



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

sb

**GUFUÖFLUN FYRIR KRÖFLUVIRKJUN**

Ásgrímur Guðmundsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-88033/JHD-17 B

September 1988



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Verknr.:666072

## **GUFUÖFLUN FYRIR KRÖFLUVIRKJUN**

Ásgrímur Guðmundsson

Unnið fyrir Landsvirkjun

OS-88033/JHD-17 B

September 1988



## 1. INNGANGUR

Frá því að holurnar á Hvíthólum voru tengdar virkjuninni haustið 1984, hefur Kröfluvirkjun verið rekin á sem næst fullum afköstum miðað við uppsett afl eða 26-30 MW. Rekstur virkjunarinnar hefur þó ekki verið samfelldur þar sem raforkumarkaðurinn hefur ekki haft þörf fyrir stöðuga framleiðslu. Orkuverið hefur verið í gangi yfir vetrarmánuðina og í hvíld á sumrin eða 3 mánuði á ári. Allar nýtanlegar holur hafa verið notaðar og því hefur hvíldin yfir sumarmánuðina verið góð fyrir vinnslusvæðin. Vinnslusvæðin eru þrjú, þ.e. Leirbotnar, suðurhlíðar Kröflu og Hvíthólar. Leirbotnar er þeirra stærst og var gert ráð fyrir í upphafi að það eitt stæði undir 60 MW raforkuframleiðslu. En skömmu eftir að boranir hófust eða í lok árs 1975 hófst mikið umbrotatímabil á Kröflusvæðinu með landhreyfingum og eldsumbrotum, sem olli því að jarðhitasvæðið í Leirbotnum varð nánast óvinnsluhæft. Þegar það varð ljóst var kapp lagt á að finna vinnanleg svæði út til jaðra megin jarðhitasvæðisins. Í suðurhlíðum Kröflu og Hvíthólum mældist engin kvikuvirkni í náttúrulegu gufuúttreymi og var því lögð áhersla á rannsókn þeirra og vinnslu. Suðurhlíðarnar og Hvíthólar hafa síðan staðið undir rekstri virkjuarinnar að mestu leyti. Vegna hamfara náttúrunnar jókst allur kostnaður við gufuöflun verulega og vandasamara reyndist að staðsetja vinnsluholur heldur en ráð var fyrir gert í upphafi. Látið var nægja að setja niður aðra af tveimur vélasamstæðum virkjunarinnar og ákveðið að kanna hvort forsendur væru fyrir því að koma virkjuninni upp í fulla stærð, þegar umbrotatímabilinu linnti. Á þeim tíma hefur verið fylgst náið með efnasamsetningu vökvans á jarðhitasvæðunum og úr borholum, svo sem gasstyrk og innbyrðis hlutföllum gastegunda, og þá metið hvort "mengaða" svæðið í Leirbotnum gæti verið orðið vinnsluhæft á nýjan leik.

Árið 1984 var tekið saman yfirlit um gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun í nútíð og framtíð (Benedikt Steingrímsson o.fl. 1984). Þar kemur fram í niðurlagskafla:

*Kröfluvirkjun stendur nú á tímamótum. Aflað hefur verið nægrar gufu fyrir fyrri vélasamstæðuna. Gufuöflun á næstu árum verður því:*

- *Viðhaldsboranir.*
- *Boranir til að bæta úr skorti á lágþrýstigufu.*
- *Gufuöflun fyrir síðari vélasamstæðuna.*

*Líkanreikningar af vinnslusvæðunum gefa til kynna um 2-5% aflhnignun á borholum vegna vinnslu úr þeim. Hér er ekki reiknað með hnignun tengdri kvikumengun. Reynslan á allra síðustu árum styður þessa niðurstöðu. Búast má því við að í framtíðinni verði þörf á viðhaldsborun að meðaltali annað hvert ár.*

*Til að afla meiri lágþrýstigufu en nú er tiltæk er eðlilegast að bora grunnar (<1000 m) borholur í efri hluta Leirbotnakerfisins. Samkvæmt fenginni reynslu gefa slíkar holur af sér að meðaltali um 4-5 kg/s af lágþrýstigufu.*

*Mikilsverðasta ákvörðunaratriðið varðandi gufuöflun í Kröflu er nú hvort stefna beri að uppsetningu síðari vélasamstæðunnar. Sú þekking sem nú er fyrir hendi um Kröflusvæðið segir að nægileg orka sé í vinnslusvæðinu til að tvöfalda vinnsluna. Einkum er það Leirbotnasvæðið sem varnýt er, en einnig má benda á svæðið austan Hveragils í vesturhlíðum Kröflu. Á Leirbotnasvæðinu er það norðurhluti svæðisins sem athyglin beinist helst að. Þar hafa verið boraðar öflugustu holur á Kröflusvæði, holur KG-4 og KG-10. Var afl holu KG-10 t.d. um 10*



*MW strax eftir að hún fór í blástur. Annar reitur innan Leirbotnasvæðisins sem til greina kæmi að afla gufu á, er að finna vestast í Hlíðardal, við svonefnt Auga við veg.*

*Hagkvæmni gufuöflunar fyrir síðari vélasamstæðu Kröfluvirkjunar ræðst af því hvenær kvikugös hverfa úr jarðhitakerfum í Leirbotnum og Vesturhlíðum. Við rannsóknir á jarðhitasvæðum í Kröflu undanfarin ár hefur verið fylgst með gasstyrk í borholum og gufuaugum m.a. til að meta kvikumengun á hverjum tíma. Í ljós hefur komið að mengunin hefur ekki fylgt umbrotahrinum og eldgosum á Kröflusvæðinu. Hún kom í kerfið við upphaf eldsumbrotanna í ársbyrjun 1976, en síðan 1980 hefur dregið mjög úr gasi í borholum og gufuaugum. Mengunin fer því dvínandi og er hugsanlegt að svæðin séu þegar orðin vinnsluhæf að nýju.*

*Í ljósi þessa fer að verða tímabært að hreinsa holu KG-10. Ef sú hreinsun sýnir að áhrif kvikumengunarinnar sé orðin viðráðanleg ætti því ekkert að vera til fyrirstöðu að afla gufu á hagkvæman hátt fyrir síðari vélasamstæðuna.*

*Ári síðar var tekin saman greinargerð um áframhaldandi gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun (Ásgrímur Guðmundsson og Einar Tjörvi Elíasson 1985). Þar kom m. a. fram í umfjöllun um framtíðarverkefni gufuöflunar og rannsókna fyrir Kröfluvirkjun að:*

*Rannsóknarverkefni fyrir Kröfluvirkjun í framtíðinni eru tvíþætt:*

- *Rekstrarefirlit með vinnslusvæði virkjunarinnar, sem innifelur eftirtalin atriði:*

- a) Efnafræðilegar rannsóknir á jarðvökva og gufugæðum.*
  - b) Þrýsti- og hitamælingar í borholum ásamt rannsóknum á útfellingarhættu eða orsökum þeirra.*
  - c) Aflmælingar á borholum til athugunar á breytilegri rennslishegðun.*
  - d) Athugun yfirborðsbreytinga eins og til dæmis hitaskellna, sprungna og jarðsigs samfara orkutöku úr svæðinu.*
  - e) Samfelld skráning vinnslugagna, til mats á viðbrögðum svæðisins og einstakra borhola við nýtingu.*
  - f) Tölvukeysla tölfræðilegs reiknilíkans af jarðhitasvæðinu með reglulegu millibili og túlkun hennar til að meta getu og eðlisbreytingar þess tengdar orkutöku.*
- *Rannsóknir tengdar frekari gufuöflun fyrir virkjunina bæði til viðhalds núverandi orkuþörf og til öflunar gufu fyrir seinni vélasamstæðu virkjunarinnar, þegar þess verður þörf. Þessar rannsóknir innifela:*

- a) Yfirborðsrannsóknir til að auðvelda markvissa staðsetningu borhola.*
- b) Rannsóknir og mælingar á borholum meðan á borun þeirra stendur til að tryggja auðveldari borun og tæknilega betri holufrágang. Söfnun jarðvísindalegra gagna sem að notum koma við staðsetningu næstu borhola, til markvissari túlkunar niðurstaðna yfirborðsmælinga og til að gera sér marktækt líkan af jarðhitasvæðinu í heild sinni.*
- c) Mælingar og rannsóknir á holum að borun lokinni til að safna upplýsingum um væntanlega getu holunnar og eiginleika svæðisins í næstu nánd við holuna.*

Nokkur tími er liðinn frá því borað var eftir gufu fyrir Kröfluvirkjun. Síðast var boruð hola KJ-3A og var henni ætlað að vinna úr efrihluta Leirbotna. Nýtanleg háprýstigufa hefur verið 60-70 kg/s, en lágprýstigufa hefur sífellt farið minnkandi og var komin niður í 8 kg/s veturinn 87/88. Möguleiki hefur verið á að nota háprýstigufu beint inn á lágprýstiprep vélar 1, en ókosturinn er hár gasstyrkur og slæm nýting á háprýstigufu. Einnig hefur verið hægt að nota háprýstiholur inn á lágprýstihlutann, sem hafa dalað í þrýstingi og eru ónýtanlegar inn á háprýstiprepið. Í töflu 1 í lok aðaltexta er tekið saman yfirlit yfir allar holur í Kröflu frá því að þeim var hleypt í blástur. Tekið er saman heildarrennsli, gufa við 7 bar-a og 2 bar-a skiljuþrýsting miðað við tiltekinn toppþrýsting. Þar koma skýrt fram þær meginbreytingar í rennsli holanna. Heildarrennslið minnkar við það að holurnar sjóða sig út í bergið og varmainingið vökvans hækkar, við það eykst gufuhlutinn. Þetta getur bæði verið jákvæð og neikvæð þróun. Í þessu tilfalli getur þetta verið nokkuð varhugavert vegna rennslistregðu í jarðhitageyminum og því ástæða til að fylgast náið með.

Í greinargerð þessari er sett fram áætlun um gufuöflun á næstu árum fyrir virkjunina og helst það í hendur við samningsgerð milli Landsvirkjunar og Jarðborana h.f. um leigu á jarðbornum Dofra (Gufubor) til næstu 5 ára. Borinn mun verða staðsettur í Kröflu þennan tíma. Samningurinn þýðir nokkra lækkun á borkostnaði og munar þar mestu um lækkun á borleigu og flutningskostnaði þegar til lengri tíma er lítið.

## 2. KVIKUVIRKNI OG FORSENDUR FREKARI GUFUÖFLUNAR

Undanfarin ár hefur verið fylgst náið með jarðhitasvæðinu við Kröflu. Hreyfingar á landi hafa verið kortlagðar, breytingar á styrk uppleystra efna í gufuaugum og borholum hafa verið mældar og fylgst hefur verið með hita, þrýstingi og afli borhola. Allar athuganir hníga í sömu átt þ.e. að jarðhitasvæðið sé að ná sér eftir áralanga umhleyplinga. Ekki varð vart við neinar hita- og þrýstibreytingar í jarðhitakerfinu í tengslum við eldsumbrotin að undanskildum efrihluta Leirbotnasvæðisins. Þar hefur komið inn þrýstipúls í eldsumbrotum, sem hefur síðan dáið út á um það bil tveimur vikum. Það sem olli hins vegar mestum skaða í jarðhitakerfinu yfir umbrotatímamann voru kvikugös, sem "menguðu" jarðhitavökvann í Leirbotnum. Hámarkið var á tímabilinu 1976-78 á sama tíma og skjálftavirknin var í hámarki. Síðan hafa kvikugösin verið á undanhaldi úr jarðhitavökvanum og eru þau að heita má horfin.

Vegna þeirra miklu áhrifa, sem eldsumbrotin á Kröflusvæðinu hafa haft á jarðhitakerfið, er sérstök ástæða til að fara um það nokkrum orðum hvers eðlis þessi vandamál hafa verið. Ennfremur hvaða rökstuðningur liggja á bak við það, að jarðhitakerfið sé orðið vinnsluhæft á ný.

