



ÍÐNAÐARRÁÐUNEYTIÐ

Nr. 87-4

Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum



**ORKUSTOFNUN
OS-87016/JHD-01**

Apríl 1987



Orkuöflun til húshitunar í Vestmannaeyjum

Nefnd um orkuöflun til húshitunar
í Vestmannaeyjum

Til Iðnaðarráðuneytisins.

Iðnaðarráðuneytið skipaði 28. nóvember 1986 undirritaða í nefnd að kanna leiðir til að afla Vestmannaeyjakaupstað orku til húshitunar eftir að núverandi hraunhitaveita annar ekki lengur eftirspurn kaupstaðarins.

Niðurstöður nefndarinnar voru kynntar iðnaðarráðherra á fundi í ráðuneytinu 6. mars 1987. Í framhaldi af því fól ráðherra nefndinni það viðbótarverkefni að láta bora rannsóknaholur í hraunið til að kanna möguleika á að afla heits vatns af botni þess. Þetta verk er nú í undirbúningi, en nánari greinargerð um niðurstöður þess er utan ramma þessarar skýrslu.

Nefndin hefur lokið störfum sínum samkvæmt upphaflegri skipun og skilar hér með ráðuneytinu skýrslu sinni.

Reykjavík 15. apríl 1987

Guðmundur Pálmason

Eiríkur Bogason

Sigmund Jóhannsson

Sveinbjörn Björnsson

Wilhelm V. Steindórsson

Örn Helgason

EFNI

	bls.
EFNISYFIRLIT	5
MYNDASKRÁ	8
INNGANGUR	11
<u>1. Niðurstöður</u>	13
<u>2. Tillögur</u>	18
<u>A. REKSTRARSKILYRÐI OG FORSENDUR</u>	
<u>3. Rekstrarskilyrði Fjarhitunar Vestmannaeyja (FJAVE)</u>	21
3.1 Afl- og orkupörf FJAVE	21
3.2 Orkuframleiðsla FJAVE	22
3.3 Afl- og orkukaup Rafveitu Vestmannaeyja (RV)	27
3.4 Gráðudagar í Vestmannaeyjum	31
3.5 Rafhitunarmarkaðurinn	33
3.6 Framrásarhiti dreifikerfis (kerfishiti)	33
3.7 Raforkuflutningskerfið	34
3.8 Rekstrarstaða FJAVE	37
<u>4. Forsendur um verð</u>	38
4.1 Ótrygg orka (afgangsorka) frá Landsvirkjun	38
4.2 Orkuverð	38
4.3 Stofnkostraður búnaðar til orkuframleiðslu	41
4.4 Skýringar á hagkvæmnisútreikningum	41
<u>B. LEIÐIR TIL ORKUFRAMLEIÐSLU</u>	
<u>5. Hraunhiti</u>	45
5.1 Hitaástand hrauns	45
<u>6. Varmaskiptar á hrauni</u>	52
6.1 Vökvun hrauns og söfnun gufu	52
6.1.1 Lýsing	52
6.1.2 Forsendur	52
6.1.3 Hagkvæmni	53
6.2 Dæling úr hrauni	54
6.2.1 Lýsing og forsendur	54
6.2.2 Hagkvæmni	56
<u>7. Varmadæla</u>	58
7.1 Lýsing	58
7.2 Nýting 40°C - 60°C heitrar gufu frá hrauni	60
7.2.1 Forsendur	60
7.2.2 Hagkvæmni	61
7.3 Nýting 40°C heitrar gufu frá hrauni	62
7.3.1 Forsendur	62
7.3.2 Hagkvæmni	63

	bls.
7.4 Nýting 40°C - 60°C heits vatns frá borholu á hrauni	63
7.4.1 Forsendur	63
7.4.2 Hagkvæmni	64
7.5 Nýting 40°C heits vatns frá borholu á hrauni	66
7.5.1 Forsendur	66
7.5.2 Hagkvæmni	66
7.6 Nýting 40°C heits vatns frá borholu við Skiphella	68
7.6.1 Forsendur	68
7.7 Nýting 20°C heits vatns frá Skansinum	68
7.7.1 Forsendur	68
7.8 Nýting 8°C heits sjávar	69
7.8.1 Forsendur	69
7.8.2 Hagkvæmni	71
7.9 Nýting varma frá iðnaði	74
7.9.1 Forsendur	74
7.10 Slöngukerfi á hrauni	76
7.10.1 Forsendur	76
<u>8. Rafskautsketill</u>	77
8.1 Lýsing	77
8.2 Forsendur	78
8.3 Hagkvæmni	78
<u>9. Vindorkuver</u>	82
9.1 Rafmagnsmylla	82
9.1.1 Lýsing	82
9.1.2 Forsendur	82
9.1.3 Hagkvæmni	83
9.2 Hitamylla	84
9.2.1 Lýsing	84
9.2.2 Forsendur	85
9.2.3 Hagkvæmni	85
<u>10. Sorpbrennsluver</u>	86
10.1 Lýsing	86
10.2 Forsendur	86
10.3 Hagkvæmni	87
<u>11. Svartolíuketill</u>	89
11.1 Lýsing	89
11.2 Forsendur	89
11.3 Hagkvæmni	90
<u>12. Kolaketill</u>	92
12.1 Lýsing	92
12.2 Forsendur	92
12.3 Hagkvæmni	93
<u>13. Díeselstöð</u>	95
13.1 Lýsing	95
13.2 Forsendur	95
13.3 Hagkvæmni	95

	bls.
14. Ferjuflutningar á heitu vatni	96
14.1 Lýsing	96
14.2 Forsendur	96
14.3 Hagkvæmni	96
<u>15. Miðlunargeymir</u>	98
15.1 Lýsing	98
15.2 Forsendur	98
15.3 Kostnaður	99
<u>16. Samrekstur rafskautaketils og nýtingar á hraunhita</u>	100
16.1 Heitt vatn úr hrauni og rafskautaketill	100
16.2 Heitt vatn, söfnun gufu og rafskautaketill	100
16.3 Hraunhiti, varmadæla og rafskautaketill	102
16.4 Áfangaskipti í samrekstri	103
16.4.1 Rekstrarform, I. - áfangi	103
16.4.2 Rekstrarform, II. - áfangi	104
16.4.3 Rekstrarform, III. - áfangi	105
16.4.4 Rekstrarform, IV. - áfangi	105
16.4.5 Rekstrarform, V. - áfangi	106
<u>17. Samanburður á hagkvæmni orkugjafa</u>	109
17.1 Hagkvæmni einstakra orkugjafa	109
17.2 Hagkvæmni í samrekstri orkugjafa	112
17.3 Samrekstur raforku- og varmaframleiðslu	114
17.4 Samrekstur FJAVE, RV, og raforku- og gufufframleiðslu fiskiðnaðarfyrirtækja	114
HEIMILDASKRÁ	117
<u>C. VIÐAUKAR</u>	
18.1 Viðauki A, forsendur	121
18.2 Viðauki B, töflur	129
<u>D. FYLGIRIT</u>	
<u>19. Hiti í Eldfelli</u>	135
<u>20. Vindafar og nýting vindorku til húshitunar í Vestmannaeyjum</u> <u>(31.01.87/ÖH)</u>	136
<u>21. Dæmi um þróun fjárhagsstöðu FJAVE, (20.03.87/E.B.)</u>	152

MYNDASKRÁ.

	bls.
Mynd 1. Orkuöflunarkostir	12
-"- 2. Hlutfall framleidds afls FJAVE og orkunotkunar	21
-"- 3. Framleiðsla afls FJAVE árið 1985	24
-"- 4. Framleiðsla afls FJAVE árið 1986	24
-"- 5. Framleiðsla orku FJAVE árið 1985	25
-"- 6. Framleiðsla orku FJAVE árið 1986	25
-"- 7. Langæislínurit FJAVE árið 1985	26
-"- 8. Langæislínurit FJAVE árið 1986	26
-"- 9. Vikuleg raforkunotkun RV árið 1985	28
-"- 10. Vikuleg raforkunotkun RV árið 1986	28
-"- 11. Ónýtt raforka RV árið 1985	29
-"- 12. Ónýtt raforka RV árið 1986	29
-"- 13. Raforka sem FJAVE gæti notað af ónýttri raforku RV árið 1985 ..	30
-"- 14. Raforka sem FJAVE gæti notað af ónýttri raforku RV árið 1986 ..	30
-"- 15. Meðalhiti og skipting gráðudaga í Vestmannaeyjum	31
-"- 16. Samanburður á skiptingu gráðudaga og orkuframleiðslu FJAVE 1986	32
-"- 17. Raforkuflutningskerfið og nýjar framkvæmdir	35
-"- 18. Áætluð orkunotkun til húshitunar á ári miðað við hússtærð	40
-"- 19. Hiti á þurru bergi undir hrauni	47
-"- 20. Hiti í hrauni og undir því, 12,5 árum eftir goslok	48
-"- 21. Hiti í hrauni og undir því, 25 árum eftir goslok	49
-"- 22. Hugsanlegt hitaástand í Eldfellshrauni í ársbyrjun 1987	50
-"- 23. Afstöðukort vinnslusvæðis FJAVE. Hugmyndir að staðsetningu borhola A-D í Eldfellshraunið	51
-"- 24. Söfnun gufu á hrauni	53
-"- 25. Áætlaður vatnshiti úr hrauni og nýting hans	55
-"- 26. Dæling úr hrauni, I. áfangi	56
-"- 27. Uppbygging varmadælu, einfölduð mynd	58
-"- 28. Tenging gufuvarmaskipta á hrauni, varmadælu og varmaskiptis í dælustöð	60
-"- 29. Tenging gufuvarmaskipta á hrauni og varmadælu í dælustöð	62
-"- 30. Dæling úr hrauni, III. áfangi	64
-"- 31. Dæling úr hrauni, IV. áfangi	66
-"- 32. Mældur sjávarhiti við Vestmannaeyjar	70
-"- 33. Tenging sjávarvarmadælu	71
-"- 34. Nýting afgangsvarma frá fiskiðnaðarfyrirtækjum	75
-"- 35. Tenging rafskautaketils	77
-"- 36. Vatnsbremsa	84

	bls.
"- 37. Rekstrarform, I.-áfangi	104
"- 38. Rekstrarform, II.-áfangi	104
"- 39. Rekstrarform, III.-áfangi	105
"- 40. Rekstrarform, IV.-áfangi	106
"- 41. Rekstrarform, V.-áfangi	106
"- 42. Áætlað orkuverð samnýtingar gufuvarmaskipta á hrauni og hraundælingar. Lengri ending hraunvarma	107
"- 43. Áætlað orkuverð samnýtingar gufuvarmaskipta á hrauni og hraundælingar. Skemmri ending hraunvarma	108
"- 44. Hagkvæmni einstakra orkugjafa	111
"- 45. Hagkvæmni í samrekstri orkugjafa, langtíma orkuöflunarkostir ..	113
"- 46. Samrekstur FJAVE, RV, og raforku- og gufuframleiðslu fiskiðnaðarfyrirtækja, framleiðsla á raforku og varma	115

INNGANGUR

Með bréfi dagsettu 28. nóvember 1986 skipaði Albert Guðmundsson þáverandi iðnaðarráðherra nefnd til að kanna leiðir til að afla Vestmannaeyjakaupstað orku til húshitunar í framtíðinni. Nefndin skyldi skilgreina og bera saman leiðir til öflunar orku í Vestmannaeyjakaupstað eftir að núverandi hraunhitaveita annar ekki lengur eftirspurninni.

Í nefndina voru skipaðir Guðmundur Pálmason (formaður), Eiríkur Bogason, Sigmundur Jóhannsson, Sveinbjörn Björnsson, Wilhelm V. Steindórsson og Örn Helgason.

Nefndin hóf störf 8. desember 1986. Hún hefur haldið 15 bókaða fundi, þar af þrjá í Vestmannaeyjum, og einnig hefur hún átt tvo fundi með RARIK og einn með Landsvirkjun auk eins sameiginlegs fundar. Þá hefur hún átt einn fund með bæjartæknifræðingi Vestmannaeyja.

Nefndin kynnti iðnaðarráðherra niðurstöðurnar af starfi sínu á fundi í ráðuneytinu 6. mars 1987. Einnig var veitustjórn og bæjarfulltrúum í Vestmannaeyjum gerð grein fyrir meginniðurstöðunum af starfi nefndarinnar á fundi í Vestmannaeyjum 3. apríl 1987.

Vestmannaeyingar hafa undanfarin 10 ár eða þar um bil búið við einstæðan orkugjafa til hitunar híbýla sinna, þar sem er hraunið frá Heimeyjargosinu 1973. Senn líður að því að sú tækni, sem notuð hefur verið og byggir á gufumyndun úr vatni í hrauninu gengur ekki lengur vegna storknunar hraunsins og vaxandi reksturskostnaðar. Engu að síður er mikill varmi eftir í hrauninu, sem getur borgað sig að vinna með öðrum aðferðum og að nýta í tengslum við aðra orkugjafa, sem sinnt geta hluta af orkuþörfinni.

Nefndin hefur skoðað flestar þær leiðir til orkuöflunar, sem eru tæknilega á því stigi að treysta megi á öryggi þeirra til húshitunar. Markmiðið hefur verið að finna þá leið sem gæfi lágstan hitunarkostnað á hverjum tíma næstu 15 árin. Búnaður er afskrifaður á þeim tíma, sem reynslan krefst, og reiknivextir eru settir 6%. Miðað er við verðlag í janúar 1987.

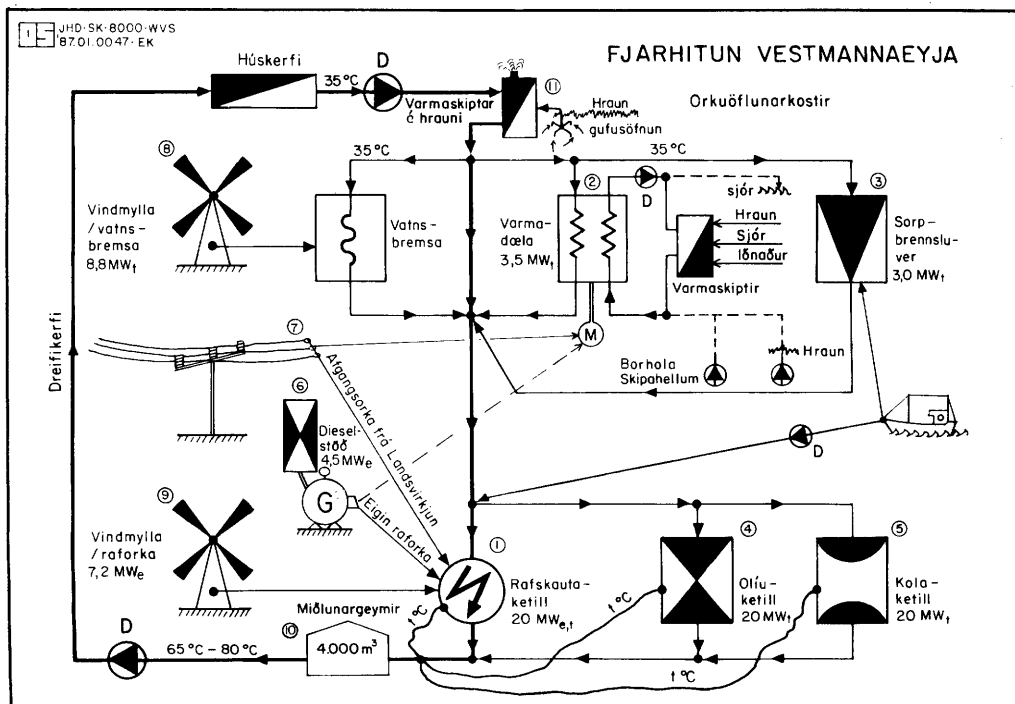
Þær leiðir, sem skoðaðar hafa verið, eru m.a. áframhaldandi nýting hraunhitans með gufusöfnun annars vegar og með dælingu heits vatns úr borholum hins vegar, varmaframleiðsla með rafskautakatli, kolakatli eða svartolíukatli, nýting varma frá sorpbrennsluveri, nýting vindorku, flutningur á heitu vatni úr landi, o.fl. Þá hafa verið skoðaðar leiðir til að nota varmadælur til að nýta afgangsvarma frá fiskiðjuverum, lághitavarma úr hrauninu og varma úr sjónum, sjá mynd 1.

Margar af þeim forsendum, sem nota þarf, eru talsvert óvissar. Ein þeirra er verð á ótryggri orku (afgangsortku) frá RARIK-Landsvirkjun, sem talið er að verða muni til staðar í kerfi Landsvirkjunar næstu

10-20 árin. Núverandi kerfi flutningslína RARIK getur ekki annað því viðbótarálagi, sem full rafhitun í Vestmannaeyjum hefði í för með sér og því þyrfti að koma til ný fjárfesting, og e.t.v. fyrr en ella. Gjaldskrá Landsvirkjunar er einnig í endurskoðun og að sögn forsvarsmanna þar má gera ráð fyrir verulegri hækkun á verði ótryggrar orku. Í þessari stöðu hefur nefndin valið þann kostinn að reikna með breytilegu verði raforku og borið saman hinar ýmsu leiðir miðað við mismunandi verð á raforkunni.

Það verk sem hér er lagt fram hefur orðið umfangsmeira en í upphafi var áætlað vegna þess hve margra kosta er völ í orkuöflun í Vestmannaeyjum og þeirrar sérstöðu sem hraunhitinn skapar sem einn af valkostunum næstu árin. Nefndin hefur sem slík stýrt þeirri vinnu, sem hér hefur verið unnin, en auk þess hafa einstakir nefndarmenn unnið að ákveðnum þáttum verksins. Mestur er þar hlutur Wilhelms V. Steindórs-sonar, sem auk veru sinnar í nefndinni hefur jafnframt verið starfsmaður hennar. Sveinbjörn Björnsson hefur lagt til mikið efni varðandi hraunhitann og nýtingu hans. Örn Helgason hefur séð um vindorkuna og skrifað sérstaka greinargerð um hana, sem fylgir með sem fylgirit. Eiríkur Bogason hefur lagt til allar nauðsynlegar upplýsingar um Fjarhitun Vestmannaeyja og rekstur hennar, og gert reikninga á afkomu hennar fyrir mismunandi forsendur. Eru niðurstöðurnar einnig sýndar í fylgiriti.

Þess skal einnig getið, að Orkustofnun hefur lagt nefndinni til skrifstofuaðstöðu, þar með talið ritvinnslu, teiknivinnu og útgáfu á loka-skýrslunni. Einnig hefur starfsfólk Fjarhitunar Vestmannaeyja veitt margvíslegar upplýsingar. Kann nefndin þessum aðilum bestu þakki fyrir.



Mynd 1. Orkuöflunarkostir.

1. Niðurstöður.

Orkupörf FJAVE til húshitunar í Vestmannaeyjum er alls um 60 GWh á ári, þar af er grunnorka um 30 GWh á ári. Um fjölmargar leiðir er að velja til öflunar þessarar orku. Eru þær leiðir mishagkvæmar eins og gengur. Sumar byggja á "innlendri" orku eyjanna eins og hraunhitunum, varma frá sorpbrennslu, afgangsvarma frá stórum iðnfyrirtækjum, sjávarhita, vindorku o.fl. Aðrar fela í sér orkukaup úr landi og þá fyrst og fremst raforku. Enn aðrar gera ráð fyrir kaupum á brennsluefnum erlendis frá.

Áframhaldandi nýting hraunhitans með breyttri vinnsluaðferð er álitlegur orkuöflunarkostur fyrir FJAVE í nokkur ár, eða þar til hagkvæmnin ekki stenst samanburð við aðra valkosti. Sú vinnsluaðferð, sem nefndin telur hagkvæmasta, er að dæla vatni (sjó) úr hrauninu og nýta það með varmaskiptum. Jafnframt að núverandi varmaskiptar á hrauni verði notaðir áfram að því marki, sem hagkvæmt þykir, en að flutningi vinnslusvæðanna og vökvun hraunsins verði að mestu hætt.

Borað verði í Eldfellshraunið og gerðar hita- og dæluþrófanir í holunum, sjá mynd 23 um hugmyndir að staðsetningu borhola. Á mynd (a) í þessum kafla er sýnd áætlun um vatnshita úr hrauninu og nýtingu hans. Horft er til 15-20 ára og því tímabili skipt í 5 rekstraráfangi, sjá myndir (d) - (h) í þessum kafla.

Allar myndir í þessum kafla eru smækkaðar mjög, en eru sýndar stærri aftar í skýrslunni.

I.- áfangi. Miðað við að áætlanir um vatnsgæfni hraunsins og hita vatns gangi eftir, mun áframhaldandi gufusöfnun á hrauni með lágmarks reksturskostnaði ásamt dælingu 90°C - 100°C heits vatns úr hrauni anna allri orkupörf FJAVE, þ.e. 60 GWh á ári, sjá mynd (d).

II.- áfangi. Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 60°C - 90°C, mun áframhaldandi gufusöfnun á hrauni og dæling úr hrauni anna 40 GWh varmaframleiðslu á ári. Rafskautaketill verður þá settur upp og 20 GWh á ári framleiddar með honum, sjá mynd (e).

III.- áfangi. Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 40°C - 60°C, er ekki talið að hagkvæmt verði að safna gufu úr hrauninu lengur. Settur verður upp varmaskiptir og varmadæla í dælustöð FJAVE til aukinnar nýtingar á vatni frá hrauni. Varmaframleiðsla úr hrauni verður alls 40 GWh á ári eins og áður og rafskautaketillinn mun áfram framleiða 20 GWh á ári, sjá mynd (f).

IV.- áfangi. Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið í 40°C verða framleiddar 30 GWh á ári með varmadælnni og aðrar 30 GWh með rafskautakatlinum, sjá mynd (g).

V.- áfangi. Þegar hiti vatns úr hrauni hefur fallið það mikið að ekki verður talið hagkvæmt að nýta hann, verður nýtingu hraunhitans hætt, endingartími varmadælnnar er þá liðinn og rafskautsketillinn mun framleiða 60 GWh á ári, sjá mynd (h).

Verð á ótryggri orku (afgangsortku) frá Landsvirkjun hefur mikil áhrif á meðalhagkvæmni orkuframleiðslu hvers áfanga, eftir I.- áfanga. Afgangsortkuverðið hefur meiri áhrif á meðalframleiðsluverð orkunnar hjá FJAVE eftir því sem hlutdeild raforku í heildarframleiðslunni vex og eykst eftir því sem líður á áfangana, sjá mynd (b) í þessum kafla. Sýnd eru áhrif afgangsortkuverðsins $k_L = 0,235 - 0,45$ kr/kWh á meðalframleiðsluverð orku FJAVE.

Hefja þarf þegar viðræður við LV/RARIK um sölu og afhendingu á afgangsortku í Vestmannaeyjum. Að samningar náist, er forsenda þess að ráðist verði í II. - V.- áfanga hér að framan.

Ef dæling heits vatns úr hrauninu reynist erfiðleikum háð, er rekstur varmadælu, sem framleiddi grunnorku FJAVE, 30 GWh á ári og nýtti varma úr gufu frá hrauninu hagkvæmur kostur.

Ef samningar við LV/RARIK næðust ekki um sölu og afhendingu á afgangsortku í Vestmannaeyjum, er varmadæla, sem nýtti varma úr sjónum og framleiddi 55 GWh á ári, og svartolíuketill, sem framleiddi 5 GWh á ári, hagkvæmur kostur, sjá mynd (c) í þessum kafla.

Ef rekstur kolaketils þætti álitlegur kostur fyrir FJAVE, er ástæða til að kanna hagkvæmni þess að framleiða raforku fyrir RV og varma fyrir FJAVE í sambygðu kolaorkuveri.

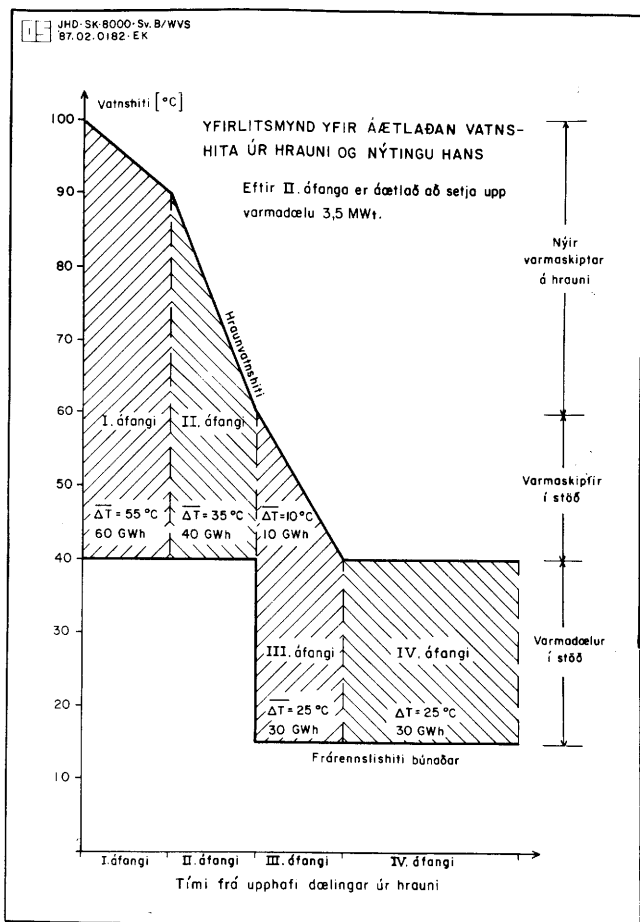
Álitlegur kostur virðist vera fyrir bæjarfélagið, ef um semdist, að nýta að vissu marki þá afgangsortku, sem til fellur hjá fiskiðnaðarfyrirtækjum bæjarins. Ástæða er því til að FJAVE taki upp viðræður við Fiskimjölsverksmiðjuna í Vestmannaeyjum (FIVE) og Fiskimjölsverksmiðju Einars Sigurðssonar (FES) um möguleika á samvinnu um framleiðslu á gufu og rafmagni með svartolíu eða kolum fyrir verksmiðjurnar, RV og FJAVE.

Brennsla á sorpi í sorpbrennsluveri í Eyjum, þar sem varminn yrði nýttur fyrir FJAVE er áhugaverður orkuöflunarkostur, ef um semst við þann aðila sem reka myndi verið. Flutningur á sorpi úr landi til brennslu og nýtingar í Eyjum er athyglisverður möguleiki. Þannig yrði Vestmannaeyjakaupstaður miðstöð sorpeyðingar byggðanna við suður-

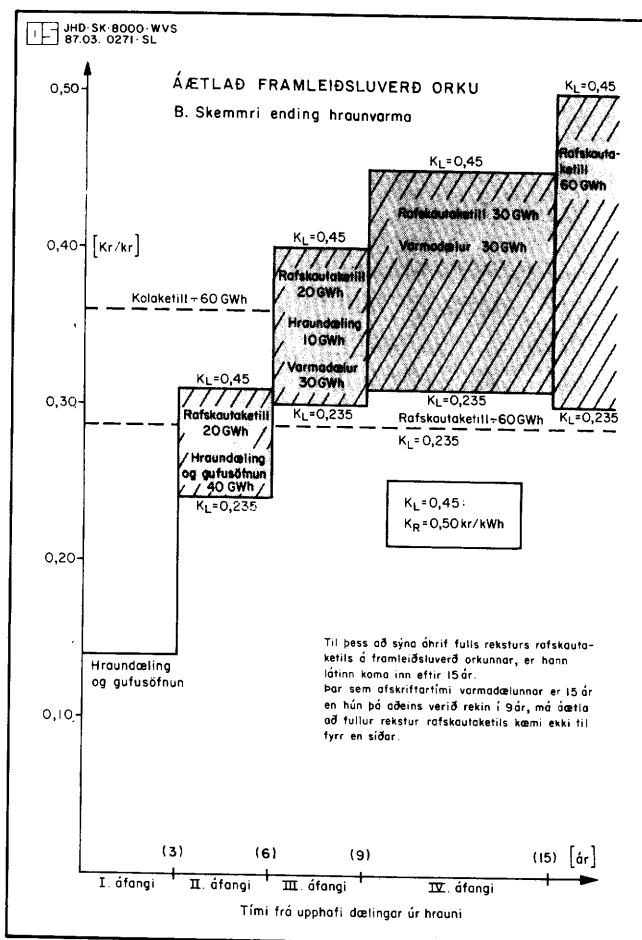
ströndina. Þær 16 GWh, sem áætlað er að sorpbrennsluverið geti framleitt á ári, gætu lengt þann tíma, sem með viðunandi móti væri hægt að nýta hraunhitann.

Í Eldfellinu eða rótum þess er án efa geymdur mikill varmi, sem mun haldast þar um alllangan tíma. Kostnaður við nýtingu þess varma miðað við núverandi þekkingu á eðli hitadreifingarinnar í kringum Eldfellið verður tiltölulega hár í samanburði við aðra valkosti. Ekki er hægt að segja nánar til um vinnsluaðferð eða kostnað fyrr en að undan- gengnum allkostnaðarsömum rannsóknum.

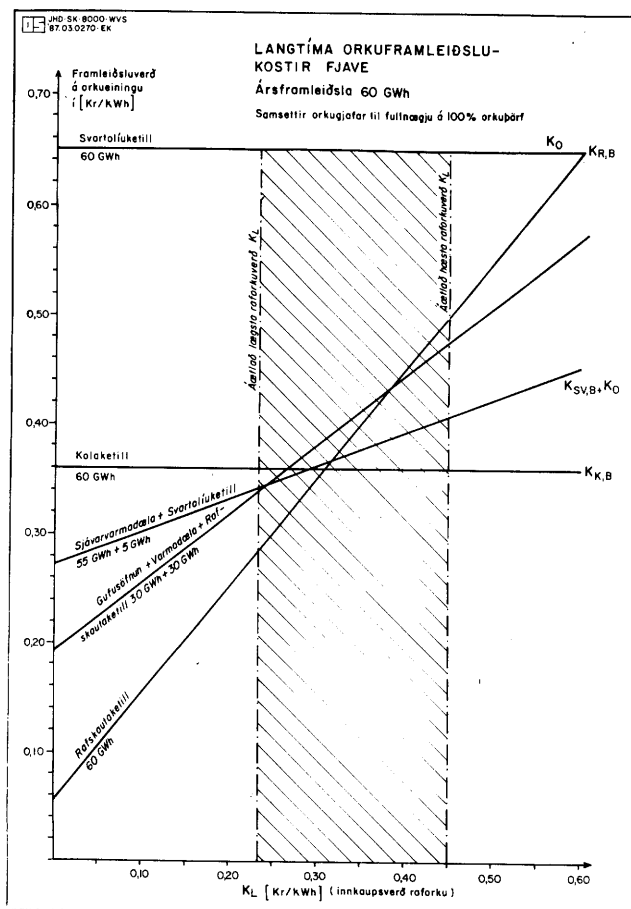
Útreikningar á hagkvæmni vindmylla grundvallast á vindmælingum frá Stórhöfða umreiknuðum til að gilda á Eldfellshrauninu. Vilji menn treysta þær forsendur nánar, þurfa að fara fram vindmælingar á hrauninu í nokkur ár, samanber kafla 20.



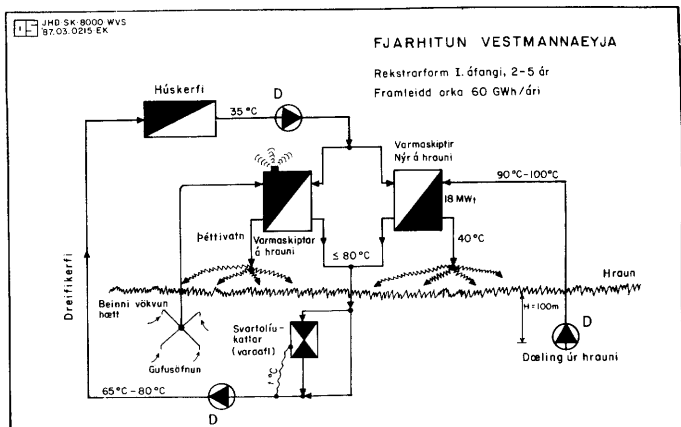
Mynd (a).



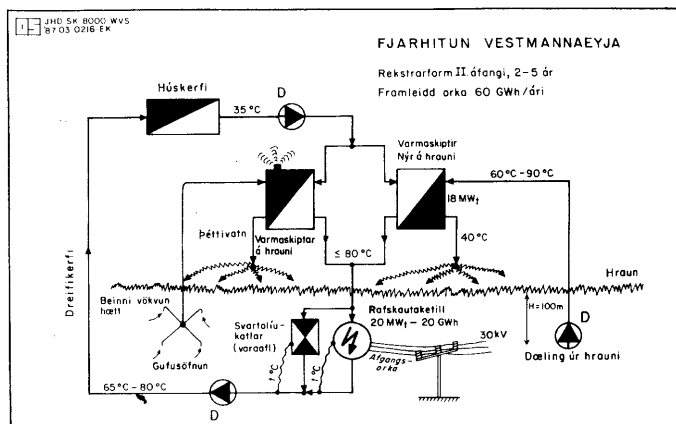
Mynd (b).



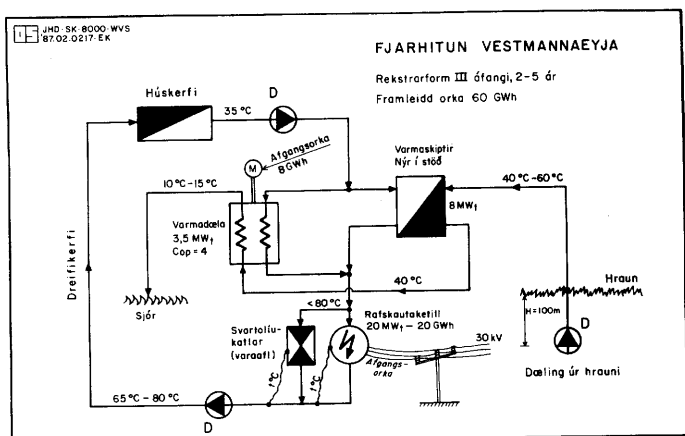
Mynd (c).



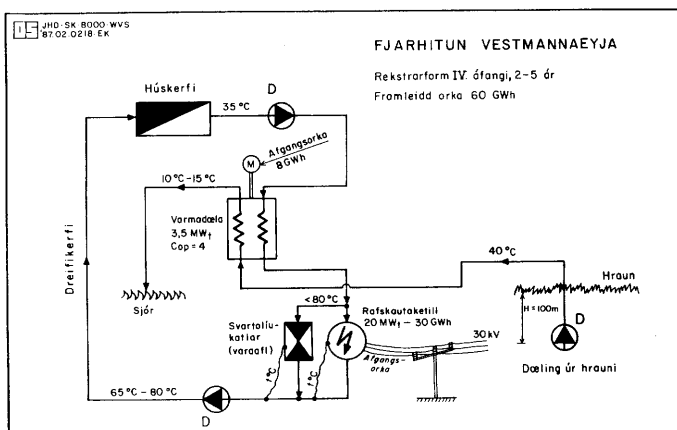
Mynd (d). I.- áfangi.



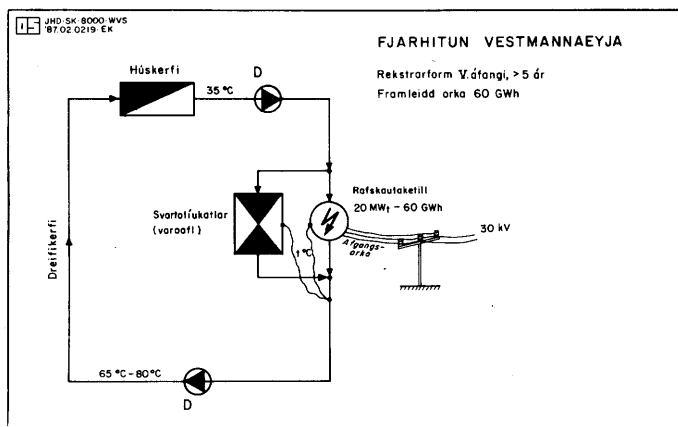
Mynd (e). II.- áfangi.



Mynd (f). III.-áfangi.



Mynd (g). IV.- áfangi.



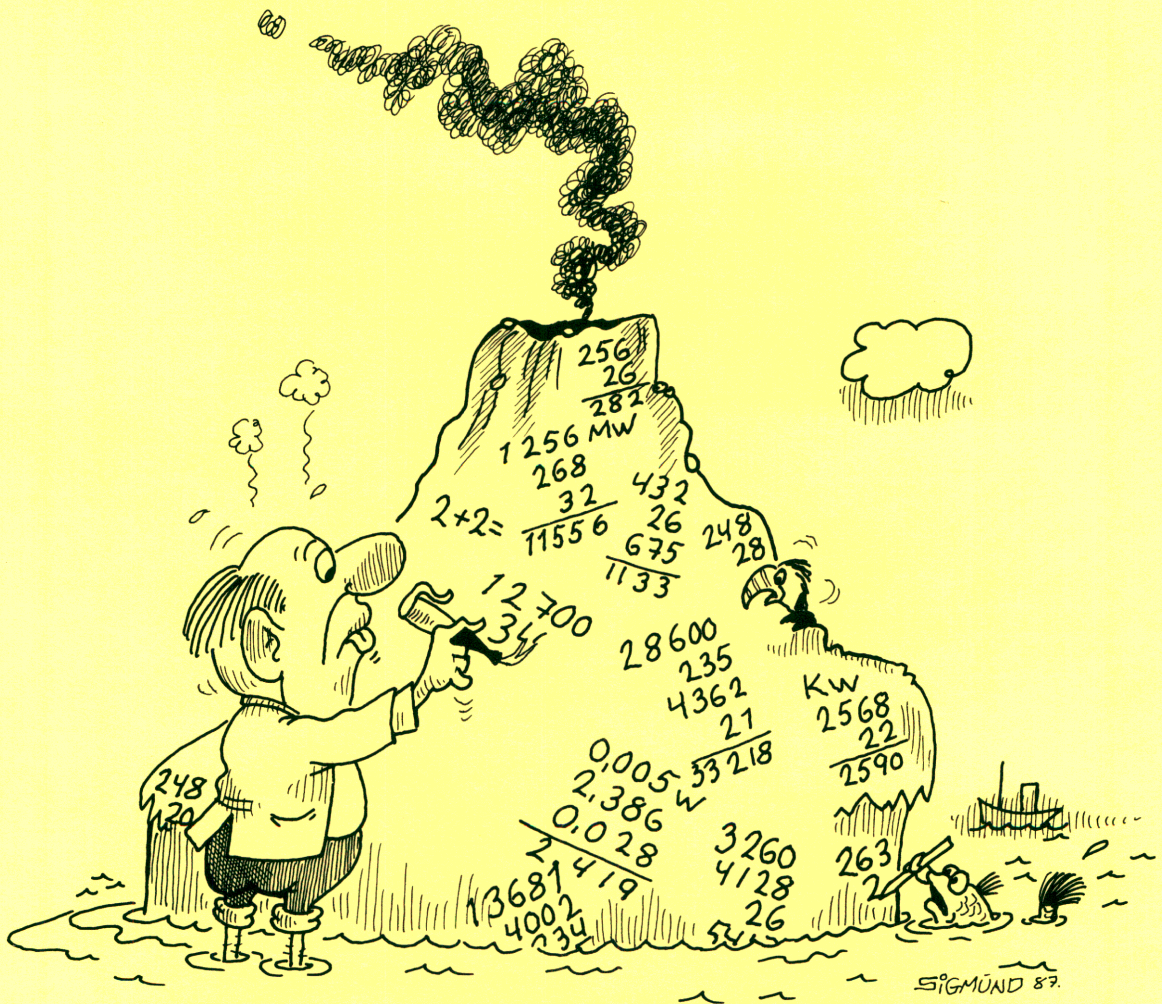
Mynd (h). V.- áfangi.

2. Tillögur.

Eftirfarandi tillögur beinast fyrst og fremst að því að treysta ýmsar forsendur sem óvissar eru í sambandi við val á framtíðar orkuöflunarleiðum fyrir FJAVE. Niðurstöður þeirra aðgerða sem nefndin leggur til gætu haft úrslitaáhrif á hvaða leiðir yrðu valdar af þeim sem ræddar eru í niðurstöðunum hér á undan.

1. Að kannað verði með borun gengum hraunið og með tilraunadælingu hvort þess er kostur að fá allt að 100°C heitt vatn úr hrauninu í nokkurn tíma. Varðandi staðsetningu borhola, sjá mynd 23.
2. Leitað verði samninga við Landsvirkjun (LV) um sölu og afhendingu á ótryggri orku (afgangsortku) til reksturs varmadælu og rafskautaketils. Stefna þarf að afgangsortkuverði í Vestmannaeyjum sem næst gildandi verði LV á afhendingarstað í landi, 0,235 kr/kWh.
3. Að könnuð verði hagkvæmni þess fyrir Vestmannaeyjakaupstað að framleiða með kolum eða olíu bæði raforku fyrir Rafveitu Vestmannaeyja (RV) og varma fyrir Fjarhitun Vestmannaeyja (FJAVE) í sambyggðu orkuveri í Vestmannaeyjum.
4. Að FJAVE taki upp viðræður við fiskiðnaðarfyrirtækin í Vestmannaeyjum um athugun á hagkvæmni þess að FJAVE nýti þann afgangsvarma sem frá þeim fellur. Jafnframt verði kannaðir hugsanlegir kostir þess að FJAVE sjái um raforku- og gufuframleiðslu fyrir Fiskimjölverksmiðjuna í Vestmannaeyjum (FIVE) og Fiskimjölverksmiðju Einars Sigurðssonar (FES) jafnframt því sem framleidd yrði raforka fyrir RV og varmi fyrir FJAVE.
5. Að kannað verði hugsanlegt form á samstarfi bæjarsjóðs Vestmannaeyja og FJAVE um byggingu og rekstur sorpbrennsluvers, þar sem varminn yrði nýttur inn á kerfi FJAVE. Jafnframt verði gerð úttekt á magni og gerð brennanlegs sorps í Vestmannaeyjum og möguleikum þess að flytja sorp úr landi til brennslu og nýtingar í Eyjum.

A. REKSTRARSKILYRÐI OG FORSENDUR

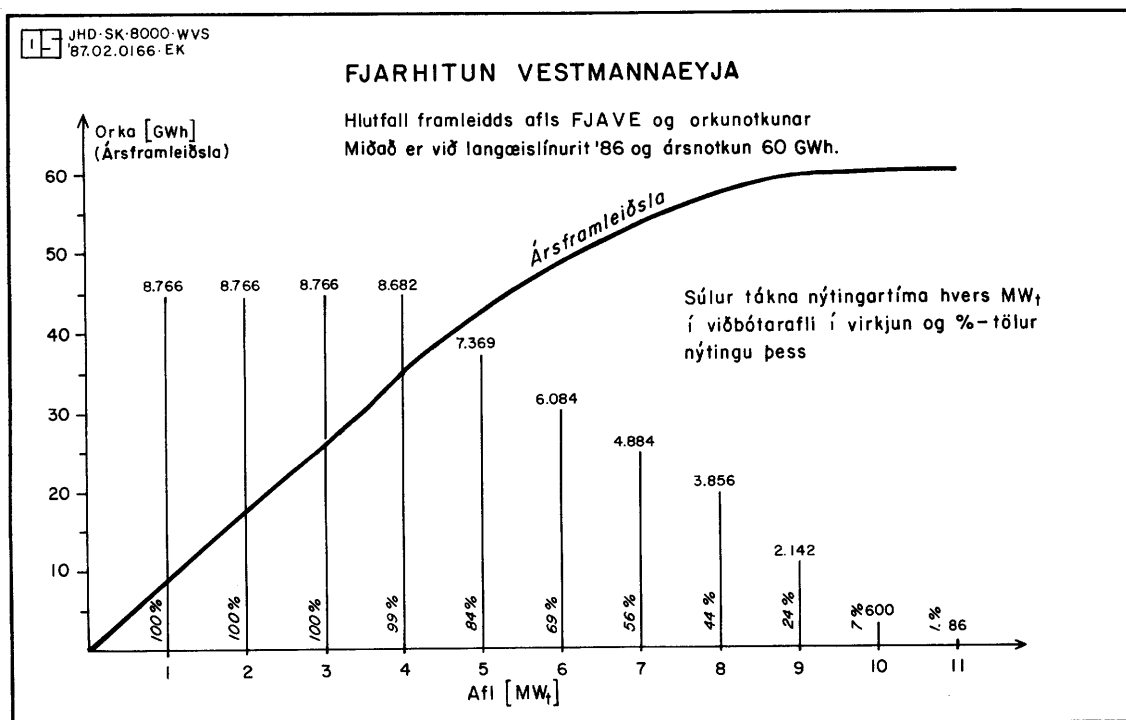


3. Rekstrarskiýrði Fjarhitunar Vestmannaeyja (FJAVE).

3.1 Afl- og orkupörf FJAVE.

Orkuframleiðsla FJAVE þarf með viðunandi öryggi að mæta orkupörfinni á hverjum tíma. Orkupörfin felst í orkupörf húskerfa og orkutöpum í dreifikerfi. Mikilvægt er, að halda töpum í lágmarki með því að lækka framrásarhita dreifikerfisins þegar hlýtt er í veðri.

Mælingar sýna að mismunur framrásarhita og bakrásarhita dreifikerfisins er 39°C að meðaltali yfir árið (38°C-42°C eftir álagsskiýrðum). Bakrásarhiti dreifikerfis er að meðaltali um 35°C. Af þessum mælingum má álykta að nokkuð víða séu ofnkerfi, sem ekki ná að kæla vatnið um 40°C að meðaltali. Algengt er að ástæður þessa séu of litlir ofn-fletir í húsum, ónóg stýring ofnkerfa eða lágt framrásarhitastig á viðkomandi stað vegna langra dreifikerfislagna o.fl.



Mynd 2. Hlutfall framleidds afls FJAVE og orkunotkunar.

Varað er við beinum orkumælum til lausnar þessum vanda, vegna þess að orkumælirinn dregur úr viðleitni notenda til góðrar nýtingar í ofnkerfum. Reynsla annarra veitna sýnir, að við notkun beinna orkumæla

hækkar meðalhiti bakrásarvatns verulega. Honum fylgja aukin kerfistöp og aukin hringrásardæling. Draga má þó úr þessum ágalla orkumælingarinnar með innheimtu blandaðs gjalds fyrir rúmmetra og orku.

Ýmsar aðrar leiðir eru færar í þessu sambandi, þannig að hvatning til notenda haldist til góðrar nýtingar á vatnshita, viðunandi jöfnuður náist í útgjöldum notenda, ásamt því að mestu rekstrarhagkvæmni verði haldið fyrir heildina. Má þar t.d. benda á samspil skilgreiningar á lágmarks framrásarhita (inntakshita) og framhjärennslis í húsum með reiknilegum leiðréttingum orkureikninga notenda. Eftir að FJAVE hefur skilgreint lágmarks inntakshita hjá notendum við mesta álag, þarf að setja upp framhjáhlaup við inntök, þar sem þessi skilyrði eru ekki uppfyllt. Með útreikningum má síðan finna leiðréttingarstuðul fyrir hvern notanda.

Á mynd 2 er sýnt hlutfall framleidds varmaafls FJAVE og orkunotkunar. Súlur tákna nýtingartíma hvers MW_t í viðbótarafli í virkjun.

3.2 Orkuframleiðsla FJAVE.

Á myndum 3-6 er framleiðsla afls og orku frá FJAVE sýnd fyrir árin 1985 og 1986. Um er að ræða meðalgildi afls og orku yfir hverja viku.

Á myndum 7 og 8 eru sýnd langæislínurit aflframleiðslu FJAVE fyrir árin 1985 og 1986. Tafla yfir framleitt afl FJAVE er sýnd í viðauka V,B-1.

Grunnafl er það afl, sem framleiða þarf stöðugt allt árið. Minnsta meðalafli á viku, sem FJAVE kemst af með er um $3,2 MW_t$. Vegna þess hve hár nýtingartími fæst á framleiðslu afls næst grunnafl og að búast má við aukningu álags með árunum er grunnafl FJAVE (P_{min}) hér skilgreint sem $3,5 MW_t$ og grunnorkan 30 GWh á ári.

Meðalafli FJAVE á viku er að jafnaði um $\bar{P} = 6 MW_t$ og mesta meðalafli á viku allt að $11,4 MW_t$. Vegna sveiflna í álagi milli ára og væntanlegrar aukningar álags með árunum, er mesta meðalafli FJAVE á viku (P) áætlað $12 MW_t$.

Þar sem um meðalgildi er að ræða yfir viku tímabil, er ljóst að hámarksafliþörf FJAVE (\hat{P}_{max}) er hærri en (P). Samkvæmt reynslu starfsmanna FJAVE koma fyrir allt að $15 MW_t$ afltoppar, sem standa í allt að 1,5 klukkustund (h) tvisvar á dag á kaldasta tíma. Jafnframt að afltoppar allt að $18 MW_t$ geti komið fyrir í mjög skamman tíma við mestu álagsskilyrði. Hámarksafli FJAVE (\hat{P}_{max}) er í þessari athugun skilgreint sem $18 MW_t$.

