Ölduvirkjanir við Vestmannaeyjar

Sigurður Georg Óskarsson

Lokaverkefni í vél- og orkutæknifræði BSc

2013

Höfundur: Sigurður Georg Óskarsson
Kennitala: 020687-2159
Leiðbeinandi: Jón Bernódusson

Tækni- og verkfræðideild
School of Science and Engineering

Tækni- og verkfræðideild

Heiti verkefnis:

Ölduvirkjanir við Vestmannaeyjar

Námsbraut:

Vél- og orkutæknifræði BSc

Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði BSc

Önn:

7

Námskeið:

VT-LOK-1012

Höfundur:

Sigurður Georg Óskarsson

Umsjónarkennari:

Indriði Sævar Ríkharðsson

Leiðbeinandi:

Jón E. Bernódusson

Fyrirtæki/stofnun:

Háskólinn í Reykjavík

Ágrip:

Meginmarkmið þessa verkefnis er að kanna möguleika á að setja niður ölduvirkjanir við Vestmannaeyjar og afla þannig bænum að hluta fyrir rafmagni. Byrja þarf á að skoða ölduvirkjanir sem í boði eru í heiminum og velja svo útfrá því virkjanir sem gætu verið ákjósanlegur kostur til að kanna möguleikana fyrir Vestmannaeyjar.

Til að geta reiknað út hver hugsanleg afkastageta virkjananna yrði þarf að fá tölur frá Siglingastofnun sem sýna öldufar við Vestmannaeyjar frá árinu 2012. Í framhaldi af því er hægt að áætla raforkuverð.

Dagsetning:

4.12.2013

Lykilorð íslensk:

Sjálfbær orka
Ölduvirkjanir
Vestmannaeyjar

Lykilorð ensk:

Wave power
Wave power station
Vestman island

Dreifing:

opin ■ **lokuð** ☐ **til:**

1 Formáli

Verkefni þetta er lokaverkefni til B.s.c gráðu í Vél- og orkutæknifræði við Háskólann í Reykjavík, haustið 2013. Hugmyndin um að skoða virkjanir sem gætu beislað sjávarorku kviknaði þegar ég fór út í eina af úteyjum Vestmannaeyja (Hellisey) í eggjatöku í sumar. Krafturinn í sjónum er mikill og kom því hugmyndin um að það gæti verið gott tækifæri fyrir Vestmannaeyjar að nýta þennan sjálfbæra orkugjafa til að bæta orkunýtingu.
Næsta skref var upplýsinga öflun þar sem ég settist niður og aflaði mér upplýsinga á veraldarvefnum og kynnti mér þar sjávarorkuiðnaðinn og skoðaði möguleika á því að fjalla um ölduvirkjanir við Vestmannaeyjar í lokaverkefninu mínu.
Í framhaldi af þessari vinnu hafði ég samband við Jón Bernódusson starfsmann Samgöngustofu og bar hugmyndina undir hann. Jón tók verkefninu vel enda Eyjamaður og mikill höfðingi. Jón hefur í gegnum tíðina kennt nemendum aflfræði við Háskólann í Reykjavík og leiðbeint nemendum sem hafa haft áhuga á sjálfbærum orkugjöfum. Eftir nokkra fundi með Jóni fengum við til liðs við okkur Ingunni Ernu Jónsdóttur verkfræðing hjá Vegagerðinni. Ingunn aðstoðaði við að finna öldufar og sjávardýpi við Vestmannaeyjar.

Mikil vinna lá bakvið upplýsingaröflun um þær virkjanir sem þegar hafa verið settar á stokk. Ég hafði samband við verkfræðinga hjá nokkrum fyrirtækjum í sjávarorkugeiranum erlendis. Misvel gekk að fá upplýsingar, en flestir voru mjög samvinnufúsir. Margar af þessum virkjunum eru þó enn á þróunarstigi og þar af leiðandi erfitt fyrir fyrirtæki að gefa upp upplýsingar um aflgetu og stofnkostnað virkjana.
Ég vil nota tækifærið og þakka Jóni Bernódussyni fyrir góðan stuðning við gerð þessa verkefnis. Einnig vil ég þakka Ingunni Ernu Jónsdóttur fyrir aðstoð við gagnaúrvinnslu, ásamt Indriða S. Ríkharðsyni fyrir aðstoð við forrit.

Reykjavík 4. desember 2013

Sigurður Georg Óskarsson

Efnisyfirlit

1 Formáli **i**

2 Inngangur **1**

3 Veitukerfið í Vestmanneyjum **2**

3.0.1 Rafmagnið í Vestmanneyjum 2

3.0.2 Hitaveitan 3

3.1 Raforkunotkun 2012 4

4 Almennt um ölduvirkjanir **5**

5 Ýmsar ölduvirkjanir **6**

5.1 Wave dragon system 6

5.1.1 Kaplan túrbína 6

5.2 Wave Buoy 7

5.2.1 Power Buoy 7

5.2.2 Aflbreytir Power Buoy 8

5.2.3 Aqua Buoy 8

5.2.4 Pelton túrbína 9

5.2.5 Seabased 9

5.3 WaveEL 10

5.4 Pelamis Wave Energy converter 11

5.4.1 Aflbreytieining Pelamis 11

5.5 Wave oyster 12

6 Oscillating water colum **13**

6.1 Hönnun 13

6.2 Wells túrbína 14

7 Ölduvirkjun við Vestmannaeyjar **15**

7.1 Val á staðsetningu 15

7.1.1 Oscillating water colum 19

7.1.2 Pelamis 23

7.1.3 Wave dragon 25

7.1.4 Oyster 27

7.2 WaveEL 29

8 Kostnaður á mögulegum kerfum til orkuframleiðslu 31

9 Niðurstöður 33

10 Samantekt og næstuskref 34

11 Viðauki 37

Myndaskrá

1 Rafstrengirnir til Vestmannaeyjar . . . 2
2 Útskýringarmynd af rafskautsketil . . . 3
3 Raforkunotkun í Vestmannaeyjum árið 2012 . . . 4
4 Wave dragon system . . . 6
5 Martin Power buoy . . . 7
7 Skýringar á færslu AquaBuoy . . . 8
8 Seabased buoy línulegur rafall . . . 9
9 WaveEL vökvakerfi . . . 10
10 Pelamis virkjunin í Skotlandi . . . 11
11 Skýringarmynd af Pelamis aflbreytir . . . 12
12 Skýringar mynd af Oyster . . . 12
14 Skýringar mynd af Wells túrbínu . . . 14
15 Smáeyjar . . . 15
16 Virkjunarsvæði . . . 16
17 Skorðað öldusvæði . . . 17
18 Meðal öldfar við Vestmannaeyjar árið 2012 . . . 17
19 Sjávardýpi á svæðinu . . . 18
20 Sjávardýpi kringum Vestmannaeyjar . . . 18
21 Framkvæmdaferill Ocillating water colum . . . 19
22 Ocillating water colum séð á hlið . . . 20
23 Ocillating water colum horft framan á túrbínurnar . . . 20
24 Öldukraftar á virkjunarsvæði 10 1-b . . . 22
25 Afköst ISlAY Öldustöðvar . . . 22
26 Pelamis í Skotlandi . . . 23
27 Öldukraftar á Lína 1 . . . 24
28 Afköst Pelamis virkjunarinnar . . . 24
29 Skýringarmynd af Wavedragon . . . 25
30 Horft framan á Wavedragon . . . 25
31 Ölduorka á línu 4 . . . 26
32 Afköst Wavedragon virkjuninar . . . 26
33 Oyster virkjunin á þurrulandi . . . 27
34 Ölduorka á linu 10 . . . 28
35 Afköst Oyster 315 virkjunar . . . 28
36 WaveEL . . . 29

37 Afköst WaveEL virkjunarinnar 30
38 Heildar afköst virkjanna 31
40 Orkuverð virkjana ef þær ættu að geta staðið undir sér 32
41 Afkastagetu tafla fyrir Pelamis ölduvirkjunina 37
42 Afkastagetu tafla fyrir Wavedragon ölduvirkjunina 37
43 Wavedragon 37
44 Afkastagetu tafla fyrir AquaBuOY ölduvirkjunina 38
45 Afkastagetu tafla fyrir Oyster ölduvirkjunina 38
46 Afkastagetu tafla fyrir WAveEL ölduvirkjunina 38
47 Ferill á NACA0012 túrbínublaðinu 47
48 Samsett túrbína með NACA0012 blöðum 47

2 Inngangur

Allur raforkuflutningur til Vestmannaeyja fer fram í gegnum rafstrengi frá meginlandinu. Á álagstímum getur komið sú staða upp að rafstrengirnir anna ekki eftirspurn bæjarins og fiskvinnslubræðslur þurfa þá oft að grípa til þeirra ráða að keyra olíukatla fyrir orkufrekann iðnað sinn. Í þessu verkefni verður fjallað um þann möguleika að virkja öldur við Vestmannaeyjar og afla bænum að hluta rafmagni til að lýsa upp bæinn og kynda heitavatnið.

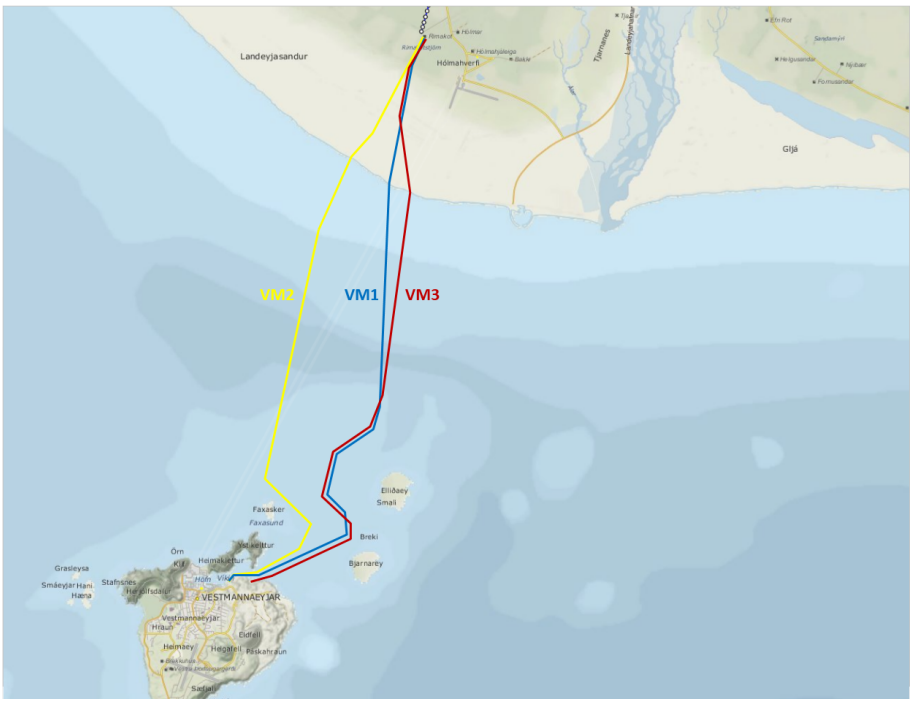
Íslendingar búa yfir mikilli þekkingu á jarðvarma- og fallvatnsvirkjunum. Þróun öldu-virkjana hefur verið góð síðustu ár og hafa Danir, Skotar, Bretar og Bandaríkjamenn framarlega á því sviði. Íslendingar mættu skoða betur og taka þátt í að nota og þróa þennan virkjunarkost, því enn eru staðir við strendur Íslands sem ekki hafa rafmagn.

Til að skoða þetta betur verður svæðið í kringum strandlínuna við Vestmannaeyja afmarkað og reikna út öldukrafta þar. Nokkrar virkjunarútfærslur verða skoðaðar sem gætu orðið vænlegur kostur til að setja þar niður en þessar virkjanir eru afar marga og mismunandi, bæði eru þær settar niður við ströndina, niðurá hafsbotninn og fljótandi á yfirborði sjávar.Við Vestmannaeyjar getur verið mjög vindasamt og ætti því að vera góður kostur að virkja þar og minnka jafnvel orkuverð til bæjabúa.

3 Veitukerfið í Vestmanneyjum

3.0.1 Rafmagnið í Vestmanneyjum

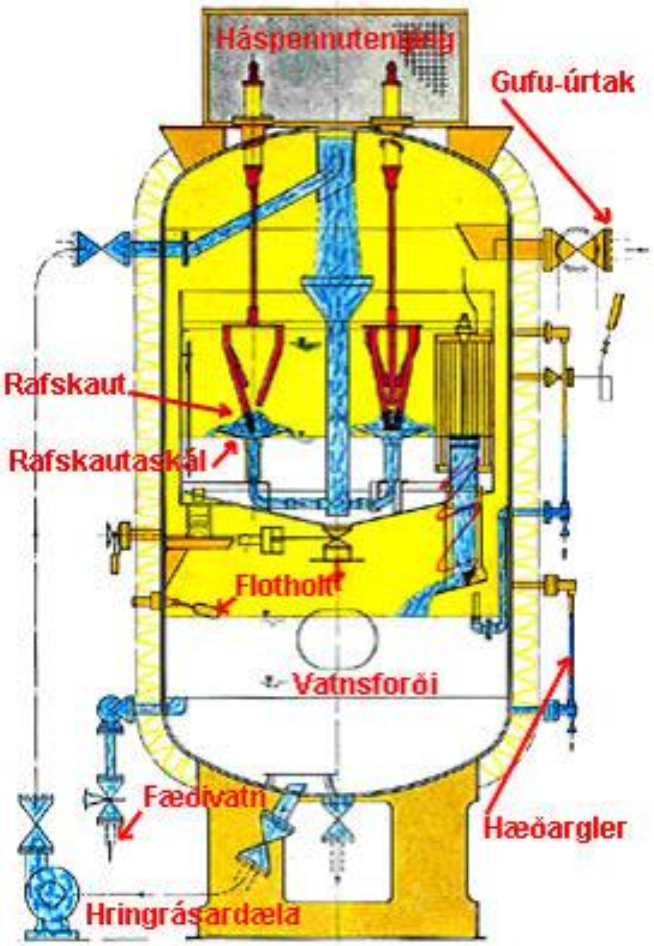
Rafmagnið í Vestmanneyjum kemur frá fastalandinu og er leitt í gegnum tvo sæstrengi sem liggja í aðveitustöðina í Vestmannaeyjum. Þaðan er því dreift um dreifikerfi bæjarins. Á álagstímum anna strengirnir ekki eftirspurn og þurfa m.a. fiskibræðslurnar að kveikja upp í olíuketlunum til að fá rafmagn fyrir orkufrekan iðnaðinn sinn. Frá árinu 1962 hafa tveir sæstrengir sinnt Vestmannaeyjum, þeir kallast Vestanneyjarstrengur 1 og 2 þetta sem eru 33 kw háspennustrengir. Árið 2013 var lagður nýr sæstrengur til Vestmannaeyja þar sem Vestmannaeyjarstrengur 2 var illa farinn og óstöðugur. Nýi strengurinn sem var lagður mun leysa gamla strenginn af hólmi en Vestmannaeyjarstrengur 1 verður þó enn í notkun. Nýi strengurinn er 66 kv háspennustrengur en verður rekinn á 33 kv spennu, unnið er að breytingum vegna spennuhækkunar á nýja strengnum til að auka flutningsgetu til Vestmannaeyja [1].



Mynd 1: Rafstrengirnir til Vestmannaeyjar

3.0.2 Hitaveitan

Hitaveituvatnið í Eyjum er hitað með rafmagni, gufa sem framleidd er með rafskautakötlum er látin streyma í gegnum varmaskifti og hitar þannig vatnið sem kemur undan Eyjafjöllunum. Hitaveitukerfið er tvöfalt og lokað kerfi þar sem vatninu er dælt inn á framrásina til notenda.
Eftir notkun er vatninu dælt til baka og hitað aftur upp. Varmi frá sorpbrennslunni og fiskmjölsverksmiðjunum er notaður til að hita vatnið upp aftur.
Áður en rafskautakatlarnir komu við sögu eftir gos eða árið 1974 reyndu menn að nýta varman úr hrauninu, árið 1988 virtist varminn ekki vera nægur og tóku rafskautakatlarnir því við og hafa verið notaðir síðan þá [2].



Mynd 2: Útskýringarmynd af rafskautsketil
[3]

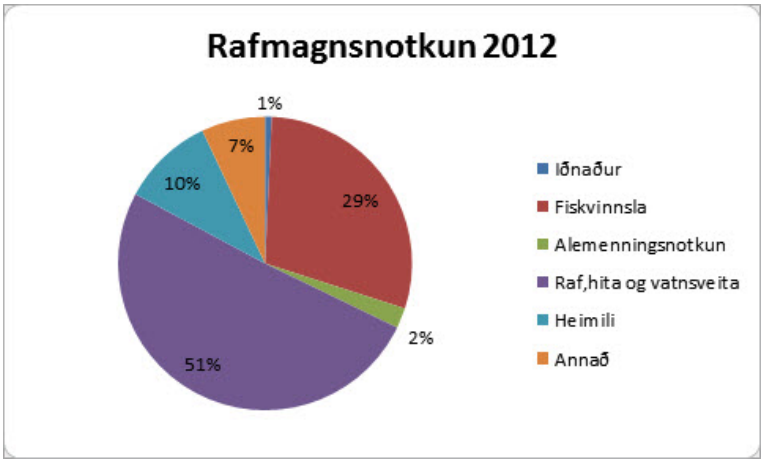
3.1 Raforkunotkun 2012

Hér í töflu 1 má sjá raforkunotkun Eyjamanna árið 2012. Heildarnotkun var Í kringum 130 GWh. Í iðnaðargeiranum eru bakarí, alifuglabú, netagerðir, skipasmíð o.fl. Undir flokknum almenningsnotkun eru sjúkrahús, skólar, sundlaugar og o.fl., undir raf, hita og vatnsveitu má finna raforku til kyndingar og rafskautsketil hitaveitunar.