Höfuðmeinið var innrás kvikugasa inn í jarðhitakerfið á umbrotaárunum 1976-1978. Á þessum árum var fylgst náið með öllum breytingum, sem merkjanlegar voru svo sem á landhæð, víkkun og samþjöppun sprungna, skjálftavirkni, gasstyrkur í borholum og gufuaugum.

Út frá dreifingu skjálftabylgnja í jörðinni fannst kvikuhólf á 3-8 km dýpi undir Kröfluöskjunni. Inn í það streymdi kvika og á meðan hækkaði land á Kröflusvæðinu og var miðja landhækkunarinnar við Leirhnjúk. Þegar ákveðnum þrýstingi var náð í kvikuhólfinu gaf jarðskorpan eftir, þar sem hún var veikust fyrir, og kvika streymdi út úr hólfinu (kvikuhlaup). Við það seig land á fáeinum klukkustundum og landhækkun byrjaði síðan í beinu framhaldi þar til að næsta sigi kom. Skjálftavirkni var í hámarki á árunum 1975-1977. Á þeim tíma hafa kvikugösin átt greiðasta leið inn í jarðhitakerfið. Á þessum árum náði lítill hluti af kvikunni til yfirborðs. Þess í stað flæddi hún um sprungur neðanjarðar og myndaði innskot. Frá og með

1980 urðu þáttaskil í hegðun kvikuvirkinnar. Í stað þess að storkna neðanjarðar streymdi kvikan til yfirborðs og dreifði þar úr sér og myndaði hraunbreiður. Eins og gefur að skilja leituðu kvikugösin upp með kvikunni og út í andrúmsloftið, í stað þess að leggja leið sína inn í jarðhitakerfið. Frá þeim tíma hefur lítið orðið vart við aukinn gasstyrk á athugunarsvæðunum, þó að eldar loguðu á gossprungunum.

Í upphafi eldsumbrotanna komu einnig skýrar gasbreytingar fram í borholunum t.d. 100-1000 faldaðist styrkur gastegundarinnar CO<sub>2</sub> í holu KG-3 fyrri part vetrar 1976. Þessi mikla breyting í efnasamsetningu jarðhitavökvans í borholum orsakaði útfellingar járns og brennisteinssambanda, sem ekki voru áður þekkt í jarðhitavinnslu hér á landi. Útfellingar í holum eða við holuveggina drógu mjög úr afköstum hola á stuttum tíma. Til dæmis stíflaðist hola KG-10 á nokkrum vikum og aðrar holur eins og KJ-7 og KJ-11 minnkuðu verulega í afli á fáeinum mánuðum. Einnig komu upp tæringarvandamál. Boranir lögðust að mestu niður og var aðeins ein hola boruð á tímabilinu 1977-1979. Aftur á móti var aukið verulega við yfirborðsrannsóknir og m.a. var efnasamsetning gufu úr gufuaugum könnuð á öllu Kröflusvæðinu. Gasstyrkur í gufu var mældur og hlutfall gastegunda var og er notað til að meta áhrif kvikuvirkinnar. Meginniðurstöður leiddu í ljós að í Suðurhlíðunum og í Hvíthólum voru ekki merkjanlega áhrif kvikugasa. Það staðfestist síðar með borunum. Á árunum 1984-85 voru þessar athuganir endurtekna og hefur þeim síðan verið fylgt eftir árlega með eftirliti á völdum gufuaugum. Niðurstöður gefa til kynna að kvikuvirkni hefur dvínað verulega og er nánast horfin á Leirbotnasvæði. Radon sýnir einnig hliðstæðar breytingar eins og fram kemur í töflu 2. Þar koma fram greinilegar breytingar milli ára í Hveragili, við Víti og í Leirhnjúk vegna kvikuvirkni. Í Suðurhlíðum eru frekar há gildi sem stafa af tregri vatnsleiðni og hefur þar ekki orðið vart við kvikumengun frekar en í Auga við veg.

Tafla 2. Radonstyrkur í gufu gufuaugna á Kröflusvæðinu.

Gufuauga nr.	Svæði	Rn dpm/kg gufa x 10 <sup>-3</sup>		
		1979	1984	1985
G-1	Víti	69.2	32.5	
G-12	Víti	114	52.5	30.6
G-3	Hveragil	252	47.3	43.8
G-4	Hveragil	106	41.5	
G-7	Hveragil	245	54.8	
G-6	Auga v/Veg	75.3	79.2	81.5
G-5	Suðurhlíðar	108	110	
G-8	Suðurhlíðar	131	135	
G-9	Suðurhlíðar	146	139	
G-19	Leirhnjúkur	114		46.2

Í ljósi þeirra gagna sem liggja fyrir um umbrotasögu Kröfluelda er nokkuð skýrt, að jarðhitasvæðið varð fyrir mestum áhrifum af kvikugösum fyrstu 3-5 árin eftir að umbrotin hófust. Á þeim tíma braut kvikan sér sjaldnast leið til yfirborðs í kvikuhlaupum, en storknaði þess í stað sem innskot neðanjarðar. Kvikuvirkni var þá í hámarki í jarðhitakerfinu. Frá og með 1980 hefur kvikan leitað upp til yfirborðs og styrkur kvikugasa í jarðhitakerfinu dvínað. Breytingarnar í hegðun kvikuhlaupa mörkuðu því þáttaskil hvað varðar vinnsluhæfni jarðgufunnar. Svæði eins og Leirbotnasvæðið er komið aftur inn í myndina sem vinnslusvæði, en upphaflegar áætlanir um virkjunina gerðu ráð fyrir að Leirbotnasvæðið eitt sér mundi

standa undir gufuvinnslu fyrir uppsett afl virkjunarinnar. Líklegt má telja að gosvirkni sé enn fyrir hendi á Kröflusvæðinu, en ólíklegt er að jarðhitavökvanum stafi mikil hætta af henni. Frekar þarf að hafa í huga mögulegar rennislísiðir kviku á yfirborði frá Leirhnjúkssprungunni, sem getur valdið tjóni á yfirborðsmannvirkjum.

Í inngangi voru eldri tillögur Orkustofnunar um gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun reifaðar. Í meginatriðum eru þær óbreyttar. Það sem nú þarf að leggja útfrá eru hugmyndir um vinnumagn á ári og þá um leið hvað teljist vera viðunandi árangur til að halda áfram framkvæmdum. Samhliða borunum eða áður en boranir eftir viðbótargufu hefjast er æskilegt að skoða vatnsbúskap Leirbotna- og Suðurhlíðasvæðisins útfrá fyrirbyggjandi vinnslusögu og vinnsluspám frá árinu 1982. Í því ljósi ber einnig að gera vinnsluáætlun af Hvíthólasvæðinu, sem tryggir sem hagkvæmasta rekstur þess á komandi árum. Spár þarf stöðugt að endurskoða og betrubæta útfrá viðbótar upplýsingum. Mjög mikilvægt er að vinnslusaga og vinnsluspár haldist í hendur. Þannig má koma í veg fyrir boranir í fullnýtt svæði og beina þeim á vannýtt svæði.

Óháð uppsetningu vélar 2, þarf að afla viðbótargufu til að fullnægja núverandi gufuþörf. Ef í ljós kemur að vinnslusvæðið í Leirbotnum hefur jafnað sig eftir umbrotin og gæfnin er svipuð því sem koma fram árið 1975, er ekkert því til fyrirstöðu að bora á Efra-Leirbotnasvæðinu eftir viðbótargufu fyrir vél 2.

Gufuþörf fyrir hvora vél um sig er alls 75 kg/s og þar af eru 56 kg/s af háprýstigufu en 19 kg/s af lágprýstigufu. Til að koma Kröfluvirkjun í full afköst á næstu 5 árum þarf að bora að minnsta kosti tvær holur á ári næstu 5 árin. Þá er gert ráð fyrir meðalafköstum hola um 8 kg/s af háprýstigufu. Af þeim holum sem nú eru í notkun og uppfylla lágmarksskilyrði eru: KJ-14, KJ-19, (KJ-20) og KJ-21, allar utan áhrifa umbrotasvæðisins.

### 3. TILLÖGUR UM GUFUÖFLUN

Við áætlun sem þessa þarf að skilgreina verkefnið til hlítar. Meginmarkmiðið er að gera holustaðsetningar eins markvissar og kostur er á með núverandi þekkingu og tækni. Ekki er skynsamlegt að fara of geyst af stað heldur þarf fyrst að kanna vinnsluhæfni jarðhitavökvans á væntanlegum vinnslusvæðum og skipta um leið verkþáttum niður með tilliti til tíma þ.e. hvað er hægt að vinna útfrá núverandi þekkingu og hvaða athugunum þarf að bæta við til þess að geta haldið áfram gufuöflun. Tillögur um fyrstu verkár eru sem hér segir:

#### 1. VERKÁR

- **Halla og stefnumæla holu KG-10.**
- **Bora 2000-2200 m holu á efra Leirbotnasvæðinu hjá holu KG-10.**
- **Hreinsa holu KJ-13.**
- **Jarðeðlisfræðilegar mælingar á yfirborði.**
- **Mælingar á gasstyrk í gufuaugum.**

Hallamælingu á holu KG-10 má framkvæma á tiltölulega einfaldan og ódýran hátt með tækjum Orkustofnunar. Ef í ljós kemur að halli holunnar er um eða yfir 6° er nauðsynlegt að stefnumæla hana. Stefnumæling segir til um hvernig holan liggur í landi og þá hvar botn er miðað við holutopp. Ef reyna á að bora holu sem líkasta holu KG-10 þurfa upplýsingar um holu KG-10 að vera eins góðar og kostur er á.

Með borun á efra Leirbotnasvæðinu fæst svar við því hvort svæðið er orðið vinnsluhæft að nýju. Reynist jarðhitavökvinn vinnsluhæfur opnast væntanlega víðlent vinnslusvæði til norðurs og austurs frá holum KG-4 og KG-10.

Hreinsun holu KJ-13 getur gefið upplýsingar um vinnsluhæfni vökvans úr Hveragilssprungunni. Prengingar eru í holunni á um 1000 m dýpi, og ef í ljós kemur að útfelling er að stífla holuna þar, þarf að gera blástursprófanir á henni í framhaldi af hreinsuninni. Ef niðurstöður reynast jákvæðar þá þýðir það að auka megi vinnslu úr sjálfu Hveragilinu með því að bora skáholur í gegnum sprunguna. Aftur á móti er hugsanlegt að leiðari holunnar sé skemmdur og gæti þurft að bora nýja holu eða endurvinna gamla holu til að fá úr því skorið hvort Hveragilið sé vinnsluhæft og þar af leiðandi vænlegt til að bora í.

Með jarðeðlisfræðilegum yfirborðsmælingum, í þessu tilfelli viðnámsmælingum, má afmarka nánar útlínur borsvæðis í Vítismóum og næsta nágrenni.

Mælingar á gasstyrk í gufuaugum eru framhald á þeim mælingum sem gerðar hafa verið undanfarin ár og notaðar til að meta vinnsluhæfni jarðhitavökvans hverju sinni.

Kostnaður við 1. verkár er sem hér segir:

Verkefni	kostnaður í þús. króna
Halla- og stefnumæling	300-400
Borun 2000 m djúprar holu	32.100
Þjónusta OS við borunina	
ásamt úrvinnslu	6.500
Hreinsun á holu KJ-13	2.300
Þjónusta OS við hreinsunina	500
Yfirborðsmælingar með úrvinnslu	6.300
Mælingar á gasstyrk úr gufuaugum	450
Samtals	48.550

Nánari sundurliðun á kostnaði við einstaka verkþætti er sýnd í viðauka 1.

