



ORKUSTOFNUN

# Ársfundur Orkustofnunar 1999

Reykjavík

17. mars 1999

Orkustofnun OS-99016

ISBN 9979-68-030-X

## *Ársfundur Orkustofnunar 1999*

*haldinn miðvikudaginn 17. mars, í salnum Gullteigi,  
Grand Hótel við Sigtún*

Fundarstjóri: Ingibjörg Kaldal, jarðfræðingur

Dagskrá:

13:30 *Fundur settur*

13:35 *Tónlist*

13:45 *Ávarp ráðherra orkumála, Finns Ingólfssonar*

14:00 *Orka - umhverfi - mannlíf, Þorkell Helgason, orkumálastjóri*

14:30 *Rammaáætlun Norðmanna um vatnasvið; hvernig að henni var staðið og hver reynslan hefur orðið, Thrond Berge Larsen, deildarstjóri í umhverfissráðuneyti Norðmanna.*

15:15 *Umræður og fyrirspurnir*

15:30 *Kaffi*

16:00 *Jarðhitaskólinn 20 ára, Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna.*

16:30 *Umræður og fyrirspurnir*

16:45 *Fundarslit, Eyjólfur Árni Rafnsson, formaður stjórnar Orkustofnunar*

17:00 *Veggspjaldasýning, boðið upp á léttar veitingar*

# **Orka - umhverfi - mannlíf**

**Þorkell Helgason**  
orkumálastjóri

Ársfundur Orkustofnunar 1999 haldinn 17. mars s.á.

## Orka – umhverfi - mannlíf

**Porkell Helgason, orkumálastjóri**

Í þessu ársfundareringi mun ég gera umhverfismál orkuvinnslu að umtalsefni. Kemur þar marga til:

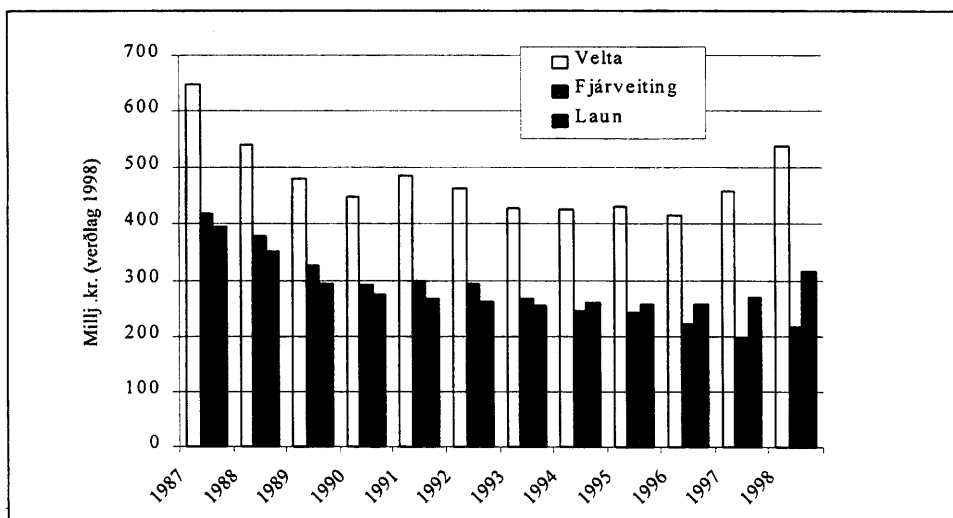
1. Mikil umræða innanlands og utan um þennan málaflokk, ekki hvað síst í tengslum við losun gróðurhúsalofttegunda,
2. sú tímamótaákvörðun stjórnvalda að hrinda nú af stað sérstakri rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma með hliðsjón af áhrifum orkuvinnslunnar á umhverfið, bæði í náttúrunni og mannlífinu,
3. sú áhersla sem Orkustofnun vill leggja á þennan málaflokk og birst hefur í sérstakri afmælisráðstefnu um orkuvinnslu í sátt við umhverfið og endurspeglast hér á þessum ársfundi í gestafyrirlestri um efnið og
4. sérstök stefnumótun Orkustofnunar í umhverfismálum sem hér verður kynnt.

Að venju mun ég þó fyrst fara nokkrum orðum um starfsemi Orkustofnunar á árinu 1998 en vísa jafnframt til ársskýrslu stofnunarinnar sem lögð er fram á þessum fundi.

### 1. Málefni Orkustofnunar

#### 1.1 Aukin umsvif

Starfsemi Orkustofnunar hefur verið með sama sniði undanfarin tvö ár á grundvelli nýs skipulags. Umsvifin hafa ekki um langa hríð verið meiri eins og sjá má af eftirfarandi yfirliti yfir heildarveltu stofnunarinnar í samanburði við nokkur seinustu ár.



1. mynd: Fjármál Orkustofnunar

Kemur hér tvennt til. Í fyrsta lagi er ekki lengur samdráttur í opinberum fjárveitingum og hefur opinbert fé til orkurannsóknna reyndar aukist nokkuð á liðnu ári með þátttöku Orkusjóðs í rannsóknarverkefnum. Nýsamþykkt lög um Orkusjóð festa þetta hlutverk sjóðsins í sessi og tryggja vonandi aukið fjármagn til orkurannsóknna. Þessi nýju lög eru því fagnaðarefni. Í annan stað stafa aukin umsvif af auknum söluverkum á rannsóknareiningunum báðum, Vatnamælingum og Rannsóknasviði.

Það er samfæring mín að aukið sjálfstæði þessara eininga virki hvetjandi á starfsfólk og stjórnendur þeirra og er það út af fyrir sig hluti skýringa á auknum umsvifum. Enn hefur rannsóknareiningunum þó ekki verið skapað rétt rekstrarumhverfi. Einkum er fyrirkomulagi á virðisaukaskatti ábótavant. Á þetta var minnst í ræðu minni fyrir ári og vona ég að ekki þurfi að agnúast út af þessu eitt árið enn og treysti ég á viðkomandi stjórnvöld um umbætur sem allir eru í raun sammála um.

### 1.2 Reynsla af nýju skipulagi

Ekkert mannanna verk er fullkomið, allra síst skipulag og stjórnkerfi stofnana. Því þarf að fara í saumana á hinu nýja fyrirkomulagi stofnunarinnar, greina kosti þess og galla og bæta úr þeim síðarnefndu. Ég hef einatt áður minnst á þann ágallann sem helst blasir við: Hætta er á að grunnrannsóknir fari halloka og það góða orðspor sem farið hefur af Orkustofnun á alþjóðlegum vísindavettvangi biði hnekki af. Í bígerð er að eyrnamerkja sérstakt fé til að tryggja lágmarksumsvif í grunnrannsóknum. Ekki er víst að það eitt dugi. Til viðbótar gæti komið aukið og beint samstarf við háskólana, svo sem með sameiginlegum rannsóknarstöðum. Nú þegar er kominn vísir að þessu með samvinnu Rannsóknasviðs Orkustofnunar og Háskólans á Akureyri.

Ein helsta ástæða þess að Orkustofnun hefur verið gjaldgeng á alþjóðavettvangi liggur í stærð hennar, felst í því að hún hefur komið fram sem öflug eining með mikla breidd þekkingar. Stofnunin hefur lengst af verið næststærsta rannsóknarstofnun landsins og myndað heildstætt rannsóknarumhverfi sem hefur leitt af sér vísindalegan árangur. Á þetta minnti forveri minn í seinustu ræðu sinni á ársfundi stofnunarinnar og lagði um leið áherslu á að varðveita þyrfti þetta heildstæða umhverfi í nýju skipulagi. Það hefur verið gert og brýnt er að treysta heildina, um leið og hver eining á að fá að njóta árangurs síns og eflast á eigin forsendum.

### 1.3 Árangursstjórnunarsamningur

Undir lok síðasta árs var gerður samningur um árangursstjórnun milli iðnaðar- og viðskiptaráðuneytisins og Orkustofnunar. Farið er orðum um ákvæði hans í ársskýrslunni og skal ég því ekki tunda það hér. Samningsaðilar vænta sér mikils af þeim bættu stjórnarháttum sem felast í þessu nýja verklagi. Stofnunin mun leitast við að uppfylla ákvæði samningsins og skýra frá árangrinum í ársskýrslum sínum eða á öðrum vettvangi.

Meðal þess sem er sérstaklega tilgreint í samningnum eru loforð Orkustofnunar um að koma ársritinu Orkumálum út reglulega og fylla í þær eyður sem urðu í útgáfunni í rúman áratug. Það er ánægjuefni að allt bendir til að sett markmið náist í þessum efnum. Þannig koma Orkumál ársins 1995 út nú þessa dagana og mjög skammt er í að árgangarnir 1996 og 1997 birtist.

Annað loforð okkar lítur að endurbótum á vefsíðu stofnunarinnar: [www.os.is](http://www.os.is). Gestum ársfundarins gefst kostur að sjá hvernig til hefur tekist þar sem aðgengi er að vefsíðunni hér á fundarstaðnum.

#### 1.4 Húsnæðismál

Húsnæðismál stofnunarinnar eru á döfnni um þessar mundir. Stofnunin býr í húsnæði við Grensásveg í Reykjavík sem er í umsjá Fasteigna ríkissjóðs og geldur stofnunin fyrir það drjúga leigu. Önnur ríkisstofnun, Sala varnarliðseigna, er handhafi afgangins af húsinu við Grensásveg og leigir hún Orkustofnun nokkurt geymsluhúsnæði í kjallara. Að auki hefur Orkustofnun verkstæðishúsnæði á leigu af einkaaðila allfjarri aðalstöðvum sínum. Fjórða aðsetrið er geymsla fyrir borkjarna og svarf í skála á Keldnaholti sem nú er að hrúni kominn.

Hið mismunandi fyrirkomulag á ráðstöfunarrétti húsnæðisins við Grensásveg hefur valdið vandkvæðum. Þannig hefur starfsfólk Orkustofnunar um langa hríð verið óánægt með alls ófullnægjandi viðhald á húsnæði stofnunarinnar. Ágreiningur hefur verið milli þeirra þriggja sem um þetta véla, okkar sem leigjenda og þeirra tveggja sem fara með eignarhaldið f.h. ríkissjóðs, um viðhaldsþörfina. Sjónarmið okkar og Fasteigna ríkisins hafa að mestu farið saman en staðið hefur á fjármunum hjá sambýlistofnuninni.

Nú háttar svo til að Sala varnarliðseigna er að draga saman seglin. Við væntum þess að þá gæfist tækifæri til að fá aukið húsnæði í kjallara þessarar húseignar ríkissjóðs við Grensásveg og flytja þar með starfsemina sem mest á einn vettvang. En nú stefnir allt í að af því geti ekki orðið. Þykir okkur það súrt í broti.

