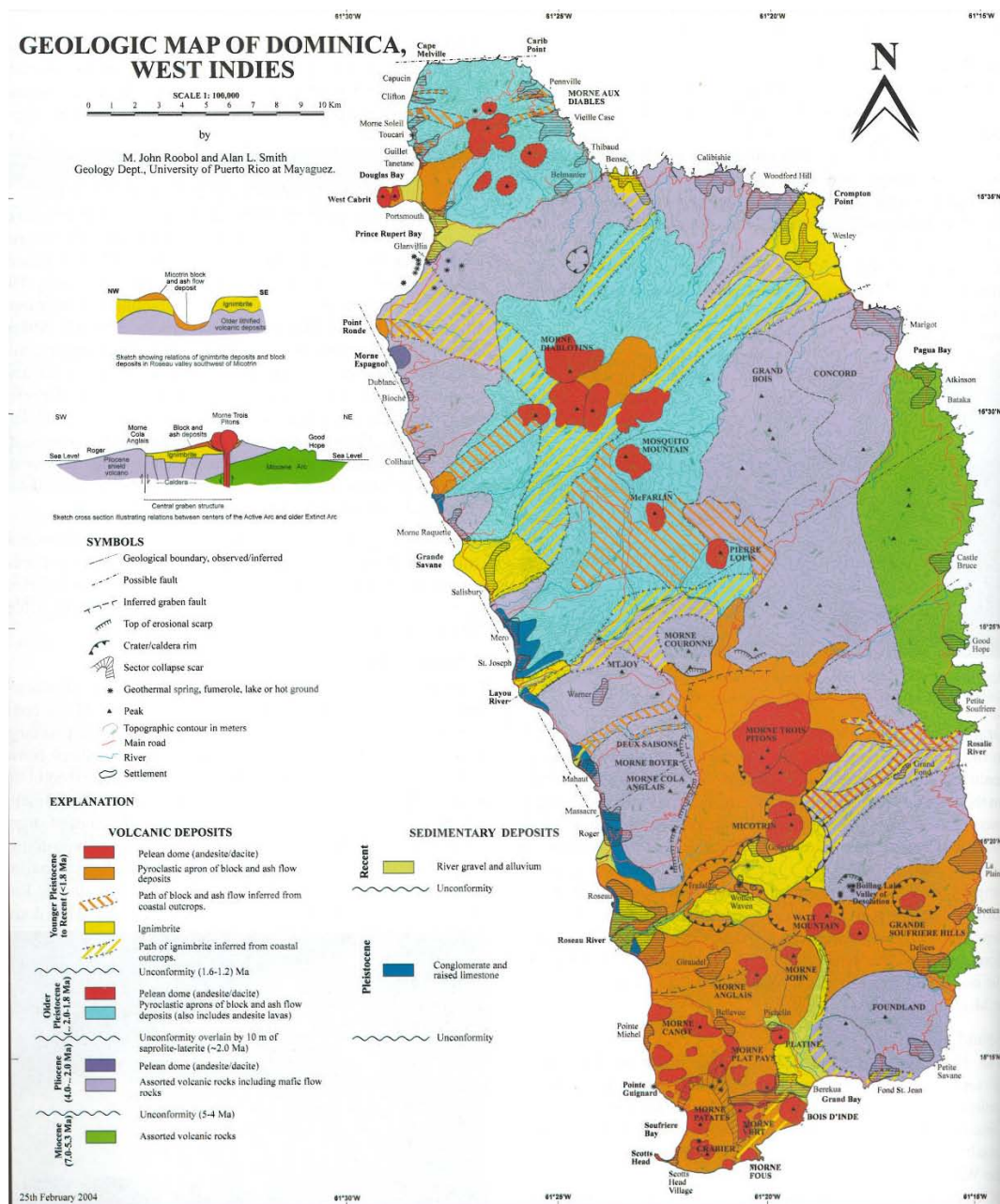
Uppsett afl á Gvadelúp er 440 MW og á Martíník 420 MW sem að stærstum hluta kemur frá olíukynntum rafstöðvum. Það er því íhugunarvert að með lagningu 50 km 132 kV sæstrengs til sitthvorrar eyjunnar sé e.t.v. hægt að selja raforku til almennings á hagstæðari kjörum en bjóðast í dag og þar með draga sömuleiðis úr losun gróðurhúsalofttegunda.



Mynd 3. Hefðbundinn álagsferill á landsnet Dóminíku (Domlec).

3.2 Jarðfræði Dóminíku

Ólíkt öðrum eyjum Litlu-Antillaeyja þá hefur Dóminíka ekki einungis eina virka eldstöð heldur níu sem gerir svæðið ansi margslungið jarðsögulega. Síðasta flæðigos átti sér stað fyrir um 500 árum síðan við Monte Plat Pays í suðurhluta Dóminíku. Gufugos átti sér stað árið 1880 og 1997 í Valley of Desolation (sjá mynd 4). Jarðkjálftavirkni er talsverð á eyjunni og bendir allt til þess að undir henni sé virk kvikuþró og því talsverðar líkur á eldgosi á þessari öld. Á Dóminíku er erfitt að finna flatlendi þar sem hvergi má finna flatlendi yfir 1 km² að stærð. Á eyjunni má sömuleiðis finna tvö hæstu fjöllin í eyjaboganum, Morne Diablotins (1.421 m) og Morne Trois Pitons (1394 m). Afrennsli regnvatns er verulegt og með því hæsta sem gerist á jörðinni. Í samantekt Lindsay et al. (2005) má finna nánari umfjöllun um jarðfræði Dóminíku. Þar er saga einstakra eldstöðva lýst. Þar að auki má þar finna gróft yfirlit yfir jarðhitasvæði á eyjunni ásamt skjálftavirkni undanfarin ár.



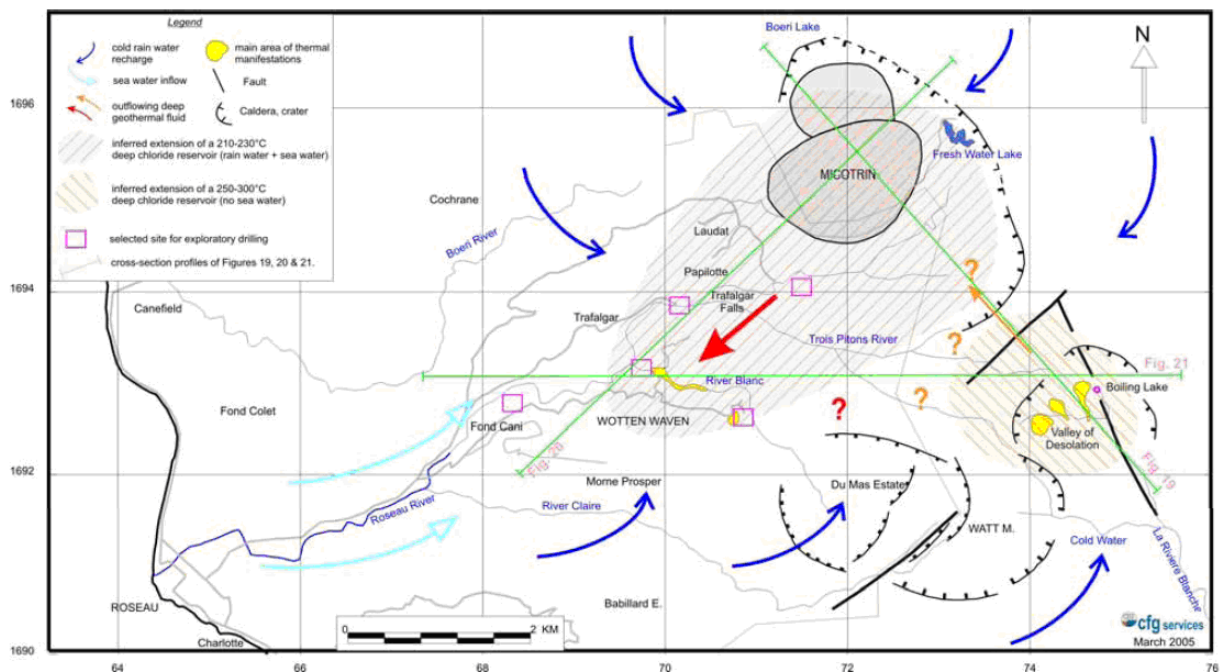
Mynd 4: Jarðfræðikort af Dóminíku (Lindsay et al., 2005)

3.3 Fyrirhuguð nýting jarðhitaauðlinda

Á árinu 2008 var rannsóknarleyfum úthlutað til handa CFG (f. *Cie Française de Géothermie*) dótturfyrirtæki Jarðfræðistofnunar Frakklands BRGM á Wotten Waven svæðinu. Öðru rannsóknarleyfi var svo úthlutað til handa einkaaðilanum West Indies Power (WIP) á Galion Soufrière svæðinu, á suðurhluta eyjunnar.

CFG ráðgerir að reisa allt að 100 MW jarðvarmavirkjun á Wotten Waven svæðinu með tilheyrandi lagningu 50 km sæstrengs til bæði Gvadelúp og Martiník (sjá mynd 5). Verkís hefur veitt CFG ráðgjöf við forhönnun virkjunarinnar. Nú er svo komið að CFG hefur ákveðið að ráðast í 5 miljón evru forrannsóknir á svæðinu. Svokallaður ráðgjafahópur verkefnisstjórnar ráðherra mun stýra forrannsóknunum en sú vinna er nú í formlegu útboði. Þar á meðal er Mannvit einn af fjórum kandiðötum. Markmið ráðgjafahópsins er að leggja mat á auðlindina, stýra borunum og útboðum á þeim, semja lagaumhverfi jarðhitánýtingar og vera verkefnisstjórn og ráðherra innan handar. Þessi verkliður er metinn upp á hálfa miljón evra. Frekari útboð munu svo eiga sér stað á næstu misserum tengd þessu stóra verkefni.

WIP ráðgerir að reisa allt að 15 MW jarðvarmavirkjun á Soufrière svæðinu til þess að anna heimamarkaði. Niðurstöður forrannsókna liggja ekki fyrir en WIP gerir þó ráð fyrir að bora allt að 1 km djúpa hitastigulsholu á þessu ári.



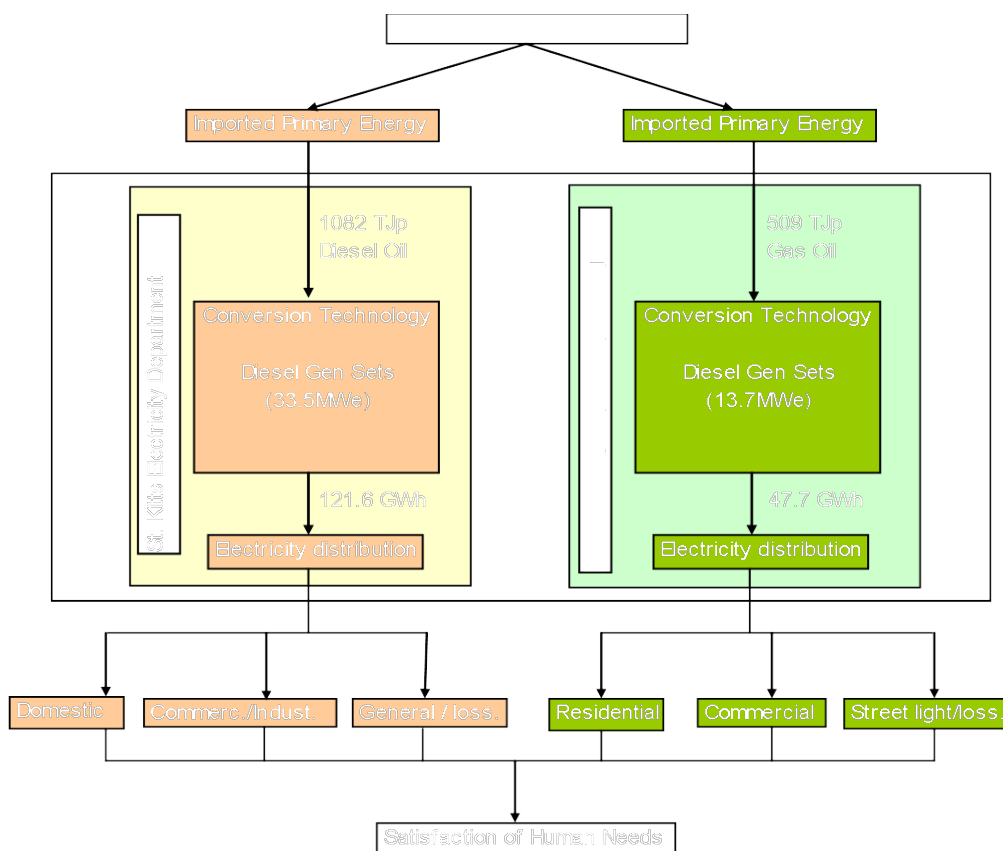
Mynd 5. Hugmyndalíkan af wotten waven svæðinu sem gerir ráð fyrir tveimur jarðhitakerfum. öðru með söltum jarðhitavökva við micotrin en hinu við valley of desolation. hugsanleg staðsetning rannsóknarborana er merkt með spurningamerki á kortið (lasne og traineau, 2005).

4. Nevis

Sambandsríkið Sankti Kristófer og Nevis er tveggja eyja eyríki. Þessar fyrrum bresku nýlendur öðluðust sjálfstæði 1983. Mannfjöldi sambandsríkisins er liðlega 40 þúsund en þar af býr rúmur fjórðungur á eyjunni Nevis, 3 km suðaustur af stærri eyjunni. Flatarmál sambandsríkisins er 261 km² og þar af er Nevis 93 km². Árið 2007 nam verg landsframleiðsla 720 miljón dólum ef byggt er á kaupmáttarjöfnuði eða 13.873 dalir á mann. Þingbundin konungsstjórn er sú stjórnskipunarregla sem er við líði í sambandsríkinu. Alríkisstjórnin er staðsett í höfuðborginni, Basseterre á Sankti Kristófer. Nevis hefur svo þrjá af ellefu kjörnum fulltrúum alríkisstjórnar. Nevis hefur auk þess sína eigin ríkisstjórn og sitt eigið þing með löggjafarvald. Samkvæmt stjórnarskrá Nevis getur eyjan slitið sig frá sambandi með 2/3 hluta atkvæða íbúa eyjarinnar.