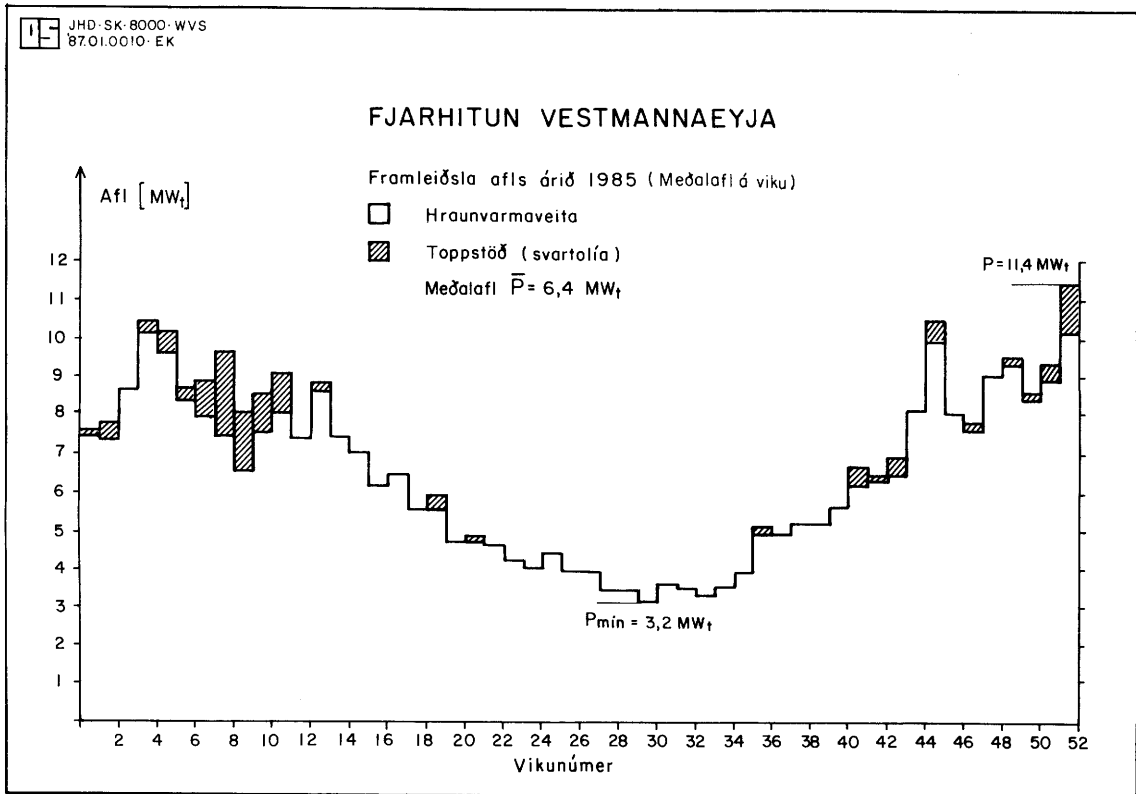
Þar sem afltoppar yfir 12 MW standa að jafnaði mjög skammt, krefjast þeir tiltölulega lítillar orkú. Vegna þess varaafslubúnaðar, sem FJAVE hefur þegar til umráða, er eðlilegt að íhugað verði gaumgæfilega á hverjum tíma að mæta hæstu afltoppum með keyrslu varaafsls. Á þetta sérstaklega við, ef FJAVE hefur þörf fyrir raforkukaup, sem að einhverju leyti verða háð afltaxta og fjárfesta þarf í orkuframleiðslubúnaði, sem hlutfallslega er dýr á hverja uppsetta afleiningu.

Á það má benda, að þótt skammtíma aflþörf eins og þeirri, er hér um ræðir, yrði ekki mætt með aflframleiðslu, myndi það aðeins hafa þau áhrif, að kerfishiti félli í skamman tíma, háð tímalengd aflvöntunarinnar og stærð hennar.

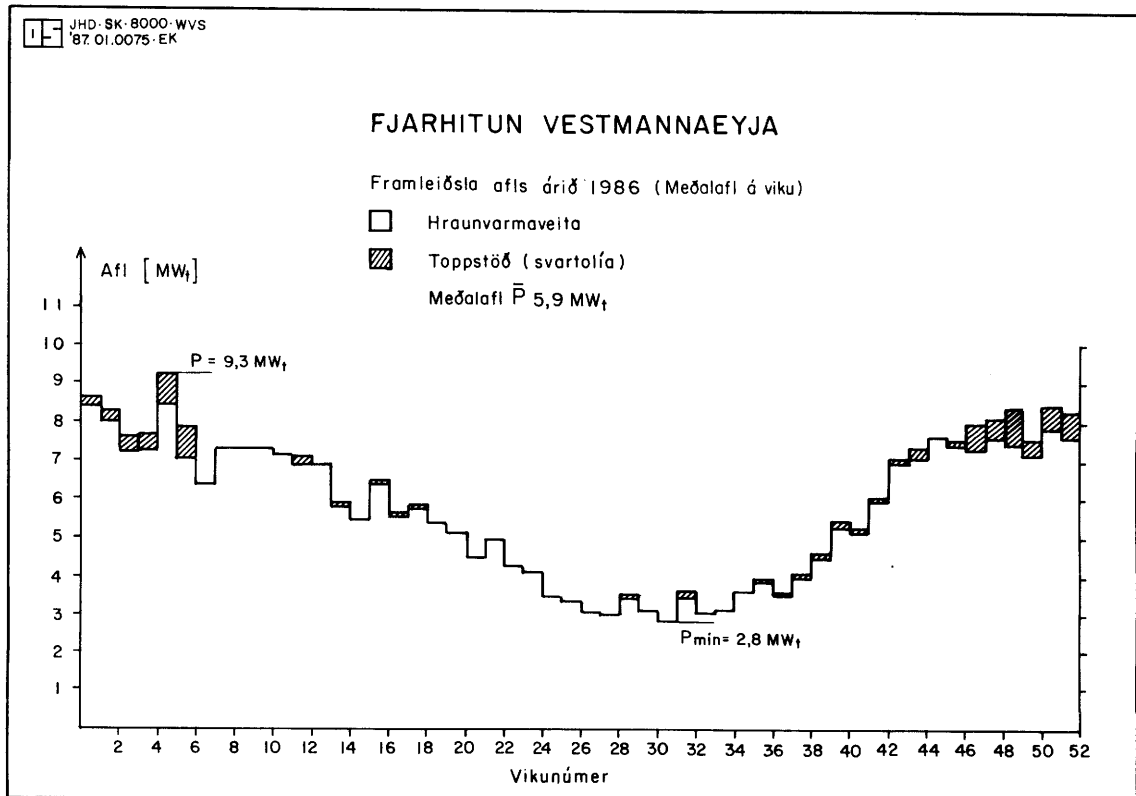
Ef kerfishiti lækkaði meira en viðunandi þætti vegna aflskerðingar mætti með byggingu safngeymis tengdum hinni lokuðu hringrás kerfisins, draga úr áhrifum stærstu hitasveiflnanna.

Fram til þessa hefur meginhluti orkuframleiðslu FJAVE komið úr hraunhita. Kostnaður við viðhald og tilfærslur á gufusöfnun úr hrauninu hefur aukist til muna frá því er var, og á árinu 1986 var beinn reksturskostnaður vegna þessa um 0,30 kr á hverja framleidda kWh. Vegna kólnunar hraunsins hefur hlutdeild olíu í orkuframleiðslunni einnig farið vaxandi og má búast við verulegri aukningu í olíunotkun á næstu árum, ef ekki kemur til breytt orkuöflunaraðferð.

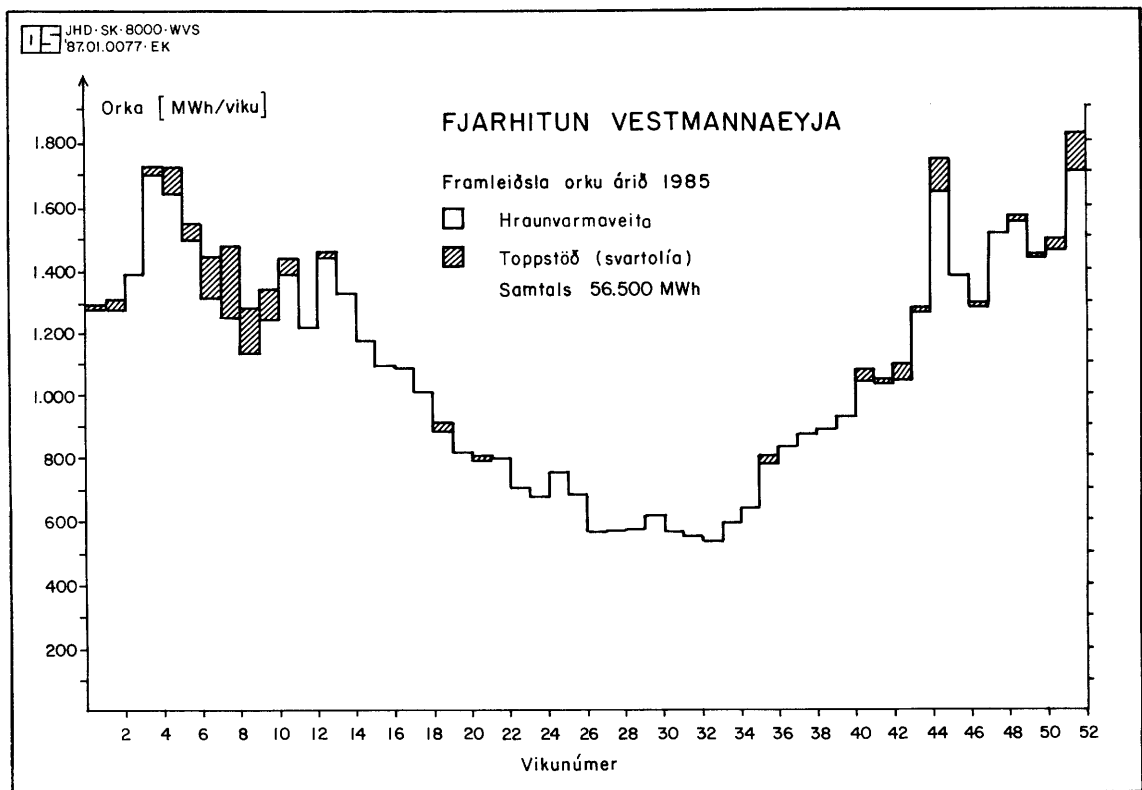
Öllu bakrásarvatni dreifikerfisins hefur verið dælt upp á hraun í gegnum varmaskiptana þar, sjá kafla 6.



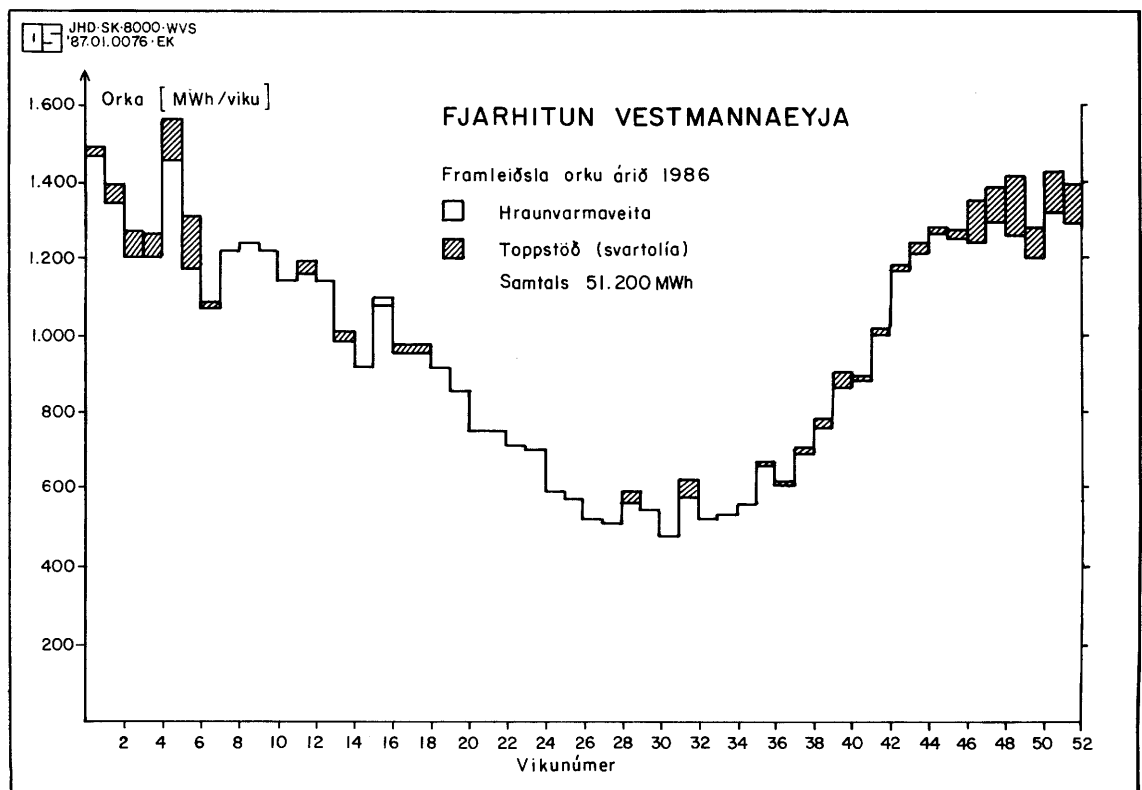
Mynd 3. Framleiðsla afls FJAVE árið 1985.



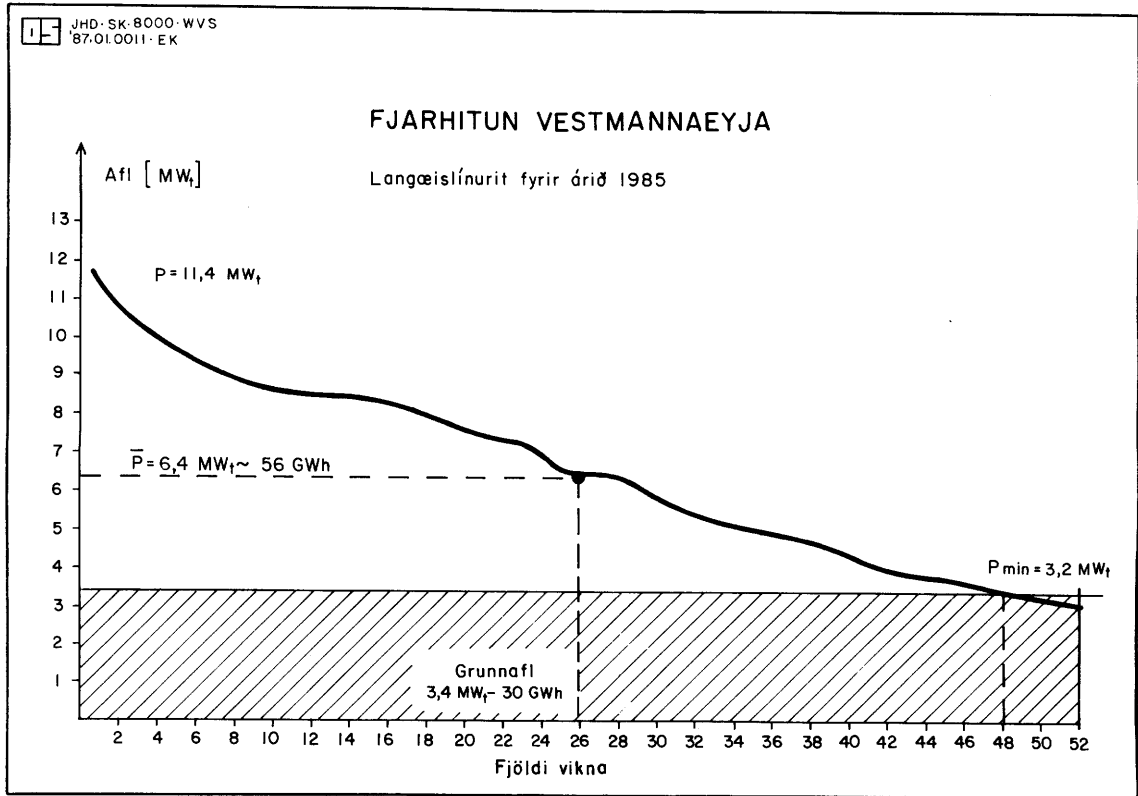
Mynd 4. Framleiðsla afls FJAVE árið 1986.



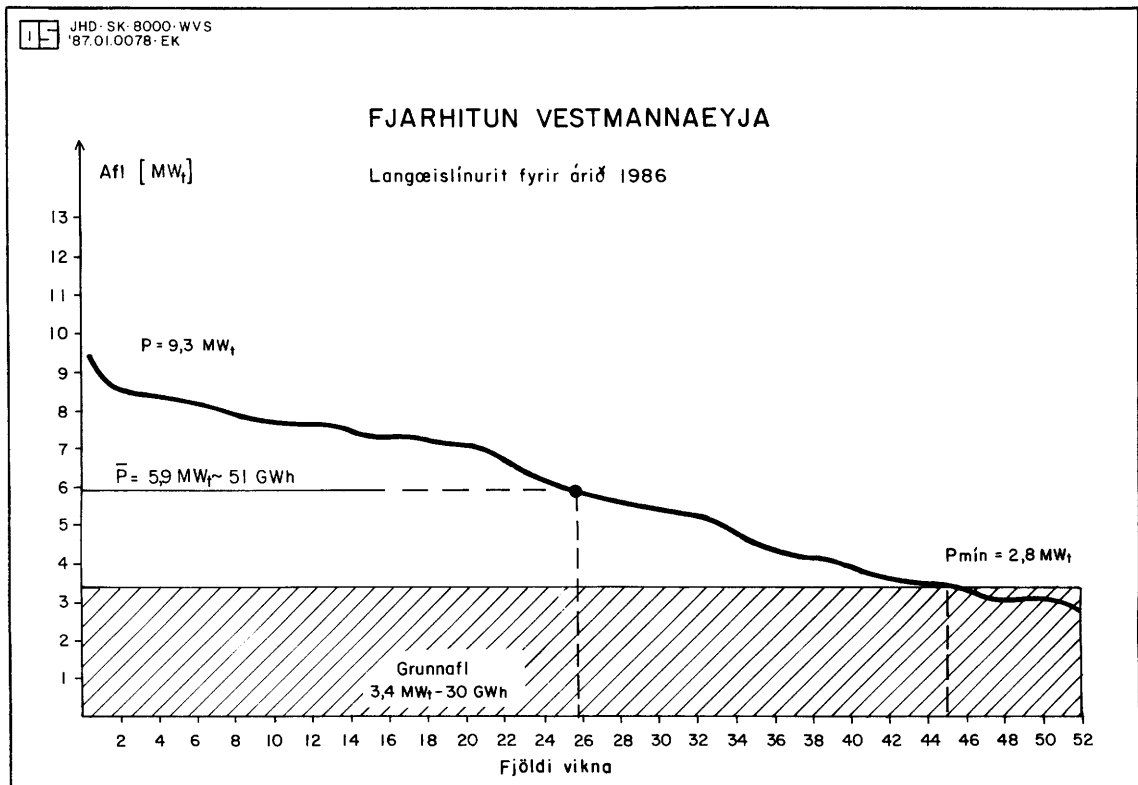
Mynd 5. Framleiðsla orku FJAVE árið 1985.



Mynd 6. Framleiðsla orku FJAVE árið 1986.



Mynd 7. Langæislínurit FJAVE árið 1985.



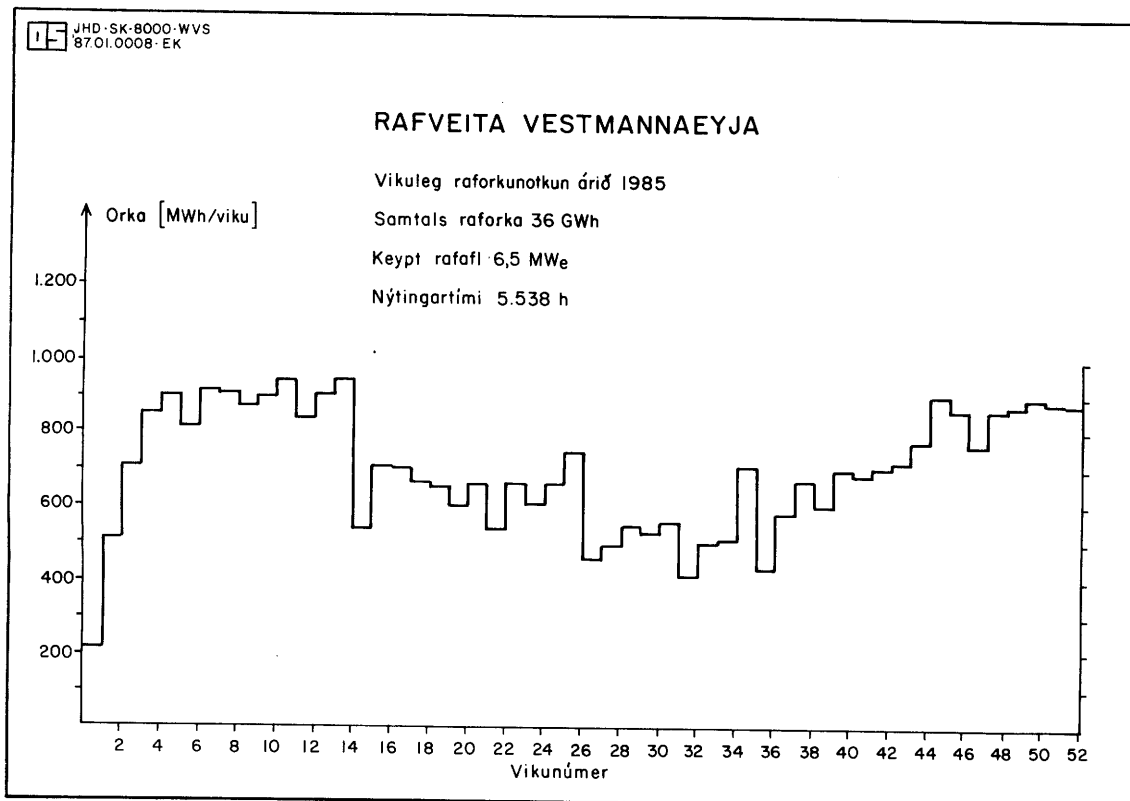
Mynd 8. Langæislínurit FJAVE árið 1986.

3.3 Afl- og orkukaup Rafveitu Vestmannaeyja (RV).

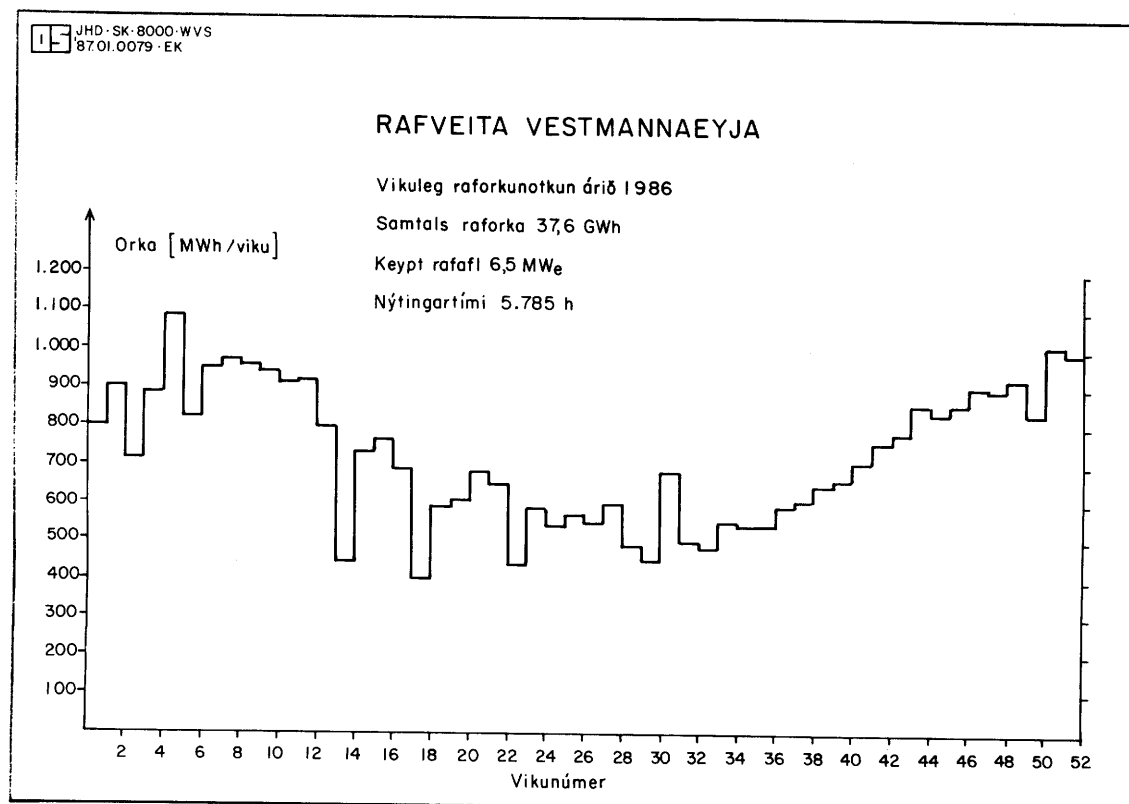
Rafveita Vestmannaeyja kaupir afl og orku af RARIK á 30 kV spennu í aðveitustöð RV í Vestmannaeyjum. Keypt afl hefur verið 6,5 MW og keypt orka um 37 GWh á ári. Jafngildir þetta um 5.600 stunda nýtingu afls á ári. Myndir 9 og 10.

Ljóst er, að töluverð orka er ónýtt af RV undir þeim afltoppi, sem greitt er fyrir. Vegna ákvæða í heildsölugjaldskrá RARIK, stendur RV því til boða orka á lágsta orkugjaldsþrepi RARIK, sem er 0,376 kr/kWh, ef unnt er að nýta hana án þess að til komi aukning á greiðslumyndandi afli. Er hér um að ræða um 20 GWh orku á ári undir 6,5 MW_e rafafsl-toppi, sjá myndir 11 - 12.

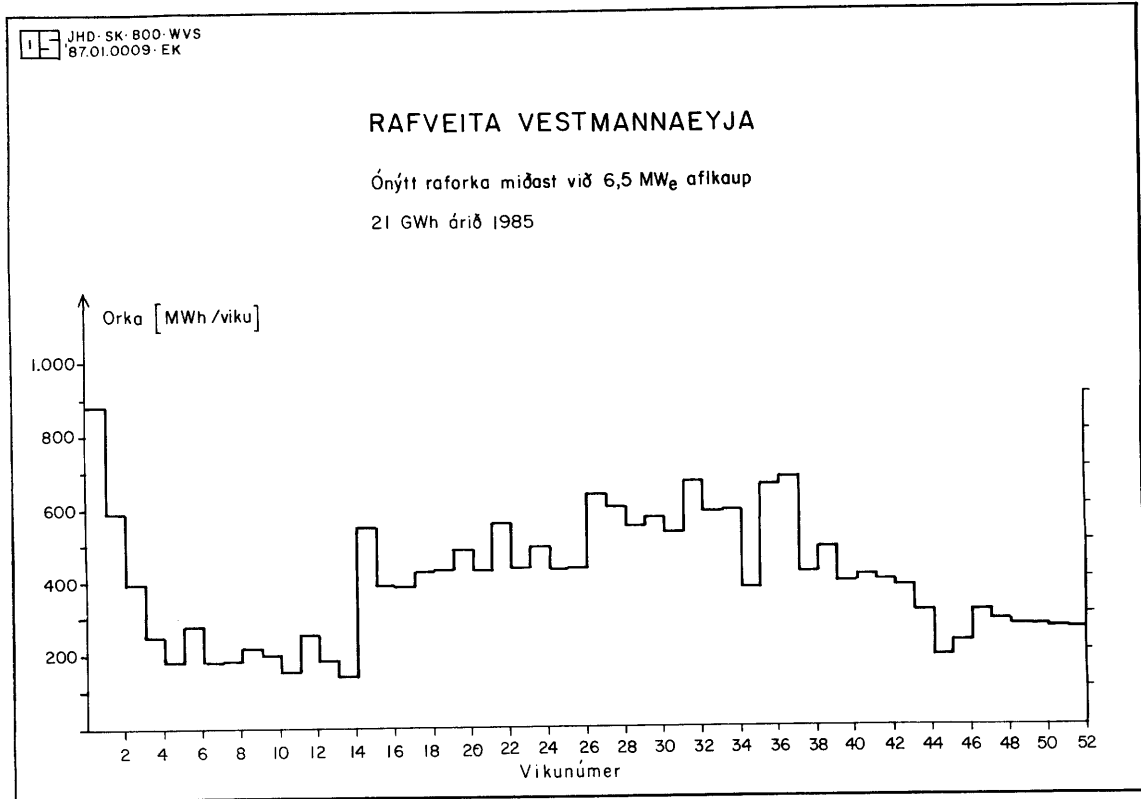
Þessa orku mætti nýta til að knýja t.d. varmadælu, þótt beita yrði aflskerðingu á mestu álagstímum. Á þetta ekki síst við, ef ekki tækjust samningar við RARIK og LV um sölu og afhendingu afgangsorku til varmadæluverksturs í Vestmannaeyjum, sjá myndir 13 - 14.



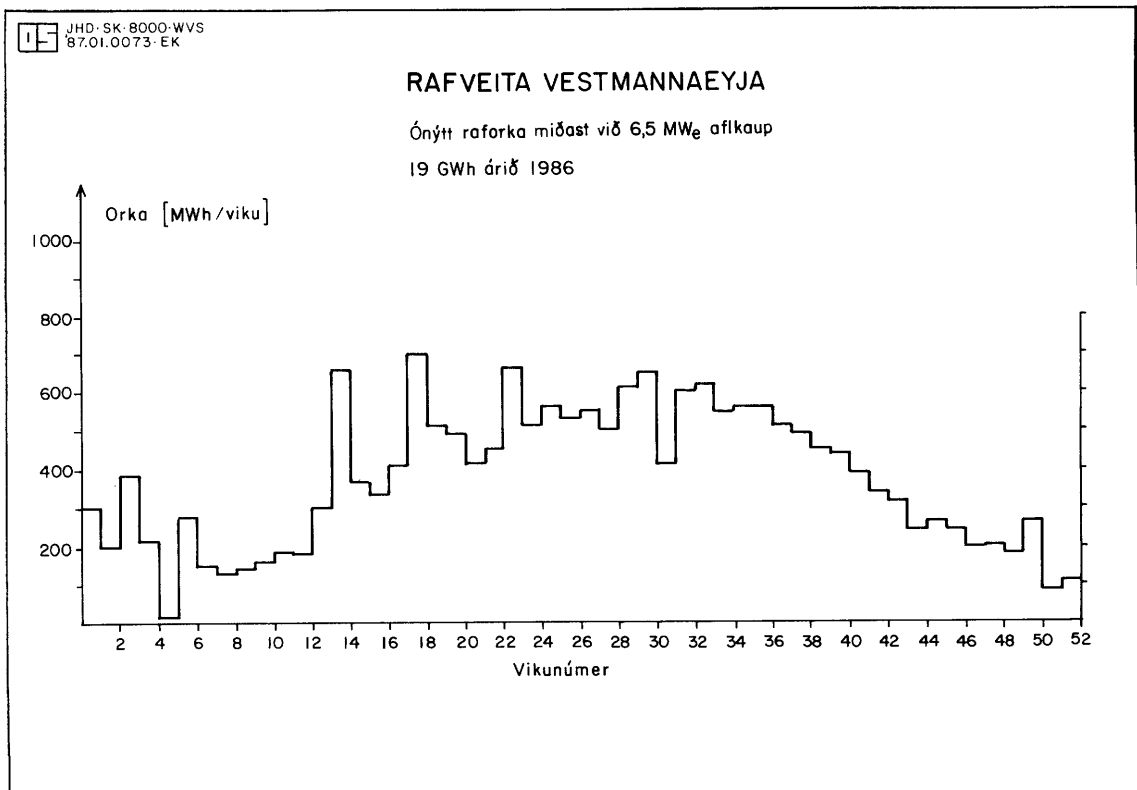
Mynd 9. Vikuleg raforkunotkun RV árið 1985.



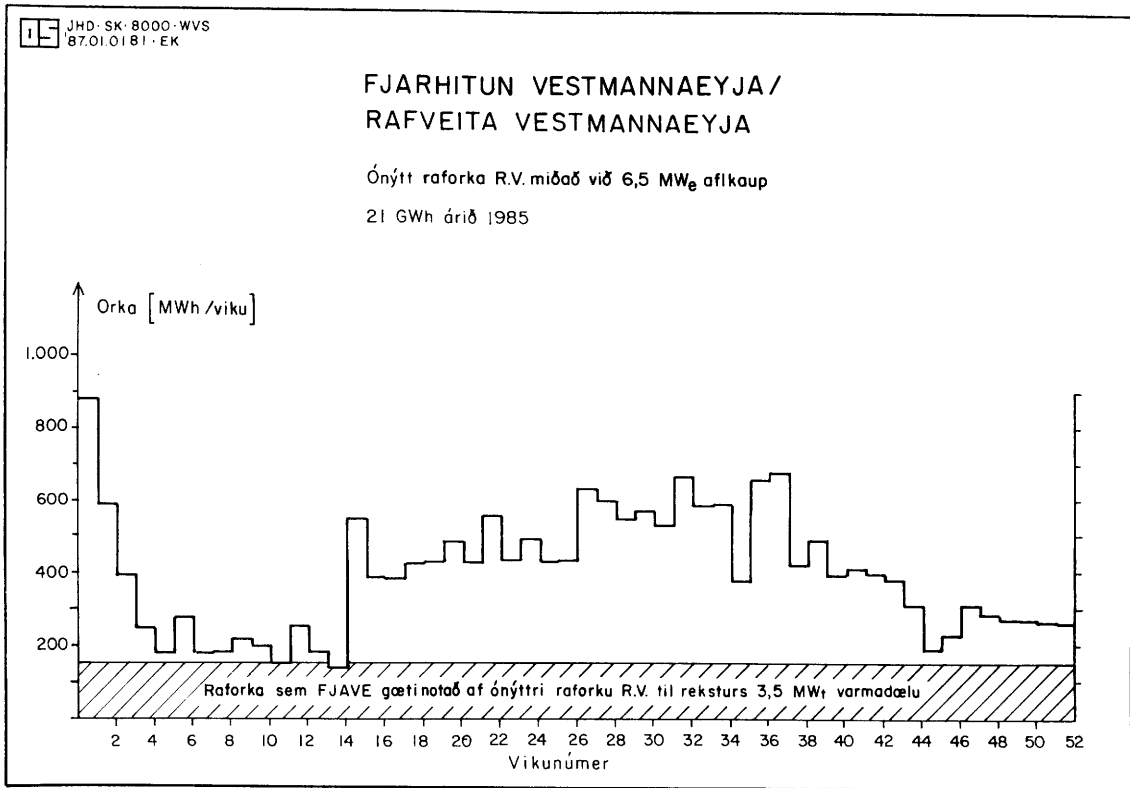
Mynd 10. Vikuleg raforkunotkun RV árið 1986.



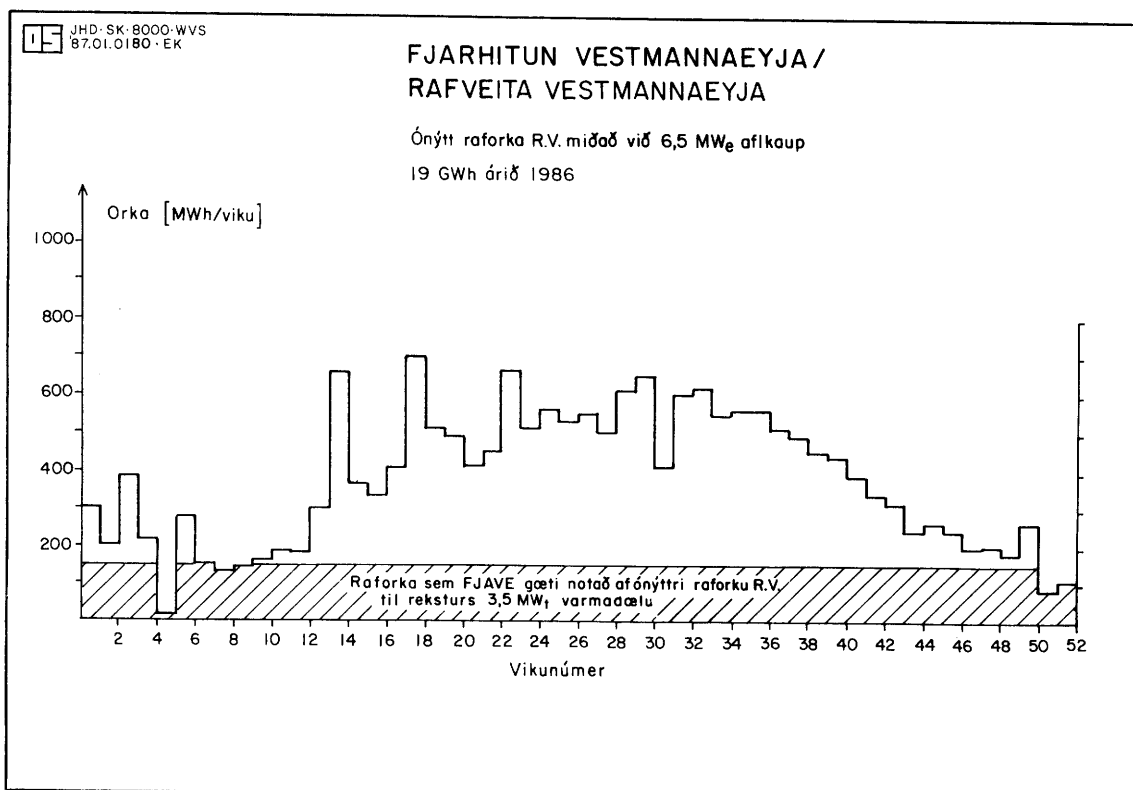
Mynd 11. Ónýtt raforka RV árið 1985.



Mynd 12. Ónýtt raforka RV árið 1986.



Mynd 13. Raforka sem FJAVE gæti notað af ónýttri raforku RV árið 1985.



Mynd 14. Raforka sem FJAVE gæti notað af ónýttri raforku RV árið 1986.

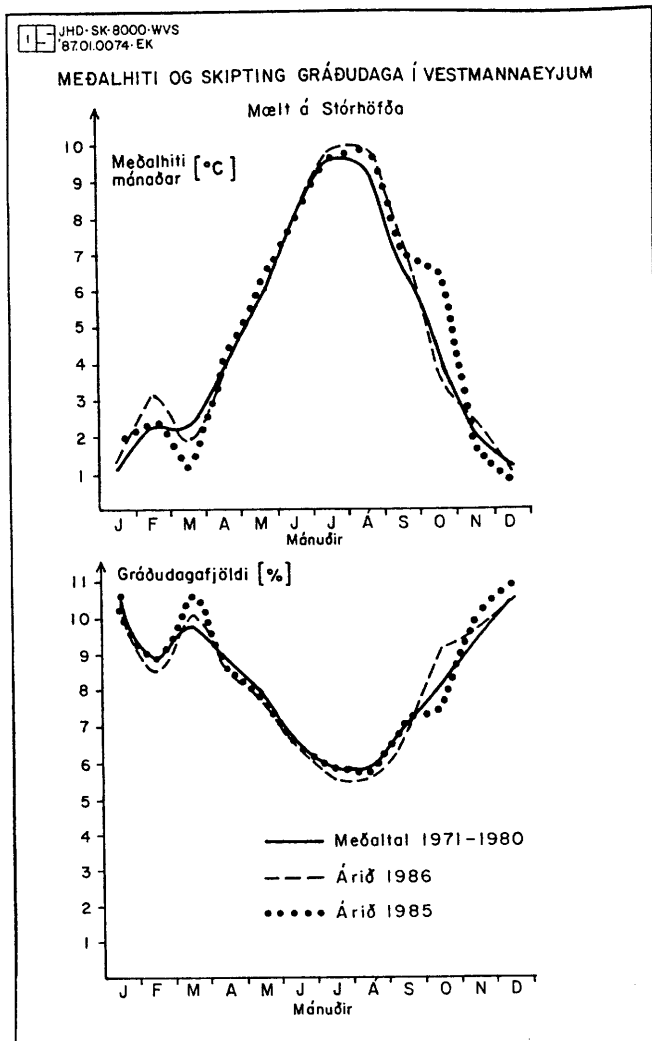
3.4 Gráðudagar í Vestmannaeyjum.

Samkvæmt reynslu er að jafnaði góð fylgni á milli orkunotkunar til hitunar og svokallaðra gráðudaga, sjá mynd 16 og viðauka V,B-2. Fer það eftir stöðum, hve mikilvægt er að leiðrétta gráðudaga með tilliti til vindstyrks og sólarstunda. Í Vestmannaeyjum má áætla, að vindur sé nokkuð áhrifamikill í orkupörf til húshitunar.

Veðurathugunarstöð er á Stórhöfða og mælingar þaðan til yfir langan tíma. Óvarlegt er að nota veðurmælingar frá Stórhöfða til mats á veðráttu í bænum sjálfum, vegna þess mikla munar, sem oft er á veðurhæð á þessum stöðum, sérstaklega á tímum mesta álags.

Í V,B-2 er sýndur útreikningur á gráðudagafjölda hvers mánaðar árin 1984, 1985 og 1986 ásamt meðaltali áráanna 1971-1980, byggður á mælingum frá Stórhöfða.

Á mynd 15 er sýnd hlutfallsleg skipting gráðudaga og mældur meðalhiti á Stórhöfða.



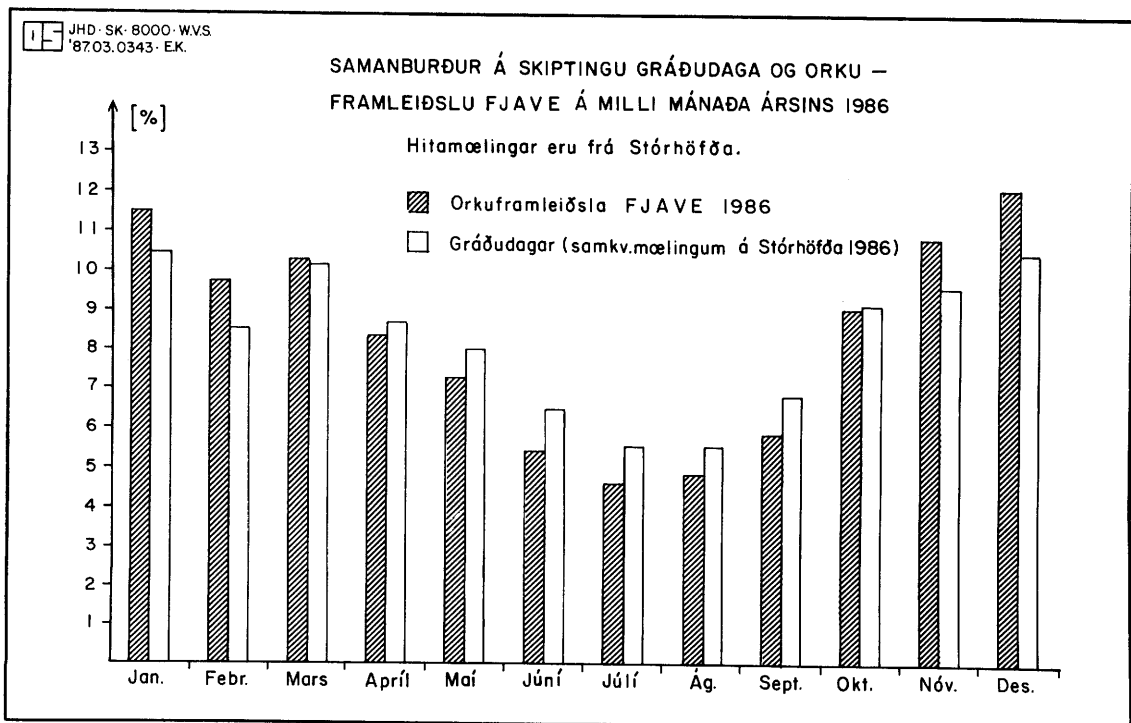
Mynd 15. Meðalhiti og skipting gráðudaga í Vestmannaeyjum.

Miðað við mælingar á Stórhöfða, en án þess að taka tillit til áhrifa vinds og sólar, er gráðudagafjöldi áráanna 1985 og 1986 svipaður meðaltali gráðudagafjölda áráanna 1971-1980. Gráðudagafjöldi ársins 1984 er hinsvegar 19% hærri en þetta meðaltal.

Orkuframleiðsla FJAVE árið 1986 var um 51 GWh, en um 16% hærri eða 59 GWh árið 1984. Aftur á móti var orkuframleiðsla FJAVE árið 1985 um 56 GWh þrátt fyrir að gráðudagafjöldi þess árs á Stórhöfða hafi verið nálægt því sá sami og árið 1986. Mismunurinn gæti legið í hlutfallslega miklum vindi í bænum árið 1985, sveiflum í iðnaðarnotkun o.fl.

Miðað við að notendafjöldi FJAVE haldist, verður að telja, að orkunotkun ársins 1984 hafi verið meiri en áætla má að verði til jafnaðar á næstu árum. Meðaltal áráanna 1985 og 1986 ætti að vera nokkuð marktækt um orkupörf FJAVE að meðaltali til lengri tíma litið miðað við óbreyttan markað, þ.e. 54 GWh á ári.

Ef í ljós kemur að orkusala verður minni en hér er áætlað þarf FJAVE að gera viðeigandi rekstrarráðstafanir strax, en slíkt gæti gerst ef notendur í auknum mæli aftengjast veitunni vegna lágs orkuverðs í olíu miðað við orkuverð FJAVE. Sama gildir ef íbúar í Vestmannaeyjum gera umtalsverðar breytingar á kerfum sínum vegna verðlagshlutfalla. Á þetta fyrst og fremst við á meðan skuldir FJAVE eru miklar og fjármagnskostnaður er ríkjandi rekstrarliður hjá veitunni.



Mynd 16. Samanburður á skiptingu gráðudaga og orkuframleiðslu FJAVE 1986.

3.5 Rafhitunarmarkaðurinn.

Dreifikerfi FJAVE hefur verið lagt um mestan hluta Vestmannaeyjabæjar og flest hús eru tengd því. Þó eru nokkur svæði ennþá rafhituð og hafa götulagnir ekki verið lagðar þar. Allt aðliggjandi flutningskerfi og dælukerfi mun þó anna þessum markaði.

Samkvæmt samantekt FJAVE mun raforkusala RV til húshitunar vera um 6 GWh á ári, og er þar um að ræða 210 íbúðir. Miðað við 40°C meðalhitafall í húskerfum jafngildir sú orkunotkun um 130 þús. rúmmetrum heits vatns á ári. Miðað við núgildandi gjaldskrá FJAVE jafngildir rafhitunarmarkaðurinn því um 8,8 Mkr sölu á ári. Reynslan sýnir, að óvarlegt er að áætla svo mikla sölu af yfirtöku rafhitunarmarkaðar. Um 80% hafa reynst nær sanni, þ.e. um 7,2 Mkr í tilfelli FJAVE. Ástæður þessa eru, að í flestum tilvikum er um að ræða hús með beina rafhitun, þ.e. rafmagnspilofna. Í slíkum tilvikum þarf að breyta ofnkerfum frá grunni og setja upp vatnsöfna. Nýting vatnsins er fyrst og fremst háð stærð ofnflata, og ný ofnkerfi eru að jafnaði byggð með hlutfallslega stórum ofnflötum, sem gefa meira meðalhitafall en eldri ofnkerfi gera.

Ljóst er, að yfirtaka rafhitunarmarkaðarins mun geta haft veruleg áhrif á rekstrarafkomu FJAVE til lengri tíma litið, án þess þó að hafa nein úrslitaáhrif á, hvaða orkugjafar verða hagkvæmastir fyrir veituna.

Orkuverð hefur mjög mikil áhrif á það, hvern orkugjafa notendur velja. Hitaveitur bjóða notendum sínum að jafnaði upp á aðeins einn taxa til hitunar og neyslu. Rafveitur eru aftur á móti með margbreytilega taxa, eftir því til hvers orkan er notuð. Er þannig unnt að halda einum taxtanum niðri á kostnað annars. Hver rafveita byggir síðan tekjur sínar á meðalorkuverði þessara taxa. Meðalorkuverð RV er um 1,70 kr/kWh. Taxti RV til húshitunar er 1,08 kr/kWh og taxti til heimilisnotkunar t.d. 2,80 kr/kWh. Miðað við 400 m³ húsrými er orkuverð FJAVE til notenda 1,37 kr/kWh.

Einungis hluti hitunarafls RV er talinn greiðslumyndandi vegna þess að dieselvélar veitunnar eru notaðar til að keyra niður afltoppinn á mestu álagstímum. Hrár framleiðslukostnaður hvernar orkueiningar frá dieselvélunum er 2,30 kr/kWh. Ættu þessi verðhlutföll að vekja til umhugsunar.

3.6 Framrásarhiti dreifikerfis (kerfishiti).

Orkuframleiðsla FJAVE verður að fullnægja orkuþörf húskerfa notenda að viðbættum orkutöpum í dreifikerfi. Leitast skal við að halda orkutöpum í dreifikerfi í lágmarki. Miðað við ákveðið dreifikerfi er meðalhiti vatns í dreifikerfinu mest ráðandi um, hve stór

dreifikerfistöpin verða. Hár dreifikerfishiti á tímum lítils álags (rennslis) veldur miklum töpum. Þegar um lokuð dreifikerfi er að ræða og orkugjafinn er rafmagn, olía eða kol, er töpum haldið í lágmarki með því að breyta kerfishita eftir álagi. Hita framrásarvatns er breytt eftir útihita. Á kaldasta tíma, þegar rennsli er mest og mestrar orku er þörf, er framrásarhiti hafður hæstur, allt að 80°C. Á hlýjasta tíma, þegar rennsli er minnst og minnstrar orku er þörf, er framrásarhiti hafður lægstur, allt að 65°C.

