



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Varmaveita fyrir Hóla í Hjaltadal og bæina á leiðinni frá Reykjum

Jón Steinar Guðmundsson
Oddur B. Björnsson (Fjarhitun hf.)
Þorsteinn Einarsson

OS79045/JHD21

Reykjavík, nóvember 1979

Varmaveita fyrir Hóla í Hjaltadal og bæina á leiðinni frá Reykjum

**Jón Steinar Guðmundsson
Oddur B. Björnsson (Fjarhitun hf.)
Þorsteinn Einarsson**

OS79045/JHD21

Reykjavík, nóvember 1979

ÁGRIP

Að Reykjum í Hjaltadal er borhola sem afkastar um 20 l/s af 56°C vatni og til greina kemur að hagnýta hana í húshitun og fiskeldi. Aðstæður eru hinsvegar þannig að erfitt getur orðið að byggja hagkvæma varmaveitu, sem þjónaði Bændaskólanum á Hólum og bæjunum á leiðinni frá Reykjum.

Gerður er samanburður á nokkrum kostum sem virðast koma til álita:

Varmaveita með aðveituæð úr einangruðum stálrörum; varmaveita með aðveituæð úr asbeiströrum í jarðvegsgarði ásamt varmadælu nærri Hólum. Báðir þessir kostir eru athugaðir með og án fiskeldis og við mismunandi vinnsluþrýsting borholunnar að Reykjum.

Komist er að þeirri niðurstöðu að varmaveita án fiskeldis sé óhagkvæm en varmaveita með fiskeldi gæti orðið hagkvæm. Hagkvæmasti kosturinn reyndist vera varmaveita með fiskeldi, sem hefði aðveituæð úr asbeiströrum í jarðvegsgarði, yfirþrýsting á borholu og varmadælu nærri Hólum.

EFNISYFIRLIT

	Bls.
ÁGRIP	3
EFNISYFIRLIT	5
MYNDASKRÁ	5
1 INNGANGUR	7
2 BORHOLAN AÐ REYKJUM	7
3 MÖGULEIKAR VARMAVEITU	8
4 MARKAÐUR OG VATNSÞÖRF	9
5 ALMENN ATRIÐI	10
6 VENJULEG HITAVEITA	11
7 HITAVEITA MEÐ VARMAÐELU	15
8 HAGKVÆMNI KOSTA	17
9 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR	22
MYNDIR	25

MYNDASKRÁ

1 Afkastamæling borholu að Reykjum í Hjaltadal	27
2 Rennslismælingar úr borholu að Reykjum í Hjaltadal ..	28
3 Áhrif þvermáls á einingarverð hitaveitulagna	29
4 Hitafall og þrýstitap í 9 km aðveituæðum frá Reykjum í Hjaltadal	30
5 Áhrif stærðar á kostnað varmaðelu	31

1 INNGANGUR

Iðnaðarráðuneytið hefur falið Orkustofnun að gera athugun á varmaveitu fyrir Hóla í Hjaltadal vegna beiðni landbúnaðarráðuneytisins þar að lútandi. Þessi skýrsla er frumathugun Orkustofnunar á varmaveitu fyrir Hóla og bæina á leiðinni frá Reykjum.

Árið 1978 lét Bændaskólinn á Hólum bora holu að Reykjum í Hjaltadal til að afla vatns fyrir hugsanlega varmaveitu. Í framhaldi af þeim borunum var Orkustofnun falið að kanna rennsli og gæði heita vatnsins að Reykjum. Þeim athugunum er nú að ljúka.

Við gerð þessarar skýrslu var höfð samvinna við Fjarhitun hf. til að grundvalla allar kostnaðartölur sem best. Auk þess var varmaveituforrit Orkustofnunar mikið notað við útreikninga.

2 BORHOLAN AÐ REYKJUM

Borholan að Reykjum var boruð 1978 og er 603 m djúp með 8 5/8" fóðringu niður í 110 m dýpi. Þann 15. febrúar 1979 var holan rennslismæld og sýnir myndin afköstin við mismunandi mótþrýsting. Mesta rennsli úr holunni var um 25 l/s og sýndi hún mjög háan þrýsting þegar skrúfað var fyrir og mótþrýstingurinn aukinn. Vegna þessa háa þrýstings var holunni ekki lokað, en mynd 1 sýnir að líklegur lokunarþrýstingur gæti verið um 25 bar, sem er væntanlega hæsti þrýstingur lághitaholu á Íslandi.

Langtíma rennslismælingar voru gerðar til að athuga hvort afköst holunnar minnkuðu með tíma, þá sérstaklega vegna þessa mikla rennslis og háa lokunarþrýstings. Borholan var stillt á rúma 20 l/s og var þrýstingurinn á holutoppi (mótþrýstingurinn) þá um 8 bar. Til stóð að halda borholurennslinu stöðugu í nokkra mánuði og sjá hvernig þrýstingurinn á holutoppi minnkaði með tíma, en í mars var breytt um stillingu á borholuventli og mótþrýstingurinn lækkaður úr 8,1 bar í 7,3 bar. Mynd 2 sýnir hvernig borholurennslid og -þrýstingurinn höguðu sér þá 5 mánuði sem mælingar voru gerðar. Þar sést að borholurennslid jókst eitthvað þegar mótþrýstingurinn lækkaði. Rétt er taka fram, að borholan að Reykjum hefur verið í fullu rennsli frá borlokum.

Mynd 2 sýnir að borholurennislið var ekki stöðugt á tímabilinu, sem mælingarnar voru framkvæmdar. Stillingin í mars sýndi að borholan er mjög vökur og því væri erfitt að halda jöfnu borholurennisli eins og til stóð. Til að fá einhverja hugmynd um langtíma eiginleika holunnar, verður því að skoða stöðugstu mælingarnar. Mynd 2 sýnir að frá 25. mars til 25. maí var borholuprýstingurinn um 7,3 bar og stöðugur. Á þeim tíma minnkaði borholurennislið úr 20,7 l/s í 19,9 l/s eða um 2% á mánuði. Um líklegt framhald þessarar rennislisminnkunar er erfitt að segja til um. Eftir 25. maí urðu nokkrar sveiflur í mótprýstingi holunnar, án þess að breytingar væru gerðar á stillingu borholulokans. Ekki er vitað um ástæðuna fyrir þessum sveiflum.

Efnagreiningar sýna að gæði borholuvatnsins að Reykjum eru ágæt, og atti því ekkert að vera því til fyrirstöðu að nota vatnið í varmaveitu. Tæringatilraunir gefa góða niðurstöðu og er ekkert sem bendir til sérstakra tæringavandamála í stálrörum. Asbeströr hafa hinsvegar ekki verið prófuð, en full ástæða er til að kanna hegðun þeirra í borholuvatninu ef/áður en til notkunar kemur. Útfellinga hefur ekki orðið vart. Hitastig borholuvatnsins, 56,5°C, verður að teljast lágt fyrir hitaveituvatn. Hitastigið hefur hinsvegar verið stöðugt frá upphafi. Mikið gas kemur með borholuvatninu og verður að skilja það frá við eða nærri borholunni. Ekki hefur verið hægt að mæla magn þessa gass, en greinilegt er að það er í miklu magni. Efnagreining gassins sýnir að það er aðallega köfnunarefni.

