



ÍSOR

á vit verðmæta

ÁRSSKÝRSLA 2008

Efnisyfirlit

Ávarp stjórnarformanns	3
Starfsemi ÍSOR 2008	4
Reikningar ÍSOR 2008	6
Yfirlit um verkefni	8
Jarðhitaboranir á Vestfjörðum	12
Þetta kemur allt með kalda vatninu	14
Suðurlandsskjálfti 29. maí 2008	16
Hengill - viðnám, skjálftar, jarðfræði og jarðhiti	18
HITI - Evrópuverkefni	20
Forspárgildi berghita - aðferðafræði	21
Erítrea - þróunarsamvinna	22
Undirbúningur að olíuleitarútboði	24
Skrá yfir skýrslur og greinar	25
ÍSOR activities in 2008	28
Í minningu tveggja jarðfræðinga	30

Forsíðumynd: Hveraauga í Kerlingarfjöllum, um 10 cm í þvermál.
Augað er í forgrunni á myndinni hér að neðan. Ljósma.: Niels Giroud.



Ávarp stjórnarformanns

Ársfundur Íslenskra orkurannsókna (ÍSOR) árið 2009, hinn sjötti í röðinni, er að þessu sinni haldinn í Salnum í Kópavogi. Meginþema fundarins er: Jarðfræði og auðlindir vestara gosbeltisins. Á starfsævi ÍSOR hefur verið leitast við að halda ársfundina vítt og breitt um landið og reynt að draga fram áherslur þess landshluta sem húsir fundinn hverju sinni. Þannig hafa stjórn og starfsmenn ÍSOR viljað staðfesta að landið allt er vettvangur starfsemi fyrirtækisins. Mikilvægi þekkingar og starfs ÍSOR fyrir höfuðborgarsvæðið, sem og landið allt, er óumdeilanlegt. Erlendir gestir okkar Íslendinga hafa oft orð á þeim fjársjóði sem jarðhitinn og orkan er. Þeir taka til þess hve hlýtt er í húsum okkar og hversu sund- og íþróttaaðstaða er góð hjá svo fámennri þjóð. Fyrir okkur Íslendinga verður þetta stundum að sjálfsögðum hlut. Þannig hefur það ekki alltaf verið og ekki sjálfgefið að svo verði. Við þurfum að gæta að því.

Starfsemi ÍSOR hefur ekki farið varhluta af veðrabrigðum í íslensku athafnalífi. Síðustu árin hefur ÍSOR stækkað og eflst til að fylgja eftir uppgangi orkugeirans. Verkefni hafa vaxið að umfangi frá ári til árs. Sér þess glögglega merki í uppgjöri fyrirtækisins undanfarin ár. Mikilvægt er fyrir ÍSOR að þróast hratt en einnig að halda grunnstefnumörkun sinni, vera hæfilega jarðbundið og láta ekki gleppast af dægursveiflum líðandi stundar. Stýra þarf í samræmi við strauma og árferði hverju sinni og feta einstigi

velferðar af einurð og festu. Verkefni ÍSOR eru oft grunnur að vexti og velgengni orkuiðnaðar framtíðarinnar. Styrkur ÍSOR felst fyrst og fremst í þekkingu starfsmanna fyrirtækisins en einnig í fjármunum og aðstöðu sem gera það mögulegt að þreyja þórrann og góuna.

Stjórnin hefur því samþykkt að halda starfsemi ÍSOR óbreyttri eins og kostur er, nýta fyrningar síðustu ára og leggja sitt af mörkum til að halda trú á íslensku samfélagi. Vangaveltur um breytingar á eignaraðild eru lagðar til hliðar. Mikilvægi þess að halda einbeitingu sinni á grunnþáttum starfseminnar hefur aldrei verið meira en einmitt nú. Styrkur og festa eru lykilorð framtíðar. ÍSOR á möguleika á verkefnaöflun innanlands sem utan. Stöðugt meiri áhersla er lögð á vægi endurnýjanlegra orkugjafa í heiminum og hefur það skilað sér í verkefnum fyrirtækisins á erlendri grund. Vonir standa til að aukning verði þar á í náinni framtíð. ÍSOR hefur unnið talsvert að olíuleit við Ísland undanfarin ár og mun meiri starfsemi er fyrir sjáanleg á því sviði á næstu misserum. Það orðspor sem fer af fagmennsku, stöðugleika og stefnufestu ÍSOR heldur nafni þess á lofti og mun afla verkefna hér eftir sem hingað til. Þannig mun vonandi takast að komast áfram í þekkingarleit orkurannsókna, þrátt fyrir óblíða vinda í heimi fjármálanna.

Fyrir hönd stjórnar ÍSOR vil ég þakka starfsmönnum og viðskiptavinum ÍSOR ánægjulega samfylgd á síðasta starfsári.

Guðrún Helga Brynleifsdóttir

Stjórn ÍSOR ásamt forstjóra. Þórarinn E. Sveinsson, Svanfríður Inga Jónasdóttir, Ólafur G. Flóvenz, Guðrún Helga Brynleifsdóttir formaður og Hákon Björnsson. Á myndina vantar Jóhannes Pálsson. Ljós. Jón Ragnarsson



Starfsemi ÍSOR 2008



Starfsemi ÍSOR árið 2008 gekk þrjúðisvel frá upphafi til enda þótt vissulega hafi dimmt yfir framtíðarhorfum ÍSOR á haustdögum. Fjárhagsafkoma ÍSOR árið 2008 var svipuð og árið áður. Rekstrartekjur jukust úr 1.201 m.kr. árið 2007 í 1.474 m.kr. árið 2008, eða um 23%. Hagnaður eftir greiðslu afkomutengdra launa jókst úr 130 m.kr. árið 2007 í 178 m.kr. árið 2008, eða um 36%, og er þeim hagnaði varið til að efla rannsóknarfærni ÍSOR og bæta eiginfjárstöðu. Eigið fé ÍSOR í árslok nam um 510 m.kr. og er eiginfjárlutfallið um 60%. Handbært fé í árslok nam 205 m.kr., veltufé frá rekstri var 268 m.kr. og EBIDTA var 15,5%.

Á árinu ákvað ÍSOR að ráða til sín fjármálastjóra og taka að fullu í sínar hendur allt bókhald og fjármál fyrirtækisins en fram til þessa hafði Rekstrarfélag Orkugarðs annast þá þjónustu að talsverðu leyti. Guðrún Erlingsdóttir, fyrrverandi forstjóri Ratsjárstofnunar, var ráðin fjármálastjóri hjá ÍSOR og sett var á laggirnar sérstök fjármáladeild undir hennar stjórn. Guðrún hóf störf í lok sumars.

Fram eftir árinu var unnið nokkuð að undirbúningi þess að breyta ÍSOR í hlutafélag, enda hafði verið talsverður áhugi íslenskra fyrirtækja í orkuiðnaði á að eignast hluti í fyrirtækinu. Þau áform voru lögð til hliðar með fjármálakreppunni.

Starfsmönnum ÍSOR fjölgaði talsvert á árinu og voru þeir 91 talsins við áramót, þar af starfa 12 á Akureyri. Tuttugu manns hófu störf hjá ÍSOR, ef miðað er við starfsmenn sem ráðnir voru til eins árs eða lengur, en sjö létu af störfum. Meðal þeirra sem létu af störfum var Páll Ingólfsson útgáfustjóri sem starfað hafði hjá ÍSOR og forverum í 41 ár. Páll hafði yfirumsjón með útgáfumálum og sá um að

skýrslur ÍSOR uppfylltu útrustu kröfur um gæði og málfar. Eru Páli fluttar alúðarpakkir fyrir sérlega árangursríkt og gott starf.

Samstarf Háskóla Íslands og ÍSOR dýpkaði á árinu. Þannig var Halldór Ármannsson, efnifræðingur hjá ÍSOR, sá þriðji til að verða gestaprófessor við jarðvísindadeild Háskóla Íslands og Freysteinn Sigmundsson, jarðeðlisfræðingur hjá HÍ, kom í hlutastarf sem gestavísindamaður hjá ÍSOR.

ÍSOR hélt áfram markvissri uppbyggingu á tækjum og aðstöðu til rannsókna. Á árinu var tekinn í notkun nýr bíll til hita- og þrýstímælinga í háhitaholum sem búinn er krana til að vinna við háhitaholur. Með tilkomu hans lækkar kostnaður orkufyrirtækja við slíkar mælingar.

Verkefni ársins 2008 voru að venju mjög fjölbreytt þótt verkefni tengd háhitaborunum hafi verið áberandi mikil. Alls voru boraðar 29 háhitaholur, fleiri en nokkru sinni fyrr. Fjölmargir starfsmenn ÍSOR koma að borun háhitaholna og prófun þeirra; borholujarðfræðingar, borverkræðingar, borholumælingamenn, forðafræðingar og efnifræðingar. Því snerist starfsemi ÍSOR mjög um þjónustu við þessar óvenjumiklu boranir. Jarðhitaleit á lághitasvæðum var fram haldið. Á Ísafirði var boruð djúp rannsóknarhola sem því miður skilaði ekki árangri. Hins vegar varð mjög góður árangur af jarðhitaleit og borunum við Kópavatn í Hrunamannahreppi, Klúku í Bjarnarfirði, Krossnesi í Árneshreppi og Hveravík í Steingrímsfirði. Nokkuð var um verkefni erlendis. Hæst ber þar vinnu fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands í Níkaragva og Eritreu.

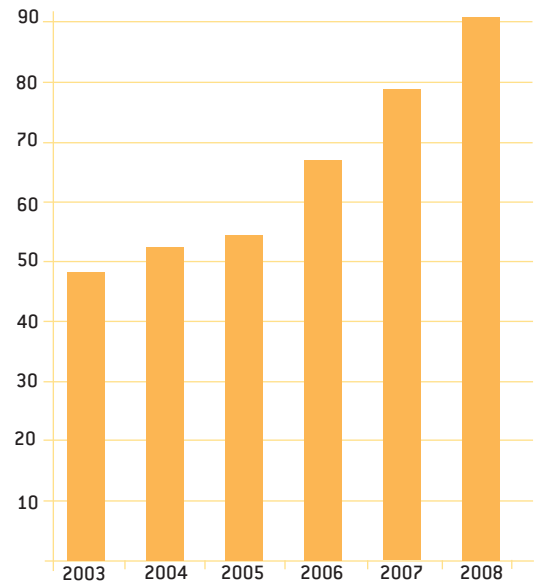
Unnið var að kappi að undirbúningi greinargerðar Íslands til hafréttarnefndar Sameinuðu þjóðanna um kröfur til hafsbotsréttinda utan 200 mílna efnahagslögsögunnar. Um mitt árið kom í ljós að forsendur höfðu skapast fyrir meiri kröfugerð en áður var talin möguleg og þurfti því að bæta við, með litlum fyrirvara, gögnum í það safn sem fyrir var. Tveir lykilmenn í verkinu sögðu störfum sínum lausum snemma árs en aðrir tóku upp merkið, og eru allar líkur á að verkinu ljúki á tilsettum tíma. Þá unnu sérfræðingar ÍSOR ýmis verkefni er tengdust útboði á olíuleitarleyfum á Drekasvæðinu.

ÍSOR er þekkingar- og nýsköpunarfyrirtæki sem hefur ásamt forverum sínum byggt upp meginhluta hinnar jarðvísindalegu þekkingar á jarðhitaauðlindinni og nýtingu hennar. Öflun slíkrar þekkingar krefst stöðugra

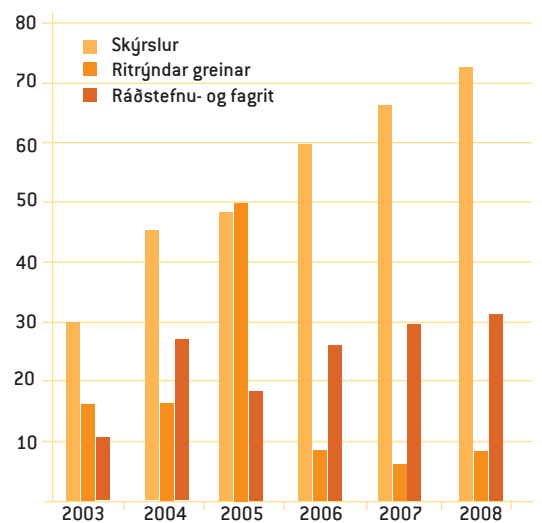
rannsóknna og þróunar sem síðan leiðir til nýsköpunar. Í hinum akademíska heimi eru birt rit og greinar sem notuð eru sem mælikvarði á rannsóknarvirkni. Aðstæður ÍSOR eru hins vegar frábrugðnar aðstæðum háskólaheimsins á þann hátt að fé til greinaskrifa er afar takmarkað. Hins vegar hefur árangur af rannsóknum ÍSOR og forvera gegnum tíðina fyrst og fremst komið fram í tvennu; annars vegar í ódýrri, endurnýjanlegri orku sem landsmenn njóta í ríkari mæli en aðrir á jarðarkringlunni og hins vegar í hlutfallslega miklu framlagi til lækkunar á losun gróðurhúsalofttegunda á Íslandi. Afrakstur rannsókna ÍSOR kemur þó einnig vel fram í rituðu máli, niðurstöður eru birtar í ritrýndum greinum, greinum í blöðum og ráðstefnuritum, skýrslum ÍSOR og greinargerðum. Undanfarin fimm ár hafa verið unnin að meðaltali 68 ársverk háskólamenntaðra manna á ÍSOR. Þeir eru þó ekki allir í rannsóknum. Árlega hefur hver háskólamenntaður starfsmaður ÍSOR birt að meðaltali 0,4 ritrýndar greinar á ári, 0,5 greinar í ráðstefnuritum, 1,1 skýrslu og 3,5 greinargerðir, eða alls 5,5 ritverk á ári að meðaltali. Það hlýtur að teljast þokkalegur afrakstur í vísindalegum skilningi.

Fjármálakreppan sem skall á haustið 2008 hafði lítil áhrif á starfsemi ÍSOR á árinu. Hún breytir hins vegar miklu fyrir framtíðarhorfur fyrirtækisins. Á undanföllum árum hefur virkjað rafafli úr jarðhita aukist úr 202 MW árið 2004 í 574 MW árið 2008. Horfur voru á svipaðri aukningu, eða jafnvel meiri, næstu 6–7 árin, sunnan heiða á virkjunarsvæðum Hengils og Reykjaneskaga og norðan heiða við Þeistareyki, Kröflu og Bjarnarflag. ÍSOR hefur því á undanföllum árum keppt við að byggja upp starfsemi sína með tilliti til þess að geta þjónað þessum framtíðaráformum íslensks orkuviðnaðar. Þessi áform eru nú í mikilli óvissu. Fari svo að áframhaldandi uppbygging orkuvinnslu úr jarðhita stöðvist að mestu þýðir það afar mikinn samdrátt í starfsemi ÍSOR. Sem betur fer hefur fjármálastjórn og afkoma ÍSOR verið traust á umliðnum árum. Eigið fé ÍSOR hefur fimmfaldast á jafnmörgum árum og sjóðsstaða er ágæt. Góðæri liðinna ára var notað til að byggja upp eiginfjárstöðu og endurnýja tækjakost ÍSOR og aðstöðu þannig að lítil þörf er fyrir verulegar fjárfestingar næstu árin. Því var sú ákvörðun tekin í lok síðasta árs að grípa til almennra sparnaðarráðstafana en að freista þess að bíða með umtalsverðar breytingar á starfsmannahaldi fram á haustmánuði 2009 í þeirri von að þá hefðu framtíðarmálefni íslensks jarðhitaviðnaðar skýrst. Jafnframt skyldi leitað skipulega að verkefnum erlendis fyrir sérþekkingu ÍSOR. Þessi ákvörðun felur í sér að gengið verður á eigið fé ÍSOR árið 2009. ÍSOR mun þannig nýta á næstunni það sem safnaðist í góðærinu.

Ólafur G. Flóvenz



Fjöldi starfsmanna ÍSOR á árunum 2003–2008.



Fjöldi skýrsla, ritrýndra greina, ráðstefnu- og fagrita.

Frá Kerlingarfjöllum. Ljós. Niels Giroud.



Reikningar ÍSOR 2008

Staðfesting ársreiknings

Ársreikningur Íslenskra orkurannsóknna, ÍSOR, fyrir árið 2008 er gerður í samræmi við lög um ársreikninga og reglugerð um framsetningu og innihald ársreikninga og er gerður eftir sömu aðferðum og árið áður.

Um Íslenskar orkurannsóknir gilda ákvæði laga nr. 86/2003. Hlutverk þeirra er að vinna að verkefnum og rannsóknum á sviði náttúruvafars, orkumála og annarra auðlindamála.

Samkvæmt rekstrarreikningi varð hagnaður af rekstri fyrirtækisins á árinu 2008 að fjárhæð 177,7 m.kr. Á árinu námu fjárfestingar fyrirtækisins í varanlegum rekstrarfjármunum 131,3 m.kr. Eignir Íslenskra orkurannsóknna námu 849,6 m.kr., skuldir 339,7 m.kr. og eigið fé nam 509,9 m.kr. í árslok 2008 samkvæmt efnahagsreikningi. Að öðru leyti vísast til ársreiknings um rekstur fyrirtækisins á árinu og fjárhagsstöðu í lok þess.

Stjórn Íslenskra orkurannsóknna og forstjóri staðfesta hér með ársreikning fyrirtækisins fyrir árið 2008 með undirritun sinni.

Reykjavík, 12. mars 2009.



Guðrún Helga Brynleifsdóttir
formaður


Svanfríður Inga Jónasdóttir


Hákon Björnsson


Þórarinn Egill Sveinsson


Jóhannes Pálsson


Ólafur G. Flóvenz
forstjóri

Áritun endurskoðenda

Til stjórnar Íslenskra orkurannsóknna

Við höfum endurskoðað meðfylgjandi ársreikning Íslenskra orkurannsóknna fyrir árið 2008. Ársreikningurinn hefur að geyma skýrslu stjórnar, rekstrarreikning, efnahagsreikning, yfirlit um sjóðstreymi, upplýsingar um mikilvægar reikningsskilaaðferðir og aðrar skýringar.

Ábyrgð stjórnenda á ársreikningnum

Stjórnendur eru ábyrgir fyrir gerð og framsetningu ársreikningsins í samræmi við lög um ársreikninga. Samkvæmt því ber þeim að skipuleggja, innleiða og viðhalda innra eftirliti sem varðar gerð og framsetningu ársreiknings þannig að hann sé í meginatriðum án verulegra annmarka. Ábyrgð stjórnenda nær einnig til þess að beitt sé viðeigandi reikningsskilaaðferðum og mati miðað við aðstæður.

