



Hermireikningar í Kröflu

**Ásgrímur Guðmundsson**

**Greinargerð ÁsG-97-08**



## HERMIREIKNINGAR Í KRÖFLU

Veturinn 1996/97 tók Orkustofnun að sér að yfirfara líkangerð og hermireikninga frá 1980-81 fyrir Kröflusvæðið og bæta inn í það nýjum upplýsingum, sem höfðu safnast í árlegum eftirlitsmælingum. Um var að ræða hita- og þrýstimælingar ásamt aflmælingum. Ennfremur þurfti að bæta inn nýjum gögnum um jarðfræðilega eiginleika svæðisins. Eftir að gamla líkanið hafði verið yfirfarið var ljóst að það útheimti verulegar endurbætur þannig að þegar upp var staðið þá var komið að miklu leyti nýtt líkan. Þetta kom reyndar ekki á óvart enda voru hermireikningar á frumstigi á árunum í kringum 1980 og var gamla Kröflulíkanið fyrsta alvöru tilraunin í heiminum til að setja upp flókið stærðfræðilegt kubballíkan af jarðhitakerfi.

Vinnan sem lögð var í þetta verk er sundurliðuð hér bæði hvað varðar verkþætti og tíma. Við frágangsvinnu var lögð áhersla á að skoða viðbrögð suðurhlíða Kröflu við aukinni vinnslu. Niðurstöður voru jákvæðar að því leyti að talið var í lagi að auka vinnsluna án þess að ganga of nærri forða svæðisins. Niðurstöður voru birtar í áfangaskýrslu undir nafninu "*Áhrif nýborana á suðurhlíðar Kröflu - Áfangaskýrsla um þrívítt reiknilíkan*". Höfundar verksins eru Grímur Björnsson, Helga Túliníus, Ómar Sigurðsson og Sigvaldi Thordarson, öll á Orkustofnun og Guðmundur Böðvarsson frá Lawrence Berkeley Laboratory í Kaliforníu. Auk höfunda áfangaskýrslunnar komu margir aðilar að verkinu, þar má nefna: Ásgrím Guðmundsson, Hjálta Franzson, Halldór Ármannsson, Knút Árnason, Rögnu Karlsdóttur, Benedikt Steingrímsson, Hilmar Sigvaldason og Valgarð Stefánsson öll frá Orkustofnun og Trausta Hauksson frá Kemíu sf. Umfangsmikil gögn um vinnslusögu Kröflustöðvar voru lögð fram af starfsmönnum Landsvirkjunar í Kröflu.

Í stuttu máli þá byggist líkangerðin á því að sett er upp kubballíkan af svæðinu sem talið er endurspegla innri gerð svæðisins og massastreymi að og frá svæðinu. Hitnun líkansins úr köldu upphafsástandi er reiknuð og lekt og fleiri þættir stilltir uns jafnvægi fæst við það ástand sem ríkti í jarðhitasvæðinu fyrir vinnslu (boranir). Þetta er nefnt "natural state líkan". Eftir það eru vinnslugögn sett inn og líkanið stillt af í smærri einingum þannig að það líki eftir þekktri vinnslusögu hveirrar holu (þrýstilækkun, kæling o.s.frv) og kallast reynslulíkanið þá "well by well líkan". Líkanið má einnig kalla "vinnslulíkan af svæðinu" og er það síðan notað til að spá fyrir um viðbrögð svæðisins við vinnslu í framtíðinni. Næst er reiknilíkanið stillt af í samræmi við þekkta vinnslusögu og vinnsluviðbrögð svæðisins. Með þessu móti fæst jafnt og þétt fram kubballíkan sem hermír æ betur hegðun jarðhitasvæðisins.

Áætlun sem lögð var fram 1996 um forðafræðiúttekt á Kröflusvæðinu hljóðaði þannig:

- **Samantekt á vinnslugögnum frá svæðinu.** Þessi vinnslugögn spanna 18 ára nýtingu. Gerðar verða inntaksskrár um vinnslu úr einstökum holum, þrýstisaga hveirrar holu skráð, hitabreytingar hola settar í skrá, úttekt gerð á efnabreytingum í einstökum holum og mat lagt á hvernig þau gögn nýtast við gerð líkans af svæðinu.
- **Endurskoðun á hugmyndafræðilegu líkani.** Athugað var hvort nýjar upplýsingar um innri gerð Kröflusvæðisins og vinnslugögn síðustu 18 ára gefa tilefni til að endurbæta fyrirbyggjandi hugmyndafræðilegt líkan af jarðhitakerfinu. Ef svo er verður sett upp nýtt hugmyndafræðilegt líkan sem tekur tillit til allra fyrirbyggjandi upplýsinga um jarðhitakerfið.

