



**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
Erítreia - 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. Ljósm.: 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 hýsir fundinn hverju sinni. Pannig 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. Peir taka til þess hve hlýtt er í húsum okkar og hversu sund- og íþróttaaðstaða er góð hjá svo fámenndi þjóð. Fyrir okkur Íslendinga verður þetta stundum að sjálfsögðum hlut. Pannig hefur það ekki alltaf verið og ekki sjálfgefið að svo verði. Við þurfum að gæta að því.

Starfsemi ÍSOR hefur ekki farið varhluta af veðrabilum í Íslensku athafnalífi. Síðustu árin hefur ÍSOR stækkað og eflst til að fylgja eftir uppgangi orkugeirans. Verkefnin 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 glepjast af dægur sveiflum 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 þorrann og góuna.

Stjórnin hefur því samþykkt að halda starfsemi ÍSOR óbreytti 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 lykilord 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 fyrirsjánleg 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. Pannig mun vonandi takast að komast áfram í þekkingarleit orkurannsóknanna, þrátt fyrir óblíða vindu 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, Svanfriður Inga Jónasdóttir, Ólafur G. Flóvenz, Guðrún Helga Brynleifsdóttir formaður og Hákon Björnsson. Á myndina vantar Jóhannes Pálsson. Ljósm. Jón Ragnarsson



# Starfsemi ÍSOR 2008



Starfsemi ÍSOR árið 2008 gekk prýðisvel 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 eiginfjárfstöðu. 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 fylgðaði 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 alúðarþakki fyrir sérlega árangursríkt og gott starf.

Samstarf Háskóla Íslands og ÍSOR dýpkaði á árinu. Þannig var Halldór Ármansson, efnafræðingur hjá ÍSOR, sá þriðji til að verða gestaprófessor við jarðvísindadeild Háskóla Íslands og Freysteinn Sigmundsson, jarðeðlisfræðingur hjá Hi, 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 orkufyrtækja við slíkar mælingar.

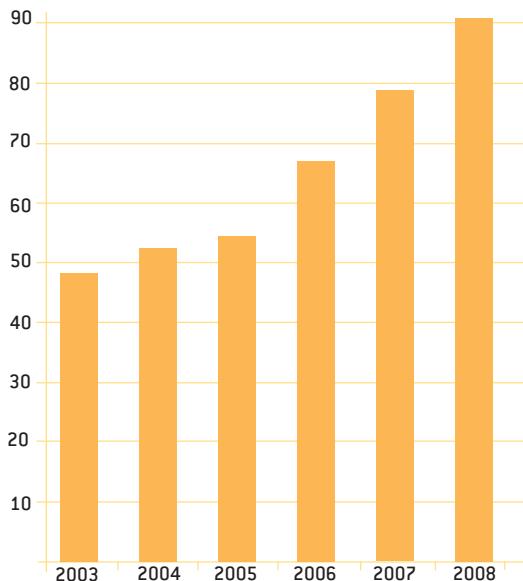
Verkefni ársins 2008 voru að venju mjög fjölbreytt þótt verkefni tengd háhitaborunum hafi verið áberandi mikil. Alls voru boraðar 29 háhitaholur, fleiri en nokkru sinni fyrr. Fjölmargir starfsmenn ÍSOR koma að borun háhitaholna og prófun þeirra; borholujarðfræðingar, borverkfræðingar, borholumælingamenn, forðafræðingar og efnafræðingar. 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 Kópsvatn í Hrunamannahreppi, Klúku í Bjarnarfirði, Krossnesi í Árneshreppi og Hveravík í Steingrímsfirði. Nokkuð var um verkefni erlendis. Hæst ber þar vinnu fyrir Próunarsamvinnustofnun Íslands í Níkaragva og Eritreu.

Unnið var að kappi að undirbúningi greinargerðar Íslands til hafréttarnefndar Sameinuðu þjóðanna um kröfur til hafssbotnsréttinda 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 að verkinu ljúki á tilsettum tíma. Þá unnu sérfræðingar ÍSOR ýmis verkefni er tengdust útboði á olíuleitarleyfum á Drekasvæðinu.

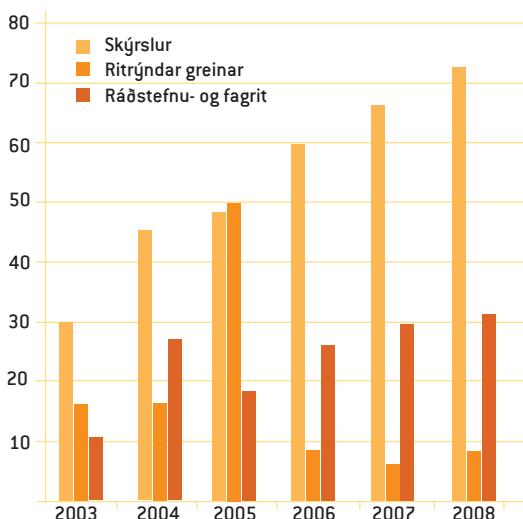
ÍSOR er þekkingar- og nýsköpunarfyrirtæki sem hefur ásamt forverum sínum byggt upp meginhluta hinnar jarðvísindalegu þekkingar á jarðhitaauðlindinni og nýtingu hennar. Öflun slíkrar þekkingar krefst stöðugra

rannsókna og þróunar sem síðan leiðir til nýsköpunar. Í hinum akademíská 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 undanförnum árum hefur virkjað rafaf 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 Reykjanesskaga og norðan heiða við Peistareyki, Kröflu og Bjarnarflag. ÍSOR hefur því á undanförnum árum keppst við að byggja upp starfsemi sína með tilliti til þess að geta þjónað þessum framtíðaráformum íslensks orkuiðnaðar. 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 fimm-faldast á jafnmögum 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 jarðhitaiðnaðar 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.



Fjöldi starfsmanna ÍSOR á árunum 2003–2008.



Fjöldi skýrslna, ritrýndra greina, ráðstefnu- og fagrita.

Ólafur G. Flóvenz

Frá Kerlingarfjöllum. Ljósmynd. Niels Giroud.



# Reikningar ÍSOR 2008

## Staðfesting ársreiknings

Ársreikningur Íslenskra orkurannsókna, 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 náttúrufars, 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 orkurannsókna 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 orkurannsókna og forstjóri staðfesta hér með ársreikning fyrirtækisins fyrir árið 2008 með undirritun sinni.

Reykjavík, 12. mars 2009.

Guðrún Helga Brynleifsdóttir  
formaður

Svanfríður Jónasdóttir.

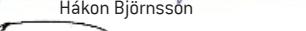
Svanfríður Inga Jónasdóttir



Pórarinn Egill Sveinsson



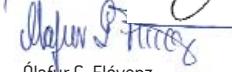
Hákon Björnsson



Hákon Björnsson



Jóhannes Pálsson



Ólafur G. Flóvenz

forstjóri

## Áritun endurskoðenda

Til stjórnar Íslenskra orkurannsókna

Við höfum endurskoðað meðfylgjandi ársreikning Íslenskra orkurannsókna 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 álití 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 síðareglum og skipuleggja og haga endurskoðuninni þannig að nægjanleg vissa fáist um að ársreikningurinn sé án verulegra annmarka.

Endurskoðunin felur í sér aðgerðir til að staðfesta fjárhæðir og aðrar upplýsingar um ársreikningnum. Val endurskoðunaraðgerða byggir á faglegu mati endurskoðandans, meðal annars á þeirri áhætta 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

Pað er álit okkar að ársreikningurinn gefi glögga mynd af afkomu Íslenskra orkurannsókna 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. Áðalsteinsdóttir  
endurskoðandi

## Rekstrarreikningur árið 2008

	Skýr	2008	2007
Rekstrartekjur			
Rekstrartekjur	1.473.555.879	1.182.541.495	
Aðrar tekjur	316.000	18.611.716	
<b>Rekstrartekjur</b>	<b>1.473.871.879</b>	<b>1.201.153.211</b>	
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	
<b>Rekstrargjöld</b>	<b>1.335.582.177</b>	<b>1.074.377.861</b>	
Rekstrarhagnaður	138.289.702	126.775.350	
<b>Fjármunatekjur og (fjármagnsgjöld)</b>	<b>3.39.405.399</b>	<b>3.305.077</b>	
<b>Hagnaður ársins</b>	<b>177.695.101</b>	<b>130.080.427</b>	

## Sjóðstreymi árið 2008

	Skýr	2008	2007
Rekstrarhreyfingar			
Veltufé frá rekstri			
Hagnaður ársins	177.695.101	130.080.427	
Söluhagnaður af eignasölu	0	(18.611.716)	
Afskriftir	4.90.515.968	85.750.835	
<b>Veltufé frá rekstri</b>	<b>268.211.069</b>	<b>197.219.546</b>	
Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum			
Skammtímakröfur, (hækkuð)	(79.677.625)	(79.396.212)	
Skammtímaskuldir, hækkuð (lækkun)	73.278.557	(33.225.137)	
<b>Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum</b>	<b>(6.399.068)</b>	<b>(112.621.349)</b>	
<b>Handbært fé frá rekstri</b>	<b>261.812.001</b>	<b>84.598.197</b>	
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	
<b>Fjárfestingahreyfingar</b>	<b>(131.354.138)</b>	<b>(125.669.972)</b>	
Hækkuð (lækkun) á handbæru fé	130.457.863	(41.071.775)	
Handbært fé í ársþyrjun	75.411.669	116.483.444	
Handbært fé í lok ársins	205.869.532	75.411.669	

## Efnahagsreikningur 31. desember 2008

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

## Skýringar

### Reikningsskilaaðferðir

#### Grundvöllur reikningsskila

Ársreikningur Íslenskra orkurannsókna 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 reikningsskila aðferðum og árið áður.

