

**Undirbúningur að 2. áfanga Rammaáætlunar  
um nýtingu vatnsafls og jarðvarma**

**Framvinduskýrsla**

**Verkefnisstjórn Rammaáætlunar**

**maí 2007**

## **Framvinduskýrsla um undirbúning að 2. áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, maí 2007.**

<b>Efni</b>	<b>Bls</b>
1. Formáli	2
2. Staða verkefnisins	2
2.1 Rannsóknir	2
2.2 Endurbætt aðferðafræði	4
2.3 Kostnaður	4
3. Verklag og starfsáætlun næstu ár	5
4. Upprifjun um 1. áfanga	7
5. Undirbúningur að 2. áfanga	8
5.1 Skipun verkefnisstjórnar og umsjón Orkustofnunar	8
5.2 Undirbúningur að rannsóknum og endurskoðun matsaðferða	9
5.3 Skipun ráðgjafahópa um háhita og mat á landslagi	11
<b>Viðaukar</b>	
1. Erindisbréf verkefnisstjórnar, dags. 14. september 2004.	17
2. Annar áfangi Rammaáætlunar. Áherslur í gagnaöflun; verk- og kostnaðaráætlun. Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun, 26.04.2005.	18
3. Minnisblað um náttúrufar og verndargildi háhitasvæða. Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun, 5.04.2004.	25
4. Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða. Verkáætlun 2005 – 2009. Náttúrufræðistofnun Íslands, mars 2005.	30
5. Heimildir og upplýsingar um háhitasvæði sem koma til mats í 2. áfanga Rammaáætlunar. Haukur Jóhannesson, Ísor 2006.	42
6. Vinnuhópur um jarðfræðiminjar á háhitasvæðum. Lokaskýrsla með fylgiskjölum. Mars 2007.	50
7. Íslenskt landslag. Starfshópur um landslag. Maí 2006	66

## 1. Formáli

Í framvinduskýrslu þessari er gerð grein fyrir undirbúningi að 2. áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Lýst er stöðu gagnaöflunar og fjallað um verklag og skipan verkefnisstjórnar og matshópa til að ljúka mati 2. áfanga í árslok 2009.

Samkomulag er um að sú verkefnisstjórn sem nú starfar ljúki sínum starfstíma með þessari framvinduskýrslu og síðan taki við ný verkefnisstjórn. Umsjón með gagnaöflun og rannsóknum er hins vegar áfram í höndum Orkustofnunar undir stjórn Hákonar Aðalsteinssonar verkefnisstjóra.

## 2. Staða verkefnisins

### 2.1 Rannsóknir

Í skipunarbréfi verkefnisstjórnar frá 14. september 2004 var lögð áhersla á að fá heildarmat á sem flestum háhitasvæðum, undirbúa fleiri virkjunarkosti til mats og bæta gögn um ýmsa kosti sem teknir voru fyrir í 1. áfanga, eða endurskoðaða tilhögun virkjunar<sup>1</sup> (Sjá Viðauka 1).

#### Rannsókn háhitasvæða.

Um háhita var það markmið sett að taka fyrir með samræmdum hætti öll þekkt háhitasvæði á landinu, nema þau sem eru undir jöklum. Verkefnisstjórnin skipaði sér til aðstoðar ráðgjafahóp um mat á háhitasvæðum. Hann hefur ákveðið til hvaða háhitasvæða matið skuli ná, og hvernig best sé að skipta upp stórum háhitasvæðum í möguleg vinnslusvæði. Einnig er lokið greinargerð um afmörkun svæðanna, og gerður hefur verið listi yfir helstu heimildir sem að gagni koma fyrir það mat.

Hafist var handa um gagnaöflun á árinu 2004, og henni hefur verið haldið áfram síðan. Samið var við Íslenska orkurannsóknir um jarðhitakortlagningu í Kerlingarfjöllum og á Hveravöllum, Prestahnúk og Hrúthálsum. Viðnámsmælingar voru gerðar á fyrrnefndu svæðunum en þeim hefur verið frestað í Hrúthálsum vegna takmarkaðs fjár. Viðnámsmælingar við Prestahnúk leiða í ljós vafa á því að þar sé háhitasvæði.

Fyrirtækið Prokaria annaðist rannsókn örvera á Hengilssvæði 2004 og við Torfajökul 2005. Í þessum rannsóknum er stefnt að því að taka fyrir eitt svæði af öðru, þannig að fá megi heildstæða mynd af sem flestum svæðum og hveragerðum, og hugmynd um algengi og fágæti þessara lífsforma. Þessar rannsóknir eru sérstakt verkefni, en æskilegt þótti að tengja þær öðrum rannsóknum á jarðhitafyrirbærum.

Unnið er að rannsókn á súrum ummyndunum á háhitasvæðum, en slíkar jarðmyndanir eru ábyrgar fyrir litskrúði svæðanna. Súrar ummyndanir eru afleiðing efnahvarfa þar sem örverur geta ráðið miklu. Vel hefur gengið að samtvinna þetta verkefni og örverurannsóknir. Verkið er unnið af Jarðvísindastofnun Háskólans með aðstoð Íslenskra orkurannsókna.

Almennar rannsóknir á náttúrufari með áherslu á gróðurfar fóru fram á Krýsuvíkursvæði 2005. Náttúrufræðistofnun Íslands setti í mars 2005 fram tillögur að verkáætlun um rannsóknir á náttúrufari og verndargildi háhitasvæða (Sjá Viðauka 4).<sup>2</sup> Meginmarkmið hennar er að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæða og þróa aðferðir til að meta verndargildi þeirra út frá þekktum verndarviðmiðum. Leitast verður við að koma niðurstöðum verkefnisins á framfæri á þann hátt að þær nýtist sem flestum aðilum

<sup>1</sup> **Viðauki 1.** Erindisbréf verkefnisstjórnar, dags. 14. september 2004.

<sup>2</sup> **Viðauki 4.** Náttúrufræðistofnun Íslands 2005. Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða, verkáætlun 2005-2009.

sem fara með verndun, nýtingu, skipulag og aðrar ákvarðanir sem lúta að háhitasvæðum. Verkefnisstjórn taldi rétt að semja við Náttúrufræðistofnun um þessar rannsóknir á grundvelli þess að við úttektina yrðu þau gögn og staðarþekking sem til eru hjá öðrum stofnunum og fyrirtækjum nýtt sem best. Það eru einkum gögn um jarðfræði háhitasvæða sem tiltæk eru hjá öðrum stofnunum og fyrirtækjum en minna er um rannsóknargögn sem varða lífríkið. Ennfremur þyrfti að leita álits Umhverfisstofnunar á því nauðsynlegasta sem þyrfti til mats á verndargildi háhitasvæða. Óskað var eftir því að Umhverfisstofnun tilnefndi formann í starfshóp til þess að fjalla um gögn um jarðminjar. Hann yrði að auki skipaður fulltrúum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun. Verkefni starfshópsins var að leggja mat á hvaða gögn um jarðminjar teldust nauðsynleg vegna mats á verndargildi háhitasvæða, á hvaða formi nýttust þau best í þessu skyni, hvaða gögn væru til hjá stofnunum og fyrirtækjum og hvaða nýrra gagna þyrfti að afla. Starfshópurinn skilaði álit í mars 2007. Hann lagði til að fylgt yrði verkáætlun Náttúrufræðistofnunar en þess jafnframt gætt að nýta tiltæk gögn hjá stofnunum og fyrirtækjum. Að svo komnu máli var gengið til samninga við Náttúrufræðistofnun Íslands á grundvelli áætlunar hennar um ráðgjöf og öflun gagna vegna náttúrufars og verndargildis háhitasvæða, en jafnframt samið um að Náttúrufræðistofnun endurskoðaði umfang og kostnað við heildaráætlunina eftir því sem aðgengileg gögn reynast tiltæk hjá stofnunum og fyrirtækjum og staðarþekking sömu aðila nýtist. Samningurinn er bindandi fyrir árið 2007 en fyrirvari er gerður um fjármögnun og umfang verksins 2008 og 2009 þar sem fé verkefnisins á þessum árum hefur ekki verið að fullu tryggt. Ráðgert er að ganga frá frekari samningum eftir verkskil í febrúar 2008.

### **Rannsókn vatnsfalla**

Í 1. áfanga Rammaáætlunar var að því stefnt að bera saman alla helstu virkjunarkosti í stærstu jökulám landsins óháð því hvaða hugmyndir lögju fyrir um nýtingu eða verndun. Þetta tókst að mestu leyti en þó varð að fresta athugunum sem sneru að Jökulsá á Fjöllum og Efri-Hvítá í Árnassýslu, en skýrslur með endurskoðuðum hugmyndum um virkjun hafa komið út og eru aðgengilegar á heimasíðu rammaáætlunar ([os.is/page/rammi](http://os.is/page/rammi)). Þá var eftir að kanna náttúrufar við Djúpá í Fljótshverfi, en því er nú lokið. Einnig var hafin athugun á virkjunarkostum Hvalár í Ófeigsfirði, en Hvalá verður líklega eina vatnsfallið á Vestfjörðum sem tekið er til samanburðar í Rammaáætlun.

Endurreiknuð var tilhögun við virkjun Jökulsár á Fjöllum, í stað þess að notast við grófa uppfærslu miðað við vísitölur, eins og gert var í 1.áfanga. Jafnframt var farið betur í saumana á forsendum hennar, einkum vegna augljósra erfiðleika sem stafa af miklum aurburði í ánni. Í endurskoðun er borið saman að virkja í einum áfanga í stað tveggja og að virkja án miðlunar. Bætt var við vistgerðakortlagningu í Fagradal við Kreppu, til að auka þekkingu á vistgerðum í gróðurvinjum sem eru einkennandi fyrir Krepputungu og nánasta nágrenni Jökulsár á Fjöllum.

Í Efri-Hvítá í Árnassýslu voru 30 ára gamlar áætlanir endurskoðaðar. Meginviðfang þeirra er að meta miðlunarþörf, og hvernig mætti uppfylla hana án þess að hækka vatnsborð í Hvítárvatni sem neinu næmi. Miðlun er ráðandi um áhrif á rennsli í Gullfossi. Kannað er hvort hagkvæmt sé að ná hluta miðlunarinnar í Jökulfalli norðan Kerlingarfjalla, og/eða með niðurdrætti í Hvítárvatni.

Í 1. áfanga tókst að ljúka verkfræðiáætlun um virkjun Djúpár með veitum af vatnasviði Núpsár. Ekki voru tök á viðeigandi náttúrufarsrannsóknum, Fyrir vistgerðamat á hálendinu var fengur að því að fá inn mat á tveimur daldrögum í

mismunandi hæð í mjög úrkomusömu fjallendi. Því var samið við Náttúrufræðistofnun um að bæta þessu svæði í safnið.

Þegar kemur að orkukostum í minni vatnsföllum og á láglandi, er víst að ýmsir þættir, sem lítið vægi höfðu í 1. áfanga, þurfa meiri athygli, svo sem veiðihlunnindi og nálægð við byggð. Útivistargildi svæða á láglandi er síst ómerkilegra en á hálendi. Talið er að flokkun vatnsfalla eftir megin einkennum í rennsli og farvegagerð gagnist vel við að gera upp á milli þeirra sjónarmiða sem munu ráða mati á þeim virkjunarkostum sem enn hafa ekki verið teknir fyrir. Viðmið þeirrar flokkunar yrði t.d. fjölbreytni, fágæti og mikilfengleiki í gerð og ásýnd vatnsfallanna sjálfra með og án næsta nágrennis. Land-, jarð- og vatnafræðilega flokkun má svo bera saman við hugmyndir um flokkun sem byggist á líffræði, þ.e. aðallega mýi og fiskum. Þessi nálgun hentar vel fyrir ótilgreint úrtak smárra virkjana. Lokið er vatnafarslegri flokkun<sup>3</sup> og unnið er að samantekt fiskigagna og gagna um efnamælingar. Líklegt er að þessum verkefnum verði fram haldið í tengslum við upptöku Vatnatilskipunar Evrópusambandsins.

Í stað þess að gera áætlanir um smávirkjanir hefur Orkustofnun stuðlað að gerð almenns afrennsliskorts, sem er tengt rennislíkönun frá fjölmörgum vatnsföllum<sup>4</sup>. Það ætti að gagnast þeim sem leita vilja að kostum til smárra virkjana.

## 2.2 Endurbætt aðferðafræði við mat á landslagi

Í skipunarbréfi verkefnisstjórnar var ábending um að huga betur að mati á landslagi, ekki síst aðferðafræði. Verkefnisstjórnin ákvað að kalla til sérfræðinga sem hafa fengist við mat á landslagi sér til ráðleggingar, fyrst um nauðsynlega gagnaöflun og síðar til væntanlegrar þátttöku í mati á landslagsgildum.

Landslagshópurinn hefur lagt fram rannsóknaráætlun<sup>5</sup> (Sjá Viðauka 7), og hefur þegar verið hafist handa við framkvæmd hennar. Rannsóknirnar verða í meginatriðum tvíþættar. Annars vegar flokkun og hins vegar mat á gildi landslags og ólíkra landslagsgerða. Flokkun landslags yrði byggð á sjónrænum eiginleikum, þ.e. eðlislægum. Fegurðargildi yrði ákvarðað með því að spyrja almenning. Í hinum sjónrænu eiginleikum liggja vissulega þættir sem hafa áhrif á fegurðargildið, svo sem litadýrð og andstæður, en það er að lokum manneskjan sem á seinasta orðið. Um síðarnefnda þáttinn hefur ekki verið fullur einhugur, m.a. vegna þess hve gildismat getur verið breytilegt frá einum tíma til annars.

## 2.3 Kostnaður

Kostnaður við 2. áfanga Rammaáætlunar er greiddur af fjárveitingu Orkustofnunar. Til hans fékk stofnunin aukna fjárveitingu sem nam 50 m.kr. árið 2005 og hefur hún fylgt verðlagi fjárlaga síðan. Orkustofnun bætti við 3 m.kr. með framlagi til gerðar afrennsliskorts vegna norræns verkefnis um áhrif loftslagsbreytinga á vatnafar. Til þess að flýta rannsóknum og geta nýtt niðurstöður þeirra við mat í árslok 2009 fékk stofnunin 30 m.kr. aukafjárveitingu í árslok 2006. Eftirfarandi tafla sýnir til hverra verkefna fjárveitingum hefur verið varið árin 2005 og 2006 og áætlun um ráðstöfun þess fjár sem til umráða er 2007 – 2009. Tölur eru í þúsundum króna.

<sup>3</sup> Freysteinn Sigurðsson, Jóna Finndís Jónsdóttir, Stefanía Guðrún Halldórsdóttir og Þórarinn Jóhannsson 2006. *Vatnafarsleg flokkun vatnasvæða á Íslandi. Hvernig bregðast landsvæði við úrkomu og miðla henni?* Orkustofnun, Vatnamælingar OS-2006/013; 14 bls.

<sup>4</sup> Jóna Finndís Jónsdóttir og Bergur Einarsson 2006. *Nýtt mat á afrennslis Íslands, frumniðurstöður.* Orkustofnun, Vatnamælingar. Greinargerð JFJ-BEE-2006/01;

<sup>5</sup> **Viðauki 7.** Ráðgjafahópur um landslag 2006. Íslenskt landslag. Flokkun og verðmætamat. Greinargerð unnin fyrir Verkefnisstjórn rammaáætlunar.

Verkþættir	2005	2006	2007	2008	2009
Landslag, mótað af jökllum	2.000	570	2.000	2.000	
Móberg v. Skaftá		518			
Flokkun fallvatna	2.756	2.695			
Afrennsliskort	8.255	8.000	5.000	5.000	
Jökulsá á Fjöllum	4.632	530			
Efri Hvítá	826	2.114	500		
Hvalá, Ófeigsfirði	489	4.112	5.000		
Djúpá, Fljótshverfi	4.640		800		
Hveravellir	6.506	2.240	1.500		
Kerlingarfjöll	8.620	1.065	2.000		
Prestahnúkur/Hrúthálsar	2.132	332			
Kverkfjöll			2.000	1.500	
Torfajökull		1.276	1.000		
Vonarskarð			7.600	3.000	
Náttúrufar - landslag	28	5.543	20.000	12.000	5.000
Náttúrufar - gróður		10.730	13.000	12.000	4.000
Náttúrufar - jarðhitaminjar	8.248	1.306	15.000	12.000	4.000
Súrar ummyndanir		3.200	6.300	4.500	
Örverur á háhitasvæðum	4.500	4.700	5.200	5.200	2.000
Verkefnistjórn - matshópar	37	1.280	2.000	5.000	5.000
Verkefnistjórn - ótilgreint	432	700	1.000	2.000	5.000
Verkefnistjóri				8.000	8.000
Heildarútgjöld árs	54.101	50.911	89.900	72.200	33.000
Til ráðstöfunar (-)	-53.000	-54.850	-83.660	-50.258	-31.718
Eftirstöðvar (-)	1.101	-3.939	6.240	21.942	1.282

Í reynd er fjárveiting samkvæmt þessari áætlun þó ekki nægileg til að ljúka þeim rannsóknum sem æskilegar eru sem undirbúningur fyrir mat 2. áfanga. Ef matið á að ná til allra helstu háhitasvæða þyrfti auknar viðnámsmælingar í Kerlingarfjöllum, Hrúthálsunum og Öskju til að afmarka víðáttu háhita þar. Þær mundu kosta um 30 m.kr. Nýjasta áætlun Náttúrufræðistofnunar um rannsókn á náttúrufari og mat á verndargildi háhitasvæða gerir ráð fyrir um 51 m.kr. til lífríkis og öðrum 51 m.kr til jarðminja. Til þessara þátta eru hins vegar ekki nema 50 m.kr. í áætluðum fjárveitingum. Þess er vænst að kostnaður við framkvæmd verksins verði nokkru lægri en áætlunin, einkum vegna tiltækra gagna og staðarþekkingar á sviði jarðminja. Fjárþörfin mun skýrast þegar gerð verða skil á verkþáttum 2007 í febrúar 2008. Rétt er þó að vera undir það búinn að auka þurfi fjárveitingu um 30 – 40 m.kr hvort árið 2008 og 2009 til að ná því stigi undirbúnings sem æskilegt telst. Í því sambandi má geta þess að verði farið að tillögu verkefnisstjórnar um nýja skipan hennar munu sparast þær 20 m.kr. sem gert var ráð fyrir að starfshópar auðlindafrumvarps kostuðu (Sjá nánar í kafla 3 hér á eftir).

### 3. Verklag og starfsáætlun næstu ár

Skipa þarf nýja verkefnisstjórn Rammaáætlunar, vegna þess að hennar skipunartími rann út við lok árs 2006, en hún féllst á að halda áfram störfum þar til ný hefur verið skipuð. Jafnframt gerir verkefnisstjórn tillögur um skipan nýrrar verkefnisstjórnar. Í því sambandi er rétt að taka mið af tillögum um starfshópa sem fylgdu frumvarpi til laga um breytingu á lögum nr. 57/1998, um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu. Þar var í bráðbirgðaákvæðum I og II gert ráð fyrir að iðnaðarráðherra og

umhverfisráðherra skipuðu hvor sinn starfshóp til að fjalla um auðlindir í jörðu. Hópur iðnaðarráðherra átti að skila tillögum til forsætisráðherra um mótaða nýtingaráætlun til framtíðar, og tillögum um á hvaða svæðum Íslands nýting á auðlindum í jörðu og vatnsafla verður heimil. Hópur umhverfisráðherra átti að skila tillögum til forsætisráðherra um mótaða verndaráætlun til framtíðar sem tekur til svæða þar sem möguleikar eru til nýtingar auðlinda í jörðu og vatnsafls, og tillögum um á hvaða svæðum Íslands nýting á auðlindum í jörðu og vatnsafla verður ekki heimil. Í hvorum hópi áttu að vera fulltrúar allra þingflokka, tveir fulltrúar iðnaðarráðuneytis, tveir fulltrúar umhverfisráðuneytis og einn fulltrúi landbúnaðarráðuneytis. Auk þess áttu í hópi iðnaðarráðherra að vera einn fulltrúi Samorku og einn fulltrúi Sambands íslenskra sveitarfélaga, en í hópi umhverfisráðherra einn fulltrúi umhverfisverndarsamtaka og einn fulltrúi Sambands íslenskra sveitarfélaga. Báðir hóparnir áttu að byggja starf sitt á niðurstöðum Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma en þær verða ekki aðgengilegar fyrr en 2. áfanga lýkur í árslok 2009. Hóparnir áttu hins vegar að skila tillögum sínum eigi síðar en 1. janúar 2010.

Frumvarpið byggði á tillögum nefndar iðnaðarráðherra sem skilaði álit í október 2006, um framtíðarsýn um verndun og nýtingu auðlinda í jörðu og vatnsafls, og frekari úrvinnslu á tillögunum, sem fram fóru á vegum iðnaðarráðherra og umhverfisráðherra. Í frumvarpinu er lagt til að mótuð verði langtímastefnu um rannsóknir, verndun og nýtingu þeirra auðlinda sem lög nr. 57/1998 taka til. Gerð yrði áætlun sem fæli í sér langtímastefnumótun um verndun og nýtingu á tilteknum svæðum og sýndi á skýran og gagnsæjan hátt hvaða valkostir eru til staðar varðandi nýtingu auðlinda hérlendis næstu áratugi. Við gerð þessarar áætlunar ætti sérstaklega að líta til niðurstaðna rannsókna og mats á þeim hugsanlegu virkjunarkostum sem settir eru fram í skýrslu um niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma sem og niðurstaðna rannsókna og mats 2. áfanga Rammaáætlunarinnar sem ráðgert er að ljúka í árslok 2009. Við gerð áætlunarinnar yrði jafnframt að líta til annarra rannsókna og áætlana, einkum gildandi náttúruverndaráætlunar og grunnrannsókna Náttúrufræðistofnunar. Nefndin lagði til að skipaður yrði sérstakur starfshópur til að undirbúa þessa áætlun og gera tillögur um hvernig haldið verði á þessum málum til framtíðar. Til að tryggja samráð við helstu hagsmunaaðila yrði hann skipaður fulltrúum allra þingflokka og fulltrúum frá forsætisráðuneyti, iðnaðarráðuneyti, umhverfisráðuneyti, Umhverfisstofnun, Náttúrufræðistofnun, Orkustofnun, Íslenskum orkurannsóknum, náttúruverndarsamtökum, Samorku og Sambandi íslenskra sveitarfélaga.

Frumvarpið hlaut ekki afgreiðslu á Alþingi og er ekki ljóst hvernig fram verður haldið. Hins vegar er ljóst að þessir starfshópar hefðu lítið getað unnið að langtímaáætlun fyrr en niðurstöður rannsókna og mats 2. áfanga Rammaáætlunar liggja fyrir í árslok 2009.

Í stað þess að skipa svo fjölmenna starfshópa og ætla þeim að starfa samhliða verkefnisstjórn Rammaáætlunar virðist núverandi verkefnisstjórn Rammaáætlunar eðlilegra að fulltrúum þeirra sjónarmiða sem starfshópunum var ætlað að gæta verði veitt aðild að verkefnisstjórn Rammaáætlunar og þeir geti tekið þar þátt í þeim grunni að langtímastefnu um verndun og nýtingu sem henni er ætlað að leggja. Álitamál er þó hvort fulltrúar þingflokka ættu erindi inn í verkefnisstjórnina. Þeirra hlutverk lægi frekar á sviði þeirra sem tækju við niðurstöðum og undirbyggju langtímaáætlun á grunni þeirra. Ekki er heldur æskilegt að fulltrúar rannsóknastofnana sem eru vertakar að stórum hluta rannsóknanna eigi sæti í verkefnisstjórninni sem velur verkefni og verktaka til rannsókna. Því virðist verkefnisstjórninni að eðlilegast væri að auk formanns sem iðnaðarráðherra og umhverfisráðherra kæmu sér saman um, sæti einn

fulltrúi umhverfisráðuneytis, landbúnaðarráðuneytis iðnaðarráðuneytis, Umhverfisstofnunar, Orkustofnunar, náttúruverndarsamtaka, Samorku, Samtaka ferðaþjónustunnar, Samtaka atvinnulífsins og Sambandi íslenskra sveitarfélaga, alls 11 manns. Þótt svo fjölmenn verkefnisstjórn geti reynst nokkuð þung í vöfum, reyndist það ekki til trafala í 1. áfanga, en hafði þann kost að fulltrúar í verkefnisstjórn gátu miðlað upplýsingum um framgang verksins til mikilvægra aðila í þjóðfélaginu og tekið þátt í að móta starfið með jafnvægi ólíkra hagsmuna í huga.

Auk nýrrar verkefnisstjórnar þarf að huga að nýju mati á virkjunarkostum sem fram á að fara haustið 2009. Viðfangsefnið yrði einkum endurmat á virkjunarhugmyndum á háhitasvæðum sem um var fjallað í 1. áfanga og nýjum hugmyndum sem síðar hafa verið reifaðar. Þar yrði beitt endurskoðuðum aðferðum við mat á landslagi og byggt á ítarlegri rannsókn á lífríki og jarðminjum en í 1. áfanga. Jafnframt yrðu teknar til mats nýjar eða breyttar hugmyndir um virkjun vatnsafls, eftir því sem gögn um þær verða tiltæk. Í 1. áfanga störfuðu 4 faghópar, um náttúruvar og menningarminjar (I), útivist og hlunnindi (II), þjóðhagsleg áhrif (III) og virkjunarhugmyndir (IV). Að þessu sinni er talið að Orkustofnun og orkufyrirtæki geti annast hlutverk hóps IV. Mat á þjóðhagslegum áhrifum og áhrifum á hlunnindi mætti einnig fela stofnunum eða fyrirtækjum. Þá stæðu eftir þau atriði sem áður voru í hópi I og útivist sem var í hópi II. Náttúrufræðistofnun mun leggja fram fyrstu drög að verndargildi náttúruvar háhitasvæða en mat á áhrifum virkjana á náttúruvar á hverju svæði yrði hlutverk faghópa eins og áður. Það mætti fela einum eða tveimur faghópum, sem skipaðir yrðu sérfræðingum í viðkomandi viðfangsefnum. Til að tryggja samræmi við mat í 1. áfanga væri æskilegt að lykilaðilar úr faghópum I og II þess áfanga sætu að nýju í faghópum ásamt lykilaðilum úr þeim starfshópum sem starfað hafa fyrir verkefnisstjórnina að endurskoðun matsaðferða í undirbúningi 2. áfanga. Þessa nýju faghópa væri ráðlegast að skipa snemma árs 2008 til þess að þeir geti kynnt sér gögn sem koma eiga til mats og verið með í ráðum um rannsóknir sumrin 2008 og 2009. Matsstörf hæfust hins vegar haustið 2009 þegar niðurstöður sumarsins eru tiltækar og mati yrði skilað í árslok 2009.

#### 4. Upprifjun 1. áfanga

Á árinu 2003 lauk 1. áfanga Rammaáætlunar með útgáfu verkefnisstjórnar á niðurstöðum<sup>6</sup>. Hann hófst á árinu 1999 undir heitinumaður – **nýting** – **náttúra** til að leggja áherslu á að nýta skuli náttúrugæði þjóðinni til hagsældar í sátt við náttúruna.

Í 1. áfanga voru teknir fyrir kostir í stærri vatnsföllum og í flestum þeirra er gert ráð fyrir miðlunum ofan hálendisbrúnar. Talið er að með þessu móti hafi 1. áfangi náð til allra helstu möguleika til virkjunar í jökulám. Þetta er rétt að hafa í huga, því að aðferðir við matið eru að stórum hluta byggðar á því að bera saman og þá er betra að úrtakshópurinn sé sem samstæðastur.

Við samsvarandi mat á jarðhitakostum var lögð áhersla á nærtækustu kostina, þ.e. þá sem liggja næst byggð, bæði á SV- og NA- landi. Auk þess var Torfajökulssvæðið tekið með til samanburðar enda lágu þar fyrir ítarlegar upplýsingar um marga af þeim þáttum sem blandast inn í mat á náttúrugildi þessara svæða.

Í skýrslunni eru ítarlegar lýsingar á aðferðum þeim sem beitt var við matið, bæði í meginmáli og viðaukum b. Niðurstöður matsins má m.a. setja fram með því að veita saman umhverfisáhrif og þætti er varða hagkvæmni einstakra virkjunarkosta frá

<sup>6</sup> *Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar*. Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma. Iðnaðarráðuneytið, nóvember 2003, 75 bls + viðaukar.



ýmsum sjónarhornum eins og gert er í 5. kafla skýrslunnar. Virkjunarkostum eru gerð skil í viðaukum a við skýrsluna.

Mat á umhverfisáhrifum af vatnsorkukostum byggist á margra ára uppsafnaðri reynslu og er nokkuð hefðbundið. Talsvert af upplýsingum lá fyrir um fjölmarga kosti. Hins vegar höfðu sárafaír háhitakostir verið teknir fyrir með þessum hætti og þar voru aðferðir ekki eins þróaðar og við vatnsorkuvirkjanir. Ennfremur er ekki auðvelt að greina mismunandi kostnað af mögulegum háhitavirkjunum fyrr en búíð er að afla upplýsinga um líkleg afköst einstakra borhola. Þessir þættir samverka til þess að almennt kemur fram lítill munur á milli einstakra háhitakosta. Af þessu tvennu leiðir m.a. að nauðsynlegt þykir að taka þessa háhitakosti fyrir aftur frá grunni til mats í 2. áfanga, ásamt þeim er út af stóðu. Við nánari skoðun áætlana um vatnsaflsvirkjanir kom einnig í ljós að flestar þeirra komu út með svipaðan stofnkostnað á orkueiningu. Á því er líklega sú skýring að við forathugun þeirra á undanförunum árum og áratugum hefur verið leitast við að finna tilhögun sem væri sambærileg og þar með samkeppnisfær við þær virkjanir sem voru komnar á undirbúningsstig.

