

Umhverfisáhrif lyfja – hvernig geta lækningar stuðlað að sjálfbærri lyfjanotkun?

• Yfirlitsgrein •

Freyja Jónsdóttir^{1,2} lyfjafræðingur

Salóme Ásta Arnardóttir³ læknir

Arndís Sue Ching Löve² lyfjafræðingur

Hjalti Már Björnsson^{1,4} læknir

¹Landspítal ²lyfjafræðideild Háskóla Íslands, ³Heilsugæslan Kirkjusandi, ⁴læknadeild Háskóla Íslands

Fyrirspurnum svarar Freyja Jónsdóttir, freyjaj@landspitali.is

Greinin barst 23. desember 2025, samþykkt til birtingar 18. maí 2026

Inngangur

Lyf gegna mikilvægu hlutverki í meðhöndlun bráðra og langvinnra sjúkdóma og eru meðal algengustu meðferðarúræða í heilbrigðisþjónustu¹ en þau geta einnig haft neikvæð umhverfisáhrif.^{2, 3} Fyrirsjáanlegt er að lyfjanotkun muni halda áfram að aukast á næstu árum samhliða fjölgun aldraðra með tilheyrandi fjölveikindum, aukinni þörf og aðsókn í heilbrigðisþjónustu og nýjum lyfjameðferðum.⁴ Vaxandi röskun á umhverfinu hefur verið tengd við aukna tíðni sjúkdóma sem oft krefjast lyfjameðferðar, til að mynda auknu nýgengi hjarta-, æða- og lungnasjúkdóma.⁵⁻⁹ Að mati Sameinuðu þjóðanna er hamfarahlýnun jarðar og hnignandi ástand vistkerfa jarðarinnar nú helsta ógnin við lýðheilsu og hafa rannsóknir sýnt með óhyggjandi hætti að lyf eiga þar þátt með skaðlegum áhrifum á umhverfið.^{5,10}

Vaxandi umræða hefur verið um mikilvægi þess að lækningar hafi umhverfisáhrif lyfja í huga þegar valin er meðferð sjúklunga.^{11,12} Alþjóða heilbrigðismálastofnunin hefur lagt til Einnar

ÁGRIP

Lyf eru algengasta og í mörgum tilfellum árangursríkasta meðferð við sjúkdómum. Talið er að lyfjanotkun muni aukast áfram á næstu árum, meðal annars vegna fjölgunar eldri einstaklinga. Samhliða hefur þekking á umhverfisáhrifum lyfja aukist og vaxandi umræða er um að lækningar hafi slík áhrif í huga við val á meðferð fyrir sjúklinga.

Alþjóðaheilbrigðismálastofnunin hefur lagt til svokallaða Einnar heilsu nálgun (One Health approach), sem leggur áherslu á samspil og tengsl milli heilsu manna, dýra og umhverfis. Samkvæmt einnar heilsu nálguninni er nauðsynlegt að taka mið af öllum þessum þáttum til að bregðast með árangursríkum hætti við heilbrigðisógnum samtímans. Lyf eru hönnuð til að hafa sértæk áhrif á lífverur og mörg þeirra þola fjölbreytt umhverfisskilyrði án þess að brotna niður eða missa virkni. Lyf geta haft skaðleg umhverfisáhrif með þrennum hætti: vegna mengunar og kolefnisspors sem hlýst af framleiðslu og dreifingu þeirra, með útskilnaði óbreytts lyfs eða virkra umbrotsefna út í umhverfið með þvagi eða hægðum, eða vegna rangrar förgunar lyfja. Í greininni verður fjallað um umhverfisáhrif lyfja, möguleg áhrif þeirra á heilsu manna, stöðuna á Íslandi og leiðir til úrbóta til að draga úr neikvæðum áhrifum og til að sporna við áframhaldandi þróun.

heilsu nálgunina (*One Health approach*) sem leggur áherslu á samspil og tengsl milli heilsu manna, dýra og umhverfis og að til að bregðast við heilbrigðisógn þurfi að huga að samspili þessara þriggja þátta (mynd 1).¹³ Nýlega var gerð tillaga að uppfærðri skilgreiningu um skynsamlega lyfjanotkun (*rational medicine use*) af Orive og félögum með það að markmiði að taka inn einnar heilsu nálgunina:

„Skynsamleg lyfjanotkun felur í sér að sjúklingar fái þau lyf sem hæfa klínískum þörfum þeirra, í skömmtum sem uppfylla einstaklingsbundnar þarfir þeirra í nægjanlegan tíma, og með sem minnstum tilkostnaði fyrir þá sjálfa og samfélagið, með hliðsjón af tengslum manna, dýra, plantna og sameiginlegs umhverfis þeirra.“¹⁴

Markmið greinarinnar er að vekja lækna og aðra heilbrigðisstarfsmenn til umhugsunar um áhrif lyfja á umhverfið og benda á leiðir til að lágmarka umhverfisáhrif þeirra.

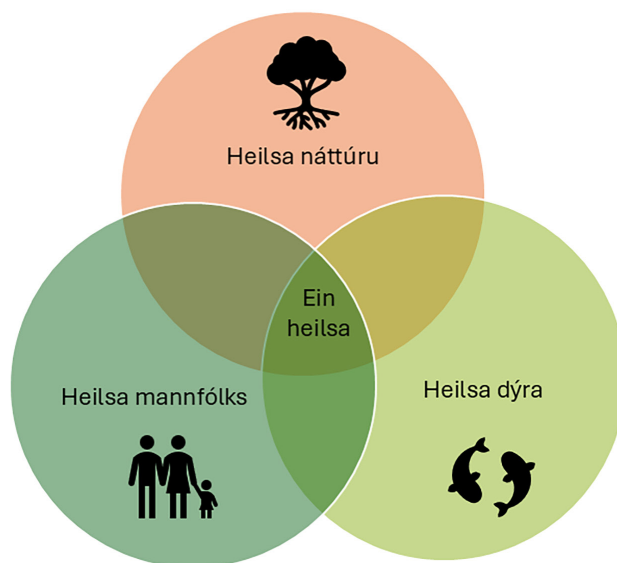
Umhverfisáhrif lyfja

Lyf eru hönnuð til þess að hafa sértæk áhrif á lífverur og mörg þeirra einkennast af þrávirkni, sem getur leitt til hægs niðurbrots í umhverfinu. Lyf geta haft skaðleg umhverfisáhrif með þrennum hætti: vegna mengunar og kolefnisspors við lyfjaframleiðslu og dreifingu, með útskilnaði lyfjaefna eða virkra umbrotsefna út í umhverfið með þvagi eða hægðum, eða með rangri förgun.^{15,16} Á heimsvísu er lyfjaiðnaðurinn mjög umfangsmikill og hafa rannsóknir sýnt að kolefnisspor lyfjaframleiðslu reynist stærra en bílaframleiðanda. Einnig hefur verið sýnt fram á mikinn mun á kolefnisspori ólíkra lyfjafyrirtækja. Líklega mætti því draga verulega úr skaðlegum umhverfisáhrifum lyfjaiðnaðarins, til dæmis með skilvirkara regluverki.¹⁷

Þegar lyfjaefni eða umbrotsefni þeirra skiljast út með þvagi eða hægðum enda þau í fráveitukerfum og berast í framhaldi út í sjó, ár eða vötn. Auk þess sem kemur frá heimilum, getur hluti þeirra lyfjaleifa sem skila sér í frárennsli einnig verið upprunnið frá spítölum, lyfjaframleiðslu eða búfjárhaldi.^{15,18,19} Röng förgun lyfja hefur einnig skaðleg áhrif á umhverfið. Rannsóknir sýna að enn er algengast að lyfjum sé fargað með heimilissorpi og í klósett á heimsvísu,²⁰ meðal annars í Evrópulöndum eins og Bretlandi þar sem nýleg rannsókn leiddi til að mynda í ljós að 35% almennings farga lyfjum í klósett eða vask og einungis 58% eru meðvituð um að hægt sé að skila lyfjum í apótek.²¹ Ekki eru til sambærilegar tölur fyrir Ísland.