#### Tekjur

Tekjur eru færðar við útgáfu reikninga. 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 frádegnum afskriftum. Afskriftir eru reiknaðar sem fastur árlegur hundraðshlut 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 fyrrverandi starfsmanna Íslenskra orkurannsókna 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



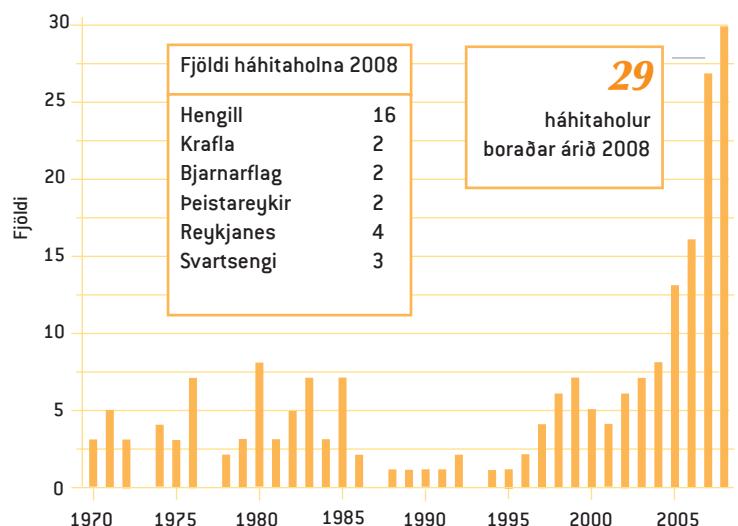
Nýr mælibúnaður og bíll til eftirlitsmælinga í háhitaholum var tekinn í notkun á árinu. Helstu nýjungar eru þær að sérstakur mæligámur var útbúinn með vökvaspili og tveimur tromlum fyrir mælivír. Nú er mun auðveldara að koma mælibúnaðinum fyrir á holutoppi því kraninn á nýja bílnum getur lyft manni og búnaði í rúmlega 20 m fjarlægð frá bílum. Ljósm. 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 rannsóknum til að velja borstaði, rannsóknum á borholum á bortíma, prófunum á borholum eftir borun, mati á eiginleikum jarðhitavökvans til nýtingar og eftirliti með jarðhitasvæðum í vinnslu. Viðamestu verkefnin tengdust rannsóknum og uppbyggingu háhitavirkjana bæði sunnan- og norðanlands.

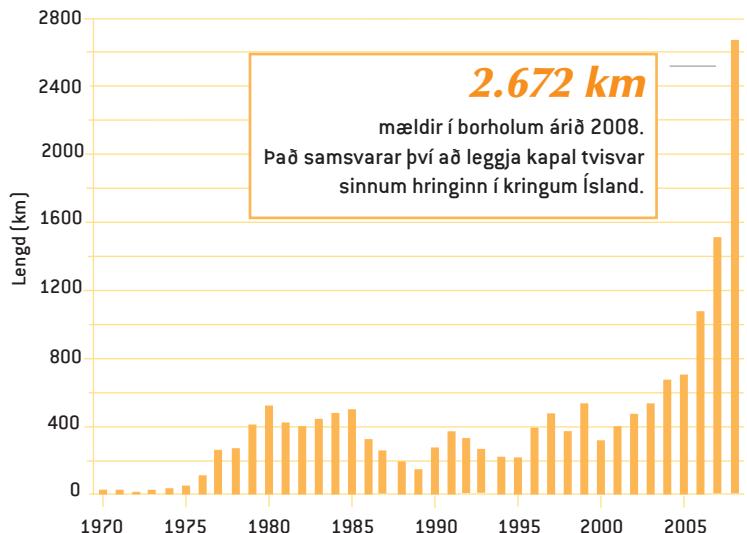
Á árinu var m.a. unnið að jarðfræði- og jarðeðlisfræðirannsóknum á háhitasvæðunum í Krýsuvík, Hengli, Kerlingarfjöllum, Vonarskarði, Kröflu og á Þeistareykjum.

Orkufyrirtækin boruðu 29 háhitaholur til rannsókna, vinnslu og niðurrennslis 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.

Að **Hengilssvæðinu** boraði Orkuveita Reykjavíkur 15 háhitaholur á árinu og eina til niðurrennslis 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 stækkan vinnslusvæðisins í þá átt. Sú síðari var útúrborun á NJ-25 og var henni beint til suðausturs í átt að gossprungum í Kýrdalsdrögum. Sunnan í Hengli voru boraðar 13 háhitaholur. Fjórar þeirra voru boraðar uppi á Skarðsmýrarfjalli og er borunum þar lokið að sinni. Á Hellisheiði og Kolviðarhólssvæðinu voru boraðar níu holur og er þar á meðal hola HE-42 í Hellisskarði sem



Fjöldi háhitaholna árin 1970–2008.



Mældir kílómetrar í borholum árin 1970–2008.

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

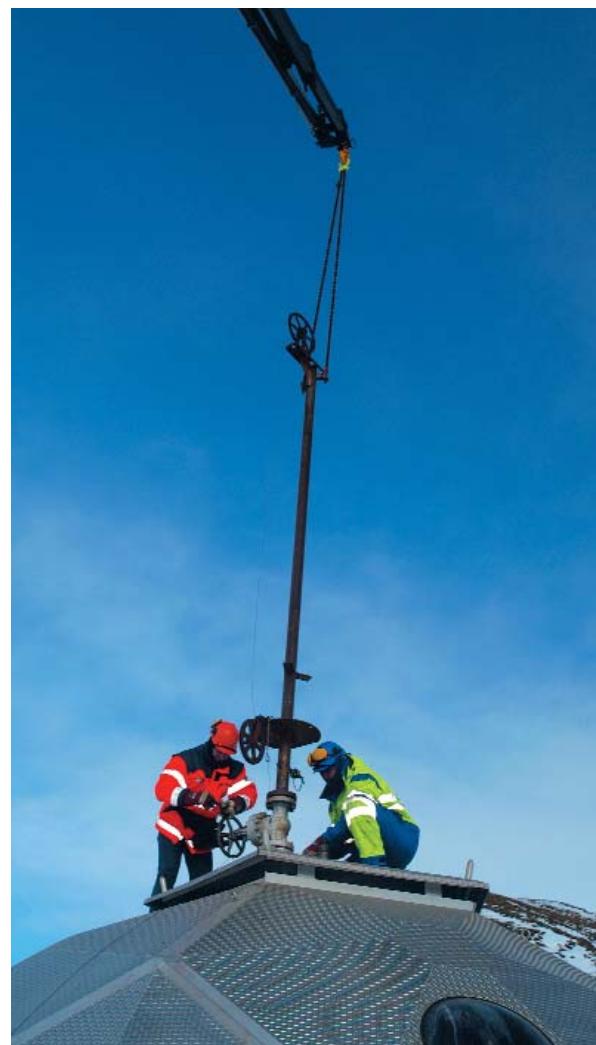
Á Norðausturlandi standa Landsvirkjun og Peistareykir ehf. fyrir rannsónum á háhitasvæðunum í Bjarnarflagi, Kröflu, Gjástykki og á Peistareykjum. Á árinu 2008 voru boraðar tvær háhitaholur í Bjarnarflagi, þrjár í Kröflu og ein á Peistareykjum. Að auki var ein hola endurboruð á Peistareykjum og önnur hreinsuð í Kröflu. Á árinu hófst undirbúnin gerð 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 yfirmarkshita. Jafnframt var unnið að hefðbundnum rannsónum og eftirlitsmælingum á háhitasvæðunum og að hugmyndalíkönun fyrir jarðhitakerfin í Bjarnarflagi, Kröflu og á Peistareykjum.

Hitaveita Suðurnesja (nú HS Orka hf.) boraði eina niðurrennslisholu 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 háhitasvæðum víða um land** fyrir orku- og hitaveit. Fylgst var með vinnslu úr jarðhitakerfunum, hiti og þróustingur mældur í vinnslu- og eftirlitsholum og sýni tekin til efnagreininga á rannsóknarstofu ÍSOR.

Undirbúnin gerð áfram vorið 2009  
við hita- og þróustingsmælingu í háhitaholu.

Ljósm. Jón Ragnarsson.



# Yfirlit um verkefni



Frá rannsóknarstofu ÍSOR. Ljósm. 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 grynnir 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 dýpi og hiti er frá 130–140°C. Holu þessari hefur ekki verið hleypt upp ennþá en hún mun vera ein aflestasta lághitahola landsins. Borhola þessi staðfestir þá niðurstöðu sérfræðinga ÍSOR að eftir miðjum Hrunamannahreppi liggi 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 jarðitasvæðinu. Síðan var boruð þar um 800 m djúp hola, en í henni eru nokkrar þrýstingslitlar 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 úmsum toga að venju en þar er fyrst og fremst um vinnu fyrir einstakar vatnsveitur að ræða. Þar bar hæst boranir í jarðskjálftasprungur sunnan undir Ingólfssjalli fyrir sveitarfélagið Árborg til að koma neysluvatn söflun 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 alltoft tekið að sér að skilgreina verndarsvæði umhverfis vatnsból við 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.

ÍSOR kom að allmögum verkefnum erlendis á árinu. Lokið var við jarðhitaverkefni í Úganda sem ÍSOR hefur unnið að fyrir Próunarsamvinnustofnun Íslands (PSSI) undanfarin ár. Einnig var lokaskýrslu skilað til Reykjavík Energy Invest (REI) um jarðfræðirannsóknir og viðnámsmælingar í Djúpum. Gert var átak í viðnámsmælingum í Erítreu fyrir PSSI. Sams konar mælingar voru undirbúnar á Kamtsjatka fyrir Norðurál. Farið var á staðinn til að kanna yfirborðsjarðhita og taka efnasýni til rannsókna. Auk þess var gerð heimildakönnun um Pugajarðhitavæðið á Indlandi fyrir Glitni. Áfram var unnið að jarðhitamálum í Níkaragva fyrir PSSI. 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 jarðhitarannsókna og jarðhitavinnslu.

