

Samfélag til fyrirmyndar

-Tillaga að orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar-



Eðvald Eyjólfsson
Ólafur PéturPálsson

Iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild
Háskóli Íslands
2010

Samfélag til fyrirmyndar

-Tillaga að orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar-

Eðvald Eyjólfsson
Ólafur Pétur Pálsson

Þetta verkefni er styrkt af Orkusjóði, Íbúðalánasjóði og Nýsköpunarsjóði Námsmanna.

Iðnaðarverkfræði-, vélaverkfræði- og tölvunarfræðideild.
Verkfræði- og náttúruvísindasvið
Háskóli Íslands
Reykjavík, September 2010

Útdráttur

Verkefnið felst í að móta orkustefnu fyrir Vestmannaeyjabæ þar sem markmiðið er að notast sem mest við sjálfbæra orkugjafa og bæta orkunýtingu þar sem fyrirtæki og íbúar taka þátt í sameiginlegu átaki. Í skýrslunni er notast við gögn frá opinberum stofnunum og fyrirtækjum í bænum til þess að greina núverandi þörf fyrir raforku, varma og jarðefnaeldsneyti. Umhverfis- og veðurfarsgögnum var safnað saman, svo sem hitastigi sjávar, vindhraða, vindstefnu o.fl. sem nýtt voru í rannsóknir á möguleikum staðbundinna endurnýjanlegra orkugjafa svo sem vindorku, sjávarfallaorku og orku frá sjóvarmadelum. Með þeim gögnum sem fengin voru varðandi orkunotkun í Eyjum var gert líkan af núverandi stöðu orkunotkunar með tilheyrandi kostnaði og umhverfisáhrifum. Eftir það var kannað hve miklu þarf að kosta til þess að geta notast við endurnýjanlega orkugjafa. Þá voru einnig kannaðar aðferðir og aðrar leiðir til betri nýtingar á þeim orkugjöfum sem til eru á eyinni í dag. Tillaga að orkustefnu Vestmannaeyja var því næst teiknuð upp til að bera saman núverandi stöðu orkumála í bænum við það hvernig hún gæti litið út eftir 10 ár. Árangur sem næst í Eyjum verður mældur og skráður þannig að önnur sveitarfélög geti nýtt sér álíka vinnubrögð til að ná fram bættri orkunýtni, nýsköpun og hagræðingu í sínum rekstri. Er þá fyrst og fremst átt við svokölluð köld svæði á landinu þar sem ríkissjóður niðurgreiðir orku til húshitunar, en á annan milljarð króna fara í slíkar niðurgreiðslur árlega.

Abstract

The objective of this project is to design an innovative new energy policy for the Westman islands that aims towards increased renewable energy technology with the natural energy resources available and improve the current energy efficiency with a joint effort within the whole community. Data from public agencies and companies from the Westman islands was collected to diagnose the current energy need in electricity, district heating and fossil fuels. The data was also used to see the opportunities of the use of renewable energy technology for electricity and district heating production such as wind power, wave energy and sea heat pumps. A model was made with the current status of energy use in the island and a prediction of future environmental and economic impacts was made. The final suggestion of the Westman islands energy policy that aims for a sustainable island 10 years from now was then created. Westman islands will become a role model in energy use for other smaller communities around Iceland by making the energy use more economical and more environmentally friendly. By doing so the life quality and the competition ability in the island will improve significantly. The result of the project will be measured so other communities can use the work to achieve optimization in their daily practice.

Lykilorð

Vestmannaeyjar – endurnýjanlegir orkugjafar – ölduorka – varmadælur – vindmyllur–
sjálfbært samfélag

Formáli

Skýrsla þessi fjallar um möguleika Vestmannaeyja til að hanna orkustefnu sem miðar að sjálfbæru samfélagi. Ávinningur verkefnisins verður bættur skilningur á orkunotkun, orkusparnaði og bættri umgengni í orkumálum í bæjarfélögum almennt. Bætt nýting á auðlindum Íslendinga er einnig til umræðu. Upphaf verkefnisins má rekja til áhuga Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands í Eyjum og Hitaveitu Suðurnesja til að ná hagkvæmari leiðum til húshitunar í Eyjum og áhuga Orkustofnunar á að lækka niðurgreiðslur á raforku með auknum orkusparnaði svo sem með sjóvarmadælu. Í framhaldi af því kom fram hugmynd að þessu verkefni þar sem fjallað er um núverandi stöðu orkumála í Vestmannaeyjum og framtíðarmöguleika.

Sérstakar þakkir eru færðar Ragnheiði Ingu Þórarinsdóttur hjá Orkustofnun og Frosta Gíslasyni hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands í Vestmannaeyjum fyrir framlag þeirra til verkefnisins auk góðra ráða. Þá eru starfsmönnum Hitaveitu Suðurnesja í Vestmannaeyjum þeim Ívari Atlasyni og Guðmundi Gíslasyni færðar þakkir fyrir gagnasöfnun og kynningu á orkukerfi bæjarins.

Orkusjóður, Íbúðalánasjóður og Nýsköpunarsjóður Námsmanna styrktu vinnu við þetta verkefni.

Efnisyfirlit

Myndir.....	viii
Töflur.....	xi
1 Inngangur.....	13
2 Tillaga að orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar	14
2.1 Staðan í dag.....	14
2.2 Framtíðarmynd.....	18
2.2.1 Betri raforkunýting heimila	18
2.2.2 Betri raforkunýting fyrirtækja	18
2.2.3 Betri orkunýting afgangsvarma fiskmjölsbræðslna.....	18
2.2.4 Framleiðsla lífdísils með affallsvatni fiskimjölsbræðslna	19
2.2.5 Bætt orkunýting sorpbrennslu	19
2.2.6 Raforkuframleiðsla með endurnýjanlegum orkugjöfum	19
2.2.7 Umhverfisvæn farartæki	19
2.2.8 Markmið tillögu nýrrar orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar	22
3 Orka í Vestmannaeyjum.....	24
3.1 Orkukerfi.....	24
3.1.1 Hitaveita.....	24
3.1.2 Rafveita.....	27
3.1.3 Vatnsveita	27
3.2 Orkunotkun	28
3.2.1 Hitaveita.....	28
3.2.2 Rafveita og raforkuflutningur	31
3.2.3 Vatnsveita	34
3.3 Olíuflutningur.....	34
3.3.1 Flutningur olíu til Vestmannaeyja	34
3.4 Umhverfisáhrif.....	39
4 Endurnýjanlegir orkugjafar	43
4.1 Varmadælur.....	43
4.1.1 Sjóvarmadæla fjarvarmaveitu.....	48
4.2 Vindorka.....	57
4.3 Sjávarorka	69
4.3.1 Sjávarfallaorka.....	69
5 Aðrar leiðir á orkunýtingu	76
5.1 Lagning nýs sæstrengs	76
5.2 Framleiðsla lífdísils.....	76
5.3 Tenging efra og neðra hitaveitusvæði.....	77
5.4 Annar iðnaður	77
5.4.1 Verksmiðjur	77
5.5 Bætt orkunýting.....	77
5.5.1 Varmatöp hitaveitu	77
5.5.2 Bætt nýting sorpbræðslu.....	78

5.5.3	Bætt olíunotkun fiskiflotans.....	78
5.5.4	Betri raforku og vatnsnotkun hjá frystihúsum	78
5.5.5	Leiðir orkusparnaðar heimila og fyrirtækja	78
6	Niðurstöður.....	79
7	Umræður.....	81
8	Ályktanir og tillögur um framhald.....	83
	Heimildaskrá.....	85
	Viðauki A - Tölur með gögnum um orkunotkun	88
	Viðauki B – valdir kaflar um framkvæmd laga um niðurgreiðslur	
	húshitunarkostnaðar	93
	Viðauki C – Jöfnur reikninga fyrir varmadælur (Oddur Björnsson, 2003).....	96
	Viðauki D – Reikningar vindorku með reiknivél DWIA	97

Myndir

<i>Mynd 2.1-1: Skipting raforkunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009.</i>	<i>15</i>
<i>Mynd 2.1-2: Yfirlitsmynd flæðis orkuinnflutnings og orkunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009.</i>	<i>17</i>
<i>Mynd 2.2-1: Tillaga að flæði orkuinnflutnings og orkunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2020.</i>	<i>23</i>
<i>Mynd 3.1-1: Skipting orkuöflunar hjá hitaveitu Vestmannaeyja (HS veitur, 2010).</i>	<i>25</i>
<i>Mynd 3.1-2: Orkukerfi Vestmannaeyja (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>25</i>
<i>Mynd 3.1-4: Olíukatlar í Kyndistöð Vestmannaeyja.</i>	<i>26</i>
<i>Mynd 3.1-3. Rafskautaketillinn í Vestmannaeyjum (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>26</i>
<i>Mynd 3.1-6: Raforku dreifikerfið í Vestmannaeyjum. Sæstrengi má sjá með rauðum lit (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>27</i>
<i>Mynd 3.2-1: Sankey flæðismynd af orkuöflun hitaveitu fyrir árið 2009.</i>	<i>29</i>
<i>Mynd 3.2-2: Orkuinnkaup hitaveitunnar í Vestmannaeyjum eftir mánuðum árið 2009 (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>29</i>
<i>Mynd 3.2-3: Orkuinnkaup hitaveitunnar í Vestmannaeyjum 2002-2009 (HS veitur, 2010).</i>	<i>30</i>
<i>Mynd 3.2-4: Skipting forgangsorku og ótryggrar orku í rafmagnsflutningi til Vestmannaeyja.</i>	<i>31</i>
<i>Mynd 3.2-5: Skipting notkunar forgangsorku myndrænt.</i>	<i>32</i>
<i>Mynd 3.2-6: Skipting notkunar ótryggrar orku myndrænt.</i>	<i>32</i>
<i>Mynd 3.2-7: Sankey flæðismynd af raforkuflutningi og notkun í Vestmannaeyjum árið 2009.</i>	<i>33</i>
<i>Mynd 3.2-8: Skipting kaldvatnsnotkunar í Vestmannaeyjum (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>34</i>
<i>Mynd 3.3-1: Skipting innflutts jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009 (N1, 2010).</i>	<i>35</i>
<i>Mynd 3.3-2: Dregin saman skipting innflutts jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009.</i>	<i>36</i>

Mynd 3.3-3: Sankey flæðismynd af innflutningi og notkun eldsneytis í Vestmannaeyjum árið 2009.	36
Mynd 3.3-4: Orkuinnkaup fiskimjölsverksmiðja síðustu fimm ár.....	38
Mynd 3.4-1: Skipting koltvíoxíðútbásturs vegna jarðefnaeldsneytisnotkunar í	39
Mynd 3.4-2: Skipting losunar gróðurhúsalofttegunda frá 1990 til 2006. (Umhverfisstofnun, 2008).	40
Mynd 3.4-3: Notkun raforku og olíu í fiskimjölsbræðslur í Vestmannaeyjum síðustu fimm ár.....	42
Mynd 4.1-1: Dæmi um varmalindir og notkunarmöguleika varmadæla (Eric Granryd, 2005).	44
Mynd 4.1-2: Vinnsluhringrás varmadælu frá varmalind að varmaþega (The Energy Bible, 2009).	45
Mynd 4.1-3: Flutningur varma frá lágu hitastigi að hærra með vinnu frá þjöppu (Eric Granryd, 2005).	46
Mynd 4.1-4: Við sama afl raforku fæst meiri varmaorka úr varmadælu en rafskautakatli (Sigurður Friðleifsson, 2010).	46
Mynd 4.1-5: Dreifing meðalhitastigs sjávar við Vestmannaeyjar árið 2009 (Hafró, 2010).	49
Mynd 4.1-6: Flæðismynd af vinnsluhringrás sjóvarmadælu (Frosti Gíslason, 2009).	49
Mynd 4.1-7: Langæisferill fyrir sjóvarmadælu (Frosti Gíslason, 2009).	50
Mynd 4.1-8: Flæðismynd af betri nýtingu raforku þegar varmadæla er notuð í stað beinnar rafhitunar (Frosti Gíslason, 2009).	51
Mynd 4.1-9: Mynd sem sýnir hversu mikinn sparnað má ná fram með sjóvarmadælu eftir afli dælnnar (Frosti Gíslason, 2009).	51
Mynd 4.1-10: Breyting hámarksfjárfestingar á sparnaði varmadæla við breytt raforkuverð.	54
Mynd 4.1-11: Borið saman nettó kostnaður á ári miðað við mismunandi forsendur.	56
Mynd 4.2-1: Vindmyllugarður á Nýja-Hrauni í Vestmannaeyjum (Friðrik Friðriksson, 2010).	57
Mynd 4.2-2: Afl vindsins við breytingu vindhraða.	58
Mynd 4.2-3: Breyting rótor þvermáls eftir stærð vindmylla (DWIA, 2010).	58
Mynd 4.2-4: Mynd fengin frá vindatlas Orkustofnunar sem sýnir hvar mesta vindstyrk er að finna í Vestmannaeyjum.	59

<i>Mynd 4.2-5: Vindrós sýnir tíðnidreifingu vindátta á Nýja-Hrauni árið 2006.</i>	<i>61</i>
<i>Mynd 4.2-6: Tíðnidreifing vindhraða á Nýja-Hrauni árið 2006.</i>	<i>61</i>
<i>Mynd 4.2-7: Vindhraði á hverjum tíma á Nýja Hrauni árið 2006 og aflkúrfur Vestas 47 og Vestas V80 vindmylla</i>	<i>62</i>
<i>Mynd 4.2-8: Skipting hámarksframleiðslu fyrir Vestas 47 og Vestas V80 vindmyllur miðað við tíðni og vindhraða á Nýja-Hrauni árið 2006.</i>	<i>62</i>
<i>Mynd 4.2-9: Kostnaður við vindmyllur uppsettar miðað við afl. (DWIA, 2010).</i>	<i>63</i>
<i>Mynd 4.2-10: Skipting kostnaðar vindmylla (DWIA, 2010).....</i>	<i>64</i>
<i>Mynd 4.2-11: Vindmyllur á Nýja-Hrauni séð frá höfninni (Friðrik Friðriksson, 2010).....</i>	<i>66</i>
<i>Mynd 4.3-1: Sjávarföll miðað við stöðu jarðar, sólar og tungslins (Bjarni M. Jónsson, 2010).....</i>	<i>69</i>
<i>Mynd 4.3-2: Sjávarfallavirki (Sigurjón Ketilsson, 2009).....</i>	<i>70</i>
<i>Mynd 4.3-3: Straumflæði yfirsjávarfallavirki í flóði vinstra megin á myndinni og í fjöru hægra megin (Godfrey Boyle, 2004).</i>	<i>71</i>
<i>Mynd 4.3-4: Teikning af hugsanlegri sjávarfallavirkjun við mynni Þorskafjarðar, Gufufjarðar og Djúpafjarðar (Bjarni M. Jónsson, 2010).</i>	<i>73</i>
<i>Mynd 4.3-5: Hugsanleg staðsetning fyrir sjávarfallavirkjanir á Vesturlandi. Rauði punkturinn er í Breiðafirði en sá græni við Þorskafjörð, Gufufjörð og Djúpafjörð.</i>	<i>73</i>
<i>Mynd 4.3-6: SeaGen sjávarfallarafstöðin á Írlandi, (SeaGen, 2009).....</i>	<i>74</i>
<i>Mynd 5.5-1: Kostir í stöðunni fyrir framtíð orkumála Vestmannaeyja.....</i>	<i>80</i>

Töflur

<i>Tafla 2.1-1: Skipting raforkunotkunar árið 2009 (HS veitur, 2010).</i>	15
<i>Tafla 2.1-2: Eldsneytisnotkun 2009 (N1, 2010).</i>	16
<i>Tafla 2.1-3: Orkuöflun hitaveitu (HS veitur, 2010).</i>	16
<i>Tafla 2.2-1: Nýting orkugjafa til samgangna.</i>	20
<i>Tafla 3.2-1: Lykilstærðir hitaveitu í Vestmannaeyjum (HS veitur, 2010).</i>	28
<i>Tafla 3.2-2: Lykilstærðir rafveitunnar árið 2009 (HS veitur, 2010).</i>	31
<i>Tafla 3.2-3: Skipting notkunar forgangsorku.</i>	32
<i>Tafla 3.2-4: Skipting notkunar ótryggrar orku.</i>	32
<i>Tafla 3.3-1: Innflutningur jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009 (N1, 2010).</i>	35
<i>Tafla 3.3-2: Reiknaður heildarkostnaður við innflutt eldsneyti í Vestmannaeyjum árið 2009 (Fjárhagsdeild N1, 2010).</i>	37
<i>Tafla 3.4-1: Umhverfisáhrif vegna olíunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009 (Ágústa Loftsdóttir, 2008).</i>	39
<i>Tafla 3.4-2: Tölur frá grænu bókhaldi fyrir báðar fiskimjölsbræðslur í Vestmannaeyjum síðustu fimm ár (Ísfélag Vestmannaeyja hf., 2008) (Vinnslustöðin hf., 2009).</i>	41
<i>Tafla 4.1-1: Notkunarmöguleikar varmadælna miðað við afköst og varmalindir (Eric Granryd, 2005).</i>	45
<i>Tafla 4.1-2: Magn hámarksnotkunar fyrir niðurgreiðslur árið 2009 (Stjórnartíðindi 2010, 2009).</i>	47
<i>Tafla 4.1-3: Upphæðir fyrir magn hámarksnotkunar niðurgreiðslna árið 2009 (Stjórnartíðindi, 2010).</i>	47
<i>Tafla 4.1-4: Sparnaður sem næst með varmadælu miðað við rafmagnsnotkun rafskautaketils Hitaveitu árið 2009.</i>	52
<i>Tafla 4.1-5: Stofnkostnaðarliðir við varmadælu miðað við tilboð (Frosti Gíslason, 2009).</i>	52
<i>Tafla 4.1-6: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur miðað við óbreytt ástand hitaveitu með rafskautakatli.</i>	53

<i>Tafla 4.1-7: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur miðað við 8 ára styrkveitingu.</i>	<i>55</i>
<i>Tafla 4.1-8: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur ef ekki yrði sótt um styrkveitingu.</i>	<i>55</i>
<i>Tafla 4.2-1: Áttir og vindhraði á Nýja-Hrauni –gögn frá Veðurstofu Íslands allt árið 2006.</i>	<i>60</i>
<i>Tafla 4.2-2: Lykilstærðir Vestas V47 og Vestas V80 vindmylla (DWIA, 2010).</i>	<i>63</i>
<i>Tafla 4.2-3: Útreikningar miðað við raforkunotku almennrar heimilisnotkunar 2009.</i>	<i>65</i>
<i>Tafla 4.2-4: Skipting raforkukostnaðar til heimila (Ívar Atlason, 2010).</i>	<i>65</i>
<i>Tafla 4.2-5: Útreikningar miðað við rafmagnsnotkun fiskimjölsbræðslna árið 2009.</i>	<i>66</i>
<i>Tafla 4.2-6: Útreikningar miðað við rafmagnsnotkun raforku til kyndingar árið 2009.</i>	<i>67</i>
<i>Tafla 4.3-1: Sjávarföll Ferjuhöfn við Bakkafjöru (Siglingastofnun, 2010).</i>	<i>72</i>
<i>Tafla 5.5-1: Lykiltölur breytinga í töllögu að orkustefnu Vestmannaeyja 2020.</i>	<i>79</i>

1 Inngangur

Orkumál í Vestmannaeyjum hafa verið til umræðu í töluvert langan tíma, eða allt frá lokum hraunvarmaveitunar svokölluðu sem nýtti varma frá hrauni Eldfells. Síðan þá hefur verið mikið vandamál að tryggja bænum orku og nýta hana á sem besta máta. Árið 1987 fól iðnaðarráðuneytið nokkrum sérfræðingum að kanna möguleika annarra orkuöflunarmöguleika í Vestmannaeyjum þegar hraunið á Eldfelli fór að kólna. Niðurstaða þeirrar vinnu var meðal annars að ákveðið var að setja upp sorpbrennslustöð í bænum auk upphitunar vatns í lokaðri hringrás með rafskautakatli (Guðmundur Pálmason, 1986). Aðrar fýsileikakannanir hafa verið gerðar varðandi möguleika vindafls og varmadæla í bænum (Frosti Gíslason, 2009). Kostir annarra leiða í orkuöflun hafa hins vegar, hingað til, reynst of dýrir í samanburði við það raforkuverð sem heimili og fyrirtæki hafa búið við.

Raforkuflutningur til Vestmannaeyja hefur verið takmarkaður í nokkurn tíma og núverandi rafstrengir frá meginlandinu anna ekki eftirspurn bæjarins á álagstímum. Þar sem flutningsgetan frá Landsneti er fullnýtt á álagstímum, neyðast fiskibraðslurnar í bænum til að nota oliukatla í orkufrekan iðnað sinn. Orkan sem fengin er frá meginlandinu er ótrygg orka, eða afgangsorka, frá Landsvirkjun. Sú orka er umframframleiðsla raforku og fæst því mjög ódýrt en er háð því að ekkert öryggi er um afhendingu hennar. Landsnet hefur ekki talið fýsilegt enn sem komið er að leggja nýjan og öflugri sæstreng þar sem enn er mikið notast við þessa ótryggu orku í Vestmannaeyjum. Það ríkir því óvissa um orkumálin í Eyjum og því nauðsynlegt að kanna fleiri leiðir til framtíðar til að tryggja örugga orku fyrir íbúa og iðnað í bænum.

Í fyrsta kafla þessarar skýrslu er tekin saman núverandi mynd af orkunotkun í bænum og sett fram setja fram tillaga að orkustefnu með það markmið að hanna sjálfbært samfélag innan 10 ára. Sýnt er hvernig ná má þeim markmiðum, annars vegar með betri nýtingu núverandi orkugjafa auk möguleika staðbundinna endurnýjanlegra orkugjafa. Annar kafla fjallar almennt um orkumál í Vestmannaeyjum, nýtingu orkunnar auk stærstu notenda í orku, hita og jarðefnaeldsneyti. Þriðji kafla fjallar um um möguleika þeirra staðbundnu orkugjafa sem hægt væri að notast við í orkuöflun, þ.e. sjóvarmadælu, vindmyllu eða sjávarfallavirkjun með tilliti til hagræðis og orkuöryggis. Farið er yfir það hvernig mögulegt er að framkvæma uppsetningu á virkjunum með endurnýjanlegum orkugjöfum, kostnaðinn við mismunandi tækni, sparnað í orkunýtingu og bætt umhverfisáhrif miðað við stöðu dagsins í dag.

Vinna við þetta rannsóknarverkefni færir okkur nær þekkingu á endurnýjanlegum staðbundnum orkugjöfum fyrir Vestmannaeyjabæ og möguleika þeirra í samkeppni við fáanlegu raforku til eyjanna í dag. Þá mun þessi þekking einnig skila sér til fleiri sveitarfélaga sem ekki liggja á jarðhitasvæðum. Til að fá sem besta mynd af umfangi og virkni orkukerfisins fór skýrsluhöfundur til Vestmannaeyja hluta af sumri og dvaldi þar með vinnuaðstöðu í starfsstöð Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Áhugavert væri í framhaldinu að tengja þetta verkefni við önnur svipuð verkefni sjálfbærra samfélaga í orkumálum og efla samvinnu á norrænum grunni með slíku samstarfi.

2 Tillaga að orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar

Með tilkomu Landeyjahafnar og tilheyrandi auknu streymi ferðamanna til Vestmannaeyja opnast gríðarmiklir möguleikar. Hægt væri að efla ferðamannaiðnaðinn enn frekar með því að setja fram skýra orkustefnu sem myndi miða að því að Vestmannaeyjabær yrði sjálfbær og til fyrirmyndar í orkumálum. Ferðamenn nú til dags hafa áhuga á stórbrotinni náttúrufegurð sem Vestmannaeyjar búa yfir og skýr orkustefna um sjálfbært samfélag með 100% endurnýjanlegum orkugjöfum myndi auka hróður og ímynd Eyjanna. Með þessu gæti mikill ávinningur náðst, sérstaklega hvað varðar ímynd, stemningu og samtakamátt samfélagsins auk áhuga ferðamanna og annarra.

Þess ber að geta strax að stefnan sem hér er sett fram er aðeins tillaga sem getur nýst Vestmannaeyjabæ og fyrirtækjum í Eyjum til frekari vinnslu. Ljóst er að til þess að svona verkefni geti orðið að raunveruleika þurfa allir sem koma að málum í bænum við rekstur fyrirtækja, heimila og opinberra eininga að taka höndum saman. Vestmannaeyjabær er þar í lykilhlutverki. Tilgangur verkefnisins er ekki að skapa einangraða eyju í orkumálum með enga tengingu við meginlandið, heldur frekar að ná að sýna fram á hvernig hægt er tæknilega og skipulagslega að gera samfélag sjálfbært í orkumálum. Sú þekking sem næst fram í Vestmannaeyjum getur því nýst öðrum samfélögum sem hafa áhuga á sömu leið í myndun orkustefnu.

Mörg dæmi eru um svipaða hönnun víðs vegar um heiminn en nýlegt dæmi, sem áhugavert er að skoða í samanburði við orkumál í Vestmannaeyjum, er í Frederikshavn í Danmörku. Frederikshavn er gamalgróinn hafnarbær á Norður-Jórtlandi með um 25 þúsund íbúa. Þar sáu menn tækifæri í að skapa nýja ímynd bæjarins og fóru að hanna skipulag næstu ára sem miðar að því að orka bæjarins yrði 100% frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Þetta var ákveðið árið 2008 og viðbrögðin hafa ekki látið á sér standa og er áður óþekkt iðnaðarbærinn í norðri nú þekktur víðs vegar um heim sem „orkubærinn“. Við þetta hafa skapast gríðarleg tækifæri hjá bænum því núna vill annar iðnaður komast að í borginni. Í raun yrði þetta dæmi áhugaverðara ef Vestmannaeyjar myndu setja sér sömu stefnu, enda eyja og yrði kannski eftir breytingar þekkt sem „orkueyjan“. Skemmtilegt er einnig að geta þess að Frederikshavn og Vestmannaeyjar eru einmitt vinabærir sem getur skapað fleiri tækifæri í nánustu framtíð.

2.1 Staðan í dag

Skipulagslega er staðan að mörgu leyti góð. Í dag er sú raforka sem flutt er frá meginlandinu framleidd í vatnsaflsvirkjunum eða með jarðhita, m.ö.o. sjálfbærum orkugjöfum. Hitaveitan nýtir þessa raforku og sorpbrennslu til hitunar vatns til húshitunar og framleiðslu á heitu neysluvatni. Allt sorp er tekið inn í skilgreiningu endurnýjanlegra orkugjafa til framleiðslu varmaorku. Þetta má betur sjá á *Mynd 2.1-2* sem sýnir yfirlit yfir orkumál bæjarins árið 2009. *Tafla 2.1-1*, *Tafla 2.1-2* og *Tafla 2.1-3* sýna betur orkunotkunina í Vestmannaeyjum eins og hún var árið 2009 og *Mynd 2.1-1* sýnir notkunina myndrænt.

Tafla 2.1-1: Skipting raforkunotkunar árið 2009 (HS veitur, 2010).

Raforkunotkun	Magn (GWst)
Almenn heimilisnotkun	24,8
Fyrirtæki	9,4
Raforka til kyndingar	5,7
Götulýsing bæjarins	0,9
Rafskautaketill hitaveitu	59,3
Rafskautaketill VSV	13,9
Soðkjarnatæki ÍFV	1,1
Töp dreifikerfis	3,1
Samtals Raforkunotkun	118,2

Tafla 2.1-2: Eldsneytisnotkun 2009 (N1, 2010).

Eldsneyti – innflutningur og eyðsla	Magn (GWst)
Bátar og skip	290,5
Bílar	13,4
Tæki	8,0
Fiskimjölsframleiðsla	31,5
Húshitun	2
Samtals olíunotkun	345,4

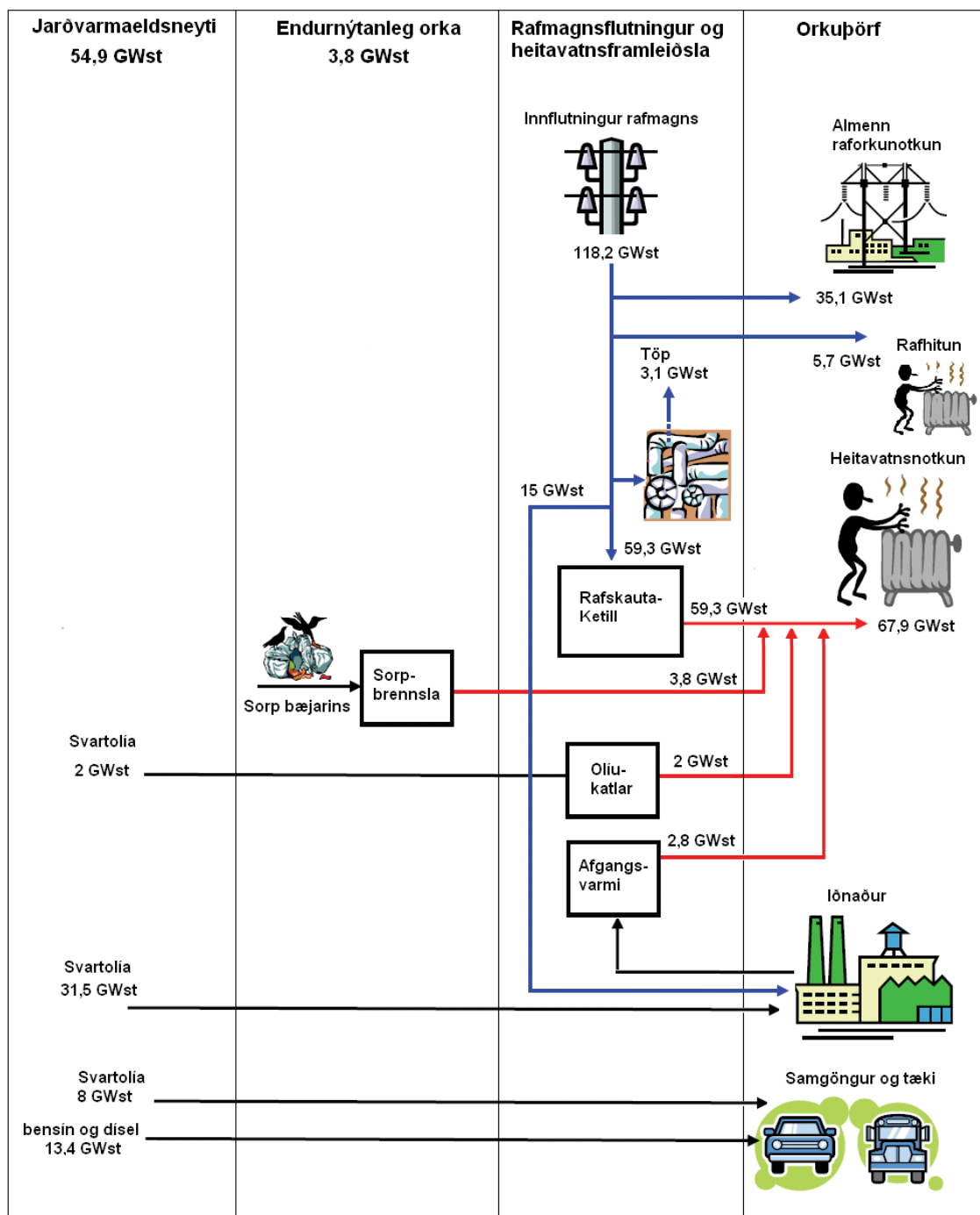
Tafla 2.1-3: Orkuöflun hitaveitu (HS veitur, 2010).

Orkuöflun hitaveitu	Magn (GWst)
Varmaorka sorpbrennslu	3,8
Varmaorka VSV	1,6
Varmaorka ÍFV	1,2
Rafskautaketill	59,3
Olía	2
Samtals orkukaup hitaveitu	67,9

Mynd 2.1-2 sýnir flæði á orkuinnflutningi og orkunotkun í Vestmannaeyjum árið 2009.

Ef undanskilin er olíunotkun fiskveiðiflotans í Vestmannaeyjum má segja að þegar er meirihluti orkunotkunar í Eyjum frá endurnýjanlegum orkugjöfum. Olíunotkunin er einna helst í notkun bíla- og tækjaflota bæjarins, í orkufrekum iðnaði fiskimjölsbræðslna og í hitaveitunni. Í dag fæst ekki nægur flutningur raforku til að anna eftirspurn fiskimjölsbræðslna á annatímum, þar sem hitaveitan fær forgang, og eru því olíukatlar notaðir í staðinn í bræðslunum. Í hitaveitunni eru að auki olíukatlar notaðir verði afhendingarrof á raforku. Dæmin síðustu ár sýna að afhendingarof ótryggrar orku eru ekki tíð, en eina stóra skerðingin síðan 1987 var í nóvember árið 1997 sem varði í um fimm mánuði. Aðrar skerðingar síðustu ára voru vegna viðhaldsvinnu og voru ekki lengur en í örfáa klukkutíma (Ívar Atlason, 2010).

Með heildar notkun eldsneytis árið 2009 gefa óendurnýjanlegir orkugjafar samtals 54,9 GWst/ári á meðan endurnýjanlegir orkugjafar gefa 3,8 GWst/ári (varmaorka sorpbrennslunnar). Þó ber að geta að raforkan sem flutt er milli lands og Eyja er framleidd með endurnýjanlegum orkugjöfum. Sé öll orkunotkunin í Eyjum að undanskyldum skipum og bátum tekin saman þá er heildarorkunotkunin 77 % frá endurnýjanlegum orkugjöfum og 23 % frá óendurnýjanlegum orkugjöfum.



Mynd 2.1-2: Yfirlitsmynd flæðis orkuinnflutnings og orkunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009.

2.2 Framtíðarmynd

Á Mynd 2.2-1 er sýnd tillaga orkustefnu og hvernig orkumál í Vestmannaeyjum gætu litið út. Betur verður útlistað hvernig hægt er að ná þessum markmiðum í næstu undirköflum.

