

SÝNIEINTAK

-má ekki fjarlægja

SSON

RANNSÓKN Á UMBROTUM VIÐ KRÖFLU
OG
SPRUNGUKERFI Í KELDUHVERFI

Sameiginleg rannsóknaráætlun

Norræna Eldfjallastöðin

Orkustofnun

Raunvísindastofnun Háskólans

Veðurstofa Íslands

Mars 1976

RANNSÓKN Á UMBROTUM VIÐ KRÖFLU OG SPRUNGUKERFI Í KELDUHVERFI

Sameiginleg rannsóknaráætlun

Norræna Eldfjallastöðin
Orkustofnun
Raunvísindastofnun Háskólans
Veðurstofa Íslands

Að þessari rannsóknaráætlun hafa umnið

eftirtaldir sérfræðingar:

Axel Björnsson, eðlisfræðingur, Orkustofnun
Eysteinn Tryggvason, jarðeðlisfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.
Gestur Gíslason, jarðfræðingur, Orkustofnun
Guðmundur Pálason, jarðeðlisfræðingur, Orkustofnun
Guðmundur E. Sigvaldason, jarðfræðingur, Norræna Eldfjallastöðin
Haukur Tómasson, jarðfræðingur, Orkustofnun
Hlynur Sigtryggsson, veðurfræðingur, Veðurstofa Íslands
Hrefna Kristmannsdóttir, jarðfræðingur, Orkustofnun
Karl Grönvold, jarðfræðingur, Norræna Eldfjallastöðin
Kristján Sæmundsson, jarðfræðingur, Orkustofnun
Páll Einarsson, jarðeðlisfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.
Ragnar Stefánsson, jarðskjálftafræðingur, Veðurstofa Íslands
Sigurður Steinþórsson, jarðfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.
Sigurður Þórarinsson, jarðfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.
Stefán Arnórsson, jarðfræðingur, Orkustofnun
Sveinbjörn Björnsson, jarðeðlisfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.
Sven Sigurðsson, stærðfræðingur, Orkustofnun
Valgarður Stefánsson, eðlisfræðingur, Orkustofnun
Þorleifur Einarsson, jarðfræðingur, Raunví sindastofnun H.Í.

EFNISYFIRLIT

Inngangur	bls. 1
I Rannsóknarverkefni, sem miðast við að ákvarða, hvort hætta sé á eldgosi á Kröflu-Námafjalls- svæðinu.	3
I A Sprungumælingar	3
I B Efnasamsetning gasútstreymis við Leirhnjúk, Kröflu og Námafjall	4
I C Hæðar- og þyngdarmælingar	5
I D Hallamælingar í nágrenni Kröflu	6
I E Viðnámsmælingar við Kröflu og Námafjall	7
I F Mæling hitastigs í jarðvegi og grunnvatni	8
I G Eftirlit með skjálftavirkni	8
I H Mælingar í borholum við Kröflu og Námafjall	10
II Rannsóknarverkefni, sem stuðla að almennt aukinni þekkingu á þeim jarðfræðilegu við- burðum, sem skeð hafa í Þingeyjarsýslu vet- urinn 1975-76.	11
II A Jarðfræðileg rannsókn á sprunguhreyfingum	11
II B Úrvinnsla jarðskjálftagagna	13
II C Bergfræðirannsóknir Kröflu- og Námafjalls- svæðisins	16
II D Hallamælingar á Peistareykjum, í Gjástykki og við Dettifoss	17
II E Ummynndun bergs í borholum við Kröflu	19
II F Myndmæling á öllu hreyfingarsvæðinu	20
Yfirlit yfir fjárbörf vegna rannsókna við Kröflu og á sprungukerfi í Kelduhverfi	21

INNGANGUR

ENN eru mönnum í fersku minni þeir viðburðir, sem hófust 20. des. sl. með eldgosi og skjálftum við Leirhnjúk, gliðnun og sigi lands í Kelduhverfi ásamt stórfelldum skjálftum, sem náði hámarki með svo stórum landskjálfta í Axarfirði, að Kópasker varð óbyggilegt í nokkrar vikur og svo hörðum skjálftum á Kröflusvæði, að mönnum og mannvirkjum stóð ógnun af.

Nú hefur hægzt um og tjón er lítið miðað við það, sem gæti hafa gerzt. Ekki má þó álykta, að allt sé um garð gengið. Frásagnir af fyrri atburðum á svæðinu benda til þess, að virkni komi í hrinum, með margra mánaða hléum. Vonandi er eldgosa- og jarðskjálftahætta liðin hjá, en sú von verður ekki að vissu fyrr en nákvæmar mælingar sýna að sambærileg ró hafi færzt yfir svæðið og þar ríkti áður en vart vart varð fyrstu hræringa snemma árs 1975. ENN eru skjálftar og sprunguhreyfingar á svæðinu. Athyglan beinist fyrst og fremst að því, að eldgos geti hafizt á ný í námunda við Leirhnjúk og Kröflu.

Sú staða, sem nú er komin upp, er nokkuð sérstök og ólík því sem áður hefur gerzt hér á landi. Í Heimaey var hegðun gossins með þeim hætti að aldrei varð hlé á unz yfir lauk og því voru allar ákvarðanir vegna björgunaraðgerða og annarra viðbragða knúðar fram án tafa. Mývatnssveit og Krafla er svæði mikilla athafna, þar sem skynsamleg skoðanamyndun um framhald ákveðinna verkefna hlýtur að taka mið af samróma áliti sérfræðinga um hugsanlega hættu á eldgosi og landskjálftum.

Af þessum sökum verður ekki hjá því komið að leitað verði álits sérfræðinga í jarðvísindum á komandi mánuðum og þeir beðnir að meta stöðuna hverju sinni. Til þess að geta brugðist við þessu hlutverki verða stöðugt að liggja fyrir nýjar upp-

lysingar um ástand svæðisins, sem mestu varða við mat á hugsanlegri þróun.