4.1 Orkunotkun á Nevis og Sankti Kristófer

Að öllum líkindum myndi 10 MW jarðvarmavirkjun duga til að anna heimamarkaðnum á Nevis en orkunotkun á Nevis er umtalsvert meiri en á Dóminíku ef miðað er við höfðatölu. Uppsett afl er 13,9 MW með átta olíukynntum rafstöðvum. Raforkuvinnsla árið 2007 var í kringum 52 GWh og meðalálág 74% á kerfið. Raforkunotkun hefur aukist talsvert milli ára síðustu árin. Sjá má fyrirkomulag raforkuvinnslu í sambandsríkinu á mynd 6. Nevlec er í ríkiseigu og á og rekur 11 kV dreifikerfi (Nevlec).



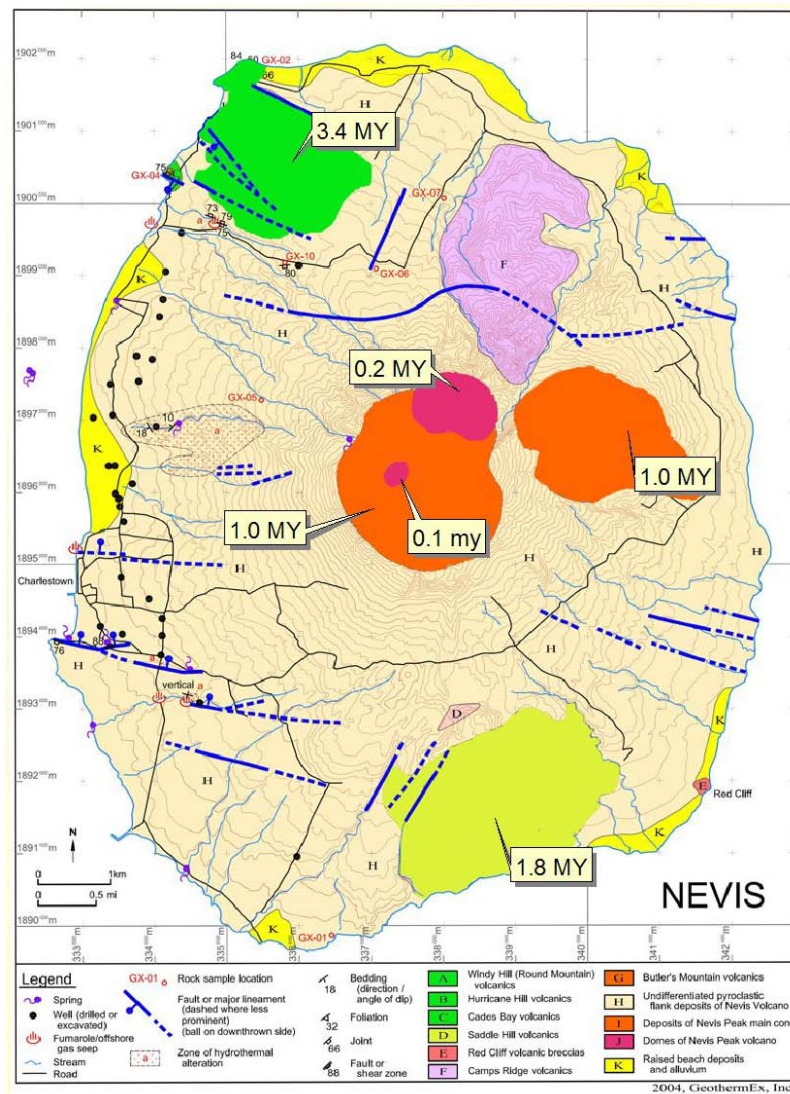
Mynd 6. Fyrirkomulag raforkuvinnslu í sambandsríkinu árið 2004 (Nevlec).

4.2 Jarðfræði Nevis

Nevis er í rauninni efsti hluti eldkeilu sem rís hæst í Nevis Peak (985 m). Fyrir nokkrum áratugum síðan áttu sér stað öflugir jarðskjálftar, þó ekki hafi gosið úr eldkeilunni í um 100.000 ár. Á suður og vesturhlíð eyjarinnar má finna ýmis merki jarðhita á yfirborðinu eins og leirhverir og gufuaugu. Í Lindsay et al. (2005) má finna nánari samantekt um myndun og þróun eyjunnar en á mynd 7 má sjá jarðfræðikort sem byggir á samantekt Lindsay og GeothermEx, með síðari breytingum eftir LaFleur et al. (2007).

4.3 Fyrirhuguð nýting jarðhitauðlinda

Framkvæmdaraðilanum West Indies Power (WIP) var úthlutað rannsóknarleyfi 2007 á eyjunni. Eftir frekari yfirborðsrannsóknir sem byggðu á forrannsóknum sem Samtök Ameríkuríkja styrku árið 2004 og 2005 var lagt í hitastigulsboranir. Þrjár holur voru boraðar og sú fyrsta staðfesti 250°C vinnsluhæfan vökva á um 1 km dýpi á Spring Hill. WIP ráðgerir að bora vinnsluholur á næstunni á því svæði og reisa í fyrsta áfanga 10 MW jarðvarmavirkjun til þess að anna heimamarkaðinum. Annar áfangi verður þá hugsanlega að reisa allt að 25 MW jarðvarmavirkjun fyrir Sankti Kristófer ásamt lagningu sæstrengs.



Mynd 7. Jarðfræðikort af Nevis (LaFleur et al., 2007).

Lokaorð

Eyríki eru að miklu leyti háð innfluttu jarðefnaeldsneyti til raforkuvinnslu og samgangna. Með jarðvarmavirkjunum má auka stöðugleika í orkumálum eyjanna og minnka þannig þörf á jarðefnaeldsneyti og þar af leiðandi draga verulega úr losun gróðurhúsalofttegunda með því að virkja græna innlenda og endurnýjanlega orkugjafa. Forrannsóknir hafa sýnt fram á talsverðar líkur á vinnsluhæfum jarðhitavökva til raforkuvinnslu á nokkrum eyjum Karíbahafsins. Ef vel er haldið á spöðum þá mun að öllum líkindum rísa jarðvarmavirkjun á þessu svæði innan fárra ára með áreiðanlegri vinnslu raforku til langframa.

Heimildaskrá

Ali, A. (2009), *Dominica: Nature Island of the Caribbean*, Hansib Publications, United Kingdom. ISBN 978-1-906190-25-5.

Domlec (2007), *Domlec Annual Report: 2007*, Coles Printery Ltd., Barbados.

Honychurch, L. (1995) *The Dominica Story: A History of the Island*, Macmillan Education, Oxford, ISBN 978-0-333-62776-1.

Jóhannesson, S. (1986), *Saga Mannkyns, Ritroð AB, 9. bindi: Markaður og menningarheimar 1500-1750*. Almenna Bókafélagið, Reykjavík.

Lafleur, J. And Hoag. R. (2007), *Exploration for Geothermal Resources: Nevis. Geological and Geochemical Evaluation*, Rep., Bear Rock Consulting Inc.

Lasne, H., Traineau, H. (2005), *Field Report on geothermal exploration in Wotten Waven, Dominica*. Rep. 05 CFG Services 14, CFG Services, Orleans.

Lindsay, J.M., Robertson, R.E.A., Shepard, J.B., and Ali, S. (2005), *Volcanic Hazard Atlas of the Lesser Antilles*, The University of the West Indies, Seismic Research Unit, Trinidad and Tobago, ISBN 976-95142-0-9.

Sinton, C.W., Duncan, R.A., Storey, M., Lewis, J. and Estrada, J.J. (1998), "An oceanic flood basalt province within the Caribbean plate, " *Earth and Planetary Science Letters*, **155**, 221-235.

Olíuleit á Drekasvæði

Pórarinn Sveinn Arnarson, verkefnisstjóri olíuleitar á Orkustofnun

Inngangur

Mikið starf var unnið á árinu við undirbúning fyrir fyrsta útboð á sérleyfum til rannsókna og vinnslu á íslensku hafsvæði, nánar tiltekið á norðurhluta Drekasvæðisins (sjá mynd 1). Stefnit var að því að útboðið hæfist 15. janúar 2009, en endanleg dagsetning á upphafi þess var 22. janúar 2009, en þá var það opnað formlega af iðnaðarráðherra, Össuri Skarphéðinssyni. Umsóknarfrestur er til 15. maí n.k. Undirbúningurinn skiptist í þrjá meginþætti: lagalegan undirbúning, almennan undirbúning leyfisveitinga og kynningarmál. Í erindinu mun ég stikla á stóru yfir það helsta sem gert var í hverjum af þessum vinnuþáttum, ásamt því að fjalla um hvað er á döfinni núna og hvað má búast við að gerist á næstunni og til lengri tíma í tengslum við olíuleitina.

Lagaumhverfi

Lagt var fram frumvarp að breytingum á kolvetnislögunum nr. 13/2001 ásamt ýmsum breytingum á umhverfislöggjöf tengdri slíkri starfsemi á haustþingi og var það samþykkt 22. desember, en þennan sama dag voru lög um skattlagningu kolvetnisvinnslu samþykkt. Unnið var að reglugerð sem byggði á kolvetnislögunum, ásamt tengdum reglum Orkustofnunar og reglugerð um mennta- og rannsóknasjóð, s.k. kolvetnisrannsóknasjóð. Einnig var útbúin fyrirmynd að sérleyfi til rannsókna og vinnslu á kolvetni.

Kolvetnislögin gera ráð fyrir tveimur tegundum leyfa, annars vegar almennum leitarleyfum, og hins vegar sérleyfum til rannsóknar og vinnslu. Almenn leitarleyfi gilda að hámarki í þrjú ár. Rannsóknarleyfin gilda til 12 ára, með möguleika á framlengingu til fjögurra ára til viðbótar. Þegar rannsóknarleyfishafi hefur uppfyllt öll skilyrði sem voru gefin í rannsóknarleyfinu, hefur hann forgangsrétt á framlengingu leyfisins til vinnslu kolvetnis í allt að 30 ár.

Orkustofnun mun annast samskipti við olíuleitaraðila, en jafnframt hefur stofnunin greiðan aðgang að fulltrúum annarra ríkisstofnana í samráðshóp eftirlitsaðila vegna leitar, rannsókna og vinnslu kolvetnis við Ísland. Samráðshópurinn er skipaður 11 fulltrúum frá Brunamálastofnun, Flugmálastjórn Íslands, Geislavörnum ríkisins, Hafrannsóknastofnuninni, Landhelgisgæslu Íslands, Náttúrufræðistofnun Íslands, Orkustofnun, Siglingastofnun Íslands, Skipulagsstofnun, Umhverfisstofnun og Vinnueftirliti ríkisins.

Jan Mayen samkomulagið

Þjóðréttarlegur grunnur var lagður að nýtingu hugsanlegra olíuauðlinda á Jan Mayen-svæðinu með samkomulagi við Noreg 1981 þar sem landgrunnsmörk voru ákvörðuð og sameiginlegt nýtingarsvæði var skilgreint beggja vegna efnahagslögsögumarkanna (sjá mynd 2). Auk réttar til nýtingar á 75% af olíulindum á eigin hluta samnýtingarsvæðisins, veitir samkomulagið hvoru landi um sig rétt til 25% hlutdeildar í olíuvinnslu á þeim hluta svæðisins sem liggur innan lögsögumarka hins landsins. Í nóvember 2008 var undirritað samkomulag

milli Íslands og Noregs um einingarnýtingu á lögsögumörkum og bókun um útfærslu á hlutdeild í leyfum á Jan Mayen samningssvæðinu.

Leyfisveitingar

Þegar hafa verið veitt þrjú leyfi til leitar að olíu byggð á kolvetnislögunum. Norska fyrirtækið InSeis (nú Wavefield Inseis) hlaut þriggja ára leitarleyfi á norðurhluta Drekasvæðisins frá 19. júlí 2001. TGS-NOPEC hlaut eins mánaðar leitarleyfi frá 24. apríl 2002 aðeins sunnar á Jan Mayen hryggnum. Wavefield-Inseis fékk síðan nýtt þriggja ára leitarleyfi á norðurhluta Drekasvæðisins frá 13. júní 2008. Fyrirtækin framkvæmdu hljóðendurvarpsmælingar á leyfistímanum og eru gögnin til sölu. Í samræmi við leyfiskilmála þá fær Orkustofnun afrit af gögnunum til varðveislu og eigin nota, og eru þau trúnaðarmál í 10 ár frá lokum þess árs þegar gagnanna var aflað.

Gögn frá svæðinu

Þegar leitað er að olíu er ætíð byrjað á að athuga vænleg svæði í smáatriðum með aðstoð jarðeðlisfræðilegra mælitækja áður en að rannsóknarborunum kemur. Ástæðan er sú að borun rannsóknarborhola er mjög kostnaðarsöm, en líkurnar á að vel takist til má auka umtalsvert með slíkum mælingum, þar sem kostnaður er stærðarþrepi lægri. Samt sem áður geta jarðeðlisfræðilegar mælingar yfirleitt ekki sýnt fram á tilvist olíu eða gass, heldur er aðeins um missterkar vísbendingar að ræða, sem geta jafnvel átt sér aðrar skýringar. Á grundvelli mælinganna er búið til jarðfræðilegt líkan af viðkomandi svæði, þar sem reynt er að endurskapa myndunarsögu þess og skýra þau ferli, sem leitt gætu til myndunar og geymslu á olíu eða gasi. Mikilvægustu gögnin fyrir líkangerðina, áður en að borunum kemur, koma frá hljóðendurvarpsmælingum.

