



ORKUSTOFNUN
JARÐHITAÐEILD

VARMAVEITA FRÁ SVARTSENGI

FRUMÁÆTLUN UM VARMAVEITU
TIL ÞÉTTBÝLIS Á SUÐURNESJUM

VARMAVEITA FRÁ SVARTSENGI

FRUMÁÆTLUN UM VARMAVEITU
TIL ÞÉTTBÝLIS Á SUÐURNESJUM

Skýrsla þessi er samin í nóv. 1972
af Karli Ragnars og Sveinbirni Björnssyni

0. ÁGRIP

Í þéttbýli á Suðurnesjum er mjög álitlegur markaður fyrir varmaveitur. Varmabörf Keflavíkur og Njarðvíkna er talin um 22 MW, Grindavíkur 3,8 MW, Sandgerðis 2,9 MW og Gerða 2,0 MW. Langmest er þó varmaþörfin á Keflavíkurflugvelli, um 70 MW. Í heild er þessi markaður um 101 MW eða rúmur þriðjungur af Hitaveitu Reykjavíkur.

Auk olúkyndingar hefur verið rætt um þrjár leiðir til hitunar þessa markaðar. Eru þær rafhitun, varmaveitur frá hugsanlegum jarðhita í hverju bæjarlandi og heildarvarmaveita til þessara byggðarlaga frá háhitasvæðinu við Svartsengi.

Þar sem varmaveita frá Svartsengi þótti álitleg, var gerð um hana frumáætlun og reiknað varmaverð komið að mörkum þéttbýlis á hverjum stað. Samkvæmt þeim athugunum, sem fyrir liggja, er talið að jarðvarmi sé samkeppnisfær við olú, ef verðið frá varmaveitu við byggðarmörk fer ekki yfir 0,50 kr/kWh. Til þess að samanburður yrði ótvíræður, var í frumáætluninni eingöngu reiknað með tækni, sem þegar er reynd, og ekki tekið tillit til ýmissa þátta, sem við frekari athugun gætu leitt til lækkunar á varmaverði, svo sem hærri hiti á jarðhitasvæðinu, endurbætur á varmaskiptum og betri nýting varmans. Niðurstöður frumáætlunar urðu þær, að varmaverð frá 20 MW veitu til Keflavíkur og Njarðvíkna yrði 0,28 kr/kWh. Verðið færi lækkandi með stærð virkjunar og yrði 0,24 kr/kWh frá 30 MW veitu, 0,21 kr/kWh frá 45 MW veitu og 0,19 kr/kWh frá 90 MW veitu.

Ef Grindavík stæði ein að varmavinnslu og flutningi, yrði varmaverð þar 0,34 kr/kWh, en 0,25 kr/kWh, ef byggð yrði 30 MW veita sameiginleg fyrir Grindavík, Keflavík og Njarðvíkur.

Ef Sandgerði og Gerðar fengju varma frá 30 MW veitu í Njarðvíkum og kostuðu sjálf flutning hans til sín, yrði varmaverð í Sandgerði og Gerðum 0,44 kr/kWh. Verði kostnaður við varmaflutninginn hins vegar borinn af 30 MW heildarveitu fyrir Grindavík, Keflavík, Njarðvíkur, Sandgerði og Gerðar, verður varmaverðið 0,28 kr/kWh.

Hagkvæmasti fyrsti áfangi varmaveitunnar yrði 45 MW veita, sem nægði Grindavík, Keflavík, Njarðvíkum, Sandgerði og Gerðum og gæti auk þess selt 15 MW til flughafnarstarfsemi á Keflavíkurflugvelli. Varmaverð slíkrar veitu yrði 0,25 kr/kWh. Ef áhugi reyndist síðar vera á hitun allrar flughafnarinnar og herstöðvarinnar, yrði lögð önnur aðfærsluæð og veitan stækkuð um allt að 45 MW. Varmaverð 90 MW veitu yrði 0,21 kr/kWh.

Eins og þessar tölur bera með sér, er verð jarðvarmans langt undir 0,50 kr/kWh, sem krafizt var, til þess að hann yrði samkeppnisfær við olíu. Um kostnað við rafhitun í samanburði við olíuhitun er enn ekki vitað, en unnið er að athugun á því máli. Þó þykir fullvíst, að rafhitun muni ekki standast samkeppni við hitaveitur samkvæmt þeim tölum, sem að framan eru nefndar. Einna næst mun rafhitunin komast því að vera samkeppnisfær í Sandgerði og Gerðum, og væri rétt að kanna það mál nokkru nánar. En þótt svo færi, breytti það ekki meginniðurstöðum.

Hugsanlegt er, að ná megi varma með borunum í bæjarlandi Keflavíkur og Njarðvíkna. Kostnaður varmans er þó óviss og líklegt að bora þurfi allmargar rannsóknarholur, áður en séð verður hvort varmi þaðan yrði samkeppnisfær við heildarveitu frá Svartsengi. Virðist því álitlegra að byrja með varmaveitu frá Svartsengi, en nota síðan arð af henni til rannsóknarborana í bæjarlandinu, og nýta varma, sem þar finnst, til smærri aukningar á kerfinu líkt og gert var í Reykjavík.

Að svo komnu máli er eindregið mælt með varmaveitu frá Svartsengi, og bendir frumáætlun til þess, að hún geti orðið vel arðbært fyrirtæki. Áður en lagt er í hönnun slíkrar veitu, er þó nauðsynlegt að afla ýmissa gagna með rannsóknum á jarðhitasvæðinu, tilraunum í vinnslutækni og verkfræðilegum athugunum. Þessi gögn yrðu notuð til þess að treysta forsendur áætlunarinnar og reikna nákvæmar ýmsan kostnað, sem vegna óvissu var ríflega metinn í frumáætlun. Þá gætu rannsóknirnar vísað veginn til endurbóta á varmaskiptum og aukinnar nýtingar varmans og þannig lækkað varmaverð frá því, sem reiknað var í frumáætlun.

Þar sem vatn úr jarðhitasvæðinu er salt og mettað kísil, er það ónothæft beint í veitu. Verður að afla fersks neyzluhæfs vatns með borunum í hraun utan jarðhitans og leiða það inn á jarðhitasvæðið að varmaskiptastöð, þar sem vatnið yrði hitað með gufu af jarðsjónum. Frá varmaskiptastöð færi ferska vatnið um 95°C heitt og kæmi um 80°C heitt til byggðar.

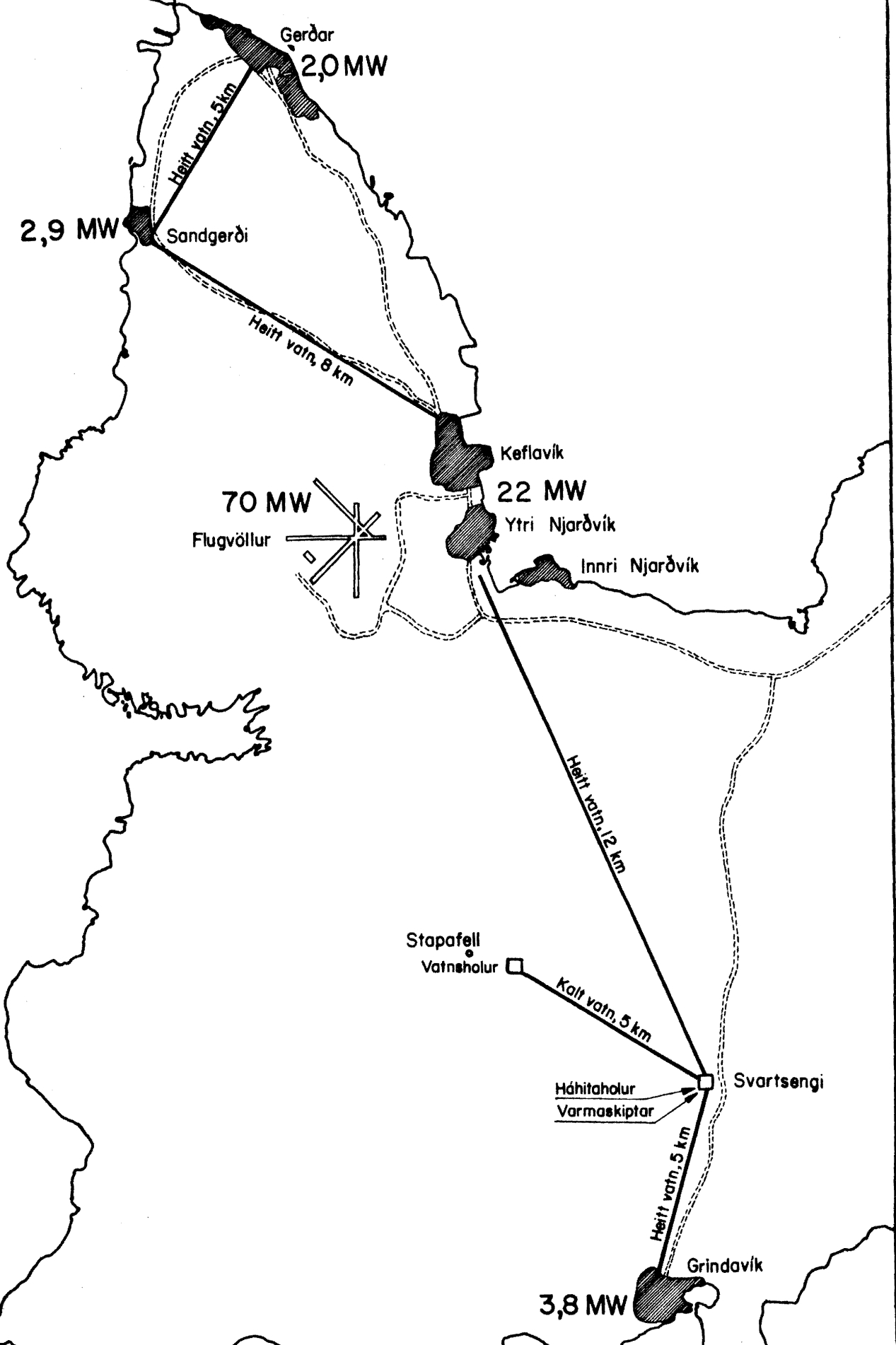
Lagt er til, að á næsta sumri verði varið 400 þ. kr. til rafleiðnimælinga á jarðhitasvæðinu og gerð tilraun til að staðsetja hæsta hita innan þess og kortleggja jaðra svæðisins. Síðan þyrfti að bora 1000 m rannsóknarholu til að kanna hámarkshita og vatnsæðar, en efnagreiningar benda til þess að í svæðinu geti leynzt hærri hiti en þau 200°C, sem þegar hafa fundizt í borholum á 240 - 400 m dýpi. Í frumáætlun var reiknað með 200°C hita en hækkun um hverjar 10°C mundi lækka varmaverð um 2%. Rannsóknarholan yrði fóðruð með raufuðum rörum og mundi nýtast sem vinnsluhola. Kostnaður við borun hennar er áætlaður 7 Mkr.

Þá er lagt til, að á næsta ári verði leitað að vatnsbóli fyrir veituna, bor- aðar tvær rannsóknarholur og þær reyndar með dælingu. Kostnaður þessa verks er áætlaður 1 Mkr.

Í frumáætlun var gert ráð fyrir, að jarðsjórinn yrði látinn sjóða við 120°C og gufan ein nýtt til hitunar á fersku vatni. Var þetta gert til að snið- ganga rekstrarörðugleika vegna kísilútfellinga í varmaskiptum. Í endan- legri hönnun má þó gera ráð fyrir, að reynt verði að ganga lengra í nýt- ingu varmans, þar sem betri nýting mundi minnka rennsli, sem tekið yrði úr svæðinu og draga úr erfiðleikum með affallsvatn frá varmaskiptum. Aukin nýting um hverjar 10°C mundi lækka varmaverð um 2% en á móti kæmi aukinn vinnslukostnaður vegna dýrari búnaðar og flóknari reksturs.

Til þess að kanna hvaða gerð varmaskipta hentar best og hve langt verður hagkvæmt að ganga í nýtingu varmans, er gert ráð fyrir tilraunum í vinnslutækni á næsta ári, sem kosta munu um 6 Mkr. Gerðar verða til- raunir með fjórar aðferðir í varmaskiptum og fylgzt með virkni þeirra og rekstrarörðugleikum í nokkra mánuði.

Að lokum er áætlað að verja 1 Mkr til verkfræðilegra athugana á hönnun vinnsluhola og vinnslubúnaðar, jarðvinnu og beztu legu aðfærsluæða og rannsókn á markaði veitunnar. Í heild er áætlaður rannsóknarkostnaður á næsta ári 15,4 Mkr. Er til þess vænzt, að þessar rannsóknir leiði til lækkunar á varmaverði og afli nægilegra gagna til hönnunar veitunnar og ákvarðana um gerð hennar. Af rannsóknarkostnaði munu boranir fyrir 8 Mkr nýtast sem stofnkostnaður, 1 Mkr í verkfræðilegar athuganir sem kostnaður við forhönnun og 6 Mkr í vinnslutæknilegar rannsóknir sem for- hönnun og öflun þekkingar, sem nýtist almennt við vinnslu varma á háhita- svæðum.