Auk þess að lækka dreifikerfistöpin með þessu móti, minnkar þetta mismun í meðalhita þess vatns, sem best setti og verst setti notandinn fær úr dreifikerfinu. Í hlýju veðri fá þeir notendur, sem búa við lengstu dreifikerfislagnirnar, vatn við mjög lágan hita. Gerist þetta þótt framrásarhita dreifikerfis frá stöð sé haldið háum og orsakast fyrst og fremst af hægu meðalrennsli í dreifikerfinu. Þeir notendur, sem búa við styttri dreifikerfislagnir, njóta hins vegar hás framrásarhita, og mismunur á hita notaðs vatns er oft verulegur við þessar aðstæður. Með því að lækka framrásarhita dreifikerfis eykst heildarrennslið í dreifikerfinu og vatnshiti til notenda verður jafnari. Með lökkun framrásarhita utan mesta álags skilar kerfið hlutfallslega meiri orku til notenda, sem búa við langar dreifikerfislagnir, sem annars færi til að hita upp jarðveginn í nánasta umhverfi dreifikerfislagnanna, engum að gagni.

Af hagkvæmnis- og sanngirnisástæðum er því eðlilegt, að FJAVE stjórnir framrásarhita sínum eftir útihita, frá t.d. 65°C-80°C. Einfaldast væri, að útihitaskynjari stýrði framrásarhita sjálfvirkt á hverjum tíma samkvæmt ákveðinni skilgreiningu.

3.7 Raforkuflutningskerfið.

Ef reka á rafskautaketil í Vestmannaeyjum fyrir allt að 18 MW_t, þarf nokkra styrkingu á því raforkuflutningskerfi, sem til staðar er í dag, sjá mynd 17. Allar þær framkvæmdir, sem þessi flutningur krefðist, eru á framkvæmdaáætlun RARIK og LV, en þeim þyrfti að flýta, ef rafskautaketill yrði settur upp nú.

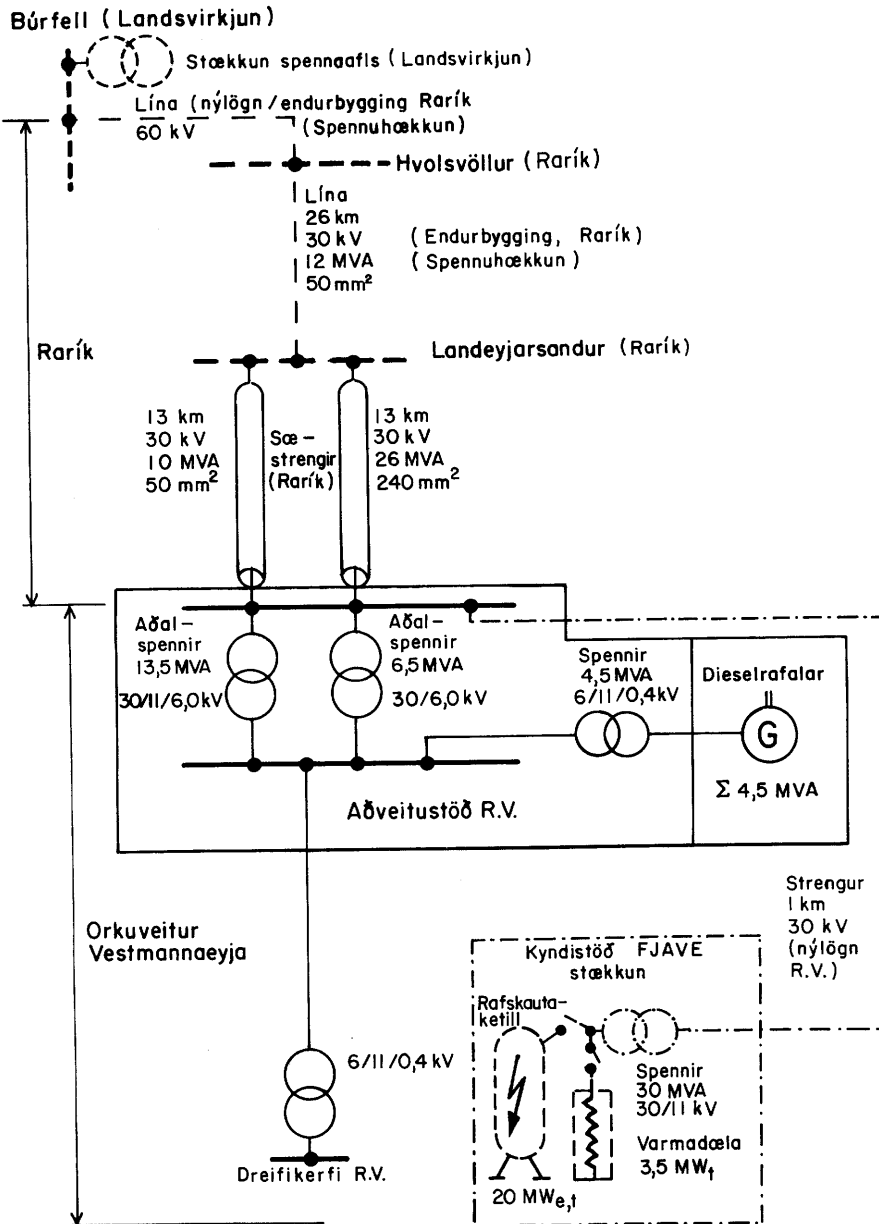
Endurbyggja þyrfti núverandi 30 kV línu frá Landeyjasandi að Hvolsvelli. Byggja þyrfti nýja línu frá Hvolsvelli að Búrfelli og hækka spennu á báðum þessum línunum með tilheyrandi breytingum í aðveitustöðvum. Auka þyrfti jafnframt spennaafli LV í Búrfelli. Áætlað er, að þessar breytingar muni kosta á núgildandi verðlagi um 250 Mkr.

Ljóst er, að þessar framkvæmdir nýttust mun víðar en aðeins fyrir raforkuflutning til Vestmannaeyja. Rekstur rafskautaketils í Vestmannaeyjum mundi hins vegar valda flýtingarkostnaði vegna framan-greindra framkvæmda. Mikilvægt er, að kannaðar verði leiðir til orkuöflunar fyrir FJAVE, sem gætu minnkað flýtingarkostnaðinn. Möguleiki ætti að vera á takmarkaðri aflúttekt í Vestmannaeyjum á næstu árum, sem ekki krefðist nema lágmarksflýtingar á áætlaðri framkvæmdaröð RARIK og LV.

JHD · SK · 8000 · WVS
87.01.0081 · EK

RAFORKUFLUTNINGSKERFIÐ

YFIRLITSMYND



- Framkvæmdir FJAVE og R.V. sem þurfa að koma til við fullan rekstur rafskautaketils, 18 MW_t
- Framkvæmdir RARÍK og L.V. sem áætlað er að þurfi að flýta, ef til kemur fullur rekstur rafskautaketils, 18 MW_t

Mynd 17. Raforkuflutningskerfið og nýjar framkvæmdir.

Samkvæmt áætlun RARIK myndi rekstur rafskautaketils í Vestmannaeyjum í hvaða mynd sem væri útheimta einhvern framkvæmdakostnað.

Í eftirfarandi töflu er niðurstaða athugunar RARIK á kostnaði við flutning á raforku frá Búrfellsvirkjun til Vestmannaeyja við mismikla aflúttekt. Flutningskostnaði raforkunnar er skipt í fjárfestingakostnað (flýtingarkostnað) og tapakostnað. Í efri hluta töflunnar eru tölur reiknuð á forgagnsorkuverði, en í neðri hluta töflunnar eru þau reiknuð á afgangsorkuverði.

Flutningskostnaður raforku frá Búrfelli til Vestmannaeyja í aukum á kWh

Ketilafli (MW _e)	5	6	7	Óskert afl
v. fjárfestinga	6	8	11	20
v. tapa (forg.verð)	15	15	15	0
Samtals	21	23	26	20
v. fjárfestinga	6	8	11	20
v. tapa (afg.verð)	1	1	1	0
Samtals	7	9	12	20

Mestu munar í kostnaðinum, hvort tölur eru reiknuð á afgangsorkuverði eða forgagnsorkuverði. Við 5 MW aflúttekt munar 0,14 kr/kWh á flutningskostnaði, eftir því hvorri reikniðferðinni er beitt. Afgangsorkuverð LV er 0,235 kr/kWh og jafngildir því framangreindur mismunur í flutningskostnaði um 60% hækkun á verði LV. Ekki verða í fljótu bragði séð nein haldbær rök fyrir því, að tölur vegna afgangsorkusölu séu reiknuð á verði forgagnsorku.

Rafskautaketill yrði væntanlega staðsettur í dælustöð FJAVE. Stækka þyrfti dælustöðina vegna hans, setja upp 30 MVA spennir og leggja um 1 km langan 30 kV háspennustreng. Áætlaður kostnaður við þá framkvæmd alla er um 15 Mkr. Áætlað er að RV beri kostnaðinn af spennir og strengjalögn, samtals um 12 Mkr, og að FJAVE láti í té húsnæði fyrir spennistöð í dælustöðinni.

Augljóst má vera, að rekstur rafskautaketils í Vestmannaeyjum verður ekki hafinn að fullu nema að undangengnum umtalsverðum framkvæmdum í raforkuflutningskerfinu, allt frá dælustöð í Vestmannaeyjum að Búrfelli.

Á það skal bent, að ávinningurinn fyrir FJAVE í orkuverði við takmarkaða aflúttekt er ekki eins mikill og í fljótu bragði mætti álykta. Minni aflúttekt lækkar flýtingarkostnaðinn, en á móti kemur hærri tapakostnaðar vegna frestunar á aðgerðum, sem leiddu af sér minni töp í raforkuflutningskerfinu. Einnig yrðu orkukaup FJAVE minni við takmarkaða aflúttekt og þar af leiðandi færri orkueiningar til að bera óhjákvæmilegan flýtingarkostnað.

3.8 Rekstrarstaða FJAVE.

Á árinu 1986 seldi FJAVE 950 þús. m³ vatns og tekjur ársins að meðtöldum fastagjöldum námu samtals 56,4 Mkr.

Hér eru dráttarvextir af útistandandi skuldum ekki reiknaðir, en áætla má, að þeir mundu nema um 2 Mkr á ári miðað við reynslu annarra veitna, þar sem innheimtir eru dráttarvextir og innheimtuaðgerðum er beitt.

Reksturskostnaður ársins nam um 59 Mkr, þar af um 33 Mkr í fjármagns-kostnað og 14,4 Mkr til viðhalds og endurnýjunar hraunvirkjunarinnar. Athuga skal að í bókhaldi FJAVE fram til 1986 var verulegur hluti kostnaðarins við hraunvirkjunina færður sem stofnkostnaður og kemur fram sem eignabreyting. Telja verður að þessi aðferð verki mildandi á hinn raunverulega kostnað, sem hraunvirkjuninni er samfara og sem vaka þarf gaumgæfilega yfir.

Miðað við að hraunvirkjunin hafi á árinu 1986 framleitt um 49 GWh, er hrár framleiðslukostnaður á orkueiningu um 0,30 kr/kWh. Þar að auki voru 2 GWh framleiddar með svartolíu á 0,61 kr/kWh (hrátt). Hlutdeild svartolíu í heildarorkuframleiðslunni hefur verið að aukast undanfarin ár og er nú 4%. Búast má við verulegri aukningu á næstu árum, ef orkuframleiðsluáferð verður ekki breytt.

Vegna storknunar hraunsins er ekki áætlað, að unnt verði að nýta varmann úr hrauninu með sæmilegu móti með núverandi vinnsluáferð og viðunandi reksturskostnaði nema út árið 1987.

Augljóst er, að til þess að tryggja farsælan rekstur FJAVE og að unnt verði að greiða niður núverandi skuldir veitunnar á viðunandi tíma, þarf FJAVE orku, sem kostar minna en 0,30 kr/kWh. Jafnvel þótt afgangorkuverð LV, sem er 0,235 kr/kWh, fengist til fulls rafskautaketilsreksturs í Vestmannaeyjum, nægir það eitt ekki til þess að skapa FJAVE viðunandi rekstrarlega fjárhagsstöðu miðað við núverandi rekstrarhorfur að öðru leyti. Leita þarf allra leiða til hagkvæmari orkuöflunar í Vestmannaeyjum, þótt þar yrði aðeins um að ræða hluta af heildarorkuþörf.

4. Forsendur um verð.

4.1 Ótrygg orka (afgangsorka) frá Landsvirkjun.

Samkvæmt áætlunum LV má búast við töluverðri afgangsorku í raforkuframleiðslukerfinu næstu 10-20 árin. Afgangsorka er seld sem ótrygg orka, sem gerir kröfur um allt að 100% varaafli. Verð á ótryggri orku LV er í dag 0,235 kr/kWh með afhendingu frá línakerfi LV sem næst notkunarstað. Miðað við núverandi fyrirkomulag yrði afgangsorka til Vestmannaeyja afhent við Búrfell. Er það síðan háð línakerfi RARIK, sem í þessu tilfalli mundi flytja orkuna á milli seljanda og kaupanda, hve hár flutningskostnaður orkunnar verður. Í tilviki Vestmannaeyja eru aðstæður mjög óhagstæðar vegna mikilla fjarlægða og tiltölulega ófullkomins línakerfis RARIK á orkuflutningsleiðinni.

Benda má á, að víða annars staðar á landinu eru aðstæður sveitarfélaga mun hagstæðari, og dæmi eru þess að sveitarfélög eigi kost á afhendingu á afgangsorku milliliðalaust við bæjarmörk. Telja verður óeðlilegt, að kostnaður af flýtingu framkvæmda RARIK vegna flutnings á afgangsorku, ef til hennar kemur, verði alfarið borinn uppi af Vestmannaeyingum, þar sem mun fleiri njóta hagræðis af framkvæmdunum.

Rafskautakatlar eru tæki, sem hugsuð eru til nýtingar á afgangsorku og eru vel þekktir víða um lönd. Hagkvæmni í rekstri þeirra er fyrst og fremst háð því afgangsorkuverði, sem býðst á hverjum tíma. Að jafnaði er það talið þjóðhagslega hagkvæmt að samnýta raforkuframleiðslukerfin og hitaveitukerfin, sem eru hlutfallslega orkufrek, því að afgangsorka í raforkuframleiðslukerfum er óhjákvæmileg, mismikil eftir aðstæðum. Færa má að því rök, að eðlilegra sé í mörgum tilvikum að nýta afgangsorkuna án þess að framleiðandinn fái gjald fyrir hana, þar sem kostnaður hans af framleiðslunni er óverulegur, en gæti aftur á móti komið í veg fyrir þjóðhagslega mjög kostnaðarsama orkuframleiðslu. Hafa þarf hugfast, að afgangsorka er ótrygg orka, sem heimilt er að rjúfa með stuttum fyrirvara um lengri eða skemmri tíma.

4.2 Orkuverð.

Í viðauka V,A-1 er sýndur umreikningur afl- og orkueininga. Gjaldskrár orkuveitna sýna gildandi verð í janúar 1987, sjá viðauka V,A-2. Þar sem ekki liggur fyrir með hvaða kjörum afgangsorka frá Landsvirkjun fengist, er afgangsorkuverðið að viðbættum flutningskostnaði kallað k_L [kr/kWh]. Til frekari glöggvunar er í hagkvæmnisathugunum allra orkugjafa reiknað sérstaklega, hvert framleiðsluverð orkueiningar verður, merkt með ~~✖~~, ef FJAVE stæði til boða afgangs-

orkuverð LV með afhendingu í Vestmannaeyjum, þ.e. 0,235 kr/kWh.

Í samanburði á hagkvæmni orkugjafa í kafla 17 myndum 44 og 45, er sérstaklega sýnt, hvaða áhrif það hefur, ef k_L breyttist frá því lægst áætlaða, 0,235 kr/kWh, til þess hæst áætlaða, 0,45 kr/kWh.

Í viðauka V,A-3 er sýndur útreikningur á hráu orkuverði frá olíukatli, kolakatli og dieselvélum, merktur með *. Með hráu orkuverði er átt við orkuverð úr hverjum brennslumiðli, þar sem tekið hefur verið tillit til nýtingar í brennslubúnaði, en ekki tekið tillit til fjármagnskostnaðar af stofnkostnaði þess búnaðar, sem til brennslunnar þarf, eða beins reksturskostnaðar í því sambandi.

Samanburður á hráu orkuverði brennslumiðla.

Gasolía	:	k_G^*	=	1,09 kr/kWh
Svartolía	:	k_O^*	=	0,61 kr/kWh
Kol	:	k_K^*	=	0,29 kr/kWh
Kolavökvi	:	k_C^*	=	0,93 kr/kWh
Dieselvélar	:	k_D^*	=	2,30 kr/kWh

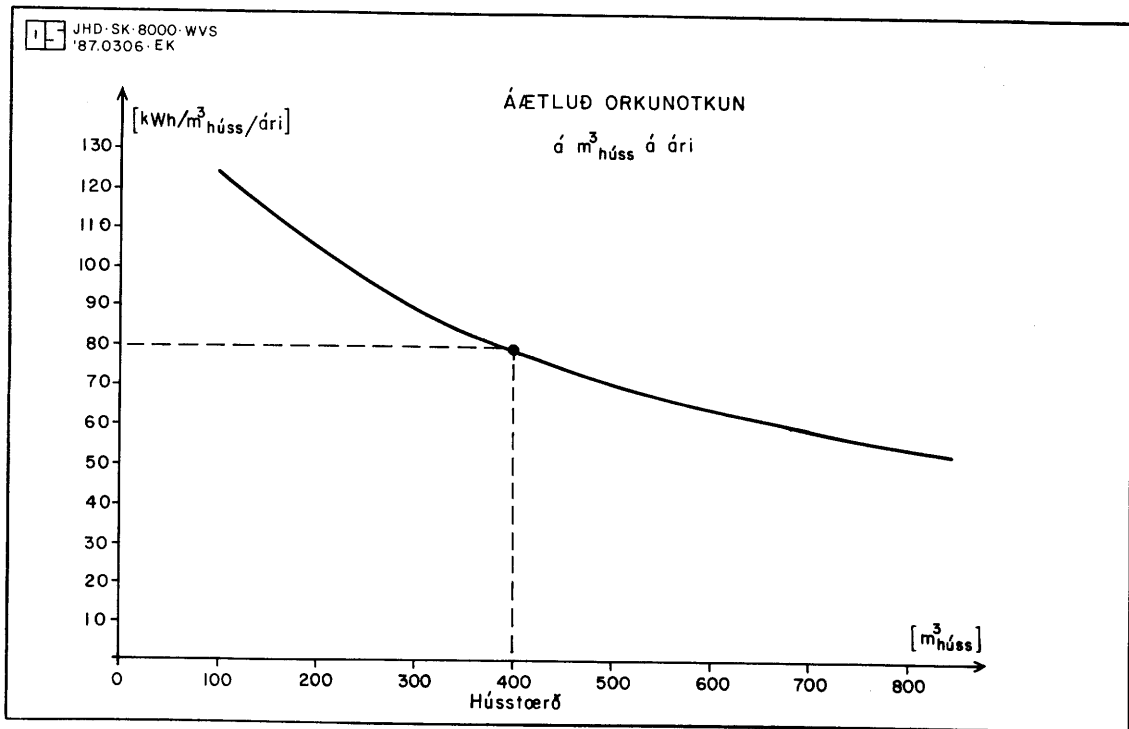
Í viðauka V,A-4 er sýndur útreikningur á upphitunarkostnaði 400 m^3 húsrýmis og meðalorkuverð miðað við þá húsnæðisstærð, fyrir upphitun með gasolíu, beinni rafhitun frá RV og hitaveitu frá FJAVE. Athuga skal, að bæjarsjóður Vestmannaeyja greiðir 4,40 kr/ m^3 til FJAVE fyrir hvern seldan rúmmetra, áætlun B.

Samanburður á núverandi meðalorkuverði til upphitunar húsa í Vestmannaeyjum, miðað við 400 m^3 húsrými.

Gasolía	:	k_G	=	1,18 kr/kWh	100%
FJAVE,A	:	$k_{FJAVE,A}$	=	1,37 kr/kWh	116%
FJAVE,B	:	$k_{FJAVE,B}$	=	1,46 kr/kWh	124%
Rafmagn	:	k_{RV}	=	1,08 kr/kWh	91%

Í viðauka V,A-5 er sýndur útreikningur á varma og varmaafli miðað við 40°C hitafall í ofnkerfum. 1 m³ vatns inniheldur 46,4 kWh orku og 1 l/mín jafngildir 2,8 kW_t varmaafli.

Áætlað er að 80 kWh_t þurfi til upphitunar hvers rúmmetra í húsrými á ári miðað við 400 m³ hússtærð. Er hér um meðalnotkun að ræða. Stærri húsrými þarf hlutfallslega minni orku og minna húsrými hlutfallslega meiri orku. Á mynd 18 er sýnt hvernig áætla má, að orkuþörf breytist með hússtærð. Ferillinn byggir á reynslutölum hér á landi.



Mynd 18. Áætluð orkunotkun til húshitunar á ári miðað við hússtærð.

4.3 Stofnkostnaður búnaðar til orkuframleiðslu.

Í þeim hagkvæmnisathugunum sem hér verða gerðar, er miðað við verðlag í janúar 1987.

Öll verð á búnaði s.s. rafskautakatli, kolakatli, olíukatli, sorp-brennsluveri, varmadælum, varmaskiptum, dælubúnaði o.fl. eru byggð á verðkönnunum eða tilboðum frá innflytjendum og framleiðendum.

Þar sem um stofnkostnað er að ræða á búnaði til orkuframleiðslu, er gert ráð fyrir að aðflutningsgjöld verði felld niður. Jafnframt að ekki verði greiddur söluskattur af framleiðslu varmaskipta og rafskautaketils sem fram færi hérlendis.

Afskriftatími búnaðar er áætlaður mislangur, háður reynslu af rekstri viðkomandi búnaðar og þeim aðstæðum, sem honum er ætlað að vinna undir. Áætlað er, að stofnkostnaður sé fjármagnaður með lánum með jöfnum árgreiðslum (annuitetlánum), sem greiðast á afskriftatíma búnaðarins. Reiknivextir eru settir 6%.

$$\text{Árgreiðslustuðull fjármagns} = \frac{i \times (1 + i)^t}{(1 + i)^t - 1}$$

i: vextir (vaxtaþrósenta/100).

t: afskriftatími í árum.

Áætlað, er að afgangsorka frá LV verði keypt til reksturs rafskautaketils, varmadælna og sjávardælu. Að öðru leyti verði um að ræða raforku keypta af RV. Skýringar á hagkvæmnisútreikningum eru gefnar í kafla 4.4.

4.4 Skýringar á hagkvæmnisútreikningum.

Í þeirri athugun, sem hér er gerð, verður hver orkugjafi ræddur í sérstökum kafla. Rakið er í stuttu máli, hvernig orkugjafinn vinnur, á hvaða forsendum útreikningar eru gerðir og sýnd dæmi um þá. Í lokin er gerður samanburður á hagkvæmni orkugjafanna og hann sýndur á mynd 44 í kafla 17. Grundvallandi útreikningar og ýmsar forsendur eru hins vegar í viðauka og til þeirra vísað í texta skýrslunnar eftir aðstæðum.

Til glöggvunar eru smækkaðar myndir fylgjandi flestum köflum. Þar sem myndirnar eru að jafnaði tengdar textanum beint, var valið að setja þær inn í sjálfa kaflana, sem næst tilheyrandi texta. Á Orkustofnun er hægt að nálgast allar myndir skýrslunnar í fullri stærð.

Orkuverð frá LV er táknað sem breytistærð sem k_l [kr/kWh]. Kaup FJAVE á afgangsorðu yrðu væntanlega bundin í sérþamningi á milli FJAVE, RARIK og LV.

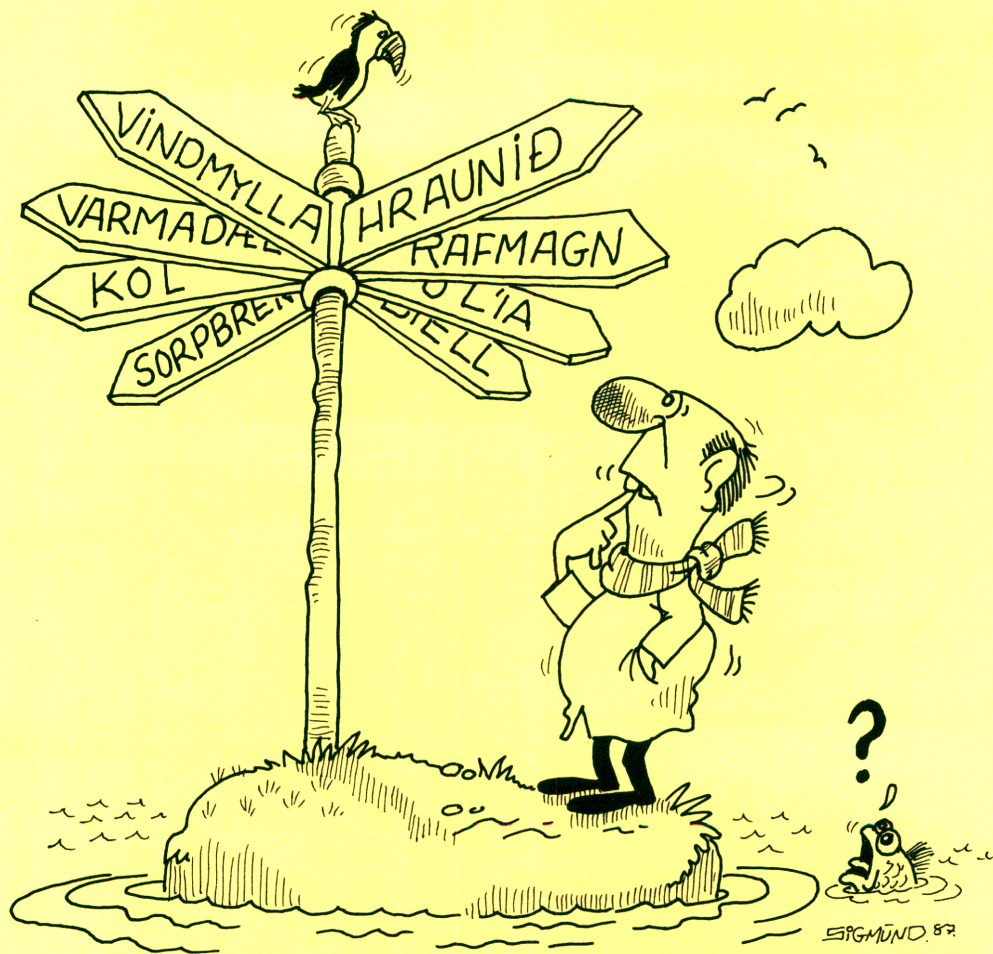
Nánast öll verð, sem notuð eru í hagkvæmnisútreikningunum, byggjast á beinum tilboðum innflytjenda og framleiðenda. Vegna þess skamma tíma, sem gefinn var til þessarar athugunar, má ljóst vera, að ekki reyndist unnt að sníða útboðslýsingar eins nákvæmlega og æskilegt væri. Öll útreiknuð orkuverð eru því með nokkurri óvissu, en ættu þó að gefa nokkuð glögga hlutfallslega mynd. Efni þessarar skýrslu má ekki nota sem endanlega skilgreiningu kerfisþátta, heldur aðeins til leiðbeiningar um val orkuöflunarleiða, sem síðan krefjast nákvæmari úttektar og hönnunar.

Vakin er athygli á, að ýmsar orkuöflunarleiðir, sem athugaðar verða og virðast vera hagkvæmar, duga aðeins takmarkaðan tíma og anna aðeins hluta þeirra orku, sem FJAVE þarfnast. Í slíkum tilvikum yrði um samrekstur fleiri orkugjafa að ræða með ákveðið meðalframleiðsluverð.

Í upphafi skýrslunnar hefur verið fjallað um ýmsa rekstrarþætti FJAVE, sem ekki snerta orkuöflunina beint. Er þetta gert til að reyna að auka skilning lesenda á almennri stöðu fyrirtækisins og þeim leiðum til breytts og bætts reksturs, sem taldar eru íhugunar virði.

Hagkvæmnisútreikningar grundvallast á aðstæðum FJAVE. Búnaður ýmskonar sem fyrir hendi er í dag, er ekki talinn með í stofnkostnaði varðandi viðkomandi orkugjafa. Jafnframt er í rekstrarliðum tekið tillit til þess, að fyrir hendi er starfsfólk, sem nýtast mundi við rekstur hinna ýmsu orkugjafa.

B. LEIÐIR TIL ORKUFRAMLEIÐSLU



5. Hraunhiti.

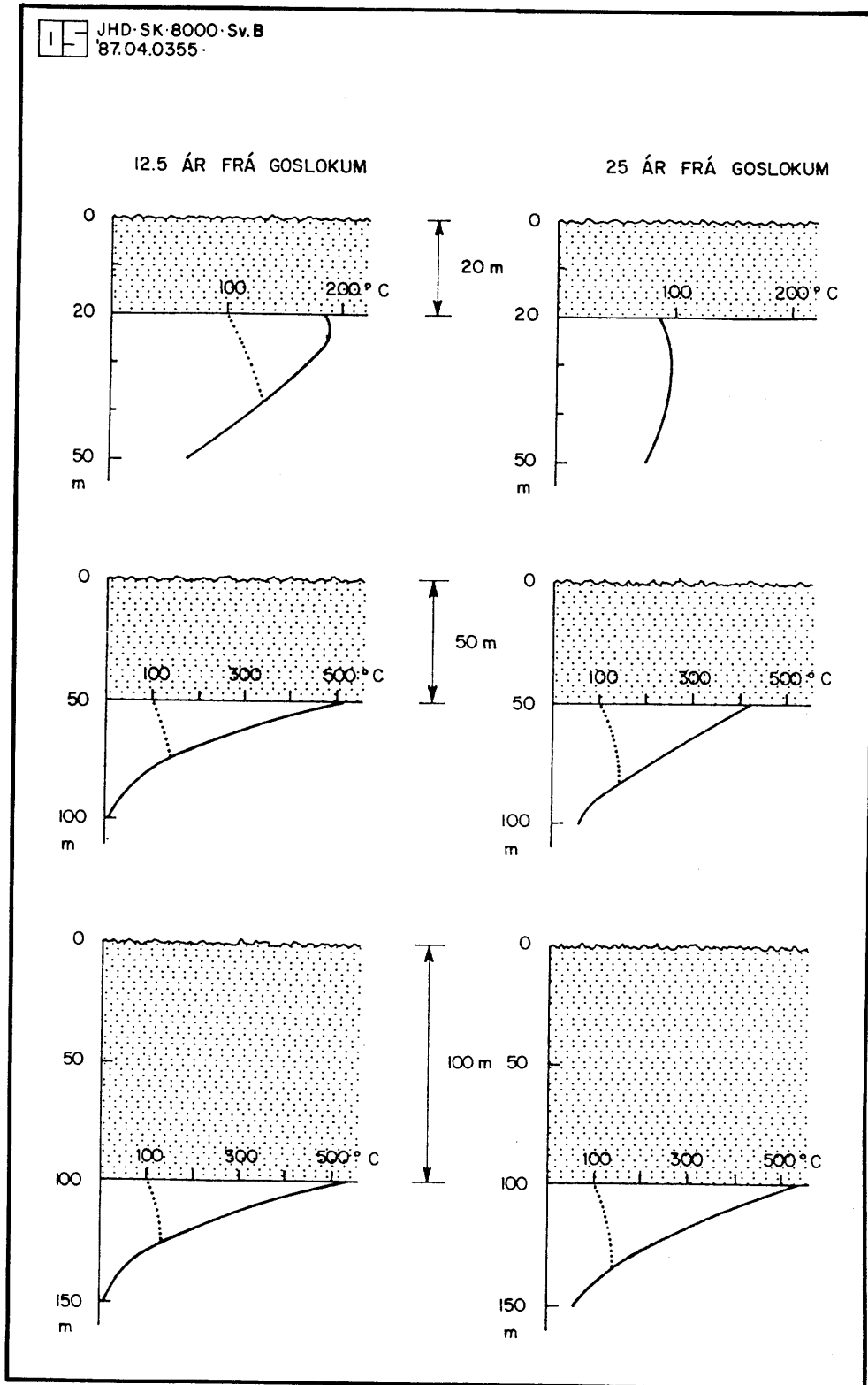
5.1 Hitaástand hrauns.

Eldfellshraunið er víða svo þykkt, að það mun haldast heitt í áratugi. Eftir eitt til tvö ár verður það hins vegar nær alls staðar fullstorkið. Framleiðsla gufu með vökvun verður þá erfiðari vegna þess að vökvunarvatnið hripar í gegn án þess að gufa upp að fullu. Sú gufa, sem næst í brunna, verður blönduð lofti og hiti hennar fer lækkanði með tíma. Efri hluti hraunsins verður fylltur gufu og lofti við 60-100°C, en rétt neðan við miðja þykkt hraunsins, þar sem bergið er nýstorknað, er hiti nú um 1000°C og verður víða yfir 500°C í ein 10-20 ár enn, sjá myndir 19-23. Þar sem botninn liggur ofan grunnvatnsborðs, sem er við sjávarmál, er hann að líkindum þurr og um 500°C heitur. Neðan sjávarmáls leitar vatn inneftir sprungum og kælir veggi þeirra, en inni í ósprungnum hluta bergsins helst hár hiti um langan tíma. Nokkur óvissa ríkir um hita vatnsins í sprungunum. Ef lítið rennsli er á vatninu, hitnar það að suðumarki. Sé rennslið hinsvegar greitt nær varmaleiðing frá ósprungna heita berginu ekki að hita vatnið nema að litlu leyti. Líklegt er þó, að vatnið sé víðast hvar nærri 100°C.

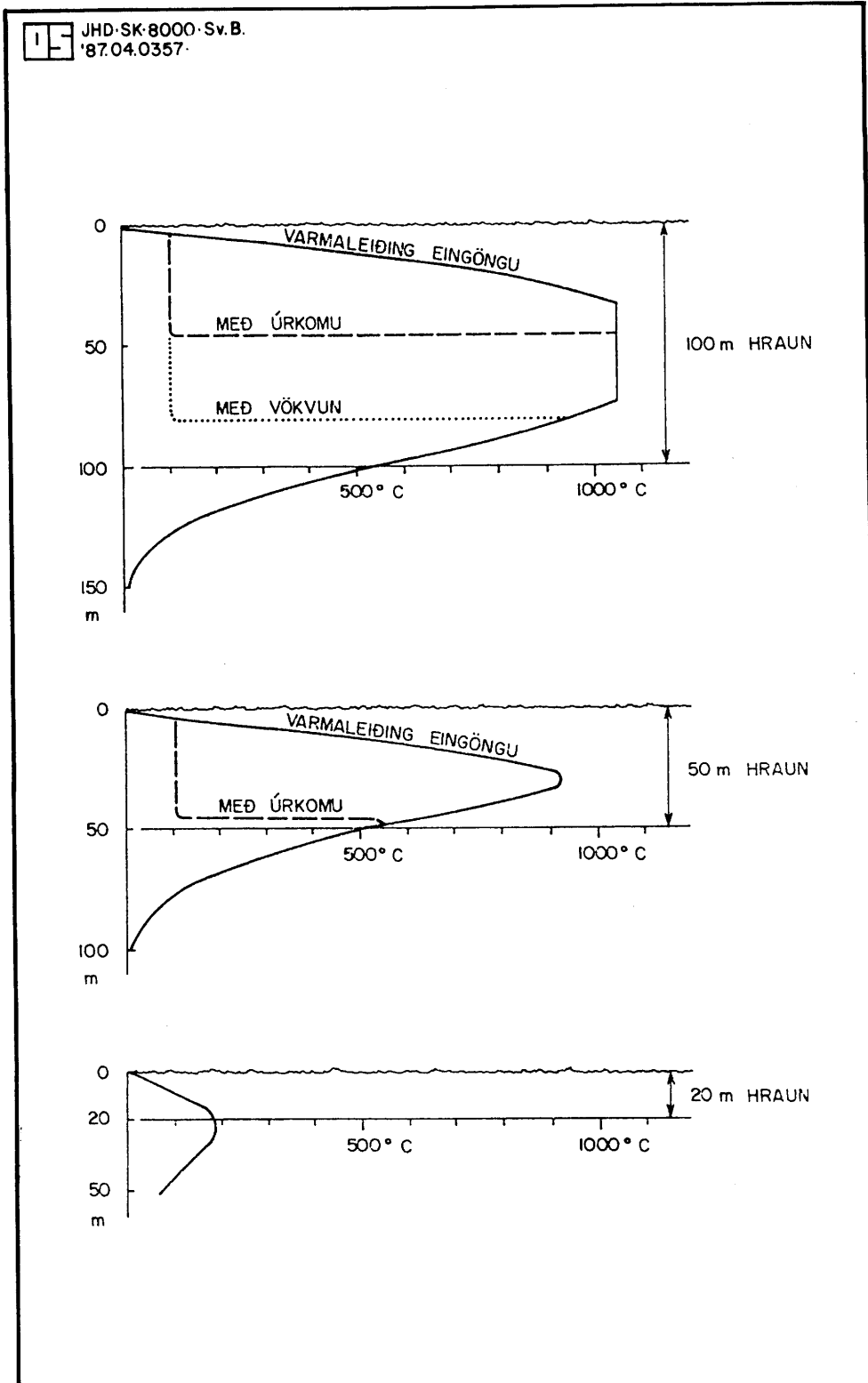
Hraunbunkinn tapar varma niður um botninn með varmaleiðingu og berg þar hitnar með tíma. Undir hrauni, sem er um 50 m á þykkt eða þykkara, ættu um 30 m bergsins næst botninum að hafa hitnað svo, að þar sé nú vatn við suðumark á 100-130°C hita. Heitt vatn, sem stendur þannig í hrauninu og berginu undir því, er varmanáma, sem hagkvæmt yrði að virkja með dælingu upp um borholur, sbr. kafla 6.2. Óvissa er þó um stærð þessarar námu og endingu hennar. Hraun, og berg undir því, með vatni á suðumarki gætu verið að meðaltali um 50 m á þykkt og um 1 km² að flatarmáli. Holrými er varlega áætlað 5%. Samkvæmt því gæti vatnsfordinn verið $2,5 \times 10^6$ m³, eða álíka að magni og það vatn, sem þyrfti til hitunar bæjarins í 3 ár. Áður en þessi forði næðist allur, færi þó að dragast inn kaldara vatn eftir sprungum. Því verður að gæta hófs í dælingu og dreifa henni á nokkra staði. Kalt vatn eða sjór, sem streyma að borholum, hitna að vísu á leið sinni um hraunið, en hitnunin er undir snertingu við heita sprungufleti komin. Ef vatnið dregst inn um fáar víðar sprungur, verður hitnunin lítil. Að þremur árum liðnum mætti því búast við kólnandi vatni og annar orku-gjafi yrði að koma til viðbótar til að ná nægilegum hita og varmaafli í kuldatíð. Meðan vatnið er heitara en 40°C yrði varminn úr því nýttur í varmaskiptum, en einnig kemur vel til greina að nýta varma allt niður í 15°C með aðstoð varmadælna. Þegar svo er komið, gæti einnig orðið hagkvæmt að virkja volgar uppsprettur, sem koma fram í fjöruborði við Skansinn. Þar virðist hiti um 24°C og rennsli a.m.k.

30 l/s af vatni, sem blandað er sjó að þriðjungi. Enn mætti nefna, að sjór við Eyjar er að meðaltali um 8°C heitur. Varmadælur gætu nýtt sér hann til uppgufunar á vinnuvökva með kælingu á sjó niður í 4°C. Ekki þarf að efast um endingu á hitagjafanum í því tilviki en dæla þyrfti miklu magni til að ná nægilegum varma, þar sem hitastigið er svo lágt.

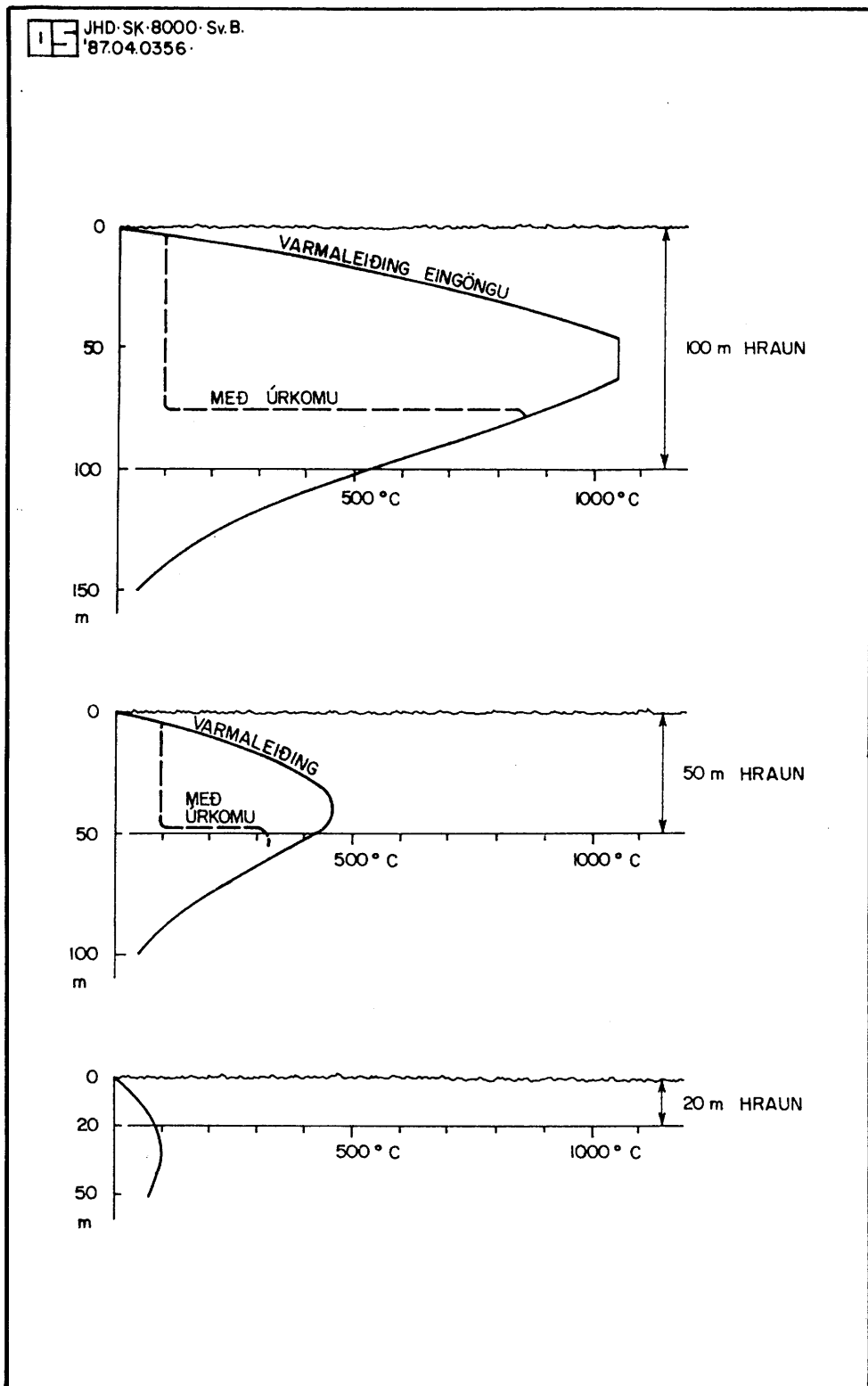
Mikill varmaforði er í Eldfellinu og rótum þess en hann er ekki eins aðgengilegur og varminn í hrauninu, svo lengi sem hann endist. Um Eldfellið er nánar fjallað í kafla 19.



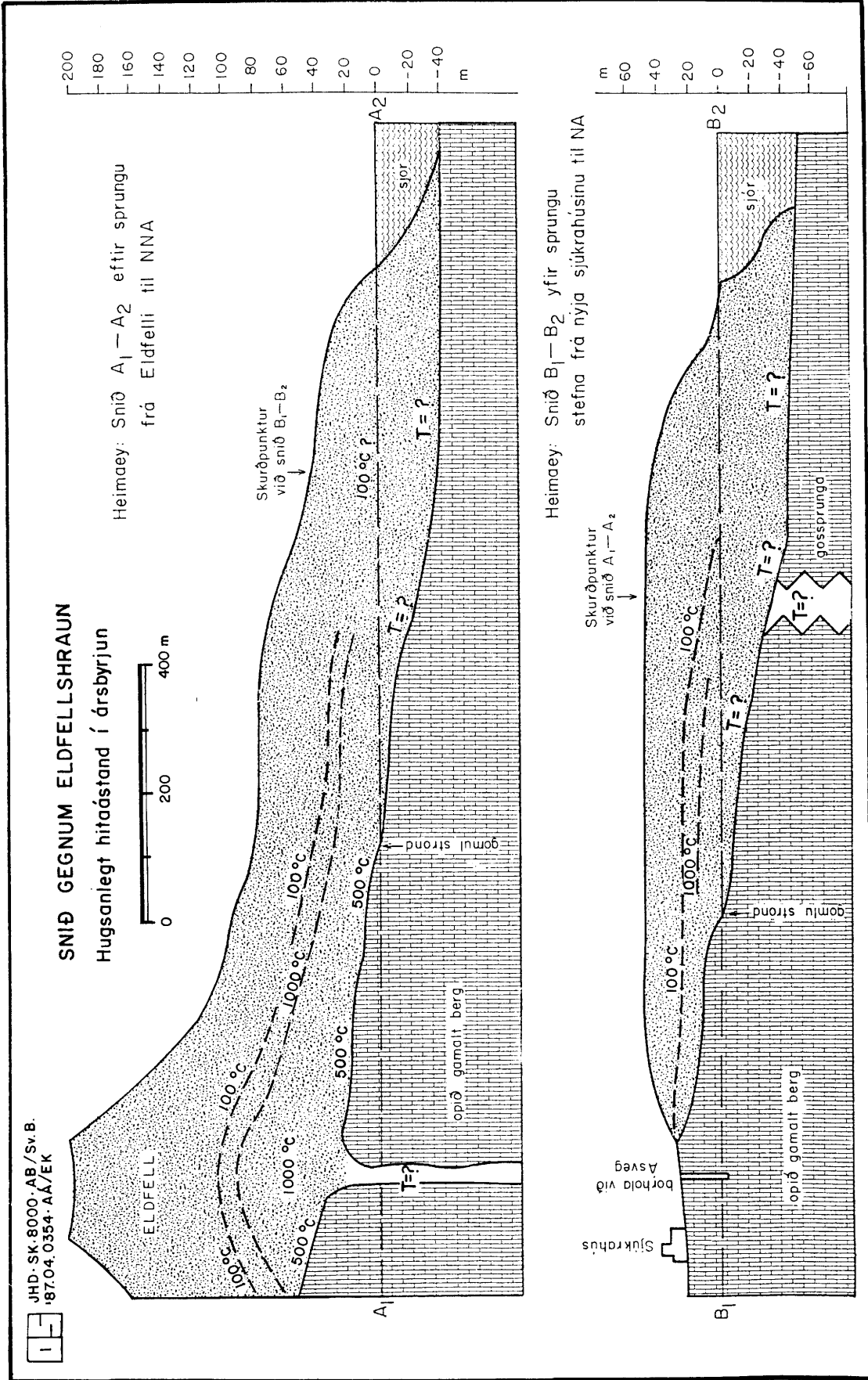
Mynd 19. Heildregnir ferlar sýna hita í þurru bergi undir hrauni 12,5 og 25 ár frá goslokum. Eingöngu er reiknað með varmaleiðingu. Hraunið er talið hálfbráðið við 1050°C og þykkt þess 20, 50 eða 100 m. Punktaferlar sýna suðumarksferla í vatnsmettuðu bergi undir hrauni, ef vatnsborð er við botn hraunsins.



Mynd 20. Hiti í hrauni og undir því í ársbyrjun 1986, um 12,5 árum eftir goslok. Heildreginn ferill táknað kólnun með varmaleiðingu eingöngu, slitinn ferill varmaleiðingu ásamt uppgufun úrkomu og punktaferill varmaleiðingu ásamt uppgufun úrkomu og vökvunarvatns. Hraunið reiknast hálfbráðið við 1050°C og þykkt þess 100, 50 eða 20 m. Hiti við yfirborð er fastur, 5°C. Berg undir hrauninu er þurr.



Mynd 21. Hiti í hrauni og undir því árið 1998, um 25 árum eftir goslok. Heildreginn ferill táknar kólnun með varmaleiðingu eingöngu, slitinn ferill varmaleiðingu ásamt uppgufun úrkomu. Hraunið reiknast hálfbráðið við 1050°C og þykkt þess 100, 50 eða 20 m. Hiti við yfirborð er fastur, 5°C. Berg undir hrauninu er þurrt.