Ábyrgð endurskoðenda

Ábyrgð okkar felst í því áliti sem við látum í ljós á ársreikningnum á grundvelli endurskoðunarinnar. Endurskoðað var í samræmi við góða endurskoðunarvenju og ákvæði laga um Ríkisendurskoðun. Samkvæmt því ber okkur að fara eftir settum siðareglum og skipuleggja og haga endurskoðuninni þannig að nægjanleg víska fái um að ársreikningurinn sé án verulegra annmarka.


Endurskoðunin felur í sér aðgerðir til að staðfesta fjárhæðir og aðrar upplýsingar í ársreikningnum. Val endurskoðunaraðgerða byggir á faglegu mati endurskoðandans, meðal annars á þeirri áhættu að verulegir annmarkar séu á ársreikningnum. Endurskoðunin felur einnig í sér mat á þeim reikningsskila- og matsaðferðum sem stjórnendur nota við gerð ársreikningsins sem og mat á framsetningu hans í heild.


Við teljum að við endurskoðunina hafi verið aflað nægjanlegra og viðeigandi gagna til að byggja álit okkar á.

Álit

Það er álit okkar að ársreikningurinn gefi glögga mynd af afkomu Íslenskra orkurannsóknna á árinu 2008, efnahag þess 31. desember 2008 og breytingu á handbæru fé á árinu 2008, í samræmi við lög um ársreikninga.

Ríkisendurskoðun, 10. mars 2009.


Sveinn Arason
ríkisendurskoðandi


Karlotta B. Aðalsteinsdóttir
endurskoðandi

Rekstrarreikningur árið 2008

	Skýr	2008	2007
Rekstrartekjur			
Rekstrartekjur		1.473.555.879	1.182.541.495
Aðrar tekjur		316.000	18.611.716
Rekstrartekjur	1	1.473.871.879	1.201.153.211
Rekstrargjöld			
Laun og launatengd gjöld	2	792.196.274	628.253.384
Önnur rekstrargjöld	7	452.869.935	360.373.642
Afskriftir	4	90.515.968	85.750.835
Rekstrargjöld		1.335.582.177	1.074.377.861
Rekstrarhagnaður		138.289.702	126.775.350
Fjármunatekjur og (fjármagnsgjöld)	3	39.405.399	3.305.077
Hagnaður ársins		177.695.101	130.080.427

Efnahagsreikningur 31. desember 2008

	Skýr	2008	2007
Eignir			
Fastafjármunir			
Varanlegir rekstrarfjármunir			
Varanlegir rekstrarfjármunir	4	256.956.239	216.194.285
Áhættufjármunir			
Hlutabréf	5	1.076.215	1.000.000
Fastafjármunir		258.032.454	217.194.285
Veltufjármunir			
Óreikningsfærð verk		14.153.952	13.359.847
Skammtímakröfur		371.565.621	292.682.101
Bankainnstæður		205.869.532	75.411.669
Veltufjármunir		591.589.105	381.453.617
Eignir alls		849.621.559	598.647.902
Eigið fé og skuldir			
Eigið fé			
Höfuðstóll	6	509.881.445	332.186.345
Eigið fé alls		509.881.445	332.186.345
Skuldir			
Skammtímaskuldir			
Skammtímaskuldir		339.740.114	266.461.557
Skuldir alls		339.740.114	266.461.557
Eigið fé og skuldir alls		849.621.559	598.647.902

Sjóðstreymi árið 2008

	Skýr	2008	2007
Rekstrarhreyfingar			
<i>Veltufé frá rekstri</i>			
Hagnaður ársins		177.695.101	130.080.427
Söluhagnaður af eignasölu		0	(18.611.716)
Afskriftir	4	90.515.968	85.750.835
<i>Veltufé frá rekstri</i>		268.211.069	197.219.546
<i>Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum</i>			
Skammtímakröfur, (hækkun)		(79.677.625)	(79.396.212)
Skammtímaskuldir, hækkun (lækkun)		73.278.557	(33.225.137)
<i>Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum</i>		(6.399.068)	(112.621.349)
Handbært fé frá rekstri		261.812.001	84.598.197
Fjárfestingahreyfingar			
Tæki og búnaður	4	(131.277.923)	(152.703.809)
Seldir áhættufjármunir		0	36.945.972
Áhættufjármunir, innlausn		0	(9.912.135)
Keyptir áhættufjármunir		(76.215)	0
Fjárfestingahreyfingar		(131.354.138)	(125.669.972)
Hækkun (lækkun) á handbæru fé		130.457.863	(41.071.775)
Handbært fé í ársbyrjun		75.411.669	116.483.444
Handbært fé í lok ársins		205.869.532	75.411.669

Skýringar

Reikningsskilaaðferðir

Grundvöllur reikningsskila

Ársreikningur Íslenskra orkurannsóknna er gerður í samræmi við lög um ársreikninga og reglugerð um framsetningu og innihald ársreikninga og samstæðureikninga. Hann byggir á kostnaðarverðsreikningsskilum og er í íslenskum krónum. Ársreikningurinn er í meginatriðum gerður eftir sömu reikningsskilaaðferðum og árið áður.

Tekjur

Tekjur eru færðar við útgáfu reikninga. Í árslok eru áunnar óreikningsfærðar tekjur eignfærðar.

Gjöld

Gjöld eru bókfærð eftir að reikningar hafa verið samþykktir. Í árslok eru ógreidd gjöld ársins bókfærð.

Varanlegir rekstrarfjármunir

Varanlegir rekstrarfjármunir eru færðir til eignar á kostnaðarverði að frádregnum afskriftum. Afskriftir eru reiknaðar sem fastur árlegur hundradshluti miðað við áætlaðan endingartíma eignanna.

Eignarhlutir í öðrum félögum

Eignarhlutir í öðrum félögum eru færðir á kaupverði.

Skammtímakröfur

Skammtímakröfur eru færðar á nafnverði að teknu tilliti til niðurfærslu vegna tapsáhættu.

Handbært fé

Handbært fé eru óbundnar innstæður á bankareikningum.

Lífeyrisskuldbindingar

Lífeyrisskuldbindingar vegna núverandi og fyrirverandi starfsmanna Íslenskra orkurannsóknna hafa verið gerðar upp.

Skammtímaskuldir

Skammtímaskuldir eru færðar á nafnverði að teknu tilliti til áfallinna vaxta, þar sem við á.

Skattar

Íslenskar orkurannsóknir eru undanþegnar álagningu tekjuskatts.

Yfirlit um verkefni



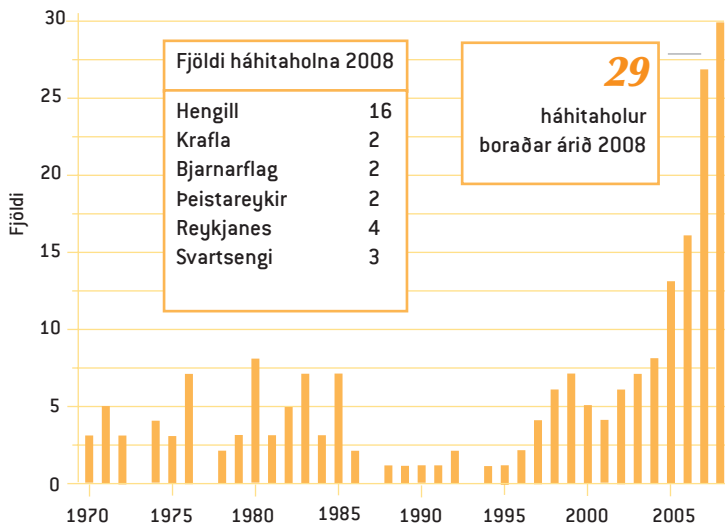
Nýr mælíbúnaður og bíll til eftirlitsmælinga í háhitaholum var tekinn í notkun á árinu. Helstu nýjungar eru þær að sérstakur mæligámur var útbúinn með vökvaspili og tveimur tromlum fyrir mælivir. Nú er mun auðveldara að koma mælíbúnaðinum fyrir á holutoppi því kraninn á nýja bílnum getur lyft manni og búnaði í rúmlega 20 m fjarlægð frá bílnum. Ljósmynd: Jón Ragnarsson.

Rannsóknir og þjónusta í tengslum við undirbúning, uppbyggingu og rekstur háhitavirkjana var þungamiðjan í starfi ÍSOR á árinu líkt og undanfarin ár. ÍSOR kemur að þessum verkefnum á öllum stigum, yfirborðskönnun og rannsókn-um til að velja borstaði, rannsókn-um á borholum á bortíma, prófunum á borhol-um eftir borun, mati á eiginleikum jarð-hitavökvans til nýtingar og eftirliti með jarðhitasvæðum í vinnslu. Viðamestu verkefni tengdust rannsókn-um og uppbyggingu háhitavirkjana bæði sunnan- og norðanlands.

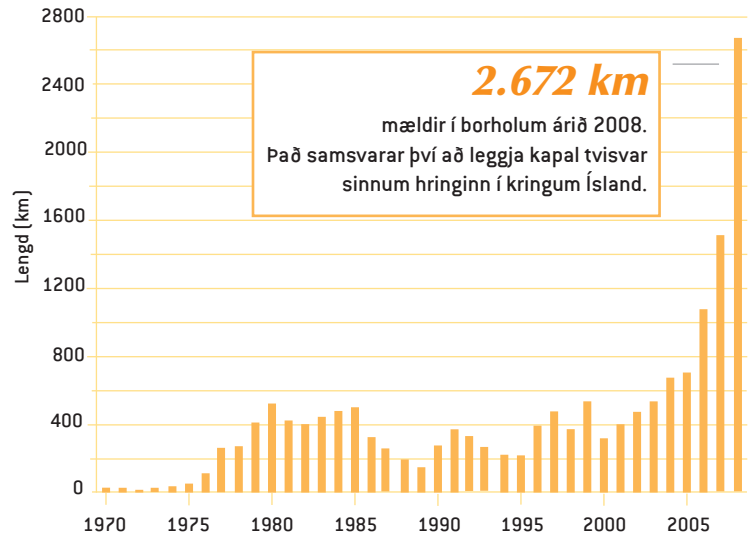
Á árinu var m.a. unnið að jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsókn-um á háhitasvæðunum í Krýsu-vík, Hengli, Kerlingarfjöllum, Vonarskarði, Kröflu og á Peistareykjum.

Orkufyrirtækin boruðu 29 háhitaholur til rannsókn-um, vinnslu og niðurrennsli og hafa ekki áður verið borðar svo margar háhitaholur hér á landi á einu ári. Borholur ársins eru flestar tveggja til þriggja km djúpar og er samanlögð lengd þeirra um 67 km.

Á Hengilssvæðinu boraði Orkuveita Reykjavíkur 15 háhitaholur á árinu og eina til niðurrennsli og sá ÍSOR um rannsóknir í holunum meðan á borun þeirra stóð. Tvær háhitaholnanna voru á Nesjavöllum og var sú fyrri boruð í suðausturhorni svæðisins til að kanna mögulega stækkun vinnslusvæðisins í þá átt. Sú síðari var úturborun á NJ-25 og var henni beint til suðausturs í átt að gossprungum í Kjúrdalsdrögum. Sunnan í Hengli voru boraðar 13 háhitaholur. Fjórar þeirra voru boraðar uppi á Skarðsmýrarfjalli og er borunum þar lokið að sinni. Á Helliðshöfði og Kolviðarhólssvæðinu voru boraðar níu holur og er þar á meðal hola HE-42 í Helliðshöfði sem



Fjöldi háhitaholna árin 1970–2008.



Mældir kílómetrar í borholum árin 1970–2008.

varð dýpsta hola landsins, 3322 m á dýpt. Ein hola, HN-11, var boruð til niðurrennsliis við Húsmúla og var þar verið að kanna lekt í misgengjum á vesturjaðri eldstöðvakerfis Hengils. Niðurstöður þeirrar borunar benda til að þar sé ákjósanlegt niðurrennsliisvæði fyrir Hellisheiðarvirkjun. Einnig voru boraðar 15 grynri holur, að mestu í tengslum við virkjunina, en einnig einar fjórar til öflunar á köldu vatni.

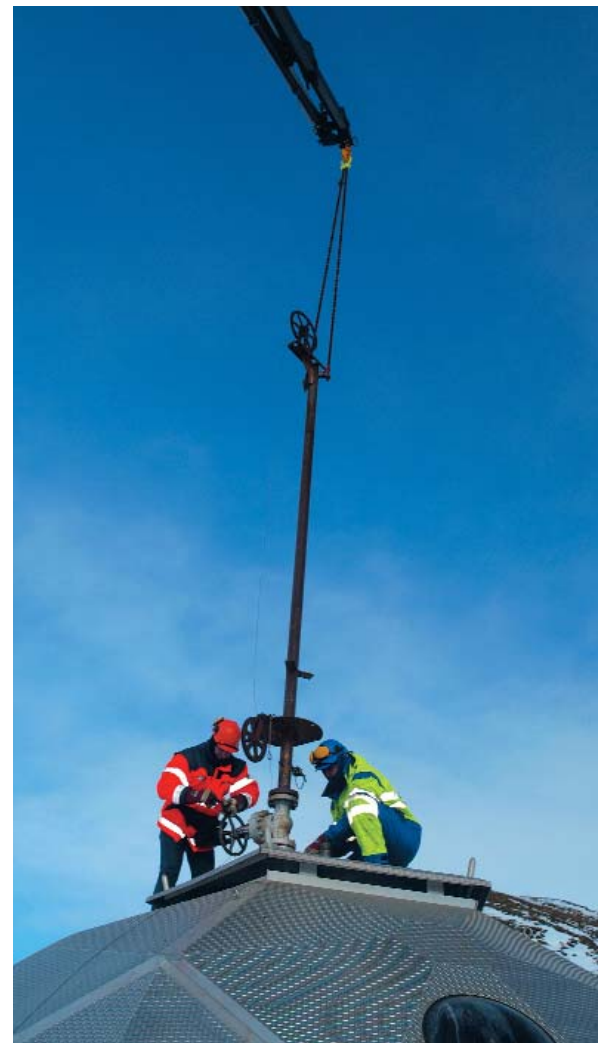
Á Norðausturlandi standa Landsvirkjun og Peistareykjir ehf. fyrir rannsóknum á háhita-svæðunum í Bjarnarflagi, Kröflu, Gjástykki og á Peistareykjum. Á árinu 2008 voru boraðar tvær háhitaholur í Bjarnarflagi, þrjár í Kröflu og ein á Peistareykjum. Að auki var ein hola endurboruð á Peistareykjum og önnur hreinsuð í Kröflu. Á árinu hófst undirbúningur djúpborunar í Kröflu. Boruninni verður haldið áfram vorið 2009, en til stendur að bora í allt að 4500 m dýpi, eða mun dýpra en áður hefur verið borað hérlandis, og kanna hvort þarna finnist vatnskerfi við yfir-markshita. Jafnframt var unnið að hefðbundnum rannsóknum og eftirlitismælingum á háhita-svæðunum og að hugmyndalíkönum fyrir jarðhitakerfin í Bjarnarflagi, Kröflu og á Peistareykjum.

Hitaveita Suðurnesja (nú HS Orka hf.) boraði eina niðurrennsliisholu í Svartsengi og tvær vinnsluholur til að vinna gufu úr gufupúða svæðisins. Fyrir Reykjanesvirkjun voru boraðar tvær gufupúðaholur en einnig voru tvær eldri holur endurunnar.

Reglulega var fylgst með lághita- og háhita-svæðum víða um land fyrir orku- og hitaveitur. Fylgst var með vinnslu úr jarðhitakerfunum, hiti og þrýstingur mældur í vinnslu- og eftirlitsholum og sýni tekin til efnagreininga á rannsóknarstofu ÍSOR.

Undirbúningur við hita- og þrýstingsmælingu í háhitaholu.

Ljós. Jón Ragnarsson.



Yfirlit um verkefni



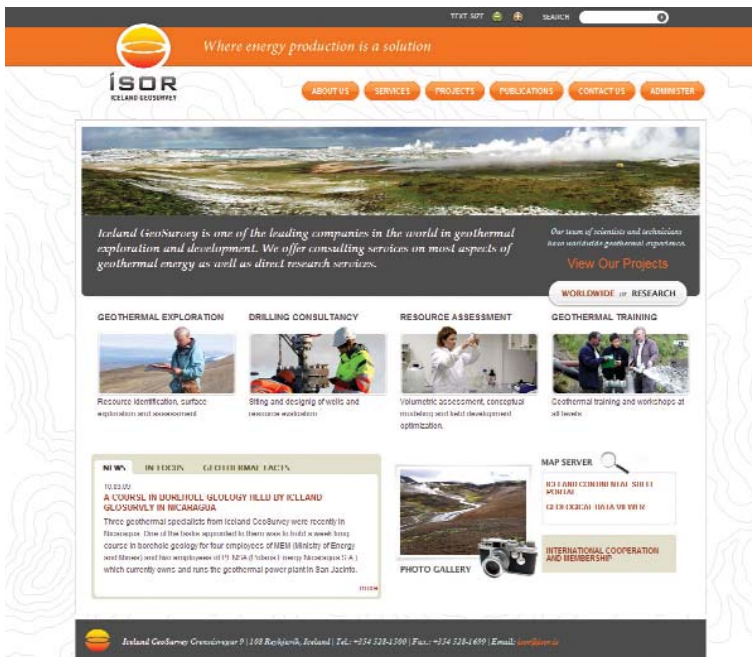
Frá rannsóknarstofu ÍSOR. Ljóm. Fríður Eggertsdóttir.

Lághitaboranir voru, líkt og undanfarin ár, mun umfangsminni en háhitaboranir. Á árinu voru boraðar 1500–2550 m djúpar vinnsluholur í Kaldárholti, við Kópsvatn, á Ísafirði og að Klausturhólum. Nokkrar grynnri lághitaholur voru boraðar í Strandasýslu. **Besti árangurinn fékkst í þessum borunum við Kópsvatn í Hrunamannahreppi** þar sem 1500 m djúp hola gefur um 70 l/s við 100 metra niðurdrátt. Aðalvatnsæðar holunnar eru neðan við 1050 m djúpi og hiti er frá 130–140°C. Holu þessari hefur ekki verið hleypt upp ennþá en hún mun vera ein aflmesta lághitahola landsins. Borhola þessi staðfestir þá niðurstöðu sérfræðinga ÍSOR að eftir miðjum Hrunamannahreppi liggja um 5 km breitt belti þar sem mikils jarðhita sé að vænta. Verkið var unnið fyrir Hitaveitu Flúða og nágrennis.

