

RANNSÓKNIR Á MOSA VIÐ JARÐVARMAVIRKJUN ORKUVEITU REYKJAVÍKUR Á HELLISHEIÐI



Niðurstöður
Febrúar 2009



SAMANTEKT

Markmið þessarar rannsóknar var að:

- Meta styrk brennisteins og annarra efna í mosa, á svæði í kringum jarðvarmavirkjun Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði.
- Leggja mat á það hvort þessi efni yllu skemmdum á mosa.
- Meta hvort skemmdir í mosa mætti rekja til náttúrulegs rofs.

Rannsóknin náði yfir nokkur afmörkuð svæði við Hellisheiðarvirkjun þ.e. sýni voru tekin á svæði í SV átt út frá stöðvarhúsi virkjunar þar sem helsti útblástur á gasi kemur frá virkjuninni. Auk þess voru sýni tekin á afmörkuðu svæði við borholu 17 (HE-17) og svæði við neyðarlosun þar sem greinilegar skemmdir sáust á mosa. Einnig voru sýni tekin á svæðum við aðrar jarðvarmavirkjanir (Nesjavelli og Svartsengi) til samanburðar. Loks voru sýni tekin til viðmiðunar á svæði í Bláfjöllum sem er í sömu hæð yfir sjó og Hellisheiðarvirkjun, á stað sem er í margra kílómetra fjarlægð frá öllum jarðvarmavirkjunum.

Tekin voru sýni til efnagreiningar af gamburmosa (*Racomitrium lanuginosum*) öðru nafni grámosa eða hraungambra. Þessi mosategund er algeng á Suður- og Suðvesturlandi og ábending hafði borist um skemmdir í þeirri tegund á svæði nálægt Hellisheiðarvirkjun. Einnig voru sýni tekin af háplöntunni stinnastör (*Carex bigelowii*) til rannsóknar. Sýni voru tekin á 10 stöðum í kringum Hellisheiðarvirkjun, 7 stöðum við Nesjavallavirkjun, 3 stöðum við jarðvarmavirkjunina á Svartsengi og einum stað í Bláfjöllum sem hafður var sem viðmiðun.

Eftir sýnatöku voru öll sýnin af mosa og stinnastör þurrkuð, möluð og efnagreind á rannsóknastofu ALS Analytica Scandinavia í Svíþjóð, þar sem 25 frumefni voru greind í alls 68 sýnum af gamburmosa (52 sýni) og stinnastör (16 sýni).

Í þessari skýrslu er áhersla lögð á umfjöllun um þau snefilefni í jarðhitagufunni sem talin eru mengandi þ.e. brennistein, arsen, bór, og kvikasilfur en niðurstöður efnagreininga allra annarra snefilefna sem mæld voru eru birtar í viðaukum.

Niðurstöður

Leitast var við að svara eftirfarandi rannsóknarspurningum:

1. Er álag frá jarðvarmavirkjun á Hellisheiði að drepa mosa og aðrar plöntur í nágrenni virkjunarinnar? Hvaða efni mælast í gróðri á svæðinu?

Áhrif frá jarðvarmavirkjun á Hellisheiði eru sýnileg og mælanleg í mosa. Greinilegar skemmdir eru sýnilegar á mosa í nánasta umhverfi virkjunarinnar (< 700 m) að hluta til vegna náttúrulegs rofs og hluta vegna áhrifa frá virkjuninni. Styrkur brennisteins og kvikasilfurs hækkar fyrstu 700 m en lækkar síðan eftir það í réttu hlutfalli við fjarlægð. Í um 1500 m fjarlægð frá stöðvarhúsi til SV, við Suðurlandsveg, er styrkur brennisteins enn nokkuð hærri miðað við mældan styrk í Bláfjöllum sem bendir til að áhrifa frá útblæstri frá stöðvarhúsi gæti ennþá í þessari fjarlægð. Hins vegar benda þær skemmdir sem eru sýnilegar í mosanum á þessum stað ekki til neinna efnaskemmda þar sem enginn dauður mosi er sjáanlegur heldur virðast hér vera á ferð rofskemmdir af völdum veðráttu. Tekið skal fram að ekki eru þekkt polmörk gamburmosa fyrir brennistein þ.e. hversu hár styrkur af brennisteini skemmir eða

drepur mosa. Mikil úrkoma á virkjunarsvæðinu og má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti þegar úrkomu gætir. Erfitt er að greina á milli skemmda vegna efnamengunar og hitaálags þar sem ekki liggur fyrir þekking á þolmörkum plantna sem vaxa á svæðinu. Niðurstöður efnagreininga benda til þess að brennisteinn safnist fyrir í plöntum í nánasta umhverfi við virkjunina. Gufa og heitt vatn hefur legið yfir ákveðin svæði við virkjunina sem getur skýrt lækkun á snefilefnum í mosa. Við eina borholu mælist bór í háum styrk. Rannsóknin getur ekki útilokað að efnaálag eigi þátt í breytingum á styrk snefilefna í plöntuvef.

2. Er brennisteinn frá Hellisheiðarvirkjun að drepa mosa á svæði í kringum virkjunina?

Marktæk hækkun á styrk brennisteins mældist í mosa næst virkjuninni í samanburði við mosa í Bláfjöllum. Ekki er hægt að segja með óyggjandi hætti að brennisteinn sé að drepa mosa á svæði næst virkjuninni þar sem ekki er vitað um þolmörk mosa fyrir brennisteini.

3. Er hér um náttúrulegt rof að ræða?

Rofskemmdir í mosabreiðum eru greinilegar víða, bæði í Bláfjöllum og á Hellisheiði og eru áberandi undan aðal úrkomuátt. Þekkt er að mengun og laust efni, sem fýkur vegna framkvæmda, veikir gróður og eykur líkur á rofskemmdum. Ekki er hægt að draga afgerandi ályktanir af þeim gögnum sem fyrir liggja um að efna- og umhverfisálag valdi meiri rofskemmdum á Hellisheiði en í Bláfjöllum.

Vöktun

Mosi er oft notaður við vöktun mengunarefna víða um heim því hann tekur upp vatn og næringu úr ryki og regni. Gamburmosinn sem ríkjandi er í hraunum á Suðvesturlandi hefur fremur lítið verið rannsakaður og hefur ekki verið notaður í samnorrænum vöktunarverkefnum sem Ísland á aðild að, grunnþekkingu á tegundinni skortir sem gerir túlkun gagna erfiðari en ella.

Brennisteinsvetni er mælt í andrúmslofti með kerfisbundnum hætti á virkjanasvæðunum á Hellisheiði og Nesjavöllum. Mælingarnar hafa staðið yfir um nokkurt skeið og dreifingarmynd er að verða nokkuð skýr. Ákveðnar vísbendingar komu fram í rannsókninni um samhengi milli mælinga í lofti og þess sem mælt var í gróðri. Með skipulagðri sýnatöku sem byggir á dreifingarmyndinni verður hugsanlega hægt að finna samhengi mælinga og skemmda í gróðri og fá þannig vísbendingar um líklega uppsöfnun mengunarefna og gróðurskemmdir. Ef slíkt samhengi finnst gæti það auðveldað vöktun, gert hana ódýrari og gert spár um líklegar skemmdir á gróðri áreiðanlegri.

Við virkjun nýrra svæða er mælt með því að taka sýni af mosa af svæðinu til efnagreininga og fá þannig grunnildi til samanburðar vegna hugsanlegrar mengunar.

Þörf fyrir frekari rannsóknir

- Hver eru þolmörk gamburmosa fyrir efnum sem eru í háum styrk í jarðhitagufunni. Þau helstu sem ástæða er til að skoða eru brennisteinn, kvikasilfur, arsen og bór. Einnig er brýnt að svara hversu mikinn hita (vatns og gufu) þolir mosinn.
- Hvaða plöntutegundir er mögulegt að nota til að fegra umhverfið í kringum mannvirki á virkjanasvæðum? Ljóst er að mosinn er mun viðkvæmari fyrir því

viðbótarálagi sem orsakast af efnum og aðstæðum við Hellisheiðarvirkjun og Nesjavelli heldur en annar gróður sem á svæðinu vex. Með skipulagðri kortlagningu á gróðri á þeim svæðum þar sem umhverfisálag er mest er hugsanlega hægt að fá vísbendingar um þolmörk háplantna og hvaða tegundir mögulegt er að nota til að fegra umhverfi mannvirkja á virkjanasvæðum og æskilegt væri að rannsaka áburðarþol þeirra.

- Hvernig er dreifingu brennisteins og kvikasilfurs háttað umhverfis Nesjavallavirkjun? Mikill brennisteinn og kvikasilfur mælist í umhverfinu næst stöðvarhúsi við Nesjavallavirkjun þar sem sjá má miklar skemmdir í mosa á mjög stóru svæði u.þ.b 5 ha fyrir norðan stöðvarhúsið og annað eins suðvestur af húsinu. Til að meta dreifingu brennisteins og kvikasilfurs út frá virkjuninni þyrfti að kortleggja styrk mengunarefna í umhverfinu í ákveðinni fjarlægð frá virkjuninni og fá þannig mynd af dreifingu efnanna.
- Á svæðum við Nesjavelli þar sem dauður mosi var áberandi sáust vel lifandi og kröftugir mosahnoðrar. Hugsanlegt er að um sé að ræða endurvöxt upp af gömlum sprotum sem áhugavert væri að rannsaka nánar.
- Mæld gildi fyrir brennistein og önnur efni eru svipuð í Bláfjöllum og Svartsengi. Sérstakra rannsókna er þörf til að skýra mosadauða þar.

Hreinsun brennisteinsvetnis í framtíðinni

Orkuveita Reykjavíkur hefur fylgst með styrk brennisteinsvetnis með reglulegum mælingum á Hengilssvæðinu frá 1991. Á næstunni verður sívöktun aukin með uppsetningu mæla í samstarfi við heilbrigðiseftirlit á Suðurlandi og í Reykjavík.

Á vordögum 2009 verða settar upp loftskiljur á útblástur Hellisheiðarvirkjunar. Tengist það tveimur tilraunverkefnum við virkjunina; blöndun brennisteinsvetnis í niðurrennsli vatn frá virkjuninni og bindingu koltvísýrings í formi kristalla djúpt í hraunlögunum í grennd virkjunarinnar. Í matsskýrslum umhverfisáhrifa virkjana við Hverahlíð og í Bitru er gert ráð fyrir 99% hreinsun brennisteinsvetnis frá upphafi reksturs.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	I
EFNISYFIRLIT	I
MYNDASKRÁ	II
1 INNGANGUR	1
1.1 Rannsóknarspurningar	1
1.2 Viðfangsefni rannsóknarinnar	1
1.3 Umhverfisáhrif jarðvarmavirkjunar og umhverfisvísar (bio indicators).....	1
1.4 Jarðvarmavirkjanir	2
1.5 Rannsóknaraðilar	4
2 FRAMKVÆMD	5
2.1 Frumvettvangskonun	5
2.2 Sýnataka.....	6
2.2.1 Sýnatökusvæði við Hellisheiðarvirkjun	6
2.2.2 Sýnatökusvæði í Bláfjöllum.....	10
2.2.3 Sýnatökusvæði við Svartsengi.....	11
2.2.4 Sýnatökusvæði við Nesjavallavirkjun.....	12
2.3 Undirbúningur sýna og efnagreiningar	15
3 NIÐURSTÖÐUR EFNAMÆLINGA OG UMRÆÐUR	17
3.1 Samanburður á meðalstyrk efna milli sýnatökusvæða	17
3.2 Breytilegur efnastyrkur eftir fjarlægð frá uppsprettum.....	21
3.3 Dreifing snefilefna í mosa (T-M-B)	23
4 ÁLYKTANIR	25
5 VÖKTUN OG FREKARI RANNSÓKNIR	26
5.1 Þörf fyrir frekari rannsóknir	26
5.2 Vöktun	26
6 HEIMILDARSKRÁ	27
7 VIÐAUKI	2
7.1 Viðauki I	
7.1.1 Loftmyndir af sýnatökustöðum	
7.1.2 GPS staðsetningar sýnatökustaða í ISNET-93 hnitum	
7.2 Viðauki II	
7.2.1 Niðurstöður frumefnaskimunar	
7.2.2 Niðurstöður efnagreininga	
7.3 Viðauki III	
7.3.1 Meðalstyrkur efna	
7.3.2 Niðurstöður marktækniþrófunar	
7.3.3 Myndir sem sýna meðalstyrk efna í mosa	

