



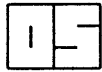
ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

**Umhverfissrannsóknir á þeim háhitasvæðum
sem næst standa virkjun vegna stóriðjuáforma**

Hrefna Kristmannsdóttir, Halldór Ármannsson,
Sverrir Þórhallsson, Helgi Torfason,
Magnús Ólafsson, Hjálmar Eysteinnsson,
Knútur Árnason, Benedikt Steingrímsson,
Ásgrímur Guðmundsson

OS-95058/JHD-38 B

Desember 1995



ORKUSTOFNUN

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 760 110

**Umhverfisrannsóknir á þeim háhitasvæðum
sem næst standa virkjun vegna stóriðjuáforma**

Hrefna Kristmannsdóttir, Halldór Ármannsson,
Sverrir Þórhallsson, Helgi Torfason,
Magnús Ólafsson, Hjálmar Eysteinnsson,
Knútur Árnason, Benedikt Steingrímsson,
Ásgrímur Guðmundsson

OS-95058/JHD-38 B

Desember 1995

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur	3
2. Val á háhitasvæðum til virkjunar	3
3. Helstu þættir umhverfisrannsókna	4
4. Staða umhverfisrannsókna á óvirkjuðum háhitasvæðum	5
5. Tillögur um frekari rannsóknir	7

TÖFLUR

Tafla 1. Yfirlit um rannsóknarþætti vegna umhverfismats fyrir virkjun háhitasvæða	8
Tafla 2. Staða umhverfisrannsókna á háhitasvæðum	9

1. Inngangur

Vegna nýrra stóriðjuáætlana er áformað að virkja allmörg jarðhitasvæði til raforkuframleiðslu á næstu árum og áratugum og er því þörf á að skoða alla þætti í rannsókn þeirra háhitasvæða, sem helst kemur til greina að virkja á næstunni. Meðal þessarra þátta eru mat á umhverfisáhrifum framkvæmdanna. Til að geta unnið slíkt mat þurfa að vera til góðar upplýsingar um eðli jarðhitans og náttúrulegar breytingar innan svæðanna (núllgrunnur), auk upplýsinga um félagslega og fjárhagslega þætti.

Í kjölfar nýrra laga um mat á áhrifum framkvæmda á umhverfið er nauðsynlegt að leggja aukna áherslu á upplýsingaöflun um náttúrulegt ástand á óvirkjuðum jarðhitasvæðum. Til að meta áhrif vinnslu þurfa að vera til upplýsingar um náttúrulegar breytingar á virkni hvers jarðhitasvæðis, en þær eru mjög mismunandi eftir svæðum.

Umhverfismat skal samkvæmt lögnum vera fastur liður í gerð skipulagsáætlana og við greinargerð um staðarval skulu valkostir bornir saman með tilliti til umhverfisáhrifa. Samkvæmt lögnum er þess krafist, að fram fari mat á umhverfisþáttum fyrir virkjun og ávinningur virkjunar metinn með hliðsjón af óæskilegum umhverfisáhrifum, sé virkjunin yfir 10 MW í uppsettu afli eða 25 MW í hrávarmaafli.

Umhverfismats er krafist að hálfu skipulagsyfirvalda við fyrstu rannsóknarboranir á háhitasvæðum. Hingað til hafa umhverfisáhrif á rannsóknarstigi ekki verið metin, en að mati okkar er full þörf að líta á þann þátt strax við upphaf forrannsókna á hverju svæði.

Fyrir flest þeirra háhitasvæða, sem þegar eru virkjuð, eru til áætlanir um frekari virkjun til raforkuvinnslu. Á sumum þeirra þarf að fara fram umhverfismat vegna slíkra framkvæmda, en önnur hafa þegar fengið virkjunarleyfi.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir helstu þáttum umhverfisrannsókna á háhitasvæðum og tekið saman yfirlit um stöðu þeirra á flestum hugsanlegum virkjunarstöðum.