Vegna skorts á reynslu af mati á háhitasvæðum hvað varðar t.d. líffræðilega þætti var lögð nokkur áhersla á aðferðarannsóknir. Í samstarfi við Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans var skipulagt rannsóknarverkefni, sem tók mið af þeim einkennum háhitasvæða sem gætu sett mark sitt á gróður og dýralíf, þ.e. hita, sýrustigi og kolefnisinnihaldi. Landsvirkjun og Orkuveita Reykjavíkur styrktu verkefnið.

Sá tími sem leið frá því að 1. áfanga lauk og þar til 2. áfangi hófst formlega var m.a. nýttur til frekari rannsókna varðandi líffræðilega matsþætti við háhitasvæði, til jarð- og jarðeðlisfræðirannsókna á lítt könnuðum háhitasvæðum og til rannsókna á fjölbreytni örvera. Fyrirtækið Prokaria (nú hluti af Matís ohf) hefur sérhæft sig í rannsóknum á háhitaörverum og þróað aðferðir við að meta fjölbreytni þeirra í hverum af ýmsu tagi.

Skýrslur og greinargerðir sem vitnað er til í skýrslunni má nálgast á heimasíðu rammaáætlunar ([os.is/page/rammi](http://os.is/page/rammi)).

## 5. Undirbúningur að 2. áfanga

### 5.1 Skipun verkefnisstjórnar og umsjón Orkustofnunar

Þann 14. september 2004 skipaði iðnaðarráðherra verkefnisstjórn til að sjá um framkvæmd 2. áfanga<sup>1</sup>. Í skipunarbréfinu var eftirfarandi leiðsögn gefin um áherslur í 2. áfanga:

„ ... Í næsta áfanga rammaáætlunar þarf í fyrsta lagi að vinna að rannsóknum og undirbúningi fleiri virkjunarkosta. Sá undirbúningur krefst tímafrekra rannsókna og má ætla að sá tími auk frumáætlanagerðar geti tekið 4-5 ár þar til þeir verða tilbúnir til mats. Þessi tími ræðst þó af því fjármagni sem fæst af fjárlögum hvers árs til verkefnisins.

Í öðru lagi er mikilvægt að rannsaka frekar ýmsa kosti sem nú eru í 1. áfanga rammaáætlunar þar sem tiltækar rannsóknir um þá eru ekki fullnægjandi. Eðlilegt er að vinna að þessum rannsóknum á næstu árum jafnhliða rannsóknum á nýjum virkjunarkostum. Því geta orðið breytingar á tilhögun ýmissa virkjunarkosta úr 1. áfanga á þessum tíma auk þess sem nýjar hugmyndir um mótvægisáðgerðir gegn umhverfisáhrifum kunna að koma fram. Þá eru ýmsar aðferðir í þróun við mat á náttúrufari og reynslan hefur sýnt að þörf er á að bæta aðferðir til að meta áhrif virkjana á atvinnustarfsemi ...“

Í verkefnisstjórn til að hafa umsjón með gerð rammaáætlun til ársloka 2006 voru skipaðir:

Sveinbjörn Björnsson, fv. deildarstjóri auðlindadeildar Orkustofnunar  
Helgi Bjarnason, skrifstofustjóri, iðnaðarráðuneytinu  
Ingimar Sigurðsson, skrifstofustjóri, umhverfisráðuneytinu

Sveinbjörn Björnsson hefur gegnt formennsku í nefndinni, eins og í 1. áfanga. Þegar Helgi Bjarnason hætti störfum í iðnaðarráðuneytinu á árinu 2005 tók Guðjón Axel Guðjónsson skrifstofustjóri sæti hans í verkefnisstjórninni. Samkvæmt skipunarbréfinu var ákveðið að hafa fámenna verkefnisstjórn til að byrja með (2004-2006), enda gert ráð fyrir að verkefni hennar yrðu öðru fremur gagnaöflun, og við þá gagnaöflun hefði verkefnisstjórn stuðning og ráðgjöf frá fagstofnunum viðkomandi ráðuneyta. Það fé sem er til umráða kemur af „...endurgreiðslu framkvæmdaáðila til Orkustofnunar vegna orkuframkvæmda sem undirbúnar hafa verið með rannsóknum og áætlunargerð sem kostaðar hafa verið með fé ríkisins...“ (úr 7. gr. laga um Orkustofnun nr. 87/2003). Í samræmi við það sér Orkustofnun um gagnaöflun.

## 5.2 Undirbúningur að rannsóknum og endurskoðun matsaðferða

Hákon Aðalsteinsson, verkefnisstjóri Orkustofnunar, tók saman greinargerð<sup>7</sup> um áherslur í gagnaöflun með hliðsjón af þeim fjármunum sem verkefninu stóðu til boða (Sjá Viðauka 2). Efni greinargerðarinnar mótaðist endanlega við umræður í verkefnisstjórninni. Hluti þessara hugmynda hefur verið mótaður áfram í tveimur hópum fagmanna, sem verkefnisstjórn fékk sér til ráðgjafar (um gagnaöflun vegna mats á háhitasvæðum og um mat á landslagi), sjá kafla 5.3.

Í greinargerðinni eru taldir nokkrir nýir vatnsorkukostir sem hugsanlegt væri að kæmu til mats í 2. áfanga, en jafnframt tekið fram að tæplega verði af nýju mati nema orkufyrirtækin leggi fram áætlanir, annaðhvort um nýja eða breytta kosti. Af þeim sem þar eru taldir eru tveir í byggingu (Lagarfossvirkjun og virkjun Fjarðarár í Seyðisfirði). Þær virkjanir sem tilgreindar eru í greinargerðinni falla naumast undir það sem telst smávirikjun, en samkvæmt skipunarbréfinu voru tilmæli um að sinna þeim. Ekkert yfirlit er til um mögulegar smávirikjanir og var því ákveðið að reyna að sinna þeim með almennum hætti eins og lýst var í kafla 2.1.

Í skipunarbréfinu var einnig ábending um að ástæða gæti verið til að huga betur að mati á landslagi, ekki síst aðferðafræði. Víst er landslag mikilvægur þáttur í náttúrfari og mati á verndargildi ekki síst á háhitasvæðum, sem sum eru nokkuð litskrúðug og mörg mjög skorin. Ráðgjafahópur hefur lagt fram ítarlega rannsóknaráætlun sem þegar er byrjað að fara eftir.

### Staða þekkingar.

Vegna undirbúnings að skipan ráðgjafahópa tók Hákon Aðalsteinsson ritari verkefnisstjórnar saman minnisblað um stöðu þekkingar við lok 1. áfanga og hugmyndir um verklag við frekari þróun aðferða og gagnaöflunar<sup>8</sup>. Minnisblaðið (Sjá Viðauka 3) byrjar á því að rekja athuganir sem hófust á tímabili 1. áfanga og var

<sup>7</sup> **Viðauki 2.** Annar áfangi rammaáætlunar – Áherslur í gagnaöflun; verk- og kostnaðaráætlun. Greinargerð HA/26.04.2005. Orkustofnun-Auðlindadeild.

<sup>8</sup> **Viðauki 3.** Minnisblað til Verkefnisstjórnar um Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða frá Hákonu Aðalsteinsyni 5. apríl 2004 (OS:2005020004).

haldið áfram í aðdraganda 2. áfanga til undirbúnings honum. Þessi verkefni voru tvennskonar.

### **Könnun á gróðurfari og smádýrum á háhitasvæðum**

Athugað var hvort mismunandi einkenni háhitasvæða, hiti, pH, jarðgerð o.fl. hefðu það mikil áhrif á tegundasamsetningu og önnur lífríkiseinkenni mismunandi háhitasvæða að þekking á þeim þáttum gæti hjálpað við að meta verndargildi þeirra<sup>9</sup>.

### **Flokkun yfirborðsfyrirbæra**

Útbreiðsla á mismunandi háhitasvæðum, ásamt lýsingu á þeim sem studd er ljósmyndum. Niðurstöður verksins voru birtar á heimasíðu Orkustofnunar og þannig gerðar faghópum í 1. áfanga Rammaáætlunar aðgengileg, sem og almenningi. Á heimasíðu OS er þetta efni birt undir heitinu *Háhitavefur*. Hann birtist með forsíðu þar sem helstu háhitasvæðin eru sýnd. Vefurinn er í þremur liðum: Háhitasvæðin sem tekin voru fyrir sýnd á korti, stundum ljósmynd(um) og með stuttri lýsingu. Helstu yfirborðsfyrirbærum er lýst með texta og ljósmynd og loks tafla sem gefur hugmynd um algengi þeirra.

Náttúrufræðistofnun Íslands setti fram tillögur að verkáætlun um Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða.<sup>2</sup> Hvað varðar jarðhitaminjar og landslagsþætti er sú áætlun í öllum aðalatriðum eins og sú sem sett var í gang vegna 1. áfanga Rammaáætlunar, en nokkuð ítarlegri hvað varðar aðra jarðfræðilega þætti. Þar til viðbótar er gert ráð fyrir að kortleggja gróður á helstu háhitasvæðunum.

### **Forvinna**

Áður en byrjað var á þessu verkefni var nauðsynlegt að gera sér grein fyrir hvaða gögn eru til og hverjir þekkja best til á einstaka svæðum. Margir af þeim sérfræðingum sem hafa unnið að rannsóknum eiga mikið af myndum, þannig að heilmikið má vinna sér til hægðarauka áður en farið er á vettvang. Þessari forvinnu má skipta í nokkra þætti:

1. Ákveða hvaða háhitasvæði og undirsvæði verða tekin fyrir.
2. Lista upp þá sem hafa staðþekkingu á svæðunum.
3. Staða þekkingar

**Samantekt þekkingar:** Taka þarf saman valdar heimildir um viðeigandi svæði.

Heimildaskráning - bókasafn OS

Staða grunnkorta af háhitasvæðum landsins

Staða jarðfræðikorta af háhitasvæðum landsins

Staða jarðhitakorta af háhitasvæðum landsins og hnitsett yfirborðsfyrirbæri.

### **Önnur verkefni**

Rannsóknir Prókaría á örverum eru sérstakt verkefni, en æskilegt er að tengja þær rannsóknum á jarðhitafyrirbærum. Fyrirtækið hefur þegar safnað nokkru af gögnum á ýmsum svæðum, mest af Hengilssvæðinu. Árið 2004 var bætt við safnið frá

<sup>9</sup> Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2003. *Gróður og smádýr á sex háhitasvæðum*. Unnið af NÍ og LH fyrir Orkustofnun.

María Ingimarsdóttir 2004. *Áhrif hitafallanda á smádýralíf háhitasvæða á Reykjanesi og við Ölkelduháls*. 45 ein MS-ritgerð HÍ.

Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2005. *Þrjú háhitasvæði á Suðvesturlandi, undirbúningur að mati á náttúrufari og verndargildi háhitasvæða*. Unnið fyrir Orkustofnun.

Henglinum<sup>10</sup>, og síðan var við það miðað að taka fyrir eitt svæði af öðru<sup>11</sup>, þannig að fá megi annars vegar heildstæða mynd af sem flestum svæðum og hveragerðum, og hins vegar hugmynd um algengi og fágæti þessara lífsforma.

### Samvinna við orkufyrirtækin:

Fimm orkufyrirtæki hafa fengið leyfi til rannsókna og/eða nýtingar á einhverjum háhitasvæðum. Eftir því hvernig stendur á ferli rannsókna eða undirbúningi má reikna með því að þau þurfi að kanna náttúrufar á viðkomandi svæði. Til að það geti komið að gagni við mat 2. áfanga verður það að gerast fyrir 2009. Æskilegt er að orkufyrirtækin noti sömu aðferðir og nálganir og nýttar verða í undirbúningi 2. áfanga. Til þess að svo megi verða er einnig æskilegt að þessi fyrirtæki eigi fulltrúa í þeim hópi sérfræðinga sem mótar tillögur að verkefnum og fylgir þeim eftir að matsferli í lok tímabilsins.

Þegar kemur að því að meta og flokka svæðin eftir verndargildi, og draga af því ályktanir um virkjanleika er mikilvægt að kunna skil á því hvaða áhrif vinnslan kann að hafa á viðkomandi svæði. Það álitamál varðar hagsmuni allra orkufyrirtækjanna, og því væri æskilegt að þau sameinist um t.d. eftirfarandi tvö verkefni:

1. Gera fræðilega úttekt á því hvaða áhrif vinnsla og þær breytingar sem verða í háhitakerfunum geti haft á yfirborðsfyrirbæri á háhitasvæðunum..
2. Úttekt á möguleikum þess að nýta skáborunartækni, til að forðast að koma nálægt yfirborðsfyrirbærum.

Þegar kemur að því að nýta svæðin, hvílir það á orkufyrirtækjunum að sýna fram á að vinnsla sé möguleg án þess að mikilvæg viðkvæm svæði verði fyrir óásættanlegum breytingum.

### 5.3 Skipun ráðgjafahópa um háhita og mat á landslagi

Í framhaldi af þeim undirbúningi sem að framan greinir var óskað eftir því við nokkra aðila að þeir tilnefndu fagfólk til að taka sæti í tveimur ráðgjafahópum sem fjalla ættu um háhitasvæði og landslag<sup>12</sup>. Landslagshópurinn fékk síðar leyfi til að styrkja sig með fulltrúa landslagsarkitekta og öðrum fulltrúa háskólasamfélagsins. Auk þess hafa hóparnir nokkuð frjálssar hendur um að leita utanaðkomandi aðstoðar.

### Ráðgjafahópur um háhita

Háhitahópurinn er þannig skipaður:

- Stefán Arnórsson, formaður, Háskóla Íslands
- Ásrún Elmarsdóttir, Náttúrufræðistofnun Íslands (til vara Sigurður H. Magnússon)
- Bjarni Pálsson, Landsvirkjun (fulltrúi Samorku)
- Haukur Jóhannesson, ÍSOR
- Sigurros Friðriksdóttir, Umhverfisstofnun

Í erindisbréfi til hópsins, dagsett 26.08.2005 segir:

<sup>10</sup> Viggó Þór Marteinsson, Sólveig K. Pétursdóttir og Steinunn Magnúsdóttir 2004. *Líffræðileg fjölbreytni í hverum og laugum á Hengilssvæðinu*. Unnið fyrir Orkustofnun. Prókaría, desember 2004; 32 bls.

<sup>11</sup> Sólveig Pétursdóttir, Steinunn Magnúsdóttir, Viggó Þ. Marteinsson, Guðmundur Óli Hreggviðsson og Jakob K. Kristjánsson 2006. *Lífríki í hverum á Torfajökulssvæði*. Prókaría hf. Janúar 2006; 43 bls.

<sup>12</sup> Í bréfi til þessara aðila var notast við vinnuheitid stýrihópur, en hlutverk þeirra er í raun ráðgjöf til verk-efnisstjórnar, og allir sátir við að vera í ráðgjafahóp.

*Verkefnisstjórn 2. áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma hefur farið þess á leit við nokkra aðila og einstaklinga að þeir skipi stýrihóp henni til aðstoðar við mat á eiginleikum háhitasvæða, vinnslugetu og verndargildi náttúrufars.*

Verkefni stýrihópsins verður:

1. Að skilgreina þá þætti sem mestu skipta í heildarmati á vinnslueiginleikum og náttúrufari háhitasvæða.
2. Að móta verkefni og tillögur um gagnaöflun sem að gagni kæmu við mat á nýtanleika og verndargildi háhitasvæða, með hliðsjón af þeirri þekkingu sem þegar hefur verið aflað um þessi svæði.
3. Að móta verklag við mat á þessum þáttum með hliðsjón af aðferðum sem notaðar voru við mat í 1. áfanga Rammaáætlunar.

### **Starf háhitahópsins**

Í febrúar 2007 hafði hópurinn haldið 23 fundi, þar sem fjallað hefur verið um það með hvaða hætti sé best að meta stærð (vinnslugetu) háhitasvæða og hvaða þætti skuli leggja til grundvallar mati á verndargildi háhitasvæða, og síðast en ekki síst til hvaða svæða matið eigi að ná.

### **Háshitavæði til mats:**

1. Reykjanes
2. Svartsengi-Eldvörp
3. Krýsuvík
  - a. Seltún-Sveifluháls, Austurengjahver
  - b. Trölladyngja
  - c. Sandfell
4. Brennisteinsfjöll
5. Hengill
  - a. Hverahlíð
  - b. Hellisheiði
  - c. Nesjavellir-Þverárdalur
  - d. Hveragerði-Grændalur
  - e. Ölkelduháls
6. Geysir
7. Kerlingarfjöll
  - a. Hveradalir
  - b. Efri-Hveradalir
  - c. Hverabotn (Kerlingardalur)
8. Hveravellir
9. Hágöngur
10. Vonarskarð
11. Torfajökull
  - a. Blautakvísl
  - b. Vestur-Reykjadalir
  - c. Austur-Reykjadalir
  - d. Ljósártungur
  - e. Kaldaklof
  - f. Landmannalaugar
12. Kverkfjöll
13. Askja

14. Hríthálsar
15. Fremrinámar
16. Námafjall (Bjarnarflag)
17. Kröflusvæði
  - a. Krafla
  - b. Leirhnúkur
  - c. Vestursvæði
18. Gjástykki
19. Þeistareykir

Öxarfirði og Klausturhólum er sleppt á þeirri forsendu að boranir hafa leitt í ljós að svæðin eru ekki dæmigerð háhitasvæði. Viðnámsmælingar benda ekki til að við Prestahnúk sé háhitasvæði.

### Þættir til mats:

- A. VINNSLUEIGINLEIKAR
- B. NÁTTÚRUFAR
- C. NÝTANLEIKI
- D. VERNDARGILDI

- A. Þeir þættir sem mestu máli skipta um vinnslueiginleika jarðhitasvæða eru:
  - a. hiti
  - b. stærð svæðis
  - c. jarðvarmamat (GP o.fl. 1985)
  - d. lekt berggrunns og eðli hennar
  - e. efnainnihald borholuvökva
  - f. írennsli í jarðhitasvæðið í kjölfar vinnslu
  - g. aðgengi
  - h. orka og afl
  - i. kalt vatn
- B. Sérstakt náttúrufar háhitasvæða varðar einkum:
  - j. yfirborðsmerki jarðhita
  - k. lífríki umhverfis hverri (gróður, smádýr)
  - l. örverur
  - m. gíga, hraun og aðrar sérstæðar jarðmyndanir
  - n. fjölbreytileika
  - o. einstæð náttúrufyrirbæri
  - p. sögulegt gildi
  - q. ending yfirborðsjarðhita (náttúrulegar sveiflur, breytingar tengdar nýtingu)
  - r. hrif

Sumir þættir eru þess eðlis að þeir eru kannanlegir eða mælanlegir (a, b, c, d, e, g). Aðrir þættir eru huglægari eða í það minnsta meira á huldu þar til vinnsla getur hafist ( f, h, i).

Rannsóknir á jarðhita og jarðhitasvæðum hafa staðið í marga áratugi og því er mikið til af upplýsingum. Það væri að æra óstöðugan að reyna að fara yfir allt það efni, auk þess sem gögn eru misaðgengileg, og því var Haukur Jóhannesson jarðfræðingur fenginn til að taka saman lista yfir aðgengileg yfirlitsrit og rit með nýjustu upplýsingum, sem að jafnaði innihalda heimildir um eldri gögn (Sjá Viðauka 5)<sup>13</sup>.

Eftirfarandi upptalning lýsir þeirri öflun gagna og rannsóknum sem hefur verið ákveðið að ráðast í til undirbúnings mati.

- Afmörkun háhitasvæða
  - Tiltekin túlkun á viðnámsmælingum
- Náttúrufar og landslag
  - Jarðfræði (kortlagning)
  - Jarðhitakortlagning
    - Súrar ummyndanir
    - jarðhitaminjar
  - Gróður á jarðhitastöðum/-svæðum
  - Örverur

### Afmörkun háhitasvæða

Sú aðferð sem mest hefur verið notuð hérlendis í seinni tíð til að afmarka og ákvarða stærð háhitasvæða er fólgin í viðnámsmælingum. Ráðgjafahópurinn óskaði eftir því við ÍSOR að tekin yrði saman greinargerð<sup>14</sup> sem lýsti þessum aðferðum og gerði grein fyrir og rökstyddi þá viðmiðun sem notuð er til að meta stærð háhitakerfanna og hér fer á eftir:

...,Ef gert er ráð fyrir hefðbundnum háhitaborunum, niður á um 2 km dýpi, með vinnsluhluta neðan um 800 m, er æskilegt að á því dýpi sé hitastig komið um og yfir 240 °C. Að gefnum þessum forsendum virðist því eðlilegt að meta stærð jarðhitageymanna út frá flatarmáli þess svæðis þar sem háviðnámskjarni kemur fram á 800 m dýpi eða grynnra.“

### Náttúrufar og landslag

#### Kortagrunnar

Grunnur að því að koma landfræðilegri þekkingu á framfæri á skýran og skipulegan hátt er aðgangur að nákvæmum kortagrunnum í hæfilegum mælikvarða. Í mörgum tilvikum er nauðsynlegt að hafa afnot af myndkortum. Orkustofnun hefur látið þá grunna í té sem hún hefur yfir að ráða, og keypt nýja eftir hendinni.

#### Jarðfræði (kortlagning)

Jarðfræði hefur verið kortlögð á flestum þekktum háhitasvæðum. Kortin eru frá fyrri tíð Jarðhitadeildar Orkustofnunar, og síðar hafa orkufyrirtækin bætt um betur þar sem þau hafa haslað sér völl eða fengið leyfi til rannsókna. Á vegum Rammaáætlunar hafa nokkur svæði verið kortlögð frá grunni; Hveravellir, Kerlingarfjöll og Hnúthálsar og stefnt er að því að ljúka kortlagningu Kverkfjalla og Vonarskarðs.

#### Jarðhitakortlagning

Jarðhitakortlagning fer yfirleitt fram samhliða jarðfræðikortlagningu. Helstu þættir varða gerð (gufu- eða vatnsauga, leirhver eða -pytt o.s.frv.), hitastig, efnasamsetningu (vökva eða gufu), rennsli, o.fl. Náttúrufraeðistofnun hefur unnið að mati á

<sup>13</sup> **Viðauki 5.** Haukur Jóhannesson. Heimildir og upplýsingar um háhitasvæði sem koma til mats í 2. áfanga Rammaáætlunar. 2006.

<sup>14</sup> Knútur Árnason og Ragna Karlsdóttir 2006. *Mat á stærð háhitakerfa með viðnámsmælingum*. Unnið fyrir Orkustofnun vegna Rammaáætlunar. **Greinargerð ÍSOR-06108.**

jarðhitaminjum.<sup>15</sup> Verkefnisstjórn taldi að áður en lengra yrði haldið, þyrfti að tryggja að við þessa úttekt yrðu þau gögn sem til eru og staðþekking nýtt sem best og ennfremur yrði leitað álits Umhverfisstofnunar á því nauðsynlegasta sem þyrfti til mats á verndargildi háhitasvæða. Óskað var eftir því að Umhverfisstofnun tilnefndi formann í starfshóp til þessa verkefnis sem að auki yrði skipaður fulltrúum frá Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun.

Í starfshópinn voru skipaðir:

Kristján Geirsson formaður, Umhverfisstofnun

Kristján Jónasson, Náttúrufræðistofnun Íslands

Sigmundur Einarsson, Almennu verkfræðistofnunni hf. fyrir Orkustofnun

Verkefni starfshópsins var að leggja mat á:

1. Hvaða gögn um jarðminjar teljast nauðsynleg vegna mats á verndargildi háhitasvæða?
2. Á hvaða formi nýtast þau best í þessu skyni?
3. Hvaða gögn eru til hjá stofnunum og fyrirtækjum sem nýta mætti í þessu skyni?
4. Hvaða nýrra gagna þyrfti að afla?

Niðurstöðum starfshópsins er lýst í Viðauka 6.<sup>16</sup>

### Litadýrð og súrur ummyndanir

Í ráðgjafahópi um háhita kom fram tillaga um rannsóknir á súrum ummyndunum á háhitasvæðum, en slíkar jarðmyndanir eru ábyrgar fyrir litskrúði svæðanna. Súrur ummyndanir (litskrúð) eru afleiðing efnahvarfa þar sem örverur geta ráðið miklu, og því var einnig lagt til að reyna að samþætta slíka úttekt við rannsóknir á örverum. Verkefnisstjórn leitaði álits nokkurra sérfræðinga á þessu sviði, og að því fengnu ákvað hún að ráðst í verkefnið, sem unnið verður af Jarðvísindastofnun Háskólans með aðstoð Íslenskra orkurannsóknna.

Þrjú meginmarkmið verkefnisins eru:

- Afla upplýsinga um gerð (týpur), fjölbreytileika og umfang ummyndunar á völdum jarðhitasvæðum á Íslandi.
- Afla gagna um efnasamsetningu og gerð jarðhitavökvans á yfirborði valdra virkra háhitasvæða á Íslandi.
- Skilgreina þau ferli sem stjórna gerð yfirborðsummyndunarinnar.

Verkefnið er afmarkað annars vegar við að þróa aðferðir og fá hugmynd um fjölbreytileika ummyndana á tveimur afmörkuðum svæðum og hins vegar við rannsókn á úrtaki svæða þar sem slíkar jarðmyndanir eru algengar. Vel hefur gengið að samtvinna þetta verkefni og örverurannsóknir.

### Gróður og smádyr

Eins og greinir í inngangi skýrslunnar fóru fram rannsóknir á gróðurfari og dýralífi á háhitasvæðum á tímabili 1. áfanga og í aðdraganda 2. áfanga. Markmið þeirra var að hnitmiða úttekt á öllum háhitasvæðum með mat á verndargildi að markmiði.<sup>17</sup> Þótt

<sup>15</sup> Helgi Torfason og Kristján Jónasson 2006. *Mat á verndargildi jarðminja á háhitasvæðum*. Náttúrufræðistofnun Íslands. NÍ-061, september 2006; 33 bls.

<sup>16</sup> **Viðauki 6.** Kristján Geirsson, Kristján Jónasson og Sigmundur Einarsson. Vinnuhópur um jarðfræðiminjar á háhitasvæðum. Lokaskýrsla, mars 2007.

<sup>17</sup> Ásrún Elmarsdóttir, María Ingimarsdóttir, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Sigurður H. Magnússon 2003. *Gróður og smádyr á sex háhitasvæðum*. Unnið af Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans fyrir Orkustofnun, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjun. Náttúrufræðistofnun Íslands og Líffræðistofnun Háskólans, desember 2003; 73 bls.



niðurstöður rannsókna á smádýrum á háhitasvæðum hafi að mörgu leyti verið áhuga-verðar, er ekki talið líklegt að frekari úttekt á þeim muni gagnast við mat á verndargildi svæðanna, og þeim því ekki haldið áfram. Hins vegar hefur markvisst verið unnið að úttekt á gróðurfari undir áhrifum af háhita með það að markmiði að hafa lokið yfirferð um öll svæðin 2008.<sup>18</sup>

Þá hefur verið gert ráð fyrir að Náttúrufræðistofnun Íslands taki saman úr gagnagrunnum sínum þá almennu þekkingu sem þar er um einstök svæði og geta gagnast við matið, og mun þá vera hægt að uppfæra heimildalistann í Viðauka 4, en hann byggist fyrst og fremst á gögnum um jarðfræði og jarðhita.

### Ráðgjafahópur um landslag

Sem fyrr segir ákvað verkefnisstjórn að kalla til sérfræðinga sem hafa fengist við mat á landslagi sér til ráðleggingar, fyrst um nauðsynlega gagnaöflun og síðar til væntanlegrar þátttöku í mati á landslagsgildum.

Landslagshópurinn er þannig skipaður:

Árni Bragason formaður, Umhverfisstofnun  
 Jakob Gunnarsson, Skipulagsstofnun  
 Snorri Baldursson, Náttúrufræðistofnun Íslands  
 Steinunn Huld Atladóttir, Rarik (fulltrúi Samorku)  
 Yngvi Þór Loftsson, Landmótun, landslagsarkitekt  
 Þóra Ellen Þórhallsdóttir, Háskóla Íslands  
 Þorvarður Árnason, Háskóla Íslands

### Rannsóknaráætlun

Landslagshópurinn hefur lagt fram rannsóknaráætlun (Sjá Viðauka 7)<sup>5</sup>, og hefur þegar verið hafist handa við framkvæmd hennar. Rannsóknirnar verða í meginatriðum tvíþættar. Annars vegar flokkun og hins vegar mat á gildi landslags og ólíkra landslagsgerða. Flokkun landslags yrði byggð á sjónrænum eiginleikum, þ.e. eðlislægum. Fegurðargildi yrði ákvarðað með því að spyrja almenning.

Í hinum sjónrænu eiginleikum liggja vissulega þættir sem hafa áhrif á fegurðargildið, svo sem litadýrð og andstæður, en það er að lokum manneskjan sem á seinasta orðið. Um síðarnefnda þáttinn hefur ekki verið fullur einhugur, m.a. vegna þess hve gildismat getur verið breytilegt frá einum tíma til annars. Í sjálfu sér er þetta rétt, en um þetta telur verkefnisstjórn að gildi sú almenna regla að allt það mat sem um er að ræða í þessu verkefni, er meira eða minna háð gildismati, sem verður ekki fest í eitt skipti fyrir öll.

---

María Ingimarsdóttir 2004. *Áhrif hitafallanda á smádýralíf háhitasvæða á Reykjanesi og við Ölkelduháls*. 45 ein MS-ritgerð. Háskóli Íslands, Líffræðiskor, janúar 2004; 60 bls.

Ásrún Elmarsdóttir, Borgþór Magnússon, Lovísa Ásbjörnsdóttir og Sigurður H. Magnússon 2005. *Þrjú háhitasvæði á Suðvesturlandi, undirbúningur að mati á náttúrfari og verndargildi háhitasvæða*. Unnið fyrir Orkustofnun. Náttúrufræðistofnun Íslands, mars 2005; 23 bls.