Auk þessara atriða hafa menn líka hugleitt, hvern lærdóm megi draga af þessum viðburðum um svipuð umbrot annars staðar á gosbeltum landsins þar sem mannvirki eru áætluð.

Hliðstæðir atburðir eru ekki fátiðir í sögu landsins. Það er álit jarðvísindamanna, að hverju gosbelti sé eiginlegt að gliðna öðru hverju líkt og nú hefur gerzt fyrir norðan. Hliðstæður eru m.a. taldar umbrot á Mývatnsöræfum 1875, 1724-1729 og í vestanverðu Kelduhverfi 1885 og 1618. Sunnanlands mætti nefna umbrot frá Þingvöllum suður í Selvog 1789 í kjölfar Skaftárelدا 1783 og landskjálftanna miklu á Suðurlandi 1784.

Auk þess að vera forvitnilegt rannsóknarefni í alþjóðlegum jarðvísindum, hefur rannsókn á slíkum umbrotum mikið efnahagslegt gildi, því að þær sprunguhreyfingar sem nú ógna byggð í Reykjahlíð, Kíslíðju, Kröfluvirkjun, Kópaskeri og byggð í Kelduhverfi og Axarfirði eru dæmi um umbrot, sem allt eins gætu orðið á sprungukerfum þar sem virkjanir eru áætlunar í Jökulsá, einnig á virkjanasvæði Tungnár í nágrenni Sigöldu og Hrauneyjarfoss, á Nesjavöllum og Hengilssvæði eða á Reykjanesi og Svartsengi.

Vegna mikilvægis þessa máls efndu stofnanir í jarðvísindum til umræðufundar og sameinuðust um gerð þessarar rannsóknaráætlunar, sem hér fylgir. Tvö markmið eru höfð í huga:

1. Ráðgefandi starfsemi á komandi mánuðum og hugsanleg gosspá.
2. Almennari rannsókn á hreyfingum í sprungukerfinu, sem kemur til góða við rannsókn náttúruhamfara annars staðar á landinu, og hönnun mannvirkja á sambærilegum svæðum.

Fyrra markmiðið er tímabær orsök þessarar skýrslu. Rannsóknar áætlunin er miðuð við að beita aðferðum, sem vitað er að hafa gefið ábendingar um væntanlegt eldgos. Ekkert sem reynt hefur verið annars staðar í heiminum er þar undan skilið.

Hvað síðara markmiðið snertir er rétt að minnast þess, að þetta er fyrsta tækifærið sem gefst til rannsókna á náttúruviðundrum af þessu tagi síðan jarðvísindum óx fiskur um hrygg hér á landi. Langtímagildi slíkra rannsókna verður ljósast þegar þess er gátt, að haldbeztu gögnin sem við eignum nú um sambærilega viðburði eru athuganir glöggra alþýðumanna á 18. öld. Auk þess er von til að slikar rannsóknir geti leitt til þess, að sjá megi fyrir atburði sem þessa.

Kostnaður við þá rannsóknaráætlun sem hér er sett fram greiðist að verulegu leyti af viðkomandi stofnunum, enda hafa þær hliðrað vinnu og rekstri til að sinna þessu mikilvæga verkefni eftir því sem geta hefur leyft. Þessum stofnunum er svo þróngur stakkur skorinn í fjármálum, að þær geta ekki tekið á sig verulegan kostnaðarauka í vinnslu gagna og rekstri athugana fjarri Reykjavík. Því er í þessari rannsóknaráætlun gerð nákvæm grein fyrir kostnaði, sem stofnanirnar geta ekki greitt af núverandi fjárveitingu. Þess er óskað, að fjárveitingavald greiði fyrir veitingu þess viðbótarfjármagns, sem nauðsynlegt er.

I. Rannsóknarverkefni, sem miðast við að ákvarða, hvort hætta sé á eldgosi á Kröflu-Námafjalls svæðinu, hvar hættan er mest og hvort þá megi búast við stórgosi.

I. A. Sprungumælingar:

Tilgangur mælinganna er að ákvarða láréttu hreyfingu á sprungum í nágrenni Kröflu.

Við eldsumbrot í Leirhnjúk í desember s.l. sást mjög greinilega hvernig sprungur mynduðust og hvernig gamlar sprungur gliðnuðu. Sprunguhreyfingar þessar náðu langt suður í Mývatns-sveit, og eitt íbúðarhús skemmdist verulega af þessum sökum.

Mælingar eru framkvæmdar þannig, að mælistöðvar eru festar sitt hvoru megin við sprungu og fjarlægðarbreyting yfir sprunguna ákveðin með rennimáli eða kastklukku. Aflestrarnákvæmni

kastklukku er 0.01 mm, en rennimáls 0.05 mm. Það fer eftir gæðum mælistöðvanna hver mælinákvæmni er, en reynslan virðist sýna, að við verstu aðstæður sé hún a.m.k. 0.2 - 0.3 mm

Á svæðinu frá Mývatni til Námafjalls hafa verið settar niður 13 mælistöðvar yfir allar helztu sprungur á þessum sprungusveim. Uppi við Leirhnjúk hafa einnig verið settar upp 3 samskonar stöðvar yfir sprungur þar.

Fylgzt hefur verið með þessum 16 mælistöðvum daglega nú um mánaðarskeið. Fram hafa komið hreyfingar í báðar áttir, þ.e. stundum gliðnun og stundum samdráttur. Hreyfingar yfir einstakar sprungur hafa sums staðar orðið nokkrir mm eða ca 10 sinnum meir en mælinákvæmnin.

Áætlað er að halda áfram þessum mælingum og gera mælingar á 1-2 daga fresti. Vaktmenn Orkustofnunar sjá um mælingarnar. Þá er einnig ráðgert að fjölga mælistöðvum á sjálfu Kröflusvæðinu.

Kostnaður við þessa rannsókn verður borinn af Orkustofnun.

