

ORKUSTOFNUN

Ársfundur Orkustofnunar 2001

Reykjavík

21. mars 2001

Ársfundur Orkustofnunar 2001

OS-2001/015

Heimilisfang: Grensásvegur 9, 108 Reykjavík
Kennitala: 500269-5379 - Sími: 569 6000 - Fax: 568 8896
Netfang: os@os.is - Veffang: www.os.is

Orkustofnun OS-2001/015

ISBN 9979-68-067-9

Orkustofnun Annual Meeting Presentation

21 March 2001, Reykjavik, Iceland

**New Zealand Electricity Industry Restructuring and Research Organisation Reforms
(1987 to 2000)**

Abstract

The political reforms initiated to restructure the New Zealand electricity industry and the government's research organization are outlined. Organizational changes, which were implemented within the electricity industry to create a competitive market place, are identified and the reality of these changes discussed.

Restructuring of the government research departments into a number of limited liability Crown Research Institutes is outlined together with the funding arrangement under which these new organization are required to function.

The paper concludes with a description of the Resource Management Act and its impact on the development and use of the county's geothermal resources is

Prepared by: Ian Thain
Geothermal and Energy Technical Services,
Taupo, New Zealand

Date: February 2001

Contents

- 1 New Zealand economic and political reforms 1985 to 2000
- 2 Restructuring of NZ electricity industry (1987 to 1995)
 - 2.1 Commercialisation of governments electricity business
 - 2.2 Electricity industry restructuring
 - 2.3 National grid separation
 - 2.4 Commercialisation of electricity supply authorities
 - 2.5 Wholesale electricity market
 - 2.6 Generation and retail problems
- 3 Electricity industry competition reforms (1996 to 2000)
 - 3.1 Establishment of Contact Energy
 - 3.2 Local supply company reforms
- 4 Reality of electricity industry restructuring
 - 4.1 Electricity prices
 - 4.2 Security of supply
 - 4.3 Conclusions
- 5 Restructuring New Zealand research organisations
 - 5.1 Research funding
 - 5.2 Establishment of Crown Research Institutes
 - 5.3 Private geothermal resource development
- 6 Governments infrastructure Works and Development Organization
- 7 Resource Management Legislation.

Presentation to Orkustofnun Annual Meeting.

New Zealand Electricity Industry Restructuring and Research Organisation Reform

1 New Zealand Economic and Political Reforms 1985 /2000

Fifteen years ago New Zealand was a bizarre example of a totally protected economy. From the 1960`s successive New Zealand governments had opted for protection of nearly every aspect of the economy, from import controls and export assistance through subsidies and special deals for every sector, foreign exchange controls, banking and investment curbs, shopping hour restrictions, union monopolies and often freezes on wages and prices.

This cocooned like style carried a cost. Living standards fell, growth stagnated, the New Zealand dollar lost value, inflation was rampant, taxes rose, strikes were common and since the country was no longer earning the standard of living the people demanded as of right, the government borrowed from overseas to keep up the illusion of prosperity.

Throwing off these shackles was not easy but the Labour government, which won the 1984 general election, started the process.

Faced with the stark reality that something had to be done to turn the economy around, the new government introduced policies aimed at reducing government spending, keeping inflation down and opening the economy to world competition and world opportunities.

The first reform it carried out was to abolish completely all forms of farm subsidies, the next was to divest itself of government owned businesses: e.g. the national railway, airline, telecommunications, banking, printing and many other service type industries. Such operations the government contended would be better operated and give better service if run by the private sector. Income received from the sale of these assets was used to reduce the national debt.

The government decided that some of its businesses were not in the best commercial condition to be sold in order for them to realize there full commercial worth. Principal among these was the Ministry of Energy`s Electricity Division the monopoly supplier and distributor of bulk electricity in the country. The Electricity Division was instead formed into a State Owned Enterprise and given clear objectives to turn itself into commercially viable company able to compete with the best privately owned companies in New Zealand. The end aim being to sell the business as a proven economically viable company.

The government research organization, Department of Industrial and Scientific Research, did not escape the restructuring zeal of government. This organization was broken up into a number of government owned Crown Research Institutes These new institutes were structured as limited liability companies and given clear instructions to act in a more commercial manner with a portion of their annual budget having to be met from private research work.

Figure 1 shows the New Zealand government departments involved in energy research, development and operation prior to the restructuring

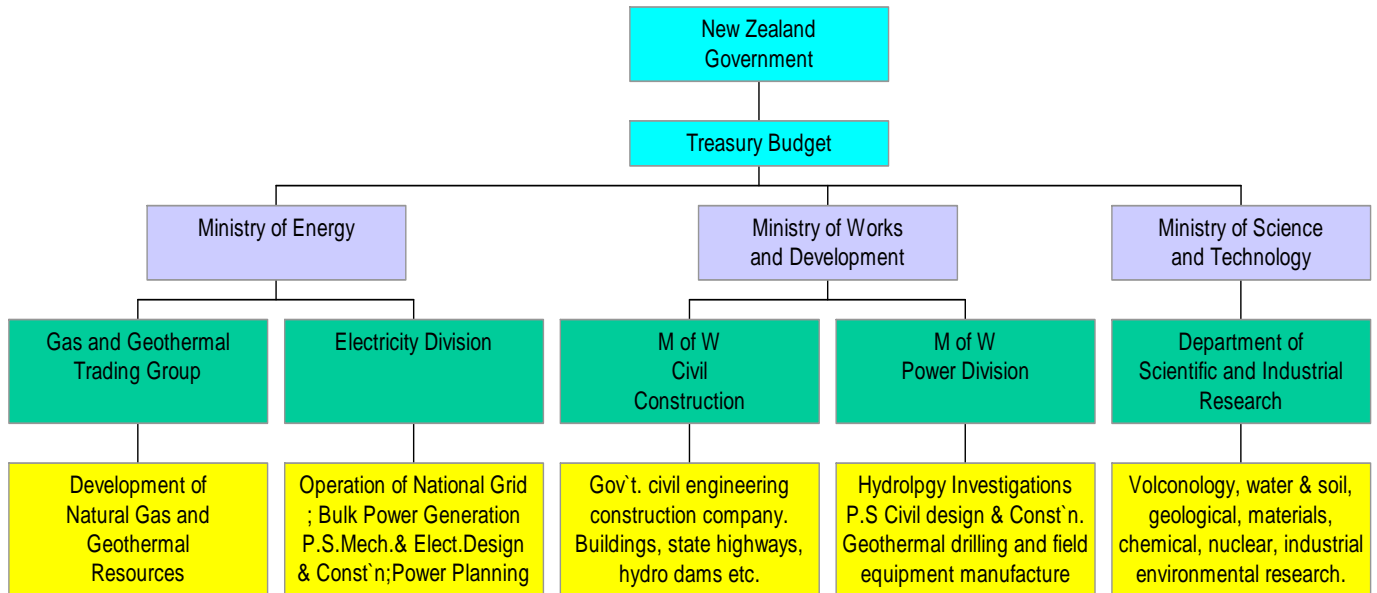


Figure 1 New Zealand Government departments involved in power planning, development and operation in 1986 prior to restructuring

In 1988 a National government (Conservative) was elected in the general election of that year and remained in office until Nov 2000. This government continued with the economic reforms introduced by the previous Labour government. They also proceeded to tackle much needed reforms to labour employment contracts which, curbed the power of the trade unions and introduced legislation which reduced the spiraling cost of the countries welfare and health service. These changes marked the beginning of an era of user pays for services which New Zealand had led the world in introducing as free social services.

The National government enacted further legislation changes to pave the way for the establishment of a totally competitive electricity supply industry based around an open wholesale electricity market- place.

The next sections of the paper details changes made to establish a competitive privatised (almost *) electricity industry in New Zealand and the corresponding actions carried out to “privatise” and “commercialise” the governments other energy related research and construction business organizations.

* *In Nov 2000 general election a Labour government was elected. One of its election pledges being to stop any further privatization of the remaining State Owned electricity-generating companies.*

2 Restructuring of the New Zealand Electricity Industry (1987 to 1995)

2.1 Commercialisation of the Governments Electricity Business

New Zealand's central government has played a direct and active role in the electricity business from its origin. Private sector involvement in the generation of electricity has been minimal. The building of any power generating facility greater than 5MW required special permission of Government. By Act of Parliament in 1896 the government prevented local authorities from granting power generation concessions to private companies without government consent, while with the Water Power Act of 1903, central government vested in the Crown the rights to use New Zealand's lakes and rivers for hydro-electric power generation. The Geothermal Energy Act of 1953 gave the government very similar powers over the use of the country's geothermal resources.

The NZ electricity industry has therefore evolved under political rather than commercial influence, which gave direction to electricity supply as a social service rather than a commercial operation. The government invested to ensure there was adequate production of electricity, and the government, rather than using market mechanisms set the wholesale electricity price and, attempted in a centralized manner to co-ordinate current and projected supply and demand.

The resulting emphasis throughout the industry was to ensure that physical shortages of capacity did not occur, with a lesser emphasis on price and efficient production. Through the late 1970's and early 1980's one of the main influencing factors in new generation investment considered by the Electricity Division was the retention of a skilled hydro/thermal generation design and construction workforce.

Common ownership of transmission and generation led to uniform access pricing and no incentives to encourage the Electricity Division to build generation close to its main load centres.

Figure 1 outlines the management structure of NZ Electricity Division prior being corporatised. Note hierarchal position of the principal finance person in the organization

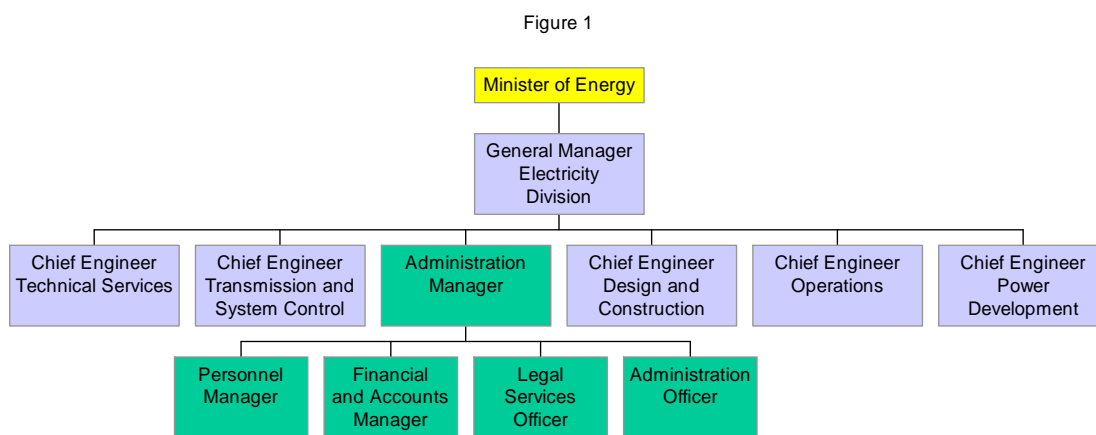


Figure 2A Management Structure of NZ Electricity Division prior to Corporatisation.

In 1986, the Labour government passed legislation to place its electricity business on a more commercial footing by turning it into a limited liability company. On 1 April 1987 the Electricity Corporation of New Zealand (ECNZ) was formed as a state-owned enterprise with its own board of directors and central government politicians stopped being involved in the running or price regulation of the business. The new enterprise was structured as a commercial business and charged by the government to make a return on shareholders assets equivalent to best private sector businesses. Figure 2 illustrates the adopted structure of the new company.

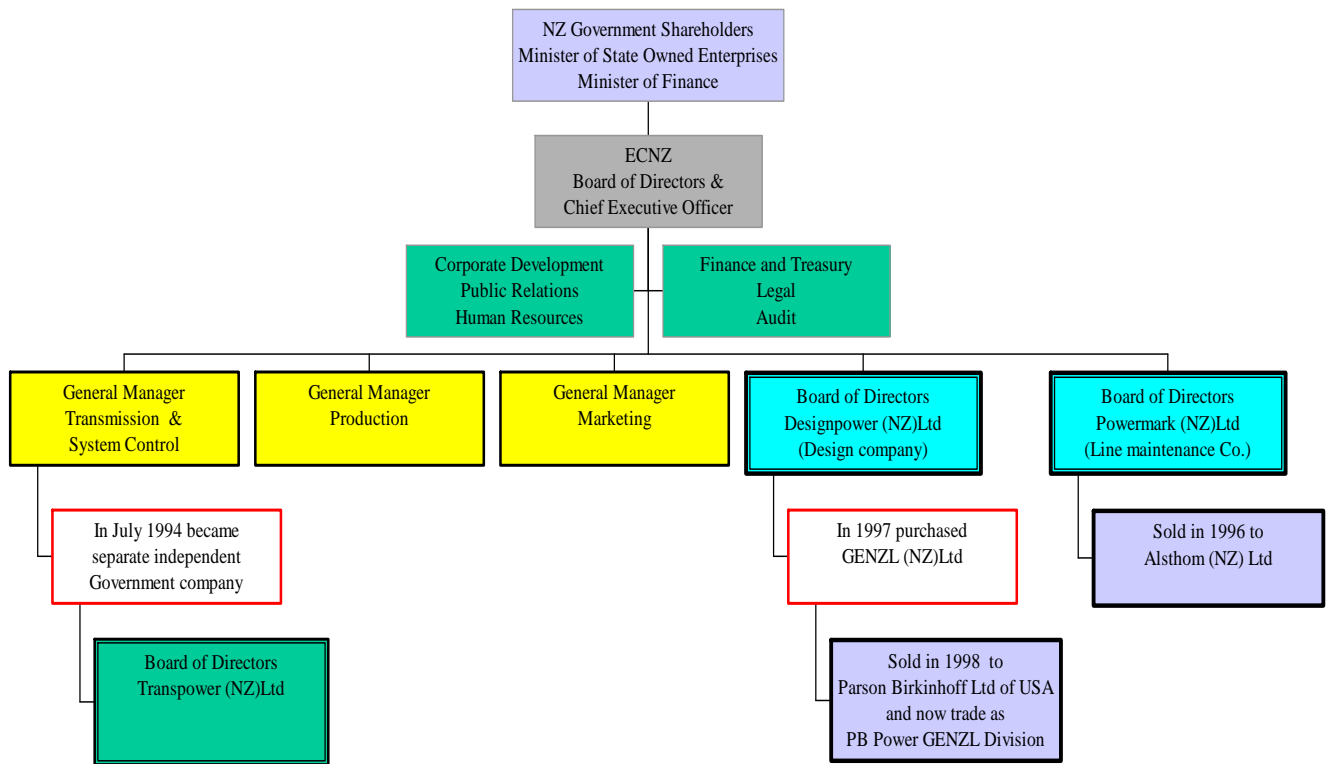


Figure 2B ECNZ organisational chart on establishment with asset changes outlined

The assets of the new business were valued at NZ\$6.3 billion and its finances structured on a 45/55 debt equity basis. The generation assets used by the ECNZ are shown in following table. Since being corporatised a key management strategy was aimed at improving the reliability and availability of its existing plant. The availability improvements achieved are shown in table below. The generation capability of the generating system, in 1995, based on plant reliability and availability improvements was estimated to be around 36,000GWh/y. This represents a generation gain equivalent to a 500MW base load power plant.

Type of Power Plant	Installed Capacity	1995 Annual Generation GWh	% Total Generation	Availability 1986	Availability 1990-95
Hydro	5,100 MW	22,620	71%	65 %	88%
Thermal	2,300 MW	7,280	22.5%	60 %	80%
Geothermal	270 MW	2,100	6.5%	83%	92%
Total	7,670 MW	32,000	100%		

A critical aspect of the ECNZ generation system is that the hydro lakes storage capacity is only around 12% of the annual electricity demand when the lakes are full. This makes reliability of supply very dependant on rainfall patterns, which can be variable and unpredictable in today's climatic change environment. In this setting the role of the fossil fueled thermal plant is that of hydro firming stations. The geothermal stations operate continually in base load mode.

The advent of corporatisation brought many cultural changes to the organization. These in themselves could occupy a lengthy period of discussion which I do not have time for in this presentation. However, I would be prepared to discuss these over the next couple of days if any of you are interested.

There is no doubt that the commercialization of ECNZ was a success. The average wholesale price of electricity had reduced from around 6.5 cents/kWh in 1987 to 4.7 cents in 1995. Over the period 1990 to 1995 ECNZ made an annual average profit of NZ\$410 million, for its government share holders. This represents an 11% per annum average return on shareholders equity after tax.

2.2 Electricity Industry Restructuring

In 1987 the government lifted the statutory barriers to entry into the electricity generating side of the business. This new legislation enabled any person or company to build and operate power-generating facilities. In this action New Zealand's energy policy in effect became one of **“let market forces prevail”**. This policy is reliant on the principles of competition and the disciplines of the market place to replace a past centrally directed, monopolistic industry.

However, before such a policy could be effective major changes to the whole of the New Zealand electricity industry were necessary. The changes were: -

- Separation of the national grid system from ECNZ control;
- Commercialisation of the local electricity supply and distribution authorities;
- Development of a wholesale electricity market
- Promotion of competition in electricity generation.

Legislation was passed in August 1992 by way of the Energy Sector Reform Act to enable the above changes to be implemented.

2.3 National Grid Separation.

The national grid system was seen as a natural monopoly, which had to be made available to all generators to enable fair competition in the contestable energy generation side of the market. The government initially sought to place ownership of these assets into a business structure involving a mix of electricity industry, generation, local supply company and major industry user ownership. However, the industry failed to agree upon an acceptable ownership structure and as a result the government placed the ECNZ national grid assets into a separate state owned company with its own Board of Directors and corporate identity.

The new company Transpower was established in July 1994. It is essentially an independent high voltage transmission company whose charter is to provide an absolutely level service of common carriage, and third party access to all-comers. Transpower also have the responsibility of scheduling generators to meet the energy load requirements of the country on a strict merit order basis. They are required to transmit power produced by any generator over the national grid on a transparent pricing basis.

2.4 Commercialisation of Electricity Supply Authorities.

In 1992 there were over 60 local electricity supply authorities in New Zealand serving around 1.8 million domestic, commercial and industrial customers. These bodies exercised monopoly franchise rights to supply and distribute energy within their assigned territorial area. It was a statutory requirement for customers to be provided, at nominal cost, a supply of electricity no matter how remote or economic it was to install. The supply authorities were usually controlled by a municipal council or by a publicly elected body.

Within this structure there were no incentives to improve performance as each authority had its own monopoly franchise and kept its customers regardless of how good or bad the service was. The public also exercised significant influence over the management of the supply authority through their voting power at local election time. This influence resulted in domestic electricity rates being heavily subsidized by commercial and industrial customers.

The Energy Sector Reform legislation made it compulsory for local supply authorities to restructure their electricity business on a proper commercial basis with appropriate gearing, rates of return and sound financial stability. Exclusive local electricity supply franchising was abolished and it was theoretically possible for any power generating company to sell electrical energy to any customer anywhere in New Zealand.

In the commercialization process some authorities transferred their assets into a limited liability company and issued in many cases windfall shares in the company to their customers; others sold their assets to private New Zealand and overseas companies, with the income received, held in trust for the benefit of the community.

In the year after this restructuring significant amalgamation took place between the new companies as they all attempted to secure an economically viable customer base. By the end of 1995 the number of local supply and distribution companies had reduced to 30.

With generation restrictions ended some of the major local supply companies began building their own power stations. By the end of 1995 planning consent and/or construction of 450MW of combined cycle natural gas fired plant, 140MW of geothermal plant and around 24 MW of other renewable energy type plants were being progressed by these private generators.

As already mentioned the commercialization of ECNZ resulted in a significant drop in the price of wholesale electricity. The new energy retail companies used these reductions to address the discrepancy between the price of commercial/industrial and domestic power.

2.5 Wholesale Electricity Market

The creation of a wholesale electricity market was the essential component in the development of competition in the generation and wholesale selling of electrical energy in New Zealand. The industry participants developed the concept, which began operation in July 1994. The market has the following features: -

- Main power needs traded through long-term contracts between energy suppliers and wholesale customers. (Wholesale customers include: major industry users, wholesale retailers and energy traders)
- Establishment of a “spot market” which gives energy suppliers and wholesale customers access to back up or additional supplies and trade opportunities in long term contracted power at the “spot price”.
- A neutral pool company owned by market participants operates the wholesale electricity market.
- Incentives offered through the market to promote, facilitate, and reward energy efficiency and conservation.
- The national grid company, Transpower, is responsible for the physical security of the system through the dispatching of power stations and the arranging of back up supplies.
- Market dynamics to regulate energy prices.

