

**Ársfundur
Orkustofnunar
2004**

Reykjavík
24. mars 2004

Ársfundur Orkustofnunar 2004

OS-2004/008

Orkustofnun - Orkugarði,
Grensásvegi 9 - 108 Reykjavík
S: 569 6000 - os@os.is – www.orkustofnun.is

Orkustofnun
OS-2004/008
ISBN9979-68-139-X

Ársfundur Orkustofnunar 2004

haldinn miðvikudaginn 24. mars, í salnum Gullteigi,
Grand Hótel við Sigtún

Fundarstjóri: Helga Barðadóttir

Dagskrá:

- 13:30 Tónlist
13:40 Ávarp ráðherra orkumála Valgerðar Sverrisdóttur
13:55 Iðnaðarráðherra opnar gagnavefsjá Orkustofnunar
- 14:00 Staða orkumála á Íslandi, Þorkell Helgason, orkumálastjóri
- 14:15 Global Energy Perspectives and the Diffusion of Advanced Technologie,
Nebojsa Nakicenovic, prófessor við Vínarháskóla og alþjóðlegur ráðgjafi í
orkumálum
Erindið verðu flutt á ensku
- 15:00 Umræður og fyrirspurnir
- 15:15 Kaffi
- 15:45 Nýtt hlutverk Orkustofnunar
Elín Smáradóttir, lögfræðingur Orkustofnunar
- 16:00 Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna 25 ára
Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður JHS
- 16:30 Loftslagsbreytingar og endurnýjanlegar orkulindir
Tómas Jóhannesson, jarðeðlisfræðingur á Veðurstofu Íslands
- 16:45 Vistvænt eldsneyti – hlutverk Orkustofnunar
Ágúst Valfells, sérfræðingur á Orkustofnun
- 17:00 Fundarslit.
Þorkell Helgason, orkumálastjóri

Að loknum fundi býður Orkustofnun fundargestum upp á léttar veitingar

Efnisyfirlit

Stiklað á stóru um stöðu orkumála á Íslandi	7
Þorkell Helgason, orkumálastjóri	
Global Energy Perspectives and the Diffusion of Advanced Technologies	15
Dr. Nebojsa Nakicenovic, prófessor við Vínarháskóla	
Nýtt hlutverk Orkustofnunar	17
Elín Smáradóttir, lögfræðingur á Orkustofnun	
Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna 25 ára	23
Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður JHS	
Vistvænt eldsneyti – hlutverk Orkustofnunar	29
Ágúst Valfells, verkfræðingur á Orkustofnun	
Loftslagsbreytingar og endurnýjanlegar orkulindir	37
Tómas Jóhannesson, jarðeðlisfræðingur á Veðurstofu Íslands	

Stiklað á stóru um stöðu orkumála á Íslandi

Þorkell Helgason, orkumálastjóri

Fyrirsögn þessa ávarps í prentaðri dagskrá er býsna ábúðarmikil en tímans vegna verður aðeins stiklað á stóru.

Að vanda mun ég þó hefja erindi mitt með umfjöllun um starf og stöðu Orkustofnunar. Það verður þó með styttra móti enda gerði ég stöðu stofnunarinnar ítarleg skil á ársfundi fyrir ári. Jafnframt er vísað til nýútkominnar ársskýrslu stofnunarinnar.

1 Ár breytinga á Orkustofnun

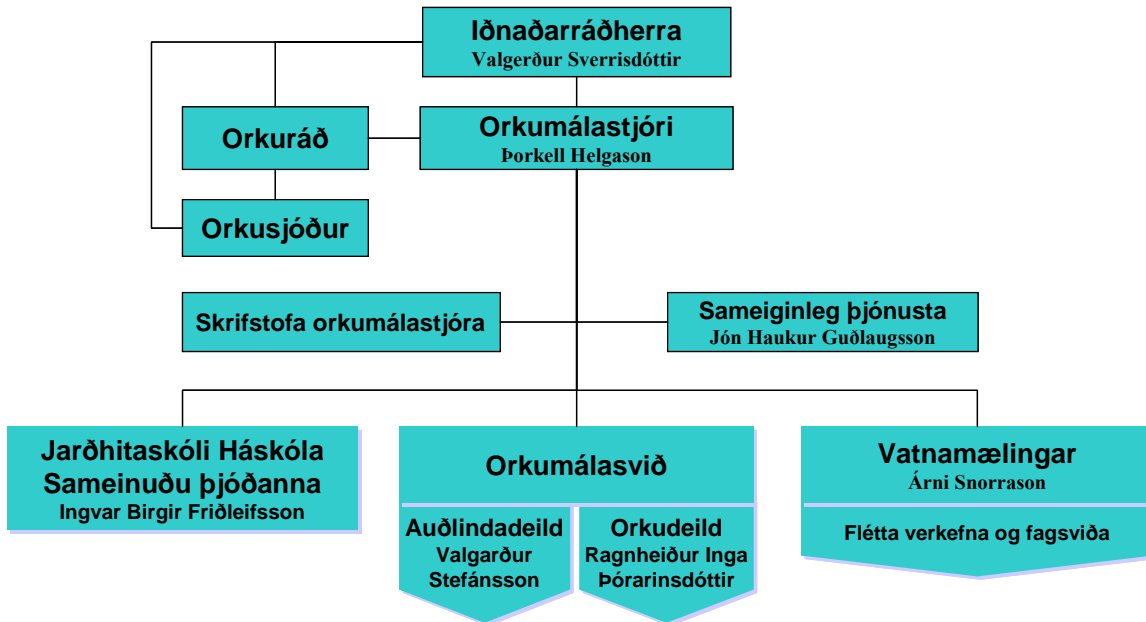
Boðuð uppstokkun á Orkustofnun tók gildi á árinu, þegar Rannsóknarsvið stofnunarinnar varð að nýrri stofnun, Íslenskum orkurannsóknnum.

Í samræmi við breytt hlutverk stofnunarinnar með raforkulögunum og annarri lagasetningu var unnið að nýju skipulagi fyrir orkumálasvið stofnunarinnar. Niðurstaðan varð sú að hafa tvær deildir, auðlindadeild og orkudeild. Segja má að á auðlindadeildinni sé fjallað um orkulindirnar áður en til nýtingar þeirra kemur, m.a. með því að standa fyrir rannsóknum á þeim og veita umsagnir um rannsóknar- og nýtingarleyfi. Á orkudeildinni er hugað að málaflöknum þegar kemur að nýtingu auðlindanna, t.d. verður þar sinnt hinu nýja verkefni á sviði raforkumála.

Auk þessarar deildarskiptingar verður skrifstofa orkumálastjóra efla og þar sinnt þeirri starfsemi sem fer þvert á deildir og svið. Þar er til húsa lögfræðispeking, kynningarmál, rekstrarstjórn og yfirsýn yfir gagnamál.

Í samræmi við framangreint voru auglýstar tvær stöður deildarstjóra og hefur verið í þær ráðið: Deildarstjóri á auðlindadeild er dr. Valgarður Stefánsson en á hinni nýju orkudeild var ráðin dr. Ragnheiður Inga Þórarinsdóttir. Valgarður á sér langa og farsæla fortíð á Orkustofnun, en Ragnheiður er ný í liðinu og er hún boðin velkomin til starfa.

Vegna breytinganna á orkumálasviði og brotthvarfs Rannsóknasviðsins var tímabært að setja stofnuninni nýtt skipurit, sem ráðherra staðfesti fyrir áramót, sjá 1. mynd. Jafnframt var reglugerð stofnunarinnar aðlöguð breyttum lögum og hefur hún nú verið staðfest af ráðherra.



Mynd 1: Nýtt skipurit Orkustofnunar

Tímamót voru ekki eingöngu á orkumálasviði. Jarðhitaskólinn hélt upp á aldarfjórðungsaðmæli m.a. með aðild að alþjóðlegu þingi um jarðhitarannsóknir sem haldið var í Reykjavík s.l. haust. Vatnamælingarnar héldu áfram að eflast, svo sem með forystu í norrænu verkefni um afleiðingar loftslagsbreytinga fyrir orkuvinnslu á norðlægum slóðum.

Þá er að geta þess nýmælis að hrint var af stað verkefni er lýtur að öflun upplýsinga og mótun stefnu um hvað eina er má verða til að draga úr notkun innflutts eldsneytis í orkubúskap okkar. Verkefnið hefur hlotið vinnuheitid “vettvangur um vistvænt eldsneyti”. Viðfangsefnið er ekki síst að aðstoða stjórnvöld, m.a. til að þau geti betur sinnt þeim mikla áhuga sem er á áformum hérlendis um nýtingu vetnis sem orkubera. Vettvangurinn mun njóta stuðnings stýrihóps nokkurra ráðuneyta. Ráðinn hefur verið starfsmaður til að sinna þessu verkefni hér á Orkustofnun, en það er dr. Ágúst Valfells. Hann mun síðar á þessum ársfundi skýra nánar frá áformunum.

Annar nýr starfsmaður: Elín Smáradóttir, lögfræðingur, mun fjalla á fundinum um þau auknu verkefni, sem falin hafa verið stofnuninni með nýjum lögum.

2 Efst á baugi í orkumálum

Auðsýnt er að margt er að gerjast í orkumálum okkar þessi misserin og mun ég nú fjalla um nokkur atriði þess. Það er vissulega erfitt fyrir embættismann að tjá sig um viðkvæm mál án þess að fara þar yfir illskilgreind mörk þess sem hæfir. En nú er talað um það á sumum alæðstu stöðum að umræðuna eigi að opna – og eftir höfðinu dansa limirnir.

2.1 Skipan raforkumála

Á s.l. ári tóku ný raforkulög gildi og nú liggur fyrir Alþingi frv. um lokafrágang á þeim mikla lagabálki. Eins og margoft hefur komið fram er tilefni laganna að kom á

markaðsfyrirkomulagi í þessum geira og innleiða um leið tilskipun Evrópusambandsins, sem gildi hefur á Evrópska efnahagsvæðinu.

Ekki eru allir á eitt sáttir, hvorki um útfærsluna og ekki einu sinni um tilefnið, hvort ástæða sé til þessara breytinga eða hvort leita hefði átt leiða til að komast hjá breytingunni. En hefði þróunin orðið öðru vísi ef tilskipunin hefði ekki komið til? Það fyrirkomulag í raforkumálum sem verið hefur, byggði á öflugri forystu hins opinbera um að sjá öllum landsmönnum fyrir öryggi í raforkumálum og um leið að stuðla með ráðum og dáð að nýtingu orkulindanna með því að koma á fót orkufrekum iðnaði. Landsvirkjun var stofnuð og rekinn til þess að vera meginstoðin í þessum efnum. Hún hafði í reynd nánast einkaleyfi á því að reisa umtalsverðar virkjanir en var um leið skylt að koma raforkunni um víðfeðmt flutningskerfi allt umhverfis landið.

En nú um allanget skeið hefur verið krafa – ekki síst frá talsmönnum raforkumála í þéttbýlinu suðvestanlands – að gefa veitufyrirtækjum kost á að nýta góða orkukosti og fá að framleiða raforku óháð þörfum og óskum Landsvirkjunar. Til hvers hefði það leitt? Í fyrsta lagi til þess að sérstaða Landsvirkjunar hefði verið afnumin. En um leið hefði verið óhjákvæmilegt að losa Landsvirkjun undan þeirri kvöð að tryggja framboð á raforku og miðla henni vítt og breitt. Þetta hefði kallað á e.k. flutningsfyrirtæki, sem allir ættu aðgang og aðild að, og bæru sameiginlega ábyrgð á. Frelsið í framleiðslu raforku hefði getað leitt til offramboðs en líka til þess að einhverjir notendur hefðu orðið útundan. Þetta hvort tveggja hefði mátt leysa með e.k. opinberu útboði á raforkuframleiðslu. En hvað með sjálfa neytendurna, kaupendur rafmagnsins? Varla hefðu þeir sætt sig við að vera fangar staðbundinna rafveitna, þegar flutnings- og dreifikerfi býður upp á að hafi megi viðskipti við hvern sem er?

Hvar hefðum við staðið með fyrirkomulagi eins og hér hefur verið reifað? Ég fæ ekki betur séð en að með því hefðum við í raun fundið upp kerfi tilskipunarinnar; við hefðum fundið upp hjólið á ný. Meira að segja gerðirnar tvær sem tilskipunin hefur boðið upp á varðandi framleiðsluna hefðu komið til álitu: Útboðsleiðin og leyfisleiðin.

Þá er jafnframt á það að líta að með tilskipun Evrópusambandsins er ekki aðeins verið að innleiða samkeppni, þar sem henni verður við komið, heldur ekkert síður að skerpa skilin á milli þátta raforkugeirans, draga fram hlut hvers um sig í verðmynduninni til þess að auðvelda kostnaðargát. Og ekki verður annað sagt en að formlegt eftirlit ríkisins með sérleyfisþáttum orkumála hafi verið lítið hingað til. Við hefðum því örugglega komið slíku eftirliti á óháð tilvist tilskipunarinnar.

Það eru væntingar um að breytt fyrirkomulag raforkumála verði til góðs, skapi í senn sanngjarna umgjörð fyrir starfsemina í orkugeiranum og tryggi neytendum um leið öryggi og sem ódýrast orkuverð. Þetta gerist aðvitað ekki nema allir leggist á eitt. Orkustofnun mun leitast við að leggja sitt af mörkum.

2.2 Laga- og leyfafrumskógurinn

Hér hefur verið fjallað um raforkulög sérstaklega, en fleiri lagabálkar orkumála eru í smíðum eða endurskoðun: Hitaveitulög, lög um rannsóknir og nýtingu auðlinda í jörðu og vatnalög, svo þau helstu séu nefnd. Brýnt er að ljúka þessu verki þannig að fáist heilsteyptur lagarammi. Að honum settum má segja að lagaumhverfið setji orkufyrirtækjunum þrenns konar meginreglur til að starfa eftir:

- Ákvæði um rannsóknir og nýtingu á auðlindum, með lögum um það efni, með lögum um þjóðlendur og vatnalögum.

- Ákvæði um að tillit sé tekið til umhverfisins og um starfshætti svo sem með lögum um mat á umhverfisáhrifum.
- Ákvæði um viðskiptalegar hliðar rekstrar, þ.e.a.s. raforkulög og væntanleg hitaveitulög.

