

Er Ísland hreinasta land í heimi ?

Hrönn Ólína Jörundsdóttir

Matís, Reykjavík

Ágrip – Mengun er breitt hugtak en grundvallarskilgreining á mengun er að það er hlutur eða efni sem er til staðar í náttúrunni eða efni sem er í hærri styrk en náttúrulegt er, vegna umsvifa manna. Mengun getur verið allt frá því að vera heitt vatn sem kólnar og hættir þá að vera "mengun" til þess að vera efnasamband sem hefur víðtæk og langvarandi skaðleg áhrif á umhverfið. Mengun getur verið mjög mismunandi eftir því hversu lengi efnið eða hluturinn er til staðar í umhverfinu og hversu mikil áhrif mengunin hefur. Í þessari grein verður aðalega fjallað um efnasambönd sem eru ekki náttúrulega til staðar í umhverfinu og brotna hægt niður. Þessi grein fjallar aðallega um þrávirka lífræna mengun, styrk í íslensku umhverfi og þörf á frekari rannsóknum.

1. Inngangur

Ekki eru meira en 40 ár síðan þrávirki lífræni efna-hópurinn PCB (Polychlorinated Biphenyls) var uppgötvaður í náttúrunni [1-2]. Fundur þessarra efna olli miklu fjadrafoki meðal fræðimanna þar sem þessi efni voru helst notuð í lokuðum kerfum, eins og í spennubreytum, og áttu þar af leiðandi ekki að sleppa út í umhverfið. Þessi uppgötvun breytti sýn fræðimanna á möguleika skaðlegra efna til að sleppa út í náttúruna. Síðan þá hafa þessi og fleiri svipuð efni verið mikið rannsökuð, þó er enn margt sem ekki er þekkt t.d. varðandi flutning frá notkunarsvæðum, niðurbrot og nákvæm áhrif á menn og dýr. Ísland hefur takmarkaðan þungaiðnað og er langt frá stórum iðnaðarsvæðum Evrópu og Bandaríkjanna. Því hefur verið talið að umhverfismengun sé mjög takmörkuð á Íslandi miðað við meginland Evrópu og Ameríku. Mengunarrannsóknir hafa þar af leiðandi fengið takmarkaða athygli héraðs. Hins vegar verðum við að

hafa þekkingarlegan grundvöll til að geta staðhæft eitthvað um magn eða áhrif mengunar á landið og lífríkið. Þessi þekkingargrunnur fæst aðeins með nákvæmum rannsóknum á lífríki landsins.

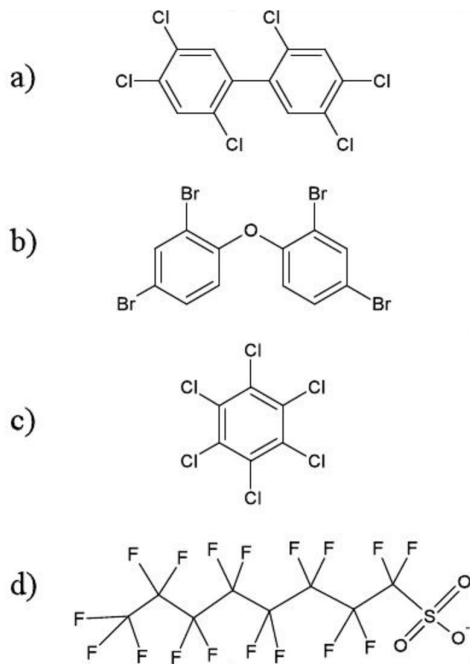
Eðli svokallaðra þrávirkra lífrænna mengunarefna er eins og heitið ber með sér að efnin eru þrávirk, þ.e. þau brotna takmarkað niður og eyðast hægt í náttúrunni, einnig eiga þau oft auðvelt með að berast frá uppsprettu mengunar að stöðum sem eru langt úr alfaraleið og/eða talin ósnert. Þetta hefur verið skýrt með svokallaðri hnattrænni eimun (Global distillation hypothesis) [3]. Þessu til stuðnings má nefna ísbirni á Norðurheimskautinu, þar sem Norðurheimskautið telst til þeirra staða sem eru mest úr alfaraleið og enginn iðnaður nálægt. Þrátt fyrir það innihalda ísbirnir hæsta styrk margra mengandi efna sem þekktist í lífverum jarðar [4-5] og mengun virðist því berast mjög auðveldlega til Norðurheimskautsins. Það að vera einangrað eyríki með lítinn iðnað er því ekki örugg vörn gegn þrávirkri lífrænni mengun.