Under the market rules, competition happens at two levels: -

- The first level is the “spot market” where energy suppliers bid in offers of power for the day ahead in half hour increments. The Marketing Company combines these bids into a merit order of most cost efficient stations. Transpower then dispatches the stations in this cost effective order. The price paid for all power generated in any half hour time period is the price offered by the highest priced station used during that particular half hour period.
- The second level of competition occurs when electricity is sold under long-term contracts between energy suppliers and wholesale customers. With these contracts wholesale customers pay for security of supply and energy suppliers lock in a sizeable amount of their generation at a known price unaffected by market “spot price” variations. Contracted power supplies are able to be re-traded on the “spot market: should the purchaser incur a short term power surplus, or if the “spot market” price makes it financially attractive to shed load.

The market provides timely price signals in circumstances of excess supply or during power supplies shortages. The New Zealand government has adopted a light handed regulatory approach to the operation of the market based on information disclosure requirements and general commercial law. To date the market has been operating and performing in an effective and acceptable manner. Figure 3 outlines in diagrammatic form the component parts of the New Zealand wholesale electricity market.

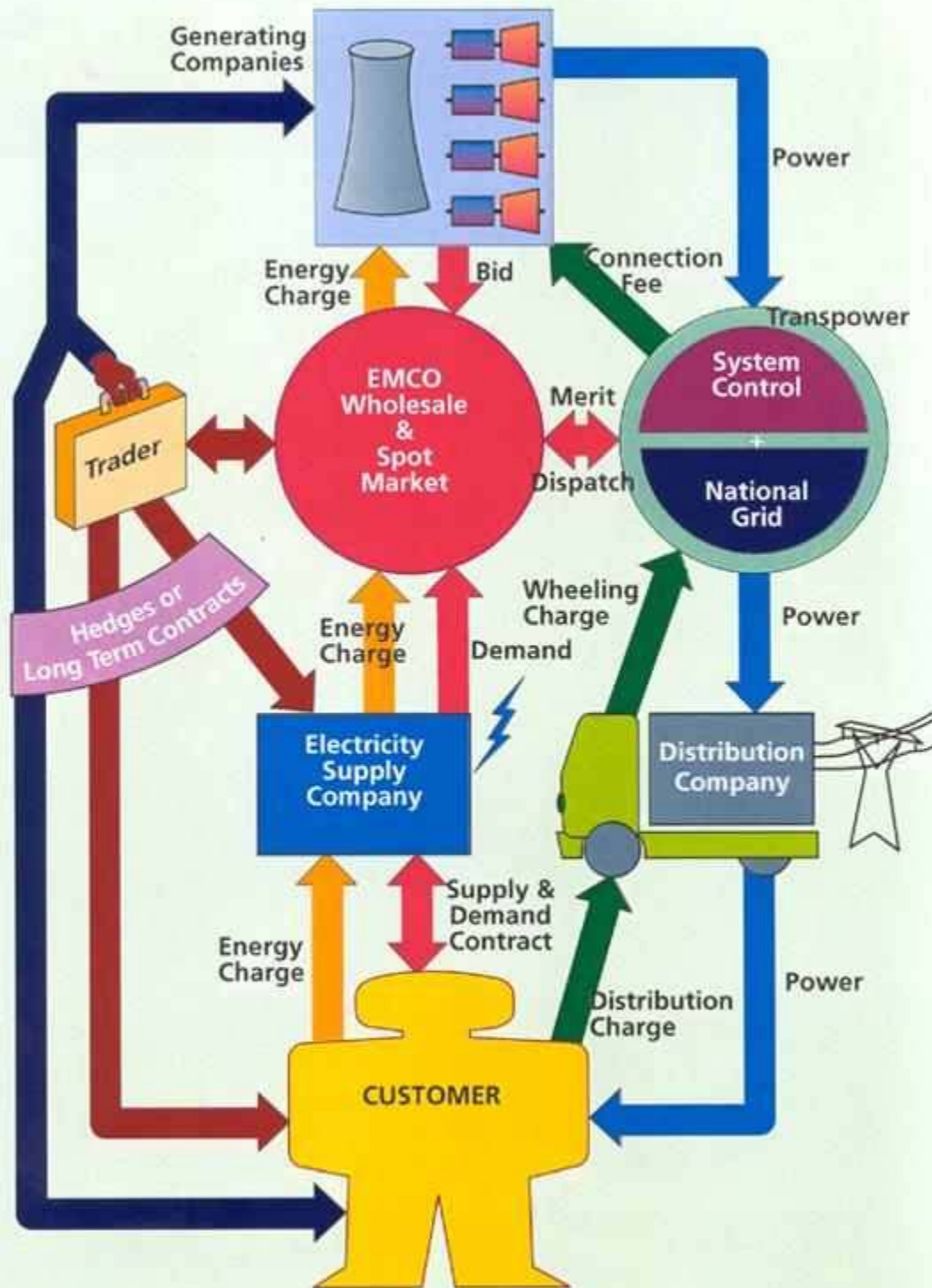


Figure 3: MAIN COMPONENTS OF N.Z. WHOLESALE ELECTRICITY MARKET

2.6 Generation and Retail Competition Problems.

The dominance of ECNZ in the electricity generation sector was seen by many in the industry as a barrier to competition and stifles the innovation that competition would foster. ECNZ since its establishment had contained its costs, improved employee performance from 5.6 GWh/employee in 1988 to 11 GWh/employee in 1995; and had reduced the wholesale price of electricity to 4.7 cents NZ/kWh. The ECNZ dominance enabled it to control short-term prices and it had the ability to “average” the cost of its new generation against its existing lower cost stations and thereby undercut any potential new entrant.

By 1995 problems had emerged in the electricity retail sector. While it should now have been possible for a customer to buy electrical energy from any supplier he choose, this was not happening as the local supply and retail companies were preventing or making it economically unacceptable for independent energy suppliers to gain access to the local supply network to provide power to customers.

3 Electricity Industry Competition Reforms (1995 to 2000)

3.5 Contact Energy establishment

Complaints about ECNZ`s market dominance led, in 1996, to the government splitting ECNZ into two competing state owned generating companies. The new company, called Contact Energy, inherited around 30% of ECNZ`s generating assets including the Wairakei and Ohaaki geothermal power stations.

3.6 Local Supply Company reforms

To address the now apparent lack of true competition in the local energy supply market the National government, in 1998, passed the Electricity Industry Reform Act. This legislation had the following aims: -

- Bring about ownership separation within supply companies of their energy trading and energy transmission businesses.
- Elimination of electricity price cross subsidization of the riskier energy trading by monopoly local line transmission business.
- Split the dominant state owned generator ECNZ into three separate competing companies in order to create generation competition.
- Allow generating companies to retail electricity.
- Sell into private ownership the state owned generating company Contact Energy.

In April 1999 the three new state owned generating companies were formed with the indicated National government aim that these would eventually be sold. The new companies are: -

- Genisis Power, with 1708 MW of generation capacity based around the 1000MW Huntly conventional thermal power station.

- Meridian Energy, with 2340 MW of South Island hydro power stations
- Mighty River Power, with 1095 MW of hydro power stations located on the Waikato River in the North Island.

Most of the local power supply companies chose to offload their electricity retailing and generating businesses and retained their much less riskier lines business, becoming in effect operators of electricity networks. Power accounts now separate energy charges and line charges. (Sample NZ Electricity Account, Appendix 1, included at end of this paper.)

Out of the mad scramble to sell off electricity retail and generating assets, seven companies have emerged as the main generation and retail players in the NZ market. To be economically viable a customer base of around 400,000 customers is thought necessary. With only a total customer base of 1.8 million the future consolidation of the generation and retail players is foreseen.

Contact Energy, sold into private ownership in April 1999, by way of a cornerstone sale of 40% of the shares to Edison Mission Energy of the USA and the remaining 60% by way of a public share float to investors in New Zealand and overseas. Contact Energy had a book value of around NZ\$1.3 billion at the time of sale. Edison Mission in a competitive bidding process purchased its 40% stake for NZ\$1.2 billion, valuing the shares at NZ\$4.60 each. The government then offered the remaining 60% of the stock to the public at NZ\$3.10 per share, which earned the government around NZ\$1.24 billion, making the total sale price of NZ\$2.4 billion. A very nice financial gain to the government.

Further privatization of state generation assets has now been deferred indefinitely as a result of the November 1999 general election, which returned a center left government coalition of Labour and Alliance parties. It is the stated aim of the new government not to sell the three state owned generating companies.

4 Reality after Electricity Industry Restructuring.

4.1 Electricity price

The introduction of competition into the electricity market has reduced wholesale price of electricity. The average “spot price” of electricity for 1999 and 2000 has been around 3.65 NZ cents/kWh. The average wholesale price, in 1995, before the split up of ECNZ was 4.7 cents/kWh. However, this cost reduction has not flowed through to the domestic customer who is paying around 13.75 cents/kWh for energy including line charges. Figure 4 shows indexes for generation and transmission prices and the prices paid by domestic, commercial and industrial consumers in New Zealand over period 1989 to 2000. All prices are real (inflation adjusted). The 1989 base equals 100. While all other prices have fallen, the price paid by domestic consumer has risen by 15%.

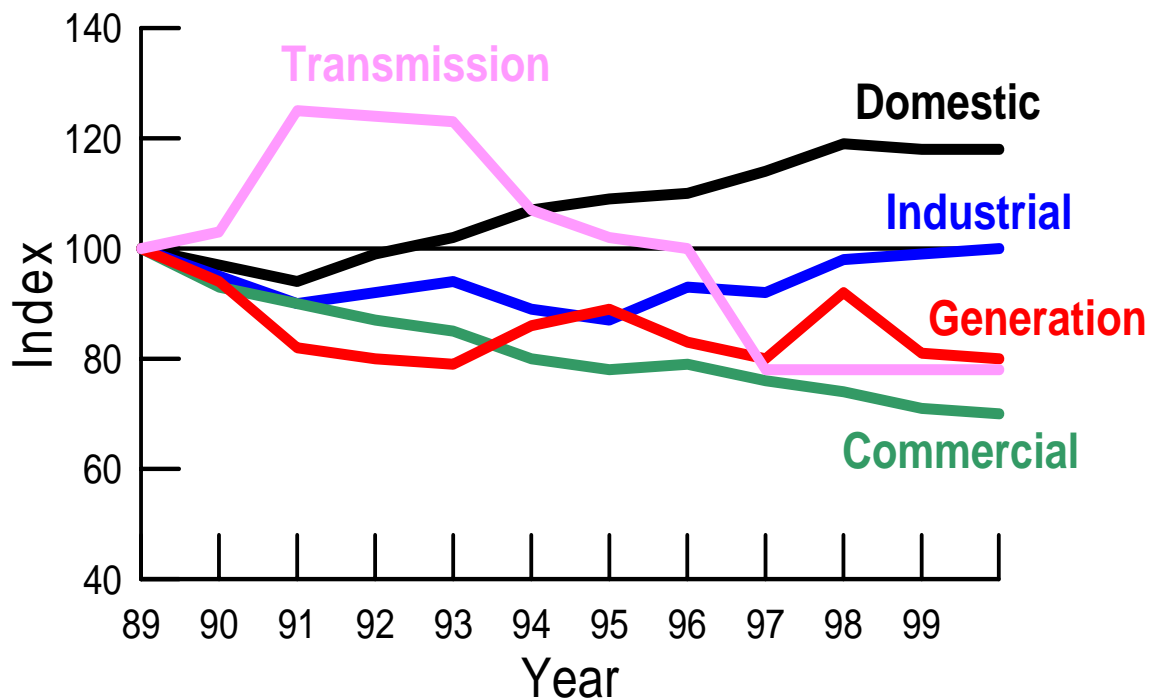


Figure 4 Graph showing movement on electricity prices between 1989 and 2000

Whilst the government made a handsome profit on the sale of Contact Energy, the privatized company now has to earn a return on that inflated investment cost.

In the scramble to secure as large a customer base as possible, the new generator/retail companies entered into a bidding war to buy customers from the old local power companies. The price obtained by the old power companies for their customers ranged from NZ\$300 to as high as NZ\$800 per customer. With around 1.8 million customers, this purchasing fiasco added, by my estimate, approximately NZ\$600 million to the set up costs of the generator/retail companies. A cost, which in the end must be paid for by the customer.

The new lines companies have also been guilty of some dubious accounting practices, namely by revaluing their lines assets at replacement value and not at a realistic cost basis. This enabled them to justify a higher cost of providing their lines service.

Electricity is no ordinary competitive business. Different retailers cannot compete on quality because electrons are all the same. They can only compete on price. This means that a power retailer must charge its lowest prices for its most profitable consumers – major electricity users, big office blocks, chains of supermarkets or service stations, and charge the small domestic consumer more and more as competition bites.

4.2 Security of supply

Previously ECNZ was charged with ensuring the continuity of the countries power supplies at least generation cost. Being centrally coordinated they were able to achieve this by optimizing hydro generation in order to minimize thermal power generation. As mentioned previously the NZ power system has hydro storage for only 12% of annual generation needs. In dry years ECNZ was able to manage the situation to best and least cost by utilizing its thermal stations. Under the new competitive market arrangement “dry year” risk will cease to be managed on a central basis. None of the new generating companies will have any implicit obligation to supply or protect wholesale buyers, apart from through contractual arrangements. This could leave power consumers, who are at the end of the supply chain, with little protection against shortages or skyrocketing spot prices.

4.3 Conclusions

- The political aim of introducing competition in the NZ electricity market to bring down the price of electricity to all consumers has not, as yet, been realized.
- Serious concerns exist about the ability of the market mechanism to manage power supply security in a “dry year” crisis.
- In NZ with its small customer base it is difficult to see the 7 power generating companies continuing to exist in a profitable manner. Sooner or later amalgamation of some of these companies will have to take place. Reducing the number of companies to say 3 or 4 opens the door to collusion between them on power pricing in order to maintain company profits thus defeating the very objective of the restructuring.
- There is no doubt that the commercialization of ECNZ was a success. It proved that the government could operate a profitable business, which provided profit returns to the people of the country on par with the best achievements of the private industry. Its success, I believe, negates the often-held view that only private enterprise can run a successful commercial business.

5 Restructuring New Zealand Research Organisations.

5.1 Research Funding

New Zealand government research organizations were not spared the economic reforms which the Labour and National governments introduced in the late 1980`s and early 1990`s. Figure 1 outlines the organizational arrangement which existed prior to economic reforms. The government research organization, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR) had its own budget appropriation from the government budget. In the power development area, three government ministries had their own separately funded budget to pursue the work they were responsible for in implementing these power developments. In the case of geothermal developments, the research needs of the other ministries were coordinated by the DSIR who then arranged for the necessary funds to implement this work. Results of geothermal research work undertaken by the DSIR were made freely available into the public domain.

In 1984 funding of research, investigation and exploratory drilling for new geothermal development prospects was transferred to the Ministry of Energy and funded through the Gas and Geothermal Trading Group budget or from the ECNZ budget. The Geothermal Division of the Ministry of Works lost its own independent budget appropriation. All research work undertaken now became the commercial property of the funding organization.

The DSIR initially remained untouched by the extensive business restructuring of 1987, the government continued to fund public research work, however, these programmes had to have a recognized commercial end use and preferably have the support of a private industry end user. Also initiated at this time was the need for government research groups to seek commercial work to cover up to 30% of their operating costs. Inter division and inter department charging introduced in order to create a more commercial focus.

5.2 Establishment of Crown Research Institutes (1991)

A major transformation of government research departments took place in 1991 with the establishment of 10 government owned Crown Research Institutes (CRI). These were set up as limited liability companies, each with its own board of directors. Figure 5 below shows roughly the dispersal of the governments research departments into the new CRI organizations. While politically no sale of the CRI's has been mooted by government, they were structured with that possibility in the future.

Figure 5 Dispersion of NZ government research departments into the Crown Research Institutes

Department of Scientific and Industrial Research	Crown Research Institutes
NZ Geological Survey Geophysics Division Applied Mathematics Division Seismic Research Nuclear Sciences Radiation Laboratory Chemistry Division Dominion National Laboratory Solid Fuels Research Soil Bureau Crop Research Ecology Division Grasslands Division Marine Research Division Agriculture Research Division Dominion Observatory Weather Research Forest Research Division	Geological and Nuclear Sciences Ltd Environmental Science Research Ltd Industrial Research Ltd. AgResearch Ltd Crop and Food Research Ltd Horticulture Research Ltd Landcare Research (NZ) Ltd. Agriculture & Marketing Research Ltd National Institute of Water & Atmosphere Forest Research Institute Ltd.

At the same time as the CRI's were set up the government also set up, under the Ministry of Research Science and Technology, a new organization called the Foundation for Research Science and Technology (FRST). This new organization is in effect the governments purchasing agent for science and technology research. FRST in conjunction with the Science Ministry identified research and technology development programmes, for targeted basic research. These programmes were initially funded out of the Public Good Science Fund. The CRI's submitted research projects which met the identified government research goals and bid for the available funding on a contestable basis. Funding is allocated on, at most, a three-year programme of work. If a research project failed to gain the necessary financial support the scientists working on that project have to be accommodated out of funds derived from other successful bids or their contracts terminated. Strong emphasis was also place on the CRI's to secure at least 30% of their annual budget from privately funded commercial research work.

In 1996 research funding granted to Universities out of the governments education budget was transferred into the FRST funding pool and now universities and the CRI's compete for the available government research funds.

The total annual research funds dispersed by FRST in 1999/00 was around NZ\$340 million of which the Geological and Nuclear Sciences (CRI) received approximately NZ\$13 million with about NZ\$1.7 million being spent on geothermal research.

The most recent change to be introduced by the Science Ministry occurred in 1999/00 with a review and refocus on strategic research necessary to underpin the emergence of tomorrows enterprises and help shift the current business sectors into the premium earnings markets that will play an increasingly important role in generating the countries future wealth. With respect to energy research the focus is being placed on the new and emerging renewable energy resources (Biomass, wind and solar). Geothermal is identified as a proven energy resource and consequently has been subject to a decline in research funding over the past few years.

Volcanology and seismic research and their ongoing monitoring are deemed national interest programmes which, receive 100% government funding from two sources, FRST and the EarthQuake Commission (EQC). In New Zealand the government covers earthquake damage claims by charging a percentage levy on all insurance policies.

5.3 Private Geothermal Resource Development

Between 1996 and 1998, 154 MW of privately funded geothermal generating capacity was added to the New Zealand electricity supply system. These developments were instigated on geothermal fields which had been previously investigated by the government thus very little new research/investigation work arose out of these projects.

The parent owners of the Tasman Pulp and Paper Company instigated some new preliminary investigation into geothermal prospects within a 50km radius of their existing Kawerau geothermal operation. However, no action has been taken to develop any of these prospects.

The current very low wholesale market price for power in New Zealand has effectively put a stop to any new geothermal developments. Currently no government funding is being spent on investigation of new geothermal resources.

6 Governments infrastructure Works and Development organisation

At the same time as ECNZ was formed into a state owned enterprise the governments construction business, Works and Development, was made into three separate state owned commercial enterprises, and its Water and Soil Division transferred into the National Institute of Water and Atmosphere, one of the new Crown Research Institutes.

The three new Works organizations were: -

- Works Civil: This inherited all the civil construction plant equipment and associated personnel. Operated as a successful business, competing against private contractors for civil construction work, until sold, in 1996, to Downer Group of Australia.
- Works Consultancy: Set up as a civil engineering consultancy organization, inheriting the professional engineering, architects, planners and hydrology staff. The enterprise was sold in 1996 to Renong Group from Malaysia. Now trades as OPUS Consultancy on a local and international basis.
- Works Geothermal: This unit consisted of the geothermal drilling and engineering organization based at Wairakei. It was the smallest of the new enterprises and to survive commercially it branched out into hydro and thermal power plant contract maintenance work. It was eventually sold, in 1997, to Downer Group of Australia.

These new enterprises were given a mandate to become commercially viable and to compete for new government business on an equitable basis with the private sector.

The Water and Soil Division, responsible for operating hydro catchment flow monitoring stations through out the country, was transferred to the NIWA organization, a newly formed Crown Research Institute. This group continues to carry out this task on a contract basis for existing hydro and irrigation catchments schemes and charges power companies and regional authorities commercial rates for these services. Flow monitoring, carried out in the national interest, is government funded and the data made available to the public on payment of a search fee.

The government through Transit New Zealand plans and funds national road construction, improvements, and maintenance, then contracts out the design and execution of the approved work programmes to private companies.

