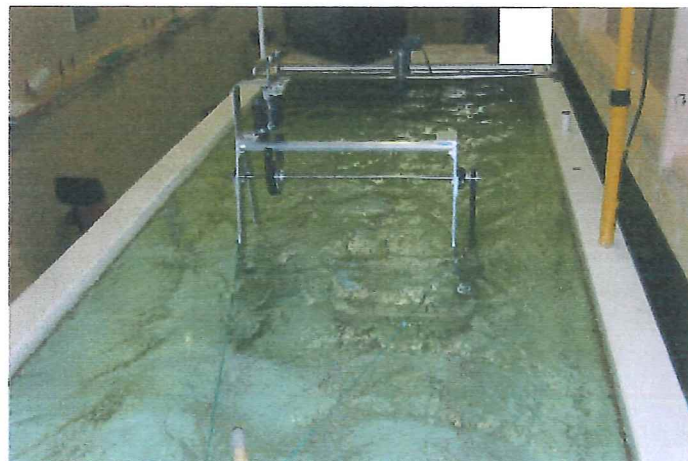


Valorka hverfillinn

Skýrsla um kerprófanir

1. áfangi



Efnisyfirlit:

Inngangur	2
Samantekt.....	3
1. hluti: Bakgrunnur verkefnisins	
1.1 Um sjávarfallavirkjanir	
1.1.2. þörf og raunhæfi sjávarfallavirkjana	4
1.1.3. flokkun og gerðir sjávarfallahverfla.....	7
1.2. Valorka hverfillinn; lýsing	
1.2.1. almenn lýsing og flokkun.....	13
1.2.2. gerðir V-1 og V-2.....	13
1.2.3. gerð V-3	17
1.2.4. gerð V-4	20
1.2.5. mismunandi aðferðir	24
1.2.6. samfella í orkuöflun; orkuöryggi	26
2. hluti: Fyrirkomulag kerprófunarferlis	
2.1. Tilhögun kerprófana	
2.1.1. próunarferlið.....	27
2.1.2. aðilar og þátttakendur	28
2.1.3. aðstaða	29
2.1.4. prófunarker	29
2.1.5. mælitækni og óvissupættir	30
2.1.6. úrvinnsla gagna.....	31
2.1.7. sannprófanir og rekjanleiki	31
3. hluti: Kerprófanir	
3.1 Mælingar	
3.1.1. gerð V-2	32
3.1.2. gerð V-3	
3.1.2.1. úgáfa V-3A.....	34
3.1.2.2. úgáfa V-3B.....	35
3.1.2.3. úgáfa V-3C.....	36
3.1.3. gerð V-4	
3.1.3.1. úgáfa V-4B.....	38
3.1.3.2. úgáfa V-4D.....	39
3.1.4. Áhrif mism. straumhraða og –stefnu	41
3.2. Samanburðartöflur	42
4. hluti: Áætlanir	
4.1. Næstu áfangar prófana	43
4.2. Um markaðshorfur.....	44

Inngangur

Valorka hverfillinn er uppfinning mín; ný tegund hverfils sem einkum er ætlaður til virkjunar á sjávarfallastraumum og öðrum hægstraumum. Að baki hugmyndinni liggja hálftrar aldar athuganir og hugmyndavinna. Ég ólst upp í útvík á sunnanverðum Vestfjörðum, þar sem brimaldan getur fært til hundruð tonna af sandi og grjóti á einu falli og þar sem fallastraumur við annes er svo harður að netabaujgur dragast undir yfirborð og bátar þurfa að sæta sjávarföllum til að komast leiðar sinnar. Á sama tíma voru þessar “afskekktu” byggðir lengstum án orku frá samveitu og búa enn við óöryggi í orkumálum. Nýting sjávarorkunnar er augljós og eftirsóknarverð lausn. Nærtækastir virðast tveir möguleikar; virkjun ölduorku og virkjun sjávarfalla. Margar aðferðir hafa verið reyndar til virkjunar ölduorku en engin þeirra hefur enn staðist álag í mesta sjógangi. Árið 1994 fann ég upp aðferð sem leysti m.a. þetta vandamál. Hinsvegar reyndist þá enginn skilningur fyrir hendi þegar leitað var styrkja. Aðferðin stendur þó enn fyrir sínu; hún er enn ónotuð og vandamálið er óleyst.

Síðari ár hef ég einbeitt mér að lausnum til virkjunar sjávarfallaorku. Þar er einnig um verulegar orkulindir að ræða, en vandamálin eru auðleysanlegri með nútíma tæknipækkingu. Nokkrar aðferðir hafa komið fram í heiminum, en þó hafa furðu fáar þeirra komist á tilraunastig og enn er engin komin í fjöldaframleiðslu. Flestar aðferðir sem lengst hafa verið þróaðar byggja á skrúfuvirkni, en þeir hverflar geta einungis nýst til virkjunar straumhörðustu ála í sundum. Ég hef hinsvegar leitað að aðferð til að nýta hina víðáttumiklu hafstrauma utan fjarða, t.d. í röstum við annes. Til þess þarf aðrar aðferðir; s.s. stóra átaksfleti. Valorka hverflarnir sem hér verður lýst byggja allir á sömu grundvallaraðferðinni; þverstæðum ási með breytilegu áfallshorni blaða. Fáar hverflategundir eru í þróun sem beinast að þessu notkunarviði, en það gæti gefið Valorka hverflunum mikið forskot á markaði. Hérlandis hefur áhugi á sjávarorku verið fremur lítill og takmarkast við örfáa einstaklinga. Viðhorf stjórnvalda og stofnana í heild hefur hingað til einkennst um of af skilningsleysi. Það viðhorf hlýtur þó að breytast innan skamms í takt við þróun og viðhorf á heimsvísu. Ekki verður unnt að loka augum mikið lengur fyrir þeirri miklu orkuauðlind sem hér býður notkunar við strendur landsins. Spurningar hljóta að vakna varðandi fjölmargt í stefnu okkar í orkumálum, svo sem hina miklu áherslu á leit að olú á firnadýpi norður í íshafi; virkjanaáform sem krefjast verulegra umhverfisfórna og fyrirbyggjuleysi varðandi orkuöflun komandi kynslóða. Stjórnvöld hafa lítinn sem engan áhuga sýnt hinni augljósu og umfangsmiklu orku sjávar við strendur landins. Engar rannsóknir hafa farið fram á umfangi sjávarfallaorku næst ströndum landsins, utan nokkurra fjarða. Þetta er þó vafalítið ein stærsta orkuauðlind þjóðarinnar. Því til stuðnings má benda á niðurstöður rannsókna við Írlandsstrendur, sem gætu að ýmsu leyti átt vel við hérlandis. Ég hef því, samhliða þróunarstarfi Valorka hverflanna sem hér verður lýst, hafið undirbúning að stofnun Rannsóknamiðstöðvar sjávarorku; sjálfseignarstofnun með það hlutverk að rannsaka umfang og nýtingarmöguleika sjávarorkuauðlinda við Ísland. Valorka ehf hefur náð samkomulagi við Hafrannsóknastofnun og Verkís um vandaða, faglega og hagkvæma vinnu að því marki, en beðið er ákvarðana stjórnvalda um stefnumörkun. Um allan heim gengur nú yfir bylgja viðhorfsbreytinga og stefnubreytinga í orkumálum. Einstök ríki og ríkjasamveldi keppast nú við að setja sér markmið um að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda; minnka notkun jarðefnaeldsneytis; auka hlutfall orku frá endurnýjanlegum orkulindum og taka tillit til umhverfissjónarmiða. Augljóst er því að mikil eftirspurn verður eftir nýrri tækni til umhverfisvænnar nýtingar á hinum miklu auðlindum sjávarorku. Mikilvægt er að við Íslendingar nýtum þau tækifæri sem þetta skapar okkur til tæknipróunar, framleiðslu og markaðssóknar. Við erum í góðri aðstöðu til að vera þar í forystusveit. Valorka hverflarnir geta leikið þar stórt hlutverk, eins og ráða má af eftirfarandi skýrslu. Ég þakka þeim sem veitt hafa aðstoð við þróunarstarfið og skýrslugerðina.

Valdimar Össurason

Samantekt

Valorka ehf hefur lokið 1. áfanga í þróunarferli sjávarfallahverfla. Þróunarverkefnið hefur verið unnið samkvæmt samningum við Tækniþróunarsjóð og Orkusjóð, og hefur þessi áfangi staðið í eitt ár. Valorka-hverfillinn er uppfinning Valdimars Össurarsonar. Einkaleyfi liggur fyrir sem nær yfir tvær gerðir hans, og sótt hefur verið um einkaleyfi fyrir þriðju gerðinni. Valdimar hefur stýrt verkefninu í samstarfi við ýmsa aðila. Sérfræðilegur ráðgjafi hefur verið Halldór Pálsson PhD, dósent í vélaverkfræði við Háskóla Íslands. Í þessum fyrsta áfanga voru prófaðar þrjár megingerðir hverfilsins í straumkeri. Prófanir líkana fóru fram í vönduðu straumkeri í eigu Fjölbrautaskóla Suðurnesja sem staðsett er í Grindavík. Hönnun og smíði fóru fram í vinnustofu Valorku að Ásbrú. Gerður var nokkur fjöldi prófunarlíkana og var hvert líkan prófað mörgum sinnum í straumkeri. Niðurstöður þeirra prófana og annarra rannsókna á raunhæfi hverfilsins stóðust allar væntingar og lofa góðu um framhaldið. Ljóst er þó að þörf er á frekari þróun og prófunum til að hámarka afköst og finna hentugustu útfærslur og efni. Næsti áfangi þróunarferlisins felst í frekari þróun og prófunum í straumkeri, en einnig verður smíðuð frumgerð í stærri skala og hún prófuð í sjó. Jafnframt þróunarferlinu hefur verið safnað upplýsingum um þróun tækni og markaðsaðstæður; kannaðir möguleikar á samstarfi og komið á samböndum við erlenda aðila í framleiðslu efnis og búnaðar. Sú vinna mun halda áfram í síðari áföngum.

Valdimar hefur unnið að þróun þessa hverfils um áratuga skeið, auk fleiri uppfinninga á sviði sjávarorku. Sjávarfallaorka er ein umfangsmesta orkulind jarðar, og mörg ríki beina nú sjónum að henni í leit sinni að hreinni og stöðugri orkuöflun í stað mengandi jarðefnaeldsneytis. Mjög ör tækniþróun hefur verið á þessu sviði síðustu ár og fjöldi tegunda er á þróunarstigi þó orkuvinnsla af því tagi sé enn hverfandi lítil. Valorka-hverfillinn hefur mikla sérstöðu, þar sem líkur benda til að hann henti betur til virkjunar strauma utan annesja en aðrar gerðir. Verði það staðfest í frekari prófunum er ljóst að þessi íslenska tækni er í fremstu röð tækniþróunar á sviði hreinnar orkuframleiðslu. Hún mun þó ekki einungis koma Íslendingum að gagni sem hugsanleg framleiðsluvara, heldur einnig til nýtingar á hinni gríðarmiklu orku sem era að finna með ströndum landsins. Sjávarorka við Ísland hefur ekki verið rannsökuð sérstaklega, en sé tekið mið af vönduðum rannsóknum nágrannaríkja má ætla að nýtanleg sjávarfallaorka sé umfangsmeiri en samanlögð nýtanleg orka jarðvarma og vatnsfalla á landinu. Til að bæta úr skorti rannsókna á þessu sviði, og til að finna heppilega staði til frekari prófana, hefur Valorka ehf beitt sér fyrir því að rannsóknir verði hafnar á umfangi og notagildi sjávarorku við Ísland. Hefur Valorka stofnað til sérstaks verkefnis í þeim tilgangi og nýtur við það samstarfs við Hafrannsóknastofnun og fleiri aðila.

1. hluti: Bakgrunnur verkefnisins

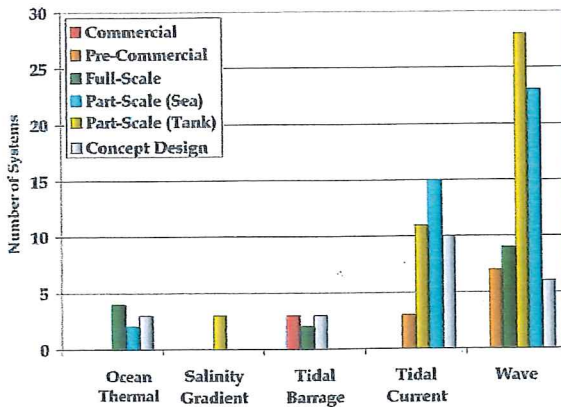
1.1 Um sjávarfallavirkjanir

1.1.2. Þörf og raunhæfi sjávarfallavirkjana

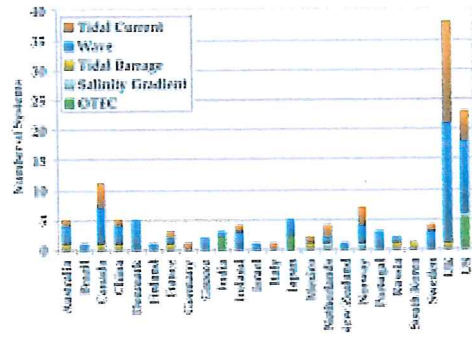
Þörfin fyrir orku hefur aukist mjög ört frá upphafi iðnbyltingar, og er nú meðal helstu grunnþarfa mannsins. Mest er notkunin í ríkjum sem búa við hátt þróunarstig og/eða stunda orkufrekan framleiðsluinað. Eftirspurnin hefur aukist hratt á síðari tímum og sér ekki fyrir endann á þeirri þróun. Jarðefnaeldsneyti hefur staðið undir langstærstum hluta orkuöflunar og hefur hratt gengið á þær orkulindir. Enda þó enn séu að finnast ný vinnslusvæði er ljóst að þessi aðferð til orkuöflunar tekur enda: Jarðefnaeldsneyti er ekki endurnýjanleg og sjálfbær orkulind. Annar þáttur kynni þó að binda enda á þannig orkunotkun áður en lindirnar tæmast, en það er vaxandi meðvitund um skaðann sem hlýst af henni. Víðtækar rannsóknir hafa tekið af öll tvímæli um þann skaða sem losun gróðurhúsalofttegunda veldur á andrúmslofti og öðrum umhverfispáttum. Viðbrögð margra ríkja hafa verið að koma í ljós á síðustu árum.

Viðhorfsbreyting hefur orðið í orkumálum og mörg stór þróuð ríki og ríkjasambönd hafa nú sett sér tímasett markmið um breytingar í orkunotkun og orkuöflun. Í meginatriðum eru þessi markmið samhljóða og miða að því að draga úr notkun jarðefnaeldsneytis og taka þess í stað upp nýtingu á endurnýjanlegum og umhverfisvænni orkugjöfum. Þessi umskipti munu hafa mikil og margvísleg áhrif á samfélög. Til langs tíma verða líklega mikilvægust hin umhverfislegu áhrif sem stefnt er að. Nokkur áhrif verða á viðskipti og valdajafnvægi milli ríkja þar sem mikilvægi olúframleiðsluríkja mun minnka. En áhrifin verða einnig mjög mikil á sviði tæknipróunar og framleiðslu. Að sumu leyti má segja að nú sé hafin ný bylgja “iðnbyltingar”, að mörgu leyti lík þeirri sem varð með tilkomu gufuvéla, sprengihreyfla og rafvæðingu. Með þessum nýju viðhorfum í orkumálum verður til mikil eftirspurn eftir tækni til nýtingar nýrra orkuforma. Mörg ríki og framleiðeindur um allan heim munu leggja áherslu á að ná forystu og skapa jarðveg fyrir aukna framleiðslu og hagsæld. Þessi þróun er þegar hafin í nokkrum greinum, enda þó þróun varðandi sum orkuform sé mjög skammt komin. Vindorka er dæmi um orkuform þar sem tæknipróun er þegar komin vel á veg, en hún er nú orðinn umtalsverður þáttur í orkuöflun sumra Evrópuríkja. Sumar þjóðir búa vel að vatnsfalla- og jarðhitaorku, en þar er tækni til nýtingar vel þekkt og hagkvæm. Við Íslendingar erum þar í flokki, en einnig búa t.d. Norðmenn og Kanadabúar vel að vatnsfallaorku. En þessi endurnýjanlega vatns- og gufuorka krefst þó einnig verulegra umhverfisfórna, og varla rís nú sú virkjun hérlendis að ekki standi um hana verulegar deilur og ásakanir um óbætanleg náttúruspjöll. Sólarorkutækni hefur verið að þróast hratt á síðustu árum, og verður án efa mikill þáttur í orkuöflun ríkja nálægt miðbaugi jarðar.

Sjávarorka er án efa meðal mestu orkulinda heims, en höf þekja meira en 70% yfirborðs jarðar. Þar er að finna mikinn orkuforða sem enn er lítið farið að nýta. Samanborið við vindorku þá er orka sjávarstrauma fyrirsjáanlegri varðandi framleiðsluöryggi, og umhverfisáhrif mun minni. Alþjóðaorkustofnunin IEA telur að sjávarorka gæti að mestu leyti uppfyllt núverandi orkuþörf mannkyns. Evrópuráð hreinorku (Europe Renewable Energy Council) hefur áætlað að uppsett orka sjávarorkuvirkjana verði orðin 21 GW árið 2020, og framleiðsla þá 50 TWst, eða 0,6% áætlaðrar heimsframleiðslu. Árið 2050 verði hún 660 TWst. Víða er orkan stutt undan þéttbýlum svæðum, en 44% mannkyns býr í minna en 150 km fjarlægð frá ströndum (SP). Töflurnar hér á eftir eru úr skýrslum IEA-OES og sýna stöðu sjávarvirkjana og viðleitni einstakra ríkja.



Staða sjávarvirkjana árið 2007 (IEA)



Gerðir sjávarvirkjana í einstökum ríkjum

Tölur eru mjög á reiki um nýtanlega sjávarorku þar sem enn skortir víða áreiðanlegar rannsóknir, en gískað hefur verið á að 90.000 TWh/a væru virkjanleg af öldu- og sjávarfallaorku. Til samanburðar er heimsnotkun orku nú um 20.000 TWh/a. Ölduorka er gífurlega mikil og víðtæk orkulind. Ýmis vandamál eru þó enn óleyst við virkjun hennar og þrátt fyrir miklar tilraunir hefur enn engin tækni staðist til lengdar þau átök sem orðið geta á yfirborði sjávar. Þó ölduorka sé í heildina mikil er hún mjög ótrygg og háð sveiflum í vindafari. Verið er að þróa fjölda tækja til nýtingar ölduorku og miklar vonir eru bundnar við að lausn finnist í nánustu framtíð til nýtingar þessarar miklu og hreinu orkulindar.

Sjávarfallaorka á uppruna í þyngdaráhrifum tungls, og lítilla sólar, á höf jarðar og er því eitt tryggasta orkuform sem völ er á; óháð vindum, skýjafari, úrkomu og öðrum þáttum sem valda sveiflum í afrakstursgetu flestra annarra orkugjafa. Sveiflur verða í styrk sjávarfalla; einkum dagsveiflur vegna möndulsúnings jarðar, en einnig mánaðarlegar sveiflur vegna afstöðu sólar og tungls til jarðar. Sjávarföll eru mjög missterk við strendur, og sveiflurnar verða á mismunandi hátt og mismunandi tíma á einstökum stöðum. Þrátt fyrir það eru þessar sveiflur mjög reglulegar og því er heildarorka sjávarfalla á hverjum stað fyrirsjáanleg langt fram í tímann. Ýmsar aðferðir eru þekktar til að jafna sveiflur í orkuframleiðslu sem af sveiflunum leiða, og eru þær því engin fyrirstaða nýtingar.

Umhverfisáhrif af nýtingu sjávarfallaorku hafa nokkuð verið rannsökuð. Sýnt hefur verið fram á að sjávarfallavirkjanir utan stranda og algjörlega neðansjávar hafa nánast engin umhverfisáhrif, sé tillit tekið til veiðisvæða og viðkvæms botnlífs við staðsetningu þeirra. Þolmörk til langs tíma hefur þó ekki reynst unnt að rannsaka enn. Sjávarfallavirkjunum má skipta í eftirfarandi þrjá meginflokka út frá umhverfisáhrifum: a) Virkjanir þar sem árósar og firðir eru stíflaðir til að nýta sjávarföll, oft með miklum áhrifum á viðkvæmt lífríki ásamt landslagsbreytingum. Af þessari gerð eru þær sjávarfallavirkjanir sem lengst hafa starfað, s.s. La Rance í Frakklandi. b) Virkjanir í straumhörðum sundum, oft að hluta á yfirborði en án stíflumannvirkja. Af þeirri gerð eru þær nýju virkjanagerðir sem nú eru lengst komnar í þróun á þessu sviði, s.s. skrófuhverflar MCT, Verdant Power og Open Hydro. Hverflarnir þykja hefta straumrennsli og umferð sjávardýra, auk þess sem þeir hlutar sem uppúr standa þykja valda sjónmengun. c) Sjávarfallavirkjanir utan sunda og fjarða og að fullu neðansjávar. Hér hefur ekki tekist að sýna fram á nein umhverfisáhrif, að því tilskildu að virkjunin sjálf sé án efnamengunar og virkjunarstaður sé utan viðkvæmra staða og fiskimiða. Í þessum flokki er Valorka hverfillinn. Virkjanasvæði af þessu tagi eru margfalt víðtækari en þau fyrrnefndu.