Auk mælinganna sem voru gerðar samkvæmt leitarleyfum undir skilmálum kolvetnislaganna og voru taldar upp hér að ofan, má nefna að það voru gerðar viðamiklar hljóðendurvarpsmælingar árin 1985 og 1988 á Jan Mayen hryggnum í samvinnu milli Orkustofnunar og norsku olíustofnunarinnar. Ópið aðgengi er að gögnunum og afhendir Orkustofnun þau þeim sem óska þeirra gegn greiðslu á umsýslugjaldi. Fyrirtækið Spectrum endurvann gögnin frá 1985 og 1988 með mjög góðum árangri. Við endurvinnsluna má segja að upplausn gagnanna hafi aukist töluvert, þau urðu skýrari og t.d. sést meira undir hraunalög og misgengi eru greinilegri. Spectrum hefur nýju útgáfuna af gögnunum til sölu.

Boraðar voru nokkrar grunnar rannsóknarholur á vegum hins alþjóðlega djúphafsborunarverkefnis (DSDP) árið 1974. Þessar holur náðu ekki nægilega djúpt til að komast niður í jarðlög þar sem möguleiki væri á að finna olíu eða gas.

Hafrannsóknastofnunin gerði fjölgeisladyptarmælingar á Drekasvæðinu í júní. Mælingarnar tókust vel og náðist að mæla yfir 10 þúsund ferkílómetra. Orkustofnun, í samvinnu við Hafrannsóknastofnunina, afhendir gögnin þeim sem biðja um þau.

Orkustofnun styrkti nemandaverkefni við HÍ þar sem leitað var að olíuslikju á yfirborði hafsins á Drekasvæðinu. Í verkefninu var stuðst við ratsjármyndir frá gervihnöttum. Orkustofnun gaf út skýrslu um niðurstöðurnar sem er aðgengileg á heimasíðu stofnunarinnar. Öllum gögnum sem eru til fyrir norðurhluta Drekasvæðisins var safnað saman í samstarfi við ÍSOR, gert yfirlit yfir þau og valin atriði útbúin þannig að hægt væri að birta þau í

Landgrunnsvefsjá (www.landgrunnsvefsja.is). Einnig var unnið að endurskoðun á auðlindamati fyrir svæðið.

Olíumöguleikar á Drekasvæðinu

Þar sem ekki hafa verið boraðar nægilega djúpar holur á Drekasvæðinu þá byggir mat á olíumöguleikum þar m.a. á jarðfræðilegum skyldleika Jan Mayen hryggjarins við setlagatrog á austur Grænlandi, landgrunn vestur-Noregs og landgrunn Hjaltslands og Færeyja. Vitað er að olía hefur myndast á austur Grænlandi og á hinum svæðunum hefur hún þegar fundist í vinnanlegu magni, nema við Færeyjar; þar hefur olía fundist, en enn ekki í nægilega miklu magni.

Nýlegar niðurstöður úr rannsókn fyrirtækisins Fugro-NPA á ratsjármyndum frá gervihnöttum benda til þess mögulegt sé að olíuleiki til yfirborðs eigi sér stað á Drekasvæðinu sem styrkir líkurnar á því að á svæðinu sé olía að finna.

Það mun þurfa að yfirvinna þó nokkra tæknilega örðugleika ef olía finnst í vinnanlegu magni á Drekasvæðinu. Hafdýpið er töluvert (800 til 2000 m) en það er leysanlegt með nútíma tækni. Hitastig sjávarins þarna í djúpinu er nálægt -1 °C sem getur leitt til útfellinga á gashýdrötum og valdið vandræðum. Fjarlægðin frá landi er mikil og yrði hún ekki síst til trafala ef um gas er að ræða. Þá myndi þurfa að leggja leiðslu til lands og þyrftu gaslindirnar að vera mjög stórar til að slík framkvæmd borgaði sig.

Kynningarmál

Áætlað útboð sérleyfa var kynnt á ýmsan hátt á árinu. Útboðið var kynnt á sýningu á vegum samtaka bandarískra olíujarðfræðinga (AAPG) í London í mars 2008. Þetta var í fyrsta skipti sem margir ráðstefnugestanna höfðu heyrt á Ísland minnst í þessu samhengi og má segja að íslenski básinn hafi vakið töluverða athygli. Dreifibréf voru send til skipuleggjenda olíuleitar hjá fjölda olíufyrirtækja til að kynna útboðið. Orkustofnun, í samvinnu við iðnaðarráðuneytið, skipulagði ráðstefnu um olíuleit við Ísland sem haldin var 4.-5. september 2008. Á annað hundrað manns tóku þátt í henni. Orkustofnun var styrktaraðili að ráðstefnu á vegum AAPG í Osló í október 2008, og var kynningarefni um útboðið dreift til allra ráðstefnugesta. Útboðið var kynnt á sýningu á vegum bresku olíuleitarsamtakanna í nóvember (PETEX) og á ráðstefnu á vegum sömu samtaka í desember (PROSPEX). Að lokum voru almennar fréttatilkynningar sendar til fjölmiðla um allan heim með aðstoð KOM ehf.

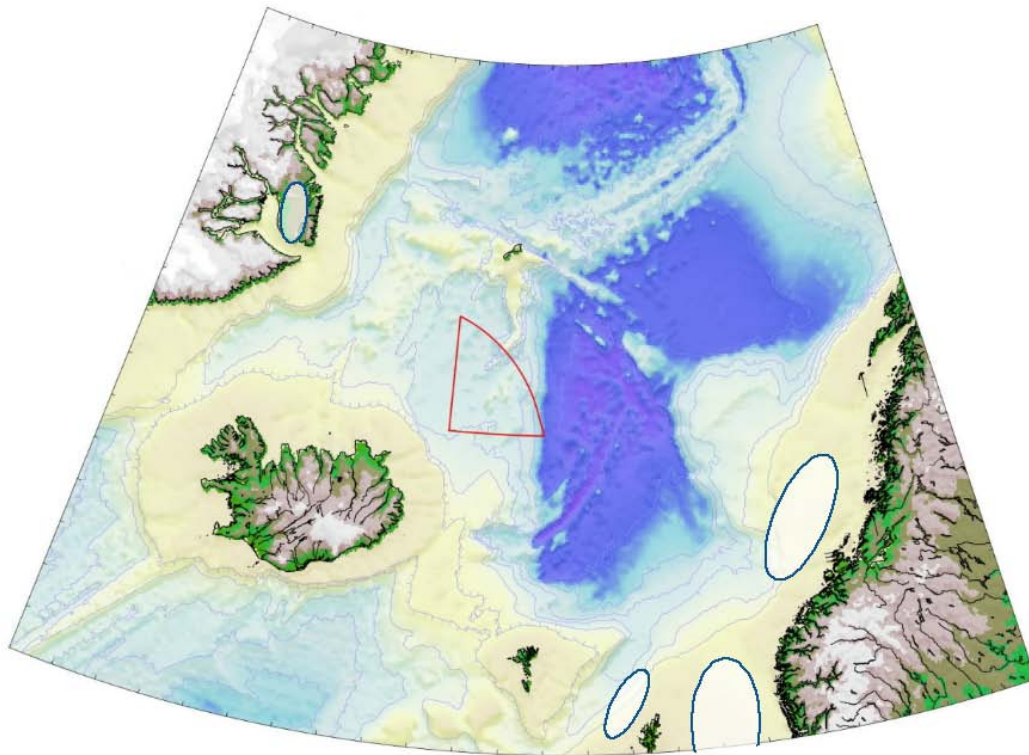
Næstu skref

15. maí n.k. kemur í ljós hvort eða hversu margar umsóknir berast um sérleyfin. Ef umsóknir berast þá tekur við yfirferð yfir þær og samningaviðræður við umsækjendur, sem og gagnasendingar til Noregs ef um er að ræða umsóknir um svæði sem eru staðsett að hluta eða í heilu lagi innan samnýtingarsvæðisins. Gert er ráð fyrir því að sérleyfum verði úthlutað í lok október 2009.

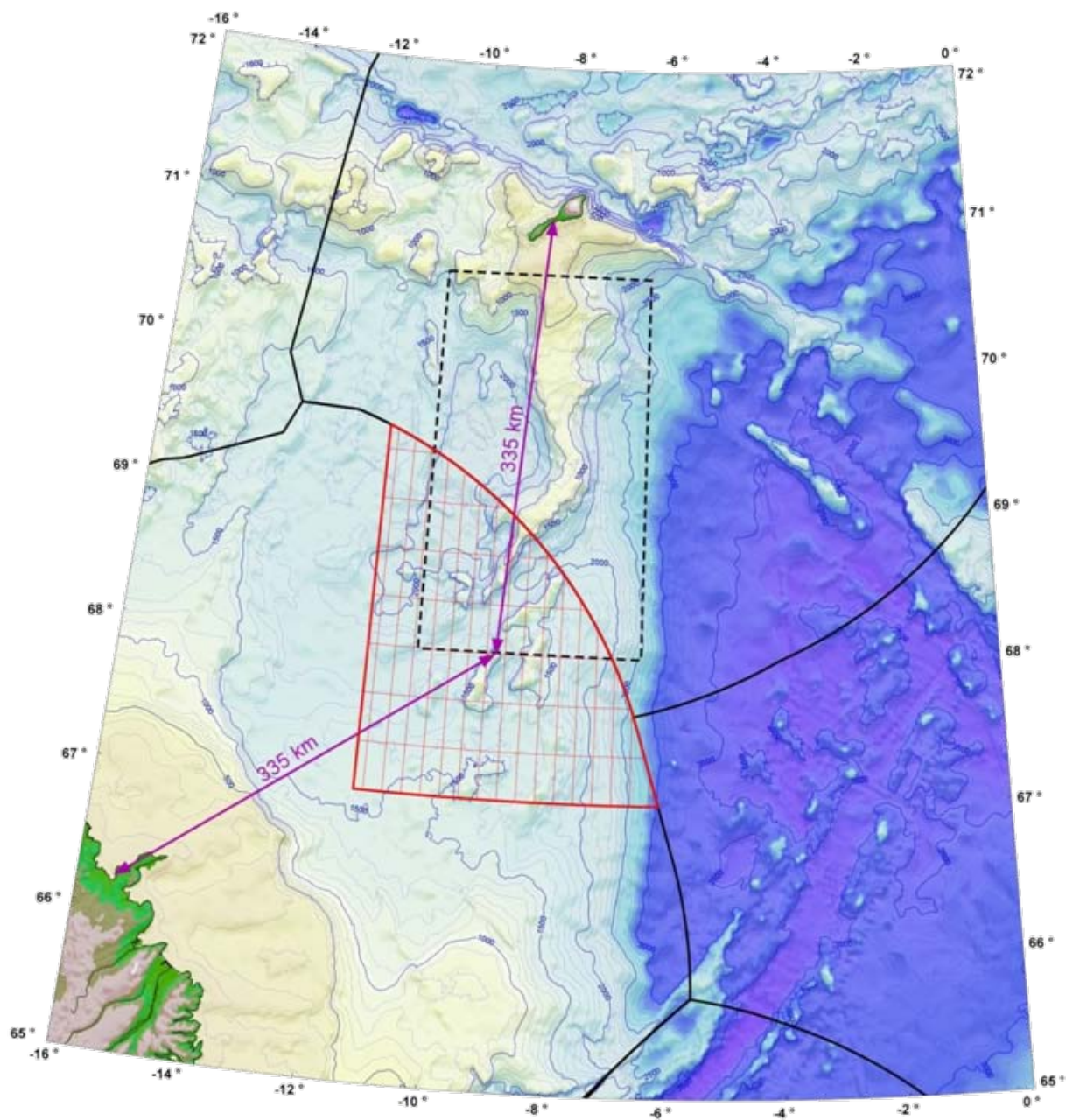
Hægt er að skipta starfseminni eftir úthlutun sérleyfa í fjögur stig:

- **Leitarstig:** Jarðeðlisfræðilegar mælingar frá skipum. Hljóðendurvarp frá loftbyssum numið með aðstoð langra kapla. Flókin tölvuvinnsla og túlkun gagna. Þjónusta lítið eða ekkert sótt til Íslands.
- **Rannsóknir:** Framhald jarðeðlisfræðilegra mælinga með hárri upplausn. Rannsóknaboranir frá borskipum eða borpöllum sem mara hálfir í kafi, allt að 3500 m djúpar borholur. Jarðfræðileg túlkun borsvarfs og kjarna, borholumælingar, kolvetnisgreiningar. Þjónusta vegna borana: Öryggisbúnaður og birgðir frá núverandi höfn, þvottur á borstöngum, þyrluflug.
- **Vinnsla:** Boranir byggðar á niðurstöðum fyrri rannsókna, auk framhaldsrannsókna samhliða vinnslu. Aðskilnaður olíu, gass og djúpvatns í vinnsluskipi. Olía flutt burt í tankskipum, gasi dælt aftur niður, nema að magnið sé því meira. Möguleg gasleiðsla í land til þjöppunar- og útskipunarstöðvar ekki sett í umhverfismat að sinni. Þjónustumiðstöð í landi til frambúðar (öryggisbúnaður, birgðastöð), þyrluflug .
- **Niðurrif:** Að lokinni vinnslu er borholum lokað tryggilega og tæki og leiðslur á sjávarbotni fjarlægðar.

Rannsóknarleyfin gilda í 12 ár og er hægt að framlengja þau í allt að 16 ár, sem gefur hugmynd um hversu langan tíma má reikna með að það taki áður en vonast mætti eftir að vinnsla hæfist.



Mynd 1. Norðurhluti Drekasvæðisins (rauð útlína) ásamt þeim nærliggjandi svæðum á austur Grænlandi og á landgrunni Noregs og Stóra-Bretlands, þar sem olía hefur fundist eða er unnin um þessar mundir.



Mynd 2. Myndin sýnir legu Drekasvæðisins (rauð útlína) og samnýtingarsvæðisins á efnahagslögsögumörkunum milli Íslands og Noregs (svört strikalína).