Þetta beinir huga okkar að langtímaþörfum stofnunarinnar í húsnæðismálum. Við erum minnug þess að Orkustofnun hefur verið markaður reitur á svæði rannsóknarstofnana á Keldnaholti. Fæst kannski það álitleg fjárhæð fyrir húsnæðið á Grensásveginum – á góðum stað í þungamiðju borgarinnar – að huga megi að nýbyggingu handa okkur á Keldnaholti? Fyrrgreindar hremmingar í húsnæðismálum okkar hljóta að beina athyglinni að slíkum lausnum.

#### 1.5 Starfsmannamál

Á árinu létu nokkrir starfsmenn af störfum eins og endranær, ýmist fyrir aldurs sakir eða vegna þess að þeir vildu reyna sig á öðrum vettvangi. Þetta eru þau:

*Björghildur Sigurðardóttir*  
*Gunnar Þorbergsson*  
*Magnús Á. Sigurgeirsson*  
*Þór Sigurðsson*

Þessum starfsmönnum eru þökkuð heilladrjúg störf. Sérstakar þakkir eru færðar Gunnari Þorbergssyni, deildarstjóra á landmælingadeild, sem hættir nú fyrir aldurs sakir, enda þótt hann muni áfram veita okkur nokkurt liðsinni. Frumkvöðlastarf hans verður seint fullþakkað.

Í stað þeirra sem hafa farið hefur komið nýtt fólk, sem boðið er velkomið til starfa. Bæði því svo og öllum öðrum starfsmönnum Orkustofnunar þakka ég vel unnin störf og samstarf á starfsárinu 1998.

## 2. Umhverfisáhrif á alheimsvísu

Vík ég þá að aðalumræðuefni mínu: Umhverfisþáttum orkuvinnslu og byrja ég þá á hnattrænu sjónarmiði.

### 2.1 Kjótó-bókunin

Það verður æ ljósara að athafnir mannsins og inngríp í náttúruna eru orðin í þeim mæli að mikillar aðgátar er þörf. Alþjóðasamfélagið hefur tekið málið til sín og gerðar hafa verið samþykktir og sáttmálar um verndun lífríkisins sem kalla alla jarðarbúa til ábyrgðar. Nú síðast er að minnast bókunar sem kennd er við Kjótó-borg um takmörkun á losun gróðurhúsalofttegunda. Vissulega getur verið örðugt að sanna með óyggjandi vísindalegum rökum að gróðurhúsaáhrifin séu það raunveruleg að það stofni tilveru okkar í tvísýnu, en allur þorri fræðimanna á þessu sviði telur þó að ekki megi taka áhættu og að þróuninni verði að snúa við. Framtíð menningar okkar og beinlínis lífsskilyrði kunni að vera í húfi.

Eins og gengur einkennast alþjóðasáttmálar einatt af málamiðlunum og hrossakaupum og ekki fær skynsemin ávallt ráðið. Þannig hefur verið á það bent af Íslands hálfu að leiðirnar sem samþykktar voru í Kjótó kunni að stríða gegn markmiðunum sem áður höfðu verið sett á ríkjaráðstefnunni í Ríó. Til þess að draga úr heildarlosun á gróðurhúsalofttegundum var þjóðum heims uppálagt í Ríó-borg að nýta endurnýjanlegar orkulindir til hins ýtrasta. Við teljum okkur geta stuðlað að því markmiði með því að sjá orkufrekum iðnaði fyrir vistvænni raforku, sem ella yrði unnin með brennslu jarðefnaeldsneytis. Okkur þykir að takmarkanir þær sem felast í Kjótó-bókuninni geti hér verið skynseminni Þrándur í Götu. Því hafa íslensk stjórnvöld nýverið ákveðið að undirrita ekki Kjótó-bókunina að svo komnu máli. Það er vissulega umdeilanlegt hvort betra sé að vinna sjónarmiðum okkar fylgis innanbúðar með þeim ríkjum sem fallast á bókunina eða með því að standa um sinn utan gátta. En allt um það þá verðum við að halda áfram að freista þess að hafa áhrif til að færa fyrirkomulag við takmörkun á koltvísyringslosun til betri vegar.

### 2.2 Mengunarkvótar

Og hér höfum við vissulega af reynslu að miðla. Það verður æ ljósra að stýring á takmörkuðum náttúrugæðum verður best gerð samkvæmt búskaparháttum markaðshagkerfa og með framseljanlegum kvótum, hvort sem það eru fiskikvótar eða mengunarkvótar, í þessu tilviki kvótar til losunar gróðurhúsalofttegunda.

Við trúum því að við höfum yfir hagkvæmum, mengunarlausum orkugjöfum að ráða. Við þurfum því vart að óttast að okkar orkufreki iðnaður gæti ekki staðist í samkeppni um losunarkvóta. Þvert á móti ætti staða hans að geta batnað ef slíkt kvótakerfi yrði nægilega altækt.

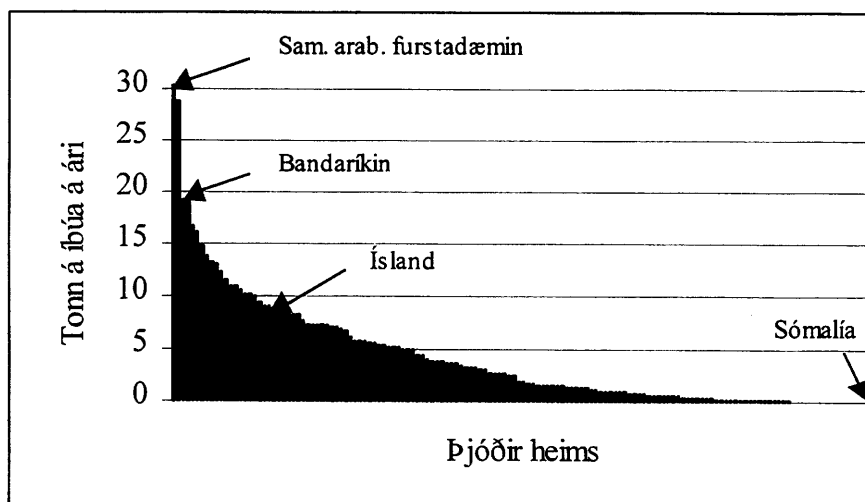
En engin rós er á þyrna: Vandinn við kvótakerfi er hvernig þeim skuli komið á og hvernig eftirliti skuli háttáð. Byrjunarvandinn er umtalsverður. Það þekkjum við aftur af eigin reynslu: Við deilum enn um það, hálfum öðrum áratug eftir að almennu kvótakerfi var komið á í fiskveiðum okkar, hvort útteiling veiðiheimilda á grundvelli veiðireynslu hafi verið réttlát og hagkvæm.



Við í þróuðum ríkjum heims munum verða kallaðir “mengunargreifar” ef mengunarkvótum, svo sem losunarkvótum koltvísýrings, verður endanlega útteilt á grundvelli losunar sem miðast við stöðu mála fyrir áratug. Þróunarríkin munu krefjast sama réttar og aðrir. OECD-ríkin, með Bandaríkin í broddi fylkingar, munu ekki til lengdar komast upp með að sölsa undir sig stærstu kvótana bótalaust. Togstreitan milli hinna ríku og hinna fátæku birtist nú í því að þróunarríkin hafa eins konar “vestfirska” afstöðu til kvótamála, ef embættismaður má taka þannig til orða: Þróunarríkin hundsá einfaldlega kvótakerfið sem drög voru lögð að í Kjótó.

### 2.3 Misjöfn losun

Hin fátæku ríki geta vissulega með miklum rétti sagt að gróðurhúsavandinn sé til orðinn hjá iðnríkjunum og þeirra að leysa hann. Löngu er vitað að gæðum er misskipt milli heimsins barna en hvergi verður það augljósara en þegar rýnt er í tölur um koltvísýringslosun. Þannig er losunin hjá þeirri þjóð sem mest losar á hvern íbúa 25000-föld losunin hjá þeirri þjóðinni sem minnst losar. 2. mynd sýnir glögglega hinn gífurlega mun á losun eftir löndum.



*2. mynd: Þjóðum heims raðað eftir losun koltvísýrings á hvern íbúa árið 1995. Hver stallur á myndinni vísar til einnar af þjóðunum*

Sá fimmtungur þjóða sem minnst losar ber einungis ábyrgð á 2% heildarlosunar mannkyns. En á hinn bóginn koma 63% heildarlosunar frá þeim fimmtungi þjóðanna sem mestir eru “sóðarnir”, þ.e.a.s. losa mest af koltvísýringi. Og Íslendingar eru í þessum hópi – þó með þeim skástu! Afgangur þjóðanna, og það er þorri þeirra eða þrír fimmtungar þeirra, veldur 35% af heildarlosunni.

### 2.4 Hverjir fá mengunarkvótana?

Víkjum þá aftur að alheimskerfi mengunarkvóta. Slíkt kerfi á auðvitað langt í land, enda hafa hin pólitísku vandkvæði við þær takmörkuðu aðgerðir sem felast í Kjótó-bókuninni verið ærin. Engu að síður langar mig að leiða hugann að stöðu okkar ef slíkri allsherjarlausn yrði hrundið í framkvæmd.

Þá gef ég mér fyrst að slíku alheimskerfi verði ekki komið á nema á grundvelli fulls jafnaðar jarðarbúa á meðal, þ.e.a.s. að allir fái jafnt gefið í upphafi. Það þýðir að

sjálfsögðu að þær þjóðir, sem meiri hafa neysluna og vilja þar með menga meira, verða að kaupa kvóta af þeim sem minna nota. Hvaða verð yrði á slíkum kvótum og hve mikið þyrftum við að kaupa?

Losun okkar Íslendinga á öllum gróðurhúsalofttegundum árið 1990, sem er viðmiðunarárið í Kjótó-kerfinu, nam ríflega tvöföldu heimsmeðaltali á hvern íbúa en það meðaltal var rúmlega 5 tonn af koltvísýringsígildum. Í heild nam losun okkar 2,9 milljónum tonna.

Ef við Íslendingar fengjum kvóta í samræmi við meðallosun á jarðarbúa þá svaraði það til um 1,4 milljónum tonna af koltvísýringsígildum. Við þyrftum því að kaupa 1,5 milljón tonn til að halda í horfinu, en síðan meira vegna frekari losunar. Hve mikið þyrftum við að greiða fyrir slíka kvóta? Um það er erfitt að spá. Rætt hefur verið um að verð á koltvísýringskvótum á hugsanlegum markaði meðal þeirra þróuðu ríkja sem standa að Kjótó-bókuninni gæti verið einhvers staðar á bilinu 1000-5000 kr. á tonnið. Ef slíkt kvótakerfi yrði altækt og næði til allrar losunar heimsins yrði verðið verulega lægra. Hve mikið veit auðvitað enginn, en m.v. tölur sem nefndar hafa verið um kostnað við aðgerðir til að hafa hemil á losun í þróunarríkjunum er vart við því að búast að verðið yrði hærra en svo sem fimmtungur af fyrrgreindri tölu.

