



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

GUFUÖFLUN Í KRÖFLU 1974-1984

Benedikt Steingrímsson
Ásgrímur Guðmundsson
Guðjón Guðmundsson
Halldór Ármannsson

OS-84086/JHD-38 B

September 1984



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

GUFUÖFLUN Í KRÖFLU 1974-1984

Benedikt Steingrímsson
Ásgrímur Guðmundsson
Guðjón Guðmundsson
Halldór Ármannsson

OS-84086/JHD-38 B

September 1984

EFNISYFIRLIT

	Bls.
EFNISYFIRLIT	2
TÖFLUSKRÁ	3
MYNDASKRÁ	3
1 INNGANGUR	4
2 BORANIR Í KRÖFLU 1974 - 84	5
2.1 Yfirlit yfir borholur	5
2.2 Borun og bortækni	6
2.3 Áhrif landhreyfinga á borholur	8
3 VINNSLUSVÆÐI KRÖFLUVIRKJUNAR	8
3.1 Leirbotnar	9
3.2 Suðurhlíðar	12
3.3 Hvíthólar	13
4 STAÐA GUFUÖFLUNAR	14
5 FRAMTÍÐAR GUFUÖFLUN	15

TÖFLUSKRÁ

	Bls.
1 Borholur í Kröflu. Yfirlit (sept. 1984)	17
2 Leirbotnar. Afl efrihlutahola	18
3 Leirbotnar. Neðrihlutaholur. Gas í gufu við 7 bar abs ..	18
4 Leirbotnar. Magn háprýstigufu frá neðrihlutaholum	19
5 Leirbotnar. Lágprýstigufa við 2 bar abs kg/s frá tengdum neðrihlutaholum	20
6 Suðurhlíðar. Gasstyrkur í gufu %	20
7 Suðurhlíðar. Gufuafköst borhola kg/s	21
8 Hvíthólar. Gasstyrkur og gufuafköst	21

MYNDASKRÁ

1 Hönnun holu KJ-17	23
2 Framvinda borunar KJ-17	23
3 Vinnslusvæði Kröfluvirkjunar	24
4 Berghitaferlar vinnslusvæðanna	25
5 Gasstyrkur í gufu sem fall af hitastigi	26
6 Gas í gufuaugum	26
7 Hvíthólasvæðið. Afstöðumynd	27
8 Gufurensli frá borholum við 7 bar a 1976 - 1984	28
9 Gasstyrkur í gufu tengdra hola (vegið meðaltal) 1976-84 ..	28

1 INNGANGUR

Nú eru um tíu ár liðin síðan boranir hófust á Kröflusvæðinu. Þar hafa verið boraðar 24 borholur, og eru 16 þeirra tengdar við Kröfluvirkjun. Skila holurnar til virkjunarinnar nægri gufu til að fullnýta aðra vélasamstæðu virkjunarinnar (30 MW) og ríflega það.

Gufupörf hvorrar samstæðu til 30 MW raforkuframleiðslu er 75 kg/s og skiptist hún í 56 kg/s af háþrýstigufu (7 bar abs) og 19 kg/s af lágþrýstigufu (2,2 bar abs). Tiltæk gufa í dag er hinsvegar um 68 kg/s af háþrýstigufu og 18 kg/s af lágþrýstigufu.

Í áætlun fyrir Kröfluvirkjun frá 1974/75 var gert ráð fyrir að meðalafköst hola yrðu 5 MW þannig að 15 vinnsluholur ættu að sjá virkjuninni fyrir nægu afli (og varaafli) til fullrar raforkuframleiðslu (60 MW). Af ofangreindu má sjá að því fer fjarri að þessi áætlun hafi staðist. Helstu ástæður fyrir því hve raunveruleikinn er fjarri áætlun eru eldsumbrotin, sem hófust á Kröflusvæðinu 1975 og standa enn yfir. Verður gerð nánari grein fyrir áhrifum þeirra síðar í þessari skýrslu. Hins vegar er rétt að taka það fram, að sú áætlun sem gerð var um afköst og vinnslugetu Kröfluhola á árunum 1974-75 byggði ekki á niðurstöðum djúprannsókna á jarðhitakerfum í Kröflu, enda boranir vart hafnar þegar áætlunin var gerð. Forsendur áætlunarinnar voru því fremur byggðar á samanburði við borárangur á öðrum íslenskum háhitasvæðum, en vísindalegum rannsóknum á eiginleikum Kröflukerfisins.

Kröfluvirkjun stendur nú á nokkrum tímamótum. Aflað hefur verið nægrar gufu til að fullnýta fyrri vélasamstæðuna. Framtíðarmarkmið í gufuöflun eru hins vegar óljós á meðan ekki hefur verið tekin ákvörðun um hvort stefna beri að því að taka síðari vélasamstæðuna í notkun, og þá hvenær. Umfang borana á næstu árum ræðst af þessari ákvörðun enda þótt fyrirsjáanlegt sé að boranir í Kröflu muni ekki hætta með öllu þótt síðari vélasamstæðan verði ekki tekin í notkun. Til að halda uppi 30 MW framleiðslu verður þörf á að bora að meðaltali u.þ.b. eina holu annað hvert ár í stað hola sem hnigna og úreldast.

Á tímamótum þykir tilhlýðilegt að líta yfir farinn veg og reyna að glöggva sig á því hvað áunnist hefur, og hvaða ályktanir megi draga af reynslunni til að móta framtíðarstefnu. Enda þótt margt hafi verið skrifað um gufuöflun við Kröflu, og flestum rannsóknarpáttum gerð skil í ítarlegum skýrslum, hefur minna verið gert af því að draga saman í yfirlitsgreinum meginniðurstöður allra rannsóknarpátta, eða rekja stöðu gufuöflunar hverju sinni. Þessari skýrslu er ætlað að bæta hér að nokkru úr. Ekki verður þó um heildarúttekt á rannsóknum á Kröflusvæðinu að ræða, enda slíkt mun viðameira verk en stefnt er að með

Þessum skrifum. Þess í stað verður stiklað á stóru um gang gufu-öflunar við Kröflu á síðustu tíu árum. Sagt verður frá borunum, bor-árangri og vinnslusvæðum virkjunarinnar og vinnslueiginleikum þeirra.

2 BORANIR Í KRÖFLU 1974 - 84

2.1 Yfirlit yfir borholur

Boranir í Kröflu hófust haustið 1974 með borun tveggja 1138 og 1204ra m djúpra rannsóknarhola. Vorið 1975 hófust síðan vinnslu-boranir samtímis því sem hafist var handa um að reisa stöðvarhús Kröfluvirkjunar. Vinnsluborunum hefur síðan verið haldið áfram allt til þessa árs, og hafa alls verið boraðar 24 holur. Bera þær holu-númerin 1-23 og 3A, og eru rannsóknarholurnar frá 1974 taldar með.

