



**ÍSOR**  
ICELAND GEOSURVEY

ÁRSSKÝRSLA  
ANNUAL REPORT  
2015



# Efnisyfirlit

## Contents

Nærmynd ÍSOR	3
<a href="#">Profile</a>	
Ávarp stjórnarformanns	4
<a href="#">Chairman of the Board</a>	5
Horft fram á veginn	6
<a href="#">Looking ahead</a>	7
Rekstraryfirlit fyrir árið	8
<a href="#">Financial Statements</a>	9
Háhiti	10
<a href="#">Geothermal Energy</a>	11
Lághiti og náttúrufar	16
<a href="#">Natural Resources</a>	17
Kennsla og þróun	22
<a href="#">Geothermal Training</a>	23
Verkefni erlendis	24
<a href="#">Projects Worldwide</a>	25
Útgefið efni	26
<a href="#">Publications</a>	
Fólkið okkar	30
<a href="#">Our People</a>	
Svipmyndir frá árinu	30
<a href="#">Highlights of the Year</a>	

Verkefnisstjórn og umbrot / [Project leader and layout](#): Brynja Jónsdóttir.

Yfirlitur/[Reviewed by](#): Hrafnhildur Harðardóttir, Benedikt Steingrímsson.

Ensukur texti/[English](#): Björn S. Harðarson, Ingibjörg Á. Gunnarsdóttir o.fl.

Prentun/[Printing](#): Svansprent.

ISBN: 978-9935-9323-0-3.

Ljósmyndir í skýrslunni eru teknar af starfsfólki ÍSOR nema annað sé tekið fram.

[Photographs were taken by the staff of Iceland GeoSurvey, unless committed.](#)

Svarthvítar ljósmyndir af stjórn og starfsfólki/

[Black and white photos of employees](#): Helga M. Helgadóttir.

Forsíða, bls 2-3,5,14,15: Námafjall, Mývatnssveit.

Ljósmynd: Sigurður G. Kristinsson.

[Cover, page 2-3,5,14,15: The high-temperature area Námafjall, NE-Iceland.](#)

[Photo: Sigurður G. Kristinsson.](#)



# Jarðvísindarannsóknir, kennsla og þjónusta í sjö áratugi

## Seven Decades of Scientific and Technical Services

Jarðfræðikortlagning - Jarðeðlisfræðilegar mælingar - Jarðefnafræði

Ráðgjöf við boranir - Borholumælingar

Mat á jarðhitaforða - Stýring jarðhitavinnslu

Umhverfisrannsóknir - Grunnvatnsrannsóknir

Mannvirkjarjarðfræði - Hafsbotsrannsóknir

Kennsla og þjálfun

Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR, eru sjálfstæð ríkisstofnun sem heyrir undir umhverfis- og auðlindaráðuneytið. Starfsemin byggist á þekkingu sem fengin er með rannsóknum, öflun gagna og þróun tækni og aðferða. ÍSOR starfar á samkeppnisforsendum með hagkvæmar lausnir og virðingu fyrir umhverfi og samfélagi að leiðarljósi.

### Geothermal Exploration

Drilling Consultancy - Well Testing and Evaluation - Geothermal Logging

Resource Assessment - Resource Management

Environmental Impact Assessment - Groundwater

Engineering - Offshore

Geothermal Training

Iceland GeoSurvey, ÍSOR, is an independent state-owned institute, providing data compilation and development of technologies and techniques based on expertise and research. ÍSOR operates on a competitive basis with cost-effective solutions in harmony with the environment and community.

# Ávarp stjórnarformanns

Sigrún Traustadóttir

Árið 2015 var um margt mjög gott hjá ÍSOR. Annað árið í röð var fyrirtækið rekið með hagnaði og veltan hefur aldrei verið meiri fyrir utan árið 2008. Sá samdráttur sem varð í kjölfar efnahagshruns 2008 virðist að baki og sóknarfæri eru víða bæði innanlands og utan. Á árinu 2015 nam veltan tæpum 1.400 m.kr. og hagnaður nam 10 m.kr. að teknu tilliti til árangurstengdra launa starfsmanna. Verkefni, bæði innanlands og utan, hafa skilað aukinni veltu undanfarin ár þótt umsvif innanlands hafi ekki náð þeim hæðum sem þau voru árið í 2008. Tekjurnar árið 2015 eru svipaðar í krónum talið og þær voru 2008 en samsetning verkefna hefur breyst. Erlend verkefni hafa aukist úr um 8% af veltu í rúm 34%. Staðan hefur jafnframt breyst hvað varðar tímalengd og umfang verkefna. Áður var um að ræða mörg smá verkefni til skamms tíma, þar sem viðskipti við einn verkkaupa námu um þriðjungjunga tekna, en nú eru mörg verkefni til lengri tíma, bæði mælingar og rannsóknar- og eftirlitsverkefni. Gerir þetta það að verkum að öll skipulagning og áætlanagerð er viðráðanlegri. Um 70 ársverk voru innt af hendi hjá ÍSOR af 85

starfsmönnum og nam launakostnaður 784 m.kr. Fjárhagsstaða ÍSOR er sterk en eigið fé er 321 m.kr., eða 62% eiginfjárlutfall. Veltuþjárlutfallið er einnig sterkt, eða tæpir tveir. Ljóst er að uppsöfnuð fjárfestingarþörf er fyrir hendi þar sem aðilar hafa haldið að sér höndum hvað fjárfestingu varðar á undanförunum árum.

Á árinu var áhersla lögð á nýliðun í starfsmannahópnum, þjálfun og menntun. Ljóst er að þörf er á frekari nýliðun og þjálfun á yfirstandandi ári þar sem drjúgur hluti reynslumikilla starfsmanna mun hverfa frá störfum á næstu árum. Mikilvægt er að vel takist til við að miðla nýjum starfsmönnum af þekkingu þeirra.

Stjórn ÍSOR hélt 10 fundi á árinu 2015. Í apríl skipaði umhverfis- og auðlindaráðherra nýja stjórn ÍSOR. Nýir inn í stjórn komu Ásta Björg Pálmadóttir sveitarstjóri, Ingveldur Sæmundsdóttir, aðstoðarmaður ráðherra, og Stefán Guðmundsson, skrifstofustjóri í umhverfis- og auðlindaráðuneytinu. Fyrir eru í stjórninni Sigrún Traustadóttir, viðskiptafræðingur og formaður, og Sveinbjörn Björnsson, eðlisfræðingur. Þau Ingvi Már Pálsson, Guðrún

Helga Brynleifsdóttir og Svanfríður Jónasdóttir hurfu úr stjórninni. Ég þakka fráfarandi stjórn fyrir afskaplega gott samstarf á liðnum árum.

Árið 2011 var farið í umfangsmikla stefnumótunarvinnu sem lagði línurnar fram til ársins 2016. Markmið þeirrar vinnu var að skoða hvernig best væri að komast í gegnum þær breytingar sem orðnar voru á markaðnum. Farið var í mikla markaðsvinnu við að afla verkefna erlendis í þeim tilgangi að viðhalda starfsemi og þeirri þekkingu sem byggð hafði verið upp á undanförunum áratug. Árlega hefur þessi vinna verið metin og uppfærð í ljósi breytinga á umhverfinu. Nú er ljóst að fyrir liggur vinna við stefnumótun 2016–2021. Sóknarfæri virðast liggja víða og mikilvægt er að vel takist til við mörkun þessarar stefnu. Það er tilhlökkunarefni að takast á við þau verkefni sem framundan eru með hækkandi sól.

Ég þakka starfsmönnum, stjórnendum og stjórn ÍSOR fyrir vel unnin störf og gott samstarf á árinu.

Stjórn ÍSOR / Board of Directors

Ásta Björg Pálmadóttir, Stefán Guðmundsson,  
Ingveldur Sæmundsdóttir, Sigrún Traustadóttir formaður  
og Sveinbjörn Björnsson





# Chairman of the Board

Sigrún Traustadóttir

The year 2015 was on the whole a very good one for ÍSOR. The company recorded a profit for the second consecutive year with the best turnover since 2008. The recession that followed the economic collapse in 2008, appears to be over and we have identified new market opportunities both in Iceland and abroad. In 2014, the turnover was ISK 1.4 million and profit was ISK 10 million after performance related wages were accounted for. Work in Iceland and abroad has increased and returned high turnover despite the fact that home based projects are fewer than in 2008. The revenue in 2015 is approximately the same as in 2008, but the combination of projects is very different. The proportion of foreign revenue has risen from 8% in 2008 to 34% today. The timeframe and scope of the projects is also different. Before, a third of all projects were commissioned by a single large customer, and these were small short term projects. Now there are many long term projects for a variety of customers, both in borehole loggings and research. This allows for ease of organisation and planning. Around 70 man-years were carried out at ÍSOR by 85 employees and wages were ISK 874 million. ÍSOR's

financial position is strong with equity and ISK 321 million, or 62% equity ratio. Current turnover is also good, a little under two. It is clear that a need for new investment has accumulated over the last few years as investment commitments have been low.

In 2015 there was an emphasis on new recruits at ÍSOR, bringing new ideas and methods to the company. It is clear that more recruitment and training will be needed in the coming year as many of the most experienced staff reach retirement age in the near future. It is of great importance that the more experienced staff can pass on their knowledge to the new recruits.

In April, the minister of the Environment and Natural Resources, appointed a new board of directors for ÍSOR. The board held 10 meetings in 2015. Newcomers to the board were Ásta Björg Pálmadóttir, district manager, Ingveldur Sæmundsdóttir, the minister's aide and Stefán Guðmundsson, office manager in the Ministry of the Environment and Natural Resources. Previously in the board were Sigrún Traustadóttir, business administrator and director of the board

and Sveinbjörn Björnsson, physicist. Ingvi Már Pálsson, Guðrún Brynleifsdóttir and Svanfríður Jónasdóttir left the board of directors last year. I thank them for their very good work over the last few years.

In 2011, ÍSOR put in place an important strategic plan intended to set the agenda within the company until 2016. The aim was to examine how best to tackle the market changes that had occurred. In order to safeguard and employ the knowledge which has been amassed at ÍSOR over many years, an extensive marketing initiative was implemented to win projects abroad. This has been assessed on a yearly basis and upgraded whenever necessary in light of the ever changing environment. Preparation for a new strategy plan for 2016-2021 is underway. There are many opportunities for new projects, and therefore internal planning is of great importance. We look forward to the many new and existing projects that lie ahead and anticipate a bright future for the company.

I wish to thank ÍSOR's staff, management and the board of directors for their excellent work and cooperation during the last year.

# Horft fram á veginn

Ólafur G. Flóvenz forstjóri

Árið 2015 var ÍSOR hagstætt. Smávægi-  
legur hagnaður varð af starfseminni  
annað árið í röð en þeim hagnaði er varið  
til að styrkja innviði ÍSOR. Aukin umsvif í  
íslensku samfélagi og vaxandi orkupörf  
hefur leitt til umfangsmeiri verkefna hjá  
ÍSOR. Verkefnaöflun erlendis hefur gengið  
vel og ljóst að starfsfólk ÍSOR nýtur mikils  
álits og trausts í jarðhitaheiminum. Áhugi á  
nýtingu jarðhita víða um heim fer vaxandi  
sem liður í baráttunni við loftslags-  
breytingar og er mikið leitað til ÍSOR um  
þátttöku í ýmis konar jarðhitaverkefnum í  
útlöndum. Starfsfólki hefur fjölgað, ungt,  
vel menntað fólk hefur bæst í hópinn og  
hlutföll kynja í starfsmannahópnum og  
meðal stjórnenda nálgast jöfnuð hægt og  
rólega. Störf hjá ÍSOR eru eftirsótt sem sést  
meðal annars á því að yfir 300 umsóknir  
bárust síðastliðið haust um 7 sérfræðistörf.  
Að venju áttu starfsmenn ÍSOR veglegan  
hlut í birtingum rannsóknarniðurstaðna á  
Alþjóðajarðhitaráðstefnunni WGC-2015  
og vísindamenn frá ÍSOR hrepptu bæði  
verðlaunin sem Alþjóðajarðhitasambandið  
veitti fyrir bestu fræðigreinar í jarðhita  
undanfarin fimm ár. Þá náðist mjög góður  
árangur í umsóknunum um rannsóknarstyrki  
til Horizon 2020 rannsóknaráætlunar  
Evrópusambandsins. ÍSOR var aðili að  
fimm umsóknum sem allar náðu lágmarks-  
einkunn og af þeim hlutu fjórar myndar-  
lega styrki. Þessi verkefni skipta ÍSOR miklu  
máli við að byggja upp þekkingu sem er  
grundvöllur þjónustu og ráðgjafar ÍSOR.

Kynslóðaskipti eiga sér nú stað hjá ÍSOR.  
Þeir starfsmenn sem undanfarna áratugi  
hafa verið burðarásinn í starfsemi ÍSOR  
fara nú á eftirlaun hver af öðrum. Þetta  
er sá stóri hópur fólks sem kom til starfa  
að orkumálum og jarðvísindum hjá Orku-  
stofnun á áttunda áratug tuttugustu  
aldar, þá nýútskrifað fólk úr háskólum.  
Þetta er hópurinn sem þróaði og leiddi  
þær rannsóknir sem liggja að baki hinni  
stórfelldu uppbyggingu hitaveitna og  
raforkuvinnslu úr jarðhita á Íslandi en  
naut jafnframt frumkvöðlastarfs þeirra  
fáu brautryðjenda sem áður höfðu komið  
til starfa. Þessi fjölmenni hópur verður að  
mestu horfinn úr starfsliðinu eftir 6-8 ár. Til  
að bregðast við þessu hefur ÍSOR lagt ríka  
áherslu á að ráða ungt fólk til starfa og  
þjálfa það upp með því að blanda reynslu  
þeirra eldri saman við kraft hinna ungu  
og færni þeirra í tölvutækni nútímans.  
Jafnframt hefur ÍSOR frá stofnun árið  
2003 lagt áherslu á að jafna kynjahlutföll  
í starfsliði sínu og meðal stjórnenda og  
hefur verulega áunnist í þeim efnum. Það  
er afar mikilvægt fyrir framtíð ÍSOR og  
orkurannsóknir á Íslandi að þessi kyn-  
slóðaskipti takist vel.

Árið 2012 var gerð sú breyting á stjórnar-  
ráði Íslands að auðlindamál voru að hluta  
til flutt til umhverfisráðuneytisins sem  
síðan hefur borið heitið umhverfis- og  
auðlindaráðuneytið. Hugsunin var sú að  
færa þangað rannsóknir á auðlindum en  
láta nýtingu náttúruauðlinda falla undir  
atvinnuvega- og nýsköpunaráðuneytið.  
Með hliðsjón af þessari skiptingu verk-  
efna milli ráðuneyta var ÍSOR fært frá  
iðnaðarráðuneytinu til umhverfis- og  
auðlindaráðuneytisins. Í sjálfu sér skiptir  
litlu máli fyrir ÍSOR undir hvaða ráðuneyti  
stofnunin fellur því hún er fjárhagslega  
og stjórnunarlega sjálfstæð. Nú er komin  
tæplega fjögurra ára reynsla á veru ÍSOR

undir umhverfis- og auðlindaráðuneytinu.  
Samskipti ÍSOR og ráðuneytisins  
hafa frá upphafi verið með ágætum.  
Ráðherra setti reglugerð um starf-  
semi ÍSOR árið 2014 en áður hafði verið  
gengið frá rammisamningi milli ÍSOR og  
ráðuneytisins um vinnu ÍSOR að verk-  
efnum fyrir ráðuneytið. Sá galli var þó á  
þessum breytingum á skipan ráðuneyta  
að umhverfis- og auðlindaráðuneytið  
fékk enga fjármuni til að kosta rannsóknir  
á orkulindum landsins. Í raun er því auð-  
lindaþáttur ráðuneytisins bara nafnið eitt,  
það lítur í reynd fyrst og fremst á sig sem  
umhverfisráðuneyti en auðlindaþátturinn  
gleymist gjarnan. Þetta er afar slæmt til  
framtíðar lítið.

ÍSOR hefur ítrekað lagt fram hugmyndir  
og tillögur um skipulegar rannsóknir á  
jarðhitaauðlindinni utan þeirra svæða  
þar sem orkufyrirtæki hafa nýtingar-  
eða rannsóknarleyfi. Þar er ekki verið að  
tala um rannsóknir sem miða að því að  
virkja sjálf háhitasvæðin, sem mörg eru  
í verndarflokki rammaáætlunar, heldur  
svæðin innan gosbeltanna á milli þeirra.  
Þar benda líkur til að fá megi mikla orku  
með borunum niður á 3-4 km dýpi. Áður  
en til þess kemur þarf kerfisbundna kort-  
lagningu á jarðfræði gosbeltisins og raf-  
leiðni jarðlaga sem gefur upplýsingar um  
hita djúpt í jörðu og slíkt tekur tíma. Með  
hóflegum fjárframlögum, t.d. 100-200  
m.kr. á ári, í þennan málefnaflokk mætti  
fá greinargóðar upplýsingar um jarð-  
hitaauðlindina á næstu 10-20 árum. Það  
gæti stuðlað að skynsamlegri nýtingu  
hennar á komandi áratugum til að mæta  
vaxandi raforkupörf án þess að fara inn  
á þau svæði sem menn helst vilja vernda  
til frambúðar. Til að tryggja að umhverfis-  
og auðlindaráðuneytið geti staðið undir  
nafni er nauðsynlegt að tryggja því fé til  
rannsókna á jarðrænum auðlindum lands-  
ins. Ef það verður ekki gert væri betra að  
færa auðlindaþáttinn til atvinnuvega- og  
nýsköpunaráðuneytisins



# Looking ahead

Ólafur G. Flóvenz CEO

The year 2015 was a very favourable one for ÍSOR. The company returned a small profit for the second year that is being used to improve ÍSORs' infrastructure and to pay for own research projects. Increased business in Iceland and the growing need for energy has led to ÍSORs' involvement in larger projects. Marketing abroad has been successful and it is obvious that the knowledge and experience of ÍSORs' staff is held in high regard in world of geothermal. Increased interest in geothermal utilization worldwide may be attributed to the battle against climate change. This has resulted in various collaborations between ÍSOR and international organizations involved in geothermal and environmental projects. Staff numbers at ÍSOR has grown significantly recently and young, well-educated people have joined the institute. The gender balance within the staff and directors is gradually improving. Over 300 applications were received for seven posts that were advertised recently, showing that jobs at ÍSOR are in great demand.

As usual, ÍSORs' staff played an important part in the release of research findings at the World Geothermal Congress (WGC-2015) and ÍSORs' scientists claimed both of the awards that the International Geothermal Association awarded for the best geothermal research papers from the past five years. There were also excellent outcomes for the grant research applications to the EU Framework Programme for Research and Innovation; Horizon 2020. ÍSOR participated in five proposals that all scored the minimum grade, four of which earned substantial grants. Such projects are of vast importance to ÍSOR as they concern the development of infrastructure and the knowledge, which is the basis of all of ÍSORs' service and consultancy work.

