



ÍSOR
ICELAND GEOSURVEY

ÁRSSKÝRSLA
ANNUAL REPORT **2009**



Efnisyfirlit

Um ÍSOR	3
Ávarp stjórnarformanns	4
Starfsemi ÍSOR árið 2009	5
Helstu atburðir ársins	6
Rekstraryfirlit fyrir árið 2009	8
Skipurit	10
Mannauður	11
Rannsóknir á háhitasvæðum	12
Borað í kviku	14
Borholumælingar	16
Mælitæki fyrir 300°C heitar borholur	17
Rannsóknir á lághita	18
Grunnvatn	18
Afmörkun landgrunns Íslands	19
Jarðhitaverkefni erlendis	20
Jarðhitapjálfun og kennsla	21
Jarðhitaráðgjöf í Chile	22
Útgefið efni	24
Geothermal Short Courses	27

Contents

About Iceland GeoSurvey	3
Chairman of the Board	4
Iceland GeoSurvey Operations in 2009	5
Highlights of the Year	6
Financial Statements for the Year 2009	9
Organization Chart	10
Human Resources	11
High-Temperature Geothermal Areas	13
Drilling into Magma	15
Geothermal Logging and Well Testing	16
Logging Tools for 300°C Wells	17
Low-Temperature Geothermal Areas	18
Groundwater	18
The Delimitation of the Continental Shelf	19
Geothermal Projects Abroad	20
Geothermal Training and Education	21
Geothermal Work in Chile	22
Publications	24
Geothermal Short Courses	27

Jarðvísindarannsóknir, ráðgjöf og þjónusta í sex áratugi

Íslenskar orkurannsóknir (ÍSOR) er meðal helstu fyrirtækja í heiminum á sviði rannsókna og þróunar í jarðhita. ÍSOR veitir ráðgjafarþjónustu og annast beinar grunnrannsóknir á flestum sviðum jarðhitanýtingar og annarra auðlinda.

ÍSOR er sjálfstæð ríkisstofnun sem heyrir undir iðnaðar-
ráðuneytið. Hlutverk ÍSOR er að vinna að verkefnum og
rannsóknum á sviði náttúrufars, orkumála og annarra
auðlindamála. ÍSOR starfar á viðskiptalegum grundvelli á
samkeppnismarkaði og aflar sér tekna með sölu á
rannsóknum, ráðgjöf, þjónustu og upplýsingum eða
öðrum verkefnum á starfssviði sínu.

ÍSOR var stofnað 2003 þegar ný raforkulög tóku gildi og
skilið var á milli Rannsóknasviðs Orkustofnunar og Orku-
stofnunar. Sérfræðingar ÍSOR búa því yfir áratuga reynslu
og hefur fyrirtækið veitt íslenska orkuviðnaðinum og
opinberum aðilum þjónustu og ráðgjöf á sviði jarðhita-
vísinda og jarðhitanýtingar í um sex áratugi. Jafnframt
hefur erlendum fyrirtækjum og stjórnvöldum víða um
heim verið veitt slík ráðgjöf og þjónusta.

Scientific and technical services to the geothermal industry for six decades

Iceland GeoSurvey, ÍSOR, is a leading provider of scientific and technical expertise to the geothermal industry in Iceland and abroad. We offer consulting services worldwide on most aspects of geothermal exploration, development, and utilization, and we provide training and education on related issues.

Iceland GeoSurvey is a self-financing, state-owned, non-profit institution. It receives no direct funding from the government and operates on a project and contract basis like a private company.

Iceland GeoSurvey was established in 2003, when the GeoScience Division of Orkustofnun, the National Energy Authority of Iceland, was spun off as a separate entity. It is based on six decades of continuous experience in the field of geothermal and hydropower research and development. During this period we have provided consulting, training, and scientific services to the Icelandic power industry and the Icelandic government, and to numerous foreign companies and governments all over the world. Although our focus is on geothermal exploration, development, and utilization, our experience covers many other geoscience-related fields as well, including groundwater studies, marine geology, and environmental monitoring.

ÍSOR - Iceland GeoSurvey

Grensásvegur 9, 108 Reykjavík, Iceland

Sími/Tel: +354 528 1500 - Fax: +354 528 1699

isor@isor.is - www.isor.is

Ritnefnd/Editors: Brynja, Jón Örn og Hrafnhildur

Prentun og myndvinnsla/Printing: Litróf.

ISBN: 978-9979-780-83-0

Forsíðumynd/Cover picture: Jón Ragnarsson

Allar ljósmyndir (nema á bls.26) í skýrslunni eru teknar af starfsfólki ÍSOR.

All photographs (except on page 26) are taken by the staff of Iceland GeoSurvey.

Ávarp stjórnarformanns

Ársfundur Íslenskra orkurannsókna (ÍSÖR) 2010 er sá sjöundi í röðinni og í ljósi erfiðs rekstrarumhverfis og óvissutíma er umfang hans minna en ella. Fundurinn er, eins og áður, m.a. til þess gerður að auka hróður og styrkja enn frekar starfsemi ÍSÖR.

ÍSÖR hefur ekki farið varhluta af breyttum aðstæðum hér á landi. Samdráttur hefur verið á öllum sviðum og verkefna- staðan slæm. Á síðasta rekstrarári hægði þar mjög á og enn virðist draga úr verkefnum. Umsvif ÍSÖR jukust mun hraðar í góðærinu en bjartsýnustu spár gerðu ráð fyrir og hefur stofnuninni að mörgu leyti tekist að halda áttum. Efnahagur ÍSÖR er sterkur og reksturinn á síðasta ári var samkvæmt áætlun. Rekstrartap var minna en áætlað var.

Stjórn ÍSÖR lauk við stefnumótun stofnunarinnar árið 2006 og hefur þar ýmislegt gengið eftir og reynst starfseminni gott leiðarljós. Í ljósi gjörbreytts efnahags- umhverfis og nýrra forsendna er ástæða til að endurskoða stefnuna. ÍSÖR er nauðsynlegt að breikka viðskiptavina- hópin og skapa aukið svigrúm til að mæta vonandi tíma- bundnum samdrætti í orkuiðnaði Íslendinga. Það er ásetningur ÍSÖR að leita allra leiða til að styrkja reksturinn enn frekar á næstu misserum. Til að svo megi verða þarf sameiginlegt átak. Umhverfisvæn og endurnýtanleg orka tilheyrir óumdeilanlega þeirri framtíð sem kallað er eftir bæði innanlands og erlendis. Verðmætin eru fólgin í orkunni en þó ekki síður í þekkingunni um orkuna, orku- öflunina og vinnsluna. Þar liggur meginstyrkur ÍSÖR og mikilvægt er að standa vörð um þau verðmæti. Öll el birtir upp um síðir og þarf ÍSÖR ávallt að vera í stakk búið til góðra verka í framtíðinni.

Fyrir hönd stjórnar ÍSÖR vil ég þakka starfsmönnum og viðskiptavinum ÍSÖR ánægjulega samfylgd og samskipti á starfsárinu.

Guðrún Helga Brynleifsdóttir



Chairman of the Board

This is Iceland GeoSurvey's (ÍSÖR's) seventh Annual General Meeting and due to a difficult business environment and uncertain times its scope is more limited than before. But as before the meeting is held to enhance Iceland GeoSurvey's reputation and strengthen its operations.

Iceland GeoSurvey has been affected by changes in the general conditions that are prevalent in Iceland. There has been a reduction in every sphere and the project situation is poor. During the last year of operation there was a considerable slowdown and even now there is an apparent reduction in the number of projects. The extent of Iceland GeoSurvey's operations grew much faster during the good years than had ever been anticipated and in most respects the institute has managed to hold its own. Iceland GeoSurvey's economy is strong and last year's operations went according to plan. Operational deficit was smaller than projected.

The Iceland GeoSurvey Board finished preparing the institute's policy in 2006 and it has mostly been successful and proved a good guide for its operations. A drastically altered business environment and new premises are good reasons for reviewing the policy. It is necessary for Iceland GeoSurvey to widen its scope, increase its number of clients and friends and create more space to deal with what is hopefully a temporary recession in Iceland's energy industry. Iceland GeoSurvey intends to seek all possible ways to strengthen its operations in the near future. For this a common effort is needed. Environmentally benign and renewable energy is unquestionably a part of the future called for both at home and abroad. Energy is the valuable commodity but also the knowledge about energy, its acquisition and production. This is where the main strength of Iceland GeoSurvey lies and it is important to guard and preserve these values. Difficulties will end and Iceland GeoSurvey must be prepared for successful projects in the future.

On behalf of the Iceland GeoSurvey Board I want to thank Iceland GeoSurvey personnel and clients for pleasurable co-operation and relations during the operational year.

Starfsemi ÍSOR

árið 2009

Árið 2009 varð verulegur viðsnúningur í rekstrarafkomu ÍSOR eftir samfellt vaxtarskeið frá stofnun ÍSOR árið 2003. Kreppan beit nú ÍSOR fyrir alvöru og tekjur drógust saman um tæpan hálftan milljarð frá árinu 2008, eða um 31%. Á góðæristímanum hafði ÍSOR kappkostað að byggja upp tæki og búnað til jarðhitarannsókna ásamt því að styrkja sjóðsstöðu sína til að geta mætt samdrætti í framtíðinni. Varkárni hafði verið gætt í mannaráðningum og álagi síðustu ára verið að hluta til mætt með mikilli yfirvinnu. Stofnanasamningur er þannig úr garði gerður að starfsmenn njóta þess þegar vel gengur en taka á sig kjaraskerðingu ef tap er á rekstri. Því gat ÍSOR mætt talsverðum samdrætti án þess að segja upp starfsfólki. Í áætlunum ársins 2009 var því sú stefna mótuð að reyna að komast hjá uppsögnum starfsfólks og sætta sig við allt að 100 m.kr. tap á árinu. Jafnframt skyldi tækifærið notað til að bæta ýmislegt í starfsemi og aðstöðu ÍSOR sem ekki hafði unnist tími til að gera á undanförunum árum og hefjast handa við markaðssókn í útlöndum.

Í stuttu máli sagt gekk þetta flest eftir en tapið var þó talsvert minna en búist var við, eða um 50 m.kr. Veltufé frá rekstri var jákvætt um 17,5 m.kr. Þannig kemur tapið fram sem rýrnun á efnislegum eignum ÍSOR en hefur ekki veikt sjóðsstöðuna. Þetta tókst vegna minni yfirvinnu en áður, áhrifa stofnanasamninga, lítilli þörf fyrir tækjakaup, almenns aðhalds í rekstri og að ekki var ráðið í stað starfsmanna sem hættu störfum eða fóru í leyfi. Auðvitað urðu starfsmenn ÍSOR fyrir verulegri tekjuskerðingu en víðtæk samstaða var þó á meðal starfsmanna um hvernig tekið skyldi á málum.

Vonir um að framtíðaráform íslenska jarðhitaiðnaðarins myndu skýrast haustið 2009 brugðust þannig að grípa þurfti til frekari aðgerða um haustið. Yfirvinna var bönnuð nema í undantekningartilvikum og samkomulag náðist við alla starfsmenn um að þeir tækju yfirvinnu út sem frí og reynt yrði eftir mætti að vernda störf. Þegar þetta er ritað í febrúar 2010 er þó enn mikil óvissa um framtíð jarðhitaiðnaðar á Íslandi og verkefni ÍSOR tengd þeim.

Þrátt fyrir kreppuna má nefna margt jákvætt á árinu. Unnið var af krafti að úrvinnslu gagna sem aflað hafði verið fyrir orkufyrirtækin við boranir undanfarinna ára og boraðar voru alls 10 djúpar borholur á háhitasvæðum landsins, þar á meðal djúpborunarhola í Kröflu sem raunar endaði í bráðnu bergi á liðlega 2 km dýpi. Á vormánuðum lauk viðamikilli vinnu ÍSOR við undirbúning og skil greinargerðar til hafréttarnefndar Sameinuðu þjóðanna um kröfur Íslands

Iceland GeoSurvey Operations in 2009

The year was a difficult one for Iceland GeoSurvey. After enjoying steady growth since it was established in 2003, the company felt the full impact of the financial crisis in Iceland. Revenues fell by 500 million ISK, which represents a 31% drop from the previous year, and the company showed a net loss of 50 million ISK. Iceland GeoSurvey finances are still strong, however. The deficit is the result of depreciation, and thus the loss appears only as a reduction in the value of tangible assets. The reduced revenues were met by deep cuts in operating expenses, salaries, and new investment. Even so, there were no layoffs, and Iceland GeoSurvey managed to retain most of its staff. Fortunately, Iceland GeoSurvey has used its profit in recent years to build capacity, upgrade the instrument pool, and strengthen financial reserves. This has enabled the company to cope with the sudden drop in income.

The Icelandic power industry has been the main source of income for Iceland GeoSurvey through contracts for scientific services and consulting work. The financial crisis has affected this industry severely. Power plant construction projects have been postponed or canceled, and contracts for related work have been cut back. Drilling activity has been severely curtailed. At the time of this writing, in February 2010, the future development of the geothermal power industry in Iceland seems quite uncertain, with no signs of recovery in sight.

In spite of the crisis, there were some positive developments in 2009. A total of ten wells, ranging in depth from 1,400 m to 3,100 m, were drilled into high-temperature geothermal fields in Iceland. Some of these turned out to be extremely powerful. The Iceland Deep Drilling Project went ahead as planned, but drilling had to be discontinued when the drill hit magma at 2,100 m depth.



Ólafur G. Flóvenz,
General Director

til hafsbotnsréttinda utan 200 mílna lögsögunnar. Áfram var unnið fyrir Orkustofnun að rannsóknum vegna hugsanlegra olíulinda á hafsbotni.

Jarðhitaklasinn GEORG tók til starfa á árinu en hann úthlutar fé sem fengist hefur frá Vísinda- og tækniráði til jarðhitarannsókna og þróunarverkefna næstu sjö árin. Var ÍSOR úthlutað vænum styrkjum til nokkurra verkefna. Þá hlutu tvö ný rannsóknarverkefni, sem ÍSOR er stór aðili að, myndarlega styrki frá rannsóknarsjóðum ESB. Áhrifa þessara styrkja mun fyrst og fremst gæta frá árinu 2010. Þá lauk vinnu við stórt, fjölþjóðlegt verkefni um þróun jarðhitaleitaraðferða, I-GET, sem var styrkt úr sjóðum ESB og voru niðurstöður birtar í tímaritinu Geothermics.

Markaðsöflun ÍSOR í útlöndum var eflað og markaðsstjóri ráðinn til starfa. Stofnað var félag í Chile, ásamt verkfræðistofnunum Mannviti og Verkís, til sölu á jarðhitaráðgjöf í Latnesku-Ameríku og unnið var að verkefnum í Tyrklandi með verkfræðistofnunni Eflu. Þá voru gerðir samstarfs-samningar við Íslandsbanka og jarðhitafyrirtækið Reykjavík Geothermal. Um haustið tók ÍSOR þátt í ráðstefnu Geothermal Resources Council í Bandaríkjunum og var þar með kynningu á starfsemi sinni og þjónustu.

Veruleg verkefni voru á sviði þróunaraðstoðar, einkum fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands, Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna og Þýsku jarðfræðistofnunarinnar. Vorið 2010 fer Alþjóðajarðhitaráðstefnan WGC-2010 fram á vegum Alþjóðajarðhitasambandsins. Þessi ráð-

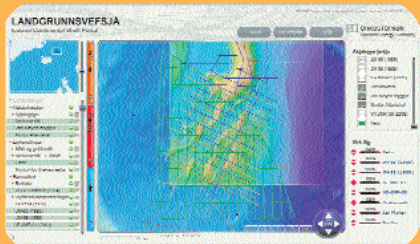
stefna er á fimm ára fresti og er höfuðráðstefna jarðhitamanna í heiminum. Fjölmarginir starfsmenn ÍSOR hafa unnið að því á árinu að skrifa greinar til birtingar í ráðstefnuritinu og skila þar með afrakstri rannsókna og þróunar undanfarinna ára til vísindasamfélagsins.

ÍSOR hélt áfram að bæta tækjakost sinn til jarðhitarannsókna. Elsti borholumælingabíll ÍSOR var endurnýjaður af starfsmönnum tæknideildar og á ÍSOR nú alls fjóra góða og vel útbúna bíla til borholumælinga, auk tveggja minni. Á árinu var keypt borholumyndavél sem notuð er til að skoða ástand fóðringa í borholum. Í árslok keypti ÍSOR borholusjá (televiewer) í samvinnu við Háskóla Íslands og Háskólann í Reykjavík og með myndarlegum styrk frá Rannís. Tækið notar hátíðnihljóðbylgjur til að skoða veggj borholna og jarðlög í þeim með mikill nákvæmni og má nota til að meta spennuástand bergs.

