

Ársfundur Orkustofnunar 2000

OS-2000/013

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

Orkustofnun OS-2000/013

ISBN 9979-68-047-4

Ársfundur Orkustofnunar 2000

*haldinn miðvikudaginn 15. mars, í salnum Gullteigi,
Grand Hótel við Sigtún*

Fundarstjóri: Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður Jarðhitaskóla Háskóla Sameinuðu þjóðanna.

Dagskrá:

- 13:30 *Fundur settur*
- 13:35 *Tónlist*
- 13:45 *Ávarp ráðherra orkumála, Valgerðar Sverrisdóttur*
- 14:00 *Energy for Tomorrow's World – Acting now!*
(Orka fyrir komandi kynslóðir – Hefjumst handa!),
Gerald W. Doucet, framkvæmdastjóri Alþjóða orkuráðsins
- 14:30 *Orkulindir Íslands – Nýtum tækifærin!,*
Þorkell Helgason, orkumálastjóri
- 14:50 *Umræður og fyrirspurnir*
- 15:15 *Kaffi*
- 15:45 *Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma,*
Hákon Aðalsteinsson, vatnalíffræðingur á Auðlindadeild
- 16:10 *Rannsóknir á háhitasvæðum, Benedikt Steingrímsson,*
yfirverkefnisstjóri Rannsóknasviðs
- 16:35 *Nútíma vatnamælingar – samþætt umhverfisvöktun,*
Árni Snorrason, fortöðumaður Vatnamælinga
- 17:00 *Umræður og fyrirspurnir*
- 17:10 *Fundarslit, Eyjólfur Árni Rafnsson, formaður stjórnar*
Orkustofnunar

Að loknum fundi eru léttar veitingar í boði Orkustofnunar.

Energy for Tomorrow's World - Acting now!
(Orka fyrir komandi kynslóðir - Hefjumst handa!)

Gerald W. Doucet

Secretary General
World Energy Council

(framkvæmdastjóri Alþjóða orkuráðsins)

Ársfundur Orkustofnunar 2000 haldinn 15. mars

Energy for Tomorrow's World – Acting now

**Gerald Doucet
Secretary General
World Energy Council**

The Purpose of the WEC Statement 2000

The purpose of the WEC Statement 2000 is to examine what has happened since the World Energy Council published its 1993 Report “ENERGY FOR TOMORROW'S WORLD – The Realities, the Real Options and the Agenda for Achievement” and to delineate the key contemporary policy actions. The information and data in ETW, gathered by a distinguished Commission Board appointed by the WEC, are now almost a decade old. Much has happened in the global energy sector since then.

Energy's key role in development was one of the most important messages in the 1993 document. While many suggested at the time and are still saying today that energy's role has diminished in importance and that economic growth and energy demand can be decoupled through programmes to reduce energy intensity, the message of ETW was to remember that health, water, food, education, and many other key aspects of welfare cannot be improved unless modern energy becomes available to all.

ETW also concluded that, even if sound policies and measures were quickly introduced to shift the world's path of energy development onto a more sustainable trajectory, no radical changes in energy trends were likely to occur in the period to 2020. This was too short a timeframe for new technologies, changes in capital stock, different attitudes and behaviour patterns, and institutional reforms to have a major impact on a global scale. ETW called for early action at the local level so that a start could be made.

Energy resources are plentiful and not expected to be the limiting factor in global economic growth, but their regional endowment and the pace at which they are developed and distributed may not be entirely satisfactory. Increasingly energy companies rely on market mechanisms and decentralised decision-making to channel investment and technology into developing energy resources. However, market signals are not always efficient in ensuring that all energy needs are met and environmental priorities are respected.

Some WEC Members believe that the energy sector is not currently on a sustainable path while others believe that, if the energy sector is evolving on a sustainable path, it could move along it more quickly. Both opinions converge in a strong consensus that new policy departures and remedial action are needed. Although we expect no major problem in providing the energy that will be necessary to sustain the rates of economic growth that one might realistically expect in the coming decades, the current situation is characterised by distributional inequalities and detrimental impacts on the global, regional and local environment and on human health.

The Energy Challenge

Slightly more than one billion people in the industrialised countries (about 20% of the world's population) consume nearly 60% of the total energy supply whereas just under five billion people in developing countries consume the other 40% of the total energy supply. Even taking into account such factors as colder temperatures in some advanced countries, this imbalance is significant. The two billion poorest people (\$1000 annual income per capita or less), a small but growing share of whom live in shanty towns with most still scattered in rural areas, use only 0.2 toe of energy per capita annually whereas the billion richest people (\$22000 annual income per capita or more) use nearly 25 times more at 5 toe per capita annually.

Given this dramatically uneven distribution and the limited evidence of improvement in economic growth in many developing countries, WEC at its 17th World Congress in Houston in September 1998 concluded that the number one priority in sustainable energy development today for all decision-makers in all countries is to extend access to commercial energy services to the people who do not now have it and to those who will come into the world in the next two decades, largely in developing countries, without such access. Their opportunity for education, good health and individual dignity is in doubt. Progress in meeting the energy requirements of these roughly two billion people should be regarded as the first test of the sustainability of our energy development path.

The challenge is to provide the minimum services, including energy services, to allow these people to achieve a decent standard of living, not barely to survive. In this Statement it is recognised that, at least initially, their basic energy needs might be satisfied with modern biomass or other renewables, oil and natural gas liquids, and coal on a commercial basis. Operationally by 2020, we define the provision of modern energy service either as connection to a reliable, affordable electricity supply, or as stand-alone energy sources which are not necessarily grid-based, such as renewable energy systems or other forms of distributed generation. The manner in which modern energy is supplied to everyone in the world is humanity's greatest opportunity to establish an environmentally sustainable system for the whole of the next millennium.

These energy services will be fulfilled only if GDP grows in a sustained manner. Such economic growth will require the provision of corresponding energy related services at an affordable price with no reasonable expectation to break the linear relationship between GDP growth and the increase in energy demand that has been experienced so far.

WEC decided to revisit ETW, to review critically its scenarios, and to propose a new set of goals and policy actions. The objective was to draw on actual experience during the last eight years, both in terms of analysis and a clearer set of policy actions. We have dedicated this Statement to help:

- overcome energy poverty wherever it occurs;
- enhance the quality and reliability of delivered energy; and,
- minimise the negative environmental and health impacts of energy development.

Progress is being made. A new global environmental agenda, enlightened business initiatives, new technologies, and of course government energy policies are all aimed at sustainable development goals. The WEC Statement 2000 sets the Energy Goals and defines the Policy Actions which, if taken now, would provide grounds for reasonable optimism in facing the task ahead.

Developments Since the 1993 ETW Report

The energy demand projections and analysis of trends in ETW are robust and have stood the test of time. However, in several key areas the context of this analysis and some of the drivers of economic growth and energy consumption have changed.

- World population growth is now slower than assumed in ETW, but urbanisation, especially in developing countries, has accelerated. In the early 1990's world population estimates suggested that, by 2020, the total population would be nearly 8.1 billion. By the mid-1990's the UN medium-term projection for 2020 had been reduced to 7.9 billion people, and today it is 7.4 billion.
- Economic growth has been slower in the last eight years than assumed in ETW. The ongoing economic problems in economies in transition and subsequent crises in parts of Asia and Latin America could not have been predicted in 1993 and have had a downward impact on energy consumption. The range in ETW scenarios was 3.3% to 3.8% average annual growth, but the overall average annual growth rate for the world economy reached only 2.8% during the last eight years (2.5% in market economies alone) and could be somewhat lower in the longer term. Energy intensity has also not fallen as rapidly as ETW anticipated. WEC and the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) updated their global energy scenarios in both 1995 and 1998 and published the results in "Global Energy Perspectives" to take these changes into account.
- Financial co-operation between developed and developing countries has not improved since 1993. According to recent World Bank data, OECD countries have failed not only to fulfil their international commitments of Official Development Aid (slightly more than 0.2% of their GDP in 1998, compared to the 0.7% they promised), but also have failed to create the appropriate institutional tools to promote a larger amount of Foreign Direct Investment which today is about \$100 billion per year (if one excludes portfolio investments). WEC produced a 1997 report "Financing the Global Energy Sector: The Task Ahead" to show that the basic problem is not a shortage of money; rather, the Study's first conclusion is that global capital resources in principle are more than adequate to meet any potential demands coming from the energy sector. While the estimated energy investment requirements of the 1997 Study and ETW (about \$30 trillion over the period 1990-2020) were reduced in WEC's subsequent work with IIASA in Global Energy Perspectives in 1998, the key for many countries is still to establish the legal, financial, and market reforms which will attract the necessary domestic and foreign capital for new energy projects. It is still generally more expensive to invest in a developing than a developed country today because the risks and transaction costs are higher in the former.

- One of the most fundamental shifts in context from 1993 to 2000 has been the extent of deregulation and restructuring of energy markets, coupled with a strong trend toward regional integration and energy trade. WEC has studied the changes in market structure, regulatory regimes, and energy trade in sixteen countries and published “The Benefits and Deficiencies of Energy Sector Liberalisation” at the World Congress in Houston in September 1998. This work has now been extended to cover over 100 countries.
- Another key issue relates to the international environmental agenda, led mainly by the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) beginning in 1992 and subsequent rounds of the Conference of the Parties (COP) meetings, but also linked to the ninth UN Conference on Sustainable Development which will take place in 2001. Local and regional pollution, as well as greenhouse gas emissions, have received wide political attention, and the contribution of energy development to these problems and to health and well-being in general is under great scrutiny. With respect to trends in emissions in the transportation sector, WEC published “Global Transport and Energy Development: The Scope for Change”, at its World Congress in Houston in 1998.
- Despite apparently good global progress in reducing energy intensity in the last decade, overall evidence now suggests this was partly the result of economic disruption and slowdown and, more importantly, the impact of restructuring in the economies in transition. ETW was too optimistic in its scenarios about the extent of technical progress in energy development. While the application of new technologies will continue at a steady pace in market economies, it is not likely that there will be any major breakthroughs in the energy sector between now and 2020 to decouple the linear relationship between GDP growth and energy consumption at constant prices. This relationship does of course vary for different groups of countries, depending on their level of development. It was largely because ETW overestimated the scope for energy efficiency improvements that WEC and IIASA revised the Global Energy Perspectives in 1995 and 1998 to give a more accurate picture.
- With respect to specific energy sources it is helpful to note that:
 - ETW expected a more rapid penetration of new renewables in meeting energy demand than the actual result to date. Since ETW was published, WEC produced a Study on New Renewables which highlights their progress, their special cost and financing challenges, and some of the steps which must be taken to link new renewables to base and mid-load energy systems;
 - the growth in nuclear power foreseen in ETW has also not materialised, despite significant cost and maintenance improvements. While public perceptions about safety, waste management and proliferation problems of this industry persist, the impact of regulatory reforms dealing with overcapacity has reduced the need for new baseload, including nuclear, investment; and,
 - ETW underestimated the economies of combined cycle gas turbines (CCGTs) and the potential strength of natural gas demand based on the cost and environmental advantages of this fuel in meeting total energy demand.

- In 1993 there were nearly 1.8 billion people in the world without access to commercial energy. Despite efforts to connect roughly 300 million people to electricity grids or to provide them with modern biomass and other commercial energy over the last eight years, there are still an estimated 1.6 billion people in such a situation. Four to five hundred million people out of the 1.4 billion to be born between now and 2020 will join them. Most of these people are in rural areas and shanty towns in developing countries. WEC published “The Challenge of Rural Energy Poverty in Developing Countries” in October 1999 to show that the trickledown effects of economic growth and baseload energy infrastructure are not necessarily the answer to their energy poverty problems. Biomass will remain the major source of energy for rural populations, coupled with niche renewables, provided they are affordable, reliable and a proper payments system is established.

The International Environmental Agenda

For the majority of people living in developing countries, as well as large numbers in other countries, the most localised and most health-damaging pollution occurs from inappropriate use of energy indoors by households. With greater urbanisation comes a greater concentration of local pollution in major cities than when ETW was published, mainly due to transport including poorly maintained vehicles using high sulphur fuels. On a world basis, the spontaneous decline of carbon intensity in total primary energy supply has flattened out in the eight years since ETW was published. With the faint prospect of reducing energy intensity below the level of historical trends and the likely carbon intensity of the developing countries’ growing energy needs, greenhouse gas emissions will surpass the earlier estimates of ETW between now and 2020 unless significant mitigation actions are undertaken very soon.

There is a welcome convergence between the need for commercial energy in developing countries and the international environmental agenda. By focusing on eradicating energy poverty using cleaner technologies, local and global environmental problems can be addressed. Energy demand in developing countries is growing and will continue to grow substantially between now and 2020. The international community has a chance to help the developing world satisfy their growing energy demands in ways that are as benign as possible in terms of the environment and human health.

The Three Energy Goals: Accessibility, Availability, Acceptability

WEC considers economic growth together with national and international institutional reforms essential to energy accessibility for everyone, including the poorest two billion people in the world. When only some individuals or regions of the world benefit from energy development and others are left behind, the ensuing political and social instability can pose a significant threat to world peace and, in turn, to energy availability through supply disruptions. In addition to the impact of accessibility on energy availability, it is also linked closely to energy acceptability. Investment partnerships to achieve energy accessibility and availability could also address social and environmental issues.

Accessibility is the provision of reliable and affordable modern energy services for which a payment is made. It depends on policies specifically targeted to meeting the needs of the

poor, in the context of increasing reliance on market signals. The best way to ensure that a growing number of people will be able to afford commercial energy in line with their needs is to accelerate economic growth and pursue more equitable income distribution. This requires increasing reliance on the market, while addressing cases of market “failure” with special policies. An energy tariff reflecting all costs, including external costs such as emissions or waste management, is necessary to secure adequate investment and encourage energy efficiency and environmentally preferred technologies, but such a tariff would be unaffordable for many people. At the same time, a tariff subsidised down to a socially affordable price would not attract sufficient investment, consequently in the long-run working against the interests of those who are in need of commercial energy infrastructure. There may be a need, in some cases, to subsidise energy technology and delivery for a period of time without creating price distortions or at least by keeping them to a minimum. Variable, maintenance and extension costs need to be reflected in the price paid for energy, but sunk costs might be handled differently in some circumstances.

Availability covers both quality and reliability of delivered energy. The continuity of energy supply, particularly electricity, is essential in the 21st Century. While short-term interruptible supply may be feasible in certain circumstances as long as the conditions are known and understood by customers, unexpected power cuts bear a high cost for society that cannot be ignored. The world’s growing reliance on information technologies makes reliability even more critical than eight years ago. Energy availability requires a diversified energy portfolio consistent with particular national circumstances together with the means to harness potential new energy sources. Most WEC Member Committees agree that all energy resources will be needed over the next fifty years and there is no case for the arbitrary exclusion of any source of energy.

Acceptability addresses environmental goals and public attitudes. Local pollution is a cause of harm to billions of people, especially in developing countries. Global climate change has become an important concern. Mindful of these two facts, developing countries are concerned about both the potential impact of climate-change-related response measures on their economies, and the rising levels of consumer-based household emissions which create local (urban) and regional pollution (e.g. such as acid rain’s impact on crops and forests). The energy sector is one area in which new and readily available technologies have already reduced emissions and hold out prospects for future improvement. Of course, environmentally friendly technologies have to be developed, diffused, maintained and expanded in all parts of the world. Hence, there is a need to foster adequate local capacity to ensure that the technologies can be used and maintained by local people. Energy resources must be produced and used in a manner that protects and preserves the local and global environment now and in the future.

Addressing these three goals of energy accessibility, availability and acceptability is fundamental to political stability world-wide, to energy business strategy in the 21st century, and to achieving a sustainable future for the world.

Ten Policy Actions

Energy is an important part of a sound development agenda, which includes macro-economic policies as well as non-energy sector policies. Equitable financial, fiscal and social policies are needed. Low inflation, balanced budgets, social transfer policies including health and retirement benefits, education, and other programmes are the key to creating the right economic and social fabric for economic growth. In cases where national markets are too small, regional policies are needed to provide broad and attractive prospects for domestic or foreign direct investment and expanded trade.

WEC recognises the over-riding importance of creating such framework conditions for overall development and the alleviation of poverty. In order to provide more precision in WEC's area of competence, we have chosen to concentrate on ten priority actions for the energy sector. There could be more, there could be less, but we think the following ten actions cover the most important issues in sustainable energy development between now and 2020.

1. Reap the Benefits of Market Reform and Appropriate Regulation

As a general rule, governments need to withdraw from directly managing energy markets and should restrict their role to setting sound rules administered by impartial regulators. The key words are liberalisation, trade, privatisation, and more generally customer choice. Market reforms should take into account the growing link between gas, liquids and electricity. The agenda for reforms needs to be clear and implemented within a reasonable timeframe in order to lower the transition costs, in particular because of the increased uncertainty that market reforms imply. Appropriate and balanced regulations set and implemented by impartial bodies independent of short-term political interference are essential.

WEC has published an exhaustive summary of the benefits and risks of energy sector liberalisation in 33 countries and regions. It is now being updated to cover over 100 countries, with all the information available electronically in WEC's global energy information system. A special report on energy sector legislation in Central and Eastern Europe is also available. At the 18th World Energy Congress in Buenos Aires in 2001, a special study on Energy Markets in Transition in Latin America and the Caribbean will be discussed, as well as the update on the worldwide assessment of energy sector liberalisation.

2. Keep All Energy Options Open

Energy systems are characterised by inertia and their adaptation to new price realities is either slow or costly. There must be room for the development of new energy forms that would compensate for the finite nature of some types of existing energy supplies or would use technologies in new ways to reduce harmful side-effects of current energy production or utilisation. Energy diversification, regional integration of energy systems, and enhanced trade in energy services are relevant strategies.

It is a foregone conclusion that up to 2020 global reliance on fossil fuels and large hydro will remain strong, albeit with special emphasis on the role of natural gas and efficient cleaner fossil fuel systems. However, total reliance on these energy sources to satisfy the growing electricity demand is not sustainable, especially if every person in the world has adequate access. While some WEC members question the future of nuclear power, most believe the role of nuclear power needs to be stabilised with the aim of possible future extensions. The latter think efforts to develop intrinsically safe, affordable nuclear technology need to be encouraged. In view of the considerable inertia of energy systems, policies to develop and finance the use of hydro, new renewables, and hybrid energy systems should be implemented in those regions where significant potential exists. Ultimately, market criteria must prevail in the development of all energy resources.