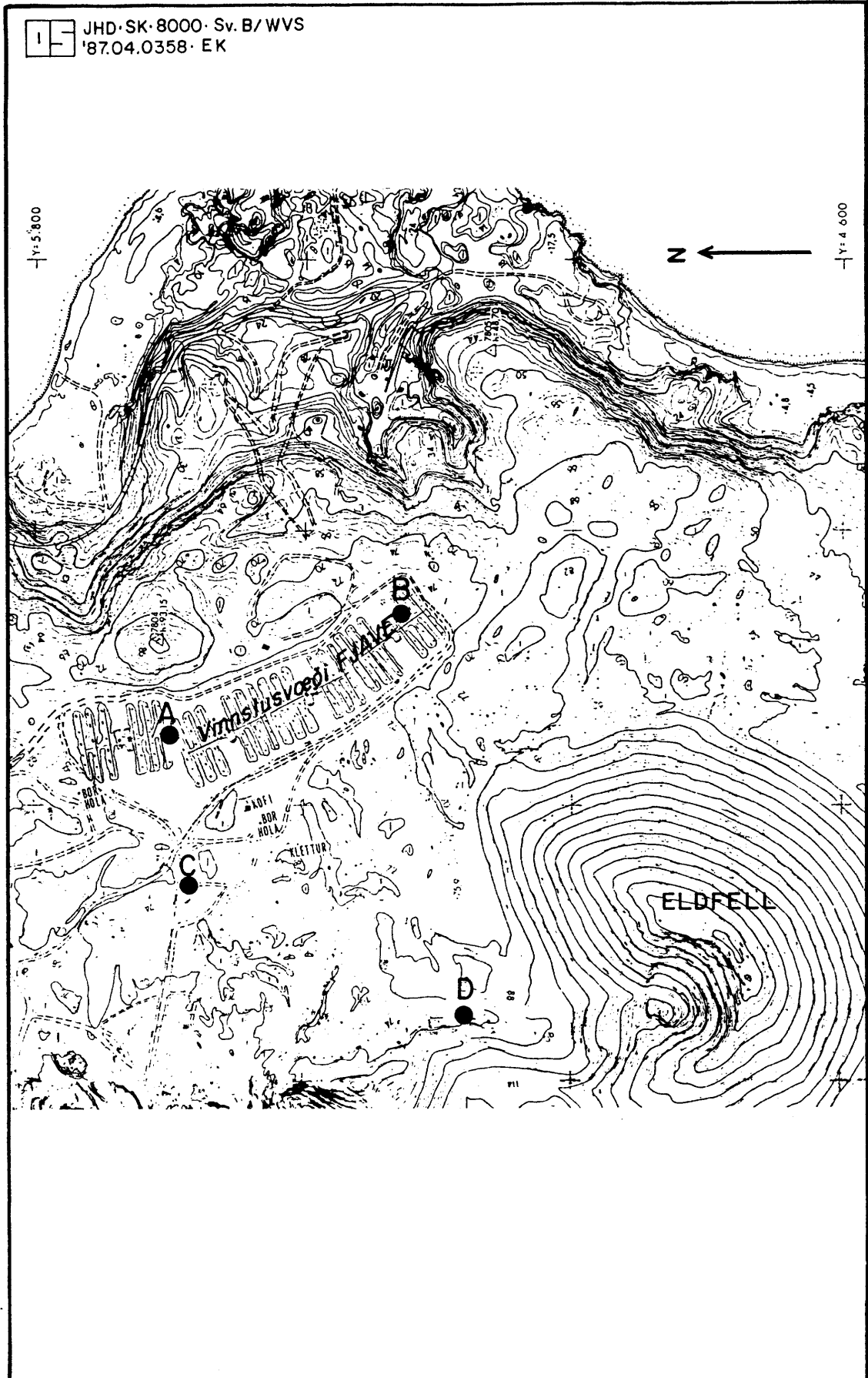


JHD · SK · 8000 · AB / Sv.B.
 '87.04.0354 · AA/EK

SNÍÐ GEGNUM ELDFELLSHRAUN

Hugsanlegt hitaástand í ársbyrjun

Mynd 22. Hugsanlegt hitaástand í Eldfellshrauni í ársbyrjun 1987.



Mynd 23. Afstöðukort vinnslusvæðis FJAVE. Hugmyndir að staðsetningu borhola A-D í Eldfellshrauni.

6. Varmaskiptar á hrauni.

6.1 Vökvun hrauns og söfnun gufu.

6.1.1 Lýsing.

Vatni er veitt á yfirborð hraunsins í námunda við þar til gerða gufubrunna (vökvun). Vatnið sígur niður í hraunið, sem getur verið allt að 1000°C heitt, það sýður og verður að gufu, sem á greiða leið í gegnum gufubrunnana, þaðan eftir gufusafnpípum yfir í varmaskipta, þar sem gufan þéttist með snertingu við rör, sem flytja vatn dreifikerfis veitunnar.

Þegar vatnsdropi hitnar og sýður, tekur hann til sín varma. Í þessu tilfelli kemur varminn úr hrauninu, sem við það kólnar og springur vegna samdráttar hraunsins við kólnunina. Vegna þessarar sprungumyndunar á næsti dropi greiða leið dýpra niður í hraunið, þar sem hann sýður og sama sagan endurtekur sig. Má því segja, að með vökvun hraunsins á sama stað sé vatnið að bora sig niður í gegnum hraunið. Þegar vökvunarvatnið hefur náð að bora sig og kæla hraunið það langt niður, að meginhluti vökvunarvatnsins sígur niður úr hrauninu án þess að breytast í gufu, er sagt að komið sé gat á hraunið. Þegar gat er komið á hraunið, þarf að færa gufuvinnslusvæðið á nýjan stað.

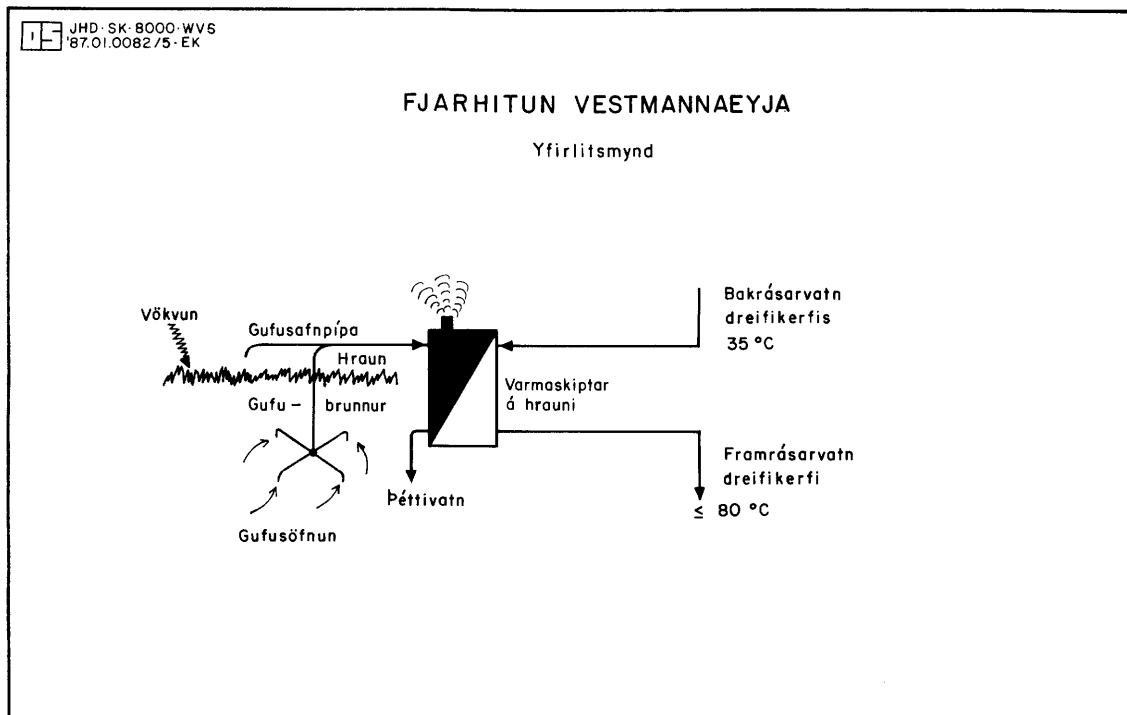
Í upphafi hraunnýtingarinnar var bráðið lag í hrauninu svo þykkt að vinnslusvæðin entust í allt að fjögur ár. Vegna storknunar hraunsins þarf flutningur vinnslusvæðanna núorðið að fara fram á hverju ári og styttist stöðugt tíminn á milli flutninganna.

Virkjunarsvæðin eru fjögur talsins. Í hverju þeirra eru níu gufubrunnar og sex varmaskiptasamstæður. Samanlagt hafa þau geta gefið allt að 20 MW_t varmaafli og spanna sex hektara lands.

6.1.2 Forsendur.

Fram til þessa hefur vökvun og gufuvinnsla svæðanna miðast við fulla aflþörf FJAVE og að hiti vatns frá varmaskiptunum á hrauninu verði allt að 80°C, sjá mynd 24.

Núverandi varmaskiptabúnaður á hrauninu mun í nokkurn tíma geta annað hluta af aflþörf FJAVE, en sú geta fer minnkandi með árunum. Kæmi minnkandi afl fram sem lækandi hiti vatns frá varmaskiptunum vegna



Mynd 24. Söfnun gufu á hrauni.

minnkandi gufu og lækkandi gufuhita vegna aukins hlutfalls lofts í gufublöndunni. Áætlað er, að núverandi varmaskiptar geti gefið allt að 10 MW_t varmaafli, og að hiti vatns frá þeim haldist yfir 60°C í nokkur ár ennþá með áframhaldandi vökvun hraunsins. Öllu dreifikerfisvatni FJAVE er dælt uppá hraun í gegnum varmaskiptana. Þegar ekki er lengur gerð krafa um 80°C hita eða meira afl en 10 MW_t , þarf síður að færa vinnsluna milli reita og tilkostnaður verður því lægri en ella.

Þegar kostnaður við vökvun og framleiðslu gufu heitari en 60°C þykir ekki lengur viðunandi, er gert ráð fyrir að vökvun verði að mestu hætt en áfram yrði gufa söguð upp úr hrauninu inn í brunna til að hita 15°C vatn frá varmadælum í dælustöð FJAVE upp í 40°C . Mjög erfitt er að áætla, hve lengi mætti nýta hraunið á þennan máta, en miðað við grunnafliþörf er gert ráð fyrir lengri tíma en 15 árum. Rennsli 25 l/s , sem hitnaði úr 15°C í 40°C við þéttingu gufu í varmaskiptum á hrauni, mundi duga til reksturs varmadælu, sem annaði grunnafliþörf FJAVE, $3,5 \text{ MW}_t$, sjá mynd 29.

6.1.3 Hagkvæmni.

Hrár framleiðslukostnaður hveurrar orkueiningar frá hraunvirkjun með vökvun og söfnun gufu nam árið 1986 um $0,30 \text{ kr/kWh}$, og búast má við, að hann fari vaxandi, ef vinnslan miðast við að ná a.m.k. 80°C hita og

öllu afli, sem bærinn þarfnast. Með hráu orkuverði er átt við bein rekstrarútgjöld við varmavinnsluna án fjármagnskostnaðar. Kostnaður við gufusöfnun og þéttingu gufu til hitunar á dreifikerfisvatni í allt að 60°C er metinn í kafla 16.4 í samrekstri við dælingu úr hrauni.

Ef vökvun yrði hætt og einungis stefnt að hitun vatns úr 15°C í 40°C, er ekki hægt að tala um sjálfstæða hagkvæmni við orkuvinnsluna heldur í tengslum við varmadælur, sjá kafla 7.3.

6.2 Dæling úr hrauni

6.2.1. Lýsing og forsendur.

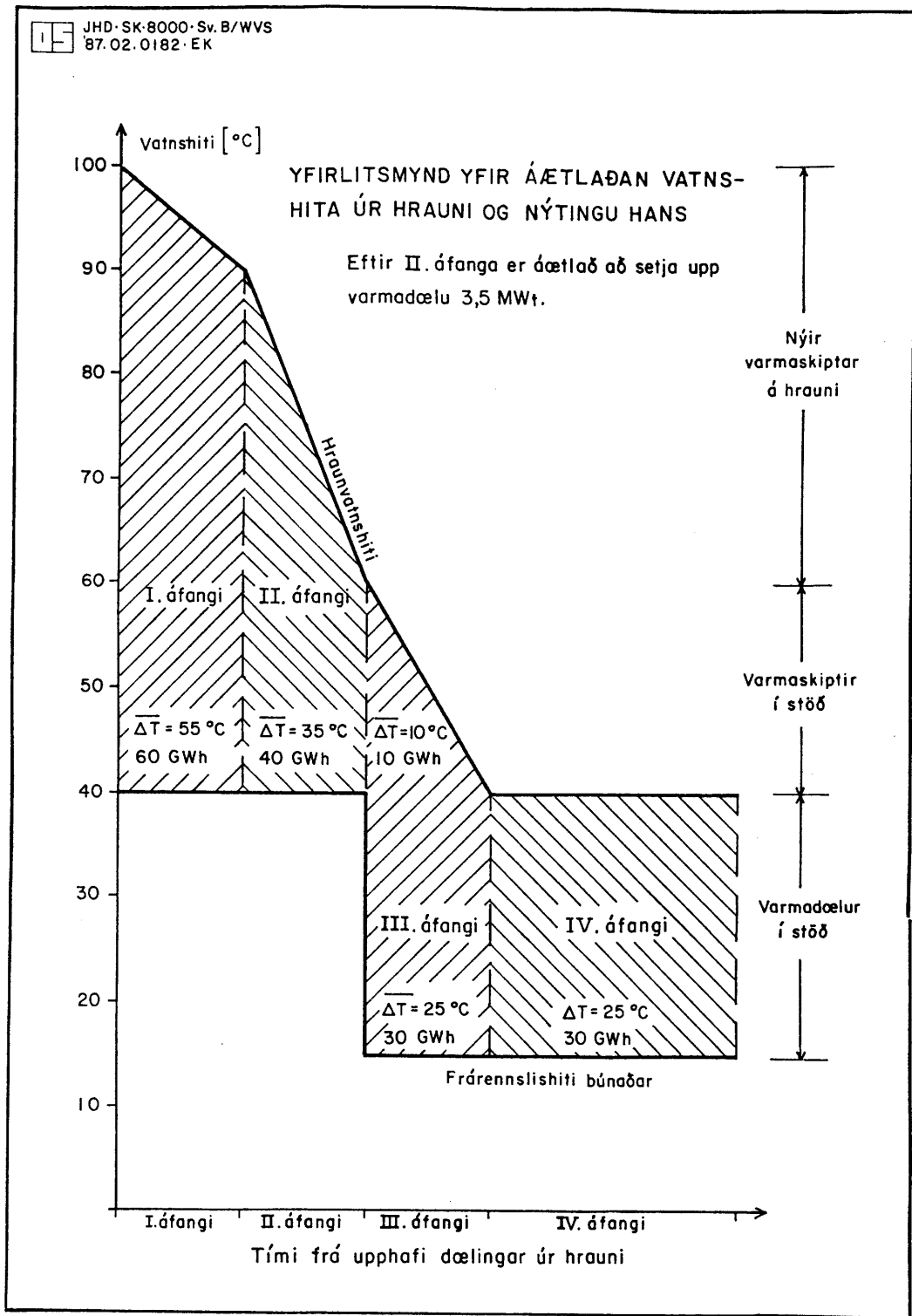
Áætlað er, að í sprungum hraunsins og undir botni þess, neðan sjávarborðs, liggi heitt vatn allt að 100°C heitt. Með borun niður í gegnum hraunið og dælingu úr borholu er áætlað, að hægt sé að ná töluverðu magni af heitri sjóblöndu. Fyrst í stað yrði vatnið allt að 100°C heitt en kólnaði með tímanum, háð því hve miklu yrði dælt. Meðan vatnið héldist yfir 60°C heitt, er áætlað að vinna úr því varma uppi á hrauni með nýjum varmaskiptum. Öllu kerfisvatni FJAVE yrði því dælt upp á hraun eins og nú er, en gegnum nýja og þar til gerða varmaskipta. Í varmaskiptunum yrði borholuvatnið kælt niður í 40°C og það látið renna yfir hraunið aftur. Á þann hátt mætti lengja þann tíma, sem hraunið gæfi yfir 60°C heitt vatn með dælingu. Áætlað er, að bora þurfi allt að 3 holur niður í gegnum hraunið, sem er um 100 m þykkt að jafnaði. Núverandi virkjunarsvæði er í 70 m hæð yfir sjávarmáli.

Þegar hiti vatns úr borholu hefur fallið niður í 60°C, er áætlað að flytja varmaskiptana niður í dælustöð, þar sem sett yrði upp 3,5 MW_t varmadæla, sem nýtti 40°C heita vatnið frá varmaskiptunum niður í a.m.k. 15°C. Þegar hiti vatns upp úr borholu hefur fallið niður í 40°C, yrðu varmaskiptar í dælustöð aftengdir og vatnið notað beint inn á uppgufarahlið varmadælu. Eftir kælingu færi vatnið ekki aftur upp á hraun heldur yrði því veitt til sjávar.

Mjög erfitt er að segja með vissu, hve vatnsgæfni hraunsins er mikil og hvernig hiti vatns breyttist með aukinni dælingu. Prófanir yrðu að fara fram í nokkurn tíma eftir borun.

Á mynd 25 er sýnd áætlun um lækun hita vatns úr borholu miðað við tíma frá því dæling hefst og ákveðna orkutöku úr hrauninu. Eftir I. áfanga er áætlað, að hraunhitinn einn sér standi aðeins undir 40 GWh orkuframleiðslu af 60 GWh ársþörf. Eftir II. áfanga er áætlað, að til komi varmadæla sem annað gæti grunnþörf FJAVE, 30 GWh á ári.

Áætlað er, að hver áfangi vari í um 3 ár (2-5 ár). Ekki er ósennilegt, að eftir því sem hraunvatnshiti fellur vari hver áfangi lengur. Áætlað er, að dæling úr hrauni verði ekki aukin þótt hraunvatnshiti lækki.

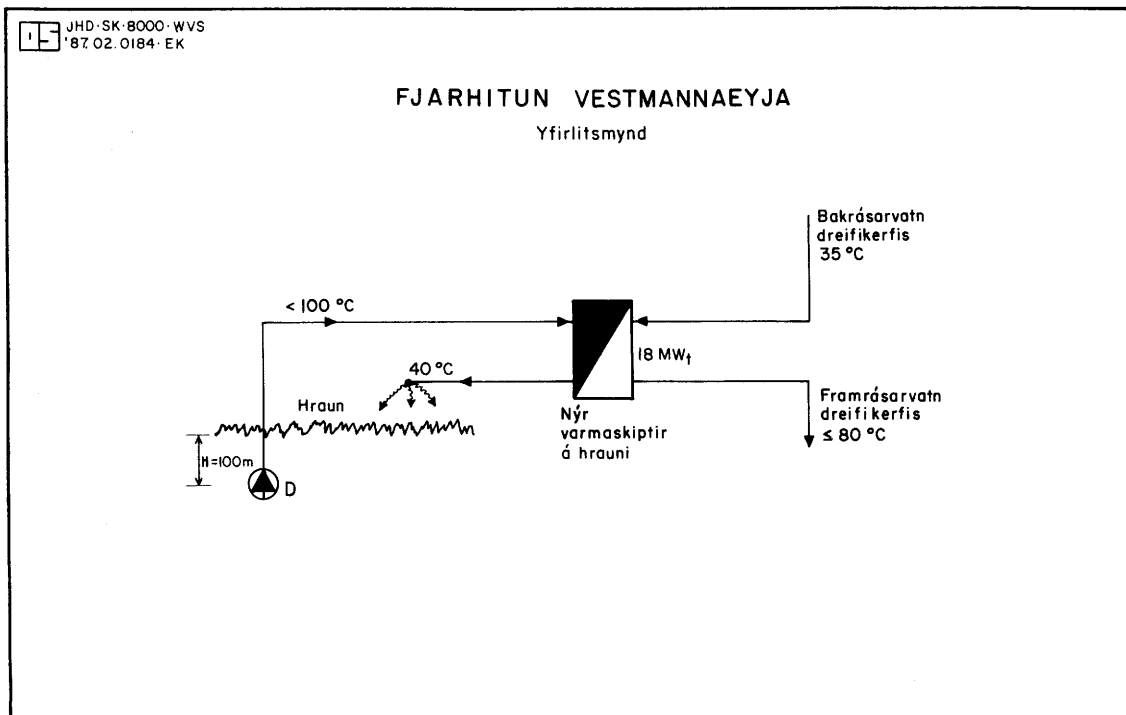


Mynd 25. Áætlaður vatnshiti úr hrauni og nýtingu hans.

6.2.2 Hagkvæmni.

Hér er lýst hagkvæmni I. og II. áfanga, samanber mynd 25. III. og IV. áfangi eru í tengslum við varmadælu og þeim lýst í kafla 7.4 - 7.5.

I. áfangi: Endingartími 2-5 ár. Áætluð orkuframleiðsla 60 GWh, mynd 26.



Mynd 26. Dæling úr hrauni, I. áfangi.

Stofnkostnaður.

	þús.kr
3 stk borholur á þús.kr 1.000	3.000
Dælubúnaður og skúr	2.500
Rafbúnaður o.fl.	1.500
Varmaskiptar, uppkomnir	5.000
Samtals	12.000

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Dælingarkostnaður	1.800
Viðhald og umsjón	1.700
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 6 ár á þús.kr 5.000	1.000
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 7.000	700

Samtals	<u>5.200</u>

Orkuverð hraundælingar, I. áfangi.

$$\underline{k_{HD,I}} = \frac{5.200.000 \text{ kr/ári}}{60.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{0,09 \text{ kr/kWh}} \text{ (mynd 44)}$$

II. áfangi: Endingartími 2-5 ár. Áætluð orkuframleiðsla 40 GWh, mynd 26.

Stofnkostnaður.

	þús.kr
Sjá I. áfanga.	12.000

Samtals	<u>12.000</u>

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Sjá I. áfanga	5.200

Samtals	<u>5.200</u>

Orkuverð hraundælingar, II. áfangi.

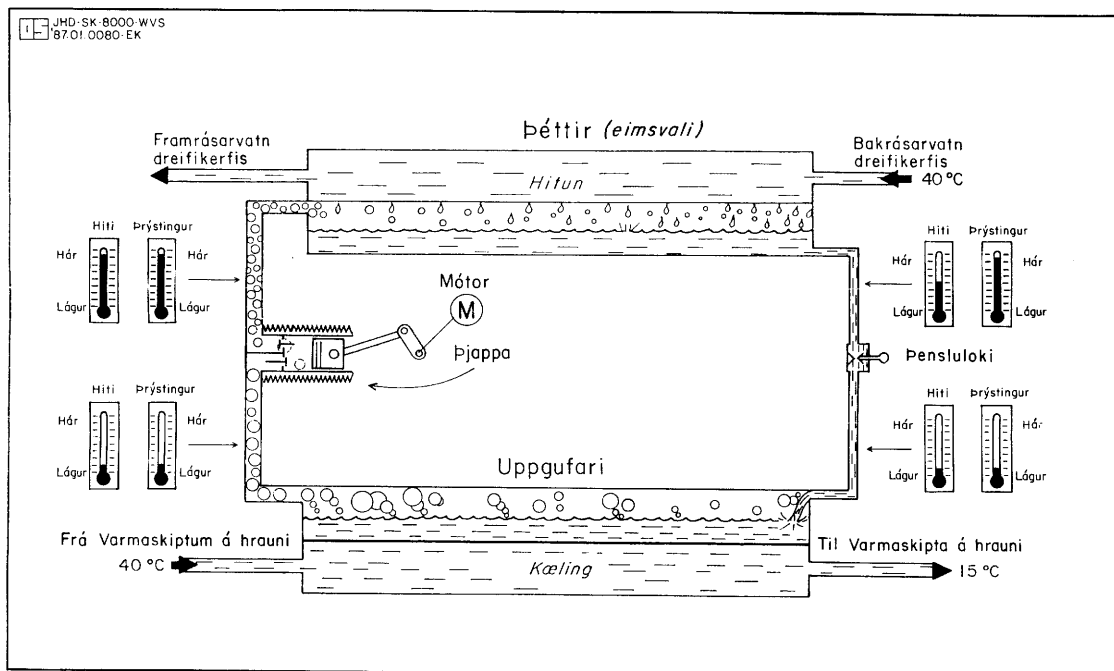
$$\underline{k_{HD,II}} = \frac{5.200.000 \text{ kr/ári}}{40.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{0,13 \text{ kr/kWh}} \text{ (mynd 44)}$$

7. Varmadæla.

7.1 Lýsing.

Varmadæla er tæki sem getur flutt varma úr einu efni yfir í annað, t.d. úr volgu lofti eða vatni, sem þá kólnar, yfir í volgt loft eða vatn sem þá hitnar. Varmaflutningurinn á sér stað í lokaðri hringrás, sem oft er fyllt með Freon, sem kallast kælimiðillinn (vinnuvökvi). Varmadæla er samsett tæki. Helstu hlutar þess eru uppgufari, þéttir, þrýstidæla (pressa), rafmótor og lokað hringrás kælimiðilsins ásamt pensluloka, mynd 27.

Kælimiðillinn gufar upp í uppgufaranum og dregur við það til sín varma úr nánasta umhverfi sínu, t.d. volgu vatni. Rafmótorinn snýr þrýstidælu, sem þjappar kælimiðilsgufunni saman. Í þéttinum þéttist kælimiðilsgufan og verður aftur að vökva o.s.frv. Við að þéttast losar kælimiðillinn sig aftur við það varmamagn, sem hann tók til sín við uppgufunina og skilar því til nánasta umhverfis, sem t.d. gæti verið volgt vatn. Orkan, sem varmadælan skilar, er sá varmi, sem kælimiðillinn dregur til sín við uppgufunina að viðbætti þeirri raforku, sem nýtist við að snúa þrýstidælu. Cop-stuðull (coefficient of performance) er hlutfall þess varma, sem dælan skilar út og þeirrar raforku, sem þarf inn á þjöppuna. Algengur Cop-stuðull er 2,0-4,0.



Mynd 27. Uppbygging varmadælu, einfölduð mynd.

Varmadælur eru framleiddar sem einingar fyrir allt að 30 MW_t varmaafli og dæmi eru um stærri varmadælur. Reynslan af rekstri varmadælna bæði héraendis og erlendis er nokkuð góð, en reynsla héraendis er ekki löng. Viðhald er hlutfallslega stór liður í rekstri varmadælna miðað við rafskautakatla og olíukatla. Skrufudælur eru notaðar fyrir stórar varmadælur og hvirfildælur (túrbópressur) fyrir mjög stórar varmadælur.

Stofnkostnaður varmadælna er hlutfallslega hár á afleiningu og því mikilvægt, að afl þeirra nýtist mjög vel, ef arðsemi fjárfestingarinnar á að vera góð. M.a. af þeirri ástæðu eru varmadælur nánast einvörðungu reknar sem grunnafl í hitaveitukerfum með allt að 100% nýtingu uppsetts varmaafli.

Cop-stuðull varmadælu er mjög háður því við hvaða hita í uppgufara og þétti henni er ætlað að vinna. Þeim mun nær, sem hiti í þétti er hita í uppgufara, því hærri er Cop-stuðullinn. M.a. af þeirri ástæðu er æskilegt að hiti út af þétti verði ekki mjög hár.

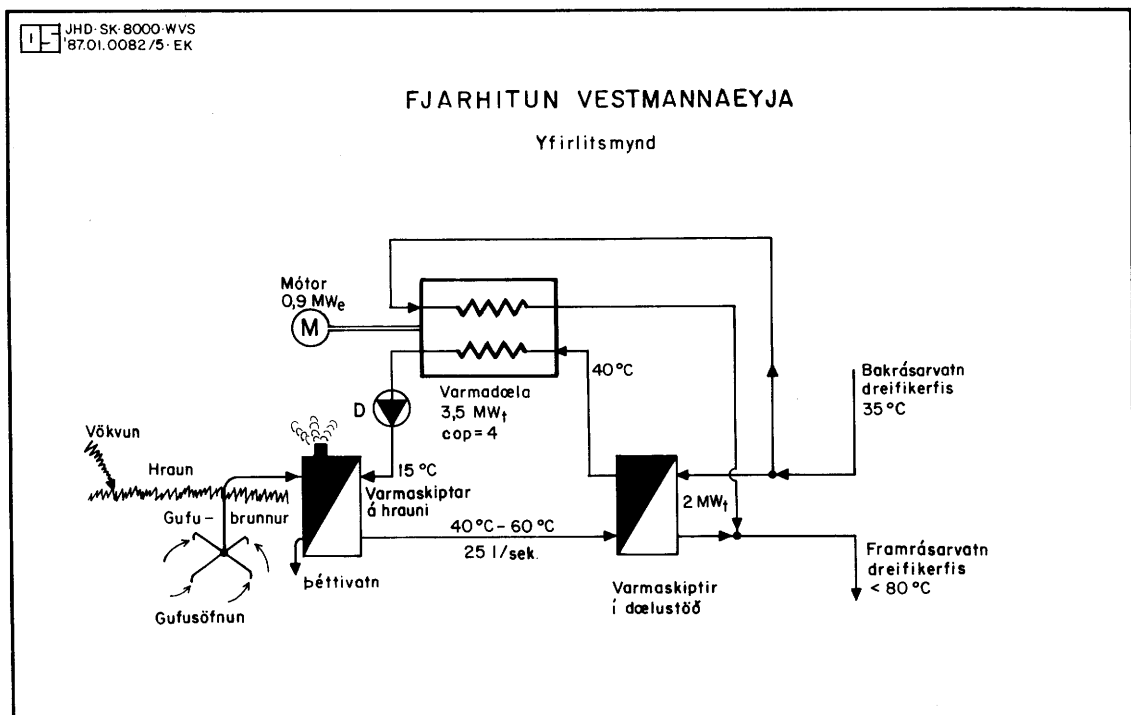
Varmadæla, sem annar grunnaflspörf FJAVE, 3,5 MW_t, þarf ein að geta haldið uppi fullum kerfishita við minnstu álagsskilyrði. Í þeim áætlunum, sem hér verða gerðar, er reiknað með 65°C kerfishita yfir hlýjustu vikur sumarsins.

Hita út af varmadælu, sem notar kælimiðilinn Freon R12, má hækka í allt að 80°C á kostnað lægri Cop-stuðuls. Fleiri þættir koma til, sem mæla gegn því, að hita frá þétti varmadælu sé haldið háum.

7.2 Nýting 40°C – 60°C heitrar gufu frá hrauni.

7.2.1 Forsendur.

Þegar hiti vatns út af gufuvarmaskiptum á hrauni hefur fallið niður fyrir 60°C, er áætlað að breyta orkuvinnslunni. Þá verða varmaskiptar settir upp í dælustöð FJAVE og vatni dælt í lokaðri hringrás á milli þess varmaskiptis og núverandi gufuvarmaskipta á hrauni. Varmaskiptirinn í dælustöðinni mun kæla vatnið frá hrauninu niður í um 40°C. Áætlað er, að kæla það vatn niður í um 15°C með varmadælu, áður en því er dælt til varmaskiptanna á hrauninu aftur. Þannig næst m.ö. hlutfallslega mikið afl fyrir FJAVE án umtalsverðrar hringrásardælingar. Áætlað er að stærð varmadæluinnar jafngildi grunnafllspörf FJAVE, 3,5 MW_t og að Cop-stuðull verði 4. Áætlað mótorafl er 900 kW og raforkunotkun varmadælu um 8,0 GWh á ári. Uppgufunaraflíð er áætlað 2,6 MW_t og fengist það við kælingu á u.þ.b. 25 l/sek (90 m³/h) vatnsrennslis um 25°C (40°C/15°C) í uppgufara varmadæluinnar, mynd 28.



Mynd 28. Tenging gufuvarmaskipta á hrauni, varmadælu og varmaskiptis í dælustöð.

7.2.2 Hagkvæmni.

Ekki er áætlað, að til komi nema óveruleg breyting á vinnslusvæðum á hrauninu á því tímabili, sem hér um ræðir. Áætlað er að gufuvarmaskiptarnir á hrauninu muni endast út tímabilið með því viðhaldi sem hér er gert ráð fyrir.

Stofnkostnaður:

	þús.kr
Varmaskiptir, uppkominn í dælustöð	4.000
Dælubúnaður og breyting á kerfi	800
Varmadæla 3,5 MW _t , uppsett í dælustöð	30.000
Stækkun húsrýmis	3.200
Rafmagnsbúnaður	500
Annað	1.500

Samtals	<u><u>40.000</u></u>

Rekstrarkostnaður, I.

	þús. kr
Breytingar á vinnslusvæðum	2.000
Dælingarkostnaður	1.200
Viðhald varmadælu, aðv.æðar og gufusöfnunar	2.000
Umsjón	300
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 6 ár á þús.kr 4.200	900
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 32.000	3.300
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 3.800	300
Raforka til varmadælu	
8x10 ⁶ kWh á k _L kr/kWh	8k _L x10 ³

Samtals	<u><u>10.000+8k_L x10³</u></u>

Orkuverð gufusöfnunar og varmadælu, I.

$$\underline{\underline{k_{HV,I}}} = \frac{[10.000+8k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{40 \times 10^6 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{10,0 + 8k_L}{40} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{HV,I} = 0,25 + 0,2k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$k_{HV,I}^{**} = 0,29 \text{ kr/kWh}$$

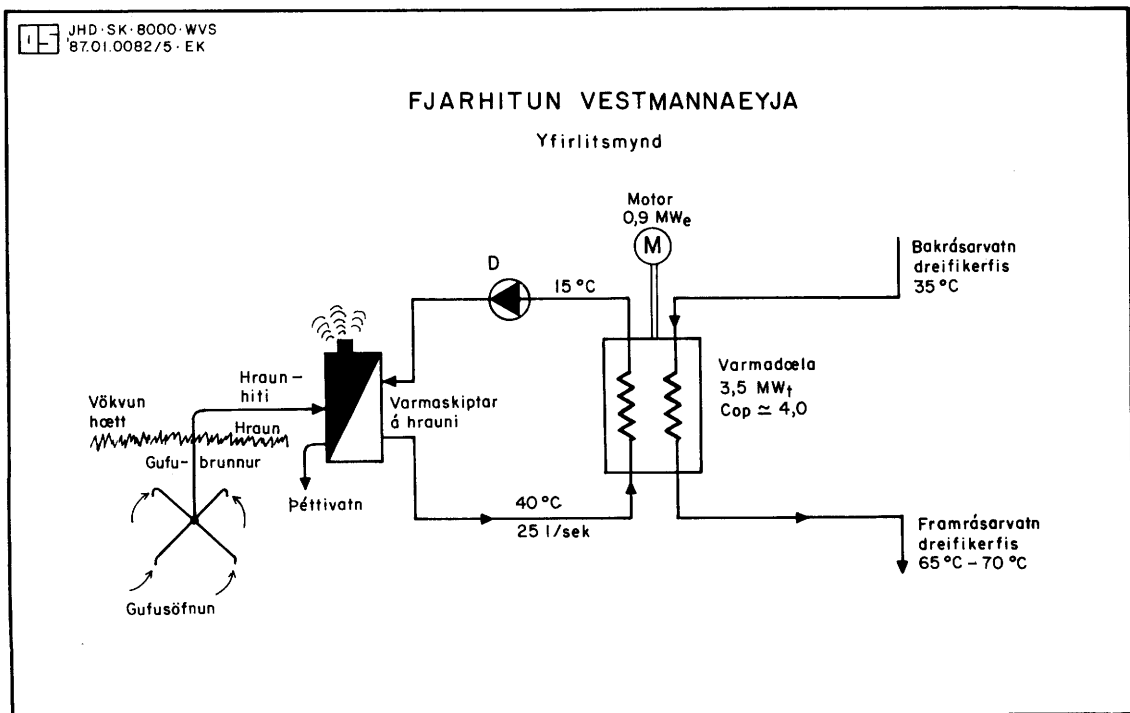
=====

Mjög erfitt er að áætla, hve mikla orku nýju varmaskiptarnir geta gefið umfram grunnorkuna 30 GWh. Þúast má við, að fyrstu árin geti þeir gefið það mikla orku, að minnka megi rekstur varmadællunnar við minnsta álag. Í hagkvæmnisútreikningum er reiknað með samtals 40 GWh orku á ári frá varmadælu og varmaskiptum í dælustöð í þessum áfanga.

7.3 Nýting 40°C heitrar gufu frá hrauni.

7.3.1 Forsendur.

Þegar vatnshiti frá varmaskiptum á hrauni hefur fallið niður í 40°C, er varmaskiptir í dælustöð FJAVE óvirkur og verður aftengdur. Hin lokaða hringrás á milli varmaskipta á hrauni og varmadællunnar mun hér eftir vinna eins og áður. Nú fæst 40°C heitt vatn beint frá hrauni fyrir uppgufunarhlið varmadællunnar, sem kællir vatnið niður í 15°C og vinnur við sömu hlutföll og áður. Sú orka, sem nú fæst inn á dreifi-kerfi FJAVE, er grunnorkan 30 GWh frá varmadællunni á ári, mynd 29.



Mynd 29. Tenging gufuvarmaskipta á hrauni og varmadælu í dælustöð.

7.3.2 Hagkvæmni.

Við þessi rekstrarskilyrði verður varmadælan fullnýtt. Varmaskiptar í dælustöð eru afskrifaðir og áætlaður reksturskostnaður þessa áfanga (II) er sá hinn sami og í fyrri áfanga (I). Á móti afskriftum af varmaskiptum í fyrri áfanga (I) má nú áætla, að viðhald og endurbætur á varmaskiptum á hrauni aukist.

Orkuverð gufusöfnunar og varmadælu, II.

$$k_{HV,II} = \frac{9,7 + 8k_L}{30} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{HV,II} = 0,323 + 0,267k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{HV,II}^{**} = 0,39 \text{ kr/kWh}}}$$

7.4 Nýting 40°C-60°C heits vatns frá borholu á hrauni.

7.4.1 Forsendur.

Þegar hraunvatnshiti hefur fallið í 60°C, er samkvæmt mynd 25 áætlað að setja upp 3,5 MW_t varmadælu í dælustöð FJAVE til kælingar á vatni frá hrauni í 15°C. Á meðan hraunvatnshiti er yfir 40°C verður vatnið fyrst kælt í varmaskiptum, sem komið yrði fyrir í dælustöð FJAVE, niður í 40°C og síðan kælt með varmadælu í 15°C, sjá mynd 30.

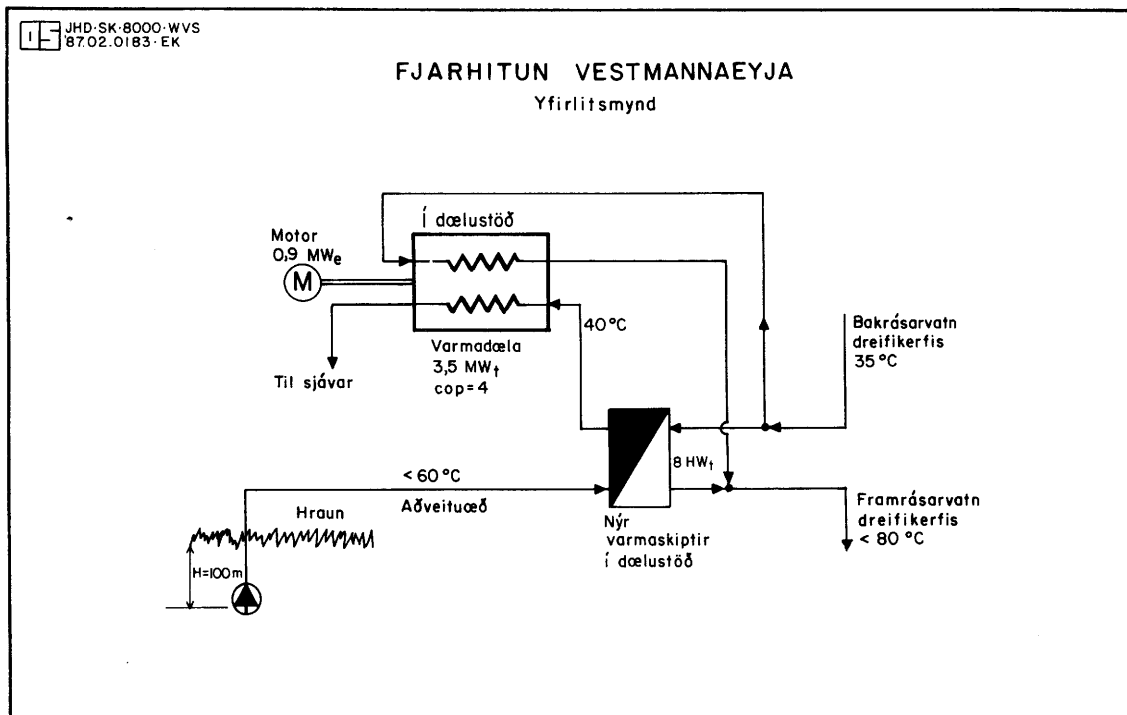
Núverandi aðveituæð verður notuð til að flytja vatnið frá hrauninu til dælustöðvarinnar. Vegna sjávarblöndunar vatnsins úr hrauninu þarf að endurmeta endingartíma aðveitulagnarinnar þar sem aukin hætta verður á tæringu og útfellingu. Sérstaklega þarf að taka tillit þessara aðstæðna við notkun asbestlagna á meðan hraunvatnshiti er hæstur.

Vegna sjávarblöndunar þurfa varmaskiptar að vera úr títan. Líklegt er, að þá varmaskipta, sem notaðir voru á hrauninu megi flytja í dælustöðina og nota þar. Vegna lægri vatnshita þarf að stækka þá með því að fjölga plötum í þeim.

7.4.2 Hagkvæmni.

I. og II. áfangi voru ræddir í kafla 6.2.

III. áfangi: Endingartími 2-5 ár. Áætluð orkuframleiðsla 40 GWh, mynd 30.



Mynd 30. Dæling úr hrauni, III. áfangi.

Stofnkostnaður.

	þús.kr
3 borholur á þús.kr 1.000	3.000
Dælubúnaður og skúr	2.500
Rafbúnaður o.fl.	1.500
Varmaskiptir, uppkominn	4.000
Varmadæla, 3,5 MW _t , uppsett	30.000
Stækkun húsrýmis	3.200
Rafbúnaður v/varmadælu	500
Annað	2.000

Samtals	46.700
	=====

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Dælingarkostnaður	1.800
Viðhald og umsjón dælingarbúnaðar	1.000
Viðhald og umsjón varmadælu	1.300
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 3 ár á þús.kr 4.000	1.500
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 38.700	4.000
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 4.000	300
Raforka til varmadælu, 8x10 ⁶ kWh á k _L kr/kWh	8k _L x10 ³

Samtals	9.900+8k _L x10 ³
	=====

Orkuverð hraundælingar og varmadælu, III. áfangi.

$$\underline{\underline{k_{HD,III}}} = \frac{[9.900+8k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{40 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{9,9 + 8k_L}{40} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{HD,III} = 0,248 + 0,2k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{HD,III}^{***}}} = 0,29 \text{ kr/kWh}$$

7.5 Nýting 40°C heits vatns frá borholu á hrauni.

7.5.1 Forsendur.

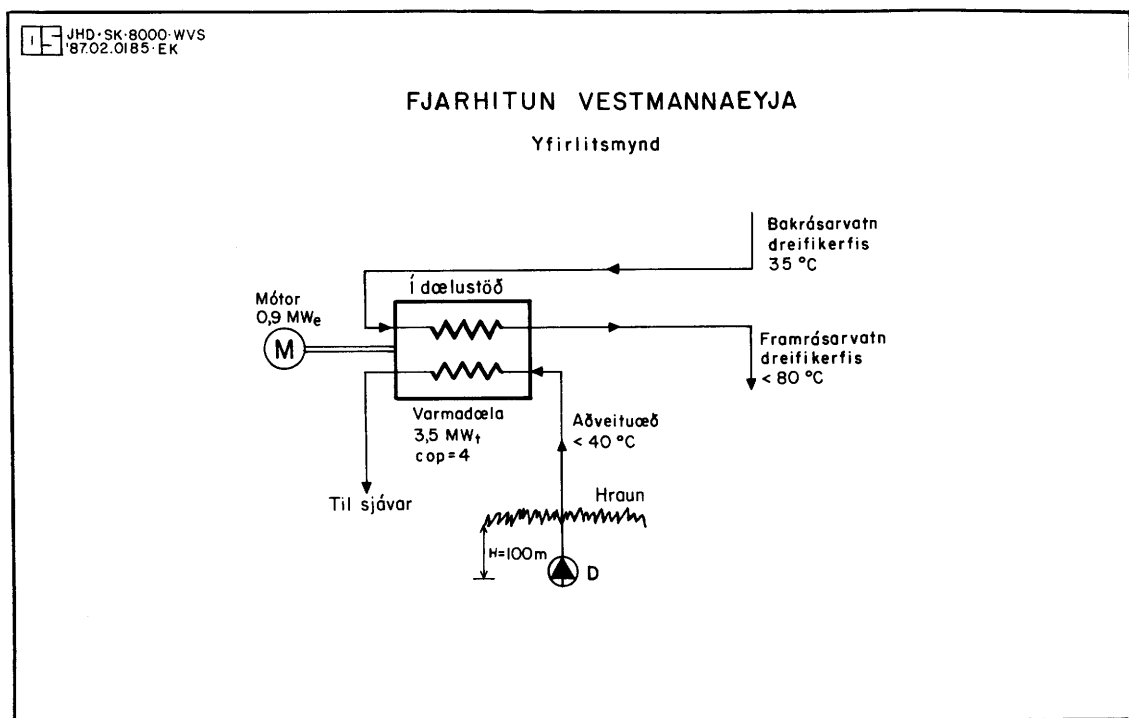
Þegar hraunvatnshiti hefur fallið í 40°C verða varmaskiptarnir í dælustöðinni afskrifaðir og óvirkir. Vatn frá hrauni verður þá leitt beint til kælingar í 15°C á uppgufarahlið varmadæluunar, sem framleiða mun grunnorku FJAVE, 30 GWh á ári.

Þegar hér verður komið sögu, þarf að íhuga vel, hvort á hagvæmari hátt en með dælingu vatns af 100 m dýpi úr hrauni sé hægt að afla þess vatns, sem varmadæluunar þarfnast til framleiðslu á grunnorku FJAVE.

7.5.2 Hagkvæmni.

I. og II. áfangi voru ræddir í kafla 6.2 og III. áfangi í kafla 7.4.

IV. áfangi: Endingartími 5 ár. Áætluð orkuframleiðsla 40 GWh, mynd 31.



Mynd 31. Dæling úr hrauni, IV. áfangi.

Stofnkostnaður.

	þús.kr
3 borholur á þús.kr. 1.000	3.000
Dælubúnaður og skúr	2.500
Rafbúnaður o.fl.	1.500
Varmadæla, 3,5 MW _t , uppsett	30.000
Stækkun húsrýmis	3.200
Rafbúnaður v/varmadælu	500
Annað	1.500

Samtals	42.200
	=====

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Dælingarkostnaður	1.800
Viðhald og umsjón	2.000
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 38.200	3.900
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 4.000	3.400
Raforka til varmadælu, 8x10 ⁶ kWh á k _L kr/kWh	8k _L x 10 ³

Samtals 8.000 + 8k _L x 10 ³	8k _L x 10 ³
	=====

Orkuverð hraundælingar, IV. áfangi.

$$\underline{\underline{k_{HD,IV}}} = \frac{[8.000 + 8k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{30 \times 10^6 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{8 + 8k_L}{30} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{HD,IV} = 0,267 + 0,267k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{HD,IV}^{***}}} = 0,33 \text{ kr/kWh}$$

7.6 Nýting 40°C heits vatns frá borholu við Skiphella.

7.6.1 Forsendur.

Árið 1964 var boruð 1565 m djúp hola við svokallaða Skiphella. Var hola fúðruð með 7" röri niður á 190 m. Samkvæmt mati JHD Orkustofnunar, sem byggir á mjög fátæklegum mæligögnum, er talið að dæla megi um 5 l/sek úr holunni miðað við, að vatnsborð haldist innan fúðringar í 10 ár. Vissar líkur eru á, að dæla megi meira magni úr holunni, en það yrði að sannreyna með dælingarprófunum. Vatnshiti úr holu er áætlaður 40°C.

Ef varmadæla, sem nýtti 40°C heitt vatn, þætti álitlegur orkuöflunar-kostur fyrir FJAVE, t.d. til framleiðslu grunnafls 3,5 MW_t, 30 GWh á ári, en örðugleikum yrði bundið að ná vatni með því hitastigi úr borholum á hrauni eða frá núverandi varmaskiptum á hrauni, kæmi til greina að dæla vatni úr borholunni við Skiphella. Miðað við að vatnshiti væri 40°C og yrði nýttur í 15°C í varmadælu, þyrfti 25 l/sek dælingu úr borholunni.

Dælustöð FJAVE stendur um 20 m hærra en toppur holunnar og fjarlægð dælustöðvar frá holunni er um 2000 m.

Þar sem aðrar leiðir til öflunar 40°C heits vatns fyrir FJAVE eru taldar álitlegri, er frekari athugun á virkjun borholu við Skiphella ekki gerð hér.

7.7 Nýting 20°C heits vatns frá Skansinum.

7.7.1 Forsendur.

Í flæðarmáli við jaðar nýja hraunsins úti á svonefndum Skansi, hefur orðið vart nokkurs volgs rennslis undan hrauninu. Virðist þetta volga vatn koma upp á nokkuð mörgum stöðum við Skansinn, en má þó greina eina megin uppstreymisrás í fjöruborðinu.

Mælingar hafa sýnt, að meginuppstreymisrásin gefur a.m.k. 20 l/sek rennslis og er vatnið um 24°C heitt. Heildarrennslis mælist um 30 l/sek.

Vegna hins mikla vatnsmagns sem streymir niður í gegnum hraun-yfirborðið á ári vegna vökvunar vinnslusvæðanna og úrkomu, er ekki óeðlilegt þótt vart verði slíkra heitra framrennslisrása frá hrauninu og gæti það varað um langt árabíll. Ef farið yrði að dæla vatni upp úr hrauninu og vökvun yrði hætt, mætti búast við að þetta framrennslis minnkaði eða jafnvel hyrfi.