Mynd 3 sýnir orkunotkunina myndrænt.

Tafla 1: Vestmannaeyjar 2012

	kWh
Iðnaður	961.389
Fiskvinnsla	37.997.663
Almenningsnotkun	2.901.374
Raf,hita og vatnsveita	65.802.323
Heimili	13.203.268
Annað	9.120.418
Samtals	129.986.435



Mynd 3: Raforkunotkun í Vestmannaeyjum árið 2012

Orkunotkunin skiptist í tvo flokka, forgangs- og ótrygga orku. Forgangsorkan er seld til almennar heimilisnotkunar og í fyrirtæki o.fl., en ótrygga orkan er notuð til að kynda upp vatn til húshitunar, einnig er ótrygga orkan notuð í fiskmjölsbræðslum í Eyjum. Hitaveita suðunesja selur forgangsorku til notenda í Vestmannaeyjum á 6,13 kr/kWh en þetta verð er án dreifi- og flutningsgjalds [2]. Ótrygga orkan selst mjög ódýrt enda er óöryggi í afhendingu hennar.

4 Almennt um ölduvirkjanir

Ölduvirkjunartækni byggist á að virkja aflið í ölduhreyfingu. Aldan er virkjuð í upp og niðursveiflu hennar og er rafmagn framleitt þannig. Öldur myndast þegar vindur blæs yfir yfirborð á hafi og myndar þannig samfelldan öldugang. Ölduhæð fer eftir hraða vindsins, dýpt sjávar og grófleika á botni sjávar. Kraftur öldunnar hefur ekki áhrif á sjávarföllin. Öldsveiflurnar eru mestar á yfirborðinu og minnka svo eftir því sem neðar er farið undir yfirborð sjávar. Talið er að öldukraftur við strendur heimsins sé um 2 terrawött eða um 120 terrawött á klukkustund. Þegar það er reiknað á öldukraft fyrir hvern meter er notuð jafnan 1.

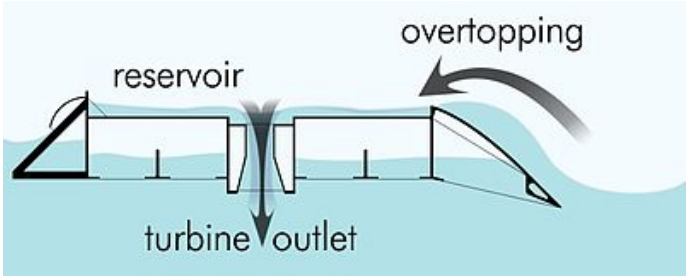
$$E = 0.5 * Hs^2 * T(kW/m)[4] \tag{1}$$

Hs er ölduhæðin[m], T er Sveiflutími[s]. Ef valið er staðsetning vestan megin við Vestmannaeyjar t.d. þar sem ölduhæðin er 1,8 m og sveiflutíminn 8,4 s kæmi út ef við myndum setja í jöfnuna 7,6 kW/m. Öldukrafturinn fer einnig eftir hraða og lengd öldunnar. Þekktar eru um 40 aðferðir til að virkja öldurnar, og eru nokkrar þeirra notaðar. Þær sem eru notaðar nefnast Shoreline, Nearshore og Offshore. Shoreline aðferðin er notuð þegar virkja á öldur við strendur, kosturinn við þessar virkjanir er að auðvelt er tengjast veitukerfinu og viðhald er einnig auðveldara. Við Nearshore aðferðina er virkjunin staðsett á botninum rétt við strönd og hún nýtir yfirborðshreyfingu sjávar og beislar orkuna. Offshore leiðin er þannig að virkjunin flýtur á yfirborði sjávar og nýtir þannig öldusveiflurnar.
Með þessum aðferðum er rafmagnið búið til með línulegum rafala, vatni er dælt upp í lón og látið renna þaðan í gegnum pelton túrbínu á landi. Einnig er notast við vatn og vindhverfla [5]. Nýting á ölduhreyfingu við Ísland ætti ekki að vera vandkvæðum bundið, velja þyrfti ölduvirkjun sem væri hönnuð til að þola kraftinn frá öldunum við strendur Íslands. Mögulega væri hægt að virkja öldurnar í Fjörðum eða hreinlega að byggja einhverskonar trektlaga leiðigarða þannig að garðarnir myndu þrýsta öldunni í átt að virkjunni og þannig minnka í leiðinni brotið á henni.

5 Ýmsar ölduvirkjanir

5.1 Wave dragon system

Wave dragon ölduvirkjunin byggist á Offshore leiðinni til að virkja öldurnar, Wave dragon er fljótandi prammi með túrbínum. Í kringum prammann er rampur sem leiðir öldurnar inn að stóru lóni sem fæðir svo túrbínurnar. Fyrsta virkjunin sem var prófuð er í Danmörku. Talið er að hún geti afkastað 4-10 MW [6]. Tækninni mætti líkja við vatnsaflsvirkjanirnar á Íslandi þar sem vatni er safnað í uppistöðulón og svo látið renna í gegnum Kaplan túrbínur. Hér fyrir neðan má sjá líkan af Wave dragon system.



Mynd 4: Wave dragon system
[6]

5.1.1 Kaplan túrbína

Kaplan túrbína er túrbína af ásstreymisgerð. Hún er hönnuð fyrir mikið rennsli og litla fallhæð. Vatnshjólið svipar til skipsskrúfu. Stórar túrbínur geta náð allt að 90% nýtni. Ásstreymistúrbínur eiga það sameiginlegt að vatnið streymir samsíða snúningsásnum í gegnum vatnshjólið. Oft eru stýriblöð á ástreymistúrbínum og er það gert til að fá sem bestu nýtni út úr túrbínunni. Þetta hentar vel fyrir breytilegt álag, fallhæð og rennsli. Helsti kostur Kaplan túrbínu er að nýtni er svipuð fyrir breytilegt rennsli og fallhæð [7]. Afköst Kaplan túrbínu má reikna samkvæmt formúlu 2.

$$P = \eta * \rho * g * Q * H_e \tag{2}$$

Þar sem η er nýtni , ρ er eðlisþyngd , g er þyndarhröðun, Q flæði og H_e er raunfallhæð.

5.2 Wave Buoy

Til eru nokkrar gerðir af ölduvirkjunum sem líta út eins og öldudufl eða baujur. Þetta eru Offshore ölduvirkjanir sem framleiða rafmagn með vökvatúrbínum, vatnsaflstúrbínum eða línulegum rafal.

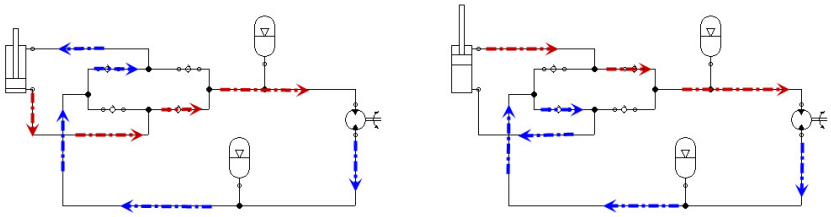
5.2.1 Power Buoy

Árið 2010 var power buoy fyrsta ölduvirkjunin sem var tengd inn á dreifikerfið í Bandaríkjunum. Það var sjóherinn og rafvinnslufyrtæki í Bandaríkjum sem komu þessari PB40 virkjun niður sem var 40 Kw. Virkjunin var 4 m á breitt og 16 m á lengd. Ári seinna var svo sett önnur stærri virkjun í Skotlandi sem er kölluð er PB150, það er 150 kW virkjun (sem skilar afli til rafalls með 866 kW afl). Virkjunin er 11 m á breidd og 43.5 m á lengd. Virkjunin virkar þannig að þegar baujan færist upp og niður með öldunum færist vökvatjakkar með og þrýsta og soga vökva í gegnum vökva mótor sem snýr rafal [8].

Mynd 5: Martin Power buoy

5.2.2 Aflbreytir Power Buoy

Aflbreytir Power Buoy notast við tvívirkan tjakk sem tengdur er við baujuna og knýr vökvamótorinn. Þegar aldan hreyfir tjakkinn í lóðrétta stefnu þrýstir hún vökva í gegnum vökvamótor, við það að tengja vökvatjakkinn beint við vökvamótorinn myndi það láta flæðið í kerfinu vinna á móti snúningsátt mótors þegar tjakkurinn breytir um stefnu. Til að það gerist ekki er notast við fjóra einstreymiloka sem stýra flæðinu alltaf í sömu stefnu til að knýja mótorinn. Til að fá stöðugt flæði og jafnan þrýsting í kerfinu er notast við forðabúr og þrýstijafnara. Skýringarmynd af kerfinu má sjá á mynd 6a og 6b.

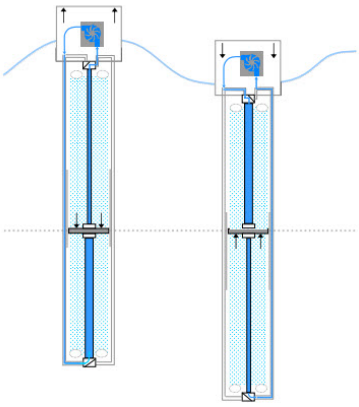


(a) Útskýringarmynd af aflbreyti Power Buoy-Stimpill inni

(b) Útskýringarmynd af aflbreyti Power Buoy-Stimpill úti

5.2.3 Aqua Buoy

Aqua virkjunin er þannig hönnuð að hún er opin í báða enda og á milli er slöngudæla sem dælir vatni í gegnum túrbínu sem snýr rafal. Slöngudælan er föst við stimpill sem hreyfist með öldunum og þannig teygir hún á slöngunni og þrýstir svo á hana þannig að hún dælir vatninu í gegnum pelton túrbínuna. Túrbínan snýr svo rafalinum sem framleiðir rafmagn. Aqua virkjunin sem er á vestuströnd Bandaríkjanna er 3 m í þvermál og 21.3 m á lengd og er hún 250 kW [9].



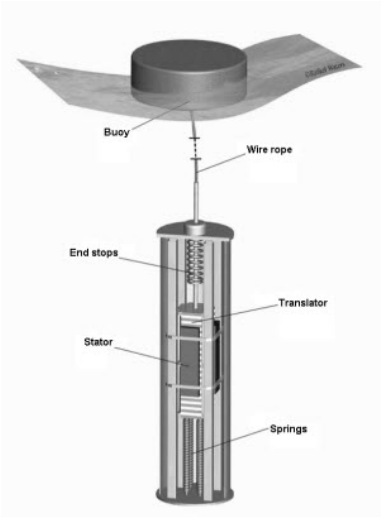
Mynd 7: Skýringar á færslu AquaBuoy

5.2.4 Pelton túrbína

Pelton túrbínan eða Bunu túrbína var tekinn í notkun á seinni hluta nítjándu aldar. Túrbínan er atlagstúrbína, sem hefur mikla nýtni eða um 92% og er oft notuð í smærri vatnaflvirkjanir. Vatninu er leitt með miklum þrýsting inn í svokallaðann bunustút sem beinir vatninu beint á blöðum túrbínunar sem eru í laginu eins og skóflur. Þegar vatnsbunan lendir á blöðunum klofnar hún í tvennt og breytir þannig um stefnu og fer öfuga átt við snúningsátt túrbínuhjóls [7].

5.2.5 Seabased

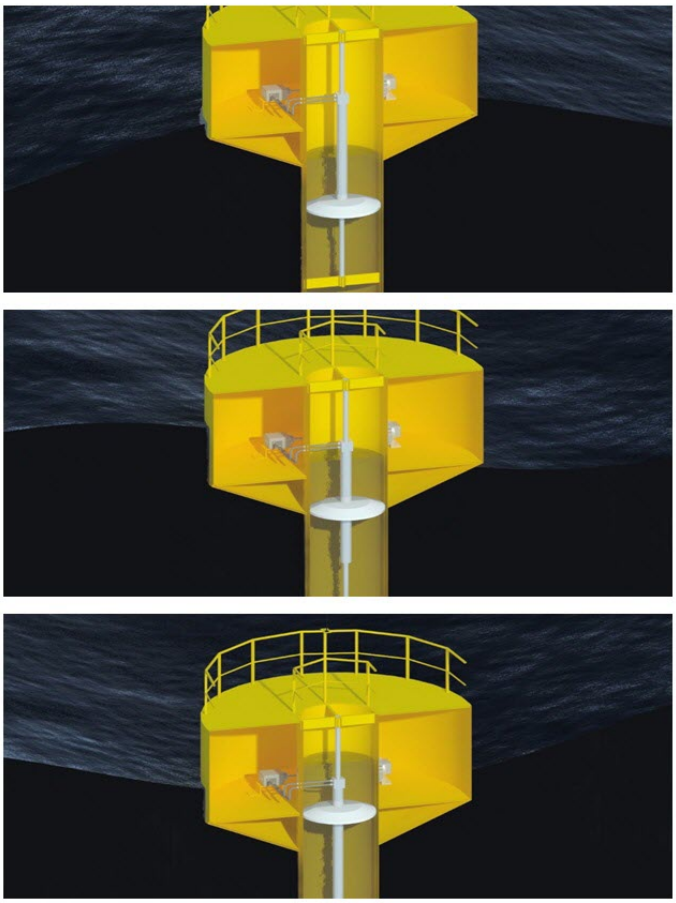
Í Svíþjóð eru búið að vera þróunarverkefni í gangi frá árinu 2002 hjá Háskólanum í Uppsala sem kallast Lysekil. Árið 2005 voru settar 10 baujur niður í Svíþjóð og hver þeirra er 10 kW. Verkefnið snýst um að setja um niður öldustöð við vesturströnd Svíþjóðar. Nú hafa nemendur við Uppsala Háskólanum verið að vinna verkefni með fyrirtæki sem heitir Seabased. Verkefnið var sett á laggirnar 2011 og er áætlað að setja niður virkjanir í Svíþjóð og á Nýja Sjálandi. Virkjunarsvæðið á að vera í kringum 80 hektarar og ætti að geta gefið af sér 10 MW. Virkjuninsvæðið í Svíþjóð á að vera tilbúið árið 2014. Virkni virkjunar er þannig að rafalsbúnaðurinn er á botninu á um 25 m dýpi, búnaðurinn er svo tengdur við bauju sem er 3 m í þvermál með vír. Þegar baujan færist lóðrétt upp og niður með öldunum færist snúður (rotor) með baujunni á tilteknum hraða inn í rafal, hreyfing milli sáturs og snúðs myndar spennu í sáturvafningum og býr þannig til rafmagn [10].



Mynd 8: Seabased buoy línulegur rafall
[10]

5.3 WaveEL

WaveEL öldubaujan er framleidd af Sænsku fyrirtæki sem heitir Waves4power. Virkjuninn er ekki ósvipuð Power buoy virkjunninni þar sem hreyfing öldunar fær stimpill til að hreyfast upp og niður og þrýsta þannig vökva í gegnum vökvatúrbínu. Fyrirtækið Waves4power eru enn með tilraunabaujur í notkun og stefnir fyrirtækið að setja niður 100 virkjanir á virkjunarsvæði á Bretlandi við Cornwall og standa vonir til að geta tengt þær við dreifikerfi sumarið 2014. Hver virkjun er 8 m í þvermál og lengdin á þeim er 30 m, þannig að sjávardýpi í kringum virkjuninna þarf að vera 45 m. Notast er við 150 kW rafal. (Email samskifti við Ulf Lindelöf hjá Waves4Power)



Mynd 9: WaveEL vökvakerfi
[11]

Á mynd 9 má sjá hvernig stimpillinn hreyfist upp og niður með öldunum.

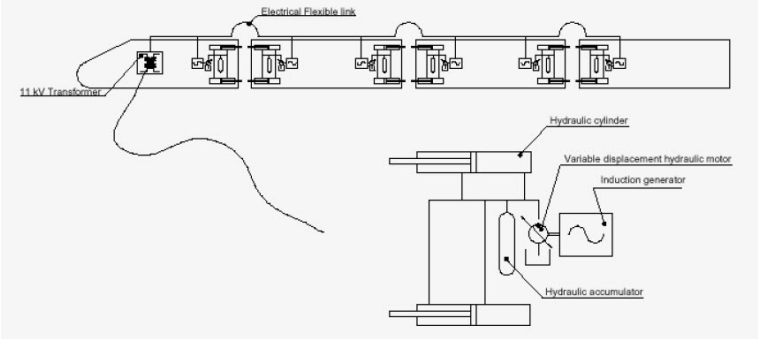
5.4 Pelamis Wave Energy converter

Pelamis virkjunin er fyrsta Offshore virkjunin sem var tengd inn á dreifikerfi. Árið 1998 byrjuðu menn að hanna virkjunina og fyrsta virkjunin var sett niður og tengd við dreyfikerfi árið 2004 í skotlandi. Virkjunin hreyfist líkt og ormur með öldutoppunum og hún samanstendur af 4 hólkum sem tengdir eru saman með einhverskonar hjöruliðum sem hefur aflumbreytirinn sem breytir hreyfiorku í raforku. Hólkarnir eru 4 m í þvermál og er virkjunin sjálf um 180 m löng. Þegar liðirnir hreyfast upp og niður með öldunum knýja 4 vökvatjakkar vökva mótor sem knýr rafalinn áfram. Virkjunin er oftast 2-10 km frá landi og er sjávardýpi kringum hana oftast um 50 m. Afköstin eru í kringum 750 kW á hverri virkjun [12].