Í töflu 1 er að finna yfirlit yfir þessar boranir. Kemur þar fram hvenær holurnar voru boraðar, dýpi þeirra og fóðringar. Ennfremur sést hvaða holur hafa verið tengdar virkjuninni. Borað hefur verið í 150-300 m dýpi fyrir öryggisfóðringu (13 3/8") í 500-1100 m fyrir vinnslufóðringu (9 5/8") og vinnsluhlutinn fóðraður með raufuðum leiðara (7"). Flestar holurnar ná niður í u.þ.b. 2000 m dýpi, og er sú dýpsta þeirra, hola KG-12, 2222 m djúp. Á myndum 1 og 2 er sýnd hönnun og framvinda borunar fyrir dæmigerða holu. Er það KJ-17 en borun hennar tók um 50 daga. Af töflu 1 sést að boranir í Kröflu skiptast að mestu á tvö tímabil, 1974-76 þegar ellefu holur voru boraðar, og 1980-83 þegar tólf holur voru boraðar. Á árunum 1977-79 var hins vegar aðeins ein ný hola boruð auk þess sem gert var við eldri holur og þær hreinsaðar. Þetta hlé í borframkvæmdum á sér ýmsar skýringar. Sú sem vegur þyngst er að árangurinn af fyrstu 11 holunum í Kröflu var mjög slakur, og eru t.d. aðeins fimm af þessum holum nýttar nú. Einkum voru það þrjú atriði, sem áttu mestan þátt í að gera árangurinn jafnslakan og raun ber vitni.

1. Jarðhitakerfið, þ.e. hitastig og vinnslueiginleikar þess reyndust mjög ólíkir þeim hugmyndum, sem lágu fyrir að loknum rannsóknarborunum 1974.
2. Eldsumbrot hófust á Kröflusvæðinu í lok árs 1975. Í kjölfar þeirra mengaðist jarðhitavökvinn af kvikugösum, sem síðan hafa haft víðtæk áhrif á afkastagetu borhola einkum er varðar útfellingar í holum, tæringu og aflhnignun með tíma. Talið er að sprunguhreyfingar innan vinnslusvæðisins hafi grandað a.m.k. einni holu og laskað aðra.

3. Þegar ráðist var í vinnsluboranir í Kröflu reyndist nauðsynlegt að steypa vinnslufóðringu dýpra niður en áður hafði þekktst hérlendis. Fljótlega kom í ljós að gamlar og góðar íslenskar aðferðir dygðu ekki til að steypa upp í einu þrepi fóðringu af 6-800 m dýpi í Kröflu. Komu fram af þessum sökum fóðringarskemmdir í allmörgum fyrstu ellefu holunum, sem rekja má beint til lélegrar steypingar á fóðurrörum.

Þó boranir hafi að mestu legið niðri á árunum 1977-79 var jarðhitarrannsóknnum haldið áfram í Kröflu og unnið frekar úr þeim gögnum, sem fengist höfðu við borun og prófanir á fyrstu ellefu holunum. Jafnframt var leitað eftir vinnslusvæðum þar sem búast mætti við minni mengun af kvikugösum en á þáverandi vinnslusvæði. Árangurinn af þeirri vinnu má m.a. sjá í því, að af þeim tólf holum sem boraðar hafa verið frá 1980 eru tíu tengdar inn á virkjun.

2.2 Borun og bortækni

Skipulag og verktækni við háhitaboranir hafa tekið miklum framförum hérlendis á síðusta áratug og eiga boranir í Kröflu drjúgan þátt í þeirri þróun. Raunar hafði allnokkuð verið borað í háhitasvæði landsins fyrir 1974 svo sem í Bjarnarflagi, Krísuvík, Hveragerði og á Reykjanesi. Flestar eldri borholur eiga það hins vegar sammerkt að vera grynri og með mun styttri steiptum fóðringum en vinnsluholur á háhitasvæðum boraðar eftir 1974 (Krafla, Svartsengi, Nesjavellir).

Það var þess vegna við því að búast að nokkrir byrjunarörðugleikar kæmu í ljós þegar ráðist yrði í boranir í Kröflu. Í fyrsta lagi var verið að bora í gegnum óþekktan jarðlagastafla. Bora skyldi dýpra og í heitara jarðhitakerfi en áður hafði verið gert á íslensku háhitasvæði, og loks stóð til að steypa vinnslufóðringu mun dýpra en áður þekktist hérlendis. Af þessum þremur atriðum voru það steypingar á fóðringum, sem erfiðast reyndist að leysa af hendi.

Jarðlagastaflinn í Kröflu hefur heppilega eiginleika með tilliti til borunar, og hafa hrun og festur í borun verið fátíð.

Hátt hitastig og hár suðuprýstingur djúpt í kerfinu gerir auknar kröfur til öryggisbúnaðar til að taka við þeim prýstingi sem byggist upp á holutoppi ef holan nær að snögghitna í borun. Við borun holu KG-4 reyndist öryggisbúnaður borsins ekki nægilega öflugur til að hægt væri að hemja hana. Í kjölfar þessa var öryggisbúnaður boranna stórefldur, og mun meiri aðgát viðhöfð til að forða því að prýstingur byggðist upp á holutoppi á meðan á borun stæði.

Vinnslufóðringar í Kröflu hafa verið steyptar í allt að 1100 m dýpi. Þegar fóðring er steypst er steypunni dælt niður rörið og upp utan með. Á leiðinni upp tapast hluti af steypunni út í vatnsæðar, en ef vel tekst til næst að steypa fóðringuna frá botni allt til yfirborðs. Sjaldnast hefur tekist að steypa djúpar vinnslufóðringar upp í einum áfanga í Kröflu. Að steypingu lokinni hefur því staðan verið sú, að steypuborð er að finna á nokkur hundruð metra dýpi. Góð steypa er þar fyrir neðan, en engin ofan steypuborðs. Í fyrstu holunum var ýmist reynt að ljúka verkinu með því að fylla upp með fóðringunni með sandi eða dæla steypu utan með henni. Hvorug aðferðin gaf góða raun. Þegar holurnar hitna upp og fara í blástur að borun lokinni verður mikil hitapensla á fóðurrörunum og hætta á skemmdum á fóðringu ef hún er illa steypst. Til dæmis hafa komið fram fóðringarskemmdir í 7 af fyrstu 12 holunum í Kröflu, og má í a.m.k. 5 tilfellum rekja þær til lélegrar steypingar í efstu 300 m vinnslufóðringar.

Árið 1977 var orðið ljóst að bæta þyrfti aðferðir við steypingar á djúpum fóðringum til að tryggja að öll fóðringin steypstist upp. Í fyrstu var horfið til þess ráðs að koma fyrir svonefndu þrepasteypu-stykki í fóðringarstrengnum og steypa fóðringuna upp í áföngum, þ.e. fyrst neðri helminginn, en síðan þann efri. Þegar sýnt var að sú aðferð tryggði ekki nægilega góðan árangur var tekin upp aðferð sem notuð hefur verið síðan. Ef fóðring steypist ekki upp í fyrstu til-raun, er steypan látin harðna og steypuborð síðan fundið með hljóð-bylgjumælingum. Þá eru skotin göt á fóðringuna við steypuborðið og loks dælt steypu út um götin og fóðringin þannig steypst áfram upp. Þessari tækni hefur verið beitt í ríkum mæli síðan 1980, og hafa ekki komið fram fóðringarskemmdir í holum boruðum eftir þann tíma.

