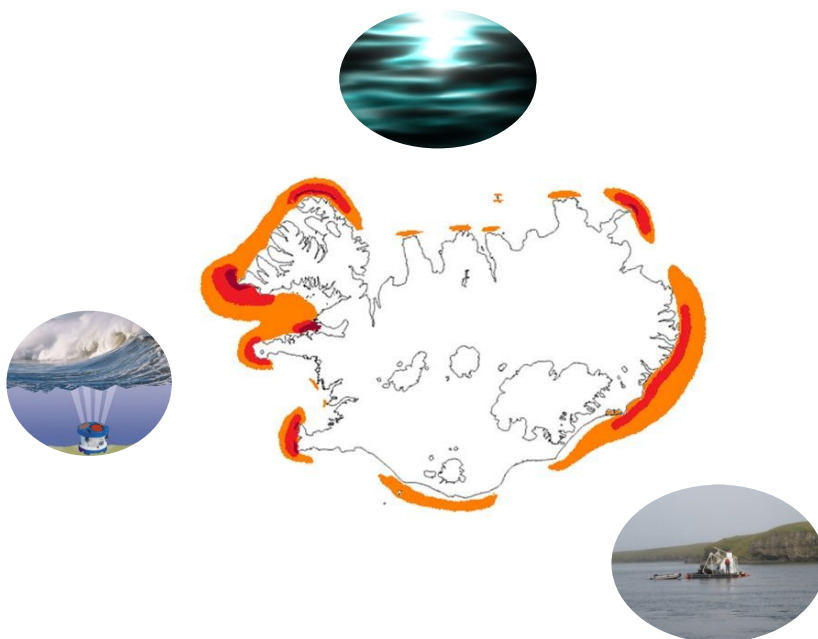




VALORKA

Rannsóknir á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við Ísland

Tildrög stefnumótunar og tillögur um framkvæmd



VÖ/Valorka/ágúst 2014



Formáli

Greinargerð þessi og tillögur í henni eru beint framhald þeirra verkefna sem ég hef lengi unnið að, og miða að rannsóknum og nýtingu á hinum gríðarmiklu orkuauðlindum sjávar, á sjálfbæran hátt og án skaðsemi fyrir umhverfi. Byggt er á þeirri reynslu og þekkingu sem ég hef aflað mér; heimildum sem vísað er til, og þeim tækifærum sem nú hafa skapast til að þoka þessum málum áfram. Allt er það sett fram á mína ábyrgð og í nafni míns fyrirtækis. Ég fagna allri málefnalegri og uppbyggilegri umræðu um þessi málefni, en vísa á bug þeim fordómum og þröngsýni sem mér finnst hingað til hafa gætt um of á þessu sviði.

Alla mína ævi hefur nýting sjávarorku verið mér ofarlega í huga. Ég hef þar oftast verið einfari, því hérlandis hefur sjávarorkunýtingu yfirleitt ekki verið sýndur raunverulegur áhugi, hvorki af almenningi né stjórnvöldum. Veit ég þó af fáeinum öðrum, hugsandi í þessum efnum. Það var fyrst í kjölfar atvinnuleysis 2008 sem ég hóf vinnu við mínar hugmyndir. Hún leiddi til fyrsta einkaleyfis íslensks hverfils, auk þess sem á næstu árum spratt upp hver aðferðin eftir aðra og sér ekki fyrir endann á þeirri þróun eins og lýst er í skýrslunni.

Viðbrögð stuðningskerfisins og stjórnvalda hafa stundum minnt mig á það þegar á mínum uppvaxtarárum þurfti að sækja þarfanaut í girðingu. Það stakk við fótum og setti í mann hornin í byrjun, en taumurinn léttist þegar tilgangurinn varð ljós. Það hefur kostað verulega fyrirhöfn og kynningu að fá stjórnvöld og viðeigandi stofnanir til að átta sig á þeirri nauðsyn sem rannsóknir og nýting sjávarorku er og þeim verðmætu tækifærum sem forysta í tækniþróun á því sviði getur fært okkur. Þó verða ekki allir dregnir í sama dilk. Einstaka stofnanir og allmargir einstaklingar hafa sýnt verkefnunum áhuga og skilning og lagt sig fram um að greiða götu þeirra. Þeirra áhugi hefur verið mér ómetanleg stoð.

Þessi greinargerð er framhald á því kynningarstarfi sem hefur orðið óhjákvæmilegt hlutverk mitt sem frumkvöðuls á sviði sjávarorku. Sú kynning leiddi m.a. til þess að Alþingi stóð eftirminnilega saman og samþykkti vorið 2014 að hefja vinnu við rannsóknir á sjávarorku við landið. Var ráðherra falið að skipa starfshóp til mótunar verklags. Þessi skýrsla er öðrum þræði ætluð sem innlegg í þá vinnu, en verður einnig birt víðar. Ég tel rétt, þar sem samþykkt Alþingis er sprottin af mínu frumkvæði, að draga fram það sem ég tel vera mikilvæga þætti sem horfa þarf til. Mitt fyrirtæki, Valorka ehf, er auk þess ennþá eini aðilinn í tækniþróun á sviði sjávarorku hérlandis, en tækniþróun er einn mikilvægri þátta sem taka þarf tillit til í rannsóknarvinnunni.

Vona ég að haldið verði á þessu máli af skynsemi; að gætt verði hagsmuna umhverfis og framtíðarkynslóða fremur en skammtímagróða og sérhagsmunahópa. Hér er um eina dýrmætustu auðlind þjóðarinnar að ræða; skipuleggjum nýtingu hennar af skynsemi.

Valdimar Össurason, frkvstj Valorku



Samantekt

Mikil orka býr í hafinu við Íslandsstrendur. Ölduorka er óvíða meiri í N-Atlantshafi; aflmiklar annesjarastir eru allt í kringum landið og sundarastir í nokkrum fjörðum. Enn skortir nær algjörlega rannsóknir varðandi umfang orku einstakra staða til að unnt sé að meta nýtingarmöguleika hennar. Tækniþróun í sjávarorkunýtingu er hröð, og íslenskar uppfinningar eru þar núna í fremstu röð á mikilvægum sviðum.

Rannsóknir á sjávarfallaorku við Ísland eru orðnar mjög aðkallandi og nauðsynlegar af mörgum ástæðum. Brýnust er þörf þess að vita hve mikil orka er til staðar til nýtingar fyrir komandi kynslóðir. Hefðbundin orkuöflun getur ekki svarað viðvarandi aukningu orkueftirspurnar nema í fáeina áratugi enn, og því er nauðsynlegt að kanna aðra kosti. Brýnast er að bæta úr skorti þekkingar á straumhraða. Sú þekking getur nýst í ýmsum öðrum tilgangi; s.s. til að spá fyrir um flutning lífvera, rek hluta, hafisrek, setflutning, mengun o.fl.

Séu rannsóknir grannlanda okkar heimfærðar á Ísland með stærðarsamanburði má ætla að sjávarfallaorkan ein sé í heild yfir 330 TWst/a, en til samanburðar nemur öll raforkuframleiðsla okkar nú um 18 TWst/a.

Alþingi hefur nú samþykkt stefnumótandi ályktun sem miðar að því að hefja rannsóknir á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku, koma á fót þekkingargrunni og taka þátt í alþjóðlegu samstarfi á þessu sviði. Samþykktin er komin fram vegna frumkvæðis undirritaðs, sem einnig þróar fyrsta íslenska hverfilinn og fyrstu íslensku sjávarvirkjunina á vegum Valorku ehf. Valorka hefur hlotið ýmsar alþjóðlegar viðurkenningar fyrir hverflana og nýlega gaf ríkisstjórn Íslands út yfirlýsingu þar sem þörf verkefnanna er undirstrikuð og viðurkennd.

Hér eru gerðar tillögur um einstaka þætti í skipulagi rannsókna í byrjun. Hafrannsóknastofnun er sjálfsagður umsjónaraðili mælinga í hafi, í samræmi við hlutverk sitt. Valorka þarf að eiga aðild að rannsóknunum m.a. vegna eðlilegrar þróunar sinnar tækni og vegna þeirra verkefna sem Valorka hefur þegar sett af stað í þessu efni. Verkís heldur utanum eina sjávarfallalíkanið og það þarf að uppfæra í ljósi niðurstaðna, auk þess sem þörf er á góðri verkfræðiþekkingu. Orkustofnun mun væntanlega halda utanum verkefnið að hálfu stjórnvalda. Aðrir aðilar koma að, eftir því sem þörf og áhugi leiðir í ljós.

Áhersla mun líklega verða lögð á rannsóknir straumhraða í röstum í upphafi, ásamt annarri gagnaöflun. Auka þarf tækjabúnað Hafrannsóknastofnunar lítillga, einkum bæta við botnlægum dopplermælum. Mælingar verða felldar að öðrum verkefnum stofnunarinnar.

Í byrjun þarf að setja upp vandaðar áætlanir varðandi verklag, forgangsroðun verkþátta, hlutverk aðila, tímasett markmið, fjárhag o.fl. Alþingi þarf að tryggja verkefninu nægilegt framlag á fjárlögum hvers árs. Þegar hefur verið sótt um byrjunarframlag á fjárlögum 2015 til undirbúningsvinnu.



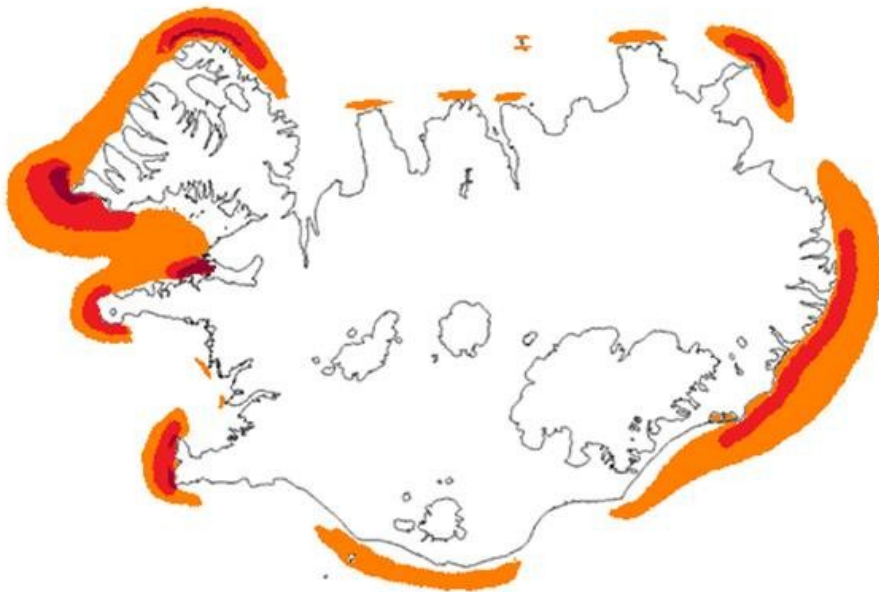
Efni:

I. Formáli.....	2
II. Samantekt	3
1. Staða og þörf rannsókna á sjávarorku	
1.1. Hversvegna sjávarorkurannsóknir?.....	5
1.2. Skortur á rannsóknum	7
1.3. Mikilvæg auðlind	8
1.4. Þróun sjávarorkunýtingar á heimsvísu.....	12
1.5. Íslenskt frumherjaverkefni í sjávarorkutækni	14
1.6. Önnur gagnsemi rannsókna.....	17
2. Stefnumótun íslenskra stjórnvalda	
2.1. Ályktun Alþingis	18
2.2. Yfirlýsing ríkisstjórnar Íslands	19
3. Staða rannsókna í grannlöndum	
3.1. Almennt	21
3.2. Írland	22
3.3. Bretland.....	29
3.4. Noregur	32
3.5. Kanada	33
3.6. Samanburður við Ísland	34
4. Tilhögun sjávarorkurannsókna	
4.1. Rannsóknaraðilar	37
4.2. Skilgreining og skipulag	40
4.3. Rannsóknaaðferðir og tækni	41
4.4. Rýning og áreiðanleiki	42
4.5. Fjármögnun og stjórnun.....	42
5. Meðferð og nýting niðurstaðna	
5.1. Gagnagrunnur á sviði sjávarorku	43
5.2. Birting og dreifing niðurstaðna	43
Viðauki I Ályktun Alþingis um rannsóknir á sjávarorku	44
Viðauki II Yfirlýsing ríkisstjórnar Íslands v. sjávarorkuverkefna...	50

1. Staða og þörf rannsókna á sjávarorku

1.1. Hversvegna sjávarorkurannsóknir?

Sjávarorka er að öllum líkindum mjög rík orkulind við Ísland, og verða frekari líkur leiddar að því hér í síðari köflum. Hraði tækniþróunar og viðhorfsbreytingar í umhverfis- og orkumálum hafa aukið líkur á að í náninni framtíð muni hún verða mikilvæg uppistaða í orkuöflun hérlendis og annarsstaðar. Víða um heim er hafin þróun tækni til nýtingar sjávarorku, og margt bendir til þess að orkuframleiðsla inn á veitukerfi muni hefjast að einhverju ráði á næstu áratugum, hjá þeim ríkjum sem lengst hafa náð. Mörg þróuð ríki sem búa vel að þessum auðlindum hafa nú þegar hafið rannsóknir á umfangi þeirra, og víða liggja niðurstöður fyrir, eins og nánar er vikið að í kafla 3.0 hér á eftir.



Teikningin sýnir staði við ströndina þar sem líkur benda til að vænta megi mikilla sjávarfallastrauma. Litlar sem engar vísindalegar rannsóknir liggja þó enn fyrir.

Nánast engar rannsóknir hafa verið gerðar sem miða að greiningu á umfangi og nýtingarmöguleikum á sjávarorku við Ísland. Sú staðreynd er reyndar í fullu samræmi við það að til skamms tíma hafði engin almenn umræða farið fram um nýtingu sjávarorku; hvorki í þjóðfélaginu né í stjórnkerfinu. Ástæðan liggur sumpart í því að allt fram á 8. áratug síðustu aldar var almennt álitíð að hér væri slík gnægð vatnsafls og jarðhita sem nýta mætti með hagkvæmum hætti og hindrunarlaust; að ekki þyrfti að leita nýrra orkugjafa.

Undir lok aldarinnar urðu æ háværari þær raddir í þjóðfélaginu sem bentu á ágengni virkjana við umhverfi og önnur náttúrugæði og um leið varð ljóst að koma yrði böndum á þá óheftu virkjanastefnu sem til þess tíma hafði almennt verið viðurkennd. Sú vinna sem síðan hefur farið fram, einkum hin víðtæka vinna að rammaáætlun, hefur síðan leitt til þess að nú er

í fyrsta sinn unnt að skoða takmörk virkjana á landi og vega þörf þeirra á hverjum tíma á móti þeirri skaðsemi sem af hlýst. Þessi nýja staða leggur stjórnámálamönnum m.a. tvær skyldur á herðar. Annarsvegar hið stöðuga mat á því hve langt skuli ganga í nýtungu á kostnað verndunarsjónarmiða og hinsvegar að rannsaka allar aðrar orkuauðlindir þjóðarinnar og leita leiða til að nýta þær með hagkvæmum hætti.

Eftirspurn eftir orku hefur aukist af vaxandi þunga, og ekkert bendir til þess að sú þróun sé að breytast. Stjórnvöld hljóta því að leggja aukna áherslu á raunhæfa stefnumótun og markmiðssetningu í orkumálum. Þess hefur ekki þurft meðan hin eldri viðhorf voru uppi. Fyrir nokkrum árum fór fram vinna við orkustefnu á vegum stjórnvalda. Ekki er hægt að segja að henni sé lokið, þar sem í gildandi orkustefnu er hvorki að finna markmiðssetningar, né heldur er þar fjallað að neinu marki um aðra möguleika í orkuöflun en vatnsafl og jarðhita. Enn hefur engin heildarstefna í orkumálum litið dagsins ljós, en gera má ráð fyrir að kröfur um fyrirhyggju í þágu framtíðarkynslóða eigi eftir að fá meira vægi í kjölfar mikillar umræðu um náttúruvernd og loftslagsmál.

Okkur hefur verið það tamt sem þjóð, að sumu leyti réttilega, að hreykja okkur í hópi annarra þjóða og benda á þá staðreynd að Ísland er í fararbroddi í nýtingu endurnýjanlegra auðlinda. Sú ímynd er landinu mikilvæg, m.a. í markaðslegu tilliti; ekki síður en ferskleiki vatnsins; sjálfbærar fiskveiðar og sérstæð náttúrufegurð. Við þurfum því að leita allra leiða til að nýta þær endurnýjanlegu orkulindir sem tiltækar eru til að svara sívaxandi orkuþörf, þegar vatnsfalla- og jarðhitaorka nálgast fullnýtingu. Við höfum nokkrar leiðir til þess, en nauðsynlegt er að kanna umfang þeirra og raunhæfi nýtingar. Þegar erum við farin að skoða nýtingu vindorkunnar með þeirri erlendu tækni sem enn er í þróun. Vindorka er endurnýjanleg auðlind en mjög óstöðug, ófyrirsjáanleg og hefur verið umdeild vegna sjón- og hljóðmengunar, fugladráps og annarra þátta. Mikilvægt er að skoða alla okkar möguleika í því efni. Ekki þarf þó síður að huga að hinum miklu auðlindum sjávarorku við landið.



Sjávarorka er gríðarmikil við strendur landsins. Sýnileg ummerki hennar eru greinileg, bæði í afli brims við strendur og í öflugum og víðáttumiklum röstum við flest annes. Hörð sjávarföll hafa löngum verið sæfarendum skeinuhætt og skapað sjávarnytjum erfiðleika. Nú hillir undir það í fyrsta skipti í mannkynssögunni að unnt verði að nýta orku þeirra til raforkuframleiðslu á hagkvæman hátt. Mikil

tækniþróun fer nú fram sem vafalítið mun leiða til nýtingar sjávarorku á næstu áratugum. Þegar eru tilraunavirkjanir starfandi á nokkrum stöðum. Eitt íslenskt verkefni hefur náð langt á sínu sviði sjávarorkutækni, en nánar um það síðar.

Líklegt er að sjávarfallaorka verði nýtt áður en tekst að ná tókum á virkjun ölduorku. Í dag eru fleiri vandamál enn óleyst varðandi ölduvirkjun en straumvirkjun, þó hvorttveggja sé í hraðri þróun. Hugsanlegt er að þriðja form sjávarorku, seltu- eða osmósuorka, verði einnig nýtanlegt hér í framtíðinni, en tækniþróun er þar komin stutt á veg og ekkert sem bendir til hagkvæmrar notkunar á þessari stundu. Brýnast er því að skoða möguleika á nýtingu sjávarfallaorku, en einnig afla gagna um ölduorku sem nýst gætu þegar sú tækni er til reiðu.



Nauðsyn rannsókna á sjávarfallaorku er núna einkum af fernum toga:

1. Til að átta sig á umfangi þeirrar orku sem nýtanleg verður, þegar tækni til þess kemur almennt á markað, en þau gögn verða þá með öðru lögð til grundvallar markmiðssetningum í orkustefnu landsins. Þetta er meginmarkmiðið rannsókna. Ljóst má vera að ekki verður gerð raunhæf orkustefna fyrir Ísland nema að teknu tilliti til þessara umfangsmiklu orkuauðlinda og mögulegri nýtingu hþeirra.
2. Til að unnt sé að halda áfram þeirri þróun sjávarorkutækni sem þegar er hafin hþerlendis. Fyrirtækið Valorka ehf hefur á síðustu árum unnið að þróun fyrstu íslensku sjávarfallavirkjunarinnar, og er uppfinning Valdimars Össurarsonar, stofnanda og framkæmdastjóra Valorku, um leið fyrsti íslenski hverfillinn til að hljóta einkaleyfi. Hverfillinn er nú í fremstu röð á heimsvísu varðandi nýtingu annesjastrauma, en þannig forskot veitir dýrmæt tækifæri til verðmætasköpunar. Til að unnt sé að þróa hann frekar er nauðsynlegt að geta valið staði sem best henta til prófana á seinni stigum; t.d. til að prófa frumgerð.
3. Til að greina hugsanleg tækifæri sem kunna að vera á að setja hþerlendis upp alþjóðlega prófunarmiðstöð til þróunar sjávarorkutækni. Slíkar miðstöðvar hafa á síðustu árum sprottið upp erlendis og skapa þar mikil tækifæri. Ekki er útilokað að hþerlendis geti þær orðið svipuð undirstaða þekkingar og atvinnu á þessu sviði.
4. Almenn not af rannsóknaniðurstöðum. Gagnsemi rannsókna á sjávarfallastraumum við landið mun reynast mikilvæg í ýmsu tilliti. Má þar nefna aukinn skilning á göngu og hegðun lífvera við landið; t.d. varðandi útbreiðsluhraða nýrra tegunda o.fl. Einnig eru þær nauðsynlegar til að gera líkön af yfirborðsreki, t.d. vegna megnunarvarna; vegna björgunar og leitar o.fl. Nánar um það í kafla 1.6 hér á eftir. Vafalítið munu þær koma að gagni á fleiri sviðum sem ekki verða fyrir séð í byrjun.

1.2. Skortur á rannsóknum

Hþerlendis hafa lengi verið stundaðar öflugar rannsóknir á hinum ýmsu eðlisþáttum hafsins við Ísland, einkum af Hafrannsóknastofnun. Þær rannsóknir hafa eðlilega að langmestu leyti tekið mið af þörfum og hagsmunum sjávarútvegsins. Einnig hafa þær lagt grunn að aukinni þekkingu á meginstraumum á okkar hnattsvæði og þar með eflt skilning á loftslagi, veðri, og hnattrænum breytingum í hafi og loftslagi. Íslendingar standa framarlega í hafrannsóknum og búa vel að þekkingu og mannauði á því sviði.

Enn hafa þó nánast engar rannsóknir verið gerðar á straumhraða í hinum orkuríku annesjaröstum Íslands. Þetta kann að sýnast undarlegt, í ljósi þeirra áhrifa sem þessar rastir hafa haft á sjósókn, samgöngur og mannlíf, allt frá landnámi til þessa dags. Rastirnar hafa heimitað óteljandi mannlíf; þær hafa verið til gagns og bölvunar í samgöngum og útgerð; þær hafa mótað búsetuskilyrði og strandlengju og þær hafa skapað einhver gjöfulustu fiskimiðin á grunnslóð. Skýringin á skorti á rannsóknum helgast einkum af því að eftir tilkomu nútíma rannsóknaraðferða og tækni, varð einnig tiltæk tækni til fiskveiða á djúpslóð sem taldar voru



arðbærari en smábátaútgerðin við ströndina. Straumhraðarannsóknir í röstum hafa því setið á hakanum hingað til.