Ef við göngum því út frá verðinu 500 kr. á tonnið þyrftum við eða fyrirtæki okkar að reiða fram svo sem 750 milljónum kr. árlega til að greiða fyrir losun okkar umfram heimsmeðaltalið og síðan eitthvað meira ef við þurfum að auka losunina.

En hvert færi þetta fé? Fyrst og fremst til þróunarríkja. Losunargjaldið væri þá nokkru hærra en núverandi framlag okkar til þróunaraðstoðar, og næmi ríflega tíund prósentu af landsframleiðslunni. Og þó svo það bættist við núverandi þróunaraðstoð værum við enn undir því marki sem Sameinuðu þjóðirnar hafa lengi lagt að iðnríkjunum að verja til þróunaraðstoðar og aðrar Norðurlandþjóðir (að Finnum undanskildum) hafa virt, en við ekki. Um leið værum við að taka þátt í alheimskerfi sem ætti síst að veikja okkar almennu samkeppnisstöðu.

Við, “mengunargreifarnir” á Vesturlöndum, verðum að þekkja okkar vitjunartíma og bjóða lausnir sem fátækum þjóðum heims getur orðið að skapi. Þetta þýðir einhverjar fjárhagslegar fórnir af okkar hálfu. En, eins og fyrr segir, er ekki víst að fórnir okkar Íslendinga yrðu í reynd svo miklar, vegna þess að verðlagning á menguninni hækkaði verðmæti orkulinda okkar.

## 2.5 Vetni og mengun

Alheimsmarkaðsvæðing á losunarkvótum gæti haft flókin áhrif á ýmsar okkar fyrirætlanir. Vil ég taka nýlega umræðu um vetnisvæðingu sem dæmi í þessu sambandi:

*Til umræðu er að stuðla að eldsneytisframléiðslu hérlendis og hefur verið stofnað þróunarfélag í því skyni með alþjóðlegri þátttöku. Hugmyndin snýst um að nota innlenda endurnýjanlega orku vatnsfalla og jarðvarma til að spara okkur innflutning á olíu og bensini, enda mun jarðefnaeldsneyti fyrr eða síðar ganga til þurrðar. Markmiðið lýsir fyrirbyggju, sem er góðra gjalda verð, en líka vissri trú á sjálfsþurftarbúskap sem hefur verið á undanhaldi með sívaxandi heimsverslun.*

*Í fljótu bragði kann að virðast að verðlagning á koltvísýringslosun, t.d. í formi framseljanlegra kvóta, yrði alfarið til styrktar sýninni um innlenda*

*eldsneytisframleiðslu, þar sem kostnaður við notkun jarðefnaeldsneytis hækkaði. En verð, eða a.m.k. fórnarkostnaður rafmagnsins sem færi í framleiðslu eldsneytisins, mundi líka hækka, nema þá að við hindruðum aðra stórnotkun rafmagnsins svo sem í orkufrekum iðnaði eða til beins útflutnings. Væri skynsamlegt að beina raforkunotkuninni frekar að eldsneytisframleiðslunni með slíkum hindrunum í stað þess að láta markaðslögmálin ráða? Ekki ef horft er á málið frá hagsmunum alls mannkyns og trúlega ekki heldur þótt við einblínum á eigin hag.*

Með þessum þönkum vil ég ekki gera lítið úr hugsjónum um innlenda eldsneytisframleiðslu heldur einvörðungu benda á að málið kann að vera margslungið og ekki einhlítt að okkar vistvænu orku sé best varið til slíkrar framleiðslu. En ég styð það eindregið að málið hljóti alvarlega athugun og að við fylgjumst af kostgæfni með þróuninni í þessum efnum og séum reiðubúin að söðla um yfir í tilbúið eldsneyti, í formi vetnis eða metanóls, þegar og ef kallið í þeim efnum kemur.

### 2.6 Kunnum á kvótakerfin!

Ég hef hér tæpt á framtíðarsýn um skipan mengunarkvóta og samkeppnisstöðu okkar í þeim efnum. Allt þetta minnir á umræðuna hér á landi um hliðstæðuna í fiskveiðunum þannig að okkar talsmenn í alþjóðlegri umræðu um koltvísýringskvóta eiga að vera vel heima bæði í rökum og gagnrökum þessa flókna en mikilvæga máls um kvótakerfi fyrir mengun.

Er þá mál til komið að ég færi mig nær okkar tíma og rúmi.

## **3. Íslenskt umhverfi**

Umræða um umhverfismál hefur sífellt eflst undanfarin ár og misseri. Sumir segja að þetta sé einkenni góðæris í þjóðarbúskapnum, að nú séu búksorgirnar minni og því höfum við efni á að leyfa okkur þann munað að huga að umhverfismálum og náttúruvernd. Þessi söguskýring er of þröng að mínu mati. Vissulega erum við að einhverju leyti mótuð af þeirri gömlu speki bændasamfélagsins að þar sé fagurt þar sem búsaeldarlegt sé. En viðhorf og forsendur hafa breyst í grundvallaratriðum. Við því verður að bregðast.

### 3.1 Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Meðal þess sem í vaxandi mæli er lítið gagnrýnum augum eru virkjunarframkvæmdir, ekki síst vatnsorkuvirkjanir á hálendinu. Okkur, sem tengjumst þessum málaflökki, finnst að málflutningur þeirra, sem lengst vilja ganga í verndun, einatt öfgakenndur og byggja meir á tilfinningum en staðreyndum og rökhyggju. Allt um það eiga tilfinningarök líka rétt á sér en þau mega ekki bera skynsemina ofurliði.

Nú er komið að vendipunkti í þessari umræðu allri. Ráðherra orkumála hefur hrint af stað umfangsmiklu verkefni þar sem á að kortleggja virkjunarkostina og vega þá og meta, jafnt á vogarskálum hagkvæmni og atvinnusköpunar sem og náttúruverndar og annarra landnota. Þetta er hið mesta þarfaverk og höfum við öll miklar væntingar um árangurinn, um að þökkaleg sátt geti náðst um forgangsröðun virkjunarkostanna á grundvelli þessa starfs.

Orkustofnun og starfsmenn hennar munu hafa miklu hlutverki að gegna í þessu verkefni og munu leggja sig alla fram. Okkur er það kappsmál að geta stuðlað að nýtingu orkulindanna þjóðinni til hagsbóta um leið og það sé gert í sem bestri sátt við umhverfið.

### 3.2 Mótun umhverfisstefnu

Á Náttúruverndarþingi 1997 boðaði ég að Orkustofnun myndi móta sér eigin umhverfisstefnu, stefnu um það hvernig hún hygðist beina rannsóknum sínum að orkuvinnslu í sátt við umhverfið og stuðla að sjálfbærum orkubúskap. Raunar teljum við stofnunin hafi ætíð starfað í þessum anda, en það eru markvissari vinnubrögð að setja stefnumið sín skýrt á blað, og það viljum við gera í þessum málaflökki.

Á fyrrgreindum tímamótun í umfjöllun um virkjanir og verndargildi þykir okkur við hæfi að birta umhverfisstefnu Orkustofnunar og mun ég fara yfir hana um leið og ég vísa á sérstakan lausblöðung sem liggur hér frammi á ársfundinum auk þess sem stefnan verður að sjálfsögðu aðgengileg á vefsíðu Orkustofnunar.

#### Umhverfisstefna Orkustofnunar

Hlutverk Orkustofnunar er að annast yfirlitsrannsóknir á orkulindum landsins og skilyrðum til hagnýtingar þeirra.

Þetta hlutverk vill stofnunin rækja með eftirfarandi að leiðarljósi:

- *Orkuvinnsla og nýting verði í sem bestri sátt við umhverfið.*
- *Orkubúskapur landsins verði í sem ríkustum mæli sjálfbær.*

Að ofangreindum markmiðum vill Orkustofnun vinna m.a. með eftirfarandi leiðum:

1. Að greina helstu umhverfisáhrif þegar við frumathuganir stofnunarinnar á virkjunarkostum og annarri auðlindanýtingu.
2. Að vinna að heildstæðu yfirliti um virkjunarkosti, hagkvæmni þeirra og umhverfisáhrif og í kjölfarið flokkun kostanna eftir samræmdu mati á verndargildi, hagkvæmni og þjóðarþörfum.
3. Að benda á leiðir til að ná sem bestri nýtingu þeirra auðlinda sem teknar eru til vinnslu.
4. Að standa fyrir rannsóknum á þáttum sem tryggja eftir föngum sjálfbæra nýtingu orkulindanna og laga orkuvinnslu að náttúrulegri endurnýjun þeirra.
5. Að stuðla að og taka þátt í starfi til að bæta orkunýtingu, þjóðinni til hagsældar, afla upplýsinga og benda á leiðir í því sambandi.
6. Að efla athuganir stofnunarinnar á leiðum til að nýta innlendar, endurnýjanlegar orkulindir í stað innfluttrar orku og taka þátt í samstarfi um verkefni á því sviði.

7. Að eiga góða samvinnu við stjórnvöld, stofnanir, fyrirtæki, samtök og einstaklinga um markmið og leiðir í umhverfismálum.

Að auki mun stofnunin hér eftir sem hingað til leggja áherslu á góða umgengni í starfi sínu úti í náttúrunni og virða lög, reglur og góða siði í því sambandi. Þá mun stofnunin hafa umhverfissjónarmið í heiðri við innkaup sín og rekstur.

Til fyllingar stefnu sinni og leiðum í umhverfismálum vísar stofnunin til greinargerðar frá auðlindadeild Orkustofnunar: *Orkuvinnsla í sátt við umhverfið*.

#### 4. Lokaorð

Aðalstef þessa ársfundar er orka og umhverfismál. En hví hengi ég “mannlífið” aftan við hin tvö lykilorðin, orka og umhverfi, í heiti erindis míns? Svárið kemur í raun fram í kjörorði Rammaáætlunarinnar fyrrnefndu sem er *Maður-Nýting-Náttúra*. Orkuvinnsla og umhverfisvernd eru tæki til að gera okkur náttúruna undirgefna í því skyni að skapa fegurra mannlíf fyrir okkur, en líka komandi kynslóðir.