Nauðsynlegt er að hafa rúman tíma til að vinna úr gögnum frá 1. verkári. Hentugast væri því að ljúka framkvæmdum seinni part sumars og gera síðan nauðsynlegar prófanir á holum um haustið og fram á vetur. Með því fæst marktæk niðurstaða á vinnsluhæfni holanna áður en undirbúningur fyrir næsta verkár hefst. Úrvinnsla viðnámsmælinga (Kínámælinga) er tímafrek og veitir ekkert af vetrinum til þess að fást við hana. Niðurstöður úr mælingum á gasstyrk úr gufuaugum liggja hins vegar strax fyrir.

Þegar niðurstöður 1. verkárs liggja fyrir má gera verkáætlun til fleiri ára. Hér á eftir verða taldir upp þeir möguleikar, sem til greina koma og byggja á núverandi þekkingu. Þeir eru aðeins háðir niðurstöðum úr endurskoðuðum líkanreikningum og vinnsluspám, en ekki viðbótar yfirborðsmælingum.

- Endurbora holu KJ-3A, sem ekki er vinnsluhæf, þ.e. nota efri hluta hennar, sem er rúmlega 300 m djúp öryggisfóðring, og skáboru í sömu sprungu og hola KJ-9 sker á 1220 m dýpi. Æskilegt væri að skera sprunguna nokkuð neðar eða á 1500-1600 m dýpi. Árið 1982 var hola KJ-9 halla- og stefnumæld og kom þá í ljós að holunni hallaði til SV og var mesti halli niður við botn um 24°. Þar með kom skýringin á því hvað hún var frábrugðin nærliggjandi holum hvað afl og afköst varðaði.

- Endurvinnna holu KG-12 með því að skábora út úr henni með stefnu á Hveragilið. Við áætlunargerð væri rétt að hafa endurvinnslu holu KJ-13 til hliðsjónar, þar sem verkið er mjög sambærilegt við þá aðgerð.
- Endurvinnna holu KJ-15 með því að skábora út úr henni með stefnu þvert á Hveragilið. Við áætlunargerð er rétt að hafa endurvinnslu holu KJ-13 til hliðsjónar, enda sambærilegt verk.
- Bora 1200 m djúpa holu á stallinum í brekkunni ofan við "Auga við veg". Holan mundi verða boruð á sambærilegan hátt og hola KJ-21, þ.e. borað yrði fyrir 13 3/8" fóðringu niður á 300 m dýpi, síðan með 12 1/4" krónu niður á um 1200 m dýpi og fóðrað með 7" raufluðum leiðara. Þá yrði kannað hvort holan er vinnsluhæf við þessar aðstæður. Ef ekki þá má taka úr henni leiðarann og setja í hana 9 5/8" vinnslufóðringu og dýpka holuna síðar eins og ástæða þykir til. Meginforsendur eru að gashitamælar gefa til kynna svipaðan hita (um 260°C) og á Hvíthólum og hitasvæði teygir sig til yfirborðs á stallinum. Ekki hafa mælst kvikuáhrif í nærliggjandi gufuauga, sem þekkt er undir nafninu Auga við veg.
- Í Suðurhlíðum er tilbúið borplan og höggborshola fáeina metra frá holu KJ-19. Til stóð að bora holuna inn í vesturhlíðar Kröflu og er engin breyting þar á. Ávinningurinn með því að skábora út frá sama plani og hola KJ-19 stendur á var fyrst og fremst sparnaður við gufulagnir á yfirborði.
- Ef niðurstöður á endurskoðun líkansreikninga og vinnsluspáa á Suðurhlíðasvæðinu gefa til kynna að auka megi við massatöku úr svæðinu, kemur vel til greina að staðsetja holu í Grænagili.

Hér á undan hafa verið nefndir 6 möguleikar á staðsetningu hola út frá núverandi þekkingu. Þar af eru 4 holur, sem lagt er til að skábora og af þeim fjórum eru 3 endurunnar.

Við áætlanagerð næstu ára er rétt að fara ekki of geyst í boranir á Efra-Leirbotnasvæði jafnvel þótt niðurstöður borunar við holu KG-10 verði lofandi. Taka verður mið af niðurstöðum yfirborðsmælinga um stærð væntanlegs vinnslusvæðis. Einnig kæmi til greina að bora fleiri vinnsluholur á Neðra-Leirbotnasvæðinu og hugsanlega í Suðurhlíðum eins og kemur fram hér að ofan. Ef niðurstöður halla- og stefnumælinga í KG-10 gefa suðlægan halla, þá opnast sá möguleiki, að bora holur svipaða holu KG-10 á borsvæðinu í nágrenni holu KJ-11.

Annað verkár byggir á niðurstöðum úr athugunum á öllum verkþáttum 1. verkárs. Ekki er hægt að fullyrða neitt um hver framkvæmdahraðinn verður. Því er hér fyrst og fremst tekið mið af því, að Kröfluvirkjun hefur gert leigusamning við Jarðboranir h.f. til næstu 5 ára um jarðborinn Dofra. Valdar eru tvær leiðir til þess að auka gufumagn fyrir virkjunina. Meginmunurinn felst í framkvæmdahraða. Leið 1 miðast við að koma virkjuninni upp í 60 MW afköst á 5 árum, að því tilskildu að meðalafköst hola verði ekki undir 8 kg/s af háþrýstigufu. Leið 2 er hægfara leið til gufuöflunar og gerir ekki ráð fyrir að ákvörðun um vél 2 þurfi að liggja fyrir fyrr en eftir 4-5 ár og er þá einnig haft í huga að niðurstöður frá 1. verkári hafi ekki gefið neina ástæðu til séstakrar bjartsýni varðandi frekari gufuöflun. Hér á eftir er gerð grein fyrir árlegu verkmagni vegna gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun næstu 5 árin ásamt áætlunum kostnaði miðað við verðlag í júlí 1988 og samning Landsvirkjunar og Jarðborana h.f. Áætlunin er sýnd á mynd 1.

## **2. VERKÁR (leið 1).**

- Bora eina holu á Efra-Leirbotnasvæði (32.100 þúsund króna).
- Bora eina holu á Neðra-Leirbotnasvæði (32.100 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (10.600 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleypingu og blástur hola ásamt úrvinnslu (2.600 þúsund).
- Endurskoða líkanreikninga og vinnsluspár vinnslusvæða Kröfluvirkjunar (765 þúsund króna).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 78.165 ÞÚSUND KRÓNUR.**

Ef hægfara leiðin verður valin þá er áætlunin sem hér segir.

## **2. VERKÁR (leið 2)**

- Bora eina holu á Neðra-Leirbotnasvæði (32.100 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (5.300 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleypingu og blástur holu (1.300 þúsund króna).
- Endurskoða líkanreikninga og vinnsluspár vinnslusvæða Kröfluvirkjunar (765 þúsund krónur).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 39.465 ÞÚSUND KRÓNUR.**

Ef niðurstöður úr endurskoðun á vinnsluspám gefa til kynna að auka megi vinnslu úr tilteknum svæðum þá er rétt að bregðast við því á þann hátt að staðsetja holur í samræmi við það.

## **3. VERKÁR (leið 1).**

- Bora eina holu á Efra-Leirbotnasvæðinu (32.100 þúsund krónur).
- Bora eina holu á Neðra-Leirbotnasvæði eða í Suðurhlíðum (32.100 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (10.600 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleypingu og blástur hola ásamt úrvinnslu (2.600 þúsund krónur).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 77.400 ÞÚSUND KRÓNUR.**

Ef hægfara leiðin verður valin þá er áætlunin sem hér segir.

### **3. VERKÁR (leið 2).**

- Bora eina holu á Neðra-Leirbotnasvæðinu (32.100 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (5.300 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphleypingu, upphitun og blástur holu ásamt úrvinnslu (1.300 þúsund króna).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 38.700 ÞÚSUND KRÓNUR.**

Þegar hér er komið sögu má telja fullvíst að fullnægjandi upplýsingar hafi fengist um það hvort jarðhitasvæðið við Kröflu stendur undir 60 MW raforkuframleiðsalu óháð því hvor framkvæmdaleiðin hafi verið valin. Ef gengið er útfrá því að framkvæmdir haldi áfram samkvæmt leið 1 þá er líklegt að minnka megi kostnað við þjónustu Orkustofnunar sem nemur um 1 milljón króna á holu. Þar er fyrst og fremst um að ræða samdrátt í úrvinnslu enda gert ráð fyrir að holur verði staðsettar inni á svæðum með vel þekktu eiginleika.

### **4. VERKÁR (leið 1).**

- Bora tvær holur í Leirbotna eða Suðurhlíðar (64.200 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnslu gagna (8.600 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleypingu og blástur hola ásamt úrvinnslu (2.600 þúsund króna).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 75.400 ÞÚSUND KRÓNUR.**

### **4. VERKÁR (leið 2)**

- Bora eina holu í Leirbotna eða Suðurhlíðar (32.100 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk (5.300 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleypingu og blástur holu ásamt úrvinnslu (1.300 þúsund króna).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 38.700 ÞÚSUND KRÓNUR.**

### **5. VERKÁR (leið 1)**

- Bora tvær holur í Leirbotnasvæðið (64.200 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (8.600 þúsund króna).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun upphleypingu og blástur hola ásamt úrvinnslu (2.600 þúsund króna).

**HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 75.400 ÞÚSUND KRÓNUR.**



## 5. VERKÁR (leið 2).

- Bora eina holu í Leirbotnasvæðið (32.100 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við borverk og úrvinnsla gagna (5.300 þúsund krónur).
- Þjónusta Orkustofnunar við upphitun, upphleyplingu og blástur holu ásamt úrvinnslu (1.300 þúsund króna).

## HEILDARKOSTNAÐUR ER ÁÆTLAÐUR 38.700 ÞÚSUND KRÓNUR.

Áætlunin miðast við borun beinnar holu í tvö þúsund metra dýpi og að verkið taki 45 verkdaga. Ekki hefur verið tekið tillit til þess í kostnaðartölum hér að framan hvort holur verða stefnuboraðar eða eldri holur endurunnar. Endurvinnsla eldri hola felur í sér lækun á borverki sem nemur efnis- og borkostnaði við borun, fódrun og steypingar á efstu 800-1000 metrunum ásamt því að nýta borkjallara og borplan. Líklega er borkostnaður ofáætlaður miðað við gefnar forsendur, en þar á móti kemur að undirbúningsvinna svo sem við borplön og kjallara er ekki inni í áætluninni.

Í töflu 3 er yfirlit yfir áætlaðan kostnað við gufuöflun í Kröflu á næstu 5 árum.

Tafla 3. *Kostnaður við gufuöflun á næstu 5 árum.*

Verkár	Leið 1 þús. kr.	Leið 2 þús. kr.
1. Verkár	48.550	48.550
2. - " -	78.165	39.465
3. - " -	77.400	38.700
4. - " -	75.400	38.700
5. - " -	75.400	38.700
Samtals	354.915	204.115

Á mynd 2 er sýnt hvenær viðbótargufa, miðað við leið 1, er tiltæk inn á gufuveitu virkjunarinnar.

## 4. EFTIRLIT

Eftirliti við Kröfluvirkjun má skipta upp í tvo meginþætti. Annars vegar svæðiseftirlit og hins vegar rekstrareftirlit. Hér verður aðallega fjallað um rekstrareftirlitið, umfang þess og hvernig því verður best háttað. Svæðiseftirlit er miklu víðtækara en rekstrareftirlitið og nær það yfir allt umbrotasvæðið frá Bláfelli norður í Kelduverfi. Eðlilegt er að skipta því niður á fleiri aðila en Kröfluvirkjun og má þar nefna Almannavarnir ríkisins, viðkomandi sveitarfélög og svo ýmsar stofnanir eins og Orkustofnun, Raunvísindastofnun Háskólans og Norrænu Eldfjallastöðina.