<sup>18</sup> Olga Kolbrún Vilmundardóttir, Ásrún Elmarsdóttir, Sigurður H. Magnússon og Borgþór Magnússon 2006. *Gróðurfur á háhitasvæðum í Krísuvík, Grændal og á Hveravöllum*. Unnið fyrir Orkustofnun. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-06007, maí 2005; 77 bls.

## Viðauki 1

### Skipunarbréf verkefnisstjórnar 2. áfanga rammaáætlunar, 14. september 2007.

„...Eins og kunnugt er lauk 1. áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma á árinu 2003 eftir 4 ára starf. Verkefnið reyndist öllu viðameira og tók lengri tíma en ráð var fyrir gert enda var hluti verksins að móta nýjar áherslur við náttúrufarsrannsóknir og aðferðafræði við mat á áhrifum virkjunarkosta á umhverfi sitt enda út frá því gengið að vinnan myndi gagnast við áframhaldandi starf við Rammaáætlun.

Ríkisstjórnin ákvað í stefnuyfirlýsingu sinni í maí 2003 að haldið skyldi áfram vinnu við gerð Rammaáætlunar, en þar segir m.a:

*„Að lokið verði við rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma þannig að heildstætt yfirlit fáiast yfir nýtingarmöguleika landsmanna á þeim miklu verðmætum sem felast í beislun orku. Orkulindir hvers landsvæðis verði nýttar af skynsemi til að byggja upp atvinnu og efla mannlíf. Áhersla verði lögð á að saman fari nýting orkulindanna og náttúruvernd.“*

Iðnaðarráðherra hefur ákveðið í samráði við umhverfisráðherra að á árunum 2004-2006 verði verkefnisstjórn rammaáætlunar skipuð 3 fulltrúum; einum frá iðnaðarráðuneyti, einum frá umhverfisráðuneyti og einum frá Orkustofnun, enda verða verkefni hennar nánast eingöngu bundin við rannsóknir og upplýsingaöflun, en hugsanlega einnig endurbætur á fyrri matsaðferðum.

Í næsta áfanga rammaáætlunar þarf í fyrsta lagi að vinna að rannsóknnum og undirbúningi fleiri virkjunarkosta. Sá undirbúningur krefst tímafrekra rannsókna og má ætla að sá tími auk frumáætlanagerðar geti tekið 4-5 ár þar til þeir verða tilbúnir til mats. Þessi tími ræðst þó af því fjármagni sem fæst af fjárlögum hvers árs til verkefnisins.

Í öðru lagi er mikilvægt að rannsaka frekar ýmsa kosti sem nú eru í 1. áfanga rammaáætlunar þar sem tiltækar rannsóknir um þá eru ekki fullnægjandi. Eðlilegt er að vinna að þessum rannsóknnum á næstu árum jafnhliða rannsóknnum á nýjum virkjunarkostum. Því geta orðið breytingar á tilhögun ýmissa virkjunarkosta úr 1. áfanga á þessum tíma auk þess sem nýjar hugmyndir um mótvægisáðgerðir gegn umhverfisáhrifum kunna að koma fram. Þá eru ýmsar aðferðir í þróun við mat á náttúrufari og reynslan hefur sýnt að þörf er á að bæta aðferðir til að meta áhrif virkjana á atvinnustarfsemi. Gert er ráð fyrir að rannsóknir á nýjum virkjunarsvæðum og endurbætur fyrirliggjandi rannsókna verði unnar á vegum Orkustofnunar í samstarfi við Náttúrufræðistofnun og orkufyrirtæki í samráði við Umhverfisstofnun og eftir atvikum umhverfisverndarsamtök eins og við gerð 1. áfanga rammaáætlunar.

Þegar rannsóknnum og undirbúningi nýrra virkjana í 2. áfanga verður lokið er fyrirhugað að vinna samræmt heildarmat fyrir allar þær virkjanir, sem hafa verið til umfjöllunar í 1. og 2. áfanga áætlunarinnar. Engin ákvörðun hefur verið tekin um það á þessu stigi hvernig þeirri vinnu verður háttáð, en stefnt er að því að þá verði fjölgað í verkefnisstjórn og við matsvinnu myndi hún styðjast við sérfræðinga er hún kveddi sér til aðstoðar eða, ef ástæður væru fyrir hendi, kæmi á laggirnar sérstökum faghópum.

Í samræmi við ofanritað eru eftirtaldir aðilar skipaðir í verkefnisstjórn til að hafa umsjón með gerð rammaáætlun til ársloka 2006:

Sveinbjörn Björnsson, fv. deildarstjóri auðlindadeildar Orkustofnunar  
Helgi Bjarnason, skrifstofustjóri, iðnaðarráðuneytinu  
Ingimar Sigurðsson, skrifstofustjóri, umhverfisráðuneytinu ....“

## Viðauki 2

### ORKUSTOFNUN

Greinargerð

Auðlindadeild  
HA/26.04.2005

### Annar áfangi Rammaáætlunar Áherslur í gagnaöflun; verk- og kostnaðaráætlun

#### Inngangur

Í 1. áfanga Rammaáætlunar var megináhersla lögð á stórar vatnsaflsvirkjanir og jarðhitavirkjanir nærri byggð. Stórar vatnsaflsvirkjanir eru í jökulám með mikla miðlunarþörf og þar af leiðandi þarf tiltölulega stór miðlunarlón. Þau mannvirki yrðu flest á hálandi. Um margar vatnsaflsvirkjanir voru til mikil gögn, enda löng hefð í rannsóknum vegna þeirra og mati á umhverfisáhrifum. Hið sama er ekki uppi á teningnum varðandi jarðhitavirkjanir, þar er ekki eins rík hefð í rannsóknum sem taka mið af mati á öðrum gildum en þeim er varðar orkugildi. Almennt þekkingarstig er því lægra við upphaf 2. áfanga Rammaáætlunar.

Í skipunarbréfi verkefnisstjórnar frá 14. september sl. er í fyrsta lagi lögð áhersla á að undirbúa fleiri virkjunarkosti til mats, bæta úr annmörkum ýmissa kosta sem teknir voru fyrir í 1. áfanga, sem gæti þýtt betri gögn eða nýja tilhögun. Þá er ennfremur gert ráð fyrir að þörf kunnri að vera á að vinna áfram að þróun aðferða við mat á náttúruferjum, og enn megi bæta mat á áhrifum virkjana á atvinnustarfsemi

Áherslur í 2. áfanga Rammaáætlunar eru í samræmi við það og taka einnig mið af áðurnefndu gagnastigi, en einnig ábendingum um annmarka sem komu fram við matsvinnu í 1. áfanga. Ennfremur er reynt að sinna þeirri ósk stjórnvalda, að við mat á verndargildi vatnasvæða skuli sérstaklega könnuð áhrif smárra virkjana, eins og segir í *framkvæmdaáætlun ríkisstjórnarinnar um sjálfbæra þróun til aldamóta*.

Í verkáætluninni verður rannsóknum og gagnaöflun skipt í **rannsóknir á orkuvinnslukostum og umhverfisrannsóknir**.

#### Rannsóknir á orkuvinnslukostum

##### Vatnsorka

**Fjölgun kosta:** Það kemur nokkuð skýrt fram í skýrslu um niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar<sup>19</sup> að í orkugetu talið hefur verið fjallað um bróðurpartinn af hinum stærri orkukostum (tafla 6.1). Af þeim vatnsorkukostum sem voru á dagskrá 1. áfanga, er enn eftir að skoða efri hluta Hvítár í Árneshólum, og ekki gafst ráðrúm til að endurskoða hugmyndir um virkjun Jökulsár á Fjöllum.

<sup>19</sup> Niðurstöður 1. áfanga rammaáætlunar. Verkefnisstjórn um gerð rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma, nóvember 2003.

Á yfirstandandi ári hefur verið unnið að endurskoðun á þessum kostum. Þá er hafinn undirbúningur að endurskoðun áætlunar um virkjun Hvalár í Ófeigsfirði, sem gæti orðið meginverkefni á árinu 2006.

Í Rammaáætlun hefur til þessa eingöngu verið gengið í úrtak kosta þar sem neðri mörk voru sett við 10-20 MW<sup>20</sup>. Þeir kostir sem eftir eru í því úrtaki, eru taldir upp í fyrri hluta töflu 6.2 í skýrslu um niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar. Í 2. áfanga yrði fjallað um hluta þessara kosta, sbr. listann hér að neðan, og einn ótiltekinn virkjunarkost sem yrði valinn síðar. Nefna mætti frekari þróun svonefndrar Glámuvirkjunar. Samkvæmt listanum er búist við einhverju framlagi frá orkufyrirtækjunum.

### **Nýir og endurskoðaðir kostir í 2. áfanga gætu þá orðið eftirfarandi:**

Bjallavirkjun í Tungnaá (LV)  
 Djúpa (OS; tilbúin)  
 Gláma (OV/OS)  
 Hágönguvirkjun (LV)  
 Hólmsá, efri hluti (OS; tilbúin)  
 Hvalá, Ófeigsf. (OS)  
 Hvítá, Árn. + Jökulfall (OS)  
 Jökulsá á Fjöllum (OS)  
 Lagarfossvirkjun (Rarik)  
 Fjarðarárvirkjun (?)  
 Íshólsvatnsv. (OS; tilbúin)  
 Virkjanir í Blönduveitu (LV)  
 Ótilgreind virkjun

Í ofangreindu úrtaki eru naumast neinir kostir sem flokkast sem smávirkanir ef fylgt er skilgreiningu ESB. Í sjálfu sér eru ekki til nein slík skýr mörk, og smávirkanir sem svonefndir raforkubændur eru mest að hugsa um, verða líklega að mestu minni en 0,3 MW (300 kW), og jafnvel minni en 100 kW. Það er engin leið að gera tæmandi úttekt á því sem flokkast undir smávirkanir, en kortleggja mætti afrennsli af landinu, ekki síst með tilliti til mikilvægis grunnvatns. Með þeim upplýsingum og nákvæmu hæðarlíkani af landinu ætti að vera hægt að gera sér betur grein fyrir möguleikum á virkjun smárra vatnsfalla.

<sup>20</sup> Innlendar orkulindir til vinnslu raforku. Iðnaðarráðuneytið, 1994.

## Háhiti

Í töflu 6.2. í skýrslu um niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar er listi yfir háhitasvæði sem ekki tókst að sinna í þeim áfanga. Tvö þau fyrstnefndu tengjast öðrum nokkuð vel könnuðum jarðhitasvæðum (við Kleifarvatn og Hveragerði), en þar er talið æskilegt að ljúka viðnámsmælingum og skilgreina betur útmörk svæðanna.

Í kafla um umhverfissrannsóknir er lögð áhersla á heildaryfirlit, og í samræmi við það er hér einnig lögð áhersla á heildaryfirlit um vinnanlegan háhita. Í takt við orkurannsóknaráætlun Orkustofnunar var á fyrra ári hafin athugun á nokkrum þeim háhitasvæðum sem eftir eru og þar að auki hóf Landsvirkjun athugun á Fremrinámum og Gjástykki, Þeistareykir ehf hafa samhliða borunum haldið áfram forathugunum á Þeistareykjum, og í átt að Gjástykki. Orkustofnun er að ljúka rannsóknum á Torfajökli og Geysissvæðinu.

Í 2. áfanga er stefnt að samanburði á þessum svæðum til viðbótar:

Gjástykki (LV o.fl.)  
 Fremrinámar (LV?)  
 Hríthálsar (OS)  
 Prestahnúkur (OS)  
 Kerlingarfjöll (OS)  
 Hveravellir-Beljandi (OS)  
 Hágöngur (LV)  
 Vonarskarð (OS)

Vonarskarð er eitt af þeim svæðum þar sem mikið ber á ummerkjum háhita, og mikilvægt er að geta haft slík svæði með í úrtaki kosta, óháð framtíðarnotkun. Mikilvægt er að þegar tekin er ákvörðun um ráðstöfun lands verði öll spil á borðinu, og þegar jarðrænar auðlindir eiga í hlut er hollt að gera sér grein fyrir hvaða auðlindir af því tagi eru líklegar til friðunar, annaðhvort vegna legu eða tengsla við friðuð svæði. Af þeim sökum væri einnig æskilegt að gera úttekt á háhitasvæði sem menn ætla að sé við Dyngjufjöll, og af sömu ástæðum er ætlunin að ljúka yfirborðsskoðun á Kverkfjöllum, þar sem jarðvísindamenn hafa fylgst með náttúrulegum breytileika í yfirborðsvirkni.

## Önnur verkefni í samvinnu við orkufyrirtæki

**Áhrif vinnslu á yfirborðshita:** Úttekt á reynslu hér og þar af áhrifum vinnslu á yfirborðsvirkni á háhitasvæðum samanborið við náttúrulegan breytileika.

**Kostir og gallar niðurdælingar:** Fræðileg úttekt og reynsla. Jarðhitafélagið hélt ráðstefnu um efnið haustið 2004.

**Staðsetning borsvæða (vinnlusvæða):** Fræðileg úttekt á annmörkum þess að hnika vinnlusvæðum, t.d. vegna nálægðar við yfirborðsummerki. Í 1. áfanga Rammaáætlunar var t.d. gert ráð fyrir að borholur yrðu á borteigum og þaðan yrði borað á ská undir svæði sem menn vildu hlífa við raski á yfirborði.

## Umhverfisrannsóknir

**Betri gögn:** Ákveðnar hefðir hafa mótast við mat á vatnsorkukostum og lengi hefur verið safnað vissum undirstöðuupplýsingum til að byggja á þegar kæmi að ákvörðun um virkjun. Virkjun háhita er hins vegar nokkuð nýtilkomin og því hafa fá svæði verið könnuð m.t.t. umhverfisáhrifa, og ekki alveg rakið hvaða þætti þyrfti að skoða og hvernig. Fyrsti áfangi Rammaáætlunar hefur því verið nýttur til að þreifa fyrir sér og móta aðferðir við mat á náttúrufari háhitasvæða og mat á áhrifum virkjunar á það.

**Áherslur:** Í 2. áfanga Rammaáætlunar verður lögð áhersla á að afla betra heildaryfirlits yfir **náttúrufar háhitasvæða**, og yrði það fyrst og fremst byggt á lífríki og landslagi. Lífríkisþættir eru fjölbreytni örvera og sérkenni í jurta og smádýralífi við hitauppkomur. Mest áhersla verður lögð á að flokka yfirborðsfyrirbæri og helstu landslagseinkenni sem tengjast háhitasvæðum; nærlandslag til aðgreiningar frá landslagsumgjörð, og hveraörverur. Í nærlandslagi koma til skoðunar landslagseinkenni sem að meira eða minna leyti eru mótuð af háhitnum, eins og t.d. litbrigði, til aðgreiningar frá heildarsvip landslags á háhitasvæðinu. Einnig eru skoðuð tengsl við svæðisbundin einkenni. Hvað greinir t.d. Hengilinn frá venjulegu fjalllendi, ef eitthvað? Hvað er t.d. á milli einstakra háhitasvæða innan sömu svæðisheildar, aftur Hengill. Er t.d. eitthvað sérstakt við landslagið í Brennisteinsfjöllum sem tengist því að á svæðinu er háhiti undir, þótt lítið sjáist á yfirborði.

Gera verður ráð fyrir að þessi verkefni verði leyst í góðri samvinnu margra aðila, og hyggst verkefnisstjórn setja verkefninu stýrihóp, sem mótar verkefnið í samvinnu við verkefnisstjórn, m.a. byggt á tillögum Náttúrufræðistofnunar og minnisblaði frá Orkustofnun.

Stýrihópurinn verður skipaður 5 fulltrúum frá eftirtöldum aðilum:

Náttúrufræðistofnun Íslands  
Umhverfisstofnun  
Háskólasánfélaginu  
Íslenskar orkurannsóknur  
Samorku

Verkefnisstjórn hyggst ennfremur eiga frumkvæði að myndun sérstaks vinnuhóps til að halda áfram mótun viðmiða um landslagsmat og –vernd. Gert er ráð fyrir 5 manna hópi, sem yrði skipaður fulltrúum sömu aðila og stýrihópurinn að öðru leyti en því að Skipulagssstofnun tæki þátt í honum í staða Íslenskra orkurannsókna.

Í mati á vatnsorkukostum verður einkum lagt náttúrufarsmat á virkjun Djúpár í Fljótshverfi. Ennfremur þarf að afla gagna um náttúrufar á Ófeigsfjarðarheiði og Glámu, sem eru nánast gróðurlaus, og væri líklega skynsamlegt að byggja slíka könnun á sniðmælingu út frá völdum stöðuvötnum.

**Flokkun vatnsfalla:** Þegar kemur að minni orkukostum í vatnsföllum, sem eru flestir í minni vatnsföllum og á láglandi, er víst að ýmsir þættir, sem lítið vægi höfðu í 1. áfanga, þurfa meiri athygli, svo sem veiðihlunnindi og nálægð við byggð. Útivistargildi svæða á láglandi er síst ómerkilegra en á hálendi. Þessir tveir þættir keppa við virkjun um hugsanlega nýtingu vatnsfalla, auk ýmissa annarra svo sem

verndargildi. Talið er að flokkun vatnsfalla eftir megin einkennum í rennsli og farvegagerð gagnist vel við að gera upp á milli þeirra sjónarmiða sem munu ráða mati á þeim virkjunarkostum sem enn hafa ekki verið teknir fyrir. Viðmið þeirrar flokkunar yrði t.d. fjölbreytni, fágæti og mikilfengleiki í gerð og ásýnd vatnsfallanna sjálfra með og án næsta nágrennis. Land-, jarð- og vatnafræðilega flokkun má svo bera saman við hugmyndir um flokkun sem byggist á líffræði, þ.e. aðallega mýi og fiskum. Þessi nálgun hentar vel fyrir ótilgreint úrtak smárra virkjana.

Skipaður hefur verið starfshópur með fulltrúum fagaðila til að stýra þessu verkefni.

### Verk og kostnaðaráætlun

Gert er ráð fyrir að gagnaöflun 2. áfanga ljúki á árinu 2008. Framvinduskýrslu verði skilað í byrjun árs 2007 og þar verði m.a. tillögur um matsaðferðir og matshópa ásamt lista yfir þá virkjunarkosti sem teknir verða til mats..

*Tafla 2. Verk og kostnaðaráætlun miðuð við að verkefnisstjórn skili af sér vorið 2009*

2005-2009	2005	2006	2007	2008	2009	Alls:
Landslag mótað af jökli	2000	2000	2000	2000		8000
Úrvinnsla rennslismælinga	550	1000				1550
Flokkun fallvatna	3000	4000	4000	4000		15000
Afrennsliskort	8000	5000	3000			16000
Jökulsá á Fjöllum	3000					3000
Efri Hvítá-Jökulfall	3000					3000
Djúpá, náttúra	4000	2000				6000
Hvalá, Ófeigsfirði, verkf.		3000	3000			6000
Hvalá, Ófeigsfirði, umhverfi	230		2000	2000		4230
Vatnsaflsvirkjun, ótilgreind			4000	8000	2000	14000
Hrúthálsar	2500	6000	1000			9500
Hveravellir	1500	4000	3000			8500
Kerlingarfjöll	6500	3000	1000			10500
Prestahnúkur	2500					2500
Kverkfjöll		2000				2000
Vonarskarð			5000	6000	2000	13000
Náttúrufar almennt (landslag)	1000	2000	2000	2000	2000	9000
Náttúrufar á háhitasvæðum	10000	10000	10000	10000	3000	43000
Hveralíf (örverur)	4500	5000	5000	5000	2500	22000
Verkefnisstjórn og matshópar	400	1000	1000	7000	3000	12400
Alls:	52680	50000	46000	46000	14500	209180

Árið 2005 er að mestu bundið með samningum, og að sama skapi 2006, en eftir það er svigrúm til aukinna umsvifa.

### Einstök verkefni, eða verkefnaflokkar

**Landslag mótað af jökli:** Verkefni hófst 1998, og fólst í byrjun í því að tölvutaka jarðfræðiupplýsingar um laus jarðlög, einkum þau sem eru mótuð af framskriði jökla og geyma minjar um gömul jökulstig. Þetta verkefni hefur einnig tengst rannsóknum

vegna MÁU. Orkustofnun og Landsvirkjun hafa haft um þetta samvinnu, enda tengjast gögnin báðum. Stefnt er að því að afhenda heildstæðan gagnagrunn með korti um téð landslags- og jarðfræðifyrirkæri, og hefur bæði NÍ og UST verið kynnt það með tilboði um aðstoð við að skilgreina verndarviðmið.

**Vatnafar:** Annars vegar frágangur rennslisgagna til líkangerðar og líkangerð, og hins vegar afrennsliskort. Í 1. áfanga Rammaáætlunar lagði Orkustofnun til endurskoðuð rennslisgögn en nú er gert ráð fyrir að framlag til Rammaáætlunar taki þátt í þeim kostnaði.

Við gerð afrennsliskortsins er reynt að draga heildarniðurstöðu af öllum rennslisgögnum Vatnamælinga, og veður úrkomulíkannotað til að dreifa afrennslinu út frá mælistöðvunum. Þessi nálgun á úrvinnslu fyrirliggjandi gagna mun nýtast til að aðlaga skammtímagögn frá smávirkjanastöðum að lengri röðum.

**Flokkun fallvatna:** Þessu verkefni er ítarlega lýst í meginmáli skýrslunnar.

### Vatnsorkukostir

Annars vegar nokkur verkefni sem ekki var lokið í fyrsta áfanga, og hins vegar nýir kostir.

**Jökulsá á Fjöllum:** Ákveðið var að endurreikna þá tilhögun sem notuð var við mat á virkjun Jökulsár á Fjöllum, í stað þess að notast við grófa uppfærslu miðað við vísitölur, eins og gert var í 1.áfanga. Jafnframt er farið betur ofan í saumana á forsendum hennar, ekki síst m.t.t. augljósra erfiðleika sem stafa af miklum aurburði í ánni. Í endurskoðun verður borið saman að virkja í einum áfanga í stað tveggja og virkjun án miðlunar.

Ákveðið var að bæta við vistgerðakortlagningu í Fagradal við Kreppu, til að auka þekkingu á vistgerðum í gróðurvinjum sem eru svo einkennadi fyrir Krepputungu og nánasta nágrenni Jökulsár á Fjöllum.

**Efri Hvítá:** Endurskoðun 30 ára gamalla áætlana. Meginviðfang hennar er að meta miðlunarþörf, og hvernig mætti uppfylla hana án þess að hækka vatnsborð í Hvítárvatni sem neinu næmi. Miðlun er ráðandi um áhrif á rennsli í Gullfossi. Kannað er hvort hagkvæmt sé að i) ná hluta miðlunar í Jökulfalli norðan Kerlingarfjalla, eða ii) með mismiklum niðurdrætti í Hvítárvatni.

**Djúpá, Fljótshverfi:** Í 1. áfanga tókst að ljúka verkfræðiáætlun um virkjun Djúpár með veitum af vatnasviði Núpsár. Ekki voru tók á viðeigandi náttúrufarsrannsóknum, Fyrir vistgerðamat á hálendinu er örugglega fengur að því að fá inn mat á tveimur daldrögum í mismunandi hæð í mjög úrkomusömu fjalllendi. Því var samið við Náttúrufræðistofnun um að bæta þessu svæði í safnið.

**Hvalá og afrennsli Glámu:** Þessar virkjanir eru báðar af marktækri stærð, og auðga úrval mögulegrar staðsetningar á virkjun.



Áætlanir um Hvalárvirkjun eru komnar til ára sinna að öðru leyti en að nýlega var skoðuð útfærsla á virkjun með veitu til Reykjafjarðar. Ástæða þykir til að skoða einnig gamlar hugmyndir nánar í ljósi breyttrar tækni og betri vatnafarsupplýsinga.

Gerðar hafa verið nokkuð ítarlegar athuganir á svonefndri Glámuvirkjun. Hún reynist vera dýr í þeirri útfærslu, en heimamenn hafa unnið með hugmyndir um minni og e.t.v. hagkvæmari útfærslu.

Aðeins mjög takmarkaðar náttúrufarsrannsóknir hafa verið gerðar á þessum svæðum, og nokkuð ljóst að venjubundin nálgun með gróðurkortum og vistkortum er ekki hentug, en e.t.v. gamaldags sniðmælingar.

### Háhitasvæði

**Hefðbundnar jarðhitarannsóknir:** Ekki hefur enn verið skyggst um á öllum háhitasvæðum landsins, en Orkustofnun telur æskilegt að við mat á nýtanleika háhitasvæða verði reynt að fjalla a.m.k. um þau sem eru aðgengileg með einhverjum hætti. Við þessar rannsóknir er annars vegar beitt venjubundinni kortlagningu jarðhita á yfirborði og hins vegar skyggst undir yfirborðið með eðlisfræðilegum mæliaðferðum. Slíkar rannsóknir eru í gangi eða fyrirhugaðar við **Kerlingarfjöll**, **Hveravelli**, **Hrúthálsa**, **Prestahnúk** og í **Vonarskarði** á vegum OS og í **Gjástykki**, við **Fremrináma** og **Hágöngur** á vegum orkufyrirtækja. Starfsmenn ÍSOR annast þessi verkefni. Auk þessara verkefna er á áætlun að ljúka vissum rannsóknum í **Kverkfjöllum** og einnig væri æskilegt að skoða jarðhitasvæði sem tengjast **Öskju**.

**Hitaörverur:** Fyrirtækið Prokaria hefur sérhæft sig í rannsóknum á háhitaörverum og þróað aðferðir við að meta fjölbreytni þeirra í hverum af ýmsu tagi. Fyrirtækið hefur þegar safnað nokkru af gögnum á ýmsum svæðum, mest af Hengilssvæðinu. Árið 2004 var bætt við safnið frá Henglinum, og í framhaldinu yrði tekið fyrir eitt svæði af öðru, þannig að fá megi annars vegar heildstæða mynd af sem flestum svæðum og hveragerðum, og hins vegar hugmynd um algengi og fágæti þessara lífsforma.

**Annað náttúrufar:** Um þetta er nokkuð fjallað í meginmáli greinargerðarinnar. Það er alveg ljóst að nokkur hluti þess sem talið er að gagnist við að meta verndargildi háhitasvæða er liður í ofangreindum rannsóknum, og því er það mikilvægt sem fyrsta skref að fá yfirlit um jarðhitakortlagningu sem þegar hefur farið fram og þau gögn sem það gefur um yfirborðsfyrirbæri o.fl. Um þetta er fjallað í minnisblaði til verkefnisstjórnar. Í verkáætluninni er einnig gert ráð fyrir að hægt sé að styðja við bakið á fleiri athugunum, svo sem frekari þróun aðferða við landslagsmat.

## Viðauki 3

### Minnisblað til formanns verkefnisstjórnar um náttúrufar og verndargildi háhitasvæða

#### Aðdragandi

Í fyrsta áfanga Rammaáætlunar var unnið að tvennskönar verkefnum á þessu sviði:

**1. Könnun á gróðurfari og smádýrum á háhitasvæðum.** Athugað var hvort mismunandi einkenni háhitasvæða, hiti, pH, jarðgerð o.fl. hefði það mikil áhrif á tegundasamsetningu og önnur lífríkiseinkenni mismunandi háhitasvæða að þekking á þeim þáttum gæti hjálpað við að meta verndargildi þeirra. Niðurstaða af þessum athugunum var að ekki þótti líklegt að breytileikinn í smádýralífi eða háplöntum væri þess eðlis að hann hjálpaði mikið við flokkun og mat á verndargildi. Etv. mætti nota mosa, auk þeirra atriða sem lýst er í næsta lið. Á sl. ári var gert samkomulag við Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ) um að kanna nánar, hvort hægt væri að nota útbreiðslu og tegundasamsetningu mosa sem vísa til að flokka og meta verndargildi, ásamt landslagi og landslagsfyrirbærum. Að mati sérfræðinga NÍ er útbreiðsla mosa í tengslum við háhita of glöppót til að byggja mikið á.

Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2003. *Gróður og smádýr á sex háhitasvæðum*. Unnið af NÍ og LH fyrir Orkustofnun.

María Ingimarsdóttir 2004. *Áhrif hitafallanda á smádýralíf háhitasvæða á Reykjanesi og við Ölkelduháls*. 45 ein MS-ritgerð HÍ.

Ásrún Elmarsdóttir o.fl. 2005. *Þrjú háhitasvæði á Suðvesturlandi, undirbúningur að mati á náttúrufari og verndargildi háhitasvæða*. Unnið fyrir Orkustofnun.

**2. Flokkun yfirborðsfyrirbæra.** Útbreiðsla á mismunandi háhitasvæðum, ásamt lýsingu á þeim sem studd er ljósmyndum. Niðurstöður verksins var birt á heimasíðu Orkustofnunar og þannig gerð faghópum í fyrri áfanga Rammaáætlunar aðgengileg, sem og almenningi. Á heimasíðu OS er þetta efni birt undir heitinu **Háhitavefur**. Hann birtist með forsíðu þar sem helstu háhitasvæðin eru sýnd.

Háhitavefurinn er í þremur liðum:

Seinasti liðurinn, **ítarefni**, er tafla með 36 mismunandi birtingarformum á yfirborðsfyrirbærum sem tengjast háhita. Í töflunni er einnig sýnt á hvaða háhitasvæðum hvert þessara fyrirbæra er að finna. Þeim er svo skipt upp í 7 undirkafla undir liðnum **hverir og laugar**, og er þar að finna lýsingu á helstu einkennum allra þessara fyrirbæra (hveragerða) ásamt ljósmynd af hverri fyrir sig til skýringar. Nauðsynlegt er að endurskoða þessa flokkun í ljósi nýrra upplýsinga og þróunar.

Loks eru **háhitasvæði** þar sem eru lýsingar á öllum þeim háhitasvæðum með undirsvæðum sem fjallað var um í 1. áfanga Rammaáætlunar. Þar er gefinn kostur á að skoða ljósmyndir af viðkomandi svæðum.