Ef varmadæla sem nýtti hita sjávar við meðalhita 8°C þætti álitlegur kostur fyrir FJAVE, væri eðlilegt að sjávarinntak varmadællunnar yrði staðsett við Skansinn við framangreint framrennsli hraunsins. Svo lengi sem inntakshiti varmadællunnar væri yfir 8°C - 12°C yrði rekstur hennar mun hagkvæmari en ella. Á þann máta mætti nýta þetta framrennslisvatn frá hrauninu. Þegar framrennslisvatnið hefði kólnað eða horfið, ynnu varmadællurnar áfram við hönnunarhitastig þeirra, sem væri 8°C að jafnaði, sjá mynd 32.

Þar sem miklar líkur eru taldar á, að unnt sé að ná heitara vatni úr hrauninu með dælingu úr borholu, eða frá núverandi varmaskiptum á hrauni án mikils tilkostnaðar, er þessi kostur að dæla volgu vatni frá Skansinum ekki skoðaður nánar að sinni.

Ef dæling úr borholu á hrauni reynist vandkvæðum bundin, er eðlilegt að nýting á framrennslisvatninu við Skansinn verði athuguð nánar.

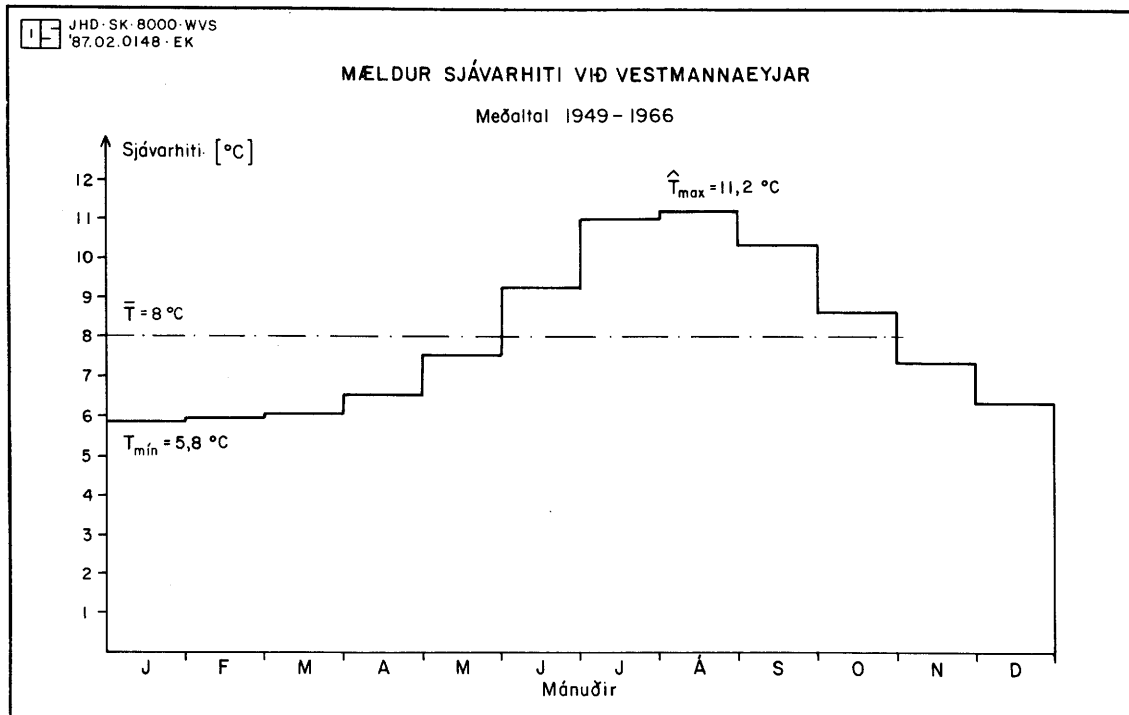
Hafa þarf í huga, að dælustöð FJAVE er um 40 m yfir sjó og fjarlægð dælustöðvarinnar frá Skansinum er um 1200 m.

7.8 Nýting 8°C heits sjávar.

7.8.1 Forsendur.

Umhverfis Vestmannaeyjar er sjávarhiti hlutfallslega hár og stöðugur miðað við það sem gerist við Ísland. Meðalhiti er um 8°C en sveiflast frá um $5,5^{\circ}\text{C}$ til $11,5^{\circ}\text{C}$. Að meðaltali gætu varmadællur kælt stöðugt rennsli sjávar niður um 4°C .

Á mynd 32 er sýndur meðalhiti sjávar við Vestmannaeyjar mældur árin 1949-1966.

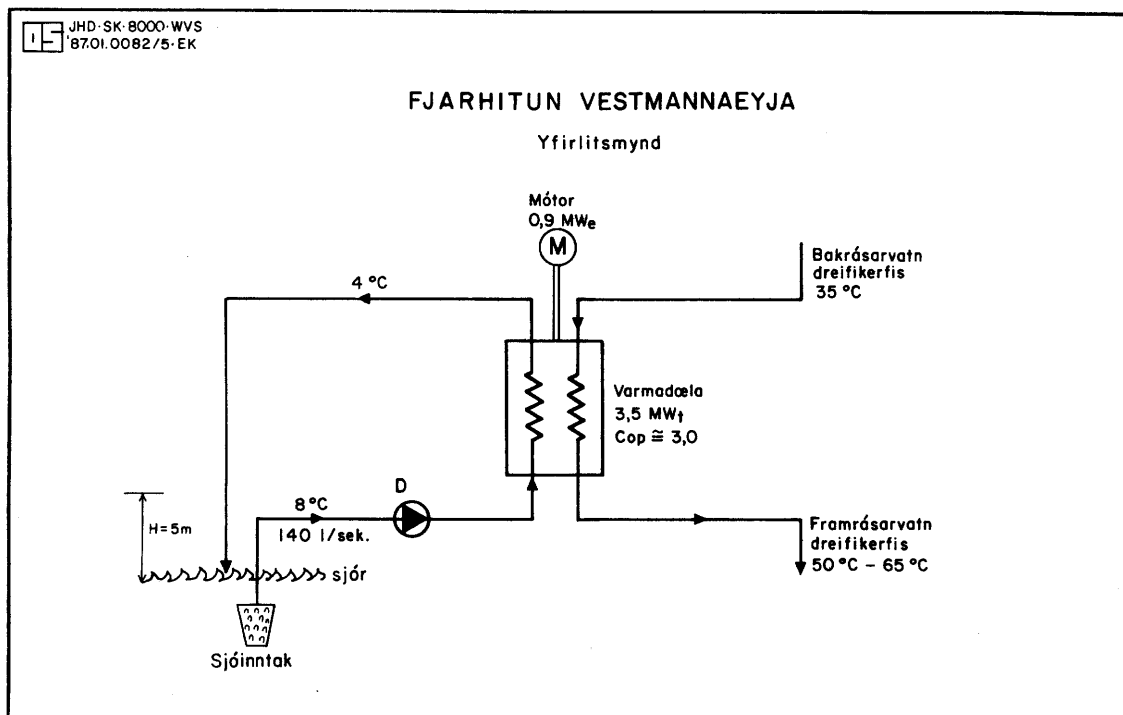


Mynd 32. Mældur sjávarhiti við Vestmannaeyjar.

Í fyrsta lagi er áætlað, að varmadælukerfið anni grunnafliþörf FJAVE, samtals $3,5 \text{ MW}_t$. Með Cop-stuðli 3, er mótorafli áætlað $1,3 \text{ MW}$. Raforkunotkun varmadæluunar yrði um $11,4 \text{ GWh}$ á ári miðað við stöðugan rekstur. Uppgufunaraflíð er áætlað $2,3 \text{ MW}_t$ og fengist við kælingu á 140 l/sek ($500 \text{ m}^3/\text{h}$) vatnsrennslis niður um 4°C ($8^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$) í uppgufara varmadæluunar. Uppgufunarrásin yrði opin rás sjávar og áætluð lyfting er 5 m . Orkunotkun sjávardælu er áætluð $0,9 \text{ GWh}$ á ári, áætlun A. Mynd 33.

Í öðru lagi er áætlað, að varmadælukerfið anni $7,5 \text{ MW}_t$ varmaafli eða 55 GWh á ári. Cop-stuðull er áætlaður 3, mesta aflþörf mótors er $2,5 \text{ MW}$ og áætluð raforkunotkun varmadælu er 18 GWh . Mesta uppgufunarafl er áætlað um 5 MW_t og fengist við kælingu 300 l/sek ($1.080 \text{ m}^3/\text{h}$) vatnsrennslis (sjávar) niður um 4°C ($8^{\circ}\text{C}/4^{\circ}\text{C}$). Orkunotkun sjávardælu er áætluð 2 GWh á ári, áætlun B. Mynd 33.

Á mynd 2 má sjá, að aukning í varmaafli frá varmadælu hefur 50% nýtingu eða minni fyrir ofan $7,5 \text{ MW}_t$ og að $7,5 \text{ MW}_t$ stöðug varmaafli-framleiðsla fullnægir 55 GWh af varmaþörf FJAVE.



Mynd 33. Tenging sjávarvarmadælu.

7.8.2 Hagkvæmni.

Stofnkostnaður, A.

	þús.kr
Varmadælukerfi 3,5 MW _t (skrúfudæla)	28.000
Húsbygging	4.000
Uppsetning og tenging	2.000
Sjódælubúnaður	1.500
Rafbúnaður	2.000
Röralagnir að dælustöð	15.000
Annað	2.500

Samtals	55.000
	=====

Stofnkostnaður, B.

	þús.kr
Varmadælukerfi 7,5 MW _t (turn key, hvirfildæla)	88.000
Rafbúnaður	3.500
Röralögn að dælustöð	20.000
Sökkull og jarðvinna	1.000
Annað	1.500

Samtals	114.000
	=====

Rekstrarkostnaður, A.

	þús.kr
Viðhald	1.000
Umsjón	500
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 30.000	3.100
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 25.000	2.000
Raforkukostnaður varmadælu og sjávardælu 12,3x10 ⁶ kWh á k _L kr/kWh	12,3k _L x10 ³
	Samtals 6.600 + 12,3k _L x10 ³

Orkuverð sjávarvarmadælu, A.

$$\underline{\underline{k_{SV,A}}} = \frac{[6.600 + 12,3k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{30 \times 10^6 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{6,6 + 12,3k_L}{30} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{SV,A} = 0,22 + 0,41k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 \quad :$$

$$\underline{\underline{k_{SV,A}^{***}}} = 0,32 \text{ kr/kWh}$$

Rekstrarkostnaður, B.

	þús. kr
Viðhald	1.500
Umsjón	500
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 88.500	9.100
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 25.500	2.000
Raforðukostnaður varmadælu og sjávardælu 20x10 ⁶ kWh á k _L kr/kWh	20k _L x10 ³

Samtals	<u><u>13.100+20k_Lx10³</u></u>

Orkuverð sjávarvarmadælu, B.

$$\underline{\underline{k_{SV,B}}} = \frac{[13.100 + 20k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{55 \times 10^6 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{13,1 + 20k_L}{55} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{SV,B} = 0,238 + 0,364k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{SV,B}^{**}}} = 0,32 \text{ kr/kWh}$$

7.9 Nýting varma frá iðnaði.

7.9.1 Forsendur.

Í fiskimjölsverksmiðjum og frystihúsum er að jafnaði töluverður varmi, sem nýtist ekki nema að til komi sérstakur búnaður s.s. varmaskiptar og varmadælur. Er hér um að ræða heitt útstreymisloft frá skorsteinum vegna brennslu ýmiss konar, heitt kælivatn frá frysti- og kælitækjum eða afgangsgufa.

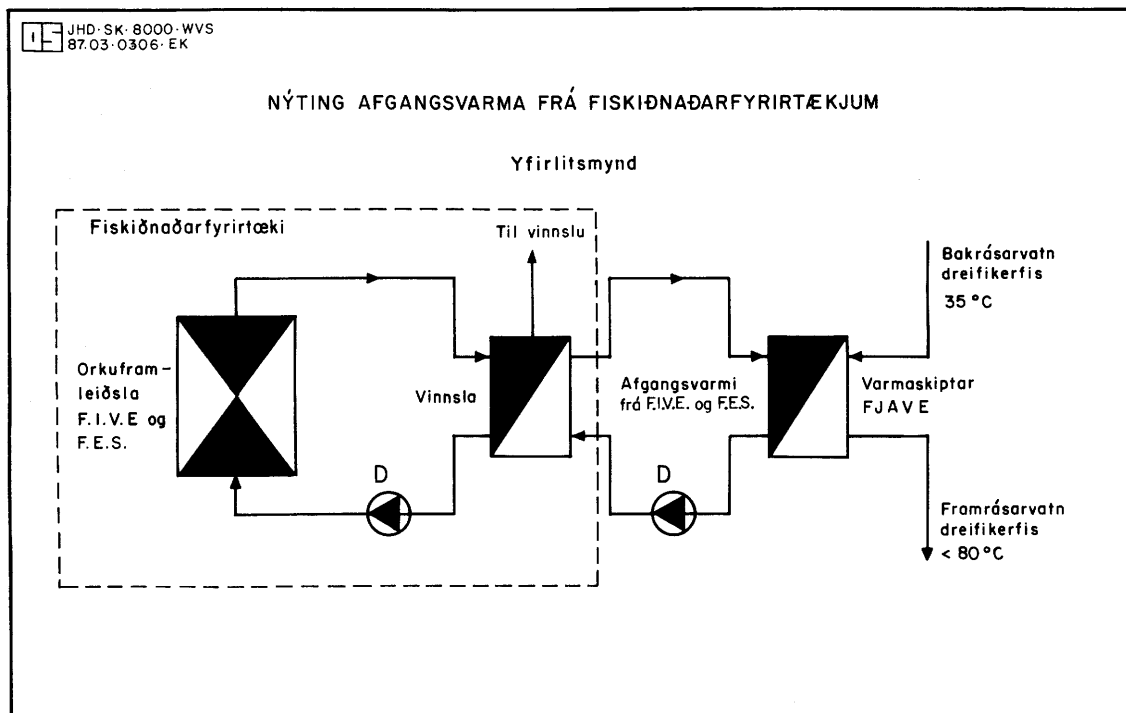
Nýting þessa varma fer nú fram í auknum mæli víða um land. Þekkt er á norðurlöndunum, að afgangsvarmi ýmiss konar frá fyrirtækjum sé keyptur og nýttur af viðkomandi hitaveitu, sem síðan selur fyrirtækinu varma úr hitaveitukerfinu á sama hátt og öðrum notendum. Er þetta talin hagkvæmari leið til góðrar nýtingar á afgangsvarmanum en að hvert fyrirtæki sé að reyna að nýta sinn afgangsvarma.

Í Vestmannaeyjum eru tvær stórar fiskimjölsverksmiðjur, Fiskimjölsverksmiðjan í Vestmannaeyjum (FIVE), Fiskimjölsverksmiðja Einars Sigurðssonar (FES) og stór frystihús þar að auki. Má því áætla, að í Eyjum sé mikil afgangssorka ónotuð.

FIVE og FES vinna lýsi og mjöl við að bræða og þurrka fisk. Til þeirrar vinnslu þarf orku í formi heits lofts og gufu. Gufan er framleidd í gufukötlum, sem brenna olíu. Töluverður hluti af þeirri gufu, sem framleidd er, nýtist ekki í vinnslunni og er sleppt út sem afgangsvarma. Má þar t.d. nefna þann vinnsluþáttinn, sem er eiming. Til eimingarinnar notast um 25% af heildarorkuþörf vinnslunnar. Eimingin fer fram í fjórum þrepum, þar sem gufuhitinn á fyrsta þrepi er 140°C. Gufuhiti frá síðasta þrepi þarf að vera 60°C. Til að halda þeim hita stöðugum er gufan leidd í gegnum þétti, þar sem á móti er dælt sjó, sem tekur til sín varma og er síðan hent. Það afl, sem þannig fer forgörðum, er um 3,3 MW_t hjá FIVE og 2,3 MW_t hjá FES. Samkvæmt upplýsingum tækniráðgjafa FIVE og FES er áætlað, að nýtanlegur afgangsvarmi frá FIVE sé samtals um 8 MW_t og samtals 5 MW_t hjá FES.

Hafa þarf í huga, að ekki er sjálfgefið, að FJAVE gæti nýtt allt þetta afl vegna þeirra hitastiga sem um er að ræða annars vegar á kerfisvatni FJAVE og hins vegar afgangsgufunni. Samkvæmt upplýsingum tækniráðgjafa verksmiðjanna er talið, að tiltölulega lítill tilkostnaður fylgi því að breyta vinnslunni, þannig að sama afgangsvarmanum verði skilað við herra hitastig. Gæti sú tilhögun auðveldað FJAVE að nýta þá orku, er hér um ræðir.

Verksmiðjurnar eru reknar að jafnaði frá ágúst/september mánuði ár hvert og fram til mars/apríl mánaðar. Vinnslan byggir á fullum afköstum og er í gangi sex sólarhringa samfleytt á viku. Vinnsla liggur þó niðri um jól og áramót.



Mynd 34. Nýting afgangsvarma frá fiskiðnaðarfyritækjum.

Ljóst er, að í þeim tveimur fyrirtækjum, sem hér um ræðir, er mikil orka, sem fer forgörðum, eða allt að 13 MW_t . Full ástæða er til, að FJAVE taki upp viðræður við þessi fyrirtæki um hvernig hagkvæmast sé fyrir alla aðila að nýta þessa orku, sem til staðar er, þegar mest orkuþörfin er hjá FJAVE. Á mynd 34 er á einfaldan hátt sýnt, hvernig FJAVE gæti með beinum varmaskiptum yfirfært afgangsvarmann yfir í dreifikerfi sitt. Ljóst er að slík nýting krefðist nokkurrar breytingar í kerfislögnum.

Jafnframt skal á það bent, að frá kælivélum og frystitækjum frystihúsanna fellur umtalsverður nýtanlegur varmi til í formi u.þ.b. 25°C heits kælivatns. Með hjálp forvarmaskiptis og varmadælu má nýta þennan varma til framleiðslu allt að 70°C heits vatns til upphitunar í ofnkerfum eða til nýtingar í dreifikerfi FJAVE.

Ósennilegt er talið í núverandi stöðu, að hagkvæmt þætti að nýta þennan varma fyrir FJAVE, vegna þess hve um lágan hita er að ræða á því vatni, sem til fellur og hve það er dreift. Áætla má, að varmadælur yrðu reknar með Cop-stuðli 3-4 við þau skilyrði, sem hér um ræðir.

7.10 Slöngukerfi á hrauni.

7.10.1 Forsendur.

Í sambandi við hugsanlegan rekstur varmadælu, sem byggði á nýtingu um 40°C heits vatns til framleiðslu á grunnaflí FJAVE, 3,5 MW_t er gæfi 30 GWh á ári, komu upp hugmyndir um að dæla vatni í gegnum slöngukerfi, sem lagt væri á hraunið.

Augljóst er, að mjög mikill varmi er í hrauninu og mun svo verða um langan tíma. Ef ákveðinn flötur á hrauninu yrði jafnaður og á hann lagt slöngukerfi, sem síðan yrði þakið með vatnsheldum dúk og þykku lagi af vikri, mætti nýta með því móti varmauppstreymi úr hrauninu til upphitunar vatns, sem dælt yrði í gegnum slöngukerfið. Varmauppstreymi úr hrauninu er áætlað um 32 W/m². Miðað við að nýta 40°C heitt vatn í varmadælu niður í 15°C til framleiðslu á grunnaflí FJAVE, þyrfti 25 l/sek rennsli í slöngukerfinu að hitna frá 15°C upp í 40°C. Þessu vatni yrði síðan dælt í lokaðri hringrás á milli slöngukerfis á hrauni og varmadællunnar í dælustöðinni.

Mikilli óvissu er bundið hve þéttriðið slöngukerfið yrði að vera, til að nýting varmauppstreymisins yrði viðunandi. Miðað við að framleiða ætti grunnafl FJAVE með þessu móti, þ.e. að uppgufunarafl varmadælu væri 2,6 MW_t og að leggja þyrfti slöngurnar með 25 cm millibili eins og algengt er í snjóbræðslukerfum, þyrfti flöturinn að vera 400 m x 400 m og röralengdin yrði samtals 640 km. Gera mætti tilraun með litla fleti í þessu sambandi og sannreyna möguleika þessarar orkunýtingarleiðar. Upp hafa komið hugmyndir um, að komið yrði á samstarfsverkefni á vegum iðnþróunarsjóða á norðurlöndum og Háskóla Íslands um þetta rannsóknarverkefni, sem aukið gæti almennt notkunarsvið varmadælna.

Þar sem aðrir valkostir til öflunar 40°C heits vatns fyrir varmadælur eru taldir auðveldari og markvissari fyrir FJAVE, er ekki frekari athugun gerð á þessum orkuöflunarkosti.

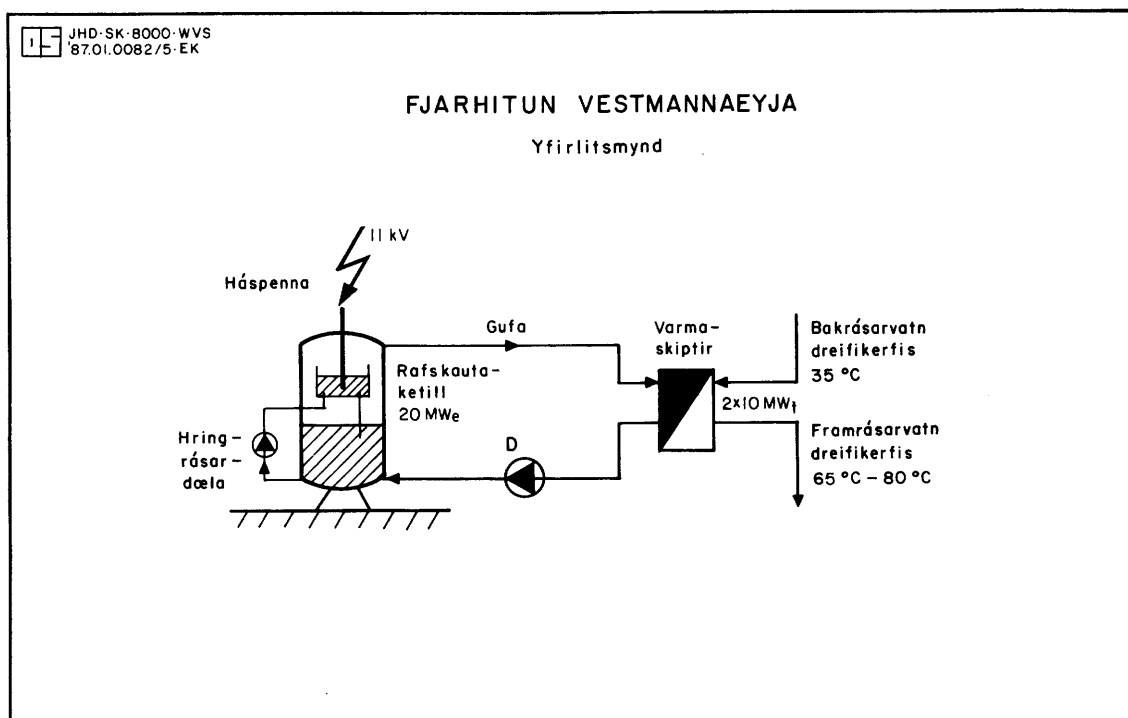
Bent hefur verið á, að ef þessi leið yrði farin til orkuöflunar, mætti e.t.v. standa þannig að uppbyggingu svæðisins að fá mætti nýtanlegan upphitaðan íþróttavöll eða jafnvel stórt íþróttasvæði fyrir Vestmannaeyjakaupstað.

8. Rafskautaketill.

8.1 Lýsing.

Rafskautaketill hitar upp vatn eða framleiðir gufu með hjálp raforku. Gufan er framleidd með tveimur rafskautum, sem stungið er ofan í vatn í lokaðri innri hringrás ketilsins. Efnainnihald vatnsins ákveður rafleiðni þess og þar með varmaafletu rafskautakeilsins. Stjórnun á varmafli ketilsins er sjálfvirk, háð gufuprýstingi hans, og fer þannig fram, að rafskautin eru látin standa misdjúpt í vatni hinnar lokuðu rásar. Samstýring hringrásardælu og stöðu yfirfallsrörs stjórnar vatnsborðshæðinni umhverfis rafskautin. Viðbragðstími stýringar er skammur. Nýtni rafskautakeils er sett 100%.

Gufan er leidd í varmaskipti, sem færir varmann úr hinn lokuðu hringrás rafskautakeilsins yfir í 35°C heitt bakrásarvatn dreifikerfis hitaveitu og hitar það upp í framrásarhitastig, t.d. 65°C-80°C, sjá mynd 35.



Mynd 35. Tenging rafskautakeils.

Rafskautakatlar eru hugsaðir til nýtingar á afgangsorku (ótryggri orku) raforkuframleiðslukerfa og eru framleiddir fyrir allt að 30 MW_t

varmaafli. Algeng rekstrarspenna á stórum rafskautakötlum er 11 kV. Þeir framleiða um 1,4 kg af gufu fyrir hverja kWh af raforku. 10 MW_t rafskautaketill mun því framleiða um 14 tonn af gufu á klukkustund. Rafskautakatlar fyrir afgangorku þarfnast að jafnaði 80%-100% varaafli á formi olíukyndingar, kolakyndingar e.þ.h. óháðra orkugjafa.

Rafskautakatlar hafa reynst vel í hitaveiturekstri, bilanatíðni er lág og viðhald hlutfallslega lítið. Skipta þarf um rafskaut á u.þ.b. tveggja ára fresti, háð rekstraraðstæðum og tekur sú aðgerð allt að sólarhring með niðurkælingu ketils. Verð rafskauta er um 2,0% af verði ketils.

8.2 Forsendur.

Varmaþörf FJAVE í dag er allt að 60 GWh á ári. Mesta meðalafl á viku yfir árið samkvæmt langæislínuriti er 11,4 MW_t. Reynolds FJAVE hefur sýnt, að skammtíma afl á köldustu tímum getur orðið allt að 18 MW_t. Samkvæmt tilboði er um 5% mismunur á stofnverði 12 MW_t og 20 MW_t rafskautakatla. Áætlað er, að FJAVE hafi þörf fyrir allt að 20 MW_t varmaafli um aldamót.

Áætlað er, að bakrásarhiti dreifikerfis sé 30°C-40°C, háð árstíma. Lægstur yfir sumarið og hæstur yfir veturinn, miðað við stöðugan framrásarhita. Rafskautaketill mundi hita bakrásarvatn dreifikerfisins upp í þann hita, sem óskað er hverju sinni og ketillinn hefur verið stilltur á, t.d. 65°C-80°C, háð árstíma. Áætlað er, að við þær aðstæður verði meðalhiti bakrásarvatns um 35°C yfir árið.

8.3 Arðsemi.

Arðsemi fjárfestingar í rafskautakatli er m.a. mjög háð því orkumagni, sem katlinum er ætlað að framleiða á ári, þ.e.a.s. grundvellingum fyrir söluverðmætum FJAVE. Hér er annars vegar áætlað að framleiða alla orku FJAVE, þ.e. 60 GWh, og hinsvegar aðeins helming hennar, þ.e. 30 GWh, með rafskautakatli. Í seinna tilvikinu yrðu 30 GWh framleiddar með öðrum orkugjafa, t.d. hita frá hrauninu með eða án varmadælu. Er þá miðað við, að sú framleiðsla yrði hagkvæmari en með rafskautakatli, en þó takmörkunum háð.

Í þessari áætlun er reiknað með að verð á ótryggri orku frá LV sé breyta, k_L [kr/kWh], sem bundin verður í sérsamningi á milli LV, RARIK og FJAVE.

Áætlað er í fyrsta lagi, að grunnafl verði framleitt af FJAVE og allt að 30 GWh á ári keyptar af LV, áætlun A. Í öðru lagi, að öll orka FJAVE verði keypt af LV, áætlun B. Jafnframt er reiknað út framleiðsluverð á orkueiningu K_R^{**} frá rafskautakatli miðað við núgildandi verð LV á ótryggri orku $k_L = 0,235$ kr/kWh, en að orkan sé afhent í Vestmannaeyjum.

Stofnkostnaður, A.

	þús.kr
20 MW rafskautaketill með dælubúnaði o.fl., uppsettur og frágenginn	10.700
Varmaskiptir	1.500
Háspennubúnaður	700
Breytingar í dælustöð	300
Húsbygging	3.800
Annað	1.000

Samtals	<u><u>18.000</u></u>

Stofnkostnaður, B.

	þús.kr
20 MW rafskautaketill með dælubúnaði o.fl., uppsettur og frágenginn	10.700
Varmaskiptir uppkominn og frágenginn	2.500
Háspennubúnaður	700
Breytingar í dælustöð	300
Rafbúnaður (spennir o.fl.).	10.000
Húsbygging	3.800
Annað	1.000

Samtals	<u><u>29.000</u></u>

Rekstrarkostnaður, A.

	pús.kr
Viðhald og umsjón, 2%	300
Rekstur	200
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 25 ár á pús.kr 18.000	1.400
Orkukaup, 30×10^6 kWh á k_L kr/kWh	$30k_L \times 10^3$
	<hr/>
Samtals	$1.900 + 30k_L \times 10^3$
	<hr/> <hr/>

Orkuverð frá rafskautakatli, A.

$$\underline{\underline{k_{R,A}}} = \frac{[1.900 + 30k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{30 \times 10^6 \text{ kWh/ári}}$$

$$= \frac{1,9 + 30k_L}{30} \text{ kr/kWh}$$

$$k_{R,A} = 0,063 + k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{R,A}^{***}}} = 0,30 \text{ kr/kWh}$$

Rekstrarkostnaður, B.

	pús.kr
Viðhald og umsjón, 3%	500
Rekstur	300
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 25 ár á pús.kr 29.000	2.300
Orkukaup, 60×10^6 kWh á k_L kr/kWh	$60k_L \times 10^3$
	<hr/>
Samtals	$3.100 + 60k_L \times 10^3$
	<hr/> <hr/>

Orkuverð frá rafskautakatli, B.

$$\begin{aligned} \underline{\underline{k_{R,B}}} &= \frac{[3.100+60k_L \times 10^3] \times 10^3 \text{ kr/ári}}{60 \times 10^6 \text{ kWh/ári}} \\ &= \frac{3,1+60k_L}{60} \text{ kr/kWh} \end{aligned}$$

$$k_{R,B} = 0,052 + k_L \quad (\text{mynd 44})$$

$$k_L = 0,235 :$$

$$\underline{\underline{k_{R,B}^{**}}} = 0,29 \text{ kr/kWh}$$

9. Vindorkuver.

9.1 Rafmagnsmylla.

9.1.1 Lýsing.

Með vindmyllum má framleiða raforku. Þessi tækni hefur þróast mjög á síðustu árum og reynsla af rekstri slíkra mylla erlendis er að jafnaði góð. Myllur eru framleiddar í mismunandi stærðum, en mest reynsla er fyrir hendi af myllum með 50-100 kW_e hámarksafl.

Vindurinn knýr mylluna og veitir henni afl. Vindspáðarnir snúa öxli, sem tengdur er við rafal í gegnum gír. Allur búnaður myllunnar er því staðsettur efst í mylluturninum, í sömu hæð og snúningsás spaðanna. Snúningshraði myllanna er stöðugur eftir að ákveðnum vindstyrk er náð. Myllurafalarnir eru að jafnaði lágspenntir ósamfasa rafalar. Í vindorkuveri með mörgum vindmyllum eru venjulega nokkrar myllur tengdar saman og spennan hækkuð í 6 kV. Við heildartenginguna er spennan síðan hækkuð í 11 kV og þannig er rafaflið sent frá orkuverinu.

9.1.2 Forsendur.

Í því vindorkuveri, sem hér er lagt til grundvallar, er áætlað hámarksafl 7,2 MW og að framleiðslan verði 31,3 GWh á ári. Þessar stærðir eru ákvarðaðar með tilliti til áætlaðrar tíðnidreifingar vinds í Vestmannaeyjum og bestu nýtingu hámarksaflsins miðað við kælingarforsendur þar. Valdar eru myllustærðir, sem mest reynsla er fengin af, ásamt því að myllufjöldi verði það mikill, að sem mest hagkvæmni náist í framleiðslu og innkaupum búnaðar. Áætlaður fjöldi mylla er 110 og stærð þeirra er 65 kW. Áætlað landssvæði, sem þarf fyrir slíkt vindorkuver er $2 \times 10^5 \text{ m}^2$ (450 m x 450 m). Sjá nánar í kafla 20.

Verður að telja þær forsendur, sem hér er gengið út frá, gefa bestu hugsanlegu hagkvæmni í uppsetningu og rekstri vindorkuvera til framleiðslu á rafmagni.

Vegna reynsluleysis hér á landi af viðhaldi og endingu vindorkuvera, er afskriftatími þeirra ekki reiknaður lengri en 15 ár.

9.1.3 Hagkvæmni.

Stofnkostnaður.

	þús. kr
110 myllur á þús.kr 2.960	
Uppsettar með sökklum	326.000
Rafbúnaður til samtengingar 10%	32.600

Samtals	<u><u>358.600</u></u>

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Viðhald og stjórnun	6.100
Fjármagnskostnaður: Annuitet, 6% vextir	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 326.000	33.600
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 32.600	2.600

Samtals	<u><u>42.300</u></u>

Orkuverð rafmagnsmyllu.

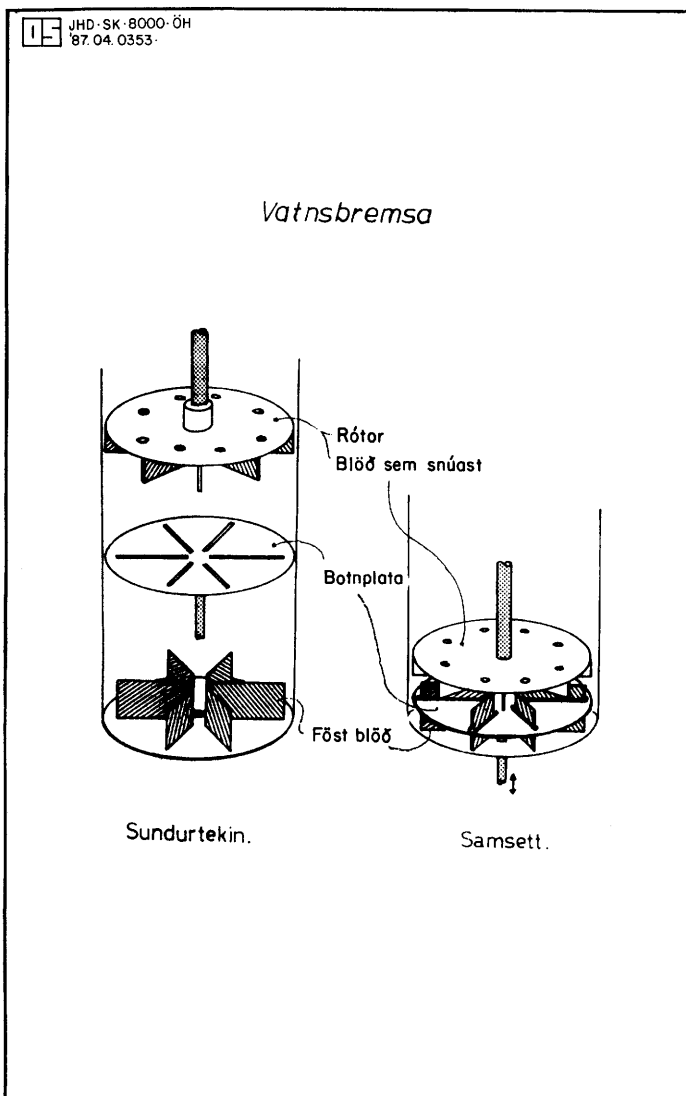
$$\underline{\underline{k_{V,R}}} = \frac{42.300.000 \text{ kr/ári}}{31.300.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,35 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

9.2 Hitamylla.

9.2.1 Lýsing.

Með vindmyllum má hita upp vatn beint. Slík tæki nefnast vatnsbremsu- myllur (hitamyllur). Vindspaðarnir snúa láréttum öxli, sem tengdur er 90° gír. Lóðrétti öxullinn snýr efri hluta vatnsbremsunnar, sem er lárétt hjól með spöðum, komið fyrir í lokuðum vatnsgeymi í kjallara myllunnar. Í botni vatnsgeymisins er föstum spöðum komið fyrir og mynda þeir vatnsbremsuna á móti efra spaðahjólinu, sem snýst. Við snúning efri hluta vatnsbremsunnar og vegna straumfræðilegs viðnáms vatnsins á milli spaðanna hitnar vatnið. Þann varma, sem þannig myndast, má nýta með varmaskiptum eða við beint gegnumrennsli í gegnum vatnsgeyminn, sjá mynd 36.

Reynslan af rekstri slíkra vatnsbremsumylla er ekki mikil, en þar sem búnaður allur er tiltölulega einfaldur, er áætlað að rekstur þeirra geti verið stöðugur. Afskriftatími er áætlaður 15 ár.



Mynd 36. Vatnsbremsa.

9.2.2 Forsendur.

Áætlað er, að hámarksafl vindorkuversins verði 8,8 MW_t og að framleidd orka á ári verði 26 GWh. Eru þessar stærðir ákvarðaðar með tilliti til áætlaðrar tíðnidreifingar vinds í Vestmannaeyjum og bestu nýtni hámarksaflsins miðað við kælingarforsendur og fræðilega hegðan vatnsbrensumyllu. Myllustærð og fjöldi mylla ætti að gefa góða möguleika á hagkvæmni í framleiðslu og kaupum á búnaði. Hins vegar þykir ekki rétt að meta hugsanlega lækun á stofnkostnaði vegna raðsmíði, þar sem engin reynsla er komin á slíka framleiðslu hér á landi. Áætlaður fjöldi mylla er 110 og stærð þeirra er 80_t kW_t. Áætlað landssvæði sem þarf fyrir slíkt vindvorkuver er 2 x 10⁵ m² (450 m x 450 m). Sjá nánar í kafla 20.

9.2.3 Hagkvæmni.

Stofnkostnaður.

	þús. kr
110 myllur á þús.kr 1.820	
Uppsettar með sökklum og vatnsbrensu- búnaði	200.000
Búnaður og vinna við samtengingu, 8%	16.000

Samtals	<u>216.000</u>

Rekstrarkostnaður.

	þús. kr
Viðhald og stjórnun	4.300
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 200.000	20.600
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 16.000	1.300

Samtals	<u>26.200</u>

Orkuverð hitamyllu.

$$\underline{\underline{k_{V,V}}} = \frac{26.200.000 \text{ kr/ári}}{26.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,01 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

10. Sorpbrennsluver.

10.1 Lýsing.

Sorpbrennsluver hafa tvíþættan tilgang. Annars vegar að eyða sorpi og hins vegar að framleiða nýtanlegt varmaafli. Varmaaflið má nýta til upphitunar á vatni fyrir hitaveitukerfi eða til gufuframleiðslu.

Sorpi er ekið í sorpgeymi. Sjálfvirkur krani flytur sorpið í síló, sem hálf sjálfvirk matar brennsluofninn. Eftirlit fer fram með sjónvarpstökuvélum og kemur mynd fram á skermum í stjórnherbergi. Sorpið er brennt við háan hita, u.þ.b. 900°C, sem dregur mjög úr mengun lofts. Sérstakir mengunareyðar eru sambyggðir sorpbrennsluverum, ef um það eru gerðar kröfur. Varmaskiptar nýta síðan varmann frá brennslunni og skila honum sem upphitun á vatni.

Áætlað er, að einn maður verði á vakt í 8 stundir á þrískiptum vöktum. Jafnframt að einn viðgerðarmaður verði í fullu starfi. Áætlað er að til falli 1250 tonn af gjalli, sem aka þarf í burtu frá sorpbrennsluverinu.

10.2 Forsendur.

Samkvæmt skýrslu um sorpmál í Vestmannaeyjum eftir bæjartæknifræðing staðarins, er áætlað að til falli um 1 tonn af brennanlegu sorpi á hvern íbúa á ári, þ.e. um 5.000 tonn af brennanlegu sorpi í Vestmannaeyjum á ári. Brennslugildi sorpsins er áætlað 2.200 kcal/kg. Nýtni versins er áætluð 75%.

Minnstu sorpbrennsluverin eru gerð fyrir 1,5 t/h brennslu. Áætlað er að reka sorpbrennsluverið allan sólarhringinn í 4,5 daga vikunnar, þ.e. í 5.600 stundir á ári. Þannig væri hægt að brenna 8.400 tonnum af sorpi á ári, sem telja verður fulla nýtingu versins. Hugsanlega mætti í Vestmannaeyjum tryggja 8.400 tonn af sorpi á ári með einhverjum flutningi úr landi. Áætlað er, að flutningskostnaður yrði greiddur af þeim, sem losar sig við sorpið. Lauslegt tilboð í flutning á sorpi frá Þorlákshöfn er 12 þús.kr á 20 tonn af sorpi. Kostnaður af flutningi sorps til Eyja til fullrar nýtingar sorpbrennsluvers er um 2 Mkr á ári.

$$\text{Framleidd orka } Q = 8.400 \text{ kg} \times 2.200 \text{ kcal/kg} \times 0,75 \times 1,16 \text{ Wh/kcal}$$

$$= 16 \text{ GWh/ári}$$

=====

$$\text{Framleitt afl } P = 1500 \text{ kg} \times 2.200 \text{ kcal/kg} \times 0,75 \times 1,16 \text{ Wh/kcal}$$

$$= 3 \text{ MW}_t$$

=====

16 GWh orka hitar upp 350.000 m³ á ári miðað við 40°C, eða m.ö.o. að 3 MW_t afl hitar 18 l/sek stöðugt rennsli upp um 40°C.

10.3 Hagkvæmni.

Í þessari áætlun er í fyrsta lagi reiknað með, að sorpbrennsluverið sé að fullu fjármagnað af FJAVE og rekið á hennar vegum, áætlun A. Í öðru lagi að bæjarsjóður Vestmannaeyja fjármagni helming stofnkostnaðarins og reki síðan verið að fullu og öllu, áætlun B. Áætlað er að nýta sorpbrennsluverið í 5.600 stundir á ári.

Stofnkostnaður.

	þús.kr
Sorpbrennsluver án byggingar og mengunarvarna	71.500
Bygging m/lóð og veitugjöldum	8.000
Uppsetning o.fl.	3.000
Annað	2.500

Samtals	85.000
=====	

Rekstrarkostnaður, A.

	þús.kr
Laun: 3 + 1 maður á þús.kr. 60	2.400
Rafmagn: 350 MWh	800
Vatn: 2.500 m ³	50
Gjallakstur, 1250 tonn á ári	450
Viðhald og viðgerðir	700
Stjórnun o.fl.	800
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 20 ár á þús.kr 76.000	6.600
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 9.000	700

Samtals	12.500
=====	

Orkuverð frá sorpbrennsluveri, A.

$$\underline{\underline{k_{S,A}}} = \frac{12.500.000 \text{ kr/ári}}{16.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,78 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

Orkuverð frá sorpbrennsluveri vegna stofnkostnaðar eingöngu er 0,46 kr/kWh, en vegna beins reksturskostnaðar án fjármagnskostnaðar 0,32 kr/kWh.

Rekstrarkostnaður, B.

	þús.kr
Fjármagnskostnaður: Sjá áætlun A.	3.700

Samtals	<u><u>3.700</u></u>

Orkuverð frá sorpbrennsluveri, B.

$$\underline{\underline{k_{S,B}}} = \frac{3.700.000 \text{ kr/ári}}{16.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,23 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

11. Svartolíuketill.

11.1 Lýsing.

Svartolíukatlar brenna svartolíu við hlutfallslega háa nýtni. Varminn frá brunanum er nýttur til beinnar upphitunar á vatni eða til framleiðslu á gufu. Gufuna má þetta í varmaskipti til að hita t.d. volgt vatn. Algengt er, að minni svartolíukatlar séu vatnskatlar með mestu nýtni um 90%. Svartolíukatlar eru hlutfallslega ódýrir í innkaupum á afleiningu og viðhald þeirra er lítið.

Algengt er, að hitaveitur, sem byggja á öðrum orkugjafa en svartolíu, hafi svartolíukatla til að mæta nauðsynlegri varaafþörf. Mismunandi er eftir aðstæðum, hve mikið varaafli er nauðsynlegt hverri veitu, háð því m.a. hve miklar líkur eru á truflunum á forgangsaflí þeirra. Þær veitur, sem byggja á ótryggri orkuöflun, t.d. afgangorku úr rafmagnsframleiðslukerfi eða einni borholu svo dæmi séu nefnd, ættu að tryggja sér aðgang að allt að 100% varaafli.

Hægt er að skipta um brennara í svartolíukötlum til brennslu á hörðum kolum (steam coal) eða á kolavökva (fluidcarbon), ef hagkvæmt þykir.

11.2 Forsendur.

Í dælustöð FJAVE eru í dag tengdir tveir svartolíukatlar. Gamall ketill 3MW_t , sem brennir við nýtnina 70%-80%. Nýr ketill $7,3\text{MW}_t$, sem brennir við nýtnina 92%. Af fyrri reynslu má áætla að til lengri tíma verði meðalnýtni $7,3\text{MW}_t$ -ketilsins um 88%. Mesta aflþörf FJAVE á köldustu tímum getur í skamman tíma náð allt að 18MW_t , en meðal-aflþörf mestu álagsviku er hátt í 12MW_t .

Ef FJAVE verður rekin á ótryggum orkugjafa, s.s. ótryggri orku frá LV, virðist sem 10MW_t svartolíuketill með nýtnina 88%-90% í stað þess gamla væri æskilegur kostur.

Í viðauka V,A-3 er sýndur útreikningur á hráu orkuverði svartolíu.

11.3 Hagkvæmni.

Þar sem í dag er fyrir hendi nýr 7,3 MW_t ketill, er hér í fyrsta lagi ekki reiknað með fjármagnskostnaði vegna þeirrar fjárfestingar, áætlun A. Áætluð ársframleiðsla 30 GWh. Í öðru lagi er áætlaður reksturskostnaður af nýjum 10 MW_t katli, áætlun B. Miðað er við áætlaða ársframleiðslu 60 GWh.

Stofnkostnaður, A.

	þús.kr
Stofnkostnaður FJAVE	0

Samtals	<u>0</u>

Stofnkostnaður, B.

	þús.kr
10 MW _t olíuketill, uppkominn	4.500
Skorsteinn, uppkominn	500
Húsrými	3.200
Annað	300

Samtals	<u>8.500</u>

Rekstrarkostnaður, A.

	þús.kr
Viðhald og umsjón	800
Rafmagn o.fl.	200
Svartolía: 30×10^6 kWh á 0,61 kr/kWh	18.300
Fjármagnskostnaður	0

Samtals	<u><u>19.300</u></u>

Orkuverð oliuketils, A.

$$\underline{\underline{k_{0,A}}} = \frac{19.300.000 \text{ kr/ári}}{30.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,64 \text{ kr/KWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

Rekstrarkostnaður, B.

	þús.kr
Viðhald og umsjón	1.100
Rafmagn o.fl.	400
Svartolía: 60×10^6 kWh á 0,61 kr/kWh	36.600
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 20 ár á þús.kr 5.300	500
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 3.200	300

Samtals	<u><u>38.900</u></u>

Orkuverð oliuketils, B.

$$\underline{\underline{k_{0,B}}} = \frac{38.900.000 \text{ kr/ári}}{60.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,63 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

12. Kolaketill.

12.1 Lýsing.

Kolakatlar brenna kolum eða kolavökva (fluidcarbon) við hlutfallslega háa nýtni. Varminn frá brunanum er nýttur til beinnar upphitunar á vatni eða til framleiðslu á gufu. Gufuna má nota til framleiðslu á raforku og/eða lághitaorku, t.d. að hita volgt vatn með varmaskiptum. Algengt er erlendis, að kolakatlar séu notaðir sem gufukatlar hjá hitaveitum, með mestu nýtni um 90% eða meðalnýtni um 88%. Kolakatlar eru meðaldýrir í innkaupum á afleiningu og viðhald þeirra er hlutfallslega lítið.

Vissir erfiðleikar eru á flutningi, geymslu og meðhöndlun kola, s.s. óþrífnaður. Kolavökvi er einnig notaður, en það er blanda koladufts og vatns (fluidcarbon). Hægt er að nota sama ketilinn með mismunandi brennurum. Orkuinnihald kolavökva er lægra en fasta kola. Kolavökvi er fluttur með sérstökum tankskipum eða í lausum geymum, þegar um minna magn er að ræða. Heildarorkuframleiðsla FJAVE fengist við brennslu á um 7 þús. tonnum af kolum á ári, og til samanburðar má nefna að til eru innlendir aðilar, sem nota um 24 þús. tonn af kolum á ári.

12.2 Forsendur.

Áætlað er í fyrsta lagi að framleiða grunnorku FJAVE með kolum, þ.e. 3,5 MW_t eða 30 GWh, áætlun A. Í öðru lagi að framleiða alla orkuna með kolum, samtals 60 GWh, áætlun B. Áætluð meðalnýtni er 88%. Stuðst er við reynslu innlendra aðila um kostnað við flutninga á kolum, og áætlað er hér, að kostnaður við flutninga á kolavökva sé sá sami og á svartolíu. Engin reynsla er til um þetta hér á landi. Orkuinnihald kola (steam coal) er áætlað 29,75 MJ/kg, en 22 MJ/kg í kolavökva. Verð er hlutfallslega hátt á kolavökva, og stuðst er við lauslegt tilboð frá Svíþjóð í kolavökva, áætlun C.