3 MÖGULEIKAR VARMAVEITU

Greinargerðin fjallar um möguleika Bændaskólans á Hólum til að nýta borholuvatnið að Reykjum í varmaveitu. Tveir þættir virðast ráða miklu um þennan möguleika. Borholuvatnið er aðeins 56,5°C, sem verður að teljast kalt fyrir varmaveitu, og það er langt frá Reykjum að Hólum. Báðir þessir þættir hafa þau áhrif að auka stofnkostnað varmaveitna. Aðveitunæðin þarf að vera því víðari, sem vatnið er kaldara, og nauðsynleg ofnastærð eykst með lækkandi vatnshita. Stofnkostnaður hugsanlegrar aðveitunæðar er síðan í beinu hlutfalli við vegalengdina frá Reykjum að Hólum, sem er um 9 km. Vegalengdin og lágt hitastig borholuvatnsins leggja því á eitt við að gera stofnkostnaðinn hærri en á þeim stöðum

þar sem varmaveitur hafa verið byggðar fram til þessa. En borholan að Reykjum hefur tvo mikilvæga kosti, sem hugsanlega má nota til að lækka stofnkostnað aðveituæðarinnar: Borholuvatnið hefur háan þrýsting og vatnsrennslið er mikið. Þetta eru hinsvegar kostir sem hagnýta verður með varúð því óvarlegt væri að treysta á háan þrýsting og mikið vatnsrennsli til frambúðar.

Á undanförmum árum hefur notkun varmadæla erlendis færst í vöxt. Í flestum tilfellum er um litlar dælur að ræða, sem hita upp einstök íbúðarhús eða byggingar. Stærri dælur hafa fylgt í kjölfarið og virðist nú hægt að fá varmadælur, sem mætti aðlaga íslenskum aðstæðum. Við nýtingu jarðhita virðist notkun varmadæla bjóða upp á vissa möguleika, sérstaklega ef borholuvatnið er ekki nægilega heitt til upphitunar húsnæðis. Þar sem borholuvatnið að Reykjum er aðeins 56,5°C má vera að hagkvæmt geti orðið að nota varmadælu í hugsanlegri hitaveitu. Aðrir möguleikar koma líka til greina til að skerpa á borholuvatninu og gera það nothæfara í húshitun. Þar má m.a. nefna toppstöð sem mundi hita borholuvatnið þegar kaldast væri í veðri.

Ákveðið var að athuga nokkra möguleika á varmaveitu sem aðstæður í Hjaltadal geta boðið upp á. Tilgangurinn með slíkri athugun var að finna þá kosti sem geta verið hagkvæmir til að nýta borholuvatnið að Reykjum í varmaveitu. Eftirfarandi kostir voru athugaðir:

- A. Venjuleg hitaveita. Aðveituæð úr einangruðu stáli. Athugað verði:
 - a) sjálfrennsli frá borholu, b) rennsli undir þrýstingi frá borholu.Hvort tveggja verði athugað með og án fiskeldis.
- B. Hitaveita með varmadælu. Aðveituæð úr asbeströri. Athugað verði:
 - a) sjálfrennsli frá borholu, b) rennsli undir þrýstingi frá borholu.Hvort tveggja verði athugað með og án fiskeldis.

4. MARKAÐUR OG VATNSPÖRF

Vatnspörf varmaveitna má áætla út frá rúmmáli þeirra húsa sem á að hita. Upplýsingar um rúmmál húsa voru fengnar hjá Fasteignamati ríkisins. Reiknað er með að hugsanleg hitaveita nái til Hóla og þeirra bæja

(Reykir, Hvammur, Hrafnhólar, Hlíð, Hof I, Hof II) sem eru á leiðinni frá Reykjum. Talið er að 13.000 m³ séu fullhitaðir en 4.900 m³ hitaðir til hálf. Við áætlun á vatnspörf hugsanlegrar varmaveitu var miðað við að aflþörfin sé 27 W/m³ í fullhитуðu húsnæði. Aflþörfin verður því um 420 kW fyrir varmaveituna.

Uppi eru hugmyndir um fiskeldisstöð nærri Hólum, sem fengi heitt vatn frá hugsanlegri varmaveitu. Ekki er alveg ljóst hvað mikið þarf af heitu vatni til fiskeldisins, en talað hefur verið um 20-25 l/s af 12°C upphituðu vatni. Í þessari greinargerð verður miðað við 25 l/s af 12°C vatni, sem þarf að hita frá 2°C. Aflþörf fiskeldisins áætlast því um 1000 kW. Við athugun á kostum A og B hefur verið reiknað með varmaveitu með og án fiskeldis.

5 ALMENN ATRIÐI

Burtséð frá því hvaða möguleiki á varmaveitu er til umfjöllunar, þá eru viss atriði, sem breytast það óverulega, að þau hafa hverfandi áhrif á samiburð hinna ýmsu kosta. Þar má nefna útbúnað við borholu, dreifikerfið o.fl. Sá kostnaðarliður sem vegur þyngst á metunum er væntanlega aðveitukerfið. Í þessum kafla verður fjallað um nokkur almenn atriði, sem eiga við alla kostina, og gerð kostnaðaráætlun fyrir sameiginlega þætti.

Þar sem mikið gas er í borholuvatninu að Reykjum verður nauðsynlegt að setja upp gasskilju við eða nálægt borholunni. Afgösunin þarf að fara fram við hverfandi yfirþrýsting og nýtist því þrýstingur heita vatnsins einungis til að koma vatninu í gasskiljuna. Til þess að nýta borholuþrýstinginn í aðveituaðina þyrfti gasskiljan að vera hærra staðsett (t.d. í brekkunni fyrir ofan bæinn að Reykjum) en borholutoppurinn. Kostnaður við borholubúnað og gasskilju með efni og vinnu er áætlaður 4 Mkr.

Frá Reykjum að Hólum þarf að fara með aðfærsluaðina yfir tvo árfarvegi. Mikil óvissa er um bestu (öryggi og kostnaður) leiðina fyrir aðfærsluaðina. Helsta vandamálið virðist vera Hvammsáin. Þrjár leiðir virðast

koma til greina fyrir aðfærsluæðina: 1) Eftir veginum og grafa pípu á djúpt undir ána á allt að 1 km kafla. 2) Taka pípu yfir Hvammsána upp í brekku þar sem gilið opnast. Þessi möguleiki kemur einna helst til greina ef farið verður út í það að hafa gasskiljuna fyrir ofan bæinn að Reykjum. 3) Fara með aðfærsluæðina strax yfir Hjaltadalsána og meðfram hlíðinni alla leið til Hóla. Kostnaðarauki vegna lagningar aðfærsluæðar yfir árfarvegi er lauslega áætlaður 7 Mkr. Auk þess er ýmislegur kostnaður svo sem vegapveranir, ræsi, stefnubreytingar, greiningar o.fl. áætlaður 5 Mkr. Flutningskostnaður á efni til aðveituæðarinnar frá höfuðborgarsvæðinu áætlast um 4 Mkr.

Við útreikninga á kostnaði dreifikerfis er hér reiknað með 18 inntökum á Hólum. Miðað er við $\phi 25/\phi 32$ mm inntakslögn 50 m löngum fyrir hvert hús. Lengd heimæða að öðrum bæjum í Hjaltadal en Hólum, er áætluð 2500 m. Fjöldi bæja er 6 þannig að reiknað er með 24 inntökum. Við gerð kostnaðaráætlunar verður að gera ráð fyrir einhverjum kostnaði vegna mælagrindar, breytinga o.fl. Kostnaður við inntakslagnir og heimæðar er áætlaður 9000 kr/m alls. Kostnaður við hvert inntak er áætlaður 300.000 kr. Áætlaður kostnaður dreifikerfis verður því um 38 Mkr.