Mynd 10: Pelamis virkjunin í Skotlandi
[12]

5.4.1 Aflbreytieining Pelamis

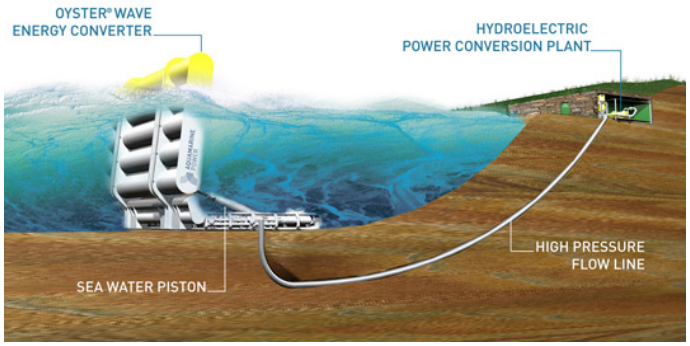
Aflbreytarnir breyta hreyfiorku í vélræna snúningsorku sem knýr rafalinn. Hreyfing öldunar kemur hreyfingu á tjakkana sem pumpa vökva inn í forðabúr sem fæðir vökvamótorinn sem knýr rafalinn. Forðabúrið þjónar þeim tilgangi að taka upp sveiflur í rúmmáli kerfisins, fá jafnt streymi gegnum mótorinn og kæla olíuna svo það verði minni lekatöp í kerfinu [12].



Mynd 11: Skýringarmynd af Pelamis aflbreytir
[12]

5.5 Wave oyster

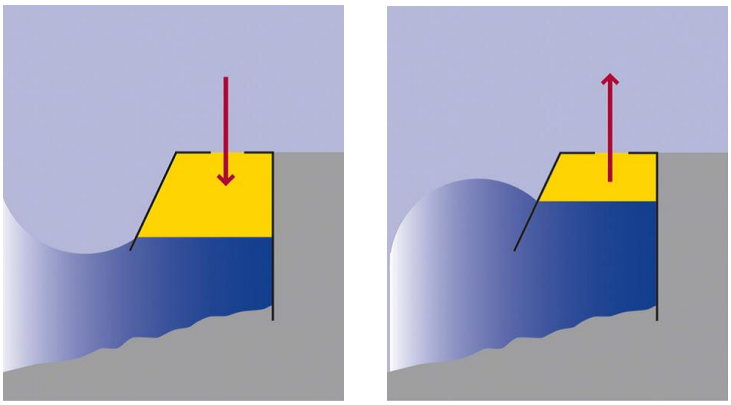
Wave oyster er Nearshore virkjun, sem framleidd er af skoska fyrirtækinu Aquamarine Power, fyrirtækið hóf hönnunar - og þróunarvinnu sína árið 2005 og var fyrsta virkjunin sett niður árið 2009 við eyju sem heitir Orkney mainland. Þetta var prufuvirkjun sem var 315 kw, hún var 400 m frá ströndu og á 12 m dýpi[13]. Tveimur árum seinna ákvað fyrirtækið að fjarlægja prufuvirkjunina því hún var einungis hönnuð til að þola meint álag í tvö ár. Árið 2012 var svo sett stærri virkjun við eyjuna. Virkjunin er kölluð oyster 800 og er 800 kW virkjun sem er 26 m á breidd, virkjunin er hálfum kílómetra frá ströndinni og er á 13 m dýpi og á hún að gefa 250% meira afl heldur en prufuvirkjuninn. Mikil þróun er enn í gangi en hjá oyster og stefnir fyrirtækið að því að setja nýja tegund af virkjun niður sem er 800 kW virkjun. Virkjunin á að vera mun ódýrari í framleiðslu og uppsetningu. Oyster virkjun er einskonar hleri sem er fastur á lömum sem sveiflast fram og aftur með neðansjávaröldunum. Þegar hlerinn hreyfist sjá tveir vökvatjakkar um að þrýsta vökva í gegnum vökvatúrbínu sem staðsett er í aflstöð á ströndinni [14].



Mynd 12: Skýringar mynd af Oyster
[15]

6 Oscillating water colum

The oscillating water colum er ölduvirkjun sem vinnur afl úr öldum hafsins. Oscillatin Water Columns er hönnun á heimsvísu og er hugmyndafræðin á bakvið hana notuð í mörgum löndum þar að meðal í Skotlandi, Noregi, Ástralíu og Japan. Virkjuninn er hönnuð þannig að að stokkur liggur að hluta til út í sjó og nýtir orkuna úr öldunum. Við sveiflur í öldunum hreyfist vatnssúla inn í stokknum sem þrýstir og sogar loft í gegnum túrbínuna. Þrýstingurinn í stokknum er alltaf á víxl eftir því hvort aldan er að hækka eða lækka í stokknum eins og má sjá á myndum [4].



(a) Skýringar mynd af virkni OWC-Innöndun

(b) Skýringar mynd af virkni OWC-Útöndun

Fyrstu tilraunavirkjanirnar í að nýta sveiflukennda ölduna voru reistar í kringum níunda áratuginn og í Japan, Noregi, Skotlandi og Indland allt frá 12 til 150 KW að stærð. Tilraunavirkjunin sem reist var í Skotlandi var endurgerð og búin var til betri útfærsla af henni. Það var fyrirtækið Wavagen sem sá um þessar endurbætur, en Wavagen er fyrirtæki sem vinnur að þróun sjálfbærrar orku. Árið 2001 reisti svo fyrirtækið 500 kW virkjun og tengdi hana við veitukerfi. Fyrirtækið var það fyrsta í heiminum til að tengja ölduvirkjun við veitukerfi [4].

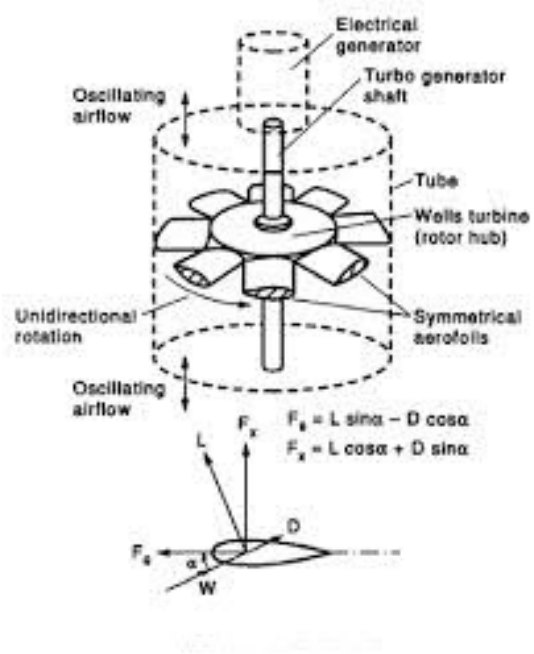
6.1 Hönnun

Þegar hugað er að hönnun ölduvirkjunar þarf að skoða margt. Margir kraftar vinna á virkjunina og stærsti krafturinn er sá lárétti sem vinnur á framhlið virkjunarinnar. Einnig þarf að skoða þá krafta sem myndast á veggi inni í loftstokkum, en þegar vatnsúlan hækkar og lækkar myndast þrýstingur og sog sem mynda krafta á innri veggi á stokknum. Kraftarnir sem koma frá öldum sem lenda á framhlið virkjunarinnar eru þeir kraftar sem þarf að reikna mest með. Miklir höggþrýstingar koma frá öldum í slæmum veðrum og eru því mikil átök á framhlið virkjunarinnar. Hafsbotninn getur haft mikil áhrif á höggþrýstinginn á virkjunina og ef botninn er grýttur getur það haft þær afleiðingar að

öldurnar verða stærri og myndast þá stærri kraftur á framhliðina. Miklar rannsóknir voru gerðar með að hafa framhliðina á virkjuninni með halla eða með engum halla, með því að hafa 40-60°halla á framhliðinni minnkar það höggþrýsting um 50%. Þegar farið er í að steypa upp virkjunina þarf að velja réttu steypu tegundina í virkjunina og gæta þess að eigintíðni hennar sem er 50-200 Hz falli ekki inn á eigintíðni öldunnar og verði þess valdandi að virkjunin hrynji [4]. Með því að gera rýmið mjög stórt fyrir framan túrbínuna er hægt auka hraðan í gegnum hana mikið, eða í hlutfalli við Flatarmál A_1/A_2

6.2 Wells túrbína

Wells túrbínur eru loftknúnar og því afar hentugar fyrir sveiflukennt loftflæði. Hugmyndin að Wells túrbínunni varð til árið 1976 og var hún hönnuð af Alan Arthur Wells í Queen's University Belfast. Túrbínan er þannig hönnuð að ekki skiptir máli hvort þrýstingur eða sog vinnur á túrbínuspaðana því hún snýst alltaf sömu átt. Túrbínan er mjög einföld í smíðum og uppsetningu. Ein tegund Wells túrbína hefur átta blöð á rótornum. Miðlínan eða Y-ásinn sem sést hér á mynd 14 hornréttir á öxulinn. Mesta nýtni sem hefur verið mæld á svona túrbínu var í Skotlandi og mældist hún 65% þar sem flæðið var stöðugt streymi og 45% í óreglulegu streymi með stýriblöðum. Nýtni á svona túrbínu er venjulega ekki eins mikil og á öðrum túrbínum þar sem ekki er stöðugt streymi á loftinu og einnig vegna þess að hún hefur hærri dragstuðul [7].



Mynd 14: Skýringar mynd af Wells túrbínu
[7]

7 Ölduvirkjun við Vestmannaeyjar

Skoðaðar eru nokkrar ölduvirkjanir til að setja niður við Vestmannaeyjar m.t.t. afkasta og stofnkostnaðar. Við veljum 5 virkjanir til að setja niður og eru þær allar mismunandi. Fyrsta valið sem við skoðum er Oscillating water colum, en sú virkjun er sett upp við ströndina. Hinar virkjanirnar sem skoðaðar verða eru Pelamis, Wave dragon, Oyster og WaveEL en þessar virkjanir eru mislangt frá landi.

Mynd 15: Smáeyjar

7.1 Val á staðsetningu

Þegar ákvörðun um val á staðsetninguna var tekinn var ákveðið að velja stað vestan meginn við Vestmannaeyjar þar sem öldustefnan við Vestmannaeyjar árið 2012 var að meðaltali um 222 gráður. 225 gráður er ríkjandi suðvestan átt, öldustefnur árið 2012 má sjá í töflum í viðauka. Í Vestmanneyjum er vindátt ríkjandi suðaustan átt á stórhöfða eins og sést á mynd um tíðni vindátta sem sjá má í viðauka en það hefur ekki áhrif á virkjanasvæðið þar sem ölduáttin skiftir mestu máli, þó það sé skjól frá vindi þá eru alltaf jafnar öldur að virkjanasvæði. Svæðið liggur vestanmeginn við Heimaey þar sem golfvöllurinn er staðsettur og að smáeyjunum sem nefnast Hani, Hæna og Hrauney. Vestan megin við Hrauney er svo Grasleysa.
Við Vestmannaeyjar er margir veiðistaðir en vestan meginn við Eyjar er veiðisvæði frá 1,5 km vestur frá eyjum og liggja að Álsey, Þetta eru staðir á borð við Álseyjableiða, Brekir og Hvítbjarnaboði. Austan meginn við eyjar eru svo veiðistaðir 800 m austur frá eyjum og liggja í átt að Bjarnarey, en þetta eru staðir sem kallaðir eru Bessi og Ledd en Guðlaugur Friðþórsson synti fræga Guðlaugasundið frá Ledd.
(Sigurður Georgsson,munnleg heimild, 2. desember 2013)

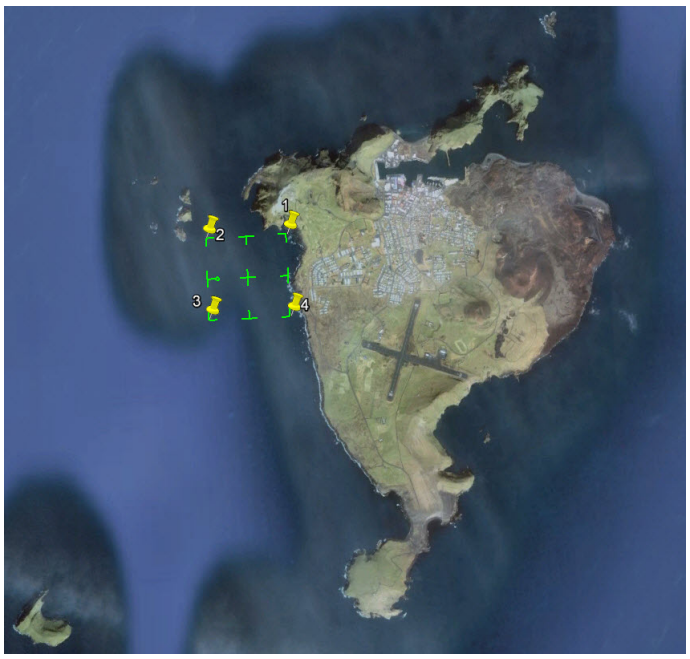
Auk veiðistaða austan meginn getur verið umferð flutningaskipa og skemmtiferðaskipa, en alla fimmtudaga og föstudaga koma Íslensk flutningarskip til Vestmannaeyja og sigla svo austan meginn við eyjar áfram á aðra áfangastaði. Því er erfitt að hafa virkjanasvæði austan meginn við Eyjar vegna veiðistaða og skipaumferðar.

Reisa þyrfti spennistöð eða tengivirki við sjávarsíðuna ef reisa ætti virkjunarsvæði til að dreifa áfram í spennustöðvar bæjarins en kort af spennustöðvum bæjarins má sjá á mynd í viðauka en spennustöðvarnar hafa hring í kringum sig en enginn spennustöð er nálægt sjávarsíðunni. Flestar þessara virkjana tengjast með 11 kV rafstreng og þyrfti þá aðeins dreifa rafmagninu áfram í tilheyrandi spennustöðvar nær íbúðarbyggð

Hér í töflunni fyrir neðan má sjá punktana af svæðinu sem ég afmarkaði, Svæðið er í kringum 100 hektarar eða 1000 m x 1000 m. Punktur 1 liggur frá Kaplagjótu að punkti 2 sem er við Hænu og Hana, punktar 3 og 4 liggja svo 1000 m sunnar en punktar 1 og 2.

Tafla 2: Val á staðsetningu

Punktar	Breiddargráða	lengdargráða
Fyrsti	63°26'19.22"N	20°18'19.97"W
Annar	63°26'19.22"N	20°19'31.50"W
Þriðji	63°25'47.31"N	20°19'31.50"W
Fjórði	63°25'47.31"N	20°18'19.97"W



Mynd 16: Virkjunarsvæði

Til að einfalda staðsetningar á virkjununum er svæðinu skift í 20 minni svæði en þetta eru línur sem liggja frá norðri til suðurs og ein lína sem liggur í gegnum þessar línur. Bilið milli línanna er í kringum 200 m og ölduhæð er meiri því lengra sem farið er frá landi.

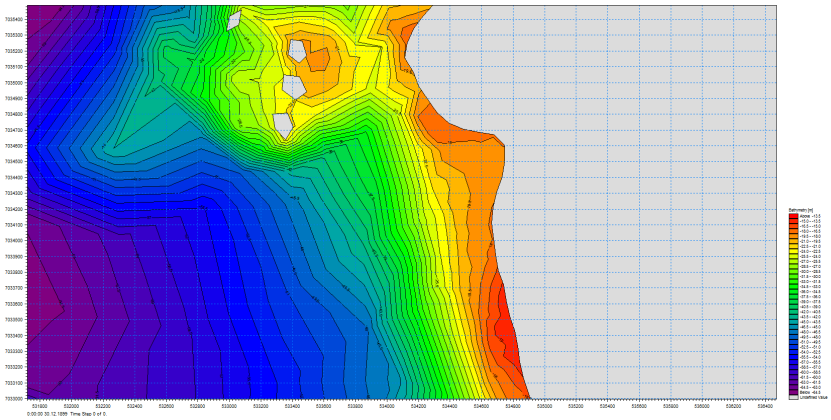
Mynd 17: Skorðað öldusvæði

Meðalölduhæð og meðalsveiflutíma á svæðinu má sjá á töflu hér fyrir neðan en taflan sýnir meðalölduhæð og meðalsveilutíma yfir allt svæðið, en tölurnar eru frá árinu 2012. Einnig má sjá útreiknaðan öldukraft, en til þess að reikna hann var jafna 1 notuð.

