

# JARÐGUFVAFLSTÖÐ

FRUMÁÆTLUN UM 8MW,  
12MW, 16MW OG 55MW  
AFLSTÖÐ MEÐ TILLITI TIL  
VIRKJUNAR Í NÁMAFJALLI  
EÐA KRÖFLU

SEPT. 1973

# JARÐGUFUAFLSTÖÐ

FRUMÁÆTLUN UM 8MW,  
12MW, 16MW OG 55MW  
AFLSTÖÐ MEÐ TILLITI TIL  
VIRKJUNAR Í NÁMAFJALLI  
EÐA KRÖFLU

Skýrsla gerð af:  
Jarðhitadeild Orkustofnunar  
og  
Verkfr.st. Guðm. og Kristjáns

SEPT. 1973

## Ágrip og niðurstöður.

Skýrsla þessi er gerð í beinu framhaldi af skýrslu Orkustofnunar "Jarðgufuaflostöð, frumáætlun um aflstöð með tilliti til virkjunar í Námafjalli eða Kröflu, júní 1972".

Um öll einstök tæknileg atriði og forsendur fyrir kostnaðaráætlun er vísað til þeirrar skýrslu, en þess skal sérstaklega getið, að verð á erlendu efni miðast við upplýsingar frá "Toshiba, Japan" og "GIE Franco Tosi, Ítalíu".

Jarðhitarannsókn á jarðhitasvæðinu við Kröflu er ekki enn lokið, en ef borun einnar eða tveggja rannsóknarhola þar gæfi jákvæðan árangur, má telja, að jarðhitasvæðin við Kröflu og Námafjall séu bæði jafn vel fallin til virkjunar. Vegna frárennslis er þó talið óráðlegt að staðsetja virkjun vestan Námafjalls. Umhverfisáhrif af völdum frárennslisvatn eru sennilega svipuð, hvort heldur virkjunin væri austan Námafjalls eða við Kröflu, þar sem frárennslisvatnið rennur í báðum tilfellum að jaðri Búrfellshrauns. Nokkur gufumökkur fylgir virkjun af þessari gerð, en hann er ekki talinn valda neinni mengun í umhverfinu, og yrði að meta út frá fagurfræðilegu sjónarmiði, hvor staðurinn væri hentugri vegna þessa, en svæðið við Kröflu er mun fjær byggð, sem kunnugt er.

Stofnkostnaður er áætlaður 394 Mkr, 464 Mkr, 555 Mkr og 1246 Mkr og árlegur reksturskostnaður 53 Mkr, 61 Mkr, 72 Mkr og 158 Mkr miðað við 8 Mw, 12 Mw, 16 Mw og 55 Mw stöðvarstærðir. Þetta svarar til þess, að stofnkostnaður á uppsett kw sé fyrir 8 Mw stöðvarstærð kr. 49.000, fyrir 12 Mw stöðvarstærð kr. 39.000, fyrir 16 Mw stöðvar-

stærð kr. 35.000 og stofnkostnaður á uppsett kw fyrir 55 Mw stöðvarstærð kr. 23.000.

Gerð hefur verið rekstrareftirlíking (á rafreikni) af samrekstri jarðgufustöðvar við önnur orkuver, er sendu raforku sína inn á sameiginlegt raforkukerfi. Þessi athugun gefur eftirtalдар niðurstöður um væntanlega árlega orkuvinnslugetu jarðgufustöðvarinnar í slíkum samrekstri:

8 Mw stöð	55 GWh/ári
12 " "	83 "
16 " "	110 "
55 " "	405 "

Miðað við þessar tölur um ársorkuvinnslu og niðurstöður áætlunarinnar um árlegan rekstrarkostnað yrði orkukostnaður við stöðvarvegg sem hér segir:

8 Mw stöð	0,96 kr/kWh
12 " "	0,73 "
16 " "	0,65 "
55 " "	0,39 "

Inngangur.

Skýrsla þessi er gerð í beinu framhaldi af skýrslu Orkustofnunar "Jarðgufuaflostöð, frumáætlun um aflstöð með tilliti til virkjunar í Námafjalli eða Kröflu, júní 1972".