Önnur nýjung í bortækni hérlendis, sem beitt hefur verið við boranir í Kröflu, er svonefnd skáborun. Í hefðbundinni borun er borað u.þ.b. lóðrétt niður í fulla dýpt. Ef skáborun er beitt er holan sveigð frá lóðlínu í fyrirfram ákveðna stefnu þegar nokkur hundruð metra dýpi er náð og borað áfram með 20-40° halla. Þessari tækni er mikið beitt í olíuborunum t.d. frá olíuborþöllum, en í mun minna mæli í jarðhita-borunum, ef frá er talið Geyserssvæðið í Bandaríkjunum þar sem flestar holur eru boraðar á ská.

Rökin fyrir því að innleiða skáborun í Kröflu á árinu 1982 voru tví-þætt. Annars vegar að vatnsleiðni í jarðhitakerfunum er mest tengd lóðréttum sprungum í berginu. Hins vegar landfræðilegar aðstæður til að staðsetja borholur. Leit að heitum vatnsgæfum sprungum er því mun markvissari ef borað er á ská í stað nærri lóðrétt eins og í hefð-bundinni borun. Fjöldinn allur af sprungum er auk þess sýnilegur á yfirborði og hægt að velja úr áhugaverðar sprungur eða sprungukerfi og bora í gegnum þau á fyrirfram ákveðnu dýpi ef skáborun er beitt.

Þrívægis hefur verið skáborað á Kröflusvæðinu, þ.e. KJ-20, KJ-22 og KJ-13, er hún var endurunnin.

2.3 Áhrif landhreyfinga á borholur

Þegar umbrot hófust á Kröflusvæðinu undir árslok 1975, seig land innan Kröfluöskjunnar um allt að 2 m. Síðan hafa skipst á ris- og sigtímabil á víxl. Á ristímabilunum hefur land hækkað um 0,5-1 m á fleiri mánuðum eða jafnvel nokkrum árum, en fallið síðan 0,3-0,7 m á sigtímabilum. Tekur sigið aðeins örfáa daga, og fylgja því sprunguhreyfingar og eldgos á virka sprungusveimnum, sem gengur í gegnum Kröfluöskjuna miðja. Hefur samtals gosið níu sinnum á Kröflusvæðinu síðan 1975, nú síðast í september 1984.

Á vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar hafa landhreyfingar vegna eldsumbrotanna að mestu einskorðast við áður nefnd ris og sig. Undantekning er að í ársbyrjun 1976 höggudust sprungur á vinnslusvæðunum. Þær sprungur sem hreyfðust voru NV-SA misgengi í suðurhlíðum Kröflu, og vestan Hveragils þar sem sprunga með norðvestlæga stefnu opnaðist. Lá sú sprunga við holur KW-1 og KG-3, og liggur beint við að skýra fóðringarskemmdir í þessum holum með því að sprungur hafi klippt í sundur fóðringarnar og eyðilagt holurnar, líkt og gerðist í Bjarnarflagi á árinu 1977 þegar allflestar vinnsluholur þar löskuðust í tveimur umbrotahrinum.

Síðan 1976 hefur ekki orðið vart sprunguhreyfinga innan vinnslusvæðanna, og engar skemmdir orðið á borholum er setja megí í samband við hreyfingu lands.

3 VINNSLUSVÆÐI KRÖFLUVIRKJUNAR

Kröfluvirkjun nýtir gufu af þremur vinnslusvæðum (mynd 3): Leirbotnum, Suðurhlíðum Kröflu og Hvíthólum. Svæðin eru mjög ólík að stærð, vinnslueiginleikum og vinnslugetu. Dæmi um hve svæðin eru mismunandi eru hitaferlarnir á mynd 4. Í efri hluta jarðhitakerfisins á Leirbotnasvæðinu þ.e. niður á 1000 m dýpi er hitastig um 200°C, en þar fyrir neðan er hitastig við suðumark, þ.e. um 300°C á 1100 m og 340°C á 2000 m dýpi. Þessu er hins vegar öfugt farið á Hvíthólasvæðinu. Þar fylgir hitastig suðumarki frá yfirborði niður í 700-800 m dýpi, og mælist t.d. um 260°C á 600 m dýpi. Dýpra í kerfinu er hins vegar viðsnúinn hitaferill, þ.e. hiti lækkar með dýpi.

Berghitaferlarnir eru dæmi um mismunandi vinnslueiginleika svæðanna. Hér á eftir verður fjallað um hvert vinnslusvæði fyrir sig. Sagt er frá borárangri, vinnslueiginleikum jarðhitavökvans, aflsögu hola, mati á vinnslugetu og áhrifum eldvirkni á rekstur þeirra.

3.1 Leirbotnar

Rannsóknir á Kröflusvæðinu á fyrri hluta síðasta áratugs sýndu, að innan Kröfluöskjunnar væri að finna stórt jarðhitakerfi (10 km²). Að lögun er svæðið ílengt í stefnu NV-SA, og nær það úr suðurhlíðum Kröflufjalls, vestur fyrir miðju Kröfluöskjunnar. Þrjú aðaljarðhitauppstreymi eru innan þessa stóra jarðhitakerfis, og kljúfa það í minni kerfi. Vestasta uppstreymið er við Leirhnjúk, en hin eru Hveragil og suðurhlíðar Kröflu.

Jarðhitakerfið, sem tengist uppstreyminu í Hveragili, er nefnt Leirbotnar. Það nær yfir innsta hluta Hlíðardals og svæðið norðan hans, allt norður fyrir Víti. Austurjaðar þess er við Hveragil, en mörkin milli Leirhnjúkssvæðisins og Leirbotna eru ekki nákvæmlega þekkt.

Virkur jarðhiti á yfirborði Leirbotna er mestur í Hveragili, en óverulegur annars staðar. Þó er nokkuð stór afbræðslublettur og eitt lítið gufuauga vestast í Hlíðardalnum þar sem vegurinn til Vítis liggur upp úr dalnum. Gengur staðurinn undir nafninu Auga við veg.

Leirbotnar var fyrsta vinnslusvæði Kröfluvirkjunar. Þar voru boráðar fjórtán holur á árunum 1974-1980. Eftir 1980 hafa boranir á Leirbotnasvæðinu legið niðri að mestu, og höfuðáhersla verið lögð á gufuöflun á öðrum vinnslusvæðum. Þó var boruð ein grunn hola (KJ-3A) og önnur (KJ-13) endurunnin í Leirbotnum árið 1983. Sú síðarnefnda var skáboruð til að vinna gufu beint úr Hveragilssprungunni.

Boranir á Leirbotnasvæðinu hafa leitt í ljós, að jarðhitakerfið er mjög óvenjulegt, og gjörólíkt þeirri mynd sem menn gerðu sér af því, þegar ráðist var í boranir á árunum 1974-75. Leirbotnar skiptast í tvo hluta, þannig að í efstu 1000-1200 m er u.þ.b. 200°C heitt vatn, en neðri hlutinn er hins vegar sjóðandi, og hitastig 300-350°C. Þar er tveggja fasa streymi vatns og gufu í berginu. Vinnslueiginleikar efri og neðri hluta eru gjörólíkir.