Ég vil að lokum þakka starfsmönnum Orkustofnunar fyrir undirbúning þessa ársfundar og útgáfu ársritsins, einkum þeim sem mest hefur mætt á - og allir á stofnuninni vita hverjir eru!

**Rammaáætlun Norðmanna um vatnasvið;  
hvernig að henni var staðið og hver reynslan hefur orðið**

**Thronð Berge Larsen**

deildarstjóri í umhverfisráðuneyti Norðmanna

## The Norwegian Master Plan for Hydro Power Resources

Thrond Berge Larsen, Adviser  
Ministry of the Environment - Norway

Norway's goal is to find a balance between the use and conservation of river systems, by following a strategy involving plans and management systems in addition to acts of legislation. Three elements are of particular importance :

- The concession laws (**Konsesjonslovene**)
- The Protection Plan for Water Resources (**Verneplan for vassdrag**)
- The Master Plan for Water Resources (**Samlet Plan for vassdrag**)

Hydro power schemes producing totally 113 TWh in a year with normal precipitation have until now been developed. The potential that could be developed in Norway at a cost lower than thermal power, is estimated to a total of 178 TWh. Of this a total potential of 35 TWh is in rivers that are permanently protected from hydro power development.

The total installed effect in the 650 hydro power stations in operation is about 28 000 MW. The largest are all high-head schemes and 25 of them have an average annual production above 1000 GWh in one year. The largest power station produces 2900 GWh with an installed effect of 1240 MW. We have 30 power stations with an installed effect of more than 200 MW.

Most of the power stations (representing a production of 55 %) are owned by counties, districts and municipalities. The State owns 30 % and the last 15 % are owned by private companies, mostly the energy-intensive industry. Norsk Hydro owns alone about 10 %.

Because the reservoirs mostly are established in the mountains, storing in the lakes seldom involves overflowing of much arable land or valuable forests. The economic interests involved there are few, usually some grazing beside fishing, and in the north reindeer husbandry. Each project is different, but as a thumb rule the environmental interests that in most projects are decisive are connected to nature conservation, wildlife and outdoor recreation inclusive fishing. If an important salmon river is included in the project, it is seldom allowed to take much water from the river. Altogether we have more than 200 000 lakes in Norway. Purely artificial reservoirs are for this reason seldom in Norway.

Until the sixties most people agreed to the proposed hydro power schemes, and the main concern in the discussion was how to preserve salmon and trout fishing. In 1960 however, the Parliament asked the Government to make a National plan for the remaining hydro power resources. The politicians were frustrated because they had to handle projects one by one, without knowing how harmful the project would be for the environment measured in a national context. The outcome of this initiative was the **National plan for protection of watercourses**. This plan is based on evaluation of all the different «protection»- interests

related to the respective watercourses. In fact often the whole catchment area of the river was evaluated.

The evaluation related to the potential hydro power projects in these rivers was administrated by NVE. The evaluation of the interests related to protection of our cultural heritage, nature conservation, fish, wildlife, outdoor recreation and related to pollution control were administrated by the Ministry of the Environment. The evaluation of agriculture, forestry and reindeer husbandry was administrated by the Ministry of Agriculture. The work was supervised by a committee with the chairman representing NVE.

The final decisions were made by the Parliament, the first in 1973 and the fourth and last in 1993. They were based on reports submitted in 1970, 1975, 1983 and 1991 (Verneplan I-IV) and on white papers submitted to the Parliament by the Ministry of Oil and Energy.

At present, 341 localities, which may be whole river systems or parts of them, with an estimated economic hydro power potential of 35 TWh (or 20 % of the total potential) are protected for ever in this plan and during the ordinary licensing procedure.

A total development of 125 TWh has been loosely indicated by the Parliament as an appropriate goal of planning. This implies that more rivers could be permanently protected.

A national co-ordinated plan for the total remaining hydro power potential was not implemented until 1985 when the Government presented the Master Plan for Water Resources for the Parliament. Projects representing a total of 60 % of the potential hydro power resources were then already developed. Some few projects were excluded from the work due to the need for new power in the planning and decision period that lasted from 1981 to 1986. Also all projects with an output less than 5 GWh (1 MW) are excluded.

One main reason why the Government and the Parliament were in favour of making a Master Plan was to try to limit the conflicts between those in favour of and those opposed to a specific hydro power project. Experience has shown that this also has been the result. However, the political resistance to hydro power development, not least among the municipalities, has been growing in the last few years. This implies that not all projects in category I get license.

The work with the first generation of the Master Plan started in the autumn of 1981 and lasted until spring 1985. It was headed by the Ministry of Environment (MD), in close collaboration with the Ministry of Oil and Energy (OED), NVE and other relevant authorities. The project administration was located in the Ministry of Environment and comprised of about 8 persons. NVE was responsible for the technical and economic project planning of each project in co-operation with the relevant power company. Three to four persons worked full time in NVE and consultant companies were also hired to make the plans. The Department of Environmental affairs in the office of the county governors were responsible for making of a so-called «watercourse-report» for each project. A co-ordinator worked full time in most of the counties with these reports. The reports contained an evaluation of the impact of the project on the different types of interests in the catchment area. Reports were made for all potential projects in the country, altogether 310 projects. For some projects many alternatives were studied. The level of detail for each report was like a prefeasibility study. There were hearing processes for each of the individual reports and later on for the so-called «main report» (hovedrapporten) that was submitted in the autumn of 1984.



The main goal was to present a proposal for a priority grouping of hydropower projects for subsequent consideration for licensing, in contrast to the Protection plan where the whole catchment area of the rivers were evaluated. Priority should be given to projects most favourable from both an economic as well as an environmental viewpoint. A special methodology was worked out to group the projects. The plan should also provide a basis for considering which watercourses should be used for other purposes than hydropower.

The first generation of the Master plan was approved by the Parliament in 1986. Since then it has been revised two times, last time in 1993. In later revisions of the plan the organisation has been less extensive with far less people involved working full time. Most of the work that previously was carried out in the Ministry is after the last revision delegated to The Directorate for Nature Management (DN). The Parliament will later this year decide if we now shall start a new revision and updating of the plan, for instance from January 2000.

The so-called category I in the Master plan contains projects that can be considered for license immediately. This category contains projects representing in total a potential average yearly electricity production of 16 TWh. These projects are the most favourable both economically and measured from an environmental viewpoint. After the deregulation of the energy market it is however up to the power company to decide when to send the application and when to build the power plant.

Category II representing today totally 9 TWh contains projects that so far cannot be considered for license. Originally the plan also contained a category III representing the most conflicting projects from an environmental viewpoint. Most of the projects in category III however were in rivers that were protected in the National Plan for protection of Water Courses in 1993. The rest of the projects in category III were in the last revision included in category II.

The «user interests» as we call them that are evaluated in each of the projects are the following (the usually most decisive interests for the grouping of a project are underlined):

- HYDROPOWER (Often many alternatives. Six so-called economy categories)
- NATURE CONSERVATION (geology, landscapes, botany and zoology)
- OUTDOOR RECREATION (aesthetic experience, walking, canoeing etc.)
- FISH (salmon, trout, science, fishing)
- WILDLIFE (mammals, birds; hunting)
- WATER SUPPLY
- WATER QUALITY (protection against pollution).
- CULTURAL HERITAGE (stone age, old buildings, sami sites)
- AGRICULTURE AND FORESTRY (potential).
- REINDEER HUSBANDRY (1/3 of the projects are in Sami districts)
- FLOOD PROTECTION AND EROSION CONTROL
- TRANSPORTATION (very seldom relevant)
- ICE AND WATER TEMPERATURE
- CLIMATE
- REGIONAL ECONOMY

**The methodology for the classification of a project in the Master plan:**

**1. The «value» of the area before development**

(applies to the following «user interests»: nature conservation, outdoor recreation, wildlife, fish, cultural heritage, reindeer husbandry). Scale: x, xx, xxx, xxxx (asterisk)

**2. Preliminary evaluation of the impacts of the development on the user interest (in the project reports).** Scale: very serious negative, serious negative, medium negative, small negative impacts, no impacts, small positive impacts, medium positive, large positive, very large positive. Based on a qualitative assessment.

**3. Impacts in the master plan.** Scale: -4, -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3, +4.

**4. «Profile group».** (weighing and aggregating of the impacts.) Scale: P1, P2, ..... P6, P7, P8. Decisive for this «technical» classification are the number of -3's and -4's on the impact scale (see farther down).

**5. Impact class.** Scale: K1 - K8. Adjustments of the profile group.

**6. Preliminary priority group.** Scale: group 1 - group 16. The group comes automatically from the setting of the impact class and the economy class. There are 6 economy classes: Ø1 the cheapest, Ø6 the most expensive.

**7. Priority grouping.** Adjustments for regional economy, for comments received in the hearing, size of the project etc

**The methodology of the «PROFILE GROUPING»:**

**P1: Only -1 or better**

**P2: Max. three -2, the rest better**

**P3: Max. one -3, the rest better (min. four -2)**

**P4: Max. two -3, the rest better**

**P5: Max. three -3, the rest better**

**P6: Max. one -4, the rest better (min. four -3)**

**P7: Max. two -4, the rest better**

**P8: Min. three -4**

**P + adjustments = Impact class K.**

**IMPACT CLASS AND ECONOMY GIVES PRELIMINARY PRIORITY GROUPS**  
(Shaded area (groups 1-5) is category I and groups 6-16 are category II)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Ø1	1	1	2	3	5	7	9	12
Ø2	1	1	2	3	5	7	9	12
Ø3	2	2	3	4	6	8	10	13
Ø4	3	3	4	5	7	9	11	14
Ø5	4	4	5	6	8	10	12	15
Ø6	5	5	6	7	9	11	13	16

# **Jarðhitaskólinn 20 ára**

**Ingvar Birgir Friðleifsson**

forstjórnari Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna

## Jarðhitaskólinn 20 ára

Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður  
Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna

### Inngangur

Allsherjarþing Sameinuðu þjóðanna (Sp) samþykkti stofnskrá Háskóla Sameinuðu þjóðanna (HSþ) árið 1973. Aðalhvatamaður að stofnun skólans var U Thant, aðalritari Sp. Í stofnskránni segir m.a.: "Háskóli Sameinuðu þjóðanna skal vera alþjóðlegt samfélag fræðimanna og skal vinna að rannsóknum, þjálfun sérfræðinga eftir háskólapróf og dreifingu fróðleiks í samræmi við markmið stofnskrár Sameinuðu þjóðanna". Í stað þess að Sp byggðu skólahús og rannsóknarstofur út um allan heim var hugmyndin sú að hafa stjórnstöð á einum stað en tryggja aðgang að háskólum og rannsóknarstofnunum um allan heim fyrir nemendur og starfslid HSþ. Japönsk stjórnvöld buðust til að leggja til húsnæði fyrir aðalstöðvar HSþ í Tókýó. Óskað var eftir framlögum aðildarlanda Sp til HSþ, bæði í formi fjár í stofnsjóð háskólans en einnig með því að einstök lönd/stofnanir tækju að sér vissar háskóladeildir. Þannig var hugmyndin að mynda net tengdastofnana HSþ (associated institutions) sem skyldu vera dreifðar sem víðast um heiminn. Val tengdastofnana HSþ miðaðist við að stofnunin hafi:

1. Sýnt getu í rannsóknum og þjálfun við verkefni sem spanna mörg fagsvið;
2. Sýnt hæfni og vilja til að þjálfa einstaklinga í hagnýtum rannsóknum;
3. Jafnvægi milli grundvallar- og hagnýtra rannsókna;
4. Möguleika á að skipuleggja verkþjálfun fyrir styrkþega HSþ;
5. Möguleika á að taka styrkþega inn í verkefni, sem þegar eru í gangi;
6. Hæfni til að skipuleggja alþjóðlega vinnufundi og ráðstefnur.