Í þessari skýrslu eru allar kostnaðartölur um 8, 12 og 16 MW aflstöðvarstærðir endurreiknaðar með tilliti til verðbreytinga og jafnframt er aukið við kostnaðaráætlun á 55 MW stöðvarstærð. Grundvöllur verðlags miðast við:

loo yen:	32,85	ísl.kr.
loo lírur:	15,39	" "
1 \$:	87,00	" "
vísitala byggingarkostnaðar:	853	stig

Um allt tæknilegt fyrirkomulag virkjananna er vísað til fyrri skýrslu, en þess skal sérstaklega getið, að í öllum tilfellum er reiknað með, að hver virkjun sé rekin með einni túrbínusamstæðu. Þá er aukið við lýsingu á gufuveitunni í Námafjalli og nokkrum hugleiðingum um val á stöðvarstæði í Kröflu eða Námafjalli, aðallega með tilliti til umhverfisáhrifa. Kostnaðaráætlunin miðast þó við, að vinnslan sé staðsett í Kröflu, en virkjunin væri nokkru ódýrari, ef hún væri staðsett við austanvert Námafjall. Þessi skýrsla er eins og sú fyrri unnin í samvinnu jarðhitadeildar Orkustofnunar af Karli Ragnars, verkfræðingi, jarðfræðingunum Kristjáni Sæmunds- syni og Stefáni Arnórssyni og Verkfræðistofu Guðmundar & Kristjáns af Jónasi Matthíassyni, verkfræðingi.

### Gufuveitan í Námafjalli.

Gufuveitan í Námafjalli er rekin með sex vinnsluholum (nr. 4, 5, 6, 7, 8 og 9) og tilheyrandi gufuskiljum og gufuæðum. Gufumagnið til Kísiliðjunnar er 40 tn/klst við 10-11 kg/cm<sup>2</sup> þrýsting, en gufumagn til gufuaflstöðvar Laxárvirkjunar er 60 tn/klst við 8-9 kg/cm<sup>2</sup> þrýsting, og er afl stöðvarinnar við þessa gufunotkun um 3,2 MW. Holur 4, 5 og 9 tilheyra fremur rafstöðinni og holur 6, 7 og 8 Kísiliðjunni. Bæði kerfin eru þó samtengd og kemur um þriðjungur af notkun rafstöðvarinnar frá holum 6, 7 og 8, en þær holur eru mun aflmeiri en holur 4, 5 og 9.

Holur 4 og 5 voru boraðar árið 1968, holur 6 og 7 árið 1969 og holur 8 og 9 árið 1970. Hönnun og frágangur holanna er ekki sem skyldi á jarðhitasvæðinu í Námafjalli, en það má fyrst og fremst rekja til þess, að bortæki þau sem notuð voru (Norðurbor), eru ekki nógu vel búin og afkastamikil til að ganga fullkomlega frá jafndjúpum holum. Eins og áður segir, er gufunotkun Kísiliðjunnar og rafstöðvarinnar nú um 100 tn/klst, og er þessi gufa skilin frá borholuvatninu í skiljum við hverja borholu við 8-12 kg/cm<sup>2</sup> þrýsting. Borholuvatnið er um 110 l/sek (400 tn/klst), en þegar þrýstingur þess fellur frá skiljuþrýstingi niður í þrýsting andrúmsloftsins, sýður af vatninu nokkur hluti þess, þannig að frá skiljunum renna út í umhverfið 80 tn/klst af gufu og 90 l/sek (320 tn/klst) af vatni 100°C heitu. Gufan til Kísiliðjunnar þéttist í gufupurrkurum við vinnsluþrýsting þeirra, sem er 10 kg/cm<sup>2</sup>, og sýður þéttivatnið frá þeim, þegar þrýstingur þess fellur niður í þrýsting andrúmsloftsins á sama hátt og frá borholuskiljunum. Gufan til rafstöðvarinnar þéttist ekki (mótþrýstitúrbína) og rennur gufan frá stöðinni út í andrúms-

loftið 100°C heit. Þetta ástand hefur varað frá árinu 1969 og ekki orðið vart við neina varmamengun eða efna-  
mengun í umhverfi gufuveitunnar, en vegna kísilútfell-  
inga úr borholuvatninu hefur orðið vart við að gjótur  
og gjár í hrauninu stíflast, þar sem vatnið rennur niður.  
Vatnið rennur þannig frá einni gjótu til annarrar og er  
sífelld að leita að nýjum niðurrennsllisleiðum.

