

Er Kröfluvirkjun vænlegur kostur

Ásgrímur Guðmundsson

Greinargerð ÁsG-95-12

Er Kröfluvirkjun vænlegur kostur

INNGANGUR:

Rannsóknaboranir vegna gufuöflunar fyrir Kröfluvirkjun hófust sumarið 1974 með borun tveggja hola niður á um 1200 m dýpi. Rannsóknarniðurstöður á aflri og öðrum eiginleikum voru jákvæðar og ýttu undir áframhaldandi gufuöflun. Stórir borar voru fengnir til verksins og var lokið að bora alls 11 holur í árslok 1976. Ýmis vandamál komu upp á þessum tíma bæði hvað varðar nýtingu jarðhitavökvans og bortækni. Erfiðasta vandamálið var óheppileg tímasetning náttúrunnar á eldsumbrotum á Kröflusvæðinu. Í ljós kom að kvikuþró var þarna undir og frá henni streymdi út í jarðhitakerfið kvikugös, sem spillti jarðhitakerfinu, og gerðu jarðhitavökvann nánast óvinnsluhæfan á stórum hluta Leirbotnasvæðisins. Jarðhræringar stóðu yfir í 9 ár samfleytt með tilheyrandi eldsumbrotum. Nánast allt svæðið er upphaflegar áætlanir gerðu ráð fyrir að notað yrði sem vinnslusvæði varð fyrir innrás kvikugasa. Ennfremur kom í ljós að vinnsla úr Leirbotnasvæðinu var flóknari áður var þekkt á jarðhitasvæðum, þar sem jarðhitakerfið skiptist niður í tvo vel afmarkaða hluta með dýpi. Ekki virtist unnt að vinna úr báðum hlutum samtímis í sömu holunni og kallaði það á nýja hönnun á vinnsluholum. Ný hönnun leiddi af sér nýjar aðferðir hér á landi við fóðrun og steypingar fóðringa ásamt ýmsra annarra þátta tengda borunum. Kröfluframkvæmdin varð tímabundið viðamikill skóli í jarðhitafræðum og fengu jarðhitasérfræðingar þar mikla viðbótarþekkingu og dýrmæta reynslu sem seint verður ofmetin. Síðar meir nýttist þessi reynsla við sambærilega vinnu á öðrum jarðhitasvæðum.

Með aukinni þekkingu var borunum haldið áfram frá og með 1977. Lokið var við borun holu 9 frá árinu 1976, hola KG-12 var boruð 1978 og síðan var haldið áfram borunum aðallega á nýjum borsvæðum á árunum 1980 -1983. Með því að fara inn í suðurhlíðar Kröflu og Hvítahólasvæðið var leitað út til jaðra jarðhitasvæðisins og þar af leiðandi jukust líkur á að holur gætu misst marks. Aftur á móti var vökvinn í öllum þessum holum góður til vinnslu.

Á átta árum (1974 - 1983) voru boraðar 24 holur í Kröflu þar af tvær grunnar rannsóknarholur. Af þessum holum eru 10 notaðar nú og standa nokkurn veginn undir 30 MW_e framleiðslu. Sex holur (KG-3, KG-4, KG-5, KJ-7, KG-8, KG-10) skemmdust eða úrheldust beinlínis vegna náttúrulegra aðstæðna, tvær (KJ-18 og KJ-23) misstu marks, tvær (KJ-6 og KJ-16) voru notaðar sem mælingaholur þar sem þær gáfu litla gufu og Orkustofnun ráðlagði að nota ekki KJ-22 á Hvíthólum, þar sem KJ-21 annar þeirri massatöku er svæðið þolir.