Nokkrar rannsóknir á þrávirkum lífrænum efnasamböndum í íslensku lífríki hafa farið fram [6-11]. Þær sýna ekki einungis að mengun er til staðar héraðs, heldur er mengunin einnig í einstaka tilfellum sambærileg við það sem þekktist í Eystrasalti, en Eystrasaltið er talið með menguðustu hafsvæðum heimsins í dag. Sem betur fer heyrir það þó til undantekninga að efni sem mælast á Íslandi og Íslandsmiðum séu í þeim styrk.

2. Algeng þrávirk lífræn efni

Þrávirk mengun stafar af efnasamböndum (sameindum) sem eru ekki náttúruleg og eru því til staðar í náttúrunni vegna umsvifa mannsins. Þessi efnasambönd eru það stöðug að þau brotna ekki eða þá mjög hægt niður í náttúrunni. Þessi efni eru yfirleitt flokkuð í ólífræn og lífræn efnasambönd og er þá átt við málma og málmsambönd annars vegar og efni byggð á kolefni hinsvegar. Mjög algengt er að þrávirk lífræn efni innihaldi halógena. Mörg þrávirk lífræn efni safnast fyrir í lífverum, magnast hærra uppi í fæðu-keðjunni og færast frá móður til afkvæmis við meðgöngu og með móðurmjólk. Hægt er að mæla þrávirka lífræna mengun alls staðar í náttúrunni, á afviknustu stöðum jarðar, jafnvel í nýfæddum ungbörnum.

Greining efnasambanda er flókin og margþætt og nauðsynlegt er að vita hverju leita skal að. Ekki er hægt að leita blint að öllum æskilegum og/eða



Mynd 1. Dæmi um þrávirk lífræn efnasambönd, a) CB-153 sem er PCB efni, b) BDE-47 er PBDE efni, c) HCB sem er bæði skordýraeitur og hliðarafurð úr iðnaði, d) PFOS tilheyrir hópnum pólýflúoreruð alkanefni.

óæskilegum efnum í sýninu. Efnagreiningar miðast því alltaf að leit að ákveðnum efnum eða hópi efna en segja ekkert um magn annarra efna sem ekki eru mæld, þetta gerir leitina að óþekktum óæskilegum efnum mjög erfiða. Mismunandi eðlis- og efnafræðilegir eiginleikar efnasambanda gera það einnig að verkum að aðeins er hægt að leita að takmörkuðum hópi efnasambanda í hverri greiningu.

2.1. Klórlífræn sambönd

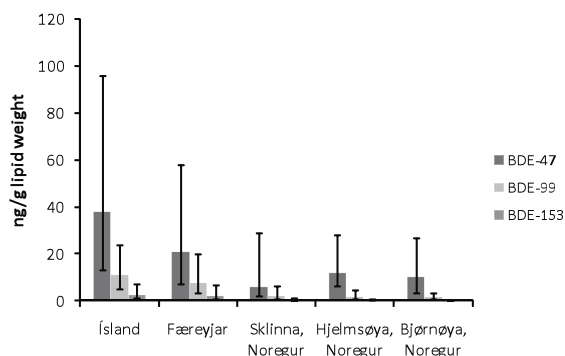
Skordýraeitur síðustu aldar voru mjög gjarnan klórlífræn efnasambönd. Kostur þessara efna var að þau voru eitruð í lágum styrk ásamt því að vera stöðug þannig að ekki þurfti að nota mikið af þeim og sjaldan þurfti að beita þeim. Hins vegar eru þessir eiginleikar einmitt orsök þess að þessi efni eru vandamál í dag þar sem þau safnast fyrir í lífríkinu og brotna ekki niður. Klórlífræn efnasambönd er stór hópur efna með mjög mismunandi eiginleika. Áhrif klórlífrænna efna á lífverur eru margvísleg, m.a. trufla þau starfsemi innkirtla (innkirtlaspillar), þ.e. þau líkja eftir náttúru-