3. Reduce the Political Risk of Key Energy Project Investments

Past experience with arbitrary currency devaluation, changes in fiscal regimes, and barriers to benefits repatriation, among others, create a political risk that increases the cost of capital investment, especially in developing countries. Non-commercial risk insurance is available on a bilateral basis at a maximum level which is insufficient for most energy-related investments.

These risks make foreign and sometimes domestic investment more expensive in a poor country than in a rich country. While market reforms will play a positive role in creating a friendlier environment for investment, existing schemes for dealing with non-commercial risk are tailored to manufacturing and are much too small to undertake the scale of risk associated with major energy investments. The modalities of a global co-insurance scheme dedicated to covering the political risk of new commercial energy projects in developing countries which also reduce local and greenhouse gas emissions should be examined carefully by all governments and the banking community. Such a scheme should be funded by developing and developed countries and implemented by the World Bank in association with other international developmental lending agencies.

WEC has completed a study on financing the global energy sector, which will guide it in working with the World Bank and regional development banks on the design and criteria of a global co-insurance scheme for energy investments. It will also work with the OECD on the criteria for a renewed commitment by industrialised countries to ODA and FDI aimed at energy accessibility and acceptability.

4. Price Energy to Cover Costs and Ensure Payment

Energy of any sort is not a social, free public good. Its price must reflect all variable, maintenance and extension costs, and there must be a reliable system for customers who use the energy to pay for it.

End-user prices are a key parameter driving energy consumption. Unless such prices reflect long term marginal costs (variable, maintenance and capital expansion costs), including wherever possible the cost of well-identified externalities like energy security or environmental protection, they will distort individual behaviour, have perverse impacts on the standard measurement of GDP, and the whole economy may suffer. Removing energy subsidies and cross-subsidies, e.g. in the transport and electricity sectors, should be a priority along with establishing a consistent energy taxation system. Together with cost reflective prices, a workable payment system for commercial energy is essential.

WEC has completed a special regional study on electricity trading mechanisms for the Asia-Pacific region and is holding workshops or regional forums in Central and Eastern Europe, in Latin America and in Africa on pricing and payments systems. A major study on pricing energy in developing countries will be released at the end of 2000.

5. Promote Greater Energy Efficiency

Energy intensity is directly related to price signals whereas energy efficiency depends more on the diffusion of the most cost-effective technologies. The introduction of minimum legal standards in energy equipment and service is critical. The presence of metering and an energy payments system is essential to the goal of decoupling energy consumption from GDP growth.

Energy efficiency policies that use direct or indirect price mechanisms (e.g. removing subsidies, incorporating externalities) are the most effective in lowering energy consumption trends. However, even without changing the overall price environment, energy efficiency policies should be pursued to correct market failures. Energy efficiency standards also contribute to increased GDP growth by enhancing the marginal productivity of energy or because they provide the basis, with the same energy, for an increase in well-being both in economic and environmental terms. Here again, legal standards and an adequate payments system for energy are central to energy efficiency goals.

In 1998 WEC and ADEME published a report on energy efficiency policies and indicators. It stressed the disengagement of governments in energy efficiency policies since the drop of oil prices in 1986.

6. Foster Financing Partnerships Linked to Environmental Goals

Domestic actions to reduce greenhouse gas emissions, especially in industrialised countries, merit attention in their own right. Indeed, in the context of climate change mitigation, industrialised countries are encouraged to take domestic action first and foremost. However, given the enormous need for new capital stock in developing countries, international mechanisms with the potential to stimulate capital flows linked to clean and safe energy projects in developing countries are valuable supplementary approaches which should be a high priority of governments. The largest low-cost potential for abating energy-related GHG emissions lies in developing countries.

Joint ventures on specific energy accessibility and acceptability programmes should be fostered. Global mechanisms to foster international co-operation between developed and developing countries are under discussion and need to be established in a workable manner without delay. Clear and simple rules for certifying emissions reductions linked to such projects, as well as an explicit compliance-incentive scheme working as a price signal and as a cap to the cost, need to be designed. Such partnerships should ideally aim at favouring market reforms as well as developing new clean-energy infrastructures or promoting individual projects which lower greenhouse gas emissions.

WEC's Pilot Programme on GHG Emissions Reduction has developed information, available electronically, on key energy projects around the world which will address energy accessibility and acceptability goals between now and 2005. The methodology and criteria of this database may, if approved for public use by WEC, serve investors, bankers, public utilities and energy companies in attracting financing and gaining regulatory approvals. As confidence in the database builds up, the programme could be extended to energy-related sectors such as agriculture and transportation. An extension of the programme beyond 2005 may be considered once the results of existing projects have been verified by independent authorities.

7. Ensure Affordable Energy for the Poor

Economic and social policies aimed at equitable income distribution are the most effective means of helping the poor. Past experience shows that such policies contribute to the economic growth of the country as a whole. However, such policies need to be complemented by adequate sectoral programmes.

In the energy sector, to make energy affordable for the poor, governments should accept responsibility to:

- absorb part or all of the sunk costs of energy infrastructures needed to serve the poor;
- design cost-reflective price signals for baseload power at low cost for essential service using limited capacity meters;
- favour decentralised renewable energy systems for rural areas where their lifecycle cost is comparable to or lower than the extension of the grid; and,
- build the capacity of local energy enterprises by training managers and other personnel, technically and commercially, to run the different aspects of the business, including local maintenance.

8. Fund Research, Development and Deployment

RD&D which addresses a “common good”, or shared benefits for all, calls for adequate government funding. Such spending will be more efficient if done under competitive conditions. At the international level, co-operation among governments to minimise overlap while maximising competition should be promoted. At the national level, impartial authorities including academics, industry and the public, should oversee budget sharing and spending.

There ought to be well funded energy R&D programmes in the following priority domains:

- Energy efficiency: both production and end use;
- All renewables at the development stage;
- Carbon sequestration in underground reservoirs/aquifers or at a depth into ocean storage;
- Cleaner fossil fuel systems;
- Nuclear: spending should concentrate on evolutionary plants (LWR), on inherently safe revolutionary designs which may be suitable in developing country markets, and on storage, waste treatment and disposal;
- Superconductivity to lower transmission and transformation losses and to store electricity; and,
- Integrated decentralized energy systems, as well as buffer systems designed to accommodate short power variations.

WEC has undertaken a major study on advancing energy technology in the 21st Century which will be reported at the 18th World Energy Congress in Buenos Aires in 2001.

9. Advance Education and Public Information

Education and public information need an open, transparent, independent, lively and provocative debate. There is a need to fund effective energy institutions at national or international levels (including both developed and developing countries). WEC’s initiative to establish a global energy information system, with regional database linkages, and its decision to revisit “Energy for Tomorrow’s World” are steps in the right direction. The Student Programme of WEC’s triennial World Congress is another worthwhile effort to advance education.

10. *Make Ethics a Strong Component of Energy System Governance*

In a globalised society, companies operating internationally should act as world citizens. They should not only respect national laws and regulations, but also move the global energy and environment agenda forward. Fundamental business ethics, including honesty and the avoidance of corrupt practises, are essential, but the need for ethics goes beyond these. Voluntary energy and/or environment audits, their widespread publication in civil society, common standards for safety, performance, best industrial practices, and respect of energy workers should be fostered in all plants in all countries in which a company operates. These are the additional ingredients of the global institutional and corporate governance recommended here.

WEC has carried out special research on energy case studies related to the ethical dimensions of business which will be the subject of a roundtable discussion at the 18th World Energy Congress in Buenos Aires in 2001.

Acting Now

In this Statement WEC has deliberately kept the focus on the two decades to 2020. This was to anticipate change more reliably and to see specific policy actions more clearly. We offer this analysis of recent evidence and our recommendations contained herein to governments, business leaders and to the wider public. We hope we have made a contribution to the better understanding of energy in the political and social fabric of individuals, societies, regions and countries throughout the world.

It is important to note that the timing and extent of action by governments or companies will vary from country to country depending on the maturity and stability of their economies. We have tried to think globally about sustainable energy development in a way which fosters local action.

The energy industry is obviously the key provider of wider accessibility to commercial energy services, of the availability of uninterrupted supply, and of more socially and environmentally acceptable energy products. The speed, scale and nature of these developments depends in part on enabling frameworks, the wishes and support of other social actors, and the deployment of the required technologies and financing.

Lack of awareness, education and commitment relating to clear energy policy goals, as well as the basic requirements for achieving them, are among the largest barriers to success. These barriers affect policy-makers, public authorities, industry and the general public. They increase the reluctance to support innovative policies geared to promoting more sustainable energy development. They discourage consumers from changing attitudes and habits. They inhibit shareholders and other investors from supporting change.

The WEC scenarios now go out to 2050 and beyond. None of us can ignore the long-term perspective within which modern energy services will develop. To the extent that our views and recommendations contribute to the sustainable production and use of energy for the greatest benefit of all, what we accomplish between now and 2020 will hopefully be decisive

for a sustainable world for many decades thereafter. The World Energy Council is, therefore, determined to focus its efforts on the Energy Goals and to help implement all of the Policy Actions contained in this Statement.

Orkuindir Íslands - Nýtum tækifærin!

Porkell Helgason

orkumálastjóri

Ársfundur Orkustofnunar 2000 haldinn 15. mars s.á.

Orkulindir Íslands – Nýtum tækifærin!

Porkell Helgason, orkumálastjóri

Framkvæmdastjóri Alþjóða orkuráðsins, Gerald Doucet, hefur hér á undan birt okkur sýn þeirra samtaka á stöðu orkumála í heiminum nú við aldahvörf og hvert stefnir fram á miðja 21. öldina og þá einkum beint sjónum að þörfum hinna fátæku, þróunarlandanna.

Ög ráðherra orkumála, Valgerður Sverrisdóttir iðnaðar- og viðskiptaráðherra, hefur flutt okkur sín viðhorf.

Í framhaldi af þessu vil ég draga fram kunnar staðreyndir um orkulindir okkar og reifa möguleika á nýtingu þeirra. Erindið, sem hér liggur fyrir prentað, verður tímans vegna stytt verulega í munnlegum flutningi.

1. Hverjar eru orkulindir okkar?

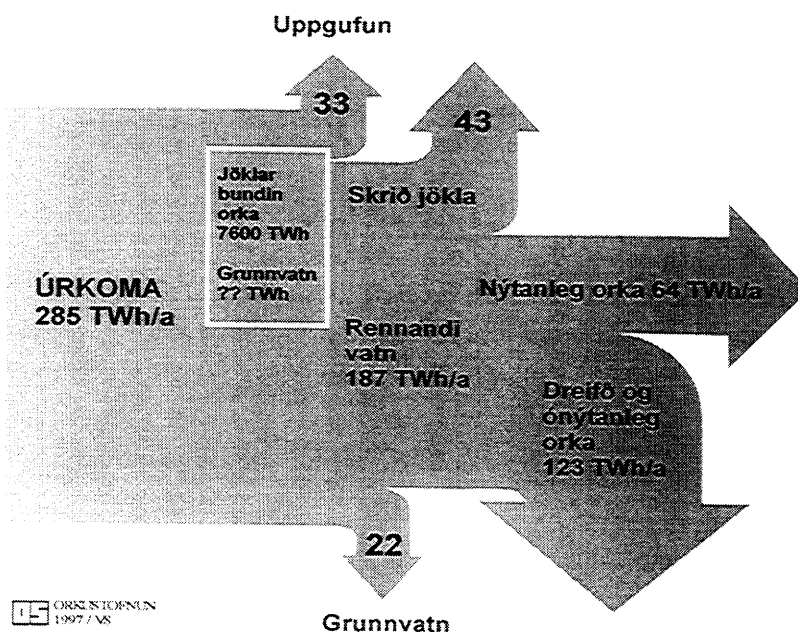
Okkur er tamt að segja að orkulindir okkar séu ríkulegar en að þær séu vannýttar; að við gætum nýtt þær í stórauðnum mæli, okkur og öllu mannkyni til hagsbóta. Rifjum upp hverjar þessar auðlindir eru.

1.1 Vatnsorkan

Öll vitum við að vatnsorkan grundvallast á hringrás vatnsins og byggir á beislun fallorku vatns sem fellur á landið á leið þess til sjávar. Þessu er lýst nánar á 1. mynd. Á myndinni kemur ýmislegt athyglisvert fram eins og að fallorka allrar úrkomu eftir að hún fellur á landið er talin svara til nær 300 TWh/a. Væri unnt að breyta henni allri beint í raforku dygði það einu af stærri ríkjum Evrópu. En því er auðvitað ekki að heilsa. Einungis rúmur fimmtungur, eða 64 TWh/a er talinn nýtanleg orka. Þetta er þar með hið tæknilega hámark á vatnsorku landsins. Mat þetta er mikilvægt að endurskoða í ljósi aukinnar þekkingar og betri tækni, svo sem nákvæmari hæðarkorta af landinu.

Hið tæknilega hámark er þó allanzt frá því sem má telja hagkvæmt að virkja. Auðvitað fer hagkvæmnin eftir því verði sem fæst fyrir orkuna, en lengi hefur verið talið að finna megi hagkvæma virkjunarkosti sem nema 40 TWh/a. Af þessu höfum við nú þegar virkjað sem svarar til 6,9 TWh/a og er þá Sultartangavirkjun talin að fullu, en hvorki Vatnsfellsvirkjun, sem er í byggingu, né heldur Fljótsdalsvirkjun sem hefur enn ekki verið að fullu ákveðin.

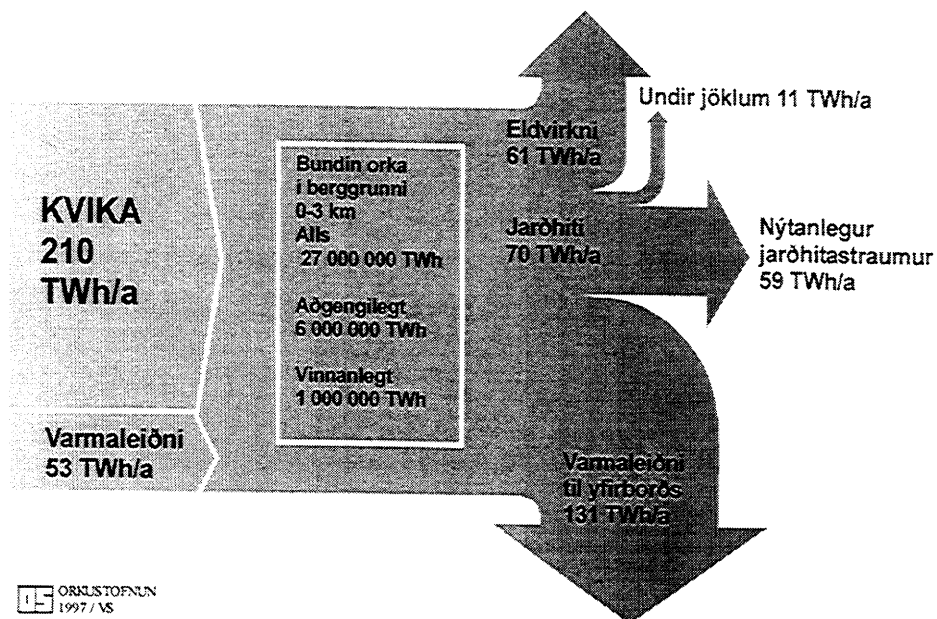
Enn á eftir að lækka orkugetuna vegna umhverfiskrafna eða landþarfa til annars en virkjana. Eins og komið hefur fram er nú hafin mikil vinna við endurmat á öllum virkjunarkostum, m.a. með tilliti til umhverfisáhrifa þeirra. Þegar þeirri vinnu lýkur fæst vonandi samdóma mat á umfangi virkjanlegrar vatnsorku. Um hríð hefur verið giskað á að um þrjár fjórðuhlutar hinnar hagkvæmt virkjanlegu vatnsorku muni komast í gegnum umrædda grannskoðun. Því verður a.m.k. enn um stund miðað við að raunhæfir vatnsorkukostir séu um 30 TWh/a og hefur þegar verið virkjaður nær fjórðungur þeirra.



1. mynd: Orkustreymi frá úrkomu (Heimild: Haukur Tómasson, 1981)

1.2 Háhiti

Önnur stærsta orkulind okkar til raforkuframleiðslu er háhitinn. Uppspretta hans er ekki úr skýjunum eins og vatnsorkan heldur úr iðrum jarðar. 2. mynd lýsir þessu orkustreymi.



2. mynd: Orkustreymi frá jarðvarma (Heimild: Valgarður Stefánsson, 1997)

Það er skemmtileg tilviljun að orkustreymið upp á yfirborðið er talið vera mjög svipaðrar stærðar og orka úrkomunnar ofan á landið. Jafnframt er það önnur tilviljun að sá orkustraumur sem skilar sér upp á yfirborðið í formi jarðhita, í heitu vatni eða gufu,

er talinn nær 60 TWh/a eða mjög svipaður og hin nýtanlega vatnsorka. Á streymi jarðvarma og vatnsins er þó einn reginmunur: Jarðvarmaorkan gerir lengri stans á leið sinni en úrkoman. Jarðvarminn safnast þannig í gífurlegan, en misaðgengilegan orkuforða. Hliðstæðan í vatnsorkunni er forðabúr jöklanna, sem þó er aðeins brot af hitaforðabúri bergsins. Af þessu leiðir að ganga má á jarðvarmann ýmist hraðar eða hægar en svarar til uppstreymisins upp á yfirborðið. Þetta hefur leitt til fræðilegra deilna um það hvort eða í hvaða mæli jarðvarminn sé viðvarandi orkulind eða forðabúr sem gengið er á eins og jarðefnaeldsneyti. Það er eitt af verkefnum Orkustofnunar á þessu ári að skerpa skilgreiningar hvað þetta varðar.