Talið er æskilegt að vatnsþrýstingur við húsvegg sé ekki lægri en 1,5-2,0 bar til þess að ná nægilegu vatnsrennsli í húskefjum. Aðveituæð og dreifikerfi varmaveitna verður því að hanna þannig, að nægilegur þrýstingur verði við húsvegg. Hæðarmismunur á borholunni að Reykjum og efstu byggðar á Hólum er nálægt 60 m. Til ráðstöfunar er því 4,0-4,5 bar þrýstingur (4,4% -5,0% fyrir 9 km aðveituæð) til að koma heita vatninu frá borholunni á leiðarenda.

6 VENJULEG HITAVEITA

Í venjulegri hitaveitu er aðveituæðin úr stálörum með uretan einangrun og hlífðarkápu úr plasti. Slíkar aðveituæðar eru grafnar í jörðu og þarf því að reikna með kostnaði við jarðvinnu.

Á Orkustofnun hefur nýlega verið búið til tölvuforrit sem getur reiknað út ýmsar stærðir er varða hönnun varmaveitna. Þetta forrit var notað

við útreikninga á nokkrum möguleikum sem koma til greina fyrir varma-
veitu frá Reykjum til Hóla. Fjölmargar forsendur liggja að baki þessum
útreikningum, en of langt mál væri að fjalla um þær allar í þessari
skýrslu. Hinsvegar má telja upp þær helstu, þá sérstaklega forsendur
sem eru notaðar í öllum útreikningunum: Miðað er við 56°C borholu-
hitastig, -15°C útihitastig, 27 W/m³ aflþörf, rúmmálmstölur Fasteigna-
mats ríkisins og vegalengdir skv. 1:50000 hæðarkorti. Tölvuforritið
reiknar síðan þrýstifall og hitatap í aðveituæð og heimtaugum í samræmi
við reyndar aðferðir. Á það skal lögð áhersla, að útreikningar tölvu-
forritsins gefa ekki endilega neinar algildar niðurstöður, heldur ber
að líta á útreikningana sem ágæta nálgun við raunverulega varmaveitu.

Kostur Aa er hitaveita með sjálfrennsli og kostur Ab hitaveita með
þrýstingi. Báðir þessir kostir miðast við aðveitulögn úr stáli og geta
verið með eða án fiskeldis. Í kostum Aa og Ab var reiknað með þeim
forsendum (umfram ofangreindar forsendur) að lágmarkshitastig til notenda
væri um 50°C og vatnið yrði nýtt niður í 35°C. Það kom fram í kafla 5
að þrýstifallið frá Reykjum til Hóla mætti ekki vera meira en 4,4% til
5% til að tryggja sjálfrennsli, eins og í kosti Aa. Reiknað var fyrir
kost Aa með varmaveituforriti Orkustofnunar. Þeir útreikningar sýna,
að þrýstifallið í $\phi 125$ mm aðveituæð úr stáli, nemur 2,8% við 8,75 l/s
rennsli. Þetta rennsli nægir fyrir varmaveitu án fiskeldis og inni-
felur 0,33 l/s umfram mestu aflþörf. Þrýstifallið reiknast það lágt,
að sjálfrennsli ætti að vera tryggt. Nægilegan vatnsþrýsting á alla
bæina á leiðinni til Hóla er hinsvegar ekki hægt að fá. Í kosti Aa
verður því að gera ráð fyrir dælum við nokkra bæi. Til að auðvelda
framsetningu útreikninga, verður aðallega miðað við það hitastig og
þrýsting sem áætlast við Hóla. Fyrir 8,75 l/s rennsli í $\phi 100$ mm aðveitu-
æð áætlast þrýstifallið um 8%, sem er greinilega of hátt til að
 tryggja sjálfrennsli. Í kosti Aa án fiskeldis reiknast því nauðsynlegt
að nota $\phi 125$ mm aðveituæð. Á mynd 3 er sýndur efniskostnaður einangraðra
stálröra í október 1979 skv. nefnistærð. Verð $\phi 125$ mm stálröra áætlast
19.500 kr/m eða 176 Mkr fyrir 9 km aðveituæð.

Vert er að geta þess að ofangreindar rörastærðir eru nafnstærðir
(nominal), sem þurfa alls ekki að vera þær sömu og innanmál viðeigandi

röra, og því ekki nothæfar við útreikninga á þrýstifalli o.p.h. Eftirfarandi hlutföll á nefnistærð/innanmál voru notuð; 100/108, 125/133, 150/160 mm.

Í kosti Aa með fiskeldi þarf meira vatnsrennsli en fyrir varmaveitu án fiskeldis. Í kafla 4 var aflþörf fiskeldisins áætluð um 1000 kW. Verði borholuvatnið ekki notað beint í fiskeldið, heldur til að hita upp ferskt vatn, verður nauðsynlegt að setja upp varmaskipta. Til viðmiðunar verður reiknað með því að hitaveituvatnið verði kælt niður í 10°C í varmaskiptum. Hægt er að fá þetta heita vatn fyrir fiskeldið á tvo vegu: Að nota borholuvatn beint úr aðveituæð eða að nota frárennslisvatn varmaveitu (sem væri um 35°C) ásamt borholuvatni (sem væri um 50°C við Hóla) úr aðveituæð.

Þegar $\phi 125$ mm aðveituæð flytur 8,75 l/s frá borholu í varmaveitu, eins og hér að ofan, þá fara 5,86 l/s af því vatni til Hóla. Hitastig vatnsins reiknast 50°C eins og gert er ráð fyrir í forsendum útreikninganna. Sé þetta vatn kælt um 15°C í húsofnunum þá fæst 35°C vatn til fiskeldis, sem jafngildir um 600 kW af varma ef það er kælt niður í 10°C í varmaskiptum. Til að fullnægja aflþörf hugsanlegs fiskeldis, þarf auk þess um 2,4 l/s af 50°C vatni, sem mætti þá kæla niður í 10°C. Væri allt þetta vatn (8,75 + 2,4 = 11,15 l/s) flutt í $\phi 125$ mm aðveituæð, gæti áætlað þrýstifall til Hóla verið 4,5%. Til að tryggja nægilegt sjálfrennsli til Hóla þyrfti því væntanlega víðari aðveitulögn en $\phi 125$ mm þar sem þrýstifallið er á mörkunum.

Til að fullnægja 1000 kW aflþörf hugsanlegs fiskeldis, með því að taka allt vatnið beint úr aðveituæð, þarf um 6 l/s af 50°C borholuvatni við Hóla. Útreikningar sýna, að flytja má 13,74 l/s frá borholu í $\phi 125$ mm leiðslu með 6% þrýstifalli til Hóla. Hitastig borholuvatnsins við Hóla reiknast þá 52°C þegar útihitastigið er -15°C eins og í forsendum útreikninganna. Umframstreymið (það vatnsmagn sem er umfram upphitunarbörfina) reiknast 7,39 l/s, sem er meira en nóg til að anna mestu aflþörf fiskeldisins. Um 5,7 l/s af 52°C vatni samsvarar 1000 kW sé það kælt í 10°C. Við 5,7 l/s umframstreymi áætlast þrýstifallið 4,6%, sem er á mörkunum til að tryggja sjálfrennsli. Af þessu

má draga þá ályktun, að án fiskeldis sé $\phi 125$ mm aðveituæð nægileg, en með fiskeldi þurfi aðveituæðin að vera $\phi 150$ mm. Útreikningar með varmaveituforritinu sýna, að flytja má 14,09 l/s frá borholu í $\phi 150$ mm aðveituæð með 2,4% þrýstifalli til Hóla. Umframstreymið reiknast 7,39 l/s (sem meira en fullnægir aflþörf fiskeldisins) og hitastig borholuvatnsins við Hóla 52°C. Við þetta mikla umframstreymi er hægt að fá nægilegt vatnsmagn til fiskeldisins beint úr aðveituæðinni og þarf því ekki að hafa dreifikerfið á Hólum tvöfalt til að nýta frárennslisvatnið frá húsunum. Skv. mynd 3 áætlast einingarverð $\phi 150$ mm stálpípu 23.600 kr/m. Efniskostnaður 9 km aðveituæðar yrði því 212 Mkr.

