



LANDSNET

FRUMRANNSÓKNIR Á GRÓÐURSKEMMDUM VIÐ HÁSPENNUMÖSTUR Á SUÐVESTURLANDI



Landbúnaðarháskóli Íslands



UNIVERSITY
OF ABERDEEN

:: Vistfræðistofan



SAMANTEKT

Eftir ábendingar grasafræðings um gróðurskemmdir við háspennumöstur Búrfellslínu 3B á svæði frá Selfjalli ofan Lækjarbotna að Hamranesi við Hafnarfjörð, var að beiðni Landsnets ráðist í frumrannsókn til að meta umfang og orsakir gróðurskemmdanna. Frumrannsókn beindist að eftirfarandi atriðum við háspennumöstur:

- Sýnileg áhrif á tegundir og þekju gróðurs, ásamt flatarmáli áhrifasvæðis.
- Orsakir gróðurskemmda og möguleg efnamengun.
- Útskolun efnamengunar úr jarðvegi og mosa í grunnvatn.
- Takmörkun gróðurskemmda og tillögur að frekari rannsóknum.

Gamburmosi (grámosi, *Racomitrium lanuginosum*) þekur gropið hraun frá nútíma og er þar ríkjandi gróður; hann tekur til sín næringu úr úrkomu, og bindur þungmálma og er því góður mengunarvísir. Í apríl og maí 2007 voru gerðar athuganir við þrjú háspennumöstur, sem eru af M-gerð. Þær fólust í mælingum á flatarmáli gróðurskemmda, gróðurskoðun og þekjumælingum, mælingum á heildarefnastyrk í mosa- og jarðvegssýnum, jarðvegslýsingu og flokkun, ákvörðun á efnasamsetningu og sýrustigi jarðvegs ásamt útskolunarprófi fyrir sínk. Jafnframt var í júní 2007, við eitt háspennumöstur, gerð vettvangsmæling með XRF-analyzer á yfirborðsmagni þungmálma. Jarðvegsmengunarforritið P20 var notað til að meta líkur á grunnvatnsmengun.

Uppsöfnuð galvanveðrun 16 ára M-masturs Búrfellslínu 3B var metin þriðjungur af heild (um 90 kg) og árlega sem 1,5 %. Efnasamsetning galvanhúðar er skv. gæðastöðlum: sínk >98 %, blý <1,4 %, kadmín <0,2 %. Niðurstöður frumrannsóknar benda eindregið til þess að staðbundnar gróðurskemmdir við háspennumöstur í Búrfellslínu 3B megi rekja til veðrunar á galvanhúð og dreifingar síns á gróðursamfélag gamburmosa. Aðrir þungmálmar eru ekki taldir valda skemmdum.

Við mastur kom gróðurskemmd fram sem svarbrúnn mosabruni. Mosabruni eða sínkbruni mosa er mjög staðbundinn á litlu svæði (samþals 0,002 km² á 20 km línuleið), ávallt 20-100 m út frá mastri undan megin úrkomuátt. Fer stærð áhrifasvæðis eftir hæðarmismun í landslagi t.a.m. í úfnu hrauni eða jafnvel þar sem

eru litlar þúfur er virðast hlífa mosa fyrir láréttri dreifingu síns og takmarka gróðurskemmd.

Sínkmengun virðist virka mest á mosa, en hefur einnig áhrif á sígrænar tegundir svo sem eini (*Juniperus communis*), sortulyng (*Arctostaphylos uva-ursi*) og krækilyng (*Empetrum nigrum*). Sínskáhrif á gróður eru ekki bersýnileg á dældagróður nálægt háspennumöstrum. Erfitt er að sjá fyrir um gróðurframvindu í sínkbrunnnum mosa. Líklegt má þó telja, að grasleitur gróður og krækilyng nái sér þar einna helst á strik.

Foráhættugreining metur litlar líkur á að útskolun á sínski eða þungmálmum gegnum mosajarðveg geti valdið grunnvatnsmengun. Brunninn mosi bindur sínk mjög vel. Hann mældist með hækkaðan styrk, allt að 735 mg Zn/kg (mælt meðalgildi 363 mg Zn/kg). Hinsvegar mældist ekki marktæk sínskhækkun í jarðvegi (brúnjörð), en hann er grunnur undir mosa (< 10 cm), þó að brúnjörð sé talin binda málma auðveldlega, þar eð hún er að mestu úr kolefni (9%), með hagstætt pH-gildi, og háan dreifistuðul (Kd 4.100-11.200 L/kg). Útreikningar með jarðvegsmengunarforriti (P20) leiddu í ljós að til þess að teljandi mengun á sínski geti borist í grunnvatn þyrfti sínskstyrkur í jarðvegssýnum að mælast hærri en 12.480 mg/kg. Sínsk í jarðvegi mælist svipað við möstur og fjarri þeim, um 73 mg/kg. Ekki er hægt að útiloka sínsklekt í gegnum fyllingarefni undirstöðuplans mastra og einhverja veðrun á blýi frá möstrum, þó frumniðurstöður bendi ekki til þess.

Vænlegar mótvægisaðgerðir til að minnka dreifingu síns og mosabruna eru þessar:

1. Við hönnun er þess gætt að undirstöðuplan og línuvegur séu höfð sem mest á svæði sem snýr undan aðalúrkomuátt (á SV-landi í NV frá mastri).
2. Koma fyrir sínskmön við jaðar undirstöðuplans eða vegstæðis, þ.e. skjólvegg með landslagshækkun NV við mastur.
3. Skoða þörf fyrir (og e.t.v. hanna lausn sem auðveldar) sínskaðsog undir háspennumöstrum, t.d. með sérstökum jarðvegsefnum.
4. Strangt gæðaeftirlit með gæðum og efnissamsetningu galvanhúðar.

Í skýrslunni eru lagðar fram tillögur um rannsóknir til að fá upplýsingar um og betra mat á áhrifum háspennumastra á umhverfi og hönnunarforsendur mótvægisaðgerða.

Efnisyfirlit

SAMANTEKT	3
1 INNGANGUR	7
1.1 FORSAGA OG VIÐFANGSEFNI RANNSÓKNAR	7
1.2 UMFJÖLLUNAREFNI FRUMRANNSÓKNAR, SVÆÐI OG AFMÖRKUN	7
1.3 MARKMIÐ OG RANNSÓKNAREFNI	8
1.4 RANNSÓKNARAÐILAR OG VERKASKIPTING	9
2 FRAMKVÆMD MÆLINGA	10
2.1 GRÓÐURATHUGANIR OG MÆLINGAR	10
2.2 SÝNATÖKUR OG EFNAGREININGAR	10
2.3 EFNAGREININGAR Á MOSA OG JARÐVEGI	11
2.4 JARÐVEGSMÆLINGAR	12
2.5 ÁHÆTTUPRÓFUN FYRIR GRUNNVATNSMENGUN	12
3 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA	13
3.1 HÁSPENNULÍNUR OG GALVANHÚÐ	13
3.2 GRÓÐURFAR OG UMFANG SKEMMDA	15
3.3 ÞUNGMÁLMAR Í MOSA	17
3.4 ÞUNGMÁLMAR Í JARÐVEGI	17
3.5 VETTVANGSSKIMUN ÞUNGMÁLMA Á UNDIRSTÖÐUPLANI HÁSPENNUMASTURS	18
3.6 JARÐVEGSGERÐ OG ÚTSKOLUN ÞUNGMÁLMA	18
4 ÁLYKTANIR OG UMRÆÐA	20
5 FRAMVINDA OG TAKMÖRKUN GRÓÐURSKEMMDA	24
6 VIÐAUKAR	28
6.1 GRUNNGÖGN GRÓÐURATHUGANNA	28
6.2 GRUNNGÖGN EFNAGREININGA Á MOSA MEÐ ICP TÆKNI Á RANNSÓKNARSTOFU	30
6.3 GRUNNGÖGN EFNAGREININGA Á JARÐVEGI MEÐ ICP TÆKNI Á RANNSÓKNARSTOFU ...	31
6.4 GRUNNGÖGN VETTVANGSGREININGA Á MOSA OG JARÐVEGI MEÐ XRF TÆKNI	32
6.5 ÚTSKOLUNARPRÓF Í JARÐVEGI - AÐFERÐARFRÆÐI	33
6.6 GRUNNGÖGN FRÁ ANALYTICA VEGNA ÚTSKOLUNARPRÓFA	35
6.7 VEÐURFARSGÖGN	37
6.8 GRUNNGÖGN JARÐVEGSMÆLINGA	38

1 INNGANGUR

1.1 *Forsaga og viðfangsefni rannsókna*

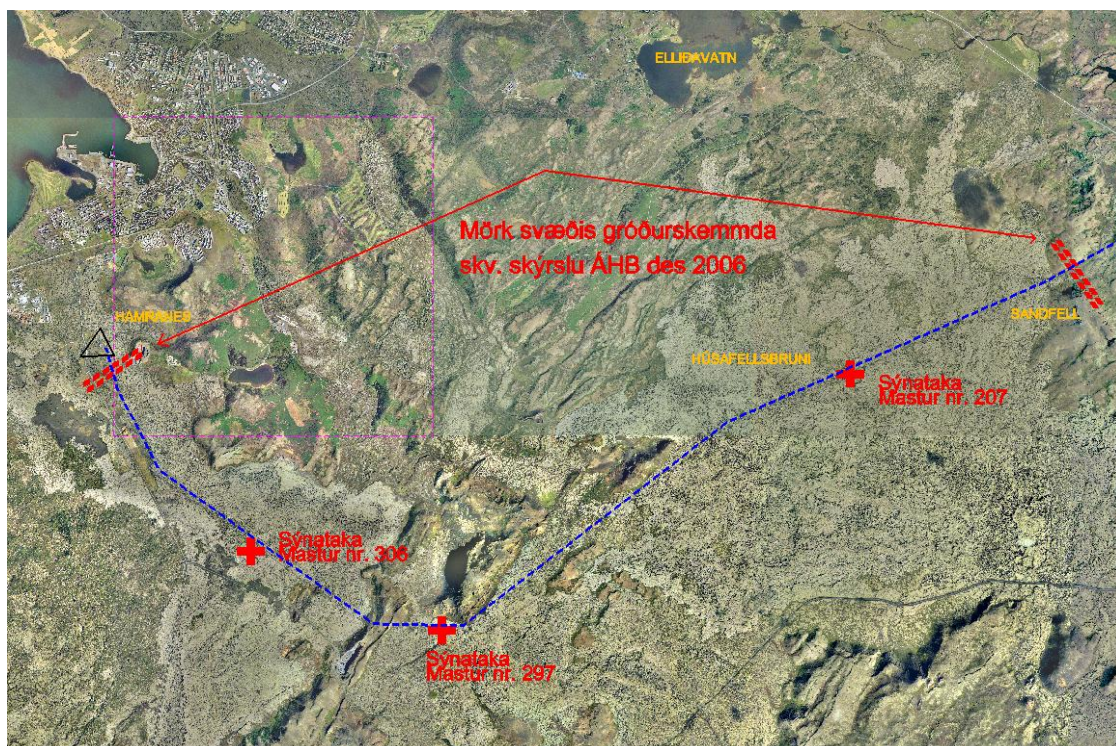
Í desember 2006 vann Vistfræðistofan gróðurskýrslu¹ um athuganir á línuleiðum frá Hellisheiði að Straumsvík í tengslum við mat á umhverfisáhrifum fyrirhugaðra háspennulína Landsnets á svæðinu. Skýrsluhöfundur, Ágúst H. Bjarnason grasafræðingur, bendir á að allmikið beri á gróðurskemmdum við háspennumöstur á línuleiðinni frá Selfjalli að Hamranesi og getur þess að á: „ *um 10 til 15 metra breiðu beltis og um 20-50 metra í norðvestur frá möstrum voru allar mosa- og fléttutegundir dauðar. Blómplöntur voru lifandi en sumar hverjar æði rytjulegar.*”