7 Resource Management Legislation

“Use the land wisely, for the good of all our people, and protect it for our children and future generations.”

This reflects the Maori ethic of “kaitiakitanga” meaning the sound stewardship and guardianship of resources.

This ethnic is a cornerstone of the Resource Management Legislation enacted by the New Zealand Government in October 1991.

The Resource Management Act (1991) is one of the most fundamental Law reforms to have occurred in New Zealand history. It has far reaching effects on the approach to development and conservation of New Zealand resources, and it has significantly changed the legislative provisions relating to the management of the geothermal resources of the country. It replaces 16 major Resource Management Statutes and impacts on a further 44 pieces of current legislation. In the past these laws have been conflicting, overlapping and confusing to users, have not allowed all relevant values to be taken into account, and often did not achieve good environmental outcomes.

The stated purpose of this Act is:

“To promote the sustainable management of New Zealand’s natural and physical resources.”

Sustainable management is defined in the Act as ...”managing the use, development, and protection of nature and physical resources in a way, or at a rate, which enable people and communities to provide for the social, economic and cultural well being and for their health and safety while:

- (a) sustaining the potential of natural and physical resources (excluding minerals) to meet the reasonably foreseeable needs of future generations; and
- (b) safeguarding the life supporting capacity of air, water, soil and ecosystems; and
- (c) avoiding, remedying or mitigating any adverse effects of activities on the environment.”

Under the Resource Management Act Geothermal fluid including steam is included in the definition of ‘water’. Thus for resource management purposes the mass and energy components of geothermal fluid are lumped together and treated as a sub-set of ground water. The management of geothermal resources now parallels the management of ground water systems. A similar approach is taken in the states of Wyoming and Nevada in the USA.

The effect of the legislation is that any geothermal development must assess impacts on the surface manifestations of a geothermal field such as geysers, hot springs, boiling mud pools, and any significant vegetation, indigenous fauna or other ecosystem nurtured by the natural geothermal activity, as these are generally considered to be non renewable.

The relationship of the Maori and their culture and traditions with their ancestral lands is also identified as a matter of importance. Geothermal activity has traditional, historical, cultural and spiritual associations for the Maori people. The critical concern for the Maori is that their beliefs and values are taken into consideration at the decision making stage of any geothermal development.

The Act also requires that any user of a natural resource must ensure that the resource is used in an efficient and effective manner.

The Resource Management Act has been described as “enabling legislation”. This means that it does not contain explicit directions for managing our natural resources. Instead the Act is concerned with effects of activities.

The Act removes the direct responsibility of Central Government for resource management and places this as a key role of Regional Government. Under the Act it is mandatory for each Regional Council to prepare a “Management Plan” which will provide an overview of the resource management issues of the region and enact policies and methods to achieve integrated management of the natural resources of the whole region.

The management strategy plan, prepared by the Waikato Regional Council, in whose region approximately 80% of the high temperature geothermal systems within the Taupo Volcanic Zone are located requires that sustainable management of the region’s geothermal resources be practiced from a macro level rather than attempting to manage individual systems. This implies that different geothermal systems within the region may be managed to exploit different aspects of the regional geothermal resource. It also recognises the impossibility of exploiting a geothermal system for large-scale fluid and heat production without significantly altering the nature of the system and impacting the natural surface features. The plan designates zones containing systems whose reservoirs can be depleted as “Reservoir Depletion Zones”, and zones containing systems whose reservoirs should be protected as “Reservoir Protection Zones.”

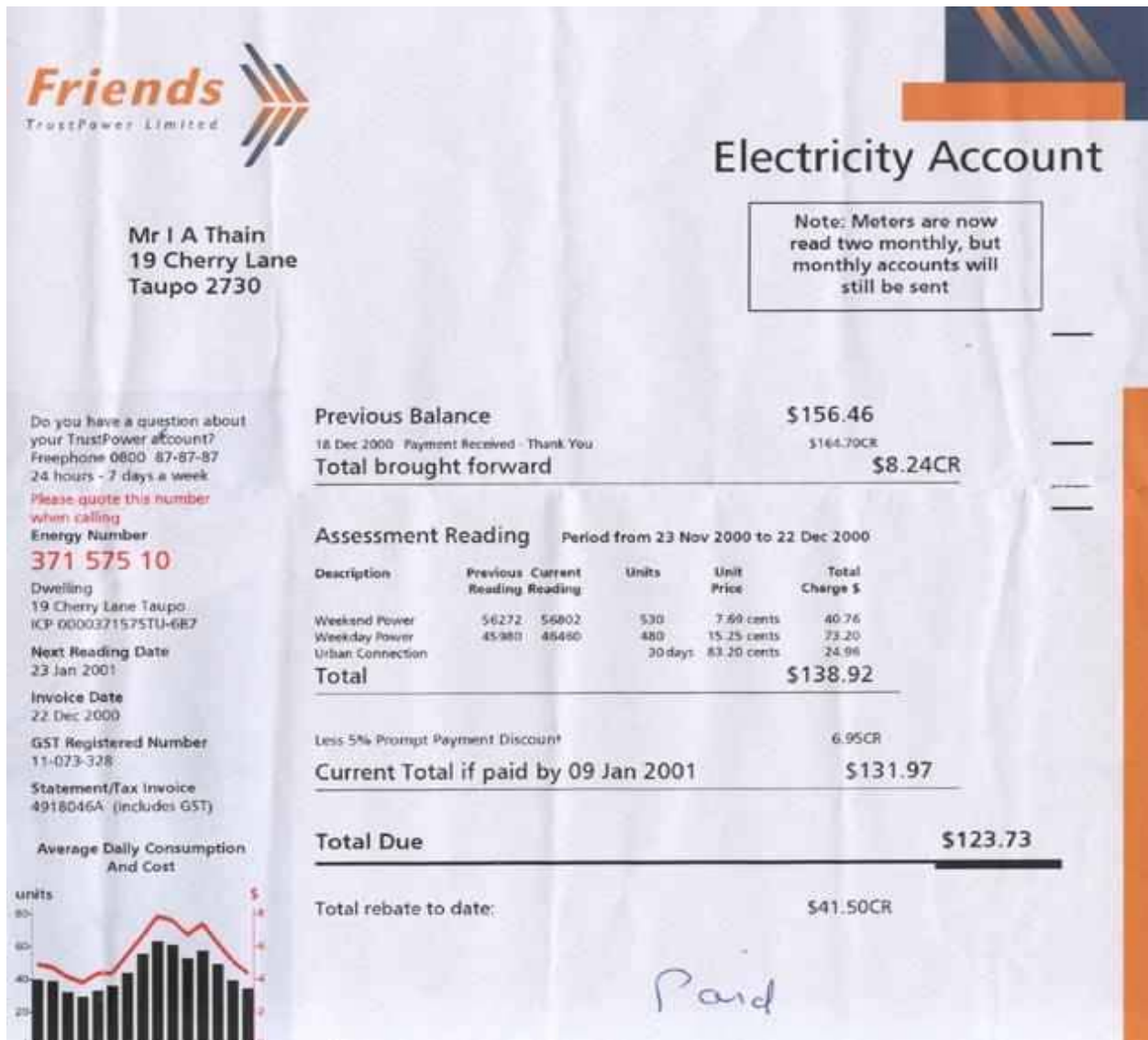
The management strategy also proposes that a “single tapper” be given the exclusive right to exploit geothermal systems designed for development. This proposal:

- Avoids fragmented development of a system.
- Enables co-ordinated management.
- Avoids the conflict and interference inevitable with multiple developers.
- Provides the necessary security for the long-term commercial investments that are necessary when utilising geothermal resources.
- Provides a mechanism for development where there are multiple interests.
- Reduces the need for rapid extraction techniques that would be contrary to the sustainable management provisions of the Resource Management Act.

The New Zealand geothermal community in general supports the “single tapper” management concept.

Within the RMA there is provision for a royalty to be charged for the extraction and use of geothermal energy. To date these royalty payments have not been invoked.

Appendix 1 NZ electricity account showing energy and line charge components



Averaged price of 1010 units = 11.25 cents/kWh

Line connection charge/unit = $\frac{\$24.96}{1010 \text{ units}}$ = 2.5 cents/kWh

Average total cost for energy plus lines charge = 13.75cents/kWh

Ársfundur Orkustofnunar 2001 haldinn 21. mars s.á.

Orkustofnun á tímamótum?

Þorkell Helgason, orkumálastjóri

Ég hef nú tækifæri til að flytja ávarp orkumálastjóra í fimmta sinn. Mér hefur hingað til orðið tíðrætt um hið ytra umhverfi Orkustofnunar og íslenskra orkumála. Þannig hef ég fjallað um orkulindir landsins, nýtingu þeirra að teknu tilliti til umhverfisáhrifa og um markaðsvæðingu raforkugeirans. En í fyrsta ársfundareri mínu, vorið 1997, ræddi ég þó um innri mál Orkustofnunar enda var þá nýbúið að breyta skipulagi stofnunarinnar gagnert og setja henni reglugerð. Nú ætla ég aftur að taka upp þennan sama þráð og fjalla einvörðungu um stöðu Orkustofnunar og hvað kann að vera framundan í þeim efnunum.

1. Starfsemi og staða

Ég vil þá fyrst ræða um starfsemi stofnunarinnar á liðnu ári og það sem er á döfinni áður en ég vík að því sem heiti ávarpsins gefur til kynna.

1.1 Helstu verkefni og afkoma

Umsvif Orkustofnunar hafa vaxið á undanförunum árum og var árið 2000 þar engin undantekning. Velta stofnunarinnar er orðin ámóta því sem einna mest var fyrir hálfum öðrum áratug. Ársverkum fjölgaði þó ekki frá árinu á undan. Fjárhagur stofnunarinnar var þokkalegur, enda þótt lítils háttar halli hafi orðið á rekstri hennar í heild. Eru gefnar á því skýringar í ársskýrslu fyrir árið 2000 sem lögð er fram á þessum ársfundi.

Mest er um vert að öflugar og árangursríkar rannsóknir voru stundaðar á árinu. Um það fjalla erindin hér á eftir. En meðal rannsóknarverkefna má nefna sérstaklega eftirfarandi, en nokkru ýtarlegri lýsing er í ársskýrslunni:

- *Jarðhitaleit*
Góður árangur var af borunum eftir heitu vatni og háhitagufu á árinu, en þar er oftast byggt á jarðhitaleit Orkustofnunar og eftirliti hennar við boranirnar. Nefna má sem dæmi vinnslusvæði Hitaveitu Rangæinga í Kaldárholti, jarðhitaleit á Laugalandi á Þelamörk fyrir Norðurorku og við Grafarlaug vegna hitaveitu í Búðardal. Síðast en ekki síst afar árangursríkar boranir í Svartsengi og á Nesjavöllum.
- *Vatnafarsrannsóknir*
Umsvif vatnafarsrannsókna Orkustofnunar hafa stóraukist en þær eru forsenda þeirra miklu framkvæmda og áforma í vatnsaflsvirkjunum sem nú eru á döfinni.
- *Rammaáætlun*
Umfangsmiklar rannsóknir voru gerðar og gögnum safnað til stuðnings Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma.

- *Hafsbotnsrannsóknir*
Stofnunin átti aðild að undirbúningi nýs átaks í hafsbotnsrannsóknnum bæði vegna leitar að olú og gasi en einnig til að styrkja grundvöll réttar okkar til landgrunnins.
- *Náttúruvá*
Stunduð var vöktun og viðbrögð við náttúruvá svo sem í ám þar sem hætta er á jökulhlaupum og eftirlit var haft með ástandi í jarðhitaholum á Suðurlandi í kjölfar skjálftanna miklu.
- *Miðlun þekkingar erlendis*
Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna var rekinn í 22. sinn með 18 nemendum og meistaranámi sem nýmæli. Verkefni Rannsóknasviðs á jarðhitasviði erlendis hafa stóruáhrif. Boðið var í vatnamælingaverkefni í Mósambík.
- *Alþjóðlegt vísindaframlag*
Orkustofnun átti öfluga aðild að alþjóðlegri jarðhitaráðstefnu í Japan; 32 erindi og veggspjöld komu frá Orkustofnun en 88 frá fyrrum nemendum Jarðhitaskólans. Alþjóðleg ráðstefna um hamfaraflóð á Íslandi var haldin að tilstilli Vatnamælinga Orkustofnunar.
- *Umsagnir og upplýsingar*
Almennar umsagnir og upplýsingamiðlun er fastur liður í starfseminni, m.a. með útgáfu Orkumála, forystu um gerð orkuspáa o.fl.

1.2 Húsnæðismál

Húsnæðismál Orkustofnunar hafa verið í ólestri um langa hríð. Stofnunin er í leiguhúsnæði sem rekið er af tveimur aðilum ríkisins, Fasteignum ríkissjóðs og Sölu varnarliðseigna. Umkvartanir okkar, leigjandans, hafa einkum beinst að bágu viðhaldi í og umhverfis stofnunina og ófrágengnum og takmörkuðum bílastæðum. Ástæða þessa ástands hefur verið vangeta leigusalanna til að sinna þessum málum auk ágreinings þeirra á milli. En starfsfólk og viðskiptavinir Orkustofnunar hafa verið þolendurnir. Nú virðist vera að rofa til í þessum málum og er það vel. Brýnt er að úrbætur dragist ekki og verði gerðar á komandi sumri.

Með auknum umsvifum Orkustofnunar, einkum hjá Vatnamælingum en líka með væntu auknu hlutverki orkumálahlutans, er orðin þörf á auknu húsnæði. Nú vill svo vel til að stofnuninni býðst aukið húsnæði sem Sala varnarliðseigna hyggst rýma á næstunni. Stofnunin hefur mikinn hug á því að taka þessu boði og er brýnt að taka um það ákvörðun nú á næstu vikum.

Spyrja má hvort ekki verði fyrst að eyða þeirri óvissu um framtíð stofnunarinnar sem vikið er að síðar. Því er fyrst til að svara að vonandi geta ákvarðanir um fyrirkomulag og húsnæði farið saman í tíma. En jafnframt skynja ég það svo að velflestir þeirra sem um málin hafa fjallað vilji að hinir aðskiljanlegu hlutar Orkustofnunar verði saman á einum vettvangi hvernig svo sem skipulagslegum samskiptum þeirra verði háttáð.

Það húsnæði sem býðst nú er meira en nemur þörfum Orkustofnunar. Því verður það gaumgæft hvort unnt verði að finna meðleigjendur sem starfa á orkusviði, að ráðgjöf eða rannsóknnum, og koma þá jafnt til greina opinberar stofnanir sem og einkaaðilar. Þannig gæti húsnæðið við Grensásveg orðið að “orkugarði”, vettvangi fyrir sem víðfeðmasta en samstæða starfsemi á sviði orkumála. Ávinningurinn væri fólgin í

samrekinni stoðþjónustu svo sem öflugum bóka- og upplýsingasafni auk gagnkvæms þekkingarstreymis manna á milli. Hér nefni ég “orkugarð” en etv. er það ekki hið rétta heiti. Við á Orkustofnun viljum líta á okkur sem stofnun á sviði auðlindanýtingar og auðlindavöktunar og höfum þá umhverfismál jafnframt í huga. Nafngift hússins mætti því að ósekju vera viðfeðmara: “orku- og umhverfisgarður”.

1.3 Flutningur starfsemi út á land

Flutningur á starfsemi hins opinbera út á land er nú mjög til umræðu. Að frumkvæði iðnaðarráðherra var fyrirtækinu PriceWaterhouseCoopers falið að gera úttekt á möguleikum á flutningi einstakra verkefna eða stofnana iðnaðar- og viðskiptaráðuneytisins til landsbyggðar. Þessi úttekt liggur nú fyrir og hefur orkumálastjóri gert athugasemdir við hana í bréfi til iðnaðarráðherra. Ekki er tómt til að fjölýrða hér um þessar athugasemdir en þær lúta einkum að þeim misskilningi að Vatnamælingar Orkustofnunar séu fremur til flutnings fallnar en margt annað.

En allt um það hlýtur sérhver opinber stofnun að gaumgæfa með hvaða hætti hún getur stutt við þá stefnu stjórnvalda að styrkja búsetu í landinu og sporna við byggðaröskun. Í fyrrgreindu bréfi okkar bentum við á að fleira skiptir þar máli en flutningur opinberra starfa. Við nefnum að drjúgur hluti af starfi Orkustofnunar felist í verkefnum sem falli vel að þessari stefnu. Nægir að nefna árangursríka leit að heitu vatni í þessu sambandi, en fátt er betur til þess fallið að styrkja búsetu en að tryggja fólki aðgang að þeim lífsgæðum sem felast í heitu vatni.

Stofnunin hefur nú þegar tvö útibú, á Akureyri og á Egilsstöðum. Það er fullur vilji hjá okkar að efla þau. Að því verður unnið á næstu misserum; vonandi með góðum stuðningi stjórnvalda og heimamanna.

1.4 Starfsmenn

Á árinu létu nokkrir starfsmenn af störfum vegna aldurs. Þetta voru þeir:

- *Einar Tjörvi Elíasson*
- *Guðmundur Vigfússon*
- *Svanur Pálsson*

Þeim eru þökkuð löng og farsæl störf í þágu stofnunarinnar.

Aðrir hurfu til annarra starfa á nýjum vettvangi eða til frekara náms:

- *Einar Hrafnkell Haraldsson*
- *Kristín Sigurðardóttir*
- *Kristín S. Vogfjörð*
- *Ragnildur Freysteinsdóttir*
- *Sigurður Pétursson*

Að auki koma sumarstarfsmenn og fara eftir að hafa lífgað upp á tilveru okkar sem eldri erum. Þessu fólki öllu er óskað áframhaldandi velfarnaðar.

Einn starfsmaður var kallaður yfir móðuna miklu beint úr starfi sínu. Þetta var *Helga B. Sveinbjörnsdóttir*, *forstöðumaður teiknistofu Orkustofnunar* sem lést 21. nóv. s.l. Margir nutu færni hennar og fjörs enda var hún hvers manns hugljúfi. Hennar er sárt saknað.

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 2000.

2. Orkustofnun á 20. öldinni

“Að fortíð skal hyggja ef frumlegt skal byggja” kvað skáldið og frumkvöðullinn í orkumálum, Einar Benediktsson, fyrir einni öld. Því skal litið til baka áður en um það verður fjallað hvort Orkustofnun standi nú á öðrum tímamótum en þeim að hefja starf á nýrri öld.

2.1 Ágrip af sögu Orkustofnunar

Saga Orkustofnunar hefur ekki verið rituð, þótt ýmislegt efni sé til í þá veru og er ágrip þess að finna á vef stofnunarinnar.¹ Upphaf Orkustofnunar er mjög tengt einum manni, Jakobi Gíslasyni rafmagnsverkfræðingi, sem var þegar árið 1929, nokkrum árum eftir setningu vatnalaganna og laga um vatnsorkusérleyfi, ráðinn til starfa hjá ríkinu að áætlanagerð um raforkuver og rafmagnsveitur. Árið 1933 var hann gerður forstöðumaður Rafmagnseftirlits ríkisins og raforkumálastjóri í kjölfar setningar raforkulaga 1946. Má segja að þá sé kominn fullskapaður vísir að Orkustofnun en líka meiru en því: Rafmagnsveitum ríkisins. Á sjöunda áratuginum eru þessar stofnanir aðskildar og er Orkustofnun mynduð 1967 og fengið hið almenna rannsóknahlutverk í orkumálum ásamt ráðgjafar- og umsagnarhlutverki gagnvart stjórnvöldum. Nokkrum misserum áður var og Landsvirkjun sett á laggirnar.

Jakob Gíslason varð fyrsti framkvæmdastjóri Orkustofnunar, orkumálastjóri og gegndi því embætti til ársins 1973 eftir fjögurra áratuga starf í æðstu stjórn orkumála. Þá tók nafni hans Björnsson við orkumálastjórastarfinu og gegndi því í nær aldarfjórðung þar til ég tók við í september 1996.

2.2 Skipulagsbreytingin 1997

Orkustofnun hefur, eins og vera ber, verið í sífelldri þróun alla sína tíð og umsvif hennar hafa verið breytileg.

¹ Í eftirfarandi ritum er fjallað um forsögu orkumála og þá um leið aðdraganda Orkustofnunar:

Guðjón Friðriksson. 1997. Einar Benediktsson: ævisaga. I. b. Rvk., Iðunn.