Upphaflega þegar virkjunin var hönnuð var gert ráð fyrir tveimur vélum og átti hvor um sig að framleiða 30 MW_e. Vegna erfiðleika við gufuöflun var ákveðið að setja aðeins aðra vélina niður og sjá til með þá síðari. Gufuþörf hvorrar vélar um sig er 56

kg/s af háprýstigufu og 19 kg/s af lágprýstigufu eða 75 kg/s alls. Með því að vinna mikinn hluta gufunnar úr útjöðrum jarðhitakerfisins (þar sem kvikugös hafa lítil áhrif á vinnslueiginleika gufunnar) hefur tekist að halda Kröfluvirkjun í 30 MW_e rekstri s.l. 15 ár.

YFIRTAKA LANDSVIRKJUNAR

Í upphafi árs 1986 tók Landsvirkjun yfir rekstur Kröfluvirkjunar, en fram að þeim tíma heyrði hún undir RARIK, sem tók við rekstri orkuversins úr höndum Kröflunefndar síðla árs 1978. Þá var tiltæk háprýstigufa rúmlega 68 kg/s auk þess voru um 7 kg/s til notkunar í skemmri tíma. Tiltæk lágprýstigufa var um 11 kg/s og mátti auka hana um 6 kg/s við vissar aðstæður.

Orkustofnun hélt áfram þjónustu og ráðgjafahlutverki sínu við rekstraraðila eins og áður hafði verið en árið 1987 tók Kemía s.f. yfir sýnatöku á borholuvökva og eftirliti því tengdu. Haldið var áfram sambærilegri vinnu fyrir Kröfluvirkjun og áður eins og hér segir:

- *Sýnataka úr borholum*
- *Mælingar á hita og þrýstingi í borholum*
- *Aflmælingar borhola*
- *Svæðisbundnar athuganir á gasstreymi úr gufuaugum*
- *Almennar rannsóknir vegna gufuöflunar*

Skömmu eftir yfirtöku Landsvirkjunar var lögð áhersla á að koma öllum rekstrargögnum yfir á tölvutækt form og lauk því á um það bil tveimur árum. Það hefur auðveldað verulega allt eftirlit og einfaldað alla úrvinnslu rekstrargagna.

Svæðisbundnar athuganir á gasstreymi úr gufuaugum tóku fyrst og fremst mið að því að kortleggja jarðhitasvæðin með tilliti til breytinga á gashlutföllum og gasstyrk. Orkustofnun hafði veg og vanda af þessum rannsóknum frá 1978, en 1988 tók fyrrverandi starfsmaður stofnunarinnar þær að sér og hefur haldið þeim áfram. Niðurstöður hafa sýnt verulega minnkun í gasstyrk frá 1979 og jafnframt að hlutfall milli gastegunda hafi breyst. Þær breytingar eru túlkaðar á þann veg að áhrif kvikuvirkni í jarðhitageyminum fari þverrandi.

Áhersla var lögð á að ljúka við viðnámsmælingar af austanverðri Kröfluöskjunni til að fá heilstæða mynd af núverandi vinnslusvæðum og kortleggja hugsanlega ný svæði. Mælingar hófust í lok vetrar 1991 og var þá lokið við norðurhluta svæðisins og yfir í Suðurhlíðar og Leirbotna. Ári síðar var lokið við að viðnámsmæla frá Suðurhlíðum yfir í Sandabotnaskarð og að Hvíthólum, og einnig frá Hvíthólum norður að Leirhnjúk. Þar með var búið að mæla allt austursvæði Kröfluöskjunnar með þeim aðferðum sem best eru þekktar nú. Vegna sérstakra aðstæðna hjá Landsvirkjun og í virkjanamálum hér á landi þá var úrvinnslu mælinganna frestað fram til ársins 1995 og er gert ráð fyrir að úrvinnslu ljúki í nóvember það ár. Samhliða mælingunum voru boraðar tvær grunnar kjarnaholur í Sandabotnaskarð haustið 1991 og var gott samræmi milli þess er þar kom í ljós og viðnámsmælinganna, en úrvinnslu borholugagna er ekki enn lokið.