legum hormónum og raska þar af leiðandi viðkvæmu hormónajafnvægi lífvera og hafa m.a. áhrif á frjósemi. Efnin eru líka talin geta haft áhrif á þroska og greind dýra og manna. Viss klórlífræn sambönd eru talin vera krabbameinsvaldandi. Dæmi um klórlífræn efni eru PCB, en PCB er hópur sem samanstendur af 209 mismunandi efnum sem eru aðgreind með númeri. CB-153 er það PCB efni sem finnst yfirleitt í hæstum styrk í lífverum sem stafar aðallega að því að CB-153 er þrávirkast þessara 209 efna (Mynd 1). Annað dæmi um klórlífræn efni er skordýraeitrið DDT sem m.a. er talið hafa valdið því að hafnarstofninn við Eystrasaltið hrundi á sjöunda áratug síðustu aldar. Þriðja dæmið um klórlífrænt efni er hexachlorobenzene (HCB, sjá Mynd 1), þetta efni var notað sem sveppaeitur áður fyrir en er nú bannað. Hins vegar myndast HCB mjög auðveldlega sem hliðarafurð í framleiðslu annarra skordýraeitra, klóreraðra leysa, sorpbrennslu o.s.fr. [12-13]. Þessi þrjú efni eru þó aðeins brot af þeim mengandi efnum sem vitað er að eru til staðar í umhverfinu.

2.2. Brómeruð eldvarnarefni

Brómeruð eldvarnarefni eru efni sem enn eru notuð í töluverðum mæli. Þetta eru efni sem bætt er út í plast sem er notað í bíla og raftæki eins og t.d. tölvur, sjónvörp og önnur heimilistæki til að koma í veg fyrir að hlutirnir byrji að brenna, þar af leiðandi má finna þessi efni inni á flestum heimilum. Brómeruð eldvarnarefni er fjölbreyttur flokkur efna, þar á meðal eru PBDE (Polybrominated diphenylethers, sjá Mynd 1). Þessi efni hafa einnig verið notuð í vefnaðarvöru t.d. sófa-áklæði, gólfteppi og jafnvel fatnað.

Evrópusambandið, Kanada og Bandaríki Norður Ameríku hafa bannað hluta þessara efna þar sem sýnt hefur verið fram á að þau eru þrávirk og safnast fyrir í náttúrunni, en enn eru á markaðinum efni sem gætu haft áhrif á umhverfið. Áhrif þessara efna á lífverur eru aðallega innkirtlaspillandi en þau geta einnig haft önnur áhrif. Nýleg rannsókn leiðir að því líkur að ofvirkni skjaldkirtils hjá köttum sé að hluta til vegna brómeraðra eldvarnarefna en þessi sjúkdómur hefur aukist töluvert hjá inniköttum síðustu áratugi [14]. Þetta hefur verið útskýrt á þann hátt að brunavarnarefni setjist á rykagnir sem setjast í feld kattanna og þegar kettirnir hreinsa feldinn með tungunni, þá geta þeir fengið í sig töluvert magn þessara efna.



Mynd 2. Styrkur PBDE efna í langvíueggjum frá Norðurlöndunum. Súlnar sýna meðaltal mælinga í hverjum flokki. Lóðrétt lína sýnir hággildi og lággildi ásamt dreifingu mælinga innan hvers flokks [9].

2.3. Flúoreruð alkanefni

Flúoreruð alkanefni hafa fundist nýlega í náttúrunni. Eins og með fyrri hópana tvo, er þetta stór hópur ólíkra efna en vel þekkt efni eins og Teflon og Goritex falla undir þennan hóp. Eiturefnavistfræðingar og umhverfisefnafræðingar hafa hins vegar einbeitt sér að efnum sem samanstanda af lengri kolefniskeðjum (C8-15). Í þessum efnum hefur vetnisatómum, sem ella tengjast kolefni, verið skipt út fyrir flúoratóm (Mynd 1) en flúorkolefnis tengi eru mjög sterk. Mörg þessara efna eru þar af leiðandi mjög þrávirk og sum þeirra brotna ekki niður þegar þau eru komin í náttúruna. Þar sem þessi efni eru bæði vatns- og fitufælin þá eru þau gjarnan notuð til að húða textílvörur og pappír til að verja þau gegn óhreinindum. Flúoreruð alkanefni geta tengst prótínum í blóðinu [15-16] og geta safnast fyrir í lífverum og valdið skaða, aðallega á tauga- og hormónakerfið en einnig á frjósemi og afkomu afkvæma [17-19].