Í viðauka V,A-3 er sýndur útreikningur á hráu orkuverði kola og kolavökva.

12.3 Hagkvæmni.

Stofnkostnaður, A.

	þús.kr
Kolaketill, 4MW _t	5.000
Varmaskiptir	1.500
Uppsetning og tenging	500
Kolalager og mótunarbúnaður	5.000
Annað	1.000
<hr/>	
Samtals	13.000
<hr/> <hr/>	

Stofnkostnaður, B.

	þús.kr
Kolaketill, 18-20 MW _t	23.000
Varmaskiptar	3.000
Uppsetning og tenging	800
Kolalager og mótunarbúnaður	6.000
Stækkun húsrýmis	3.200
Annað	1.200
<hr/>	
Samtals	37.200
<hr/> <hr/>	

Rekstrarkostnaður, A.

	þús.kr
Viðhald	500
Umsjón	300
Rafm. o.fl.	200
Kol: 30x10 ⁶ kWh á 0,29 kr/kWh	8.700
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 20 ár á þús.kr 8.000	700
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 5.000	400
<hr/>	
Samtals	10.800
<hr/> <hr/>	

Orkuverð kolaketils, A.

$$\underline{\underline{k_{K,A}}} = \frac{10.800.000 \text{ kr/ári}}{30.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,36 \text{ kr/kWh}}} \quad (\text{mynd 44})$$

Rekstrarkostnaður, B.

	þús.kr
Viðhald	800
Umsjón	300
Rafm. o.fl.	400
Kol: 60×10^6 kWh á 0,29 kr/kWh	17.100
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 20 ár á þús.kr 27.300	2.400
Afskriftatími 25 ár á þús.kr 9.900	800

Samtals	<u>21.800</u>

Orkuverð kolaketils, B.

$$\underline{\underline{k_{K,B}}} = \frac{21.800.000 \text{ kr/ári}}{60.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,36 \text{ kr/kWh}}} \text{ (mynd 44)}$$

Rekstrarkostnaður, C.

	þús.kr
Viðhald	800
Umsjón	300
Rafm. o.fl.	400
Kol: 60×10^6 kWh á 0,93 kr/kWh	55.800
Fjármagnskostnaður: Annuitet, vextir 6%	
Afskriftatími 15 ár á þús.kr 27.300	2.400
Afskriftatími 20 ár á þús.kr 9.900	800

Samtals	<u>60.500</u>

Orkuverð kolaketils, C.

$$\underline{\underline{k_{K,C}}} = \frac{60.500.000 \text{ kr/ári}}{60.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,01 \text{ kr/kWh}}} \text{ (mynd 44)}$$

13. Dieselstöð (rafmagn).

13.1 Lýsing.

Rafveita Vestmannaeyja hefur í dag yfir að ráða sjö dieselrafstöðvum af stærðinni 600 kW til 800 kW hver, samtals 4,5 MW. Allar vélarnar eru af Catærpillargerð^e og eru tilbúnar án fyrirvara til gangsetningar og samfösunar inn á 11 kV háspennunet RV.

Vélunum er komið fyrir á þremur stöðum í bænum. Fimm vélar eru staðsettar í aðalstöðvum RV en tvær úti í bæ.

Útgangsspenna rafalanna er 0,4 kV, en millispennir sér um að spenna upp í 6/11 kV.

13.2 Forsendur.

Fram til þessa hafa dieselvélarnar verið notaðar til að lækka greiðslumyndandi afltopp RV gagnvart RARIK, ásamt því að þjóna hlutverki vararafafls í Vestmannaeyjum. Greiðslumyndandi toppur RV gagnvart RARIK á árinu 1986 var 6,5 MW með nýtingartíma 5.785 stundir. Áætla má, að mesti samtíma afltoppur vegna rafhitunar sé um 2 MW^e, sem keyrður er niður með dieselvélunum án umtalsverðrar orkunotkuðar í olíu. Þegar FJAVE hefur yfirtekið allan rafhitunarmarkaðinn, má áætla að ávinningur dieselkeyrslunnar minnki til lækkunar á greiðslumyndandi rafafllstoppi.

Hvort heldur sem FJAVE byggir orkuframleiðslu sína á rafskautakatli eða varmadælum, á ótryggri orku frá LV, eða að hluta til ónýtttri orku undir greiðslumyndandi afltoppi RV, þá er ljóst að möguleikar dieselvélanna til að auka hagkvæmni í heildarorkubúskap Vestmannaeyjakaupstaðar eru miklir. Verða þeir háðir gildandi orkuverði á hverjum tíma.

Heildarnýtni er áætluð 30% að jafnaði fyrir allar vélar.

13.3 Hagkvæmni.

Með vísan til viðauka V,A-3 gefur hver lítri af dieselolíu 3,0 kWh raforku. Miðað við gildandi dieselolíuverð er hrár framleiðslukostnaður hvernar orkueiningar frá dieselvélum

$$k_{\text{D}}^* = 2,30 \text{ kr/kWh}$$

14. Ferjuflutningar á heitu vatni.

14.1 Lýsing.

Einn hugsanlegur valkostur í orkuöflun fyrir FJAVE er flutningur á heitu vatni úr landi, t.d. frá Þorlákshöfn. Yrðu flutningarnir að fara fram með sérstöku geymaskipi, sem eingöngu væri í heitavatns-siglingum á milli lands og Eyja, eða breytingar yrðu gerðar á Vestmanneyjaferju, þannig að hún gæti tekið fastan heitavatnsskammt í hverri ferð. Einnig kæmi til álita, að ferjan drægi á eftir sér þar til gerðan heitavatnsgeymi.

Hvaða leið sem fyrir valinu yrði, þyrfti umtalsverðan flutningsbúnað. Jafnframt krefðist þetta töluverðs búnaðar í höfnum bæði í landi og í Eyjum. Í báðum höfnum þyrfti að koma upp nokkuð öflugum dælubúnaði, sem annað gæti dælingu í og úr geymi ferjunnar á viðunandi skömmum tíma. Áætla verður, að þörf FJAVE við mesta álag sé um 5.000 m³ vatns á sólarhring. Dælubúnað og aðfærsluæð í landi þyrfti fyrir allt að 700 l/sek, ef dæla ætti því magni sem hér um ræðir á t.d. 2 tímum. Stærstu aðveituæðar nýrri og stærri hitaveitna eru gerðar fyrir um 500 l/sek rennsli.

14.2 Forsendur.

Ef nýta ætti heitt vatn úr landi frá skipi fyrir FJAVE, væri það unnt eftir tveimur leiðum, enda verði fyrst dælt úr skipi í þar til gerðan birgðageymi í Vestmannaeyjum. Í fyrsta lagi að opna bakrennslisrás dreifikerfisins þannig að vatn, sem runnið hefur í gegnum ofnakerfin, renni út úr dreifikerfinu um 35°C heitt. Í öðru lagi að koma upp varmaskiptabúnaði, sem nýtti varmann úr vatni frá birgðageyminum inn á lokaða hringrás dreifikerfisins. Frá varmaskiptabúnaðinum rynni vatnið 35°C-40°C. Teldist það slæm nýting á þeirri orku, sem í vatninu er og búið er að flytja til Eyja. Verður því að telja, að rekstur varmadælu til nýtingar vatnshita niður fyrir 35°C-40°C þætti eðlileg ráðstöfun, hvor hinna tveggja leiða, sem valin yrði. Hefði slík viðbótarnýting á vatnshita þau áhrif, að minna þyrfti að koma af vatni úr landi á hverjum tíma, háð rekstri varmadællunnar.

14.3 Hagkvæmni.

Augljóst er að kostnaður við flutninga á heitu vatni úr landi er nokkuð umtalsverður. Áætla verður, að flutningskostnaður vatnsins verði hár vegna hins mikla rúmtaks og miklu þyngdar, sem flytja þarf.

Aukning í eldsneytiskostnaði ferjunnar af völdum heitavatnsflutninganna yrði umtalsverð.

Verð á heitu vatni í Þorlákshöfn úr núverandi kerfi er 54,60 kr/m³ en núverandi söluverð á heitu vatni í Vestmannaeyjum er 57,20 kr/m³ til notenda.

Miðað við aðra valkosti í orkuöflun fyrir FJAVE er hér ekki talin ástæða til frekari athugana á þessum orkuöflunarkosti.

15. Geymar.

15.1 Lýsing.

Geymar í hitaveitukerfum hafa að jafnaði tvíþættu hlutverki að qegna. Þeir geyma í sér varaforða af varma, sem hægt er að nota ef stöðvun verður á framleiðslu varma vegna bilunar í varmaframleiðslubúnaði eða vegna rofs á raforku til varmaframleiðslunnar. Stærð safngeymisins ákvarðar það öryggi sem hann veitir notendum á truflanalausri varmaafhendingu í bilana- og roftilfellum.

Geymar eru einnig notaðir til að miðla heitu vatni við misjafnt álag. Í stað þess að fjárfesta í orkuframleiðslubúnaði sem framleitt getur mikið afl sem nýtist aðeins í skamman tíma eða að kaupa raf afl sem aðeins nýtist í skamman tíma, en krefst kostnaðarsamra línubygginga, er gengið á vatnsforða geymisins við mesta álag en safnað í hann aftur þegar álag minnkar. Slík miðlun er oft notuð til að jafna álag á raforkukerfi á milli dags og nætur.

Reynslan hefur sýnt, að súrefni úr andrúmsloftinu á auðvelt með að blandast vatni í geymum í þeim mæli að tæring í hitakerfum getur orðið umtalsverð. Mest hættu er í ofnakerfum húsa. Reynslan hefur sýnt að súrefnismagn af stærðargráðunni 40-100 ppB (q/l) í vatni við 80°C getur valdið gegnumtæringu (pyttatæringu) í ofnakerfum á innan við tveimur árum.

Brennisteinsvetni (H_2S), sem finnst í vatni margra hitaveitna og eyðir súrefni úr því, er ekki í hringrásarvatni FJAVE. Með blöndun súrefniseyðandi efna í vatnið, s.s. natríumsulfíts (Na_2SO_3), er hægt að draga nokkuð úr tæringu af völdum súrefnis. Áhrif þessara aðgerða verða meiri í ofnakerfum fjær íblöndunarstaðnum vegna þess tíma sem það tekur íblöndunarefnið að eyða súrefninu eftir að íblöndunin hefur farið fram.

15.2 Forsendur.

Mesta álag FJAVE (\hat{P}_{max}) er 15 MW_t, sem jafngildir um 90 l/sek rennsli miðað við 40°C hitafall. Heitavæðing þörf FJAVE er því um 325 m³ á klukkustund og 4000 m³ geymir innihéldi um 12 tíma varaforða við mesta álag, en hann jafngildir tæplega 0,2 GWh. Er þá miðað við að bæði framrennslis- og bakrennslisstreymi kerfisins fari í gegnum sama geyminn. Vegna hitamunarins í geyminum helst hiti á framrásarvatni frá geyminum í þar til næst fullum geymahita eða þar til skil þess hita og bakrásarhita kerfisins ná útstreymisstað geymisins. Þá

fellur framrásarhiti frá geyminum mjög fljótt í bakrásarhita kerfisins.

15.3 Kostnaður.

Miðað við það byggingarform sem tíðkast hefur hér á landi á geymum hitaveitna og að þeir séu úr stáli, er áætlaður byggingarkostnaður 4000 m³ geymis, sem byggður yrði sjálfstæður, 6.000 kr á m³.

Stofnkostnaður.

	þús. kr
4000 m ³ geymir, uppsettur og frágenginn	24.000
Tengingar og breytingar á lögnum	4.000
Annað	2.000

	<u>Samtals kr. 30.000</u>

Þar sem geymar eru ekki orkuframleiðslutæki, er ekki hægt að tala um hagkvæmni í rekstri þeirra. Miðað við 25 ára afskriftatíma og 6% annuitetsvexti yrði árlegur fjármagnskostnaður af byggingu 4000 m³ geymis þús. kr 2.400 á ári.

16. Samrekstur rafskautaketils og nýtingar á hraunhita.

Nokkurri óvissu er bundið í hve langan tíma hver áfangi dælingar úr hrauni muni vara. Má áætla, að um verði að ræða 2-5 ára tímabil. Ljóst er, að nýting núverandi varmaskiptabúnaðar á hrauni er ekki hagkvæm nema að ákveðnu reksturskostnaðarmarki. Áætlað er, að topphitun fari fram með rafskautakatli, en hún gæti t.d. farið fram með svartolíu eða kolum.

16.1 Heitt vatn úr hrauni og rafskautaketill.

Hér er áætlaður meðalframleiðslukostnaður hvernar orkueiningar við hraundælingu eingöngu, ásamt topphitun frá rafskautakatli yfir 9 ára tímabil. Áætlað er, að hver áfangi vari í 2 ár og að k_L sé 0,30 kr/kWh. IV. áfangi er látinn vara í 3 ár þannig að 9 ára áætlunar-tímabilinu verði náð.

Áfangi	Hlutf. orku- framl.	Tíma- bil	Framl.- verð	Meðalverð
I.	60/60	2 ár	0,09 kr/kWh	0,09 kr/kWh
II.	40/60	2 ár	0,13 kr/kWh	
II.	20/60	2 ár	0,36 kr/kWh	0,21 kr/kWh
III.	40/60	2 ár	0,31 kr/kWh	
III.	20/60	2 ár	0,36 kr/kWh	0,33 kr/kWh
IV.	30/60	3 ár	0,35 kr/kWh	
IV.	30/60	3 ár	0,36 kr/kWh	0,36 kr/kWh

Meðalframleiðsluverð orkueiningar yfir 9 ára tímabil.

$$\underline{\underline{k_{HD,R} = 0,26 \text{ kr/kWh}}}$$

16.2 Heitt vatn úr hrauni, söfnun gufu og rafskautaketill.

Hér er áætlaður meðalframleiðslukostnaður frá samrekstri hraundælingar og gufusöfnunar á hrauni með topphitun frá rafskautakatli yfir 9 ára tímabil. Áætlað er nú, að hver áfangi vari í 3 ár vegna nýtingar gufu ásamt dælingu vatns úr hrauni og að k_L sé eins og áður 0,30 kr/kWh.

Reksturskostnaður samreksturs hraundælingar og gufusöfnunar miðast við að dæling úr hrauninu minnki í 2/3 hluta af því, sem hún annars væri.

Rekstrarkostnaður.

	þús.kr
Dælingarkostnaður, 2/3 hlutar af þús.kr 1.800	1.200
Viðhald og umsjón	1.700
Fjármagnskostnaður	1.700
Breytingar á vinnslusvæðum	2.000
Viðhald á gufusöfnun o.fl.	1.500
Umsjón	300
Samtals	8.400

Meðalframleiðsluverð hvernar orkueiningar í I. og II. áfanga, þegar um samrekstur hraundælingar og gufusöfnunar yrði að ræða er:

$$\underline{\underline{k_{HD,HV,I}}} = \frac{8.400.000 \text{ kr/ári}}{60.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,14 \text{ kr/kWh}}}$$

$$\underline{\underline{k_{HD,HV,II}}} = \frac{8.400.000 \text{ kr/ári}}{40.000.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{0,21 \text{ kr/ári}}}$$

Áfangi	Hlutf. orku-framl.	Tímabil	Framl.-verð	Meðalverð
I.	60/60	3 ár	0,14 kr/kWh	<u>0,14 kr/kWh</u>
II.	40/60	3 ár	0,21 kr/kWh	
II.	20/60	3 ár	0,36 kr/kWh	<u>0,26 kr/kWh</u>
III.	40/60	3 ár	0,31 kr/kWh	
III.	20/60	3 ár	0,36 kr/kWh	<u>0,33 kr/kWh</u>

Meðalframleiðsluverð orkueiningar yfir 9 ára tímabil, með dælingu og gufusöfnun:

$$\underline{\underline{k_{HD,HV,R}}} = 0,24 \text{ kr/kWh}$$

Miðað við áætlaðan tilkostnað af söfnun gufu og $k_L = 0,30$ kr/kWh er ljóst, að heildarhagkvæmni í framleiðslu fullrar orkuframleiðslu 60 GWh yfir 9 ára tímabil, er aðeins lítillega lægri eða 0,02 kr/kWh en þegar aðeins var dælt úr hrauni.

Á meðan tilkostnaður við gufusöfnun er lágur eða allt að 4,4 Mkr á ári miðað við $k_L = 0,30$ kr/kWh er eðlilegt að hún sé nýtt. Jafnframt má áætla að nýting hennar stuðli að lengingu hvers áfangatímabils.

Á mynd 43 er áætlað meðalframleiðsluverð hvernar orkueiningar sýnt sem fall af tíma, þegar gengið er út frá því, sem svartsýnast verður að teljast, að tímabil hvers áfanga sé aðeins 3 ár með söfnun gufu.

Á mynd 42 er það sama sýnt, þegar viss bjartsýni er viðhöfð og áætlað, að tímabil hvers áfanga verði 5 ár. Í báðum áætlunum er raforkuverðið k_L látið breytast frá því lægst áætlaða til þess hæst áætlaða, samanber myndir 44 og 45.

Af myndum 42 og 43 má sjá, að ef FJAVE velur hraundælingu til varmaframleiðslu, kemur tiltölulega fljótt að því, að viðbótarorkugjafi s.s rafskautaketill þurfi að koma til, vegna stöðugt minnkandi orku úr hrauninu. Jafnframt má sjá, að eftir því sem tímar líða, skiptir meira máli hvert raforkuverð til rafskautaketils verður. Þarf því fljótt að tryggja samning um afhendingu afgangsorðu á viðunandi verði.

16.3 Hraunhiti, varmadæla og rafskautaketill.

Á mynd 25 er sýnd áætlun um hita vatns úr hrauninu. Áætlað er, að þegar hiti á vatni úr hrauninu er fallinn niður fyrir 60°C, þá verði gufusöfnunin ekki lengur nýtt.

Ef miðað er við að dæling á vatni úr hrauninu verði ekki aukin þrátt fyrir lækandi vatnshita úr hrauninu, minnkar sá varmi, sem nýtist fyrir dreifikerfi FJAVE. Þegar vatnshiti úr hrauninu hefur fallið niður í 60°C, er áætlað að setja upp varmadælur í dælustöð, sem kældu 40°C heita hraunvatnið frá varmaskiptunum niður í 15°C. Við það nýttist um 35°C hitafall úr hraunvatninu til varmagjafar fyrir FJAVE, sjá mynd 39. Áætlað er að nú verði settir upp nýir varmaskiptar í dælustöðinni. Er þessi tilhögun sýnd í kafla 16.4.3, rekstrarform, III.-áfangi.

Þegar hraunvatnshiti hefur fallið niður í 40°C verður varmaskiptirinn í dælustöðinni óvirkur og hraunvatninu eftir það veitt beint til kælingar í varmadælunni. Með 25 l/sek dælingu af 40°C heitu vatni úr hrauninu fengist þannig 30 GWh varmi á ári fyrir FJAVE. Er þessi tilhögun sýnd í kafla 16.4.4, rekstrarform, IV.-áfangi.

Með rekstri varmadælnanna er áætlað, að rafskautaketill framleiði þann varma, sem FJAVE þarfnast umfram þann varma, sem hraunvatnið gefur eða allt að 30 GWh á ári.

16.4 Áfangaskipti í samrekstri.

Þótt gert sé ráð fyrir, að samrekstur gufusöfnunar verði valinn til öflunar á orku, er ljóst að það rekstrarform verður aðeins tímabundið, háð hitastigi á vatninu úr hrauninu samkvæmt mynd 25. Með þessu móti er unnt að anna allri orkupörf FJAVE í I.-áfangi.

Eftir I.-áfangi verður að koma til "viðbótarorkugjafi". Hlutdeild þessa orkugjafa í heildarframleiðslunni mun aukast eftir því sem hraunvatnshitinn fellur. Með því að taka í rekstur 3,5 MW_t varmadælu eftir II.-áfangi, til enn frekari nýtingar hraunhitans er áætlað, að hlutdeild framangreinds "viðbótarorkugjafa" aukist úr 20 GWh í 30 GWh á ári eftir III.-áfangi. Eftir IV.-áfangi er áætlað, að ekki verði hagkvæmt að nýta hraunhitann lengur. Þá verður "viðbótarorkugjafinn" alls ráðandi í orkuframleiðslu FJAVE.

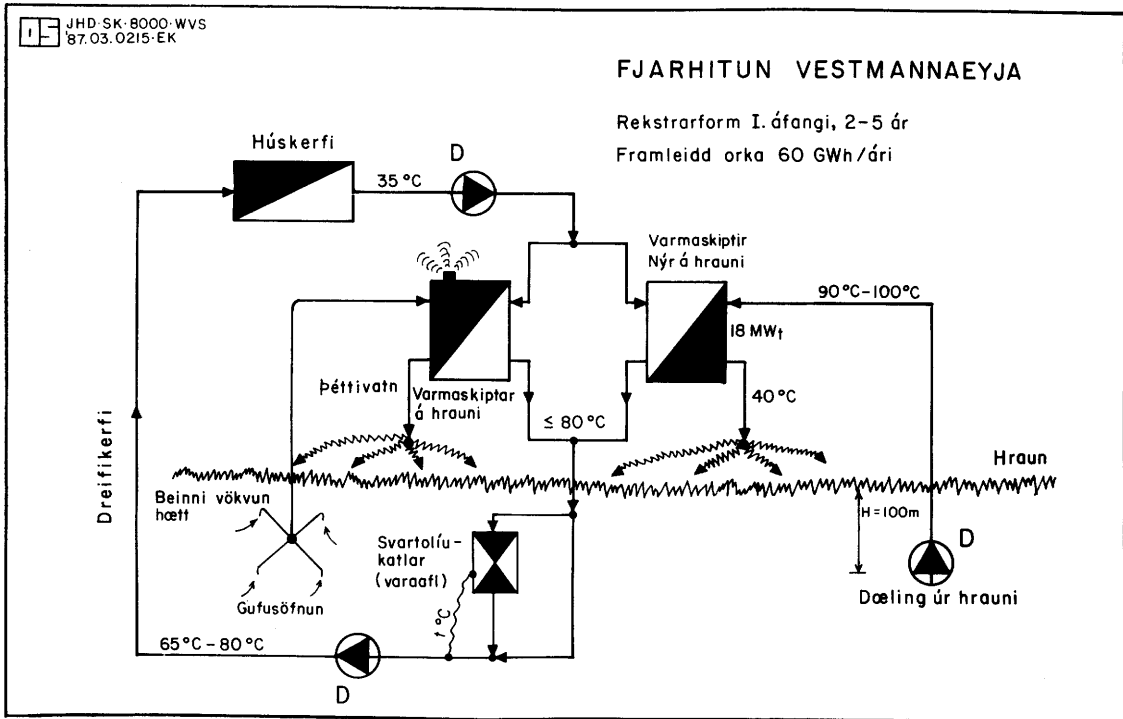
Sá "viðbótarorkugjafi" sem hér um ræðir, gæti t.d. verið rafskautaketill, svartolíuketill eða kolaketill. Ljóst er, að hann þarf að geta annað tiltölulega miklu afli strax eftir I.-áfangi eða allt að 8-10 MW_t, þótt orkuframleiðsla hans þurfi ekki að vera yfir 20 GWh á ári. Eftir IV.-áfangi þarf hann að geta annað 18-20 MW_t afli og framleitt um 60 GWh á ári.

Hér á eftir er sýnt í myndum yfirlit yfir áætlað rekstrarform hvers áfangi miðað við að hraundæling og gufusöfnun verði samnýtt, og áætlað er að viðbótarorkugjafinn verði rafskautaketill. Áætlað er, að hver áfangi vari í 2-5 ár.

Á meðan hraunvatnshiti helst yfir 60°C, er áætlað að dæla öllu bakrásarvatni dreifikerfisins upp á hraun eins og nú er gert og hita það þar upp í varmaskiptum samanber I.- og II.-áfangi. Hraunvatni verður eftir kælingu í varmaskiptum, veitt aftur út á hraunið til að drýggja vatnsforðann þar.

16.4.1 Rekstrarform, I.-áfangi.

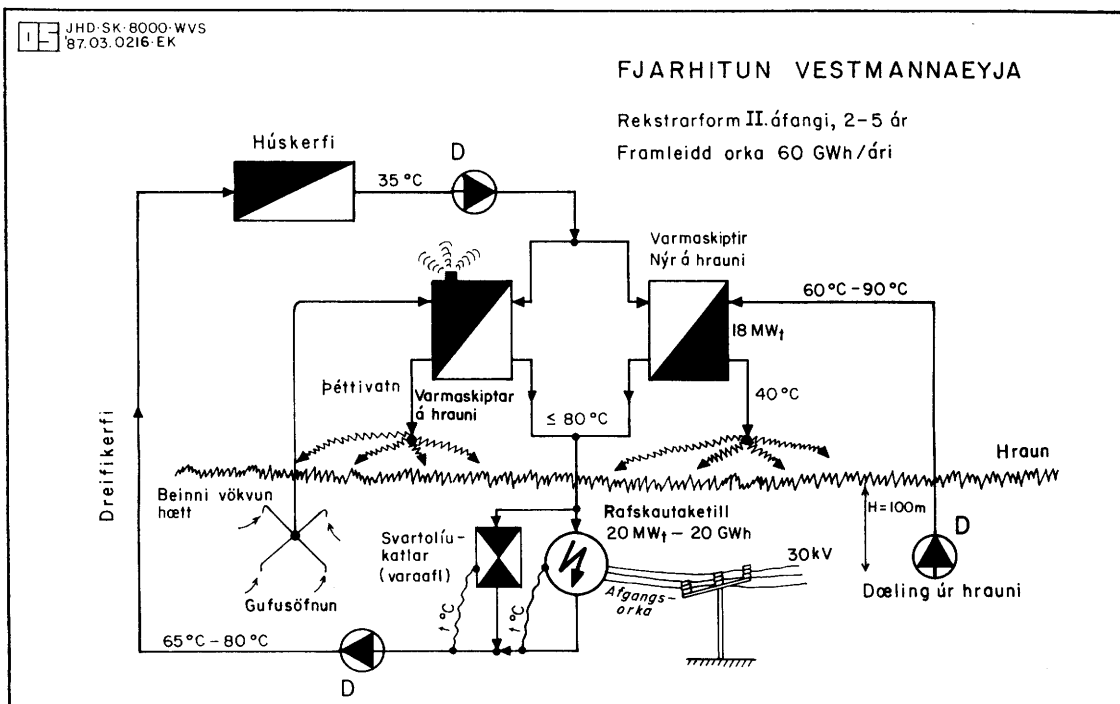
Áætlað er, að á þessu tímabili megi dæla úr hrauninu 90°C-100°C heitu vatni og nýting þess vatns með gufusöfnun anni allri orkupörf FJAVE, 60 GWh á ári. Áætlað er, að þetta rekstrarform haldist í 2-5 ár, mynd 37.



Mynd 37. Rekstrarform, I.-áfangi.

16.4.2 Rekstrarform, II.-áfangi.

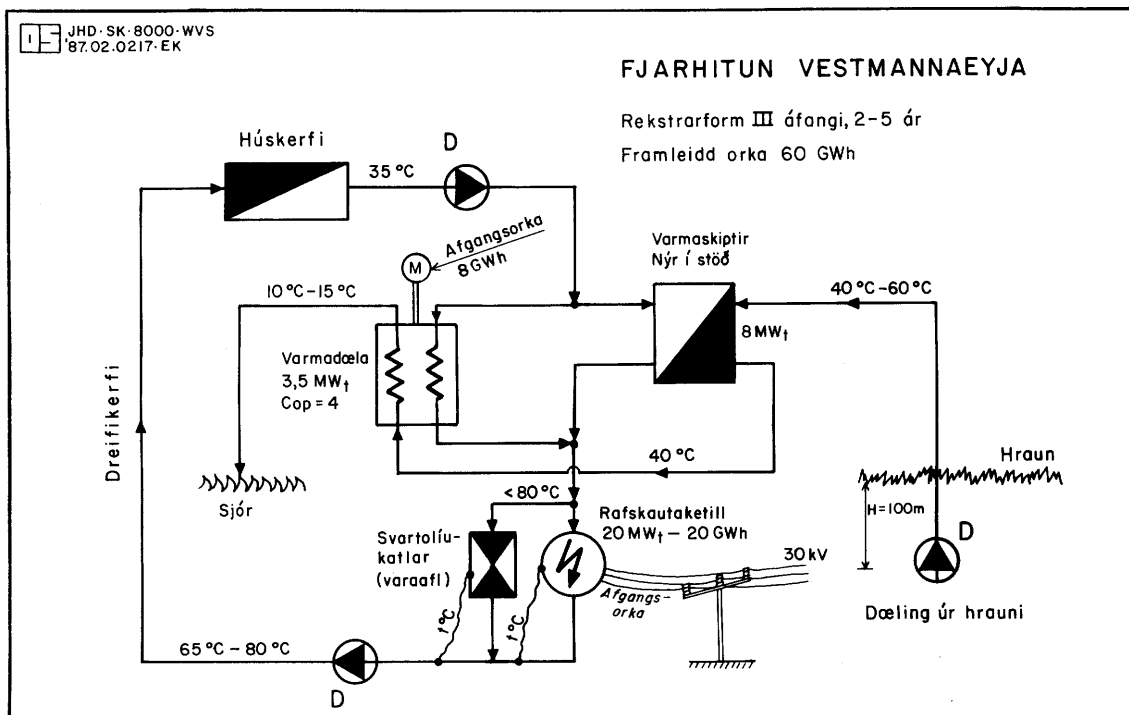
Aætlað er, að á þessu tímabili megi dæla úr hrauninu 60°C-90°C heitu vatni, sem með gufusöfnun getur annað 40 GWh orkuframleiðslu á ári. 20 GWh verði framleiddar með rafskautakatli, mynd 38.



Mynd 38. Rekstrarform, II.-áfangi.

16.4.3 Rekstrarform, III.-áfangi.

Áætlað er á þessu tímabili, að hraunvatnshiti hafi fallið niður í 40°C-60°C og að ekki þyki lengur hagkvæmt að reka gufusöfnunina. Sett verði upp 3,5 MW_t varmadæla, sem nýti hraunvatnshitann úr 40°C niður í 15°C og anni 30 GWh orkuframleiðslu á ári. Svo lengi sem hraunvatnshitinn helst yfir 40°C er áætlað, að nýting þess hita fari fram með varmaskipti, sem staðsettur verði í dælustöð FJAVE. Eftir kælingu í varmadælu verði vatni frá hrauninu veitt til sjávar, mynd 39.

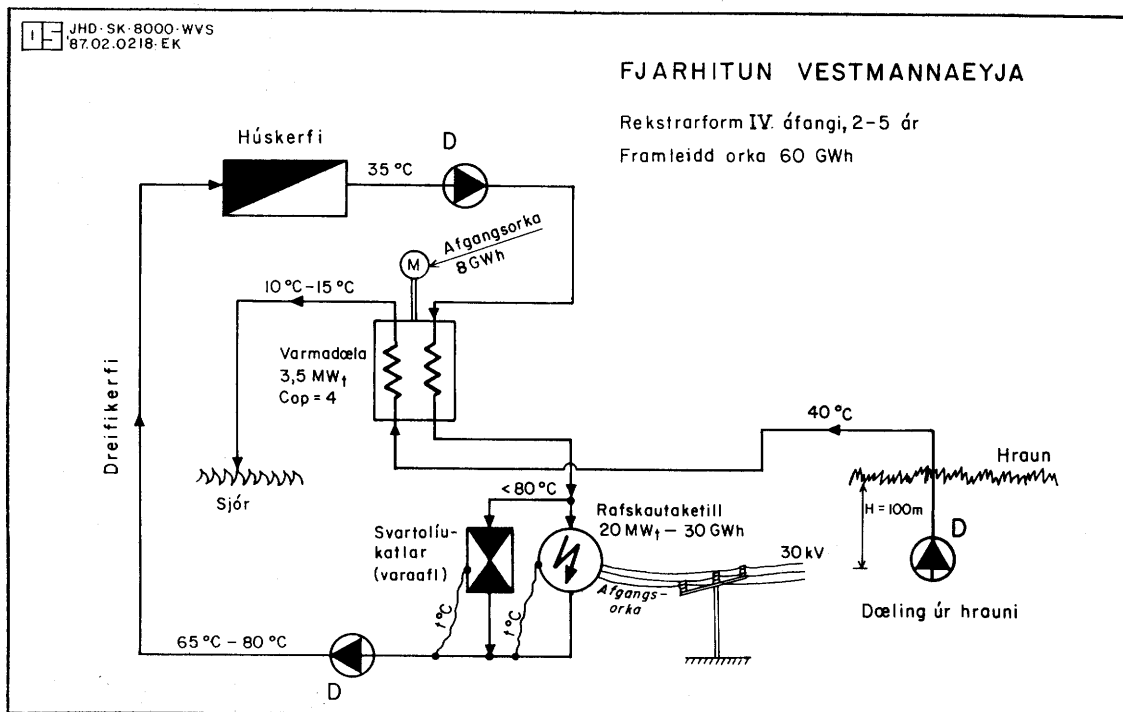


Mynd 39. Rekstrarform, III.-áfangi.

16.4.4 Rekstrarform, IV.-áfangi.

Áætlað er á þessu tímabili, að hraunvatnshiti hafi fallið niður í 40°C og rekstri varmaskiptis í dælustöð verði hætt. Orkuframleiðsla varmadælu verður áfram 30 GWh, en 30 GWh verða nú framleiddar með rafskautakatli, mynd 40.

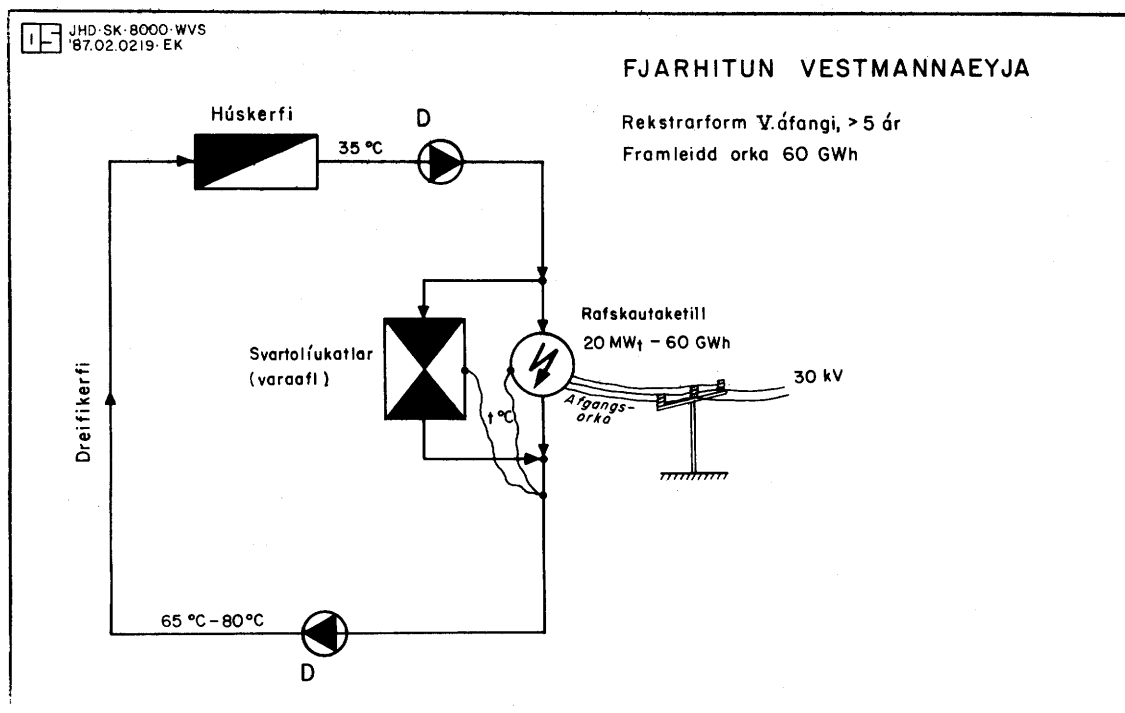
Nokkrar líkur eru til þess, vegna hins mikla varmaforða í hrauninu, að með dælingu úr því megi í mjög langan tíma ná allt að 40°C heitu vatni.



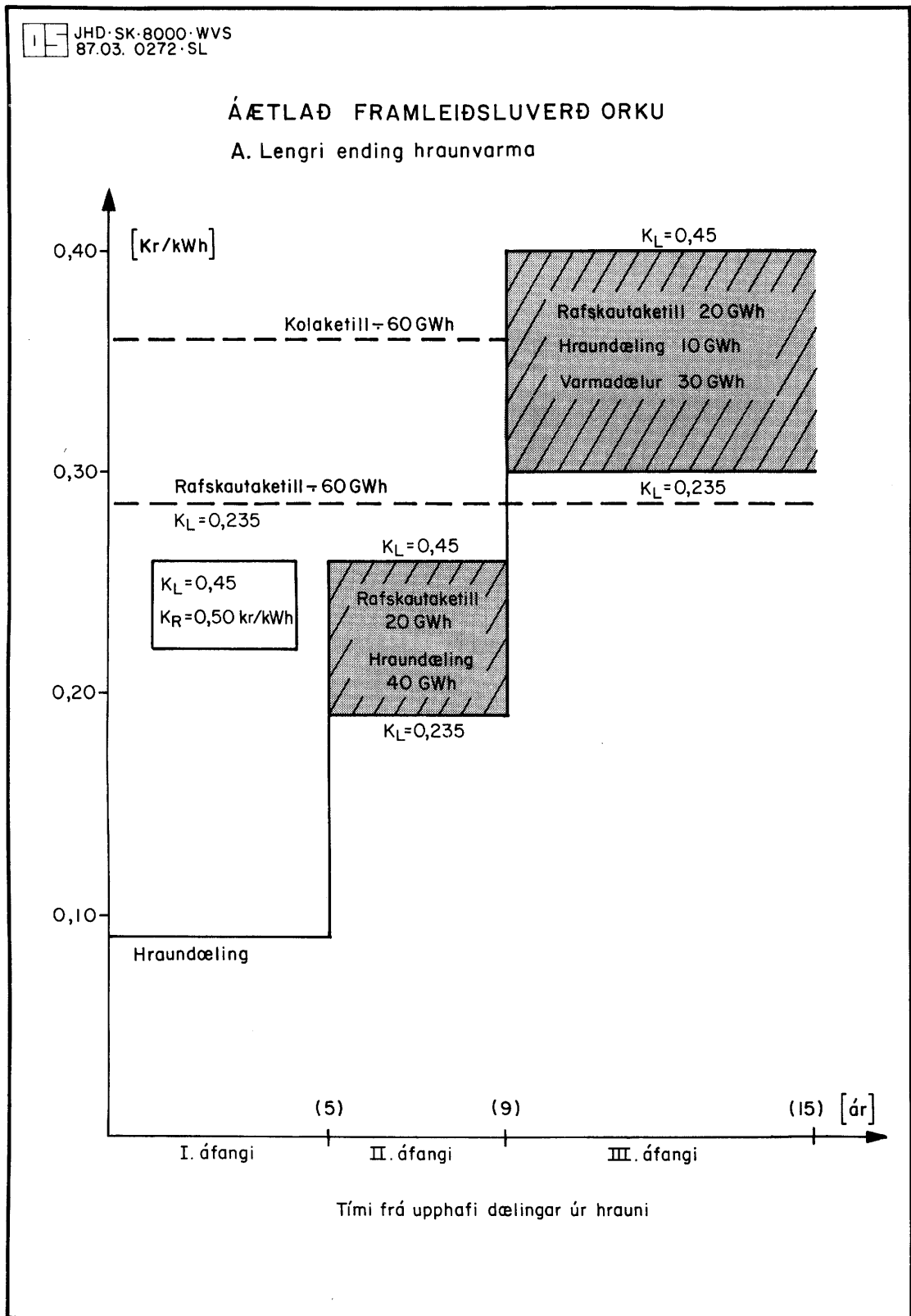
Mynd 40. Rekstrarform, IV.-áfangi.

16.4.5 Rekstrarform, V.-áfangi.

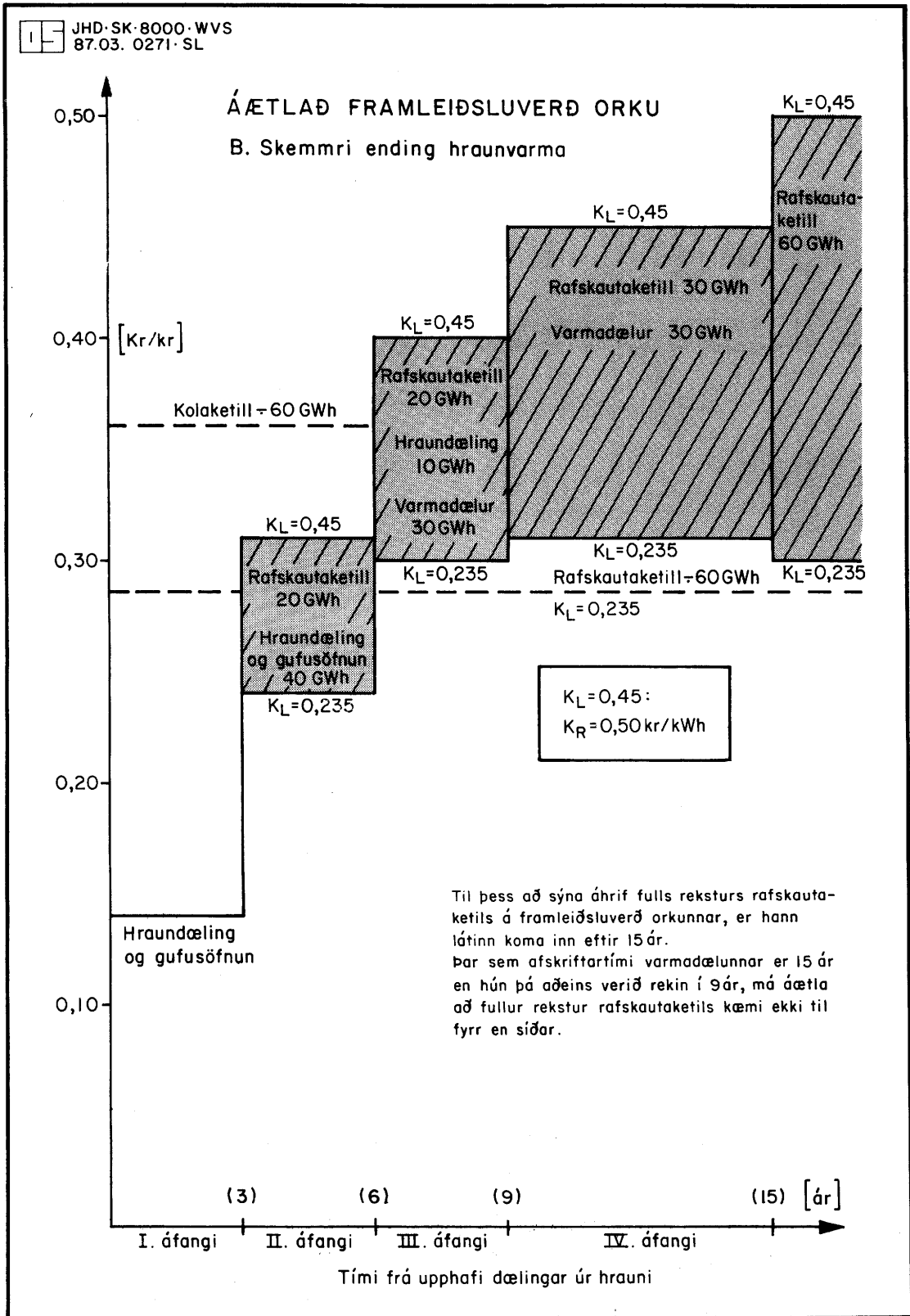
Á þessu tímabili er áætlað, að ekki þyki lengur hagkvæmt að nýta hraunvatnshitann og mun þá rafskautaketillinn yfirtaka alla orkuframleiðslu FJAVE, 60 GWh á ári, mynd 41.



Mynd 41. Rekstrarform, V.-áfangi.



Mynd 42. Áætlað orkuverð samnýtingar gufuvarmaskipta á hrauni og hraundælingar. Lengri ending hraunvarma.



Mynd 43. Áætlað orkuverð samnýtingar gufuvarmaskipta á hrauni og hraundælingar. Skemmri ending hraunvarma.

17. Samanburður á hagkvæmni orkugjafa.

17.1 Hagkvæmni einstakra orkugjafa.

Á mynd 44 er sýndur samanburður á framleiðsluverði orku frá mismunandi orkugjöfum. Á myndinni er hver orkugjafi sjálfstæður, óháð því hve stórum hluta af heildarþörf FJAVE hann getur fullnægt og í hve langan tíma. Þar sem ekki hefur verið samið um raforkuverð fyrir FJAVE, en hagkvæmni einstakra orkugjafa er mismunandi háð raforkuverðinu, er valið að kalla raforkuverðið k_L [kr/kWh] og láta það breytast. Áætlað er, að lægsta hugsanlega verð verði 0,235 kr/kWh, en hæsta verð 0,45 kr/kWh. Er þetta svið sýnt strikað á mynd 44.

Telja verður, að miðað við útsöluverð orkueiningarinnar frá FJAVE, með eða án niðurgreiðslu bæjarsjóðs Vestmannaeyja, og aðra þá valkosti, sem fyrir hendi eru, sé framleiðsla orku frá vindorkuverum, kolavökva-katli, sorpbrennsluveri, miðað við að full fjármögnun og rekstur sé á hendi FJAVE, og frá svartolíukatli í einhverjum verulegum mæli, ekki nægilega hagkvæmar orkuöflunarleiðir.

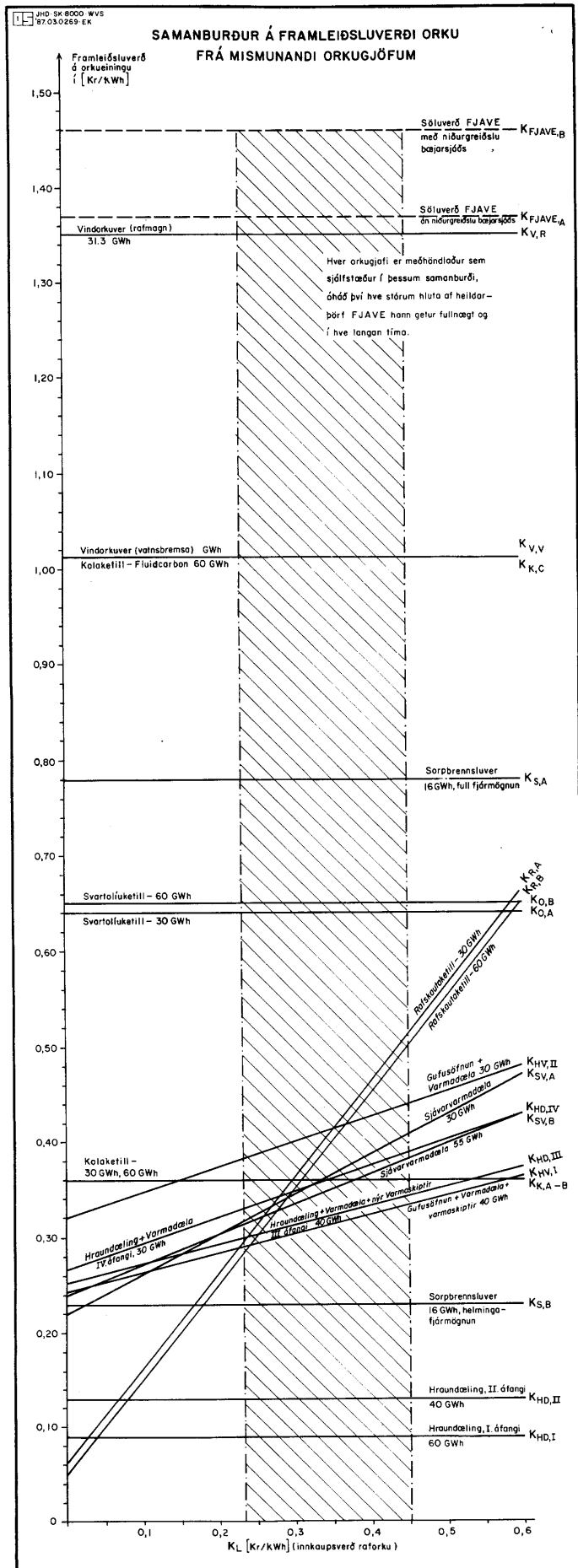
Rafskautaketill til framleiðslu á allri orkupörf FJAVE kemur vart til greina nema raforkuverðið sé $k_L = 0,235$ kr/kWh eða lægra. Rafskautaketill, sem framleiddi hluta af orkupörf FJAVE ásamt öðrum hagkvæmari orkugjafa, þyldi herra raforkuverð.

Hagkvæmni varmadælna (30 GWh) hvort heldur þær nýta varma úr hrauninu eða sjónum er nokkuð háð raforkuverðinu. Sjávarvarmadælan er meira háð því vegna lægri Cop-stuðuls, en heildarrekstrarkostnaður varmadælu, sem nýtti hraunhitann, er meiri vegna áætlaðs tiltölulega hás kostnaðar við rekstur gufusöfnunarinnar. Stór varmadæla, sem nýtti varma úr sjónum og framleiddi allt að 55 GWh á ári, er hagkvæmari sem sjálfstæð rekstrareining en hinar tvær áðurnefndu, þar til raforkuverð er orðið mjög lágt. Sýnir þetta, hve mikil auðlind Golfstraumurinn getur verið við Vestmannaeyjar. Úvíst er, hvort annars staðar við strendur Íslands gæti orðið um jafn hagkvæman varmadælurekstur að ræða.