One might say that a generational shift is occurring at ÍSOR. The individuals who

hitherto have been the linchpins in ÍSORs' operations are now gradually heading towards retirement. This original group of scientists started working at The National Energy Authority, the predecessor of ÍSOR, in the 70's, having just graduated from their studies. They developed and lead all research work that was carried out and laid the groundwork for today's large-scale development of heating utilities and electricity production from geothermal energy in Iceland. They also worked with the first pioneers in this field. Since this large group will mostly leave ÍSOR in the next 6-8 years, the company places great emphasis on recruiting young scientists to work alongside their older colleagues, so that both parties may benefit. At the same time, ÍSOR has from the start in 2003, successfully emphasized the importance of gender equality in the workplace. It is of extreme importance for the future of ÍSOR and energy research in Iceland that this inter generational paradigm shift is successful.

In 2012, ÍSOR was moved from the Ministry of Industry to the Ministry of the Environment and Natural Resources. When it comes down to, it is of little concern to ÍSOR which ministry it belongs to since ÍSOR is fully independent financially as well as administratively. Today, ÍSOR has been under the Ministry of the Environment and Natural Resources for four years. All interactions between the two parties have been excellent from day one. The minister put forward a regulation on ÍSOR in 2014, but before that, a framework agreement between ÍSOR and the Ministry of the Environment and Natural Resources had been made, concerning projects that ÍSOR would carry out on the ministry's behalf. However, there was a flaw, since no money was allocated to the ministry to pay for the research of Iceland's geothermal resources. Thus, the role of natural resources research within the Ministry

of Environment and Natural Resources seems to be meaningless as the Ministry's primary interest is the environment, whilst research into natural resources is ignored. For future reference, this is not a good thing.

ÍSOR has repeatedly introduced ideas and proposals for organized research, on the geothermal resource outside of areas where the power companies have been granted research or utilization permits. We are not referring to research that aims to harness the geothermal areas themselves, many of which fall under the protection group in Iceland's Master Plan on Protection and Utilization, but those areas that fall within the volcanic zones between the known geothermal areas. Such areas may have potential to provide a huge energy resource by drilling 3-4 km into the earth. Before that can be done, careful and systematic mapping of the geology of the volcanic zones and the electrical conductivity of the subsurface must be measured. The electrical conductivity provides information about temperature distribution in the Earth's crust. This is a long-term project, but it will provide the basis for energy production in the future. With a moderate contribution of, for instance, 1-2 M€ per year, detailed information on the geothermal resources of Iceland could be obtained over the next 10-20 years. This would contribute to the sensible utilization of the geothermal resources for the coming decades, in order to meet the growing need for energy, whilst also leaving untouched those sensitive areas that we prefer to protect. In order to ensure that the Ministry of the Environment and Natural Resources could live up to its name, it is necessary to secure funds for research on geo-resources. If that doesn't work, the natural resource part is better be moved to the Ministry of Industries and Innovation.

# Rekstraryfirlit fyrir árið

Rekstur ÍSOR gekk vel á árinu 2015 og hækkuðu heildartekjur um 13,2% milli ára, eða 163 m.kr.

Eiginfjárlutfall ÍSOR er gott, eða ríflega 60%.

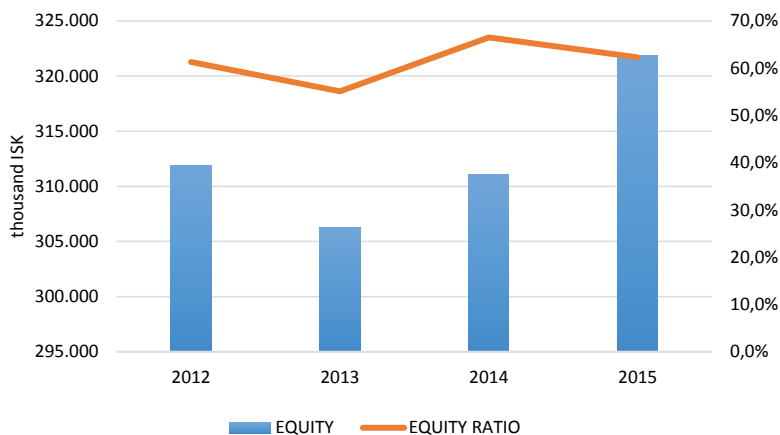
Undanfarin ár hefur ríkari áhersla verið lögð á verkefnaþróun og erlenda markaði til að draga úr sveiflum í rekstri. Í dag er um þriðjungur af veltu ÍSOR í erlendum verkum og er það veruleg aukning ef horft er nokkur ár aftur í tímann. Verkefni ÍSOR á sviði háhita eru umfangsmest, eða ríflega 60% af heildarveltu ársins 2015.

ÍSOR had a good year of operation in 2015 with total revenues increasing by 13,2% compared to the year before, or by ISK 163 million.

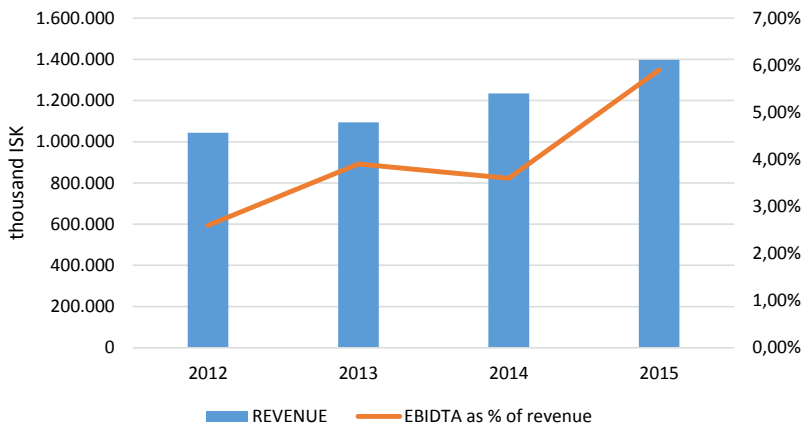
ÍSORs' equity ratio is good, or over 60%.

More focus has been on project development and international markets in recent years as a means to reduce operational fluctuations. Today a third of ÍSORs' turnover comes from foreign projects which is a significant increase compared to recent years. More than 60% of ÍSORs' total turnover in 2015 originates from high-temperature projects.

Eigið fé og eiginfjárlutfall / Equity and equity ratio



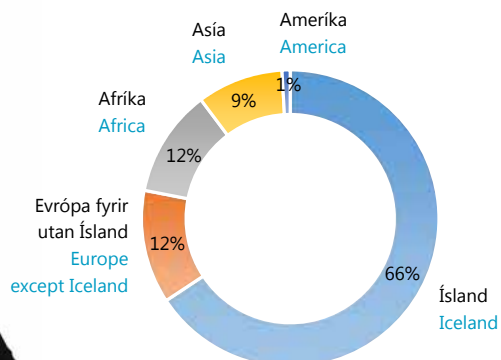
Tekjur og EBIDTA / Revenue and EBIDTA



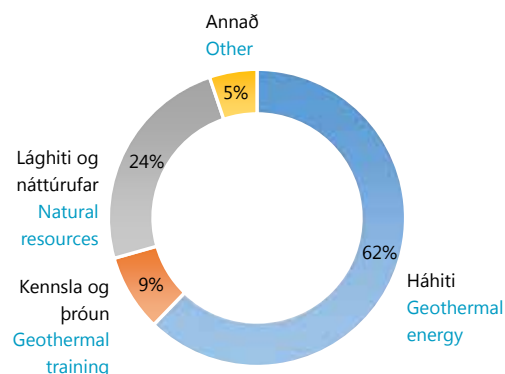
Guðrún Erlingsdóttir  
fjármálastjóri  
Financial Manager



Skipting veltu ÍSOR eftir heimshlutum  
Revenue by geographical location in 2015



Skipting veltu ÍSOR  
Revenue by business segment





# Financial Statements for the Year

		2015	2014
<b>Rekstrarreikningur (þús. kr.)</b>	<b>Income statement (ISK thousands)</b>		
Rekstrartekjur	Operating revenues	<b>1.397.463</b>	<b>1.234.503</b>
Rekstrargjöld	Operating expenses	1.314.612	1.190.589
Afskriftir	Depreciation	71.096	39.778
		<b>1.385.708</b>	<b>1.230.367</b>
Rekstrarhagnaður (tap) fyrir fjármagnsliði	Operating profit (loss) before financial expenses	11.755	4.136
Fjármagnstekjur (gjöld)	Net financial income	(946)	655
<b>Hagnaður (tap) ársins</b>	<b>Net profit (loss)</b>	<b>10.809</b>	<b>4.791</b>
<b>Efnahagsreikningur (þús. kr.)</b>	<b>Balance sheet (ISK thousands)</b>		
Fastafjármunir	Fixed assets	135.405	154.520
Veltufjármunir	Current assets	381.326	313.294
<b>Eignir alls</b>	<b>Total assets</b>	<b>516.731</b>	<b>467.814</b>
Eigið fé	Total equity	321.881	311.073
Skammtímaskuldir	Liabilities	194.850	156.741
<b>Eigið fé og skuldir alls</b>	<b>Total liabilities and equity</b>	<b>516.731</b>	<b>467.814</b>
<b>Sjóðstreymi (þús. kr.)</b>	<b>Cash flow (ISK thousands)</b>		
Veltufé frá rekstri	Working capital from operating activities	82.273	48.069
Breytingar á rekstrartengdum eignum og skuldum	Cash provided by operating activities	4.633	(70.273)
Fjárfestingahreyfingar	Cash flows from investing activities	(52.350)	(79.910)
<b>Hækkun (lækkun) á handbæru fé</b>	<b>Free Cash flow</b>	<b>34.556</b>	<b>(102.114)</b>
<b>Kennitölur</b>	<b>Key figures</b>		
EBITDA	EBITDA	82.851	43.914
EBITDA-hlutfall	EBITDA ratio	5,9%	3,6%
Eiginfjárhlutfall	Equity ratio	62,3%	66,5%
Arðsemi eigin fjár	Return on Equity	3,5%	1,6%



Fjórar holur voru boraðar hérlandis á árinu og sá ÍSOR um jarðlagamælingar og ráðgjöf. Fyrir Orku náttúrunnar voru boraðar tvær vinnsluholur, HE-58 í Hellis-skardi á Hellisheiði í 2531 m dýpi og NJ-28 á Nesjavöllum sem varð 1301 m djúp.

Fyrir HS Orku voru tvær holur boraðar. Ein niðurdælingarhola, RN-34, var boruð á Reykjanesi niður á 2695 m dýpi og er hún norðvestur af Sýrfelli. Ein vinnsluhola til gufuöflunar, SV-24, var svo boruð í Svartsengi í 2004 m dýpi.

Á Kröflusvæðinu voru gerðar borholu-mælingar í tengslum við eftirlit og hreinsun á holum KJ-14 og KJ-15 auk þess sem ÍSOR sinnti ýmiskonar mælingum við hreinsun holu IDDP-1. Vegna þess hve holan var illa farin tókst ekki að hreinsa hana og var hún að lokum fyllt með mól og steypu.

Á árinu var jafnframt unnið að lokaáfanga verkefni fyrir Landsvirkjun um tektóniska greiningu á Þeistareykjasvæðinu og tengslum þess við Tjörnesbrotabeltið. Verkinu lauk með þverfaglegri greiningu á tiltækum gögnum í þeim tilgangi að setja fram heildstæða túlkun á samspili gliðnunar í rekbeltinu og Tjörnesbrotabeltisins og áhrifum þess á jarðfræði svæðisins og jarðhitavirkni. Niðurstöðurnar voru notaðar til að benda á álitleg svæði til borunar. Verkefnið er unnið með samskonar aðferðafræði og hefur verið beitt á Reykjanesi fyrir HS Orku.

Sífelld meiri áhersla hefur verið lögð á þverfaglega nálgun á síðustu árum þegar kemur að rannsóknum og þekkingaröflun á innri gerð og eðli jarðhitakerfa.

## Háhitari

Háhitaboranir hófust á ný á árinu hjá orkufyrirtækjum í landinu eftir að hafa legið niðri allt árið 2014. Þjónusta ÍSOR vegna háhitaborana er ein af grunnstoðum starfseminnar og því er mikilvægt að geta boðið hana hér á landi. Þjónustan er margþætt og felur m. a. í sér að safna sýnum af borsvarfi á tveggja metra dýptarbili til að greina jarðlög og ummyndun bergsins og fá þar með vitneskju um jarðhitakerfið á borstað. Síðan eru ýmsar mælingar gerðar í borholunum á meðan á borun stendur. Hitamælingar eru gerðar til að afla vitneskju um æðar og upphitun í borholunni, jarðlagamælingar (viðnáms-,

nifteinda-, gamma- og víddarmælingar) til að fá upplýsingar um jarðlög og lögur borholunnar og hljóðsjármælingar til að greina sprungur sem holan sker ásamt því að fá upplýsingar um legu sprungnanna og staðfestingu um jarðlög. Einnig eru gerðar gírómælingar í stefnuboruðum holum til að fylgjast með hallauppyggingu og stefnu þeirra. Lokahnykkurinn við borun er þrepapróf til að meta lekt í jarðhitakerfinu við holuna og áætla afkastagetu. Að lokinni borun er holunni leyft að hitna upp og eru hita- og þrýstingsmælingar gerðar til að fylgjast með upphituninni. Að upphitun lokinni er holan afkastaprófuð og þá fyrst kemur árangur borunarinnar í ljós.



Benedikt Steingrímsson  
sviðsstjóri / Director

# Geothermal Energy

The Icelandic power companies continued high-temperature drilling this year after work had been discontinued for twelve months. ÍSORs' expertise in all areas of high-temperature drilling is crucial to its operation and therefore, it is vital that this service can be offered in Iceland. The miscellaneous nature of ÍSORs' work includes the collection of drill cuttings in order to analyse lithology and rock transformation, thus identifying all features of the geothermal system at any drill site. Various measurements are executed of the boreholes during the drilling phase. Loggings of high temperature are made in order to gain knowledge of fractures, feed-zones, lithology and warm-ups in wells (e.g. resistance, neutrons, gamma and caliper), to better understand the lithology and configuration of the borehole. Televiwer measurements are used to identify faults and fractures in boreholes, as well as gaining further information on the stratigraphy.

Gyro measurements are performed in directionally drilled wells in order to assess the inclination and azimuth of the well path. Pressure transient analysis is used to identify permeability and to estimate the productivity of the well. On completion of drilling temperature and pressure are measured in order to monitor the heating process. When the borehole reaches equilibrium, its performance is measured and the result of the drilling becomes clear.

Four boreholes were drilled in Iceland this year and ÍSOR provided services for mud logging and consultancy. Two wells were drilled for ON Power, one in Hellisskarð (HE-58), 2531 m in depth and another in Nesjavellir (NJ-28), 1301 m in depth. Two boreholes were drilled for HS Orka. One injection well, RN-34, was drilled in Reykjanes north west of Sýrfell, down to 2695 m. A production well for providing steam, (SV-24) was then drilled at Svartsengi down to 2004 m depth. In the Krafla region, borehole measurements in connection to monitoring control and cleansing were performed in wells KJ-14 and KJ-15 and ÍSOR also provided miscellaneous measurements as a result of cleansing of borehole IDDP-1. However, due to the poor condition of the well the cleaning was not successful and it was plugged with gravel and concrete.

In 2015 the last stage of a tectonic analysis for the Þeistareykir region and its

connection to the Tjörnes fracture zone was completed. That project was finished by an interdisciplinary data analysis of all data, in order to better understand the interaction of spreading in the Northern rift zone and the Tjörnes fracture zone and its influence on geothermal activity in the area. The results were used to pinpoint potential drilling areas.

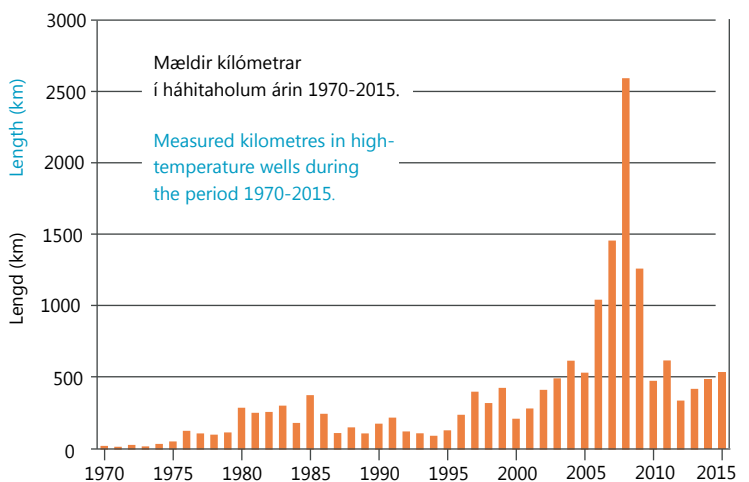
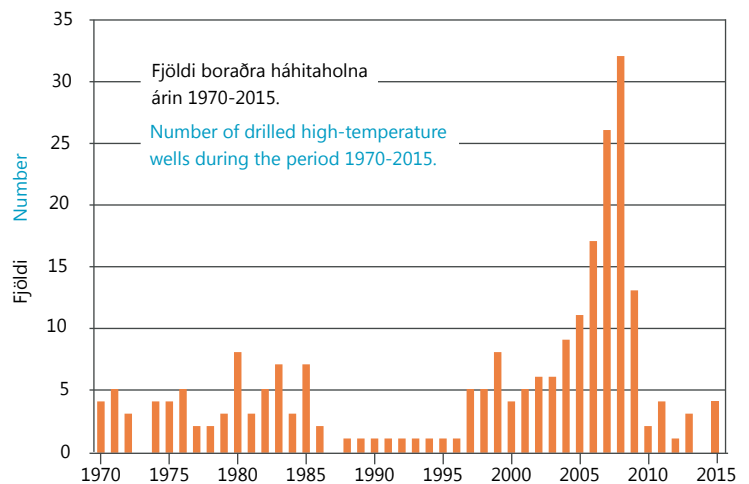
## Resistivity measurements

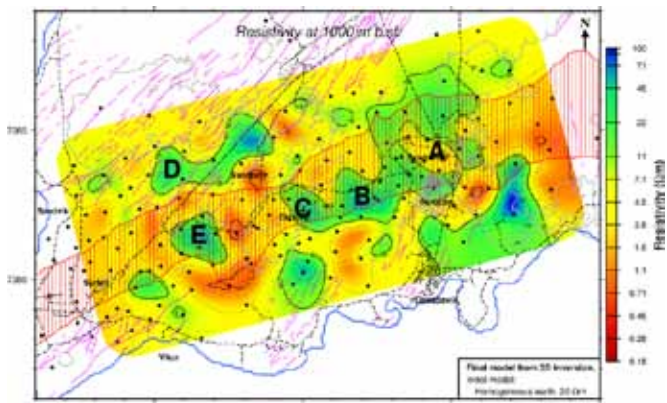
Resistivity measurements, which is one of the main methodologies used in geothermal exploration and delimitation of geothermal systems, were conducted last summer. Over previous years, ÍSOR has performed resistivity measurements at the Reykjanes Peninsula and made a 3D-resistivity model of the geothermal systems in that area. This year, a 3D-model covering the area from Sandvík in the west to the east of Svartsengi. The model, which was created for HS Orka, contains 163 TEM and MT measurements and it is the most comprehensive 3D resistivity model that ÍSOR has completed so far. In

addition more measurements are being included to the model and work on a new 3D model for Sandvík is underway. During the summer, a resistivity profile, which is intended to connect the geothermal area at Krýsuvík to the geothermal area at Hengill, was executed. The profile, which includes Brennisteinsfjöll, is very difficult to access so completed intended measurements was not possible to finish. In late summer, the volcanic fissure swarm at Holuhraun north of Vatnajökull, was explored using MT- and TEM-measurements.

