

Loftmengun á Íslandi og áhrif hennar á heilsu manna

Yfirlitsgrein

Gunnar Guðmundsson^{1,2} lækknir

Ragnhildur Guðrún

Finnbjörnsdóttir^{3,4} lýðheilsufræðingur

Þorsteinn Jóhannsson³ umhverfisfræðingur

Vilhjálmur Rafnsson⁴ prófessor emeritus

¹Lungnadeild Landspítala, ²rannsóknastofu í lyfja- og eitufreinafræði, læknadeild Háskóla Íslands, ³Umhverfisstofnun, teymi loftslags og loftgæða, ⁴lýðheilsustöð læknaeildar Háskóla Íslands

Fyrirspurnum svarar Gunnar Guðmundsson, ggudmund@landspitali.is

Inngangur

Mengun er skilgreind í íslenskum lögum um hollustuhætti og mengunarvarnir frá 1998 sem „það þegar örverur, efni og efnasambönd og eðlisfræðilegir þættir valda óæskilegum og skaðlegum áhrifum á heilsufar almennings, röskun lífríkis eða óhræinkun lofts, láðs eða lagar“.¹ Loftmengun verður þar sem styrkur efna eða efnasambanda í andrúmslofti er orðinn það hár að hann veldur óæskilegum eða skaðlegum áhrifum á heilsu almennings eða óæskilegum áhrifum á náttúru, lífríki eða mannvirki. Hún getur verið af völdum manna eða náttúruleg eins og í eldgosum, á jarðhitasvæðum og í foki jarðvegsefna.² Áhrifum loftmengunar á heilsu manna má skipta í bein áhrif þar sem loftmengunin veldur sjúkdómum og óbein áhrif þar sem loftmengunin eykur einkenni undirliggjandi sjúkdóma. Loftmengun er hættuleg heilsu manna, einkum þeirra sem þjást af sjúkdómum í öndunarfarum og hjarta og æðakerfi. Loftmengun dregur úr lífsgæðum og lífslíkum manna. Börn eru sérstaklega viðkvæm, því loftmengun getur valdið öndunarferasjúkdómum hjá þeim og haft varanleg áhrif á lungnaþroska barna. Það getur skipt máli síðar á ævinni.

Heilsuverndarmörk eru skilgreind fyrir ákveðin loftmengunarefni í andrúmslofti og eru hugsuð fyrir almenning, bæði börn og fullorðna, sjúka sem heilbrigða. Þeim er ætlað að vera viðmiðun fyrir hvað telst skaðlaust fyrir einstaklinginn og eru sett til að tryggja heilsu manna til lengri tíma.

Loftgæði eru talin mikil á Íslandi og er styrkur mengunarefna í andrúmslofti að jafnaði innan skilgreindra viðmiða ef frá er talið svifryk. Þetta skýrist af stærð landsins, legu þess, fáum íbúum og veðurfari. Náttúruhamfarir geta aftur á móti ógnað loftgæðum landsins. Eldgos eru hér tíð og reynslan hefur sýnt að loftmengun af völdum þeirra getur verið mikil og haft áhrif á heilsufar manna.³ Loftgæði bötunðu til muna í þéttbýli á Íslandi þegar hætt

ÁGRIP

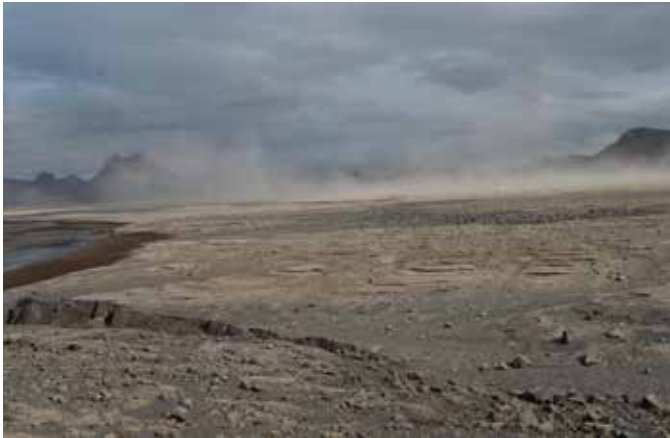
Í þessari grein er fjallað um loftmengun á Íslandi og áhrif hennar á heilsu manna. Loftmengun má lýsa sem ástandi þar sem styrkur efna eða efnasambanda í andrúmslofti er orðinn það hár að hann veldur óæskilegum eða skaðlegum áhrifum á heilsu almennings eða óæskilegum áhrifum á náttúru eða mannvirki. Loftmengun getur verið af manna völdum, svo sem vegna bruna jarðefnaeldsneytis, eða náttúruleg, til dæmis vegna eldgosu, frá jarðhitasvæðum og í foki jarðvegsefna. Loftmengun dregur úr lífsgæðum og lífslíkum manna. Áhrifum loftmengunar á heilsu manna má skipta annars vegar í bein heilsufarsleg áhrif þar sem loftmengunin veldur sjúkdómum og hins vegar óbein áhrif þar sem loftmengunin eykur einkenni undirliggjandi sjúkdóma. Heilsuverndarmörk eru skilgreind fyrir ákveðin loftmengunarefni í andrúmslofti. Þeim er ætlað að vera viðmið fyrir hvað telst skaðlaust fyrir einstaklinginn og eru sett til að tryggja heilsu manna til lengri tíma.

Loftgæði utandyra hafa verið mæld reglubundið í Reykjavík síðan 1986. Fyrstu árin var eingöngu mælt svifryk á einni mælistöð sem þá var staðsett við Miklatorg. Með árunum hefur fjölgað þeim efnum sem mæld eru og bæst hafa við fleiri mælistöðvar.

Loftgæði eru almennt talin mikil á Íslandi og er styrkur mengunarefna í andrúmslofti að jafnaði innan skilgreindra viðmiða. Þetta skýrist af margvíslegum þáttum eins og stærð landsins, legu þess og veðurfari. Náttúruhamfarir geta valdið loftmengun eins og sýndi sig í eldgosum síðustu ára. Rannsóknir hafa verið gerðar á tengslum loftmengunar við heilsufar Íslendinga og æskilegt er að fleiri rannsóknir verði framkvæmdar til að bæta þekkinguna á loftmengun á Íslandi enn frekar.

var að nota kol og olíu til húshitunar og götur voru malbikaðar. Almennt eru bein tengsl milli fjölda bíla og loftmengunar. Hins vegar hafa ýmsir umhverfisþættir, samsetning bílaflorens og mót-vægisáðgerðir mikið að segja. Verulega hefur dregið úr loftmengun við Grensásveg þrátt fyrir stóraukna umferð frá því að mælingar hófust þar árið 1994. Meginorsök minni svifryksmengunar er talin vera breytt veðurlag, einkum aukin úrkoma, en einnig dró úr mengun vegna NO₂ og CO með tilkomu hvarfakúta í bílum.⁴ Sterkara malbik á helstu stofnbrautum og aukin gatnaþrif hafa einnig stuðlað að því að draga úr svifryksmengun. Einnig koma auknar kröfur um mengunarvarnir og nýja tækni, sem draga úr þessu álagi. Þá hefur vinnuumhverfi og meðhöndlun hættulegra efna sem geta borist í andrúmsloft gjörbreyst með hertri vinnuverndarlöggjöf og ákvæðum í umhverfislöggjöf. Almenningur er betur að sér en áður um mikilvægi heilnæms andrúmslofts og stjórnvöldum er ljós nauðsyn þess að hafa eftirlit með mengandi starfsemi, vakta loftgæði og tryggja þau með víðeigandi aðgerðum og að upplýsa almenning um þessi málefni.⁴

Loftgæði utandyra hafa verið mæld í Reykjavík síðan 1986. Fyrstu árin var eingöngu mælt svifryk á einni mælistöð sem þá



Mynd 1. Jarðvegssfok í nágrenni Hagavatns. Ryk frá þessu svæði og fleiri uppblásturs-svæðum berst reglulega yfir þéttbýli víða um land. Ljósmynd: Ólafur Arnalds.

var staðsett við Miklartorg. Með árunum hefur fjölgað þeim efnum sem mæld eru og bæst hafa við fleiri mælistöðvar. Talsverðar rannsóknir hafa verið gerðar á tengslum loftmengunar við heilsufar Íslendinga og talið er æskilegt að fjölga þeim rannsóknum til muna.

Almennt um loftmengun

Loftmengun utandryra er öll mengun sem finna má í andrúmslofti undir berum himni en hún á sér ýmsar uppsprettur. Efnin eru því í hærri styrk en ætla mætti miðað við náttúrulegan styrk efnanna. Andrúmsloft utandryra á Íslandi er almennt hreint og lítt mengað, þótt töluverður munur geti verið á þéttbýli og dreifbýli og aðstæðum um hverju sinni.