I. B. Efnasamsetning gasútstreymis við Leirhnjúk, Kröflu og Námafjall.

Í bergkviku undir þrýstingi eru reikul efni í upplausn. Þegar kvikan nálgast yfirborð og þrýstingur minnkar, getur hluti reikulu efnanna losnað og leitað til yfirborðs hraðar en kvikan sjálf. Þetta getur valdið breytingum á efnasamsetningu lofttegunda, sem streyma frá virkum jarðhitasvæðum í nánd eldstöðvanna Aðferðin hefur t.d. verið notuð með góðum árangri í Mið-Ameríku, en þar reyndist hlutfall milli kol-efnis og brennisteins breytast verulega fyrir gos.

Áætlað er að sýni af lofttegundum verði tekin og efna-greind mánaðarlega næstu 10 mánuði. Fimm söfnunarstaðir hafa þegar verið ákveðnir. Sýni voru tekin og efna-greind í byrjun febrúar. Tveir menn þjálfaðir í söfnun og greiningu lofttegunda verða að annast verkið. Reiknað skal með 4 heilum dögum hverju sinni.

Kostnaðaráætlun:

22 flugferðir á kr. 8400	184.800.-
Dvalarkostnaður: 88 dagar á kr. 5000	440.000.-
Bílakostnaður: 44 dagar á kr. 4000	176.000.-
	Samtals 800.800.-

Laun starfsmanna verða borin af
Norrænu Eldfjallastöðinni.

Viðbótarfjárþörf	800.000.-
	=====

I. C. Hæðar- og þyngdarmælingar:

Vitað er, að eldsumbrotum fylgja oft lóðréttar hreyfingar á yfirborði, sem stafa af kvikuflutningi í jarðskorpunni. Yfirborðið lyftist hægt á undan gosi, en sígur tiltölulega skyndilega þegar gos verður, Þetta hefur aðallega verið athugað erlendis, t.d. á Hawaii. Litt er þekkt, hvers konar hreyfingar eru samfara gosvirkni hér á landi, en full ástæða er til að kanna það mál nánar.

Þyngdarmælingar þjóna svipuðum tilgangi og hæðarmælingar. Þyngdarsviðið er mjög háð hæð mælistærðar. Þær hafa þann kost umfram hæðarmælingar, að geta gefið viðmiðun við mjög fjarlæga mælistærði án verulegrar fyrirhafnar.

Vinnsla jarðvarma úr háhitasvæði getur haft svipuð áhrif á yfirborðshæð og eldgos. Þess vegna var komið upp allmörögum mælipunktum á Kröflusvæðinu á síðasta ári til að fylgjast með hugsanlegum hæðarbreytingum. Til þess átti að nota bæði hæðar- og þyngdarmælingar. Byrjað var á þessum mælingum á síðasta ári.

Nú þegar hafa verið endurteknar hæðarmælingar á um 4 km langri N-S línu nyrzt í Hlíðardal. Kom í ljós, að norðurendi línunnar hefur lækkað um 1,5 m miðað við suðurendann. Þetta er hallabreyting af svipaðri stærðargráðu og kom fram á stöðvarhúsinu, en línan liggur framhjá því.

Þessi mikla hæðarbreyting langa eftir sprungusveimnum gefur tilefni til að kanna ítarlegar en áður var ráðgert, hverjar aðrar hæðarbreytingar hafa orðið og hve stórt svæði þær ná yfir. Fyrirhugað er því að endurtaka hæðar- og þyngdar-mælingar í þeim mælipunktum sem til eru á gossprungusvæðinu, bæði á Námufjalls-Kröflusvæðinu og eins norðar í Kelduhverfinu. Kostnaður við þessa rannsókn verður borinn af Orkustofnun.

I.D. Hallamælingar í nágrenni Kröflu:

Tilgangur mælinganna er að ákvarða tímabundnar hæðarbreytingar á því svæði þar sem jarðvíssindamenn telja mesta hættu á eldgosi.

Vitað er, að samfara Mývatnseldum 1724-1729 urðu verulegar hæðarbreytingar á botni Mývatns, svo að hluti vatnsbotnsins þornaði um lengri eða skemMRI tíma. Þessara hæðarbreytinga er ekki getið fyrir gosin, en mælingar á öðrum eldstöðvum, t.d. á Hawaii, sýna að búast má við nokkrum breytingum á hæð landsins fyrir gos. Er því ástæða til að telja hallamælingar þýðingarmikinn þátt í viðleitni víssindamanna til að meta, hvort vænta megi áframhalds á gosvirkní á Mývatnssvæðinu.

Aætlað er að velja nokkra, t.d. 8, staði í nágrenni Kröflu og Námafjalls og setja á hverjum þessara staða nokkur fastamerki í klöpp eða lítt sprungið helluhraun. Hæðarmunur merkjanna verður síðan mældur með mestu náanlegri nákvæmni (um 0.05 mm). Endurtekning þessara mælinga mun sýna, hvort mælanlegar hæðarbreytingar hafa skeð. Aætlað er að mæla 10 sinnum á yfirstandandi ári.

Mælingarnar krefjast þriggja manna og má gera ráð fyrir að two daga taki að framkvæma mælingarnar í hvert sinn, ef hagstætt veður fæst, en að jafnaði má búast við nokkrum töfum vegna veðurs, svo 3 dagar telst eðlilegur tími til að ljúka verkinu í hvert sinn. Gert er ráð fyrir að einn sérfræðingur frá Raunvíssindastofnun framkvæmi mælingarnar með aðstoð manna úr Mývatnssveit.

Kostnaðaráætlun:

10 flugferðir á kr. 8400	84.000.-
Dvalarkostnaður sérfræðings í 30 daga	150.000.-
Bílakostnaður í 30 daga	120.000.-
Laun aðstoðarmanns	150.000.-
	Samtals
	504.000.-

Laun sérfræðings verða borin af
Raunvísindastofnun.