**Jarðhitabjálfun og kennsla í jarðhitafræðum** skipaði veglegan sess í starfsemi ÍSOR á árinu. Eitt af markmiðum ÍSOR er að efla og þróa jarðhitabjálfun. 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 jarðhitavíndum og verkfræði. Auk þess voru um sextán nemar Jarðhitaskólangs í framhaldsnámi í samstarfi við Háskóla Íslands og luku sex þeirra MSc-námi á



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 meistaránámi.

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 jarðhitánamskeið fyrir um 20 manns frá Debrecen-háskólanum í Ungverjalandi og fyrir jarðhitamenn jarðfræðistofnana Frakklands (BRGM og CFG).

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

**www.isor.is**

**www.geothermal.is**

Meðal tækja rannsóknarstofunnar eru tveir röntgengeislabrotsmælar (e.g. X-ray diffraction) en þau tæki eru notuð til að greina kristalbyggingu fastra efna. Mörg hundruð sýni af leir, ummyndunarsteindum 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 lyfjaiðnaðinn. Hefur mikil og verðmæt þekking orðið til hjá ÍSOR á því sviði. Ljósm. Fríður Eggertsdóttir.

# Jarðhitaboranir á Vestfjörðum



Gvendarlaug á Klúku í Bjarnarfirði.

Ljósm. Haukur Jóhannesson.

Hitaveituvæðing landsins hefur gengið vel á undanförnum árum. Þó eru tvö landsvæði sem hafa orðið út undan í hitaveituvæðingunni. Það eru Vestfirðir og Austfirðir. Sumarið 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 Strandásýslu og Ísafjarðardjúpi. Markmiðið er að fá gott yfirlit um dreifingu jarðhitans og tengsl hans við veilur í berggrunni. Slík þekking er undirstaða fyrir velheppnað borátak.

Fyrst var borað í **Hveravík í Kaldrananeshreppi** á Ströndum. Þar var boruð liðlega 300 m djúp skáhola sem gefur a.m.k. 50 l/s af 85°C heitu vatni með um 100 m niðurdrætti. Holan gefur um 15 l/s í sjálfrennsli. Parna 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 niðurdrætti 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 Drangness stóð fyrir boruninni.

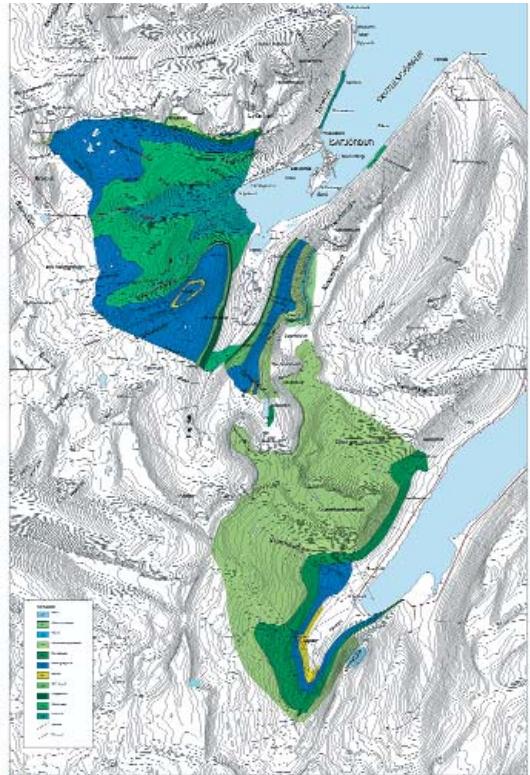
Priðja holan var boruð á **Krossnesi í Árneshreppi**. Hún er liðlega 90 m djúp og gefur um 15 l/s af um 65°C heitu vatni í sjálfrennsli. Þar þótti ekki þorandi að loftdæla vegna lélegs bergs í holuveggjum en ljóst er að holan getur gefið mun meira með dælingu. Parna er komið nóg vatn til að leggja hitaveitu 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 vísbindingar um jarðhitakerfi í landi Stóru-Ávíkur. Árneshreppur var verkkaupi.



Jarðborinn Sleipnir við  
boranir í Tungudal.

Ljósm. Haukur Jóhannesson.

Jarðfræðikort af Skutulsfirði og Álfafirði.



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 dýpi eru 45°C heitar æðar. Peiri 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 bær sem hægt er að hita upp.

Um 250 m skáhola var boruð við Pambárvelli í Bitrifirði 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.

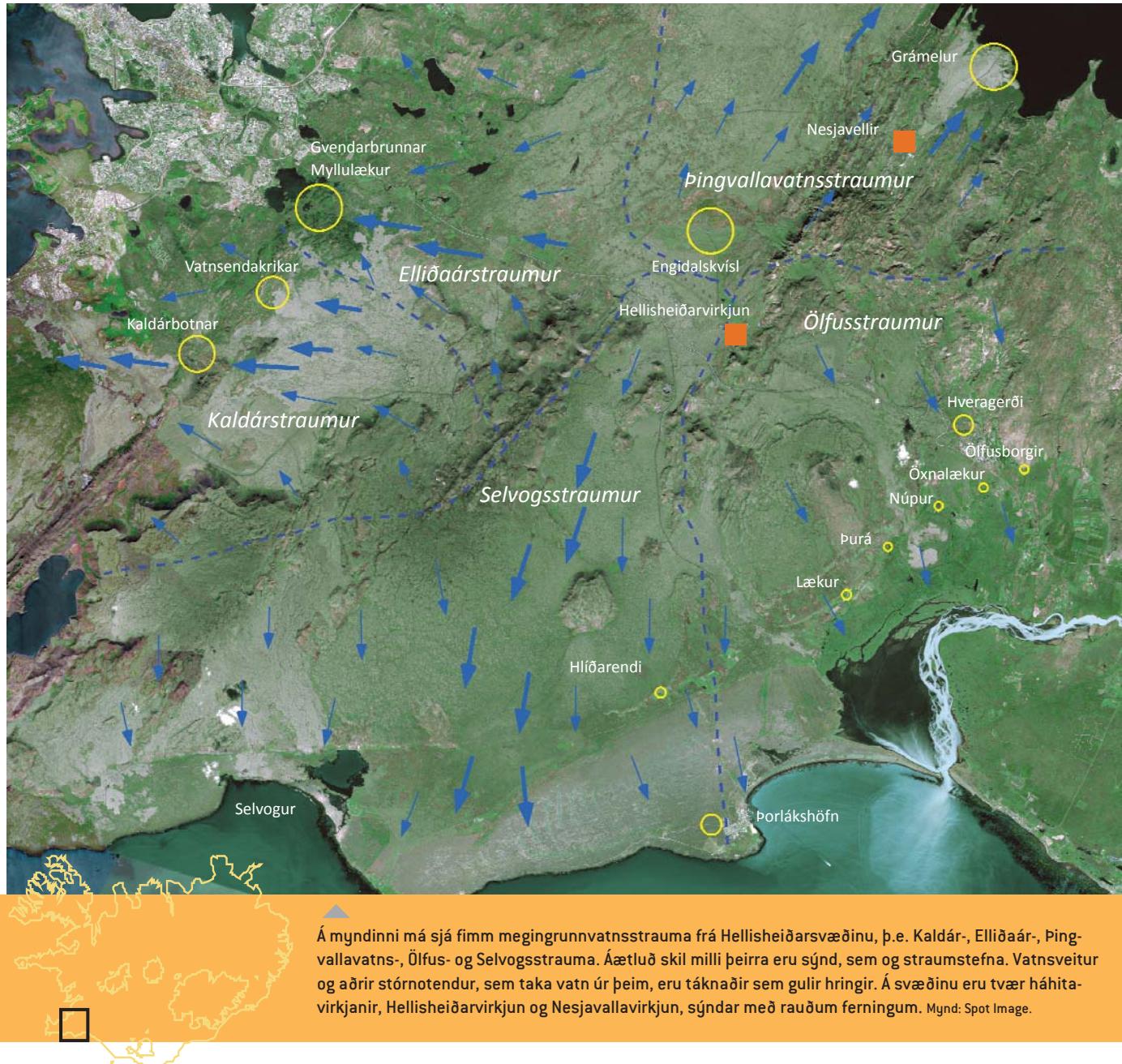
Stærsta borverkið á Vestfjörðum var borun í Tungudal í Skutulsfirði fyrir Orkubú Vestfjarða. Þar var boruð um 1600 m djúp stefnuhola. Hún var fóðruð í liðlega 800 m. Borunin gekk mjög vel. Holan er bein niður fyrir 300 m en síðan er henni stefnt þvert á áberandi NV-lægt hitafrávik sem er við Bræðratungu 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 sjálffrennsli úr holunni.

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 borholu sem nýtt er til upphitunar á skóla, sundlaug og íþróttahúsi. Prátt 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. Ljósm. Haukur Jóhannesson.



# Þetta kemur allt með kalda vatnini



Allar stærstu ferskvatnsveitur landsins eru í kringum Hellisheiðarsvæðið, en fjalllendið er uppsprettu 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 lágsveitunum 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 Pingvallavatn og liggur upp að orkuverinu á Nesjavöllum. Þarna er hægt að dæla upp næstum  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Til samanburðar er vatnsþörf



Vatnsveitunnar í Reykjavík innan við 1 m<sup>3</sup>/s. Ónnur álíka stór kaldavatnsveita er í burðarlíðnum 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 mikid og þarf fyrir tvær rækjuverksmiðjur en þær hafa löngum verið stórtækustu ferskvatnsnotendur hérlandis. Mikid 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 Kjalarne, 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 Dýjakrókum 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 **Þorlákshöfn** 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 Þorlákshöfn en voru umsvifameiri hér áður fyrir. Eldi er á fleiri stöðum í Ölfusinu, til að mynda á Læk, Bakka, Póroddsstöðum, Núpum og Öxnalæk.