7.3.4 *Myndir sem sýna samanburð á meðalstyrk efna í mosa og stinnastör*

7.3.5 *Myndir sem sýna dreifingu efna út frá uppsprettum*

7.3.6 *Myndir sem sýna dreifingu efna í mosa*

MYNDASKRÁ

Myndir 1 og 2. Útlit mosa í 95 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar	6
Mynd 3. Útlit mosa í 130 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar	7
Mynd 4. Útlit mosa í 185 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar	7
Myndir 5 og 6. Útlit mosa áveðurs við nærliggjandi hól í 100 m fjarlægð frá borholu 17	8
Myndir 7 og 8. Útlit mosa hlémeigin við nærliggjandi hól 140 m frá borholu 17	8
Myndir 9 og 10. Útlit mosa í 320 m fjarlægð frá stöðvarhúsi.....	9
Myndir 11 og 12. Útlit mosa í 600 m fjarlægð frá stöðvarhúsi.....	9
Myndir 13 og 14. Útlit mosa í 710 m fjarlægð frá stöðvarhúsi.....	10
Myndir 15 og 16. Útlit mosa í 1530 m fjarlægð frá stöðvarhúsi.....	10
Mynd 17. Útlit mosa í Bláfjöllum í 14 km fjarlægð frá Hellisheiðarvirkjun.	11
Myndir 18 og 19. Útlit mosa í 45 m fjarlægð frá kæliturni orkuvers 6.....	11
Myndir 20 og 21. Útlit mosa í 140 m frá kæliturni orkuvers 6.....	12
Myndir 22 og 23. Útlit mosa í 450 m fjarlægð frá kæliturni orkuvers 6.....	12
Mynd 24. Útlit mosa þegar horft var til norðurs frá stöðvarhúsi.	13
Mynd 25. Greinilegar skemmdir á mosa.	13
Myndi 26. Útlit mosa þegar horft var til suðurs í átt að stöðvarhúsi.....	13
Myndi 27. Greinilegar skemmdir á mosa sem snúa gengt SA.....	13
Mynd 28. Útlit mosa þegar horft var til SV frá stöðvarhúsi.....	14
Mynd 29. Útlit mosa þegar horft var til SSV frá stöðvarhúsi.	14
Mynd 30. Útlit mosa þegar SV megin við stöðvarhúsi.	14
Mynd 31. Greinilegar skemmdir í mosa. Tilgáta að nýr mosi sé að vaxa upp á skemmdu svæði.....	14
Mynd 32. Útlit mosa við borholu 19.	14

1 INNGANGUR

1.1 Rannsóknarspurningar

Að beiðni Orkuveitu Reykjavíkur var ráðist í rannsóknir á efnainnihaldi mengunarefna í mosa á svæði nálægt jarðvarmavirkjun fyrirtækisins á Hellisheiði. Ábendingar höfðu borist fyrirtækinu um dauðan mosa á svæði nálægt virkjuninni.

Verkefnið leitaðist við að svara eftirfarandi rannsóknarspurningum:

1. Er mengun frá jarðvarmavirkjun á Hellisheiði að drepa mosa og plöntur í nágrenni virkjunarinnar? Ef já hvaða efni eru þá hér á ferð?
2. Er brennisteinn frá Hellisheiðarvirkjun að drepa mosa á svæði í kringum virkjunina?
3. Er hér um náttúrulegt rof að ræða?

1.2 Viðfangsefni rannsóknarinnar

Rannsóknin náði yfir nokkur afmörkuð svæði við Hellisheiðarvirkjun þ.e. svæði í SV átt út frá stöðvarhúsi virkjunar þar sem helsti útblástur á gasi kemur frá virkjuninni. Auk afmarkaðra svæða við borholu 17 (HE-17) og svæði við útblástur neyðarlosunar þar sem greinilegar skemmdir sást á mosa. Einnig voru sýni tekin á svæðum við aðrar jarðvarmavirkjanir (Nesjavelli og Svartsengi) til samanburðar. Loks voru sýni tekin til viðmiðunar á svæði í Bláfjöllum sem er í sömu hæð yfir sjó og Hellisheiðarvirkjun og er í margra kílómetra fjarlægð frá öllum jarðvarmavirkjunum.

Fyrsta skrefið í verkefninu var frumkönnun á svæðinu nálægt Hellisheiðarvirkjun þar sem vart hafði orðið við dauða í gamburmosa. (*Racomitrium lanuginosum*) Einnig voru önnur svæði við jarðvarmavirkjanir við Svarstengi könnuð ásamt svæði í Bláfjöllum sem hugsað var sem viðmiðunarsvæði til sýnatöku. Mat var lagt á hvort um sambærilegar skemmdir væri að ræða á milli landssvæða og hvaða plöntutegundir myndu henta til sýnatöku og staðsetning sýnatöku.

Í framhaldinu var ákveðið að taka sýni af gamburmosa (*Racomitrium lanuginosum*) öðru nafni grámosa eða hraungambra til efnagreininga. Þessi mosategund er algeng á Suður- og Suðvesturlandi og ábending hafði borist um skemmdir í þeirri tegund á svæði nálægt Hellisheiðarvirkjun. Gamburmosi vex í endann en deyr jafnframt að neðan. Hann lengist um 1 cm á ári og eru að minnsta kosti fimm efstu cm af sprotanum raunverulega lifandi. Einnig voru sýni tekin af háplöntunni stinnastör (*Carex bigelowii*) til rannsóknar. Sýni voru tekin á 10 stöðum í kringum Hellisheiðarvirkjun, 7 stöðum við Nesjavallavirkjun, 3 stöðum við jarðvarmavirkjunina á Svartsengi og einum stað í Bláfjöllum sem notaður var til viðmiðunar.

1.3 Umhverfisáhrif jarðvarmavirkjunar og umhverfisvísar (bio indicators)

Viðamiklar framkvæmdir eins og bygging og rekstur jarðvarmavirkjunar hefur ýmisleg áhrif á umhverfið bæði bein vegna rasks við vegagerð og byggingar og einnig sjónræn áhrif. Við mat á umhverfisáhrifum jarðvarmavirkjana á Íslandi hafa áhrif á gróðurfar fengið fremur takmarkaða umfjöllun og athygli og fyrst og fremst beinst að beinu raski vegna vega og annarra mannvirkja.

Í rannsókn sem gerð var um áhrif nýtingar jarðvarmaorku á umhverfið (Hrefna Kristmannsdóttir ofl., 2003) kemur fram að helstu áhrifin tengjast jarðraski,

eðlisbreytingum tengt vökvánami, hitaáhrifum og efnalosun. Efna- og varmalosun getur haft áhrif á lífríki, gróður, dýralíf og örveruflóru í hverum. Í jarðhitagufu er gasfasi sem inniheldur koltvíoxíð, brennisteinsvetni, vetni, metan, köfnunarefni, súrefni og argon og vatnsfasi sem inniheldur uppleyst efni sem geta verið mengandi jafnvel í lágum styrk s.s. arsen og kvikasilfur, bór, flúor, kadmín og blý. Arsen og kvikasilfur geta t.d. safnast upp í seti og lífverum og hár styrkur af bór er hættulegur fyrir flestar tegundir plantna. Helstu gastegundir í gasfasa sem valda umhverfisáhrifum eru koltvíoxíð og brennisteinsvetni sem hafa mikla eðlisþyngd og hafa tilhneigingu til að safnast fyrir í dældum. Brennisteinsvetni er mjög eitrað í miklum styrk og lyktar illa jafnvel í lágum styrk. Árið 2000 birtist grein um niðurstöður rannsóknar á útblæstri brennisteins frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000). Þar er bent á að oxun brennisteinsvetins í brennisteinsoxíð (SO_2) eða brennistein er mjög háð hita og úrkomu. Í þurru og heitu loftslagi oxast brennisteinsvetni mestmegnis í SO_2 sem getur borist langar leiðir frá uppsprettu en í köldu og röku loftslagi oxast það í brennistein_(s) sem safnast fyrir í umhverfinu nálægt uppsprettunni. Niðurstöður rannsóknarinnar benda til að veðurskilyrðin á Íslandi valdi því að H_2S oxast aðeins að litlu leyti í SO_2 .

Eftir stækkun Hellisheiðarvirkjunar mun losun brennisteinsvetnis verða um 11.000 tonn á ári og talið er að hverfandi hluti brennisteinsvetnis muni oxast í brennisteinsoxíð, en megin hlutinn falli til jarðar með úrkomu og oxist í súlfat eða brennistein. Vegna mikillar úrkomu og vinds á virkjunarsvæðinu má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti (VGK 2005).

Gamburmosi (grámosi, *Racomitrium lanuginosum*) þekur Svínahraun og Hellisheiði og er þar ríkjandi gróður. Mosar eru mjög oft notaðir sem umhverfisvísar til að vakta mengun af völdum efna, einkum þungmálma. Þetta byggist á því að mosar fá mestan hluta næringar sinnar með úrkomu og ryki sem á þá fellur. Efnin safnast fyrir í mosanum og því endurspeglar magn þeirra snefilefnamagn andrúmslofts, magn ryks og fokefna sem berst um svæðið og þeirrar úrkomu sem um mosann leikur.

Með því að mæla snefilefni í mosa á ákveðnu svæði og bera það efnamagn saman við mosa á ákveðnu viðmiðunarsvæði má fá vísbendingu um áhrif ákveðinnar starfssemi svo sem Hellisheiðarvirkjunar á sitt nánasta umhverfi.

Stinnastör er algeng í nálægð Hellisheiðarvirkjunar og á mosavöxnum svæðum í Bláfjöllum. Stinnastör tekur upp næringu í gegnum rötarkerfi sitt og safnar efnunum í blöð og rætur, en efnasamsetning blaða er breytileg eftir árstíma. Stinnastör vex mun hraðar en mosinn og með efnagreiningu á henni fékkst mynd af næringar- og efnaástandi vaxtarstaðarins.

1.4 Jarðvarmavirkjanir

Nýting jarðvarma hófst á Hellisheiði árið 2006 með gangsetningu 90 MWe rafstöðvar. Í framhaldinu var gangsett 33 MWe lágþrýstivél í nóvember 2007. Framkvæmdum er ekki lokið og er áætlað að byggja rafstöð sem framleiðir 300 MWe af rafmagni og varmastöð sem afkastar allt að 400 MWth. Orkuveita Reykjavíkur hefur fylgst með magni brennisteinsvetnis á Hellisheiði í áratug, en efnið er það sem veldur svo kallaðri hveralykt. Frá fyrri hluta ársins 2006 hefur Umhverfissvið Reykjavíkurborgar mælt magn brennisteinsvetnis innan þéttbýlisins. Mesta magn sem mælst hefur er

Þriðjungur viðmiðunarmarka sem aftur er um einn hundraðasti hluti þess magns sem talinn er geta haft áhrif á heilsu fólks (www.or.is).

Nesjavallavirkjun var formlega gangsett í september árið 1990. Þar eru nú framleidd 120 MW af rafmagni og 300 MW í varmaorku. Á Nesjavöllum hafa verið boraðar 25 holur, dýptin er á bilinu 1.000 til 2.200 metrar og mælst hefur allt að 380° C hiti. Meðalhola býr yfir 60 MW varmaorku, sem nægir til hitaveitu fyrir 7500 manns og umframgufa er notuð samtímis til rafmagnsframleiðslu (www.or.is).