Landfræðileg gögn og vefsjár á Orkustofnun

Þorvaldur Bragason, verkefnisstjóri gagnamála, Orkustofnun

Inngangur

Landfræðilegar eða landrænar upplýsingar eru alls staðar í umhverfi okkar, oftast í formi korta, loftmynda, gervitunglagagna eða staðtengdra tölfraðilegra gagna. Á undanförunum áratugum hefur orðið bylting á þessu sviði. Gagnavinnsla fer nú fram í stafrænu umhverfi um leið og vinnsla landupplýsinga færist í ríkari mæli á einkamarkaðinn. Áður fyrr var aðeins á færi opinberra stofnana að vinna stærri verkefni í kortagerð, en með fleiri og öflugri einkafyrirtækjum á markaðnum hafa opinberir aðilar farið að bjóða út verkefni og kaupa þjónustu sem áður var fyrst og fremst unnin innan ríkisstofnana. Landfræðileg gagnasöfn verða nú oftast til úr efni frá fleiri en einum aðila, sem leiðir af sér samsett eignarhald gagna. Erfiðara er því að halda utanum það hver eigi tiltekin gögn í gagnasöfnum og skilgreina hver þurfi að gefa leyfi til að nota þau. Einnig verður erfiðara að aðgreina hvaða gögn mega vera opin öllum án gjaldtöku, en það telst eðlilegt í þeim tilfellum þar sem gerð gagnanna hefur verið greidd með opinberu fé.



Mynd 1. Landfræðileg gögn eru margbreytileg að formi og gerð.

Þar sem ný gögn verða nú til um allt samfélagið er flóknara að hafa yfirsýn yfir það hvað til er. Opinberir aðilar eiga að varðveita gögn sem verða til hjá ríkisstofnunum og sveitarfélögum, en skilaskylda er ekki til skjalasafna frá einkafyrirtækjum og skjalasöfnum ber ekki lagaleg skylda til að varðveita gögn sem verða til hjá einkaaðilum, þó eftir því væri leitað. Í þessari stöðu er hætt á að landfræðileg gögn skemmist eða glástist. Þar koma meðal annars til ótraustar gagnageymslur, stuttur líftími segulmiðla, stöðugar breytingar á gagnasniðum, hugbúnaði, stærð og gerð segulmiðla, drifum og öðrum vélbúnaði, en einnig kemur til geymslukostnaður og plássleysi í fyrirtækjum sem ekki koma eldri gögnum sínum í varðveislu hjá opinberum aðilum.

Til að bregðast við þessu þarf að setja fram opinbera stefnu hér á landi um landrænan menningararf þjóðarinnar. Þar þarf að styðja við verkefni sem auka yfirsýn yfir það hvað til er af gögnum, tryggja örugga varðveislu nýrra jafnt sem eldri gagna og bæta almennt aðgengi að upplýsingum um landfræðilegt efni.

Í Orkugarði hafa á liðnum áratugum orðið til afar mikilvæg gögn sem miklu skiptir að varðveitist og nýtist samfélaginu við núverandi verkefni, sem og fyrir verkefni komandi kynslóða. Á Orkustofnun er nú unnið að því að samþætta ólík gagnaverkefni þannig að skráning vegna varðveislu og vegna miðlunar á netinu vinnist á sama tíma. Þannig næst hagkvæmni og aukið upplýsingaöryggi.

Hverjir vinna með landfræðileg gögn?

Reynslan sýnir að þeir faghópar sem fást við landfræðileg gögn í samfélaginu hafa almennt lítil tengsl sín á milli og skilgreina sig ekki sérstaklega sem hluta af stærri heildarmynd. Þessir hópar eru:

1. *Landupplýsingaheimurinn*. Þeir sem vinna með landfræðileg upplýsingakerfi og eru flestir þeirra starfandi innan samtaka um landfræðilegar upplýsingar á Íslandi (LÍSA).
2. *Söfnin*. Söfn og stofnanir sem eiga að sjá um skráningu, varðveislu og miðlun upplýsinga um hinn landræna menningararf.
3. *Vísindastofnanir*. Þeir sem nýta landfræðileg gögn við rannsóknar- og vísindastarfsemi.
4. *Útgefendur*. Þeir sem koma kortum og öðru landfræðilegu efni til almennings með útgáfu eða annarri miðlun.
5. *Stjórnisýslan*. Þeir sem eiga að halda utan um opinbert regluverk á þessu sviði og sjá til þess að lögum og opinberum tilskipunum sé framfylgt.

Landfræðileg gögn

Landfræðileg eða landræn gögn eru einkum frábrugðin öðrum gögnum í því að þau eru staðtengjanleg, þ.e. tengjast ákveðnum stað eða svæði á yfirborði jarðar, sem hægt er að lýsa með staðsetningarhnitum. Gögnunum er oft skipt eftir gerð í fjarkönnunargögn, kortagögn og staðtengd töluleg gögn (eða töflugögn). Flokkun eftir formi er annars vegar hefðbundin gögn og hins vegar stafræn gögn, en þar má gera frekari greinarmun eftir úrvinnslustigi á ýmsum stafrænum gögnum og síðan gagnagrunnum og vefsíðum. Oft er efni sama gagnaflokks á öllum formum.



Mynd 2. Til þess að fá yfirsýn yfir helstu efnisatriði og öll form landfræðilegra gagnasafna þarf að koma til skráning lýsigagna.

Landræn lýsigögn

Til þess að geta haft yfirsýn yfir gögn þarf að koma til skráning lýsigagna (metadata). Lýsigögn eru almennt skilgreind þannig að þau séu gögn sem notuð eru til að lýsa öðrum gögnum. Þar er um að ræða skipulegar upplýsingar um gögn á öllum miðlum og á hvaða formi sem er. Upplýsingarnar þurfa að vera skipulega uppbyggðar, markvisst safnað og vera skráðar í samhengi við skilgreindan lýsigagnastaðal.

Lýsigögnum má skipta í tvo meginflokka:

Almenn lýsigögn eru meðal annars algeng í netverkefnum og í opinberum söfnum af ýmsu tagi (dæmi um staðal: Dublin Core).

Landræn lýsigögn lýsa auk þeirra atriða sem koma fram í almennum lýsigögnum, sértækum landfræðilegum þáttum eins og staðsetningu, viðmiðskerfi, vörpun, nákvæmni og mælikvarða. Byggt hefur verið á sérstökum stöðlum í þessu efni (dæmi: FGDC, ANZLIC, CEN TC 287) en frá árinu 2003 er alþjóðlegi staðallinn ISO 19115 að taka yfir á þessu sviði. Landrænu lýsigögnin svara því spurningunum: *hvað, hver, hvernig, hvenær, hvers vegna og hvar* fyrir gögnin.

Lýsigögnum má einnig skipta nánar niður eftir því hve margir efnisþættir eru birtir. *Yfirlitslýsigögn* eru ætluð til að gefa stutta almenna lýsingu á gagnasafni. Oft er um að ræða 6-12 efnisþætti sem miðast við kjarna lýsigagnastaðals. Dæmi: Náttúruvefsjá og Landgrunnsvefsjá.

Almenn lýsigögn gefa helstu upplýsingar um gagnasafn, þar á meðal um tengiliði vegna gagnanna. Oft er um að ræða fáa tugi efnisþátta. Dæmi: Lýsigagnavefurinn Landlýsing. *Tæknilýsigögn* eru ítarlegasta stig lýsigagna, með jafnvel á annað hundrað efnisatriðum. Dæmi: Tengingar úr Náttúruvefsjá í pdf-skjöl með tæknilýsigögnum úr ArcInfo.

Flokkar landfræðilegra vefverkefna

Fjórar þekktar leiðir til að miðla landfræðilegum upplýsingum á netinu eru:

1. *Landfræðilegar vefsíður*. Áhersla á landfræðileg málefni, þ.á.m. eru vefsíður fyrirtækja á sviði landupplýsinga (dæmi: samsyn.is og loftmyndir.is).
2. *Landræn lýsigagnasöfn* (Geographical/Spatial Metadatabases). Gagnagrunnar sem gefa upplýsingar um þau stafrænu gagnasöfn sem til eru, en þeim má skipta í tvo undirflokka:
 - a) Ákveðnar gerðir gagna í mörgum löndum (dæmi: EuroMapFinder).
 - b) Allar gerðir gagna innan eins lands (dæmi: Lýsigagnavefurinn Landlýsing).
3. *Vefsjár* (Geoportals/Spatial Portals). Vefir með gagnvirkum kortagluggum sem sýna staðtengd gögn (dæmi: Gagnavefsjá og Landgrunnsvefsjá).
4. *Tenglavefgáttir* (Catalog Geoportals). Efnisflokkadur vefsíður sem hafa þann tilgang að vísa í aðrar vefsíður oft á afmörkuðu fagsviði (dæmi: landakort.is). Dæmi um vefsjá og tenglavefgátt í sömu veflausninni er INSPIRE GeoPortal.

Grunngerð landfræðilegra gagna

Til að ná að samræma gerð, nýtingu og upplýsingagjöf um landfræðileg gögn á heimsvísu hefur þróast alþjóðleg hugmyndafræði um *Grunngerð landfræðilegra gagna*, (Spatial Data Infrastructure - SDI). Skipting hennar er á landsvísu (NSDI), og fyrir heimshluta (RSDI), sbr. ESDI (European Spatial Data Infrastructure) sem er grunngerð fyrir Evrópu. INSPIRE verkefnið er ætlað til innleiðingar á þeirri stefnu í löndum álfunnar og móta um leið línur fyrir stefnuna á landsvísu í hverju landi. Þá er GSDI (Global Spatial Data Infrastructure) sem miðar að hnattrænni grunngerð á þessu sviði, þannig að til verði fleiri hnattræn gagnasöfn

og vefþjónustur, dregið verði úr tvíverknaði í vinnslu og að samnýtingarmöguleikar gagna frá ólíkum löndum aukist.

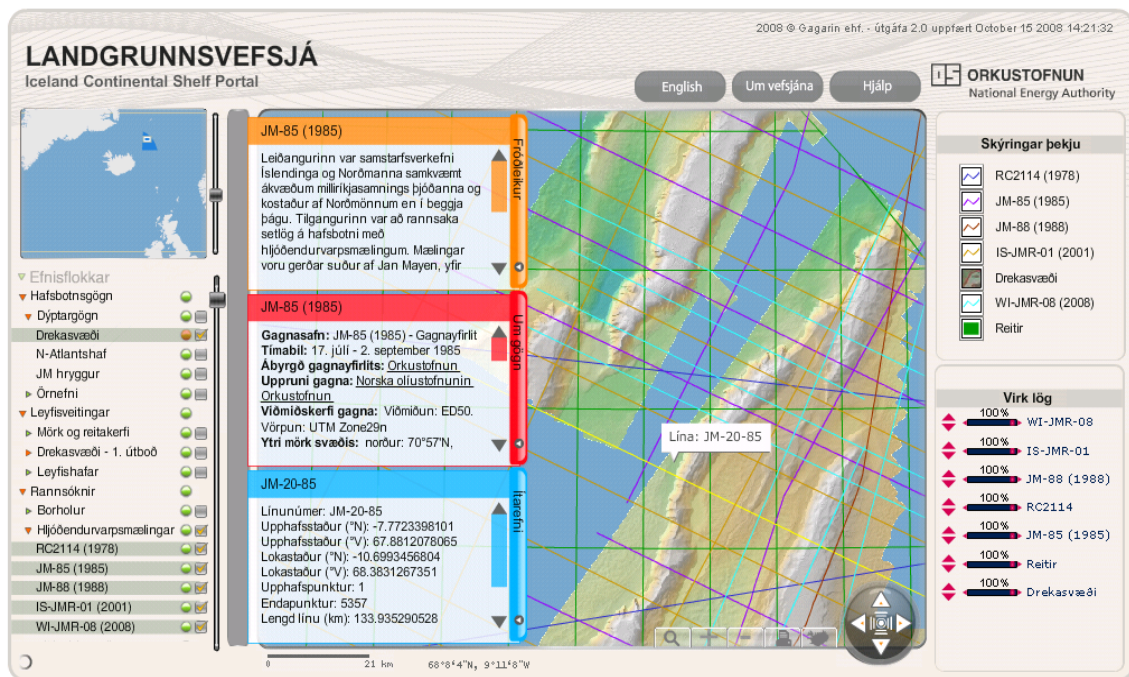
Vefsjár Orkustofnunar

Fyrirnefndir þættir móta mjög umhverfi opinberra stofnana í gagnamálum víða um heim. Orkustofnun rekur nú eða er þátttakandi í nokkrum vefsjárverkefnum:

1. *Gagnavefsjá* sem opnuð var á netinu árið 2004, var mikið frumkvöðlaverkefni á Íslandi. Verkefnið fékk m.a. viðurkenningu í landskeppni nýmiðlunarverðlauna Sameinuðu þjóðanna árið 2005, en vefsjáin byggir á hugbúnaði frá ESRI (ArcInfo). Aðilar að verkefninu voru Orkustofnun, Vatnamælingar og ÍSOR, en Umhverfisstofnun kom síðar inn með efni til birtingar í vefsjánni.
2. *Náttúruvefsjá* var opnuð árið 2008 og byggir á hugbúnaði sem þróaður var fyrir verkefnið af hugbúnaðarfyrirtækinu Gagarín. Verkefnið var greitt að helmingi af Orkustofnun á móti styrk frá Verkefnisstjórn um íslenska upplýsingasamfélagið. Þátttakendur eru auk fyrirnefndra aðila að Gagnavefsjá: Náttúrufræðistofnun, Landbúnaðarháskóli Íslands, Líffræðistofnun háskólans, Landmælingar Íslands, Veðurstofa Íslands, Veiðmálastofnun og hugbúnaðarfyrirtækið Gagarín, en verkinu var stýrt af Vatnamælingum OS.
3. *Landgrunnsvefsjá* var opnuð í janúar 2009 og byggir í grunninn á hugbúnaðinum sem þróaður var fyrir Náttúruvefsjá, en bætt var við nokkrum nýjum hugbúnaðarhlutum, þ.á.m. möguleikum til að birta upplýsingar á tveimur tungumálum. Gagnaþekjur fyrir vefsjána voru unnar af sérfræðingum ÍSOR, sem var verktaki á sviði gagnamála verkefnsins.
4. *Auðlinda- og orkuvefsjá* er ennþá tilraunaverkefni innan Orkustofnunar, en vefsjáin notar sama hugbúnað og Landgrunnsvefsjáin og er eins og hún unnin í samstarfi við Gagarín. Þar sem Vatnamælingar/Veðurstofa Íslands og Umhverfisstofnun hafa í raun hætt þátttöku í Gagnavefsjánni og halda ekki lengur við sínu efni þar, standa eftir gögn Orkustofnunar og ÍSOR. Í þessu tilraunaverkefni verða gerðar prufur meðal annars að birtingu efnis úr þessum gagnasöfnum í nýju umhverfi. Sumt af því á jafnframt erindi í Náttúruvefsjá og verður birt þar, en annað efni á þar ekki heima og gæti þá birst í þessari nýju vefsjá.