Megnið af jarðhitavinnslu okkar er lághitavinnsla til upphitunar og tengdrar starfsemi. En háhitinn er enn mjög vannýtt auðlind. Tölur um getu háhitasvæðanna til framleiðslu á raforku eru eðli máls samkvæmt enn meira á reiki en hliðstæðan fyrir vatnsorkuna. Þó er það mat bestu sérfræðinga að unnt ætti að vera að vinna fast að 30 TWh/a af rafmagni og er þá miðað við 50 ára nýtingu. En aftur þarf að slá þar af bæði vegna hagkvæmni og umhverfisáhrifa, þannig að niðurstaðan gæti orðið sú að unnt verði að virkja er svarar til um 20 TWh/a. Framleiðslugeta þeirra virkjana sem eru nú komnar í rekstur nemur um 1,3 TWh/a eða aðeins um 6,5% af því sem hér er talið mögulegt.

1.3 Aðrar orkulindir

Aðrar orkulindir en vatnsorkan og jarðhitinn eru eða hafa ekki verið taldar miklar. Í þeim efnum er auðvitað væntingin mest varðandi hugsanlegar olíu- eða gaslindir á eða öllu heldur við Ísland. Almennt hafa ekki verið taldar miklar líkur á því að slíkar lindir fyndust á okkar umráðsvæði í því magni og við þannig kringumstæður að vinnsla gæti borgað sig. Á hinn bóginn er þekking okkar í þessum efnum afar takmörkuð og er það ekki vansalaust. Alvöru leit að þessum lindum er auðvitað okkur ofviða og heldur ekki skynsamlegt að ríkisvaldið gangi þar of langt í að kosta rannsóknir eða leit. Við eigum að fara sömu leið og grannþjóðir okkar að skapa lagaleg skilyrði fyrir því að einkaframtakið geti komið að þessu. En það skortir ekki aðeins lagalegar forsendur – sem verður væntanlega bætt úr innan skamms – heldur er almenn grunnþekking á möguleikunum of lítil til þess að vekja megí áhuga fjárfesta á þessu sviði. Því þarf visst átak í þessum efnum og er vel að nú virðist vera að glæðast á því áhugi meðal stjórnvalda.

Nokkrar aðrar orkulindir geta komið til álita:

- *Vindorka*
- *Sjávarföll*
- *Ölduorka*
- *Lífrænn úrgangur*
- *Ræktaðar gróður til orkuvinnslu*
- *Mór*

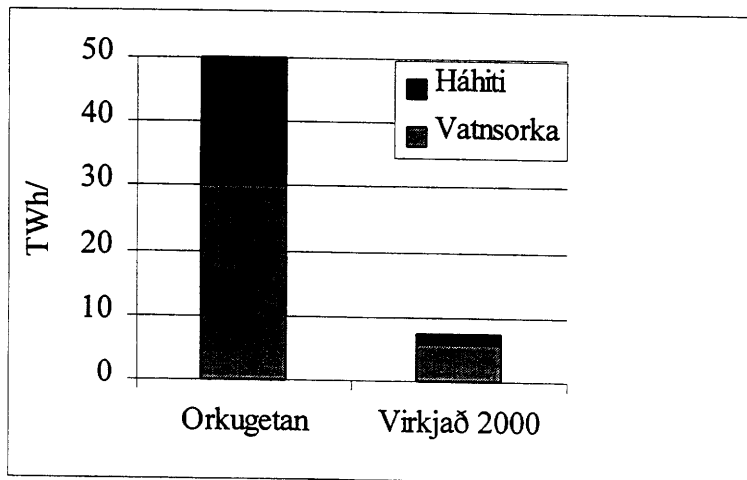
Um þessar orkulindir er lítið vitað en þó næsta fullvíst að engin þeirra getur í magni, en einkum ekki í orkuverði, keppt við okkar hefðbundnu orkulindir, vatnsorku og jarðhita. Til stendur að kortleggja vindorkuna til að fá fræðilegt mat á stærð hennar, bæði almennt en líka staðbundið þar sem helst kæmi til álita að virkja hana. Enda þótt okkur finnist rokið nóg getur vindorka aldrei orðið stærri þáttur í raforkuframleiðslunni en sem nemur 10-20%. Það orsakast af óstöðugleika vindsins.

Orka sjávarfalla og sjávaralda hefur verið rannsökuð allvíða um heim og verður ekki séð að þar sé feitan gölt að flá, enda komast þessar orkulindir vart á blað í orkuspám Alþjóða orkuráðsins (WEC) eða Alþjóða orkustofnunarinnar (IEA).

Nokkru öðru máli kann að gilda um lífrænar orkulindir: Mór er til í allnokkrum mæli og til er lausleg úttekt á honum. Varla er þó mótækja umhverfisvæn iðja og brennsla hans í einhverjum mæli því síður, en hann gæti þó komið til álita í sambandi við framleiðslu eldsneytis. Lífrænn úrgangur gefur m.a. frá sér metangas sem vegur allþungt í bókhaldi gróðurhúsalofttegunda. M.a. af þeim sökum gæti verið áhugavert að nýta gasið og umbreyta því í meinlausari lofttegundir. Þetta er í bígerð hjá Sorpu og er það vel. Kannað hefur verið hvort lúpínu mætti rækta í stórum stíl til eldsneytisframleiðslu. Hvað sem þessu líður þá er ólíklegt að þessar lífrænu orkulindir skipti neinu meginmáli í heildarorkubúskap okkar.

2. Eigum við að nýta orkulindirnar?

Það sem hér hefur verið sagt um getu okkar til að framleiða rafmagn má draga saman í eina heildarmynd, sbr. 3. mynd:



3. mynd: Orkulindir til vinnslu rafmagns og núverandi nýting þeirra

Er þessi framleiðslugeta, 50 TWh/a, mikil? Já, þetta eru mikil auðæfi miðað við almennar þarfir okkar, en skipta engum sköpum í orkubúskap heimsins. Svo dæmi sé tekið framleiða Danir álíka mikla raforku, að mestu með kolabrennslu.

Við höfum hingað til nýtt þessar orkulindir að takmörkuðu leyti eins og kemur fram á myndinni. En nú “þekkest sú skoðun og þykir fin”, svo lagt sé út af kveðskap Sigurðar Þórarinssonar, að við eigum lítt að virkja og helst ekkert. Heiti erindis míns felur í sér hvatningu til annars. Ekki vil ég þó gera lítið úr þessum öðrum sjónarmiðum, þegar þau eru ígrunduð og byggja á rökum en ekki aðeins tilfinningum, svo góðar sem þær annars eru. Tilfinningaeldurinn er nefnilega flöktandi. Ekki eru nema fá ár síðan að þorri almennings lá stjórnvöldum það helst á hálsi að skaffa ekki virkjanir og stóriðju með allri þeirri atvinnu sem það skapaði. Síðan hófst blessað góðærið, eða þenslan, og margir skiptu um skoðun.

Hér sem oft áður er hinn gullni meðalvegur bestur, enda þótt vandrataður sé: Bæði er að orkan verður ekki nýtt nema hún skapi viðhlítandi auð - nýting hennar getur ekki orðið sjálfsmarkmið - og síðan hitt að horfa verður til allra hagsmuna þegar landnotkun er ákveðin, hvort sem það er til virkjanaframkvæmda eða annars. Og í þeim efnum hefur virkjanageirinn ávallt verið í fararbroddi. Umhverfissrannsóknir og mat á afleiðingum framkvæmda hafa lengi tíðkast við undirbúning virkjana og það löngu áður en slíkt varð lögbundið. Ráðherrar orku- og umhverfismála hafa nýverið gengið enn lengra með því að efna til þeirrar úttektar sem fyrr var nefnd og gengur undir heitinu *Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Það verður því ekki með sanni sagt að orkunýting sé keyrð fram af offorsi eins og þó er oft látið í veðri vaka, heldur hygg ég að fáir ef nokkrir málaflokkar í þjóðfélagi okkar fái meiri grannskoðun en einmitt orkuframleiðslan.

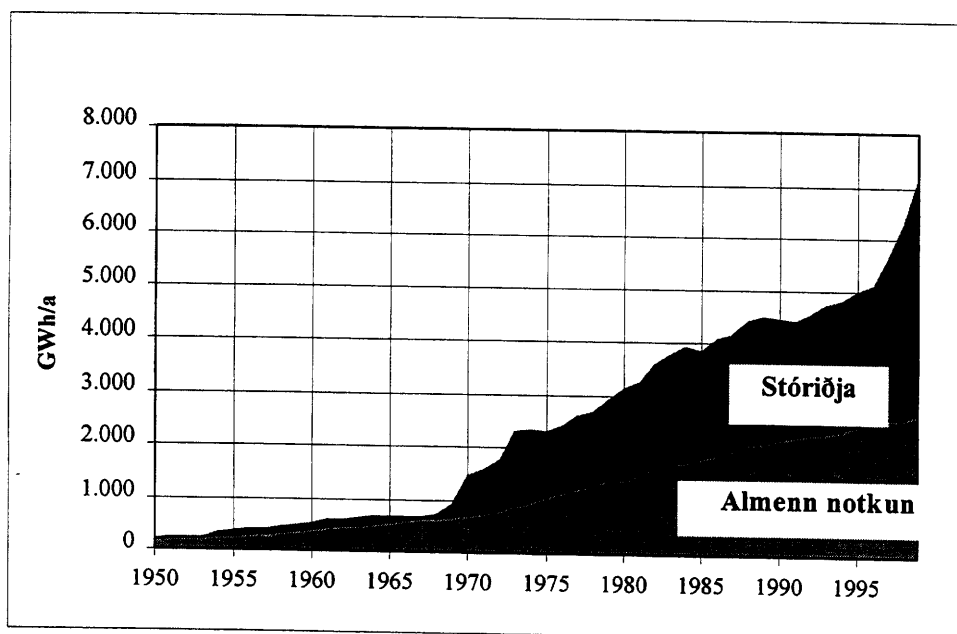
3. Hvernig má nýta orkulindirnar?

En hugum nú að því hvernig við getum með skynsemd nýtt okkur orkuna til ábata, eða a.m.k. þá orku sem við getum orðið sátt um að beisla.

3.1 Almenn notkun

Eftir því sem hagkerfin þróast dregur hlutfallslega úr orkunotkun, þ.e.a.s. að sú orka sem þarf vegna aukningar þjóðarframleiðslu verður æ minni. Hér kemur að nokkru til aukin orkunýtni í vélum-, tólum og tækjum eða bætt einangrun húsa. En öllu þyngra vegur að störfín færast æ meira frá framleiðslu til þjónustu, frá vélavinnu og orkukrefjandi iðnaði til setu við tölvur sem vart eyða meiri orku en ljósapera. Raforkuþörfin til almennra þarfa þjóðfélagsins eykst þessi árin aðeins um svo sem 50 GWh/a á ári. Með sama áframhaldi dygði því ein Fljótsdalsvirkjun á aldarfjórðungs fresti eða lítil jarðhitavirkjun svo sem fimmta hvert ár til að anna aukningu almennrar raforkuþarfar.

Til þess að nýta orkulindirnar þarf því að huga til sérstakra nota og það er einmitt leiðin sem farin hefur verið. Við höfum fyrir hálfri öld að nýta raforkuna til orkufreks iðnaðar, hálfri öld á eftir Norðmönnum og nær jafnlangt eftir að ljóða- og athafnaskáldið Einar Benediktsson hóf baráttu sína fyrir stórnotkun orkunnar.



4. mynd: Raforkunotkun 1950-1999 (Heimild: Orkubúskapardeild OS, 2000)

Nú er svo komið, eins og 4. mynd sýnir glögglega, að framleiðsla rafmagns fyrir almenna markaðinn er að verða e.k. aukabúgrein, þar sem tveir þriðju hlutar rafmagnsins voru þegar á síðasta ári nýttir til orkufreks iðnaðar.

Helstu kostir sem reifaðir hafa verið til stórnotkunar rafmagns eru þessir:

- *Orkufrekur iðnaður*
Málmbæðsla, einkum álbræðsla.
- *Beinn útflutningur um sæstreng*
Til Stóra-Bretlands eða meginlands Evrópu.
- *Eldsneytisframleiðsla*
Einkum rafgreining á vatni til framleiðslu vetnis.

3.2 Áliðnaður

Hingað til hafa helstu stórkaupendur á rafmagni verið álbræðslur. Tvær hafa þegar verið reistar og er önnur þeirra í stækkun. Eftir það verður ársframleiðslugeta þessara tveggja verksmiðja um 250 þús. tonn og orkuþörfin nálægt 3,7 TWh/a. Ekkert bendir til annars en að eftirspurn eftir áli muni halda áfram í heiminum og við ættum því að geta haldið áfram uppbyggingu áliðnaðar okkar. Fyrir utan þær takmarkanir sem við setjum okkur sjálf, er það vart annað en verðþróun álsins sem getur vafist fyrir okkur. Erfitt er að spá þar um. Vissulega er það svo að álverð hefur lækkað að raungildi s.l. tvo áratugi eða svo, sem er sumpart í samræmi við almenna þróun á raforkumarkaði og þá sérstaklega það verð sem álver hafa verið að greiða fyrir raforkuna. Hér þarf því að hafa hæfilega blöndu af bjartsýni og raunsæi þegar áætlanir eru gerðar. Ég veit raunar að óþarfi er að brýna forsvarmenn í þessum efnum. Mér er kunnugt um þá aðferðafræði sem Landsvirkjun notar við mat á áhættu í raforkusölu sinni til orkufreks iðnaðar og álveranna sérstaklega. Þar er vandlega að verki staðið eins og vera ber.

3.3 Sæstrengur

Ekki er skynsamlegt að hafa of mörg egg í sömu körfunni og einmitt þess vegna hefur verið hugað að því að nýta raforkuna til annars en álframleiðslu. Járnblendiverksmiðjan er dæmi þar um svo og ráðgerð magnesíumframleiðsla. En þetta er allt málmiðnaður af svipuðum toga. Það annað sem hefur verið rætt er einkum tvennt: Beinn útflutningur rafmagns um sæstreng og eldsneytisframleiðsla.

Flutningur rafmagns um sæstreng til grannlandanna er tæknilega mögulegur, orkutöpu eru tiltölulega lítil en hagkvæmnin vefst fyrir mönnum. Það þykir dýrt ef magnflutningur á raforku kostar meira en svo sem 5-10% af framleiðslukostnaðinum. Flutningur íslenskrar raforku um sæstreng til útlanda virðist kosta a.m.k. jafnmikið og sjálf framleiðslan. Enda þótt orkutapið í flutningum sé lítið þá væri verðmætistapið mikið, ef þannig má að orði komast. Þegar á móti kemur að raforkuverð virðist síst fara hækkandi í viðtökulöndunum er tími sæstrengsins ekki kominn. En hann kemur! A.m.k. eitt af eftirfarandi þarf að koma til:

- *Veruleg hækkun raforkuverðs í grannlöndum, t.d. vegna koltvísýringsskatts.*
- *Tæknilegar framfarir í gerð sæstrengja, jafnvel ofurleiðnitækni*
- *Nauðsyn á tengingu íslenska raforkukerfisins við Evrópu af öryggis- eða samkeppnisþörfum.*

Það er hugboð mitt að síðast nefnda forsendan verði fyrst uppfyllt. Það kann að vísu að leiða til þess að ekki verði keppt að mjög mikilli flutningsgetu, a.m.k. ekki í byrjun. En hvenær verður þetta? Alla vega ekki innan áratugar.

3.4 Eldsneytisframleiðsla

Fyrir eða síðar verður skortur á jarðefnaeldsneyti, alla vega verðmætasta hluta þess, olíu. Framboð verður takmarkaðra og verð hækkar. Þetta hefur að vísu verið sagt lengi og ef eitthvað er þá lengist heldur í snörunni: Þekktar birgðir eldsneytis duga til æ lengri þarfa mannkyns, a.m.k. miðað við núverandi stöðu. Við hljótum þó að verða að ganga út frá þeirri forsendu að smám saman minnki framboðið miðað við eftirspurn og verð fari hækkandi. Enda þótt við framleiðum allt okkar rafmagn og allan okkar hita til húshitunar úr innlendum orkugjöfum þá erum við mjög svo háð olíuinnflutningi.

Allt þetta hefur leitt mæta menn til að huga að innlendri orkuframleiðslu með þeirri gnótt rafmagns sem við getum aflað okkur. Á Orkustofnun hafa verið gerðar skýrslur um málið í ein tuttugu ár. Og nýverið hefur verið stofnað þróunarfélag með fjölbjóðlegri aðild til að þoka þessari hugmynd áfram.

Ég tel rétt og skynsamlegt að við höldum vöku okkar í þessum efnum, kostum kapps um að fylgjast vel með framþróuninni og vera tilbúin að grípa tækifærin þegar þau gefast. En við getum vart lagt mikið af mörkum hvorki fjárhagslega né tæknilega. Og viðleitni okkar í þeim efnum mun ekki hafa afgerandi áhrif á framvinduna út í hinum stóra heimi. En að gerðum þessum fyrirvörum langar mig að velta möguleikunum nánar upp.

Fyrst skulum við aðgæta hvaða stærðir eru hér á ferðinni. Í 2. töflu er tíundað hvað þyrfti af raforku til að framleiða eldsneyti til okkar núverandi þarfa. Hér er gengið út frá því að milliliðurinn, orkuberinn, sé hreint vetni sem brennt sé í efnarafölum og farartækin síðan knúin með rafhreyflum. Miðað við núverandi þekkingu er þetta sú leið

sem krefst minnstrar orku, vegna góðrar orkunýtni í efnarafölum í samanburði við hefðbundnar brennsluvélar.