Viðbótarfjárbörf	500.000.-
	=====

I. E. Viðnámsmælingar við Kröflu og Námafjall:

Með viðnámsmælingum er mælt eðlisviðnám berglaga á mismunandi dýpi. Eðlisviðnám er háð mörgum eiginleikum jarðlaga, einkum þó vatnsgengd bergs, svo og hitastigi og seltu jarðvatnsins. Með aukinni vatnsgengd eða vatnsmagni (auknum poruhluta), svo og með hækkandi hitastigi og seltu, þá lækkar eðlisviðnám berglaga. Getur eðlisviðnám verið mörgum sinnum lægra í sprungnu og holóttu bergi, einkum ef það inniheldur jarðhitavatn (5 - 50 km^3) heldur en í þéttum, holufylltum og köldum berglögum (100 - 1000 km^3). Eðlisviðnám í bráðnu eða hlutbráðnu bergi er um 1 km . Með breytingum á hitastigi eða á vatnsinnihaldi djúpt í jörðu breytist eðlisviðnám að sama skapi. Það ætti því að vera tiltölulega auðvelt að fylgjast með sveiflum í hitastigi eða poruhluta bergs (prungumyndunum) niður á allt að 5 km dýpi með því að mæla reglulega eðlisviðnám á svæðinu.

Viðnámið er mælt með því að senda rafstraum um tvö straumskaut niður í jarðveginn. Spennufallið sem myndast við þetta er síðan mælt á milli tveggja annarra skauta.

Við Kröflu hafa verið sett upp tvö föst straumskaut. Fjarlægð á milli þeirra er um 900 m. Spennuskaut hafa verið

sett upp á sex stöðum. Stefnt er að því að gera viðnámsmælingar ekki sjaldnar en tvisvar í mánuði og sjá vaktmenn Orkustofnunar um þær. Fyrirhugað er að fjölga straumskautum verulega og jafnvel setja upp svipaða mæliaðstöðu á svæðinu á milli Námafjalls og Reykjahlíðar.

Kostnaður við þessar rannsóknir verður borinn af Orkustofnun.

I. F. Mæling hitastigs í jarðvegi og grunnvatni:

Breytingar á grunnvatnsstöðu, vatnshæð í hverum og á hitastigi jarðvatns og jarðvegs eru ekki óalgengar á jarðhitasvæðum landsins. Síkar breytingar eru þó tíðastar í jarðhræringum bæði af völdum landskjálfta og eldsumbrota. Sem dæmi má nefna aukna leirhveravirkni í Öskju á undan síðasta gosi þar 1961, hveravirkni samfara Leirhnjúksgosinu 1975 og verulega hækkan hitastigs á grunnvatni í gjám við Keldunes samfara skjálftum og sprungumyndun. Af þessu má draga þá ályktun, að búast megi við nokkrum hitastigsbreytingum í grunnvatni og jarðvegi fyrir gos. Þykir því rétt að mæla reglulega hitastig á nokkrum stöðum á Mývatnssvæðinu og jafnvel í Kelduhverfi.

Við Kröflu hafa nú þegar verið settir upp 5 termistorhitamælar. Mælarnir eru allir í gufu augum eða ummyndunarskellum, grafnir niður á 1-2 m dýpi. Hitastig er mælt á 1-2 daga fresti. Mælingar þessar eru fljótgerðar og framkvæmdar af vaktmönnum Orkustofnunar á staðnum. Ráðgert er að fjölga mælipunktum í 10-15.

Kostnaður við þessar mælingar verður borinn af Orkustofnun.

I. G. Eftirlit með skjálftavirkni:

Tilgangur eftirlits er að fylgjast náið með skjálftavirkni á umbrotasvæðunum bæði hvað varðar fjölda skjálfta og staðsetningu þeirra. Það verður að vera matsmál hverju sinni, hvort

ástæða þykir til að hafa jarðskjálftafræðing á sjálfu um-brotasvæðinu, eða hvort þessum tilgangi verður þjónað nægilega með því að senda jarðskjálftalinurit jafnóðum til úrvinnslu í Reykjavík.

Í janúar og febrúar var skjálftavirknin svo mikil á Kröflusvæði, að nauðsynlegt þótti að skjálftafræðingur væri á vakt í Reynihlíð.

Það er líklegt að breytingar á hegðun umbrotanna, t.d. ný eldsuppkoma, geri boð á undan sér með einhverri breytingu á hegðun skjálftavirkninnar.

Skjálftavirkni náði hámarki á Axarfjarðarsvæðinu 13. janúar og á Kröflusvæðinu 17. - 19. janúar. Síðan hefur skjálftavirkni á báðum þessum svæðum minnkað jafnt og þétt og snemma í mars nálgast virknin þau mörk, sem hún var við áður en umbrotin miklu hófust 20. desember 1975. Þess verður þó að gæta, að skjálftavirknin þá þótti óeðlilega mikil, og var haft vakandi auga með Kröflusvæðinu vegna hennar. Kröflusvæðið er enn engan veginn komið í jafnvægi, og meðan svo er, verður að telja allmiklar líkur á því, að eldur kunni að brjótast þar út á ný.

Eins og sakir standa nú, er varla ástæða til að hafa jarðskjálftafræðing í Mývatnssveit. Umsjónarmönnum jarðskjálfta-mælanna er treystandi til að merkja ef einhverjar breytingar verða. Hins vegar verður nauðsynlegt að hafa sérfræðing á staðnum ef virknin vex verulega frá því sem nú er.

Aukakostnaður vegna eftirlits í Mývatnssveit er fólginn í ferðakostnaði og dvalarkostnaði meðan á eftirliti stendur.

Kostnaðaráætlun:

Miðað við að jarðskjálftafræðingur sé staðsettur í Mývatnssveit fjögur tímabil, hvert 2 vikur.