Hagkvæmni sjávarfallavirkjana hefur aukist hratt með bættri tækni, en hún hefur hingað til ekki verið talin jafn mikil og annarra virkjana. Valda því nokkrir þættir: Í fyrsta lagi hefur hingað til ríkt vantrú á sjávarfallavirkjunum vegna sveiflukenndrar orkuframleiðslu eins og fyrr var sagt. Komið hefur í ljós að unnt er að jafna þessar sveiflur með ýmsu móti. T.d.

mætti hÉrlendis nýta misjafnan fasa sjávarfalla kringum landið og hringtengingu orkunetsins og/eða keyra sjávarvirkjanir á móti vatnsfallavirkjunum og fá þannig betri nýtingu safnlóna. Í öðru lagi hefur reiknaður kostnaður á orkueiningu verið meiri í sjávarfallavirkjunum en annarsstaðar. Í þriðja lagi hefur raunhæf tækni ekki verið til staðar. Þessir neikvæðu þættir eru nú óðum að breytast í hagkvæmnisátt, að áliti þeirra aðila sem fengist hafa við rannsóknir á þessu sviði. T.d. má benda á skýrslu sem Triton consultants gerði fyrir British Columbia Hydro árið 2002, en þar segir m.a.; *“Future energy costs are expected to reduce considerably as both existing and new technologies are developed over the next few years. Assuming that maximum currents larger than 3.5 m/s can be exploited and present design developments continue, it is estimated that future tidal current energy costs between 5¢ / kWh and 7¢ / kWh are achievable.”* Síðari þróun hefur enn aukið á hagkvæmnimöguleika, og nú er talið að unnt sé að ná hagkvæmni við mun minni orkuþéttni. EPRI (Electric Power Research Institute, USA) hefur gert áætlanir um stóra sjávarfallavirkjun í Minas Basin sem gengur inn úr Fundy flóa, og hefur verið samið við nokkra virkjunaraðila. Í skýrslu um verkefnið er niðurstaðan sú að orkuverð verði geti orðið um 5.5 cents/kWh, sem er sambærilegt við annað heildsöluverð raforku.

Búast má við að samkeppnishæfni raforku frá sjávarfallavirkjunum náist ekki í byrjun, enda um viðamikinn þróunar- og byrjunarkostnað að ræða. Nokkur ríki hafa leitað leiða til að niðurgreiða þennan byrjunarkostnað með ýmsu móti. Er þar t.d. um að ræða beina styrki til þróunaraðila og stefnu um niðurgreiðslu raforku af þessum uppruna í byrjun. Þá hafa verið uppi hugmyndir um að leggja umhverfisskatt á raforku sem ekki er framleidd á umhverfisvænan hátt, en það eykur enn samkeppnishæfni sjávarorku. Hér þarf einnig að athuga að þróunarferli og annar stofnkostnaður hinna ýmsu aðferða við orkuvinnslutækni er mjög mismunandi.

Raunhæfi nýtingar sjávarfallaorku má því m.a. draga saman í eftirfarandi ályktanir:

- Sjávarfallaorka er líklega ein öruggasta og stöðugasta orkulind sem völ er á.
- Sjávarfallaorka er mjög umfangsmikil og endurnýjanleg orkulind, og víða aðgengileg.
- Sjávarfallaorku er unnt að virkja án verulegra umhverfisáhrifa.
- Reglulegar sveiflur í orkuframleiðslu sjávarvirkjana má jafna með þekktum aðferðum.
- Um allan heim hefur orðið stefnubreyting í orkumálum og leitað er leiða til að afla orku með sjálfbærum og umhverfisvænum hætti, sem opnar mikla markaðsmöguleika.
- Tækniþróun hefur fleygt mjög fram síðustu ár og lausnir liggja fyrir á tæknilegum viðfangsefnum, þó síðar muni koma í ljós hverjar reynast hentugastar.
- Orkuverð frá sjávarfallavirkjunum er líklegt til að verða fljótlega samkeppnishæft við önnur virkjanaform eftir að tækni- og orkuframleiðsla hefst að ráði.

1.1.3. Flokkun og gerðir sjávarfallahverfla

Almennt um virkjun sjávarorku. Sjávarvirkjunum má skipta í eftirfarandi þætti:

Ölduvirkjanir nýta hreyfiorku öldu sem stafar af áhrifum vinds og er mjög breytileg eftir tíma og stað. Orkumagn er mikið en erfiðleikum háð að virkja það. Bæði þurfa virkjanir að standast mjög mikið álag við verstu aðstæður, en einnig er orkan mjög óstöðug. Margar hugmyndir hafa komið fram um virkjunarbúnað.



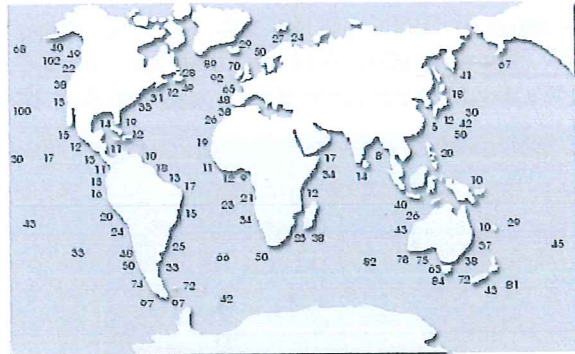
Sú sem lengst hefur þróast er

“Pelamis ormurinn”; bresk hugmynd sem byggir á fljótandi röð tanka og virkjun hreyfingar á mótum þeirra. Tilraunavirkjun er í gangi við Portúgal (3x750 KW), og fyrirhugaðar eru virkjanir við Orkneyjar og Cornwall. Mörg lönd þróa nú ölduvirkjanir, þó Bretar séu þar fremstir í flokki. Flestar hugmyndirnar ganga út á virkjun sögs sem aldan veldur í lokuðu loftrými (OWC-virkjanir). Sumar tegundir eru á ströndinni en aðrar úti á hafi. Önnur aðferð er “Wave dragon” sem safnar öldunni í virkjanlegt rennsli. Fáeinar aðrar gerðir eru komnar á tilraunastig, en engin hefur enn sannað gildi sitt umfram aðrar. Undirritaður hefur sett fram eina uppfinningu á þessu sviði. Sú uppfinning er enn í fullu gildi, þó hún hafi ekki notið skilnings héraendis.

Seltuvirkjanir. Þessi tegund sjávarorkuvirkjana nýtir mun á seltustigi milli sjávar og ferskvatns. Þær verða væntanlega staðsettar við ósa vatnsfalla, og því einnig nefndar “ósavirkjanir”. Tæknin er enn á byrjunarstigi. Hún byggir á því að skapa virkjanlegan þrýsting með osmósu; þegar ferskvatn leitar í gegnum gleypnar himnur í saltari sjó.

Nýsköpunarmistöð Ísl. hefur m.a. fylgst með tilraunum Statkraft í Noregi í þessum efnum.

Hitamunarvirkjanir (OTEC). Þessi tegund virkjana byggir á virkjun mismunandi hitastigs í lagskiptum sjó. Víða hagar svo til nærri miðbaug jarðar að verulegur munur er á yfirborðshita og kaldari djúpsjávarstrauma frá pólsvæðunum. Verður þessi munur sumstaðar yfir 20°C á um 1000 m dýpi. Engin OTEC virkjun (Ocean Thermal Energy Conversion) hefur enn tekið til starfa, en mörg lönd eru að þróa tæknina. Virkjanirnar þurfa að vera gríðarleg mannvirki til að bera hina löngu og víðu leiðslu og til að standast átök úthafsöldu. Líklega yrði þar framleitt vetni sem orkuflutningsmiðill, þar sem of langt væri að leiða rafstraum til lands.



Meðaltals ölduorka í lengdarmetra báru (KW/m)



Mismunur flóðs og fjöru í Fundy-flóa í Kanada

Sjávarstraumsvirkjunum má skipta í fjóra flokka: Stífluvirkjanir; sundavirkjanir; strandvirkjanir og djúpstraumsvirkjanir. Hér verður fyrst fjallað lítillega um stífluvirkjanir. Síðan kemur nokkur umfjöllun um sundavirkjanir. Til þess flokks heyra flestir sjávarfallahverflar sem nú eru í þróun: Þó ekki Valorka hverfillinn, sem tilheyrir fremur flokki strandvirkjana og fær sína sérstöku umfjöllun í síðari köflum þessarar skýrslu.

Stífluvirkjanir (Tidal barrage) sem nú eru starfræktar eru allar við sjávarlón við árósa, og nýta aðfall og útfall. Með tveimur eða fleiri lónum má skapa nokkuð stöðugt rennsli. Þessu virkjanaformi fylgja óhjákvæmilega töluverð umhverfisáhrif, auk þess sem kostnaður hefur reynst verulegur. Fyrsta hagnýta

virkjun sjávarstrauma var sjávarfallavirkjunin í La Rance í Frakklandi. Hún komst í gagnið árið 1966 og nýtir 10 kepler hverfla, sem hver er 24 MW. Gerð var 330 m löng stífla í mynni 22 km² flóa.

Meðalmunur flóðs og fjöru er þarna um 8 m og virkjunin skilar að meðaltali 68 MW, eða um 600 milljón KWH árlega, sem er um 0,012% af

ársnotkun í Frakklandi. Virkjunin undirgekkst mikið viðhald árið 1996, en hafði þá gengið mjög vel og framleitt rafmagn á samkeppnishæfu verði þrátt fyrir töluverðan stofnkostnað. Nokkrar aðrar stífluvirkjanir eru starfræktar í heiminum: 20 MW virkjun er í Annapolis í Kanada; 6 MW virkjun í Kína og 400 KW virkjun í Rússlandi. Fyrirhugaðar eru nokkrar stórar sjávarfallavirkjanir, m.a. 260 MW virkjun í S-Kóreu og 152 MW virkjun í Fundy-flóa í Kanada.

Önnur aðferð lónavirkjana er nú í athugun, en hún byggir á manngerðum lónum á grunnsævi.



Stífla La Rance sjávarfallavirkjunarinnar.

Sundavirkjanir nýta straum í straumhörðum sundum >2,5 m/s í fjörðum og milli eyja án stíflumannvirkja. Í þessum flokki eru flestir sjávarfallahverflar sem nú eru í þróun. Þessum virkjunum má skipta í tvo meginflokkka; þær sem eru að einhverju leyti í yfirborði sjávar og þær sem eru algjörlega neðansjávar, annaðhvort niðri við botn eða miðsævis. Mesta strauminn er að finna í þröngum sundum fjarða og eyja. Þessir staðir gefa að sjálfsögðu mesta aflíð, þar sem orka straums vex í þriðja veldi af aukningu straumhraða.

Strandvirkjanir eru í straumhörðum röstum, um 0,5-2,5 m/s, utan nesja. Fáar gerðir hverfla eru í þróun í þessum tilgangi, en einn þeirra er Valorka hverfillinn.

Djúpstraumsvirkjanir nýta þunga og stöðuga strauma sem ekki skipta um stefnu, t.d. Golfstrauminn. Engin er enn komin í prófun, en einhverjar á hugmyndastigi.

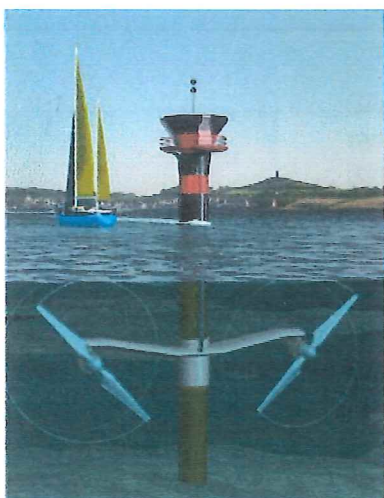
Hverflum til sjávarstraumsvirkjunar má í höfuðatriðum skipta í eftirfarandi flokka :

- **Skrúfuhverflar.** Snúningsás í straumstefnu. Svipar til algengustu vindmylluvirkjana. Þetta eru lang algengustu virkjanirnar sem nú eru í þróun, eins og sjá má hér að neðan.
- **Gegnumstreymishverflar.** Snúningsás þvert á straumstefnu. Af þessari tegund eru svonefndir Darrieus- og Gorlov-hverflar, sem báðir byggja á svipaðri virkni.
- **Þverstöðuhverflar** (vatnshjól neðan yfirborðs). Ásinn þvert á straumstefnu og breytt er áfallshorni blaða á hverjum snúningi. Til þessa flokks teljast Valorka hverflarnir. Hér má einnig flokka "seglvirkjanir", þar sem tjöld eða segl ganga eftir lokaðri braut.

- **Aðrar aðferðir.** A. Vængvirkjanir (stingray). Byggjast á væng með breytilegu áfallshorni og virkjun tvíátta hreyfingar hans. B. Iðuvirkjanir. Byggja á mögnun iðustrauma. Ein slík er á tilraunastigi. C. Þrýstivirkjanir (venturi). Byggjast á þrýstingsmun sem framkallaður er með hröðun á hluta straumvatnsins með þrengingum (venturi-áhrif). Virkjaður er straumur í röri milli þrýstisvæða.

Sjávarstraumshverflar í þróun; helstu gerðir

Hér verður litið á nokkra þeirra sjávarstraumshverfla sem lengst eru komnir í þróun. Allir tilheyra þeir flokki sundavirkjana; þ.e. þeir þurfa meira en 2 m/sek straum til vinnslu, sem yfirleitt er ekki að finna utan fjarða og sunda. Flestir þeirra eru skrófuhverflar eða gegnumstreymishverlar. Vísað er á vefsíður til frekari upplýsinga.



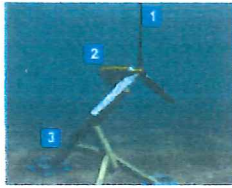
Skrófuhverfill Marine Current Turbines (MCT) í Bretlandi (marineturbines.com) nefndur "SeaGen". Byggist á tveimur skrófuhverflum sem festar eru á láréttan ramma, hvor 650 KW. Rammanum er fest á turn sem stendur frá sjávarbotni uppúr haffletinum, og getur færst eftir honum upp úr sjónum til viðhalds. Framleiðendur segja nýtni vera 40%. Búnaðurinn er all flókinn. Fyrsta tilraunavirkjunin var sett upp við Devon árið 2003. 1,2 MW SeaGen virkjun við Strangford Narrows í N-Írlandi hóf tilraunakeyslu í des. 2008. Fyrirhugað er 10,5 MW orkuver við velsku eyjuna Anglesey og 3x1,2 MW virkjun við Fundy-flóa í Nova Scotia. Virkjanir MCT þurfa 30 m dýpi og straumhraða yfir 2,5 m/sek.



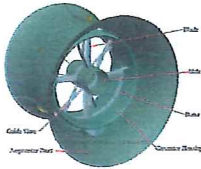
Kanadíska fyrirtækið Verdant Power (verdantpower.com) hefur þróað skrófuhverfla, og tekið í notkun hverflasamstæðu í East River í New York. Vandamál voru með blöð í byrjun, en stefnt er að stækkun hennar upp í 10 MW. Stefnt er að annarri 15 MW virkjun í St. Lawrence fljóti. Hverflarnir eru þriggja blaða, 5m í þvermál með föstum skurði, nota blaðstýri til að haldast upp í strauminn, og hver framleiðir 35 kW.



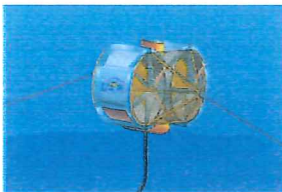
Skrófuhverfill Lunar Energy (lunarenergy.co.uk) í Bretlandi hefur verið í þróun frá árinu 1999. Byggir á margblaða skrófuhverfli sem komið er fyrir inni í þrengdri skermingu. 1MW eining er 15m í þvermál og lengd trektar er 19m. Hægt að lyfta hverflinum úr trektinni til viðhalds. 3 þyngdarklossar halda honum við botn. Fyrirtækið hyggst setja upp 1 MW virkjun við Orkneyjar og síðan 4 til 8 x1 MW orkuver undan Pembrokeshire, Wales. Þá er hverfillinn einn þriggja gerða sem ætlunin er að nota í Fundy flóa í Kanada. Einnig er stefnt að virkjun með hverflinum í S-Kóreu.



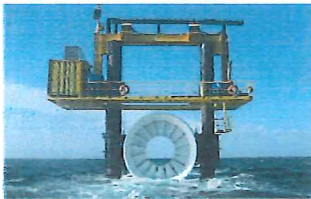
Skrúfuhverfill Hammerfest Ström (hammerfeststrom.com) í Noregi er um margt svipaður hverfli Verdant Power og búnaðurinn er að öllu leyti neðansjárvar. Fyrirtækið hefur gert tilraunir frá 2003 með 300 KW virkjun við Hammerfest, en áformar uppsetningu 1 MW virkjunar við Skotland 2010. Hverfillinn er þriggja blaða og snýr sér upp í straum.



Skrúfuhverfill kanadíska fyrirtækisins Clean Current Power Systems Inc. (cleancurrent.com) er margblaða, með 65 kW fastsegulsrafal í útjaðri hverfilhjólsins. Þróunarstarf hefur staðið yfir frá 2002; frumgerð var prófuð við Race Rocks BC og stefnt er að virkjun í Fundy flóa 2009-10.



Skrúfuhverfill Underwater Electric Kite (uekus.com) er margblaða, skermaður, og flýtur miðsævis í botnfestingum. Skrúfuhverflarnir eru tveir hvor 3m í þvermál, með gagnstæða snúningsátt. Hámarksframleiðsla er 90 kW í 2,5 m/sek straumi. Frumgerð var reynd í st Catherine, Ontario. Áætlanir um virkjun í Manitoba; Zambú; Columbú og víðar. Fyrirtækið var eitt þriggja sem valið var til virkjana við Fundy flóa í Kanada.



Skrúfuhverfill írska fyrirtækisins Open Hydro Company (openhydro.com) er margblaða; 6m í þvermál; opinn í miðju; að fullu neðansjárvar, og aflið tekið út af rim hjólsins. Festur á tvo stólpa sem standa uppúr yfirborði, og hægt að lyfta hverflinum til viðhalds. Þróun hefur staðið yfir og í maí 2008 var tilraunavirkjun í EMEC í Orkneyjum tengd neysluneti. Fyrirhuguð er virkjun við Channel Islands í Kanada.



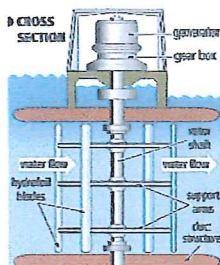
Breski TidEl hverfillinn byggir á tveimur skrúfuhverflum á ramma; flýtur miðsævis í botnfestingum. Í fullri stærð verður hverfillinn þrjúblaða; 15m í þvermál og getur framleitt allt að 1 MW. 1:10 frumgerð hefur verið prófuð með góðum árangri.



Evopod hverfillinn breski er þriggja blaða og festur neðan á fljótandi ramma. Stuðst er við vindmylluhönnun, m.a. í girkassa. 1:10 líkan var prófað í NaREC tilraunastöðinni, og verið er að þróa 500 kW virkjun sem prófuð verður í EMEC tilraunastöðinni í Orkneyjum.



Sabella er samsteypa nokkurra fyrirtækja sem gerði tilraunir með 3m skrúfuhverfil við Bénodet í Frakklandi árið 2008 og heldur áfram prófunum með 10m hverfil.



Darrieus hverfill kanadíska fyrirtækisins Blue Energy Ocean Turbine (bluenergy.com). Gegnumstreymishverfill, nefndur “Davis hydro-turbine”. 20 KW tilraunavirkjun var gerð 1983 í Ottawa. Er með lóðréttum öxli, og er orkunýtingin um 25%. Ári síðar var önnur 70 KW virkjun reynd í Nova Scotia. Tæknin er hin sama og í Darrieus vindmyllum. Snúðurinn er með fjögur bein, vænglaga, lóðrétt blöð, og hefur því sömu snúningsstefnu þó fallstefna breytist. Nokkrar gerðir eru fyrirhugaðar, en allar byggja þær á að rafallinn sé ofansjávar, ýmist í fljótandi umgjörð eða á stíflu. Virkjanirnar hafa glímt við nokkur vandamál, s.s. titring og efnispreytu.