Samkvæmt árlegri loftgæðaskýrslu Umhverfisstofnunar Evrópu árið 2018 metur stofnunin út frá styrk loftmengunarefna, lýðfræðilegum upplýsingum og niðurstöðum rannsókna á sambandi milli loftmengunar og heilsufarsbrests að allt að 60 ótímabær dauðsföll megi rekja til útsetningar svífryks á Íslandi á hverju ári.⁵ Einnig eru talin færri en 5 dauðsföll vegna útsetningar á köfnunarefnisdíoxíði og óson. Alþjóðaheilbrigðisstofnunin (World Health Organization, WHO) skilgreinir loftmengun sem eitt helsta umhverfisvandamál nútímans. Samkvæmt mati stofnunarinnar er hægt að rekja allt að 7 milljónir dauðsfalla í heiminum á ári til loftmengunar og talið er að flest þeirra orsakist af fínu svífryki.^{6,7} Mikilvægt er koma í veg fyrir og helst að lágmarka loftmengun eins og mögulegt er hér á landi, jafnvel þó svo að hún sé minni hér en í öðrum Evrópuríkjum.⁵

Árið 2010 var samþykkt Parma-yfirlýsingin á fundi ráðherra umhverfis- og heilbrigðismála Alþjóðaheilbrigðisstofnunarinnar þar sem áhersla er lögð á að vernda heilsu barna gegn skaðlegum umhverfisáhrifum.⁸ Sama ár ákváðu heilbrigðis- og umhverfisráðherrar Íslands að láta safna upplýsingum um loftgæði og meta áhrif loftmengunar á heilsu fólks á Íslandi, einkum barna og ungmenna en börn þola loftmengun verr en fullorðnir og eiga erfðara með að koma sér undan henni. Einnig má nefna að íslensk stjórnvöld taka mið af Heimsmarkmiðum Sameinuðu þjóðanna um sjálfbæra þróun og þar eru að minnsta kosti tvö markmið þar sem loftgæði koma við sögu.⁹

Hverjir eru helstu þættir loftmengunar á Íslandi?

Loftmengunarefni nefnd hér að neðan eru notuð sem umhverfisvísar á gæði andrúmsloftsins. Umhverfisvísir er skilgreindur af Umhverfisstofnun Evrópu sem mælikvarði, venjulega tölulegur, sem hægt er að nota til þess að lýsa og miðla flóknum umhverfisfyrirbærum á einfaldan hátt, þar með talið breytingum og þróun á ákveðnu tímabili, og hjálpa þannig við að varpa ljósi á ástand umhverfisins.¹⁰ Eftirfarandi efni eru helstu loftmengunarefni sem mæld eru á Íslandi en til viðbótar má nefna að lykt getur talist til loftmengunar þó hún sé ekki mæld að staðaldri.

- **Svífryk (PM₁₀, PM_{2,5} eða PM₁):** Svífryk er íslenska þýðingin á enska hugtakinu *particulate matter* (PM). Þá er átt við alla loftborna mengun sem kemur fyrir sem vökvi eða í föstu formi. Sumt svífryk er smágerðar agnir sem svífa um í andrúmsloftinu og er flokkað eftir stærð agnanna. Þær sem eru minni en 10 µm (1 µm = 1 míkrómetri = 0,000001 m) í þvermál eru kallaðar PM₁₀. PM_{2,5} eru agnir minni en 2,5 µm í þvermál og PM₁ eru agnir minni en 1 µm í þvermál. Örfínt ryk (UFP; *ultra-fine particles*) er minna en 0,1 µm í þvermál. Til samanburðar má geta þess að mannhár er um 60 µm í þvermál. Agnir sem myndast við slit eða núning eru yfirleitt fremur grófar, til dæmis ryk sem myndast við slit á malbiki. Smágerðari agnir verða einna helst til við bruna, til dæmis sót, eða vegna þess að efni þéttast, til dæmis brennisteinn, köfnunarefnissambönd og lífræn efni. Svífryk sem er minna en 1 µm í þvermál helst svífandi í loftinu og berst með vindstraumum eins auðveldlega og gastegundir.
- **Köfnunarefnisoxíð (NO_x):** Köfnunarefnisoxíð (NO_x) er samheiti yfir köfnunarefnissamböndin NO₂ (köfnunarefnisdíoxíð) og NO (köfnunarefnisoxíð). Köfnunarefnisoxíð getur hvarfast við óson (O₃) og breyst úr NO í NO₂ samkvæmt formúlunni: NO + O₃ → NO₂ + O₂.
- **Brennisteinsvetni (H₂S):** Litlaus gastegund með lykt sem flestir Íslendingar þekkja sem „hveralykt“. Gasið er þyngra en andrúmsloft og safnast því saman við jörðu og í dældum/dölum.
- **Brennisteinsdíoxíð (SO₂):** Gastegund með ramma lykt. Efnið var eitt helsta loftmengunarefnið sem losnaði úr eldgosinu í Holuhrauni árin 2014 til 2015.
- **Óson (O₃):** Ljósblá gastegund sem lyktar líkt og klór. Við yfirborð Íslands er náttúrlegur styrkur O₃ lágur samanborið við önnur Evrópuríki. Það er engin losun af mannavöldum á ósoni heldur er óson svokallað afleitt mengunarefni, það er það myndast í andrúmslofti þegar önnur mengunarefni eins og NO_x og rokgjörn lífræn efnasambönd (*volatile organic compounds*, VOC) hvarfast saman. Hvarfið gengur hraðar við mikla sólgeislun og háan lofthita. Ósonmengun er því óveruleg hér á Íslandi en hún er vandamál í heitum sólríkum löndum.
- **Kolmónoxíð (CO):** Lyktar-, bragð- og litlaus gastegund sem er eitruð þar sem hún binst rauðum blóðkornum og hindrar uppöku súrefnis í blóði.



Mynd 2. Loftmynd af sandfoki frá Landeyjasandi tekin 28. apríl 2007. Sjá má rykmökkinn meðfram suðurströndinni allt að Ölfusárósum, þaðan yfir Reykjanesskagann, höfuðborgarsvæðið og áfram út á Faxaflóa. Greinilegt mistur var á höfuðborgarsvæðinu þennan dag og hæsta hálf tíma meðaltal svifryks var $353 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mynd: Modis, NASA.



Mynd 3. Moldugar götur við framkvæmdasvæði í Reykjavík og dekkjapvottavél sem kemur í veg fyrir að jarðvegur frá svæðinu berist út í gatnakerfið.

Áhrif loftmengunar á heilsu manna

Fjöldi rannsókna hafa verið gerðar á áhrifum loftmengunar á heilsu manna og stór hluti þeirra hafa sýnt að ákveðnir hópar einstaklinga eru sérstaklega viðkvæmir fyrir loftmengun. Þetta eru eldri einstaklingar, þungaðar konur, börn og þeir sem þjást af undirliggjandi sjúkdómum.¹¹⁻¹⁴ Hér á eftir verður farið betur í áhrif mismunandi loftmengunarefna á heilsu.

Svifryk

Svifryk getur haft margvísleg áhrif á heilsu manna. Það hefur verið tengt við aukna tíðni lungnasjúkdóma, krabbameina, hjarta- og æðasjúkdóma, sem og heildardánartíðni.^{11,15-21} Aldraðir, börn, og fólk með undirliggjandi öndunarfæra- og hjarta- og æðasjúkdóma eru viðkvæmastir fyrir svifryksmengun.^{11,13,14,22-24} Áhrifin eru einkum háð stærð agnanna og eru smærri agnir taldar hættulegri heilsu fólks en þær stærri. Stærri agnir en PM_{10} eru síaðar út í nefi og nefholi, en PM_{10} ná niður í lungnaberkjurnar og allra smæstu agnirnar ($\text{PM}_{2.5}$) komast niður í lungnablöðrur og þaðan í blóðrásarkerfið. Áhrifanna gætir bæði vegna skammtíma útsetningar (klukkustundir, dagar) og langtíma mengunar (mánuðir, ár). Áhrifin koma fram sem versnandi einkenni sjúkdóma og þannig má sjá aukna tíðni á komum á bráðamóttökum, aukinn fjölda innlagna á sjúkrahús og aukna dánartíðni.²⁵ Svifryksmengun getur dregið úr lungnaþroska barna.²⁶

Brennisteinsvetni (H_2S)

Í miklum styrk er brennisteinsvetni skaðlegt heilsu.³ Augu og öndunarfæri eru viðkvæm fyrir áhrifum brennisteinsvetnis. Lægsti styrkur sem talinn er valda skaða er um það bil 15.000 mikrógrömm í rúmmetra en það er meira en 100 sinnum yfir þeim styrk sem mest hefur mælst hefur í Reykjavík. Rannsóknir á langtíma áhrifum brennisteinsvetnis eru misvísandi. Þannig hafa

sumar rannsóknir sýnt fram á áhrif á lungnastarfsemi en aðrar hafa ekki sýnt fram á slíkt samband. Það sama gildir um tengsl við astma og aðra öndunarfærasjúkdóma.²⁷⁻²⁹ Niðurstöður íslenskra rannsókna eru raktar síðar í greininni.