2. Val á háhitasvæðum til virkjunar

Við val á svæðum til virkjunar er litið til stöðu rannsókna, stærðar svæðanna og legu þeirra með tilliti til hagkvæmni við byggingu og tengingar við raforkukerfið. Álitleg svæði til virkjunar raforku nú á næstu árum eru: Hengill (Nesjavellir, Hveragerði) Svartsengi, Reykjanes, Námafjall (Bjarnarflag), Brennisteinsfjöll og Krýsuvík (Sveifluháls, Sandfell). Trölladyngjusvæðið er m.a. talið heppilegt til iðnaðarnota vegna legu þó að það sé íklega heitast þeirra. Grensdalur á Hveragerðissvæði er augljóslega heppilegur virkjunarstaður vegna legu. Önnur svæði í Hengli liggja og vel við en sum þeirra eru framtíðavirkjunarsvæði Hitaveitu Reykjavíkur. Þeistareykir og Öxarfjörður gætu einnig vel komið til greina vegna stöðu rannsókna, en vegna legu eru þau talin síðri kostur, þótt Þeistareykir séu taldir heppilegir til gufuöflunar fyrir iðnað.

Fram að þessu hafa umhverfissjónarmið haft nokkurt vægi við val á virkjunarsstað, m.a. var Krafla valin fram yfir Námafjall á sínum tíma, en ætla má að slíkt vægi muni aukast. Eðlilegt er að reikna með að í framtíðinni verði frummat á umhverfisáhrifum virkjunar eitt þeirra atriða, sem skipta meginmáli við ákvörðun um í hvaða röð jarðhitasvæði verða virkjuð. Hér á eftir er yfirlit um stöðu umhverfisrannsókna á þeim jarðhitasvæðum, sem talið er að til greina gæti komið að virkja í framtíðinni. Gert er lauslegt kostnaðarmat fyrir nauðsynlegar umhverfisrannsóknir á næstu tveimur árum á sex hugsanlegum virkjunarstöðum, þar sem ekki eru hafnar rannsóknarboranir; þ.e. Öxarfirði, Þeistareykjum, Brennisteinsfjöllum, Grensdal, Sveifluhálsi og Sandfelli.

3. Helstu þættir umhverfisrannsókna

Umhverfisrannsóknir á háhitasvæðum miða annars vegar að því að gera mat vegna ákveðinnar fyrirhugaðrar virkjunar og vinnslu en hins vegar að því að lýsa núverandi ástandi svæðisins, eða nokkurs konar núllgrunni. Að auki þarf að taka tillit til þeirra umfangsmiklu rannsókna á sviði jarðfræði, jarðefnafræði og jarðeðlisfræði, sem fram þurfa að fara á svæðunum, áður en til borana kemur og hvernig slík starfsemi fellur að núverandi notkun þeirra og þeim takmörkunum, sem þar kunna að gilda, m.a. með tilliti til aðgengis og umgengni.

Þegar talað er um umhverfisrannsóknir á óvirkjuðum jarðhitasvæðum er fyrst og fremst átt við öflun upplýsinga fyrir svokallaðan núllgrunn, þ.e. upplýsingar um núverandi ástand til að byggja á mat á hugsanlegum breytingum. Fyrir virkjun þarf einnig að gera mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðrar virkjunar og er eðlilegt að frummat á þeim þáttum liggi fyrir áður en endanlegt val milli virkjunarstaða fer fram. Í slíku frummati felst fyrst og fremst að taka saman heimildalista um rannsóknir á hverju svæði, fara yfir helstu atriði í leiðsögureglum Skipulags ríkisins um umhverfismat framkvæmda og svara gátlista þeirra. Eðlilegt þykir að miða frummat við byggingu 20 MW raforkuvers, þar sem nú er talið hagkvæmt að byrja með 20-40 MW virkjanir á háhitasvæðum og stækka þær síðan í ljósi reynslu af vinnslu á hverjum stað. Síðan þarf að taka saman hvaða rannsókna er þörf og gera tillögur um þær og nauðsynlegt eftirlit með svæðunum. Þótt hluti þeirra umhverfisrannsókna, sem nauðsynlegar eru í tengslum við umhverfismat, sé utan fagsviðs Orkustofnunar, eru sérfræðingar hennar í umhverfismálum færir um að gera frummat af því tagi sem nefnt var hér að ofan, benda á hvaða rannsóknir þarf að gera og beina þeim til rétttra aðila.