Upptalning á einstökum lögum er ekki tæmandi og að auki koma ýmis lög- og reglur um hlutverk sveitarstjórna í þessum efnum.

Við endurskoðun lagaverksins ætti að huga að skýrum leikreglum, forðast skörun laga og keppa að einföldun. Þannig finnst mér mega spyrja hvort þörf sé sérstakra vatnalaga, a.m.k. orkuþáttar þeirra, eða hvort ekki eigi að skerpa þann tilgang raforkulaga og væntanlegra hitaveitulaga að setja rekstrinum einum skorður, en fjalla um auðlindanýtinguna annars staðar. Þá hljómar það ankannalega að leyfi til að rannsaka jarðhita sé háð því til hvers eigi síðan að nýta hann; en rannsóknin á einmitt að leiða nýtingarmöguleikana í ljós.

Á nýlegri ráðstefnu Samorku um stefnumótun í orkumálum var nefnt að það að reisa og reka orkuver kallaði á annan tug leyfa hjá hinum ýmsu aðilum. Þetta hlýtur að mega einfalda. T.d. mætti hugsa sér að fyrirtækin gætu lagt fram eina heilsteypta umsókn um þau leyfi sem heyra undir ríkið og geta gert það á einum stað; það væri síðan þess að miðla gögnunum til hinna einstöku leyfis- og umsagnaraðila ríkisvaldsins. Í Noregi gegnir systurstofnun Orkustofnun þessu hlutverki að verulegu leyti. Gæti Orkustofnun hér verið þessi megingátt sem orkufyrirtækin bæru sig upp við? Ég varpa þessari hugmynd hér fram til umhugsunar, enda þótt eflaust megi sjá á henni framkvæmdaörðugleika.

3 Aðgangur að auðlindum

Það hefur verið í fréttum nýlega að tvö orkufyrirtæki bera sig eftir heimild til að virkja Skjálfandafljót. Áður hefur komið upp að fleiri en eitt fyrirtæki hefur sóst eftir rannsóknarleyfi með fyrirheit um nýtingarleyfi í Brennisteinsfjöllum.

Fyrir sex árum benti ég hér á ársfundi Orkustofnunar á nauðsyn þess að settar verði reglu um útteilingu á aðgengi að auðlindum, a.m.k. þeim sem eru í almannaforsjá, og að þær verði mótaðar áður en keppni hefst um auðlindirnar, sem ég spáði að yrði þegar hillti undir markaðsvæðingu raforkugeirans. Nú sýnist mér vandinn vera í uppsiglingu.

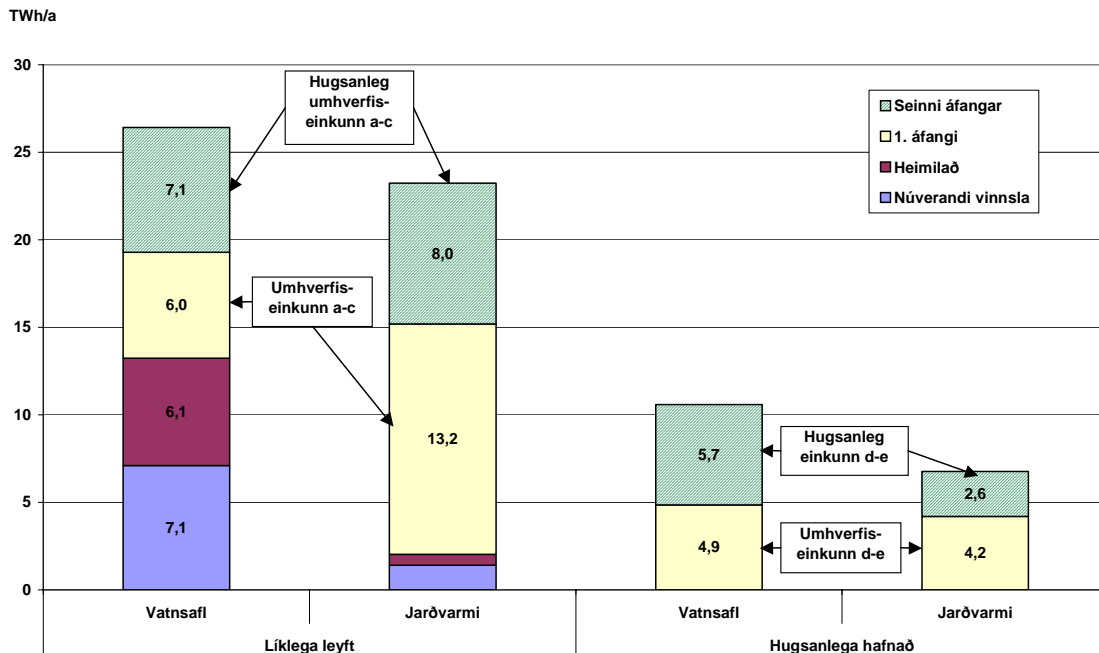
Það er ekki hlutverk Orkustofnunar að gera beina tillögu um það á hvern hátt taka megi á þessum útteilingarvanda, enda um pólitískt viðfangsefni að ræða. Hér er fyrst og fremst verið að vekja athygli á viðfangsefninu og hvetja stjórnáðilum til að leggja á ráðin um lausn þess í tæka tíð þannig að markaðsvæðingu raforkubúskaparins fylgi ekki sama óvissan og deilurnar og verið hafa um langa hríð um aðganginn að fiskimiðunum.

4 Stærð orkulindanna

Við segjum á tyllidögum að orkulindir okkar séu ríkulegar og að mestu ónýttar. Lengi hefur því verið haldið fram að afla megi um 30 TWh/a af raforku með vatnsafla og 20 með jarðvarma, samtals 50 TWh/a. Og þá hefur verið talið að búið sé að taka eðlilegt tillit bæði til hagkvæmni og áhrifa á umhverfið. Framleiðslan á síðasta ári nam um 8,5 TWh eða einungis sjötta hluti þessara mögulega.

Burtséð frá umhverfisáhrifunum eru möguleikarnir taldir enn meiri en hér segir, eða 37 TWh/a í vatnsafla og e.t.v. 30 í jarðvarma. Þetta er það umfang sem ætlunin er að taka til greiningar í rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Á liðnu ári var skilað skýrslu um 1. áfanga áætlunarinnar. Þar eru orkukostirnir metnir eftir hagkvæmni en um

leið eftir áhrifum af beislun þeirra á umhverfi og mannlíf. Virkjunarkostirnir eru dregnir í dilka í 5 flokka, a-e, eftir vaxandi óæskilegum umhverfisáhrifum. Á 3. mynd er þess freistað að draga saman niðurstöðuna úr þessum 1. áfanga. Þar eru mörkin milli þess sem telst viðunandi dregin milli flokka c og d, sem er þó alfarið á mína ábyrgð, enda hafa stjórnvöld ekki tekið afstöðu í þeim efnum.



Mynd 2: Flokkun orkukosta í samræmi við rammaáætlun

Lesi má úr myndinni að samtals fást ríflega 19 TWh/a í vatnsorku og ríflega 15 í jarðvarmanum með núverandi vinnslu, væntanlegri framleiðslu heimilaðra orkuvera auk þeirra kosta sem fá einkunnina a-c í 1. áfanga rammaáætlunarinnar. En þá er á það að líta að enn hefur ekki verið fjallað um alla orkukostina í rammaáætluninni. Því er á myndinni bætt við hlut af þeim vonarpeningi sem út af stendur. Ef þeir kostir sem falla undir síðari áfanga áætlunarinnar flokkast hlutfallslega eins og þeir í 1. áfanganum, bætast við 7 TWh/a í vatnsorku en 8 í jarðvarma. Að því tilskyldu að svo flokkist og að þá fari líka saman að þessir viðbótarkostir séu um leið nægilega hagkvæmir, gæti heildarraforkugetan mælst ríflega 26 TWh/a í vatnsorku auk 23 í jarðvarmanum eða alls nær þeim 50 TWh/a sem gengið hefur verið út frá.

Því er þetta dregið fram að sumir hafa efast um að orkukostirnir gætu safnast upp í þessa tölu, 50 TWh/a. Athyglisvert er að jarðvarminn virðist geta verið nokkru meira en talið er en vatnsaflíð ívið minna. Sumir fræðimenn í málum jarðhitans telja að magn hans gæti verið umtalsvert meira en hér er nefnt.

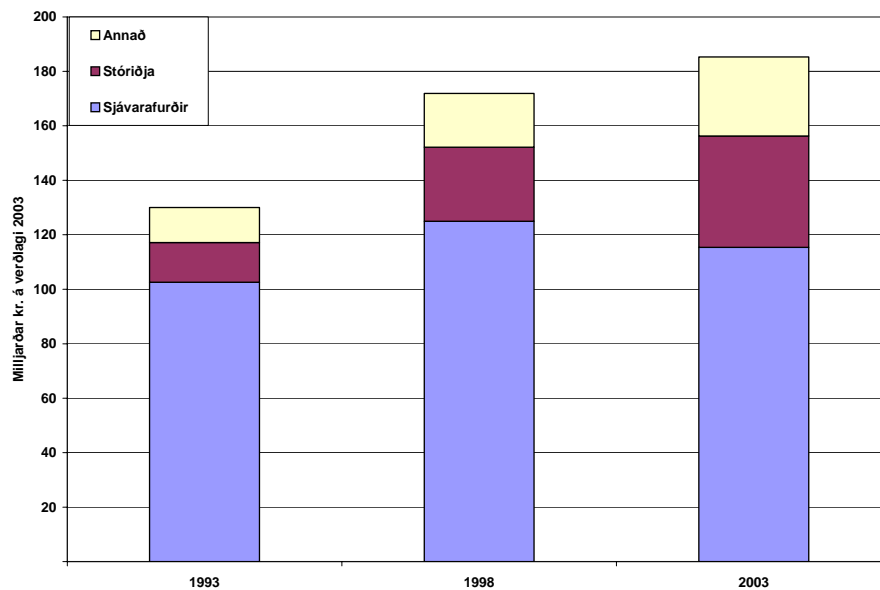
Það er eitt af forgangsverkefnum Orkustofnunar að endurmeta stærð þessara meginorkulinda okkar, vatnsafls og jarðvarma. Slíkt mat hlýtur að vera grundvöllur allrar áætlunargerðar um nýtingu orkulindanna.

5 Nýting orkunnar

Hvernig getum við hagnýtt raforkukostina? Hinn almenni innanlandsmarkaður vex afar hægt. Viljum við efla þjóðarhag með beislun orkulindanna verður að flytja raforkuna út beint eða óbeint, eða auka innanlandsmarkaðinn með sérstökum hætti. Að landið er eyja setur okkur miklar skorður í þeim efnum. Nýtingarkostirnir eru því vart aðrir en eftirfarandi:

- Orkufrekur iðnaður, einkum álver.
- Framleiðsla á gervieldsneyti, svo sem vetni.
- Beinn útflutningur um sæstreng.

Fram að þessu hefur aðeins fyrsti kosturinn verið raunhæfur, og þar hefur verið ævintýrlegur vöxtur undanfarin ár sbr. 3. mynd.

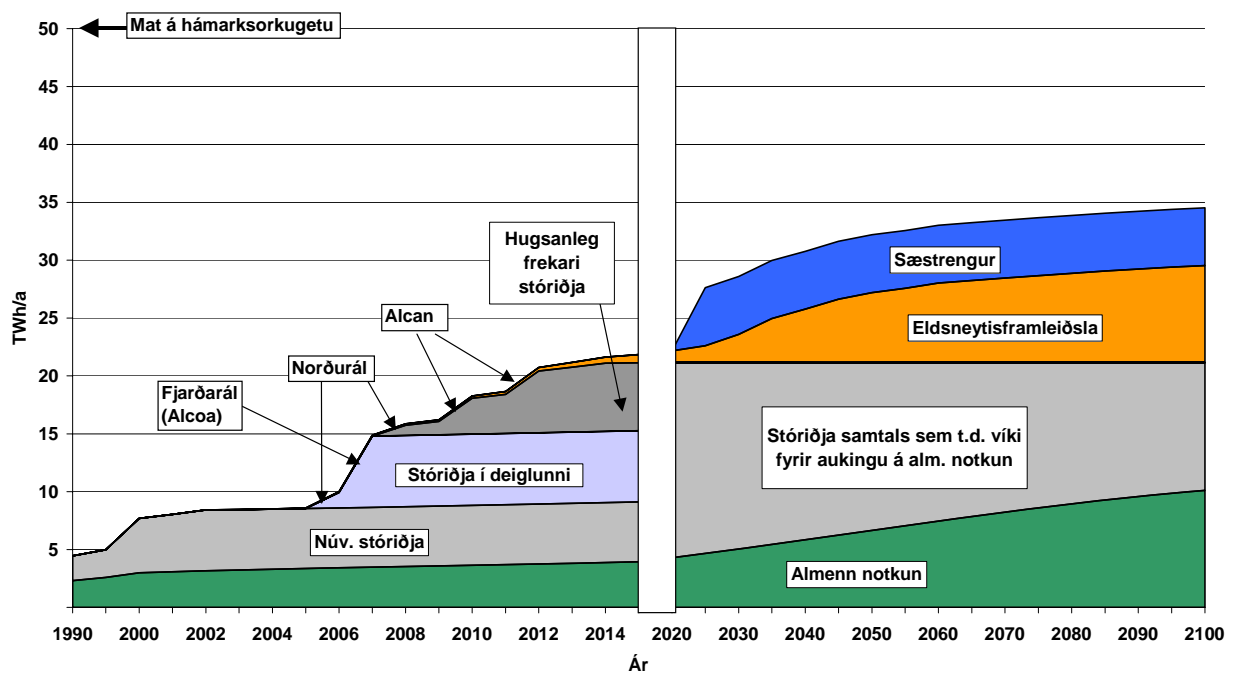


Mynd 3: Skipting á vöruútflutningi með fimm ára millibili

Enn eru sjávarafurðir hornsteinninninn í vöruútflutningi en álið er að sækja í sig veðrið og með þeim áformum sem nú eru uppi, stefnir í að álútflutningur verði jafnoki sjávarafurða innan áratugar.

En álbræðsla er ekki það eina sem kemur til greina: Nú er að vakna áhugi á vetnisframleiðslu og útflutningur á raforku um sæstreng hefur verið til skoðunar um áratugaskeið.