	Hs	Tp	E
	[m]	[s]	[kW/m]
Janúar	3.0	10.7	47.5
Febrúar	3.0	10.6	46.3
Mars	3.1	10.7	52.0
Apríl	0.9	5.9	2.4
Maí	0.9	5.9	2.4
Júní	0.5	5.8	0.7
Júlí	0.9	6.7	2.7
Ágúst	0.6	5.0	0.9
September	1.8	8.0	12.2
Október	1.2	7.0	4.8
Nóvember	2.2	8.6	20.8
Desember	2.6	10.0	33.7

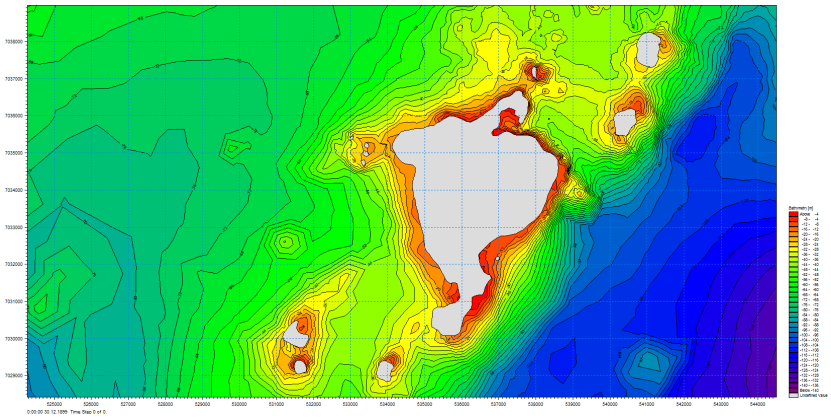
Mynd 18: Meðal öldfar við Vestmannaeyjar árið 2012

Eins og sést á mynd 18 er mesti öldukraftur frá desember til mars. Forsendur öldufarsreikninga eru upplýsingar um vind (hraða og stefnu), úthafsöldu (ölduhæð, sveiflutíma og stefnu) og hafdýpi. Útbreiðsla öldu er óháð sjávarbotni þegar dýpi er meira en hálf öldulengdin, en á grynnra vatni eru öldulengdir og öldustefnur háðar breytingum á legu botnsins. Siglingastofnun notar hugbúnaðinn MIKE21SW frá dönsku straumfræðistofnunni DHI til útreikninga. Öldudufl Siglingastofnunar við Surtsey og Landeyjarhöfn mæla einungis ölduhæð og tíðni en ekki öldustefnu og er því stuðst við gögn European Center for Medium ranged Weather Forecasts (ECMWF).
(Ingunn Erna Jónsdóttir,tölvupóstur, 3. desember 2013)



Mynd 19: Sjávardýpi á svæðinu

Á mynd 19 má sjá dýpið á svæðinu en það er á bilinu 14-50 m. Hrjúfleikinn á botninum ætti ekki að skifta miklu máli þar sem dýpið er nægilegt og ætti ekki að hafa áhrif á ölduhæðina. Ölduhæðin er alltaf meiri þar sem dýpið mikið og væri því best að hafa ölduvirkjanirnar þar sem dýpi er mest.



Mynd 20: Sjávardýpi kringum Vestmannaeyjar

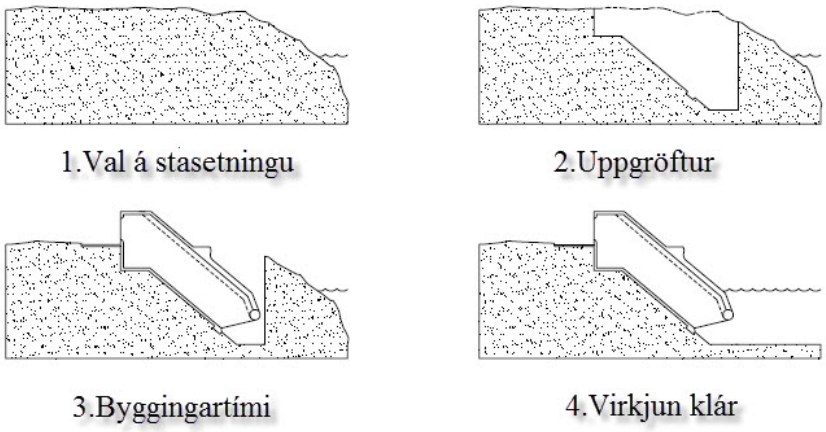
Mynd 20 sýnir heildar mynd af Vestmanneyjum og dýpi í kringum hana, eins og sést er dýpi meira austanmeginn við Vestmannaeyjar.

7.1.1 Oscillating water colum

Ef sett yrði niður Oscillating water colum virkjun við Vestmannaeyjar, væri hægt að sækja fyrirmyndina til skotlands og byggja álíka virkjun, en hún var sett niður á eyju við vestuströndina. Sú eyjan er töluvert stærri að flatarmáli en Vestmannaeyjar, en það búa þó mun færri á þeirri eyju. Virkjunin er 500 kW og eru tvær 250 kW túrbínur sem knýja hana sem eru 2.6 m í þvermál. Virkjunin er þannig hönnuð að 3 stokkar sem eru steyptir eru upp eru 6m x 6m í innramáli, breiddin á virkjunni er 21 m og er hún staðset 17 m inn í landið frá ströndinni.
Það sem helst ber að skoða þegar ölduvirkjun er sett niður:

- Öldufar
- Möguleiki á dreifikerfi
- Gott aðgengi að framkvæmdasvæði
- Viðbrögð samfélagsins við framkvæmdum ...

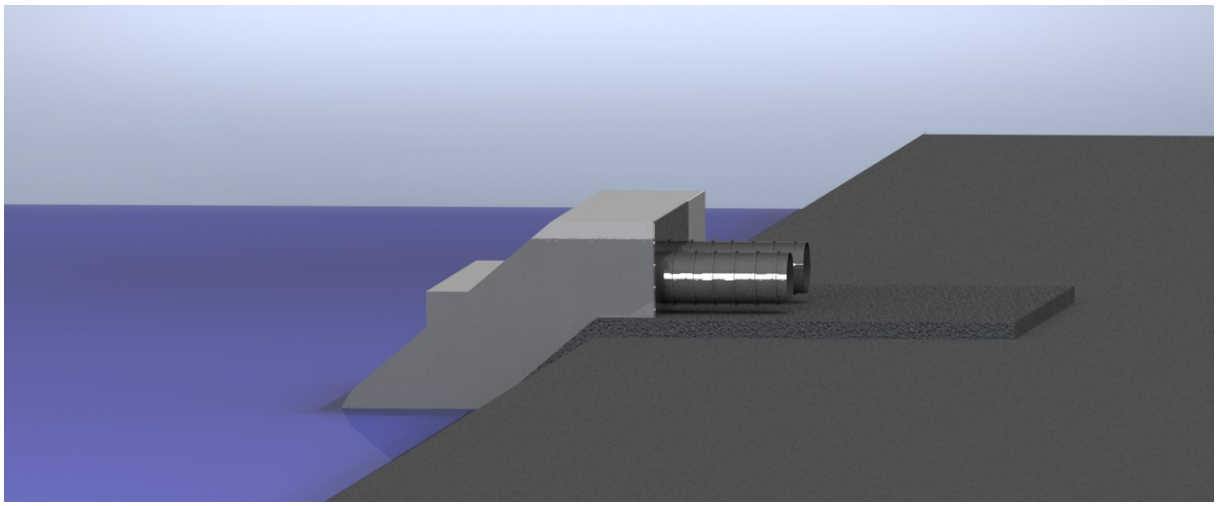
Við það að reisa virkjunina inni í landi auðveldar það byggingaframkvæmdir, því annars þyrfti að byrja á því að setja upp varnagarða einhvað út frá ströndinni [16].



Mynd 21: Framkvæmdaferill Ocillating water colum

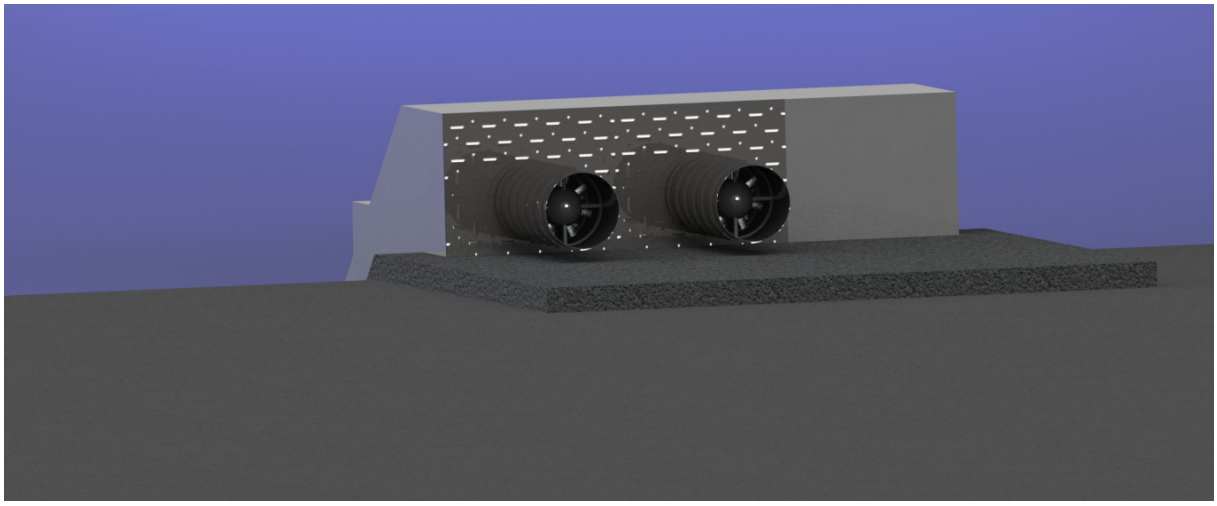
í fyrstu er valin staðsetningin á virkjunni og hvar hentugast sé að byggja hana út öldufari og staðsetningar á dreifikerfi, því næst er hafist handa við að brjóta og grafa upp fyrir grunninum á virkjunni inn í landið. Eftir það tekur við uppsláttur og uppsetning á búnaði. Að lokum er svo grafið í kringum virkjunina og dýpkað, virkjunin síðan keyrð í gang.

Hér fyrir neðan má sjá mynd af sambærilegri virkjun sem reiknað er með að setja niður í vestmanneyjum. Reyndar yrði hún töluvert meira inn í landið en mynd 22 sýnir. Með því að grafa hana inn í landið myndast varnargarðar í kringum hana



Mynd 22: Ocillating water colum séð á hlið

Á mynd 23 sést aftan á virkjunina sem ber tvær túrbínur sitthvor 250 kW, og þvermál hvorrar um sig er 2.6 m. Notast er við túrbínur sem kallast Wells túrbínur, en um þær er aðeins fjallað hér að ofan. Snúningshraði túrbínanna er í kringum 1050 sn/m og blöðin í þeim eru NACA 0012 en lögun þeirra má sjá á mynd 48. Stærð á inntaksstokka er töluvert meira flatarmál heldur en flatarmálið á túrbínanna, með því að hafa inntaksflöt stærri er hægt að auka streymið gegnum túrbínuna töluverð eða eins og í þessu tilfelli er hraði loftsins rúmlega 6 sinnum meiri í gegnum þær en hann er í stokkunum.



Mynd 23: Ocillating water colum horft framan á túrbínurnar

Afkastastuðillinn á virkjuninni er í kringum 40% af uppgefnu afli ef túrbínurnar eru 500 kW samanlagt og raunafl þeirra væri þá í kringum 200 kW miðað við að ölduorkan sé í kringum 20 kW/m. Með því að vita raunaflið getum við fundið kílóvattstundir með jöfnunni hér fyrir neðan

$$\begin{aligned} kWh = raunafl * (dagar * klukkutmar) \\ 200 * 8760 = 1.752.000kWh \end{aligned} \tag{3}$$

Ef reiknað er með að meðal rafmagnsnotkun á heimili sé í kringum 5000 kwh á ári sjáum við hvað ein svona virkjun gæti sinnt mörgum heimilum,

$$350.4heimili = \frac{1.752.000kWh}{5000kWh} \tag{4}$$

í jöfnunni hér fyrir ofan kemur í ljós að hægt er að sinna um 350 heimilum með þessari virkjun. Kostnaður við að reisa svona virkjun er í kringum 1.200.000 kr/kw þannig við að það reisa 500 kW virkjun væri það í kringum 600.000.000 kr, en kostnaður getur alltaf verið meiri þar sem gröftur og vinnuaðstaða getur breyst [17].

Ef reist yrði Oscillating water colum á svæði 1-b og við línu 10 þar sem sjávardýpi er í kringum 14 m og meðalöldukraftar í kringum árið er 19 kW/m en eins og má sjá á mynd 24 er lítill öldukraftur yfir sumartímann en þeim mun meiri yfir vetramánuðina.

L10			
	Hs1-b	Tp1-b	[kW/m]
Janúar	3.0	10.7	46.6
Febrúar	2.9	10.6	44.9
Mars	3.1	10.7	50.9
Apríl	0.9	5.8	2.1
Maí	0.8	5.9	2.1
Júní	0.5	5.8	0.7
Júlí	0.9	6.7	2.5
Ágúst	0.6	4.9	0.9
September	1.8	8.0	13.0
Október	1.2	7.0	5.3
Nóvember	2.2	8.6	20.4
Desember	2.6	10.0	34.6

Mynd 24: Öldukraftar á virkjunarsvæði 10 1-b

Ef við berum þessa töflu saman við töfluna á mynd 25, en þær tölur eru afltölur frá ISLAY öldustöðinni, sjáum við að yfir sumartímann við Vestmannaeyjar yrði nánast enginn rafmagnsframleiðsla, en yfir vetramánuðina yrði um það bil 80 % nýtni af uppgefnu afli.

	Hs	Ts	kW/m	kW
Janúar	2.9	9.0	37.50	410
Febrúar	3.2	9.5	47.23	500
Mars	2.8	8.7	33.01	380
Apríl	2.1	8.7	18.34	200
Maí	1.5	8.2	9.55	100
Júní	1.4	8.2	7.77	98
Júlí	1.2	7.1	5.31	70
Ágúst	1.3	7.4	6.45	75
September	1.9	8.3	14.29	160
Október	2.2	8.9	21.32	240
Nóvember	2.5	8.9	26.68	300
Desember	2.8	9.0	34.70	390

Mynd 25: Afköst ISlAY Öldustöðvar

7.1.2 Pelamis

Ef sett væri niður Pelamis virkjun rétt fyrir utan Vestmannaeyja væri hægt að búa til virkjunarsvæði með nokkrum 750 kW virkjunum eða notast aðeins við eina. Staðsetning virkjuninnar þyrfti að vera í kringum 2 km til 5 km frá landi til að fá sem bestar aflniðurstöður. Þar sem ég erum búinn ráðstafa svæði til skoðunar sem er aðeins 1 km frá landi ætla ég að sjá hveru góða útkomu hægt er að fá með því að setja niður Pelamis virkjun á sæðinu. Öldudýpi getur líka skift máli, því meiri dýpi því meiri kraftur er í öldunni.

Mynd 26: Pelamis í Skotlandi

Talið er að ein Pelamis virkjun getið gefið af sér allt að 2.700.000 kWh á ári en það gefur afkastastuðul upp á 40% en hann getur farið niður í allt að 15%. Uppsetning á einni 750 kW virkjun kostar með búnaði og uppsetningu 500 milljónir eða um 890.000 kr/kW

Ef Sett yrði niður virkjun á línu 1 sem 1000 m frá landi og dýpi í kringum 35-50 m. Þrátt fyrir að í skotlandi sé verið að seta hana lengra frá. Öldufar á línu 1 má sjá á mynd 27.

L1			
	Hs1-b	Tp1-b	[kW/m]
Janúar	3.3	10.7	57.9
Febrúar	3.3	10.6	56.3
Mars	3.4	10.7	62.0
Apríl	1.0	6.4	3.4
Maí	1.0	6.2	3.1
Júní	0.6	6.1	1.1
Júlí	1.0	6.8	3.3
Ágúst	0.8	5.4	1.6
September	2.0	8.0	16.7
Október	1.5	7.2	7.7
Nóvember	2.5	8.7	28.1
Desember	2.9	10.0	41.6

Mynd 27: Öldukraftar á Lína 1

Eins og sjá má á töflunni er ölduhæðin aðeins hærri en á línu 10, en út frá þessum upplýsingum er hægt að sjá afl frá virkjuninni eftir breytilegri ölduhæð og öldutíðni á mynd 41.

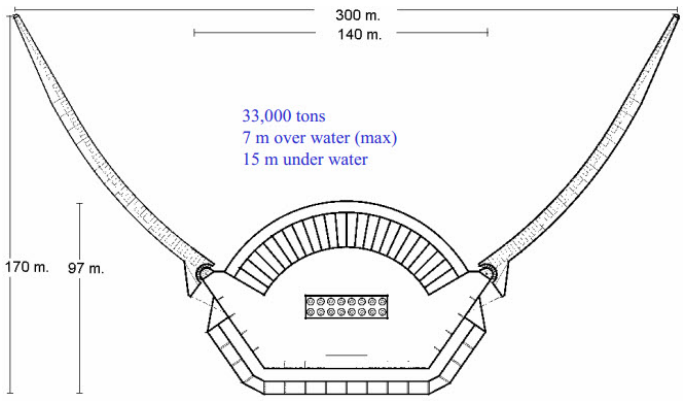
Pelmis													
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sept	Okt	Nóv	Des	Meðaltal
[kW]	254	258	266	33	31	29	36	22	152	84	224	228	135

Mynd 28: Afköst Pelamis virkjunarinnar

Mynd 28 sýnir afkastagetu Pelamis við línu 1 samkvæmt öldufari árið 2012. Eins og sjá má eru meðalafköst af virkjuninni 135 kW og gefur það afkastastuðul upp á 18 %. Miðað við þetta hefði virkjunin verið að gefa af sér 1.182.600 kWh árið 2012. Afkastastuðullinn myndi líklegast hækka eftir því sem lengra er farið frá landi.