Á þessu stigi málsins virðist ekki ástæða til að telja  
þessi vandamál alvarleg, þar sem hraunið er mjög opið  
á stóru svæði, en að sjálfsögðu magnast vandamálið með  
tímanum og einnig ef meiri gufuvinnslu yrði komið upp á  
staðnum.

Á fáeinum stöðum erlendis, þar sem eini farvegur frá-  
rennsllisvatns frá áætluðum gufuvirkjunum lægi í áveitu-  
kerfi, hafa verið gerðar tilraunir með að dæla vatninu  
aftur niður í borholur (re injection) undir þrýstingi,  
þannig að uppleyst kísilsýra næði aldrei að falla út.  
Ennþá er ekki farið að beita þessari aðferð að nokkru  
ráði, og hér á landi yrði hún algjör neyðarráðstöfun,  
þar sem kostnaður við það yrði óhóflegur.

Algengur mælikvarði á álag jarðhitasvæðis er að meta,  
hve mikla raforku megi framleiða í eimsvalasamstæðu af  
þeirri gerð, sem þessi áætlun fjallar um. Miðað við  
þessa mælingu samsvarar gufurennsli í Námafjalli (Bjarnar-  
flagi) nú 12-13 MW vinnslu.

Gufuaflostöð í Námafjalli eða Kröflu.

Á mynd 1 er skýringarmynd af gufu- og vatnsrennsli frá 55 MW eimsvalastöð, en minni stöðvarnar, sem þessi áætlun tekur til, hafa rennsli, sem er í beinu hlutfalli við stærðirnar. Af myndinni má sjá, að vatnsrennsli frá stöðinni er um 500 kg/sek og gufustreymi til andrúmsloftsins 550 tn/klst. Vatnsrennslið myndar allstóran læk frá stöðinni, sem inniheldur verulega mikið meira af uppleystum steinefnum en yfirborðsvatn, og má telja víst, að uppleystur kísill falli úr vatninu sem fast efni og setjist í farveginn. Lækjarfarvegurinn getur verið á yfirborði, eða vatnið sigið niður í hraun og blandast grunnvatni og runnið með því. Gufustreymi frá virkjuninni streymir út í andrúmsloftið, þar sem gufan leysist upp á tiltölulega þröngu svæði.

Þar sem gufuvinnsla af þessu tagi veldur nokkurri breytingu á umhverfinu, er augljóst, að hún hefur áhrif á staðarval fyrir gufuvinnsluna.

Hér er um að ræða tvö jarðhitasvæði, þ.e. við Kröflu og í Námafjalli að austan. Mannvirki yrðu reist í austanverðu Námafjalli og á sléttunni þar undir, en við Kröflu yrðu mannvirkin reist sunnan við Víti og Kröflufjall innst í dalbotni Hlíðardals. Til þess að betur megi átta sig á því, hvaða landsvæði hér er um að ræða, vísast til myndar 2, þar sem sýnt er á korti, hvernig mannvirkjum yrði komið fyrir, miðað við 55 MW virkjun.

Eins og áður getur, er frárennsli vatns frá 55 MW aflstöð 500 kg/sek.

Frá Námafjallsvirkjun yrði þessu vatni veitt austur að jaðri Búrfellshrauns, en þangað er um 1 km frá fyrirhuguðu stöðvarstæði. Landi hallar til austurs frá Hvera-



rönd, ef farið yrði með vatnið nokkuð sunnan við gíg þann, sem er næst veginum. Frárennsli frá Kröflu-virkjun yrði veitt í læk, sem rennur norðan af jarðhitasvæðinu suður Hlíðardal vestan Sandabotnafjalls og Halaskógafjalls. Lækur þessi hverfur í hraun við vesturjaðar Búrfellshrauns, sunnan við þjóðveg á sama stað og hugsað er að veita affallsvatni frá Námafjallsvirkjun. Vegur vatnsins yrði um 7 km frá Kröflu, en um 1 km frá Námafjalli. Gera má ráð fyrir, að allmikil kísilútfelling verði í læknum frá Kröflu. Lækurinn rennur á þéttum botni niður Hlíðardal og hefur hann borið undir sig bæði hveraleir frá jarðhitasvæðinu og gjóskuna frá Víti, en hún barst í hann í miklu magni eftir gosið 1724.