2.2.1 Betri raforkunýting heimila

Tafla 2.1-1 sýnir almenna raforkunotkun í Vestmanneyjum sem er um 35,1 GWst miðað við notkun árið 2009. Þar af er almenn heimilisnotkun 24,8 GWst og stærri notendur, eða raforkunotkun fyrirtækja 9,4 GWst. Þá er götulýsing bæjarins 0,9 GWst. Með bættem leiðum orkunýtingar er hægt að minnka raforkunotkun til muna og ætti að vera raunhæft markmið að ná 10-20% betri nýtingu. Eitt einfaldasta dæmið er notkun 11 W sparpera í stað venjulegra 60 W ljósapera. Ef hvert heimili, eða um 1.600 samtals, í Vestmannaeyjum myndi skipta út 10 slíkum ljósaperum fyrir sparperur og miðað væri við 2,7 klst meðalnotkun á dag yrði sparnaðurinn um 0,8 GWst/ári. Ef miðað er við sex ára notkun myndi eftir fjárfestingu í sparperum heildarkostnaðurinn með innkaupum og raforkusparnaði peranna vera 15.000 kr í stað 38.000 kr ef venjulegar perur væru notaðar. (Orkusetur, 2010)

Þar að auki má einnig skipta út ljósum í ljósastaurum og við umferðarljós svo dæmi séu tekin. Þar að auki eru fjölmörg tækifæri sem heimili og fyrirtæki geta nýtt sér til sparnaðar á raforku og þar með lægri útgjalda. Í tillögu að orkustefnu Vestmannaeyja til ársins 2020 er stefnt að 10-20% bættri orkunýtingu og er miðað að því að almenna verði 28 GWst.

2.2.2 Betri raforkunýting fyrirtækja

Fiskvinnslufyrirtækin Ísfélagið og Vinnslustöðin leika stórt hlutvert á raforkumarkaðnum í Eyjum enda stærstu kaupendurnir á raforku í Vestmannaeyjum. Komi þau að málum og hannaðar verða aðferðir sem stuðla að bættri raforkunýtingu til dæmis í fiskibraðslum og frystihúsum þar sem orkuþörf er mikil getur það munað heilmiklu í bættem raforkusparnaði.

2.2.3 Betri orkunýting afgangvarma fiskmjölsbræðslna.

Góð tækifæri eru til frekari nýtingar varmaorku frá fiskimjölsbræðslum. Þegar eru nýtt um 1,2 GWst/ári frá Ísfélaginu og um 1,1 GWst/ári frá Vinnslustöðinni eða um 3,3 GWst/ári samtals í varmaorku frá báðum fiskimjölsbræðslum. Magn orkunnar fer eftir því hvernig framleiðsla bræðslunnar er á hverjum tíma og er auðvitað háð því hvernig veiðist hverju sinni. Fjarvarmaveita bæjarins getur þó oft ekki tekið á móti varmaorkunni sem bræðslurnar vilja selja þar sem lágmarksraforka þarf alltaf að vera á rafskautakatli hitaveitunnar og engin þörf á frekari orku inn á kerfið. Þar að auki er hitaveitukerfi bæjarins skipt í efra og neðra svæði eftir landhæð og er ekki tenging afgangsvarmans hjá fiskvinnslubræðslunum yfir á efra svæði bæjarins. Hitaveitan kaupir bara orku af fiskimjölsbræðslunum sem hefur náð 79°C hita, en töluvert magn nær ekki því hitastigi. Það er því töluvert varmaorka sem nú er hent í sjó sem gæti nýst inn á kerfi bæjarins (Ívar Atlason, 2010). Verður að teljast líklegt að hægt sé að ná um samtals 4 GWst/ári frá bræðslunum tveimur miðað við framboð þeirrar varmaorku síðastliðin 5 ár með frekari lagfæringum auk þess sem enn bætir á nýtinguna ef fyrirtækin yrðu tengd við efra hitaveitusvæði bæjarins.

2.2.4 Framleiðsla lífdísils með affallsvatni fiskimjölsbræðslna

Affallsvatnið frá bræðslunum er fitumikið og líklegt er talið að talsvert magn af lífdísil sé hægt að vinna frá stöðvunum (Guðrún Sigurjónsdóttir, 2007). Þetta þarf hins vegar að kanna betur og því varlega áætlað að mögulegt sé að nýta um 1 GWst/ári með framleiðslu lífdísils sem hægt er að nota í olíukatla komi eitthvað upp á og varaafli þarf til. Enn verða olíukatlar til sem varaafli en eru aðeins notaðir ef orka fæst ekki til framleiðslu varma. Hér er um að ræða mjög áhugaverðan kost á eldsneytisframleiðslu.

2.2.5 Bætt orkunýting sorpbrennslu

Sorpbrennslan í bænum hitar upp bakrennslisvatn um nokkrar gráður sem hitað er svo frekar í hitaveitu bæjarins. Sorpbrennslan er nokkuð vannýtt meðal annars vegna þess að nægjanlegt sorp fæst ekki til brennslu alla daga vikunnar. Um 3,8 GWst/ári fást frá sorpbrennslunni en sé framleiðsla augin og ef betri nýting næst úr brennsluofni má gera ráð fyrir aukningu um 4,1 GWst/ári. Þetta er þó varlega áætlað og gera þarf frekari kannanir á kostum þess að fá nýjan brennsluofn eða athuga með aðrar leiðir til betri nýtingar.

2.2.6 Raforkuframleiðsla með endurnýjanlegum orkugjöfum

Betur verður farið í kosti og möguleika framleiðslu með endurnýjanlegum orkugjöfum síðar í skýrslunni en með einföldu dæmi má sjá að hægt er að setja upp sjóvarmaðælu sem þyrfti 16,8 GWst raforku en myndi framleiða um 48,2 GWst varmaorku. Rafskautaketillinn myndi áfram nota aðflutta raforku frá meginlandinu upp að um 11,1 GWst og yrði þá raforkusparnaðurinn 53% eða 31,4 GWst miðað við varmaorkunotkun árið 2009 sem var um 59,3 GWst. Það væri þá einnig hægt að framleiða um 48,1 GWst með vindmyllugarði, en betur er farið í kosti raf- og varmaorkuframleiðslu í kafla 4 í þessari skýrslu.

2.2.7 Umhverfisvæn farartæki

Þegar hafa nokkrar þjóðir hafið innleiðingarferli rafbílavæðingar m.a. í samvinnu við fyrirtækið *Project Better Place* sem hyggst eiga rafgeyma og þjónusta við notendur verður með áskriftarkerfi líkt og er meðal farsímafélaga. Lægri fjárfestingar eru fyrir notendur þar sem mikil og hröð þróun er í framleiðslu bifreiða og sérstaklega rafhlaðna sem eru að verða endingarmeiri með tímanum. Rafbílavæðing er hentugust af þeim kostum sem kannaðir hafa verið fyrir umhverfisvæn farartæki þar sem kostnaður við framleiðsla annarra orkugjafa er of hár í samanburði við rafmagn, og kostnaður vegna flutninga og birgðarhalds er umtalsverður. Til dæmis þarf umtalsvert jarðsvæði fyrir etanólframleiðslu og ef nota á vetni sem valkost við rafmagn til að knýja áfram bifreiðar þá er nýtingin mun minni en ef rafmagn væri notað beint á bifreiðar. Þar fyrir utan má nefna flutningskostnað, stofnkostnað, birgðarhaldskostnað o.fl. sem er hærri fyrir aðrar tæknilausnir (Steingrímur Ólafsson, 2008).

Útreikningar gera ráð fyrir að 1 MW vindorkuver nægi fyrir hverjar 3.000 bifreiðar (Steingrímur Ólafsson, 2008). Skv. Umferðarstofu voru um 1.900 bílar í Vestmannaeyjum árið 2006. Grófur útreikningur sýnir þannig að um 0,65 MW vindorkuver þyrfti til að rafmagnsbílavæða allan bílaflotann í Eyjum. Nauðsynlegt er hins vegar að þjónusta fyrir rafmagnsbíla sé til staðar annars

staðar á landinu en í Eyjum og þarf því til allsherjar átak á Íslandi til að nokkuð í þessa átt geti gengið upp.

Ef sérstaklega er litið til þeirra þátta er snúa að þjóðhagslegum ávinningi við innleiðingu á rafmagnsbílum má fullyrða að hagkvæmt sé fyrir þjóðarbúið að taka upp rafbíla í stað bensín- eða dísilbíla. Eftir því sem minna er flutt inn af jarðefnaeldsneyti aukast jákvæð áhrif á utanríkisverslun sem minnkar vöruskiptahallann. Það hefur einnig sitt að segja að innlend orka yrði notuð til samgangna í stað erlendar. Hvað Vestmannaeyjar varðar myndi það spara gríðarlegt magn af innfluttu eldsneyti ef framleiðsla raforkunnar væri í bænum eða flutt yrði græn orka inn í gegnum sæstrengi.

Helsti gallinn við að ná fram sem bestri nýtingu á vindorku er hversu óstöðugur styrkur vindsins er. Vindafl er mjög óstöðugur orkugjafi. Afar dýrt er að geyma orkuna á rafgeymum. Í þessu sambandi má nefna að sem stendur eru hugmyndir um að jafna framtíðarsveiflur í raforkuframleiðslu með vindafla með því að safna raforkunni beint inn á rafgeyma bíla og fá þar af leiðandi betri nýtingu á raforkunni með rafbílavæðingunni. Sama gæti gilt í Vestmannaeyjum verði farið í uppsetningu vindmylla í bænum þar sem notkun á orku er minni að nóttu en að degi til og er því til hagkvæm leið til að miðla orkunni og nýta með sem hagkvæmustum hætti. Rafmagnsbílar eru ekki einungis hentugir á Íslandi vegna þess að framleiðslan væri innlend, heldur myndi besta nýtingin nást í samanburði við aðra orkugjafa eins og *Tafla 2.2-1* sýnir (Steingrímur Ólafsson, 2008).

Tafla 2.2-1: Nýting orkugjafa til samgangna.

	Nýting (%)
Bensín	14-30
Dísel	30
Tvinnbílar	26-38
Vetni	26-45
Rafmagn	85-95

Hvað varðar aðra kosti en raforku má nefna umhverfisvæn farartæki sem knýja má með vetni, metanóli, etanóli og metan. Nokkrir vetnisbílar eru í umferð á Íslandi en telja má enn nokkra áratugi í að það takist að gera vetnistæknina samkeppnishæfa miðað við aðra möguleika sem þekkjast í dag. Sé miðað við rafbíla, þá er nýtni raforku frá því hún verður til og þar til að hún hefur verið notuð á bifreiðina um 70%. Í vetnisbílum er nýtingin 20%. Hugsanlega má telja að vetnistæknin geti betur nýst öðrum faratækjum sem ekki geta tengst flutningskerfi raforku svo sem skipum. Ekki er víst hvort framleiðsla metanóls eða etanóls séu fýsilegir kostir vegna mikils kostnaðar, enn sem komið er, og ekki er hægt að framleiða nægjanlegt magn etanóls eða metans á Íslandi til að anna eftirspurn sem til er staðar eftir eldsneyti vegna aksturs. Vissulega má flytja inn orku en sé hugað að innlendri framleiðslu er rafmagnsbílavæðing hagstæðasti kosturinn fyrir Vestmannaeyjar og Ísland í heild sinni. Þar að auki er út frá nýtingu raforkumannvirkja, dreifikerfis, orkunýtingar og útblásturs, rafmagnsbílavæðing fýsilegasti kosturinn (Steingrímur Ólafsson, 2008).

Vegna stöðu Vestmannaeyja sem eyju væri tilvalið að prófa frekari verkefni um rafbílavæðingu þar áður en slíkt verkefni gæti svo verið skalað upp fyrir Ísland í heild. Hér eftir koma nokkrir punktar hvernig hægt væri að koma af stað slíku verkefni í Vestmannaeyjum (Steingrímur Ólafsson, 2008):

- Fengnir yrðu til samstarfs aðilar sem nota bifreiðar mikið vegna starfsemi sinnar.
- Við verkefni þetta þyrfti einnig að leita til aðila sem hafa beina hagsmuni af því að innleiða rafbíl, þ.e. bifreiðaumboða og/eða framleiðendurna sjálfra.
- Raforkuframleiðendur og raforkusalar gætu komið að verkefninu til dæmis með því að veita afslátt af orkuverði og tengingar hleðslustöðva við raforkukerfið.
- Fengnir yrðu til liðs við verkefnið aðilar sem nú þegar selja eldsneyti.
- Kannaðir yrðu möguleikar þess að fá til liðs við verkefnið erlenda aðila sem þegar eru byrjaðir að undirbúa innleiðingu rafbíl í öðrum löndum. Má þar nefna þá sem eru í forsvari fyrir PBP, en slík sambönd eru mikilvæg hvað varðar reynslu, aðgengi að bifreiðum og rafhlöðum, tækni og þekkingu, t.d. DONG Energy í Danmörku.
- Vestmannaeyjabær myndi styðja verkefnið og bílar í eigu bæjarins yrðu uppfærðir í rafmagnsbíla.
- Leitað yrði til sjóða til að styrkja verkefnið.
- Leitað yrði eftir fjárfestum, innlendum sem erlendum, vegna verkefnisins.

Einhliða rafbílavæðing Vestmannaeyja verður þó ekki gerð án samstarfs við íslenska ríkið sem þyrfti að hanna hvata til að almenningur noti vistvænni orkugjafa til samgangna en nú. Stór hluti skatttekna ríkisins kemur frá olíuneyslu almennings og því stór spurning hvort ríkisvaldið vilji minnka tekjur sínar ef skipt verður um orkugjafa, eða hvort tekjurnar haldist óbreyttar með tilheyrandi neikvæðum áhrifum á umhverfi og efnahag landsins. Til að mynda frekari hvata fyrir umhverfisvænar bifreiðar þarf að hækka verulega álögur á aðrar gerðir bifreiða sem nota jarðefnaeldsneyti (Steingrímur Ólafsson, 2008).

Eitt helsta verkefni yfirvalda í þessum málaflokk er Græna Orkan; Vistorka í samgöngum (Græna orkan, 2009). Verkefnið gengur út á að auka hlut vistvænna innlendra orkugjafa í samgöngum og minnka notkun á innfluttu kolefnaeldsneyti. Markmiðið er að tengja saman þá fjölmörgu aðila hér innanlands sem fást við umbreytingar frá notkun eldsneytis í samgöngum, efla atvinnuþróun og nýsköpun, hvetja til aukinna rannsókna og draga úr notkun jarðefnaeldsneytis í samgöngum. Á meðal samstarfsaðila eru Orkustofnun, Orkuveita Reykjavíkur, Orkusetur, Vistorka og Metan. Vel er hægt fyrir Vestmannaeyjar að taka þátt í þessu verkefni, en Græna Orkan hvetur alla sem vinna að orkuskiptum í samgöngum með einhverjum hætti að skrá sig til þátttöku. Mjög áhugavert hlýtur að teljast að prófa umbreytingar á samgöngumálum með endurnýjanlegum orkugjöfum í Eyjum, á minni skala en væri fyrir allt Ísland.

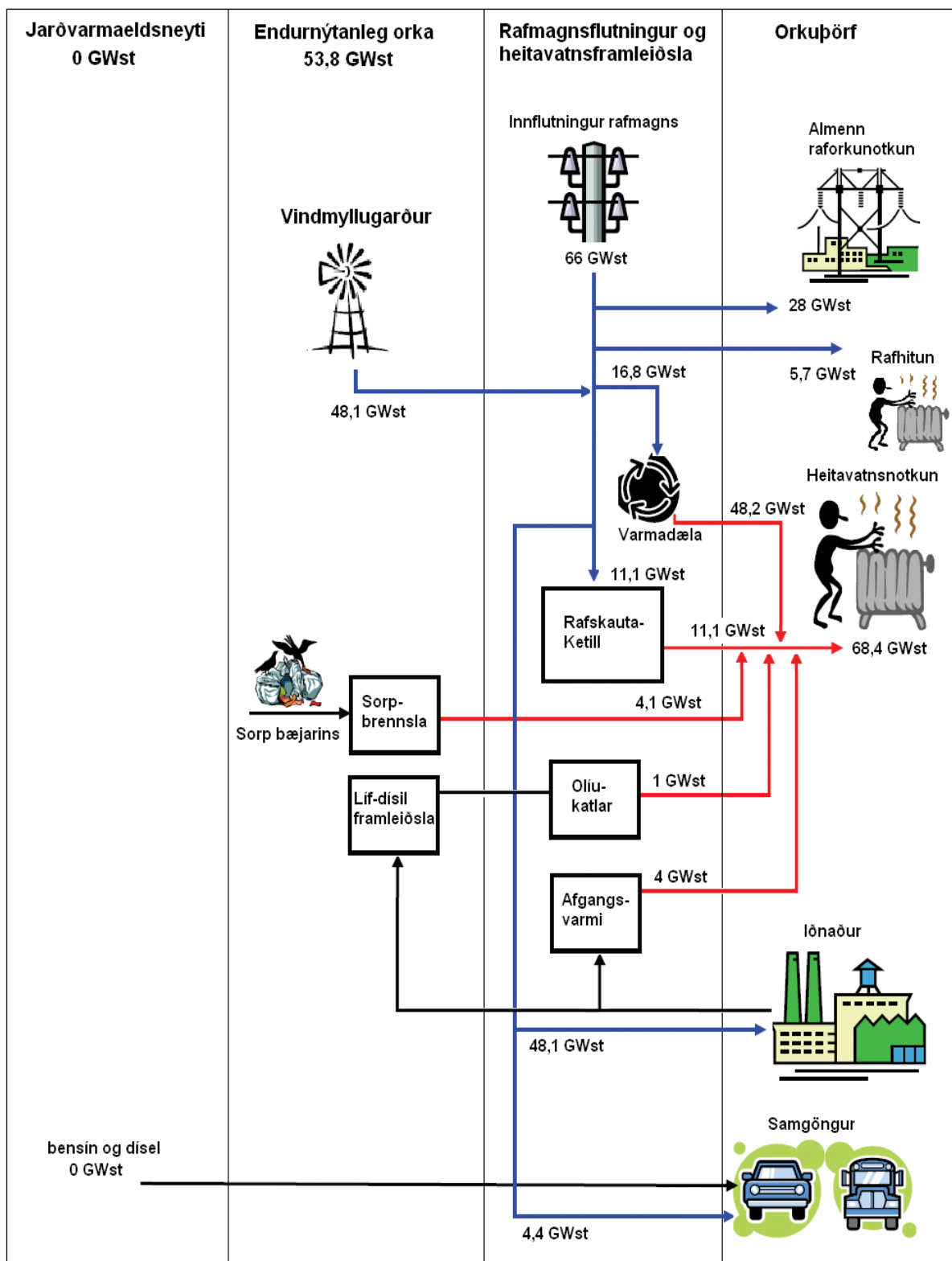
2.2.8 Markmið tillögu nýrrar orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar

Meginmarkmið tillögu að nýrri orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar er að minnka olíunotkun í fiskimjölsbræðslum, bílaflota og hitaveitu bæjarins og verða þannig fyrirmynd annarra sveitafélaga á Íslandi. Þessu má meðal annars ná með bættri nýtingu varmaorku í sorpbrennslu og frá fiskibræðslustöðvum og einnig með framleiðslu á lifdísil frá affalsvatni fiskibræðslanna eins og komið var að áður. Framleiðsla raforku er möguleg með vindmyllugörðum og fengin er betri nýting raforku með sjóvarmaðælu. Með minni rafmagnsnotkun, útrýmingu olíunotkunar í fiskvinnslustöðvum og með innleiðingu umhverfisvænna bifreiða er því enginn innflutningur jarðvarðmældsneytis til eyjarinnar fyrir utan þá sem fer í fiskveiðiflotann. Þar að auki er raforkan sem flutt er til Eyja í gegnum sæstrengi einnig endurnýjanleg og væri hægt eftir sveiflum í raforkunotkun hægt að kaupa og selja raforku á milli lands og eyja eftir framboði og eftirspurn í bænum. Þannig má með sanni segja að Vestmannaeyjar yrði „orkubær“ eða „orkueyja“ öllu heldur.

Út af einfaldleika núverandi orkukerfis Vestmannaeyja er mögulegt að fara í slíka framkvæmd orkustefnu sér í lagi vegna þess „græna“ rafmagns sem þegar er notast við í dag. Vissulega þarf að fara í mun nákvæmari skipulagningu og rannsóknir á næstu misserum til að fá nákvæma niðurstöðu í málið en með nokkuð raunhæfum markmiðum er hægt að ná því fram á næstu 10 árum að gera Vestmannaeyjar að sjálfbæru samfélagi í orkumálum. Þess ber að geta að yfirlýsing af því tagi myndi ein og sér skapa mikið umtal og fanga athygli innlendra sem erlendra ferðamanna. Það er því mælt með því að slík vinna verði sett í gang með Vestmannaeyjabæ í fararboði auk fulltrúa íbúa og stærri fyrirtækja í bænum.

Mynd 2.1-2 og Mynd 2.2-1 sýna til samanburðar muninn á orkukerfi bæjarins í núverandi mynd og svo hvernig orkunotkunin gæti litið út eftir tíu ár yrði orkustefnunni sem lagt er til með yrði fylgt eftir.

Með tilkomu vindmyllugarðs minnkar þörfin fyrir raforkuflutning og verður þá um 66 GWst en raforkuflutningurinn var 115,4 GWst árið 2009. Eins og áður hefur komið fram þá er raforkan sem fengin er þegar „græn orka“ og því ekki nauðsynlegt að sleppa henni til að ná fram markmiðum um endurnýjanlega orku. Nauðsynlegt verður að teljast að ná fram samningum um hvað orkan komi til með að kosta á næstu árum til að hægt sé að bera saman kosti vindmyllugarða eða frekari endurnýjanlegra orkugjafa. Með því að halda til haga núverandi fyrirkomulagi og notast við afl strengjanna sem varaafli auk afli olíukatlana eykst orkuöryggi bæjarbúa umtalsvert miðað við það sem þekkist í dag.



Mynd 2.2-1: Tillaga að flæði orkuinnflutnings og orkunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2020.

3 Orka í Vestmannaeyjum

Í þessum hluta skýrslunnar er farið yfir núverandi orkukerfi Vestmannaeyja, raforkuflutning og innflutning jarðefnaeldsneytis auk orkunotkunar íbúa og iðnaðar í bænum ásamt helstu umhverfisáhrifum vegna allrar orkunotkunar.

3.1 Orkukerfi

Þar til á sjötta áratug síðustu aldar voru heimili og fyrirtæki nær eingöngu hituð upp með olíu en þá var lagður sæstrengur til Vestmannaeyja og jókst notkun rafkyndingar þá til muna. Eftir eldgosið á Heimaey var hönnuð hraun-hitaveita sem nýtti varmann frá hrauninu sem rann í gosinu 1973 og var hitaveita lögð um bæinn nokkrum árum seinna. Hins vegar var varmi hraun-hitaveitunnar ekki nægur í lok áttunda áratugarins og þurfti þá að leita annarra leiða til orkuöflunar. Jarðhiti við Vestmannaeyjar er ekki mikil og telst svæðið kalt. Þar að auki hefur ekki þótt fýsilegt að koma upp raforkuframleiðslu með staðbundnum endurnýjanlegum orkugjöfum hingað til og hefur því rafskautsketill verið notaður til upphitunar á vatni fyrir hitaveituna síðan 1987 (Guðmundur Pálmason, 1986).

3.1.1 Hitaveita

Vatn hitaveitunnar er ferskvatn undan Eyjafjöllum og hefur Hitaveita Suðurnesja séð um rekstur hitaveitunnar síðan árið 2002. Dreifikerfi hitaveitunnar er tvöfalt þar sem heita vatninu er þá dælt um framrásina til heimila og fyrirtækja og eftir notkun er vatninu dælt til baka eftir bakrás og það hitað upp aftur. Dreifikerfið er tvískipt eftir landhæð í bænum og skiptist það í efra og neðra kerfi en betur má sjá skiptinguna á *Mynd 3.1-2*.

Vatnið er hitað upp í tveimur varmaskiptum með gufu sem hvor um sig er 10 MW og er gufan framleidd í 20 MW rafskautakatli. Ótrygg orka frá Landsvirkjun er notuð í gufuframleiðslu og eru þrír oliukatlar notaðir sem varaafli verði afhendingarrof á ótryggu orkunni. Að auki er varmi frá sorpbrennslu og afgangsvarmi frá fiskimjölsverksmiðjum Ísfélags Vestmannaeyja, eða um 43% varmans og Vinnslustöðvarinnar, eða um 57% varmans, nýttur til upphitunar.

Alls eru því fimm orkulindir sem sjá um framleiðslu á heitu vatni til kyndingar:

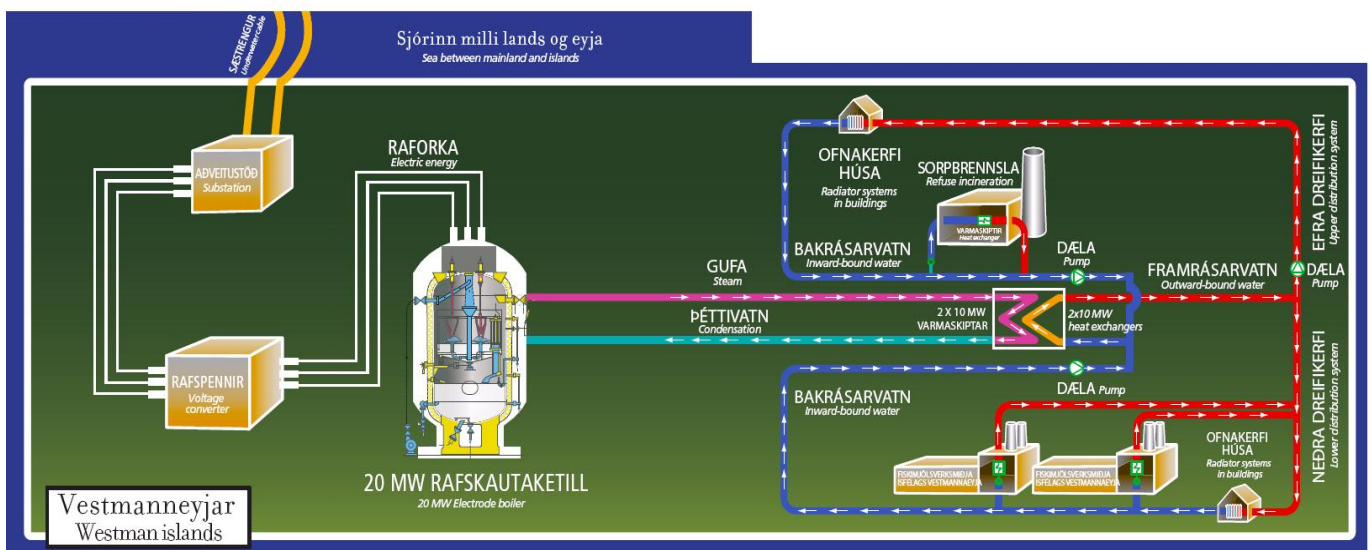
- Rafskautaketill.
- Oliukatlar.
- Varmi frá sorpbrennslu.
- Varmi frá FES (Varmaorka frá framleiðslu fiskimjöls og lýsis hjá Ísfélaginu).
- Varmi frá FIVE (Varmaorka frá framleiðslu fiskimjöls og lýsis hjá Vinnslustöðinni).

Heildarorkuöflun til kyndingar árið 2009 var um 67,9 GWst og þar af komu um 87% frá rafskautakatlinum, varmaorka frá sorpbrennslu var um 5% heildarorkunnar, varmaorka frá

fiskimjòlsverksmiðjunum var um 4% og þá var olíunotkun 3%. Skiptinguna má sá á mynd Mynd 3.1-1.

Mynd 3.1-1: Skipting orkuöflunar hjá hitaveitu Vestmannaeyja (HS veitur, 2010).

Á Mynd 3.1-2 má sjá flæði hitaveitu í neðra og efra kerfi Vestmannaeyjabæjar.

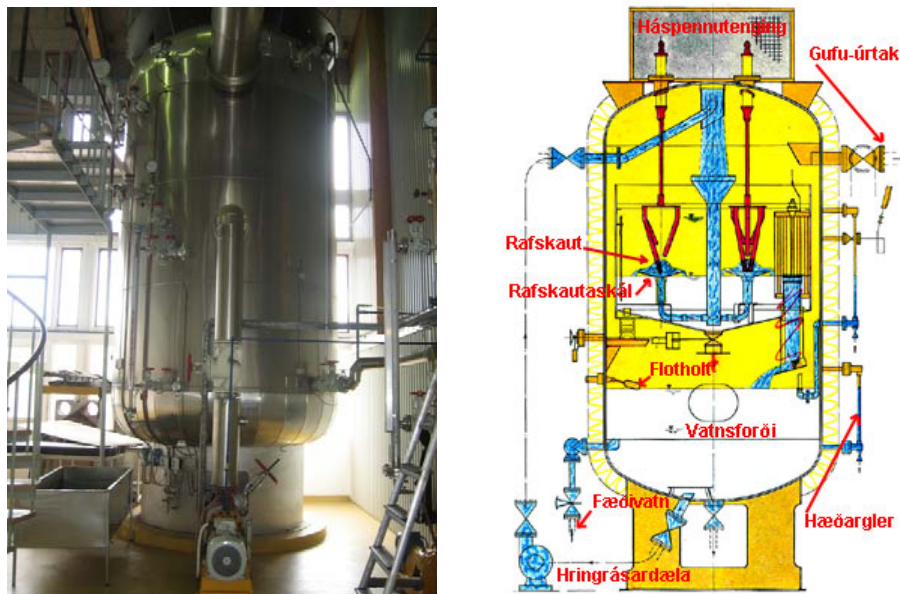


Mynd 3.1-2: Orkukerfi Vestmannaeyja (Ívar Atlason, 2010).

Eins og áður kom fram skiptist dreifikerfið í efra og neðra dreifikerfi eftir hæðarmuni bæjarins. Upphitað vatn frá fiskvinnslustöðvunum er nú tengt við neðra dreifikerfið og er hliðtengt við rafskautsketilinn þannig að bakrásarvatn er tekið úr neðra dreifikerfinu og það sent inn á framrás sama kerfis. Sorpbrennslustöðin tekur við bakrásarvatni úr efra dreifikerfinu þar sem það er hitað upp áður en það er sent aftur til kyndistöðvarinnar til frekari hitunar. Hraðastýrðar dælar dæla vatninu út á dreifikerfið, en 90% húsa bæjarins eru upphituð með heitvatnskerfinu en 10% eru enn kynnt með beinni rafhitun. Hámarksálág hitaveitunnar er um 15 MW og lágmarksálág er um 4 MW.

Varaafli hitaveitukerfisins eru olíukatlar sem samtals eru 18,3 MW. Einnig eru 7 dísilvélar sem nota samtals 5 MW varaafli fari rafmagn alveg af bænum. Meðalrennsli heitavats kyndistöðvarinnar um sumar er um $70 \text{ m}^3/\text{klst}$ en um vetur nær rennslið um $300 \text{ m}^3/\text{klst}$ (Ívar Atlason, 2010).

Rafskautaketillinn notar rafmagn sem flutt er um sæstrengina til að sjóða vatn í lokaðri rás og afhendir svo varmann í hitaveiturásina í gegnum tvo 10 MW varmaskipta. Gufuhitastig inn í varmaskiptana er um 135°C sem stýrt er með magni vatnsforða í rafskautskatlinum. Hitastig vatns út úr varmaskiptunum er um 77°C . Mynd 3.1-3 sýnir rafskautsketilinn.



Mynd 3.1-3. Rafskautaketillinn í Vestmannaeyjum (Ívar Atlason, 2010).

Olíukatlarirnir eru samtals þrír og eru tveir þeirra 7,2 MW og sá þriðji 3 MW. Fyrri tveir ganga fyrir flotadísilolíu en úrgangsolía sem er hreinsuð og brennd er notuð fyrir þriðja olíuketilinn. Mynd 3.1-4 sýnir olíukatla.



Mynd 3.1-4: Olíukatlar í Kyndistöð Vestmannaeyja.

3.1.2 Rafveita

Í dag liggja tveir sæstrengir til Vestmannaeyja. Þetta eru tveir 33 kV háspennustrengir en eldri strengurinn var lagður árið 1962 og sá nýrri árið 1979. Mesta flutningsálag eldri strengsins er 7 MW en flutningsálag þess nýrri er 16 MW og er því mesta flutningsálag til Eyja 22 MW. Báðir strengirnir eru teknir á land í Eyjum á Skansinum eins og sjá má á *Mynd 3.1-5* og eru þaðan leiddir í aðveitustöð.



Mynd 3.1-5: Raforku dreifikerfið í Vestmannaeyjum. Sæstrengi má sjá með rauðum lit (Ívar Atlason, 2010).

Orkan til afhendingar er annars vegar forgangsorka fyrir notkun í bænum og hins vegar ótrygg orka, sem aðallega er notuð í rafskautaketil hitaveitunnar til upphitunar á hitaveituvatni fyrir bæinn og til rafskautaketils bræðslunnar. Eins og fram kemur síðar í skýrslunni er aflþörf til Eyja töluvert meiri en afhent hámarksafl. Í kafla 3.2.2 er farið betur yfir í hvað raforkan fer og í hvaða magni í bænum.

3.1.3 Vatnsveita

Fram til 1968 var rigningarvatni safnað af þökum húsa í Vestmannaeyjum í vatnsbrunna sem voru í hverju húsi en mikill skortur á ferskvatni var í bænum á þeim tíma. Nú er vatn veitunnar tekið úr tveimur vatnslindum við Þórsmörk og því dælt um neðarnsjávarleiðslur og þaðan um dreifikerfi bæjarins. Dæluhús vatnsveitunnar er staðsett á Bakkafjöru og er hámarks dæling 60 lítrar á sekúndu. Allt vatn í Vestmannaeyjum er selt samkvæmt rennslismælum og er meðalsala á dag u.þ.b. 1 m³ (HS veitur, 2010).

3.2 Orkunotkun

3.2.1 Hitaveita

Eftir að í ljós kom að varminn frá hrauninu í hraunvarmaveitunni reyndist ekki nægur til að uppfylla orkuþörf hitaveitunnar var farið í að finna leiðir til orkuöflunar til húshitunar í Vestmannaeyjum. Þá reyndist hagstæðast að fjárfesta í rafskautakatli sem síðan þá hefur verið notaður til upphitunar (Guðmundur Pálmason, 1986). *Tafla 3.2-1* sýnir helstu upplýsingar um hitaveituna sem rekin er í bænum.

Tafla 3.2-1: Lykilstærðir hitaveitu í Vestmannaeyjum (HS veitur, 2010).