Boranir eftir gufu á Svartsengissvæðinu hófust um miðjan nóvember 1971. Árið 2007 var framleiðslugeta orkuversins í Svartsengi um 75 MW í raforku og um 150 MW í varma (www.hsorka.is).

Nánast ómögulegt er að mæla efnasamsetningu í gasi sem fer frá hverri borholu í notkun. Magnið fer eftir því hvaða holur eru notaðar hverju sinni og hvað mikið er framleitt á hverjum tíma. Hægt er að áætla magn gastegunda á tímæiningu miðað við þá framleiðslu sem er á hverjum tíma. Á Hellsheiði er um 0,4% gas í gufu að meðaltali sem inniheldur um 83% CO₂, um 16% af H₂S og um 1% eru samtals aðrar tegundir þ.e. H₂, CH₄, N₂, O₂+Ar. Á Nesjavöllum er áætlað að gufan innihaldi 0,5% gas sem inniheldur 70% af CO₂, um 21% af H₂S og um 9% eru samtals aðrar tegundir þ.e. H₂, CH₄, N₂, O₂+Ar

Við blástur háhitahola getur rennsli jarðhitavökva frá holu orðið allt að 35-50 l/s. Stefnuborun er oft beitt til með að draga úr fjölda borstæða og tryggja að ekki þurfi að staðsetja borstæði á viðkvæmum svæðum. Að lokinni borun er hljóðdeyfi með dropasíu komið fyrir til að taka við gufu og vatni meðan holan blæs. Hljóðdeyfi er komið fyrir við hverja holu á meðan á blástursprófunum stendur, en á rekstartíma virkjunarinnar er gert ráð fyrir einum miðlægum hljóðdeyfi á hverjum borteig. Reynt er að losa vatn sem fylgir blástursprófunum við borteiga í sprungur eða leiða það nokkurn veg að hentugu losunarsvæði.

Þegar borhola blæs í fyrsta sinn getur mikið magn af efnum dreifst út í umhverfið bæði í gasfasa og einnig kom fyrir áður að mikið magn af brennheitu vatni sem innihélt mikið magn af kísli dreifðist yfir stórt landsvæði.

Í dag er gas leitt í kæliturna við Hellsheiðarvirkjun og þar með lyft upp með gufu þannig að dreifingin er sem mest. Þetta var ekki raunin þegar virkjunin var tekin í notkun og streymdi þá gas út án þess að því væri lyft upp með gufu. Styrkur snefilefna niður við jörð var þá eflaust meiri en í dag.

Orkuveita Reykjavíkur hefur fylgst með styrk brennisteinsvetnis með reglulegum mælingum á Hengilssvæðinu frá 1991. Á næstunni verður sívöktun aukin með uppsetningu mæla í samstarfi við heilbrigðiseftirlit á Suðurlandi og í Reykjavík.

Á vordögum 2009 verða settar upp loftskiljur á útblástur Hellsheiðarvirkjunar. Tengist það tveimur tilraunverkefnum við virkjunina; blöndun brennisteinsvetnis í niðurrennsli vatn frá virkjuninni og bindingu koltvísýrings í formi kristalla djúpt í hraunlögum í grennd virkjunarinnar. Í matsskýrslum umhverfisáhrifa virkjana við Hverahlíð og í Bitru er gert ráð fyrir 99% hreinsun brennisteinsvetnis frá upphafi reksturs.

1.5 Rannsóknaraðilar

Að frumvettvangskönnunni komu Árni Bragason náttúrufræðingur og Eva Yngvadóttir efnaverkfræðingur starfsmenn Eflu verkfræðistofu ásamt Ágústi H. Bjarnasyni grasufræðingi. Sýnatakan var framkvæmd af starfsmönnum Eflu, þeim Árna Bragasyni, Einari Viðarssyni, Evu Yngvadóttur og Magnúsi Bjarklind. Undirbúningur sýna fyrir efnamælingar var í gerð á Rannsóknastofu Eflu. Framkvæmd efnamælinga fór fram í Svíþjóð. Eva Yngvadóttir sá um skýrsluskrif ásamt Árna Bragasyni sem stýrði verkefninu.

2 FRAMKVÆMD

2.1 Frumvettvangskonunnun

Frumkönnun fór fram 17. september þar sem Árni Bragason og Eva Yngvadóttir starfsmenn Eflu verkfræðistofu ásamt Ágústi H. Bjarnasyni grasafraeðingi fóru um svæðið nálægt Hellisheiðarvirkjun þar sem vart hafði orðið við mosadauða í gamburmosa. Einnig voru önnur svæði við jarðvarmavirkjanir á Nesjavöllum og við Svartsengi könnuð ásamt svæði í Bláfjöllum sem hugsað var sem samanburðarsvæði til sýnatöku. Tilgangurinn var að skoða svæðin til að meta

- a. hvort um sambærilegar skemmdir væri að ræða á milli landssvæða
- b. hvaða plöntutegundir myndu henta til sýnatöku og staðsetning sýnatökusvæða.

Í viðauka 1 má sjá yfirlitsmyndir yfir sýnatökustaðina á Hellisheiði, Bláfjöllum, Nesjavöllum og Svartsengi.

Helstu niðurstöður vettvangskonunnarinnar voru:

Svæði við borholu 17 við Hellisheiðarvirkjun (HE-17)

Greinilegur mosadauði var út frá ríkjandi vindátt, sem var sumarið (2008) úr (N). Greinilegt var að bæði hiti og efni höfðu haft mikil áhrif á mosann. Erfitt var að meta hvaða efni var hér um að ræða. Fléttur og háplöntur voru óskemmdar.

Svæði út frá útblæstri neyðarlosunar við Hellisheiðarvirkjun (He-neýðarlosun)

Mosi í stefnu helstu vindáttar sumarsins úr norðri út frá opi neyðarlosunar var greinilega mengaður og skemmdur en hlémegin á þúfum var hann heill. Mosinn var svartur að sjá og dauður á kaffa. Greinilegar hitaskemmdir sáust einnig á mosanum. Stinnastör virtist óskemmd en lambagras var greinilega skemmt af hita eða efnum. Greinileg stígandi var í sýnilegum skemmdum í átt að blástursopi.

Svæði í VSV út frá stöðvarhúsi Hellisheiðarvirkjunar við Suðurlandsveg (þar sem ábending um mosadauða kom)

Greinilegar rofskemmdir (veðurskemmdir) sáust á mosanum en ekki sýnilegar efnaskemmdir. Rofið snéri í áveðursátt til austurs. Enginn dauður mosi var sjáanlegur nema í rofblettum sem benti til að hér væri um náttúrulegt rof að ræða en ekki efnaskemmdir.

Bláfjöll

Greinilegar rofskemmdir voru sýnilegar vegna áveðurs vinda. Ákjósanlegur staður til að taka sýni af mosa til viðmiðunar fyrir efnainnihald í mosa á Hellisheiði. Sýnatökustaðurinn var í svipaðri hæð og virkjunin á Hellisheiði.

Svartsengi

Staðbundnar skemmdir voru greinilegar nálægt virkjun auk venjulegra rofskemmda. Ekki var ólíklegt að um áhrif frá virkjuninni væri að ræða og að efni hafi safnast í mosa og annan gróður við virkjunina. Auðvelt var að finna hentuga sýnatökustaði út frá virkjun.

Í framhaldi af vettvangskonunnunni var ákveðið að taka sýni af gamburmosa í efnagreiningar á þeim sýnatökustöðum sem lýst var hér á undan ásamt sýnum af

stinnastör. Ekki var farið að Nesjavöllum vegna frumkönnunar en ákveðið að taka þar einnig sýni til rannsókna.

2.2 Sýnataka

Starfsmenn Eflu sáu um alla sýnatökuna sem fór fram á þrem dögum í síðustu viku septembermánaðar árið 2008. Hér á eftir má sjá lýsingu á svæðunum ásamt myndum sem lýsa sýnatökustöðum miklu betur en mörg orð. GPS punktar voru teknir á hverjum sýnatökustað. Bent er á yfirlitskort yfir sýnatökustaðina í viðauka 1 til nánari glöggvunar.

2.2.1 Sýnatökusvæði við Hellisheiðarvirkjun

Þann 23. september 2008 voru sýni tekin við Hellisheiðarvirkjun. Tekin voru sýni á eftirfarandi stöðum:

Sýnatökustaður – Út frá útblæstri neyðarlosunar (He-neyðarlosun)

Sýni voru tekin við útblástur neyðarlosunar. Tekin voru 3x10 hlutasýni af gamburmosa (yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm) á hverju 2 x 2 metra svæði x 10 svæði (langsnið, þvert á sýnatökustefnu), í (A) 95 m, (B) 130 m og (C) 185 m fjarlægð frá blástursopi. Sýnin voru tekin í stefnu til suðurs undan aðal vindátt sumarsins 2008, þannig að hámarkslíkur væru á að gufa hefði leikið um mosa á viðkomandi svæði. Sýnin voru tekin upp með höndum og þau klippt síðan í þrennt þ.e. yfirborð (T), miðja (M) og jarðvegur (B). Sérhverju sýni var safnað í plastpoka og merkt. Samsýni voru búin til úr hlutasýnum til að senda í efnagreiningar.

Á hverjum sýnatökustað var tekið eitt safnsýni af stinnastör sem innihélt 10 plöntur og sett í merkta plastpoka.

Gufa frá neyðarlosun er gufa úr skiljuvatni sem búið er að sjóða. Samsetning þessarar gufu er ekki sú sama og úr borholum, hún er mun hreinni. Líklegt er að heit gufan hafi legið öðru hvoru yfir svæðið um sumarið.

(A) 95 m fjarlægð frá neyðarlosun

Töluverðar skemmdir voru sýnilegar í mosanum gegnt stefnu helstu vindáttar sumarsins, þ.e. norður. Mosinn virtist heill hlémegin á þúfum. Einnig voru greinilegar hitaskemmdir sýnilegar á mosanum.



Myndir 1 og 2. Útlit mosa í 95 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar

(B) 130 m fjarlægð frá neyðarlosun

Nokkrar skemmdir sáust í mosanum en ekki var að sjá neina stefnu á skemmdunum.



Mynd 3. Útlit mosa í 130 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar

(C) 185 m fjarlægð frá neyðarlosun

Mjög litlar skemmdir sáust á mosanum



Mynd 4. Útlit mosa í 185 m fjarlægð frá útblæstri neyðarlosunar

Sýnatökustaður – Út frá borholu 17 (HE - 17)

Tekin voru safnsýni af gamburmosa á þrem stöðum (A) 100 m, (B) 140 m og (C) 185 m gegnt stefnu ríkjandi vindáttar sumarsins sem dreifði útblæstri frá holunni til suðurs. Greinilegar hita- og eða efnaskemmdir voru á stóru svæði í útblástursstefnu holunnar. Í hverju sýni voru fimm hlutasýni af gamburmosa sem skipt var í þrennt eins og áður (yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm). Á hverjum sýnatökustað var einu safnsýni af stinnastör safnað sem innihélt 10 plöntur.

Auk þess var sýni tekið af gamburmosa (yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm) til smásjárrannsóknna síðar.

(A) 100 m frá borholu 17

Sýni var tekið áveðurs við nálægan hól. Greinilegar skemmdir voru auðsæjar á mosanum. Mosinn var allur brúnleitur en háplöntur virtust heilar (haustlitur kominn á blöð smjörvíðis).



Myndir 5 og 6. Útlit mosa áveðurs við nærliggjandi hól í 100 m fjarlægð frá borholu 17

(B) 140 m frá borholu 17

Sýni tekin hlémegin við hólinn. Mosinn var tvískiptur á lit þ.e. brúnn í stefnu gegnt aðalvindátt sumarsins þ.e. í norður en fagurgrænn hlémegin.