Fullvíst má telja, að kísilútfellingar úr frárennslisvatni breyti útliti umhverfisins, en þær eru ekki skaðlegar. Gert er ráð fyrir því, að vatn, sem kemur í djúpar borholur austan Námafjalls, sé mjög svipað að samsetningu því vatni, sem kemur í núverandi borholur í Bjarnarflagi, og sama máli gegnir um Kröflusvæðið, nema ef vera skyldi, að F og Cl væri hærra í vatninu þar, vegna snertingar þess við súrt berg. Þessi ályktun er talin nokkuð örugg.

Styrkur flestra efna í frárennslisvatninu yrði á engan hátt skaðlegur gróðri í nágrenni lækja eða skurða, sem flytja þetta vatn, né heldur lífi í Mývatni. Þessi efni eru  $\text{SiO}_2$ , Na, K, Ca, Mg,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl og F. Hins vegar fer ekki milli mála, að nokkur mengun gæti orðið af  $\text{H}_2\text{S}$ , en gera má ráð fyrir 20-40 ppm í frárennslisvatninu. Tiltölulega auðvelt ætti að vera að minnka  $\text{H}_2\text{S}$  um a.m.k. helming með loftun (air stripping) á frárennslisvatninu. Óljóst er, hvort nokkur skaði yrði af þessu háa  $\text{H}_2\text{S}$  á Mývatni, þótt gróður í næsta nágrenni frárennslislækja skaðaðist eitthvað. Það verður þó að teljast mjög ólík-

legt vegna fjarlægðar frá Mývatni og ekki síður hinu, hvað frárennslisvatnið blandast stóru grunnvatnskerfi.  $H_2S$  eyðist smám saman við blöndun við ferskt grunnvatn vegna oxunar í S eða  $SO_4$  fyrir áhrif uppleysts súrefnis í hinu ferska grunnvatni. Helzt er hætta á mengun vatnsins í verulegri fjarlægð frá gufuvirkjun, ef frárennslisvatn finnur ákveðnar rásir neðanjarðar. Á það skal bent, að verulegt streymi hlýtur að vera á háhitavatni og gastegundum í ferskt grunnvatn á Námafjalls- og Kröflusvæðinu, og með skynsamlegri nýtingu þessara svæða, þ.e. ekki ofnýtingu, ætti það streymi ekki að aukast verulega, heldur fyrst og fremst breytast.

Líkur eru á því, að sporefni eins og B og As séu nálægt skaðræðismörkum í frárennslisvatninu, samkvæmt stöðlum frá WHO og USPHS, en þessi skaðræðismörk eiga hér við líf í vötnum og gróður. Er því ekki útilokað, að gróður, a.m.k. sumar tegundir, geti skaðast, sem eru næst frárennslisvatninu. Slíkt er þó ekki talið líklegt, þegar fjær dregur, vegna blöndunar við annað grunnvatn. Auk þess fellur As auðveldlega út vegna hydrolyseringar. Nokkru hærra  $^{10}O_4$  er í heitu vatni en köldu, og má því búast við, að blöndun þessa heita vatns við annað grunnvatn geti haft örvandi áhrif á gróður.

Reiknað er með, að 15 borholur þyrfti fyrir 55 MW virkjun á hvoru svæðinu, sem kynni að verða fyrir valinu. Fjarlægð milli borhola má áætla um 100 m, og yrðu holurnar sem mest inni á jarðhitasvæðinu, en forðast að bora í jaðra þess. Þetta myndi þýða í Námafjalli, að holur yrðu boraðar uppi á fjallinu og í austurhlíðinni niður að Hverarönd, en síður austur á hraunsléttunni. Við Kröflu yrði borað við brekkuræturnar, þar sem Hlíðardal þrýtur, og í brekkunum suðvestan undir Kröflu. Þá yrði einnig borað við gilin, sem liggja upp úr dalnum

norður undir Víti og á flötunum milli þeirra og vestan við vestasta gilið.

Víti og smágíggunum, sem eru áfastir því, yrði hlíft við hverskonar jarðraski.

Undirlag rafstöðvarinnar á Námafjallssvæðinu yrði hraunið austan við Hverarönd. Þetta hraun er runnið úr Þrengslaborgasprungunni fyrir um 2000 árum. Hraunið nær alveg út undir Þjóðveg, en er þar þunnt. Nauðsynlegt er að kanna þykkt þess og burðarþolseiginleika og gerð undirlagsins, sem gæti verið leir. Við Kröflu yrðu hliðstæð mannvirki reist innst í botni Hlíðardals. Hraun er undir sléttunni, en móberg og bólstraberg, þegar kemur í brekkuna. Hvort tveggja er hulið gjósku, aðallega frá Vítisgosinu, sem þarna er um 1-2 m þykkt, en þykkari á sléttunni, þar sem framburður frá lækjum hefur bætt verulega ofan á hraunið. Nauðsynlegt yrði að kanna dýpi niður á fast með borunum eða greftri.