Varmaframleiðsla með kolum miðað við núverandi verðlag á þeim, er mjög samkeppnisfær við aðra varmagjafa. Raforkuverðið má ekki fara yfir um 0,30 kr/kWh til að rekstur kolaketils sé ekki hagkvæmari en rekstur rafskautaketils. Ef hinsvegar varmaframleiðsla ætti að fara fram með kolum í Vestmannaeyjum, sem ekki er fráleit hugmynd, væri ástæða til að kanna nánar möguleika þess að framleiða þá bæði raforku fyrir RV og varma fyrir FJAVE með kolum.

Nýting varma frá sorpbrennsluveri er athyglisverður möguleiki fyrir Vestmannaeyjar. Þar sem það er ekki hlutverk FJAVE að annast sorp-eyðingu, fer það eftir samningum FJAVE við rekstraraðila sorpbrennsluversins sem væntanlega yrði bæjarsjóður Vestmannaeyja, hve hagkvæmt það væri fyrir FJAVE að nýta þann varma. Á mynd 44 er sýnt hvernig hagkvæmni sorpbrennsluvers liti út fyrir FJAVE, ef FJAVE stæði undir helmingi af heildarstofnkostnaði sorpbrennsluversins og fengi síðan að nýta varmann frá því, þegar það væri í rekstri. Rekstur sorpbrennslunnar yrði í höndum bæjarsjóðs Vestmannaeyja.

Miðað við áætlanir um endingu hraunhitans og möguleika þess að dæla heitu vatni úr hrauninu til nýtingar fyrir FJAVE, virðist sú orkuöflunarleið vera hagkvæmust miðað við aðra valkosti. Yrði hér aðeins um tímabundna orkuöflunarleið að ræða, háð því hve hratt það vatn (sjór) myndi kólna, sem dælt yrði úr hrauninu. Þarf því að leita strax í upphafi að stöðugum framtíðar orkugjafa fyrir FJAVE, sem kæmi inn í rekstur veitunnar í auknum mæli eftir því sem tímar líða og hraunhitinn þverr.



Mynd 44. Samanburður á hagkvæmni einstakra orkugjafa.

17.2 Hagkvæmni í samrekstri orkugjafa.

Framtíðarorkuöflun (framleiðsla) FJAVE gæti byggst á samrekstri fleiri orkugjafa. Aflgeta veitunnar þarf að vera 18 MW_t, orkuframleiðsla 60 GWh á ári og framráshiti dreifikerfis allt að 80°C.

Eftir að hraundælingu lýkur eða hraunvatnshiti hefur fallið niður í um 40°C, er á mynd 45 sýnt, hvaða leiðir gætu mætt orkupörf FJAVE til lengri tíma.

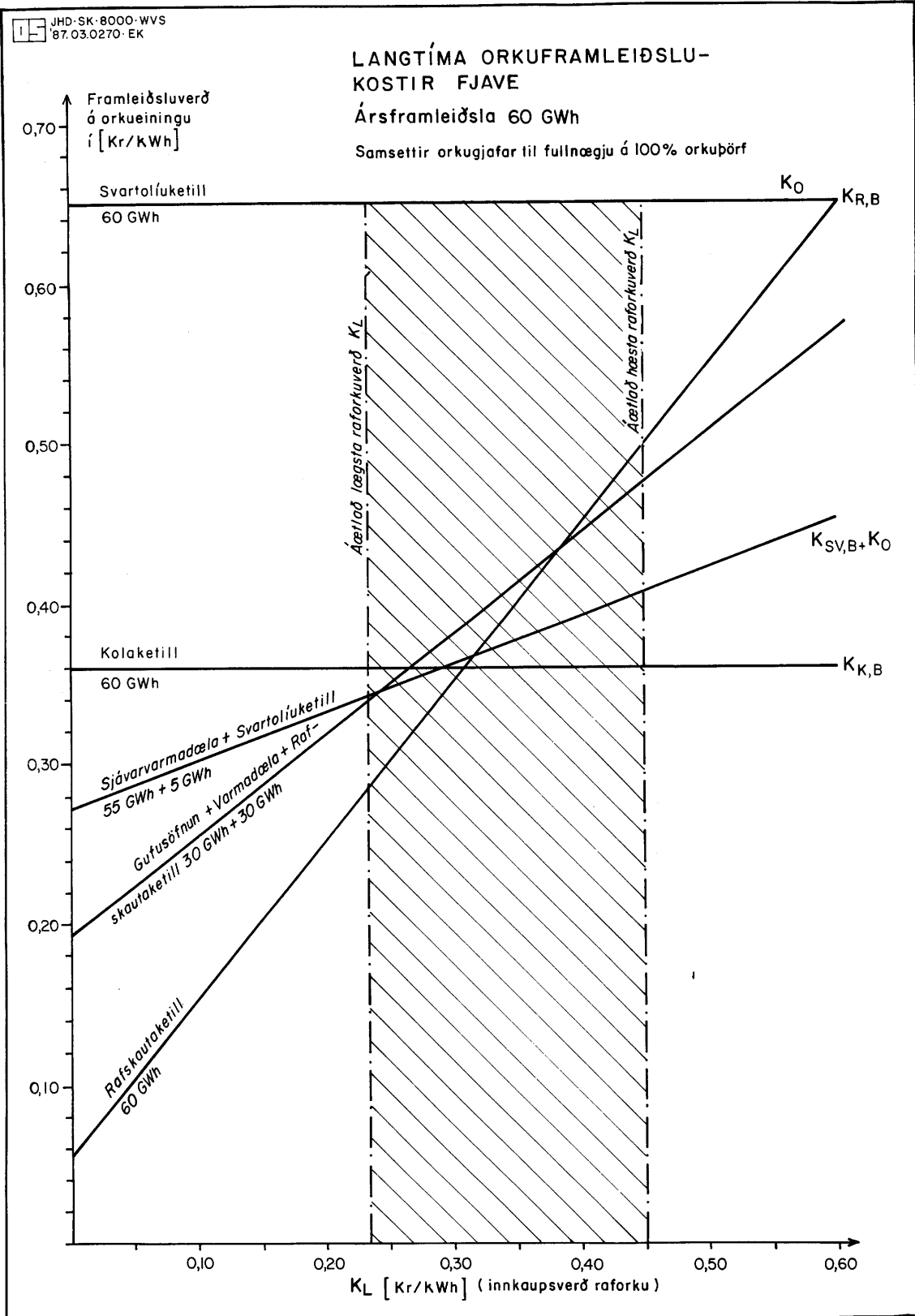
Má þar fyrst nefna varmaframleiðslu með svartolíu eða kolum. Miðað við núgildandi verð er framleiðslan með kolum mun hagkvæmari eða 0,36 kr/kWh á móti 0,65 kr/kWh.

Hagkvæmni rafskautaketils er mjög háð væntanlegu verði ótryggrar raforku. Verður rekstur hans óhagkvæmari en kolarekstur þegar raforkuverðið fer yfir um 0,30 kr/kWh.

Stór sjávarvarmadæla, sem framleitt gæti allt að 55 GWh á ári, þar sem svartolíu yrði notuð til framleiðslu á þeim 5 GWh, sem á vantaði á ári, verður hagkvæmari í rekstri en framleiðsla með kolum eða rafmagni þegar raforkuverðið fer yfir um 0,33 kr/kWh. Hagkvæmara yrði að framleiða 55 GWh með varmadælu, sem nýtti 40°C heitt vatn frá hrauninu. Vegna óvissunnar um í hve langan tíma unnt yrði að dæla svo miklu vatni úr hrauninu, er sá kostur ekki skoðaður. Af fenginni reynslu má ætla, að 7,5 MW_t varmadæla (skrúfudæla) sé ódýrari en jafn stór varmadæla (hvirfildæla) eins og sú sem hér er reiknað með.

Varmadæla, sem nýtti 40°C vatnshita og framleiddi 30 GWh á ári, og rafskautaketill, sem yrði látinn framleiða annað eins, eða samtals 60 GWh, verður óhagkvæmari en stór sjávarvarmadæla að viðbættri svartolíu, þegar raforkuverðið fer yfir um 0,23 kr/kWh. Áætlað er, að ná megi volgu vatni til þessa varmadælureksturs í Vestmannaeyjum um langt árabíll.

Augljóst er, að það raforkuverð, sem FJAVE verður á endanum boðið til þeirrar framleiðslu, sem hér um ræðir, hefur úrslitaáhrif á það, hvaða orkuöflunarleiðir verða hagkvæmastar fyrir FJAVE til lengri tíma lítið.



Mynd 45. Langtíma orkuöflunarkostir FJAVE.

17.3 Samrekstur raforku- og varmaframleiðslu.

Í umfjöllun um mögulegt afgangorkuverð til FJAVE í Vestmannaeyjum og í ljósi þeirrar staðreyndar, að fullur rafskautaketilsrekstur í Eyjum allt að 18 MW_t krefst umtalsverðra breytinga í raforkuflutningskerfinu, allt frá dælustöð og upp í Búrfell, kom upp sú hugmynd að, sjálfstæðu raforkuveri yrði komið upp í Vestmannaeyjum.

Raforkuverið yrði knúið með olíu og/eða kolum, háð verði þeirra orkugjafa á hverjum tíma. Verið mundi fullnægja allri raforkuþörf Vestmannaeyjakaupstaðar ásamt því að framleiða allan nauðsynlegan varma fyrir FJAVE. Við þetta rekstrarform mundi RARIK/LV missa öll forgangsraforkuviðskipti við Vestmannaeyjar, sem eru um 65 Mkr á ári og hugsanlega afgangorkusölu til FJAVE upp á um 15 Mkr, eða samtals viðskipti upp á um 80 Mkr.

Einnig væri hugsanlegt, að LV setti upp og ræki slíkt orkuver í Vestmannaeyjum og seldi síðan RV alla þá raforku, sem hún þyrfti, og FJAVE þann varma, er hún þyrfti. Tengingin til lands þjónaði eftir það hlutverki varatengingar. Geta má þess, að mjög algengt er erlendis, að slík orkuver séu rekin með góðum árangri og byggir stór hluti hitaveitna á norðurlöndum á þessu rekstrarformi. Það orkuver, sem hér um ræðir, er mjög lítið miðað við þau sem algengust eru í rekstri í dag.

Leitað hefur verið upplýsinga um verð slíks orkuvers, sem framleiddi allt að 10 MW_e rafafli og allt að 20 MW_t varmaafli. Á þeim tíma, sem þessari athugun var gefinn, reyndist ekki unnt að afla nægilegra eða nógu markvissra gagna um rekstur þessara orkuvera.

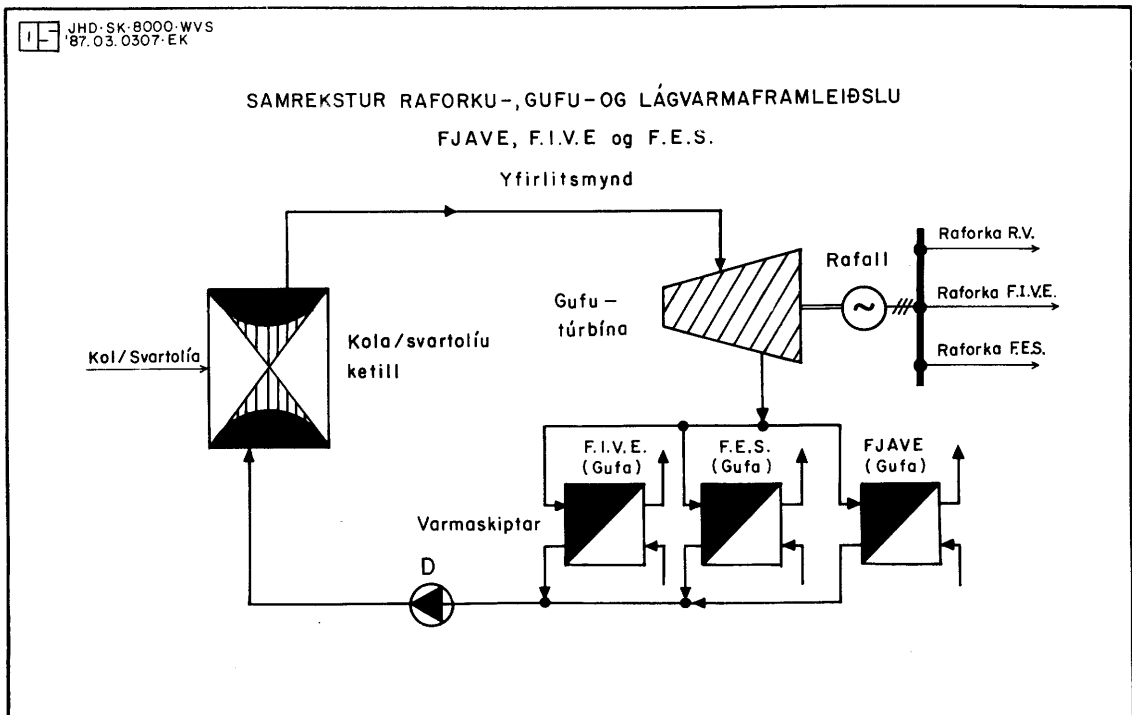
Reynslutölum frá Bretlandi, Danmörku og Svíþjóð ber vel saman um framleiðslukostnað hvernar raforkueiningar frá nýjum verum af þessari gerð, en hann er um 1,80 kr/kWh. Til viðbótar raforkunni fengist varminn án hlutfallslega mikils tilkostnaðar. Meðalforgangsorkuverð RARIK til RV er í dag um 1,68 kr/kWh. Þar að auki keyra RV, FIVE og tvö frystihús niður toppinn í Eyjum með dieselvélum á 2,30 kr/kWh (hrátt). Í viðræðum við RARIK hefur komið fram, að þrátt fyrir framangreint meðalforgangsorkuverð til Vestmannaeyja, séu viðskipti RARIK við RV ekki hagstæð fyrir RARIK vegna þess búnaðar og þeirrar vegalengdar sem flytja verður orkuna.

17.4 Samrekstur FJAVE, RV, og raforku- og gufuframleiðslu iðnfyrirtækja.

Fiskimjólsværsmiðjur nota mikla raforku. Mesta rafafliþörf FIVE er um 1 MW. Framleiðir FIVE sjálf 0,5 MW (500 kW) með dieselvélum fyrir 2,30 krónur á hverja kWh (hrátt). Að mati tækniráðgjafa verksmiðjanna er dieselframleiðslan FIVE mjög kostnaðarsöm.

Fyrir dyrum stendur að breyta vinnsluáferð annarrar verksmiðjunnar og auka gufuframleiðsluna verulega. Krefst sú breyting m.a. nýs búnaðar til gufuframleiðslu.

Fram hafa komið hugmyndir um að samvinnu yrði komið á milli FJAVE, FIVE og FES þannig að FJAVE setti upp og ræki framangreindan gufuketil, sem ástæða væri að hafa háþrýstan, þannig að fyrst yrði gufan notuð til raforkuframleiðslu, sem a.m.k. fullnægði rafafþörf bæði FIVE og FES. Sá nýtanlegi varmi, sem eftir væri í gufunni, yrði nýttur í þremur varmaskiptum, sem FJAVE einnig ætti og ræki. Þeir myndu framleiða þá gufu sem bæði FIVE og FES þörfuðust og skila varma beint inn á dreifikerfi FJAVE. FJAVE yrði þannig framleiðandi bæði rafmagns og gufu, sem hún seldi verksmiðjunum, ásamt því að framleiða varma til eigin nota. Framleiðsla gufunnar gæti farið fram hvort heldur er með kolum eða svartolíu.



Mynd 46. Framleiðsla á raforku og varma.

Á mynd 46 er sýnt á mjög einfaldaðan hátt, hvernig orkuframleiðslurás FJAVE gæti orðið, ef hagkvæmt þætti og samningar næðust.

Lausleg athugun bendir til þess, að hér geti verið um hagkvæmt og athyglisvert rekstrarform að ræða, sem full ástæða væri að taka upp til umfjöllunar á milli hlutaðeigandi aðila. Gæti hér jafnframt orðið um glæsilegt íslenskt fordæmi að ræða um samvinnu bæjarfélags og stórra iðnfyrirtækja um samnýtingu og framleiðslu orku.

HEIMILDASKRÁ.

Á þeim skamma tíma sem nefndinni var gefinn til þessarar athugunar, má ljóst vera að þörf var skjótra viðbragða þeirra sem til var leitað, einkum hvað varðar verðtilboð og upplýsingar um búnað.

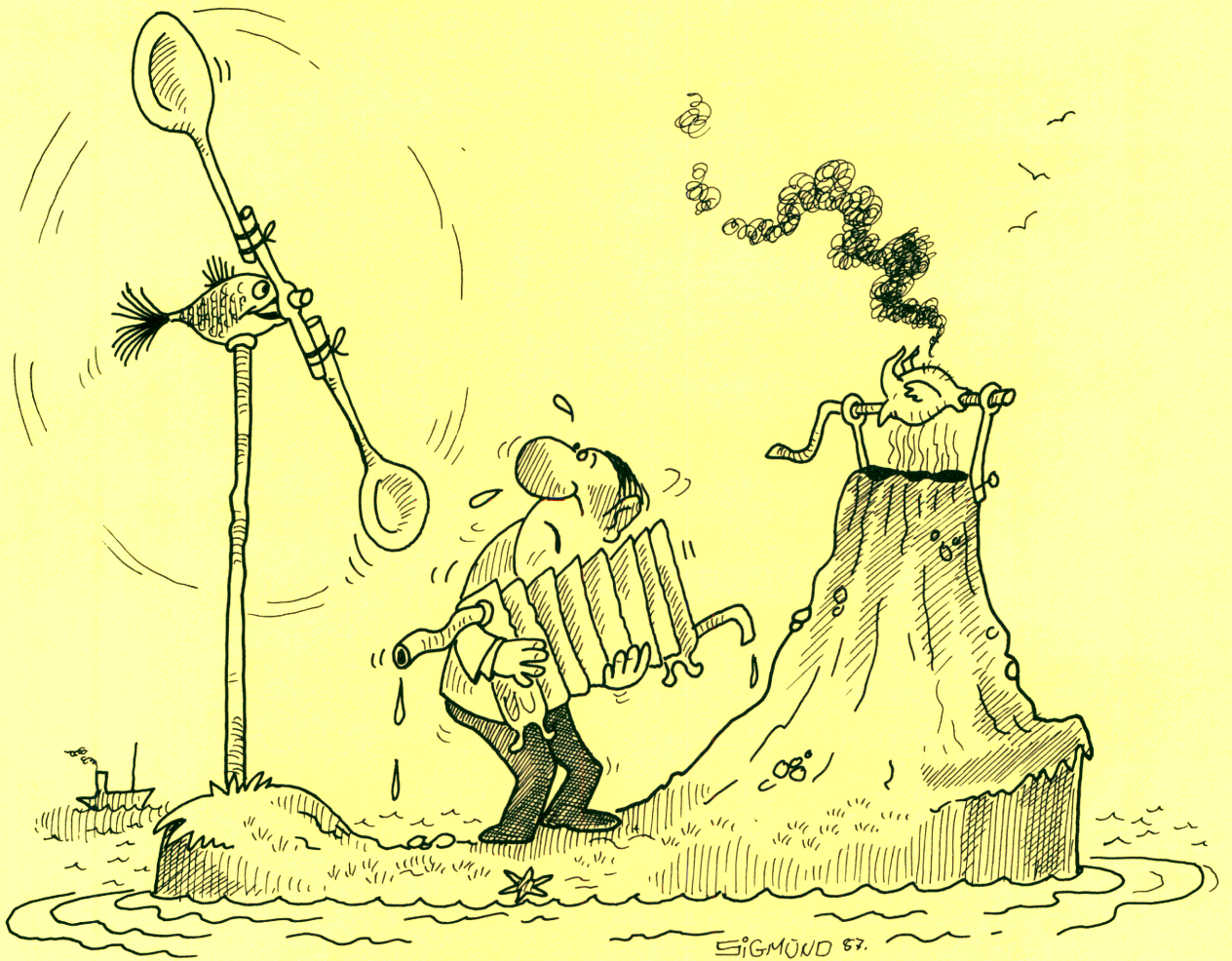
Sérstaklega skal eftirtöldum aðilum og umboðsaðilum þeirra þökkuð góð viðbrögð:

Sabroe A/S, Danmörku
Stal-Laval A.B., Svíþjóð
Danstoker A/S, Danmörku
Vølund A/S, Danmörku
Bræðurnir Ormsson h/f, R.
Vélsmiðja Orms og Víglundar h/f, R.
Verkfræðipjónusta J.H.M., R.
Jarðboranir h/f, R.

Helstu skriflegu heimildir eru eftirfarandi:

1. Ársreikningar FJAVE árin 1985 og 1986.
2. Aætlun RARIK dags. 30.01.87, um flutningskostnað á afg.orku til Eyja.
3. Rekstraráætlun FJAVE til 10 og 20 ára, Frumáætlun l. Raunv.st.Hásk. o.fl. 1982.
4. Samanburður á hagkvæmni orkugjafa til húshitunar. Rannsóknarnefnd hitunarmála 1987.
5. Raforkuspá 1985-2015, orkuspárnefnd 1985.
6. Sorpmál í Vestmanneyjum, bæjartækni-fræðingurinn í Vestmannaeyjum 1978.
7. Breyting á söluþyrirkomulagi Hitaveitu Akureyrar, aðalfundur S.Í.H.1986.
8. Framkvæmdaáætlun RARIK 1987 og 1988, júní 1986.
9. Power from Coal, IME London 1979.
10. Hraunhitaveitan í Vestmannaeyjum, sveitarstjórnarmál 2. tbl. 1984.
11. I/S Nordforbrænding, driftsrapport 1982.
12. Um endingu hraunhitans, Sveinbjörn Björnsson o.fl. 1986.
13. Hafísinn, AB 1969.
14. Möguleikar á vinnslu úr borholu í Vestmannaeyjum, Orkustofnun GAX, 1987.
15. Áætlun RARIK á skerðingu vatnsorku til varmaveitna 1987-2006.
16. Vindkraftens kostnader, Nordel 1986.
17. Um húshitun á Íslandi, Jóhannes Zoëga, tímarit V.F.Í. nr. 1, 1976.

C. VIÐAUKAR



18.1 Viðauki A, forsendur.

- V,A-1. Umreikningur afls og orkueininga
- V,A-2. Gjaldskrár orkufyrirtækja 1. jan. '87
- V,A-3. Orkuverðsforsendur 1. jan. '87
- V,A-4. Útreikningur á orkuverði til upphitunar
- V,A-5. Útreikningur á varmaafli og varma

Umreikningur afls og orkueininga.

Eðlisþyngd vatns = 1

$1 \text{ m}^3_v = 1.000 \text{ lítrar} = 1 \text{ tonn} = 1.000.000 \text{ g} = 10^6 \text{ g} = 1 \text{ Mg}$

Kæling á 1 m^3 vatns um 1°C gefur því:

$$1.000.000 \text{ cal} = 10^6 \text{ cal} = 1 \text{ Mcal}$$

$$1.000 \text{ cal} = 1 \text{ Cal} = 1 \text{ kcal}$$

$$1.000.000 \text{ cal} = 1.000 \text{ kcal} = 1 \text{ Mcal}$$

$$1.000.000 \text{ Mcal} = 1.000 \text{ Gcal} = 1 \text{ Tcal}$$

$$\text{T} = \text{Tera (trilljón)} = 1.000.000.000.000 = 10^{12}$$

$$\text{G} = \text{Gíga (billjón)} = 1.000.000.000 = 10^9$$

$$\text{M} = \text{Mega (milljón)} = 1.000.000 = 10^6$$

$$\text{k} = \text{kíló (þúsund)} = 1.000 = 10^3$$

Orkueining: Wattstund (Wh) eða cal (caloría)

Afleining: Watt (W) eða cal/h (caloría á klukkustund)

Orka = afl x stundir = Wh eða cal/h x h = cal

$$\begin{aligned} \text{kcal/h} \times 1,16 &= \text{W (Wöttt)} \\ \text{kcal} \times 1,16 &= \text{Wh (Wattstundir)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 1 \text{ kJ/s} \\ 1 \text{ kW} &= 860 \text{ kcal/h} \\ 1 \text{ MW} &= 0,86 \text{ Gcal/h}_3 \\ 1 \text{ kcal/h} &= 1,163 \times 10^{-3} \text{ kW} \\ 1 \text{ Gcal/h} &= 1,163 \text{ MW} \\ \\ 1 \text{ kWh} &= 3,6 \times 10^6 \text{ J} \\ 1 \text{ kWh} &= 860 \text{ kcal} \\ 1 \text{ MWh} &= 0,86 \text{ Gcal} \\ 1 \text{ kcal} &= 1,163 \times 10^{-3} \text{ kWh} \\ 1 \text{ Gcal} &= 1,163 \text{ MWh} \\ 1 \text{ Gcal} &= 4,187 \text{ GJ} \\ 1 \text{ GJ} &= 0,239 \text{ Gcal} \\ 1 \text{ TJ} &= 239 \text{ Gcal} \end{aligned}$$

Gjaldskrár orkufyrirtækja í jan. 1987

Gjaldskrá Landsvirkjunar

Afgangorka (ótrygg orka) $k_L = 0,235 \text{ kr/kWh}$
=====

Gjaldskrá RARIK

Orka v/nýtingar afls yfir 4.000 h $k_N = 0,376 \text{ kr/kWh}$
=====

Gjaldskrá FJAVE

Orka (rúmmetragjald, gjaldskrárverð) 57,20 kr/m³
Fastagjald 4222 kr/ári
(Niðurgreiðsla bæjarsjóðs Vestmannaeyja 4,40 kr/m³)

Gjaldskrá Rafveitu Vestmannaeyja (daghitun)

Orkugjald 1,03 kr/kWh
Mælaleiga 1.558 kr/ári

Orkuverðsforsendur, jan. 1987.

Gasolía:

Brennslugildi	10.000 kcal/kg
Eðlisþyngd	0,84 kg/l
Nýting í katli	0,65
1 l gasolía	$\frac{10.000 \text{ kcal/kg} \times 0,84 \text{ kg/l} \times 0,65}{860 \text{ kcal/kWh}} = 6,35 \text{ kWh/l}$

Orkuverð gasolíu.

Frá bíl 6,90 kr/l

$$\frac{k_G^*}{\text{G}} = \frac{6,90 \text{ kr/l}}{6,35 \text{ kWh/l}} = \underline{\underline{1,09 \text{ kr/kWh}}}$$

Svartolía:

Brennslugildi	9.870 kcal/kg
Eðlisþyngd	0,938 kg/l
Nýting í katli	0,88
1 l svartolía:	$\frac{9,870 \text{ kcal/kg} \times 0,938 \text{ kg/l} \times 0,88}{860 \text{ kcal/kWh}} = 9,47 \text{ kWh/l}$

Orkuverð svartolíu.

Frá bíl 5,77 kr/l

$$\frac{k_0^*}{\text{O}} = \frac{5,77 \text{ kr/l}}{9,47 \text{ kWh/l}} = \underline{\underline{0,61 \text{ kr/kWh}}}$$

V,A-3,2

Kol:

Brennslugildi, kolavökvi		22,00x10 ⁶ J/kg
Brennslugildi, kol		29,75x10 ⁶ J/kg
Nýting í katli		88%
1 kg kol:	$\frac{29,75 \times 10^6 \text{ J/kg} \times 0,88}{3,6 \times 10^6 \text{ J/kWh}}$	= 7,3 kWh/kg =====
1 kg kolavökvi:	$\frac{22,00 \times 10^6 \text{ J/kg} \times 0,88}{3,6 \times 10^6 \text{ J/kWh}}$	= 5,4 kWh/kg =====

Orkuverð kola.

Frá skipi í Vestmannaeyjum,
2.150 kr/tonn

$$\underline{\underline{k_K^*}} = \frac{2,15 \text{ kr/kg}}{7,3 \text{ kWh/kg}} = \underline{\underline{0,29 \text{ kr/kWh}}}$$

Orkuverð kolavökva.

Frá skipi í Vestmannaeyjum,
5.000 kr/tonn

$$\underline{\underline{k_C^*}} = \frac{5,00 \text{ kr/kg}}{5,4 \text{ kWh/kg}} = \underline{\underline{0,93 \text{ kr/kWh}}}$$

Dieselvélar:

Brennslugildi		10.000 kcal/kg
Eðlisþyngd		0,84 kg/l
Nýtni í vélum		30%

$$1 \text{ l gasolía: } \frac{10.000 \text{ kcal/kg} \times 0,84 \text{ kg/l} \times 0,3}{860 \text{ kcal/kWh}} = 3 \text{ kWh/l} \quad \text{=====}$$

Orkuverð dieselvéla.

Frá bíl, 6,90 kr/l

$$\underline{\underline{K_D^*}} = \frac{6,90 \text{ kr/l}}{3,0 \text{ kWh/l}} = \underline{\underline{2,30 \text{ kr/kWh}}}$$

V,A-4,1

Útreikningur á orkuverði til upphitunar.

Forsendur:	Hússtærð	400 m ³ _h
	Orkunotkun	80 kWh/m ³ _h /ári
	Mesta afl	20 W/m ³ _h
	Hitafall ofnakerfa	40°C
	Olíunotkun	12,6 l/m ³ _h /ári
	Raforkunotkun v/olíuk.	3.000 kr/ári
	Orkupörf 400 m ³ _h húsnæðis	32.000 kWh/ári

Olía:

Orka:	400 m ³ _h x 13 l/m ³ _h /ári x 6,90 kr/l	34.776 kr/ári
Rafmagn:		3.000 - " -

	Samtals	<u>34.776 kr/ári</u>

$$\underline{\underline{\text{Orkuverð } k_0}} = \frac{37.776 \text{ kr/ári}}{32.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,18 \text{ kr/kWh}}}$$

FJAVE, án niðurgreiðslu bæjarsjóðs, A.

Orka:	689 m ³ _v /ári x 57.20 kr/m ³ _v	39.411 kr /ári
Fastagjald:	4.422 kr/ári	4.422 - " -

	Samtals	<u>43.833 kr/ári</u>

$$\underline{\underline{\text{Orkuverð } k_{FJ,A}}} = \frac{43.833 \text{ kr/ári}}{32.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,37 \text{ kr/kWh}}}$$

V,A-4,2

FJAVE, með niðurgreiðslu bæjarsjóðs, B.

Orka: $689 \text{ m}_V^3/\text{ári} \times 61,60 \text{ kr}/\text{m}_V^3$ 42.442. kr/ári

Fastagjald: 4.422 kr/ári 4.422 - " -

Samtals 46.864 kr/ári

$$\underline{\underline{\text{Orkuverð } k_{FJ,B}}} = \frac{46.864 \text{ kr/ári}}{32.000 \text{ kr/kWh}} = \underline{\underline{1,46 \text{ kr/kWh}}}$$

Daqhitun RV:

Orka: 32.000 kWh/ári x 1,03 kr/kWh 32.960 kr/ári

Mælaleiga: 1.558 kr/ári 1.558 - " -

Samtals 34.518 kr/ári

$$\underline{\underline{\text{Orkuverð } k_R}} = \frac{34.518 \text{ kr/ári}}{32.000 \text{ kWh/ári}} = \underline{\underline{1,08 \text{ kr/kWh}}}$$

Samanburður á orkuverði til upphitunar húsa

í Vestmannaeyjum, miðað við 400 m^3 hússtærð

Olía (gasolía):	1,18 kr/kWh	100%
Hitaveita (FJAVE,A):	1,37 kr/kWh	116%
Hitaveita (FJAVE,B):	1,46 kr/kWh	124%
Rafmagn (RV)	1,08 kr/kWh	91%

V,A-5

Útreikningur á varmaafli og varma

Miðað við 40°C hitafall (kælingu). $\Delta t = 40^\circ\text{C}$

a. Orkuinnihald 1 m³ af vatni.

$$\begin{aligned} Q &= 1.000.000\text{g} \times 40^\circ\text{C} &= & 40.000.000 \text{ cal} \\ & &= & 40.000 \text{ kcal} \\ Q &= 40.000 \text{ kcal} \times 1,16 &= & 46.400 \text{ Wh} \\ & &= & 46,4 \text{ kWh} \\ & & & \text{=====} \end{aligned}$$

M.ö.o.

Þegar 1 m³ vatns er kældur um 40°C, þá fæst 46,4 kWh orka til hitunar.

b. Aflgeta 1 l/mín vatnsskammts.

$$\begin{aligned} P &= 1.000 \text{ g/mín} \times 60 \text{ mín/h} \times 40^\circ\text{C} &= & 2.400.000 \text{ cal/h} \\ & &= & 2.400 \text{ kcal/h} \\ P &= 2.400 \text{ kcal/h} \times 1,16 &= & 2.784 \text{ W}_t \\ & &= & 2,8 \text{ kW}_t \\ & & & \text{=====} \end{aligned}$$

M.ö.o.

Innstilling á 1 l/mín af vatni veitir aðgang að 2,8 kW_t varmaafli þegar vatnið er kælt um 40°C.

Hér hefur ekki verið tekið tillit til þess, að eðlismassi vatns breytist með hita. Einn m³ vatns er 1000 kg við 4°C, 983 kg við 60°C og 965 kg við 90°C.

$$\begin{aligned} \Delta V &= \beta_v \times V_o \times \Delta t \\ \beta_v &= 2,1 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C} \quad (\text{rúmpenslustuðull vatns}) \end{aligned}$$

18.2 Viðauki B, töflur.

- V,B-1. Tafla yfir framleitt meðalafli FJAVE árin 1985 og 1986
V,B-2. Tafla yfir meðalhitastig og gráðudaga árin 1971 - 1980
og 1984 - 1986.

FJARHITUN VESTMANNAEYJA

Tafla yfir framleitt meðalafli hvernar viku árin 1985 og 1986

<u>Vikunr.</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>vikunr.</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>vikunr.</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>
1	7,5 MW _t	8,9 MW _t	25	4,4 MW _t	3,5 MW _t	49	9,4 MW _t	8,4 MW _t
2	7,7 -	8,3 -	26	3,9 -	3,4 -	50	8,5 -	7,6 -
3	8,6 -	7,6 -	27	3,9 -	3,1 -	51	9,3 -	8,5 -
4	10,3 -	7,7 -	28	3,4 -	3,1 -	52	11,4 -	8,3 -
5	10,1 -	9,3 -	29	3,4 -	3,6 -	$\bar{P} = 6,4$ MW _t	$\bar{P} = 5,9$ MW _t	
6	8,6 -	7,8 -	30	3,2 -	3,2 -	$P_{\min} = 3,2$ MW _t	$P_{\min} = 2,8$ MW _t	
7	8,8 -	6,4 -	31	3,6 -	2,8 -	$P = 11,4$ MW _t	$P = 9,3$ MW _t	
8	9,6 -	7,3 -	32	3,5 -	3,7 -			
9	8,0 -	7,3 -	33	3,3 -	3,1 -			
10	8,6 -	7,3 -	34	3,5 -	3,2 -			
11	8,5 -	7,2 -	35	3,8 -	3,7 -			
12	7,3 -	7,1 -	36	5,1 -	4,0 -			
13	8,7 -	6,8 -	37	4,8 -	3,7 -			
14	7,4 -	5,9 -	38	5,2 -	4,2 -			
15	7,0 -	5,5 -	39	5,2 -	4,7 -			
16	6,2 -	6,5 -	40	5,6 -	5,5 -			
17	6,4 -	5,7 -	41	6,6 -	5,3 -			
18	5,5 -	5,8 -	42	6,4 -	6,1 -			
19	5,8 -	5,4 -	43	6,4 -	7,1 -			
20	4,7 -	5,2 -	44	8,4 -	7,4 -			
21	4,8 -	4,5 -	45	10,4 -	7,7 -			
22	4,6 -	5,0 -	46	8,0 -	7,6 -			
23	4,2 -	4,3 -	47	7,7 -	8,0 -			
24	4,0 -	4,2 -	48	9,0 -	8,2 -			

V,B-2

Gráðudagar í Vestmannaeyjum

(mælt á Stórhöfða)

	1984			1985			1986			1971-1980		
	Meðalh. °C	Gr. dagar	Hlutf. %	Meðalh. °C	Gr. dagar	Hlutf. %	Meðalh. °C	Gr. dagar	Hlutf. %	Meðalh. °C	Gr. dagar	Hlutf. %
Jan.	-1,3	660,3	10,0	1,8	564,2	10,3	1,3	579,7	10,4	1,1	585,9	10,6
Febr.	1,6	512,2	7,8	2,4	492,8	9,0	3,2	470,4	8,5	2,3	495,6	8,9
Mars	2,0	558,0	8,5	1,1	585,9	10,7	1,8	564,2	10,2	2,3	548,7	9,9
Apríl	3,2	504,0	7,6	4,1	477,0	8,7	3,9	483,0	8,7	3,8	486,0	8,8
Maí	5,6	446,4	6,8	6,2	427,8	7,8	5,7	443,3	8,0	5,7	443,3	8,0
Júní	8,0	360,0	5,5	8,1	357,0	6,5	7,9	363,0	6,5	8,0	360,0	6,5
Júlí	9,7	319,3	4,8	9,6	322,4	5,9	9,9	313,1	5,6	9,6	322,4	5,8
Ágúst	9,6	322,4	4,9	9,8	316,2	5,8	10,0	310,0	5,6	9,6	322,4	5,8
Sept.	7,5	375,0	5,7	7,0	390,0	7,1	7,4	378,0	6,8	6,7	399,0	7,2
Okt.	4,6	477,4	7,2	6,7	412,3	7,5	3,6	508,4	9,2	5,3	455,7	8,2
Nóv.	3,1	507,0	7,7	1,7	549,0	10,0	2,2	534,0	9,6	2,0	540,0	9,7
Des.	2,2	551,8	8,4	0,8	595,2	10,8	1,2	582,8	10,5	1,2	582,8	10,5
	6.593,8 119%	100,0		5.489,8 99%	100,0		5.547,9 100%	100,0		5.541,8 100%	100,0	

(20°C - meðalhiti mánaðar) x dagafjöldi mánaðar = Gráðudagafjöldi mánaðar

D. FYLGIRIT

19. Hiti í Eldfelli

Gossprungan sem veitti upp Eldfellshrauni hefur ekki verið breið. Á nokkur hundruð metra dýpi myndar hún berggang, sem er um 1 m á breidd. Nærri yfirborði vikkar sprungan vegna rofs, þegar hraun streymir úr henni, og getur orðið um 10 m breið. Bergið beggja vegna við sprunguna er kalt og bráðin í sprungunni tapar hratt varma. Eftir að straumur um sprunguna hættir í goslok, storknar bráðin í sprungunni á 1-2 árum, jafnvel þar sem hún nær 10 m breidd. Um 10 árum eftir goslok er hitinn í sprungunni fallinn niður fyrir 100°C og varminn hefur dreifst um bergið í kring.

Undir Eldfellinu sjálfu geta aðstæður verið aðrar, sjá mynd 22. Þar hefur sprungan væntanlega rofist meir og gæti hafa breyst í keilulaga gígtappa, sem gæti verið nokkrir tugir metra í þvermál við gígopið, en greinist í eðlilega sprungubreidd á 100-200 m dýpi. Tappi sem væri 50 m í þvermál ætti að storkna að fullu á 15 árum en miðhluti hans er þá um 1000°C heitur og helst heitari en 500°C í áratugi enn, ef vatn kemst ekki að honum. Gas frá gígtappanum leitar upp í gjallbing Eldfellsins og rýkur út á gígbörmunum, þar sem þeir eru hæstir og virka eins og reykháfar til útloftunar. Hár hiti í gígbarminum (hærri en 650°C) og útfellingar með brennisteini og klóri styðja þá mynd sem hér er upp dregin. Hugsanlegt er einnig, að heitt gas steymi enn upp með gígtappanum af miklu dýpi og kyndi undir fellinu.

Eldfellið sjálft er gjall- og gjóskubingur, sem var að mestu storkinn þegar í upphleðslunni, en þó voru stöku lög hlutbráðin, þegar goshríðin var sem áköfust. Einnig kom það fyrir að innskot ruddust inn í binginn frá gígnum. M.a. er talið að vestari öxlin hafi skriðið fram og hrunið vegna þess að hraun hafi skotist undir hana. Þessi innskot munu ekki hafa verið þykk eða stór um sig, annars hefði þeirra orðið meira vart í hæðarbreytingu lands umhverfis gígin. Ekkert er vitað um innskot á meira dýpi en þau gætu m.a. hafa orðið á mörkum blágrýtis og setlaga á um 800 m dýpi. Hærri hiti en áður í borholunni við Skip-hella bendir hugsanlega til þessa. Innskot á því dýpi eru þó ekki áhugaverð til nýtingar að sinni.

Eldfellið sjálft er opið fyrir regni, og úrkoma hefur því flýtt fyrir storknun og kólnun þess. Líklegt er að hár hiti sé nú bundinn við rætur fellsins og gígtappanum ásamt þeim innskotslögum, sem út frá honum kunna að ganga. Þarna er fólgin varmaforði, sem hugsanlegt er að virkja, en rannsókn hans yrði tímafrek og dýr, þar sem hún yrði að fara fram með borunum. Vinnsluaðferðir þær sem notaðar hafa verið og áætlaðar eru á hrauninu mundu sennilega ekki ganga óbreyttar í Eldfellinu sjálfu, heldur yrði að finna endurbættar aðferðir, sem ólíklegt er þó að geti orðið hagkvæmari en núverandi aðferðir á hrauninu. Hagkvæmast er að halda áfram nýtingu á hrauninu, en vinna jafnframt að rannsókn á Eldfellinu til að kanna skilyrði og hagkvæmni frekari varmavinnslu úr því.

20. Vindafar og nýting vindorku til húshitunar í Vestmannaeyjum. (31.01.87/ÖH)

1. Inngangur

Í þessari athugun er reynt að meta þá vindorku, sem er fyrir hendi í Vestmannaeyjum með tilliti til nýtingar hennar til húshitunar. Stuðst er við gögn um vindafar á Stórhöfða á árunum 1971 til 1980. Líklegasta staðsetning á vindorkuveri í Vestmannaeyjum er á nýja hrauninu. Engin langtíma gögn eru fyrir hendi um vindafar á þeim stað og yfirfærsla gagna frá Stórhöfða getur falið í sér ýmsar skekkjur. Í kafla 2 er nánar rætt um þennan þátt og önnur atriði í meðferð gagna frá Stórhöfða.

Vindorku má nýta til húshitunar eftir tveimur meginleiðum. Önnur leiðin gerir ráð fyrir framleiðslu raforku, sem millistigi. Myllur til framleiðslu raforku eru lang algengustu vindorkuverin í dag og er veruleg reynsla komin á rekstur þeirra. Hin leiðin gerir ráð fyrir beinni ummyndun vindorku í varma við upphitun vatns í svonefndri vatnsbremsu, (1). Við samanburð á hagkvæmni er nauðsynlegt að ganga út frá tvenns konar forsendum, þar sem samspil nýtni og vindhraða er mjög ólíkt í þessum tilvikum. Í kafla 3 eru gögn um vindafar umreiknuð til orku á flatareiningu hornrétt á vindhraðastefnu fyrir þessar tvær gerðir af vindmyllum.

Í 4. kafla er gert líkan af orkunotkun varmaveitunnar, sem gerir ráð fyrir að aflinu sé skipt á þrjá þætti, neysluvatn, kælingar vegna hitamismunar úti og inni og kælingar vegna vindhraða. Mikilvægt er að brjóta notkunina niður á þennan hátt til að fá sem besta yfirsýn yfir hagkvæmustu notkun vindorku og tengsl vindorkuvers við nauðsynlegt varaafli.

Loks er reynt að meta orkuverð frá vindorkuveri út frá eftirfarandi forsendum:

- a) Uppsett afl er valið þannig að við hagstæðustu skilyrði vinds jafngildi það að fullu aflþörf veitunnar við sömu skilyrði.
- b) Ekki er gert ráð fyrir neinni orkumiðlun, þó ljóst sé, að vindorkuver getur aldrei staðið eitt sér undir allri orkunotkun fjarvarmaveitunnar.
- c) Gert er ráð fyrir myllum af stærðinni, 50-100 kW. Mest reynsla er af þessari stærð mylla og tæknilega eru þær vel viðráðanlegar við þær aðstæður, sem eru í Vestmannaeyjum.

Sá fjöldi mylla, sem þarf í vindorkuverið samkvæmt ofangreindum forsendum, nægir til að ná ýrtruðu hagkvæmni í framleiðslu, uppsetningu og rekstri samkvæmt erlendri reynslu.

Það orkuverð, sem þannig er reiknað ætti að vera það lægsta, sem unnt er að fá með vindorku og gefur því vísbendingu um hvort ástæða sé til að skoða málin enn frekar.

2. Vindafar í Vestmannaeyjum.

Tafla 1 sýnir tíðni vindstiga eftir mánuðum á Stórhöfða. Í þessari greinargerð er vindstefnan látin liggja milli hluta, en ríkjandi vindáttir, A.SA og S eru lítt truflaðar bæði á Stórhöfða og nýja hrauninu. Þá gefur frumkönnun sem þessi ekki ástæðu til að fara nákvæmlega út í áhrif landslags á vindgögnin, en eins og fram kemur síðar, er þó reynt að sníða af augljósa annmarka.

Gögnum ársins er skipt í þrjú tímabil og er hvert 4 mánuðir. Gögnin eru miðuð við tíðni vindstiga, en hér er reynt að umreikna þau til vindhraða eftir aðferð Weibulls (2). Gögn mánuðanna desembers, janúars, febrúars og mars eru dregin saman í eina töflu og sama gildir um mánuðina maí, júní, júlí og ágúst og loks mánuðina apríl, september, október og nóvember. Þetta val ræðst af því að reynt er að spyrða saman mánuði með svipað vinda- og hitafar til einföldunar við frekari úrvinnslu. Mynd 1 sýnir þrjú línurit, sem sýna þessa dreifingu vindstiga á Stórhöfða, en í töflu 2 kemur fram umreiknuð tíðnidreifing vindhraðans.

Einnig er reynt að umreikna þessi gögn þannig að vindafar niðri í kaupstaðnum komi fram, en þær tölur eru notaðar til að meta áhrif vindkælingar á orkunotkun. Ljóst er að skekkjuvaldar eins og mismunandi skýling landslagsins á bæinn eftir vindstefnu geta ruglað verulega niðurstöðum og ber því að taka þessum tölum um vindhraða þar með varúð. Á mynd 2 sést tíðnidreifing fjögurra mánaða á Stórhöfða og umreiknuð tíðni frá sama tímabili niðri í byggðinni. Síðar verður reynt að meta áhrif hugsanlegra skekkjuvalda á þessar niðurstöður.

3. Vindorka á flatareiningu.

Afl í vindi, reiknað sem vött á hvern fermetra hornrétt á stefnu vindsins, má reikna samkvæmt jöfnunni:

$$P_v = 0,5 \times \mu \times v^3 \text{ (vött/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Þar sem μ er eðlismassi lofts, oftast reiknaður sem $1,26 \text{ kg/m}^3$ og v er vindhraðinn mældur í metrum á sekúndu. Ef $f(v)$ tákna líkur þess að vindhraðinn sé v yfir tímabil sem er T klst, þá er orkan á hvern fermetra gefin við:

$$E(v,T) = P_v * f(v) * T * 10^{-3} \text{ (kWst/m}^2\text{)} \quad (2)$$

Í töflu 2 eru gefin gildin á P_v og $E(v,T)$ samkvæmt reiknaðri tíðni-dreifingu vindhraða fyrir tímabilin þrjú, sem áður greinir. Í þessari töflu er einnig reiknað og sýnt í tveimur öftustu dálkum, hversu mikilli orku, rafmagnsmylla annars vegar og vatnsbremsumylla hins vegar, mundi skila við tiltekinn vindhraða. Afköstin á flatareiningu má fá með því að margfalda saman nýtnistuðul myllunnar, β , og orkuþéttleikann E . Nýtnistuðull rafmagnsmyllu, β_r , sem fall af vindhraða er fenginn frá gögnum um dönsku 65 kW Bonus-myllur, (3), en um stuðulinn fyrir vatnsbremsumyllu má vísa til (1). Mynd 3 sýnir hvernig þessir stuðlar eru háðir vindhraða og kemur þar vel fram hve ólíkt þessar tvær gerðir af myllum svara vaxandi vindhraða. Af þessum ástæðum er augljóst að tíðnidreifing hraðans skiptir miklu máli, þegar bera skal saman afköst myllanna.

Ársframleiðsla vindmyllu með spaðakerfi, sem sker flötinn A þvert á stefnu vindhraðans, má reikna með eftirfarandi jöfnu:

$$Q = \sum_T (\beta * E(v,T) * A) \text{ kWst} \quad (3)$$

4. Líkan fyrir orkunotkun til húshitunar.

Eins og ljóst er af því sem þegar er komið fram, vex orkuframleiðsla vindorkuvers með vaxandi vindhraða og sama gildir einnig um orkunotkun til húshitunar. Til að reikna bestu nýtingu vindorkuvers þarf að þekkja, hvernig þessir þættir fléttast saman. Til er skráning á 12 stunda fresti um orkuneyslu hjá fjarvarmaveitunni í Vestmannaeyjum. Með samanburði við gögn um hitastig og vindfar má fá mynd af áhrifum vindkælingar á orkunotkun. Ekki hefur þótt ástæða til að vinna slíkan samanburð, vegna þeirra frumkönnunar, sem hér er gerð. Hins vegar er reynt að meta þetta samspil með einföldu líkani og stuðst við líkan fyrir "staðal hús" (4) og aðeins er reiknað með meðalhita hinna þriggja tímabila ársins, sem áður voru notuð.