Skömmu eftir að Landsvirkjun tók yfir reksturinn fór að bera á skorti á lágþrýstigufu og þurfti að bregðast við því. Sumarið 1988 var hola KG-24 boruð við hlið holu KJ-11 á sama borplani og var markmiðið að vinna lágþrýstigufu úr efri hluta jarðhitakerfisins eða ofan 1000 m dýpis. Fyrirliggjandi voru upplýsingar frá holu KJ-11 við hverju mætti búast og gekk það nokkurn veginn eftir. Niðurstöður voru þær að holan gaf á bilinu 4 - 6 kg/s af lágþrýstigufu og hafa þau afköst haldist fram á daginn í dag. Heildarafköst voru aftur á móti um 25 kg/s. Á þessum tíma gerðu Landsvirkjun og Jarðboranir h.f. fimm (5) ára leigusamning um notkun Dofra (Gufubors). Samhliða samningagerðinni var unnin gufuöflunaráætlun að hálfu Orkustofnunar sem tók mið að því að koma vél 2 í full afköst.

Áætlunin gerði ráð fyrir að áður en til borana kæmi þá yrði kannað hvað það hafi verið sem stíflaði holu KJ-13 og hvort Vítismóssvæðið eða efrasvæði Leirbotna eins og það hefur einnig verið kallað væri komið í vinnsluhæft ástand. Sumarið 1989 var hola KJ-13 hreinsuð og var ætlunin með aðgerðinni að fá sýni af útfellingum og auka afköst holunnar. Lítið kom upp úr holunni meðan á hreinsun stóð, þar sem mest allt vatn tapaðist. Afköst holunnar rúmlega tvöfölduðust og fór gufuhlutinn upp í rúmlega 5 kg/s. Árið 1990 var boruð hola í Vítismóinn skammt norðan við holu KG-4. Holan varð 2105 m djúp og mjög öflug. Háþrýstigufan samsvaraði 11 MW_e í rafmagni. Fljótlega kom í ljós að ekki var allt með felldu og reyndist vökvinn úr botnæðunum vera mjög súr, sýrustig um 4. Þegar leið á veturinn var holunni lokað enda verulega farið að draga úr afköstum og það talið öruggara fyrir holuna að loka henni. Sumarið 1991 var efri hluti leiðarans tekinn upp, en hann hafði slitnað í sundur þar sem súru botnæðarnar og efrihluta æðarnar blönduðust á rúmlega 1400 m dýpi. Síðan var hún hreinsuð niður á um 1500 m dýpi og stendur þannig lokuð nú.

Hola KG-26 var staðsett í Hlíðardalnum rétt ofan við Auga við veg og var hún boruð í tveimur áföngum árið 1991. Fyrri áfanginn var að kanna efrihluta Leirbotnakerfisins og var holan fyrst boruð niður á 1200 m dýpi. Gæði og hiti vökvans voru í samræmi við aðrar efrakerfisholur en afköst voru lítil og því ákveðið að fódra efrihlutann frá og bora niður samkvæmt áætlun um 2. áfanga. Lokadýpi varð 2174 m og náðist að örva holuna verulaga í lokin eins og fram hefur komið í skýrslum Orkustofnunar um holuna. Borun lauk skömmu fyrir jól og vegna breyttra að stæðna varðandi raforkuþörf þá lá lítið á að hleypa holunni í blástur. Ákveðið var að bíða með það fram á sumar. Eftir um það bil hálfis árs upphitun var holunni hleypt upp, þ.e. 29. júní 1992 og var hún í blæstri í eina viku. Rúmlega 7 kg/s af háþrýstigufu fást úr henni og samsvarar það um 3,5 MW_e. Eftir viku blástur var vatnið farið að litast svart. Um var að ræða fáeina dropa, en holan er hávermishola og þar af leiðandi nánast þurr. Ekki var sýnt að holan mundi verða notuð á næstunni og var því ákveðið að loka henni, ef vera kynni að svartu liturinn þýddi tæringu. Reiknað sýrustig fyrir æðar með innstreymishita um 330 °C var með pH=7,5. Þess vegna var ekki ástæða til að hafa áhyggjur varðandi endingu holunnar, en þar sem ekki stóð til að tengja hana á næstunni þá var ákveðið að dæla í hana einhvern ótiltekin tíma til að halda henni hreinni og bæta næsta umhverfi hennar. Þannig stendur holan nú.