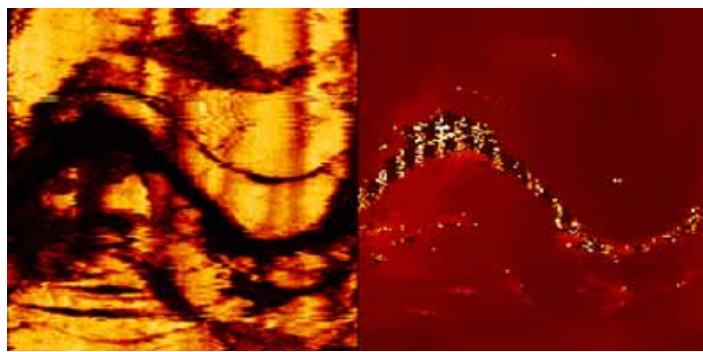
## Seismic monitoring and research

ÍSOR has installed and operates seismic networks on behalf of the energy companies HS Orka on Reykjanes and Landsvirkjun in the Námafjall-Krafla-Þeistareykir areas. Considerable maintenance has been carried out on these networks, as well as relocation of stations and the installation of new ones.





1



2

## Viðnámsmælingar

Líkt og undanfarin ár var sumartíminn nýttur til viðnámsmælinga en það er ein af megináðferðunum við jarðhitaleit og afmörkun háhitakerfanna. Á undanförunum árum hefur ÍSOR gert viðnámsmælingar á Reykjanesskaga og unnið þrívíð viðnámslíkön af jarðhitakerfunum þar. Á árinu var gert viðnámslíkan af svæðinu frá Sandvík í vestri allt austur fyrir Svartsengi. Líkanið, sem unnið var fyrir HS Orku, byggist á 163 mælipörum af TEM- og MT-mælingum og er stærsta þrívíða viðnámslíkan sem ÍSOR hefur gert til þessa. Í framhaldi af því var fleiri mælingum bætt við og hafin vinna við þrívíddarlíkan af Sandvík. Um sumarið hófust mælingar eftir sniði sem er ætlað að tengja jarðhitakerfið í Krýsuvík á Reykjanesskaga við jarðhitakerfið í Hengli. Sniðið liggur einnig um Brennisteinsfjöll. Land er þar mjög erfitt til mælinga og tókst ekki að ljúka mælingum. Í lok sumars var farið að eldstöðvunum í Holuhrauni og mælt snið MT- og TEM-mælinga yfir gossprunguna.

## Jarðskjálftarannsóknir

Töluverð vinna var tengd uppsetningu og rekstri jarðskjálftamælistöðva sem ÍSOR hefur komið upp fyrir orkufyrirtækin á Reykjanesi og við Kröflu. Um er að ræða nokkuð þétttriðið net skjálftamæla sem gefa gögn í rauntíma. Alls eru 11 jarðskjálftamælar á Reykjanesi með rauntímatengingu, þar af 4 mælar Veðurstofunnar, auk 6 mæla þar sem sækja þarf gögn. Á svæðinu frá Þeistareykjum að Námafjalli eru 17 jarðskjálftamælar Landsvirkjunar og ÍSOR og 6 mælar Veðurstofunnar með rauntímatengingu. Nákvæm greining á jarðskjálftum við Þeistareyki var gerð vegna áætlana um boranir þar. Við Nesjavelli var rekið jarðskjálftamælanet haustið 2015. Það var gert til að fylgjast með skjálftum sem hugsanlega yrðu samhliða borun NV-28 og niðurdælingu í Kýrdal. Unnið hefur verið að bættri staðsetningu jarðskjálfta í Húsmúla fyrir tímabilið þegar full niðurdæling var sett í gang haustið 2011. Sú vinna er að hluta til doktorsverkefni starfsmanns ÍSOR og er unnið í samvinnu við

Háskólann í Uppsölum. Gagnasöfnun fyrir IMAGE-verkefnið er lokið og unnið er að úrvinnslu á gögnum sem öfluðust. Í DEEPEGS-verkefninu verður nokkur vinna tengd jarðskjálftamælingum og hófst undirbúningur og skipulag þeirrar vinnu á árinu. Talsverð innri vinna fór einnig fram varðandi uppfærslur á hugbúnaði, endurbætur og uppfærslur á stöðvaupplýsingum og varðveislu gagna.

## Holusjármælingar

Mæling með holusjá í borholu sýnir stefnubundnar hljóðmyndir af holuveggnum sem nota má til að staðsetja sprungur og jarðlagamót sem holan sker og ákvarða stefnu þeirra og halla. Holusjármæling byggist á því að mælitækið sendir frá sér hljóðmerki sem rekst á holuvegginn og endurkastast í áttina að tækinu. Út frá ferðatíma og útslagi endurkastans eru búnar til myndir af holuveggnum sem gefa vísbendingar um þætti eins og sprungur, brot og gljúpleika bergsins.

Holusjá var fyrst notuð á Íslandi árið 2002 á Hjalteyri við Eyjafjörð og nú hafa rúmlega 60 borholur verið mældar bæði á lághita- og háhitasvæðum, yfirleitt með það að meginmarkmiði að ákvarða stefnu og halla sprungna, einkum vatnsleiðandi sprungna. Mælingarnar hafa reynst góð viðbót við hefðbundnar borholumælingar og nýst við kortlagningu á vatnsleiðandi sprungum sem holurnar skera og við gerð hugmyndalíkana af jarðhitakerfunum. Jafnframt hafa menn notað niðurstöður holusjármælinga í eldri holum á ákveðnum jaðhitasvæðum til að staðsetja borholur, sem ætlað er að skera ákveðnar sprungur sem sjást með holusjóni á ákveðnu dýpi. Þetta hefur reynst mjög árangursríkt. Sem dæmi má nefna jarðhitasvæðið við Hoffell í Nesjum en þar hafa tvær djúpar rannsóknar-/vinnsluholur verið staðsettar á grundvelli holusjármælinga í eldri holum og í báðum tilfellum var hitt í þær sprungur sem miðað var á.

Auk náttúrulegra sprungna eru brot og sprungur, sem myndast í holuvegg við borun, oft sjáanleg á holusjarmyndum en slík fyrirbæri gefa vísbendingar um

spennusvið í jarðskorpunni umhverfis holuna. Nýlega birtist vísindagrein í tímaritinu Tectonophysics sem fjallar um spennusviðskort af Íslandi. Kortið sýnir stefnu mestu láréttu spennu ( $S_{Hmax}$ ) í jarðskorpunni á Íslandi en meðal þeirra gagna sem notuð voru við gerð þess eru holusjármælingar sem ÍSOR gerði á árunum 2002–2015.

## Rennslismælingar

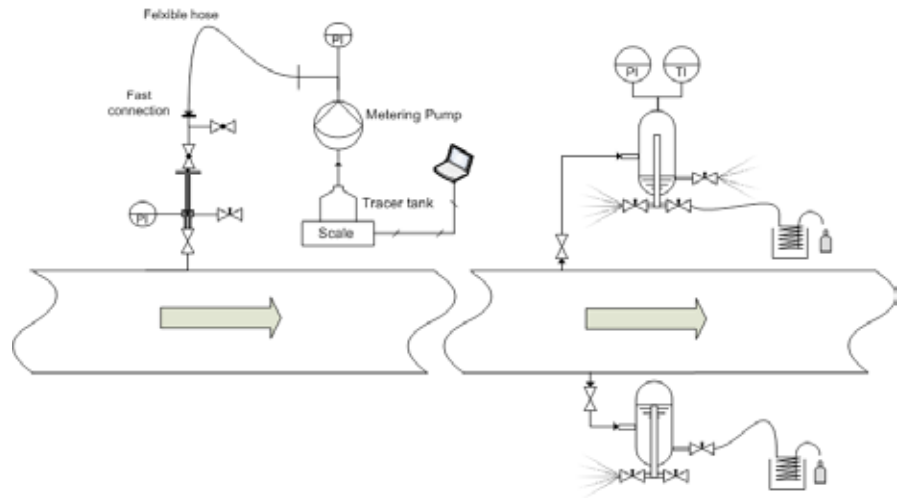
### með ferilefnum (TFT)

Rennslismælingar með ferilefnum hafa verið notaðar í auknum mæli á undanförunum árum til að meta tveggja fasa rennsli úr jarðhitaholum. Aðferðin er gjarnan notuð samhliða hefðbundnum aðferðum við rennslismælingar við prófanir á holum og við eftirlit á afköstum vinnsluholna og jarðhitageyma.

Aðferðin byggist á notkun tveggja ferilefna sem dælt er inn í lögn frá borholu með innsprautunarnál sem tryggir fullnægjandi blöndun við vatn og gufu í lögninni. Sýnum af vatni og þéttivatni er safnað neðar á lögninni og styrkur ferilefnanna mældur í sýnunum. Þynning ferilefnanna er notuð til að ákveða vatns- og gufurennslid. ÍSOR beitir aðferð sem Brian Lovelock lýsti árið 2001 en þar er Na-Fluorescein notað sem ferilefni fyrir vatnsfasann og alkóhól (ísóprópanól) fyrir gufufasann. TFT-mælingar eru í auknum mæli notaðar við eftirlit á háhitasvæðum þar sem afköst holna og vermi rennis úr þeim ásamt öðrum gögnum veita mikilvægar upplýsingar um ástand jarðhitageyma.

TFT-mælingar hafa allmarga kosti umfram hefðbundnar aðferðir við mat á rennsli og afköstum jarðhitaholna. Aðferðin truflar ekki rennsli úr þeim holum sem verið er að mæla hverju sinni og því má beita mælingunum án þess að hafa áhrif á rekstur vinnsluholna. Fyrir vikið er einnig líklegri aðstæður en þegar holur eru teknar úr rekstri fyrir mælingar. Aðferðin gefur einnig kost á miklum sveigjanleika í mælingum.

- 1 Viðnám í 1000 m u.s.  
Example of a resistivity map  
at 1000 m b.s.l.
- 2 Opin sprunga sést á  
endurkastamynd (til vinstri) og  
ferðatíamamynd (til hægri).  
Open fracture visible in amplitude  
image (left) and travel time image  
(right).
- 3 Einföld skýringarmynd af  
búnaði sem notaður er við  
rennismælingar.  
Schematic diagram of tracer  
measurement setup.



On Reykjanes 11 seismic stations with real time data actuation, 4 of which are part of the regional seismic network operated by the Icelandic Meteorological Office. There are 17 real time seismic stations operated by ÍSOR on behalf of Landsvirkjun, and in addition the real time data from 6 stations of the Icelandic Meteorologic Office are accessible. Due to planned drillings at Þeistareykir, detailed analyses of earthquakes in the area were carried out. A temporary seismic network was in operation at Nesjavellir in the Hengill area, during the summer and autumn of 2015. It was installed to monitor possible earthquakes during drilling and re-injection in the area. Improvement of detection and location of earthquakes during a full-scale injection at Húsmúli, in the Hengill area, in the autumn of 2011, has been addressed. This is part of a PhD project being undertaken by an ÍSOR employee in collaboration with Uppsala University. Data collection for the IMAGE project has finished and now the focus is on interpretation of the data. The DEEPEGS project on the Reykjanes Peninsula includes considerable seismic work and planning of that began this year. The updating of software for analysis of the data, improvement of station inventory and data storage, has also demanded significant effort.

### TelevIEWER logging

TelevIEWER logs provide oriented acoustic images of the inside of the borehole wall which can be used to locate fractures and bedding along the well path and determine their orientations. The TelevIEWER logging tool transmits ultrasonic pulses that encounter the borehole wall and are reflected again towards the tool.

The images, which are created from the travel time and amplitude of the acoustic wave, give indications on factors such as fractures, breakouts and the porosity of the rock.

In Iceland, TelevIEWER logging was first carried out in 2002 in Hjalteyri. Currently, just over 60 wells have been logged, both at low-temperature and high-temperature areas, usually with the principal aim of determining orientations of fractures, particularly permeable fractures. The TelevIEWER logs have proved to be a helpful addition to conventional well logs and been useful in mapping of geothermal systems and creation of conceptual models. Moreover, results of TelevIEWER logging have been used to site wells that are assigned to cut specific fractures at a specific depth, which has proved to be a good addition to more conventional methods of siting wells. For example, two deep exploration-/production wells have been sited on grounds of TelevIEWER logs in the geothermal area at Hoffell in Nesjar, and in both cases the proposed fractures were encountered.

In addition to natural fractures, borehole breakouts and drilling-induced fractures are often visible in TelevIEWER images. Such failures of the borehole wall are indicators of the in-situ crustal stress orientation. Recently a comprehensive stress map of Iceland was published in a peer-reviewed paper in the scientific journal *Tectonophysics*. The map is the result of a comprehensive and systematic compilation of the orientation of maximum horizontal stress ( $SH_{max}$ ) in Iceland, and among the data used for its creation are TelevIEWER logs, run by ÍSOR in 2002 through 2015.

### Tracer Flow Testing (TFT)

Tracer Flow Testing (TFT) has in recent years become a widely used method to measure flow from discharging wells. The method is commonly used along with conventional methods during well testing and in producing wells, as part of well/reservoir monitoring.

Two tracers, one for the liquid phase and another for the steam phase, are pumped from a tracer mix into the flow line with an injection needle to ensure proper mixing of the tracers. Samples of the two tracers are collected downstream and the dilution used to calculate the flow of liquid and steam, respectively. ÍSOR uses a method described by Brian Lovelock in 2001 which is based on the use of Na-Fluorescein for the liquid phase and alcohol (isopropanol) for the steam phase. TFT is increasingly being used in reservoir monitoring as the well output and discharge enthalpy, along with other data, give valuable information on individual wells and the condition of reservoirs.

The TFT method has number of advantages compared to traditional methods in evaluating flow from geothermal wells. The method is non-invasive and thus, wells can be measured without interrupting power plants. Stable flow conditions are more likely as the production is not disturbed, permanent well head test equipment is not needed, atmospheric discharge of wastewater is avoided and TFT allows significant flexibility in scheduling testing.



1

# Umhverfiseftirlit

## Jarðhitasvæðin á Þeistareykjum, við Námafjall og í Kröflu

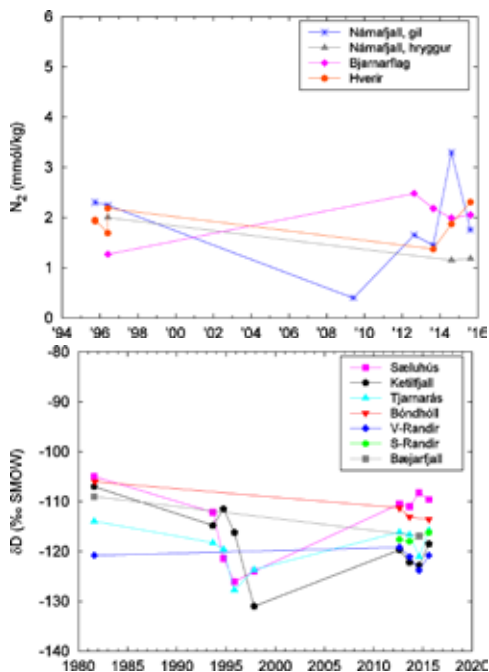
Starfsmenn ÍSOR hafa sinnt reglubundnu umhverfiseftirliti fyrir Landsvirkjun á háhitasvæðum á Norðausturlandi, þ.e. á Þeistareykjum, Námafjalli og í Kröflu, allt frá árinu 2012. Eftirlit með jarðhitasvæðum er mikilvægt til að fylgjast með náttúrulegum breytingum á yfirborðsvirkni og hvernig borholurnar og jarðhitageymarnir bregðast við vinnslu. Í tæp 40 ár hefur jarðhitakerfið í Kröflu verið nýtt til raforkuframleiðslu (60 MW) og smávægileg vinnsla er úr Námafjallskerfinu (Bjarnarflagi, 2 MW) en rannsóknir og rannsóknarboranir hafa verið gerðar á Þeistareykjum á undanförunum tíu árum og þar er nú verið að reisa 45 MW jarðvarmavirkjun.

Jarðhitavirkni á yfirborði er síbreytileg af náttúrulegum ástæðum, svo sem vegna eldvirkni og jarðhníks, en virkni getur einnig breyst í tengslum við orkuvinnslu úr jarðhitakerfum. Til að unnt sé að meta þær breytingar sem verða vegna vinnslu er nauðsynlegt að kortleggja yfirborðsvirkni og efnafærði gufu og grunnvatns vandlega. Frá ári til árs hefur verið fylgst með þeim breytingum sem orðið hafa á jarðhitavirkninni og efnasamsetningu grunnvatns og gufu á þessum svæðum

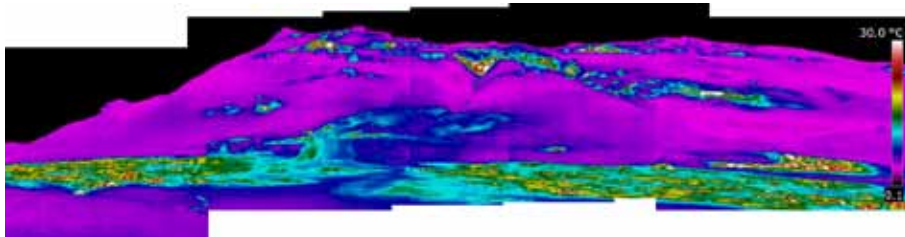
undanfarin ár og áratugi hvort heldur sem er af náttúrulegum orsökum eða af völdum jarðhitanytingar. Niðurstöður hvers árs eru bornar saman við eldri athuganir á svæðunum sem ná mislangt aftur í tímann eftir atvikum. Niðurstöðurnar leggja síðan grunn að frekara eftirliti til framtíðar. Á jarðhitasvæðunum eru gerðar ítarlegar rannsóknir á jarðhitavirkni, útbreiðsla jarðhitans er kortlögð og teknar myndir m.a. með hitamyndavél. Koldíoxíðflæði um jarðveg er mælt og sýni tekin úr gufuaugum.

Óverulegar breytingar hafa orðið á yfirborðsvirkni á svæðunum þremur undanfarið ár en þó má enn sjá merki um minnkandi jarðhitavirkni á Kröflusvæðinu þar sem töluverðar breytingar urðu í Kröfluendum, sem stóðu frá 1975–1984. Fremur litlar breytingar eru á efnasamsetningu gufunnar milli ára en þó virðist gasstyrkur fara heldur vaxandi á Námafjalli og Hverum austan Námaskarðs, svo og í Ketilfjalli á Þeistareykjum. Niðurstöður jarðvegsgasmælinga sýna að bæði koldíoxíðflæði og hækkað jarðvegshitastig er fyrst og fremst að finna þar sem einnig er virk jarðhitavirkni á yfirborði.