### 4.1 Rekstrareftirlit

Eftirlit með jarðhitasvæðum í vinnslu er í grundvallaratriðum sambærilegt við vatnafræðirannsóknir fyrir vatnsaflsvirkjanir. Verið er að fylgjast með orkuforðanum í viðkomandi svæði. Reynt er að meta útfrá óbeinum mælingum aðstreymi inn í

jarðhitasvæðið, hvaðan meginstraumarnir koma og í beinu framhaldi af því hversu mikinn massa má taka úr svæðinu í einhvern tiltekinn tíma án þess að eiginleikar þess breytist til hins verra. Ekki er hægt að beita beinum mælingum á innsteymi í svæðið, en þess í stað er útbúið reiknilíkan fyrir það og reynt að líkja sem best eftir aðstæðum í jarðhitageyminum.

Rekstrareftirlit felst í eftirfarandi: Reglubundnar mælingar á aflí vinnsluhola, hita- og þrýstimælingar í borholum, efnafræðilegar mælingar á holuvökvanum og skráning ýmissa gagna um vinnslu jarðhitans. Markmiðið er að mæla hver áhrif vinnsla úr jarðhitakerfinu hefur á eiginleika þess og spá fyrir um framtíðarhegðun. Grundvallarstærðir í þessu sambandi eru: *Niðurdráttur (þrýstilækkun) og hitabreytingar (kæling) í jarðhitakerfinu, suða(vatn/gufa í bergi), afldvínun borhola og efnafræðilegar breytingar holuvökva (gasmagn og uppleyst efni).*

Eftirlitið má flokka niður í fjóra aðalflokka:

1. Aflmælingar á borholum.
2. Athuganir á efnainnihaldi holuvökva.
3. Mælingar á hita og þrýstingi.
4. Gagnaskráning vegna vinnslu.

Sumar af ofangreindum athugunum þarfnast sérþekkingar og sérhæfðra tækja og verður að meta hvort ástæða sé til þess að virkjunin fjárfesti í slíku eða kaupi þjónustu annars staðar frá. Margar leiðir er hægt að velja varðandi rekstrareftirlitið. Hér á eftir eru þær leiðir sem koma til greina.

1. Allt eftirlitsstarf og mælingar verði unnar af starfsmönnum virkjunarinnar.
2. Allt almennt eftirlitsstarf verði unnið af starfsmönnum virkjunarinnar, en annað verði aðkeypt.
3. Kaupa af öðrum aðila alla þjónustu við eftirlitsstörf og eftirlitsráðgjöf.

Nú er eftirlitið bæði í höndum starfsmanna virkjunarinnar og ýmissa ráðgjafa. Starfsmenn hafa séð um að aflmæla holurnar og ennfremur eru holur alltaf aflmældar um leið og efnasýni eru tekin. Síðastliðin tvö ár hafa starfsmenn Kröfluvirkjunar tekið mun virkari þátt í eftirlitsmælingum og taka þeir nú sýni af holuvökvanum og greina helstu efni sem hægt er án mikillar tækjavæðingar, en aðrar efnagreiningar eru aðkeyptar. Orkustofnun framkvæmir hita- og þrýstimælingar auk þess að sjá um gerð reiknilíkana og vinnsluspár af jarðhitasvæðunum.

Ef virkjunin verður stækkuð upp í 60 MW liggur einna beinast við að ráðinn verði sérstakur starfsmaður til að halda utan um eftirlitsrannsóknir. Ef enginn starfsmaður verður ráðinn er skynsamlegt fyrir Kröfluvirkjun að fá sérstakan ráðgjafa um nýtingu svæðisins og eftirlitið með jarðhitakerfinu. Sá hinn sami kemur til með að ákveða í samráði við stjórnendur Kröfluvirkjunar tíðni hinna ýmsu mælinga og þá um leið hvers konar mælingar séu nauðsynlegar. Orkustofnun hefur sinnt þessu ráðgjafarhlutverki undanfarin ár enda er það í hæsta máta eðlilegt þegar hlutverk hennar er haft í huga og litið er til þeirrar reynslu sem hún hefur aflað undanfarna áratugi. Það er ekki þar með sagt að Orkustofnun sé sjálfskipuð til að sinna eftirliti eins og um hefur verið rætt í Kröflu.

Fram að áramótum 1987/88 hefur Orkustofnun séð um að halda saman öllum gögnum sem hafa fallið til við gufuöflun og rekstur jarðhitasvæða virkjunarinnar. Í því sambandi var lagt út í nokkuð umfangsmikla vinnu við flokkun gagnanna og koma þeim á aðgengilegt form fyrir þá

aðila sem mest þurfa á þeim að halda. Útbúnar voru svonefndar holumöppur þar sem reynt er að halda saman öllum upplýsingum sem máli skipta fyrir rekstur Kröfluhola.

## 4.2 Aflmælingar í borholum

Frá því að borhola fer að blása hefur verið fastur liður að fylgjast með afköstum hennar eins oft og kostur er. Mestu máli skiptir að mæla sem oftast fyrsta árið en draga má úr fjölda mælinga þegar holan hefur náð ákveðnu jafnvægi. Í sumum tilfellum getur það tekið holur mörg ár að komast í jafnvægisástand og er það þá mat virkjunaraðila hver tíðni mælinga á að vera. Mikilvægt er að mæla aflferla hola strax á fyrsta blástursári með því að mæla afköst holu við mismunandi toppþrýsting. Síðan er rétt að endurtaka aflferilsmælingarnar á nokkurra ára fresti. Á þann hátt sést best hvernig hagkvæmast er að reka hverja holu.

Á stöðum eins og í Kröflu, þar sem orkuverið er komið í rekstur, er ágæt regla að mæla virkjanlegar holur þegar þær eru teknar út af veitu svo og þegar þær eru settar inn á ný. Ennfremur hefur verið fastur liður að aflmæla holur þegar sýni eru tekin af holuvökva. Aðstaða til aflmælinga er mjög mismunandi milli svæða. Í Kröflu er frágangur við holutopp á þann veg að auðvelt er að framkvæma slíkar mælingar. Þar af leiðandi liggja fyrir nokkuð góð gögn um aflsögu holanna.

Kostnaður við aflmælingar er að jafnaði lítill.

## 4.3 Athuganir á efnainnihaldi holuvökva

Athuganir á borholuvökva eru nokkuð margþættar og má til einföldunar flokka þær niður í tvo meginþætti:

- Vinnslugæði gufunnar
- Breytingar á efnainnihaldi vökvans í jarðhitakerfinu.

Fyrri atriðið er beint rekstrarlegs eðlis og er það eftirlit með gæðum gufunnar sem fer inn á vél. Fyrst er það kannað með því að taka sýni við holutopp og mæla styrk uppleystra efna og gasstyrk. Niðurstöður mælinganna gefa til kynna hvort vökvinn sé á einhvern hátt varasamur til notkunar beint frá holu inn á veitu, og um leið hvað beri að varast og hvernig hátt skuli rekstri viðkomandi hola eins og t.d. vegna útfellingahættu. Í framhaldi af því eru tekin sýni á veitunni til að fylgjast með hreinleika gufunnar.

Seinna atriðið er að fylgjast sem best með breytingum í jarðhitakerfinu. Styrkur uppleystra efna í jarðhitavökvanum gefur nokkuð góðar hugmyndir um hitastig hans, og koma breytingar vegna kólnunar yfirleitt fyrir fram í efnahita en mældum hita. Áhrif frá kviku hafa komið skýrt fram t.d. í aukningu á gasi og breytingar á hlutföllum milli gastegunda sem hafa verið notuð til þess að fylgjast með kvikuáhrifum. Önnur efnahlutföll hafa verið notuð til að meta tengsl borhola við uppstreymisrásir og streymisleiðir jarðhitavökvans innan svæðisins. Ennfremur hafa samsætumælingar (súrefnis- og vetnissamsætur) verið notaðar til að segja til um uppruna jarðhitavökvans.

Umfang slíkra mælinga verður að meta hverju sinni útfrá stöðugleika svæðisins, sem nýtt er. Í Kröflu hefur verið fylgst náið með borholum og náttúrulegu útstreymi vegna þess ástands, er þar ríkir. Allar holur í Kröflu eru 5 ára eða eldri og því liggur fyrir all mikið safn af upplýsingum um þær. Nokkur stöðugleiki hefur komið fram í efnainnihaldi vökvans frá því upp úr 1980 og á þeim tíma hefur mikið verið dregið úr sýnatöku, og er tíðni sýnatöku í Kröflu nú svipuð og á flestum jarðhitasvæðum í vinnslu í héraendis og erlendis (1-2 sýni árlega úr hverri vinnsluholu). Gefa má holum vægi eftir mikilvægi fyrir orkuverið. Einnig er rétt að

velja út ákveðnar holur sem eftirlitsholur innan ákveðinna svæða. Út frá því er tillagan sem kemur fram hér í töflu 4 miðuð.

Tafla 4. Tillaga um árlega sýnatöku úr borholum í Kröflu.

Hola	Heilsýni	Samsætusýni	Radon
KJ-7	1	-	-
KJ-9	1	1	1
KJ-11	1	-	-
KG-12	1	1	1
KJ-13	1	1	1
KJ-14	2	1	1
KJ-15	1	-	1
KJ-17	1	1	-
KJ-19	2	-	-
KJ-20	1	-	1
KJ-21	2	1	1
KJ-22	1	-	-

Alls er um að ræða 15 heilsýni, 6 samsætagreiningar og 7 radongreiningar. Hér er um að ræða lágmarkssýnatöku úr borholum vegna reksturs og eftirlits af virkjunarinnar hálfu. Auk þessa er eðlilegt að fylgjast með gasstyrk vökva úr gasríkum holum og þarf að feta sig áfram þar varðandi tíðni mælinga.

#### 4.4 Mælingar á hita og þrýstingi í borholum

Þær grundvallarstærðir sem mældar eru á þennan hátt eru niðurdráttur og hitabreytingar í jarðhitasvæðinu vegna vinnslu þess.

Á meðan hola er að hitna upp eftir borun er fylgst með hita og þrýstingi frá toppi í botn. Ennfremur er haldið áfram að mæla holurnar eftir að þær komast í blástur. Í fyrstu eru mælingar tíðar en síðan dregur verulega úr. Það er háð eðliseiginleikum hvernar holu hvaða mælingar eru gerðar í þeim og þá hvenær. Gufurík hola, sem sýður út í berg getur verið lengi að ná jafnvægi við umhverfið eftir vinnslu. Þar af leiðandi getur hún þurft standa óhreyfð í mánuð eða mánuði áður en hægt er að ná marktækri mælingu á hita eða þrýstingi. Vatnsríkar holur eru aftur á móti fljótari að ná jafnvægi við umhverfi sitt og er þá verið að tala um dag eða daga. Í Kröflu eru nokkrar holur sem eru ekki notaðar við orkuframleiðslu og hafa þær verið notaðar sem mælingaholur til þess að fylgjast með orkuforða svæðisins.

Hita- og þrýstimælingum má skipta í tvo meginþætti þ.e:

- Mælingar á eiginleikum einstakra borhola.
- Mælingar á svæðiseiginleikum

Þær síðarnefndu eru viðhafðar til að fylgjast með breytingu á vinnslusvæðum virkjunarinnar, en þær fyrrnefndu eru frekar athuganir á holum að mestu áður en þær eru tengdar inn á veitu. Tillaga um eftirlitsholur í Kröflu næstu árin er sýnd í töflu 5.

Tafla 5. Hita- og þrýstímælingar í borholum.

Hola Nr.	Dýpi (m)	Hiti (m)	Þrýstingur (m)	Vatnsborð	Mældir metrar
KG-5	1299	1.100	1.100	Já	2.200
KJ-6	2.000	1.200	1.200	Já	2.400
KG-10	2.082	800		Já	800
KJ-16	1981	1.950	1.950		3.900
KJ-18	2215	2.180		Já	2.180
KJ-21	1200	1.200	1.200		2.400
KJ-23	1968	1.940	1.940		3.880
Samtals:					17.760

Hér er um að ræða þær holur sem hafa verið notaðar til eftirlitsmælinga undanfarin ár. Miðað við núverandi ástand Kröfluhola eru þær taldar gefa bestu fánlegar upplýsingar um stöðu jarðhitakerfisins hverju sinni.