Helstu umhverfisrannsóknir, sem eru á sérsviði Orkustofnunar, eru jarðhitakortlagning, grunnvatnskortlagning, athuganir á útstreymi, á styrk gass í gufu og andrúmslofti á jarðhitasvæðunum og á náttúrulegum breytingum á virkni svæðanna. Ennfremur þarf að gera nákvæmar hæðar- og þyngdarmælingar og athuga smáskjálftavirkni áður en vinnsla hefst. Meta þarf áhrif affalls gufu, gass og vatns og sýna fram á rennislísiðir og dreifingu. Margir þeirra rannsóknarþátta, sem taldir eru upp í töflu 1, eru eðlilegur hluti frumrannsókna á háhitasvæðum og ekki unnir sérstaklega vegna umhverfisrann-

sókna.

Ennfremur þarf að koma fram að boranir fela það í sér að leggja þarf vegi, afla vatns, gera borplön og slétta þau. Því þarf að gera áætlanir um aðgerðir til að draga úr umhverfisáhrifum borframkvæmda, t.d. skáboranir og val borstaða, förgun efna, sem upp koma við borun og frágang borplana og leðjuþróa að borunum loknum þannig að svæðin nálgist sínar fyrri ásjónur. Þá þarf að gera skrá um efni, sem notuð eru við rannsóknir og boranir.

Í töflu 1 eru teknir saman helstu rannsóknarþættir, sem taldir voru upp hér að framan og reynt að meta verkmagn, tíma og stærðargráðu kostnaðar við hvern þeirra. Flesta þeirra þátta sem taldir eru upp, er talið nauðsynlegt að framkvæma áður en til staðarvals kemur og lagt er í rannsóknarboranir, en aðra má draga uns komið er að því að massataka úr svæðinu hefjist. Í síðari flokknum eru nokkrir þeir kostnaðarsömustu, eins og hæðar- og þyngdarmælingar og smáskjálftamælingar, sem eðlilegt er að virkjunaraðili sjái um að verði framkvæmdir og kosti. Hæðar- og þyngdarmælingar gefa til kynna viðbrögð jarðhitakerfa við massatöku og hve mikið og hratt megi nýta þau. Við dælingu úr jarðhitakerfi geta myndast gufupúðar og má fá upplýsingar um útbreiðslubreytingar þeirra með þyngdarmælingum en til þess þarf upphafsstaða þyngdarsviðs að vera vel þekkt. Því er talið æskilegt að nokkrir punktar séu mældir á hverju svæði strax í upphafi verks og síðan endurmældir (t.d. á 5 ára fresti).

Margir rannsóknarþáttanna eru liðir í almennum rannsóknum svæðanna og eru ekki sérstaklega unnir vegna umhverfisúttektar. Eins og fram kom hér að framan er æskilegt að tillit verði tekið til umhverfissjónarmiða strax á rannsóknarstigi og ber að stefna að því við rannsókn háhitasvæða í framtíðinni.

Allflesta þá rannsóknarþætti, sem taldir eru upp í töflu 1 má framkvæma á fremur skömmum tíma að undanteknum rannsóknum á náttúrulegum breytingum, sem eðlilegt er að taki nokkur ár hið minnsta.