Á Lýsuhóli í Snæfellsbæ voru boraðar þrjár hitastigulsholur upp undir hlíð og þar reyndist vera hærri hitastigull en á sjálfu jarðhitasvæðinu. Síðan var boruð þar um 800 m djúp hola, en í henni eru nokkrar þrjústingslitlar æðar. Hiti í botni holunnar er 94°C sem er hæsti hiti sem

mælst hefur á þessu svæði. Ljóst þykir að heita vatnið á jarðhitasvæðinu á Lýsuhóli rennur undan hlíðinni og því verður að huga að nýrri borun þar þótt aðstæður séu erfiðar. Að verkinu stóð Orkuveita Staðarsveitar.

Grunnvatnsrannsóknir voru af ýmsum toga að venju en þar er fyrst og fremst um vinnu fyrir einstakar vatnsveitur að ræða. Þar þar hæst boranir í jarðskjálftasprungur sunnan undir Ingólfsfjalli fyrir sveitarfélagið Árborg til að koma neysluvatnsöflun þar í framtíðarhorf. Einnig voru gerðar afkastamælingar á skolvatnsholum og nýjum neysluvatnsholum. Að vanda var fylgst með hita, seltu og almennu ástandi grunnvatnsmála á Suðurnesjum. Á síðari árum hafa sérfræðingar ÍSOR alloft tekið að sér að skilgreina verndarsvæði umhverfis vatnsból víðs vegar um land. Má þar nefna Fljótsdalshérað, Borgarbyggð og Hvalfjarðarsveit. Gert er ráð fyrir að þessi starfsemi eigi eftir að aukast og var hafist handa við gerð gagnagrunns sem á eftir að nýtast við þá starfsemi.



Unnið var að vefsíðumálum á árinu og sérstök vefsíða á ensku leit dagsins ljós.

www.isor.is
www.geothermal.is

ÍSOR kom að allmörgum verkefnum erlendis á árinu. Lokið var við jarðhitaverkefni í Úganda sem ÍSOR hefur unnið að fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands (PSSÍ) undanfarin ár. Einnig var lokaskýrslu skilað til Reykjavík Energy Invest (REI) um jarðfræðirannsóknir og viðnámsmælingar í Djíbútí. Gert var átak í viðnámsmælingum í Erítreu fyrir PSSÍ. Sams konar mælingar voru undirbúnar á Kamtsjatka fyrir Norðurál. Farið var á staðinn til að kanna yfirborðsjarðhita og taka efnasýni til rannsóknna. Auk þess var gerð heimildakönnun um Puga-jarðhitasvæðið á Indlandi fyrir Glitni. Áfram var unnið að jarðhitamálum í Nikaragva fyrir PSSÍ. Í Tyrklandi var unnið að jarðhitaverkefnum fyrir ýmsa aðila, á Kanaríeyjum fyrir eldfjallastofnun eyjanna og á Gvadelúpeyjum fyrir franska jarðhitafyrirtækið CFG. Áfram var unnið fyrir StatoilHydro og kynntir fyrir því ýmsir þættir jarðhitarannsóknna og jarðhitavinnslu.

Jarðhitapjálfun og kennsla í jarðhitafræðum skipaði veglegan sess í starfsemi ÍSOR á árinu. Eitt af markmiðum ÍSOR er að efla og þróa jarðhitapjálfun. Starfsmenn hafa m.a. séð um 60% af kennslu við Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna. Þar fá um 20 nemar ár hvert sex mánaða virka þjálfun í jarðhitavísindum og verkfræði. Auk þess voru um sextán nemar Jarðhitaskólans í framhaldsnámi í samstarfi við Háskóla Íslands og luku sex þeirra MSc-námi á



Meðal tækja rannsóknarstofunnar eru tveir röntgengeislalabrotsmælur (e. X-ray diffraction) en þau tæki eru notuð til að greina kristalbyggingu fasta efna. Mörg hundruð sýni af leir, ummyndunarsteinum og jarðhitaútfellingum eru að jafnaði greind á hverju ári, auk þess sem rannsóknarstofan hefur um árabil unnið að sérhæfðri greiningu á kristalbyggingu og stöðugleika lyfjaefna fyrir lyfjaíðnaðinn. Hefur mikil og verðmæt þekking orðið til hjá ÍSOR á því sviði. Ljós. Friður Eggertsdóttir.

árinu. Þá kenndu nokkrir sérfræðingar ÍSOR við RES-orkuskólann á Akureyri og REYST-orkuskólann í Reykjavík og önnuðust leiðsögn nemenda Háskóla Íslands og þessara skóla í meistaranámi.

ÍSOR hefur veitt þjálfun á alþjóðlegum námskeiðum sem Jarðhitaskólinn hefur staðið fyrir í samvinnu við fyrirtæki í hverju landi. Haldið var námskeið í Kína og tvö í Afríku.

ÍSOR hélt einnig þrjú jarðhitánámskeið fyrir um 20 manns frá Debrecen-háskólanum í Ungverjalandi og fyrir jarðhitamenn jarðfræðistofnana Frakklands (BRGM og CFG).

Jarðhitaboranir á Vestfjörðum



Gvendarlaug á Klúku í Bjarnarfirði.

Ljósmynd: Haukur Jóhannesson.

Hitaveituvæðing landsins hefur gengið vel á undanförunum árum. Þó eru tvö landsvæði sem hafa orðið út undan í hitaveituvæðingunni. Það eru Vestfirðir og Austfirðir. Samarið og haustið 2008 voru boraðar nokkrar holur á Vestfjörðum og árangur varð góður á nokkrum stöðum en slakari annars staðar.

Á Vestfjörðum er yfirborðsjarðhiti útbreiddur. Á síðustu árum hefur ÍSOR, í samvinnu við Orkustofnun, unnið að nákvæmri kortlagningu á jarðhita í Strandasýslu og Ísafjarðardjúpi. Markmiðið er að fá gott yfirlit um dreifingu jarðhitans og tengsl hans við veitur í berggrunni. Slík þekking er undirstaða fyrir velheppnað boráttak.

Fyrst var borað í **Hveravík í Kaldrananeshreppi** á Ströndum. Þar var boruð líðlega 300 m djúp skáhol sem gefur a.m.k. 50 l/s af 85°C heitu vatni með um 100 m niðurdætti. Holan gefur um 15 l/s í sjálfrennsli. Þarna er nægt vatn til að

leggja hitaveitu til Hólmavíkur. Vegalengdin er um 6 km og þar af tæplega 3 km í sjó. Að verkinu stóð fyrirtækið Hveraorka.

Þá var borinn færður að **Klúku í Bjarnarfirði** og þar var boruð svipuð hola sem gefur 25 l/s með 10–15 m niðurdætti af um 50°C heitu vatni. Sjálfrennsli er um 15 l/s og er allmikill þrýstingur á vatninu. Vatnið nægir til að leggja hitaveitu á alla bæi sem búið er á í grennd við Klúku. Hitaveita Drangsness stóð fyrir boruninni.

Þriðja holan var boruð á **Krossnesi í Árneshreppi**. Hún er líðlega 90 m djúp og gefur um 15 l/s af um 65°C heitu vatni í sjálfrennsli. Þar þótti ekki þorandi að loftdæla vegna lélegs bergs í holuveggjum en ljóst er að holan getur gefið mun meira með dælingu. Þarna er komið nóg vatn til að leggja hitaveitu inn í Norðurfjörð, um þriggja km vegalengd, en þar er um þriðjungur húsnæðis í hreppnum. Einnig voru boraðar fjórar hitastigulsholur sunnan **Trékyllisvíkur** og þar eru vísbendingar um jarðhitakerfi í landi Stóru-Ávíkur. Árneshreppur var verkkaupi.



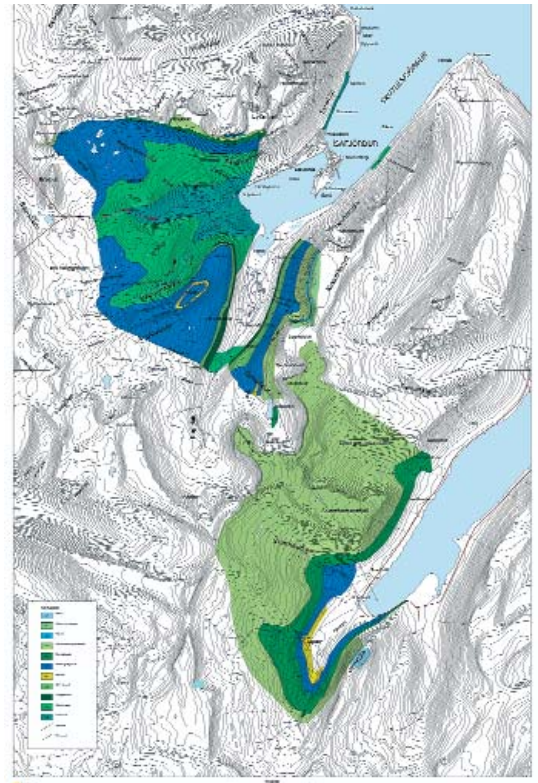
◀ Jarðborinn Sleipnir við boranir í Tungudal.
Ljós. Haukur Jóhannesson.

Um 300 metra djúp skáhola var boruð á **Kaldrananesi** á vegum jarðeiganda og gefur hún tæplega 1 l/s af um 30°C heitu vatni, en niður undir 300 m djúpi eru 45°C heitar æðar. Þeirri holu má ef til vill bjarga með því að setja skott í hana (þræða plaströr niður í botn hennar) og leiða vatn úr efri æðum niður og láta það hitna áður en því er dælt upp til yfirborðs. Á Kaldrananesi eru tveir bæir sem hægt er að hita upp.

Um 250 m skáhola var boruð við **Pambárvelli í Bitrufirði** en árangur varð ekki sem skyldi. Þar verður þó ekki látið staðar numið heldur verður ástand holunnar metið í vor og ákveðið með framhaldið. Þar eru taldar miklar líkur á að ná megi góðum árangri enda náttúruleg laug skammt frá. Ábúendur stóðu fyrir framkvæmdum.

Stærsta borverkið á Vestfjörðum var borun í **Tungudal í Skutulsfirði** fyrir Orkubú Vestfjarða. Þar var boruð um 1600 m djúp stefnuhola. Hún var fóðruð í liðlega 800 m. Borunin gekk mjög vel. Holan er bein niður fyrir 300 m en síðan er henni stefnt þvert á áberandi NV-lægt hitafrávik sem er við Bræðratungu og kom í ljós við ítarlegar hitastigulsboranir á tíunda áratugnum. Neðan fóðringar varð lítið vart við skoltap (vatnsæðar), en þegar dælt var á holuna eftir lok borunar tók hún við 50 l/s eins lengi og dælt var. Þegar dælingu var hætt skilaði holan sama vatnsmagni til baka, en þá 40°C heitu. Það var eins og dælt væri í blöðru og veldur það sérfræðingum nokkrum heilabrotum. Ekki er sjálfrennsli úr holunni.

◀ Jarðfræðikort af Skutulsfirði og Álftafirði.

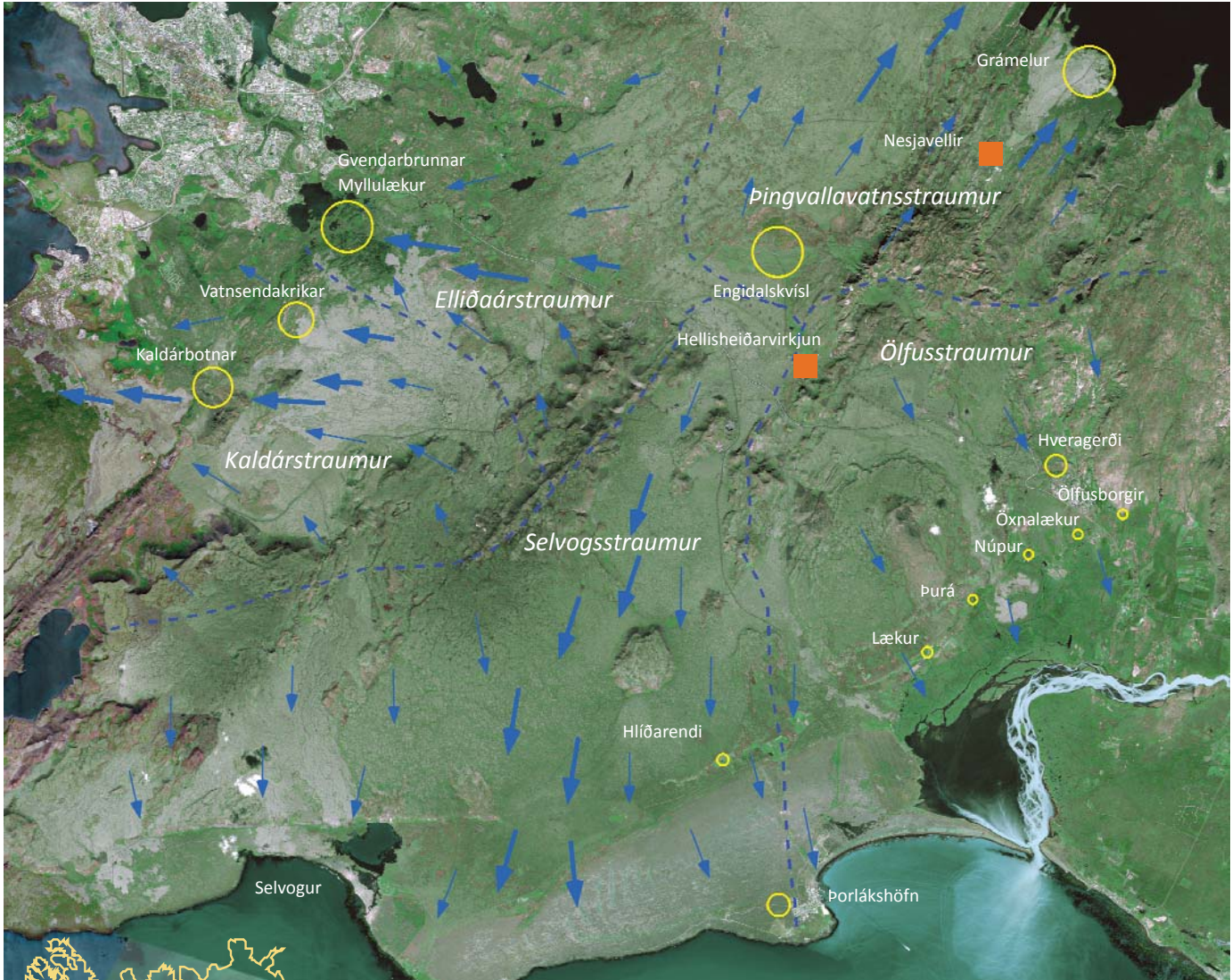


Könnun var gerð fyrir Tálknafjarðarhrepp og Orkubú Vestfjarða á möguleikum til að ná heitu vatni fyrir **Tálknafjörð**. Leiddi hún í ljós að góðar líkur eru á að ná a.m.k. 50°C heitu vatni fyrir þorpið úti á Sveinseyrarhlíð. Þar er fyrir borhola sem nýtt er til upphitunar á skóla, sundlaug og íþróttahúsi. Þrátt fyrir núverandi vatnstöku virðist sem allir þekktir jarðhitastaðir á hlíðinni séu enn uppi og því eftir meiru að slægjast.

◀ Núverandi vinnsluhola á Sveinseyrarhlíð í Tálknafirði. Ljós. Haukur Jóhannesson.



Petta kemur allt með kalda vatninu



Á myndinni má sjá fimm megingrunnvatnsstrauma frá Helliðsvæðinu, þ.e. Kaldár-, Elliðaár-, Þingvallavatns-, Ölfus- og Selvogsstrauma. Áætluð skil milli þeirra eru sýnd, sem og straumstefna. Vatnsveitur og aðrir stórnotendur, sem taka vatn úr þeim, eru táknaðir sem gulir hringir. Á svæðinu eru tvær háhitavirkjanir, Helliðsvirkjun og Nesjavallavirkjun, sýndar með rauðum ferningum. Mynd: Spot Image.

Allar stærstu ferskvatnsveitur landsins eru í kringum Helliðsvæðið, en fjallendið er uppspretta fyrir kalt grunnvatn. Aðstæður á svæðinu eru hagstæðar til grunnvatnsmyndunar því þarna er mikil úrkoma, sem hripar niður í berggrunninn. Nokkuð af vatninu nær að síga alla leið ofan í jarðhitakerfið. Mestur hluti þess verður samt ekki fyrir neinum jarðhitaáhrifum heldur fellur sem grunnvatnsstraumur í átt til sjávar. Í lágsvaitunum spretta gjarnan upp lindir sem hafa verið virkjaðar fyrir vatnsveitur og fiskeldi.

Háhitavirkjanir eru flestar reistar til að framleiða rafmagn fyrst og fremst, en sumar skila jafnframt hitaveituvatni. Oftast er um að ræða kalt grunnvatn sem notað er til kælingar á jarðhitavökvanum eftir að hann hefur gegnt hlutverki sínu í gufuhverflum virkjunarinnar. Með þessu móti fæst betri nýting orkunnar, sem felst í háhitavatninu. Aðgangur að ferskvatni þarf að vera mjög greiður þegar bæði er framleitt rafmagn og hitaveituvatn. Stærsta kaldavatnsveita á Íslandi er neðan frá Grámel við Þingvallavatn og liggur upp að orkuverinu á Nesjavöllum. Þarna er hægt að dæla upp næstum 2 m³/s. Til samanburðar er vatnspörf



Vatnsveitunnar í Reykjavík innan við 1 m³/s. Önnur álíka stór kaldavatnsveita er í burðarliðnum fyrir Hellisheiðarvirkjun, og þaðan er verið að leggja nýja hitaveituæð til borgarinnar.

Á Hellisheiðarsvæðinu hefur 51 háhitahola verið boruð til að afla jarðgufu fyrir orkuverið og 12 að auki til að veita frárennslisvökvanum aftur niður í jarðhitakerfið. Á Nesjavöllum eru borholurnar 27. Alls eru þetta 90 djúpar holur sem boraðar hafa verið niður í háhitakerfi Hengilssvæðisins.