Gorlov hverflar eru önnur útfærsla af Darrieus hverflum, endurbætt af Alexander M. Gorlov. Með sérstökum snúningi á vængjunum fæst mun betri nýting, eða nær 35% að sögn, auk þess sem virkjunin á að fara sjálf af stað við tiltölulega lítinn straumhraða og þolir vel mikinn hraða. Tæknin er enn í þróun hjá fyrirtækinu GCK Technology Inc. (gcktechnology.com) og enn er hvergi hafin orkuvinnsla með því. Prófanir hafa m.a. verið í Amesbury, Mass. 2004, þar sem lítill hverfill framleiddi 0,8 kW við 1,5 m/sek straumhraða. Eftir prófanir í S-Kóreu var hafin vinna við 1 MW orkuver þar. Virkjun í Maine skilar 5 kW og er nettengd.



Ítalski Kobold hverfillinn er gegnumstreymishverfill í fljótandi fleka. Frumgerð í Messínasundi er þrjúblaða; með 6m hverfli og framleiðir allt að 25 kW í 2 m/sek straumi. Hann hefur verið í gangi frá 2001 og framleitt inn á net frá 2005. Frekari þróun er fyrirhuguð, ásamt nýtingu fyrir afskekktar byggðir.



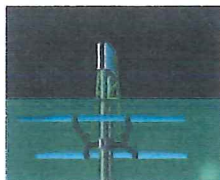
Wanxiang-1 gegnumstreymishverfillinn er annar tveggja kínverskra sjávarhverfla. Virkjunin er í fleka með tveimur hverflum og skilaði milli 5 og 20 kW í 2-2,5 m/sek straumi. Wanxiang-2 getur skilað 40 kW.



Darrieus hverfill kanadíska fyrirtækisins New Energy Corporation (newenergycorp.com) er á öxli sem nær uppúr yfirborði og tengist þar rafal. Tækið er á prófunarstigi. Fyrirtækið hefur nettengt 25 kW virkjun við Pointe du bois í Manitoba og 5 kW virkjun í Ruby, Alaska og áformar 500 kW verkefni í Conoe Pass, BC, sem mætti stækka í 7 MW.



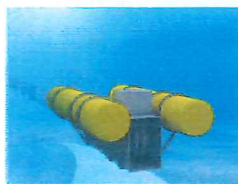
Vatnshjólsvirkjun hefur verið í tilraunakeyrlu við strendur Brest á vegum franska fyrirtækisins Hydro Gen (hydro-gen.fr). Byggir á fljótandi vatnshjóli. Þarf meira en 2,5 m/sek straumhraða til að hefja vinnslu. 1:10 líkan hefur verið í sjótilraunum frá 2006. Full stærð 30x20m; 750W.



Vængvirkjun hefur verið í þróun hjá fyrirtækinu Pulse Tidal (pulsegeneration.co.uk) í Bretlandi. Vængir á turni sem nær uppúr haffleti. Fyrirhugaðar eru tilraunir í Humber fljóti og 100 MW nett tengd virkjun. Fyrirtækið þróar einnig skrófuhverflavirkjanir, svipaðar hverflum MCT.



Vængvirkjanir ástralska fyrirtækisins Bio Power Systems (biopowersystems.com) eru í þróun og stefnt að uppsetningu á næstu árum. Byggir á fyrirmyndum úr dýraríkinu. Ein útgáfan er nk. sporður á armi sem sveiflast lárétt um fastan pól. Önnur byggir á kúlum sem sveiflast í láréttum fleti í lóðréttum örmum, festum við botn



Seglvirkjun norska fyrirtækisins Tidal Sails AS (tidalsails.com) hefur verið í þróun frá árinu 2004. Byggir á seglum sem ganga eftir vírum milli tveggja endastöðva, en í annarri þeirra er hreyfingin virkjuð. Kerprófanir hafa farið fram, og fyrirhuguð er 25 m löng frumgerð.



Seglvirkjun fyrirtækisins Atlantis Resources Corporation Pte Ltd (atlantisresourcescorporation.com) í Singapore, nefnd "Nereus", hefur verið reynd í Ástralíu. Byggir á seglum eða stórum blöðum með breytilegu áfallshorni, sem ganga eftir færifandi milli tveggja stórra hjóla. ARC setti upp 150 kW virkjun nálægt Melbourne 2008, og gerir einnig tilraunir með margblaða skrófuhverfla.



Breska Hydroventuri þróar virkjun sem byggir á þrýstingsmun: Straumnum er hraðað með þrengingu þannig að þrýstifall verður í hölfi. Þannig fæst virkjanlegur straumur í lögn, sem knýr hverfla uppi á landi. Með því að útiloka þannig hreyfanlega hluti neðansjávar er viðhald mun minna. 150 kW frumgerð hefur verið sett upp í Grimsby og áætlanir eru um stærra orkuver í San Francisco.



Hollenska Neptune Systems þróar SMES kerfið sem hagnýtir rafleiðni í sjó sem flæðir um sterkt segulsvið. Ferlið krefst kældra ofurleiðandi rafsegla sem komið er fyrir á hafsbotni. Engir hreyfanlegir hlutir yrði í virkjuninni, sem enn er á frumstigi.

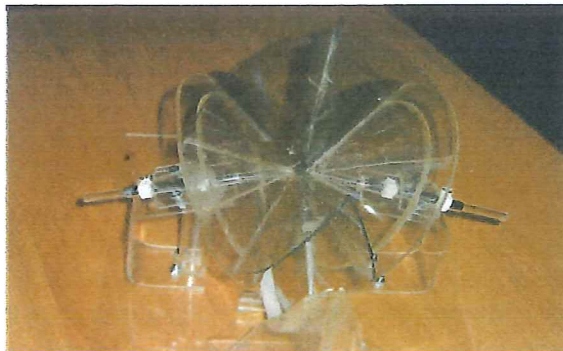
1.2. Valorka hverfillinn; lýsing

1.2.1. almenn lýsing og flokkun

Valorka hverflarnir teljast til þess flokks sem nefndur er þverstöðuhverflar hér að framan í kafla 1.1.3. Einkenni hverfla í þessum flokki er að meginás er hornréttur miðað við straumstefnu og breytt er áfallshorni blaða á hverjum snúningi þeirra um ásinn. Í grunninn má segja að hverflar af þessum flokki séu fjarskyldir ættingjar hinna einföldu vatnshjóla sem notuð hafa verið í meira en 2000 ár. Grunnbreytingin er sú að gerðar hafa verið breytingar til að vatnshjólíð virki á kafi í straumvatni. Til þess þarf að minnka viðnám öðrumegin við ásinn samanborið við hina hliðina. Í tilviki Valorka hverflanna sem hér verður lýst er þetta gert með breytingum á hliðum vatnshjólsins og blöðum. Hver gerð hefur þó sína nálgun, og má greina þróunina í hverjum hverfli fyrir sig. Hér er gerðunum gefin heitin V-1, V-2, V-3 og V-4 er þá V stytting á “Valorka hverfill”. Taka má hliðar hjólsins sem dæmi um það. Í gerð V-1 hefur hliðunum verið breytt frá hefðbundnu yfirborðsvatnshjólí; í V-2 koma teinar í stað hliða; í V-3 er einungis ein hlið í stað tveggja; og í V-4 eru engar hliðar, en búið að leysa hlutverk þeirra með öðrum hætti. Að öðru leyti verður hverflunum lýst nánar hér á eftir.

1.2.2. Gerðir V-1 og V-2

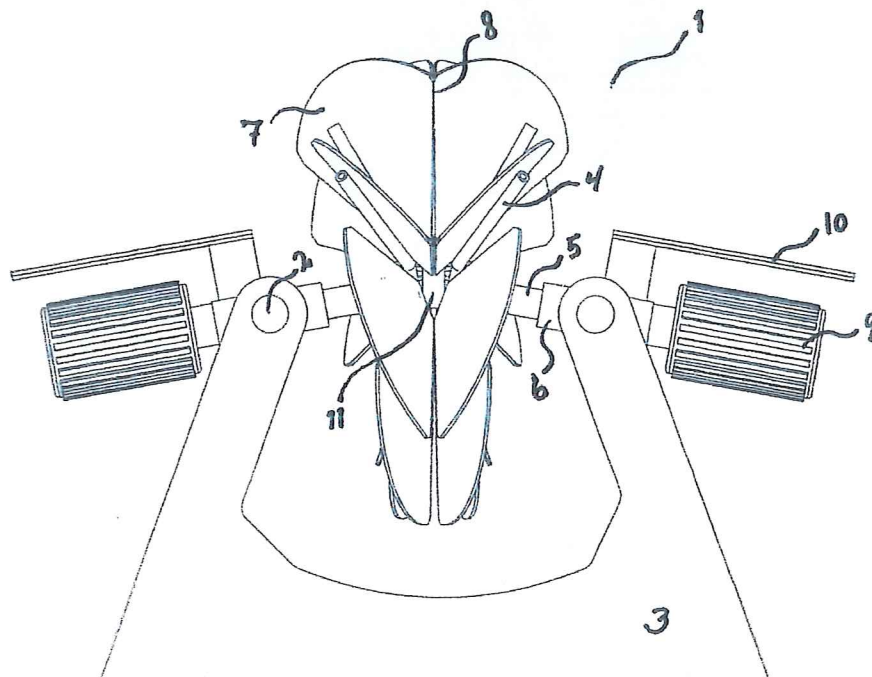
Gerð V-1 var fyrsta gerð hverfilsins sem formuð var sem líkan. Líkanið á meðfylgjandi mynd var prófað án mælíbúnaðar og virtist virka eins og til var ætlast í straumvatni og vindi. Ekki voru gerðar á því mælingar í þessu prófunarferli, þar sem fljótlega þróaðist gerð V-2 sem hafði augljósa yfirburði í afköstum og einfaldleika. Einkaleyfi sem tekið var náði þó yfir báðar gerðirnar. V-1 hefur verið skilgreind sem sérstök gerð og verður lýst hér lítillega þar sem hún er grunnur síðari gerðar og einnig má vera að hún verði prófuð síðar: Hliðar hverfilsins eru keilulaga og er keiluhlið með ca 30° halla m.v. grunnflöt keilu. Keilurnar eru hallandi og gagnstæðar; með keilubotn í straumstefnu; með odda og hluta hliða samsíða, ýmist að ofanverðu eða neðanverðu. Ásar þeirra halla því lítillega; eru þvert á straumstefnu og ganga útfyrir keilubotninn. Þar liggja þeir í festingum, og geta snúist í þeim. Milli keiluhliðanna eru blöðin. Hvert blað er í tvennu lagi, með lið til hvorrar keiluhliðar og lið í miðju, og geta blaðhelmingarnir því lagst saman þegar keilurnar eru samsíða. Þegar blaðpar er í alveg opinni stöðu mynda blöð þess ekki beina línu, heldur er um 100° horn á milli þeirra. Þegar straumþunginn lendir á opnum blöðum hjólsins, snýst það. Blöðin byrja að lokast hlémeigin við hjólíð og eru að fullu lokuð þar sem keiluhliðarnar eru samsíða. Þau opnast síðan aftur straummegin við hjólíð og hringurinn endurtekur sig. Viðnámið er því mikið minna öðrumegin hjólsins en hinumegin og virkjanlegt snúðvægi myndast á öxlunum. Rafala má festa á annan ásenda eða báða.



Sýnilíkan af gerð 1

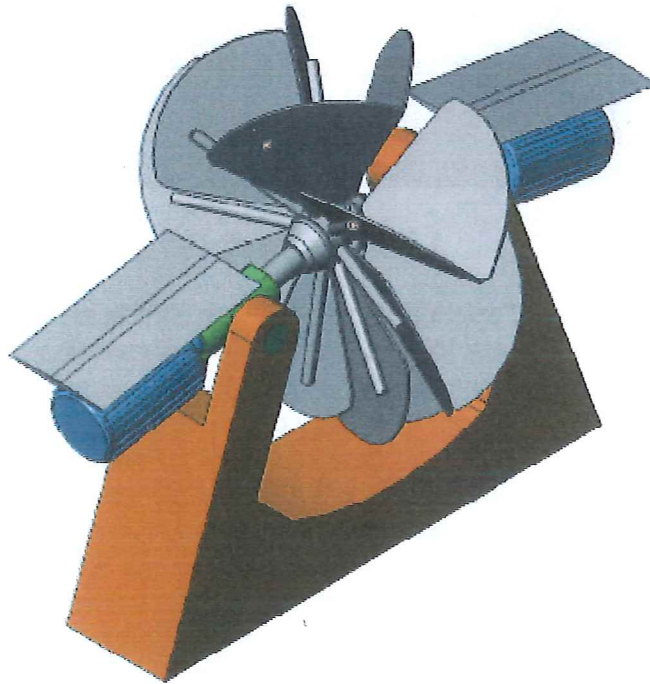
Gerð V-2 kom fram sem endurbætur á V-1. Þessi gerð er því frábrugðin þeirri fyrrnefndu um nokkur atriði: Í stað heilla keilufleta eru teinar við hvert blaðpar. Blöðin geta því náð inni keilufletin í opinni stöðu og verið stærri en áður. Blöðunum er fest við teinana, en þó þannig að þau geta snúist á þeim. Með því vinnst það annarsvegar að blaðflöturinn getur verið stærri, og hinsvegar stýrir blaðendinn sér betur upp í strauminn þegar blaðparið er að opnast, sem styrkir hverfillinn. Uggar eru settir á ásendana og áslíðirnir um leið færðir nær hjólmiðju og getur hverfillinn haldið sömu snúningsstefnu þó straumur komi úr gagnstæðri átt. Þetta fyrirkomulag gerir aftur á móti kröfu um góðan stöðugleikabúnað (eða botnfestingar) vegna átaks straumsins á uggana. Sótt var um einkaleyfi í 9 kröfum fyrir gerðum V-1 og V-2 sameiginlega, enda líkar um margt. Þær stóðust nýnæmismat með þrýði, og var einkaleyfi útgefið 15. nóv 2009. Það nær einnig yfir skiptibúnað sem breytir halla öxlanna við fallskipti til að hverfillinn geti unnið við straum úr báðum áttum. Straumurinn lendir á hallandi uggunum og breytir afstöðu blaðanna, þannig að hverfillinn opnar blöðin ofanvert við miðju við aðra straumstefnuna en neðanvið miðju í hina, en snúningsstefnan er samt alltaf í sömu átt.

Nánari lýsing hverfilsins hjóðaði svo í einkaleyfisumsókn, og vísa númer til neðangreindrar teikningar, en þar sést hverfillinn aftanfrá og er horft í straumstefnuna:



“Búnaðurinn er vatnshjól (1) af nýrri gerð. Nær búnaðurinn yfir hjólið sjálft með hliðum, blöðum, ásum, festingum og hallastýringum. Búnaðurinn vinnur í straumi sjávar, vatns eða vinds, þannig að snúningsásinn er hornréttur á straumstefnu. Hliðar hjólsins eru hallandi og keilulaga. Blöðin (7) eru tvískipt, með lamir í miðju (8) og í keilufletinum (4). Ás (5) hjólsins er tvískiptur og hefur hvor hjólhlið sinn ás. Ásinn snýst í áslegu (6), sem fest er í undirstöðu (3) með áslíð (2). Ásarnir geta hallast að vissu marki upp og niður um áslíðina þannig að afstaða þeirra breytist, hvors til annars. Halla þeir hvor á móti öðrum þannig að keiluhliðar eru samsíða þegar hjólið er í vinnslustöðu. Hjólið snýst vegna straumþrýstings, þar sem blöðin eru opin öðrumegin við ásin en samanlögð hinumegin. Við snúningin leggjast blöðin saman hlémegin við ásin vegna halla hjólhliðanna, og eru alveg samanlögð

Þegar snúningur hjólsins knýr þau gegn straumstefnunni. Mótstaðan verður því minni á þeim helmingi vatnhjólsins, og er afleiðingin sú að hjólið snýst. Blöðin opnast aftur straummegin við hjólið; mynda mótstöðu í straumnum og snúningurinn heldur áfram. Afl hjólsins má taka út af ásnum með rafal (9). Á endum hvors áss, fjær hjólmíðju og nokkuð frá hallamíðju áslegu, er stýriuggi (10) sem festur er við ásleguna og getur hallast með henni en snýst ekki með ásnum. Stýriuggarnir eru hallandi miðað við straumstefnuna. Straumpunginn veldur því að ásendarnir lyftast eða hníga eftir straumstefnunni, og blöð hjólsins eru því ýmist opin ofan eða neðan hjólmíðju. Þannig getur hjólið nýtt straum úr báðum áttum, án þess að breyta snúningsátt sinni.”



Gerð 2 séð að ofan og aftan

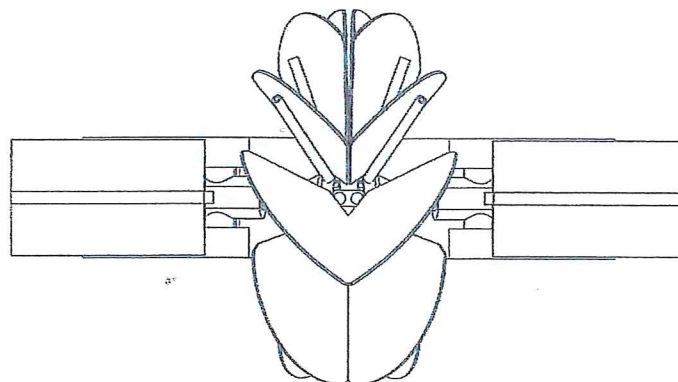


Fyrsta sýnilíkan af gerð 2



Prófunarlíkan af V-2.

Smíðað var eitt prófunarlíkan af V-2, og var þvermál “hjólsins” 50 cm; breidd 44 cm. Efni í blöðum var plexiplast; sterkt plastlímband var notað í miðjulamir; teinar voru úr ryðfríu stáli; festing teina við blað var þannig að plasthólki var smeygt uppá teininn og límpunktur settur á enda til að hann rynni ekki framaf; hólkurinn síðan festur með límbandi við blaðbakið þannig að hólkurinn gat snúist á teininum; meginöxlar hverfilsins voru úr 12 mm ryðfríu öxulstáli og léku í kúlulegum; hjólnöfin voru rennd úr “pom”-plasti; drifhjól úr áli var á öðrum öxulhelmingi og á því mjó gúmmíreim sem flutti snúninginn á annan öxul yfir vatnsborði og var hann tengdur mælíbúnaði. Hverfillíkaninu með mælíbúnaðinum var komið fyrir í grind úr áli. Mesta hæð blaðs (í stefnu frá meginöxli) var 21 cm; mesta breidd 29,5 cm; flatarmál blaðs 320 cm². Skuggaflötur hverfils (flatarmál af þversniði hans í straumnum) var um 1520 cm², og skiptist í 1010 cm² vinnsluflöt (þeim megin við meginás sem blöð eru opin); og 510 cm² mótstöðuflöt (þeim megin við meginás sem blöð eru lokað). Virkur átaksflötur, þ.e. vinnsluflötur að frádregnum mótstöðuflæti, var 500 cm², og 33% af skuggaflæti.