Ljósmyndasöfnunin var sá liður sem var skemmst á veg kominn þegar gagnaöflun vegna fyrri áfanga lauk og matsvinnan tók við. Það er mikilvægt að safna ljósmyndum eftir ákveðnu kerfi. Kerfi sem t.d. hefur það að markmiði að veita góða yfirsýn yfir

svæðin og fyrirbærin, án þess að sérstaklega sé verið að sitja um falletustu mótívin. Við ljósmyndasöfnunina var gengið út frá því að hvert háhitasvæði gæti verið nokkur hlutsvæði. Hlutsvæðin voru skilgreind sem mögulega aðgreind vinnslusvæði. Þessi skipting kemur fram í áðurgreindri töflu. Við skipulag á myndasöfnun var eftirfarandi haft í huga.

**Myndasafn** frá hverju háhitasvæði og hlutsvæðum innan stærri heilda skal gefa upplýsingar um eftirfarandi meginþætti:

Yfirlitsmyndir, t.d. úr lofti

Hvernig kemur svæðið ferðamanni fyrir sjónir frá algengum leiðum að því

Hvernig lítur það út frá nærtækum útsýnisstöðum.

Landslagseinkenni

Ummerki um hita; hverir, laugar (leir og vatn), gufur, skellur o.fl.

Athuga litbrigði

Gert var ráð fyrir að hverri mynd fylgi stuttur texti eftir því sem við á, t.d. um myndatökustað, skýring á fyrirbæri, t.d. hvaða efnahvörf valda litbrigðum o.fl.

Mikilvægt er að byggja matið á hlutsvæðum, sem samsvara aðgreinanlegum vinnslusvæðum. Hengilssvæðinu var í títtnefndri hveragerðatöflu skipt í 6 undir(vinnslu-)svæði.

Um verkefni í þessum síðari lið var myndaður starfshópur, boðið var til hans fulltrúum frá ÍSOR, NÍ, Prókaría auk starfsmanna á ALD, en aðeins starfsmenn frá ÍSOR og ALD komu að verkefninu.

Nú hefur NÍ sett fram tillögur að verkáætlun um Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða. Hvað varðar almennt náttúrufar og landslag er sú áætlun í öllum aðalatriðum eins og sú sem sett var í gang vegna 1. áfanga Rammaáætlunar. Þar til viðbótar er gert ráð fyrir að kortleggja gróður á helstu háhitasvæðunum. Gert er ráð fyrir að kortlagning verði í mælikvarða 1:5.000 eða 1:10.000 í stað 1:25.000 sem er hin venjulega upplausn, beitt verði sömu greningarlyklum og áður en alveg sérstaklega hugað að þar sem gróðurfur fellur ekki að hinum hefðbundna greiningarlykli. Einnig er bent á annarskonar vistkerfi, þar sem gætir áhrifa af jarðhita, s.s. tjarnir og lækir.

*Náttúrufræðistofnun Íslands 2005. Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða, verkáætlun 2005-2009.*

**Undirbúningur:** Áður en byrjað er á svona verkefni þarf að gera sér grein fyrir hvaða gögn eru til og hverjir þekkja best til á einstaka svæðum. Margir af þeim sérfræðingum sem hafa unnið að rannsóknum eiga mikið af myndum, þannig að heilmikið má vinna sér til hægðarauka áður en farið er á vettvang. Þessari forvinnu má skipta í nokkra þætti:

1. Ákveða hvaða háhitasvæði og undirsvæði verða tekin fyrir.
2. Lista upp þá sem hafa staðþekkingu á svæðunum.
3. Staða þekkingar

## 1 og 2 Háhitasvæði og staðþekking jarðhitasérfræðinga

ÍSOR (minnisblað 22.4.2005) hefur tekið saman lista yfir þá starfsmenn þeirrar sem hafa staðþekkingu á svæðunum, en þar fyrir utan eru ýmsir aðrir, svo sem frá HÍ og NÍ og orkufyrirtækjunum.

Reykjanes  
 Eldvörp/Svartsengi  
 Krýsuvík  
     Krýsuvík/Austurengjar  
     Sandfell/Trölladyngja  
 Brennisteinsfjöll  
 Hengill  
     Nesjavellir  
     Hellisheiði/Innstidalur  
     Hverahlíð  
     Grændalur  
     Þverárdalur/Ölkelduháls  
 Geysir  
 Prestahnúkur  
 Hveravellir  
 Kerlingarfjöll  
 Hágöngur  
 Vonarskarð  
 Torfajökull  
     Reykjadalir  
     Jökulgil/Háuhverir  
     Brennisteinsalda/Landmannalaugar  
 Kverkfjöll  
 Askja  
 Hrúthálsar  
 Fremrinámur  
 Námafjall/Bjarnarflag  
 Krafla  
     Kröfluvirkjun  
     Vestursvæði/Hvíthólar  
     Leirhnjúkur  
     (Krókóttuvötn)  
 Þeistareykir  
 Gjástykki

### Staða þekkingar

Taka þarf saman valdar heimildir um viðeigandi svæði, og gæti bókasafn Orkustofnunar séð um það. Nauðsynlegt er að gera úttekt á kortastöðu svæðanna, hvað er til af stafrænum kortagrunnum og jarðhitakortum. Gróft yfirlit frá ÍSOR gefur til kynna að þó nokkuð er til af staðsettum yfirborðsfyrirbærum.

Heimildaskráning - bókasafn OS  
 Staða grunnkorta af háhitasvæðum landsins

Staða jarðfræðikorta af háhitasvæðum landsins  
 Staða jarðhitakorta af háhitasvæðum landsins  
 Hnitsett yfirborðsfyrirbæri

## Verkaskipting

Jarðfræði- og jarðhitakortlagning verði undir yfirumsjón sérfræðinga á ÍSOR, ásamt GIS-vinnslu. Nýjar upplýsingar verði skráðar í gagnagrunn Orkustofnunar. Hann er nú þegar til með miklu af aðgengilegum gögnum. Æskilegt er að finna leið til að upplýsingar frá Prokaría geti tengst þeim gagnagrunni, svo og upplýsingar frá öðrum aðilum svo sem OR sem á mikið af gögnum frá Hengilssvæði.

Landslagskortlagning (nærlandslag) verði samvinnuverkefni, þannig að hægt verði að nýta sem best myndasöfn sem Auðlindadeild og orkufyrirtæki hafa aðgang að. OS og ÍSOR hafa þegar fest kaup á hugbúnaði til að skrá og halda utanum myndasöfn.

Rannsóknir Prókaría er sérstakt verkefni, en æskilegt að tengja þær svo sem áður segir.

Aðrar náttúrufræðisrannsóknir verði undir stjórn Náttúrufræðistofnunar Íslands, en þær þarf að skilgreina nánar.

## Samvinna við orkufyrirtækin:

Fimm orkufyrirtæki hafa fengið leyfi til rannsókna og/eða nýtingar á einhverjum háhitas-væðum. Eftir því hvernig stendur á ferli rannsókna eða undirbúningi má reikna með því að þau þurfi að kanna náttúrufræði á viðkomandi svæði. Til að það geti komið að gagni verður það að gerast einhvern tíma á árunum 2005-2008. Æskilegt er að þau noti þær aðferðir og nálganir sem nýttar verða í þessu verkefni. Til þess að svo megi verða er einnig æskilegt að þessi fyrirtæki eigi fulltrúa í þeim hópi sérfræðinga sem mótar tillögur að verkefninu og fylgir þeim eftir að matsferli í lok tímabilsins.

Einfaldast er að orkufyrirtækin taki að sér þau svæði þar sem þau stunda rannsóknir, og að fjármál þeirra blandist ekki saman við fjárhag Rammaáætlunar.

Þegar kemur að því að meta og flokka svæðin eftir verndargildi, og draga af því ályktanir um virkjanleika er mikilvægt að kunna skil á því hvaða áhrif vinnslan kann að hafa á viðkomandi svæði. Það álitamál varðar hagsmuni allra orkufyrirtækjanna, og upplagt að þau sameinist um t.d. eftirfarandi tvö verkefni:

1. Gera fræðilega úttekt á því hvaða áhrif vinnsla og þær breytingar sem verða í háhitakerfunum geti haft á yfirborðsform á háhitasvæðunum. Þetta yrði væntanlega að mestu byggt á reynslu hér og þar af því hvernig þetta hefur breyst við vinnslu, og hvort þessar breytingar eru meiri eða minni en náttúrulegur breytileiki.

2. Úttekt á möguleikum þess að nýta skáborunartækni til að forðast að koma nálægt yfirborðsfyrirbærum, og einnig hvaða svigrúm er til staðsetninga á vinnslusvæðum miðað við uppstreymiskjarna svæðanna.

Þegar kemur að því að nýta svæðin, hvílir það á orkufyrirtækjunum að sýna fram á að vinnsla sé möguleg án þess að mikilvæg viðkvæm svæði verði fyrir óásættanlegum breytingum.

Stýrihópur fyrir verkefnið ætti fyrst og fremst að vera skipaður sérfróðum fulltrúum fyrir mismunandi sjónarmið.

1 fulltrúi Náttúrufræðistofnunar Íslands

1 fulltrúi Umhverfisstofnunar vegna mótunar verndarviðmiða.

1 fulltrúi Háskólasamfélagsins.

1 fulltrúi frá ÍSOR vegna yfirlitsþekkingar á háhitasvæðum.

1 fulltrúi frá orkufyrirtækjum vegna sjónarmiða þeirra sem nýta háhitasvæði.

Úr þessum hópi skipar verkefnisstjórn oddvita.

## Viðauki 4

### Náttúrufar og verndargildi háhitasvæða

#### Verkáætlun 2005 – 2009

Unnið fyrir Rammaáætlun, Reykjavík, mars 2005



### NÁTTÚRUFRÆÐISTOFNUN ÍSLANDS

#### ÁGRIP

Verkefnaáætlunin sem hér er kynnt er unnin fyrir Rammaáætlun af Náttúrufræðistofnun Íslands. Meginmarkmið verkefnisins er að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæði og þróa aðferð til að meta verndargildi þeirra. Niðurstöður verkefnisins munu nýtast m.a. opinberum aðilum og þeim sem fara með verndun, nýtingu, skipulag og aðrar ákvarðanatökur sem lúta að háhitasvæðum. Leitast verður við að koma niðurstöðum verkefnisins á framfæri á þann hátt að þær nýtist sem flestum aðilum. Til að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæða landins verður hverum og öðrum jarðhitamyndunum, gróðri og landgerðum lýst og þættirnir kortlagðir. Ennfremur verða skráðar almennar upplýsingar um hvert svæði, t.d. um landslag, nýtingu og ástand. Einn meginþáttur verkefnisins verður að þróa aðferðir til að meta verndargildi háhitasvæða og munu þær upplýsingar gefa tilefni til að leiðbeina um verndun og nýtingu svæða. Verkefnið er sett upp til fimm ára og verður fyrsta árið notað til að móta aðferðir í gagnasöfnun. Heildarkostnaður fyrir árið 2005 er 19.541 m. kr.

#### EFNISYFIRLIT

ÁGRIP	30
1 INNGANGUR	31
2 MARKMIÐ	32
3 HÁHITASVÆÐI	32
4 GAGNASÖFNUN	34
4.1 Hverir og jarðhitamyndanir	34
4.2 Gróður og landgerðir	35
4.3 Aðrar upplýsingar	36
5 MAT Á VERNDARGILDI HÁHITASVÆÐA	37
6 KYNNING NIÐURSTAÐNA	38
7 VERK- OG KOSTNAÐARÁÆTLUN 2005–2009	38
8 HEIMILDASKRÁ	41

## 1 INNGANGUR

Verkefnaáætlunin sem hér er kynnt er unnin fyrir Rammaáætlun (Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma). Meginmarkmiðið er að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæði og þróa aðferð til að meta á verndargildi hvers svæðis fyrir sig. Niðurstöður verkefnisins munu nýtast ýmsum aðilum sem á einn eða annan hátt tengjast háhitasvæðum landsins.

Háhitasvæðin eru mikilvæg vegna ýmissa þátta og má þar nefna margvíslega aðra nýtingu en orkuvinnslu s.s. vegna ferðamennsku, sérstakra vistkerfa og vísindalegra, menningarlegra og sögulegra gilda. Háhitasvæðin liggja á gosbeltunum og eru talin vera 20 talsins (Helgi Torfason 2003). Berghiti á háhitasvæðum nær 200°C á innan við 1000 m dýpi og með borunum má vinna þar gufu til raforkuframleiðslu og til upphitunar (Ingvar Birgir Friðleifsson 1979). Á háhitasvæðum skapar hár jarðvegshiti við yfirborð aðstæður sem eru ólíkar umhverfinu í kring. Svæðin einkennast jafnan af lágu sýrustigi og styrkur steinefna og annarra frumefna er ólíkur því sem gerist í öðrum vistkerfum (Stefán Arnórsson o.fl. 1980, Burns 1997). Í ljósi þess að mörg háhitasvæði hafa verið nefnd sem kostir til virkjunar jarðvarma er nauðsynlegt að sem fyrst fáist yfirlit yfir einkenni þessara svæða þannig að unnt sé að meta verndargildi þeirra með markvissum hætti (Iðnaðarráðuneytið 1994).

Hér á landi hafa háhitasvæði mikið verið rannsökuð vegna möguleika á nýtingu háhitans (Gunnar Böðvarsson 1961, Ingvar Birgir Friðleifsson 1979, Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson 1980, Guðmundur Pálmasson o.fl. 1985, Axel Björnsson 1990) en fáar rannsóknir hafa miðast við verndarsjónarmið. Ýmsar upplýsingar eru til um tegundir lífvera og aðra lýsandi þætti sem tengjast jarðhitasvæðum (Sigurður Pétursson 1958a og b, Steindór Steindórsson 1964, Jakob K. Kristjánsson og Guðni Á. Alfredsson 1986) svo og tengsl lífríkis og umhverfisþátta (Tuxen 1944, María Ingimarsdóttir 2000, María Ingimarsdóttir o.fl. í handriti). Undanfarin ár hafa bæst við rannsóknir þar sem fremur er horft til einkenna háhitasvæða og upplýsingum hefur verið safnað um jarðhitasvæði. Má þar nefna gagnasafn og kort um jarðhita á landinu öllu sem unnið var á Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun (Helgi Torfason 2003). Einnig hafa sex háhitasvæði verið rannsökuð með því markmiði að lýsa vistkerfum þeirra og kanna tengsl umhverfisþátta (m.a. jarðvegshita) við gróður og smádýr (Ásrún Elmarsdóttir ofl. 2003). Þessar rannsóknir sýna að háhitasvæði eru margbreytileg og í ljósi þessara upplýsinga er ljóst að æskilegt er að fá samræmt og heildstætt mat á svæðunum.



## 2 MARKMIÐ

Meginmarkmið verkefnisins er að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæða og þróa aðferðir til að meta verndargildi þeirra.

Nánar tiltekið er markmiðið:

1. Afla þekkingar
  - a. að afla þekkingar um hvergi og aðrar jarðhitamyndanir og um gróður og landgerðir á háhitasvæðum
  - b. að fá yfirlit yfir, lýsa og kortleggja fjölbreytileika á háhitasvæðum
2. Meta verndargildi
  - a. að þróa aðferðir til að meta verndargildi háhitasvæða
  - b. verndargildi verður m.a. metið út frá hverum og jarðhitamyndunum, gróðri, landgerðum og öðrum þekktum verndarviðmiðum
3. Kynning niðurstaðna
  - a. að koma niðurstöðum á framfæri til þeirra sem fara með verndun, nýtingu og almenna fræðslu á háhitasvæðum
  - b. niðurstöður verða birtar í skýrslum og kortum, á veraldarvefnum og í greinum

## 3 HÁHITASVÆÐI

Háhitasvæði landsins eru 20 talsins (1. mynd). Hvert og eitt háhitasvæði verður afmarkað út frá yfirborðseinkennum og mun rannsóknasvæði ná um 200 m útfyrir yfirborðseinkennin sem eru til viðmiðunar á hverju svæði. Háhitasvæðin eru mjög mismunandi hvað varðar flatarmál, en einnig er mikill munur á hæð yfir sjó, berggrunni og fjölbreytileika innan svæða (1. tafla). Leitast verður við að ná yfirliti yfir hvert háhitasvæði í heild sinni en á stórum háhitasvæðum eins og t.d. Torfajökulsvæðinu verður að öllum líkindum að vinna á hluta af svæðinu vegna umfangs þess.



1. mynd. Háhitasvæði landsins (Helgi Torfason 2003)

**1. tafla.** Háhitasvæði landsins, flatarmál þeirra, hæð yfir sjó, jarð- og berggrunnur, hveragerðir og afrennsli. Gagnasöfnun: krossað (x) við svæði sem tekin verða í heild sinni og spurningarmerki (?) er við svæði sem ekki tekst að taka út í heild sinni vegna umfangs háhitasvæðisins.

Háhitasvæði	Flatarmál (km <sup>2</sup> )	H.y.s. (m)	Jarð- og berggrunnur	Kísil-hver <sup>21</sup>	Gufu- og leirhver <sup>1</sup>	Volgt vatns-afrennsli <sup>1</sup>	Gagnasöfnun
Reykjanes	2	0–70	Hraun		x		x
Svartsengi	16	20–220	Hraun		x		x
Krýsuvík	65	120–400	Móberg		x		?
Brennisteins-fjöll	18	260–600	Hraun, móberg		x		x
Hengill	110	30–800	Súrt berg, hraun, móberg, melur	x	x	x	?
Geysir	3	100–180	Súrt berg, móberg	x			x
Kerlingarfjöll	14	900–1500	Súrt berg, móberg		x		?
Hveravellir	6	620–660	Hraun, melur	x			x
Torfajökull	192	580–1300	Súrt berg, móberg	x	x	x	?
Köldukvíslarbotnar	18	810–920	Súrt berg, móberg	x			x
Vonarskarð	19	940–1060	Súrt berg, móberg		x		x
Grímsvötn	68	1460–1720	Móberg		x		x
Kverkfjöll	35	1300–1840	Móberg		x	x	?
Askja	26	1000–1500	Hraun, móberg		x		x
Fremrinámar	3	800–920	Súrt berg, hraun		x		x
Námafjall	12	320–480	Súrt berg, hraun		x	x	x
Krafla	40	440–820	Súrt berg, hraun		x	x	x
Gjástykkí	6	420–500	Hraun			x	x
Þeistareykir	20	320–540	Súrt berg, hraun, móberg		x	x	x
Öxarfjörður	45	0–10	Melur	x			x

<sup>21</sup> Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson (1980) Náttúrufræðingurinn 50. ár 3. – 4. hefti, bls. 173.

## 4 GAGNASÖFNUN

Í verkefninu verður unnið að eftirfarandi meginþáttum á háhitasvæðum;

1. kortlagning hvera og jarðhitamyndana
2. kortlagning gróðurs og annarra landgerða
3. skráning annarra upplýsinga

Í 2. töflu er tekið saman yfirlit yfir landgerðir sem kortlagðar verða. Frekari lýsing á aðferðum er að finna í köflum 4.1 – 4.3. Kortin verða unnin í landupplýsingakerfi (ArcGis) sem gefur möguleika á að tengja allar upplýsingar sem fást um svæðið við stafræna kortagrunna. Með því að vinna kortin í landupplýsingakerfinu verður auðveldara að gera samanburð og meta gildi eða sérstöðu háhitasvæða landsins.

### 4.1 Hverir og jarðhitamyndanir

Tilgangur verkefnis er að afla upplýsinga um hverasvæði, hverir og jarðhitamyndanir á háhitasvæðum landsins, þannig að unnt sé að bera þau saman og meta verndargildi þeirra. Yfirborðseinkenni hverasvæða verða kortlögð á myndkort í mælikvarða 1:5.000 til 1:10.000 og síðan unnin í landupplýsingakerfi þar sem allar upplýsingar verða tengdar einstökum jarðhitafyrirbærum.

Áður en farið er í leiðangur á viðkomandi svæði verður unnið úr þeim heimildum sem liggja fyrir og þannig flýtt fyrir vettvangsvinnu og hún undirbúin. Nauðsynlegt er að strax í byrjun sé vel skipulagt hvað á að skrá og kortleggja þannig að sama verklag sé viðhaft á öllum svæðunum og verður þessi þáttur endanlega mótaður á fyrsta ári verkefnisins.

Atriði sem verða skráð og kortlögð:

- Jarðfræði svæðisins, jarð- og berggrunnur, innskot, höggun
- Hveragerðir
- Þéttleiki hveraauga; þyrpingar
- Lágmarksstærð – þvermál einstakra hvera og þyrpinga sem eru kortlagðir
- Einfaldar mælingar á hitastigi, sýrustigi og leiðni vatns
- Yfirborðsmyndanir, gerðir útfellinga og ummyndana á hverasvæðinu
- Sjáanlegar náttúrulegar breytingar á jarðhitasvæðinu
- Kulnuð jarðhitasvæði
- Fegurð einstakra hvera og útfellinga, ásamt heildar ásynd svæðisins
- Ljósmyndir verða teknar af jarðmyndunum og landslagi

**2. tafla.** Dæmi um landgerðir sem verða kortlagðar á háhitasvæðum.

<b>Páttur</b>	<b>Lýsing</b>
<b>Hverir</b>	Kortlagning á þyrpingum og hveraaugum þar sem því verður við komið. Stuðst við flokkun Helga Torfasonar (2003) yfir hverir og hverasvæði.
Vatnshver	Algengastir á lágheitsvæðum en koma einnig fyrir á háhitasvæðum.
Gufuhver	Jarðhitastaður þar sem vatnið kemur fram sem gufa.
Leirhver	Finnast aðeins á háhitasvæðum og geta myndast þar sem gufa sýður upp af grunnvatni ásamt gasi og blandast yfirborðsvatni.
Suðuhver	Heit uppspretta þar sem vatnið er við suðumark og vatnið sýður í sífellu.
Goshver	Vatnshverir þar sem hitastig vatnsins er við suðumark á litlu dýpi undir yfirborði. Við sérstakar aðstæður nær vatnið að sjóða og þeyta vatni sem ofar er í hvernum upp í loftið. Goshverir breytast með tíma.
Brennisteinshver	Hver þar sem brennisteinn fellur út við op hversins. Algengast við gufuhverir.
<b>Ummyndun og útfelling</b>	Kortlagning á ummyndun og útfellingum sem verða til vegna jarðhita á háhitasvæðum, t.d. hverahrúður, brennisteinn, hveraleir
<b>Gróður</b>	Gróðurfélög verða kortlögð skv. greiningarlykli NÍ en öðrum bætt við nái lykilinn ekki að lýsa þeim gróðri sem verður fyrir áhrifum jarðhita.
Mosagróður	Mosi er oft einkennandi næst hverum og flokkað verður í gróðurfélög.
Mólendi	Flokkað í gróðurfélög.
Graslendi	Flokkað í gróðurfélög.
Votlendi	Flokkað í gróðurfélög.
Melar	
Moldir	
<b>Vatn</b>	
Afrennislækur	Skráð verður hvað vex í lækjunum, t.d. þörungur, slý eða háplöntur.
Tjörn	
Laug	

## 4. 2 Gróður og landgerðir

Markmið þessa undirþáttar er að skilgreina og kortleggja gróður og aðrar landgerðir á háhitasvæðum. Ennfremur að fá upplýsingar um tegundir háplantna, mosa og fléttna.

Gróður og landgerðir á háhitasvæðum verða fyrir áhrifum af hita í jarðvegi, raka eða gufu og gastegunda sem koma frá háhitasvæðum. Um er að ræða:

- þurrlendi og votlendi sem verður fyrir áhrifum af hita, raka og gastegundum
- vistkerfi í tjörnum og vötnum sem verða fyrir áhrifum hita og efnafræði vatnsins
- rennandi vatn sem verður fyrir áhrifum hita, efnafræði vatnsins og flæði

Gróður og landgerðir verða kortlögð á háhitasvæðum á myndkort í mælikvarða 1:5.000 til 1:10.000 og síðan unnin í landupplýsingakerfi þar sem allar upplýsingar verða tengdar (2. tafla). Leitast verður við að nota gögn sem þegar eru til um háhitasvæðin. Í þeim tilfellum sem gróðurkort eru til verður notast við þau en gróður kortlagður nákvæmar þar sem áhrif af jarðvegshita gætir. Við gróðurkortlagningu verður stuðst við greiningarlykli sem notaður er við almenna gróðurkortagerð á Náttúrufræðistofnun Íslands þar sem flokkað er eftir ríkjandi tegundum (Steindór Steindórsson 1981, Landmælingar Íslands og LÍSA 2003). Algengast er að beita greiningarlyklinum í smærri skala (1:25.000) en notaður verður í þessu verkefni og búast má við því að greiningarlykilinn nái ekki að lýsa gróðurfari þar sem jarðvegshita gætir. Leitast verður við að lýsa vel og skilgreina gróður sem ekki fellur undir hinn hefðbundna greiningarlykil. Auk hefðbundinnar gróðurkortlagningar verða skráðir lækir, tjarnir og vatn sem verður fyrir áhrifum jarðhitans á einn eða annan hátt og gróðri í þeim lýst.

Til að fá yfirlit yfir þær tegundir sem vaxa næst hverum eða öðrum yfirborðsummerkjum jarðhitans verða háplöntutegundir skráðar. Ennfremur verður safnað sýnum af mosum og fléttum til síðari greininga. Algengi háplöntutegunda sem eru skilgreindar sem jarðhitategundir verður metið á hverju svæði fyrir sig og þær flokkaðar. Flokkað verður í þrjá flokka: a) mjög fáir einstaklingar tegundar eru á svæðinu, b) tegund er nokkuð algeng á svæðinu, og c) tegund er mjög víða á svæðinu og einkennandi.

#### 4. 3 Aðrar upplýsingar

Til að fá almennar upplýsingar um hvert svæði fyrir sig verða eftirfarandi þættir skráðir eða metnir. Þessar upplýsingar munu einnig nýtast við mat á verndargildi.

1. Hver er megin landgerð svæðisins (flatlendi, í halla osfrv.)?
2. Rýkur gufa upp af svæðinu?
3. Eru hljóð úr hverum?
4. Er hveralykt á svæðinu?
5. Ástand og rask
  - a. Er háhitinn nýttur á svæðinu?
  - b. Er svæðið ferðamannastaður?
  - c. Eru ummerki um átroðning manna á svæðinu?
  - d. Hver er saga nýtingar á svæðinu?
  - e. Eru áhrif af landbúnaði (t.d. ræktun, framræsla, beit)?
  - f. Annað rask?
6. Er svæðið friðað eða verndað?
7. Landslagi verður lýst út frá þáttum eins og stærð svæðis, fjölbreytni, litbrigðum, breytileika í hæð, áferð yfirborðs og andstæðum.

Á hverju svæði verða teknar ljósmyndir af landslagi og þeim fyrirbærum sem einkenna svæðið eða eru sérstök.

## 5 MAT Á VERNDARGILDI HÁHITASVÆÐA

Einn af meginþáttum verkefnisins verður að þróa matsaðferð til að að draga saman þær upplýsingar sem aflað verður í verkefninu og meta verndargildi hvers svæðis fyrir sig. Á Nýja Sjálandi hefur verið lögð mikil vinna í að þróa aðferðir til að meta verndargildi jarðhitasvæða út frá yfirborðseinkennum þeirra (Ronald F. Keam ofl. 2005). Þar hefur verið lögð áhersla á jarðhitafyrirbæri svæðanna ásamt líffræðilegum einkennum. Það var mat NÍ að nota þessa aðferð, ásamt öðrum almennum verndarviðmiðum, til grundvallar þeirri vinnu sem framundan er og nýta okkur þá þekkingu sem Nýsjálendingar búa yfir. Í hnotskurn gengur kerfi Nýsjálendinga út á að fyrirbæri tengd jarðhitinum hafa verið skilgreind eða flokkuð (t.d. hverir, laugar, heit jörð, gufuaugu, jarðhitagróður) á sambærilegan hátt og gert hefur verið héraendis. Þá er verndargildi fyrirbæranna metið út frá því hve sjaldgæft það er og hve næmt það er fyrir breytingum umhverfisins, bæði náttúrulegum og af manna völdum. Það er einkum á þessu sviði sem þekkingu vantar héraendis.

Dæmi um þætti sem litið verður til við þróun á verndargildi svæða eru eftirfarandi:

- Fjölbreytni jarðhitafyrirbæra
- Fjölbreytni gróðurs
- Mat á landslagi
- Fágæti
- Samfella
- Vísindalegt gildi
- Menningarlegt gildi
- Fræðslugildi
- Upprunagildi
- Útivist
- Mikilvægi svæða fyrir tegundir
- Næmni fyrir raski

Þegar verndargildi háhitasvæða hefur veri metið munu þær upplýsingar gefa tilefni til að leiðbeina um nýtingu svæða. Í Nýja Sjálandi t.d. eru jarðhitasvæði eða jarðhitakerfi flokkuð í þrjú flokka eftir einkennum svæða (Environment Waikato 2005). Flokkunin hefur það að markmiði að jafnvægi sé á milli nýtingar svæða og verndunar sérstakra yfirborðseinkenna. Á Nýja Sjálandi eru jarðhitakerfin flokkuð í þrennt;

- **Verndað:** Algjör friðun. Viðkvæm fyrirbæri eru á svæðunum sem þykja merkileg vegna menningarlegra eða vísindalegra eiginleika. Þessi flokkun þýðir að ekki er hægt að nýta jarðhitavatnið og að ekki er hægt að nýta svæðið á þann veg að það valdi spjöllum á yfirborði.
- **Friðað:** Leyfilegt er að nýta háhitann svo lengi sem reynt er að forðast, draga úr eða ráða bót á raskandi áhrifum.
- **Nýting:** Nýting þarf að vera í samráði bæði framkvæmdaraðila og landeiganda, og landeigandi stýrir aðgangi að auðlindinni.