Þar sem hinn erlendi gestafyrirlesari okkar, próf. Nebojša Nakićenović, mun hér á eftir verða með framtíðarsýnir um orkumál heimsins langar mig því að varpa fram hugsanlegri sýn um innlenda raforkunotkun þessa öldina út, sýn sem ég hef að vísu komið fram með áður, en tekur þó ávallt nokkrum breytingum í hvert sinn sem hún er sýnd! Auðvitað verða slíkar sýnir aldrei annað en dæmi um hugsanlega þróun, en geta þó verið gagnlegar. Og það sem ég er að reyna að benda á með þessari sýn er einkum það að ein notkunin getur leyst aðra af hólmi. Þannig dreg ég fram að þótt við nýttum orkuna núna og næstu áratuginu til álvinnslu er ekki þar með sagt að svo þurfi að vera áfram. Hún gæti vikið fyrir öðru til að gefa rúm fyrir eldsneytisframleiðslu eða beinum útflutningi ef aðstæður kalla á. Auk þess er hvergi nærri búið að fullnýta orkukostina í þessari sýn í aldarlok.



Mynd 4: Dæmi um hugsanlega nýtingu íslenskra orkulinda til raforkuframleiðslu

6 Samantekt

Ég hef í rabbi þessu stiklað á stóru í orkumálum okkar sem innlegg í þá umræðu sem sífellt þarf að vera vakandi í þessum málaflokki sem og öðrum. Ég hef nefnt eftirfarandi:

- Ný raforkulög eru að mínu mati í eðlilegu samræmi við framvinduna hér innanlands, óháð tilskipun Evrópusambandsins.
- Ljúka þarf yfirstandandi endurskoðun á lagaumhverfi orkugeirans. Lagaverkið skiptist þá í tvennt: Auðlindamál annars vegar og viðskiptaumhverfi orkugeirans hins vegar. Auk þess koma ákvæði um umhverfismál.
- Huga ætti að einföldum leyfisveitingamála, jafnvel að orkufyrirtækjunum dugi að banka upp á einum stað.
- Móta þarf stefnu um aðgang að auðlindum í almannaforsjá áður en til vandræða kemur.

- Ljúka þarf endurmati á stærð orkulindanna að teknu tilliti til umhverfisáhrifa. Vætanlega staðfestist þá núverandi mat.
- Nýting orkulindanna verður ekki nema með sérstakri stórnotkun. Heillandi er að horfa langt fram á við í þeim efnum.

Global Energy Perspectives and the Diffusion of Advanced Technologies

Nebojsa Nakicenovic
International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)
and Vienna University of Technology (VUT)
naki@iiasa.ac.at

The introduction and market deployment of new and advanced energy technologies will take a long time. For example, the replacement of older by new energy systems and sources is a slow process; it might take on the order of more than 20 to 50 years to replace 80 percent of energy capital stock. Thus, it is necessary to introduce new and advanced energy technologies as soon as possible in order to achieve cost reductions and other technology improvements through learning and positive returns to scale. Most of the new and advanced energy technologies are currently costlier than their conventional counterparts in use today. Generally, cost reductions and improvements will be required to assure timely replacement of fossil intensive systems by those with lower or zero emissions. This is a global process that cannot be limited to just some parts of the world, even though the specific measures and policies need to be local. Developing parts of the world are likely to have at least to a degree different technology priorities compared to the more affluent ones.

Technology is essential for inducing development and for alleviating poverty in the world. Consequently, increases in research, development, deployment and most importantly pervasive diffusion of new energy technologies are a prerequisite for the sustainable provision of energy services. Significant technological advances will be required, including diffusion of new revolutionary technologies as well as incremental improvements of conventional energy technologies. As technologies do not diffuse autonomously but in the context of appropriate social and institutional frameworks, significant policy and behavioural changes will be also needed during the next few decades to achieve more sustainable energy development paths.

Scenarios in the literature offer, in general, a large set of alternative future developments that may be used to assess the ranges and distributions of costs and other characteristics of future energy technologies in different parts of the world. A wide range of energy technology developments is considered in 34 different scenarios developed at IIASA with an integrated assessment model for the IIASA-WEC (World Energy Council) and IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) scenario studies. These scenarios contain a comprehensive set of alternative technological developments.

The five main findings of the assessment of technology developments across these 34 different scenarios are that: (1) different development paths favour certain technologies and thus affect the direction of the overall technological change in a fundamental way; (2) research, development and deployment portfolios with different technologies are the only hedge against the uncertainties described by the ranges of the scenarios; (3) widespread and rapid diffusion of technologies implies improvements in technical performance, reduction of costs and emissions and that this is a cumulative process; (4)

“robust” generic energy sector technologies (across the wide range of scenarios) include efficiency improvements, decarbonization, clean energy carriers such as electricity, synfuels and hydrogen and in the long run also zero-carbon energy sources such as renewables and nuclear; and finally (5) the most “robust” single technologies across all variation in the 34 scenarios include combined-cycle in the medium term (during the first half of the century) and fuel cells, photovoltaics and nuclear energy in the long term (during the second half of the century).

One of the main conclusions that emerges from the assessment of alternative developments across these 34 scenarios is that technology may be more important in determining the structure of future energy systems and services than key driving forces such as availability of resources, population growth or economic development. The choice of technology options is, however, a product of changing social and economic priorities, behavioural changes, and environmental considerations.

The scenarios also show that alternative technological developments that result from many specific assumptions in energy models can lead to fundamentally different future energy systems structures and services. For example, scenarios that assume relatively abundant and inexpensive fossil energy and technology availability also tend in general to have high shares of these options. On the other hand, scenarios with slow progress of fossil technologies also often anticipate high fossil energy costs and consequently a modest degree of decarbonization of future energy systems. However, the pace and scale of technological change in scenarios are heavily dependent upon learning rates, which are a mixture of scenario inputs and outputs. They may, nevertheless, suggest areas where RD&D efforts are best focused.

Finally, there is growing evidence that alternative technological developments are “path dependent” as the result of the cumulative nature of technological learning processes. In other words, they can lead to alternative and increasingly irreversible development paths. This also means that the time available for embarking on an appropriate and sustainable long-term development path might be a limiting resource.

Nýtt hlutverk Orkustofnunar

Elín Smáradóttir, lögfræðingur

1 Aðdragandi breytinga á hlutverki stofnunarinnar

Með nýjum lögum um Orkustofnun og raforkulögum, sem tóku gildi um mitt síðasta ár, voru gerðar viðamiklar breytingar á hlutverki og verkefnum Orkustofnunar. Stofnuninni var skipt upp og ný stofnun Íslenskar orkurannsóknir, stofnuð á grunni Rannsóknasviðs Orkustofnunar, en stjórnsýsluhlutverk Orkustofnunar aukið til muna með nýjum og breyttum verkefnum.

1.1 Nefnd um skipan lögbundinna verkefna Orkustofnunar

Við undirbúning nýrrar löggjafar sem stofnunin starfar nú eftir skipaði iðnaðarráðherra nefnd um mitt árið 2001, sem fékk það hlutverk að yfirfara skipulag Orkustofnunar með hliðsjón af því aukna stjórnsýsluhlutverki sem stofnuninni hafði verið falið með lögum nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu og lögum nr. 13/2001 um leit, rannsóknir og vinnslu kovetnis. Svo og hlutverki hennar samkvæmt frumvarpi til raforkulaga og koma með tillögur um framtíðarskipan stofnunarinnar. Í erindisbréfi nefndarinnar sagði um hlutverk hennar:

“Nefndin skal meta hvernig hið aukna stjórnsýsluhlutverk samræmist núverandi skipulagi stofnunarinnar og hvort og þá hvernig þörf sé að breyta eða aðlaga skipulagið að breyttu hlutverki. Sérstaklega skal nefndin athuga hvort að nauðsynlegt sé að aðskilja orkumálahluta stofnunarinnar frá orkurannsóknarhluta hennar að hluta eða öllu leyti. Ef svo er skal nefndin koma með tillögur um í hvaða formi orkurannsóknarhlutinn skuli rekinn í framtíðinni”¹

Í skýrslu nefndarinnar er lögð áhersla á nauðsyn þess að styrkja stjórnsýsluhlutverk Orkustofnunar svo stofnunin geti rækt það víðtæka eftirlitshlutverk sem henni var ætlað í frumvarpi til raforkulaga. Lögð er áhersla á að til að markmið frumvarpsins náist sé nauðsynlegt að hafa opinbert eftirlit með því að leyfishafar uppfylli sett skilyrði, að flutningsfyrirtækið og dreifiveitur ræki skyldur sínar og gætt sé jafnræðis. Til þess að svo megi vera, verði skv. kröfum tilskipunar 96/92/EB, eins og henni var breytt með tilskipun 2003/54/EB, að koma á fót “sjálfstæðri eftirlitsstofnun”. Í sjálfstæðinu felist m.a. að stofnunin verði að vera óháð raforkuiðnaði og ráðuneyti í eftirliti og ákvörðunum, auk þess að hafa ákveðið lágmarks valdsvið, t.d. til að samþykkja eða breyta gjaldskrárm vegna flutnings og dreifingar.²

¹ Skýrsla nefndar, sem iðnaðarráðherra skipaði hinn 11. júní 2001, um skipan lögbundinna verkefna Orkustofnunar. bls. 4.

²Sama. bls. 19.

1.2 Mögulegir hagsmunaárekstrar varðandi ráðgjöf, umsagnir og eftirlit

Í skýrslunni er gerð grein fyrir aukinni hættu á hagsmunaárekstrum með auknu eftirlitshlutverki Orkustofnunar, þegar sama stofnunin sinni rannsóknum og gagnaöflun, sem verða grundvöllur umsókna um leyfi, veiti ráð um val á kostum, gefi leyfisveitanda umsögn um umsóknargögn og hafi svo eftirlit með framfylgd leyfa. Gerður er greinarmunur á þeirri þjónustu sem Rannsóknasvið og Vatnamælingar Orkustofnunar veiti. Það er annars vegar einvörðungu tölulegar upplýsingar Vatnamælinga en ekki ráðgjöf um val virkjunarkostum, en hins vegar ráðgjöf og þjónusturannsóknir Rannsóknasviðs. Talið er að almennt komi ekki til beinna hagsmunaárekstra vegna ráðgjafar á sviði Vatnamælinga en bent er á að orkað geti tvímælis “að hægt sé að treysta því að í umsögn stofnunar sé bent skýrlega á alla ágalla, sem samstarfsmenn innan sömu stofnunar kunna beint eða óbeint að bera ábyrgð á með ráðgjöf eða rannsóknum fyrir verkkaupa, eins og annars yrði gert ef samstarfsmenn hefðu ekki komið að verkinu.”³

Í athugasemdum með frumvarpi því sem varð að lögum um Orkustofnun nr. 87/2003 segir m.a.:

“Fallast má á að starfsemi vatnamælinga sé ólík starfsemi rannsóknasviðsins að mörgu leyti. Greinir þar helst á milli að rannsóknir vatnamælinga eru einkum öflun grunnupplýsinga sem ekki eru unnar í samkeppni við aðra aðila, enda þótt sú starfsemi sé að verulegu leyti kostuð af öðrum en ríkinu, einkum af Landsvirkjun. Kunna því ólík sjónarmið að vera um rekstrarfyrirkomulag vatnamælinga og annarra rannsóknarþátta sem rannsóknahluti Orkustofnunar kemur nú að. Eru það veigamikil rök gegn því að fara þá leið sem fyrst var nefnd þar sem að því er stefnt að Íslenskar orkurannsóknir geti lagað sig sem best að því markaðsumhverfi sem stofnuninni er ætlað að starfa í. Á hinn bóginn er ekki tímabært að stofna sérstaka stofnun um vatnamælingar.”... Með því að láta vatnamælingar fylgja stjórnslustofnuninni en ekki rannsóknastofnuninni eins og fyrst kom til athugunar skapast betra svigrúm til að kanna frekar hvort rétt sé að stuðla að frekari samvinnu þeirra aðila sem starfa á svipuðum vettvangi og hvort rétt sé að sameina starfsemi stofnana sem stunda vatnafarsrannsóknir. Er að því stefnt að slík vinna fari sem fyrst af stað.”

2 Ný og breytt verkefni “nýrrar” Orkustofnunar

Eftir skiptingu gömlu Orkustofnunar í Íslenskar orkurannsóknir og Orkustofnun hefur vægi stjórnslu í verkefnum þeirrar síðarnefndu aukist til mikilla muna. Það hefur óhjákvæmilega í för með sé áherslubreytingar í starfi stofnunarinnar og nýir starfsmenn hafa verið ráðnir til að sinna nýjum og auknum verkefnum. Vera kann að verkefni Orkustofnunar tengd stjórnslu aukist enn, þar sem í raforkulögum er að finna heimild til handa ráðherra til að fela stofnuninni leyfisveitingavald vegna virkjanaleyfa, leyfa til að reisa háspennulínur, leyfa til að reka dreifikerfi og leyfa til að stunda raforkuviðskipti. Slíkt framsal á leyfisveitingarvaldi væri í góðu samræmi við eftirlitshlutverk Orkustofnunar samkvæmt raforkulögum, þar sem eftirlit með framfylgd leyfa er almennt í höndum þess stjórnvalds sem veitir leyfi. Þar að auki væri þá möguleiki á málskoti til æðra stjórnvalds vegna ágreinings um leyfisveitingar, sem ekki er fyrir hendi þegar

³ Sama. bls. 24.

leyfisveitingavaldið er í höndum ráðherra. Ef til þess kæmi er þó talið óhjákvæmilegt að stofnunin léti af öllum þjónusturannsóknnum og sérfræðilegri ráðgjöf til þeirra fyrirtækja sem væru að undirbúa umsókn um leyfi samkvæmt lögnum. Frekari uppskipting á stofnuninn væri þá að öllum líkindum óhjákvæmileg og áhersla á stjórnsýsluhlutverk hennar yrði enn meiri en þegar er orðið.

3 Stjórnsýslu- og eftirlitshlutverk Orkustofnunar

Í lögum um Orkustofnun nr. 87/2003 eru hlutverk stofnunarinnar talin upp. Breytingar sem orðið hafa á þeirri upptalningu frá eldri lögum varða mest færslu Rannsóknasviðs til sjálfstæðrar stofnunar. Stofnuninni er einnig falin umsýsla Orkusjóðs og tekið fram að stofnunin skuli enn fremur annast önnur stjórnsýsluverkefni sem henni eru falin samkvæmt lögum, stjórnvaldsfyrirmælum eða ákvörðun ráðherra. Eftirfarandi er umfjöllun um þau helstu.