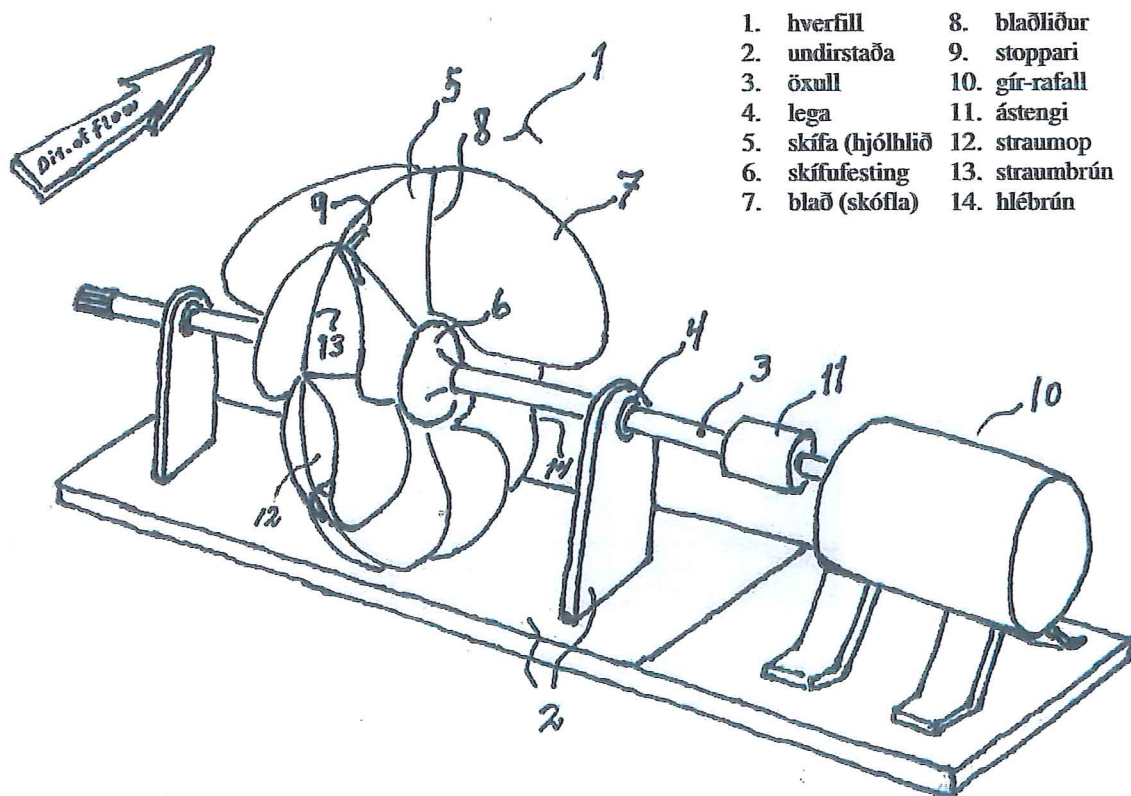
V-2 séð að ofan

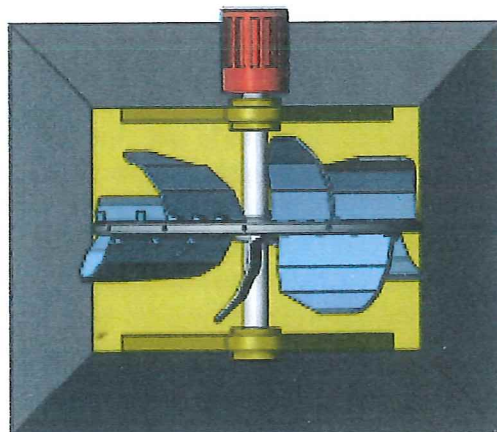
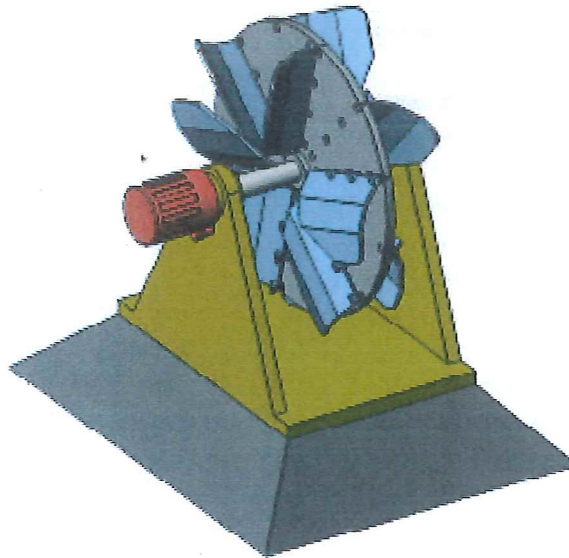
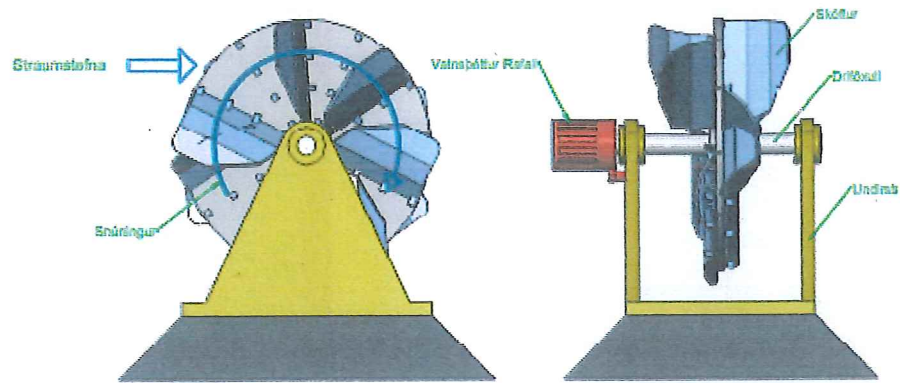
1.2.3. Gerð V-3

Hugmynd að gerð V-3 af Valorka hverflinum er eldri en fyrri gerða, en var samt ekki fullmótuð jafn fljótt þó hún sé einfaldari en þær. Lítið líkan af V-3 var fyrst gert 8. apríl 2009. Segja má að um aðra uppfinningu sé að ræða, því þó henni svipi til fyrri gerða byggir hún á annarri nálgun. Tvennt verður að teljast framför frá hinum gerðunum; Annarsvegar er hér um einfaldari smíði að ræða, með færri hreyfanlegum liðum. Hinsvegar er hverfillinn á heilum ási en ekki tvískiptum, sem gefur möguleika á að raða mörgum hverflum á sama ás og safna þannig afli í sameiginlegan rafal og annan búnað.

Í aðalatriðum má lýsa V-3 þannig, og vísa tölur í teikninguna að neðan.; Ein skífa (hjólhlið), föst á ási (3) sem er þverstæður miðað við straumstefnuna. Blöðin (4) eru fest með lóm báðumegin á skífuna, eftir radius hennar, og eru blaðpörin ca 6-8 talsins með jöfnu millibili. Hvert blað myndar straumop (12) við bogahliðina og er með stoppara (9) sem hindrar meira en 90° afturhreyfingu. Hverfillinn vinnur þannig að þegar blöðin eru samanlögð andstreymis (neðri hluta skífu á teikningunni) mynda þau litla mótstöðu. Þegar þau nálgast þá stöðu að straumop lendir uppí strauminn, kemst straumurinn þar inn og nær að opna þau. Þegar nú hjólið snýst áfram er opið blaðið orðið mikil fyrirstaða í straumnum í hlutfalli við lokuð blöðin á gagnstæðum hjólhelmingi. Þar með er komið það afl sem snýr hjólinu áfram, og hægt er að virkja með rafal á ásnum. Blöðin lokast svo af völdum straumsins hlémegin við hjólið. Einn munur þessarar gerðar frá þeirri fyrri er sú að hér er það straumurinn sjálfur sem opnar blöðin og lokar þeim, en ekki vélrænn (þvingaður) aflflutningur í hverflinum.

Hverfillinn er líka einfaldari að gerð og gæti því e.t.v. orðið sterkbyggðari. Auðvelt er að raða mörgum hverflum í samstæðu, jafnt til hliðar á sama ás sem hverjum uppaf öðrum. Aukið afl má fá með skermingum og gáttum. Lögð var inn einkaleyfisumsókn, en við nýnæmiskönnun dönsku einkaleyfastofunnar komu í ljós a.m.k. tvö eldri einkaleyfi vindhverfla sem líkjast þessari hugmynd að verulegu leyti, þó þar sé munur á. Þar sem þá var að fæðast hugmynd að gerð V4 var ákveðið að reyna ekki frekar að fá einkaleyfi á V3 að sinni.





Valorka hverfillinn, gerð 3 (Teikn; Jóhann Björgvinsson; Víðerni ehf)



Prófunarlíkan af V-3A. Hjól B liggjandi



Prófunarlíkan af V-3A í prófunargrind

Smíðuð voru prófunarlíkön í nokkrum gerðum af V-3, sem allar byggðust á meginlýsingunni hér að ofan en með mismunandi blöðum og lömum. Verða hér tilgreindar helstu gerðir:

V-3A. Fjöldi blaða; 8 hvoru megin hjóls. Hér voru blöð nánast þríhyrningslaga og íhvolft móti straumnum. Mesta breidd blaðs 25 cm; hæð 22 cm. Flatarmál hvers blaðs 336 cm². Blaðlamir standast á, sín hvors vegar við hjólið; eru úr messing og tvær fyrir hvert blað. Blöð gerð úr 3,0 mm plexiplasti, skorin í fræsara. Hjól 50 cm í þvermál, 46 cm á breidd, gert úr 3 mm plexiplasti. Hjólnaf er úr tveimur renndum flöngsum úr pom-plasti; skrúfaðir hvor sínu megin á hjólið, með gegnumgangandi meginöxli úr 12 mm ryðfríu rúnnjárni. Stoppari blaða er nagli sem gengur gegnum hjólið, aftanvið hvert blaðpar; festur með ró hvoru megin. Skuggaflötur hverfilsins er 1104 cm². Þar af er vinnsluflötur 739 cm² en mótstöðuflötur 365 cm². Virkur flötur er 374 cm²; 34% af skuggaflæti.

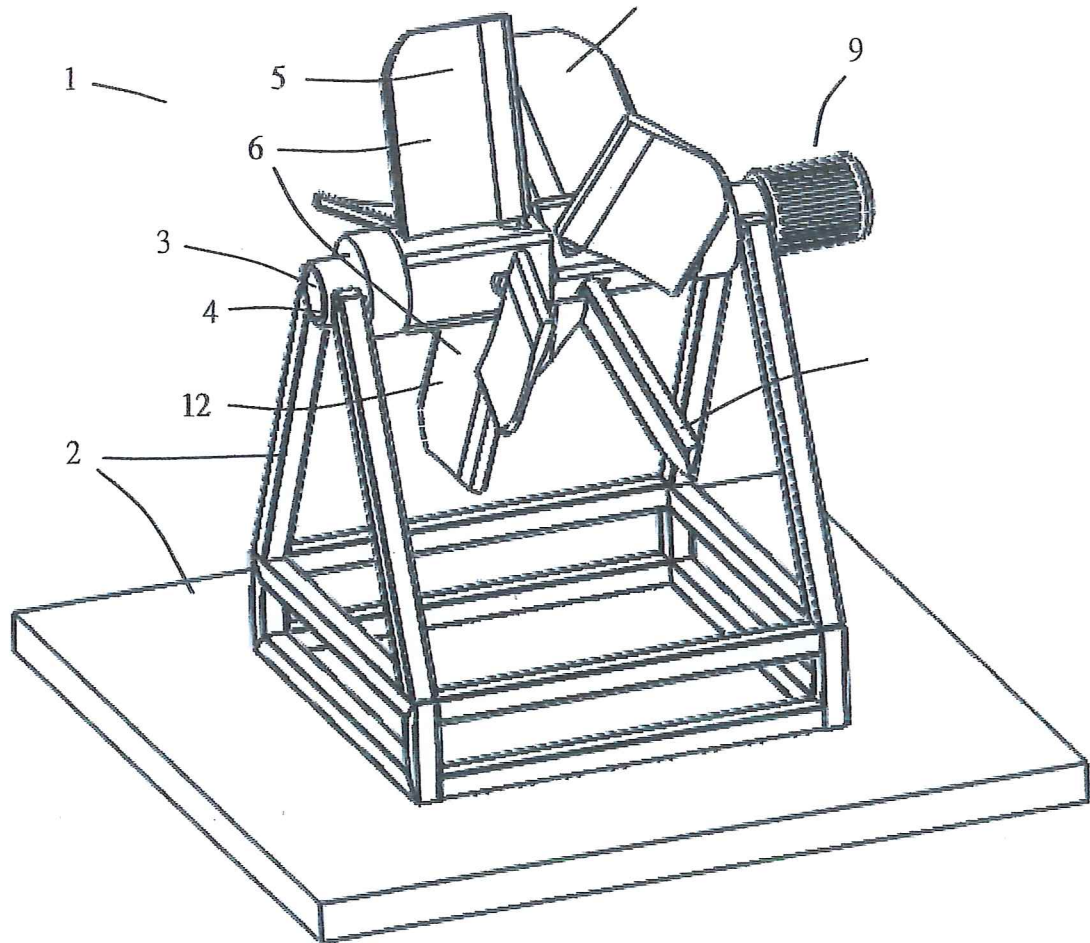
V-3B. Fjöldi blaða ; 5 hvoru megin hjóls. Blöð með sömu lögun og stærð eins og í V-3A. Blaðlamir standast ekki á heldur raðast á víxl, sín hvors vegar við hjólið og eru úr glæru sterku límbandi. Blöð gerð úr 2,0 mm plexiplasti, skorin í fræsara. Hjól 50 cm í þvermál, 50 cm breitt, gert úr 6 mm plexiplasti. Hjólnaf er úr tveimur renndum flöngsum úr pom-plasti; skrúfaðir hvor sínu megin á hjólið, með gegnumgangandi meginöxli úr 12 mm ryðfríu rúnnjárni. Stoppari blaða er girni sem fest er í straumhlið blaðs og skáhallt fram í hjólhliðina. Skuggaflötur hverfilsins er 1486 cm². Þar af eru vinnsluflötur 1100 cm² en mótstöðuflötur 386 cm². Virkur flötur er 714 cm²; 48% af skuggaflæti.

V-3C. Fjöldi blaða; 6 hvoru megin hjóls. Blöð eru nánast rétthyrndur ferningur að lögun, en tvö fjarhorn þó vel rúnnuð. Hæð blaðs 22 cm; breidd 23,5 cm. Blaðlamir standast ekki á heldur raðast á víxl, sín hvors vegar við hjólið og eru úr glæru sterku límbandi. Blöð gerð úr 2,0 mm plexiplasti, skorin í fræsara. Hjól 50 cm í þvermál, 46 cm breitt, gert úr 6 mm plexiplasti. Hjólnaf er úr tveimur renndum flöngsum úr pom-plasti; skrúfaðir hvor sínu megin á hjólið, með gegnumgangandi meginöxli úr 12 mm ryðfríu rúnnjárni. Stoppari blaða er girni sem fest er í straumhlið blaðs og skáhallt fram í hjólhliðina. Skuggaflötur hverfilsins er 1508 cm². Þar af eru 1008 cm² þeim megin öxuls sem blöð eru opin (vinnsluflötur) en 500 cm² þeim megin sem böð eru lokuð (mótstöðuflötur). Virkur flötur er 508 cm²; 34% af skuggaflæti.

1.2.4. Gerð V-4

Fyrstu hugmyndir að gerð V-4 fæddust vorið 2010, og af henni hafa verið gerðar nokkrar útgáfur prófunarlíkana. Þessi gerð er svo frábrugðin fyrrnefndum gerðum að nauðsynlegt þótti að sækja um sérstakt einkaleyfi vegna hennar. Einkaleyfisumsókn var lögð inn í september 2010. Hér fer á eftir lýsing á V-4 í meginatriðum:

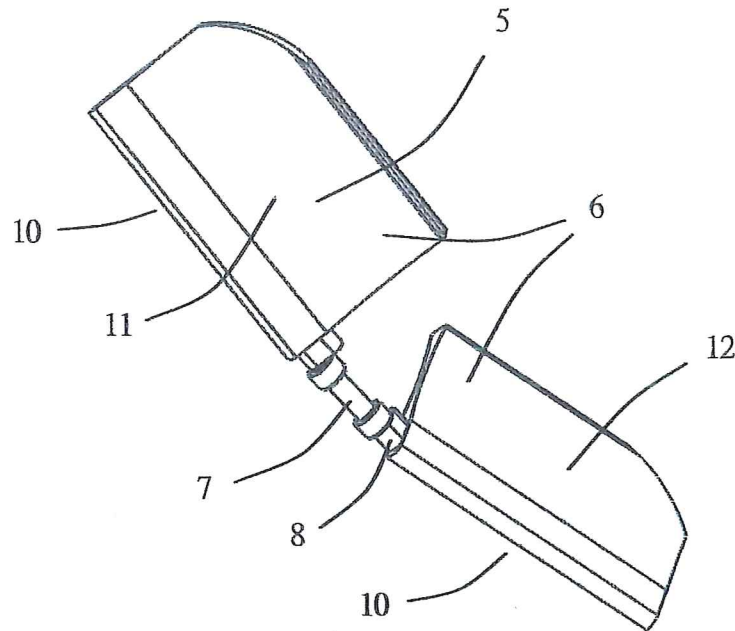
V-4 er þverstöðuhverfill eins og þeir sem fyrr var lýst. Ás er með 90° stefnu á straumstefnu og blöðin snúa annarri hlið upp í straumáttina í vinnslustöðu.



Valorka hverfill, gerð V-4. Númer vísa til skýringa.

Hér verður hverflinum lýst í aðalatriðum, og vísa númer til teikninga af hverfli og blaðpari. Einkenni þessa hverfils (1) eru að blöðin (5) eru í pörum (6), þannig að hverju blaði er fest við blaðás (7) sem gengur gegnum meginöxulinn (3) og getur snúist í sæti sínu um allt að 90°, eða þangað til það stöðvast af stoppara (8). Hverju blaði er fest á straumjaðri sínum (7) og er innbyrðis afstaða hvers blaðpars þannig að þegar annað snýr straumhlið sinni (11) móti straumi, snýr gagnstætt blað straumjaðrinum (7) móti straumi. Blaðásinn (7) er sveigður til endanna; þannig að straumjaðar blaðs myndar allt að 15° horn við blaðásinn. Blaðpörin geta verið mörg, en eru aldrei færri en 4. Hverflinum er fest í undirstöðu (2) og leikur í öxullegum (4). Vinnsla hverfilsins er þannig að straumur skellur á straumhlið (11) blaðs. Þar sem gagnstætt blað snýr straumjaðri (10) uppí straum verður viðnám ójafnt og hverfillinn snýst.

Við það skellur straumurinn á enda síðarnefnda blaðsins, og vegna áður nefndrar sveigju blaðássins lendir hann meira á annarri hliðinni (straumhliðinni; 11) en hinn (skjólhliðinni; 12) og blaðparið leitast við að snúast um blaðásinn. Um leið fær gagnstætt blað strauminn á skjólhlið sína (12) sem einnig verður til þess að blaðparið snýst um blaðásinn, allt til þess að snúningurinn stöðvast vegna stopparans. Þá hafa blöðin skipt um stöðu, þannig að það sem áður sneri straumhlið uppí straum snýr nú straumjaðri uppí straum og öfugt fyrir gagnstætt blað. Þetta ferli endurtekur sig fyrir þetta blaðpar og fyrir önnur blaðpör hverfilsins. Aflið er leitt gegnum meginöxulinn til gírs og rafals (9).



Blaðpar Valorka hverfils, gerð V-4. Númer vísa til skýringa.

Af gerð V-4 voru gerð fjögur mismunandi prófunarlíkön. Öll byggja þau á sömu grunngerð og lýst hefur verið; eru með um 50 cm þvermál hverfils; grind úr áli; öxull úr 40 mm pom-plasti; öxull leikur í kúlulegum; drifflutningur er með mjórri reim upp á mælingaöxul yfir vatnsborði; blaðásar eru úr 10 mm rúnnáli. Að öðru leyti er hver gerð þannig:



Útgáfa V-4A er með 4 blaðpörum; blöðum úr plexiplasti; ferköntuð með tölverðum rúningi tveggja horna. V-4A var lítillega prófaður til að sanna virkni og meta ýmsa hönnunarþætti. Hinsvegar voru blöð hans slétt og fremur lítil og var hann því ekki prófaður á sama hátt og aðrar útgáfur.