Landsnet brást við ábendingum um gróðurskemmdir og fól í lok mars 2007 Rannsóknastofu UmhverfisTækni hjá Línuhönnun hf (nú EFLU) að stýra frumrannsókn á gróðurskemmdum við háspennumöstur í Búrfellslínu 3B. Markmiðið var að meta umfang, orsakir, mengunaráhrif á lífríkið, vinna drög að vöktunarrannsókn og benda á leiðir til úrbóta. Tímarammi var miðaður við að frumrannsókn yrði lokið í júní.

1.2 *Umfjöllunarefni frumrannsókna, svæði og afmörkun*

Gróðurskemmdir var að sjá á svæðinu frá Selfjalli og að Hamranesi samkvæmt skýrslu Vistfræðistofunnar (mynd 1). Sýni voru tekin við þrjú háspennumöstur á því svæði þar sem gróðurskemmdir eru mest áberandi, en það skýrist af ríkjandi gróðurgerð. Undirlagið er hraun frá nútíma sem er í samfelldum breiðum, fremur slétt ofan við Undirhlíðar en úfið apalhraun víða annars staðar. Gróður á hrauninu er tiltölulega einsleitur, aðallega tegundasnaud mosapemba¹, ríkjandi tegund er gamburmosi (einnig nefndur hraungambri eða grámosi, *Racomitrium lanuginosum*) sem er einkennandi fyrir Ísland og er viðkvæmur fyrir öllu raski.

¹ Ágúst H. Bjarnason, Vistfræðistofan (desember 2006). Flóra og gróður á fyrirhuguðum línuleiðum frá Kolviðarhóli að Straumsvík. Endanleg útgáfa af skýrslunni var tilbúin í febrúar 2007.



Mynd 1 Afmörkun rannsóknarsvæðis á gróðurskemmdum við háspennumöstur

Rannsóknarsvæðið einkennist af ríkjandi hraungambra á gropnu hrauni, klætt tiltölulega þunnu jarðvegs-/mosalagi, þynnra en 50 cm. Ársúrkoma er töluvert mikil á svæðinu, áætluð um 1.000-1.600 mm,² en aðal úrkomuáttin suðaustur. Enn fremur er gegnumstreymi vatns hratt. Vegna jarðfræði svæðisins er ekki að finna þar yfirborðsvatn með lífríki sem háspennumöstur geta haft áhrif á.

Rannsóknarsvæðið er vatnsverndarsvæði og 3 möstur við Helgafell eru á brunnsvæði. Svæðið er vinsælt til gönguferða og náttúruskoðunar í næsta nágrenni við þéttbýli höfuðborgarsvæðisins.

1.3 Markmið og rannsóknarefni

Á rannsóknarsvæðinu er gamburmosi drottnandi tegund með mikla þekju en lítið ber á öðrum tegundum. Mosar taka flestir upp næringu úr úrkomu allt árið um kring. Þeir eru næmir fyrir loftbornum efnum og geta safnað í sig efnum eins og þungmálmum.

² Vatnaskil 2004. Höfuðborgarsvæði. Grunnvatns- og rennislíkan. Árleg endurskoðun fyrir 2004.

Því þótti strax líklegt að orsakir gróðurskemmda við möstur mætti rekja til þungmálmamengunar frá galvanhúð og var ákveðið að nota efnainnihald í gamburmosa sem mælikvarða á efnamengun.

Frumrannsókn miðaðist við að fá upplýsingar um umfang, orsakir og afleiðingar gróðurskemmda við háspennumöstur á afmörkuðu rannsóknarsvæði við Búrfellslínu 3B. Einnig að gefa upplýsingar um nauðsyn frekari rannsókna á áhrifum háspennumastra á umhverfi og undirbyggja vöktunaráætlun og mótvægisáðgerðir.

Í upphafi frumrannsóknar var sóst eftir að fá upplýsingar um áhrif háspennumastra innan rannsóknarsvæðisins með því að kanna:

- Sýnilegt áhrifasvæði mastra á gróður, þekju og flatarmál gróðurskemmda
- Umfang gróðurskemmda og næmni mismunandi tegunda
- Tilvist efnamengunar og orsakir gróðurskemmda
- Tilfærsla efnamengunar úr mosa og jarðvegi í grunnvatn
- Takmörkun gróðurskemmda og tillögur að frekari rannsóknum

1.4 *Rannsóknaraðilar og verkaskipting*

Að rannsóknarvinnu komu Gunnar Ólafsson efnafræðingur á Rannsóknarstofu UmhverfisTækni hjá Línuhönnun hf, sem stýrði verkefni, hafði umsjón með vettvangsskoðun, sýnatökum og efnagreiningum ásamt skýrslugerð. Ágúst H. Bjarnason grasfræðingur Vistfræðistofunnar, sá um gróðurathuganir. Rannveig Guicharnaud jarðvegsfræðingur hjá Landbúnaðarháskóla Íslands, framkvæmdi jarðvegsathuganir og prófessor Graeme I. Paton jarðvegsmengunarfræðingur við Háskólann í Aberdeen kom að vettvangsgreiningum á mengun og var til ráðgjafar um túlkun gagna og áhættugreiningu á grunnvatnsmengun. Hjörtur Örn Arnason mælingamaður á Línuhönnun hf. sá um flatarmálmælingar við möstur og kortagerð.

2 FRAMKVÆMD MÆLINGA

2.1 *Gróðurathuganir og mælingar*

Gróðurathuganir fóru fyrst fram 4. apríl og mælingar síðan gerðar 23. maí 2007. Þar sem gróður var mjög skammt á veg kominn 23. maí það ár gefa gróðurmælingar ekki nema takmarkaða mynd af gerð gróðursamfélaganna. Þetta verður að hafa í huga, þegar niðurstöður mælinganna eru skoðaðar.

Við gróðurmælingarnar voru afmarkaðir mælireitir (50x50 cm), þar sem þekja hverrar tegundar, auk dauðs mosa og steina, var metin frá 1 til 6 eftir endurbættum kvarða, sem kenndur er við Hult-Sernander-Du Rietz:

Tala (þekja):	1 (< 1/16)	2 (1/16 – 1/8)	3 (1/8 – 1/4)
	4 (1/4 – 1/2)	5 (1/2 – 3/4)	6 (> 3/4)

Unnið var úr niðurstöðum þekjumælinga í tölvuforritinu Twinspan (5; PC-Ord 5, 2006) og fæst þá greinargott yfirlit yfir ólík gróðurfélög (Tafla II).

Flatarmál svæða með gróðurskemmdum var mælt af mælingamanni með nákvæmum Trimble staðsetningartækjum en aðstæður voru góðar á svæðinu. Jaðar gróðurskemmda var metinn sjónrænt eftir skilgreiningu gróðurfræðings.

2.2 *Sýnatökur og efnagreiningar*

Í vettvangsferð sem farin var 4. apríl 2007 voru tekin sýni til efnagreininga við 3 háspennumöstur (merkt nr. 277, 279 og 306) og eru staðsetningar þeirra sýndar á mynd 1. Við hvert mastur voru sýni tekin á þremur stöðum; tvö sýni innan svæðis sýnilegra gróðurskemmda og eitt sýni frá ósnortnum mosa til viðmiðunar:

Sýni 1, merkt GS-1: Tekið um 10 m NV frá mastri, innan svæðis gróðurskemmda.

Sýni 2, merkt GS-2: Tekið um 10 m innan jaðars gróðurskemmdasvæðis.

Sýni 3, merkt ÓS: Tekið um 300 m SA frá mastri, á svæði með ósnortinn gróður.

Hreinn gamburmosi var tekinn af yfirborði til að fá hámarksstyrk aðskotaefna í mosa. Undir mosanum var safnað jarðvegssýni um 20 cm frá yfirborði. Sýni, alls 9 af mosa og 9 af jarðvegi, voru sett í plastpoka og flutt á rannsóknastofu og fryst. Sýnum var haldið vel kældum við flutning á rannsóknastofu ALS Analytica í Svíþjóð þar sem þau voru efnagreind.

2.3 Efnagreiningar á mosa og jarðvegi

Fyrir efnagreiningu voru sýni mosa og jarðvegs þurrkuð við 50°C. Snefilefna- og þungmálmagreining var gerð fyrir alls 16 mismunandi frumefni og þungmálma með ICP-tækni skv. gæðahandbók ALS Analytica. Þurrvigtarhlutfall var ákvarðað og efnainnihald reiknað út frá þurrvig.

Ennfremur var, í vettvangsferð 9. júní 2007 við mastur 297, mældur styrkur þungmálma “ semi-quantitative” með XRF hand-röntgentæki (Thermo Scientific NITON). Aðferðin (samræmi við US EPA Method 6200) er heildarefnagreining á sýni og líkist því fullkominni upplausn og greiningu með ICP-tækni eins og nefnt er að ofan. Aðferðin hentar því vel til að skilgreina útbreiðslu mengunar í jarðvegi. Hún er fljótvirk (í þessari forrannsókn var hvert sýni mælt í 20 sekúndur en skekkju má minnka með lengri greiningartíma). Skekkja og greiningarmörk eru þó ekki með besta móti þar sem áferð og rakainnihald sýnis í mörkinni er yfirleitt ekki sú sama og á fínmöluðum staðli á rannsóknastofu. Vottuð magngreining með XRF fæst einungis þegar sýni hefur fengið sömu meðhöndlun (þ.e. þurrkun og fínmölun) og staðall sem notaður er til magngreiningar.