<i>Vetni í stað olíu og bensíns</i>	Orka GWh/a	Afl MW
Landsamgöngur	1900	240
Skip	2900	360
Alls	4800	600

2. tafla: Orkuþörf til að framleiða vetni fyrir landsamgöngur og skip

Hér verður að hafa þann fyrirvara að efnarafalar og annar tæknibúnaður eru enn í þróun og ekki enn komnir í fjöldaframleiðslu. Verð þeirra er því hátt og ekki séð fyrir endann á því hvort eða hvenær unnt verður að bjóða þá á markaði á verði sem stenst samanburð við hefðbundna tækni. Þá skiptir ekki síður máli að farartæki knúin rafvélum með vetni sem orkugjafa kalla á gjörbreytt geymslu- og dreifikerfi eldsneytis, viðhaldsþjónustu ökutækja o. fl. o.fl. Það eru því margir sem segja að vetni verði ekki a.m.k. í fyrstu hinn eiginlegi orkuberi heldur efnasambönd vetnis og þá einkum metanóls, sem má nota beint á hefðbundnar vélar og dreifa með hefðbundnum hætti. Og jafnvel þótt efnarafalar verði notaðir muni menn nota metanól sem síðan skili frá sér vetni í sjálfu farartækinu. En metanólleiðin krefst kolefnisgjafa auk rafmagns. Ofangreindar tölur eiga því ekki alfarið við ef metanól er orkuberinn.

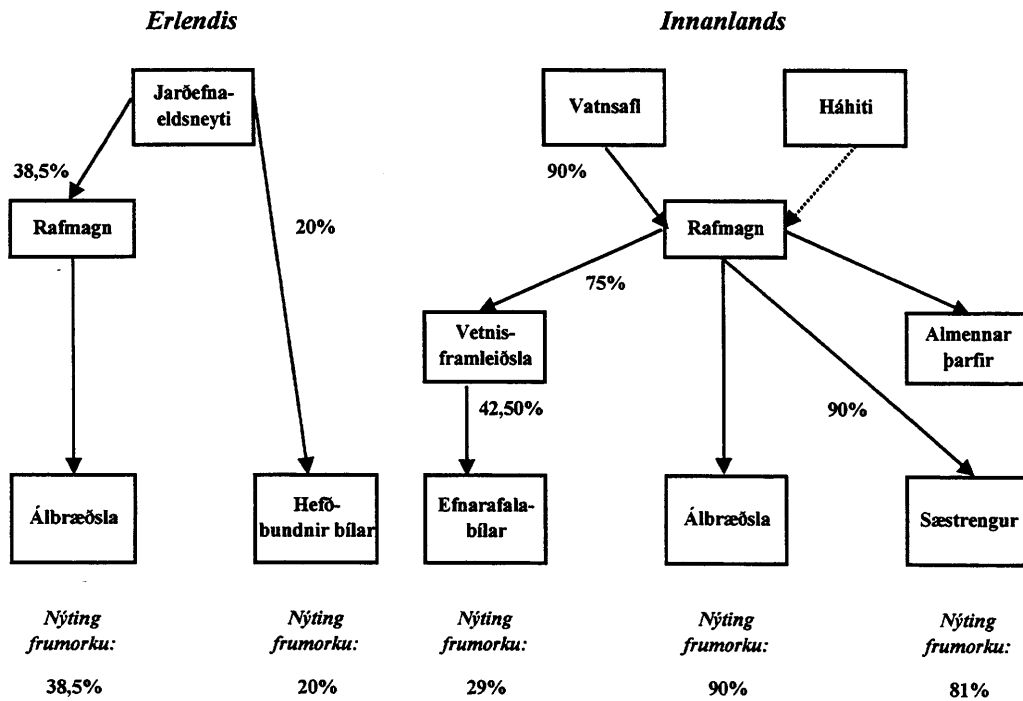
En rýnum nánar í töfluna. Kjarni málsins er sá að það þyrfti um 1,9 TWh rafmagns á ári til að reka allar samgöngur á landi með vetni framleiddu innanlands, sem er álíka og nemur framleiðslu Búrfellsvirkjunar. Skipaflotinn, þ.m.t. fiskiskipin, krefjast öllu meiri orku eða um 2,9 TWh/a. Og aftur verður að minna á að hér er miðað við orkuminnstu leiðina, beina notkun vetnis á efnarafölum, sem á enn eftir að sanna sig viðskiptalega.

Hvað þá með hagkvæmni eldsneytisframleiðslu? Útreikningar hafa sýnt að vetni framleitt með innlendu rafmagni yrði tvöfalt til þrefalt dýrara en innflutt bensín m.v. orkuinnihald. En ef tekið er tillit til þess að efnarafalar nýta orkuna í sama mæli betur en venjulegar brennsluvélar virðist endar vera að ná saman. En þá verður enn og aftur að hafa þann fyrirvara að í þessum samanburði er gert ráð fyrir að skip og farartæki, sem væru búin til notkunar vetnis með efnarafölum væru jafndýr í stofnkostnaði og rekstri og hefðbundin tæki. Og um leið að allur annar kostnaður, svo sem geymsla og dreifing eldsneytis, væri ekki hærrí. Svo er tvímælalaust ekki enn og raunar hefur ekki heldur verið sýnt eða sannað að svo verði í mjög náinni framtíð þótt væntingar margra séu í þá veru.

Ofan á þetta bætist að hin hefðbundna tækni tekur líka sífelldum framförum. Nútímabílar eru verulega sparneytnari en bílar fyrir örfáum áratugum. Og sumir bílaframleiðendur veðja á tvinnvélar, þar sem hefðbundin bensínvél framleiðir rafmagn í sjálfu farartækinu. Sú leið dregur úr eldsneytisþörf um helming eða svo við venjulega bæjarnotkun.

3.5 Samanburður á nýtingarmöguleikum

Á 5. mynd eru bornar saman á myndrænan hátt leiðir til að nýta orku okkar vistvænu orkulinda annars vegar og nýtingu jarðefnaeldsneytis hins vegar.



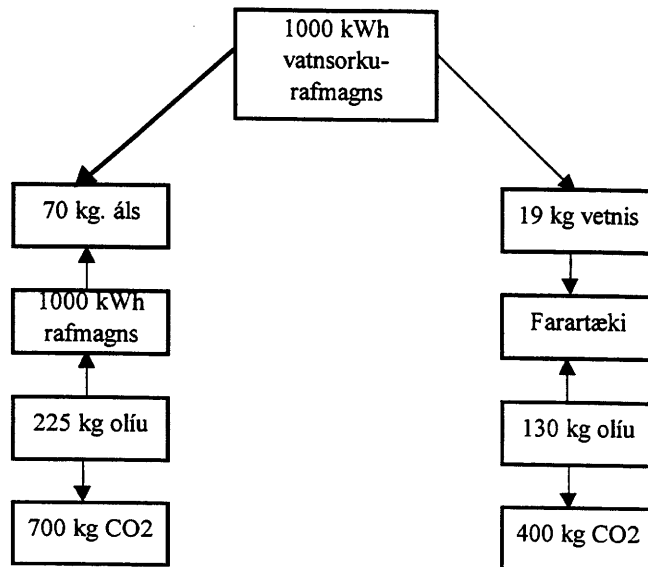
5. mynd: Nýting á raforku og samanburður á orkunýtni (tölur sýna orkunýtni)

Hér eru sýndar tvær meginleiðir við aukna notkun orkulinda okkar: Álframleiðslu (eða annan hliðstæðan orkufrekan iðnað) annars vegar og eldsneytisframleiðslu (vetni) hins vegar. Hér er dæminu stillt upp frá hnattrænu sjónarmiði og er ég þá loksins kominn að því að tengja erindi mitt þeim hnattrænu sjónarmiðum sem fram komu hér áður í erindi framkvæmdastjóra Alþjóða orkuráðsins. Spurt er hvort sé skynsamlegra frá hnattrænu sjónarmiði að við nýtum orkulindir okkar til eldsneytisframleiðslu eða álbræðslu. Þá er gengið út frá því að jarðefnaeldsneyti standi til boða annað hvort til að framleiða rafmagn til álbræðslu einhvers staðar út í hinum stóra heimi eða til að knýja samgöngutæki okkar. Á myndinni er orkunýtnin borin saman. Á mynd sem kemur síðar er annar hnattrænn samanburðarmælikvarði notaður: Losun koltvísýrings.

Tölurnar á myndinni tala sínu máli: Ef vatnsorkurafmagn er notað til álbræðslu, skila um 90% af fallorku vatnsins sér í bræðsluofnana, en í besta lagi tæp 40% af orkuinnihaldi jarðefnaeldsneytis. Aftur á móti má ætla, að um 30% af fallorku vatnsins geti endanlega skilað sér til að knýja farartækin, sé vetni milliliður og það með bestu nýtni, þ.e.a.s. efnarafölum. Á hinn bóginn verður endanleg nýtni orkunnar talsvert minni ef farartækin eru knúin jarðefnaeldsneyti (bensín, olía), eða um 20%. Ef rafmagn okkar er framleitt úr jarðgufu og jarðhitavökvinn ekki notaður til annars en raforkuframleiðslu, eru nýtnitölur verulega frábrugðnar, þar eð einungis um 10-15% af varmainnihaldi jarðgufunnar breytist í raforku við slíka framleiðslu.

Hin uppgjörsleiðin, koltvísýringsbókhaldið, er ekki síður fróðleg: Koltvísýringslosun við vetnisframleiðsluna með vatnsorku er vitaskuld engin og ekki heldur þegar vetninu er breytt í rafmagn. Brennsla á 1 kg. af olíu veldur losun rúmlega 3 kg af koltvísýringi og gildir þá einu hvort sú brennsla er til að knýja bíl eða raforkuver. Til að framleiða 1 kg áls þarf um nær 15 kWh rafmagns.

Þessar og fleiri stærðir eru lagðar til grundvallar í 6. mynd. Þar kemur fram að 1000 kWh af vatnsorkurafmagni mætti annars vegar nota til að bræða ál. Væri það sama ál brætt með rafmagni framleiddu úr jarðefnaeldsneyti losnaði um 700 kg af koltvísýringi. En þetta sama vatnsorkurafmagn mætti nota til vetnisframleiðslu og leysti það þá um 130 kg olíu (eða bensíns) af hólmi, sem aftur minnkar notkun jarðefnaeldsneytis um 130 kg og þá losun koltvísýrings um 400 kg. Ef rafmagnið er framleitt úr jarðgufu dregur lítillega úr umræddum mismun þar eð nokkuð af gróðurhúslofttegundum losnar við útblástur jarðgufu.



6. mynd: Samanburður á minnkun koltvísýrings losunar við tvenns konar notkun vistvæns rafmagns

Niðurstaðan virðist mjög einhlít: Loftslagsbreyting af völdum losunar gróðurhúslofttegunda er að flestra mati ógnun við allt mannkyn. Okkar litla lóð til að vege þar á móti vegur meira ef við nýtum rafmagn okkar til álbræðslu, enda komi það í veg fyrir framleiðslu áls með jarðefnaeldsneyti annars staðar í heiminum, fremur en að nýta rafmagnið til eldsneytisframleiðslu.

Ofangreindar upplýsingar um vetnismálin eru sóttar til sérfræðinga á Orkustofnun og Iðntæknistofnun, m.a. í greinargerð Guðmundar Gunnarssonar sem birt er sem fylgiskjal með skýrslu nefndar um nýtingu innlendra orkugjafa til framleiðslu eldsneytis, sem út kom 1999.

4. Tilraun til framtíðarsýnar

4.1 Heimssýn

Hér á undan hefur verið fjallað um ýmsa möguleika til að nýta orkulindir okkar, okkur og alheimi til hagsbóta. Einkum hafa hér verið bornir saman þeir tveir möguleikar að nota orkuna til orkufreks iðnaðar annars vegar og til framleiðslu eldsneytis hins vegar. Flestar þær alþjóða spár um orkunotkun næstu áratuga sem mér eru kunnar miðast við hægfara þróun, en engar byltingar og vísa ég þá einkum til úttekta WEC og IEA. Því er spáð

- *að jarðefnaeldsneyti verði áfram ráðandi orkugjafi a.m.k. fram yfir miðja 21. öldina,*
- *að sólarorka verði sú meginorkulind sem síðan taki smám saman við hlutverki jarðefnaeldsneytisins á síðari helmingi aldarinnar, bæði beint til rafmagnsframleiðslu en líka til ræktunar orkuríks gróðurs,*
- *að tilbúið eldsneyti (vetni, metanól) kunni að skipta verulegu máli sem orkuberi til að komu sólarorku, beinni eða óbeinni, til endanlegra notenda,*
- *en að metanól, vetni eða aðrir álíka orkuberar muni í einhverjum mæli ryðja sér rúms í bílum fyrr, fyrst og fremst til að draga úr loftmengun í borgum.*

4.2 Landssýn

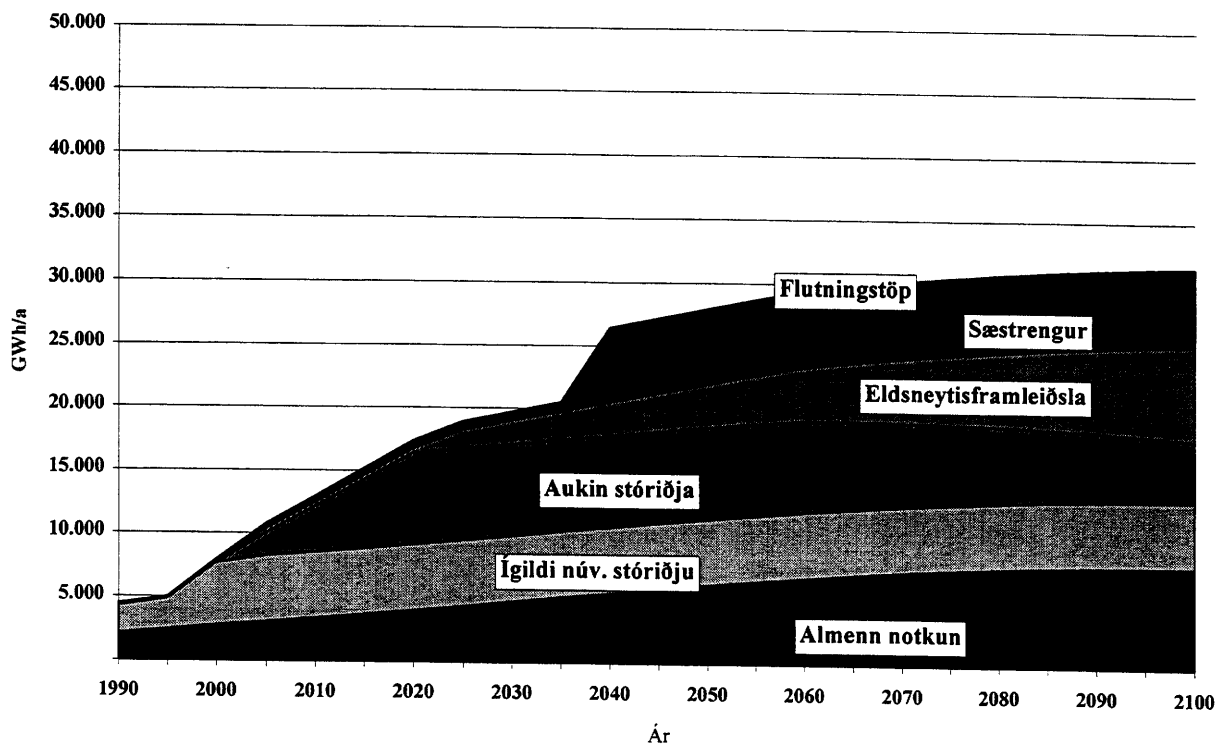
En lítum okkur nær. Hvernig gæti þróunin orðið hjá okkur? Við munum að sjálfsögðu halda áfram að nýta rafmagn til heimilisnota og almennra þarfa atvinnulífsins og þá að stóriðju slepptri. Nýjasta raforkuspá Orkuspárnefndar í þeim efnum nær til ársins 2025 og gerir hún ráð fyrir að hin almenna orkunotkun verði um 4.390 GWh/a (án flutningstapa) eða um 60% meiri en á árinu 1999. Vöxturinn undir lok tímabilsins verði um 1,7% á ári. Ýmislegt kann að benda til þess að síðan hægi á þessum vexti: Stöðnun í fólksfjölgun, meiri orkunýtni enda þótt eflaust muni þjóðarframleiðsla á íbúa halda áfram að aukast eitthvað og þá orkunotkun líka að öðru óbreyttu. Ef við gerum ráð fyrir að vöxturinn í almennu raforkunotkuninni fjari út á 21. öldinni, væri hún komin í 8 TWh/a við lok aldarinnar.

Núverandi stóriðja (með stækkun Norðuráls í 90 þús. tonn en að niðurlagðri Áburðarverksmiðjunni, eins og Orkuspárnefnd reiknar með) notar til lengdar um 5,2 TWh/a. Nú mun væntanlega ekkert núverandi stóriðjuvera endast eða verða rekið með óbreyttum hætti út alla öldina, en reiknum samt með þessari tölu sem lágmarksnotkun stóriðju öldina á enda. Ef síðan er bætt við flutningstöpum kynni heildarorkunotkun að vera komin í 13-14 TWh/a þegar 21. öldin er á enda. Enn hefur þá aðeins verið ráðstafað þriðjungji þeirra raforku sem ætti að vera til boða samkvæmt því sem á undan greinir.

Hvað þá? Það má velta fyrir sér ýmis konar framvindu: Frekari orkufrekari iðnaði eða eldsneytisframleiðslu, t.d. vetnisframleiðslu, eða útflutningi um sæstreng. Þannig er framtíð orkumála stundum stillt upp í andstæðum. Ég tel það óþarft. Bæði er að orkulindirnar eru það rikulegar að við getum vel séð fjölbreytta þróun fyrir okkur en líka að hver þáttur getur átt sér sitt afmarkaða þróunarskeið. Þannig tel ég tíma stórframleiðslu á eldsneyti ekki kominn, en hann mun efalaust koma á hinn nýju öld. Á hinn bóginn er ekki sjálfgefið að álbræðslu yrði haldið áfram út alla öldina enda þótt framan af henni yrði drjúgur vöxtur í áliðnaði eða öðrum orkufrekum iðnaði. Höfum

Það í huga að upp úr miðri öldinni, þegar vetnisframleiðsla eða sæstrengur þykja orðin fýsilegur kostur, verða núverandi álver komin á elliár. Orkusamningar við álverin eru tímabundnir. Ekkert þarf að rekast á annars horn ef vel er stjórnað. Auðvitað yrði það ekki svo að álbræðsla yrði látin víkja þegar eldsneytisframleiðsla hæfist. Í þeim markaðsbúskap sem er framundan í raforkugeiranum ræður arðsemi ferðinni, en ekki miðstýrð ákvörðun, en auðvitað að gefnum þeim skilyrðum sem stjórnvöld setja í umboði þjóðarinnar. Stórhækki verð á jarðefnaeldsneyti og yrði svigrúm til nýrra virkjana takmarkað kynnu álverin að verða undir í samkeppninni um orkuna og mundu af þeim sökum skreppa saman.