### Undirbúningur að stofnun Jarðhitaskólans

Fastanefnd Íslands hjá Sp studdi hugmyndina um stofnun HSþ frá upphafi og fór fljótlega að huga að á hvern hátt Ísland gæti best tekið þátt í starfsemi skólans. Talið var að besta framlag Íslands væri að taka að sér forystuhlutverk og rekstur háskóladeildar annað hvort í rannsóknum og nýtingu jarðhita eða haf- og fiskirannsóknum. Íslendingar höfðu um árabíl starfað sem ráðgjafar Sp í þróunarlöndunum á þessum tveimur sviðum.

Fyrstu tillöguna um stofnun Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna á Íslandi flutti Ingvi S. Ingvarsson, sendiherra, á 4. fundi Auðlindanefndar Sp sem haldinn var í Tókýó 25. mars 1975. Fyrsti rektor HSþ, James M. Hester, var þá nýráðinn. Aðeins tvö ríki höfðu lofað framlögum til HSþ, Japan (100 miljón USD) og Senegal (25 þúsund USD). Auðlindanefndin samþykkti þann 28. mars 1975 eftirfarandi tillögu:

"The Committee on Natural Resources, aware of the urgency of developing alternative sources of energy; decides to request the Economic and Social Council: a) To recommend that the United Nations University consider including in its programme of priorities research in the field of geothermal and solar energy and the practical applications of these energy sources; "

Íslensk stjórnvöld sendu formlegt erindi í janúar 1976 til HSþ í Tókýó um hugsanlega starfsemi í samvinnu við HSþ á Íslandi. Í júní 1977 komu Walther Manshard, vararektor HSþ, og James M. Harrison, ráðgjafi HSþ, til Íslands til viðræðna og til að kynna sér stofnanir sem helst kæmu til greina

sem tengdastofnanir HSþ. Skipaður var starfshópur undir forystu Árna Gunnarssonar í Menntamálaráðuneytinu til að undirbúa tillögur Íslands til HSþ. Í starfshópnum voru auk Árna eftirtaldir: Ólafur Egilsson (Utanríkisráðuneyti), Kristmundur Halldórsson (Iðnaðarráðuneyti), Guðlaugur Þorvaldsson (Háskóla Íslands), Guðmundur Pálmason (Orkustofnun), Ingvar Birgir Friðleifsson (Orkustofnun), Þorbjörn Karlsson (Háskóla Íslands), Sveinbjörn Björnsson (Háskóla Íslands), Andri Ísaksson (UNESCO nefnd Íslands), og Sigmundur Guðbjarnason (Rannsóknarráð ríkisins). Fjölmargin jarðhitasérfræðingar Orkustofnunar og Háskóla Íslands tóku þátt í undirbúningnum. Nokkrir þeirra settust síðar í námsráð Jarðhitaskólans.

Drög að formlegum tillögum Íslands um Jarðhitaskóla HSþ voru samþykkt af ríkisstjórninni 21. mars 1978 og send til HSþ í Tókýó. Í júlí 1978 var haldinn alþjóðlegur vinnufundur á vegum HSþ á Laugarvatni um jarðhitapjálfun í heiminum og um hvort þörf væri á Jarðhitaskóla HSþ. Þar voru fulltrúar nokkurra sérstofnana Sp, jarðhitasérfræðingar frá Bandaríkjunum, El Salvador, Filipseyjum, Indlandi, Ítalíu, Japan, Kenýa, Ungverjalandi og Þýskalandi, svo og um tuttugu Íslendingar. Fulltrúar HSþ voru Walther Manshard, vararektor, James M. Harrison, ráðgjafi og Walter Shearer, verkefnisstjóri HSþ. Þörf á jarðhitapjálfun í þróunarlöndunum var metin, farið yfir þá pjálfun sem stóð til boða á Ítalíu og í Japan, og grandskoðaðar tillögur um jarðhitaskóla á Íslandi og Nýja Sjálandi. Í ljós kom að námið í jarðhitaskólunum á Ítalíu og Japan var mjög almennt. Á Nýja Sjálandi var gert ráð fyrir að bjóða tvær námsbrautir, aðra í jarðhitaleit og hina í nýtingu. Íslensku tillögurnar miðuðu hins vegar að mjög sérhæfðu námi í átta námsbrautum. Fundurinn studdi eindregið tillögur um stofnun Jarðhitaskóla HSþ á Íslandi.

Ríkisstjórnin samþykkti 31. október 1978 að tryggja fjárveitingar og heimila Orkustofnun að undirrita samstarfssamning við HSþ. Samstarfssamningurinn var undirritaður í Tókýó 27. desember 1978 og í Reykjavík 13. febrúar 1979. Fyrstu tveir nemendur Jarðhitaskólans komu til Íslands í maí 1979.

## Starfsemi Jarðhitaskólans 1979-1998

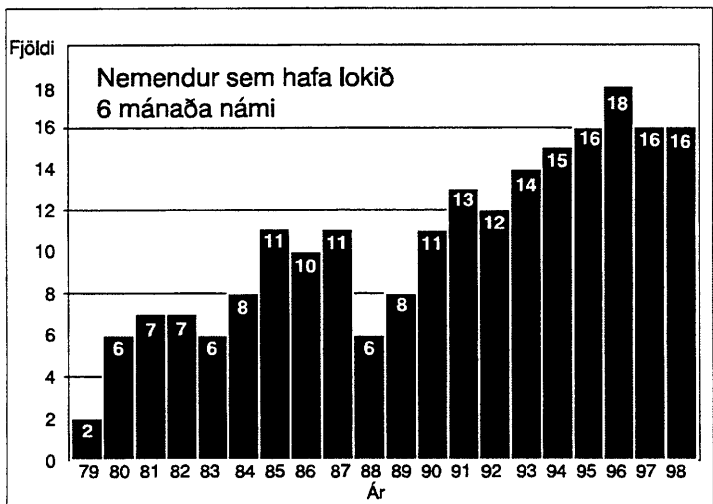
Markmið Jarðhitaskólans er að aðstoða þróunarlönd og ríki Mið- og Austur-Evrópu, sem hafa verulegan jarðhita, við að byggja upp sérfræðingahópa til að rannsaka og nýta jarðhitann. Nemendurnir þurfa að hafa lokið háskólanámi í raunvísindum eða verkfræði, hafa a.m.k. eins árs starfsreynslu í vinnu við jarðhita í heimalandinu, vera yngri en 40 ára og vera í fullu starfi við opinbera stofnun eða háskóla sem fæst við rannsóknir eða vinnslu jarðhita. Skólagjöld, ferðir og dagpeningar nemendanna eru greiddir með styrkjum sem kostaðir eru af íslenskum stjórnvöldum og Háskóla Sameinuðu þjóðanna eða öðrum alþjóðastofnunum (sjá síðar).

Allir nemendurnir eru valdir með viðtölum í heimalöndum sínum. Jafnframt eru kannaðar aðstæður á jarðhitasvæðum og í rannsóknastofum þannig að sérhæfða námið á Íslandi nýtist heimalandinu sem best. Alls hefur verið farið í yfir sextíu heimsóknir til þróunarlandanna og Austur-Evrópu til að velja nemendur. Aðferðin við val nemenda er í samræmi við reglur HSþ og hefur tryggt skólanum mjög góða nemendur.

Á tuttugu ára ferli Jarðhitaskólans hafa 213 nemendur frá 35 löndum lokið sex mánaða námi við skólann. Þeir hafa komið frá Asíu (45%), Afríku (26%), Rómönsku Ameríku (15%) og Mið- og Austur-Evrópu (14%). Konur hafa verið 27 (13%). Fyrstu starfsárin voru nemendur 6-10 á ári, en undanfarin fimm ár 15-18 (sjá Mynd 1). Að auki hafa um 70 manns komið í styttri heimsóknir og námsdvalir á vegum skólans. Nemendur sem lokið hafa sex mánaða sérhæfðu námi 1979-1998 hafa skipst á lönd sem hér segir:

**Afríka (51):** Alsír (3), Búrúndi (1), Djíbútí (1), Egyptaland (3), Erítrea (1), Eþíópía (12), Kenýa (25), Úganda (5). **Asía (90):** Filipseyjar (26), Indónesía (11), Íran (4), Jórdanía (2), Kína (37), Nepal (2),

Pakistan (4), Víetnam (4). **Rómanska Ameríka (33):** El Salvador (15), Guatemala (2), Hondúras (2), Kostaríka (6), Mexíkó (4), Níkaragúa (4). **Evrópa (39):** Búlgaría (5), Grikkland (3), Litháen (1), Makedónía (1), Pólland (4), Rúmenía (5), Rússland (1), Serbía (3), Slóvakía (2), Tanzanía (1), Tæland (5), Túnis (3), Tyrkland (5).



Mynd 1

## Skipulag námsins

Fagleg skipulagning námsins er í höndum námsstjóra fyrir hverja námsbraut og námsráðs, en í því sitja námsstjórar og forstöðumaður skólans, sem er formaður námsráðs. Mynd 2 sýnir skipulag námsins árið 1998. Rammi námsins hefur lítið breyst á 20 ára starfsferli skólans. Kennsla fer fram á ensku. Í inngangsfyrirlestraflökki (5 vikur) eru öllum nemendum kynnt helstu sérsvið jarðhitafræða þannig að t.d. jarðvísindamennirnir viti hvaða upplýsingar verkfræðingarnir þurfa á að halda og verkfræðingarnir hvaða spurninga ber að spyrja og öfugt. Mikil áhersla er lögð á þverfaglegt hópstarf. Síðan taka við 5-7 vikna sérhæfð námskeið, mismunandi eftir námsbrautum. Farið er í námsferðir til allra helstu jarðhitasvæða landsins (2 vikur). Lengstum tíma (12-14 vikum) er varið í rannsóknarverkefni nemenda þar sem þeir eru í einstaklingskennslu hjá leiðbeinendum sínum. Meirihluti nemenda kemur með rannsóknargögn að heiman til úrvinnslu. Allir nemendurnir sitja tölvunámskeið, en bakgrunnur þeirra á því sviði er mjög mismunandi.

