

**Sérverkefni um umhverfisáhrif
jarðhitanytingar. (Ásamt stuttu yfirliti yfir stöðu
umhverfisrannsókna á virkjunarsvæðum
Landsvirkjunar.)**

**Hrefna Kristmannsdóttir, Halldór Ármannsson, Benedikt
Steingrímsson, Sverrir Þórhallsson, Ásgrímur Guðmundsson,
Knútur Árnason**

Greinargerð HK-HÁ-BS-SP-ÁsG-KÁ-91-04

ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Greinargerð
HK,HÁ,BS,SP,ÁG,KÁ-9104
12.10, 1991

SÉRVERKEFNI UM UMHVERFISÁHRIF JARÐHITANÝTINGAR (Ásamt stuttu yfirliti yfir stöðu umhverfissrannsókna á virkjunarsvæðum Landsvirkjunar.)

Inngangur

Áhugi á umhverfismálum hefur aukist stórlega á síðustu árum og jafnframt áhyggjur vegna umhverfisspjalla. Öll mannleg starfsemi er í sjálfu sér umhverfisspillandi, þótt í mismunandi mæli sé. Jarðhitanyting hefur löngum verið talin lítt mengandi og valda litlum umhverfisspjöllum samanborið við flesta aðra orkuvinnslukosti. Þó er ljóst að nokkur umhverfisspjöll eru óumflýjanleg samfara nýtingu jarðhita, einkum á háhitasvæðum. Nokkur umhverfisáhrif eru einnig frá náttúrulegri virkni á jarðhitasvæðum. Markvissum rannsóknum á umhverfisáhrifum við nýtingu jarðhita hefur fram til þessa lítið verið sinnt á Íslandi. Mikið er þó til af upplýsingum, sem tengjast þessum þætti, en þeirra hefur yfirleitt verið aflað í öðrum tilgangi. Um suma þætti eru lítil sem engin gögn til og í flestum tilvikum þarf að taka þau saman úr mörgum áttum, umreikna og vinna úr þeim svo að þau nýtist til mats á umhverfisáhrifum jarðhitavinnslunnar.

Helstu umhverfisspjöll, sem jarðhitanyting veldur eru

1. **Varmamengun**, sem verður bæði við vinnslu jarðhita og reyndar einnig við náttúrulegt afrennsli. Alvarlegustu dæmi um varmamengun eru á stöðum þar sem frárennslisvatni er veitt beint í ár og vötn.
2. **Efnamengun** í vatni og lofti fylgir vinnslu jarðhita, en er þó mun minni en í kolakyntum orkuverum. Þó er áætlað að a. m. k. 150 þ. tonn af koltvíoxíði og 7 þ. tonn af brennisteinsvetni streymi út í loftið frá jarðhitasvæðum á Íslandi. Auk venjulegra eiturefna getur úði dreifst um og valdið útfellingum á gróður og mannvirki.
3. **Eðlisbreytingar umhverfis** eins og landsig og breytingar á grunnvatnsstöðu verða við jarðhitavinnslu. Einnig geta orðið breytingar á jarðskjálftavirkni vegna massatöku úr svæðinu.
4. **Útlitsbreytingar á yfirborði** jarðar verða óhjákvæmilega við gerð mannvirkja, en landspjöll geta einnig orðið við breytingar á virkni jarðhitans á yfirborði, sem rekja má til virkjunar jarðhitans. Hættulegustu dæmi um þetta eru öflugar og mannskæðar gufusprengingar, sem orðið hafa á vinnslusvæðum gufuvirkjana erlendis.
5. **Hávaðamengun** verður við allar framkvæmdir, einkum boranir, en þó er mestur hávaði tengdur blásandi háhitaborholum.

Á Orkustofnun hefur verið í gangi verkefni, sem miðar að því að meta umhverfisáhrif jarðhita og kom nýlega út skýrsla um stöðu rannsókna á umhverfisáhrifum jarðhita.

Einnig hefur verið unnið að skilgreiningu verkefnis, þar sem ætlað er að gera mun nákvæmari úttekt á umhverfisáhrifum jarðhitavinnslu og rannsóknarþörf vegna umhverfisþátta í samvinnu við stærstu virkjunaraðila jarðhita á háhitasvæðum.

Markmið verkefnisins

Markmið verkefnisins er að fá heildaryfirsýn yfir möguleg umhverfisspjöll af völdum jarðhitanýtingar og vinna grunn að stöðluðu eftirliti með umhverfisáhrifum við vinnslu jarðhita. Í öðru lagi er markmið verkefnisins að meta náttúruleg áhrif jarðhita á umhverfi sitt og áhrif náttúrulegra breytinga. Slíkur grunnur er nauðsynlegur til að skilgreina áhrif vinnslunnar á umhverfi. Í þriðja lagi er áætlað að skilgreina og koma af stað vinnu við verkefni um þróun aðferða til að draga úr mengun og umhverfisspjöllum við jarðhitanýtingu.