4 flugferðir á kr. 8400	33.600.-
Dvalarkostnaður, 60 dagar á kr. 5000	300.000.-
Bílakostnaður (ferðir á milli mæli-staða o.fl.)	150.000.-
Aðkeypt aðstoð	16.400.-
Samtals	500.000.-

Laun jarðskjálftafræðings verða borin af
Raunvísindastofnun o/eða Veðurstofu Íslands

Viðbótarfjárbörf	500.000.-
	=====

I. H. Mælingar í borholum við Kröflu og Námafjall:

Fylgzt verður með breytingum sem kunna að verða á rennsli, hita og þrýstingi þeirra hola, sem boraðar hafa verið við Kröflu og þar sem aðstaða til mælinga er fyrir hendi. Að mælingunum er staðið á eftirfarandi hátt: í holu 2 er mældur þrýstingur og/eða vatnsborð vikulega. Hola 3: þrýstingur undir aðalventli og heildarrennsli er mælt vikulega og sýni tekið einu sinni í mánuði. Hola 4: Gefin er vikulega lýsing á gufustreymi, lögun hversins og mælt vatnsrennsli. Í holu 5 er vatnsborð mælt vikulega. Ef ástæða þykir til, verða allar þessar mælingar og athuganir auknar.

Eftir að gosið hófst í Leirhnjúk, 20. des. 1975, varð vart við lækkun þrýstings í holu 3. Fyrir gosið var rennslið úr holunni um 70kg/sek, en 22. des. mældist rennslið 54kg/sek og 12. febr. var rennslið komið niður í 39kg/sek.

Orsök þessa er sú, að í kjölfar gossins við Leirhnjúk, sem er innan jarðhitasvæðisins, kom mikið gufumagn upp um gossprunguna, e.t.v. tugir þúsunda tonna á klukkustund. Afleiðing þess er sú, að vatnsborð jarðhitasvæðisins lækkaði verulega, sem veldur þrýstingslækkun í borholum og við það minnkar rennsli úr holu 3.

Þær breytingar, sem mælzt hafa í holunum við Kröflu, eru því afleiðing gossins í Leirhnjúk. Vegna þeirra verður erfitt að nota mælingar á holunum til þess að greina hugsanlegar breytingar á jarðhitasvæðinu, sem nota mætti til þess að segja fyrir um, hvort búast megi við nýju gosi eða ekki.

Breytingar á þrýstingi í holu 1 verða eftir álagi hitaveitu í vinnubúðunum við Kröflu, og af þeirri ástæðu hefur ekki verið fylgzt náið með þeirri holu.

Í Bjarnarflagi eru nú nýttar 5 borholur af gufustöð Laxárvirkjunar og Kíslíðjunnar. Orkustofnun hefur fylgzt með þrýstingi og efnasamsetningu vatns og goss úr þessum holum frá því þær voru boraðar. Þessum athugunum verður haldið áfram, og fylgzt með, hvort einhverjar óvæntar breyttingar verða.

Síðastliðið haust var boruð ný hola í Bjarnarflagi. Fylgzt verður með þrýstingi og efnasamsetningu vatns og goss úr henni.

Kostnaður við þessar mælingar verður borinn af Orkustofnun.

II. Rannsóknarverkefni, sem stuðla almennt að aukinni þekkingu á þeim jarðfræðilegu viðburðum, sem hafa skeð í Þingeyjarsýslu veturinn 1975-76.

II.A. Jarðfræðileg rannsókn á sprunguhreyfingum:

Tilgangur með jarðfræðilegri rannsókn á sprunguhreyfingum er að finna, hvar og helzt hversu miklar hreyfingar hafa orðið um sprungur, og fá þannig sem bezta heildarmynd af sigi og gliðnun, og um leið takmörk þess svæðis sem hefur haggazt um sprungur.

Fara þarf þvert yfir sprungusveimana eftir fyrirfram ákveðnum línum og athuga hverja einstaka sprungu með tilliti til þess, hvort sjá megí færslu. Byrja má með 10 km bil á milli lína, en þétta línumnar síðan ef þörf er á. Í byggð þarf að safna upplýsingum hjá heimafólki ef þannig má fá fyllri mynd af sprunguhreyfingunum. Sérstaklega þarf einnig að athuga, hvernig sprungur koma fram í mismunandi jarðvegi. Við þessar athuganir verða notaðar loftmyndir, en upplýsingarnar síðan færðar inn á kort. Sprungusveimarnir, sem þannig verða teknir fyrir, eru sá sem liggur út með Axarfirði að austan og sá sem liggur frá Mývatni norður í Axarfjörð. Áhrif stóra skjálftans 13. jan. þyrfti að kanna sérstaklega með tilliti til sprungumyndunar, jarðlaga og legumannvirkja.

Til þessa verks þyrfti að ráða jarðfræðinema part úr sumri, auk þess myndi jarðfræðingur hafa umsjón með verkinu og verja nokkrum tíma við útirannsóknir og úrvinnslu gagna.

Fyrir liggur í handriti jarðfræðikort (í mælikvarða 1:50.000) af sprungusveimunum, sem voru virkir á undangengnum mánuðum. Útgáfa sliks korts hefur augljóst gildi sem grundvöllur fyrir áframhaldandi rannsóknir af ýmsu tagi, sem fyrirhugaðar eru á svæðinu. Jarðfræðikort af NA-landi (í mælikvarða 1:250.000) kemur væntanlega út á þessu ári. Einnig liggur fyrir nánast fullbúið handrit um jarðsögu Kröflu- og Námafjallssvæðisins. Stefnt er að því, að þessi ritgerð komi út ásamt jarðfræðikorti í mælikvarða 1:50.000 á þessu ári.

Kostnaður við rannsóknir undir þessum lið verður að verulegu leyti borinn af Orkustofnun, sem mun annast rannsóknir á Kröflusvæðinu, í Gjástykki og Kelduhverfi. Sá þáttur rannsóknanna, sem fjallar um sprunguhreyfingar á Kópaskeri og nágrenni, verður væntanlega á vegum Raunvíssindastofnunar Háskólags, sem þá þarf að fá greiddan ferða- og dvalarkostnað þeirra, sem að rannsókninni vinna, auk launagreiðslu fyrir einn aðstoðarmann í um 3 vikur.