Á **Hlíðarenda** er átöppunarverksmiðja fyrir vatnsútflutningsfyrirtæki.

Stærstu kaldavatnsveiturnar tengjast orkuvernum á Nesjavöllum og við Kolviðarhól.

**Við Grámel** er yfirlætislaus skemma niðri við Pingvallavatn 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 Engidalsskíði**, 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 hlítur það að vera ákaflega þýðingarmikið að gæta þessa svæðis vel, þannig að það geti haldið áfram að gagnast byggðunum í framtíðinni.

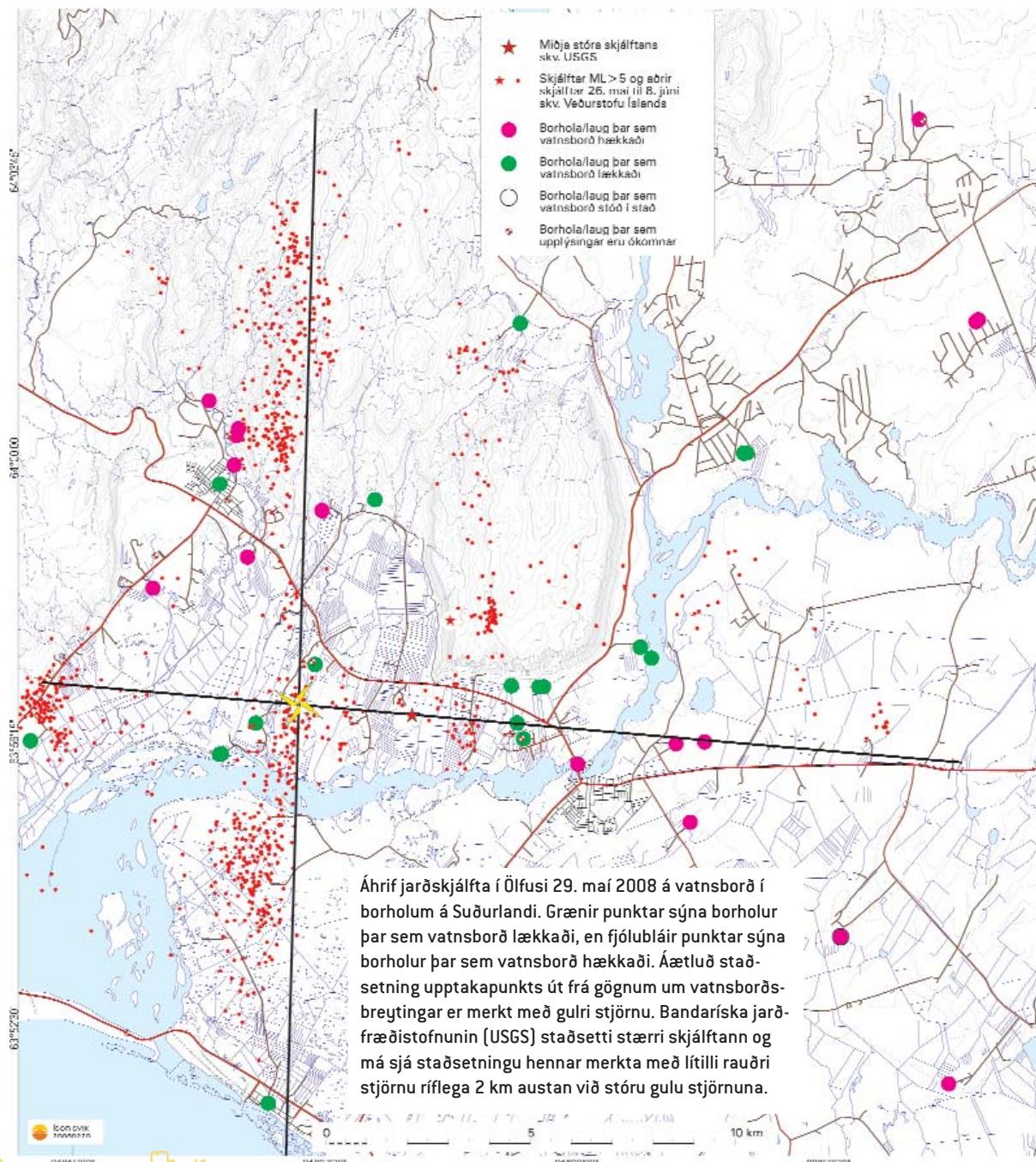
Á myndinni sjást tvær skolvatnsholur, hvor sínum megin við háhitaholuna HE-21 í Hverahlíð á Hellisheiði. Um 40 m eru á milli skolvatnsholnanna sem eru um 200 m djúpar og gefa yfir 100 l/s af köldu grunnvatni. Háhitaholan gefur um 300°C heita gufu en hún er 2165 m djúp.

Ljósm. Sigurður G. Kristinsson.

Vatnsborðs- og hitamælingar við Grámel.  
Ljósm. Bjarni Reyn 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 Ingólfssfjalli 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 skjálfnta jókst virkni marga hvera norður af Hveragerði og sprungur mynduðust, bæði í bænum og í Reukiafjalli.

Erfiðlega gekk að staðsetja stærri skjálftan nákvæmlega þar sem hann kom strax í kjölfar skjálftans í Ingólfssfjalli. 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 hnút- plön, 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 samanlögð áhrif allra skjálfta, og upptök hins samanlagða jarðskjálfta eru þá í skurðpunktí plananna.

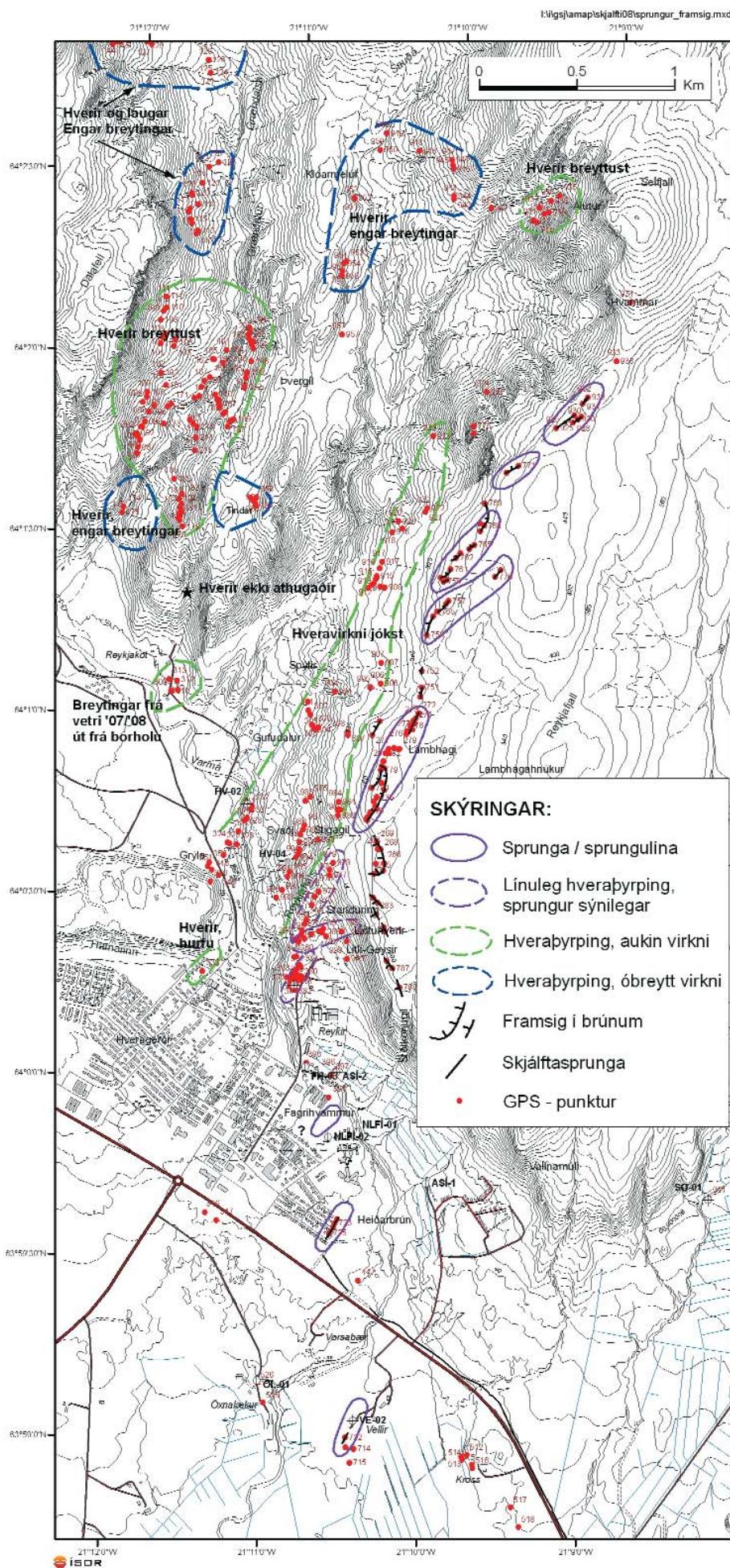
Við skjálftann þann 29. maí 2008 komu þrýstingsbreytingar fram með sama hætti og við skjálftana árið 2000, þar sem þrýstingur hefur aukist norðvestan og suðaustan við skjálftamiðjuna, en minnkað suðvestan og norðaustan við hana.

Áhrif þrýstingsbreyinga 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.