Tilgangurinn er að meta umhverfisáhrif á hverjum stað og gera tillögur um æskilegt efirlit með þeim í framtíðinni (environmental assessment). Áætlað er að taka saman þau gögn sem til eru og gera ítarlega úttekt á núverandi stöðu mála. Í samræmi við niðurstöður þeirrar úttektar verða svo mótaðar tillögur um frekari rannsóknir og nauðsynlegt eftirlit á hverjum stað. Þeir aðilar, sem um er að ræða eru Landsvirkjun vegna Kröfluvirkjunar og jarðhitasvæðisins í Námafjalli, Hitaveita Suðurnesja vegna jarðhitasvæðanna í Svartsengi, Eldvörpum og á Reykjanesi og Hitaveita Reykjavíkur vegna Nesjavallasvæðisins.

Flest stór orkuvinnslufyrirtæki hafa metið hættu á grunnvatnsmengun frá orkuverinu áður en nýting hófst og og í flestum tilfellum fylgst með ástandi grunnvatns að einhverju marki eftir að orkuverið tók til starfa. Eitthvert mat og mælingar tengdar efnamengun í lofti eru yfirleitt gerðar, en þeim þætti er oftast ábótavant. Á rannsóknarstigi og í tengslum við vinnslueftirlit eru gerðar margvíslegar athuganir sem varða mengun og önnur umhverfismál. Ekki er algengt að markvisst hafi verið fylgst með virkni jarðhita á yfirborði né heldur breytingum samfara massatöku og niðurdælingu. Mat á hávaðamengun er líður í vinnueftirliti og því ávallt gert. Margir þættir umhverfisspjalla við jarðhitanýtingu eru sérstakir fyrir hana og oft ekki augljósir þeim aðilum, sem um heilbrigðis og umhverfismál fjalla. Jarðhitafræðingar þekkja þessa þætti, en ekki er víst að þeim sé fylgt eftir þegar vinnsla hefst, þótt virkjunaraðilum sé bent á þá í upphafi. Eins og fram kom hér í upphafi skortir þó talsvert á að markvisst eftirlit sé haft með umhverfisáhrifum jarðhitavirkjana.

Rannsóknir á náttúrulegum breytingum á virkni jarðhitasvæða eru á flestum stöðum takmarkaðar og ósamfelldar þar sem fjármagn til rannsókna er takmarkað og rannsóknir á náttúrulegu ástandi jarðhitasvæða að öllu jöfnu ekki verið forgangsverkefni. Af sömu ástæðu og reyndar einnig áður fyrr vegna lítils almenns áhuga á umhverfismálum hefur heldur ekki verið lögð mikil vinna í að meta náttúrulegt útstreymi efna frá óvirkjuðum jarðhitasvæðum. Fyrir allflest svæði eru til gögn um efnasamsetningu gass og vatns, en gögn um magn útstreymis eru ófullkomin og því er mikil óvissa bundin mati á efnaútstreymi. Þannig hefur verið stærðargráðu munur á þeim tölum, sem ýmsir aðilar hafa birt um náttúrulegt útstreymi efna frá jarðhitasvæðum.

Þótt vinnsla jarðhita sé að jafnaði lítið mengandi má þó væntanlega draga úr þeim umhverfisspjöllum, sem hún veldur. Á Orkustofnun hafa komið fram allmargar hugmyndir um aðferðir til að draga úr umhverfisáhrifum jarðhitavinnslu og hefur

stofnunin hug á að vinna að ýmsum slíkum þróunarverkefnum á næstu árum. Í því sambandi má nefna hönnun búnaðar til gasbrennslu, varmaskipta til að nýta kísilríkt vatn og aðferða til niðurdælingar á gasi. Á næstu tveim árum mun stofnunin móta þessi verkefni og vonast til að geta hafið vinnu við einhver þeirra í samvinnu við jarðhitanotendur 1992-1994.

Helstu verkþættir

1. Mat á umhverfisáhrifum

1.1. Útlitsbreytingar á yfirborði jarðar. Tekin verður saman greinargerð um samstarf rannsóknar- og virkjunaraðila við náttúruverndaryfirvöld varðandi staðsetningu mannvirkja, jarðrask o.þ.h. Þar yrði einnig gerður samanburður á umhverfisspjöllum af völdum jarðhita og annarra orkukosta héraðs og erlendis.

Tiltæk gögn um breytingar á virkni jarðhita á bæði virkjuðum og óvirkjuðum jarðhitasvæðum verði tekin saman og skoðuð nákvæmlega til að fá hugmynd um að hve miklu leyti slíkar breytingar eru af manna völdum.