Meðan á borun á einni háhitaholu stendur þarf allt að 70 l/s af skolvatni. Þetta magn er álíka mikið og þarf fyrir tvær rækjuverksmiðjur en þær hafa löngum verið stórtækustu ferskvatnsnotendur hérlendis. Mikið skolvatn þarf þegar verið er að bora háhitaholu, bæði til að flytja borsvarfið upp til yfirborðs og til að kæla holuna meðan verið er að bora.

Kalt grunnvatn er notað með ýmsum hætti og eru stærstu notendurnir á svæðinu þessir:

Vatnsveitan í Hafnarfirði sækir vatn sitt í upptök Kaldár, sem rennur smáspöl út á hraunið og hverfur aftur í jörð. Seinna kemur vatnið fram í Straumsvík.

Vatnsveitan í Reykjavík dreifir vatni um borgina, út á Seltjarnarnes og upp á Kjalarnes, og er með vatnsból á nokkrum stöðum neðst í Heiðmörkinni: í Gvendarbrunnum, við Jaðar, í Myllulæk; og í Vatnsendakrika.

Vatnsveitan í Kópavogi fær vatn í Vatnsendakrika, rétt handan við hreppamörkin, og **Garðabær** einnig, en lengi vel voru ból í Djújakrókum við Vífilsstaðavatn.

Mosfellsbær fær vatn ofan úr Heiðmörk en sveitin úr Guddulaug og Laxnesdýjum.

Hveragerðisbær fær sitt neysluvatn að mestu úr borholum á Selhæðum, rétt innan við Hamarinn.

Í **Porlákshöfn** eru vatnsbólsholurnar rétt utan við þéttbýlið. Undir byggðinni er stríður grunnvatnsstraumur í hrauninu sem flytur vatnið frá fjalli til fjöru án þess að mikið beri á.

Fiskeldisstöðvar þurfa yfirleitt mjög mikið vatn. Þær eru enn nokkrar í Porlákshöfn en voru umsvífameiri hér áður fyrr. Eldi er á fleiri stöðum í Ölfusinu, til að mynda á Læk, Bakka, Þóroddsstöðum, Núpum og Öxnalæk.

Á **Hlíðarenda** er átöppunarverksmiðja fyrir vatnsútflutningsfyrirtæki.

Stærstu kaldavatnsveiturnar tengjast orkuverunum á Nesjavöllum og við Kolviðarhól.

Við Grámel er yfirlætislaus skemma niðri við Þingvallavatn og inni í henni eru sex borholur. Þar er hægt að fá allt að 1800 l/s. Það er mikið vatn og um helmingi meira en vatnsveitan í Reykjavík þarf. Þetta vatn er notað til kælingar í orkuverinu og eftir upphitun sem hitaveituvatn.

Við Engidalskvísl, vestan undir Henglinum, er annað ámóta vatnsból smám saman að verða til. Þetta vinnslusvæði var stundum kallað „þúsundlítraholan“ enda er þar áætlað að vinna allt að 2000 l/s af ferskvatni. Þar á að fá vatn í hitaveitu frá Hellisheiðarvirkjun.

Stærstu þéttbýlisstaðir landsins fá hitaveitu- og neysluvatn sitt af Hellisheiðarsvæðinu. Þess vegna hlýtur það að vera ákaflega þýðingarmikið að gæta þessa svæðis vel, þannig að það geti haldið áfram að gagnast byggðunum í framtíðinni.

▲ Á myndinni sjást tvær skolvatnsholur, hvor sínum megin við háhitaholuna HE-21 í Hverahlíð á Hellisheiði. Um 40 m eru á milli skolvatnsholnanna sem eru um 200 m djúpar og gefa yfir 100 l/s af köldu grunnvatni. Háhitaholan gefur um 300°C heita gufu en hún er 2165 m djúp.

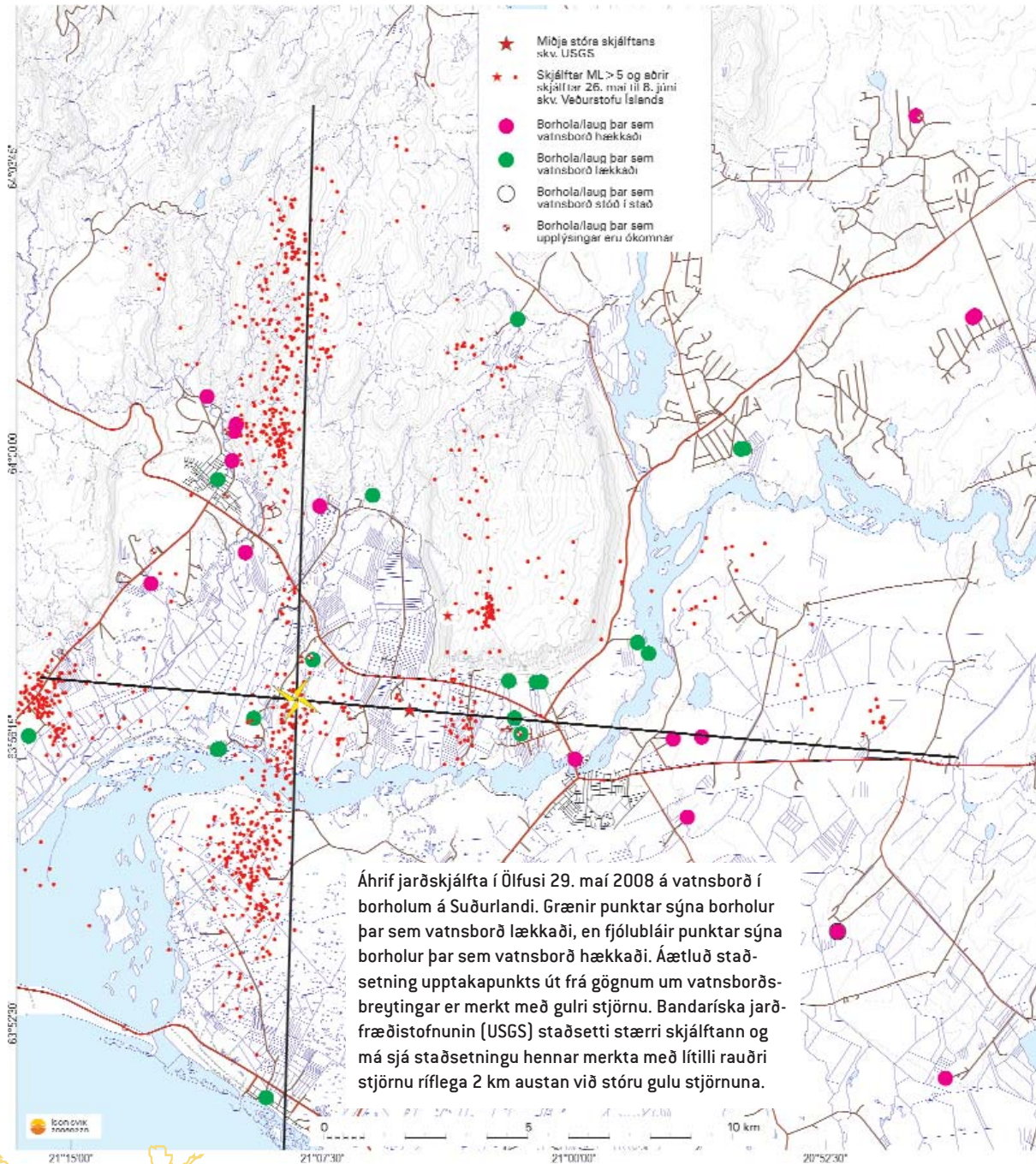
Ljós. Sigurður G. Kristinsson.

Vatnsborðs- og hitamælingar við Grámel.

Ljós. Bjarni Reykr Kristjánsson.



Suðurlandsskjálfti 29. maí 2008



Suðurlandsskjálftinn sem reið yfir þann 29. maí 2008 bar svipuð einkenni og Suðurlandsskjálftarnir árið 2000. Jarðskjálfti sem var 5,5 á Richterskvarða og átti upptök í vestanverðu Ingólfsfjalli virðist hafa komið stærri skjálfta eða skjálftum af stað. Líklegt er að upptök fyrri skjálftans hafi verið þar sem sprunga myndaðist vestan við fjallið. Upptök stærri skjálftans voru nokkru vestar og hefur verið áætlað að styrkur hans hafi verið 6,3 á Richterskvarða.

Við skjálftana jókst virkni margra hvera norður af Hveragerði og sprungur mynduðust, bæði í bænum og í Reykjafjalli.

Erfiðlega gekk að staðsetja stærri skjálftann nákvæmlega þar sem hann kom strax í kjölfar skjálftans í Ingólfsfjalli. Þá er hugsanlegt að hreyfingarnar hafi verið enn flóknari og að fleiri skjálftar en þessir tveir hafi orðið nánast samtímis. Með mælingum á vatnsborðsbreytingum í borholum er engu að síður unnt að finna hnútplön, sem í aðalatriðum greina á milli fjórðunga þar sem þrýstingur óx og þar sem þrýstingur féll. Þar sem um fleiri en einn jarðskjálfta er að ræða, sýna vatnsborðsbreytingarnar samantölgð áhrif allra skjálfta, og upptök hins samantölgða jarðskjálfta eru þá í skurðpunkti plananna.

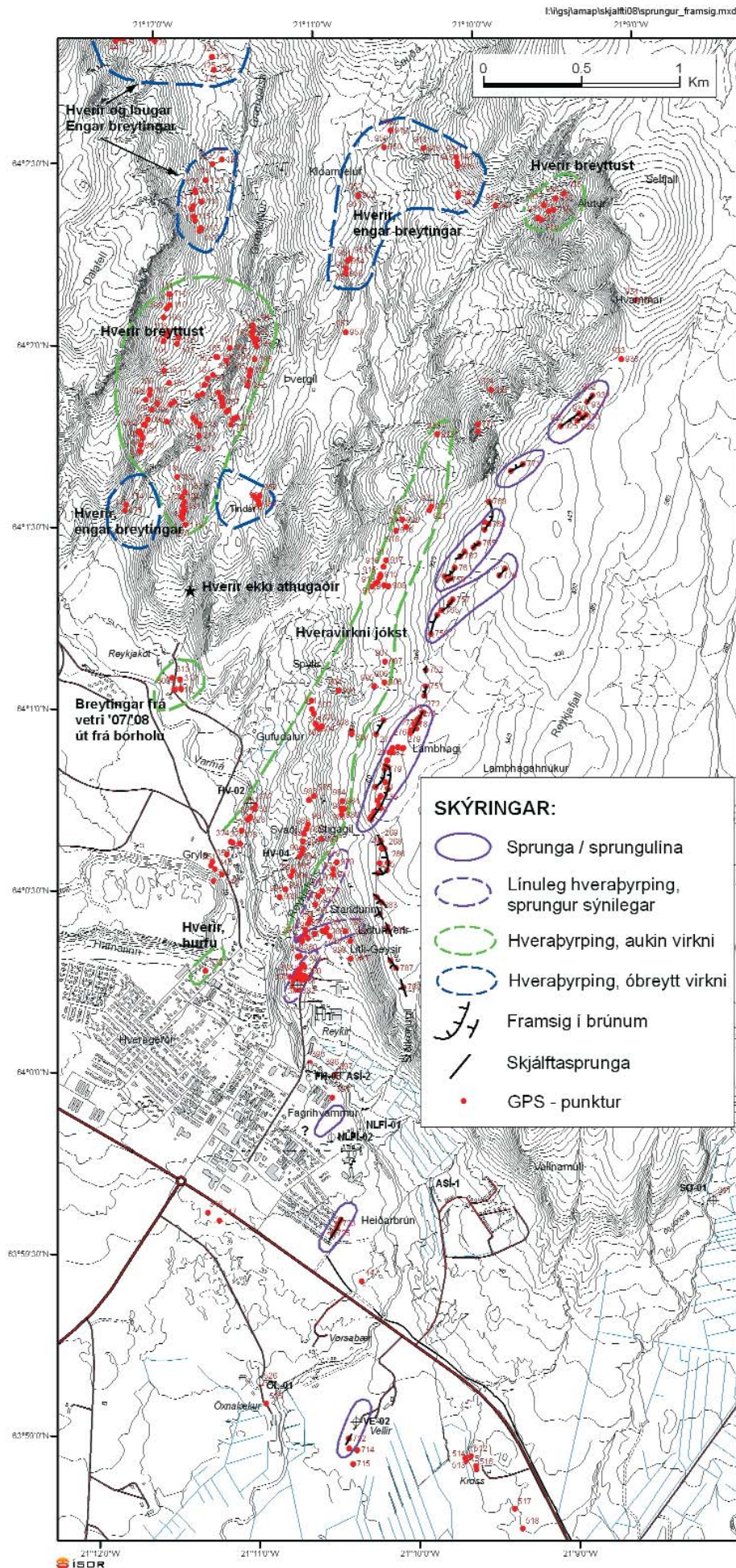
Við skjálftann þann 29. maí 2008 komu þrýstingsbreytingar fram með sama hætti og við skjálftana árið 2000, þar sem þrýstingur hefur aukist norðvestan og suðaustan við skjálftamiðjuna, en minnkað suðvestan og norðaustan við hana.

Áhrif þrýstingsbreytinga frá jarðskjálftunum sáust á síritum í borholum í allt að 40 km fjarlægð frá upptökum þeirra. Langtímaáhrif breytinganna virðast þó vera hverfandi í meira en 15–20 km fjarlægð.

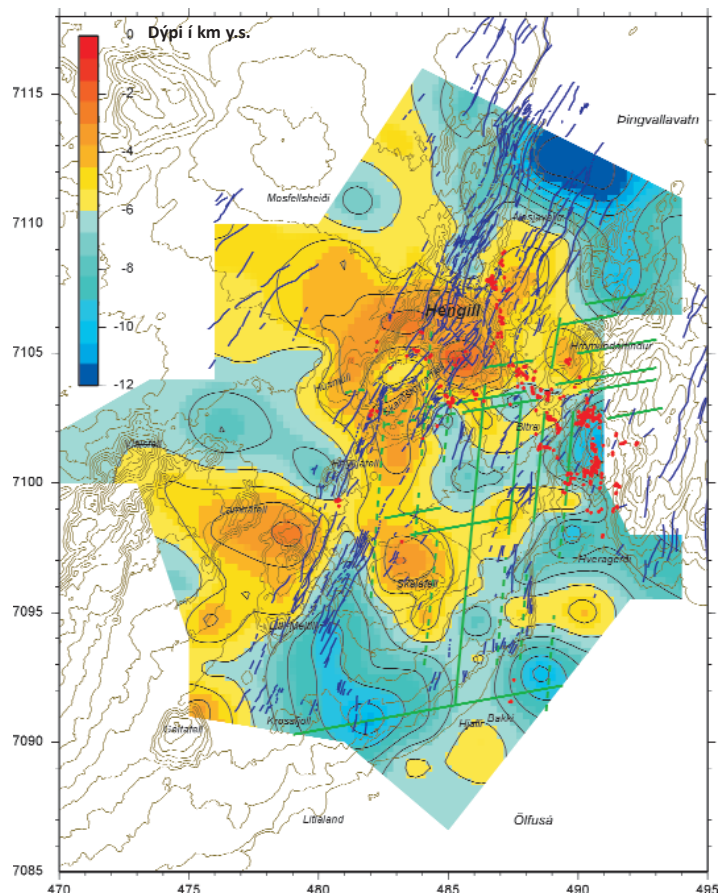
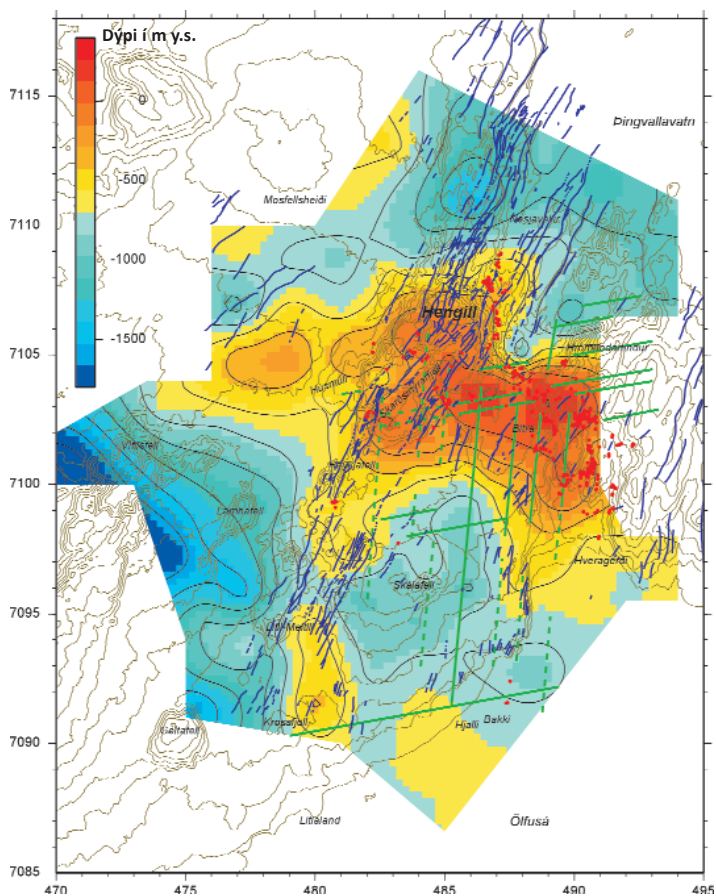
Sýnilegar sprungur mynduðust einkum á tveimur svæðum, annars vegar vestan við Ingólfsfjall og hins vegar austan og norðaustan við Hveragerði. Sprungurnar voru skástígar með norð-suðlæga meginstefnu.

Breytingar urðu á hveravirkni í kjölfar skjálftanna. Hveravirkni jókst við Reykjaháls, inn með Reykjafjalli og í Grændal á mótis við Þvergil, en minnkaði sunnan Varmár. Hverir í Laufskógum, austan við Hamarinn, hurfu.

Athygli vakti að toppþrýstingur í blásandi holu HE-36 við Hverahlíð hækkaði um 7–8 bar um 9 klst. áður en jarðskjálftarnir urðu. Þessi hækking hefur ekki verið fyllilega skýrð og vel kann að vera að hún sé í engum tengslum við skjálftavirknina. Breytinga á grunnvatnsborði og þrýstístandi vökva í djúpum borholum fyrir jarðskjálfta hefur þó orðið vart víða. Nærtækt dæmi er lækking vatnsborðs í borholu við Flúðir um sólarhring fyrir Suðurlandskjálftann 17. júní árið 2000.