Hér verður kastað fram til íhugunar sviðsmynd, 7. mynd, þar sem orkulindirnar eru nýttar í nær síauknum mæli út 21. öldina, en þó hvergi nærri fullnýttar.



7. mynd: Dæmi um hugsanlega nýtingu íslenskra orkulinda til raforkuframleiðslu

Myndin sýnir slétta og fellda framþróun. Auðvitað yrði raunin nokkuð önnur. Stór vatnsorkuver verða ekki reist í mörgum áföngum og sama gildir um stóriðjureksturinn.

Forsendur sviðsmyndarinnar eru þessar:

- Orkufrækur iðnaður vaxi allört áfram næstu árin og nái hámarki um árið 2025 en þá hafi alls verið bæst við ígildi u.þ.b. 500 þús. tonna álframleiðslu við þá framleiðslu sem nú er (að stækkuðu Norðuráli). Þessi aukna framleiðsla gæti bætt við þjóðarframleiðsluna álíka miklu og öll fiskvinnslan leggur henni nú til.
- Eldsneytisframleiðsla (metanól eða vetni) verði fljótlega hafin í tilraunaskyni í litlum mæli, en komist á skrið þegar stóriðjuvæðingin staðnar. Það er einmitt einn tilgangur þess að draga þessa mynd upp að benda á að

eldsneytisframleiðsla og stóriðja munu eiga sér hvor sinn tíma og þurfa ekki að rekast á.

- *Nokkru eftir að stóriðjan hefur náð hámarki verði lagður sæstrengur, svo sem 600 MW. Tilgangur hans er ekki hvað síst að styrkja allt raforkukerfið með tengingu út fyrir landssteinana.*
- *Stóriðjan verði rekin í hámarki í 40 ár, frá 2020-2060, en þá verði seglin dregin saman og stóriðjan látin víkja fyrir eldsneytisframleiðslu, sem undir lok aldarinnar knýi (með notkun eldsneytisrafala) skip okkar og bílafloata. Er þá gengið út frá að orkuþörf skipanna verði ekki meiri en nú, en að orkuþörf bílanna vaxi í takt við raforkunotkun hins almenna markaðar.*

Margt getur orkað tvímælis í þessari sviðsmynd og því farið á annan veg:

- *Sumir munu segja að það eigi að nema staðar í beislun orkunnar. Að umhverfinu sé spillt og ekki megi við það bæta.*
- *Aðrir að hér sé vatn látið renna ónotað til sjávar og gufa látin bíða í iðrum jarðar. Að meðaltali væri aðeins um helmingur orkunnar nýttur á öldinni.*
- *Baráttumönnum fyrir vetnissamfélaginu mun þykja biðin löng eftir fyrirheitna landinu, en örðum að vetnisvæðingin sé enn þá óskrifað blað og ótímabært að setja hana á nokkra mynd.*
- *Ennfremur má vera að umskipti yfir í tilbúið eldsneyti kunni að gerast með allskjóttri svipan þegar að því kæmi, en ekki hægt og bitandi eins og sviðsmyndin sýnir.*
- *Orkuþörf skipa og samgangna er mjög óviss og kann að víkja verulega frá þeirri þörf sem hér er lögð til grundvallar.*
- *Sæstrengur kann að koma fyrr en hér er spáð og um hann fer rafmagn í báðar áttir sem eykur orkugetu íslenska kerfisins, og því sé ekki rétt að miða við 5 TWh/a nettóútfluting.*
- *Vera má að þjóðfélagslega verði örðugt að draga saman seglin í stóriðju þegar hún er á annað borð komin.*
- *O.s.frv.*

Skýrt skal tekið fram að sviðsmynd þessi er ekki rökstuddur spádómur. Til þess skortir margt svo sem greiningu á stefnumörkun og þjóðfélagsþróun. Þessi sviðsmynd er einungis til þess ætluð að reifa möguleikana og setja þá í talnalegt samhengi. En áhugavert væri að greina þessa kosti nánar. Orkurannsóknir taka mjög langan tíma en eru hlutfallslega ódýrar miðað við kostnað við virkjanir. Ef nægilegar undirbúningsrannsóknir eru ekki tiltækar, kann að vera að ekki verði gripið til heppilegustu virkjunarkostanna þegar skyndileg aukning verður á markaðinum fyrir orku. Framtíðarsýnir eru því nauðsynlegar.

Slíkar sýnir eru gagnlegar, ekki vegna þess að þær reynist endilega réttar þegar upp er staðið, heldur vegna þess að þær hvetja til umræðu um núverandi stöðu, hvetja til stefnumörkunar. Stór liður í slíkri stefnumörkun er einmitt sú Rammaáætlun sem ráðherra hefur þegar lýst.

4.3 Nýtum tækifærin!

Góðir áheyrendur! Undirtitill erindis míns er hvatningin “Nýtum tækifærin!” Þar lét ég undirtitilinn hjá Gerald Doucet verða mér leiðarljós: “Acting now!” eða “Hefjumst

handa". Ég hef kannski verið spar á hvatninguna. Hlutverk embættismanns sem mín, er fremur að benda á leiðir en móta stefnu. En ég efa ekki að við erum öll sammála um það að við eigum að nýta þau tækifæri sem okkar góða land býður upp á. Og þar eru orkulindirnar ekki sístar.

5. Málefni Orkustofnunar

Í þetta skiptið er lítt tómt til að fjalla um innri málefni Orkustofnunar og verður að vísa í ársrit stofnunarinnar í þess stað.

Umsvif Orkustofnunar jukust verulega á árinu 1999. Þannig jókst heildarvelta um 20% frá fyrra ári að raungildi. Unnin voru um 97 ársverk á stofnuninni árið 1999 sem var 4,6% aukning frá fyrra ári. Fjárhagur stofnunarinnar var góður á árinu og jókst höfuðstóll stofnunarinnar um 47 m.kr. eða um 7% af útgjöldum. Þá er búið að telja til gjalda fjárfestingu í tækjum og búnaði að upphæð 41 m.kr. Framlegðin úr rekstri er því alls um 88 m.kr., eða um 13% af veltu.

Það skipulag sem tekið var upp í ársbyrjun 1997 hefur fest sig í sessi og að mínu mati skilað tilætluðum árangri. Fyrir þessu er gerð nokkur grein í ársskýrslu stofnunarinnar í samræmi við ákvæði í árangursstjórnunarsamningi þar að lútandi. Ekkert mannanna verk er þó fullkomið og það er sífellt viðfangsefni að betrubæta og huga að nýjum leiðum. Við á Orkustofnun teljum okkur vera í fararbroddi í þeim efnum að laga reksturinn að kröfum um agaðan og skilvirkan ríkisrekstur sem samrýmist sanngjörnum samkeppnissjónarmiðum. Við bíðum á hinn bóginn enn eftir því að ríkisvaldið skapi slíkum ríkisrekstri eðlileg skilyrði einkum hvað fyrirkomulag starfsmanna- og skattamála varðar. Vonandi er skammt í efndir í þeim efnum.

En árangur rannsóknarstofnunar verður seint metinn eftir því hvert rekstarfyrirkomulag hennar er. Þar eru það gjörðirnar, rannsóknirnar, sem skipta máli. En einnig þar hygg ég að við getum verið hnarreist. Aðferðir til leitar að jarðhita verða sífellt betri, sem aftur endurspeglast í því að köldu svæðin svokölluðu, þau svæði þar sem heitt vatn fæst ekki til upphitunar, eru að skreppa saman. Á sama hátt verður leit að háhita til raforkuframleiðslu æ markvissari og keppt er að því ná þar árangri án dýrra djúpborana. Og vatnamælingar, sem eru grunnforsenda virkjunar vatnsfalla, hafa verið tæknivæddar með samtímamælingum og úrvinnsla þeirra efla. Eitt meginverkefni stofnunarinnar verður þó að tryggja rannsóknir í þágu fyrrgreindrar Rammaáætlunar svo að hún nái tilgangi sínum.

Um þetta o.fl. fjalla erindin hér á eftir.

5.1 Starfsmannamál

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

- *Auður Ágústsdóttir*
- *Axel Valur Birgisson*
- *Einar Kjartansson*
- *Einar Þorláksson*
- *Esther Ruth Guðmundsdóttir*

- *Guðrún Sverrisdóttir*
- *Heiðrún Guðmundsdóttir*
- *Inga Magnúsdóttir*
- *Ingibjörg Gísladóttir*

Þessum starfsmönnum eru þökkuð heilladrjúg störf. 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 1999.

6. Lokaorð

Á þessum ársfundi horfum við vítt og breytt, bæði til orkumála innan lands sem utan og fáum til þess góða gesti. Þeim sé þökkuð koman, ráðherra orkumála og framkvæmdastjóra Alþjóða orkuráðsins.

Þá þakka ég tónlistarfólkinu unga og efnilega komuna hingað. Þau fluttu okkur silungskafinn úr samnefndum kvintett Schuberts. Að baki þessu liggur ljóð. Í því segir frá veiðimanni sem fylgist með fiskinum í ánni og gleðst yfir gáska hans, en að lokum stenst hann ekki mátið og kippir í færið. Það er skammt á milli þess að njóta og nýta náttúruna. Við verðum að ná þar hæfilegum sáttum.

Raunar var ég hugsí þegar í ljós kom hvað leikið yrði. Stundum gantast ég með það að eitt erfiðasta hlutverk orkumálastjóra sé að halda hæfilegu jafnvægi milli hvatamanna fyrir virkjun vatnsfalla og jarðhita. Hér var fluttur óður um straumvötn og fiska sem í þeim lifa. Á næsta ársfundi verðum við þá að láta syngja um hverafuglinn fræga eða láta syngja “Heyrið vella á heiðum hverri”!

Í dag lætur Jón Ingimarsson af störfum skrifstofustjóra orkumála í iðnaðarráðuneytinu. Hann hverfur nú til starfa á fjárfestingarsviði, væntanlega tengdum orkumálum. Jón á sér þegar langan feril í orkumálum, fyrst á Orkustofnun þar sem hann starfaði í hálfan annan áratug. Fyrir um áratug færðist hann til iðnaðarráðuneytisins og var þar aðaltengillinn við Orkustofnun. Jón er samviskusamur, duglegur og gjörhugull starfsmaður, eiginleikar sem prýða góðan embættismann. En nú hefur einkaframtakið uppgötvað hann. Á þessum tímamótum í lífi og starfi Jóns vil ég f.h. Orkustofnunar færa honum alúðar þakkir fyrir öll samskiptin á sviði orkumála um leið og honum er óskað velfarnaðar í nýju starfi.

Ég vil að lokum þakka þeim starfsmönnum Orkustofnunar sem hafa komið að undirbúningi þessa ársfundar og útgáfu ársritsins.

**Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma
- Hlutverk Orkustofunar -**

Hákon Aðalsteinsson
verkefnisstjóri á Auðlindadeild

Ársfundur Orkustofnunar 2000 haldinn 15. mars

Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma – Hlutverk Orkustofnunar –

Hákon Aðalsteinsson, verkefnisstjóri
Auðlindadeild

Inngangur

Upphaf Rammaáætlunar má rekja til starfshópa sem umhverfisráðherra skipaði haustið 1993, með vísan til stefnu ríkisstjórnarinnar sem kynnt var undir heitinu Á leið til sjálfbærrar þróunar. Niðurstöður starfshópanna urðu grunnur að *Framkvæmdaáætlun til aldamóta um Sjálfbæra þróun í íslensku samfélagi*, sem ríkisstjórnin samþykkti í febrúar 1997. Í þessari framkvæmdaáætlun eru m.a. fyrirmæli um að iðnaðarráðherra í samráði við umhverfisráðherra láti gera rammaáætlun til langs tíma um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Í henni verði sérstaklega fjallað um verndargildi einstakra vatnasvæða og niðurstöður felldar að skipulagi. Og loks að rannsóknir verði gerðar til að afla grundvallarþekkingar á umhverfisáhrifum virkjana á Íslandi og fé lagt til þróunar rannsóknaraðferða í því skyni. Orkustofnun hóf þá þegar að huga að þessu verkefni og hvernig best yrði að því staðið. Ráðstefna undir yfirskriftinni Orkuvinnsla í sátt við umhverfið, sem Orkustofnun hélt í október 1997 í tilefni af 30 ára starfsafmæli sínu, var m.a. skipulögð með þetta verkefni í huga. Hugmyndafræði Rammaáætlunar tekur mið af samsvarandi átaki Norðmanna fyrir um tveimur áratugum, sem þeir hafa nefnt *Samlet Plan om vassdrag*, og kynnt var á ársfundi Orkustofnunar 1999.

Markmið og tilgangur

Í mars 1999 kynnti iðnaðarráðherra Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma undir kjörorðinu Maður – Nýting – Náttúra. Markmið hennar er m.a. að *leggja grundvöll að forgangsröðun virkjunarkosta með tilliti til þarfar þjóðfélagsins hvað varðar atvinnustarfsemi, varðveislu náttúrugæða, styrkingu landsbyggðar og hagsmuna allra þeirra sem nýta þessi sömu gæði, með sjálfbæra þróun að leiðarljósi*. Tilgangur forgangsröðunar er að losna úr sjálfheldu síendurtekkinna deilna um hverja einstaka virkjun. Ef vel tekst til við að skilgreina forsendur forgangsröðunarinnar og koma þeim á framfæri eru líkur á að mun almennari samstaða myndist um framkvæmdir, sem nauðsynlegar eru til að tryggja þjóðinni hagsæld, jafnframt því að vernda það sem er verndarvert.

Skipulag

Yfir verkefninu er 16 manna verkefnisstjórn og undir henni fjórir faghópar, sem skulu glíma við að meta áhrif af virkjun vatnsafls og háhita á náttúru og minjar, útivist,

hlunnindi og atvinnustarfsemi, þar á meðal ferðaþjónustu, og byggðapróun. Ennfremur er skilgreindur sérstakur samstarfsvettvangur til kynningar og samráðs við almenning og félagasamtök, og var frá upphafi gert ráð fyrir að Landvernd annaðist þann þátt. Meginhlutverk verkefnisstjórnar er að fjalla um verklag og vinna úr niðurstöðum faghópanna.

Framkvæmd

Í forskrift að verkefninu er það talið hlutverk rannsóknarstofnana viðkomandi ráðuneyta, einkum Orkustofnunar og Náttúrufræðistofnunar Íslands, að standa fyrir nauðsynlegum rannsóknum. Í samræmi við verkefnið þessara stofnana segir í forskrift að Rammaáætlun að Orkustofnun sé bakhjarl verkefnisstjórnarinnar á sviði orkumála og Náttúrufræðistofnun Íslands ásamt Náttúruvernd ríkisins í málum sem varða náttúrufar og mat á verndargildi. Það leiðir af lögboðnu hlutverki þessara stofnana að eðlilegt er að þær hafi visst frumkvæði, auk þess sem þær reyni að verða við óskum verkefnisstjórnar varðandi rannsóknir. Samkvæmt lögum um Orkustofnun er það meðal hlutverka hennar að *stunda yfirlitsrannsóknir og halda skrá um orkulindir, gera áætlanir um hagnýtingu ásamt greiningu á skilyrðum til nýtingar* (Lög. nr. 58/1967, með síðari breytingum). Meðal hlutveka Náttúrufræðistofnunar Íslands er að *leiðbeina um hóflega nýtingu náttúrulegra auðlinda og aðstoða með rannsóknum við mat á verndargildi vistkerfa og náttúruminja og áhrifum mannvirkjagerðar og annarrar landnotkunar á náttúruna*. (Lög nr. 60/1992 með síðari breytingum; 4. gr. c liður).

Gagnaöflun og nefndarstarf er fjármagnað af Orkusjóði, en hann hefur endurgreiddan rannsóknarkostnað til ráðstöfunar til þess arna. Auk þess má gera ráð fyrir framlagi vegna rannsókna og gagnaöflunar frá viðkomandi rannsóknarstofnunum og orkufyrirtækjum. Samkvæmt 2. gr. laga um Orkusjóð (49/1999) er honum heimilt að fjármagna yfirlits- og undirbúningsrannsóknir á orkulindum landsins samkvæmt áætlun sem sjóðurinn gerir til fimm ára á grunni rannsóknaráætlana Orkustofnunar. Ennfremur er orkusjóði heimilt að styrkja umhverfisathuganir í tengslum við orkurannsóknir. Í samræmi við þessi lagafyrirmæli fer Orkustofnun með framkvæmd á nauðsynlegri gagnaöflun vegna rammaáætlunar. Vegna eðlis máls og í samræmi við forskrift stjórnvalda er haft samráð um það sem gera þarf og hvernig það skal gert við bæði Náttúrufræðistofnun Íslands og verkefnisstjórn. Verkefnisstjórn *ber að fjalla um tillögur faghópanna um gagnaöflun og rannsóknarþörf og gera í ljósi þeirra tillögur í því efni til iðnaðarráðuneytisins*. Þess er vænst að önnur ráðuneyti muni styðja við verkefni sem snerta málaflokka sem undir þau heyra.