## 6 KYNNING NIÐURSTAÐNA

Leitast verður við að koma niðurstöðum verkefnisins á framfæri á þann hátt að þær nýtist sem flestum aðilum.

### 1. Skýrsla til Rammaáætlunar

Niðurstöður verkefnisins yrðu fyrst og fremst kynntar í skýrslu til Rammaáætlunar. Þar sem meginþættir yrðu eftirfarandi;

- a. Upplýsingar um hvert svæði
- b. Kort
  - i. kort af hverum og jarðhitamyndunum
  - ii. kort af gróðri og landgerðum
- c. Mat á verndargildi háhitasvæða

### 2. Heimasíða

Heppilegur vettvangur til að gefa yfirlit yfir einkenni hvers háhitasvæðis fyrir sig væri að setja upp heimasíðu þar sem dregnar yrðu saman niðurstöður þessa verkefnis. Á þennan hátt má ná til almennings, skóla og annarra.

### 3. Greinar

Aðferðafræði og niðurstöður verkefnisins verða kynntar í greinum tímarita.

### 4. Bæklingur

Niðurstöður má einnig draga saman í stuttum bæklingi þar sem sett yrði fram yfirlit yfir einkenni háhitasvæða. Bæklingur sem þessi gæti nýst ýmsum aðilum, t.d. almenningi og ferðamönnum.

## 7 VERK- OG KOSTNAÐARÁÆTLUN 2005–2009

Verkefnið er hugsað til fimm ára og mun öll kortlagning og öflun upplýsinga fara fram á sama tíma á hverju svæði fyrir sig (3. tafla). Taka verður fram að fjárhagsáætlun fyrir árin 2006–2009 er sett fram sem drög en fjárhagsáætlun verður á síðari stigum mótuð frekar þegar að loknu fyrsta ári er orðið ljósara hver framgangur verkefnisins verður. Miðað við drögin er heildarkostnaður ár hver nálægt 20 milljónum (4. tafla). Ítarleg tíma- og kostnaðaráætlun er í fylgiskjali. Athuga skal að inn í fjárhagsáætlun sem hér er lögð fram er ekki tekinn með kostnaður vegna myndkorta, heimasíðugerðar eða útgáfu.

3. tafla. Verkáætlun árin 2005–2009.

	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Próun aðferða</b>					
<b>Vettvangsvinna</b>					
Reykjanes					
Svartsengi					
Krýsuvík					
Brennisteinsfjöll					
Hengill					
– Grændalur					
Torfajökull					
Grímsvötn					
Köldukvíslarbotnar					
Kerlingarfjöll					
Vonarskarð					
Kverkfjöll					
Hveravellir					
Askja					
Fremrinámar					
Námafjall					
Krafla					
Gjástykki					
Þeistareykir					
Öxarfjörður					
<b>Kortavinna</b>					
<b>Mat á verndargildi</b>					
<b>Skýrsluskrif</b>					
<b>Heimasíða</b>					
<b>Greinaskrif</b>					

4. tafla. Yfirlit yfir heildarkostnað vegna verkefnisins árin 2005–2009.

<b>Heildarkostnaður (m. kr.)</b>			
<b>Ár</b>	<b>Laun</b>	<b>Ferðir</b>	<b>Samtals</b>
<b>2005</b>	18.414	1.127	19.541
<b>2006</b>	21.101	1.395	22.496
<b>2007</b>	21.332	929	22.261
<b>2008</b>	21.332	1.066	22.398
<b>2009</b>	21.332	-	21.332
<b>Samtals</b>	<b>103.511</b>	<b>4.517</b>	<b>108.028</b>

2005

Fyrsta árið verðu nýtt til að móta aðferðir og lagt upp með að vinna á háhitasvæðum sem eru nokkuð fjölbreytt en eru jafnframt aðgengileg. Gagnasöfnun verður á



Reykjanesi, í Krýsuvík, Brennisteinsfjöllum, Grændal og á Hveravöllum. Farið verður í þriggja daga ferð á Torfajökulsvæðið síðla sumars til að fá yfirlit yfir svæðið og undirbúa gagnasöfnun á svæðinu fyrir árið 2006. Á þessu fyrsta ári verkefnisins verður jafnframt mótað verklag við geymslu upplýsinga og annað er viðvíkur gagnasafni. Þróun aðferða til mats á verndargildi mun hefjast.

Lagt er til að á árinu 2005 verði gróðurkortlagning (1:25.000) á Torfajökulsvæðinu yfirfarin og kláruð þannig að heildar gróðurkortlagning liggji fyrir á því svæði.

Heildarkostnaður árið 2005 er 19.541 m. kr. og þar af er ferðakostnaður 1.127 m. kr.. Vinna við gróðurkortlagningu (1:25.000) Torfajökulsvæðis er 2.079 m. kr. af heildarkostnaði.

#### 2006

Á öðru ári verkefnisins verður gagnasöfnun á tveimur stærstu háhitasvæðunum, þ.e. á Hengilsvæðinu og Torfajökulsvæðinu. Úrvinnsla gagna, kortagerð og skráning í landupplýsingakerfi heldur áfram.

Heildarkostnaður árið 2006 er 22.496 m. kr. og þar af er ferðakostnaður 1.395 m. kr.

#### 2007

Gagnasöfnun 2007 verður í Kerlingarfjöllum, Vonarskarði, Kverkfjöllum, Köldukvíslarbotnum og Öskju. Heimildir verða nýttar til að fá yfirlit yfir einkenni háhitasvæðis í Köldukvíslarbotnum. Úrvinnsla gagna, kortagerð og skráning í landupplýsingakerfi heldur áfram. Á þriðja ári verður skrifuð skýrsla um framgang verkefnisins og kynntar niðurstöður fyrstu tveggja áranna. Ennfremur verður hafist handa við að koma upp heimasíðu þar sem ætlunin er að kynna niðurstöður og gefa yfirlit yfir háhitasvæðin.

Heildarkostnaður árið 2007 er 22.261 m. kr. og þar af er ferðakostnaður 929 þ. kr.

#### 2008

Gagnasöfnun lýkur á fjórða ári verkefnisins. Á árinu verða svæði á Norð- og Norðausturlandi tekin fyrir, þ.e. Fremrinámar, Námafjall, Krafla, Gjástykki, Þeistareykir og Öxafjörður. Einnig verður gagnasöfnun í Svartsengi og Grímsvötnum. Úrvinnsla gagna, kortagerð og skráning í landupplýsingakerfi heldur áfram, svo og vinna við heimasíðu.

Heildarkostnaður árið 2008 er 22.398 m. kr. og þar af er ferðakostnaður 1.066 m. kr.

2009

Á lokaári verkefnisins verða niðurstöður dregnar saman og þær kynntar í skýrslum, heimasíðu og greinum.

Kostnaður ársins felst í launakostnaði við úrvinnslu og skrif og er heildarkostnaður árið 2009 21.332 m. kr.

**8 HEIMILDASKRÁ**

- Ásrún Elmarsdóttir, María Ingimarsdóttir, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Sigurður H. Magnússon 2003. Gróður og smádýr á sex háhitasvæðum. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla unnin fyrir Orkustofnun, Orkuveitu Reykjavíkur og Landsvirkjun. NÍ-03015. 73 bls.
- Axel Björnsson 1990. Jarðhitarannsóknir. Yfirlit um eðli jarðhitasvæða, jarðhitaleit og vinnslu jarðvarma. Orkustofnun, Reykjavík. OS-90020/JHD-04, 50 bls.
- Environment Waikato 2005. Skoðað á veraldarvefnum 24. febrúar 2005. <http://www.ew.govt.nz/enviroinfo/geothermal/classification/index.htm>
- Gunnar Böðvarsson 1961. Physical characteristics of natural heat resources in Iceland. Jökull 11:29-38.
- Helgi Torfason 2003. Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita. Náttúrufræðistofnun Íslands, skýrsla unnin fyrir Orkustofnun. NÍ-03016. 77 bls.
- Iðnaðarráðuneytið 1994. Innlendar orkulindir til vinnslu raforku. Iðnaðarráðuneytið, Reykjavík, 153 bls.
- Ingvar Birgir Friðleifsson 1979. Geothermal activity in Iceland. Jökull 29: 47-56.
- Jakob K. Kristjánsson og Guðni Á. Alfreðsson 1986. Lífríki hveranna. Náttúrufræðingurinn 56(2): 49-68.
- Kristján Sæmundsson og Ingvar Birgir Friðleifsson 1980. Jarðhiti og jarðfræðirannsóknir. Náttúrufræðingurinn 50 (3-4): 157-188.
- Landmælingar Íslands og LÍSA 2003. LU-flokkun. Gróður. Skoðað 8. júlí 2003 á veraldarvefnum: <http://www.lmi.is/landmaelingar.nsf/pages/stadlar.htm>.
- María Ingimarsdóttir 2000. Smádýralíf á jarðhitasvæðunum á Námafjalli og Jarðbaðshólum í Mývatnssveit. Ritgerð til fimm eininga rannsóknarverkefnis við líffræðiskor Háskóla Íslands, 80 bls.
- María Ingimarsdóttir, Erling Ólafsson og Jón S. Ólafsson. Invertebrate communities along soil temperature gradients in two geothermal areas in Iceland. Í handriti.
- Ronald F. Keam, Katherine M. Luketina og Leonie Z. Pipe 2005. Definition and listing of significant geothermal feature types in the Waikato region. Proceedings World Geothermal Congress 2005, Anatlya, Turkey, 24-29, April 2005.
- Sigurður Pétursson 1958a. Blágrænþörungur. Náttúrufræðingurinn 28: 32-49.
- Sigurður Pétursson 1958b. Hveragróður. Náttúrufræðingurinn 28: 141-151.
- Steindór Steindórsson 1964. Gróður á Íslandi. Almenna bókafélagið, 186 bls.
- Steindór Steindórsson 1981. Flokkun gróðurs í gróðurfélög. Íslenskar landbúnaðarrannsóknir 12 (2): 11-52.
- Tuxen, S.L. 1944. The Hot Springs, their Animal Communities and their Zoogeographical Significance. The Zoology of Iceland I (11). Einar Munksgaard, Kaupmannahöfn og Reykjavík, 206 bls.

## Viðauki 5

### Heimildir og upplýsingar um háhitasvæði sem koma til mats í 2. áfanga Rammaáætlunar. Haukur Jóhannesson, Ísor tók saman 2006.

#### Yfirlitsefni:

1. *Haukur Jóhannesson og Kristján Sæmundsson 2005.* Flokkun jarðhitafyrirbæra á háhitasvæðum. ÍSOR-2005/023. 21 bls.
2. *Helgi Torfason 2003* Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun, OS-2003/062 167 s. : myndir, kort, töflur + 1 kort.
3. Miðhálandi Íslands. Svæðisskipulag 2015, greinargerð og kortamappa. Umhverfissráðuneyti og Skipulagsstofnun. 220 bls. og fjölmörg kort.
4. Niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar. 2003. 76 bls.
5. *Rögvaldur Guðmundsson 2001.* Ferðamenn á hálendi Íslands – sumarið 2000. 86 bls. og viðaukar.
6. *Rögvaldur Guðmundsson 2003.* Gildi hálendisins fyrir ferðaþjónustu og útivist til 2020. 184 bls.
7. Viðauki A-2 á fylgidisk með skýrslu um “Niðurstöður 1. áfanga Rammaáætlunar. 2003”. 17 bls.
8. *Stefán Arnórsson 1997.* Samspil vatns og bergs. II Bergið. Náttúrufræðingurinn 66 (3-4), bls. 183-202.
9. *Guðmundur Pálmason, Gunnar V. Johnsen, Helgi Torfason, Kristján Sæmundsson, Karl Ragnars, Guðmundur Ingi Haraldsson og Gísli Karel Halldórsson. 1985.* Mat á jarðvarma Íslands. OS-85076/JHD-10. 134 bls.
10. *Knútur Árnason, Ragna Karlsdóttir, Hjálmar Eysteinnsson, Ólafur G. Flóvenz og Steinar Þór Guðlaugsson 2000.* The resistivity structure of high-temperature geothermal systems in Iceland. – WGC 2000 í Japan.
11. *Iðnaðarráðuneytið 1994.* Innlendar orkulindir til vinnslu raforku. 153 bls.

#### Reykjanes:

1. *VSÓ ráðgjöf 2002.* Jarðhitanyting á Reykjanesi. Mat á umhverfisáhrifum. 101 bls. auk viðauka. Jarðhitakort.
2. *Kristján Sæmundsson.* Jarðfræðikort af Reykjaneskaganum – unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. Óútgefið en tölvutekið.
3. *Ragna Karlsdóttir 1997.* TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjaneskaga. OS-97001. 63. bls.
4. *Ragna Karlsdóttir 2005.* TEM-mælingar á Reykjanesi 2004. ÍSOR-2005/002. 22 bls.

5. *Sveinbjörn Björnsson 1971*. Reykjanes. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins. Orkustofnun. 188 bls.
6. *Halldór Ármannsson 1997*. Reykjanes. Forkönnun vegna mats á umhverfisáhrifum. OS-97031. 58 bls.

#### **Eldvörp/Svartsengi:**

1. *Ragna Karlsdóttir 1997*. TEM-viðnámsmælingar á utanverðum Reykjanesskaga. OS-97001. 63. bls.
2. *Lúðvík S. Georgsson 1991*. TEM-viðnámsmælingar í Svartsengi og Eldvörpum sumarið 1991. OS-91053/JHD-31 B. 12 bls.
3. *Kristján Sæmundsson*. Jarðfræðikort af Reykjanesskaganum – unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. óútgefið.
4. *Ragna Karlsdóttir 1998*. TEM-viðnámsmælingar í Svartsengi 1997. OS-98025. 44 bls.
5. *Jón Örn Bjarnason 1996*. Svartsengi. Efnavöktun 1988-1995. OS-96082/JHD-10. 125 bls.

#### **Trölladyngja/Krýsuvík:**

1. *Almenna verkfræðistofan hf. 2001*. Yfirlit rannsókna á jarðhitasvæðinu í Krýsuvík. 29 bls.
2. *Stefán Arnórsson, Guðmundur Guðmundsson, Stefán G. Sigurmundsson, Axel Björnsson, Einar Gunnlaugsson, Gestur Gíslason, Jón Jónsson, Páll Einarsson og Sveinbjörn Björnsson 1975*. Krýsuvíkursvæði. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitans. OS-JHD-7554. 77 bls.
3. *Hjálmar Eysteinnsson 2001*. Viðnámsmælingar umhverfis Trölladyngju og Núpshlíðarháls, Reykjanesskaga. OS-2001/038. 110 bls.
4. *Ólafur G. Flóvenz og Kristján Ágústsson 1985*. Viðnámsmælingar við Trölladyngju. Orkustofnun. 16 bls.
5. *Halldór Ármannsson og Sverrir Þórhallsson 1996*. Krýsuvík. Yfirlit um fyrri rannsóknir og nýtingarmöguleika ásamt tillögum um viðbótarrannsóknir. OS-96012/JHD-06 B. 25 bls.

#### **Brennisteinsfjöll:**

1. *Helgi Torfason og Magnús Á. Sigurgeirsson 2001*. Brennisteinsfjöll. Rannsóknir á jarðfræði svæðisins. OS-2001/048. 23. bls. og jarðfræði/jarðhitakort.
2. *Ragna Karlsdóttir 1995*. Brennisteinsfjöll. TEM-viðnámsmælingar. OS-95044/JHD-06. 41 bls.
3. *Kristján Sæmundsson 2004*. Brennisteinsfjöll. Þættir til athugunar vegna rannsóknarborana. Greinargerð ÍSOR, KS-04/18. 13 bls. Nýtt jarðhitakort.
4. *Maochang, Huang 2001*. Possible environmental impacts of drilling exploratory wells for geothermal development in the Brennisteinsfjöll area, SW-Iceland. Geothermal Training Programme. United Nations University. Reports 2001, nr. 5. Bls.83-114.

**Hengill:**

1. **Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 2003.** Jarðfræði- og jarðhitakort af Hengilssvæði. Endurskoðun sunnan Hengils. ÍSOR-2003/020. 42 bls. og jarðfræði og jarðhitakort.
2. **Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúdvík S. Georgsson og Snorri Páll Snorrason. 1986.** Nesjavellir. Jarðfræði- og jarðeðlisfræðileg könnun 1985. OS-86017/JHD-02. 125 bls.
3. **Knútur Árnason, Guðmundur Ingi Haraldsson, Gunnar V. Johnsen, Gunnar Þorbergsson, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Lúdvík S. Georgsson, Sigurður Th. Rögnvaldsson og Snorri Páll Snorrason. 1987.** Nesjavellir-Ölkelduháls. Yfirborðsrannsóknir 1986. OS-87018/JHD-02. 112 bls.
4. **Helgi Torfason, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Gunnar V. Johnsen og Einar Gunnlaugsson 1983.** Vestur-Hengill. Yfirborðsrannsókn jarðhitasvæðisins. OS-83119/JHD-22. 113 bls.
5. **Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001.** Jarðhiti við Hengil og á Hellisheiði. Niðurstöður viðnámsmælinga. OS-2001/091. 250 bls.
6. **Grímur Björnsson og Arnar Hjartarson 2003.** Reiknilíkan af jarðhitakerfum í Hengli og spár um framtíðarástand við allt að 129 MW rafmagnsframleiðslu á Hellisheiði og 120 MW á Nesjavöllum. ÍSOR-2003/009 150 bls.
7. **Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson, Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinnsson 1990.** Eldstöðvar og jarðhiti á Hengilssvæði. Jarðeðlisfræðileg könnun – Viðnámsmæligögn. OS-90032/JHD-16 B. 89 bls.
8. **Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2002.** Gildi landslags á Hengilssvæðinu, einkum þeim svæðum sem til greina koma vegna orkuvinnslu. 44 bls.
9. **Grétar Ívarsson 1996.** Jarðhitagas á Hengilssvæðinu. Söfnun og greining 1993-1995. Hitaveita Reykjavíkur.
10. **Viggo Þór Marteinsson, Sólveig K. Pétursdóttir, Sólveig Ólafsdóttir og Steinunn Magnúsdóttir 2004.** Líffræðileg fjölbreytni hvera og lauga á Hengilssvæðinu. Prokaria.

**Grændalur/Hveragerði:**

1. **Sunnlensk orka 2001.** Borun rannsóknarholu og vegagerð í Grændal í Ölfusi. Mat á umhverfisáhrifum. 87 bls. auk viðauka.
2. **Hjálmar Eysteinnsson 2000.** TEM-viðnámsmælingar í Grændal árið 2000. OS-2000/066. 82 bls.
3. **Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson 1992.** Hveragerðis-eldstöð jarðfræðilýsing. OS-92063/JHD-35 B. 33 bls.

**Geysir:**

1. *Helgi Torfason 1985*. The Great Geysir. Geysisnefnd. 23 bls.
2. *Ragna Karlsdóttir 2004*. TEM-mælingar á Geysissvæði. ÍSOR-2004/029. 68 bls.
3. *Hrefna Kristmannsdóttir 1999*. Geysir í Haukadal: jarðefnafræðileg athugun. GRG HK-99/01. 2 bls.
4. *Helgi Torfason 1994*. Jarðhitasvæðið á Geysi. Mælingar á rennsli 1994. Náttúruverndarráð. 17 bls.

Í undirbúningi er skýrsla um stærð og getu svæðisins. Kemur út í vor.

**Hveravellir:**

1. *Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2005*. Hveravellir. Könnun og kortlagning háhitasvæðis. ÍSOR-2005/014. 44 bls. og jarðfræði/jarðhitakort.
2. *Helgi Torfason 1997*. Jarðhitarannsóknir á Hveravöllum 1996. OS-97025. 85 bls.

Búið að TEM-mæla skýrsla á leiðinni.

**Kerlingarfjöll:**

1. *Karl Grönvold 1972*. Structural and petrochemical studies in the Kerlingarfjöll region, central Iceland. Ph.D.-ritgerð. 237 bls.
2. *Árni Hjartarson og Magnús Ólafsson 2005*. Kerlingarfjöll. Könnun og kortlagning háhitasvæðis. ÍSOR-2005/012. 60 bls. og jarðfræði/jarðhitakort.

Búið að TEM-mæla, en verið að vinna úr þeim.

**Torfajökull:**

1. *Kristján Sæmundsson og Guðmundur Ómar Friðleifsson, 2001*. Í Torfajökli. Jarðfræði- og jarðhitakort af Torfajökulssvæðinu. OS-20001/036. 118 bls. og fjöldi korta.
2. *Ragna Karlsdóttir 2001*. Í Torfajökli. TEM-viðnámsmælingar. OS-2001/031. 131 bls.
3. *Jón Örn Bjarnason og Magnús Ólafsson 2000*. Í Torfajökli. Efni í jarðgufu og vatni. OS-2000/030. 91 bls.
4. *Sólveig K. Pétursdóttir, Steinunn Magnúsdóttir, Viggó Þ. Marteinsson, Guðmundur Óli Hreggviðsson og Jakob K. Kristjánsson 2006*. Lífríki í hverum á Torfajökulssvæðinu. Prokaria hf. 44 bls.
5. *Magnús Ólafsson and Jón Örn Bjarnason 2000*. Chemistry of fumaroles and hot springs in the Torfajökull geothermal area, South Iceland. Proceedings of the World geothermal congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10. Bls. 1547-1552.

**Hágöngur:**

1. **Ragna Karlsdóttir 2000.** Háhitasvæðið í Köldukvíslarbotnum. TEM-mælingar 1998. OS-2000/060. 60 bls.
2. **VST 2002.** Jarðhitarannsóknir í Köldukvíslarbotnum í Ásahreppi. Greinargerð vegna tilkynningar til Skipulagsstofnunar um rannsóknarboranir. Landsvirkjun LV-2002/055. 29 bls.
3. Hágöngumiðlun: mat á umhverfisáhrifum.
4. **Guðmundur Ómar Friðleifsson, Magnús Ólafsson og Jón Örn Bjarnason 1996.** Jarðhiti í Köldukvíslarbotnum. OS-96014/JHD-04. 32 bls.
5. **Guðmundur Ómar Friðleifsson og Skúli Víkingsson 1997.** Hágöngumiðlun. Kortlagning jarðhita í Köldukvíslarbotnum. OS-97061. 19 bls.
6. **Sólveig K. Pétursdóttir og Jakob K. Kristjánsson 1996.** Greinargerð um lífríki hveranna í Köldukvíslarbotnum. Iðntæknistofnun LD-9609. 17 bls.
7. **Árni Hjartarson 1996.** Hágöngumiðlun: Jarðfræðilegar náttúruminjar. ÁH-96/04.

Til stendur að bæta við TEM – mælingarnar.

**Vonarskarð:**

GOF og HJo – útbreiðsla jarðhita – kortuppkast er til.  
Engar TEM-mælingar hafa verið gerðar.

**Kverkfjöll:**

1. **Magnús Ólafsson, Helgi Torfason and Karl Grönvold 2000.** Surface exploration and monitoring of geothermal activity in the Kverkfjöll geothermal area, Central Iceland. Proceedings of the World geothermal congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28-June 10. Bls. 1539-1545.
2. **Helgi Torfason, Magnús Ólafsson, Kristján H. Sigurðsson 1993.** Kverkfjöll. Rannsókn jarðhitasvæðisins 1992 og 1993. Framgangur útivinnu. GRG HeTo-MÓ-KHS-93/04. 5 bls.
3. **Helgi Torfason, Magnús Ólafsson, Hrefna Kristmannsdóttir 1993.** Kverkfjöll. Rannsókn jarðhitasvæðisins 1994: Greinargerð um stöðu rannsókna og gildi þeirra. GRG HeTo-MÓ-HK-93/05. 6 bls.

Vinna MÓ-HeTo – dreifing jarðhita en úrvinnsla eftir  
Jarðfræði – Karl Grönvold (eitthvað er til af greinum)  
Engar TEM-mælingar hafa verið gerðar.

**Askja:**

Jarðhiti ókortlagður – virðast vera tvö svæði og 10 km á milli.  
Greinar um jarðfræði eftir Guðmund E. Sigvaldason.  
Engar TEM-mælingar hafa verið gerðar.

**Hrúthálsar:**

Jarðfræði og jarðhiti - K.Sæm, HJo. – úrvinnsla eftir  
Engar TEM-mælingar hafa verið gerðar.

**Fremrinámar:**

1. *Kristján Sæmundsson og Magnús Ólafsson 1996*. Fremrinámur og Gjástykki.  
Rannsóknir sumarið 2003. GRGR ÍSOR-04096. 13 bls.

Jarðfræði og jarðhiti K.Sæm. – óútgefið að öðru leyti.  
Efnafræði ?  
Búið að TEM- en verið er að vinna úr þeim.

**Námafjall:**

1. *Ragna Karlsdóttir 2002*. Námafjall: TEM viðnámsmælingar 2001. OS-2002/057. 68 bls.
2. *Ragna Karlsdóttir, Gunnar V. Johnsen, Axel Björnsson, Ómar Sigurðsson og Egill Hauksson 1978*. Jarðhitasvæðið við Kröflu. Áfangaskýrsla um jarðeðlisfræðilegar rannsóknir 1976-78.
3. *Guðmundur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Karl Grönvold, Karl Ragnars, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1971*. Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. Orkustofnun. 118 bls.
4. *Halldór Ármannsson 1993*. Jarðhitakerfið í Námafjalli. Efnafræðileg úttekt. OS-93053/JHD-29 B. 30 bls.
5. Umhverfismatskýrsla LV.

**Krafla/Gjástykki:**

1. *Landsvirkjun 2002*. Rannsóknarboranir á vestursvæði við Kröflu í Skútustaðahreppi. Mat á umhverfisáhrifum. LV-2002/044. 89 bls. auk viðauka. Jarðfræði- og jarðhitakort.
2. *Landsvirkjun 2001*. Stækkun Kröfluvirkjunar í Skútustaðahreppi, Suður-Pingeyjarsýslu um 40 MW. Mat á umhverfisáhrifum. LV-2001/034. 100 bls. Jarðfræði- og jarðhitakort.
3. *Guðmundur Guðmundsson, Guðmundur Pálmason, Karl Grönvold, Karl Ragnars, Kristján Sæmundsson og Stefán Arnórsson 1971*. Námafjall-Krafla. Áfangaskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðanna. Orkustofnun. 118 bls.



4. **Ragna Karlsdóttir 2002.** Námafjall: TEM viðnámsmælingar 2001. OS-2002/057. 68 bls.
5. **Knútur Árnason og Ingvar Þór Magnússon 2001.** Niðurstöður viðnámsmælinga í Kröflu. OS-2001/062. 72 bls.
6. **Gestur Gíslason, Halldór Ármannsson og Trausti Hauksson 1978.** Krafla. Hitaástand og gastegundir í jarðhitakerfinu. OS-JHD-7846. 88 bls.
7. **Kristján Sæmundsson og Magnús Ólafsson 1996.** Fremrinámur og Gjástykki. Rannsóknir sumarið 2003. GRGR ÍSOR-04096. 13 bls.

### **Þeistareykir:**

1. **Gestur Gíslason, Gunnar V. Johnsen, Halldór Ármannsson, Helgi Torfason og Knútur Árnason 1984.** Þeistareykir. Yfirborðsrannsóknir á háhitasvæðinu. 134 bls. og jarðfræði- og jarðhitakort.
2. **Halldór Ármannsson 2001.** Þeistareykir. Yfirlit um rannsóknir og rannsóknarkostnað. OS-2001/035. 24 bls.
3. **Karl Grönvold og Ragna Karlsdóttir 1975.** Þeistareykir. Áfangaskýrsla um yfirborðsrannsóknir jarðhitasvæðisins. OS-JHD-7501. 36 bls.
4. **Þorsteinn Egilson, Halldór Ármannsson, Benedikt Steingrímsson, Ásgrímur Guðmundsson og Hreinn Hjartarson 2004.** Þeistareykir – Hóla ÞG-1. Mælingar í upphitun og blæstri 2002-2003.
5. **Halldór Ármannsson 2004.** Chemical aspects of exploration of the Theistareykir high-temperature geothermal area, N-E Iceland. Water-Rock Interaction I. Bls. 63-67.

TEM – verið að vinna úr mælingum og fleirum bætt við í vor.

Háhitasvæði	Jarðfræði	Jarðhiti	Viðnám	Efnafræði	Umhverfismat	Annað
Reykjanes	X	X	X	X	X	
Svartsengi/Eldvörp	X	X	X	X		
Trölladyngja/Krýsuvík	(X)	(X)	X	X		
Hengill	X	X	X	X	(X)	X
Grændalur/Hveragerði	X	X	X	(X)	X	
Prestahnúkur	(X)	(X)	(X)			
Geysir	X	X	X	(X)		X
Kerlingarfjöll	X	X	(X)	(X)		
Hveravellir	X	X	(X)	(X)		
Hágöngur	X	X	X	X	X	X
Vonarskarð	(X)	(X)		(X)		
Torfajökull	X	X	X	X		X
Kverkfjöll	(X)	(X)		(X)		
Askja	X					
Hrúthálsar	(X)	(X)				
Fremrinámar	(X)	(X)	(X)	(X)		
Námafjall	X	X	X	X	X	
Krafla/Gjástykki	X	X	X	X	X	
Peistareykir	X	X	X	X		

Það sem er innan sviga gefur til kynna að um frumathuganir sé að ræða og frekari könnun sé eftir.

## Viðauki 6

### Vinnuhópur um jarðfræðiminjar á háhitasvæðum

#### Lokaskýrsla

#### *Inngangur*

Með bréfi dags. 6. júní sl. (fylgiskjal 1) óskaði verkefnisstjórn Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma eftir því að Umhverfisstofnun, Náttúrufræðistofnun Íslands og Orkustofnun tilnefndu sérfræðinga í vinnuhóp sem fengi það hlutverk að greina:

1. Hvaða gögn um jarðminjar teljast nauðsynleg vegna mats á verndargildi jarðhitasvæða?
2. Á hvaða formi nýtast þau best í þessu skyni?
3. Hvaða gögn eru til hjá stofnunum og fyrirtækjum sem nýta mætti í þessu skyni?
4. Hvaða nýrra gagna þyrfti að afla?