Rannsóknir hafa sýnt að víða um heim mælist styrkur lyfjaleifa í frárennsli vatni á skalanum nanógrömm á lítra.¹⁵ Hreinsistöðvar fráveitu eru fjölbreyttar í hönnun og eru því með mismikla hreinsigetun með tilliti til lyfjaleifa. Eiginleikar efnasambanda og loftslagsskilyrði geta þar einnig haft áhrif. Í sumum tilfellum geta skólphreinsistöðvar fjarlægð allt að 80-90% af tilteknum lyfjaleifum en í öðrum tilvikum er hreinsunin mjög takmörkuð.²²

Samkvæmt rannsókn frá 2022 þar sem greind voru sýni úr 258 ám í 104 löndum voru þau lyf sem oftast greindust (>50% sýntökustaða) carbamazepín, koffín og metformín. Þau lyf sem greindust í hæstum styrk voru parasetamól, koffín, metformín, fexofenadín, súlfamethoxazól, metrónidazól og gabapentín.¹⁰ Við mat á umhverfisáhrifum einstakra efna er oft notuð aðferð sem byggir á samanburði á styrk efnis í umhverfinu og þeim styrk sem ekki er talið að valdi skaðlegum áhrifum (*predicted no-effect concentration*). Af því leiðir að ekki er ætíð samræmi milli mikillar notkunar lyfja og áhrifa þeirra á umhverfið.²³ Sem dæmi má nefna lyf eins og parasetamól og íbúprófen sem mikið eru notuð á Norðurlöndum en brotna hratt niður í umhverfinu og hafa því takmörkuð umhverfisáhrif.²⁴ Hins vegar má einnig nefna lyf sem notuð eru í takmörkuðum mæli en brotna hægt niður í umhverfinu og geta verið líffræðilega virk í lágum skömmtum.²⁵ Þrátt fyrir að umhverfisáhrif einstakra lyfja séu mismikil geta lyfjaleifar í vatnum umhverfi haft margvísleg áhrif á lífverur og vistkerfi. Sem dæmi má nefna að hormónalyf á borð við estrógen geta haft áhrif á kynákvörðun og kynþroska ákveðinna fisktegunda. Útsetning fyrir lágum en viðvarandi styrk sýklalyfja í umhverfinu getur stuðlað að þróun og útbreiðslu sýklalyfjaónæmra bakteríustofna hjá mönnum, sem getur leitt til alvarlegra sýkinga og takmarkaðra meðferðarmöguleika. Einnig geta lyfjaleifar bólgueyðandi lyfja á borð við díklófenak, sem safnast geta upp í umhverfinu,



Mynd 1. Einnar heilsu nálgunin leggur áherslu á samspil og tengsl milli heilsu manna, dýra og umhverfis og að til að breiddast við heilbrigðisögn þurfi að huga að samspili þessara þriggja þátta.¹³

valdið eiturverkunum eða dauða hjá dýrum á ýmsum stigum fæðukeðjunnar.²⁶

Þó að lyf séu almennt mjög vel rannsökuð efni sem vitað er vel hvaða áhrif hafa á mannverur, er þekking á umhverfisáhrifum þeirra takmörkuð. Af þeim mikla fjölda lyfja sem eru á markaði hefur aðeins lítil hluti þeirra rannsakaður með tilliti til umfangs útsetningar og skaðlegra áhrifa á umhverfið. Að auki hefur mat á umhverfisáhrifum nýrra lyfja innan Evrópusambandsins aðeins verið framkvæmt á lyfjum sem komu á markað eftir árið 2006 þegar innleidd var krafa um það fyrir markaðsleyfishafa. Því er ljóst að þekking á umhverfisáhrifum lyfja er takmörkuð og er því mikilvægt að efla rannsóknir á þessu sviði.^{27,28}

Hreinsun fráveitu á Íslandi

Í vatnaáætlun Íslands fyrir árin 2022-2027 er fráveita skilgreind sem einn helsti álagsþáttur á vatn á Íslandi.²⁹ Þrátt fyrir þrýsting og áætlanir um úrbætur á þessu sviði er enn þörf á aðgerðum til að bæta hreinsun fráveitu sem berst út í umhverfið á og í kringum Ísland. Við mat á umhverfisáhrifaáhrifum er farið eftir vöktunarlista Evrópusambandsins yfir lyfjaefni sem geta haft skaðleg áhrif á umhverfið (tafla I).³⁰ Í skýrslu Umhverfis- og orkustofnunar (UOS) um vöktun efna í vatni árin 2018 til 2022 kom fram að af þeim lyfjum sem mæld voru af vaktlista Evrópusambandsins fundust meðal annars lyfjaleifar kynhormóna (estrógen), sýklalyfja (til dæmis cíprófloxacín) og geðlyfja (til dæmis venlafaxín).³¹ UOS birti nýlega niðurstöður mælinga á lyfjaleifum í yfirborðsvatni sem tengist fráveitukerfum sveitarfélaganna. Var skimað fyrir 160 mismunandi hormónum og lyfjaleifum á fjórum stöðum og reyndust lyfjaleifar finnast í Varmá við Hveragerði og Ölfusá við Selfoss. Þau lyf sem mældust í mestum styrkleika voru parasetamól, koffeín, gabapentín, naproxen og fexofenadín.³²