Myndir 7 og 8. Útlit mosa hlémegin við nærliggjandi hól 140 m frá borholu 17

Ekki voru teknar myndir af sýnatökustað (C) sem var í 215 m fjarlægð í suður frá borholu 17.

Sýnatökustaður – Út frá stöðvarhúsi virkjunarinnar (He-stöðvarhús)

Tekið var eitt safnsýni af gamburmosa á fjórum stöðum ((A) 320 m , (B) 600 m, (C) 710 m og (D) 1530 m) í vestsuðvesturátt frá stöðvarhúsi. Í stefnu að svæði sem

ábendingar höfðu borist um hugsanlegar efnaskemmdir í mosa við Suðurlandsveg. Hvert safnsýni innihélt 5 hlutasýni af gamburmosa sem skipt var í þrennt eins og áður (yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm). Á samsvarandi hátt var tekið eitt safnsýni af hugsanlega dauðum mosa sem skipt var í tvennt (yfirborðssýni – efstu 5 cm og jarðvegssýni neðan 10 cm). Á hverjum sýnatökustað var einu safnsýni af stinnastör safnað sem innihélt 10 plöntur. Auk þess var sýni af gamburmosa safnað sérstaklega til smásjárrannsóknna síðar.

(A) 320 m frá stöðvarhúsi

Greinilegar skemmdir voru á mosanum í stefnu undan austanátt sem er ríkjandi úrkomuátt. Hér voru hugsanlega bæði efna- og rofskemmdir á ferð.



Myndir 9 og 10. Útlit mosa í 320 m fjarlægð frá stöðvarhúsi

(B) 600 m frá stöðvarhúsi

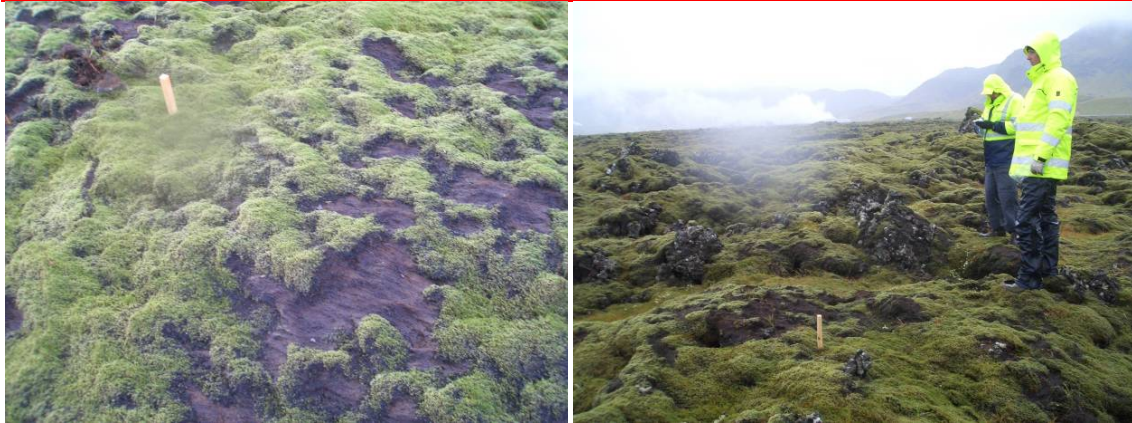
Greinilegar skemmdir voru á mosanum sem snéru gegnt aðalvindátt frá stöðvarhúsinu þ.e. í austur.



Myndir 11 og 12. Útlit mosa í 600 m fjarlægð frá stöðvarhúsi

(C) 710 m frá stöðvarhúsi

Greinilegar veðurskemmdir voru sjáanlegar á mosanum sem snéru gegnt aðalvindátt svæðisins, þ.e. austanátt.



Myndir 13 og 14. Útlit mosa í 710 m fjarlægð frá stöðvarhúsi

(D) 1530 m frá stöðvarhúsi (rétt við Suðurlandsveg)

Greinilegar veðurskemmdir voru sýnilegar í mosanum sem snéru í austur.



Myndir 15 og 16. Útlit mosa í 1530 m fjarlægð frá stöðvarhúsi

2.2.2 Sýnatökusvæði í Bláfjöllum

Sýnatakan fór fram 23. september 2008 þ.e. sama dag og við Hellisheiðarvirkjun á stað sem er í svipaðri hæð yfir sjó og Hellisheiðarvirkjunin. Þessi sýni voru notuð til viðmiðunar á styrk snefilefna. Tekin voru 5 hlutasýni af gamburmosa sem skipt var í þrennt eins og áður (yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm). Á samsvarandi hátt var tekið eitt safnsýni af sýnilega dauðum mosa sem skipt var í tvennt (yfirborðssýni – efstu 5 cm og jarðvegssýni neðan 10 cm). Einnig var einu safnsýni af stinnastör safnað sem innihélt 10 plöntur.

Sama stefna var á mosaskemmdum og við stöðvarhús Hellisheiðarvirkjunar þ.e. gengt ríkjandi austanvindáttinni. Sýnatökustaðurinn í Bláfjöllum er í 14 km fjarlægð í suðvesturátt frá stöðvarhúsi Hellisheiðarvirkjunar.



Mynd 17. Útlit mosa í Bláfjöllum í 14 km fjarlægð frá Hellisheiðarvirkjun.

2.2.3 Sýnatökusvæði við Svartsengi

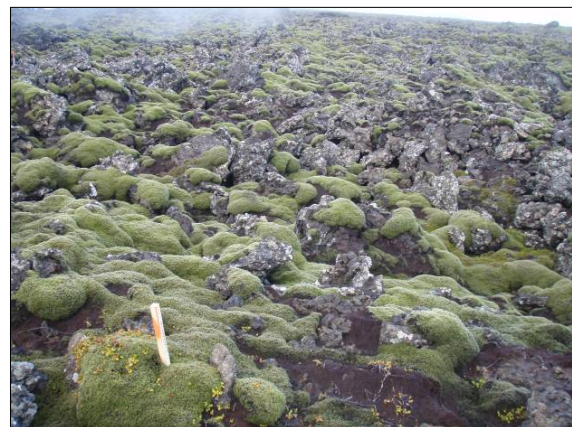
Miðvikudaginn 24. september 2008 fór sýnataka fram við orkuver Hitaveitu Suðurnesja í Svartsengi.

Tekin voru safnsýni á þremur stöðum ((A) 45 m , (B) 140 m og (C) 475 m) frá norðurenda kæliturns orkuvers 6 til norðurs. Svæðið var valið í samræmi við ábendingar Hreins Halldórssonar stöðvarstjóra.

Á hverjum sýnatökustað var tekið safnsýni af gamburmosa. Í hverju safnsýni voru fimm hlutasýni sem skiptist í þrennt, þ.e. yfirborðssýni ((yfirborðssýni – efstu 5 cm, millisýni á 5-10 cm dýpt og jarðvegssýni neðan 10 cm). Á samsvarandi hátt var tekið eitt safnsýni af sýnilega dauðum mosa sem skipt var í tvennt (yfirborðssýni – efstu 5 cm og jarðvegssýni neðan 10cm). Ekki fannst stinnastör á sýnatökusvæðunum.

(A) 45 m frá norðurenda kæliturns orkuvers 6

Töluverðar skemmdir voru sýnilegar í mosanum í stefnu undan N-V átt.



Myndir 18 og 19. Útlit mosa í 45 m fjarlægð frá kæliturni orkuvers 6

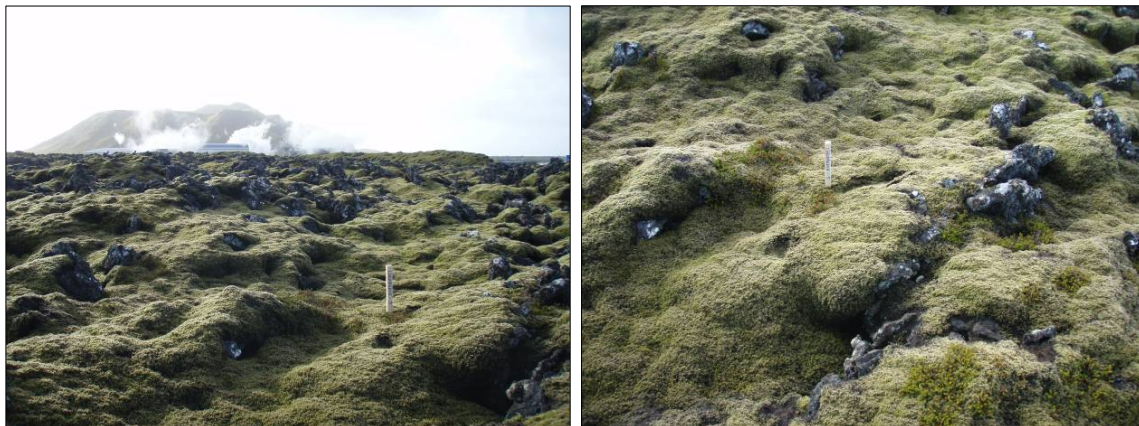
(B) 140 m frá norðurenda kæliturns orkuvers 6

Nokkuð var um skemmdir í mosa og virtust flestar vera mót suðri.



Myndir 20 og 21. Útlit mosa í 140 m frá kæliturni orkuvers 6

(C) 475 m frá norðurenda kæliturns orkuvers 6
Á svæðinu var lítið af sýnilegum skemmdum í mosa.



Myndir 22 og 23. Útlit mosa í 450 m fjarlægð frá kæliturni orkuvers 6

2.2.4 Sýnatökusvæði við Nesjavallavirkjun

Mánudaginn 29. september 2008 var sýnum safnað við jarðvarmavirkjun Orkuveitu Reykjavíkur á Nesjavöllum.

Tekin voru safnsýni á þremur stöðum, þ.e. (A) 100-170 m norðan megin við stöðvarhús, (B) 165-210 m VSV megin við stöðvarhús og (C) við borholu 19. Svæðið var valið eftir ábendingar frá Markúsi Jóni Ingvasyni stöðvarstjóra. Ríkjandi vindátt á svæðinu er úr SA.

Á hverjum stað voru tekin 1-3 safnsýni af gamburmosa. Hvert safnsýni innihélt 5 hlutasýni sem skiptist í þrennt, þ.e. yfirborðssýni (efstu 5 cm), millisýni (5-10 cm dýpi) og jarðvegssýni (>10 cm). Á samsvarandi hátt var tekið eitt safnsýni af sýnilega dauðum mosa sem skipt var í tvennt (yfirborðssýni – efstu 5 cm og jarðvegssýni

neðan 10 cm) Einnig var einu safnsýni af stinnastör safnað á hverjum sýnatökustað sem innihélt 10 plöntur nema við borholu 19.

(A) (100-170 m) til norðurs frá stöðvarhúsi

Greinilegar skemmdir voru sýnilegar á mosa á stóru svæði út frá stöðvarhúsi til norðausturs. Skemmdirnar í mosanum eru mestar á mótí ríkjandi vindátt á svæðinu, þ.e. SA.



Mynd 24. Útlit mosa þegar horft var til norðurs frá stöðvarhúsi.



Mynd 25. Greinilegar skemmdir á mosa.



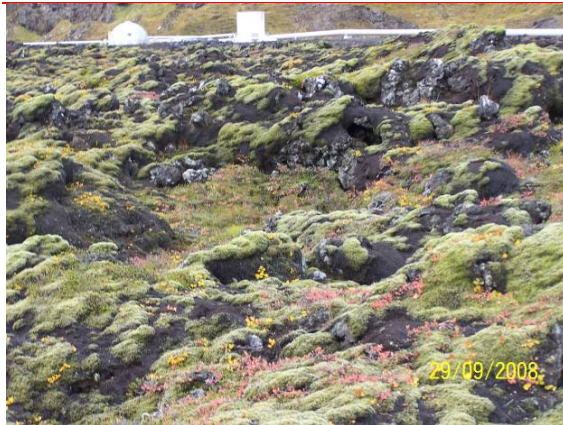
Myndi 26. Útlit mosa þegar horft var til suðurs í átt að stöðvarhúsi.