Efnasamsetning grunnvatns í Mývatnssveit hefur verið rannsökuð árlega frá árinu 2002 í þeim tilgangi að meta áhrif affallsvatns frá virkjununum í Kröflu og Bjarnarflagi. Fyrir þann tíma var eftirlitið óreglulegra en lengstu sýnaraðirnar teygja sig aftur til 1970. Einnig hefur verið fylgst með efnasamsetningu grunnvatns í Þeistareykjasprungusveimnum, bæði á Þeistareykjum frá 2012 og í Kelduhverfi frá 2007, til viðmiðunar í framtíðinni þegar vinnsla hefst á Þeistareykjum. Vöktunin undanfarið ár sýnir engar meiriháttar breytingar frá fyrri árum. Eftirlit með efnasamsetningu grunnvatns í Mývatnssveit síðustu áratugina sýnir að áhrifa jarðhitavatns frá Bjarnarflagsvirkjun og Kröfluvirkjun gæti hvorki í vatni í heitum og köldum lindum við Mývatn né í grunnvatni vestan Námafjalls.



2



3

- 1 Efnafræðingur að störfum við sýnatöku á Námafjalli.  
Geochemist sampling at Námafjall, NE-Iceland.
- 2 Fylgst er náið með gasstyrk í gufu, eins og nitri, koltvísýringi, argoni, metani, súrefni, vetni, og brennisteinsvetni og samsætuhlutföllum í þéttivatni,  
Gas observation in the steam, such as nitrogen, carbon dioxide, argon, methane, oxygen, hydrogen, hydrogen sulphide and isotopes are carefully monitored.
- 3 Hitamynd af Námafjalla. Litaskalin fer úr fjólubláum (kaldast) yfir í hvítann lit (heita).  
Infrared image at Námafjall, NE Iceland.. Colour scale shows purple as "cold" and white as "hot".

# Monitoring Geothermal Activity

## Peistareykir, Námafjall og Krafla Geothermal Field

ÍSORS' specialists have from the year 2012 systematically monitored the high temperature fields in the North East of Iceland, i.e. at Peistareykir, Námafjall and Krafla. It is of vital importance to monitor the geothermal fields in order to observe natural changes in surface activity and understand the response of these areas to production. For almost 40 years, the geothermal system of Krafla has been utilized for the production of electricity (60 MW), with limited power also coming from the Námafjall system (Bjarnarflag, 2 MW). Research and exploration drilling have been carried out at Peistareykir for the last few years, where a plant producing up to 45 MW of power is planned.

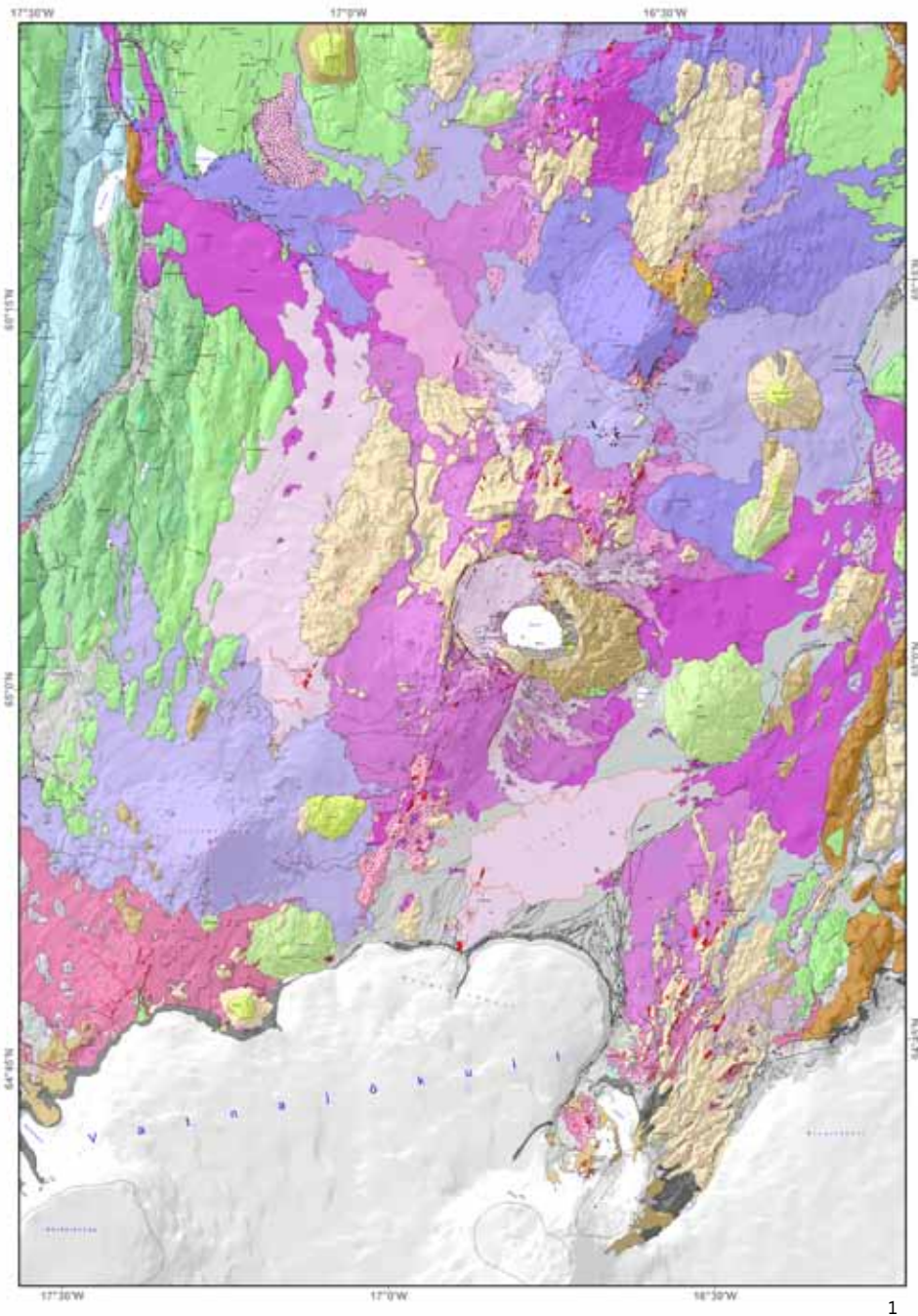
Surface geothermal activity is constantly changing due to natural causes, such as volcanic activity and tectonic events, but changes in the activity can also be related to energy production from the geothermal systems. To be able to evaluate changes resulting from the production, it is necessary to map the surface activity and explore chemical gases and groundwater systems carefully year by year. In this way it is possible

to monitor any changes that may have occurred in the geothermal activity and chemical composition of groundwater and gas over a period of time, either by natural causes or geothermal utilization. The results from each year are then compared to previous studies made in earlier years. Thus, the results establish the basis for further monitoring in the future. Detailed studies of geothermal activity are conducted in the geothermal fields, such as mapping distribution of geothermal manifestations, and photographs are taken, often using a thermal camera (infrared imagery). Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) flux through soil is measured and steam samples are collected.

Minor changes have occurred in surface activity in the three areas in recent years, although signs of declining activity in the Krafla area are still observed, following changes which occurred after the Krafla Fires of 1975 to 1984. Studies show relatively small annual changes in the chemical composition of steam, but it appears that the concentration of gas is increasing at Námafjall ridge, at Hverir east of Námaskarð and at Mt. Ketilfjall in

the Peistareykir area. Results of CO<sub>2</sub> flux and heat measurements show that both the carbon dioxide flow and elevated soil temperature coincides mainly with areas of visible surface geothermal activity.

Groundwater composition in Mývatnssveit has been studied annually since 2002, in order to evaluate the impact of waste water from the Krafla and Bjarnarflag power plants. Previously, monitoring was irregular, although some sampling was carried out over a period before the Krafla Fires. Monitoring of the chemical composition of groundwater in the Peistareykir fissure swarm, has been executed since 2012 and in Kelduhverfi since 2007, in order to establish a reference, employed when power production is initiated at Peistareykir. Results of monitoring of the chemical composition of water in springs at Lake Mývatn, and of groundwater west of Námafjall, over decades do not show any impact by geothermal water from the power stations in Bjarnarflag and Krafla.



1 Jarðfræðikort af Norðurgosbelti. Syðri hluti - Ódáðahraun 1:100 000. Þetta er fyrsta nákvæma jarðfræðikortið sem gefið hefur verið út af þessum landshluta. [Geological Map of the Northern Volcanic Zone, Southern Part - Ódáðahraun](#)

## Lághiti og náttúrufar

ÍSOR hefur gefið út nýtt jarðfræðikort af suðurhluta Norðurgosbeltisins, þ.e. Ódáðahrauni og nágrenni. Þetta er fyrsta nákvæma jarðfræðikortið af þessum landshluta og jafnframt þriðja kortið sem ÍSOR gefur út af gosbelti Íslands. Kortið er beint framhald af jarðfræðikorti af nyrðri hluta Norðurgosbeltisins sem kom út árið 2012. Það nær til margra af helstu náttúruperlum landsins, s.s. Herðubreiðar, Krepputungu, Öskju, Kverkfjalla og Suðurárbotna. Einnig má nefna yngsta hraun landsins sem kom upp í Holuhrauni 2014–2015. Móbergsmýndanir og nútímahraun með gígum og gossprungum þekja stærstan hluta svæðisins á kortinu. Alls voru um 90 hraun aðgreind og þeim skipt í flokka eftir aldri og gerð, m.a. með hjálp gjóskulaga.

Af öðrum jarðmyndunum má nefna flóðset við Jökulsá á Fjöllum sem vitna um mikil hamfarahlaup, lindir, lindasvæði og jarðhita. Sprungur og misgengi setja enn fremur mikinn svip á landið. Helsta nýnæmið með þessu korti er að nú er hægt að fá mun heildstæðari og nákvæmari mynd af jarðfræði svæðisins en áður þar sem mörg hraunanna hafa aldrei verið skoðuð eða skilgreind fyrr.

Kortið byggist að hluta til á jarðfræðikortum í stærri mælikvarða sem unnin hafa verið fyrir verkkaupa ÍSOR og forvera þess, auk eldri útgefnum yfirlitskortum. Kortin voru unnin í GIS-hugbúnaði frá ESRI og var útgáfan styrkt af Landsvirkjun.

Steinunn Hauksdóttir  
sviðsstjóri / [Director](#)





- 2 Á bakhlið kortsins eru lýsingar og myndir af 23 áhugaverðum stöðum, Krepputunga milli Jökulsár á Fjöllum og Kreppu, en ein af þeim. Hægt er að greina sex mismunandi hraunstrauma í Krepputungu en aldurs-munur þeirra er ekki ljós. Yfirborð hraunanna er vatnssorfið og víða þakið þykku seti eftir tíð hlaup í Jökulsá á Fjöllum og Kreppu og norðan til af vikri frá Öskjugosinu 1875. Víða sjást hlaupfarvegir og fossbrúnir, svokallaðir kórar, sem hlaupvatn hefur rofið í hraunin. [On the reverse of the map there are descriptions and photographs of the most important geological wonders of the area e.g., Krepputunga. Six lava flows were distinguished in Krepputunga, but the age difference is not known. Stream erosion has affected the surface of the lavas and covered them locally by sediment from frequent floods of both rivers. The pumice of the Askja 1875 eruption throws a bright hue over northern Krepputunga. In several places erosional channels are seen ending in curving alcoves of dry cataracts.](#)
- 3 Suðurárbotnar eru meðal vatnsmestu lindasvæða á Íslandi, í um 430 m y.s. Lindirnar bulla úr hrauninu og mynda upptakakvíslir Suðurár. [Suðurárbotnar, the sources of Suðurá, are amongst the most voluminous spring areas in Iceland. The water emerges at about 430 m a. s. l. bubbling up from the vast lava desert to the east and south.](#)



2



3

## Natural Resources

ÍSOR has published a new geological map of the southern part of the Northern Volcanic Zone (NVZ), Iceland. This is the first detailed geological map of this area and also the third map that ÍSOR issues of the volcanic zone. The map is a continuation of the geological map of northern part of the NVZ published in 2012. Included in the map are many of the country's natural wonders, such as Herdubreid, Krepputunga, Askja, Kverkfjöll and Sudurárbotnar. Also worth mentioning is the youngest lava that erupted in Holuhraun 2014-2015. Hyaloclastites and historical lavas, with craters and fissures, extend over a large part of the map. A total of 90 separate lavas are identified on this map, defined by age and type, with the aid of tephrochronology. Of other geological formations included are flood sediments reflecting catastrophic floods close to Jökulsá River á Fjöllum, cold springs, geothermal springs, fissures and faults.

The new map shows a more complete and accurate picture of the geology of the area and importantly, defines many new lavas that have not been mapped previously.

The data sets used are based on previous work/maps that ÍSOR and its predecessors have produced for the last decades, in part during project work for several clients, mostly Landsvirkjun, who has provided valuable assistance for the publication of two maps.

### **Geothermal district heating companies**

ÍSOR has serviced the geothermal district heating companies for decades, or since the start of such utilization during the middle of the last century. The projects have changed over time, from locating the first site for a production well in a geothermal field, monitoring the utilization and consultation regarding potential problems to additional drilling

to increase production. There are several district heating services in Iceland planning to drill additional production wells in 2016 to meet increased demand for hot water, both because of escalation in population and also to sustain the needs of smaller industries. Preparatory work has been carried out for drilling in Laugar in Sugandafjörður, Laugaland in Holtum and Thorleifskot by Arborg.

Geothermal exploration in so called "cold regions" has been one of the important tasks of ÍSOR experts. Recently, the geothermal potential has been explored in several areas in Iceland and it is clear that in the next few years, more people around Iceland will enjoy the increased quality of life that the use of geothermal water brings. Kjosarhreppur district heating, which will utilize water from Möðruvellir, will be officially put into use in 2016. Also, in preparation, is district heating for the town Hofn at Hornafjörður and its neighbouring communities, as drilling into



Hola SK-16 á Skeggjabrekkudal loftdæld í lok borunar. Jarðborinn „Gudda“ boraði holuna, borvertaki var Þórsverk og borstjóri Magnús Gíslason. ÍSOR sá um rannsóknir og vísindalega ráðgjöf.

Well testing in SK-16 at Skeggjabrekkudalur. The well was drilled using the rig “Gudda”. Drilling was conducted by Þórsverk and pool-pusher was Magnús Gíslason. ÍSOR was in charge of geothermal research and scientific consultancy.

1

## Lághitaveitur

Þjónusta ÍSOR við hitaveitur landsins á sér áratugalanga sögu, eða allt frá því að landið var hitaveituvætt um og eftir miðja síðustu öld. Verkefnin hafa breyst í gegnum tíðina, frá því að finna fyrstu borholum þekkra jarðhitasvæða stað, læra á nýtingu og hugsanleg vandkvæði við hana, eftirlit og ráðgjöf á tilfallandi vandamálum og svo í auknum mæli á síðari árum að auka við vinnslu með viðbótarborunum. Þannig er verið að skoða viðbótarvinnslu á nokkrum svæðum á landinu þar sem nýtingin hefur aukist, bæði vegna fólksfjölgunar en ekki síður vegna margvíslegrar atvinnustarfsemi. Undirbúningsvinna hefur farið fram vegna borana sem eru framundan, m.a. á Laugum í Súgandafirði, Laugalandi í Holtum og í Þorleifskoti í Árborg.

Jarðhitaleit á „köldum“ svæðum hefur verið mikilvægt verkefni hjá ÍSOR. Undanfarið hafa möguleikar á nýtingu jarðhita verið skoðaðir á nokkrum „köldum“ svæðum og ljóst að fleiri landsmenn munu njóta hitaveitu á næstu árum. Hitaveita Kjósarhrepps, sem nýtir vatn frá Möðruvöllum, verður formlega tekin í notkun á árinu 2016. Þá er í undirbúningi hitaveita fyrir Höfn í Hornafirði og nágrennabyggðir eftir árangursríkar boranir á Hoffelli.

## Ný vinnsluhola á Skeggjabrekkudal

Á sumarmánuðum lét Norðurorka bora nýja vinnsluholu fyrir hitaveituna á Ólafsfirði. Hitaveitan nýtir vatn annars vegar úr borholum í Laugarengi og hins vegar sjálfrennandi vatn úr gamalli borholu á Skeggjabrekkudal. Nýja holan

er á Skeggjabrekkudal og var hugsuð sem endurnýjun á gömlu vinnsluholunni SK-12 sem Norðurlandsbor boraði árið 1963. Það mannvirki er orðið nokkuð lúið og úr sér gengið. Holan SK-16, sem var staðsett svo til við hlið gömlu vinnsluholunnar, er fóðruð í 60 m dýpi til að skerma af kaldar æðar á 30 til 40 m dýpi. Það kom nokkuð á óvart að æðar á 240 til 265 m dýpi í holunni voru talsvert heitari en neðsta æðin sem holan skar á 274 m dýpi. Því var brugðið á það ráð að setja niður steypant hólk til að freista þess að einangra kaldari æðina frá heitari æðum ofar í holunni. Það tókst vel og gefur holan nú um 15 L/s af 57°C vatni í sjálfrennli sem er meira og heitara vatn en gamla holan gaf.

## Sjóðandi lághiti

ÍSOR hefur unnið yfirlitsskýrslu fyrir Orkustofnun um sjóðandi lághitasvæði landsins sem gefur til kynna möguleika á framleiðslu allt að 44 MW rafmagns með aðferð sem byggist á tvívökvatækni. Í skýrslunni er yfirlit um 193 borholur á 37 jarðhitasvæðum sem gefa hita á bilinu 90 til 200°C. Sjóðandi lághiti er ráðandi þáttur í jarðhita margra landa sem eru að leita að orkugjöfum í stað brennslu jarðefnaeldsneytis. Tækni við nýtingu lághitans til raforkuframléiðslu fleygir fram og nú getur raforkukerfið á Íslandi tekið við raforku frá litlum jarðhitavirkjunum sem nýta sjóðandi lághita. Sú nýting hefur líka sýnt að hún stuðlar að fjölbreyttari varmanýtingu í s.k. auðlindagörðum. Í kjölfarið hófst vinna við gerð samantektar á árangri jarðhitaborana á lághitasvæðum hjá einkaleyfisveitum, einnig fyrir Orkustofnun. Árið 2014 kom sambærileg samantekt út í skýrslu ÍSOR um árangur jarðhitaborana á háhitasvæðum.

## Vatnsveitur og vatnafar

Í gegnum tíðina hafa sérfræðingar ÍSOR veitt ráðgjöf við öflun neysluvatns víða um land, bæði fyrir þéttbýlissvæði, dreifbýli og frístundabyggð. Sveitarfélög hafa fengið ráðgjöf varðandi vatnsverndarsvæði og afmörkun þeirra vegna skipulagsmála en einnig um vatnsöflun þegar viðbótarvatns er þörf eða vatnsból þurfa skoðun vegna umhverfis- og mengunarmála. Þannig hafa til dæmis verið skoðaðir vatnsmöguleikar fyrir Akranes, staðsett nýtt vatnsból fyrir Voga á Vatnsleysuströnd, undirbúin borun á holu til neysluvatnsöflunar fyrir Hveragerði og unnið að samantekt um vatnsból fyrir Akureyri og Eyjafjarðarsveit.