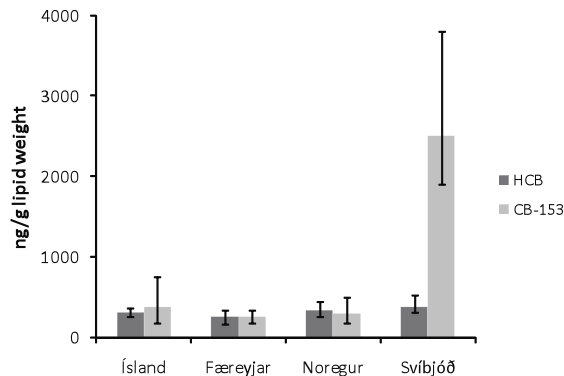
2.4. Styrkur þrávirkar mengunar í íslensku lífríki

Rannsóknir á mengandi efnum í íslenskri náttúru eru af frekar skornum skammti. Þrávirk mengun er mælanleg í brjóstamjólki íslenskra kvenna og er styrkurinn svipaður og á hinum Norðurlöndunum [20]. Algengara er þó að mæla mengun í öðrum lífverum en mönnum. Í dag eru tvö vöktunarverkefni styrkt af íslenskum stjórnvöldum [21-23]. Í þeim vöktunarverkefnum sem eru í gangi er fylgst með sjávarlífver-

um, þ.e. aðallega fiskum og lindýrum, og landbúnaðararafurðum en þau taka aðeins til lítils hluta mengandi efna. Einnig er vöktun á lofthjúpnum þar sem loft og regnsýni eru tekin við Stórhöfða [24]. Hins vegar er engin vöktun á villtum landdýrum og fuglum, jafnvel þó töluvert hár styrkur þessara efna hafa fundist í t.d. fjörufálka og öðrum fuglategundum [7-9, 25].

Nýlega birtist rannsókn sem skoðaði styrk ýmissa þrávirkra lífrænna efna sambanda í náttúru Norðurlandanna og var mengun í Eystrasalti notuð sem viðmið. Til að bera saman svæðin voru langvíuegg notuð og rannsókuð með tilliti til mengandi efna [10]. Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að íslensk langvíuegg voru með lægri styrk af flestum mengandi efnum miðað við langvíuegg frá Eystrasaltinu en þó ekki í öllum tilvikum. Ef bara voru skoðuð langvíuegg frá Norður Atlantshafinu var styrkur mengandi efna ekki alltaf lægstur í íslenskum eggjum. Mynd 2 sýnir styrk þriggja PBDE efna í langvíueggjum frá Íslandi, Færeyjum og Noregi, en PBDE er eins og áður sagði ein gerð brómeraðra eldvarnarefna. Myndin sýnir að styrkurinn er hæstur í íslenskum eggjum en lækkar eftir því sem austar dregur. Líkleg skýring á þessu mynstri er að PBDE eru mun meira notuð í Norður Ameríku en í Evrópu og berast því hingað með loftstraumum. Ekki er þó hægt að kenna Norður Ameríkubúum alfarið um PBDE mengun sem mælist hérlandis því þessi efni er að finna m.a. í raftækjum eins og sjónvörpum og tölvum og er því uppruna hluta mengunarinnar líklega að finna á okkar eigin heimilum.

Mynd 3 sýnir styrk tveggja klórlífrænna efna, HCB og CB-153, í sömu langvíueggjum. Styrkur PCB efna (CB-153) er mun hærri í Eystrasaltinu miðað við Norður Atlantshafið, þetta var viðbúið þar sem Eystrasaltið telst með menguðustu hafsvæðum veraldar. Það er mjög athyglisvert að styrkur HCB er mjög jafn á svæðunum. Þessar niðurstöður vekja spurningar sem enn hefur ekki verið svarað nægilega vel. Hugsanlega geta leynst áður óþekktar uppsprettur af HCB í Norður Atlantshafi og á Íslandi, annað hvort í innlendum iðnaði eða sem eldri leifar af notkun og/eða urðun skordýraeitra eða iðnaðarúrgangs. Þessar niðurstöður sýna mikilvægi þess að fylgjast með umhverfismengun, jafnvel á afskekktum stöðum.



Mynd 3. Styrkur HCB og CB-153 í langvíueggjum frá Norðurlöndum. Súlnurnar sýna meðaltal mælinga í hverjum flokki. Lóðrétt lína sýnir hággildi og lágsgildi ásamt dreifingu mælinga innan hvers flokks [9].