Brennisteinsdíoxíð (SO_2)

Innöndun á brennisteinsdíoxíði getur stuðlað að astma vegna áhrifa á loftvegi og gert einkenni þeirra sem eru með teppusjúkdóma í lungum, eins og astma og langvinna lungnateppu, verri. Svifryksmengun á sama tíma eykur þessi áhrif enn meira. Sjúklingar finna fyrir meiri andþyngslum og mæði og geta þurft að leita læknishjálpar ef styrkleiki brennisteinsdíoxíðs í andrúmslofti er mikill.^{12,25} Að auki getur innöndun á SO_2 leitt til versnandi einkenna hjarta- og æðasjúkdóma.^{11,13,14}

Köfnunarefnisdíoxíð (NO_2)

Köfnunarefnisdíoxíð er ertandi fyrir öndunarfæri og eykur áhættu á öndunarfærasýkingum. Langtíma útsetning getur stuðlað að astma.³⁰ Einnig hafa rannsóknir á áhrifum NO_2 sýnt að aukin útsetning efnisins geti leitt til versnandi einkenna hjarta- og



Mynd 4. Íslandskort með staðsetningu loftgæðamælistöðva. Kortin bæði má sjá á slóðinni loftgaedi.is og nýjustu mælingar uppfærast á klukkutíma fresti.

æðasjúkdóma^{12,14} og svifryksmengun á sama tíma eykur þessi áhrif enn meira. Langvarandi útsetning á NO₂ hefur verið tengd við hærri dánartíðni vegna heilablóðfalla.^{11,13}

Kolmónoxíð (CO)

Innöndun kolmónoxíðs veldur truflun á bindingu súrefnis við blóðrauða og þar með öndun frumna. Þetta getur minnkað súrefnisflutning til hjartans og verið skaðlegt fyrir sjúklinga með kransæðasjúkdóma. Ekki hafa fundist tengsl við gáttatíf.³¹

Óson

Óson er litarlaus lofttegund sem hefur áhrif á öndunarfæri. Útsetning fyrir óson hefur verið tengd við astma, berkjubólgu, hjarta- og æðasjúkdóma og einnig ótímabær dauðsföll.^{25,32}

Uppsprettur loftmengunar

Í töflu I má sjá uppruna helstu mengunarvalda andrúmslofts á Íslandi. Sum þessara efna eru í lágum styrk í andrúmsloftinu, eða koma frá náttúrulegum uppsprettum, en önnur efni eiga rætur sínar að rekja til mannlegra athafna. Helsta uppspretta loftmengunar í þéttbýli eru samgöngur. Við bruna jarðefnaeldsneytis, til dæmis

Tafla I. Uppruni helstu loftmengunarefna sem mæld eru á Íslandi ásamt veðurfarastæðum sem ýta undir hærri styrk efna.

Loftmengunarefni	Uppruni
Brennisteinsdíoxíð SO ₂	Iðnaður, útblástur bíla og skipa og eldgos
Brennisteinsvetni H ₂ S	Jarðvarmavirkjanir, náttúruleg útgufun á hverasvæðum
Köfnunarefnisoxíð NO _x	Útblástur bíla, skipa og annarra véla
Kolmónoxíð CO	Útblástur bíla og stóriðja
Óson O ₃	Náttúrulegur styrkur við yfirborð jarðar og O ₃ sem hefur borist langar leiðir frá öðrum löndum
Svifryk	Slit gatna, útblástur bíla, byggingarframkvæmdir, flugeldar, brennur, gróðureldar, selta, uppblástur/sandfok og eldgos (öskufall/öskufok)
Lykt	Fjölbreyttar uppsprettur, til dæmis iðnaður, jarðhiti og jarðvarmavirkjanir, fiskpurkun, húsdýraáburður á tún



Mynd 5. Kort af suðvesturhorni Íslands sem sýnir nánar staðsetningu loftgæðamælistöðva í mars 2019.

bensíns og dísilolíu, myndast fjöldi loftmengunarefna á borð við NO, CO og SO₂. Einnig myndast örfínt svifryk (PM_{2,5} og minna) auk grófari agna (PM₁₀ og stærra). Fínustu agnirnar eru sótagnir. Við slit eða núning gatna myndast fremur grófar agnir sem safnast mikið saman á götur og við vegbrúnir. Aðrar uppsprettur eru náttúrulegar, svo sem eldgos, jarðvegsrof og uppgufun frá hverasvæðum. Eldgos hafa verið ein helsta uppspretta svifryks og SO₂ síðustu ár en helsta efnið sem losnar á hverasvæðum og frá jarðvarmavirkjunum er H₂S. Að auki getur styrkur loftmengandi efna hér á landi hækkað tímabundið vegna loftmengunarefna sem berast langar leiðir, svo sem frá Evrópu eða Bandaríkjunum.

Náttúrulegar uppsprettur

Jarðvegsfok

Á Íslandi eru stærstu eyðimerkursvæði í Evrópu og jarðvegsfok frá þeim svæðum er ein af uppsprettum loftmengunar á Íslandi. Alls eru rúmlega 20% landsins skilgreind sem eyðimerkursvæði. Stóran hluta sandfoks má þó rekja til afmarkaðra svæða, svokallaðra strókasvæða. Virkustu strókasvæðin eru Dyngjusandur, umhverfi Hagavatns (sjá mynd 1), Landeyjasandur og Skeiðarársandur.³³ Fólk sem býr nálægt þessum svæðum er meira útsett fyrir svifryksmengun af völdum jarðvegsfoks en fólk sem býr á höfuðborgarsvæðinu. Jarðvegsfok frá þessum svæðum getur þó við ákveðnar veðurastæður borist langar leiðir. Það gerist til dæmis reglulega að sandfok frá Landeyjasandi berist yfir höfuðborgarsvæðið. Dæmi um það má sjá á mynd 2.

Eldgos

Eldgos valda loftmengun með gjóskufalli og útstreymi kvikugasa.³ Gjóska er samheiti á lausum gosefnum sem berast frá gosopi í lofti. Eitt þeirra er aska sem er efni smærra en 2 mm. Bráð áhrif ösku á heilsufar manna eru vel þekkt. Gosaska getur valdið einkennum frá efri öndunarfærum eins og nefrennsli og ertingu í nefi. Þá koma einnig fram særindi í hálsi og hósti. Þeir sem eru með

lungnasjúkdóma eins og astma eða langvinna lungnateppu geta fengið versnandi einkenni með hósta, uppgangi, öndunarerfiðleikum og þyngslum fyrir brjósti. Ef kornastærð ösku er 4 µm eða minni getur hún borist í lungnablöðrur. Í augum geta komið fram særindi, kláði og roði. Einnig getur orðið tárarennslí og það geta komið fram sár á hornhimnu. Það geta einnig komið fram erting, sviði, roði og kláði í húð. Lítið er enn vitað um langtíma áhrif gosösku á heilsufar manna. Mjög erfitt er að rannsaka þessi áhrif vegna þess að önnur loftmengun er einnig til staðar. Ekki eru til neinar rannsóknir á langtíma áhrifum á Íslandi.³

Margvíslegar lofttegundir geta komið upp í eldgosum. Áhrifum lofttegunda má skipta í tvennt. Í fyrsta lagi lofttegundir sem eru ertandi fyrir slímhúðir og húð. Í lágum styrkleika valda þær ertingu í augum og efri hluta öndunarfæra. Í hærri styrk valda þær ertingu og bruna í húð og í enn hærri styrk hafa þær áhrif á neðri hluta öndunarfæra og geta valdið lungnabjúg vegna bráðs lungnaskaða. Dæmi um það er brennisteinsdíoxíð og brennisteinssýra. Í öðru lagi eru lofttegundir sem valda köfnun vegna áhrifa á flutning súrefnis og öndunarkeðjuna í frumum. Dæmi um það er kolmónoxíð.