Virkjun á hvoru svæðinu sem væri, krefst malartekju til að fylla í vegi, borplön, undirstöður gufuæða og bygginga. Ef virkjað væri í Námafjalli, mætti sækja efni í Sandfell eða Námaskarð, en á báðum þessum stöðum er efni nú tekið til vegagerðar. Þá er gjallnáma í gíg við Þjóðveginn rétt austan við Hverarönd. Fyrir virkjun í Kröflu eru álitlegustu malarnámurnar í hæðarrana, sem gengur austur úr Sandabotnafjalli um 1 km sunnan við hugsað stöðvarhús. Minna efni, bæði gjall og möl, mætti taka í brekkunum upp af Hlíðardalnum.

Þá þyrfti fyrir virkjun í Kröflu að leggja varanlegan veg, sem ekki væri of snjóþungur, frá byggðinni við Reykjahlíð norður í Kröflu. Álitlegra virðist að leggja veginn vestan Dal fjalls en upp Hlíðardalinn.

Þessi vegur gæti byrjað við gufustöðina í Námafjalli eða Kísiliðjuna og legið þaðan með stefnu á Hlíðarfjall. Á þessari leið er yfirleitt slétt apalhraun og að því er virðist ákjósanlegt vegarstæði. Frá Hlíðarfjalli gæti vegurinn legið austan Hlíðarfjalls inn undir Leirhnjúk og þaðan niður á virkjunarstaðinn. Einnig mætti leggja veginn um skarð allbreitt norðan við Þríhyrning, þar sem er slétt helluhraun, og þaðan niður á sléttuna við botn Hlíðardals. Ekki er ósennilegt, að háspennulínur frá orkuverinu lögju þessa sömu leið. Um snjóþyngsli á þessari leið er ekki gott að segja að lítt athuguðu máli, sennilega er hún þó síst verri en aðrar, þar sem leiðin liggur um opið og aflíðandi land, laus við hæðardrög og skorninga.

Tafla 1.

Stofnkostnaður.

Gufuafllstöð á Kröflu/Námafjallssvæði

Undirliggjandi eimsvali

<u>Liðir</u>	8 MW Mkr	12 MW Mkr	16 MW Mkr	55 MW Mkr
1. Borholur (4-4-5-15 stk)	62,0	62,0	77,0	227,0
2. Aðveitukerfi gufu	22,4	22,6	26,6	80,0
3. Túrína, rafall, eimsvali	102,7	136,4	167,0	338,2
4. Kæliturn, dælur, kælivatnslagnir	23,4	35,2	47,2	143,8
5. Rafkerfi	28,9	31,4	34,5	94,9
6. Stöðvarhús, dæluhús	39,7	46,3	52,9	59,2
7. Stöðvarhúskranar, dæluhúskrani	6,5	7,1	7,8	14,1
8. Íbúðir starfsfólks	15,3	15,3	15,3	15,3
9. Vegir	<u>10,5</u>	<u>10,5</u>	<u>10,5</u>	<u>10,5</u>
Grunnkostnaður	311,4	366,8	438,0	983,0
10. Ófyrirsjáanlegur kostn. 15%	<u>46,7</u>	<u>55,0</u>	<u>65,6</u>	<u>147,4</u>
Beinn kostnaður	358,1	421,8	504,6	1130,4
11. Verkfræðipjónusta og umsjón 10%	<u>35,8</u>	<u>42,2</u>	<u>50,5</u>	<u>113,1</u>
Stofnkostnaður	393,9	464,0	555,1	1243,5

Tafla 2.

Árlegur reksturskostnaður.