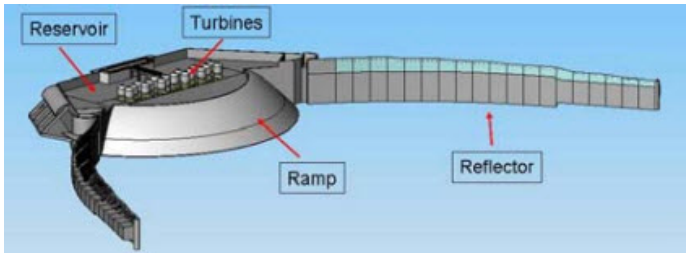
7.1.3 Wave dragon

Setjum niður 7 MW virkjun við Vestmannaeyjar sem er eins og talað er um hér fyrir ofan. Fljótandi prammmi sem er 33000 t, 300 m á breidd og 170 m á lengd,pramminn hefur 20 túrbínur og er hver túrbína í kringum 350 kW. Á mynd 29 fyrir neðan má sjá mynd af virkjunni ofan frá, en þeir hjá wave dragon eru að bíða eftir leyfi til að setja svona virkjun niður í vestuhluta Wales, dýpt í kringum virkjuninna þarf að vera 25 m eða meira til að ná sem mestum afköstum.



Mynd 29: Skýringarmynd af Wavedragon

Að reisa Wave dragon virkjun kostar um 530.000 kr/kW fyrir fyrstu eininguna sem sett er niður, en þegar einingarnar eru orðnar fleiri getur kostnaður minnkað niður í 310.000 kr/kW 43. 7 MW virkjun myndi kosta í uppsetningu um 3.710.000.000 kr. Aflgetan á Wave dragon virkjuninni er í um 33% minni en uppgefið afl og ætti hún þá að gefa 20.000.000 kWh á ári sem ætti þjónað kringum 4000 heimilum. (Hans Chr Sorensen, tölvupóstur, 8. Nóvember 2013)



Mynd 30: Horft framan á Wavedragon
[18]

Ef Wave dragon virkjun er valin þarf dýpið að vera meira en 25 m. Á mynd 19 sést að dýpið er um 35 m við línu 4 á svæði b.

L4			
	Hs1-b	Tp1-b	[kW/m]
Janúar	3.1	10.7	52.9
Febrúar	3.1	10.6	51.5
Mars	3.3	10.7	56.9
Apríl	0.9	6.1	2.7
Maí	0.9	6.0	2.7
Júní	0.6	5.9	0.9
Júlí	0.9	6.7	3.0
Ágúst	0.7	5.1	1.2
September	2.0	8.0	15.3
Október	1.4	7.0	6.6
Nóvember	2.4	8.6	25.1
Desember	2.8	10.0	38.8

Mynd 31: Ölduorka á línu 4

Út frá þessari töflu getum við svo skoðað mynd 42 og fundið út afl miðað við meðalölduhæð og sveiflutíma.

Wavedragon													
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sept	Okt	Nóv	Des	Meðaltal
[kW]	2856	2845	3329	261	250	241	327	160	900	522	1404	2333	1286

Mynd 32: Afköst Wavedragon virkjuninar

Eins og sést á mynd 32 eru afköstin að meðaltali í kringum 1286 kW og er afkastastuðullinn í kringum 18%. Virkjunin ætti að gefa 11.265.360 kWh miðað við þær forsendurnar sem við höfum. En miðað við að árleg notkun hvers heimilis sé um 5000 kWh gæti þessi virkjun að geta sinnt í um 2250 heimilum.

7.1.4 Oyster

Ef sett yrði niður Oyster virkjun við Vestmannaeyjar þyrfti að velja góða staðsetningu fyrir hana því byggja þyrfti aflstöð á þurru landi. Ef við myndum setja niður virkjun sem væri eins og prufuvirkjuninn oystre 1, 315 kW 400 til 500 m frá ströndinni á 12-15 metra dýpi, yrði kostnaður mikill, eða um 2.500.000 kr/kW [19] en kostnaður við byggingu á aflstöð er í kringum 20%. Kostnaðurinn við uppsetningu á svona virkjun er nokkuð hár, og framleiðendurnir kappkosta að þróa og jafnframt draga úr kostnaði.

Mynd 33: Oyster virkjunin á þurrulandi
[15]

Meðal aflgeta á Oystre er í kringum 110 kW ári og er það 35% af uppgefnu afli sem er 315 kW, þannig að á ársgrunvelli ætti virkjunin að gefa 965.000 kwh sem ætti að geta þjónusta um 193 heimili. Stærri virkjunin sem er 800 kW og er enn í þróun hjá þeim ætti að geta gefið 280 kW að meðaltali á ári sem er í kringum 2.453.000 kWh og gæti því að geta þjónustað 500 heimili.

Ef valin er staðsetning við ströndina þar sem er um 12-15 m dýpi til að setja niður Oyster virkjunina væri lína 10 og svæði A fyrir valinu. Líkt og við val á fyrri staðsetningum er hægt að sjá öldufar á svæði A á mynd 34.

L10			
	HsA	TpA	[kW/m]
Janúar	3.0	10.7	47.5
Febrúar	3.0	10.6	46.3
Mars	3.1	10.7	52.0
Apríl	0.8	5.8	2.0
Maí	0.8	5.9	1.9
Júní	0.5	5.7	0.6
Júlí	0.8	6.7	2.4
Ágúst	0.6	4.8	0.8
September	1.8	8.0	12.2
Október	1.2	6.9	4.7
Nóvember	2.0	8.6	17.9
Desember	2.7	10.0	35.2

Mynd 34: Ölduorka á linu 10

Út frá þessum upplýsingum er hægt að sjá hve miklu virkjunin er að afkasta við þessar aðstæður með því að skoða afkastatöflu á mynd 45.

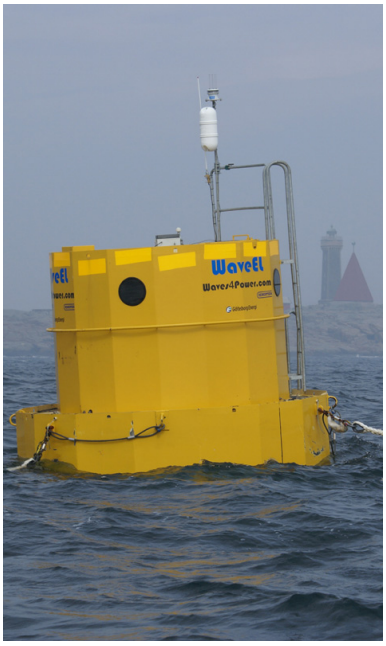
Oyster													
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sept	Okt	Nóv	Des	Meðaltal
[kW]	234	234	241	17	17	0	21	4	134	59	156	217	111

Mynd 35: Afköst Oyster 315 virkjunar

Taflan á mynd 35 sýnir að meðalafköst á virkjunarinnar væru 111 kW, en í júni mánuði er enginn framleiðsla og sama má segja um águst mánuð nánst enginn framleiðsla. Miðað við að virkjuninn sé að afkasta 111 kW er hún að framleiða 972.360 kWh á ári og er afkastastuðulinn 35%.

7.2 WaveEL

Ef Sett væri WaveEL bauja fyrir utan Vestamneyja, væri hægt að setja virkjun sem væri samskonar og þeir hjá Waves4power eru að fara setja niður í Bretlandi. Baujan er 8 m í þvermál og 30 m á lengd, og mesta afl sem hún gefur frá sér er 150 kW. Kostnaður



Mynd 36: WaveEL

við að setja eina WaveEL bauju niður er í kringum 280.000.000 kr en ef reist yrði heilt virkjunarsvæði með 100 baujum yrði það í kringum 50.000.000 kr á hverja bauju eða nálægt 335.000 kr/kW.
(Ulf Lindelöf, tölvupóstur, 14. Nóvember 2013)
Ef athuguð er staðsetning fyrir WaleEL virkjuninna þarf að skoða dýpi á svæðinu en það þarf að vera að lágmarki 40 m. Dýpið í kringum línu 1 er 40 til 50 m, og ætti því það að vera hentugt að skoða það að setja virkjun þar niður og sjá hversu mikið afl hún gefur frá sér.

Veljum sömu staðsetningu og fyrir Pelamis virkjuninna, skoðum öldufar þar líkt og við gerðum fyrir Pelamis. Skoðum töflu á mynd 27 og skoðu afkasta getu meðað við meðalölduhæð og tíðni á mynd 46.

WaveEL													
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sept	Okt	Nóv	Des	Meðaltal
[kW]	21	21	22	9	10	4	8	8	12	10	13	16	13

Mynd 37: Afköst WaveEL virkjunarinnar

Á mynd 37 má afkastagetu WaveEL á sama svæði og við skoðum að setja niður Pelamis, meðalafkastageta yfir árið er 13 kW sem er 8,6 % afkastastuðull. Ef sett væru 100 baujur niður líkt og þeir eru að setja niður í Bretlandi myndi það gefa 1300 kW sem er um 11.388.000 kWh stundir á ári og gæti það að geta þjónusta um kringum 2300 heimilum.

Til að virkjunin sé að gefa þokkalega af sér þarf ölduhæðin að vera yfir 5 m. Árið 2012 fór ölduhæð 3-4 sinnum að meðaltali yfir 5 m. Til að fá meiri afköst frá WaveEl þyrfti hún líklegast að vera mun lengra frá landi og í meira dýpi.

8 Kostnaður á mögulegum kerfum til orkuframleiðslu

Á mynd 38 er búið að taka saman allar virkjanirnar sem ákveðið var að skoða til orkuframleiðslu við Vestmannaeyjar. Aflgeta Oscillating water colum var ákvörðuð út frá aflgetu ISLEY stöðvarinnar en afkastastuðullinn 40% sæmkvæmt því en það er hæsta afkastageta þeirra virkjana sem voru til athugunar.

Virkjanir													
	Jan	Feb	Mar	Apr	Maí	Jún	Júl	Ágú	Sept	Okt	Nóv	Des	Meðaltal
Pelamis	254	258	266	33	31	29	36	22	152	84	224	228	135
Wavedragon	2856	2845	3329	261	250	241	327	160	900	522	1404	2333	1286
Oyster	234	234	241	17	17	0	21	4	134	59	156	217	111
WaveEL	21	21	22	9	10	4	8	8	12	10	13	16	13
OWC	500	500	500	49	49	0	50	0	150	70	230	380	207

Mynd 38: Heildar afköst virkjanna

Á mynd 39a má sjá Orkuframleiðslu yfir árið miðað við meðal orkuframleiðslu. Mynd 39b sýnir kostnað við að reisa hvert kW, en eins og sést er lang dýrast að reisa Oyster virkjun, en fyrirtækið reiknar með að geta lækkað verðið umi um 20% á næstu 7 árum.

	kwh
Pelamis	1.180.410
Wavedragon	11.262.440
Oyster	973.820
WaveEL	112.420
OWC	1.808.940

(a) Afköst virkjana yfir árið

	kr/kW
Pelamis	890.000
Wavedragon	530.000
Oyster	2.500.000
WaveEL	335.000
OWC	1.241.142

(b) Kostnaður við að reysa hvert kW

Lýtum á Wavedragon, en sú virkjun er stærsta virkjunin sem kom til skoðunar, miðað við öldufar 2012 hefði hún að mestu leyti getað þjónustað öll heimili í Vestmanneyjum 2012 miðað við raforkunotkun Eyjamanna eins og sjá má á töflu 1. Þessar virkjanir eru enn um sinn heldur dýrar og það tæki mörg ár að borga sig upp.

Til að finna úr orkuverð þarf að vita hver stofnkostnaður, heildaraflgeta og rekstrarkostnaður er en erfitt er að sjá fyrir rekstrarkostnað á svona ölduvirkjunum þannig að reikna er með að rekstrarkostnaður sé enginn fyrstu árin. Hægt er að notast við tölfur 39a og 39b til að reikna út orkuverð en jafna 5 er notuð til þess.

$$C_p = \frac{\frac{r * Stofnkostnaur}{1-(1+r)^{-}n} + Rekstrarkostnaur}{P_{net}} \tag{5}$$

Þar sem r eru vextir, n fjöldi ára sem reikna má með í að borga upp virkjuninna og Pnet er heildaraflgeta á ársgrundvelli.

Í töflunni á mynd 40 má sjá orkuverð í kr á hverja kWh ef virkjunin ætti að standa undir kostnaði en í töflunni er ekki reiknað með neinum rekstrarkostnaði. Ef reiknað yrði með einhverjum rekstrarkostnað myndi raforkuverðið hækka um nokkrar krónur en reikna mætti með að rekstrarkostnaður á virkjun sé í kringum 1% sem er þá aðalega eftirlit og viðhald. Gert er ráð fyrir að vextir séu 6% og er áætlað að borga lánið upp á 15 árum.

	Orkuverð
Pelamis	54 kr/kwh
Wavedragon	32 kr/kWh
Oyster	78 kr./kWh
WaveEL	43 kr/kWh
OWC	33 kr/kWh

Mynd 40: Orkuverð virkjana ef þær ættu að geta staðið undir sér

Vestmannaeyingar greiða um þessar mundir 6,13 kr/kWh og er það töluvert minna en það raforkuverð sem reiknað er út frá en í þeim forsendum sem gefnar eru. Eins sjá má er Wave dragon og OWC að koma best út en heildaraflið sem virkjunin gefur frá sér yfir árið skiftir miklu máli í orkuverðinu.
Stofnkostnaður myndi lækka við þessar virkjanir á hvert kW ef ákveðið yrði að setja upp gott virkjunar svæði með 15-25 virkjunum á eitt svæði t.d. ef settar yrðu 15 Pelamis virkjanir niður ætti tengingarkostnaður að lækka til muna á hverja virkjun, en mikil vinna og fjármagn liggur í því að tengja virkjanir við dreifikerfi sem liggur langt frá landi. Áætlaður kostnaður við að leggja kapal á hafsbotni er í kringum 20.000.000 kr/km [20].

9 Niðurstöður

Þegar farið var út í það að skoða sjávarorkuna við Vestmannaeyjar voru mikla vonir bundnar við að ölduvirkjanirnar myndu afkasta töluverðu meira afli en það sem var búist við. Ölduhæðin við Vestmannaeyjar hefði þurft að vera mun hærri ef virkjanirnar hefðu átt að afkasta því sem búist var við, Einnig hefði ölduhæðin þurft að vera mun jafnari yfir árið, en ekki minnka niður með árstíðarsveiflum. Val á staðsetningu hefði mátt vera ítarlegri jafnvel hefði mátt velja svæði lengra frá landinu eða fá öldufarspunkta á fleiri staði fjær landi þar sem ölduhæðin hefði þá mögulega geta orðið meiri. Stofnkostnaður á virkjun er töluvert meiri á hvert kW en búast mátti við, en það gerir það að verkum að erfitt er hafa orkuverðið lágt þar sem virkjanirnar eru ekki að gefa nóg afl frá sér.

Ísland býr yfir gnægð möguleika til orkuöflunar í formi jarðhita og vatnsafls, nýlega eru Íslendingar farnir að virkja vindinn og eru þetta allt endurnýjanlegir orkugjafar. Auðvelt er fyrir okkur Íslendinga að halda rafmagnsverði í lágmarki þar sem við höfum um fjölbreyttan og ódýran virkjunarkost að velja. Önnur lönd sem hafa ekki svo marga virkjunarmöguleika þurfa að borga hærra verð vegna mikilla eftirspurnar á rafmagni en þar sem mikið framboð af rafmagni er á Íslandi og minni eftirspurn er auðvelt fyrir orkufyrirtæki á Ísland að anna eftirspurn sem þýðir lægra verð.

Sjávarorkuiðnaðurinn verður að bíða betri tíma á Íslandi þangað til að þróunin er orðin meiri og kostnaðurinn minni, Íslendingar ættu líka að taka þátt í þróa þessa tækni því auðvelt er að setja svona ölduvirkjanir niður hvar sem er í kringum strendur Íslands.

Eins og þróun orkuverðs í dag mun það styrkja stöðu þess að koma með sjálfbæra orku inn á markaðinn líkt og ölduvirkjun. Kostnaður við nýjan sæstreng er mikill og getur komið upp sú staða að hann verði óstöðug eða jafnvel óvirkur, myndi það gera ölduvirkjunina hagkvæmari. Eldsneytisverð er einnig að hækka og má því búast við að bílafloti landsmanna muni breytast í rafbíla með tímanum. Eftirspurn eftir rafmagni mun þá líklega aukast og raforkuverð mun þá hækka á Íslandi og verða því virkjanakostir líkt og ölduvirkjun líklega vinsælli og fýsilegri kostir.