Þegar hér er rætt um skort á rannsóknum er átt við þær sem gerðar eru á vísindalegan hátt; með vísindalegum aðferðum; með nákvæmum mælitækjum yfir hæfilega langan tíma; með aðkomu viðurkenndra fræðimanna og þeirri framsetningu og rýni niðurstaðna sem slíkum aðferðum fylgja. Vissulega liggur ýmislegt fyrir um straumhraða í röstum, en það byggir nánast allt á tilfinningu og reynslu sjófarenda og/eða punktmælingum sem ekki eru gerðar samfelld yfir langan tíma né unnið úr þeim á vísindalegan hátt. Menn geta því rennt eitthvað í grun um væntanlegar niðurstöður varðandi einstaka staði, en þar skortir nákvæmni, glögga framsetningu og heildaryfirsýn.

1.3. Mikilvæg auðlind

Fullyrða má að sjávarfallaorka muni gegna mikilvægara hlutverki í orkunotkun Íslendinga í náninni framtíð, þó ekki verði nákvæmlega spáð um það mikilvægi í tölum og prósentum á þessum tíma. Þetta mikilvægi helgast einkum af eftirfarandi þáttum:

1. Umfang sjávarfallaorku með tilliti til annarra orkugjafa. Eins og hér verða færð rök fyrir má ætla að sjávarfallaorka sé ein umfangsmesta orkulind okkar, varðandi heildarorku. Ef umhverfisþættir eru teknir inn í þann samanburð má ætla að sjávarfallaorka sé okkar langstærsta orkuauðlind sem nýta má án fyrirsjáanlegra áhrifa á umhverfi.
2. Dreifing virkjanastaða og möguleikar til jafnrar framleiðslu. Aðstæður hérlendis eru líklega með þeim betri á heimsvísu, sé litið til möguleika þess að framleiða stöðuga sjávarfallaorku úr annesjaröstum inn á öflugt og samfelldt orkuflutningskerfi. Ástæður þess eru margar: Ísland er stór eyja sem sjávarfallabylgjan gengur í kringum, þannig að á hverjum stað verður tvisvar á sólarhring sveifla í hvora átt. Sveiflurnar eru ekki samtímis við öll annesin, heldur er tímamunur á milli þeirra; enda eru helstu annesjarastir með nokkru millibili við ströndina. Séu sjávarfallavirkjanir í öllum helstu meginröstum og þær tengdar inn á þá hringtengingu orkuflutningsnets sem þegar er til staðar; má reikna með að sífelld framleiðsla sé í gangi frá einhverjum þeirra, þó hún sé minni eða engin í öðrum vegna fallaskipta. Þetta sést glögggt þegar skoðað er fyrirliggjandi straumalíkan, þó af því verði ekki ráðinn straumhraði á grunnslóð í einstökum atriðum. Sum önnur lönd búa að slíkri fasaskiptingu verulegra sjávarfalla við sínar strendur, en samspil þeirra við heildstætt flutningsnet raforku og dreifða raforkunotkun virðist gefa Íslandi nokkra sérstöðu.
3. Staða þróunar í sjávarorkutækni. Mikilvægi sjávarfalla til orkuframleiðslu hefur vitaskuld ekkert verið meðan virkjanatækni var ekki fyrir hendi. Á síðari árum hafa orðið verulegar framfarir í þeim efnum, en mismiklar þó eftir virkjanaflokkum. Stífluvirkjanir eru vel þróaðar og hafa verið í orkuframleiðslu á nokkrum stöðum um aldarfjórðung; sú stærsta í La Range í Frakklandi. Þær gætu sumsstaðar átt við hérlendis, ef ekki væri fyrir umtalsverð umhverfisáhrif. Sundavirkjanir, sem nýta hraðari straum en 2,5 m/sek, hafa þróaðast hraðast undanfarin ár og eru nokkrar gerðir nú í tilraunakeyrslu. Sú tækni verður tilbúin innan fárra ára og gæti þá e.t.v. nýst á fáeinum stöðum innanfjarða hérlendis, s.s. í Röst í Hvammsfirði og e.t.v. á nokkrum öðrum stöðum í Breiðafirði. Þar hafa einhverjar



athuganir farið fram, en þar sem virkjunin er svo nærri landi og svo grunnt þarf líklega að skýra nýtingarrétt; gera umhverfismat o.fl. áður en nýting þar er skipulögð. Þriðji flokkur sjávarfallavirkjana er sá sem líklega mun skipta mestu máli fyrir Íslendinga til framtíðar. Hann hefur hér verið nefndur strandvirkjanir eða rastavirkjanir og fæst við nýtingu sjávarfalla í annesjaröstum, þar sem fallastraumur er á bilinu 0,5 til 2,5 m/sek. Þar sem orkuþéttni er þar miklu minni á hverja flatareiningu sjávar en í hinum flokkunum hefur minni áhersla verið lögð á þróun í þessum flokki. Önnur atriði gera þessa orkuöflun mjög áhugaverða. Vélbúnaður og festingar hans geta verið mun ódýrari á flatareiningu sjávar, þar sem ekki þarf að standast sömu áraun. Beita þarf annarsskonar hverflum þar sem skrífuhverflar vinna ekki á hagkvæman hátt í svo hægum straumi. Mikilvægast er þó að orka á þessu formi er aðgengileg á margalt fleiri og víðáttumeiri stöðum en fyrrnefndar virkjanaaðferðir ná til. Hérlandis eru svo straumpungar annesjarastir kunnar á nokkrum stöðum allt í kringum landið. Mest þeirra er líklega Látraröst, en einnig má nefna Straumnæsrost; Langanæsrost; Reykjanesrost og fleiri. Víðáttumikil og orkurík straumasvæði eru bæði við Vestfirði og Austfirði, og þar gætu greinst stór svæði sem virkja mætti með þessum aðferðum. Eins og síðar verður rakið eru Íslendingar nú í fremstu röð tækniþróunar í þessum flokki, og gæti sú forysta skapað mikilvæg tækifæri.

4. Nálgun fullnýtingar hefðbundinna virkjanakosta. Rammaáætlun um nýtingu hefðbundinna virkjanakosta með tilliti til náttúruverndar hefur lett í ljós með óyggjandi hætti að takmörk nýtingar þeirra orkulinda eru mun nær en áður var talið. Þó endanleg mörk séu auðvitað háð pólitísku mati þá er ljóst að nú þegar er búið að virkja a.m.k. helming þeirrar orku sem við eigum á þessu formi. Enn heldur eftirspurn eftir orku áfram að aukast og má ljóst vera að ekkert lát verður þar á. Langmestur hluti orkunotknunar á Íslandi er vegna stóriðju, en það breytir litlu í þessu efni: Meðan stóriðja leikur jafn viðamikið hlutverk í verðmæta- og atvinnusköpun og verið hefur er ljóst að þrýstingur verður ekki minni á aukningu til þeirra nota en til heimilisnotkunar. Með sömu aukningu orku eftirspurnar og verið hefur má ljóst vera að hefðbundnar orkulindir munu ekki geta svarað henni nema í fáeina áratugi enn, enda litlar líkur á að slakað verði á í náttúruverndarsjónarmiðum. Nýjar orkuöflunaraðferðir þurfa því að koma til skjalanna. Vindorka kann að geta gegnt þar einhverju hlutverki, líkt og í grannlöndum okkar, en hún er óstöðug og ófyrirsjáanleg auk þess sem hún hefur víða óæskileg umhverfisáhrif. Augljóslega liggur þá beint við að nýta hinar miklu orkuauðlindir sjávarfalla, ef í boði verða tæknilausnir til þess með viðunandi hagkvæmni. Sjávarfallaorku eigum við í verulegum mæli og hana má nýta án óæskilegra umhverfisáhrifa, að því er nú verður best séð. Með þannig nýtingu gæti Ísland áfram haldið sinni mikilvægu ímynd sjálfbærrar og umhverfisvænnar orkunýtingar.
5. Viðhorfsbreytingar hérlandis í umhverfismálum. Á síðustu áratugum hefur orðið mikil breyting á almennum viðhorfum til virkjanamála og umhverfisverndar. Ekki er langt síðan hér taldist vera óþrjótandi endurnýjanleg orka um aldur og ævi; orkufyrirtæki og ráðamenn höfðu nánast frjálssar hendur um að nýta vatnsföll að vild sinni ef þess taldist þurfa til að auka orkuframleiðslu. Þó enn verði vart við hugsanagang af þeim toga hjá þeim sem harðast vilja ganga fram, hafa viðhorf í samfélaginu almennt tekið stakkaskiptum. Takmörk ágengrar nýtingar eru mönnum nú ljósari en nokkurntíma áður, og ekki er



ólíklegt að enn eigi almenn viðhorf eftir að þróast meira í átt til þess að þrengja þau. Einnig er líklegt að skilgreiningar breytist varðandi suma hefðbundna orköflun; að vatnsfallavirkjun og jarvarmavirkjun verði færð úr flokki fyllilega endurnýjanlegra orkulinda yfir í flokk orkuauðlinda sem að hluta eru takmarkaðar og ágengar, enda styður ný þekking þau rök. Óæskileg umhverfisáhrif vindorkuvera eru að verða mönnum ljós þar sem reynsla er komin á þau, þó hérlandis hafi þau enn lítið verið í umræðunni.

6. Stefnumbreytingar á heimsvísu í orku- og umhverfismálum. Eins og nánar er um fjallað í kafla 3 hér á eftir eru ríki heims nú að vakna til aukinnar meðvitundar um mikilvægi hinna miklu orkulinda sjávarfallaorku og þá möguleika sem þar eru ónýttir til áreiðanlegrar og umhverfisvænnar orkuöflunar. Enn eru engin merki þess að jafnvægi sé að nást milli eftirspurnar og framboðs í orkumálum á heimsvísu. Fjöldmenn ríki iðnvæðast nú sem aldrei fyrr og það kallar á stórauðna eftirspurn. Ofan á það bætist hið breytta viðhorf til mengandi orkugjafa. Hættan sem loftslagi jarðar stafar af notkun jarðefnaeldsneytis er almennt orðin viðurkennd þó tregðu gæti til eins hraðra umskipta orkugjafa og kallað er eftir af alþjóðastofnunum í loftslagsmálum. Flest iðnríki heims hafa markað sér stefnu sem miðar að því annarsvegar að endurnýjanleg orka verði aukið hlutfall orkunotkunar á tilteknu tímaviðmiði og hinsvegar hafi þá náðst viðmið í losun gróðurhúsalofttegunda. Þessi stefnumbreyting í orkumálum kallar á hraða tækniþróun til nýtingar á umhverfisvænni orkugjöfum sem lítt hefur verið sinnt til þessa, s.s. sjávarorku. Víða um heim er sett aukið fé í rannsóknir og þróun af því tagi. Það skýtur því skökku við að á Íslandi skuli eina verkefninu í þróun sjávarorkutækni vera synjað um nægan stuðning opinberra aðila þegar það hefur komist í fremstu röð á heimsvísu og uppfyllt allar væntingar um árangur. Verður að vænta þess að þau mistök verði leiðrétt, enda liggur fyrir staðfesting á vilja Alþingis og ríkisstjórnar um framhald verkefnisins (sjá viðauka). Þau erlendu ríki sem búa yfir verulegum sjávarorkuauðlindum hafa einnig sett verulegt fé í rannsóknir á sjávarorku og liggja niðurstöður þegar fyrir, eins og einnig er rakið í kafla 3 hér á eftir. Hérlandis hafði lítill áhugi og skilningur verið á þessum sviðum þar til skýrsluhöfundur hóf að vinna að kynningu málefnisins fyrir stjórnvöldum árið 2009. Það bar þann árangur að Alþingi samþykkti samhljóða, í lok vorþings 2014, að hefja skyldi undirbúning rannsókna á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við Ísland. Ekki er ásætlanlegt að Ísland verði eftirbátur annarra þjóða á þessu sviði, í ljósi þess hve hér er vænleg aðstaða til sjávarorkunýtingar. Nauðsynlegt er jafnframt að vel sé stutt við allt frumkvæði sem gæti skapað Íslandi einstök sóknarfæri í þeim landvinningum sem framundan eru á sviði sjávarorkutækni, eins og fjallað er um í næsta lið.
7. Verðmæt tækifæri í þróun og framleiðslu sjávarorkutækni. Íslensk útflutningsverðmæti byggja einkum á undirstöðum sjávarútvegs, álvinnslu og ferðaþjónustu. Ísland er áberandi neðarlega í samanburði þróaðra ríkja varðandi útflutningstekjur af milli- og háteknivarni. Okkur hefur enn ekki tekist að byggja hér upp mikla framleiðslu tæknivarnings sem byggir á innlendu frumkvæði, líkt og flest þróuð ríki í okkar heimshluta. Úrbætur í þessu efni ættu að vera forgangsatriði stjórnvalda, en af einhverjum ástæðum skortir enn stefnu í þeim efnum. Sé ætlunin að auka framleiðslu á tæknivarni væri skynsamlegast að þróa íslenskar uppfinningar á sviðum sem enn eru á byrjunarstigi

þróunar; þar sem verulegur markaður er samt tryggur til frambúðar; þar sem samkeppni er enn lítil og þar sem við getum strax náð verulegri markaðshlutdeild og eigum möguleika á að halda henni með stækkandi markaði. Íslensk uppfinning á sviði sjávarorkutækni fellur einkar vel að slíkri skilgreiningu nýsköpunar sem skynsamlegt væri að styðja á framleiðslustig, að því gefnu að hún standi áfram undir væntingum og geti haldið forskoti sínu. Allt þetta á við um verkefni Valorku ehf. Þar er um að ræða nýja íslenska uppfinningu; hverfil til virkjunar hægstrauma sem er ólíkur því sem helstu samkeppnisaðilar eru að þróa; lausn sem nú er fremst á sínu sviði til nýtingar á mjög umfangsmiklum, hreinum og endurnýjanlegum orkulindum sem algengar eru víða um heim; grunn að framleiðsluvöru sem strax getur haft mikla markaðshlutdeild og hefur alla möguleika á að halda henni. Hikandi stuðningur við þetta verkefni sýnir e.t.v. í hnotskurn þann skort á stefnufestu sem ríkir varðandi íslenska nýsköpun: Til þessa verkefnis var veitt allnokkru fé í byrjun en þegar það var byrjað að sanna sig varð að stöðva það um tíma vegna skorts á framhaldsstyrkjum. Þær tafir gætu reynst afdrifaríkar fyrir íslenskt samfélag. Haustið 2014 er verkefnið enn í stöðvun vegna hiks stuðningsumhverfisins.

1.4. Þróun sjávarorkunýtingar á heimsvísu

Sjávarfallaorka nýtur ört vaxandi athygli í heiminum í dag. Áhugi ríkja og ríkjasambanda á nýtingu endurnýjanlegra orkulinda hefur aukist hröðum skrefum í seinni tíð. Helstu ástæður þess eru almenn viðurkenning á skaðsemi af notkun jarðefnaeldsneytis; hækkandi verð þeirra orkugjafa og áhersla á nýtingu innlendra orkgjafa. Almenn þekking er nú mun meiri á stöðu og samhengi umhverfis- og orkumála en áður var, sem leiðir til síaukins pólitísku þrýstings á stjórnkerfi. Sífellt fjölgar þeim þjóðum sem setja sér tímasett og mælanleg markmið um aukna nýtingu umhverfisvænnar og endurnýjanlegrar orku. Þetta leiðir til aukinnar áherslu á tækniþróun og rannsóknir, en hvorttveggja hefur tekið stórstígun framförum á síðustu árum. Jarðefnaeldsneyti er þó enn uppistaða orkunotkunar í heiminum og mun líklega verða það á næstu áratugum.



Viðhorf hafa breyst í orkufarmleiðslu

Almenn viðurkenning á skaðsemi jarðefnaeldsneytis fyrir loftslag er veigamesta ástæða þessara breytinga, en fleira kemur til. Í efnahagskreppu síðustu ára reynist sá innflutningur mörgum ríkjum þungur baggi. Slys og náttúruhamfarir hafa orðið til að auka enn áhyggjur almennings af vinnslu og notkun hefðbundinna orkugjafa. Umræðan tók kipp þegar oliuborpallur BP sprakk og olli illviðráðanlegum olíuleka og mikilli mengun í Mexíkóflóa árið 2010. Einnig þegar jarðskjálftinn mikli varð við Japan í mars 2011. Hann olli hættuástandi og geislaþengun stórra kjarnorkuvera, sem leiddi til þess að margar þjóðir urðu afhuga frekari notkun kjarnorku. Stríð og órói í mörgum olíu- og gasframleiðsluríkjum veldur óvissu og verðhækkunum á mörkuðum. Við þetta bætast óvefengjanlegar vísbendingar um breytingar á ýmsum umhverfispáttum og veðurfari sem nú eru raktar beint til óheftrar notkunar jarðefnaeldsneytis, en þau frávik hafa aukist ár frá ári. Ljósi punkturinn er þó sá að sífellt eykst notkun endurnýjanlegrar hreinnar orku. Sú notkun var nærri 17%

heildarorkunotkunar raforku árið 2010. Aukning í orkuþörf heimsins varð 208 GW árið 2011 og var um helmingi hennar mætt með endurnýjanlegum orkulindum. Heildarframleiðsla frá endurnýjanlegum orkulindum var yfir 1.360 GW árið 2011 og jókst um 8% frá fyrra ári. Sé vatnsorka undanskilin þá nam framleiðsla endurnýjanlegrar orku árið 2011 390 GW og hafði aukist um 24% frá fyrra ári.

Þróunarríkin gefa hinum þróaðri ekkert eftir varðandi nýtingu endurnýjanlegrar orku, og á sumum sviðum skara þau framúr. Til þeirra telst meira en helmingur þeirra 118 ríkja sem nú hafa mótaða stefnu varðandi endurnýjanlega orku, en tvöfalt fleiri ríki hafa nú markað sér stefnu í þeim efnum en var árið 2005. Athyglisvert er að sjá tilfærslur í áhuga á hinum mismunandi orkulindum. Til dæmis var vindvirkjun einungis stunduð í örfáum ríkjum árið 1990, en er nú í 83 ríkjum. Upp á síðkastið hefur hinsvegar slegið dálítið í bakseglin í þeirri þróun. Stærstu framleiðendur tæknibúnaðar urðu fyrir skakkaföllum í efnahagskreppunni og nokkur fremstu ríki á sviði vindorkunýtingar hafa dregið úr áherslum sínum, s.s. Þýskaland. Sólarorkuframleiðsla er í mikilli sókn og er nú stunduð af einhverju marki í fleiri en 100 ríkjum. Mestur er vöxtur endurnýjanlegrar orku í Kína. Þar hafa verið settar upp flestar vindmyllur og sólorkuver og virkjuð mest vatnsfallaorka síðustu ár.

Almenn viðhorfsbreyting ríkja í orkumálum snýst ekki eingöngu um orkuframleiðsluna sjálfa og umhverfismál, heldur er keppst um forystu í tækniþróun, framleiðslu og sölu búnaðar til að skapa verðmætaaukningu og atvinnutækifæri. Nú þegar hefur skapast verulegur markaður í þessum efnum. Á heimsvísu hafa núna orðið til yfir 3,5 milljón bein störf við endurnýjanlegan orkuiðnað. Um helmingur þeirra er við lífrænt eldsneyti. Fjárfesting í endurnýjanlegri orku var um \$ 211 milljarðar árið 2010, en hafði verið 160 milljarðar 2009.

Afskekktar byggðir hafa notið góðs af hinni öru þróun í notkun endurnýjanlegra orkulinda. fullyrða má að yfir 100 milljón heimili víða um heim búi núna við þannig orkuöflun. Nú er almennt álitnið að litlar orkuveitur utan stórra samveitukerfa, sem byggja á notkun endurnýjanlegra orkugjafa, sé hagkvæmasta og umhverfisvænsta lausnin fyrir fjölmörg svæði, ekki síst í þróunarríkjunum.

Mörg ríki huga nú að nýtingu sjávarorku, bæði í formi öldu og sjávarfalla. Heildarframleiðsla



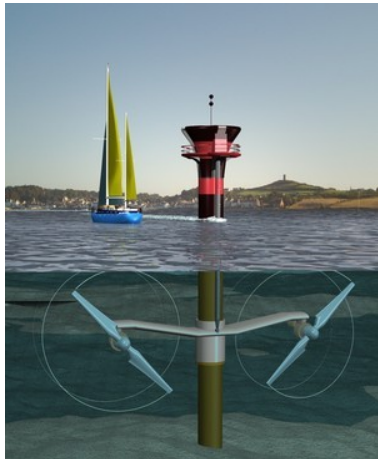
Sihwa-stíflan í S-Kóreu

sjávarorku jókst um nær helming á árinu 2011. Þar munaði mestu um hina stóru 254 MW Sihwa-virkjun í S-Kóreu, sem er stífluvirkjun. Í ársbyrjun 2012 var framleiðslugeta sjávarfallavirkjana inn á net orðin 527 MW. Langmestur hluti hennar frá stóru stífluvirkjunum í Frakklandi og S-Kóreu. Því til viðbótar er nú unnið að 812 MW stífluvirkjun við Ganghwa-eyju í S-Kóreu.

Að stífluvirkjunum frátöldum hefur þróun sjávarfallavirkjana verið hröðust í flokki sundavirkjana, en svo eru hér nefndar þær sem nýta hraða og orkuríka strauma í þröngum sundum. Þær fremstu eru



undantekningarlaust skrófuhverflar sem byggja á nokkuð þróaðri grunntækni; krefjast viðamikilla mannvirkja og þurfa minnst 2,5 m/sek straumhraða. Af þessum hverflum eru hverflar MCT (Marine Current Turbines) komnir lengst í þróun. Í grunninn byggja þeir á breskri hugmynd, en eru nú þróaðir á vegum Siemens tæknirisans. 1,2 MW virkjun MCT í Strangford Lough á N-Írlandi hefur verið í notkun frá árinu 2008 og í ársbyrjun 2014 hafði



hún framleitt 9 GWst í tilraunaskyni inn á neyslunet.

Margir hverflar eru í þróun; hinir fremstu og stærstu eru allir í flokki sundavirkjana. Sérstakar prófunarmiðstöðvar sjávarvirkjana hafa verið settar upp í flestum löndum sem fást við þróun. Elst þeirra er EMEC (European Marine Energy Centre) í Orkneyjum. Þar eru nú í prófun virkjanir Alstom; Andritz Hydro Hammerfest; Open Hydro; Scotrenewables Tidal Power; Voith Hydro; Nautricity og Bluewater Energy Services. Kawasaki Industries og Atlantis Resources Corporation eiga þar einnig pöntuð pláss. Önnur stór prófunarmiðstöð er FORCE (Fundy Ocean Research Centre for Energy) í Fundy-flóa í Kanada. Þar eru nú í prófun hverflar frá MCT; Open Hydro; Atlantis Resources og Black Rock Tidal Power. Í Frakklandi hyggst Voith setja upp virkjun í Normandí. Af öðrum aðilum í þróun á þessu sviði má nefna Minesto; Tidal Energy Ltd og Nova Innovation. Þeir sem lengst eru komnir í tækniþróun búast við að virkjanabú sjávarorku verði komin í notkun uppúr 2018, með framleiðslugetu yfir 10 MW.