Loks má nefna að ÍSOR hefur starfað ötullega að ýmsu alþjóðasamstarfi fyrir Íslands hönd. Þannig er ÍSOR aðili að EuroGeoSurvey, samtökum evrópskra jarðfræðistofnana. Starfsmenn ÍSOR eru í stjórn Alþjóðajarðhitasambandsins, sitja í stjórnarnefnd orkuhluta rammaáætlana ESB á sviðum vísinda og tækni og eru í stjórnarnefnd International Partnership for Geothermal Technology (IPGT), sem er samstarfsverkefni íslenskra, bandarískra og ástralskra stjórnvalda. Starfsmenn taka einnig þátt í framkvæmd jarðhitasamkomulags Alþjóðarorkustofnunarinnar (IEA) og í ritun jarðhitahluta skýrslu loftslagsnefndar Sameinuðu þjóðanna.

Helstu atburðir ársins

Highlights of the Year



Landgrunnsvefsjá Orkustofnunar var opnuð í byrjun árs. ÍSOR útbjó gögn í vefsíðana, sem öll eru frá Drekasvæðinu.

The Iceland Continental Shelf Portal went online. www.landgrunnsvefsja.is

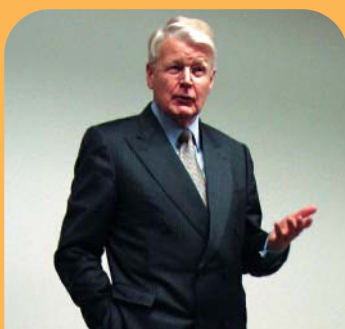


ÍSOR tók þátt í Vísindavöku Rannís og kynnti þar jarðfræðikort af Suðvesturlandi.

Iceland GeoSurvey presented a geological map of Southwest Iceland at the Researchers' Night science festival.

Í marsmánuði kom forseti Íslands hr. Ólafur Ragnar Grímsson í heimsókn.

The president of Iceland came to visit.



Alþjóðlegur rannsóknaklasi í jarðhita, GEORG, stofnaður



The GEothermal Research Group, GEORG, was founded. www.georg.hi.is

In April, Iceland GeoSurvey completed a report that was then submitted by the government of Iceland to the United Nations Commission on the Limits of the Continental Shelf. This report contains information on the limits of the continental shelf of Iceland beyond the 200 nautical mile exclusive economic zone. Iceland GeoSurvey continued work on projects connected with the search for hydrocarbon resources on the continental shelf north of Iceland, and it assisted with the preparations for the first licensing round for hydrocarbon exploration in Icelandic waters.

The geothermal cluster GEORG was established and commenced operations in the spring. The cluster comprises all the major actors in the Icelandic geothermal sector along with a few recognized international research institutions. GEORG is supported by a seven-year grant from the Icelandic Centre for Research. The activities of the cluster include the co-financing of geothermal projects of cluster members. These grants are awarded after a transparent peer-review process. Projects in which Iceland GeoSurvey is the leading partner have been quite successful.

The European project I-GET, supported by the Sixth Framework Programme, was completed in 2009. Its objective was to enhance the effectiveness of geophysical methods used in geothermal exploration. The results of the project were published in the international journal *Geothermics*. Two other large European research projects with substantial Iceland GeoSurvey participation received grants under the Seventh Framework Programme of the EU.

In order to mitigate the impact of the financial crisis on its operations, Iceland GeoSurvey has been actively seeking projects abroad. To this end, a marketing manager was appointed. Iceland GeoSurvey also joined two Icelandic

engineering firms, Verkís and Mannvit, in establishing a company in Chile, GeoThermHydro, that will offer consulting and scientific services there. Iceland GeoSurvey was involved in geothermal projects in various other countries including Djibouti, Eritrea, El Salvador, Germany, Guadeloupe, Iran, Nicaragua, Rwanda, and Turkey.

Iceland GeoSurvey has a strong involvement in geothermal support and capacity building projects for developing countries through the United Nations University Geothermal Training Programme and ICEIDA, the Icelandic International Development Agency.

Iceland GeoSurvey has continued to strengthen its foundations and improve its instrumentation. The company now owns four large, well-equipped logging trucks and two smaller ones. The oldest truck was replaced and the replacement fitted with the requisite gear. A borehole video-camera, which serves to inspect casings, was purchased. A new acoustic televiewer was acquired with support from the Icelandic Centre for Research.

Iceland GeoSurvey is an active participant on behalf of Iceland in various programs of international cooperation. Iceland GeoSurvey is a member of EuroGeoSurvey. Our specialists serve on numerous international boards and committees, including the board of directors of the International Geothermal Association, the Programme Committee for Energy Research in the EU Seventh Framework Programme, and the steering committee of the International Partnership for Geothermal Technology. They participate in the work of the Geothermal Implementing Agreement of the International Energy Agency and in the preparation of the geothermal part of the renewable energy report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Meginþema sjötta ársfundar ÍSOR var jarðfræði og auðlindir vestara gosbeltisins.

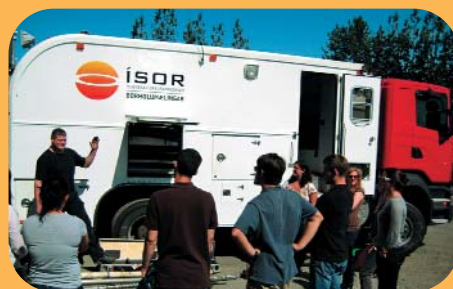
The main topic at the Iceland GeoSurvey annual meeting 2008 was the geology and resources of the western volcanic zone.



Útibú ÍSOR á Akureyri 10 ára.
Our branch in Akureyri celebrated its tenth anniversary.

Fjölmarginir háskólanemendur kynntu sér starfsemi ÍSOR.

Students from all over the world came to visit.



Fyrirtæki stofnað í Chile.
A company was established in Chile.
www.geothermhydro.com

ÍSOR var með kynningarbás á GRC 2009.
Iceland GeoSurvey was at GRC 2009 in Reno.



Rekstraryfirlit fyrir árið 2009

	2009	2008
Rekstrarreikningur (þús. kr.)		
Rekstrartekjur	1.002.813	1.473.872
Rekstrargjöld	1.015.116	1.245.066
Afskriftir	67.289	90.516
	1.082.405	1.335.582
Rekstrarhagnaður (tap) fyrir fjármagnsliði	(79.592)	138.290
Fjármagnstekjur og (gjöld)	29.878	39.405
Hagnaður (tap) ársins	(49.714)	177.695

Efnahagsreikningur (þús. kr.)		
Fastafjármunir	217.595	258.032
Veltufjármunir	443.763	591.589
Eignir alls	661.358	849.621
Eigið fé	460.167	509.881
Skammtímaskuldir	201.191	339.740
Eigið fé og skuldir alls	661.358	849.621

Sjóðstreymi (þús. kr.)		
Veltufé frá rekstri	17.575	268.211
Breytingar á rekstartengdum eignum og skuldum	89.604	(6.399)
Fjárfestingahreyfingar	(26.852)	(131.354)
Hækkun (lækkun) á handbæru fé	80.327	130.458

Kennitölur		
EBITA	(12.303)	228.806
EBITA hlutfall	-1,2%	15,5%
Eiginfjárlutfall	69,6%	60,0%
Arðsemi eigin fjár	-9,8%	53,5%
Starfsmenn	84	91

Financial Statements for the Year 2009

	2009	2008
Income statement (ISK thousands)		
Operating revenues	1,002,813	1,473,872
Operating expenses	1,015,116	1,245,066
Depreciation	67,289	90,516
	<u>1,082,405</u>	<u>1,335,582</u>
Operating profit before financial expenses	(79,592)	138,290
Net financial income	29,878	39,405
Net profit	<u>(49,714)</u>	<u>177,695</u>

Balance sheet (ISK thousands)		
Fixed assets	217,595	258,032
Current assets	443,763	591,589
Total assets	<u>661,358</u>	<u>849,621</u>
Total equity	460,167	509,881
Liabilities	201,191	339,740
Total liabilities and equity	<u>661,358</u>	<u>849,621</u>

Cash flow (ISK thousands)		
Working capital from operating activities	17,575	268,211
Cash provided by operating activities	89,604	(6,399)
Cash flows from investing activities	(26,852)	(131,354)
Free Cash flow	80,327	130,458

Key figures		
EBITA	(12,303)	228,806
EBITA ratio	-1,2%	15,5%
Equity ratio	69,6%	60,0%
Return on Equity	-9,8%	53,5%
Employees	84	91

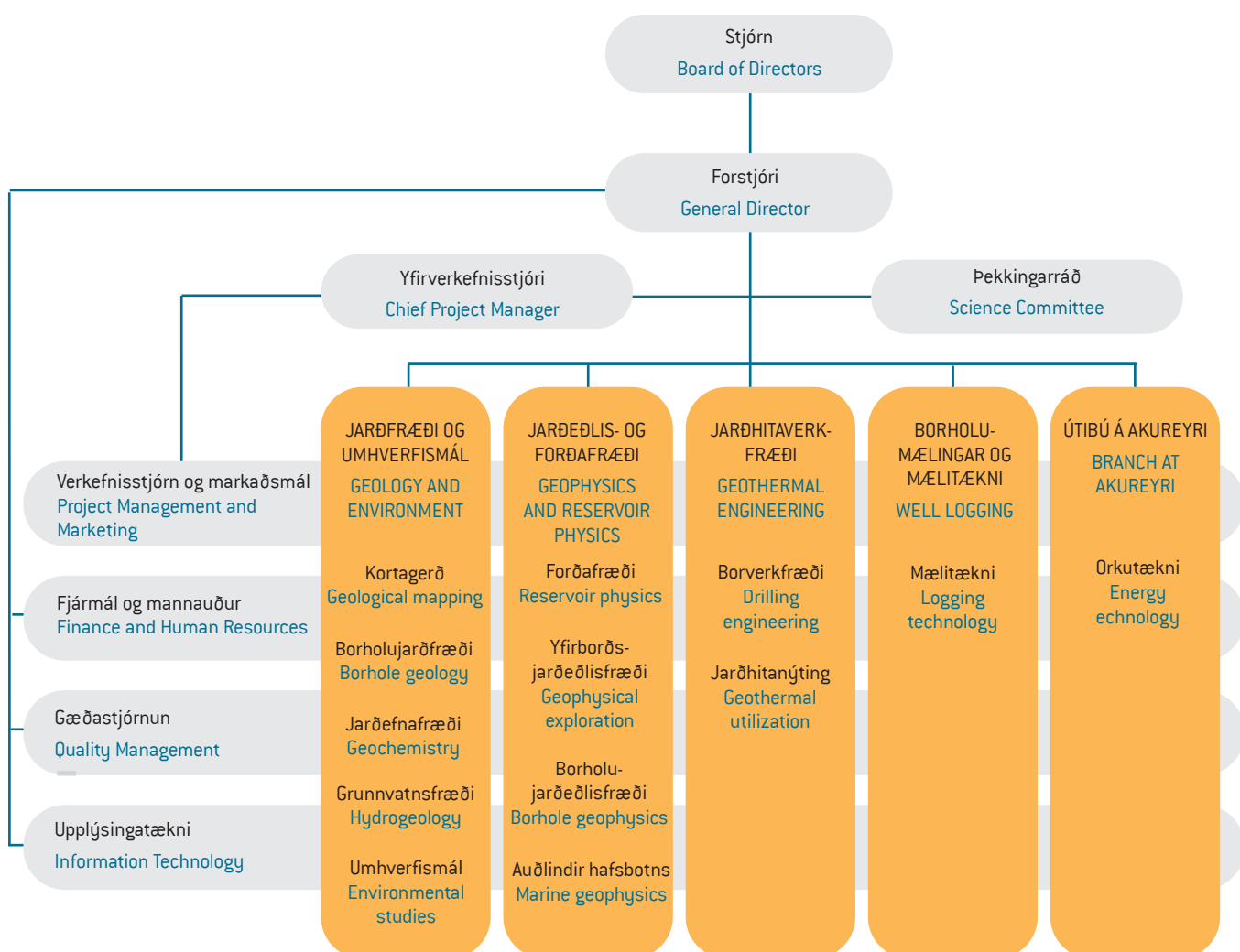
Skipurit

Starfsemi ÍSOR byggist á verkefnadrifnu skipulagi, sem stutt er af öflugum fagdeildum. Stoðdeildir veita verkefnum ýmsa þjónustu og styðja við verkefnisstjóra, sem eru auk þess mikilvægir tengiliðir við verkkaupa ÍSOR.

Þekkingarstjórar hafa verið skipaðir yfir hvert þeirra afmörkuðu þekkingarsviða sem ÍSOR telur mikilvægt að hlúð sé að, svo starfsemi og faglegri þekkingu sé viðhaldið.

Organization Chart

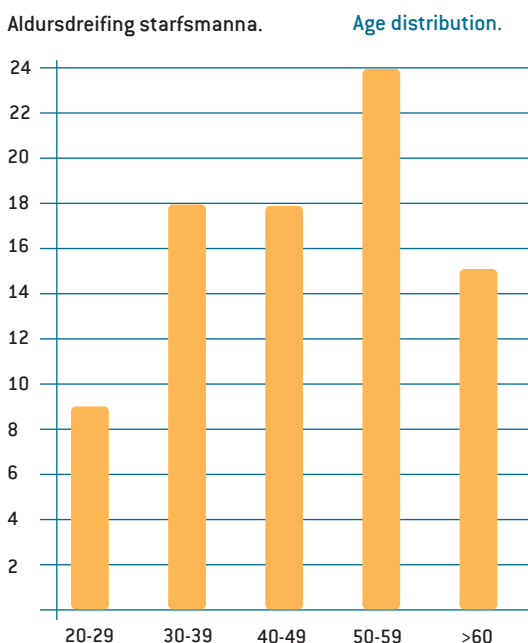
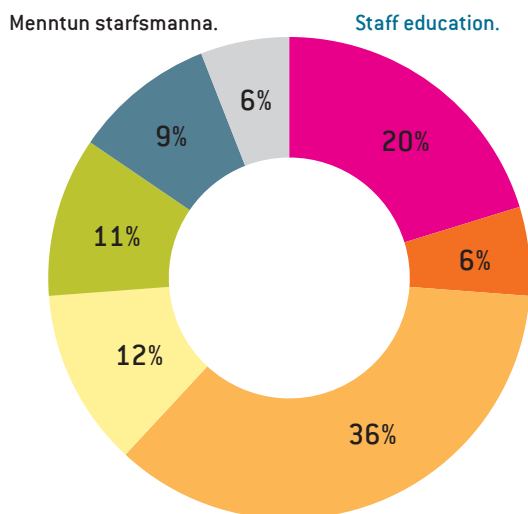
Iceland GeoSurvey is organized on the matrix management model. Although fundamentally project-driven, the company's operations are buttressed by robust functional departments. Staff departments provide services to projects and support to project managers, who also serve as the primary points of contact with our clients. A senior scientist or engineer is responsible for the maintenance and growth of professional skill and technical competence in each of the fields of specialization that Iceland GeoSurvey deems essential to its mission.



Mannauður

ÍSÖR er rannsóknarfyrirtæki sem byggir á einstakri þekkingu starfsmanna á jarðhita, eðli hans og aðferðum til nýtingar. Menntun og reynsla starfsmanna ÍSÖR endurspeglar þessa staðreynd og er hlutfall háskólamenntaðra starfsmanna 83%. Starfsmenn ÍSÖR voru 84 í lok árs 2009 og ársverk 86,17.

Starfsmannastefna ÍSÖR miðar að því að stofnunin verði áfram í fararbroddi á sínu sviði og áhersla er lögð á að stuðla að velgengi og góðum árangri starfsmanna á vinnustað. Starfsmannasamtöl eru haldin reglulega og fóru síðustu samtöl fram á haustdögum 2009 í miklu óvissuástandi. Gerð var viðamikil könnun á skoðun starfsmanna og líðan þeirra með það fyrir augum að lagfæra það sem betur má fara. Í könnuninni kom fram að 91% starfsmanna líður vel í vinnunni og að 95% eru stolt af því að vinna hjá ÍSÖR.



Human Resources

As a provider of scientific services, Iceland GeoSurvey is based on the staff's specialized knowledge of the nature and utilization of geothermal energy. This fact is reflected in the education and experience of the company's employees, 83% of whom have completed higher education. They delivered 86.17 man-years of work in 2009 and numbered 84 at the end of the year.