Til að lækka stofnkostnað hugsanlegrar aðveituæðar, kemur til greina að láta borholuna að Reykjum þrýsta á eftir vatninu til Hóla. Við slíkar aðstæður mætti nota grennri og ódýrari rör í aðveituæðina. Hér að framan var komist að þeirri niðurstöðu, að $\phi 100$ mm aðveitulögn gæti annað aflþörf hugsanlegrar hitaveitu við um 8% þrýstifall. Sé miðað við 4,4-5% þrýstifallsmörk eins og í kafla 5, þá þyrfti borholan að starfa við 2,7-3,2 bar yfirþrýsting til að $\phi 100$ mm lögn nægði varmaveitu án fiskeldis. Einingarverð slíkra röra (skv. mynd 3) er um 16.100 kr/m og yrði efniskostnaður 9 km aðveituæðar því um 145 Mkr. Hér að framan var líka komist að þeirri niðurstöðu, að $\phi 125$ mm aðveitulögn væri á mörkunum að geta annað varmaveitu með fiskeldi, og því væri nauðsynlegt að nota $\phi 150$ mm. Hinsvegar, ef borholan á Reykjum gæti starfað við nægilegan yfirþrýsting til að yfirvinna þrýstifallsmörkin, kæmi sterklega til greina að nota $\phi 125$ mm aðveituæð fyrir varmaveitu með fiskeldi. Vætanlega þyrfti borholan ekki að starfa við meiri yfirþrýsting en 0,45 bar til að tryggja nægilegt rennsli.

Hér að framan var efniskostnaður $\phi 100$ mm, $\phi 125$ mm og $\phi 150$ mm aðveituæða úr stáli áætlaður skv. verðlagi í október 1979. Mynd 3 sýnir áætlað efnisverð aðveituæða þegar búið er að reikna með söluskatti og líklegum magnafslætti. En þá er eftir að reikna með kostnaði vegna jarðvinnu og vinnu við lagningu aðveituæðarinnar. Skv. reynslutölum í október 1979 gæti jarðvinnan kostað 4000 kr/m og vinna við lagningu um 3000 kr/m. Fyrir 9 km aðveituæð nemur þessi kostnaður því 63 Mkr. Hér verður reiknað með því að kostnaður við jarðvinnu og lagningu sé hinn sami fyrir $\phi 100$ mm, $\phi 125$ mm og $\phi 150$ mm aðveituæðar.

7 HITAVEITA MEÐ VARMADÆLU

Kostur B er hitaveita með varmadælu nærri Hólum og aðveituað úr asbeströri. Á mynd 4 eru sýnd hitatap og þrýstifall í asbest- og stálrörum við mismunandi rennsli. Stálrörið er venjulegt hitaveiturör með uretan einangrun og plastkápu, en asbeströrið er hitaveiturör í jarðvegsgarði. Myndin sýnir hitastigið og þrýstifallið eftir 9 km flutning í mismunandi aðveituaðum þegar útihitastigið er -15°C . Fyrir asbeströrið var reiknað með 70 cm þykkum jarðvegsgarði, sem hefur varmaleiðnina $0,5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$. Við útreikningana voru notuð innanmál röranna, en ekki nefnistærðirnar, svo að á mynd 4 eru þrýstifallsgildin fyrir stál- og asbeströr ekki sambærileg. Mynd 4 sýnir að fyrir meira rennsli en 10-12 l/s skila stálrörin vatninu um 50°C til Hóla, en asbeströrin skila því um 40°C . Mynd 4 gildir þar sem allt borholuvatnið fer 9 km leið og sýnir því ákveðna nálgun á hita- og þrýstifalli í aðveituað hugsanlegrar varmaveitu. Myndina má nota til að benda á og færa rök fyrir eftirfarandi forsendu: Í kosti B var gengið út frá því að 40°C væri lágsta leyfilega hitastig borholuvatnsins við Hóla. Þessi forsenda einfaldar alla útreikninga á kosti B um hitaveitu með varmadælu, með eða án fiskeldis.

Varmaveituforrit Orkustofnunar var notað við athuganir á kost B. Útreikningarnir sýna að $\phi 150 \text{ mm}$ asbestpípa flytur 14,50 l/s frá borholu með 3,9% þrýstifalli til Hóla. Um sjálfrennsli yrði því að ræða. Vatnsmagnið til bæjanna á leiðinni var miðað við 40°C lágmarkhita til notenda og að vatnið yrði nýtt niður í 20°C . Með þessum forsendum, sem verða að teljast óraunhæfar því allir ofnar þyrftu að vera þrisvar til fjórum sinnum stærri en í olíukyntum húsum, reiknaðist vatnsrennslið til Hóla 13,78 l/s af 43°C vatni. Þetta vatn má nota í varmadælu fyrir hitaveitu og til upphitunar ferskvatns í fiskeldi.

Í kosti B er reiknað með að varmadælan hiti borholuvatnið um 20°C og að það kólni síðan um 25°C í húsunum. Til viðmiðunar verður reiknað með 40°C vatnshita við Hóla. Mesta aflþörfin á Hólum áætlast 362 kW og þarf því um 3,5 l/s af 60°C vatni, sem kólnar um 25°C . Við þessar aðstæður

þyrfti hugsanleg varmadæla að skaffa allan varma umfram 40°C, eða um 293 kW. Ef nýtnistuðull slíkrar varmadælu er 4 þarf dælan að hafa 73 kW rafmótor. Af 293 kW afköstum varmadælunnar koma 73 kW frá rafmótornum og þarf því að kæla 5,3 l/s af 40°C borholuvatni um 10°C til að fá þau 220 kW sem vantar. Af þessu má ráða, að það þurfi 8,8 l/s af 40°C borholuvatni til að fullnægja aflþörf hitaveitu án fiskeldis. Hinsvegar, til að fá 40°C vatn í asbeiströri til Hóla þarf vatnsrennslið að vera meira en 10-12 l/s, eins og að framan getur. Til viðmiðunar má nota útreiknaða flutningsgetu $\phi 150$ mm asbestpípu við 3,9% þrýstifall. Vatnsrennslið til Hóla áætlast þá um 14 l/s af 43°C borholuvatni. Af þessum 14 l/s fara 3,5 l/s í 20°C upphitun og 5,3 l/s í 10°C kælingu í varmadælu. Frárennslshitastig húsa verður þá 38°C. Tið ráðstöfunar í fiskeldi verða því 5,2 l/s af 43°C vatni og 5,3 l/s af 33°C vatni. Hér er ekki reiknað með tvöföldu dreifikerfi, sem gæti kostað um 10 Mkr í stofnkostnað, og því er ekki áætlað að nota frárennsli hitaveitukerfisins. Hinsvegar er reiknað með því að allt vatn, sem verður kælt í hugsanlegri varmadælu, nýtist til fiskeldis. Þeir 10,5 l/s af 33°C og 43°C borholuvatni jafngilda um 1220 kW af varma sé miðað við 10°C frárennslshitastig í varmaskiptum. Af þessu má sjá að til að uppfylla forsenduna um 40°C lágmarkshitastig við Hóla þarf vatnsrennslið að vera það mikið að það geri meira en að fullnægja mesu aflþörf varmaveitu með fiskeldi. Í kosti B hefur tilkoma fiskeldis því engin áhrif á stofnkostnað aðveituaðarinnar. Sé miðað við 4,4% til 5% þrýstifallsmörk frá Reykjum til Hóla ætti $\phi 150$ mm asbestleiðsla að geta annað vatnsþörf varmaveitu með fiskeldi í kosti B. Mynd 3 sýnir áætlaðan efniskostnað asbeiströra í október 1979. Verð $\phi 150$ mm leiðslu áætlast 7700 kr/m eða 60 Mkr fyrir 9 km aðveitu. Vinna við jarðvinnu (4000 kr/m) og lagningu (3000 kr/m) áætlast hin sama og fyrir stálrör, eða 63 Mkr alls.