Nýting sjávarorku byggir ekki einvörðungu á velgengni í hverflaþróun; fleira þarf að koma til. Þróa þarf um leið aðferðir sem snerta rekstur virkjananna, bæði á staðnum en ekki síður flutning orkunnar; sveiflujöfnun framleiðslu og fyrirkomulag sölu. Mörg ríki glíma við vandamál í orkuflutningslínunum á landi. Það er t.d. verulegt viðfangsefni í Skotlandi, sem er einn auðugasti staður heims af sjávarfallaorku. Fjármögnun er hvarvetna stöðugt viðfangsefni þróunaraðila. Í þeim efnum skiptir viðhorf stjórnvalda meginmáli. Þannig var t.d. þróun sjávarorku komin vel á skrið í Ástralíu þegar þar urðu síðast stjórnarskipti. Stefnbreyting nýrrar stjórnar olli því að öll þróun hefur nánast stöðvast.

Þróunarkostnaður sjávarorkuvirkjana er að sjálfsögðu mjög háður því hvaða leiðir eru farnar og tímanum sem um ræðir. Sumir sérfræðingar telja að sem meðaltal megi áætla þróunarkostnað frá hugmynd til fullbúinnar frumgerðar upp á 25-45 milljónir punda. Er þá miðað við reynslu af hinum dýru sundavirkjunum sem lengst eru komnar. Ólíklegt er að sömu viðmið gildi um annesjavirkjanir, enda eru þar notaðar aðrar nálganir í efnisvali, aðferðum og öðru.

Orkuverð frá sjávarfallavirkjunum er sömuleiðis fullkomlega óljóst á þessum tíma. Í ljósi reynslu af sundavirkjunum hefur því verið slegið fram að í byrjun gæti metið jafnaðarverð verið milli 24 og 47 ¢cent/kWst við fyrstu orkuframleiðslu til neyslu, en eftir að fjöldaframleiðsla virkjana er komin af stað muni verðið fljótt falla niður í það sem algengt er á Evrópumarkaði, eða 8-15 ¢cent/kWst. Svo margir óvissuþættir eru þó í þessari spá að hún getur vart talist marktæk. Auk óvissu um framvindu tækniþróunar bætist við óvissan um þróun orkuverðs frá hefðbundnum orkugjöfum. Fastlega má gera ráð fyrir að í verðlagningu orku í nánustu framtíð verði tekið aukið tillit til umhverfsisáhrifa orkugjafafans. Ekki er því



ólíklegt að orka frá mengandi og óendurnýjanlegum orkugjöfum verði skattlögð til að greiða niður orkuverð sjávarfallavirkjana og annarra orkugjafa sem nýta endurnýjanlegar og áreiðanlegar orkulindir á umhverfisvænan hátt. Öll þróun síðustu ára bendir til að svo verði.

1.5. Íslenskt frumherjaverkefni í sjávarorkutækni

Eins og fyrr er frá greint býr Ísland einstaklega vel að auðlindum sjávarfallaorku. Þrátt fyrir það hafði lítið verið unnið að rannsóknum á því sviði þegar skýrsluhöfundur hratt af stað sínum frumherjaverkefnum árið 2009. Að vísu er vitað um nokkra áhugamenn sem hreyft höfðu hugmyndinni um nýtingu sjávarorku og nokkrar athuganir höfðu farið fram í Hvammsfirði.

Skýrsluhöfundur hefur fylgst með málefnum sjávarorku í um 40 ár. Á þeim tíma hafa mótast í hans huga ýmsar nálganir á viðfangsefnum sem þar er við að etja. Það var þó ekki fyrr en í atvinnuleysi árið 2008 sem ákveðið var að hrinda þróunarferli af stað. Hann stofnaði fyrirækið Valorku ehf í sinni eigu til að standa að þróunarstarfinu; fékk aðstöðu í gömlu herstöðinni á Keflavíkurlugvelli og tryggði sér ráðgjöf og aðstoð færustu sérfræðinga landsins á þeim sviðum sem þurfa þótti.

Látið var reyna á eina hugmyndanna í einkaleyfisferli. Hún stóðst nýnæmisathugun með slíkum ágætum að sýnt var að lítil hindrun yrði á frekari þróun á því sviði. Einkaleyfið var fyrsta íslenska einkaleyfið á íslenskum hverfli. Sú staðreynd segir e.t.v. sitt um starf og aðstöðu hugvitsmanna hérlandis, hjá þjóð sem telst vel fjáð, þróuð og menntuð; byggir alla sína orkuöflun á hverflum og nýtir endurnýjanlega orku meira á hvern íbúa en aðrar þjóðir.

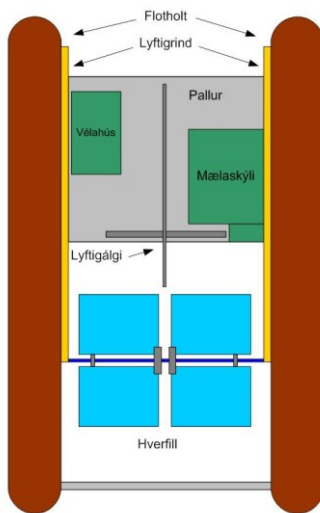
Hverfillinn var sendur í hugmyndasamkeppni á vegum IFIA (International Federation of Inventors Associations) til að láta reyna á stöðu hans meðal annarra uppfinninga á sviði umhverfisvænna orkulausna. Hverfillinn var valin besta uppfinning heims, fyrst íslenskra uppfinninga, og fékk um leið gullverðlaun SUF (Svenska Uppfinnareforeningen).



Þessi fyrsti hverfill var einungis ein fjölmargra hugmynda skýrsluhöfundar. Um leið og unnið var að þróun hennar voru um leið þróaðar aðrar gerðir hverfla. Sumt af því hefur verið gert opinbert en annað fer leynt þar til tímært er að sækja til þess um einkaleyfi. Sex gerðir hverfla hafa verið prófaðar að meira og minna leyti og hefur margt skýrst um sérstöðu þeirra. Allt eru þetta nýjar uppfinningar. Sumar hafa verið sendar til nýnæmisprófunar, og er komin nokkuð góð mynd á möguleikana í þeim efnum.

Öllum hverflum Valorku er sameiginlegt að þeir eru öðru fremur ætlaðir til virkjunar á tiltölulega hægum straumi. Þeim er ætlað að nýta sjávarfallaorku í hinum víðfeðmu annesjaröstum, þar sem straumhraði verður um og yfir 1 m/sek. Sá straumhraði er mjög algengur víða við strendur, bæði hérlandis sem um víðar. Enginn þeirra sjávarfallahverfla sem nú eru komnir lengst í þróun hefur vinnslugetu við svo hægum straum. Þeir eru allir skrófuhverflar, sem þurfa töluvert meiri hraða til að geta unnið. Samkeppni á þessu víðtæka sviði er því ekki mikil, þó vissulega sé vitað um hverfilgerðir sem allar eru komnar mun

skemmra í þróun. En hinsvegar eru viðfangsefnin mörg sem glíma þarf við: Orka svo hægra strauma er langtum minni en þeirra sem hraðari eru, þar sem orka straumvatns vex í þriðja veldi við aukningu straumhraða. Því er ljóst að vinnslufletir þurfa að vera stórir til að fanga sömu orku. Á móti kemur að áraun á flatareiningu er einnig minni. Því er unnt að fara aðrar og ódýrari leiðir í efnisvali og aðferðum. Líklega felst þó mesta áskorunin í því að Valorka er í fararbroddi á alveg nýju sviði orkuþróunar. Það fellur því í hennar hlut að kljást við þá vantrú stjórnvalda, stuðningskerfis og fjárfesta sem slíku fylgir. Hjá þeim aðilum gætir tíðum tilhneygingar til að velja auðveldu leiðina: Að líta einungis til þess sem áður hefur verið prófað og sannað og fordæma of fljótt allt sem nýtt er; sér í lagi ef það er íslenskt. Slíkt viðhorf hefur löngum verið helsta hindrunin í vegi framfara. Verkefni Valorku hafa nú þegar mætt fordómum af því tagi, en með seiglu hefur tekist að halda verkefninu á floti hingað til.



Prófunarfleki Valorku

Hverflar Valorku hafa allir verið prófaðir sem 50 cm líkön í straumkeri, með góðum árangri. Þar hefur sérstaða hvers og eins komið í ljós. Árið 2013 var smíðað 2ja m líkan hverfils af gerðinni V5 til prófana í sjó. Smíðuð var sérstök tilraunastöð, hönnuð af skýrsluhöfundum, til þessara prófana. Það er fleki sem flýtur á yfirborði, festur við stjóra, og er hverflinum fest í ramma þannig að hann getur verið niðri í straumnum undir flekanum eða hífður upp til athugunar. Fengin voru nákvæm rafræn mælitæki til að mæla átak og straumhraða og vörubíll til flutninga á búnaðinum. Nokkrir staðir á landinu voru skoðaðir með tilliti til prófana, en að lokum varð Mikleyjaráll í Hornafirði fyrir valinu. Þar er öflugur og jafn sjávarfallastraumur í landluktum sundi, rétt

hjá höfninni. Í júlí 2013 hóf Valorka þar fyrstu prófanir sávarorkutækni hérlendis, sem markar nokkur tímamót í orkusögu

landsins. Þessar fyrstu prófanir sneru einkum að því prófun á tilraunastöðinni sjálfri og því urðu ekki marktækar niðurstöður af prófun hverfilsins sjálfs á því sumri.

Fjármögnun þessa einstæða íslenska frumherjaverkefnis hefur vægast sagt gengið upp og ofan. Í fyrstu var öllum umsóknum synjað, hvar sem borið var niður. Eftir umfangsmikla kynningu að hálfu skýrsluhöfundar, og einkum eftir hina alþjóðlegu viðurkenningu, rofaði heldur til. Tækniþróunarsjóður veitti frumherjastyrk 2010 og síðan verkefnisstyrk 2011-2013 og Orkusjóður hefur veitt styrki í nokkur skipti, auk þess sem smærri aðilar hafa stutt verkefnið. Þegar styrktímabil Tækniþróunarsjóðs rann út haustið 2013 kom hinsvegar upp það vandamál sem áður var nefnt um skort á langtímahugsun í stuðningi við nýsköpunarverkefni: Beiðnum um framhaldsstyrk hefur í tvígang verið synjað, án haldbærrar röksemdafærslu, þrátt fyrir að verkefnið hafi staðið við allar áætlanir og sannað sinn tilverurétt, og þrátt fyrir að það njóti yfirlýstrar velpóknunar ríkisstjórnar og Alþingis. Vonir standa til að TÞS veiti styrk haustið 2014, en þessar tafir hafa þegar sett verkefnið nokkuð úr skorðum og gætu verið afdrifaríkar í því þróunarkapplaupi sem hér um ræðir.

Valorka ehf vinnur að þróun annarra aðferða til sjávarorkunýtingar, eins og áður var getið. Þar á meðal er uppfinning á sviði ölduvirkjunar sem byggir sumpart á reynslu af

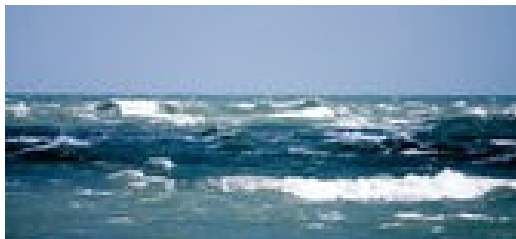


aðferðum við fiskveiðar hér við land, og gæti verið lausn á mesta vandamáli slíkra virkjana. Unnið hefur verið m.a. að tengingu þeirrar aðferðar við hverflana, þannig að unnt sé að nýta ölduorku til að auka afköst þeirra og hagkvæmni. Önnur uppfinning lýtur að virkjun fallastraumsins án þess að nota eiginlegan hverfil, auk fleiri uppfinninga.

Ef takast á að þróa hverfla og aðra sjávarorkutækni hérlandis, og þannig skapa Íslandi einstök tækifæri til verðmætsköpunar á fyrirsjáanlegum hreinorkumarkaði, er nauðsynlegt að hér verði þeir grunnþættir til staðar sem til þarf. Þar er í fyrsta lagi um að ræða skilning og stefnumörkun stjórnvalda: Að fyrir hendi sé staðfastur vilji ráðamanna, jafnt Alþingis sem ríkisstjórnar og annarra stofnana framkvæmdavaldsins, til að styðja til enda þá þróun sem skilar árangri og stendur undir væntingum, einkum varðandi fjármögnun. Enn skortir verulega á heildarstefnumörkun þó þokast hafi áleiðis í þeim efnum eftir mikla kynningu og þrýsting að hálfu skýrsluhöfundar. Í öðru lagi þarf hér að vera til staðar þekking, tækni og aðstaða til prófana. Þetta skilyrði er að mörgu leyti vel uppfyllt, samkvæmt reynslu Valorku. Hér er að finna mikla þekkingu og góða vísindamenn á flestum veigamestu sviðum, þó vissulega þyrfti að aðhæfa þessa þætti þörfum þróunar í sjávarfallatækni. T.d. þyrfti að skapa hæfum vísindamönnum svigrúm til að sinna þessum þáttum og hafa tiltækan nauðsynlegan búnað til prófana. Í dag er undir högg að sækja þar sem vísindamenn eru bundnir öðrum störfum og geta illa tekið að sér aukaverkefni. Engin hentug mælitæki voru fáanleg hér til prófana Valorku og þurfti því að kaupa bæði átaksmæli og straumhraðamæli. Straumker er sæmilegt í Grindavík, en það þyrfti að vera stærra og öflugra. Prófunaraðstaða er nú aðgengileg til flekaprófana, fyrir frumkvæði Valorku.

Þriðja atriðið er ekki síður mikilvægt fyrir þróun sjávarorkutækni hérlandis en hin framantöldu, en það eru rannsóknir á straumhraða og staðháttum við strendur landsins. Þróun sjávarfallahverfla lýtur ákveðnu prófanaferli, sama hvers eðlis þeir eru. Eftir að hugmynd hefur verið sett fram er hún prófuð sem lítið líkan í straumkeri. Síðan sem stærra líkan í sjávarstraumum, en á þessum tveimur stigum hafa hverflar Valorku verið hingað til. Eftir að þessi stig hafa leitt í ljós árangursríkustu aðferðina og hún hefur verið bætt sem kostur er, liggur næst fyrir að smíða og prófa frumgerð í fullrí stærð og keyra hana um nokkurn tíma. Ekki er unnt að hefja þetta stig þróunarferlisins fyrr en búið er að rannsaka aðstæður og velja hentugan stað. Nauðsynleg forsenda þess eru þær rannsóknir sem hér er um rætt.

Rannsóknir á sjávarorku og öðrum aðstæðum í annesjaröstum við Ísland eru því nauðsynleg forsenda þeirrar þróunar sem við Íslendingar erum nú fremstir í, og gæti skapað hér mikilvæg og verðmæt tækifæri.





1.6. Önnur gagnsemi rannsókna

Í þessari greinargerð er einkum horft til þeirrar gagnsemi rannsókna á sjávarorku sem lýtur að nýtingu hennar til orkuframleiðslu, enda stendur það svið skýrsluhöfundi næst. Gagnsemin er þó að sjálfsögðu einnig á öðrum sviðum, og reyndar væri full þörf á slíkum rannsóknum burtséð frá hugmyndum um orkunýtingu. Skal hér fátt eitt nefnt:

1. Fiskstofnaannsóknir. Auknar rannsóknir á straumhraða og eðli helstu annesjarasta munu verða gagnlegt innlegg í þann þekkingargrunn sem nú er nýttur til rannsókna og eftirlits á stofnstærðum og hegðun veiðistofna við landið. T.d. skipta þær máli varðandi dreifingu seiða og við göngur nýrra tegunda, s.s. makríls. Aðstæður í sjó hafa breyst töluvert síðustu áratugi með hlýnun sjávar, og það mun eflaust hafa sín áhrif, m.a. á hrygningarstöðvar fiskstofna. Bætt þekking á straumum gæti auðveldað spár um afleiðingar þess.
2. Rannsóknir á dreifingu flökkustofna og flækingstegunda við landið. Má í þessu efni benda á tilkomu nýrra krabbategunda og annarra flökkutegunda sem hafa áhrif á lífríki við strendurnar. Ítarlegur skilningur á straumum við ströndina er mikilvægur liður í að skýra og spá fyrir um þessi áhrif.
3. Spár um dreifingu mengunar í kjölfar slyss. Enn hefur ekki orðið alvarlegt mengunarslys hér við land, þar sem t.d. olía hefur losnað í miklu magni. Líkur á slíku eru þó töluverðar með síaukinni umferð stórra skipa og í ljósi slíkra slysa erlendis. Aukin vitneskja um hegðun strauma er ein veigamesta forsenda þess að unnt sé að spá strax fyrir um dreifingu mengunar eftir slíkt slys og geta þá gripið til viðeigandi ráðstafana.
4. Leit að rekaldi í sjó. Hér er um veigamikinn öryggisþátt að ræða. Nauðsynlegt er að geta sagt fyrir, á sem nákvæmastan hátt, um rek hlutar á yfirborði sjávar. Þar getur verið um að ræða manneskju í sjó sem t.d. fellur fyrir borð af skipi eða tapast úr fjöru. Þegar skilyrði til leitar eru slæm, t.d. í myrkri eða dimmviðri, er mjög mikilvægt að geta plottað sem nákvæmast út líklegasta ferilinn og geta beint leitarþunganum strax á þann stað. Fyrirliggjandi þekking á yfirborðsstraumum getur þar skilið á milli lífs og dauða. Mikilvægt er einnig að geta fundið út líklegasta rekferilinn þegar leitað er að líki í sjó eða hlut sem er marandi í yfirborðinu; hættulegur skipaumferð.
5. Hafísrek. Þó hafís hafi ekki minnt á sig hérlandis á síðustu áratugum þá þarf ekki að blaða langt aftur í Íslandssöguna til að sjá hvílikur örlagavaldur hann hefur verið þjóðinni fyrir á tíð. Ekki yrðu búsifjar minni af hans völdum nú á dögum, þó með öðrum hætti væri. Augljóst er að aukin þekking á straumum myndi koma að góðu haldi við spár um hafísrek og skipulagningu s.s. á siglingum og sjósókn við þær aðstæður.
6. Setburður. Hér er um mikilvægan þátt að ræða sem lýtur að flutningi sands og annars sets með ströndinni. Nú þegar hefur mikilvægi þekkingar á því sviði komið í ljós, t.d. varðandi sandburð í Landeyjahöfn, sem virðist að einhverju leyti hafa komið mönnum í opna skjöldu. Heildstæðar rannsóknir á straumum á grunnsævi gætu gert kostnaðarsamar áætlanir mun markvissari. Annað dæmi er ós Héraðsvatna í kjölfar Kárahnjúkavirkjunar. Þá má nefna dæmi af heimaslóðum skýrsluhöfundar sem er hinn gríðarlegi flutningur á skeljasandi með Látraröst vestur fyrir, þar sem hann berst upp á land og veldur

gróðureyðingu í Útvíkum. Sú hringrás hefur lítt verið könnuð, en alvarlegar afleiðingar hafa lengi verið ljósar heimamönnum.

Hér hafa verið nefnd nokkur dæmi um þá gagnsemi sem gæti verið af aukinni þekkingu á hafstraumum á grunnsævi. Allt eru þetta atriði sem hafa bein fjárhagsleg áhrif auk þess að skipta sköpum fyrir mannlíf og lífríki. Hér er samt örugglega ekki allt upp talið, enda miðar skýslan ekki að heildaryfirsýn um þessi atriði.

Ljóst má vera að á meðan straumhraði sjávarfalla á grunnslóð er enn ekki vísindalega rannsakaður skortir verulega á þekkingu okkar á eigin landi og eðli þess. Vart er hægt að segja að landið sé fullnumið fyrr en úr þeirri vanþekkingu hefur verið bætt.

2. Stefnumótun íslenskra stjórnvalda

2.1. Ályktun Alþingis

Í lok Alþingis vorið 2014 var, fyrir frumkvæði skýrsluhöfundar, samþykkt samhljóða þingsályktunartillaga um að hafinn skyldi undirbúningur rannsókna á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við Ísland; sjá viðauka I hér síðar. Með því náðist áfangi í langri báráttu skýrsluhöfundar í þessum efnum.



Hugmynd að þingsályktunartillögu um sjávarorku var fyrst sett fram af skýrsluhöfundi í erindi til iðnaðarnefndar Alþingis 23.08.2010. Í ársbyrjun 2011 sendi hann stjórnvöldum samantektina „Sjávarfallaorka og hagsmunir Íslendinga“, þar sem vakin var athygli á hinum gríðarmiklu hagnunum þjóðarinnar á þessu sviði, þar sem sjávarfallaorka væri að öllum líkindum stærsta orkuauðlind Íslands; áreiðanlegasta orkuauðlind sem völ er á; sú orkuauðlind sem unnt er að nýta með umhverfisvænstum hætti og að hérlandis skorti allar rannsóknir á því sviði.

Auk þess var vakin athygli á verkefnum Valorku ehf, sem eru fyrstu verkefni í tækniþróun sjávarorku hérlandis og fyrsti hverfillinn sem fundinn hefur verið upp á Íslandi. Undirritaður stakk upp á því við alþingismenn í mars árið 2010 um að sett yrði fram þingsályktunartillaga um sjávarorku; átti fund með nokkrum þingmönnum síðar það ár, og lagði í framhaldi af því fram uppkast að þingsályktunartillögu ásamt greinargerð. Skúli Helgason, þá þingmaður Samfylkingar, útfærði síðan þessa tillögu í samráði við skýrsluhöfund; bar hana undir nokkra sérfræðinga og leitaði síðan eftir stuðningi þingmanna.

Kynning Valorku og Skúla á nauðsyn stefnumótunar bar öflugan árangur, því þegar tillagan var lögð fram í fyrsta skipti, hinn 31.mars 2011, stóðu að henni 22 alþingismenn úr öllum flokkum á Alþingi, eða yfir þriðjungur þingheims. Hinsvegar dagaði tillagan þá uppi í þinglok eftir fyrri umræðu. Þau áttu eftir að verða örlög hennar tvisvar sinnum enn, og sýnir það e.t.v. best áhrif hagsmunahópa á framgang þingmála. Að baki þessari tillögu stóð hvorki fjársterkur aðili né fjöldi atkvæða sem þrýsti á; heldur „einungis“ hagsmunir framtíðarkynslóða þjóðarinnar sem einstaklingur vakti athygli á.