The human resources policy of Iceland GeoSurvey aims to keep the company at the forefront of its field, and it emphasizes support for the continued high performance and success of the staff. Reviews with staff members are conducted regularly. The most recent interviews took place in the fall, in an atmosphere of great uncertainty. An extensive survey of staff opinions was carried out, with an eye to identifying areas that might need improvement. The survey revealed that 95% of the staff are proud of working for Iceland GeoSurvey, and 91% report satisfaction with their work.



Rannsóknir á háhitasvæðum

Rannsóknir og þjónusta í tengslum við undirbúning, uppbyggingu og rekstur háhitavirkjana hefur lengstum verið þungamiðjan í starfi ÍSOR og svo var einnig á árinu 2009, þótt verulegur samdráttur hafi orðið í borunum miðað við árin 2007 og 2008 og hægt hafi verið á virkjanaundirbúningi á Norðausturlandi og Reykjanesi. Samdráttur í nýborunum hefur gefið næði til að sinna frágangi gagna og úrvinnslu sem sat að nokkru leyti á hakanum á þensluárunum 2006 til 2008.

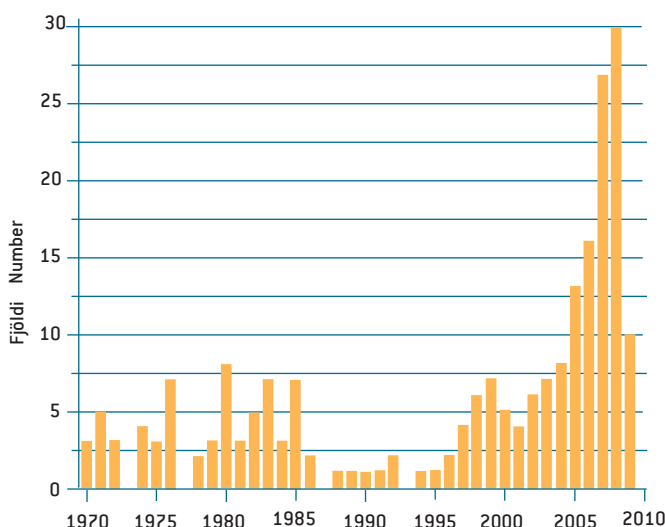
Á árinu var m.a. unnið að jarðfræði- og jarðeðlisfræðilegum rannsóknum á háhitasvæðunum á Reykjanesi, í Hengli, Kerlingarfjöllum, á Kröflu-Námafjallssvæðinu og Þeistareykjum.

Á Hengilssvæðinu boraði Orkuveita Reykjavíkur tíu borholur til rannsókna, vinnslu og niðurrennsli og kom ÍSOR að staðsetningu og hönnun holnanna, rannsóknum meðan á borun stóð og prófunum á holunum eftir borun. Einnig annaðist ÍSOR eftirlitsmælingar í eldri holum á Hellisheiði, í Bitru og á Nesjavöllum og fylgst var með landhæðarbreytingum vegna vinnslu úr svæðinu. Mikið átak var gert í úrvinnslu borholugagna og samtúlkun þeirra við aðrar mælingar. Þá lauk á árinu Evrópusambandsverkefni um jarðeðlisfræðilega könnun jarðhitasvæða og var Hengillinn meginvettvangur íslenska hluta þess verkefnis. Á undanförunum árum hefur færst í vöxt að birta mæliniðurstöður á Hengilssvæðinu í þvíðum líkönnum og hafa verið keypt öflug þrívíddarforrit til þessa. Það nýjasta er forritið Petrel sem þróað hefur verið í olíuðnaðinum. Keypti ÍSOR forritið fyrir rúmu ári og hefur verið unnið markvisst að því að koma Hengilsgögnum inn í Petrel-þrívíddarlíkan.

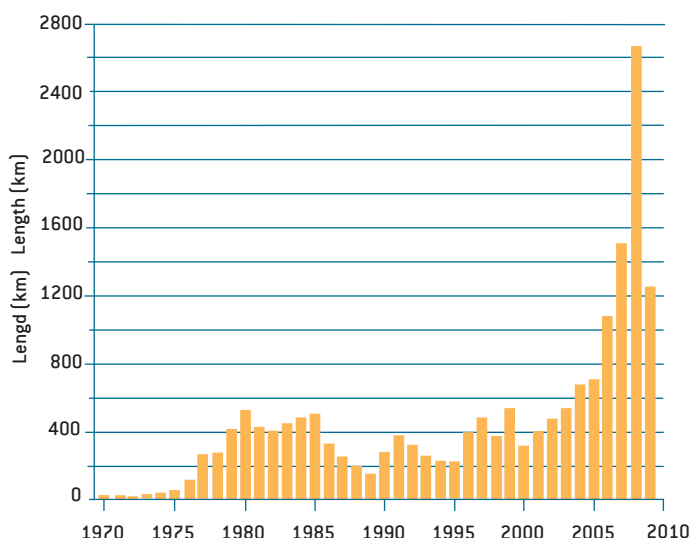
Á Norðausturlandi standa Landsvirkjun og Þeistareykir ehf. fyrir rannsóknum í Bjarnarflagi, Kröflu, Gjástykki og á

Þeistareykjum. Á árinu 2009 lauk Landsvirkjun við borun tveggja holna frá árinu 2008. Þetta eru vinnsluhola í vesturhlíðum Kröflufjalls, KT-40, og djúpborunarholan í Vítismó, IDDP-1. Á árinu var unnið að hefðbundnum rannsóknum á háhitasvæðunum. Viðnámsmælt var í Bjarnarflagi og á Þeistareykjum og eftirlitsmælingar gerðar á vinnslusvæðunum í Kröflu og Bjarnarflagi. Áfram var unnið að gerð hugmyndalíkana fyrir Bjarnarflag, Kröflu og Þeistareyki. Í Kröflu voru gerðar ferilefnaprófanir til að kanna tengsl yfir í vinnslusvæðið, annars vegar frá niðurrennslisholunni KG-26 og hins vegar frá IDDP-1. Á árinu var unnið að því að koma Kröflugögnum inn Petrel-þrívíddarlíkan og þá var einnig unnið að ritun skýrslu um yfirlit um allar jarðhitarannsóknir í Kröflu frá upphafi rannsókna á síðustu öld.

HS Orka hf. er með rannsóknar- og vinnsluleyfi á háhitasvæðum á Reykjanesskaga. Unnið var að lokaúrvinnslu TEM- og MT-viðnámsmælinga í Krýsuvík, en á vinnslusvæðunum í Svartsengi og á Reykjanesi sinnti ÍSOR árlegu vinnslueftirliti gagnvart hita og þrýstingi í jarðhitageymunum og efnainnihaldi jarðhitavökvans. Eins og undanfarin ár var unnið að umhverfiseftirliti í grennd við jarðhitasvæðið á Reykjanesi og fylgst með ástandi grunnvatns í grennd við Svartsengi og á affallssvæði virkjunarinnar. Á árinu þróaði ÍSOR tækjabúnað til að mæla vatns- og gufurennsli með notkun ferilefna. Búnaðinn má nota við blástursprófanir en einnig er hægt að mæla holur í vinnslu með honum. Tækin voru prófuð í Svartsengi og á Reykjanesi og reyndust áreiðanleg og bar niðurstöðum vel saman við fyrri mælingar. Búnaðurinn gerir það mögulegt að fylgjast mun tíðar með rennsli holna en áður og það án þess að taka þær úr vinnslu. Þá var unnið að greiningu á samsetningu útblástursgass í orkuverinu í Svartsengi í samstarfi við Carbon Recycling International.



▲ Fjöldi háhitaholna árin 1970–2009.
Number of high-temperature wells drilled in 1970–2009.



▲ Mældir kílómetrar í borholum árin 1970–2009.
Kilometers logged in wells in 1970–2009.

High-Temperature Geothermal Areas

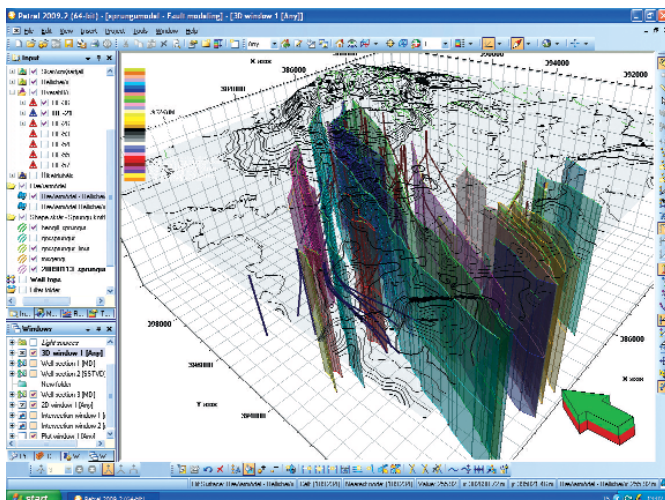
The provision of scientific services in connection with the planning, development, and operation of geothermal power plants has for long constituted the main thrust of Iceland GeoSurvey activity. Such was also the case in 2009, in spite of a significant reduction in drilling from the preceding years and a slowing down of preparations for projected power plants in northeastern Iceland and in the Reykjanes peninsula. The reduction in drilling activity has provided an opportunity to process and interpret data, which lagged during the boom years of 2006–2008.

Work involving geological mapping and geophysical surveying was conducted in the high-temperature geothermal areas of Reykjanes, Hengill, Kerlingarfjöll, Krafla - Námafjall, and Peistareykir.

Reykjavík Energy drilled ten wells in the Hengill geothermal area in 2009, for exploration, production, and reinjection. Iceland GeoSurvey was involved in this work at all stages, including the siting and well design, logging during drilling, and well testing after drilling. Existing wells in Hellisheiði, Bitra, and Nesjavellir were also logged. A leveling survey to monitor possible land subsidence due to fluid withdrawal from the field was conducted. Much effort was put into the processing of existing well data and into the interpretation of these in the context of data obtained by other methods. A European project focusing on the investigation of geothermal areas by geophysical methods was completed in 2009. The Hengill system constituted the study site of the Icelandic part of this project. In recent years, the use of three-dimensional models to present the results of measurements in the Hengill area has been growing, and powerful software has been acquired for this purpose. The most recent is Petrel, which was developed for the oil industry. Iceland GeoSurvey bought a license to this program, and has applied it to construct a three-dimensional model from Hengill data.

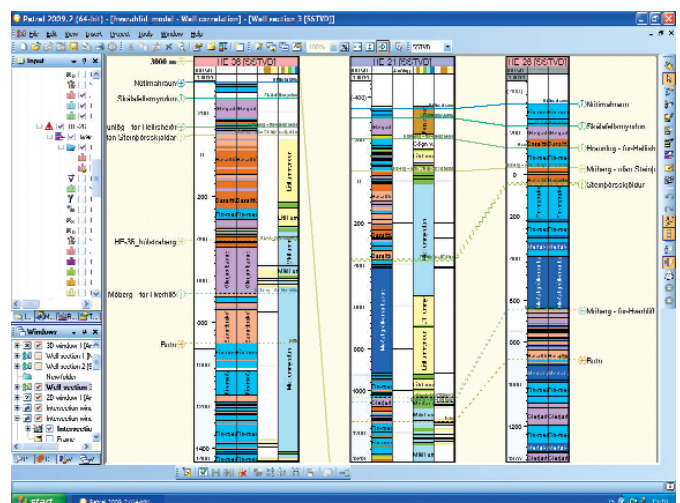
Landsvirkjun and Peistareykir ehf. have sponsored work in northeastern Iceland. Landsvirkjun completed the drilling of two wells started in 2008: a production well on the western slopes of Mt. Krafla, and the first well of the Iceland Deep Drilling Project, IDDP-1. Other regular studies in these areas were continued. Resistivity soundings were carried out in Bjarnarflag and Peistareykir, and the production areas of Krafla and Bjarnarflag were monitored. The development of conceptual models of Bjarnarflag, Krafla, and Peistareykir was continued. A chemical tracer test was done in Krafla to probe possible connections between the production area and, respectively, injection well KG-26 and well IDDP-1. Progress was made on building a three-dimensional model using Krafla data. An overview of all geothermally significant studies in Krafla since such work started in the last century was prepared.

HS Orka holds exploration and production licenses in the high-temperature geothermal fields of the Reykjanes peninsula. Work on the final processing of TEM and MT resistivity soundings from Krýsuvík proceeded in 2009. In the producing geothermal fields of Svartsengi and Reykjanes, Iceland GeoSurvey continued the regular monitoring of reservoir temperature, pressure, and fluid chemical composition. Environmental monitoring was continued in the area around the Reykjanes field. The groundwater around Svartsengi and in the runoff area of the power plant was also monitored. Iceland GeoSurvey has built an apparatus that relies on chemical tracers to measure the flow of water and steam. This equipment is employed during well tests, but can also be applied to regularly producing wells. The equipment was tested in Svartsengi and Reykjanes and proved reliable. The results agreed well with those obtained by alternate methods. This apparatus permits much more frequent determination of well flow than previous methods, and the measurements may be done without taking the well off stream. The chemical composition of effluent gases from the Svartsengi power plant was determined in cooperation with Carbon Recycling International.



Þrívíddarlíkan af Hellisheiði.

Three-dimensional model of Hellisheiði.



Borað í kviku

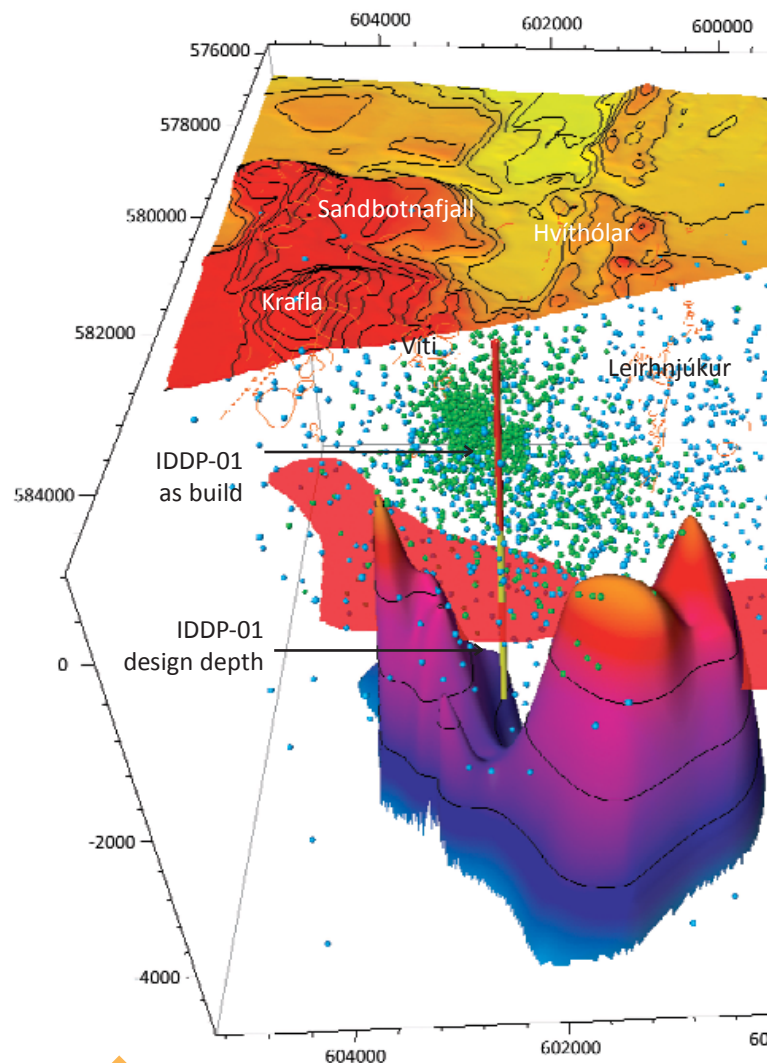
Markmið djúpbunarverkefnisins (IDDP) er að bora dýpra í háhitasvæðin en áður hefur verið gert í þeim tilgangi að kanna tilvist vökva við yfirmarksaðstæður. Þetta er ákveðin prófraun sem útheimtir framsækna bortækni og sérstakan mæli- og upphleypingarbúnað, á sama tíma og jarðfræðin er skoðuð inn að rótum jarðhitakerfanna. Virkt, alþjóðlegt samstarf hefur verið drifkrafturinn í verkefninu, en að því standa Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, HS Orka, Orkustofnun, Alcoa og Statoil auk þess sem The International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) og The National Science Foundation (NSF) styrkja rannsóknarverkefnið. ÍSOR hefur tekið þátt í verkefninu á öllum stigum, frá því að hugmyndin kviknaði og til framkvæmdar þess.