1.2. Eðlisbreytingar. Gerð verður úttekt á niðurstöðum þyngdar og landmælinga á hinum ýmsu svæðum og metnar líkur á landsigi og einnig gerð úttekt á niðurstöðum vatnsborðsmælinga og áhrif líklegra og hugsanlegra breytinga metin. Niðurstöður annarra jarðeðlisfræðimælinga, sérstaklega viðnámsmælinga, geta einnig orðið mikilvægar fyrir þennan þátt.

1.3. Hávaðamengun. Farið verður yfir þau gögn, sem til eru um hávaðamælingar á virkjanastöðum og afstaða tekin til þess hvort aðgerða er þörf.

1.4. Varmamengun. Farið verður yfir núverandi vitneskju um breytingar í umhverfi jarðhitasvæða, þar sem vitað er um hitnun grunnvatnskerfa eða yfirborðsvatns vegna afrennslis. Stefnt verður að mati á áhættu af slíkum varmbreytingum, einkum þar sem vistkerfi gætu verið í hættu.

1.5. Efnamengun. Farið verður yfir niðurstöður greininga á skaðlegum efnum eins og kvikasilfri og öðrum þungmálum, arsen, bór, ammóníak og radon. Einnig verður farið yfir niðurstöður gasmælinga, bæði á þeim sem skaðleg geta talist eins og brennisteinsvetni og hinna, sem valdið geta gróðurhúsaáhrifum eins og koltvíoxsíð og metan. Kapp verður lagt á að taka saman afl- og rennslismælingar úr borholum og vinnslugögn frá virkjuðu svæðunum og fá þannig nákvæmari upplýsingar um mengun frá þeim. Fyrir óvirkjuðu svæðin þarf að mæla bæði efnasamsetningu gufuútstreymis og ekki síður magn þess, sem frá þeim streymir. Þær mælingar eru bæði erfiðar og kostnaðarsamar og þarf að þróa til þess aðferðir og tæki. Þar sem allt bendir til þess að verulegt magn efna streymi út í umhverfið á óvirkjuðum svæðum, en það mat jafnframt mjög óvíst og hleypur á stærðargráðum eftir því hver metur, þá er nauðsynlegt að rannsaka þennan þátt betur. Einnig er alls ekki ljóst hvort útstreymi gufu úr gufuaugum muni minnka eða aukast við virkjun ákveðinna svæða og þá hversu mikið eða lengi. Þetta er þáttur sem ekki hefur verið metinn fyrirfram hingað til.

Einnig verður kannað hvort og að hvaða marki skaði af völdum úða er þekktur og hvort ástæða er til fyrirbyggjandi aðgerða varðandi hann.

2. Tillögur um eftirlit og rannsóknir.

Gerðar verða tillögur um lágmarksrannsóknir, sem gera þarf á umhverfisþáttum áður en ráðist er í virkjun jarðhitasvæða. Einnig verða tillögur um þá þætti, sem ber að fylgjast með eftir að svæði fer í vinnslu og um lágmarkstíðni slíks eftirlits.

Að lokinni almennri úttekt á umhverfisáhrifum jarðhita og úttekt fyrir helstu virkjunarstaði og jarðhitasvæði, sem líklegt er að virkjuð verði í framtíðinni ætti að liggja fyrir grunnur (environmental assessment) til að byggja á tillögur um framtíðareftirlit með hverju svæði og um þætti, sem rannsaka þarf sérstaklega.

Sérstök umhverfisvandamál geta tímabundið orðið mjög aðkallandi. Sem dæmi má nefna að brennisteinsvetni í miklum styrk er baneitrað og verður að halda honum innan hættumarka. Lykt þess er mjög sterk langt innan þess styrks, sem er hættulegur heilsu manna. Erlend reynsla bendir til þess að kröfur almennings um hreinsibúnað séu mjög háðar því hvort um var að ræða náttúrulegt útstreymi af brennisteinsvetni fyrir virkjun eða ekki. Þess vegna er rétt að fylgjast með viðbrögðum almennings við streymi brennisteinsvetnis frá Nesjavöllum til Reykjavíkur þegar vindátt er austanstæð.

Á sumum jarðhitasvæðum geta myndast gufupúðar á litlu dýpi við niðurdrátt og jafnvel valdið öflugum gufusprengingum. Með myndun gufupúða má fylgjast með grunnnum borunum, viðnámsmælingum og þyngdarmælingum og má búast við að á sumum svæðum þurfi að grípa til slíkra ráða.

Samhliða er áætlað að gera úttekt á umhverfisáhrifum náttúrulegs jarðhita á öllum þeim jarðhitasvæðum, sem ætla má að virkjuð verði á næstu áratugum og gera áætlun um rannsóknir á náttúrulegum breytingum á svæðunum.