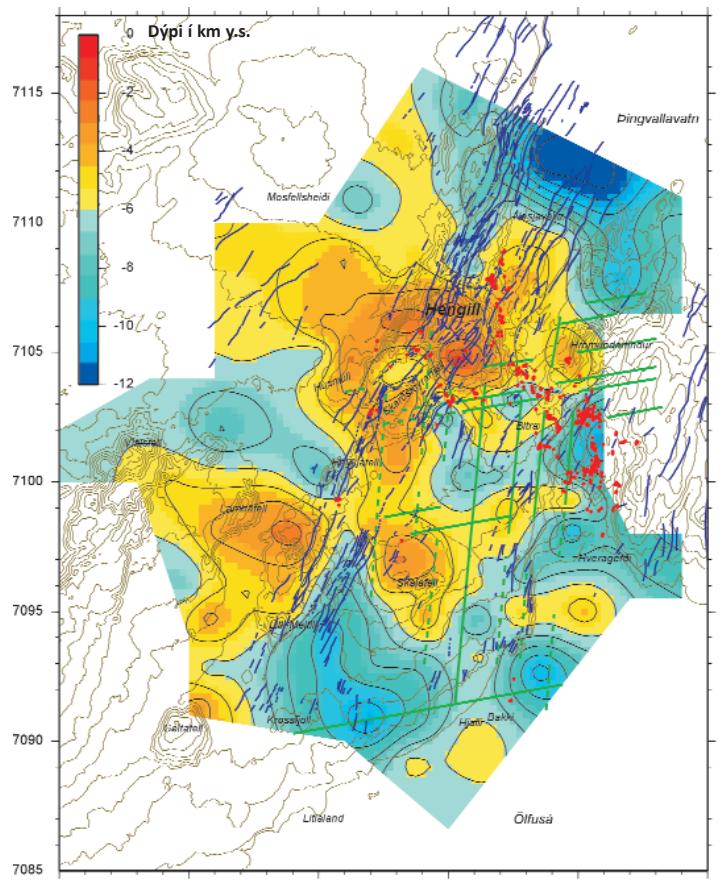
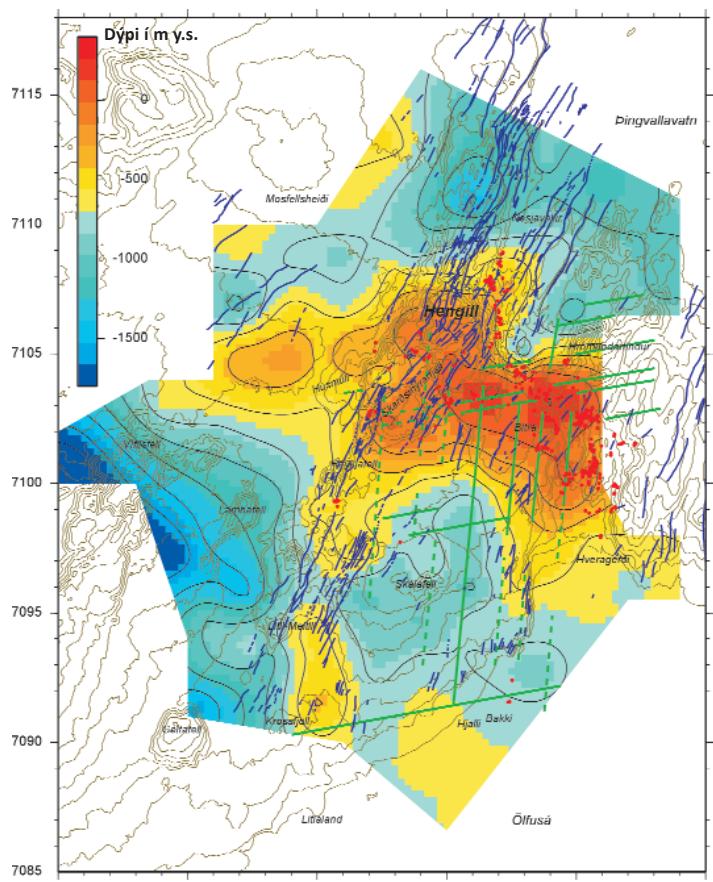
Sýnilegar sprungur mynduðust einkum á tveimur svæðum, annars vegar vestan við Ingólfssfjall og hins vegar austan og norðaustan við Hveragerði. Sprungurnar voru skástigar með norð-suðlæga meginstefnu.

**Breytingar urðu á hveravirkni í kjölfar skjálf-anna. Hveravirkni jókst við Reykjaháls, inn með Reykjafjallí og í Grændal á móts við Þvergil, en minnkaði sunnan Varmár. Hverir í Laufskóginum, 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 hækkun hefur ekki verið fyllilega skýrð og vel kann að vera að hún sé í engum tengslum við skjálftavirknina. Breytinga á grunnvatnsborði og þrýstiastandi vökva í djúpum borholum fyrir jarðskjálfta hefur þó orðið vart víða. Nærtækt dæmi er lækkun vatnsborðs í borholu við Flúðir um sólarhring fyrir Suðurlandsskjálftann 17. júní árið 2000.



# Hengill - viðnám, skjálftar, jarðfræði og jarðhiti



Myndin til vinstri sýnir dýpi á háviðnámskjarnann en myndin til hægri dýpi á neðra lágvíðnámslagið. Jarðhiti á yfirborði er táknaður með rauðum deplum. Misgengi og sprungur eru merkt með dökkláum 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 undanfarin þrjú ár unnið í samvinnu við tíu aðrar evrópskar vísindastofnanir og fyrirtæki að fjölbjóðlegu rannsóknarverkefni (I-GET) þar sem Hengillinn er eitt fjögurra tilhaunasvæða. Markmiðið er að fá heildstætt líkan sem er í samræmi við öll tiltæk gogn, bæði frá mælingum á yfirborði og úr borholum. Eðli málsins samkvæmt er slíkt líkan í sífelliðri 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 áreiðanlegrí í efstu hundrað metrunum. Því hefur verið brugðið á það ráð að tengja saman túlkun TEM- og MT-mælinga og reiða sig á mæliniðurstöður TEM-mælinga í efstu jarðlögunum. 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 lágor og berg lítt ummyndað. Við hærra hitastig, frá 50–100°C, lækkar viðnám verulega og ummyndun eykst og smektí og zeólitar verða ráðandi ummyndunarsteindir. Þegar hiti er kominn í 220–240°C hækkar viðnám, fyrr-nefnar 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 nærrí 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 lágvíðnámskápu. Neðar í skorpanni, á 3–10 km dýpi, tekur við annað lágvíðnámslag sem er undir mestöllu landinu og á sér allt aðrar skýringar.

Dýpi á háviðnámskjarnann hefur verið reiknað með einvíðri samtlíkun TEM- og MT-mælinga. Þar eru klórít og epidót ráðandi ummyndunarsteindir og hiti viðast 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 liggr 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 vestnorðvestraustsuðaustur. Hryggurinn fellur saman við belti þar sem aust-vestlæg misgengi skera þau sem eru norð-suðlæg. Misgengin komu fram í jarð-

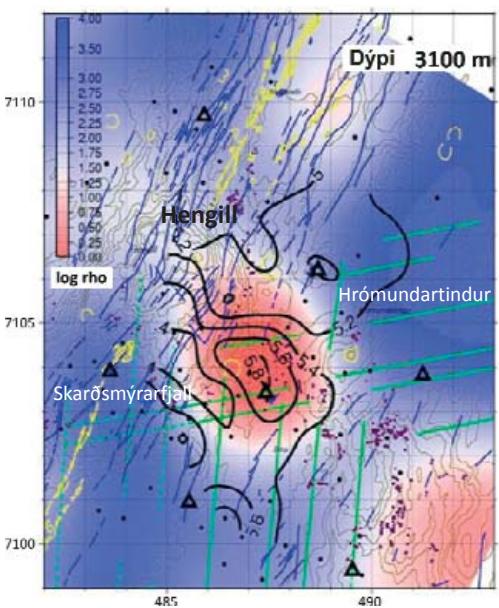
skjálftamælingum árin 1991–2001. Mesta jarðskjálftavirknin var á svæðinu þar sem háviðnámskjarninn rís hæst. Þar var einnig landris milli áranna 1990 og 2000. Þessi tengsl sýna trúlega hvar hitagjafar eiga greiðasta leið upp í skorpuna á Hengilssvæðinu.

Undir stærsta hluta Hengilssvæðisins er annað lágvíðnámslag sem liggr mun dýpra. Grynnt er á það undir sjálfum Hengli og á svæði sem liggr vestnorðvestur-austsuðaustur út frá honum. Þetta svipar til myndarinnar af dýpi á háviðnámskjarnann. Eins er tiltölulega grunnt á neðra lágvíðnámslagið í sprungusveimnum, um 4 km, allt að 10 km sunnan Hengils. Undir sjálfum Henglinum er lágvíðnámsshryggur sem liggr til suðausturs að Grændal, 4 km breiður á 3–9 km dýpi. Þarna eru jarðskjálftabrotin tiðust. Fram kemur þyngdarhæð yfir hrygnum (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 lágvíðnámið 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 lágvíðnámslagsins 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 virknin suðaustan við sjálfan Hengil á 2–5 km dýpi, eða efst í dýpra lágvíðnámslaginu.