Í fjórða skiptið var tillagan lögð fram í ársbyrjun árið 2014, og þá fyrir forgöngu Oddnýjar Harðardóttur, þingmanns og fyrrum fjármála- og atvinnuvegaráðherra. Enn sem



fyrir var tillagan lögð fram af þriðjungi þingheims; 21 þingmanni úr öllum flokkum á Alþingi. Um tíma leit út fyrir að örlög hennar yrðu enn þau sömu, en á síðustu stundu áttaði þingheimur sig á mikilvægi málsins. Tillagan var því afgreidd út úr atvinnuveganefnd og síðan samþykkt einróma 16. maí 2014.

Efni þingsályktunarinnar er það að atvinnuvegaráðherra skuli skipa starfshóp til að móta stefnu í rannsóknum og nýtingarmöguleikum sjávarorku við Ísland; hefja uppbyggingu gagnagrunns og efla alþjóðlegt samstarf á því sviði. Allt eru þetta atriði sem Valorka hefur unnið að, eins og kemur fram í greinargerð ályktunarinnar. Til dæmis er Valorka enn eini aðilinn í tækniþróun sjávarorku á landinu; býr líklega yfir umfangsmesta og ítarlegasta gagnasafni landsins á þessu sviði og hefur nú þegar myndað nokkur alþjóðleg tengsl. Valorka hefur einnig undirbúið eina verkefni landsins sem lýtur að heildstæðum sjávarorkurannsóknum. Efnt var til samvinnu við Hafrannsóknastofnun um þann þátt í ársbyrjun 2010, með verkefninu „Rannsóknamiðstöð sjávarorku“. Það verkefni er nú allvel undirbúið, og út frá því gengið að rannsóknir geti hafist án verulegra fjárútláta.

Hafrannsóknastofnun er lögformlegur aðili rannsókna í hafi og þessi verkefni falla vel að öðrum á hennar vegum. Hinsvegar þarf að bæta við mælitækjum, og hefur verið lögð fram beiðni um lítilshárrar fjárveitingu til þess á fjárlögum ársins 2015. Einnig verður samstarf í þessu efni við Háskóla Akureyrar, Verkís, Færeyjaháskóla og fleiri aðila.

Nokkuð ítarleg greinargerð fylgir þingsályktunartillögunni, þar sem gerð er grein fyrir stöðu þróunar og rannsókna á sviði sjávarorku. Þar er lögð áhersla á verkefni Valorku ehf og þá möguleika sem í þeim kunnu að felast. Nánar í viðauka I hér í skýrslulok.

2.2. Yfirlýsing ríkisstjórnar Íslands



Eftir að samkeppnissjóðir, Tækniþróunarsjóður þar stærstur, höfðu stutt verkefni Valorku í fjögur ár var hafði verkefnið sannað gildi sitt á margan hátt og skilað meiri árangri en nokkur tíma var búist við. Ekki einungis höfðu hverflarnir staðist allar prófanir og sýnt framá ætlaða virkni heldur hafði einkaleyfa verið aflað fyrir fyrsta íslenska hverflinum; þróast höfðu sex ólíkar hverfilgerðir, hver með sín sérkenni og fjöldi tæknilegra lausna; aðferðir höfðu verið settar fram um lagningu og starfrækslu hverflanna; öflugt samstarfssteymi var komið á fót með aðild færustu sérfræðinga á þeim sviðum sem til þurfti; aðstaða hafði verið tryggð til smíða og prófana; fyrsti prófunarstaður sjávarfallavirkjana hérlandis hafði verið valinn; fyrsta prófunarstöð sjávarfallavirkjana hafði verið hönnuð og smíðuð; fyrstu prófanir íslenskrar sjávarfallavirkjunar höfðu hafist; samið hafði verið við Hafrannsóknastofnun og fleiri aðila um rannsóknaverkefni á sviði sjávarorku; kynning var hafin á mikilvægi sjávarorku, bæði fyrir almenningi og stjórnvöldum; fyrsta stefnumótun íslenskra stjórnvalda var hafin vegna kynningar Valorku; Ísland var komið í forystu í tækniþróun á sviði hægstraumavirkjana.

Þegar allir þessir áfangar höfðu náðst og fleiri mikilvægir í augnsýn hætti Tækniþróunarsjóður allt í einu sínum stuðningi, án nokkurra eiginlegra skýringa. Þriggja ára verkefnisstyrk lauk haustið 2013 og var strax sótt um framhaldsstyrk, að ráði starfsmanna



Tæknipróunarsjóðs. Honum var synjað með þeim fyrirslætti að ekki væri sýnt framá nægileg afleidd (spin-off) áhrif þróunarstarfsins. Aftur var sótt um og sérstaklega gerð grein fyrir hinum miklu afleiddu áhrifum verkefnisins sem sum væru þegar komin fram og hefðu verið tilgreind í umsókn. Aftur synjaði sjóðurinn vorið 2014 og nú með þeim fyrirslætti að sölutölur á endanlegri afurð væru ekki nægilega rösktuddar. Þessi afgreiðsla sjóðsins byggði alls ekki á faglegum rökum, þar sem útilokað er að gera röskstudda og nákvæma söluáætlun fyrir tæki sem enn er í þróun; er fyrsta tæki heims til sinna nota og þar sem markaður er mikill og fyrirsjáanlegur en hefur enn ekki náð að mótast. Í samtali við starfsmenn sjóðsins kom reyndar fram að talið hefði verið nauðsynlegt að fá fleiri „öfluga“ aðila að verkefninu, þó það kæmi ekki fram á matsblöðunum. Í kjölfarið efndi Valorka til samvinnu við Nýsköpunarmiðstöð Íslands um næstu umsókn til TÞS, haustið 2014. Það skal tekið fram að Valorka hefur átt gott samstarf við sviðsstjóra og ráðgjafa TÞS.

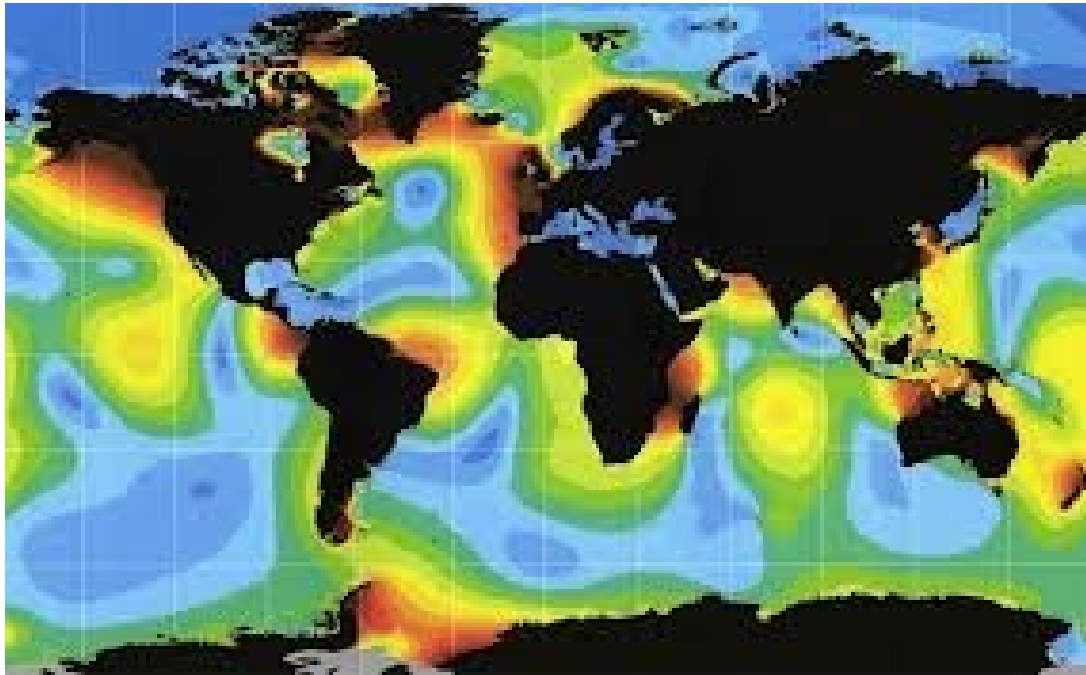
Þessar synjanir helsta fjármögnunaraðila verkefnisins settu allar áætlanir í uppnám og stöðvuðu það þróunarstarf sem var í góðum gangi. Framtíð fyrsta þróunarverkefnis Íslendinga var í fullkominni óvissu vegna skilningsleysis og/eða annarlegra sjónarmiða. Með þessu var forystu Íslendinga og möguleikum til mikilvægrar verðmætasköpunar stefnt í hættu, svo ekki sé minnst á hagsmuni framtíðarkynslóða af nýtingu hreinna orkuaauðlinda sinna. Orkusjóður sýndi verkefninu áfram skilning og veitti þrjár milljónir sumarið 2014. Það er tíundi hluti ráðstöfunarfjár þess fjársvelta sjóðs og réði úrslitum í því að halda lífsandanum í verkefnum Valorku. Hinsvegar dugir sá styrkur alls ekki til að halda fyrri áætlunum.

Valorka sneri sér því til ríkisstjórnar Íslands og beindi þeirri spurningu til forsætisráðherra hvort það væri vilji stjórnvalda að nýta frumkvæði Valorku og halda áfram því verkefni sem svo vel væri komið af stað; fyrsta og eina þróunarverkefni Íslendinga á sviði hinna miklu sjávarorkuaauðlinda; þróun fyrsta íslenska hverfilsins, eða hvort íslenskir samfélagssjóðir væru svo illa staddir að þeir gætu ekki stutt nein verkefni sem hefðu það að markmiði að undirbyggja íslenska tækniframleiðslu til útflutnings; verkefni sem byggð væru á því íslensku hugviti sem stjórnvöld segjast vilja nýta til verðmætasköpunar. Væri skynsamlegt að drepa þetta verkefni og fórna þar með öllum tækifærum sem það hugsanlega gæti skapað? Um leið var farið fram á það að kannað yrði hvort Valorka ætti rétt á stuðningi af því fé sem ætlað er til stuðnings „græna hagkerfinu“ á fjárlögum, en það er að hluta í vörslu forsætisráðuneytisins. Eftir nokkra eftirgangsmuni fékkst fullvissa um að Valorku yrði gefinn kostur á umsóknum í þessa grænu sjóði, að undangenginni vinnu við mótun verklags.

Ríkisstjórn Íslands hefur nú gefið út sérstaka yfirlýsingu til að taka af öll tvímæli um afstöðu hennar til mikilvægis verkefna Valorku og lýsa þakklæti fyrir frumkvæði skýrsluhöfundar. Yfirlýsingin er birt í heild í viðauka II hér í skýrslulok, en þar kemur m.a. fram jákvæð afstaða og þakklæti ríkisstjórnarinnar í garð Valorku og verkefna skýrsluhöfundar, og er fagnað þeim árangri sem nú hefur náðst í þróun íslenskrar sjávarorkutækni. Undir bréfið ritar Sigmundur Davíð Gunnlaugsson forsætisráðherra.

3. Staða rannsókna í grannlöndum

3.1. Almennt



Kortið sýnir þá staði heimshafa þar sem flóðhæðarmunur verður mestur (rautt) og minnstur (blátt). Hann er einn áhrifapáttur straumhraða en staðbundnar aðstæður geta vegið þyngra.

Sjávarorka er gríðarmikil og vannýtt auðlind. Fræðilega er talið að full nýting hennar gæti svarað nær fimmfaldri orkuþörf heims, sem nú er yfir 17500 TWst/a. Áætlað er að orkuþörf heims aukist um 2,5% árlega og verði orðin 32922 TWst árið 2035. Áætlað er að hlutdeild endurnýjanlegra orkugjafa þrefaldist frá 3700 TWst árið 2008 í um 9000 TWst árið 2035, í ljósi núverandi stefnumiða ríkja, en gæti hæglega orðið 14500 TWst með frekari áherslubreytingum. Þessar tölur eru samkvæmt álitum IEA (International Energy Association). Stofnunin telur ennfremur að af öllum orkugjöfum verði líklega mestur vöxtur í framleiðslu sjávarorku á þessum tíma. Hún telur það raunhæft markmið að árið 2030 muni sjávarorka hafa skapað 160.000 bein störf og minnkað losun koldíoxíðs um 5200 milljónir tonna. (An International Vision for Ocean Energy; IEA-OES; 2011).

Í heimshöfunum er 97% af vatnsforða heims og höfin þekja um 71% yfirborðs jarðar. Um 3 milljarðar manna búa innan 200 km frá ströndinni og sá fjöldi mun líklega tvöfaldast til ársins 2025. Hluti þessa mannfjölda á erfitt með að fullnægja raforkuþörf sinni eða á alls engan kost á því. Annar stór hluti uppfyllir þarfir með orku frá mengandi og/eða óendurnýjanlegum orkugjöfum. Stórt hlutfall þessara hópa býr jafnframt í nágrenni við gríðarmiklar orkulindir sjávar í formi sjávarfalla- og/eða ölduorku. Hlutfall þessara hópa hefur ekki verið metið, svo vitað sé, en við Íslendingar þurfum ekki að leita lengi að dæmum:



Hérlandis eru Vestfirðir skýrt dæmi um byggð sem býr við erfiða og ótrygga raforkuöflun, en býr vel að sjávarorku. Enn skýrara dæmi er þó líklega í Færeyjum, þar sem orkuöflun fer að mestu fram með brennslu jarðefnaeldsneytis, en gríðarleg orka er í straumum á milli eyjanna.

Sjávarfallaorka og möguleikar á nýtingu hennar hafa verið til rannsókna víða um heim. Mest áhersla í þeim efnum er að sjálfsögðu í þróuðum ríkjum sem eru auðug af slíkri orku og leggja mikla áherslu á aukna nýtingu endurnýjanlegrar orku. Ekki liggur fyrir heildstætt yfirlit um stöðu slíkra rannsókna eftir löndum, enda eru viðmið ríkja og aðferðir misjafnar. T.d. eru víða fyrirbyggjandi gögn vegna annarra rannsókna sem nýtast í þessu efni, en annarsstaðar eru sett upp sérstök rannsóknarverkefni í þessu tilefni.

Hér á eftir er lítið á nokkur grannlönd okkar í N-Atlantshafi sem hafa rannsakað sjávarfallaorku í sínum ranni; metið umfang hennar og stefna að nýtingu hennar. Yfirlitið byggir að mestu á samantekt sem Valorka lagði fyrir Alþingi árið 2011, en þó með uppfærslum þar sem við á.

3.2. Írland

Írar hafa verið framarlega í flokki þjóða sem á síðustu árum hafa sýnt sjávarorku sívaxandi áhuga. Árið 2005 var mótuð stefna írskra stjórnvalda um nýtingu sjávarorku; „The National Strategy for Ocean Energy“. Stefnan tók annarsvegar til tækniþróunar og framleiðslumöguleika á þessu sviði, og hinsvegar nýtingar sjávarorku við Írland. Árið 2007 var stefnumótunin endurskoðuð með mótun tímasettra markmiða til ársins 2020, en þá á orkuframleiðsla öldu- og sjávarfallavirkjana að verða orðin 500 MW. „Orkustofnun Írlands“; (Sustainable Energy Authority of Ireland; SEAI) fer með yfirumsón þessa málaflokks. Innan SEAI var árið 2008 stofnuð sérstök deild; „Þróunarstofnun sjávarorku“ (Ocean Energy Development Unit; OEDU), til að samræma framkvæmd þessara mála í stjórnkerfinu. Einn þáttur þessarar stefnumörkunar var viðamikil gagnaöflun til undirbúnings heildarmati á sjávarorku við Írland og var unnin í samstarfi OEDU við Írsku sjávarrannsóknastofnunina (Marine Institute). Árangur þessa starfs birtist m.a. í tveimur vönduðum skýrslum. Önnur fjallar um ölduorku við Írland; „Wave energy resource Atlas of Ireland“. Hin, sem er jafnvel ítarlegri, nefnist; „Tidal and current energy resources in Ireland“. Hún er nákvæm og yfirgripsmikil úttekt á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarfallaorku við landið.

Hér á eftir verður fjallað um þessa skýrslu SEAI um sjávarfallaorku. Hún ætti að vera áhugaverð fyrir okkur Íslendinga í ýmsu tilliti, og gæti orðið okkur góð fyrirmynd. Má þar nefna annarsvegar að hér er á ferð ein heildstæðasta og skipulegasta úttekt sjávarorku eins ríkis sem birst hefur í einu riti. Hitt er ekki síður áhugavert að aðstæðum svípar um margt saman við Írlands- og Íslandsstrendur, þó vissulega sé annað ólíkt. Bæði eru löndin eyjar sem liggja að norðanverðu Atlantshafi; bæði eru af áþekkri stærð (Írland er um 70% af flatarmáli Íslands); staða þekkingar og rannsóknarstarfs er að mörgu leyti sambærilegt, og fleira mætti nefna. Af því sem ólíkt er í þessu tilliti má nefna að nálægð Bretlands hefur greinileg áhrif á straumafar; Írland hefur e.t.v. notið góðs af Evrópuaðild sinni í rannsóknarstarfi og allmikill munur er á íbúafjölda. Síðast en ekki síst hefur uppruni orku verið mjög ólíkur, þar sem

Íslendingar njóta orku vatnsfalla og jarðhita en megnið af orku Íra hefur komið frá jarðefnaeldsneyti. Síðastnefnda atriðið er líklega meginskýring þess áherslumunar sem augljóslega hefur verið í rannsóknum þjóðanna á nýjum endurnýjanlegum orkugjöfum. Klárlega er mjög mikill þrýstingur á að Írar minnki hina mengandi notkun jarðefnaeldsneytis. Hinsvegar er nú óðum að renna upp fyrir Íslendingum að orkulindir vatnsfalla og jarðhita hafa sín nýtingartakmörk og að hver ný stórvirkjun hefur í för með sér umhverfissfórnir sem almenningur er hættur að setta sig við í sama mæli og áður. Sú „hreina og endurnýjanlega“ orka hefur takmarkanir.

Tidal and Current Energy Resources in Ireland: Meginviðfangsefni skýrslunnar eru;



Að greina svæði sem væru hagkvæm til nýtingar sjávarfallaorku;
Að gera sundurliðaða greiningu varðandi vænlegustu virkjanasvæðin;
Að meta umfang nýtanlegrar sjávarfallaorku nú, og aukningu við frekari tækniþróun;
Samanburður þessa mats við fyrri áætlanir;
Að meta straumhörð djúpsvæði (yfir 40m dýpi) með tilliti til síðari virkjanatækni;
Að bæta aðferðafræði til mats á endurnýjanlegum orkugjöfum Írlands.

- Skýrslan skiptist í eftirfarandi kafla eftir misjafnlega viðtækum skilgreiningum orkunnar:
- Fræðilegur orkuforði (Theoretical Resource). Heildarumfang orku milli 10 m dýptarlínu og 12 mílna landfyrðar.
- Tæknilegur orkuforði (Technical Resource). Fræðilegur orkuforði sem takmarkast við þolmörk tækjabúnaðar og 2 m/sek lágmarksstraumhraða.
- Raunhæfur orkuforði (Practical Resource). Tæknilegur orkuforði sem takmarkast af ölduróti; botnlagi; skipaleiðum; hernaðarsvæðum og losunarsvæðum.
- Aðgengilegur orkuforði (Accessable Resource). Raunhæfur orkuforði sem takmarkast af sérstökum umhverfisaðstæðum hvers staðar.
- Hagkvæmur orkuforði (Viable Resource). Aðgengilegur orkuforði sem takmarkast af markaðslegum þáttum, s.s. þróunarkostnaði og markaðshvata.
- Niðurstöður og tilvísanir

Umfang metinnar orku í hverjum flokki má sjá þegar í upphafi skýrslunnar, í eftirfarandi töflu, en þar sést einnig skilgreining á matsflokkunum og hlutdeild í írskri orkunotkun 2010:



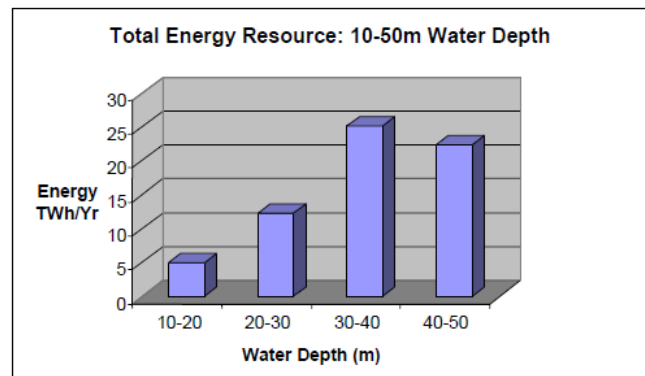
Resource category	Definition of resource category (Abbreviated)	Resource Total (TWh/yr)	% Electrical Consumption (2010)
Theoretical	Gross energy content between 10m depth contour and 12 nautical mile territorial limit	230	500
Technical	Theoretical resource limited by existing turbine support structure technology and to minimum current of 2.0m/sec	10.46	25
Practical	Technical resource limited by wave exposure, sea bed conditions, shipping lanes, military zones and disposal sites	2.63	6.27
Accessible	Practical resource limited by environmental constraints specific to each site. Constraint indeterminate at report stage	2.63	6.27
Viable	Accessible resource limited by commercial constraints including development costs and market reward	0.92	2.18

Flokkunarkerfi sem þetta er í sjálfu sér mjög rökrétt, og þjónar vel þeim tilgangi að auðvelda stefnumótun að hálfu stjórnvalda á vísindalegum grunni. Hinsvegar er það því aðeins nothæft að sátt sé um skilgreiningar. Hér eru strax í upphafi settar tæknilegar skilgreiningar sem hljóta að vera mjög háðar þróunarstigi hverju sinni, og má í því efni benda á eftirfarandi:

- Minni straumhraði en 2 m/sec er vissulega virkjanlegur þó það sé illa gerlegt með þeirri skrófuhverfataekni sem hingað til hefur verið reynd. Valorka hverflarnir eru t.d. ætlaðir til virkjunar minni hraða. Þetta er mjög takmarkandi þáttur í niðurstöðum.
- Þolmörk tækjabúnaðar eru háð þróunarstigi og munu líklega taka breytingum.
- 10 m dýptarlína er líklega of grunn fyrir þá tækni sem nú er í þróun, en er e.t.v. of djúp fyrir síðari tækni, þar sem líklega fléttast saman öldu- og straumvirkjanir.
- Fjarlægð frá ströndu er hér að hámarki 12 mílur. Líklegt er að í framtíðinni muni sjávarfallavirkjanir verða óháðar strandfirð, líkt og þegar er með olúborun á hafsbotni.
- Virkjanasvæði mun alltaf þurfa að skipuleggja útfrá staðbundnum aðstæðum og svæðisbundnum hagsmunum. Hér eru nefndir nokkrir þættir, sem þó hljóta að vega misþungt eftir því hvaða þjóð á í hlut. Ísland er t.d. mjög háð fiskveiðum og því þarf hér að ríkja góð sátt milli orkunotkunar og verndar veiðisvæða.
- Hagkvæmni sjávarvirkjana á örugglega eftir að aukast. Tækniþróun er enn á byrjunarstigi; fjöldaframleiðsla búnaðar hvergi hafin og stjórnvöld ríkja heims rétt að byrja að átta sig á mikilvægi þessarar tegundar orkuvinnslu.