Landgrunnsvefsjá – Nýtt upplýsingaverkefni

Þegar hafin er vinna við nýtt gagnaverkefni sem á að leiða til nýrrar vefsjár, eru margir valkostir í stöðunni. Skipuleggja þarf gagnavinnslu og leggja upp forsendur fyrir vali á hugbúnaði fyrir vefsjána. Við val hugbúnaðar fyrir Landgrunnsvefsjána var mjög horft til hagkvæmni í nýtingu fyrri fjárfestinga frá Náttúruvefsjá. Um var að ræða nánast tilbúinn vefhugbúnað, möguleikar til framsetningar efnis voru skýrir og hugbúnaðurinn einfaldur bæði fyrir notendur og þá sérfræðinga sem viðhalda upplýsingum. Vefsjáin auðveldar yfirsýn yfir gögnin, hægt er að leggja saman mismunandi þekjur og tenging milli ólíkra vefsíðna og vefsjáa er einföld með lýsigögnum og tengingum í ítarefni úr gagnatöflum. Öll hnattræn miðlun gerir kröfu um upplýsingar á fleiri en einu tungumáli og þar sem um innlenda hugbúnaðarþróun er að ræða var hægt um vik að fá góða lausn sem mun síðan nýtast öðrum væntanlegum notendum sams konar búnaðar í framtíðinni. Það er einnig augljós kostur að hugbúnaðurinn er hvort tveggja í senn lýsigagnaþjónusta og skoðunarþjónusta, sem eru tveir af þremur grunnþáttum í stefnu INSPIRE um opinberar vefþjónustur í hverju landi.



Mynd 3. Landgrunnsvefsjá

Þegar hafist var handa við gerð Landgrunnsvefsjárinnar lá fyrir gríðarlegt efni sem þurfti að greina og skrá. Huga þurfti að gagna- og skjalastjórnun, skráningu efnisins og gerð gagnagrunns. Farið var í afritun og skönnun filma, korta og segulmiðla. Við vinnslu kortagagna var lögð áhersla á þekjur fyrir rannsóknaleiðangra (hljóðendurvarpsmælingar, fjölgeislamælingar og tilraunaboranir). Jafnframt voru gerð gögn sem sýna afmörkun og reitakerfi Dreka svæðisins auk útlína Jan Mayen samkomulagssvæðisins. Að lokum voru gerð yfirlitslýsigögn og saminn texti til fróðleiks. Ítarefni sem kemur fram þegar smelt er á tiltekin gögn sýnir sértækar upplýsingar um þau úr gagnatöflum t.d. um siglingalínur, þar sem fram koma upphafs- og endahnit lína, númer skotpunkta og lengd línu.

Helsti ávinningur af Landgrunnsvefsjánni er aukin yfirsýn yfir grunn gögn, reitakerfi og rannsóknaleiðangra, ásamt lýsigögnum og fróðleik. Upplýsingar um gögn birtast í einni samhefðri vefsíðu þar sem bera má saman ólíkar upplýsingar frá mismunandi hlutum svæðisins. Notendum er síðan vísað á frekari heimildir á netinu og sýnt hvar nálgast má raunveruleg rannsóknagögn af svæðinu. Upplýsingar verða þegar þar að kemur birtar um leyfisveitingar eftir reitum. Landgrunnsvefsjáið er aðgengileg upplýsingaveita á íslensku og ensku hugsuð fyrir sérfræðinga, en nýtist jafnframt áhugafólki, um leið og hún er þægilegt verkfæri til miðlunar upplýsinga um sérhæfð gögn frá svæði sem fáir þekkja.

Auðlinda- og orkuvefsjá – Tilraunaverkefni 2009-2010

Auðlinda- og orkuvefsjá er tilraunaverkefni sem fyrirhugað er að vinnist á árunum 2009-2010. Verkefnið nýtir fyrri fjárfestingu og byggir á reynslu sem fengist hefur af Náttúruvefsjá og Landgrunnsvefsjá. Markmiðið er að bæta aðgengi að landfræðilegum upplýsingum Orkustofnunar. Miðlun ætti að verða auðveldari en áður, þægilegra verður að tengja milli gagnanna og nánari upplýsinga á netinu, auk þess sem samræmi verður milli þeirra vefsíða sem stofnunin vinnur að. Ýmis gögn þarf að setja fram í nýjum gagnaþekjum og er ÍSOR verktaki við framsetningu flestra þeirra á þessu stigi, en nánari útfærslur á hugbúnaði eru unnar af hugbúnaðarfyrtækinu Gagarín.

Gagnaaðgengi í verkefnum innanhúss

Þegar unnin eru mikilvæg verkefni til dæmis þar sem margir koma að málum, bæði sérfræðingar Orkustofnunar, ráðgjafar og sérfræðingar í faghópum eins og gerist t.d. í Rammaáætlun, er mikilvægt að geta haft gott vefaðgengi að gögnum. Fyrir stuttu fékk Orkustofnun sérfræðing á ÍSOR til að setja upp „innanhússvefsjá“, en þar er hægt að veita völdum aðilum utan starfsmannahóps stofnunarinnar tímabundinn aðgang að gögnum, með úthlutun aðgangsorða. Innanhússvefsjain sem nefnd er *Kortavefur Rammaáætlunar*, er ætluð fyrir aðgengi gagna m.a. á vinnufundum innan Rammaáætlunar og fyrir skipulagningu frekari gagnavinnslu. Eftir því sem verkefnið þróast er hægt að bæta við efnispáttum og nýju efni að vild. Hér er fyrst um sinn einkum um aðgengi að nýjum SPOT gervitunglagögnum að ræða, en ásamt þeim má birta þau vektorgögn sem þurfa þykir, bæði þau sem þægilegt er að hafa til að skoða betur staðhætti, en einnig ný sem gerð eru í tengslum við vinnuna í rammaáætluninni.

Lokaorð

Á Orkustofnun hafa umfangsmikil og verðmæt gögn orðið til á löngum tíma, þar eru öflugir gagnagrunnar og góður búnaður til gagnavinnslu. Hjá sérfræðingum Orkustofnunar og ÍSOR er samankomin mikil þekking og reynsla af gagnamálum sem mun nýtast vel til að takast á við fyrirbyggjandi verkefni. Vegna skipulagsbreytinga (OS/ÍSOR/VM) þarf í vissum tilfellum að skilgreina betur eignarhald gagna og ákvarða skiptingu þeirra milli stofnana. Mikilvægt er að þegar greitt hefur verið fyrir gerð gagna með opinberu fé verði gögnin opin fyrir aðra til notkunar. Þá er stefnt að því að upplýsingar úr helstu gagnasöfnum verði aðgengilegar á netinu. Með nýjum vefverkefnum koma betri tækifæri til að setja fram upplýsingar um gögn sem hefur verið flókið eða óhentugt að sýna á netinu með eldri búnaði. Það er því ljóst að Orkustofnun stendur frammi fyrir áhugaverðum kostum í skráningu, varðveislu og miðlun gagna, sem mun bæði geta aukið öryggi sem og notagildi gagnanna til muna er fram líða stundir. Lausnirnar sem unnið er að eru vinnusparandi og munu án efa nýtast mörgum öðrum stofnunum í framtíðinni, en þær ríma jafnframt vel við markmið stjórnvalda um rafræna stjórnsýslu.

Heimildaskrá

Goodchild, M.F. & Zhou, J. (2003). Finding geographic information: Collection-level metadata. *GeoInformatica*, 7(2), 95-112.

Maguire, D.J. & Longley, P.A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29, 3-14.

Náttúruvefsjá (2008). Skoðað 23. mars 2009 á <http://www.natturuvefsja.is/vefsja/>

Orkustofnun (2004). *Gagnavefsjá*. Skoðað 23. mars 2009 á http://gullhver.os.is/website/gagnavefsja_ie/viewer.htm

Orkustofnun (2009). *Landgrunnsvefsjá*. Skoðað 24. mars 2009 á <http://www.landgrunnsvefsja.is/vefsja/landgrunnsvefsja.html>

Walford, N. (2002). *Geographical data: Characteristics and sources*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Þorvaldur Bragason (2007). *Miðlun upplýsinga um landfræðileg gögn á Íslandi. Aðgengi, skráning og varðveisla*. MS-ritgerð í landfræði. Reykjavík: Háskóli Íslands.

Jarðhitanámskeið - framlag Íslands til Þúsaldarmarkmiða Sp

Ingvar Birgir Friðleifsson (*ibf@os.is*) og Lúðvík S. Georgsson (*lsg@os.is*)
Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna
Orkustofnun, Grensásvegi 9, 108 Reykjavík
www.unugtp.is

1. Inngangur

Á leiðtogaráðstefnu Sameinuðu þjóðanna um sjálfbæra þróun í Jóhannesarborg árið 2002 tilkynntu íslensk stjórnvöld að framlag Íslands til markmiða ráðstefnunnar yrðu jarðhitanámskeið í þróunarlöndunum sem kæmu til viðbótar starfsemi Jarðhitaskólans á Íslandi. Á ráðstefnu í Bonn 2004 var nánar kynnt að framlag Íslands til Þúsaldarmarkmiða Sp (UN Millennium Development Goals) yrðu árleg jarðhitanámskeið í Afríku sem hæfust 2005, árleg námskeið í Mið-Ameríku sem hæfust 2006 og árleg námskeið í Asíu sem hæfust síðar. Markmið námskeiðanna eru einkum tvö: að efla þekkingu á jarðhita og að efla jarðhitasamstarf milli landa í einstökum heimshlutum.

Fyrsta námskeið (1 vika) í hverri heimsálfu er leiðtoganámskeið fyrir stjórnendur orku- og umhverfismála og helstu jarðhitasérfræðinga landanna. Þar er farið yfir stöðu jarðhitamála í heimsálfunni, svo og stöðu rannsókna og vinnslu jarðhita í einstökum löndum. Jafnframt er lýst hvernig staðið er að yfirborðsrannsóknum, jarðborunum, vinnslurannsóknum og virkjun jarðhita svo og umhverfisrannsóknum, leyfisveitingum og rekstri virkjana og/eða hitaveitna. Farið er yfir verkáætlanir og kostnað við slíkar framkvæmdir svo og rekstrarkostnað. Tekin eru dæmi frá leiðandi jarðhitalöndum í heiminum. Síðan koma sérhæfðari námskeið (2-4 vikur) fyrir jarðvísindamenn og verkfræðinga í yfirborðsrannsóknum, djúprannsóknum, vinnslu-rannsóknum, umhverfisrannsóknum, vinnslueftirliti o.s.frv. Leiðtoganámskeið hafa verið haldin fyrir Afríkulönd (í Kenýa 2005), Mið-Ameríkulönd (í El Salvador 2006), og Asíulönd (í Kína 2008). Sérhæfð námskeið hafa verið haldin fyrir Afríkulönd (2006, 2007 og 2008) og Mið-Ameríkulönd (2007). Dagskrár og fyrirlestrar allra námskeiðanna er að finna á vefsíðu Jarðhitaskólans (www.unugtp.is), og í flestum tilfellum hafa fyrirlestrarnir og/eða greinar um efni þeirra jafnframt verið gefin út í bókum og/eða á geisladiskum sem hefur verið dreift meðal þátttakenda, fyrirlesara og víðar.

2. Námskeið fyrir Afríkulönd

Strax árið 2002 var ákveðið að fyrstu námskeiðin yrðu haldin í Kenýa fyrir lönd Austur-Afríku. Þar var leitað samvinnu við Kenya Electricity Generating Company Ltd. (KenGen), sem segja má að sé samnefnari fyrir „Landsvirkjun og Orkustofnun“ í Kenýa (www.kengen.co.ke). Jarðhitaskólinn hefur átt langt og farsælt samstarf við KenGen (áður KPC) um þjálfun nemenda og hafa flestir jarðhitasérfræðingar og yfirmenn KenGen á jarðhitasviðinu farið í gegnum 6 mánaða þjálfun á Íslandi. Undirbúningur fyrsta námskeiðsins hófst með vettvangsferð haustið 2004, þegar ríkisstjórnarsamþykkt lá fyrir um fjármögnun Þúsaldarnámskeiðanna. KenGen tók strax mjög vel í hugmyndina og formlegur samstarfssamningur var undirritaður vorið 2005. Ákveðið var að halda leiðtoganámskeið við Naivashavatn nærri Olkaria jarðhitavirkjuninni, enda heppilegt að halda það nálægt starfandi jarðhitaorkuveri og virku háhitasvæði, til að skapa góðan vettvang fyrir sýnikennslu í jarðhita

og mæliaðferðum. Námskeiðið nefndist „Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects and their Management“ og var haldið 14.-18. nóvember 2005.

Til námskeiðsins var boðið yfirmönnum raforkufyrirtækja, jarðfræðistofnana og orkuráðuneyta frá sex löndum Austur-Afríku (Djíbútí, Erítreu, Eþíópíu, Kenýa, Tansaníu og Úganda) þar sem aðstæður eru taldar hvað bestar til að virkja jarðhita til rafmagnsframleiðslu og annarra nota. Löndin hafa stofnað til samvinnu um rannsóknir og nýtingu jarðhita í Sigdalnum mikla í Austur-Afríku (African Rift Geothermal Facility - ARGeo). Líklegt er að Rúanda og Kómóroseyjar gangi í ARGeo samtökin fljótlega. Námskeiðið var haldið af Jarðhitaskólanum og KenGen í samvinnu við Þróunarsamvinnustofnun Íslands og Umhverfisstofnun Sameinuðu þjóðanna (UNEP), sem er með aðalstöðvar í Naíróbí. Um 19% raforku í Kenýa er framleidd í jarðgufuvirkjunum í Olkaria, en sú starfsemi hófst 1981. Þar eru að auki 50 hektara gróðurhús sem framleiða blóm (aðallega rósir) fyrir Evrópumarkað og nýta jarðhita til að stýra rakastigi og gas úr jarðgufunni til að auka vöxtinn.