Djúpa lágvíðnámslagið rís hæst þar sem P-bylgjuhraðinn er mestur. Ekki fundust skjálftamiðjur innan lágvíðnámslagsins, eingöngu grynnri og dýpri skjálftar. S-bylgjur frá dýpri skjálftunum bárust óhindrað gegnum lagjð. Þess vegna getur ekki verið umtalsverð kviku-bráð í lágvíðnámslaginu og ólíklegt að í Hengilskerfinu finnist umfangsmikið kvikuholf. Því er trúlegt talið að lága djúpviðnámið stafi af óbrotgjörnum, heitum og storknuðum göngum og kvikuinniskotum sem séu varmagjafar 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](http://www.hiti-fp6.eu)

Vökvasúni 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 djúpbunarverkefnisins (IDDP) fyrir tæpum áratug varð fljótlega ljóst að til að afla þeirra gagna sem nauðsynleg eru til skilnings á yfirmarkskerfum (supercritical geothermal reservoir) þarf tækjabúnað sem þolir mun hærri 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 sjálfrarborholurnar. 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 nýtt 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. Aflfræðileg (mekanísk) tæki ásamt efnaeiginleikum hafa lengi verið nýtt til að ákvarða hitastig í mjög heitum borholum, en lítið er til af sérbúnun mælitækjum með nákvæmum

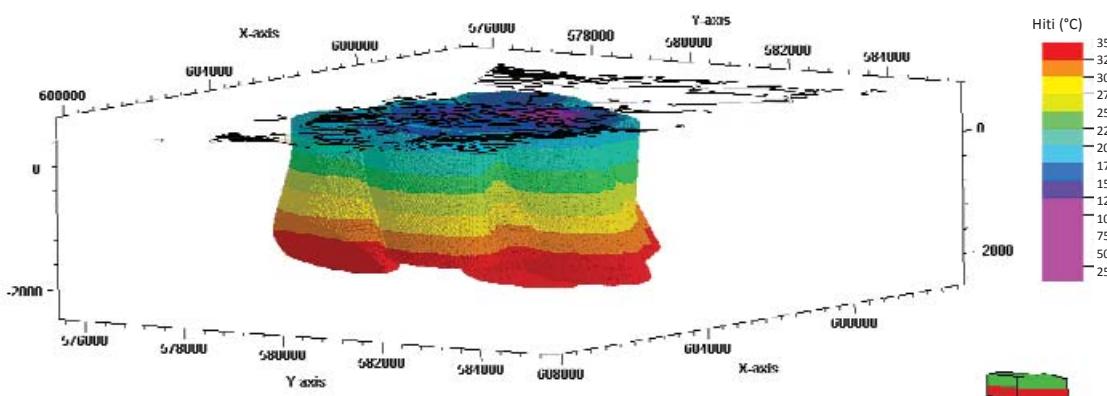
afllestri á helstu mælanlegum eiginleikum, svo sem hitastigi, þrýstingi, viðnámi, hljóðmerkjum, nift-eindum og náttúrulegri gammageislun. Í seinni tíð hefur verið hægt að kaupa á markaði sérhæfða, rafræna háhitamæla sem mæla hitastig og þrýsting. ISOR hefur notast við slík tæki í nokkur ár og veitt framleiðendum 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 yfirmarksástand. Í verkefninu verður sérhannaður hitanæmur ljósleiðari settur niður með fóðringum á Hellisheiði, og síðast en ekki síst hefur háhitapréstíklið verið smíðaður til að rannsaka viðbragð basalt-borholukjarna við yfirmarksvökva. Meðan á verkefninu stendur verður safnað gögnum um framtíðartæknlausnir í háhita, og m.a. skoðuð sérstaklega þróun háhitareindabúnaðar og hvernig nýta megi slíkan búnað í háhitamælitækjum.

Verkefnið HITI (High Temperature Instruments for supercritical geothermal reservoir characterization and exploitation) var styrkt af 6. rammaætlun Evrópusambandsins. ISOR stýrir verkefninu en þáttakendur 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 samtulkun 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.

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. semivariance analysis). Líkanið sýnir hvernig hálfervirk gagnanna eykst með fjarlægð milli borholna, og því segir gerð þess líkans sem best fellur að gögnunum talsvert um eðli þeirra. Hálfervirk í gaussísku líkani hækkar hægt í byrjun en mun hraðar síðar, hálfervirk hnattlíkans hækkar jafnt og þétt með fjarlægð, og hálfervirk 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 hálfervirk nái hámarki, lóðrétt og lárétt, og gefur því upplýsingar um hversu langt frá borholunum unnt er að spá fyrir um mælingar.

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

Hálfervik (e. semivariance) er skilgreint sem:

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

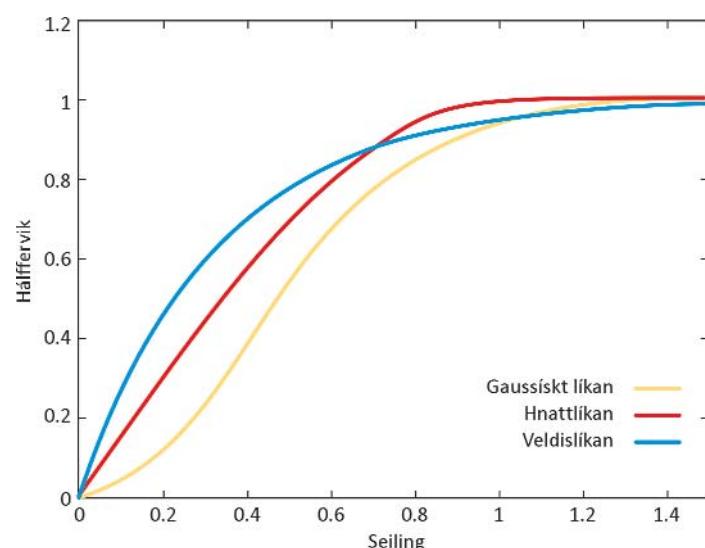
**h** er fjarlægð milli mælinga  
**z** er mæligildið  
**u<sub>α</sub>** er staðsetning mælingar  
**N** er fjöldi mælinga

Hálfervikalíkon fyrir Kröflu og Námafjall.

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

fyrir bæði svæðin, og sýnir taflan að ofan niðurstöður. Lægri mörk láretttrar 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 færri á að gera berghitalíkan með óvissumörkum fyrir þessi svæði.

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



# Erítreia - þróunarsamvinna



Alid-fjall er í Danakil-sigdalnum sem er hluti af gliðnunarbelti Austur-Afríku, nærri Afar-þríhyrningnum þar sem mótt 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 Próunarsamvinnustofnunar 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 allmög gufuaugu og benda efnafraeðirannsóknir 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. Verkefnistjóri 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 dílar. Skörpu viðnámsskilin, sem túlkuð eru sem sniðgengi, eru táknuð með gulri línu. Gróðurvinin er merkt með rauðum línum og djúpstæða lágvíðnámið með brúnum línum.

Mynd: Google.

Viðnámsmælingarnar við Alid-fjall.

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

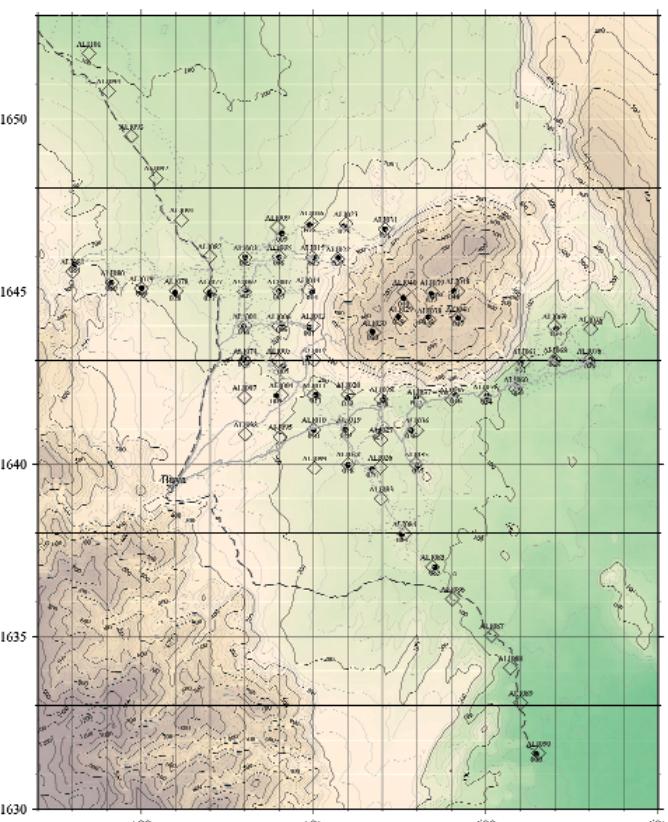
Undir sunnanverðu fjallinu eru skörp **viðnámsskil frá 500 m niður fyrir 2 km dýpi**. Þessi skil mynda línu með NA-SV stefnu og er lægra viðnámið sunnan við línuna. Sprungusveimur, sem liggur í gegnum fjallið í stefnu sigdalsins, sýnir hliðrun um þessa NA-SV línu. Af þessum vísbendingum er dregin sú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

Suðvestan við Alid-fjall er svæði, um 1 km<sup>2</sup> að stærð, sem sker sig mjög frá umhverfinu hvað varðar gróður. Þarna er þéttur gróður og grösugar flatir en umhverfis er þurrt, 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 lágvíðnám** 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 viðnám sem ekki er hægt að afmarka til norðausturs þar sem mælingar vantar. Hvað þetta þýðir er í raun ekki hægt að segja fyrr 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 jarðhitum.

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

Mælingamenn bjuggu í tjaldbúðum í Buya á meðan á mælingum stóð. Vinnaðstaðan 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.



Gróðurvin í eyðimörkinni. Ljósm. Hjálmar Eysteinsson.



# Undirbúningur að olíuleitarútboði

ÍSOR hefur veitt Orkustofnun sérfræðiaðstoð við undirbúning fyrsta útboðs Íslands á sérleyfum til rannsókna og vinnslu kolvtnis á norðanverðu Drekasvæðinu. Verkið er tvíþætt. Annars vegar felst það í uppbyggingu gagnasafns, sem inniheldur m.a. ný endurkastsmæligögn úr setlagarannsóknum til olíuleitar, auk gagna úr ýmiss konar vísindaleiðöngrum. 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 endurmets líkur á að finna þar olíu eða gas.