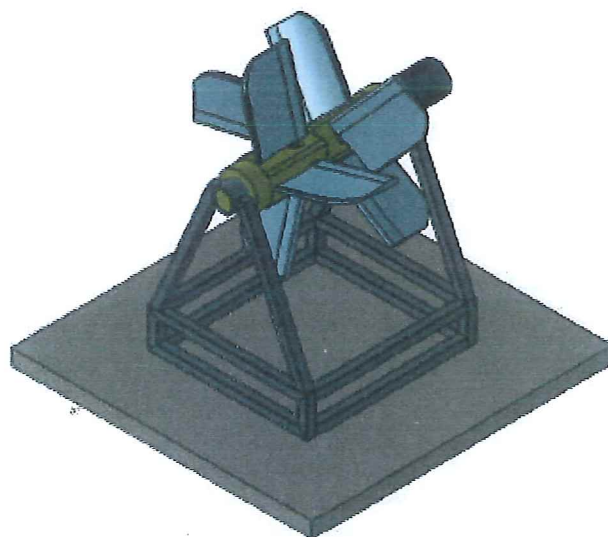
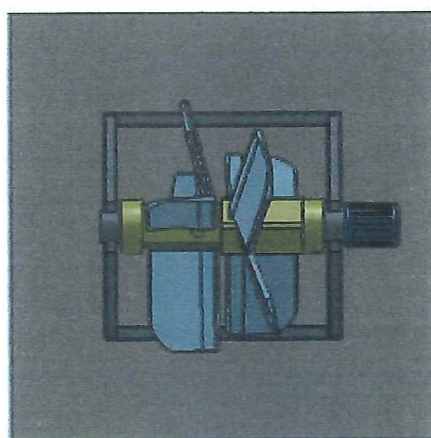
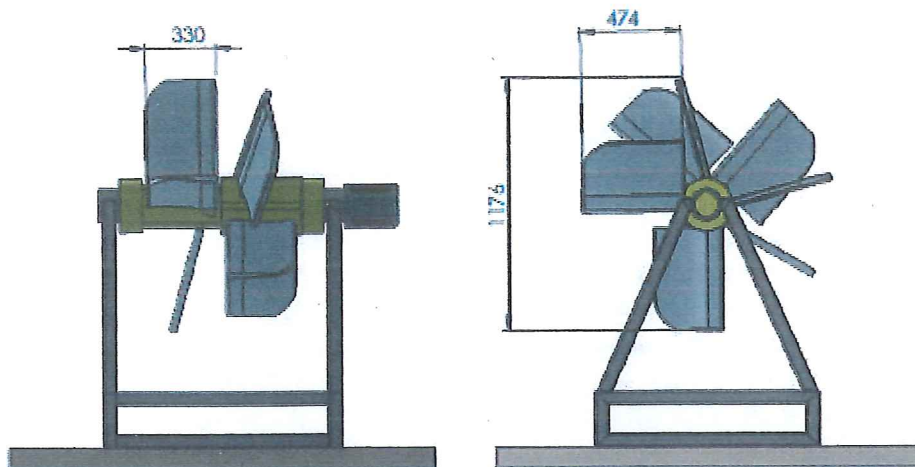
Útgáfa V-4B er með 4 blaðpörum; blöðum úr plexiplasti; ferköntuð með litlum rúningi horna; með sveigðri brík yst; skrúfuð á sniðskorinn blaðás. 23 cm á hæð og 25,5 cm á breidd; flatarmál blaðs 568 cm²; skuggaflötur 1684 cm², þ.a. vinnsluflötur 1288 cm² og mótstöðuflötur 396 cm². Virkur flötur 892 cm²; 53% af skuggaflæti.



Útgáfa V-4C er með 6 blaðpörum; blöðum úr plexiplasti; þríhyrnd með litlum rúningi horna. Blöðin eru slétt og skrúfuð á hlið blaðáss, og því ekki með áfallshorni uppstreymis. Árangur V-4C reyndist strax vera mjög slakur í prófunum, og var þeim því ekki haldið áfram að sinni. Ljóst er að endurskoða þarf einhverja þætti í hönnun hans.



Útgáfa V-4D er með 6 blaðpörum; blöð úr segldúk á stálramma; ferhyrnd með litlum rúningi horna; 23 cm á mestu hæð og 26,5 cm á mestu breidd; flatarmál blaðs 569 cm². Blöðin eru lítið eitt pökud og sveigð miðað við blaðásinn. Skuggaflötur er 1684 cm², þ.a. vinnsluflötur 1288 cm² og mótstöðuflötur cm². Virkur flötur 892 cm²; 53% af skuggaflæti.



V-4, grunngerð

1.2.5 Mismunandi aðferðir

Valorka hverfillinn er einkum ætlaður til virkjunar sjávarstrauma, og má útfæra notkun hans á ýmsa vegu. Hver hverfill getur verið sjálfstæð virkjunareining með eigin rafal, en einnig er hægt að raða mörgum hverflum saman til að samnýta hverfil og annan búnað. Þannig samstæður geta verið með ýmsu móti: Til dæmis geta margir hverflar verið á einum öxli með einum eða fleiri rafölum, eða í lóðréttri samstæðu milli tveggja turna. Einnig geta fjórir hverflar verið í hvirfingu kringum sameiginlegan rafal. Hverflarnir verða að öllu leyti neðansjávar, á a.m.k. 30-40 m dýpi til að losna við yfirborðskviku. Þeir geta verið festir við botn, en verða þó líklega hafðir töluvert yfir honum til að losna við botnrek og -viðnám. Enn er eftir að útfæra aðferðir við niðurlögn og umsjón hverflanna, en þar er unnt að velja úr þekktum lausnum. Rafmagn verður leitt til lands í köplum, eftir aðstæðum á hverjum stað. Sumsstaðar gæti þurft að skábora við ströndina til að koma köplum útfyrir brimgarðinn. Kaplarnir tengjast landstöðvum sem vinna frekar með orkuna; jafna framleiðslu með geymslumiðlum og/eða forma strauminn til tengingar við neyslunet. Til að veга upp á móti vinnslustöðvun yfir liggjandann er unnt að beita ýmsum aðferðum. Hérlendis liggja tvær aðferðir beint við: Annarsvegjar má keyra vatnsaflsvélar yfir liggjandann, en safna í lón yfir fallið. Hinsvegjar má hagnýta sér það að fallatími er misjafn við strendur landsins og séu virkjanir dreifðar með ströndum eru alltaf einhverjar þeirra í vinnslu. Þær framleiða svo inn á landsnetið, þar sem orkunni er jafnað milli svæða. Í þeim löndum sem ekki búa við þessar aðstæður mætti beita geymslumiðlum; t.d. framleiða vetni með hluta af hámarksframleiðslu og/eða nýta sjávarfallaorkuna til hitunar vatns í einangruðum tönkum. Umhverfisáhrif Valorka hverflanna verða mjög lítil. Þeir eru að öllu leyti neðansjávar og valda því hvorki hljóð- eða sjónmengun né hættu fyrir siglingar. Engin hætta er á úrgangs- eða spilliefnamengun. Hverflarnir eru ekki hættulegir fiskum, þar sem þeir forðast óþekkta hluti á hreyfingu, en minna er vitað um hegðun hvala og sela. Virkjanasvæði þarf að velja og merkja með tilliti til veiða, þar sem gagnkvæmur skaði gæti orðið við veiðarfæranotkun.

Fleiri nýtingarleiðir. Valorka hverfillinn gæti opnað nýjar leiðir til orkuvinnslu úr fallvötnum. Með því að raða mörgum hverflum á sameiginlegan ás mætti þvera fljót án þess að valda mikilli hækkun yfirborðs. Þannig mætti vinna nokkra orku úr ám á tiltölulega flötu landi, þar sem ekki er unnt að beita stíflugerð vegna aðstæðna eða umhverfissjónarmiða. Orka í hægstraumi er að sjálfsögðu minni en í hraðari straumi. Til að þannig virkjanir geti orðið hagkvæmar þarf tilkostnaður að vera hóflegur. Miklar líkur eru á að sú hagkvæmni náist með valorka hverflinum vegna einfaldleika hans og möguleika á uppröðun margra hverfilhjóna á sama ás.

Valorka hverfillinn virðist á þessu stigi vera fjölhæft tæki. Prófanir munu skera úr um nothæfi hans á hverju sviði. Hér verða nefnd nokkur þeirra:

- **Stakur hverfill.** Allar gerðir hverfilsins geta verið sjálfstæðar virkjunareiningar, sem komið væri fyrir neðan yfirborðs, líklega á meira en 30 m dýpi til að losna við yfirborðsóróa og nokkuð frá botni til að forðast botnviðnám og botnrek. Gerðir 1 og 2 væru líklega með einum eða tveimur rafölum hver og mekaniskri opnun blaða, en gerðir 3 og 4 með einum rafal fyrir lengri hverflasamstæðu og straumopnun blaða. Líklega mætti beita skermingum til að hámarka afl og grindum til varnar aðskotahlutum. Hverflarnir geta ýmist verið láréttir eða lóðréttir.
- **Hliðstæð hverflasamstæða.** Með því að raða mörgum hverflum á sama ás eða samtengda ása næst tvennskunar hagræði. Annars vegar er minnkaður kostnaður af ýmsum búnaði s.s. rafal, og hinsvegjar er með þessu unnt að virkja vatnsföll með mikinn en hægum straum, þar sem stíflugerð verður ekki við komið. Gerðum 1 og 2 er



unnt að raða þannig að þeir snúi á víxl “réttir eða á hvolfi”, og eru þá með gagnstæða snúningsátt sem leiðréttu þarf með gírun. Gerðir 3 og 4 henta einkar vel til hliðstæðrar röðunar, og eru einfaldar að gerð. Með svona samstæðum mætti þvera vatnsföll.

- *Stakkbyggð hverflsamstæða.* Með þessari uppsetningu eru margir hverflar hver uppaf öðrum í tvöföldu mastri sem stendur á sjávarbotni. Afflutningur getur verið með nokkrum aðferðum. Hver um sig getur drifið rafal eða nokkrir saman með drifbúnaði. Einnig getur hver ás drifið tvo dæluhverfla inni í rörum mastursins sem valda straumi í lokaðri rás sem síðan er virkjaður með einum rafal. Með þessu gæti náðst hagræði í kostnaði. Möstrin geta náð uppúr sjávarborði eða verið neðan ölduálags. Þannig samstæður geta síðan myndað stærra virkjanasvæði.
- *“Smárasamstæða”.* Hugsanlegt er að raða fjórum hverflum af gerð 1 eða 2 í hring, þannig að þau myndi nk. fjögralaufa smára. Vegna innbyrðis halla öxlanna yrði tiltölulega einfalt að tengja afl þeirra saman og inn á einn rafal í miðju.
- *Vindmylla.* Vitað er að hverflarnir skila töluverðu afli í vindi, en mælingar og þróunarvinna leiða í ljós hagkvæmni og hentugustu aðferðir. Vindorka skilar miklu minni orku en straumur í vökva á sama hraða, auk þess sem hún er mun óstöðugri og óáreiðanlegri og sjónmengun er að virkjunum. Á móti kemur betra aðgengi og einfaldari búnaður. Gert er ráð fyrir að hverflunum sé haldið upp í vindinn með stéli.
- *Blásari.* Þessi útfærsla mun um margt taka mið af hönnun hverfilsins sem vindmyllu, en með gagnstæða virkni. Sérfræðingur á þessu sviði telur hverfilinn áhugaverðan kost í þessu tilliti.
- *Aflskrúfa og vökvadæla.* Gera má ráð fyrir að hverfilinn sé hægt að nýta sem aflskrúfu fyrir skip og kafbáta. Líklega verður þetta notkunarsvið þó fremur afmarkað þar sem hverfillinn er flóknari að gerð en venjuleg skrúfa. Sama gildir um notkun hverfilsins fyrir vökvadælu; þar þarf einnig að greina þörf markaðar þegar prófanir liggja fyrir. Útfærsla verður samhliða þróun og prófunum.

Hönnun og útfærslur geta verið með ýmsu móti, sem og efnisval:

- *Efni.* Leitast verður við að finna létt en sterkt og þolið efni. Hugsanlega verða blöð úr trefjaplasti eða léttum málmblöndum. Blöð gætu einnig verið úr mjúku efni með stoðgrind, sem gæti haft vissa kosti. Lamir og fóðringar verða úr þolnu efni, t.d. málm og/eða plastefnum, en e.t.v. úr mjúku en seigu og þolnu efni, hugsanlega gúmmú af einhverri gerð. Burðarvirki verður líklega úr sterkum málmblöndum.
- *Bygging.* Blöðin geta verið af margskonar lögun, og munu prófanir leiða það heppilegasta í ljós. Þau þurfa væntanlega að vera nokkuð stór fyrir vindmyllunotkun og fyrir mjög hægan straum.
- *Hliðrun blaða.* Varðandi gerðir V-1 og V-2 er unnt að hliðra blöðum, þannig að ekki er um hliðstætt blaðpar að ræða heldur má segja að tekið sé blað úr hverju pari á víxl. Sama er að segja um gerð V-3. Í gerð V-4 er ásum blaðpara hliðrað. Með þesskonar hliðrun fæst gegnumstreymi um hverfilinn; jafnari snúningshraði og minni iðumyndun, sem gæti aukið afköst. Annar ávinningur er líklega minna viðnám við afstöðubreytingu blaðanna. Nánari útfærsla verður þróuð með prófunum.

1.2.6. Samfella í orkuöflun; orkuöryggi

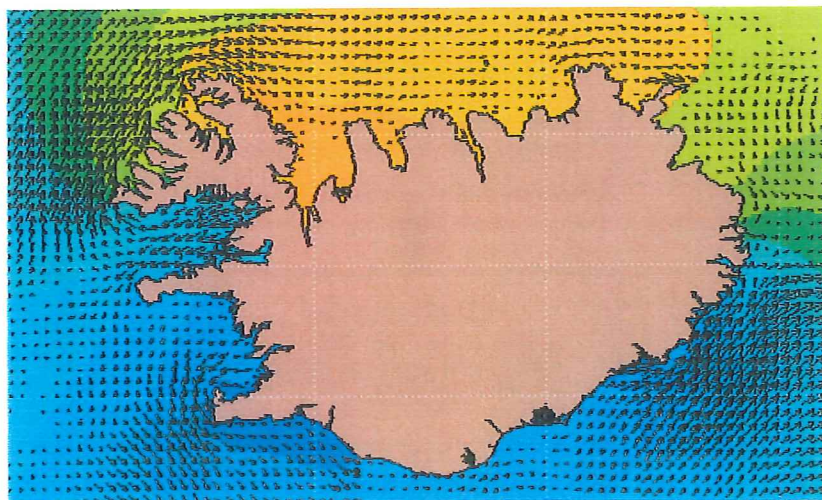
Orkuöflun í strjálbýli er eitt af þeim vandamálum sem virkjun hafstrauma gæti átt þátt í að leysa. Víða í heiminum hagar svo til að byggð er dreifð með ströndum; orkunotkun er nokkur en þó ekki næg til að standa undir kostnaði við örugga orkuafhendingu gegnum dreifikerfi. Afleiðingin er orkuskortur þegar verst stendur á; í mörgum tilfellum einfasa straumur með óþægindum fyrir neytendur og mikill kostnaður fyrir alla aðila.

Víða hagar svo til að skammt undan þessum byggðum er firnamikla orku að finna í formi sjávarfallastrauma. Undarlegt er að ekki skuli hafa verið reynt að koma þessari orku í not fyrir, einkum í ljósi þess að frumpættir tækninnar hafa verið til staðar um alllangan tíma. Þetta er hvati þeirra hugleiðinga sem leiddu til uppfinningar Valorka hverflanna.

Allmikil viðleitni er nú að hálfu strálbýlla svæða og ríkja sem þau tilheyra að leita lausna og skiptast á upplýsingum sem gætu leitt til úrbóta. Má þar nefna nefnd á vegum norðurlandasamstarfsins, sem nefnist “Vinnuhópur um strjálbýl svæði”, og RenRen verkefnið sem er samvinnuverkefni nokkurra evrópskra strjálbýlissvæða í orkumálum.

Sem dæmi um stjálbýlissvæði af þessum toga héraendis má nefna Vestfirði. Þar eru takmarkaðir möguleikar á vatnsaflsvirkjunum, og jafnvel þó þeir væru fullnýttir myndi það vart duga til viðhalds núverandi búsetu, og alls ekki til orkufrekrar atvinnustarfsemi. Fyrir ströndum Vestfjarða er fallastraumur þungur á stóru svæði; allt frá ströndum Breiðafjarðar norður öll annes og austur með Hornströndum. Svo er einnig fyrir öllu Suðausturlandi.

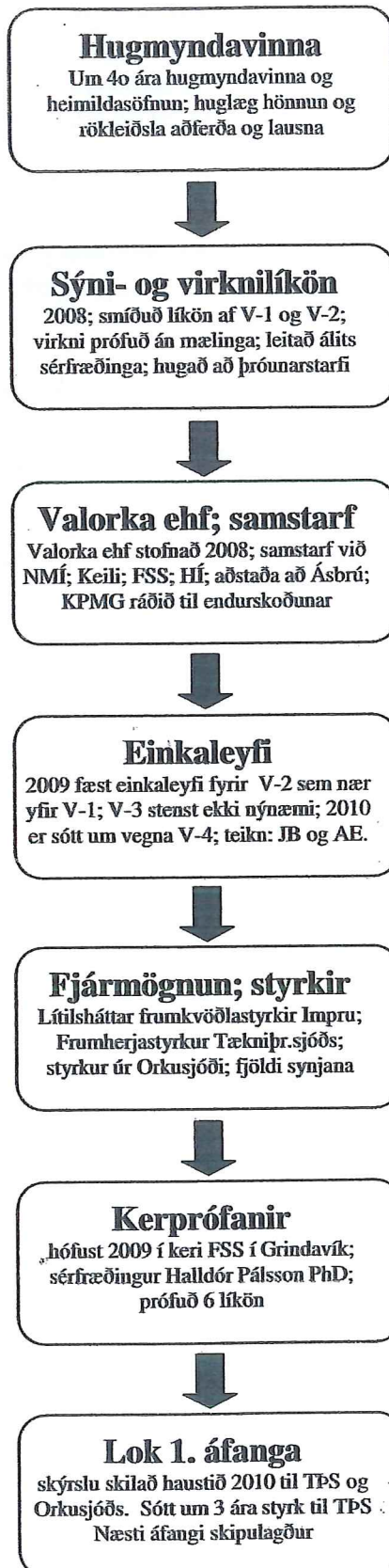
Fallatímar eru á svipuðum tímum í þessum tveimur landshlutum. Þess á milli er fallastraumur í hámarki á öðrum tveimur stöðum landsins; Langanesröst og Reykjanesröst. Með tengingu við landsnetið mætti því fá mjög stöðuga orkuöflun frá fallastraumum á þessum fjórum svæðum, og tryggja um leið orkuöryggi hinna dreifðu byggða. Á myndinni hér að neðan má sjá þetta að einhverju leyti. Hún er af vef Siglingastofnunar, en þar er á hverjum tíma unnt að sjá spár um sjávarföll við Ísland nokkuð fram í tímann. Þetta sjávarfallalíkan gerðu Gunnar Guðni Tómasson og Ólöf Rós Káradóttir, þá starfandi hjá VST. Það er tiltölulega nákvæmt fyrir strauma kringum landið, en ónákvæmnin eykst eftir því því sem nær dregur ströndum og staðaraðstæðna gætir meira. Þessi mynd (07.09.2009 – kl. 12.00) sýnir mikið norðurfall fyrir sunnanverðum Austfjörðum og fyrir Vestfjörðum, en á sama tíma er suðurfall við Reykjanes, Snæfellsnes og Langanes.



Sjávarföll kringum Ísland (spákort Siglingastofnunar)

2. hluti: Fyrirkomulag kerprófunarferlis

2.1.1. Þróunarferlið:



2.1.2. Aðilar og þátttakendur

1. **Valdimar Össurarson.** Uppfinningamaður; verkefnisstjóri og framkvæmdastjóri Valorku ehf. Átti hugmyndir að hverflunum; hönnun þeirra og endurbótum; aflaði upplýsinga, þekkingar og ráðgjafar sérfræðinga; aflaði fjármagns til þróunarstarfs; stofnaði Valorku ehf; útvegaði húsnæði; sá um smíðar, hönnun og aðra verkþætti; aflaði einkaleyfa; vann að kerprófunum og sá um aðra stjórnunar- og framkvæmdaþætti að öðru leyti en því sem um er getið hér að neðan.
2. **Halldór Pálsson PhD.** Dósent í vélaverkfræði við Háskóla Íslands. Samstarfsaðili Valdimars í þessu prófunarverkefni, og faglegur ráðgjafi við prófanir og úrvinnslu niðurstaðna. Hefur ritað fjölda fræðigreina á sínu fagsviði. Halldór hefur gefið góð ráð við hönnun hverfla; frágang prófunarlíkana og tilhögun prófana og yfirfer niðurstöður.
3. **Aðalsteinn Erlendsson.** Nemi í vélaverkfræði við HR og teiknari. Aðalsteinn kom að verkefninu sumarið 2010. Hann hefur séð um teikningar hverfilsins að hluta og veitt aðstoð um ýmislegt í þróunarstarfinu.
4. **Jóhann Björgvinsson.** Vélaverkfræðingur, teiknari og hugvitsmaður. Jóhann kom að verkefninu á fyrstu stigum. Fyrirtæki hans, Viðerni ehf, sá um teikningar í upphafi og hefur veitt góð ráð um hönnun.
5. **Lárus Þór Pálmason og FSS.** Lárus er kennari við FSS, veiðarfærasérfræðingur og hugvitsmaður. Lárus hefur verið til ráðgjafar við þróunarstarfið á ýmsan hátt og veitt aðgang að straumkeri því sem hann hannaði og lét smíða fyrir FSS, en Fjölbrautaskóli Suðurnesja er samstarfsaðili Valorku ehf í þróunarstarfinu.
6. **Nýsköpunarmiðstöð Íslands.** Sérfræðingar NMÍ; Geir Guðmundsson og Halla Jónsdóttir veittu ráðgjöf í upphafi þróunarferlis, og einnig fengust lítilsháttar frumherjastyrkir frá Impru. NMÍ er samstarfsaðili Valorku ehf og hafði milligöngu um útvegum vinnuaðstöðu að Ásbrú.
7. **Keilir;** miðstöð vísinda, fræða og atvinnulífs, er samstarfsaðili Valorku ehf. Rúnar Unnþórsson skólastjóri Orkuskóla Keilis hafði milligöngu um aðkomu Halldórs Pálssonar og hefur verið innanhandar um sérfræðiráðgjöf. Einnig hefur Hjálmar Árnason, skólastjóri Keilis, veitt góð ráð.
8. **Orkusjóður/ Orkustofnun.** Orkumálastjóri hefur kynnt sér verkefnið og veitt ábendingar. Orkusjóður styrkti þróun hverflanna á kerprófunarstigi um 2 millj.kr.
9. **Tækniþróunarsjóður Rannís.** Veitti frumherjastyrk til þróunar Valorka hverflanna á kerprófunarstigi; 5 millj.kr, sem gerði þróunarstarfið framkvæmanlegt.
10. **Þróunarfélag Keflavíkurflugvallar/ Kadeco.** Lét í té vinnuaðstöðu að Eldey.
11. **Árnason Faktor /einkaleyfaráðgjöf.** Sérfræðingar ÁF hafa veitt ráðgjöf við frágang einkaleyfa.