Í efri hluta er jarðhitavökvinn kalkmettaður og nauðsynlegt að hreinsa reglulega kalkútfellingar úr borholum, sem nýttar eru, líkt og í Svartsengi og Hveragerði. Bein afleiðing af lágu hitastigi í efri hluta er að gasstyrkur vökvans er lítill (mynd 5) sömuleiðis þýðir

lágt hitastig að vinnsluþrýstingur borhola, sem eingöngu vinna vökva úr efri hluta er lágur (< 6 bar). Kröfluvirkjun getur því ekki nýtt slíkar holur fyrir háþrýstiprepið. Hins vegar má nota þær til að framleiða lágþrýstigufu fyrir virkjunina. Var hola KJ-3A einmitt boruð í þessum tilgangi 1983. Á árinu 1984 hefur KG-5 einnig verið tengd við lágþrýstiprep virkjunarinnar. Aðrar holur í Leirbotnum sem eingöngu taka úr efra kerfinu eru holur KW-2 og KG-8. Hvorug þeirra er tengd við gufuveituna. Í töflu 2 er skráð afl hola sem taka eingöngu vökva úr efri hluta jarðhitakerfisins í Leirbotnum. Dölun holanna er lítil með tíma, og er því aðeins sýnd ein tala um afl fyrir hverja holu.

Í neðri hluta jarðhitakerfisins fylgir hitastig suðumarki, og mælist um 300°C á 1100 m dýpi en 340°C á 2000 m dýpi. Vökvinn er kísilríkur, og þarf að reka borholur við allháan vinnsluþrýsting til að hindra kísilútfellingar í þeim. Borholur sem vinna úr kerfinu eru háþrýstar og afköst þeirra nánast óháð þrýstingi á bilinu 0-20 bar. Varmainnihald er hátt, og hlutur háþrýstigufu af heildarrennsli því stór. Á móti kemur að holur sem vinna vökva eingöngu úr neðri hluta gefa litla lágþrýstigufu.

Samkvæmt hitastigi ætti gasstyrkur í gufu úr kerfinu að vera um 2-3 % (mynd 5). Reyndin hefur hins vegar orðið önnur, og er um að kenna áhrifum frá eldsambrotunum, sem hófust á Kröflusvæðinu 1975.

Í ársbyrjun 1976 er talið að kvika hafi brotið sér leið inn í rætur jarðhitakerfis Leirbotna. Neðri hlutinn mengaðist af kvikugösum og höggudust sprungur á yfirborði í Leirbotnum og Suðurhlíðum Kröflu. Gasmengunin lýsti sér í verulegri aukningu í gasstyrk gufu úr holu KG-3 og lækun sýrustigs í afrennsli frá KG-4 (Sjálfskaparvíti). Síðari athuganir sýndu einnig gífurlega aukningu á gasi í gufuaugum og hverum í Hveragili og Vesturhlíðum Kröflufjalls.

Rekja má fódðingarskemmdir í tveimur borholum í Kröflu til sprunguhreyfinga í ársbyrjun 1976 (KW-1 og KG-3). Mun afdrifaríkari fyrir vinnslu úr jarðhitakerfinu í Leirbotnum er samt gasmengunin. Fylgifiskar hennar hafa verið járnsúlfíðútfellingar djúpt í borholum. Áköfust var útfellingin í holu KG-10 og stíflaðist sú hola á aðeins mánaðar blásturstíma, en slíkra útfellinga hefur orðið vart í öllum neðri hluta holum í Leirbotnum að holum KJ-9 og KJ-11 undanskildum.

Í töflu 3 er yfirlit yfir gasstyrk í neðri hluta holum, ár frá ári síðan 1976. Kemur þar fram að gasstyrkur hefur minnkað verulega í þeim holum sem virkjunin nýtir, nema í KJ-15 sem boruð var 1980 og hefur alla tíð verið mjög gasrík. Ber þessari hegðun saman við niðurstöður athugana í gufuaugum (mynd 6).

Í töflu 4 er skráð streymi háþrýstigufu frá neðrihluta holum. Fyrir tengdu holurnar er gefin upp ein afltala fyrir hvert ár frá borun, en í fremsta dálkinn er hins vegar skráð hvert gufustreymi var frá hverri holu eftir eins mánaðar blástursprófun. Tölurnar í töflu 4 sýna, að vandamál Leirbotnasvæðisins er gífurleg aflhnignun með tíma. Miðað við mánaðarblástur hefur verið aflað alls um 90 kg/s af háþrýstigufu, en eftir standa aðeins um 20 kg/s. Aðalorsök fyrir þessari óeðlilegu hnignun eru járnsúlfíðútfellingarnar, sem fylgt hafa gasmenguninni í kerfinu. Þær hafa skert afl flestra holanna verulega og stíflað holu KG-10 alveg. Þegar þar við bætist að sprunguhreyfingar hafa skemmt holur, má sjá hve stóran toll eldsumbrotin hafa tekið.

Athyglivert við tölurnar í töflu 4 er að verulega hefur dregið úr aflhnignun borhola síðustu árin. Þetta ásamt minnkun gass í borholum og gufuaugum bendir til þess að mengunin af kvikugösum sé að hverfa úr jarðhitakerfinu og vinnslueiginleikar svæðisins á batavegi.

Löngum var erfitt að tengja æðar við ákveðin jarðlög í neðri hluta Leirbotnasvæðisins, en með tilkomu halla og stefnumælinga skýrðist myndin verulega. Fljótlega þótti ljóst að æðarnar tengdust sprungum og innskotum án þess þó að hægt væri beinlínis að sýna fram á það óyggjandi. Þegar niðurstöður ofangreindra mælinga lágu fyrir kom í ljós að allar holurnar á sunnanverðu Leirbotnasvæðinu að holu KJ-6 og KG-12 undanskildum voru tengdar tveimur sprungum, sem lágu skammt frá hvorri annarri. Önnur er sprunga sem hreyfðist í upphafi umbrotatímabils Kröfluelda og liggur vestan við holur KG-12, KW-1. Hin er Hveragilssprungan. Á norðanverðu Leirbotnasvæðinu eru megin æðar neðri hlutans tengdar granófýrinnskoti á 1900-2000 m dýpi, en vegna kvikuáhrifa hefur ekki reynst unnt að nýta það svæði enn sem komið er. Í efrihluta Leirbotnasvæðisins eru aðalæðarnar á mótum basalt- og móbergsmýndana á u.þ.b. 400 og 800 m dýpi. Vafalaust fæða sprungur þessar láréttu æðar.

Eins og sagt er hér að framan er Leirbotnasvæðið langstærsta vinnslusvæði Kröfluvirkjunar (2-3 km²). Á árinu 1982 var gert reikningslegt mat á vinnslugetu svæðisins á vegum Kröfluvirkjunar og Orkustofnunar. Náðu reikningarnir aðeins yfir þann hluta svæðisins, sem Kröfluvirkjun nýtir (0,7 km²). Útreikningarnir gáfu þær niðurstöður að vinna mætti af því svæði gufu, sem samsvaraði 30 MW raforkuframleiðslu í 30 ár.