## Uppbygging gagnakerfis vegna leyfisveitinga

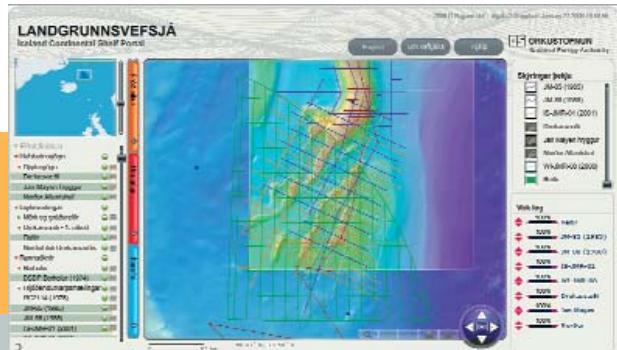
ÍSOR og Orkustofnun unnu saman að söfnun gagna og skráningu þeirra í gagnagrunn. Fjöldi korta og teikninga var færður á tölvutækt form til geymslu og notkunar.

ÍSOR útbjó gögn fyrir Orkustofnun til að birta í Landgrunnsvefsjá. Par má m.a. finna dýptarkort, mælingalínur rannsóknarleiðangra og reitakerfi fyrir leyfisveitingar. Vefsjánni 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 vefsjánni er ekki að birta sjálf frumgögnin nema að litlu leyti, heldur að auðvelda áhugasönum að nálgast upplýsingar um gögnin. Gert er ráð fyrir að birta síðar í vefsjánni niðurstöður leyfisveitinga, ásamt yfirliti um þær mælingar og boranir sem þar verða væntanlega gerðar.

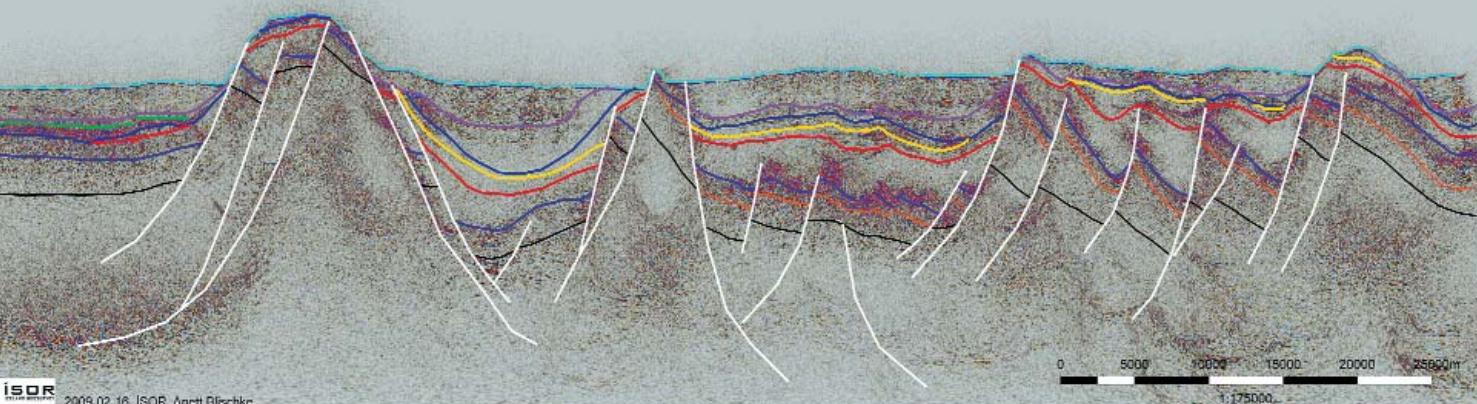
## Auðlindamat vegna kolvtnisleitar

Íslenskum stjórnvöldum er mikilvægt að móta sjálfstæða skoðun á mögulegum kolvtnisauðlindum og líklegum leitarsvæðum á landgrunninu. Þetta skiptir t.d. máli við undirbúning útboða og mat á umsóknum 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 endurkastsmælingar (e. seismic reflection). Þessar upplýsingar eru færðar inn í jarðvínsindahugbúnaðinn PETREL, sem er í senn gagnakrunnkerfi og túlkunartæki. Helsta markmið verksins er að gera þrívít líkan af setlagastafla Drekasvæðisins, en hann er afar flókinn með fjölda lagamóta og misgengja. Af þessu má svo draga ályktanir um útbreiðslu setлага, þróun jarðmyndana í tímans rás og hvort aðstæður gætu hafa verið hagstæðar til myndunar olíu og samsöfnunar hennar í jarðlagagildrur. 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](http://www.landgrunnsvefsja.is)

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



# Skrá yfir skýrslur og greinar

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

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

Anette K. Mortensen, Björn S. Harðarson, Sveinbjörn Hlíð Gunnarsdóttir, Ómar Sigurðsson, Kjartan Birgisson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Jón Árni Jónsson [2008]. *Helliseiði – Hola HN-10. 1. og 2. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 357 m og vinnslufoðringu í 1123 m.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/069. Unnið fyrir Orkuveitum Reykjavíkur. 76 s.

Anette K. Mortensen, Helga Margrét Helgadóttir, Snorri Guðbrandsson, Steinþór Nielsson, 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 orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, ÍSOR-2008/060. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/191. 25 s.

Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, 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 orkumannsóknir, ÍSOR-2008/039. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/083. 133 s.

Árni Hjartarson [2008]. *Norðfjarðargöng. Veglinur og vatnsból.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/004. Unnið fyrir Vegergerðina. 17 s.

Árni Hjartarson [2008]. *Vatnsvernd og grunnvatnsstrumar í Landsveit.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/061. Unnið fyrir Vatnsveitu Rangárþings ytra og Ásahrepps.

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

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

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

Sigvaldason, Jósef Hölmjárn, Kristján H. Sigurðsson, Sigurður Benediktsson, Trausti Hauksson og Valgarður Stefánsson [2008]. *Krafla – Well KG-25. Drilling, geology and geochemistry.* Íslenskar orkumannsóknir, 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 Porgilsson, Halldór Ármannsson, Helga Tulinius, Kristján Sæmundsson, Ragna Karlsdóttir, Snorri Pál Kjaran, Sveinn Óli Pálmarsson, Sæunn Halldórsdóttir og Þorsteinn Egilson [2008]. *Hugmyndalíkan jarðhitakerfisins á Peistareykjum og jarðvarmamat með rúmmálsaðferð.* Íslenskar orkumannsóknir, 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 Nielsson, Þorsteinn Egilson, Ragnar Bjarni Jónsson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. *Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta með 8½" krónu í 2194 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/041. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/085. 101 s.

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

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

Bjarni Gautason, Hörður Haflidi Tryggvason, Ragnar Bjarni Jónsson, Ásgrímur Guðmundsson, Elfar J. Eiríksson og Kristján Haraldsson [2008]. *Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. 2. áfangi: Borun fyrir 9¾" vinnslufoðringu í 768 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, 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 orkumannsóknir, ÍSOR-

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

Bjarni Gautason, Ragnar Bjarni Jónsson, Þorsteinn Egilson, Hjalti Steinn Gunnarsson, Friðgeir Pétursson, Gísli Órn Bragason og Þorsteinn Karl Ingólfsson [2008]. *Bjarnarflag – Hola BJ-14. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir 13¾" öryggisfóðringu í 303 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/033. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/075. 49 s.

Bjarni Gautason, Sigurður S. Jónsson, Ómar Sigurðsson, Þorsteinn Egilson, 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 vinnslufoðringu í 710 m.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/051. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 48 s.

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

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilson, Bjarni Richter, Ragnar Bjarni Jónsson, Hjalti Steinn Gunnarsson, Elfar J. Eiríksson og Pórður Björnsson [2008]. *Peistareykir – Hola PG-5. 2. áfangi: Borun fyrir 9¾" vinnslufoðringu í 847 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/028. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 57 s.

Bjarni Gautason, Þorsteinn Egilson, Hjalti Steinn Gunnarsson og Þorsteinn Ingólfsson [2008]. *Krafla – Suðurhlíðar. Hola KJ-37. Forborun og 1. áfangi: Borun fyrir 13¾" öryggisfóðringu í 236 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/022. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/065. 42 s.

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

Bjarni Reyr Kristjánsson, Anett Blischke, Þorsteinn Egilson, Ómar Sigurðsson, Gunnlaugur M. Einarsdóttir, Sverrir Þórhallsson og Trausti Steinþórsson [2008]. *Reykjanes – Hola RN-20. 3. áfangi: Borun fyrir 9¾" vinnslufoðringu í 730 m í 2126 m dýpi.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/016. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 79 s.

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

Björn S. Harðarson, Anette K. Mortensen, Gunnlaugur M. Einarsdóttir og Hjalti Franzson [2008]. *Hola HN-9 og förgun affallsvatns Helliseiðarvirkjunar við Kolviðarhól.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/006. Unnið fyrir Orkuveitum 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 vinnslufoðringu í 1087 m.* Íslenskar orkumannsóknir, ÍSOR-2008/057. Unnið fyrir Orkuveitum Reykjavíkur. 95 s.