Myndi 27. Greinilegar skemmdir á mosa sem snúa gengt SA.

(B) (165-210 m) VSV frá stöðvarhúsi

Greinilegar skemmdir voru í mosanum á stóru svæði. Borhola í SSV út frá stöðvarhúsinu hafði ekki blásið í 20 ár. Tilgáta er að um sé að ræða endurvöxt upp af gömlum sprotum, en það þarfnast frekari rannsókna. Skemmdir snéru til allra átta en voru mest áberandi þegar horft var frá stöðvarhúsi.



Mynd 28. Útlit mosa þegar horft var til SV frá stöðvarhúsi.



Mynd 29. Útlit mosa þegar horft var til SSV frá stöðvarhúsi.



Mynd 30. Útlit mosa þegar SV megin við stöðvarhúsi.



Mynd 31. Greinilegar skemmdir í mosa. Tilgáta að nýr mosi sé að vaxa upp á skemmdu svæði.

(C) Borhola 19

Borholan var í blæstri um þær mundir sem sýnatanka fór fram. Lítið var um sjáanlegar skemmdir í mosa í grenndinni en þær skemmdir sem voru til staðar snéru á móti veðuráttinni til SA og voru líklega vegna veðurs. Sýni voru tekin við girðingu.



Mynd 32. Útlit mosa við borholu 19.

Bent skal á að við skoðun á svæðinu við Nesjavelli voru greinilega miklar skemmdir á gróðri allt í kringum borholu 14. Skýringin gæti legið í því að þegar holan blés í upphafi gusaðist mikið af heitu vatni upp úr holunni, sem innihélt mikið magn af kísli, og flæddi vatn yfir nokkuð landssvæði. Ekki var að sjá að mosi væri byrjaður að vaxa aftur á svæðinu við borholuna. Hins vegar voru engar sýnilegar skemmdir í mosa við borholu 23 sem er við brekkurætur.

2.3 Undirbúningur sýna og efnagreiningar

Samtals voru tekin 184 sýni sem skiptust þannig að 168 voru af gamburmosa og 16 af stinnastör. Sýnataka fór fram á þremur stöðum við Hellisheiðarvirkjun (10 sýnatökustaðir), þremur á Nesjavöllum (7 sýnatökustaðir), einum stað við Svartsengi (3 sýnatökustaðir) og síðan einum stað í Bláfjöllum (1 sýnatökustaður) sjá yfirlitsmyndir í viðauka I. Tafla 1 sýnir yfirlit yfir þann fjölda sýna sem safnað var á hverju sýnatökusvæði.

Tafla 1. Yfirlit yfir fjölda sýna á hverju sýnatökusvæði

Merking sýna	Gamburmosi (lifandi) Fjöldi sýna			Gamburmosi (dauður) Fjöldi sýna		Mosi Fjöldi sýna	Stinnastör Fjöldi sýna
	T*	M*	B*	T	M		
He-Stöðvarhús	4	4	4	4	4	20	4
HE-17 ⁽¹⁾	3	3	3	0	0	9	3
He-neyðarlosum **	30	30	30	0	0	90	3
Nesjavellir ⁽²⁾	5	5	5	5	5	25	5
Ne-19 ⁽³⁾	1	1	1	0	0	3	0
Svartsengi	3	3	3	3	3	15	0
Bláfjöll	1	1	1	1	1	5	1
Samtals						168	16

* T=yfirborðssýni (efstu 5 cm) M= millisýni (5-10 cm dýpi) og B=jarðvegssýni (>10 cm)

**tekin voru sérstök hlutasýni til að meta breytileika innan svæðisins.

(1) Borhola 17, (2) N og SV megin við stöðvarhús, (3) borhola 19

Að lokinni sýnatöku voru sýnin af mosa og stinnastör þurrkuð í ofni við 48°C yfir nótt á Rannsóknastofu Eflu. Eftir þurrkun voru plönturnar malaðar í mortéli eins fint og hægt var og settar í merkta plastpoka. Viðeigandi hlutasýni voru sameinuð í safnsýni fyrir mælingar. Afgangurinn af plöntusýnum sem var ekki malaður var settur í plastpoka og geymdur.

Tekin voru mun fleiri sýni en efnagreind voru. Einnig voru hlutasýni sameinuð í safnsýni og efnagreind þannig. Tafla 2 sýnir yfirlit yfir þau sýni sem efnagreind voru á rannsóknastofu ALS Analytica Scandinavia í Svíþjóð

(http://www.analytica.se/default_eng.asp).

Í þrem sýnum af mosa var gerð frumefnaskimun (screening) með ICP-AES og ICP-SMS (HR-ICP-MS) þar sem greindur var efnastyrkur 71 snefilefnis. Notuð var hálfmagnbundin (semi-quantitative) aðferð sem gaf efnastyrk með óvissu upp á allt að ± 50% af gefnu gildi. Þessi greining var gerð til að meta hvort einhver snefilefni sem venjulega eru ekki tengd jarðvarmagufu væru til staðar í mosanum. Svo reyndist ekki

vera og var því haldið áfram með snefilefnagreiningar þar sem 25 frumefni voru greind í alls 68 sýnum af gamburmosa (52 sýni) og stinnastör (16 sýni).

Sýnin voru brotin niður með meltuaðferð (digestion method): HNO₃ + HF í örbylgjuofni og greind með ICP-SFMS, ICP-AES (EPA 200.8 og 200.7). Óvissan í mælingunum er 15-28% og er metin skv. EURACHEM/CITAC guide (<http://www.measurementuncertainty.org/>)

Yfirlit yfir niðurstöður mælinga og mæli óvissu er í viðauka II.

Tafla 2. Yfirlit yfir fjölda sýna sem send voru í efnagreiningu

Merking sýna	Gamburmosi (lifandi) Fjöldi sýna			Gamburmosi (dauður) Fjöldi sýna		Mosi Fjöldi sýna	Stinnastör Fjöldi sýna	Snefilefni
	T	M	B	T	M			
He-Stöðvarhús*	5	3	3	3	1	15	4	Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Si, Ti, V, Zn
HE-17	3	1	1	0	0	5	3	
He-neyðarlosun*	3	0	0	0	0	3	3	
Nesjavellir	8	2	2	2	1	15	5	
Ne-19	1	1	1	0	0	3	0	
Svartsengi	3	0	0	3	0	6	0	
Bláfjöll*	1	1	1	1	1	5	1	
Samtals						52	16	

*frumefnaskimun var gerð í sýni nr.138 (Bláfjöll), nr.112 (He-stöðvarhús) og nr. 165 (Nesjavellir)

3 NIÐURSTÖÐUR EFNAMÆLINGA OG UMRÆÐUR

Markmið þessarar rannsóknar var að:

- Meta styrk brennisteins og annarra efna í mosa, á svæði í kringum jarðvarmavirkjun Orkuveitu Reykjavíkur á Hellisheiði.
- Leggja mat á það hvort þessi efni yllu skemmdum á mosa.
- Meta hvort skemmdir í mosa mætti rekja til náttúrulegs rofs.

Umfjöllun um niðurstöður er skipt í nokkra kafla.

1. **Samanburður á efnastyrk í mosa og stinnastör milli sýnatökustaða.** Borið var saman efnainnihald sýna frá virkjanasvæðum og viðmiðunarsvæði í Bláfjöllum. Þannig má ætla hvort um marktækan mun sé að ræða í styrk efna, sem valdið geta skaða. Reynist vera marktækur munur á efnastyrk á sýnatökusvæði miðað við Bláfjöll má leiða líkum að því að ekki sé um náttúrulegan efnastyrk að ræða heldur áhrif frá virkjunum. Marktækt hærri styrkur efnis á sýnatökusvæði bendir til uppsöfnunar á viðkomandi efna. Marktækt lægri styrkur efnis getur bent til ákveðins álags t.d. efna- og eða hitaálags sem tengja má við heita gufu og vatn sem hefur leikið um svæðið. Plöntufrumur sem skemmast tapa efnunum. Enginn marktækur munur á styrk efna á milli sýnatökusvæðis og viðmiðunarsvæðis bendir til að um náttúrulegt efnamagn sé að ræða.
2. **Mælingar á efnastyrk í mosasýnum í mismunandi fjarlægð frá uppsprettu umhverfisálags.** Þannig er hægt að meta dreifingu hugsanlegrar mengunar eða álags t.d. af hita og efnunum á umhverfið.
3. **Dreifing efna í mosa.** Með því að skoða hvernig efni dreifast frá yfirborði plöntunnar, í gegnum hana niður að jarðvegi er hægt að meta uppsöfnun og útskolun efna í plöntunni.

Niðurstöður allra efnamælinga í mosa og stinnastör má sjá í viðauka II ásamt yfirlitsmynd yfir sýnatökusvæðin í viðauka I. Í viðauka III (kafla 7.3.1) er tafla sem sýnir útreiknuð meðalgildi snefilefna, staðalfrávik og min og max gildi, tafla yfir niðurstöður tölfræðiþrófunar á marktækni með einhliða t-prófi (kafla 7.3.2), ásamt gröfum sem sýna styrk allra snefilefna á öllum sýnatökusvæðunum (kafla 7.3.4).

Áhersla verður lögð á umfjöllun um þau snefilefni í jarðhitagufunni sem talin eru mengandi þ.e. brennistein, arsen, bór, og kvikasilfur (Hrefna Kristmannsdóttir, 2003).

3.1 Samanburður á meðalstyrk efna milli sýnatökusvæða

Meðalstyrkur snefilefna sem mældist í yfirborðssýnum (T) mosa og stinnastarar við Hellisheiði (He-neyðarlausun, HE-17, He-stöðvarhús), Nesjavelli (sýni frá borholu 19 er ekki tekið með þar sem aðeins var um að ræða eitt sýni í rúmlega 2 km fjarlægð frá stöðvarhúsi) og Svartsengi voru borin saman við meðalstyrk snefilefna sem mældist í sýnum af mosa og stinnastör sem tekin voru í Bláfjöllum. Eins og kemur fram í kafla 2.2, sem lýsir sýnatökunni, voru sýni tekin af yfirborði mosans bæði af lifandi og dauðum. Ekki mældist marktækur munur á styrk mengunarefna, sem eru til umfjöllunar hér, í þessum sýnum og voru því öll yfirborðssýnin (sýni merkt T) tekin með í tölfræðiútreikningana. Yfirborðssýni af mosa bæði lifandi og hugsanlega dauðum endurspeglu því þann styrk snefilefna sem er í umhverfinu. Tafla 3 sýnir

Þann fjölda sýna sem notaður var í útreikningum. Sýnafjöldinn var mjög mismunandi og breytileiki í sýnunum var mikill sem endurspeglast í niðurstöðum samanburðarins.

Tafla 3. Fjöldi sýna tekin með í tölfræðiútreikninga

	HE-neyðarlosun	HE-17	HE-stöðvarhús	Nesjavellir	Svartsengi	Bláfjöll
Fjöldi yfirborðssýna af mosa	3	3	8	11	6	2

Mat var lagt á það með einhliða t-prófi hvort meðalstyrkur snefilefnanna í mosa frá ólíkum svæðum væri marktækt frábrugðinn meðalstyrk snefilefna í mosa úr Bláfjöllum (innan 95% öryggismarka). Tafla 4 sýnir yfirlit yfir niðurstöðuna þar sem örvarnar sýna marktæknina þ.e. hvort sýnið var marktækt hærra (↑) eða marktækt lægra (↓). Nákvæmt p gildi er gefið upp í sviga. Þar sem ekkert tákni er í töflunni reyndist meðalgildið ekki marktækt frábrugðið meðalstyrk snefilefna í Bláfjöllum.