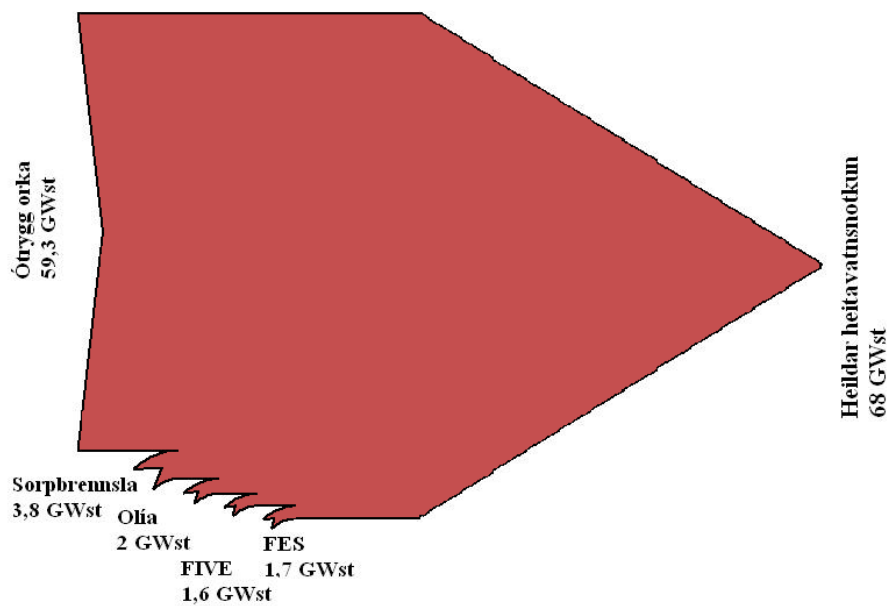
Skýring	Magn	Einingar
Stærð veitusvæðis	13,3	km ²
Íbúar með hitaveitu	3.609	
Hús tengd í hitaveitu	1.462	
Lengd dreifikerfis	71,5	km
Vatnsmagn inn á dreifikerfi	1.632.160	m ³ /ári
Hámarksálag	12,7	MW
Orkuframleiðsla inn á kerfi	67,9	GWst
Smásala	1.259.512	m ³ /ári
Meðalverð í smásölu (án VSK)	196,5	kr/m ³
Beinar niðurgreiðslur til húshitunar frá ríkissjóði	73,08	m.kr
Niðurgreitt magn	796.111	m ³

Eitt stærsta vandamál hitaveitunnar er að leki er á lögnum hitaveitunnar sem er um 60 tonn/dag. Pípur hitaveitukerfisins eru gamlar og erfitt er að finna staðsetningu lekans þar sem jarðlög eru mjög lek. Því er ferskvatni dælt inn á þriðja varmaskiptinn til upphitunar til að viðhalda vatnsmagni kerfisins (Guðmundur Gíslason, 2010)

Um 1.500 hús eru tengd hitaveitunni eða um 87% íbúa. Það eru því um 13% íbúa sem kynda hús sín með rafmagni.

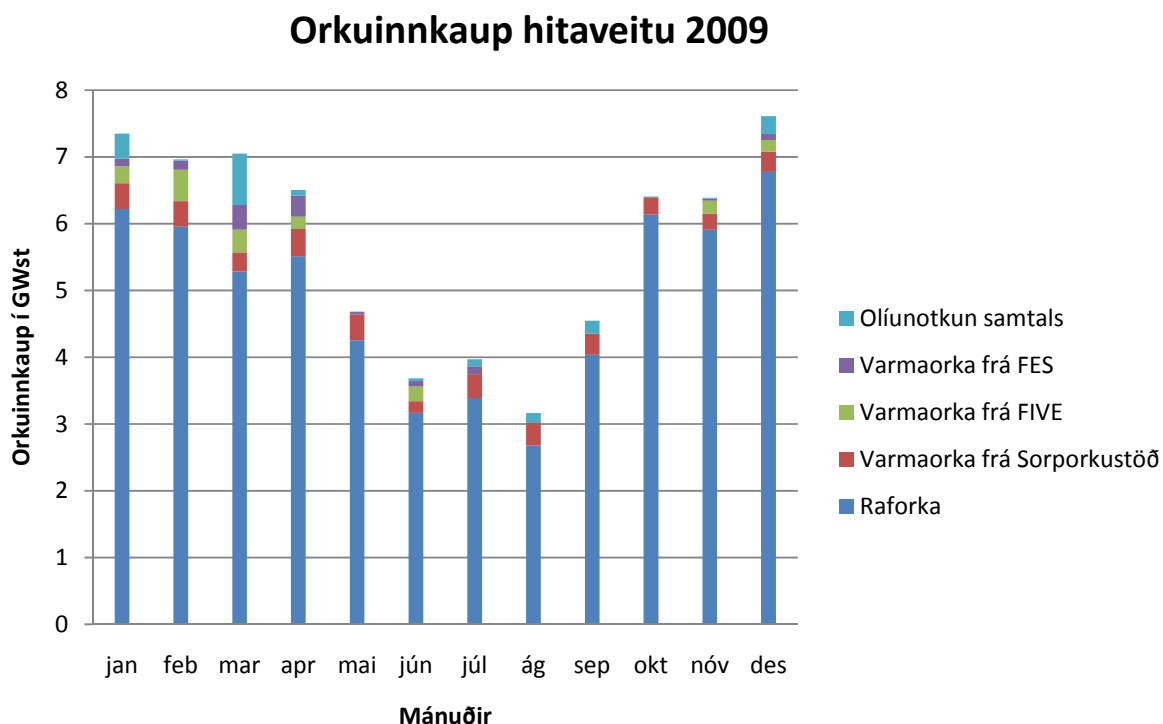
Hámarksálag hitaveitunnar árið 2009 var 12,7 MW og framleiðsla inn á kerfið var um 67,9 GWst en *Mynd 3.2-1* sýnir betur orkuöflun hitaveitunnar árið 2009.

Í kafla 4.1 um varmadælu er farið yfir niðurgreiðslur hins opinbera vegna fjarvarmaveitunnar og rafhitunar á heitavatni almennt, en samtals voru niðurgreiðslur árið 2009 73 m.kr fyrir 59,3 GWst raforkunotkun og samtals upphitað magn heitavats 796.111 m³.



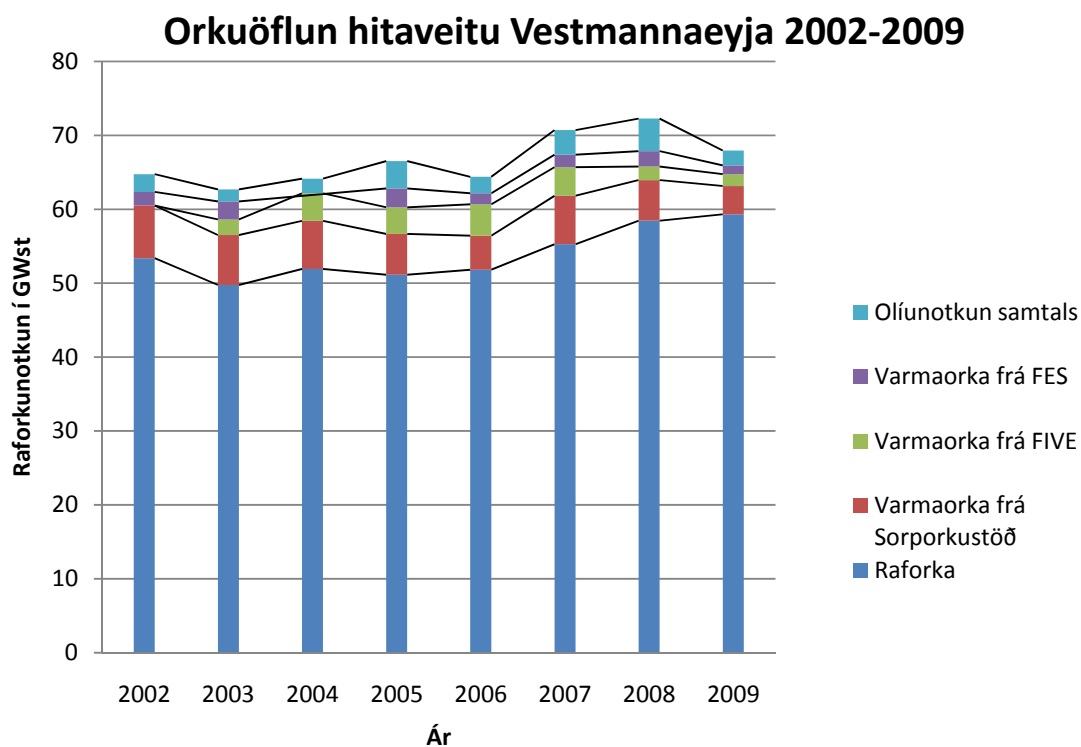
Mynd 3.2-1: Sankey flæðismynd af orkuöflun hitaveitu fyrir árið 2009.

Eins og kom fram í kafla 3.1.1 eru fimm orkulindir á framleiðslu heitavatns í Vestmannaeyjum. Mynd 3.2-2 sýnir hvernig framleiðslan skiptist niður eftir mánuðum á árinu 2009. Meðalframleiðsla á mánuði var 5,7 GWst og var mest í desember eða um 7,6 GWst en lægst í júlí, eða um 3,1 GWst.



Mynd 3.2-2: Orkuinnkaup heitaveitunnar í Vestmannaeyjum eftir mánuðum árið 2009 (Ívar Atlason, 2010).

Á Mynd 3.2-3 má sjá hvernig skiptingin hefur verið síðan árið 2002, eða frá því að byrjað var að nýta varmaorku frá fiskbræðslustöðvunum.



Mynd 3.2-3: Orkuinnkaup hitaveitunnar í Vestmannaeyjum 2002-2009 (HS veitur, 2010).

Meðal heitavatnframleiðsla síðstliðin fimm ár hefur verið um 66,7 GWst en orkuöflunin hefur verið með mjög svipuðu sniði öll árin og hefur raforka fyrir rafskautaketilinn verið undirstaðan í rekstri hitaveitunnar í bænum.

3.2.2 Rafveita og raforkuflutningur

Hitaveitan í Vestmannaeyjum treystir á rafmagnsflutning í gegnum sæstrengi. Þegar rafmagn slær af eða ótrygga orkan fæst ekki er rafmagn framleitt með olíu. Dæmi síðustu ára sýna þó að afhendingarrof orkunnar eru afar fátíð en síðasta skerðingin, sem varði í einhvern tíma, var árið 1997 og varði í 5 mánuði. Eins og frekar verður fjallað um í skýrslu þessari, er magn rafmagnsflutnings þó af skornum skammti og eftirspurn er töluvert meiri en núverandi flutningsgeta. Það er þó fyrst og fremst á loðnuvertíð, en venjulega er talið að þá þurfi um 40-50 MW heildarafl í um 1 mánuð á ári til að anna allri eftirspurn (Ívar Atlason, 2010). Tafla 3.2-2 sýnir helstu upplýsingar um rafveituna sem rekin er í bænum.

Tafla 3.2-2: Lykilstærðir rafveitunnar árið 2009 (HS veitur, 2010).

Skýring	Magn	Einingar
Stærð veitusvæðis	13	km ²
Íbúar með rafveitu	4.129	
Spennuafli aðveitustöðva	52,5	MVA
Spennuafli dreifistöðva	27,11	MVA
Mesta afl án ótryggrar orku	9,96	MW
Mesta afl með ótryggri orku	23,7	MW
Orkuöflun alls – aðrir	118	GWst
Meðalverð í smásölu(án VSK)	1,99	kr/kWst
Niðurgreiðslur frá ríkissjóði	14,85	m.kr
Niðurgreitt magn	4,7	GWst

Rafveitan nær til allra íbúa og skiptist raforkuflutningur í forgangsorku og ótrygga orku. Mesta afl án ótryggrar orku er 9,96 MW en mesta afl með ótryggri orku er 23,7 MW sem er um 64% af heildar rafmagnsnotkun í Vestmannaeyjum. Mynd 3.2-4 sýnir betur skiptinguna rafmagnsnotkunar.

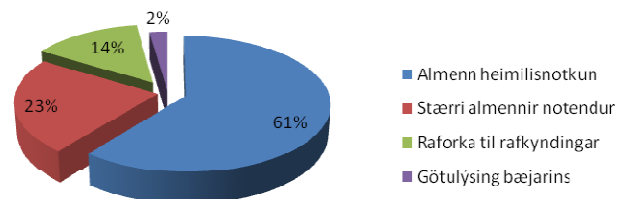
naeyja.

Raforkuinnflutningur alls til Vestmannaeyja árið 2009 var um 118,2 GWst og þar af var 40,8 GWst í forgangsorku og 74,3 GWst í ótrygga orku en um 3,1 GWst fór í töp raforkudreifikerfis. Tafla 3.2-3 og Tafla 3.2-4 sýna sýna betur þessa skiptingu ásamt Mynd 3.2-5 og Mynd 3.2-6.

Tafla 3.2-3: Skipting notkunar forgangsorku.

Skýring	Magn (GWst)
Almenn heimilisnotkun	24,8
Stærri almennir notendur	9,4
Götulýsing bæjarins	0,9
Raforka til rafkyndingar	5,7
Samtals	40,9

Samtals notkun forgangsorku

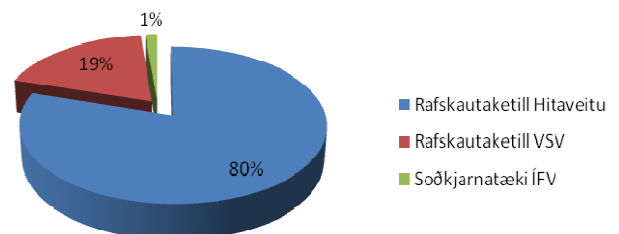


isorku

Tafla 3.2-4: Skipting notkunar ótryggrar orku.

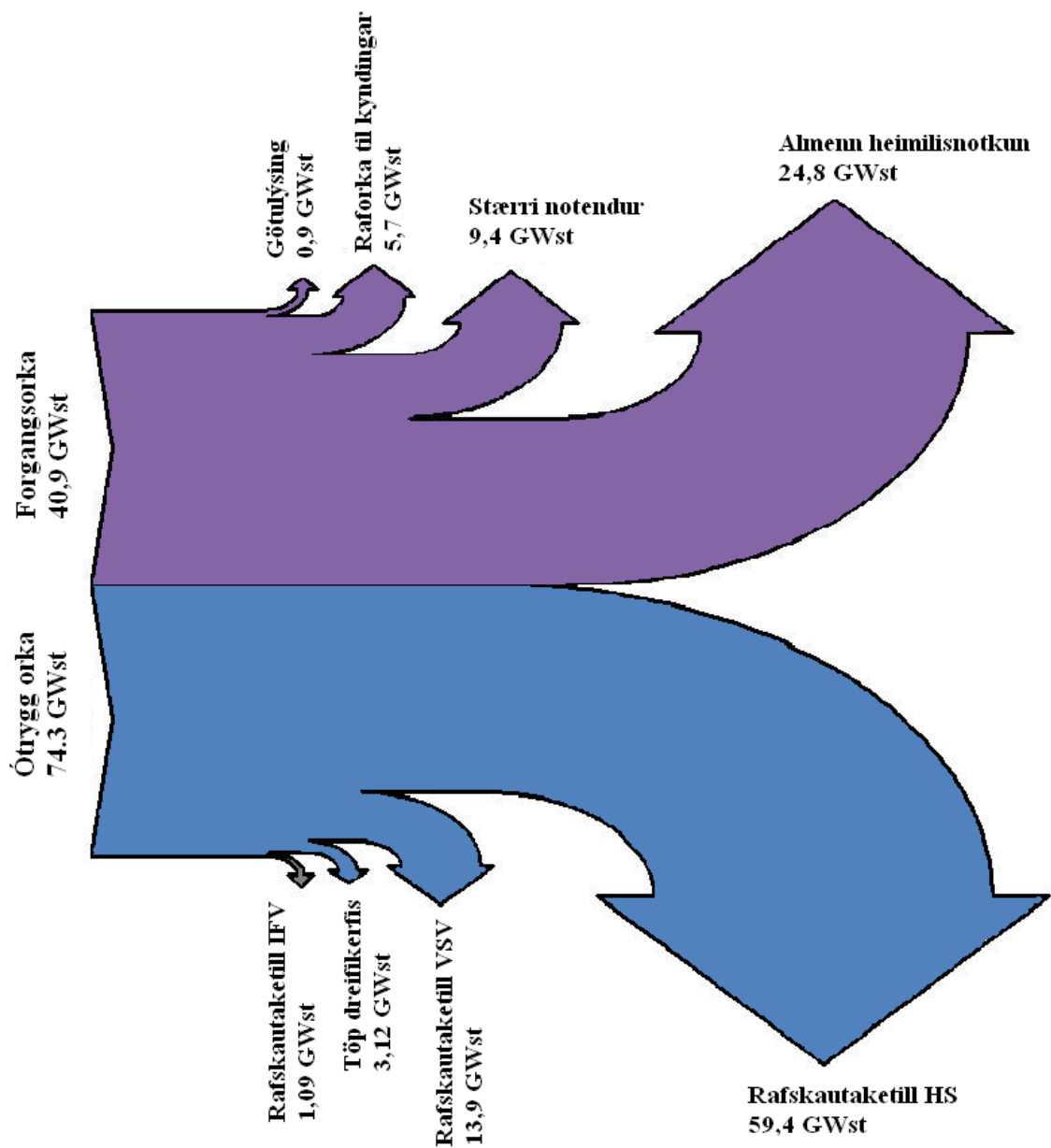
Skýring	Magn (GWst)
Rafskautaketill hitaveitu	59,3
Rafskautaketill VSV	13,9
Soðkjarnatæki ÍFV	1,1
Samtals	74,3

Samtals notkun ótryggrar orku



ndrænt.

Sankey flæðisrit af raforkuflutningi milli lands og eyja og stærstu raforkunotkun má sjá á Mynd 3.2-7.



Mynd 3.2-7: Sankey flæðismynd af raforkuflutningi og notkun í Vestmannaeyjum árið 2009.

3.2.3 Vatnsveita

Um 49 MWst raforku fóru í vatnsdælur á Landeyjasandi árið 2009. Heildar vatnsmagn sem dælt er til Eyja í gegnum vatnsleiðslurnar fyrir sama ár er um 1 milljón rúmmetra en á *Mynd 3.2-8* má sjá hvernig notkunin á kalda vatninu skiptist (HS veitur, 2010).

ki

ista

Rennslismælar mæla notkun kalda vatns í Vestmannaeyjum og greitt er samkvæmt þeim. Athygli vekur að höfnin og fiskvinnslan í bænum hafa nota samanlagt um 46% af öllu köldu vatni sem flutt er undan Eyjafjöllum og dælt er til eyjarinnar. Mest er vatnsnotkunin hjá Vinnslustöðinni við hrognavinnslu loðnu og er í raun notkunin meiri í rúmmetrum en landað magn af loðnu. Við löndun er mikil vatnsnotkun í stuttan tíma og eru þá allar dælur í botni og væri áhugavert að skoða frekar hugmyndir um vatnssparnað við hafnarsvæðið (Ívar Atlason, 2010).

3.3 Olíuflutningur

Í þessum kafla verður fjallað meira um magn og kostnað innflutts jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009.

3.3.1 Flutningur olíu til Vestmannaeyja

Tafla 3.3-1 sýnir heildarinnflutning af öllum tegundum jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009. Þessar tölur fengust hjá Olíudreifingu, eldsneytisbirgðastöðinni í Eyjum í lítrum talið en eru umreiknaðar í tonn. Eðlisþyngd og orkuinnihald tegunda eldsneytis sem fengust í eldsneytisspá Orkustofnunar 2008-2050 eru notuð til viðmiðunar.

Tafla 3.3-1: Innflutningur jarðefnaeldsneytis til Vestmannaeyja árið 2009 (N1, 2010).

Notkun	Tegund	Magn (m.Lítra)	Eðlisþyngd (Kg/L)	Orkuinnihald (kWst/kg)	Þyngd (þús. tonn)
Báatar og skip	Flotadísilolía	12,4	0,89	11,9	11,05
Báatar og skip	Skipagasolía	11,5	0,845	11,7	9,70
Bílar	Bensín	1,5	0,755	11,9	1,12
Bílar og tæki	Gasolía	0,45	0,848	11,7	0,38
Bílar og tæki	Dísilolía	0,34	0,848	11,9	0,29
Tæki og húshitun	Dísilolía	0,14	0,848	11,9	0,12
Minni skip	Dísilolía	4,5	0,848	11,9	3,83
Bræðslur	Svartolía	3,01	0,925	11,5	2,79
Samtals		33,84			29,28

Samtals eru þetta því 33,8 milljónir lítra eða 29,3 þúsund tonn af innfluttu eldsneyti og olíu til Vestmannaeyja árið 2009. Skiptinguna má frekar sjá á Mynd 3.3-1.

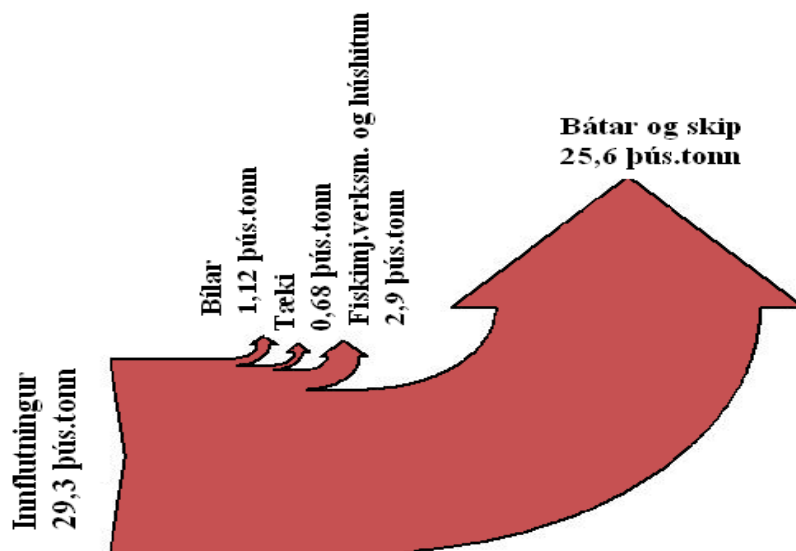
itun

Sé nánar dregin saman eldsneytisnotkunin eftir hversu mikið af heildar innflutningnum skiptist á báta og skip, bíla, tæki og svo fiskimjölsframleiðslu og húshitun má sjá að báatar og skip nota alls um 84% alls eldsneytis í Vestmannaeyjum og um 9% olíuinnflutnings fara í fiskimjölverksmiðjur og í húshitun. Þessa skiptingu má sjá á Mynd 3.3-2 og Mynd 3.3-3.

naeyja

Heildarolífunotkun á báta- og skipaflota Vestmannaeyja er því 24,6 þúsund tonn á síðasta ári sem nemur um 290,6 GWst. Þetta er töluvert magn í samanburði við eldsneytisnotkun bíla og farartækja en þó var við því búist enda er fiskiðnaður lang stærsti iðnaður Vestmannaeyja. Hafa ber í huga að olíunotkun Herjólfss sem siglir milli lands og Eyja er inni í þessum tölum. Sé einungis tekið saman hversu mikið bátar og skip kaupa af olíu eru það um 2,2 milljarðar króna. Það er því umtalsverður sparnaður í krónum talið við hverja prósentu sem fæst í betri nýtingu á fiskiflotanum.

Athyglisvert er þó að sjá að 2,91 þúsund tonn eða 9% af heildarinnflutningi fer í fiskimjölsframleiðslu og húshitun. Þetta er olíunotkun til kyndingar í olíukötlum kyndistöðvarinnar auk olíu í olíukatla fiskbræðslustöðvanna.



is

Innflutningur á olíu eykur útstreymi gjaldeyris og hefur neikvæð áhrif á vöruskiptajöfnuð landsins. Á undanförunum árum hefur olíuverð hækkað ört og flest bendir til þess að það eigi enn eftir að hækka á komandi árum. Það sparast því mikið fé ef unnt er að nýta orkuna betur og draga þannig úr olíuinnkaupunum. Það er þess vegna allra hagur að spara orku hvort heldur sem hún er innlend eða innflutt (Orkusetur, 2010).

Það er því áhugavert að skoða hver sé heildarkostnaður við innflutning á bensíni og olíu til Vestmannaeyja fyrir árið 2009. Frá N1 voru fengin meðaltalsverð án virðisaukaskatts fyrir mismunandi tegundir eldsneytis sem flutt var til Eyja og var þá hægt að reikna gróflega heildarkostnað innflutnings eldsneytis árið 2009 en *Tafla 3.3-2 sýnir þessar niðurstöður.*

Tafla 3.3-2: Reiknaður heildarkostnaður við innflutt eldsneyti í Vestmannaeyjum árið 2009 (Fjárhagsdeild N1, 2010).

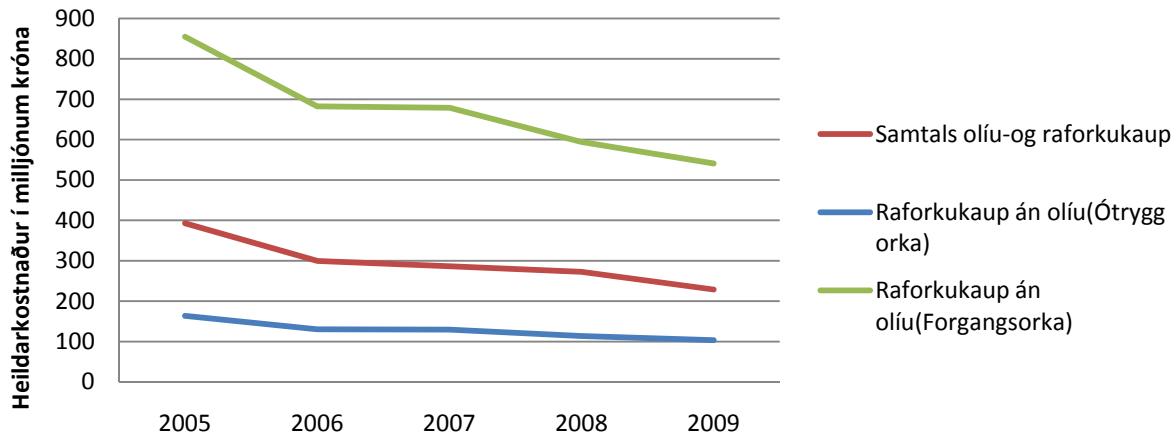
Notkun	Tegund	Magn (mill. Lítra)	Verð (kr/lítra)	Heildarkostnaður (M.kr)
Bátar og skip	Flotadísilolía	12,4	100,2	998,9
Bátar og skip	Skipagasolía	11,5	100,4	925,9
Bílar	Bensín	1,5	175,3	209,2
Bílar og tæki	Gasolía	0,45	117,3	42,8
Bílar og tæki	Dísilolía	0,34	177,55	49,0
Tæki og húshitun	Dísilolía	0,14	101,2	11,6
Minni skip	Dísilolía	4,5	70,6*	318,6
Bræðslur	Svartolía	3,01	60,9 *	183,7
Samtals		33,84		2.739,6

*Verðlagning kr/tonn

Heildarkostnaður við olíunotkun Vestmannaeyja árið 2009 var 2,7 milljarðar króna. Það samsvarar um \$22,1 milljónum miðað við meðalgengi Seðlabankans árið 2009. Heildarinnflutningur eldsneytis og olíu til Íslands árið 2009 var um 102 milljarðar króna og því er innflutningur Vestmannaeyja af eldsneyti um 3% af heildarinnflutningi til landsins (Hagstofa Íslands, 2009). Hafa ber í huga að notað er viðmiðunarverð N1 frá árinu 2009 og gæti kostnaður mögulega verið einhverju lægri ef tekið er tillit til afsláttar til stærstu notenda. Kostnaður olíunotkunar Herjólfss er þá einnig inni í þessum tölum.

Það kemur því ekki á óvart að mestur kostnaður við innflutning á eldsneyti til Vestmannaeyja er vegna skipa og báta. Athygli vekur hins vegar hversu mikil notkun og kostnaður fer í fiskimjölsbræðslurnar tvær í bænum. Séu upphæðir fyrir báðar verksmiðjur dregnar saman síðustu fimm ár má sjá betur hvernig kostnaðurinn dreifist eftir notkun. Í grafi á *Mynd 3.3-4* má sjá samband olíu og raforkukaupa og heildarkostnað þeirra eins og notkun bræðslanna er nú. Til samanburðar er settur upp kostnaður ef heildarorkan væri raforka á verði ótryggrar orku og svo á verði forgangsorku. Tafla með útreikningum má sjá í Viðauka A.

Orkuinnkaup fyrir fiskimjölsverksmiðjur 2005-2009



Mynd 3.3-4: Orkuinnkaup fiskimjölsverksmiðja síðustu fimm ár.

Þannig sýnir rauða línan við miðju á Mynd 3.3-4 kostnað við innkaup á bæði olíu og rafmagni til notkunar í framleiðslu fiskibræðslna eins og gert er nú í dag. Blá línan neðst á myndinni sýnir, miðað við sömu orkunotkun þann kostnað sem hægt er að draga úr ef aðeins raforka væri notað við orkuöflun framleiðslunnar á verði ótryggrar orku. Efsta línan á myndinni sýnir hvernig kostnaðurinn væri ef verð forgangsorku væri notað í reikninginn á rafmagnsnotkun við framleiðsluna.

Miðað er við verð ótryggrar orku á um 2,2 kr/kWst og forgangsorku á 11,5 kr/kWst eftir gjaldskrá Hitaveitu Suðurnesja. Þarna má greinilega sjá hversu mikill munur er á kostnaði á milli ótryggu orkunnar annars vegar og forgangsorku hins vegar sérstaklega ef tekið er tillit til þess að verðið á olíu notað til bræðslunnar er um 6,1 kr/kWst. Í því dæmi mætti hæglega draga úr olíunotkun og nota þess í stað rafmagn, má því bersýnilega sjá að það að notast við forgangsorku er töluvert dýrara miðað við þetta dæmi jafnvel þótt ekki sé tekið með í reikninginn stofnkostnaður fyrir rafskautakatla auk frekari kostnaðar við slíka fjárfestingu.

Síðustu fimm ár hefur heildarkostnaður orkukaupa í raforku og olíu fyrir bræðslurnar tvær numið 1,5 milljörðum króna. 1,3 milljarður af þeirri upphæð er kostnaður við olíuinnkaup, en með verði ótryggrar orku er auðvitað mun lægri kostnaður við framleiðslu fiskibræðslanna eins og sjá má betur aftur á Mynd 3.3-4.

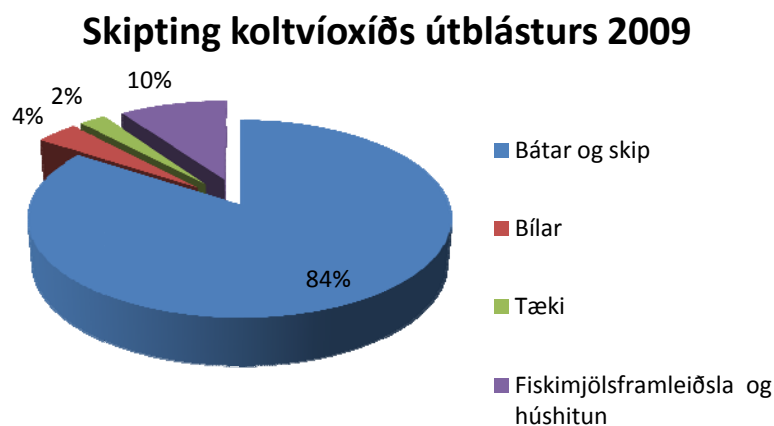
3.4 Umhverfisáhrif

Töluverð umhverfisáhrif eru í bænum m.a. vegna sorpbrennslunnar en í þessari skýrslu er aðallega er fjallað um umhverfisáhrif vegna útblásturs koltvíoxíðs. Tafla 3.4-1 sýnir betur skiptinguna.

Tafla 3.4-1: Umhverfisáhrif vegna olíunotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009 (Ágústa Loftsdóttir, 2008).

Notkun	Tegund	Þyngd (þús tonn)	Tonn (CO ₂ /Tonn)	Samtals CO ₂ (Þús tonn)
Bátar og skip	Flotadísilolía	11,05	3,18	35,13
Bátar og skip	Skipagasolía	9,70	3,18	30,85
Bílar	Bensín	1,12	3,07	3,44
Bílar og tæki	Gasolía	0,38	3,18	1,22
Bílar og tæki	Dísilolía	0,29	3,18	0,92
Tæki og húshitun	Dísilolía	0,12	3,18	0,38
Minni skip	Dísilolía	3,83	3,18	12,17
Bræðslur	Svartolía	2,79	3,08	8,59
Samtals		29,28		92,71

Sé nánar dregin saman eldsneytisnotkunin og skipt eftir hversu mikið af heildar innflutningnum skiptist á báta og skip, bíla, tæki og svo fiskimjölsframleiðslu og húshitun má sjá eins og áður hversu stór hluti bátar og skip er, enda lang stærsti olíunotandi í Vestmannaeyjum. Þetta má sjá á Mynd 3.4-1.



Mynd 3.4-1: Skipting koltvíoxíðútblásturs vegna jarðefnaeldsneytisnotkunar í Vestmannaeyjum árið 2009.

Heildarlosun koltvíoxíðs á Íslandi var um 4.235 þúsund tonn árið 2006 og munar þar mest um losun frá iðnaði og þá helst áliðnaði. Eins og sjá má á Mynd 3.4-2 hefur hlutfall frá sjávarútvegi minnkað umtalsvert árið 2006 frá því sem áður var árið 1990 og er það meðal annars vegna minnkandi olíunotkunar í fiskibraðslum víðs vegar um landið (Umhverfisstofnun, 2008).

og	
un	
regur	ur
áður	ir
r	
og hiti	hiti
gur	

fisstofnun,

Losun koltvíoxíðs er samt sem áður gríðarmikil í sjávarútvegi og var árið 2006 um 635 þúsund tonn fyrir landið allt. Það má leiða að líkum að það hafi mögulega aukist síðan þá en ekki eru enn tölur til fyrir árið 2009. Heildarlosun koltvíoxíð fyrir sjávarútveg í Vestmannaeyjum árið 2009 er 78,1 þúsund tonn.

Það vekur athygli hversu mikil mengun stafar af fiskimjölsframleiðslu og húshitun þar sem olía er notuð, en það samsvarar um 10% af heildar CO₂ útblæstri fyrir Vestmannaeyjar árið 2009 eða um 8,5 þúsund tonnum.

Vinnslur fiskimjölsverksmiðjanna í Vestmannaeyjum eru með þeim stærstu á landinu en Síldarvinnslan, HB Grandi, Vinnslustöðin og Ísfélagið unnu sem nemur um þrjá fjórðu af mótteknum afla sem fór í braðslu árið 2006. Það sama ár hafði Vinnslustöðin og Ísfélagið samanlagt 20% af markaðnum (Ágústa Loftsdóttir, 2008).