4. Staða umhverfisrannsókna á óvirkjuðum háhitasvæðum

Rannsóknir á mörgum þeirra þátta, sem taldir eru upp í töflu 1 hafa farið fram sem hluti af eða í tengslum við frumrannsóknir á háhitasvæðum. Sömuleiðis hefur Orkustofnun á undanförmum árum innan verkefnisins "Umhverfisáhrif jarðhitanytingar" fylgst með náttúrulegum breytingum á nokkrum jarðhitasvæðum. Við skilgreiningu þess átaksverks var það einn þeirra verkþátta sem samstarfsaðilar töldu brýna þörf á að styrkja rannsóknir í og koma á betra skipulagi. Fjármagn hefur hins vegar ekki fengist til að fylgja því nægilega vel eftir.

Tafla 2 er lausleg samantekt á stöðu umhverfisrannsókna á þeim virkjunastöðum á íslenskum háhitasvæðum, sem talið er hugsanlegt að virkjuð verði. Sýnd er staða virkjunarrannsókna, níu mismunandi þátta umhverfisrannsókna ásamt lauslegu kostnaðar-

mati fyrir sex svæðanna. Svarað er hvort fyrir liggi: 1) Samantekt heimildalista um allar rannsóknir á svæðinu. 2) Frummat á umhverfisáhrifum, þ.e. útfylling á gátlista Skipulags ríkisins og frumtillögur um viðbótarrannsóknir. 3) Nákvæmt jarðhitakort af svæðinu. 4) Mat á náttúrulegu gufustreymi, annað hvort með beinum mælingum, sjónmati eða fjarkönnunaraðferðum. 5) Ákvörðun á styrk og samsetningu gass í gufu. 6) Mælingar á gasstyrk í andrúmslofti. 7) Grunnvatnskort. 8) Frummælingar á þyngd vegna þyngdarbreytinga. 9) Rannsóknir á breytingum á virkni.

Eins og fram kemur í töflunni er staða umhverfisrannsókna mjög í samræmi við stöðu almennrar rannsóknar svæðanna. Þar sem í mörgum tilvikum er um sömu rannsóknarþætti að ræða kemur þetta ekki á óvart. Á þeim svæðum sem þegar eru virkjuð þarf ekki að bæta við miklum umhverfisrannsóknum til að gera umhverfismat. Þar hafa flestar nauðsynlegar rannsóknir verið gerðar og mikil áhersla hefur verið lögð á auknar umhverfisrannsóknir á undanförunum árum. Fyrir óvirkjuðu svæðin hafa í fæstum tilvikum enn verið teknir saman heimildalistar eða gert frummat þótt umhverfisrannsóknir séu annars komnar vel á veg. Einnig vantar víðast mælingar á gasstyrk í andrúmslofti og mjög lítið hefur verið fylgst skipulega með breytingum á náttúrulegri virkni háhitasvæða.

Kostnaður við viðbótarrannsóknir vegna umhverfismats á svæðunum sex er á bilinu 2-4 milljónir króna. Muninn má aðallega rekja til stærðar svæðanna og mismunar í yfirborðsvirkni. Á Þeistareykjum og Ölkelduhálsi hefur verið allmikið fylgst með breytingum á virkni og nokkuð á hinum fjórum. Það veldur hins vegar áhyggjum að verulega vantar á að fylgst hafi verið með breytingum á öðrum óvirkjuðum svæðum. Allflest aðra þætti umhverfisrannsókna má framkvæma á fremur skömmum tíma en eftirlit með virkni og þyngd tekur eðlilega yfir nokkur ár.

Innan átaksverkefnisins "Umhverfisáhrif jarðhitavinnslu" var gerð áætlun um kortlagningu yfirborðsvirkni og framkvæmd sýnatöku á gufuaugum til að fylgjast með breytingum á efnasamsetningu þeirra á nokkrum óvirkjuðum háhitasvæðum árið 1991. Valin voru þrjú svæði; Þeistareykir, Krýsuvík (Sveifluháls-Trölladyngja) og Kverkfjöll. Ekki hefur reynst mögulegt kostnaðar og tíma vegna að fara alfarið eftir áætluninni. Bæði á Þeistareykjum og í Krýsuvík hafa fundist miklar breytingar á virkni og efnasamsetningu gufu, en í Kverkfjöllum ná athuganir yfir of skamman tíma til að slíkt sjáist.