- **Bútan.** Hugmyndafræðilegt líkan bútað niður í einingar þannig að fram komi stærðfræðilegt líkan sem notað verður til þess að herma viðbrögð jarðhitakerfisins.
- **Kvörðun á líkani.** Forðafræðilegum eiginleikum einstakra búta breytt þar til líkanið hermir vinnslusögu einstakra hola og svæðisins í heild á viðunandi hátt.
- **Sviðsmyndareikningar.** Þegar viðunandi kvörðun á líkani liggur fyrir verða gerðir reikningar á viðbrögðum jarðhitakerfisins við mismunandi nýtingu. Einkum kemur til álita aukin vinnsla í Leirbotnum annars vegar og í Suðurhlíðum hins vegar. Aðrir möguleikar verða einnig skoðaðir eftir því sem ástæða þykir til.

Ekki varð hjá því komist að smíða nýtt reiknilíkan þó svo að grunnhugsunin á bak við eldra líkanið hefði ekki breyst neitt verulega. Allmikil vinna var lögð í hugmyndafræðilega uppbyggingu líkansins. Til þess að hægt sé að átta sig á umfangi verksins þá er reiknilíkanið í stuttu máli þannig uppbyggt. Það samanstendur af 5000 virkum kubbum sem liggja í átta láréttum lögum um 20 km í allar áttir út frá miðju borsvæðisins. Þá liggur ofan á líkaninu lárétt lag með rúmlega 500 óvirkum kubbum (fastir í hita og þrýsting) og eins eru á jöðrum líkansins átta óvirkir kubbar. Um það bil 550 kubbar eru í innri hluta hvers lags og u.þ.b. 70 kubbar í þeim ytri á jöðrunum. Eins og gefur að skilja gerir vinna af þessu tagi kröfu til mikillar reiknigetú í tölvum og var því svarað með að auka reiknigetú tölva Orkustofnunar. Í lokin á ofangreindri vinnu var lögð höfuð áhersla á að spá fyrir um ástand Suðurhlíða vegna fyrirhugaðra borana í svæðið 1997. Oft þurfti að stíga til baka þegar sviðsmyndareikningar voru gerðir til að endurstilla eiginleika líkansins fyrir áframhaldandi sviðsmyndaskoðun.

Þrátt fyrir mikla vinnu í þeirri viðleitni að aðlaga líkanið að núverandi þekkingu þá lá ljóst fyrir að ýmsir hnökrar voru enn á líkaninu sem þurfti að laga. Ef gera á líkanið þannig úr garði að það verði trúverðugt fyrir öll vinnslusvæði virkjunarinnar þá er nauðsynlegt að fínstilla ákveðna þætti er varða vinnslusöguna þannig að líkanið og vinnslusagan falli saman. Til þess að líkanið komi til með ná yfir allt vinnslusvæðið og spár þess verði trúverðugar þá þarf núverandi þekking og líkanið að falla vel saman. Til að svo megi verða þá er nauðsynlegt að halda áfram vinnu með líkanið. Það er mikilvægt að hafa í huga að stýra þarf borunum eftir gufu á þann hátt að ekki verði gengið of nærri svæðinu og holum dreift þannig um vinnslusvæðið að þær steli ekki frá hverri annarri. Gott forðafræðilíkan er því nauðsynlegt til að stýra gufuöflunar framkvæmdum á markvissan hátt.

Orkustofnun leggur því til að haldið verði áfram líkangerðinni og hún unnin undir leiðsögn forðafræðideildar ROS, en að Guðmundur Böðvarsson frá Lawrence Berkley Laboratory verði fenginn sem sérstakur ráðgjafi þar að lútandi. Lagt er til að byrja á nýjan leik 1. febrúar 1998 og verkinu ljúki miðað við sett markmið eigi síðar en 1. september sama ár. Æskilegt er að fá Guðmund Böðvarsson til landsins í marsmánuði í 7 -10 daga. Eftir það geta aðilar unnið saman með nútímatækni í samskiptum milli staða og heimshluta nema einhverjar óvæntar uppákomur verði.

**Kostnaðaráætlun er sem hér segir:**

<i>Verkþættir</i>	<i>tímar</i>	<i>Kr.</i>
Lagfæringar á þekktum göllum	100	337.400
Stilling líkans við vinnslusögu	500	1.687.000
Keyrsla á líkaninu miðað við mismunandi forsendur	300	1.012.200
Aðkeypt vinna		1.000.000
Verkstjórn	100 t	391.500
Skýrslugerð	150 t	442.810
Ófyrirséð 10 %		487.090
<b><u>Samtals.</u></b>		<b><u>5.358.000</u></b>

*Kostnaðaráætlun miðast við gjaldskrá í des 1997.*