Kostnaðaráætlun:

Laun aðstoðarmanns (stúdents) í 3 vikur	60.000.-
Bíll í 20 daga, kr.5000/dag	100.000.-
Dvalarkostnaður, 2 menn 20 daga, 5000	200.000.-
Kostnaður borinn af Orkustofnun áætl.	500.000.-
Kostnaður borinn af Raunvíssindast.áætl.	100.000.-
<hr/>	
Kostnaður samtals	950.000.-
Þar af borinn af stofnunum	600.000.-
<hr/>	
Viðbótarfjárþörf	360.000.-
	=====

II.B. Úrvinnsla jarðskjálftagagna:

Þegar umbrotin miklu hófust þ. 20. desember, var nýlokið við að setja upp umfangsmikið net jarðskjálftamæla á Norðurlandi. Með þessum mælum hefur verið safnað gífurlegu magni upplýsinga um jarðskjálftana, og má fullyrða að óvíða í heiminum sé til sambærilegt safn upplýsinga um viðburði af þessu tagi. Til þess að skilja eðli umbrotanna á Norðurlandi verður nauðsynlegt að vinna úr þessum upplýsingum og liggur þar fyrir mikið verk.

Fáein atriði er styðja nauðsyn þess, að unnið verði úr þessum upplýsingum, skulu nefnd:

1. Mörg ef ekki flest háhitasvæði Íslands eru í svipaðri afstöðu til sprungusvæða og Kröflusvæðið er. Við ákvarðanatöku um nýtingu háhitasvæðanna verður nauðsynlegt að taka mið af sprunguhreyfingum, jarðskjálftum og hugsanlegum breytingum á jarðhita, svo ekki sé minnzt á eldgosahættu.
2. Nokkrar áætlaðar vatnsvirkjanir eru á sprungusvæðum svipuðum því sem nú hefur verið virkt í Kelduhverfi og Axarfirði. Í því sambandi má nefna Jökulsá á Fjöllum, Tungná og Skaftá. Við virkjun þessara áa er nauðsynlegt að skilja eðli jarðskorpuhreyfinga á sprungusvæðunum.
3. Rannsóknir þær, sem hér um ræðir, hafa einnig hagnýtt gildi vegna mannvirkjagerðar um land allt og geta aukið stórlega möguleika þess yfirleitt að segja fyrir um jarðskjálftahættu.
4. Það er líklegt, að jarðsaga Íslands hafi verulega mótazt af svipuðum viðburðum og nú eiga sér stað á Norðurlandi. Skilningur á þessum viðburðum er því líklegur til að auka skilning á myndunarsögu Íslands í heild.

5. Ísland hefur þá sérstöðu að vera eini verulegi hluti Mið-Atlantshafshryggjarins, sem er aðgengilegur til beinna rannsókna. Jarðskjálftasvæði Íslands eru hluti af jarðskjálftabelti, sem fylgir þeim hrygg endilöngum. Vegna þessarar sérstöðu er mikill áhugi meðal erlendra vísindamanna á öllum niðurstöðum, sem fást um jarðskjálftavirkni á Íslandi. Það væri mjög hörmulegt ef Íslendingar glötuðu því frumkvæði sem þeir hafa tekið í rannsóknum á jarðskjálftum miðhafshryggjanna.

Sá þáttur úrvinnslunnar, sem mestan tíma tekur, er staðsettning jarðskjálftaupptakanna. Áætlað er, að staðsetja þurfi upptök u.p.b. 3000 jarðskjálfta til að fá fullkomna mynd af jarðskjálftabeltinu. Þá er miðað við að staðsettir verði allir skjálftar stærri en 3 á Richterskvarða og einnig aðrir skjálftar, sem áhugaverðir kunna að þykja. Til þess að vinna megi þetta verk á skaplegum tíma er áætlað að bæta þurfi við starfskrafa Raunvísindastofnunar tveimur mönnum, þ.e. einum sérfræðingi og einum aðstoðarmanni. Annar aukakostnaður vegna þessa verks er einkum tölvukostnaður.

Annar mjög mikilvægur þáttur úrvinnslunnar er tengdur könnun á þróun stærðar og fjölda skjálfta á þeim tíma, sem hrinan stóð yfir. Einig sérstakri rannsókn á útleysingareinkennum 50-100 stærstu skjálftanna á svæðinu. Rannsóknir, sem hér um ræðir geta gefið mikilvægar upplýsingar um spennuástandið að svæðinu og breytingar á því, og geta haft mikla þýðingu fyrir jarðskjálftaspár m.a. Til að framkvæma nauðsynlegustu aflestra vegna þessa verkefnis, þarf að gera ráð fyrir að bæta þyrfti við starfskrafa Veðurstofunnar sem svarar starfi sérhæfðs aðstoðarmanns í 8 mánuði.

Þá er einnig mikilvægt að gera ítarlega s.k. makróséismiska könnun, þ.e.a.s. könnun á yfirborðsáhrifum skjálftanna, áhrifum á hús og önnur mannvirkni, m.a. Slík rannsókn er afar þýðingarmikil fyrir mat á jarðskjálftahættu og vegna mannvirkjagerðar á þessu jarðskjálftasvæði sem öðrum. Vegna þessa þyrfti að gera ráð fyrir að bætt væri við starfs-

krafti á Veðurstofu sem svarar tveggja mánaða starfi sér-hæfðs aðstoðarmanns. Hér við bætist svo kostnaður vegna ferðalaga sérfræðings á staðinn, jarðskjálftafræðings, verkfræðings og jarðfræðings.

Orkustofnun hefur fallizt á að greiða kostnað við stað-setningu jarðskjálftaupptaka á Kröflusvæðinu. Gera má ráð fyrir að um einn fjórði hluti þeirra jarðskjálftaupptaka, sem ákvörðuð verða, verði á því svæði.