Í tengslum við þróunarverkefni á sviði fjarkönnunar var einnig fylgst með nokkrum óvirkjuðum svæðum; Þeistareykjum, Krýsuvík, Fremri námum og Öskju. Voru teknar innrauðar myndir af svæðunum í þrjú ár í röð við sambærileg skilyrði og er nú verið að vinna úr niðurstöðunum.

5. Tillögur um frekari rannsóknir

Lagt er til að á næstu tveimur árum verði lokið þeim umhverfisrannsóknum, sem á vantar í upptalningu í töflu 2 fyrir Sveifluháls, Sandfell, Brennisteinsfjöll, Grensdal, Þeistareyki og Öxarfjörð.

Jafnframt er lagt til að komið verði af stað rannsóknum á þeim jarðhitasvæðum öðrum, sem ætla má að verði virkjuð á næstu áratugum og sett fram langtímaáætlun um rannsóknir á náttúrulegum breytingum á þeim. Ennfremur þarf að gera sambærilegar rannsóknir á einhverjum þeirra svæða, sem ekki er líklegt að verði virkjuð á næstunni, til að hafa langtímasamanburð.

Lagt er til að gerð verði frumúttekt á stöðu umhverfisrannsókna á tveimur svæðum á hverju ári næstu þrjú ár og gerðar tillögur um framhaldsrannsóknir og eftirlit með breytingum á náttúrulegri virkni í framtíðinni. Jafnframt verði haldið áfram því eftirliti, sem þegar er hafið á nokkrum óvirkjuðum jarðhitasvæðum. Áætlaður kostnaður við þessar rannsóknir er 5-10 Mkr á ári.

Meðal þeirra rannsókna, sem lagt er til að gerðar verði er kort í skalanum 1:10.000 sem sýni mannvirki, reist á rannsóknarstigi, vegi og slóða auk borsvæða til rannsóknarborana. Einnig verði lýst eftirliti og mælingum á umhverfisáhrifum framkvæmda rannsókna.

Tafla 1. Yfirlit um rannsóknarþætti vegna umhverfismats fyrir virkjun háhitasvæða.

Yfirlit um rannsóknarþætti vegna umhverfismats fyrir virkjun háhitasvæða			
Verkþáttur	Tímalengd	Kostnaður	Athugasemdir
Heimildalisti	nokkrar vikur	1/2 m kr	
Gróft mat (krossapróf)	nokkrar vikur	1/2 m kr	
Jarðhitakortlagning	nokkrir mánuðir	1-2 m kr	
Mat á náttúrulegu gufustreymi	nokkrar vikur	1/2 -11/2 m kr	
Mat á gasstyrk í gufuaugum	nokkrir dagar	1/2-1 m kr	
Mat á gasstyrk í andrúmslofti	nokkrar vikur	1/2 -1 m kr	
Grunnvatnskort	nokkrir mánuðir	1/2- 11/2 m kr	
Þyngdarmælingar frummæl./nátt. br.	nokkur ár	1/2 m kr	nokkrir dagar á ári
Þyngdarmælingar grunnmæling	nokkrar vikur	1-2 m kr	sé tengt starfsleyfi
Hæðarmælingar	nokkrir mánuðir	3-6 m kr	sé tengt starfsleyfi
Breytingar á náttúrulegri virkni	5-10 ár	2-4 m kr	nokkrar vikur á ári
Smáskjálftamælingar	nokkrir mánuðir	2-3 m kr	sé tengt starfsleyfi
Aðgengi og umgengni á rannsóknarstigi	nokkrir mánuðir	1-2 m kr	

Tafla 2. Staða umhverfisrannsóknna á háhitasvæðum.