Raforka hefur oft fengist á hagstæðu verði til nota í fiskimjölsværksmiðjum og hefur það réttlætt fjárfestingu úr breytingu úr olíu yfir í raforku eins og sjá má í dæmi í kafla 3.3.1. Fiskimjölsværksmiðjurnar í Vestmannaeyjum hafa farið í slíka fjárfestingu en fá ekki nægilegt rafmagn og nota því meiri olíu fyrir vikið í framleiðslu sína. Venjulega er gerð krafa um fjárfestingar í fiskimjölsværksmiðjum að stofnkostnaður við fjárfestingar skili sér hratt tilbaka vegna þess að venjulega er mikil óvissa um hráefnisöflun og eru fjárfestingarnar því áhættusamari fyrir vikið. Nokkuð líklegt verður að teljast að verð á raforku til fiskimjölsværksmiðja muni hækka á komandi árum en ansi ólíklegt verður að teljast að værksmiðjurnar vilji nota olíu í staðinn vegna óvissu um olíuverð auk umhverfisáhrifa af brennslu olíu (Ágústa Loftsdóttir, 2008).

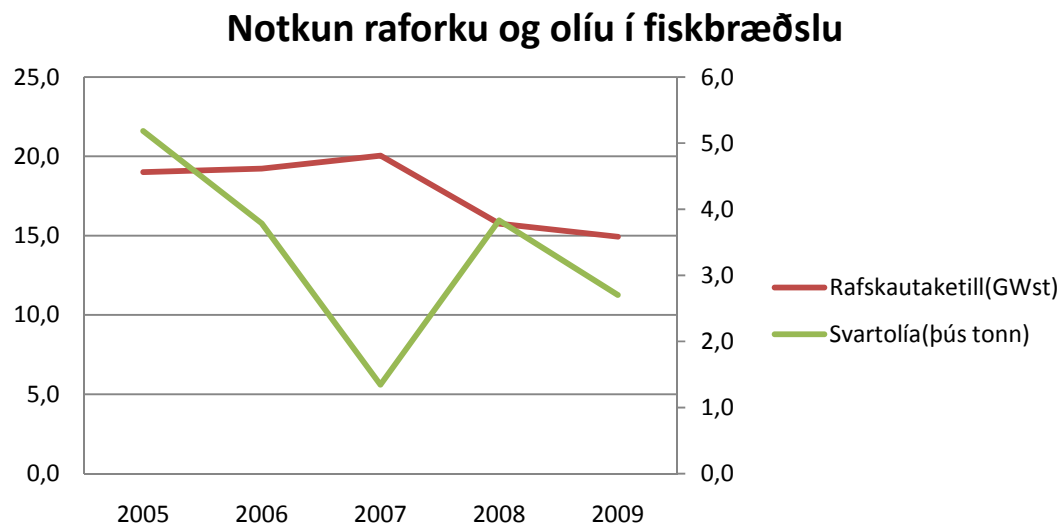
Bæði Vinnslustöðin og Ísfélagið vinna grænt bókhald þar sem farið er yfir mengun af völdum fiskimjölsværksmiðslu fyrir hvert ár. Helst verður fjallað um í þessum kafla loftmengun af lofttegundunum koltvíoxíð (CO₂) og brennisteinsdíoxíð (SO₂) sem verða til við brennslu á olíu til gufuframleiðslu. Rafskautaketillinn gerir værksmiðjunni kleyft að draga úr notkun olíu í rekstrinum og minnka í leiðinni losun CO₂ og SO₂ út í andrúmsloftið. Vandamálið er hins vegar að ekki er næg raforka flutt milli lands og Eyja til að anna þessari vinnslu værksmiðjanna og því er enn notast við olíu í mun meira magni en æskilegt væri. Aðrir umhverfisþættir er koma að rekstri fiskimjölsværksmiðjanna í Vestmannaeyjum eru auk þess lykt frá bræðslu, frárennsli lífrænna efna og sorp og annar úrgangur sem fellur til frá værksmiðjunni. *Tafla 3.4-2* sýnir framleiðslu, orkunotkun og mengun af völdum beggja fiskimjölsværksmiðslanna síðustu fimm ár.

Tafla 3.4-2: Tölur frá grænu bókhaldi fyrir báðar fiskimjölsværksmiðslur í Vestmannaeyjum síðustu fimm ár (Ísfélag Vestmannaeyja hf., 2008) (Vinnslustöðin hf., 2009).

	2005	2006	2007	2008	2009
Rafskautskatlar (GWst)	19,0	19,2	20,0	15,8	14,9
Svartolía (Þús. tonn)	5,2	3,8	1,3	3,8	2,8
Svartolía (GWst)	59,6	43,5	15,5	44,1	31,1
CO ₂ útblástur (Þús. tonn)	16,1	11,9	4,3	11,9	8,5
SO ₂ útblástur (Þús. tonn)	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Miðað er við að 3,08 tonn af koltvíoxíði (CO₂) myndist við bruna 1 tons af svartolíu og hlutfall brennisteinsdíoxíð (SO₂) í svartolíu sé 3,8% eins og í skýrslum um grænt bókhald (Umhverfisstofnun, 2010).

Nokkuð ljóst er, eins og áður hefur komið fram, að umfang fiskimjölsværksmiðslanna fer auðvitað eftir því hvernig veiðist á hverjum tíma. Annað sem hafa ber í huga er að það fer eftir því hversu mikið rafmagn er mögulegt að fá á hverjum tíma til notkunar í bræðslunni og þegar það næst ekki er olía notuð til í staðinn, þetta sést betur á *Mynd 3.4-3*. Útblástur koltvíoxíðs er því mjög sveiflukennd frá ári til árs en er engu að síður umtalsverður.



Mynd 3.4-3: Notkun raforku og olíu í fiskimjölsbræðslur í Vestmannaeyjum síðustu fimm ár.

4 Endurnýjanlegir orkugjafar

Eftir að í ljós kom að hraunvarmaveitan myndi renna sitt skeið var sett saman nefnd um orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum. Meðal þeirra atriða sem skoðuð voru má nefna vindorkuver, sorpbrennsluver, varmadælu o.fl. Í framhaldinu var settur upp nýr rafskautaketill auk þriggja svartolíukatla auk sorpbrennslu sem eru uppistöðurnar af núverandi orkukerfi bæjarins (Guðmundur Pálmason, 1986). Síðan þá hefur ekki þótt fýsilegt að setja á laggirnar orkugjafa sem teljast til endurnýjanlegrar orku svo sem vindmyllur, sjávarstraumstúrbínur auk varmadæla. Nokkuð ljóst verður að teljast að með tilliti til umhverfisáhrifa er nauðsynlegt að hverfa frá notkun olíu til upphitunar og raforkuframleiðslu og horfa til annarra orkugjafa. Í þessum kafla verður fjallað um þá helstu sem koma til greina við orkuöflun fyrir Vestmannaeyjar í framtíðinni.

4.1 Varmadælur

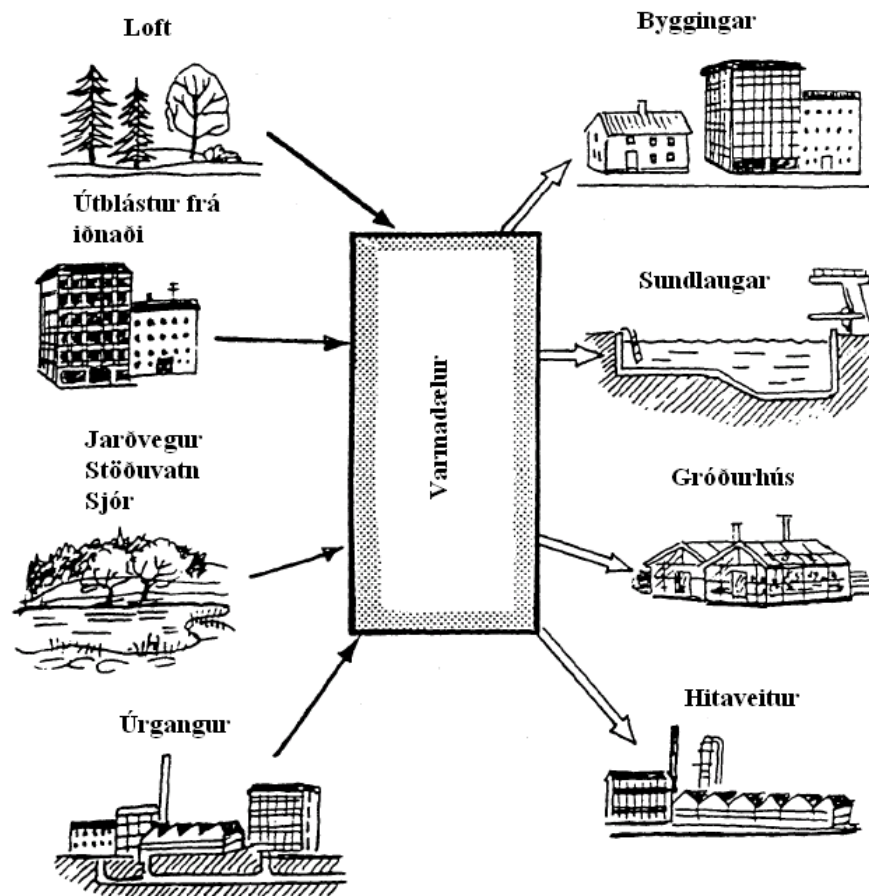
Um 90% af heimilum á Íslandi nota jarðvarma við upphitun. Sú orka er ódýr og samkeppnishæf en varmadælur geta hins vegar komið að góðum notum þar sem jarðvarmi er ekki fyrir hendi og þar sem bein rafhitun er notuð til upphitunar eða olía. Varmadælur spara um 60-80% af frumorku við húshitun í samanburði við jarðefnaeldsneyti og beina rafhitun (Oddur Björnsson, 2003).

Hefðbundin varmadæla samanstendur af dælubúnaði og leiðslum sem mynda lokað gas- og vökvakerfi. Þar er vinnsluhringrás með vinnslumiðli auk tveggja varmaskipta; eimir (e.evaporator) og eimsvali (e.condenser). Uppgufun á sér stað í eimi og þétting gassins í vökva á sér stað í eimsvala. Til þess að viðhalda vinnsluhringrás í varmadælu þarf einnig dælu eða þjöppu sem þjappar saman gasi og eykur hitastig vinnsluvökvans. Þar að auki þarf til þensluloka þar sem þrýstingur og hitastig vinnsluvökvans fellur og verður því til hringrás vinnsluvökvans (Ragnar Ásmundsson, 2005). *Mynd 4.1-2* sýnir betur hringrásina í varmadælum.

Til að ferlið gangi í hringrás er svo miðilinn látinn sjóða við lægri þrýsting í eimi sem síðan er látinn gufa upp og hringrásin hefst á ný (The Energy Bible, 2009).

Varmadæla færir orku frá varmalind (e.heat source) þar sem lágt hitastig er fáanlegt, til dæmis í umhverfinu í lofti, jörð, vatni eða sjó og varminn er svo afhentur frá varmadælunni til varmaþega, þar sem varminn nýtist. Það getur verið til dæmis í byggingum, ofnakerfi eða heitavatnskerfi (Ragnar Ásmundsson, 2005).

Dæmi um umhverfi og notkunarmöguleika varmadælna má sjá á *Mynd 4.1-1*.



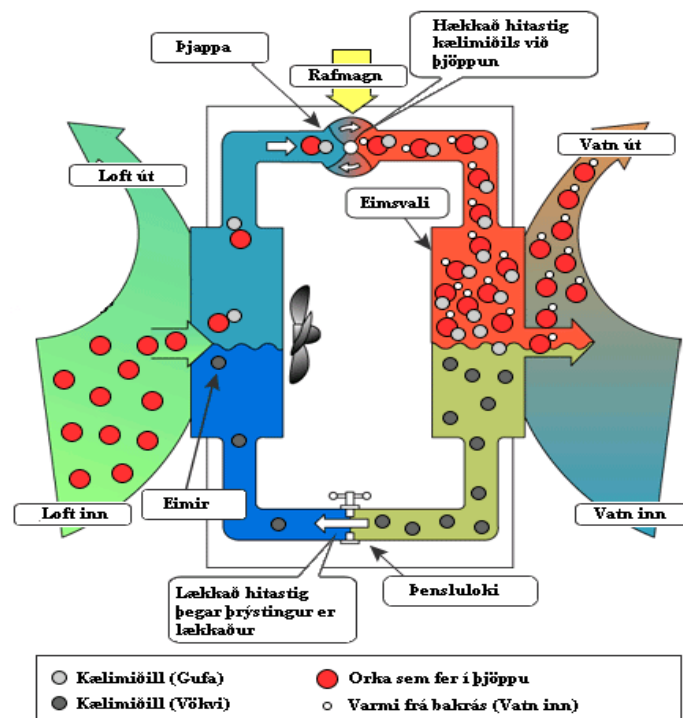
Mynd 4.1-1: Dæmi um varmalindir og notkunarmöguleika varmadæla (Eric Granryd, 2005).

Eiginleikarnir sem góð varmalind þarf að hafa er að hún þarf að vera til í nægilegu magni og aðgengileg frá notkunarstað, með mikla varmarýmd, góða varmaflutningseiginleika og að flutningur orku frá uppsprettu að og frá varmadælu sé sem ódýrastur. Það fer hins vegar eftir því í hvað á að nota varmann hver besta mögulega varmalindin er, eins og *Tafla 4.1-1* sýnir (Eric Granryd, 2005).

Tafla 4.1-1: Notkunarmöguleikar varmadælna miðað við afköst og varmalindir (Eric Granryd, 2005).

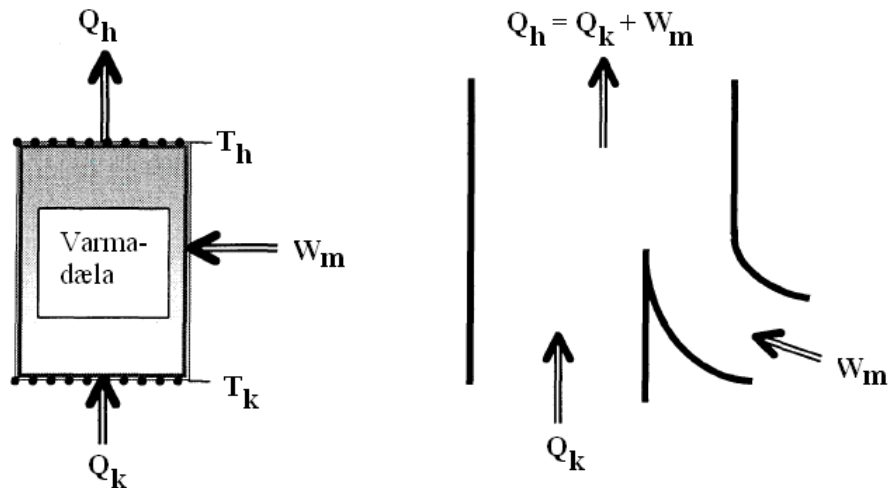
	1 kW	10 kW	100 kW	1000 kW	10000 kW
Notkunarmöguleikar:	Kalt vatn Grunnhitastig	Einbýlishús	Opinberar byggingar	Iðnaðar- byggingar	Hitaveita
Varmalind:	Loft	Loft Jarðvegur Jarðvegsvatn Stöðuvatn	Loft Jarðvegur Jarðvegsvatn Stöðuvatn Sjór	Loft Stöðuvatn Sjór Úrgangsvatn Niðurfallsvatn	Sjór Úrgangur Niðurfalls- svatn

Helsti kosturinn við að skoða notkunarmöguleika varmadælna í Vestmannaeyjum er þar sem eyjarnar liggja á köldu svæði gagnast þær því þar sem rafhitun er notuð í stað jarðhita. Með notkun varmadælna sparast því raforka en á móti kemur fjárfesting í búnaði varmadælna en fjárfesting skoðuð í næsta undirkafla. Á Íslandi er notkun varmadælna að mörgu leyti hagstæð þar sem notast er við hreina raforku frá endurnýjanlegum orkugjöfum, fremur milt loftslag er til staðar og hæfilegur hiti er á aðgengilegum varmalindum svo sem, sjó, grunnvatni, jarðvarma ofl. (Oddur Björnsson, 2003).



Mynd 4.1-2: Vinnsluhringrás varmadælu frá varmalind að varmaþega (The Energy Bible, 2009).

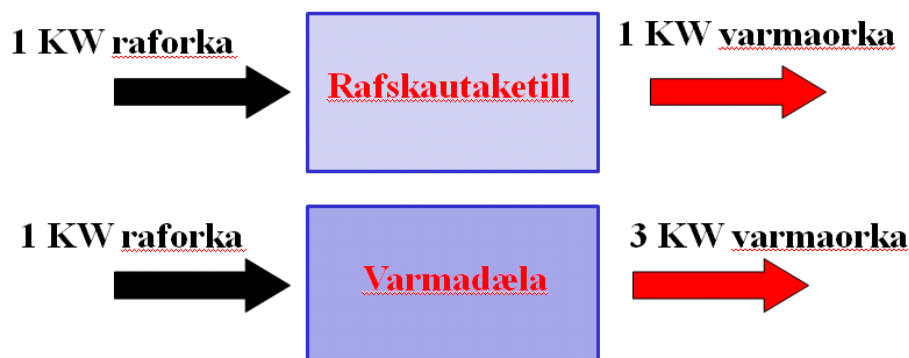
Eins og áður var komið að flytja varmadælur varmaorku frá umhverfi við lágt hitastig yfir í hærra hitastig. Varmalindin er táknuð með Q_k og hitastigið T_k og þjappa eða raforka er táknuð með W_m . Kalda efnið er flutt aðstoð þjöppu yfir í efni við hærra hitastig, T_h , við varmann Q_h . Varminn Q_h er því samantlagður orku varmalindar, Q_k , auk raforku þjöppunnar, W_m . Þetta má betur sjá á Mynd 4.1-3.



Mynd 4.1-3: Flutningur varma frá lágu hitastigi að hærra með vinnu frá þjöppu (Eric Granryd, 2005).

Í varmadælum er áhugavert að skoða varmann út úr kerfinu, Q_h , og hvað það kostar til í raforku, W_m . Um varmadælur gildir lögmál um afkastastuðul eða COP (e. coefficient of performance) Afkastastuðull lýsir hlutfalli varmaorku sem notast er við á heitu hlið varmadælu og hversu mikla raforku þarf til að dæla varmanum frá köldu hliðinni.

Sé stuðullinn hár, eða til dæmis $COP = 3$, merkir það að fyrir hverja einingu af raforku fást út 3 einingar af varmaorku. Sjá má á Mynd 4.1-4 muninn á fengnum varma frá rafskautakatli miðað við frá varmadælu. Sóst er því eftir að aflstuðullinn sé sem hæstur því þá fæst hlutfallslega mest varmaorka miðað við þá raforku sem kostað er til.



Mynd 4.1-4: Við sama afl raforku fæst meiri varmaorka úr varmadælu en rafskautakatli (Sigurður Friðleifsson, 2010).

Í Vestmanneyjum er niðurgreiddur kostnaður í samræmi við *Lög um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar, nr. 78/2002* og *Reglugerð um framkvæmd laga um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar nr. 669/2009*. Þar sem engan jarðhita er að finna í Eyjum er kostnaður við hitun húsnæðis niðurgreiddur svo íbúar búi við sambærileg kjör og þau sem þekkjast hjá hitaveitum sem njóta jarðhita.

Niðurgreiðsla á orku til hitunar í Vestmannaeyjum er tvenns konar skv. lögunum. Annars vegar þegar íbúð er ekki á veitusvæði hitaveitu og er þá hituð með raforku og hins vegar þegar íbúð er hituð með vatni frá kyntri hitaveitu. Betur má sjá texta laganna í viðauka B. *Tafla 4.1-2* sýnir hámarks niðurgreiðslu, en *Tafla 4.1-3* sýnir upphæðir niðurgreiðslna fyrir árið 2009.

Tafla 4.1-2: Magn hámarksnotkunar fyrir niðurgreiðslur árið 2009 (Stjórnartíðindi 2010, 2009).

	Magn	Einingar
Niðurgreiðslur rafmagns á íbúð	40.000	kWst/ári
Niðurgreiðslur olíu til á íbúð	5.374	L/ári
Niðurgreiðslur heitavatns á íbúð	777	m ³ /ári

Tafla 4.1-3: Upphæðir fyrir magn hámarksnotkunar niðurgreiðslna árið 2009 (Stjórnartíðindi, 2010).

Niðurgreiðslur	Magn	Einingar
Á veitusvæði HS veitna	3,15	kr/kWst
Á vatni frá kyntum hitaveitum	2,04	kr/kWst
	91,8	kr/m ³
Framleiðslu raforku húshitunar utan almenns dreifikerfis	2,23	kr/kWst

Um 12.300 heimili á landinu fá niðurgreidda rafhitun og nam heildarniðurgreiðslan árið 2009 um 1,2 milljarði króna (Orkusetur, 2010). *Tafla 3.2-1* sýnir upphæðirnar sem fóru í niðurgreiðslur vegna fjarvarmaveitunnar í Vestmannaeyjum árið 2009. Niðurgreiðslur af vatni frá kyntum hitaveitum er 91,8 kr/m³ og alls var niðurgreitt magn 796.111 m³ og því samtals niðurgreiðslur fyrir árið vegna heitavatnsnotkunar 73,08 m.kr. Ekki allar íbúðir í Vestmannaeyjum eru tengdar hitaveitukerfi bæjarins en þar er notast við beina rafhitun. Heildar niðurgreiðslur vegna þeirra íbúða námu 14,85 m.kr eða 3,15 kr/kWst og var heildarmagn 4,7 GWst. Heildarniðurgreiðslur hins opinbera til Vestmanneyja voru því 87,9 m.kr fyrir árið 2009.

Sjálfsgagt er að íslenska ríkið vilji spara niðurgreiðslur til húshitunar á köldum svæðum og stuðla því að orkusparandi aðgerðum við kyntar hitaveitur. Samkvæmt lögunum miðast hámark niðurgreiðsla til hverrar íbúðar þar sem varmadælur eru við þriðjung þess sem almennt gildir, enda er gert ráð fyrir því að einn þriðji orkunnar komi úr raforku og tveir þriðju úr varmalindinni sem varmadælan notar (þ.e.a.s. aflstuðull COP er 3). Íslenska ríkið veitir hins vegar styrk til kaupa á varmadælum en lækkar í staðinn niðurgreiðslurnar sem nemur því hlutfalli raforkunnar sem sparast. Styrkurinn samsvarar allt að 8 ára niðurgreiðslum eins og þær hafa verið síðustu

fimm ár en sá sem vill fjárfesta í hitaveitunni stendur straum af öllum kostnaði við uppsetningu dællunnar.

Betur er farið í dæmi hvernig fjárhagslega varmadælur geta borgað sig í næsta kafla sem fjallar um kosti varmadæla fyrir hitaveitu bæjarins. Það er áhugavert að kanna hversu mikið myndi sparast og hver ágóðinn á fjárfestingu í varmadælu gæti verið fyrir hitaveituna í Vestmannaeyjum. Nauðsynlegt er því að taka tillit til þessara niðurgreiðslna vegna þess að þær hafa umalsverð áhrif á hagvæðisútreikninga varmadæla.

4.1.1 Sjóvarmadæla fjarvarmaveitu

Tvær leiðir eru mögulegar þegar nota á varmadælu með sjó sem varmalind. Annars vegar er hægt að nota sjóinn beint í varmaskipti varmadællunnar. Hér þarf að velja réttar lagnir og huga að óhreinindum í sjóvökva. Einnig gæti þurft að sía sjóinn eða hreinsa með því að bora holu og dæla upp sjávarvatni eða jarðsjó. Hin leiðin er að leggja varmaskiptavökva í lokuðu kerfi í sjó, ýmist við borholu við sjávarströnd eða beint í sjó þar sem leiðslum er sökk á botn eða tengd flotholtum. Síðari leiðin verður að teljast einfaldari þar sem þar þarf ekki að taka tillit til óhreininda í sjávarvökvanum (Ragnar Ásmundsson, 2005).

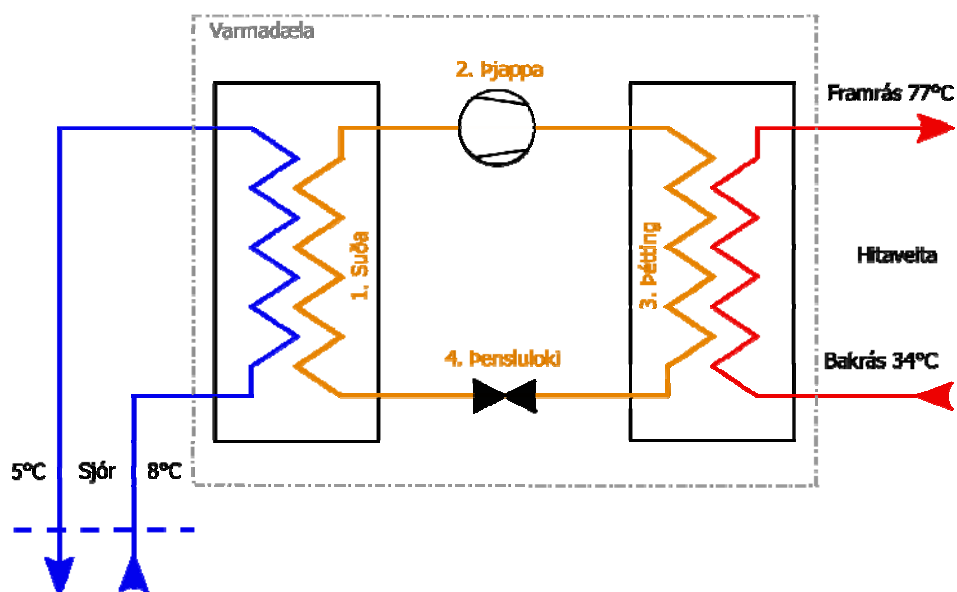
Erlendis eru fjölmörg dæmi þess að hitaveita eða fjarvarmaveitur sækja varma úr sjó með varmadælum, til dæmis í Noregi og Svíþjóð. Þar hafa veiturnar gengið vel en þó hafa vandamál komið upp í inntaksvirkinu fyrir sjóinn því þar safnast saman þörungar og skeljar auk þess sem saltvatnið leiðir til tæringar (Ragnar Ásmundsson, 2005).

Í skýrslu um möguleika varmadæla fyrir fjarvarmaveituna í Vestmannaeyjum er fjallað um sjóvarmadælu með sjódælingu úr borholu í Eyjum og er þar gert ráð fyrir að gróður og skeldýr verði inntakinu ekki til vandræða. Boruð var 100 m djúp tilraunaborhola sem var fóðruð og dæluþrófuð og afköst hentar metin. Þær prófanir leiddu í ljós að vatnsmagn væri ekki nægjanlegt og þyrfti því að bora fleiri eða sverari borholur. Talið er líklegt að með því náist nægjanlegt dælanlegt magn þó það hafi ekki enn verið sannreynt og þyrftu að fara fram ítarlegri rannsóknir (Frosti Gíslason, 2009).

Í hitaveitunni nú er miðað við að bakrásarvatn sé um 34°C og er hitastýring í framrás hitaveitunnar um 77°C miðað við að bakrásarvatnið hitni upp í það óskgildi með varmadællunni. Þá var gert ráð fyrir 8°C sjávarhita sem yrði lækkaður í um 3°C á suðuhliðinni. Þá var einnig gert ráð fyrir að sjórinn kæmi úr borholu neðan við fjarvarmaveituna sem stendur í 37 m hæð yfir sjávarmáli og honum verði dælt með 0,2 MW dælu til varmaskiptis á gufunarhlið varmadællunnar og síðan aftur út í sjó eða í borholum. Breytileiki sjávarhitans hefur þó nokkur áhrif á afköst varmadællunnar eins og áður var komið að. *Mynd 4.1-5* sýnir meðalhitastig eftir mánuðum við Vestmannaeyjar árið 2009.

Desember
r
, 2010).

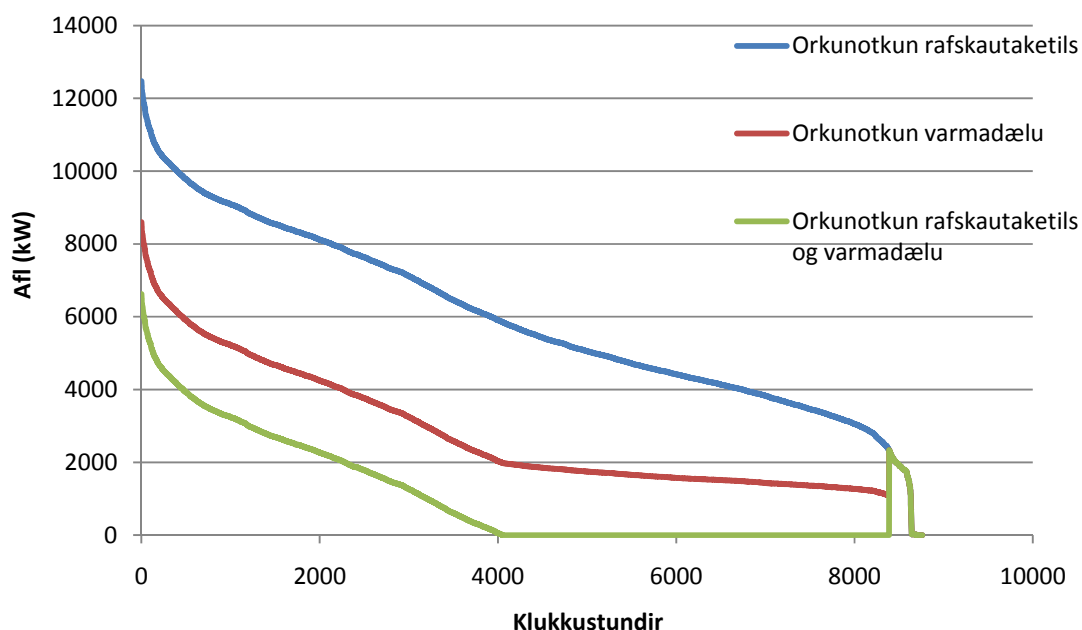
Mynd 4.1-6 sýnir hvernig sjóvarmadæla tengis við fjarvarmaveituna. Suðan á sér stað í eimi og þétting í eimsvala eins og áður var útskýrt.



n,

Gerður var langæisferill fyrir varmaþörf fjarvarmaveitunnar með varmadælu sem sýnir varmaaflið sem kerfið þurfti árið 2006. Þetta má sjá á Mynd 4.1-7.

Langæisferill raforkunotkunar í Vestmannaeyjum 2006

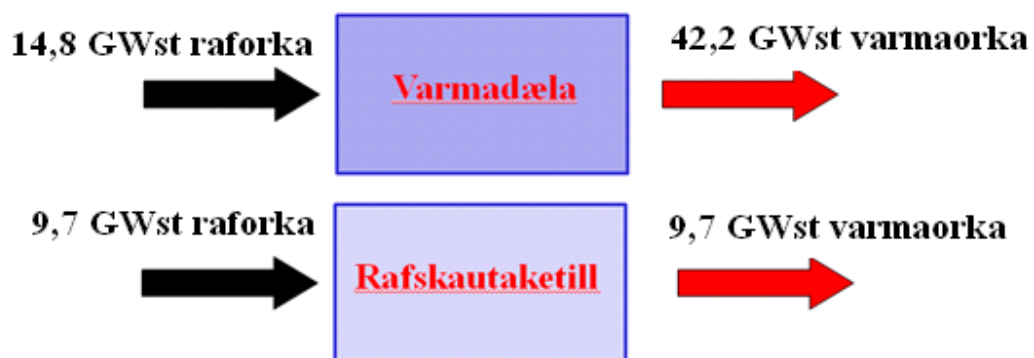


Mynd 4.1-7: Langæisferill fyrir sjóvarmadælu (Frosti Gíslason, 2009).

Rekstur rafskautaketilsins árið 2006 má sjá með bláu línunni. Rauða línan sýnir orkunotkun varmadælu yfir árið og sú græna sýnir raforkunotkun rafskautaketils þegar varmadæla er í notkun. Það má því bersýnilega sjá á myndinni að varmadælan færir raforkuna í næstum þrefalt meira varmafl út sem dugar tæpan helming ársins. Þá um 4.000 klukkustundir á ári þarf rafskautaketillinn að bæta fyrir það varmafl sem upp á vantar.

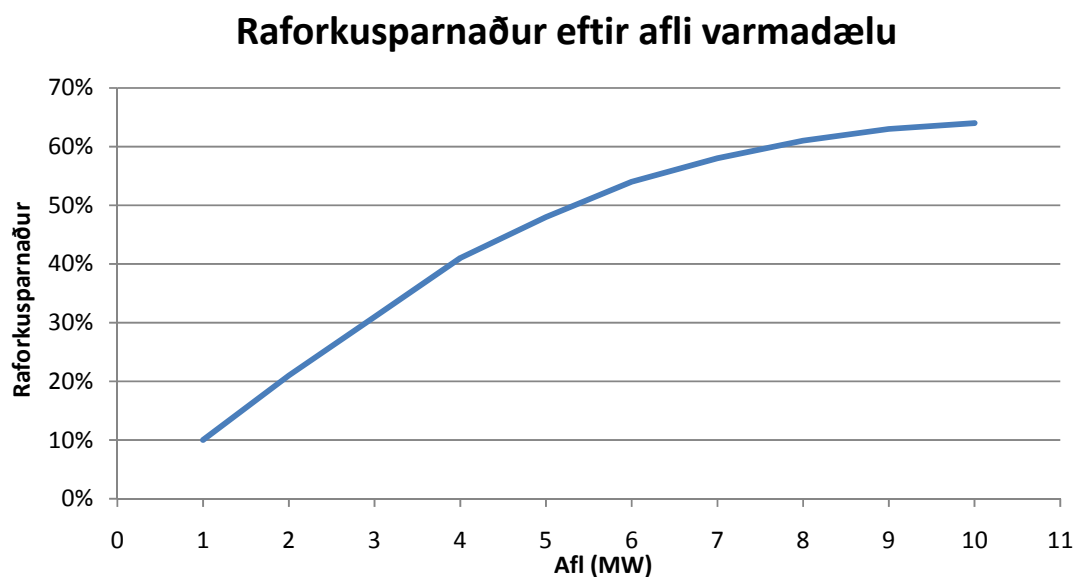
Í um 4.000 klukkustundir á ári myndi þá varmadælan ganga og framleiða 5.850 kW varma inn á veituna. Niðurstaða reikninga var sú að ef varmadælan hefði verið í gangi með þeim hætti eins og notkun árið 2006 lýsir hefði raforkunotkunin með varmadælu verið 24,5 GWst, eða 47% af heildarraforkunotkun sama árs sem var 51,9 GWst. Þó þarf að taka tillit til þess að sjódæling er veruleg, eða um 1.074 m³/klst. Töluverðan raforkusparnað má því ná með tilkomu slíkrar sjóvarmadælu. Það sem kemur á móti því er gríðar mikill stofnkostnaður við fjárfestir slíkar sjóvarmadælur eins og fyrir fjarvarmaveitu (Frosti Gíslason, 2009).