Útskolunarpróf voru gerð á jarðvegssýnum sem tekin voru við möstur nr. 277, 297 og 306 (sömu sýni og notuð fyrir snefilefnagreiningar). ALS Analytica vottaðar (accredited) mælingar LS/10 og LS/2 skv. stöðlunum EN 12457-2. Sjá einnig hér neðar í kafla um foráhættugreiningu á grunnvatnsmengun.

2.4 *Jarðvegsmælingar*

Jarðvegsmælingar frá sýnatökustöðum við möstur nr. 277, 297 og 306 voru gerðar, auk athugana við mastur nr. 265 við Selfjall, af Rannveigu Guicharnaud jarðvegsfræðingi LbHÍ. Jarðgerð var skilgreind m.t.t. kornastærðar, undirlags, litar, rúmpyngdar (bulk density), áferðar, sýrustigs og kolefnisinnihalds, og þykkt jarðvegs áætluð.

2.5 *Áhættuprófun fyrir grunnvatnsmengun*

Notað var jarðvegsmengunarforritið P20 til að meta líkur á útskolun sínks úr jarðvegi með skemmdum gróðri í grunnvatn. Forritið reiknar út dreifingu mengandi efna milli mismunandi hólfa jarðvegs á grundvelli mikilvægustu afl- og eðlisrænu þátta hans. Mikilvægast í þessu samhengi er svokallaður dreifistuðull, Kd (e. partition coefficient). Dreifistuðull lýsir sambandi efnasambands á yfirborði jarðvegsagna í jafnvægi við vatnslausn sem umlykur agnirnar. Dreifistuðull ræðst af magni lífræns efnis og leirinnihalds jarðvegs og í tilfelli sínks hækkar hann í báðum tilvikum með auknu innihaldi lífræns efnis og leirs. Eftir því sem dreifistuðull hækkar færast jafnvægisstaða efnasambands í átt að yfirborði jarðvegsagna og minnkar því hreyfanleyki þess í umhverfinu. Dreifistuðull var reiknaður með því skola þekkt magn af jarðvegi með þekktu rúmmáli af vatnslausn. Styrkur sínks í jarðvegi og vatnslausn var síðan mældur og Kd reiknaður út frá hlutfallinu: Styrkur í jarðvegi (mg/kg)/Styrkur í vatnslausn (mg/l) = Kd L/kg. Mæling var framkvæmd af Analytica í Svíþjóð. Dreifistuðull reiknaðist á bilinu 4.100 til 11.200 L/kg. Notað var hámarksgildi fyrir Zn sem leyft er í grunnvatni, 3 mg/L³. Nánari lýsingu á útreikningum á dreifistuðlum er að finna í viðauka.

³ Páll Stefánsson 2007. Verndun vatnsgæða – Vatnsverndarflokkun. Ráðstefnurit frá Málþingi um Vötn og vatnasvið á höfuðborgarsvæðinu – ástand og horfur.

3 NIÐURSTÖÐUR MÆLINGA

3.1 *Háspennulínur og galvanhúð*

Háspennumöstur Búrfellslínu 3B eru með svokallaða M-lögun og framleidd úr galvanhúðuðu stáli. Þau voru tekin í notkun árið 1992, líklega reist árið 1991.



Mynd 2 M-mastur í Búrfellslínu 3B

Upplýsingar um nákvæmt efnainnihald galvanhúðar á háspennumöstrum Búrfellslínu 3B liggur ekki fyrir, en ekki er vitað til þess að þau séu frábrugðin gæðastöðlum fyrir galvanhúðun.⁴ Efnasamsetning galvanhúðar er að mestu hreinn sínkálmur Zn. Hreinleiki er mismunandi eftir gæðum og framleiðsluaðferð, þ.e. frá 98,0 til 99,995 % Zn af efnispunga. Önnur meginefni í galvanhúð eru blý Pb, að hámarki 1,4-0,003 % og kadmín Cd, að hámarki 0,2-0,003 % af efnispunga. Önnur efni í galvanhúð eru m.a. járn Fe, tin Sn, og ál Al.⁵

⁴ Egill Þorsteins, 2007. Zinc á möstrum í BU3B. Minnisblað. Línuhönnun 4. apríl 2007 og munnlegar upplýsingar.

⁵ Páll Stefánsson 2001. Heitgalvanisering á járn, sínkálmur á járn með niðurdýfingu í bráðið sínk. Skýrsla í umhverfisefnafræði HÍ undir leiðsögn Þórs Tómassonar.

Meðalþungi burðarmastra: M-möstur í Búrfellslínu 3B eru um 6.900 kg. Kröfur um meðalþykkt galvanhúðar á nýjum möstrum er 95-115 μm . Galvanþungi er almennt um 3-4% af þunga masturs eða um 207-276 kg galvanhúð á mastur. Veðrun af hverju mastri er metin 3-9 kg/ári m.v. 1,5-3 % tæringarhraða. Það þýðir að um 3-9 kg af galvanefni veðrast af einu mastri árlega.⁴ Tæring er mest á fyrsta ári. Tæring á nýrri galvanhúð getur verið hröð í raka ef sínhýdroxíðlag nær að myndast yst og þá molnar úr húðinni. Að jafnaði myndast sínkoxíðlag (ZnO) yst sem skolast ekki auðveldlega af. Galvanhúð er stundum lökkuð eða yfirborðsmeðhöndluð með lífrænum efnum til að auka endingu.⁵

Háspennumöstur Búrfellslínu 3B eru 16 ára gömul og eru ekki yfirborðsmeðhöndluð yfir galvanhúð (t.d. máluð). Veðurfarsupplýsingar frá Veðurstofu Íslands⁶ sýna að úrkomuáttir úr suðaustri til austurs ríkja á höfuðborgarsvæðinu og sama á líklega við á rannsóknasvæðinu. Við skoðun á neðri hluta mastra á rannsóknasvæðinu var eyðing sýnileg á galvanhúð sem snýr í SA, en þó ekki mjög greinileg ryðmyndun. Galvanhúð var greinilega minna veðruð á efnishlutum sem snúa í NV.

Til að átta sig á því hvað orsakað geti gróðurskemmdir á rannsóknasvæðinu voru upplýsingar um mögulega hámarksveðrun galvanhúðar frá háspennumöstrum Búrfellslínu 3B og mögulega dreifingu þungmálma frá þeim dregnar saman í töflu 1. Forsendur gefnar: Heildargalvanþungi 276 kg. Veðrun eða tæringarhraði 10% fyrsta ár og síðan 1,5% árlega með endingartíma galvanhúðar um 60 ár.

Tafla 1.. Möguleg hámarksveðrun galvanhúðar af M-mastri

		Heildarmagn á mastri	Veðrað af árið 2007	Veðrun nú árlega
Galvanhúð	100%	< 276 kg	< 90 kg	< 4 kg
þ.a. sínk, Zn	< 98,0 %	< 270 kg	< 88 kg	< 4 kg
þ.a. blý, Pb	< 1,4 %	< 3,9 kg	< 1,3 kg	< 0,1 kg
þ.a. kadmín, Cd	< 0,2 %	< 0,55 kg	< 0,18 kg	< 0,01 kg

⁶ Trausti Jónsson 2007. Tölvupóstur til GÓ 18. maí 2007.

Skv. þessu er galvanveðrun 16 ára M-masturs Búrfellslínu 3B metin vera orðin þriðjungur af heild árið 2007 (að hámarki 90 kg af 276 kg heild) og vera árlega 1,5 %.

3.2 Gróðurfur og umfang skemmda

Gróðurskemmdir við háspennumöstur í Búrfellslínu 3B eru aðallega í stefnu norð-vestur, undan aðal úrkomuáttinni. Umhverfis hvert mastur er jafnan haft gróft fyllingarefni, um 5-10 metra út frá miðju masturs. Þar fyrir utan kemur skemmt svæði, sem teygir sig 50-100 m í norðvestur.

Flatarmál svæðis gróðurskemmda við mastur mældist að jafnaði um 1.800 m² (500-4.000 m²) en flatarmál undirstöðuplans er um 200 m². Rannsóknasvæði var á um 20 km langri línuleið (möstur merkt nr 265-310, meðalhaflegd 384 m). Ef grannsvæði er skilgreint 100 m beggja megin línunnar, er flatarmál grannsvæði rannsóknasvæðis alls 4 km². Áhrifasvæði sínkbruna er samtals um 0,002 km² eða um 0,05 % af grannsvæði.

Flatarmál gróðurskemmda mældist langminnst við mastur neðan Undirhlíða (nr 306) þar sem apalhraunið á mastursstæði er mjög úfið og grýtt, sjá nánar umfjöllun í inngangi.

Á flestum stöðum er gamburmosi einkennistegund, en hann verður fyrir mestum sýnilegum skaða. Unnt er að skipta skemmda geiranum út frá mastri í þrjú svæði: I. Nær allur gamburmosi dauður, meiri hluti gróðurskemmdasvæðis. II. Innan við helmingur mosabekjunnar dauður. III. Lófastórir blettir af gamburmosa mjög dökkir.

Fáar plöntur voru sprotnar, þegar athuganirnar fór fram. Ekki voru sjáanlegar skemmdir á nýmynduðum grænum vefjum. Áhrifa mengunar gætir fyrst og fremst á sígrænum tegundum. Greinilegar skemmdir koma fram á eftirtöldum tegundum:

A. Háplöntur: Einir (*Juniperus communis*), sortulyng (*Arctostaphylos uva-ursi*), krækilyng (*Empetrum nigrum*), blóðberg (*Thymus arcticus*), beitleyng (*Calluna vulgaris*) og sauðamergur (*Loiseleuria procumbens*).

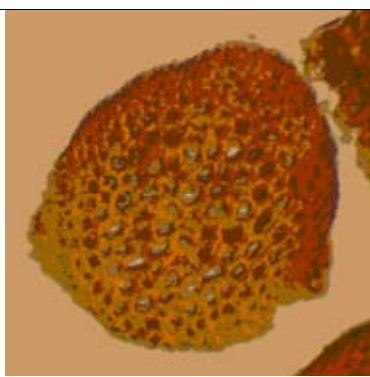
B. Mosar: Gamburmosi (*R. lanuginosum*), *Pogonatum urnigerum*, *Ptilidium ciliare*.