Fyrsta holan í djúpbunarverkefninu IDDP-1 var boruð í háhitakerfið í Kröflueldstöðinni á NA-landi. Holan er staðsett milli Leirhnjúks og Vítis, nokkurn veginn í miðju jarðhitasvæðinu, á norðvesturhluta núverandi borsvæða í Vítismó. Lagt var upp með að holan yrði 4,5 km djúp og var vinnsluhlutinn boraður með 8½" krónu. Borunin, sem hófst í júní 2008, fór fram í fjórum áföngum og þegar henni lauk í júlí 2009 höfðu þrír jarðborar komið að verkinu.

Borun IDDP-1 gekk þó ekki eins og áætlað var. Þegar holan var orðin rúmlega 2100 m djúp kom borinn niður á kviku. Áður en ljóst var að sú væri raunin hafði verið borað nokkrum sinnum niður í kvikupoka og reyndist kvika hafa streymt inn í holuna í hvert sinn. Í síðasta skiptið skulduust brot af snöggkældri kviku upp til yfirborðs sem staðfesti það að kvika væri á ferðinni og hindraði það frekari borun.

Greining á snöggkældu kvikunni sýndi að hún hafði samsetningu bergtegundarinnar ríólíts. Það hefur þróað, bergfræðilega samsetningu og vakti það nokkra forvitni þegar haft er í huga að í síðustu goshrinu í Kröflu var eingöngu basaltgos. Súrt berg hefur þó víða fundist á yfirborði í Kröflueldstöðinni auk þess að finnast víða á ýmsu dýpi í borholum á svæðinu. Tilvist þess er vísbending um möguleg grunnstæð innskot af súru bergi og munu áframhaldandi rannsóknir miða að því að skilgreina stærð og aldur umræddra innskota og hvernig þau falla inn í nýleg eldsumbrot eins og t.d. í Kröflueldum 1975–1984.

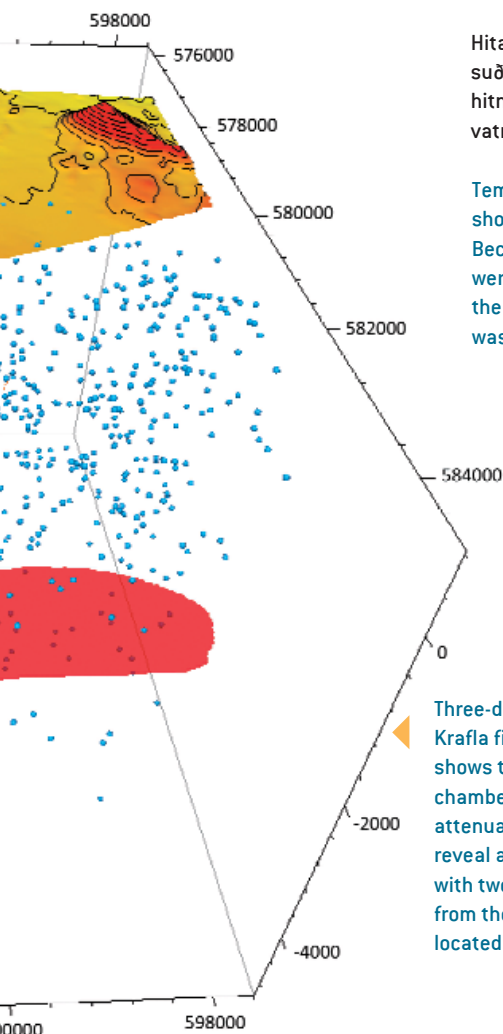
Þegar ljóst var að ómögulegt væri að bora dýpra við þessar aðstæður var unnið að lokafrágangi holu IDDP-1. Öflug æð var í holunni skammt ofan við innskotið niðri við botn og var holan því fódruð með steyptri fódringu niður á 1958 m



Prívítt líkan af Kröflusvæðinu. Bleiki flöturinn sýnir stærð kvikuhólfins fundna með S-bylgjumælingum. MT-mælingar greina djúpstætt leiðnilag með tveimur toppum sem marka uppstreymi frá hitagjafanum. IDDP-1 er á milli toppanna.

dýpi og þar fyrir neðan var settur gataður leiðari niður á 2080 m dýpi. Þannig var haldið opnum möguleikanum á að rannsaka og meta leka svæðið í botni holunnar sérstaklega. Upphitunartímabil IDDP-1 hófst 11. ágúst 2009 og síðan þá hefur hiti og þrýstingur verið mældur reglulega. Það er augljóst að holan er of grunn til að fá yfirmarksaðstæður þar sem hiti þarf að vera 374°C og þrýstingur yfir 221 bar. Eftirlitsmælingar gefa þó til kynna að í neðri hluta jarðhitakerfisins, í nánd við kvikuinnskot, geti hitinn orðið hærri en 350°C við 150 bar. Á árinu 2010 eru frekari rannsóknir fyrirhugaðar á lekt og samsetningu vökva en reynslan hefur sýnt að holur á svæðinu, sem unnið hafa vökva af sama dýpi og IDDP-1 holan nær til, hafa verið öflugar í stuttan tíma.

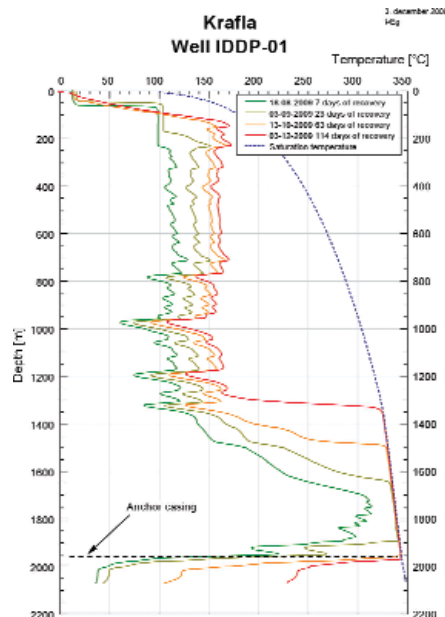




Hitamælingar. Punktaferillinn sýnir suðmark með dýpi. Æðar neðan fóðringar hitna hægt vegna þess að miklu köldu vatni var dælt á holuna í og eftir borun.

Temperature logs. The dotted curve shows the boiling point with depth. Because large volumes of cold water were injected during and after drilling, the feed zone below the anchor casing was initially heating very slowly.

Three-dimensional model of the Krafla field. The pink surface shows the extent of the magma chamber based on S-wave attenuation studies. MT-surveys reveal a deep conductive layer with two peaks reflecting upflow from the heat source. IDDP-1 is located between the peaks.



Three drill rigs were employed for the task at different times, depending on availability and suitability.

The drilling of IDDP-1 proved to be a trying task. The target depth of 4,500 m was never reached, since magma was encountered at approximately 2,100 m, precluding further progress. A magma pocket was breached a number of times, but on each occasion magma flowed into the well and exerted a lift on the drill string. The presence of the magma was confirmed when fragments of freshly quenched glass were brought to the surface by the circulation fluid.

Analyses of the quenched glass revealed that it was rhyolitic in composition. The evolved composition of the magma was somewhat intriguing, since the most recent eruption in Krafla extruded basaltic magma exclusively. Outcrops of rhyolitic rocks are found in Krafla. More importantly, intrusives of similar composition are found at various depths in the Krafla wellfield, reflecting the presence of shallow intrusions of such magma in this area. Research is under way to define the size and age of the present intrusion, in order to place it in the context of recent volcanic activity in Krafla, such as the Krafla Fires of 1975-84.

At this stage further progress was deemed impossible, so the drilling was abandoned and the well completed. Feed zones were located close to the intrusion, so a 9 5/8" production casing was installed from the top of the well and almost down to the bottom. The casing was perforated between 1958 and 2080 m depth to permit future testing of the permeable zones in the deepest part of the well. The well was initially kept cold by injection of water, but on August 11, 2009 the recovery process commenced. During the fall and winter the recovery was monitored by regular temperature and pressure logs. It is evident that the well is too shallow to produce the targeted supercritical fluids, since this would require temperatures above 374°C and pressures in excess of 221 bar. Temperature and pressure logs so far have indicated that the reservoir fluid may be superheated in the immediate vicinity of the magma, and fluid temperatures are expected eventually to exceed 350°C at 150 bar. Flow tests will be carried out in 2010 to determine the yield of the feed zones and the composition of the fluids. Wells previously drilled to similar depths in the vicinity of IDDP-1 have proven powerful, but only over short periods of time.

Drilling into Magma

The Iceland Deep Drilling Project (IDDP) is a program of geothermal exploration and technology development that aims to produce fluids for electric power generation from deep wells which tap reservoirs at supercritical temperatures and pressures. This quest poses new challenges for drilling technology, well test equipment, and fluid production facilities, while at the same time offering the possibility of exploring the deeper parts of active geothermal systems.

The project is backed by an international consortium comprising Landsvirkjun, Orkuveita Reykjavíkur, HS Orka, Orkustofnun, Alcoa, and Statoil, while the International Continental Scientific Drilling Program (ICDP) and the U.S. National Science Foundation (NSF) have funded an associated science program. Iceland GeoSurvey has been involved all phases of the project as a part of the consulting team.

The first project well, IDDP-1, was drilled into the Krafla Central Volcano, Northeast Iceland. This well is located between Leirhnjúkur and the Víti crater in the central part of the active geothermal area, in the northwestern part of the Krafla geothermal well field. The objective was to drill a well that would be 8 1/2" in diameter in the production section down to a depth of as much as 4,500 m. Drilling commenced in June of 2008 and was continued at intervals until the well was completed in the beginning of July 2009.

Borholumælingar

Í dag rekur ÍSOR þrjá sérútbúna mælingabíla til rauntíma-mælinga í borholum sem geta verið allt að 5000 m djúpar. Mæligögn eru send jafnóðum um kapal til yfirborðs þar sem hægt er að fylgjast með þeim og eru gögnin vistuð í tölvu til frekari úrvinnslu. ÍSOR rekur einnig þrjá mælingabíla sem notaðir eru til eftirlitsmælinga í borholum sem eru heitari en 150°C. Í þeim tilvikum er einkum mældur hiti og þrýstingur en einnig eru gerðar svokallaðar körfumælingar til að finna þrengingar í borholunum.

ÍSOR sér um rekstur sjálfvirks búnaðar til að vakta ástand borholna í eigu Orkuveitu Reykjavíkur og HS Orku.

ÍSOR festi kaup á árinu á upptökuvél ásamt mælispili með 600 m kapli. Hægt er að taka hreyfimyndir, bæði til hliðar og beint niður í borholu, allt niður á 600 m dýpi ef hitastigið er undir 80°C. Notkun vélarinnar hefur gefið mjög góða raun og á vafalaust eftir að nýtast vel í framtíðinni við athuganir á sprungum, útfellingum og skemmdum á fóðringum.

Á árinu var unnið að því að innleiða nýjar mæliaðferðir og endurnýja og endurbæta tæki sem notuð eru til borholumælinga. Má þar m.a. nefna að ráðist var í endurnýjun á elsta borholumælingabíl ÍSOR. Endurnýjunin, sem unnin var af starfsmönnum ÍSOR, tókst vel og hefur bíllinn verið í notkun við tækjaprófanir sem tengjast HITI-verkefninu, sem og önnur verk sem upp hafa komið.

Aðferðir við halla- og stefnumælingar (gírómælingar) sem ÍSOR hefur gert á undanförunum árum eru í stöðugri þróun. Mælt hefur verið í rúmlega 40 skáboruðum holum á háhitasvæðum landsins og hefur því skapast mikil reynsla í notkun tækjanna og einnig í viðhaldi á þeim. Náin samvinna við framleiðendur tækjanna hefur gefið góða raun.

Aukin reynsla síðustu ára á uppgangstímum og betri tækjabúnaður en nokkru sinni fyrr gerir ÍSOR kleift að takast á við stærri verkefni erlendis nú þegar minna er um að vera heima fyrir.

Geothermal Logging and Well Testing

At present, Iceland GeoSurvey maintains three specially equipped trucks for real-time logging in wells. The tools can be operated down to depths of 5000 m. The data is transmitted continuously through a cable to the surface, and may be viewed there or saved to a computer for further processing. Iceland GeoSurvey additionally operates three logging trucks that are used for the regular monitoring of wells with temperatures higher than 150°C. These are primarily used to obtain temperature and pressure logs, and, less frequently, to insert go-devils to probe constrictions in wells.

Iceland GeoSurvey maintains an automated on-line system to monitor the temperature and pressure of wells in fields operated by Orkuveita Reykjavíkur and HS Orka.

Iceland GeoSurvey purchased a downhole videocamera with a winch and a 600 m cable. With this instrument, motion pictures may be taken at depths down to 600 m if the temperature is no higher than 80°C. The pictures can be shot either sideways or directly downwards. This equipment has proved to be a success, and it is expected to prove useful in future studies of fractures, scale, and casing damage.

New logging techniques were introduced in 2009, and work proceeded on improving and refurbishing the logging equipment. The oldest well-logging truck was replaced and an old winch and cabin attached and refurbished by our staff. It was used for tool demonstrations in the HITI project and other work.

Iceland GeoSurvey has in recent years been using downhole gyroscopic tools to perform measurements in wells. Such surveys have been made in more than 40 directionally drilled wells in high-temperature geothermal areas in Iceland. Much experience has been gained in the use and maintenance of these tools, and the techniques employed are steadily being improved. Close cooperation with the equipment manufacturers has proven particularly productive.

Improved equipment and experience gained during the boom years in Iceland has enabled Iceland GeoSurvey to take on larger projects abroad.

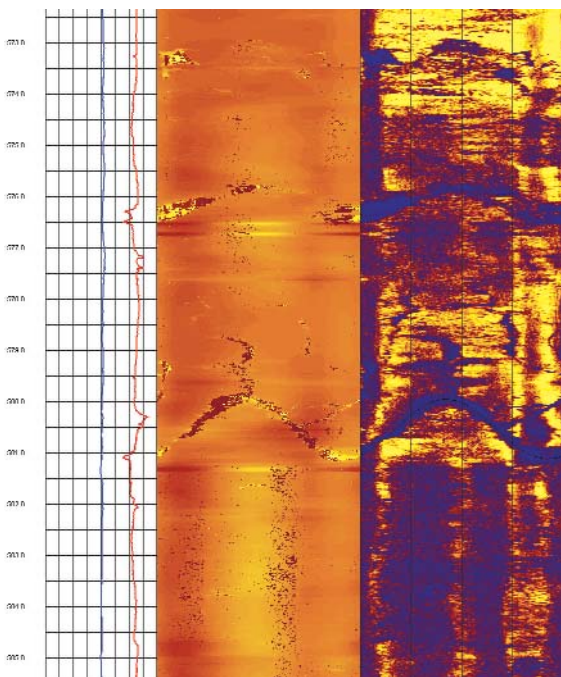


Mælitæki fyrir 300°C heitar borholur

Í Evrópuverkefninu HITI voru ný háhitamælitæki prófuð við raunaðstæður í mars og desember á háhitasvæðum Kröflu og Bjarnarflags. Fyrirtækið ALT í Lúxemborg sá um hönnun og smíði tækjanna, sem eru annars vegar hljóðsjá (televíuer) og hins vegar rófgreinir fyrir náttúrulega gammageislun. Tækin þola 300°C í borholum, sem er einsdæmi.

Í kjölfar prófana á fyrrnefndri háhitahljóðsjá (einnig nefnd holusjá) frá ALT-fyrirtækinu var ákveðið að taka til prófunar smærri holusjá sem byggist á sömu hönnun og háhitatækin en heldur fullri virkni við 125°C án þeirra umfangsmiklu hitavarna sem háhitatólin þurfa. Tækið virkaði eins og til var ætlast og fékkst styrkur fyrir tæplega 50% af andvirði þess úr Tækjasjóði Rannís samkvæmt sameiginlegri umsókn ÍSOR, Veðurstofunnar, Háskóla Íslands og Háskólans í Reykjavík. Hljóðsjáin sendir hljóðpúlsa frá sér og tekur á móti endurkasti þeirra frá umhverfinu, t.d. frá veggjum borholu eða fóðringum. Á þennan hátt má greina sprungur, misfellur á yfirborði borholna og skemmdir á fóðringum svo eitthvað sé nefnt.

Hljóðsjámyndin nær yfir um 10 m dýptarbil og sýnir myndrænt endurkaststíma hljóðsins (vinstra megin) og styrk endurkastsins (hægra megin). Tvær áberandi sprungur eru greinanlegar og er sú neðri merkt með ferli sem sýnir skurð sprungunnar þvert gegnum holuna.