KOSTNAÐUR LANDSVIRKJUNAR OG TEKJUR VEGNA BORANA

Vegna aðstæðna á raforkumarkaðinum síðustu árin hefur ekki þótt ástæða til að halda gufuöflun áfram í Kröflu og setja þar upp seinni vélina fyrir 30 MWe. Árangurinn af borun hola 24 - 26 dró einnig úr áhuga á því verki. Hér á eftir er gerð tilraun til að meta þann árangur eins og sýnt er í töflum 1 og 2. Hafa verður í huga að Kröfluvirkjun er mjög sérstakt tilvik, þar sem raunveruleikinn er sá að orkuverið er til staðar og gert er ráð fyrir að öll orka frá hverri nýrri holu skili sér strax inn á raforkumarkaðinn. Ekki er tekið tillit til þess stofnkostnaðar sem þegar hefur verið lagt í.

Í töflu 1 eru metnar tekjur af rekstri holu KG-24. Hún er frekar aflfíl til hola sem skilar lágþrýstigufu inn í virkjunina. Taflan sýnir miðað við rekstrartölur, hverjar tekjurnar eru af holunni yfir hvert rekstratímabil. Vel er hægt að hugsa sér að orkuverið verði keyrt allan ársins hring og þá fjölgar nýtingartímum um leið og verða því sem næst í 8.200 tímar á ári. Ef því væri að skipta þá væru árlegar rekstrartekjur nálægt því að vera um 20.000 kkr./ári. Ljóst er af töflunni að jafnvel aflfítlar holur geta verið fljótár að borga sig upp.

Tafla 1. Tekjur af holu KG-24 samanborið við stofnkostnað.

HOLA KG-24						
Tímabil	MW	kr/kwst	klst/ári	tekjur í kkr	klst/ári	*tekjur í kkr
1989-90	1,4	2	6.264	17.539	8.200	22.960
1990-91	1,2	2	6.120	14.688	8.200	19.680
1991-92	1,3	2	5.472	14.227	8.200	21.320
1992-93	1,3	2	4.824	12.542	8.200	21.320
1993-94	1,2	2	5.160	12.384	8.200	19.680
1994-95	1,2	2	5.616	13.478	8.200	19.680
Samtals:			33.456	84.859	49.200	124.640
* Tekjur miðaðar við rekstur allt árið.						
Borkostnaður alls á núvirði:				28.000		
Annar kostnaður á núvirði				5.000		
Samtals:				33.000		

Miðal afleiðna
20.773 kkr

Annað dæmi sem vert er að skoða er hola KG-26 en hún var boruð í tvennu lagi í rannsóknarskyni og því nokkuð dýrari en sambærileg vinnsluhola. Niðurstöður um holu KG-26 eru sýndar í töflu 2 og er þar bæði gert ráð fyrir sama rekstrartíma á ári og hjá holu KG-24 og einnig 8.200 stundum á ári.

Rekst. kostur 3% gross
 Vaxtri 7%
 NPV (kkr) 176,585 Mkr
 IRR 59,94%
 Pay off 1,84 yrs
 Pay back 1,67 yrs
 lífs span 20 yrs.