Vinnuhópurinn skipa Sigmundur Einarsson jarðfræðingur tilnefndur af Orkustofnun, Kristján Jónasson jarðfræðingur á Náttúrufræðistofnun Íslands og Kristján Geirsson jarðfræðingur á Umhverfisstofnun, sem jafnframt er formaður hópsins.

Vinnuhópurinn hefur farið yfir framangreind verkefni og lagt fyrir línur um verktilhögun og aðferðafræði. Haldnir hafa verið 10 fundir auk samskipta í síma og með tölvupósti. Vinnan hefur því miður tafist nokkuð vegna anna og utanaðkomandi atburða.

#### *Grunnatriði um verndargildi háhitasvæða*

Vinnuhópurinn bendir á að til þess að hægt sé að meta verndargildi háhitasvæða landsins og forgangsraða þeim á grundvelli þess er nauðsynlegt að fyrir liggi samanburðarhæf gögn um svæðin svo hægt sé að meta fágæti þeirra og fjölbreytni. Jafnframt telur hópurinn mikilvægt að gætt sé að því að aðferðir og hugtök séu samræmd. Vegna þessa hefur hópurinn farið yfir hugtök og skilgreiningar hjá Helga Torfasyni (2003), Helga Torfasyni og Kristjáni Jónassyni (2006), Kristjáni Sæmundssyni og Hauki Jóhannessyni (2005), auk lýsinga Gunnars Böðvarssonar (1961), Sigurðar Þórarinssonar (1978), Jóns Jónssonar (1980) og upplýsinga á háhitavef Orkustofnunar (<http://www.os.is/jardhiti/>). Hópurinn leggur hér fram samantekt á þessum hugtökum til notkunar í frekari kortlagningu og mati á verndargildi (fylgiskjal 2). Flokkun þessi byggir aðallega á þeirri aðferðafræði sem notuð hefur verið á Nýja-Sjálandi í samræmi við tillögur Náttúrufræðistofnunar Íslands.

Ljóst er að ekki er unnt að gera ítarlegar rannsóknir á öllum háhitasvæðum landsins innan þess tímaramma sem rammaáætlunin gerir ráð fyrir og því er nauðsynlegt að takmarka verkefnið við auðsafnanleg gögn. Háhitasvæðin eru mörg og sum þeirra eru lítt aðgengileg, nema yfir hásumarið. Þó að nokkur svæði hafi verið rannsökuð ítarlega hefur mest öll sú vinna miðað við undirbúning að nýtingu þeirra en atriði sem

lúta að mati á verndargildi svæðanna, fjölbreytileika þeirra eða samspil einstakra fyrirbæra hljóta að hafa legið til hliðar í þeirri vinnu.

Vinnuhópurinn telur mikilvægt að við mat á verndargildi háhitasvæða verði nýtt þau gögn sem eru tiltæk og liggja fyrir á aðgengilegu formi. Einkum er hér um að ræða upplýsingar sem hafa verið færðar í landfræðileg upplýsingakerfi (LUK), stök og/eða flákar (1. tafla). Vinnuhópurinn leggur til að könnun svæða miði við að sannreyna fyrirbyggjandi gögn og fylla í eyður sem lúta beint að mati á verndargildi svæðanna, eftir því sem nauðsynlegt þykir.

#### 1. tafla. Skilgreiningar staka og fláka við kortun og flokkun

Auga	Afmarkað op með uppstreymi vatns, gufu og/eða hita
Þyrping	Samansafn jarðhita, s.s. lauga og hvera innan tiltekinnar marka, t.d. 50 m radíus
Fláki	Samhangandi breiða jarðhita og ummerkja um jarðhita
Jarðhitasvæði	Afmarkað svæði með yfirborðsfyrirbærum jarðhita sem eiga sér sameiginlegan uppruna. Afmörkun getur verið studd viðnámsmælingum
Jarðhitakerfi	Þrívítt rými jarðhita af sama orkugjafa. Afmörkun sem byggir á viðnámi á ákveðnu dýpi ellegar utan um virkan jarðhita og unga ummyndun, nær einnig yfir streymi kalds og heits vatns

Byggt á skýrslu Helga Torfasonar og Kristjáns Jónassonar (2006)

Vinnuhópurinn er sammála um að náttúruvernd og verndarviðmið eru ígildi fagsviðs, líkt og jarðhitafræði. Jafnframt bendir hópurinn á að hagsmunir orkuöflunarfyrrtækja geta rekist á við hagsmuni náttúruverndar og vaknar spurning um hæfi aðila á þeirra vegum til að meta verndargildi jarðhitasvæða. Hópurinn telur að skipta megi vinnunni í tvö aðgreind verkefni, annars vegar kortlagningu á skilgreindum fyrirbærum sem útheimtir almenna jarðfræðipækkingu auk þess sem staðarþekking á viðkomandi svæði er mikilvæg, og hins vegar mat á verndargildi þar sem áriðandi er að viðkomandi aðili hafi í huga hagsmuni náttúruverndar og hafi staðgóða þekkingu á þeim.

Vinnuhópurinn tekur ekki afstöðu til þess hvaða aðilar eða einstaklingar sinni sjálfri vinnunni en telur að verkið eigi að vera vera á forræði Náttúrufræðistofnunar Íslands og/eða Umhverfisstofnunar sem eru fagaðilar á sviði náttúruverndar.

Vinnuhópurinn hefur farið yfir verkáætlun Náttúrufræðistofnunar Íslands. Hópurinn telur að í meginatriðum sé áætlunin raunsönn. Í einhverjum tilfellum gæti verið hægt að sameina ferðir og hagræða um tíma en í öðrum tilfellum verður vart séð að hægt sé að komast yfir ákveðin jarðhitasvæði á tilgreindum tíma. Telur vinnuhópurinn að áður en gengið verði frá endanlegri áætlun sé nauðsynlegt að afla upplýsinga um þau gögn sem eru aðgengileg hjá hinum ýmsu aðilum. Í ljósi niðurstaðna af þeirri samantekt verði gerð áætlun um yfirferð yfir svæði.

### *Niðurstöður og tillögur*

Eftirfarandi er samantekt á þeim atriðum sem rædd hafa verið hér að framan og áhersluatriði sem falla beint undir tilgreind verkefni vinnuhópsins (liði 1-4).

1. Vinnuhópurinn telur sérlega mikilvægt að bakvið mat á verndargildi háhitasvæða liggja fyrir samanburðarhæf gögn um svæðin svo hægt sé að meta fágæti þeirra og fjölbreytni, heildstæðni, samspil jarðmyndana og andstæður. Aðstæður bjóða ekki upp á heildstæða kortlagningu fyrirbæra og staka heldur verði í því skyni að byggja á fyrirliggjandi gögnum eftir því sem tók eru á. Vinnuhópurinn leggur fram tillögu að skilgreiningu staka og fyrirbæra (fylgiskjal 2) sem hugsuð er til að samræma vinnubrögð og niðurstöður einstakra aðila.
2. Vinnuhópurinn telur auðsýnt að takmarka verði verkefnið við söfnun gagna sem eru aðgengileg og hafa verið færð í landfræðilegt upplýsingakerfi en auðveldast er að samtengja slík gögn og bæta við þau.
3. Ljóst er að margvísleg gögn liggja fyrir hjá fjölmörgum aðilum sem á einn eða annan hátt hafa komið að könnunum á háhitasvæðum landsins (2. tafla). Vinnuhópurinn hefur samið spurningalista sem lagt er til að verði sendur út til viðkomandi aðila í því skyni að ná saman upplýsingum um hvaða svæði þeir hafi kannað, hvert sé umfang þeirra gagna og á hvaða formi þau séu (fylgiskjal 3). Vinnuhópurinn mun þó ekki safna saman gögnunum sjálfum, a.m.k. ekki nema honum verði falið það sérstaklega af verkefnisstjórn rammaáætlunar.
4. Þegar svör hafa borist við spurningalista sbr. 3. lið verður unnt með markvissum hætti að skipuleggja frekari öflun gagna. Vinnuhópurinn bendir þó á að þar sem háhitasvæðin eru mörg og sum þeirra eru einungis aðgengileg yfir hásumarið er hætta á að verkefnið lendi í tímaþröng.
5. Vinnuhópurinn telur að í meginatriðum megi styðjast við verktilhögun og umfang úttektar á háhitasvæðum eins og lýst er í verkáætlun Náttúrufræðistofnunar Íslands, með aðlögun eftir að upplýsingar um aðgengileg gögn, sbr. 3. lið, liggja fyrir.
6. Vinnuhópurinn leggur til að þegar verði hafist handa við úttektir á verndargildi háhitasvæða á sérstaklega tilgreindum svæðum. Miðað verði við verkáætlun Náttúrufræðistofnunar Íslands um tilhögun og umfang, að teknu tilliti til þeirra afmarkana sem koma fram frammar í þessari skýrslu og hafist verði handa við eftirfarandi svæði:

Gjástykki, Þeistareykir, Krafla, Brennisteinsfjöll, Krýsuvík,  
Hengilssvæði.

2. tafla. Helstu stofnanir og fyrirtæki sem áætlað er að leita til vegna upplýsinga og gagna

- a) Íslenskar Orkurannsóknir (ÍSOR)
- b) Orkustofnun (OS)
- c) Háskóli Íslands (HÍ)
- d) Náttúrufræðistofnun Íslands (NÍ)
- e) Umhverfisstofnun
- f) Orkuveita Reykjavíkur (OR)
- g) Hitaveita Suðurnesja (HS)
- h) Landsvirkjun (LV)

**Lokaorð**

Með þessari skýrslu hefur vinnuhópur um jarðminjar á háhitasvæðum lokið tilgreindu verkefni sínu.

**Heimildir**

- Gunnar Böðvarsson, 1961. Physical characteristics of natural heat resources in Iceland. Jökull 11, bls. 29-38.
- Háhitavefur Orkustofnunar (<http://www.os.is/jardhiti/>).
- Helgi Torfason, 2003. Jarðhitakort af Íslandi og gagnasafn um jarðhita. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-03016, 77 bls.
- Helgi Torfason og Kristján Jónasson, 2006. Mat á verndargildi jarðminja á háhitasvæðum. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-0610, 167 bls.
- Jón Jónsson 1980. Verndun jarðhitasvæða. Náttúrufræðingurinn 50, bls. 309-313.
- Kristján Sæmundsson og Haukur Jóhannesson, 2005. Flokkun jarðhitafyrirbæra á háhitasvæðum. Íslenskar orkurannsóknir, ÍSOR-2005/023, 22 bls.
- Sigurður Þórarinnsson, 1978. Hverir og laugar. Fjölrit Náttúruverndarráðs nr. 3. Reykjavík, 14 bls.

Kristján Geirsson

Kristján Jónasson

Sigmundur Einarsson

**Fylgiskjöl:**

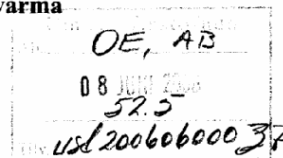
1. Boðunarbréf um stofnun vinnuhóps um jarðminjagögn
2. Flokkun og skilgreining jarðhitaminja
3. Spurningalisti um jarðminjagögn

# Fylgiskjal 1. Boðunarbréf um stofnun vinnuhóps um jarðminjagögn



## Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

**Davíð Egilson, forstjóri**  
Náttúrufræðistofnun Íslands,  
Hlemmi 3,  
105 Reykjavík



Reykjavík, 6. júní 2006

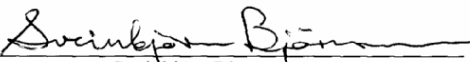
Málefni: Vinnuhópur um jarðminjagögn

Verkefnisstjórn Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma undirbýr nú 2. áfanga mats og samanburðar á virkjunarkostum. Þar er m.a. lögð áhersla á endurbætt mat á náttúruferi háhitasvæða. Verkefnisstjórnin hefur fengið tillögu að undirbúningsrannsóknunum frá Náttúrufræðistofnun Íslands um rannsóknir og öflun nýrra gagna um gróðurfar og jarðminjar á háhitasvæðum. Áður en gengið er til samninga um þessar rannsóknir við Náttúrufræðistofnun vill verkefnisstjórnin að kannað verði hvaða gögn eru þegar tiltæk hjá rannsóknastofnunum sem nýta mætti við endurbætt mat, einkum á sviði jarðminja. Því vill hún fara þess á leit við Umhverfisstofnun að hún tilnefni sérfræðing á sviði jarðminja í vinnuhóp sem ásamt sérfræðingi tilnefndum af Náttúrufræðistofnun Íslands og sérfræðingi tilnefndum af Orkustofnun fengi það hlutverk að greina

1. Hvaða gögn um jarðminjar teljast nauðsynleg vegna mats á verndargildi jarðhitasvæða?
2. Á hvaða formi nýtast þau best í þessu skyni?
3. Hvaða gögn eru til hjá stofnunum og fyrirtækjum sem nýta mætti í þessu skyni?
4. Hvaða nýrra gagna þyrfti að afla?

Með hliðsjón af hlutverki Umhverfisstofnunar væri eðlilegt að sérfræðingur tilnefndur af henni yrði formaður vinnuhópsins. Brýnt væri að þessi vinnuhópur gæti hafið störf sem fyrst.

Með kveðju

  
Sveinbjörn Björnsson  
Formaður verkefnisstjórnar Rammaáætlunar  
um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Afrit: Ingimar Sigurðsson skrifstofustjóri umhverfisráðuneytinu  
Guðjón Axel Guðjónsson skrifstofustjóri iðnaðar- og viðskiptaráðuneytinu  
Hákon Aðalsteinsson, Orkustofnun

## Fylgiskjal 2. Flokkun jarðhitaminja

### A Djúpvatn ríkjandi

Í þessum flokki kemur orka jarðhitakerfisins til yfirborðs að mestu leyti með heitu vatni, hvort sem um er að ræða djúpvatn eða blöndu djúpvatns og kalds grunnvatns. Vatnið getur komið til yfirborðs sem vatn eingöngu eða blanda vatns, gufu og gasa ásamt uppleystum efnum. Vatnshverir geta haft stöðugt rennsli eða óstöðugt, gosið, ólgað og soðið. Suðuhverir eru þannig við suðumark og ólga yfirleitt, stundum er mikið af gasi eða gufu í hvernum þannig að ólgan helst nokkra sentímetra yfir vatnsborð hversins. Vatnshverir ná yfirleitt ekki hæra hitastigi en suðumarki.

Djúpvatn nefnist það vatn sem kemur djúpt að úr berggrunni og ber með sér uppleyst efni sem falla út á yfirborði. Í þeim tilfellum sem gufa hitar yfirborðsvatn falla litlar sem engar útfellingar við hveru eða laugar. Blanda djúpvatns og yfirborðsvatns eða grunnvatns á litlu dýpi getur myndað hveru og laugar þar sem efni falla út í mismiklu magni eftir blöndu vatnsgerða.

Í flokkunartöflunni sem hér er lögð til grundvallar eru fyrirbærin flokkuð eftir fjölda, umfangi, hvort frá þeim sé frárennsli, kraftur í suðu eða útfellingar. Jafnframt hefur verið miðað við eftirfarandi skiptingu í hveru, laugar og volgrur eftir hitastigi:

Hver >70°C

Laug 25–70°C

Volgra 10–25°C

#### *Einstök fyrirbæri:*

**Kísilhverir** eru að langmestu leyti vatnshverir með efnaríku djúpvatni og setja af sér hrúður umhverfis hveraopin.

**Djúpvatnsblandaðar laugar** eru blanda djúpvatns og kalds grunnvatns. Laugar af þessum uppruna koma t.d. upp úr áreyrum.

**Goshverir** Goshverir eru bæði á há- og lághitasvæðum og eru með sjaldgæfustu fyrirbrigðum á jarðhitasvæðum. Goshver er hver við suðumark þar sem vatn þeytist öðru hvoru upp í loftið en er kyrrt þess á milli. Ekki eru sett lágmarksviðmið á goshveri, en stundum er miðað við að vatnið lyftist a.m.k. 30 cm. Þetta eru óstöðug fyrirbæri, eflast við jarðskjálfta en hjaðna á milli.

**Ölkeldur** eru kaldar eða rétt volgar uppsprettur sem finnast á háhitasvæðum og oft í jöðrum þeirra. Yfirleitt eru þær járnmengaðar og bragðvondar og vatnið rauðbrúnleitt, jafnvel svo liti heilu lækina

**Kolsýruhverir og –laugar** koma fyrir á nokkrum háhitasvæðum, einkum við jaðra þeirra, eða þar sem virknin er dvínandi. Vatnið í þeim er grunnvatn fremur en yfirborðsvatn.



## B Gufa ríkjandi

Orka berst til yfirborðs aðallega með heitri gufu sem getur komið djúpt úr jarðhitakerfum og inniheldur þá gjarnan ýmsar gastegundir s.s. brennisteinsvetni ( $H_2S$ ) og koldíoxíð ( $CO_2$ ). Djúpgufa er súr og við op á yfirborði falla út ýmis efni s.s. brennisteinn, gifs og ýmis sölt. Gufuop á háhitasvæðum mynda annað hvort breiður eða staka hverir sem eru viðvarandi á sama stað í langan tíma, ár eða áratugi. Gufur leggur einnig upp af afrennsli frá háhitasvæðum og er þá ekki um að ræða mikið af gösum og því fellur lítið sem ekkert út af efnum við gufuop á yfirborði við þau.

Í þeim tilfellum sem heit gufa á leið til yfirborðs hitar yfirborðsvatn myndast vatnshverir. Þeir þekkjast frá djúpvatnshverum m.a. á því að það myndast litlar sem engar útfellingar við hverir eða laugar.

Við greiningu og nánari flokkun er hér miðað við sömu þætti og varðandi vatnshverir

**Gufuhverir** með kröftugum gufustrókum koma fyrir á mörgum háhitasvæðum. Þeir sjást oft langt að og eftir þeim er tekið. Þeir kröftugustu blása þurri gufu, oft með hvæsi (gegnær strókur næst opinu), yfir  $100^\circ C$  heitri.

**Gufuaugu**, afmörkuð op þar sem gufa streymir til yfirborðs. Víða mótast einungis fyrir gufunni þegar rakt og/eða kalt er í veðri. Gufuaugu eru oft í þyrpingum, eða raðast eftir brotalínunum.

**Gufuhitað yfirborðsvatn** Gufa af djúpvatni kemur upp og hitar kalt grunnvatn (oft falskt grunnvatnsborð). Þó að um sé að ræða sjóðandi yfirborðsvatn koma engar útfellingar úr vatninu og oft er lítið afrennsli.

**Gufuhitaðar laugar** eru sams konar fyrirbæri – laugar og hverir, grunnvatn, sem hitað eru upp af gufu, og engar útfellingar eru við slíka staði en rennsli getur verið nokkuð. Þessi tegund er algeng þar sem skriður hafa lagst yfir heita jörð. Skriðurnar eru ágætis grunnvatnsleiðarar (raunar falskir) og fram koma laugar neðan til í skriðunum.

**Soðstampar** eru sísjóðandi vatnshverir með næstum tæru vatni og litlu afrennsli. Þeir sjóða ákaflega. Stundum eru þeir í hvelvingum á lagskilum þar sem grunnvatn leitar að.

**Soðpönnur** eru grunnir hverir með næstum tæru vatni þar sem bullsýður í ótal smáaugum í botninum. Smárennsli er jafnan úr slíkum hverum.

**Lækjargosar** eru fyrirbæri sem fáir þekkjast. Nafngiftin er frá Guðmundi Ómari Friðleifssyni jarðfræðingi, en svo nefndi hann hver einn í Vondugiljum á Torfajökulssvæðinu. Þar rennur smálækur ofan í hveraop, þar til út af flóir. Í því kraumar smástund uns hverinn gýs vatninu úr sér og tæmist.

**Leirhverir** myndast þar sem gufa streymir upp gegnum grunnvatn og súr vökvinn leysir upp berg og myndar leir sem oft sýður og vellur. Til myndunar þeirra þarf hæfilega mikið yfirborðsvatn, í sumum tilfellum nægir þéttivatnið eitt. Þykkt leðjunnar í þeim fer eftir framboði á yfirborðsvatni. Mishátt getur staðið í þeim eftir

úrkomu. Lækki grunnvatnsborð geta leirhverir breyst í gufuhveri. Oft eru þeir afrennslislausir, en stundum rennur sytra frá þeim. Algengt er að gufubólur springi í leirhverum og kragi eða strýtur hlaðast upp umhverfis þar sem sletturnar koma niður og nefnast slík fyrirbrigði *mudvolcano* á ensku, gætu nefnst leirdríli á íslensku. Leirhverir eru sjaldnast einir á ferð. Þeir finnast innan um skellur í heitri jörð og oftast sem leirpyttaklasar.

**Gjósandi leirhverir** áköf suða, leir skvettist upp í hveraopinu.

**Heit jörð eða skellur** með gufuaugum og leirhverum er algengasta fyrirbæri háhitasvæðanna. Stærðin er allt frá nokkrum fermetrum upp í nokkra hektara. Bergið er sundursoðið í leir og upplitað, og einkennandi eru hverasölt kringum gufuopin.

**Brennisteinsþúfur** myndast þar sem mikið brennisteinsvetni er í gufunni. Þær stærstu eru 10-20 m að þvermáli og 1-1,5 m háar. Gifsútfellingar vitna um kulnaða brennisteinshveri.

**Rauðþúfur** myndast þar sem foksandur sest að gufuaugum og hann límist saman og oxast. Geta verið 4-5 m að þvermáli og 1-1,5 m, háar.

**Gufuaugu í sandi.** Myndast þar sem gufa streymir upp í gegnum lausan foksand. Gufan myndar rakan sandkraga kringum augað. Þróast e.t.v. í rauðþúfur með tímanum.

**Volg jörð** er algeng á háhitasvæðunum þar sem jarðgerð er hagstæð, t.d melar eða annað gropið berg. Hér getur verið um stóra bletti að ræða, tugi fermetra og þar yfir. Lítið ber á þeim að sumri til, nema ef gróður er einhver, en best sjást þeir að vetri þegar snjó bræðir af þeim.

## C Útfellingar og ummyndun

Útfellingar af kísli, brennisteini og kalki eru algengustu útfellingar á háhitasvæðum, en einnig koma fyrir gifs, ýmis hverasölt og fleira. Hróðurhellur myndast þar sem mikið er af uppleystum efnum í vatni og rennsli mikið. Á svæðum þar sem jarðhita gætir ekki lengur og útfellingar endurnýja sig ekki lengur hefur hrúður og útfellingar að öðru jöfnu hærra verndargildi. Virkjun jarðhitasvæða hefur áhrif á rennsli vatns og því skiptir nýmyndun hrúðurs miklu máli á jarðhitasvæðum.

Berggrunnur leysist gjarnan upp í súru og heitu umhverfi jarðhitasvæðanna og þar myndast ýmsar leirtegundir s.s. kaolín, járnoxíð og fleira. Litir ummyndunar eru oft mjög fjölskrúðugir. Á háhitasvæðum sem virkjuð hafa verið hefur gufa haldið áfram að ummynda berggrunn og því hafa heit ummyndunarsvæði öllu jöfnu lægra verndargildi en þau sem eru orðin köld, sama gildir um útfellingar.

Í flokkunartöflunni er gerður greinarmunur á því hvort viðkomandi form eru í myndun (heit) eða útkulnuð og niðurbrot hafið. Jafnframt eru tilgreind nokkur algeng og afmarkandi form myndunar (stallar, þúfur eða lægðir)

**Kísilhrúður** er mjög algengur fylgifiskur kísilhvera og annarra fyrirbæra sem nærast af djúpvatni. Hrúður finnst einnig á nokkrum hverasvæðum þar sem vatnshveri er ekki lengur að finna.

**Kalkhrúður** (lindakalk) myndast við útfellingu kalks úr kalkríku vatni (hörðu vatni) sem kolsýrt vatn hefur leyst úr bergi jarðar. Kalkhrúður er einkum algengt á ölkeldusvæðum. Þekkist einnig á fáeinum stöðum þar sem nú er kalt eða óverulegur ylur í uppsprettum. Í sumum tilfellum hefur fallið út aragónít en hér er það flokkað með kalkhrúðri.

**Brennisteinn** myndast við oxun á  $H_2S$  þar sem ekki er vatn til staðar. Var nýtt áður fyrr á öldum og eru þekktir nýtingarstaðir víða um land

**Gifs** myndast í tengslum við streymi  $H_2S$  líkt og brennisteinn en hér eiga sér stað efnahvörf í tengslum við vatn.

**Hverajárn** (þ.e. hematít) myndar sundurlausa klumpa á sumum hverasvæðum, oft þar sem virknin er liðin hjá, en jafnan þar sem ummyndun er mikil.

**Kísilþófar** (lily pads). Útfelling á steinum, einkum úr kísli, vex oft lárétt við vatnsflöt.

**Hverasölt** myndast oft umhverfis gufuaugu. Hér er um að ræða viðkvæmar myndanir þar sem þessi sölt eru oftast auðleysanleg og hverfa því yfirleitt í næsta regni. Í einstaka tilfellum eru aðstæður þannig að hverasölt varðveitast og er jafnvel að finna á útkulnuðum svæðum

**Ummyndunarbreiður - leirflög.** Afbræðslusvæði á háhitasvæðum þar sem jarðhitinn hefur soðið berg í leir eða aðrar ummyndunarsteindir. Svæðin eru að öðru jöfnu gróðurlaus. Þar sem hveravirkni nær aftur á ísöld og hraun hafa ekki lagst yfir hefur rofist ofan af ummyndun úr dýpri lögum jarðhitakerfisins. Á slíkum svæðum er víða enn jarðhiti í einhverri mynd. Litauðgi er mikil á þeim þessara svæða þar sem rofið nær dýpst. Gefinn er kostur á grófri flokkun helstu leirtegunda, þ.e. smektít og kaolinít auk klóríts.

**Epídót.** Ummyndunarsteind sem myndast við hærri hita en  $250^{\circ}C$ . Þekkist aðeins sem yfirborðsmyndun í Vonarskarði en annars staðar er hana að finna í rofnum kjörnum eldri háhitasvæða.

## D Afrennsli frá háhitasvæðum

Víða rennur vatn frá hverasvæðum bæði ofanjarðar og neðan án þess að um sé að ræða beint uppstreymi jarðhitavatns. Dæmi eins og Varmár víða um land, Grjótagjá í Mývatnssveit og Hveragil í Kverkfjöllum falla í þennan flokk. Einnig má nefna þéttivatn af gufu, afrennsli af upphituðu grunnvatni, blanda djúpvatns og grunnvatns, súrir lækir og basískir o.fl.

**Djúpvatnsblandað afrennsli** Hátt kísilinnihald gefur upprunann til kynna. Útfellingar í og við farveg.

**Gufur af heitu grunnvatni.** Gufu getur lagt upp af heitum grunnvatnsstraumum í hraunum eða þar sem eru gljúp jarðlög. Gufan er í þessu tilfellum alveg lyktarlaus.

**Sortulækir.** Afrennislækir háhitasvæða, nokkuð einkennandi litur sem skýrist líklega af háu járninnihaldi.

**Varmár.** Víða um land gætir jarðhitaáhrifa í lækjum og ám sem hefur áhrif á hitastig þeirra og stjórna að miklu leyti lífríki ána og útliti nánasta umhverfis.

## E Annað

Jarðhitasvæði eru að ekki óháð stök í algeyminu heldur hluti af heild. Þar er að finna margvísleg fyrirbæri og ferli sem eru annað hvort háð jarðhitnum eða geta haft áhrif á ásýnd, umfang og gerð yfirborðsmyndana jarðhitans. Reyndar geta einnig verið til staðar margvísleg fyrirbæri sem tengjast jarðhitnum ekkert beint en auka fjölbreytni, mikilvægi og verndargildi svæðisins til viðbótar við jarðhitann sjálfan. Í þessari flokkunarvinnu er þeim hluta alveg sleppt en fellur undir almenna jarðfræðipækkingu sem leitað er að í spurningalista sem sendur er til þeirra aðila sem líklegt þykir að hafi upplýsingar um jarðminjar á háhitasvæðum.

**Sprensigíggar** myndast við snögga suðu grunnvatns, yfirleitt í tengslum við eldgos eða kvikuhreyfingar. Einnig getur snögg suða jarðhitavatns vegna þrýsingslækkunar, s.s. í tengslum við jarðskjálfavirkni.

**Gosgíggar** sem þróast hafa í sprensigíga koma fyrir á nokkrum háhitasvæðum. Þeir eiga rætur að rekja til eldgosa þar sem vatn úr jarðhitakerfi hefur leitað í gosrásina og soðið upp úr henni. Nýleg dæmi eru Vítin í Kröflu og Öskju. Hvannstóð vestur af Kröflu er forsögulegur gígur af sama tagi.

Þar sem gossprungur liggja yfir háhitasvæði koma fyrir sprensigíggar og meira gjall í gígum en utan við. Vatn úr jarðhitakerfi er þar einnig orsök. Skýrust dæmi eru í Trölladyngju, og Krýsuvík, en það sama sést einnig í Innstadal í Hengli, Bjarnarflagi og etv. víðar. Dæmin sem hér að ofan er vitnað til eru öll frá nútíma, þ.e. eftir lok ísaldar.

Á nokkrum háhitasvæðanna eru sprensigíggar og jafnvel þyrpingar sprensigíga frá ísöld eða ísaldarlokum, t.d í Kröflu, Trölladyngju, Hengli og Kverkfjöllum. Þeir

kunna að hafa myndast þegar þrýstiástand fór úr jafnvægi við hlaup eða snögga lækkun grunnvatnsborðs í ísaldarlokin.