Gera má ráð fyrir því, að fleiri tegundir mosa hafi orðið fyrir áhrifum mengunar, því að langflestir mosar eru fjölærir. Líklegt má telja, að einhverjar tegundir séu þegar horfnar, einkum þær, sem að öðru jöfnu vaxa í gamburmosabreiðu. Ýmsar tegundir vaxa í vari, eins og í gjótum og sprungum og hafa ekki orðið fyrir áhrifum, þó að þær séu innan mengunarsvæðisins.

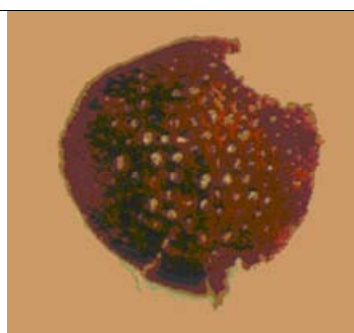
Athygli vekur, að engar fléttur báru merki mengunar, en þær eru þó taldar viðkvæmari flestum öðrum tegundum. Sérstaklega var eftirtektarvert, að við eitt mastur (það er austasta mastrið) voru mjög ríkulegar breiður af *Cladonia arbuscula* og bar hún engin merki menngunar. Þá sáuust ekki heldur nein merki mengunar á örfáum lambagrasapúfum (*Silene acaulis*), sem uxu á svæðinu.



Heilbriggt blað, grænt með hároddi.



Skemmt blað, hároddur dottinn af



Ljósmyndir: Ágúst H. Bjarnason

Mynd 3 Smásjármyndir af brunnum og heilbrigðum gamburmosa

Áhrif mengunar lýsa sér í því, að frumurnar missa lit og frumuveggir verða brúnir. Mynd 3 sýnir annars vegar heilbrigt blað gamburmosa og þverskurð af heilum stöngli og hins vegar dauft blað og þverskurð af skemmdum stöngli.

3.3 Þungmálmur í mosa

Grunngögn og heildarniðurstöður eru gefnar í viðauka skýrslu. Þungmálmarnir sínk (Zn), blý (Pb) og kadmín (Cd), þ.e. aðalefni galvanhúðar, voru skoðaðir sérstaklega og meðalgildi borin saman af skemmdu og ósnortnu svæði. Niðurstöður með útreiknuðum meðalgildum og staðalfrávikum eru sýndar í töflu 2.

Tölfræðiprófun á marktækni var gerð með einhliða t-prófi. Var prófun gerð á hvort meðalgildi efnainnihalds mosa frá gróðurskemmdasvæði væri marktækt hærra en af ósnortnu svæði innan 95 % öryggismarka. Marktækniprófun leiddi í ljós að aðeins er marktæk hækkun á sínk (Zn) innan svæðis á brunnnum mosa. Hvorki er marktæk hækkun á blýi (Pb) né kadmíni (Cd), en sýni voru fá og breytileiki mikill milli sýna. Þungmálmur í gamburmosa á nokkrum stöðum á Íslandi⁷ mældust: að jafnaði (staðalfrávik): Kadmín 0,76 (+/- 0,44) mg/kg, blý 5,5 (+/- 2,5) mg/kg og sínk 46,1 (+/- 18,7 mg/kg).

Tafla 2.. Meðalstyrkur þungmálma í mosa (mg/kg þurrvigti)

	Ósnortið svæði meðalgildi (+/- stdev)	Gróðurskemmdir meðalgildi (+/- stdev)	Hækkun (t critical = 1,89, p<0.05)
Kadmín, Cd	0,02 mg/kg (+/- 0,004)	0,04 mg/kg (+/- 0,019)	ómarktæk (t = 1,47 < t crit)
Blý, Pb	3,5 mg/kg (+/- 1,7)	13,5 mg/kg (+/- 12,2)	ómarktæk (t = 1,36 < t crit)
Sínk, Zn	9 mg/kg (+/- 12)	363 mg/kg (+/- 295)	marktæk 40 föld (t = 2,01 > t crit)

Styrkur sínks hækkar 40-falt innan gróðurskemmdasvæðis í nánd við háspennumöstur. Meðalhækkun á sínkstyrk í mosa á gróðurskemmdasvæðum, þ.e. sínkstyrkur frá háspennumöstrum, reiknast um 353 mg/kg þurrvigti.

3.4 Þungmálmur í jarðvegi

Grunngögn og heildarniðurstöður eru í viðauka skýrslunnar. Meðalgildi fyrir styrk þungmálma Zn, Pb, Cd eru gefin í töflu 3. Hækkun á meðalefnainnihaldi í jarðvegi

mælist nokkur fyrir blý (Pb), en engin fyrir sínk (Zn) né kadmín (Cd). Tölfræðiþrófun (t-próf) leiddi í ljós að ekki var marktæk hækkun á blýi (Pb) í jarðvegi á gróðurskemmdasvæði miðað við ósnortið ($t_{Pb} 0,75 < t_{crit} 1,89$).

Pungmálmar í jarðvegi á nokkrum stöðum á Íslandi⁷ mældust að jafnaði (staðalfrávik): Kadmín 0,63 (+/- 0,58) mg/kg, blý 5,8 (+/- 3,4) mg/kg og sínk 83,0 (+/- 19,0 mg/kg).

Tafla 3. Meðalstyrkur þungmálma í jarðvegi (mg/kg þurrvig)

	Osnortið svæði meðalgildi (+/- stdev)	Gróðurskemmdir meðalgildi (+/- stdev)	Hækkun (t critical = 1,89, p<0.05)
Kadmín, Cd	0,15 mg/kg (+/- 0,019)	0,15 mg/kg (+/- 0,052)	engin
Blý, Pb	6,6 mg/kg (+/- 1,6)	11,6 mg/kg (+/- 8,9)	ómarktæk (t = 0,75 < t crit)
Sínk, Zn	73 mg/kg (+/- 18)	73 mg/kg (+/- 20)	engin

Athygli vekur að mikil hækkun á sínki í mosabruna er ekki merkjanleg í jarðvegi beint undir mosanum, sem bendir til að jafnvel brunninn mosi bindi vel sínk.

3.5 Vettvangsskimun þungmálma á undirstöðuplani háspennumasturs

Styrkur sínks var mældur í grófri mól undir mastri nr. 297 og mældist hann 43.720 mg/kg með XRF mælingu á staðnum, sem er langtum hærrí styrkur en í jarðvegi og mosa umhverfis möstur. Styrkur sínks í ómengaðri mól var ekki mældur en algengur styrkur sínks í íslensku basalti er 63 mg/kg⁷. Líklegt þykir að hér hafi verið um að ræða sinkhýdroxíðlag sem hefur molnað af mastrinu. Þar sem sinkhýdroxíð er torleyst efnasamband í vatni er á þessu stigi ekki talið líklegt að mikið skolist niður í grunnvatn vegna uppleysingar sinkhýdroxíðs. Aðrir þungmálmar voru undir greiningarmörkum með XRF handtæki (sjá greiningarmörk í viðauka 5.3). Áður en nokkuð er hægt að fullyrða verður þó að rannsaka þennan þátt betur.

3.6 Jarðvegsgerð og útskolun þungmálma

Grunngögn jarðvegsmælinga eru í viðauka skýrslunnar. Jarðvegsgerð á rannsóknasvæðinu er *brúnjörð* (Brown Andosol). Brúnjörðin er hinn klassíski þurrlendisjarðvegur, og í henni er oft mikið af allófan og járnhýdrati, en það eru leirsteindir sem binda hvað best mengandi málma. Brúnjörð af rannsóknarsvæði

mældist að meðaltali með sýrustig pH 6,01 og hátt kolefnishlutfall, um 9,0 %. Nokkur munur mælist á pH-gildi hjá LbHÍ á Íslandi og hjá Analytica á sýnum af sama svæði (sjá viðauka), sem stafar fyrst og fremst af misleitni í jarðveginum. Þannig er algengt að pH-gildi sömu jarðvegsgerðar geti sveiflast frá t.d. 6,2 upp í 7. Á þessu pH-bili er stuðpúðaeiginleiki jarðvegsins mjög takmarkaður og lítið þarf til að breyta pH-gildinu, til dæmis dugar smávægileg breyting á kolefnis- eða leirinnihaldi.

Við mastur nr. 277 og 297 er kornastærð í jarðvegi silt (*silty loam*), sem bendir til þess að jarðvegur hafi töluverða bindigetú fyrir málma, og er Kd á bilinu 4.160 til 9.360 L/kg. Við mastur nr. 306 neðan Undirhlíða er kornastærð sandur (*sandy loam*), jarðvegur er fremur sendinn og hefur því minni bindigetú en á öðrum svæðum. Jarðvegsþykkt þar er lítil, eða um 1cm, og hraun gropið.

Mat á hættu á útskolun síns í gegnum jarðveg niður í grunnvatn með P20 jarvegsmengunargreiningu (sjá kafla um framkvæmd mælinga) gaf gildi fyrir Level 1 remedial target milli 12.480 mg/kg Zn og 33.750 mg/kg Zn. Það þýðir að til þess að einhver síngmengun geti borist í grunnvatn þyrfti síngstyrkur í jarðvegsýnum að mælast hærri en 12.480 mg/kg þar sem lægsti Kd-stuðull mælist, og 33.750 mg/kg þar sem hæstur Kd-stuðull mælist, sem er langt yfir hæstu mældu gildum fyrir síng í jarðvegi á rannsóknasvæðinu (100 mg/kg þurrvigt).

Tafla 4. Mældur síngstyrkur í jarðvegi og hámark fyrir hættu á útskolun

Sýni	Kd L/kg	Mælt Zn mg/kg	Hæsta leyfilega Zn mg/kg
277 BM	7090	78	21.270
277 M	4160	62	12.480
297 BM	7770	62	23.310
297 M	9360	87	28.080
306 BM	6670	46	20.010
306 M	11250	100	33.750

4 ÁLYKTANIR OG UMRÆÐA

Gróðurskemmdir við háspennumöstur koma fram sem brunnin mosapemba, svarbrún að lit, og eru mjög áberandi í mosapembum með allskörpum litaskilum, sjá mynd 4.



Mynd 4 Gróðurskemmd eða mosabrúni við háspennumöstur

Gamburmosi er einkennistegund fyrir gróður á rannsóknarsvæðinu, en hann verður fyrir mestum sýnilegum skaða. Sigrænn hágróður verður einnig fyrir áhrifum, þó í minna mæli, eins og krækilyng og einir, sjá mynd 5.