Niðurstöður frumáætlunar um
varmaveitu frá Svartfengi til
þéttbýlis í Suðurnesjum

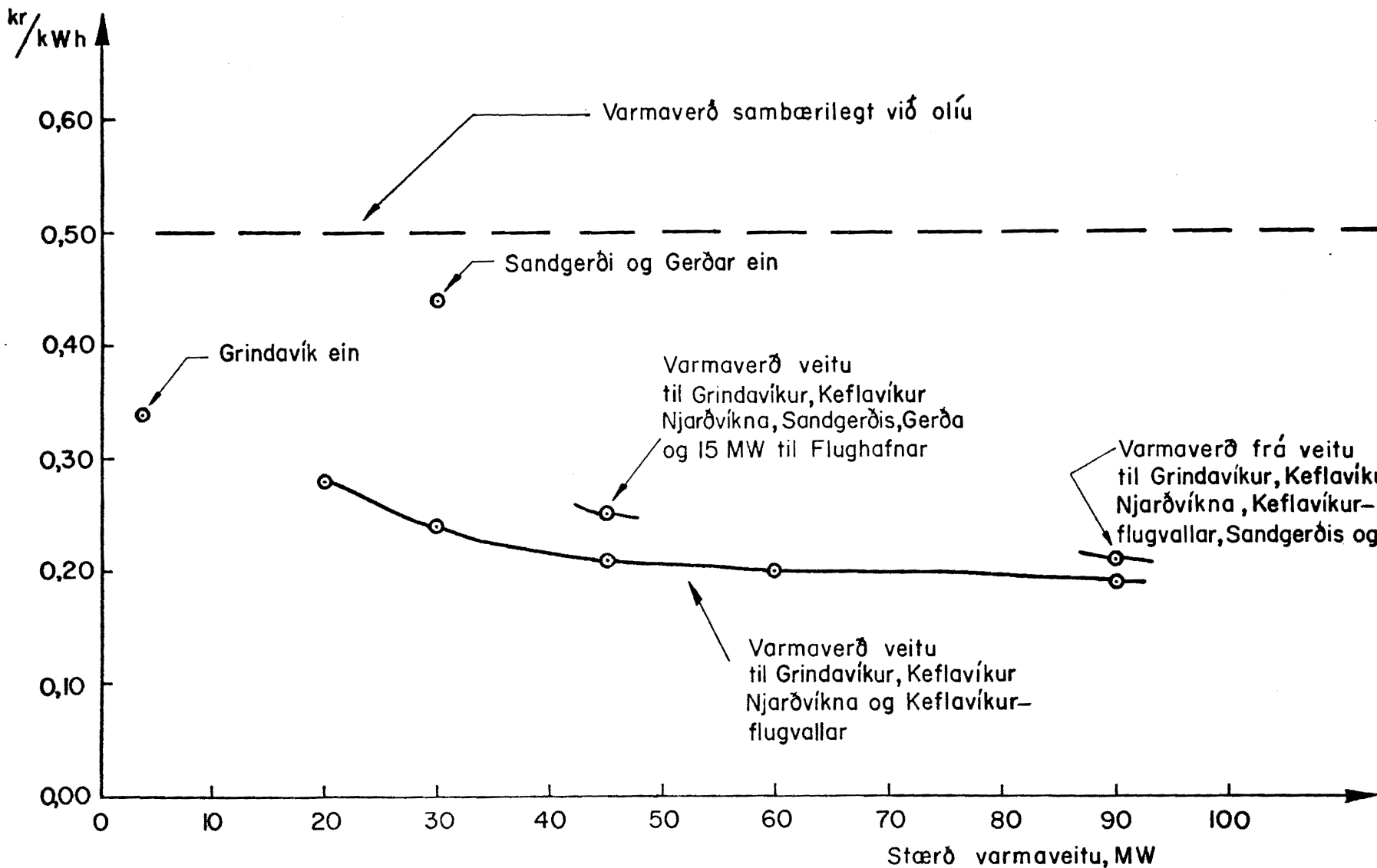
16.11.1972 KR/HO

Tnr. 99.

J-Reykjanes

Fnr. 10904

Varmaverð við
byggðarmörk



	Bls.
0. A G R I P	1
1. V A R M A M A R K A ð U R Á S U ð U R N E S J U M O G H I T U N H A N S	4
1.1 Varmamarkaður á Suðurnesjum	4
1.2 Leiðir til hitunar	4
1.2.1 Rafhitun	5
1.2.2 Varmaveita frá borholum í landi Keflavíkur og Njarðvíkurhrepps	5
1.2.3 Varmaveita frá Svartsengi	6
2. F R U M Á Æ T L U N U M K O S T N A ð V A R M A V E I T U	8
2.1 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Keflavíkur, Njarðvíkna og Keflavíkurflugvallar	8
2.1.1 Borun eftir varma	8
2.1.2 Gufuskiljur og safnæðar að varmaskiptum	9
2.1.3 Varmaskiptastöð	9
2.1.4 Borun eftir fersku köldu vatni	10
2.1.5 Safnæðar fyrir kalt vatn	10
2.1.6 Raflínur	10
2.1.7 Varmaleiðsla til byggðar	13
2.1.8 Stofnkostnaður, reksturskostnaður og varmaverð	13
2.1.9 Rannsóknarkostnaður og eignaréttur jarðhitans	15
2.2 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Grindavíkur	15
2.3 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Sandgerðis og Gerða	16
3. R A N N S Ö K N I R V E G N A H Ö N N U N A R V A R M A V E I T U	
F R Á S V A R T S E N G I	19
3.1 Rannsókn á jarðhitasvæðinu	19
3.2 Óflun fersks vatns	21
3.3 Vinnslutæknilegar rannsóknir	21
3.3.1 Tilraunir með nýtingu varma í jarðsjó	22
3.3.2 Kostnaðaráætlun vinnslutæknirannsókna	27
3.4 Verkfræðilegar rannsóknir og forhönnun	31
3.5 Kostnaðaráætlun rannsókna 1973	31

1. VARMAMARKAÐUR Á SUÐURNESJUM OG HITUN HANS

1.1 Varmamarkaður á Suðurnesjum

Í þéttbýli á Suðurnesjum er álitlegur markaður fyrir sameiginlega hitun húsnæðis. Eins og fram kemur í töflu 1 er varmaþörf Keflavíkur, Njarðvíkna, Sandgerðis, Gerða og Grindavíkur talin um 31 MW, en auk þess er töluverð byggð og fjölpætt starfsemi á Keflavíkurflugvelli, og er varmaþörf vallarins talin um 70 MW. Markaðurinn á flugvellinum er fólgin í flughafnarstarfsemi og herstöð NATO. Sundurliðun er mjög óljós. Verði herstöðin lögð niður, minnkar markaðurinn nokkuð um tíma, en á móti er búið við verulegri aukningu í flughafnarstarfsemi eftir lengingu flugbrauta. Í heild er markaðurinn um 101 MW, eða rúmur þriðjungur af Hitaveitu Reykjavíkur í dag.

Tafla 1. Varmamarkaður á Suðurnesjum.

	<u>Ibúar</u> <u>1. des. 1971</u>	<u>V a r m a þ ö r f</u> <u>MW</u>	<u>Gcal/h</u>
Keflavík og Njarðvíkur	7 313	22	19
Keflavíkurflugvöllur	-	70	60
Grindavík	1 245	3,8	3,3
Sandgerði	937	2,9	2,5
Gerðar	641	<u>2,0</u>	<u>1,7</u>
		100,7	86,5
Hitaveita Reykjavíkur 1972 um 90 000		275	235

(Í skýrslu þessari er varmi reiknaður í MKSA einingum. Jafngildir 1 kWh þá 860 kcal og verður varmaþörfin 1 Gcal/h = 1,163 MW).

1.2 Leiðir til hitunar.

Við hitun þessa markaðar virðast þrjár leiðir einkum koma til greina, rafhitun, varmaveita frá hugsanlegum lághita undir Keflavík og Njarðvíkum og varmaveita frá háhitasvæðinu við Svartsengi. Í fjórða lagi mætti nefna varmaveitu frá háhita á Reykjanesi, en talið er víst, að hún sé síðri kostur en veita frá Svartsengi, og verður hún ekki rædd frekar.

1.2.1 Rafhitun

Raforka yrði í eldri húsum að mestu notuð til hitunar á vatni í miðstöðvarkerfi en í nýbyggðum húsum á þilofna. Stofnkostnaður við slíka hitun yrði aðallega í háspennulínu frá aflstöð og styrkingu á dreifikerfi innan bæja. Þau vandkvæði eru á rafhitun Keflavíkurflugvallar, að þar er rafkerfi miðað við 60 rið, og er 50 riða straumi frá íslenskum rafstöðvum breytt í 60 rið í riðbreytistöð. Stækkun þessarar stöðvar um 70 MW myndi kosta um 300 Mkr. Annar möguleiki væri að leggja nýtt 50 riða dreifikerfi, sem útrýmdi smám saman 60 riða kerfinu, enda er það dreifikerfi loftlínukerfi og vart til langrar frambúðar. En þessu myndi fylgja verulegur viðbótar-kostnaður, einkum fyrst í stað, en einnig nokkur síðar, vegna tækjaskipta. Með tilliti til þessa alls virðist rafhitun Keflavíkurflugvallar ekki geta orðið samkeppnisfær við jarðvarmaveitu.

Samanburður á kostnaði rafhitunar og olíuhitunar er nokkuð óljós enn sem komið er. Þær athuganir, sem gerðar hafa verið í því efni, benda þó eindregið til, að rafhitun muni ekki vera samkeppnisfær við varmaveitu í Grindavík, Keflavík, Njarðvíkum og á Keflavíkurflugvelli. Meiri líkur eru á, að hún yrði samkeppnisfær í Sandgerði og Gerðum.

1.2.2 Varmaveita frá borholum í landi Keflavíkur og Njarðvíkurhrepps

Berglög undir Keflavík og Njarðvíkum eru talin svipuð og undir höfuðborgarsvæðinu, Reykjavík, Seltjarnarnesi, Kópavogi og Hafnarfirði. Líkur eru á 100°C hita í 1000 m og gæti hiti farið vaxandi og náð 150°C á 2000 m. Á Reykjanesskaga gætir þó ekki grunnvatnsstreymis frá miðhálandi, og er því talið víst, að vatn í berglögum þar sé salt, þegar komið er niður á 200-300 m dýpi. Á 500 m dýpi í borholu á Njarðvíkurheiði hefur t.d. fundizt 48°C heitur jarðsjór. Vegna seltu yrði þetta vatn ónothæft beint í varmaveitu, en varmann mætti nýta til hitunar á fersku vatni í varmaskiptum. Ferskt vatn yrði þá að leiða til byggðarinnar frá borholum, sem líklega yrðu á Njarðvíkurheiði eða Vogageiði. Gerð hefur verið lausleg áætlun um stofnkostnað slíkrar varmaveitu fyrir Keflavík og Njarðvíkur og hún borin saman við áætlun um varmaveitu frá Svartsengi. Stofnkostnaður er verulega kominn undir rennsli úr borholum í bæjarlandinu og því mjög óviss. Bjartsýnasta áætlunin, sem gerir ráð fyrir meðalrennsli 25 l/sek af 110°C heitu, söltu vatni, virðist svipuð að kostnaði og áætluð varmaveita frá Svartsengi, en kostnaður gæti tvöfaldast, ef meðalrennslið yrði

ekki nema 10 l/sek. Enda þótt berglög séu svipuð og á höfuðborgarsvæðinu, má ekki reikna með jafngóðum árangri af borunum og þar, því að á höfuðborgarsvæðinu er þekking á dreifingu hitans orðin svo víðtæk, að flestar holur hitta í mark, en fyrstu boranir í landi Keflavíkur eða Njarðvíkurhrepps yrðu nánast boraðar í blindni og árangur þeirra verulegt happdrætti. Á höfuðborgarsvæðinu voru grunnar borholur notaðar til að finna heitustu svæðin og dýpri holur boraðar eftir þeim vísbendingum, en slík könnun er ekki framkvæmanleg í Keflavík og Njarðvíkum, þar sem efstu berglög eru mun opnari fyrir köldu rennsli og hitastigull því verulega truflaður ofan við 300 m.