Rannsóknir

Orkustofnun hóf á árinu 1998 að skilgreina verkefnið og undirbúna nauðsynlegar rannsóknir. Ljóst er að mat á virkjunum, hvort sem er hagrænt eða náttúrufarslegt, verður sem mest að byggjast á hlutlægum og gegnsæjum forsendum og viðmiðum. Tilhögun vatnsaflsvirkjunar og mat á orkukostnaði er að mestu byggt á virkjanlegu rennsli og landslagsaðstæðum. Of dýrt og tímafrekt var talið að láta reikna samræmdar 40 ára

rennslisraðir fyrir alla vatnsorkustaði, eins og gert er við orkukerfisreikninga, t.d. í tengslum við hönnun, heldur yri að að byggja meira á mældum rennslisröðum. Þær verkfræðistofur sem mesta reynslu hafa af áætlunum um vatnsaflsvirkjanir munu verða okkur innan handar við að útfæra þessa þætti. Samningur var gerður við Vatnamælingar um að endurskoða og samræma gögn og útbúa rennslisraðir fyrir þann tíma sem viðkomandi vatnshæðarmælar hafa verið í rekstri. Byrjað var á Skjálfandafljóti og Skaftá, en samsvarandi gagnaúrvinnsla hefur þegar farið fram á rennslisröðum í Skagafirði og Jökulsár á Dal. Jafnframt er unnið að endurskoðun á afrennsliskorti, en það er nauðsynlegur liður við ákvörðun á rennslisröðum til virkjunar og veitna, sem eru fjarri vatnshæðarmælistöð. Endurskoðun vhm-gagna frá Skjálfandafljóti við Aldeyjarfoss er lokið, og þar er til 10 ára mæld rennslisröð. Mun lengri röð er til fyrir mælistöð niður við Goðafoss og er vonast til að hægt verði að nota hana ásamt öðrum löngum rennslisröðum fyrir nálæg svæði til að lengja rennslisröð fyrir Aldeyjarfoss, eða a.m.k. til að ákvarða lágrennslisröð. Verið er að endurskoða afrennsliskort af landinu, og í því skyni eru m.a. gerðar samanburðarmælingar og unnið að þróun aðferða og líkana til að dreifa úrkomu og afrennslisröðum á vatnasviðin. Dæmi af mælingum frá Vestfjörðum sýnir hve breytilegt afrennslisröð í l/s(km²) getur verið, en það reyndist sveiflast frá gildum undir 35 til gilda yfir 100 l/s(km²).

Ástæða er til að ætla að helstu áhrif vatnsaflsvirkjana á hið náttúrulega umhverfi tengist miðlunum. Því er talið mikilvægt að byggja á traustum forsendu við mat á miðlunarþörf og með hvaða hætti er séð fyrir þeirri miðlunarþörf. Ýmis önnur mannvirki geta einnig verið landslagsháð, svo sem yfirborðsveitur, en þó hefur færst í vöxt að færa veitur í jarðgöng, og má gera ráð fyrir því fyrirkomulagi þar sem hægt er að koma slíku við. Orkustofnun notar kortagrunna í mælikvarða 1:20-25.000 með 5 m hæðarlínunum við mat á landslagsháðum mannvirkjum. Jarðfræðilegar aðstæður geta einnig haft mikla þýðingu, en ekki var talið fært að gera ráð fyrir að afla nýrra gagna á því sviði vegna virkjunaráætlana, en jarðfræðirannsóknir munu frekar verða liður í almennum náttúrufarsrannsóknum.

Fyrir faghópana verður lögð svonefnd virkjunarskýrsla um hvert virkjunarsvæði. Hún mun tilgreina meginatriði um þá þætti sem faghópar þurfa að taka tillit til við mat sitt. Orkufyrirtækin munu þurfa að sjá til þess að slíkar skýrslur verði samdar um þá orkuvinnslukosti þar sem þau hafa öðlast rétt til undirbúnings eða nýtingar eða með öðrum hætti haslað sér völl. Það kemur svo í hlut Orkustofnunar að sjá til þess að skýrslur verði samdar um aðra kosti.

Rannsóknir á virkjunarsvæðum bæði vatnsafls og jarðvarma eru ákaflega mislangt komnar. Orkustofnun annast undirbúning á svonefndu forathugunarstigi, og lágmarkskröfur eru miðaðar við tiltekið forathugunarstig. Erfitt er að bera saman forathugun á vatnsaflsvirkjun annars vegar og jarðvarmavirkjun hins vegar. Þegar Orkustofnun hefur lokið forathugun á vatnsaflsvirkjun eru flestar meginstærðir, þar á meðal stærð og hagkvæmni, þekktar með þokkalegri nákvæmni. Á samsvarandi stigi í undirbúningi jarðvarmavirkjunar eins og í útfærslu Orkustofnunar, eru enn óvissa um flest sem sker úr um vinnslueiginleika svæðisins. Þar er um að ræða upplýsingar sem eingöngu verða fengnar með borunum, sem kosta meira en svo að Orkustofnun ráði við það. Hvað háhitasvæði viðkemur verður áhersla lögð á að skilgreina og afmarka líkleg

vinnslusvæði. Rannsóknaráherslur taka mið af að meta líklega vatnsgæfni, hita, útbreiðslu og staðsetningu á kjarna hvers háhitasvæðis. Viðamestar eru mælingar á sviði jarðeðlisfræði, þar sem svonefndar viðnámsmælingar eru mikilvægastar

Orkustofnun hefur talsverða reynslu af því að láta meta áhrif virkjunarhugmynda á náttúrufarsleg gæði. Þar sem oftast en ekki skortir skýr viðmið um það hvaða eiginleika tilteknir náttúruþættir þurfa að hafa til að teljast verndarverðir hefur matið fyrst og fremst byggst á þekkingu og viðhorfi viðkomandi sérfræðinga. Það getur m.a. takmarkast af yfirsýn og oft almennum skorti á þekkingu á viðkomandi náttúrufyrirbærum. Náttúruverndaráætlanir byggjast oft á mjög óljósum forsendum. Þetta á einkum við um það sem skráð er sem náttúruminjar, enda er það beinlínis markmið skráningarinnar að setja viðkomandi fyrirbæri eða svæði á nokkurskonar biðlista þar til ráðrúm gefst til rannsókna eða aðgerða sem nauðsynlegar eru til undirbúnings lögformlegri verndun, ef ástæða þykir til.

Ef hægt á að vera að skapa samstöðu um verndun einstakra náttúrufyrirbæra eða svæða verður að vera samstaða um það á hvaða forsendum er byggt. Bæði verkefnisstjórn og faghópar eru áfram um að skilgreina matsforsendur og matsaðferðir eftir því sem kostur er áður en tekið verður til við að meta einstök virkjunarsvæði. Eitt af því sem augljóslega skortir eru skýr verndarviðmið, og var því gerður samningur við Náttúrfræðistofnun Íslands um að hefja undirbúning að skilgreiningu verndarviðmiða fyrir mat á náttúruverndargildi á virkjunarsvæðunum. Á því sviði vildi Náttúrfræðistofnun fara út á nýjar brautir og taka mið af aðferðum sem hafa rutt sér til rúms í Evrópu. Samkvæmt þeim aðferðum er lífríkinu deilt upp í afmarkaðar búsvæðagerðir, sem byggja fyrst og fremst á gróðurfari. Gróðurkortagreining er því grunneining búsvæðanna. Þau eru aftur unnin á grunni hnitrétttra og tölvutækra litloftmynda. Vegna þessa var gerður samningur við Loftmyndir ehf. um gerð litloftmynda af helstu virkjunarsvæðunum á hálandinu. Þessir samningar kostuðu á árinu 1999 um 21 Mkr. Fyrstu niðurstöður mótaðra aðferða við búsvæðagreiningu og verndarviðmið verða væntanlega kynntar í apríl á vori komanda.

Tímaáætlun

Ýmsar hugmyndir hafa verið uppi um það hvenær unnt yrði að ljúka verkinu. Lengi var tekið mið á hið magnaða ártal 2000. Það var sett fram í niðurstöðum starfshóps 1995 og lifði a.m.k. til 1997. Verkefnið er hins vegar talið umfangsmeira en svo að það verði hrist fram úr erminni á örfáum árum, og nú hefur verkefnisstjórn sett sér það mark að ljúka a.m.k. 25 virkjunartilhögunum á næstu 3 árum.

Vatnsaflsvirkjanir eru valdar úr helstu kostum um virkjanir í jökulám landsins, Jökulsám í Skagafirði, Skjálfandafljóti, stóru jökulánum norðan Vatnajökuls, vötnum á Síðu, Markarfljóti og Þjórsá. Valið er í höndum Orkustofnunar og orkufyrirtækja, en almennt er gert ráð fyrir að orkufyrirtækin komi þeim virkjunarhugmyndum á framfæri sem þau hafa fengið heimild fyrir eða hafa helgað sér með einhverjum hætti.

Á sviði jarðvarma eru virkjanir á láglandi nærri byggð teknar inn í matið fyrst, bæði á Reykjanessvæði og á Hengilssvæði í grennd við höfuðborgarsvæðið og norðan heiða á NA-landi, þ.e. Hverarönd, eða nánar tiltekið Bjarnarflag, Þeistareykir og Öxarfjörður. Auk þess gerir Orkustofnun ráð fyrir að leggja fram niðurstöður forathugunar á Torfajökulssvæði, því mikilvægt er að hægt verði að taka tillit til þessa annars af stærstu háhitasvæðum landsins við gerð aðalskipulags af Fjallabakssvæðinu.

Kostnaður við verkkaup

Ef skoðuð eru árin 1999 til 2000 sem undirbúningsár, þarf ekki að koma á óvart að stærstu kostnaðarliðirnir eru vegna náttúrufarsrannsókna og aðferðaþróunar, með áherslu á verndarviðmið o.þ.h. Gerð myndkorta er hluti af þessari aðferðaþróun eins og áður er getið. Á árinu voru útgjöld Orkusjóðs til verksamninga tæplega 40 Mkr og um 11 Mkr komu af fjárveitingum til Orkustofnunar, auk vinnuframlags starfsmanna ALD. Orkustofnun eykur framlag sitt til undirbúnings Rammaáætlunar talsvert á árinu 2000, og gerir ráð fyrir að verja um 23 Mkr til verksamninga, aðallega á sviði vatnamælinga og háhitarannsókna. Önnur gagnaöflun er nær eingöngu á vegum Orkusjóðs, eða sem nemur rösklega 60 Mkr. Þar af eru 10 Mkr frá fyrra ári, sem að hluta færast milli ára með verkþáttum sem ekki var lokið við. Náttúrufarsrannsóknir eru enn fyrirferðamestar auk myndkortagerðar, en nú bætast við virkjunaráætlanir og -skýrslur og auk þess starf verkefnisstjórnar og útgjöld á hennar vegum, m.a. verður auknu fé varið til kynningar.

Háhitarannsóknir

Benedikt Steingrímsson
yfirverkefnisstjóri Rannsóknasviðs

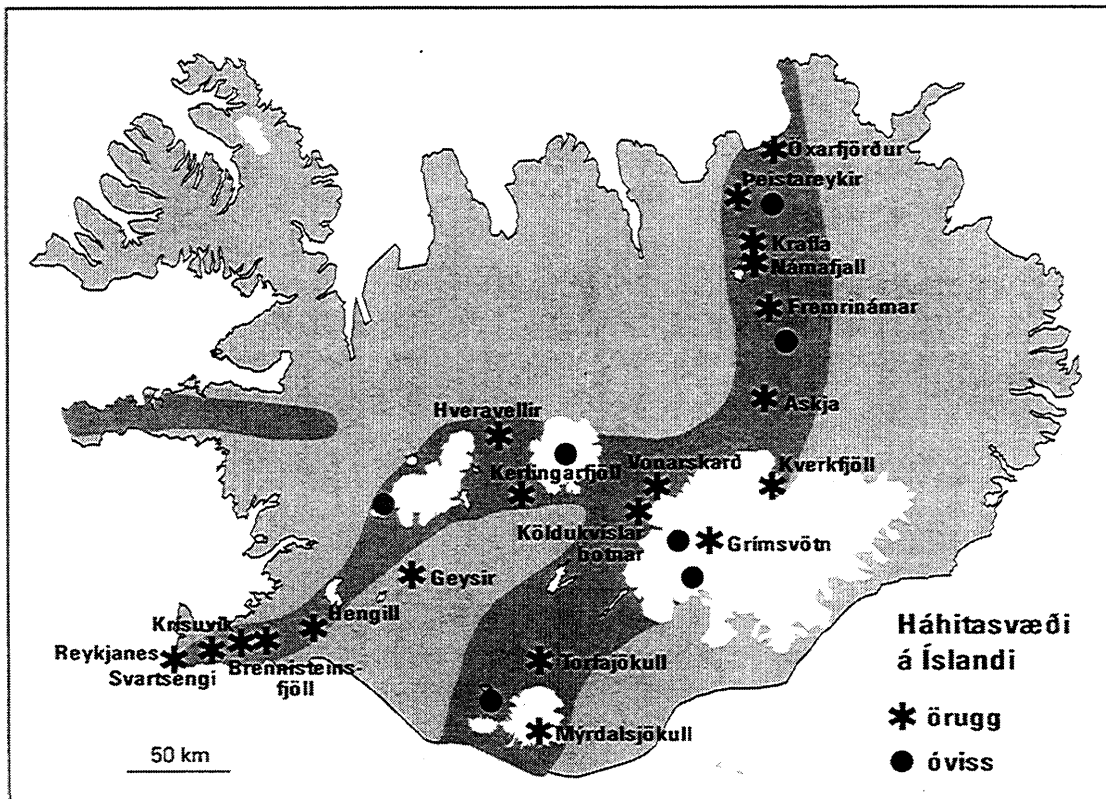
Ásgrímur Guðmundsson
jarðfræðingur á Rannsóknasviði

Háhitarrannsóknir

Benedikt Steingrímsson, yfirverkefnisstjóri
Rannsóknasviðs
Ásgrímur Guðmundsson, jarðfræðingur
á Rannsóknasviði

1. Inngangur

Rannsókn háhitasvæðanna hefur verið snar þáttur í verkefnum Orkustofnunar síðustu áratugi. Það er hefð fyrir því að skipta vinnu við rannsóknir og virkjun háhitasvæða í áfanga sem spanna allt frá fyrstu athugunum á jarðhitasvæði til reksturs virkjunar. Orkustofnun kemur að rannsóknunum á öllum stigum virkjunar, auk almennra grunnrannsókna á háhitasvæðunum og eiginleikum þeirra. Síðustu árin hafa verið sérstaklega umsvifamikil og stjórnast það af miklum virkjunarframkvæmdum, en uppsett rafafli í jarðhitavirkjunum hefur ríflega þrefaldast á síðustu 2-3 árum úr 50 í 170 MW. Lætur nærri að á árinu 1999 hafi um helmingur vinnu á Rannsóknasviði Orkustofnunar verið í háhitaverkefnum af ýmsu tagi.



Upphaf skipulagðra háhitarrannsókna á Íslandi er gjarnan miðað við mikla og merkilega rannsóknaráætlun sem framkvæmd var á Hengilssvæðinu á árunum 1947-49 að undirlagi Jarðhitasamvinnunefndar ríkisins, Reykjavíkur og Hafnarfjarðarbæjar. Þar var í fyrsta sinn beitt samtímis öllum helstu rannsóknaraðferðum jarðvísindanna

til að meta og kortleggja jarðhita. Má þar nefna jarðfræðikortlagningu, mat á hveravirkni og varmastreymi til yfirborðs, ýmsar jarðeðlisfræðilegar mælingar, könnun á efnainnihaldi vatns og gufu og borun nokkurra rannsóknarholna. Trúlega voru þetta ítarlegustu jarðhitarannsóknir sem framkvæmdar höfðu verið í heiminum á þessum tíma. Hugmyndir sem þá voru um nýtingu Hengilssvæðisins beindust aðallega að suðausturhlutanum í nágrenni Hveragerðis, en þó var einnig kannaður sá möguleiki að leggja hitaveitu frá Kolviðarhóli til Reykjavíkur. Ekki taldist það þó hagkvæmur kostur.

Mikil þróun hefur átt sér stað í háhitarannsóknum á síðustu fimmtíu árum. Þrátt fyrir það er margt af því sem þá var gert fullboðlegt enn þann dag í dag. Þá var fjöldi háhitasvæðanna talinn vera um tíu, en er nú talinn vera vel á þriðja tuginn (sjá mynd). Mismikil áhersla hefur verið lögð á rannsóknir háhitasvæða og hefur umfangið að jafnaði verið mest samhliða virkjun þeirra. Þannig koma inn áberandi álagstoppar vegna nýtingu háhitasvæðanna í Bjarnarflagi á sjöunda áratugnum, í Kröflu og Svartsengi á áttunda áratugnum og á Nesjavöllum á níunda áratugnum. Jafnframt hafa verið stundaðar almennar rannsóknir á eðli háhitans, verklag rannsókna skilgreint og mat lagt á orkuforða svæðanna.

Á árinu 1981 fól Iðnaðarráðuneytið Orkustofnun að gera heildaráætlun um skipulagðar rannsóknir á háhitasvæðunum í samræmi við þingsályktunartillögu sem Alþingi hafði samþykkt í maí 1981. Áætlunin birtist í skýrslu ári síðar. Þar var gerð grein fyrir áfangaskiptingu háhitarannsókna frá frumathugunum til vinnslu svæðanna og gerð framkvæmdaáætlun um rannsóknirnar þannig að tveir virkjunarkostir væru komnir á verkhönnunarstig innan 6 ára og síðan tveir nýjir virkjunarstaðir á þriggja ára fresti. Þar var og gerð úttekt á stöðu rannsókna á hverju svæði.

2. Virkjun jarðhita í skrefum

Rannsóknaráætluninni frá 1982 var aldrei hrint í framkvæmd og er ein skýringin sú að mjög hægði á eftirspurn eftir raforku á níunda áratugnum miðað við raforkuspá. Þá þótti undirbúningstími jarðhitavirkjana nokkuð langur, en samkvæmt áætluninni liðu a.m.k. 12 ár frá fyrstu athugunum á virkjunarstað uns virkjun færi í rekstur, enda var gert ráð fyrir að vinnslugeta svæðis væri þekkt þegar kæmi að ákvörðun um stærð virkjunar og svæðið virkjað í einum áfanga. Þetta er sú aðferðafræði sem notuð hefur verið við rannsóknir virkjun vatnsfalla. Á Orkuþingi 1991 var kynnt nýtt viðhorf til virkjunar jarðhita til raforkuframleiðslu. Í stað þess að fullvirkja háhitasvæði í einu skrefi eða fáum stórum (um 100 MW) var lögð til gjörbreytt stefna. Hún fólst í því að virkjað væri í tiltölulega smáum skrefum, t.d. 20 MW, og viðbrögð jarðhitasvæðis við vinnslu í 2-3 ár notuð til að meta hvort svæði stæði undir stækkun og þannig koll af kalli uns svæði teldist fullvirkjað. Grundavallarmunurinn í þessum tveimur virkjunaraðferðum er sá, að með gamla laginu er fyrst ákvarðað hver vinnslugeta svæðis er, og virkjað í samræmi við það, en með nýja laginu er hins vegar virkjað í smáum skrefum eftir því sem meira er vitað um vinnslugetuna. Virkjun í smáum skrefum þýðir að mun minni fjárfestingar er þörf áður en ákvörðun um fyrsta skref virkjunar er tekið. Með því móti má einnig standa undir hægt vaxandi almennri aukningu á raforkumarkaðnum. Undirbúningstíminn fyrir virkjun stýttist einnig og var talið að fyrir 20 MW einingar væri hægt að hefja vinnslu innan 6-8 ára frá því forathuganir hæfust á jarðhitasvæði.