Kostnaðaráætlun:

Laun sérfræðings

Raunví sindastofnun, 1 ár	1.200.000.-
---------------------------	-------------

Laun sérhæfðs aðstoðarmanns

Raunví sindastofnun, 1 ár	1.000.000.-
---------------------------	-------------

Laun sérhæfðs aðstoðarmanns

Veðurstofa, 10 mánuði	850.000.-
-----------------------	-----------

Tölvukostnaður	1.000.000.-
----------------	-------------

Ferða- og dvalarkostnaður

(fyrir Veðurstofu)	150.000.-
--------------------	-----------

Samtals	4.200.000.-
---------	-------------

Paraf borið af Orkustofnun	800.000.-
----------------------------	-----------

Viðbótarfjárbörf:

Til Raunví sindastofnunar	2.400.000.-
---------------------------	-------------

Til Veðurstofu Íslands	1.000.000.-
------------------------	-------------

3.400.000.-

=====

II.C. Bergfræðirannsóknir Kröflu- og Námafjallssvæðisins.

Töluvert er þegar vitað um efnasamsetningu hrauna á Námafjalls-Kröflu svæði og eru þau gögn nú í úrvinnslu. En til þess að slík úrvinnsla komi að sem mestum notum verður hún að fylgja almennri jarðfræðilegri athugun á svæðinu. Við aukna úrvinnslu og bætta tækni vakna nýjar spurningar og nýir möguleikar opnast, þannig að ólíklegt er að fullnaðar athugun verði lokið á næstunni.

Þær rannsóknir, sem þegar hafa verið gerðar, veita m.a. eftirfarandi upplýsingar:

Á nútíma (þ.e. síðustu 10.000 ár) hefur eldvirkni á svæðinu einkennzt fyrst og fremst af basalthraunum með mjög svipaða efnasamsetningu. Þessi hraun koma upp á tiltölulega löngu en mjóu belti, sem liggur um Námafjall-Dalfjall og áfram norður. Bæði Mývatnseldahraunið og Leirhnjúksgosið í des. 1975 tilheyra þessari gerð.

Snemma á nútíma komu upp ísúr hraun. Þau hraun eru öll tiltölulega lítil að rúmmáli og mun minni en meðal basaltgos. Má ætla, að þeim fylgi meira vikur- og öskufall en basaltgosum.

Þegar athuguð eru eldri jarðlög, þ.e. frá seinasta jökulskeiði og hlýskeiði, kemur í ljós að þau eru mun breytilegri. Er þar um að ræða basalt dyngjugos (sennilega svipuð og í Ödáðahrauni), sem gætu þá verið mun stærri en þau gos, sem algengust hafa verið á nútíma á Kröflusvæðinu. Þessi hraun eru efnafraðilega frábrugðin þeim sem nú koma upp. Súr gos urðu að minnsta kosti fjórum sinnum á seinasta jökulskeiði og á seinasta hlýskeiði varð mikið flykrubergsgos og finnast merki eftir það víða um svæðið og myndi slíkt gos hafa geigvænlegar afleiðingar nú.

Rannsóknir á þessum gosefnum eru þegar vel á veg komnar og verður haldið áfram á næstunni. Þegar hefur verið unnið úr sýnum frá gosinu í desember 1975. Verði framhald á elds-umbrotum verður reynt að ná sýnum eins fljótt og auðið er og greina þau og fá þannig vitneskju um, hvort breyting sé á gerð gosefna og þar með líkur á breytti goshegðun.

Rannsóknir þessar verða að mestu gerðar á vegum Norrænu eldfjallastöðvarinnar og Raunvísendastofnunar Háskólags.

Kostnaðaráætlun:

Til að hraða úrvinnslu verður nokkur aukakostnaður við sýnaundirbúning, eða sem svarar launum aðstoðarmanns í 6 mánuði.

Viðbótarfjárpör f

500.000.-

=====

II.D. Hallamælingar á Þeistareykjum, í Gjástykki og við Dettifoss:

Tilgangur rannsóknanna er að ákvarða, hverjar hæðarbreytingar hafa orðið á landinu innan og í nágrenni við sprungusveim þann, sem hefur verið virkur í jarðskjálftahrinunni, sem hófst 20. desember 1975.

Hér er um að ræða vísindalega rannsókn á jarðfræðilegu fyrirbæri, sem á sér enga beina hliðstæðu á síðari áratugum, og á rannsóknin að stuðla að aukinni þekkingu á því, hvernig "landrek" skeður á Íslandi og Atlantshafshryggnum.

Gert er ráð fyrir að endurtaka sumarið 1976 nákvæmnis hallamælingar á línum fastamerkjja, sem áður hefur verið komið fyrir, og mælingar áður gerðar. Hér er um að ræða fastamerkjalinur á 3 stöðum:

I Gjástykki við Hrútafjöll. Þar voru fastamerkin sett niður og fyrstu mælingar gerðar árið 1938. Síðari mælingar hafa verið gerðar árin 1965, 1967 og sennilega oftar. Vísindamenn frá Þýzkalandi hafa framkvæmt þessar mælingar og er þess vænzt, að þeir endurtaki mælingarnar sumarið 1976.

Við Dettifoss. Þar voru fastamerki sett niður og fyrstu mælingar gerðar sumarið 1971 og hafa mælingarnar verið endurteknar sumurin 1972, 1973 og 1974. Orkustofnun hefur annast þessar mælingar og áætlar að endurtaka þær sumarið 1976.

Á Reykjaheiði norðan Þeistareykja. Þar voru fastamerki sett og fyrstu mælingar gerðar sumarið 1966 og mælingar endurteknar sumurin 1968, 1970 og 1972. Fleiri fastamerki voru sett sumarið 1970 og mæld sama sumar og voru þær mælingar endurteknar árið 1972. Til viðbótar voru samskonar mælingar gerðar árin 1970 og 1973 á þremur stöðum við Laxá nálægt virkjunarstað við Brúar. Þessar mælingar voru kostaðar með styrk frá National Science Foundation, Washington. Gert er ráð fyrir, að Raunvísindastofnun Háskólans sjái um endurtekningu þessara mælinga sumarið 1976.