Áfram er aukning í þjónustu við iðnaðarvirktæki sem nýta lághitavatn og þar er fiskeldi stærsti hlutinn. Fiskeldisstöðvar á Reykjanesi, í Höfnum og við Grindavík hafa undanfarið aukið notkun á volgum jarðsjó og köldu neysluvatni í takti við vaxandi umfang starfseminnar og hafa fengið ráðgjöf við borun.

Loks er talsvert leitað til grunnvatns-sérfræðinga og jarðfræðinga ÍSOR til ráðgjafar vegna umhverfismats orkukosta eða rýni á samantektum um áhrif framkvæmda á vatnafar. Landsvirkjun er með ýmsa vatnsorkukosti í undirbúningi. Einnig hafa verið skoðuð grunnvatnssvæði sem Orka náttúrunnar nýtir á Hengils-svæðinu.

the geothermal field at Hoffell in recent years has been successful.

Nordurorka drilled a new production well for the district heating at Olafsfjorður during the summer months of 2015. The district heating system utilizes water from wells in Laugarengi and from an artesian well in Skeggjabrekkudal. The new production well, SK-16, is located in Skeggjabrekkudalur and replaced an old production well, SK-12, which was drilled in 1963. Well SK-16 is located next to the old well and has a liner down to 60 m depth to block off inflow of cold water at 30 to 40 m depth. The well intersected feed zones at 240 to 265 m and they proved to be considerably warmer than a feed zone found at 274 m depth. It was therefore decided to put down a concrete cylinder in attempt to restrict the flow from the lower and colder feed zone from getting up through the well. This exercise proved to be successful and the well produces about 15 L/s of 57° C of artesian water, more and hotter water than the old well.

### **Boiling low-temperature geothermal water**

ÍSOR has recently prepared a report for Orkustofnun, National Energy Authority, on the potential of boiling low temperature geothermal areas in Iceland. The result indicates the possibility of producing up to 44 MW of electricity by using technology based on organic Rankine cycle. The report provides an overview of 193 geothermal wells in 37 fields, with temperature ranging from 90 to 200°C. Boiling low temperature geothermal water is an important part of the geothermal potential in many countries worldwide that are looking to replace some of the use of fossil fuels with renewable energy. Recently there have been technological advances in the field of electricity production from low to medium temperature geothermal systems as well as the Icelandic electricity distribution system is now able to accept electricity from small producers into the grid. The utilization of boiling low-temperature systems has also proven to contribute to a wider range of geothermal utilization in so called geothermal resource parks. This report will be followed by another study for National Energy Authority on the success of geothermal drilling in low temperature fields. In 2014 a comparable study for high temperature fields in Iceland was published in the ÍSOR report.

### **Hydrology and potable water**

Through the years, ÍSOR experts have provided valuable expertise in obtaining drinking water/potable water across the country, for urban and rural areas as well as individual farms. Consultation has been provided for municipalities and local authorities regarding water protection due to environmental and pollution issues as well as location of additional water sources. A few examples of the projects that the hydrologists at ÍSOR have been involved in recently include; summary of further potable water sources for Akranes, locating a new water source for Vogar, prepare drilling of a cold water well for Hveragerdi and working on a summary of potable water supply for Akureyri and Eyjafjardarsveit.

Continued is increase in services to industrial companies that utilize geothermal water for their production and in this

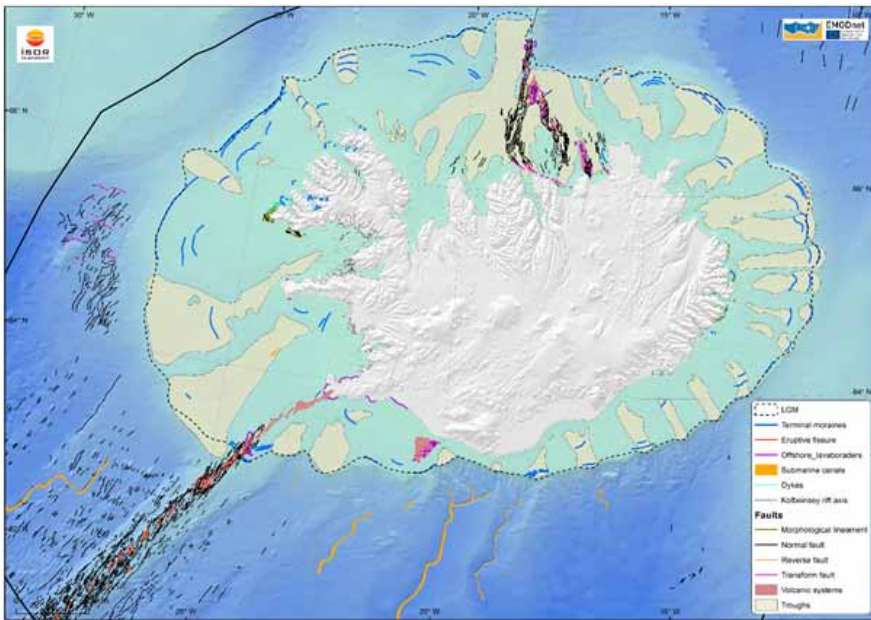
regard the fish farms have been important. Large fish farms on Reykjanes, by Hafnir and Grindavik have been increasing the use of warm seawater and cold water in line with the growth in the production.

Finally there are several projects involving hydrogeologists and geologists for consultation and review of environmental impact assessments of various energy production choices, hydro and geothermal, including possible hydrological effects of such developments. Landsvirkjun, National Power Company of Iceland, has several such potential power projects in preparation and ÍSOR has also provided consultation for ON power (Reykjavik Energy) for the reinjection of geothermal water and gas.



2

Um 70°C heitt vatn flæðir frá holu ASK-122 við Hoffell.  
About 70° C hot water flows from the well ASK-122, at Hoffell, SE-Iceland.



1

# Jarðfræði hafsbotnsins

EMODnet - Evrópskt samstarfsverkefni um hafið og hafsbotninn

EMODnet er samvinnuverkefni fjölmargra stofnana í löndum Evrópu sem starfa að hafrannsóknum og er fjármagnað af Evrópusambandinu. Verkefninu er ætlað að opna aðgang að upplýsingum og rannsóknargögnum sem varða hafsvæði þáttökulandanna, samræma þau og gera aðgengileg fyrir breiðan hóp notenda, jafnt fyrir einstaklinga sem opinbera aðila. Núverandi verkhluti hófst árið 2013 og lýkur fyrir árslok 2016. Framhald verkefnisins verður svo unnið 2017–2020.

Nú þegar hafa sjö fagsvið verið skilgreind: sjómælingar, jarðfræði hafsbotnsins, eðlisfræði, efnafræði, líffræði, búsvæði lífvera og mannleg umsvif. ÍSOR sinnir jarðfræðasviðinu en önnur svið hafa ekki íslenska þátttakendur. Jarðfræðinni er skipt á milli fimm vinnuhópa sem fjalla um berggrunn hafsbotnsins, botngerð, strandhegðun, hagnýt jarðefni og jarðvá.

Nokkur kort sýna berggerð hafsbotnsins. Aðaláherslan er þó á tvenns konar jarðfræðikort að alþjóðlegri siðvenju. Þetta eru kvarterkort og berggrunnskort. Kvartera kortið af íslenska landgrunninu sýnir setlagabekjuna sem víðast hvar hylur berggrunninn. Setlögín eru aðgreind eftir gerð og uppruna. Kortið sýnir einnig jökulgarða neðansjárvar og mestu útbreiðslu jökla á ísöld. Kortlagningin hefur leitt í ljós meiri jökul og stærri ísaldarjökul en áður var vitað um.

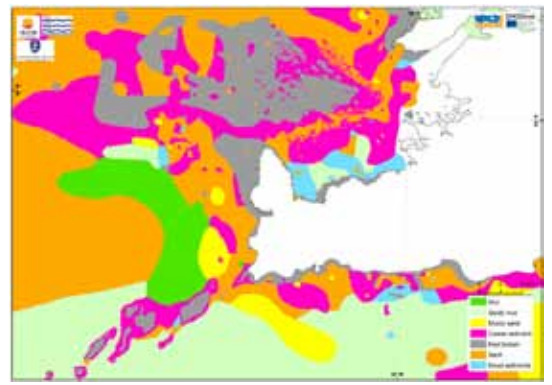
Berggrunnskortíð sýnir gerð berggrunnnsins. Honum er skipt í fjóra meginflokka sem tákna skorpugerðir, úthafsskorpu, Íslandsskorpu og meginlandsskorpu. Þar er um að ræða Jan

Mayen skorpuflísina. Auk þessa þarf að sýna kvartera skorpu sérstaklega. Á kortinu sjást líka megineldstöðvar á landgrunninu og sæfjöll.

Samhliða þessu er kort sem sýnir aldur berggrunnnsins í kringum landið. Þar er að langmestu leyti stuðst við segulmælingar því beinar aldursgreiningar eru ekki til. Á kortinu kemur vel fram hvernig hafsbotninn eldist með aukinni fjarlægð frá gliðunarbeltunum og athyglisverðar undantekningar frá þeirri meginreglu.

Botngerðarkortið er unnið í samvinnu við Hafrannsóknastofnun, Landhelgisgæsluna og Náttúrufræðistofu Vesturlands. Kortið sýnir efnisgerð hafsbotnsins og kornastærð setlaga en miðar einungis við efstu 30 sentimetrana. Botngerðin hefur áhrif á vistkerfin og þekking á henni er mikilvæg í líffræðirannsóknunum. Rannsóknir á botngerð og sýnatökur hafa verið stundaðar allt frá upphafi skipulegra hafrannsókna við Ísland. Alls voru skráð um 3000 botngerðarsýni í gagnagrunninn en þau eru misjöfn að gæðum og greiningaraðferðir ólíkar. Kortið er fyrsta heildstæða botngerðarkortið af hafsbotninum umhverfis Ísland og sýnir sjf botngerðarflokka. Áður hafa örfá kort verið birt af botngerð á takmörkuðum svæðum.

Strandhegðunarkort sýnir breytingar á ströndum landsins, rof og ágang sjávar, jafnvægisástand eða setmyndun og fram-sókn strandlínunnar. Gögn um strandbreytingar á Íslandi eru einkum gömul og ný kort og loftmyndir og svo nýlegar gervitunglamyndir. Vegna þess hve gömlu kortin eru ónákvæm er ekki hægt að



2

- 1 Ystu mörk ísaldarjökulsins á landgrunninu, jökulgarðar, djúp og grunn, sprungur, misgengi og margt fleira.  
[The boundaries of the ice age glacier on the continental shelf, moraines, faults and fissures.](#)
- 2 Botngerð við Reykjanes og inn í Faxaflóa.  
[The oceanic floor by Reykjanes and Faxaflói.](#)
- 3 Berggrunnskort sem sýnir mismunandi gerð jarðskorpannar.  
[Bedrock map that shows different types of the earth's crust.](#)
- 4 Höggun og eldvirkni fyrir Miðnorðurlandi.  
[Tectonics and volcanism in the North of Iceland.](#)

fullyrða um rof eða setmyndun nema þar sem þessar breytingar eru miklar, einkum er það á suðurströndinni.

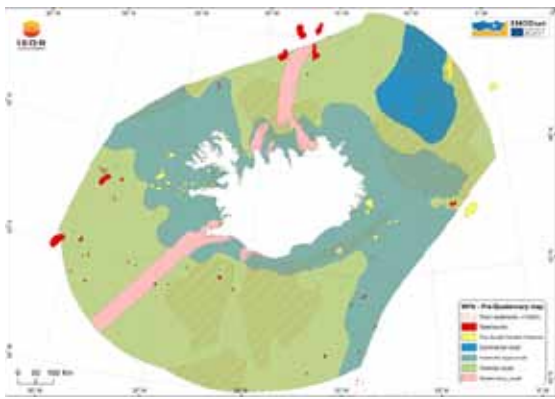
Vákort er byggt á gögnum frá Sjómælingum Landhelgisgæslunnar, HAFRÓ, Orkustofnun, Háskóla Íslands og nokkrum alþjóðlegum rannsóknarleiðöngnum. Það sýnir eldstöðvakerfi, gosprungur, gosgíga, misgengi og sniðgengi, hraunjaðra í sjó, neðansjárvarskriður og berghlaup og skjálftavirkni.

Gosstöðvum er skipt í tvennt eftir aldri, þ.e. frá sögulegum eða forsögulegum tíma. Gosstöðvar eldri en um 15.000 ára eru ekki sýndar. Hraunjaðrar í sjó eru tvenns konar, bæði hraun sem hafa runnið af landi í sjó fram og svo hraunjaðrar sem myndast hafa við neðansjávareldgos.

Berghlaup hafa víða hlaupið í sjó fram á landinu og á seinni árum hafa fundist ummerki eftir neðansjárvarskriður og framhlaup. Slíkar skriður hafa komið í ljós bæði inni í fjörðum uppi á landgrunninu og í landgrunnshlíðunum. Stærsta framhlaupið er að finna úti fyrir Hala á Vestfjörðum og er áætlað 138 km<sup>2</sup> að flatarmáli.

Jarðefnakortið sýnir staðsetningu og útbreiðslu hagnýtra jarðefna á hafsbotni. Sýnd er útbreiðsla sand- og malarlaga, einnig kalkþörungalög og útfellingar sem tengjast jarðhita á hafsbotni, bæði lág- og háhitaútfellingar.

EMODnet-verkefnið hefur leitt í ljós ýmislegt sem nýstárlegt má teljast í jarðfræði Íslands enda hefur margt í jarðfræði landgrunnnsins og nálægra hafsvæða ekki verið kortlagt af sambærilegri nákvæmni fyrr.



3

## The EMODnet-project

The European Marine Observation and Data Network

The EMODnet is a co-operative project of involving several European institutions working in oceanographic research, funded by the European Union. The aim of the project is to allow access to information and research data referring to the participating countries, and make it available to a broad group of users, both individuals and public bodies.

Seven disciplines have been prioritized: hydrography, geology of the oceanic floor, physics, chemistry, biology, natural habitats and human activity. ISOR involvement is in the area of geology and the present work phase began in 2013 and is due to finish at the end of 2016. The project will, however, continue from 2017-2020. The geology is divided between five workgroups which investigate the bedrock of the oceanic floor, its composition, coastal influence, exploitable resources and geological hazards. The maps below show some of these features.

However, the main emphasis is focused on Quaternary and pre-Quaternary maps. The Quaternary map of the Icelandic sea bed shows the sedimentary layers which cover most of the bedrock. The sediments are separated by type and origin. The map also shows submarine moraine and the extent of glaciers during the last ice age. The geological mapping has shown more and larger ice age glaciers than were previously known.

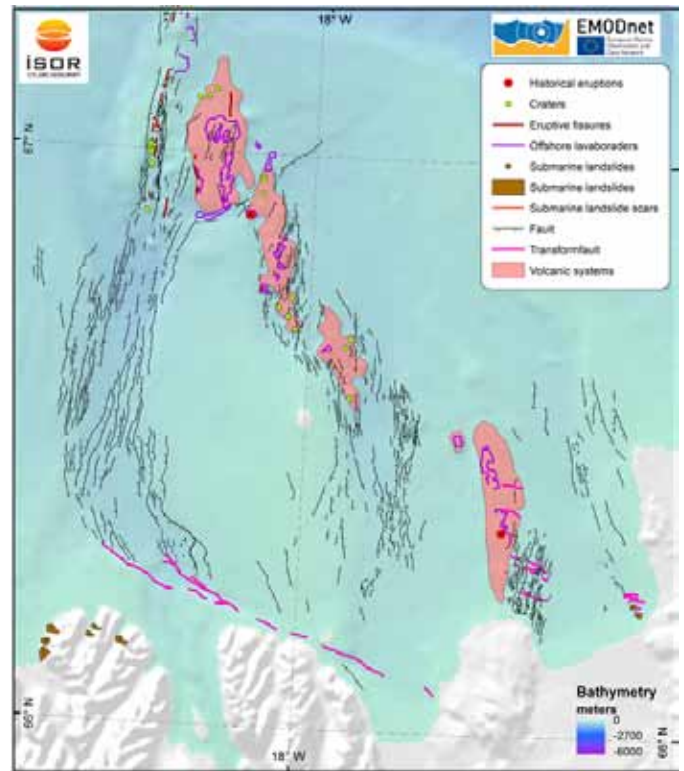
The bedrock map shows the composition and age of the different rock types. It is divided into four main groups, which represent the crust, oceanic crust, Icelandic crust and continental crust, which probably represents part of the Jan Mayen

crust. The map also shows extinct central volcanos on the sea bed and submarine mountains.

In addition there is a map showing the age of the bedrock around Iceland, which uses mostly use magnetic data, as since only a few isotopic dating have been made. The map shows clearly how the oceanic floor increases in age the further it lies from the main rift zones. Although there are also interesting exceptions to that rule. The map of the sea floor is made in collaboration with specialists at the Marine Research Institute, the Icelandic Coast Guard and the Westfjords Natural History Institute. The map shows the type of materials of the sea floor and the grain size of sediments in the top 30 cm. This influences the ecosystems and thus, knowledge of it is essential in biological research.

Study of the sea bed and samplings has been carried out since the start of organized marine research in Iceland. Around 3000 samples of data have been registered, although they are different in quality and diagnostics. This is the first comprehensive map of the oceanic floor around Iceland.

The coastal maps record all changes of Icelandic beaches, hiatal and sea encroachment, equilibrium status, sedimentation and coastal erosion. Data related to changes in the Icelandic coastline come mostly by comparing old and new maps, as well as from aerial and satellite imagery. Because of the inaccuracy of the old maps, one cannot assess hiatus or sedimentation unless, the changes that have occurred



4

are very great, especially on the Southern coast of Iceland.

The map geologic events and probabilities is based on data from the Coastguard, the Marine Research Institute, the National Energy Authority, the University of Iceland and international research expeditions. It shows volcanic systems, eruption rifts, eruption craters, faults and wrench faults, marine lava borders, undersea landslips, rock slides and seismicity.

Eruption sites are divided into two groups according to age; i.e. from historic or prehistoric age. Eruption sites that are older than about 15,000 years, are not shown on the map. There are two kinds of submarine lava borders, lavas which flow from land to sea and submarine lavas.

In the last few years, evidence of submarine landslides has often been observed in fjords and on the continental shelf. The biggest landslide was be found near Hali in the Westfjords, and it is estimated to cover an area of 138 km<sup>2</sup> area.

The map of igneous geochemistry shows the location and distribution of pragmatic minerals on the sea floor. It indicates the distribution of sand and gravel, specifically calcareous algae, and precipitation relating to subsea heat, both from high and low temperature areas.

The EMODnet project has revealed several new previously unknown features in relation to the geology of Iceland, since such precise mapping of the seabed around the island has never before been undertaken.



## Kennsla og þróun

### **Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna**

Hið hefðbundna nám við Jarðhitaskólann (JHS) er hálfis árs nám. Í lok árs 2015 höfðu 613 nemendur frá 59 löndum útskrifast frá skólanum. Stór hluti kennslunnar við JHS er í höndum starfsmanna ÍSOR, eins og verið hefur frá stofnun skólans 1978. Í námsráði skólans eru einnig sjö sérfræðingar ÍSOR. Auk kennslu við JHS hafa starfsmenn ÍSOR tekið þátt í kennslu á árlegum námskeiðum sem Jarðhitaskólinn hefur haldið tengd Þúsaldarmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna. Á árinu 2015 voru slík námskeið haldin í Kenía og El Salvador, eins og undanfarinn áratug.