Mynd 5 sýnir kostnaðarverð samskra varmadælna frá Stal Refrigeration AB í september 1979. Kostnaðarverðið minnkar með stærð og nemur um 440 skr/kW fyrir 293 kW dælu. Til Íslands mundi slík dæla kosta um 18 Mkr ef gengið er 92 kr/skr og reiknað er með 50% kostnaði og gjöldum. Uppsetningarkostnaður slíkrar varmadælu áætlast 3 Mkr með öllu. Rafmótor varmadælunnar þarf að vera um 73 kW ef nýtnistuðullinn áætlast 4.

Reksturskostnaður varmadællunnar ræðst mikið til af fjölda nýtingastunda á ári. Hér verður reiknað með 25% nýtingu og þarf því 160.000 kWh á ári fyrir 73 kW mótör. Núgildandi raforkuverð fyrir aflvélar (dælur o.p.h.) er um 26 kr/kWh og áætlast orkukostnaðurinn því um 4 Mkr á ári. Núgildandi raforkuverð til húshitunar er hinsvegar um 13 kr/kWh. Orkukostnaður hugsanlegrar varmadælu hefur það mikil áhrif á hagkvæmni kostar B, að full ástæða er til að gera ítarlega athugun á hvaða kostnaðar- og nýtniforsendur eiga við aðstæður í Hjaltadal. Það má undirstrika hér, að útreiknuð alfpörf hugsanlegrar varmaveitu miðast við -15°C útihita. Við slíkan útihita (15°C frost) þyrfti varmadælan að vera í gangi. Hinsvegar má gera ráð fyrir því að mikinn hluta ársins geti asbestpípa í jarðvegsgarði flutt nægilega heitt vatn í varmaveitu og fiskeldi án þess að varmadælu þurfi við. Þetta mál þarf að athuga betur.

Í kafla 6 var sýnt hvernig yfirþrýstingur á borholu getur haft áhrif á þá stærð aðveituæðar sem þarf til að flytja ákveðið vatnsmagn. Mynd 3 sýnir kostnaðarverð aðveituæða úr bæði stáli og asbesti. Það er greinilegt hvað einingarverð stálröra eykst örar með stærð en einingarverð asbeströra. Í kosti B getur yfirþrýstingur á borholu því ekki skipt eins miklu máli og í kosti A. Hér að framan var sýnt að 14 l/s rennsli frá borholu í $\phi 150$ mm aðveituæð næði fyrir varmaveitu með fiskeldi. Varmaveituforrit Orkustofnunar var notað til að reikna þrýstifallið í $\phi 125$ mm asbestleiðslu með sömu forsendum og fyrir $\phi 150$ mm asbestleiðsluna. Fyrir 14,33 l/s rennsli frá borholu reiknast 9,3% þrýstifall frá Reykjum til Hóla. Rennslið til Hóla nemur 13,69 l/s af 44°C vatni. Hér er greinilega um nægilegt vatnsmagn fyrir varmaveitu með fiskeldi, en þrýstifallið er herra en sjálfrennslismörkin 4,4% til 5%. Til að ná þessu rennsli til Hóla þyrfti borholan því að starfa við 3,9-4,4 bar yfirþrýsting. Mynd 3 sýnir að $\phi 125$ mm asbestpípa kostar 6400 kr/m og 9 km því 58 Mkr.

8 HAGKVÆMNI KOSTA

Til þess að meta hagkvæmni hugsanlegrar varmaveitu má bera saman olíu-kyndingarkostnað byggðarinnar og áætlaða greiðslubyrði varmaveitunnar.

Eins má athuga hvað olíukyndingarkostnaðurinn, umfram áætlaðan reksturskostnað hugsanlegrar varmaveitu, samsvarar í hundraðshlutum af stofnkostnaði.

Olíunotkun til húshitunar má áætla út frá rúmmáli þeirra húsa sem á að hita. Meðalolíunotkun (landsmeðaltal) til húshitunar er um 13 l/m^3 á ári. Sé miðað við 13.000 m^3 fullhitaða og 4.900 m^3 hitaða til hálfis, jafngildir þetta um 200.000 lítrum af olíu á ári. Verð á olíu til húshitunar í október 1979 er 142 kr/l. Áætlaður olíukyndingarkostnaður nemur því um 28,4 Mkr á ári. Áður en til ákvörðunar kemur um byggingu varmaveitu verða nákvæmar upplýsingar um eiginlega olíunotkun að liggja fyrir svo tryggt sé að viðmiðunarkostnaðurinn sé réttur.

Í kostum A og B er stofnkostnaður hugsanlegrar varmaveitu áætlaður með og án fiskeldis. Við mat á hagkvæmni varmaveitunnar hlýtur framlag fiskeldis því að skipta miklu máli. Ekki er óeðlilegt að þeir aðilar, sem fá heitt vatn úr varmaveitu, beri kostnað í hlutfalli við þá orku, sem veitan dreifir til þeirra, burtséð frá nýtingu vatnsins hjá notanda. Til útskýringar má bera saman vatnspörf til upphitunar húsa og til fiskeldis. Sé miðað við 50°C borholuvatn þarf um 4 l/s til að fullnægja 420 kW aflþörf húshitunar en um 6 l/s til að fullnægja 1000 kW aflþörf fiskeldis. Miðað er við 25°C nýtingu í húshitun en 40°C nýtingu í fiskeldi. Af dreifðri orku fær fiskeldið því 60% en 40% fara til húshitunar. Hinsvegar er aflþörf fiskeldis 70% af aflþörf varmaveitunnar. Mismunurinn felst í því að fiskeldið nýtir heita vatnið betur en gert er í húshitun. Í hinum ýmsu kostum varmaveitu eru nýtingarhlutföllin svipuð. Kostnaður við dreifingu orku til fiskeldis er væntanlega lægri en til húshitunar vegna hagkvæmni stærðarinnar. Við mat á hagkvæmni hugsanlegrar varmaveitu verður þess vegna reiknað með því að fiskeldið beri 50% af öllum kostnaði á mótí húshitunarþættinum.