Logging Tools for 300°C Wells

New high-temperature logging tools were field-tested in the geothermal areas of Krafla and Bjarnarflag in March and December. This was done under the auspices of a European project, HITI. The tools, an acoustic televiewer and a spectroscope for natural gamma radiation, were designed and manufactured by the company ALT in Luxembourg. Both remain effective at well temperatures up to 300°C, which is unprecedented.

A smaller televiewer from ALT based on the same design was also successfully tested. This device works up to 125°C without the extensive heat-shielding required by the high-temperature tool. A joint application to the Equipment Fund of The Icelandic Centre for Research yielded a grant supporting the purchase of this tool. The televiewer emits acoustic pulses and detects their reflection from the surroundings, such as borehole walls or casings. In this fashion, fractures, casing damage, and other irregularities may be detected.

Ljósmynd úr upptökuvélf frá sama svæði en frá mun minna dýptarbili og í eina átt að holuveggnum, þar sem horft er inn í nær lóðrétta sprungu.



The acoustic televiewer image, which covers a 10 m depth interval, shows the travel time (left) and the amplitude (right) of the reflected signal. Two prominent fractures may be distinguished. The lower one is highlighted by a trace that shows how the fracture transsects the well.

The video frame in the photo shows a near-vertical fracture in the borehole wall. The frame covers a narrower depth interval than the televiewer image, and represents a unidirectional view, straight into the wall.

Rannsóknir á lághita

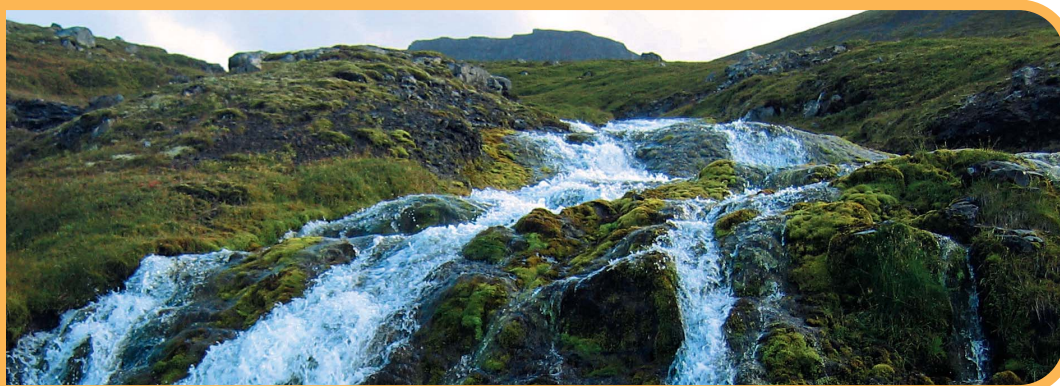
Lítill umsvif voru í jarðhitaleit og lághitaborunum á árinu. Boruð var grunn hola á Bakka í Bjarnarfirði og gefur hún töluvert af 30°C heitu vatni. Unnið var að jarðhitaleit fyrir Vesturbýggð og Orkubú Vestfjarða og markmiðið að finna heitt vatn fyrir Bíldudal, Patreksfjörð og Brjánslækjarhverfið í Vatnsfirði. Unnið var að ráðgjöf vegna fyrirhugaðra borana fyrir Vík í Mýrdal og Tálknafjörð. Þá var unnið að kortlagningu lághita fyrir Orkustofnun við Ísafjarðardjúp og er það verk langt komið.

ÍSOR sinnir stöðugt ýmis konar ráðgjöf og vinnslueftirliti fyrir aðila sem nýta lághitakerfi vítt og breitt um landið, jafnt ráðgjöf vegna tilfallandi vandamála, ráðgjöf vegna reksturs kerfanna, sem reglulegu vinnslueftirliti í samvinnu við hitaveiturnar. Árið 2009 veitti ÍSOR m.a. Orkuveitu Reykjavíkur, Rarik, Skagafjarðarveitum og Norðurorku slíka þjónustu.

Low-Temperature Geothermal Areas

Activities involving geothermal exploration and drilling in low-temperature areas were relatively minimal in 2009. Exploration for water that would serve district heating was carried out in northwestern Iceland. A shallow well was drilled at Bakki in northwestern Iceland that yields a substantial amount of 30°C water. Advice was provided on proposed drilling in Vík í Mýrdal and in Tálknafjörður. Low-temperature springs in Ísafjarðardjúp were mapped on behalf of Orkustofnun.

Iceland GeoSurvey provides a range of technical services to operators of low-temperature geothermal fields all around Iceland. These include regular production monitoring, consultation on the management of heating systems, and advice on occasional problems that may arise.



Grunnvatn

Grunnvatnsrannsóknir voru af ýmsum toga að venju. Þeim má skipta í marga flokka, svo sem hefðbundna neysluvatnsleit, leit að ísöltu jarðvatni eða jarðsjó, rannsóknir varðandi vatnsvernd og vatnsverndarsvæði, eftirlit með borunum, prófanir á borholum og efnagreiningar á grunnvatni. Árið 2009 var gert afkastamat á borholum á nýju vatnsbólasmæði Hitaveitu Egilsstaða og Fella á Köldukvíslareyrum í Eyvindarárdal, auk þess sem ráðgjöf var veitt til vatnsveitna og einstaklinga víðs vegar um land. Unnið var við staðarval, borun og afkastamat á sjóöflunarholum fyrir fiskeldi við Kalmanstjörn, fyrir Stofnfisk í Vogum og fyrir Silfurstjörnuna í Öxarfirði. Einnig var leitað að ferskvatni fyrir fiskeldi fyrir Hólalax í Hjaltadal. Gerðar voru tillögur um vatnsvernd og vatnsverndarsvæði á Suðurnesjum, Hornafirði, Stöðvarfirði, Borgarfirði, Mývatnssveit og víðar. Þá var sinnt efnagreiningum á neysluvatni, bæði til átöppunar og fyrir vatnsveitur, greiningar gerðar á efna-samsetningu grunnvatns á Miðnesheiði og við sorpurðunarstaðina við Strönd og Kirkjuferjuháleigu. Þá voru gerðar afkastamælingar á kælivatns- og skolvatnsholum á Hellisheiði og eftirlit haft með frárennslisvatni í Nesjahrauni sem komið er frá Nesjavallavirkjun.

Groundwater

As in previous years, Iceland GeoSurvey carried out a variety of groundwater studies in 2009. These include exploration for new sources of drinking water, exploration for brackish and saline water, water protection studies and the delimitation of water protection areas, drilling supervision, well testing, and chemical analyses of groundwater.

An evaluation was conducted of the production capacity of wells in a recently developed freshwater resource area in eastern Iceland. Wells producing saline water for use in fish farming were sited. The drilling of these wells was supervised by Iceland GeoSurvey staff, and their capacity was evaluated. A search for a freshwater resource for fish farming was undertaken in northern Iceland. Proposals were prepared for water protection areas in many different areas of Iceland. Chemical analyses of freshwater were performed, both for water districts and bottling plants. Production tests were carried out on wells that supply circulation water for drilling operations and cooling water to the Hellisheiði geothermal power plant. Geothermal effluent from the Nesjavellir power plant was monitored.

Afmörkun landgrunns Íslands

Greinargerð Íslands um landgrunn utan 200 mílna var afhent til landgrunnsnefndar Sameinuðu þjóðanna í New York 29. apríl 2009.

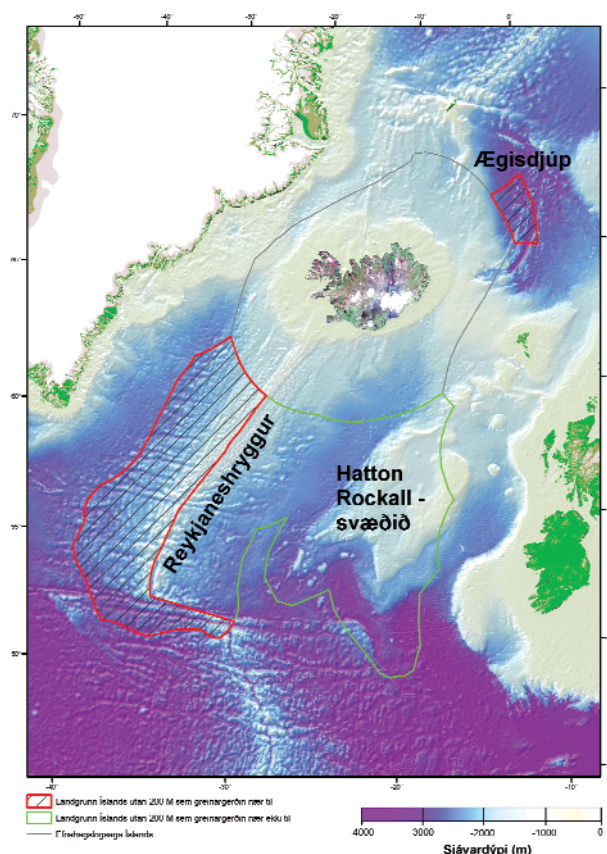
Undirbúningur greinargerðarinnar hefur staðið síðan árið 2000 en tæknileg úrvinnsla hefur verið í höndum ÍSOR.

Afmörkun landgrunnsins byggist að mestu á túlkun dúptargagna og var af þeim sökum farið út í umfangsmiklar fjölgeisla hljóðendurvarpsmælingar. Hafrannsóknastofnunin gerði þessar mælingar en rannsóknaskipið Árni Friðriksson RE 200 var notað til þeirra og skilaði fyrsta flokks gögnum. Lengd mællínanna var samtals um 32.000 km og þöktu þær um 100.000 km², sem svarar til svæðis á stærð við Ísland. Að auki var stuðst við dúptargögn sem fengin voru úr opnum gagnagrunnum. Framhaldsúrvinnsla dúptargagna var unnin af sérfræðingum hjá ÍSOR. Gerðar voru viðamiklar jarðsveiflumælingar, bæði hljóðendurkasts- og bylgjubrotsmælingar, til að skoða jarðfræðilegar tengingar svæðanna og setþykktir. Hljóðendurkasts-mælingar voru gerðar í Ægisdjúpi, austan í Reykjanes-hrygg, á Íslands-Færeyjahrygg og á Hatton-Rockall grunni, samtals um 4.800 km. Að auki var um 290 km bylgjubrotsmæling gerð á Íslands-Færeyjahrygg.

Hjá ÍSOR voru þróaðar nýstárlegar aðferðir til að greina í sundur helstu þætti landgrunnsins, þ.e. grunnið, hlíðina, hlíðardrögin og djúpsævisbotninn, en greiningunni lýkur með ákvörðun á hlíðarfætinum. Frá hlíðarfætinum eru síðan útmörk landgrunnsins reiknuð sem 60 mílna samhangandi hringbogar.

Stærð landgrunns Íslands utan 200 mílna er nálægt því að vera 1,4 millj. km², eða um fjórtánfalt flatarmál Íslands. Því geta verulegir hagsmunir falist í því að tryggja sem víðtækust landgrunnsréttindi, jafnvel þótt ekki sé enn að fullu ljóst hvaða auðlindir svæðin hafa að geyma.

Greinargerðin nær til svæðanna sem afmörkuð eru með rauðum lit.



The Delimitation of the Continental Shelf

On April 29, 2009 the Republic of Iceland submitted to the United Nations information on the limits of the continental shelf outside the 200 nautical mile exclusive economic zone.

The submission has been in preparation since 2000. The technical part of the preparation was primarily carried out by the staff of Iceland GeoSurvey.

The delimitation of the continental shelf is mainly based on the interpretation of bathymetric data. Accordingly, the Marine Research Institute carried out extensive multi-beam echo soundings, which yielded first-rate data. The soundings were conducted along 32,000 km of track covering an area of approximately 100,000 km², which corresponds roughly to the area of Iceland. Additional bathymetric data obtained from open databases were also included in the study. Supplementary processing of this data was carried out by Iceland GeoSurvey scientists. In order to elucidate the geological relationships between the study areas and Iceland proper, and to measure the thickness of sedimentary deposits, extensive seismic studies were carried out. Seismic reflection studies were conducted in the Ægir Basin, on the eastern part of the Reykjanes Ridge, on the Iceland-Faroe Ridge, and in the Hatton-Rockall area, along a total of 4,800 km of track. Furthermore, a 290 km seismic refraction study was made on the Iceland-Faroe Ridge.

Iceland GeoSurvey staff has developed novel methods to distinguish the salient features of the continental shelf, viz. the shelf proper, the continental slope, the continental rise, and the deep ocean floor. The purpose of this analysis is to determine the foot of the slope. The outer limit of the continental shelf is then defined in terms of overlapping arcs drawn to a distance of 60 nautical miles from the foot of the slope.

The area of the Icelandic continental shelf beyond the 200 nautical mile exclusive economic zone is approximately 1.4 million km², roughly fourteen times the size of Iceland. The interests of Iceland are best served by securing the most extensive rights possible, even though the extent of any natural resources that the continental shelf may hold is still unknown.

The submission covers the areas outlined in red.

Jarðhitaverkefni erlendis

Undanfarin misseri hefur verið lögð áhersla á að afla verkefna erlendis. Þetta hefur verið gert til að reyna að mæta fækkun verkefna innanlands. Megináhersla hefur í þessu sambandi verið lögð á markvissa verkefnaöflun í Tyrklandi og Chile en nokkur verkefni hafa fengist í báðum þessum löndum.

Mikil umsvif í jarðhita hafa verið í Tyrklandi undanfarið. Hafa alþjóðlegar stofnanir lofað þar miklum fjárhæðum í jarðhitaþróun og þarlend stjórnvöld úthlutað mörgum jarðhitafélögum rannsóknar- og vinnsluréttindum víðs vegar um Tyrkland. Jarðhiti hefur verið nýttur þar í allmörg ár en nú hafa umsvifin aukist verulega. Hefur ÍSOR því ákveðið, ásamt verkfræðistofunni Eflu, að bjóða jarðhitaráðgjöf og rannsóknir í gegnum fyrirtækið Turkison til handa orku-fyrirtækjum.

Svipaða sögu er að segja frá Chile en þar er þó lítil sem engin hefð fyrir nýtingu jarðhita nema til baða. Nánar er fjallað um jarðhitaráðgjöf í Chile á næstu opnu.

Þróunarsamvinnustofnun Íslands hefur undanfarin ár nýtt sér getu og kunnáttu ÍSOR til að aðstoða þróunarlönd í jarðhitauppbyggingu. Hafa umsvifin einna helst verið í Níkaragva og Austur-Afríku. Unnið hefur verið að þjálfun og uppbyggingu þekkingar innan stjórnar Níkaragva á utanumhaldi, eftirliti og stjórnsýslu í tengslum við jarðhitánýtingu. Er um fimm ára aðstoð að ræða og er verkefnið á þriðja ári nú. Allnokkur vinna hefur farið í þetta og má segja að meira og minna allt síðasta ár hafi verið starfsmaður frá ÍSOR í Níkaragva. Í Austur-Afríku hefur aðstoðin meira verið í formi einstakra jarðeðlisfræðilegra rannsókna, s.s. viðnámsmælinga í Eritreu.

Verkefni ÍSOR erlendis á undanförunum árum.
Iceland GeoSurvey project sites overseas.