Hér á eftir verður gerð grein fyrir því helsta sem gerst hefur í rannsóknum og nýtingu háhitasvæðanna á síðustu árum. Rannsóknirnar hafa að nokkru mótast af því nýja viðhorfi til völkjunar jarðhita til raforkuvinnslu sem sett var fram á Orkuþingi 1991. Í framhaldi af því stofnaði Orkustofnun til samstarfsverkefna með orkufyrirtækjunum um annars vegar rannsóknir á jarðhita til raforkuvinnslu og hins vegar til átaksverkefnis um umhverfisáhrif jarðhitaýtingar. Að síðarnefnda verkefninu kom einnig umhverfisráðuneytið. Síðustu árin hefur orðið mikill fjörkippur á raforkumarkaðnum og hefur aukinni eftirspurn eftir raforku verið mætt að hluta með nýjum jarðhita-virkjunum á síðustu 3-4 árum.

3. Verkefnið "Rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu"

Á árinu 1992 hleypti Orkustofnun af stokkunum verkefni sem hlaut nafnið rannsókn jarðhita til raforkuvinnslu. Undirritaður var í mars þetta ár rammasamningur um þetta samvinnuverkefni milli Hitaveitu Reykjavíkur, Hitaveitu Suðurnesja, Landsvirkjunar og Orkustofnunar. Ári síðar kom Hitaveita Akureyrar inn í samstarfið. Verkefnið skiptist í vel skilgreinda undirverkpætti og var þátttaka orkufyrirtækjanna mismunandi eftir verkpáttum. Markmið verkefnisins var tvíþætt:

1. Að rannsaka ákveðin háhitasvæði og afla nægilegra upplýsinga um einstaka virkjunarstaði og meta hagkvæmni þeirra.
2. Að rannsaka almenna forðafraðilega eiginleika háhitasvæða eins og lekt, varmaleiðni, eðlismassa, poruhluta og ummyndun bergs á háhitasvæðum, en þessir eiginleikar ráða miklu um gæfni háhitaborholna og hver vinnslugeta háhitasvæðanna er.

Af verkpáttum sem tengjast fyrra markmiðinu má nefna frumrannsókna jarðhitans í Brennisteinsfjöllum og yfirborðsathuganir í Torfajökli, sem er stærst íslenskra háhitasvæða. Báðir þessir verkpættir eru langt komnir og lýkur með staðsetningu rannsóknarholu.

Á árinu 1994 var lokið við yfirborðsathuganir og hönnun rannsóknarholu á Ölkelduhálsi austan Hengils í samstarfi við Hitaveitu Reykjavíkur og boraði hitaveitan í framhaldi af því 1038 m djúpa rannsóknarholu við Ölkelduháls. Þá lauk einnig tveggja ára samstarfsverki Orkustofnunar og Landsvirkjunar um hagkvæmni 20 MW virkjunar í Bjarnarflagi. Niðurstaðan var sú að slík virkjun væri með hagkvæmstu virkjunarkostum. Eftir langa nýtingarsögu Bjarnarflagssvæðisins vegna gufunotkunar Kísiliðjunnar og 3 MW raforkuvers, þá ákvað Landsvirkjun að skoða möguleika á að reisa 40 MW virkjun. Enn hefur þó ekki orðið af framkvæmdum, en Landsvirkjun vinnur nú að umhverfismati fyrir 40 MW virkjun í Bjarnarflagi.

Nokkrir verkpættir innan verkefnisins miða að aukinni þekkingu á forðafraðieiginleikum háhitasvæðanna. Þessir verkpættir eru unnir í samstarfi við Hitaveitu Suðurnesja og Orkuveitu Reykjavíkur og eru enn í gangi. Safnað hefur verið skipulega um 500 bergsýnum, einkum úr útkulnuðum háhitakerfum til að koma upp gagnabanka um forðafraðistuðla. Þá voru einnig gerðar mælingar á borkjarna af 800 m dýpi í

rannsóknarholunni á Ölkelduhálsi og könnuð áhrif niðurdælingar á vinnslutilhögun á háhitasvæðum.

Ýmislegt athyglisvert hefur komið í ljós úr þessum mælingum. Þannig má nefna að mjög lítill munur er á virkum og heildarporuhluta í íslensku bergi. Þá hefur móberg sérstaklega og einnig súrt berg hærri poruhluta en basalthraun og innskot. Yfirleitt gildir að lekt bergtegunda eykst með vaxandi poruhluta. Þannig leiðir móberg betur vatn en basaltinnskot, en ummyndun dregur hins vegar bæði úr lekt og poruhluta eins og við var að búast. Með þetta í huga er ljóst að móberg, sem hefur hæstan poruhluta og mestu lekt, er heppilegasta geymslubergið fyrir jarðhitavökva frá vinnslu-sjónarmiði.

Fræðileg athugun á áhrifum niðurdælingar á háhitasvæði bendir til þess að heppilegast sé að dæla niður í jaðra svæðis í stað þess að dreifa vinnslu- og niðurdælingarholum um allt vinnslusvæðið.

4. Mat á vinnslugetu háhitasvæða

Vinnslugeta jarðhitasvæðis ræðst af mörgum þáttum. Má þar nefna stærð þess, hitadreifingu, vatnsinnihald og lekt ásamt náttúrulegu streymi vatns og varma að og frá svæði. Upplýsingar um þessi atriði fást aðeins með margra ára athugunum á viðbrögðum svæðis við vinnslu. Þetta skýrir m.a. hvers vegna talið er heppilegra að virkja í smáum og mörgum áföngum í stað fárra stórra. Haldgóð þekking á forðafraðilegum eiginleikum svæða er einnig nauðsynleg og því hefur verið lögð mikil áhersla á uppbyggingu gagnabanka um lekt og poruhluta og aðra forðafraðilega eiginleika íslensks bergs. Þetta kallar einnig á gott eftirlit með vinnslu úr jarðhitasvæðum og þeim breytingum sem vinnslan veldur í þeim svo sem þrýstilækkun eða breytingum í vermi (hita) eða efnainnihaldi jarðhitavökvens. Reynslan af vinnslunni er notuð til að segja til um hvort jarðhitasvæði er of hart keyrt eða hvort það þoli meiri vinnslu.

Til að meta áhrif vinnslu á háhitasvæði hafa verið þróuð reiknilíkön til að herma viðbrögð svæðanna og spá fyrir um viðbröð við framtíðarvinnslu. Orkustofnun hefur verið lengi í samstarfi við Lawrence Berkeley rannsóknarstofnunina í Kaliforníu, en þar er miðstöð þróunar í hermireikningum fyrir háhitasvæði. Samstarfið hófst um 1980, þegar heimsins fyrsta fjölkubbalíkanið var sett upp fyrir Kröflusvæðið, og var framhaldið við hermun Nesjavallasvæðisins 1984-1998. Á þessum árum fóru líkanreikningarnir fram á LBL, en hafa færst yfir til Orkustofnunar á síðustu árum. Kröflulíkanið hefur t.d. verið endurgert á síðustu þremur árum og Nesjavallalíkanið var sett upp á tölvum Orkustofnunar í lok síðasta árs.

Vinnsluspár hermireikninga eru notaðar til að meta hversu mikla vinnslu viðkomandi háhitasvæði þolir auðveldlega næstu árin og er þá gjarnan miðað við þrjátíu ára tímabil, sem er sá afskriftartími sem miðað er við fyrir virkjunarframkvæmdir.

5. Háhitaboranir síðustu ára

Eftirspurn eftir raforku hefur aukist mjög mikið á undanförmum árum og hafa jarðhitavirkjanir svarað þessu að hluta. Þannig var tók Landsvirkjun ákvörðun árið 1966 um að setja niður vél 2 í Kröflustöð og koma virkjuninni í 60 MW eins og upphaflega var áformað. Sama ár ákvað Borgarráð Reykjavíkur að endurbyggja orkuverið á Nesjavöllum og hefja þar 60 MW raforkuvinnslu. Ári síðar hóf Hitaveita Suðurnesja undirbúning við að auka raforkuvinnslu sína úr 16,5 í 45 MW. Uppsett afl jarðhitavirkjanna hefur því aukist úr 50 í 170 MW á síðustu 2-3 árum. Í raforku jafngildir þetta um 1360 GWst/ári, sem er um 15-20% af raforkuframleiðslunni í landinu. Á Nesjavöllum og í Svartsengi eru auk raforkuvers rekin um 200 MW varmaorkuver. Þessar virkjanir eru ásamt Búrfellsvirkjun stærstu orkuver landins.

Stækkun orkuveranna á Nesjavöllum, í Kröflu og í Svartsengi hefur kallað á miklar boranir. Alls hafa 15 djúpar vinnsluholur verið boraðar á þessum svæðum frá 1996 til 1999. Þar að auki lét Hitaveita Suðurnesja bora eina djúpa vinnsluholu á Reykjanesi á síðasta ári.

Yfirlit um afl og afköst þessara borholna er birt í meðfylgjandi töflu. Þetta eru mjög öflugar holur sem skila að meðaltali um 64 MW í varmaafli, en til raforkuframleiðslu er meðaðflið 7,8 MW. Til samanburðar má geta þess að meðalháhitahola á heimsvísu skilar um 20 MW í varma eða um 3 MW í rafafli.

Stefnuborun hefur verið beitt í vinnsluborunum í Kröflu og á Nesjavöllum. Með þeirri tækni má auðveldlega sveigja 2000 m djúpa borholu um 500-700 m frá lóðlínu. Með stefnuborunum er margþættur ávinningur þrátt fyrir að sjálf boraðferðin sé dýrari en borun á beinum holum. Hægt er að koma fyrir mörgum holum á borteig og minnkar það m.a. kostnað við borplön, vegi og lagnir frá holum, eins og dæmi er um í Kröflu. Ennfremur opnar stefnuborun möguleika á borun í áður óaðgengileg svæði eins og gert var í Kröflu og á Nesjavöllum á síðastliðnu árum. Jafnframt er stefnuborunartækni mjög til bóta frá umhverfissjónarmiðum séð.

Utan virkjaðra svæða hafa verið boraðar tvær rannsóknarholur. Hitaveita Reykjavíkur boraði rúmlega 1000 m djúpa rannsóknarholu á Ölkelduhálsi 1994 og hlutafélagið Íslensk orka ehf. 1962 m djúpa borholu við Bakkahlaup í Öxarfirði síðastliðið haust. Báðar þessar holur lentu í um 200°C heitu jarðhitakerfi. Hvorug holan er sérlega aflmikil til raforkuframleiðslu, þótt varmaaflið sé umtalsvert.

6. Framtíðin

Fyrirsjáanlegt er að rannsókn og virkjun háhitasvæðanna mun halda áfram næstu árin. Þessa dagana er Hitaveita Suðurnesja að vinna að umhverfismati vegna virkjunar á Reykjanesi, en þar eru tiltækar tvær öflugar vinnsluholur. Önnur þeirra hefur ekki verið prófuð, en líklega gefa holurnar háþrýstigufu sem nægir til framleiðslu 20 MW rafafli, eða jafnvel meiru. Landsvirkjun vinnur sömuleiðis að umhverfismati vegna fyrirhugaðrar 40 MW jarðvarmavirkjunar í Bjarnarflagi en er einnig að skoða möguleika á stækkun upp í 100 MW í Kröflu. Þar er staðan sú að þegar er tiltæk gufa fyrir 20-30 MW stækkun, en í Bjarnaflagi eru allt að 10 MW tiltæk. Orkuveita Reykjavíkur vinnur að stækkun Nesjavalla og hyggst bora tvær vinnsluholur á þessu

ári og tvær á því næsta. Þá vinnur Orkuveitan að yfirborðsathugun á Hengilssvæðinu og á Hellisheiði og stefnir að borun rannsóknarholna innan fárra ára.

Stofnuð hafa verið hlutafélög um nokkur óvirkjuð háhitasvæði. Íslensk orka ehf. mun halda áfram að rannsaka háhitasvæðið í Öxarfirði og Þeistareykir ehf. hyggst kanna samnefnt háhitasvæði í Suður-Þingeyjarsýslu. Jarðlind ehf. hefur sótt um rannsóknarleyfi á Trölladyngju á Reykjanesi og Sunnlensk orka ehf. hefur rannsóknarleyfi í Grændal ofan Hveragerðis og er að vinna að umhverfismati vegna borana þar. Það er því nokkuð ljóst að virkjanir munu rísa á þessum svæðum innan fárra ára ef öllum öðrum skilyrðum verður fullnægt.

Á öðrum þekktum háhitasvæðum eru rannsóknir mislangt komnar. Mörg þeirra eru enn á frumkönnunarstigi, en á jarðhitasvæðunum í Brennisteinsfjöllum og á Torfajökulsvæðinu er komið að rannsóknarborunum. Hagkvæmni jarðhitavirkjana verður ekki metin án borana og vinnsluprófana á svæðunum. Ástæða er til að leggja áherslu á að háhitasvæðin verði rannsökuð að því marki að fyrirbyggjandi verði á hverjum tíma virkjunarkostnaður og framleiðsluverð á raforku frá 2-3 þremur háhitasvæðum.

VINNSLUBORANIR 1996-99
Afl borholna við vinnsluskilyrði

Háhitasvæði	Hola	Borár	Dýpi (m)	Rennsli (kg/s)	Vermi (kJ/kg)	Varmaafi (MW)	Háþrýstigufa (kg/s)	Lágþrýstigufa (kg/s)	Rafafi (MW)	Gerð holu
KRAFLA	KJ-27	1996/7	1745	19,6	1744	34	9,8	0,9	4,5	Skáhola
	KJ-28	1996	1003	60,6	1047	63		14,6	4,6	Bein
	KJ-29	1997	2103	9,2	2674	25	8,8	0	3,8	Skáhola
	KJ-30	1997	2054	33,4	2485	83	28,7	0,4	12,6	Skáhola
	KJ-31	1997	1440	6,8	2676	18	6,5	0	2,8	Bein
	KJ-16A	1997	2191	3,7	2272	8	2,8	0,1	1,2	Skáhola
	KJ-32	1998	1875	13,2	2676	35	12,6	0,1	5,5	Skáhola
	KJ-33	1999	2011	25,4	2676	68	24,2	0,1	10,5	Skáhola
	KJ-34	1999	2000	43,9	2651	116	40,9	0,2	17,8	Bein
			1825	215,8	2322	452	124,5	16,4	63,3	
SVARTSENGI	SJ-16	1998	430	35	2676	94	33,6		14,0	Bein
	SJ-17	1998	1260	80	1030	82	13,3		5,6	Bein
	SJ-18	1998	1845	80	1030	82	13,3		5,6	Bein
	SJ-19	1998	1600	80	1030	82	13,3		5,6	Bein
			1284	275	1442	340,86	73,6		30,7	
REYKJANES	RN-10*	1999	2054	80	1300	104	21,3		10,7	Bein
			2054	80	1300	104	21,3		10,7	
NESJAVELLIR	NJ-19	1999	1700	34	2676	91	32,2		16,1	Bein
	NJ-20	1999	1800	35	1400	49	10,6		5,3	Skáhola
			1750	69	2038	140	42,8		21,4	

*Hola RN-10 á Reykjanesi hefur ekki verið blástursprófuð

Nú tíma vatnamælingar - samþætt umhverfisvöktun

Árni Snorrason

forstöðumaður Vatnamælinga

Nútíma vatnamælingar – samþætt umhverfisvöktun

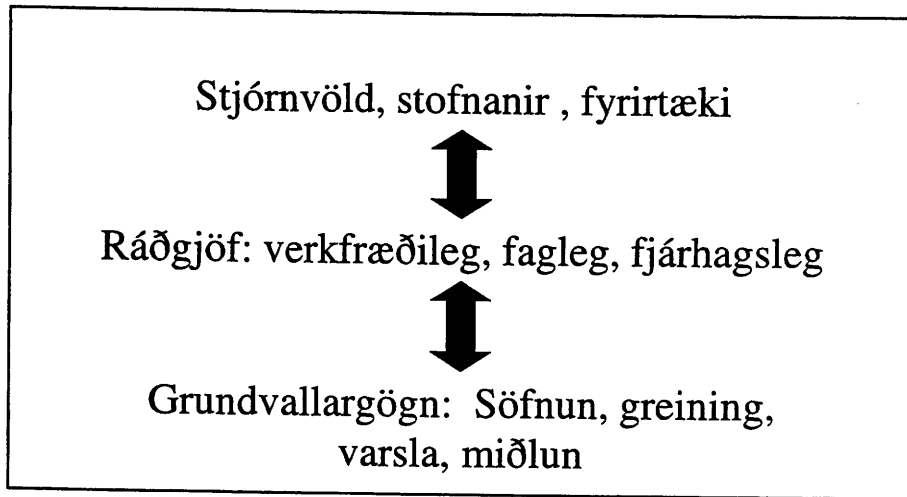
Árni Snorrason, forstöðumaður
Vatnamælinga

Inngangur

Umhverfismál skipa æ stærra hlutverk í samfélagi okkar. Fetum við þar sömu braut og nágrannar okkar og í raun heimurinn allur því nú er um það sátt að annarsveggar verður að nýta auðlindir heimsins á sjálfbæran hátt, hinsveggar verður að vernda umhverfið gegn mengun og ágangi. Lykillinn að farsælum ákvörðum um umhverfismál og sjálfbæra nýtingu er þekking á þeim þáttum sem ráða umhverfi okkar. Öðruvísi er ekki hægt að leggja mat á hverjar afleiðingar verða af tilteknum framkvæmdum eða nýtingu. Þessi skilningur byggir bæði á vísindalegum rannsóknnum og grundvallarmælingum á umhverfinu. Þar sem íslenskt umhverfi er mótað af endalausum breytileika náttúrunnar verður þessi þekking að spanna bæði rúm og tíma ef hún á að nýtast til þess að bæta þær ákvarðanir sem samfélagið þarf að taka á vettvangi nýtingar og umhverfismála. Einnig þarf hún að spanna fagleg svið, annars fæst ekki heildarmynd, né heildarskilningur á þeim ferlum sem í náttúrunni eru. Þar sem fjármunir til rannsókna og kerfisbundinna mælinga á grundvallarþáttum umhverfis okkar eru af skornum skammti verður að leita allrar þeirrar hagræðingar sem mögulegt er að ná fram í framkvæmd þeirra, m.a með samþættingu og samvinnu þeirra sem þessar rannsóknir stunda. Til þess að ofangreint náist fram þarf tvennt, annarsveggar skýra stefnu stjórnvalda um hvað eigi að rannsaka og hver eigi að fjármagna þær rannsóknir, hins vegar að skipa stofnunum samfélagsins þannig (og þar er átt við ráðuneyti, stofnanir og fyrirtæki) að hægt sé að ná markmiðum samfélagsins á skilvirkan hátt.