Athygli vekur að engar fléttur báru merki mengunar, en eru þó taldar viðkvæmari flestum plöntum. Gróður á mosabrunnu svæði er mun tegundafærri en á ósnortnu svæði.

Gróður í dældum mjög nærri möstrum var lítið brunninn og ekki sjáanlegar skemmdir á nýmynduðum grænum vefjum, sjá mynd 4.

Lauslegar athuganir á öðrum svæðum benda til að sýnileiki gróðurskemmda minnki í samræmi við minni þekju mosa og stærri þekju háplantna.



Mynd 5 Sígrænn einir rytjulegur í mosabruna en ekki dauður

Mosabrúni er staðbundinn með mismikilli þekju á 500-2.000 fm svæði og er sýnilegur í allt að 100 m fjarlægð undan aðal úrkomuátt frá háspennumöstrum. Þekja mosabruna minnkar með fjarlægð. Mjög áberandi er að lítil hækun í landslagi, jafnvel örfáir cm, virðist nægja til að mynda nægilegt var svo minni mosabrúni verður áberandi skjólmegin, þ.e. mishæðir, þótt litlar séu, veita eins konar “ þúfunaskjól” , sjá mynd 5. Þetta er sérstaklega áberandi því fjær sem dregur frá mastri. Þar sem landslag er mishæðótt eins og á svæði neðan Undirhlíða, er fjarlægð skremmda frá mastri styttri og flatarmál mosabruna mun minna (helmingur til fjórðungur) en ella, sjá mynd 6. Vegna þessara “ þúfunakjólshrifa” má því gera ráð fyrir að sínk dreifist hlutfallslega langa leið lárétt með landi, þ.e.a.s. veðrun galvanhúðar sé mest í sterkum úrkomuvindum.



Mynd 5 og 6 Þúfna- og landslagsskjól fyrir mosa gagnvart sínkmenkun

Niðurstöður frumrannsóknar benda eindregið til að staðbundnar gróðurskemmdir við háspennumöstur í Búrfellslínu 3B megi rekja til veðrunar á galvanhúð og dreifingar síns yfir gamburmosapembur. Það er ályktað út frá mælingum á uppsöfnun þungmálma í mosanum. Sínkbrunninn mosi mælist innihalda 40-falt sínk miðað við ósnortinn mosa. Önnur frumefni mælast með lágan styrk m.v. bakgrunnsgildi⁷ í gamburmosa. Tölfræðilega marktæk hækkun kemur fram í brunnum mosa. Nokkur hækkun mælist á blýi næst mastri og er því mögulegt að blýmengun berist frá möstrum. Hækkun er þó ekki tölfræðilega marktæk, en sýni eru of fá til að draga megi traustar ályktanir.

Mosinn bindur sínk frá möstrum og er meðalstyrkur í brunnum mosa um 350 mg/kg að jafnaði skv. mælingum hér. Þekkt er að sínk í háum styrk í jarðvegi takmarkar gróðurframvindu og þá miðað við tölur frá 100-200 mg/kg fyrir viðkvæmar plöntur, m.a. fléttur⁸. Rannsókn á loftborinni þungmálmamengun í jarðvegi og plöntum frá háspennulínunum erlendis leiddi í ljós vaxtarhamlandi áhrif sínkmenkunar á gróður, en þó ekki vegna kadmín.^{9,10} Í þessum rannsóknum voru ekki gerðar mælingar á blýi.

Efnagreiningar á mosa og jarðvegi, ásamt jarðvegsgreiningum á brúnjörð af rannsóknasvæðinu og foráhættugreiningu á grunnvatnsmengun, benda til þess að litlar líkur eru á að sínk eða aðrir þungmálmar geti skolast í gegnum jarðveg í grunnvatn. Sé miðað við Kd-gildi í töflu í viðauka, má styrkur síns í jarðvegi vera frá 12.480 mg/kg til 33.750 mg/kg svo sínkstyrkur í jarðvatninu fari ekki yfir viðmiðunarmörk. Styrkur í þessum athugunum mældist aldrei yfir 100 mg/kg og telst

⁷ E. Panek og B. Kepinska 2002. Trace metals (Cd, Cu, Pb, Zn) and sulphur content in soils and selected plant species of Iceland. *Icel. Agr. Sci.* 15, 2002: 3-9.

⁸ R. Eisler 1993. Zinc Hazards to Fish, Wildlife, and Invertebrates: A synoptic Review. *Biological Report 10. Contaminant Hazard Reviews Report 26*, bls. 4.

⁹ R. Jones & S.E. Burgess 1984. Zinc and cadmium in Soils and Plants Near Electrical Transmission (Hydro) Towers. *Environ. Sci. Technol.*, vol 18, No. 10,

¹⁰ R. Jones, K.A. Prohaska and S.E. Magdalena 1988. Zinc and cadmium in corn plants growing near electrical transmission towers.

Því mjög ólíklegt að sínk leiti niður í grunnvatn, komist það í snertingu við jarðveg á svæðinu.

Lítill hluti af veðruðu síns frá möstrum getur borist í gegnum gropið hraun á rannsóknasvæðinu, en magnið er talið hverfandi og hætta á grunnvatnsmengun þar með mjög lítil. Mosalaust land á rannsóknasvæði er metið um 20% að hámarki. Útreikningar á fræðilegu hámarksmagni síns frá mastri¹¹ gerðu ráð fyrir að 9 kg síns gætu borist árlega frá M-mastri. Ef gert er ráð fyrir jafnri dreifingu og að 20% efnisins berast beint í grunnvatn, getur fræðileg hækkun á sínkstyrk orðið mest 5 µg/L, það er 0,1-0,2% af leyfilegum styrk. Sínk er almennt ekki talið skaðlegt fyrir menn og dýr¹².

¹¹ Þróstur Grétarsson 2007. Útskolun á síns í neysluvatn. Minnisblað, Línuhönnun, 2. maí 2007.

¹² US department of Health and Human Services 2005. Toxicological profile for zinc.

5 FRAMVINDA OG HINDRUN GRÓÐURSKEMMDA

Fyrirliggjandi upplýsingar um gróðurframvinndu eftir mosabruna eru mjög takmarkaðar og því erfitt að sjá fyrir um væntanlegar gróðurfarsbreytingar við Búrfellslínu 3B. Athuganir hafa verið gerðar á breytingum sem urðu á gróðri vegna áhrifa frá iðnaði í Straumsvík. Breytingarnar eru að því leyti sambærilegar, að mosi þolir mengun síst og hverfur. Þar jókst þekja krækilyngs mest í kjölfarið. Ósennilegt er, að sínk hafi valdið þar skemmdum, og því er ekki um sambærilega mengun að ræða. Hitt er miklu sennilegra, að graskenndar tegundir verði mest áberandi við háspennumöstrin, ef gróður þar nær sér á strik að nýju.

Til að reyna að spá fyrir um gróðurframvindu á rannsóknasvæði Búrfellslínu 3B þarf meiri upplýsingar úr gróðurathugunum við möstur í eldri línun en hinni 16 ára gömlu Búrfellslínu 3B, og þá á svæðum með áberandi mosapekju.

Með yfirborðsmeðhöndlun eða lökkun á sínki er hægt að minnka tæringarhraða á galvanhúð og þar með loftborna dreifingu sínks, sjá niðurstöðukafla framar. Þessháttar lausnir virðast vera notaðar í Sviss, m.a. við flest háspennumöstur, til að minnka tæringarhraða á galvanhúð og jarðvegsálag við mannvirki.¹³ Í tilvitnaðri grein kemur fram að umhverfisvandamál geta skapast við hreinsun eldri mannvirkja fyrir yfirborðsmeðhöndlun.

Erfitt er að snúa gróðurframvindu við og er líklegt að gróður á mosabrunnu svæði verði langan tíma að ná fótfestu. Ættu tilraunir til að minnka sínkmengun að miðast við það, þ.e. horfa til lausna þegar unnið er að nýjum raforkumannvirkjum.

Til að minnka eða komast hjá sjónrænum áhrifum af völdum gróðurskemmda vegna tæringar á galvanhúð háspennumastra, væri kleift að taka tillit til þess við hönnun og hafa mótvægisáðgerðir tilbúnar.

¹³ J. Marti & A. Stettler 2001. Korrosionsschutz und Umwelt. UWSF – Z Umweltschem Ökotox 13 (3) 185-188.

Mótvægisáðgerðir gegn fyrirsjáanlegum gróðurskemmdum krefjast hönnunar sem tekur tillit til staðsetningar masturs á undirstöðufyllingu og vegalagningar ásamt landslagsformun. Þær geta minnkað gróðurskemmdir umtalsvert. Má þar nefna:

1. Plön við möstur séu sem mest á líklegu gróðurskemmdasvæði, þ.e. undan aðal úrkomuátt (NV við mastur á SV-landi), sjá mynd 7 til skýringar.
2. Stækka flatarmál plans undan aðal úrkomuátt, mynd 7.
3. Hanna línuvegsstæði svo liggja yfir gróðurskemmdasvæði.
4. Búa til “ sínkön” , þ.e. skjólvegg með landslagshækkun og eins mætti hækka vegstæði sem minnkar sínkdreifingu, sjá mynd 8 til skýringar.
5. Skoða þörf og e.t.v. hanna lausn sem felur í sér sínkaðsog undir háspennumöstrum.t.d. með sérstökum jarðvegsefnum.



Mynd 7 Staðsetning línuvegjar og plans við möstur er mikilvæg



Mynd 8 Úfið hraun virkar sem náttúruleg sínkön við mastur nr 306 á svæði neðan Undirhlíða. Þar er flatarmál svæðis með gróðurskemmdum við mastur mun minna en þar sem slétt helluhraun er við möstur.

Nánari rannsóknir á gróðurskemmdum þarf til að finna nauðsynlegar hönnunarforsendur fyrir ofangreinda liði, það á sérstaklega við um lið 4. Einnig þarf frekari rannsóknir til að fá betri upplýsingar um umhverfisáhrif vegna sínkengunar.

Hönnunarforsendur mótvægisáðgerða og betra mat á umhverfisáhrifum fást með:

1. Skoðun á útbreiðslu og eðli gróðurskemmda almennt á misgömlum línuleiðum.
2. Vettvangsmælingum á yfirborðsmagni þungmálma á og við möstur.
3. Vöktunarmælingum á veðrun og tæringarhraða galvanhúðar á háspennumöstrum.
4. Mælingum á láréttri dreifingu sínks með úrkomusöfnun og síngreiningu.
5. Könnun á legu sínkmenaðra svæða nærri viðkvæmum vistkerfum (ferskvatn).