Tilfallandi mælingar umfram þetta koma ávalt fram árlega vegna reksturs einstakra borhola (körfumælingar o.fl.), en að fenginni reynslu undanfarinna ára er eðlilegt að gera ráð fyrir um 20.000 mældum metrum árlega.

#### 4.5 Gagnaskráning vegna vinnslu - líkanreikningar

Skráning gagna er mjög mikilvægur þáttur í öllum rekstri og má líkja því við reiknishald fyrirtækja. Lítið mark er takandi á tölum eða gögnum sem ekki eru skráð jafnóðum og þær verða til. Undanfarin ár hefur Kröfluvirkjun lagt ríka áherslu á að öll eftirlitsgögn séu aðgengilegu formi fyrir starfsmenn. Nokkuð gott skipulag er komið á þann þátt. Samt er lengi hægt að bæta. Einna helst vantar útbúnað til þess að fylgjast með massatökunni úr jarðhitakerfinu og hvernig nýting hans er. Um er að ræða eftirlit við skiljustöðvarnar á því hversu mikið fer inn á vélar og hversu miklu affallsvatni er hent.

Nú þegar hafa verið gerðir líkanreikningar fyrir jarðhitasvæðin í Kröflu og vinnsluspár byggðar á þeim. Fyrir Suðurhlíða- og Leirbotnasvæðið voru gerð reiknilíkön 1981-1982 (Böðvarsson o.fl. 1984 a; Böðvarsson o.fl. 1984 b; Böðvarsson o.fl. 1984 c; Pruess o.fl. 1984). Það er orðið tímabært að endurskoða þá spádóma, sem byggðust á þeim líkönum með tilliti til þeirra gagna sem safnast hafa frá þeim tíma. Áætlað er að kostnaður þar við sé á bilinu 700-800 þúsund á verðlagi júlímánuðar 1988.

Á Orkustofnun var gert reiknilíkan og lauslegar vinnsluspár af Hvíthólasvæðinu árið 1987-1988 (Helga Tulinius og Ómar Sigurðsson 1988). Ástæða er til að fullgera þá reikninga og spár eins og þekking gefur tilefni til. Tillaga um framhald og allur kostnaður þar að lútandi koma fram í viðauka 2.

## 5. NIÐURSTÖÐUR

Undanfarin ár hafa niðurstöður athuganna á Kröflusvæðinu bent til þess að kvikumengun í jarðhitakerfi Leirbotnasvæðisins sé að mestu horfin en ekki verður hægt að fá úr því skorið á annan hátt en með borunum hvort jarðhitavökvi Leirbotnasvæðisins sé orðinn vinnsluhæfur. Í því tilefni hefur Landsvirkjun gert samning við Jarðboranir h.f. um leigu á jarðbornum Dofra til næstu 5 ára með það að markmiði að koma Kröfluvirkjun upp í full afköst, sem eru 55-60 MW.

Gert er ráð fyrir tveimur framkvæmdarleiðum og er það mikið háð árangri 1. verkárs hvor verður valin.

Leið 1 gerir ráð fyrir að gufuöflun fyrir vél 2 verði fullnægt á 5 árum. Þó skal tekið fram að ekki er reiknað þar inn í með aflrýrnum á tímabilinu. **Heildarkostnaður við gufuöflun samkvæmt leið 1 er áætlaður kr. 354.915.000.- eða tæpar 355 miljónir króna miðað við verðlag í júlí 1988.**

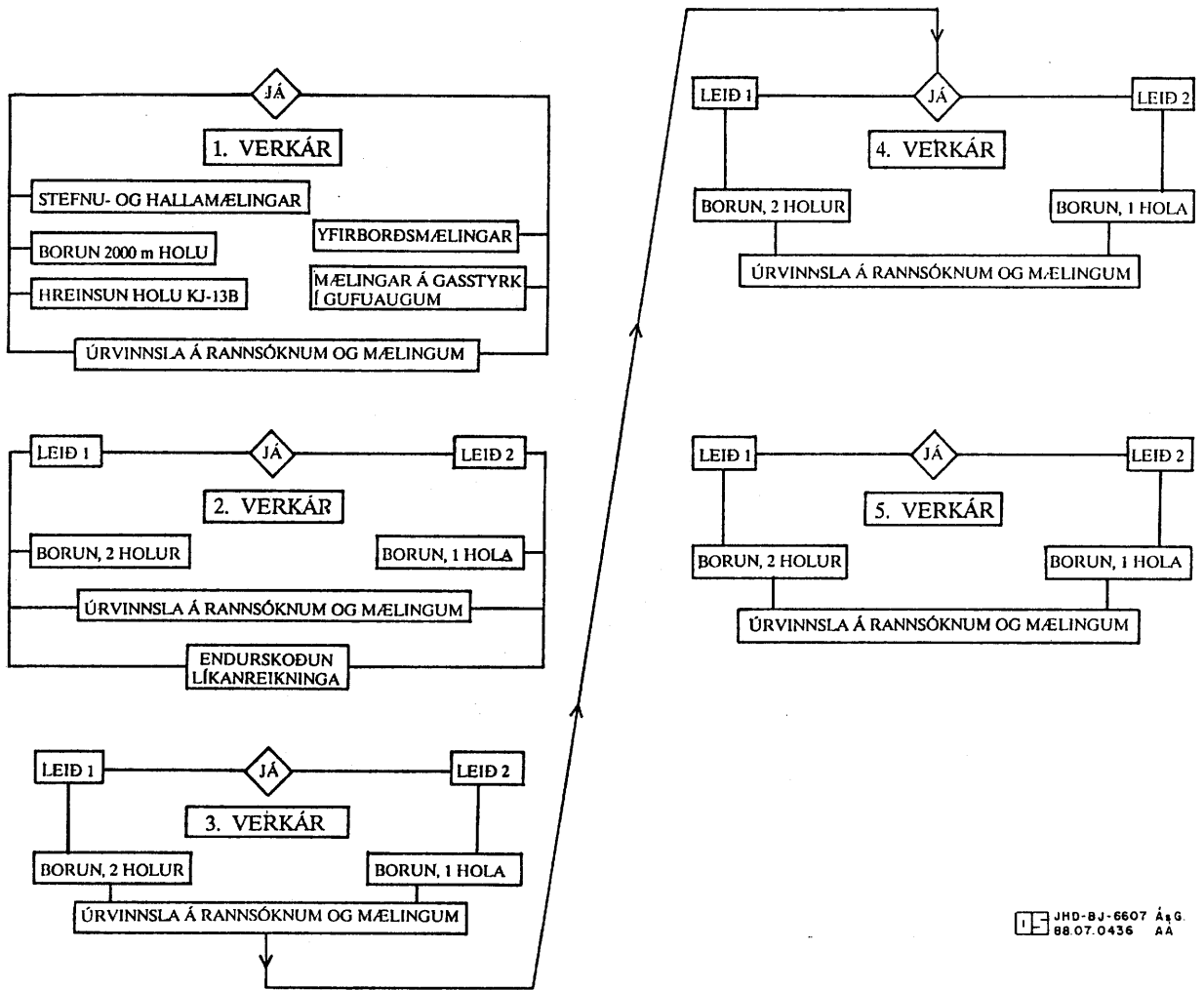
Með leið 2 er gert ráð fyrir hægfara gufuöflun fyrir Kröfluvirkjun, sem getur stafað af erfiðleikum við gufuöflun eða að raforkumarkaðurinn hafni hraðanum með leið 1. **Heildarkostnaður við gufuöflun samkvæmt leið 2 er áætlaður kr. 204.115.000.- eða rúmar 204 miljónir króna miðað við verðlag í júlí 1988.**

Við báðar ofangreindar leiðir er einungis reiknaður kostnaður við gufuöflun, en ekki kostnaður við gufuveitu.

Gert er ráð fyrir að í náinni framtíð verði komið á fastmótuðu eftirliti með massatöku á vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar og jafnframt með því hver viðbrögð svæðanna verða við tiltekinni massatöku. Til þess að eftirlitið verði sem árangursríkast þarf að fylgjast með efnainnihaldi hvarrar vinnsluholu að minnsta kosti einu sinni á ári, mæla hita og þrýsting í ákveðnum eftirlitsholum árlega, aflmæla holur eins oft og kostur er á og eigi sjaldnar en tvisar á ári og geyma öll eftirlitsgögn á aðgengilegu formi. Gögnin verði síðan notuð við líkanreikninga og gerð vinnsluspáa, sem þurfa stöðugar endurskoðunar við vegna nýrra upplýsinga.

## HEIMILDIR

- Ásgrímur Guðmundsson og Einar Tjörvi Elíasson 1985: *Rannsókn og nýting háhita við Kröfluvirkjun*. Ráðstefna haldin að Borgartúni 6, 28. febrúar 1985, 18 s.
- Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson, Guðjón Guðmundsson og Halldór Ármannsson 1984: *Gufuöflun við Kröflu 1974-1984*. OS-84086/JHD-38 B, 28s.
- Böðvarsson, G.S., Benson, S.M., Sigurðsson, Ó., Stefánsson, V. og Elíasson, E.T. 1984 a: *The Krafla geothermal field Iceland, 1. Analysis of well test data*. Water Res. Res., 20, 1515-1530.
- Böðvarsson, G.S., Pruess, K., Stefánsson, V. og Elíasson, E.T. 1984 b: *The Krafla geothermal field Iceland, 2. The natural state of the system*. Water Res. Res., 20, 1531-1544.
- Böðvarsson, G.S., Benson, S.M., Sigurðsson, Ó., Stefánsson, V. og Elíasson, E.T. 1984 a: *The Krafla geothermal field Iceland, 1. Analysis of well test data*. Water Res. Res., 20, 1515-1530.
- Böðvarsson, G.S., Pruess, K., Stefánsson, V. og Elíasson, E.T. 1984 c: *The Krafla geothermal field Iceland, 3. The generating capacity of the field*. Water Res. Res., 20, 1545-1559.
- Helga Tulinius og Ómar Sigurðsson 1988: *Jarðhitasvæðið við Hvíthóla - Hermireikningar og vinnsluspá*. OS-88007/JHD-03 B, 24 s.
- Pruess, K., Böðvarsson, G.S., Stefánsson, V. og Elíasson, E.T. 1984: *The Krafla geothermal field, Iceland. 4. History match and prediction of individual well performance*. Water Res. Res., 20, 1561-1584.