3.2 Suðurhlíðar Kröflu

Svæðið afmarkast af Hveragili í vestri, Grænagili í suðri og N-S gos-sprungu og misgengi milli KJ-17 og 18 í austri. Norðurmörkin eru ekki eins vel skilgreind. Yfirborðsjarðlög eru að meira eða minna leyti ummynduð vegna jarðhita og víða gufuaugu á svæðinu.

Arið 1979 voru tekin sýni úr flestum stærri gufuaugum í Suðurhlíðum og gasstyrkur og gashlutföll mæld. Meginniðurstöður athugananna voru; að jarðhitauppstreymi væri að finna austarlega á svæðinu, að djúphitastig í kerfinu væri yfir 240°C og að kvikumengun væri lítil sem engin í vökvunum, en ykist hins vegar þegar nálgast Hveragil og í vesturhlíðum Kröflu. Svæðið virtist því mjög ákjósanlegt til vinnslu.

Boranir hófust 1980 með borun holu KJ-14, en á árunum 1981-82 voru boraðar fimm holur til viðbótar. Rannsóknarmarkmið borananna 1981 (KJ-16, KJ-17 og KJ-18) var að kanna útbreiðslu svæðisins til austurs, en 1982 beindist athyglin að Hveragili (KJ-19) og norðurhluta svæðisins (KJ-20). Var hola KJ-20 skáboruð til norðurs undir Kröflu-fjall til að skera NV-SA misgengi, sem eru ofarlega í suðurhlíðum Kröflu og ganga inn undir fjallið.

Hitamælingar í borholunum benda til að hitastig í svæðinu fylgi suðumarksferli niður á 2000 m dýpi á vestur- og norðurhluta svæðisins. Nýjustu athuganir á holum KJ-16 og KJ-17 benda til að við austurjaðarinn sé hitastig undir suðumarki neðan 1000 m dýpis (270-280°C). Austan við þessar holur fellur hitastig og er t.d. aðeins 150°C á 1000 m dýpi í holu KJ-18, sem stendur því í raun utan við jarðhitakerfið.

Vinnslueiginleikar vökvans eru allgóðir. Samkvæmt efnasamsetningu er lítil hætta talin á útfellingum í borholum, og hefur enn ekki orðið vart við þær sem komið er. Gasstyrkur í gufu er mjög breytilegur eftir holum (tafla 5). Mestur er hann í holum KJ-16 og KJ-20, um 3-4%, en minnstur í KJ-17 eða innan við 1%. Kvikugös eru til staðar í Suðurhlíðum þó í minna mæli sé en á Leirbotnasvæðinu og áhrif þeirra á vinnslueiginleika ekki skaðleg.

Í töflu 6 er skráð gufustreymi háþrýsti- og lágþrýstigufu frá holum í Suðurhlíðum. Að holu KJ-18 undanskilinni eru allar holurnar nýtanlegar fyrir virkjunina. Hátt varmáinnihald veldur því hve lítil lágþrýstigufa fæst úr flestum holunum.

Af tölunum í töflu 6 má sjá að afl í Suðurhlíðaholum hefur dalað hægt með tíma ólíkt því sem hefur gerst í holum í Leirbotnum. Mesta breytingin varð í holu KJ-14 á fyrsta blástursári, þegar streymi

háþrýstigufu minnkaði úr 15,3 kg/s í 12,3 kg/s. Aðrar breytingar á milli ára eru óverulegar, og hefur svæðið gefið af sér rúmlega 31 kg/s af háþrýstigufu síðan 1982.

Við samrekstur á holum í Suðurhlíðum kom upp það vandamál, að hola KJ-17 blés óreglulega og sveiflaðist toppþrýstingur eftir ákveðnu mynstri, sem endurtók sig í sífellu. Ástæðan fyrir óróanum er talin vera óheppilegt samspil milli vatnsæða holunnar, þar sem æðar í u.þ.b. 1200 og 1800 m takast á. Þrýstingssveiflurnar hafa áhrif út á gufuveitum, og því á samtengdar holur. Hefur af þessum sökum gengið illa að reka holu KJ-16 og hefur hún lítið verið nýtt.

Í Suðurhlíðunum eru meginæðarnar tengdar súrum láréttum innskotum á 900-1200 m dýpi. Þar neðan við hafa æðar verið skornar við sprungur og innskot, sem hafa lítinn halla frá lóðlínu.

Á árunum 1981-82 voru gerðir á vegum Kröfluvirkjunar og Orkustofnunar líkanreikningar af Suðurhlíðasvæðinu m.a. til að meta vinnslugetu. Í reikningunum var gengið útfrá uppstreymi nærri holum KJ-16 og KJ-17, líkt og athugasemdir á gufuaugum höfðu gefið til kynna. Stærð svæðisins var talin 0,5 km², og var norðurjaðarinn dreginn við núverandi borholur. Samkvæmt þessum forsendum gáfu reikningarnir, að svæðið stæði tæplega undir meiri vinnslu en 20 MW í 30 ár.

3.3 Hvíthólar

Í Hlíðardal, u.þ.b. 2 km suður af stöðvarhúsi Kröfluvirkjunar eru jarðhituummerki á yfirborði, og draga hólar þar nafn af ljósum lit ummyndaðra jarðlaga, og nefnast Hvíthólar. Svæðið er rétt við rima Kröfluöskjunnar.

Á áttunda áratugnum var þarna hvergi að finna gufu á yfirborði, en viðnámsmælingar sýndu viðnámslægð undir svæðinu. Árið 1980 fór að bera þarna á gufum. Mælingar á gasstyrk og gashlutföllum í gufunni sýndu að jarðhitakerfið við Hvíthóla væri ómengað af kvikugösum, og bentu auk þess til að djúphitastig væri hærra en 260°C. Hér virtist því vera um heppilegt vinnslusvæði að ræða fyrir Kröfluvirkjun.

Boranir hófust á svæðinu 1982 með borun holu KJ-21 í u.þ.b. 1200 m dýpi. Ári síðar voru tvær holur boraðar (KJ-22 og KJ-23). Á mynd 7 er sýnd staðsetning borhola ásamt helstu sprungum. Aðurnefnt gufu-útstreymi er við N-S sprungu u.þ.b. 100 m austan holu KJ-21.

Boranir á Hvíthólasvæðinu hafa staðfest að vinnslueiginleikar gufu úr jarðhitakerfinu eru góðir; gasstyrkur er hverfandi og kvikumengun

engin (tafla 7). Aflhnignun borhola með tíma er hæg líkt og í Suðurhlíðum.

Viðnámsmælingar á yfirborði og boranir hafa hins vegar leitt í ljós að svæðið er lítið. Virðist kerfið vera fætt af vel afmarkaðri uppstreymisrás, sprungu, undir því svæði, sem nú er virkt. Nær jarðhita-vökvinn lítið sem ekkert að breiðast út frá rásinni fyrr en í móberginu í efstu 700-800 m svæðisins. Skýrir þetta líkan viðsnúna hitaferla í borholunum, sem allar hafa verið boraðar vestan við uppstreymisrásina (mynd 7).