Markmið námskeiðsins var að fræða yfirmenn raforkufyrirtækja og jarðfræðistofnana um skipulag við rannsóknir og virkjun jarðhitans svo og fjármögnun framkvæmda. Greint var frá reynslu Filippseyinga, Íslendinga og Kenýabúa við jarðhitaleit og virkjanir. Sérstaklega var fjallað um hvaða upplýsingar þurfa að liggja fyrir til að alþjóðlegar lánastofnanir veiti lán og styrki til rannsókna og virkjunar jarðhita. Þátttakendur voru alls 35, þar af komu 30 frá Afríku (að 11 fyrirlesurum meðtöldum) og komu frá 5 af 6 ARGeo löndum (Tafla 1), en Djíbútímenn heltust úr lestinni á síðustu stundu vegna vandamála heima fyrir. Meðal þátttakenda voru ráðuneytisstjóri orkumálaráðuneytis Kenýa, forstjórar landsvirkjana Kenýa og Eþíópíu, forstjórar jarðfræði-stofnana Erítreu, Eþíópíu og Úganda, og yfirmenn úr orku- og námumálaráðuneytum Erítreu, Tansaníu og Úganda. Einnig voru embættismenn úr fjármálaráðuneytum Eþíópíu og Kenýa. Mynd 1 sýnir flesta þátttakendur og fyrirlesara.

Eitt af markmiðum námskeiðsins var að gefa forsvarsmönnum orkumála í löndunum tækifæri til að kynnast persónulega þannig að samstarf landanna muni aukast. Meðal umræðuefna var samnýting tækjabúnaðar og sérfræðipækkingar í Austur-Afríku við að virkja þessa mikilvægu orkulind sem víða er að finna í Sigdalnum mikla. Kynnt var könnun sem gerð var á vegum Þróunarsamvinnustofnunar Íslands á tækjabúnaði og samvinnumöguleikum landanna. Einnig

Tafla 1: Þátttakendur í námskeiðum Jarðhitaskólans í Austur-Afríku

Land	Kenýa 2005*	Kenýa 2006	Kenýa 2007	Kenýa 2008	Úganda 2008	Alls
Alsír			1			1
Búrúndí				2	1	3
Djíbútí		2	1	2	3	8
Egyptaland			1			1
Erítrea	2	3	2	2	1	10
Eþíópía	5+2	3	1	2	3	16
Jemen			2	2	1	5
Kenýa	6+9	10	13	18		56
Kongó				1	1	2
Kómóroseyjar			2			2
Rúanda			2	2	1	5
Tansanía	2	2	2	2	4	12
Úganda	4	3	3	2	5	17
Zambía				2	2	4
Aðrir					2	2
Samtals	30	23	30	37	24	143

* Seinna talan sýnir fyrirlesara sem flestir voru einnig þátttakendur í öðrum hlutum námskeiðsins



Mynd 1: Þátttakendur í leiðtoganámskeiði í Kenýa 2005 fyrir yfirmenn orkumála í A-Afríku um skipulagningu rannsókna og nýtingu jarðhitasvæða. Meðal fyrirlesara voru átta fyrrum nemendur Jarðhitaskólans frá Afríku og fjórir Íslendingar. Á myndinni má sjá Knút Árnason, Benedikt Steingrímsson og Ingvar Birgi Friðleifsson.

Sverrir Þórhallsson tók myndina.

var kynnt könnun á fjölda jarðhitafræðinga og þjálfunarpörf í ARGeo löndunum, sem gerð var vegna námskeiðsins. Í Töflu 2 er að finna yfirlit yfir aðalfyrirlesarana. Alls voru tíu fyrirlestrar fluttir af fjórum íslenskum sérfræðingum á jarðhitasviðinu og tveir af sérfræðingi frá Filippseyjum. Loks fluttu heimamenn níu erindi um ýmsa lykilþætti í jarðhitarannsóknum og virkjun jarðhitans í Austur-Afríku. Námskeiðinu lauk með kynnisferð um Olkaríasvæðið og virkjanirnar voru skoðaðar. Mikil ánægja var með hvernig til tókst og þátttakendur sammála um að miklu skipti að framhald yrði á þessu. Erindin voru gefin út í bók og á geisladiski (Ingvar B. Friðleifsson o.fl., 2005).

Tafla 2: Fyrirlesarar á námskeiðum Jarðhitaskólans

Námskeið	Alls	Heimaland	Grannlönd	Alþjóðl.	Ísland	JHS-nemar
Kenýa 2005	14	7	2	1	4	8
Kenýa 2006	20	11	5	0	4	15
Kenýa 2007	25	16	4	0	5	18
Kenýa 2008	28	19	5	0	4	23
Úganda 2008	15	1	7	2	5	8
El Salvador 2006	25	8	9	5	3	9
El Salvador 2007	16	3	5	3	5	7
Kína 2008	32	16	6	4	6	11

Þegar metið var hvert næsta skref í samstarfinu yrði, var einhugur um að mestu skipti að styrkja stöðu þeirra landa sem skemmst væru á veg komin í rannsóknum og virkjun jarðhitans. Því var ákveðið að leggja megináhersla á yfirborðsrannsóknir á næstu

námskeiðum. Frumkvæði að þátttöku einstakra landa/stofnana kæmi frá Jarðhitaskólanum og/eða KenGen, sem byðu stofnunum eða fyrirtækjum í viðkomandi löndum að tilnefna nokkra einstaklinga til náms. Síðan væru þeir hæfustu valdir frá hverju landi eftir því sem efni og aðstæður gæfu tilefni til. Markhópurinn yrði einkum yngri kynslóð jarðvísindamanna og verkfræðinga, sem væri við upphaf eða með stuttan starfsferil að baki í jarðhita. Allur kostnaður yrði greiddur fyrir þátttakendur.

Annað námskeiðið fyrir Afríkulönd var haldið við Naivashavatn 12.-22. nóvember 2006 og bar titilinn „Námskeið um yfirborðsrannsóknir á jarðhita“ (Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources). Fyrstu fimm dagana voru haldnir fyrirlestrar um stöðu jarðhitans og notkun helstu aðferða á sviði jarðfræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði við rannsókn jarðhitasvæða. Farið var yfir stöðu jarðhitarannsóknna á svæðinu, farnar vettvangsferðir til að skoða jarðhita og sýna notkun helstu rannsóknaraðferða. Í lokin voru möguleikar jarðhitans í heimshlutanum ræddir og loks hvernig tekist hefði til og hvert stefna skyldi með námskeiðunum. Fyrirlestra fluttu 4 Íslendingar (frá Jarðhitaskólanum og ÍSOR), 11 heimamenn og einn frá hverju hinna ARGeo landanna, eða 20 alls, langflestir þeirra fyrrum nemendur Jarðhitaskólans (Tafla 2). Þátttakendur voru 23, og komu frá öllum 6 ARGeo löndunum (Tafla 1). Allir fyrirlestrar á námskeiðinu eru birtir á vef Jarðhitaskólans (Lúðvík S. Georgsson og Simiyu, 2006).

Þátttakendur voru mjög ánægðir með námskeiðið, en margir vildu þó lengja það. Á samráðsfundi eftir námskeiðið var því ákveðið að halda áfram á sömu braut, en auka jafnframt verulega við námsefnið, bæði með frekari fyrirlestrum, einkum á sviði umhverfismála og jarðhitamats, og meiri áherslu á vettvangsskoðun og túlkun gagna. Sömmuleiðis var ákveðið að opna námskeiðið fyrir fleiri löndum en þeim sem beina aðild eiga að ARGeo, m.a. Jemen, sem á jarðfræðilega samleið með Austur-Afríkulöndunum.

Þriðja námskeiðið, „Námskeið II um yfirborðsrannsóknir á jarðhita“ (Short Course II on Surface Exploration for Geothermal Resources), var svo haldið 2.-17. nóvember 2007. Fyrsti hlutinn var nú haldinn við Bógóríavatn (um 150 km norður af Naivashavatni), og samanstóð af nokkrum inngangsfyrirlestrum ásamt vettvangsferðum og kennslu í notkun helstu aðferða við yfirborðsrannsóknir á jarðhita. Þann 7. nóvember komu þátttakendur til Naivasha og þar tóku við fyrirlestrar um stöðu jarðhitans og notkun jarðfræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði við yfirborðsrannsókn jarðhitasvæða, og loks um umhverfismál og mat á jarðhitaforða. Síðasti hlutinn fjallaði svo um stöðu jarðhitans í einstökum löndum og túlkun gagna. Þátttakendur voru nú 30 frá 11 löndum og voru nýju löndin Alsír, Egyptaland, Jemen, Kómoreseyjar og Rúanda (Tafla 1 og Mynd 2). Fyrirlesarar voru 25, en af þeim voru 5 Íslendingar (Tafla 2). Fyrirlestrar og erindi voru gefin út á geisladiski (Lúðvík S. Georgsson o.fl., 2007). Á samráðsfundi eftir námskeiðið var einhugur um að halda áfram á sömu braut, og auka enn við efnið, fjölga fyrirlestrum, einkum um skipulagningu jarðhitaverkefna, fara lengra út í túlkun gagna, og bæta loks við nýjum þætti, verkefnavinnu. Jafnframt yrði áfram reynt að ná til nýrra þátttökulanda.

Fjórða námskeiðið, „Námskeið III um rannsóknir á jarðhita“ (Short Course III on Exploration for Geothermal Resources), var haldið 24. október - 18. nóvember 2008. Uppbygging námskeiðsins er sýnd í Töflu 3. Fyrsti hlutinn var áfram haldinn við Bógóríavatn og samanstóð sem fyrr af nokkrum inngangsfyrirlestrum, vettvangsferðum til að skoða jarðhita og kennslu í notkun helstu aðferða við yfirborðsrannsóknir á jarðhita. Þann 31. október var þráðurinn tekinn upp við Naivashavatn í svipuðum dúr og árið áður, þar sem fyrst var fjallað um stöðu jarðhitans í heiminum og Austur-Afríku, notkun jarðfræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði við yfirborðsrannsókn jarðhitasvæða, og síðan um umhverfismál og mat á



Mynd 2: Þátttakendur í námskeiði í Kenýa 2007. Meðal fyrirlesara voru átján fyrrum nemendur Jarðhitaskólans á Íslandi frá Afríku og fimm Íslendingar. Á myndinni má m.a. sjá Lúðvík S. Georgsson, Dorthé H. Holm, Halldór Ármannsson og Kristján Sæmundsson. Á myndina vantar Knút Árnason, sem var fyrirlesari.

TAFLA 3: Uppbygging „Námskeiðs III um jarðhitarannsóknir“ í Kenýa, 2008

Dags.	Dagskrá	Fjöldi fyrirlestra	Verklegt	Fyrirlesarar/Leiðbeinendur		
				Heimam.	Grannlönd	Ísland
24. okt.	Mæting við Bógóríavatr	6		6		
25. okt.	Inngangsfyrirlestrar			6		
26.-29. okt.	Vettvangsferðir: Skoðun jarðhitasvæða og kynning á mæliaðferðum		X	6		
30. okt.	Skoðunarferð og farið til Naivasha		X			
31. okt.	Staða jarðhitans – Fyrirlestar	5		3		2
1. nóv.	Jarðfræði – fyrirlestrar og kortlagning	5	X	2		1
2. nóv.	Boranir og hitastigulsholur	2		1		1
2.-3. nóv.	Jarðefnafræði – fyrirl., greining, túlkun	8	X	3		1
4.-6. nóv.	Jarðeðlisfræði – fyrirlestrar og túlkun	14	X	3		2
6. nóv.	Forði jarðhitasvæða og mæliaðferðir	2		2		
7. nóv.	Umhverfisfræði – fyrirl. og mælingar	3	X	2		1
8. nóv.	Ferð – Olkaría, jarðhiti, orkuver og boranir			3		4
9.-10. nóv.	Staða jarðhitarannsókna í A-Afríku	13		2	5 (+ 5)*	
11. nóv.	Dæmi um rannsókn jarðhitasvæða og vinna á jarðfræðirannsóknastofu	3	X	1		2
12. nóv.	Skipulagning jarðhitaverkefna	4	X	2		2
13.-16. nóv.	Verkefnavinna		X	6		2
17. nóv.	Námskeiðsmat, umræður og lokahóf	2	X	2		2
18. nóv.	Heimferð					

* Nemendur utan ARGeo landa héldu fyrirlestra um sín lönd, sýnt í sviga

jarðhitaforða. Túlkun mæligagna var nú betur tengd fyrirlestrunum en áður. Þessum þætti lauk 8. nóvember. Þá tóku við fyrirlestrar og umræður um stöðu jarðhitans í þátttökulöndunum og fyrirlestrar um skipulagningu jarðhitaverkefna. Fyrirlesarar frá öðrum ARGeo löndum komu sérstaklega til að taka þátt í þessum hluta, sem lauk 12. nóvember. Síðasti hlutinn var svo verkefnavinna, þar sem nemendum var skipt upp í 6 hópa sem unnu hver að túlkun gagna frá völdu jarðhitasvæði í Kenýa og mati á því. Þátttakendur voru 37 (að fyrirlesurum/leiðbeinendum undanskildum) frá 11 löndum, og höfðu þrjú ný lönd bæst í hópinn: Búrúndí, Kongó og Zambía (Tafla 1). Fyrirlesarar voru 28, þar á meðal 4 Íslendingar frá Jarðhitaskólanum og ÍSOR. Nánast allir afrísku fyrirlesararnir voru fyrrum nemendur Jarðhitaskólans (Tafla 2). Fyrirlestrar og greinar tengdar þeim voru gefin út á geisladiski (Lúðvík S. Georgsson o.fl., 2008a).