Tafla 4. Yfirlit yfir marktækni sem fengin er með einhliða t-prófi innan 95% öryggismarka.

Snefilefni	HE-neyðarlosun	HE-17	HE-stöðvarhús	Nesjavellir	Svartsengi
Cd				↓ (p=2,58E-05)	
Hg				↑ (p=0,0233)	
Mo					
As					
Li	↓ (p=0,0285)			↓ (p=7,55E-07)	
Pb					
B				↓ (p=0,0015)	
Co	↓ (p=0,0425)	↓ (p=0,0479)		↓ (p=0,0001)	
Ni	↓ (p=0,0254)	↓ (p=0,0295)		↓ (p=1,25E-05)	
Cu	↓ (p=0,0317)			↓ (p=0,0003)	
Ba				↓ (p=0,0117)	
Cr	↓ (p=0,0478)			↓ (p=0,0010)	
Zn	↓ (p=0,0375)	↓ (p=0,0416)		↓ (p=0,0007)	
V				↓ (p=0,0039)	
Mn	↓ (p=0,0497)	↓ (p=0,0487)		↓ (p=0,0005)	
P					
S	↑ (p=0,0137)	↑ (p=0,0300)	↑ (p=0,0304)	↑ (p=0,0062)	
K	↑ (p=0,0284)				
Ti					
Na	↓ (p=0,0188)			↓ (p=7,98E-05)	
Mg	↓ (p=0,0317)	↓ (p=0,0338)		↓ (p=5,08E-05)	
Ca	↓ (p=0,0210)	↓ (p=0,0269)		↓ (p=6,79E-05)	
Al	↓ (p=0,0247)	↓ (p=0,0200)		↓ (p=0,0003)	
Fe	↓ (p=0,0457)	↓ (p=0,0405)		↓ (p=0,0083)	
Si	↑ (p=0,0490)				

Niðurstöðurnar sýna (tafla 4 og mynd 33) að marktækt hærri meðalstyrkur mældist af brennisteini (He-neyðarlosun: 638±93 ppm þv., HE-17: 562±98 ppm þv., He-stöðvarhús: 544± 36 ppm þv.) á öllum sýnatökustöðunum við Hellisheiðarvirkjun og á Nesjavöllum (2.879±1.1143 ppm þv.) miðað við þann meðalstyrk af brennisteini sem mældist í Bláfjöllum (321±71 ppm þv.). Niðurstöðurnar benda til þess að brennisteinn safnist upp í umhverfinu í kringum Hellisheiðarvirkjun. Athyglisvert er að sjá hversu hár styrkur brennisteins mælist við Nesjavelli. Þar hefur verið orkuframleiðsla í 18 ár eða síðan 1990. Þar hafa ekki verið notaðar neinar varnir við útbreiðslu mengunarefna svo sem dropasíur eins og nú tíðkast á Hellisheiði. Það var hins vegar

ekki raunin í upphafi orkuframleiðslu þar. Vorið 2009 verða settar upp loftskiljur á útblástur Hellisheiðarvirkjunar. Tengist það tveimur tilraunverkefnum við virkjunina; blöndun brennisteinsvetnis í niðurrennsliðsvatn frá virkjuninni og bindingu koltvísýrings í formi kristalla djúpt í hraunlögunum í grennd virkjunarinnar. Í matsskýrslum umhverfisáhrifa virkjana við Hverahlíð og í Bitru er gert ráð fyrir 99% hreinsun brennisteinsvetnis frá upphafi reksturs.

Ekki reyndist vera marktækur munur á meðalstyrk brennisteins í mosa við Svartsengi (535±152 ppm þv.) og í Bláfjöllum (321±71 ppm þv.). Jarðhitagufa í Svartsengi hefur uppruna í jarðsjó og frá henni losnar minna magn brennisteinsvetnis. Frekari rannsóknna er þörf ef skýra á sýnilegan mosadauða við orkuverið í Svartsengi.

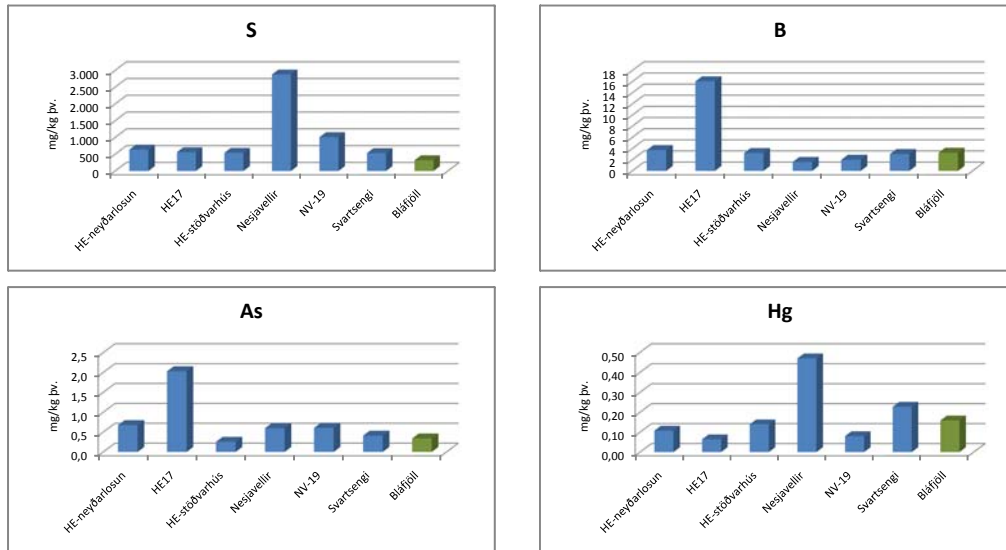
Ekki mældist marktækur munur á meðalstyrk arsens í mosa á Hellisheiði (He-neyðarlosun: 0,67±0,51 ppm þv., HE-17: 2,03±1,10 ppm þv., He-stöðvarhús: 0,26±0,17 ppm þv.), Nesjavöllum (0,60±0,96 ppm þv.) eða Svartsengi (0,41±0,28 ppm þv.) miðað við mældan meðalstyrk þess í Bláfjöllum (0,34±0,34 ppm þv.) sem bendir til að á þessum stöðum sé um að ræða náttúrulegan styrk af arseni.

Meðalstyrkur kvikasilfurs mældist marktækt hærri á Nesjavöllum (0,47±0,18 ppm þv.) en annars staðar (He-neyðarlosun: 0,11±0,01 ppm þv., HE-17: 0,06±0,01 ppm þv., He-stöðvarhús: 0,14±0,09 ppm þv., Svartsengi: 0,22±0,12 ppm þv. og Bláfjöll: 0,16±0,08 ppm þv.) sem bendir til uppsöfnunar á kvikasilfri í umhverfinu við Nesjavelli. Frekari rannsóknna er þörf til að hægt verði að álykta um uppruna og áhrif.

Bór mældist einungis marktækt lægri á Nesjavöllum (1,60±0,57 ppm þv.) sem gæti bent til ákveðins álags á svæðinu t.d. vegna hita og/eða vatns og efnaálags svo sem brennisteins. Tekið skal fram að bór mældist í mjög háum styrk við borholu 17 á Hellisheiði (16,07±13,6 ppm þv.) en einungis var um þrjú sýni að ræða með mjög miklum breytileika (min=3,41 ppm, max=30,4 ppm) sem gerir það að verkum að ekki var hægt að greina marktækan munur á bórstyrk þar miðað við mældan meðalstyrk í Bláfjöllum (3,26±0,26 ppm þv.). Ekki mældist marktækur munur á meðalstyrk bórs á öðrum sýnatökustöðum og í Bláfjöllum.

Bent er á að kísill mældist marktækt hærri við neyðarlosun við Hellisheiðarvirkjun (17.867±1.909 ppm þv.) sem skýrist af því að kísilríkt vatn lá yfir svæðið á tímabili.

Við hitaálag er þekkt að efni tapast úr plöntuvef og gæti það skýrt lækkun á snefilefnum í mosa á svæðum þar sem vitað er að heitt vatn eða gufa hefur leikið um. Lækkunin er áberandi við neyðarlosun og borholu 17 þar sem vitað er að heit gufa og vatn hefur legið yfir svæðinu. Ekki er þó hægt að útiloka að efnaálag valdi snefilefnatapi úr plöntuvef.



Mynd 33. Meðalstyrkur efna (mg/kg, þurrvigt) í mosa á mismunandi sýnatökustöðum

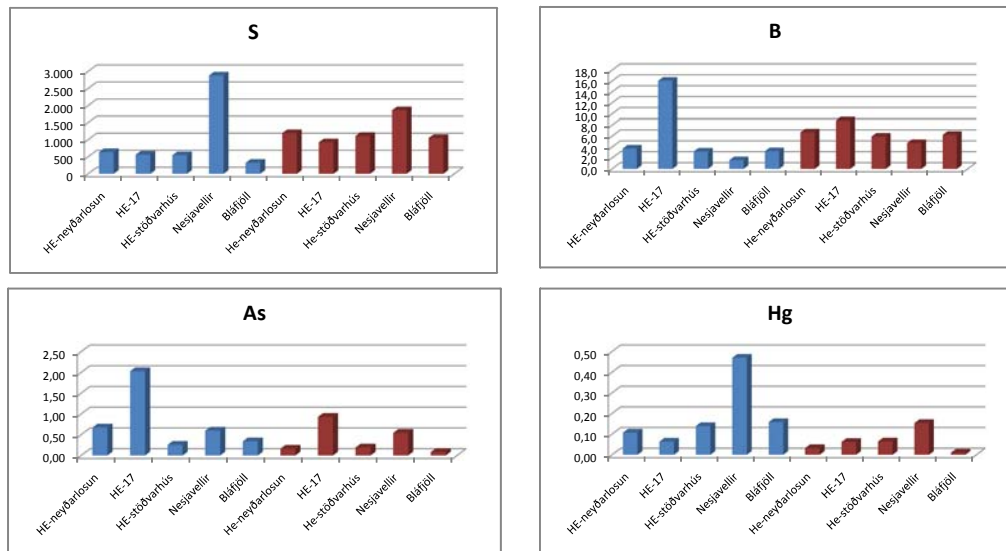
Ekki hafa verið gerðar margar rannsóknir á efnainnihaldi í gamburmosa á Íslandi. Árið 1978 voru sýni tekin af gamburmosa, í nágrenni Grundartanga, til að mæla styrk þungmálma (Jón Eldon 1983). Þar var mælt króm, kadmín, kopar, járn, nikkell, blý, zink og mangan. Önnur rannsókn fór fram á Reykjanesi og kringum Reykjavík (Schunke ofl. 1983, Thomas ofl. 1984) þar voru mældir þungmálmarnir blý, kadmín, járn, kopar, króm, nikkell, magnesíum, mangan og zink.

Árið 2007 voru gerðar rannsóknir á gróðurskemmdum við háspennumöstur þar sem mæld voru meðal annars kvikasílfur, arsen og brennisteinn (Gunnar Ólafsson o.fl. 2007). Efnamagn á viðmiðunarsvæði í Bláfjöllum er svipað og mælist í ósnortnu svæði við Helgafell.

Árið 1990 hófst vöktun á magni þungmálma í tildurmosa (*Hylocomium splendens*) hér á landi á vegum Náttúrufræðistofnunar Íslands og Umhverfisstofnunar (Sigurður H. Magnússon, 2002). Í þessari vöktun eru mæld snefilefni arsen, kadmín, króm, kopar, járn, kvikasílfur, nikkell, blý, vanadín, zink auk brennisteins og er markmiðið að fylgjast með mengun í andrúmslofti. Mjög erfitt er að bera niðurstöður úr þessari rannsókn saman við niðurstöður úr vöktunarverkefninu þar sem um mismunandi mosategundir er að ræða.