10 Samantekt og næstuskref

Í ljósi þess hversu kostnaðarsöm aðgerðin yrði fyrir lítið magn af afli er ekki talið raunhæft að setja niður ölduvirkjun við Vestmannaeyjar eins og raforkumarkaður er í dag. Ljóst er að stofnkostnaður við ölduvirkjanir er of mikill enn sem komið er þó svo að tækniþróunin lofi góðu. Erfitt er að setja ölduvirkjanir niður langt frá landi í Vestmannaeyjum þar sem mikið er um veiðstaði í kringum eyjarnar og skipaumferð töluverð. Þegar er búið að þrengja svæðið í kringum Vestmannaeyjar með siglingarleiðum og veiðistöðum, minnkar möguleikin á að setja virkjanir niður langt frá landi og aðeins hægt að setja niður virkjanir við ströndina.

Heimildir

[1] VERKIS, "Nyr rafstrengur til vestmannaeyja," Online, 12 2013.

[2] H. Sudurlands, "Hitaveita, vatnsveita og rafveita," Online. [Online]. Available: http://www.hsveitur.is/HSDistribution/HSDistributionServiceAreaVEY.aspx

[3] H. Veitur, "Hs orka- vestmannaeyjar," Online. [Online]. Available: http://www.hsorka.is/HSProduction/HSProductionVestmE.aspx

[4] S. Takahashi, *Coastal Structures 2011 (In 1 Volumes)*. World Scientific Publishing Company, 2013, vol. 1. [Online]. Available: http://www.amazon.com/Coastal-Structures-2011-In-Volumes/dp/9814412201%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D9814412201

[5] L. Rodrigues, "Wave power conversion systems for electrical energy production," *Nova university of Lisbon*, 2008.

[6] L. Christensen, E. Friis-Madsen, and J. P. Kofoed, "The wave energy challenge: the wave dragon case," 2005.

[7] S. L. D. B. Ph.D., *Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, Fifth Edition*. Butterworth-Heinemann, 2005. [Online]. Available: http://www.amazon.com/Fluid-Mechanics-Thermodynamics-Turbomachinery-Edition/dp/0750678704%3FSubscriptionId%3D0JYN1NVW651KCA56C102%26tag%3Dtechkie-20%26linkCode%3Dxm2%26camp%3D2025%26creative%3D165953%26creativeASIN%3D0750678704

[8] http://www.oceanpowertechnologies.com/.

[9] A. Wacher and K. Nielsen, "Mathematical and numerical modeling of the aquabuoy wave energy converter," *Mathematics-in-Industry Case Studies*, vol. 2, 2010. [Online]. Available: http://fmej.fields.utoronto.ca/index.php/mics/article/view/13

[10] M. Krell and L. Jonsson, "Evaluating the potential of seabased's wave power technology in new zealand," Ph.D. dissertation, Uppsala University, 2011. [Online]. Available: http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:414885

[11] Waves4Power, "Working principle," online. [Online]. Available: http://www.waves4power.com/method/

[12] R. Bedard, G. Hagerman, O. Siddiqui, and M. P. Consulting, *System level design, performance and costs for San Francisco California Pelamis offshore wave power plant*. EPRI, 2004.

[13] T. Whittaker, D. Collier, M. Folley, M. Osterried, A. Henry, and M. Crowley, "The development of oyster–a shallow water surging wave energy converter," in *Proceedings of the 7th European Wave and Tidal Energy Conference, Porto, Portugal*, 2007.

[14] C. A. P. L. Martin P. McAdam, "The development of aquamarine power," online. [Online]. Available: http://www.icoe2012dublin.com/ICOE_2012/downloads/presentations/1.1%20&%201.4%20Wave%20Energy%20Convertors/11.50_Martin%20McAdam.pdf

[15] ScienceProg, "Oyster wave power device, the proud product from aquamarine power." [Online]. Available: http://www.scienceprog.com/tag/oyster-wave-energy-converter/

[16] T. J. Whittaker, D. Langston, N. Fletcher, M. Shaw, and A. F. de O Falcao, "Islay limpet wave power plant," The Queen's University of Belfast, Tech. Rep., 2002.

[17] A. Energy, "Marine energy challenge-oscillating water column wave energy converter evaluation report," The Carbon Trust, Tech. Rep., 2005.

[18] B. Robertson, "Ocean wave energy generation on the west coast of vancouver island and the queen charlotte islands," *Guelf Engineering Journal*, vol. 3, pp. 9–18, 2010.

[19] S. Walker and R. Howell, "Life cycle comparison of a wave and tidal energy device," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment*, vol. 225, no. 4, pp. 325–337, 2011. [Online]. Available: http://pim.sagepub.com/content/225/4/325.short

[20] D. Dunnett and J. S. Wallace, "Electricity generation from wave power in canada," *Renewable Energy*, vol. 34, no. 1, pp. 179–195, 2009. [Online]. Available: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148108001377

11 Viðauki

Afkastagetu tafla fyrir Pelamis ölduvirkjunina [20]

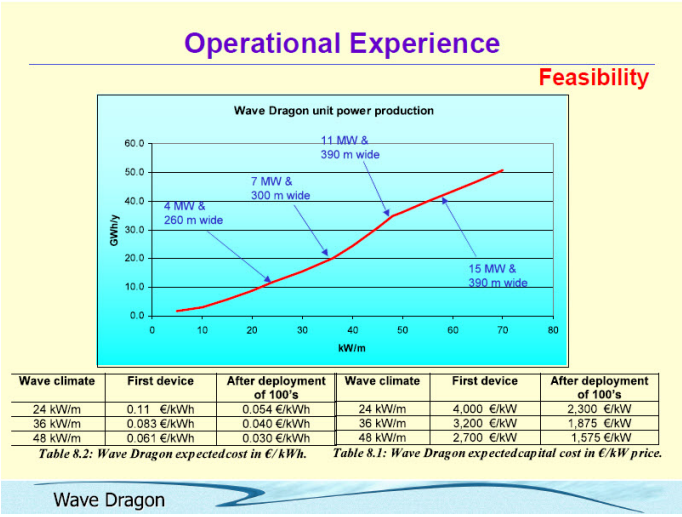
Power [kW]	T_{pow} [s]																
H_s [m]	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0
1.0		22	29	34	37	38	38	37	35	32	29	26	23	21			
1.5	32	50	65	76	83	86	86	83	78	72	65	59	53	47	42	37	33
2.0	57	88	115	136	148	153	152	147	138	127	116	104	93	83	74	66	59
2.5	89	138	180	212	231	238	238	230	216	199	181	163	146	130	116	103	92
3.0	129	198	260	305	332	340	332	315	292	266	240	219	210	188	167	149	132
3.5		270	354	415	438	440	424	404	377	362	326	292	260	230	215	202	180
4.0			462	502	540	546	530	499	475	429	384	366	339	301	267	237	213
4.5			544	635	642	648	628	590	562	528	473	432	382	356	338	300	266
5.0				739	726	731	707	687	670	607	557	521	472	417	369	348	328
5.5				750	750	750	750	750	737	667	658	586	530	496	446	395	355
6.0					750	750	750	750	750	750	711	633	619	558	512	470	415
6.5					750	750	750	750	750	750	750	743	658	621	579	512	481
7.0						750	750	750	750	750	750	750	750	676	613	584	525
7.5							750	750	750	750	750	750	750	750	686	622	593
8.0								750	750	750	750	750	750	750	750	690	625

Mynd 41: Afkastagetu tafla fyrir Pelamis ölduvirkjunina

Afkastagetu tafla fyrir wavedragon ölduvirkjunina [20]

Power [kW]	T_p [s]												
H_s [m]	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1.0	160	250	360	360	360	360	360	360	320	280	250	220	180
2.0	640	700	840	900	1190	1190	1190	1190	1070	950	830	710	590
3.0		1450	1610	1750	2000	2620	2620	2620	2360	2100	1840	1570	1310
4.0			2840	3220	3710	4200	5320	5320	4430	3930	3440	2950	2460
5.0				4610	5320	6020	7000	7000	6790	6090	5250	3950	3300
6.0					6720	7000	7000	7000	7000	7000	6860	5110	4200
7.0						7000	7000	7000	7000	7000	7000	6650	5740

Mynd 42: Afkastagetu tafla fyrir Wavedragon ölduvirkjunina



Mynd 43: Wavedragon

Afkastagetu tafla fyrir AquaBuOY ölduvirkjunina[20]

Power [kW]	T_p [s]									
H_s [m]	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17
1.0		8	11	12	11	10	8	7		
1.5	13	17	25	27	26	23	19	15	12	7
2.0	24	30	44	49	47	41	34	28	23	12
2.5	37	47	69	77	73	64	54	43	36	19
3.0	54	68	99	111	106	92	77	63	51	27
3.5		93	135	152	144	126	105	86	70	38
4.0		122	176	198	188	164	137	112	91	49
4.5			223	250	239	208	173	142	115	62
5.0			250	250	250	250	214	175	142	77
5.5			250	250	250	250	250	211	172	92

Mynd 44: Afkastagetu tafla fyrir AquaBuOY ölduvirkjunina

Afkastagetu tafla fyrir Oyster ölduvirkjunina[19]

Power [kW]	T[s]								
Hs [m]	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.5	0	0	0	0	0	0	1	3	3
1	20	30	38	42	44	44	45	47	45
1.5	80	85	92	97	102	103	104	100	104
2	140	47	152	158	155	155	160	161	156
2.5	192	197	208	202	203	209	211	201	204
3	241	237	237	241	243	230	236	231	235
3.5	0	271	272	269	268	267	270	260	260
4	0	291	290	290	280	287	276	278	277
4.5	0	291	290	290	280	287	276	278	277
5	0	0	290	290	280	287	276	278	277
5.5	0	0	290	290	280	287	276	278	277
6	0	0	290	290	280	287	276	278	277

Mynd 45: Afkastagetu tafla fyrir Oyster ölduvirkjunina

Afkastagetu tafla fyrir WAveEL ölduvirkjunina

Power limit	150	kW	Bouy diam	8	m	Pb = max (Plimit;alfa*Hs^2*Tz*B*ätahydro)								
Hs \ Tz	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5
12.5	0	0	0	0	0	0	0	150	150	150	0	0	0	0
11.5	0	0	0	0	0	0	0	150	150	0	0	0	0	0
10.5	0	0	0	0	0	0	150	150	150	0	0	0	0	0
9.5	0	0	0	0	0	0	150	150	150	0	0	0	0	0
8.5	0	0	0	0	0	150	147	137	137	0	0	0	0	0
7.5	0	0	0	0	0	150	115	107	106	0	0	0	0	0
6.5	0	0	0	0	0	141	86	80	80	78	0	0	0	0
5.5	0	0	0	0	150	101	62	57	57	56	0	49	0	0
4.5	0	0	0	0	148	68	41	38	38	37	35	33	28	0
3.5	0	0	0	107	90	41	25	23	23	23	21	20	17	0
2.5	0	0	22	55	46	21	13	12	12	12	11	10	0	0
1.5	0	0	8	20	16	8	5	4	4	4	4	4	3	0
0.5	0	0	1	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Pmax	0	0	22	107	150	150	150	150	150	150	35	49	28	0

Mynd 46: Afkastagetu tafla fyrir WAveEL ölduvirkjunina

L1							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.2	3.3	10.7	10.7	10.7	41.7	55.6	57.9
Febrúar	2.8	3.2	3.3	10.6	10.6	10.6	41.9	55.3	56.3
Mars	2.9	3.3	3.4	10.7	10.7	10.7	45.6	60.2	62.0
Apríl	0.8	1.0	1.0	6.1	6.2	6.4	2.2	3.0	3.4
Maí	0.8	1.0	1.0	5.9	6.1	6.2	2.0	2.8	3.1
Júní	0.5	0.6	0.6	5.9	6.0	6.1	0.7	1.0	1.1
Júlí	0.8	1.0	1.0	6.7	6.7	6.8	2.2	3.1	3.3
Ágúst	0.6	0.7	0.8	5.1	5.2	5.4	1.0	1.4	1.6
September	1.6	2.0	2.0	8.0	8.0	8.0	10.7	15.6	16.7
Október	1.2	1.4	1.5	7.0	7.1	7.2	4.7	6.8	7.7
Nóvember	2.0	2.4	2.5	8.6	8.6	8.7	17.1	25.1	28.1
Desember	2.4	2.8	2.9	10.0	10.0	10.0	28.4	39.9	41.6

L2							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.2	3.2	10.7	10.7	10.7	42.6	54.1	56.2
Febrúar	2.9	3.2	3.2	10.6	10.6	10.6	43.0	53.9	54.7
Mars	3.0	3.3	3.4	10.7	10.7	10.7	46.6	58.7	60.3
Apríl	0.8	1.0	1.0	6.0	6.1	6.3	2.2	2.8	3.2
Maí	0.8	0.9	1.0	5.9	6.0	6.1	2.0	2.6	2.9
Júní	0.5	0.6	0.6	5.9	5.9	6.0	0.7	0.9	1.0
Júlí	0.8	0.9	1.0	6.7	6.7	6.7	2.3	3.0	3.2
Ágúst	0.6	0.7	0.7	5.1	5.2	5.3	1.0	1.3	1.5
September	1.7	1.9	2.0	8.0	8.0	8.0	11.0	15.1	16.2
Október	1.2	1.4	1.4	7.0	7.1	7.2	4.7	6.5	7.4
Nóvember	2.0	2.4	2.5	8.6	8.6	8.7	17.1	23.8	27.2
Desember	2.4	2.8	2.8	9.9	10.0	10.0	29.5	38.0	39.6

L3							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.1	3.2	10.7	10.7	10.7	42.5	52.7	54.6
Febrúar	2.9	3.2	3.2	10.6	10.6	10.6	43.0	52.5	53.2
Mars	3.0	3.3	3.3	10.7	10.7	10.7	46.6	57.2	58.6
Apríl	0.8	0.9	1.0	5.9	6.1	6.2	2.1	2.7	3.0
Maí	0.8	0.9	1.0	5.9	6.0	6.1	2.0	2.5	2.8
Júní	0.5	0.5	0.6	5.8	5.9	6.0	0.7	0.9	1.0
Júlí	0.8	0.9	1.0	6.7	6.7	6.7	2.3	2.9	3.1
Ágúst	0.6	0.7	0.7	5.0	5.1	5.2	1.0	1.2	1.3
September	1.7	1.9	2.0	8.0	8.0	8.0	10.9	14.5	15.8
Október	1.1	1.3	1.4	7.0	7.0	7.1	4.6	6.1	7.0
Nóvember	2.0	2.3	2.5	8.6	8.6	8.6	16.7	22.6	26.2
Desember	2.4	2.8	2.8	9.9	10.0	10.0	29.5	38.0	39.6

L4							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	42.4	51.5	52.9
Febrúar	2.8	3.1	3.1	10.6	10.6	10.6	42.8	51.2	51.5
Mars	2.9	3.2	3.3	10.7	10.7	10.7	46.5	56.0	56.9
Apríl	0.8	0.9	0.9	5.9	6.0	6.1	2.0	2.5	2.7
Maí	0.8	0.9	0.9	5.8	5.9	6.0	1.9	2.4	2.7
Júní	0.5	0.5	0.6	5.8	5.9	5.9	0.6	0.8	0.9
Júlí	0.8	0.9	0.9	6.6	6.7	6.7	2.2	2.8	3.0
Ágúst	0.6	0.7	0.7	4.9	5.0	5.1	0.9	1.1	1.2
September	1.7	1.9	2.0	7.9	8.0	8.0	10.8	14.0	15.3
Október	1.1	1.3	1.4	6.9	7.0	7.0	4.5	5.8	6.6
Nóvember	2.0	2.2	2.4	8.6	8.6	8.6	16.8	21.4	25.1
Desember	2.4	2.7	2.8	9.9	10.0	10.0	29.6	37.3	38.8

L5							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	42.1	50.3	51.2
Febrúar	2.8	3.1	3.1	10.6	10.6	10.6	42.4	49.9	49.7
Mars	2.9	3.2	3.2	10.7	10.7	10.7	46.3	54.9	55.1
Apríl	0.8	0.9	0.9	5.8	5.9	6.0	1.9	2.4	2.5
Maí	0.8	0.9	0.9	5.8	5.9	6.0	1.9	2.2	2.5
Júní	0.5	0.5	0.5	5.7	5.8	5.8	0.6	0.8	0.8
Júlí	0.8	0.9	0.9	6.6	6.7	6.7	2.2	2.7	2.9
Ágúst	0.6	0.6	0.7	4.9	5.0	5.0	0.9	1.0	1.1
September	1.7	1.8	1.9	7.9	8.0	8.0	10.8	13.6	14.8
Október	1.1	1.3	1.3	6.9	7.0	7.0	4.5	5.4	6.3
Nóvember	2.0	2.2	2.3	8.6	8.6	8.6	17.1	20.3	23.8
Desember	2.5	2.7	2.7	9.9	10.0	9.9	29.8	36.7	37.6