12. KPMG/endurskoðunarskrifstofa. Jón S. Helgason löggiltur endurskoðandi hefur endurskoðað bókhald og fjármál og veitt ráðgjöf.
13. Renniverkstæði Jens Tómassonar. Hefur séð um alla rennivinnu og veitt ráðgjöf.
14. Bókhaldsstofan Þrastarhóll, Hornafirði. Hefur verið innanhandar um bókhaldsráðgjöf.
15. Guðbjörg Sigurðardóttir. Varamaður í stjórn Valorku ehf. Hefur veitt margvíslega aðstoð við framgang verkefnisins.

2.1.3. Aðstaða

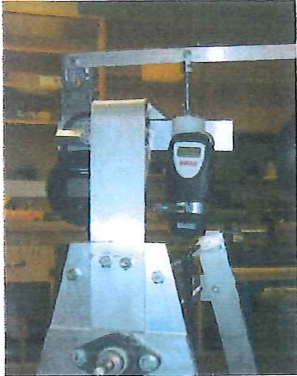
Í upphafi fór öll vinna fram á heimili og skrifstofu Valdimars. Í upphafi ársins 2009 fluttu Valdimar og Guðbjörg að Ásbrú í Reykjanesbæ. Þar bauðst góð vinnuaðstaða í frumkvöðlamiðstöðinni Eldey, á vegum Þróunarfélags Keflavíkurflugvallar (Kadeco) og Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Einnig hafði NMÍ milligöngu um útvegum leiguíbúðar að Skógarbraut 1104, Ásbrú, og hefur þar verið aðstaða fyrir skrifstofu og hönnun. Stuttu síðar var samið við Fjölbrautaskóla Suðurnesja um afnot af straumkeri sem verður nánar lýst hér á eftir. Vinnuaðstaðan að Eldey er um 50 m², auk skrifstofu og geymslna sem falla innan sama rýmis. Ókostur er að ekki er utangengt beint í aðstöðuna heldur þarf að fara gegnum rými annars aðila, en leyfi til þess hefur góðfúslega verið veitt. Aðstöðunni fylgdu vinnuborð og skápar og aðgangur að vatni og rafmagni. Valdimar lagði til nokkurn verkfærakost, en auk þess keypti Valorka ehf það sem uppá vantaði og nokkurn efnislager. Þar er nú allt sem þarf til líkanasmíði af þessu tagi. Ýmis smíðavinna var aðkeypt, s.s. rennismíði og skurður á hverfilböðum. Sumarið 2010 festi Valorka kaup á slöngubát til að unnt væri að prófa hverfilinn við meiri straumhraða en fæst í kerinu. Báturinn mun einnig nýtast til rannsókna á sjávarstraumum og staðarvali vegna sjóprófana. Leigð var aðstaða til geymslu á bátnum í skemmu Íslenskra aðalverktaka nálægt Eldey.

2.1.4. Prófunarker

Eins og áður segir veitti Fjölbrautaskóli Suðurnesja góðfúslegt leyfi til afnota af straumkeri sínu til prófana á hverfillíkönunum. Kerið er hannað af Lárusi Þór Pálmasyni, kennara skólans, sem verið hefur innanhandar um afnot þess og gefið góð ráð. Kerið er 4 m á lengd; 1,20 m á breidd og vatnsdýpt prófunarhólfs er um 70 cm. Kerið er smíðað úr stáli og trefjaplasi, með gluggum á hliðum. Undir botni prófunarhólfs er vatnsgangur fyrir bakrennsli, en rafknúin skrufudæla sér um hringdælingu vatns. Jafn straumur fæst með röravirki í enda prófunarhólfs. Hægt er að stýra hraða dælingar nákvæmlega með hraðastilli mótors. Stafrænn mælir sýnir snúningshraða mótors, en með breytistöflu má sjá straumhraðann í m/sek. Hámarks straumhraði er rétt rúmlega 0,5 m/sek. Góð lýsing er yfir kerinu og hægt að taka tilraunir upp á myndband. Við hlið kersins er gott gangbretti. Kerið var í upphafi staðsett í FS í Keflavík, en var síðar flutt til Grindavíkur. Það er nú vel staðsett í Veidarfaragerð Suðurnesja, nærri höfninni í Grindavík, og hafa starfsmenn þar veitt góða aðstoð við áfyllingu og fleira.

2.1.5. Mælitækni og óvissupættir

Í upphafi verkefnisins var ætlunin að fá átaksmæli (torque-meter) til að geta mælt nákvæmlega átakið sem hverfillíkanið skilaði út á ásin. Keilir hugðist kaupa þannig mæli og veita Valorku ehf afnot af honum, auk þess sem hann myndi nýttast skólanum í annað. Eftir að verð hafði verið kannað, og þegar nokkuð var um liðið, féll Keilir frá þessum kaupum vegna kostnaðar. Enginn slíkur mælir fannst í landinu, þrátt fyrir víðtæka leit. Að lokum var brugðið á það ráð, í samráði við Halldór Pálsson sérfræðilegan ráðgjafa, að útbúa átaksmæli þar sem togátak er mælt með tveimur stafrænum laxavogum. Mælbúnaðurinn samanstendur



af bremsuhjóli; 10 cm í þvermál, sem fest er á öxul yfir vatnsborði, en afl hverfilsins er fært upp á hann með reim. Átaksmælarnir tveir eru festir í ramma á grind hverfilsins, og liggur breið bremsureim úr krók annars mælisins; í hálfhring undir bremsuhjólið og endar í krók hins mælisins. Annar mælirinn er festur á skrúftein sem hægt er að hækka og lækka með ró, miðað við grind hverfilsins, og stilla þannig viðnám sem þessi "fasta" bremsureim veitir gegn snúningi bremsuhjólansins; allt frá því að hamla snúningi alls ekki og til þess að stöðva snúning hverfilsins að fullu. Með því að finna mismun á álestri mælanna og mæla um leið snúningsraða hverfilsins er unnt að reikna út afl hans.



Snúningshraði hverflanna er fremur lítill í hámarksstraumhraða kersins, eða ekki meiri en 15 snúningar á mínútu. Var því ekki notaður snúningshraðamælir, heldur voru snúningarnir taldir og tími tekinn á skeiðklukku.

Eins og áður segir er hámarksstraumhraði í straumkeri FSS 0,5 m/sek, og ekki er vitað af neinu straumkeri héraðs með meiri hraða. Gagnlegt þótti að fá samanburðarmælingar á hverflunum í meiri straumi. Því var fenginn slöngubátur; 3,2 m langur, með 15 ha utanborðsvél. Smíðaður var rammur úr áli sem settur er ofan á bátinn, framan við miðju. Á rammann koma kjálkar, sinn hvoru megin, og á enda þeirra öxull með Valorka hverflum í líkansstærð. Útbúnaður er til að hægt sé að lyfta hverflunum fram fyrir stefni bátsins og uppfyrir yfirborð á keyrslu, en slaka kjálkunum með hverflunum á, niður undir botn bátsins til

prófana. Prófanir væru þá framkvæmdar þannig að hverflunum yrði slakað niður; bátinum siglt áfram á jöfnum hraða; hraði mældur með GPS mælitæki; átak mælt með átaksmæli, líkum og áður var lýst, sem fest væri á rammann; hraði væri mældur með því að telja snúninga hverfilsins. Prófunarbúnaðurinn var þó ekki orðinn nothæfur þegar fyrsta prófunaráfanga lauk haustið 2010 og verður því ekki frekar til umfjöllunar hér. Þessar prófanir verða hluti næsta áfanga verkefnisins, en einnig mun báturinn nýttast við fyrirhugaðar mælingar á straumhraða á vegum RMS.

Óvissupættir í mælingum og prófunum voru nokkrir og þarf að hafa þá í huga við skoðun niðurstaðna. Þessir eru þar helstir;

- Óstöðugur snúningshraði hverflanna vegna fárra blaða. Þessi frávik komu fram í mjög flöktandi álestri átaksmælanna og ollu því að álesturinn varð að einhverju marki matskenndur. Gerðar voru a.m.k. 5 mælingar á hverjum hverfli til að unnt væri að fá fram meðalgildi. Reyndust þessi frávik geta orðið mest +/- 9% frá meðalgildi. Mest urðu frávikin í gerð V-4 sem hefur fá og stór blöð, en minnst í gerð V-2 sem hefur fleiri blöð.



- b) Ónákvæmni í smíði líkana. Margt var gert til að lágmarka frávik af þessu tagi; t.d. voru blöð raðsmíðuð í tölvustýrðum fræsurum; rennismíði var keypt af fagmanni, og notuð voru nákvæmustu mæli- og smíðatæki sem völ var á.
- c) Núningsfletir; reimar og liðir mynduðu innra viðnám sem reynt var að lágmarka með tvennu móti. Annarsvegar með því að fækka þessum viðnámsatriðum og hinsvegar með því að liðka fyrir hreyfingu á hverjum stað. Þetta innra viðnám var mælt í hverjum hverfli og er gefið upp í prófunarniðurstöðu. Aðferðin við mælinguna var þessi; límbandsbútur var festur í annan endann á jaðar mælihjólsins og í hinn endann í krók vogar. Hverflinum var þvínæst snúið með því að toga í vogina og átakið mælt. Þessi mæliaðferð er ekki verulega nákvæm þar sem innra viðnámið er líkast til annað í nær kyrrstöðu í lofti heldur en í vatni á vinnsluhraða.

2.1.6. Úrvinnsla gagna

Mæligagna var aflað með þeim aðferðum sem lýst var hér að framan. Breytur sem höfðu áhrif á vinnslu hverflanna voru einkum af tvennum toga; gerð og mælingaaðstæðum. Varðandi gerð hverflanna voru breyturnar þessar helstar; aðferð til orkuvinnslu (grunngerð hverfilsins); fjöldi blaða (eða blaðpara); flatarmál hvers blaðs og innra viðnám hverfilsins. Mælingar í straumkeri beindust einkum að eftirfarandi þremur breytum og samspili þeirra; straumhraða; snúningshraða og mældu átaki. Niðurstöður kerprófana gefa hugmynd um afköst hverfilsins í líkansstærð. Út frá því er leitast við að áætla afköst hverfils í "raunstærð". Reiknað er með að þær áætlanir verði einn af þeim fjölmörgu þáttum sem taka þarf tillit til þegar lagt er mat á raunhæfi hverfilsins í heild.

Valdimar sá að mestu um smíði líkana og undirbúning og framkvæmd mælinga í kerri. Halldór Pálsson PhD sá um sérfræðilega ráðgjöf við aðferðir prófana og lagði mat á niðurstöður með Valdimar.

2.1.7. Sannprófanir og rekjanleiki

Leitast var við að gera prófanir þannig úr garði að rekjanleiki væri tryggður og að unnt yrði að sannreyna niðurstöður í endurteknum prófunum. Vísast í því efni á gögn þau sem hér eru tilgreind; stærðir og lýsingar. Prófanir voru endurteknaðar a.m.k. fimm sinnum fyrir hvert líkan sem prófað var, og fundið meðalgildi fyrir hverja sambærilega mælingu.


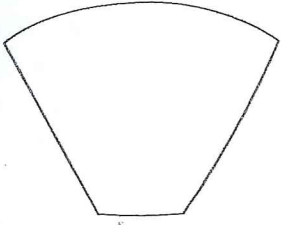

3. hluti: Kerprófanir

3.1 Mælingar

3.1.1. Gerð V-2

Eins og áður var getið var gerð V-1 ekki prófuð í þessum áfanga, þar sem taldar voru yfirgnæfandi líkur á að gerð V-2 hefði yfirburði sem hverfill, hvað afköst og aðra hagkvæmnipætti snerti. Af gerð V-2 var einungis smíðuð ein útgáfa prófunarlíkans. Hún var sett í sína eigin prófunargrind, þar sem hinir hallandi öxlar kröfðust sérútbúinna sæta. Ekki er gert ráð fyrir skiptibúnaði á líkaninu, heldur er það með föstum halla öxla og er vinnsluflötur ofan öxulmiðju en mótstöðufötur neðan hennar. Prófunarlíkanið var tilbúið í maí 2010 og fór í prófanir sumarið 2010. Sami mælingabúnaður er notaður og á aðrar gerðir Valorka hverfilsins, og er hann færður á milli með sínum festingum. Mælingar eru því sambærilegar milli gerða. Þó þarf mælirinn að vera hallandi á V-2, líkt og öxlarnir, en hverfandi líkur eru á að það skekki mælinganiðurstöður. Mæliaðferðum hefur verið lýst í fyrri köflum, svo og úrvinnslu.

Útlit:

		
	útlínur blaðs	sveigja blaðs

Helstu stærðir:

Pvermál hverfilhjóls: 50 cm	Breidd hverfils: 44 cm	Öxulgerð: tvískiptur; 15°
Blað: hámb: 29,5; hámh: 21	Flatarmál blaðs: 320 cm ²	Áfallshorn blaðs: 55°
Skuggaflötur; 1520 cm ²	Fjöldi blaða: 16	Innra viðnám: 0,5 +/- 50%
Vinnsluflötur; 1010 cm ²	Mótstöðufötur; 510 cm ²	Virkur flötur; 500 cm ² = 33%

Skýringar:

Öxulgerð = Þessi hverfilgerð er með tvískiptan öxul og hallar hvor helmingur gegn hinum í tilgreindu horni

Áfallshorn blaðs = hornið sem blaðið myndar við straum sem kemur hornrétt á meginöxulinn

Innra viðnám líkans = átak í kg á 5 cm arm sem festur er á efri öxul

Skuggaflötur = Þversnið hverfilsins í heild, mælt hornrétt á straumstefnuna

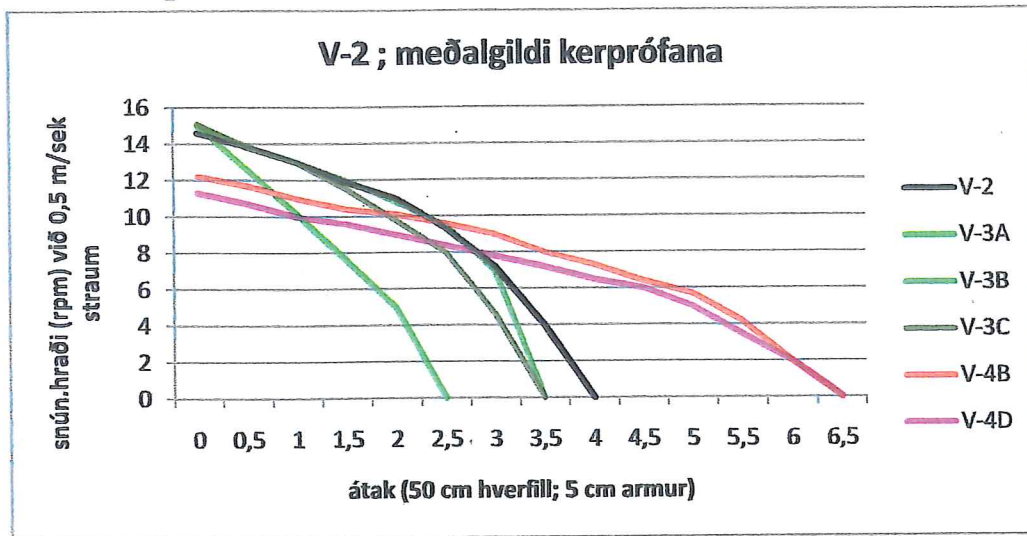
Vinnsluflötur = Sá hluti skuggaflatar sem er þeim megin meginöxuls sem snýst undan straumi

Mótstöðufötur = Sá hluti skuggaflatar sem er andstreymis og dregur því úr afli hverfilsins

Virkur átakflötur = Vinnsluflötur að frádrægnum mótstöðufleti, eða sá flötur sem skilar endanlegu afli hverfilsins

Hlutfall virks átaksflatar = hlutfall virks flatar af skuggaflati, tilgreindur í heilu prósentu.

Niðurstöður prófana:



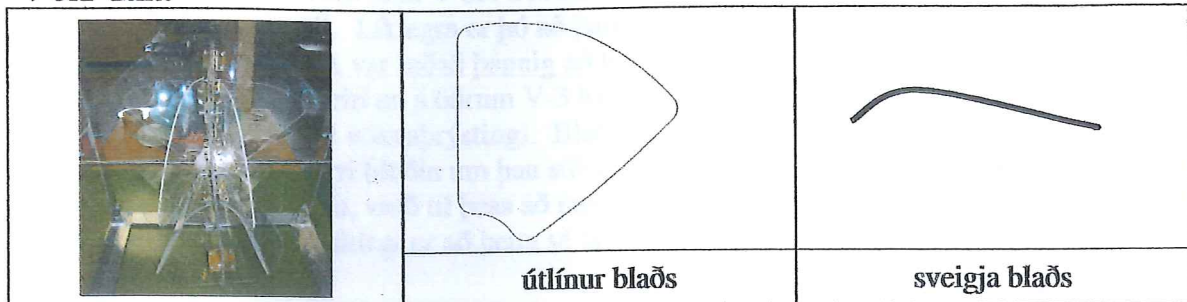
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

Tölurnar sýna áttak við 0,5 m/sek straumhraða.

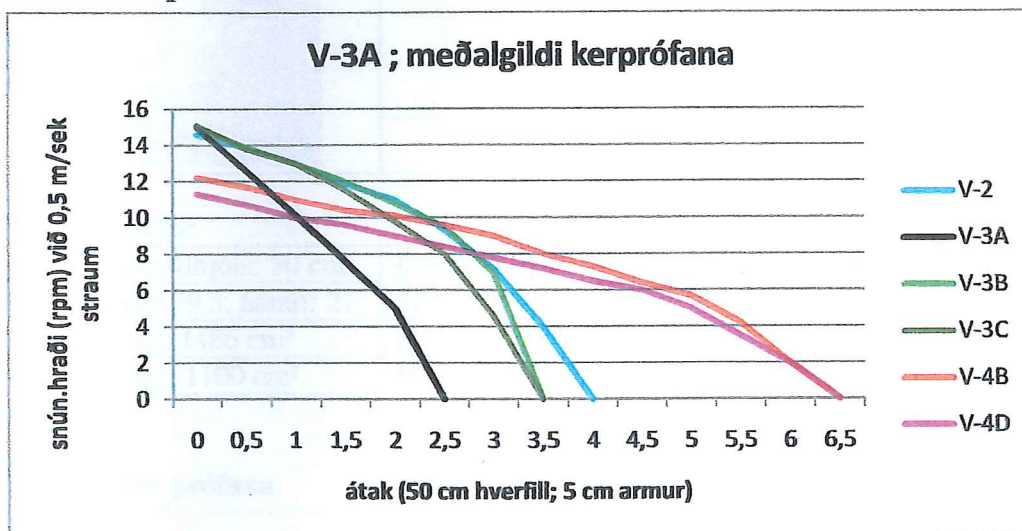
Um niðurstöður prófana V-2. Línuritíð að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu áttaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Eins og sjá má er snúningshraðinn töluverður í tómagangi án álags, eða 14,6 sn/mín. Þessi hraði fellur nokkuð línulega í byrjun, eða í 11 sn/mín við 2 kg áttak. Eftir það dregur fljótar úr hraðanum við aukið álag, og hverfillinn stöðvaðist við 3,8 kg álag. Tölurnar eru án leiðréttingar fyrir innra viðnámi.