Helgi Kristjánsson. 1997. Birta, afl og ylur. Saga Rafmagnsveitna ríkisins í 50 ár 1947-1997 Rvk., Rafmagnsveitur ríkisins.

Sigurjón Rist. 1990. Vatns er þörf. Rvk., Bókaútgáfa Menningarsjóðs.

Sveinn Þórðarson. 1998. Auður úr iðrum jarðar. Saga hitaveitna og jarðhitanýtingar á Íslandi Rvk.

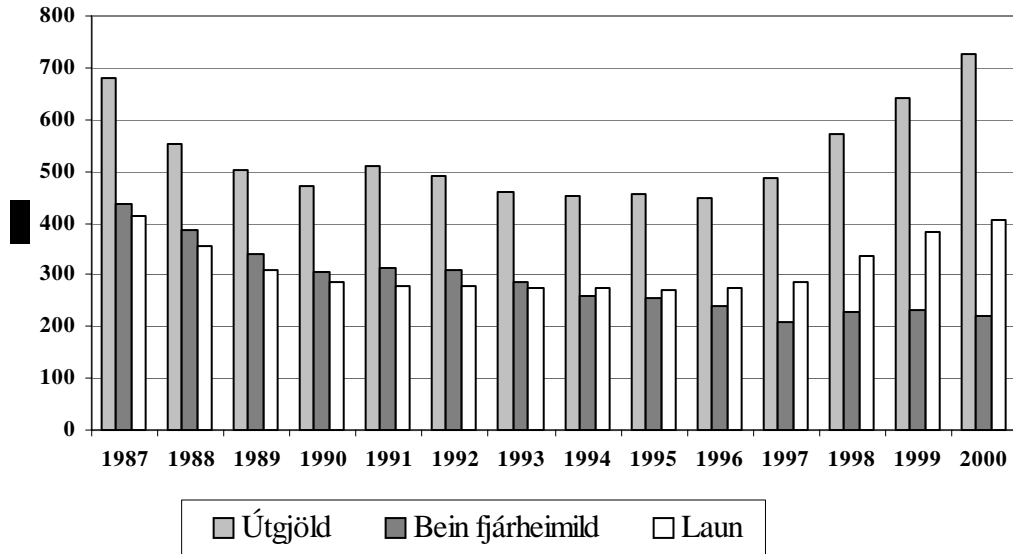
Hið íslenska bókmenntafélag. Safn til iðnsögu Íslendinga XII. bindi.

Orkumál koma og við sögu í eftirtöldum ritum þótt Orkustofnun sé ekki getið:

Guðjón Friðriksson. 1998. Einar Benediktsson: ævisaga. 2. b. Rvk., Iðunn.

Guðjón Friðriksson. 1999. Einar Benediktsson: ævisaga. 3. b. Rvk., Iðunn.

Sumarliði R. Ísleifsson. 1996. Í straumsamband. Rafmagnsveita Reykjavíkur 75 ára 1921-1996 Rvk. Rafmagnsveita Reykjavíkur.



1. mynd: Fjármálaleg umsvif á Orkustofnunar á liðnum árum

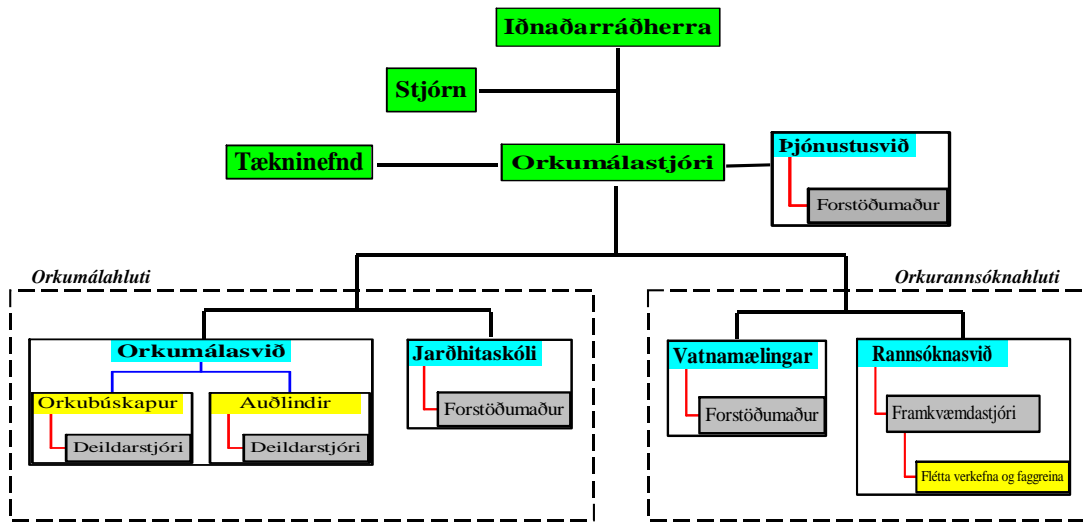
Mest voru umsvifin um miðbik 9. áratugarins þegar bæði voru í undirbúningi stórvirkjanir í Blöndu og í Jökulsá í Fljótsdal en ekki síður jarðhitaleit vegna umfangsmikillar hitaveituvæðingar.

Eftir það þurfti að draga saman seglin og verkefni jafnframt færð annað: Jarðboranir voru aðskildar frá Orkustofnun og stofnunin dró sig mjög til baka í undirbúningi vatnsaflsvirkjana. Á þessum og næstu árum stóðu stjórnvöld fyrir tíðum úttektum á stofnuninni; sagt er að þær hafi talið nær tuginn á litlu fleiri árum. Þáverandi ráðherra orkumála, Finnur Ingólfsson, tók svo af skarið og lagði drögin að þeirri skipulagsbreytingu sem tók gildi 1. jan. 1997.

Áður en lengra er haldið er nauðsynlegt að fara nokkrum orðum um markmið og fyrirkomulag það sem þá var tekið upp til þess að skilja stöðuna nú og það sem framundan kann að vera. Í hnotskurn voru þau markmið sem sett voru með nýskipaninni þessi, og hér vísa ég orðrétt í ársfundarerið mitt 1997:

- *Að aðskilja framkvæmd rannsókna frá ráðgjafar- og stjórnsýsluhlutverki stofnunarinnar.*
- *Að ráðgjafar- og stjórnsýsluhlutinn, orkumálahluti, fái aukið vægi og taki í tímans rás við verkefnum frá ráðuneyti.*
- *Að á orkumálahlutanum verði skilgreind verkefni, sem unnin eru fyrir fé á fjárlögum, samið um framkvæmd þeirra og þeim fylgt eftir.*
- *Að rannsóknirnar séu reknar sem fjárhagslega sjálfstæð starfsemi, orkurannsóknahluti.*
- *Að orkurannsóknahlutinn standi undir sér með tekjum af rannsóknarsamningum, hvort sem er við orkumálahluta stofnunarinnar eða orkufyrirtæki.*

Og skipuritið sem þá var staðfest og enn er í gildi tók mið af þessu:



2. mynd: Skipurit Orkustofnunar

Og hvernig hefur svo til tekist? Ég leyfi mér að fullyrða að ofangreind markmið hafa í öllum aðalatriðum þegar náðst:

- Orkumálahlutinn og orkurannsóknahlutinn eru að fullu fjárhagslega aðskildir.
- Orkurannsóknahlutinn stendur á eigin fótum og án stuðnings af fjárveitingum.
- Rannsóknarverkefni fyrir ríkisfé lúta sama aga og önnur söluverk.
- Ráðgjöf og umsagnir um stjórnvaldsákvæðanir og þingmál eru óháðar því hvort og hvaða verkefni er verið að vinna fyrir aðra aðila á orkurannsóknarhlutanum.

Og svo mætti lengi telja. Fjármálaráðuneytið gaf fyrir nokkrum árum út skýrslu um aðskilnað á samkeppnisrekstri hins opinbera². Mér er ekki kunnugt um neina stofnun hliðstæða Orkustofnun sem hefur hrint þessari stefnuskrá í framkvæmd í sama mæli og hún.

Skipulagsbreytingin 1997 var málamiðlun milli þess að kljúfa stofnunina upp í rannsóknþjónustu og opinberan rekstur. Hún var tilraun til að halda saman öflugum umhverfi í orkurannsóknum. Að formi til hefur það tekist en í reynd hefur orðið talsverður aðskilnaður innanhúss; að mestu óhjákvæmileg afleiðing skipulagsbreytinganna þar sem orkumálahlutinn og orkurannsóknahlutinn verða að vera í talsverðri innbyrðis fjarlægð. En það verður ekki bæði haldið og sleppt.

Allt um það tel ég ótvírætt að sambylí hinna einstöku eininga stofnunarinnar hafi verið til hagræðis og hagsbóta fyrir viðfangsefnin, bæði rannsóknir og ráðgjöf.

² Fjármálaráðuneytið. 1997. Fjárhagslegur aðskilnaður í rekstri ríkisstofnana. Stefna, greinargerð og leiðbeiningar. Rvk, Fjármálaráðuneytið. Rit; 1997-5.

3. Orkustofnun í upphafi 21. aldar

Meginhlutverk Orkustofnunar er að stunda orkurannsóknir. Samhliða rannsóknarþættinum hefur stofnunin þó frá upphafi haft ráðgjafarhlutverk gagnvart stjórnvöldum. Það er samspil þessara tveggja meginhlutverka sem er tilefni þess að íhuga stöðu Orkustofnunar nú.

3.1 Ný og breytt verkefni

Frá því að skipulaginu var breytt í ársbyrjun 1997 hafa nokkur stjórnsýsluverkefni verið færð til stofnunarinnar en önnur frá henni. Burtu hefur farið umsjá Orkusjóðs og framkvæmdastjórn fyrir Orkuráð, en með því að fjármagni Orkusjóðs hefur í auknum mæli verið beint til Orkustofnunar þótti ekki lengur við hæfi að stofnunin færi með umrædd verkefni.

Tvenn lög hafa fært stofnuninni verkefni og þau þriðju eru í bígerð.

Fyrst er að geta laga um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu. Þar er stofnuninni ætlað allvíðtækt hlutverk:

- *Umsagnir til ráðherra um veitingu rannsókna- eða nýtingarleyfa.*
- *Eftirlit með rannsóknum landeigenda sjálfra.*
- *Að taka við tilkynningum um minniháttar vinnslu á jarðefnum, jarðhita og grunnvatni.*
- *Skýrsla til ráðherra um framkvæmd leyfa.*

Þá hefur Alþingi nýlega samþykkt lög um leit, rannsóknir og vinnslu kolvetnis. Þar fær Orkustofnun almennt eftirlitshlutverk og á að gefa ráðherra skýrslu, auk þess að safna almennt upplýsingum um landgrunnið.

Auðlindalögin hafa verið í gildi um rúmlega tveggja ára skeið. Mest hefur reynt á umsagnarhlutverkið en verklag í þeim efnunum hefur verið í mótun. Í kjölfar væntanlegra raforkulaga verða auðlindalögin efalaust endurskoðuð og verður þá tækifæri til að móta verklag við framfylgd allra umræddra laga í heild sinni.

3.2 Væntanleg raforkulög

Nú eru í undirbúningi ítarleg lög um raforkumál þar sem Orkustofnun fær víðtækt hlutverk ef allt fer fram sem horfir. Með breyttu fyrirkomulagi á að koma á skilyrðum fyrir samkeppni í raforkugeiranum með sama hætti og óðum er að verða allt í kringum okkur og raunar um víða veröld. Raforkubúskapnum verður skipt í fjóra aðskilda þætti, annars vegar þætti sem eru til samkeppni fallnir og hins vegar þá þar sem því verður ekki við komið. Sakir skorts á skárri orði eru þeir síðarnefndu kallaðir einokunarþættir (sjá 1. töflu):

<i>Samkeppniþættir:</i>	<i>Einokunarþættir:</i>
Orkuvinnsla	Flutningur
Orkusala	Dreifing

1. tafla: Samkeppni og einokun í raforkugeiranum

Í slíku markaðsvæddu raforkuumhverfi hafa stjórnvöld margvíslegu hlutverki að gegna. Nefna má eftirfarandi:

Vinnsla:

- *Móttaka, umfjöllun og veiting virkjunarleyfa.*

Flutningur og dreifing:

- *Starfsleyfi og eftirlit með gjaldskrá.*

Sala raforku:

- *Starfsleyfi.*

Almennt:

- *Gæðaeftirlit.*
- *Samkeppniseftirlit.*
- *Eftirlit með framkvæmd laga.*

Af þessum þáttum hygg ég að eftirlitið með einokunarstarfsemi, einkum verðlagningu þeirrar þjónustu, sé umsvifamest.

Hvar kemur Orkustofnun þá við sögu í þessu umhverfi? Þegar lagt var á ráðin um heiti og efni þessa rabbs míns fyrir nokkrum vikum var þess vænst að nú hefði frumvarp til raforkulaga verið lagt fram og þar kunngert hvers væri vænst af Orkustofnun í þessu umhverfi. Sú tímaspá hefur ekki ræst. Af þeim sökum er ekki unnt að skýra hér frá ráðgerðu hlutverki Orkustofnunar í umræddu eftirliti. Engu að síður ætti að vera ljóst að stofnunin mun með raforkulögum fá ný og stóraukin stjórnsýsluverkefni. Þetta kallar á verulegar breytingar á starfsemi orkumálahluta Orkustofnunar. En stóra spurningin er hvort frekari breytinga er þörf eða þær æskilegar. Þar með er átt við hvort aðskilja beri orkumálahlutann frá orkurannsóknahlutanum í auknum mæli, jafnvel að fullu.

3.3 Ólík sjónarmið

Eins og fyrr segir hefur skipulag Orkustofnunar oft verið til grannskoðunar og vildu sumir ganga lengra í uppskiptingu stofnunarinnar en gert var með skipulagsbreytingunni 1997. Slík sjónarmið koma upp aftur nú og er nauðsynlegt að taka afstöðu til þeirra.

Tvær ýtrustu leiðir sem til álita koma eru:

Núverandi fyrirkomulagi viðhaldið en það þróað áfram

- *Orkumálasvið endurskipulagt; hugsanlega sérstök eftirlits- eða stjórnvaldsdeild innan þess.*
- *Sjálfstæði rannsóknæininganna aukið eftir föngum.*

Þessi leið miðast við að halda í öllum meginráttum því fyrirkomulagi sem nú hefur verið við lýði í tæp 4 ár, en þróa það áfram og aðlaga breyttum aðstæðum.

Meginávinningurinn af því að halda sig við fyrirkomulagið frá 1997 er sá sami á þá: Að halda heildstæðu umhverfi þannig að ráðgjöf og rannsóknir geti haft stuðning hvort af öðru.

Mikilvægast er þá að átta sig á því hvort og hvernig þessi leið samrýmist þeim nýju verkefnum sem stofnuninni verða væntanlega falin með nýjum raforkulögum.

Fullur aðskilnaður og e.k. einka- eða markaðsvæðing

- *Orkumálahlutinn og orkurannsóknahlutinn að fullu aðskildir.*
- *Rannsóknareiningarnar gerðar að e.k. fyrirtækjum.*

Þessi leið var gaumgæfð af seinustu formlegu nefndinni um stöðu Orkustofnunar, veturinn 1995-96. Hugmynd nefndarinnar mun hafa verið sú að orkufyrirtækin stæðu að fyrirtæki um rannsóknarþáttinn, en hin eiginlega Orkustofnun yrði stjórnarsýslustofnun orkumála og stjórnandi orkurannsókna af ríkisins hálfu.

Meginrökin gegn þessari leið var ótti og andstaða við að tvístra þeirri öflugu rannsóknarheild sem byggð hafði verið upp á Orkustofnun. Að auki voru orkufyrirtækin ekki reiðubúin til þess að standa að stofnun orkurannsóknafyrirtækis.

Ávinningurinn af þessari leið er auðvitað sá að með henni væri sneitt hjá hugsanlegum árekstri í hinu tvíþætta starfi Orkustofnunar, rannsóknum og þjónustu annars vegar og stjórnarsýslu og ráðgjöf til stjórnvalda hins vegar.

Hér hafa aðeins verið nefndar tvær leiðir sem telja má hvora á sínum jaðrinum. Að auki koma ýmsar leiðir þar á milli til greina, svo sem meiri eða minni aðskilnaður án þess þó að setja rannsóknirnar út á markað að fullu.

Í öllu þessu samhengi má ekki gleyma stöðu starfsfólksins. Starfsfólk á Orkustofnun hefur verið stofnuninni trútt; flest í áratugi þrátt fyrir að margir hafi staðið frammi fyrir gylliboðum um önnur störf. Auður stofnunar, eins og Orkustofnunar, er í fáu öðru fólgin en uppsafnaðri þekkingu og færni. Þekkingin er vissulega í höfðum starfsfólksins, en hana má þó færa í bækur, rit og gagnasöfn – en færnin er aðeins í fólkinu. Fari starfsfólkið um víðan völl tvístrast færnin, hún glatast etv. ekki en nýttist þá vart áfram á samstæðu sviði orkurannsókna. Að auki ber vinnuveitandinn siðferðilegar skyldur gagnvart starfsfólkinu, skyldur sem taka verður tillit til verði einhverjar breytingar á stofnuninni.

Áform stjórnvalda í ráðgerðum raforkulögum liggja ekki fyrir. Það verður því enn einhver dráttur á því að á málum Orkustofnunar verði tekið. En sá frestur má ekki vera langur. Bæði er að starfsfólk er í óvissu um stöðu sína og framtíð og biðstaða gerir stjórnendum erfitt fyrir í allri stefnumörkun. Þessum varnaðarorðum er ekki beint gegn neinum, heldur sögð okkur sem förum með mál Orkustofnunar til áminningar, enda þykist ég þess fullviss að stjórnvöld vilja bæði flýta ákvörðunum eftir föngum og munu taka tillit til þeirra sjónarmiða sem hér hafa verið reifuð.

Ársfundur Orkustofnunar 2001 haldinn 21. mars

Áhrif Suðurlandsskjálftanna á jarðhitakerfin á Suðurlandi

Kristján Sæmundsson, Grímur Björnsson og Ólafur G. Flóvenz

Strax á fyrstu klukkustundunum eftir að þjóðhátíðarjarðskjálftinn gekk yfir varð ljóst að verulegar breytingar höfðu orðið á þrýstingi í jarðhitakerfum víðs vegar um Suðurland. Strax að morgni 18. júní sendi Orkustofnun fjóra menn í könnunarleiðangur um Suðurland til að afla upplýsinga um þær breytingar sem urðu í kjölfar skjálftanna. Jafnframt voru sprungurnar sem mynduðust við jarðskjálftana kortlagðar í grófum dráttum. Þetta var síðan endurtekið í kjölfar Hestfjallsskjálftans 21. júní.

Á Suðurlandi eru fjölmörg jarðhitasvæði, sem flest eru tengd ungum jarðskjálftasprungum. Þar eru hundruð borholna, flestar þó grunnar og yfir 70 hitaveitur, allt frá stórum veitum fyrir heil bæjar- eða sveitarfélög niður í veitur sem aðeins þjóna einum sveitabæ.

Sprungurnar mynda kerfi sem liggja N-S og ANA-VSV. N-S kerfið er ráðandi. Hin stefnan kemur einkum fram í uppsveitunum, en sést einnig í Grímsnesi, Flóa og Ásahreppi. Báðar stefnurnar koma fram við lárétta hliðrun í brotabelti sem tengir á milli rekbeltanna tveggja. Heitavatnsholur hafa verið boraðar í bæði kerfin með góðum árangri. Skjálftabeltið er virkast á ~10 km breiðu belti sem liggur frá Heklu vestur í Ölfus og þaðan út á Reykjaneskaga, en sprungurnar eru lekar langt norður þótt hreyfing sé þar minni. Sprungukerfin eru samsett af fjölda smásprungna sem gefa lárétta færsluna til kynna.

Skjálftarnir koma í lotum á ca. 100 ára fresti, síðast 1896 og 1912, fyrst fjórir af stærð 6,2-6,5 og síðast einn af stærð 7,2. Hann leysti út álíka orku og hinir fjórir samanlagt. Í lýsingum af skjálftunum er oft getið um breytingar á hverum og laugum. Rennsli jókst eða hætti og vatn gruggaðist.