Með hliðsjón af þessum atriðum virðist kostnaður varmaveitu frá borholum í bæjarlandinu mun óvissari en kostnaður veitu frá Svartsengi, og auk þess er óvíst, að nægilegur varmi fáiast í bæjarlandinu fyrir þann markað, sem hita þarf. Líkurnar til þess, að ódýrari varmi fáiast með borunum í bæjarlandinu, eru því metnar það litlar, að mælt er með því að byrja fremur á varmaveitu frá Svartsengi. Síðar mætti nota arð af henni til rannsókna á bæjarlandinu með tilliti til smærri aukninga á kerfinu með varma frá holum þar, líkt og gert var í Reykjavík. Ætla má, að viðbótarkostnaður slíkra minni háttar aukninga yrði hár frá Svartsengi, og til þeirra gæti því varmi úr bæjarlandinu reynzt vel samkeppnisfær.

1.2.3 Varmaveita frá Svartsengi

Jarðhitasvæðið við Svartsengi er um 5 km norðan Grindavíkur og um 12 km suðsuðaustur frá Njarðvíkum. Haustið 1971 voru boraðar tvær holur í þetta svæði á vegum Grindavíkurhrepps, og gáfu þær mjög góðan árangur. Úr holunum fengust alls um 135 kg/sek af 200°C heitu vatni, með uppleystum efnum, sem nema tveim þriðju af seltu í sjó. Varmi úr þessum holum gæti við fulla nýtingu nægt til hitunar á Grindavík, Keflavík og Njarðvíkum, en vatnið er vegna seltu og kísils ónothæft beint í veitu, og verður því að nýta varmann óbeint til hitunar á fersku neyzluhæfu vatni, sem leitt yrði til byggðanna. Ferska vatnið yrði líklega fengið með grunnum borunum í hraun á sprungusvæðinu austan Stapafells um 5 km norðvestur frá jarðhitasvæðinu. Full nýting varmans í varmaskiptum getur reynzt erfið vegna kísilútfellinga úr jarðsjónum, og er því ráðlegra að nýta varmann aðeins að því marki, að lítil hætta verði á rekstrartruflunum.

Vegna mikilvægis jarðhitans við Svartsengi til hitunar er í næsta kafla gerð frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Keflavíkur, Njarðvíkna, Keflavíkurflugvallar, Grindavíkur, Sandgerðis og Gerða. Er aðeins reiknað með að nýta gufu af jarðsjónum og hvergi gert ráð fyrir annarri tækni en þeirri, sem vel er þekkt, enda þótt frekari rannsóknir í vinnslutækni muni væntanlega vísa veginn til að bæta varmanýtingu og auka hagkvæmni veitunnar.

2. FRUMÁÆTLUN UM KOSTNAÐ VARMAVEITU

2.1 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Keflavíkur, Njarðvíkna og Keflavíkurflugvallar

Í þessari áætlun er reiknaður vinnslu- og flutningskostnaður varma frá Svartsengi til byggðar í Njarðvíkum, Keflavík og á Keflavíkurflugvelli. Gert er ráð fyrir, að ferskt vatn sé fengið með borunum og leitt inn á jarðhitasvæðið til hitunar. Vatnið yrði hitað með gufu og leitt til byggðarinnar, þar sem það yrði a. m. k. 80°C heitt. Ekki er gert ráð fyrir að nýta annað en gufuna af jarðsjónun, og yrði hann skilinn frá við 120°C hita og honum dælt niður í gjár á jarðhitasvæðinu. Vegna óvissu hafa kostnaðarliðir verið áætlaðir í hærra lagi, og á það einkum við um fjölda borhola og kostnað varmaskipta vegna óvissu um gerð þeirra. Áætlunin gerir aðeins ráð fyrir þeirri tækni, sem ætla má að sniðgangi rekstrarörðugleika, enda þótt af því hljótist lélegri nýting á varma jarðsjávarins, og því verði þörf á fleiri borholum en ella. Áætlaður er kostnaður aðfærsluæðar úr asbesti og stáli, en í lokatölum er asbest valið, þar sem það er mun hagkvæmara en stál og góð reynsla hefur fengizt af notkun þess í slíkar æðar á undanförunum árum. Til hagræðis eru kostnaðarliðir reiknaðir sem kostnaður á afleiningu (MW). Sé kostnaður háður aflstærð, eru reiknuð fleiri gildi. Að lokum eru kostnaðarliðir dregnir saman í töflu, sem sýnir niðurstöður áætlunarinnar fyrir 20-90 MW markað, þ.e. Keflavík og Njarðvíkur, Flughöfn og herstöð á Keflavíkurflugvelli. Niðurstöðurnar eru einnig sýndar á línuriti, og sést þar hvernig varmaverðið breytist með markaðsstærð.

2.1.1 Borun eftir varma

Þær tvær holur, sem boraðar hafa verið í Svartsengi, eru 240 m og 400 m djúpar og skila 60 kg/sek og 75 kg/sek af 200°C heitum jarðsjó. Mældur hiti á 400 m dýpi er 212°C og kísill í vatninu bendir til allt að 240°C hita neðar. Hér er áætlað, að hver hola verði 1000 m djúp og skili að meðaltali 40 kg/sek af 200°C heitum jarðsjó.

Hver hola, fóðruð með raufuðum rörum í botn, er talin kosta 7 Mkr. Varmi í jarðsjónum er aðeins nýttur með því að láta jarðsjóinn sjóða af sér gufu úr 200°C niður í 120°C. Þannig fást úr hverri holu 3200 kcal/sek. Ef reiknað er með 10% varmatapi við varmaskiptin, svarar þetta til þess,

að hver hola nægi 5 MW markaði eða 0,2 holur/MW. Borkostnaður eftir varma yrði þá 1,4 Mkr/MW.

2.1.2 Gufuskiljur og safnæðar að varmaskiptum

Þar sem lítil reynsla er enn fengin á flutning blöndu af vatni, gufu og gasi, þykir varlegra að gera ráð fyrir gufuskilju við hverja holu. Gufu er síðan safnað með safnæðum og hún flutt að varmaskiptum, og yrðu þeir sem næst heitu holunum. Jarðsjórinn færi úr skiljum í hljóðdeyfa, þar sem hann syði niður í 100°C og yrði síðan leiddur niður í gjár á jarðhita-svæðinu til þess að draga úr mengun af hans völdum. Samkvæmt reynslu frá Námafjalli er reiknað með 3 Mkr fyrir hverja holu eða 0,6 Mkr/MW.

2.1.3 Varmaskiptastöð

Í stöðinni yrðu varmaskiptar og dælur, sem dældu vatninu til byggða. Þar yrði eimig húsnæði til stjórnunar og viðhalds veitunnar. Eins og áður kom fram, er í þessari áætlun aðeins reiknað með nýtingu þeirrar gufu, sem jarðsjórinn sýður af sér við suðu frá 200°C í 120°C. Er þetta gert til þess að forðast rekstrarerfiðleika, sem gætu komið vegna útfellinga fastra efna úr jarðsjónum, ef hann væri notaður beint í varmaskipti. Til greina kæmi að nýta varmann úr jarðsjónum með eimþéttingu við enn lægri hita, en gera þarf athugun á tilhögun og hagkvæmni þeirrar aðferðar, og er ekki gert ráð fyrir henni hér, en hún rædd frekar í tillögum um vinnslutæknirannsóknir. Gufuna mætti nýta í varmaskiptum á tvennan hátt, með beinni eða óbeinni hitun. Obein hitun er dýrari í stofnkostnaði og nýting gufunnar ekki jafngóð og gera má ráð fyrir í beinni hitun, þar sem gufu er sprautað inn í kalda vatnið. Hér er gert ráð fyrir beinni hitun, en kostnaður við hana er enn óviss og tilrauna þörf. Með hliðsjón af svipuðum mannvirkjum og ríflegu mati á kostnaði er áætlað, að kostnaður við varmaskiptastöð verði þessi :

Markaður	MW	20	30	45	65	90
Stofnkostnaður	Mkr	15	18	22,5	26	31,5
	Mkr/MW	0,75	0,60	0,50	0,40	0,35

2.1.4 Borun eftir fersku köldu vatni

Gert er ráð fyrir að borað verði eftir fersku köldu vatni í sprungusvæðið suðaustur af Stapafelli, um 5 km norðvestur frá borholum á jarðhitasvæðinu. Boranir á þessu svæði hafa sýnt, að þar er ferska vatnslagið um 100 m þykkt og bergið mjög vel vatnsgengt. Áætlað er, að hver hola gefi með dælingu 40 l/sek og kosti með dælubúnaði 1 Mkr. Þetta vatn yrði hitað í varmaskiptum úr 5°C í 105°C. Við nýtingu í hitaveitukerfi kólnar vatnið úr 80°C í 40°C og nægja 6 l/sek fyrir 1 MW markaðar. Þetta svarar til þess, að hver hola nægi 6,7 MW markaðar eða 0,15 holur/MW.
Borunar- og dælu­kostnaður vegna fersks vatns yrði þá 0,15 Mkr/MW.

2.1.5 Safnæðar fyrir kalt vatn

Frá hverri holu er reiknað með 100 m langri, 200 mm víðri safnæð að aðalæð. Kostnaður er talinn 2 Mkr/km eða 0,2 Mkr/holu eða 0,033 Mkr/MW. Aðalæð að varmaskiptastöð yrði miðuð við stærð markaðar. Sem dæmi er talið, að 30 MW markaður þurfi um 180 l/sek og til flutnings þyrfti 400 mm víða æð, sem kostar 4 Mkr/km. Fjarlægð frá borholum að varmaskiptastöð er áætluð 5 km. Kostnaður fyrir mismunandi stærð markaðar var samkvæmt þessu metinn :

Markaður	MW	20	30	45	65	90
Kostnaður	Mkr	17	21	26	32	38
	Mkr/MW	0,85	0,70	0,58	0,49	0,42

2.1.6 Raflínur

Áætlað er, að raforkupörf verði 10 kW/MW markaðar. Flytja þarf háspennulínu Grindavíkur austur fyrir jarðhitasvæðið á 2 km kafla. Setja þarf upp spennistöð við varmaskiptastöð og leggja raflínu 5 km að dælum í köldum holum. Kostnaður við línulögn er áætlaður 0,3 Mkr/km. Heildarkostnaður vegna raflagna er áætlaður 4 Mkr.

Tafla 2 Stofnkostnaður varmaveitu, Mkr :

	Varmþörf markaðar, MW				
	20	30	45	65	90
Borun, kalt vatn og djúpdælur	3	4,5	6,8	10	13
Háhitaholur	28	42	63	91	126
Gufuskiljur og safnæðar	12	18	27	39	54
Varmaskiptastöð	15	18	22	26	32
Safnæðar fyrir kalt vatn	17	21	27	32	36
Raflínur	4	4	4	4	4
Aðfærsluæð til byggðar	42	48	61	97	121
Grunnkostnaður	121	155,5	210,8	299	386
Ymislegt og ófyrirséð, 15%	18,1	23,3	31,6	44,8	57,9
Beinn kostnaður	139,1	178,8	242,4	343,8	443,9
Hönnun og eftirlit, 8%	11,1	14,3	19,4	27,5	35,5
Stofnkostnaður	150	193	262	371	479

Tafla 3 Árlegur kostnaður varmaveitu, Mkr :

	Varmþörf markaðar, MW				
	20	30	45	65	90
<u>Fjármagnskostnaður (25 ár, 8%)</u>	14,05	18,08	24,55	34,76	44,88
<u>Viðhald</u>					
Holur (kalt vatn) (1,5% stofnk.)	0,04	0,06	0,10	0,15	0,19
Holur (heitt vatn) (1,0% ")	0,28	0,42	0,63	0,91	1,26
Gufusk. og æðar (2,0% ")	0,24	0,36	0,54	0,78	1,08
Varmask.stöð (2,0% ")	0,30	0,36	0,44	0,52	0,64
Safnæðar og aðfærsluæð (0,4% ")	0,20	0,22	0,30	0,47	0,60
Borun háhitahola til viðhalds, 5% af stofnkostnaði háhitahola	1,40	2,10	3,15	4,55	6,30
<u>Annar kostnaður</u>					
Rafmagn	0,80	1,20	1,80	2,60	3,60
Starfsmannakostnaður	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
<u>Reksturskostnaður</u>	<u>19,3</u>	<u>24,8</u>	<u>33,5</u>	<u>46,7</u>	<u>60,5</u>
Varmaverð við byggðamörk (3500 klst. nýting á ári) (kr/kWh)	0,28	0,24	0,21	0,20	0,19

2.1.7 Varmaleiðsla til byggðar

Varmaleiðslan er reiknuð frá varmaskiptastöð að vegamótum Reykjanesbrautar og flugvallarveggar, 12 km. Vatnið yrði 95°C heitt við inntak og ekki undir 80°C við byggðarmörk. Til greina koma asbest- og stálleiðslur. Asbestleiðsla yrði lögð á sléttaða jörð og hulin jarðvegi. Mesta vídd yrði 500 mm og nægði hún fyrir 45 MW markað. Ef markaður yrði stærri, mundi öruggara að leggja tvær asbestleiðslur fremur en auka emm vídd leiðslunnar. Stálleiðsla yrði hengd upp, ef markaður yrði minni en 45 MW, en lögð í stökk ofanjarðar, ef markaður yrði 60 - 90 MW.