Í þeim kostum varmaveitu sem þessi skýrsla fjallar um eru kostnaðarliðir sem alls staðar eru þeir sömu. Eftirfarandi stofnkostnaðarliðir voru áætlaðir fyrir alla kosti:

• Borholubúnaður og gasskilja	4 Mkr
• Kostnaðarauki vegna árfarvega	7 Mkr
• Kostnaðarauki vegna aðveituæðar	5 Mkr
• Flutningskostnaður	4 Mkr
• Dreifikerfi varmaveitu	38 Mkr
• Jarðvinna og lagning aðveitu	<u>63 Mkr</u>
	<u>121 Mkr</u>

Í hinum ýmsu kostum er gert ráð fyrir mismunandi aðveituæðum og áætlast kostnaður þeirra eftirfarandi:

• Stálrör	φ100 mm	145 Mkr
• Stálrör	φ125 mm	176 Mkr
• Stálrör	φ150 mm	212 Mkr
• Asbeiströr	φ125 mm	58 Mkr
• Asbeiströr	φ150 mm	69 Mkr

Í kosti B áætlaðist stofnkostnaður og uppsetning 293 kW varmadælu 21 Mkr og árlegur rafmagnskostnaður um 4 Mkr. Reksturskostnaður varmadællunnar ræðst mikið til af rafmagnskostnaðinum. Fram hefur komið að verð á rafmagni til húshitunar er helmingi lægra en fyrir dælur. Nú verður hugsanleg varmadæla einungis notuð í húshitunartilgangi og því eðlilegt að húshitunartaxti rafmagns gildi, en þá lækkar áætlaður rafmagnskostnaður varmadællunnar í 2 Mkr á ári. Að þessu máli þyrfti að vinna.

Í samræmi við reynslu verkfræðistofa í frumáætlunum verður reiknað með 15% kostnaðarauka á stofnkostnað vegna ófyrirséðra kostnaðarliða. Auk þess verður reiknað með 8% kostnaðarauka vegna hönnunar og umsjónar, eða samtals 23%.

Viðhaldskostnaður allra kosta varmaveitu reiknast 1,5% af stofnkostnaði. Umsjón með hugsanlegri varmaveitu áætlast 0,5% af stofnkostnaði, samtals 2% á ári.

Tafla 1 sýnir útreikninga á hagkvæmni þeirra kosta varmaveitu, sem voru athugaðir í þessari skýrslu, með og án fiskeldis.

TAFLA 1

Hagkvæmni kosta varmaveitu

	1	2	3	4	5
Án	Aa	365 Mkr	7,3 Mkr	21,1 Mkr	5,8%
	Ab	327 Mkr	6,5 Mkr	21,9 Mkr	6,7%
	Ba	260 Mkr	9,2 Mkr	19,2 Mkr	7,4%
	Bb	246 Mkr	8,9 Mkr	19,5 Mkr	7,9%
Með	Aa	410 Mkr	8,2 Mkr	48,6 Mkr	11,9%
	Ab	365 Mkr	7,3 Mkr	49,5 Mkr	13,6%
	Ba	260 Mkr	9,2 Mkr	47,6 Mkr	18,3%
	Bb	246 Mkr	8,9 Mkr	47,9 Mkr	19,5%

1: Kostur varmaveitu
2: Stofnkostnaður
3: Reksturskostnaður

4: Ráðstöfunarfjármagn
5: Hundraðshluti 4 af 2

Taflan sýnir m.a. þann hundraðshluta stofnkostnaðar (dálkur 5) sem hugsanleg varmaveita hefur til ráðstöfunar í vexti og afborganir. Til þess að einhver kostur sé hagkvæmur þarf hundraðshlutinn að vera svipaður eða hærri en fjármagnskostnaður og afborganir til samans. Sé miðað við stöðugt verðlag og lán til 15 ára með 5,5% vöxtum þarf hundraðshlutinn að vera 10-12% til þess að einhver kostur sé hagkvæmur.

Tafla 1 sýnir að allir kostir varmaveitu án fiskeldis áætlast óhagkvæmir. Allir kostir varmaveitu með fiskeldi áætlast hinsvegar hagkvæmir. Hér munar því að án fiskeldis áætlast tekjur hugsanlegrar varmaveitu 28,4 Mkr en með fiskeldi helmingi hærri eða 56,8 Mkr. Gert er ráð fyrir því að tekjur fyrir vatnssölu til húshitunar séu þær sömu (100%) og olíukaupakostnaður byggðarinnar.

Varmaveita með fiskeldi áætlast misjafnlega hagkvæm eftir kostum. Frekari skoðun á töflu 1 sýnir t.d. að stofnkostnaður kostar Bb (fiskeldi, asbestleiðsla, varmadæla, borholuþrýstingur) er 164 Mkr

lægri en kostar Aa (fiskeldi, stálleiðsla, sjálfrennsli), en ráðstöfunarfjármagnið hinsvegar svipað. Sé litið á hundraðshluta þessara kosta má segja að Bb sé 63% (19,5/11,9) hagstæðari en Aa.

Eins og við var að búast þá áætlast stofnkostnaður varmaveitu, sem nýtir borholu við yfirþrýsting, hagkvæmari en varmaveita með sjálfrennsli. Í varmaveitum með stálleiðslum skiptir þessi kostur (borhola við yfirþrýsting) meira máli vegna herra einingarverðs og skarpari verðmismunar á milli stærða.

Hagstæðasti kostur varmaveitu áætlast Bb með fiskeldi, sem gefur 19,5% af stofnkostnaði til ráðstöfunar ár hvert. Sé miðað við 10-12% af stofnkostnaði í vexti og afborganir, verður greiðsluafgangur varmaveitunnar því 20-25 Mkr á ári. Kostur Bb er einungis mögulegur sé notuð varmadæla. Þetta er óreynd tækni á Íslandi og felur í sér meiri óvissur en aðrir kostir. Hinsvegar virðist ekkert því til fyrirstöðu að reyna þennan kost vegna þeirrar hagkvæmni sem hann býður upp á.

Ótalin eru mörg atriði sem skipta máli fyrir bæði tæknilega og kostnaðarlega þætti þeirra mögulegu kosta varmaveitu, sem hér hefur verið fjallað um. Þar má nefna eftirfarandi atriði:

- Ofnastærðir. Sé miðað við olíukyndingu þarf að stækka alla ofnatisvar - þrisvar sinnum við 50°C vatnshita og þrisvar - fjórum sinnum við 40°C vatnshita. Þegar varmadæla er notuð verður vatnið hinsvegar 60°C.
- Borkostnaður. Sá kostnaður sem Bændaskólinn á Hólum hefur nú þegar skuldbundist til að greiða vegna borana o.fl. var ekki tekinn með í hagkvæmnisútreikningana.
- Bæirnir á leiðinni. Ekki hefur verið athugað sérstaklega hvaða þrýsting og hitastig má búast við á leiðinni til Hóla. Viðbúið er að í varmadelukostunum verði inntakshitastig ekki nægilegt alls staðar. Úr þessu mætti bæta t.d. með því að staðsetja varmadæluna á milli Hlíðar og Hofa.

- Borholuþrýstingur. Vegna óvissu um þrýsting borholunnar að Reykjum er óvíst að hún geti afkastað nægilegu vatnsmagni til langframa, virðast kostir Aa og Bb ekki eins tryggir og Aa og Ba. Þetta mál þarf því að athuga gaumgæfilega. Hinsvegar, sýni það sig að kostnaður við dælingu sem samsvaraði kostum Aa og Bb, sé hagstæðari en kostnaðaraukinn við víðari aðveituæð, teljast kostir Aa/Bb a.m.k. jafn tryggir og kostir Aa/Ba.
- Toppstöð. Varmadæla er nokkurskonar toppstöð og því mætti athuga kosti með öðrum gerðum (rafmagn og/eða olía) toppstöðva.
- Varaafl. Þegar varmadæla er notuð í tengslum við jarðhita (eins og í kostum Ba og Bb) og bilar t.d. vegna rafmagnsleysis, þá heldur leiðslan áfram að flytja vatn í fiskeldi og til húshitunar.