Gufuaflstöð á Kröflu/Námafjallssvæði

Undirliggjandi eimsvali

<u>Liðir</u>	8 MW Mkr	12 MW Mkr	16 MW Mkr	55 MW Mkr
<u>Fjármagnskostnaður (25 ár, 8%):</u>				
1. Borholur	7,3	7,3	9,1	26,9
2. Aðveitukerfi gufu	2,6	2,6	3,2	9,5
3. Turbína, rafall, eimsvali	12,1	16,2	19,7	40,1
4. Kæliturn, dælur, kælivatnslagnir	2,8	4,2	5,6	17,1
5. Rafkerfi	3,4	3,7	4,0	11,2
6. Stöðvarhús, dæluhús	4,7	5,4	6,2	7,1
7. Stöðvarhúskranar, dæluhúskrani	0,8	0,9	0,9	1,6
8. Íbúðir starfsfólks	1,8	1,8	1,8	1,8
9. Vegir	1,3	1,3	1,3	1,3
<u>Viðhaldskostnaður:</u>				
1. Borholur (1% stofnkostn.)	0,8	0,8	1,0	2,9
2. Aðveitukerfi gufu (2% stofnkostn.)	0,6	0,6	0,8	2,0
3. Turbína, rafall, eimsvali (1.5% stofnkostn.)	1,9	2,5	3,2	6,5
4. Kæliturn, dælur (1.5% stofnkostn.)	0,5	0,5	0,9	2,8
5. Rafkerfi (1.5% stofnkostn.)	0,5	0,6	0,6	1,8
6. Stöðvarhús, dæluhús (0.14% stofnkostn.)	0,2	0,2	0,2	0,2
7. Stöðvarhúskranar, dæluhúskrani	0,1	0,1	0,1	0,1
8. Íbúðir starfsfólks (0.14% stofnkostn.)	0,2	0,2	0,2	0,2
9. Vegir (3% stofnkostn.)	0,4	0,4	0,4	0,4
10. Viðhaldsborholur (5 5% stofnk.)	4,3	4,3	5,3	15,8
<u>Annar kostnaður:</u>				
Starfsmannakostnaður	5,0	5,0	5,0	5,0
Stjórnunarkostnaður	1,0	1,0	1,0	1,0
Varasjóður	0,6	0,8	1,0	2,5
<u>Reksturskostnaður</u>	<u>52,9</u>	<u>60,4</u>	<u>71,5</u>	<u>157,8</u>