Markaður	20	30	45	65	90
Rennsli, l/sek.	120	180	270	400	540

Asbestleiðsla

Þvermál æðar, mm	350	400	500	2x400	2x500
Kostnaður, Mkr/km	3,5	4,0	5,0	8,0	10,0
Mkr/MW	2,10	1,60	1,35	1,50	1,35

Stálleiðsla

Þvermál æðar, mm	350	400	500	600	700
Kostnaður, Mkr/km	8	9,5	12	16	20
Mkr/kW	4,8	3,8	3,2	3,0	2,7

A kostnaðartölum sést, að asbestleiðsla yrði um helmingi ódýrari en stálleiðsla og því eðlilegra að velja hana, enda er ágæt reynsla fengin á asbestleiðslur í hitaveitu Húsavíkur frá Reykjahverfi og hitaveitu Reykjahlíðar og Voga frá Námafjalli.

2.1.8 Stofnkostnaður, reksturskostnaður og varmaverð

Í töflu 2 er grunnkostnaður samkvæmt 2.1.1 til 2.1.7 dreginn saman og reiknaður fyrir ýmsar stærðir markaðar. Minnsti markaðurinn 20 MW væri Keflavík og Njarðvíkur einar, en stærsti markaðurinn Keflavík, Njarðvíkur og allur Keflavíkurflugvöllur. Við grunnkostnað er bætt 15% ýmislegu og ófyrirséðu og 8% kostnaði við hönnun og eftirlit. Stofnkostnaður verður þá 150 Mkr fyrir 20 MW og 479 Mkr fyrir 90 MW.

Í töflu 3 er síðan reiknaður reksturskostnaður. Gert er ráð fyrir, að veitan verði afskrifuð á 25 árum með 8% vöxtum. Fjármagnskostnaður er reiknaður sem jafnt árgjald, afskrifta og vaxta í þessi 25 ár. Í viðhaldi er gert ráð fyrir, að 5% af stofnkostnaði háhitahola verði varið til þess að bora nýjar holur til endurnýjunar. Jafngildir þessi reikningsaðferð því, að borholurnar séu afskrifaðar á 10 árum.

Raforka er reiknuð á heildsölutaxta Rafmagnsveitna ríkisins, 2400 kr/kWár + 0,44 kr/kWh. Notkunin er talin 10 kW/MW markaðar og kostnaður 0,04 Mkr/MW markaðar, miðað við 3500 klst á ári.

Samkvæmt töflu 3 yrði reksturskostnaður 20 MW veitu um 19,3 Mkr/ár, 45 MW veitu 33,5 Mkr/ár og 90 MW veitu 60,5 Mkr/ár.

Með hliðsjón af Hitaveitu Reykjavíkur virðist raunhæft að reikna með 3500 klst. nýtingu varmans á ári, og verður varmaverðið því um 0,28 kr/kWh frá 20 MW veitu, 0,21 kr/kWh frá 45 MW veitu og 0,19 kr/kWh frá 90 MW veitu (sjá einnig línurit).

Hagkvæmnin eykst ekki verulega, þegar komið er yfir 45 MW. Ræður þar mestu, að leggja þarf tvær asbestleiðslur, ef farið er yfir það mark. Samkvæmt þessum niðurstöðum gæti reynzt hagkvæmast að virkja fyrst 45 MW, sem nægðu Grindavík, Keflavík, Njarðvíkum og 20 MW markaði á Keflavíkurflugvelli. Þegar viðbótarmarkaður á flugvellingum væri síðar tryggður, mætti bæta við seinni leiðslunni og auka veituna um allt að 45 MW. Rétt er að hafa í huga, þegar litið er á þessar tölur, að áætlunin er með vilja í hæsta lagi, og nýting varmans er áætluð mun lélegri en búast má við í reynd. T.d. er gert ráð fyrir 200°C heitum jarðsjó. Ef jarðsjórinn yrði hins vegar um 240°C heitur, eins og mælingar benda til, þyrfti aðeins tvær holur og skiljur fyrir hverjar þrjár og lækkar varmaverðið þá um 8 - 11% eftir stærð markaðar.

Þrátt fyrir tiltölulega svartsýna áætlun, liggur verð jarðvarmans við byggðarmörk um helming eða meira undir líklegu orkuverði til rafhitunar, og virðist því augljóst, að fremur beri að hita þennan markað með jarðvarma en raforku eða olíu.

2.1.9 Rannsóknarkostnaður og eignaréttur jarðhitans

Í frumáætlun um varmaverð hér á undan hefur hvorki verið tekið tillit til rannsóknarkostnaðar né hugsanlegs afnotagjalds af jarðvarma. Um rannsóknarkostnað er það að segja, að þegar hefur verið varið um 6 Mkr til rannsóknarborana, og í rannsóknaráætlun er gert ráð fyrir 8 Mkr til borunar á einni háhitaholu og tveimur holum vegna fersks vatns. Þessar holur munu nýtast sem vinnsluholur í virkjuninni og ganga því inn í stofnkostnað. Þá er áætlað að verja 6 Mkr í vinnslutæknilegar rannsóknir, en þær hafa svo almennt gildi fyrir nýting háhitavatns, að vafasamt þótti að setja þann kostnað á reikning varmaveitunnar einnar. Auk þessa er gert ráð fyrir 1 Mkr til verkfræðilegra rannsókna, og reiknast þær til frumhönnunar verksins og ganga inn í áætlaðan hönnunarkostnað.

Eignarréttur jarðhitans mun vera í höndum einkaaðila, og hefur ekki verið gerð tilraun til að meta kostnað við öflun virkjunarréttinda, en hins vegar gert ráð fyrir, að hann sé óverulegur hluti af stofnkostnaði og hafi engin úrslitaáhrif á hagkvæmni veitunnar.

2.2 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Grindavíkur

Markaður í Grindavík er reiknaður 3,8 MW. Leggja þyrfti aðfærsluæð frá varmaskiptum 5 km leið. Vídd leiðslu yrði 200 mm og kostnaður 10 Mkr. Varmaverð til Grindavíkur er reiknað á þrjá vegu. (Tafla 4)

Í fyrsta lagi er gert ráð fyrir, að Grindavík vinni sjálf sinn varma að öllu leyti. Mundi þá nægja önnur háhitaholan, sem nú er á svæðinu, og er hún metin á 3 Mkr. Leiða þyrfti ferskt vatn um 3 km leið frá vatnsbóli Grindavíkinga, en þar er gert ráð fyrir nýrri holu og dælu. Með þessum hætti yrði stofnkostnaður 36 Mkr og varmaverð við byggðarmörk 0,34 kr/kWh. Í öðru lagi er gert ráð fyrir, að Grindavík fái varma á kostnaðarverði frá 30 MW varmaskiptastöð og kosti sjálf flutning hans til Grindavíkur. Varmaverð frá varmaskiptastöð yrði þá 0,18 kr/kWh. Stofnkostnaður aðfærsluæðar yrði 12,4 Mkr og flutningskostnaður varmans 0,09 kr/kWh. Varmaverð við byggðarmörk yrði því 0,27 kr/kWh. Í þriðja lagi er gert ráð fyrir 30 MW heildarveitu, sem annaðist vinnslu og flutning varmans til Grindavíkur, Keflavíkur og Njarðvíkna. Stofnkostnaður heildarveitunnar yrði 206 Mkr og hlutur Grindavíkur miðað við aflþörf 26 Mkr. Varmaverðið yrði 0,25 kr/kWh. Tveir síðari kostirnir eru svipaðir og mun ódýrari en sjálfstæð varmavinnsla Grindavíkur. Þessir kostir yrðu auk þess enn hagkvæmari, ef heildarveitan yrði stærri en 30 MW.

2.3 Frumáætlun um kostnað varmaveitu frá Svartsengi til Sandgerðis og Gerða

Ef varmaveita er komin í Keflavík og Njarðvíkur, er fróðlegt að áætla kostnað varmaveitu þaðan áfram til Sandgerðis og Gerða. Markaður í Sandgerði er metinn 2,9 MW og 2,0 MW í Gerðum. Hagkvæmast yrði að leggja leiðslu frá Keflavík til Sandgerðis og leiðslu þaðan til Gerða. Til einföldunar er reiknað með sérleiðslu frá enda aðalveitu við flugvallarveg gegnum Keflavík til Sandgerðis. Yrði hún 11 km löng, 200 mm víð og grunnkostnaður 22 Mkr. Stofnkostnaður yrði 27,3 Mkr. og reksturskostnaður 2,7 Mkr/ár. Ef Sandgerði ber leiðsluna eitt, verður flutningskostnaður varmans 0,26 kr/kWh og varmaverð frá 30 MW veitu í Njarðvíkum 0,24 kr/kWh, svo að heildarverðið við Sandgerði yrði 0,50 kr/kWh.

Ef vatnið er einnig leitt til Gerða, þyrfti 5 km leiðslu, 150 mm víða. Grunnkostnaður hennar yrði 7,5 Mkr, stofnkostnaður 9,3 Mkr og reksturskostnaður 1 Mkr/ár.

Flutningskostnaður frá Sandgerði til Gerða yrði 0,15 kr/kWh. Vegna stærri markaðar mundi flutningskostnaður frá Njarðvíkum til Sandgerðis hins vegar lækka í 0,15 kr/kWh. Ef Gerðar bera einar leiðsluna frá Sandgerði til Gerða, yrði varmaverðið við Sandgerði nú 0,39 kr/kWh og 0,54 kr/kWh við Gerðar. Beri Sandgerði og Gerðar hins vegar báðar leiðslurnar í hlutfalli við stærð markaðar á hvorum stað, yrði varmaverð til Sandgerðis og Gerða 0,44 kr/kWh.

Með hliðsjón af þessum niðurstöðum virðist varmaveita til Sandgerðis og Gerða vel hugsanleg, en varmaverðið er þó komið svo nálægt raforkuverði, að gera verður nákvæmari samanburð á orkuverði og kostnaði við dreifikerfi í kaupþúnum, áður en valið er á milli þessara orkugjafa.

Tafla 4 Aætlun um varmaveitu til Grindavíkur, 3,8 MW

Grindavík vinnur varma sjálf og leggur aðfærsluæð		Grindavík fær varma við 30 MW varmaskiptistöð, en leggur sjálf aðfærsluæð		Grindavík fær varma frá 30 MW heildarveitu	
	Mkr		Mkr		Mkr
Borun, kalt vatn og djúpdæla	1	Stofnkostnaður 30 MW varmavinnslu	133	Stofnkostnaður veitu til Keflavíkur og Njarðvíkna	193
Háhitahola	3				
Gufuskilja og safnæð	3	Fjármagnskostn. varmavinnsl./ár	12,45	Stofnkostnaður æðar til Grindavíkur	12,4
Varmaskiptistöð	5	Reksturskostn. varmavinnsl./ár	18,95	Stofnkostnaður heildarveitu	205,4
Æð fyrir kalt vatn	6				
Raflínur	1				
Aðfærsluæð	10	Varmaverð frá 30 MW varmaskiptistöð	0,18 kr/kWh	Hluttur Grindavíkur í stofnkostnaði (3,8 MW af 30 MW)	26
Grunnkostnaður	29				
Ýmislegt og ófyrirséð. 15%	4,3	Stofnkostnaður aðfærsluæðar	12,4	Reksturskostn. heildarveitu/ár	26,4
Beinn kostnaður	33,3	Reksturskostn. æðar/ár	1,16		
Hönnun og eftirlit, 8%	2,7				
Stofnkostnaður	36	Flutningskostn. varma til Grindavíkur	0,09 kr/kWh		
Fjármagnskostn. (25 ár, 8%)	3,4				
Viðhald og rekstur	1,1				
Reksturskostn./ár	4,5				
Varmaverð við byggðarmörk (Nýting 3500 st/ár)	0,34 kr/kWh	Varmaverð við byggðarmörk (Nýting 3500 st/ár)	0,27 kr/kWh	Varmaverð við byggðarmörk (Nýting 3500 st/ár)	0,25 kr/kWh

Tafla 5 Áætlun um varmaveitu til Sandgerðis (2,9 MW) og Gerða (2,0 MW)