Þessar tölur þýða að fyrir sömu varmaorku, eða 51,9 GWst þarf samtals 24,5 GWst raforku eða 47% af því sem áður var. Varmadælan þarf miðað við þessa reikninga 14,8 GWst raforku og framleiðir að sama skapi 42,2 GWst varmaorku og bætir rafskautaketillinn upp á það varmafl sem upp á vatnar eða um 9,7 GWst. Sparnaður raforku hér er því 53% eða 27,4 GWst og er gert ráð fyrir að aflstuðull varmadælu sé COP = 2,81 fyrir ársnotkun. Þetta má betur sjá á Mynd 4.1-8.



Mynd 4.1-8: Flæðismynd af betri nýtingu raforku þegar varmadæla er notuð í stað beinnar rafhitunar (Frosti Gíslason, 2009).

Raforkusparnaðurinn er mismunandi eftir því afli sem varmadælan gefur. Þannig fæst meiri raforkusparnaður með meira afli. Eins og dæmið með 5,85 MW varmadælu sýnir, má ná fram um 53% sparnaði, en fyrir 10 MW varmadælu yrði þessi sparnaður örlítið meiri, eða um 60%. Þetta er reiknað með sama langæisferli og dæmið hér að ofan en raforkusparnaðurinn má sjá á Mynd 4.1-9.



Mynd 4.1-9: Mynd sem sýnir hversu mikinn sparnað má ná fram með sjóvarmadælu eftir afli dæluinnar (Frosti Gíslason, 2009).

Tafla 4.1-4 sýnir einföldustu útreikninga við sparnað á varmadælu miðað við 47% nýtingu og tilheyrandi sparnað miðað við raforkunotkun rafskautaketilsins árið 2009.

Tafla 4.1-4: Sparnaður sem næst með varmadælu miðað við rafmagnsnotkun rafskautaketils Hitaveitu árið 2009.

Skýring	Magn	Einingar
Árleg rafmagnspörf til kyndingar	59,4	GWst
Nýting varmadælu árlega	47	%
Raforkusparnaður með varmadælu	31,4	GWst
Verð ótryggrar orku	2,2	kr/kWst
Sparnaður með varmadælu	37,7	M.kr.
Rekstrarkostnaður	6,2	M.kr.

Miðað er við að hámarksafl sé um 12,4 MW og heppilegt málafll varmadælu á fullum afköstum væri því um helmingur af hámarksafl hitaveitunnar. Eins og kom fram á Mynd 4.1-7 var það um 47% og því gert ráð fyrir að málafll varmadæluinn væri um 5,8 MW með hámarksaflstuðul, COP = 2,957 (Frosti Gíslason, 2009).

Tafla 4.1-5 sýnir helstu útgjaldaliði við uppsetningu varmadæla.

Tafla 4.1-5: Stofnkostnaðarliðir við varmadælu miðað við tilboð (Frosti Gíslason, 2009).

Skýring	Kostnaður (m.kr)
Varmadæla	351
Uppskipun, niðursetning	1,0
Gangsetning	4,4
Húsbygging 140 m ²	16
Annar stofnkostnaður	37,7
Samtals	418,4

Meginþættir þess sem athugað er þegar kanna skal arðsemi við uppsetningu á varmadælu er stofnkostnaður kerfisisns sem hlutfall af uppsettu afli, þ.e.a.s. kr/kW varma. Þar að auki þarf að taka tillit til rekstrartíma, aflstuðuls og þá orkuverð rafmagns og annarra orkugjafa í samkeppni við varmadæluna. Ef gert er ráð fyrir að uppsett málafll sé 5.850 kW er stofnkostnaður um 71.000 kr/kW.

Eins og áður sagði þá skiptir miklu hvaða varmagjafa varmadælan nýtir og hversu mikill kostnaður fer í það að sækja varmann og flytja að varmadælu og því er kostnaður við varmadæluferfi mjög breytilegur. Þannig er varmaaflið, kr/kW, langdýrast frá minnstu varmadælunum og ódýrast með stærri varmadælunum eða upp að 10 MW. Dæmi eru um að loft/vatn varmadæla kosti um 70.000 kr/kW uppsett en varmadælur sem nýta varma úr jörðu allt að 120.000 kr/kW uppsett þegar borholur og lagnir eru meðtaldar. Varmaaflið er þá mun ódýrara í stórum varmadælum, en varmadæla Norðurorku á Akureyri sem er um 4 MW kostaði um

90.000 kr/kW árið 2000 (Oddur Björnsson, 2003). Það er því ekki ósennileg nálgun að stofnkostnaður fyrir uppsett afl sé um 71.000 kr/kW og verður miðað við þann stofnkostnað áfram í frekari útreikningum.

Eins og áður kom fram fá eigendur íbúðarhúsnæðis í Vestmannaeyjum, niðurgreiðslur fyrir upphitun á heita vatni sem síðan er selt ódýrara til íbúða með þessari niðurgreiðslu. Arðsemisreikningar varmadælu velta því mikið á útfærslum á lögum um niðurgreiðslur og verður farið frekar yfir nokkur dæmi til samanburðar.

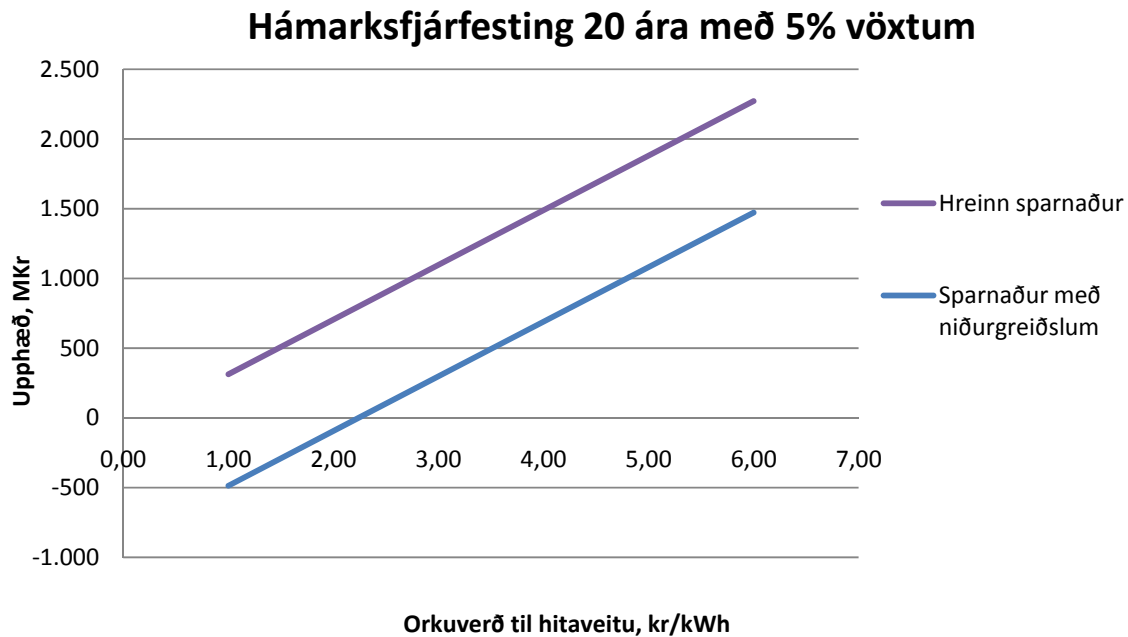
Dæmi 1

Í þessu dæmi er bara litið til hreins sparnaðar raforku við það að nota varmadælu. Raforkusparnaður með varmadælu eins og dæmið hér að ofan sýnir, yrði 31,4 GWst/ári miðað við raforkunotkun árið 2009. *Tafla 4.1-6* sýnir núverandi ástand miðað við notkun rafskautaketils í hitaveitunni.

Tafla 4.1-6: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur miðað við óbreytt ástand hitaveitu með rafskautakatli.

Skýring	
Rafmagnsnotkun (GWst)	59,3
Kostnaður (ótrygg orka, kr/kWst))	2,2
Rafmagnskostnaður (m.kr/ári)	130,5
Niðurgreiðslur (m.kr/ári)	73

Munurinn á hreinum sparnaði í raforkukaupum og sparnaði í raforkukaupum með breyttum niðurgreiðslum hins opinbera er því þó nokkur. *Mynd 4.1-10* sýnir betur muninn miðað við hækkandi raforkuverð til hitaveitu og fýsileika fjárfestingar vegna sparnaðar í milljónum króna talið. Þannig má sjá að raforkuverð til hitaveitu verður að hækka töluvert til þess að það borgi sig að ráðast í fjárfestingu á sjóvarmadælu ef að niðurgreiðslur skerast miðað við rafmagnssparnað eins og kemur fram í lögum. Þar að auki þarf hitaveitan að standa allan straum af fjárfestingunni og þ.m.t. fjármagnskostnað og áhættu sem slíkar fjárfestingar fela í sér. Hér er gert ráð fyrir að niðurgreiðslur haldi sér og miðað er við raforkusparnað þegar fjárfest er í varmadælu.



Mynd 4.1-10: Breyting hámarksfjárfestingar á sparnaði varmadæla við breytt raforkuverð.

Dæmi 2

Í 11. grein laga um niðurgreiðslur til húshitunar eru veittir styrkir vegna umhverfisvænnar orkuöflunar og bættrar orkunýtingar en greinagerðina má sjá í Viðauka B. Þar kemur fram að styrkur til hverrar hitaveitu við slíkar fjárfestingar getur numið allt að átta ára áætluðum niðurgreiðslum á rafmagni til húshitunar miðað við meðalnotkun til húshitunar næstu fimm ár á undan. Árlega eru því 20% þeirrar upphæðar greiddar út miðað við reglugerðina. Hins vegar kemur fram að styrkir skulu jafngilda átta ára áætluðum niðurgreiðslum sem lækka í réttu hlutfætti við orkusparnað sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun. Þetta er breyting á lögum 2002 þar sem gert var ráð fyrir því að hámarksniðurgreiðsla myndi skerðast um tvo þriðju við uppsetningu á varmadælu og styrkur myndi ekki fást til fjárfestingarinnar (Alþingi, 2009).

Yrði farin sú leið að sækja um niðurgreiðslur hins opinbera og fylgja þannig styrk til 8 ára myndi dæmið breytast töluvert eins og Tafla 4.1-7 sýnir.

Raforkusparnaður ársins 2009 myndi verða 31,4 GWst/ári og ef miðað er við að niðurgreiðslur fyrir kyntar hitaveitur sé 2,04 kr/kWst yrðu styrkgreiðslurnar samtals 64,1 m.kr/ári. Heildarstyrkurinn myndi því vera sem nemur áttfaldri þessari upphæð eða 512,4 m.kr. Núverandi niðurgreiðslur eru um 73 m.kr á ári frá íslenska ríkinu til HS veitna sem þarf enn fremur að sjá til þess að notendur þyrftu ekki að greiða meira fyrir orkuna.

Tafla 4.1-7: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur miðað við 8 ára styrkveitingu.

Skýring	
Rafmagnsnotkun (GWst)	27,9
Rafmagnssparnaður (GWst)	31,4
Kostnaður (ótrygg orka, kr/kWst))	2,2
Rafmagnskostnaður(m.kr/ári)	61,3
Niðurgreiðslur (m.kr/ári)	64,1
Kostnaður fjárfestingar (m.kr/ári)	43,2

Við bætist árleg greiðsla af fjárfestingu og er miðað við 6% vexti á 20 ára fjárfestingatímabili. Niðurgreiðslur hins opinbera miðað við 8 ára styrkveitingu yrði því 64,1 m.kr í stað 73 m.kr og við bætist árleg greiðsla fjárfestingar upp að um 45,9 m.kr. Hins vegar myndu HS veitur væntanlega þurfa að sjá til þess að notendur þyrftu ekki að greiða meira fyrir heita vatnið og áður og þyrfti því að minnka tekjur af heitavatnssölu um sömu 64,1 m.kr/ári. Annar stór óvissuþáttur er þróun rafmagnsverðs og afhendingarof ótryggu orkunnar til hitaveitunnar sem yrði þá að notast við olíu til rafmagnsframleiðslu. Ef raforkuverð hækkar eykst sparnaðurinn og er því ávinningur af hagnýtingu varmadælu töluverður umfram rekstrarkostnað auk afskrifa og niðurgreiðslna sem kynta hitaveitan tekur á sig (Frosti Gíslason, 2009).

Sjónarmið hins opinbera eru augljós enda lækka niðurgreiðslur eftir 8 ár og umtalsverðar fjárhæðir sparast eftir það. Þar að auki myndi þetta skapa fordæmi fyrir fleiri svæði á landinu sem hafa möguleika á fjárfestingu í svipaðri uppsetningu á varmadælu.

Þess ber að geta að rafmagnssparnaður við varmadælu gæti frekar nýst til dæmis fiskimjölsiðnaðinum sem þarf að notast olíu þegar ekki næst nægilegt rafmagn í rafskautakatla eins og áður hefur verið rætt um.

Dæmi 3

Þegar skoðuð eru lög um niðurgreiðslur og styrki kemur hvergi fram þegar farið er í fjárfestingu með varmadælum, sem felur í sér bættu orkunýtingu, að það þurfi endilega að sækja um styrkveitingu með tilheyrandi niðurskurði niðurgreiðslna og 8 ára fyrirkomulagi. Tafla 4.1-8 sýnir dæmi 3 betur.

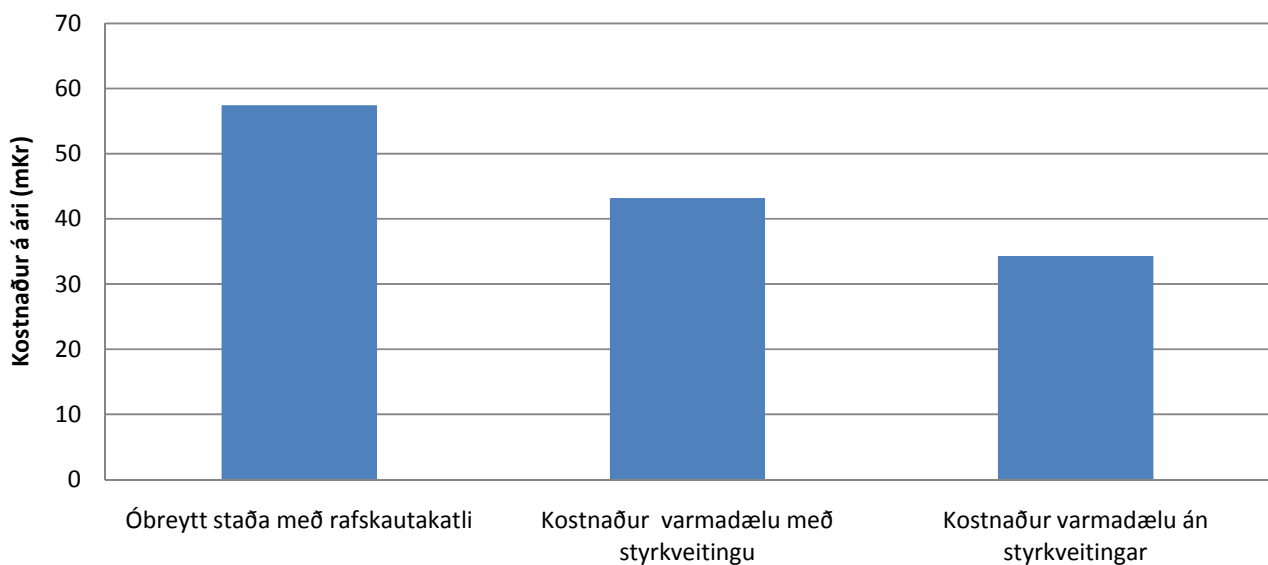
Tafla 4.1-8: Rafmagnskostnaður og niðurgreiðslur ef ekki yrði sótt um styrkveitingu.

Skýring	
Rafmagnsnotkun (GWst)	27,9
Rafmagnssparnaður (GWst)	31,4
Kostnaður (ótrygg orka, kr/kWst))	2,2
Rafmagnskostnaður(m.kr/ári)	61,3
Niðurgreiðslur (m.kr/ári)	73,0
Kostnaður fjárfestingar (m.kr/ári)	34,3

Árlegur kostnaður fjárfestingarinnar til lengri tíma er því töluvert lægri eða um 34,3 m.kr miðað við 43,2 m.kr ef sótt yrði um styrk. Þar að auki myndu niðurgreiðslurnar halda sér um óákveðinn tíma á meðan ef sótt yrði um styrk myndu niðurgreiðslurnar hætta með öllu eftir 8 ár.

Séu því dæmin þrjú tekin saman og borin saman kostnaður árlega miðað við óbreytta stöðu, þ.e.a.s. sömu notkun á rafskautakatli og svo fjárfestingu í varmadælu með og án styrkveitingar sést að munurinn er töluverður sé bara horft til stöðugs rafmagnsverðs. Mynd 4.1-11 sýnir þetta betur.

Árlegur kostnaður við fjárfestingu í sjóvarmadælu



Mynd 4.1-11: Borið saman nettó kostnaður á ári miðað við mismunandi forsendur.

Kostnaður varmadælu með styrkveitingu fer því í um 107 m.kr þegar hætt er að greiða styrki eftir átta ár sem myndi væntanlega þýða að það þyrfti að hækka gjaldskrá til notenda enn frekar. Bæði nú og til lengra tíma litið er það því verst kosturinn í stöðunni.

Helstu óvissuþættirnir í athugun á kostum við uppsetningu á varmadælum eru því þróun raforkuverðs og hvað hagnýting varmadælnnar þarf að bera mikla niðurfellingu á niðurgreiðslum.

Kostir við uppsetningu slíkra sjóvarmadæla í Vestmannaeyjum eru augljósir miðað við hversu mikil raforka sparast í bænum. Allur hvati virðist samt úr þeim einkaaðilum sem gætu mögulega viljað fara í slíka fjárfestingu þar sem niðurgreiðslurnar skerðast og öll áhætta er einhliða á þeim sem vill fjárfesta.

Frekari hvata þarf frekar í Vestmannaeyjum á næstunni.

4.2 Vindorka

Í nokkra áratugi hefur verið rætt um að hægt sé að nýta vindafl til rafmagns- eða hitaframleiðslu í Vestmannaeyjum. Það hefur hins vegar ekki talist fýsilegur kostur hingað til þar sem töluverð fjárfesting fylgir uppsetningum vindmylla auk þess sem verð á forgangs- og ótryggri raforku hefur verið ósamkeppnishæft og annað eftirspurn til þessa. Í þessum kafla verður fjallað um nokkra möguleika á útfærslum með vindmyllum í Nýja-Hrauni í Vestmannaeyjum, en betur má sjá hvernig slíkur vindmyllugarður gæti litið út í landslagi bæjarins á *Mynd 4.2-1*.



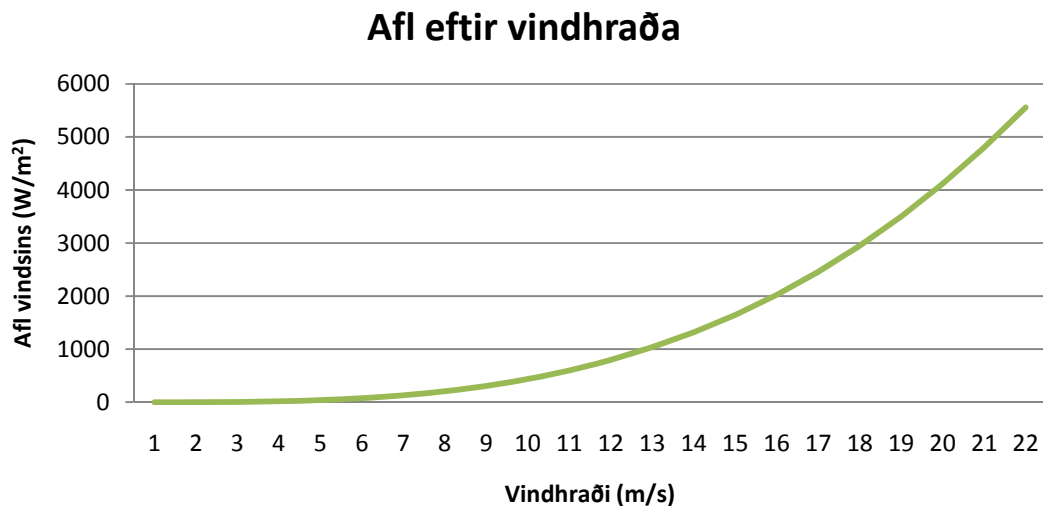
Mynd 4.2-1: Vindmyllugarður á Nýja-Hrauni í Vestmannaeyjum (Friðrik Friðriksson, 2010).

Öll endurnýjanleg orka (fyrir utan öldu- og jarðvarmaorku) kemur upprunalega frá sólinni sem geislar frá sér 174.432.000.000.000 kWst orku til jarðarinnar. Með öðrum orðum, þá fær jörðin $1,74 \times 10^{17}$ wött af aflu og u.þ.b. 1-2% af þeirri orku sem kemur frá sólinni er umbreytt í vindorku sem er um 50-100 sinnum meiri orka en ef allar plöntur og tré á örðinni yrðu umbreytt í lífmassa (DWIA, 2010)

Orkan í vindinum er hreyfiorka og vindmylla fær afl sitt með að umbreyta kraftinum í vindinum í snúning á spöðunum. Vindmylla fangar því orku vindsins og skilar orkunni inn að rafal sem breytir hreyfiorkunni í raforku. Magn orkunnar sem umbreytt er með vindinum á spöðunum er háður eðlisþyngd loftins(ρ), vindhraðanum(v) og flatarmálinu sem spaðarnir spanna (A) eins og sjá má á eftirfarandi jöfnu (DWIA, 2010):

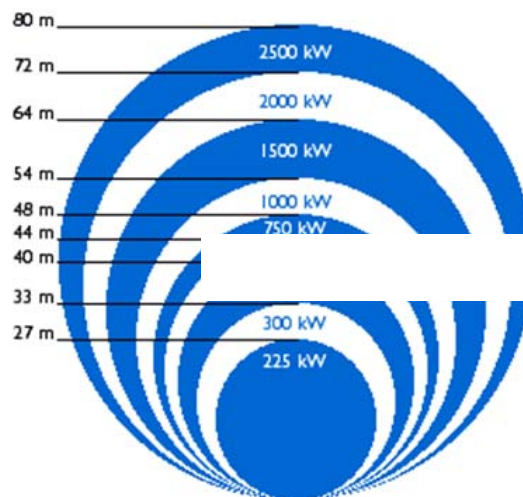
$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 [kW]$$

Það verður þó að hafa í huga að töp verða í umbreytingarferlinu. Hreyfiorka loftsins er í hlutfalli við massa þess og hefur því eðlismassi loftsins einnig mikið að segja. Eins og sjá má á jöfnunni þá hefur vindhraðinn úrslitaáhrif á hversu mikið er hægt að framleiða af rafmagni. Ef vindhraðinn til dæmis tvöfaldast myndi afl vindmyllunnar áttfaldast, þar sem hraðinn í jöfnunni er í þriðja veldi. Mynd 4.2-2 sýnir aflbreytinguna þegar vindhraði eykst. Miðað er við að eðlisþyngd lofts sé $1,26 \text{ kg/m}^3$ við 5°C útihitastig.



Mynd 4.2-2: Afl vindsins við breytingu vindhraða.

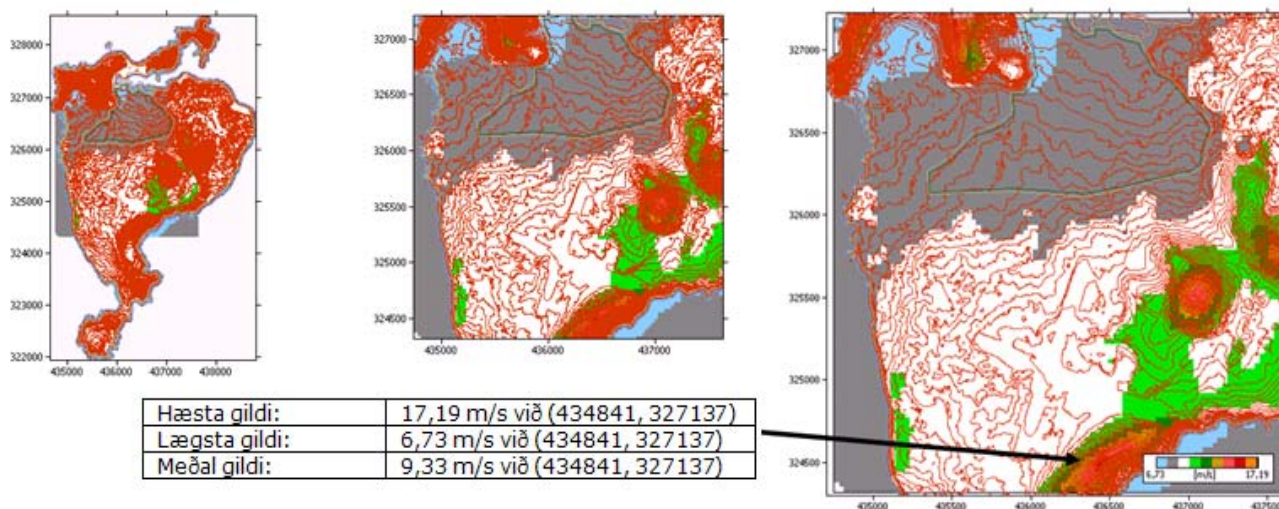
Algeng stærð vindmyllu upp á 660 kW hefur vænghaf að um 48 metra og flatarmál spaðanna þekur um 1.800 fermetra. Mynd 4.2-3 sýnir hvernig afl vindmylla fer eftir vænghafi spaðanna.



Mynd 4.2-3: Breyting rótor þvermáls eftir stærð vindmylla (DWIA, 2010).

Til þess að kanna kosti vindmylla í Vestmannaeyjum þurfa að vera til bestu mögulegu gögn um vindhraða og vindstefnur enda veltur arðsemi vindmylla mikið á hvaða vindhraði er mögulegur á hverjum stað. Besta leiðin á að mæla vindhraða er að staðsetja vindmæla á topp masturs sem hefur sömu hæð venjulegar vindmyllubínur myndu hafa. Þessi leið kemur í veg fyrir þá skekkju í mælingum við að endurreikna vindhraða við mismunandi hæðir.

Mynd 4.2-4 fékkst frá vindatlas Orkustofnunar og sýnir hvar hæsta gildi vindhraða má finna í bænum. Hins vegar eru ekki til frekari mælingar á vindhraða og vindstefnum fyrir þennan tiltekna stað og er því notast við gögn við Nýja-Hraun sem er hvað næst græna svæðinu á myndinni.



Mynd 4.2-4: Mynd fengin frá vindatlas Orkustofnunar sem sýnir hvar mesta vindstyrk er að finna í Vestmannaeyjum.

Athuga ber þó að mæling vindhraðans er í 10 metra hæð. Valdar eru tvær vindmyllugerðir til frekari samanburðar, annars vegar Vestas V80 2000/80 onshore 2000 kW vindmylla og hins vegar Vestas V47 660/47 660 kW vindmylla. Fyrir stærri vindmylluna er hæðin 80 metrar og fyrir þá minni 40 metrar. Til að fá sem réttasta niðurstöðu verður því að umreikna vindhraðann miðað við breyttar hæðir turna þeirra þar sem ekki eru til mælingar fyrir þessar sömu hæðir. Þetta er ekki nákvæm niðurstaða en gefur betri mynd. Jafnan sem notuð er við þessa skölun er eftirfarandi:

$$v = v_1 \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) / \ln\left(\frac{z_1}{z_0}\right) [m/s]$$

v_1 er þekktur hraði í hæð z_1 , eða í 10 metra hæð í þessu tilviki. Þá er hæðin z æskileg hæð fyrir réttan vindhraða og z_0 er svokallaður hrúflekastuðull landslagsins. Oft er miðað við þennan hrúflekastuðull þegar verið er að meta vindaðstæður í landslagi og er hár stuðull upp að 3-4 miðaður við landslag með mörgum háum trjám og byggingum á meðan stuðull upp að 0 miðast við opið hafsvæði. Í þessu tilviki er settur hrúflekastuðull sem 1 sem miðar að opnu dreifðu svæði án hárra girðinga (DWIA, 2010).

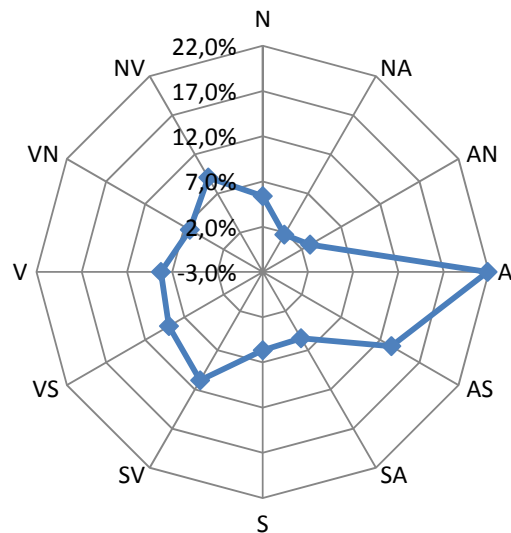
Út frá gögnum frá Veðurstofu frá árinu 2006 var hægt að nálgast vindhraða og vindstefnur á Nýja-Hrauni fyrir hvern klukkutíma, eða 8.760 klst fyrir allt árið. *Tafla 4.2-1* sýnir fyrir hverja vindátt mældan vindhraða á hverri klukkustund yfir allt árið. Sá hraði er þá skalaður eftir breyttri hæð vindmyllanna og þannig hægt að sjá með góðum hætti skiptingu og meðalhraða í mismunandi hæðum.

Tafla 4.2-1: Áttir og vindhraði á Nýja-Hrauni –gögn frá Veðurstofu Íslands allt árið 2006.

Gráður	Áttir	Fjöldi klst	Meðalhraði (m/s)	Meðalhraði (m/s)	Meðalhraði (m/s)
			10 m	40 m	80 m
0	N	471	6	7,4	8,1
30	NA	154	3	3,7	4,0
60	AN	266	60	8,1	7,4
90	A	1914	11	14,9	13,6
120	AS	1175	7	8,7	9,5
150	SA	479	4	4,9	5,4
180	S	496	5	6,1	5,4
210	SV	950	7	8,7	9,5
240	VS	786	5	6,1	6,8
270	V	723	5	6,1	6,8
300	VS	553	5	6,1	6,8
330	NS	793	7	8,7	9,6
Meðaltal			5,9	7,3	8,0

Til þess að sýna þessar niðurstöður myndrænt er teiknuð vindrós sem sjá má á *Mynd 4.2-5*. Þessar upplýsingar eru mikilvægar þegar taka á ákvörðun um staðsetningu vindmylla því ef stór hluti orku vindsins kemur frá ákveðinni átt þá þarf að staðsetja vindmylluna þannig að það séu sem fæstar hindranir vindsins að spöðunum. Hafa ber í huga að mælingarnar eru ekki í hæð venjulegra vindmylla heldur í 10 metra hæð (DWIA, 2010).

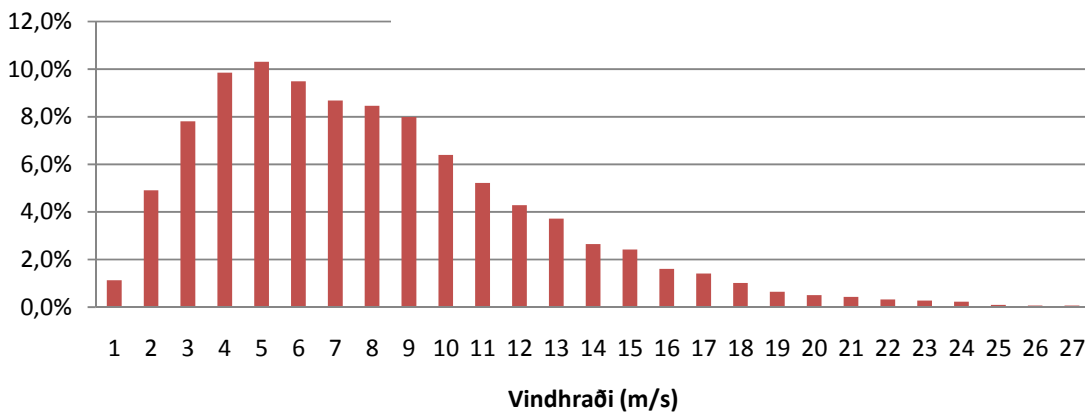
Vindrós á Nýja-Hrauni



Mynd 4.2-5: Vindrós sýnir tíðnidreifingu vindátta á Nýja-Hrauni árið 2006.

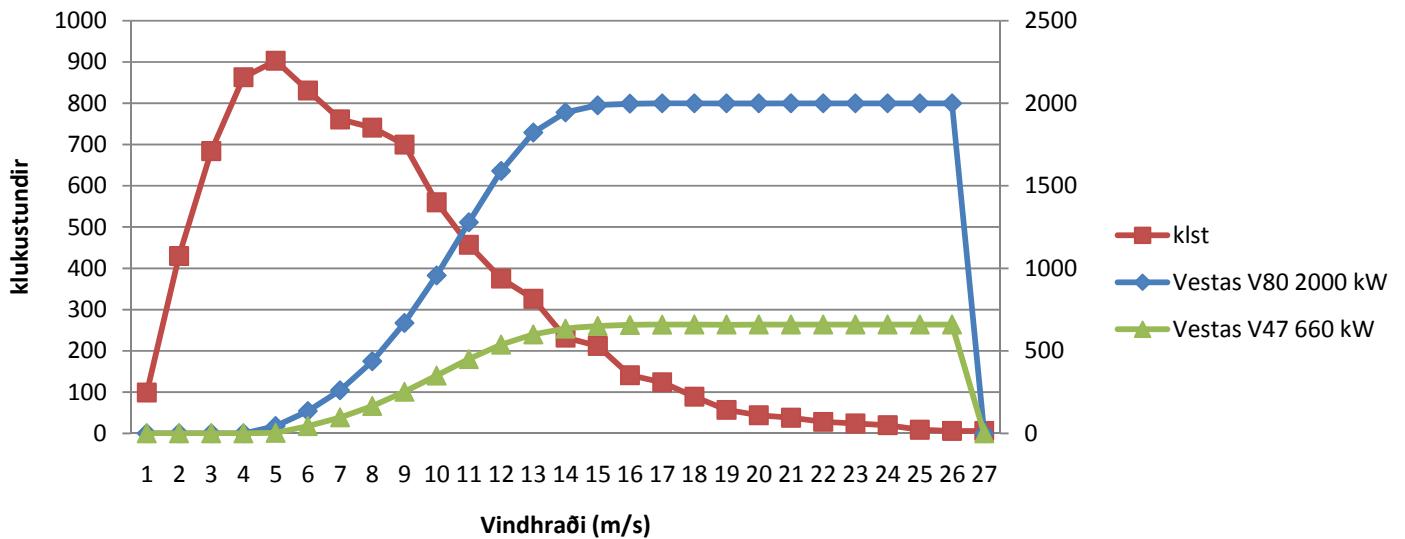
Með sömu gögnum frá Veðurstofu Íslands er hægt að setja saman tíðnidreifingu vindhraðans sem sjá má á Mynd 4.2-6.