Losun af mannavöldum

Saga loftmengunar

Í huga margra er loftmengun eitthvað sem kom til með iðnbýltingunni. En raunin er sú að loftmengun af manna völdum á sér mun lengri sögu. Leiða má líkur að því að fyrstu áhrif loftmengunar á heilsu fólks hafi komið fram á steinöld þegar maðurinn lærði að nýta sér opinn eld til matreiðslu. Elstu rituðu heimildir um loftmengun eru frá tíma Rómaveldis þar sem lýst er illa þefjandi og fúlu lofti í rómverskum borgum. Líklegt má telja að þar hafi sorp, skólp og notkun elds við matargerð átt hlut að máli. Saga loftmengunar er talsvert tengd sögu London. Elstu heimildir um það sem kalla mætti kvartanir vegna loftmengunar eru frá London og eru frá árinu 852. Hugtakið loftmengun var reyndar ekki til þá en talað er um fúlt loft vegna bruna kola til húshitunar. Fyrstu lög sem tengdust loftmengun voru sett í London á 12. öld en þá samþykkti enska þingið lög sem bönnuðu ákveðna gerð af kolum. Fyrsta ritið sem kalla má fræðirit um loftmengun var skrifað af enska fræðimanninum John Evelyn og kom það út árið 1661 og fjallaði um loftmengun í London. Þar fjallar hann meðal annars um möguleg áhrif reyks í London á heilsu íbúanna og kemur með tillögur til að draga úr reyknun sem lá iðulega yfir borginni.³⁴ Í nútímasögu loftmengunar má segja að alger þáttaskil hafi orðið í viðhorfi almennings og stjórnvalda eftir nokkra mjög slæma mengunardaga í London í byrjun desember 1952. Talið er að um 6000 manns hafi látist í borginni vegna loftmengunar þessa daga og varð þessi atburður til þess að stórauka rannsóknir á mögulegum áhrifum loftmengunar á heilsu fólks.³⁵

Losun á Íslandi af mannavöldum

Eins og sjá má í töflu I eru uppsprettur loftmengunar mismunandi. Á Íslandi er það loftmengun frá bílaumferð sem helst hefur áhrif á heilsu fólks. Losun frá bílum á sér almennt stað mjög nálægt heimilum, skólum og öðrum stöðum þar sem fólk dvelur.

Tafla II. Heilsuverndarmörk loftmengunarefna samkvæmt íslenskum reglugerðum.

Loftmengunarefni	Tími mælinga	Heilsuverndarmörk	Leyfilegur fjöldi skipta yfir mörkum ár hvert*
PM ₁₀	Sólarhringsmeðaltal	50 µg/m ³	35
PM ₁₀	Ársmeðaltal	40 µg/m ³	-
PM _{2,5}	Ársmeðaltal	20 µg/m ³	-
NO ₂	Klukkustundarmeðaltal	200 µg/m ³	18
NO ₂	Sólarhringsmeðaltal	75 µg/m ³	7
NO ₂	Ársmeðaltal	40 µg/m ³	-
O ₃	Hæsta 8-klst. hlaupandi meðaltal	120 µg/m ³	0
SO ₂	Klukkustundarmeðaltal	350 µg/m ³	24
SO ₂	Sólarhringsmeðaltal	125 µg/m ³	3
H ₂ S	Hlaupandi 24-klst. meðaltal	50 µg/m ³	3
H ₂ S	Ársmeðaltal	5 µg/m ³	-

*Á ekki við um ársmeðaltal.

Helstu mengunarefni frá umferð eru svifryk og nituroxíð. Stór hluti svifryks frá umferð kemur frá vegyfirborðinu og þar er slit nagladekkja á slitlagi ráðandi þáttur. Á Íslandi eru einnig aðrar stórar mengunaryppsprettur, svo sem fiskiskip, flugvélar og stóriðja. Þótt losun loftmengunarefna frá þessari starfsemi geti verið umtalsverð er losunin allajafna fjær mannaþöðum og áhrifin á heilsu fólks því minni en frá bílaumferð. Í næsta nágrenni stórra hafna getur þó verið allnokkur loftmengun. Eitt af því sem gagnast til að draga úr loftmengun í nágrenni hafna er að koma á landtengingu rafmagns við skip í höfn til að lágmarka mengun frá keyrslu ljósavéla.

Helsta mengunarefnið frá stóriðju er brennisteinsdíoxíð. Fimm stóriðjusvæði eru á landinu og er brennisteinsdíoxíðmengun að mestu bundin við svæðin nálægt iðjuverum. Gera má ráð fyrir að svæði þar brennisteinsdíoxíðs gæti að einhverju ráði sé í nokkurra kílómetra radíus umhverfis iðjuverin. Ekki endilega hringlaga heldur aflöng í takt við ríkjandi vindáttir á hverjum stað.

Talsverð losun brennisteinsvetnis er frá jarðvarmavirkjunum á Íslandi. Mengun frá Nesjavallavirkjun og Hellisheiðavirkjun mælist reglulega á mælistöðvum á höfuðborgarsvæðinu og í Hveragerði. Brennisteinsvetni hefur tærandi áhrif á raftæki og mannvirki úr málmi.

Frá byggingarsvæðum getur verið talsverð loftmengun, bæði frá útblæstri vinnuvéla en ekki síður frá ryki sem þyrlast upp við framkvæmdirnar. Þetta getur valdið umtalsverðri rykmengun í næsta nágrenni. Þetta getur til dæmis verið steypuryk frá niðurbroti bygginga en hægt er að lágmarka það með því að sprauta vatni á þá byggingarhluta sem verið er að rífa hverju sinni. Einnig getur verið talsverð rykmengun frá óhreinindum sem berast með vörubíladekkjum út í almenna gatnakerfið. Dæmi eru um að götur í þéttbýli sé moldugar mörg hundruð metra út frá framkvæmdasvæði og svifryksmengun frá þessu jarðvegsryki því talsverð í nágrenninu. Dæmi um mótvægisáðgerðir sem hægt er að grípa til er að nota sérstakar dekkjaþvottavélar fyrir vörubíla áður en þeir



Mynd 6. Kolareykur yfir Þingholtunum í Reykjavík á fyrri hluta 20. aldar. Mynd: Sigurhans Vignir. Ljósmyndasafn Reykjavíkur.

aka út af framkvæmdasvæðinu. Þetta hefur verið mjög lítið notað hér á landi en full ástæða er að gera þetta þar sem eru stórar framkvæmdir inni í eldri hverfum. Dæmi um þetta má sjá á mynd 3.

Mælingar á loftmengun á Íslandi

Mælingar á loftmengun á Íslandi hófust árið 1968 í nágrenni álversins í Straumsvík. Það var hins vegar ekki fyrr en árið 1986 sem mælingar hófust á loftmengun frá bílaumferð þegar sett var upp mælistöð við Miklartorg í Reykjavík. Áður en þær mælingar hófust var það trú margra að loftmengun væri bara eitthvað sem væri í útlöndum. Fyrstu niðurstöður mælinga við Miklartorg sýndu hins vegar að það gátu komið dagar þar sem svifryksmengun var umtalsverð. Mælingar við Miklartorg opnuðu augu yfirvalda fyrir mikilvægi þess að safna frekari upplýsingum og árið 1990 var gangsett í Reykjavík fyrsta sjálfvirka loftgæðamælistöðin.

Vöktun á loftgæðum hér á landi hefur eflst á undanförunum árum og bæði mælistöðum og þeim efnem sem mæld eru hefur fjölgað. Heildarfjöldi mælistöðva á Íslandi í upphafi árs 2017 var 36 alls og staðsetningu þeirra má sjá á mynd 4 og mynd 5. Staðsetning tækjanna ræðst af uppsprettum mengunar.

Í lok árs 2017 gaf umhverfis- og auðlindaráðuneyti út „Áætlun um loftgæði á Íslandi 2018-2019 - Hreint loft til framtíðar“. Í áætluninni eru sett fram þrjú markmið með röð aðgerða til að stuðla að loftgæðum og heilnæmu umhverfi í landinu. Ein af mörgum aðgerðum með aðkomu Umhverfisstofnunar er að stofnunin komi á laggirnar loftgæðaupplýsingakerfi til að tryggja aðgengi almennings og haghafa að upplýsingum um loftgæði í landinu.⁴ Þetta á að auðvelda mat á loftgæðum á Íslandi. Umhverfisstofn-

un hefur nú þegar innleitt alhliða loftgæðaupplýsingakerfi sem ber heitið Airviro. Þetta yfirgripsmikla kerfi er notað til að vinna með gögn í formi tímaraða (loftmengunarmælingar) og auðvelda skráningu á uppsprettum loftmengandi efna og gerð loftdreifilíkana. Að auki mun það geta starfað sem alhliða gagnagrunnur um losun loftmengandi efna í landinu og því verður aðgengi, notkun og miðlun gagnanna auðveldari og einnig er hægt að spá fyrir um styrk efnanna að minnsta kosti tvo daga fram í tímann með kerfinu. Airviro býður upp á ótal möguleika í notkun og miðlun loftgæðagagna, svo sem að auðvelda rekstur og eftirlit með loftgæðamælistöðvum í landinu og senda viðeigandi aðilum upplýsingar, til dæmis ef stöð verður rafmagnslaus eða bilar. Einnig auðveldar það eftirfylgni með því hvort loftmengunarefni fara yfir tilskilin mörk ásamt því að streyma nær-rauntíma gögnum um loftgæði á landinu á loftgæðavef Umhverfisstofnunar (loftgaedi.is). Í íslenskum reglugerðum eru sett heilsuverndarmörk fyrir skilgreind loftmengunarefni ásamt því að settar eru fram samræmdar leiðbeiningar um mælingar á styrk þeirra. Heilsuverndarmörk eru hugsuð fyrir almenning, bæði börn og fullorðna, sjúka sem heilbrigða og er þeim ætlað að vera viðmiðun fyrir hvað telst skaðlaust fyrir einstaklinga og þau eru sett til að tryggja heilsu manna til lengri tíma.