Varmaveita aðeins til Sandgerðis	2,9 MW	Varmaveita til Sandgerðis og Gerða	4,9 MW
Varmaverð frá 30 MW veitu til Njarðvíkur	0,24 kr/kWh	Varmaverð frá 30 MW veitu til Njarðvíkur	0,24 kr/kWh
Leiðsla frá Njarðvíkum til Sandgerðis, 11 km	Mkr	Leiðsla frá Njarðvíkum til Sandgerðis, 11 km	Mkr
Stofnkostnaður	27,3	Stofnkostnaður	27,3
Reksturskostnaður/ár	2,7	Reksturskostnaður / ár	2,7
Flutningskostnaður varma frá Njarðvíkum til Sandgerðis (Nýting 3500 st/ár)	0,26 kr/kWh	Leiðsla frá Sandgerði til Gerða, 5 km	
Varmaverð við Sandgerði	0,50 kr/kWh	Stofnkostnaður	9,3
		Reksturskostnaður / ár	1,0
		Reksturskostnaður heildarveitu / ár	3,7
		Flutningskostnaður varma frá Njarðvíkum til Sandgerðis (Nýting 3500 st/ár)	0,15 kr/kWh
		Flutningskostnaður varma frá Sandgerði til Gerða (Nýting 3500 st/ár)	0,15 kr/kWh
		Varmaverð við Sandgerði	0,39 kr/kWh
		Varmaverð við Gerðar	0,54 kr/kWh
		Varmaverð frá sameiginlegri veitu til Sandgerðis og Gerða	0,44 kr/kWh

3. RANNSÓKNIR VEGNA HÖNNUNAR VARMAVEITU FRÁ SVARTSENGI

Í frumáætlun um varmaveitu hér á undan, er reiknað með ýmsum forsendum, sem álitnar eru sæmilega traustar, en þó ekki nægilega nákvæmar fyrir hönnun veitunnar. Nákvæmari forsendur verða einungis fengnar með rannsóknum og tilraunum. Ennfremur er líklegt að ganga megi mun lengra í nýtingu varma jarðsjávarins en reiknað var með. Til þess þarf tilraunir með tilhögun varmaskipta og athugun á vinnslukostnaði varmans. Í heild ættu þessar rannsóknir og tilraunir að leiða til lækkunar á varma-verði því, sem reiknað var með í frumáætlun.

3.1 Rannsókn á jarðhitasvæðinu

3.1.1 Stærð jarðhitasvæðisins

Nokkra hugmynd má fá um stærð svæðisins af gufuaugum í hraunum og ummyndun í móbergi á austur- og suðurjaðri svæðisins. Þær holur, sem boraðar voru s.l. haust, voru staðsettar við gufuaugu, þar sem víst þótti, að heitt vatn væri undir. Þegar staðsetja á fleiri holur, er æskilegt að þekkja betur jaðra heita svæðisins og legu misgengja, sem skera bergið. Allgott jarðfræðikort hefur verið gert af svæðinu og nokkrar rafleiðnimælingar til þess að marka stærð þess. Túlkun mælinganna er þó erfið, því að salt vatn virðist vera alls staðar í berginu neðan 200 m dýpis, og er rafleiðni þess svo lítið frábrugðin rafleiðni heita jarðsjávarins, að erfitt er að marka útlínur jarðhitans. Heiti jarðsjórinn stendur þó nokkru hærra í berginu, og er ferskt regnvatnslag ofan á honum víðast aðeins 20-30 m þykkt, en getur orðið rúmlega 100 m þykkt ofan á kalda jarðsjónum utan jarðhitasvæðisins. Þennan mun í þykkt ferska vatnslagsins mætti væntanlega kortleggja með rafleiðnimælingum og fá þannig allgóða mynd af víðáttu jarðhitasvæðisins. Þessar mælingar gætu einnig gefið vísbendingar um, hvar hæstan hita er að finna. Ráðgert er, að einn vinnuflokkur verji 4 vikum á næsta sumri í þessar mælingar, og mun kostnaður við þær verða um 400 þús. kr.

3.1.2 Hiti jarðsjávarins og vinnsludýpi

Í frumáætlun var gert ráð fyrir, að úr borholum fengist 200°C heitur jarðsjór og yrði hann nýttur niður í 120°C. Fáist heitari jarðsjór við

dýpri boranir, gefur hver hola meiri nýtanlegan varma og því þarf færri holur og gufuskiljur í virkjunina. Lækkun á varmaverði af þessum sökum yrði um 2% fyrir hverjar 10°C, sem jarðsjórinn yrði heitari en 200°C. Annar kostur við hærri hita er sá, að minna rennsli þyrfti úr svæðinu til þess að fullnægja varmaþörf hverrar virkjunar, og gæti það orðið til þess, að holur entust betur, og svæðið þyldi lengur rennslisálag virkjunarinnar, án þess að verulegar breytingar yrðu á hita. Ef hitinn væri t.d. 240°C, þyrfti rennslið að vera 2/3, og væri hitinn 280°C, þyrfti helming þess rennslis, sem gert var ráð fyrir í frumáætlun, en þar var reiknað með 8 kg/sek af jarðsjó fyrir hvert MW markaðar. Við boranir hafa þegar fundizt mjög góðar 200° heitar vatnsæðar á 240 - 400 m dýpi. Kísill í jarðsjónum bendir til þess, að neðar geti verið um 240°C hiti, og með hliðsjón af reynslu á Reykjanesi gæti hiti á 2000 m verið allt að 280°C. Í frumáætlun var gert ráð fyrir, að vinnsluholur yrðu boraðar með Wabco-bor, 1000 m djúpar og kostuðu fullfóðraðar um 7 Mkr. Rennsli inn í hverja holu var áætlað 40 kg/sek. Einnig kæmi til greina að bora vinnsluholurnar með gufubor. Yrðu þær þá um 2000 m djúpar og kostuðu fullfóðraðar um 12 - 14 Mkr. Rennsli gæti orðið 60 kg/sek og líklega nokkru heitara en í 1000 m holu. Sé tekið tillit til sparnaðar í gufuskiljum, virðist varmaverðið svipað, hvor kosturinn sem valinn yrði. Endanlegt val á gerð vinnsluhola ræðst við hönnun virkjunarinnar, þegar stærð hennar er ákveðin. Ef fyrsta virkjun verður 20 - 45 MW, er líklegt, að 1000 m holur verði látmar nægja, en verði virkjunin allt að 90 MW, verður rennslisálag á svæðið svo mikið, að öruggara yrði að sækja jarðsjóinn dýpra með 2000 m djúpum holum.

Aður en lagt er í hönnun varmaveitu, er nauðsynlegt að kanna með borun, hvort dýpra er verulega hærri hiti, en nú hefur fundizt á 400 m. Er því gert ráð fyrir, að á næsta ári verði boruð með Wabco-bor 1000 m djúp reynsluhola og hún fóðruð með raufuðum rörum, svo að hún geti nýtt til könnunar á vatnsæðum og sem vinnsluhola í væntanlegri virkjun. Þessi hola mun kosta um 7 Mkr. Hún ætti að gefa nægilegar upplýsingar til hönnunar varmavinnslu, sem miðaðist við 1000 m vinnsludýpi. Með þessari holu og tveimur grynri holum, sem fyrir eru, væri fengið nægilegt rennsli fyrir 15 MW virkjun. Ef stefnt er á allt að 90 MW virkjun, yrði næsta skref borun 2000 m djúprar reynsluholu með gufubor. Kostnaður við hana yrði 12 - 14 Mkr, en varla yrði ráðizt í borun hennar, fyrr en ljóst er, að úr virkjun verði.

3.2 Öflun fersks vatns

Varmaveitan þarf ferskt neyzzluhæft vatn, og er þörfin um 6 l/sek fyrir MW markaðar. Enda þótt nokkurt ferskt regnvatn sé ofan á heita jarðsjónum, er ekki á það treystandi í langvarandi vinnslu. Vatnið verður því að sækja út fyrir jarðhitasvæðið, þar sem ferskt vatnslag er allt að 100 m þykkt. Öruggast yrði að sækja vatnið í sprungusvæðið norðvestur af jarðhitasvæðinu, og gæti vegalengdin orðið allt að 5 km. Beitt verður jarðfræðiathugun og rafleiðnimælingum til þess að velja líkleg vatnsból.

Til könnunar er gert ráð fyrir að bora þurfi 2 holur, 40 m djúpar, til reynsludælingar. Er kostnaður við borun og dælingu áætlaður 1 Mkr.

3.3 Vinnslutæknilegar rannsóknir

Eins og fram kom í frumáætlun um varmaveitu, var gert ráð fyrir að nýta jarðsjóinn til hitunar á fersku neyzzluhæfu vatni, sem síðan yrði leitt til byggðar. Til þess að forðast rekstrarörðugleika vegna kísilútfellinga og tæringar var jarðsjórinn látinn sjóða af sér gufu við 120°C. Gufan var nýtt til hitunar, en jarðsjónum dælt niður í gjár, án þess að tilraunir væru gerðar til að nýta hann betur. Með þessum hætti er þó aðeins nýttur helmingur varmans, sem fá mætti, ef jarðsjórinn væri nýttur að fullu niður í 40°C. Líkt og hærri innstreyimishiti í borholur getur lækkað varmaverð, mundi betri nýting varmans í jarðsjónum fækka borholum og gufuskiljum og lækka varmaverðið um 2% fyrir hverjar 10°C, sem varminn yrði nýttur niður fyrir 120°C. Betri nýting mundi einnig minnka rennslisálag á jarðhitasvæðið og draga úr varmamengun frá affallsvatni. Á móti lækun varmaverðs af þessum sökum kæmi þó aukinn kostnaður við varmaskipta, sem yrðu margbrotnari, og aukinn rekstrarkostnaður vegna útfellinga og tæringar. Til þess að fá úr því skorið, hve langt niður reynist hagkvæmt að nýta varma jarðsjávarins, er nauðsynlegt að gera rannsóknir með gerð og rekstur mismunandi varmaskipta. Hér á eftir verður gerð grein fyrir helztu vandkvæðum á nýtingu varmans og tilraunum með ýmsa tækni, sem lagt er til að reynd verði á Svartsengissvæði á þessu ári. Í kafla 3.5 er gerð grein fyrir kostnaði þessara tilrauna, en hann verður alls um 6 Mkr. Þessar vinnslutæknirannsóknir munu treysta þær forsendur, sem reiknað var með í frumáætlun og vísa veginn til hönnunar varmaskipta, sem jafnvel gætu lækkað áætlað varmaverð til muna. Reynsla og niðurstöður þessara rannsókna hafa jafnframt átt gildi á öðrum háhitasvæðum, þar sem ráðgert er að nýta varma í kísilmettuðu vatni.

3.3.1 Tilraunir með nýtingu varma í jarðsjó

Helztu vandkvæðin á nýtingu varmans í jarðsjónum eru ýmsar gastegundir og uppleyst steinefni í gufunni og vatninu. Við þéttingu gufunnar í millihiturum þarf að losna við óþéttanlegt gas, og þegar vatnið er kælt niður, falla steinefnin út sem fast efni á hitaflatina og rýra þannig varmaskiptin, þar til hitararnir e.t.v. stíflast alveg. Þá er í sumum tilvikum hættan á tæringu, einkum ef klórinnihald vökvans er mikið, eins og það er á jarðhitasvæðinu við Svartsengi, en venjulega er þó hættan af tæringu fremur lítil, þar sem brennisteinsvetni fylgir háhitavökvanum. Það hvarfast við járn og myndar svarta og harða húð af brennisteinskís, sem virðist verja járníð tæringu.

Þegar gufan hefur verið skilin frá vatninu, fylgir yfirleitt allt gas gufunni. Ef vatnið sýður svo aftur við lægri þrýsting, er gufan, sem þá myndast, gaslaus að mestu. Þegar gufan fer í millihitara, þéttist hún þannig, að dropamyndun verður á hitaflatinum, en gasið, sem ekki þéttist, safnast fyrir, og verði magn þess við hitaflatina of mikið, getur það haldið gufunni frá og þannig rýrt afköst millihitarans. Hleypa þarf gasinu út úr millihitaranum, en það er eðlisþyngra en gufan, og því þarf nokkurn hraða til þess að fleyta því út, og kanna þarf, hve mikil gufa tapast þannig með gasinu.

Ef lítið gas fylgir gufunni, gæti verið hægt að blása henni beint út í neyzluvatnið, sem síðan væri afgasað. Þarf að kanna það með efnagreiningum hverju sinni.