Ofangreind atriði og þær forsendur sem liggja að baki þeim kostum sem fjallað er um í þessari skýrslu, þarf að athuga betur og ræða um áður en ákvörðun verður tekin um verklegar framkvæmdir. Varmaveita fyrir Hóla og bæina á leiðinni frá Reykjum áætlast því aðeins hagkvæm að fjöldi forsenda um fiskeldi o.fl. séu réttar. Þess vegna telst nauðsynlegt að allir viðkomandi aðilar fjalli sameiginlega um hugsanlega varmaveitu.

9 NIÐURSTÖÐUR OG TILLÖGUR

1. Varmaveita án fiskeldis er áætluð óhagkvæm en varmaveita með fiskeldi hinsvegar hagkvæm sé reiknað með jafn miklum tekjum frá fiskeldi og húshitun. Tekjur frá húshitun miðast við 100% af áætluðum olíukyndingar-kostnaði byggðarinnar. Varmaveita með fiskeldi er áætluð hagkvæmust þegar borholan starfar við yfirþrýsting, aðveituæðin er asbeströr í jarðvegsgarði og notuð er varmadæla nærri Hólum sem skerpir á borholuvatninu þegar kaldast er í veðri.

2. Talið er að notkun varmadælu við nýtingu jarðhitans að Reykjum bjóði upp á það hagkvæma varmaveitu með fiskeldi að full ástæða sé til að athuga þann kost betur. Lagt er til að viðkomandi aðilar geri frekari útreikninga á bæði tæknilegum (m.a. hitatap og þrýstifall) og kostnaðarlegum þáttum varmaveitu með varmadælu.

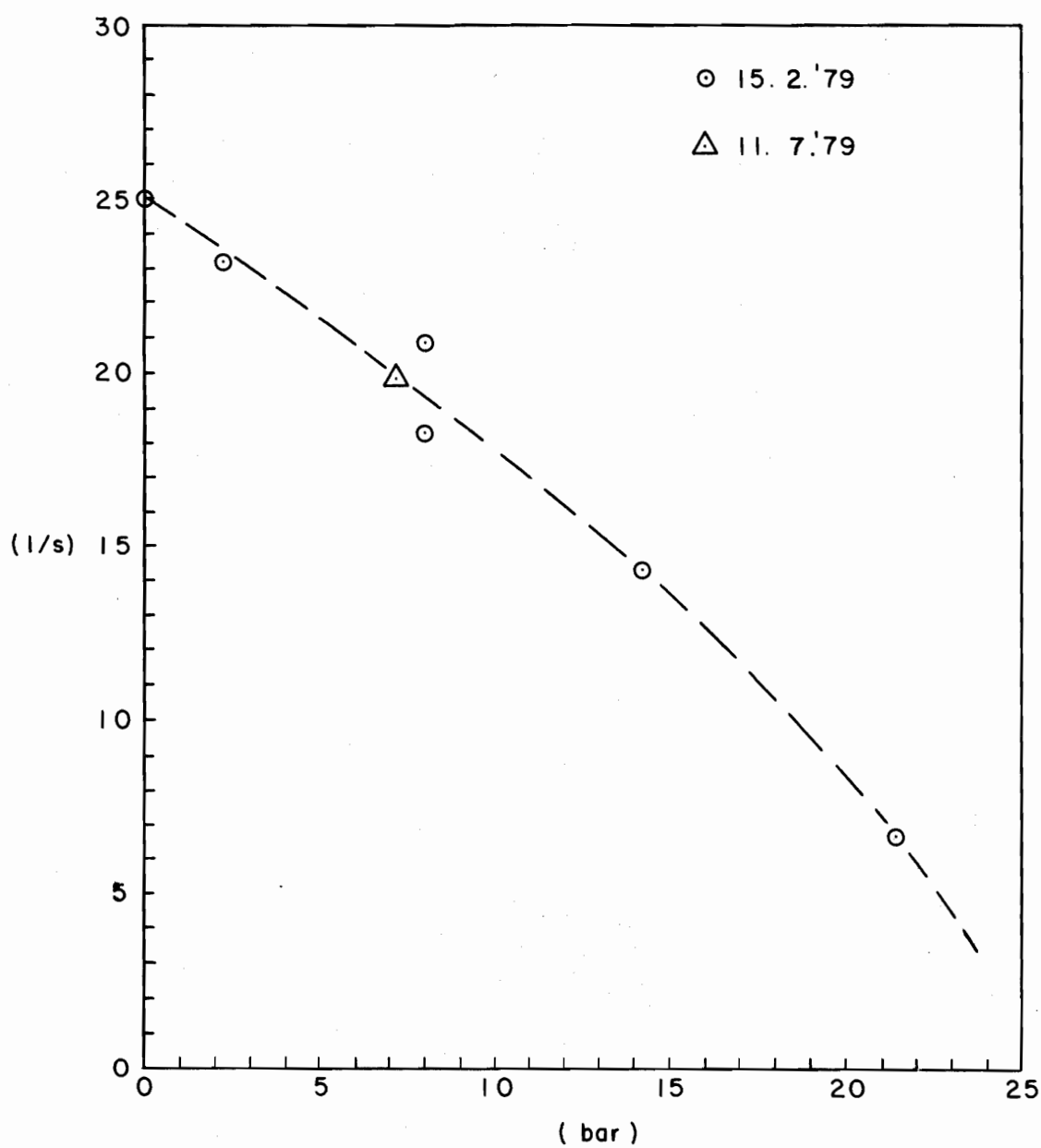
3. Sýni frekari athuganir að varmaveita með fiskeldi og varmadælu áætlist bæði hagkvæmasti kosturinn og teljist tæknilega öruggur, er lagt til að stjórnvöld hlutist til um eftirfarandi: Að kaupa og setja upp varmadælu nærri Hólum fyrir varmaveituna og hafa eftirlit með rekstrinum fyrstu árin til að staðfesta áætlaða hagkvæmni og afla reynslu sem stuðlaði að frekari notkun varmadælna við hagnýtingu jarðhita á stöðum sem búa við lágan vatnshita. Auk þess er lagt til að stjórnvöld beiti sér fyrir því að einingarverð raforku (kr/kWh) til varmaveitna sem reka varmadælur verði ekki hærra en sem nemur húshitunartaxta.