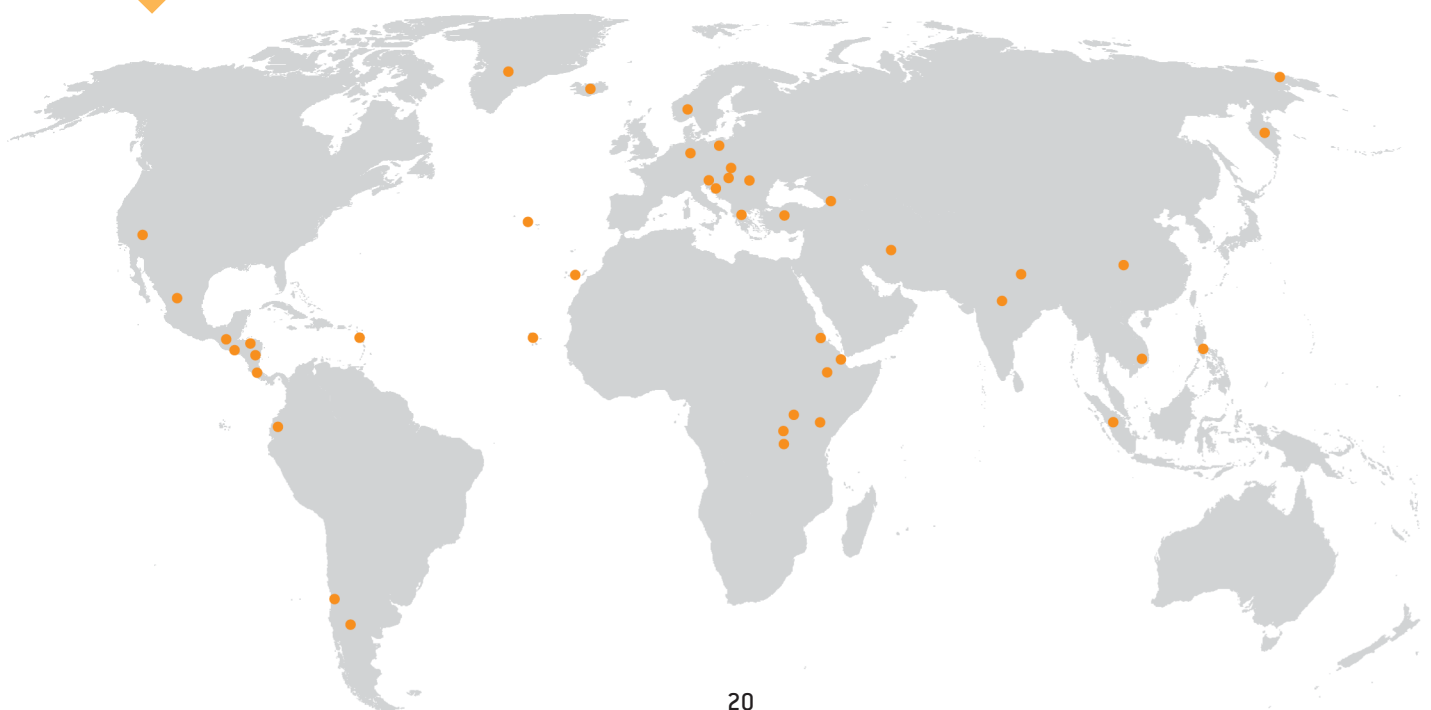
Geothermal Projects Abroad

In the past several years, Iceland GeoSurvey has made increasing efforts to seek projects overseas in order to make up for decreasing activity in the domestic geothermal industry. Particular attention has been paid to Turkey and Chile, with some success.

The geothermal sector in Turkey has enjoyed much activity in recent years. Although geothermal energy has been utilized in the country for some time, the pace of development has been picking up significantly. A substantial amount of money has been pledged to geothermal development by international institutions, and exploration and production licenses have been issued to many geothermal companies in various parts of the country. Iceland GeoSurvey and the Icelandic engineering firm Eflu have begun to offer consulting and scientific services to Turkish energy companies through the company Turkison.

The story in Chile is similar, although there is little tradition of geothermal utilization there, except for baths. Our activities in Chile are described overleaf.

The Icelandic International Development Agency has in recent years called on the expertise of Iceland GeoSurvey to provide assistance on geothermal projects in developing countries. These operations have been focused on Nicaragua and eastern Africa. Currently there is under way an effort to build capacity within Nicaraguan government institutions relating to the licensing, administration, and supervision of geothermal utilization. This five-year project is now in its third year. In eastern Africa, the assistance has mainly taken the form of specific geophysical projects, such as resistivity surveying in Eritrea.



Jarðhitapjálfun og kennsla

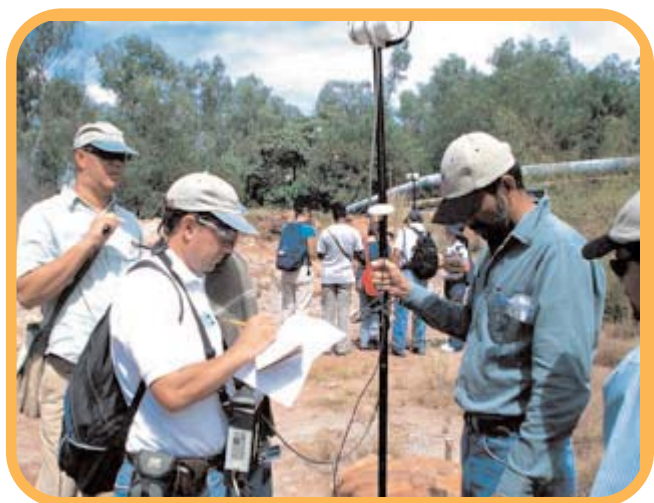
Jarðhitapjálfun og kennsla í jarðhitafræðum er ríkur þáttur í starfsemi ÍSOR. Þar þar hæst kennsla við Jarðhitaskólann en ÍSOR sinnir um 60% kennslunnar. Við skólann fá um 20 nemar ár hvert sex mánaða þjálfun í jarðhitavísindum og verkfræði. Kennt er á níu námsbrautum og eru sex af námsstjórunum starfsmenn ÍSOR. Auk þessa kenna nokkrir sérfræðingar ÍSOR við Háskóla Íslands, Háskólann í Reykjavík, við orkuskólana RES á Akureyri og REYST í Reykjavík, auk þess að annast leiðsögn nemenda þessara skóla.

ÍSOR hélt námskeið í borholumælingum og prófunum á holum fyrir starfsmenn frönsku jarðhitastofnunarinnar CFG og einnig voru haldin nokkur stutt námskeið fyrir starfsmenn orkuráðuneytis Níkaragva í tengslum við verkefni fyrir PSSÍ. Jarðhitaskólinn stendur einnig fyrir námskeiðum erlendis og hafa sérfræðingar ÍSOR komið þar að. Á árinu 2009 voru þetta námskeið um yfirborðsrannsóknir á jarðhitakerfum í Kenía og El Salvador.

Geothermal Training and Education

Geothermal training and teaching constitute a significant component of Iceland GeoSurvey operations. The teaching of Fellows in the United Nations University Geothermal Training Programme (UNU-GTP) makes up a substantial part of this work. Iceland GeoSurvey staff carry out 60% of the instruction in the UNU-GTP, in which about 20 Fellows per year receive six-month training in geothermal science and engineering. The UNU-GTP comprises nine specialized courses of instruction, and six of the studies board members are Iceland GeoSurvey specialists. A few Iceland GeoSurvey scientists also teach at the University of Iceland, at the University of Reykjavík, and at the energy schools, RES in Akureyri and REYST in Reykjavík, and they supervise student projects at these institutions.

Iceland GeoSurvey conducted a course on well logging and well testing for staff members of the French geothermal service and engineering company CFG. Several short courses were also conducted for the staff of the Nicaraguan Ministry of Energy and Mines in connection with an Icelandic International Development Agency project. The UNU-GTP sponsors courses abroad, and Iceland GeoSurvey specialists have been involved with these. In 2009, courses were conducted in Kenya and El Salvador on the surface exploration of geothermal systems.



Jarðhitaráðgjöf í Chile

Undanfarin ár hefur Chile, líkt og mörg önnur ríki, orðið fyrir barðinu á hækkandi olíu- og gasverði. Í kjölfar þess hefur Chile lent í orkukreppu og er staðan nú þannig að landið fær ekki lengur ódýrt gas frá Argentínu og hefur þ.a.l. þurft að keyra orkuver sín á olíu en það er afar óhagkvæmt. Í ljósi þess hefur ríkisstjórnin í Chile ákveðið að styðja við átak í orkuöflun og nýta til þess m.a. jarðhita og vatnsafl, ásamt öðrum endurnýjanlegum orkugjöfum. Einnig má taka fram að Chile undirritaði Kyoto-samkomulagið og þarf því að auka hlut endurnýjanlegrar orku í orkuframleiðslu sinni á næstu árum.

Í Chile er lítil sem engin hefð fyrir vinnslu jarðhita, að öðru leyti en einstaka baðaðstöðu, en tækifærin eru gríðarleg. Töluvert er af jarðhitasvæðum í Chile og er El Tatio svæðið, í norðurhluta landsins, þekktast þeirra. Þar voru boraðar nokkrar tilraunaholur fyrir nokkrum áratugum.

Chile er um 4300 km langt en aðeins um 175 km breitt að meðaltali. Eldvirkni er töluvert suður eftir öllu landinu, burtséð frá um 500 km kafla um miðbik landsins. Þessi mikla eldvirkni myndast þegar Nazca-platan þrýstist undir Suður-Ameríku með myndun Andes-fellingafjallanna og með tilheyrandi eldvirkni og jarðskjálftum. Meira en 100 virkar eldstöðvar er að finna í Chile.

Í norðurhluta Chile eru virku eldstöðvarnar á mikilli hásléttu sem kölluð er „Altiplano“ og er meðalhæð hennar um 4000 metrar yfir sjávarmál. Þar er einnig að finna einhverja þurrustu eyðimörk í heimi. Eftir því sem sunnar dregur lækkar Andes-fjallgarðurinn og í syðri hluta Chile er meðalhæð fjallgarðsins um 1500 til 2000 metrar. Þar eru fjöllin þó almennt brattari og miklir skógar, sem oft eru erfiðir yfirferðar og er úrkoma oft töluvert. Þar geta veturnir orðið snjóþungir og harðir.

Vegna fyrrnefnds orkusorts í tengslum við hækkad verð og ört minnkandi framboð á gasi hafa stjórnvöld í Chile ákveðið að nýta sér m.a. jarðhitaorku í landinu til orkuframleiðslu. Nú þegar hefur verið úthlutað á fimm tug rannsóknarleyfa og örfáum vinnsluleyfum. Jarðhitapróun í Chile er á frumstigi og sem dæmi má nefna að enn hefur ekki verið kláruð vinnsluhola í Chile en verið er að bora þá fyrstu í norðri.

Geothermal Work in Chile

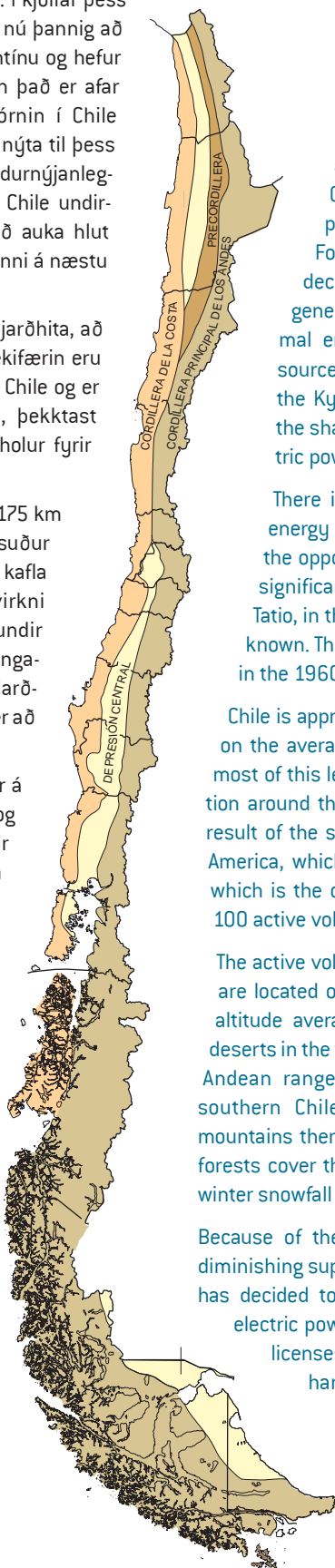
Chile has in recent years been affected by the rising price of oil and gas, like many other nations. Natural gas is no longer available at low prices from Argentina, and Chileans have had to fire electric power plants with oil, which is disadvantageous. For this reason, the Chilean government has decided to support an effort to increase the generation of electricity by the use of geothermal energy, hydropower, and other renewable sources. It may be added that Chile has ratified the Kyoto protocol and must therefore increase the share of renewable energy sources in its electric power production in the coming years.

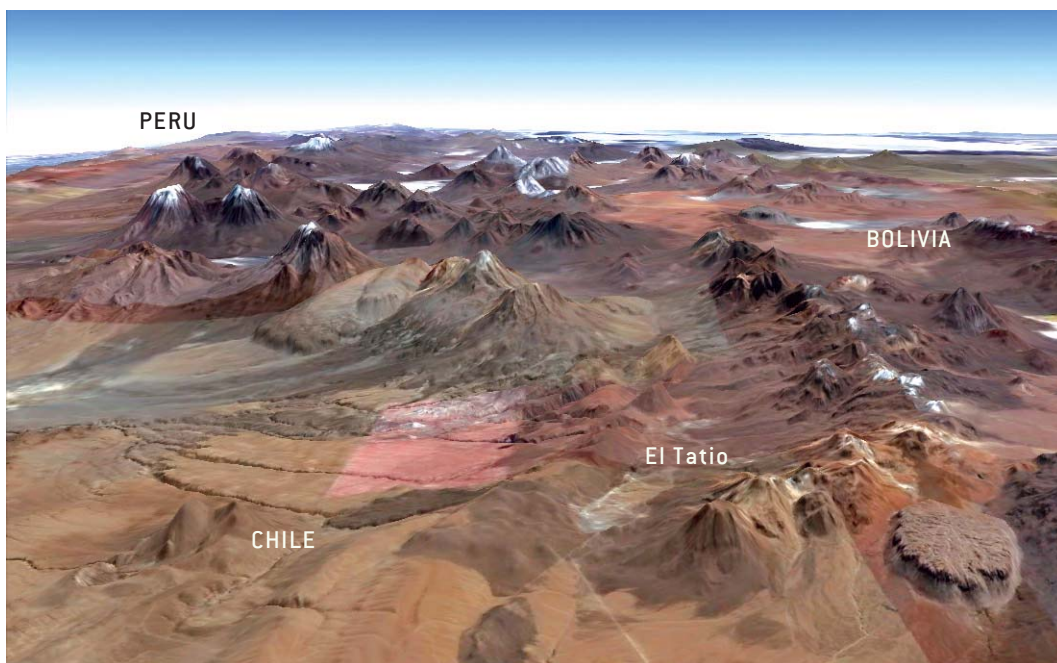
There is little tradition of the use of geothermal energy in Chile, apart from the occasional spa, but the opportunities are immense. Chile possesses a significant number of geothermal areas, of which El Tatio, in the northern part of the country, is the best known. This field was the target of exploratory drilling in the 1960's.

Chile is approximately 4,300 km long and 175 km wide on the average. There is considerable volcanism along most of this length, with the exception of a 500 km section around the middle. This extensive volcanism is the result of the subduction of the Nazca plate under South America, which has given rise to the Andes range, and which is the cause of frequent earthquakes. More than 100 active volcanoes are found in Chile.

The active volcanoes in the northern part of the country are located on a vast high plain, the "Altiplano," whose altitude averages almost 4,000 m. One of the driest deserts in the world is found in this area. The height of the Andean range decreases towards the south, and in southern Chile it averages 1,500 to 2,000 m. The mountains there are generally steeper, though, and large forests cover the land. The south is also quite rainy, and winter snowfall there may be heavy in places.

Because of the rising price of energy and the rapidly diminishing supply of natural gas, the Chilean government has decided to develop geothermal energy sources for electric power production. More than forty exploration licenses have been issued to date, but only a handful of production licenses. Geothermal development in Chile is still in its earliest stages, as evidenced by the fact that no production well has been completed up to now. The first such well is currently being drilled in the northern part of the country.





Fyrirtæki í Chile

Í Chile eru nú þegar nokkur alþjóðleg jarðhitafélög sem hyggja á raforkuframleiðslu auk þess sem mikill áhugi er meðal námuvinnslufyrirtækja að taka þátt í uppbyggingu og rekstri jarðhita- og vatnsaflsorkuvera. Því er líklegt að nokkur markaður sé fyrir ráðgjöf, rannsóknir og uppbyggingu á því sviði.

ÍSOR hefur, ásamt Verkís og Mannviti, stofnað fyrirtækið GeoThermHydro ehf., sem er meirihlutaeigandi í samnefndu fyrirtæki í Chile, til að geta boðið þjónustu sína á öllum sviðum. Þegar hafa verið ráðnir tveir starfsmenn til skrifstofunnar í Chile.

Til stendur að GeoThermHydro sendi sérfræðinga sína til allt að þriggja mánaða dvalar í senn til Santiago til að styrkja starfsemi fyrirtækisins.