Nýting borholuvatnsins í venjulegum millihiturum er háð þeim vandkvæðum, að uppleyst steinefni í vatninu falla út við kælingu og setjast á hitaflatni og í leiðslur. Hættan á þessari útfellingu stafar aðallega frá uppleystum kísil í vatninu, en það er nokkuð mismunandi eftir jarðhitasvæðum við hvaða hitastig útfelling kísils byrjar. Samkvæmt efnagreiningum, sem gerðar hafa verið á vatni úr borholunum við Svartsengi, byrjar útfelling kísils við 130 - 140°C, og talið er, að mikil selta í vökvanum sé hvati fyrir útfellingu. Verður því að gera ráð fyrir, að notkun vatnsins í óbeinum millihiturum geti lent í verulegum rekstrarerfiðleikum. Til þess að nýta varmann í vatninu betur, mætti líka nota beina upphitun. Með barometrískum eimsvala er myndaður undirþrýstingur í skilju, og þegar vatnið streymir inn í hana, sýður það við samsvarandi hitastig, sem er lægra en venjulegt suðumark

vatns 100°C. Gufan, sem þannig myndast, streymir til eimsvalans, þar sem hún þéttist í neyzluvatninu, og er það þá forhitað á þennan hátt. Forhitun af þessu tagi fer fram í nokkrum þrepum, og ætti að vera vanda-
laust að nýta hitastig vatnsins niður í 40°C. Eins og fyrr segir, er þessi gufa gaslaus að mestu, og veldur því ekki gasmengun í neyzluvatninu. Með þessu móti er ekki um að ræða útfellingu í millihiturum, sem smám saman rýrir afkastagetuna. Þess í stað fellur kísillinn út í gufuskiljunum, en þær ætti að vera auðvelt að hreinsa reglubundið.

Á meðfylgjandi myndum er sýnd tækjasamstæða, sem ætluð er til tilrauna með varmaskipti. Með tækjunum má gera fjórar mismunandi tilraunir, og fer stutt skýring á þeim hér á eftir :

Tilhögun I

Blandan af gufu og vatni úr borholu (1) er skilin í gufuskilju (3). Gufan er leidd að millihitara (7), sem er rörahitari og stendur upp á endann. Gufan flæðir inn í rörin, þéttist á veggjum röranna og drýpur niður rörin á móti gufuflæðinu. Opéttanlegt gas í gufunni leitar upp rörin, og þarf að hleypa gasinu þar út, þannig að jafnvægi sé og ekki tapist gufa með gasinu. Þéttivatnið heldur áfram og blandast borholuvatninu frá skilju (3) og rennur síðan blanda af borholuvatni og þéttivatni um millihitara (8), en frá honum rennur vatnið sem affallsvatn.

Hreinu köldu vatni er dælt úr borholu (11) eða það er fengið á annan hátt, og rennur það um millihitarana (8) og (7) og frá þeim sem heitt neyzluvatn.

Venjulegra er, að gufan sé utan um rörin, en vatnið inni í rörunum, en sú tilhögun er hæpin í þessu tilfalli, þar sem útfelling fastra efna úr gufunni er hugsanleg, t. d. ef illa er skilið í skilju (3). Þá er gert ráð fyrir, að sú tilhögun, að millihitari (7) standi upp á endann, hafi í för með sér, að þægilegast sé að losna við gasið úr gufunni, sem ekki þéttist á röraveggjunum, en það er hins vegar nokkuð dýrari útfærsla, að millihitari standi lóðréttur í stað þess að vera láréttur. Borholuvatnið er notað sem varmagjafi í millihitara (8), og verður að gera ráð fyrir mikilli útfellingu fastra steinefna úr vatninu, en það gæti valdið verulegum rekstrartruflunum og útfærsla millihitarans getur orðið dýr, þar sem gera verður ráð fyrir, að hann sé aðgengilegur til hreinsana. Nokkur vafi er á því, að notkun borholuvatnsins sé möguleg með þessu fyrirkomulagi, þar sem afköst millihitarans minnka mjög hratt, þegar steinefni setjast á veggi röranna, þ. e. varmayfirfærslan verður tregari. - Þessi tilhögun á varmaskiptum er að öllu leyti óbein, þannig að neyzluvatnið ætti ekki að þurfa aðra meðhöndlun en þá að aflofta úr því súrefni, sé um að ræða yfirborðsvatn.

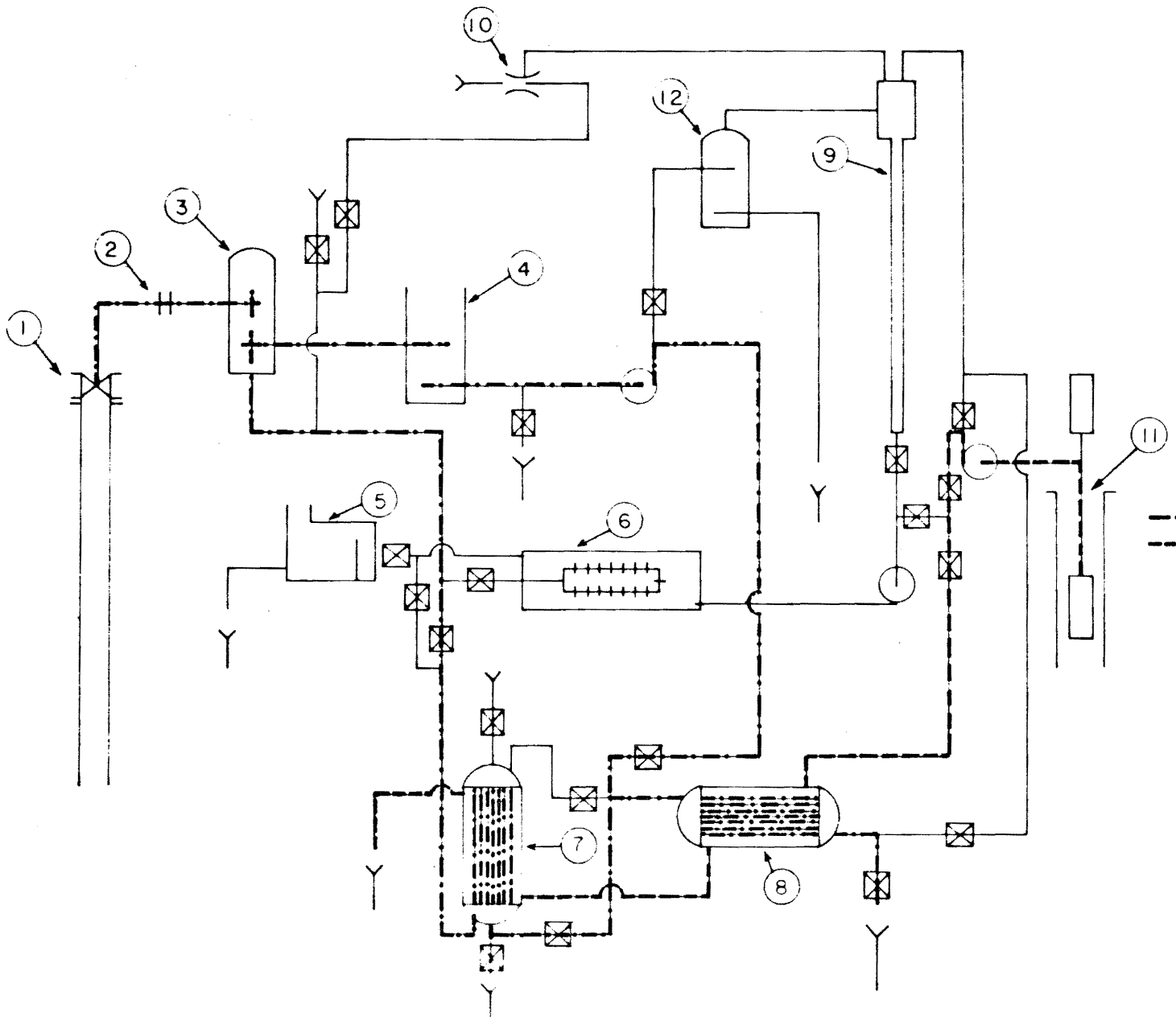


ORKUSTOFNUN
Jardhrifadeild

Millihitari
Háhitavarmi / Kalt vatn
Fyrirkomulag I

6 11 '72 KR/HB
Tnr. 337
J - ým
Fnr. 10881

- 1 Borhola (Heitt vatn)
- 2 Blenda
- 3 Gufuskilja
- 4 Gufuháfur
- 5 Afloftun
- 6 Hitari
- 7 Millihitari
- 8 Millihitari
- 9 Barometr Eimsvali
- 10 Ejektor
- 11 Borhola (Kalt vatn)
- 12 Gufuskilja
- ☒ Loki
- ⊖ Dæla
- · - · - Gufa / borholuvatn
- - - - - Ferskt vatn



Tilhögun II

Blandan af gufu og vatni úr borholu (1) er skilin í gufuskilju (3). Gufan streymir að millihitara (6) og blæs þar beint út í neyzzluvatnið.

Borholuvatnið frá gufuskilju (3) er leitt í skilju (12), þar sem vatnið sýður við undirþrýsting. Undirþrýstingi er haldið í skiljunni með barometrískum eimsvala, og er gufunni frá borholuvatninu blandað við neyzzluvatnið og þéttist hún þannig. Þessi gufa er að mestu laus við gas, þar sem það rýkur með gufunni við fyrstu skiljun. Þessi aðferð er notuð til að ná varma úr borholuvatninu niður í lágt hitastig, án þess að útfelling fastra steinefna úr borholuvatninu trufla varmayfirfærsluna. Ef þessi aðferð gefst vel, er hægt að nýta varmann úr borholuvatninu niður í lágt hitastig, Það þyrfti að gerast í nokkrum þrepum, og verður að meta hve hagkvæmt er að nýta varmann langt niður í hverju tilfelli fyrir sig.

Forhitun neyzzluvatnsins með þessu fyrirkomulagi ætti ekki að valda neinum rekstrarörðugleikum, nema útfellingu í skilju (12) en hún rýrir ekki varmaskipti eins og í óbeinum röramillihitutum, og vandalaust ætti að vera að hreinsa út úr skiljunni, þegar hún er orðin full. Það er líka augljóst, að minni fyrirhöfn er að hreinsa eða nánast að moka út úr stórum geymi, en hreinsa mörg grönn rör.

Gas, sem safnast í eimsvallann, er í svo litli magni, að auðvelt ætti að vera að dæla því út með einföldum gufuejektor (10).

Þegar neyzzluvatnið hefur verið forhitað í barometriska eimsvallanum, rennur það til millihitara (6), þar sem það er endanlega hitað upp, eins og áður er nefnt. Þessi aðferð til varmaskipta er mjög fljótvirk og millihitari af þessari gerð því ódýr. Vatnið er hitað aðeins upp fyrir suðumark, þannig að það sjóði í keri (5) og afloftist svo sem verða má.

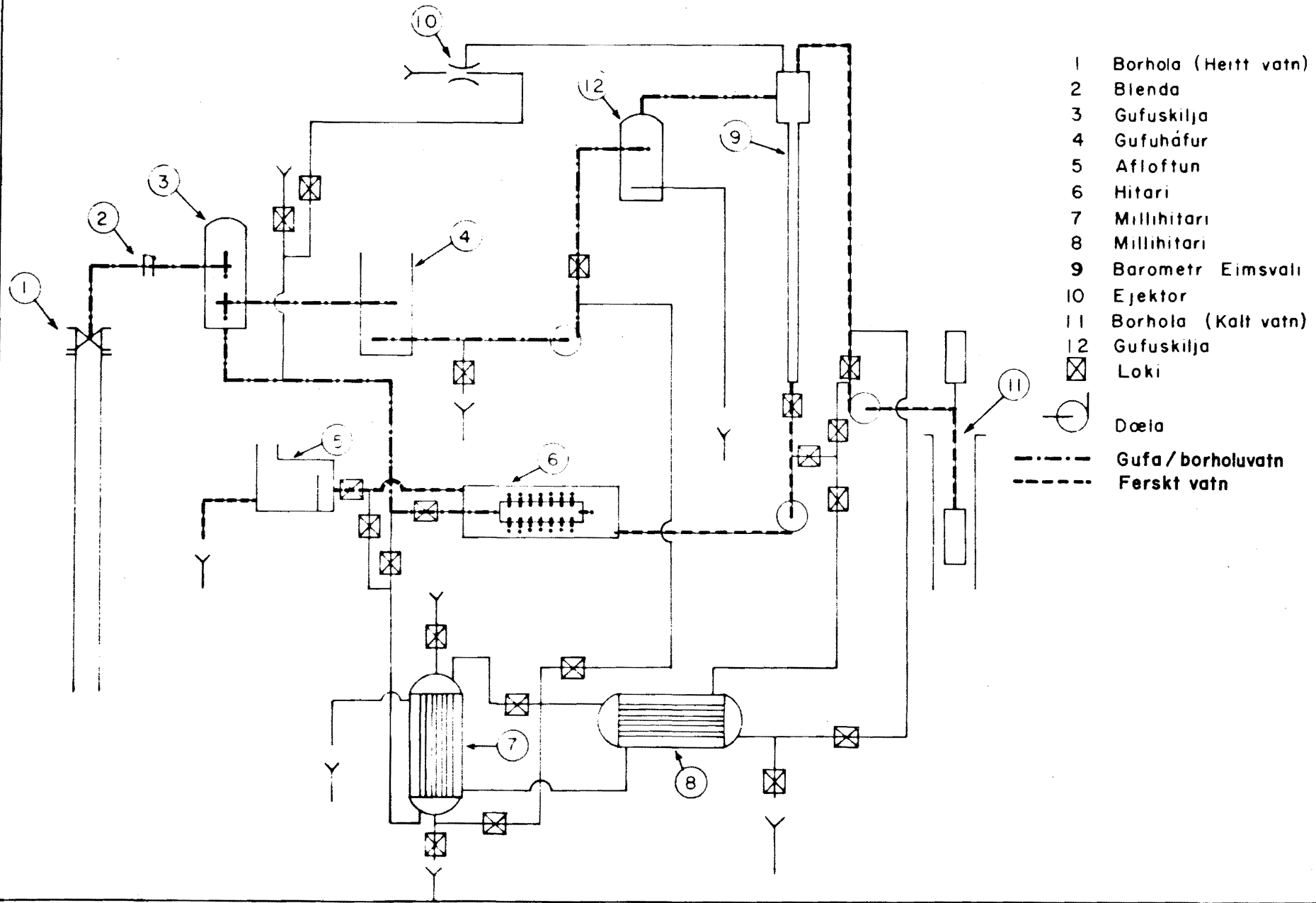
Gasið í gufunni er þó venjulega svo mikið, að gera verður ráð fyrir, að neyzzluvatnið sé ekki fjarri því að vera mettað af gasi, og því ekki víst, að það sé hæft til neyzzlu, án þess að sérstök meðhöndlun eigi sér stað.