Hengill - viðnám, skjálftar, jarðfræði og jarðhiti



Myndin til vinstri sýnir dýpi á háviðnámskjarnann en myndin til hægri dýpi á neðra lágviðnámslagið. Jarðhiti á yfirborði er táknaður með rauðum deplum. Misgengi og sprungur eru merkt með dökkbláum lit og misgengin sem fram koma í jarðskjálftamælingum með grænum lit.

Síðustu ár og áratugi hafa ótal rannsóknir verið gerðar á Hengilssvæðinu, ekki hvað síst á sviði jarðfræði og jarðeðlisfræði. Þá hefur ekkert svæði á landinu verið rannsakað jafn ítarlega með borunum. ÍSOR hefur undanfarið þrjú ár unnið í samvinnu við tíu aðrar evrópskar vísindastofnanir og fyrirtæki að fjölþjóðlegu rannsóknarverkefni (I-GET) þar sem Hengillinn er eitt fjögurra tilraunasvæða. Markmiðið er að fá heildstætt líkan sem er í samræmi við öll tiltæk gögn, bæði frá mælingum á yfirborði og úr borholum. Eðli málsins samkvæmt er slíkt líkan í sífelltri þróun þar sem rannsóknum fleygir fram. Hér er vikið lauslega að nýjustu hugmyndunum.

Eðlisviðnám er einkum háð hitaástandi og ummyndun bergs. Ýmsum tegundum viðnámsmælinga hefur verið beitt á Hengilssvæðinu. Frá árinu 1991 hafa verið gerðar 280 TEM-mælingar en með þeim má kanna viðnám niður á um 1 km dýpi. Með MT-mælingum má skoða viðnámið á mun meira dýpi, eða niður á nokkra tugi km. Miklar viðnámsóreglur nærri yfirborði jarðar leiða oft til rangrar túlkunar MT-mælinga, ekki hvað síst á háhitasvæðum. Mæliferlar MT-mælinga geta hliðrast upp eða niður en mæligögn TEM-mælinga eru áreiðanlegri í efstu hundruð metrunum. Því hefur verið brugðið á það ráð að tengja saman túlkun TEM- og MT-mælinga og reida sig á mæliniðurstöður TEM-mælinga í efstu jarðlögum. Sérstakur hugbúnaður var hannaður á ÍSOR til þess og hefur aðferðin gefið mjög góða raun.

Í þessu verkefni voru túlkaðar 148 MT-mælingar, allar frá því eftir 2004, ásamt viðeigandi TEM-mælingum. Gerð var einvíð túlkun þar sem viðnám breytist einvörðungu með dýpi. Þá voru viðnámsmælingar túlkaðar í þrívídd í fyrsta sinn hér á landi. Stuðst var við 60 MT-mælingar.

Á jarðhitasvæðinu á Nesjavöllum komu fram mjög skýr tengsl milli viðnáms annars vegar og hitastigs í borholum og ummyndunar bergs, greint í borholusvarfi, hins vegar. Þar ríkir enda víðast hvar jafnvægi milli ummyndunar og hitastigs. Viðnám er hátt í efstu jarðlögum þar sem hiti er lágur og berg lítt ummyndað. Við hærra hitastig, frá 50–100°C, lækkar viðnám verulega og ummyndun eykst og smektít og zeólítar verða ráðandi ummyndunarsteindir. Þegar hiti er kominn í 220–240°C hækkar viðnám, fyrrnefndar steindir hverfa smám saman og við taka blandlagssteindir og klórít. Við enn hærra hitastig verður epidót ráðandi ummyndunarsteind. Sums staðar á Hengilssvæðinu, t.d. við Ölkelduháls og nærri Hveragerði, ríkir ekki jafnvægi milli ummyndunar bergs og hitastigs. Þar skráir ummyndunin það hitastig sem eitt sinn var, áður en bergið kólnaði. Hér segir viðnám fyrst og fremst til um ummyndun bergs á ákveðnu dýpi: efstu 2 km skorpunnar. Þetta gildir almennt um háhitasvæði hér á landi og er gjarnan talað um háviðnámskjarna sem er umluktur lágviðnámskápu. Neðar í skorpunni, á 3–10 km dýpi, tekur við annað lágviðnámslag sem er undir mestöllu landinu og á sér allt aðrar skýringar.

Dýpi á háviðnámskjarnann hefur verið reiknað með einvíðri samtúlkun TEM- og MT-mælinga. Þar eru klórít og epidót ráðandi ummyndunarsteindir og hiti víðast orðinn hærri en 240°C. Sums staðar gætir þó kólnunar, t.d. undir Ölkelduhálsi. Háviðnámskjarninn hvelfist upp undir sjálfum Henglinum og í stefnu austsuðaustur frá honum. Kjarninn liggur líka tiltölulega grunnt vestan Hengils og í stefnu suðsuðvestur eftir sprungusveimnum. Dýpi á hann snarvex til norðausturs og einkum til suðvesturs. Það er því ekki bara sprungusveimurinn sem stjórnar legu háviðnámskjarnans heldur er mest áberandi hryggur með stefnu vestnorðvestur-austsuðaustur. Hryggurinn fellur saman við belti þar sem aust-vestlæg misgengi skera þau sem eru norð-suðlæg. Misgengin komu fram í jarð-

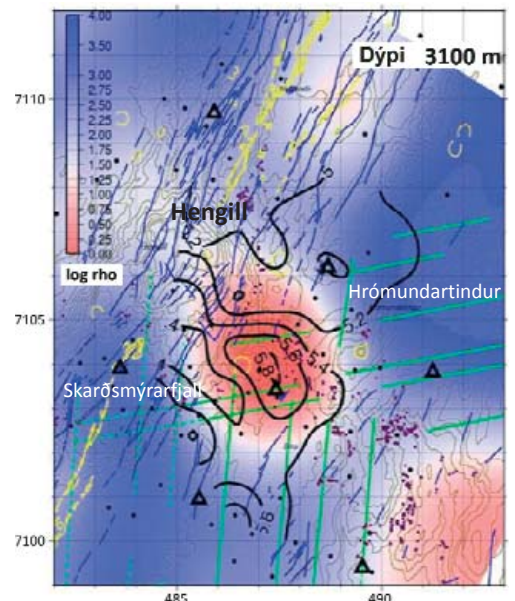
skjálftamælingum árin 1991–2001. Mesta jarðskjálftavirknin var á svæðinu þar sem háviðnámskjarninn rís hæst. Þar var einnig landris milli árána 1990 og 2000. Þessi tengsl sýna trúlega hvar hitagjafir eiga greiðasta leið upp í skorpuna á Hengilssvæðinu.

Undir stærsta hluta Hengilssvæðisins er annað lágviðnámslag sem liggur mun dýpra. Grynnt er á það undir sjálfum Hengli og á svæði sem liggur vestnorðvestur-austsuðaustur út frá honum. Þetta svipar til myndarinnar af dýpi á háviðnámskjarnann. Eins er tiltölulega grunnt á neðra lágviðnámslagið í sprungusveimnum, um 4 km, allt að 10 km sunnan Hengils. Undir sjálfum Henglinum er lágviðnáms hryggur sem liggur til suðausturs að Grændal, 4 km breiður á 3–9 km dýpi. Þarna eru jarðskjálftabrotin tíðust. Fram kemur þyngdarhæð yfir hryggnum (stafar af eðlisþungu bergi) sem bendir til þess að þarna séu þétt innskot og gangar. Almennt virðist ríkja samband milli hárra þyngdargilda og dýpis niður á lágviðnámið á Hengilssvæðinu. Boranir á Nesjavöllum og í suðurhluta Hengils sýna að neðan 2 km dýpis eru 80% berglagastafans gangar. P-bylgjuhraði vex við efri brún lágviðnámslagsins sem bendir til þéttara bergs.

Hluti af I-GET verkefninu fólst í jarðlagakönnun með breiðbandsskráningu jarðskjálfta á Hengilssvæðinu sumarið 2006. Úrvinnslan fór fram í Frakklandi. Mest reyndist virkinn suðaustan við sjálfan Hengil á 2–5 km dýpi, eða efst í dýpra lágviðnámslaginu.

Djúpa lágviðnámslagið rís hæst þar sem P-bylgjuhraðinn er mestur. Ekki fundust skjálftamiðjur innan lágviðnámslagsins, eingöngu grynri og dýpri skjálftar. S-bylgjur frá dýpri skjálftunum bárust óhindrað gegnum lagið. Þess vegna getur ekki verið umtalsverð kvikubrúð í lágviðnámslaginu og ólíklegt að í Hengilskerfinu finnist umfangsmikið kvikuhólf. Því er trúlegt talið að lága djúpvíðnámið stafi af óbrotgjörnum, heitum og storknuðum göngum og kvikuinnskotum sem séu varmagjafir jarðhitakerfanna.

Á myndinni er borið saman viðnám samkvæmt þrívíðri túlkun á rúmlega 3 km dýpi og P-bylgjuhraði í km/s á sama dýpi (svörtu línurnar). Svörtu þríhyrningarnir sýna breiðbandsskjálftamæla. Gígar eru merktir með gulum lit.





www.hiti-fp6.eu

Vökvasýni tekin úr holu KS-01 í Sandabotnaskarði (Kröflusvæði). Sýnin eru efnagreind og samsætu- hlutföll reiknuð en þau eru notuð til að ákvarða kerfishitastig. Ljósmynd: Niels Giroud.

Þegar stofnað var til djúpborunarverkefnis- ins (IDDP) fyrir tæpum áratug varð fljótlega ljóst að til að afla þeirra gagna sem nauð- synleg eru til skilnings á yfirmarkskerfum (supercritical geothermal reservoir) þarf tækjabúnað sem þolir mun hærra hita en sá sem notaður hefur verið til þessa. Til að stunda rannsóknir á háhitasvæðum þarf sérhæfðan tækjabúnað, sérstaklega þegar sóttar eru upplýsingar beint ofan í sjálfar borholurnar. Í Evrópuverkefninu HITI er unnið að þróun og notkun verkfæra á þessu sviði. Verkefnið hófst í janúar 2007 og stendur í þrjú ár.

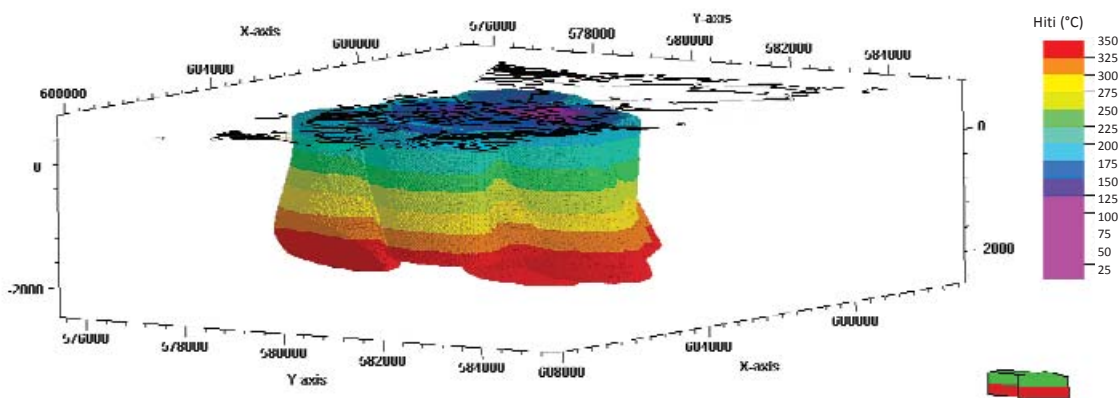
Til rannsókna í jarðhitaholum er yfirleitt nýttur tækjabúnaður sem smíðaður er til nota við mælingar í olíu- og gasborholum. Sá búnaður er að jafnaði traustur og þolir háan þrýsting en oftast ekki hitastig yfir 100–150°C. Afífræðileg (mekanísk) tæki ásamt efnaeiginleikum hafa lengi verið nýtt til að ákvarða hitastig í mjög heitum borholum, en lítið er til af sérbúnum mælitækjum með nákvæmum

aflestri á helstu mælanlegum eiginleikum, svo sem hitastigi, þrýstingi, viðnámi, hljóðmerkjum, nift- eindum og náttúrulegri gammageislun. Í seinni tíð hefur verið hægt að kaupa á markaði sérhæfða, rafræna háhitamæla sem mæla hitastig og þrýsting. ÍSOR hefur notast við slík tæki í nokkur ár og veitt framleiðendum þeirra upplýsingar um þol þeirra við aðstæður í íslenskum háhitaholum.

Nú þegar hafa tvö ný tæki verið prófuð í háhitaholum á Íslandi og fyrirhugað er að prófa þau tæki sem eftir standa á þessu ári, auk þess sem vonir standa til að hægt verði að afla nýrra gagna með þeim í fyrstu IDDP-borholunni í Kröflu. Til viðbótar hafa efnasýni verið tekin frá öllum nýttum háhitasvæðum á landinu til nákvæmrar efnagreiningar og þróunar á efnahitamælum sem eru áreiðanlegir við yfirmarks- ástand. Í verkefninu verður sérhannaður hitanæmur ljósleiðari settur niður með fódoringum á Helliheiði, og síðast en ekki síst hefur háhitaþrýstiklefi verið smíðaður til að rannsaka viðbragð basalt-bor- holukjarna við yfirmarksvökva. Meðan á verkefninu stendur verður safnað gögnum um fram- tíðartæknilausnir í háhita, og m.a. skoðuð sérstak- lega þróun háhitarafeindabúnaðar og hvernig nýta megi slíkan búnað í háhitamælitækjum.

Verkefnið HITI (High Temperature Instruments for supercritical geothermal reservoir characterization and exploitation) var styrkt af 6. ramma- áætlun Evrópusambandsins. ÍSOR stýrir verkefninu en þátt- takendur eru átta fyrirtæki og stofnanir frá sex löndum.

Forspárgildi berghita - aðferðafræði



Berghitalíkan fyrir Kröflu sem gert var með forritinu PETREL. Þetta líkan tekur mið af sprungulíkani sem gert var þegar hugmyndalíkan Kröflusvæðisins var endurskoðað. Aðferðin býður einnig upp á samtúlkun með viðnáms- og jarðskjálftagögnum.

Berghiti í vinnsluholu á jarðhitasvæði er yfirleitt metinn á grundvelli mælinga sem gerðar eru í holunni á meðan hún er að hitna eftir borun. Mat á berghita á svæðinu öllu er svo byggt á berghitamati fyrir einstakar holur. Í því efni ræður miklu hversu langt frá holu megi treysta forspárgildi berghitamats hennar, m.ö.o. hversu langt megi seilast frá holunni áður en fylgni berghitans við berghita holunnar verði óveruleg.

Hálfervik (e. semivariance) er skilgreint sem:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{\alpha=1}^{N(h)} [z(u_{\alpha}) - z(u_{\alpha} + h)]^2$$

- h er fjarlægð milli mælinga
- z er mæligildið
- u_{α} er staðsetning mælingar
- N er fjöldi mælinga

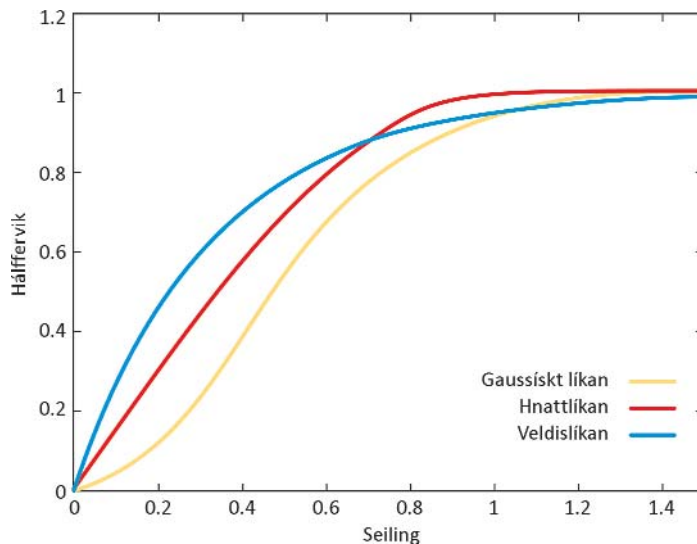
Hálfervikalíkon fyrir Kröflu og Námafjall.

Svæði	Líkan	Lárétt seiling	Lóðrétt seiling
Krafla	Gaussískt	1000–1750 m	200 m
Námafjall	Gaussískt	500–850 m	350 m

Leggja má mat á þetta með því að greina berghitagögn frá svæðum með mörgum vinnsluholum og freista þess að gera **tölfræðilíkan sem lýsir þessari fylgni**. Sú aðferð kallast hálfervikagreining (e. semivariogram analysis). Líkanið sýnir hvernig hálfervik gagnanna eykst með fjarlægð milli borholna, og því segir gerð þess líkans sem best fellur að gögnunum talsvert um eðli þeirra. Hálfervik í gaussísku líkani hækkar hægt í byrjun en mun hraðar síðar, hálfervik hnattlíkans hækkar jafnt og þétt með fjarlægð, og hálfervik veldislíkans hækkar hratt í byrjun en hægar síðar. **Berghiti virðist falla best að gaussísku líkani**, og gæti það skýrst af því að berghitabreytingar tengjast oft sprungum og verða þá snögglega. Seiling líkansins (e. range) segir svo til um hversu langt frá mælistað búast megi við að hálfervik nái hámarki, lóðrétt og lárétt, og gefur því upplýsingar um hversu langt frá borholunum unnt er að spá fyrir um mælingar.

fyrir bæði svæðin, og sýnir taflan að ofan niðurstöður. Lægri mörk láréttar seilingar er seiling þvert á sprungustefnu en efri mörk eftir sprungustefnu. Æskilegt væri að gera slíka greiningu fyrir önnur jarðhitasvæði til þess að kanna betur hversu miklu munar á svæðum og til þess að reyna að finna samhengi milli seilingar og annarra eiginleika jarðhitasvæða. Þessi tölfræðilega greining gefur okkur færi á að gera berghitalíkan með óvissumörkum fyrir þessi svæði.

Myndin sýnir þrjár líkangerðir sem notaðar eru við hálfervikagreiningu: gaussískt líkan (e. Gaussian model), hnattlíkan (e. spherical model) og veldislíkan (e. exponential model).