Það var samdóma álit fyrirlesara og nemenda að mjög vel hefði tekist til með námskeiðið, og að þarna væri að grunni til komið fyrirkomulag sem rétt væri að halda áfram með. Ekki síst var ánægja með verkefnaþáttinn, sem var nýr. Talið var að mögulega mætti þetta námskeiðið aðeins, eða stytta um 1-3 daga, en jafnframt væri æskilegt að bæta við örfáum kynningarfyrirlestrum um borholumælingar, boranir og jarðhitavirkjanir, og sömuleiðis styrkja umhverfismálin lítillaga, til að gefa einhverja innsýn í þessa þætti jarðhitarannsókna. Skipulagning fimmta námskeiðsins er nú hafin, „Námskeiðs IV um rannsóknir á jarðhita“ (Short course IV on Exploration for Geothermal Resources), sem ráðgert er að halda í nóvember 2009, og verður þessari línu fylgt þar.

Dagana 20.-22. nóvember, 2008 var svo haldið sérstakt námskeið í Entebbe í Úganda, sem nefndist „Stjórnun jarðhitaverkefna og nýting jarðhitans“ (Geothermal Project Management and Development). Þetta þriggja daga námskeið var samvinnuverkefni Jarðhitaskólans, KenGen í Kenýa og Jarðfræðistofnunar Úganda (sem er undir Orku- og námumálaráðuneytinu), og var haldið í aðdraganda ARGeo C-2 ráðstefnunnar, sem var haldin í Entebbe 24.-25. nóvember. Aðaltilgangurinn var að ná til stjórnenda í jarðhitastofnunum í Austur-Afríku og kynna þeim nýjar aðferðir við stjórnun og skipulagningu jarðhitaverkefna og nýtingu jarðhitans. Tímasetningin var valin til að styðja við ARGeo ráðstefnuna, þannig að þátttakendur námskeiðsins ættu auðvelt með að taka jafnframt þátt í ráðstefnunni. Þátttakendur voru 24 og komu frá 10 löndum A-Afríku (Tafla 1). Á meðal þeirra voru forstöðumenn jarðfræðistofnana og stjórnendur úr orkumálaráðuneytum landanna. Að auki sátu tveir Evrópubúar námskeiðið (frá BGR og ICS-UNIDO). Kennsla og skipulagning var í höndum fimm sérfræðinga frá Íslandi (Jarðhitaskólanum og ÍSOR), og átta sérfræðinga frá Afríku, sem allir eru fyrrum nemendur Jarðhitaskólans (Tafla 2). Sérstakir gestafyrirlesarar komu að auki frá El Salvador og Filippseyjum. Fyrirlestrar voru fluttir um stöðu jarðhitans í heiminum og sérstaklega í Austur-Afríku, hina ýmsu þætti í rannsóknum og virkjun jarðhitans, aðferðir til að meta jarðhitaforða, og loks skipulagningu og stjórnun jarðhitaverkefna ásamt verkefnavinnu í mati á jarðhitaforða og skipulagningu jarðhitaverkefna. Námskeiðið þótti takast mjög vel. Flestir þátttakendur og fyrirlesarar tóku einnig þátt í ARGeo C-2 ráðstefnunni. Eins og í flestum öðrum námskeiðum voru fyrirlestrar og greinar skrifaðar vegna þeirra gefin út á geisladiski (Lúðvík S. Georgsson o.fl., 2008b).

Með námskeiðunum í Afríku nær Jarðhitaskólinn til mun fleiri nemenda í þessum heimshluta en áður. Þannig hafa 90 nemendur farið í gegnum námskeið Jarðhitaskólans í Kenýa um rannsóknir á jarðhita á þremur árum. Á sama tíma hefur Jarðhitaskólinn þjálfað 22 nemendur frá svæðinu (í 6 mánuði hvern) á Íslandi. Jafnframt er frammistaða á námskeiðunum orðin nokkurs konar forval fyrir nám á Íslandi. Nemendur, sem skara fram úr á námskeiðunum og hafa stuðning að heiman, standa betur að vígi en aðrir umsækjendur þegar valið er milli umsækjenda um 6 mánaða nám á Íslandi. Til að mynda höfðu 6 af 9 nemendum á Íslandi frá

Afríku (+Jemen) árið 2008 sótt námskeið í Kenýa, og sama á við um 10 af 14 fyrirhuguðum nemendum frá svæðinu árið 2009. Loks má nefna að þessir nemendur eru einnig farnir að skila sér inn í meistaranám á vegum Jarðhitaskólans í Háskóla Íslands. Sá fyrsti þeirra hóf meistaranám við Háskóla Íslands sl. haust og annar bætist við næsta haust. Báðir sóttu námskeiðið 2006 og voru svo í 6 mánaða námi á Íslandi 2007.

Annað sem nefna má sem beina afleiðingu þessara námskeiða er aukið samstarf þjóðanna í jarðhitarannsóknunum og nýtingu mannafla. Þar eru Kenýamenn fyrst og fremst veitendur meðan lönd eins og Kómóroseyjar, Rúanda og Zambía hafa nýtt sér þekkingu þeirra og fengið þá til rannsóknarverkefna hjá sér. Einnig má nefna verkefni á vegum Þróunarsamvinnustofnunar Íslands (ÞSSÍ), þar sem sérfræðingar frá grannlöndunum (einkum frá KenGen) hafa komið að mælingaverkefnum, eins og t.d. í Djíbútí og Erítreu.

Reynslan af námskeiðahaldinu í Austur-Afríku er góð og ljóst að þörfin fyrir stutt námskeið á svipuðum grunni á aðeins eftir að aukast. Það er sannarlega tímabært að koma samstarfi Jarðhitaskólans og KenGen í varanlegra form með stofnun sérstakrar undirstofnunar Jarðhitaskólans og KenGen, undir regnhlíf Háskóla Sameinuðu þjóðanna, sem falið verði að sjá um þetta námskeiðahald. KenGen lagði fram formlega tillögu um þetta fyrirkomulag strax á fyrsta leiðtoganámskeiðinu 2005. Málið hefur fengið góðar undirtektir í aðalstöðvum Háskóla Sameinuðu þjóðanna í Tókýó. Vonandi verður hægt að ganga til samninga um þetta á næstu misserum.

Jarðhitaskólinn hefur útskrifað 107 nemendur frá ellefu Afríkulöndum. Flestir (42) hafa komið frá Kenýa, sem fær 19% sinnar raforku úr jarðhita.

3. Námskeið fyrir Mið-Ameríkulönd

Fyrsta leiðtoganámskeiðið fyrir Mið-Ameríkulönd var haldið í El Salvador 26. nóvember til 2. desember 2006 (Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects in Central America) fyrir yfirmenn orku- og umhverfisráðuneyta, stjórnendur raforkufyrirtækja og rannsóknarstofnana og helstu jarðhitasérfræðinga El Salvador, Níkaragva, Kostaríka og Gvatemala (Mynd 3). Jarðgufuvirkjanir eru í öllum löndunum. Þátttakendur í námskeiðinu voru rúmlega 50. Meðal þeirra voru viðskiptaráðherra El Salvador, umhverfisráðherra Níkaragva og námu- og orkumálaráðherra Gvatemala. Eitt aðalræðuefni námskeiðsins var nýting jarðhita innan og á jöðrum þjóðgarða og friðlanda, með sérstakri áherslu á umhverfissjónarmið. Margir fyrirlestranna fjölluðu um umhverfisáhrif og félagsleg áhrif jarðgufuvirkjana, lagasetningu og rammaáætlanir vegna jarðhitanytingar. Einnig var skýrt frá eignarhaldi, fjármögnun og leyfisveitingum í El Salvador og Filippseyjum, reynslu af langtímanýtingu háhitasvæða í Bandaríkjunum, El Salvador, Kostaríka, og Níkaragva, svo og bortækni og viðbrögðum við útfellingum og tæringu í vinnsluholum og öðrum búnaði. Námskeiðið var haldið í samvinnu við Jarðhitavirkjunarfyrirtæki El Salvador, LaGeo (www.lageo.com.sv). Fyrirlesarar komu frá áðurnefndum Mið-Ameríkulöndum, Íslandi, Mexíkó, Bandaríkjunum, Ítalíu, Kenýa og Filippseyjum. Meðal þeirra voru níu fyrrum nemendur JHS. Mynd 3 er tekin við setningu námskeiðsins. Erindin voru gefin út í bók og á geisladiski (Ingvar B. Friðleifsson og Henriquez, 2006).

Annað námskeiðið fyrir Mið-Ameríkulönd var haldið í El Salvador 25. nóvember til 1. desember 2007 (Short Course on Geothermal Development in Central America: Resource Assessments and Environmental Management). Námskeiðið var sem fyrr haldið í samvinnu við LaGeo. Þátttakendur voru 61 og komu frá El Salvador, Kostaríka, Gvatemala, Níkaragva,



Mynd 3: Setning leiðtoganámskeiðsins í El Salvador 2006 fyrir yfirmenn orkumála í Mið-Ameríku. Eitt aðalumræðuefni námskeiðsins var nýting jarðhita innan og á jöðrum þjóðgarða og friðlanda, með sérstakri áherslu á umhverfissjónarmið. Varaforseti El Salvador setti námskeiðið. Meðal þátttakenda voru viðskiptaráð-herra El Salvador, umhverfissráðherra Níkaragva og námu- og orkumálaráðherra Gvatemala. Meðal fyrirlesara voru 9 fyrrum nemendur Jarðhitaskólans (8 frá Mið-Ameríku og 1 frá Kenýa) og fjórir Íslendingar.

Hondúras, Mexíkó, Filippseyjum, Kenýa og Íslandi. Aðalefni námskeiðsins var auðlindamat á ákveðnum jarðhitasvæðum Mið-Ameríku og hvernig orkufyrirtæki hafa þurft að aðlagast að umhverfislöggjöf hvers ríkis. Fyrirkomulagið var þannig að haldnir voru fyrirlestrar og verkefnatímar til skiptis. Að auki voru farnar tvær vettvangsferðir. Önnur til Ahuachapan jarðgufuvirkjunarinnar í miðju námskeiði og hin til Berlín jarðgufuvirkjunarinnar í lok námskeiðis (Mynd 4). Fyrirlesarar (Tafla 2) komu frá áðurnefndum Mið-Ameríkulöndum, Íslandi, Mexíkó, Bandaríkjunum, Ítalíu, Kenýa og Filippseyjum. Meðal þeirra voru sjö fyrrum nemendur JHS.

Námskeiðið gaf góða raun og þótti verkefnavinnan takast sérstaklega vel. Þar var kynnt og kennd notkun tölvuforrits til auðlindamats á jarðhitasvæðum. Annað verkefni var að kynna það ferli sem fer í gang er ákvörðun um jarðhitaleit hefur verið tekin. Gagnlegt var að kynnast þeim hluta jarðhitaleitar og vinnslu sem felst í stjórnsýslu landanna. Einnig urðu líflegar umræður í lok hvers þáttar og víst er að þessi námskeið hafa vakið mikla lukku og skapað grundvöll til aukins samstarfs á sviði nýtingar sjálfbærra orkulinda í Mið-Ameríku. Erindi sem og dagskrá námskeiðsins var gefið út í bók og á geisladiski (Ingvar B. Friðleifsson o.fl., 2007). Næsta námskeið verður haldið í október 2009.

Jarðhitaskólinn hefur útskrifað 54 nemendur frá fimm löndum Mið-Ameríku. Flestir (27) hafa komið frá El Salvador, sem fær 22% sinnar raforku úr jarðhita.



Mynd 4: Þátttakendur námskeiðsins í El Salvador 2007 skoðuðu m.a. jarðgufuvirkjunina í Berlín. Margir lykilstarfsmenn LaGeo hafa útskrifast úr Jarðhitaskólanum.

4. Námskeið fyrir Asíulönd í beinni nýtingu jarðhita

Fyrsta leiðtoganámskeiðið fyrir Asíulönd í beinni nýtingu jarðhita var haldið í Tianjinborg í Kína 11.-18. maí 2008 (Workshop for Decision Makers on Direct Heating Use of Geothermal Resources in Asia) í samvinnu við Tianjin Bureau of National Resources and Real Estate Management (TBLRREM), Tianjin Bureau of Geology and Mineral Exploration Development (TBGMED) og Ministry of Land and Resources. Námskeiðið var ætlað löndum Asíu þar sem þörf er á upphitun húsa a.m.k. 3-4 mánuði á ári og þar sem vitað er um nýtanlegan jarðhita innan 50 km frá þéttbýlisstöðum. Markmiðið var að ná til helstu stjórnenda og ráðamanna í orkufyrirtækjum, ráðuneytum og skipulagsskrifstofum borga og gefa með því móti góða yfirsýn yfir helstu þætti beinnar nýtingar jarðhita til húshitunar. Þetta var fjölmennasta þúsaldarnámskeið sem JHS hefur haldið með um 120 þátttakendum (Mynd 5). Flestir þátttakenda voru frá Kína (m.a. yfirmenn frá skipulagsskrifstofum í flestum héruðum landsins), en einnig frá Indlandi, Íran, Jórdaníu, Mongólíu, og Norður- og Suður-Kóreu. Meðal þátttakenda voru orkumálaráðherra Íran, ráðuneytisstjóri eldsneytis- og orkumálaráðuneytis Mongólíu, aðstoðarskipulagsráðherra Kína (Ministry of Land and Resources), auk háttsettra embættismanna Tianjinborgar. Fyrirlesarar komu einnig frá Íslandi, Japan, Póllandi, Sviss og Þýskalandi. Meðal fyrirlesara voru 11 fyrrum nemendur Jarðhitaskólans (Tafla 2). Fluttir voru 52 fyrirlestrar. Flestir voru fluttir á ensku en túlkaðir jafnóðum á kænversku. Tvö stór sýningartjöld voru í salnum, annað fyrir skyggjur með enskum texta og hitt fyrir skyggjur með kínverskum texta. Þetta gaf mjög góða raun. Einnig voru kynnisferðir á jarðhitaveitusvæði í Tianjin og Beijing. Erindin voru gefin út í bók og á geisladiski (Ingvar B. Friðleifsson o.fl., 2008).