ORKUSTOFNUN
Jorðhitadeild

Millihitari
Háhitavarmi / Kalt vatn
Fyrirkomulag II

6.11.72 KR/HB
Nnr. 338
J-ym
Fnr. 10882



- 1 Borhola (Heitt vatn)
- 2 Blenda
- 3 Gufuskilja
- 4 Gufuháfur
- 5 Afloftun
- 6 Hitari
- 7 Millihitari
- 8 Millihitari
- 9 Barometr Eimsvali
- 10 Ejektor
- 11 Borhola (Kalt vatn)
- 12 Gufuskilja
- ☒ Loki
- Dæla
- Gufa / borholuvatn
- Ferskt vatn

Tilhögun III

Blandan af gufu og vatni úr borholu (1) er skilin í gufuskilju (3). Gufan streymir til millhitara (7) þar sem hún þéttist og þéttivatnið streymir síðan um millhitara (8).

Borholuvatnið streymir til skilju (12), þar sem vatnið sýður við undirþrýsting og gufan af borholuvatninu streymir síðan í barometriska eimsvallann, þar sem hún blandast og þéttist í neyzluvatninu. Þegar neyzluvatnið hefur verið forhitað, streymir það um millhitara (8) og (7) og frá þeim sem fullhitað neyzluvatn.

Þessi tilhögun á varmaskiptum ætti að vera með góðu rekstraröryggi og útfelling steinefna úr borholuvatninu verður nær eingöngu í skilju (12).

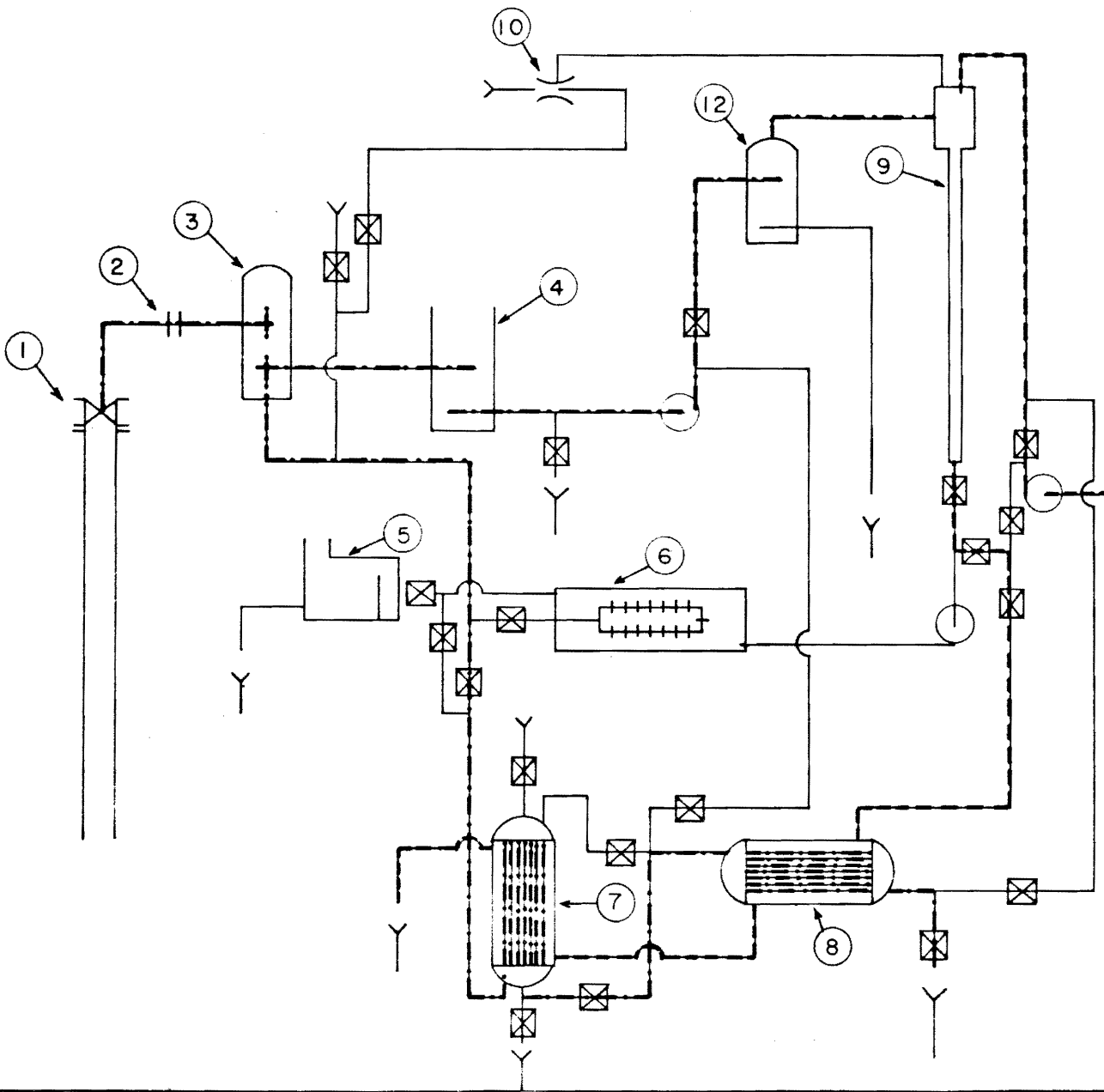
Hér er blandað saman beinni og óbeinni upphitun, en beina hitunin í barometriska eimsvallanum ætti ekki að valda neinum örðugleikum, þar sem gufan frá borholuvatninu er að mestu gaslaus.



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadelid

Millihitari
Háhitavarmi / Kalt vatn
Fyrirkomulag III

6.11. '72 KR/HB
Tnr. 339
J-ym
Fnr. 10883



- 1 Borhola (Heitt vatn)
- 2 Blenda
- 3 Gufuskilja
- 4 Gufuháfur
- 5 Afloftun
- 6 Hitari
- 7 Millihitari
- 8 Millihitari
- 9 Barometr. Eimsvali
- 10 Ejektor
- 11 Borhola (Kalt vatn)
- 12 Gufuskilja
- Loki
- Doela
- · - · - Gufa / borholuvatn
- - - - - Ferskt vatn

Tilhögun IV

Blandan af gufu og vatni úr borholu (1) er skilin í gufuskilju (3). Gufan streymir að millihitara (6), og borholuvatnið að skilju (3), þar sem skilið er við undirþrýsting og gufan streymir í barometriska eimsvalann. Bein upphitun á vatni, sem hringrásar um millihitara (7) og (8) á sér stað á þennan hátt. Kalda neyzluvatnið rennur um millihitara (8) og (7) og rennur frá þeim fullhitað.

Eins og áður getur, er beina upphitunin í millihitara (6) og barometriska eimsvalanum mjög fljótverk, og vatnið í hringrásarkerfinu gæti verið yfirhitað. Vatni, sem bætist í hringrásarvatnið við þéttingu gufunnar, er hleypt út úr kerfinu og með því gasi, sem kemur í vatnið.

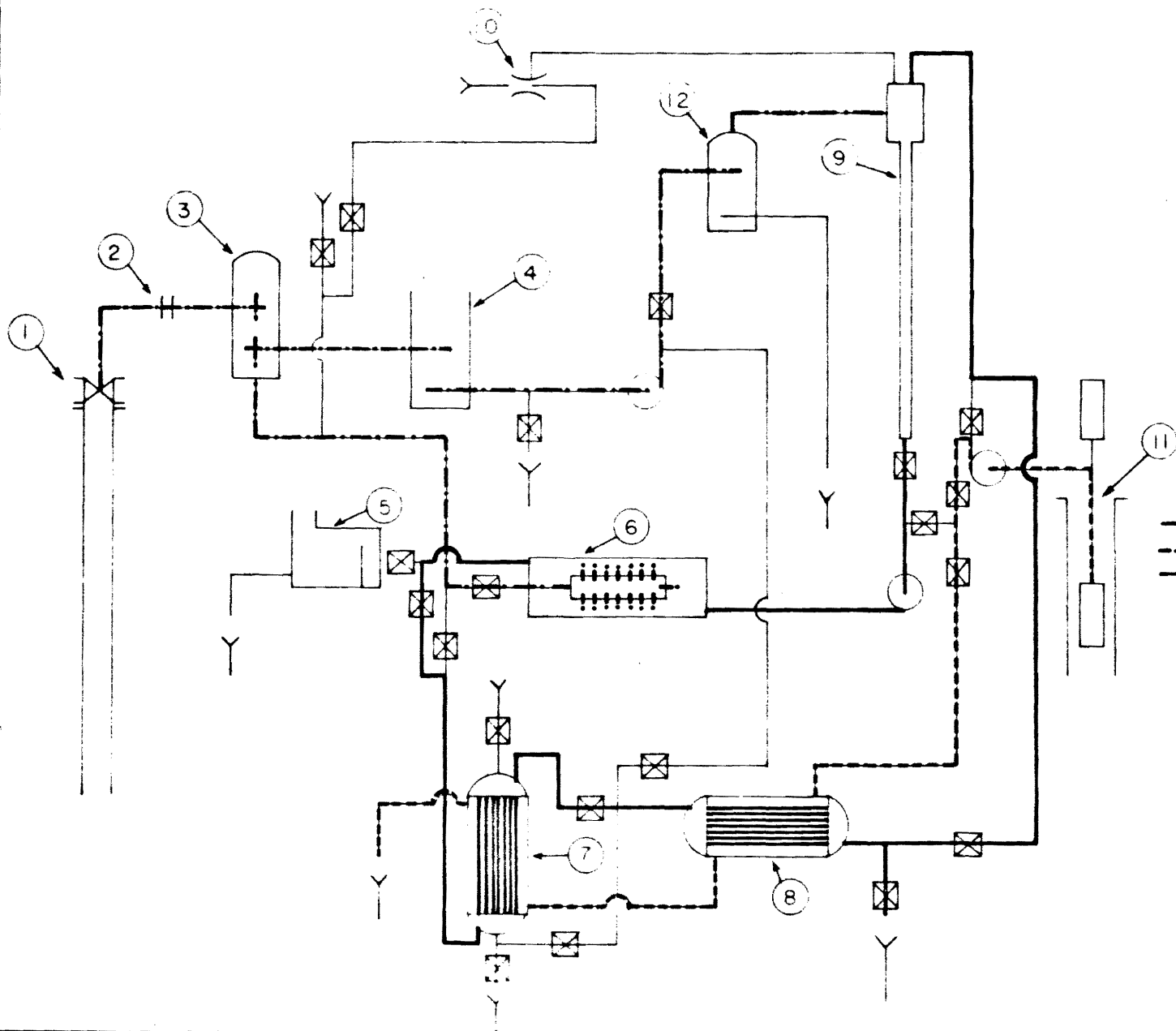
Þegar hringrásarvatnið er yfirhitað, má hafa meiri hitastigsmismun milli þess og neyzluvatnsins, og þannig ætti að vera hægt að komast af með minni millihitara.