Til viðbótar þessari reglubundnu þjálfun sá ÍSOR um stóran hluta kennslu á mörgum öðrum námskeiðum víða um heim, sem mörg voru skipulögð af Jarðhitaskólanum, þ.á m. námskeið í Austur-Afríku og á Azoreyjum. Einnig aðstoðaði ÍSOR Þróunarsamvinnustofnun Íslands við skipulagningu viðamikillar og fjölbreyttrar þjálfunar sérfræðinga frá jarðhitalöndum í Austur-Afríku á árinu.

### **Samstarf við íslenskt háskólasamfélag**

Starfsmenn ÍSOR hafa í gegnum árin sinnt kennslu við Háskóla Íslands og Háskólann í Reykjavík og verið leiðbeinendur framhaldsnema þar. Jafnframt hafa nokkrir starfsmenn ÍSOR verið gestaprófessorar við HÍ. Á árinu 2015 var kennsla ÍSOR við Iceland School of Energy (ISE) umfangsmikil og hefur hún aukist undanfarin ár. ISE er rekinn við HR og ÍSOR á hlut í skólanum. Þá hafa starfsmenn ÍSOR kennt í einhverjum mæli við Keili í Reykjanesbæ.

Guðni Axelsson  
sviðsstjóri / Director

### **Þróunarverkefni**

ÍSOR var virkur þátttakandi í mörgum rannsóknarverkefnum, styrktum af innlendum jafnt sem erlendum aðilum, á árinu 2015. Í raun er það svo nú að stór hluti þeirra grunnrannsókna og þróunaraðferða sem ÍSOR sinnir fer fram í tengslum við þessi verkefni. Má þar nefna viðamikil samvinnuverkefni styrkt af Evrópusambandinu sem ÍSOR tekur þátt í ásamt nokkrum samstarfsaðilum á meginlandi Evrópu. Þar á meðal er IMAGE-verkefnið sem hófst árið 2013 og felst í þróun nýrra aðferða við rannsókn dýpri hluta jarðhitakerfa, en því lýkur árið 2017. Á árinu 2015 átti ÍSOR aðild að fimm viðamiklum umsóknum til rannsóknaráætlunar Evrópusambandsins, Horizon 2020. Fjórar af þessum umsóknum voru samþykktar sem verður að teljast mjög góður árangur. Almennt er talið að dæmigert árangurs-hlutafall í styrkumsóknum til ESB sé um 15-30% í Horizon 2020. Þá vinnur ÍSOR að nokkrum verkefnum sem jarðhitaklasinn GEORG styrkir í samvinnu við innlenda og erlenda aðila og má þar nefna verkefni tengt rótum háhitakerfa, Deep Roots of Geothermal Systems (DRG), sem hófst árið 2013 og lýkur 2016-2017. Með því á að reyna að öðlast betri skilning á dýpstu hlutum jarðhitakerfa með það að lokamarkmiði að stækka nýtanlega hluta jarðhitaauðlindarinnar.

# Geothermal Training

## **United Nations University Geothermal Training Programme (UNU-GTP)**

The regular program of the UNU-GTP involves a 6-month diploma course and at the end of 2015, 613 students from 59 countries had graduated from the programme. A large part of the instruction at the UNU-GTP is in the hands of ÍSOR, as has been the case since the foundation of the programme in 1978. Seven ÍSOR experts are members of the programme's Study Board. In addition to teaching at the UNU-GTP ÍSOR employees have also participated in annual training courses organized by the UNU-GTP in relation to the United Nations Millennium Development Goals. In 2015 these training courses were held in Kenya and El Salvador, as has been the case the last decade. In addition to this ÍSOR has been responsible for a large part of the teaching at many other training courses around the world, many of which were organized by the UNU-GTP, including courses in East Africa and the Azores in 2015. ÍSOR also assisted Icelandic International Development Agency in 2015 with the organization of extensive and diverse training of experts from geothermal countries in East Africa.

## **Collaboration with the University Community in Iceland**

Through the years ÍSOR employees have lectured at the University of Iceland (UI) and Reykjavík University (RU) and been advisor to graduate students at these universities. Furthermore, several employees of ÍSOR have been adjunct professors at UI. ÍSOR's role in instructing at the Iceland School of Energy (ISE) has been growing in recent years, being quite extensive in 2015. ISE is operated under UR and ÍSOR holds a share in the school. In addition, ÍSOR staff has taught to some extent at Keilir, the Atlantic Centre of Excellence, operated in Reykjanesbær.

## **Research and Development Projects**

In 2015 ÍSOR continued to be an active participant in many research projects, funded both domestically and internationally. The situation is actually such today that a large proportion of the basic research and development carried out by ÍSOR is linked with such projects. These include extensive cooperative projects funded by the European Union, which ÍSOR is part of along with several

European partners. Among these is the IMAGE project that began in 2013, and ends in 2017, and involves the development of new exploration methods aimed at studying the deeper parts of geothermal systems. In 2015 ÍSOR was a participant in five large research proposals to the Horizon 2020 research programme of the European Union. Four of these proposals were accepted, which must be considered very successful, as the success rate of grant proposals in Horizon 2020 is generally about 15-20%. ÍSOR is also involved in several research projects funded by the GEORG Geothermal Research Group in cooperation with domestic and foreign institutes and companies, including a project involving the roots of high-temperature geothermal systems, the Deep Roots of Geothermal Systems (DRG) project, which began in 2013 and continues into 2016-17. The aim of that project is to attempt to better understand the deepest parts of geothermal systems, with the ultimate aim to expand the exploitable portion of geothermal resources in general.

- 1 Nemendur og leiðbeinendur á námskeiði, sem haldið var á vegum Jarðhitaskólans á Azoreyjum. Participants and supervisors at a short course, held by the United Nations University GTP on borehole geophysics in geothermal development in the Azores.



1



1



## Verkefni erlendis

### 1 - Níkaragva

ÍSOR veitti orkufyrirtækjum ráðgjöf um uppfærslu á hugmyndalíkani, boranir og holustaðsetningar. Einnig þáðu kanadískir fjárfestar ráðgjöf um kaup á hlut í orkufyrirtæki.

### 2 - Gvadelúp (Frakkland)

Reglubundnar hita- og þrýstímælingar í vinnslu- og eftirlitsborholum á Bouillante-jarðhitasvæðinu. Farnar voru tvær ferðir til mælinga á árinu. Í seinni ferðinni voru einnig gerðar rennismælingar með ferilefnum.

### 3 - Azoreyjar

Almenn jarðhitaráðgjöf og ráðgjöf í tengslum við jarðhitalíkan og borframkvæmdir. Námskeið í borholumælingum, jarðefnafræði og borunum fyrir Jarðhitasbólann. Unnið að endurskoðun hugmynda-líkans af Pico Alto svæðinu á Terceira með frekari boranir og vinnslu í huga.

### 4 - Rúmenía

Sérfræðiráðgjöf og úttekt á tveimur jarðhitasvæðum fyrir hönd stjórnvalda og uppbyggingarsjóðs EES. Ráðgjöf var veitt við val á verkefnum sem eru styrkt af sjóðnum og eftirlit haft með þeim.

### 5 - Tyrkland

Lagt var mat á jarðhitaverkefni fyrir Evrópska þróunarbankann, EBRD, vegna jarðhitannýtingar, auk ráðgjáfar vegna fyrirhugaðrar byggingar jarðvarmavera. Þar að auki voru nokkur verkefni unnin fyrir orkufyrirtæki sem tengjast rekstri virkjana og jarðhitaleit.

### 6 - Tansanía

Aðstoð við skipulagningu og útboð á rannsóknnum tveggja jarðhitasvæða, Luhoi og Kiejo-Mbaka, fyrir hönd Þróunarsamvinnustofnunar Íslands og Norræna þróunarsjóðsins. ÍSOR mat aðstæður á þremur jarðhitasvæðum, hélt vinnufund og mat þörf fyrir þjálfun. Tæknileg ráðgjöf var veitt vegna eftirlits með yfirborðsrannsóknnum á jarðhitasvæðinu Ngosi.

### 7 - Kenía

Haldið var áfram frá fyrra ári að vinna að uppfærslu á hugmynda- og reiknilíkönunum af jarðhitakerfinu í Olkaria auk almennrar jarðhitaráðgjáfar fyrir orkufyrirtækið KenGen. Einnig var haldið námskeið í jarðfræðikortlagningu og meðferð landupplýsinga auk þjálfunar í gerð hugmynda- og reiknilíkana fyrir starfsfólk KenGen. Rýni á samantektarskýrslu um orkuöflun í Menegai hófst. Unnið var með starfsmönnum GDC að innleiðingu ISO 17025 á efnarannsóknarstofu í Nakuru. Þá hafði ÍSOR eftirlit með jarðhitarannsóknnum í Suswa.

### 8 - Eþíópía

Ráðgjöf fyrir Þróunarsamvinnustofnun Íslands og Norræna þróunarsjóðinn (NDF) vegna yfirborðsrannsókna á tveimur svæðum. Veitt var aðstoð við útboðsgerð og mat lagt á nokkur tilboð, auk annarra eftirlitsstarfa.

### 9 - Djíbútí

Gerð var úttekt á stöðu jarðhitarannsókna og haldið námskeið í yfirborðsrannsóknnum á einu svæði, Lake Abbe.

### 10 - Eritrea

Verkefnastjórnun og framkvæmd yfirborðsrannsókna fyrir Umhverfisstofnun Sameinuðu þjóðanna, UNEP, á Alid jarðhitasvæðinu fyrir þarlend stjórnvöld.

### 11 - Filippseyjar

Almenn jarðhitaráðgjöf, þ.m.t. borholurannsóknir, mælingar í holum og afkastamælingar á þremur holum á eyjunni Mindoro suður af Manila. Tvær holur voru um 1200 metra djúpar kjarnaholur og ein hefðbundin vinnsluhola, boruð niður í 2000 metra. Aðstoð við uppfærslu á rúmálsmati og hugmyndalíkani.

### 12 - Kína

Orkufyrirtæki var veitt ráðgjöf um hugmyndir um raforkuvinnslu og fjárfestar fengu ráðgjöf um hitaveituframkvæmdir.



# Projects Worldwide

## 1 - Nicaragua

Consultation provided for energy companies on an update of a conceptual model, drilling and well locations. Consultation to Canadian investors interested in investing in an energy company.

## 2- Guadeloupe (France)

Regular temperature and pressure logging of production and monitoring wells in Bouillante. Two logging trips this year, one of which included tracer flow testing.

## 3 - The Azores

Consultation in relation to a conceptual model and drilling projects. Courses on borehole measurements, geochemistry and drilling, for the United Nations University Geothermal Training Programme. The conceptual model of the Pico Alto field in Terceira reviewed with regard to possible further drilling and development.

## 4 - Romania

Specialist consultation regarding two geothermal areas, on behalf of the government and the EEA Grants. Consultation on project selection and surveillance to be financed by the EEA Grants.

## 5 - Turkey

Evaluation of geothermal projects for the European Bank for Reconstruction and

Development, EBRD, and consultation regarding the planned building of geothermal power plants. Several projects for energy companies on power plant operations and geothermal exploration.

## 6 - Tanzania

Assistance with the organizing of research and tender on two geothermal areas, Luhoi and Kiejo-Mbaka, on behalf of the Icelandic International Development Agency and the Nordic Development Fund. Three geothermal areas were evaluated, as well as the need for training. Technical consultation provided in relation to surface exploration monitoring in Ngosi.

## 7 - Kenya

Updates of the conceptual and reservoir simulation models of the Olkaria geothermal system continued. General geothermal consultation to the energy company KenGen, as well as courses for their staff on the subjects of conceptual models, reservoir simulation, geological mapping and the management of survey information. Review of the analysis report on energy production in Menegai launched. Worked with GDC employees on the instillation of ISO 17025 at a chemical laboratory in Nakuru. Geothermal research monitoring in Suswa.

## 8 - Ethiopia

Consultation for the Icelandic International Development Agency and the Nordic Development Fund regarding surface exploration in two areas. Assistance with tendering out research and several bids evaluated along with other monitoring work.

## 9 - Djibouti

The current status of geothermal research assessed and a course held on surface exploration in one area, Lake Abbe.

## 10 - Eritrea

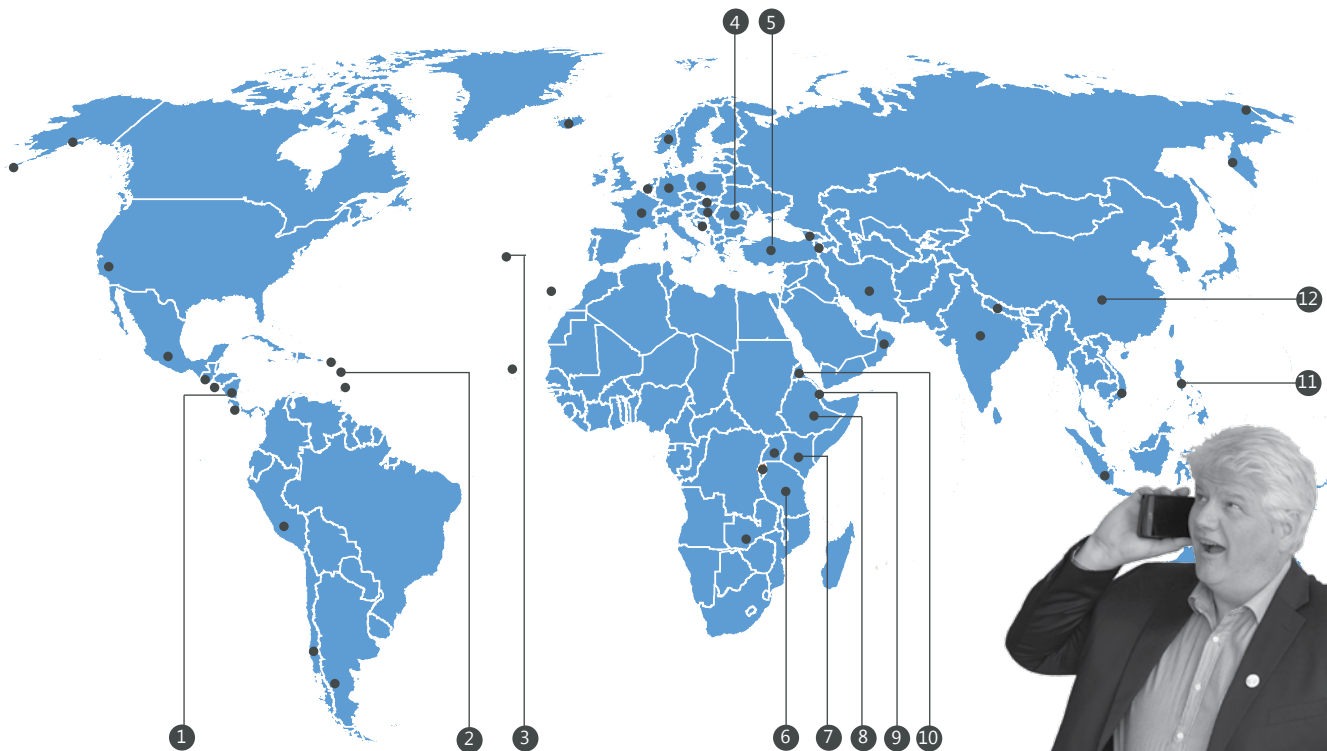
Project management and surface exploration for the United Nations Environmental Programme, UNEP on the Alid geothermal area for the Eritrean government.

## 11 - Philippines

General geothermal consultation, including borehole investigation, well logging and flow testing in three wells on the island of Mindoro, south of Manila. Two 1200 metre cored wells and one standard geothermal well, drilled down to 2000 meters. Assistance provided with volumetric assessment and conceptual model.

## 12. - China

Consultation provided for an energy company regarding potential areas for power production and investors advised on district heating projects.