Nemendurnir skrifa skýrslur þar sem m.a. er lýst rannsóknaraðferðum og túlkun gagna. Rannsóknarskýrslur nemenda hafa verið gefnar út fjölritaðar/prentaðar frá upphafi. Frá 1994 hafa skýrslurnar verið felldar inn í eina árbók. Þeim er dreift til fyrri nemenda, rannsóknarstofnana og orkufyrirtækja um víða veröld. Árbókin 1997 (412 bls.) var send til 44 landa. Í mörgum þróunarlöndum er bóka- og tímaritakostur mjög takmarkaður og árbækur Jarðhitaskólans einn helsti brunnur vitneskju um nýjar rannsóknaraðferðir.

## SKIPULAG NÁMS Í JARÐHITASKÓLA HSP

Vika	JARÐFRÆÐI	BORHOLU-JARÐFRÆÐI	JARBEÐLIS-FRÆÐI	BORHOLU-EBLISFRÆÐI	FORÐAFRÆÐI	UMHVERFIS-FRÆÐI	EFNAFRÆÐI	JARÐHITA-VERKFRÆÐI	BORTÆKNI
1	<b>Fyrirlestrar um jarðhitaleit og nýtingu. Verklegir tímar og skoðanaferðir</b>								
2									
3									
4									
5									
6	Jarðfræðikortlagning	Boranir	Víðnám	Borholumælingar, dæluþrófanir	Mat á umhverfis-	Sýnataka á vatni og gasi	Bortæki		
7	Löfmyndatúlkun	Svarfgræining	Hítastigull	Forðafræði	áhrifum, Eftirlit	Tæring og útfelling			
8	Höggun	Ummyndun	Segulsvið	Ferliþrófanir	Gróðurvernd	Greiningaraðferðir	Varmafæði	Hönnun	
9	Vatnajarðfræði	Steindafræði	Þyngdarsvið	Líkangerð	Öryggismál	Varmafæði	Straumfræði	Steyppingar	
10						Efnahitamælur	Sjórkerfi	Öryggismál	
11	<b>Ferð um helstu jarðhitasvæði Íslands</b>								
12									
13	Felkvinnu í rofnum stöfla	Vatnsæðar	Úrvinnsla	Mælaaðferðir	Víðbrögð við	Meðferð útblásturs	Samspill bergs og	Höggun og	Rekstur
14		Líkangerð	gagna	Túlkun gagna	nýtingu	og frárennslis	vatns	bestun	borverks
15									
16									
17	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni	Verkefni
18	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla	og skýrsla
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									

Mynd 2

## NEMENDUR JARÐHITASKÓLA HÁSKÓLA SAMEINUÐU ÞJÓÐANNA 1979-1998

Land	Jarðfræði	Borholu- jarðfræði	Jarðeðlis- fræði	Borholu- eðlisfræði	Forðafræði	Efnafræði	Umhverfis- fræði	Jarðhita- verkfræði	Bortækni	Alls
Alsír	1					1		1		3
Búlgaría				1	2	2				5
Búrúndí	1									1
Djibútí		1								1
Egyptaland		1			1	1				3
El Salvador	1	1	1	2	4	1	1	1	3	15
Eritrea			1							1
Eþíópía		2	1	1	3	3		1	1	12
Filipseyjar		3	4	4	7	5		3		26
Grikkland			1					2		3
Gvatemala		1				1				2
Hondúras		1	1							2
Indónesía		3	3	2	3					11
Íran	1	1	1					1		4
Jórdanía				1	1					2
Kenýa	1	4	7		3	4	3	1	2	25
Kína		3	1	2	11	10		9	1	37
Kostaríka	1	1	2		1			1		6
Litháen								1		1
Makedónía						1				1
Mexíkó	1		1		2					4
Nepal						1		1		2
Níkaragúa					3	1				4
Pakistan	1	1			1	1				4
Pólland		1			3					4
Rúmenía								5		5
Rússland				1						1
Serbía				1	1	1				3
Slóvakía				1	1					2
Tanzanía	1									1
Túnís								3		3
Tyrkland		1			1	2		1		5
Tæland		1		2		1		1		5
Úganda	2	1	1			1				5
Víetnam			1		1	1			1	4
ALLS	11	27	26	18	49	38	4	32	8	213

Mynd 3

Frá upphafi voru boðnar fram átta sérhæfðar námsbrautir, en þeirri níundu (umhverfisfræðum) bætt við 1997. Eftirspurn hefur verið nokkuð mismunandi. Fjöldi útskrifaðra nemenda í námsbrautum er sem hér segir: jarðfræði (11), borholujarðfræði (27), jarðeðlisfræði (26), borholueðlisfræði (18), forðafræði (49), efnafræði (38), umhverfisfræði (4), jarðhitaverkfræði (32) og bortækni (8). Mynd 3 sýnir hvaða námsbrautir nemendur hinna ýmsu landa hafa valið.

Mikið námsefni hefur verið tekið saman vegna hinna ýmsu námsbrauta og sumt af því gefið út fjölrítað. Nemendur hafa jafnframt ótakmarkað frelsi til að ljósrita fræðigreinar og bókarkafla vegna sérnáms síns og taka með sér heim. Þetta er gert vegna hins mikla skorts á bókum og tímaritum hjá flestum stofnunum þeirra.

Í fyrsta námsráði skólans voru Haukur Jóhannesson (jarðfræði), Hrefna Kristmannsdóttir (borholujarðfræði), Sveinbjörn Björnsson (jarðeðlisfræði), Valgarður Stefánsson (borholueðlisfræði), Jónas Elíasson (forðafræði), Stefán Arnórsson (efnafræði), Jón Steinar Guðmundsson (jarðhitaverkfræði), Valdimar K. Jónsson (jarðhitaverkfræði) og Ísleifur Jónsson (bortækni). Í námsráði tuttugasta starfsársins (1998) voru Kristján Sæmundsson (jarðfræði), Hjalti Franzson (borholujarðfræði), Knútur Árnason

(jarðeðlisfræði), Benedikt Steingrímsson (borholueðlisfræði), Snorri Páll Kjarran (forðafræði), Stefán Arnórsson (efnafræði), Halldór Ármannsson (umhverfisfræði), Valdimar K. Jónsson (jarðhitaverkfræði) og Sverrir Þórhallsson (bortækni).

## Starfslið

Jarðhitaskólinn er rekinn samkvæmt samningi milli Háskóla Sameinuðu þjóðanna í Tókýó og Orkustofnunar fyrir hönd íslenska ríkisins. Í upphafi var Jarðhitaskólinn rekinn sem sjálfstæð eining innan Jarðhitadeildar Orkustofnunar sem Guðmundur Pálmason veitti forstöðu. Við skipulagsbreytingar Orkustofnunar í ársbyrjun 1997 var skólinn gerður að sjálfstæðri rekstrareiningu sem heyrir beint undir orkumálastjóra. Ingvar Birgir Friðleifsson hefur verið forstöðumaður Jarðhitaskólans frá upphafi utan fimm mánaða 1981 að Hjalti Franzson var forstöðumaður og í tvö og hálf t ár 1986-1988 er Jón Steinar Guðmundsson var forstöðumaður.

Fastir starfsmenn Jarðhitaskólans hafa verið þrír frá upphafi, forstöðumaður, sérfræðingur og fulltrúi. Auk forstöðumanns eru núverandi starfsmenn Lúðvík S. Georgsson, verkfræðingur og aðstoðarforstöðumaður, og Guðrún Bjarnadóttir, fulltrúi. Mestur hluti kennslu hefur ætíð verið í höndum jarðhitasérfræðinga Orkustofnunar, en hluti kennslunnar verið í Háskóla Íslands og/eða hjá verkfræðistofum, rannsóknastofnunum og hitaveitum. Það hefur verið lán Jarðhitaskólans að hafa alla tíð haft aðgang að mjög hæfum kennurum. Skólinn hefur einnig notið mikils stuðnings og velvildar jarðhitafyrirtækja og ber sérstaklega að nefna Hitaveitu Akureyrar, Hitaveitu Reykjavíkur, Hitaveitu Suðurnesja og Kröfluvirkjun.

Árið 1998 voru unnin um 6 ársverk við Jarðhitaskólann. Þá voru 64 starfsmenn í hlutastörfum við skólann. Skipting vinnustunda fólks í hlutastörfum milli fyrirtækja er sýnd í mynd 4.

Skipting vinnustunda í hlutastörfum milli fyrirtækja			
	Starfsmenn	Klst.	%
<b>Orkustofnun</b>	<b>40</b>	<b>3074</b>	<b>62</b>
<b>Háskóli Íslands</b>	<b>6</b>	<b>608</b>	<b>12</b>
<b>Önnur fyrirtæki</b>	<b>18</b>	<b>1309</b>	<b>26</b>
<b>Alls</b>	<b>64</b>	<b>4991</b>	