Hér verður farið í stórum dráttum yfir meginþætti þessarar vönduðu og merku skýrslu:

Fræðilegur orkuforði (Theoretical Resource). Þetta er heildarumfang orku milli 10 m dýptarlínu og 12 m landhelgislínu. Umfangið er metið með því að nota tölvuunnin straumalíkön af strandsvæðum Írlands. Nákvæmni líkananna var staðfest með fjórum mælistöðvum kringum ströndina. Niðurstaðan; 230 TWst/ári, er um 5-föld áætluð orkunotkun Írlands 2010. Vinnsla þessarar orku er þó takmörkuð af þeim þáttum sem lýst er síðar í skýrslunni; tæknilegum; staðfræðilegum; umhverfislegum og markaðslegum.



Skipting heildarorkuforða eftir dýpi (SEAI)

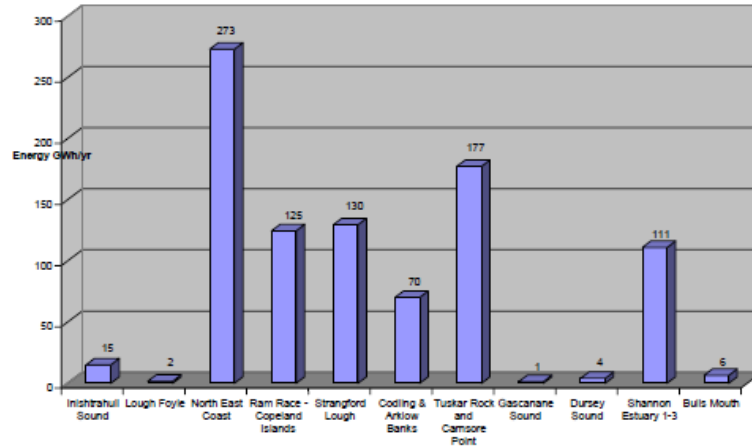
Tæknilegur orkuforði (Technical Resource). Þessi stærð var metin á sama hátt og hin fyrri, en þó með þeim takmörkunum að straumhraði þyrfti að vera yfir 1,5 m/sek og dýpi ekki meira en 40 m, en það eru takmörk þeirra hverfíltegunda sem lengst voru komnar í þróun við gerð skýrslunnar. Hér er því strax kominn mjög takmarkandi þáttur sem gerir þennan matsflokk, jafnt sem þá síðari, mjög háðan tækniþróun hverju sinni. Enda varð það niðurstaða skýrslunnar að með þessum takmörkunum væri orkulind sjávarfalla við Írland „einungis“ 10,46 TWst/ári, sem þó er fjórðungur árlegrar notkunar þar.

Raunhæfur orkuforði (Practical Resource). Hér voru matsskilyrði enn þrengd, í þeim tilgangi að fá fram mat á þeirri heildarorku sjávarfalla sem raunhæft yrði að nýta. Hér var straumhraði takmarkaður að 1,5 m/sek að hámarki; sjávardýpi takmarkað milli 10 og 40m; einungis voru tekin með svæði utan siglingaleiða, hernaðarsvæða, losunarsvæða og lagnasvæða. Þegar hér var komið sögu urðu rannsóknirnar mun staðbundnari, og beindust einkum að sjö svæðum. Tekið var mið af hentugleika þekktra hverflagerða fyrir hvern stað. Niðurstaðan varð heildarafrakstursgeta uppá 2.633 TWst/ári, eða 6,27% ársnotkunar Íra 2010.

Aðgengilegur orkuforði (Accessible Resource). Þessi flokkur tekur til ýmissa umhverfisþátta, m.a. staðbundins lífríkis; veiðisvæða; sjávarspendýra; sjónrænna áhrifa og áhrifa á útivistarsvæði. Þessi áhrif eru bundin við einstök svæði og erfitt að ákveða almennt meðalgildi. Telja skýrsluhöfundar að gera þurfi umhverfismat á hverjum stað til mælinga á þessum stærðum og því er aðgengilegur orkuforði hér áætlaður óbreyttur frá síðasta flokki.

Hagkvæmur orkuforði (Viable Resource). Orkuforðinn var hér takmarkaður af eftirfarandi þáttum; dýpi milli 10 og 40 m; meðal-hámarksstraumhraða í stórstraumi yfir 2,5 m/sek; að þvermál hverfils sé a.m.k. 7 m minna en meðaldýpi á virkjunarstað; og að tekið sé tillit til markaðspátta virkjana. Í síðastnefnda þættinum felast þróunarkostnaður; umfang; dreifing virkjanastaða; markaðsleg hvatning; tímasetningar og aðrir þættir sem munu breytast með tíma. Stuðst var við markaðstæknilegt líkan Marine Current Turbines Ltd, t.d. með 8% afskriftum yfir 20 ára líftíma. Veginn framleiðslukostnaður reyndist mjög breytilegur, eða frá 4,5 cent/kwst upp í 19,6 cent/kwst.

Hagkvæmur orkuforði, reiknaður með þessu móti, reyndist vera 0,915 TWst/ári, eða áætluð 2,18% heildarorkunotkunar á Írlandi árið 2010. Tekið er fram í skýrslunni að sú tækni sem notuð var til hliðsjónar sé nánast fullmótuð og prófuð.



Hagkvæmur orkuforði Írlands eftir svæðum (SEAI)



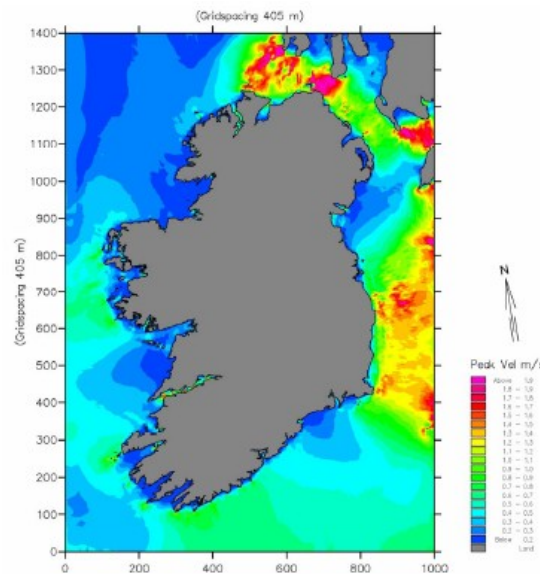
Öflugustu svæði sjávarfallaorku við Írland (SEAI)

Næst er í skýrslu SEAI vikið að stöðu tækni til nýtingar sjávarorku, og þá einna helst staldrað við hverfla MCT sem áður voru nefndir. Þeir eru vissulega komnir lengst allra í þróun og hefur 1,2 MW tilraunavirkjun af gerðinni Seagen verið að störfum í Strangford Lough í N-Írlandi frá haustinu 2008. Skýrslan beinir sjónum nær eingöngu að skráfuhverflum, og er það eflaust ástæðan fyrir því að rætt er um takmörk virkjanlegs



straumhraða við 2 m/sek; enda vinna slíkir hverflar ekki við minni straumhraða. Tekið er þó fram að tækniþróun sjávarfallavirkjana sé enn á barnsskónum, sé t.d. miðað við vindvirkjun.

Fjallað er um sjávarfallamynstur kringum Írland. Sjávarfallastraumar eru að jafnaði hægir með vestur- og suðurströndinni; eru öflugastir við St George's og North Channels, en meðalsterkir við mestalla austurströndina. Hluti sjávarfallabylgjunnar fer norður með vesturströndinni en hinn hlutinn norður Írska haf og mætir hinum straumnum við St John's Point. Afleiðingin er verulegt fasvik falla (þ.e. mismunandi flóðtími) með ströndinni.



Straumhraði á meðaldýpi í stórstraumsfalli (SEAI)

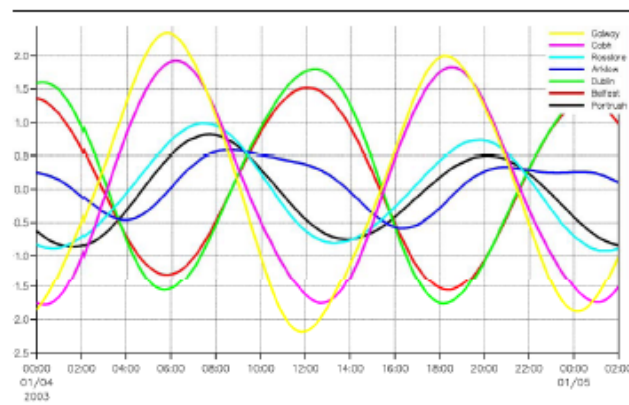


Figure 2.3 Difference in Phasing of the Tide around the Coast of Ireland

Fasvik sjávarfalla við Írlandsstrendur (SEAI)

Fjallað er um mæliaðferðir sem notaðar voru við matið. Sjávarfallalíkan við strendur Írlands er byggt upp með 405m möskvastærð, en stuðst er við net með minni upplausn utar og staðbundnum netum með meiri upplausn kringum nokkra staði. Tölvulíkon sem skýrslan byggir á voru staðreynd með mælingum, þar sem notaðar voru doppler-straumsjár (ADCP;



Acoustic Doppler Current Profilers). Mælt var á fjórum stöðum, í einn mánuð í senn, og reyndist gott samræmi milli mælinganna og líkansins.

Niðurstöður. Heildarniðurstöður skýrslunnar eru dregnar saman í eftirfarandi punkta:

- Tiltölulega mest af sjávarorku Írlands er bundið við austurströndina.
- Tækni til virkjunar sjávarfalla er á byrjunarstigi þróunar og þeir hverflar sem lengst eru komnir þurfa a.m.k. 2 m/sek straumhraða til rannhæfrar orkuvinnslu. Reiknað er með að árið 2015 verði komin fram tækni til nýtingar 1,5 m/sek straumhraða.
- Þegar tekið er tillit til allra takmarkandi þátta sem skilgreindir eru í skýrslunni reynist umfang hagkvæms orkuforða Írlands vera um 0,915 TWst/ári, eða jafngildi 2.18% áætlaðrar orkunotkunar árið 2010. Þetta hlutfall gæti líklega aukist í 6.27% til 2015.
- Framangreindar tölur gætu breyst þegar umhverfisþættir hvers staðar verða metnir.
- Margar aðferðir til virkjunar sjávarfalla eru á algjöru byrjunarstigi og erfitt reyndist að afla gagna um þær til birtingar.
- Mælt er með því að hagkvæmur orkuforði verði endurmetinn fljótlega, í ljósi frekari prófunargagna.

Um írsku skýrsluna.

Hér hafa verið dregin fram nokkur meginatriði úr hinni merku skýrslu SEAI. Frá sjónarhóli okkar Íslendinga má að ýmsu leyti telja þessa skýrslu gagnlegasta af þeim greiningum sem birst hafa á þessu sviði. Írland er eyja, lítið eitt minni en Ísland, með mismunandi fallatíma kringum landið. Vinnubrögð við samantekt skýrslunnar mætti sem best hafa til hliðsjónar þegar sjávarfallaorka Íslands verður metin. Niðurstöður skýrslunnar eru skýrar fyrir hvern matsflokk, og viðmiðin einnig. Skýrslan er unnin af virtum stofnunum og sérfræðingum og því verða niðurstöður hennar ekki dregnar í efa.

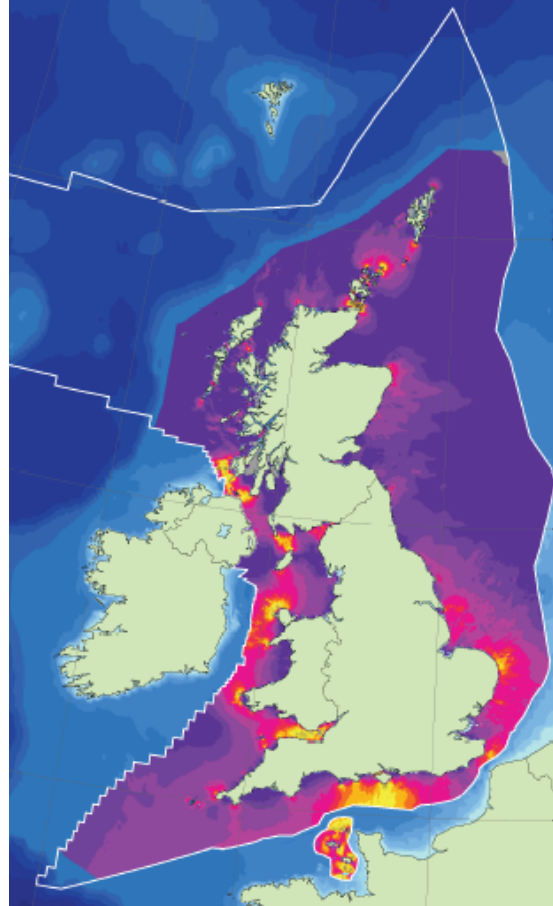
Meginniðurstaða skýrslunnar ætti að vera mjög athyglisverð fyrir Íslendinga:

Heildarumfang sjávarfallaorku við Írland er 230 TWst/ári. Nýtanleg orka ræðst af tæknistigi og öðrum breytum. Athyglisvert er að bera þessa tölu saman við áætlun íslensku Orkustofnunarinnar, en hún metur samanlagt heildarumfang vatnsfalla og jarðhita á Íslandi vera 123 TWst/ári. Sé haft í huga að Írland er einungis 70% af flatarmáli Íslands er rökrétt að álykta að sjávarfallaorka við Ísland sé öflugasta orkulind landsins sem nú er þekkt; jafnvel þó aðstæður séu ekki að fullu sambærilegar milli landanna. Séu jafnframt hafðar í huga þær takmarkanir sem augljósar eru á notkun vatnsfalla- og jarðhitaauðlinda vegna umhverfissjónarmiða verður munurinn enn augljósari. Vissulega hafa verið miklar tæknilegar takmarkanir á notkun sjávarfallaorku en þar eru lausnir nú óðum að þróast og sumar þekktar.

3.3. Bretland

Bretland er án efa í forystu þeirra ríkja sem nú leggja áherslu á nýtingu sjávarorku. Þar er tækniþróun komin lengst; flestar hverfilgerðir í þróun og áherslur stjórnkerfisins eru víðtækar og um margt vel útfærðar í þessum efnum. Hvatinn er enda mjög mikill: Bretar nota núna mikið af jarðefnaeldsneyti; eru vel meðvitaðir um umhverfisáhrif þess og við landið eru miklar orkuauðlindir í formi sjávarstrauma. Áætlað hefur verið að 25% af sjávarfallaorku Evrópu sé að finna við strendur Skotlands. Einnig er talið að ef öll helstu straumasund Bretlands væru virkjuð mætti afla um 50 TWst/ári, sem samsvarar um 15% orkunotkunar landsins.

Sustainable Development Commission (SDC) nefnist ráð sem hefur það hlutverk að vera breskum stjórnvöldum til ráðgjafar um hvaðeina sem varðar sjálfbæra þróun. SDC starfar í nánnum tengslum við forsætisráðuneytið, en einnig landshlutaþjórnvöld í Skotlandi; Wales og N-Írlandi. Árið 2007 lagði SDC fram umfangsmikla skýrslu, unna af ráðgjafafyrirtækinu Metoc, um umfang og nýtingarmöguleika sjávarfallaorku við Bretland. Verður hér stiklað á stóru um efni hennar:



Helstu straumasvæði við Bretland, merkt hér í rauðu og gulu. (BERR)

UK Tidal Resource Review. Skýrslan fjallar einkum um umfang sjávarfallaorku við Bretland; orkuríkustu svæði; flutningskerfi raforku; stjórnvaldsstefnu á þessu sviði; atriði sem varða hækkun sjávarborðs og strandgerðir. Sjávarföll við Bretland hegða sér í stórum dráttum líkt og við Íslandsstrendur, en líkt og hérlandis er mikill munur á flóðahegðun og straumhraða eftir staðhættum. Mest er orkan á tiltölulega fáum stöðum, þar sem fallabylgjan fer um þröng eyjasund; miklar grynningar eða fyrir annes. Skýrslan byggir að mestu á fyrri rannsóknum og reiknilíkönum („Flux Method“). Sú aðferð var t.d. notuð í fyrri mati sem Carbon Trust gerði árið 2004, en það er veigamikil undirstaða þessarar skýrslu. Tekið er þó fram að aðferðir sem notaðar eru í reiknilíkönunum til umreiknings í orkustærðir séu enn í þróun. Sumir vilja halda því fram að núverandi aðferðir vanmeti mjög afrakstursetu svæða. (Salter 2005 og MacKay 2007). Orkuframleiðsluáðferðum er skipt hér tvo flokka; annarsvegar „Tidal range“ sem hér hefur verið nefnt stífluvirkjun og byggir á að nýta mun í flóðhæð. Hinsvegar „Tidal stream“, en þar er straumflæðið virkjað með hverflum án stíflumannvirkja. Stöðum sem vænlegir þykja til orkuframleiðslu er skipt eftir þessum flokkum í skýrslunni. Á nokkrum stöðum við Bretland



má afla mikillar orku með stífluvirkjunum, s.s. við Bristol-sund; Liverpool og Morecambe-flóa; Solway-fjörð; Wash; Wyre og Conway.

Ýmsar rannsóknir hafa áður farið fram á straumaorku við Bretaland, en mismunandi aðferðafræði veldur erfiðleikum við samanburð þeirra. Mestu straumasvæðin eru við annes og í eyjasundum. Orkuríkustu staðirnir eru Pentlandsfjörður og Ermarsundseyjar. Hér er mat á vinnslugetu helstu staða straumvirkjana, út frá uppsettu afli:

Region	Site	GWh/y
Channel Islands	Casquets	416
	Guernsey Big Russel	380
	Guernsey NW	492
	NE Jersey	164
	Race of Aldemey	365
Total		1817
Northern Isles	All sites	1045
Total		1045
North West	Mull of Galloway	383
	Rathlin Coast	408
	Other sites	328
Total		1119
Pentland	S Ronaldsay to Swona	1030
	Pentland Inner Sound	151
	Pentland Duncansby Head	1699
	Pentland Hoy	714
	Pentland Skerries South	4526
Total		8120
South West	Bristol Channel Foreland point	548
	Portland Bill	438
	Other sites	243
Total		1229
UK Total		13330

Áætlanir, misjafnlega ítarlegar, hafa verið gerðar um nokkrar stífluvirkjanir:

Severn áætluð vinnslugeta 17 TWst/ári

Mersey - - 1,4 -

Duddon - - 0,212 -

Wyre - - 0,131 -

Conwy - - 0,06 -

Áætlanir um Svevern voru komnar langt en hafa nú verið settar í bið.



Helstu svæði til straumvirkjana



Helstu svæði til stífluvirkjana



Raforkuflutningskerfi er eitt viðfangsefni skýrslunnar. Þar kemur í ljós að víða skortir mikið á að flutningsgeta kerfisins sé nægileg til að koma hugsanlegri orkuframleiðslu frá öflugustu svæðunum. Sérstaklega á þetta við um Skotland, en þar eru mörg helstu orkusvæðin. Best er kerfið í stakk búið til að flytja orku frá Severn, Wash og Mersey. Í suður og vesturhluta landsins eru stofnlínur öflugar en dreifikerfi víða óburðugt. Nokkrir raforkuframleiðendur eru þegar í „biðröð“ eftir að geta hafið framleiðslu í Skotlandi, og er vilji stjórnvalda til að forgangsraða vænlegum sjávarorkuframleiðendum framarlega í henni.

Strandgerðir og sjávarstaða. Í skýrslunni er reynt að meta hugsanleg áhrif virkjana á efnisflutning strandstrauma og breytingar á strandrofi. Niðurstaðan er í heild sú að hugsanlega geti straumvirkjanir haft einhver staðbundin áhrif á öldufar og valdið mjög staðbundnum breytingum á straumum kringum virkjanasvæðin. Þetta gæti hugsanlega haft áhrif á næstu strandsvæði ef virkjunin er nærri landi og ef ströndin er viðkvæm fyrir rofi. Breytingar í sjávarstöðu vegna virkjana eru ekki taldar verða merkjanlegar.

Rammar og langtímastefnumið. Orkustefna breskra stjórnvalda er mörkuð m.a. í „Energy White Paper“ og „Energy Review“, og þar er lögð áhersla á blandaða nýtingu margra endurnýjanlegra orkulinda og samræmingu við markmið Kyoto samkomulagsins. Stjórnarstefnan byggir á fyrri samþykktum s.s. „Renewables obligation“ og innan hennar er unnt að byggja upp frekari áherslur á einstök atriði sem kunna að reynast hagkvæm. Unnið er að stefnumótandi umhverfismati (Strategic environmental assessment) í Skotlandi, en ekki eru áform um slíkt í Englandi; Wales eða N-Írlandi.

Heildarumfang sjávarfallaorku við Bretland var ekki metið í þessari skýrslu á sama hátt og gert var í skýrslu SEAI, og greint var frá hér á undan. Nokkrar vísbendingar má þó sjá af því mati sem gert var á nokkrum stöðum sem vænlegastir þykja til virkjunar. Hér hefur verið greint frá mati einstakra straumavirkjana og stífluvirkjana, en að auki var skoðað lítillega hvað unnt væri að fá útúr manngerðum lónum þar sem aðstæður væru heppilegar á grunnsævi.

Straumvirkjanir	13,3 TWst/ári
Stífluvirkjanir (5 staðir, þ.a. langmest í Severn)	18,8 TWst/ári
Lónavirkjanir: (1 lón í Severn; lægra mat af tveimur)	4,32 TWst/ári
Samtals (tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka)	36,42 TWst/ári

Samanburður við írsku skýrsluna er e.t.v. ekki fullkomlega raunhæfur þar sem hér er beitt nokkuð ólíkri aðferðafræði og niðurstöðurnar settar fram á annan hátt. Engu að síður má velta fyrir sér þessum stærðum: Hér er umfang tæknilega nýtanlegrar orku við Bretland metið 36,42 TWst/ári en Írland meta samskonar orku hjá sér vera rúmar 10,46 TWst/ári. Sé heildarumfang sjávarfallaorku við Bretland reiknað í sama hlutfall tæknil. nýtanl. orku og það var metið við Írland verður niðurstaðan 800,82 TWst/ári. Forvitnilegt er að bera þessar stærðir saman við stærðir landanna. Bretland er 3,48 sinnum stærra en Írland; tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka er sömuleiðis 3,48 sinnum meiri. Líklegt má telja að svo nákvæmt samræmi sé tilviljun ef tillit er tekið til ónákvæmni í mælingum og mismunandi matsaðferða. Sé þetta hlutfall heimfært á Ísland útfrá flatarmáli lands, má ætla að hér sé heildarumfang sjávarfallaorku 337,11 TWst/ári, en meira um það hér síðar í samantektinni.