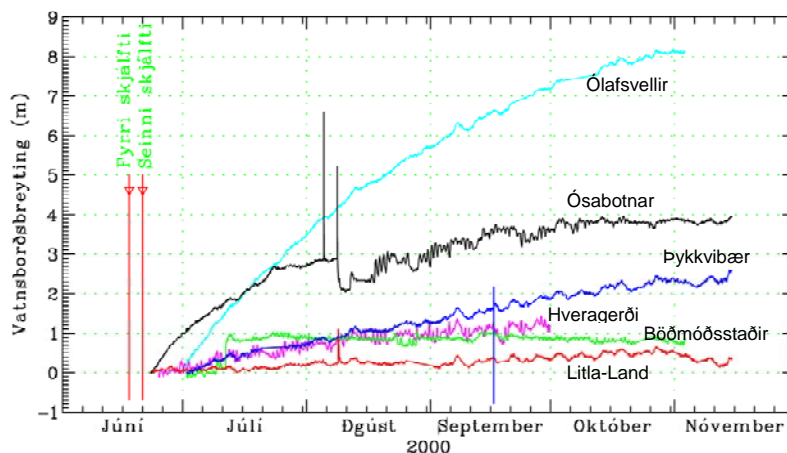
Áhrif jarðskjálftanna 2000 á jarðhitakerfin urðu mjög misjöfn. Á mörgum stöðum féll þrýstingur og hitaveitur urðu vatnslausar en á öðrum stöðum jókst þrýstingur þannig að heitt vatn flæddi út um allt og olli skemmdum. Því miður voru óvída til nákvæmar mælingar á vatnsborði fyrir skjálftana þannig að aðeins var unnt að meta hvort þrýstingur hefði vaxið eða minnkað við skjálftana. Fljótlega kom í ljós að þrýstibreytingarnar sýndu ákveðið mynstur. Norðvestan og suðaustan við upptök skjálftanna jókst þrýstingur en norðaustan og suðvestan við upptökin féll hann. Út frá þrýstibreytingamynstrinu má draga tvö hornrétt plön sem skilgreina mörkin milli þrýstiaukningar og þrýstilækkunar. Annað planið liggur u.þ.b. norður-suður eftir heildarstefnu sprungnanna sem mynduðust á yfirborði en hitt liggur hornrétt þar á, þ.e. austur-vestur. Skurðpunktur þessara plana lendir í upptakpunkti (episentrum) jarðskjálftanna samkvæmt staðsetningu Veðurstofunnar út frá jarðskjálftamælingum.

Jarðhitasvæðið á Flúðum er í beinu framhaldi af sprungunni sem myndaðist í skjálftanum 17. júní. Á borholum hitaveitunnar á Flúðum er mælibúnaður sem nemur þrýsting á borholum. Hann hefur verið í rekstri í um 5 ár. Gögnum er safnað sjálfvirkt

með stuttu millibili inn í gagnasöfnunartæki þar sem þau eru geymd um stundarsakir áður en þau eru grisjuð verulega fyrir langtímageymslu. Við grisjunina tapast allar upplýsingar um stutta þrýstipúlsa. Í mælibúnaðinum er viðvörðunarbúnaður sem sendir út aðvörðun ef þrýstingur á borholum fellur niður fyrir tiltekið gildi. Þann 16. júní, um sólahring fyrir skjálftann, sendi kerfið á Flúðum frá sér viðvörðun um þrýstifall, hið fyrsta frá upphafi að sögn heimamanna. Vegna fjarveru veitustjórans á Flúðum tókst ekki að ná gögnum í tæka tíð út úr tækinu áður en þau voru grisjuð þannig að við vitum ekki hvernig þessi þrýstipúlss leit út. Ljóst er þó að hann kom og stóð stutt. Þarna gæti hafa verið um að ræða einhvers konar forboða þess sem í vandum var. Hvergi annars staðar á Suðurlandi var slík stöðug skráning í gangi nema á Selfossi þar sem mælingar eru verulega truflaðar af síbreytilegri vinnslu úr jarðhitakerfinu. Á Neasjavöllum, í Geldinganesi við Reykjavík og við Stykkishólm voru síritandi vatnsborðsmælur í gangi þegar skjálftarnir riðu yfir. Glöggar þrýstibreytingar komu fram í holunum á Nesjavöllum og í Geldinganesi en sáust ekki í Stykkishólmi.

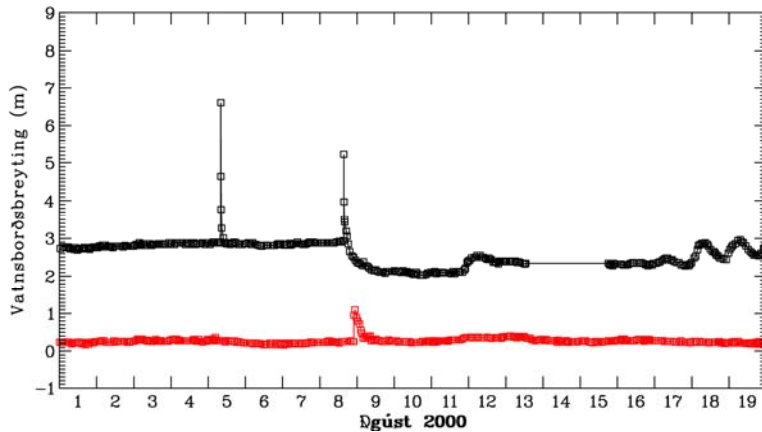
Dagana eftir jarðskjálftana mældi Orkustofnun vatnsborð og þrýsting í um 70 borholum á Suðurlandi. Þeim mælingum hefur verið haldið áfram síðan í völdum hluta holnanna til að fylgjast með hvernig vatnsborðið nær jafnvægi að nýju.

Fyrir tilviljun voru 7 sjálfvirk gagnaskráningartæki til í fórum Orkustofnunar í lok júní. Þau höfðu verið keypt vegna verkefna fyrir viðskiptavini Orkustofnunar. Þessi tæki voru fengin að láni og sett upp í borholum á Suðurlandi; í Þykkvabæ, Ólafsvöllum á Skeiðum, Böðmódsstöðum í Biskupstungum, Ósabatnum norðan Selfoss, Ölfusdal ofan Hveraferðis, Litla-Landi í Ölfusi og í Krísuvík. Tækin nema þrýsting í borholum á mínútu fresti og senda gögnin símleiðis til Orkustofnunar þar sem þau eru birt á vefnum. Mynd 1 sýnir niðurstöður skráningar á þessum stöðum.



Mynd 1. Sískráð vatnsborð í völdum borholum á Suðurlandi

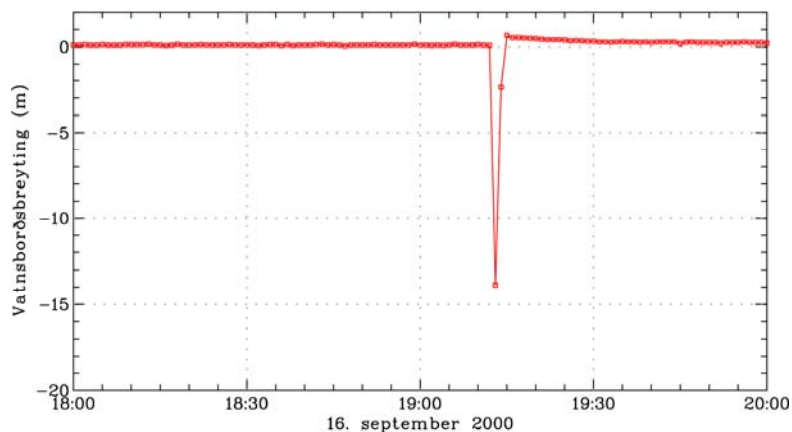
Sérstaka athygli vekja snarpir þrýstipúlssar í ágúst í Ósabatnum og á Litla-Landi í Ölfusi. Á mynd 2 hér fyrir neðan er búið að sérteikna vatnsborðsbreytinguna í þessum holum. Tvisvar rís vatnsborð mjög hratt í Ósabatnum (efri ferill) og 2 til 3 klukku-stundum eftir síðari púlssinn hoppar vatnsborðið líka upp á Litla-Landi (neðri ferill). Svona breytingu er eðlilegast að skýra með einhvers konar spennutilfærslu í jarðskorpunni, tilfærslu sem verður án áberandi breytinga í skjálftavirkni eða í spennumælum Veðurstofunnar. Um sama leyti tóku grunnar hitastigulsholur á Laugabökkum, hinum megin Ölfusár, að sjálfrenna.



Mynd 2. Þrýstipúlsar í jarðhitakerfunum á Ósabotnum (efri ferill) og Litla-Landi.

Mynd 3 sýnir síðan dæmi um verulegt þrýstifall í djúpri borholu í Þykkvabæ og síðan hraða jöfnun vatnsborðsins. Stundur viðburðurinn einungis í örfáar mínútur. Líklega er hér á ferðinni langmerkasta niðurstaða vatnsborðsskráninganna, fyrir þá sök að túlka má breytinguna sem merki um að berg var við það að brotna í næsta nágrenni holunnar þennan dag. Líklegt er að þrýstipúlsinn sem kom á Flúðum um kl 16:00 þann 16. júní, tæpum sólarhring áður en 17. júní skjálftinn dundi yfir, hafi verið þessu líkur.

Sem stundur er eftirfarandi hugmyndalíkan látið skýra svona breytingu. Skömmu áður (klukkustundum til dögum) áður en skjálfti verður er bergið í upptökum hans komið að þanmörkum og er að smábresta. Við það myndast nýtt porurúmmál í sem gleypir vatn. Þrýstingur fellur snögg við þetta og skilar þrýstibreytingin sér upp eftir lóðréttum sprungum í jarðhitakerfinu, sem fyrri skjálftar hafa myndað. Þar með fellur vatnsborðið í borholum ofan við.



Þessar mælingar sýna jafnframt að ef pólitískur vilji er fyrir því að jarðvísindin skili jarðskjálftaspám, þá eru líkur á að fyrirboðar skjálfta komi fram í heitavatnsholum á Suðurlandi. Þar sem fyrirboðarnir sýnast mjög staðbundnir og snöggir, verður að setja upp talsvert margar mælistöðvar á Suðurlandi í þessum tilgangi. Stofnkostnaður hvers sírita er á bilinu 0,5 til 1 milljón og árlegur rekstrarkostnaður um 200 þúsund krónur.

Vatnafar Neðri-Þjórsár

Páll Jónsson

Inngangur

Vatnamælingar Orkustofnunar hafa frá árinu 1996 unnið að endurskoðun rennslisgagna frá öllum vatnshæðarmælum á vatnasviði Þjórsár fyrir Landsvirkjun. Á árunum 1996-1998 var unnið að endurskoðun rennslisgagna frá vatnasviði Efri-Þjórsár, ofan Búrfells, og á árinu 2000 voru rennslisgögn frá vatnasviði Neðri-Þjórsár, neðan Búrfells, endurskoðuð.

Landsvirkjun hefur gert frumathuganir á virkjunarkostum í Neðri-Þjórsá. Einkum hafa tveir kostir verið kannaðir. Annars vegar Núpsvirkjun með fyrirhugaðri stíflu milli Núpsfjalls og Skarðsfjalls, nærri Minni-Núpi, og nýtingu u.þ.b. 30 m fallhæðar. Hins vegar Urriðafossvirkjun, en þar er fyrirhuguð stífla við Þjórsártún, skammt ofan Þjórsárbrúar og nýting nálægt 40 m falls niður fyrir Urriðafoss. Ekki er heldur útilokað að öll fallhæð Þjórsár frá Núpi niður fyrir Urriðafoss yrði nýtt í einni virkjun.

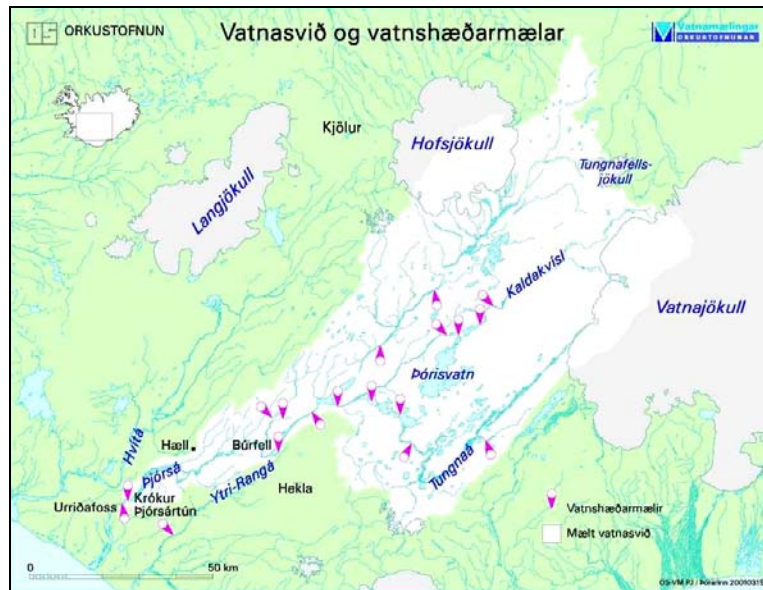
Landsvirkjun átti frumkvæði að því að gert yrði vatnafræðilegt líkan af öllu vatnasviði Þjórsár-Tungnaár, þannig að nota mætti veðurgögn til að líkja eftir rennsli vatnsfalla á svæðinu og var verkfræðistofunni Vatnaskilum falið það verk. Tilgangur slíks líkans er tvíþættur. Annars vegar gefur líkanið möguleika á að lengja þær rennslisráðir, sem notaðar eru við hönnun virkjunar, þar sem samfelldar mælingar á veðri hafa verið stundaðar mun lengur en samfelldar mælingar á rennsli. Hins vegar gefur slíkt rennslislíkan betri möguleika á því að spá fyrir um rennsli og þannig auðveldað ákvarðanir vegna reksturs virkjana. Mikilvægur hluti líkansins fólst í því að líkja eftir grunnvatnsstreymi á svæðinu og einnig var gerð mikil endurbót á líkaninu hvað varðar áhrif jökla á vatnafar á Þjórsásvæði.

Til þess að tryggja gæði vatnafræðilegs líkans er algjört grundvallaratriði að öll gögn, sem notuð eru til að kvarða líkanið, séu sem trúverðugst. Mikilvægustu gögnin í því sambandi eru samfelldar mælingar á rennsli og grunnvatni á lykilstöðum auk stakra mælinga á rennsli og grunnvatni, en þær eru notaðar til að skilgreina dreifingu vatns á svæðinu. Til þess að tryggja þetta fór Landsvirkjun fram á að Vatnamælingar Orkustofnunar tækju að sér endurskoðun á öllum rennslisgögnum frá vatnasviði Þjórsár, eins og áður er getið. Vatnamælingar og Vatnaskil hafa verið í nánú sambandi meðan á þessari endurskoðun og líkangerð hefur staðið og hefur þessi samvinna skilað sér í bæði betri gögnum og betra líkani.

Vatnasvið Þjórsár ofan Urriðafoss

Þjórsá á upptök sín á sunnanverðum Sprengisandi. Lengd hennar frá upptökum til ósa er 237 km og er hún lengsta á landsins. Flatarmál yfirborðsvatnasviðs hennar ofan vatnshæðarmælis við Urriðafoss er 7.380 km². Þjórsá-Tungnaá hefur yfirborðsvatnaskil við Skaftá á Vatnajökli og síðan til suðvesturs eftir Tungnaárfjöllum og

Grænafjallgarði. Þaðan sveigja vatnaskilin til vesturs um Torfajökulssvæðið og áfram yfir í Heklu til Rangárbotna. Frá Rangárbotnum hefur Þjórsá vatnaskil við Ytri-Rangá til suðvesturs niður með kanti Þjórsárhrauns og síðan nokkurn vegin beint í vestur frá Tjörvastadalæk að Urriðafossi. Að vestanverðu afmarkast vatnsvið Þjórsár af vatnaskilum milli Þjórsár og Hvítár og norðar af vatnaskilum Fossár og Stóru-Laxár um Hreppafjöllin. Áfram liggja vatnaskilin norður um Kerlingafjöll til Hofsjökuls og yfir hann nánast miðjan og þaðan yfir Sprengisand til Tungnafellsjökuls og áfram inn á Vatnajökul. Vatnasvið Þjórsár ofan Urriðafoss er sýnt á mynd 1, ásamt þeim vatnshæðarmælum, sem reknir hafa verið á vatnasviðinu.



Mynd 1: Vatnasvið Þjórsár ofan Urriðafoss og vatnshæðarmælir á vatnasviðinu

Fyrsti vatnshæðarmælirinn á vatnasviði Þjórsár var kvarði, sem reistur var við Krók árið 1947 og var lesið af honum a.m.k. tvisvar í viku og oftár þegar snöggar breytingar urðu á rennsli árinna. Árið 1955 var byggður síritandi vatnshæðarmælir við Þjórsártún u.þ.b. tveimur kílómetrum neðar með ánni og voru mælarnar reknir saman allt til ársins 1969. Á sjötta og sjöunda áratug síðustu aldar var byggt upp viðamikil kerfi vatnshæðarmæla í Þórisósi, Köldukvísl, Tungnaá, Þjórsá og Fossá, vegna fyrirhugaðra virkjana- og miðlunarframkvæmda á Þjórsársvæði, eins og sjá má á mynd 1.

Frá árinu 1970 hefur rennsli Þjórsár við Urriðafoss ekki verið náttúrulegt, þar sem þá hófst miðlun og virkjun vatns á Þjórsár-Tungnaársvæðinu með gangsetningu Búrfellsvirkjunar. Síðan þá hefur mannvirkjum fjölgað mjög á svæðinu og má þar nefna Sigöldu- og Hrauneyjafossvirkjun í Tungnaá, Sultartangalón og virkjun, Kvíslaveitu og Hágöngumiðlun. Gera má ráð fyrir að miðlanir á svæðinu flytji vatn að einhverju leyti á milli árstíða, en í reynd er ekki um mjög mikla miðlun að ræða.

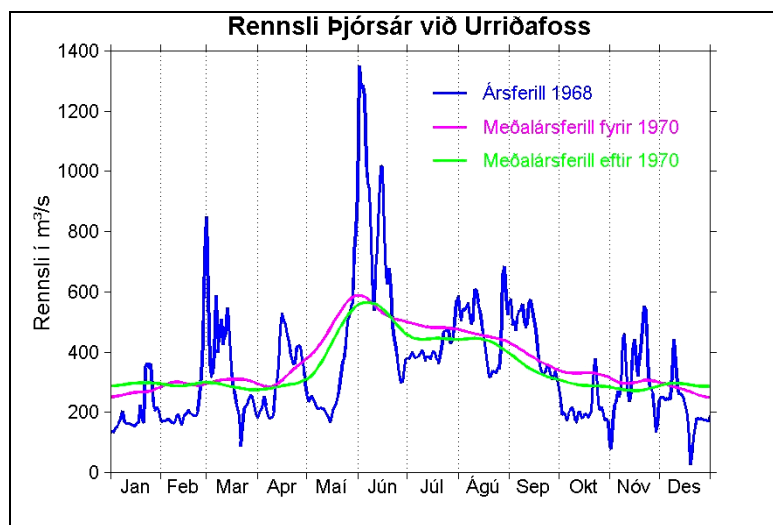
Vatnafræðileg einkenni Þjórsár við Urriðafoss

Langtíma meðalrennsli Þjórsár við Urriðafoss er $358 \text{ m}^3/\text{s}$ og er aðeins Ölfusá við Selfoss vatnsmeiri meðal íslenskra vatnsfalla. Neðri-Þjórsá er mjög blandað vatnsfall. Af meðalrennsli árinna við Urriðafoss er nálægt helmingur rennslisins lindavatn, en u.þ.b. fjórðungur er jökulvatn.

Efri-Þjórsá er að mestu dragá, sem safnar vatni úr mörgum ám og lækjum, sem eiga upptök á Sprengisandi og einnig í Hreppafjöllum á vestanverðu vatnasviði Þjórsár. Dragár verða vatnsmiklar í rigningum og þegar snjóa leysir á vorin, en fara minnkandi þegar líður fram á sumarið og dregur úr úrkomu. Þær taka oft við sér aftur í haustrigningum, en um leið og kólnar af vetri dregur mjög úr rennsli þeirra. Þegar frystir truflast rennsli þeirra mjög fljótt af ís og leggur þær tiltölulega snemma á veturna. Hins vegar ryðja þær strax af sér ísnum með miklum látum ef þíða verður með snjóbráðnun og úrkomu.