Kostnaðaráætlun:

Mælingar á Gjástykki	x)
Mælingar við Dettifoss	250.000.-
Mælingar á Reykjaheiði:	
Ferðakostnaður, bíll í 18 daga	
kr. 5000/dag	75.000.-
Dvalarkostnaður, 3 menn í 18 daga	
kr. 5000/dag	225.000.-
Laun 2 aðstoðarmanna og aukavinna	200.000.-
	Samtals
	750.000.-
Paraf borið af Orkustofnun	250.000.-
Viðbótarfjárþörf	500.000.-

x) Gert er ráð fyrir að kostnaður verði borinn af þeim aðilum í Þýzkalandi, sem væntanlega framkvæma verkið.

II.E.Ummyndun bergs í borholum við Kröflu:

Gerð hafa verið jarðlagasnið af þeim 5 borholum, sem boraðar hafa verið í Kröflu til þessa. Fengist hefur góð mynd af berggrunni jarðhitasvæðisins niður á um 1200 m dýpi. Um berggrunninn neðan þess dýpis hafa fengizt upplýsingar frá tveim borholum, sem eru 1720 og 2002 m djúpar. Neðan 1200 m eru innskot mjög þétt og í jarðlögum ofar er einnig talsvert um innskotsberg. Sum innskotslaganna ofar eru mjög fersk. Í námunda við sum innskotin hafa fundizt ummyndunarsteindir, sem myndast við hitastig um 500 - 600°C. Þessar steindir finnast aðallega á 600 - 800 m dýpi og á 1000 - 1200 m dýpi. Slík ummyndun er mest áberandi í borholunum norðarlega á svæðinu. Þessar ummyndunarsteindir hafa margar myndazt á kostnað fyrri ummyndunar og útfellinga úr jarðhitavatninu. Sýnir það, að innskotin hafa troðist inn í bergið eftir að jarðhitakerfið hafði náð að ummynda og þetta bergið af útfellingum. Myndun þessara háhitasteinda sýnir, að staðbundin yfirhitun gufu hefur ríkt nógu lengi (mánuði ?) til þess að þær kristölluðust áður en hringrás vatns jafnaði hitastigið. Slíkar steindir eru ekki stöðugar við ríkjandi hita á svæðinu og með tímum á sér stað endurskreið myndbreyting. Hraði hennar er háður rennslinu um bergið. Háhitasteindirnar og ferskleiki innskotanna benda til þess, að innskotsvirkni á svæðinu sé mjög ung.

Gerð verða jarðlagasnið og rannsókuð ummyndun bergsins í þeim borholum, sem boraðar verða áfram á svæðinu. Þær holur, sem boraðar verða n.k. sumar, verða á ^{neðri} nørðurhluta svæðisins þar sem efri hluti berggrunnsins er bezt þekktur.

Frá athugunum á þeim má e.t.v. sjá, hvort aukin innskotsvirkni hafi fylgt umbrotum á svæðinu síðastliðið ár.

Kostnaður við þessar rannsóknir verður borinn af Orkusstofnun.

II.F. Myndmælingar á öllu hreyfingarsvæðinu:

Mælingar gerðar á loftmyndum, sem teknar hafa verið áður en hreyfingar hófust og öðrum, sem teknar verða nú í summar, geta gefið upplýsingar um hreyfingarnar í heild með nákvæmni upp á ± 20 til 30 cm. Aðferðin sem notuð yrði eru punktmælingar í samsvarandi módelum fyrir hreyfingar og eftir. Sérstaklega getur þessi mæling gefið niðurstöður, sem annars væri ekki hægt að fá, í Kelduhverfi og á Söndunum í Axarfirði. Bragi Guðmundsson, forstjóri Landmælinga ríkisins, myndi sjá um þetta verk. Reiknað er með að mældir verði um 500 punktar.

Eðlilegt er að Landmælingar ríkisins sjái alveg um þetta verk, en Orkustofnun mun aðstoða með útvegun mælitækja. Landmælingar geta ekki tekið þetta að neinu leyti af eigin fjárveitingu og þurfa þær því að fá aukafjárframlag til þessa.

Kostnaðaráætlun:

Flug til nýrrar flugljósmyndatöku	300.000.-
Mæling á punktum á jörðu niðri	400.000.-
Myndmælingar gerðar erlendis	1.000.000.-
Rafreiknivinna	300.000.-
Viðbótarfjárþörf	2.000.000.-
	=====

YFIRLIT YFIR FJÁRPÖRF VEGNA RANNSÓKNA Á ÁRINU 1976
 VEGNA NÁTTÚRUHAMFARA ÞEIRRA, ER HÓFUST 20.DES.1975
 Í ÞINGEYJARSÝSLU

I. Rannsóknarverkefni til ákvörðunar goshættu:

Rannsóknarverkefni	Stofnun	x)	Viðbótarfjárpörf
A. Sprungumælingar	OS		0
B. Gasútstreymi	NE		800.000.-
C. Hæðar- og þyngdarmælingar	OS		0
D. Hallamælingar	RH		500.000.-
E. Viðnámsmælingar	OS		0
F. Hiti í jarðvegi og vatni	OS		0
G. Eftirlit með skjálftavirkni	RH/VÍ		500.000.-
H. Mælingar í borholum	OS		0
	Samtals undir lið I.		1.800.000.-
			=====

II. Almennar rannsóknir:

Rannsóknarverkefni	Stofnun	Viðbótarfjárpörf
A. Sprunguhreyfingar	OS/RH	360.000.-
B. Úrvinnsla skjálftagagna	OS/RH/VÍ	3.400.000.-
C. Bergfræðirannsóknir	NE/RH	500.000.-
D. Hallamælingar	OS/RH	500.000.-
E. Ummyndun bergs	OS	0
F. Myndmælingar		2.000.000.-
	Samtals undir lið II	6.760.000.-
	Viðbótarfjárpörf alls	8.560.000.-
		=====

Fjárpörf eftir stofnunum:

Landmælingar Íslands	2.000.000.-
Norræna Eldfjallastöðin	800.000.-
Raunví sindastofnun H.Í.	4.760.000.-
Veðurstofa Íslands	1.000.000.-
	8.560.000.-

x) Stofnanir þær sem nefndar eru bera hluta af eða allan kostnað við viðkomandi rannsóknarverkefni.