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Millihitari
Háhitavarmi / Kalt vatn
Fyrirkomulag IV

6.11.72 KR/HB
Tnr. 340
J - ým
Fnr. 10884



- 1 Borhola (Heitt vatn)
- 2 Blenda
- 3 Gufuskilja
- 4 Gufuháfur
- 5 Afloftun
- 6 Hitari
- 7 Millihitari
- 8 Millihitari
- 9 Barometr. Eimsvali
- 10 Ejektor
- 11 Borhola (Kalt vatn)
- 12 Gufuskilja
- ☒ Loki
- Dæla
- Gufa / borholuvatn
- · - · Ferskt vatn
- Hringrásarvatn

3.3.2 Kostnaðaráætlun - vinnslutæknirannsókn

Borholur (heitt og kalt vatn), landsvæði

Boraðar hafa verið 3 holur á jarðhitasvæðinu í Svartsengi. 2 þessara hola eru háhitaholur, en úr þriðju holunni má dæla takmörkuðu magni af fersku vatni. Allar holurnar eru í eign Grindavíkurhrepps, og er reiknað með, að afnot af þessum holum til rannsókna fáist án endurgjalds.

Verði hins vegar boruð ný rannsóknarhóla á svæðinu, má að sjálfsögðu hafa af henni afnot.

Þá er einnig reiknað með, að landeigendur leyfi afnot af landsvæði í rannsóknarskyni endurgjaldslaust.

Rafmagn .

Til rannsóknarstarfseminnar þarf rafmagn, sem notað er við dælur og til annarra almennra þarfa.

Raflúnan til Grindavíkur liggur skammt frá holunum, en tenging frá þeim með spennu kostar um 150 þkr.

Einnig kemur til greina að framleiða rafmagn með dieselstöð, en telst þó óráðlegt, þar sem það hefði í för með sér stöðuga gæzlu og ýmis óþægindi.

Kostnaður við raflagnir frá spennu að dælum er áætlaður 100 þkr.

Orkukostnaður er áætlaður samkvæmt gjaldskrá RARIK, 70 þkr yfir rannsóknartímabilið.

Gufuskilja við borholu

Gufuskilja, sem hentug væri til þessara nota, er til í eigu Jarðvarmaveitna ríkisins í Námafjalli.

Skiljan þarfnast líttillega lagfæringar og endurbóta, og er kostnaður við þær og flutningur frá Námafjalli til Svartengis áætlaður 150 þkr.

Undirstöður undir skiljuna (steypt plan) og tenging hennar við borholuna er áætlað að kosti 150 þkr.

Þess má geta, að ný skilja af þessari gerð kostar um 1 Mkr.

Gufuháfur

Gufuháfur fyrir það gufu- og vatnsmagn, sem hér er um að ræða, þarf að vera um 1 m í þvermál og 2 m hár.

Með viðeigandi undirstöðum telst hann kosta uppsettur 50 þkr.

Gufuskilja við eimsvala

Ekki er fullvíst, hvort skilja, sem hentug væri til þessara þarfa, er til, en e. t. v. mætti nota skilju, sem er í eigu Rannsóknarráðs ríkisins og notuð var við tilraunir vegna sjóefnavinnslu á Reykjanesi. Ekki er heldur ljóst, hvort skiljan er fól, þar sem hún væri e. t. v. í notkun á Reykjanesi á sama tíma. Þess vegna er rétt að gera ráð fyrir nýrri skilju af þessu tagi, enda er þá hægt að hanna hana fyrir þær aðstæður að skilja gufu frá vatni við undirþrýsting. Vegna undirþrýstingsins þarf skiljan að standa um 10 m yfir jörðu og þarf að byggja undir hana grind.

Áætlaður kostnaður skiljunnar uppsettrar er 400 þkr.

Barometriskur eimsvali

Eimsvallinn er um 10 m hár og styðst við sömu grind og eimsvalskiljan. Eimsvallinn er af einföldustu gerð, en þarf að vera vel einangraður. Telst hann kosta uppsettur 200 þkr.

Millihitarar

Millihitarar eru þrír. Einn þeirra er þannig, að gufan streymir beint út í neyzluvatnið og blandast því.

Þessi upphitunaraðferð, sem nefnist bein hitun, er einföld og nýting við hana mjög góð. Millihitari af þessari gerð er því einfaldur og ódýr, og er áætlað verð hans 50 þkr.

Hinir tveir millihitararnir eru rörahitara, þar sem annar er gerður fyrir gufu/vatn en hinn fyrir vatn/vatn. Afkastageta þessara millihitara þarf að vera um 1,5 Gcal/h, en til þessarar tilraunar þarf væntanlega ekki að gera ráð fyrir eins dýrum og vönduðum hiturum og endanlega væru notaðir.

Hér er gert ráð fyrir, að hvor millihitari kosti 350 þkr., en tekið skal

fram, að vandaðri millihitarar, þar sem nýtingin væri betri, kosta nokkru meira.

Undirstöður og einangrun allra millihitaranna er áætlað að kosti 150 þkr.

Gufuejktor

Gufuejktor til þess að dæla gasi frá barometriska eimsvalanum er áætlaður á 30 þkr.

Dælur

Þrjár rafdrifnar 3" vatnsdælur kosta 150 þkr.

Ventlar

Ventlar eru af stærðum 1/4", 2" og 6". 1/4" ventlar eru notaðir til prufutöku, 2" ventlar eru við flestar vatnsleiðslur og 6" ventlar við tvær gufuæðar.

Kostnaður vegna ventla telst vera 270 þkr.

Vatns- og gufuæðar

Leitast er við, að vatnslagnir séu svo grannar, að nota megji venjuleg skrúfuð vatnsrör.

Vegna þess, hve kerfið þarf að geta unnið á marga vegu, eru not fyrir mikinn fjölda röra, svo og þarf að leiða ferska vatnið um 300 m vegalengd að tilraunastöðinni. Reiknað er með, að efniskostnaður vegna röra sé 200 þkr og einangrun kosti 50 þkr.

Djúpdæla fyrir kalt vatn

Áætlað er, að jarðhitadeild kaupi á næsta ári djúpdælu og er reiknað með, að hún anni þessum þætti án sérstaks endurgjalds. Þó þarf að kosta til rafmótor, þar sem dælan er með dísilsmótor en þessi breyting með niðurstetningu dælunnar telst kosta 30 þkr.

Stöðvarhús

Áætlað er, að reist sé stöðvarhús yfir helztu stjórn og mælitæki, en þar hefðu sérfræðingar afdrep og aðstöðu til úrvinnslu þeirrar, sem gera þarf á staðnum. Einnig væri þarna afdrep fyrir gæzlumann.

Hús eða skýli til þessara þarfa er áætlað að kosti 400 þkr.

Uppsetning tækjabúnaðar og kerfis

Ekki hefur enn verið gerð ítarleg könnun á því, hvernig mannvirkjum verður bezt fyrir komið á staðnum. Þó verður að ætla, að mannvirkjagerð sé tiltölulega auðveld á sléttu hrauninu og undirstöðubyggingar verði ekki mjög viðamiklar. Viðamesta uppsetningin er að koma fyrir eimsvalaskiljunni og barometriska eimsvalanum í 10 m hæð frá jörðu, og er áætlað að öll aðkeypt þjónusta við uppsetningu sé 500 þkr.

Rekstur rannsóknarinnar

Gert er ráð fyrir, að rannsóknartíminn sé hálf ár.

Nauðsynlegt er, að sérstakur gæzlumaður annist rekstur mannvirkjanna og hagkvæmast væri, að hann hefði búsetu í Grindavík, eða á staðnum, en til þess þarf að hafa umráð yfir íbúðarskúr t.d. einum þeirra, sem notaðir hafa verið við rannsóknarboranir í Krífsuvík.

Reiknað er með, að allur kostnaður af eftirlitsmanni sé 400 þkr.

Þrýstimælar, hitamælar og önnur þau mælitæki, sem eyðast í verkinu, teljast kosta 100 þkr.

Efnagreiningar á sýnum eru aðkeyptar frá Rannsóknarstofnun Iðnaðarins og reiknað er með 100 efnagr. á kr. 3000 eða samtals 300 þkr.

Gert er ráð fyrir, að sérfræðingar jarðhitadelldar annist að mestu leyti rekstur rannsóknarinnar, en gera verður ráð fyrir nokkurri aðkeyptri verkfræðipjónustu.

Gert er ráð fyrir, að sérfræðingar jarðhitadelldar verji til verksins 1000 klst. á 600 kr/klst. eða 600 þkr.

Aðkeypt verkfræðipjónusta er áætluð 100 klst. á 1000 kr/klst. eða 100 þkr.

3.4 Verkfræðilegar rannsóknir og forhönnun

Eftir að rannsókn með varmaskipta, tilhögun þeirra og virkni, hefur farið fram, er ástæða til að gera frumhönnun á varmaskiptastöð og endurmeta kostnaðinn í samræmi við þá reynslu, sem fæst með rannsókninni.

Einnig þarf að gera nákvæmari áætlun um legu aðfærsluæðanna fyrir kalt og heitt vatn. Í því skyni þyrfti að mæla upp hentugustu leiðirnar, áætla jarðvinnu og huga sérstaklega að því, hvar aðfærsluæðin ætti að koma til markaðarins.

Þá þyrfti að gera nákvæmari könnun á varmamarkaðinum, hvernig notkunin skiptist á íbúðarhúsnæði og fyrirtæki, stærð upphitaðs húsnæðis og dreifingu húsa. Þessi könnun þarf að ná til Keflavíkurflugvallar, þannig að ljóst sé, hver er varmaþörf flughafnarstarfseminnar svo og annarrar starfsemi þar. Þá þarf að gera orkuspá fyrir markaðinn, en talið er, að mikil aukning verði á flughafnarstarfseminni á komandi árum.

Fjármagnskostnaður veitunnar hefur hér verið meðhöndlaður eins og venja er í frumáætlun en þessa útreikninga og rekstrarreikninga veitunnar þarf að gera nákvæmari á grundvelli ofangreindra athugana.

Þessi vinna er áætluð kosta um 1 Mkr.

3.5 Kostnaðaráætlun rannsókna 1973

Hér fer á eftir yfirlit yfir kostnað rannsókna, sem gerð var grein fyrir í köflum 3.1. - 3.4 og áætlað er að framkvæma á árinu 1973.

	<u>Mkr</u>	<u>Mkr</u>
1. <u>Rafleiðnimælingar, 4 vikur</u>	0,40	0,40
2. Reynsluhola, 1000 m, fóðruð í botn með raufuðum rörum. Borun með Wabco-bor, áhöfn 7 menn, unnið samfellt		
Borun, 47 d á 80 þ.kr/d	3,75	
Fóðurrör	1,20	
Borkrónur	0,60	

	<u>Mkr</u>	<u>Mkr</u>
Sement, gel	0,05	
Aðkeypt þjónusta	0,05	
Flutningar	0,05	
Borplan, vegargerð	0,15	
Holuloki og búnaður (8", ser. 600)	<u>0,20</u>	
	6,05	
Þjónusta jarðhitadeildar	<u>0,05</u>	
	6,10	
Ofyrirséð 15%	<u>0,90</u>	
	7,00	7,00
3. <u>Öflun fersks vatns</u>		
2 rannsóknarholur, höggbor, 40 m	0,90	
Dæluprófun	<u>0,10</u>	
	1,00	1,00
4. <u>Vinnslutæknirannsóknir</u>		
<u>Stofnkostn. mannvirkja til rannsókna</u>		
1. Rafmagn	0,25	
2. Gufuskilja við borholu (flutningur og lagfæring)	0,15	
3. Undirstöður undir skilju	0,15	
4. Gufuháfur	0,05	
5. Gufuskilja við eimsvala	0,40	
6. Barometriskur eimsvali	0,20	
7. Millihitari fyrir gufu beint í vatn	0,05	
8. Millihitari fyrir gufu (rörahitari)	0,35	
9. Millihitari fyrir vatn (rörahitari)	0,35	
10. Undirstöður og einangrun millihitara	0,15	
11. Gufuejktor	0,03	
12. Vatnsdælur	0,15	
13. Ventlar	0,27	
14. Vatns- og gufuæðar	0,25	
15. Djúpdæla f/kalt vatn (niðursetning)	0,03	
16. Stöðvarhús	0,40	
17. Uppsetning tækjabúnaðar og kerfis	0,50	

<u>Rekstur rannsóknarinnar</u>	<u>Mkr</u>	<u>Mkr</u>
18. Rafmagn (orkukostn.)	0,07	
19. Gæzlumaður	0,40	
20. Mælar beint á verkið	0,10	
21. Efnagreiningar	0,30	
22. Sérfræðiþjónusta jarðhitadeildar	0,60	
23. Aðkeypt verkfræðiþjónusta	0,20	
24. Ýmislegt og ófyrirséð 10%	<u>0,54</u>	
	5,94	5,94
5. Verkfræðilegar rannsóknir og forhönnun	1,00	<u>1,00</u>
		<u>Samtals Mkr 15,34</u>