Rannsóknir gætu m.a. falist í eftirfarandi:

- ◆ Mæla lárétta dreifingu á sínski frá nýgalvanhúðuðu mastri með úrkomusöfnun og síngreiningu yfir langt tímabil.
- ◆ Skoða hversu útbreiddar gróðurskemmdir og síngmengun eru almennt á línuleiðum og reyna að meta gróðurframvindu hjá misgömlum möstrum til að gera grein fyrir hvort sjónræn vandamál sé aðallega að finna á línuleið Búrfellslínu 3B. Vettvangsskimun (screening) til að afmarka menguð svæði er unnt að gera með XRF handmælitæki. Það mælir þungmálma í yfirborði staðbundið eins og lýst hefur verið að framan.
- ◆ Skoða hvort línuleiðir liggi hjá lífríki sem er viðkvæmt fyrir síngmengun eins og t.d. ferskvatni með hægri endurnýjun. Ýmsir hryggleysingjar og fiskar, t.d. laxfiskar geta verið viðkvæmir fyrir síngmengun ef málmurinn nær að myndað uppleysanlegt efnasamband.⁸
- ◆ Lífmassi í jarðvegi gegnir mikilvægu hlutverki í næringarefnahringrás jarðvegs og rannsóknir á áhrifum sínski á hann gætu auðveldað túlkun á orsökum gróðurskemmda.

6 VIÐAUKAR

6.1 *Grunngögn gróðurathuganna*

Þar sem gróður var mjög skammt á veg kominn 23. maí 2007 gefa gróðurmælingar ekki nema takmarkaða mynd af gerð gróðurfélaganna. Þetta verður að hafa í huga, þegar niðurstöður eru skoðaðar.

Helstu niðurstöður þekjumælinga voru þessar: Í 17 athugunarreitum var allur gamburmosi dauður. Þessir reitir liggja næst möstrunum í stefnu norð-vestur (dálkur í töflu II lengst til hægri). Ekki fundust þar aðrar tegundir, svo að mjög sennilega eru þær, sem óhjákvæmilega hafa vaxið þar, löngu horfnar.

Í 15 athugunarreitum (dálkur til vinstri í töflu II) voru verulegar skemmdir á gamburmosa, en þó voru hér og hvar sprotar óskaddaðir. Þeirri spurningu er ósvarað, hvort þessi mosi hafi sloppið við mengun eða hér sé um endurvöxt skemmds mosa að ræða. Krækilyng (*Empetrum nigrum*) og sauðamergur (*Loiseleuria procumbens*) báru greinileg merki um skemmdir, en ekkert sá á öðrum tegundum.

Í 23 reitum (dálkur fyrir miðju í töflu II), sem má skilgreina sem krækilyngs- og beitilyngsmóa, bar sums staðar á dauðum mosa. Greinilegar skemmdir voru á blóðbergi (*Thymus arcticus*), krækilyngi (*Empetrum nigrum*) og sauðamergi (*Loiseleuria procumbens*) nema í þremur reitum. Utan mælinga voru einir (*Juniperus communis*) og sortulyng (*Arctostaphylos uva-ursi*) og báru þau augljós merki um mengun. Á hinn bóginn var sums staðar nóg af fléttum (einkum við mastur 267) og sáust engin ummerki skemmda á þeim.

Tafla: Niðurstöður þekjumælinga

	<i>Athugunarreitir (1-54)</i>		
	222222233323435	11115445544544	1111112333333444
	560237892340913	12345678901234781246035	4567891456789012
<i>Teg.</i>	<i>Þekja 1-6</i>		
Cla arb	1-----	1311221212122-----	-----
Thy arc	-----	111-1-1-1111 -----	-----
Ste alp	-----	--11--1-11-1-----	-----
Pel can	-----	-----1-----	-----
Hyl spl	-----	-----1-----	-----
Pti cil	-----	-----1-----	-----
Cla unc	-----	-----1-----	-----
Bis viv	-----	-1-----11--1-----	-----
Sal her	-----	--21312-----11-----	-----
Alc alp	-----	-----12-----	-----
Sal phy	-----	-----1-----	-----
Emp nig	-----	-2 1223-215133-1144-1--12	-----
Gra min	-----	11111212233331212-1-111	-----
Cet isl	-----	-1-- 11-1-1--11111--1-----	-----
Cal vul	-----	211-----1-4361133--	-----
Gal nor	-----	-1-1-11-1-----11	-----
Car pet	-----	-----1-----	-----
Cla spp	-----	-111-----11-----	-----
Loi pro	-----	-2 -----2---1-3-	-----
Rac lan	111111334422266	-2-424---6656-1221--2--	-----
Pog urn	1-----	-----1--1-----	-----
Cla fur	-1-----	-----	-----
Ste ves	-----	-1--1--- -----1-12	-----
Dautt	666666341154312	62625251501201022100400	6666666666603562
Steinar	130000001311012	00010000000000010066063	0000000112266216

Skammstafanir tegundarheita: Alc alp, Alchemilla alpina, ljónslappi; Bis viv, Bistorta vivipara, kornsúra; Cal vul, Calluna vulgaris, beitleyng; Car pet, Cardaminopsis petraea, melablóm; Cet isl, Cetraria islandica, fjallagrös (flétta); Cla arb, Cladonia arbuscula, fléttutegund; Cla fur, Cladonia furcata, fléttutegund; Cla spp, Cladonia spp., ógreindar fléttutegundir; Cla unc, Cladonia uncinata, fléttutegund; Emp nig, Empetrum nigrum, krækilyng; Gal nor, Galium normanii, hvítmaðra; Gra min, graskenndar tegundir; Hyl spl, Hylocomium splendens, mosategund; Loi pro, Loiseleuria procumbens, sauðamergur; Pel can, Peltigera caniona, fléttutegund; Pog urn, Pogonatum urnigerum, mosategund; Pti cil, Ptilidium ciliare, lifrarmosategund; Rac lan, Racomitrium lanuginosum, gamburmosi; Sal her, Salix herbacea, grasvíðir; Sal phy, Salix phylicipholia, gulvíðir; Ste alp, Stereocaulon alpinum, fléttutegund; Ste ves, Stereocaulon vesuvianum, fléttutegund.

Feitletraðar þekjutölur þar sem sýnilegar skemmdir eru á plöntum.

6.2 Grunn gögn efnagreininga á mosa með ICP tækni á Rannsóknastofu

Mæld efni (mg/kg þv) í mosasýnum frá svæði gróðurskemmda:									
	Meðalgildi	Stdev	Hámark	RUT 277		RUT 297		RUT 306	
				BM	M	BM	M	BM	M
TS %	30,1	5,4	37,0	37	21,6	26,3	31,1	32,8	31,8
Al	5928	3547	11200	2350	4910	4420	9400	3290	11200
As	0,246	0,138	0,423	0,102	0,264	< 0,1	0,387	0,198	0,423
Cd	0,036	0,019	0,062	0,0188	0,0538	0,0252	0,0621	0,0157	0,042
Co	1,911	1,301	3,890	0,707	1,17	1,41	3,89	1,1	3,19
Cr	7,03	5,07	15,80	1,95	4,53	6,37	15,8	3,68	9,87
Cu	9,15	3,89	14,50	5,34	6,01	8,97	14,5	6,8	13,3
Fe	8797	5683	18000	3150	8010	5880	13100	4640	18000
Hg	0,254	0,162	0,466	0,0633	0,376	0,198	0,33	0,0902	0,466
Mn	56,1	51,1	138,0	15,5	23,1	32,9	102	25,1	138
Mo	0,126	0,043	0,205	0,0857	0,114	0,097	0,142	0,113	0,205
Ni	6,2	4,0	11,9	2,33	3,19	5,75	11,9	3,87	10,4
Pb	13,5	12,2	34,4	3,02	34,4	5,27	16,7	3,61	18
S	338	93	509	244	326	285	365	296	509
Si	122	21	151	104	122	112	99,9	151	141
Sn	0,297	0,137	0,465	0,199	0,465	0,182	0,415	0,146	0,374
V	21	17	50	6,91	13,7	11,1	31,8	12	50,1
Zn	363	295	735	84	735	115	682	136	423

Mæld efni (mg/kg þv) í mosasýnum frá ósnortnu svæði:									
	Meðalgildi	Stdev	Hámark	RUT 277		RUT 297		RUT 306	
				V	V	V	V	V	V
TS %	32,3	2,5	34,2	29,4		33,2		34,2	
Al	4400	2720	7430	2170		7430		3600	
As	0,251	0,129	0,399	0,186		0,399		0,167	
Cd	0,019	0,004	0,023	0,0202		0,0226		0,0149	
Co	1,494	1,045	2,670	0,673		2,67		1,14	
Cr	4,92	3,23	8,41	2,03		8,41		4,31	
Cu	7,49	2,59	10,00	4,82		10		7,65	
Fe	6427	4162	11100	3120		11100		5060	
Hg	0,088	0,014	0,104	0,0829		0,104		0,077	
Mn	52,9	40,5	99,6	28,9		99,6		30,1	
Mo	0,118	0,037	0,157	0,0837		0,157		0,112	
Ni	4,0	1,6	5,4	2,32		5,42		4,34	
Pb	3,5	1,7	5,4	2,04		5,4		3,16	
S	300	65	373	250		373		277	
Si	131	54	180	73,1		180		141	
Sn	0,237	0,047	0,287	0,228		0,287		0,195	
V	16	12	30	6,75		29,8		11,6	
Zn	9	2	12	6,88		11,7		8,5	

Marktækniprófun á hækkun þungmálma í mosa á gróðurskemmdasvæði

	Kadmín Cd		Plý Pb		Sink Zn	
	Gróður- skemmd	Ósnortið	Gróður- skemmd	Ósnortið	Gróður- skemmd	Ósnortið
Mean	0,036	0,019	14	3,5	363	9,0
Variance	0,00037	0,00002	149	2,9	86924	6,0
Observations	6	3	6	3	6	3
df	7		7		7	
t Stat	1,47		1,36		2,01	
P(T<=t) one-tail	0,09		0,11		0,04	
t Critical one-tail	1,89		1,89		1,89	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances

6.3 Grunn gögn efnagreininga á jarðvegi með ICP-tækni á Rannsóknarstofu

Mæld efni (mg/kg þv) í jarðvegssýnum frá svæði gróðurskemmda:									
	Meðalgildi	Stdev	Hámark	RUT 277		RUT 297		RUT 306	
				BM	M	BM	M	BM	M
TS %	42	15	60	18	33	44	60	51	48
Al	32317	9052	41300	17900	25100	38000	38300	33300	41300
As	1,8	1,1	3,2	3,2	2,9	0,8	2,1	0,8	1,0
Cd	0,15	0,05	0,22	0,21	0,12	0,14	0,22	0,08	0,13
Co	15	9	25	5	5	15	25	16	23
Cr	32	17	52	14	15	50	52	30	29
Cu	41	15	57	21	24	53	57	40	49
Fe	51050	10697	63600	32700	46400	55200	57300	51100	63600
Hg	0,12	0,07	0,22	0,22	0,20	0,07	0,06	0,07	0,10
Mn									
Mo	0,62	0,68	2,00	0,38	0,37	0,38	0,33	0,27	2,00
Ni	20,6	11,3	37,3	9,1	7,2	26,5	37,3	19,1	24,1
Pb	12	9	25	25	20	6	10	4	5
S	814	162	1020	924	1020	908	696	595	740
Si	93	66	211	59	53	27	211	117	90
Sn	0	0	1	1	0	0	0	< 0,3	<5
V	146	26	174	103	129	158	155	159	174
Zn	73	20	100	78	62	62	87	46	100

Mæld efni (mg/kg þv) í jarðvegssýnum frá ósnortnu svæði:						
	Meðalgildi	Stdev	Hámark	RUT 277	RUT 297	RUT 306
				V	V	V
TS %	53	11	62	41	62	56
Al	33700	2587	36500	31400	36500	33200
As	1,09	0,39	1,52	0,98	1,52	0,76
Cd	0,15	0,02	0,17	0,13	0,15	0,17
Co	20	2	22	18	22	20
Cr	31	14	46	18	46	28
Cu	41	9	52	35	52	36
Fe	52900	1931	54600	50800	54600	53300
Hg	0,09	0,04	0,12	0,12	0,04	0,09
Mn						
Mo	0,29	0,03	0,32	0,28	0,32	0,26
Ni	24	11	37	16	37	20
Pb	6,6	1,6	8,0	7,06	7,97	4,87
S	768	163	902	902	587	815
Si	47	16	57	28,2	57,4	54,7
Sn	0,21	0,03	0,23	0,23	0,22	0,17
V	152	7	160	150	146	160
Zn	73	18	91	53,7	74,6	90,5

6.4 Grunn gögn vettvangsgreininga á mosa og jarðvegi með XRF-tækni

Styrkur síns (mg/kg) í jarðvegi og mosa mælt með NITON XRF tæki í mörkinni

Tölur í jarðvegi eru allar undir opinberum greiningarmörkum en eru sýndar hér til að undirstrika dreyfingu síns í fjarlægð frá möstrum. Önnur efni undir greiningarmörkum.

	Fjarlægð frá mastri (m)						
	0	5	10	20	30	40	50
Tegund efnis							
Fylliefni undir mastri	43720						
Mosi a gróðurskemmda- svæði		842	362	127	110		
Ósnortinn mosi				14	21	12	2
Jarðvegur		41	22	8	6	7	1

Greiningarmörk ýmissa þungmálma með NITON XRF tæki skv. US EPA Method 6200

Frumefni	Tákn	mg/kg
Antímón	Sb	40
Arsen	As	40
Barín	Ba	20
Kadmín	Cd	100
Króm	Cr	150
Kóbolt	Co	60
Kopar	Cu	50
Blý	Pb	20
Mangan	Mn	70
Kvikasilfur	Hg	30
Mólybden	Mo	10
Nikkel	Ni	50
Selen	Se	40
Silfur	Ag	70
Tin	Sn	60
Vanadíum	V	50
Sínk	Zn	50

6.5 Útskolunarpróf í jarðvegi - Aðferðarfræði

Útskolunarpróf voru framkvæmd á jarðvegi til að reikna dreifnistuðla síns í snertingu við jarðveginn. Með þessu móti var einnig ákvarðað vatnsleysanlegt sínk í jarðveginum. Mæling var framkvæmd af Analytica í Svíþjóð.

Dreifnistuðull var reiknaður með því hrista þekkt magn af jarðvegi með þekktu rúmmáli af vatnslausn í 24 klukkustundir. Styrkur síns í jarðvegi og síaðri vatnslausn var síðan mældur og K_d reiknaður út frá formúlunni:

$$Kd_{Zn}(L/kg) = \frac{\text{styrkur í jarðvegi}(mg/kg)}{\text{styrkur í vatni}(mg/L)}$$

Vatnsinnihald jarðvegs var reiknað út með formúlunni:

$$\text{Vatnsinnihald}(mL) = \text{blautvigt}(g) * \left(\frac{100 - \text{hlutfall þurrefnis}(\%)}{100} \right)$$

Heildarlausn (mL) var fundin með því að leggja saman skollausn (mL) + rakainnihald jarðvegs (mL).

Útskolanlegt Zn var fundið með formúlunni:

$$Zn(mg/kg) = \frac{Zn \text{ í vatnslausn}(\mu g/L) * \frac{1mg}{1000\mu g} * \text{heildarlausn}(mL) * \frac{1L}{1000mL}}{\text{þurrvigt jarðvegs}(g) * \frac{1kg}{1000g}}$$

Tafla með frumgögnum og útreikningum fyrir eiginleika síns í jarðvegi.

Sýni	Blautvigt	Hlutfall	Þurrvigt	Vatnsinni-	Skol-	Heildar-	Zn í vatns-	Zn í jarð-	Útskolan-	K_{dZn}
	jarðvegs	þurrefnis	jarðvegs	hald jarðvegs	lausn	lausn	lausn	vegi	legt Zn	
	g	%	g	mL	mL	mL	Zn ug/L	mg/kg p.v.	mg/kg	L/kg
Rut277BM	105	31	32.6	72.5	257	323	11	78	0.109	7091
Rut277M	100	33	33.0	67.0	259	326	14.9	62	0.147	4161
Rut297BM	177	51	90.3	86.7	813	841	7.98	62	0.074	7769
Rut297M	150	48	72.0	78.0	641	676	9.29	87	0.087	9365
Rut306BM	170	47	79.9	90.1	706	737	6.9	46	0.064	6667
Rut306M	167	54	90.2	76.8	823	851	8.89	100	0.084	11249
	<i>mælt</i>	<i>mælt</i>	<i>reiknað</i>	<i>reiknað</i>	<i>mælt</i>	<i>reiknað</i>	<i>mælt</i>	<i>mælt</i>	<i>reiknað</i>	<i>reiknað</i>

Útþrentun á forritinu P20 fyrir sýni Rut277M jarðveg með lægsta K_d gildið í rannsókninni, 4161 L/kg.

Einungis voru Level 1 reikningar í líkaninu gerðir fyrir jarðveginn.



Hydrogeological risk assessment for land contamination

Remedial Targets Worksheet , Release 3.1

Date of Workbook Issue: February 2006

This worksheet has been produced in combination with the document 'Remedial Targets Methodology: Hydrogeological risk assessment for land contamination (Environment Agency 2006).

Users of this worksheet should always refer to the User Manual to the Remedial Targets Methodology and to relevant guidance on UK legislation and policy, in order to understand how this procedure should be applied in an appropriate context.

© Environment Agency, 2006. (Produced by the Environment Agency's Science Group)

The calculation of equations in this worksheet has been independently checked by Entec (UK) Ltd on behalf of the Environment Agency.

All rights reserved. You will not modify, reverse compile or otherwise dis-assemble the worksheet.

Liability: The Environment Agency does not promise that the worksheet will provide any particular facilities or functions. You must ensure that the worksheet meets your needs and you remain solely responsible for the competent use of the worksheet. You are entirely responsible for the consequences of any use of the worksheet and the Agency provides no warranty about the fitness for purpose or performance of any part of the worksheet. We do not promise that the media will always be free from defects, computer viruses, software locks or other similar code or that the operation of the worksheet will be uninterrupted or error free. You should carry out all necessary virus checks prior to installing on your computing system.

IMPORTANT: To enable MS Excel worksheet, click Tools, Add -Ins, Analysis Tool Pak and Analysis Tool Pak-VBA (to calculate error functions).

Details to be completed for each assessment

Site Name:	Moss damage nearby Pylones (project RUT In06km)		
Site Address:	Burfellslína 3b south of Helgafell - Pylone nr. 277, 297 and 306.		
Completed by:	Rannveig Guicharnaud	Version:	1
Date:	15-Jun-07		
Contaminant	Zn		
Target Concentration (C _t)	3 mg/l	Origin of C _t :	EPA Drinking water guideline in USA (2005 US Dep. Of

This worksheet can be used to determine remedial targets for soils (Worksheets Level 1 Soil, Level 2 and Level 3 Soil) or to determine remedial targets for groundwater (Level 3 Groundwater). For Level 3, parameter values must be entered separately dependent on whether the assessment is for soil or groundwater. For soil, remedial targets are calculated as either mg/kg (for comparison with soil measurements) or mg/l (for comparison with leaching tests or pore water concentrations).

Site details entered on this page are automatically copied to Level 1, 2 and 3 Worksheets.

Worksheet options are identified by brown background and employ a pull-down menu. Data entry are identified as blue background.

Data origin / justification should be noted in cells coloured yellow and fully documented in subsequent reports.

Data carried forward from an earlier worksheet are identified by a light green background

It is recommended that a copy of the original worksheet is saved (all data fields in the original copy are blank).

The spreadsheet also includes a porosity calculation worksheet, a soil impact calculation worksheet and a worksheet that performs some simple hydrogeological calculations.

Remedial Targets Worksheet , Release 3.1

Level 1 - Soil



Select the method of calculating the soil water
Partition Co-efficient by using the pull down menu
below

User specified value for partition coefficient

Contaminant	Zn
Target concentration	C _t 3 mg/l

Input Parameters

Standard entry

Variable	Value	Unit	Source of parameter value
Water filled soil porosity θ_w	3.00E-01	fraction	Measured
Air filled soil porosity θ_a	7.00E-01	fraction	Measured
Bulk density of soil zone material ρ	8.50E-01	g/cm ³	Soil analysis by RG LBHI in sample taken 23.05.07
Henry's Law constant H	0.00E+00	dimensionless	Not necessary for these data
Soil water partition coefficient K _d	4.16E+03	l/kg	Calculated from leaching test by Analytica
Fraction of organic carbon (in soil) f _{oc}		fraction	
Organic carbon partition coefficient K _{oc}		l/kg	
Sorption coefficient for neutral species K _{oc,n}		l/kg	
Sorption coefficient for ionised species K _{oc,i}		l/kg	
pH value		pH units	
Acid dissociation constant pKa			
Fraction of organic carbon (in soil) f _{oc}		fraction	

This sheet calculates the Level 1 remedial target for soils(mg/kg) based on a selected target concentration and theoretical calculation of soil water partitioning. Three options are included for determining the partition coefficient. The measured soil concentration as mg/kg should be compared with the Level 1 remedial target to determine the need for further action.