3.1.2. Gerð V-3

Gerð V-3 var smíðuð í þremur útfærslum eins og áður er sagt, og voru þær allar prófaðar. Eins og áður segir fékkst ekki einkaleyfi á þessa gerð, þar sem hún stóðst ekki nýnæmi án grundvallarbreytinga. Engu að síður þótti áhugavert að sjá hvernig hverfillinn myndi standa sig í samanburði við hinar gerðirnar sem prófaðar voru.

3.1.2.1. Útgáfa V-3A
V-3A útlit:

Helstu stærðir:

Pvermál hverfilhjól: 50 cm	Breidd hverfils: 46 cm	Öxulgerð: beinn
Blað: hámr: 25; hámh: 22	Flatarmál blaðs: 336 cm ²	Áfallshorn blaðs: 73°
Skuggaflötur; 1104 cm ²	Fjöldi blaða: 16	Innra viðnám: 0,5 +/-50%
Vinnsluflötur; 739 cm ²	Mótstöðuflötur; 365 cm ²	Virkur flötur; 374 cm ² =34%

Niðurstöður prófana:


	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

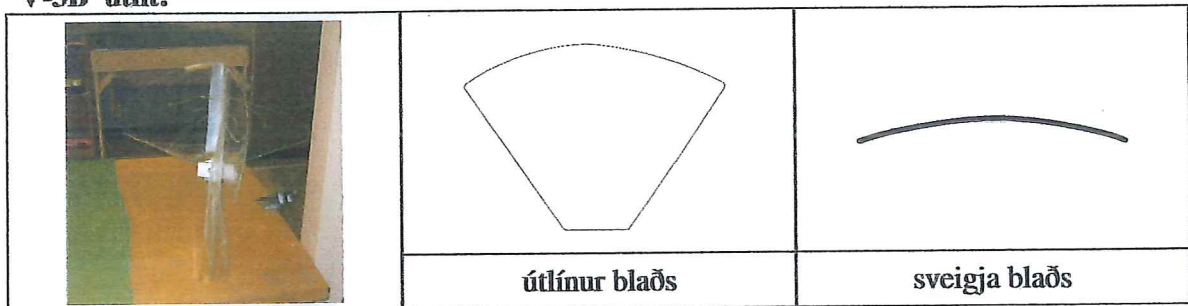
Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Um niðurstöður prófana V-3A. Línuritíð að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu átaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða. Eins og sjá má kemur þessi hverfill lakast út í kerpröfunum. Tómagangshraði (án álags) er að vísu sambærilegur við aðrar útgáfur V-3 en hraði V-3A minnkar meira við aukið álag en hjá öðrum. Ekki er augljóst hvað veldur. Rétt er

að hafa í huga tvo þætti þó líklega ráði þeir ekki úrslitum í þessu efni. Annarsvegar voru blöð þessa líkans úr þykkara efni, eða úr 3 mm plasti, meðan blöð flestra annarra hverfla voru úr 2 mm plasti. Hinsvegar voru blöð V-3A á lömum úr messing meðan blöð annarra gerða V-3 voru með lið úr límbandi. Líklegra er þó að þarna hafi ráðið mestu stærð blaða; lögung og uppröðun. Blöðum V-3A var raðað þannig að tvö og tvö voru í pörum hvort gegn öðru á hjólhliðinni. Þau voru fleiri en á öðrum V-3 hverflum eða 16 alls. Þau voru sveigð í þeim tilgangi að halda betur að vökvaprýstingi. Bláðafjöldinn varð til þess að þegar blöðin voru að lokast hlémegin gripu fyrri blöðin um þau síðari og lokuðust því síðar en ella. Þetta, ásamt sveigju og þykkt blaðanna, varð til þess að mótstöðuflöturinn varð tiltölulega mikill í hlutfalli við virkan vinnsluföt. Líklegt er að þetta sé helsta ástæðan fyrir slökum árangri V-3A

3.1.2.2. Útgáfa V-3B

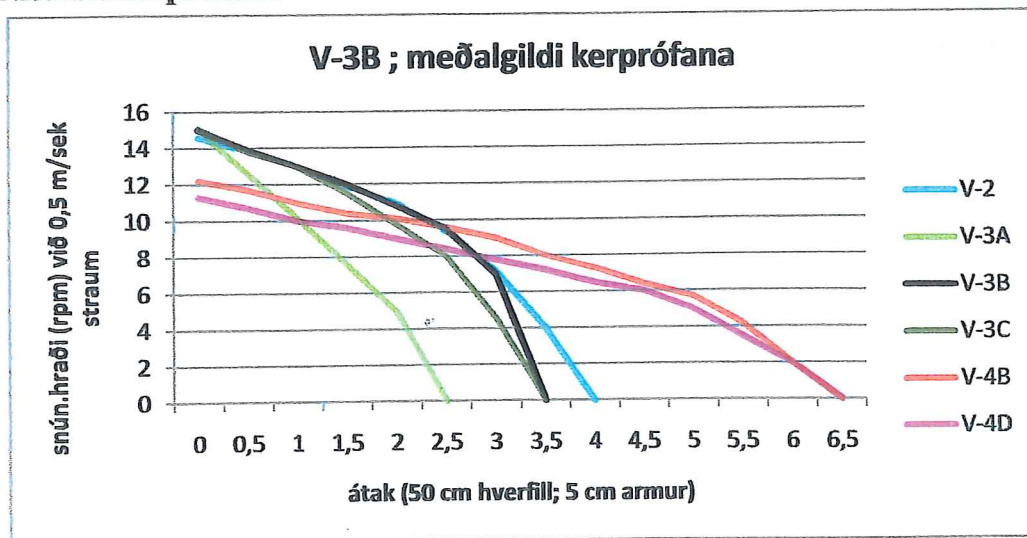
V-3B útlit:



Helstu stærðir:

Pvermál hverfilhjóls: 50 cm	Breidd hverfils: 50 cm	Öxulgerð: beinn
Blað: hámb: 29,5; hámh: 21	Flatarmál blaðs: 399 cm ²	Áfallshorn blaðs: 83°
Skuggaflötur; 1486 cm ²	Fjöldi blaða: 10	Innra viðnám: 0,5 +/-50%
Vinnslufötur; 1100 cm ²	Mótstöðuflötur; 386 cm ²	Virkur flötur; 714 cm ² =48%

Niðurstöður prófana:




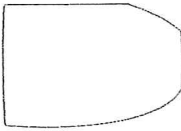

	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Um niðurstöður prófana V-3B. Línuritið að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu átaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða. V-3B kemur betur út en aðrar útgáfur V-3 hverfla. Augljósasta ástæða þess er hátt hlutfall virks flatar af skuggafleti hverfilsins. Þetta hlutfall næst einkum með því að hafa blöðin fá en stór; hafa straumopið í lágmarki; nota þunnt efni og sjá til þess að blöð sem eru að lokast þvingi ekki blöð sem eiga að vera lokuð. Með því að víxla opnun blaða, þ.e. að lamir standist ekki á báðumegin hliðar, er unnt að ná fram jafnari snúningi hverfilsins heldur en t.d. hjá V-3A.

3.1.2.3. Útgáfa V-3C

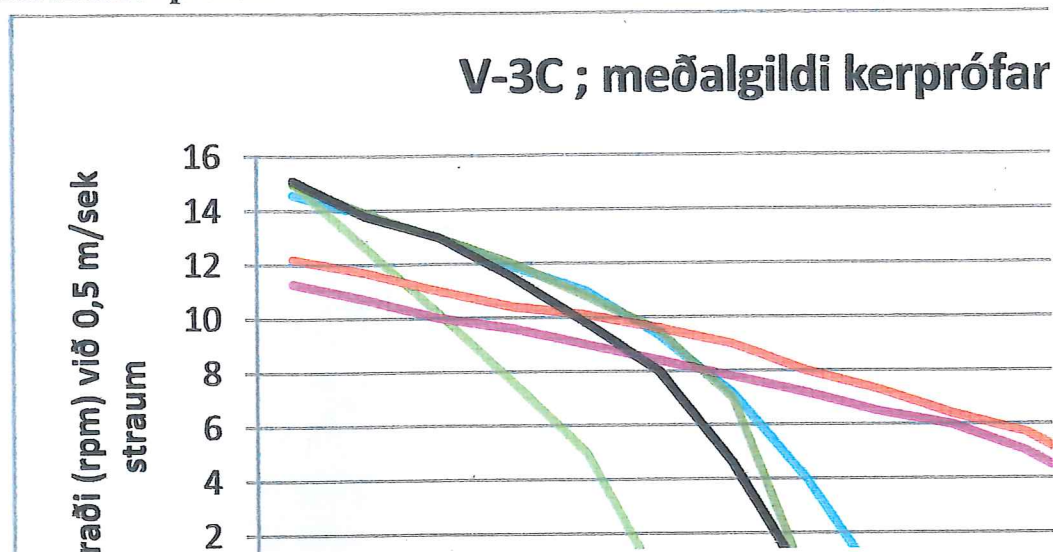
V-3C útlit:

		
	útlínur blaðs	sveigja blaðs

Helstu stærðir:

Þvermál hverfilhjóls: 50 cm	Breidd hverfils: 46 cm	Öxulgerð: beinn
Blað: hámb: 23,5; hámh: 22	Flatarmál blaðs: 451 cm ²	Áfallshorn blaðs: 83°
Skuggaflötur; 1508 cm ²	Fjöldi blaða: 12	Innra viðnám: 0,5 +/-50%
Vinnsluflötur; 1008cm ²	Mótstöðuflötur; 500 cm ²	Virkur flötur; 508 cm ² =34%

Niðurstöður prófana:



	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Um niðurstöður prófana V-3C. Línuritið að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu átaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða. V-3C skilaði betri árangri en V-3A en lakari en V-3B. Ástæða slakrar frammistöðu er án efa einkum lágt hlutfall mótstöðufatar og vinnslufatar, sem er um 1:2.

3.1.3. Gerð V-4

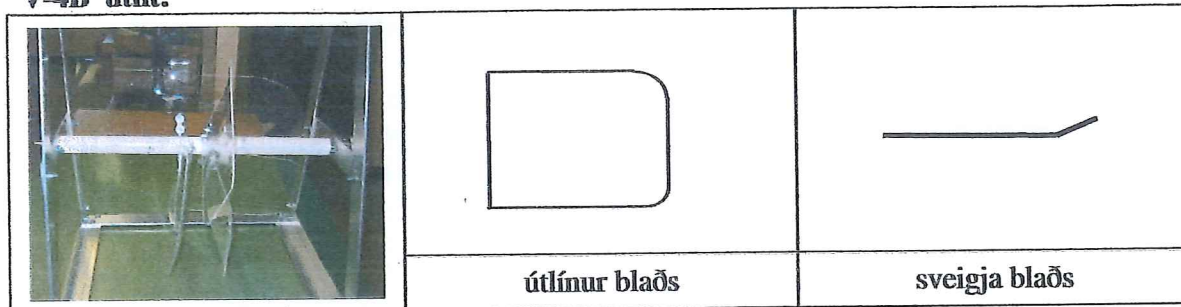
Eins og fram kemur hér að framan var gerð V-4 lengur á hugmyndastigi en aðrar gerðir. Hann er árangur viðleitni til þess að hámarka vinnsluflot en lágmarka mótstöðuflot. Markmið þeirrar viðleitni var að blöð yrðu að fullu flöt við straumi vinnslumegin en sneru að fullu jaðri uppí straum mótstöðumegin, og án þess að sveigja blaða eða aðrir þættir mynduðu mótsöðu. Nokkrar lausnir koma til greina á þessu viðfangsefni. Í gerð V-4 er komist nærri þessari lausn. Snúningur blaða er leystur með því annarsvegar að gagnstæð blöð eru föst á sameiginlegum ási með kvarthring afstöðumun, og hinsvegar með því að blöðin eru hallandi á þessum ási. Þetta gaf góða raun í prófunum, en þó var ekki prófað hvort einungis annar þessara þátta myndi duga til snúnings. Verður það prófað í næsta áfanga, en líkur benda til að einungis halli blaðsins á ásnum myndi duga. Reynist svo vera væri unnt að breyta fjölda og röðun blaðanna á meginásnum.

Gerð V-4 var smíðuð í fjórum útfærslum eins og áður er sagt, en einungis voru prófaðar útgáfur V-4B og V-4D, og sú síðarnefnda þó minna. V-4A var með fremur litlum, sléttum blöðum; hallandi á ásnum. Hún var einkum smíðuð til að sannprófa virkni þessa fyrirkomulags, en strax kom í ljós að vænlegra væri að hafa blöðin stærri og með brík af einhverju tagi til að halda vatnsþrýstingnum lengur og vega á móti áshallanum. Útgáfa V-4C

var með 6 ásum og fremur litlum sléttum blöðum, án verulegs halla. Hún var smíðuð til að kanna möguleikana á að þjappa blaðpörunum saman á meginásnum. Strax við fyrstu prófanir kom í ljós að afköst hennar voru mun minni en V-4B, og þótti ljóst að blöðin væru að trufla streymi og nýtingu hvers annars, þó þau gætu snúist hindrunarlaust. Hugsanlegt er þó að þetta mætti laga með meiri áshalla blaða og annarri lögun þeirra. Hér verður lýst niðurstöðum prófana V-4B og V-4D.

3.1.3.1. Útgáfa V-4B

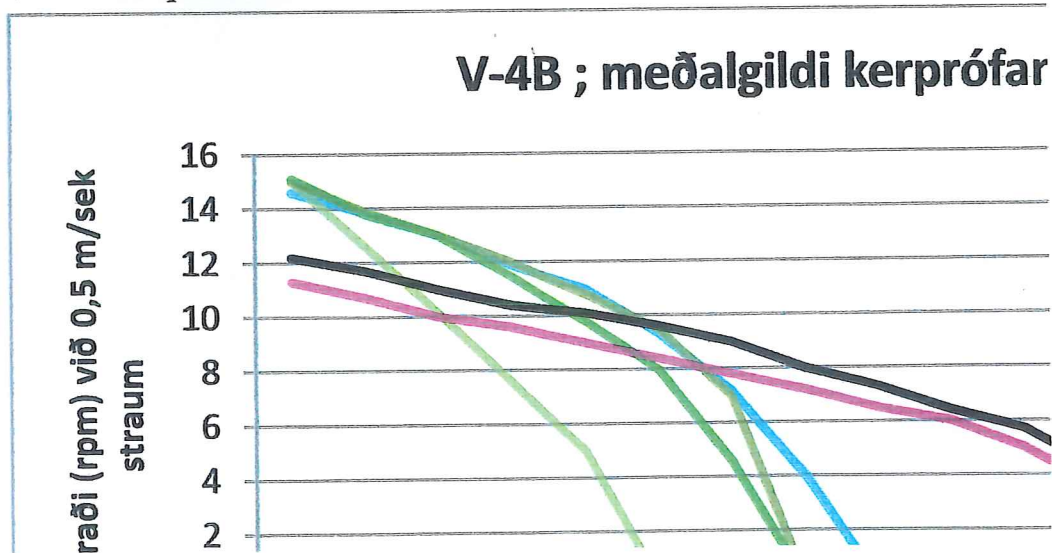
V-4B útlit:



Helstu stærðir:

Þvermál hverfilhjól: 50 cm	Breidd hverfils: 54 cm	Öxulgerð: beinn
Blað: hámb: 25,5; hámh: 23	Flatarmál blaðs: 568 cm ²	Áfallshorn blaðs: 90°
Skuggaflötur; 1.684 cm ²	Fjöldi blaða: 8	Innra viðnám: 0,5 +/-50%
Vinnsluflötur; 1288cm ²	Móttöðufötur; 396 cm ²	Virkur flötur; 892 cm ² =53%

Niðurstöður prófana:



	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sec straumhraða.

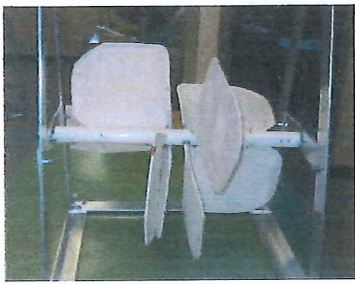
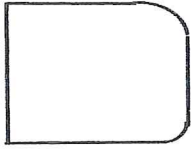

Um niðurstöður prófana V-4B. Línuritð að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu átaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Niðurstöðurnar í framangreindu grafi, sem eru meðaltal af 6 mælingum, sýna glögglega hve þessi gerð hverfilsins sker sig úr öðrum gerðum, einkum varðandi það að skila meira átaki við lágan snúningshraða og vaxandi snúningsgetu við hámarksálag. Að vísu er snúningshraðinn án álags mun minni en annarra gerða, en það eru stærðir sem skipta hverfandi máli varðandi notagildið. Að auki er hverfillinn einfaldur að uppbyggingu og gefur ýmsa möguleika til frekari þróunar. Þessi hverfilgerð virðist því komast næst því að uppfylla þá eiginleika sem sóst er eftir.

Rétt er að geta þess að vegna hinna fáu stóru blaða V-4 hverflanna voru sveiflur mun meiri í álestri átaksmæla en við mælingar annarra gerða. Þetta eykur óvissustig niðurstaðna, en á móti kemur að mælingar voru endurteknaðar a.m.k. 6 sinnum fyrir hvert gildi í stað 5 hjá öðrum gerðum.

3.1.3.2. Útgáfa V-4D

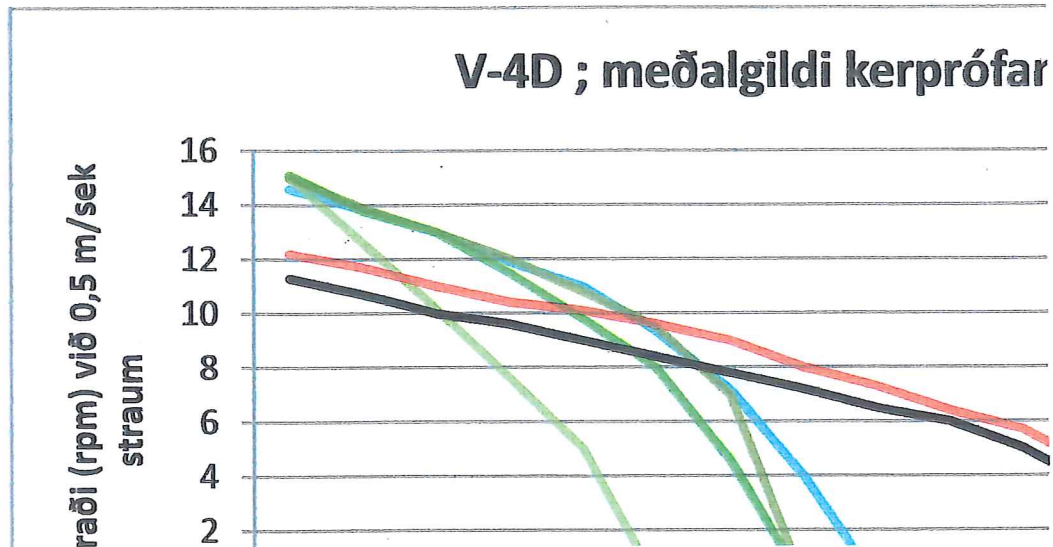
V-4D útlit:

		
	útlínur blaðs (stífur rammi)	sveigja blaðs (dúkur)

Helstu stærðir:

Pvermál hverfilhjóls: 50 cm	Breidd hverfils: 56 cm	Öxulgerð: beinn
Blað: hábr: 26,5; hámh: 23	Flatarmál blaðs: 569 cm ²	Áfallshorn blaðs: 90°
Skuggaflötur; 1.684 cm ²	Fjöldi blaða: 8	Innra viðnám: 0,5 +/-50%
Vinnsluflötur; 1288cm ²	Mótstöðuflötur; 396 cm ²	Virkur flötur; 892 cm ² =53%

Niðurstöður prófana:



	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

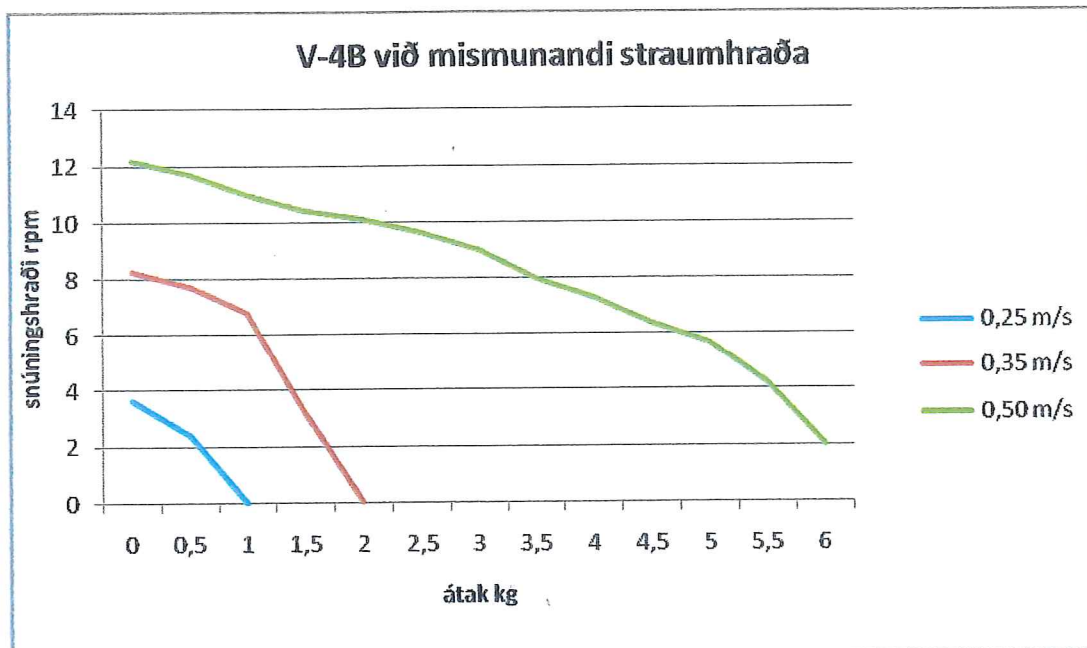
Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Um niðurstöður prófana V-4B. Línuritið að ofan sýnir snúningshraða hverfilsins sem fall af mismunandi innstilltu átaki. Sýndir eru ferlar annarra hverfilgerða til samanburðar. Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

Líkan V-4D var smíðað í sömu málum og V-4B. Ætlunin með því var að prófa áhrif þess að nota mjúkt efni í blaðhliðar í stað harðplasts. Með því að hafa slaka á efninu mætti láta það laga sig í straumnum, þannig að það fengi pokalögun þegar blaðið væri flatt og héldi þannig straupunganum, en lægi flatt með lágmarksviðnám þegar blaðjaðarinn gengi andstreymis. Segja má að ekki hafi fengist úr þessu skorið að fullu, þar sem efnið sem notað var reyndist ekki heppilegt. Einkanlega vildi ramminn, sem var úr 6 mm snittteini, svigna í straumnum. Þá var líming dúksins ekki nógu nákvæm, þannig að pokalögun varð misjöfn milli blaða. Þörf er á endurtekningu þessara prófana með vandaðri aðferðum, enda gæti þessi aðferð opnað ýmsa möguleika í efnisvali og afköstum. Því eru niðurstöður þessar hafðar hér með, jafnvel þó þær séu síst marktækar af öllum gerðum sem prófaðar voru.