Holurnar þrjár eru allar tengdar um 260°C heitu vatnskerfi á u.þ.b. 600 m dýpi. Lekt þessara æða er hins vegar mjög ólík eftir holum. Lítil sem engin lekt í KJ-23 en mjög góð í KJ-21. Afl holanna er mismunandi eins og sést í töflu 7. Hóla KJ-22, sem skáboruð var út í sprungukerfið vestast á svæðinu var að vísu mjög lek neðan við 1000 m dýpi, en þar sem hitastig þar var aðeins um 180°C, gefa þær æðar ekki af sér háprýstigufu.

Ekki hafa verið gerðir neinir reikningar á afkastagetu Hvíthóla-svæðisins. Smæð þess bendir hins vegar til þess að ekki sé ráðlegt að auka vinnslu þar verulega. Áhugavert verður samt að teljast að bora eina holu til viðbótar og þá í uppstreymisrásina.

4 STAÐA GUFUÖFLUNAR

Hér að framan hefur verið gerð grein fyrir gufuöflun á einstökum vinnslusvæðum Kröfluvirkjunar. Á mynd 9 eru niðurstöðurnar dregnar saman, og sýnt hve mikil háprýstigufa var tiltæk á hverju ári frá og með 1976. Breytingar milli ára eru annars vegar vegna nýborana og hreinsana, og hins vegar vegna hnignunar hola. Háprýstigufa er í ár rúmlega 70 kg/s. Með tengingu KJ-7 beint við lágprýstiskilju lækkar þessi tala um 2 kg/s. Hefur Kröfluvirkjun því til ráðstöfunar um 68 kg/s af háprýstigufu, en 18 kg/s af lágprýstigufu.

Við hönnun Kröfluvirkjunar var gengið út frá því að gasstyrkur í gufu færi ekki yfir 1%, og útbúnaður við eimsvalann miðaður við það. Gasstyrkur hefur hins vegar verið nokkru meira eða 1,5-2% (mynd 9). Til að ná fullri nýtni úr gufuhverflinum hefur því orðið að stækka gasþeysa. Þeir eru knúnir af háprýstigufu og jókst gufunotkun virkjunarinnar því um 1-2 kg/s af háprýstigufu vegna stækkunarinnar. Virkjunin er engu að síður vel birg af háprýstigufu sem stendur, þar sem um 56 kg/s þarf til að fullnýta vélasamstæðuna. Virkjunin stendur

hins vegar tæpar með lágprýstigufu. Þar er þörfin um 19 kg/s, eða u.þ.b. 1 kg/s meiri en tiltæk lágprýstigufa. Þessi knappa staða er einmitt ástæðan fyrir því að hola KJ-7 var tengd beint inn á lágprýstiskiljur, en áður hafði það sama verið gert við KJ-6.

5 FRAMTÍÐAR GUFUÖFLUN

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

1. Viðhaldsboranir.
2. Boranir til að bæta úr skorti á lágprýstigufu.
3. 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 lágprýstigufu 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 lágprýstigufu.

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 vannýtt 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 kvikugörs 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 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.

Tafla 1 Borholur í Kröflu, yfirlit (sept 1984)

		STEYPTAR FÓÐRINGAR				LEIÐARI		TENGING	
Hola nr	Borun ár	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýpi (m)	Þverm. (")	Dýptarbil (m)	Lágprýstipr. háprýstipr. Ath.
KW-1	1974	1138	14	79	8 3/4	296	6 5/8	285-1135	
KW-2	1974	1204	14	80	8 3/4	298	6 5/8	284-1183	
KG-3	1975	1740	13 3/8	114	9 5/8	604	7 5/8	584-1671	
KJ-3A	1983	985	13 3/8	336	Engin				Lágpr.
KJ-3A	1984						9 5/8	302- 663	
KG-4	1975	2002	13 3/8	114	9 5/8	594	Enginn		
KG-5	1975	1299	13 3/8	114	9 5/8	643	Enginn		Lágpr. 1)
KJ-6	1976	2000	13 3/8	142	9 5/8	576	7 5/8	491-1933	Lágpr.
KJ-7	1976	2165	13 3/8	276	9 5/8	808	7 5/8	715-2101	Lágpr. 1)
KJ-7	1977		7 7/8	187					
KJ-8	1976	1658	13 3/8	142	9 5/8	537	7 5/8	517-1646	
KJ-9	1976	1101	13 3/8	275	Engin		7 5/8	251-1100	Hápr.
KJ-9	1977	1263	- "	-	9 5/8	1074	7 5/8	1062-1259	
KJ-9	1982	1280	- "	-	- "	-	7 5/8	1063-1274	
KG-10	1976	2082	13 3/8	275	9 5/8	805	7 5/8	775-2060	
KJ-11	1976	2217	13 3/8	275	9 5/8	788	7 5/8	754-2194	Hápr.
KJ-11	1978		- "	-	7 5/8	766-1250	7 5/8	1290-2194	
KG-12	1978	2222	13 3/8	283	9 5/8	985	7 5/8	959-2220	Hápr.
KJ-13	1980	2050	13 3/8	284	9 5/8	1064,5	7 5/8	1028-2037	Hápr.
KJ-13	1983	1780	- "	-	- "	-	7 5/8	870-1706	
							7 5/8	679-1527	
KJ-14	1980	2107	13 3/8	210	9 5/8	705	7	1527-2099	Hápr.
KJ-15	1980	2097	13 3/8	295	9 5/8	1093	7	1054-2097	Hápr.
							7 5/8	624-1836	
KJ-16	1981	1981	13 3/8	206	9 5/8	669	7	1836-1951	Hápr.
KJ-17	1981	2190	13 3/8	206	9 5/8	692	7 5/8	642-1964	Hápr.
KJ-18	1981	2215	13 3/8	200	9 5/8	669	Enginn		
KJ-19	1982	2150	13 3/8	200	9 5/8	649	7	495-2009	Hápr.
KJ-20	1982	1823	13 3/8	211	9 5/8	646	7	604-1770	Hápr.
KJ-21	1982	1200	13 3/8	286	Engin		7	240-1170	Hápr.
KJ-21	1984	-"-	- "	-	9 5/8	273	9 5/8	273-1043	
KJ-22	1983	1877	13 3/8	155	9 5/8	565	7	522-1850	Hápr.
KJ-23	1983	1968	13 3/8	190,5	9 5/8	536	Enginn		

1) Unnið að tengingu

Tafla 2 Leirbotnar. Afl efrihlutahola

Hola nr.	Afköst kg/s	Gufa við 2 bar a	Gas í gufu %
KW-2	40	5,8	0,17
KJ-3A	25	5,5	0,24
KG-5	19	3,5	0,18
KG-8	25	4,2	0,14
KJ-9 *	25	4,2	0,38

* Fyrir dýpkun

Tafla 3 Leirbotnar. Neðrihlutaholur.
Gas í gufu við 7 bar abs. %

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
KW-1	0,91	0,76	1,34						
KG-3	14,3								
KJ-6	1,92	1,84	1,94	1,11	0,93	0,84		0,59	0,76
KJ-7	4,72	5,54	3,16	2,20	2,00	2,06	1,22	1,07	1,08
KJ-9		3,13	0,62	0,43	0,50	0,55	0,59	0,47	0,56
KG-10	11,0	14,2	1,36	0,32					
KJ-11		4,17	3,32	5,78	3,60	2,06	2,34	1,95	1,47
KG-12				1,91	1,70	1,61	1,84	1,71	1,79
KJ-13					1,20	1,27	1,12	1,20	1,47
KJ-15					6,87	5,44	5,75	6,86	4,60