Kína er stærsti notandi jarðhita í heiminum til baða, gróðurhúsa, fiskeldis og húshitunar. Nýtanlegan jarðhita er að finna á lághitasvæðum í flestum héruðum landsins. Jarðhitaveitur eru smám saman að taka við af kolakyndingu, aðallega í nýjum hverfum í Beijing, Tianjin og Xianyang. En betur má ef duga skal. Með auknum hagvexti í Asíulöndum eru sífellt meiri kröfur gerðar til upphitunar, kælingar og einangrunar húsa og áhersla lögð á að draga úr



Mynd 5: Þátttakendur á leiðtoganámskeiðinu í Beijing 2008

loftmengun. Það er því mikilvægt að leiðbeina þessum fjölmennu þjóðum um hvernig best má nýta jarðhitann, þar sem hann er fyrir hendi, áður en ráðist er í byggingu fjarhitaveitna og/eða fjarkæliveitna í milljónaborgum. Orkumannvirki eru yfirleitt byggð til að endast lengi og það getur verið dýrt að skipta um orkugjafa. Hafa ber í huga að um 30% orkunotkunar í Evrópu fer í húshitun og heitt vatn í krana. Það er feiknastór húshitunarmarkaður í Kína og gnægð jarðhita. Jarðhitaveitur víðs vegar um Kína og í grannlöndum í Asíu gætu dregið umtalsvert úr mengun lofthjúps jarðar.

Á leiðtoganámskeiðinu var mikil áhersla lögð á mögulega mildun loftlagsbreytinga með beinni nýtingu jarðhita til húshitunar, með og án varmadælna. Fjallað var um kolefnisbúskap og viðskipti með kolefniskvóta og alþjóðlega styrki til umhverfisvænna verkefna í þróunarlöndunum. Farið var yfir stöðu jarðhitarannsókna- og nýtingar í ýmsum hlutum Kína, Indlandi (Himalajafjöllum), Íran, Mongólíu, Kóreuskaga, Japan og í Evrópulöndum. Einnig var farið yfir helstu vandamál sem komið hafa upp við rekstur jarðhitakerfa í setlögum (boranir, niðurdæling í sandsteinslög, tæring) og hugsanlegar lausnir kynntar.

Þátttakendur lýstu mikilli ánægju með námskeiðið. Á næstu árum verða væntanlega haldin sérhæfð námskeið í Kína. Fyrstu námskeiðin verða í hitaveituverkfræði.

Jarðhitaskólinn hefur útskrifað 178 nemendur frá 13 Asíulöndum, þar af 70 frá Kína.

5. Framhald Þúsaldarnámskeiðanna

Þúsaldarnámskeiðin hafa notið mikilla vinsælda og borið hróður íslenskrar jarðhitaþekkingar víða um lönd. Námskeiðin hafa sýnilega aukið persónuleg kynni milli ráðamanna og jarðhitasérfræðinga, bæði innan einstakra landa og á milli landa. Samstarf milli landa um jarðhitamálefni hefur aukist verulega bæði í Afríkulöndum og Mið-Ameríkulöndum. Leiðtoganámskeiðið fyrir Asíulönd í Kína lofar einnig góðu.

Í ljósi efnahagskreppunnar í heiminum er forgangsöröðun verkefna í alþjóðasamstarfi enn brýnni nú en undanfarinn áratug. Þegar litið er yfir 30 ára sögu Jarðhitaskólans sést hversu

markvisst hefur tekist að byggja upp mjög sterka hópa jarðhitasérfræðinga í tugum landa. Þetta hefur tekist með kennslu á Íslandi og jafnframt með hvatningu við heimamenn í hinum ýmsu löndum og með samstarfi og í raun hópefli fyrrum nemenda skólans innan sinna landa, heimsálfa og heimsálfa í milli. Þátttaka 35 fyrrum nemenda Jarðhitaskólans (af 161 útskrifuðum) í World Geothermal Congress WGC 1995 á Ítalíu, 61 nemanda (af 227 útskrifuðum) í WGC 2005 í Japan og 77 nemenda (af 318 útskrifuðum) í WGC 2005 í Tyrklandi hefur verkað eins og kraftmiklar vítamínsprautur á samstarf milli landa. Í ráðstefnuriti WGC 2005 voru 104 fyrrum nemendur frá 26 löndum höfundar eða meðhöfundar 141 greina (af 705 greinum í ráðstefnuritinu). Á ráðstefnunum hafa myndast órofa tengsl milli árganga skólans. Það sem sameinar þá er skólavistin á Íslandi og reynslan af vinnubrögðum þar sem sérfræðingar á mismunandi sviðum eru reiðubúnir til að vinna opinskátt saman og skiptast á gögnum, og þar sem allir í vinnuhópum eru teknir sem jafningjar. Við vonumst til að hitta um 100 fyrrum nemendur á WGC 2010 í Indónesíu.

Þúsaldarnámskeiðin gegna að mörgu leyti svipuðu hlutverki. Þar eru lykilsérfræðingar á ýmsum sviðum frá hverri heimsálfu fyrirlesarar og leiðbeinendur efnilegustu byrjendanna í álfunni. Þannig eru þekkingarbrunnar tengdir milli grannlanda og vinátta fylgir gjarnan með. Smátt og smátt munu grunnnámskeið í jarðhitafræðum flytjast frá Íslandi til þeirra landa sem mest þurfa á fræðslunni að halda og þar sem kennslan getur miðast meira við aðstæður í viðkomandi heimshluta en fært er að gera á Íslandi. Þessi þróun er komin vel á veg í Austur-Afríku. KenGen sér alfarið um fyrstu vikuna í árlegum námskeiðum Jarðhitaskólans og KenGen. Eins og nefnt er í kafla 3, þá er sannarlega tímabært að koma samstarfi Jarðhitaskólans og KenGen í varanlegt form með stofnun sérstakrar undirstofnunar Jarðhitaskólans og KenGen, undir regnhlíf Háskóla Sameinuðu þjóðanna, sem falið verði að sjá um þetta námskeiðahald. KenGen lagði fram formlega tillögu um þetta fyrirkomulag strax á fyrsta leiðtoganámskeiðinu 2005. Málið hefur fengið góðar undirtektir í aðalstöðvum Háskóla Sameinuðu þjóðanna í Tókýó. Vonandi verður hægt að ganga til samninga um þetta á næstu misserum. Kostnaður Íslands við þetta fyrirkomulag verður væntanlega svipaður og núverandi kostnaður Íslands við Þúsaldarnámskeiðin í Afríku.

Svipaða sögu er að segja um Mið-Ameríku, nema hvað sagan þar er styttri. Þar hefur LaGeo orkufyrirtækið í El Salvador staðið fyrir Þúsaldarnámskeiðunum í samvinnu við Jarðhitaskólann 2006 og 2007. Á fyrirhuguðu tveggja vikna námskeiði í El Salvador í október 2009 munu jarðhitasérfræðingar LaGeo sjá að verulegu leyti um fyrri vikuna ásamt tveimur sérfræðingum frá ÍSOR. Síðari vikuna verða fleiri fyrirlesarar frá Íslandi, Kenýa og Kostaríka. Formlegir fyrirlestrar á námskeiðunum í El Salvador eru yfirleitt fluttir á ensku en túlkaðir samtímis á spænsku. Verklegr kennsla fer fram á báðum málum. Á námskeiðið í haust verður væntanlega boðið þátttakendum frá Nevis og e.t.v. fleiri Antillaeyjum í Karíbahafi, en á þessum eldvirku eyjum er víða háhita að finna og góðir möguleikar á að framleiða rafmagn með jarðgufu. Á námskeiðinu gefst tækifæri til að velja efnilega nemendur frá eyjunum til náms í Jarðhitaskólanum á næstu árum. Ísland hóf formlega þróunarsamvinnu við eyjarnar á s.l. ári.

Næstu Þúsaldarnámskeið fyrir Asíulönd í beinni nýtingu jarðhita verða væntanlega haldin í Kína og fjalla um hitaveituverkfræði, rekstur og vinnslueftirlit á lághitasvæðum. Námskeiðin verða væntanlega haldin í samvinnu við gestgjafastofnanir námskeiðsins í Kína 2008 (Tianjin Bureau of National Resources and Real Estate Management (TBLRREM) og Tianjin Bureau of Geology and Mineral Exploration Development (TBGMED)). Tianjin háskóli mun þó væntanlega sjá um námskeiðin þegar til lengri tíma er litið. Vegna óljósrar stöðu fjárveitinga til Þúsaldarnámskeiðanna 2010 verður beðið með frekari undirbúning og ákvörðun um námskeiðin í Kína.

Í apríl 2010 er fyrirhugað að halda leiðtoganámskeið (Þúsaldarnámskeið) fyrir stjórnendur orku- og umhverfismála þeirra Asíulanda sem hafa möguleika á raforkuframleiðslu með jarðhita. Námskeiðið verður væntanlega haldið í tengslum við Alþjóðajarðhitaráðstefnuna WGC 2010 í Indónesíu. Með því móti nýtast farmiðar þátttakenda og fyrirlesara vel, því margir þeirra munu sækja bæði ráðstefnuna og námskeiðið. Pertamina (ríkisolíufyrirtæki Indónesíu) verður gestgjafi leiðtoganámskeiðsins. Tækniháskólinn í Bandung hefur boðið fram aðstoð sína við að halda námskeiðið. Að höfðu samráði við Háskóla Sameinuðu þjóðanna og Orkustofnun undirrituðu Jarðhitaskólinn og Pertamina viljayfirlýsingu (Letter of Intent) í október 2006 um samstarf við þjálfun jarðhitasérfræðinga Pertamina og við að halda jarðhitanámskeið og jarðhitaráðstefnur fyrir Indónesíu og önnur lönd. Í október 2007 var undirritaður samstarfssamningur (Memorandum of Understanding) milli ríkisstjórna Indónesíu og Íslands þar sem m.a. er fjallað um jarðhitapþjálfun, jarðhitanámskeið og jarðhitaráðstefnur. Ákvörðun um leiðtoganámskeiðið í Indónesíu 2010 verður væntanlega tekin í október 2009.

6. Lokaorð

Þúsaldarnámskeiðin hafa tekist mjög vel og miklar væntingar við þau bundnar í þróunarlöndunum. Fyrrum nemendur Jarðhitaskólans hafa verið burðarásar í undirbúningi og framkvæmd námskeiðanna, ýmist sem fyrirlesarar/leiðbeinendur og/eða sem stjórnendur rannsóknarstofnana og orkufyrirtækja. Þegar mikið er fært í fang er gott að eiga stóra fjölskyldu. Í flestum löndum heims er reynt að efla notkun vistvænna orkulinda. Notkun jarðhita til húshitunar og rafmagnsframleiðslu dregur verulega úr eldsneytisbrennslu. Kennsla og þjálfun jarðhitasérfræðinga frá þróunarlöndunum er mikilvægt framlag til varna gegn loftlagsvá. Þrátt fyrir efnahagskreppu þurfum við að leita leiða til að missa ekki þann skriðþunga sem er kominn í jarðhitafræðslu í þróunarlöndunum fyrir tilstilli Íslendinga.

Heimildir

Ingvar Birgir Friðleifsson, Lúðvík S. Georgsson og Mwangi, M.M., (ritstj.), 2005: Papers presented at „*Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects and their Management*“. UNU-GTP og KenGen, Naivasha, Kenya, 14. - 18. nóvember, 2005. UNU-GTP, CD SC-01.

Ingvar Birgir Friðleifsson, og Henriquez, J.L. (ritstj.), 2006: Papers presented at „*Workshop for Decision Makers on Geothermal Projects in Central America*“. UNU-GTP og LaGeo, San Salvador, El Salvador, 26. nóvember - 2. desember, 2007. UNU-GTP, CD SC-02.

Ingvar Birgir Friðleifsson, Dorthe H. Holm, Henriquez, J.L., og Torio, E.C. (ritstj.), 2007: Papers presented at „*Short Course on Geothermal Development in Central America: Resource Assessment and Environmental Management*“. UNU-GTP og LaGeo, San Salvador, El Salvador, 25. nóvember - 1. desember, 2007. UNU-GTP, CD SC-04.

Ingvar Birgir Friðleifsson, Dorthe H. Holm, Wang Kun., og Zhang Baiming (ritstj.), 2008: Papers presented at „*Workshop for Decision Makers on Direct Heating Use of Geothermal Resources in Asia*“. UNU-GTP, TBLRREM, og TBGMED, Tianjin, China, 11. - 18. maí, 2008, 509 s, UNU-GTP, CD SC-06.

Lúðvík S. Georgsson, Dorthé H. Holm, Simiyu, S.M. og Bahati. G. (ritstj.), 2008: *Papers and presentations at „Short course on Geothermal Project Management and Development”*. UNU-GTP, KenGen og MEMD-DGSM, Entebbe, Úganda, 20. - 22. nóvember 2008. UNU-GTP, CD SC-08.

Lúðvík S. Georgsson, Dorthé H. Holm, Simiyu, S.M. og Mariita, N. (ritstj.), 2008: *Papers and presentations at „Short Course III on Exploration for Geothermal Resources”*. UNU-GTP og KenGen, Naivasha, Kenýa, 24. október - 17. nóvember 2008. UNU-GTP, CD SC-07.

Lúðvík S. Georgsson, Dorthé H. Holm, Simiyu, S.M. og Ofwona, C., (ritstj.), 2007: *Papers and presentations at „Short Course II on Surface Exploration for Geothermal Resources”*. UNU-GTP og KenGen, Naivasha, Kenýa, 2. - 17. nóvember 2007. UNU-GTP, CD SC-05.

Lúðvík S. Georgsson og Simiyu, S.M., (ritstj.), 2006: *Presentations at „Short Course I on Surface Exploration for Geothermal Resources”*. UNU-GTP og KenGen, Naivasha, Kenýa, 12. - 22. nóvember 2006. UNU-GTP, CD SC-02 (ekki opinber útgáfa).