ORKUSTOFNUN  
Jörðhitadeild

Gufu og vatnskerfi

55 MW jarðgufuafstöðvar með eimsvölu

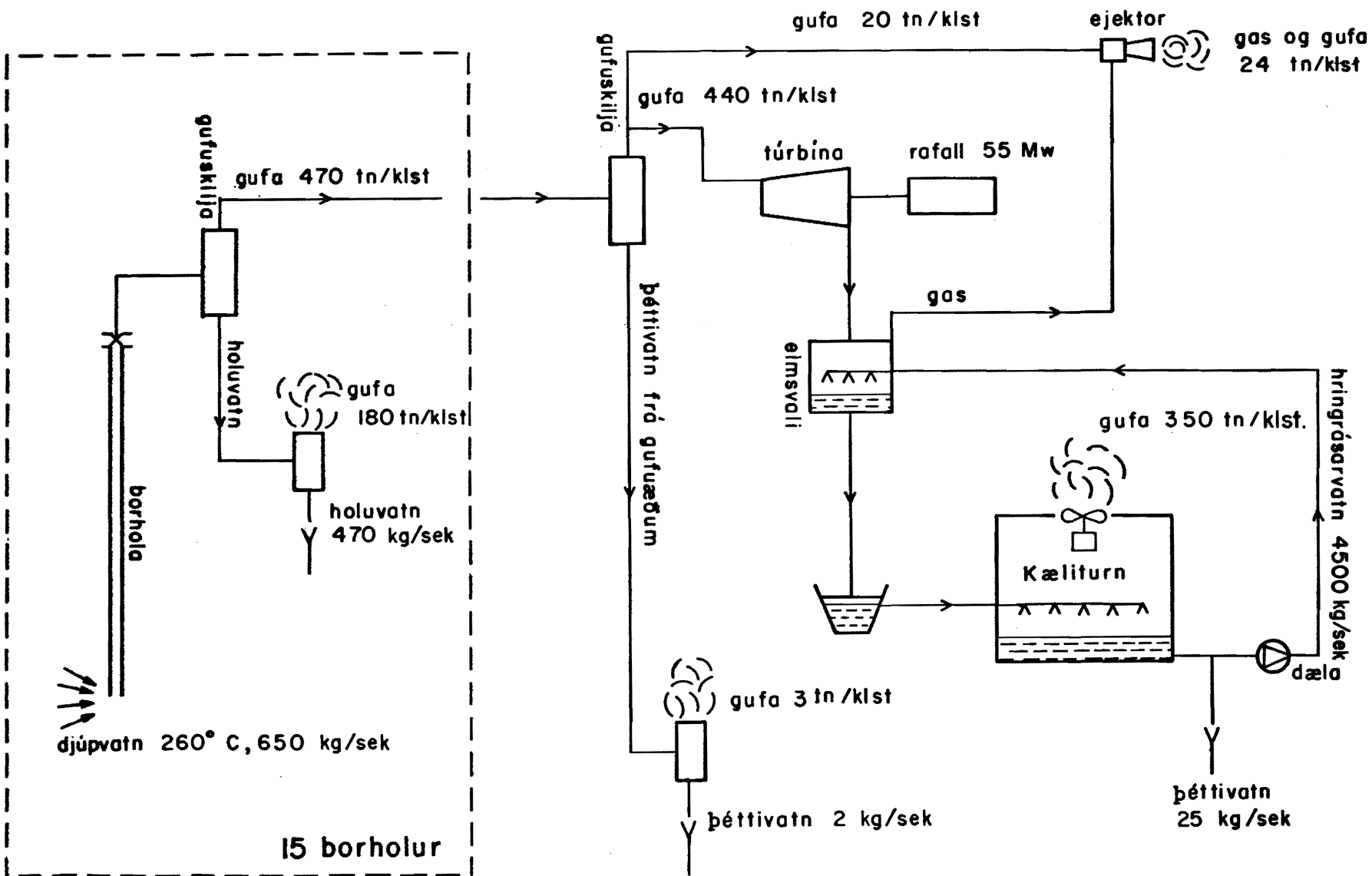
13.9.1973 KR/HO

Tnr. 393

J-Ým.