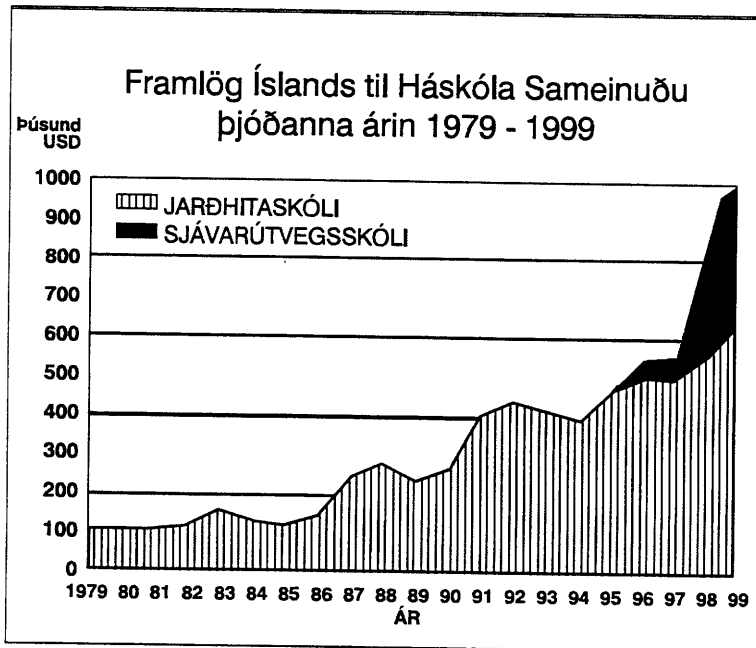
Mynd 4

Auk innlendra fyrirlesara hafa ætíð komið erlendir fyrirlesarar þ.á.m. árlegir gestafyrirlesarar HSþ, en í þeirra hópi eru margir af virtustu jarðhitasérfræðingum heimsins. Eftirtaldir hafa verið gestafyrirlesara HSþ: 1979 Donald E. White (Bandaríkjunum), 1980 Christopher Armstead (Bretlandi), 1981 Derek H. Freeston (Nýja Sjálandi), 1982 Stanley H. Ward (Bandaríkjunum), 1983 Patrick Browne (Nýja Sjálandi), 1984 Enrico Barbier (Ítalíu), 1985 Bernardo Tolentino (Filipseyjum), 1986 Russel James (Nýja Sjálandi), 1987 Robert Harrison (Bretlandi), 1988 Robert O. Fournier (Bandaríkjunum), 1989 Peter Ottlik (Ungverjalandi), 1990 Andre Menjöz (Frakklandi), 1991 Wang Ji-yang (Kína), 1992 Patrick Muffler (Bandaríkjunum), 1993 Zosimo F. Sarmiento (Filipseyjum, HSþ nemandi 1980), 1994 Ladislaus Rybach (Sviss), 1995 Guðmundur Böðvarsson (Bandaríkjunum), 1996 John Lund (Bandaríkjunum), 1997 Toshihiro Uchida (Japan), 1998 Agnes Reyes (Filipseyjum/Nýja Sjálandi, HSþ nemandi 1979).

## Fjármál

Fyrstu þrjú árin skiptist kostnaður við rekstur Jarðhitaskólans til helminga milli íslenska ríkisins og HSþ. Vegna fjárhagserfiðleika HSþ í byrjun níunda áratugsins var þess farið á leit að iðnvædd ríki tækju að mestu að sér kostnað við rekstur verkefna og háskóladeilda í viðkomandi ríkjum þannig að sjóði HSþ mætti fremur nota í þróunarlöndunum. Frá þeim tíma hefur íslenska ríkið yfirleitt greitt um 80% kostnaðar, en HSþ og aðrar alþjóðastofnanir um 20%. Íslensk stjórnvöld hafa alla tíð sýnt málefnum HSþ mikinn velvilja og áhuga.





Mynd 5

Framlag Íslands til HSp er hluti af þróunaraðstoð landsins og hefur um árabil verið næst stærsti liðurinn í framlögum á fjárlögum til þróunaraðstoðar á eftir Þróunarsamvinnustofnun Íslands. Þá eru undanskilin framlög til fjölbjóðlegra banka. Mynd 5 sýnir fjárveitingar Íslands til HSp 1979-1999. Fyrstu árin var fjárveitingin um 100 þúsund USD en hefur vaxið nokkuð jafnt og þétt og verið um og yfir 40 milljónir kr. (yfir hálf milljón USD) síðustu tvö árin. Auk framlags HSp hafa Þróunarstofnun Sp (UNDP) og Alþjóða kjarnorkumálastofnunin (IAEA) oft kostað nemendur til náms við skólann. Einnig hafa nokkrir nemendur frá Evrópu verið kostaðir af sjóðum í Brussel. Fjárframlög til

Jarðhitaskólans árið 1998 komu frá íslenska ríkinu (81%), Háskóla Sameinuðu þjóðanna (15%), og Alþjóðakjarnorkumálastofnuninni (4%).

Kostnaður við rekstur Jarðhitaskólans hefur alltaf verið greinilega aðskilinn frá öðrum rekstri í bókhaldi Orkustofnunar og hefur hluta fjárveitinga til skólans verið varið til að greiða fyrir húsnæði og hvers konar þjónustu hjá Orkustofnun. Mjög vel hefur verið búið að skólanum hjá Orkustofnun.

Aðalstöðvar Háskóla Sameinuðu þjóðanna (HSp) eru sem fyrr segir í Tókýó. Mestöll kennsla og rannsóknir á vegum skólans fer þó fram í tengdastofnunum og undirstofnunum víða um heim. Jarðhitaskólinn sér um öll mál sem snerta jarðhita á vegum HSp. Orkustofnun hefur þar til nýlega verið eina tengdastofnun hans á Íslandi. Í ágúst 1998 tók til starfa Sjávarútvegsskóli HSp á Íslandi með svipuðu fyrirkomulagi og Jarðhitaskólinn og er hann til húsa hjá Hafrannsóknastofnun. Árið 1998 voru sex styrkþegar frá þremur Afríkulöndum í Sjávarútvegsskólanum. Gert er ráð fyrir að nemendafjöldi skólans aukist smátt og smátt og að fjöldi verði svipaður og í Jarðhitaskólanum. Fjárveitingar til Sjávarútvegsskóla HSp koma einnig fram á Mynd 5. Árið 1999 eru fjárveitingar Íslands til starfsemi HSp á Íslandi tæplega ein milljón USD.

## Árangur starfseminnar

Aðalmarkmið Jarðhitaskólans er eins og áður segir að aðstoða þróunarlönd og ríki Mið- og Austur Evrópu, sem hafa verulegan jarðhita, við að byggja upp sérfræðingahópa til að rannsaka og nýta jarðhitann. Þetta markmið hefur tekist með ágætum. Í fjölmörgum löndum í öllum heimsálfum eru lykilmenn í rannsóknum og nýtingu jarðhitans fyrrum nemendur Jarðhitaskólans. Lögð hefur verið áhersla á að þjálfar ekki aðeins einn eða tvo frá hverju landi heldur hópa af sérfræðingum sem ná yfir helstu sérsvið í jarðhitaleit og nýtingu. Reynt hefur verið að þjálfar sem flest fólk frá einni eða tveimur stofnunum í hverju landi þannig að sem best hópstarf skapist svipað og við höfum svo góða reynslu af hér heima.

Flestir nemendanna hafa komið frá Kína (37), Filippseyjum (26), Kenýa (25) og El Salvador (15). Mynd 6 sýnir hvernig nemendur frá þessum löndum hafa skipst eftir námsbrautum. Hafa ber í huga að námsbraut í umhverfisfræðum hefur aðeins verið starfrækt í tvö ár. Í öllum þessum löndum eru nemendur Jarðhitaskólans í lykilstöðum á flestum sviðum jarðhitafræða. Í El Salvador, Filippseyjum og Kenýa eru 10-20% raforkunnar framleidd með jarðgufu. Þetta dregur verulega úr olíunotkun í löndunum, en öll flytja þau olíu inn. Uppsett afl í raforku í jarðgufuvirkjunum í þessum löndum er um 2060 MW og vaxtar- móguleikar miklir. Sérstaklega verður fjallað um Kína í kafla hér á eftir sem dæmi um hvernig jarðhitapjálfunin á Íslandi og samvinna getur þróast.

<b>Fjöldi nemenda fjögurra landa eftir námsbrautum 1979-1998</b>				
	<b>Kína</b>	<b>Filippseyjar</b>	<b>Kenya</b>	<b>El Salvador</b>
<b>Jarðfræði</b>			<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Borholujarðfræði</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Jarðeðlisfræði</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>1</b>
<b>Borholueðlisfræði</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>2</b>
<b>Forðafraði</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Efnafræði</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Umhverfisfræði</b>			<b>3</b>	<b>1</b>
<b>Jarðhitaverkfræði</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Bortækni</b>	<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Samtals</b>	<b>37</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>15</b>

Mynd 6

Nemendur Jarðhitaskólans hafa getið sér mjög gott orð alþjóðlega. Á Alþjóðajarðhitaráðstefnunni í Flórens (Ítalíu) árið 1995 voru 35 fyrrum nemendur Jarðhitaskólans og fluttu flestir þeirra erindi um jarðhitamálefni í sínum löndum. Um 80% nemenda Jarðhitaskólans hafa starfað við jarðhita samfellt eftir að námi lauk á Íslandi, en nú eru nokkrir elstu nemendur skólans komnir á eftirlaun. Skólinn hefur aldrei greitt fyrir auglýsingu eða gefið út auglýsingabækling, en samt hefur verið stöðugur straumur umsókna í skólann og mikil samkeppni um hvert pláss.

### **Kína, dæmi um samvinnu**

Eftir að formlegt stjórn málasamband var tekið upp milli Kína og Íslands sýndu fulltrúar kínverska sendiráðsins í Reykjavík áhuga á því að koma á samstarfi milli landanna við jarðhitarannsóknir. Skömmu eftir stofnun Jarðhitaskóla HSþ 1979 var tveimur kínverskum jarðhitasérfræðingum boðið til landsins í þriggja vikna kynnisferð. Þetta voru Dr. Xin Kuide, yfirmaður jarðhitamála hjá Jarðfræðiráðuneyti Kína og Dr. Huang Shangyao frá Jarðfræðistofnun kínversku Vísindaakademíunnar. Þau komu ásamt túlki og skoðuðu helstu jarðhitasvæði landsins, hitaveitur og rannsóknarstofnanir. Í framhaldi af þessari heimsókn var ákveðið að bjóða kínverskum jarðhitamönnum til náms við Jarðhitaskólann.

Nýtanlegan jarðhita er að finna í öllum héruðum Kína. Heitar laugar hafa verið notaðar í þúsundir ára til baða og þvotta. Til eru ritaðar heimildir um slíka notkun fyrir tvö þúsund árum. Eftir að farið var að bora eftir vatni hefur fundist gnægð heits vatn mjög víða í landinu. Undir flestum héruðum landsins eru setlög sem innihalda vatn sem víða er 50-100 °C heitt á 1-2 km dýpi. Kínverjar nýta jarðhita til margra þarfa en mest er hann notaður til upphitunar gróðurhúsa, fiskeldis og iðnaðar, en einnig í vaxandi mæli til húshitunar. Jarðhitavatn er notað í stórum stíl í 17 héruðum Kína til fiskeldis og gróðurhúsa. Í grennd við Xian (hina fornu höfuðborg Kína) er t.d. stærsta fiskeldisstöð í heimi sem notar jarðhitavatn. Kínverjar nota jarðhita miklu meira til fiskeldis og gróðurhúsa en Íslendingar, en eru enn töluvert á eftir okkur í hitaveitum. Þar verður þó trúlega breyting á innan fárra ára. Jarðhitaveitur eru nú starfandi í sex borgum. Um 50 verksmiðjur nota jarðhitavatn til iðnaðar, einkum í ullariðnaði og skinnaiðnaði.