Jökulvatn streymir til Þjórsár frá Hofsjökli, Tungnafellsjökli og frá vestanverðum Vatnajökli, en ríflega 1.000 km², eða tæp 15%, af vatnasviði Þjórsár er jökull. Frá Köldukvíslarjökli rennur jökulvatn til Köldukvíslar og úr Tungnaárjökli og Sylgjujökli rennur jökulvatn til Tungnaár. Efstu kvíslar Þjórsár taka til sín jökulvatn, fyrst og fremst frá Hofsjökli, en einnig frá Tungnafellsjökli. Hluti af jökulbráð sumarsins fer einnig beint niður í grunnvatnið og kemur fram sem lindavatn í Tungnaá, Köldukvísl og Þjórsá.

Mikil lindasvæði eru í Tungnaá neðan Svartakróks og einnig í Köldukvísl neðan Sauðafells. Auk þess streymir mikið lindavatn til Þjórsár að austanverðu, neðan Sultartanga og er fremur erfitt að ákvarða vatnaskil fyrir grunnvatnsstreymi milli Þjórsár og Ytri-Rangár á þessu svæði. Öll þessi lindasvæði einkennast af fremur ungum hraunum, svo sem Þjórsárhrauni, Hágönguhrauni og Veiðivatnahrauni, þar sem úrkoman sem fellur á svæðið hripar niður í grunnvatnið og kemur fram í lindum neðar á vatnasviðinu.



Mynd 2: Rennslisferill Þjórsár við Urriðafoss

Allir þessir eiginleikar Þjórsár koma mjög vel í ljós þegar rennslisferill Þjórsár úr vatnshæðarmælunum við Urriðafoss er skoðaður, en rennslisferillinn sýnir meðalrennsli hvers dags ársins. Mynd 2 sýnir annarsvegar rennslisferil Þjórsár við Urriðafoss fyrir árið 1968, en það ár er rennslið enn náttúrulegt, og hins vegar meðalársferla fyrir sama mælistað fyrir og eftir 1970. Þessir meðalársferlar eru fundnir með því að reikna, fyrir hvern dag ársins, meðaltal rennslis þess dags fyrir öll árin, sem rennslið hefur verið mælt og síðan er reiknað hlaupandi meðaltal rennslis 15 daga sitt hvoru megin við viðkomandi dag. Með þessun hætti fást fram mjúkir ferlar, þar sem búið er

að sía burt allar skammtímabreytingar í rennslinu og eftir standa langtíma eiginleikar rennslisins.

Meðalársferlarnir sýna hinn mikla lindarþátt árinna, en meðalrennslíð fer aldrei niður fyrir 200 m³/s. Einnig sést að rennslíð er mest seint á vorin, í lok maí og fyrstu tvær vikur af júní, en þá er snjóá að leysa af Sprengisandi. Jökulleysingin í júlí og ágúst heldur einnig uppi rennsli árinna yfir sumarmánuðina og jafnvel fram í september. Athygli vekur að ekki er afgerandi munur á meðalársferlinum fyrir og eftir 1970, þannig að virkjanirnar virðast ekki hafa haft afgerandi áhrif á meðalrennslí árinna.

Rennslisferill ársins 1968 er mjög dæmigerður fyrir vatnafar Þjórsár við Urriðafoss. Lindarþátturinn er mjög greinilegur og fer meðalrennslí dagsins afar sjaldan niður fyrir 170 m³/s. Mesta flóð ársins er vorflóð í byrjun júní, sem varir fram í miðjan mánuðinn. Hámarksrennslíð í flóðinu er nálægt 1.500 m³/s. Algengustu flóð Þjórsár eru einmitt vorflóð þegar snjóá leysir af hálandinu. Snjóá leysir yfirleitt fyrr á láglandi og rennslisferill ársins 1968 sýnir einmitt slíkan leysingatopp í apríl, en þá hlýnaði á Suðurlandi. Jökulleysingin er einnig áberandi árið 1968 og er það athyglivert hversu langt fram í september hún nær. Í lok febrúar þetta ár urðu mjög mikil flóð á Suðvestur- og Vesturlandi og er það flóð með allra mestu flóðum í Ölfusá og Elliðaánum. Af ársferlinum á mynd 2 sést að einnig hefur orðið flóð í Þjórsá á þessum tíma, en þó hefur það ekki orðið eins mikið og á Hvítársvæðinu vegna þess að Sprengisandur liggur um 200 m hærra en Kjölur og leysingin hefur ekki náð að fullu fram á Sprengisandi eins og af Kili.

Þurrðir eru nokkuð algengar í Þjórsá, en þær koma í ána þegar kvíslar hennar stíflast í miklum norðanáttum með mikilli kælingu og myndun grunnstinguls og krapa í ánum. Í kjölfarið á slíkum þurrðum koma oft þrepahlaup, sem vara skamman tíma. Á árinu 1968 eru þrjár áberandi þurrðir, í mars, í lok október og í desember, en sú þurrð er sú næst mesta sem komið hefur í Þjórsá við Urriðafoss síðan mælingar hófust árið 1947 og mældist lágmarksrennslíð í þeim atburði 18 m³/s. Mesta þurrð sem komið hefur í ána frá upphafi mælinga var 11. apríl 1963, en þá minnkaði rennslí árinna við Urriðafoss úr 340 m³/s í 10 m³/s á einum sólarhring. Veturinn 1963 hafði verið mjög mildur og var áin alauð af ís nánast upp að jöklum, þegar gerði mikið norðanaáhlaup með miklu frosti og kælingu, sem olli gríðarlegri grunnstinguls- og krapamyndun.

Myndun íshranna í farvegi Neðri-Þjórsár og ágangur vatns vegna þeirra eru algengar og tengjast mikilli krapa- og grunnstingulsmyndun. Einkum er slík hrannamyndun algeng á þremur stöðum í Neðri-Þjórsá. Búrfellshrónn myndast við Þjófafoss og hefur hæð hennar mest orðið 15 m. Búðahrónn myndast við Búðafoss og hefur mest náð 12 m hæð. Mesta hrönnin myndast hins vegar við Urriðafoss og hefur hæð hennar mest orðið 18 m og rúmmál vatns í henni 40 GL, en það jafngildir 40 m vatnsdýpi yfir 1 km² fleti. Einkennandi fyrir þessa staði er að fyrir ofan fossana er áin auð af ísi á stóru svæði og veldur kæling vatnsins myndun mikils grunnstinguls og krapa, sem flýtur með ánni. Fyrir neðan fossana rennur áin á tiltölulega flötu landi og missir við það skriðþunga, þannig að ís og krapa sem áin ber með sér hleðst upp og vaxa þannig þessar hrannir. Vatnið heldur áfram að streyma í átt til hrannarinnar og hlaða upp enn meiri ís. Stundum tekst vatninu að brjóta sér leið að hluta í gegnum hrönnina og renna þá vatnsspýjur á miklum hraða eftir ísnum fyrir neðan. Ef þetta ástand varir

mjög lengi hleðst upp mikið vatn ofan hrannarinnar og fer áin að lokum að flæða út fyrir farveg sinn með ágangi á landið.

Vatnafræðilegt líkan

Grundvöllur vatnafræðilegs líkans, eins og þess sem verkfræðistofan Vatnaskil hefur unnið fyrir Landsvirkjun á vatnasviði Þjórsár, er að nota veðurgögn, hita og úrkomu, til þess að líkja eftir rennsli. Gera þarf ítarlegar athuganir á landafræði og jarðfræði svæðisins. Landið er kortlagt eins og nákvæmlega og kostur er bæði hvað varðar hæðardreifingu og jarðfræði. Á vatnasviði Þjórsár er jarðmyndunum í grófum dráttum skipt upp í sex flokka eftir vatnafræðilegum eiginleikum. Jöklar skipta miklu máli fyrir vatnafræðilegt líkan fyrir Þjórsá og hefur vatnasvið undir jöklum verið mælt með íssjá af Helga Björnssyni og samstarfsmönnum á Raunvísindastofnun Háskólans. Í eldri líkönum af svæðinu var veðurstöðin á Kirkjubæjarklaustri notuð, en fyrir nýja líkanið var ákveðið að nota frekar veðurstöðina á Hæli í Hreppum ásamt gögnum frá sjálfvirkum veðurstöðvum Landsvirkjunar á Þjórsásvæði. Notast er við meðalhita og meðalúrkomu hvers sólarhrings og hugmyndafræði líkansins byggir á því að nota þessi veðurgögn ásamt land- og jarðfræðilegum upplýsingum til að líkja eftir rennsli bæði yfirborðsvatns og grunnvatns.

Líkanið er kvarðað með því að bera saman niðurstöður útreikninga við raunveruleg mæld gögn. Þar skiptir mestu að hafa samfelldar og stakar mælingar á rennsli og grunnvatni, mælingar á vatnsborði og miðlunarlónum og afkomumælingar á jöklum. Fyrir líkanið af vatnasviði Neðri-Þjórsár var það lykilatriði að geta nýtt rennslisgögnin frá kvarðanum við Krók, þar sem þau ná aftur til ársins 1947. Annars vegar er það almennt mikilvægt að hafa sem lengsta rennslisröð fyrir náttúrulegt rennsli til að kvarða líkanið, en fyrir Þjórsá við Urriðafoss er rennslið ekki náttúrulegt eftir 1970, og hins vegar er það þekkt að árin kringum 1950 eru afbrigðileg hvað varðar veðurfar samanborið við seinni hluta tímabilsins og því afar mikilvægt fyrir líkanið að hafa mæligögn frá þessum árum.

Líkanið af vatnasviði Þjórsár var einnig kvarðað á afkomumælingar á jöklum svæðisins, en Vatnamælingar Orkustofnunar hafa stundað kerfisbundnar afkomumælingar á Hofsjökli undanfarin 13 ár og reyndust þessi gögn afar mikilvæg fyrir líkanið.

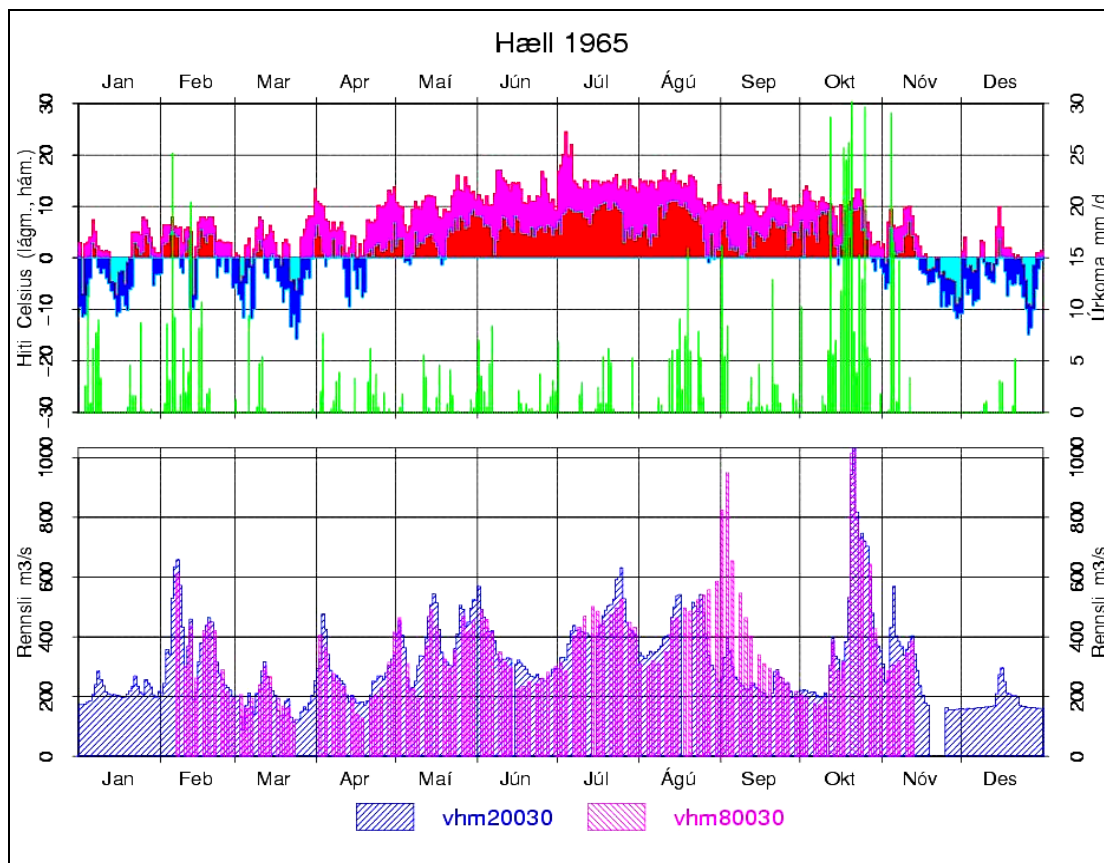
Endurskoðun rennslisgagna

Mjög mikilvægt er að þau rennslisgögn sem notuð eru við kvörðun líkansins séu trúverðug. Vatnamælingar Orkustofnunar tóku að sér að tölutaka og endurskoða öll rennslisgögn frá vatnasviði Þjórsár. Á árunum 1996-1998 voru öll rennslisgögn frá Efri-Þjórsá, ofan Búrfells, endurskoðuð og á árinu 2000 var tekið fyrir vatnasvið Neðri-Þjórsár, neðan Búrfells. Mikilvægast var að komast að því hversu áreiðanleg gögnin frá Króki eru, en rennslisgögnin frá Urriðafossi höfðu ekki áður verið notuð við líkangerð.

Endurskoðun rennslisgagna hefur verið í gangi á Vatnamælingum Orkustofnunar frá árinu 1996 bæði fyrir Landsvirkjun og fyrir Auðlindadeild Orkustofnunar og hefur aðferðafræðin þroskast yfir í ákveðinn farveg:

- Allar rennslismælingar eru tölvuteknar, bæði þær sem tengjast gerð rennslislykils fyrir viðkomandi vatnshæðarmæli og stakar rennslismælingar í nálægum vatnsföllum á vatnasviðinu. Einnig eru fundin landfræðileg hnit fyrir alla rennslismælistaðina.
- Öll vatnshæðargögn úr vatnshæðarmælum eru tölvutekin í eins hárra upplausn og mögulegt er.
- Gerðir eru nýir rennslislyklar, sem skilgreina samband vatnshæðar og rennslis, fyrir alla vatnshæðarmæla á vatnasviðinu.
- Allar rennslisraðir eru vandlega yfirfarnar og sérstaklega könnuð þau tímabil þar sem gögnin eru trufluð af ís í farveginum eða þau eru ekki trúverðug vegna bilunar í mælinum. Reynt er að brúa í göt í rennslisröðinni með þeim bestu aðferðum sem kostur er á og eru vafasöm eða áætluð gögn sérstaklega merkt þannig að alveg sé skýrt hvaða gögn eru trúverðug til líkangerðar.
- Gefnar eru út skýrslur yfir hvern þátt endurskoðunarinnar, rennslislyklagerð, endurskoðun rennslisgagnanna og stakar rennslismælingar.

Fyrir Neðri-Þjórsá var byrjað á að skoða gögnin frá Urriðafossi, bæði kvarðagögnin frá Króki og einnig síritagögnin frá Þjórsártúni. Á árunum 1999 og 2000 var rekinn síritandi vatnshæðarmælir við Krók til þess að fá nýjar upplýsingar um samband mælanna tveggja og vörpuðu þessar nýju upplýsingar skýru ljósi á þetta samband.

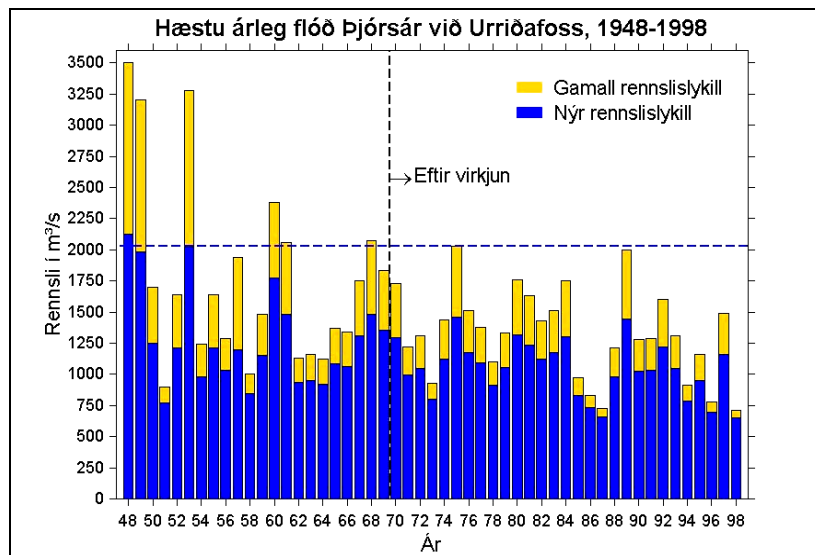


Mynd 3: Samanburður á rennslisgögnum frá Króki og Þjórsártúni, árið 1965

Með samanburði á gögnunum frá Króki og Þjórsártúni fyrir tímabilið 1958-1968 varð augljóst að rennslisgögnin frá Króki eru trúverðug og urðu þau lykilgögn fyrir kvörðun líkansins. Sömuleiðis reyndist mögulegt að ná nokkuð áreiðanlegum gögn-

um úr vatnshæðarmælinum í Fossá í Þjórsárdal við endurskoðunina. Mynd 3 sýnir, sem dæmi, samanburð á rennslisgögnunum frá Króki og Þjórsártúni fyrir árið 1965. Vhm20030 sýnir gögnin frá Þjórsártúni og vhm80030 sýnir gögnin frá Króki, en þau eru ekki samfelld þar sem um kvarðaálestra er að ræða. Einnig sýnir myndin veður-gögn frá veðurstöðinni á Hæli í Hreppum. Greinilegt er af þessari mynd að sam-ræmið milli mælanna er mjög gott. Þó er undantekning á því á tímabilinu frá 27. ágúst til 19. september, en þar gefa gögnin frá Króki alltof mikið rennsli. Líkan-reikningar sýna ótvírætt að gögnin frá Þjórsártúni eru trúverðug á þessu tímabili, en ekki fannst nein óyggjandi skýring á misræminu við gögnin frá Króki, önnur en sú að um álestrarvillu sé að ræða á þessu tímabili og bendir niðurstaðan til þess að lesið hafi verið ranglega af kvarðanum um 50 eða 100 cm.

Sem dæmi um áhrif endurskoðunarinnar má taka breytingar á flóðum Þjórsár við Urriðafoss vegna breytinga á rennslislyklum fyrir vatnshæðarmælana við Krók og Þjórsártún, en stærð flóðanna skiptir mjög miklu máli fyrir hönnun allra mannvirkja á svæðinu. Á mynd 4 er sýnt línurit yfir mestu flóð hvers árs á tímabilinu 1948-1998, reiknuð bæði með gömlum og nýjum rennslislyklum.



Mynd 4: Áhrif nýrra rennslislykla á flóð Þjórsár við Urriðafoss

Ný tækni við rennslismælingar hefur gert Vatnamælingum kleift að ná mun hærri rennslismælingum en áður og þannig hefur fengist mun áreiðanlegri framlenging á rennslislyklunum. Munurinn er sérstaklega áberandi fyrir flóðin á tímabili Króks, 1948-1957. Reiknað hundrað ára flóð hefur með nýjum lyklum lækkað úr 3.500 m³/s í 2.200 m³/s, eða um 37%. Athygli vekur að 6 hæstu flóð tímabilsins eru öll frá því fyrir 1970. Skýringanna er þó ekki að leita í áhrif virkjananna, þar sem miðlun vatns á svæðinu er ekki meiri en svo að rennslið í mestu flóðaatburðunum fer að mestu framhjá mannvirkjunum. Þannig má gera ráð fyrir að virkjanirnar hafi aðeins áhrif á minni flóðin. Mestu flóðin á mælda tímabilinu urðu á árunum 1948, 1949 og 1953, en á þeim árum var veðurfar nokkuð sérstakt og voru snörp vetrarflóð mun algengari á þeim árum heldur en síðar á öldinni. Talið er að mesta flóð ársins 1930 hafi jafnvel verið enn stærra en flóðið 1948, sem er hæsta mælt flóð.