**Minni háttar hverasprengigíggar** eru nokkuð algengir á háhitasvæðum. Þeir verða til þegar vatn hvellsýður á litlu dýpi. Hverabollarnir eru fáeinir metrar á dýpt og 30- vel yfir 50 m á vídd þeir stærstu. Nokkur nýleg dæmi eru um hverasprengingar sem allar hafa orðið í tengslum við jarðskjálfta og þá á upptakasprungunum.

**Kolsýrusprengigíggar.** Sprengigíggar af óvissum uppruna koma fyrir á Hengilsvæðinu. Þeir eru í móbergfjöllum norðaustur af Ölkelduhálsi og miklu yngri en fjöllin sjálf (Smjördalur í Súluelli og Katlatjarnir). Gígarnir eru nokkur hundruð metrar í þvermál, kringlóttir nema þar sem þeir grípa hver í annan, en ekkert úrkast verður rakið til þeirra. Bólstrabergshryggir mynduðust á eftir gígunum, líklega í sama gosi. Mikil kolsýra er í hverum á Ölkelduhálsi. Hugsanlegt er að heit kolsýra hafi leitað upp í sprungur og breyst í gas við lágan þrýsting upp undir yfirborði.

**Sigkatlar í jöklum** eru viðvarandi við bráðnun í þykkum jökli þar sem mikill jarðhiti er undir. Afrennsli kemur fram í ám, stundum í hlaupum.

**Göt og hellar** bráðna í þunna jökla og fannir (jökull ef 50 m eða meira) þar sem hverir eru undir. Vel þekkt dæmi eru í Torfajökli, Hrafninnuskeri, Kaldaklofsjökli og Kverkfjöllum.

Skilgreiningar þessar eru byggðar á gögnum frá Helga Torfasyni (2003), Kristjáni Sæmundssyni & Hauki Jóhannessyni (2005), og með hliðsjón af upplýsingum á heimasíðum Orkustofnunar ([os.is](http://os.is)) og Náttúrustofu Kópavogs ([www.natkop.is](http://www.natkop.is))

Flokkar	Tegund	Flatarmál	Lýsing, magn*	Lýsing					Sjóðandi	Hitastig			Athugasemdir	
				Margir saman	Frárennsli	Kraftur í suðu	Útfellingar	næð goss		Hverir (>70°C)	Laugar (25-70)	Volgrur (10-25)		
<b>A Djúpvatn ríkjandi</b>														
	Vatnshverir													
	Kísilhverir													
	Djúpvatnsblandaðar laugar													
	Goshverir													
	Ölkeldur													
	Kolsýruhverir og -laugar													
<b>B Gufa ríkjandi</b>														
	Gufuhverir													
	Gufuaugu													
	Hitað yfirborðs/grunnvatn													
	Gufuhitaðar laugar													
	Soðstampar													
	Soðpönnur													
	Lækjargosar													
	Leirhverir													
	Leir-goshverir													
	Heit jörð													
	Brennisteinspúfur													
	Rauðpúfur													
	Gufuaugu í sandi													
	Volg jörð - gróinn jarðvegur													

\*Lýsing, magn:

- 1 Til staðar, ekki algengt
- 2 Algengt, ekki ríkjandi
- 3 Ríkjandi form

Flokkar	Tegund	Flatarmál	Lýsing, magn*	Heit - í myndun	Köld - í rofi	Stallar (Terrasar / pa	Þúfur, hólar	Lægðir, trektlaga op	Athugasemdir
<b>C Útfellingar og ummyndun</b>									
Útfellingar									
	Kísill								
	Kalk								
	Brennisteinn								
	Gífs								
	Hematít (hverajárn)								
	Hveraskánir við vatnshveri								
	Kísilþófar, skánir í frárennsli (lily pads)								
	Holufyllingar								
	Hverasólt								
Ummyndun									
	Ummyndunarbreiður								
	Leir - ósundurgreint								
	Smektít								
	Kaólínít								
	Klórít								
	Háhitaummyndun v.> 250°C								

<b>D Afrennsli frá háhitasvæðum</b>									
	Djúpvatnsblandað afrennsli								
	Gufur af heitu grunnvatni								
	Sortulækir								
	Varmár								

\*Lýsing, magn:

- 1 Til staðar, ekki algengt
- 2 Algengt, ekki ríkjandi
- 3 Ríkjandi form

Flokkar	Tegund	Flatarmál	Lýsing, maç	Margir sam-	Jarðhiti	Útkulnað	Útfellingar	Athugasem
<b>E Annað</b>								
	Hveraörverur sýnilegar							
	Aðrar jarðminjar tengdar jarðhita							
	Sprengigíggar							
	Minniháttar sprengigíggar							
	Kolsýrusprengigíggar							
	Sigkatlar í jöklum/fönnum							
	Hellar og göt við jökla							
	Kulnaðir hverabollar							
	Útkulnaðir goshverir							
	Jarðminjar sem hafa áhrif á jarðhita							
	Tektónik							
	- misgengi							
	- gjár							
	- sprungulínur							
	- þrýstihólar							
	Jarðfræði							
	Berggrunnur/jarðgrunnur							
	Jarðfræði							

## Fylgiskjal 3 Spurningalisti um jarðminjagögn

Stofnun / fyrirtæki: \_\_\_\_\_

**A** Nafn Jarðhitakerfis/svæðis:

**B** Svæðið hefur verið afmarkað með:

	Já	Nei	Stafrænt?	Athugasemdir
Viðnámsmælingum				
Yfirborðsfyrirbærum				
Öðru				

þá hverju: \_\_\_\_\_

**C** Jarðfræðilegar aðstæður:

	Já	Nei	Stafrænt?	Mælikvarði
Berggrunnskort				
Jarðgrunnskort				
Höggunarkort				
Kort af eldvirkni				
Grunnvatnskort				
Yfirborðsvatn				
Innrauðar myndir				
Annað				

þá hvað: \_\_\_\_\_

**D** Staðsetning og/eða útbreiðsla jarðhitafyrirbæra:

	Já	Nei	Stafrænt?
vatnshverir			
gufuaugu/gufuhverir			
heit jörð			
ummyndun			
útfellingar			

**E** Aðgengi gagna:

	Já	Nei
Eru gögnin opin:		
Greiðsla		

Vinsamlegast tilgreinið hvort óskað er eftir greiðslu fyrir gögnin eða umsýslugjald fyrir afgreiðslu á þeim

Dagsetning: \_\_\_\_\_



Útfyllt af: \_\_\_\_\_

**ATH:**

Vinsamlegast fyllið út eitt blað fyrir hvert jarðhitakerfi eða sértilgreind svæði innan sama kerfis Merkið með krossum, nema í þeim tilfellum sem óskað er ítarlegri upplýsinga.  
Annars vegar er óskað upplýsinga hvort viðkomandi gögn eru til á stofnuninni/fyrirtækinu og ef svo er, hvort þau séu aðgengileg á stafrænu formi  
Óskað er eftir því að skýrslur, greinar og/eða heimildir fylgi með

**Leiðbeiningar vegna spurningalista um jarðhitasvæði:**

Athugið að á þessu stigi er ekki leitast eftir gögnum um háhitasvæði heldur er verið að safna saman hvaða gögn og upplýsingar þar um eru til á hinum ýmsu aðilum, á hvaða formi þau eru í dag, hvort er aðgengi að þeim og hvort og þá hve miklu þurfi til að kosta til að fá aðgang að þeim.

Vinsamlegast leitist við að svara á eins einfaldan hátt og mögulegt er í formið en ef nánari skilgreininga eða upplýsinga er þörf, fylgi þau með í fylgiskjölum.

Rafræn skráning er æskilegust, þ.e. fyllið inn í formið og sendið til baka ásamt fylgiskjölum (ef eru).

**A Nafn jarðhitasvæðis**

Leitast skal við að nota tilgreind heiti háhitakerfa í viðauka I. Ef talin er ástæða til eða þörf á nánari skilgreiningu afmarkaðra svæða innan þessara háhitakerfa er það sett í sjálfsvald hvers og eins. Í þeim tilvikum þarf þó að fylgja með skilgreining skiptingar, forsendur fyrir henni og koma verður skýrt fram í hvaða jarðhitakerfi viðkomandi svæði er.

**B Afmörkun svæðis**

Leitast er eftir því hvort svæði hefur verið afmarkað og þá með hvaða aðferðum. Æskilegt er að uppgafið verði hvernig viðkomandi greining er fengin (aðferð, viðmiðun eða tækni eftir því sem við á).

**C Jarðfræðilegar aðstæður**

Hafa verið könnuð jarðfræðileg fyrirbæri önnur en þau sem fylgja jarðhitanum og þá hvaða. Er til aðgengilegt kort af viðkomandi fyrirbærum og ef svo er, er slíkt kort til á stafrænu formi og hnitsett eða upprétt? Jafnframt skal koma fram mælikvarði sem kortið hefur verið unnið í eða notkun er miðuð við.

**D Staðsetning og/eða útbreiðsla einstakra fyrirbæra tengd jarðhitanum**

Um skýringar á þeim heitum sem vísað er til í forminu er vísað til viðauka II þar sem er að finna drög að skilgreiningum á myndunum og fyrirbærum á háhitasvæðum. Sú flokkun byggir einkum á sambærilegri flokkun Helga Torfasonar (2003), að teknu tilliti til flokkunar Kristjáns Sæmundssonar og Hauks Jóhannessonar (2005).

***E Aðgengi gagna***

Óskað er eftir upplýsingum um það hvort greiða þurfi fyrir aðgang að upplýsingum um tilgreind háhitasvæði og ef svo er, hvort um sé að ræða umsýslugjald eða greiðslu fyrir gögnin sem slík. Ekki er beðið um upplýsingar um verð, slíkt myndi verkefnisstjórn rammaáætlunar ræða við réttihafa.

**Viðauki I, háhitakerfi á Íslandi**

Reykjanes  
 Svartsengi  
 Krýsuvík  
 Brennisteinsfjöll  
 Hengill  
 Prestahnúkur  
 Geysir  
 Hveravellir  
 Kerlingarfjöll  
 Mýrdalsjökull  
 Torfajökull  
 Grímsvötn  
 Hágöngur/Köldukvíslarbotnar  
 Vonarskarð  
 Kverkfjöll  
 Dyngjufjöll (Askja)  
 Hrúthálsar  
 Fremrinámar  
 Námafjall  
 Krafla  
 Gjástykki  
 Þeistareykir  
 Öxarfjörður

## Viðauki 7

# Íslenskt landslag Flokkun og verðmætamat



### **Til verkefnisstjórnar Rammaáætlunar – annars áfanga.**

Meðfylgjandi er áætlun um rannsóknir á íslensku landslagi. Markmið þeirra er að fullvinna aðferðafræði fyrir flokkun íslensks landslags og að kanna viðhorf íslensks almennings til landslagsgerða og verðmæta sem felast í íslensku landslagi.

Í starfshópinn voru skipuð: Árni Bragason Umhverfisstofnun, formaður, Jakob Gunnarsson Skipulagsstofnun, Snorri Baldursson Náttúrufræðistofnun Íslands, Steinunn Huld Atladóttir RARIK (fulltrúi Samorku), Þóra Ellen Þórhallsdóttir, prófessor. Formaður óskaði eftir að fá að til liðs við starfshópinn sérfræðinga sem unnið hafa við kennslu og rannsóknir á landslagi, þá dr. Þorvarð Árnason og Yngvi Þór Loftsson landslagsarkitekt og var það samþykkt af verkefnisstjórn. Bryndís G. Róbertsdóttir jarðfræðingur á Orkustofnun sat einnig fundi hópsins. Til fundar við hópinn kom Ólafur Árnason Línuhönnun og kynnti skýrslu sína um aðferðir við mat á landslagi.

Undirritaður þakkar starfshópnum ánægjulegt samstarf.

Reykjavík 23. maí 2006

Árni Bragason.

23.maí 2006

# Íslenskt landslag

## Flokkun og verðmætamat

---

### 1. INNGANGUR

Hér er lögð fram áætlun um rannsóknir á íslensku landslagi. Markmið þeirra er tvíþætt: 1) að fullvinna aðferðafræði fyrir flokkun íslensks landslags og beita henni síðan á landið eftir nánari afmörkun. Niðurstöðurnar verða síðan m.a. notaðar til að meta fjölbreytni og fágæti tiltekinna landslagsgerða en í þessum tveimur þáttum felst hluti af verndargildi landslags sem og annarra náttúruminja. 2) að kanna viðhorf íslensks almennings til þeirra landslagsgerða sem um ræðir, þ.m.t. mat hans á þeim verðmætum sem í íslensku landslagi felast. Þessi tvö verkefni eru aðskilin, m.a. vegna þess að nálgun þeirra og aðferðafræði er mjög ólík en þau bæta hvort annað upp og í lokaúrvinnslu felst samþætting niðurstaðna úr þeim báðum.

Verður fyrst gerð grein fyrir hvoru verkefni fyrir sig, rannsóknáætlun og tímaáætlun. Áætlunin hefur verið endurskoðuð frá fyrri drögum í samræmi við óskir frá verkefnisstjórn og er nú gert ráð fyrir að verkefnið taki til allra helstu landslagsgerða utan þéttbýlis. Að lokum er lögð fram kostnaðaráætlun.

### 2. FLOKKUN ÍSLENSKS LANDSLAGS OG MAT Á FJÖLBREYTNÍ OG FÁGÆTI LANDSLAGSGERÐA

Flokkun landslags er annar af tveimur meginþáttum verkefnisins. Slík flokkun er grunnur að hlutlægum samanburði á því hvaða svæði eru lík og hver eru ólík, hvaða landslagsgerðir eru algengar á Íslandi og hverjar eru fágætar. Ef hún nær til alls eða mestalls landsins, má nota hana til flokkunar landslags á mismunandi kvarða, t.d. til að greina hvort einhverjir þættir eru einkennandi fyrir landið allt, hvað það er sem skapar breytileika á ólíkum kvörðum og hvers konar landslag er einkennandi fyrir ólíka landshluta. Af flokkuninni má einnig leiða mat á fjölbreytni landslags, bæði einstakra svæða og almennt fyrir ólíka landslagsflokka.

Flokkun landslags má byggja á talsvert mismunandi forsendum enda eru flokkunarkerfin sem til eru mjög ólík innbyrðis og markmið þeirra breytileg. Þegar gert er upp á milli aðferða ætti að hafa markmið Rammaáætlunar í huga, sem sé að meta og raða virkjunarkostum m.a. eftir áhrifum á umhverfi, þ.m.t. landslag. Það er nauðsynlegt að flokkunin sé þannig að með henni fáiist einhvers konar magnbundið mat á helstu einkennum landslags sem nota má sem grunn til að meta fjölbreytni landslags og fágæti einstakra landslagsgerða. Flokkunareiningarnar þurfa þess vegna að vera þannig að hægt sé að raða svæðum eftir þeim upp í einhvers konar röð (frá háu til lágs gildis).

Erlend kerfi, t.d. breska flokkunarkerfið frá The Countryside Agency, byggja gjarnan á gróðurfari, jarðsögu og landmótun, og oft skiptir landnýting og saga hennar miklu máli. Þannig er flokkunarheiti landslagsgerða byggt á allt að fjórum orðum, einu fyrir jarðfræði, einu fyrir landmótun, einu fyrir yfirborð (oftast gróður) og einu fyrir landnýtingu. Til dæmis er einn flokkur *limestone plateau farmland* og annar *granite mountain woodland settled*. Sem dæmi um aðra og mjög ólíka nálgun má

nefna ástralska flokkun þar sem greindir eru ferns konar áhrifaflokkar: veðurfar, gróðurfar, og tveir flokkar sem vísa til áhrifa mannsins. Annar tekur til lands þar sem búsvæðum hefur verið umbylt með nýtingu (*habitat replacement*) og hinn til vægari breytingar á upprunalegum búsvæðum (*habitat modification*). Margar þessara aðferða fela ekki í sér mat á fjölbreytni landslags og a.m.k. sumar gefa heldur ekki nema mjög grófan grunn fyrir samanburð á svæðum, t.d. hver eru líkust og hver ólíkust í tilteknu úrtaki.

Hér er ætlunin að búa til flokkun byggða á sjónrænum eiginleikum landsins, formum, litum, yfirborði og áferð, og helstu mótunarþáttum (berggrunni/jarðgrunni, jarðsögu, gróðri og landnýtingu). Hún snýr að eðlissrænum, þ.e. náttúrufarslegum eiginleikum, en tekur ekki til menningar- eða félagslegra þátta, eins og til dæmis mats á fegurðargildi eða þess hvaða andblæ ólíkt landslag vekur í huga þess sem á horfir.

## 2.1. Flokkun faghóps I í fyrsta áfanga Rammaáætlunar um nýtingu vatnsafls og jarðvarma

Tilraun til sjónrænnar flokkunar er þegar til þar sem er flokkunarkerfi faghóps I sem unnið var í 1. áfanga Rammaáætlunar og henni verður nú lýst í hnotskurn. Í öðrum dálki í Töflu 1 (sjá næstu bls.) sjást þeir sjónrænu eiginleikar sem flokkunin byggðist á, t.d. hvort breytileiki í hæð hafi verið mikill eða lítill (nr. 2). Matið byggist á andstæðum, t.d. á því hvort breytileiki í hæð sé mikill (fjöllótt land) eða lítill (slétta). Hópurinn gaf einkunnir frá 1 – 5: marflatt land fékk þannig einkunnina 1 en há fjöll einkunnina 5. Einkunnagjöfin endurspeglar ekki einhver “gæði” í landinu, - einkunnin 5 er hvorki verri né betri en 1, enda alveg eins hægt að snúa einkunnaskalanum við og gefa 1 fyrir fjöllótt land og 5 fyrir sléttu. Hópurinn vann út frá ljósmyndum og heimsóknum á svæðin en allt eins má hugsa sér að vinna a.m.k. hluta vinnunnar í tölvu eftir kortum (gróður-, vatnafars-, hæðarlínukortum) og loftmyndum (skámyndum og lóðréttum).

Viðmiðin í Töflu 1 þekkjast næstum öll með einum eða öðrum hætti úr öðrum flokkunarkerfum, og má taka áðurnefnt breskt kerfi sem dæmi. Þar er lagt mat á 1. sjóndeildarhring (*enclosure: expansive/open/enclosed*), 2. breytileika í hæð (*contour intervals, slope*), 3. útlínur lands og form (*undulating/sharp/plain/deep gorge, form: straight/angular/curved/sinuuous*), 5/6 gróður (*vegetation cover/habitats/tree cover*), 7. litbrigði (*colour: monochrome/colourful/garish*), 8. mynstur (*pattern, bæði hversu sterkt mynstrið er og hvort það er smágernt eða grófgert*), 9. áferð (*texture: smooth/rough*) og 10. vatn (sem *hydrology, t.d. river, pond*). Munurinn er þó sá að í breska kerfinu er ekki gefin töluleg einkunn en þar er aftur á móti lagt mat á óhlutbundin gildi, s.s. *security/tranquility/pleasure/balance*. Eitt viðmið í Töflu 1 kann að vera sérstakt fyrir íslenskt landslag og endurspeгла sérstöðu þess en það er eiginleikinn *endurtekin form*. Þau eru algeng hér á landi, oftast tengd eldvirkni. Mörg setja mikinn svip á landslag, t.d. gígaraðir, gígavötn, móbergshryggir, gervigígar og fleira mætti telja.

Neðst í töflunni eru þrjú samsett viðmið. *Andstæður* teljast miklar þar sem er mikill breytileiki í hæð, fjölbreyttur gróður, mikil litbrigði í landi, margbreytileg áferð, vatn er mikið áberandi og einkum ef það birtist sem lygnt (vötn), strítt og sem fossar, og jarðhiti og jöklar auka einnig á andstæður. Landslag verður *hrikalegt* þar sem er mikill breytileiki í hæð, þar sem áferð lands er mjög hrjúf (t.d. mjög úfið hraun eða sprungnir skriðjöklar) og þar sem eru gljúfur, hamrar eða jöklar. Síðasta samsetta

nr	eiginleiki	mælikvarði	dæmi
1	sjóndeildarhringur	nálægur - fjarlægur	fjöllótt land - háslétta
2	breytileiki í hæð	lítill – mikill	slétta – fjöllótt land
3	útlínur lands og form	ávalar – hvassar/beinar línur/form	öldótt háslétta – tindakraðak
4	endurtekin form	nei - já	t.d. gígaraðir, eldhryggir, öldur
5	gróður	lítill – mikill	auðnir – algróið land
6		einsleitur - fjölbreyttur	gróðurvinjar – mósaík búsvæða
7	litbrigði	lítill – mikill	blágrýti – líparít melar – samspil jökla/gróðurs/vatns
8	mynstur	grófmynstrað–smámynstrað (= fábreytt - fjölbreytt)	víðáttumiklir melar eða sandur – land sem er mósaík ólíkra bletta
9	áferð	einsleit – margleit	sandur- hraun- lygnt-strítt vatn á grónu landi t.d. graslendi-kjarr
10		slétt – hrjúf/úfin	
11	vatn	lítið – mikið áberandi	þurrar auðnir – land með stöðuvötnum, ám og fossum
12		straumpungi: lygnt/strítt/fossar	
13	andstæður	litlar – miklar	samsett úr 2, 6, 7, 9, 11, 12, + jarðhiti og / eða jöklar
14	hrikaleiki	lítill – mikill	2 + 10 (hrjúft) + gljúfur, hamrar, jöklar
15	fjölbreytni	lítill - mikill	2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 12

Tafla I. Viðmið sem faghópur I innan Rammaáætlunar notaði til að flokka landslag, einkum á miðhálandinu, og meta fjölbreytni þess.

viðmiðið er svo fjölbreytni en hún er samsett úr breytileika í hæð, fjölbreytni í útlínum/formum í landinu, fjölbreyttum góðri, miklum litbrigðum, smágerðu mynstri í land, margbreytilegri áferð, áberandi og mörgum birtingarformum vatns.

Hér er ætlunin að byggja á aðferðafræðinni úr 1. áfanga en bæta við hana helstu mótunarþáttum, s.s. jarðfræði, jarðsögu, gróðurflokkun og landnýtingu. Sem dæmi um það hvernig mótunarþættir gætu komið inn í flokkunina má nefna: *tertíer blágrýtismyndun-jökulsorfið fjarðaland-beitt* (Dýrafjörður), eða *móberg-jökultengd gosmyndun-auðnir* (Kverkfjallarani). Hægt er að stýra því hvernig þessir þættir koma inn í úrvinnslu flokkunarinnar í fjölpátta greiningu.

## 2.2. Markmið

Markmið flokkunarþáttar verkefnisins er þrjúþætt:

1. **þróa aðferðafræði** til að greina helstu eðlisrænu drætti í íslensku landslagi og nota hana til að
2. **flokka landslag** eftir sjónrænum og eðlisrænum þáttum
3. meta **fjölbreytni og fágæti** landslags og landslagsgerða

### 2.3. Afmörkun verkefnisins og val á svæðum

Í fyrri drögum voru lagðar fram 4 tillögur að afmörkun, allt frá því að taka allt íslenskt landslag (þ.m.t. borgarlandslag) til þess að einskorða verkefnið við þær landslagsgerðir sem líklega verða fyrir mestum áhrifum af orkuvinnslu vatnsafls og jarðvarma, þ.e. hálendið og óbyggð eða lítt byggð svæði. Í samræmi við óskir verkefnisstjórnar og umræður innan hópsins er hér gert ráð fyrir að rannsóknirnar taki til helstu landslagsgerða á Íslandi utan þéttbýlis. Mikilvægt var talið að taka strandsvæði með sem og landbúnaðarlandslag. Til einföldunar og nánari afmörkunar verður hér framvegis rætt um þessi svæði sem þrjú mismunandi grunnflokka landslags, þ.e. a) hálendi/óbyggðir, b) strandsvæði og c) búsetulandslag, enda má gera ráð fyrir að landslagsgerðir innan hvers flokks hafi ákveðna drætti sem séu þeim sameiginlegir en finnast hins vegar ekki (eða síður) í öðrum gerðum.

Með rannsóknunum er verið að búa til almennan grunn að lýsingu og flokkun á íslensku landslagi og aðferðafræði sem á að geta nýst við margs konar verkefni í framtíðinni og sem nýtist þá einnig beint við að búa til heildaryfirlit af íslensku landslagi. Við söfnun úrtaks má hugsa sér að fara tvær leiðir. Önnur leiðin er að safna tilviljunarkennt eða skipulega (*stratified*, t.d. innan hnitakerfis sem varpað er á landið allt) og nota síðan niðurstöðurnar til að búa til grunnflokka. Hin er að gera sér fyrirfram hugmynd um hverjar helstu landslagsgerðirnar séu og velja úrtakið út frá því. Fyrri leiðin er vísindalega og aðferðafræðilega séð æskilegri en hún kostar margfalt meiri vinnu og er varla raunhæf innan þess tímaramma sem verkefninu er settur. Hér er gert ráð fyrir að fara seinni leiðina þannig að settur yrði saman hópur sérfræðinga sem yrði til ráðuneytis um val á svæðum. Það er á hinn bóginn algjört lykilatríði fyrir þessa vinnu að sýnatakan sé endurtekin, þannig að innan hverrar meintrar landslagsgerðar séu nokkrir staðir eða “sýni”. Ef það er ekki gert, er ekki hægt að greina að hvort einkunn staðs ræðst af einstökum eiginleikum hans eða endurspeglar einkunn landslagsgerðarinnar. Fyrir flestar tilgátulandslags-gerðirnar er gert ráð fyrir að velja 4 svæði í úrtak (Tafla 2). Mjög æskilegt væri hins vegar að “prófa” seinna hvort tilgátuflokkarnir standist með því að velja (úr landinu öllu) tilviljunarkennt úrtak svæða og greina þau eftir sömu aðferðafræði og bera saman við útkomuna úr flokkuninni fyrir upprunalega úrtakið.

Í Töflu 3 (sjá þarnaestu blaðsíðu) er bráðbirgðalisti yfir tilgátu-landslagsgerðir sem teknar yrðu með og dæmi um svæði sem gætu komið til greina. Verkefnið er mjög umfangsmikið en þó vantar í það ýmsar landslagsgerðir, auk borgarlandslags, t.d. íslenskt alpalandslag (fjalllendi Tröllaskaga, Vestfjarða og Austfjarða) og eyjar. Ef eyjar yrðu teknar með ætti líklega að takmarka úrtakið við eyjar sem hafa verið byggðar og skipta þeim í tvennt, annars vegar stakar eyjar innfjarða (t.d. Hrísey, Æðey, Málmey) og svo eyjaklasa (Vestmannaeyjar, Breiðafjarðareyjar). Ekki er gert ráð fyrir eyjum í tíma- og kostnaðaráætlun.

### 2.4. Rannsóknáætlun

Verkinu verður skipt í 4 áfanga. Rannsókn- og tímaáætlun fyrir flokkunarþátt verkefnisins er sundurliðuð í Töflu 2 en heildaráætlun fyrir verkefnið allt er í Töflu 5.

*i) Samantekt á erlendri aðferðafræði við flokkun landslags.*

Slík samantekt hefur þegar verið unnin af nokkrum aðilum hér á landi og ekki er ætlunin að leggja í verulega viðbótarvinnu við heimildaröflun vegna þessa



hluta. Viðamest og ítarlegust er skýrsla Ólafs Árnasonar (2005): *Aðferðir við mat á landslagi* (Línuhönnun). Einnig má nefna tvær ritgerðir frá meistaranemum við Háskóla Íslands: samanburð Helenu Óladóttur (2005) á því hvernig landslag hefur verið metið í vinnu við mat á umhverfisáhrifum framkvæmda hér á landi og samanburð Karin E. Paalsson (2006) á aðferðum við flokkun landslags í 5 löndum (Bretlandi, Finnlandi, Bandaríkjunum, Noregi og Ástralíu). Innan Háskóla Íslands hefur undanfarin 5 ár verið safnað saman fræðilegum framlögum um landslag (einkum tímaritsgreinum) og þar er nú mikið safn greina um þetta efni. Landbúnaðarháskóli Íslands hefur m.a. tekið þátt í norrænni vinnu um búsetulandslag og leitað verður eftir samráði þangað, en hversu náði það verður fer eftir því hvernig umfang verkefnisins verður afmarkað. Þetta hefði verið best að fullvinna áður en farið yrði í gagnasöfnun en nú gefst varla tími til þess. Maí og byrjun júní ætti að nota til þess eins og hægt er en annars verður að fullvinna þennan þátt síðar.

ii) *Skipun sérfræðingahóps og val á svæðum*

Gert er ráð fyrir að hópur sérfræðinga verði til ráðuneytis um val á svæðum. Þessi hópur þyrfti ekki að vera stór en leita ætti til fólks með yfirgripsmikla staðþekkingu á landinu. Fyrsta verkefni þessa hóps yrði að velja 5 tilraunasvæði en síðan yrði safnað gögnum frá 25-30 svæðum í viðbót sumarið 2006 (frá júlí og fram í september eins og hægt er), úr öllum grunnflokkunum þremur (þ.e. óbyggðum/hálendi, strandsvæðum og láglandi /búsetulandslagi – væntanlega þó mest úr fyrsta flokknum) sem yrðu notað til að prófa og endurbæta flokkunarkerfið veturinn 2006-7. Ef val á svæðum reynist auðvelt, má e.t.v. fara langt með það á þessu ári en annars gefst tækifæri til að endurskoða og/eða bæta við fyrir sumarið 2007.

iii) *Próun aðferðafræði, og prófun á aðferðum og tilhögun við gagnasöfnun.*

Gert er ráð fyrir að nota fjölþátta (*multivariate*) greiningaraðferðir til að greina helstu landslagsgerðir og einkenni innan hvers grunnflokks og fá mat á hverjar eru líkar og hverjar ólíkar og hvað helst skilur á milli þeirra. Til viðbótar við þá sjónrænu þætti sem flokkun 1. áfanga Rammaáætlunar byggðist á, er gert ráð fyrir að taka með grunnþætti í jarðfræði (berggrunnur/jarðgrunnur) og jarðsögu (t.d. jökulsorfið berg frá tertíer eða hraun frá nútíma) svo og gróður (gróf flokkun byggð á gróðurkortum) og landnýtingu (ræktað land, beitiland). Við úrvinnslu væri hægt að velja hvernig þessir þættir koma inn í flokkunina.