Soil water partition coefficient used in Level Assessment K_d 4.16E+03 l/kg Specified value

Level 1 Remedial Target

Level 1 Remedial Target	1.25E+04 mg/kg	(for comparison with soil analyses)
	or	
	3 mg/l	(for comparison with leachate test results)

Site being assessed:	Moss damage nearby Pylones (project RUT In06km)
Completed by:	Rannveig Guicharnaud
Date:	15-Jun-07
Version:	1

6.6 Grunn gögn frá Analytica vegna útskolunarprófa.

Rapport



L0707506-B

Sid 2 av 3

Registrerad : 21.5.2007
Analyserad : 4.6.2007
Rapporterad : 4.6.2007

Linuhönnun Consulting Eng
Gunnar Olafsson
Sudurlandsbraut 4a
IS-108 Reykjavik

Analyspaketi: Beräknad urlakad mængd

Provnummer : U10322315-00			Provnummer : U10322473-00		
Beteckning : RUT 297 BM Soil L/S 10			Beteckning : RUT 297 M Soil L/S 10		
Analys	Resultat	Enhet	Analys	Resultat	Enhet
DW before leaching	51	%	DW before leaching	47,9	%
Weighing	176,6	g	Weighing	150	g
Volume added	813	ml	Volume added	641	ml
Zn	0,0798	mg/kg TS	Zn	0,0929	mg/kg TS
pH	5,3		pH	7,2	
Kond.	1,78	mS/m	Kond.	1,68	mS/m

Leaching test according to SS-EN 12457-2. The expanded uncertainty is 51% according to SS-EN 12457-2. Uncertainty calculated using a coverage factor of 2 which gives a level of confidence of approximately 95%."

This report may not be reproduced other than in, expect with the prior written approval of the issuing laboratory.

ver_117

ALS Analytica AB
Aurorum 10
977 75 Luleå

Webb: www.analytica.se
E-post: lulea@analytica.se
Tel: +46 920 28 9900
Fax: +46 920 28 9940

Eva Lidman

Rapport



L0707506-B

Sid 3 av 3

Registrerad : 21.5.2007
Analyserad : 4.6.2007
Rapporterad : 4.6.2007

Linuhönnun Consulting Eng
Gunnar Olafsson

Sudurlandsbraut 4a
IS-108 Reykjavik

Analyspaketi: Beräknad urlakad mängd

Provnummer : U10322475-00			Provnummer : U10322477-00		
Beteckning : RUT 306 BM Soil L/S 10			Beteckning : RUT 306 M Soil L/S 10		
Analys	Resultat	Enhet	Analys	Resultat	Enhet
DW before leaching	46,9	%	DW before leaching	53,8	%
Weighing	170	g	Weighing	167,3	g
Volume added	706	ml	Volume added	823	ml
Zn	0,069	mg/kg TS	Zn	0,0889	mg/kg TS
pH	7,1		pH	7	
Kond.	1,8	mS/m	Kond.	1,87	mS/m
<p><i>Leaching test according to SS-EN 12457-2. The expanded uncertainty is 51% according to SS-EN 12457-2. Uncertainty calculated using a coverage factor of 2 which gives a level of confidence of approximately 95%."</i></p> <p><i>This report may not be reproduced other than in, except with the prior written approval of the issuing laboratory.</i></p>					
					ver_117

ALS Analytica AB
Aurorum 10
977 75 Luleå

Webb: www.analytica.se
E-post: lulea@analytica.se
Tel: +46 920 28 9900
Fax: +46 920 28 9940

Eva Lidman

6.7 Veðurfarsgögn

Trausti Jónsson Veðurstofu Íslands, t-póstur 18maí07

Sæll vertu, ég tók í fljótheitum saman töflu sem sýnir heildarúrkomu eftir vindáttum í Reykjavík eins og hún mælist á sjálfvirku stöðinni hér í reitnum á Veðurstofunni. Ég held að niðurstöðurnar séu ágæt ábending um hvernig úrkoma dreifist á vindáttir á þessu svæði. Fyrsti dálkurinn sýnir vindáttir í tugum gráða (1 = 10 til 19 gráður, 2 = 20 til 29 gráður ... 36 = 0 til 9 gráður). Næsti dálkur sýnir fjölda athugana (vindrós) eins og þær skiptast á áttir á tímabilinu (frá 1997 til 2006 - nokkra mánuði vantar þó inn í). Þriðji dálkurinn sýnir úrkomusummu hvernar áttar. Fjöldinn og summan fylgjast nokkuð að, en þó sést ef fjöldanum er deilt í summuna (síðast dálkurinn) að atburðir úr suðaustri og suðri eru áberandi stærri en aðrir. Bestu kveðjur, Trausti J.

átt	fjöldi úrk	atb	
1	2597	73,3	0,0282
2	1945	61,2	0,0315
3	1446	47,2	0,0326
4	1108	55,3	0,0499
5	1667	125,4	0,0752
6	2847	156	0,0548
7	4592	254,4	0,0554
8	7194	423,5	0,0589
9	5105	343,4	0,0673
10	4285	347,6	0,0811
11	4135	529,9	0,1281
12	3380	364,2	0,1078
13	3720	397,8	0,1069
14	2830	349,5	0,1235
15	3150	454,2	0,1442
16	2497	270,2	0,1082
17	2866	364	0,127
18	3201	385	0,1203
19	3006	325,3	0,1082
20	2775	297,9	0,1074
21	2995	308,3	0,1029
22	2401	295,8	0,1232
23	1942	203,9	0,105
24	1846	151,4	0,082
25	1931	151,2	0,0783
26	1597	85,8	0,0537
27	1150	52,3	0,0455
28	1391	69,8	0,0502
29	1590	79,5	0,05
30	1443	103,4	0,0717
31	1328	67,8	0,0511
32	1222	42,7	0,0349
33	1629	77,3	0,0475
34	2167	70	0,0323
35	2543	76,9	0,0302
36	3156	118,5	0,0375

6.8 Grunn gögn jarðvegsmælinga

Mæld gildi á jarðvegi umhverfis háspennumöstur

Mastur	Dýpi	pH	C%	N%	C/N	Kd _{Zn} L/kg	
261	0-10cm	6.1	4.93	0.253	19.0		
	10-30cm	6.4	3.53	0.233	15.2	BM	M
277	-	5.9	12.31	0.430	28.6	7090	4160
297	-	5.9	8.53	0.362	23.5	7770	9360
306	-	6.2	6.07	0.319	19.1	6670	11250

Jarðvegsgerð

Jarðvegsgerð á öllum svæðum er *Brown Andosol* eða *brúnjörð*. Brúnjörðin er hinn klassíski þurrlendisjarðvegur. Hann inniheldur víða mikið af allófan og járnhýdríti. Öskulög geta verið áberandi. Minna er af leir þar sem brúnjörðin verður fyrir miklu áfoki, en þeim mun meira af lítið veðruðu gjóskugleri. Brúnjörðin getur safnað umtalsverðu magni lífrænna efna, og algengt að sjá 2-6 %C í jarðveginum. Þessi jarðvegsgerð er mest rannsökuð á Íslandi. Brúnjörð hefur einnig mikla jónarýmd (mikla bindigetu og getur því bundið mengandi efni eins og málma sem og önnur jónasambönd) sem ræðst af leirsteindunum allófan og járnhýdrít en einnig lífrænu efnis sem sömuleiðis eykur bindigetu jarðvegsins. (Hægt er að fá nánari lýsingu á brúnjörð í Catena, Volcanic soils of Iceland, Arnalds 2004). Allt hraun á svæðinu er gropið en það eykur hættu á útskolun á svæðinu þar sem jarðvegspækja er rýr eða engin.

Mastur 267

Mikill jarðvegur miðað fyrri svæði. Sammfelld þekja. Meðaldýpt 30cm. Fjölbreyttari og meiri gróður þar sem jarðvegur er dýpri. Kornastærð: *sandy loam*, þannig að jarðvegur er fremur sendinn. Því sendnari sem jarðvegur er, því minni bindigetu hefur hann. Jarðvegur er vel ræstur. Engar rætur í jarðvegi enda gróður að mestu mosi. Undirlag: apalhraun

Mastur 277

Nánast enginn jarðvegur. 0,5-1 cm þykkur og er jarðvegur u.þ.b. 30 % af mengaða svæðinu. Jarðvegur finnst í dældum. Kornastærð: *silty loam* og á stöku stað *silty clay*. Kornastærð bendir til að þess að jarðvegur hafi talsverða bindigetu. Jarðvegur er vel ræstur, þótt merki sé á stöku stað um að loftfirrtar aðstæður hafi skapast. Engar rætur í jarðvegi enda gróður að mestu mosi. Undirlag: apalhraun

Mastur 297

Kornastærð á jarðvegi umhverfis mastur 297 er *silty loam*. Kornastærð bendir til þess að jarðvegur hafi töluverða bindigetu. Meðaldýpt jarðvegs á þessu svæði er 0,5-1 cm, en dýpstur er hann 18 cm (á örfaúm stöðum milli gjóta). Jarðvegurinn er einnig vel ræstur (freely drained) sem þýðir að ekki skapast loftfirrtar aðstæður í þessum jarðvegi sem hefur mikið að segja í sambandi við örveruvirknina í jarðveginum. Þunnt öskulag finnst í jarðveginum sem enn frekar stuðlar að eldfjallaeiginleikum þessa jarðvegs (þ.e.a.s. hann hefur mikla bindigetu. Engar rætur í jarðvegi enda gróður mestu mosi. Undirlag: helluhraun

Mastur 306

Lítill jarðvegur. Meðaldýpt 1-6 cm. Jarðvegur mestur í dældum og nánast enginn á hrauntoppum. Kornastærð: *sandy loam*, þannig að jarðvegur er fremur sendinn og hefur því minni bindigetu en á öðrum svæðum en getur þó haldið töluverðu. Ennig er jarðvegurinn vel ræstur. Undirlag: apalhraun