Aflþörfinni er skipt í þrjú þætti:

a) P_n : afl vegna neysluvatns. Þetta afl er áætlað sem föst tala allt árið og hér sett sem 0,7 kW

b) P_1 : varmatap vegna leiðni,
 $P_1 = (20-t)/35 * Q(15) = 0,255 * (20-t) \text{ kW}, \quad (4)$
þar sem $Q(15)$ er varmatap við -15°C og t er hitastigið úti. Hér verður gert ráð fyrir að $Q(15)$ sé 9 kW

c) P_k : aflþörf vegna vindkælingar,

$$P_k = ((F * FM) / 1720) * 16^{-0,7} * v^{1,4} * (20-t) = 3,8 * 10^{-3} (20-t) * v^{1,4} \text{ kW} \quad (5)$$

hér er v vindhraðinn í m/sek og t er hitastigið úti. F er svokölluð fúgutala (hér sett sem 1) og FM er fúgulengd (hér sett 45 metrar). Tölustuðlar eru vegna umreikninga í kW.

Á mynd 4 er sýnt hvernig aflþörfin breytist með vaxandi vindhraða og í þessum dæmum er t valið annars vegar $5,4^{\circ}\text{C}$, sem er sama og meðalhiti fyrir tímabilið, apríl-sept.-okt.-nóv. (og reyndar svipað og meðalhiti ársins) og hinsvegar $t=2,1^{\circ}\text{C}$. Í raun er þetta "staðalhús" nokkru stærra en venja er að miða við, en þar sem niðurstöðurnar eru aðeins notaðar til að meta hvernig heildarorkunotkun veitunnar skiptist á þessa þrjá þætti á þetta atriði ekki að skipta máli, a.m.k. ekki í samanburði við ýmsa aðra skekkjuvalda. Í töflu 3 er sýnt hvernig orkunotkunin skiptist á þessa þrjá þætti, samkvæmt meðaltali ársþriðjunganna þriggja. Til samanburðar má geta þess að ef varmatap vegna varmaleiðni er reiknað beint samkvæmt "gráðudögum" fæst á þennan lið alls $41,9$ GWst í stað $40,2$ GWst í ofangreindu líkani. Vindhraðinn "niðri í bæ" sem notaður er í kæliafli, er fundinn samkvæmt endur-reiknaðri hraðadreifingu, samanber mynd 2 og kafla 2 hér á undan.

Ef gera má ráð fyrir sömu dreifingu á orkunotkun fyrir bæinn í heild eins og í líkaninu og gengið er út frá að ársnotkunin sé 60 GWst verður aflþörf fjarvarmaveitunnar sem hér segir:

- a) Þegar hitinn er 12°C og vindur minni en 4 m/sek þarf $3,4$ MW.
- b) Þegar hitinn er 0°C og vindur um 20 m/sek þarf $13,4$ MW.
- c) Meðal afl sem áður $6,8$ MW.

Tölurnar í lið a og b eru í ágætu samræmi við þekkt hámarks- og lágmarks afl varmaveitunnar.

5. Stærð vindorkuvers miðað við lágmarksorkuverð.

Ljóst er að vindorka verður aldrei nýtt til húshitunar án þess að til komi einhverskonar miðlun og varaafli. Endanlegt orkuverð varmaveitunnar ræðst því af samspili þessara þátta, en hver stór hlutur hvers þáttar um sig á að vera, til að ná sem lægstu orkuverði, fæst aðeins með ítarlegum hagkvæmnisútreikningum. Í frumkönnun má einfalda þessa mynd með því að reikna orkuverð frá vindorkuveri eitt sér við hagstæðustu skilyrði og sleppa kostnaði við miðlun og varaafli. Uppsett afl er þá ákveðið þannig að við tiltekinn hagstæðan vindhraða er framleiðsla vindorkuversins í jafnvægi við orkunotkun, án þess að orkuframleiðslan fari fram úr neyslunni við önnur skilyrði vinda og hita. Þetta val skýrist betur með því að skoða mynd 5. Á mynd 5a er aflþörf fjarvarmaveitunnar við þrjú mismunandi hitastig borin saman við framleiðsluferil rafmagnsmyllu og á mynd 5b er sams konar saman-

burður fyrir vatnsbremsumyllu. Ef alls engri orku má henda, er ljóst að uppsett afl miðast við heita sumardaga. Þannig yrði hámarksaflið fyrir báðar gerðir mylla um 5,8 MW. Hinsvegar er eðlilegt að taka tillit til þess að slík veðurskilyrði eru mjög sjaldgæf og auk þess er æskilegt að koma betur til móts við hina auknu aflþörf, sem er fyrir hendi að vetrarlagi. Samkvæmt þessu er í eftirfarandi útreikningum gert ráð fyrir að uppsett afl verði miðað við aðstæður eins og hér segir:

- A) Rafmagnsmyllur. Heildarafl 7,3 MW, sem svarar til vindhraða 18 m/s á myllustað og hitastigið 7,2°C.
- B) Vatnsbremsumyllur. Heildarafl 8,8 MW, sem svarar til vindhraða 20 m/s á myllusvæði og $t = 6^{\circ}\text{C}$.

Samkvæmt lauslegu mati hefur þessi breyting miðað við "sumaraðstæður" í för með sér skekkju, sem í mesta lagi jafngildir einni kWst í ónýttu afli. Ástæðan fyrir misstöru uppsettu afli liggur í þeim mikla mun, sem er á hvernig þessar tvær gerðir mylla bregðast við vindafari. Samkvæmt þessu þarf því til orkuversins annað hvort 112 rafmagnsmyllur eða 110 vatnsbremsumyllur.

Erlendis er talið að þegar myllufjöldinn er kominn upp fyrir 50-100 hafi hagkvæmnin náð hámarki, hvað varðar uppsetningu og rekstur og þaðan í frá vaxi kostnaður í réttu hlutfalli við uppsett afl. Samkvæmt því sem að ofan greinir ætti því orkuverð í vindorkuveri með 110 myllum að vera það lægsta, sem unnt er að fá á orkueiningu með þessarri aðferð. Í töflu 4 hér á eftir eru þessi tvö mylluver borin saman og reynt að reikna kostnað á kWst samkvæmt eftirfarandi forsendum:

- a. Brúttó₂vindorka á nýja hrauninu, sem unnt er að nýta er 12.600 kWst/m²/ár.
- b. Uppsett vindafli jafngildir hámarksafli sem unnt er að nota án þess að unnin vindorka fari til spillis eða sé nýtt í orkumiðlun.
- c. Vindafar á Stórhöfða er lagt til grundvallar tíðnidreifingu vindafils, en gögnin umreiknuð til að mæta aðstæðum á hrauninu.
- d. Orkunotkun fjarvarmaveitunnar er umreiknuð samkvæmt einföldu líkani um húshitun til að fá kennistærðir vindorkuversins.
- e. Raforkumyllan er reiknuð samkvæmt kennigögnum á 65 kW myllu frá Bonus í Danmörku. Stofnkostnaður við uppsett afl er reiknaður 8000 dkr/kW. Gengi dönsku krónunnar er reiknað 5,70 Ísl.kr.
- f. Vatnsbremsumyllan er byggð á gögnum sem unnin voru hjá FÍI 1985-1986 vegna lánsútsóknar Hamars til iðnþróunarsjóðs. Ekki er tekið tillit til hugsanlegrar hagkvæmni við raðsmíði.
- g. Verð á orkueiningu er reiknað samkvæmt "annuitet" með 6% ársvöxtum og 15 ára afskriftir á stofnkostnað + 2% af stofnkostnaði sem rekstur og viðhald.

6. Athugasemdir um forsendur og niðurstöður.

a) Hversu marktæk eru vindgögnin?

Eins og þegar hefur komið fram, eru útreikningar á nýtanlegri vindorku byggðar á vindgögnum frá veðurathugunarstöðinni á Stórhöfða. Aðstæður á höfðanum eru þannig að vindstrengurinn magnast að nokkru leyti upp, borið saman við loftstreymi á hafsvæðum í kring. Í gagnameðferð hér á undan hefur verið reynt að sníða af augljósa annmarka í notkun þessara gagna. Hins vegar er aðeins unnt að ganga úr skugga um, hvernig til hefur tekist með því að gera beinar samanburðarmælingar á nýja hrauninu og Stórhöfða. Þá má benda á, að þar sem vindmyllurnar nýta aðeins að litlu leyti orku vindsins, þegar vindur fer yfir 8 vindstig, skiptir litlu máli hvort vindur í raun er 9 eða 11 vindstig, þegar ársorkan er metin. Ekki verða raktar hér einstakar forsendur í gagnameðferð, enda gefur meginniðurstaða skýrslunnar ekki tilefni til að fara nánar út í mat á orkugildi vindsins. Af töflu 3 og jöfnum um vindafli má ráða að gögn um vindafar skipta meginmáli, þegar meta skal hagkvæmni vindorkuvers. Á þetta er rétt að leggja áherslu. Orkuverð frá vindorkuveri í Vestmannaeyjum, samkvæmt áðurgreindum forsendum í þessari skýrslu, gefur ekki tilefni til að velja þennan kost. En aðstæður geta breyst og með tilliti til framtíðarinnar væri mikilvægt að hafa tiltæk langtíma gögn um vindafar á nýja hrauninu. Mælingar á vindafari um 2-3ja ára skeið, þar sem skráð væri 10 mínútu meðaltöl allan sólarhringinn og í úrvinnslu fælist fylgnireikningar við Stórhöfða, mundi kosta um 230 þúsund kr alls. Þar af er stofnkostnaður á mæli- og skráningarbúnaði um 80 þús. en árlegur rekstrar- og reikni-kostnaður um 50 þúsund.

b) Val á myllutegund og gögn um kostnað og reynslu

Um þessar mundir eru á markaðnum fjöldi tegunda af rafmagnsmyllum í stærðarflokknum 50-100 kW að hámarksafli. Í þessari skýrslu er stuðst við kennigögn 65 kW myllu frá fyrirtækinu Bonus í Danmörku. Svipuð niðurstaða fæst ef skoðuð eru gögn um Micon-mylluna, einnig frá Danmörku. Þessar myllur voru valdar með hliðsjón af grein eftir Woody Stoddard (5) sem byggir á reynslugögnum frá orkustofnun í Kaliforníu á úttekt á 13458 myllum þar í fylki. Í þeim samanburði koma inn 329 Bonus myllur og 384 Micon-myllur. Reynslan af þessum myllum og útkoma þeirra samkvæmt skýrslu Stoddards gefur tilefni til að ætla kennigögn og forsendur, sem hér hafa verið notuð gefi góða mynd af því, sem vænta megi af rafmagnsmyllum hér. Ekki var gerð tilraun til að meta kosti þess í orkuöfluninni, að aðlaga myllurnar betur íslenskum aðstæðum. Við stærri innkaup er oft unnt að semja um minniháttar breytingar, sem leiða til heppilegrar kennigagna. Lausleg könnun var gerð á hagkvæmni af stærri myllum, t.d. 70 myllur með hámarksorku 100 kW. Ávinningur af þessari athugun var ekki það mikill að ástæða þætti til að endurreikna dæmið. Aðrir óvissuþættir eins og ársorka vinds á

fermetra eru það stórir, að þeir yfirgnæfa þennan þátt. Benda má á að erlendis telja menn sig núorðið geta leyft sér 20 ára afskriftatíma á nýttísku myllum, en hér var ákveðið að styðjast við 15 ár í kostnaðarreikningum. Þessi varkárni hækkar verðið um 15 auro á hverja kWst.

c) Óvissuatriði varðandi vatnsbremsumyllur og stærðarval.

Kostnaðarreikningar í tengslum við vatnsbremsumylluna eru miklu óvissari en hliðstæðir reikningar á rafmagnsmyllum. Framleiðslukostnaður við fjöldaframleiðslu á slíkum myllum er ekki fyrir hendi né heldur langtímareynsla í rekstri og viðhaldi. Stofnkostnaðurinn er því miðaður við verð á stakri myllu, enda er á þessu stigi ekki unnt að meta hugsanlega hagkvæmni vegna raðsmíði. Á móti gæti einnig komið kostnaður við ófyrirséða þætti. Myllustærðin, þ.e. 80 kW hámarksafl, er valin með hliðsjón af þeirri reynslu sem þegar er fengin. Ekki er unnt, án frekari rannsókna, að gera ráð fyrir stærri myllum, en þar sem spaðarvermálið er um 10 metrar. Líklegt er að, ef spaðarvermálið og þar með aflið yrði aukið enn frekar, þyrfti flóknari stýribúnað og þar með hverfa þeir kostir sem slík mylla hefur fram yfir rafmagnsmyllu.

Tilvísanir:

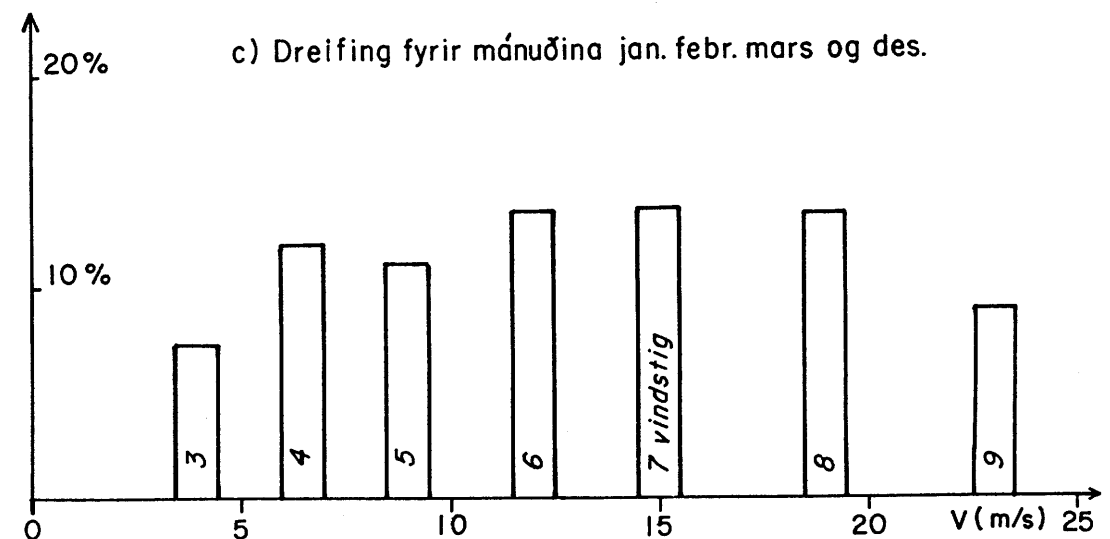
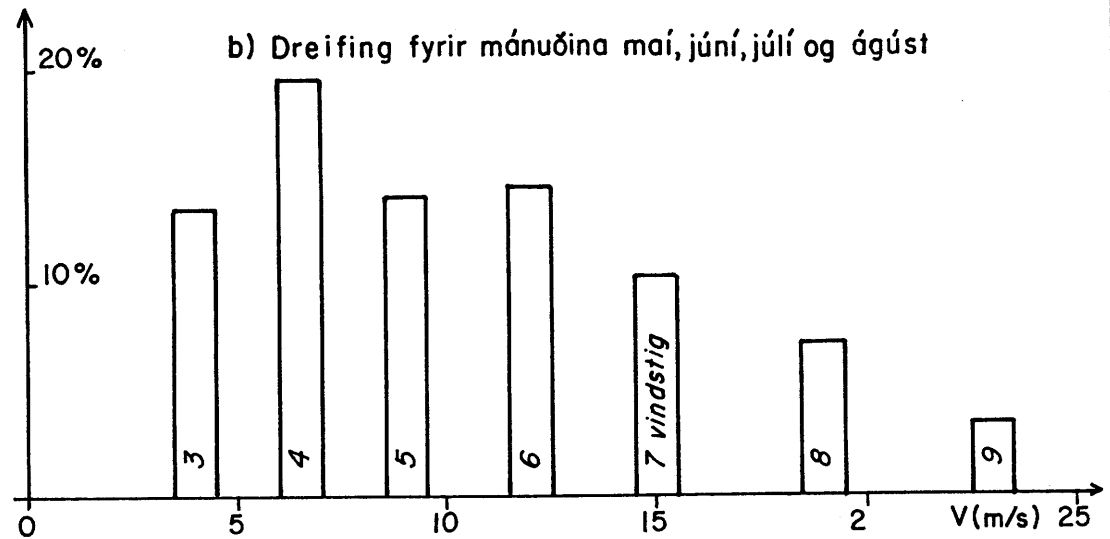
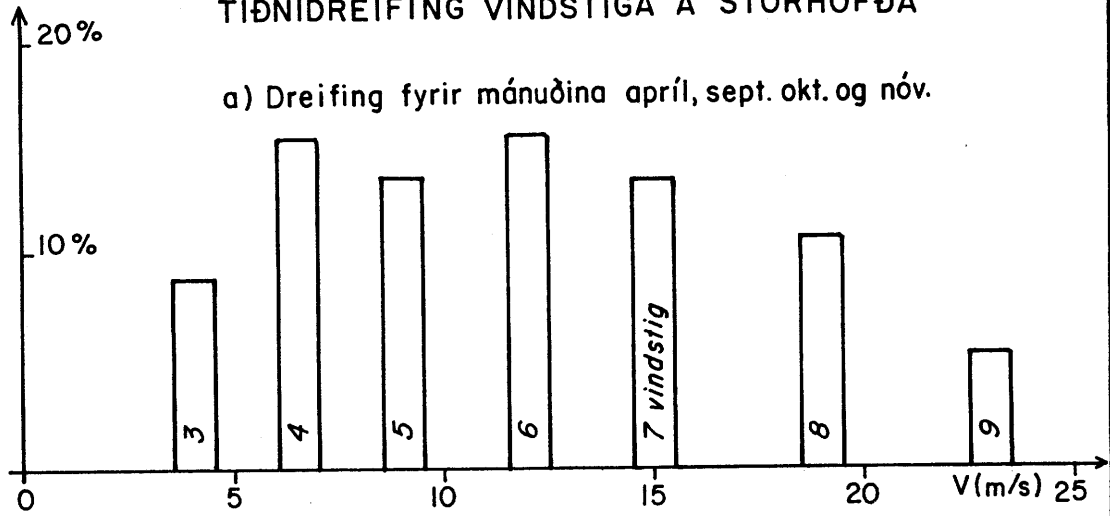
- (1) O. Helgason and A. S. Sigurðsson: Test at very wind speed of a windmill controlled by a waterbrake. Proc. of the Eight BWEA Wind Energy Conference, Cambridge 1986, p. 101-106.
- (2) E. Lundtang Petersen o.fl.: Windatlas for Denmark. Risø-R-428, Risø, jan. 1981.
- (3) Kennigögn frá Bonus, Danregn Vindkraft A/S. Staðfest í S.L. Report: 81169-03, mælingar frá rafveitum Suður-Kaliforníu.
- (4) Paul Becher: Varma og ventilation. Sjá einnig lokaverkefni Sveins Ólafssonar til BS-prófs í vélaverkfræði 1980.
- (5) Woody Stoddard: The California Experience. Proc. of Danwea 1986 Conference of Wind Technology, Herning 1986, p. 83-102.



JHD·SK·8000·ÖH
'87.0344·EK

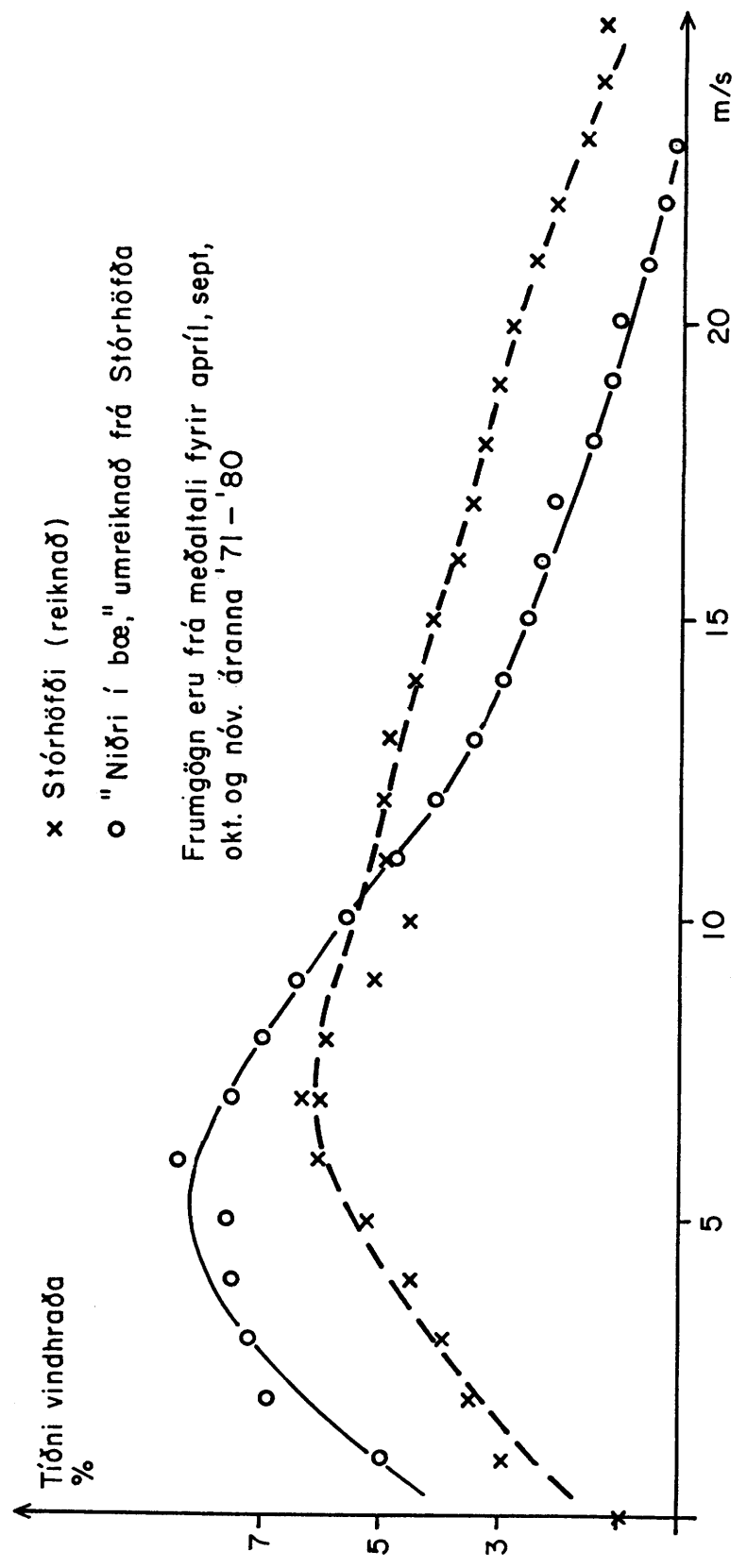
Mynd 1

TÍÐNIDREIFING VINDSTIGA Á STÓRHÖFÐA



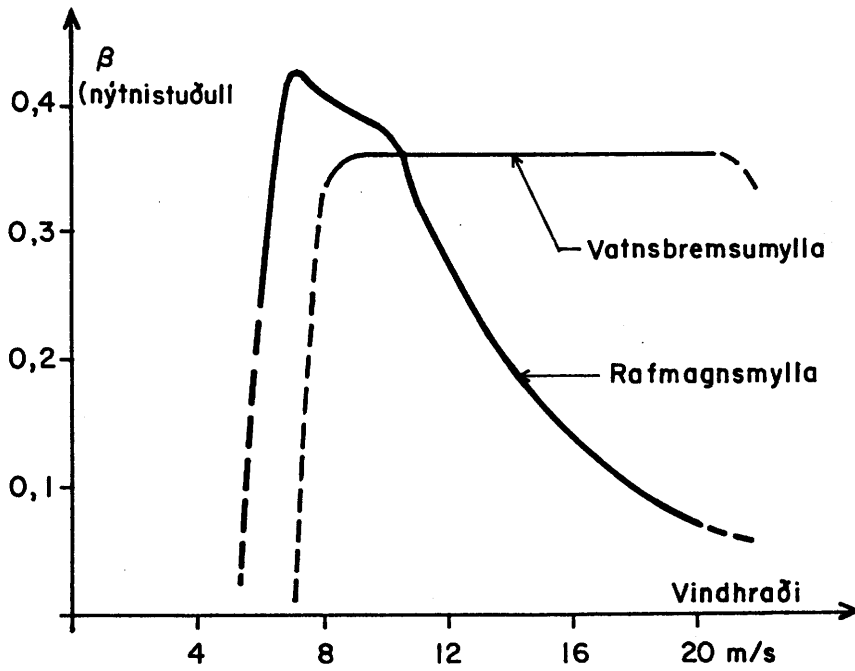
JHD·SK·8000·ÖH
'87.04.0345·EK

Mynd 2



JHD-SK-8000-ÖH
'87.0346-EK

Mynd 3





JHD-SK-8000-ÖH
'87.04.0349-EK

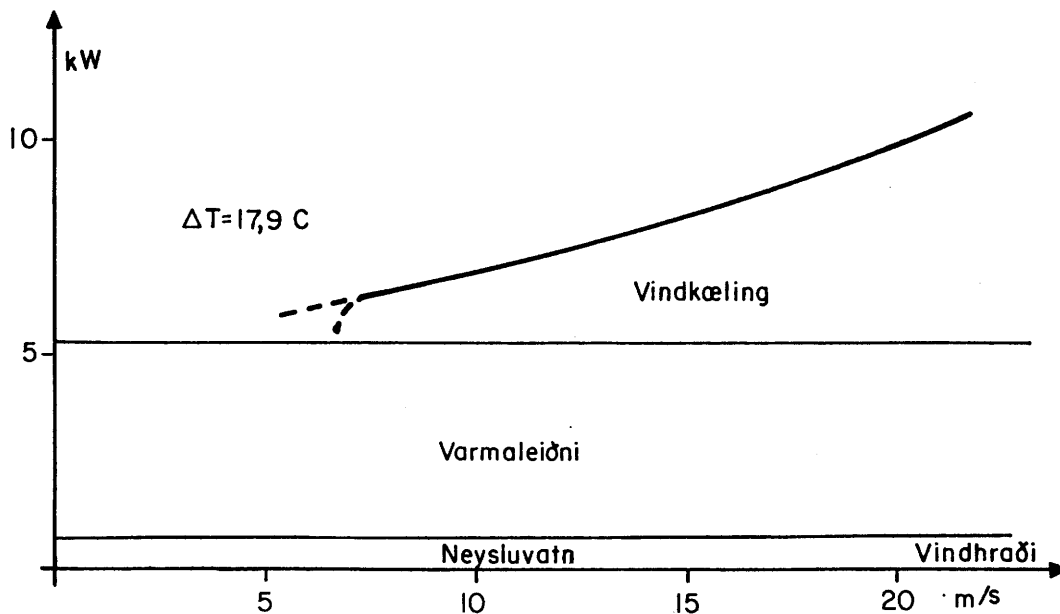
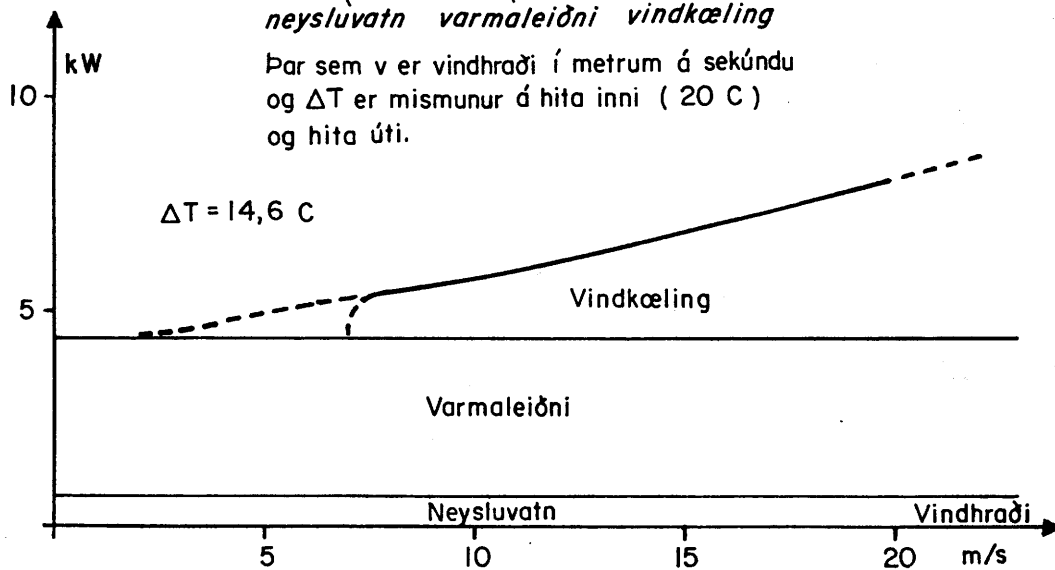
Mynd 4

Varmapörf fyrir "staðalhús" reiknað samkvæmt jöfnunni

$$P(\text{kW}) = 0,7 + 0,225 * \Delta T + 3,8 * 10^{-3} * \Delta T * v^{1,4}$$

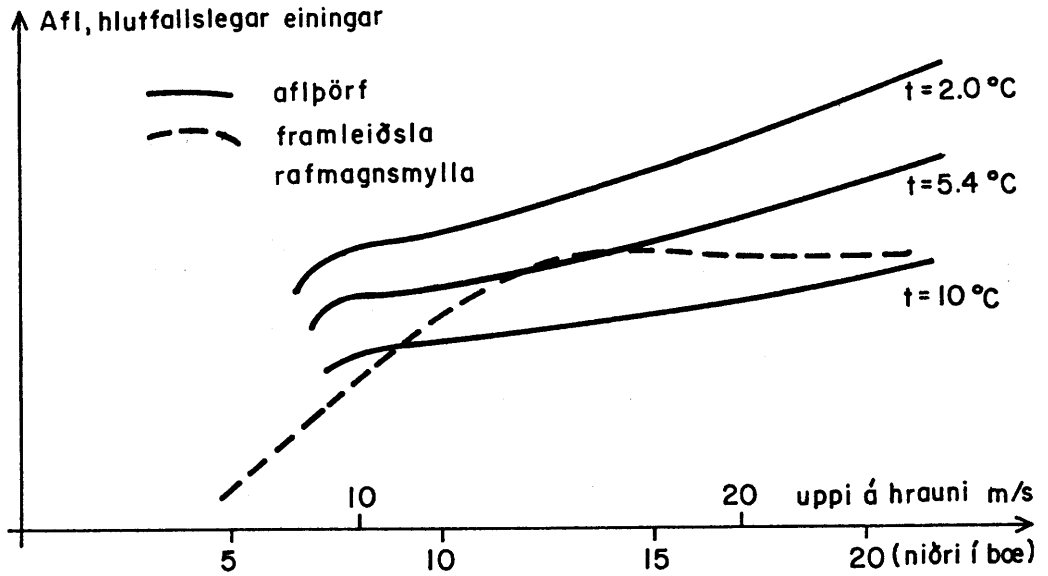
neysluvatn varmaleiðni vindkæling

Þar sem v er vindhraði í metrum á sekúndu og ΔT er mismunur á hita inni (20 C) og hita úti.

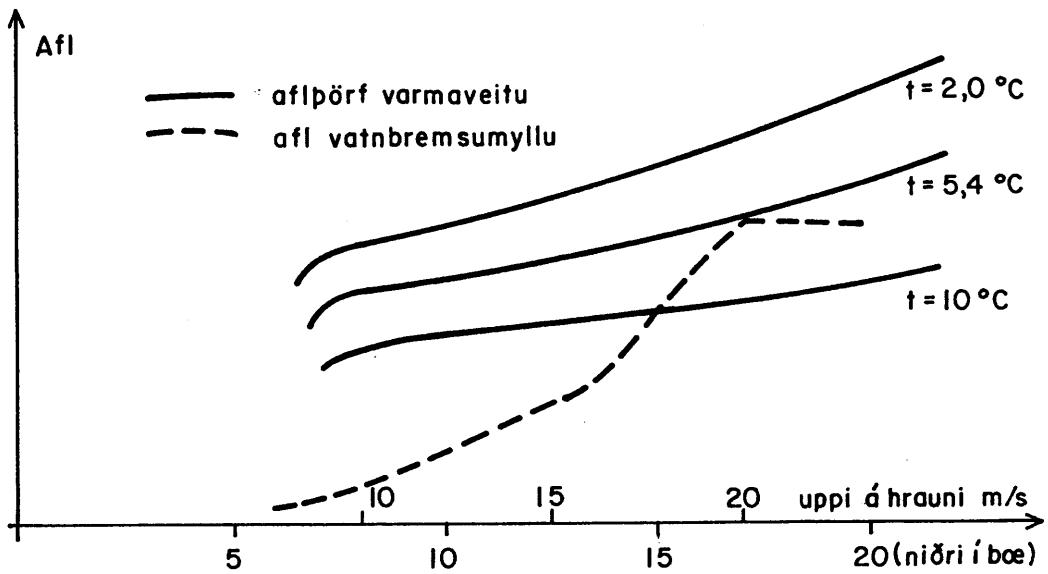


JHD-SK-8000-ÖH
'87.0347-EK

Mynd 5a



Mynd 5b



TAFLA 1

VESTMANNAEYJAR

Vindstig	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Alls
Janúar	22 0.9	92 3.7	156 6.3	188 7.6	280 11.3	264 10.6	334 13.5	328 13.2	373 15.0	224 9.0	128 5.2	59 2.4	32 1.3	2480
Febrúar	27 1.2	66 2.9	129 5.7	152 6.7	237 10.5	206 9.1	292 12.9	348 15.4	322 14.2	229 10.1	149 6.6	79 3.5	28 1.2	2264
Mars	23 0.9	89 3.6	138 5.6	205 8.3	363 14.6	334 13.5	386 15.6	314 12.7	263 10.6	188 7.6	110 4.4	48 1.9	19 0.8	2480
Apríl	12 0.5	76 3.2	135 5.6	208 8.7	367 15.3	318 13.3	424 17.7	365 15.2	281 11.7	125 5.2	67 2.8	19 0.8	3 0.1	2400
Mai	23 0.9	99 4.0	231 9.3	309 12.5	450 18.1	328 13.2	376 15.2	267 10.8	189 7.6	141 5.7	52 2.1	6 0.2	9 0.4	2480
Júní	14 0.6	94 3.9	237 9.9	385 16.0	518 21.0	385 16.0	345 14.4	211 8.8	135 5.6	51 2.1	19 0.8	5 0.2	1 0.0	2400
Júlí	25 1.0	180 7.3	299 12.1	418 16.9	586 23.6	346 14.0	282 11.4	174 7.0	121 4.9	30 1.2	15 0.6	3 0.1	1 0.0	2480
Ágúst	37 1.5	123 5.0	238 9.6	267 10.8	491 19.8	344 13.9	386 15.6	276 11.1	180 7.3	95 3.8	33 1.3	9 0.4	1 0.0	2480
September	23 1.0	114 4.8	189 7.9	282 11.8	468 19.5	379 15.8	327 13.6	247 10.3	173 7.2	113 4.7	63 2.6	14 0.6	8 0.3	2400
Október	34 1.4	111 4.5	193 7.8	202 8.1	353 14.2	331 13.3	358 14.4	307 12.4	275 11.1	174 7.0	98 4.0	37 1.5	7 0.3	2480
Nóvember	19 0.8	85 3.5	135 5.6	171 7.1	300 12.5	286 11.9	410 17.1	398 16.6	339 14.1	132 5.5	89 3.7	24 1.0	12 0.5	2400
Desember	22 0.9	72 2.9	132 5.3	164 6.6	291 11.7	281 11.3	303 12.2	351 14.2	349 14.1	230 9.3	158 6.4	81 3.3	46 1.9	2480
Árið	281 1.0	1201 4.1	2212 7.6	2951 10.1	4704 15.1	3802 13.0	4223 14.5	3586 12.3	3000 10.3	1732 5.9	981 3.4	384 1.3	167 0.6	29224

TAFLA 2

Vindhr. Tíðni Afl á flatare. Orka á flatareiningu

m/sek % kW/m² ----- kWst/m² -----
 v f'(v) P E(v,T) β_r x E β_v x E

Maí, júní, júlí og ágúst

7-8	14.5	0.265	112	45	40
9-10	10.0	0.560	154	58	56
11	5.0	0.84	123	40	44
12	4.5	1.09	143	40	51
13	4.5	1.38	180	41	65
14	4.2	1.73	210	40	76
15	3.5	2.13	215	35	78
16	3.0	2.58	225	31	81
17	2.7	3.10	244	29	88
18	2.5	3.68	268	27	96
19	2.2	4.32	290	23	104
20	2.0	5.04	293	20	105
>21	5.0	xxx	>750	50	263

Σ >3200 480 1150

Apríl, sept., okt. og nóvember

7-8	12.0	0.265	93	27	33
9-10	9.5	0.56	148	56	53
11	5.0	0.84	123	39	44
12	5.0	1.09	158	44	57
13	4.8	1.38	194	45	70
14	4.5	1.73	225	43	81
15	4.2	2.13	260	42	94
16	3.8	2.58	286	40	103
17	3.6	3.10	324	39	117
18	3.4	3.68	363	36	131
19	3.2	4.32	400	32	145
20	3.0	5.04	440	31	153
>21	9.0	xxx	>1320	93	470

Σ >4300 580 1560

Janúar, feb., mars og desember

7-8	9.5	0.265	73	29	26
9-10	8.5	0.56	134	51	48
11	5.0	0.84	122	39	44
12	4.5	1.09	143	40	51
13	4.5	1.38	181	42	65
14	4.5	1.73	227	43	82
15	4.5	2.13	279	45	100
16	4.0	2.58	300	42	108
17	4.0	3.10	361	43	130
18	4.0	3.68	428	43	154
19	4.0	4.32	503	40	181
20	4.0	5.04	586	41	211
>21	12.0	xxx	>1760	123	633

Σ >5100 620 1850

TAFLA 3

	apríl, sept. okt., nóv.	maí, júní júlí, ág.	des., jan. feb., mars	allt árið
Meðalhiti, t_n (°C)	5,4	8,8	2,1	
$\Delta t = 20 - t_n$	14.6	11.2	17.9	
Orkunotkun vegna neysluvatns, Q_N (GWst)	2.6	2.6	2.6	7.8
Orkunotkun vegna varmaleiðni, Q_L (GWst)	13.4	10.3	16.5	40.2
Orkunotkun vegna vindkælingar, Q_K (GWst)	3.7	2.1	6.3	12.1
$\Sigma Q = Q_N + Q_L + Q_K$	19.7	15.0	25.4	60.1
Hlutfall vindkælingar $Q_K/\Sigma Q$	18.6%	14.3%	25%	

TAFLA 4

Atriði til samanburðar	Rafmagnsmyllur	Vatnsbremsumyllur
Hámarksafl/myllu	65 KW/myllu	80 KW/myllu
Flatarmál í spaðaskurði	175 m ²	50 m ²
Fjöldi mylla	110	110
Heildarhámarksafl	7,2 MW	8,8 MW
Heildar spaðaflötur	19 200 m ²	5 500 m ²
Stærð virkjunarsvæðis	2*10 ⁵ m ²	
Ársorka	31,3 GWst	26 GWst
Ársorka á fermetra	1630 kWst	4560 kWst
Stofnkostnaður	326 Mkr	200 Mkr
Tengibúnaður	34 Mkr	16 Mkr
Árlegur rekstrarkostnaður	7,2 Mkr	4,3 Mkr
Verð á kwst,	1,35 kr	1,01 kr

21. Dæmi um þróun fjárhagsstöðu FJAVE (20.03.87/EB)

Við mat á hagkvæmni hinna ýmsu orkuöflunarleiða, er nauðsynlegt að setja þar inn rekstrarlíkan og sjá hver áhrifin verða á stöðu langtímaskulda til lengri tíma.

Til þessara hluta er notað áætlanaforrit FJAVE og reiknað til 25 ára.

Slíkir útreikningar þurfa, að sjálfsögðu, að byggja á gefnum forsendum. Hér eru notaðar allar þær sömu forsendur og FJAVE notar í sínum áætlunum, þó með örlítið meiri sölu, til þess að mæta meiri orkukaupum.

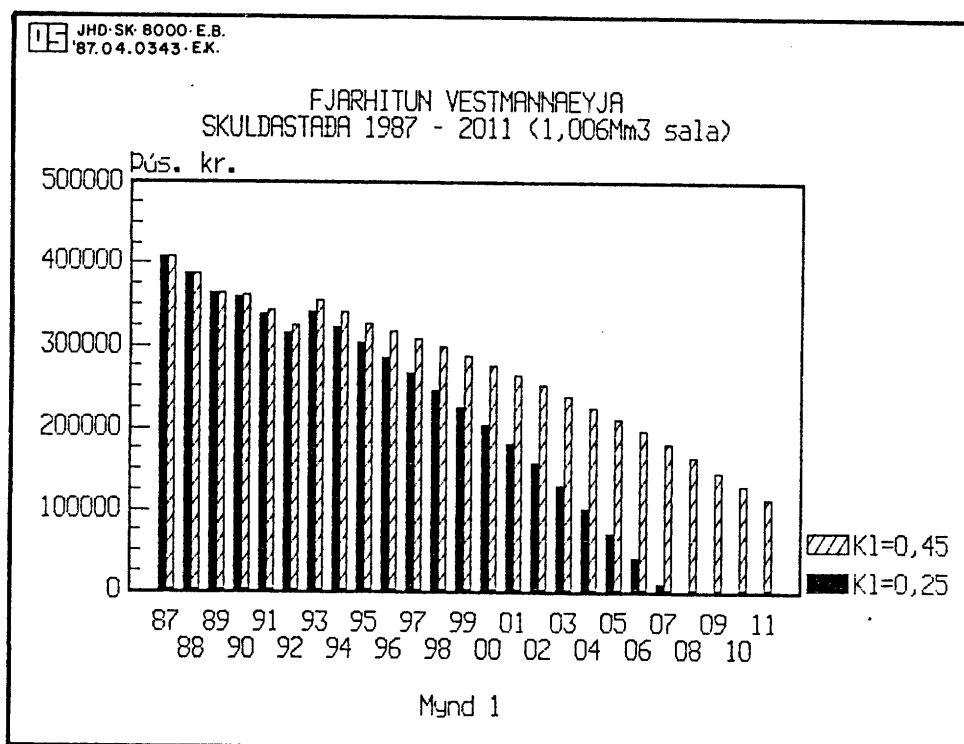
Forsendur áætlana:

- * Selt heitt vatn 1.006.000 m³
- * Staða langtímaskulda 01.01.87: 418.000.000,00 kr.
- * Ný lán eru tekin á hverju ári ef um greiðsluvandræði er að ræða.
- * Vextir af nýjum lánum reiknast 7%.
- * Rekstrarliðir eru hækkaðir um 1% milli ára.

Til þess að gera yfirsýnina auðveldari eru niðurstöður settar fram myndrænt (grafísk).

Mynd 1:

Mynd 1 sýnir áhrifin frá rekstrarfyrirkomulagi samkvæmt áætlun sem sýnd er á mynd 43 í skýrslunni, þó með þeirri breytingu að varmadælan er látin ganga út afskriftatímamann.

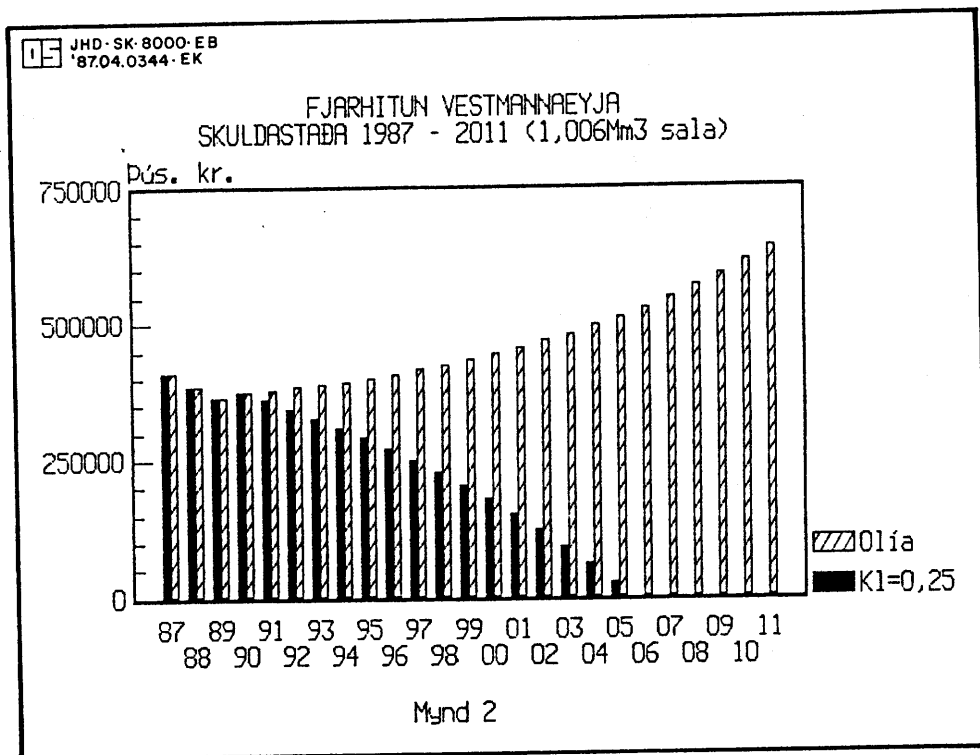


Reiknað er með tveim möguleikum á innkaupsverði raforku k_L 0,25 kr/kWh annarsvegar og 0,45 kr/kWh hinsvegar.

Hér kemur glöggjt fram hve afgerandi orkuverðið er á skuldastöðuna. Á myndinni má sjá að í fyrra tilfellingunni eru skuldirnar komnar niður í núll árið 2008, þegar í því síðara eru eftir skuldir uppá 164 Mkr.

Mynd 2:

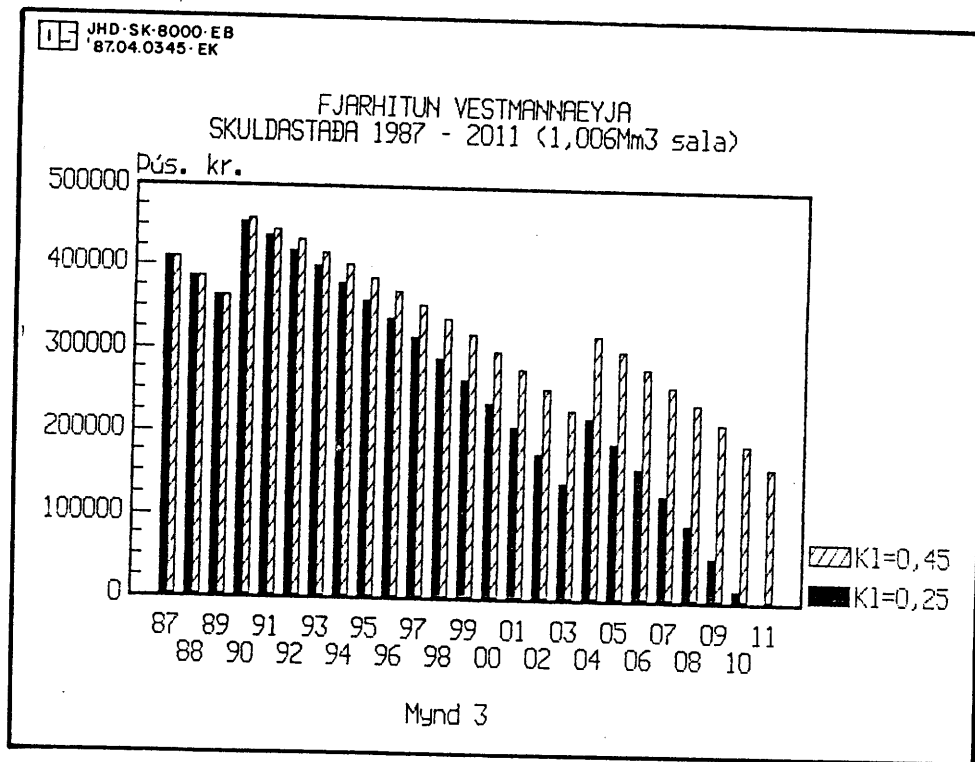
Mynd 2 sýnir þann möguleika að uppdælingin og hraunið gefi fulla orku næstu þrjú ár, eftir það verði allri vinnslu á hrauni hætt, en svo taki annarsvegar rafskauta- og hinsvegar olíukatlar við hlutverki orkuöflunar.



Í þessu tilfalli verða áhrifin einnig mjög athyglisverð, einkum hvað varðar samanburð rafskautaketilsins við mynd 1. Þar kemur fram að niðurgreiðslu skulda lýkur tveim árum fyrir samkvæmt rafskautaketilsrekstri á mynd 2. Einnig er fróðlegt að sjá hver skuldastaðan yrði, ef orkupörfinni væri mætt með olíukyndingu í svartolíukatli.

Mynd 3:

Mynd 3 sýnir sama rekstrarfyrirkomulag og mynd 2, nema hvað hér er, í stað rafskauta- eða olíuketils, orkupörfinni mætt með varmadælu sem nýtir sjávarvarma.



Glögg t má greina af myndinni að áhrif raforkuverðsins eru töluvert minni í þessu tilfalli. Varmadælan virðist vera nokkuð hagstæð, einkum við hærri orkuverðið. Þá er rétt að benda á, að það er fyrst og fremst stuttur afskriftartími sem rýrir hagkvæmni varmadæla.