L6							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.8	3.0	3.0	10.7	10.7	10.7	43.1	49.3	49.6
Febrúar	2.9	3.0	3.0	10.6	10.6	10.6	43.2	48.6	48.0
Mars	3.0	3.2	3.2	10.7	10.7	10.7	47.4	53.8	53.7
Apríl	0.8	0.9	0.9	5.7	5.8	5.9	1.8	2.2	2.4
Maí	0.8	0.9	0.9	5.8	5.9	5.9	1.9	2.4	2.4
Júní	0.5	0.5	0.5	5.7	5.8	5.8	0.6	0.7	0.8
Júlí	0.8	0.9	0.9	6.6	6.7	6.7	2.2	2.6	2.8
Ágúst	0.6	0.6	0.6	4.8	4.9	5.0	0.8	1.0	1.0
September	1.7	1.8	1.9	7.9	8.0	8.0	11.0	13.1	14.2
Október	1.2	1.2	1.3	6.8	6.9	7.0	4.5	5.2	6.0
Nóvember	2.0	2.1	2.3	8.6	8.6	8.6	17.7	19.4	22.5
Desember	2.5	2.7	2.7	9.9	10.0	10.0	30.7	36.1	36.5

L7							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.9	3.0	3.0	10.7	10.7	10.7	43.97	48.34	48.13
Febrúar	2.9	3.0	3.0	10.6	10.6	10.6	43.74	47.40	46.43
Mars	3.0	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	48.29	52.85	52.33
Apríl	0.8	0.9	0.9	5.7	5.8	5.9	1.79	2.11	2.27
Maí	0.8	0.8	0.8	5.8	5.9	5.9	1.76	1.92	2.11
Júní	0.5	0.5	0.5	5.6	5.7	5.8	0.58	0.68	0.77
Júlí	0.8	0.9	0.9	6.6	6.7	6.7	2.16	2.45	2.66
Ágúst	0.6	0.6	0.6	4.8	4.8	4.9	0.81	0.89	0.97
September	1.7	1.8	1.8	7.9	8.0	8.0	11.07	12.60	13.59
Október	1.2	1.2	1.3	6.8	6.9	7.0	4.54	4.94	5.65
Nóvember	2.1	2.1	2.2	8.6	8.6	8.6	18.03	18.57	21.41
Desember	2.52	2.67	2.67	9.91	9.96	9.95	31.38	35.61	35.51

L8							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.9	3.0	3.0	10.7	10.7	10.7	43.8	47.5	46.6
Febrúar	2.9	3.0	2.9	10.6	10.6	10.6	43.6	46.3	44.9
Mars	3.0	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	48.2	52.0	50.9
Apríl	0.8	0.8	0.9	5.7	5.8	5.8	1.8	2.0	2.1
Maí	0.8	0.8	0.8	5.8	5.9	5.9	1.8	1.9	2.1
Júní	0.4	0.5	0.5	5.7	5.7	5.8	0.6	0.6	0.7
Júlí	0.8	0.8	0.9	6.6	6.7	6.7	2.1	2.4	2.5
Ágúst	0.6	0.6	0.6	4.7	4.8	4.9	0.8	0.8	0.9
September	1.7	1.8	1.8	7.9	8.0	8.0	10.9	12.2	13.0
Október	1.1	1.2	1.2	6.9	6.9	7.0	4.3	4.7	5.3
Nóvember	2.0	2.0	2.2	8.6	8.6	8.6	17.1	17.9	20.4
Desember	2.5	2.7	2.6	9.9	10.0	10.0	31.3	35.2	34.6

L9							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.9	3.0	3.0	10.7	10.7	10.7	43.8	47.5	46.6
Febrúar	2.9	3.0	2.9	10.6	10.6	10.6	43.6	46.3	44.9
Mars	3.0	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	48.2	52.0	50.9
Apríl	0.8	0.8	0.9	5.7	5.8	5.8	1.8	2.0	2.1
Maí	0.8	0.8	0.8	5.8	5.9	5.9	1.8	1.9	2.1
Júní	0.4	0.5	0.5	5.7	5.7	5.8	0.6	0.6	0.7
Júlí	0.8	0.8	0.9	6.6	6.7	6.7	2.1	2.4	2.5
Ágúst	0.6	0.6	0.6	4.7	4.8	4.9	0.8	0.8	0.9
September	1.7	1.8	1.8	7.9	8.0	8.0	10.9	12.2	13.0
Október	1.1	1.2	1.2	6.9	6.9	7.0	4.3	4.7	5.3
Nóvember	2.0	2.0	2.2	8.6	8.6	8.6	17.1	17.9	20.4
Desember	2.5	2.7	2.6	9.9	10.0	10.0	31.3	35.2	34.6

L10							Öldukraftur [kW/m]		
	Hs1-a	HsA	Hs1-b	Tp1-a	TpA	Tp1-b	1-a	A	1-b
Janúar	2.9	3.0	3.0	10.7	10.7	10.7	43.8	47.5	46.6
Febrúar	2.9	3.0	2.9	10.6	10.6	10.6	43.6	46.3	44.9
Mars	3.0	3.1	3.1	10.7	10.7	10.7	48.2	52.0	50.9
Apríl	0.8	0.8	0.9	5.7	5.8	5.8	1.8	2.0	2.1
Maí	0.8	0.8	0.8	5.8	5.9	5.9	1.8	1.9	2.1
Júní	0.4	0.5	0.5	5.7	5.7	5.8	0.6	0.6	0.7
Júlí	0.8	0.8	0.9	6.6	6.7	6.7	2.1	2.4	2.5
Ágúst	0.6	0.6	0.6	4.7	4.8	4.9	0.8	0.8	0.9
September	1.7	1.8	1.8	7.9	8.0	8.0	10.9	12.2	13.0
Október	1.1	1.2	1.2	6.9	6.9	7.0	4.3	4.7	5.3
Nóvember	2.0	2.0	2.2	8.6	8.6	8.6	17.1	17.9	20.4
Desember	2.5	2.7	2.6	9.9	10.0	10.0	31.3	35.2	34.6

Öldustefna	Lína 1										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	223.0291	224.665	226.702	228.8878	229.6261	229.7155	229.7803	229.8409	229.7927	229.7189	228.1758
febrúar	223.1666	225.0287	227.0378	229.1642	229.8674	229.9321	229.9679	229.9989	229.9072	229.7857	228.3857
Mars	222.3809	223.9726	225.921	228.003	228.6786	228.7238	228.7429	228.7576	228.6578	228.5313	227.2369
Apríl	194.284	194.7724	195.5041	196.3278	196.6197	196.6751	196.6647	196.6435	196.6024	196.5614	196.0655
Maí	208.6836	212.5434	213.4475	214.4044	214.8275	215.0146	215.0424	215.044	214.9931	214.9327	213.8933
Júní	201.3224	201.8822	202.5509	203.3072	203.6134	203.7209	203.4882	203.1992	202.9364	202.6856	202.8706
Júlí	228.6612	229.514	230.4121	231.3723	231.8178	232.0356	232.0076	231.9391	231.8872	231.8437	231.1491
Ágúst	181.7983	182.4762	182.9612	183.511	183.7573	183.8688	183.8519	183.8138	183.7948	183.7824	183.3616
September	238.2753	239.1246	240.4161	241.7985	242.4453	242.7653	242.8294	242.8511	242.9098	242.9819	241.6397
Október	229.0119	229.682	230.6483	231.7118	232.1724	232.3652	232.3455	232.2907	232.2447	232.2048	231.4677
Nóvember	247.8255	248.9603	250.1896	251.5484	252.1013	252.2947	252.3584	252.4007	252.4364	252.4735	251.2589

Öldustefna	Lína 2										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	224.6322	226.0603	227.5483	229.7066	230.1115	230.2009	230.2826	230.2861	230.2123	230.1347	228.9175
febrúar	224.7057	226.2864	227.8704	229.9698	230.3449	230.4097	230.4655	230.4322	230.3107	230.1856	229.0981
Mars	223.989	225.3984	226.8631	228.9175	229.2691	229.3142	229.3514	229.3062	229.1797	229.0485	228.0637
Apríl	195.4848	195.8481	196.2499	197.0595	197.2298	197.2852	197.3204	197.2889	197.2478	197.2009	196.8215
Maí	212.603	213.3549	214.0791	215.0217	215.3242	215.5112	215.6493	215.6235	215.5631	215.4977	214.8228
Júní	202.6452	203.0002	203.3598	204.102	204.3065	204.414	204.4169	204.1429	203.8922	203.633	203.7913
Júlí	229.4983	230.1784	230.8513	231.7988	232.1281	232.3458	232.488	232.4285	232.3849	232.337	231.6439
Ágúst	182.5745	182.8884	183.1256	183.6689	183.8463	183.9578	184.0298	184.0019	183.9894	183.9752	183.6058
September	238.9004	239.7597	240.7065	242.0736	242.5536	242.8738	243.115	243.1561	243.228	243.2972	241.9664
Október	229.9709	230.5282	231.133	232.1824	232.5062	232.699	232.8264	232.7765	232.7366	232.6924	232.0052
Nóvember	249.1196	249.8792	250.6177	251.9602	252.329	252.5223	252.6758	252.7145	252.7516	252.7859	251.7356

Öldustefna	Lína 3										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	228.4251	229.5322	230.7065	231.2701	231.4954	231.7274	231.8138	231.6763	231.56	231.4816	230.9688
febrúar	228.3016	229.5384	230.8226	231.4919	231.7001	231.903	231.9647	231.8087	231.6604	231.5346	231.0726
Mars	227.8342	228.9382	230.1017	230.6662	230.8596	231.0462	231.0985	230.9395	230.7867	230.6535	230.2924
Apríl	198.3748	198.5015	198.6945	198.7929	199.0226	199.2755	199.3784	199.2444	199.1428	199.0715	198.9499
Maí	215.0105	215.5009	216.0436	216.4617	216.807	217.163	217.3479	217.273	217.1967	217.1061	216.591
Júní	205.6977	205.781	205.926	205.8777	206.1013	206.3499	206.5176	206.549	206.442	206.1127	206.1355
Júlí	231.685	232.1014	232.5671	232.7705	233.0632	233.3895	233.6334	233.7516	233.7902	233.7008	233.0453
Ágúst	184.0539	184.0828	184.169	184.206	184.4313	184.6831	184.7621	184.5878	184.4844	184.5056	184.3966
September	240.853	241.522	242.2581	242.6532	243.0479	243.4636	243.7966	244.0109	244.1565	244.2006	242.9962
Október	232.5537	232.8417	233.2018	233.2859	233.5682	233.8971	234.1256	234.1996	234.2148	234.1351	233.6023
Nóvember	251.9267	252.3216	252.789	252.8416	253.0785	253.3734	253.6	253.7231	253.8014	253.7971	253.1252

Öldustefna	Lína 4										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	228.4251	229.5322	230.7065	231.2701	231.4954	231.7274	231.8138	231.6763	231.56	231.4816	230.9688
febrúar	228.3016	229.5384	230.8226	231.4919	231.7001	231.903	231.9647	231.8087	231.6604	231.5346	231.0726
Mars	227.8342	228.9382	230.1017	230.6662	230.8596	231.0462	231.0985	230.9395	230.7867	230.6535	230.2924
Apríl	198.3748	198.5015	198.6945	198.7929	199.0226	199.2755	199.3784	199.2444	199.1428	199.0715	198.9499
Maí	215.0105	215.5009	216.0436	216.4617	216.807	217.163	217.3479	217.273	217.1967	217.1061	216.591
Júní	205.6977	205.781	205.926	205.8777	206.1013	206.3499	206.5176	206.549	206.442	206.1127	206.1355
Júlí	231.685	232.1014	232.5671	232.7705	233.0632	233.3895	233.6334	233.7516	233.7902	233.7008	233.0453
Ágúst	184.0539	184.0828	184.169	184.206	184.4313	184.6831	184.7621	184.5878	184.4844	184.5056	184.3966
September	240.853	241.522	242.2581	242.6532	243.0479	243.4636	243.7966	244.0109	244.1565	244.2006	242.9962
Október	232.5537	232.8417	233.2018	233.2859	233.5682	233.8971	234.1256	234.1996	234.2148	234.1351	233.6023
Nóvember	251.9267	252.3216	252.789	252.8416	253.0785	253.3734	253.6	253.7231	253.8014	253.7971	253.1252

Öldustefna	Lína 5										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	230.9976	231.6876	232.196	232.3278	232.531	232.7704	232.6894	232.5779	232.4826	232.3794	232.264
febrúar	230.7045	231.6203	232.2468	232.4847	232.7105	232.9207	232.8196	232.6935	232.5957	232.4495	232.3246
Mars	230.4042	231.1318	231.6393	231.7792	231.9956	232.1909	232.0848	231.9528	231.8428	231.6998	231.6721
Apríl	200.3727	200.1432	200.216	200.2423	200.3949	200.6581	200.5832	200.5028	200.3866	200.1463	200.3646
Maí	216.7149	216.9018	217.3154	217.6456	217.9553	218.3187	218.3096	218.271	218.1728	217.9971	217.7602
Júní	207.7599	207.5141	207.3971	207.198	207.3385	207.5963	207.6607	207.706	207.5818	207.2623	207.5015
Júlí	233.3073	233.4396	233.5993	233.6113	233.7922	234.1223	234.2722	234.4078	234.4395	234.3425	233.9334
Ágúst	185.191	184.9165	184.9289	184.925	185.062	185.3174	185.2082	185.1147	185.1326	185.0122	185.0808
September	242.4337	242.7112	243.0542	243.2013	243.5255	243.942	244.187	244.4274	244.6081	244.6471	243.6737
Október	234.5006	234.392	234.4196	234.2999	234.4273	234.7611	234.8742	234.9805	235.0076	234.8853	234.6548
Nóvember	253.9329	253.9235	253.9035	253.6542	253.6977	253.9956	254.1449	254.2767	254.3079	254.2796	254.0117

Öldustefna	Lína 6										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	233.4896	233.1156	233.2499	233.3856	233.5939	233.7094	233.6904	233.6715	233.4782	233.3287	233.4713
febrúar	233.0641	232.9816	233.24	233.4773	233.7158	233.8385	233.818	233.7975	233.6004	233.4154	233.4949
Mars	232.8455	232.6048	232.7476	232.8921	233.1233	233.2372	233.2008	233.1644	232.96	232.782	232.9558
Apríl	202.5319	201.6544	201.6591	201.6918	201.8419	201.9362	202.0453	202.1545	201.7474	201.3863	201.8649
Maí	221.5113	221.0686	218.5009	218.8295	219.1429	219.3559	219.4453	219.5347	219.1944	218.9439	219.5527
Júní	209.7825	208.9666	208.6988	208.5183	208.654	208.7762	208.871	208.9658	208.559	208.2541	208.8046
Júlí	234.9524	234.452	234.4316	234.4522	234.6181	234.7975	234.9946	235.1917	235.0088	234.9057	234.7805
Ágúst	186.5431	185.6746	185.6408	185.6441	185.7698	185.8502	186.0421	186.2339	186.0261	185.7741	185.9199
September	243.9982	243.479	243.5927	243.7493	244.0643	244.3701	244.7028	245.0355	245.0175	245.0471	244.3056
Október	236.4609	235.5888	235.4212	235.3139	235.4193	235.5573	235.7771	235.9969	235.7742	235.6174	235.6927
Nóvember	255.789	254.9984	254.7013	254.4667	254.4787	254.5691	254.7318	254.8945	254.7548	254.71	254.8094

Öldustefna	Lína 7										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	233.9739	233.6794	234.0196	234.5107	234.756	234.88	234.8123	234.705	234.5755	234.6262	234.4538
febrúar	233.4544	233.4328	233.9189	234.5186	234.7798	234.9478	234.9262	234.8409	234.6932	234.6846	234.4197
Mars	233.2865	233.1206	233.5122	234.0381	234.2772	234.4354	234.4101	234.3182	234.1642	234.1802	233.9743
Apríl	203.7562	203.0336	203.065	203.4716	203.8781	204.0556	203.8633	203.6293	203.2794	203.1808	203.5213
Maí	222.6573	222.2744	222.6013	223.2183	223.7632	223.9777	223.7725	223.5544	223.2772	223.3347	223.2431
Júní	210.9897	210.2299	209.9782	210.0002	210.24	210.3769	210.2533	210.0537	209.7046	209.775	210.1602
Júlí	235.7762	235.3039	235.2753	235.4119	235.6543	235.7779	235.8452	235.8458	235.697	235.847	235.6435
Ágúst	187.2871	186.4759	186.4046	186.698	187.1018	187.2953	187.2747	187.2166	187.0404	186.9572	186.9751
September	244.4323	243.9601	244.098	244.4096	244.8001	245.0976	245.351	245.5243	245.5189	245.7009	244.8893
Október	237.4155	236.622	236.4412	236.4958	236.7165	236.8032	236.8703	236.8621	236.6731	236.7745	236.7674
Nóvember	256.3296	255.5874	255.3781	255.3357	255.3735	255.3286	255.3941	255.409	255.3074	255.4706	255.4914