Tafla 4 Leirbotnar. Magn háprýstigufu frá neðrihlutaholum *

	Afl í upphafi	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
KW-1	4,2									
KG-3	12,7									
KJ-6 **	4,8	4,8	4,1	2,3	3,1	2,4				
KJ-7 **	7,5	7,1	4,0	3,2	2,0	2,0	2,5	2,7	3,3	2,0
KJ-9	17,3		17,3	6,7	7,4	8,1	5,8	4,9	4,0	4,6
KG-10	18,0									
KJ-11	13,7		12,0	7,4	3,6	3,6	3,1	1,5	2,3	2,4
KG-12	6,5				5,1	6,3	2,5	2,3	3,4	3,4
KJ-13	5,5					4,2	3,9	3,3	7,5	4,4
KJ-15	3,7					3,4	3,8	3,8	3,3	3,1
Samtals	93,9	11,9	37,4	19,6	21,2	30,0	21,6	18,5	23,8	19,9

* Gufumagn er gefið upp í kg/s

** Holan er tengd beint við lágprýstiskilju

Tafla 5 Leirbotnar. Lágbrýstigufa v. 2 bar abs kg/s frá tengdum neðrihlutaholum

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
KJ-6	0,3	0,7	0,3	0,4	0,3	2,3*	2,3*	3,5*	2,3*
KJ-7	0,8	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,6	2,3*
KJ-9		2,5	3,6	3,1	2,5	2,9	2,1	1,7	2,5
KJ-11		2,7	2,2	0,3	0,2	0,2	0,8	0,4	0,2
KG-12				0	0	0	0	0	0
KJ-13					0	0,2	0,3	0,4	0,3
KJ-15					0,1	0	0	0	0
Samtals	1,1	6,3	6,4	4,1	3,3	5,8	5,8	6,6	7,6

* Holan er tengd beint við lágbrýstiskiljur

Tafla 6 Suðurhlíðar. Gasstyrkur í gufu %

	1980	1981	1982	1983	1984
KJ-14	1,25	1,98	1,60	1,78	1,68
KJ-16		1,54	3,97	3,66	3,70
KJ-17		1,00	0,76	0,87	0,60
KJ-18		-	-	-	-
KJ-19			1,72	1,92	2,34
KJ-20			2,70	2,95	2,71

Tafla 7 Suðurhlíðar. Gufuafköst borhola kg/s

	1980		1981		1982		1983		1984	
	HG	LG	HG	LG	HG	LG	HG	LG	HG	LG
KJ-14	15,3	0,5	12,3	0,3	10,9	0,4	12,0	0,3	11,2	0,2
KJ-16			3,2	0,2	2,0	0,2	2,0	0,3	2,0	0,2
KJ-17			4,0	0,6	4,0	0,4	3,3	0,7	3,9	0,5
KJ-18			-	-	-	-	-	-	-	-
KJ-19					7,9	0,2	8,3	0,2	7,9	0,1
KJ-20					6,4	0,8	6,0	0,5	6,1	0,4
Samtals	15,3	0,5	19,5	1,1	31,2	2,0	31,6	2,0	31,1	1,4

HG: Háprýstigufa skilin við 7 bar abs

LG: Lágprýstigufa skilin við 2 bar abs

Tafla 8 Hvíthólar. Gasstyrkur og gufuafköst

	1982		1983		1984	
	HG	Gas	HG	Gas	HG	Gas
KJ-21	16,7	0,57	16,5	0,82	16,3	1,00
KJ-22			3,2	0,28	3,1	0,48
KJ-23			-		-	
Samtals	16,7		19,7		19,4	

HG: Gufa skilin við 7 bar abs kg/s

Gas: Styrkur í gufu í %

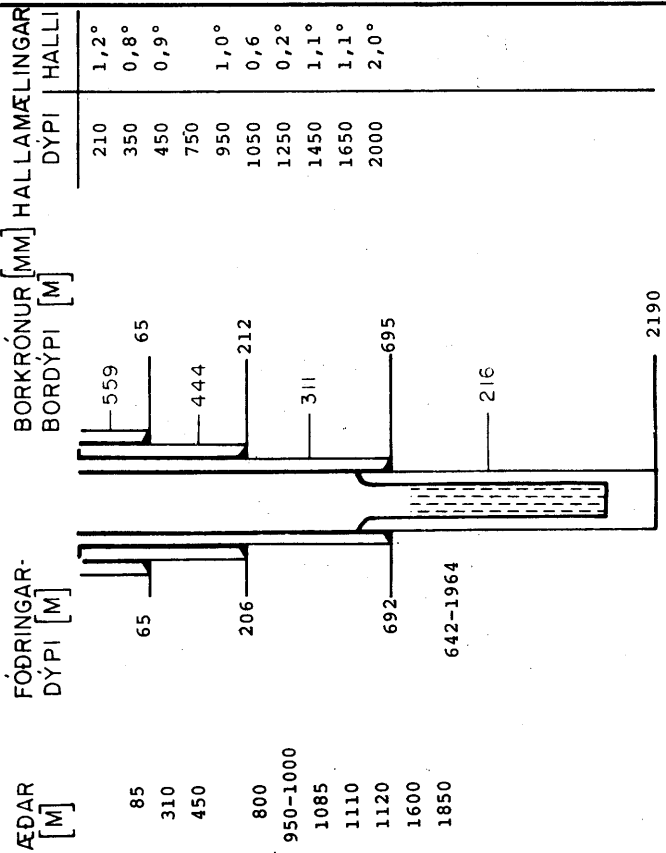
JHD-BM-6607-BS
83.01.0187 AA

KRAFLA HOLA KJ-17

Staðsetning, frágangur, halli og vatnsæðar

Staðsetning: Hnit X: 442.045, Y: 578.840 Hæð yfir sjó 643,0 m
 Fjörlægðir: Drifborð - kjallarabrún 4,56m, kjallarabrún - kragi 2,50 m
 Höggborsfóðring: Utanmál 470mm, veggþykkt 8mm
 Öryggisfóðring : API 13³/₈, 68,0 # K55 BTC
 Vinnslufóðring : API 9⁵/₈, 40,0 # K55 BTC
 Leiðari Api 7 5/8, 26,4 # J55