Tilgreind mörk reglugerða um loftgæði á Íslandi, að undanskilinni reglugerð um styrk H₂S í andrúmslofti, eru í samræmi við mörk Evrópureglugerða.^{36,37} Hins vegar er ekki til samræmd löggjöf fyrir styrk H₂S í andrúmslofti á Evrópska efnahagssvæðinu. Alþjóðaheilbrigðisstofnunin leggur til að heilsuverndarmörk fyrir H₂S séu 150 µg/m³ og árið 2010 voru íslensk heilsuverndarmörk skilgreind sem 50 µg/m³. Í töflu II má sjá íslensk heilsuverndar-

mörk fyrir helstu loftmengunarefni sem eru mæld á Íslandi samkvæmt framangreindum reglugerðum.

Þróun loftgæða á Íslandi

Þó mælingar á loftmengun hafi ekki hafist á Íslandi fyrr en 1968 má ráða af ýmsum heimildum að landsmenn hafi lengi búið við loftmengun sem hafi haft neikvæð áhrif á heilsu þeirra. Gegnum aldirnar hefur það fyrst og fremst verið slæmt innloft sem hafði áhrif og þá sérstaklega eldamennska yfir opnum eldi á hlóðum. Með aukinni þéttbýlismyndum fór loftmengun að gæta utan dyra og framan af 20. öldinni voru flest hús í Reykjavík hituð upp með kolum. Sjá má á ljósmyndum frá þeim tíma að á góðviðrisdögum að vetri til lá iðulega svartur kolareykur yfir borginni (mynd 6). Upp úr 1970 var hitaveitan búin að leysa jarðefnaeldsneyti af hólmi við húshitun. Frá upphafi bílaaldar á Íslandi hefur loftmengun fylgt bílum. Fjöldi bíla er ráðandi þáttur um magn mengunar en aðrir þættir hafa líka áhrif. Langt fram eftir 20. öldinni var staðan þannig í Reykjavík að malbikaðar götur voru að mestu bundnar við miðbæinn en götur úthverfa á hverjum tíma voru malargötur, oft áratugum saman. Það var ekki fyrr en á 6. og 7. áratugnum sem götur voru almennt malbikaðar. Áður en götur voru almennt malbikaðar hefur nokkuð örugglega verið mjög mikið göturyk í lofti en hins vegar eru engar mælingar til frá þessum tíma.

Reglur um mengunarnarþunað í bílum og reglur um efnainnihald eldsneytis hafa líka haft mikil áhrif til að draga úr loftmengun og áhrifum hennar á fólk. Fyrstu hvarfakútar komu í bíla um miðjan 8. áratug síðustu aldar og síðan hefur þróun þeirra haldið áfram í takt við strangari reglugerðir. Nýir bílar losa margfalt minna af mengunarefnum eins og kolmónoxíði og nituroxíði en eldri bílar. Þessi þróun hefur skilað sér í betri loftgæðum. Þannig er til dæmis mun minni kolmónoxíðmengun í Reykjavík í dag en var fyrir 25 árum, þrátt fyrir mikla fjölgun bíla. Reglur um efnainnihald eldsneytis hafa líka mikil áhrif á loftmengun. Áður fyrr var blýi bætt út í bensín til að fá fram ákveðna eiginleika þess. Notkun bensíns með íbættu blýi var bönnuð á Íslandi fyrir um 30 árum og áhrifin af því banni voru mjög greinileg. Styrkur blýs í andrúmslofti minnkaði mikið en hæstu mánaðarmeðaltöl 1991 voru um 1/10 af því sem þau voru árið 1987. Þetta skilaði sér beint í minni styrk blýs í blóði fólks í Reykjavík. Gerðar voru mælingar á blýinnihaldi í blóði fólks Reykjavík árin 1975-1976 og svo aftur á árunum 1991-1992. Niðurstaðan var að blý í blóði fólks í seinni rannsókninni var á bilinu 1/5 til 1/3 af því sem það var í fyrri rannsókninni en minnkunin var mismikil eftir því við hvað fólk starfaði.³⁸

Nú er staðan þannig að ef loftmengun fer yfir heilsuverndarmörk í þéttbýli á Íslandi er það oftast vegna svifryksmengunar frá vegyfirborði.³⁹ Sem dæmi má nefna að árið 2018 fór svifryksmengun á mælistöðinni við Grensásveg 18 sinnum yfir heilsuverndarmörk, þar af voru 17 skipti vegna mengunar frá umferð þar sem ryk frá vegyfirborði er stærsti hlutinn.⁴⁰ Það gerist oftast seinni hluta vetrar og að vori til og er orsökina að stórum hluta slit á malbiki vegna mikillar notkunar nagladekkja. En þrátt fyrir þessa háu svifrykstoppa eru loftgæði á Íslandi þau bestu í Evrópu. Árlega tekur Umhverfisstofnun Evrópu saman skýrslu um loftgæði í öllum löndum Evrópska efnahagssvæðisins. Mörg undanfarin ár

hefur Ísland verið í besta sæti og hér eru færri ótímabær dauðsföll af völdum loftmengunar heldur en í nokkru öðru landi í Evrópu. Í nýjustu skýrslunni sem kom út árið 2018 eru töpuð æviár á hverja 100.000 íbúa borin saman milli landa. Á Íslandi voru 204 töpuð æviár á hverja 100.000 íbúa, Noregur kom næst á eftir með 250 töpuð æviár en Búlgaría rak lestina með 1972 töpuð æviár á hverja 100.000 íbúa.⁵

Á mynd 7 má sjá ársmeðaltalsstyrk H_2S , NO_2 , PM_{10} og SO_2 á höfuðborgarsvæðinu og á Akureyri, frá 5 mælistöðvum. Heilsuverndarmörk fyrir PM_{10} (tafla II) er $50 \mu g/m^3$ frá árinu 2016 en fram að því voru mörkin $20 \mu g/m^3$. Styrkur efnisins fór hvergi yfir heilsuverndarmörkin fyrir árið 2016 en fram að því gerðist það bæði í Reykjavík og á Akureyri að styrkurinn fór yfir $20 \mu g/m^3$. Hæstu svifryksgildi eru almennt að mælast á Akureyri en það er einkum vegna þess að á því svæði er sandur mikið notaður til hálkvarnar og hátt hlutfall bíla keyrir um á nagladekkjum. En einnig má nefna að veðurastæður á borð við tíðar vindstillur og staðsetning bæjarins inni í þröngum firði ýta undir hærri styrk loftmengunarefna vegna lítillar blöndunar andrúmsloftsins. Svifryk er almennt lægra í úthverfum á borð við Dalsmára í Kópavogi og Hafnarfirði en þar hefur bílaumferð ekki eins mikil áhrif. Styrkur NO_2 og SO_2 er almennt lágur og undir heilsuverndarmörkum (tafla II) en árið 2014 var mikil losun SO_2 frá eldgosinu í Holuhrauni sem leiddi til þess að það varð gríðarleg hækkun í ársmeðaltali efnisins. Heilsuverndarmörk fyrir árlegan styrk H_2S er $5 \mu g/m^3$ (tafla II) og hefur styrkur efnisins verið undir þeim mörkum á þessum svæðum frá því að mælingar hófust.