3.1 Raforkulög

Eins og getið er að framan er í nýrri tilskipun Evrópusambandsins nr. 2003/54/EB, eins og henni hefur verið breytt með tilskipun 96/92/EB um sameiginlegar reglur um innri markað raforku, lögð áhersla á algert sjálfstæði eftirlitsstofnunar gagnvart raforkuiðnaðinum og kveðið á um verkefni og skyldur eftirlitsaðila. Það er svo útfært í raforkulögum nr. 65/2003 og í frumvarpi því sem nú er til meðferðar á Alþingi um breytingar á raforkulögum.

Eftirlitshlutverk Orkustofnunar samkvæmt raforkulögum er viðamikild og víðtækara en stofnunin hefur áður haft.

3.1.1 Almennt eftirlit

Í fyrsta lagi er almennt eftirlit með framkvæmd laganna. Orkustofnun er ætlað að hafa eftirlit með því að fyrirtæki sem starfa samkvæmt lögnum fullnægi þeim skilyrðum sem um starfsemina gilda. Við framkvæmd eftirlitsins ber Orkustofnun að hafa samráð við Samkeppnisstofnun. Þá er stofnuninni ætlað að hafa samráð við eftirlitsskylda aðila um framkvæmd eftirlitsins og skal í því skyni starfa sérstök samráðsnefnd. Sú nefnd var stofnuð síðastliðið sumar og hefur haldið fundi, þar sem meðal annars var kynnt fjárhagsáætlun vegna eftirlits Orkustofnunar samkvæmt raforkulögum. Um samráðsnefndina gildir sérstök reglugerð, nr. 466/2003.

3.1.2 Umsagnir

Í öðru lagi veitir Orkustofnun umsagnir um leyfisveitingar á grundvelli raforkulaga, og eins og áður segir, verður stofnuninni hugsanlega falið leyfisveitingavald síðar. Iðnaðarráðherra ber að leita umsagnar Orkustofnunar áður en veitt eru virkjunarleyfi, leyfi til að byggja flutningsvirki og sérleyfi til dreifingar.

3.1.3 Eftirlit með flutningsfyrirtæki og dreifiveitum

Í þriðja lagi er eftirlit með sérleyfisþáttum laganna, þ.e. flutningsfyrirtækinu og dreifiveitum og er það víðamesta verkefni stofnunarinnar samkvæmt lögnum. Í því felst

að setja flutningsfyrirtækinu og dreifiveitum tekjumörk, byggð á kostnaði sem tengist sérleyfisstarfsemi fyrirtækjanna og arðsemis- og hagræðingarkröfum. Til að Orkustofnun geti rækt þá skyldu að setja fyrirtækjunum raunhæf tekjumörk hefur hún viðtæka heimild til að krefjast nauðsynlegra upplýsinga og gagna, auk þess sem stofnunin getur gert kröfu um innra eftirlit fyrirtækjanna. Þá ber þeim fyrirtækjum sem stunda bæði sérleyfis- og samkeppnisrekstur að halda kostnaði og reikningum vegna mismunandi starfsemi aðskildum og gera grein fyrir hverri starfsemi í ársreikningi. Þeim ber að gera Orkustofnun grein fyrir sundurliðuninni og Orkustofnun að samþykkja þær aðferðir sem fyrirtækin beita við skiptingu rekstrarkostnaðar sem ekki er unnt að heimfæra beint á einstaka starfsemi. Er þessu eftirliti Orkustofnunar m.a. ætlað að koma í veg fyrir að tekjum af sérleyfisrekstri sé varið til að niðurgreiða þann rekstur fyrirtækjanna sem er í samkeppni, þ.e. orkuframleiðslu og -sölu.

Þegar Orkustofnun hefur sett fyrirtækjunum tekjumörk setja flutningsfyrirtækið og dreifiveitur gjaldskrár í samræmi við þær tekjur sem þeim er heimilt að afla og senda Orkustofnun tveim mánuðum áður en gjaldskránni er ætlað að taka gildi. Gjaldskrá tekur ekki gildi fyrr en úr hefur verið bætt, telji Orkustofnun að hún uppfylli ekki kröfur raforkulaga. Stofnunin getur einni gert flutningsfyrirtæki og dreifiveitum að breyta gjaldskrá að viðlögðum dagsektum.

Þess ber að geta að á gildistíma bráðabirgðaákvæðis raforkulaga, þ.e. til næstu áramóta, ef frumvarp til laga um breytingu á raforkulögum verður samþykkt óbreytt, þarf Orkustofnun að samþykkja allar hækkanir á gjaldskránni dreifiveitna og meta hækkunarheimildir út frá þröngum skilyrðum.

3.1.4 Gæði raforku og afhendingaröryggi

Í fjórða lagi ber stofnuninni að hafa eftirlit með gæðum raforku og afhendingaröryggi. Hlutverk Orkustofnunar er útfært í reglugerð nr. 511/2003. Þar kemur fram að stofnunin skuli ákveða eðlileg viðmiðunarmörk afhendingaröryggis og gæða raforku í samráði við vinnslufyrirtæki, flutningsfyrirtækið og dreifiveitur og birta þau með opinberum hætti. Fyrirtækin skuli viðhafa innra eftirlit og vinna úr hinum skráðu upplýsingum í samræmi við fyrirmæli sem Orkustofnun setur þeim og senda Orkustofnun á því formi sem stofnunin ákveður í samráði við þau. Skal úrvinnslan við það miðuð að einfalt sé að sannreyna innra eftirlitið.

3.1.5 Dreifbýlisgjaldskrár og niðurgreiðslur dreifingarkostnaðar

Í frumvarpi til laga um breytingu á raforkulögum er lagt til að dreifiveitur geti sótt um heimild til að hafa í gildi sérstakar dreifbýlisgjaldskrár. Orkustofnun er ætlað að meta slíkar umsóknir og veita leyfi að uppfylltum skilyrðum. Í frumvarpi til laga um jöfnun kostnaðar við dreifingu raforku, er stofnuninni einnig ætlað að hafa eftirlit með framkvæmd laganna.

3.1.6 Heimildir til upplýsingaöflunar

Eins og áður var getið hefur Orkustofnun samkvæmt raforkulögum viðtækar heimildir til upplýsingaöflunar við framkvæmd eftirlits. Áður er getið heimilda gagnvart eftirlitsskyldum aðilum en stofnunin getur einnig krafist upplýsingar frá öðrum stjórnvöldum, óháð þagnarskyldu þeirra. Þá er stofnuninni veitt lagaheimild til að gera

nauðsynlegar athuganir á starfsstöð eftirlitsskylds aðila og leggja hald á gögn þegar ríkar ástæður eru til að ætla að brotið hafi verið gegn ákvæðum raforkulaga, reglugerða, samninga eða annarra heimilda.

3.1.7 Þvingunarúrræði

Með raforkulögum eru Orkustofnun veitt þvingunarúrræði sem stofnunin hefur ekki áður haft. Er þar átt við heimild til að leggja á dagsektir telji stofnunin að eftirlitsskyld starfsemi samræmist ekki skilyrðum laganna, reglugerðum settum samkvæmt þeim, ákvæðum samnings um rekstur flutningskerfisins, leyfum eða öðrum heimildum. Geta slíkar dagsektir numið 10-500 þúsund krónum á dag, allt eftir eðli vanrækslu eða brots.

3.2 Lög nr. 57/1998, um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu

Hlutverk Orkustofnunar samkvæmt auðlindalögum er almennt eftirlit með lögnum, að veita ráðherra umsagnir um umsóknir um rannsóknar- og nýtingarleyfi, auk þess sem tilkynna ber stofnuninni um framkvæmdir landeigenda sem ekki eru leyfisskyldar, rannsóknir skv. 4. gr. laganna, hagnýtingu jarðhita skv. 10. gr. og grunnvatns skv. 14. gr. Er Orkustofnun í öllum tilvikum heimilt að setja landeiganda skilyrði. Orkustofnun ber einnig að hafa eftirlit með leitar- og vinnslusvæðum og framkvæmd leyfa skv. lögnum.

3.3 Lög nr. 13/2001, um leit, rannsóknir og vinnslu kolvetnis

Samkvæmt lögum um leit, rannsóknir og vinnslu kolvetnis, annast Orkustofnun eftirlit með leitar-, rannsóknar- og vinnslusvæðum kolvetnis þar sem leyfi hefur verið veitt og gefur iðnaðarráðherra skýrslu um framkvæmd leitar, rannsókna og vinnslu. Þá tekur stofnunin við skýrslum leyfishafa um framkvæmd og niðurstöður leitar, rannsókna og vinnslu, upplýsingar um eðli og umfang kolvetnisauðlindar, heildarmagn og mat á verðmæti þess kolvetnis sem hefur verið unnið og fleiri atriði samkvæmt ákvæðum í viðkomandi leyfi. Stofnunin hefur einnig samkvæmt lögnum heimild til að óska gagna og sýna frá leyfishafa.

3.4 Lög nr. 78/2002, um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar

Orkustofnun sér um framkvæmd laga um niðurgreiðslu húshitunarkostnaðar, þ.e. að taka á móti umsóknum, vinna úr upplýsingum og meta hvort skilyrði niðurgreiðslna samkvæmt lögnum séu uppfyllt. Stofnunin gerir tillögur til ráðherra um umfang orkunotkunar og þar með niðurgreiðslna og hefur eftirlit með framkvæmd laganna.

4 Lokaorð

Orkustofnun hefur á undanförunum árum verið falið að annast stjórnsýsluverkefni í síauknum mæli. Við það breytast áherslur og efnistöð, þar sem verkefni fela í sér ákvarðanir um réttindi og skyldur einstakra aðila í tilteknum málum. Við slíkar ákvarðanir ber að gæta ákvæða stjórnsýslulaga og miklu varðar að málsmeðferð öll sé vönduð.

Í skýrslu nefndar um skipan lögbundinna verkefna Orkustofnunar er talið að ein af forsendum þess að nýskipan raforkumála gangi eftir sé að Orkustofnun fái rækt vel þau störf sem henni eru falin í frumvarpinu. Ella sé hætt við að hagsmunir neytenda verði ekki tryggðir. Þessi orð eiga við um alla framkvæmd stjórnsýsluverkefna Orkustofnunar.

Stofnuninni hafa verið veittar viðamiklar heimildir til gagnaöflunar, auk þvingunarúrræða. Þessar heimildir eru vandmeðfarnar og ber að umgangast af varfærni og virðingu fyrir réttindum þeirra sem Orkustofnun er ætlað að hafa eftirlit með. Því er mikils um vert að allir starfsmenn stofnunarinnar, sem koma að meðferð stjórnsýslumála, séu sér meðvitaðir um að hafa ávallt í heiðri málsmeðferðarreglur stjórnsýslulaga og lögmæt sjónarmið við undirbúning allrar ákvarðanatöku.

Jarðhitaskóli Háskóla Sameinuðu þjóðanna 25 ára

Ingvar Birgir Friðleifsson, forstöðumaður JHS

1 Inngangur

Alsherjarþing Sameinuðu þjóðanna (Sp) samþykkti stofnskrá Háskóla Sameinuðu þjóðanna árið 1973. Aðalhvatamaður að stofnun háskólans var U Thant, þáverandi aðalritari Sp. Í stofnskránni segir m.a.: “Háskóli Sp skal vera alþjóðlegt samfélag fræðimanna og skal vinna að rannsóknum, þjálfun sérfræðinga eftir háskólapróf og dreifingu fróðleiks í samræmi við markmið Sp”. Óskað var eftir framlögum aðildarlanda Sp, bæði í formi fjár í stofnsjóð háskólans en einnig með því að einstök lönd tækju að sér háskóladeildir. Háskóli Sp hóf starfsemi 1975 með aðalstöðvar í Tókýó. Kannaðir voru möguleikar á að stofna jarðhitaskóla eða sjávarútvegsskóla á Íslandi í samvinnu við Háskóla Sp. Formlegt tilboð var sent frá íslenskum stjórnvöldum 1976 um að starfrækja jarðhitaskóla á Íslandi. Vararektor og ráðgjafi Háskóla Sp komu til Íslands 1977 til viðræðna, heimsækja rannsóknarstofnanir og meta aðstæður til að setja á stofn sérfræðiskóla.

Ríkisstjórnin samþykkti drög að formlegum tillögum um stofnun Jarðhitaskólans í mars 1978 og voru tillögurnar sendar til Tókýó. Háskóli Sp boðaði síðan til alþjóðlegs vinnufundar á Laugarvatni í júlí 1978 um jarðhitapjálfun í heiminum og um hvort þörf væri á Jarðhitaskóla Háskóla Sp. Dr. Guðmundur Pálmason var formaður framkvæmdanefndar fundarins. Þar voru fulltrúar nokkurra sérstofnana Sp, jarðhitasérfræðingar frá Bandaríkjunum, El Salvador, Filippseyjum, Indlandi, Ítalíu, Japan, Kenýa, Ungverjalandi og Þýskalandi, svo og um 20 Íslendingar. Þörf á jarðhitapjálfun í þróunarlöndunum var metin og farið yfir þá þjálfun sem stóð til boða í alþjóðlegum jarðhitaskólum á Ítalíu og í Japan (báðir stofnaðir 1970). Eins voru grandskoðaðar áætlanir um stofnun Jarðhitaskóla á Nýja Sjálandi (með tveimur námsbrautum, aðra í jarðhitaleit og hina í nýtingu) og á Íslandi (átta sérhæfðar námsbrautir). Fundurinn taldi þörf fyrir alla skólana og studdi eindregið tillögur um stofnun Jarðhitaskóla Háskóla Sp á Íslandi. Þess má geta að jarðhitaskólunum í Pisa, Kyushu og Auckland hefur öllum verið lokað á undanförunum árum (1993-2002). Nánar er getið um aðdraganda að stofnun Jarðhitaskólans í erindi á Ársfundi Orkustofnunar 1999 (Ingvar Birgir Friðleifsson, 1999).

Ríkisstjórnin samþykkti í október 1978 að tryggja fjárveitingar og heimila Orkustofnun (OS) að undirrita samstarfssamning við Háskóla Sp. Fyrstu tveir nemendur Jarðhitaskólans komu frá Filippseyjum til Íslands í maí 1979.