Berghiti og upphafsþrýstingur hefur verið metinn í 39 borholum í Kröflu og 15 holum í Námafjalli. Hálfervikagreining hefur verið gerð



Alid-fjall er í Danakil-sigdalnum sem er hluti af gliðnunarbelti Austur-Afríku, nærri Afar-þríhyrningnum þar sem mót þriggja fleka koma saman. Arabíuflekinn, Núbíuflekinn og Sómalíuflekinn gliðna hver frá öðrum. Rauða hafið tekur við af Danakil-sigdalnum til norðurs. Ljósm. Hjálmar Eysteinsson.

Á haustdögum 2008 vann ÍSOR að jarðhitaverkefni í Erítreu að tilhlutan Þróunarsamvinnustofnunar Íslands. Verkefnið fólst í viðnámsmælingum á Alid-jarðhitasvæðinu í Danakil-sigdalnum í Erítreu. Tveir sérfræðingar fóru í byrjun nóvember með tækjakost frá ÍSOR og voru þar við mælingar fram að jólum. Með þeim störfuðu sérfræðingar og aðstoðarmenn frá jarðfræðistofnun Erítreu (Geological Survey of Eritrea).

Jarðhitakerfið dregur nafn af Alid-fjalli sem er allstórt, stakt fjall, sem rís um 700 m yfir sléttuna umhverfis. Fjallið er aflangt í NA-SV stefnu, 5x7 km. Uppi á fjallinu norðanverðu eru allmörg gufuaugu og benda efnafræðirannsóknir á gufunni til þess að hitinn í jarðhitakerfinu sé ekki lægri en 250°C.

Tveir hópar stóðu að viðnámsmælingunum, einn fyrir hvora mæliaðferð, TEM og MT. Verkefnisstjóri tók við gögnum jafnóðum og þeim var safnað, mat þau og frumtúlkaði. Ekki tókst að mæla allt í kringum fjallið. Úfin hraun liggja að því norðan og sunnan við og ekki reyndist unnt að finna leiðir til að mæla norðaustan við fjallið innan þess tíma sem menn höfðu.



Loftmynd af Alid-fjalli og hluta Danakil sigdalsins. Gufuaugu í fjallinu eru merkt sem rauðir dýlar. Skörpu viðnámskilin, sem túlkuð eru sem sniðgengi, eru táknúð með gulri línu. Gróðurvinin er merkt með rauðum línunum og djúpstæða lágviðnámið með brúnum línunum.
Mynd: Google.

Viðnámsmælingarnar við Alid-fjall.

Helstu niðurstöður mælinganna eru þær að lágt viðnámið, niður á 1 km dýpi, er túlkað sem svörun frá söltu seti, þ.e. leifum af gömlum hafsbotni.

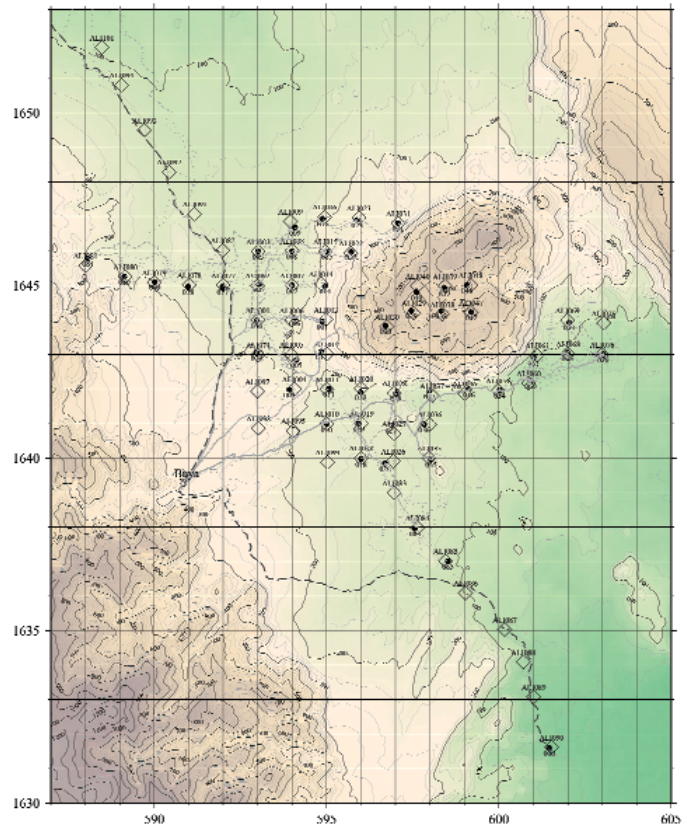
Undir sunnanverðu fjallinu eru skörp **viðnámskil frá 500 m niður fyrir 2 km dýpi**. Þessi skil mynda línu með NA-SV stefnu og er lægra viðnámið sunnan við línuna. Sprungusveimur, sem liggur í gegnum fjallið í stefnu sigdalsins, sýnir hliðrun um þessa NA-SV línu. Af þessum vísbendingum er dregin sú ályktun að undir sunnanverðu Alid-fjalli liggja sniðgengi (e. transform fault) með þessa stefnu. Víst þykir að þetta **misgengi og brot því tengd eigi þátt í uppstreymi í jarðhitakerfið**.

Suðvestan við Alid-fjall er svæði, um 1 km² að stærð, sem sker sig mjög frá umhverfinu hvað varðar gróður. Þarna er þéttur gróður og grösugar flatir en umhverfis er þurr, gróðurlaust eldfjallalandslag. Ljóst er að þarna er raki í jörðu og er trúlegt að þarna sé um **uppgufun frá jarðhita að ræða**. Misgengið, sem minnst var á, liggur undir þessu gróna svæði.

Mjög **víðáttumikið lágviðnámið** er djúpt undir suðvesturenda fjallsins og vestan við það. Það er á 3–7 km dýpi og liggur í stefnu sigdalsins. Undir fjallinu er hátt viðnámið sem ekki er hægt að afmarka til norðausturs þar sem mælingar vantar. Hvað þetta þýðir er í raun ekki hægt að segja fyrir en heildarmynd fæst af öllu svæðinu umhverfis fjallið. Ef hægt er að afmarka háa viðnámið undir fjallinu sem frávik frá umhverfinu er hægt að segja að það tengist jarðhitinum.

Niðurstöður mælinganna eru þær að brot og sprungur sem eru í tengslum við skurð sniðgengisins við sprungusveiminn eru **aðaluppstreymisrásir jarðhitans í Alid**.

Mælingamenn þjuggu í tjaldbúðum í Buaya á meðan á mælingum stóð. Vinnuaðstaðan var í tjaldi í búðunum. Víða á mælisvæðinu var land erfitt yfirferðar. Notast var við sex-hjól en sums staðar dugðu þau ekki til. Þá var gripið til þarfasta þjónsins á svæðinu, úlfaldans.



Gróðurvinin í eyðimörkinni. Ljósmynd af Eysteinnsson.



Undirbúningur að olíuleitarútboði

ÍSOR hefur veitt Orkustofnun sérfræðiaðstoð við undirbúning fyrsta útboðs Íslands á sérleyfum til rannsókna og vinnslu kolvetnis á norðanverðu Drekasvæðinu. Verkið er tvíþætt. Annars vegar felst það í uppbyggingu gagnasafns, sem inniheldur m.a. ný endurkastmæligögn úr setlagarannsóknnum til olíuleitar, auk gagna úr ýmiss konar vísindaleiðöngnum. Þetta gagnasafn hefur m.a. verið nýtt við kynningar á svæðinu í svokallaðri Landgrunnsvefsjá. Hins vegar hefur vinnan falist í áframhaldandi túlkun á nýlegum mæligögnum svo endurskoða megi auðlindamat Drekasvæðisins og endurmeta líkur á að finna þar olíu eða gas.

Uppbygging gagnakerfis vegna leyfisveitinga

ÍSOR og Orkustofnun unnu saman að söfnun gagna og skráningu þeirra í gagnagrunn. Fjöldi korta og teikninga var færður á tölvutækt form til geymslu og notkunar.

ÍSOR útbjó gögn fyrir Orkustofnun til að birta í Landgrunnsvefsjá. Þar má m.a. finna dúptarkort, mælingalínur rannsóknarleiðangra og reitakerfi fyrir leyfisveitingar. Vefsjóni er fyrst og fremst ætlað að gefa yfirlit um tiltæk mæligögn sem tengjast Drekasvæð-

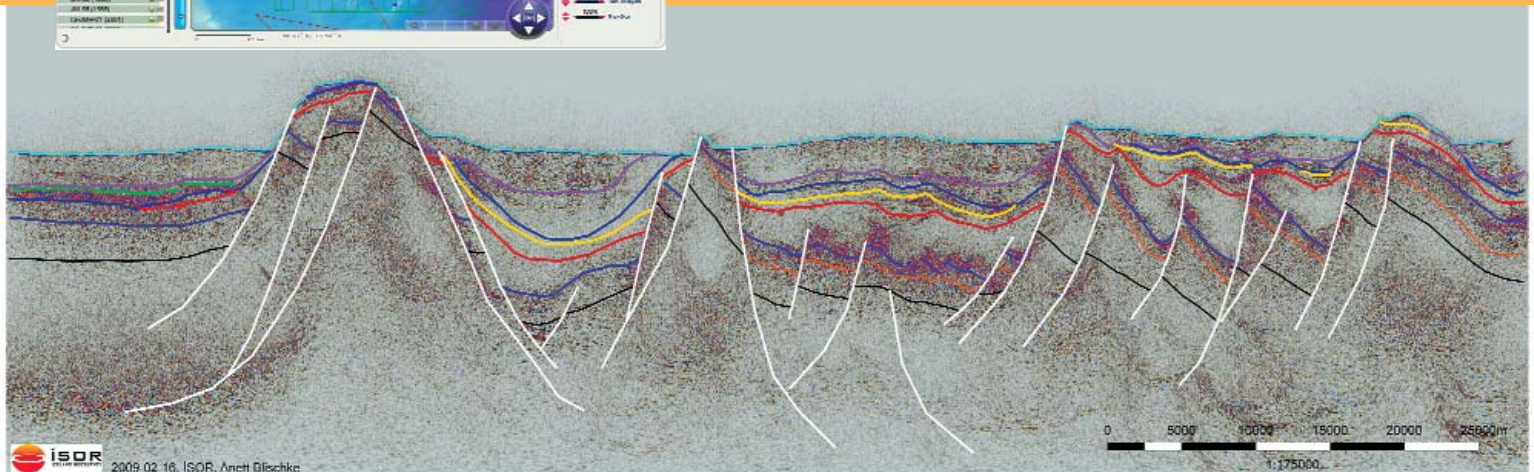
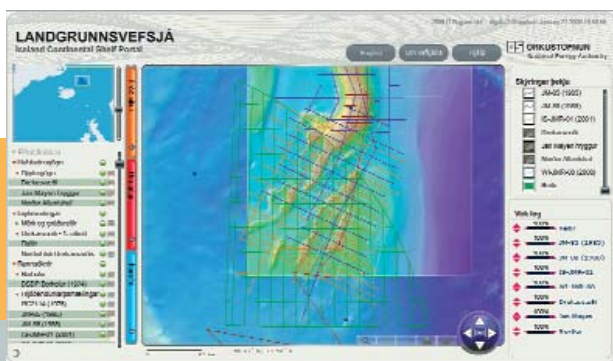
inu, en hún sýnir hvaða gögn eru til, frá hvaða svæðum þau eru, hver aflaði þeirra og hvar hægt er að nálgast frumgögnin. Markmiðið með vefsjóni er ekki að birta sjálf frumgögnin nema að litlu leyti, heldur að auðvelda áhugasömum að nálgast upplýsingar um gögnin. Gert er ráð fyrir að birta síðar í vefsjóni niðurstöður leyfisveitinga, ásamt yfirliti um þær mælingar og boranir sem þar verða væntanlega gerðar.

Auðlindamat vegna kolvetnisleitar

Íslenskum stjórnvöldum er mikilvægt að móta sjálfstæða skoðun á mögulegum kolvetnisauðlindum og líklegum leitarsvæðum á landgrunninu. Þetta skiptir t.d. máli við undirbúning útboða og mat á umsóknnum um rannsóknarleyfi. Í þessu augnamiði hefur ÍSOR sett á laggirnar túlkunarverkefni sem tekur til helstu gagna sem aflað hefur verið á svæðinu, en þau eru einkum endurkastmælingar (e. seismic reflection). Þessar upplýsingar eru færðar inn í jarðvísindahugbúnaðinn PETREL, sem er í senn gagnakrunnskerfi og túlkunartæki. Helsta markmið verksins er að gera þrívítt líkan af setlagastafla Drekasvæðisins, en hann er afar flókinn með fjölda lagamóta og misgengja. Af þessu má svo draga ályktanir um útbreiðslu setlaga, þróun jarðmyndana í tímans rás og hvort aðstæður gætu hafa verið hagstæðar til myndunar olíu og samsöfnunar hennar í jarðlagagildrum. Líkanið verður notað til að skilgreina líklega staði til frekari rannsókna og leitar, og má uppfæra það með viðbótarupplýsingum úr væntanlegri olíuleit.

www.landgrunnsvefsja.is

Jarðlagasnið gegnum Drekasvæðið á Jan Mayen hrygg. Þar skiptast á ríshryggir og setlagadældir.



Skrá yfir skýrslur og greinar

Anette K. Mortensen, Auður Ingimarsdóttir, Þorsteinn Egilsson, Þráinn Friðriksson og Magnús Ólafsson [2008]. **Hola KJ-35 í Kröflu. Hreinsun holunnar í ágúst 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/068. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/202. 46 s.

Anette K. Mortensen, Bjarni Richter, Hjalti Franzson, Þorsteinn Egilsson, Ragnar Ásmundsson, Peter Eric Danielsen, Ómar Sigurðsson, Friðrik Ágústsson og Kristján Skarphéðinsson [2008]. **Reykjanes – Hola RN-22. Forborun, 1., 2. og 3. áfangi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/005. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 104 s.

Anette K. Mortensen, Björn S. Harðarson, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Ómar Sigurðsson, Kjartan Birgisson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Jón Árne Jónsson [2008]. **Hellisheiði – Hola HN-10. 1. og 2. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 357 m og vinnslufóðringu í 1123 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/069. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 76 s.

Anette K. Mortensen, Helga Margrét Helgadóttir, Snorri Guðbrandsson, Steinþór Níelsson, Haraldur Jónasson, Kjartan Birgisson, Guðmundur Sigurðsson, Friðgeir Pétursson, Oddur Óskar Kjartansson, Elfar Jóhannes Eiríksson og Ómar Sigurðsson [2008]. **Reykjanes – Hola RN-26. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 692 m í 2200 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/047. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 101 s.

Anette K. Mortensen, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Ólafur Guðnason [2008]. **Bjarnarflag – Hola BJ-15. Borsaga. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 313 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/059. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/190. 32 s.

Anette K. Mortensen, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Ólafur Guðnason [2008]. **Bjarnarflag – Hola BJ-15. Jarðfræði og mælingar. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 313 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/060. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/191. 25 s.

Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilsson, Bjarni Gautason, Hjalti Steinn Gunnarsson og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. **Bjarnarflag – Hola BJ-14. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 846 m í 2506 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/039. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/083. 133 s.

Árni Hjartarson [2008]. **Norðfjarðargöng. Veglínur og vatnsból.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/004. Unnið fyrir Vegagerðina. 17 s.

Árni Hjartarson [2008]. **Vatnsvernd og grunnvatnsstraumar í Landsveit.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/061. Unnið fyrir Vatnsveitu Rangárpings ytra og Ásahrepps.

Árni Hjartarson, Christian M. Lacasse, Gunnar Þorgilsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Héðinn Björnsson, Ragna Karlsdóttir og Snorri P. Kjaran [2008]. **Puga Geothermal Area NW Himalaya, India. Literature Evaluation.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/023. Unnið fyrir Glitni. ISBN 978-9979-780-75-5. 45 s.

Árni Ragnarsson, Jónas Matthíasson, Ragnar Ásmundsson, Sverrir Þórhallsson og Halldór Ármannsson [2008]. **Geothermal Energy Potential and Feasibility for Electricity Production.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/025. Unnið fyrir Norsk Hydro Production ASA. 115 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Dagbjartur Sigursteinsson, Gestur Gíslason, Hilmar

Sigvaldason, Jósef Hólmjárn, Kristján H. Sigurðsson, Sigurður Benediktsson, Trausti Hauksson og Valgarður Stefánsson [2008]. **Krafla – Well KG-25. Drilling, geology and geochemistry.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/056. Unnið fyrir Landsvirkjun og IDDP-1. 27 s. Helga M. Helgadóttir tók saman.

Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Christian Lacasse, Guðni Axelsson, Gunnar Þorgilsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Kristján Sæmundsson, Ragna Karlsdóttir, Snorri Páll Kjaran, Sveinn Óli Pálmarsson, Sæunn Halldórsdóttir og Þorsteinn Egilsson [2008]. **Hugmyndalíkan jarðhitakerfisins á Peistareykjum og jarðvarmamati með rúmmálsaðferð.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/024, Mannvit, MV-049 og Verfræðistofan Vatnaskil 08.05. Unnið fyrir Peistareyki ehf. ISBN 978-9979-780-76-2. 67 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Bjarni Gautason, Steinþór Níelsson, Þorsteinn Egilsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. **Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta með 8^{1/2}” krönu í 2194 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/041. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/085. 101 s.

Ásgrímur Guðmundsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Bjarni Gautason, Sigvaldi Thordarson, Þorsteinn Egilsson, Friðgeir Pétursson, Elfar J. Eiríksson, Ragnar B. Jónsson, Halldór Ingólfsson og Kristján Haraldsson [2008]. **Krafla – Víti. Hola KJ-36. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta í 2501 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/042. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/087. 106 s.

Bjarni Gautason, Gísli Örn Bragason, Ragnar Bjarni Jónsson, Þorsteinn Egilsson, Hjalti Steinn Gunnarsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Anett Blischke og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. **Bjarnarflag – Hola BJ-14. 2. áfangi: Borun fyrir vinnslufóðringu frá 303 m í 846 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/038. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/082. 75 s.

Bjarni Gautason, Hörður Hafliði Tryggvason, Ragnar Bjarni Jónsson, Ásgrímur Guðmundsson, Elfar J. Eiríksson og Kristján Haraldsson [2008]. **Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. 2. áfangi: Borun fyrir 9^{5/8}” vinnslufóðringu í 768 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/040. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/084. 53 s.

Bjarni Gautason, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Ása Hilmarsdóttir, Ragnar Bjarni Jónsson og Ólafur Guðnason [2009]. **Krafla – Hola KJ-38. Forborun og 1. áfangi: Borverk.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/072. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/205. 27 s.