3.4. Noregur

Noregur býr yfir verulegri orku í formi sjávarfallastraums. Víða í skerjagörðum, fjörðum og sundum verður straumhraði mjög mikill. Árið 2003 var sett upp 300 kW skrúfuvirkjun í Kvalsund nálægt Hammerfest í N-Noregi; fyrsta sjávarfallavirkjun heims án stíflu til að tengjast raforkuneti og stóð tilraunin í 4 ár. Um þetta verkefni var stofnað fyrirtækið Hammerfest Ström sem nú vinnur að þróun samnefndra hverfla. Í árslok 2010 var gangsett stærsta fljótandi sjávarfallavirkjun heims; Morild II sem þróuð er af Hydratidal, og mun hún framleiða 1,3 MW inn á landskerfið og verða staðsett við Lófót. Önnur norsk fyrirtæki í þróun hverfla eru Flumill; NOP og Tidal Sails.

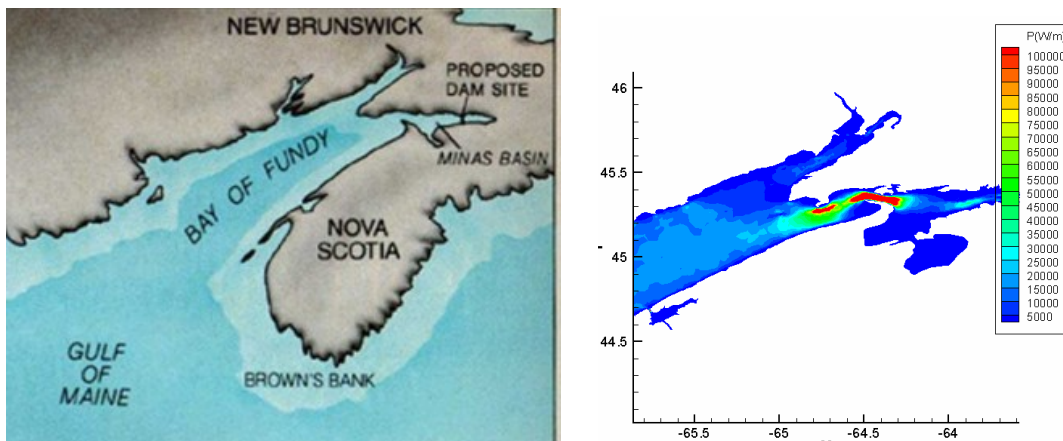
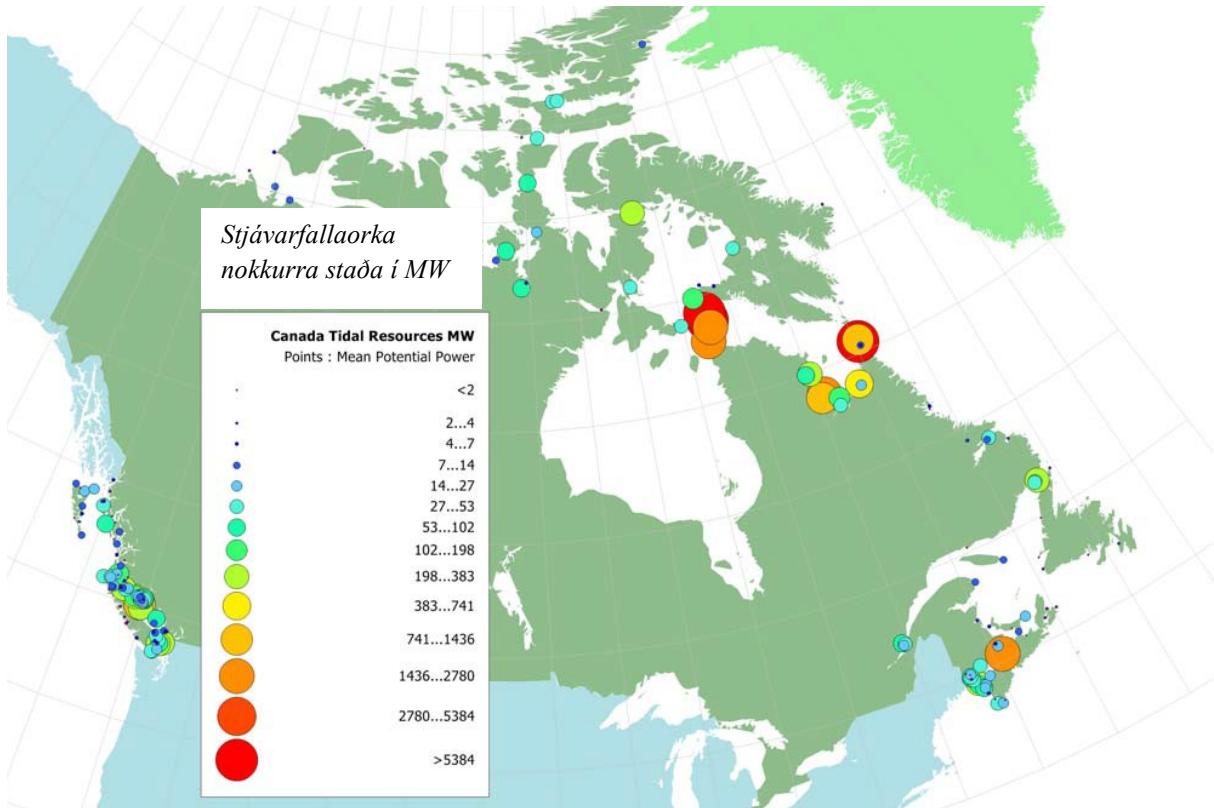
Sunnantil í Noregi eru fallastraumar fremur hægir, en öðru máli gegnir um ýmsa staði norðar. Fræg er hin mikla hringiða Mælstraumen í Moskenes sundi, en dæmi eru um að hún hafi dregið niður skip. Þar verður hraði yfirborðsstraums meiri en 5 m/sek. Miklir straumar verða við Lofoten; allvíða yfir 2 m/sek. Saltstraumen nær yfir 4 m/sek hraða.

Straumarannsóknir í Noregi byggja á góðum grunni. Eins og hérlandis hafa hagsmunir fiskveiða og siglinga verið helsti hvati þeirra, en á síðustu árum hefur sjávarorku verið veitt æ meiri athygli. Unnið hefur verið að því að bera saman fyrri rannsóknir og fá fram heildarmynd, t.d. í skýrslu Grabbe, Lalander, Lundin og Leijon árið 2009. Þar er metin fræðileg heildarorka 104 staða við Noregsstrendur og er niðurstaðan 17 TWst/ári. Í því ljósi má ætla að heildarumfang sjávarfallaorku við norðanverðan Noreg sé sambærilegt við niðurstöðu hinnar írsku úttektar, en um það verður ekki fullyrt fyrr en heildarúttekt liggur fyrir. Áhugi er mikill í Noregi, bæði á tækniþróun og nýtingu orkulindarinnar, ekki síður í stjórnkerfinu en hjá einkaaðilum. Varðandi framleiðslujöfnun sjávarvirkjana eru norskar aðstæður um margt sambærilegar við aðstæður á Íslandi. Unnt er að nýta mismunandi fasvik fallatíma eftir staðsetningu virkjana, en einnig er unnt að keyra sjávarfallavirkjanir á móti vatnsaflsvirkjunum eins og hérlandis.



Iðuköst sjávarfalla í Saltstraumen

3.5. Kanada



Svæðið við Fundy-flóa er orkuríkt og liggur vel við virkjun. Þar er nú áformuð aflmikil sundavirkjun.

Kanada býr yfir mjög mikilli orku í formi sjávarstrauma. Um 70% hennar eru reyndar í Hudson-sundi; fjarri byggð. Fundy flói milli New Brunswick og Nova Scotia er mun aðgengilegri og um leið eitt aflmesta straumasvæði heims. Hvergi verður meiri mismunur í flóðhæð, eða um 17 m. Þar eru tvö svæði álitlegir virkjanastaðir; Cumberland-sund og Minas-sund. Gerð hefur verið all ítarleg áætlun um síðarnefndari kostinn og er nú unnið að framkvæmd hennar á vegum rannsóknarverkefnisins FORCE. Heildarorkan í straumum Minas-sunds er um yfir 1 GW, og talið er vænlegt að virkja þar 300 MW án verulegra umhverfisáhrifa með núverandi tækni, en straumhraði í því verður allt að 5 m/sek. Annað



verkefni sem nú er fyrirhugað er CORE verkefnið, sem miðar að 15 MW virkjun í St. Lawrence-flóa.

Heildarorka sjávarfalla í Kanada er metin yfir 42 GW, eða um 365 TWst/ári; sem svarar til 70% núverandi orkunotkunar í landinu. Alls hafa verið greindir meira en 190 staðir í Kanada sem vænlegir virkjanakostir. Þeir eru bæði á vestur- og austurströnd Kanada. Unnið er að víðtækri áætlun um sjávarorkunýtingu; „Canadian Marine Renewable Energy Technology Roadmap“.

3.6. Samanburður við Ísland

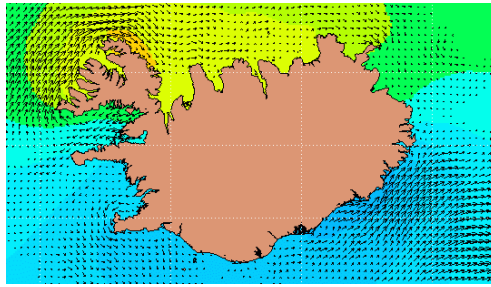
Hérlendis hefur sjávarfallaorka nánast ekkert verið rannsökuð. Allar líkur benda þó til að hún sé hér veruleg og vel vinnanleg ekki síður en í öðrum löndum sem hér hafa verið til umræðu.

Hér á eftir verður reynt að leiða líkum að stærð orkulindarinnar hér, í ljósi þess mats sem aðrar þjóðir hafa gert á sínum orkuforða. Helst er þá litið til skýrslu Íra, og ræður því einkum tvennt. Annarsvegar er Írland eyja, lítið eitt minni en Ísland, og margt er sambærilegt í aðstæðum þó þar sé vissulega einnig margt ólíkt. Hinsvegar er hin írska úttekt sem hér hefur verið lýst mjög skýr og víðtæk í niðurstöðum og margt í aðferðafræðinni til fyrirmyndar. Reyndar er mjög gott samræmi milli mats Íra og Breta á umfangi sjávarfallaorku, eins og rakið var hér að framan. Það styrkir nokkuð þá aðferðafræði að nýta flatarmál landa til samanburðar sjávarfallaorku kringum eyland, þó vissulega sé hún varasöm. Nauðsynlegt er að áréttu að í þessum samanburði er ekki lagt mat á staðfræðilegar aðstæður sem augljóslega eru nokkuð mismunandi. Nálægð Írlands við Bretland á eflaust þátt í því að straumar við norðausturodda landsins eru nokkuð harðir. Hérlendis á lögun lands og hafsbots stóran þátt í því að annesjastraumar við Vestfirði og Austfirði eru tiltölulega hraðir. Þessar breytur eru hér ekki metnar. Eina breytan sem hér er lögð til grundvallar er mismunandi flatarmál landanna. Sú aðferð ein gefur örugglega ekki nákvæman samanburð, enda er samanburðinum fremur ætlað að vekja umhugsun en að hann sé grundvöllur að endanlegu mati.

Fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku. Þessi stærð var metin 230 TWst/ári við Írland. Sú niðurstaða var einkum fengin frá nákvæmu reiknilíkani sem staðreynt var með mælingum. Stærð Írlands er 70.273 km², en Íslands 103.000 km² eða 1,4657 sinnum stærra. Umreiknað í því hlutfalli er heildarumfang sjávarorku við Ísland 337,11 TWst/ári, með þeim fyrirvörum sem áður er getið. Þetta má svo bera saman við þá heildarorku sem Orkustofnun metur vera í vatnsföllum og jarðhita, sem er alls 123 TWst/ári. Sjávarfallaorka er því 2,74 sinnum meiri að heildarumfangi. Í báðum tilvikum er um heildarorku að ræða. Ýmsir þættir valda því að einungis verður unnt að nýta hluta hennar, s.s. tæknileg geta; tillit til umhverfis o.fl.



Umfang „virkjanlegrar“ vatns- og jarðhitaorku Íslands; alls 123 TWst/ári (Orkustofnun)



Heildarumfang sjávarfallaorku við Íslandsstrendur gæti reynst 337 TWst/ári.

Tæknilegur orkuforði sjávarfalla. Í þessum flokki er reynt að takmarka heildarorkuna við það svið sem nýtanlegt er, eða verður nýtanlegt með þeim aðferðum sem fyrir liggja í formi frumgerða og vænlegra hugmynda. Þessi mörk eru mjög óljós, enda er tæknin enn í mikilli þróun. Írar völdu þá leið að miða annarsvegar við lágmarksstraumhraðann 2 m/sek og hinsvegar við þölmörk virkjunarinnar. Hvottveggja er vægast sagt umdeilanlegt. Almenn er nú viðurkennt að ekkert sé því til fyrirstöðu að virkja straumhraða allt niður í 1 m/sek og jafnvel minna. Þar er einungis spurning um jafnvægi kostnaðar og tæknigetu. Sama gildir um efri þölmörkin. Augljóslega hafa Írar haft hér í huga hverfil MCT og aðra skrífuhverfla sem lengst eru komnir í þróun. Niðurstaða Írska matsins með þessum miklu takmörkunum er sú að tæknilega nýtanleg sjávarfallaorka við Írland sé 10,46 TWst/ári. Sé það yfirfært á Ísland með flatarmálsreglunni sem áður er getið er tæknilega nýtanleg orka við Ísland 59,9 TWst/ári, eða 3,6 föld raforkunotkun á Íslandi árið 2008 sem var 16,478 TWst/ári, en margt bendir þó til þess að með því sé sjávarfallaorka við Ísland fremur vanmetin en ofmetin.

Raunhæfur orkuforði. Við samanburð þessa matsflokks og þeirra síðari þarf að hafa í huga að mismunandi aðstæður skipta verulegu máli. Í mati Íra eru t.d. tekin inn takmarkandi viðmið s.s. hernaðarsvæði, skipaleiðir o.fl. Hér þurfum við ekki að horfa til hernaðarsvæða og skipaleiðir skipta hverfandi litlu máli ef virkjanir eru að öllu leyti neðansjavar. Hinsvegar þarf á báðum stöðum að taka tillit til veiðisvæða og má búast við að það verði takmarkandi þáttur hér. Raunhæfur orkuforði Íslands með fyrri aðferðum yfirfærslu er 3,85 TWst/ári.

Aðgengilegur orkuforði er óskilgreindur sem heild hjá Írum, enda þarf þar að taka tillits til umhverfismats hvers virkjunarstaðar. Niðurstaðan því óbreytt frá síðasta flokki.

Hagkvæmur orkuforði var skilgreindur mjög þröngt í írsku skýrslunni. Landfræðilega takmarkaðist hann af sjávardýpi milli 10 g 40 m; straumhraði skyldi vera yfir 2,5 m/sek og tekið var tillit til ýmissa markaðslegra þátta og aðstæðna virkjanastaða. Þessi skilgreining er líkleg til að verða mun rýmri þegar nýting sjávarfallaorku hefst að einhverju marki, og er nú þegar alltof þröng í ljósi tæknigetu. En mat Íra er að með þessu sé umfang sjávarfallaorku 0,92 TWst/ári, og sé það heimfært við Ísland m.v. flatarmál lands verður talan hér 1,35 TWst/ári, sem svarar til 8,2% raforkunotkunar á Íslandi árið 2008.

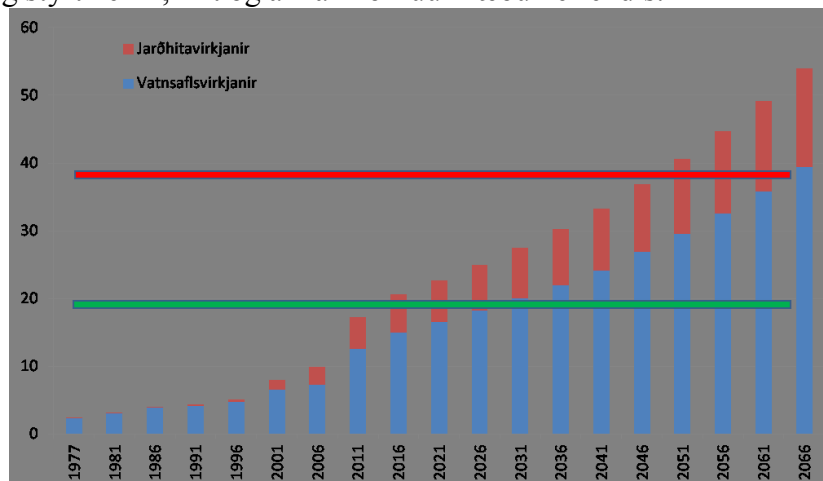
Um samanburðinn. Samanburður á grundvelli þeirrar reiknireglu sem hér var notuð er augljóslega mjög umdeilanlegur, jafnvel þó samanburður írsku og bresku úttektarinnar renni nokkrum stöðum undir hann. Því verður þó tæpast á móti mælt að grófustu niðurstöðurnar, þ.e. fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku, ríma sæmilega við niðurstöður annarra landa sem hér hafa verið nefnd. Heildarforði orkunnar er enda sá grunnur sem byggja þarf á. Aðrir



matsflokkar eru háðir skilgreiningum og viðmiðum sem sífellt taka breytingum, t.d. með aukinni tækniþróun o.fl. Ýmislegt bendir t.d. til þess að hinn íslenski Valorka hverfill muni breyta ýmsu í þeim skilgreiningum þegar hann kemst í notkun.

Reynist það staðreynd að fræðilegur heildarforði sjávarfallaorku við Ísland sé um 337 TWst/ári er augljóst að þessi orkulind er mun stærri en sá heildarforði vatnsfalla- og jarðvarmaorku sem Orkustofnun telur unnt að ná til, sem er 123 TWst/ári. Aðgengi þeirra síðarnefndu hefur hingaðtil verið betra; tæknin vel þekkt og hagkvæmni því mun meiri. Hinsvegar gengur öll þróun núna í þá átt að jafna þennan mun. Tækni til nýtingar sjávarfallaorku er í hraðri þróun og um leið þær aðferðir sem notaðar eru á virkjunarstað; sífellt fækkar virkjanakostum á landi vegna vaxandi umhverfisvitundar og að síðustu má augljóst vera að samkeppnishæfni sjávarfallavirkjana mun stórukast þegar hafin verður framleiðsla og notkun tækninnar í einhverjum mæli. Í því efni má líta til vindvirkjana.

Orkuöryggi til framtíðar. Hugmyndir um nýtanlegan orkuforða vatnsfalla og jarðhita breyttust allmikið í kjölfar vinnu við rammaáætlun á því sviði, þar sem á vandaðan hátt voru metin áhrif einstakra virkjanakosta á umhverfispætti og samfélag. Í þeirri vinnu voru metnir þeir virkjanakostir sem nýtanlegir eru á hagkvæman hátt með nútímaaðferðum og þeim skipt niður í verndarflokk, biðflokk og nýtingarflokk. Þá kom í ljós að það sem þegar hefur verið virkjað, um 18 TWst/a af þessum auðlindum er meira en helmingur þess sem líklega myndi nást sátt um að nýta í heildina, samkvæmt niðurstöðu þessarar vinnu, þó vissulega verði áfram deilt um einhverja virkjanakosti. Með óbreyttri þróun orkuæftirspurnar og nýtingar má ætla að hinn helmingurinn verði fullnýttur á næstu 3-4 áratugum, enda sjást þess engin merki enn að dragi úr aukningu orkuæftirspurnar. Í því ljósi má merkilegt teljast hve enn hefur orðið lítil umræða í þjóðfélaginu um orkuöflun framtíðarkynslóða. Pólitísk orkuumræða snýst nær eingöngu um vernd og nýtingu einstakra orkukosta sem rammaáætlun tilgreinir. Tvennt nýtt hefur þó komið í umræðuna á síðustu árum; annarsvegar orkusala um sæstreng til Bretlands og hinsvegar nýting vindorku. Landsvirkjun hefur verið helsti drifkraftur beggja þessara umræðuefna og stýrt henni, líkt og annarri orkuumræðu hérlandis.



Á þessu grafi er framreiknuð sú þróun orkunotkunar sem verið hefur og er viðvarandi. Græna lárétta línan sýnir núverandi notkun en sú rauða niðurstöðu rammaáætlunar. Samkvæmt þessu verða virkjanakostir vatnsfalla- og jarðhita fullnýttir fyrir árið 2050. Engin stefna liggur enn fyrir varðandi orkuöflun eftir það. Rannsóknunum á umfangi og nýtingarmöguleikum hinna miklu auðlinda sjávarorku þarf því augljóslega að hraða eins og fremst er kostur. Aðkallandi þörf er á markmiðssettri orkustefnu fyrir Ísland, sem tekur tillit til allra tiltækra orkuauðlinda sem nýtanlegar kunna að verða í nánustu framtíð.



4. Tilhögun sjávarorkurannsókna

4.1. Rannsóknaraðilar

Eins og lýst var hér framfar hefur enn ekkert verið unnið skipulega hÉrlendis að rannsóknum er varða nýtingu sjávarorku. Til skamms tíma hafði engin stefnumótun farið fram eða verið fyrirhuguð á því sviði að hálfu stjórnsvalda. Laga- og regluumhverfi virðist að einhverju leyti vera ábótavant og hlutverk stofnana er óljóst í ýmsum þáttum sem snerta þessi mál. Á síðustu árum hefur orðið vart nokkurs áhuga aðila til að skoða möguleika til sjávarorkunýtingar á einstökum stöðum á landinu, sem vissulega er þarft og jákvætt, en heildstæðar rannsóknir skortir enn.