2 Starfsemi Jarðhitaskólans

Markmið Jarðhitaskólans er að aðstoða þróunarlönd og ríki Mið- og Austur Evrópu (þó ekki aðildarlönd Evrópusambandsins), sem hafa umtalsverðan jarðhita, við að byggja upp sérfræðingahópa til að rannsaka og nýta jarðhitann. Aðalstarfsemi skólans er árleg sex mánaða sérfræðinámskeið þar sem boðið er upp á níu sérhæfðar námsbrautir í jarðfræði-

jarðhitaleit, borholujarðfræði, jarðeðlisfræði-jarðhitaleit, borholumælingar, forðafræði, jarðefnafræði, umhverfisfræði, jarðhitaverkfræði og borverkfræði. Framan af var mest eftirspurn eftir námi í jarðeðlisfræði og jarðefnafræði, en með aukinni nýtingu jarðhita í samstarfslöndunum hefur eftirspurnin verið mest í forðafræði, jarðhitaverkfræði og jarðefnafræði. Sumar námsbrautir eru opnar nær árlega en aðrar á 2-3 ára fresti. Á heimasíðu Jarðhitaskólans (www.os.is/unugtp) er að finna lýsingu á fyrirkomulagi náms og námsbrautum svo og upplýsingar um hversu margir nemendur frá hinum ýmsu löndum hafa stundað nám á mismunandi brautum. Á heimasíðunni má einnig finna ítarlegt erindi um starfsemi skólans í 25 ár (Ingvar Birgir Friðleifsson, 2003).

Um helmingi námstímans er varið til rannsóknarverkefna þar sem nemendur eru í einstaklingskennslu hjá leiðbeinendum sínum. Meirihluti nemenda kemur með rannsóknargögn að heiman til úrvinnslu. Rannsóknarskýrslur nemenda eru allar birtar í Árbók Jarðhitaskólans sem er prentuð og dreift til fyrri nemenda, rannsóknarstofnana og orkufyrirtækja um allan heim. Í mörgum þróunarlöndum er bóka- og tímaritakostur mjög takmarkaður og koma árbækur Jarðhitaskólans því að góðum notum til að fylgjast með nýjum rannsóknaraðferðum.

Nemendur þurfa að hafa lokið háskólaprófi í raunvísindum eða verkfræði, hafa a.m.k. eins ár starfsreynslu í jarðhita í heimalandinu og vera þar í fullu starfi tengdu jarðhita. Skólagjöld, ferðir og dagpeningar nemenda eru greiddir með styrkjum sem kostaðir eru af íslenskum stjórnvöldum og Háskóla Sp. Nemendur eru valdir með viðtölum í heimalöndum sínum. Árlega eru farnar nokkrar ferðir til samstarfslanda á vegum Jarðhitaskólans til að velja nemendur. Jarðhitasvæði eru skoðuð og lagt mat á jarðhitamöguleika landsins, stofnanir heimsóttar, rannsóknarstofur skoðaðar, samstarfsstofnanir valdar og lagt mat á þörf á þjálfun. Árin 1979-2003 voru farnar 139 slíkar heimsóknir til samstarfslanda, eða 5-6 á ári. Fastir starfsmenn skólans hafa farið í 66% ferðanna, námsráðsmenn 22% og aðrir sérfræðingar 12%. Þessar ferðir hafa tryggt góða nemendur og markvissa þjálfun sem er löguð að aðstæðum og þörfum hvers lands.

Jarðhitaskólinn var í upphafi rekinn innan Jarðhitadeildar OS, þómeð aðskildu bókhaldi, en hefur frá 1997 verið rekinn sem sjálfstæð rekstrareining innan OS. Fastir starfsmenn hafa frá upphafi verið þrír. Ingvar Birgir Friðleifsson hefur verið forstöðumaður skólans frá upphafi (með tveimur hléum), Lúðvík S. Georgsson aðstoðarforstöðumaður frá 1990 og Guðrún Bjarnadóttir fulltrúi frá 1996. Skólinn greiðir fyrir þjónustu um 50 einstaklinga árlega. Kennarar og leiðbeinendur hafa einkum komið frá Orkustofnun (60%) og Háskóla Íslands (20%) en einnig frá öðrum rannsóknarstofnunum, orkufyrirtækjum og verkfræðistofum. Skólinn hefur átt því láni að fagna að geta nánast alltaf boðið upp á landsliðið í jarðhitafræðum. Skólinn hefur einnig notið mikils stuðnings og velvildar orkufyrirtækja og ber sérstaklega að nefna Hitaveitu Suðurnesja, Landsvirkjun, Orkuveitu Reykjavíkur og Norðurorku. Eftir skipulagsbreytingar á Orkustofnun 2003 verður mestur hluti kennslunnar hjá Íslenskum orkurannsóknnum (ÍSOR). Vonast er til að sem minnst röskun verði á rekstri Jarðhitaskólans í Orkugarði þrátt fyrir skipulagsbreytingar. Styrkur skólans felst í vönduðu vali á nemendum, hæfni kennaranna og gæðum þess starfsumhverfis sem námið fer fram í.

Námsráð sér um faglega skipulagningu námsins og er einn námsstjóri ábyrgur fyrir hverri braut. Í námsráði afmælisárið eru Kristján Sæmundsson (jarðfræði), Hjalti Franzson (borholu-jarðfræði), Knútur Árnason (jarðeðlisfræði), Benedikt Steingrímsson (borholumælingar), Guðni Axelsson (forðafræði), Halldór Ármannsson (umhverfisfræði)

og Sverrir Þórhallsson (borverkfræði), allir starfsmenn ÍSOR, svo og Stefán Arnórsson (jarðefnafræði) og Páll Valdimarsson (jarðhitaverkfræði), en þeir eru prófessorar við Háskóla Íslands. Flestir hafa verið í námsráðinu í fjölda ára og Stefán Arnórsson frá stofnun skólans. Námsráðið er faglegur burðarás starfseminnar.

Samstarf við aðalstöðvar Háskóla Sp í Tókýó er einkum tengt stefnumótun í rekstrinum og vali á nemendum. Jarðhitaskólinn sér um að velja samstarfslönd og nemendur, en nemendavalsnefnd í Tókýó þarf að samþykka valið, enda eru námsstyrkir að hluta kostaðir af Háskóla Sp. Hlutdeild Háskóla Sp í heildarkostnaði við rekstur skólans undanfarin ár hefur verið 10-20%. Forstöðumaður Jarðhitaskólans situr árlega fundi háskólaráðs og fundi forstöðumanna stofnana Háskóla Sp fyrir hönd íslensku skólanna (Jarðhitaskóla og Sjávarútvegsskóla, sem stofnaður var 1998). Rektor Háskóla Sp og háskólaráð hvetja mjög til eflingar starfseminnar á Íslandi.

3 Nemendur

Fyrsta áratuginn útskrifuðust 6-11 nemendur úr skólanum árlega, en 14-20 undanfarinn áratug. Alls hafa 300 nemendur frá 39 löndum útskrifast 1979-2003. Þeir hafa komið frá Asíu (43%, Afríku 25%, Mið- og Austur-Evrópu 17% og Mið-Ameríku (15%). Meðal þeirra eru 46 konur (15%). Flestir nemendur hafa komið frá Kína (54), Kenýa (33), Filippseyjum (29), El Salvador (20) og Eþíópíu (20). Í mörgum löndum hefur skólinn aðstoðað við að byggja upp sérfræðingahópa hjá einni eða tveimur stofnunum og þjálfað fólk frá þeim á flestum eða öllum námsbrautum. Þannig hafa verið byggðir upp sterkir sérfræðingahópar. Einnig hefur skapast mikið samstarf milli nemenda og kennara á Íslandi svo og milli nemenda á sama sviði í mörgum löndum. Til að styðja enn frekar við stofnanir í nokkrum löndum hefur verið boðið upp á meistaranám í samvinnu við Háskóla Íslands frá 2000. Hefðbundið 6 mánaða nám við Jarðhitaskólann er metið til 15 eininga af alls 60 eininga MSc námi við raunvísindadeild og verkfræðideild Háskóla Íslands. Þrír hafa þegar útskrifast. Fimm eru í meistaranámi sem stendur og tveir þeirra verja prófritgerðir sínar nú í vor.

Nemendur Jarðhitaskólans eru leiðandi í jarðhitastarfsemi fjölmargra landa. Þetta kemur greinilega fram bæði innan viðkomandi landa og á alþjóðavettvangi. Margir nemendanna eru mjög virkir í alþjóðasamstarfi. Á Alþjóðajarðhitaráðstefnunni í Japan 2000 fluttu 61 nemandi frá 24 löndum erindi. Alls voru nemendur skólans höfundar/meðhöfundar 85 greina í ráðstefnuritinu. Íslendingar voru höfundar/meðhöfundar 43 greina.

Aldarfjórðungsafmælis Jarðhitaskólans var minnst á margvíslegan hátt 2003. Rektor Háskóla Sp og utanríkisráðherra fluttu ræður við setningu skólans og forstöðumannafundur Háskóla Sp var haldinn á Íslandi í fyrsta sinn. En aðalhátíðarhöldin voru í tengslum við glæsilega alþjóðlega jarðhitaráðstefnu um fjölnýtingu jarðhita sem Jarðhitafélag Íslands gekkst fyrir í samvinnu við marga aðila, m.a. til að fagna afmæli skólans. Þátttakendur voru um 200 frá 32 löndum. Meðal þeirra voru 44 nemendur skólans, þar af 20 frá fyrri árum. Meðal ræðumanna voru forseti Íslands, rektor Háskóla Sp, iðnaðarráðherra, ráðuneytisstjóri utanríkisráðuneytis og forseti Alþjóða jarðhita-sambandsins.

Nemendur skólans settu mikinn svip á ráðstefnuna. Í ráðstefnuritinu birtust 91 ritrýnt erindi. Af þeim var tæpur þriðjungur eftir nemendur skólans. Erindi þeirra fjölluðu m.a. um jarðhitaleit í Kína, Kenýa, Rúmeníu, Tyrklandi og Úganda, forðafræði og

niðurdælingu í El Salvador, Kenýa, Kína og Póllandi, beina nýtingu í El Salvador, Kína, Mongólíu og Túnis og umhverfisáhrif jarðhita í El Salvador, Íran, Íslandi og Kenýa. Sérstaka athygli vöktu erindi nemenda um: hraðmat umhverfisáhrifa jarðhita í El Salvador, jarðhitanýtingu í Ólympíuþorpinu í Beijing 2008, nýtingu volgs vatns í djúpum kolanámum í Póllandi til húshitunar og áhrif niðurdælingar kalds vatns á spennusvið í bergi. Ráðstefnuritíð er að finna a vefsíðu Jarðhitafélags Íslands www.jarðhitafelag.is/igc/nytt/.

Sérstök erindi voru flutt um áhrif Jarðhitaskólans á jarðhitastarfsemi í Afríku, Asíu, Kína, M-Ameríku og A-Evrópu. Mikið lofsorð var borið á skólann. Helstu ábendingar um breytingar á starfsemi voru: a) Bæta við meiri þjálfun í hönnun orkuvera, hagfræði, gerð útboða, samninga og verkáætlana; b) Styðja námskeið/jarðhitaskóla í einstökum löndum/heimsálfum með því að útvega námsefni og kennara; c) Halda sérstök námskeið fyrir stjórnendur í ráðuneytum orkumála um hagkvæmni jarðhitans og hlut hans í orkubúskap þjóða; d) Bein samskipti við stjórnvöld í samstarfslöndum um hvernig best megi nýta fólkið sem þjálfað hefur verið í Jarðhitaskólanum. Þessar ábendingar falla vel að langtímamarkmiðum skólans.

4 Framtíðarhorfur

Í áætlun um starfsemi Jarðhitaskólans 2004-2008 er gert ráð fyrir að aðalstarfsemi skólans verði áfram árleg 6 mánaða sérfræðinámskeið fyrir 18-20 nemendur. Gert er ráð fyrir að fjölga nemendum í meistaranámi í samvinnu við Háskóla Íslands úr 4 í 10. Enn fremur eru ráðgerð sérhæfð námskeið í þróunarlöndunum, ef fjárveiting fæst til slíkrar starfsemi. Háskólaráð Háskóla Sþ hefur undanfarin ár hvatt eindregið til slíkra námskeiða til viðbótar við núverandi starfsemi skólans. Íslensk stjórnvöld buðu slík námskeið sem framlag Íslands til sjálfbærrar þróunar á ráðstefnu í Jóhannesarborg 2002. Gert er ráð fyrir að slík námskeið verði fyrst haldin í Afríku. Fyrrum nemendur skólans verða meðal kennara á námskeiðunum.

Sjávarútvegsskóli Háskóla Sþ var stofnaður 1998 og er vistaður í Sjávarútvegshúsinu hjá Hafrannsóknastofnuninni og Rannsóknarstofnun fiskiðnaðarins. Kennarar og leiðbeinendur koma einnig frá Háskóla Íslands, Háskólanum á Akureyri og fleiri stofnunum og fyrirtækjum. Starfsemi skólans byggir um margt á reynslu Jarðhitaskólans og býður upp á 6 mánaða nám á 6 sérhæfðum námsbrautum. Starfsemin hefur gengið framúrskarandi vel. Skólinn hefur á fyrstu 6 árunum útskrifað 84 nemendur frá 20 löndum.

Starfsemi Jarðhitaskólans og Sjávarútvegsskólans er umfangsmesta framlag Íslands til marghliða þróunaraðstoðar. Skólarnir miðla þróunarlöndunum af reynslu Íslands við að nýta náttúruauðlindir á sjálfbæran hátt. Báðir skólarnir hafa skapað sér sess sem alþjóðleg öndvegissetur á fræðasviðum sem eru mikilvæg fyrir íslenska þjóð, þ.e. nýtingu jarðhitans og nýtingu fiskistofnanna. Aðsókn að skólunum er mikil frá öllum heimshornum. Háskólaráð Háskóla Sþ hefur í samþykktum sínum farið mjög lofsamlegum orðum um skólana og framlag Íslands til þróunaraðstoðar í sjálfbærri nýtingu auðlinda hafsins og jarðskorpunnar. Til tals hefur komið að stofna þriðja skólann á Íslandi í samvinnu við Háskóla Sþ, í landgræðslu, og hugsanlegt er að stofna fleiri skóla á sviðum þar sem Íslendingar skara fram úr á alþjóðavettvangi.