Bjarni Richter markaðsstjóri  
Marketing Manager



- Arnaldsson, A., Gylfadóttir, S.S., and Axelsson, G. (2015). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff: Revision of the Numerical Model of the Greater Olkaria Geothermal System – 2014-15 Phase.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/029. Unnið fyrir KenGen. 196 s. Lokuð skýrsla.
- Arnar Már Vilhjálmsson (2015). **Resistivity Survey of Grímsvötn. A Far-off-central TEM Experiment.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/052. Unnið fyrir GEORG. 105 s.
- Arnar Már Vilhjálmsson og Ragna Karlsdóttir (2015). **MT og TEM í Eyjafirði. Viðbótarmælingar 2013 og 3D úrvinnsla.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/074. Unnið fyrir Norðurorku. 81 s. + viðaukar A til I.
- Auður Agla Óladóttir (2015). **Jarðhitasvæðið í Hverahlíð. Vöktun á yfirborðsvirkni haustið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/067. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 16 s.
- Auður Agla Óladóttir, Finnbogi Óskarsson og Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir (2015). **Observations on Surface Activity in the Reykjanes Geothermal Field in 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/015. Unnið fyrir HS Orku hf. 45 s. Lokuð skýrsla.
- Axelsson, G., Arnaldsson, A., Ármannsson, H., Árnason, K., Einarsson, G., Gylfadóttir, S.S., Hersir, G.P., Franzson, H., Nielsson, S. og Óskarsson, F. (2015). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff: Report 2. Revision of the Conceptual Model of the Greater Olkaria Geothermal System. 2014-15 Phase.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/028. Unnið fyrir KenGen. 83 s. Lokuð skýrsla.
- Axelsson, G., Arnaldsson, A., Ármannsson, H., Árnason, K., Einarsson, G., Gylfadóttir, S.S., Hersir, G.P., Franzson, H., Nielsson, S. og Óskarsson, F. (2015). **Provision of Consultancy Services for Undertaking of Reservoir Model Maintenance for the Greater Olkaria Geothermal Field and Training of Staff: Inception Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/038. Unnið fyrir KenGen. 17 s. Lokuð skýrsla.
- Árni Hjartarson (2015). **Kjalölduveita. Áhrif á vatnafar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/048, LV-2015-112. Unnið fyrir Landsvirkjun. 18 s. + A3 kort.
- Árni Hjartarson (2015). **Skriðurannsóknir á Seyðisfirði árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/058. Unnið fyrir Veðurstofu Íslands. 23 s.
- Árni Hjartarson, Daði Þorbjörnsson og Sigurður Garðar Kristinsson (2015). **Water from the Heiðmörk Groundwater Reservoir. Gate 3 Report for Ölgerðin Egill Skallagrímsson.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/036. Unnið fyrir Ölgerðina Egil Skallagrímsson. 35 s. + 2 viðaukar + 6 kort.
- Árni Ragnarsson (2015). **Geothermal Space Heating in Chumathang, India. Monitoring of the Performance of the System by Temperature Data Logging.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/075. Unnið fyrir Norwegian Geotechnical Institute (NGI). Lokuð skýrsla.
- Bjarni Gautason og Hörður H. Tryggvason (2015). **Orkuveita Húsavíkur. Efnaeftirlit á Hveravöllum og mælingar í holum HV-1 og HV-10.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/034. Unnið fyrir Orkuveitu Húsavíkur. 17 s.
- Bjarni Richter, Daði Þorbjörnsson og Gylfi Páll Hersir (2015). **Changes to Master Drilling Plan for Geothermal Wells in Montelago Geothermal Prospect. Plan B.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/063. Unnið fyrir Emerging Power Inc. 19 s. Lokuð skýrsla.
- Bjarni Richter, Daði Þorbjörnsson og Gylfi Páll Hersir (2015). **Master Drilling Plan for Geothermal Wells in Montelago Geothermal Prospect.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/051. Unnið fyrir Emerging Power Inc. 35 s. Lokuð skýrsla.
- Bjarni Richter, Daði Þorbjörnsson og Gylfi Páll Hersir (2015). **Suggestions for Location of Geothermal Wells in Montelago Geothermal Prospect.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/039. Unnið fyrir Emerging Power Inc. 30 s. Lokuð skýrsla.
- Björn S. Harðarson, Sigurður G. Kristinsson, Gunnlaugur M. Einarsson, Helga M. Helgadóttir og Hjalti Franzson (2015). **Baðlón í botni Stóradals, Hveradólm. Tillögur að losun affallsvatns.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/031. Unnið fyrir Heklubyggð ehf. 20 s.
- Egill Árni Guðnason, Kristján Ágústsson og Karl Gunnarsson (2015). **Seismic Activity on Reykjanes December 2014 – November 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/068. Unnið fyrir HS Orku hf. 31 s. Lokuð skýrsla.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Dallækur í Mývatnssveit. Efnagreiningar sýna af vatni og seti.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/041, LV-2015-079. Unnið fyrir Landsvirkjun. 25 s.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Hitaveita RARIK á Blönduósi og Skagatrönd. Efnafræðilegt vinnslueftirlit árið 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/005. Unnið fyrir RARIK. 15 s.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Hitaveita RARIK á Siglufirði. Efnafræðilegt vinnslueftirlit árið 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/006. Unnið fyrir RARIK. 14 s.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Hitaveita Suðureyrar. Efnafræðilegt vinnslueftirlit árið 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/013. Unnið fyrir Orkubú Vestfjarða. 12 s.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Skagafjarðarveitur. Efnaeftirlit með jarðhitasvæðum 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/060. Unnið fyrir Skagafjarðarveitur. 24 s.
- Finnbogi Óskarsson (2015). **Svartsengi Production Field. Geochemical Monitoring in 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/009. Unnið fyrir HS Orku hf. 47 s. Lokuð skýrsla.
- Finnbogi Óskarsson og Vigdís Harðardóttir (2015). **Reykjanes Power Plant. Steam and Water Quality in 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/008. Unnið fyrir HS Orku hf. 38 s. Lokuð skýrsla.
- Finnbogi Óskarsson og Vigdís Harðardóttir (2015). **Svartsengi Power Plant. Steam and Water Quality in 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/007. Unnið fyrir HS Orku hf. 39 s. Lokuð skýrsla.
- Finnbogi Óskarsson, Tobias Björn Weisenberger og Daði Þorbjörnsson (2015). **Reykjanes Production Field. Geochemical Monitoring in 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/010. Unnið fyrir HS Orku hf. 59 s. Lokuð skýrsla.
- Guðni Axelsson (2015). **Reply Report: Review of Expert Report of Reykjavík Geothermal.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/050. Unnið fyrir HS Orku hf. 20 s. Lokuð skýrsla.
- Guðni Axelsson, Ólafur G. Flóvenz, Benedikt Steingrímsson, Bjarni Gautason og Árni Ragnarsson (2015). **Expert Report on HS Orka's Existing and Potential Geothermal Resources.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/011. Unnið fyrir HS Orku hf. 57 s. Lokuð skýrsla.
- Guðni Axelsson, Valdís Guðmundsdóttir og Finnbogi Óskarsson (2015). **Analysis of Interference Test Data from the Kuyucak Geothermal System, Turkey.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/046. Unnið fyrir Turcas BM Kuyucak Jeotermal Elektrik Üretim AŞ. 45 s. Lokuð skýrsla.
- Gylfi Páll Hersir, Sigurður G. Kristinsson og Taramaeli Mnjokava (2015). **Tanzania Visit in January 2015. Assessment of Areas for Surface Exploration Studies and Training Needs.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/025. Unnið fyrir TGDC. Styrkt af ICEIDA. 48 s. Lokuð skýrsla.
- Halldór Ingólfsson og Þorsteinn Egilson (2015). **Bouillante Guadeloupe. BO-2, BO-4, BO-5, BO-6 and BO-7. Static Temperature and Pressure Profiles in June 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/049. Unnið fyrir Géothermie Bouillante. 46 s. Lokuð skýrsla.
- Helga Margrét Helgadóttir og Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir (2015). **Bjarnarflag – Holur BJ-13, BJ-14 og BJ-15. Punnarneiðagreining og úrvinnsla.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/047, LV-2015-094. Unnið fyrir Landsvirkjun. 101 s.
- Hjalti Franzson og Bjarni Reykr Kristjánsson (2015). **Forsendur grunnrar niðurdælingar á Helliheiði.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/076. Unnið fyrir Orku náttúrunnar.
- Hörður Tryggvason (2015). **Mælingaefirtlit á Bitru árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/062. Unnið fyrir Orkuveitu Reykjavíkur. 29 s.
- Hörður Tryggvason (2015). **Mælingaefirtlit á Nesjavöllum árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/065. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 46 s.
- Hörður Tryggvason (2015). **Mælingaefirtlit í Hverahlíð árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/056. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 34 s.
- Ingvar Þór Magnússon (2015). **GNSS- og þyngdarmælingar á Hengilsvæði 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/064. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 33 s.
- Ingvar Þór Sigurðsson (2015). **GNSS- og þyngdarmælingar á utanverðum Reykjanesskaga 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/053. Unnið fyrir HS Orku hf. 82 s. Lokuð skýrsla.
- Kristján Ágústsson, Hanna Blanck, Sif Pétursdóttir og Stefán Auðunn Stefánsson (2015). **Nesjavellir. Jarðskjálftar við borun holu NJ-28 og niðurdæling í holur NJ-17 og NJ-26.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/061. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 14 s.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Helga M. Helgadóttir og Þorsteinn Egilson (2015). **Montelago in Mindoro – Philippines. Drilling of MN-01 from Surface down to 2001 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/072. Unnið fyrir Emerging Powers. 62 s. + viðauki.
- Magnús Á. Sigurgeirsson, Helga M. Helgadóttir, Sigurður Sveinn Jónsson og Þorsteinn Egilson (2015). **Montelago in Mindoro – Philippines. Drilling of Slimholes SH-1 and SH-2 from Surface Down to 1250 and 1200 m.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/022. Unnið fyrir Emerging Powers, Inc. Manila, Philippines. 65 s. + viðauki.

- Magnús Ólafsson (2015). **Hitaveitur Húnaþings vestra. Vinnslueftirlit 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/004. Unnið fyrir Húnaþing vestra. 27 s.
- Magnús Ólafsson, Sigurður Garðar Kristinnsson, Þórólfur H. Hafstað, Sigurveig Árnadóttir, Heimir Ingimarsson og Ólafur G. Flóvenz (2015). **Hoffell í Nesjum. Borun holna ASK-122 og ASK-123 og staðsetning næstu holu.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/054. Unnið fyrir RARIK. 33 s.
- Maryam Khodayar, Guðni Axelsson og Benedikt Steingrímsson (2015). **Potential Structural Flow Paths for Tracers and Source Faults of Earthquakes at Húsmúli - Hengill, South Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/035. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 39 s. + kort.
- Maryam Khodayar, Steinþór Niélsson, Sigurveig Árnadóttir og Egill Árni Guðnason (2015). **Outcome of RN-34 and First Correlation with Earthquakes and Predicted Tectonic Structures, Reykjanes, SW Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/016. Unnið fyrir HS Orku hf. 35 s. + 1 kort. Lokuð skýrsla.
- Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson, Ragna Karlsdóttir, Kristján Ágústsson og Magnús Ólafsson (2015). **Tectonic Control of Alteration, Gases, Resistivity, Magnetism and Gravity in Peistareykir Area. Implications for Northern Rift Zone and Tjörnes Fracture Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/002, LV-2015-039. Unnið fyrir Landsvirkjun. 59 s. + 2 kort.
- Maryam Khodayar, Sveinbjörn Björnsson, Sigurður Garðar Kristinnsson, Ragna Karlsdóttir og Magnús Ólafsson (2015). **Multidisciplinary Structural Analysis and Drilling Targets at Peistareykir. Northern Rift Zone and Tjörnes Fracture Zone.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/043, LV-2015-135. Unnið fyrir Landsvirkjun. 49 s. + kort.
- Ólafur Rögnvaldsson (2015). **Establishing Operational Capacity for Building, Deploying and Using Numerical Weather and Seasonal Prediction Systems in SIDs in Africa. Phase 1 Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/042. Unnið fyrir UNECA. 27 s. Lokuð skýrsla.
- Ólafur Rögnvaldsson (2015). **Establishing Operational Capacity for Building, Deploying and Using Numerical Weather and Seasonal Prediction Systems in SIDs in Africa. Phase 2 Report.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/057. Unnið fyrir UNECA. 34 s. + viðauki 2. Lokuð skýrsla.
- Ragna Karlsdóttir og Arnar Már Vilhjálmsson (2015). **Svartsengi – Eldvörp – Sandvík. 3D Inversion of MT Data.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/001. Unnið fyrir HS Orku hf. 166 s. Lokuð skýrsla.
- Sigrún Gunnarsdóttir og Sigvaldi Thordarson (2015). **Svuntum skipt í mælisyrrur og mæliverk og mæligögn sett í nýjar gagnatöflur í venslagagnagrunni ÍSOR.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/037.
- Sigurður G. Kristinnsson, Auður Agla Ólafsdóttir, Finnþógi Óskarsson og Magnús Ólafsson (2015). **Háhitasvæðin á Peistareykjum, í Kröflu og Námafjalli. Vöktun á yfirborðsvirkni og grunnvatni árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/059, LV-2015-125. Unnið fyrir Landsvirkjun. 175 s.
- Sigurður G. Kristinnsson, Helga M. Helgadóttir, Sigurveig Árnadóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Þórólfur H. Hafstað og Magnús Ólafsson (2015). **Borun holu HF-2 við Hoffell í Nesjum. Borsaga, jarðlög og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/027. Unnið fyrir RARIK. 30 s.
- Sigurveig Árnadóttir og Bjarni Gautason (2015). **Laugaland í Eyjafirði – Hóla LN-12. Borun, jarðlög og mælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/018. Unnið fyrir Norðurorku. 32 s.
- Sigurveig Árnadóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Halldór Ingólfsson, Sigvaldi Thordarson og Sigurður G. Kristinnsson (2015). **Hoffell – Hóla HF-2. Holusjarmælingar.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/020. Unnið fyrir RARIK. 35 s. + viðaukar 3 og 4 á CD.
- Sigurveig Árnadóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Halldór Ingólfsson, Bjarni Kristinnsson og Haraldur Jónasson (2015). **Results of Televiewer Logging in Well RN-34 at the Reykjanes Geothermal Field, SW Iceland.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/040. Unnið fyrir HS Orku hf. 33 s. + CD. Lokuð skýrsla.
- Sigurveig Árnadóttir, Halldór Örvar Stefánsson, Hörður Tryggvason, Halldór Ingólfsson og Haraldur Jónasson (2016). **Results of Televiewer Logging in Well SV-25 in Svartsengi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/055. Unnið fyrir HS Orku hf. 30 s. + viðauki 2. Lokuð skýrsla.
- Stefán Auðunn Stefánsson (2015). **Endurbætur á jarðskjálftamælastöðvum í Kröflu árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/070, LV-2015-133. Unnið fyrir Landsvirkjun. 47 s.
- Steinunn Hauksdóttir (2015). **Hitaveita Egilsstaða og Fella. Efnæftirlit árið 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/019. Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella. 14 s.
- Steinþór Niélsson, Hörður Tryggvason, Sigurveig Árnadóttir, Valdís Guðmundsdóttir, Bjarni Rey Kristjánsson, Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Sveinbjörg Helga Haraldsdóttir og Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir (2015). **Hellisheiði – Hóla HE-58. Borun vinnsluáfangi í 2531 m og fóðrun með 9% leiðara.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/045. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 200 s. + viðauki 2.
- Sveinbjörg Helga Haraldsdóttir (2015). **Mælingaefirlit á vinnsluvæðum Hellisheiðarvirkjunar árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/066. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 71 s.
- Sveinborg H. Gunnarsdóttir, Halldór Ö. Stefánsson, Björn S. Harðarson, Steinþór Niélsson, Sýlvía R. Guðjónsdóttir, Bjarni Kristinnsson, Halldór Ingólfsson, Haraldur Jónasson og Sigurjón Vilhjálmsson (2015). **Well Report – RN-34. Drilling of Well RN-34 from Surface Down to 2695 m and Geothermal Studies of the Well during the Drilling.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/017. Unnið fyrir HS Orku hf. 111 s. + viðauki B. Lokuð skýrsla.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Hörður Tryggvason og Björn S. Harðarson (2015). **Hellisheiði – Hóla HE-58. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir yfirborðsfóðringu í 98 m, öryggisfóðringu í 289 m og vinnslufóðringu í 769 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/044. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 58 s.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Hörður Tryggvason, Björn S. Harðarson og Magnús Á. Sigurgeirsson (2015). **Nesjavellir – Hóla NJ-28. Forborun, 1. og 2. áfangi: Borun fyrir öryggisfóðringu í 99,6 m, vinnslufóðringu í 320 m og vinnsluhluta í 802 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/032. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 95 s.
- Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Hörður Tryggvason, Helga M. Helgadóttir, Magnús Á. Sigurgeirsson, Þorsteinn Egilsson og Halldór Örvar Stefánsson (2015). **Nesjavellir – Hóla NJ-28. 3. áfangi: Borun vinnsluhluta frá 802 m í 1301 m dýpi.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/033. Unnið fyrir Orku náttúrunnar. 103 s.
- Sýlvía R. Guðjónsdóttir, Hörður Tryggvason, Sveinborg Hlíf Gunnarsdóttir, Steinþór Niélsson, Tobias G. Weisenberger, Þorsteinn Egilsson og Sigurður Sveinn Jónsson (2015). **Well Report – SV-25. Drilling of Well SV-25 from Surface down to 2004 m and Geothermal Studies during the Drilling of the Well.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/077. Unnið fyrir HS Orku hf. 106 s. + viðauki. Lokuð skýrsla.
- Sýlvía Rakel Guðjónsdóttir, Halldór Ármannsson, Gunnlaugur M. Einarsson og Magnús Ólafsson (2015). **The Estimated Volume of the Superheated Part of the Krafla High Temperature System.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/014, LV-2015-044. Unnið fyrir Landsvirkjun. 17 s.
- Tobias Björn Weisenberger, Andri Arnaldsson, Anett Blischke, Finnþógi Óskarsson, Guðni Axelsson, Jean-Claude C. Berthet, Halldór Ármannsson, Hanna Blanck, Helga Margrét Helgadóttir, Knútur Árnason, Kristján Ágústsson, Sigríður Sif Gylfadóttir og Valdís Guðmundsdóttir (2015). **Revision of the Conceptual Model of the Krafla Geothermal System.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/012, LV-2015-040. Unnið fyrir Landsvirkjun. 111 s.
- Tufwane Mwagomba (2015). **Reykjavík University Internship Report. Down-hole Spinner Measurements.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/021. 25 s.
- Valdís Guðmundsdóttir (2015). **Svartsengi – Reykjanes. Reservoir Temperature and Pressure Monitoring Report 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/026. Unnið fyrir HS Orku hf. 71 s. Lokuð skýrsla.
- Vigdís Harðardóttir og Finnþógi Óskarsson (2015). **Hitaveita Dalabyggðar. Efnæfðilegt vinnslueftirlit árið 2014.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/003. Unnið fyrir RARIK. 14 s.
- Þorsteinn Egilsson (2015). **Montelago in Mindoro - Well MN-01. Well Completion Test Results.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/073. Unnið fyrir Emerging Powers. 43 s. Lokuð skýrsla.
- Þorsteinn Egilsson og Ester Inga Eyjólfsdóttir (2015). **Long-Term Flow Test of Well SH-2, Montelago, Mindoro, Philippines.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/030. Unnið fyrir Emerging Power Incorporation. 42 s. Lokuð skýrsla.
- Þorsteinn Egilsson, Hörður Tryggvason og Björn Már Sveinbjörnsson (2015). **Eftirlitsmælingar í Kröflu og Bjarnarflagi árið 2015.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/071, LV-2015-132. Unnið fyrir Landsvirkjun. 45 s.
- Þórólfur H. Hafstað (2015). **Jarðhitaleit í Kjós. Vinnsluholur boraðar á Möðruvöllum.** Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2015/023. Unnið fyrir Kjósarhrepp. 29 s. + 4 viðaukar.

## Ritryndar greinar í fagtímaritum Reviewed Articles

Árni Hjartarson (2015). Hallmundarkviða, áhrif eldgoss á byggð og mannlíf í Borgarfirði. **Náttúrufræðingurinn** 85, 60-67.

Árni Hjartarson (2015). Öfugskelda á Kjalarnesi og skriðan mikla 1748. **Náttúrufræðingurinn** 85, 115-120.

Chauhan, V., Ragnarsson, Á. (2015). Thermodynamic and thermoeconomic analysis of combined geothermal space heating and thermal storage using phase change materials. **Geothermal Energy Science** 3, 69-80.

Maria J. Gunnarsdóttir, Sigurdur M. Gardarsson, Gunnar St. Jonsson, Halldor Armannsson og Jamie Bartram (2015). Natural background levels for chemicals in Icelandic aquifers. **Hydrology Research** 46.4 2015, 647-660.

Harðarson, B.S. (2015). The Western Branch of the East African Rift: Review of Tectonics, Volcanology and Geothermal Activity. **GRC Transactions** 39, 239-246.

Harðarson, B.S., Kristinnsson, S.G., Karlsdóttir, R., og Einarsson, G. M. (2015). Geothermal Implications of Rift Zone Mini-Grabens — Geological and Geophysical Structure of the Reykjafell Mini-Graben, Hengill Geothermal Field, SW Iceland. **GRC Transactions** 39, 537-544.

Helgi Sigurðsson og Ólafur G. Flóvenz (2015). Háhitavæði og krabbamein. *Læknablaðið* 2015; 101: 276-7.

Ingimundarson, A. og Tulinius, H. (2015). A Procedure for Appraisal of Drilling Success. **Pro, 40th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, January 26-28, 2015.** SGP-TR-204

Jackson, M.D., Gudmundsson, M.T., Bach, W., Cappelletti, P., Coleman, N.J., Ivarsson, M., Jónasson, K., Jørgensen, S.L., Marteinson, V., McPhie, J., Moore, J.G., Nielson, D., Rhodes, J. M., Rispoli, C., Schiffman, P., Stefánsson, A., Türke, A., Vanorio, T., Weisenberger, T.B., White, J.D.L., Zierenberg, R. og Zimanowsk, B. (2015). Time-lapse characterization of hydrothermal seawater and microbial interactions with basaltic tephra at Surtsey Volcano. *Scientific Drilling* 20, 51–58.