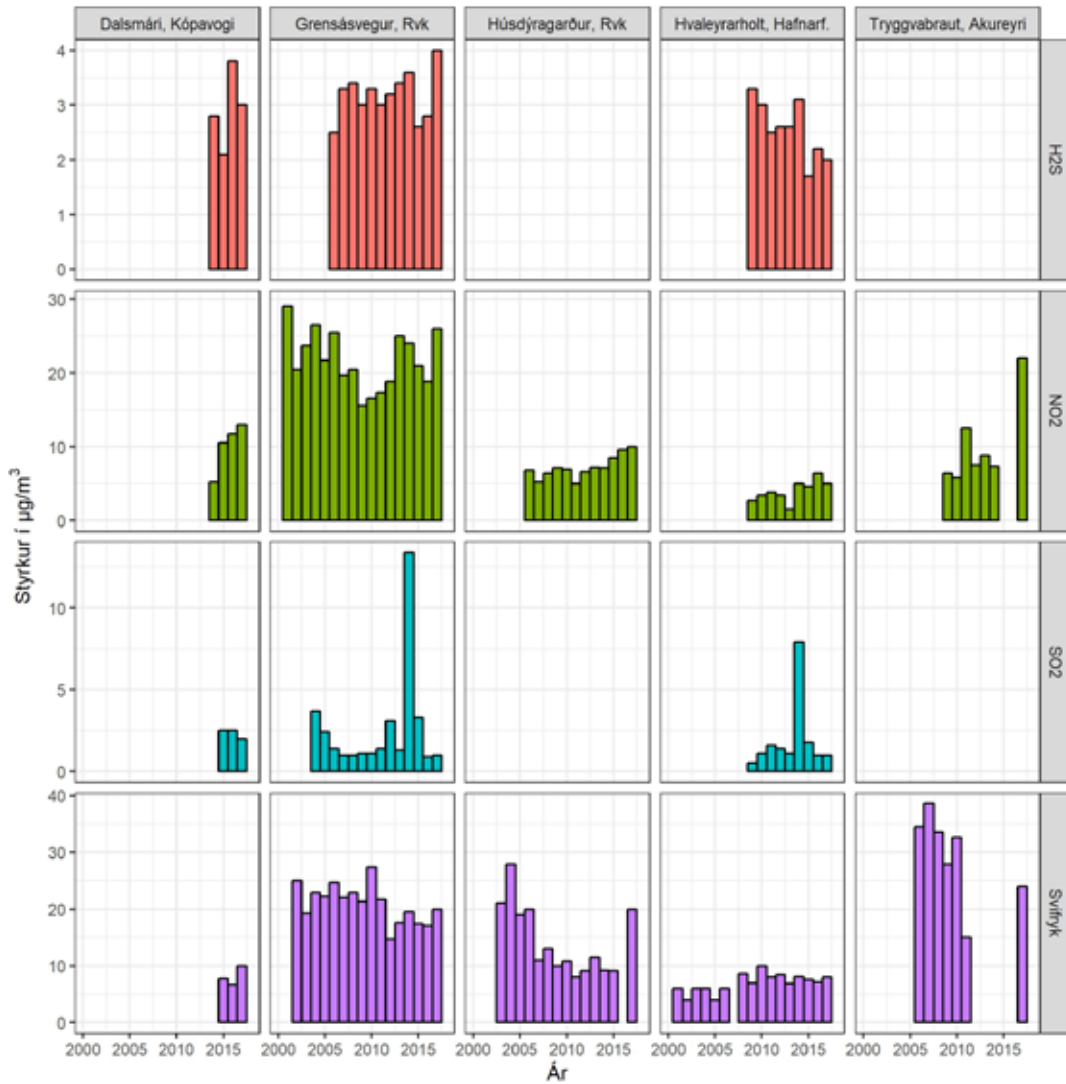
Íslenskar rannsóknir á áhrifum loftmengunar á heilsu

Rannsóknir á loftmengun og heilsufari Reykvoikinga

Tvær íslenskar rannsóknir hafa verið gerðar á sambandinu milli loftmengunar og notkunar lyfja. Fyrri rannsóknin er frá árinu 2012 og fann samband milli loftmengunar í Reykjavík og úttekta lyfja við astma.⁴¹ Þegar þriggja daga meðaltal svifryks og H_2S jókst í Reykjavík jukust astmalyfjauðtektir um 1% og 2% 3-5 dögum eftir að aukningin í loftmengun átti sér stað. Í seinni rannsókninni kom fram að úttektir lyfja við hjartaöng jukust í kjölfar hækkunar á NO_2 og O_3 í Reykjavík en sjá mátti 14% og 9% hækkun í hjartalyfjauðtektum sama dag og loftmengun jókst.⁴² Daginn eftir var hækkunin í hjartalyfjauðtektum 10% og 9% í kjölfar hækkunar á NO_2 og O_3 . Að auki hefur sambandið milli H_2S í Reykjavík og heilsufars verið rannsakað í tveimur öðrum rannsóknum frá árunum 2014 og 2016 en á höfuðborgarsvæðinu má rekja H_2S til jarðvarmavirkjana í nágrenni borgarinnar.^{43,44} Fyrri rannsóknin leiddi í ljós samband milli H_2S mengunar í Reykjavík og dauðsfalla meðal íbúa höfuðborgarsvæðisins. Þegar 24 klukkustunda styrkur H_2S jókst á höfuðborgarsvæðinu mátti greina aukningu í dauðsföllum einum og tveimur dögum seinna upp að rúmum 5% yfir sumarmánuðina (maí til október). Einnig mátti sjá að sambandið var sterkara meðal karlmanna og eldri einstaklinga (80 ára og eldri). Ekki fannst samband milli annarrar umferðartengdrar loftmengunar og dauðsfalla í þessari rannsókn.⁴⁴

Seinni rannsóknin sýndi fram á samband milli H_2S í Reykjavík og koma og innlagna á Landspítala vegna hjarta- og æðasjúkdóma. Rannsóknin sýndi að þegar 24 klukkustunda styrkur

Ársméðaltalsstyrkur efna 2000-2017



Mynd 7. Ársmeðaltalsstyrkur brennisteinsvetnis, brennisteinsdíoxíðs, köfnunarefnisdíoxíðs og svifryks á 5 stöðum á Íslandi árin 2000-2017.

leið niður í lungnablöðrur (stærð undir 10 µm). Þau rannsókuðu íbúa á svæðinu, alls 207 manns, í byrjun júní 2010. Tæplega helmingur hópsins hafði fundið fyrir áreiti í efri hluta öndunarfæra eftir að hafa verið útsettur fyrir ösku og fjórðungur í augum.⁴⁶ Hin rannsókn Hanne Krage Carlsen og félagá gekk út á að kanna hvort það að upplifa að vera nálægt eldgosi stuðlaði að aukinni tíðni líkamlegra eða geðrænna einkenna.⁴⁷ Til að kanna þetta svöruðu Sunn-

H₂S fór yfir lyktarmörkin (7µg/m³) í Reykjavík fjölgaði innlögnum allt að fjórum dögum seinna um allt að 5%. Þegar sambandið var skoðað nánar kom í ljós að karlmenn voru viðkvæmari en konur og eldra fólk viðkvæmara en þeir yngri (72 ára og yngri).⁴³ Báðar þessar rannsóknir finna sterkt samband milli H₂S og veikinda og sýna að sumir hópar eru ef til vill viðkvæmari en aðrir fyrir áhrifum H₂S á heilsu.

Enn önnur rannsókn hefur verið gerð á mögulegum áhrifum loftmengunar í Reykjavík og koma/innlagna á Landspítala.⁴⁵ Sú rannsókn sýndi fram á samband milli hækkunar í styrk O₃ og koma/innlagna á spítalann vegna hjartasjúkdóma, lungnasjúkdóma eða heilablóðfalls sama dag og allt að tveimur dögum eftir hækkun í O₃. Þessi hækkun var 4% en var enn hærri meðal kvenna (8%).

Rannsóknir á áhrifum eldgosa á heilsufar manna

Tvær vísindarannsóknir voru gerðar á áhrifum Eyjafjallajökulgoss á heilsufar manna. Rannsókn Hanne Krage Carlsen og félagá sagði frá bráðum áhrifum eldgossins á heilsufar heimamanna. Á svæðinu sunnan og austan Eyjafjallajökuls varð mikið öskufall og allt að 25% öskunnar var af þeirri stærð að hún gat komist alla

lendingar spurningalistum um heilsufar 6-9 mánuðum eftir eldgosið og til samanburðar voru Skagfirðingar. Meiri líkur voru á að hafa fundið fyrir einkennum hjá rannsóknarhópi heldur en samanburðarhópi. Algengara var að þau væru með þyngsli fyrir brjósti, hósta, uppgang og augnertingu. Þegar horft var til baka síðustu 12 mánuði voru öndunarfæraeinkenni eins og hósti og uppgangur algengari hjá rannsóknarhópi en samanburðarhópi þótt tíðni lungnasjúkdóma eins og astma væri svipuð í báðum hópum. Helmingi fleiri í rannsóknarhópi höfðu tvö eða fleiri einkenni frá nefi, augum eða efri öndunarfærum.