3. Samantekt

Spurningin er því ekki hvort mengun sé til staðar á Íslandi heldur frekar hversu mikil mengunin er og hvort styrkur mengunarinnar valdi skaða á lífríkinu og/eða mönnum. Í heimi vaxandi iðnaðar og stóriðju er nauðsynlegt að leggja æ ríkari áherslu á umhverfismál. Nærtækt dæmi er að með auknum olíuumsvifum er þörf á að fylgjast með efnum sem tengjast olíuöndaði eins og PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) sem eru krabbameinsvaldandi í mönnum. Einnig eru miklar líkur á auknum siglingum um Norðurhólf með áframhaldandi hlýnun, sem gætu valdið því að styrkur þessara efna aukist í íslenskri náttúru. Í dag er ekki fylgst sérstaklega með PAH efnum í þeim vöktunarverkefnum sem í gangi eru þó full þörf sé á því. Það er ekki nóg að byrja að mæla PAH eftir að olíuvinnsla hefst heldur verður að mynda gagnagrunn um hvernig aðstæður voru áður en vinnsla hefst. Eingöngu þá er hægt að segja til um hvort lífríki Íslands hafi orðið fyrir einhverjum breytingum.

Mörgum spurningum er enn ósvarað um mengun á Íslandi. Sem dæmi má nefna flúoreruðu alkanefnin. Ekkert er vitað um styrk þessara efna í Íslendingum, það sama má segja um eldvarnarefnið PBDE. Greinilegt er að mengunarmál þurfa að fá meiri athygli á Íslandi og skortur er á óháðum rannsóknnum á mengunarmálum Íslands, sérstaklega þar sem mengun er ekki vandamál eins lands eða einnar þjóðar heldur er mengun alþjóðlegt vandamál sem virðir engin landamæri.

Þakkir

Jörundi Svavarssyni, Kristínu Ólafsdóttur og Helgu Gunnlaugsdóttur er þakkað fyrir hjálp við yfirlestur og góðar ábendingar.

Heimildir

- [1] Anonymous, 1966, *New Sci.*, **32**, 612.
- [2] Jensen, S. 1972, *Ambio*, **1**, 123-131.
- [3] Wania, F. & Mackay, D. 1993, *Ambio*, **22**, 10.
- [4] Muir, D. et al. 1999, *Sci. Total Environ.*, **230**, 83.
- [5] Riget, F. et al. 2004, *Sci. Total Environ.*, **331**, 29.
- [6] AMAP. 2004, ISBN:82-7971-019-1.
- [7] Ólafsdóttir, K. et al. 1995, *Environ. Pollut.*, **55**, 382.
- [8] Ólafsdóttir, K. et al. 2001, *Environ. Pollut.*, **112**, 245.
- [9] Ólafsdóttir, K. et al. 2005, *Environ. Pollut.*, **133**, 509.
- [10] Jörundsdóttir H. et al., 2009, *Sci. Total Environ.*, **407**, 4174.
- [11] Sinkkonen, S. et al. 2004, *Chemosphere*, **56**, 767.
- [12] Government of Canada. 1993, Canadian environmental protection act priority substances list assessment report: Hexachlorobenzene, 52.
- [13] WHO. 1997, Environmental Health Criteria 195.
- [14] Dye, J.A. et al. 2007, *Environ. Sci. Toxicol.*, **41**, 6350.
- [15] Jones, P.D. et al. 2003, *Environ. Toxicol. Chem.*, **22**, 2639.
- [16] Weiss, J. et al. 2009, *Toxicol. Sci.*, **109**, 206.
- [17] Lau, C. et al. 2003, *Toxicol. Sci.*, **74**, 382.
- [18] Lau, C. et al. 2004, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **198**, 231.
- [19] Seacat, A.M. 2002, *Toxicol. Sci.*, **68**, 249.
- [20] Ólafsdóttir, K. et al. 1997, *Læknablaðið*, **83**, 157.
- [21] Rabie, S. et al. 2008, Matís skýrsla 21-08.
- [22] Jörundsdóttir, H. et al. 2009, Matís skýrsla 24-09.
- [23] <http://www.mast.is>
- [24] <http://tarantula.nilu.no/projects/cccl/emepdata.html>
- [25] Ólafsdóttir, K. et al. 1998, *Environ. Pollut.*, **103**, 153.

Summary: Pristine Iceland - Environmental contamination in Iceland.

Pollution in is a broad concept; the basic definition of pollution is an object or compound present in the environment or in higher concentration than natural occurrence, due to human activity. Pollution can be a simple thing as warm water released to the environment which cools down and is thereafter not classified as pollution. A more serious example of pollution is a chemical compound that has adverse and long term effects on the environment. The difference in these two examples is the life length and effects of the pollution on the environment. The current review focuses on persistent pollutants, mostly on persistent organic compounds, their occurrence in the Icelandic environment and discusses the need for further studies.