Christa Maria Feucht, Theódóra Matthíasdóttir og

- Svanbjörg Haraldsdóttir [2008]. Skarðsmýrarfjall – Hola HE-33. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 101 m, öryggisfóðringu í 333 m og vinnslufóðringu í 420 og 835 m dýpi. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/063. 27 s.
- Frauke Wiese, Práinn Friðriksson og Halldór Ármannsson [2008]. CO<sub>2</sub> fixation by calcite in high-temperature geothermal systems in Iceland. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/036. Unnið fyrir CFG-Services. 30 s.
- Gunnar Porgilsson og Sæunn Halldórsdóttir [2008]. Jarðvarmamat með rúmmálsaðferð og Monte Carlo reikningum. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/001. Unnið fyrir Orkustofnun. 25 s.
- Gunnar Porgilsson, Magnús Ólafsson og Guðni Axelsson [2008]. Hitaveita Skagafjörðar. Eftirlit með jarðhitavinnslu 2005–2006. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/011. Unnið fyrir Skagafjörðarveitir. 40 s.
- Halldór Ármannsson [2008]. Visit to Nicaragua in May 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/031. Unnið fyrir ICEIDA. 24 s.
- Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson og Mozhgan Bagheri [2008]. Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun um niðurstöður 2007. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/018. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/064. 14 s.
- Haukur Jóhannesson [2008]. Jarðhiti í landi Vatnsenda í Héðinsfjörði. Lýsing jarðhitastaða. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/026. Unnið fyrir Orkustofnun. 17 s.
- Haukur Jóhannesson og Steinunn Hauksdóttir [2008]. Jarðhiti í Strandasýslu I. Jarðhitaleit og skráning í Árneshreppi. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/034. Unnið fyrir Orkustofnun. 107 s.
- Haukur Jóhannesson, Steinunn Hauksdóttir og Kristján Sæmundsson [2008]. Jarðhiti við Kárahnjúka og í nágrenni þeirra. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/002. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2008/050. 91 s. + kort í vísma.
- Héðinn Björnsson og Halldór Ármannsson [2008]. Aflmat holna HV-6, HV-7 og HV-8 í Ölfusdal í september 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/067. Unnið fyrir Sunnlenska orku. 20 s.
- Hjalti Franzson [2008]. Uganda. Kibiro – Katwe. Geology of thermal gradient wells. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/009. Unnið fyrir Próunarsamvinnustofnun Íslands. 12 s.
- Ingvar Þór Magnússon [2008]. GPS-mælingar á Hengilssvæði í ágúst til október 2007. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/010. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 27 s.
- Ingvar Þór Magnússon [2008]. Hæðarmælingar í Landsveit í september og október 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/058. Unnið fyrir Vatnsveit Rangárþings ytra og Ásahrepps. 16 s. + viðauki.
- Ingvar Þór Magnússon [2008]. Þyngdarmælingar á Hengilssvæðinu árið 2007. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/013. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur.
- Knútur Árnason, Hjálmar Eysteinsson og Arnar Már Vilhjálmsson [2008]. The Asal geothermal field, Djibouti. Geophysical surface exploration 2007–2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/027. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 25 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Friðgeir Pétursson [2008]. Krafla – Hola KJ-38. Borun 3. áfanga: Borsaga. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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 – Hola KJ-38. Borun 3. áfanga: Jarðlagagreining og mælingar. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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 – Hola SV-24. Borun holi SV-24. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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 – Hola PG-6. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borsaga ogborgen. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/065. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 49 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Páll Jónsson, Anette K. Mortensen, Hjalti Franzson, Friðgeir Pétursson, Þorsteinn Egilson og Halldór Ingólfsson [2008]. Peistareykir – Hola PG-6. Forborun, 1. og 2. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/066. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 34 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Sigurður Sveinn Jónsson og Benedikt Steingrímsson [2008]. Reykjanes – Hola RN-27. Borun holi RN-27. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/008. Unnið fyrir Reykjavík Energy Invest. ISBN 978-9979-780-74-8. 70 s. + viðauki + 5 kort í vísma.
- Maryam Khodayar, Páll Einarsson, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson [2008]. Fractures and leakages at the Holtavirkjun project sites, South Iceland Seismic Zone. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/048. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 18 s.
- Páll Jónsson [2008]. Svartsengi – Reykjanes. Hita- og þrýstingsmælingar 2006–2007. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/020. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 93 s.
- Páll Jónsson og Ester Inga Ejjolfsdóttir [2008].
- Upphleyping holu RN-27 og mælingar í blæstri í júlí 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/054. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 43 s.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson [2008]. Eldvörp. TEM-mælingar 2008. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/037. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 35 s.
- Ragna Karlsdóttir, Arnar Már Vilhjálmsson og Hjálmar Eysteinsson [2008]. Vonarskard. TEM- og MT-mælingar 2007. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/064. Unnið fyrir Orkustofnun. 49 s.
- Ragnar Ásmundsson [2008]. Kyrrahfesejur. Jarðvarmi til raforkramfleiðslu. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/050. Unnið fyrir StatoilHydro. 101 s.
- Sigurður Sveinn Jónsson, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Magnús Á. Sigurgeirsson [2008]. Svartsengi – Hola SV-22. Borun holi SV-22. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/014. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 89 s.
- Sigurjón Böðvar Þórarinsson, Svanbjörg Helga Haraldsdóttir, Helga Margrét Helgadóttir, Anette K. Mortensen og Snorri Guðbrandsson [2008]. Reykjanes – Hola RN-25. Borun fyrir 12<sup>1/4</sup>" vinnsluhluta frá 707 m í 2180 m dýpi. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/007. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 104 s.
- Steinþór Nielsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. Hverahlíð – Hola 36. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 105 m, öryggisfóðringu í 364 m og vinnslufóðringu í 1104 m dýpi. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/012. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 100 s.
- Steinþór Nielsson og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. Hverahlíð – Hola HE-36. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 1104 m í 2808 m með 8<sup>1/2</sup>" krónu. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/046. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 173 s.
- Sveinborg Hilf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. Skarðsmýrarfjall – Hola HE-37. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 85 m, öryggisfóðringu í 304 m og vinnslufóðringu í 754 m. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/043. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 71 s.
- Sveinborg Hilf Gunnarsdóttir og Svanbjörg Helga Haraldsdóttir [2008]. Skarðsmýrarfjall – Hola HE-39. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 99 m, öryggisfóðringu í 305 m og vinnslufóðringu í 781 m. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/044. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 75 s.
- Sveinborg Hilf Gunnarsdóttir, Oddur Kjartansson, Sigurður Sveinn Jónsson og Christa M. Feucht [2008]. Svartsengi – Hola SV-23. Borun holi SV-23. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-2008/035. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 129 s.
- Sverrir Pórhallsson [ritstj.], Mannvit Engineering, Íslenskar orkurannsóknir [ISOR], Jarðboranir hf. og Landsvirkjun Power [2008]. IDDP-1 Drilling Program. Interval 90-800 m. Íslenskar orkurannsóknir, ISOR-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, ISOR-2008/021. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja hf. 51 s.

### Ritrýndar greinar

Alfredsson, H. A., Hardarson, B. S., Franzson, H. and Gíslason, S. R. [2008]. CO<sub>2</sub> sequestration in basaltic rock at the Hellisheiði site in SW Iceland: Stratigraphy and chemical composition of the rocks at the injection site. *Mineralogical magazine*, 72(1), 1-15.

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., Högnadottir, 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 CO<sub>2</sub> 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., Steingrimsson, B., og Guðmundsson, 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 Theistareykjir geothermal system, North East Iceland. Case history. In: *Short Course III on Surface Exploration for Geothermal Resources*, Naivasha, Kenya, 24th October - 17th November, 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 [riststj.] *Skagfísk náttúra 2008 Málpíng um náttúru Skagafjarðar*, Sauðárkrúkur, 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 Steingrimsson, B. [2008]. Geothermal power plants. 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. 15 s.

Elmi, D. og Axelsson, G. [2008]. Pressure transient test analysis for two wells in the Hellisheiði 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., Guðmundsson, A. og Sæmundsson, K. [2008]. Re-evaluation of the first IDDP drillsite. *IDDP report*, 13 s.

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

Hjalti Franzson. [2008]. Keilugangasveimur úr flíkrubergi í megineldstöðinni í Hafnarfjall-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., Palsson, 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 geo-scientific 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 Steingrimsson, 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.

Steingrimsson, 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.

Steingrimsson, 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.

Vilhjalmsson, A. M., Flovenz, O. G., Karlssdóttir, R., Arnason, K., Eysteinsson, 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 dvöhlans í Svarfaðardal. *Norðurslóð*, jólabláð 2008.

# ÍSOR activities in 2008



[www.geothermal.is](http://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 Vestfirdir 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 multi-national 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 boreholes 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 Debrechen 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.

Upptyppingar in North-Iceland.  
Photo Þorbjörg Ágústsdóttir.



# Í minningu tveggja jarðfræðinga

Árið 2008 léust tveir fyrrverandi starfsmenn Íslenskra orkurannsókna 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 orkurannsóknum 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 suðurhálendinu og í Fljótsdal. Árið 1977 skilaði hún skýrslu um Tungnaárhraunin sem var mikið tíma-taverk og er enn merkasta heimildin um þau. Árið 1980 var

gerður samningur milli Orkustofnunar og Landsvirkjunar um samræmda jarðfræðikortlagningu á vatnsvæði Þjórsá 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 árabilinu 1983–1999. Með þessu hófst aðalútvinnutímabil Elsa 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 bergrunnskortlagningunni á suðurhálendinu 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 háskólan í Mainz strax eftir stúdentspróf 18 ára að aldri. Árið 1975 lauk hann svo diploma-prófi í jarðvísindum við háskólann í Kiel.

Á háskólaárnum 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 vatnini en jarðhita, þ.e. verk tengd vatnajarðfræði, vatnafari, grunnvatni og neysluvatnsmálum. 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 líndir 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 hugtakasmíður 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 hlötnaðist svokölluð „Pump Handle verðlaun“ árið 2006, sem veitt eru fyrir einstakt framlag í þágu betra og heil-næmara neysluvatns. Hann var mikill félagsmálamaður og var m.a. formaður Félags íslenskra náttúrufræðinga 1986–1988, formaður Hins íslenska náttúrufræðifélags 1990–2001 og stjórnarmaður 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](mailto:isor@isor.is) - [www.isor.is](http://www.isor.is)

Ritnefnd: Brynja, Hrafnhildur og Jón Órn. *Prentun og myndvinnsla*: Litróf.

ISBN: 978-9979-780-81-6

Frá Kerlingarfjöllum. Ljósm. 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](mailto:isor@isor.is) • [www.isor.is](http://www.isor.is)**