Nútíma vatnamælingar og samþætting

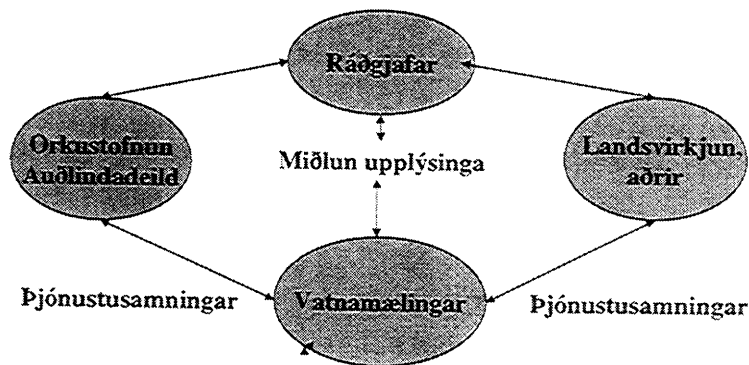
Áður en hægt er að fjalla um samþættingu í starfi nútíma vatnamælinga verður að líta fyrst á það hvar vatnamælingar eru staðsettar í ferli samfélagsins frá hugmyndum til framkvæmda. Það má hugsa sér þrjú lög (sjá mynd 1), efst er viðskiptavinurinn, sá aðili sem fer fram á tiltekna athugun, rannsókn eða hönnun. Í lagi tvö eru þeir sem annast verkið og eru því ráðgefendur t.d. verkfræðingar, umhverfisfræðingar eða sérfræðingar frá fyrirtækjum eða stofnunum, þar innifaldar rannsóknastofnanir atvinnuveganna og Háskólans. Þriðja lagið eru svo þeir sem annast öflun grundvallargagna um umhverfið, í tilfelli vatnamælinga er aflað gagna um vatnafar landsins. Auðvitað er skörun því gagnasöfnun krefst þess að öflun, úrvinnsla og varsla grundvallargagnanna sé með þeim hætti að þeir sem gögnin noti geti treyst þeim í hvívetna. Því þarf sú starfsemi að fara fram á faglegan hátt sem kallar á rannsóknir, þróun og samstarf upp í lag tvö. Eins er skörun niður á við, því ráðgjafar þurfa oft að gera ákveðnar athuganir eða fara fram á að þær séu gerðar til þess að geta sinnt sínu hlutverki.



Mynd 1. Lagskipting frá rannsóknum til ákvarðana.

Staða Vatnamælinga Orkustofnunar

Við skipulagsbreytingar á Orkustofnun fyrir rúmum tveimur árum voru Vatnamælingar gerðar að fjárhaglega sjálfstæðri einingu innan Orkustofnunar. Þær fá nú ekki lengur fjármuni af fjárveitingu til Orkustofnunar, heldur gera Vatnamælingar þjónustusamninga við Auðlindadeild Orkustofnunar (sjá mynd 2).



Mynd 2. Staða Vatnamælinga gagnvart samningsaðilum og ráðgjöfum.

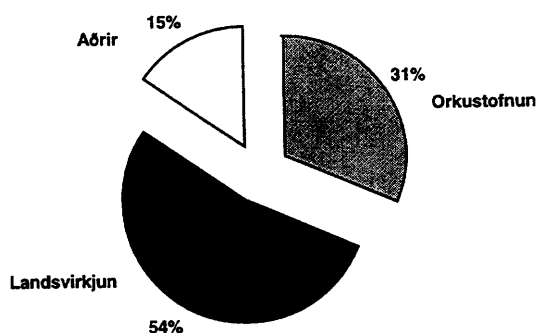
Sami háttur er hafður á í samningum Vatnamælinga við aðra aðila sem leita eftir þjónustu þeirra svo sem Landsvirkjun, Rarik, Orkubú Vestfjarða, Orkuveitu Reykjavíkur, Hita- og Vatnsveitu Suðurnesja, Vegagerðina, Borgarverkfræðing og fleiri. Gerður er þjónustusamningur og er þá reynt að semja til lengri tíma en eins árs, oft til þriggja ára í senn. Þær upplýsingar sem aflað er á grundvelli samninganna er síðan miðlað til kaupandans eða ráðgjafa þeirra eftir atvikum. Þjónusta Vatnamælinga felst m.a. í því að afla grundvallargagna um:

- Rennsli fallvatna
- Ástand grunnvatns
- Afkomu jökla
- Umhverfispætti s.s. efna- og eðlisþætti vatns, aurframburð, snjó, ísalög o.m.fl.

Einnig er úrvinnsla gagnanna, varsla þeirra og miðlun hluti samninganna.

Ekki er úr vegi að gera sér grein fyrir stærðargráðum í umfangi og kostnaði áður en lengra er haldið. Nýlega var gerð úttekt á umfangi vatnamælingastarfseminnar í landinu á vegum Orkustofnunar og Landsvirkjunar. Í ljós kom að til vatnamælinga á Íslandi er varið um 300 Mkr. á ári, og greiðir Landsvirkjun þar af ríflega helming eða 54%, Orkustofnun tæpan þriðjung eða 31% og aðrir aðilar, ýmis orkufyrirtæki og stofnanir, 15% (sjá mynd 3).

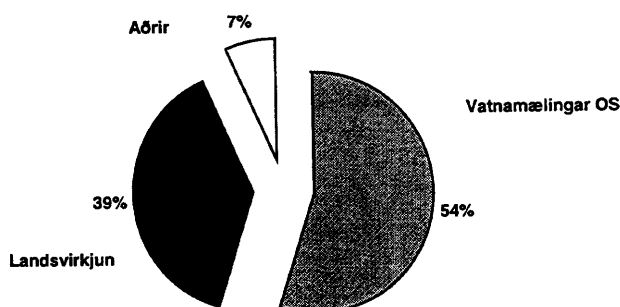
Kostnaðarskipting vatnamælinga Heildarkostnaður um 300 Mkr./ári



Mynd 3. Kostnaðarskipting vatnamælinga.

Þegar kemur að því hver framkvæmi mælingarnar, er myndin ofurlítið öðruvísi. Þá vinna Vatnamælingar Orkustofnunar sem nemur 54% af umfanginu, Landsvirkjun vinnur að 39% vatnamælinga í landinu, að mestu með eigin mannafla, en 7% verkefna deilast á aðra aðila (sjá mynd 4).

Rekstrarskipting vatnamælinga Heildarkostnaður um 300 Mkr./ári



Mynd 4. Rekstrarskipting vatnamælinga.

Sambætting

Orðið sambætting er notað yfir enska orði *integration* en það merkir heildun, að gera eitthvað heildstætt, sameina í eina heild, sambætta, tvinna saman. Hægt er að sambætta eftir mörgum víddum, eins og í stærðfræðinni. Þessar mætti nefna:

- (a) Landfræðileg
- (b) Fagleg
- (c) Aðferðafræðileg
- (d) Í markmiðssetningu og stefnumótun
- (e) Vatnafræðilegum rannsóknum
- (f) Mælitækni, mælikerfishönnun og –rekstri
- (g) Gagnagrunnum og upplýsingatækni

En af hverju ættum við að leita eftir sambættingu. Hverjum er hún til hagsbótar? Grundvallarástæða þess að við ættum að leita eftir sambættingu umhverfisrannsókna og vöktunar er hagræðing og endurbætur sem má ná fram í rekstri og rannsóknum á því sviði og sá ávinningur felur í sér:

- Heildarsýn
- Nýjar hugmyndir og lausnir
- Bættar ákvarðanir samfélagsins
- Aukna skilvirkni í starfi og rekstri

Forsendunar eru þær að:

- Áreiðanlegar grundvallarupplýsingar og þekking á umhverfinu eru forsenda þess að samfélagið geti tekið vel ígrundaðar ákvarðanir um nýtingu og verndun umhverfisins.
- Opinbert fé er takmarkað, því er mjög þýðingarmikið að stýra rannsóknum, gagnaöflun og vöktun á umhverfinu á skilvirknan hátt.

Fyrir hið opinbera, stofnanir og fyrirtæki, ætti sambætting að auðvelda stefnumörkun, hún ætti að ýta undir betri meðferð fjármuna, tryggja betri þekkingargrunn og bjóða upp á heildstæðar lausnir. Fyrir ráðgefandi fyrirtæki ætti sambætting að tryggja frekar heildstæð grundvallargögn og eins draga fram skýrari verkaskiptingu milli ráðgjafar, rannsókna og gagnaöflunar. Fyrir stofnanir eða þjónustufyrirtæki á sviði gagnaöflunar og rannsókna s.s. Vatnamælingar ætti sambætting að skila skýrara hlutverki og markmiðum, skilvirkari rekstri og sterkari faglegri stöðu. Allt leiddi þetta til aukins trúverðugleika sem er grundvallaratriði fyrir þannig fyrirtæki.

En af hverju ættu Vatnamælingar að hafa frumkvæði að sambættingu á sviði umhverfisrannsókna og –vöktunar? Þrjár ástæður eru skýrar. Í fyrsta lagi reka Vatnamælingar eitt stærsta umhverfisvöktunarkerfi landsins, þar sem er vatnshæðarmælikerfið. Í öðru lagi hafa Vatnamælingar meira en hálfir aldir reynslu í mælingum á vatnafræðilegum tímaröðum, úrvinnslu þeirra, vörslu og miðlun. Í þriðja lagi er þaðarkostnaður þess að bæta við margskonar skyldum mælingum lágur og er löng reynsla fyrir því á Vatnamælingum að tvinna saman mælingar í rekstri. Sem dæmi um það má nefna, að öll taka aurburðarsýnishorna er gerð í nánnum tengslum við rekstur vatnshæðarmælikerfisins, sama má segja um þær efnarannsóknir sem eiga sér stað á íslenskum fallvötnum.

Samræmdur gagnagrunnur um náttúru Íslands

Markmið verkefnisins er að þróa frumgerð að samræmdum, dreifðum gagnagrunni um náttúru Íslands, að meðtalinni efnahagslögsögu landsins. Frumgerðinni er ætlað að vera forveri gagnagrunns með samræmdri vefásýnd, sem nær til gagna og upplýsinga á öllum sviðum náttúruvísinda.

Að verkinu standa Vatnamælingar og Auðlindadeild Orkustofnunar, Náttúrufræðistofnun Íslands, Líffræðistofnun HÍ, Hafrannsóknastofnun, Veiðimálastofnun, Raunvísindastofnun HÍ, Verkfræðistofan Hnit, Rannsóknastofnun landbúnaðarins og Landgræðslan.

Verkefnið felst í þróun hugbúnaðartóla til að halda utan um samræmdan sýndargagnagrunn ásamt þróun á notendaviðmóti fyrir vefinn á grunni landfræðilegra upplýsingakerfa. Innifalið í þeirri þróun er að tryggja virka tengingu gagnagrunnsins við notendur og koma jafnframt á öflugu samskiptaneti fyrir þær stofnanir sem að grunninum standa. Einnig verður aðgengi að gögnum skilgreint og því stýrt eftir því sem við á. Þannig yrði t.d. hægt að tryggja samvinnuhópum vísindamanna á mismundandi stofnunum auðveldan aðgang að óunnum frumgögnum með viðeigandi lykilorði, en jafnframt að tryggja almenningi óheftan aðgang að yfirlitsgögnum um náttúrufar, sem búið væri að sannreyna á vísindalegan hátt.

Þegar á frumstigi þessa verkefnis mun verða að því ávinningur fyrir þátttakendur, því stofnanirnar eru á mjög mismunandi stigi hvað varðar tól og tæki, vinnubrögð og þekkingu. Allir hafa sínar sterku og veiku hliðar og fá hér tækifæri til að miðla af reynslu sinni og þiggja annað í staðinn. Grunnrannsóknir munu styrkjast við það að geta tengt saman náttúrufræðisupplýsingar og fá þannig samhengi í hluti sem áður voru sundurlausir, svo sem áhrifavalda og afleiðingar í vistkerfinu. Einnig aukast sóknarfæri á grundvelli víðtækari þekkingar til stærri samstarfsverkefna innanlands sem utan. Síðast en ekki síst mun almenningur og skólakerfið njóta góðs af í formi upplýsinga, sem nýst geta sem undirstaða betur rökstuddrar skoðanamyndunar og þar með leitt til betri ákvarðanatöku, auk fræðslu og menningargildis.

Ávinningur sá sem fylgir verkefninu er þó ekki eingöngu þekkingarlegur, heldur er hann jafnframt hagrænn og félagslegur. Búast má við aukinni skilvirkni við rannsóknir í kjölfarið, bæði vegna minni tvíverknaðar og aukinnar samvinnu og/eða sérhæfingar eftir atvikum. Félagsleg hvatning til samstarfs og samvinnu stækkar vísindasamfélagið á Íslandi og yfirfærsla á tækniþekkingu eykur hæfni þess í samkeppninni á alþjóðavettvangi.

Í samræmdum gagnagrunni um náttúru Íslands er fólgin samþætting á nokkrum sviðum. Sameiginlegt landupplýsingakerfi birtist í vefásýnd hans, en undir liggur sameiginlegur sýndargrunnur, þar sem gögnum er lýst á samræmdan hátt og þau sótt í samræmdan gagnagrunn. Faglega birtist samþættingin í því, að gögn sem nauðsynleg eru til að lýsa einhverju fyrirbæri á heildstæðan hátt eru sótt til margra aðila. Jafnvel eru þess dæmi að sömu mælingarnar séu eða hafi verið framkvæmdar á mörgum stöðum. Þannig skapast færi á myndun nýrrar þekkingar á sviðum eins og efna- og

eðliseiginleikum vatns og sjávar, vatnafari, hafstraumum, veðurfari, gróðurfari og vistfræði.

Jökulhlaup frá eldvirkum svæðum – eftirlits- og viðvörðunarkerfi –

Í ársskýrslu Orkustofnunar er gerð grein fyrir þróun og uppbyggingu vöktunarkerfis Vatnamælinga og verður það efni ekki endurtekið hér. Þó er rétt að draga fram hvernig samþætting snýr að þessu verkefni, en í því er samþætt eftir ýmsum víddum.

Í fyrsta lagi ber að nefna samþættingu í hinum faglega grunni verkefnisins, en þar eru aðallega þessir þættir: Vatnafar, jöklafræði og efna- og eðlisþættir vatns. Þeir sem komið hafa að faglegri þróun verksins eru Vatnamælingar og Rannsóknasvið OS, Vegagerðin, Raunvísindastofnun Háskólans, Vista og Element skynjaratækni. Verkefnið var styrkt af Rannís, Viðlagatryggingu og Vegagerðinni, en aðrir lögðu til eigið framlag.

Í öðru lagi ber að nefna samþættingu í tækni, en nútíma tölvu- og upplýsingatækni býður upp á marga nýja kosti, t.d rekstrarhæfa skynjara svo sem fyrir leiðni og hita, margrásá forritanleg tölvuskráningartæki og sífelldar mælingar. Síðast en ekki síst býður tæknin upp á símatengt kerfi sem tryggir reglubundið eftirlit og gefur möguleika á viðvörðunum.

Í þriðja lagi ber að nefna samþættingu í rekstri en símatengda vöktunarkerfið er viðbót við vatnshæðarmælikerfið og því hægt að vinna að því á grundvelli jáðarkostnaðar. Enn fremur stuðlar kerfisþróunin að tæknibyltingu í rekstri vatnshæðarmælikerfisins í heild, m.a. í öflun og miðlun gagna.

Að lokum ber að nefna samþættingu á sviði almannavarna, en kerfið er sett þannig upp að miðlægt eftirlit er hjá Neyðarlínunni 112 sem tryggir viðbrögð Vatnamælinga og miðlun upplýsinga til Almannavarna og annarra aðila sem fást við eftirlit og faglega ráðgjöf um náttúruvá. Kerfið býður einnig upp á möguleikar á svæðisbundnu eftirliti og gagnvirkri miðlun upplýsinga um vefinn, sbr. nýlega flóðahættu í Ölfusá við Selfoss.

Niðurstöður

Nútíma tækni við öflun og miðlun upplýsinga býður upp á mörg sóknarfæri í samþættingu umhverfisvöktunar og -rannsókna. Samþætting getur leitt til hagræðingar á mörgum sviðum, en henni er nauðsynlegt að ná fram því að kröfur um upplýsingar aukast stöðugt og fjármunir hins opinbera eru takmarkaðir. Að lokum er rétt að ítreka að til þess að ná fram hagræðingu við öflun og miðlun grundvallarupplýsinga um náttúrfar landsins er brýnt að leita allra leiða, þó að það kalli á breytt fyrirkomulag og uppstokkun þeirra stofnana og fyrirtækja sem stunda þær nú.