Kínverjar leggja mikla áherslu á að minnka mengun í borgunum og ein besta leiðin til þess er að nýta

jarðhitavatn í stað kolakyndingar í hitaveitum borganna þar sem jarðhita er að finna. Markaðurinn fyrir fiskeldi, gróðurhús og hitaveitur er svo ótrúlega stór að Kínverjar verða fljótlega í fararbroddi í heiminum í nýtingu jarðhitans. Kínverjar eru raunar nú þegar með mest uppsett afl (2.143 MWt) til beinnar notkunar jarðhita í heiminum. Næstir koma Bandaríkjamenn (1.840 MWt) og Íslendingar (1.443 MWt). En nýtingin er miklu síðri í Kína en á Íslandi og Íslendingar fá því fleiri varmaeiningar úr heita vatninu

Forstöðumaður Jarðhitaskólans fór í fyrsta sinn til Kína í janúar 1980 til að velja nemendur í skólann og skoða jarðhitasvæði. Jarðfræðiráðuneytið tilnefndi fjóra menn til námsins og voru tveir úr hópnum valdir, jarðefnafræðingur og jarðeðlisfræðingur. Annar þeirra var jarðeðlisfræðiprófessor við Chengduháskóla, Zhou Xixiang, sem kenndi við sama háskóla og höfundur metsölubókarinnar Villtra Svana, Jung Chang, nam við. Í bókinni lýsir hún m.a. ástandinu í Chengdu og í háskólanum á dögum menningarbyltingarinnar og eru lýsingarnar ógleymanlegar flestum þeim sem lesa bókina. Zhou Xixiang sagði að meðan ósköp menningarbyltingarinnar gengu yfir hefði hann látið fara lítið fyrir sér í kjallaraherbergi í háskólanum og skrifað kennslubók í jarðeðlisfræði. Hinn nemandinn var Dr. Yao Zujin, sem nú er einn virtasti jarðefnafræðingurinn við jarðhitarannsóknir í Kína.

Fyrstu tveir nemendurnir frá Kína stóðu sig ákaflega vel. Árið 1981 komu þrír verkfræðingar frá Kína til náms við Jarðhitaskólann og í flestum árgöngum skólans síðan hafa verið einn eða fleiri Kínverjar. Meðal þeirra hafa verið margir afburðanemendur. Alls hafa 37 nemendur frá Kína lokið sex mánaða námi við skólann og eru flestir starfandi við rannsóknastofnanir, orkufyrirtæki eða háskóla í hinum ýmsu hlutum Kína. Vegna stærðar Kína hefur verið miðað að því að byggja upp sérfræðingahópa við jarðhitamiðstöðvar á nokkrum stöðum í landinu. Nemendur Jarðhitaskólans hafa því flestir komið frá Tianjin og Tanggusvæðinu, Beijing, Hebei-héraði (Zhengding) og Tíbet. Í framtíðinni mun skólinn einnig þjálfa fólk frá Yunnan-héraði, Xian og Nanjin. Margir af nemendum Jarðhitaskólans eru í fararbroddi kínverskra vísindamanna við rannsóknir og nýtingu jarðhitans. Þrátt fyrir kuldalegt yfirbragð á nafni landsins tengja fjölmargir Kínverjar nafnið Ísland einkum við jarðhita.

Stærsta jarðhitaveita Kína er í borginni Tanggu. Hús voru öll hituð með kolum þar til fyrir um fimmtán árum að farið var að nota jarðhitavatn í hluta af hitaveitukerfi borgarinnar. Meirihluti hitaveituvatnsins er þó hitaður með kolum í kyndistöðvum. Jarðhitaveitan þjónar um 60 þúsund íbúum, en alls eru íbúar um 450 þúsund. Til að hraða uppbyggingu hitaveitunnar eru hitaveiturör lögð ofanjarðar um borgina og víðast í 3-4 metra hæð. Þarna eru því hitaveiturör á stólpum milli húsa og yfir götur svipað og raflínur og símalínur á staurum í íslenskum bæjum áður fyrr. Nýting hitans í jarðhitavatninu er léleg miðað við það sem þekktist hérlendis vegna frumstærðrar tækni.

Forstöðumaður Jarðhitaskólans kom fyrst til Tanggu árið 1990 að beiðni borgarráðsins og tæknimanna borgarinnar. Þeir spurðu margs um hvernig þeir gætu nýtt jarðhitann sem best og minnkað kolamengun í borginni. Sendinefnd frá skrifstofu borgarstjóra kom til Íslands á vegum Jarðhitaskólans vorið 1992. Sendinefndin var svo hrifin af Hitaveitu Reykjavíkur að hún lagði til við heimkomuna að sömu tækni ætti að beita í Tanggu og m.a. að byggður yrði veitingastaður eins og Perlan! Sendinefnd frá utanríkisviðskiptaráðuneyti Kína kom til Íslands vorið 1993 á vegum Norræna fjárfestingarbankans og Norræna þróunarsjóðsins til að kynna íslenskum hitaveitum, enda hafði þá borist beiðni um lántöku frá Norðurlöndunum til hitaveituframkvæmda í Tanggu.

Frá árinu 1994 hefur Virkir hf verið ráðgjafi borgaryfirvalda um stækkun og tæknilegar endurbætur hitaveitunnar í Tanggu. Fyrirmyndin er Hitaveita Reykjavíkur. Samningsupphæðin var um 170 milljón kr. Um helmingur upphæðarinnar fór til íslenskra aðila vegna ráðgjafar, hönnunar, vélbúnaðar og hugbúnaðar. Alls var vinna ráðgjafanna rúm þrjú ársverk. Þetta er stærsta jarðhitaverkefni íslenskra ráðgjafa erlendis um langt árabíl. Verkefnið var fjármagnað af heimamönnum og með láni frá Norræna fjárfestingarbankanum og Norræna þróunarsjóðnum í Helsinki. Lykilmenn í verkefninu af hálfu Kínverja hafa stundað nám við Jarðhitaskólann, en fyrsti nemandinn frá Tanggu kom til Íslands 1993. Nokkrir Kínverjar komu til Íslands í tengslum við Tangguverkefnið í kynnisferðir og þjálfun og starfsmenn

hitaveitunnar (m.a. nemendur Jarðhitaskólans) hafa unnið í Tanggu eftir nákvæmri fyrisögn verkfræðinga og forðafræðinga í Reykjavík.

Fjölmargir íslenskir jarðhitasérfræðingar hafa farið til Kína og staðið fyrir námskeiðum á vegum Þróunarstofnunar Sp en einnig haldið fyrirlestra við háskóla og rannsóknarstofnanir víða um Kína. Þeir sem mest hafa stundað kennslu og fyrirlestrahald í Kína eru Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gunnar Böðvarsson, Helga Tulinius, Ingvar Birgir Friðleifsson, Jóhannes Zoega, Jón Steinar Guðmundsson, Snorri Páll Kjaran og Þorbjörn Karlsson. Nokkrar fræðigreinar íslenskra jarðhitasérfræðinga hafa verið þýddar á kínversku og prentaðar í fagtímaritum. Íslendingar hafa veitt Kínverjum mikilvæga aðstoð við nýtingu jarðhitaauðlinda landsins. Það samstarf er þó rétt að hefjast. Margfeldisáhrifin af kennslu geta verið ótrúlega mikil þegar þjálfaðir eru hæfir einstaklingar frá svo fjölmennri þjóð. Og það er lán okkar hvílkir úrvalsnemendur hafa komið frá Kína. Möguleikarnir í samstarfi þjóðanna í sjávarútvegi, fiskvinnslu og við markaðssetningu fisks í Asíu eru ekki síður mjög fjölbreytilegir. Þótt langt sé milli landanna mun samstarf grundvallað á samvinnu í rannsóknum og þekkingarleit á nýtingu náttúruauðlinda landanna koma báðum til góða.

## Framtíðarhorfur

Starfsemi Jarðhitaskólans hefur verið farsæl og notið viðurkenningar bæði innanlands og alþjóðlega. Eftirspurn er mikil víðs vegar að úr heiminum eftir sex mánað sérhæfðu námi við skólann. Því er ráðgert að þungamiðja skólastarfsins verði svipuð og verið hefur. Gert er ráð fyrir að fljótlega verði nokkrum úrvalsnemendum Jarðhitaskólans gefinn kostur á að dvelja lengur við nám á Íslandi og ljúka meistarágráðu við Háskóla Íslands í jarðhitafræðum, en HSþ veitir ekki formlegar prófgráður. Kennsla og rannsóknir meistaránemanna fer væntanlega að hluta fram í Háskóla Íslands og að hluta hjá Orkustofnun og/eða öðrum stofnunum/fyrirtækjum eftir því hvar bestu kennarana og aðstöðuna er að hafa. Þar verður hagar nemendanna í fyrirrúmi eins og verið hefur í starfsemi Jarðhitaskólans.

Fram til þessa hafa verið verulegar takmarkanir á veitingu námsstyrkja Jarðhitaskólans til umsækjenda frá Mið- og Austur-Evrópu. HSþ hefur fylgt ströngustu reglum Sp um að veita styrki aðeins til fólks frá þróunarlöndunum. Þróunarstofnun Sp hefur nýlega rýmkað reglur um styrki og eru nú flest ríki Mið- og Austur-Evrópu styrkhæf. Líkur eru á að nemendum frá þessum löndum fjölgi verulega í Jarðhitaskólanum á næstu árum, því mörg landanna eru auðug af heitu vatni hentugu til húshitunar en tækniþekkingu skortir tilfinnanlega. Þarna eru möguleikar á að draga verulega úr loftmengun og um leið auka velsæld íbúanna í fjölmönnum borgum og héruðum með því að miðla af reynslu og þekkingu Íslendinga.

Stofnun Sjávarútvegsskólans árið 1998 var mikið ánægjuefni. Með stofnun hans hafa hugmyndir íslenskra stjórnvalda við stofnun HSþ á miðjum áttunda áratugnum um að Ísland tæki að sér forystuhlutverk og rekstur jarðhita- og sjávarútvegsdeilda HSþ orðið að veruleika. Uppbygging HSþ hefur þó breyst töluvert í tímans rás og hlutur tengdastofnana HSþ minnkað í stjórnkerfi skólans en hlutur sjálfstæðra stofnana undir nafni HSþ í hinum ýmsu heimshlutum vaxið. Huga þarf að því á hvern hátt best megi tryggja að framlag Íslands til starfsemi HSþ komi að sem mestu gagni fyrir HSþ og þróunarlöndin en jafnframt að hlutur Íslands njóti sannmælis innan stjórnkerfis HSþ og í kynningarefni um starfsemi háskólans. Unnið verður að þessum málum á næstu misserum.