Starfshópur var skipaður af utanríkisráðherra 2003 til að meta og endurskoða samstarfið við Háskóla Sþ. Rætt er um að efla samstarfið með regnhlífarstofnun, Auðlindastofnun Háskóla Sþ á Íslandi, með viðtækara starfssvið en skólarnir. Jarðhitaskólinn og Sjávarútvegsskólinn verði deildir innan stofnunarinnar en með sjálfstæðan rekstur í núverandi starfsumhverfi í Orkugarði og Sjávarútvegshúsi, enda hefur það fyrirkomulag reynst vel. Á þennan hátt væri hægt að hámarka samnýtingu á sérfræðipækkingu og rannsóknaraðstöðu hjá rannsóknarstofnununum, en jafnframt tefla fram í nafni Íslands og Háskóla Sþ einni öndvegisstofnun í kennslu á sjálfbærri nýtingu náttúruauðlinda. Starfshópurinn mun væntanlega skila tillögum sínum til ráðherra á næstu vikum.

5 Lokaorð

Nemendur Jarðhitaskólans hafa unað dvölinni á Íslandi vel. Þar skiptir miklu máli mjög góður aðbúnaður hjá Orkustofnun. Margir nemendur minnst sérstaklega á hlýtt viðmót starfsfólks. Lán Jarðhitaskólans er að hafa alltaf fengið til starfa úrvals kennara og leiðbeinendur eftir þörfum frá Orkustofnun, Íslenskum orkurannsóknum, Háskóla Íslands, orkufyrirtækjum, verkfræðistofum og rannsóknarstofnunum. Ísland á góða “jarðhitasendiherra” í öllum heimsálfum. Mikilvægt er að halda góðum tengslum við nemendurna. Það veitir þeim stuðning, bætir starfsemi skólans og er Íslandi til sóma. Kærar þakkir til allra þeirra sem lagt hafa starfsemi skólans lið.

Heimildir

Ingvar Birgir Friðleifsson, 1999. Jarðhitaskólinn 20 ára. Ársfundur Orkustofnunar 1999, 9 bls.

Ingvar Birgir Friðleifsson, 2003. Twenty five years of geothermal training in Iceland. Proceedings of the International Geothermal Conference IGC-2003 on Multiple Integrated Uses of Geothermal Resources, Reykjavik, Iceland. Plenary session 1, bls. 4-21. ([www.jardhitafelag.is\(igc/nytt\)](http://www.jardhitafelag.is(igc/nytt))).

Vistvænt eldsneyti – hlutverk Orkustofnunar

Ágúst Valfells, verkfræðingur Orkustofnunar

1 Inngangur

Þáttur eldsneytis í sögu mannkyns hefur verið stór allt frá því að forfeður okkar náðu tökum á eldinum fyrir margt löngu. Síðan þá hefur nýting orkulinda aukið bæði lífslíkur og lífsgæði fólks. Hér verður ekki fjallað svo mjög um almenna þýðingu eldsneytis fyrir mannkynið heldur aðeins imprað á sögu eldsneytisnotkunar í samgöngum og fyrir hreyfanleg atvinnutæki. Segja má að elsta eldsneytið sem notað var til samgangna hafi verið grasið er fóðraði hesta og uxa sem notaðir voru til flutninga. Að sama skapi má segja að fyrsta tæknibyltingin varðandi eldsneyti til samgangna hafi verið þegar byrjað var að þurrka hey til geymslu einhvern tíma snemma á miðöldum. Talið er að þetta hafi leitt til þess að skilyrði sköpuðust til þéttbýlismyndunar norðan Alþafjalla. Síðan gerðist fátt markvert, hvað eldsneyti varðar, í samgöngumálum þar til á öndverðri 19. öld er kolakýntar gufuvélar voru notaðar í járnbrautalestir og skip. Næst verða straumhvörf snemma á 20. öld er sprengihreyfillin kemur til sögunnar, knúinn bensíni eða olíu. Á seinni hluta 20. aldar var farið að huga að því hvort heppilegri orkuberi, en jarðefnaeldsneyti, kynni að finnast –með hliðsjón af því að sú auðlind væri takmörkuð, kynni að vera ótrygg, og leiddi til mengunar (þ.m.t. hugsanleg gróðurhúsaáhrif). Íslendingar hafa velt þessu fyrir sér og hafa ýmsar rannsóknir farið fram á möguleikum þess að nota innlenda orkugjafa, til samgangna, í stað jarðefnaeldsneytis. Þá er ótalin sú mikla breyting er hefur átt sér stað í húshitunarmálum þar sem jarðhiti (og að nokkru leyti vatnsafl) hafa komið í stað kola- og olíukyndingar. Hvað bíla og skip varðar erum við þó enn upp á olíuna komin. Þó nýlega hafi aukist áhugi á að breyta því, og hefur notkun vetnis verið tíðrædd í því sambandi.

13. janúar síðastliðin var samþykkt á ríkisstjórnarfundum að koma á fót skrifstofu, er hlaut vinnuheitið “vettvangur um vistvænt eldsneyti” og er skrifstofan staðsett á Orkustofnun. Hlutverk skrifstofunnar er að afla þekkingar um vistvæna orkubera fyrir samgöngu- og atvinnutæki, sem nú eru knúin með jarðefnaeldsneyti, og að vera ráðgefandi aðili við stefnumótun stjórnvalda í málefnum er að þeim tækjum snúa. Í þessari grein verður farið mjög lauslega yfir þau vandamál og verkefni er lúta að Orkustofnun á vettvangi vistvæns eldsneytis.

2 Hvers vegna að breyta?

Ástæður fyrir breytingum á eldsneytisnotkun eru margvíslegar. Leiðir til að koma á breytingum eru líka margar og hafa mismunandi kosti og galla. Hér verða reifaðar nokkrir hugmyndir er að þessu máli lúta.

2.1 Mengun

Ein helsta ástæðan sem er nefnd fyrir því að breyta beri eldsneytisnotkun okkar er mengun. Tvennt kemur fyrst upp í hugann þegar minnst er á mengun vegna farartækja. Í fyrsta lagi er það loftmengun, og í öðru lagi losun gróðurhúsalofttegunda (einkum koldíoxíðs). Loftmengunin er ekki öll einnar gerðar. Sú mengun sem er talin hættulegust heilsu manna er af völdum svifryks [Lomborg] sem sest í öndunarfæri manna og þykja minni agnir háskalegri, enda hafa þær greiðari aðgang neðar í öndunarfærin. Mælingar á svifryki í Reykjavík sýna að upp undir 65% af svifryki í lofti í Reykjavík, að vetrarlagi, er af völdum bílaumferðar, en þó má aðeins rekja 7% ryksins til útblásturs bifreiða [Framkvæmdafréttir vegagerðarinnar]. Rúmlega helmingur allrar rykmengunar er vegna slits á malbiki. Af þessu má sjá að þáttur útblásturs í rykmengun er harla lítill, en þó ber að gæta þess að sót frá bílum er finna en vegrykið og háskalegra ef því er andað inn í jafn miklum mæli. Aðrar meginuppistöður mengunar frá bifreiðum eru köfnunarefnisoxíð (NO_x), brennisteinnoxíð (SO_x), og kolmónoxíð. Þessar lofttegundir eru ekki taldar eins skaðlegar heilsu manna, auk þess sem að þær dreifast hratt í vindasömu veðri Íslands.

2.2 Losun koldíoxíðs

Önnur ástæða sem oft er nefnd til sögunnar er losun koldíoxíðs. Koldíoxíð er svonefnd gróðurhúsalofttegund, og er talið að losun þess vegna brennslu eldsneytis geti haft þau áhrif að valda hitastigshækkun í andrúmslofti, þó að það ferli sé ekki þekkt til hlítar. Almenn séð stefna ríki heims að því að minnka útblástur gróðurhúsalofttegunda og er það einnig stefna íslenskra stjórnvalda. Heildarlosun gróðurhúsalofttegunda vegna starfsemi manna var talin, árið 2001, jafngilda um það bil 6900 – 8400 milljónum tonna koldíoxíðs [IPCC]. Sambærileg tala fyrir Ísland er 3 milljón tonna [Orka Íslands]. Af þessu má vera ljóst að framlag Íslendinga til losunar gróðurhúsalofttegunda á heimsvísu er hverfandi, þó losun á hvern íbúa sé það ekki. Þá má spyrja hverju það skiptir hvort Íslendingar minnki útblástur gróðurhúsalofttegunda. Því verður að svara að það hafi eingöngu þýðingu í ljósi alþjóðlegrar samvinnu. Annars vegar með því að Íslendingar geti með aðild sinni að alþjóðlegum samþykktum stuðlað að því að þjóðir heims dragi úr losun gróðurhúsalofttegunda, og hins vegar ef einhverjir efnahagslegir hvatar, t.d. CO₂ kvótar, kæmu til sögunnar.

2.3 Úrgangur

Annar flötur mengunarmála er snýr að eldsneyti hefur með úrgang að gera. Hauggas er leggur frá sorpi og mykju er að miklum hluta til metan (CH₄). Um metan er það að segja að hvort tveggja er það gróðurhúsalofttegund (meira en 20 sinnum virkari en CO₂) og það má nota sem eldsneyti. Metan má því nýta ýmist til rafmagnsframleiðslu eða þá á bifreiðar, eins og hefur verið gert að nokkru marki hér á landi. Við umbreytinguna $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ minnka því gróðurhúsaáhrif við umbreytingu metans í koldíoxíðs. Auk hauggassins má einnig nefna annan lífrænan úrgang, t.d. frá fisk og kjötvinnslu. Sláturúrgangur, sem urðaður er, getur valdið grunnvatnsmengun, loftmengun (ólykt), laðað að sér meindýr og fleira. Með hæfilegri meðferð þess úrgangs má búa til fóður, metan, og svokallaða lífdísilólíu sem nota má til blöndunar út í venjulega dísilólíu.

2.4 Efnahagslegur ávinningur

Kostnaður eldsneytis er sjálfsagt einn mikilvægasti þátturinn sem ræður eldsneytisvali. Árið 2002 var verðmæti innflutts jarðefnaeldsneytis u.þ.b. 17,7 milljarðar króna og þar af jarðolíu og olíuafurða tæpir 16,4 milljarðar króna (cif) [Landshagir]. Þetta var næststærsti kostnaðarliðurinn í innflutningi það ár, á eftir matvöru, og nam um 8% af heildarverðmæti innflutnings.

Að ýmsu er að huga þegar að efnahagslegur ávinningur við breytingu eldsneytisneyslu er skoðaður. Í fyrsta lagi þarf að gera ráð fyrir að heildarkostnaður til neytenda við kaup og rekstur bifreiða eða skipa sé sambærilegur fyrir og eftir breytingu. Í öðru lagi þarf að gera ráð fyrir að skatttekjur ríkisins vegna breytinga á eldsneytisnotkun breytist ekki mikið, og í þriðja lagi þarf að gera ráð fyrir að langtíma gjaldeyrisflæði úr hagkerfinu aukist ekki við breytinguna (líklega má gera ráð fyrir að haldi fyrstu tvö skilyrðin haldi það þriðja einnig).

Aðrir liðir eins og atvinnusköpun og margfeldisáhrif koma einnig til greina, en þau hafa annarar gráðu áhrif (t.d. ef atvinnuleysi er hverfandi) og þar sem enn er óvissa um verðþróun á nýjum eldsneytistegundum og búnaði til nýtingu þeirra má sleppa því að taka þessa hærri gráðu þætti með í reikninginn (í fyrstu nálgun) þegar spáð er fyrir um langtímastefnumótun í eldsneytismálum, þótt auðvitað verði að huga að þeim þegar nýir eldsneytiskostir fara að nálgast hagkvæmniskilyrði.

Nokkur dæmi um hagkvæmni og kostnað mismunandi eldsneytisnotkunar verða skoðuð sérstaklega í umfjöllun um mismunandi leiðir sem hægt er að fara í þeim efnunum.

3 Tryggt eldsneyti

Tryggur aðgangur að samkeppnishæfu eldsneyti er ein forsenda velmegunar í nútímaþjóðfélagi. Þó að Íslendingar búi svo vel að vera óháðir olíu hvað varðar raforkuframleiðslu og húshitun erum við samt háðir henni á sviði samgangna og fiskveiða. Tvenns konar hætta steðjar að þeim sem eru háðir olíu. Í fyrsta lagi er það hætta á skammvinnri truflun á olíuframboði (með tilheyrandi verðhækkun) vegna efnahagsþvingana, líkt og í olíukreppu 8. áratugarins, eða vegna hernaðar eða stjórnarfarslegs óstöðugleika á olíuframleiðslusvæðum. Að mati bandaríska orkumálaráðuneytisins mun hlutur OPEC-ríkja í olíuframleiðslu í heiminum aukast úr 40% árið 1995 í 60% árið 2015 og hætta á skammtímaskorti í samræmi við það [Energy Information Administration, US Department of Energy, "Annual Energy Outlook, 1997, With Projections to 2015," DOE/EIA-0383(97)]. Í öðru lagi mun ganga á þær olíubirgðir heimsins sem hægt er að nýta á hagkvæman hátt. Talið er að við núverandi aðstæður muni olíuframleiðsla í heiminum ná hámarki milli ára 2010 og 2020 [James J. MacKenzie "Oil as a Finite Resource, When is Global Production Likely to Peak?" World Resources Institute, 1996]. Spár um hvenær olíubirgðir heimsins "klárist" eru allmismunandi eða allt frá 20 árum til rúmra 100 ára. Hér ber að minnast á það að olíu er að finna í ýmsum öðrum myndum en þeim sem hún er nýtt í nú til dags, t.d. tjörusöndum, og að tækni við að vinna olíuna á væntanlega eftir að fara fram, svo að ýmsir kostir verði hagkvæmir síðar sem ekki eru það í dag. Hinu má þó ekki neita að ekki er hægt að reiða sig á olíu endalaust.

Vitanlega er spurningin um aðgengi að eldsneyti óaðskiljanleg frá þeirri er snýr að hagkvæmni breyttrar eldsneytisnotkunar, því takmarkað aðgengi að eftirsótttri auðlind kemur ætíð fram í hærra verði. Vandinn í mörkun eldsneytisstefnu liggur að vissu leyti í því hvernig er best að bregðast við þeim tvenns konar vanda sem lýst var hér að framan. Langtímasjónarmið og skammtímasjónarmið fara ekki endilega saman, t.d. getur notkun neyslugrannra bensínbíla leyst skammtíma vanda á tiltölulega ódýran hátt, en ekki langtíma vanda. Þar þarf að koma til róttækari breytingu.