Niðurstöður

Við fyrstu keyrslu á líkaninu leiddu gögnin frá Króki í ljós að mælingar á rennslinu við Urriðafoss gáfu til kynna meira rennsli en fékkst úr líkanreikningunum. Í kjölfarið var ákveðið að reyna að skilgreina betur ýmsa þætti sem líkanið tók til:

- Rennsli í ám og lindum á vatnasviði Ytri-Rangár var mælt og einnig var Ytri-Rangá sjálf mæld á nokkrum stöðum. Þessar mælingar ásamt nánari athugun á vatnaskilum Ytri-Rangár og Þjórsár voru gerðar til þess að reyna að skilja betur grunnvatnsstreymi milli Þjórsár og Ytri-Rangár. Einnig voru mældir lækir og uppsprettur undan Þjórsárhrauni til að auka enn frekar skilning á grunnvatnsstreyminu.
- Ákveðið var að endurskoða öll rennslisgögn frá vatnshæðarmælinum í Fossá í Þjórsárdal, en þaðan voru til gögn frá tímabilinu 1958-1993. Niðurstöðurnar úr þeirri endurskoðun leiddu til gagngerar endurskoðunar á úrkomudreifingu á vestanverðu vatnasviði Þjórsár.
- Rennslisgögnin frá Króki, 1947-1958, urðu einnig kveikjan að því að endurskoða jökulþátt líkansins. Í fyrsta lagi var hæðardreifing og vatnasvið jöklanna endurskoðuð. Í öðru lagi voru áhrif framhlaups Tungnaársjökuls, 1945-1946, skoðuð nánar og ákveðið að taka upp breytileg vatnasvið á jöklunum á vestanverðum Vatnajökli vegna þessa framhlaups. Í þriðja lagi benda gögnin til þess að gera þurfi nánari athuganir á hugsanlegum áhrifum Heklugossins, 1947-1948, á bráðn-jöklanna á árunum fram undir 1950.

Eftir allar þessar endurbættu athuganir á öllum gögnunum var líkanið keyrt aftur og varð þá miklu betra samræmi milli mælds og reiknaðs rennslis. Mjög mikilvægur þáttur í þessu endurskoðunarferli og líkangerð er sá skilningur að vatnafræðilegt líkan verður aldrei betra en gögnin sem liggja til grundvallar líkangerðarinnar, þannig að líkan getur aldrei komið í stað mælinga. Hins vegar er samspil mælinga og líkans mjög mikilvægt til þess að fá sem allra best gögn til að geta tekið mikilvægar ákvarðanir um hönnun og rekstur virkjana. Þannig er gagnvirkt samband vatnafræðilegra gagna og líkans forsenda hagkvæmrar nýtingar vatnsauðlindarinnar.

Ársfundur Orkustofnunar 2001, haldinn 21. mars

Náttúrufarsrannsóknir á Orkustofnun

Hákon Aðalsteinsson
Freysteinn Sigurðsson

Auðlindarannsóknir

Eitt höfuðverkefni Orkustofnunar er að leggja mat á náttúrulegar, innlendir orkulindir og að meta möguleika til virkjunar þeirra og nýtingar. Langveigamestar þessara orkulinda eru vatnsafl og jarðhiti. Vatnsaflíð byggir á mögulegri virkjunarfallhæð vatnsins og vatnsmegini því, eða rennsli, sem hægt er að virkja. Jarðhitinn byggir á hita vatnsins og rennsli, eða hita, þrýstingi og magni gufu. Skilyrði til virkjunar hafa svo áhrif á kostnað við virkjanir og arðsemi þeirra, en þau skilyrði byggjast ekki síst á jarðfræðilegum aðstæðum, m.a.vegna jarðgangagerðar, stíflugerðar, efnistöku og borana. Efnainnihald jarðhitavatns eða gufu getur takmarkað nýtingu jarðhitans. Virkjanir geta haft í för með sér spjöll á náttúrulegu umhverfi, landslagi, jarðgerð, vatnafari og lífríki, fyrir utan menningarmenjar ýmiskonar.

Viðeigandi upplýsingar þarf um alla þessa náttúrufarsþætti til að geta lagt mat á orkulindirnar og virkjun þeirra. Þær upplýsingar hafa að mjög litlu leyti verið til og hefur Orkustofnun því í tímans rás orðið að afla þeirra sjálf. Má þar nefna landmælingar og kortagerð (í mælikvörðum 1:20.000 og 1:25.000) af meira en þriðjungu landsins, vatnamælingar af miklum hluta landsins, sem í sumum tilfellum spanna marga áratugi, yfirlitsrannsóknir á langflestum jarðhitasvæðum landsins (jarðhitauppsprettur, hiti uppsprettna og efnainnihald o.fl.), yfirlitsrannsóknir á jarðfræði og jarðfræðikortlagning á öllum helstu vatna- og virkjunarsvæðum (berggrunnur, jarðgrunnur, vatnafarsgrunnur) og margháttaðar náttúrufarsrannsóknir vegna umhverfis virkjana (gróðurfar, dýralíf, landslagssérkenni, jarðmenjar, lífríki og aurburður fallvatna, þjóðmenjar o.fl.).

Við þetta hafa svo bætst margs konar upplýsingar, sem Orkustofnun hefur aflað vegna þjónustu við hitaveitur, vatnsveitur og virkjunarfyrirtæki. Þannig hefur safnast saman geysilega mikil þekking á stofnuninni, og um leið ómetanleg reynsla starfsmanna hennar, sem nýtist við enn frekari rannsóknir á orkulindum og virkjunarkostum, en getur einnig nýttst við margs konar aðra nýtingu náttúruauðlinda, svo sem umhverfismat og áhrif framkvæmda á umhverfið.

Almennar og sértækar náttúrufarsrannsóknir

Upphaf: Fyrstu hugmyndir um virkjun Efri-Þjórsár gerðu ráð fyrir stóru lóni sem hefði náð inn yfir stóran hluta Þjórsárvera. Í Þjórsárverum verpir stór hluti heiðagæsastofnsins, og sprutta af þessum hugmyndum harðar deilur. Þetta svæði hafði lítið verið kannað og haldbærar upplýsingar um náttúrufar svæðisins af skornum skammti. Orkustofnun hóf þá rannsóknir á svæðinu og gerði samning við Líffræði-stofnun Háskólans og fleiri um rannsóknir á heiðagæsastofninum og gróðurfari Þjórsárvera.

Fljótlega var rammi þeirra víkkaður út þannig að þær urðu allhliða vistfræðirannsóknir á þess tíma mælikvarða.

Eftir þetta varð ekki aftur snúið og hafa slíkar rannsóknir síðan verið fastur liður í undirbúningi virkjana á forathugunarstigi. Þessar rannsóknir hafa verið almenns eðlis og hafa beinst að landlýsingu, almennri þjóðfræði svo sem samantekt örnefna, jarðfræði, gróðurfarslýsingum, stundum að smádýrum og yfirleitt að vötnum og tjörnum innan hvers virkjunarsvæðis, sem almennt hefur verið túlkað nokkuð rúmt. Ennfremur hefur verið lögð áhersla á gróðurkort af svæðum þar sem þau voru ekki til, en yfirleitt voru gróðurkort ýmist til eða gróðurkortagerð hafin þegar Orkustofnun hóf sín afskipti.

Virkjunarsvæðin, sem hafa verið tekin fyrir, eru: *Efri-Þjórsá, Blanda, Jökulsár í Skagafirði og Héraðsvötn, Austurhálandi, allt frá Jökulsá á Fjöllum austur á Hraun, og nú síðast eru að hefjast rannsóknir á svonefndu Síðuvatnasvæði og við Markarfljót.*

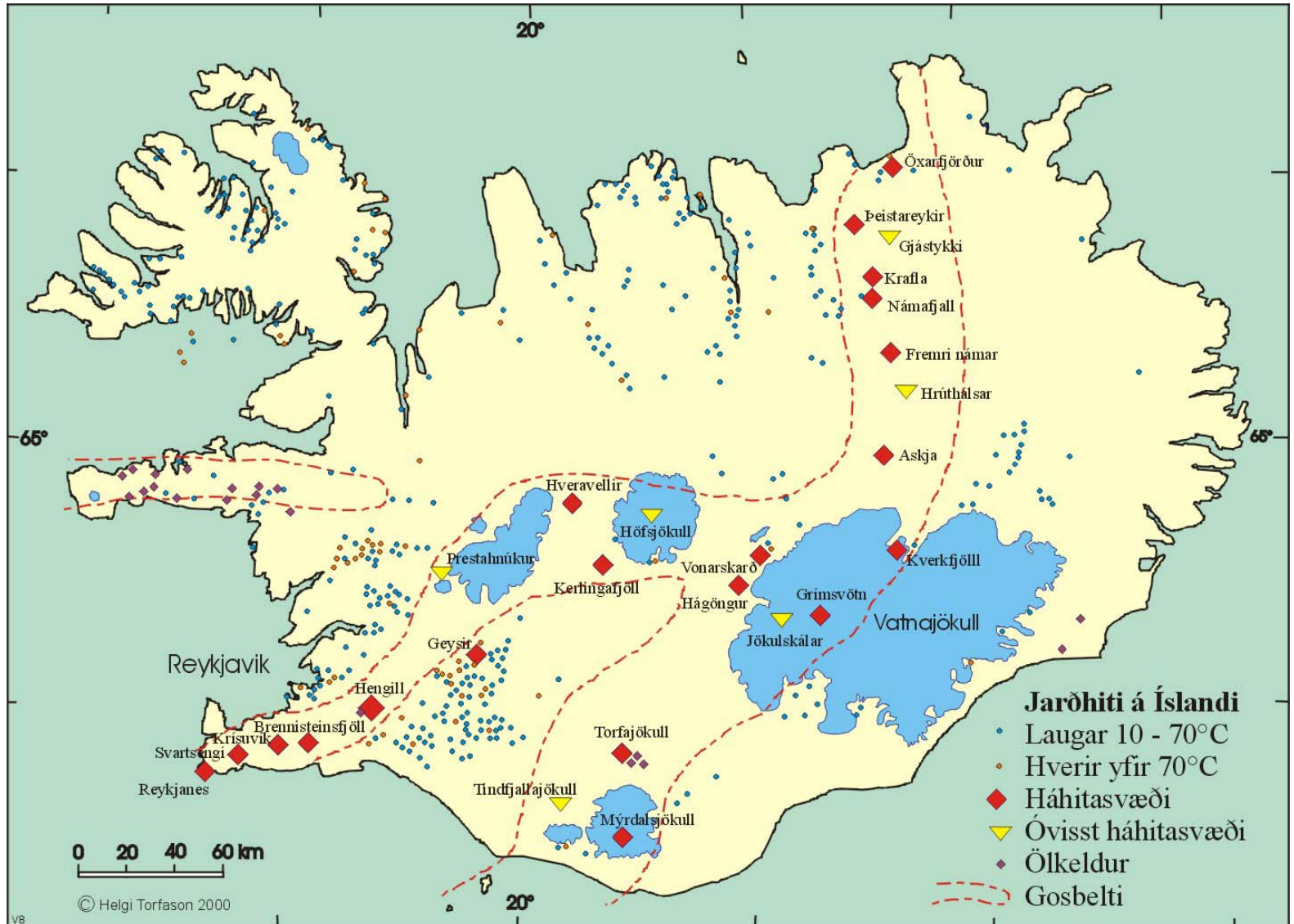
Markmið: Markmið rannsóknanna hefur verið að kanna hvort virkjun viðkomandi vatnsfalls snerti eða væri líkleg til að snerta mikilvæga hagsmuni af öðrum toga en beislun orku; náttúruvernd, hlunnindi eða annað. Hugsanlegt náttúruverndargildi markast af nokkrum mikilvægum eiginleikum sem svæði þarf að uppfylla, svo sem hvort samsvarandi gildi er algengt annarstaðar, bæði á viðkomandi landsvæði eða miðað við landið allt. Nálkast má hið fyrrnefnda sjónarmið með því að skilgreina rannsóknarsvæðin vítt miðað við viðkomandi virkjunartilhögun, og það hefur yfirleitt verið gert. Erfiðara er að eiga við þau sjónarmið sem varða landið allt, en þar verður að byggja á almennri þekkingu, sem því miður er enn fremur rír. Hvaða eiginleika þarf landsvæði eða náttúrufyrirbæri að hafa til að teljast hafa náttúruverndargildi? Og hver á að skilgreina það? Tæplega Orkustofnun eða þeir sérfræðingar sem hún kallar til. Skortur á viðmiðum af þessu tagi hefur staðið rannsóknnum fyrir þrífum, en í tengslum við Rammaáætlun verður tekið rækilega á þessum þáttum.

Tilgangur: Orkustofnun hefur með þessum rannsóknnum leitast við að finna tilhögun virkjunar sem sneiðir eins og hægt er hjá því að skerðu hugsanlegt vernadargildi á viðkomandi virkjunarsvæði. Við teljum að með framangreindum rannsóknnum og eftirfarandi leit að nýjum tilhögunum hafi Orkustofnun við gerð sinna virkjunar-áætlana mest alla tíð beitt hugmyndafræði mats á umhverfisáhrifum framkvæmda.

Sértækar rannsóknir: Áður hefur verið minnst á **rannsóknir á heiðagæs** í Þjórsárverum, sem voru að sönnu mjög ítarlegar og vörðuðu varpvenjur, afföll unga og beit bæði varpfugla og geldfugla. Á Austurlandshálendinu fóru fram ítarlegar **rannsóknir á hreindýrum**, dreifingu þeirra, ferðum, burði og lifun kálfa, auk beitarrannsókna. Víð Skaftá hafa farið fram **athuganir á áfoki** og hugsanlegum áhrifum Skaftárhlaupa þar á. Þá hefur Orkustofnun staðið fyrir **rannsóknnum á jökulvötnum** og hafa þær m.a. varðað áhrif gruggs á gegnsæi og frumframleiðni í jökulskotnum stöðuvötnum. Einnig hafa farið fram rannsóknir á því að hve miklu leyti jökulaur bindur eða losar fosfat, en það varðar áhrif útfellingar jökulauris í lönnum á neringarástand árinna neðan við lón og framburð neringarefna til sjávar. Undanfarin ár hefur Orkustofnun staðið að **rannsóknnum á smádýralífi í jökulám og bergvatnsám** í samstarfi við Líffræðistofnun Háskólans. Rannsóknir á jökulám er fjölpjódlegt verkefni styrkt af 4. Rammaáætlun EB og rannsóknir á bergvatnsám var

styrkt af RANNÍS o.fl. sjóðum. Markmið þessara rannsókna er m.a. að öðlast þekkingu á útbreiðslu smádýra og tengsl þeirra við vatnasviðseinkenni. Síðastnefnda nálgunin og útfærsla hennar hlaut verðlaun Norrænu vatnafræðinefndarinnar fyrir frumlega og nýstárlega útfærslu. Niðurstöður koma annars vegar að notum við mat á umhverfisáhrifum, þ.e. mat á því hve sérstætt eitt vatnakerfi er með hliðsjón af almennri þekkingu á smádýralífi, og hins vegar vísa þær á nothæfar aðferðir við mat á einkennum smádýralífs einstakra vatnsfalla. Nálgun þessa verkefnis er hliðstæð við tilraunir Náttúrufræðistofnunar til að skapa aðferð til að meta verndargildi gróðurs með **skilgreiningu á og kortlagningu vistgerða** á virkjunarsvæðum og grenndarsvæðum þeirra. Það gildir hið sama um bæði þessi verkefni að notagildi aðferðanna byggist að miklu leyti á að ná yfir sem fjölbreyttust svæði á öllu landinu.

Jarðhitakort af Íslandi



Ársfundur Orkustofnunar 2001 haldinn 21. mars

Niðurstöður tveggja ára niðurdælingartilraunar á jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Eyjafirði

Guðni Axelsson

Nú er formlega lokið umfangsmikilli tilraun með niðurdælingu á köldu vatni í jarðhita-kerfið á Laugalandi í Eyjafjarðarsveit. Tilraunin hófst árið 1997 og lauk snemma árs 2000. Tilgangur tilraunarinnar var að sýna fram á í verki að unnt væri að auka verulega orkuvinnslu úr vissri tegund jarðhitakerfa með niðurdælingu kalds vatns, eins og fyrri rannsóknir Orkustofnunar og Hita- og vatnsveitu Akureyrar höfðu bent sterklega til. Að tilrauninni stóðu Hita- og vatnsveita Akureyrar, Orkustofnun, Háskólinn í Uppsölum, RARIK og Hoechst Danmark A/S. Verkefnið hlaut um 50 Mkr styrk frá Evrópu-sambandinu. Því lauk í febrúar 2000 og stóðst kostnaðar- og tímaáætlun þess mjög vel.

Sum jarðhitasvæði á Íslandi einkennast af lítilli lekt og tregri hringrás vatns um kerfin. Þegar vatni er dælt úr borholum á slíkum svæðum fellur þrýstingur hratt með tíma, sem takmarkar afköst svæðanna verulega. Sem dæmi má nefna að þótt auðveldlega sé hægt að dæla 150 l/s af vatni úr borholum við Laugaland í skamman tíma veldur hið trega aðrennsli því að einungis er unnt að dæla um 40 l/s upp til langframa. Engu að síður er mikill varmaforði fólgin í heitu berginu í jarðhitakerfinu, það vantar bara vatn til að ná honum upp til yfirborðs.

Árið 1991 gerðu HVA (nú Norðurorka) og Orkustofnun stutta niðurdælingarprófun á Laugalandi og var þá dælt niður heitu vatni og viðbrögð kerfisins mæld. Niðurstöður þeirrar tilraunar lofuðu góðu og voru grundvöllur þess að ráðist var í þetta umfangsmikla verkefni.

Tilraunin nú fór þannig fram að bakrásarvatni frá Akureyri var dælt niður um tregleiðandi borholur í jaðri jarðhitasvæðisins og viðbrögð þess mæld ítarlega. Bakrásarvatn er vatn sem kemur úr jarðhitakerfunum, en búið er að kæla niður í ofnum húsa (sjá myndir). Það var notað frekar en kalt yfirborðsvatn eða grunnvatn vegna þess að það er efnafræðilega eins vatnið í jarðhitakerfinu. Því er lítil hætta á vandræðum vegna útfellinga, eins og gætu orðið ef kalt yfirborðsvatn væri notað. Lögð var um 13 km löng niðurgrafin plastpípa frá Akureyri að Laugalandi til að flytja bakrásarvatnið og komið fyrir dælum til að þrýsta því niður. Komið var upp sjálfvirku gagnaskráningarkerfi, settir upp nákvæmir jarðskjálftamælar, ferilefnum blandað í niðurdælingarvatnið og fylgst með ferðalagi þess um jarðhitakerfið auk þess sem fylgst var náið með efnainnihaldi vatnsins. Niðurdælingarholurnar eru gamlar djúpar holur, sem boraðar voru fyrir löngu, en höfðu ekki hitt á neinar gjöfular vatnsæðar. Þegar köldu vatni er dælt niður í slíkar holur dreifist það vel um heitt bergið og nær að fullhitna áður en það kemur að vinnsluholunum.

Niðurstöður tilraunarinnar voru mjög jákvæðar. Þær benda til þess að unnt verði að auka framleiðslu heits vatns á Laugalandi um 60-70% af því magni bakrásarvatns sem dælt er niður, án þess að niðurdráttur vatnsborðs aukist. Þá benda niðurstöðurnar til þess að kæling vinnsluholna verði lítil eða óveruleg og að orkuframleiðsluna megi því auka sambærilega. Niðurdælingin virðist einnig hafa jákvæð áhrif á öðru vinnslusvæði Norðurorku, Ytri-Tjörnum, sem er tæpum 2 km norðan Laugalands.