Tafla 1. Lyf sem hafa neikvæð umhverfisáhrif, byggt á vaktlista Evrópusambandsins.³⁰

Lyfjaflokkur	Samheiti (virkt efni)
Sýklalyf	Azitrómýsín Klaritrómýsín Erýtrómýsín Siprofloksasín Tetrasýklín Oxýtetrasýklín Klindamýsín Ofloksasín
Hormónalyf	Etínylestradíól Estradíól Estrón
Geðlyf	Flúoxetín Venlafaxín
Hjartalýf	Própranolól
Bólguelyfandi lyf	Diklófenak
Sykursýkistlyf	Metformín Gúanýlþvagefni

Í stöðuskýrslu fráveitumála á Íslandi frá 2024 kemur fram að 82% íbúa landsins eru einungis með grófhreinsun fráveitu, þar sem rusl, sandur og fita eru fjarlægð, en 14% landsmanna búa við fráveitu án hreinsunar.³³ Þrátt fyrir að kröfur um hreinsun fráveitu séu skýrar er þörf á að efla kerfisbundna vöktun á lyfjaleifum í fráveitu og sjó samhliða úrbótum á fráveitukerfum þéttbýlis landsins, með það að markmiði að lágmarka skaðleg umhverfisáhrif lyfja.

Skaðleg áhrif á heilsu fólks

Áhrifum lyfja í umhverfinu á mannfólk má skipta í bein áhrif og óbein áhrif. Bein áhrif geta verið í gegnum drygkarvatn,³⁴ matvæli³⁵ eða við leik og störf (*recreational and occupational exposures*).¹⁶ Óbein áhrif geta komið fram, á við aukið sýklalyfjaónæmi og loftslagsdrifnar breytingar, svo sem hlýnun jarðar og auknar öfgar í veðurfarinu. Rannsóknir sem hafa beinst að áhrifum sýklalyfja hafa sýnt að sýklalyf líkt og tetrasýklín og súlfametoxazol í lágum styrk í frárennslisvatni geta stuðlað að auknu sýklalyfjaónæmi.³⁶ Nýleg yfirlitgrein fjallaði um skaðleg áhrif lyfja í umhverfi og lagði áherslu á mögulegar erfðabreytingar og krabbameinsvaldandi áhrif af völdum lyfjaleifa í vatni og aukið sýklalyfjaónæmi.³⁷ Í nýlegri skýrslu í *Lancet* er bent á þá heildarmynd að við stöndum frammi fyrir áður óþekktum og vaxandi umhverfisáhrifum vegna lyfja á heilsu manna þó að enn vanti nákvæmar rannsóknir á umfangi vandans. Vísbendingar um skaðsemi úr dýratilraunum benda þó mjög sterklega til þess að lyfjaleifar í umhverfi séu víða í slíku magni að það sé raunveruleg hættu á að langtímaútsætning fólks fyrir þeim hafi skaðleg áhrif.

Til dæmis hefur verið sýnt fram á að styrkur diklófenaks, sem brotnar illa niður í umhverfinu, geti magnast upp í fæðukeðjunni og þannig borist í menn í magni sem gæti valdið heilsutjóni.^{38,39} Er því brýnt að leita leiða til að spyrna við og takmarka magn þeirra lyfjaleifa sem berast út í náttúruna.⁴⁰