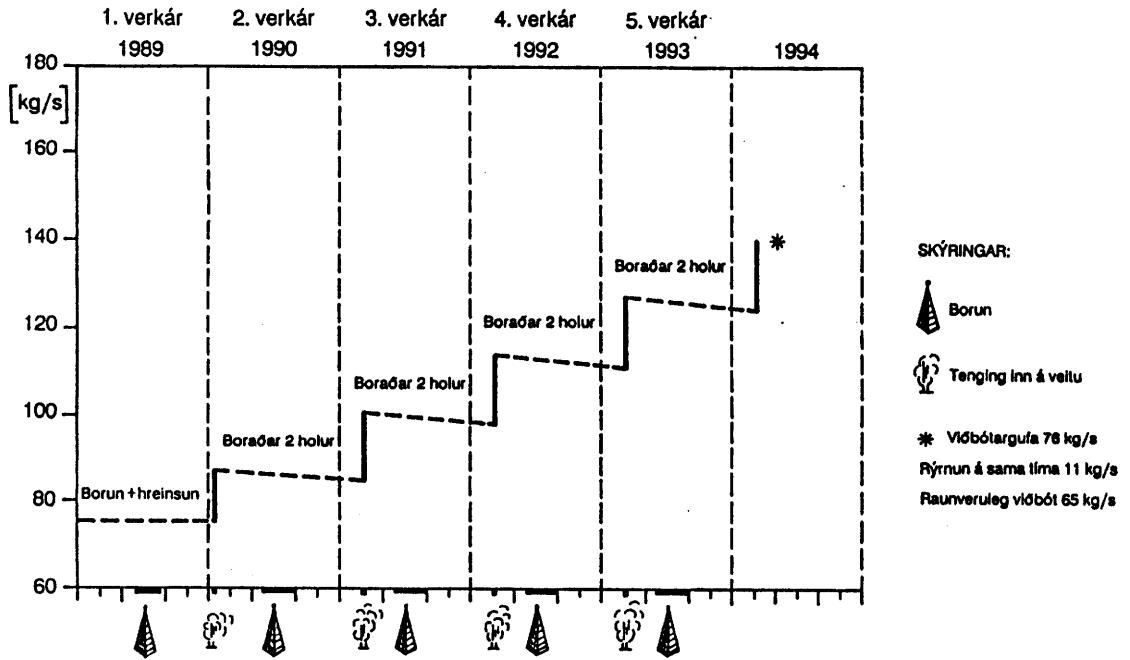
JHD-BJ-6607 Á 1 G.  
88.07.0436 AA

MYND 1 Yfirlit yfir verkáætlun



JHD-BJ-6607-Ás.G.  
88.09.-0515 - Gyða

### LEIÐ 1 við framkvæmdir í Kröflu



MYND 2 Leið 1 við framkvæmdir í Kröflu





1985				1986				1987			
Po	Qt	Q 7 bar-a	Q 2 bar-a	Po	Qt	Q 7 bar-a	Q 2 bar-a	Po	Qt	Q 7 bar-a	Q 2 bar-a
1,6	15,5		2,9	2,9	17,9		2,9	3,7	16,7		2,9
<b>EFTIRLITSHOLA</b>											
2,7	9,1		3,9	4,9	9,6		3	5,3	9,6		3,2
9,2	38,7	5,1	8	7,7	36,4	6	9	Vlog. mish.			
								10	31,7	5,8	8,5
12,5	5,1	2,1	2,4	5,5	5,1	2,6	2,9	12,2	5,7	2,7	4
14	4	3,8	4	Ath	4	3,8	4	Ath	4	3,8	4
11,4	6,4	3,4	3,8	11	6,8	4,5	4,8	9,6	5,3	2,5	2,8
11,2	12,6	11,7	12,1	11,6	12,8	12,1	12,5	12	12,4	11,7	12,1
Ath.	3,7	3,3	3,4	15,3	3,7	3,3	3,4	Ath.	3,7	3,3	3,4
12,8	6,78	2,8	3,2	<b>Eftirlitshola</b>							
17	12,7	3,7	4,6	16,6	11,6	3,8	4,6	Ath.	11,6	3,8	4,6
18,8	10,1	9,5	9,8	12,1	11,3	10,7	11,1	12,7	11	10,5	10,8
14,5	12	5,8	6,5	7,9	11,4	7,4	8	12,9	10,7	5,6	6,2
15,2	44,9	17,4	20,4	14,4	45,7	16,2	19,4	14,7	37,6	19,5	21,6
13,3	16,8	3,5	4,8	7	31,2	5,9	8,4	7,9	21,3	4,7	6,4
3,5	21,3		4,7								
	219,68	72,1	94,5		207,5	76,3	94		184,3	73,9	90,5





**VIÐAUKI 1**







**KOSTNAÐUR VIÐ GÍRÓMÆLINGU Á HALLA OG STEFNU HOLU KG-10.**

Atriði	Eininga- verð USD	Áætlun USD	Áætlun krónur
Lágmarksverð á metra	2.10		
- " - ferð	1.800	1.800	82.800.-
Þjónustugjald	340	340	15.640.-
Tölvuniðurstöður	250	250	11.500.-
Framkvæmdargjald á dag	420	2.100	96.000.-
Biðgjald á dag	310	620	28.520.-
Ferðir til og frá Ísl.			70.000.-
Frakt - " -			70.000.-
Flug REK-AK-REK			7.500.-
Frakt - " -			7.500.-
Hótel í Reykjavík			6.000.-
Samtals krónur			395.460.-



# JARÐBORANIR hf.

Dags.  
1988-06-22  
Dags.

Tilv. vor  
KR/he  
Tilv. yðar

Orkustofnun  
Hr. Ásgrímur Guðmundsson


Hjálagt sendum við tíma- og kostnaðaráætlun um borun 2000 metra djúprar borholu í Kröflu (holu 25), sem boruð yrði með jarðbornum Dofra.

Kostnaðaráætlunin er í samræmi við samning Jarðborana hf. og Landsvirkjunar um boranir í Kröflu með Dofra og miðast hún við verðlag í júní 1988.

Áætlað er að verkið taki 45 verkdaga og kostnaðurinn verði í heild um 32 Mkr. Þar af er talið að Kröfluvirkjun eigi efni fyrir um 10,5 Mkr, sem er áætlað markaðsverð.

Ef ákvörðun verður tekin um að bora þessa holu í sumar þarf að aðgæta með pantanir á því efni, sem ekki er til, með nægum fyrirvara.

Með kveðju,

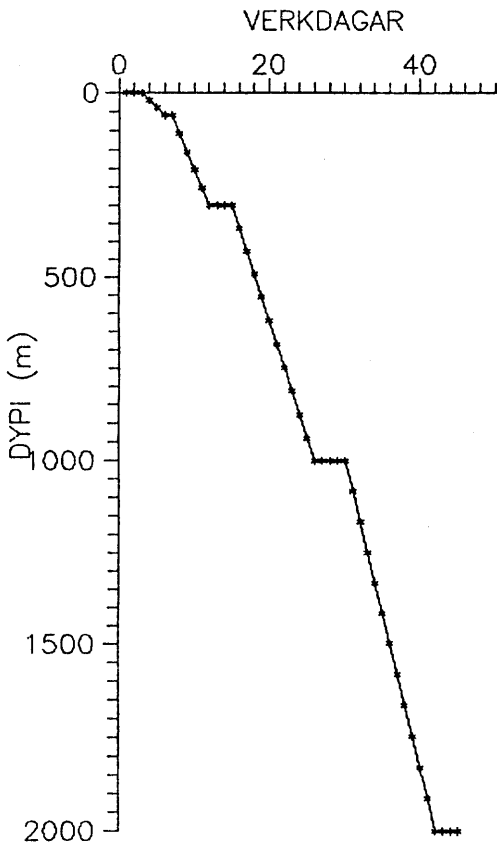


Karl Ragnars

Afrit:

Knútur Otterstedt  
Jóhann Már Mariússon

KRAFLA HOLA 25  
TIMAAÆTLUN  
DYPI: 2000 METRAR  
FÖDRINGAR: 18 1/2" - 60 METRAR  
13 3/8" - 300 METRAR  
9 5/8" - 1000 METRAR  
7" - 2000 METRAR



VD	DYPI	
1- 3	0	flutningur og uppsetning, vatnsígn
4- 6	60	borun 24" í 60 metra
7	60	fóðrun 18 1/2" í 60 metra
8-12	300	borun 17 1/2" í 300 metra
13-15	300	fóðrun 13 3/8" í 300 metra
16-26	1000	borun 12 1/4" í 1000 metra
27-30	1000	fóðrun 9 5/8" í 1000 metra
31-42	2000	borun 8 1/2" í 2000 metra
43-45	2000	fóðrun 7" í 2000 metra, verklok

KRAFLA HOLA 25  
KOSTNADARÁÆTLUN  
KR/- 21.06.88

			kr	alls kr
1	TÍMAKOSTNADUR			17379600
a)	borleiga	45 d	5085000	
b)	boráhöfn og verkefnisstj		8705400	
c)	brennslu/smurolía		776100	
d)	ferðir og uppihald		2813100	
2	EFNI			14149600
a)	borkrónur		1183500	
b)	rýmarar og stýringar		1017300	
c)	gel	415 pk	409466	
d)	sement	135 tn	712850	
e)	kísilsalli	30 tn	378560	
f)	perlusteinn	1690 kg	81120	
g)	tafefni	169 kg	31434	
h)	fóðringar 18 1/2"	60 m	481800	
i)	fóðringar 13 3/8"	300 m	1683000	
j)	fóðringar 9 5/8"	1000 m	3730000	
k)	fóðringar 7"	1050 m	2394000	
l)	flansar		287800	
m)	miðjustillar		118970	
n)	flotkollar og -skór		246600	
o)	hengistykki og nippill		337200	
r)	holuventill		1056000	
3	ADK. ÞJÓNUSTA			400000
a)	flutningur fóðringa til bors		0	
b)	holutoppur, rafv. og röntgenm.		0	
c)	dráttarbílar og krani		400000	
	SAMTALS			31929200

KRAFLA HOLA 25  
KOSTNADARAÆTLUN  
KR/- 20.06.88

		dagar einingar	kr/dag kr/ein	kr	alls kr
1	FLUTNINGUR BORS, VATNSLÖGN				1465600
A	tímakostnaður				
A1)	borleiga	3 d	113000	339000	
A2)	vinna	3 d	176000	528000	
A3)	verkefnisstjóri	0 d	23800	0	
A4)	brennslu/smurólía 500 l/d	3 d	5300	15900	
A5)	bílar	3 d	15000	45000	
A6)	milliferðir	3 d	23900	71700	
A7)	uppihald 10 menn	3 d	22000	66000	
A8)	uppihald verkefnisstj.	0 d	2200	0	
B	efni og aðk. þjónusta				
B1)	dráttarbílar (2)	3 d	80000	240000	
B2)	krani (1)	4 d	40000	160000	
2	BORUN 24" í 60 METRA				1489642
A	tímakostnaður				
A1)	borleiga	3 d	113000	339000	
A2)	vinna	3 d	176000	528000	
A3)	verkefnisstjóri	1 d	23800	23800	
A4)	brennslu/smurólía 1700 l/d	3 d	18100	54300	
A5)	bílar	3 d	15000	45000	
A6)	milliferðir	3 d	23900	71700	
A7)	uppihald 10 menn	3 d	22000	66000	
A8)	uppihald verkefnisstj.	1 d	2200	2200	
B	efni og aðkeypt þjónusta				
B1)	borkróna 24"	0,5 stk	340000	170000	
B2)	rýmarar og stýringar 24"	30 h	3010	90300	
B3)	gel 2x60mx292l/m:750l/p	47 pk	986	46342	
B4)	sement til þéttingar	10 tn	5300	53000	
3	FÓÐRUN 18 1/2" í 60 METRA				1043064
A	tímakostnaður				
A1)	borleiga	1 d	113000	113000	
A2)	vinna	1 d	176000	176000	
A3)	verkefnisstjóri	1 d	23800	23800	
A4)	brennslu/smurólía 1700 l/d	1 d	18100	18100	
A5)	bílar	1 d	15000	15000	
A6)	milliferðir	1 d	23900	23900	
A7)	uppihald 10 menn	1 d	22000	22000	
A8)	uppihald verkefnisstj.	1 d	2200	2200	
B	efni og aðkeypt þjónusta				
B1)	flutningur fóðringa til bors			0	
B2)	rafsuða v/ holutopps			0	
B3)	röntg.mæl. v/holutopps			0	
B4)	fóðringarsement 2x7,2m3:1,5m3	9,5 tn	5300	50350	
B5)	kísilsalli	3,3 tn	12800	42560	
B6)	perlusteinn	190 kg	48	9120	
B7)	bentonite	190 kg	20	3800	
B8)	tafefni	19 kg	186	3534	
B9)	fóðring 18 1/2", 60 metrar	60 m	8030	481800	
B10)	flansar	1 stk	57900	57900	