4 Hvernig má breyta?

Breyta má eldsneytisnotkun á ýmsa vegu til að bregðast við aðstæðum er kalla þar á. Ef lítið er til þess hvernig eldsneytið er nýtt má skipta gróflega í fjóra flokka: Tvinnvélar, brennsluvélar með nýstárlegu eldsneyti, efnarafalar og rafvélar með rafhlöðu.

4.1 Tvinnvélar

Tvinnvélar eru í grundvallaratriðum þannig úr garði gerðar að þær hafa brennsluhreyfil er knýr rafal, sem býr til rafmagn sem notað er til að snúa rafmótor og hlaða rafhlöðu. Með þessu móti má láta brennsluvélina vinna á kjörsnúningi og einungis þegar leggja þarf til rafmagn. Þannig sparast bensín, auk þess sem ýmis annar búnaður, svo sem rafalar tengdir hemlum bíls leiða einnig til betri orkunýtingar. Tvinnvélar eru einkum sparneytnar í borgarakstri þar sem snúningshraði hefðbundinnar brennsluvélar er síbreytilegur, vélin er í gangi meðan bíll er í kyrrstöðu og mikið er hemað. Við slíkar kringumstæður getur tvinnbíll verið allt að helmingi sparneytnari en sambærilegur bíll með hefðbundnum sprengihreyfli. Í þjóðvegaakstri, þar sem bifreið er ekið á stöðugum snúningshraða með lítilli hemlun, kann tvinnbíll að vera eilítið ósparneytnari en hefðbundinn bíll, þar eð aukin töp tengjast umbreytingu varmaorkunnar fyrst í raforku og svo í hreyfiorku. Þetta eru þó harla sjaldgæfar aðstæður miðað við íslenskt vegakerfi þar sem mikið er um beygjur og brekkur.

Tvinnbílar hafa þegar hafið innreið sína á markað, þó enn sé það í tiltölulega litlum mæli, t.d. munu aðeins um 150 þúsund af tæplega sjömilljón bifreiðum er Toyota hyggst selja á árinu vera tvinnbílar. Tvinnbílar eru þó allvel samkeppnisfærir hvað varðar verð, sem dæmi má taka að í Bandaríkjunum kostar Toyota Prius tvinnbíll af grunngerð um \$20.500, en sambærilegur Toyota Camry \$19.500.

Lærdómsríkt er að gera fljótlega athugun á hagkvæmni tvinnbíla. Gefum okkur að bensínverð sé 90 kr./l og að þar af séu 60% tilkomin vegna ýmissa opinberra gjalda (þ.e. gjöld eru 150% af innkaupsverði). Ef lítið er framhjá álagningu söluaðila má gera ráð fyrir að innkaupsverð sé þá um 36 kr./l. Gefum okkur að eyðsla hefðbundins bíls sé 10 l/100km sem er dæmigert fyrir Toyota Camry. Gefum okkur að sambærilegur tvinnbíll sé kr.72.000 dýrari í innkaupum (að undanskildum tollum og sköttum). Gefum okkur líka að meðalakstur á ári sé 10000 km og að líftími bifreiðar sé 10 ár. Gefum okkur að ýmis konar tollar og skattar sem lagðir eru á bifreið við innflutning nemi um 80% af innkaupsverði. Þá má reikna út hagkvæmni þess að flytja inn tvinnbíl frá viðmiði gjaldeyriskostnaðar, neytanda og skattayfirvalda. Tafla I sýnir niðurstöður m.v. að eyðsla tvinnbíls sé annars vegar 50% af eyðslu hefðbundins bíls og 80% hins vegar. Reiknað er fyrir þrjár mismunandi ávöxtunarkröfur 0%, 5%, og 8% ársávöxtun. Afborgunartími með tilliti til gjaldeyris, er sá tími sem það tekur að vinna upp aukinn innkaupakostnað tvinnbíls með minni bensínneyslu, þar sem aðeins er tekið tillit til innkaupsverðs á bifreið

og eldsneyti (engir skattar eða gjöld). Afborgunartími með tilliti til neytanda er sá tími er það tekur almennan bílakaupanda að vinna upp aukinn stofnkostnað, þar sem skattar og gjöld eru tekin með í reikninginn. Breyting í skatttekjum er einfaldlega breyting á skattatekjum yfir 10 ár við það að neytandi kaupi tvinnbíl fremur en hefðbundinn að gefnum þeim forsendum sem nefndar eru hér að framan.

4.1.1 Tafla I. Hagkvæmni tvinnbíla séð frá mismunandi hliðum

80% eyðsla	Engir vextir	5% vextir	8% vextir
Afborgunartími m.t.t. gjaldeyris	10 ár	<14 ár	<18 ár
Afborgunartími m.t.t. neytanda	< 8 ár	<9 ár	<10 ár
Breyting á skatttekjum	- kr. 50.400	-kr. 48.800	-kr. 44.600
50% eyðsla			
Afborgunartími m.t.t. gjaldeyris	4 ár	< 5 ár	< 5 ár
Afborgunartími m.t.t. neytanda	< 3 ár	< 4 ár	< 4 ár
Breyting á skatttekjum	-kr. 212.400	-kr. 262.800	-kr. 298.100

Hugum aðeins að niðurstöðum úr Töflu I. Þó að þar sé byggt á nokkuð grófri nálgun má læra af dæminu. Hin eiginlega “þjóðhagslega hagkvæmni” þess að flytja inn tvinnbíla fremur en hefðbundna ræðst af afborgunartíma með tilliti til gjaldeyris. Hann þarf að vera styttri en líftími bifreiðarinnar. Við sjáum að ef eyðsla tvinnbílsins er 80% af eyðslu hefðbundins bíls er ekki þjóðhagslega hagkvæmt að flytja inn tvinnbíla, en vegna þess hvernig hlutfalli skatta á bifreiðar og eldsneyti er hátt að er það hagkvæmt fyrir einstakling að kaupa tvinnbíl þar sem skattbyrði hans minnkar. Í þessu tilviki þyrfti að breyta skattlagningunni til þess að láta þjóðhagslega hagkvæmni og hagkvæmni einstaklingsins fylgjast betur að. Í seinna tilvikinu þar sem eyðsluhlutfallið er 50% er í öllum tilvikum þjóðhagslega hagkvæmt að flytja inn tvinnbíla, en skattatekjur ríkisins minnka verulega. Ef við gefum okkur að tekjum ríkisins sé varið af mikilli hagsýni, og megi ekki minni verða, er þetta ókostur og breyta þarf skattahlutfalli þannig að skattatekjur haldist sem næst óbreyttar, en jafnframt sé það einstaklingnum í hag að kaupa tvinnbíl.

Þó að fyrrnefnt dæmi hafi verið nokkuð gróflega nálgad má samt segja með sanni að tvinnbílar virðist vera besti kosturinn til að draga úr bensíneyðslu og mengun ef til skamms tíma er litið.

Hafa ber í huga að tvinnvélar geta notað annað eldsneyti en bensín, en þær geta brennt dísilolíu, metani eða vetni svo nokkur dæmi séu nefnd. Síðan má nefna að þótt hér hafi aðallega verið fjallað um tvinnvélar í bílum er ekki loku fyrir það skotið að þær gætu reynst hagkvæmar um borð í fiskiskipum.

4.2 Brennsluvélar

Hér er átt við (að mestu leyti) hefðbundnar brennsluvélar sem nota óhefðbundið eldsneyti. Sem dæmi um eldsneyti má nefna gervidísil, lífdísil, metan, etanól og vetni.

4.3 Gervidísilolía, metanól

Á tímum eldsneytisskorts hefur stundum verið gripið til þess ráðs að búa til gervidísilolíu sem búin er til úr kolmónoxíði og vetni með svonefndu Fischer-Tropsch ferli. Þetta gerðu Þjóðverjar í seinni heimsstyrjöldinni og Suður-Afríkumenn á tímum viðskiptaþvingana í kjölfar aðskilnaðarstefnunnar og reyndar framleiða þeir enn mikið af gervidísil. Algengast er að kolmónoxíðið og vetnið sé fengið frá afgösum kola, en einnig má vinna CO úr CO₂ sem fæst frá útblæstri, andrúmslofti eða sjó, og vetnið má búa til með rafgreiningu.

Þótt algengast sé að búa til gervidísil úr kolum, er það ekki heppileg aðferð ef litið er til losunar gróðurhúsalofttegunda, því við bruna gervidísilolíunnar er óbeint losað CO₂ frá kolunum út í andrúmsloftið.

Einnig er hægt að framleiða metanól með efnafræðilegum aðferðum úr kolefnum og vetni.

Möguleiki er að koma á stórtækri, orkufrekri gervidísil og metanólframleiðslu hér á landi, en enn sem komið er reynist það ekki hagkvæmt.

4.4 Lífdísilolía og metan

Úr sorpi og lífrænum úrgangi má framleiða hvort tveggja metan og lífdísil. Sorpa framleiðir nú þegar metan til brennslu í gashverfli og til notkunar sem eldsneyti á bifreiðar, en Iðntæknistofnun og Sorpstöð Suðurlands hafa gert tilraunir með framleiðslu gervidísilolíu, sem lofa góðu. Þó er niðurstaðan sú að ekki fellur það mikið til af þessum úrgangi að hægt verði að framleiða eldsneyti úr honum að því marki að skipta myndi sköpum fyrir brennsluvélar á Íslandi, eldsneytið myndi aðeins duga á nokkur þúsund bíla (þetta myndi þó breytast ef mikið verðfall yrði á lýsi miðað við dísilolíu, þá myndi lífdísilolía unnin úr því geta verið notuð á hundrað þúsund bifreiðar). Framleiðsla á eldsneyti úr úrgangi verður því alltaf jaðarframleiðsla, þó ekki endilega óhagkvæm sérstaklega ef tekið er tillit til mengunarvarna sem hljóttast af meðferð úrgangsins.

4.5 Vetni

Kostur sem horft er til með mikilli eftirvæntingu er sá að nota vetni sem eldsneyti. Vetnið hefur þann kost að þegar það er brennt myndast aðeins vatn, og er notkun þess því talin allálitleg frá sjónarhóli útblásturs.

Vetni finnst ekki að neinu ráði í náttúrunni, og verður því að leggja til orku til þess að framleiða það. Því er rétt að líta á vetni fremur sem orkubera en orkulind. Hér á landi hefur vetni verið framleitt með rafgreiningu og er gert ráð fyrir því að svo stöddu að svo verði einnig í framtíðinni, verði farið út í stórvirka vetnisframleiðslu. Einnig má búa til vetni úr brennisteinsvetni (H₂S) og metani, en ekki yrði það í jafnmiklum mæli og vetnisframleiðsla með rafgreiningu. Dæmigerð nýtni orku við rafgreiningu er um 80%, en hún getur þó verið breytileg eftir því hvernig nákvæmlega er að ferlinu staðið. Stofnkostnaður er allhár við uppsetningu vetnisverksmiðju sem notar rafgreiningu.

Helstu kostir vetnis eru þeir að það er nánast mengunarlaust eldsneyti, og að það hefur hátt hlutfall orku miðað við þyngd. Ókostir eru að það er ekki til í náttúrunni að neinu marki og hefur lágt orkuinnihald miðað við rúmmál og er því vandasamt í geymslu og dreifingu. Meira verður fjallað um vetni í tengslum við efnarafala.

4.6 Efnarafalar

Efnarafalar virka öfugt við rafgreina. Í þeim er útvermið efnahvarf notað til þess að framleiða rafmagn. (t.d. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$). Anóða og katóða efnarafala eru aðskilin með rafklofa sem hleypir jákvætt hlöðnum jónum um sig en hvorki hvarfefnum, né rafeindum. Rafeindirnar fara svo með leiðara frá anóðu til katóðu –og er rafstraumurinn nýttur. Spenna yfir efnarafal er almennt fremur lág og er því gripið til þess ráðs að stafla þeim á þann hátt að anóða eins er í sambandi við katóðu annars og svo koll af kolli. Efnarafalar sem hugsaðir eru fyrir bifreiðar eru þannig úr garði gerðir að þeir eru með rafklofa sem samanstendur af fjölliðubynnu, notast við fremur lágt hitastig og þurfa mjög hreint vetni sem eldsneyti. Þeir eru afar dýrir í framleiðslu. Þumalputtaregla er að efnarafalvél megi ekki kosta meira en sem nemur \$50/kW miðað við hámarksafl svo þeir geti verið samkeppnisfærir. Í dag kosta þeir margfalt þetta verð, og í raun er verð efnarafala ein stærsta hindrunin á veginum til vetnissamfélags. Annar liður er geymsla á vetni, en hinir stóru liðirnir snerta framleiðslu og dreifingu vetnis. Á þá þætti verður nú minnst að nokkru.

Ef nota skyldi vetni sem eldsneyti á bíla- og skipaflota þarf ársframleiðsla vetnis að vera um það bil 100.000 tonn. Miðað við 80% nýtingartíma á vatnsafla til raforkuframleiðslu kallar þetta á um það bil 600MW virkjun (Hér er gert ráð fyrir 100% nýtingu rafgreinis og engu orkutapi við að koma vetni á háþrýstikúta) –sama afl og Fljótsdalsvirkjun. Stofnkostnaður við vetnisafgreiðslustöð (þar sem framleiðsla og geymsla fer fram) eins og þá sem gangsett var hér á síðasta ári er um kr.100 milljónir. Framleiðslugeta hennar er um 5,5kgH₂/klst. Ársframleiðsla slíkrar stöðvar verður aldrei meiri en 50 tonn af vetni. Þetta þýðir að gerð er krafa um afkastagetu sem er 2000 sinnum meiri en þeirrar stöðvar sem þegar er til staðar. Nú má gefa sér sem forsendu að framtíðar vetnisstöðvar verði 10 sinnum stærri en núverandi stöð og náist með því einhver stærðarhagkvæmni, sem við getum skotið á að verði allt að 50%, svo einhver tala sé nefnd. Þá myndi heildarkostnaður við afgreiðslustöðvar til að þjóna öllum bílum og skipum vera á bilinu 100-200 milljarðar króna. Við það bætist að kostnaður við 600MW virkjun er líka um 100 milljarðar króna. Auðsjáanlega er um mikla fjárfestingu að ræða ef koma skal á fót sannkölluðu vetnissamfélagi. Athygli skal vakin á því hér að ekki er tekinn með sá kostnaður sem kynni að felast í vélbúnaði bíla og skipa svo nýta megi vetnið.