Bjarni Gautason, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Ása Hilmarsdóttir, Ragnar Bjarni Jónsson og Ólafur Guðnason [2009]. **Krafla – Hola KJ-38. Forborun og 1. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/073. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/206. 25 s.

Bjarni Gautason, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Ása Hilmarsdóttir, Ragnar Bjarni Jónsson og Ólafur Guðnason [2008]. **Krafla – Hola KJ-38. Forborun og 1. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/072. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/205. 27 s.

Bjarni Gautason, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Ása Hilmarsdóttir, Ragnar Bjarni Jónsson og Ólafur Guðnason [2008]. **Krafla – Hola KJ-38. Forborun og 1. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-

2008/073. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/206. 25 s.

Bjarni Gautason, Ragnar Bjarni Jónsson, Þorsteinn Egilsson, Hjalti Steinn Gunnarsson, Friðgeir Pétursson, Gísli Örn Bragason og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. **Bjarnarflag – Hola BJ-14. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir 13^{3/8}” öryggisfóðringu í 303 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/033. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/075. 49 s.

Bjarni Gautason, Sigurður S. Jónsson, Ómar Sigurðsson, Þorsteinn Egilsson, Kjartan Birgisson, Helga M. Helgadóttir og Jón Gíslason [2008]. **Reykjanes – Hola RN-24. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 84 m, öryggisfóðringu í 294 m og vinnslufóðringu í 710 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/051. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 48 s.

Bjarni Gautason, Sigurður S. Jónsson, Peter E. Danielsen, Þorsteinn Egilsson, Anett Blischke, Sigurjón B. Þórarinnsson og Trausti Steinþórsson [2008]. **Reykjanes – Hola RN-24. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 710 m í 2114 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/053. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 56 s.

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilsson, Bjarni Richter, Ragnar Bjarni Jónsson, Hjalti Steinn Gunnarsson, Elfar J. Eiríksson og Þórður Björnsson [2008]. **Peistareykir – Hola PG-5. 2. áfangi: Borun fyrir 9^{5/8}” vinnslufóðringu í 847 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/028. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 57 s.

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilsson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Þorsteinn Ingólfsson [2008]. **Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir 13^{3/8}” öryggisfóðringu í 236 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/022. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/065. 42 s.

Bjarni Reykr Kristjánsson, Anett Blischke, Hjalti Franzson, Gunnlaugur M. Einarsson, Þorsteinn Egilsson, Haraldur Jónasson, Guðmundur Sigurðsson, Peter E. Danielsen og Ragnar K. Ásmundsson [2008]. **Reykjanes – Borun holu RN-18. Borun í 1815 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/049. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 110 s.

Bjarni Reykr Kristjánsson, Anett Blischke, Þorsteinn Egilsson, Ómar Sigurðsson, Gunnlaugur M. Einarsson, Sverrir Þórhallsson og Trausti Steinþórsson [2008]. **Reykjanes – Hola RN-20. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 730 m í 2126 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/016. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 79 s.

Bjarni Reykr Kristjánsson, Ómar Sigurðsson, Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilsson, Anette K. Mortensen og Kristján Skarphéðinsson [2008]. **Reykjanes – Hola RN-21. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 611 m í 1713 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/017. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 88 s.

Björn S. Harðarson, Anette K. Mortensen, Gunnlaugur M. Einarsson og Hjalti Franzson [2008]. **Hola HN-9 og förgun affallsvatns Hellisheiðarvirkjunar við Kolviðarhól.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/006. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 38 s.

Christa Feucht, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Theódóra Matthíasdóttir [2008]. **Nesjavellir – Hola NJ-26. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 95 m, öryggisfóðringu í 315 m og vinnslufóðringu í 1087 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/057. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 95 s.

Christa Maria Feucht, Theódóra Matthíasdóttir og

Svanbjörg Haraldsdóttir [2008]. **Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-33. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 101 m, öryggisfóðringu í 333 m og vinnslufóðringu í 420 og 835 m djúpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/045. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 152 s.

Egill Júlíusson, Gísli Jóhann Grétarsson og Páll Jónsson [2008]. **Well Tester 1.0b. User's Guide.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/063. 27 s.

Frauke Wiese, Práinn Friðriksson og Halldór Ármannsson [2008]. **CO₂ fixation by calcite in high-temperature geothermal systems in Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/003. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja, Orkuveitu Reykjavíkur, Landsvirkjun og Orkustofnun. ISBN 978-9979-780-71-7. 68 s.

Guðni Axelsson [2008]. **Bouillante [Guadeloupe] 2007–2008 Tracer Test. Results of simple tracer transport modelling and reinjection cooling predictions.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/036. Unnið fyrir CFG-Services. 30 s.

Gunnar Þorgilsson og Sæunn Halldórsdóttir [2008]. **Jarðvarmamát með rúmmálsaðferð og Monte Carlo reikningum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/001. Unnið fyrir Orkustofnun. 25 s.

Gunnar Þorgilsson, Magnús Ólafsson og Guðni Axelsson [2008]. **Hitaveita Skagafjarðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 2005–2006.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/011. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 40 s.

Halldór Ármannsson [2008]. **Visit to Nicaragua in May 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/031. Unnið fyrir ICEIDA. 24 s.

Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Mozghan Bagheri [2008]. **Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarfagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2007.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/018. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/064. 14 s.

Haukur Jóhannesson [2008]. **Jarðhiti í landi Vatnsenda í Héðinsfirði. Lýsing jarðhitastaða.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/026. Unnið fyrir Orkustofnun. 17 s.

Haukur Jóhannesson og Steinunn Hauksdóttir [2008]. **Jarðhiti í Strandasýslu I. Jarðhitaleit og skráning í Árneshreppi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/034. Unnið fyrir Orkustofnun. 107 s.

Haukur Jóhannesson, Steinunn Hauksdóttir og Kristján Sæmundsson [2008]. **Jarðhiti við Kárahnjúka og í nágrenni þeirra.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/002. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/050. 91 s. + kort í vasa.

Héðinn Björnsson og Halldór Ármannsson [2008]. **Aflmat holna HV-6, HV-7 og HV-8 í Ölfusdal í september 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/067. Unnið fyrir Sönnlenska orku. 20 s.

Hjalti Franzson [2008]. **Uganda. Kibiro – Katwe. Geology of thermal gradient wells.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/009. Unnið fyrir Próunarsamvinnustofnun Íslands. 12 s.

Ingvar Þór Magnússon [2008]. **GPS-mælingar á Hengillssvæði í ágúst til október 2007.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/010. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 27 s.

Ingvar Þór Magnússon [2008]. **Hæðarmælingar í Landsveit í september og október 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/058. Unnið fyrir Vatnsveitu Rangárpings ytra og Ásahrepps. 16 s. + viðauki.

Ingvar Þór Magnússon [2008]. **Þyngdarmælingar á**

Hengillssvæðinu árið 2007. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/013. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.

Knútur Ármason, Hjálmar Eysteinnsson og Arnar Már Vilhjálmsson [2008]. **The Asal geothermal field, Djibouti. Geophysical surface exploration 2007–2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/019. Unnið fyrir Reykjavík Energy Invest. ISBN 978-9979-780-73-1. 74 s.

Kristín Kröyer [2008]. **Gufu- og vatnsgæðaeftirlit á Reykjanesi 2006 og 2007.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/027. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 25 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Friðgeir Pétursson [2008]. **Krafla – Hóla KJ-38. Borun 3. áfanga: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/070. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/203. 81 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Friðgeir Pétursson [2008]. **Krafla – Hóla KJ-38. Borun 3. áfanga: Jarðlaggreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/071. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/204. 49 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Oddur Kjartansson, Héðinn Björnsson, Sigurður S. Jónsson og Christa Feucht [2008]. **Svartsengi – Hóla SV-24. Borun holu SV-24.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/055. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 61 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Páll Jónsson, Anette K. Mortensen, Hjalti Franzson, Friðgeir Pétursson, Þorsteinn Egilson og Halldór Ingólfsson [2008]. **Peistareykir – Hóla PG-6. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borsaga og borgögn.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/065. Unnið fyrir Peistareykj ehf. 49 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Páll Jónsson, Anette K. Mortensen, Hjalti Franzson, Friðgeir Pétursson, Þorsteinn Egilson og Halldór Ingólfsson [2008]. **Peistareykir – Hóla PG-6. Forborun, 1. og 2. áfangi: Jarðlaggreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/066. Unnið fyrir Peistareykj ehf. 34 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Sigurður Sveinn Jónsson og Benedikt Steingrímsson [2008]. **Reykjanes – Hóla RN-27. Borun holu RN-27.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/029. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 67 s.

Maryam Khodayar [2008]. **Results of the 2007 surface geothermal exploration in the Asal Rift and Transform zones, Djibouti. Tectonics and Geothermal manifestations. Revised version.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/008. Unnið fyrir Reykjavík Energy Invest. ISBN 978-9979-780-74-8. 70 s. + viðauki + 5 kort í vasa.

Maryam Khodayar, Páll Einarsson, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson [2008]. **Fractures and leakages at the Holtavirkjun project sites, South Iceland Seismic Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/030. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/088. 52 s. + 3 kort.

Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson [2008]. **Potential targets for geothermal drilling in Holt and Land, South Iceland Seismic Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/048. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 18 s.

Páll Jónsson [2008]. **Svartsengi – Reykjanes. Hita- og þrústingsmælingar 2006–2007.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/020. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 93 s.

Páll Jónsson og Ester Inga Eujólfssdóttir [2008].

Upphleyping holu RN-27 og mælingar í blæstri í júlí 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/062. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 35 s.

Páll Jónsson og Práinn Friðriksson [2008]. **Upphleyping holu RN-25 og mælingar í blæstri í apríl 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/054. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 43 s.

Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson [2008]. **Eldvörp. TEM-mælingar 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/037. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 35 s.

Ragna Karlsdóttir, Arnar Már Vilhjálmsson og Hjálmar Eysteinnsson [2008]. **Vonarskarð. TEM- og MT-mælingar 2007.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/064. Unnið fyrir Orkustofnun. 49 s.

Ragnar Ásmundsson [2008]. **Kyrrahafseyjar. Jarðvarmi til raforkuframleiðslu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/032. Unnið fyrir Próunarsamvinnustofnun. 24 s.

Ragnar Ásmundsson, Árni Ragnarsson, Halldór Ármannsson og Oddur B. Björnsson [2008]. **Geothermal Activities Worldwide and Potential for Electricity Production.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/050. Unnið fyrir StatoilHydro. 101 s.

Sigurður Sveinn Jónsson, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Magnús Á. Sigurgeirsson [2008]. **Svartsengi – Hóla SV-22. Borun holu SV-22.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/014. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 89 s.

Sigurjón Böðvar Þórarinnsson, Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Helga Margrét Helgadóttir, Anette K. Mortensen og Snorri Guðbrandsson [2008]. **Reykjanes – Hóla RN-25. Borun fyrir 12^{1/4}” vinnsluhluta frá 707 m í 2180 m djúpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/007. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 104 s.

Steinþór Nielsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. **Hverahlíð – Hóla 36. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 105 m, öryggisfóðringu í 364 m og vinnslufóðringu í 1104 m djúpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/012. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 100 s.

Steinþór Nielsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. **Hverahlíð – Hóla HE-36. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 1104 m í 2808 m með 8^{1/2}” krónu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/046. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 173 s.

Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. **Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-37. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 85 m, öryggisfóðringu í 304 m og vinnslufóðringu í 754 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/043. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 71 s.

Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. **Skarðsmýrarfjall – Hóla HE-39. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 99 m, öryggisfóðringu í 305 m og vinnslufóðringu í 781 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/044. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 75 s.

Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Oddur Kjartansson, Sigurður Sveinn Jónsson og Christa M. Feucht [2008]. **Svartsengi – Hóla SV-23. Borun holu SV-23.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/035. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 129 s.

Sverrir Þórhallsson (ritstj.), Mannvít Engineering, Íslenskar orkurannsóknir [ÍSOR], Jarðboranir hf. og Landsvirkjun Power [2008]. **IDDP-1 Drilling Program. Interval 90-800 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/052. Unnið fyrir Landsvirkjun,

LV-2008/114. 30 s. + viðauki.

Práinn Friðriksson og Niels Giroud [2008]. **Jarðefnafræðilegt vinnslueftirlit á Reykjanesi 2006 og 2007**. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2008/021. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 51 s.

Ritrýndar greinar

Alfredsson, H. A., Hardarson, B. S., Franzson, H. and Gíslason, S. R. [2008]. CO₂ sequestration in basaltic rock at the Hellisheidi site in SW Iceland: Stratigraphy and chemical composition of the rocks at the injection site. *Mineralogical Magazine*, 72(1), 1-5.

Hardarson, B. S., Fitton, J. G., and Hjartarson, Á. [2008]. Tertiary volcanism in Iceland. *Jökull*, 58, 161-178.

Franzson, H., Zierenberg, R., and Schiffman, P. [2008]. Chemical transport in geothermal systems in Iceland. Evidence from hydrothermal alteration. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 173(3-4), 217-229.

Jarosch, A., Gudmundsson, M.T., Högnadóttir, Th. and Axelsson, G. [2008]. Progressive cooling of the hyaloclastite ridge at Gjálp, Iceland, 1996–2005. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 170, 218–229.

Lund, J. W., Bjelm, L., Bloomquist, G. and Mortensen, A. K. [2008]. Characteristics, development and utilization of geothermal resources – a Nordic perspective. *Episodes*, 31(1), 140-147.

Rezvani Khalilabad, M., Axelsson, G. and Gíslason, S. R. [2008]. Aquifer characterization with tracer test technique; permanent CO₂ sequestration into basalt, SW Iceland. *Mineralogical Magazine*, 72, 121-125.

Sigmundsson, F. and Sæmundsson, K. [2008]. Iceland: a window on North-Atlantic divergent plate tectonics and geologic processes. *Episodes*, 31(1), 92-97.

Smelror, M., Ahlström, A., Ekelund, L., Hansen, M. E., Nenonen, K. and Mortensen, A. K. [2008]. The Nordic Geological Surveys: Geology for Society in practice. *Episodes*, 31(1), 193-200.

Arnórsson, S., Axelsson, G. and Sæmundsson, K. [2008]. Geothermal systems in Iceland. *Jökull*, 58, 269-302.

Ráðstefnu- og fagrit

Armannsson, H., Steingrímsson, B., og Gudmundsson, A. [2008]. Planning of geothermal projects in Iceland. In: *Short Course III on Surface Exploration for Geothermal Resources, Naivasha, Kenya, 24th October - 17th November, 2008*. 12 s.

Armannsson, H. [2008]. The Theistareykir geothermal system, North East Iceland. Case history. In: *Short Course III on Surface Exploration for Geothermal Resources, Naivasha, Kenya, 24th October - 17th November, 2008*. 12 s.

Axelsson, G. [2008]. Importance of geothermal reinjection. In: *Proceedings of the Workshop for Decision Makers on the Direct Heating Use of Geothermal Resources in Asia, Tianjin, China, May 2008*, 16 s.

Axelsson, G. [2008]. Management of geothermal resources. In: *Proceedings of the Workshop for Decision Makers on the Direct Heating Use of Geothermal Resources in Asia, Tianjin, China, May 2008*, 15 s.

Axelsson, G. [2008]. Production capacity of geothermal systems. In: *Proceedings of the Workshop for Decision Makers on the Direct Heating Use of*

Geothermal Resources in Asia, Tianjin, China, May 2008, 14 s.

Axelsson, G. [2008]. Two-way geothermal technology transfer via UNU-GTP training. In: *Proceedings of the 30th Anniversary Workshop of the United Nations University Geothermal Training Programme, Reykjavík, Iceland, August 2008*, 6 s.

Bjarni Gautason. [2008]. Stíklað á stóru um jarðhita í Skagafirði. Í: Þorsteinn Sæmundsson, Armelle Decaulne og Helgi Páll Jónsson (ritstj.) *Skagfirsk náttúra 2008 Málþing um náttúru Skagafjarðar, Sauðárkrókur, 12. apríl 2008*. Náttúrustofa Norðurlands vestra, bls. 21-24.

Danielsen, P.E. [2008]. High Temperature Geothermal Logging for Temperature and Pressure. In: *ARGeo-C2, November 24-25, 2008, Entebbe, Uganda*, 10 s.

Eliasson, E. T., Thorhallsson, S. og Steingrímsson, B. [2008]. Geothermal power plants. In: *Papers presented at „Short course on geothermal project management and development“*. UNU-GTP, KenGen and MEMD-DGSM, Entebbe, Uganda, 20-22 November 2008. UNU-GTP, CD SC-08. 15 s.

Elmi, D. og Axelsson, G. [2008]. Pressure transient test analysis for two wells in the Hellisheidi geothermal systems, SW-Iceland. In: *Proceedings of the 30th Anniversary Workshop of the United Nations University Geothermal Training Programme, Reykjavík, Iceland, August 2008*, 7 s.

Fitton, J. G., og Hardarson, B. S. [2008]. Fertility Pulses in the Iceland Plume. *EOS, Trans. AGU* 89, V31F-07.

Fridleifsson, G. O., Armannsson, H., Arnason, K., Gudmundsson, A. og Sæmundsson, K. [2008]. Re-evaluation of the first IDDP drillsite. *IDDP report*, 13 s.

Hjalti Franzson, Guðmundur Ómar Fridleifsson og Hallgrímur Jónasson. [2008]. Gullið í Esjunni. Í: *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 35-37.

Hjalti Franzson. [2008]. Keilugangasveimur úr flikrubergi í megineldstöðinni í Hafnarfjalli-Skarðsheiði. Í: *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 33-34.

Jóhannesson, G. A. og Flóvenz, Ó. G. [2008]. Conventional Geothermal Heating - The Icelandic Experience and Potentials for Other Countries. *World Renewable Energy Congress X and Exhibition 19–25 July 2008 Glasgow – Scotland*.

Ketilsson, J., Axelsson, G., Pálsson, H., og Jonsson, M. Th. [2008]. Production capacity assessment: Numerical modeling of geothermal resources. In: *Proceedings 33rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California, January 2008*, 9 s.

Khodayar, M., Páll Einarsson, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson. [2008]. Fractures and leakages in the source areas of 1896 and 2000 earthquakes, South Iceland Seismic Zone. Í: *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 43-44.

Khodayar, M., Björnsson, S., Einarsson, P. og Franzson, H. [2008]. Paleoseismicity in an oceanic crust: A case study from the South Iceland transform zone. In: *33rd International Geological Congress, 6th-14th August 2008, Oslo*, 1 s.