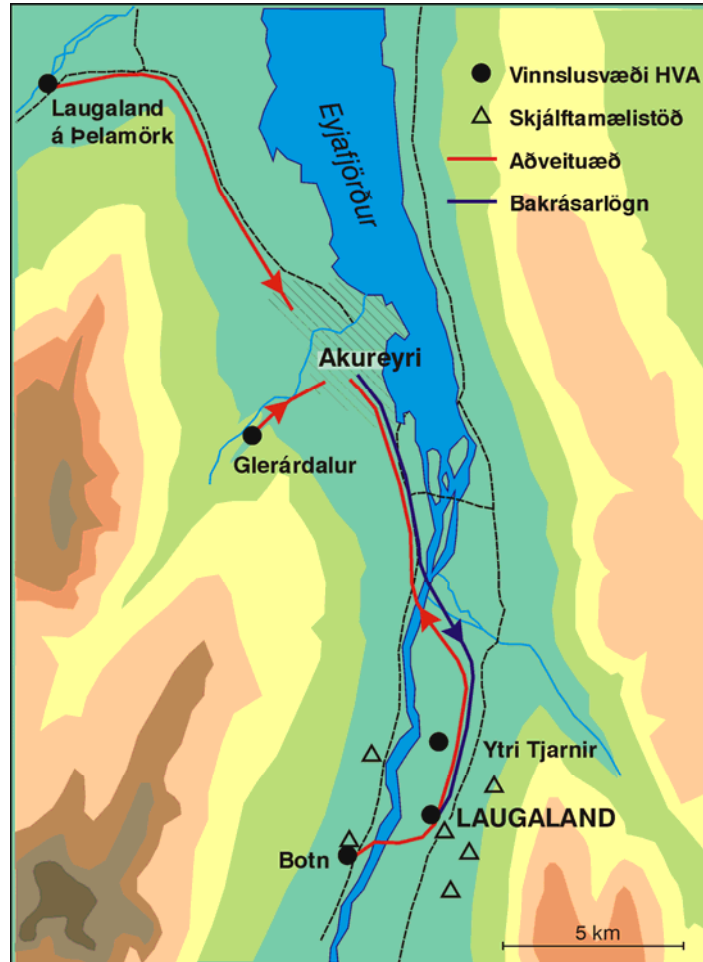
Niðurdæling er nú orðinn fastur liður í rekstri Norðurorku á Laugalandssvæðinu og bætir rekstur jarðhitasvæðisins á Laugalandi verulega. Með því að dæla niður 15 l/s að meðaltali má auka orkuvinnslu veitunnar um 24 GWst á ári sem er um 9% af núverandi orkuþörf Akureyrar. Orkuverðið sem fæst er einnig hagstætt eða um 0,58 kr/kWst og er þá allur kostnaður við tilraunina innifalinn.

Sú reynsla sem aflað hefur með þessari tilraun verður vonandi nýtt á öðrum jarðhitasvæðum á landinu. T.d má nefna að hjá Hitaveitu Rangæingar hefur niðurdælingu nú verið beitt í tæpt ár á jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum, en í það kerfi vantar vatn eins og á Laugalandi í Eyjafjarðarsveit. Síðastliðið sumar var niðurdælingin á Laugalandi í Holtum aukin til að flýta fyrir því að jarðhitakerfið jafnaði sig eftir þjóðhátíðar-skjálftann þann 17. júní 2000.

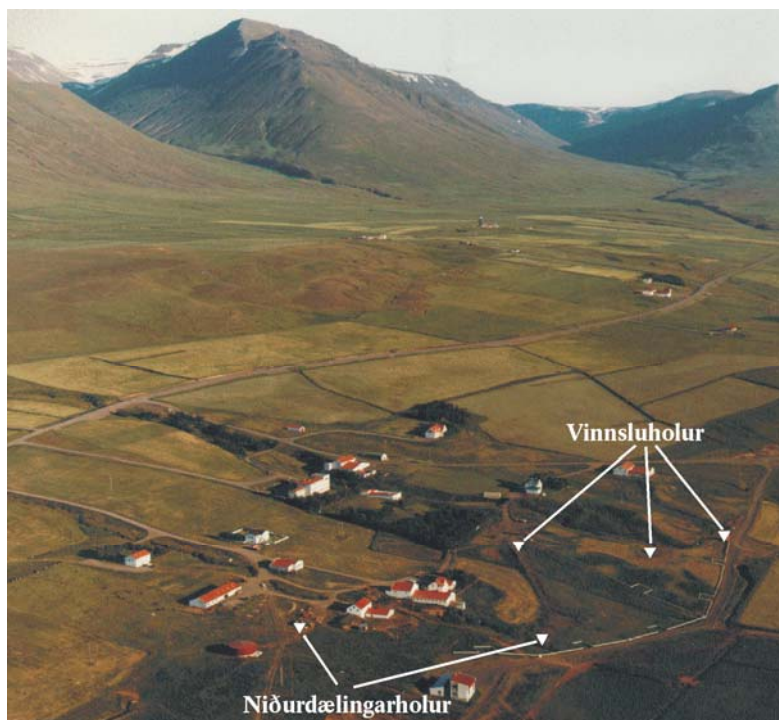
Heimildir

Guðni Axelsson, Arnar Hjartarson, Steinunn Hauksdóttir, Ólafur G. Flóvenz, Guðrún Sverrisdóttir, Franz Árnason, Magnús Finnsson, Árni Árnason og Reynir Böðvarsson, 2000: Demonstration of improved energy extraction from a fractured geothermal reservoir. Final report of Thermie project GE-0060/96. Orkustofnun, OS-2000/016, 196s.

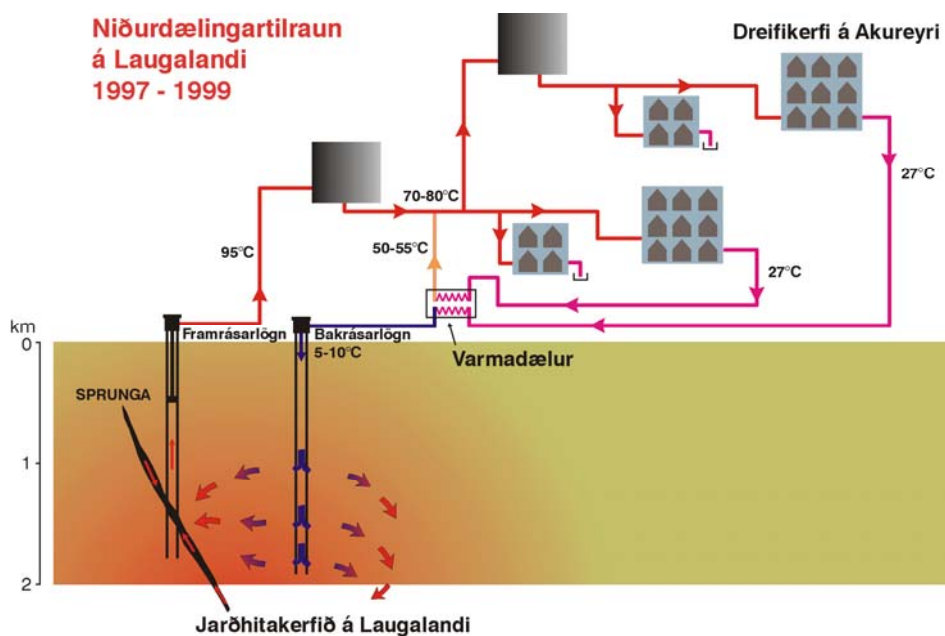
Guðni Axelsson, Ólafur G. Flovenz, Arnar Hjartarson, Steinunn Hauksdottir, Guðrún Sverrisdottir, Franz Árnason, Árni Árnason og Rynir Böðvarsson, 2000: Thermal energy extraction by reinjection from the Laugaland geothermal system in N-Iceland. *Proceedings of the World Geothermal Congress 2000*, Kyushu-Tohoku, Japan, May-June 2000, 3027-3032.



Mynd 1. Kort sem sýnir staðsetningu jarðhitasvæðisins á Laugalandi.



Mynd 2. Loftmynd af jarðhitasvæðinu á Laugalandi, tekin til suðurs.



Mynd 3. Mismunandi hlutar hitaveitukerfis HVA ásamt jarðhitasvæðum og niðurdælingarkerfinu.

Hvað verður um nemendur Jarðhitaskólans?

**Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður
Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna**

Inngangur

Frá stofnun Jarðhitaskólans 1979 hafa 245 raunvísindamenn og verkfræðingar frá 36 löndum útskrifast eftir 6 mánaða sérhæft nám við skólann. Nemendurnir hafa komið frá Asíu 44%, Afríku 26%, Mið-Ameríku 15% og Mið- og Austur-Evrópu 15%. Meðal nemenda hafa verið 34 konur (14%). Að auki hafa yfir sjötíu komið í styttri heimsóknir og námsdvalir (2 vikur til 4 mánuði) á vegum skólans. Á vormisseri 2001 eru þrír fyrrum nemendur Jarðhitaskólans við meistaranám í Háskóla Íslands á vegum Jarðhitaskólans.

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 af 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.

Allir nemendurnir eru valdir með viðtölum í heimalöndum sínum. Jafnframt eru kannaðar aðstæður á jarðhitasvæðum og í rannsóknastofum svo að sérhæfða námið á Íslandi nýtist heimalandinu sem best. Farið er annað til þriðja hvert ár til þeirra landa sem Jarðhitaskólinn hefur stutt mest. Alls hefur verið farið í yfir sjötíu heimsóknir til þróunarlandanna og Austur-Evrópu til að velja nemendur. Aðferðin við val nemenda er í samræmi við reglur Háskóla Sameinuðu þjóðanna og hefur tryggt skólanum mjög góða nemendur. Í heimsóknunum gefst kjörið tækifæri til að fylgjast með hvað nemendur fyrri ára hafa fyrir stafni. Yfirleitt er efnt til funda með fyrrum nemendum.

Í erindi þessu verður fjallað í stuttu máli um hvað verður um nemendur Jarðhitaskólans að námi loknu. Starfsfólk Jarðhitaskólans kappkostar að halda sambandi við nemendur skólans. Þetta er gert með því að senda þeim fréttabréf, jólakort og síðast en ekki síst árbækur Jarðhitaskólans þar sem birtar eru rannsóknaskýrslur allra nemenda sem útskrifast úr skólanum. Einnig eru nemendum senda bækur með fyrirlestrum gestafyrirlesara Jarðhitaskólans. Nemendur eru hvattir til að láta vita árlega hvað þeir eru að gera. Tilkoma tölvupóstsins hefur auðveldað mjög samskipti við nemendur. Rúmlega 170 af nemendum skólans eru með netfang. Netfangaskrá skólans er dreift til allra nemenda tvisvar á ári. Í bréfasafni skólans og ferðaskýrslum er að finna margvíslegar upplýsingar um nemendur fyrri ára.

Flestir nemendur skólans hafa komið frá Kína (44), Kenýa (28), Filippseyjum (27), El Salvador (17) og Eþíópíu (13). Í þessu stutta erindi verður stiklað á stóru varðandi hvað nemendur hafa gert eftir að námi lauk á Íslandi. Dæmi verða tekin um þau lönd sem sent hafa flesta nemendur.

Árangur nemenda að námi loknu

Nemendur Jarðhitaskólans eru leiðandi í jarðhitastarfsemi fjölmargra landa og margir þeirra eru einnig virkir í alþjóðasamstarfi. Þetta kom vel fram á Alþjóðajarðhitaráðstefnunni WGC2000 í Japan 28. maí - 10. júní 2000. Ráðstefnan er haldin á fimm ára fresti af Alþjóða jarðhita-sambandinu (International Geothermal Association) og er mikilvægasti vettvangurinn til að fylgjast með því sem er að gerast í hinum ýmsu sérgreinum jarðhitans í heiminum. Þátttakendur voru um 1250 frá 61 landi auk liðlega 100 maka og barna. Í ráðstefnubókinni eru birt 670 erindi. Árið 1995 var ráðstefnan haldin í Flórens á Ítalíu en árið 2005 verður hún í Tyrklandi.

Fyrrum nemendur Jarðhitaskólans settu mikinn svip á ráðstefnuna. Sextíu og einn nemandi skólans var á ráðstefnunni (þar af 14 konur) og komu þau frá 24 löndum: Búlgaríu (4), Egyptalandi (1), El Salvador (2), Eþíópíu (3), Filippseyjum (6), Guatemala (1), Indónesíu (3), Íran (3), Jórdaníu (1), Kenýa (5), Kína (14), Kostaríka (2), Litháen (1), Makedóníu (1), Mexíkó (1), Nepal (1), Pakistan (1), Póllandi (2), Rúmeníu (4), Serbíu (1), Slóvakíu (1), Túnis (1), Tyrklandi (1) og Úganda (1). Alls höfðu 227 nemendur útskrifast úr Jarðhitaskólanum árin 1979-1999 þannig að rúmlega fjórðungur útskrifaðra nemenda var mættur á heimsráðstefnuna. Til samanburðar má nefna að í Flórens 1995 voru 35 nemendur Jarðhitaskólans. Nemendur Jarðhita-skólans voru höfundar/meðhöfundar 88 greina í ráðstefnuriti WGC2000. Íslendingar voru höfundar/meðhöfundar 43 greina.

Hér á eftir verður gerð grein fyrir störfum nemenda Jarðhitaskólans í nokkrum löndum.

Kína

Kínverjar nota þjóða mest jarðhita til upphitunar (2282 MW), einkum til húshitunar, baða, fiskeldis, og gróðurhúsa en einnig til iðnaðar. Undanfarinn áratug hefur jarðhitanotkunin aukist um 10% á ári. Frá 1980 hafa 44 Kínverjar lokið 6 mánaða námi við Jarðhitaskólann. Flestir hafa verið þjálfaðir í forðafræði (15), jarðefnafræði (10) og verkfræði (9). Fimm eru komnir á eftirlaun og þrír farnir til annarra starfa. Flestir hafa komið frá Beijing, Tianjin og Hebei héraði, en aðrir frá Tíbet og sex öðrum héruðum. Margir nemendur Jarðhitaskólans eru í fararbroddi við rannsóknir og nýtingu jarðhitans í Kína. Þrátt fyrir kuldalegt yfirbragð á nafni landsins tengja fjölmargir Kínverjar nafnið Ísland einkum við jarðhita.

Nemendur hafa einkum komið frá borgarhitaveitum, rannsóknastofnunum héraða, Vísindaakademíunni og háskólum. Nemendur skólans hjá Vísindaakademíunni hafa farið víða um landið sem ráðgjafar, einkum í jarðefnafræði. Forðafræðingar þjálfaðir í Jarðhitaskólanum leiða mat á afkastagetu jarðhitasvæða víða í Kína. Verkfræðingar frá mörgum héruðum þjálfaðir á Íslandi hafa verið lykilmenn í hitaveituverkefnum og átt gott samstarf við íslensk fyrirtæki. Stærsta borgarhitaveita Kína sem notar jarðhita er í Tianjin. Íbúar borgarinnar eru 7 miljónir og markaðurinn því eins stór og jarðhitakerfin leyfa. Yfirverkfræðingur jarðhitastofnunar borgarinnar, Zhang Baiming, var í Jarðhitaskólanum 1994.

Kenýa

Jarðgufustöðvar í Olkaria (57 MW) framleiða um 8% raforku landsins. Framkvæmdir við stækkun stöðvanna eru í fullum gangi og gert ráð fyrir að uppsett afl verði komið í 97 MW árið 2001 og 173 MW 2004. Vatnsafl (598 MW) gefur nú 75% raforku í landinu. Gert er ráð fyrir að uppsett afl verði 620 MW í jarðgufuvirkjunum og 1019 MW í vatnsaflsvirkjunum árið 2019.

Frá 1982 hafa 28 Kenýamenn lokið sex mánaða námi við Jarðhitaskólann. Einn starfar við forðafræði erlendis en fjórir hafa snúið sér að öðru. Aðstoðarforstjóri Landsvirkjunar Kenýa (KenGen), Joseph Nganga, var nemandi í borverkfræði 1982. Yfirmenn jarðhitamála hjá KenGen og deildarstjórar í jarðfræði, jarðeðlisfræði, jarðefnafræði, forðafræði, borverkfræði og umhverfismálum eru allir fyrrum nemendur Jarðhitaskólans. Fyrrum nemendur skólans kenna einnig við þrjá háskóla í Kenýa. Tveir sérfræðingar KenGen hófu MS nám við Háskóla Íslands á vegum Jarðhitaskólans í janúar 2001.

Filippseyjar

Jarðgufustöðvar (1909 MW) á ellefu svæðum framleiða 22% raforku í landinu. Áætlað er að auka upsett afl í jarðgufustöðum um 526 MW árin 2002-2008. Vatnsafl (2300 MW) gefur 11% raforkunnar, kol 22%, innflutt olía 35% og gas 10%.

Frá 1979 hafa 27 Filippseyingar lokið sex mánaða námi við Jarðhitaskólann. Tuttugu hafa komið frá PNOC (olíufyrirtæki ríkisins), sex frá orkumálaráðuneytinu og einn frá Landsvirkjun Filippseyja (NPC). Fjórir fyrrum nemendur skólans hafa flutt úr landi, tveir eru hjá einka-fyrirtækjum og einn á eftirlaunum.

Fyrsti nemandi Jarðhitaskólans, Agnes Reyes (1979), starfar nú við bergfræðirannsóknir á Nýja Sjálandi, en byggði áður upp öflugan hóp í borholujarðfræði hjá PNOC. Hún er meðal þekktari bergfræðinga í jarðhitarannsóknunum í heiminum. Sammy Sarmiento (1980) er yfir forðafræðideild PNOC, Danny Catigtig (1983) er stöðvarstjóri í Palinpinon (195 MW jarðgufuvirkjun PNOC) og Manuel Paete (1983) gufuveitustjóri í Tongonan (707 MW PNOC virkjun). Margir aðrir fyrrum nemendur skólans eru í lykilstöðum í efnafræði, eðlisfræði og forðafræði hjá PNOC.

Á Filippseyjum er jarðhitinn þjóðareign. Orkumálaráðuneytið gætir hagsmuna þjóðarinnar. Hlutverk Jarðhitadeildar ráðuneytisins er að fylgjast með jarðhitavinnslu á hinum ýmsu svæðum, meta skýrslur frá orkufyrirtækjum og veita leyfi til gufuvinnslu. Jarðhitaskólinn hefur þjálfað lykilstarfsfólk ráðuneytisins til að sjá um þessi mál. Fyrsti nemandinn frá ráðuneytinu, Francisco Benito (1991), var í mörg ár yfir jarðhitamálum í ráðuneytinu. Hann er nú aðstoðarforstjóri orkudeildar ráðuneytisins. Fyrrum nemendur Jarðhitaskólans eru deildarstjórar í borholu-jarðfræði, forðafræði, jarðeðlisfræði og jarðefnafræði í Jarðhitadeild ráðuneytisins.

El Salvador

Jarðgufuvirkjanir í Ahuachapan og Berlin (161 MW) framleiða um 20% af raforku landsins. Vatnsafl (405 MW) framleiðir um 60% raforkunnar. Frá 1980 hafa sautján nemendur frá Landsvirkjun El Salvador (nú GESAL) lokið sex mánaða námi við Jarðhitaskólann. Fjórir hafa farið til annarra starfa. Manuel Monterrosa (1993) er yfir forðafræði, Nina Barrios de Luna (1993) yfir borholujarðfræði, Ana Silvia Ayala (1998) yfir umhverfismálum og Antonio Rivas (2000) yfir jarðskjálftamælingum hjá GESAL. Jaime Arevalo (1992) er yfir jarðborunum á Ahuachapan svæðinu og Jose Luis Henriques (1997) yfir gufuveitunni á Berlin svæðinu.

Eþíópía

Addis Ababa var byggð við heitar laugar þar sem fólk fór í bað og þvoði þvotta. Jarðhitarannsóknir hafa staðið yfir í landinu með hléum í þrjá áratugi og mörg háhitasvæði eru þekkt. Fyrsta jarðgufuvirkjunin (8 MW) var tekin í notkun 1999 en gengur erfiðlega. Mestöll raforka í

landinu er framleidd með vatnsafla (378 MW).

Frá 1983 hafa þrettán Eþíópíar lokið námi við Jarðhitaskólann. Einn þeirra settist að á Íslandi (þrátt fyrir ófrávíkjanlegar reglur um að nemendur fari aftur til heimalanda sinna), þrír hafa flutt til Bandaríkjanna og einn til Nýja Sjálands. Þeir átta sem eftir eru í Eþíópíu standa sig vel miðað við margra ára borgarastyrjöld og hörmungar. Annar tveggja nemenda sem voru hér 1999 fór á miðjum námstíma á ráðstefnu í Bandaríkjunum og hefur farið þar huldu höfði síðan. Þrátt fyrir erfiðleikana í Eþíópíu mun Jarðhitaskólinn taka á móti þremur styrkþegum þaðan nú í apríl 2001.

Lokaorð

Eins og sjá má af upptalningunni hér að framan hafa verið hér nemendur frá flestum löndunum af og til í tvo áratugi. Jarðhitaskólinn hefur þannig jafnt og þétt verið að styðja við uppbyggingu jarðhitapekkingar í löndunum. Starfsmenn Jarðhitaskólans hafa fylgst vel með þróun jarðhitamála og valið styrkþega með hliðsjón af þróuninni í góðri samvinnu við heimamenn. Uppbygging tækniþekkingar er langtímaverkefni.

Það er mikils virði að halda góðum tengslum við fyrrum nemendur í hinum ýmsu löndum. Það veitir þeim stuðning í þeirra mikilvægu störfum og bætir starfsemi skólans. Ísland á góða “jarðhitasendiherra” í fjölmörgum löndum í öllum heimsálfum.