Nú kann að vera að mörgum þyki ofangreindur kostnaður vera harla mikill og vetnissamfélagið óárennilegt, en þess ber að gæta að umbreyting í vetnissamfélag gerist ekki á einni nóttu og kostnaður við breytinguna mun væntanlega eiga sér stað á áratugum. Rannsóknir Fanneyjar Frisbæk á vegum Íslenskrar NýOrku hafa sýnt að með 20 afgreiðslustöðvum víðs vegar um land megi koma málum svo í horf að sérhver bílstjóri eigi leið hjá vetnisstöð a.m.k einu sinni á dag. Að byggja 20 stöðvar eins og núverandi stöð myndi ekki kosta meira en 2 milljarða króna.

Ráðandi þættir í hraða vetnisvæðingar eru kostnaður vetnisvéla/efnarafala, olíuverð (langtíma), fjármögnunargeta og tæknileg færni við nýtingu. Um fyrstu tvo þættina fá Íslendingar engu ráðið, en með skynsamlegri stefnumörkun getum við búið svo í haginn að síðarnefndu þættirnir tveir verði til staðar þegar sú stund rennur upp að færi gefst á hagkvæmri nýtingu vetnis.

4.7 Rafmagnsbílar

Eins og staðan er í dag er víðast lítil áhugi fyrir rafmagnsbílum. Stafar það einkum af því að jafnvel bestu rafhlöður hafa fremur lágt hlutfall milli geymdrar orku og massa.

5 Starf Orkustofnunar

Eins og fyrr segir er hlutverk Orkustofnunar á vettvangi vistvænna eldsneyta fyrst og fremst ráðgjafahlutverk við stjórnvöld. Einnig sitja starfsmenn Orkustofnunar fundi ýmissa nefnda er fjalla um alþjóðlegt samráð í vetnismálum, sem fulltrúar stjórnvalda og hafa það hlutverk að koma til skila íslenskum sjónarmiðum og fræðast um það sem er að gerast á alþjóðlegum vettvangi. Það er einnig hlutverk Orkustofnunar að reyna að hafa yfirsýn yfir þær rannsóknir á sviði eldsneytismála sem fara fram á landinu og sjá hvernig megi nota þær við mörkun eldsneytisstefnu.

Loftslagsbreytingar og endurnýjanlegar orkulindir

Tómas Jóhannesson, Veðurstofu Íslands

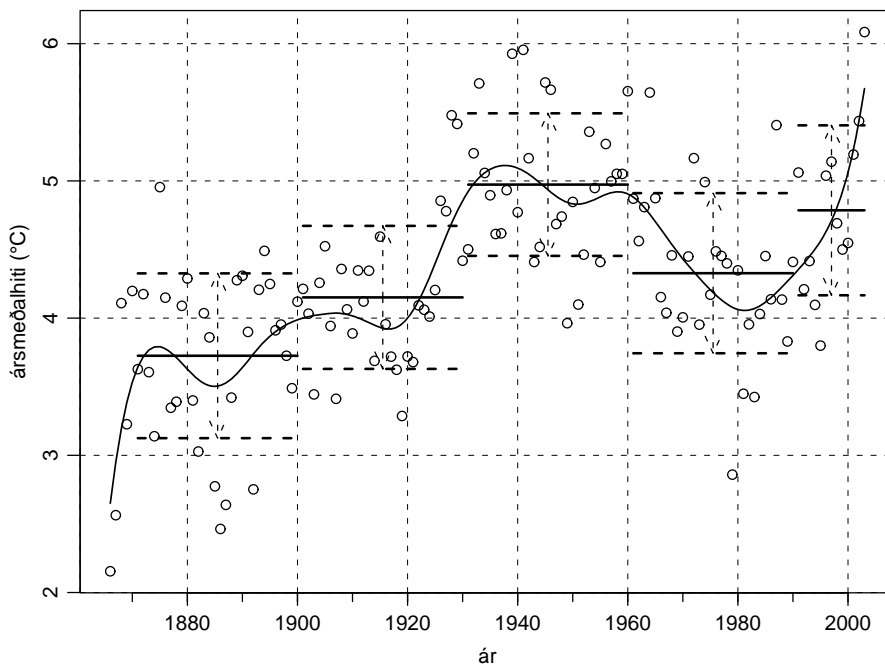
„Framtíðin er ekki eins og hún átti að sér að vera“ er fullyrðing sem dregur saman í hnotskurn niðurstöður rannsókna síðustu ára og áratuga á loftslagsbreytingum. Þessi fullyrðing vísar ekki einungis til hugsanlegra breytinga á veðurfari af mannavöldum. Mönnum verður æ ljósara að veðurfari á jörðinni er af náttúrulegum ástæðum undirorpið breytingum á öllum tímakvörðum, hvort sem lítið er til daga, mánaða, ára, áratuga, alda, árþúsunda eða enn lengri tímabila. Því lengri sem tímakvarðinn er, því meiri breytingar virðast hafa verið í loftslagi svo langt aftur sem gögn okkar spanna. Af þessum ástæðum er ekki fullnægjandi að líta eingöngu til fortíðarinnar til þess að meta þær aðstæður sem miða þarf við þegar skipulögð er framtíðarnýting orkulinda og margra annarra náttúruauðlinda. Breytingar í mæliröðum sem spanna nokkra áratugi gefa ekki raunsanna hugmynd um breytingar sem vænta má í framtíðinni, hvort sem veðurfari breytist af mannavöldum eða ekki.

Svo dæmi sé tekið þá var breytileiki (staðalfrávik) ársmeðalhita í Reykjavík á tímabilinu 1866–2003 um 0,75 °C. Þessi breytileiki minnkar furðu lítið þó tekið sé staðalfrávik meðaltala yfir allöng tímabil í stað eins árs. Þannig er breytileiki í 30 ára meðaltölum tímabilanna 1871–1900, 1901–1930, 1931–1960 og 1961–1990, að viðbættu tímabilinu 1991–2003, um 0,5 °C. Breytileiki ársmeðalhitans á staðaltímabilinu 1961–1990 er hins vegar um 0,6 °C. Meðalhiti og staðalfrávik hitans fyrir það tímabil gefa líklega mjög misvísandi hugmynd um það hitafar sem vænta má á næstu áratugum, eins og skýrt sjá má á mynd 1, hvort sem áhrif mannkyns á veðurfari verða umtalsverð eða ekki. Sama má segja um aðrar veðurfræðilegar stærðir svo sem úrkomu, afrennsli, sjávarhita, hafis o.s.frv. Mynd 1 sýnir reyndar að í mörgum tilvikum vikur meðaltal tiltekins 30 ára tímabils meira en eitt staðalfrávik frá meðaltali jafn langs tímabils næst á undan. Því er ljóst að taka verður tillit til hugsanlegra breytinga á meðaltali tímaráðar í framtíðinni, til viðbótar við tölfræðilegan innri breytileika á tímabilinu sem fyrirbyggjandi gögn spanna, ef leggja á raunhæft mat á óvissu um framtíðarveðurfari.

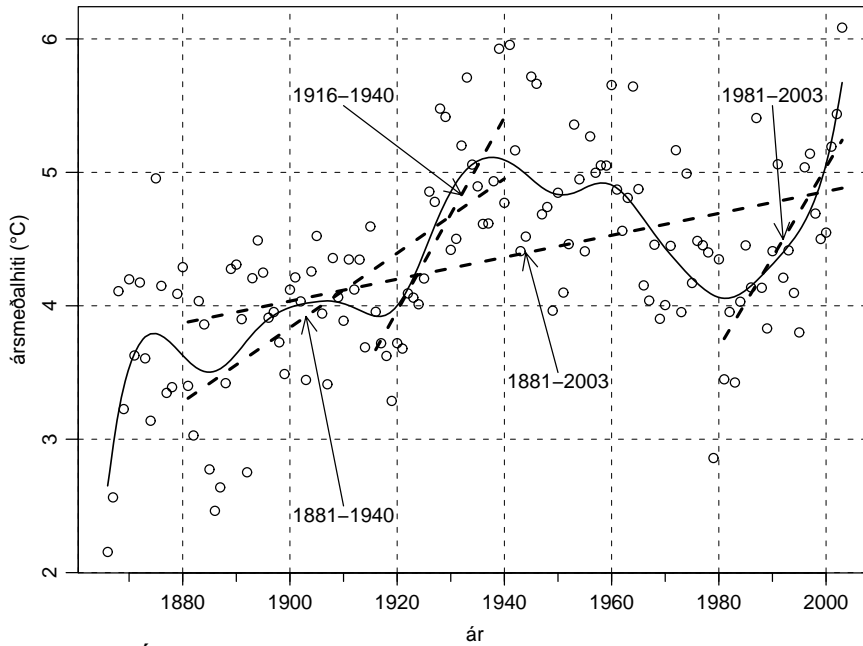
Breytingar á veðurfari verða ekki jafnt og þétt og koma ekki einungis fram sem breytingar í meðaltali ársins. Hlýnun í Reykjavík síðan seint á 19. öld átti sér að langmestu leyti stað á tímabilunum 1920–1930 og eftir 1980, en á öðrum tímabilum hefur kólnað eða hlýnað mun hægar eins og sést á mynd 2. Heildarhlýnun síðan á 19. öld varð mest að vetri til. Hin hraða hlýnun tímabilsins 1916–1940 var hins vegar mest að vori og hausti og mun minni að sumrinu. Eftir 1980 hefur hlýnað mest á haustin og minnst að vori til, en sumarhlýnun hefur verið nærri ársmeðaltali eins og mynd 3 sýnir. Árstíðaskipting hlýnunar síðan 1980 er mismunandi á mismunandi veðurstöðvum hér á landi en víðast hefur hlýnað meira á haustin en á öðrum árstímum.

Margir telja að unnt sé að segja að nokkru leyti fyrir um þróun veðurfars á næstu áratugum vegna þess að breytingar af mannavöldum hafi fyrirsjáanleg áhrif. Hlýnun síðustu áratuga á jörðinni gefur til kynna að áhrif mannkyns á veðurfari séu þegar farin að koma fram og nýjar rannsóknir benda til þess að mælingar á hlýnuninni, sem um hefur verið deilt, séu trúverðugar. Þrátt fyrir þetta er mjög erfitt eða ógerningur að segja fyrir um árstíðaskiptingu hlýnunar og marga aðra þætti sem miklu ráða um veðurfari

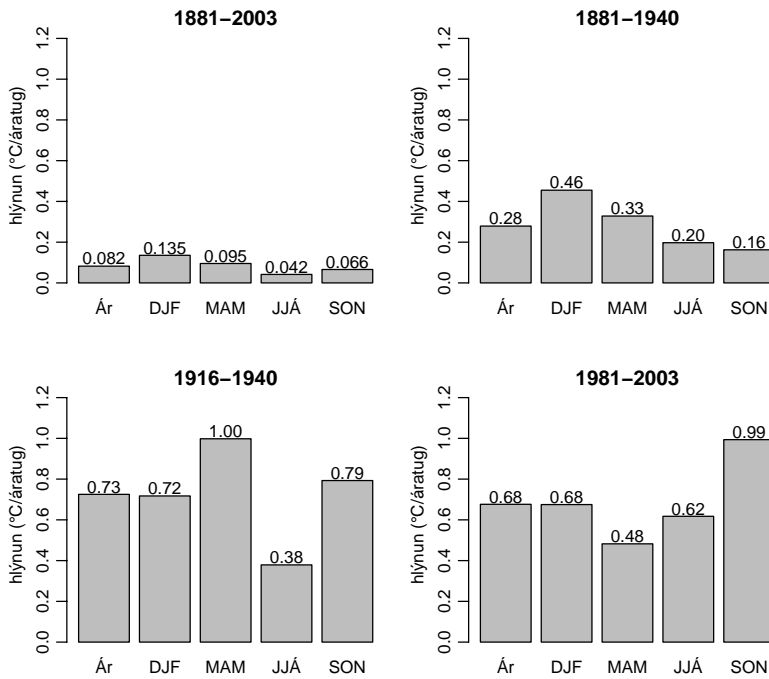
fram tíðarinnar og áhrif veðurfarsbreytinga á mannlegt samfélag. Í erindinu verður fjallað um nokkrar svokallaðar sviðsmyndir fyrir hugsanlega þróun veðurfars hér á landi á næstu áratugum og rædd rök með og á móti þeim rannsóknum sem slíkar sviðsmyndir byggjast á. Greint verður frá nýjum rannsóknum á breytingum í hitafari á jörðinni síðan 1958 og norrænu rannsóknarverkefni þar sem þróaðar verða sviðsmyndir um loftslagsbreytingar á Norðurlöndum og könnuð áhrif slíkra breytinga á orkuvinnslu með endurnýjanlegum orkulindum. Einnig verða sýnd nokkur dæmi um niðurstöður rannsókna á áhrifum loftslagsbreytinga á íslenska jökla. Niðurstöður allra þessara rannsókna eru háðar verulegri óvissu. Hvað fram tíðarþróun veðurfars varðar er ekki síst um að ræða óhjákvæmilega óvissu um þróun efnahagslífs og mannlegs samfélags á næstu áratugum. Af þessum sökum er nú, enn fremur en áður, nauðsynlegt að skipulag og hönnun á öllum sviðum miðist við óvissa framtíð. Því sveigjanlegri útfærslu sem menn velja þegar ákvarðanir eru teknar, því auðveldara er að takast á við þær breytingar sem framtíðin ber í skauti sér.



Mynd 1: Ársmeðalhiti í Reykjavík 1866–2003 og 10 ára vegið hlaupandi meðaltal. Meðaltal og bil, sem samsvarar einu staðalfráviki hitans í hvora átt, er sýnt með láréttum strikum fyrir hvert 30 ára tímabil og fyrir tímabilið 1991–2003.



Mynd 2: Ársmeðalhiti í Reykjavík 1866–2003 og 10 ára vegið hlaupandi meðaltal. Einnig er sýnd meðalhlýnun yfir tiltekin tímabil.



Mynd 3: Hlýnun ársins og árstíða í Reykjavík á mismunandi tímabilum frá síðari hluta 19. aldar.