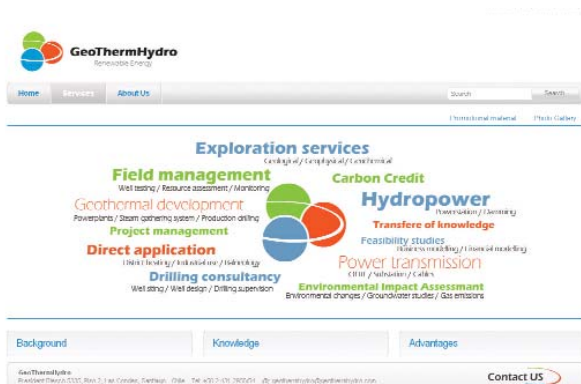
Þetta framtak Mannvits, Verkís og ÍSOR hefur vakið nokkra athygli í Chile og hafa orkufyrirtæki, námuvinnslufyrirtæki og jarðhitafélög verið í viðræðum við GeoThermHydro um hugsanleg verkefni. Enn sem komið er hefur aðeins verið um fremur afmörkuð verkefni að ræða en vonir standa til að stærri verkefni séu í farvatninu. Búist er við að jarðhitumsviðin verði töluverð í Chile í nánustu framtíð.

Company in Chile

Chile is already home to several international geothermal companies that aim to generate electric power. Among mining companies there is also a great deal of interest in the construction and operation of geothermal and hydroelectric power plants. It thus appears likely that there will be a market for services and consultation related to exploration and development in this area.

Iceland GeoSurvey has, accordingly, joined two Icelandic engineering firms, Verkís and Mannvit, to establish GeoThermHydro, a company that is the majority owner of a Chilean company of the same name, through which we intend to offer a wide range of services. The Chilean office has already hired two staff members. In order to buttress its operations, GeoThermHydro plans to send various specialists on three-month tours to Santiago.

This initiative of Mannvit, Verkís, and Iceland GeoSurvey has attracted some attention in Chile, and energy producers, mining concerns, and geothermal companies have met with GeoThermHydro representatives to discuss potential projects. So far, these have been modest in scope, but it is hoped that more ambitious projects may be in the offing. The geothermal industry in Chile is expected to see significant activity in the near future.



www.geothermhydro.com

Skýrslur Reports

Anett Blischke, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Ólafur Guðnason [2009]. **Bjarnarflag – Hóla BJ-15. 3. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/065. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/133. 59 s.

Anette K. Mortensen, Ásgrímur Guðmundsson, Benedikt Steingrímsson, Freysteinn Sigmundsson, Guðni Axelsson, Halldór Ármannsson, Héðinn Björnsson, Kristján Ágústsson, Kristján Sæmundsson, Magnús Ólafsson, Ragna Karlsdóttir, Sæunn Halldórsdóttir og Trausti Hauksson. [2009]. **Jarðhitakerfið í Kröflu. Samantekt rannsókna á jarðhitakerfinu og endurskoðað hugmyndafræði.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/057. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/111. 206 s. + 2 kort.

Anette K. Mortensen, Magnús Á. Sigurgeirsson, Guðmundur Heiðar Guðfinnsson, Hörður Tryggvason, Þorsteinn Egilsson, Ragnar B. Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Jón Ární Jónsson [2009]. **Krafla – Hóla KT-40. 3. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/069. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/143. 75 s.

Anette K. Mortensen, Magnús Á. Sigurgeirsson, Þorsteinn Egilsson, Guðmundur Heiðar Guðfinnsson, Hörður Tryggvason, Ragnar B. Jónsson og Sveinbjörn Sveinbjörnsson [2009]. **Krafla – Hóla KT-40. 3. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/070. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/144. 54 s.

Anette K. Mortensen, Sigurveig Árnadóttir, Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason og Ragnar Bjarni Jónsson [2009]. **Krafla – IDDP-1. Drilling completion and geology report for pre-drilling and drilling stage 1.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/012. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/021. 66 s.

Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilsson, Anett Blischke, Hörður Tryggvason, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Ólafur Guðnason [2009]. **Bjarnarflag – Hóla BJ-15. 3. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/064. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/132. 105 s.

Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilsson, Guðmundur Heiðar Guðfinnsson, Sigurður Sveinn Jónsson, Auður Ingimarsdóttir, Hjalti Steinn Gunnarsson, Hörður H. Tryggvason og Ragnar Bjarni Jónsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. Uppteikt leiðara og athugun á útfellingum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/044. LV-2009/090. Unnið fyrir Landsvirkjun. 73 s.

Auður Ingimarsdóttir [2009]. **Kaldárholt – Hóla KH-38. Borun lághitaholu í 1918 m dýpi. Borverk, jarðlög og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/014. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 47 s.

Auður Ingimarsdóttir, Anette K. Mortensen, Bjarni Gautason, Friðgeir Pétursson, Hermann Guðmundsson, Hörður H. Tryggvason, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Kristján Haraldsson [2009]. **Krafla – Víti. Hóla KJ-38. 2. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/053. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/104. 55 s.

Auður Ingimarsdóttir, Anette K. Mortensen, Sigurveig Árnadóttir, Cécile Massiot, Friðgeir Pétursson, Halldór Örvar Stefánsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Helgi Haraldsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. Forborun og 1. áfangi: Borverk.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/006. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/014. 33 s.

Auður Ingimarsdóttir, Anette K. Mortensen, Sigur-

veig Árnadóttir, Cécile Massiot, Friðgeir Pétursson, Halldór Örvar Stefánsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Helgi Haraldsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. Forborun og 1. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/007. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/015. 22 s.

Auður Ingimarsdóttir, Bjarni Gautason, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Friðgeir Pétursson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður H. Tryggvason, Páll Jónsson og Kristján Haraldsson [2009]. **Peistareykir – Hóla PG-5b. Borun nýs vinnsluhluta út úr holu PG-5 frá 813 m í 2499 m dýpi. Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/055. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 75 s.

Auður Ingimarsdóttir, Hörður H. Tryggvason, Anette K. Mortensen, Bjarni Gautason, Friðgeir Pétursson, Hermann Guðmundsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Kristján Haraldsson [2009]. **Krafla – Víti. Hóla KJ-38. 2. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/054. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/105. 35 s.

Auður Ingimarsdóttir, Þorsteinn Egilsson, Bjarni Gautason, Magnús Á. Sigurgeirsson, Ragnar Bjarni Jónsson, Friðgeir Pétursson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður H. Tryggvason, Páll Jónsson og Kristján Haraldsson [2009]. **Peistareykir – Hóla PG-5b. Borun nýs vinnsluhluta út úr holu PG-5 frá 813 m í 2499 m dýpi. Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/056. Unnið fyrir Peistareyki ehf. 43 s.

Árni Hjartarson [2009]. **Grjótbúarlind. Vatnafar og vatnsvernd.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/039. Unnið fyrir Sveitarfélagið Hornafjörð. 19 s. + kort.

Árni Hjartarson [2009]. **Jarðfræði við Austari-Jökulsá. Rannsóknir á Skatastaðafalli og í Fossárdal á Nýjabæjarfelli sumarið 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/004. 28 s. + kort.

Bjarni Gautason, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Magnús Á. Sigurgeirsson og Ólafur Guðnason [2009]. **Bjarnarflag – Hóla BJ-15. 2. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/051. LV-2009/100. Unnið fyrir Landsvirkjun. 44 s.

Bjarni Gautason, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Anette K. Mortensen og Þorsteinn Egilsson [2009]. **Bjarnarflag – Hóla BJ-15. 2. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/052. LV-2009/101. Unnið fyrir Landsvirkjun. 30 s.

Bjarni Gautason, Sigurður Sveinn Jónsson, Hörður H. Tryggvason, Anette K. Mortensen, Ragnar K. Ásmundsson, Peter E. Danielsen og Kristján Haraldsson [2009]. **Reykjanes – Hóla RN-23. Forborun. 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 76 m, öryggisfóðringu í 292 m og vinnslufóðringu í 702 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/005. Unnið fyrir HS Orku hf. 72 s.

Bjarni Reykr Kristjánsson, Þórólfrur H. Hafstað, Sigurður Garðar Kristinsson og Robert Stacey [2009]. **Hellisheiðarvirkjun við Engidalskvísl. Prófun á holum HU-1 og HU-2.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/040. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 43 s.

Björn S. Harðarson, Helgi A. Alfreðsson, Magnús Á. Sigurgeirsson, Sandra Ösk Snæbjörnsdóttir og Christa Feucht [2009]. **Hellisheiði – Hóla HE-35. Forborun. 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðs-**

fóðringu í 87 m, öryggisfóðringu í 343 m og vinnslufóðringu í 1039 m dýpi. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/035. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 101 s.

Cécile Massiot, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Ragnar K. Ásmundsson [2009]. **High temperature spectral gamma ray and acoustic televiwer demonstrated for the HITI project in November 2008. Description of operations and data analysis of K-18 in Krafla and B-14 in Bjarnarflag.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/027. Unnið fyrir HITI European project. 33 s.

Daði Þorbjörnsson, Kristján Sæmundsson, Sigurður Garðar Kristinsson, Bjarni Reykr Kristjánsson og Kristján Ágústsson [2009]. **Suðurlandsskjálftar 29. maí 2008. Áhrif á grunnvatnsborð, hveravirkni og sprungumyndun.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/028. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 42 s.

Egill Júlíusson, Arnar Hjartarson og Benedikt Steingrímsson [2009]. **Mælingaefitirlit á Nesjavöllum 2005 og 2006.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/003. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 45 s.

Ester Eijólfssdóttir og Þráinn Friðriksson [2009]. **Gufu- og vatnsgæðaeftirlit á Reykjanesi árið 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/033. Unnið fyrir HS Orku hf. 26 s.

Ester Eijólfssdóttir og Þráinn Friðriksson [2009]. **Gufu- og vatnsgæðaeftirlit í Svartsengi árin 2007–2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/034. Unnið fyrir HS Orku hf. 40 s.

Ester Eijólfssdóttir og Þráinn Friðriksson [2009]. **Jarðefnafræðilegt vinnslueftirlit á Reykjanesi árið 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/041. Unnið fyrir HS Orku hf. 45 s.

Ester Eijólfssdóttir og Þráinn Friðriksson [2009]. **Jarðefnafræðilegt vinnslueftirlit í Svartsengi 2007 og 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/042. Unnið fyrir HS Orku hf. 43 s.

Guðni Karl Rosenkjær og Ragna Karlsdóttir [2009]. **MT-mælingar á Reykjanesi 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/002. Unnið fyrir HS Orku hf. 45 s. ISBN 978-9979-780-80-9

Halldór Ármannsson og Ester Inga Eijólfssdóttir [2009]. **Interpretation of geochemical data for Rwanda.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/022. Unnið fyrir BGR. 18 s.

Halldór Ármannsson, Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson [2009]. **Niðurdæling í KG-26. Ferlun með KI 2005–2007. Lýsing og niðurstöður.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/050. LV-2009/099. Unnið fyrir Landsvirkjun. 19 s.

Halldór Ármannsson, Magnús Ólafsson, Mozhgan Bagheri og Auður Ingimarsdóttir [2009]. **Eftirlit með áhrifum af losun affallsvatns frá Kröflustöð og Bjarnarflagsstöð. Vöktun og niðurstöður 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/011. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/020. 15 s.

Halldór Ármannsson, Thóroddur F. Thóroddsson og Roberto Renteros [2009]. **Nicaragua visit March 30 – April 3 2009. EIA seminar preparation and evaluation of chemical laboratory.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/024. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands [ICEIDA]. 18 s.

Helga Margrét Helgadóttir, Björn S. Harðarson, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson, Benedikt Steingrímsson og Peter E. Danielsen [2009]. **Hellisheiði – Hóla HN-5. 1., 2. og 3. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 100 m, vinnslufóðringu í 774 m og vinnsluhluta í 2076 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/023. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 150 s. + viðauki 3.

Helga Margrét Helgadóttir, Björn S. Harðarson, Sandra Ósk Snæbjörnsdóttir, Sigurður Sveinn Jónsson, Svanbjörg H. Haraldsdóttir og Páll Jónsson [2009]. **Skarðsmýrarfall – Hóla HE-49. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 800 m í 1454 m dýpi og fódur með 7" leiðara.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/032. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 211 s.

Helga Margrét Helgadóttir, Hjalti Franzson, Ómar Sigurðsson og Ragnar K. Ásmundsson [2009]. **Hellisheiði – Hóla HN-2. 1., 2. og 3. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 153 m, vinnslufóðringu í 403 m og vinnsluhluta í 2001 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/031. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 51 s.

Helga Margrét Helgadóttir, Sigurjón B. Þórarinnsson, Hjalti Franzson og Guðjón Kjartansson [2009]. **Hverahlíð – Hóla HE-26. Borun 3. áfanga frá 972 m í 2688 m dýpi með 8½" krónu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/017. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 115 s.

Helga Margrét Helgadóttir, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Guðmundur Heiðar Guðfinnsson og Halldór Ingólfsson [2009]. **Reykjanes – Hóla RN-17b. Borun vinnsluhluta frá 933 m í 3077 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/008. Unnið fyrir HS Orku hf. 155 s. + viðauki 2.

Héðinn Björnsson og Práinn Friðriksson [2009]. **Upphleypling holu RN-26 og mælingar í blæstri í ágúst 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/025. Unnið fyrir HS Orku hf. 30 s.

Héðinn Björnsson, Halldór Ármannsson og Sigurður Sveinn Jónsson [2009]. **Yfirlit mælinga í holum HV-6, HV-7 og HV-8 í Ölfusdal 2008–2009.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/049. Unnið fyrir Sunnenska orku. 24 s.

Hjálmar Eysteinnsson, Andemariam Teklesenbet, Guðni Karl Rosenkjær og Ragna Karlsdóttir [2009]. **Resistivity survey in Alid geothermal area, Eritrea.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/016. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands. 42 s. + viðaukar.

Ingibjörg Kaldal og Skúli Víkingsson [2009]. **Umhverfi og orkuöflun – Jökullandslag. Staða gagnasafns í október 2009.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/062. Unnið fyrir Orkumálasvið Orkustofnunar og LV Power. 30 s. + 2 kort. ISBN 978-9979-780-82-3.

Ingvar Þór Magnússon [2009]. **GNSS- og þyngdar-mælingar á utanverðum Reykjaneskaga 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/029. Unnið fyrir HS Orku hf. 60 s.

Ingvar Þór Magnússon [2009]. **GNSS-mælingar á Hengillssvæði í ágúst og september 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/030. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 28 s.

Knútur Árnason, Arnar Már Vilhjálmsson og Þórhildur Björnsdóttir [2009]. **A study of the Krafla volcano using gravity, micro earthquake and MT data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/067. Unnið fyrir Landsvirkjun.

Knútur Árnason, Þórólfur H. Hafstad og James Francis Natukunda [2009]. **The Kibiro Geothermal Prospect. A report on a Temperature Gradient Survey.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/068. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands (ICEIDA) og Ministry of Energy and Mineral Development, Uganda. 21 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Sæunn Halldórsdóttir, Sigurður Sveinn Jónsson og Jónas Guðnason [2009]. **Reykjanes – Hóla RN-28. Borun holu RN-**

28. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/037. Unnið fyrir HS Orku hf. 110 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Þorsteinn Egilson, Steinþór Nielsson, Bjarni Gautason, Ragnar B. Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Elías Þorsteinsson [2009]. **Krafla – Hóla KJ-40. Forborun, 1. og 2. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/020. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/027. 40 s.

Magnús Á. Sigurgeirsson, Þorsteinn Egilson, Steinþór Nielsson, Sigurveig Árnadóttir, Bjarni Gautason, Ragnar B. Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Elías Þorsteinsson [2009]. **Krafla – Hóla KJ-40. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borverk.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/019. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/026. 59 s.

Maryam Khodayar [2009]. **Geological investigation of Urriðafoss project sites, South Iceland Seismic Zone: [2] Heiðartangi – Urriðafoss.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/038. Unnið fyrir Landsvirkjun Power. 40 bls. + 4 kort.

Maryam Khodayar [2009]. **Geological map of Hallarmúli volcano, West Iceland. Scale 1:20,000. Bedrock tectonics and unstable plate boundaries.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/060. 23 s. + kort.

Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson og Hjalti Franzson [2009]. **Structural analysis of Urriðafossvirkjun project sites. South Iceland Seismic Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/001. Unnið fyrir Landsvirkjun Power. 32 s. + kort.

Páll Jónsson og Ester Inga Eyjólfssdóttir [2009]. **Upphleypling holu SV-23 og mælingar í blæstri í nóvember 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/010. Unnið fyrir HS Orku hf. 32 s.

Páll Jónsson, Sæunn Halldórsdóttir og Héðinn Björnsson [2009]. **Svartsengi – Reykjanes. Hita- og þrústingsmælingar 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/036. Unnið fyrir HS Orku hf. 78 s.

Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson og Arnar Már Vilhjálmsson [2009]. **Kerlingarfjöll. TEM- og MT-mælingar 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/063. Unnið fyrir Orkustofnun.

Sandra Ó. Snæbjörnsdóttir [2009]. **Jarðlög og ummyndun í holu ÓS-02 við Ósabotna norðan Selfoss. BS-verkefni við Háskóla Íslands.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/015. Unnið fyrir ÍSOR. 42 s.