4	BORUN 17 1/2" í 300 METRA			2531864
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	5 d	113000	565000
A2)	vinna	5 d	176000	880000
A3)	verkefnisstjóri	3 d	23800	71400
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	5 d	18100	90500
A5)	bílar	5 d	15000	75000
A6)	milliferðir	5 d	23900	119500
A7)	upphald 10 menn	5 d	22000	110000
A8)	upphald verkefnisstj.	3 d	2200	6600
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	borkróna 17 1/2", S53	0,5 stk	410000	205000
B2)	rýmarar og stýringar 17 1/2"	60 h	3010	180600
B3)	gel 2x300mx155l/m:750l/p	124 pk	986	122264
B4)	sement til þéttingar	20 tn	5300	106000
5	FÖDRUN 13 3/8" í 300 METRA			3374124
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	3 d	113000	339000
A2)	vinna	3 d	176000	528000
A3)	verkefnisstjóri	3 d	23800	71400
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	3 d	18100	54300
A5)	bílar	3 d	15000	45000
A6)	milliferðir	3 d	23900	71700
A7)	upphald 10 menn	3 d	22000	66000
A8)	upphald verkefnisstj.	3 d	2200	6600
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	flutningur fóðringa til bors			0
B2)	rafsuða v/ holutopps			0
B3)	röntg.mæl. v/ holutopps			0
B4)	fóðringarsement 2x20,5m3:1,5m	27,0 tn	5300	143100
B5)	kísilsalli	9,5 tn	12800	120960
B6)	perlusteinn	540 kg	48	25920
B7)	bentonite	540 kg	20	10800
B8)	tafefni	54 kg	186	10044
B9)	fóðring 13 3/8", 300 metrar	300 m	5610	1683000
B10)	flansar	1 stk	29900	29900
B11)	miðjustillar 13 3/8"	6 stk	5800	34800
B12)	flotkollli 13 3/8"	1 stk	85900	85900
B13)	flotskór 13 3/8"	1 stk	47700	47700
6	BORUN 12 1/4" í 1000 METRA			5448760
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	11 d	113000	1243000
A2)	vinna	11 d	176000	1936000
A3)	verkefnisstjóri	10 d	23800	238000
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	11 d	18100	199100
A5)	bílar	11 d	15000	165000
A6)	milliferðir	11 d	23900	262900
A7)	upphald 10 menn	11 d	22000	242000
A8)	upphald verkefnisstj.	10 d	2200	22000
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	borkróna 12 1/4"	1,5 stk	283000	424500
B2)	rýmarar og stýringar 12 1/4"	192 h	2100	403200
B3)	gel 2x1000x79l/m:750/p	210 pk	986	207060
B4)	sement til þéttingar	20 tn	5300	106000
7	FÖDRUN 9 5/8" í 1000 METRA			7301746
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	4 d	113000	452000
A2)	vinna	4 d	176000	704000

A3)	verkefnisstjóri	4 d	23800	95200
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	4 d	18100	72400
A5)	bílar	4 d	15000	60000
A6)	milliferðir	4 d	23900	95600
A7)	uppihald	4 d	22000	88000
A8)	uppihald verkefnisstj.	4 d	2200	8800
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	flutningur fódringa til bors			0
B2)	fódringarsem. 2x36m <sup>3</sup> :1,5m <sup>3</sup> /tn	48,0 tn	5300	254400
B3)	kísilsalli	16,8 tn	12800	215040
B4)	perlusteinn	960 kg	48	46080
B5)	bentonite	960 kg	20	19200
B6)	tafefni	96 kg	186	17856
B7)	fódring 9 5/8", 1000 metrar	1000 m	3730	3730000
B8)	holuventill 10"-ser900	1 stk	1056000	1056000
B9)	flansar og millistykki	1 stk	200000	200000
B10)	miðjustillar 9 5/8"	19 stk	4430	84170
B11)	flotkollli 9 5/8"	1 stk	71100	71100
B12)	flotskór 9 5/8"	1 stk	31900	31900
8	BORUN 8 1/2" HOLU í 2000 METRA			5351200
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	12 d	113000	1356000
A2)	vinna	12 d	176000	2112000
A3)	verkefnisstjóri	8 d	23800	190400
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	12 d	18100	217200
A5)	bílar	12 d	15000	180000
A6)	milliferðir	12 d	23900	286800
A7)	uppihald 10 menn	12 d	22000	264000
A8)	uppihald verkefnisstj.	8 d	2200	17600
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	borkróna 8 1/2"	2,0 stk	192000	384000
B2)	rýmarar og stýringar 8 1/2"	240 h	1430	343200
9	FÓÐRUN 7" LEIÐARA í 2000 METRA			3923200
A	tímakostnaður			
A1)	borleiga	3 d	113000	339000
A2)	vinna	3 d	176000	528000
A3)	verkefnisstjóri	3 d	23800	71400
A4)	brennslu/smurolía 1700 l/d	3 d	18100	54300
A5)	bílar	3 d	15000	45000
A6)	milliferðir	3 d	23900	71700
A7)	uppihald 10 menn	3 d	22000	66000
A8)	uppihald verkefnisstj.	3 d	2200	6600
B	efni og aðkeypt þjónusta			
B1)	flutningur fódringa til bors			0
B2)	fódring 7", 1050 metrar	1050 m	2280	2394000
B3)	hengistykki 9 5/8" - 7 5/8"	1 stk	290100	290100
B4)	nippill 7 5/8" - 7"	1 stk	47100	47100
B5)	fódringarskór	1 stk	10000	10000

SAMTALS

31929200

Dofri könnun/viðg holu 13

	A	B	C	D	E
1	Dofri Könnun á skemd í holu 13 og hreinsun leiðara			88-06-22 SBen	
2					
3	Kostnaðaráætlun:	dagar	kr/dag	kr	alls kr
4	1. Flutningur af holu 9 eftir hreinsun hennar				
5	uppsetning bors, borloka og prófun á holu 13				
6	a) Borleiga 110000 kr/d	0	110000	0	
7	b) Olía á bor áætlað 500 l/d 4300 "	0	4300	0	
8	c) Vinna áhafnar, frá 8.00-19.00	3	127680	383040	
9	DY 10 m x 8 h/d x 974 kr/d = 77920 "				
10	EY 10 m x 4 h/d x 1244 kr/d = 49760 "				
11	d) Ferðakostnaður bormanna í fri (263250/11)	3	23932	71796	
12	e) Bílar bors 3 x 5000 kr/d = 15000 kr/d	3	15000	45000	499836
13	Aðkeyptur flutningur				
14	8. Flutningur bors milli hola í Kröflu				
15	a) Flutningur Dofra með tækjabúnaði, 2 bílar 3d	6	40000	240000	
16	b) Kranaleiga í Kröflu (Yerkkaupi)	3	40000	120000	
17	d) Akstur krana til og frá Kröflu (Yerkkaupi)	1	40000	40000	400000
18					
19	Hreinsun holu 13				
20	a) Borleiga 110000 kr/d	4	110000	440000	
21	b) Olía á bor áætlað 500 l/d 4300 "	4	4300	17200	
22	c) Vinna áhafnar Yv 10x(8x974+8x1244)	4	177440	709760	
23	d) Ferðakostnaður bormanna í fri (263250/11)	4	23932	95728	
24	e) Bílar bors 3 x 5000 kr/d = 15000 kr/d	4	15000	60000	
25	Borkrónur	0.5	60000	30000	1352688
26	Hreinsun holu 13 samtals			samt	2252524

\*\*\*\*\*  
 ORKUSTOFNUN - JARDHITAEILD  
 Þjónusta við boranir  
 2000 m djúp hola  
 \*\*\*\*\*  
 Gjaldskrá júní - ágúst 1988

MANNSKAPUR	FJÖLDI	TÍMAGJ.	TÍMAR	DAGAR	SAMTALS KR.
Sérfræðingur I	1	1615	14	40	904400
Sérfræðingur II	2	1355	14	40	1517600
=====					SAMTALS KR.
					2422000

BÍLAR	FJÖLDI	DAGGJ.	AFSL.	DAGAR	SAMTALS KR
MÆLINGABÍLL	1	16245	1	40	649800
BÍLALEIGUBÍLL	1	3500	1	40	140000
=====					SAMTALS KR.
					789800

MÆLINGAR	FJÖLDI	METRAR	KR/M	SAMTALS KR.	
HITI	3	300	16	14400	
VIÐD	1	300	16	4800	
CBL	1	300	58	17400	
-----					
HITI	4	2000	16	128000	
VIÐD	1	1000	16	16000	
VIÐNAM	1	1000	16	16000	
GAMMA OG NN	1	1000	51	51000	
CBL	1	1000	58	58000	
-----					
HITI	4	1000	16	64000	
VIÐD	1	1000	16	16000	
VIÐNAM	1	1000	16	16000	
GAMMA OG NN	1	1000	51	51000	
=====					SAMTALS KR.
					452600

=====

HEILDARKOSTNADUR	3664400
------------------	---------

=====

Ath. að ferða og upphaldskostnaður er ekki meðtalinn



ORKUSTOFNUN - JARDHITAEILD

þjónusta við upphitun, upphleypingu og blástur  
2000 m djúp hola

\*\*\*\*\*  
Gjaldskrá júní - ágúst 1988

MANNSKAPUR	FJÖLDI	TIMAGJ.	TÍMAR	DAGAR	SANTALS KR.
Sérfræðingur I	1	1615	14	10	226100
Sérfræðingur I	1	1615	14	7	158270
Sérfræðingur II	1	1355	14	10	189700
=====					SAMTALS KR.
					571070

BÍLAR	FJÖLDI	DAGGJ.	AFSL.	DAGAR	SANTALS KR.
MÆLINGABÍLL	1	8123	1	10	81230
SÝNATÖKUBÍLL	1	7615	1	7	53305
=====					SAMTALS KR.
					134535

MÆLINGAR	FJÖLDI	METRAR	KR/M	SYNI	SANTALS KR.
HITI	5	2000	16		160000
ÞRÝSTINGUR	3	2000	16		96000
SÝNI	3	1	1	31729	95187
=====					SAMTALS KR.
					351187

URVINNSLA	FJÖLDI	TIMAGJ.	TÍMAR	SÖLUSK.	SANTALS
MÆLINGAR	1	1615	40	1,12	72352
EFNAFRÆDI	1	1615	100	1,12	180880
=====					SAMTALS KR.
					253232

=====					HEILDARKOSTNAÐUR
					1313024
=====					

Ath. að ferða og uppihaldskostnaður er ekki meðtalinn

\*\*\*\*\*  
ORKUSTOFNUN - JARDHITAEILD  
Urvinnsla - lokaskýrsla  
2000 m djúp hola  
\*\*\*\*\*  
Gjaldskrá júní - ágúst 1988

MANNSKAPUR	FJÖLDI	TÍMAGJ.	TÍMAR	SÖLUSK.	SAMTALS KR.
Sérfræðingur I	1	1615	400	1,12	723520
Sérfræðingur II	1	1355	600	1,12	910560
=====					
SAMTALS KR.					1634080
=====					

\*\*\*\*\*  
ORKUSTOFNUN - JARDHITADEILD  
MÆLINGAR A GASSTYRK I GUFUAUGUM  
\*\*\*\*\*  
Gjaldskrá júní - ágúst 1988

MANNSKAPUR	FJÖLDI	TÍMAGJ.	TÍMAR	DAGAR	SAMTALS KR.
Sérfræðingur I	1	1615	12	10	193800
SAMTALS KR.					193800
BÍLAR	FJÖLDI	DAGGJ.	AFSL.	DAGAR	SAMTALS KR.
BÍLALEIGUBÍLL	1	3500	1	10	35000
SAMTALS KR.					35000
MÆLINGAR	FJÖLDI	KR/SYNI			SAMTALS KR.
Sýnataka	12	12692	1		152304
SAMTALS KR.					152304
URVINNSLA	FJÖLDI	TÍMAGJ.	TÍMAR	SÖLUSK.	SAMTALS
Efnafræði	1	1615	40	1,12	72352
SAMTALS KR.					72352
HEILDARKOSTNADUR					453456

Ath. að ferða og upphaldskostnaður er ekki meðtalinn

## Tillögur um forrannsókir vegna borana í Kröflu

### 1. Inngangur

Þessi greinargerð sem hefur að geyma tillögur um forrannsóknir vegna væntanlegra borana fyrir síðari vélasamstæðu Kröfluvirkjunar er tekin saman að ósk Landsvirkjunar.