Tafla 2. Mögulegar tekjur af holu KG-26

HOLA KG-26						
Tímabil	MW	kr/kwst	klst/ári	tekjur í kkr	klst/ári	tekjur í kkr*
1992-93	3,0	2	4.824	28.944	8.200	49.200
1993-94	3,0	2	5.160	30.960	8.200	49.200
1994-95	3,0	2	5.616	33.696	8.200	49.200
Samtals:			15.600	93.600	24.600	147.600
*Tekjur miðaðar við rekstur allt árið						
Borkostnaður alls á núvirði:				80.000		
Annar kostnaður á núvirði				8.000		
Samtals:				88.000		

NPV 405.256 þk
~~IRR~~ 2,1 years
 Pay back 1.89
 IRR 52,9%

Þessi dæmi sýna að jafnvel afllitlar holur eða holur neðan við meðallag eru álitlegur kostur. Borun og hreinsun holu KG-25 kostaði um 100.000 Kkr, en gefur ekkert og er lokuð. Kostnaðurinn við hana kemur að sjálfsögðu inn í heildarkostnaðinn við gufuöflun. Miðað við gefnar forsendur sýna dæmin hér að ofan að það þurfa margar holur að misheppnast til þess að áframhaldandi gufuöflun til raforkuframleiðslu í Kröflu verði óhagkvæm.

STÆKKUN KRÖFLUVIRKJUNAR Í 60 MW_e

Upphafleg áætlun um hönnun Kröfluvirkjunar gerir ráð fyrir 60 MW_e framleiðslu með tveimur vélarsamstæðum. Allur búnaður á staðnum miðar að þessu og síðari vélarsamstæðan er tilbúin til uppsetningar. Kostnaður við stækkun virkjunarinnar felst því annars vegar í gufuöflun (boranir og gufuveita) og hins vegar kostnaði við uppsetningu vélar 2. Allur búnaðurinn, sem er sameiginlegur vél 1, er þegar fyrir hendi. Mest allur vélbúnaðurinn er til staðar og því eðlilegast að koma vélinni fyrir í því sæti er henni var ætlað, þar sem litlar líkur eru á því að hún verði sett niður annars staðar. Ávinningurinn af þessari framkvæmd er fyrst og fremst sá að fljótlega eftir að hola hefur verið boruð eða eftir prófunartíma hennar (2-4 mánuðir) þá má tengja hana virkjuninni og orka hennar er kominn á leið til neytandans í formi raforku. Annar mikilvægur þáttur, er sá að staðsetning Kröfluvirkjunar og öruggur rekstur eykur verulega rekstraröryggi á raforkuneti Landsvirkjunar.

Í framtíðinni má gera ráð fyrir að Kröfluvirkjun verði keyrð árið um kring. Þá má áætla að hvert MW af gufu gefi í árstekjur 16,4 Mkr, ef verð á kwst er 2 kr og rekstartími er 8.200 stundir. Eðlilegt er að gera ráð fyrir að virkjunin verði keyrð allt árið þegar raforkumarkaðurinn kallar á alla þá framleiðslu sem fyrir er í landinu.

Fyrirliggjandi eru ýmsir kostir eins og áður hefur verið komið inn á í áætlanagerðum fyrir Kröfluvirkjun. Vert er að rifja upp helstu kosti í núverandi stöðu:

- ☞ Borun í svæðið í ofanverðu Hveragili og austan Vítis
- ☞ Skoða möguleika á að endurvinnna holu KG-25
- ☞ Borun í Leirbotnasvæðið. Það er vannýtt í dag og e.t.v. má nýta hluta af eldri mannvirkjum og lækka þannig borkostnað. Það hefur ekki verið í

umræðunni um stækkun virkjunarinnar, þar sem því var ætlað að anna gufubörf vélar 1.

- ✎ Borun í Suðurhlíðar. Vissar vísbendingar hafa verið að koma fram í eftirlitsmælingum um að niðurdráttur hafi verið ofmetinn.*
- ✎ Borun í Sandabotnafjall og Sandabotnaskarð.*

Í síðasta lið upptalningarinnar hér að ofan er getið um staði kennda við Sandabotna. Þar voru boraðar tvær grunnar kjarnaholur 1991, en verið er að ljúka úrvinnslu umfangsmikilla yfirborðsmælinga (TEM-mælingar) af því svæði og virðast þær benda til að þar geti verið álitlegt vinnslusvæði.