Khodayar, M. [2008]. Some aspects of tectonics in the Asal Rift and Transform Zones, Djibouti. Í: *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 42.

Khodayar, M., Einarsson, P., Franzson, H. og Björnsson, S. [2008]. Tectonic settings of low-temperature geothermal activity in Iceland: Relation

to plate boundaries, earthquakes, and rift-jumps. In: *33rd International Geological Congress, 6th-14th August 2008, Oslo*, 1 s.

Marks, N., Schiffman, P., Zierenberg, R. A., Franzson, H. [2008]. The Iceland Deep Drilling Project: (III) Evidence for amphibolite grade contact metamorphism in an active geothermal system. *Eos Trans. AGU*, 89(53), Fall Meet. Suppl., Abstract V41B-2071

Marks, N., Zierenberg, R., Schiffman, P., Franzson, H., Fridleifsson, G. O., Elders, W. [2008]. The transport and interactions of aqueous fluids and gases in magmatic-hydrothermal systems. In: *IAVCEI 2008 General Assembly*. Abstract 3-f P09.

Mortensen, A. K., Flovenz, O. G. [2008]. The Development of Geothermal Energy Production in Iceland. In: *33rd International Geological Congress (33 IGC), Oslo 2008*.

Mortensen, A. K., Flovenz, O. G. [2008]. The geoscientific role in the harnessing of high temperature geothermal fields in Iceland. Í: *33rd International Geological Congress (33 IGC), Oslo 2008*.

Mortensen, A. K., Franzson, H., Blischke, A. [2008]. Geology, hydrothermal alteration and tectonic setting of the geothermal system at Bitra, Southern Iceland - evidence from exploration drilling. In: *33rd International Geological Congress (33 IGC), Oslo 2008*.

Páll Einarsson, Maryam Khodayar, Ásta Rut Hjartardóttir, and the students of Tectonics at the Institute of Earth Sciences, University of Iceland. [2008]. Fractures and faults in the northern part of Brennisteinsfjöll fissure swarm. Í: *Vorráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 52.

Rezvani Khalilabad, M. og Axelsson, G. [2008]. Assessment of the Hofstadir geothermal system in W-Iceland. In: *Proceedings 33rd Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California, January 2008*, 6 s.

Sarmiento, Z. F. og Steingrímsson, B. [2008]. Computer programme for resource assessment and risk evaluation using Monte Carlo simulation. In: *Papers presented at „Short course on geothermal project management and development“*. UNU-GTP, KenGen og MEMD-DGSM, Entebbe, Uganda, 20-22 November 2008. UNU-GTP, CD SC-08. 11 s.

Steingrímsson, B. [2008]. Geothermal exploration and development from a hot spring to utilization. In: *Papers presented at „Short course on geothermal project management and development“*. UNU-GTP, KenGen og MEMD-DGSM, Entebbe, Uganda, 20-22 November 2008. UNU-GTP, CD SC-08. 9 s.

Steingrímsson, B., Björnsson, S. og Adalsteinsson, H. [2008]. Master plan for geothermal and hydro-power development in Iceland. In: *Papers presented at „Short course on geothermal project management and development“*. UNU-GTP, KenGen og MEMD-DGSM, Entebbe, Uganda, 20-22 November 2008. UNU-GTP, CD SC-08. 11 s.

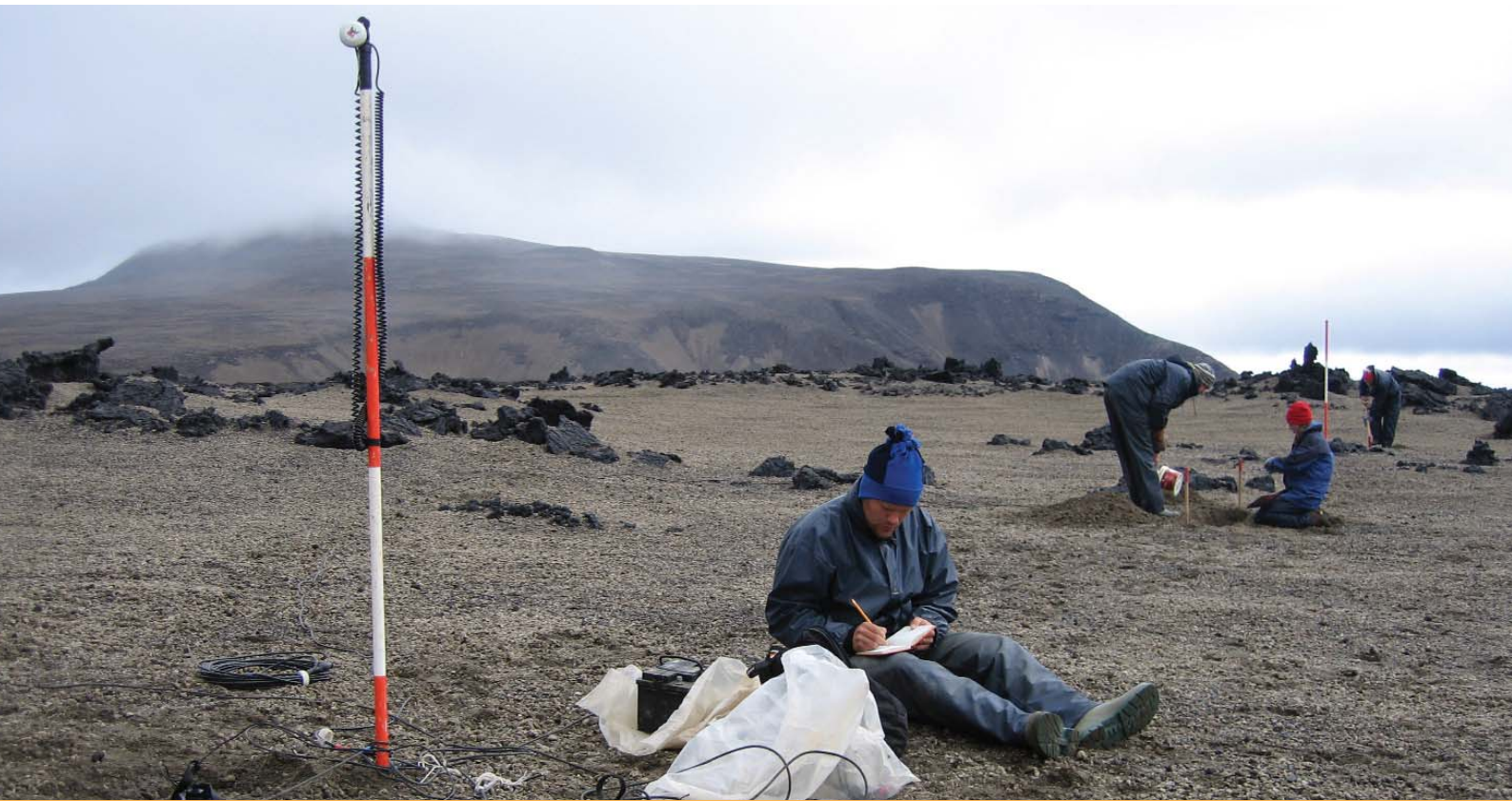
Vilhjalmsón, A. M., Flovenz, O. G., Karlsdóttir, R., Arnason, K., Eysteinnsson, H. og Sæmundsson, K. [2008]. Geophysical Evidence for Magmatic Transport in the Lower Crust in Iceland. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2008*, abstract #MR43A-1803.

Aðrar greinar

Árni Hjartarson. [2008]. Miðlungsárið 2007. *Norðurslóð, janúar 2008*.

Árni Hjartarson. [2008]. Guðmundur góði og dvöl hans í Svarfaðardal. *Norðurslóð, júlíablað 2008*.

ÍSOR activities in 2008



www.geothermal.is

MT-survey at Upptyppingar, North Iceland.

Photo Egill Árni Guðnason.

Iceland GeoSurvey (ÍSOR) is a leading provider of scientific and technical expertise to the geothermal industry in Iceland and abroad. We offer consulting, training, and scientific services worldwide on most aspects of geothermal exploration, development, and utilization. Our experience covers many other geoscience-related fields as well, including groundwater studies, marine geology, and environmental monitoring. ÍSOR is a self-financing, state-owned, non-profit institution. It receives no direct funding from the government, but operates on a project and contract basis like a private company.

ÍSOR was established in 2003, when the Geo-Science Division of Orkustofnun, the National

Energy Authority of Iceland, was spun off as a separate entity.

Although established just six years ago, ÍSOR is based on six decades of continuous experience in the field of geothermal and hydropower research and development. It is organized into five departments, Geology, Geophysics, Technical, Engineering, and Information technology. ÍSOR also runs an affiliated branch office in Akureyri in northern Iceland.

ÍSOR conducts wide-ranging studies of geothermal fields, including surface exploration and interpretation of data from drillholes. ÍSOR sites exploration and production wells, and evaluates their geothermal characteristics and production capacity. The results are integrated into a conceptual model of the geothermal reservoir, which forms a basis for numerical modeling of the reservoir to assess the generating capacity of the field. We also advise developers on groundwater supplies and on the disposal of effluent water.

Some highlights of 2008

ÍSOR on-site **services related to high-temperature drilling** have increased markedly over the last few years. A very significant part of the work of ÍSOR in 2008 involved such drilling in some way, as 29 exploration, production, and injection wells were drilled in high-temperature geothermal fields in Iceland. Many of these wells are now directionally drilled. Various exploration studies, including geological mapping, chemical sampling and analysis, and geophysical surveying were also conducted in these fields.

ÍSOR **work in low-temperature geothermal areas** resulted in the drilling of some quite successful wells, particularly in the Vestfirðir region in northwestern Iceland. Studies on the effect of earthquakes on groundwater and geothermal systems were carried out following the South Iceland earthquake in May.

ÍSOR maintains service contracts with electric utilities and district heating services around the country. These involve monitoring of the temperature, pressure, and chemical composition of geothermal reservoir fluids.

The Hengill area, which is the site of a major geothermal development, has been studied intensively for many years. Hengill is one of four geothermal areas in Europe covered by a multinational research project, I-GET (Integrated Geophysical Exploration Technologies for deep fractured geothermal systems), in which ÍSOR is a partner. The project is aimed at developing an innovative geothermal exploration approach based on advanced geophysical methods. A model for the area has been proposed that draws on measurements in borholes as well as on data obtained from various geological and geophysical surveys. The work has elucidated a very clear relationship between resistivity on one hand and temperature and alteration mineralogy on the other.

A fairly extensive project in **Uganda** for the Icelandic International Development Agency (ICEIDA) involving geology, geophysics, and geochemistry was concluded in 2008. A resistivity

survey was also conducted in **Eritrea** on behalf of ICEIDA, and work on an extensive consultancy project in **Nicaragua** was continued. Preparatory work for resistivity measurements was carried out in **Kamtchatka** for a private company, and a final report on geological investigations and a resistivity survey in **Djibouti** was delivered. Work was also carried out on consultancy projects in **Turkey**, the **Canary Islands**, **Guadeloupe**, and **India**. A report was prepared for StatoilHydro on geothermal potential and feasibility for electric power production.

ÍSOR takes an active part in the **training** of approximately 20 United Nations University Geothermal Training Programme (UNU-GTP) fellows who annually attend a six-month course in Iceland. ÍSOR also provides supervisors for several of the post-graduate students enrolled in a joint program between UNU-GTP and the University of Iceland. ÍSOR supplies instructors for UNU-GTP overseas courses, three of which were held in 2008, two in Africa and one in China. In 2008 ÍSOR organized courses on geothermal issues for staff members of BRGM and CFG, France, and for a group from Debrecen University, Hungary.

One of the prerequisites for the progress of the Iceland Deep Drilling Project is the provision of instruments that can withstand the high temperatures and pressures expected in IDDP wells. **The HITI project** (High Temperature Instruments for supercritical geothermal reservoir characterization and exploitation) is a collaboration, coordinated by ÍSOR and involving eight companies and institutions in six European countries, that aims to develop such instruments. Two new instruments were tested in high-temperature geothermal wells in Iceland in 2008 and more are awaiting tests.

ÍSOR has assisted Orkustofnun in preparing Iceland's **first tender for hydrocarbon exploration licenses** in the northern part of the Dreki area, located approximately 300 km off the northeast coast of Iceland. The work involves the construction of a database and the continued interpretation of geophysical data.

Upptýppingar in North-Iceland.
Photo Þorbjörg Ágústsdóttir.



Í minningu tveggja jarðfræðinga

Árið 2008 létust tveir fyrrverandi starfsmenn Íslenskra orkurannsóknna og forvera þeirra, Orkustofnunar. Bæði voru þau frumkvöðlar í íslenskri jarðfræði, hvort á sínu sviði. ÍSOR þakkar þeim langt og gæfuríkt starf í þágu íslenskra jarðvísinda.

Elsa G. Vilmundardóttir



Elsa G. Vilmundardóttir jarðfræðingur lést 23. apríl, 75 ára að aldri. Elsa stundaði nám við Stokkhólmsháskóla árin 1958–1963 og var fyrst íslenskra kvenna til að ljúka háskólanámi í jarðfræði. Á námsárum sínum vann hún á sumrin við ýmis jarðfræðistörf á vegum Raforkumálaskrifstofunnar og kynntist þá töfrum hálandis Íslands sem átti eftir að verða starfsvettvangur hennar um áratugaskeið.

Þegar hún kom heim frá námi árið 1963 hóf hún fljótlega aftur störf hjá Raforkumálaskrifstofunni, síðan hjá Raforkudeild Orkustofnunar þegar hún varð til árið 1967, síðar Vatnsorkudeild og að lokum hjá Rannsóknasviði Orkustofnunar sem varð að Íslenskum orkurannsóknnum árið 2003. Þá var Elsa hins vegar komin á eftirlaun en vann sem verktaki hjá ÍSOR.

Árin 1963–1978 vann Elsa mest við ýmsar rannsóknir á virkjanasvæðum á suðurhálandinu og í Fljótsdal. Árið 1977 skilaði hún skýrslu um Tungnaáhráunin sem var mikið tíma- mótaverk og er enn merkasta heimildin um þau. Árið 1980 var

gerður samningur milli Orkustofnunar og Landsvirkjunar um samræmda jarðfræðikortlagningu á vatnasviði Þjórsár ofan Búrfells og var Elsa umsjónarmaður þess verks. Gerð voru berggrunns-, jarðgrunns- og vatnafarskort af svæðinu í mælikvarða 1:50.000, eða alls 21 kort. Slíkt hafði ekki verið gert áður á Íslandi og komu kortin út á árabílinu 1983–1999. Með þessu hófst aðalútivinnutímabil Elsu og eru þeir ekki margir jarðfræðingarnir sem eytt hafa jafn mörgum stundum á hálandi Íslands. Á þessum árum var lagður grunnur að því mikla verki sem Elsa vann enn að er hún lést, þ.e. kortlagningu móbergs í eystra gosbeltinu. Samhlíða berggrunnskortlagningunni á suðurhálandinu vann hún einnig að kortlagningu móbergs í norðausturgosbeltinu og á fornu lónseti að Fjallabaki.

Elsa var einn af 13 stofnfélögum Jarðfræðafélags Íslands og var formaður þess árin 1986–1990. Einnig var hún formaður starfsmannafélags Orkustofnunar 1983–1985.



Freysteinn Sigurðsson

Freysteinn Sigurðsson, jarðfræðingur hjá Orkustofnun, lést 29. desember, 67 ára að aldri. Freysteinn hóf nám í jarðeðlisfræði við háskólann í Mainz strax eftir stúdentspróf 18 ára að aldri. Árið 1975 lauk hann svo diploma-prófi í jarðvísindum við háskólann í Kiel.

Á háskólaárunum var Freysteinn sumarmaður hjá Orkustofnun við jarðhitarannsóknir og mælingar, og strax að námi loknu árið 1975 var hann ráðinn sem fastur starfsmaður þar. Þá voru viðfangsefni hans meira í kalda vatninu en jarðhita, þ.e. verk tengd vatnajarðfræði, vatnafari, grunnvatni og neysluvatns- málum. Í maí 1982 var hann ráðinn deildarstjóri á Vatnsorkudeild Orkustofnunar (VOD) yfir jarðfræðikortlagningu og hélt áfram sem slíkur á ROS (Rannsóknasviði Orkustofnunar). Árið 1999 fór hann síðan á Auðlindadeild Orkustofnunar (ALD) þar sem ábyrgðarsvið hans voru hagnýt jarðefni.

Freysteinn fór fremstur í flokki þeirra jarðvísindamanna sem lögðu stund á íslenska vatnajarðfræði og hafði allra manna

gleggsta sýn á íslenskt vatnafar. Grunnvatn og lindir voru hugðarefni hans. Á síðari árum vann hann mikið að vatnsverndarmálum og lagði gjörva hönd á lagabálka um vatn og vatnsvernd. Hann var snjall nýyrða- og hugtakasmiður og íslenskaði fjölmörg heiti og hugtök í fræðum sínum, grunnhugtök vatnsverndarinnar, brunnsvæði, grannsvæði og fjar- svæði, eru t.d. frá honum runnin.

Freysteinn var sérstaklega heiðraður á norrænni ráðstefnu um neysluvatn á vegum Norðurlandadeildar IWA (International Water Association) sem haldin var í Reykjavík sumarið 2006. Freysteini hlotnaðist svokölluð „Pump Handle verðlaun“ árið 2006, sem veitt eru fyrir einstakt framlag í þágu betra og heilnæmara neysluvatns. Hann var mikill félagsmálamaður og var m.a. formaður Félags íslenskra náttúrufræðinga 1986–1988, formaður Hins íslenska náttúrufræðifélags 1990–2001 og stjórnamaður í Landvernd til dauðadags.

ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk, Sími: 528 1500 - Fax: 528 1699

Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. Sími: 528 1500 - Fax: 528 1599

isor@isor.is - www.isor.is

Ritnefnd: Brynja, Hrafnhildur og Jón Örn. Prentun og myndvinnsla: Litróf.

ISBN: 978-9979-780-81-6

Frá Kerlingarfjöllum. Ljós. Niels Giroud.



ÍSLENSKAR ORKURANNSÓKNIR

Reykjavík: Orkugarður, Grensásvegi 9, 108 Rvk. • Sími: 528 1500 • Fax: 528 1699

Akureyri: Rangárvöllum, P.O. Box 30, 602 Ak. • Sími: 528 1500 • Fax: 528 1599

isor@isor.is • www.isor.is