MYNDIR



Afkastamæling borholu að Reykjum í Hjaltadal

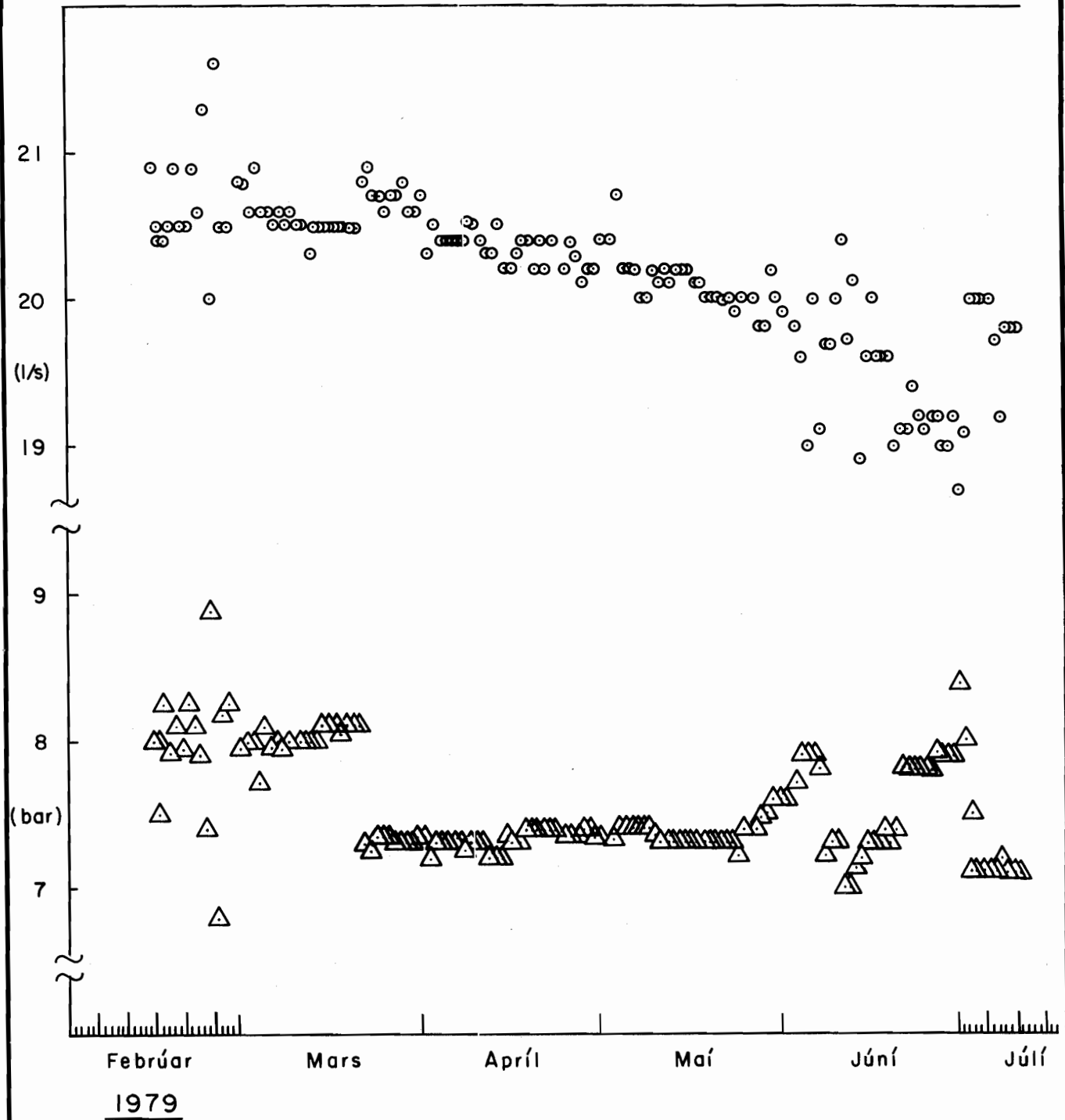
Mynd 1





Rennslismælingar úr borholu að Reykjum í Hjaltadal

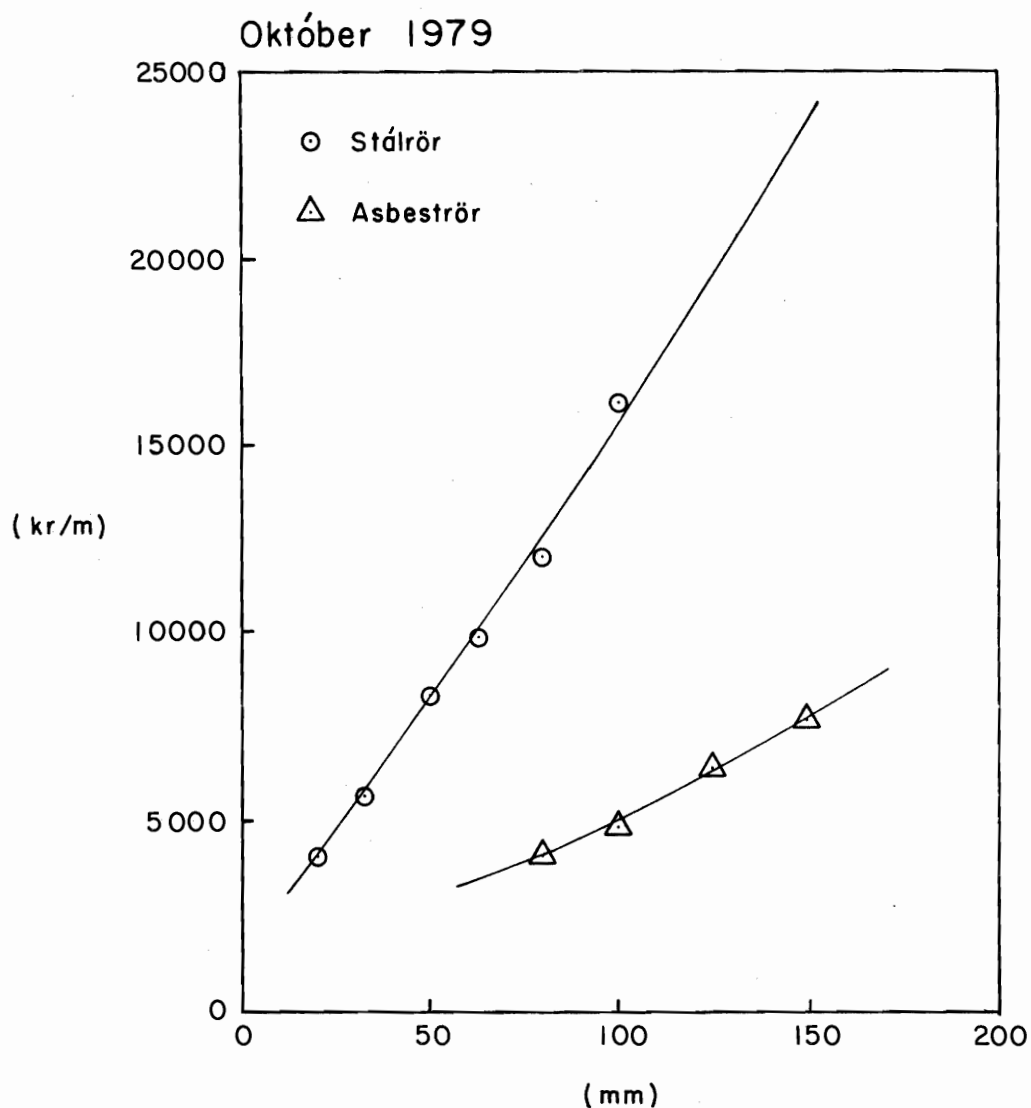
Mynd 2





Áhrif þvermáls á einingarverð hitaveitulagna

Mynd 3



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Hitafall og þrýstítap í 9 km
aðveituæðum frá Reykjum í Hjaltadal

'78.10.24.
J.S.G./P.E./Ó.D.
Skagafj. Vinnslut.
F. 18763

Mynd 4

Útthitastig — 15 °C
Varmaleiðni jarðvegs 0,5 W/m °C
Þykk jarðvegsgarðs 70 cm

— Borholuhitastig 56,5 °C

(°C)

(mH₂O)

(kg/s)

Stál

Asbest

Ø100

Ø125

Ø150



Áhrif stærðar á kostnað varmadælu

Mynd 5