Áhrif mismunandi straumhraða og straumstefnu

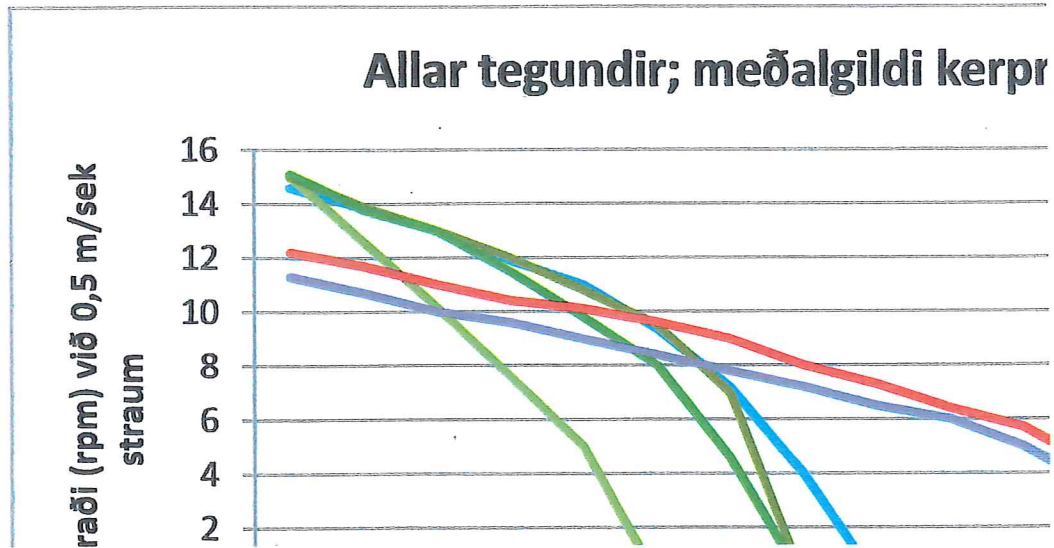
Þær prófanir sem lýst er í þessari skýrslu fóru fram við straumhraðann 0,5 m/sek, sem er hámarkshraði prófunarkersins, og við straumstefnuna 90° m.v. meginöxul hverfils. Til að kanna áhrif mismunandi straumhraða og straumstefnu voru gerðar nokkrar prófanir á útgáfu V-4B. Eftirfarandi tafla sýnir mælingar við 0,25 m/sek og 0,35 m/sek, en til samanburðar eru áðurgreindar niðurstöður við 0,5 m/sek straumhraða. Allar þessar mælingar eru gerðar við 90° straumstefnu, og byggja á a.m.k. tveimur mælingum hvert gildi.



	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
0,25 m/s	3,65	2,4	0										
0,35 m/s	8,25	7,7	6,8	3,2	0								
0,50 m/s	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2

Línuritið gefur líkast til einhverja vísbendingu, en hafa þarf í huga að ónákvæmni er veruleg þegar komið er svo nærri byrjunarhraða hverfilsins. Sem fyrr má reikna með að innra viðnám sé um 0,5 kg (+/- 50%) og eru því skekkjumörk orðin mjög veruleg. Búast má við að betri mynd fáiast í þessu efni þegar hverfillinn verður prófaður við hraða umfram 0,5 m/sek.

Hverfillinn var einnig prófaður lítillega við aðra straumstefnu. Í ljós kom að þegar straumstefnan var 70° á meginásinn minnkaði snúningshraði hans um ca 4%, og var sú minnkun svipað hlutfall fyrir hvert innstillt átak. Þetta gefur vísbendingu um að hverfillinn þoli tiltölulega vel að fá á sig nokkra sveiflu í straumstefnu, en við því gæti verið að búast í þeim röstum sem honum er ætlað að virkja.

3.2. Samanburðartöflur


	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
V-2	14,6	13,85	13	11,9	11	9,35	7,2	4	0				
V-3A	15	12,6	10,15	7,6	5	0							
V-3B	15	13,9	13	12	10,8	9,5	7	0					
V-3C	15,1	13,8	13	11,5	9,8	8	4,6	0					
V-4B	12,2	11,7	11	10,4	10,1	9,6	9	8	7,3	6,4	5,7	4,2	2
V-4D	11,3	10,7	10	9,6	9	8,4	7,8	7,2	6,5	6	5	3,5	2

Tölurnar sýna átak við 0,5 m/sek straumhraða.

	V-2	V-3A	V-3B	V-3C	V-4B	V-4D
þvermál hjóls cm	50	50	50	50	50	50
breidd hverfils cm	44	46	50	46	54	56
öxulgerð	2;15°	beinn	beinn	beinn	beinn	beinn
blað hámm. br x h	29,5x21	25x22	29,5x21	23,5x22	25,5x23	26,5x23
blaðstærð cm ²	320	336	399	451	568	569
áfallshorn °	55	73	83	83	90	90
fjöldi blaða	16	16	10	12	8	8
innra viðnám	0,5±50%	0,5±50%	0,5±50%	0,5±50%	0,5±50%	0,5±50%
skuggaflötur cm ²	1520	1104	1486	1508	1684	1684
vinnsluflötur cm ²	1010	739	1100	1008	1288	1288
móttöðufötur cm ²	510	365	386	500	396	396
virkur flötur cm ²	500	374	714	508	892	892
hlutfall virks flatar %	33	34	48	34	53	53

Skýringar:

Áfallshorn blaðs = hornið sem blaðið myndar við straum sem fellur hornrétt á meginöxulinn

Innra viðnám líkans = átak í kg á 5 cm arm sem festur er á efri öxul

Skuggaflötur = Þversnið hverfilsins í heild, mælt hornrétt á straumstefnunna

Vinnsluflötur = Sá hluti skuggaflatar sem er þeim megin meginöxuls sem snýst undan straumi

Móttöðufötur = Sá hluti skuggaflatar sem er andstreymis og dregur því úr afli hverfilsins

Virkur átakflötur = Vinnsluflötur að frádrögnum móttöðufleti, eða sá flötur sem skilar endanlegu afli hverfilsins

Hlutfall virks átakflatar = hlutfall virks flatar af skuggaflati, tilgreindur í heilu prósentu.

4.hluti Áættlanir

4.1. Næstu áfangar prófana

2. Þróunaráfangi. Að loknum þessum fyrsta áfanga kerprófana er framundan 2. áfangi þróunarferlisins. Hann felst í eftirfarandi meginþáttum:

- framhald kerprófana sem miðast að greiningu bestu aðferða; háþörfun afkasta og efnisvali, ásamt samanburði á afli miðað við aðrar gerðir hverfla;
- hönnun og smíði stærra líkans (frumgerðar) til prófunar í sjó við raunverulegri aðstæður;
- prófun frumgerðar í sjó;
- þróun aðferða til meðhöndlunar hverfilsins, þ.m.t. lagningar; endurheimtu; viðgerða; landtöku rafmagns o.fl. þátta;
- kannanir á markaði; samstarfi og fjármögnun.

Fjármögnun. Sótt hefur verið um styrk til Tækniþróunarsjóðs til fjármögnunar verkefnisins næstu þrjú ár. Er vonast til að skilningur verði á nauðsyn þessa þróunarverkefnis, enda er þetta verkefni einstakt hérlendis og ástæða er til að ætla að það geti haft mikla þjóðhagslega þýðingu í fjármunamyndun; framleiðsluverðmætum; atvinnusköpun og tækniþróun. Fáist styrkur frá TÞS mun vinnuframlag verkefnisstjóra verða mótframlag, auk þeirra styrkja annarra sem verkefnið kann að hljóta. Sótt verður um framhaldsstyrk hjá Orkusjóði, og má ætla að verkefnið eigi góða möguleika á honum í ljósi framangreindra niðurstaðna. Valorka ehf hefur þegar hlotið framlag á fjárlögum til rannsókna á sviði sjávaorku og er ekki vafamál að þessi tvö verkefni; rannsóknarverkefnið og þróunarverkefnið, munu styrkja hvort annað.

Samstarf. Áfram verður leitað eftir samstarfi við þá aðila sem hingað til hafa reynst verkefninu mikilvægir og hjálplegir. Halldór Pálsson PhD, dósent í vélaverkfræði við HÍ, hefur þegar fallist á að veita sérfræðilega ráðgjöf og er hans aðkoma mjög mikils virði. Aðalsteinn Erlendsson mun áfram vinna við teiknun og ýmsa aðstoð, og sömuleiðis verður áfram leitað til Jóhanns Björgvinssonar verkfræðings og Lárusar Pálmasonar. Eflaust þarf að kaupa fagvinnu í ríkara mæli þegar hafin verður smíði og prófun frumgerðar. Líklegt er að í þessum áfanga verði leitað eftir heppilegum samstarfsaðilum. Einkum verður þá horft til aðila sem starfa á öðru sviði en hefðu áhuga á samstarfi vegna hagsmuna af sölu eða þjónustu. Það gætu t.d. verið seljendur rafbúnaðar; festinga; efnis eða þjónustu við rekstur virkjananna. Einnig gætu þetta orðið fjármögnunaraðilar eða aðilar í markaðssetningu. Leitast verður við að vanda þetta val og gæta grundvallarsjónarmiða um eflingu íslenskrar framleiðslu og tækniþróunar eftir föngum.

Aðstaða og staðsetning. Enn um sinn er búist við að þróunarstarfið verði með aðsetur að Ásbrú. Annað verður þó athugað ef það sýnist heppilegra, og gera má ráð fyrir að sumir þættir verði unnir annarsstaðar. Líklegt er að straumkerið í Grindavík dugi fyrir minni líkön eins og verið hefur, en til viðbótar verða þau prófuð á slöngubát eins og lýst hefur verið. Hugsanlegt er þó að farið verði með einhver líkön í prófunarker erlendis. Gert er ráð fyrir að þegar sumarið 2011 verði farið að huga að staðarvali fyrir prófun frumgerðar í sjó, en búist er við að sá staður verði við Íslandsstrendur. Þó má vera að á einhverju stigi verði samið við prófunarmiðstöðvar, s.s. EMEC í Orkneyjum, um tímabundnar prófanir sjógerðar. Ekki er ólíklegt að prófunarstaður hérlendis verði í Breiðafirði eða við annes sunnantil á Vestfjörðum.

4.2. Um markaðshorfur

Í kafla 1.1.2. hér að framan var fjallað um þörf og raunhæfi sjávarfallavirkjana og rökum leitt að eftirfarandi fullyrðingum í þeim efnum:

- Sjávarfallaorka er líklega ein öruggasta og stöðugasta orkulind sem völ er á.
- Sjávarfallaorka er mjög umfangsmikil og endurnýjanleg orkulind, og víða aðgengileg.
- Sjávarfallaorku er unnt að virkja án verulegra umhverfisáhrifa.
- Reglulegar sveiflur í orkuframléiðslu sjávarvirkjana má jafna með þekktum aðferðum.
- Um allan heim hefur orðið stefnubreyting í orkumálum og leitað er leiða til að afla orku með sjálfbærum og umhverfisvænum hætti, sem opnar mikla markaðsmöguleika.
- Tækniþróun hefur fleygt mjög fram síðustu ár og lausnir liggja fyrir á tæknilegum viðfangsefnum, þó síðar muni koma í ljós hverjar reynast hentugastar.
- Orkuverð frá sjávarfallavirkjunum er líklegt til að verða fljótlega samkeppnishæft við önnur virkjanaform eftir að tækni- og orkuframléiðsla hefst að ráði.

Í ljósi þessara atriða má fullyrða að ný tækni sem opnar nýja möguleika til nýtingar á þessari umfangsmiklu, hreinu, stöðugu og eftirsóttu orku hefur augljóslega mjög mikla möguleika varðandi markaðssetningu og söluhorfur. Vandséð er að nokkur ný tækni geti boðið upp á sambærilega möguleika í því efni. Til hliðsjónar má líta til þeirrar velsældar sem olía og önnur jarðefnaeldsneyti veittu einstökum framleiðsluríkjum á fyrri áratugum. Munurinn er sá núna að ríki eru sem óðast að leita leiða til að verða óháð jarðefnaeldsneyti og nýta fremur það frelsi sem felst í nýtingu orku í eigin efnahagslögsögu; orku sem að auki er án mengunar.

Spurningin um markaðshæfi Valorka hverflanna snýr því ekki að því hvort sjávarfallaorka sé vænlegur orkuöflunarkostur, heldur hvernig hverflarnir standa í samanburði við aðra tækni á þessu sviði. Í kafla 1.1.3. hér að framan var fjallað um helstu gerðir sjávarfallahverfla sem nú eru komnir lengst í þróun. Þrjár staðreyndir blasa við varðandi tækniþróun sjávarfallahverfla. Í fyrsta lagi er þróunin enn á byrjunarstigi og mikill fjöldi aðferða og möguleika á eflaust enn eftir að líta dagsins ljós. Í öðru lagi eru allir hverflar sem lengst eru komnir byggðir á hinni vel þekktu skrófuhverflataekni sem nýtt hefur verið m.a. til vindorkuframléiðslu og til að knýja skip og flugvélar. Í þriðja lagi hafa þróunaraðilar þessara hverfla eingöngu fengist við að virkja sjávarfallaorku þar sem straumhraðinn er í hámarki í þröngum innfjarðasundum. Þar er orkupéttni að sönnu mest, en hinsvegar eru þessi svæði mjög sjaldgæf í samanburði við þær víðáttur strandsvæðanna sem opnast fyrir tækni sem getur nýtt hægari straum; s.s. 1-2 m/sek. Sá straumhraði er viðfangsefni Valorka hverflanna. Ekki er vitað um neinn hverfil á þessu notkunarsviði sem kominn er lengra í þróun en Valorka hverflarnir, þó vissulega hafi komið fram hugmyndir í þá átt. Og jafnvel þó Valorka hverflarnir fengju fljótlega keppinauta á sama sviði eru engar líkur á að draga myndi úr markaðsmöguleikum; þvert á móti er líklegt að kynningin yrði meiri og fleiri lönd myndu leggja áherslu á orkunýtingu af þessu tagi.

Prófanirnar sem lýst hefur verið í þessari skýrslu eru fyrsta skrefið til að afla vísbendinga um að Valorka hverflarnir séu raunhæft tæki til þeirrar notkunar sem þeir eru ætlaðir. Miklu meiri prófana, þróunar og reynslutíma er þörf til að unnt sé að skera endanlega úr um hæfi í einstökum atriðum. Mikilvægt er að unnt sé að klára þann þróunartíma og komast sem næst raunhæfum gildum í öllum efnum. Á þeim tíma mun reyna jafnt á fjármögnunar- sem fagaðila, en ekki síður að vel takist til um áætlanagerð og skipulagningu. Markaðsrannsóknir og kynningarstarf eru mikilvægir þættir sem þarf að sinna, ekki síður en þróunarstarfinu sjálfu. Það hefur verið gert að nokkru marki, en fljótlega þarf að því fagaðila.

Á þessu stigi þróunarverkefnisins verður ekki mikið fullyrt varðandi þær leiðir til markaðssetningar og sölu sem kynnu að standa Valorka hverflunum til boða. Þar væri meðal annars unnt að fara eftirfarandi leiðir:

- Sala hugmyndarinnar á einhverju forstigi þróunarferlis. Eftir því sem fleiri stoðum er skotið undir raunhæfi og markaðshæfi verður hugmyndin verðmætari. Nú þegar, við einkaleyfaöflun og þær kerprófanir sem að baki eru, má reikna með að töluvert verðgildi sé í henni fólgið þó enn hafi það ekki verið metið sérstaklega.
- Sala eða leiga framleiðsluréttar eftir að forstigum þróunarferlis lýkur, annaðhvort að hluta eða öllu leyti. Þetta kann að koma til álitu, en er þó ekki markmið Valorku sem stendur.
- Framleiðsla hverfilsins og sala sem fullunninnar vöru. Sem stendur eru þetta stefnumið Valorku ehf. Vafalítið þurfa þó að þessu að koma ýmsir öflugir samstarfsaðilar. Þar má t.d. nefna framleiðendur rafbúnaðar og annarra íhluta, auk sérhæfðra aðila um ýmsa þætti í rekstri orkuveranna; markaðssetningu o.fl.
- Framleiðsla hverflanna; uppsetning og umsjón orkuvera og sala orku. Með þessu væri ferlið gengið til enda. Ferillinn að þessu marki tekur mikinn tíma og er ekki fær nema til komi veruleg langtímafjármögnun. Þá þarf um þetta víðtæka samvinnu öflugra og sérhæfðra aðila á ýmsum sviðum. Hinsvegar er líklegt, ef vel tekst til, að með slíkri heildarskipulagningu ferlisins frá hugmynd og hráefni til framleiðslu og sölu afleiddra afurða megi hámarka arðsemi stofnfjár og stýra annarri arðsemi og atvinnusköpun. Þessum möguleika verður haldið opnum í þróunarferli Valorka hverfilsins.

Lokaorð.

Valorka hverflarnir eru nýjung í íslenskri tækniþróun. Ekki er vitað til að neinn annar íslenskur hverfill hafi komist jafn langt í þróun. Valorka sjávarorkuhverfillinn hefur mikla sérstöðu á heimsvísu varðandi notagildi og hönnun, eins og lýst hefur verið hér að framan. Með Valorka hverflinum hafa Íslendingar því einstakt tækifæri til að komast í fremstu röð varðandi tækniþróun í þessari grein orkuframleiðslu, sem öruggt má telja að verði mjög eftirsótt innan fárra ára. Mikið veltur því á framsýni þeirra sem nú ráða fyrir skipulagi og fjármögnun nýsköpunar og orkumála á Íslandi; bæði stjórnámálanna og stofnana. Af afstöðu þeirra ræðst hvort Valorka hverfillinn verður áfram þróaður héraðs og eykur hér hagvöxt og fjármunamyndun, eða hvort hann flyst úr landi eins og margar aðrar íslenskar uppfinningar.