Þegar Valorka hóf að vinna að verkefnum sínum við þróun hverfilsins varð ljóst, eins og lýst er hér fyrir, að nauðsynlegt væri að bæta úr hinum algera skorti á rannsóknum sjávarorku á fyrirhuguðum prófunar- og notkunarstöðum hans hÉrlendis. Skýrsluhöfundur var frá upphafi í góðu samstarfi við ýmsa sérfræðinga, og þar á meðal Héðin Valdimarsson straumfræðing hjá Hafrannsóknastofnun. Kom þar að ákveðið var að leita leiða til að hrinda úr vör rannsóknaverkefni á þessu sviði. Á sameiginlegum fundi stjórnenda Valorku og Hafrannsóknastofnunarinnar var samþykkt að stofna til samvinnu um verkefni sem nefnt hefur „Rannsóknamiðstöð sjávarorku“. Það hefur þó ekki verið skráð sem sjálfstæður aðili enn. Í aðdraganda þess var haft samband við fleiri aðila, og vonir standa til að einhverjir þeirra muni koma að þannig sameiginlegu verkefni. Hagræðið við viðtækt samstarf er augljóst. Líklegt er að bæði Valorka og Hafrannsóknastofnunin muni, eðli sínu samkvæmt, koma að fyrirbyggjandi rannsóknum. Því verður hér litið lítillega til starfsemi þeirra og aðkomu að verkefninu, eins og hún var ætluð í byrjun:

Valorka ehf er einkahlutafélag í eigu skýrsluhöfundar, sem er hvatamaður þessa rannsóknaverkefnis. Valorka ehf var stofnuð 2009 í þeim megintilgangi að þróa áðurnefndan hverfil til virkjunar sjávarfallaorku, sem er fyrsti íslenski sjávarorkuhverfillinn. Nokkrar ástæður eru fyrir áhuga Valorku á rannsóknum sjávarorku. Í fyrsta lagi þarf að vita hverskonar aðstæður eru ríkjandi í væntanlegu notkunarumhverfi hverfilsins og eftir hvaða orku er þar að slægjast. Í öðru lagi þarf að greina heppilega staði til frekari þróunar og prófana hverfilsins, en að hluta gæti það skýrst í þessum rannsóknum. Í þriðja lagi hafa fyrri kannanir Valorku leitt að því líkur að í orku sjávarfallastrauma og haföldu sé að finna mikilvægar framtíðarorkulindir þjóðarinnar, og að rannsóknir til staðfestingar á því séu tímabærar nú þegar orkuöflunarkostum á landi fækkar og tækni til nýtingar sjávarorku er að verða raunhæfur kostur. Skýrsluhöfundur hefur leitast við að ná samstöðu aðila um að hefja rannsóknir á sjávarorku og vakið athygli á nauðsyn þess. Nauðsynlegt er að rannsóknir á þessu sviði verði gerðar á almennum grundvelli; með þarfir og framtíðarhag allrar þjóðarinnar að leiðarljósi. Því er nauðsynlegt að þær verði með aðkomu þeirra stjórnsvaldsstofnana sem þegar hafa skyldur og hlutverk á viðkomandi sviðum.

Bæði Alþingi og ríkisstjórn Íslands hafa lýst stuðningi við frumkvöðlaverkefni Valorku á sviði sjávarorku. Mikilvægur grunnur þessara rannsókna er þingsályktunartillaga sú sem



Alþingi hefur nú samþykkt fyrir frumkvæði skýrsluhöfundar, um rannsóknir á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við Ísland.

Nokkur gagnabanki og fróðleikur um sjávarorku og virkjanatækni hefur þegar myndast á vegum Valorku ehf. Það gagnasafn gæti orðið mikilvægt innlegg í það opinbera gagnasafn sem þingslályktunartillagan m.a. kveður á um. Stefnt er að áframhaldandi skipulegri gagnasöfnun á vegum Valorku, og að gagnasafnið verði opið öðrum til afnota í þeim tilgangi að efla rannsóknir og þróun greinarinnar.

Hafrannsóknastofnun (Hafró) er undirstöðustofnun þjóðarinnar í rannsóknum á auðlindum sjávar. Starfssviðið er markað í lögum um stofnunina nr. 64/1965 en þar segir m.a.: *“Markmið Hafrannsóknarstofnunarinnar skulu meðal annars vera; að afla alhliða þekkingar um hafið....einkum til að meta hvernig hagkvæmt og skynsamlegt sé að nýta auðlindir þess; að afla þekkingar um eðlis og efnafræðilega eiginleika sjávar umhverfis Ísland...; að afla þekkingar um lögun, gerð og jarðfræðilega eiginleika landgrunnsins....”* Hafró hefur því mikilvægu hlutverki að gegna varðandi rannsóknir á auðlindum sjávar. Hingað til hefur verið litið svo á að þær auðlindir væru fyrst og fremst á sviði fiskveiða og lífríkis sjávar, og sumt í þessum lögum lýtur beinlínis að því. Hefur starfsemi stofnunarinnar einkum snúist um þá þætti. Margvísleg rök eru fyrir þátttöku Hafrannsóknastofnunar í því rannsóknarverkefni sem hér um ræðir. Í fyrsta lagi fellur verkefnið vel að því hlutverki Hafró að rannsaka auðlindir sjávar. Í öðru lagi býr Hafró yfir sérfræðiþekkingu og reynslu sem mun nýtast vel í þessu verkefni. Í þriðja lagi er skynsamlegt að samnýta hinn mikla tækjakost sem Hafró býr yfir, og þau tæki sem sjávarrannsóknaverkefnið þarf að kaupa, að því marki sem unnt er. Þar er t.d. um að ræða samnýtingu á skipum og straumbaujum. Rannsóknarverkefnið mun fjárfesta í mælitækjum sem eru af svipaðri gerð og Hafró hefur verið að nota. Hafró mun sjá um mælibúnaðinn, t.d. varðandi innkaup, vörslu, lagningu og endurheimtu. Búnaðurinn verður fyrst og fremst nýttur í þágu verkefnisins, en þar fyrir utan verður hann nýttur til annarra verkefna Hafró.

Samstarf Valorku og Hafró gerði ráð fyrir að Héðinn Valdimarsson, sérfræðingur Hafró í straumarannsóknnum, yrði verkefnisstjóri við mælingarnar, ásamt Steingrími Jónssyni prófessor í haffræði við HA, en báðir hafa þeir víðtæka reynslu sviði hafrannsókna.

Í samstarfi Hafrannsóknastofnunar og Valorku var ráð fyrir því gert að mælingaverkefnið væri sjálfstæður verkefnishluti sem, eins og áður sagði, lyti stjórn Hafró. Þær mæliniðurstöður sem úr því fengjast myndu síðan annarsvegar nýtast í öðrum verkefnum Hafró; en jafnframt verða grunnur þess að unnt yrði að meta orkustærðir hvers staðar. Það verkefni yrði líklega á hendi verkfræðinga. Í áætlunum um Rannsóknamiðstöð sjávarorku var gert ráð fyrir að leita til Verkís um þá þætti, enda hefur það fyrirtæki komið að sjávarorkuverkefnum. Ekki liggja þó fyrir samningar um aðkomu Verkís.

Verkís er ein stærsta verkfræðistofa landsins, og vinna um 300 manns hjá fyrirtækinu í mörgum löndum og að fjölbreyttum verkefnum. Verkís hefur verið aðalhönnuður flestra stærstu virkjana á landinu, bæði á sviði vatnsafls og jarðvarma, auk þess sem stofan hefur komið með ýmsu móti að hönnun og gangsetningu virkjana á erlendri grundu. Sjávarfallalíkan Siglingastofnunar Íslands var þróað á VST, sem síðar varð Verkís, undir stjórn Gunnars



Guðna Tómassonar. Líkanið spáir fyrir um sjávarhæð og sjávarfallastrauma á 2 km x 2 km neti á landgrunni Íslands og 10 km x 10 km neti í Norður-Atlantshafi, byggt á veðurspá frá veðurmiðstöð Evrópuríkja. Líkanið er keyrt daglega á Siglingastofnun Íslands og niðurstöður birtar á vef stofnunarinnar til upplýsinga fyrir sjófarendur. Gæði líkansins byggja að stórum hluta á kvörðun þess að mælingum í sjó. Nákvæmni þess er þó ekki nægjanleg til að segja fyrir um orku í staðbundnum röstum, og munu því líkanreikningar og straumamælingar styðja hvort annað í spá um sjávarfallaorku í hafinu umhverfis Ísland. Verkís gerði nákvæmt líkan af sjávarföllum í Hvammsfirði fyrir Sjávarorku ehf.

Auk þessara aðila hefur verið rætt samstarf við Færeyjaháskóla, bæði til að njóta þar frekari fagþekkingar og einnig með það í huga að rannsóknir á sjávarorku í Færeyjum gætu orðið hluti rannsókna, væri það vilji þarlendrar stjórnvalda. Fyrirhugað er að eiga gott samstarf við fagaðila og stofnanir í fleiri löndum, einkum þar sem unnt yrði að njóta þekkingar varðandi rannsóknir sem þar hafa verið gerðar.

Gert er ráð fyrir að verkefnið heyri undir málaflokka atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytisins eins og aðrar orkurannsóknir. Gert er ráð fyrir samráði við Orkustofnun, sem lögum samkvæmt fer með yfirstjórn orkumála og mat og vöktun auðlinda. Orkustofnun fer með leyfaveitingar og vera kann að stofnunin muni hafa á hendi umsjón með rannsóknum á sjávarorku. Einnig verður Alþingi gerð grein fyrir framgangi verkefnisins.

Það fyrirkomulag rannsóknaverkefnis sem hér hefur verið lýst er enn til staðar. Hafrannsóknastofnun er áfram tilbúin að taka að sér þetta rannsóknaverkefni í samvinnu við Valorku og aðra aðila, enda fellur það að lögbundnu hlutverki Hafró.

Í kjölfar samþykktar Alþingis sl. vor er starfshópur skipaður af atvinnuvega- og nýsköpunarráðherra. Hópurinn skal m.a. móta tillögur um tilhögun rannsókna. Beðið verður með að hrinda framangreindu verkefni úr vör þar til séð verður hver verður niðustaða þeirrar vinnu. Með henni gæti skýrst hverjir verða aðilar að þessari vinnu. Hinsvegar mun, eftir því sem færi gefst, áfram verða haldið ýmsum undirbúningi, í þeim tilgangi að rannsóknir geti hafist sem fyrst og skilað tilætluðum árangri. Ekki verður annað séð en að byggja megi á þeim grunni Rannsóknamiðstöðvar sjávarorku sem hér hefur verið lýst. Vænst er góðrar samstöðu um niðurstöður starfshópsins og þá vinnu sem framundan er.

Tillaga

Hafrannsóknastofnun hafi stjórn á þeim hluta rannsókna sem undir hennar svið heyra. Valorka hafi aðkomu að rannsóknunum vegna hagsmuna sinna og sérþekkingar. Verkís væri æskilegur aðili vegna nýtingar niðurstaðna við uppfærslu sjávarfallalíkans og vegna reynslu á þessu sviði. Aðili, s.s. verkfræðistofa, þarf að annast skilgreiningarvinnu og útreikninga vegna tölfræði og mats á einstökum svæðum. Aðrir aðilar koma að eftir því sem þörf verður á. Um samstarfið verði gert skriflegt samkomulag.



4.2. Skilgreining og skipulag

Nauðsynlegt er að skilgreina þegar í byrjun hvaða þarfir er ætlunin að uppfylla með þeirri rannsóknavinnumu sem fyrirhuguð er á sjávarorku. Horfa þarf m.a. til þessara þátta:

- A. Líkum á umfangi sjávarorku við Ísland, í ljósi núverandi vitneskju, t.d. með samanburði við önnur lönd eins og hér var dregið á að framan.
- B. Stöðu vikjanatækni til nýtingar sjávarorku við Ísland og líklegar þróun hennar í nánustu framtíð.
- C. Þörf fyrir nýtingu sjávarorku á næstu áratugum, í ljósi þróunar orkueftirspurnar og annarrar leiða til orkuöflunar.
- D. Sérstöðu sjávarorku í samanburði við aðra orkukosti. Þar þarf t.d. að skoða umhverfisáhrif; áreiðanleika, framleiðslusveiflur og jöfnun þeirra; staðsetningu virkjanastaða með tilliti til byggðar og orkuflutnings o.fl. þætti
- E. Gildis rannsókna fyrir þróun sjávarorkutækni hérlandis. Þar þarf bæði að huga að þeirri þróun sem þegar er hafin á vegum Valorku; sérstöðu hennar og möguleikum, og hinsvegar þörfinni á að greina heppilega prófunarstaði til þróunara sjávarorkutækni.
- F. Gildis rannsókna til þekkingarauka og til annars tilgangs sem rakinn var í kafla 1.6 hér að framan, s.s. fiskirannsóknna, mengunarrannsóknna og reks af ýmsu tagi.
- G. Líklegu fjármagni sem ætla má að fáið til rannsókna; hvaðan það kemur og hvernig því verður ráðstafað.
- H. Aðilum sem að verkefninu koma; hlutverki hvers og eins og hvernig skipulagi og stjórnun verður háttað.

Þegar þessi skilgreiningavinna hefur farið fram ætti að vera unnt að setja rannsóknunum markmið. Þau þurfa að vera skýr, mælanleg og raunhæf. Til að auðvelda og skýra áætlanagerð, bæði faglega og kostnaðarlega, væri rétt að skilgreina langtímamarkmið, t.d. til næstu 20 ára; styttri markmið, s.s. til 4ra ára og ársáætlun.

Um áherslur og skipulag varðandi starfshætti vinnuhópsins verður fát sagt fyrr en starfshópurinn hefur verið skipaður og tekur til starfa.

Áherslur í rannsóknunum verða einnig skilgreindar í stefnumótunarvinnunni. Í áætlunum Rannsóknamiðstöðvar sjávarorku var ætlunin að leggja fyrst í stað megináherslu á straumamælingar, og þá í völdum röstum í byrjun, enda benda líkur nú til að sjávarfallavirkjanir verði fyrr raunhæfur kostur en ölduvirkjanir eða önnur sjávarorkutækni.

Tillaga

Í byrjun verkefnis verði gerð áætlun þar sem tilgangur er skilgreindur og sett upp markmið; tímasett þar sem við verður komið. Samhliða verði gerð kostnaðaráætlun og skipulag vinnunnar ákveðið. Endurmat þessara þátta fari fram minnst árlega.

Í byrjun verði megináhersla lögð á rannsóknir á straumhraða á orkuríkum svæðum.



4.3. Rannsóknaaðferðir og tækni

Við þessar rannsóknir er líklegt að í megindráttum verði beitt þeim aðferðum sem fyrirhuguðar eru með verkefninu Rannsóknamiðstöð sjávarorku. Þær liggja í stórum dráttum í eftirfarandi þáttum:

1. Vegna straumamælinga verði fest kaup á botnlægum dopplermælum af þeirri gerð sem Hafró hefur notað áður með góðum árangri. Fjöldi mæla ræðst af fjárveitingum verkefnisins, en þeir kosta líklega með búnaði um 4-5 milljónir hver. Nokkuð ódýrari mælar eru nú fáanlegir og kunna þeir að nýtast í hluta verkefnisins. Mælunum er lagt á botn á völdum prófunarstað, með sérstakri botnfestu en án tengingar við yfirborð. Þar liggur hann og safnar gögnum í 6-12 vikur. Hann mælir straumhraða í sniði sjávar þar yfir með dopplersónar. Síðan er hann endurheimtur með hljóðmerki og lesið úr gögnunum. Með þannig aðferð fæst heildarmynd yfir straumhraða viðkomandi staðar yfir sveiflur flóðs og fjöru og sveiflur smástraums og stórstraums, auk þess sem með endurteknum mælingum og dreifðum mælistöðum á sama svæði má ráða í áhrif staðbundinna aðstæðna og annarra þátta. Hafró notar við þetta skip sín og leitast við að fella rannsóknarferðir að öðrum verkefnum til að auka hagkvæmni.
2. Mæling með botnlægum dopplermælum eins og hér var lýst er nákvæm, og eina vísindalega aðferðin til mælinga sjávarfallastrauma. Hinsvegar er unnt að nota aðrar aðferðir jafnhliða, til að fá hugmynd um vænlega mælistaði og til að fylla upp í myndina. Bæði er þar um að ræða gagnasöfnun og flokkun á vitneskju sem þegar er fyrir hendi, þó ekki byggji á vísindalegum mælingum. Þar getur verið um að ræða reynslu sjómanna og annarra sjófarenda o.fl. Einnig má nota punktmælingar úr bátum. Valorka á nú þegar mjög vandaðan dopplermæli til að hafa um borð í báti. Hann mælir straumhraða nákvæmlega á fjórum mismunandi dýptum undir bátinum og tekur tillit til ferðar bátsins, reks o.fl. þátta. Tryggja þyrfti aðgang að báti til þannig punktmælinga.
3. Úrvinnsla mæligagnanna fer fram hjá sérfræðingum Hafrannsóknastofnunar, enda hafa þeir góða þekkingu og reynslu í þeim efnum. Hafró vistar mæligögn og úrvinnslu þeirra og nýtir í sínum störfum, en miðlar þeim til annarra til frekari úrvinnslu.
4. Verkfræðingar nýta niðurstöður Hafró til mats á orkustærðum og til samræmingar við fyrirliggjandi spálíkan hafstrauma við Ísland. Uppfærslur þess eru á hendi Verkís, og því er líklegt að sú verkfræðistofa muni koma verulega að þessari rannsóknavinnu.

Tillaga

Í byrjun verði fengnir til verkefnisins a.m.k. 4 botnlægir dopplermælar, ásamt búnaði, og þeim árlega fjölgað. Að auki verði keyptur eða leigður lítill bátur til verkefnisins sem unnt er að nota til punktmælinga, t.d. með mæli Valorku ehf. Samið verði við Hafrannsóknastofnun um afnot skipa stofnunarinnar til lagningar og endurheimtu mæla og hlutastarf sérfræðinga vegna umsjónar og úrvinnslu. Einnig við aðra aðila sem að þurfa að koma, s.s. Valorku og verkfræðistofur.



4.4. Rýning og áreiðanleiki

Niðurstöður rannsóknaraðila þarf að rýna af fræðimönnum sem standa utanvið rannsóknirnar til að sannreyna gildi þeirra. Mikilvægt er að vanda sem best til verka og tryggja áreiðanleika, þar sem líklegt er að sjávarorka sé í flokki verðmætustu auðlinda þjóðarinnar til framtíð litið og verði ein undirstaða mannlífs og verðmætasköpunar á komandi árum. Áætlun um rýningu gagna og niðurstaðna þarf að vera hluti verkáætlana.

4.5. Fjármögnun og stjórnun

Þar sem hér er um að ræða auðlind í þjóðareign verður að ætla að fé til rannsókna á henni komi beint til verkefnisins af fjárlögum, og að Alþingi og önnur stjórnvöld taki tillit til þeirra þarfa í fjárlagavinnu sinni og annarri áætlanagerð. Með samþykkt sinni á þingsályktunartillögu um undirbúning sjávarorkurannsókna má ætla að Alþingi hafi verið þetta ljóst og vel verði að þessum þætti staðið.

Stjórnun og ut anumhald verkefnisins verður væntanlega lagt upp áður en til framkvæmda kemur. Verði rannsóknirnar á vegum opinberra aðila má ætla að eftirlit varðandi orkurannsóknabáttinn verði á hendi Orkustofnunar á einhvern hátt. Hinsvegar verða rannsóknirnar sjálfar á vegum Hafrannsóknastofnunar, líklega í samvinnu við aðra aðila eins og áður segir. Verkefnið heyrir undir málavæðing atvinnuvega- og nýsköpunarráðuneytisins.

Gera þarf ráð fyrir að eftir hvert ár liggi fyrir skýrsla um framkvæmd og árangur verkefnisins, og á sama hátt verði gerð skýrsla í lok hvers áætlaðs áfanga. Skýrslunum verður skilað til viðeigandi stjórnvalda, s.s. Orkustofnunar, viðkomandi ráðuneyta og Alþingis.

Tillaga

Verkefnið fái a.m.k. 20 milljónir króna á fjárlögum ársins 2015, en Valorka lagði þær tillögur fyrir atvinnuvegaráðherra vorið 2014. Það fé þarf að vera tiltækt árið 2015 til undirbúnings og mælakaupa, svo verkefnið komist af stað. Verkefnið fái síðan fjárveitingar á fjárlögum árlega, samkvæmt áætlunum sem verkefnisstjórn gerir til atvinnuvegaráðuneytisins.



5. Meðferð og nýting niðurstaðna

5.1. Gagnagrunnur á sviði sjávarorku

Einn þáttur þingsályktunar þeirrar sem Alþingi hefur nú samþykkt er að hérlandis verði komið á fót gagnagrunni á sviði sjávarorku. Um þetta segir í greinargerð ályktunarinnar: „Ekki hefur verið byggður upp gagnagrunnur til almennra nota á þessu sviði þó að ýmsir hafi víðað að sér upplýsingum. Á vegum Valorku ehf. hefur mikið verið unnið að gagnaöflun og hefur fyrirtækið um nokkur ár birt skýrslur um framgang og stöðu tækniþróunar í sjávarorku. Gagnagrunnur af þessu tagi er nauðsynlegur í ýmsu tilliti, svo sem við mat á orkuauðlindum sjávar, til að fylgjast með tækniþróun og rannsóknum, til nota við íslenska tækniþróun, til kennslu o.fl. Leggja þarf áherslu á að gögnin séu aðgengileg og opin öllum“.

Við þetta er litlu að bæta. Ekki hefur orðið vart við að annarsstaðar á landinu hafi átt sér stað jafn gagnger og langvarandi gagnasöfnun á sviði sjávarorku og sú sem skýrsluhöfundur hefur stundað. Helgast það eflaust annarsvegar af ævilöngum áhuga hans á þessu sviði og hinsvegar af því að málefnið hefur ekki verið í neinum forgangi hjá stjórnvöldum. Yfirlitsskýrslur sem Valorka tók saman og dreifði til stjórnvalda voru hinar fyrstu á sviði sjávarorku. Valorka mun halda áfram söfnun gagna og flokkun þeirra, og nýta þau tengsl sem á eru komin við erlenda aðila í þeim efnum. Vilji stjórnvöld að þessi grunnur verði felldur að opinberu gagnasafni er sjálfsagt að skoða það. Valorka er einnig tilbúin að nýta þennan grunn og sínar tengingar til framgangs sjávarorkurannsóknum, enda fái Valorka aðkomu að rannsóknunum og niðurstöðum þeirra.

Tillaga

Valorka tekur að sér söfnun gagna; uppsetningu gagnagrunns og utanumhald hans í samvinnu við Orkustofnun. Grunnurinn verður opin almenningi.

5.2. Birting og dreifing niðurstaðna

Niðurstöður þessa rannsóknastarfs þarf að birta á viðeigandi hátt, þannig að tryggður sé aðgangur almennings og stofnana að þeim.

Tillaga

Niðurstöður rannsóknarvinnunnar verða kynntar Orkustofnun um leið og þær liggja fyrir, sem og öðrum stofnunum eftir því sem ákveðið verður. Þær verða einnig birtar opinberlega.



Viðauki I

Þingsályktun um rannsóknir á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku ásamt greinargerð. (sjá kafla 2.1 um aðdraganda hennar og feril)

143. löggjafarþing 2013–2014.
Nr. 43/143.

Þingskjal 1245 — 293. mál.

Þingsályktun

um rannsóknir á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku.