Til að meta áhrif virkjana á fleiri tegundir plantna voru snefilefni einnig mæld í stinnastör. Stinnastör er háplanta sem tekur upp næringu í gegnum rótarkerfi sitt. Ekki voru gerðir neindir tölfræðiútreikningar við mat á styrk efna milli sýnatökusvæða þar sem um var að ræða mjög fá sýni. Niðurstöður (sjá mynd 34 þar sem rauðar súlur sýna styrk efna í stinnastör og þær bláu í mosa) gefa því ákveðna vísbendingu og sýna að styrkur brennisteins mældist hæstur í stinnastör við Nesjavelli sem er í samræmi við niðurstöður í mosa. Styrkur bórs og arsens í stinnastör mældist mestur við borholu 17 á Hellsheiði sem er í samræmi við mæliniðurstöður í mosa. Styrkur kvikasílfurs í stinnastör mældist mestur á Nesjavöllum sem er einnig í samræmi við mæliniðurstöður í mosa. Mæliniðurstöður snefilefna í stinnastör endurspeglar því mæliniðurstöður í mosa um umhverfisáhrif jarðhitavirkjana á sitt nánasta umhverfi. Í

kafla 7.3.5 í viðauka III má sjá sambærileg súlurit fyrir öll snefilefni sem voru mæld í stinnastör.



Mynd 34. Meðalstyrkur efna (mg/kg, þurrvigt.) í mosa og stinnastör á mismunandi sýnatökustöðum (rauðar súlur tákna styrk efna í stinnastör og þær bláu efnastyrk í mosa)

3.2 Breytilegur efnastyrkur eftir fjarlægð frá uppsprettum

Til að meta dreifingu efna frá uppsprettum og áhrif þeirra á umhverfið voru tekin mosasýni í mismunandi fjarlægð frá borholu HE-17, He-stöðvarhúsi og He-neyðarlosun á Hellisheiði. Dreifingu allra snefilefnanna má sjá á myndum í kafla 7.3.6 í Viðauka III en hér er áherslan eins og áður á umfjöllun um brennistein, arsen, bór og kvikasilfur sbr. mynd 35. Nokkur óvissa er í niðurstöðunum þar sem um er að ræða 1 eða -2 sýni á hverjum sýnatökustað og mælióvissa í hverri mælingu 10-20%.

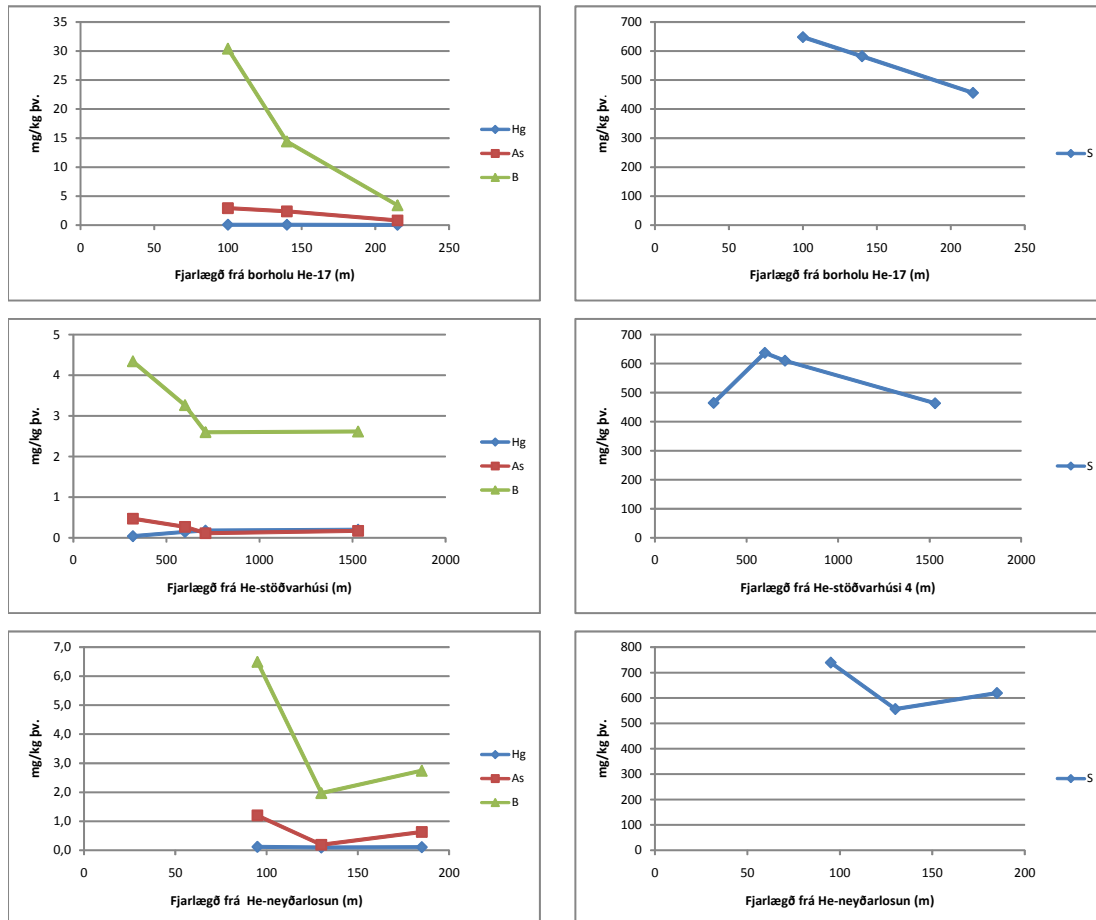
Niðurstöður sýna að við borholu 17 (HE-17) minnkar styrkur kvikasilfurs, arsens og brennisteins í réttu hlutfalli við fjarlægðina til suðurs frá borholunni. Styrkur brennisteins er enn nokkuð hærri (456 ppm þurrvigt.) í 200 m fjarlægð frá borholunni miðað við mældan styrk í Bláfjöllum (321 ppm þurrvigt.) sem bendir til að áhrifa frá borholunni gæti ennþá í rúmlega 200 m fjarlægð. Styrkur bórs lækkar tífalt á 100-200 m fjarlægðarbili frá holunni og er orðinn svipaður og mælist í Bláfjöllum í 200m fjarlægð frá borholunni. Það eru sýnilegar miklar skemmdir á mosanum á þessum slóðum sem tengja má við mikinn hita frá borholunni bæði í formi gufu og vatns sem leikið hefur um mosann og hugsanlega háum styrk af bór og brennisteini. Ekki er hægt að greina á milli hita og efnaskemmda sem minnka sýnilega þegar fjær dregur frá borholunni.

Niðurstöður sýna að í SV átt frá stöðvarhúsi virkjunarinnar á Hellisheiði lækkar styrkur bórs og arsens með fjarlægð og hefur náð einhverskonar jafnvægi í um 700 m fjarlægð.

Styrkur brennisteins og kvikasilfurs hækkar fyrstu 700 m en lækkar síðan eftir það í réttu hlutfalli við fjarlægð. Í um 1500 m fjarlægð frá stöðvarhúsi til SV er styrkur

brennisteins enn nokkuð hærri (464 ppm þurrvigt) miðað við mældan styrk í Bláfjöllum (321 ppm þurrvigt) sem bendir til að áhrifa frá útblæstri frá stöðvarhúsi gæti ennþá í þessari fjarlægð. Hins vegar benda þær skemmdir sem eru sýnilegar í mosanum á þessum stað ekki til neinna efnaskemmda þar sem enginn dauður mosi er sjáanlegur heldur virðast hér vera á ferð rofskemmdir af völdum veðráttu. Tekið skal fram að ekki eru þekkt þolmörk gamburmosa fyrir brennistein þ.e. hversu hár styrkur af brennisteini skemmir eða drepur mosa. Eins og áður er bent á, er mikil úrkoma á virkjunarsvæðinu og má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti þegar úrkomu gætir.

Niðurstöður benda til að skemmdir í suðurátt frá He-neyðarlosum má líklega tengja við hita og vatn þar sem styrkur snefilefnanna lækkar fyrstu 130 m en hækkar síðan aftur. Þessi gufa er mun hreinni en gufa frá borholum þar sem hér er um að ræða gufu frá skiljuvatni sem búið er að sjóða. Það er vel þekkt að við ákveðið álag (hita, efni) verða skemmdir á varnarhúð og plöntufrumunum sjálfum og þær tapa efnum. Þetta nota menn sér t.d. þegar te er bruggað.



Mynd 35. Meðalstyrkur efna (mg/kg, þurrvigt.) í mismunandi fjarlægð (m) frá uppsprettu

3.3 Dreifing snefilefna í mosa (T-M-B)

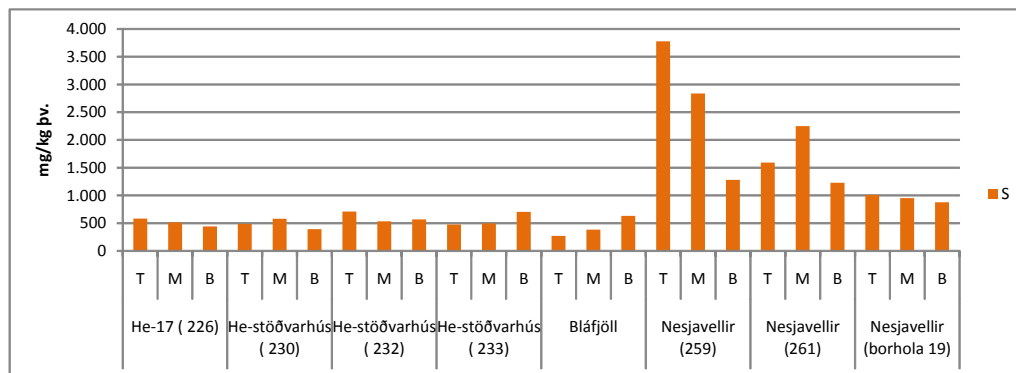
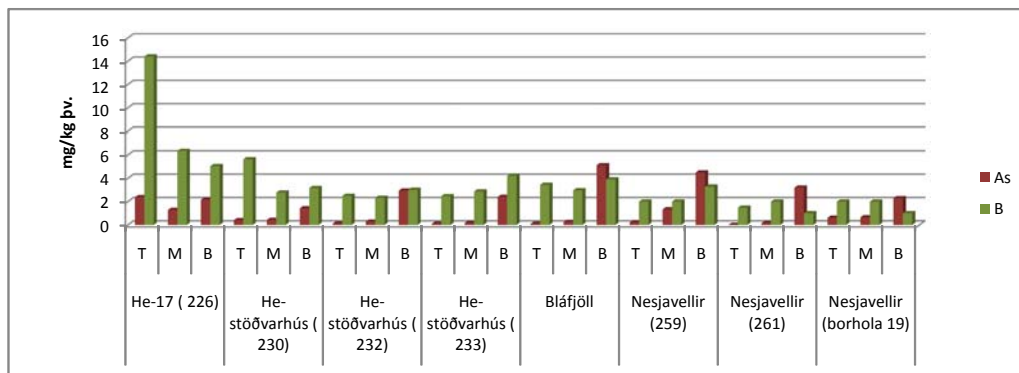
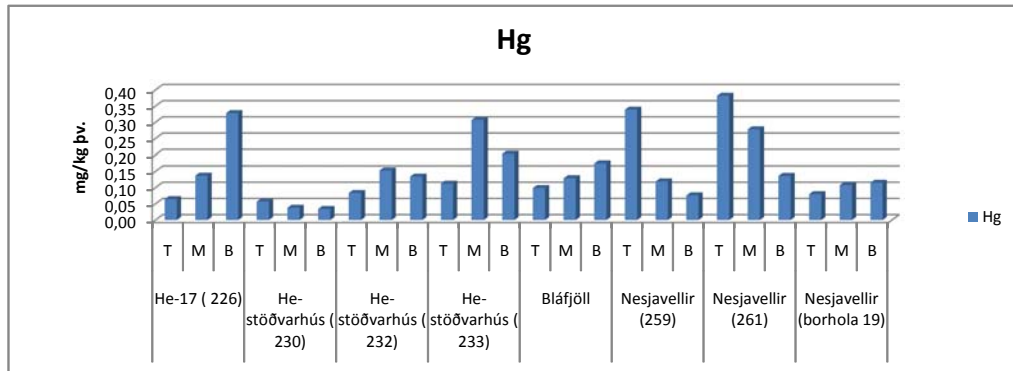
Til að meta dreifingu þ.e. uppsöfnun og útlosun snefilefna í gegnum mosaplöntuna voru snefilefni mæld í nokkrum mosasýnum í yfirborðssýni (T= efstu 5 cm), miðjusýni (M=næstu 5 cm) og loks jarðvegssýni (B).