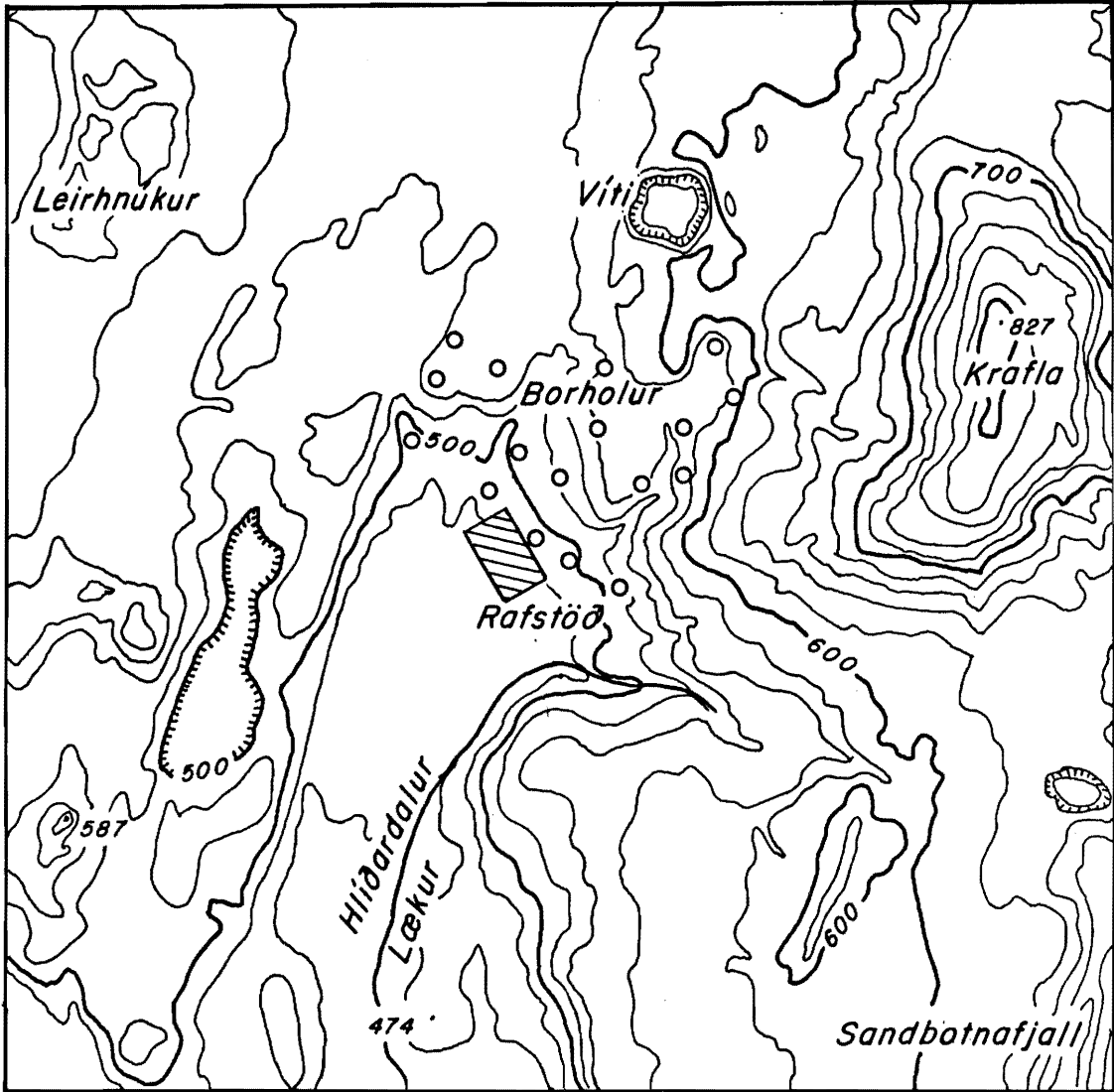
Fnr. 11430

Mynd 1

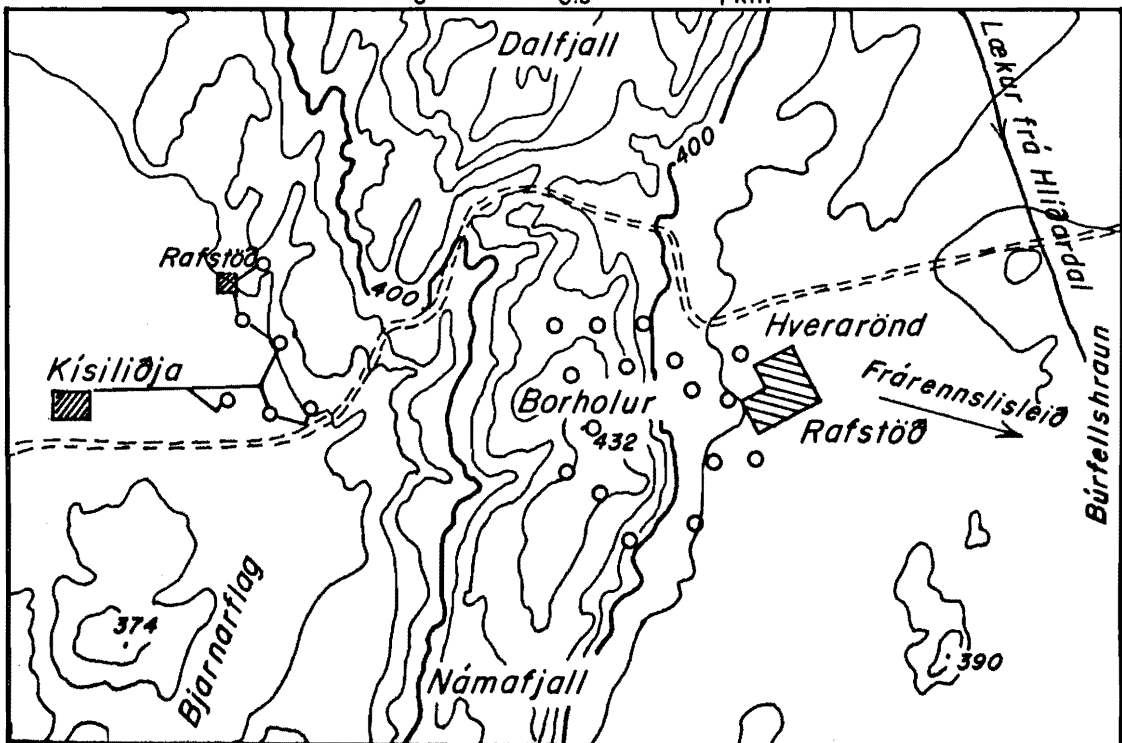


Jarðhitasvæði við Kröflu og Námafjall

Mynd 2



0 0.5 km







Mynd 3