Alþingi ályktar að fela iðnaðar- og viðskiptaráðherra að hefja vinnu við mat á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við strendur Íslands með það að markmiði að greina hagkvæmstu nýtingarkosti til framtíðar. Jafnframt verði lögð drög að uppbyggingu gagnagrunns um nýtingu sjávarorku. Einnig verði kannað með hvaða hætti Ísland gæti orðið aðili að alþjóðlegu samstarfi um nýtingu sjávarorku. Ráðherra skipi starfshóp um málefnið sem skili tillögum eigi síðar en 1. maí 2015.

Samþykkt á Alþingi 16. maí 2014.

Greinargerð.

Þingsályktunartillaga sama efnis var lögð fram á 141. löggjafarþingi (þskj. 52 í 52. máli). Fyrsti flutningsmaður var Skúli Helgason en meðflutningsmenn voru úr öllum þingflokki. Tillagan var tekin til umfjöllunar í atvinnuveganefnd sem mælti með samþykkt hennar með tilteknum breytingum (sjá þskj. 1253 í 52. máli).

Sennilega er sjávarorka ein stærsta ónýtt orkulind Íslands. Þá ályktun má m.a. draga af niðurstöðum rannsókna í nágrannalöndunum, t.d. skýrslu um sjávarfallaorku sem SEI (Sustainable Energy Ireland) hefur gefið út á Írlandi. Niðurstöður hennar eru m.a. að heildarorka sjávarfallastrauma við Írland sé 230 TWh/a, en til samanburðar álítur Orkustofnun að samanlagt heildarumfang vatnsafls og jarðvarma hér á landi sé um 123 TWh/a. Rétt er að hafa í huga að hvorug talan segir til um nýtingarmöguleika. Ekki er hægt að fullyrða að aðstæður við Írland séu að fullu sambærilegar, en sé tekið tillit til þess að Írland er 70% af flatarmáli Íslands má álykta að virkjun sjávarorku geti orðið framtíðargrein í orkubúskap Íslendinga. Í sömu átt benda rannsóknir á sjávarfallaorku við Bretland, Noreg og víðar.

Ölduorka við Ísland er að líkindum mun meiri sé þessum samanburði beitt. Heildarorka öldu við Bretland og Írland er metin yfir 1.000 TWh/a í skýrslu sem gerð var fyrir bresk stjórnvöld og þar af varlega áætluð nýtanleg orka 52,5 TWh/a. Talið er að svipuð ölduorka sé í lengdarmetra báru sunnan Íslands og vestan Bretlandseyja.



Skortur á innlendum rannsóknum.

Hér við land hafa litlar rannsóknir farið fram á grunnþáttum sjávarorku við strendur utan fjarða. T.d. skortir straumhraðamælingar á þeim stöðum þar sem straumar eru stríðir, svo sem í röstum undan annesjum. Engar tilraunir hafa verið gerðar til að meta á heildstæðan hátt umfang sjávarorku og þýðingu hennar fyrir orkuöflun til framtíðar. Vissulega má tilgreina þau rök annars vegar að Íslendingar hafa haft næga orku frá vatnsföllum og jarðvarma og hins vegar að hingað til hefur tækni skort til hagkvæmrar nýtingar sjávarorku. Hvort tveggja kann þó að vera að breytast.

Ísland er auðugt að hreinni og endurnýjanlegri orku og hafa Íslendingar einkum nýtt tvær tegundir þessara auðlinda, vatnsföll og jarðvarma, og verið í fremstu röð þjóða hvað varðar nýtingarhlutfall hreinnar, endurnýjanlegrar orku. Lítið sem ekkert hefur verið hugað að öðrum endurnýjanlegum orkulindum landsins, enda álitíð að ekki væri unnt að nýta þær með hagkvæmum hætti.

Í þessum tveimur endurnýjanlegu orkugjöfum eiga Íslendingar enn mjög miklar orkulindir sem nýtanlegar væru út frá tæknilegum og hagrænum sjónarmiðum. Þessir nýtingarmöguleikar reynast þó minni þegar tekið er tillit til umhverfissjónarmiða og annars verndargildis eins og rammaáætlun segir til um. Vaxandi almenn umhverfisvitund veldur því að sérhver nýr virkjanakostur er nú umdeildari en áður var. Íslendingar geta því ekki treyst eingöngu á nýtingu þessara tveggja orkugjafa til framtíðar. Eðlilegt er að leita jafnframt nýrra leiða um orkuöflun, og núlifandi kynslóð getur lagt sitt af mörkum til að svo megi verða, t.d. með þróun, rannsóknum og gagnaöflun er tengist nýjum orkukostum.

Leitað nýrra lausna.

Ísland býr yfir miklum hreinum og endurnýjanlegum orkulindum, auk vatns- og jarðvarma. Þar má nefna vindorku, ölduorku og sjávarfallaorku. Sífelld fleiri ríki og ríkjabandalög beina nú sjónum sínum að nýjum lausnum í stað jarðefnaeldsneytis, og síaukin áhersla er lögð á leit að nýjum lausnum. Tækniþróun hefur því fleygt fram í heiminum varðandi nýtingu endurnýjanlegrar orku á mörgum sviðum. Mörg Evrópulönd eru þar framarlega í flokki. Nægir þar að nefna hina miklu vindmylluvæðingu í Danmörku og Þýskalandi og áherslu Breta á sjávarorkutækni. Ný tækniþekking og aukin fjöldaframleiðsla gerir nýtingu óhefðbundinna orkulinda sífelld arðbærari. Aukin áhersla og vitund á alþjóðavettvangi um mikilvægi sjálfbærrar þróunar hefur að auki haft í för með sér að æ fleiri ríki leggja umhverfisgjöld á óendurnýjanlega orkugjafa, sem eykur enn frekar samkeppnisstöðu endurnýjanlegra orkukosta.

Vísbendingar um hagkvæmni.

Sjávarorka er að öllum líkindum mjög mikil við Íslandsstrendur og með aukinni tækniþróun má ætla að þar sé orkukostur sem hagkvæmt verður að nýta. Til þess liggja nokkrar ástæður. Í fyrsta lagi er ljóst að víða er mikla orku að finna skammt undan ströndum og má leiða líkur að því að heildarforði sjávarorku sé talsvert meiri en samanlögð virkjanleg vatnsfalla- og jarðvarmaorka eins og hér kom fram í upphafi. Í öðru lagi er um stöðuga og fyrirjáanlega orkuöflun að ræða. Þetta á einkum við um sjávarfallastrauma sem fylgja



reglulegum gangi tungls um jörðu. Þar yrði framleiðslustöðvun fjórum sinnum á sólarhring á fallaskiptum, en brúa má það m.a. með tveimur leiðum: annars vegar með því að keyra vatnsorkuver á fallaskiptum en spara í lónum á milli, en hins vegar með því að nýta misjafnan sjávarfallatíma kringum landið. Í þriðja lagi er tækni til nýtingar sjávarorku sífellt að þróast og verða hagkvæmari. Í heiminum eru nú yfir 60 tegundir hverfla komnar á tilraunakeyrlu, og áætlanir eru um umfangsmiklar sjávarfallavirkjanir í nokkrum ríkjum. Í fjórða lagi eru líkur á að Íslendingar gætu náð góðum árangri í þróun tækni á þessu sviði, ekki síður en á sviði jarðvarmanýtingar. Íslensk þróun sjávarorkutækni er þegar hafin, og hefur þróast ört á fáum árum. Nú er verið að þróa nokkrar gerðir hverfla á vegum fyrirtækisins Valorku ehf. og þegar hefur verið tryggt einkaleyfi fyrir íslenskum sjávarfallahverfli, uppfinningu Valdimars Össurarsonar. Sá hverfill er ætlaður til nýtingar hægstrauma utan fjarða og hlaut fyrstu verðlaun í hugmyndasamkeppni Alþjóðasamtaka uppfinningafélaga, IFIA, árið 2011. Eftir árangursríkar prófanir í straumkeri var íslenskur hverfill prófaður í fyrsta skipti í sjó í Hornafirði haustið 2013. Þar með hófust einnig á heimsvísu sjóprófanir á hverfli sem einkum er ætlaður til nýtingar á hægum straumhraða í annesjaröstum. Forusta í tækniþróun á svo víðtæku og vaxandi sviði gæti skapað mikilvæg sóknarfæri, og mætti þar t.d. líta til árangurs sem náðst hefur varðandi þekkingarútflytning á sviði jarðhita. Tilraunastöðin sem Valorka hefur sett upp í Hornafirði mun nýtast til frekari þróunarstarfs, en í Hornafirði eru aðstæður einstaklega góðar til prófana á sjávarvirkjunum. Erlendur aðili hefur lýst áhuga á að kanna með heimamönnum hagkvæmni þess að setja þar á fót alþjóðlega prófunarmiðstöð sjávarorkutækni. Tækifærin eru mörg á þessu nýja og vaxandi sviði hreinnar orkuframleiðslu. Takist þróunarstarfið vel á þessu sviði, og takist að halda því hér innan lands, má ætla að Íslendingar hafi einstakt tækifæri til að framleiða og selja hátæknivöru á markaði sem fyrirsjáanlega verður ört vaxandi á næstu árum.

Mismunandi tegundir sjávarorku.

Sjávarorka kemur fyrir í nokkrum myndum en sumar þeirra koma varla til álita hér. Það gildir t.d. um hitastigulsvirkjun (OTEC), en þá er virkjaður hitamunur lagskipts sjávar á mismunandi dýpi. Önnur tegund er seltuvirkjun (osmósa), en þá eru virkjuð áhrif mismunandi seltustigs vatns og sjávar við árósa með gegndræpum himnum. Tæknin er nú á tilraunastigi og skammt komin, en hugsanlega gæti hér verið um mikilvægt orkuform að ræða. Nýsköpunarmiðstöð Íslands hefur haft forgöngu um rannsóknir á osmósuvirkjunum og hefur byggt upp tilraunaaðstöðu til að meta fýsileika þess að nota íslenskar jökulár til að framleiða orku með osmósutækni. Þær rannsóknir hafa nú leitt til samstarfs Nýsköpunarmiðstöðvar og Orkubús Vestfjarða um að setja upp osmósuorkuver í smáum stíl við Mjólkársvirkjun til að vekja athygli ferðamanna og almennings á þessum orkukosti. Um er að ræða vistvænan orkukost þar sem ekki er um að ræða neina losun gróðurhúsalofttegunda eða mengandi vökva, engin þörf er fyrir stíflur eða uppistöðulón og áhrif á gróður og lífríki ár og sjávar eru í lágmarki. Þriðja form sjávarorku er ölduvirkjanir. Hér er um mjög áhugaverðan orkukost að ræða þar sem ölduhæð getur orðið mjög mikil við Íslandsstrendur, einkum sunnanlands. Ölduorka er þó mjög óstöðug orkulind; enn eru óleyst vandamál við nýtingu hennar og virkjanatækni á nokkuð í land með hagkvæmni. Fjöldamargar hugmyndir hafa komið fram um tækni til virkjunar á ölduorku, en enn hefur engin fundist sem staðist hefur mestu átök við



raunaðstæður. Að minnsta kosti ein íslensk hugmynd er á þróunarstigi. Fjórða form sjávarorku er virkjun hafstrauma sem mætti skipta í nokkra flokka: stífluvirkjanir nýta sjávarfallastrauma í ósum og fjörðum sem þá eru stíflaðir og straumurinn leiddur gegnum hverfla. Hætt er við að slíkar virkjanir verði umdeildar vegna mikilla umhverfisáhrifa, en á móti kann að koma hagkvæmni vegna annarra þátta, svo sem þar sem þvera þarf firði vegna vegagerðar. Á sviði virkjunar sjávarfalla hefur Nýsköpunarmiðstöð Íslands í samvinnu við Háskólasetur Vestfjarða og Orkubú Vestfjarða komið að rannsóknum á möguleikum stífluvirkjana á Vestfjörðum. Lengst var gengið með rannsóknir í Þorskafirði þar sem gert var líkan af samnýtingu brúar yfir fjörðinn og hverfla undir brúnni, sem virkjað gætu orku sem nemur að meðaltali um 35 MW.

Fyrsta sjávarfallavirkjun heims, La Rance í Frakklandi, er stífluvirkjun, byggð 1966. Hún var til skamms tíma einnig langstærsta sjávarfallavirkjunin, 240 MW, en nú hefur önnur lítið eitt stærri tekið til starfa í Suður-Kóreu. Hugmyndir um stífluvirkjanir hafa sums staðar verið lagðar til hliðar vegna umhverfisáhrifa, svo sem í Severn-firði á Bretlandi.

Sundavirkjanir eru hér nefndar sjávarfallavirkjanir þar sem hverflar eru staðsettir í straumhörðum sundum og álum án stíflugerðar. Hverflarnir geta ýmist verið alveg á kafi, marandi í yfirborðinu eða festir á turn sem nær frá botni upp fyrir yfirborð. Flestir sjávarfallahverflar sem nú eru í þróun teljast til þessa flokks, en sumir þeirra eru komnir á það stig að vera farnir að framleiða rafmagn í einhverjum mæli inn á neyslunet. Hagkvæmni sjávarfallahverfla eykst hröðum skrefum. Nefna má t.d. að EPRI (Electric Power Research Institute, Bandaríkjunum), sem hefur gert áætlanir um stóra sjávarfallavirkjun í Fundy-flóa, telur að raforkuverð þaðan verði sambærilegt við annað heildsöluverð raforku. Ókostur sundavirkjana er sá að hverflarnir, sem oftast eru skrúfuhverflar, þurfa mikinn straumhraða til að skila hagkvæmri orkuframleiðslu, um og yfir 2,5 m/sek. Sá hraði er ekki algengur og kemur helst fyrir í nokkrum sundum en lítt utanfjarða. Hér er hann að finna í Hvammsfjarðarröstinni og sennilega í fleiri álum Breiðafjarðar.

Strandvirkjanir.

Þá er ótalinn sá flokkur sjávarfallavirkjana sem ef til vill mun hafa mesta þýðingu fyrir Íslendinga til framtíðar en þær má nefna strandvirkjanir. Þá er virkjaður sjávarfallastraumur í röstum við annes, og til þess notaðir hverflar sem eru alveg á kafi en festir við botn. Straumur er yfirleitt mun minni en í innfjarðasundum og reikna má með að hann geti víða orðið yfir 1 m/sek. Mælingar kunna að leiða í ljós meiri straumhraða. Þar sem orkan eykst í þriðja veldi við aukningu straumhraða þurfa hverflar fyrir hægari straum að hafa nokkuð mikið flatarmál. Þeir þurfa að vera á töluverðu dýpi til að forðast yfirborðskviku, eða sennilega meira en 20 m dýpi, og vel yfir botni. Hér við land eru töluvert stór svæði sem líklega búa yfir nýtanlegri orku af þessum tagi. Umfangsmest er líklega svæðið við sunnanverða Austfirði. Við Vestfirði er einnig víða að finna miklar rastir við annes, svo sem Látraröst, Straumnesröst o.fl. Þar fyrir utan má nefna Langanesröst, Reykjanesröst og Snæfellsnes. Hér er mögulega um allnokkrar orkulindir að ræða, orku sem getur orðið nýtanleg innan fárra ára vegna örrar tækniþróunar. Um stærð hennar verður þó ekkert fullyrt þar sem frekari upplýsingasöfnun skortir og í framhaldinu rannsóknir á þeim svæðum á landinu þar sem mestar líkur eru á hagkvæmri nýtingu. Þess má geta að hverflar Valorku eru allir hugsaðir sem strandvirkjanir og munu að



öllu leyti verða neðansjávar í endanlegri gerð.

Nýting sjávarorku hefði ýmsa þýðingu fyrir Íslendinga. Með henni fengist aðgangur að mjög stöðugri og öflugri orkulind sem unnt væri að nýta án nokkurra þekktra umhverfisáhrifa og ætti því ekki að verða umdeild. Þessi nýting mundi hafa verulega þýðingu varðandi orkuöryggi þar sem orkuna er víða að finna við svæði sem hingað til hafa búið við óöryggi í orkumálum.

Í ljósi þess sem hér hefur verið rakið varðandi takmarkað framboð hefðbundinna orkulinda er augljós ávinningur þess að meta umfang nýrra orkulinda, svo sem við strendur landsins. Það er ekki unnt nú þar sem áreiðanlegar mælingar skortir nær algjörlega, einkum varðandi sjávarfallastraum á virkjanlegum stöðum. Hafrannsóknastofnun býr yfir mikilli reynslu af straumamælingum og stofnunin er reiðubúin til að nýta reynslu sína til þeirra mælinga sem hér um ræðir. Notaðir hafa verið dopplermælar sem lagðir eru á botn í nokkra mánuði. Mælirinn safnar þar upplýsingum í minni um straumhraða í súlu sjávar frá botni til yfirborðs. Hann er síðan endurheimtur og unnið úr niðurstöðum.

Áform um rannsóknamiðstöð sjávarorku.

Nokkrir einkaaðilar hér á landi hafa beitt sér fyrir rannsóknum á sjávarorku. Valorka ehf. hefur beitt sér fyrir stofnun verkefnisins „Rannsóknamiðstöð sjávarorku“ í samstarfi við Hafrannsóknastofnun og Verkís. Með því verkefni er ætlunin að hefja heildstæðar rannsóknir á sjávarstraumum við Ísland, en þær eru ein af undirstöðum heildstæðs mats sjávarorku og einnig veigamikil forsenda þess að unnt sé að þróa nýja tækni til nýtingar sjávarorku.

Fyrirtækið Sjávarorka hefur rannsakað röstina í Hvammsfirði og hópur aðila rannsakaði fjarðavirkjanir í austanverðri Barðastrandasýslu. Nýsköpunarmiðstöð Íslands og Rarik vinna nú að áætlunum um slíkar rannsóknir við Breiðafjörð, ef til vill með fulltingi annarra opinberra aðila. Rannsóknir „Rannsóknamiðstöðvar sjávarorku“ munu ná til allra helstu straumasvæða landsins, eftir því sem fjárframlög leyfa. Lögð er áhersla á faglegt starf og víðtæka samvinnu.

Skoða þarf, í tengslum við rannsóknir og þróun á sviði sjávarorku, hvort raunhæft væri að koma upp prófunarstöðu hérlandis, t.d. í líkingu við prófunarstöðina EMEC á Orkneyjum. Athuganir Valorku ehf. benda til þess að í Hornafirði séu að mörgu leyti góðar aðstæður til þess, og til stendur að skoða það frekar í samstarfi við erlenda fagaðila. Prófunarstöð af þessu tagi er nauðsynleg til tækniþróunar hér, en gæti einnig laðað að erlenda aðila í tækniþróun.

Uppbygging gagnagrunns.

Ekki hefur verið byggður upp gagnagrunnur til almennra nota á þessu sviði þó að ýmsir hafi víðað að sér upplýsingum. Á vegum Valorku ehf. hefur mikið verið unnið að gagnaöflun og hefur fyrirtækið um nokkur ár birt skýrslur um framgang og stöðu tækniþróunar í sjávarorku. Gagnagrunnur af þessu tagi er nauðsynlegur í ýmsu tilliti, svo sem við mat á orkuauðlindum sjávar, til að fylgjast með tækniþróun og rannsóknum, til nota við íslenska tækniþróun, til kennslu o.fl. Leggja þarf áherslu á að gögnin séu aðgengileg og opin öllum.

Stuðningur við tækniþróun.

Hér er um óhefðbundin verkefni að ræða og þegar sótt er um stuðning fyrir verkefni á þessu



sviði til samkeppnissjóða er mikilvægt að skilningur og þekking sé fyrir hendi á sjávarorku og nýtingarmöguleikum hennar. Ef árangur á að nást er nauðsynlegt að stofnanir og sjóðir hins opinbera séu vakandi fyrir öllum tækifærum sem gefast og fylgist vel með framförum í þessu efni. Sjávarorkutækni er dæmi um markað sem er í hraðri mótun og gæti orðið dýrmætur til verðmætasköpunar. Meiri hætta er á að tækifæri tapist í svo óhefðbundinni þróun en í þekktari tækni og því rétt að á því sé tekið í stefnumótun sem þessari.

Alþjóðasamstarf.

Aðild að alþjóðasamtökum á sviði sjávarorkunýtingar gæti reynst Íslendingum mjög gagnleg, svo sem við upplýsingaöflun og verkefnasamstarf. Ísland er nú þegar aðili að Alþjóðaorkuráðinu og alþjóðasamstarfi á sviði endurnýjanlegrar orku, sem gæti nýst að einhverju marki í þessum efnum. Rétt væri að skoða einnig aðild að IEA-OES, sem er alþjóðasamstarf um nýtingu sjávarorku á vegum OECD-ríkja innan Alþjóðaorkumálastofnunarinnar (IEA) og ef til vill öðru samstarfi á þessu sviði.



Viðauki II

Yfirlýsing ríkisstjórnar Íslands vegna sjávarorkuverkefna

"Ríkisstjórnin er jákvæð gagnvart starfsemi Valorku ehf á sviði sjávarorkunýtingar.

Sjávarorka við strendur Íslands er endurnýjanleg og hrein orkulind sem rannsökuð hefur verið að takmörkuðu leyti. Í stjórnarsáttmála ríkisstjórnar Íslands eru sett fram stefnumið um eflingu nýsköpunar og grænnar starfsemi og að Ísland verði í fararbroddi á sviði sjálfbærrar nýtingar endurnýjanlegra auðlinda. Fellur nýting sjávarorku vel að þessum stefnumiðum.

Valorka ehf hefur sýnt einstakt framtak með sínum verkefnum á sviði sjávarorkunýtingar og sýnt hverju hugvit getur áorkað. Þannig hefur félagið tryggt fyrsta einkaleyfi íslensks hverfils, hafið prófanir á sjávarfallahverflum hérlandis, auk þess sem forsvarsmaður félagsins hlaut gullverðlaun Alþjóðasamtaka hugvitsmannafélaga árið 2011 og viðurkenningu í Bandaríkjunum nýlega. Þá hefur félagið komið á fót gagnasafni á sviði sjávarorku og bent á þörf þess að rannsóknir verði hafnar á nýtingu sjávarorku við strendur landsins.

Ríkisstjórnin fagnar árangri Valorku ehf og telur mikilvægt að greind séu sóknarfæri sem kunna að liggja í nýtingu sjávarorku og þar með tækifæri til verðmætasköpunar. Í samræmi við það ályktaði Alþingi þann 16. maí sl að fela iðnaðar- og viðskiptaráðherra að hefja vinnu við mat á umfangi og nýtingarmöguleikum sjávarorku við strendur Íslands með það að markmiði að greina hagkvæmustu nýtingarkosti til framtíðar. Jafnframt er ætlunin að lögð verði drög að uppbyggingu gagnagrunns um nýtingu sjávarorku.

Ríkisstjórnin fagnar frumkvæði Valorku ehf og væntir þess að frekari skref félagsins á þessu sviði skili þeim árangri sem að er stefnt og skapi ný tækifæri til verðmætasköpunar."

Sigmundur Davíð Gunnlaugsson