Gengið er út frá þeirri forsendu að leita eigi gufu á svæði því sem kennt er við Vítismóa, allt að 1,6km frá stöðvarhúsinu.

Markmið forrannsóknanna er að segja til um hvar á Vítismóasvæðinu séu mestar líkur á að borun beri árangur og stuðla þannig að því að tilsettum árangri verði náð með lágmarksfjölda borhola.

Verulegar framfarið hafa orðið í mæli- og úrvinnslutækni viðnámsmælinga á háhitasvæðum á undanföllum árum þótt enn sé það svo að mælingarnar skynji vart dýpra niður en 1km. Engu að síður má af nákvæmum upplýsingum um efsta kílómetrann draga mikilvægar ályktanir um það sem er þar fyrir neðan. Framfarirnar felast fyrst og fremst í meiri upplausn og aukinni vitnekju um samband eðlisviðnáms við gerð jarðlaga, hitastig og fleiri eðlisþætti jarðhitans. Reynslan frá Nesjavöllum sýnir að hitastig ræður miklu um eðlisviðnám jarðlaganna og svo virðist sem kortleggja megi hitastig á háhitasvæðum með viðnámsmælingum og þar með finna heitustu blettina, sjálf uppstreymissvæðin.

Sú aðferð sem beitt var við könnun Nesjavallasvæðisins fólst í tvenns konar viðnámsmælingum, annars vegar s.k. Schlumbergermælingum en hins vegar s.k. viðnámsniðsmælingum (kínámælingum). Þær fyrrnefndu gefa fyrst og frams upplýsingar um eðlisviðnám sem fall af dýpi en þær síðarnefndu um láréttar breytingar í eðlisviðnáminu og henta þannig vel til sprunguleitar. Á alsíðustu árum hefur komið fram ný aðferð s.k. TEM mæliaðferð sem gegnir svipuðu hlutverki og Schlumbergermælingar en er mun auðveldari og ódýrari í framkvæmd einkum á hraunlendi og ógreiðfæru landi.

Sá framgangsmáti sem er hentugastur til að ná fullnægjandi upplýsingum með sem minnstum tilkostnaði felst í því að skipta mælingunum í þrjá hluta. Fyrsti hlutinn felst í grófum yfirlitsmælingum á við og dreif með Schlumbergeraðferð eða TEM aðferð. Þá fæst gróf mynd af útlínunum svæðisins og gerð þess. Á grundvelli þessara mælinga er síðan lagt út í annan áfangann sem eru viðnámsniðsmælingar (kínámælingar). Þetta er tímafrekasti og dýrasti þáttur forrannsóknanna og út frá niðurstöðum þeirra fer val borstaðar fram. Þriðji áfanginn fer síðan fram eftir fyrstu boranir og felst hann í samanburði á niðurstöðum borunarinnar og viðnámsmælinganna og e.t.v. einhverri viðbót mælinga eftir aðstæðum vegna áframhaldandi borana ef um þær verður að ræða.

### 2. Rannsóknaráætlunin

Gengið er út frá þeirri forsendu að bora eigi sumarið 1989. Það hefur í för með sér að öllum mælingu þarf að ljúka nú í sumar (1988). Til þess að slíkt sé unnt þarf að hafa til verks á eftirfarandi hátt.

1. Framkvæma TEM-mælingar á tímabilinu 11.-23. júlí. Gróf úrvinnsla mælinganna fer fram um leið og verða þannig að leiðarljósi við staðsetningu viðnámsniðsmælinganna. Mælingar þessar yrðu gerðar með tækjum sem OS hefur á leigu og er verið nota við mælingar í Djibouti. Tækin koma til landsins í fyrstu viku júlímánaðar og verður þeim þá skilað nær strax til eigenda í Kanada verði ekki af þessum mælingum í Kröflu. Því þarf ákvörðun um hvort í þessar mælingar verður ráðist að liggja fyrir um mánaðarmótin júní-júlí. Á meðfylgjandi korti er sýnt hvar lagt er til að TEM-mælingarnar verði gerðar.
2. Gera viðnámsniðsmælingar á fyrirhuguðu borsvæði á Vítismóum. Hugmynd að staðsetningu línanna er á meðfylgjandi korti en endanleg ákvörðun um staðsetningu yrði gerð að TEM-mælingunum loknum. Verkið er metið 6 vikna vinna fyrir mælingaflokk. Úrvinnsla mælinganna er mjög tímafrek, reikna má með að niðurstöður lægu fyrir í maí 1989, þótt einhverjar bráðabirgðaniðurstöður gætu komið 1-3mánuðum fyrr.

Ef stefnt yrði að borunum 1990 eða síðar í stað 1989 væri heppilegast að framkvæma TEM-mælingarnar síðla næsta vetrar (auðvelt að fara um með tækin á snjósleðum) og viðnámsniðsmælingarnar síðan sumarið eftir.

### 3. Kostnaður

Kostnaður við þessar mælingar yrði sem hér segir:

#### a) TEM-mælingar

Kostnaðarliður	verð per viku	vikufjöldi	samtals
Tækjaleiga	125.000	2	250.000
bíll	37100	2	74.200
mælingavinna	350.000	2	700.000
úrvinnsla sérfræðings	3	92.500	277.500
söluskattur á úrvinnslu			33.300
<b>Samtals</b>			<b>1.330.000</b>

Í ofangreindri kostnaðaráætlun er reiknað með að unnið sé 12 kls á dag í mælingum og að til þurfi 3 menn. Ennfremur er reiknað með að unnið sé 50 kls/viku í úrvinnslu og er tölvukostnaður innfalinn í tímaverðinu. Uppihald í Kröflu er ekki innifalið.

#### b) Viðnámssniðsmælingar

##### 1. Framkvæmd mælinganna

Kostnaðarliður	verð per úthald	fj. úthalda	samtals
tækjaleiga	170.670	3	512.010
mælivinna	588.000	3	1.764.000
bílkostnaður	74.200	3	222.600
<b>Samtals</b>			<b>2.498.610</b>

Einingin úthald sem hér er notuð nær yfir tvær vikur með 11 virkum mælidögum, unnið 14kls á dag.

##### 2. Úrvinnsla mælinganna

Kostnaðarliður	verð per kls	fj. kls	samtals
Tölvutúlkun	1850	1000	1.850.000
jarfræðil. túlkun samanb. við önnur gögn	1469	500	734.000
<b>Samtals</b>			<b>2.584.500</b>

-- Heildarkostnaður við allar ofangreindar mælingar er því áætlaður kr. 6.413.110.

Ólafur G. Flóvenz



**VIÐAUKI 2**







## Hvíthólar - Tillögur að framhaldsverkefni við hermun á Hvíthólasvæðinu.

### 1. Inngangur

Borist hafa óskir frá Landsvirkjun um að settar verði fram tillögur og kostnaðaráætlun fyrir gerð afkastamats fyrir jarðhitakerfið við Hvíthóla. Fyrir á árinu 1988 gerði Orkustofnun á sinn kostnað einfalt tvívítt reiknilíkan fyrir jarðhitakerfið við Hvíthóla (Helga Tulinius og Ómar Sigurðsson, 1988). Þá var stoppað við einfalt líkan, þar sem verkið miðaðist fyrst og fremst við þjálfun starfsmanna Orkustofnunar í gerð hermilíkans fyrir jarðhitasvæði. Engu að síður bentu niðurstöður líkansins til að vinnslustýring hefði afgerandi áhrif á endingu jarðhitakerfisins við Hvíthóla og að stutt gæti verið eftir af endingartíma þess.

Þær tillögur sem hér eru settar fram taka mið af fyrra verki og fela í sér:

- Lagfæringu á tvívíða líkaninu sem til er af svæðinu, þannig að það samræmist betur þeim gögnum sem til eru.
- Gera líkanið þrívítt og taka þannig tillit stefnuháðs aðstreymis að vinnsluholunum auk breytinga í vermi, þrýstingi og rennsli þeirra.
- Setja fram endurskoðaða vinnsluspá um afkastagetu Hvíthólasvæðisins.

### 2. Vinnutilhögun og verkmagn

1) Lagfæra tvívíða hermilíkanið sem til er fyrir náttúrulegt ástand jarðhitakerfisins fyrir vinnslu. Þegar fyrirbyggjandi líkan af svæðinu var notað fékkst suða í kerfinu áður en vinnsla hófst, en allar líkur eru taldar á því að svo hafi ekki verið. Til að lagfæra þetta þarf að breyta hita og magni

innstreymisvökvans. Einnig er æskilegt að þetta búkunina í líkaninu aðallega kringum holurnar til að herma betur breytingar í vermi og rennsli við holurnar. Þá þarf að færa ýmsar stærðir í líkaninu til betra samræmis við fyrirbyggjandi gögn.

Áætlaður tími 70 klst.

2) Aðlaga endurbætta tvívíða líkanið að vinnslusögunni og bæta þá við nýrri vinnslugögnum. Þegar gott samræmi er komið milli reiknaðs ástands fyrir vinnslu og þess sem vitað er um svæðið (náttúrulegt ástand), þarf að stilla líkanið af til að fá það til að falla að vinnslusögu svæðisins. Þá verða sömu vinnslutilfelli keyrð og með gamla líkaninu til að sjá hvaða áhrif lagfæringarnar hafa á fyrri niðurstöður.

Áætlaður tími 30 klst.

3) Bæta þriðju víddinni við og stækka líkanið þannig að það nái að Grænagili í norðri. Með þriðju víddinni fæst betri vitneskja um rennslisleiðir í kerfinu eftir að vinnsla er hafin og einnig tengingu þess við t.d. Leirbotnasvæðið.

Áætlaður tími 70 klst.

4) Setja inn sérstök holulíkon fyrir holer KJ-21, KJ-22 og KJ-23. Ef búkunin í líkaninu er of gróf næst ekki að herma vel þær breytingar sem sjást og mælast í holunum sjálfum s.s breytingar í vermi og rennsli. Með sérstöku líkani fyrir hverja holu sem tengist síðan aðallíkaninu er hægt að herma þessar breytingar betur.

Áætlaður tími 30 klst.



5) Aðlaga þrívíða líkanið með holulíkönunum að vinnslusögu svæðisins. Eftir að búið er að setja upp líkanið þarf að aðlaga það að vinnslusögu svæðisins. Það er gert með því að breyta eðlisstærðum líkansins smátt og smátt þannig að útkoma líkansins nálgist sem best gögnin. Ef eðlisstærðir líkansins krefjast mikilla breytinga svo samræmi náist getur þurft að endurskoða aftur (tvívíða) líkanið fyrir nátturulegt ástand svæðisins. Tímaáætlun fyrir þennan lið er því ónákvæm.

Áætlaður tími 125 klst.

6) Vinnsluspár. Eins og kom fram í fyrri hermireikningum þá hefur vinnslustýring afgerandi áhrif á endingartíma svæðisins. Athuga þarf ýmis vinnslutilfelli í samræmi við óskir Landsvirkjunar.

Áætlaður tími 75 klst.

7) Skýrsluskrif

Áætlaður tími 100 klst.

**3. Kostnaðaráætlun miðað við 1. ágúst 1988 og 12% söluskatt.**

	Tími (klst.)	Samtals (krónur)
Endurbætur á tvívíða líkaninu	100	162.000
Gerð þrívíðs líkans	100	162.000
Vinnsluhermun og vinnsluspár	200	323.000
Skýrslugerð	100	162.000
Tölvukostnaður		50.000
Teiknistofa	50	58.000
		917.000
Söluskattur		110.000
Samtals		1.027.000