Staða umhverfisrannsóknna á háhitasvæðum										
Virkjunarstaðir	Staða-næsta rannsóknarverk	Heimilda-ílisti	Frummat	Jarðhita-kortlagning	Náttúrulegt gufustreymi	Mat á styrk í gass í gufu	Gasstyrkur í andrúmsl. kort	Grunnv. mælingar	Þyngdar- nátt.virkni	Gróft mat á kostn.m.kr
SVARTSENGI	Virkjað	x	x	x	lítið str.	x	x	x	x	
REYKJANES	Virkjað að hluta	x	x	að hluta	að hluta	að hluta	v	x	að hluta	
KRISUVÍK:										
Sveifluháls	Vinnsluborannir	v	v	að hluta	v	að hluta	að hluta	v	að hluta	4
Sandfell	Frumrannsóknir	v	v	v	v	v	v	v	v	3,5
Trölladyngja	Rannsóknarborannir	v	v	að hluta	v	lítið str.	v	x	að hluta	
BRENNISTEINSFJÖLL	Rannsóknarborannir	v	v	x	lítið str.	lítið str.	v	v	lítil virkni	2
HENGILL:										
Nesjavellir	Virkjað	x	x	x	x	x	x	x	x	
Grensdalur	Vinnsluborannir	x	v	x	að hluta	að hluta	að hluta	v	v	2,5
Ölkelduháls	Rannsóknarborannir	x	x	x	að hluta	x	x	x	x	
Vestur Hengill	Vinnsluborannir	x	v	x	að hluta	að hluta	v	x	að hluta	
Hengladalur	Yfirborðsrannsóknir	x	v	x	að hluta	að hluta	v	x	að hluta	
H-verahlió	Yfirborðsrannsóknir	x	v	x	að hluta	að hluta	v	x	að hluta	
PRESTAHNJUKUR	Frumrannsóknir	v	v	v	v	v	v	v	v	
KERLINGAFJÖLL	Frumrannsóknir	v	v	v	v	x	v	v	v	
TORFAJÖKULL	Yfirborðsrannsóknir	v	v	að hluta	v	að hluta	v	v	v	
VONARSKARÐ	Yfirborðsrannsóknir	v	v	v	v	að hluta	v	v	v	
HRÚTHALSAR	Frumrannsóknir	v	v	v	v	v	v	v	v	
FREMRI NAMAR	Frumrannsóknir	v	v	v	v	að hluta	v	v	v	
NÁMAFJALL:										
Þjarnarflög	Virkjað að hluta	x	x	x óbirt	v	x	x	x	að hluta	
KRAFLA:										
Leirbotnar	Virkjað	x	x	x óbirt	x	x	x	x	x	
Suðurhlíðar	Virkjað	x	x	x óbirt	x	x	x	x	x	
Hvíthólar	Virkjað	x	x	x óbirt	x	x	x	x	x	
Vesturhlíðar	Rannsóknarborannir	x	v	x óbirt	x	x	x	x	x	
Vitismór	Rannsóknarborannir	x	v	x óbirt	x	x	x	x	x	
Sandabotnaskarð	Rannsóknarborannir	x	v	x óbirt	x	lítið str.	x	x	x	
GJASTYKKI	Frumrannsóknir	v	v	að hluta	v	v	v	v	v	
ÞEISTAREYKIR	Rannsóknarborannir	v	v	x	v	x	að hluta	að hluta	að hluta	2,5
ÖXARFJÖRDUR	Rannsóknarborannir	v	v	x	lítið str.	lítið str.	v	að hluta	lítið str.	2

x=Tilbúið
v=Vantar alveg eða að mestu
að hluta=Einhver vinna hefur farið fram
lítið str.=Ekki unnt að mæla vegna lítils streymis