Tíðnidreifing vindhraða á Nýja-Hrauni árið 2006



Með veðurfarsgögnunum er einnig hægt að setja upp vindhraða á hverjum tíma yfir heilt ár. Þá er hægt að meta framleiðslugetu vindmylla miðað við aflkúrfu þeirra eins og má sjá á Mynd 4.2-7. Eins og sjá má á myndinni er vindhraðinn hvað oftast á bilinu 3-8 m/s en vindmyllurnar byrja ekki að framleiða rafmagn fyrr en vindhraði nær 4 m/s

Vindhraði á hverjum tíma

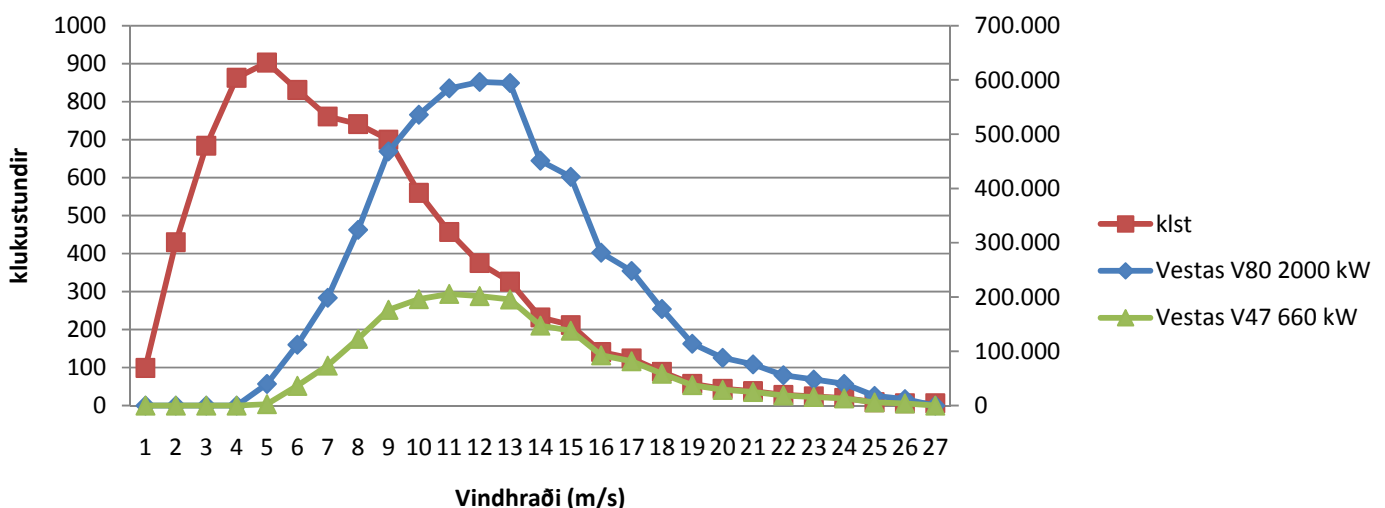


Mynd 4.2-7: Vindhraði á hverjum tíma á Nýja Hrauni árið 2006 og aflkúrfur Vestas 47 og Vestas V80 vindmylla

Sá hraði of oft nefndur „cut-in-speed“ en vindmyllurnar hætta báðar að snúast sjálfvirkt þegar vindhraði er of mikill eða við 26 m/s en sá hraði er kallaður „cut-off-speed“ (DWIA, 2010). Við frekari greiningu á kostum og göllum vindmylla við Vestmannaeyjar er notast við þessar gerðir vindmylla og við staðsetninguna á Nýja-Hrauni eins og áður var komið að.

Það er því hægt að draga saman kúrfurnar á Mynd 4.2-7 til að finna út hámarks framleiðslu hvernar vindmyllu fyrir vindhraða hverju sinni. Þetta má sjá á Mynd 4.2-8.

Hámarksframleiðsla á hverjum tíma



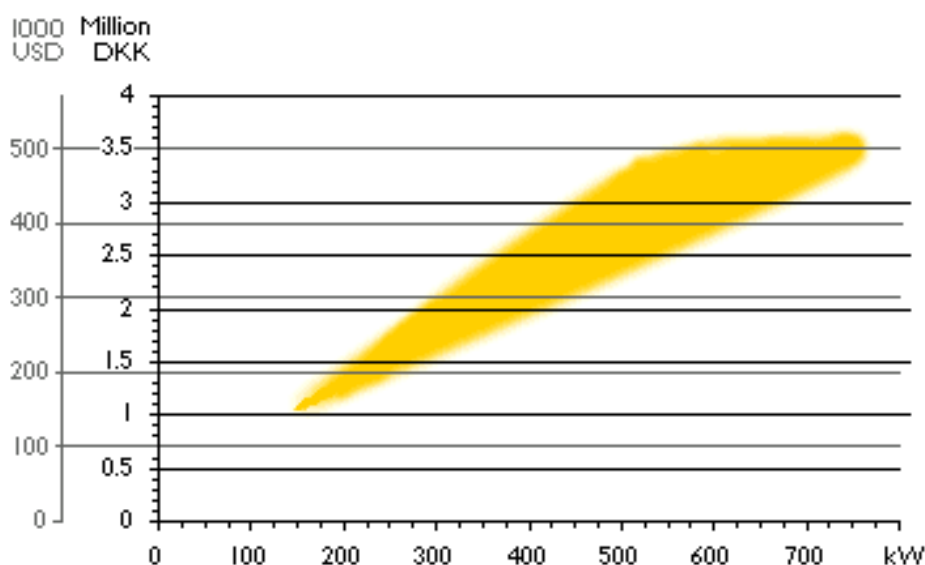
Mynd 4.2-8: Skipting hámarksframleiðslu fyrir vestas 47 og vestas v80 vindmyllur miðað við tíðni og vindhraða á Nýja-Hrauni árið 2006.

Hámarksframleiðsla fyrir út frá þessum reikningum fyrir Vestas V80 2000 kW vindmylluna er 5,5 GWst/ári og fyrir Vestas V47 660 kW vindmylluna 1,8 GWst/ári. Miðað er við þessar tölur í frekari útreikningum hér á eftir. *Tafla 4.2-2 sýnir frekar muninn á vindmyllunum tveimur.*

Tafla 4.2-2: Lykilstærðir Vestas V47 og Vestas V80 vindmylla (DWIA, 2010).

	Vestas V47	Vestas V80
Afl (kW)	660	2.000
Þvermál(m)	40	80
Flatarmál(m ²)	1.256	5.026
Hámarksnýting Nýja Hrauns(kWst/ári)	1.878.596	5.486.130
Hámarksnýting (kWst/ári)	5.781.600	17.520.000
Aflnýtingarstuðull	32,5%	31.3%

Oft er miðað við að meðalkostnaður fyrir stóra vindmyllugarða sé um 1.000 USD/kW í uppsettu afli og haldið er við það viðmið í frekari útreikningum og þó það sé kannski ekki alveg nákvæmt ætti það að gefa nokkuð raunhæfa mynd. Nýjar vindmyllur eru hannaðar til að endast í um 120.000 klukkustundir með líftíma upp að um 20 ár og er áætlaður gangtími um 68% af tímanum. Árlegur viðhaldskostnaður er um 2% af stofnkostnaði (DWIA, 2010). Betur má sjá hvernig kostnaðardreifingin fer eftir uppsettu afli vindmylla á *Mynd 4.2-9*.



Mynd 4.2-9: Kostnaður við vindmyllur uppsettar miðað við afl. (DWIA, 2010).

Gert er ráð fyrir því að uppsetningarkostnaður sé um 30% af stofnkostnaði en á *Mynd 4.2-10* má sjá hvernig kostnaðurinn skiptist venjulega á uppsetningu við vindmyllur.

og

naður

1

Eins og Tafla 3.2-3 og Tafla 3.2-4 sýna þá skiptist rafmagnsnotkun bæjarins í notkun forgangsorku og ótryggrar orku. Heildarnotkun forgangsorku var 40,9 GWst og þar af fara 24,8 GWst í almenna heimilisnotkun. Fyrir sama ár eða 2009 er notkun ótryggrar orku 74,3 GWst en mestu munar um notkun rafskautaketils hitaveitunnar en þá fara um 15 GWst ótryggu raforkunnar fara í rafskautakatla fyrir framleiðslu á fiskimjölsbræðslunum tveimur.

Sett eru upp nokkur dæmi og borið saman hvar hentugast væri að notast við framleiðslu rafmagns með vindmyllum miðað við núverandi rafmagnsverð og stofnkostnaðar. Miðað er við 20% afskriftartíma og 5% fasta vexti út fjárfestingatímann. Bornar eru saman Vestas V47 og Vestas V80 vindmyllurnar eins og áður og fundinn út heildarkostnaður miðað við afköst vindmyllanna og raforkunotkun árið 2009. Miðað er við miðgengi Seðlabankans árið 2009 við útreikning frá dollara í íslenskar krónur.

Dæmi 1

Byrjað var að athuga muninn á kaupum raforku til almennar heimilisnotkunar frá Hitaveitu Suðurnesja miðað framleiðslu raforku með vindmyllum. Tafla 4.2-3 sýnir niðurstöður útreikninganna.

Tafla 4.2-3: Útreikningar miðað við raforkunotku almennrar heimilisnotkunar 2009.

	Vestas V47	Vestas V80
Orkuþörf (GWst)	24,8	24,8
Fjöldi vindmylla í vindgarð	13	5
Heildarstofnkostnaður vindgarðs(m.kr)	1.383	1.435
Árleg greiðsla(m.kr)	138	143
Heildar greiðsla á ári með rekst.kostn(m.kr)	140	149
Kostnaður framleiðslu (kr/kWst)	5,6	6,0

Miðað er við orkunotkun forgangsorku í almenna heimilisnotkun eins og hún er skilgreind, sem er um 24,8 GWst fyrir árið 2009 en notkunin er auðvitað breytileg á ári hverju. Meðalorkusala með flutningskostnaði, dreifingu og sköttum til heimila var um 10,2 kr/kWst en Tafla 4.2-4 sýnir betur skiptingu kostnaðar.

Tafla 4.2-4: Skipting raforkukostnaðar til heimila (Ívar Atlason, 2010).

	Kostnaður (kr/kWst)
Flutningur (Landsnet)	1,4
Dreifing (HS veitur hf)	2,6
Virðisaukaskattur (25,5%)	1,0
Orka	4,1
Orkuskattur	0,1
Virðisaukaskattur orku (25,5%)	1,1
Samtals	10,2

Þá er fastagjald dreifingu 24,80 kr/dag eða 11.360 kr/ári með vsk

Tafla 4.2-4 sýnir að kostnaður orku er 4,1 kr/kWst og munar því töluverðu á framleiðslukostnaði miðað við vindmyllurnar í dæminu hér að ofan. Það má því segja að þetta gæti verið fýsilegur kostur þar sem þetta er 20 ára fjárfesting og lítið sem bendir til annars en að rafmagnsverð hækki á komandi árum. Auk þess sparast kostnaðurinn við flutninginn frá Landsneti. Hins vegar er ljóst er að miðað við „cut-in-speed“ á báðum vindmyllum að raforkuframleiðsla hefst ekki fyrr en í 4 m/s vindhraða sem næst ekki, miðað við aðstæður á Nýja-Hrauni, nema í 2079 klst/ári eða um 24% tímans. Þegar vindmyllan framleiðir ekki rafmagn þarf því að vera til tenging inn á rafmagnsnet og þegar er umframframleiðsla þarf að vera till einhvers konar geymsla eða þá að möguleiki á að selja framleiðsluna aftur inn á netið. Miðað við að kostnaður orku sé rúmar 4 kr/kWst frá Landsvirkjun á 12 ára samningi er nokkuð ljóst að selja þyrfti þessa umframframleiðslu á vindmyllunum með tapi. Til samanburðar má sjá að venjulegt íslenskt fjögurra manna heimili notar 3.600-4.200 kWst/ári af raforku. Þá verður að hafa í huga að geyma þarf orkuna á einhvern hátt því annars fer framleiðslan á næturna, og þegar raforka er ekki notuð, verulega til spillis. Hægt væri þó að nota þá orku í að dæla vatni í miðlunarlón eða til hleðslu á rafmagnsbílum til dæmis (Sigurjón Ketilsson, 2009).

Dæmi 2

Í næsta dæmi var skoðað ef vindmylla myndi framleiða rafmagn í rafskautakatla fiskibræðslanna og komið þannig í staðinn fyrir alla olíunotkunina sem nú fer í framleiðsluna. Miðað er við að orkuþörfin sé um 48,1 GWst/ári sem er notkun árið 2009. Tafla 4.2-5 sýnir niðurstöður reikninganna.

Tafla 4.2-5: Útreikningar miðað við rafmagnsnotkun fiskimjölsbræðslna árið 2009.

	Vestas V47	Vestas V80
Orkuþörf (GWst)	48,1	48,1
Fjöldi vindmylla í vindgarð	26	9
Heildarstofnkostnaður vindgarðs(m.kr)	2.684	2.785
Árleg greiðsla(m.kr)	268	278
Heildar greiðsla á ári með rekst.kostn(m.kr)	270	284
Kostnaður framleiðslu (kr/kWst)	5,6	5,9

Hér má sjá eins og áður að minni vindmyllan er ódýrari í rafmagnsframleiðslu. Í þessu dæmi ber hins vegar að hafa það í huga að rafmagnið sem nú notast er við verð ótryggrar orku frá Landsvirkjun sem kostar um 2,2 kr/kWst og er auðvitað mun ódýrari en forgangsorkan sem seld er til almennra nota. Hér ber einnig að athuga olía er notuð í miklum meirihluta við framleiðsluna þar sem ekki nægt rafmagn er hægt að fá í gegnum strengina tvo frá Landsneti. Verð á olíu til framleiðslu er um 6,1 kr/kWst sem er ekki miklu hærra en kostnaður við vindmyllurnar. Þá þarf einnig að athuga geymslu og sölu inn á landsnet við umframframleiðslu og einnig þegar ekki nægilegur vindur er við. Fiskimjölsbræðslurnar þurfa að kosta til töluverðrar fjárfestingar sé farið í þessa breytingu. Þá þarf einnig að athuga hversu stórt landsvæði þarf til fyrir 26 vindmyllur með tilheyrandi sjónmengun.



Mynd 4.2-11: Vindmyllur á Nýja-Hrauni séð frá höfninni (Friðrik Friðriksson, 2010).

Dæmi 3

Að lokum var sett upp dæmi með framleiðslu raforku með vindmyllum miðað við það magn sem notað er til húshitunar í Eyjum, en enn eru um 10% íbúða bæjarins ekki tengd hitaveitukerfinu.

Tafla 4.2-6 sýnir kostnað við framleiðslu rafmagns miðað við orkunotkun rafmagns til húshitunar árið 2009.

Tafla 4.2-6: Útreikningar miðað við rafmagnsnotkun raforku til kyndingar árið 2009.

Raforka til kyndingar	Vestas V47	Vestas V80
Orkuþörf (GWst)	5,7	5,7
Fjöldi vindmylla í vindgarð	3	1
Heildarstofnkostnaður vindgarðs(m.kr)	318	330
Árleg greiðsla(m.kr)	31	33
Heildar greiðsla á ári með rekst.kostn(m.kr)	33	39
Kostnaður framleiðslu (kr/kWst)	5,9	6,9

Þetta er áhugaverð niðurstaða þar sem miðað er við Vestas V47 vindmylluna þyrfti til þrjár 660 kW vindmyllur sem myndu samtals kosta um 318 m.kr með uppsetningu og yrði kostnaður rafmagnsframleiðslu um 5,9 kr/kWst. Hafa ber í huga að hið opinbera niðurgreiðir að hámarki 40.000 kWst/ári fyrir íbúðir sem þurfa húshitun með rafmagni fyrir um 3,15 kr/kWst eins og fyrir árið 2009. Þetta er því áhugavert dæmi þar sem mikill sparnaður gæti náðst ef niðurgreiðslurnar halda sér. Þess ber þó aftur að geta að framleiðslan er ekki stöðug út árið eins og í fyrri dæmum og framleiðir vindmyllan rafmagn einungis 24% tímans og þyrftu íbúðir enn að vera tengdar rafmagnsneti sem varaafli þegar vindmyllurnar framleiða ekki rafmagn.

Í þessum þremur dæmum er miðað við mikla einföldum á verði á uppsettum vindmyllum pr. kW. Margir möguleikar eru í stöðunni þegar huga skal að því að meta kosti vindmyllugarða eins og dæmin sýna. Til dæmis þótti höfundur áhugavert að kanna hvað í rauninni notaðar vindmyllur eins og Vestas V80 myndu kosta. Til gamans má geta að það verð er nokkuð nálægt því sem miðað var við í útreikningunum hér að ofan, en eftir smá leit á netinu fundust til sölu slíkar vindmyllur á um 2,3 m USD/stk eða um 280,6 m.kr fyrir 2 MW vindmyllu. Til samanburðar sýndi Tafla 4.2-6 útreikning á sama afli fyrir um 330 mk.r Þó þarf einnig taka þarf tillit til uppsetningarkostnaðar auk flutningskostnaðar frá Þýskalandi þar sem þær eru nú. (MWPS, 2009).

Frystihúsin í Vestmannaeyjum hafa töluverða rafmagnsnotkun fyrir frystihús fiskvinnslanna. Miðað við notkun árið 2009 notaði til dæmis frystigeymsla Vinnslustöðvarinnar um 0,7 GWst. Þar sem þetta er stöðug notkun er þessi orka töluvert ódýrari en sú forgangsorka sem seld er til heimila til dæmis. Fyrir öll frystihús bæjarins og ísframleiðslu, sem er ansi orkufrek, væri mjög athugavert að athuga frekar möguleika vindmylla þannig að fyrirtækin sjálf myndu sjá um fjárfestinguna.

Ljóst er að mikla vindorku má finna við Vestmannaeyjar og er afar líklegt að virkjun vindsins með þessum hætti sé hagkvæmur og raumhæfur kostur tæknilega og efnahagslega. Þó er erfitt að fullyrða nema farið verði í sérstakar rannsóknir og vindmælingar í meiri hæð en gert hefur verið til þessa á áhugaverðustu stöðunum eða í 50-80 metra hæð. Með því að ráðast í stærra vindorkuver eða ýta undir notkun varmadæla við Ísland má draga úr þörf á byggingu umdeilda vatnsafls- og jarðvarmavirkjanna. Ljóst er að kosturinn við fjárfestingu í vindorku í Vestmannaeyjum er að til sparast dreifingarkostnaður raforkuflutnings. Af verði til almennra viðskiptavina í Vestmannaeyjum sem er um 10,2 kr/kWst, er 2,5 kr/kWst sem greiðist fyrir dreifingu raforkunnar (Ívar Atlason, 2010). Ef umframframleiðsla verður á raforku er einnig hægt að selja raforku til meginlandsins.

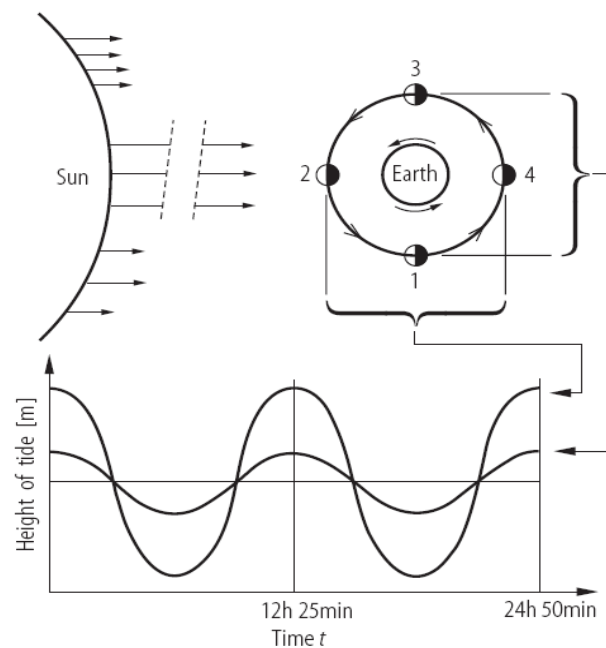
Að vísu fylgja nokkir gallar vindorkuverum eins og lagt er upp með við Vestmannaeyjar. Nokkur hávaði fylgir auk sjónmengunar svo þarf að staðsetja vindmyllurnar þannig að fuglalíf skaðist ekki. Forðast má þessar hliðarverkanir vindorkuvera með að vanda staðarval og þessir gallar hverfa nær alveg þegar vindorkan er virkjuð við eða utan strandar. Annar stór galli við vindorkuver er hversu óstöðug raforkuframleiðslan er. Vindurinn er sýbreytilegur og erfitt að spá fyrir um hvernig hann kemur til með að þróast.

4.3 Sjávarorka

Öll sú orka sem virkjuð er með afli sjávar með einum eða öðrum hætti er oft sett undir einn hatt og nefnd sjávarorka. Þróuðustu aðferðirnar eru sjávarfallaorka og ölduorka en fjallað verður einungis um sjávarfallaorku í skýrslu þessari þar sem flest gögn eru til um þá gerð virkjana.

4.3.1 Sjávarfallaorka

Eins og nafnið gefur til kynna, þá er sjávarfallaorka sú orka sem myndast við samband milli sólar, tungls og jarðar og veldur sjávarföllum, eða flóði og fjöru. Það eru tvö flóð og tvær fjörur á einum degi en stórstraumsflóð verða stuttu eftir nýtt og fullt tungl og smástraumsflóð stuttu eftir fyrsta og þriðja kvartil. Mynd 4.3-1 hér að neðan sýnir betur áhrif stöðu sólar, tungls og jarðar á sjávarföll. Tunglstaða 1 á myndinni nefnist fyrsta kvartil, númer 2 nefnist nýtt tungl, númer 3 er þriðja kvartil og það fjórða er þá fullt tungl (Bjarni M. Jónsson, 2010). Sjávarföllin hafa því um 12 klst tíðni yfir sólarhringinn.



Mynd 4.3-1: Sjávarföll miðað við stöðu jarðar, sólar og tungslins (Bjarni M. Jónsson, 2010).

Virking þessar orku frá þessum straumum er því gerð með notkun á túrbínum í miðjum straumnum á stað þess sem flóðin og fjaran renna í gegnum. Túrbínan er þá tengd rafali til framleiðslu á rafmagni. Túrbínublöðin eru knúin af krafti vatnsins sem hreyfist líkt og gerist með vindinn og vindmyllur (Ocean Energy Council, 2009).

Hefðbundin leið í að beisla afl straumsins er að reisa virki, eða stíflu, sem sjóstraumurinn þarf að renna í gegnum við sjávarföllin eins og sjá má á Mynd 4.3-2. Þess konar virkjanir teljast til hefðbundinna sjávarfallavirkjana og eru svipuð hefðbundnum vatnsaflvirkjunum.



Mynd 4.3-2: Sjávarfallavirki (Sigurjón Ketilsson, 2009).

Þegar sjávarföll eiga sér stað verður fyrir tilverknað stíflunnar að yfirborð sjávar hærra öðrum megin og þannig má nýta fallorkuna þegar sjórinn streymir þar á milli. Til þess að sjávarfallavirkjanir séu hagkvæmar þarf því sjóstraumurinn að vera mjög sterkur, þ.e.a.s. mikill munur á flóði og fjöru auk þess sem landfræðilegar aðstæður verða að vera fýsilegar fyrir stíflugerð af slíku tagi (Sigurjón Ketilsson, 2009)

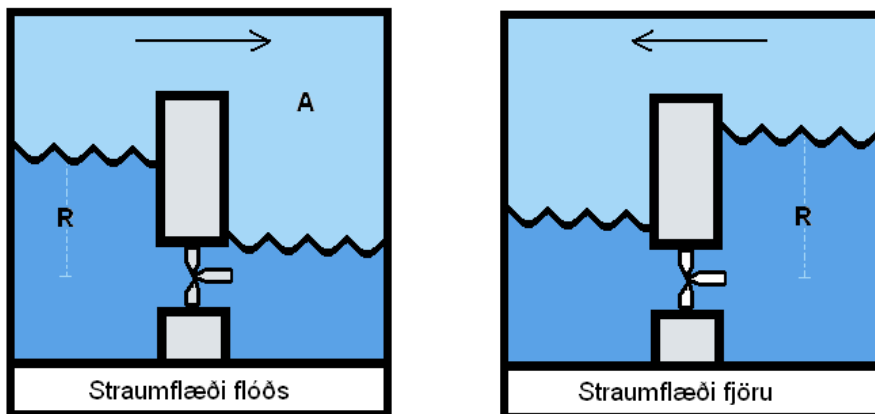
Til að átta sig á þeirri orku sem hægt er að virkja má ímynda sér flatarmál, A , á staðsetningu fyrir aftan sjávarfallavirki eins og sjá má vinstra megin á Mynd 4.3-3 og lengd sjávarfalla, R . Sjávarfallhæð, eða lengd sjávarfalla, er munurinn á dýpi sjávar þegar það er flóð miðað við það þegar það er fjára. Heildarrúmmál vatnsins innan flatarmálsins er AR . Ef eðlisþyngd vatnsins er ρ , er massinn þá ρAR . Heildarorkan, E , sem hægt er þá að nýta fyrir hvert sjávarfall er þá það magn vatns sem fellur hæðina $R/2$ og er því jafnan skrifuð á eftirfarandi hátt:

$$E = \rho A R g \left(\frac{R}{2} \right) [kJ]$$

Meðalorkan í slíkri sjávarfallavirkjun er því er í hlutfalli við lengd sjávarfallanna í öðru veldi. Aflinu má lýsa með sömu jöfnu og fyrir vindmyllur eða:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 [kW]$$

Það er því nokkuð ljóst að jafnvel lítill munur í lengd sjávarfalla skapar mikinn mismun í arðsemismati á slíkri sjávarfallavirkjun. Þumalputtaregla segir að meðalhæð sjávarfalla þurfi að vera að minnsta kosti 5 metrar til að sjávarfallavirkjun á því svæði geti framleitt nægjanlega mikið rafmagn til að geta verið hagstæð. Sú orka sem hægt er að fá er einnig í hlutfalli við flatarmál vatnsins sem færast framhjá sjávarfallavirkinu og er því staðsetning virkjananna gríðarlega mikilvæg (Godfrey Boyle, 2004).



Mynd 4.3-3: Straumflæði yfirsjávarfallavirki í flóði vinstra megin á myndinni og í fjöru hægra megin (Godfrey Boyle, 2004).

Raforkuframleiðsla sjávarfallavirkjunar sveiflast eftir sjávarfallabylgjunum og er eins og með vindmyllur ójöfn. Hins vegar eru sjávarföllin fyrirsjáanleg sem veldur því að auðveldara er að reikna út breytingar afls og raforkuframleiðslu sjávarfallavirkunar en breytingar á vindorkuverum sem breytist meira eftir breytingu vindhraða og vindstefna. Sjávarfallavirkjanir miða við að hámarksstraumhraðinn sé á bilinu 2,5-5 m/s en oft er talað um að hafstraumar við Ísland séu um 0,5 m/s. Til samanburðar má geta þess að straumhraðinn í sjávarföllum í Breiðarfirði er allt að 10 m/s, en hæðarmunur flóðs og fjöru við Íslandsstrendur er einmitt mestur á Vesturlandi (Sigurjón Ketilsson, 2009).

Lítið er til af gögnum um sjávarföll við Vestmannaeyjar en töluvert er til af gögnum eftir að ákveðið var að kanna frekar kosti Bakkafjöru fyrir höfn sem ferjar milli lands og eyja. Þau gögn ættu að gefa vísbendingu um kosti sjávarfallavirkjana en eru alls ekki nákvæm þar sem frekar þarf að mæla ákveðna staðsetningu sem talin er fýsileg við Vestmannaeyjar.

Tafla 4.3-1: Sjávarföll Ferjuhöfn við Bakkafjöru (Siglingastofnun, 2010).

Sjávarföll	Hæð (m)
Hæsta stjarnfræðilega flóð	2,92
Meðalstórstraumflóð	2,64
Meðalsmástraumflóð	1,98
Meðalsmástraumsfjara	0,80
Meðalstórstraumsfjara	0,13
Meðalsjávarhæð	1,4
Meðalflóð	2,3
Meðalfjara	0,5
Meðal sjávarfallalengd, R	1,8

Ekki eru til nákvæmar mælingar um hvar sjóstraumurinn er mestur við strendur Vestmannaeyja en nauðsynlegt er að fara í frekari mælingar til að hægt sé að meta betur kosti sjávarfallavirkjana í Eyjum. Ljóst er að þessar tölur við Bakkafjöru gefa ekki upp nákvæma mynd af stöðunni en tilvalið væri að skoða betur hæð og styrk sjóstraumanna á vesturströnd Vestmannaeyja.

Horfa verður til þess við svona virkjanagerð að mikið er af skipum og bátum við eyjarnar og mikilvægt er að sjávarríki allt um kring skaðist ekki við uppsetningu á svona neðansjávarvirkjunum.

Eins og Tafla 4.3-1 sýnir þá er meðal sjávarfallalengd um 1,8 m við Bakkafjöru og miðað er við að meðalstraumhraði sé um 0,5 m/s (Siglingastofnun, 2010).

Sé miðað við önnur dæmi þar sem þegar hefur verið farið í framkvæmdir og einnig þau dæmi sem verið er að kanna hagræði sjávarfallavirkjana er sjávarfallahæðin of lág og meðalstraumhraðinn of lítill til að slík virkjun gæti þótt fýsileg við strendur Vestmannaeyja. Nýjar sjávarfallavirkjanir eru taldar vera hagkvæmar ef hámarkssjávarstraumur nær um 2,5 m/s. Til samanburðar er við Þorskafjöru í Breiðafirði meðalstraumhraðinn 10 m/s og meðal sjávarfallahæð um 5 m en þar er verð á uppsetningu virkjunarinnar enn stærsti höfuðverkurinn en gríðarlega dýrt er að fjárfesta í þessum virkjunum þar sem þær eru flestar enn á tilraunastigi (Sigurjón Ketilsson, 2009).

Til þessa hefur í verið talið af sérfræðingum að eini raunhæfi kosturinn á möguleikum sjávarfallavirkjana við Ísland sé í Breiðarfirði. Árið 2001 var stofnað fyrirtæki gagngert til að kanna betur aðstæður og framkvæma dýptar og straummælingar og kortleggja svæðið auk þess að meta kostnað við framkvæmd slíkrar virkjanar. Í Breiðarfirði er hátt í 5 metra munur á hæð milli flóðs og fjöru og straumhraðinn getur náð allt að 9 m/s. Það er því nokkuð ljóst að kjöraðstæður eru fyrir virkjun sjávarfalla á þeim stað. Þrátt fyrir það eru óvissuþættir fjölmargir, en enn á eftir að finna nákvæmlega réttu tæknina sem myndi henta aðstæðum, gera nákvæmt umhverfismat, meta framleiðslukostnað raforku í samanburði við raforkuostnað á svæðinu. Þá er

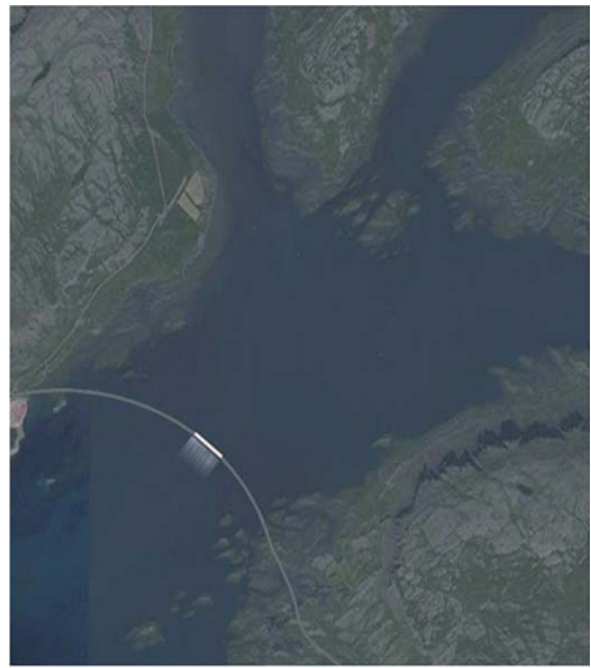
mikil óvissa um heildar fjárfestingakostnað auk uppsetningar og viðhaldskostnaðar (Sigurjón Ketilsson, 2009).

Einnig hefur verið rætt um möguleikann á að byggja brú í framhaldi af Vestfjarðarvegi þannig þarf ekki að keyra alla í gegnum Þorskafjörð, Gufufjörð og Djúpafjörð. Áhugavert er að skoða möguleikann á að byggja sjávarfallavirkjun fyrir neðan brúnna en talið er að hægt sé að framleiða með þeirri tengingu um 144 GWst/ári (Bjarni M. Jónsson, 2010). Staðsetningar hugsanlegra virkjunakosta má sjá á Mynd 4.3-5 og Mynd 4.3-4 sýnir teikningu af hugsanlegri sjávarfallavirkjun og brú á Vestfjörðum.

Kostirnir eru eins og áður segir gríðar margir en mörgum spurningum er enn ósvarað varðandi endanlegt hagræði sjávarfallavirkjana við Íslandsstrendur. Óneitanlega myndi slík virkjun auka fjölbreytileika í rafmagnsframleiðslu og gæti hugsanlega verið mun betri kostur en vindmyllur innan fárra ára þar sem framleiðslan er fyrirsjáanleg.

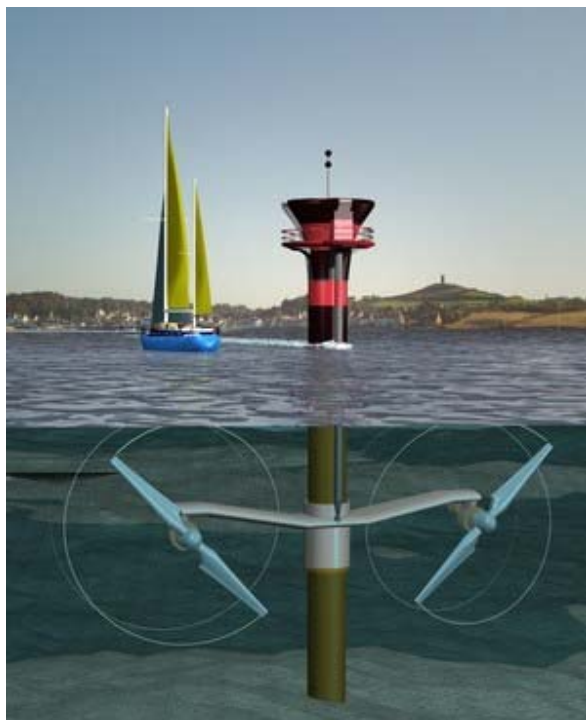


Mynd 4.3-5: Hugsanleg staðsetning fyrir sjávarfallavirkjanir á Vesturlandi. Rauði punkturinn er í Breiðafirði en sá græni við Þorskafjörð, Gufufjörð og Djúpafjörð.