Þegar hefur verið gerð grein fyrir inntakinu í aðferðafræði faghóps I en hún er sjónræn flokkun byggð á eðlisrænum eiginleikum landslags. Gert er ráð fyrir að hægt verði að byggja að hluta til á þessari aðferðafræði en reynt verður að bæta hana, einkum með hliðsjón af nýjum aðferðum sem komið hafa fram erlendis á s.l. árum. Þó verður að hafa í huga að aðferðafræði Rammaáætlunar var einkum unnin fyrir landslag miðhálendisins og ef mjög ólík svæði verða tekin með í þessari vinnu þarf væntanlega að endurskoða a.m.k. einhverja hluta hennar.

Að lokinni úrvinnslu, verður nýtt eða endurbætt flokkunarkerfi kynnt sérfræðingum og öðrum sem vilja láta sig málið varða og stefnt að því að aðferðafræðin verði fullmótuð vorið 2007.

iv) *Gagnasöfnun og úrvinnsla*

Á útmánuðum 2007 yrðu valin fleiri svæði í úrtak og gögnum frá þeim síðan safnað þá um sumarið. Stærð úrtaksins ræðst að sjálfsögðu af afmörkun

verkefnisins en nauðsynlegt er að hafa endurtekningar svo hægt sé að fá mat á breytileika jafnt innan sem á milli landslagsgerða. Gert ráð fyrir að úrvinnslu gagna verði lokið í árslok 2007.

Niðurstöður verða notaðar til að i) flokka landslag á Íslandi innan hvers grunnflokks í megingerðir, ii) greina helstu einkenni hvers megingerðar, iii) greina sjaldgæfar landslagsgerðir, iv) greina hvar er að finna sérstaklega fjölbreytt landslag og v) gera samanburð á megingerðum/undirgerðum landslags á milli grunnflokka.

## 2.5. Kostnaðaráætlun

Kostnaðaráætlun fyrir báða meginþætti verkefnisins er að finna aftast í Töflu 5.

ár	mánuður	undirbúningur, kynning, skýrslur	sérfræðingar	framvinda verkefnis
2006	maí	samanburður v/erlendar aðferðir		
	júní	prófun aðferðafræði, tilhögun á	sérfræðingahópur velur svæði	gagnasöfnun; myndir frá 40 svæðum
	júlí	gagnasöfnun, hönnun gátlista		
	ágúst			
	september			
	október			
	nóvember			frumúrvinnsla gagna, áhersla á aðferðafræði
	desember			
2007	janúar			samanburður v/valin erlend kerfi, endurskoðun
	febrúar			
	mars	aðferðafræði kynnt á málþingi m. innlendum og erl. sérfræðingum	sérfræðingahópur fer yfir val á svæðum	endurbætur m.t.t. málþings og gengið frá endanl. flokk. kerfi
	apríl			
	maí			
	júní			gagnasöfnun; myndir frá 60 svæðum
	júlí			
	ágúst			
	september			
	október			úrvinnsla
nóvember				
desember				
2008	janúar	áfangaskýrsla sem nýtist m.a. fyrir matsþátt verkefnisins		
	febrúar			
	mars			
	apríl		sérfræðingahópur fer yfir val á svæðum	úrvinnsla
	maí			
	júní			gagnasöfnun; myndir frá svæðum sem eftir eru/endursk
	júlí			
	ágúst			úrvinnslu lokið
	september	lokaskýrsla		
	október			
nóvember				
desember				

Tafla 2. Tímaáætlun fyrir flokkunarþátt verkefnisins

landslagsgerð	dæmi	fjöldi svæða	
firðir og dalir á jökulsorfnunum blágrýtissvæðum	Vestfirðir: Vatnsfjörður, Ófeigsfjörður, Langadalsströnd /innanvert Djúp NV land: Blöndudalur og nágrenni, Vatnsdalur, Skagafjörður Austfirðir: Þistilfjörður, Vopnafjörður, Seyðisfjörður, Berufjörður	10, mætti sleppa einhverju, taka t.d. 2-3	
árdalir í byggð ( <i>ath skarast við flokkinn að ofan en það skiptir ekki máli hér</i> )	Héraðsvötn – Austari Jökulsá, Skjálfandafliót, Þjórsá, Hvítá í Borgarfirði, Skaftá?	5	
árdalir/meginár ofan byggðar + hásléttan umhverfis	Norðlingafliót, Austari Jökulsá/ Hofsafrétt, Króksdalur, Skaftá, Tungnaá, Markarfliót, Stóra Laxá, Hvítá ofan Gullfoss	8, mætti sleppa einhverjum	
lítauðug jarðhitasvæði á fjöllóttu landi	Kerlingarfjöll, Torfajökulssvæðið, Vonarskarð, Mývatnssvæði að hluta?	4	
jarðhitasvæði á eldbrunnum landi	Reykjaneskagi allur, m.a. Reykjanes og Brennisteinsfjöll, Mývatnssvæði að hluta?, Gjástykki, Dyngjufjöll? spurning hvar Hveravellir passa inn í, Laugafell?	4	
nokkuð gróin jarðhitasvæði	Hengill, Þeistareykir, Grændalur	3	
vötn á miðhálandissléttunni	Hvítárvatn, Þórisvatn, Langisjór, Öskjuvatn?	velja 4	
miðhálandissléttan sjálf	Sprengisandur, Hofsafrétt, Stórisandur, Möðrudalsöræfi	velja 4	
heiðar	Holtavörðuheiði, Arnarvatnsheiði, Vopnafjarðarheiðar, Síðuheiðar,	velja 4	
gróðurvinjar	Herðubreiðarlindir, Þjórsárver, Orravatnsrústir, Guðlaugstungur?	velja 4	
jökuljaðrar	Mælifellssandur og umhverfi, Jökulheimar, Kverkfjöll, Þjórsárver,	velja 4	
hraunbreiður	Eldhraun, Ódáðahraun, Hekluhraun		
eldvirka beltíð	móbergshryggir		
strendur	firðir	teknir í hópinn að ofan	-
	jökulsandar-strendur	Skeiðarársandur, Mýrdalssandur,	2
	árósar	Kelduhverfi, Blönduós, Héraðsflói	3
	ljósar skeljasandsfjörur	Rauðisandur, Löngufjörur	2
	standbjörg	Látrabjarg, Hornbjarg, Þúfubjarg, Hafnaberg	3
	höfðar	Ingólfshöfði, Hjörleifshöfði, Dyrhólaey, Þórðarhöfði	3
	sjávarlón og rif	Holtsós, Álftafjörður, Hóp	3
	hraunstrendur	Eyrarbakki/Stokkseyri	3
	leirur og sjávarfitjar		3
	grónar láglendar strendur	Melrakkaslétta, Mýrar	3
láglendi	votlendi (mýrar, flæðiengjar), birkiskógar/kjarr, mólendi	ca 10	
búsetulandslag	m.a. þéttbýlar sveitir, dreifðir bæir, framræst votlendi, skógræktargirðingar, flokkun þarf að skoða betur	?20 svæði/ staðir	

Tafla 3. Landslagsgerðir, hugsanleg dæmi og fjöldi svæða í úrtaki sem næði til helstu landslagsgerða utan þéttbýlis.

### 3. MAT ALMENNINGS Á GILDI ÍSLENSKRA LANDSLAGSGERÐA

Hinn meginþáttur verkefnis snýr að könnun á viðhorfum íslensks almennings til þeirra margbreytilegu og innbyrðis ólíku landslagsgerða sem hérlendis finnast, þ.m.t. mati hans á fegurðargæðum og öðrum óefnislegum verðmætum sem fólk telur að finnist í íslensku landslagi af mismunandi toga. Slík verðmæti geta skipt miklu máli þegar áhrif framkvæmda á tiltekið svæði eða landslag eru metin og því er mikilvægt að hanna og nýta mælitæki sem geta veitt hlutlægar, magnbundnar upplýsingar um mat almennings á landslagsgæðum. Mat almennings á landslagi hefur verið rannsakað víða erlendis á undanförunum áratugum, á grundvelli ýmissa - og innbyrðis nokkuð ólíkra - aðferða sem þróaðar hafa verið til slíkra hluta. Flestar þeirra byggjast á því að sýna þátttakendum rannsóknarinnar ljósmyndir af landslagi, náttúrulegu eða manngerðu eftir atvikum, og biðja þátttakendur síðan um að tilgreina mat sitt á þeim á þar til gerðum spurningalista, annaðhvort á grundvelli hverrar landslagsgerðar (ljósmyndar) fyrir sig eða út frá innbyrðis stöðu margra landslagsgerða.

Hérlendis hefur engin heildstæð rannsókn á verðmætamati almennings gagnvart landslagi enn verið gerð en á allra síðustu árum hafa þó verið unnin nokkur meistaraverkefni við Háskóla Íslands sem hafa tekið á einstökum hliðum þessa máls. Tveimur þessara verkefna er nú lokið (Rut Kristinsdóttir 2004; Helena Óladóttir 2005) en þrjú eru enn í vinnslu. Þótt þessi nemendaverkefni séu, eðli málsins samkvæmt, fremur smá í sniðum, hafa þau samt sem áður gefið ýmsar mikilvægar upplýsingar um gagnsemi þeirra aðferða sem þróaðar hafa verið. Jafnframt má í niðurstöðum þeirra finna ýmsar forvitnilegar vísbendingar um það sem vænta mætti úr fullburða rannsókn. Þá voru í norrænni viðhorfskönnun sem gerð var árið 1997 (Þorvarður Árnason 2005) lagðar fram ýmsar spurningar sem lutu að skynjun og mati á landslagi hérlendis almennt; niðurstöður hennar voru m.a. þær að íslenskur almenningur setti enn meira vægi á landslagið en samanburðarþjóðirnar og jafnframt var náttúru-skynjunin fólks hérlendis nokkuð frábrugðin því sem gerðist á meðal Dana og Svía.

Eins og sjá má af ofangreindu er þekking hérlendis á fræðilegum undirstöðum jafnt sem aðferðafræði við landslagsmat mun minni en hvað flokkun landslags varðar og því þarf í upphafi að ráðast í töluverða undirbúningsvinnu, sem fælist þá annars vegar í söfnun og úrvinnslu heimilda um hliðstætt rannsóknarstarf erlendis og hins vegar í prófun, á litlu þýði, á mismunandi aðferðum sem útbúnað hafa verið til að kanna verðmætamat almennings á landslagi. Sú vinna myndi einnig nýtast við hönnun á spurningalista sem lagður yrði fram ásamt myndefni af landslagi. Þar sem hér er um grunnrannsókn að ræða er mikilvægt að gera viðamikla og trausta könnun á verðmætamati almennings. Þá ber einnig að athuga að flokkunarþáttur verkefnisins er að verulegu leyti undanfari þess þáttar sem snýr að verðmætamatinu – það er því bæði æskilegt og eðlilegt að reyna að tengja þessa tvo rannsóknarþætti sem mest saman þannig að matið byggji á flokkuninni og þá jafnframt því myndefni sem verður safnað vegna hennar.

Söfnun myndefnis er lykilþáttur í framgangi beggja meginþátta rannsóknarinnar og því þarf að huga vandlega að aðferðafræði og öðru verklagi vegna hennar. Þar má töluvert byggja á þeim aðferðafræðilegu úttektum á mismunandi leiðum til gagnasöfnunar sem gerðar hafa verið í tengslum við rannsóknir á landslagsverðmætum erlendis, en jafnframt er mikilvægt að gera tilraunir með ólíkar söfnunaraðferðir hérlendis og leggja síðan mat á áreiðanleika þeirra, áður en ráðist verður í myndasöfnun vegna verkefnisins af fullum þunga. Af þessum sökum er m.a. nauðsynlegt að vinna við bæði flokkun og mat haldist náði í hendur þegar frá upphafi,

Því stöðluð og fræðilega vel skilgreind aðferðafræði við söfnun myndefnis skiptir höfuðmáli fyrir áreiðanleika myndafyrirlagnar/könnunar á verðmætamati.

### 3.1. Markmið verkefnisins

Markmið matsþáttar verkefnisins er þrjúþætt:

1. **þróa aðferðafræði** til að greina mat almennings á verðmæti íslensks landslags af ólíkum gerðum,
2. **gera samanburð** á mati fólks á mismunandi landslagsgerðum, innan og á milli grunnflokka, athuga hvers konar og hversu mikil verðmæti eru tengd tilteknu landslagi og hvort einhver svæði (og þá hver og með hvaða hætti) séu almennt hærra metin en önnur
3. greina og **skýra forsendur verðmætamats** í ljósi þeirra eðlislænu/sjónrænu eiginleika sem einkenna viðkomandi landslagsgerðir (þ.e. grundvelli flokkunarkerfisins), og/eða út frá samspili viðhorfa og gilda.

### 3.2. Rannsóknáætlun

Rannsókn- og tímaáætlun er sundurliðuð í Töflu 4 og kostnaður í Töflu 5. Vinnu við rannsókn á verðmætamati almennings má gróflega skipta í 5 áfanga:

#### i) *Frumundirbúningur rannsóknafræði gagnasöfnunar:*

Söfnun og úrvinnsla erlendra heimilda sem varða aðferðir til að kanna landslagsmat almennings, þar með talin aðferðafræði við val og söfnun á myndefni. Æskilegt væri að leita eftir samstarfi og/eða ráðgjöf frá erlendum sérfræðingum. Aðeins ein rannsókn hefur til þessa verið gerð á Íslandi (meistaraverkefni Rutar Kristinsdóttur, 2004) þar sem þátttakendur voru látnir meta mismunandi gerðir náttúrulegs landslags út frá myndum, en fyrirlögn mynda er sú aðferð sem einna oftast hefur verið notuð til að kanna landslagsmat almennings. Þýði þeirrar rannsóknar var fremur lítið og einsleitt (háskólanemar) og hún notaðist jafnframt við myndefni sem var þegar til staðar en hafði ekki verið safnað/valið sérstaklega fyrir rannsóknina á fræðilegum forsendum, eins og æskilegast er að gera. Það er því ekki á miklu fyrirliggjandi rannsóknarstarfi hérlendis að byggja þegar kemur að landslagsmati og þess vegna er enn mikilvægara en ella að vanda vel undirbúning þessarar rannsóknar.

Vinna við þennan áfanga hæfist í júní og stæði fram í september 2006.

#### ii) *Hönnun spurningalista og prófun aðferða*

Meginmarkmið þessa áfanga væri annarsvegar að prófa (í fremur smáum skala) helstu aðferðir sem notaðar hafa verið erlendis til að kanna mat almennings á landslagi út frá myndum og hinsvegar að hanna og prófa viðhorfskönnun (spurningalista) sem lögð yrði fyrir samhliða landslagsmyndunum til að fá skýrari mynd af forsendum verðmætamatsins. Slík könnun er nauðsynleg þar sem ekki liggur á þessu stigi ljóst fyrir hvers konar verðmæti fólk upplifir almennt úti í náttúrulegu íslensku landslagi, né hvernig innbyrðis vægi slíkra verðmæta eða samspili er háttað. Könnunin yrði frágengin um líkt leyti og frumniðurstöður úr flokkun myndefnis frá tilraunasvæðum sumarsins 2006 lægju fyrir. Því næst yrði ráðist í 5-6 prófanir, með myndefni frá tilraunasvæðunum, sem allar væru fremur smáar í sniðum en gæfu samt kost á að prófa helstu

aðferðir sem erlendis hafa verið notaðar við að kanna mat á landslagi með myndum, sem og mismunandi leiðir við úrvinnslu gagna (t.d. *grading* og *Q-sort*). Áherslan í þessum prófunum yrði væntanlega aðallega á einn grunnflokk landslags (hálandi/óbyggðir) en þó leitast við að nýta myndefni úr öðrum grunnflokkum eftir föngum. Sú aðferð við myndafyrirlögn sem kæmi best út yrði síðan notuð við frekari prófanir haustið 2007 og jafnvel í aðalrannsókninni vorið 2008 (sjá nánar hér að neðan). Viðbrögð þátttakenda við spurningalistanum yrðu jafnframt könnuð og bætt við hann eða gerðar lagfæringar á honum eftir þörfum. Gert er ráð fyrir að þessar prófanir færu fram öðru hvorum megin við áramótum 2006-7 og að frumniðurstöður lægju fyrir ekki síðar en í maí 2007.

iii) *Frumgreining og samanburður á landslagi grunnflokka*

Þar sem gera má ráð fyrir að landslag innan hvers grunnflokks sé mjög breytilegt er mikilvægt að kanna fyrst verðmæti landslagsgerðanna innan hvers flokks, áður en ráðist væri í samanburð á mati á landslagi úr mismunandi flokkum. Haustið 2007, þegar frumniðurstöður úr flokkuninni lægju fyrir, yrði því aftur ráðist í röð minni kannanna, sem miðuðu annarsvegar að því að fá fram samanburð innan grunnflokka og hinsvegar að bera saman landslagsgerðir úr ólíkum grunnflokkum. Æskilegast væri að gera 6 slíkar kannanir, fyrst eina innbyrðiskönnun á hverjum grunnflokki og síðan þrjár til viðbótar þar sem flokkarnir yrðu bornir saman, tveir og tveir í einu. Niðurstöður úr þessum prófunum yrðu síðan nýttar við hönnun og endanlegt myndaval vegna aðalrannsóknarinnar þar sem myndefni frá öllum landslagsgerðum yrði lagt fyrir í sömu könnun. Jafnframt yrði gengið frá lokahönnun spurningalistans sem notaður yrði í aðalrannsókninni.

iv) *Framkvæmd og úrvinnsla aðalrannsóknar á landslagsmati*

Gert er ráð fyrir að aðalrannsóknin verði gerð snemma árs 2008. Þessi rannsókn yrði mun stærri og ítarlegri en fyrri prófanir. Gert er ráð fyrir að gagnasöfnun standi yfir í u.þ.b. mánuð og að frumúrvinnsla gagna taki u.þ.b. hálf ári. Í úrvinnslunni yrði horft á útkomu þeirra einstakra svæði sem tekin yrðu með í rannsóknina í fyrsta lagi eingöngu út frá niðurstöðum myndarannsóknar og í öðru lagi út frá niðurstöðum spurningakönnunarinnar um verðmæti landslags sem væri lögð fram samhliða myndunum. Á næsta stigi úrvinnslunnar yrði kannað hvort og þá hvernig niðurstöður myndarannsóknar og spurningalista spila saman. Á þriðja stigi yrði gerður samanburð á útkomu landslagsgerða úr ólíkum flokkum bæði m.t.t. myndafyrirlagnar og spurningalista. Að lokum yrði svo athugað hvort greina megi samband á milli útkomu verðmætamats á tiltekinni landslagsgerð (annaðhvort á grundvelli mynda eða spurningalista) og þeirra eðlisrænu eiginleika sem liggja flokkun hennar til grundvallar (sjá nánar umfjöllun um samþættingu flokkunar og mats hér að neðan).

v) *Ítarkannanir og eftirfylgni*

Þegar helstu niðurstöður aðalrannsóknarinnar liggja fyrir væri æskilegt að gera 2-3 minni ítarkannanir til að varpa nánara ljósi á niðurstöðurnar. Þetta mætti einkum gera með fókus-hópum eða þá einstaklingsviðtölum (djúp viðtölum). Þessar ítarkannanir yrðu gerðar í haustið 2008 og samhliða úrvinnslu þeirra færi fram lokaúrvinnsla á gögnum aðalrannsóknar.

Þessum verkþætti – og þar með verkefninu öllu – yrði lokið í lok desember 2008.

ár	mánuður	undirbúningur, kynning, skýrslur	sérfræðingar	framvinda verkefnis	
2006	maí	Aðferðafræði gagnasöfnunar skoðuð og undirbúin	Undirbúningur unnin af umsjónarmanni mats og öðrum sérfræðingum, eftir þörfum		
	júní				
	júlí	Áframhaldandi söfnun og úrvinnsla heimilda um erlendar matsrannsóknir	Samráð við innlenda og erlenda sérfræðinga um landslagsmat	Þátttaka í og samráð um myndasöfnun	
	ágúst				
	september				
	október	Hönnun spurningalista, undirbúningur fyrstu kannananna			Mynda- og spurningalisti frágenginn
	nóvember	Fyrirlögn og frumúrvinnsla fyrstu forkannananna	Sérfræðingar annast tölfraðilega úrvinnslu	Gagnasöfnun (1)	
desember					
2007	janúar	Fyrirlögn og frumúrvinnsla fyrstu forkannananna	Sérfræðingar annast tölfraðilega úrvinnslu	Gagnasöfnun (1)	
	febrúar				
	mars	aðferðafræði kynnt á málþingi m. innlendum og erl. sérfræðingum		Frumniðurstöður kynntar	
	apríl	Nánari úrvinnsla gagna úr forkönnunum, endurskoðun aðferðafræði við mat	Samráð við sérfræðinga um túlkun gagna		
	maí				
	júní				
	júlí	Undirbúningur undir síðari lotu forkannananna, unnið að		Þátttaka í og samráð um myndasöfnun	
	ágúst	lokahönnun spurningalista.		Nýir myndalistar frágengnir	
	september				
	október	Fyrirlögn og frumúrvinnsla síðari forkannananna	Samráð v/innlenda og erlenda sérfræðinga um hönnun aðalrannsóknar	Gagnasöfnun (2)	
	nóvember			Frumniðurstöður kynntar	
desember	Lokaval á myndum				
janúar	Gagnasöfnun (3)				
2008	febrúar	Undirbúningur og fyrirlögn aðalrannsóknar á landslagsverðmætum	Sérfræðingar annast tölfraðilega úrvinnslu	Þátttaka í myndasöfnun	
	mars				
	apríl				
	maí				
	júní	Úrvinnsla gagna úr aðalrannsókn, undirbúningur eftirfylgni-kannana			
	júlí	Lokaúrvinnsla úr aðalrannsókn, eftirfylgnikannanir		Lokaniðurstöður kynntar	
	ágúst				
	september	Lokaskýrsla			
október					
nóvember					
desember					

Tafla 4. Tímaáætlun fyrir flokkunarþátt verkefnisins

#### 4. SAMÞÆTTING LANDSLAGSFLOKKUNAR OG LANDSLAGSMATS

Að síðustu er ætlunin að kanna hvort greina megi samband á milli þeirra eðlisrænu eiginleika sem hafa mest að segja um flokkun landslags í ólíkar gerðir og þess hvort tiltekna landlagsgerðir eru hátt eða lágt metnar af almenningi. Eða m.ö.o. hvort niðurstöður bendi til þess að einhverjir eðlisrænir þættir í landslaginu hafi áhrif á verðamætamat almennings gagnvart því. Í sumum erlendum rannsóknum hafa þannig komið fram vísbendingar um að landslag þar sem t.d. vatn eða gróður eru áberandi þættir sé almennt talið verðmætara en landslag þar sem þessir þættir eru lítið eða ekki áberandi. Ef einhver slík sambönd koma í ljós þá myndi það m.a. þýða að – í einhverjum tilvikum a.m.k. – væri mögulegt að leggja gróft mat á líklegt verðmæti svæðis út frá þeim eðlisrænu þáttum sem eru til staðar eða eru ráðandi í landslaginu.

Tafla 5. Rannsókn- og tímaáætlun fyrir verkefnið í heild (flokkun og mat á íslensku landslagi)

	tímabil	sameiginlegt	flokkun	mat
2006	maí	Skipan verkefnisstjóra og sérfræðinga rýnihöpur settur á laggirnar. Lokið við gerð rannsóknaráætlunar.		Hugað að nemendaverkefnum.
	–júní-júlí		Endurskoðun á fyrirbyggjandi aðferðafræði Faghóps 1, drög að nýrri aðferðafræði fyrir gagnasöfnun sumarsins. Aðferðafræði og tilhögun við gagnasöfnun (myndatöku) prófuð á 5 svæðum og gátlisti hannaður.	Söfnun og úrvinnsla heimilda um landslagsmat, leitað eftir samstarfi og ráðgjöf frá erlendum sérfræðingum. Vinna/aðferðir við söfnun mynda og val á svæðum.
	júlí – ágúst (sept ef hægt er)	Gagnasöfnun af ca 40 svæðum		Unnið að undirbúningi fyrir fyrstu prófanir.
	sept – des		Frumúrvinnsla gagna. Athugað hvort ástæða sé til að endurskoða flokkunarkerfið á grundvelli niðurstaðna. Stefnt að "prótótypu" að nýju kerfi fyrir áramótin.	Unnið að hönnun spurningalista. Myndefni sumarsins nýtt til að prófa 5-6 aðferðir við að kanna mat almennings á landslagsgæðum (fyrri lota forkannananna).
2007	jan – febr		Nýja flokkunarkerfið borið saman við valin erlend kerfi, á grundvelli þeirra gagna sem safnað var um sumarið, og endurbætt eftir því sem ástæða þykir til.	Unnið út úr forkönnunum, niðurstöður þeirra bornar saman og mat lagt á gagnsemi þeirra. Spurningalisti endurskoðaður.
	mars	Bráðabirgðaniðurstöður teknar saman og kynntar. Málþing með innlendum og erlendum sérfræðingum.		
	apríl – maí	Unnið úr athugasemdum við bráðabirgðaniðurstöður.	Tilgátuflokkun á svæðum og val á úrtaki á strand- og láglandis- og búsetulandslagi sem eftir er Gengið frá endanlegu greiningar- og flokkunarkerfi .	Unnið að nánari úrvinnslu gagna úr fyrstu könnunum athugasemdum við bráðabirgðaniðurstöður.
	júní – ágúst	Gagnasöfnun af ca 60 svæðum.		.
	sept – des.		Úrvinnsla niðurstaðna.	Gengið frá spurningalista, vali á myndum og endanlegri hönnun aðferðafræði við síðari myndarannsóknir
	okt. – des.	Undirbúningur að áfangaskýrslu.	Mat lagt á flokkunarkerfi í ljósi útkomu úr greiningarvinnu.	Seinni lota forkannananna, þar sem myndefni úr grunnflokkum yrði rannsakað, bæði innan og á milli flokka.
2008	jan. – febrúar	Áfangaskýrsla		Aðalrannsókn á mati almennings á verðmæti landslags löggö fyrir með notkun mynda og spurningalista.
	mars - maí			Frumúrvinnsla úr niðurstöðum aðalrannsóknar,
	júní – júlí	Prófun á aðferðafræði við gagnasöfnun.		Unnið úr niðurstöðum aðalrannsóknar, þ.m.t. samanburð á mati á landslagi úr ólíkum grunnflokkum og varðandi möguleg tengsl á milli eðlisrænna þátta og mats.
	ágúst. – sept.		Lokaúrvinnsla gagna	Gerðar 2-3 ítarkannanir, ef ástæða þykir til, til að öðlast dýpri skilning á niðurstöðum aðalrannsóknar.
	okt. – des.	Endanlegar niðurstöður verkefnisins lagðar fram í lokaskýrslu.		Lokaúrvinnsla gagna



Tafla 5. Kostnaðaráætlun fyrir flokkun og mat á íslensku landslagi,

Flokkunarpáttur	Upphæð	Forsendur
Verkefnisstjóri*	2.250.000	30 mmán X 75 þús/mán
Sérfræðingar*	7.000.000	14 mmán X 500 þús/mán
Faghópur	750.000	5 manns x 15 fundir x 10 þús/fund
Masters-nemar*	3.000.000	2 nemar x 6 mmán x 250 þús/mán
Aðkeypt þjónustu	2.500.000	Forritun, GIS-vinna, líkanasmíð, úrvinnsla gagna
	<b>15.500.000</b>	
<b>Matspáttur</b>		
Aðkeypt þj.-Aðalrannsókn+	7.000.000	Viðtalskönnun, 5-600 manna úrtak
Aðkeypt þj.-Forrannsókn 1+	2.000.000	Símakönnun, fókushópar, innköllun
Aðkeypt þj.-Forrannsókn 2+	2.500.000	Símak., fókushópar eða innköllun
Aðkeypt þj.-Eftirfylgniranns.+ Umsjónarm./sérfræðingar*	1.000.000	Líklega fókushópar eða djúpvíðtöl
Masters-nemar*	7.000.000	14 mmán x 500 þús/mán
	3.000.000	2 nemar x 4 mmán x 250 þús/mán
	<b>22.500.000</b>	
<b>Sameiginlegur kostnaður</b>		
Gagnasöfnun (myndir af tilraunasvæðum)	5.000.000	100 svæði X 1 dagur/svæði X 50 þús/dag
Tækjakaup (myndavél, linsa, fartölva, GPS ofl)	500.000	Stafræn vél með góða upplausn & linsu(r)
Rekstur: Skrifstofuvörur, ljósritun, bækur o.fl.	750.000	30 mán X 25 þús/mán. (að jafnaði, í heild)
Málþing, erlent samstarf	600.000	4 x erlendur gestur x 150 þús/gest,
Ferðakostnaður	600.000	4 x utanlandsferð x 150 þús/ferð
Frágangur og prentun skýrslna	400.000	Bráðabirgðaskýrslur og lokaskýrsla
	<b>7.850.000</b>	
<b>Heildarkostnaður</b>	<b>45.850.000</b>	

*+Kostnaður vegna aðkeyptrar þjónustu (kannananna) miðast við upplýsingar frá Félagsvísindastofnun H.Í. Líta ber á þessar tölur sem hámarkskostnað.*

*\*Laun reiknuð með 25 % launategdum gjöldum*

*Almenn athugasemd: Ekki er sérstaklega gert ráð fyrir kostnaði við aðstöðu eða annan samrekstur í ofangreindum forsendum, né heldur vegna handleiðslu meistaranema en í henni felst stór hluti af verkstjórn og vinnu við rannsóknirnar. .*