Gerð var rannsókn á tengslum loftmengunar á Reykjavíkursvæðinu við komur á bráðadeild Landspítala árin 2007 til 2012. Loftmengunin fór yfir heilsufarsmörk 115 daga af 2191 á rannsóknartímanum og í 20 daga af tímabilinu var hún talin stafa af gosösku. Há gildi loftmengunar vegna eldfjallaösku tengdust ekki marktækt komum á bráðadeild. Höfundar ályktuðu að rannsóknin benti til þess að eldfjallaaska væri hættulegri en önnur tegund loftmengunar en rannsóknin skæri ekki endanlega úr um það og frekari rannsókna væri þörf.⁴⁸

Árið 2017 var gefin út ítarleg skýrsla um áhrif eldgoss í Holuhrauni 2014-2015.⁴⁹ Mikið magn brennisteinsdíoxíðs mældist í byggð og fór yfir heilsuverndarmörk. Starfsmönnum sem fóru í námunda

við eldstöðvarnar vegna vinnu sinnar var boðið að mæta í heilsufarsskoðun. Alls voru 32 einstaklingar (þar af 6 konur) rannsakadír fyrir ferð að gosstöðvunum. Eftir ferð að gosstöðvunum mættu 17 til endurmats. Af þeim sem mættu í grunnrannsókn greindi um helmingur frá því að hafa verið með erting í augum og nefi meðan á dvöl stóð við gosstöðvarnar og þriðjungur var með kvefeinkenni. Eftir að komið var frá gosstöðvunum gengu þessi einkenni hins vegar í flestum tilfellum til baka. Ekki mældust marktækur breytingar á lungnastarfsemi eða merki um bólgu í öndunarvegum þessara einstaklinga eftir komuna frá eldstöðvunum. Einnig var gerð rannsókn á almenningi þar sem gögn voru sótt úr gagnagrunnum Embættis landlæknis varðandi sjúkdómsgreiningar á heilbrigðisstofnunum á Íslandi sem endurspeglar möguleg áhrif af brennisteinsdíoxíði. Að auki voru upplýsingar sóttar í lyfjagagnagrunn Embættis landlæknis um sölu lyfseðils-skyldra astmalyfja. Við mat á mengun af völdum brennisteinsdíoxíðs voru notuð gögn frá Umhverfisstofnun frá mælistöðvum víðs vegar um land. Niðurstöður leiddu í ljós að á svæðum þar sem aukinn styrkur brennisteinsdíoxíðs mældist varð marktæk aukning á aðsókn einstaklinga til heilbrigðisþjónustunnar með öndunarfæravandamál. Hins vegar varð ekki marktæk aukning á greiningum sem tengdust ertingu í augum, höfuðverk, hjarta og æðasjúkdómum eða magaverkjum. Einnig sást marktæk aukning í sölu astmalyfja þá daga sem SO₂ mældist yfir 24-klst loftgæðamörkum, einkum á höfuðborgarsvæðinu. Grein í vísindatímariti um þessar niðurstöður birtist nýlega.⁵⁰

Er þörf á frekari rannsóknum á loftmengun á Íslandi?

Ríkisendurskoðun gaf út skýrslu um loftmengun á Íslandi. Þar kom fram að hér á landi hafa Umhverfisstofnun og heilbrigðisnefndir sveitarfélaga haft forgöngu um að mæla, skrá og miðla

upplýsingum um loftgæði. Ekki hefur þó verið staðið skipulega að skráningu og rannsóknum á heilsufarslegum áhrifum loftmengunar enda er ábyrgð á þeim verkefnum óljós. Að mati Ríkisendurskoðunar er æskilegt að rannsóknum á áhrifum loftmengunar á heilsufar verði betur sinnt og að fylgst verði með þeim með markvissari hætti en gert hefur verið. Ríkisendurskoðun taldi að hafa ætti í huga að markmið gildandi laga sem taka til loftgæða og loftmengunar væri að vernda heilsu almennings. Án áreiðanlegra upplýsinga og gagna um áhrif þessara þátta á lýðheilsu yrði erfitt að meta raunverulegan árangur af stefnu og aðgerðum stjórnvalda. Umhverfisstofnun tekur undir þessa hvatningu Ríkisendurskoðunar í áætlun um loftgæði 2018-2029 um að styrkja rannsóknir á loftgæðum og áhrifum þeirra á heilsufar og efla þau kerfi sem skrá og miðla upplýsingum um þróun loftgæða og áhrif þeirra á heilsufar.⁴ Þar kemur fram að þrátt fyrir að flestar íslenskar rannsóknir sýni fram á samband milli loftmengunar og heilsufarsbrests eru þær ekki nógu margar til að geta svarað með vissu þeirri spurningu hvort um sé að ræða orsakasamband eða ekki. Þetta þarf því að rannsaka enn betur til að geta ályktað um þetta samband.

Samantekt

Loftmengun getur verið af völdum manna eða náttúruleg eins og í eldgosum, á jarðhitasvæðum og í foki jarðvegsefna. Loftmengun er hættuleg heilsu manna, einkum þeirra sem þjást af sjúkdómum í öndunarfærum og hjarta- og æðakerfi, og dregur úr lífsgæðum og lífslíkum. Mikilvægt er fyrir Íslendinga að vera á varðbergi gagnvart loftmengun og auka rannsóknir á þeim til muna.

Heimildir

- Lög um hollustuhætti og mengunarvarnir, nr. 7/1998.
- Sólnes J, Sigmundsson F, Bessason B. Edfjallavá. Í: Náttúruvá á Íslandi - Eldgos og jarðskjálftar. Viðlagatrygging Íslands/Háskólaútgáfan, Reykjavík 2013: 73-175.
- Guðmundsson G, Larsen G. Áhrif eldgosa á heilsu manna á Íslandi. Yfirlitgrein. Læknablaðið 2016; 102: 433-41.
- Umhverfisstofnun. Hreint loft til framtíðar - Áætlun um loftgæði á Íslandi 2018-2029. Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, Reykjavík 2017; 1-62.
- Air quality in Europe - 2018 report. European Environment Agency. eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018 - júní 2019.
- WHO. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Alþjóðaheilbrigðisstofnunin, Genf 2016: 1-121.
- Institute for Health Metrics and Evaluation's Global Burden of Disease Project and Health Effects Institute. State of the global air /2017 - a special report on global exposure to air pollution and its disease burden. stateofglobalair.org/sites/default/files/SOGA2017_report.pdf - janúar 2019.
- WHO. Protecting children's health in a changing environment. Report of the Fifth Ministerial Conference on Environment and Health. Kaupmannahöfn 2010.
- Iceland's Implementation of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Voluntary National Review. Forsætisráðuneytið. Reykjavík 2019. heimsmarkmidin.is/library/Heimsmarkmid/VNR_skyrsla_web
- EEA core set of indicators - Guide. European Environment Agency. eea.europa.eu/publications/technical_report_2005_1 - febrúar 2019.
- Mannucci PM, Harari S, Martinelli I, Franchini M. Effects on health of air pollution: a narrative review. Intern Emerg Med 2015; 10: 657-62.
- Alias C, Benassi L, Bertazzi L, Sorlini S, Volta M, Gelatti U. Environmental exposure and health effects in a highly polluted area of Northern Italy: a narrative review. Environ Sci Pollut Res 2019; 26: 4555-69.
- Yang B-Y, Qian Z, Howard SW, Vaughn MG, Fan S-J, Liu K-K, et al. Global association between ambient air pollution and blood pressure: A systematic review and meta-analysis. Environ Pollut 2018; 235: 576-88.
- Requia WJ, Adams MD, Arain A, Papatheodorou S, Koutrakis P, Mahmoud M. Global Association of Air Pollution and Cardiorespiratory Diseases: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Investigation of Modifier Variables. Am J Public Health 2017; 108: S123-30.
- Peters A, Dockery DW, Muller JFE, Mittleman MA. Increased Particulate Air Pollution and the Triggering of Myocardial Infarction. Circulation 2001; 103: 2810-5.
- Hong Y-C, Lee J-T, Kim H, Ha E-H, Schwartz J, Christiani DC. Effects of air pollutants on acute stroke mortality. Environ Health Perspect 2002; 110: 187-91.
- Mustafić H, Jabre P, Caussin C, Murad MH, Escolano S, Tafflet M, et al. Main Air Pollutants and Myocardial Infarction: A Systematic Review and Meta-analysis. JAMA 2012; 307: 713-21.
- Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, et al. Air Pollution and Mortality in the Medicare Population. N Engl J Med 2017; 376: 2513-22.
- Sun Z, Zhu D. Exposure to outdoor air pollution and its human health outcomes: A scoping review. PLOS ONE 2019; 14: e0216550.
- Kelly FJ, Fussell JC. Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. Environ Geochem Health 2015; 37: 631-49.
- Rajak R, Chattopadhyay A. Short and long-term exposure to ambient air pollution and impact on health in India: a systematic review. Int J Environ Health Res 2019; 1-25.
- Brunekreef B, Forsberg B. Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. Eur Respir J 2005; 26: 309-18.
- Di Q, Dai L, Wang Y, Zanobetti A, Choirat C, Schwartz JD, et al. Association of Short-term Exposure to Air Pollution With Mortality in Older Adults. JAMA 2017; 318: 2446-56.
- McConnell R, Berhane K, Gilliland F, London SJ, Islam T, Gauderman WJ, et al. Asthma in exercising children exposed to ozone: a cohort study. Lancet 2002; 359: 386-91.
- Manan NA, Aizuddin AN, Hod R. Effect of Air Pollution and Hospital Admission: A Systematic Review. Ann Glob Health 2018; 84: 670-8.
- Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, Vora H, Thomas D, Berhane K, et al. The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age. N Engl J Med 2004; 351: 1057-67.
- Bates MN, Garrett N, Crane J, Balmes JR. Associations of ambient hydrogen sulfide exposure with self-reported asthma and asthma symptoms. Environ Res 2013; 122: 81-7.
- Bates MN, Garrett N, Shoemaker P. Investigation of health effects of hydrogen sulfide from a geothermal source. Arch Environ Health 2002; 57: 405-11.