Sigurveig Árnadóttir, Anette K. Mortensen, Auður Ingimarsdóttir, Hörður Tryggvason, Ragnar Bjarni Jónsson og Hjalti Steinn Gunnarsson [2009]. **Krafla – IDDP-1. Drilling completion and geology report for drilling stage 2.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/021. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/035. 94 s.

Sigurveig Árnadóttir, Anette K. Mortensen, Bjarni Gautason, Auður Ingimarsdóttir, Cécile Massiot, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður Hafliði Tryggvason, Þorsteinn Egilson, Elfar Jóhannes Eiríksson og Kristján Haraldsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. 3. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/058. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/128. 170 s.

Sigurveig Árnadóttir, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Bjarni Gautason, Auður Ingimarsdóttir, Cécile Massiot, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður Hafliði Tryggvason og Elfar Jóhannes Eiríksson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. 3. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/059. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/129. 54 s.

Sigurveig Árnadóttir, Auður Ingimarsdóttir, Bjarni Gautason, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson,

Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður Tryggvason og Sigurjón Vilhjálmsson [2009]. **Peistareykir – Hóla PG-6. 3. áfangi: Borsaga og borgögn.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/071. Unnið fyrir Peistareyk ehf. 100 s.

Sigurveig Árnadóttir, Auður Ingimarsdóttir, Bjarni Gautason, Anette K. Mortensen, Þorsteinn Egilson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Hörður Tryggvason og Sigurjón Vilhjálmsson [2009]. **Peistareykir – Hóla PG-6. 3. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/072. Unnið fyrir Peistareyk ehf. 65 s.

Sigurveig Árnadóttir, Auður Ingimarsdóttir, Cecile Massiot, Ása Hilmarsdóttir, Friðgeir Pétursson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Helgi Haraldsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. 2. áfangi: Borsaga.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/045. LV-2009/091. Unnið fyrir Landsvirkjun. 49 s.

Sigurveig Árnadóttir, Auður Ingimarsdóttir, Cecile Massiot, Ása Hilmarsdóttir, Friðgeir Pétursson, Ragnar Bjarni Jónsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson, Sveinbjörn Sveinbjörnsson og Helgi Haraldsson [2009]. **Krafla – Leirbotnar. Hóla KJ-39. 2. áfangi: Jarðlagagreining og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/046. LV-2009/092. Unnið fyrir Landsvirkjun. 37 s.

Sigurveig Árnadóttir, Hjalti Steinn Gunnarsson, Þorsteinn Egilson og Bjarni Gautason [ritstj.] [2009]. **Reykir í Fnjóskadal. Rannsóknarboranir 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/066. Unnið fyrir Norðurorku. 47 s.

Steinþór Nielsson [2009]. **Hellisheiði – HE-56. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 96 m, öryggisfóðringu í 252 m og vinnslufóðringu í 656 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/048. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 73 s.

Steinþór Nielsson [2009]. **Reykjanes – Hóla RN-20b. Viðgerð á vinnslufóðringu og borun 12¼" vinnsluhluta frá 1210 m í 3009 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/009. Unnið fyrir HS Orku hf. 104 s.

Sverrir Þórhallsson [ritstj.], Mannvit, Íslenskar orkurannsóknir [ÍSÖR], Jarðboranir hf. og Landsvirkjun Power [2009]. **IDDP-1 Drilling Program. Interval 800–4500 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/013. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/022. 51 s. + viðaukar.

Sæunn Halldórsdóttir og Héðinn Björnsson [2009]. **Afkastageta jarðhitakerfisins í Bjarnarflagi metin með rúmmálsaðferð.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/061. Unnið fyrir Landsvirkjun, LV-2009/125. 24 s.

Sæunn Halldórsdóttir, Ester Inga Eyjólfssdóttir, Páll Jónsson og Práinn Friðriksson [2009]. **Upphleypling holu RN-28. Preparað og mælingar í blæstri í október 2008.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/018. Unnið fyrir HS Orku hf. 27 s.

Theódóra Matthíasdóttir [2009]. **Hellisheiði – Hóla HN-12. 1. og 2. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 118 m og vinnslufóðringu í 647 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/026. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 72 s.

Þóroddur F. Þóroddsson og Halldór Ármannsson [2009]. **Seminar on guidelines for EIA preparation, Managua May 2009. Further co-operation of ICEIDA with MARENA, Nicaragua.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2009/043. Unnið fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands (ICEIDA). 36 s.

Ritrúndar greinar

Reviewed Articles

Árni Hjartarson [2009]. Búrfellshraun og Mariúhellar. *Náttúrufræðingurinn*, 77 [3–4], 93–100.

Flóvenz, Ó. G. [2009]. La géothermie, 'énergie d'avenir. Í: Varet, J. (ritstj.), 10 enjeux des géosciences, Dossier spécial du BRGM, Orleans, 48–55.

Freedman, A. J. E., Bird, D. K., Arnórsson, S., Fridriksson, Th., Elders, W. A. og Fridleifsson, G. Ó. [2009]. Hydrothermal minerals record CO₂ partial pressures in the Reykjanes geothermal system, Iceland. *American Journal of Science*, 309 [9], 788–833.

Fridriksson, Th., Arnórsson, S. og Bird, D. K. [2009]. Processes controlling Sr in surface and ground waters of Tertiary tholeiitic flood basalts in Northern Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73 [22], 6727–6746.

Hardardóttir, V., Brown, K. L., Fridriksson, Th., Hedenquist, J. W., Hannington, M. D. og Thórhallsson, S. [2009]. Metals in deep liquid of the Reykjanes geothermal system, southwest Iceland: Implications for the composition of seafloor black smoker fluids. *Geology*, 37 [12], 1103–1106.

Hjartarson, Á. [2009]. Central volcanoes as indicators for spreading rate in Iceland. Í: Thordarson, T., Self, S., Larsen, G., Rowland, S. og Höskuldsson, A. (ritstj.), *Studies in Volcanology: The Legacy of Georg Walker. Special Publications of IAVCEI*, 2, 323–330. Geological Society, London.

Matter, J. M., Broecker, W. S., Stute, M., Gislason, S. R., Delkers, E. H., Stefánsson, A., Wolff-Boenisch, D., Gunnlaugsson, E., Axelsson, G. og Björnsson, G. [2009]. Permanent carbon dioxide storage into basalt: The CarbFix pilot project, Iceland. *Energy Procedia*, 1 [1], 3641–3646.

Millot, R., Ásmundsson, R., Negrel, P., Sanjuan, B. og Bullen, T. D. [2009]. Multi-isotopic (H, O, C, S, Li, B, Si, Sr, Nd) approach for geothermal fluid characterization in Iceland. *Geochimica et cosmochimica acta*, 73 [13], A883–A883.

Mortensen A. K., Wilson, J. R. og Holm, P. M. [2009]. The São Grande phonolitic fall deposit on Santo Antão, Cape Verde Islands. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 179 [1–2], 120–132.

Pope, E. C., Bird, D. K., Arnórsson, S., Fridriksson, Th., Elders, W. A. og Fridleifsson, G. Ó. [2009]. Isotopic constraints on ice age fluids in active geothermal systems: Reykjanes, Iceland. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 73 [15], 4468–4488.

Xiong, X., Keppler, H., Audetat, A., Gudfinnsson, G., Sun, W., Song, M., Xiao, W. og Yuan, L. [2009]. Experi-

mental constraints on rutile saturation during partial melting of metabasalt at the amphibolite to eclogite transition, with applications to TTG genesis. *American Mineralogist*, 94 [8–9], 1175–1186.

Ráðstefnur og fagrit

Conference Proceedings and Course Presentations

Axelsson, G. og Thórhallsson, S. [2009]. Review of well stimulation operations in Iceland. *Geothermal Resources Council Transactions*, 33, 795–800.

Árni Hjartarson [2009]. Manngerðir hellar og hellisgerðarberg. Í: *Haustráðstefna Jarðfræðafélags Íslands*, 45–49.

Elders, W. A., Fridleifsson, G. Ó., Mortensen, A., Gudmundsson, A., Gudmundsson, B., Bird, D. K., Reed, M. H., Schiffman, P. og Zierenberg, R. A. [2009]. The Iceland Deep Drilling Project (IDDP): (1) Drilling at Krafla encountered Rhyolitic Magma. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2009*, abstract OS13A-1166.

Elmi, D. og Axelsson, G. [2009]. Application of a transient wellbore simulator to well HE-6 and HE-20 in the Hellisheiði geothermal system, SW-Iceland. Í: *Proceedings 34th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, California, February 9–11. SGP-TR-187*, 5 s.

Flóvenz, Ó. F. og Steingrímsson, B. S. [2009]. The Geothermal resources of Iceland. *Geothermal Resources Council Transactions*, 33, 383–387.

Hardarson, B. S., Einarsson, G. M., Franzson, H. og Gunnlaugsson, E. [2009]. Volcano-Tectonic-Geothermal Interaction at The Hengill Triple Junction, SW Iceland. *Geothermal Resources Council, Annual Meeting, Reno, Oct. 4–7, 2009*.

Hersir, G. P. og Árnason, K. [2009]. Resistivity of rocks. Í: *Papers presented at "Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Ahuachapan and Santa Tecla, El Salvador, 17–30 October, 2009. UNU-GTP SC-09*, 8 s.

Hersir, G. P. og Árnason, K. [2009]. Resistivity methods – MT. Í: *Papers presented at "Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Ahuachapan and Santa Tecla, El Salvador, 17–30 October, 2009. UNU-GTP SC-09*, 7 s.

Hersir, G. P., Árnason, K. og Steingrímsson, B. [2009]. Exploration and development of the Hengill geothermal field. Í: *Papers presented at "Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Ahuachapan and Santa Tecla, El Salvador, 17–30*

October, 2009. UNU-GTP SC-09, 12 s.

Owens, L. B., Mortensen, A., Gudmundsson, A., Elders, W. A. og Fridleifsson, G. Ó. [2009]. Iceland Deep Drilling Project (IDDP): (8) A Fluid Inclusion Study of Magmatic Gases at the Krafla Geothermal Field. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2009*, abstract OS13A-1173.

Richter, B., Steingrímsson, B., Ólafsson, M. og Karlsdóttir, R. [2009]. Classical geothermal studies. The pre-feasibility phase. *Geothermal Resources Council Transactions*, 33, 531–533.

Steingrímsson, B. [2009]. Geothermal exploration and development from a hot spring to utilization. Í: *Papers presented at "Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Ahuachapan and Santa Tecla, El Salvador, 17–30 October, 2009. UNU-GTP SC-09*, 8 s.

Sæmundsson, K., Axelsson, G. og Steingrímsson, B. [2009]. Geothermal systems in global perspective. Í: *Papers presented at "Short Course on Surface Exploration for Geothermal Resources", organized by UNU-GTP and LaGeo, in Ahuachapan and Santa Tecla, El Salvador, 17–30 October, 2009. UNU-GTP SC-09*, 14 s.

Zierenberg, R. A., Elders, W. A., Fridleifsson, G. Ó., Schiffman, P., Marks, N. E., Leshner, C. E., Lowenstern, J. B., Pope, E. C., Bird, D. K., Mortensen, A. og Gudmundsson, A. [2009]. The Iceland Deep Drilling Project (IDDP): (2) Petrology and geochemistry of rhyolitic melts drilled at Krafla. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2009*, abstract OS13A-1167.

Kort Maps

Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson [2009]. *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:600 000. Berggrunnur*. [Útg.] Náttúrufræðistofnun Íslands.

Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson [2009]. *Jarðfræðikort af Íslandi. 1:600 000. Höggun*. [Útg.] Náttúrufræðistofnun Íslands.

Aðrar greinar Other Articles

Árni Hjartarson [2009]. Berjaárið góða. *Norðurslóð*, janúar 2008, 3.

Ólafur G. Flóvenz og Guðni Axelsson [2009]. Afkastageta og ending jarðhitakerfa. *Morgunblaðið*, 12. maí.

Ólafur G. Flóvenz og Guðni Axelsson [2009]. Jarðhiti og endurnýjanlegar orkulindir. *Morgunblaðið*, 11. júní.

Ólafur G. Flóvenz og Guðni Axelsson [2009]. Sjálf-bær nýting jarðhita. *Morgunblaðið*, 7. september.



Geothermal Short Courses

Spring 2011

at Iceland GeoSurvey headquarters in Reykjavík, Iceland

Geophysical Methods in Geothermal Exploration for non-experts (ÍSOR 1)

The course gives an overview of the main geophysical methods applied in geothermal exploration (resistivity, gravity, magnetics, and seismics), their strengths and weaknesses. A brief introduction is given to the principles and physical background of each method, fieldwork and data collection, data processing, and interpretation. Emphasis will be put on which methods are useful in different geological settings and which are not. Emphasis is also on the joint interpretation of different data sets.

After the course the trainees are expected to be better qualified to evaluate and draw conclusions pertaining to geothermal resources from geophysical surveys.

Geochemical Methods in Geothermal Exploration (ÍSOR 2)

The course includes an overview of geochemical methods in geothermal exploration, water-rock interactions, basic geochemical thermodynamics and aqueous geochemistry, reactive components, geothermometry, conservative components, origin of fluids, CO₂ degassing studies, and geothermal exploration. The course includes one day of fieldwork devoted to sampling steam vents and hot springs and measurement of CO₂ flow through soil as well as one day in the laboratory devoted to analyzing steam samples and selected aqueous components.

This course is aimed at junior geochemists, chemists with some background in geosciences, and geologists with some background in chemistry.

Conceptual Model Development and Volumetric Resource Assessment (ÍSOR 3)

The course will review the procedures used to develop conceptual models for geothermal systems. It will examine the multi-disciplinary information needed for this with particular emphasis on estimating reservoir size, temperature conditions, and overall permeability structure. Results of resistivity surveying, chemical data, and formation temperature estimates based on well logging and geological mapping play a key role in conceptual model development. They also provide the basis for volumetric resource assessments of production capacity, which will be covered in detail by the course. The Monte Carlo method of assigning probability to volumetric resource assessment results will also be reviewed. The course will be based on a combination of lectures, case-history review, and hands-on training based on real data.

After the course the participants should be able to take part in the development of conceptual models and to calculate simple volumetric assessments.

Injection and Production Testing of High-Enthalpy Geothermal Wells (ÍSOR 4)

The course will review the role and purpose of injection-tests, conducted at the end of well drilling, and production tests, conducted after well heating-up.

The specifics of planning and executing such tests will be presented, in particular all aspects of the associated data collection (well logging, flow-measurements, enthalpy-measurement, etc.). The methods of data analysis employed will be presented, through the introduction of appropriate software. These aim at estimating reservoir properties, well production/injection characteristics and well production capacity. The course will be based on a combination of lectures, case-history review, and hands-on training based on real data.

After the course the participants should be able to play an active role in the planning and execution of high-enthalpy injection and production testing and the associated data analysis and evaluation.

Geothermal Drilling (ÍSOR 5)

The course covers a broad range of topics on geothermal drilling practices and on well designs, for low and high-temperature wells. The drilling program for high-temperature wells is covered as is the required infrastructure. The casings and wellheads of standard and large diameter production wells are explained as well as slimhole designs. Drilling topics include: specifications of drilling equipment and tools, vertical and directional drilling, use of mud motors and measurements while drilling (MWD) tools, time estimates and benchmarking, blow-outs and preventers, casing cementing and placement of cement plugs, well stimulation. How to deal with common drilling problems such as loss of circulation, sticking of the drill string and cementing long casing strings. Well logging to define the reservoir and aid in solving drilling problems. Data collection and the various reports such as daily reports, special operations, well completion reports, etc. Case histories are presented for fast drilling as well as for problem wells.

Also available: Specialized courses in all other fields of expertise of Iceland GeoSurvey.

Each course lasts 5 days.

Included: Handouts and learning materials, fieldtrip to a geothermal field or drill site, and lunch.

Registration or further information: www.isor.is or brj@isor.is



AÐALSKRIFSTOFA • HEAD OFFICE

Grensásvegur 9
108 Reykjavík
Iceland
Sími/Tel: +354 528 1500 / Fax: +354 528 1699
isor@isor.is

ÚTIBÚ • BRANCH OFFICE

Rangárvellir, P.O. Box 30
602 Akureyri
Iceland
Sími/Tel: +354 528 1500 / Fax: +354 528 1599

SUBSIDIARY

GeoThermHydro
President Riesco 5335, Piso 8,
Las Condes, Santiago
Chile
Sími/Tel: +56 2 431 2956
www.goethermhydro.com

www.isor.is