Öldustefna	Lína 8										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	233.6352	234.2472	234.8934	235.7863	235.9947	236.0599	236.2016	236.3371	236.2567	236.146	235.5558
febrúar	233.1434	233.8842	234.6535	235.6293	235.8949	236.0217	236.2146	236.3738	236.2911	236.1433	235.425
Mars	232.9412	233.6084	234.2825	235.195	235.4603	235.5864	235.779	235.9441	235.8839	235.7807	235.0462
Apríl	204.5185	204.7065	205.0987	206.2051	206.3133	206.3386	206.4231	206.2773	205.7547	205.305	205.6941
Maí	223.267	223.783	224.5439	225.6453	225.8564	225.8784	225.8811	225.7429	225.3746	225.1854	225.1158
Júní	211.3643	211.5878	211.7231	212.1312	212.0438	212.0735	212.1848	212.1518	211.8658	211.7228	211.8849
Júlí	235.5876	236.0845	236.436	236.887	236.8584	236.881	237.0487	237.1964	237.093	237.0842	236.7157
Ágúst	187.6674	187.5113	187.6729	188.6476	188.8312	188.8961	189.061	189.0609	188.6914	188.3505	188.439
September	243.8905	244.3729	244.858	245.5438	245.6968	245.907	246.2463	246.5328	246.5353	246.5503	245.6134
Október	237.214	237.6107	237.8799	238.3429	238.2411	238.21	238.3681	238.512	238.3415	238.2383	238.0959
Nóvember	255.5649	255.992	256.2108	256.4987	256.3539	256.2387	256.3184	256.5041	256.4787	256.4843	256.2644

Öldustefna	Lína 9										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	233.6352	234.2472	234.8934	235.7863	235.9947	236.0599	236.2016	236.3371	236.2567	236.146	235.5558
febrúar	233.1434	233.8842	234.6535	235.6293	235.8949	236.0217	236.2146	236.3738	236.2911	236.1433	235.425
Mars	232.9412	233.6084	234.2825	235.195	235.4603	235.5864	235.779	235.9441	235.8839	235.7807	235.0462
Apríl	204.5185	204.7065	205.0987	206.2051	206.3133	206.3386	206.4231	206.2773	205.7547	205.305	205.6941
Maí	223.267	223.783	224.5439	225.6453	225.8564	225.8784	225.8811	225.7429	225.3746	225.1854	225.1158
Júní	211.3643	211.5878	211.7231	212.1312	212.0438	212.0735	212.1848	212.1518	211.8658	211.7228	211.8849
Júlí	235.5876	236.0845	236.436	236.887	236.8584	236.881	237.0487	237.1964	237.093	237.0842	236.7157
Ágúst	187.6674	187.5113	187.6729	188.6476	188.8312	188.8961	189.061	189.0609	188.6914	188.3505	188.439
September	243.8905	244.3729	244.858	245.5438	245.6968	245.907	246.2463	246.5328	246.5353	246.5503	245.6134
Október	237.214	237.6107	237.8799	238.3429	238.2411	238.21	238.3681	238.512	238.3415	238.2383	238.0959
Nóvember	255.5649	255.992	256.2108	256.4987	256.3539	256.2387	256.3184	256.5041	256.4787	256.4843	256.2644

Öldustefna	Lína 10										
	Dir1°	Dir2°	Dir3°	Dir4°	Dir5°	Dir6°	Dir7°	Dir8°	Dir9°	Dir10°	Meðaltal
Janúar	233.6352	234.2472	234.8934	235.7863	235.9947	236.0599	236.2016	236.3371	236.2567	236.146	235.5558
febrúar	233.1434	233.8842	234.6535	235.6293	235.8949	236.0217	236.2146	236.3738	236.2911	236.1433	235.425
Mars	232.9412	233.6084	234.2825	235.195	235.4603	235.5864	235.779	235.9441	235.8839	235.7807	235.0462
Apríl	204.5185	204.7065	205.0987	206.2051	206.3133	206.3386	206.4231	206.2773	205.7547	205.305	205.6941
Maí	223.267	223.783	224.5439	225.6453	225.8564	225.8784	225.8811	225.7429	225.3746	225.1854	225.1158
Júní	211.3643	211.5878	211.7231	212.1312	212.0438	212.0735	212.1848	212.1518	211.8658	211.7228	211.8849
Júlí	235.5876	236.0845	236.436	236.887	236.8584	236.881	237.0487	237.1964	237.093	237.0842	236.7157
Ágúst	187.6674	187.5113	187.6729	188.6476	188.8312	188.8961	189.061	189.0609	188.6914	188.3505	188.439
September	243.8905	244.3729	244.858	245.5438	245.6968	245.907	246.2463	246.5328	246.5353	246.5503	245.6134
Október	237.214	237.6107	237.8799	238.3429	238.2411	238.21	238.3681	238.512	238.3415	238.2383	238.0959
Nóvember	255.5649	255.992	256.2108	256.4987	256.3539	256.2387	256.3184	256.5041	256.4787	256.4843	256.2644

Stórhöfði

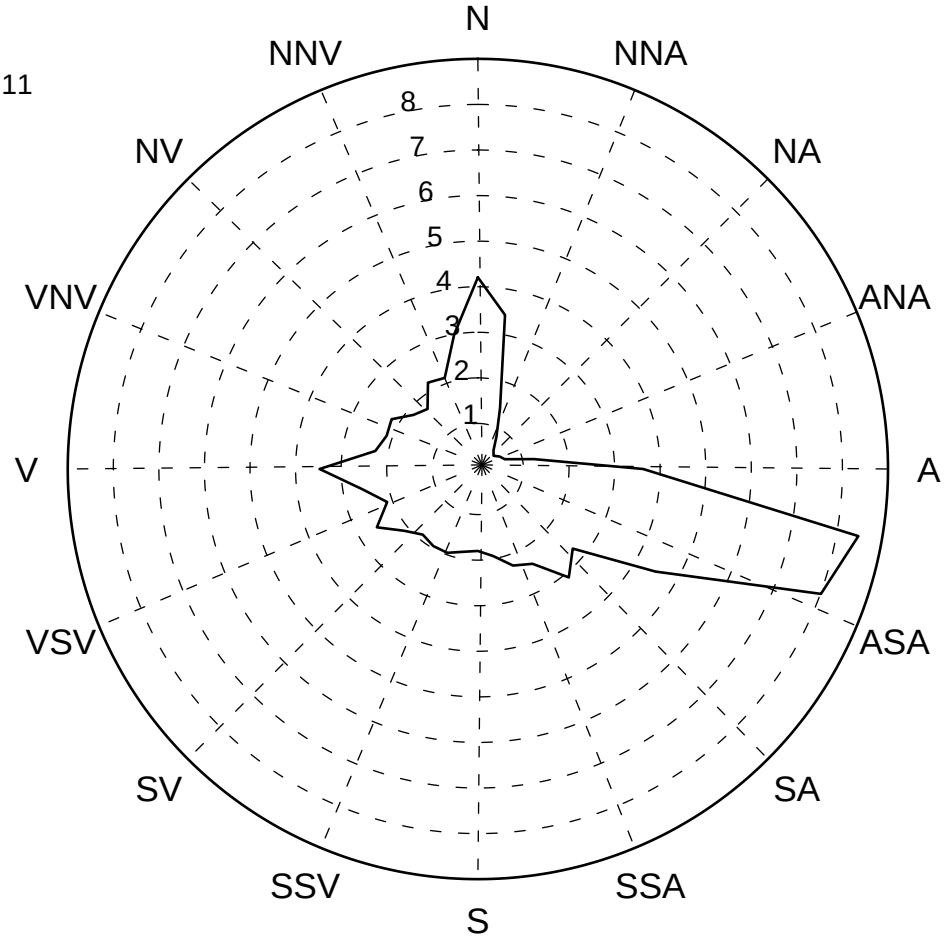
Tíðni vindátta (%), 01. jan. 2005 − 31. des. 2010

Sjálfvirk stöð

Fjöldi athugana: 51711

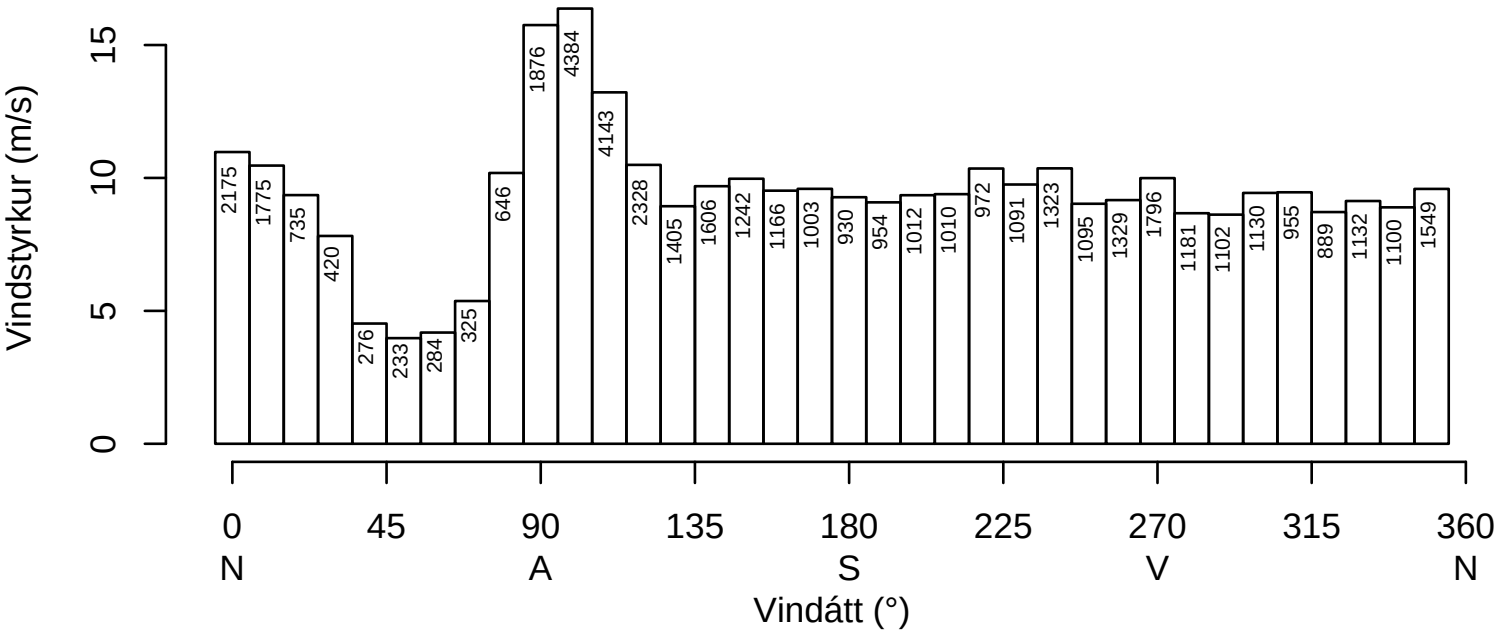
Logn: 0.077%

Breytileg átt: 0%

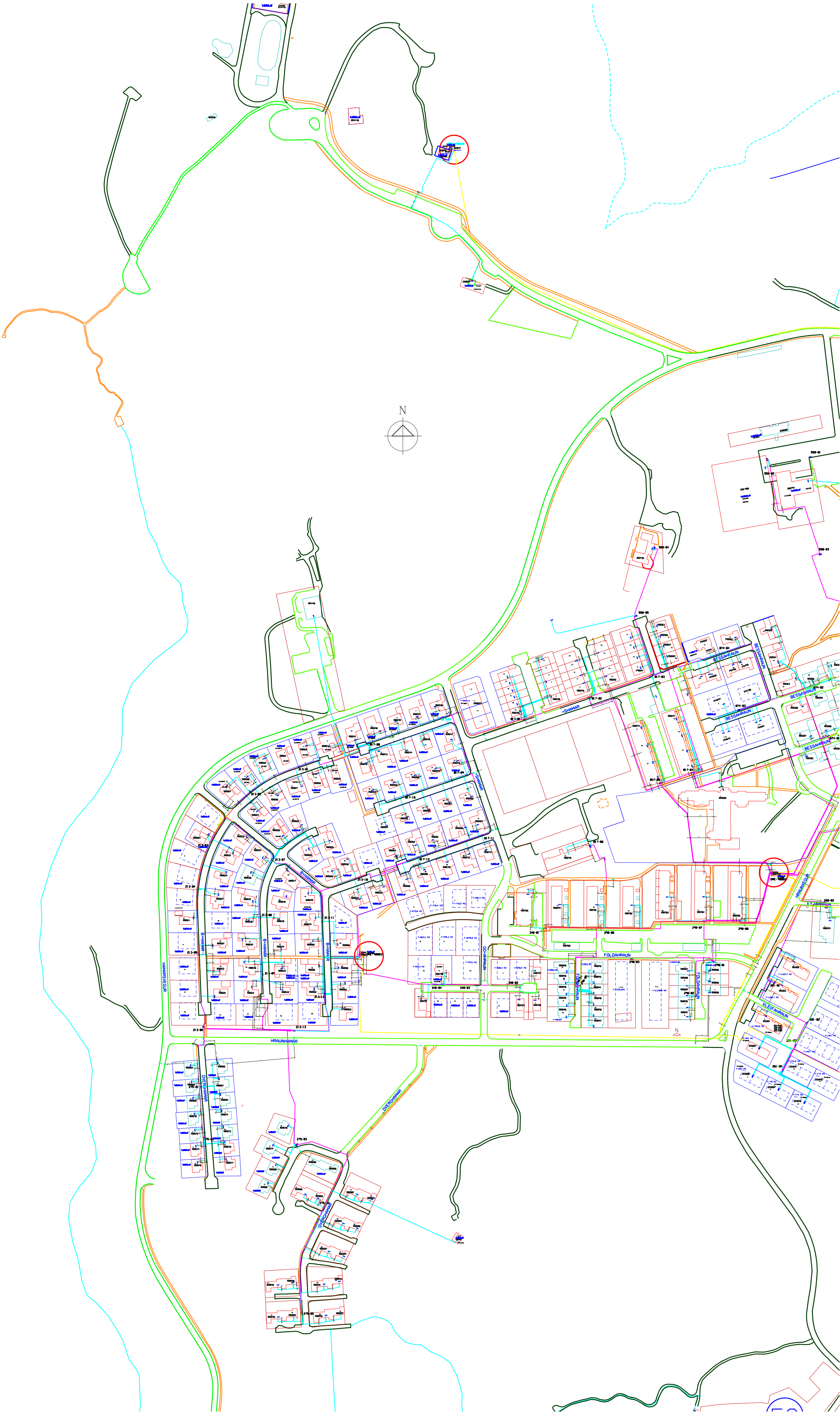


Meðalvindhraði hverrar vindáttar

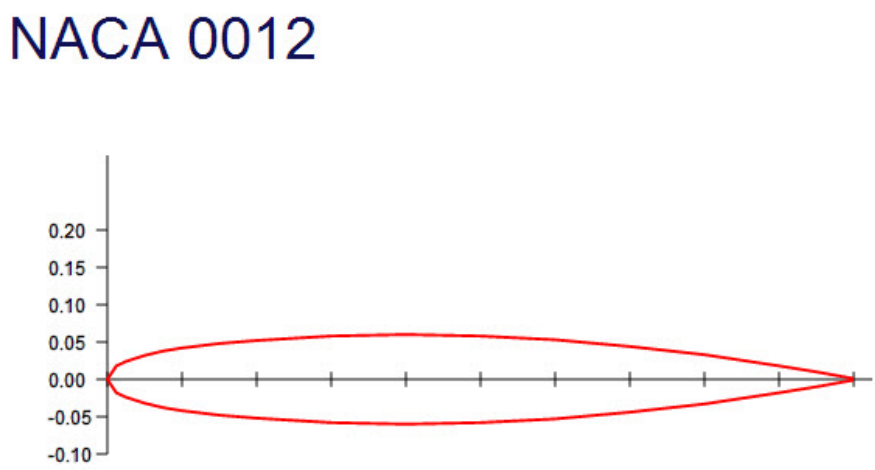
(Fjöldi athugana í vindátt)



Veðurstofa Íslands 01. feb. 2011



N
FOLDAHRAUN
HRAUNVEGUR
KLEIFAHRAUN
BESSAHRAUN
HRAUNHAMAR
HAMARSVEGUR

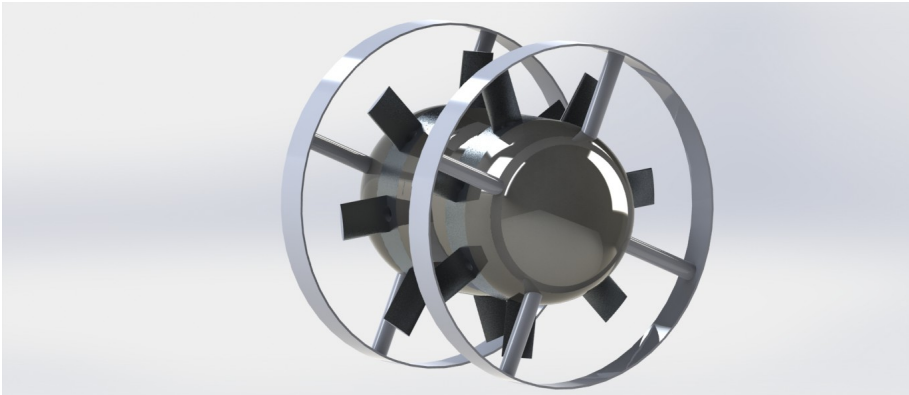


Mynd 47: Ferill á NACA0012 túrbínublaðinu

Dragstuðull

$$C_D = \frac{D}{0.5 * \rho * V^2 * A_p} \tag{6}$$

- C_D:Dragstuðull
- D:Dragkraftur [N]
- V:Hraði [m/s]
- ρ: Eðlisþyngd [kg/m^3]
- A_p:Ovanvarpað flatarmál m^2 ...



Mynd 48: Samsett túrbína með NACA0012 blöðum