29. Bates MN, Crane J, Balmes JR, Garrett N. Investigation of Hydrogen Sulfide Exposure and Lung Function, Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease in a Geothermal Area of New Zealand. *PLOS ONE* 2015; 10: e0122062.
30. Tzivian L. Outdoor air pollution and asthma in children. *J Asthma Off J Assoc Care Asthma* 2011; 48: 470-81.
31. Kwon OK, Kim SH, Kang SH, Cho Y, Oh IY, Yoon CH, et al. Association of short- and long-term exposure to air pollution with atrial fibrillation. *Eur J Prev Cardiol* 2019; 26: 1208-16.
32. WHO. Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide: report on a WHO working group, Bonn, Germany 13-15 January 2003. apps.who.int/iris/handle/10665/107478 - júní 2019.
33. Arnalds Ó. Dust sources and deposition of aeolian materials in Iceland. *Icel Agric Sci* 2010; 23: 3-21.
34. Henry JG, Heinke GW. *Environmental Science and Engineering*. Önnur útgáfa. Prentice Hall, New Jersey 1996.
35. Bell Michelle L, Davis Devra L, Fletcher Tony. A retrospective assessment of mortality from the London smog episode of 1952: the role of influenza and pollution. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 6-8.
36. Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins um gæði andrúmslofts og hreinna lofts í Evrópu, nr. 2008/50/EB. 2008.
37. Tilskipun Evrópuþingsins og ráðsins um arsen, kadmíum, kvikasilfur, nikkel og fjölhringa, arómatísk vetniskolefni í andrúmslofti, nr. 2004/107/EC. 2004.
38. Þórðardóttir S, Jóhannesson P. Bly í blóði manna í Reykjavík. *Læknablaðið* 1993; 79: 403-8.
39. Jóhannesson P. Svifryksmengun í Reykjavík [Meistararitgerð verkfræðideild]: Háskóli Íslands 2007.
40. Steinarsdóttir SS, Ólafsdóttir KL. Loftgæðin í Reykjavík 2018 og áramótin 2018/2019 - Ársskýrsla heilbrigðisefirlits Reykjavíkur um loftgæði. reykjavik.is/sites/default/files/yomis_skjol/skjol_utgefid_efni/loftgaedin_i_reykjavik_2018_og_aramotin_2019.pdf - september 2019.
41. Carlsen HK, Zoëga H, Valdimarsdóttir U, Gíslason T, Hrafnkelsson B. Hydrogen sulfide and particle matter levels associated with increased dispensing of anti-asthma drugs in Iceland's capital. *Environ Res* 2012; 113: 33-9.
42. Finnbjörnsdóttir RG, Zoëga H, Ólafsson O, Thorsteinsson T, Rafnsson V. Association of air pollution and use of glyceryl trinitrate against angina pectoris: a population-based case-crossover study. *Environ Health* 2013; 12: 38.
43. Finnbjörnsdóttir RG, Carlsen HK, Thorsteinsson T, Oudin 3A, Lund SH, Gíslason T, o.fl. Association between Daily Hydrogen Sulfide Exposure and Incidence of Emergency Hospital Visits: A Population-Based Study. *PLOS ONE* 2016; 11: e0154946.
44. Finnbjörnsdóttir RG, Oudin A, Elvarsson BT, Gíslason T, Rafnsson V. Hydrogen sulfide and traffic-related air pollutants in association with increased mortality: a case-crossover study in Reykjavík, Iceland. *BMJ Open* 2015; 5: e007272.
45. Carlsen HK, Forsberg B, Meister K, Gíslason T, Oudin A. Ozone is associated with cardiopulmonary and stroke emergency hospital visits in Reykjavík, Iceland 2003–2009. *Environ Health* 2013; 12: 28.
46. Carlsen HK, Gíslason T, Benediktsdóttir B, Kolbeinsson TB, Hauksdóttir A, Thorsteinsson T, et al. A survey of early health effects of the Eyjafjallajökull 2010 eruption in Iceland: a population-based study. *BMJ Open* 2012; 2: e000343.
47. Carlsen HK, Hauksdóttir A, Valdimarsdóttir UA, Gíslason T, Einarsson G, Runolfsson H, et al. Health effects following the Eyjafjallajökull volcanic eruption: a cohort study. *BMJ Open* 2012; 2: e001851.
48. Carlsen HK, Gíslason T, Forsberg B, Meister K, Thorsteinsson T, Jóhannsson T, et al. Emergency Hospital Visits in Association with Volcanic Ash, Dust Storms and Other Sources of Ambient Particles: A Time-Series Study in Reykjavík, Iceland. *Int J Environ Res Public Health* 2015; 12: 4047-59.
49. Sigurðsson BD, Stefánsdóttir G. Áhrif Holuhraungossins á umhverfi og heilsu. *Rit Lbhf* nr 83. 2017; 1-115.
50. Carlsen HK, Asplund T, Briem H, Gíslason T, Jóhannsson T, Valdimarsdóttir U, o.fl. Respiratory health among professionals exposed to extreme SO₂ levels from a volcanic eruption. *Scand J Work Environ Health* 2019; 45: 312-5.

Greinin barst til blaðsins 18. júní, samþykkt til birtingar 12. september 2019.

ENGLISH SUMMARY

DOI: 10.17992/ibl.2019.10.252

Air pollution in Iceland and the effects on human health. Review

Gunnar Guðmundsson^{1,2}
Ragnhildur Guðrún Finnbjörnsdóttir^{3,4}
Porsteinn Jóhannsson³
Vilhjálmur Rafnsson⁴

This review is on air pollution in Iceland and how it affects human health. Air pollution can be described as a condition, where levels of compounds in the atmosphere are so high that it has undesirable or harmful effects on the general public or undesirable effects on the nature, flora and fauna, or man-built structures. Air pollution can have anthropogenic sources such as burning of fossil fuels, or natural sources such as volcanic eruptions, geothermal areas, and resuspension of soil (sandstorms). Air pollution decreases quality of health and shortens the lifespan. The health effects of air pollution can be divided into direct effects on health where, air pollution causes diseases and indirect effects, where air pollution increases symptoms of underlying diseases. Health protection limits are defined for certain ambient air pollutants. They are to act as reference levels for safe for individuals and are put forth to protect long-term human health. Outdoor air quality has been measured on

a regular basis in Reykjavík since 1986. For the first years, only PM₁₀ was measured on a single station, but over the years the number of pollutants measured has increased and more measuring stations have been added.

In Iceland air quality is considered very good in general and the ambient pollutant concentrations are usually within defined limits. This is explained by multiple factors such as size of the country and other geographical features as well as weather conditions. Natural disasters can cause increased air pollutant concentrations, as recent volcano eruptions have shown. Several studies have been conducted on the association of air pollution and health of the Icelandic population, but it is essential that this association be examined further to increase the knowledge of adverse health effects of air pollution in Iceland.

¹Department of Respiratory Medicine, Landspítali University Hospital, ²Department of Pharmacology and Toxicology, Faculty of Medicine, University of Iceland, ³The Environment Agency of Iceland, team for climate change and air pollution, ⁴Center of Public Health, Faculty of Medicine, University of Iceland.

Key words: Air pollution, Particulate matter, review, health effects.

Correspondence: Gunnar Guðmundsson, ggudmund@landspitali.is