Mynd 4.3-4: Teikning af hugsanlegri sjávarfallavirkjun við mynni Þorskafjarðar, Gufufjarðar og Djúpafjarðar (Bjarni M. Jónsson, 2010).

Aðrar virkjanir sem bygga á orku sjávarfalla eru þó til eins og til dæmis SeaGen-sjávarfallarafstöðin sem hefur verið sett upp í Strangford á Írlandi. Sú tækni byggist aðallega á turni á hafsbotni sem hefur túrbínuspaða að neðan og svipar því mikið til vindmylla, nema spaðarnir eru sem næst botninum, ekki sem hæst eins og við beislingu vindafls. Mynd 4.3-6 sýnir betur hugmyndina á bak við þessa tækni.



Mynd 4.3-6: SeaGen sjávarfallarafstöðin á Írlandi, (SeaGen, 2009).

Afl eins slíks turns er um 1,2 MW og að sögn hönnuða er framleiðsla rafmagns í 24 klst/ dag allt árið um kring. Meðalhraði sjávarfalla á þessu svæði sem þessi tiltekni turn er staðsettur er um 3,7 m/s. Ársframleiðsla rafmagns er því að meðaltali um 10,4 MWst miðað við hámarksnýtingu (SeaGen, 2009). Heildarfjárfestingakostnaður við þessa tilraunavirkjun er um 3 milljónir fyrir utan rekstrar-og viðhaldskostnað á hverju ári. Á núverandi gengi myndi ein svona 1,2 MW virkjun kosta um hálfan milljarð króna. Erfitt er þó að taka þessar tölur marktækar þar sem um tilraunaverkefni var að ræða. Ef, og þegar svona virkjum kemst í fjöldaframleiðslu og jafnvel á sama stalli og framleiðsla á vindmyllum og kostnaður lækkar verður þetta gríðarlega áhugaverður kostur í framleiðslu endurnýjanlegs rafmagns. Þetta verkefni er þó enn tilraunaverkefni og á eftir að sjá hvað úr verður. Ennfremur er ómögulegt að meta kosti slíkrar virkjanar án þess að hafa nákvæm veðurfarsleg gögn við Vestmannaeyjar til samanburðar.

Að auki þarf mikið að hafa í huga hvar möguleg staðsetning fyrir slíkar túrbínur gæti verið við strendur Vestmannaeyja. Ekki má þarf trufla sjávarlífríki og koma í veg fyrir eðlilega umferð skipa og báta. Þíða þarf því eftir nákvæmara umhverfismati og reynslu á slíkum

sjávarfallarafstöðum eins og þessi frá SeaGen áður en farið verður í slíkar fjárfestingu við Eyjarnar.

5 Aðrar leiðir á orkunýtingu

Í þessum hluta skýrslunnar er stiklað á stóru um aðrar leiðir til að betrumbæta orkumál í Eyjum. Margir þessara kosta er áhugavert að skoða betur og fara í frekari rannsóknir.

5.1 Lagning nýs sæstrengs

Fram kemur samkvæmt upplýsingum frá Landsneti að til skoðunar sé að leggja tvo nýja 66 kV háspennustrengi frá tengistað við Rimakot á Landeyjasandi til Vestmannaeyja. Ekki hefur verið tekin ákvörðun um hvenær eða hvort á endanum farið verði í þessa framkvæmd en Skipulagsstofnun hefur þegar samþykkt umhverfismat fyrir lagningu sæstrengjanna (Íris Baldursdóttir, 2010).

Ljóst er að fiskiðnaðurinn þarfnast meira rafmagns til Eyja. Skiljanlegt er að Landsnet vilji semja við kaupendur áður en farið er í slíka fjárfestingu eins og að leggja tvo nýja sæstrengi. Þar að auki eru rafmagnskaupin nokkuð óregluleg en þau fara eftir því hvernig fiskast.

Þannig er mikil eftirpurn eftir rafmagni eru því nú notaðir olíukatlar hjá fiskbræðslunum þegar ekki fæst orka fyrir rafmagnskatla þeirra. Sökum ótryggrar orku sem seld hefur verið til Eyja sem er auðvitað töluvert ódýrari en forgangsorkan hefur ekki enn verið farið í þessa framkvæmd og samningar ekki náðst á milli aðila, en lítið hefur verið um afhendingarrof á ótryggri orku síðastliðin ár. Það gæti þó breyst bráðlega með hugmyndum um sæstreng milli Íslands og Skotlands með tilheyrandi hækkandi rafmagnsverði á Íslandi (Ívar Atlason, 2010).

Í raun myndu nýir sæstrengir á milli lands og Eyja leysa margt er varðar orkumál og fara þarf frekar í saumana á kostnaði á lagningu strengjanna og samningaviðræðum milli orkukaupenda og Landsnets sem leggur strenginn.

5.2 Framleiðsla lífdísils

Gerð hefur verið forathugun á möguleikum á framleiðslu lífdísils með úrgangsvatni frá fiskimjölsbræðslum. Slíkt verður að teljast afar áhugavert þar sem það myndi bæta enn nýtingu í fiskimjölsframeiðslunni. Við framleiðslu á lífdísil þarf fitu og metanól auk brennisteinssýru og NaOH basa. Ljóst er að affallsvatnið frá fiskbræðslunum er frekar fituríkt en til að hægt sé að nýta fituna úr fráveituvatninu betur og hindra að dæla því beint út í sjó þurfa fiskbræðslustöðvarnar að fjárfesta í öflugri fitugildrum. Þegar álag er á bræðslunum er affallsvatni hleypt framhjá núverandi gildrum. Það þarf þó að fara í frekari athuganir á gæði fitunnar og magni með betri mælingum en gert var í fyrri athugun (Guðrún Sigurjónsdóttir, 2007).

5.3 Tenging efra og neðra hitaveitusvæði

Eins og áður hefur verið komið að er hitaveitusvæði bæjarins skipt í neðra og efra svæði eftir landhæð í bænum. Sem stendur er tenging á afgangsvarma frá fiskimjölsbræðslunum tveimur aðeins á neðra hitaveitusvæði. Hitaveitan kaupir bara orku af fiskimjölsbræðslunum sem hefur náð 79°C hita, en töluvert magn nær ekki því hitastigi. Það er því töluverð varmaorka sem nú er hent í sjó sem gæti nýst inn á kerfi bæjarins. Vel ætti að vera hægt að tengja saman efra og neðra svæði þannig að þessi varmaorka gæti nýst til fullnustu.

5.4 Annar iðnaður

5.4.1 Verksmiðjur

Nokkuð ljóst er að þar sem Vestmannaeyjar eru á köldu svæði væri það vel fýsilegt að iðnaður sem nýtir rafmagn og getur gefið af sér afgangsvarmaorku gæti þrífist vel. Afgangsvarminn getur því verið seldur aftur inn á kerfi hitaveitu líkt og gert er nú í Eyjum með fiskimjölsverksmiðjurnar.

Ein forrannsókn átti sér stað í Eyjum vegna Natríumklórat verksmiðju frá sænsku fyrirtæki árið 1987. Natríumklórat er mikið notað í pappírsiðnaði sem bleikiefni auk framleiðslu á eldspítum, sprengiefni og ýmiss konar sóttvarnarefnum. Sú verksmiðja átti til að mynda að nota 16 MW raforku sem notuð er í rafgreiningu og hitun. Í stuttu máli er framleiðsluferlið þannig að upphituð saltupplaut, eða Natríumklóríð (NaCl) er rafgreind og úr verður Natríumklórat (NaClO_3) en ásamt rafmagni þarf til framleiðslu framleiðslu á 1 tonni af Natríumklórat hálf tonn af salti, ásamt vatni, saltsýru og vítissóta. Verksmiðjan myndi skila 8,3 MW varmaorku tilbaka ásamt því að við framleiðslu á 1 tonni af Natríumklórat verður til um 600 Nm³ af vetni (Ívar Atlason, 2010).

Natríumklórat verksmiðja er dæmi um hversu fýsilegt er að finna til nýjan iðnað í Vestmanneyjum sem gefur af sér varmaorku sem hægt er að nýta með tilturlega litla raforkuþörf. Til að athuga betur hvort kostur Natríumklóratverksmiðja sé góður þyrfti að greina betur þætti framleiðslunnar og kanna mögulega aðila sem gætu komið að slíku verkefni.

5.5 Bætt orkunýting

5.5.1 Varmatöp hitaveitu

Hitaveitulagir veitunnar voru lagðar þegar hraunvarmaveitan var sett á fót og fór mikil fjárfesting í það í bænum á þeim tíma. Í heimsókn í kyndistöðina við Kirkjuveg kom í ljós að þegar pípur hitaveitunnar voru lagðar að samskeytin voru ekki sett saman með fullnægjandi hætti eins og þekkist í dag og því oft um leka í kerfinu. Erfitt er hins vegar að finna út nákvæmlega hvar lekann má finna. Þar bergið í Vestmannaeyjum er mjög lekt og því lekur heitavatnið beint niður í bergið í stað þess að koma upp eins og gerist þegar svona leka er vart á flestum stöðum á meginlandinu. Til að bæta upp lekan þarf að bæta við nýju vatni í hringrásina með tilheyrandi meiri rafmagnsnotkun.

Lagt var til að farið yrði með hitamyndavél yfir eyjuna að vetri til og þannig reynt að finna nákvæmari staðsetningu fyrir lekann. Aðrar leiðir hafa verið nefndar, svo sem rennismælingar frá brunnum en ekki er vitað til þess að það sé framkvæmt hjá hitaveitunni í dag.

5.5.2 Bætt nýting sorpbræðslu

Eftir fjármlálahrunið 2008 hefur neysla dregist töluvert saman hjá Íslendingum og þar eru íbúar Vestmannaeyja ekki undanskildir, en umtalsvert minna sorp kemur frá íbúðum og fyrirtækjum en var árin á undan. Það er því ljóst að sorpbrennslan er vannýtt sem stendur og er því í gangi nokkra daga í viku í stað heillar vinnuviku eins áður var. Sorpbrennslan var sett í gang árið 1992 og tæknin ekki því af bestu gerð eins og nú til dags þekktist.

5.5.3 Bætt olíunotkun fiskiflotans

Telja má líklegt að hægt sé að bæta olíunýtingu fiskiskipaflotans. Hafa ber í huga að 1% sparnaður á olíunotkun fiskiflotans miðað við notkun árið 2009 samsvarar 0,245 þúsund tonnum af olíu, 22.4 millj. kr í gjaldeyri og 0,78 þús tonn CO₂ í andrúmsloftið. Hér er því eftir töluverðu að slægjast með sameiginlegu átaki hjá Vestmannaeyjabæ og fyrirtækjanna.

5.5.4 Betri raforku og vatnsnotkun hjá frystihúsum

Mikil raforkunotkun er hjá frystihúsum og hægt væri betrubæta húsakost til að bæta orkunýtingu. Þar að auki er vatnsnotkun mikil í fiskvinnslunni og spurning hvort hægt er að minnka hana að einhverju leyti án þess að það hafi áhrif á dagleg störf vinnslanna.

5.5.5 Leiðir orkusparnaðar heimila og fyrirtækja

Hér er hægt að fara yfir alla orkunotkun heimila og fyrirtækja í bænum og hefja einhvers konar samfélagslegt átak allra íbúa sem miðar að því að spara orkunotkun. Þetta yrði sérstaklega áhugaverð rannsókn í litlu bæjarfélagi eins og Vestmannaeyjum og er mjög áhugavert að skoða samfélagslega þáttinn í þessu samhengi, þar sem allir myndu leggjast á eitt með að ná niður orkunotkun bæjarins. Bæði er hægt að koma af stað einhvers konar reglugerð frá bænum um breyttar aðstæður eða biðla til fólks um að breyta sínu mynstri í orkuneyslu sinni.

6 Niðurstöður

Eins og fram hefur komið í skýrslu þessari þá er hægt að ná betri árangri í orkumálum með betri orkunýtingu auk þess sem hæglega er mögulegt að framleiða varma og raforku í Vestmannaeyjum. dregur saman muninn á hvernig hægt sé að takmarka eða draga alveg úr jarðefnaeldsneytisnotkun, minnka orkuþörf og bæta framleiðslu og flutning í endurnýjanlegri raforku til eyjarinnar. *Tafla 5.5-1 sýnir niðurstöðurnar.*

Tafla 5.5-1: Lykiltölur breytinga í töllögu að orkustefnu Vestmannaeyja 2020.

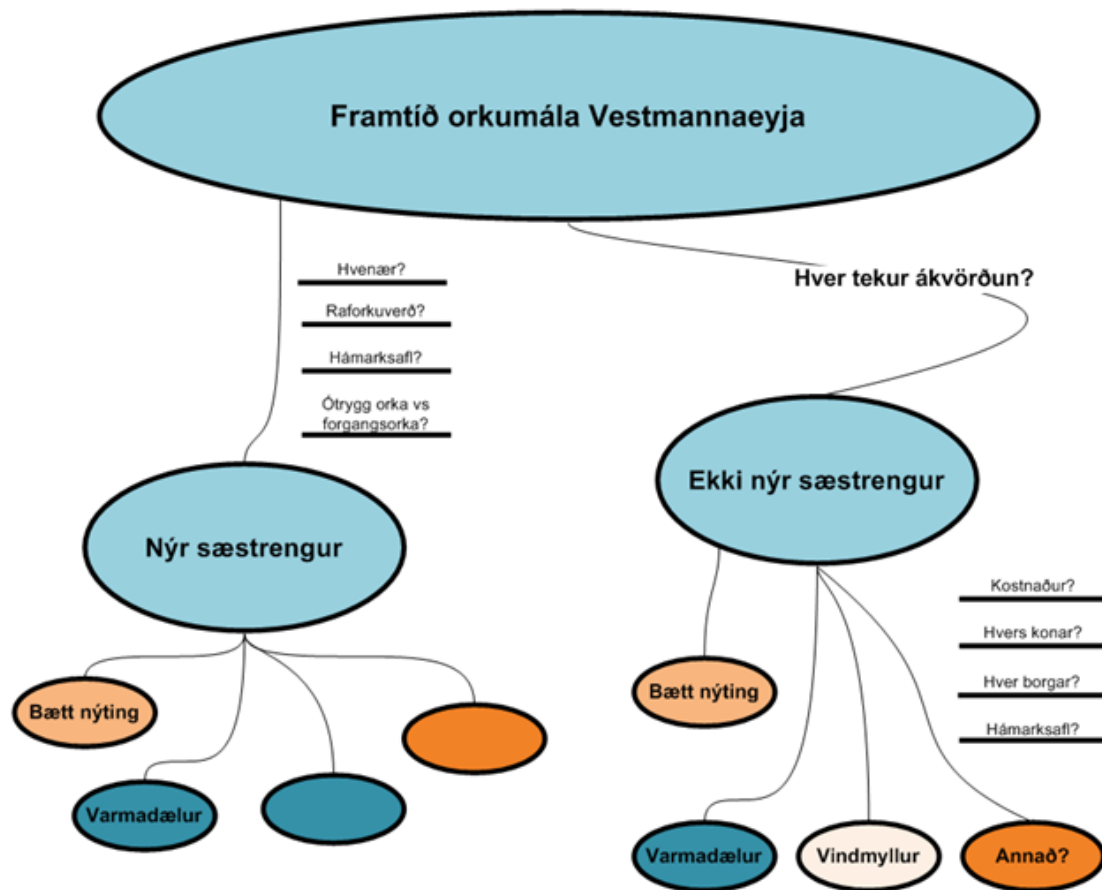
	Jarðefnaeldsneyti (GWst)		Endurnýjanleg orka (GWst)		Orkuþörf (GWst)	
	2009	2020	2009	2020	2009	2020
Samgöngur og tæki	21,4	0	0	4,4	21,4	7,13
Iðnaður	31,5	0	15	48,1	48,5	48,5
Almenn raforkunotkun	0	0	35,1	28	35,1	28
Rafhitun	0	0	5,7	5,7	5,7	5,7
Heitavatnsnotkun	2	0	65,9	67,9	67,9	67,9
Samtals	54,9	0	121,7	154,1	178,6	157,2

Ekki er horft til þess að nauðsynlegt sé að slíta öllum tengingum í gegnum núverandi sæstrengi við meginlandið en vel er hægt að framleiða raforku og ná betri nýtingu varmaorku með endurnýtanlegum orkugjöfum svo sem vindmyllum og sjóvarmadælum. Í tillögu að nýrri orkustefnu fyrir Vestmannaeyjar árið 2020 má gera ráð fyrir engri notkun í jarðefnaeldsneyti enda nýtist meira rafmagn fyrir samgöngur og tæki auk þess sem gengið er út frá því að iðnaður bæjarins fái nægjanlegt rafmagn fyrir iðju sína og sleppi olíunotkun í staðinn. Gengið er út frá því að orkuþörf minnki um 12% á næstu 10 árum með bættri umgengni heimila og fyrirtækja í orkumálum. Þá má með bættri nýtni varmadælu og aukinni framleiðslu raforku með vindmyllum auka framleiðslu endurnýjanlegrar orku í 154,1 GWst eða um 27%. Með breytingu á notkun jarðefnaeldsneytis í samgöngur, tæki og í iðnað má spara 14,55 þúsund tonn CO₂ eða um 15% af öllum koltvíoxíð útblæstri þegar eldsneytisnotkun báta og skipa er tekin með.

Lausnir framtíðar orkumála í Vestmannaeyjum gætu verið:

- Einfaldast væri að nýir og öflugri strengir yrðu settir milli lands og Eyja eins og nú þegar hefur verið gefið leyfi frá frá Umhverfisstofnun en ekki enn ákveðið hvenær eigi að ráðast í. Þá ætti að myndast nægileg flutningsgeta raforku til Eyja sem myndi þá draga úr olíunotkun, sérstaklega í fiskimjölsiðnaðinum.
- Einnig er hægt að framleiða raforku með vindmyllum og bæta nýtni varmaorku með sjóvarmadælum eins og vikið var að.

Kostirna í stöðunni þarf því að meta og ákvarða í framhaldinu ávinninginn fyrir samfélagið í heild. Mynd 5.5-1 sýnir hvað þyrfti að ákveða varðandi framtíð orkumála Vestmannaeyja.



Mynd 5.5-1: Kostir í stöðunni fyrir framtíð orkumála Vestmannaeyja.

Í báðum tilvikum þarf þó töluverðar fjárfestingar, og til þess að fara í slík verkefni þurfa fjárfestar að hafa ákveðið öryggi næstu árin um að orkan geti verið seld á lægra verði en nú tíðgast. Ótrygga orkan frá Landsvirkjun er ódýrasta orkan sem völ er á í dag og vilja þeir sem kaupa hana að sjálfsögðu ekki notast við neitt annað á meðan þessa orku er enn að fá hvenær sem völ er á. Núverandi verð ótryggu orkunnar setur því alla samanburði á endurnýjanlegum orkugjöfum úr skorðum.

7 Umræður

- Með því að auka orkunýtingu hjá stærstu notendum í bænum má ná miklum fjárhagslegum sparnaði auk þess sem öryggi afhendingar orku verður meira til notenda bæjarins. Með þessu aukna svigrúmi sem fæst með betri nýtingu fæst meira svigrúm fyrir fyrirtækin að auki. Ennfremur telst það vera tilvalið fyrir Vestmannaeyjabæ að setja fram metnaðarfulla orkustefnu sem miðar að sjálfbæru orkusamfélagi. Þetta er nokkuð sem getur hvatt ferðamannaíðnaðinn umtalsvert.
- Lög um niðurgreiðslur til húshitunar eru ekki mjög hvetjandi fyrir fjárfestingar á varmadælum þó að áhugi sé greinilega til staðar hjá hitaveitu bæjarins. Úr þessu þarf að bæta. Hið opinbera er ávallt að reyna að finna leiðir til þess að haga þessum niðurgreiðslum til húshitunar þannig að þær verði sem lægstar enda er um miklar fjárhæðir að ræða.
- Huga þarf að því hver framtíð ótryggrar orku sé og hvort eða hvenær leggja á nýja sæstrengi til Vestmannaeyja. Þessi atriði eru mikilvægust þegar horft er til næstu ára, enda ljóst að skortur er á raforku í bænum og olíunotkun við húshitun rís upp úr öllu valdi þegar afhendingarrof verða á ótryggu orkunni frá meginlandinu. Ljóst er að aflskortur er ekki í Vestmannaeyjum allt árið, heldur við hámarksálag þyrfti mun meiri raforkuflutning til Eyja eða að framleidd verði raforka á staðnum. Það þarf því að kanna betur aðra möguleika á orkuöflum, sér í lagi varmadælur og vindmyllur. Erfitt getur reynst að semja við flutningsaðila raforkunnar um kosti þess að auka raforkuflutning þar sem hámarksnotkunin yrði líklega ekki lengri en í nokkra mánuði á ári. Verðið myndi því líklega hækka töluvert frá því sem verð ótryggu orkunnar kostar nú yrði farið í slíka samninga og auk þess er notkunin stöðug allt árið um kring. Skiljanlegt er því að raforkuverð myndi hækka með tilkomu nýrra sæstrengja til Vestmannaeyja og þ.a.l. aukins raforkuflutnings þegar við á. Spurningin er hins vegar hvað á nýtt verð á að vera mikið herra en það sem er nú. Hins vegar verður að teljast að ólíklegt sé að stærri orkukaupendur séu tilbúnir að ganga að samningaborðinu á meðan næga ótrygga orku er að fá, með tiltölulega fáum afhendingarrofum. Í þessu þarf hins vegar að horfa lengra fram í tímann og með tilliti til þess að nú verði líklega ótrygga orka seld hæstbjóðenda, þar sem nokkuð ljóst þykir að ekki næga raforku er þegar að fá til að anna eftirspurn þeirra sem vilja setja fram nýja framleiðslu á Íslandi.
- Aldrei í sögunni hefur verið hægt að spá rétt fyrir fyrir um verð olíu en telja verður ljóst að hvernig sem það er hugsað að alltaf verður dýrt fyrir Eyjamenn að flytja inn olíu og eyða í það gjaldeyri. Verði því ekki meiri raforka fengin til Vestmannaeyja hljóta fiskvinnslufyrirtæki bæjarins að halda áfram meiri notkun olíukatla en rafskautakatla til þurrkunar sem kemur sér illa fyrir bæjarfélagið allt.
- Með stefnu stjórnvalda í bænum, með stuðningi íslenska ríkisins, má setja fram einhvers konar umhverfi sem myndi umbuna þeim sem nota græna orku í sína framleiðslu eða ná að minnka orkuþörf sína. Þetta má gera með niðurgreiðslum eða með því að setja upp sérstaka mengunarskatta á notkun óendurnýjanlegra orkugjafa auk hvetja til innflutnings og fjárfestinga í rafmagnsbílum. Við samanburð á kostum á vindorku er ljóst að verð ótryggu orkunnar er ekki samkeppnishæft, en sé tekið tillit til minni dreifingakostnaðar er ódýrara að framleiða raforku með vindafla en að kaupa aðflutt eins og dæmi hafa sýnt. Þó ber að hafa í huga að alltaf þarf til

varaafli eða geyma raforkuna sem framleidd er á næturna. Hér eins og áður kemur inn kostur rafmagnsbíla og hleðslu þeirra á næturna sem er góð hugmynd og nýting. Virkjun sjávarorku virðist ekki vera fyrirsjáanleg út frá hagræðissjónarmiðum við Vestmannaeyjar a.m.k. í augnablikinu.

- Telja má ljóst að miklir kostir felast í því að setja fram orkustefnu sem miðar að meiri notkun endurnýjanlegra orkugjafa og fyrir utan augljós jákvæð umhverfisáhrif yrði allt umtal um „orkueyjuna“ til þess fallið að auka ferðamannastraum til Vestmannaeyja.

8 Ályktanir og tillögur um framhald

- Framhald verkefnisins mun þurfa að taka mið af stærstu orkunotendum og finna leiðir samvinnu við opinbera aðila og einkaaðila í að bæta orkunýtingu til hagræðingar fyrir alla aðila sem koma að málum. Þannig myndu stærstu fyrirtæki bæjarins minnka sinn rekstrarkostnað og olíunotkun í iðnaði í bænum í leiðinni. Þar að auki myndast svigrúm til að nota sparaða orku í önnur verkefni svo sem í öðrum iðnaði en fiskiiðnaði. Hvata vantar víða til að gera betur í orkunýtni og umhverfismálum. Í framhaldi verkefnisins væri hægt að fara yfir lög og reglugerðir í sambandi við loftmengun – setningu koltvíoxíð kvóta auk reglugerða um stærð skipa og útreikninga á aflvísun. Hægt er einnig að halda áfram með að skoða aðra sparnaðarmöguleika svo sem vatnsnotkun, endurnýtingu á affallsvatni, efni í frárennsli, orkunotkun með forhitun ofl.
- Í Vestmannaeyjum er hægt að sameina allt bæjarfélagið þar sem allir koma að því markmiði að lækka orkunotkun í bænum, þ.e.a.s. hitaveitan, fyrirtækin, heimilin og bæjarfélagið. Vestmanneyjasamfélagið er tilvalið til að nýta til að kanna og breyta hegðun orkunotkunar hjá fyrirtækjum og heimilum. Þannig er hægt með markvissri orkustefnu sem lagt er upp með í þessari skýrslu að koma fram með einföldum og skýrum markmiðum hvaða þýðingu það hefur fyrir allt samfélagið í Eyjum þegar fólk tekur saman höndum í orkusparnaði. Samhliða því að bæjaryfirvöld fari í slíkar framkvæmdir þarf að fræða fólk um einföld atriði sem grípa má til í orkusparnaði án þess að það hafi á nokkurn hátt áhrif á lífsgæði fólks.
- Lagt er til með að í framhaldi þessa verkefnis að verði reynt að koma af stað einhvers konar samvinnuverkefni milli Frederikshavn í Danmörku og Vestmannaeyja þar sem læra megi hvernig best er hægt að hanna slíka orkustefnu eins og lagt er upp með í þessari skýrslu. Mikill áhugi er á alþjóðlegu samstarfi á sviði orkunýtni og endurnýjanlegra orkugjafa og væri áhugavert að kanna frekar möguleikana til samstarfs við Norðurlöndin og væri hægt að sækja um frekari styrkveitingar til rannsóknar- og tækniþróunarverkefna þegar að því kemur.
- Í skýrslunni var ekki kafað djúpt í þá kosti sem til eru til bættrar orkunýtingar í fiskveiðiiðnaðinum. Vel væri hægt að kanna frekar samstarf við Marorku sem býður upp á orkusparnaðarkerfi í skip sem miðar að lágmarks olíunotkun.
- Fyrir stærstu orkunotendurna, s.s. fiskvinnslufyrirtækin getur verið áhugavert í framhaldinu að taka út húsnæði, og sér í lagi frystigeymslurnar í bænum. Þær nota mikla raforku og býður það að mörgu leyti upp á orkusóun. Frystigeymslurnar eru hugsanlega ekki nægilega vel einangraðar og varmi frá upphitunum rýmum nýtist ekki sem best. Með því að endurhanna húsnæðið þannig að sem besta nýting geti náðst meðal annars með glatvarma frá frystingunni sem nýta mætti til húshitunar og með frekari einangrun má spara umtalsverða orku.
- Í framhaldi á frekari könnun á möguleikum endurnýjanlegra orkugjafa þarf að kanna betur hvort ekki sé hægt að vinna með stjórnvöldum að fjárfestingu á sjóvarmadælu eins og fjallað er um í skýrslunni. Sé sett upp 5,8 MW varmadæla minnkar raforkunotkun hitaveitunnar um rúmlega helming. Meiri hvata þarf því frá stjórnvöldum til að liðka til fyrir frekari fjárfestingum í varmadælum í Vestmannaeyjum sem og á öðrum köldum svæðum á landinu.

Sé horft til raforkusparnaðar varmadæla á köldum svæðum sem og að varmadælur hafa afar takmörkuð umhverfisáhrif ættu stjórnvöld að hvetja enn frekar til uppsetningar og notkunar þeirra. Auk augljósra áhrifa í raforkunotkun með sparnaði í frekari virkjunum vatnsafls-og jarðvarmavirkjana mun tilkoma varmadæla auka enn frekar á þekkingu í samfélaginu og auka orkuöryggi til neytenda. Ljóst er að raforka sem nú er notuð með rafskautakatli hitaveitunnar er ekki að nýtast með sem bestum hætti. Sjóvarmadæla myndi spara raforku sem væri þá hægt að nota annars staðar í bænum þar sem þörfin er meiri og koma þannig í veg fyrir þá miklu olíunotkun sem notast er við í fiskbræðsluiðnaðinum. Þessu lagaumhverfi varðandi niðurgreiðslur til húshitunar á köldum svæðum þarf að breyta þannig að aðlaðandi sé fyrir seljendur varmaorku að fjárfesta varmadælum sem koma þá á móti raforku sem notast má við annars staðar og þ.a.l. spara kostnað í fleiri á vatnsafls -og jarðvarmavirkjunum á Íslandi.

Heimildaskrá

Alþingi. (2009). *Reglugerð um framkvæmd laga um niðurgreiðslur til húshitunar*. Reykjavík: www.althingi.is.

Ágústa Loftsdóttir. (2008). Eldsneytisspá 2008-2050. *Orkuspárnefnd Orkustofnunar*.

Ásbjörn Blöndal. (2001). Nýting Vindorku. *Orkuþing 2001*, 6-9.

Bjarni M. Jónsson. (2010). Virkjun Sjávarorku. *Námskeiðið orkubóndinn í Vestmanneyjum*. Vestmannaeyjar: Nýsköpunarmiðstöð Vestmannaeyja.

DWIA. (2010). *Danish Wind Industry Association*. Sótt 20. júlí 2010 frá Vindmølleindustrien: www.windpower.org

Eric Granryd. (2005). *Refrigerating Engineering Part II*. Stockholm: Department of Energy Technology. Royal Institute of Technology.

Fjárhagsdeild N1. (2010). *N1 - Fjárhagsdeild*. Reykjavík: N1.

Friðrik Friðriksson. (2010). *Vindorka - Fyrirlestur á Orkubóndanum 2010*. Vestmannaeyjar: HS Orka.

Frosti Gíslason. (2009). Varmadæla fyrir fjarvarmaveitu Vestmannaeyja. *Fýsileikakönnun*, bls. 1-55.

Georgios Lemonis. (2006). Ocean Energy Conversion In Europe. *Recent advancements and prospects*, 13-22.

Godfrey Boyle. (2004). *Renewable Energy - Power For A Sustainable Future*. New York: OXFORD university press.

Græna orkan. (2009). *Græna orkan*. Sótt 20. ágúst 2010 frá Vistorka í samgöngum: www.graenaorkan.is

Guðmundur Gíslason, G. (24. júní 2010). Viðhald og eftirlit - Hitaveita Suðurnesja. (E. Eyjólfsson, Spyrill)

Guðmundur Pálmason. (1986). Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum. *Verkefni unnið fyrir Orkustofnun*, bls. 4-20.

Guðrún Sigurjónsdóttir. (2007). *Nýting fráveituvatns frá bræðslum í Vestmannaeyjum*. Reykjavík: Háskólinn í Reykjavík.

Hafró. (2010). *Hafrannsóknarstofnun*. Sótt 29. júní 2010 frá www.hafro.is

Hagstofa Íslands. (2009). *Hagstofa Íslands*. Sótt 3. júlí 2010 frá www.hagstofa.is

HS veitur. (2010). *Árskýrsla HS Veitna 2010*. Vestmannaeyjar: HS Veitur.

Íris Baldursdóttir. (1. júlí 2010). Deildarstjóri kerfisþróunar hjá Landsneti. Reykjavík, Ísland.

Ísfélag Vestmannaeyja hf. (2008). Grænt bókhald 2008. *Skýrsla um grænt bókhald 2008*, bls. 1-12.

Ívar Atlason. (2010). *HS Veitur - Orkubóndinn 2010*. Vestmannaeyjar: HS Veitur.

MWPS. (2009). *My Wind Powersystem*. Sótt 4. ágúst 2010 frá My Wind Powersystem: www.mywindpowersystem.com/marketplace

N1. (2010). *Tölur fengnar frá eldsneytisstöð N1*. Vestmannaeyjar: N1.

Ocean Energy Council. (2009). *Ocean Energy Council - Advocating the development and implementation of Ocean Energy*. Sótt 20. ágúst 2010 frá OceanEnergyCouncil: www.oceanenergycouncil.com

Oddur Björnsson. (2003). Varmadælur og hlutverk þeirra á Íslandi. *Erindi flutt eftir aðalfund Jarðhitafélagsins 2003*, bls. 6-12.

Orkusetur. (2010). *Orkusetur*. Sótt 30. júní 2010 frá Orkusetur: www.orkusetur.is

Ragnar Ásmundsson. (2005). Varmadælur. *Hagkvæmni á Íslandi*, bls. 4-10.

Richard Úlfarsson. (2005). *Virkjun vindafis á Íslandi*. Sótt 6. September 2010 frá vindorka.com: www.vindorka.com

SeaGen. (2009). *Sea Generation Ltd*. Sótt 5. ágúst 2010 frá www.seageneration.co.uk

Siglingastofnun. (2010). *Heimasíða Siglingastofnunar*. Sótt 15. ágúst 2010 frá www.siglingastofnun.is

Sigurður Friðleifsson. (2010). Ert þú orkubóndinn á þínu heimili. *Orkubóndinn* (bls. 1-44). Vestmannaeyjum mars 2010: Orkustofnun.

Sigurjón Ketilsson. (2009). Virkjun vindorku og sjávarorku á Íslandi. *Tækifæri til að efla íslenskt efnahagslíf og auka fjölbreytni á orkumarkaðnum? Frumtekt Iðnaðarráðherra*, bls. 40-85.

Steingrímur Ólafsson. (2008). Rafbílar á Íslandi - Fýsilegur kostur -. *Verkefni unnið fyrir iðnaðarráðuneytið og Orkustofnun*, bls. 10-30.

Stjórnartíðindi 2010. (2009). Reglugerð. *um framkvæmd laga um niðurgreiðslur til húshitunar*, bls. 1-15.

Stjórnartíðindi. (2010). Auglýsing. *um niðurgreiðslur til húshitunar*, bls. 1.