Kaldal, G.S., Jónsson, M.T., Pálsson, H. og Karlsdóttir, S. N. (2015). Structural modeling of the casings in high temperature geothermal wells. *Geothermics* 55, 126–137.

Shortall, R., Davíðsdóttir, B. og Axelsson, G. (2015). Development of a sustainability assessment framework for geothermal energy projects. *Energy for Sustainable Development* 27, 28-45.

Shortall, R., Davíðsdóttir, B. og Axelsson, G. (2015). Geothermal energy for sustainable development: A review of sustainability impacts and assessment frameworks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44, 391-406

Shortall, R., Davíðsdóttir, B. og Axelsson, G. (2015). A sustainability assessment framework for geothermal energy projects: Development in Iceland, New Zealand and Kenya. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 50, 372-407

Eftirfarandi greinar voru birtar á Alþjóðájarðhitaráðstefnunni í Ástralíu:

[The following articles were published on the: World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia, April 19-25, 2015.](#)

Axelsson, G., Arnaldsson, A., Berthet, J-C. C., Bromley, C.H., Guðnason, E. Á., Hreinsdóttir, S., Karlsdóttir, R., Magnússon, I. Th., Michalczewska, K.L., Sigmundsson, F. og Sigurðsson, Ó. (2015). Renewability Assessment of the Reykjanes Geothermal System, SW-Iceland. Paper 16008.

Axelsson, G., Egilson, Th., Gautason, B. og Steindórrson, S. H. (2015). The Role of Lumped Parameter Modelling of Reservoir Pressure in the Resource Management of 6 Low-Temperature Geothermal Systems Utilized by the District Heating Network of Nordurorka in Central N-Iceland. Paper 24017.

Ágústsson, K., Kristjánsdóttir, S., Flóvenz, Ó.G. og Guðmundsson, Ó. (2015). 3D Induced Seismic Activity During Drilling of Injection Wells at the Hellisheiði Power Plant, SW Iceland. Paper 23009.

Ármannsson, H., Friðriksson, Th., Benjamínsson, J. og Hauksson, T. (2015). History of chemical composition of geothermal fluids in Krafla, northeast Iceland, with special emphasis on the liquid phase. Paper 14093.

Ármannsson, H., Friðriksson, Th., Óskarsson, F., Matthíasdóttir, K.V. og Markússon, S.H. (2015). A Tracer Test on Well IDDP-2, Reykjanes, Iceland. Paper 14097.

Árnadóttir, S., Egilson, Th., Blischke, A., Stefánsson, H.Ó., Pétursson, F., Jónasson, H., Ólafsson, M., Flóvenz, Ó.G., Hjartarson, Á. og Kristinnsson, S.G. (2015). Well Site Selection Based on Acoustic Borehole Image Logs: A Case History from Hoffell Low-temperature Geothermal Field in Southeast Iceland. Paper 06010.

Árnason, K. (2015). The Static Shift Problem in MT Soundings. Paper 13031.

Bromley, C., Axelsson, G. og Mongillo, M. (2015). Sustainable and Environmentally-Sound Development Strategies Addressed Through International Collaboration. Paper 05000.

Franzson, H., Helgadóttir, H.M. og Óskarsson, F. (2015). The Dallol Geothermal Area Northern Afar, Ethiopia. Surface Geology and Fluid Chemistry. Paper 11043.

Franzson, H., Helgadóttir, H.M. og Óskarsson, F. (2015). Surface exploration and first conceptual model of the Dallol geothermal area, northern Afar, Ethiopia. Paper 11043.

Friðriksson, Th., Stefánsson, A., Óskarsson, F., Eyjólfssdóttir, E. og Sigurdsson, Ó. (2015). Fluid Chemistry Scenarios Anticipated for IDDP-2 to be drilled in Reykjanes, Iceland. Paper 14068.

Gautason, B. og Widory, D. (2015). Assessing the Environmental Impact of Geothermal Power Utilization Using Isotope Ratios (C, N, S, Pb) in Moss (*Rhacomitrium Lanuginosum*). Paper 14003.

Guðnason, E.Á., Arnaldsson, A., Axelsson, G., Berthet, J-C. C., Halldórsdóttir, S. og Magnússon, I.Th. (2015). Analysis and Modelling of Gravity Changes in the Reykjanes Geothermal System in Iceland, During 2004-2010. Paper 13114.

Gunnarsdóttir, S. (2015). Design and Use of Relational Databases in the Geothermal Sector. Paper 33019.

Haraldsdóttir, S.H. og Axelsson, G. (2015). Utilization of Low Temperature Geothermal Systems at Dalvík, N-Iceland, and Egilsstaðir and Fell, E-Iceland. Paper 06104.

Haraldsdóttir, S. H., Franzson, H. og Árnason, K. (2015). Comparison of Down-Hole Data and Surface Resistivity Data from S-Hengill, a High Temperature Geothermal Field in SW-Iceland. Paper 13069.

Helgadóttir, H.M., Franzson, H., Óskarsson, N., Grönvold, K. og Steinhórsson, S. (2015). Hydrothermal Alteration of Pyroxene in the Hellisheiði Geothermal Field, SW-Iceland. Paper 12050.

Hersir, G., Árnason, K. og Vilhjálmsson, A.M., (2015). 3D Inversion of Magnetotelluric (MT) Resistivity Data from Krýsuvík High Temperature Geothermal Area in SW Iceland. Paper 13096.

Hjartarson, Á. (2015). Heat Flow in Iceland. Paper 13044.

Hjartarson, Á. og Ármannsson, H. (2015). Greenland Country Update. Paper 01047.

Kaldal, G.S., Jónsson, M.T., Pálsson, H. og Karlsdóttir, S.N. (2015). Structural Analysis of Casings in High Temperature Geothermal Wells in Iceland. Paper 21042.

Karlsdóttir, R., Vilhjálmsson, A.M. og Beyene, A. T., (2015). Namafjall High Temperature Field in N Iceland. A 3D Resistivity Model Derived from MT data. Paper 13065.

Oladóttir, A.A., Friðriksson, Th. og Magnússon, E. (2015). The Evolution of CO<sub>2</sub> Emissions and Heat Flow Through Soil Since 2004, in the Utilized Reykjanes Geothermal Area, SW Iceland. Paper 14109.

Ólafsdóttir, S., Garðarsson, S.M., Andradóttir, H.Ó., Ármannsson, H. og Óskarsson, F. (2015). Near Field Sinks and Distribution of H<sub>2</sub>S from two Geothermal Power Plants in Iceland. Paper 02039.

Ólafsson, M. Friðriksson, Th., Hafstað, Th.H., Gylfadóttir, S.S. , Óskarsson, F. og Ármannsson, H. (2015). The Groundwater in the Mývatn Area: Influence of Geothermal Utilization at Namafjall and Origin of the Warm Groundwater Component. Paper 14112.

Óskarsson, F., Friðriksson, Th. og Thorbjörnsson, D. (2015). Geochemical Monitoring of the Reykjanes Geothermal Reservoir 2 003 to 2013. Paper 14085.

Óskarsson, F., Inguaggiato, S., Friðriksson, Th. og Caliro, S. (2015). Stable Gas Isotope Characterisation of the Reykjanes Geothermal Field, Iceland. Paper 14018.

Ragnarsson, Á. (2015). Geothermal Development in Iceland 2010-2014. Paper 01077.

Shortall, R., Davíðsdóttir, B. og Axelsson, G. (2015). Methodology for Designing a Sustainability Assessment Framework for Geothermal Energy Developments. Paper 05020.

Sveinbjörnsdóttir, Á.E., Ármannsson, H., Óskarsson, F., Ólafsson, M. og Sigurdardóttir, Á.K. (2015). A Conceptual Hydrological Model of the Thermal Areas within the Northern Neovolcanic Zone, Iceland using Stable Water Isotopes. Paper 14053.

Thorbjörnsson, I. og Karlsdóttir, S. (2015). Materials for Geothermal Steam Utilization at Higher Temperatures. Paper 27045.

Torres-Mora, Y. og Axelsson, G. (2015). Chemical Tracer Test in Las Pailas Geothermal Field, Costa Rica. Paper 14070.

Tulinius, H., Tryggvadóttir, L. og Gudmundsson, G. (2015). Promotion of Geothermal Energy in Serbia. Paper 16084.

## Kort Maps

Magnús Á. Sigurgeirsson, Árni Hjartarson, Ingi Björg Kaldal, Kristján Sæmundsson, Sigurður Garðar Kristinnsson og Skúli Víkingsson (2015). **Jarðfræðikort af Norðurgosbelti. Syðri hluti - Ódáðahraun 1:100 000.** Íslenskar orkurannsóknir.

Greinar og fyrirlestrar eftir ýmsa höfunda í útgefnu efni frá Jarðhitaskólanum má nálgast á heimasíðu skólans [www.unugpt.is](http://www.unugpt.is)

[Articles and lectures from a number of contributors published by the UNU Geothermal Training Programme can be found at the website of the school \[www.unugpt.is\]\(http://www.unugpt.is\)](#)



# Í minningu frumkvöðuls í landmælingum 20. aldar

In the memory of a pioneer of geodetic survey of the 20th century

Gunnar Þorbergsson, landmælingamaður á Vatnsorkudeild og síðar Rannsóknasviði Orkustofnunar, forvera ÍSOR, lést 6. ágúst 2015 á 86. aldursári.

Gunnar Þorbergsson kom til starfa við landmælingar hjá embætti Raforkumálastjóra, sem síðar varð Orkustofnun, árið 1952 þá 22 ára gamall. Embættið hafði þá í fáein ár fengist við landmælingar til undirbúnings virkjunar vatnsfalla. Sú starfsemi óx og dafnaði hröðum skrefum á næstu árum og áratugum undir stjórn Gunnars sem forstöðumanns Landmælinga Orkustofnunar. Hafist var handa við umfangsmikla kortlagningu landsins í mælikvarða 1:20.000 með 5 metra hæðarlínunum og sérkort í enn nákvæmari mælikvarða. Eldri kort voru byggð á takmörkuðum mælingum og höfðu einungis 20 metra hæðarlínur sem nægði ekki fyrir áætlanir um vatnsaflsvirkjanir. Undir lok aldarinnar hafði Gunnari og samstarfsfólki tekist að mæla um þriðjung landsins og gera kort af fjórðungi þess, einkum inn til landsins. Þessar umfangsmiklu landmælingar voru krefjandi vinna sem krafðist mikillar nákvæmni og alúðar jafnframt því sem fara þurfti torsóttar leiðir á öræfum til mælinganna. Notaði Gunnar þá meðal annars þylur þar sem erfiðast var að komast að.

Jafnframt þessu bar Gunnar hitann og þungann af þyngdarmælingum landsins en þær eru snar þáttur landmælinga ásamt því að veita mikilvægar jarðfræðilegar upplýsingar. Þegar jarðhitavinnsla hófst fyrir alvöru á háhitasvæðum landsins bættust hæðar- og þyngdarmælingar þar við starfssvið Gunnars.

Gunnar var alla tíð í fararbroddi í tækni- nýjungum við landmælingar og úrvinnslu þeirra. Hann hóf snemma að nota loftmyndir við kortagerðina og var meðal þeirra fyrstu á landinu sem notuðu tölvur til útreikninga. Hann forritaði alla tíð þann hugbúnað sem Orkustofnun notaði til landmælinga og þyngdarmælinga. Gunnar skrifaði fyrstu forritin til þess árið 1965, árið eftir að fyrsta IBM-tölva Háskóla Íslands kom til landsins. Þá voru forritin og gögn skráð á gataspjöld. Þannig varð Gunnar einn af frumkvöðlum í notkun tölvutækni á Íslandi. Eftir Gunnar liggja á annað hundrað skýrslna og greina. Eftir að Gunnar lét af störfum árið 1999 var landmælingadeildin lögð niður og starfsemin flutt til Landmælinga Íslands sem þá voru nýfluttar til Akraness.

Gunnar var hæglátur maður og hógvær. Hann var fámáll og talaði lágum rómi en af þeirri þekkingu og því viti sem fékk fólk til að hlusta. Hann gumaði aldrei af verkum sínum sem þó eru gríðarmikil að vöxtum. Hann var að mestu leyti sjálfmenntaður í landmælingafræðum en varð þó leiðandi sérfræðingur í landmælingum á Íslandi um áratugaskeið. Eftir hann liggur ómetanlegt ævistarf í þágu íslenskra orkumála og landmælinga.

Gunnar Þorbergsson, a geodesist at the National Energy Authority (NEA), ÍSOR's predecessor, died on the 6th of August 2015, 85 years of age.

Gunnar Þorbergsson came to work in geodetic surveying in the year 1952. By then, the office had been performing geodetic survey as a preparation for the harnessing of power stations. That operation grew and prospered fast in

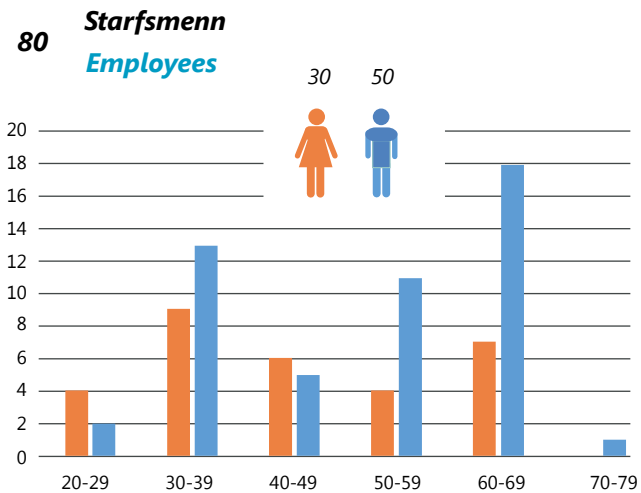
the next few years and decades under Gunnar's management. Extensive mapping work was founded in the 1:20.000 scale with 5 m contour lines and even more detailed specialized maps. By the end of the century, Gunnar and his co-workers had measured about a third of the country and map about a quarter of it, specifically the inland. Making these massive geodetic measurements was a very demanding work which craved great precision and cordiality.

Apart from all of this, Gunnar also was the central figure in gravimetry research in Iceland, which were a big part of geodetic survey as well as being the source of important geological information.

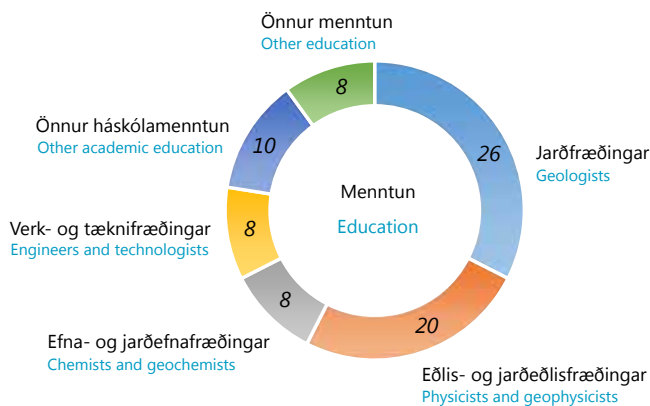
During his whole working life, Gunnar was at the forefront of technical innovation for geodetic survey and its process. He started using aerial photography with the mapping work early on and he was among the first Icelanders to computerize his calculations. He wrote all codes that NAE used for geodetic surveying as well as gravimetry. During his vast career, Gunnar wrote over a hundred reports.

Gunnar was a very undemonstrative and modest man. He was taciturn and quietly spoken, but his wit and impressive knowledge made people listen to what he had to say. He never boasted about his achievements, great though they were. Gunnar was largely self educated in geodetic surveying and yet he became Iceland's leading specialist in the geodetic science for decades. His life work and legacy in his scientific fields was invaluable to Icelandic energy affairs and geodesy.

# Fólkið okkar Our People



## Menntun og aldursdreifing Education and Age Distribution



# Svipmyndir frá árinu Highlights of the Year



1



2

## Ragnheiður St. Ásgeirsdóttir jarðefnafræðingur **Geochemist**

hóf störf hjá ÍSOR sem sumarstarfsmaður og er nú með mastersgráðu frá Háskóla Íslands. Hún er ein af þeim átta starfsmönnum sem bættust við hópinn á árinu.

Ragnheiður started as a summer employee. She has since completed her Master's degree in geology from the University of Iceland and is now one of the eight employees who have joined ÍSOR in 2015.



1 Sigrún Magnúsdóttir, nýr umhverfis- og auðlindaráðherra, í heimsókn.

The Minister of the Ministry for the Environment and Natural Resources came to visit.

2 Akureyrarútibú ÍSOR tók þátt í Vísindasetrinu í tengslum við menningarvöku Akureyrar.

Science Centre at Akureyri birthday festival.

- 3 Höpur sérfræðinga ÍSOR tók þátt í Alþjóðjarðhitaráðstefnunni, (WGC-2015), sem haldin var Melbourne í Ástralíu í apríl. Þetta er einn umfangsmesti viðburðurinn í jarðhitageiranum. Sérfræðingar ÍSOR kynntu rannsóknir og voru höfundar að 37 greinum. Á myndinni er hluti af íslensku þátttakendum.

A group of experts from ÍSOR took part in one of the largest event in the geothermal sector, the World Geothermal Congress (WGC-2015), which was held in Melbourne, Australia in April. Experts from ÍSOR were authors of 37 papers. The photo shows a part of the Icelandic participants.



3



4



5



6



7

- 4 Finnbogi Óskarsson efnafræðingur flytur erindi á WGC-ráðstefnunni.

One of ÍSORs' chemist, Finnbogi Óskarsson, at WGC2015.

- 5 Jarðvísindamennirnir Guðni Axelsson, Knútur Árnason og Gylfi Páll Hersir (vantar á myndina) fengu viðurkenningu Alþjóðjarðhitasambandsins (IGA) fyrir bestu fræðigreinar sem birtar hafa verið í ritrýndu vísindatímariti sl. fimm ár. Afending fór fram á Alþjóðaráðstefnunni.

The geoscientists Gudni Axelsson, Knútur Árnason and Gylfi Páll Hersir received the International Geothermal Association (IGA) Best Paper Award of papers published in internationally peer-reviewed scientific journals in the past 5 years.

- 6 Sumarstarfsfólk ÍSOR á árlegu skyndihjálparnámskeiði. Each year our summer employees attend a first aid course.

- 7 Kynning á nýju jarðfræðikorti af suðurlhuta Norðurgosbeltisins hjá bókaverslun Eymundsson. Introduction of a new geological map of the Northern Volcanic Zone, Southern Part of Iceland.

- 8 Framhaldsskólum á landinu gefið berggrunnskort af Íslandi. All secondary schools in the country were given the new geological map of Iceland.



8



**AÐALSKRIFSTOFA • HEAD OFFICE**

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

**ÚTIBÚ • BRANCH OFFICE**

Rangárvöllum við Hlíðarfjallsveg  
603 Akureyri  
Iceland  
Sími/Tel.: +354 528 1500 / Fax: +354 528 1599

**DÓTTURFYRIRTÆKI • SUBSIDIARY**

GeoThermHydro - Chile  
[www.geothermhydro.com](http://www.geothermhydro.com)

[www.isor.is](http://www.isor.is)