Eins og nefnt var hér að framan er eitt af markmiðum verkefnisins að móta rannsóknarverk til að minnka umhverfisáhrif jarðhitavinnslu og þar koma til greina mjög margar leiðir, sem flestar eru lítt þróaðar og prófaðar. Í því sambandi má nefna hönnun búnaðar til gasbrennslu, varmaskipta til að nýta kísilríkt vatn og aðferða til niðurdælingar á gasi.

Staða umhverfisrannsókna á virkjunarsvæðum Landsvirkjunar.

Kröfluvirkjun:

Í upphafi fór fram mat á grunnvatnsmengun (varma- og efnamengun), sérstaklega með tilliti til Mývatnssvæðis. Boruð var einnig hola í Búrfellshrauni, sem fylgst var með í fyrstu.

Engin skipuleg úttekt á loftmengun hefur farið fram, en til eru grunnildi fyrir sum efni í skýrslum hér og þar. Til eru gögn um aðra umhverfisþætti, en þau eru dreifð eins og þau fyrrnefndu. Ymsir þættir, sem stafað geta af vinnslu eins og staðbundið landsig, lækkun grunnvatnsstöðu, breyting á jarðhita á yfirborði og aukin jarðskjálftavirkni eru svo nátengdir náttúruhamförum að erfitt er að meta þarna hvað tengist vinnslunni. Til að gera skýrslu um núverandi stöðu og þekkingu þyrfti að fara í gegn um fjölda skýrslna og greina um rannsóknir á Kröflusvæði og tína þar út gögn og meta áreiðanleika og gagnsemi. Tillögur um frekari rannsóknir og mælingar yrðu svo unnar á grundvelli

niðurstaðna þeirrar vinnu. Mat á vinnuþörf til þessa áfanga er að sjálfsögðu ekki byggt á mjög traustum grunni, en miðað við hversu mikil og dreifð gögn eru til þykir ekki varlegt að reikna með minna en ársverki til að gera vandaða úttekt. Stærsti hluti þeirrar vinnu er jarðefnafræðileg, en einnig þarf vinnuframlag jarðfræðings, jarðeðlisfræðings, forðafræðings og sérfræðings á vinnslutækisviði. Kostnaður verður við notkun á gagnabönkum og kaupa þarf mjög líklega að einhverja faglega aðstoð.

Námafjall:

Grunnvatnsmengun, vegna jarðhitanýtingar, hefur verið rannsökuð talsvert á svæðinu og mikið er til af lítið unnum gögnum hvað þennan þátt varðar. Líklega er ekki til úttekt á annars konar umhverfisáhrifum. Varðandi mat á þætti náttúruhamfara á breytingar gildir sama máli og í Kröflu og er þekkt að þær hafa haft verulega mikil áhrif á grunnvatnskerfin á svæðinu. Verulega minna er til af gögnum um Námafjallssvæðið almennt en Kröflusvæðið, en þau eru mjög dreifð og lítið unnið úr þeim. Talsvert mikil vinna er því nauðsynleg til að taka saman og vinna úr þeim gögnum, sem til eru, skrifa úttektarskýrslu með tillögum um rannsóknir og eftirlit í framtíðinni.

Kostnaður við verkið.

Áætlað vinnuframlag við úttekt fyrir öll virkjuð svæði er rúm 4 mannár og þaraf um 1,5 fyrir svæði Landsvirkjunar. Reiknað er með að mestöll sú vinna yrði unnin á Orkustofnun og greidd að hálfu af ríkisframlagi og að hálfu af virkjunaraðilum, en í stað þess gætu virkjunaraðilar einnig lagt fram vinnu í sinn hluta verksins. Kostnaður við útivinnu og tæki er áætlaður 3 m. kr. Þar sem verkið er talsvert umfangsmikið er reiknað með að það taki þrjú ár. Kostnaðaráætlun er mjög gróf, en eftir fyrsta fasa verksins, sem áætlað er að ljúka á næsta ári fæst mun mun nákvæmari verk- og kostnaðaráætlun.

Úttekt á umhverfisáhrifum náttúrulegs jarðhita á öllum þeim jarðhitasvæðum, sem ætla má að verði virkjuð á næstu áratugum eru áætluð um 3 mannár og kostnaður við hana og nauðsynleg tæki yrði um 5 m. kr.

Áætlað er að eyða 1 mannári í mótun verkefna um aðferðir til að draga úr mengun og umhverfisspjöllum við jarðhitanýtingu.

Í fjárlagafrumvarpi 1992 er reiknað með 2,2 m. kr. sérframlagi til rannsókna á umhverfisáhrifum jarðhitavinnslu, sem er skilyrt því að mótframlag fáiast frá virkjunaraðilum.