The Energy Bible. (2009). www.energybible.com. Sótt 12. júlí 2010 frá http://energybible.com/geothermal_energy/Geothermal%20Heat%20Pumps.html

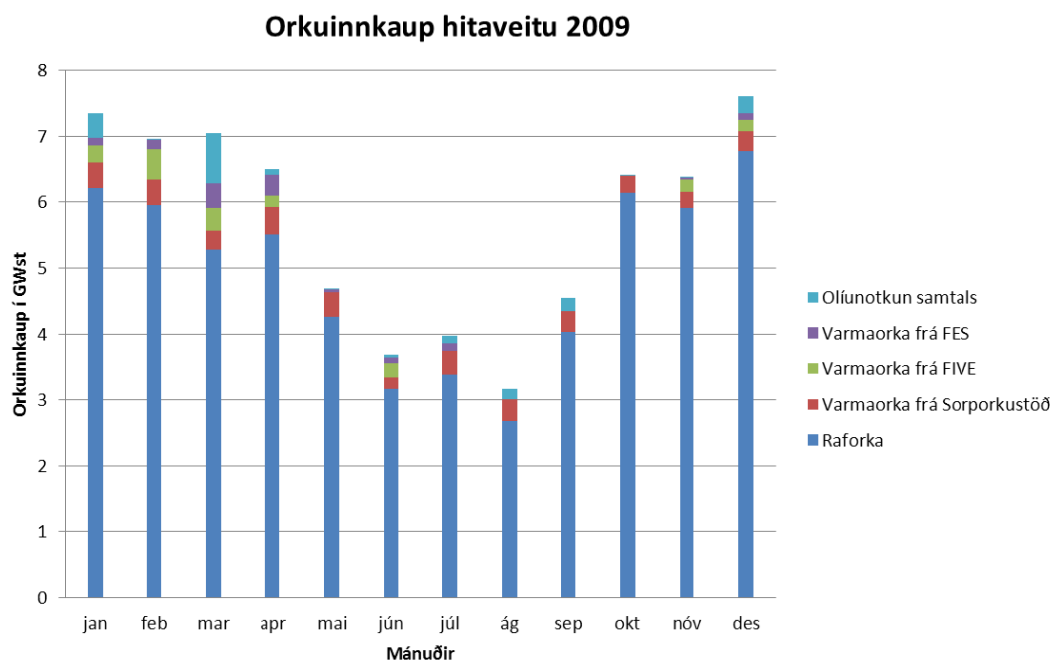
Umhverfisstofnun. (2008). *Heimasíða Umhverfisstofnunar*. Sótt 28. júní 2010 frá www.ust.is

Umhverfisstofnun. (2010). *Skýrslur um grænt bókhald*. Sótt 2. júlí 2010 frá http://www.ust.is/Mengunarvarnir/Graent_Bokhald/

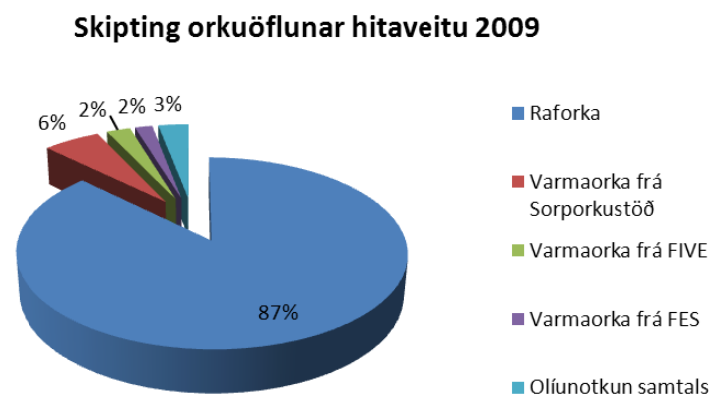
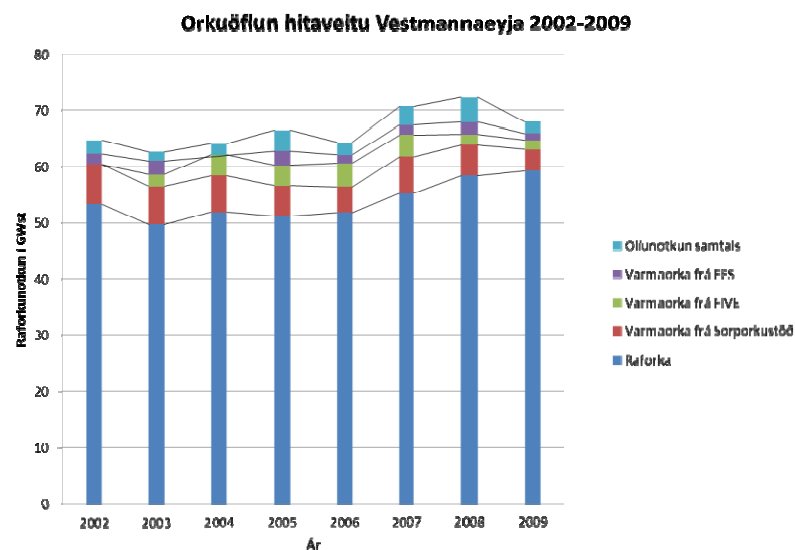
Vinnslustöðin hf. (2009). Grænt bókhald 2009. *Skýrsla um grænt bókhald 2009*, bls. 1-14.

Viðauki A - Tölur með gögnum um orkunotkun

Orkuinnkaup hitaveitu 2009 eftir mánuðum					
	Raforka	Varmaorka frá Sorporkustöð	Varmaorka frá FIVE	Varmaorka frá FES	Olíunotkun samtals
jan	6.218.698	386.273	252.630	112.863	378.000
feb	5.953.587	384.201	468.260	139.758	16.800
mar	5.284.857	284.910	340.110	368.840	770.100
apr	5.512.687	406.615	184.480	315.872	85.050
mai	4.254.241	383.503	0	38.373	6.650
jún	3.167.959	172.907	219.920	81.512	43.100
júl	3.387.822	357.844	0	117.332	106.950
ág	2.678.260	338.040	0	0	146.300
sep	4.035.699	316.093	0	0	194.850
okt	6.134.948	259.364	0	0	12.350
nóv	5.908.750	242.578	192.970	32.636	10.450
des	6.774.884	304.384	173.440	92.363	264.050



Orkuöflun hitaveitu Vestmannaeyja 2002-2009								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Raforka	53.382.600	49.761.840	51.936.660	51.155.820	51.831.384	55.273.261	58.462.416	59.312.392
Varmaorka frá Sorporkustöð	7.104.436	6.762.285	6.504.709	5.512.229	4.610.839	6.543.259	5.497.780	3.836.712
Varmaorka frá FIVE	0	2.108.180	3.717.015	3.599.470	4.234.150	3.877.710	1.826.330	1.604.443
Varmaorka frá FES	1.862.935	2.434.813		2.544.974	1.494.475	1.693.155	2.085.617	1.174.550
Olíunotkun samtals	2.394.068	1.610.105	1.988.900	3.707.041	2.224.050	3.323.400	4.398.650	2.034.650
Samtals	64.744.039	62.677.223	64.147.284	66.519.534	64.394.898	70.710.785	72.270.793	67.962.747
Grunnolíubrennsla							2.248.800	736.000
MDO olíubrennsla							2.149.850	1.298.650
Olía alls	287.850	464.550	355.300	2.039.200	1.515.250	3.279.400		
Úrgangur	2.106.218	1.145.555	1.633.600	1.667.841	708.800	44.000		



Olíuinnflutningur til Vestmannaeyja 2009										
Notkun	Gerð olíu	Magn [L]	Verð [kr/án vsk]	Tegund	Eðlisþyngd [Kg/L]	Þyngd [þús tonn]	Orkuinnihald [kWst/kg]	Tonn [CO ₂ /tonn]	Orka samtals [Gwst]	Heildar CO ₂ útblástur [þús tonn]
Báatar og skip	MDO -olía	12.411.092	80	Flotadísíelolía	0,89	11,05	11,90	3,18	131,45	35,13
Báatar og skip	MGO- olía	11.481.474	81	Skipagasolía	0,845	9,70	11,70	3,18	113,51	30,85
Bílar	95 oktabensín	1.485.996	141	Bensín	0,755	1,12	11,90	3,07	13,35	3,44
Bílar og tæki	AGO olía	453.805	94	Gasolía	0,848	0,38	11,70	3,18	4,50	1,22
Bílar og tæki	AGO olía lituð	343.652	143	Dísílolía	0,845	0,29	11,90	3,18	3,46	0,92
Tæki og húshitun	MGO- olía lituð	142.577	81	Dísílolía	0,848	0,12	11,90	3,18	1,44	0,38
Skip	IFO 30	4.511.741	83.276	Dísílolía	0,848	3,83	11,90	3,18	45,53	12,17
Bræðslur	IFO 380	3.015.984	65.839	Svartolía	0,925	2,79	11,50	3,08	32,08	8,59
Samtals		33.846.321				29,28			345,32	92,71

Heildarnotkun [GWst]	
Báatar og skip	23.892.566
Bílar	1.485.996
Tæki	797.457
Önnur tæki og húshitun	142.577
Minni skip	4.511.741
Bræðslur	3.015.984
Samtals	33.846.321

Tegund	Eðlisþyngd [kg / L]
Bensín	0,755
Flugvélabensín	0,755
Þotuelsneyti	0,81
Steinolía	0,81
Gasolía	0,848
Svartolía	0,925

Orkuinnkaup fyrir fiskimjölsverksmiðjur árið 2005-2009									
Forsendur:		Orka	Verð	Innk.verð					
		(kWh/líter)	(kr/lítra)	(kr/lítra)					
IFO 30		10,63	65	42,18					
IFO 180		11							
IFO 380		10,63	65	36,48					
						Ótrygg orka	2 kr/kWh		
						Forgangsorka	11,5 kr/kWh		
						Olíuorka	6 kr/kWh		
Ótrygg orka		Olía	Tegund	Olía	Samt.orkukaup	Olíukaup	Orkukaup	Orkukaup án	Mismunur
(kWh)		(lítrar)		(kWh)	(rafmagn+olíu)	(krónur)	(2,20 kr/kWh)	(2,20 kr/kWh)	
FIVE									
2005	14.458.680	1.209.415	IFO 30	12.856.081	27.314.761	78.611.975	31.809.096	60.092.475	50.328.596
2006	15.498.180	1.676.356	IFO 30	17.819.664	33.317.844	108.963.140	34.095.996	73.299.257	69.759.879
2007	18.051.390	1.222.221	IFO 30/380	12.992.209	31.043.599	79.444.365	39.713.058	68.295.918	50.861.505
2008	10.059.619	1.092.282	IFO 380	11.610.958	21.670.577	70.998.330	22.131.162	47.675.269	45.454.223
2009	13.904.299	1.615.984	IFO 380	17.177.910	31.082.209	105.038.960	30.589.458	68.380.860	67.247.558
FES									
2005	1.277.200	4.302.091	IFO 30/80/180	45.731.227	47.008.427	279.635.915	2.809.840	103.418.540	179.027.215
2006	677.600	2.385.821	IFO 30/380	25.361.277	26.038.877	155.078.365	1.490.720	57.285.530	99.283.555
2007	920.800	2.545.729	IFO 380	27.061.099	27.981.899	165.472.385	2.025.760	61.560.178	105.937.967
2008	975.600	2.730.758	IFO 380	29.027.958	30.003.558	177.499.270	2.146.320	66.007.827	113.637.763
2009	1.075.999	1.400.000	IFO 380	14.882.000	15.957.999	91.000.000	2.367.198	35.107.598	58.259.600
Samtals						1.311.742.705	169.178.607	641.123.452	839.797.860
Samtals innkaup olíu og ótryggrar orku						1.480.921.312			
Samtals Orkuinnkaup ef án olíu						641.123.452			
Mismunur						839.797.860			
Báðar bræðslur									
2005	15.735.880	5.511.506	IFO 30	58.587.309	74.323.189	358.247.890	34.618.936	163.511.015	229.355.811
2006	16.175.780	4.062.177	IFO 30	43.180.942	59.356.722	264.041.505	35.586.716	130.584.787	169.043.434
2007	18.972.190	3.767.950	IFO 30/380	40.053.309	59.025.499	244.916.750	41.738.818	129.856.097	156.799.471
2008	11.035.219	3.823.040	IFO 380	40.638.915	51.674.134	248.497.600	24.277.482	113.683.095	159.091.987
2009	14.980.298	3.015.984	IFO 380	32.059.910	47.040.208	196.038.960	32.956.656	103.488.457	125.507.158

Viðauki B – valdir kaflar um framkvæmd laga um niðurgreiðslur húshitunarkostnaðar

I. KAFLI Almenn ákvæði.

1. gr.
Gildissvið.

Reglugerð þessi fjallar um rétt til niðurgreiðslna húshitunarkostnaðar og framkvæmd við úthlutun fjár sem ákveðið er í fjárlögum til:

1. Niðurgreiðslu kostnaðar við hitun íbúðarhúsnæðis hjá þeim sem ekki eiga kost á fullri hitun með jarðvarma.
2. Greiðslu styrkja vegna stofnunar nýrra hitaveitna og yfirtöku starfandi einkaleyfishitaveitna á einkahitaveitum.
3. Greiðslu styrkja vegna umhverfisvænnar orkuöflunar og/eða aðgerða sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun.

II. KAFLI Niðurgreiðsla á orku til hitunar.

6. gr.

Upphæð niðurgreiðslna.,

Í samræmi við fjárhæð niðurgreiðslna sem samþykkt er í fjárlögum viðkomandi árs skal iðnaðar-ráðherra ár hvert ákveða upphæð niðurgreiðslna á raforku í kr./kWst, á vatni frá kyntum hitaveitum í kr./kWst eða kr./m³ og á olíu í kr./l fyrir hverja dreifiveitu rafmagns, hitaveitu eða virkjun. Miða skal upphæð niðurgreiðslna á olíu við að kostnaður notenda verði svipaður við olíuhitun og þar sem hann er dýrastur með rafhitun. Ákvörðun ráðherra skal birt með auglýsingu í Stjórnartíðindum.

Hámarksfjöldi niðurgreiddra kWst á hverja íbúð á ári er 40.000. Hámarksfjöldi lítra af olíu sem niðurgreiða skal fyrir hverja íbúð er 5.375. Ef kynt hitaveita nýtir að hluta jarðvarma skal niðurgreiðslan ákvörðuð út frá því hve stór hluti orkuöflunarinnar er með raforku og eldsneyti. Hámarksniðurgreiðsla á hverja íbúð á ári þar sem um kynta hitaveitu er að ræða skal miðast við 40.000 kWst eða 777 m³. Niðurgreiðslur til notenda sem hljóta styrk á grundvelli 4. tölul. 11. gr. vegna umhverfis-vænnar orkuöflunar og/eða aðgerða sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun skulu skerðast í samræmi við þau markmið um orkusparnað sem samið er um milli notanda og Orkustofnunar.

III. KAFLI Stofnun nýrra hitaveitna, yfirtaka starfandi hitaveitna, umhverfisvæn orkuöflun og bætt orkunýting.

11. gr.

Skilyrði styrkja vegna stofnunar nýrra hitaveitna, yfirtöku starfandi hitaveitna, umhverfisvænnar orkuöflunar og bættrar orkunýtingar.

Ef ákveðið er í fjárlögum að veita styrki til stofnunar nýrra hitaveitna eða til stækkunar eldri veitna skal þeim fjármunum varið til eftirfarandi þátta:

1. Til nýrra hitaveitna sem hófu rekstur árið 1998 eða síðar.
2. Til hitaveitna sem hafa aukið við dreifikerfi sitt á árinu 1998 eða síðar til að geta tengt íbúðarhúsnæði sem notið hefur niðurgreiðslna á rafhitun.
3. Til starfandi hitaveitna sem hafa einkaleyfi til dreifingar á heitu vatni og stækka veitusvæði sitt með yfirtöku á hitaveitum sem ekki hafa slíkt einkaleyfi, dreifa heitu vatni um dreifi- kerfi sitt til a.m.k. 5 aðgreindra hú sveitna og standa frammi fyrir kostnaðarsömum aðgerðum vegna endurnýjunar dreifikerfis.
4. Til íbúðareigenda sem vilja taka upp umhverfisvæna orkuöflun og/eða ráðast í aðgerðir sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun.

12. gr.

Fjárhæð styrkja.

Styrkur til hvernar hitaveitu getur numið allt að átta ára áætluðum niðurgreiðslum á rafmagni eða olíu til húshitunar á orkuveitusvæði viðkomandi hitaveitu miðað við meðalnotkun til húshitunar næstu fimm ár á undan. Af fjárveitingu hvers árs til niðurgreiðslu á orku til húshitunar og stofn-styrkja hitaveitna skal styrkveiting til nýrra hitaveitna þó aldrei vera meiri en 20% heildar-fjárveitingar. Árlega getur hver einstök hitaveita að hámarki fengið styrk er nemur 15% árlegrar heildarfjárveitingar til niðurgreiðslu á húshitunarkostnaði og nýrra hitaveitna.

Frá styrkfjárhæðinni skal dreginn annar beinn eða óbeinn fjárhagslegur stuðningur ríkisins, stofnana þess eða sjóða til viðkomandi hitaveitu eða byggingar hennar.

Styrkur vegna yfirtöku starfandi hitaveitna getur numið allt að átta ára áætluðum niðurgreiðslum á rafmagni til húshitunar á orkuveitusvæði viðkomandi einkahitaveitu. Miðað skal við 20.000 kWst ársnotkun á hverja íbúð sem tengd er einkahitaveitunni. Við ákvörðun styrkfjárhæðar skal miðað við fjárhæð niðurgreiðslu í dreifbýli á veitusvæði Rarik ohf. Styrkir þessir skulu renna óskertir til hitaveitunnar.

Styrkir á grundvelli 4. tölul. 11. gr. skulu jafngilda átta ára áætluðum niðurgreiðslum sem lækka í réttu hlutfalli við orkusparnað tengdan umhverfisvænni orkuöflun og/eða aðgerðum sem leiða til bættrar orkunýtingar við húshitun.

16. gr.

Úthlutun og ráðstöfun styrkja.

Greiðsla stofnstyrks til nýrrar hitaveitu eða vegna stækkunar hitaveitu skal miðuð við tíma-markið þegar hitaveitan tekur til starfa eða stækkun er tekin í notkun. Ef tengingum íbúðarhúsa er skipt í áfanga eða hluti íbúðarhúsa á orkuveitusvæði er ekki tengdur þegar hitaveita tekur til starfa er heimilt að ákveða að hluti styrksins skuli greiddur út og niðurgreiðslum vegna rafhitunar tiltekinna íbúðarhúsa haldið áfram þrátt fyrir 15. gr. Endanlegt uppgjör á fjárhæð styrksins fer í þeim tilvikum fram þegar stjórn viðkomandi hitaveitu óskar, þó eigi síðar en níu mánuðum eftir að fyrsti hluti styrksins er greiddur út. Við greiðslu á þeirri fjárhæð sem haldið var eftir skal draga frá heildar-fjárhæð niðurgreiðslna á raforku til hitunar íbúðarhúsnæðis á viðkomandi orkuveitusvæði á aðlögunar-tímanum.

Hitaveitan skal nýta styrkinn að hluta til að greiða niður stofnkostnað hitaveitunnar og að hluta til að styrkja eigendur íbúðarhúsa þar sem kostnaður við tengingu við starfandi eða nýjar veitur er umtalsverður, svo sem vegna kostnaðarsamra breytinga á hitakerfi. Stjórn hitaveitunnar skal ákvarða hlutföllin en hvor hluti styrksins má nema allt að 65% af heildarfjárhæðinni.

Frá styrkfjárhæðinni skal dreginn annar beinn eða óbeinn fjárhagslegur stuðningur ríkisins, stofnana þess eða sjóða til viðkomandi hitaveitu eða byggingar hennar.

Greiðsla styrkja vegna yfirtöku starfandi hitaveitna skal miðast við það tímamark þegar samruni einkaleyfishitaveitu og einkahitaveitu á sér stað enda dugi fjárveiting á því ári til greiðslu styrks.

Styrkir skulu renna óskertir til einkaleyfishitaveitu. Beinn eða óbeinn fjárhagslegur stuðningur ríkisins, stofnana þess eða sjóða til viðkomandi einkahitaveitu skulu ekki dregnir frá styrk-fjárhæðinni.

Ef ákveðið er í fjárlögum að veita styrki til yfirtöku starfandi einkahitaveitna skal þeim fjár-munum varið til starfandi hitaveitna sem hafa einkaleyfi til dreifingar á heitu vatni og stækka veitu-svæði sitt með yfirtöku á hitaveitum sem ekki hafa slíkt einkaleyfi, dreifa heitu vatni um dreifikerfi sitt til a.m.k. 5 aðgreindra húsveitna og standa frammi fyrir kostnaðarsömum aðgerðum vegna endurnýjunar dreifikerfis.

Hitaveitu ber að sýna fram á, með óyggjandi hætti, að einkahitaveita sem er yfirtekin af starfandi einkaleyfishitaveitu, standi frammi fyrir endurnýjun dreifikerfis og eigi í rekstrarlegum örðugleikum af þeim sökum.

Styrkir á grundvelli 4. tölul. 11. gr. greiðast íbúðareiganda samkvæmt nánara samkomulagi milli Orkustofnunar og íbúðareiganda. Samkomulagið byggir á þeim sparnaði sem umsækjandi ætlar að Nr. 660 8. júlí 2009 ná gegn eingreiðslu vegna framkvæmdarinnar og lækkunar á niðurgreiðsluhlutfalli hans í samræmi við væntanlegan orkusparnað.

Viðauki C – Jöfnur reikninga fyrir varmadælu (Oddur Björnsson, 2003).

$$k_{vd} = \frac{Ka}{\tau} + \frac{k_r}{\varepsilon} \leq k_h$$

Þar sem:

k_{vd} er kostnaður varmadælu (kr/kW)

k_h er kostnaður varma frá öðrum varmagjafa (kr/kWst)

K er stofnkostnaður varmadelukerfisins (kr/KW)

τ er árlegur nýtingartými, a er stuðull fjármagnskostnaðar-og viðhalds (klst/ár)

ε er aflstuðull varmadælu

K_r er rafmagnsverð til varmadælu (kr/KWst)

Hægt er að snúa jöfnunni þá við þannig að hægt er að meta hvað má varmadæla kosta Kr/kW til að fjárfestingakostur sé fýsilegur.

$$K \leq \frac{\tau}{a} \times \left(k_r - \frac{k_{vd}}{\varepsilon} \right)$$

Endurgreiðslutíma fjárfestingar má skilgreina með eftirfarandi jöfnu.

$$n = \frac{K}{\left(k_r - \frac{k_{vd}}{\varepsilon} \right) \times \tau}$$

Þar sem:

k_{vd} er kostnaður varmadælu (kr/kW)

k_h er kostnaður varma frá öðrum varmagjafa (kr/kWst)

K er stofnkostnaður varmadelukerfisins (kr/KW)

τ er árlegur nýtingartými, a er stuðull fjármagnskostnaðar-og viðhalds (klst/ár)

ε er aflstuðull varmadælu

K_r er rafmagnsverð til varmadælu (kr/KWst)

Raforkuverð OR í Reykjavík er 10,12 kr/kWst auk 25,6 kr/dag í fastagjald. Heitavatn kostar um 91 kr/m³.

Viðauki D – Reikningar vindorku með reiknivél DWIA

Vestas V47 660/47 onshore 660 kW vindmylla

Wind Turbine Power Calculator

Do not operate the form until this page and its programme have loaded completely.

CALCULATOR

Site Data

Air Density Data

°C temp at m altitude (= kPa pressure)

kg/m³ density

Wind Distribution Data for Site

Weibull shape parameter

m/s mean = Weibull scale parameter

m height, Roughness length m = class

Wind Turbine Data kW

m/s cut in wind speed, m/s cut out wind speed

m rotor diameter, m hub height

Note: Hub height differs from wind measurement height

Site Power Input Results

Power input* W/m² rotor area

Max. power input at* m/s

Mean hub ht wind speed* m/s

Turbine Power output Results

Power output* W/m² rotor area

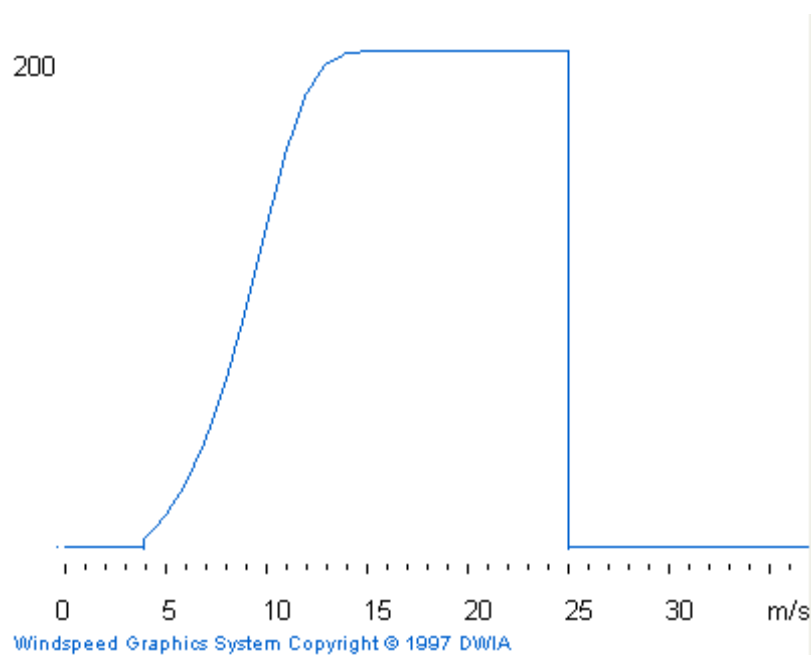
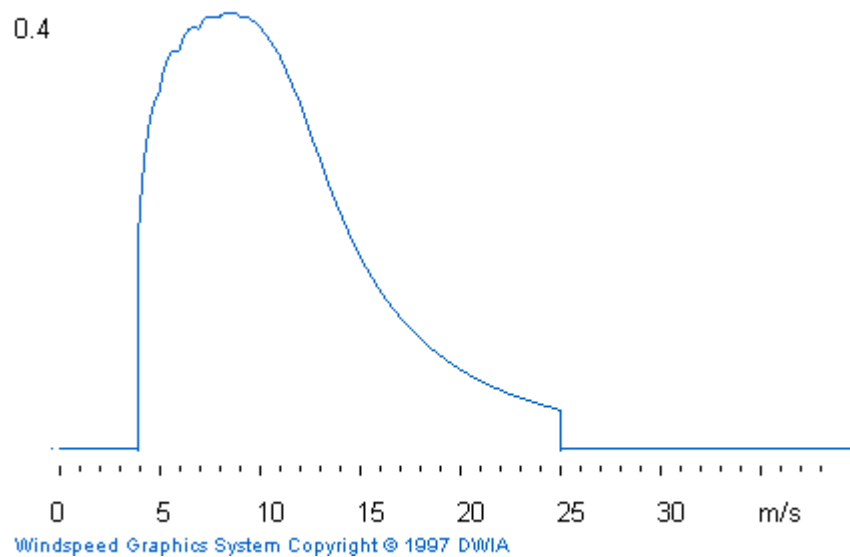
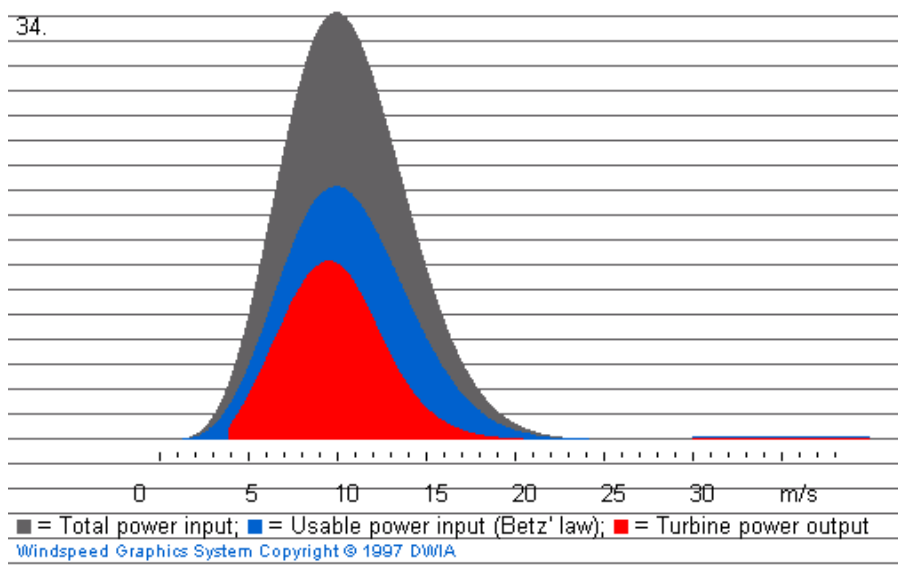
Energy output* kWh/m²/year

Energy output* kWh/year

Capacity factor* per cent

Wind Turbine Power Curve

m/s.....kW		m/s.....kW		m/s.....kW	
1	0	11	552.986025	21	660
2	0	12	611.885468	22	660
3	0	13	642.234633	23	660
4	3.49427342	14	654.617316	24	675.502785
5	45.7636861	15	658.291898	25	660
6	100.549858	16	659.516759	26	0
7	172.459493	17	660.258379	27	0
8	261.560050	18	660	28	0
9	362.918987	19	660	29	0
10	464.986025	20	660	30	0



Vestas V80 2000/80 onshore 2000 kW vindmylla:

Wind Turbine Power Calculator

Do not operate the form until this page and its programme have loaded completely.

CALCULATOR

Site Data Select Site Data ?

Air Density Data

4.935 °C temp at 10 m altitude (= 101.200545 kPa pressure) ?

1.26845405 kg/m³ density

Wind Distribution Data for Site

2 Weibull shape parameter

5.9 m/s mean = 6.65763935 Weibull scale parameter ?

50 m height, Roughness length 0.03 m = class 1 ?

Wind Turbine Data Vestas V80 2000/80 onshore 2000 kW

4 m/s cut in wind speed, 25 m/s cut out wind speed

80 m rotor diameter, 80 m hub height Std Heights ?

Note: Hub height differs from wind measurement height

Calculate Reset Data Power Density Power Curve Power Coefficient ?

Site Power Input Results

Power input* 299 W/m² rotor area

Max. power input at* 10.0 m/s

Mean hub ht wind speed* 6.3 m/s

Turbine Power output Results

Power output* 102 W/m² rotor area

Energy output* 894 kWh/m²/year ?

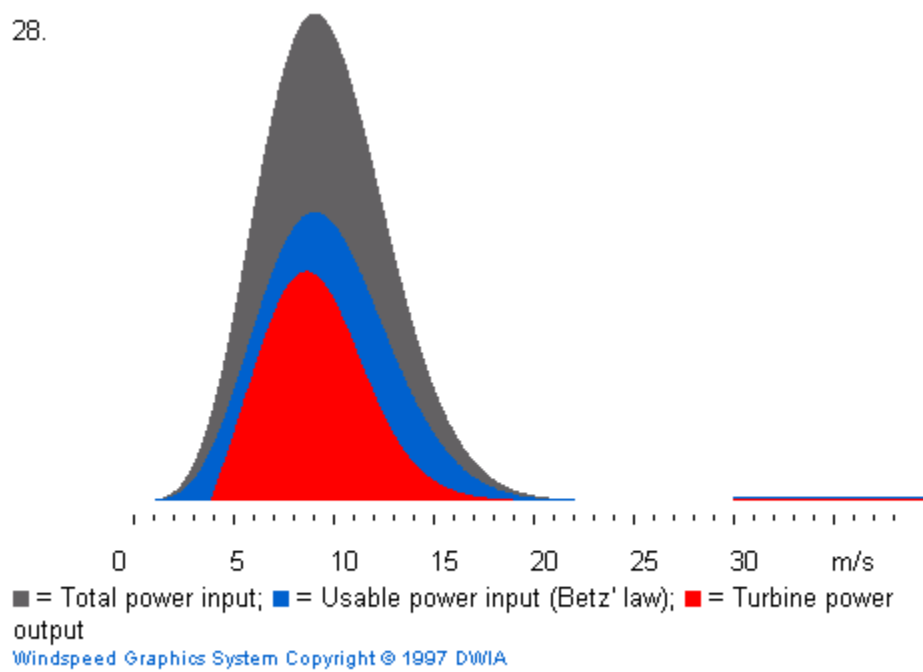
Energy output* 4494398 kWh/year

Capacity factor* 26 per cent

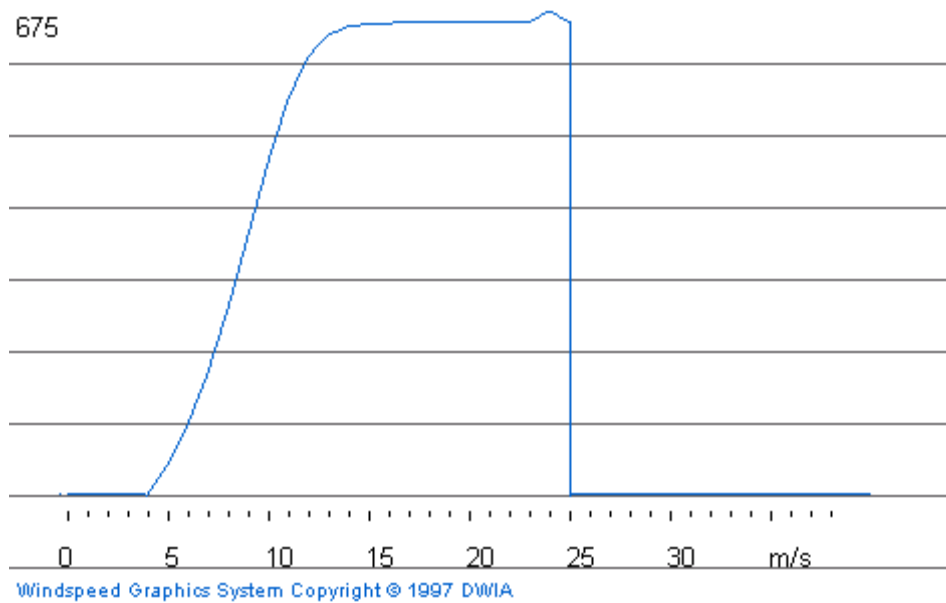
Wind Turbine Power Curve

m/s.....kW		m/s.....kW		m/s.....kW		?
1	0	11	1590	21	2000	
2	0	12	1823	22	2000	
3	0	13	1945	23	2000	
4	44.1	14	1988	24	2000	
5	135	15	1998	25	2000	
6	261	16	2000	26	0	
7	437	17	2000	27	0	
8	669	18	2000	28	0	
9	957	19	2000	29	0	
10	1279	20	2000	30	0	

28.



675



0.4