MYND I



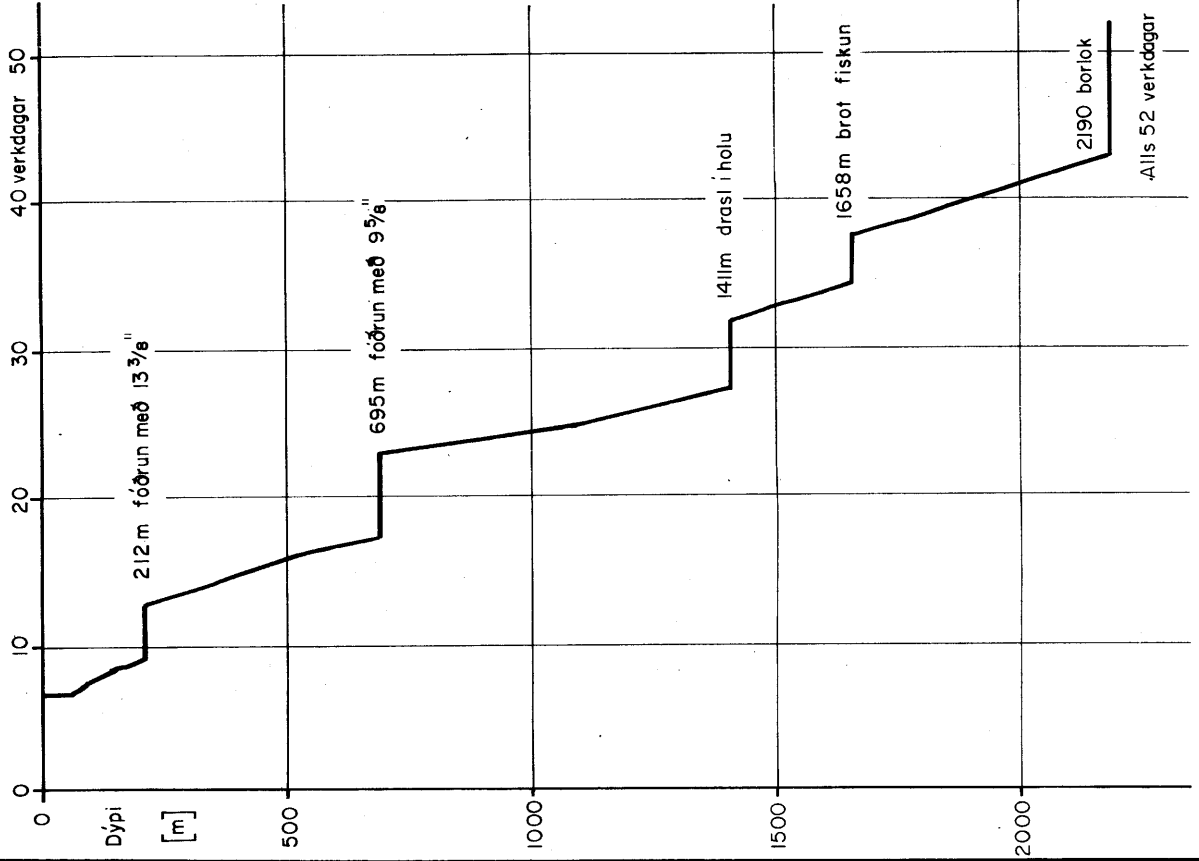
Ath. Leiðari raufaður neðan 801 m dýpis
 Dýptartölur miðaðar við drifborð Jötuns

JHD-BM-6607-BS
83.03.0308 AA

KRAFLA HOLA KJ-17

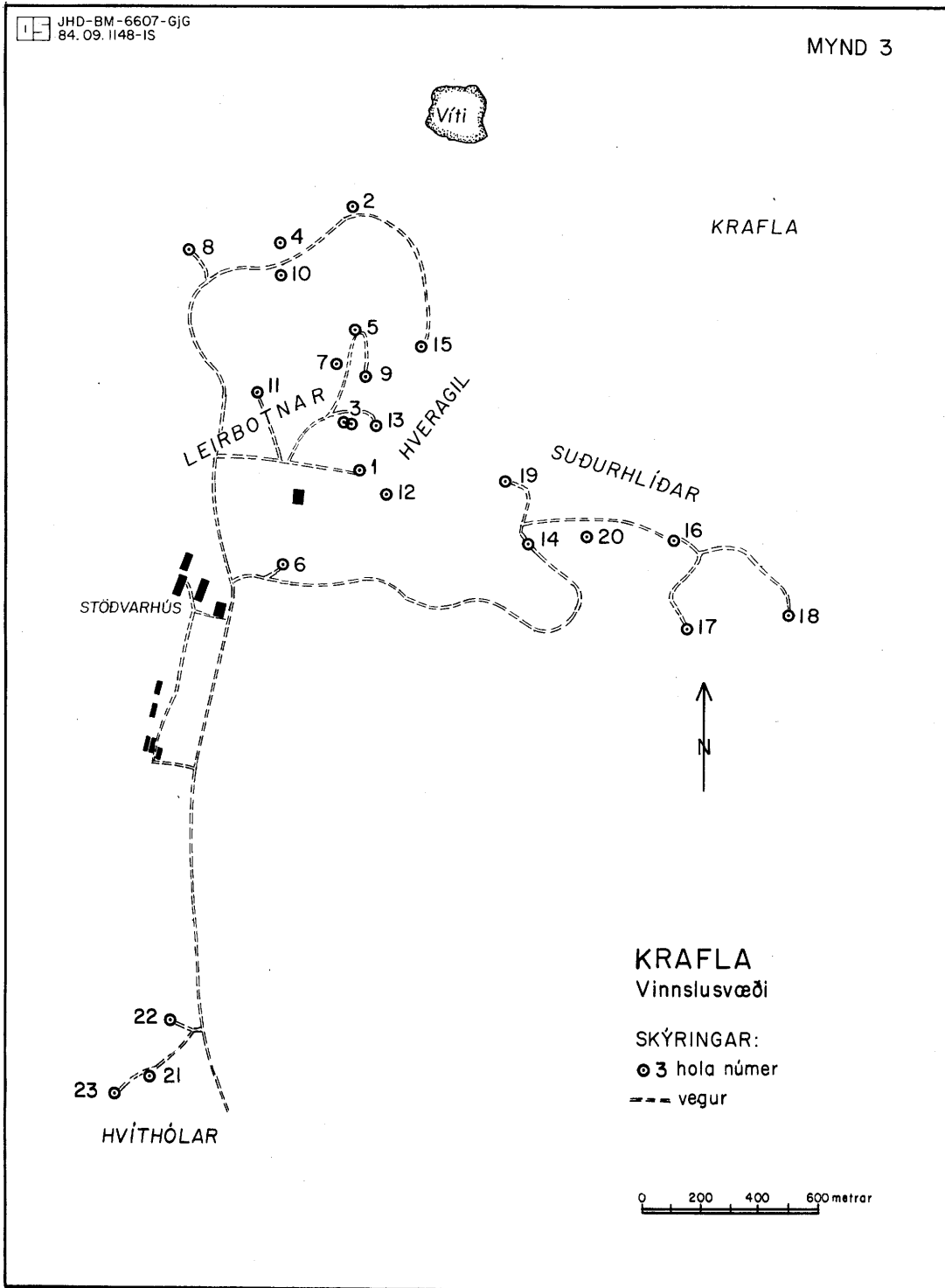
Framvinda borunar holunnar 22.júní - 13.ágúst 1981

MYND 2



JHD-BM-6607-GjG
84.09.1148-IS

MYND 3



JHD-BM-6604 VS
83.II.1637 AA

MYND 4

KRAFLA HITASTIG Í VINNSLUSVÆÐUM