Í kafla 7.3.7 í viðauka III eru niðurstöður þessara mælinga fyrir öll snefilefnin í myndrænu formi. Eins og áður beinist umfjöllunin hér að brennisteini, bór, kvikasilfri og arseni.

Eins og sést á mynd 36 er ekki um skýra fylgni að ræða á styrk snefilefnanna í topp-, miðju- og botnsýnum mosans. Niðurstöður benda til að styrkur kvikasilfur aukist frá yfirborði mosans að jarðvegi í sýnum teknum á Hellisheiði og Bláfjöllum. Þessu er hins vegar öðruvísi háttað fyrir sýnin sem tekin voru á Nesjavöllum, þar mældist mesti styrkur kvikasilfurs í toppsýnum en minnstur í botnsýnum mosans. Þetta bendir til þess að kvikasilfur berist inn á mosasvæðið með úrkomu eða áfoki.

Ekki er um skýra fylgni að ræða með arsen og bór, en sýni tekin við HE-17 víkja verulega frá öðrum. Á þessum stað mældist mjög hár styrkur af bór, mestur styrkur í yfirborðssýni og lægri neðar. Hóla 17 er nýleg og blés mjög kröftuglega en erfitt er að segja til um hvort styrkur bórs hafi valdið neikvæðum áhrif á gróður þar sem álag vegna heitrar gufu var mikið á svæðinu.

Ekki virðist vera mikil breyting á styrk brennisteins frá yfirborði mosasýna að jarðvegi fyrir utan sýnin sem tekin voru á Nesjavöllum en þar var heildarstyrkurinn einnig mestur. Á Nesjavöllum var styrkurinn mestur í yfirborðssýnum og lækkar að jarðvegi.



Mynd 36. Meðalstyrkur efna (mg/kg, þurrvigt) í yfirborði, miðju og botnhluta mosa á mismunandi sýnatökustöðum. Númerin í svigunum eru númer sýnanna

4 ÁLYKTANIR

Leitast var við að svara eftirfarandi rannsóknarspurningum:

1. *Er álag frá jarðvarmavirkjun á Hellisheiði að drepa mosa og aðrar plöntur í nágrenni virkjunarinnar? Hvaða efni mælast í gróðri á svæðinu?*

Áhrif frá jarðvarmavirkjun á Hellisheiði eru sýnileg og mælanleg í mosa. Greinilegar skemmdir eru sýnilegar á mosa í nánasta umhverfi virkjunarinnar (< 700 m) að hluta til vegna náttúrulegs rofs og hluta vegna áhrifa frá virkjuninni. Styrkur brennisteins og kvikasilfurs hækkar fyrstu 700 m en lækkar síðan eftir það í réttu hlutfalli við fjarlægð. Í um 1500 m fjarlægð frá stöðvarhúsi til SV, við Suðurlandsveg, er styrkur brennisteins enn nokkuð hærri miðað við mældan styrk í Bláfjöllum sem bendir til að áhrifa frá útblæstri frá stöðvarhúsi gæti ennþá í þessari fjarlægð. Hins vegar benda þær skemmdir sem eru sýnilegar í mosanum á þessum stað ekki til neinna efnaskemmda þar sem enginn dauður mosi er sjáanlegur heldur virðast hér vera á ferð rofskemmdir af völdum veðráttu. Tekið skal fram að ekki eru þekkt þolmörk gamburmosa fyrir brennistein þ.e. hversu hár styrkur af brennisteini skemmir eða drepur mosa. Mikil úrkoma á virkjunarsvæðinu og má búast við að brennisteinsvetnið þvoist tiltölulega fljótt úr lofti þegar úrkomu gætir. Erfitt er að greina á milli skemmda vegna efnamengunar og hitaálags þar sem ekki liggur fyrir þekking á þolmörkum plantna sem vaxa á svæðinu. Niðurstöður efnagreininga benda til þess að brennisteinn safnist fyrir í plöntum í nánasta umhverfi við virkjunina. Gufa og heitt vatn hefur legið yfir ákveðin svæði við virkjunina sem getur skýrt lækkun á snefilefnum í mosa. Við eina borholu mælist bór í háum styrk. Rannsóknin getur ekki útilokað að efnaálag eigi þátt í breytingum á styrk snefilefna í plöntuvef.

2. *Er brennisteinn frá Hellisheiðarvirkjun að drepa mosa á svæði í kringum virkjunina?*

Marktæk hækkun á styrk brennisteins mældist í mosa næst virkjuninni í samanburði við mosa í Bláfjöllum. Ekki er hægt að segja með óyggjandi hætti að brennisteinn sé að drepa mosa á svæði næst virkjuninni þar sem ekki er vitað um þolmörk mosa fyrir brennisteini.

3. *Er hér um náttúrulegt rof að ræða?*

Rofskemmdir í mosabreiðum eru greinilegar víða, bæði í Bláfjöllum og á Hellisheiði og eru áberandi undan aðal úrkomuátt. Þekkt er að mengun og laust efni, sem fýkur vegna framkvæmda, veikir gróður og eykur líkur á rofskemmdum. Ekki er hægt að draga afgerandi ályktanir af þeim gögnum sem fyrir liggja um að efna- og umhverfisálag valdi meiri rofskemmdum á Hellisheiði en í Bláfjöllum.

5 VÖKTUN OG FREKARI RANNSÓKNIR

Mosi er oft notaður við vöktun mengunarefna víða um heim því hann tekur upp vatn og næringu úr ryki og regni. Gamburmosinn sem ríkjandi er í hraunum á Suðvesturlandi hefur fremur lítið verið rannsakaður og hefur ekki verið notaður í samnorrænum vöktunarverkefnum sem Ísland á aðild að, grunnþekkingu á tegundinni skortir sem gerir túlkun gagna erfiðari en ella.

5.1 Þörf fyrir frekari rannsóknir

- Hver eru þolmörk gamburmosa fyrir efnum sem eru í háum styrk í jarðhitagufunni. Þau helstu sem ástæða er til að skoða eru brennisteinn, kvikasilfur, arsen og bór. Einnig er brýnt að svara hversu mikinn hita (vatns og gufu) þolir mosinn.
- Hvaða plöntutegundir er mögulegt að nota til að fegra umhverfið í kringum mannvirki á virkjanasvæðum? Ljóst er að mosinn er mun viðkvæmari fyrir því viðbótarálagi sem orsakast af efnum og aðstæðum við Hellisheiðavirkjun og Nesjavelli heldur en annar gróður sem á svæðinu vex. Með skipulagðri kortlagningu á gróðri á þeim svæðum þar sem umhverfisálag er mest er hugsanlega hægt að fá vísbendingar um þolmörk háplantna og hvaða tegundir mögulegt er að nota til að fegra umhverfi mannvirkja á virkjanasvæðum og æskilegt væri að rannsaka áburðarþol þeirra.
- Hvernig er dreifingu brennisteins og kvikasilfurs háttað umhverfis Nesjavallavirkjun? Mikill brennisteinn og kvikasilfur mælist í umhverfinu næst stöðvarhúsi við Nesjavallavirkjun þar sem sjá má miklar skemmdir í mosa á mjög stóru svæði u.þ.b 5 ha fyrir norðan stöðvarhúsið og annað eins suðvestur af húsinu. Til að meta dreifingu brennisteins og kvikasilfurs út frá virkjuninni þyrfti að kortleggja styrk mengunarefna í umhverfinu í ákveðinni fjarlægð frá virkjuninni og fá þannig mynd af dreifingu efnanna.
- Á svæðum við Nesjavelli þar sem dauður mosi var áberandi sáust vel lifandi og kröftugir mosahnoðrar. Hugsanlegt er að um sé að ræða endurvöxt upp af gömlum sprotum sem áhugavert væri að rannsaka nánar.
- Mæld gildi fyrir brennistein og önnur efni eru svipuð í Bláfjöllum og Svartsengi. Sérstakra rannsókna er þörf til að skýra mosadauða þar.

5.2 Vöktun

Brennisteinsvetni er mælt í andrúmslofti með kerfisbundnum hætti á virkjanasvæðunum á Hellisheiði og Nesjavöllum. Mælingarnar hafa staðið yfir um nokkurt skeið og dreifingarmynd er að verða nokkuð skýr. Með skipulagðri sýnatöku sem byggir á dreifingarmyndinni verður hugsanlega hægt að finna samhengi mælinga og skemmda í gróðri og fá þannig vísbendingar um líklega uppsöfnun mengunarefna og gróðurskemmdir. Ef slíkt samhengi finnst gæti það auðveldað vöktun, gert hana ódýrari og gert spár um líklegar skemmdir á gróðri áreiðanlegri.

6 HEIMILDARSKRÁ

www.or.is

www.hsorka.is

Gunnar Ólafsson, Ágúst H. Bjarnason, Rannveig Guichamaud og Graeme I. Paton, 2007. Frumrannsókn á gróðurskemmdum við háspennumöstur á Suðvesturlandi. Landsnet.

Kristmannsdóttir, H., Ármannsson, H., 2003. Environmental aspects of geothermal energy utilization. Geothermics 32 bls. 451-461

Kristmannsdóttir, H., Sigurgerisson, M., Ármannsson, H., Hjartarson, H., Ólafsson, M., 2000. Sulfur gas emission from geothermal power plants in Iceland. Geothermics 29 bls 525-538

Jón Eldon., 1983. Þungmálmar í mosa, jarðvegi og regnvatni í nágrenni Grundartanga 1978 og 1979. Líffræðistofnun Háskólans, Fjölrit nr.19

Schunke, E., Thomas, W., 1983. Untersuchungen uber atmospharenburtige Schadstoffe in der Ökosphäre Islands. Berichte aus der Forschungsstelle Neðri Ás, Hveragerði Nr. 39

Sigurður H. Magnússon, 2002. Þungmálmar í mosa í nágrenni álversins í Straumsvík árið 2000. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02010

Sigurður H. Magnússon, 2002. Þungmálmar í mosa í nágrenni fyrirhugaðs álvers í Reyðarfirði árið 2000. Náttúrufræðistofnun Íslands, NÍ-02011

Munnlegar heimildir frá starfsmönnum OR

VGK 2005. Stækkun Hellsheiðarvirkjunar. Mat á umhverfisáhrifum.

VSÓ ráðgjöf 2008. BITRUVIRKJUN, allt að 135 MWe jarðvarmavirkjun. MATSSKÝRSLA.

7 VIÐAUKI

7.1 Viðauki I

7.1.1 Loftmyndir af sýnatökustöðum

7.1.2 GPS staðsetningar sýnatökustaða í ISNET-93 hnitum

7.2 Viðauki II

7.2.1 Niðurstöður frumefnaskimunar

7.2.2 Niðurstöður efnagreininga

7.3 Viðauki III

7.3.1 Meðalstyrkur efna

7.3.2 Niðurstöður marktækniprófunar

7.3.3 Myndir sem sýna meðalstyrk efna í mosa

7.3.4 Myndir sem sýna samanburð á meðalstyrk efna í mosa og stinnastör

7.3.5 Myndir sem sýna dreifingu efna út frá uppsprettum

7.3.6 Myndir sem sýna dreifingu efna í mosa