Enn vantar frekari rannsóknir sem staðfesta með beinum

hætti að lyfjaleifar í umhverfi hafi skaðleg áhrif á heilsu fólks. Þó að í flestum tilfellum sé vel þekkt úr klínískum rannsóknum hvaða áhrif lyf hafa þegar þau eru gefin í meðferðarskömmtum, skortir í mörgum tilvikum þekkingu á áhrifum langtímaútsætninga í lægri skömmtum. Allt bendir þó til þess að hættu sé á að lyfjaleifar í umhverfi geti, ef ekki er gætt að mengunarvörnum, víða náð þeim styrk að heilsu fólks stafi hættu af.⁴¹

Losun gróðurhúsalofttegunda tengd lyfjanotkun

Lyfjanotkun getur stuðlað að losun gróðurhúsalofttegunda og er til að mynda talin vera uppspretta 25% losunar í breska heilbrigðisakerfinu (NHS). Þar eru tveir flokkar sem veita þyngst í losun, innöndunarlyf (3%) og svæfingargöms (2%).⁴² Sérstaklega er tilefni til að ræða ávísanir innöndunarlyfja vegna lungnasjúkdóma eins og astma og langvinnrar lungnateppu. Slíkum lyfjum er hægt að ávísa á tveimur ólíkum formum, í úðastauk sem lofttegund eða með innsogi á duftformi. Í úðastaukum er drifefnið norflúran sem er afar mikilvirk gróðurhúsalofttegund, talin hafa um 1430 sinnum meiri gróðurhúsaáhrif en koltvísýringur. Meðferð með innöndunardufti í staukum og diskum með dufti sem einstaklingur sagnar að sér innihalda ekki norflúran og er því mun æskilegra frá umhverfissjónarmiði að nota innöndunarduft.^{43,44} Talið er að innöndunarlyf í úðastaukum stuðli að 3% af losun vegna heilbrigðissþjónustu.^{44,45} Innöndunarlyf á duftformi skilja einnig eftir sig kolefnisfótspor vegna umbúða, dreifingar, geymslu og sem úrgangur.⁴⁶

Nauðsynlegt er að ung börn og aðrir einstaklingar sem ekki geta sogað að sér innöndunarlyf úr staukum eða diskum fái ávísað úðastaukum. Af umhverfisástæðum ættu lækna hins vegar almennt að ávísa innöndunarlyfjum til innsogs hjá þeim einstaklingum sem geta nýtt sér þá. Með þessum hætti gætu lækna eflaust minnkað kolefnisspor heilbrigðisþjónustu sinnar umtalsvert, án þess að það hefði nein skaðleg áhrif á sjúklinga og viðhaldið sömu gæðum í lyfjameðferð sjúklinga. Mikilvægtur liður í þessu er að fræða sjúklinga um umhverfisáhrif innöndunarlyfja í úðastaukum og að lækna og skjólstaðingur taki sameiginlega ákvörðun um lyfjaval. Þá er rétt að hvetja til skila á notuðum úðastaukum í apótek.

Leiðir til að draga úr umhverfisáhrifum lyfja á Íslandi

Liður í því að draga úr umhverfisáhrifum lyfjanotkunar er að tryggja kennslu um sjálfbærni í heilbrigðisþjónustu í læknanámi og endurmenntun lækna. Lækna eru lykilaðilar í ákvarðanatöku um val á meðferð og geta því haft mikil áhrif á hvort meðferð er valin með umhverfisáhrif í huga. Lækna ávísa í störfum sínum flestum þeirra lyfja sem notuð eru hér á landi. Ber þeim að gera allt sem í valdi þeirra stendur til að bæta heilsu sjúklinga sinna og ávísa þeim lyfjum sem sannarlega gagnast. Ekki er hins vegar alltaf ein leið rétt í að meðhöndla vandamál sjúklinga, bæði getur verið val milli ólíkra lyfja auk þess sem oft er hægt að beita öðrum meðferðarúrræðum en lyfjum.

Hægt er að auka sjálfbærni í lyfjanotkun með því að hafa í huga nokkur atriði áður en lyfjum er ávísað. Þetta getur meðal annars verið að ávísa ekki lyfi nema það sé viðeigandi og leita leiða til að nýta fyrirbyggjandi íhlutanir, hafa lyfjafrávís-

un (*deprescribing*) í huga og beita meðferðum án lyfja (til dæmis hreyfiseðlum og hjálpartækjum). Ef lyfjameðferð er sannarlega talin rétta leiðin til meðhöndlunar, þarf að hafa í huga að mikill munur getur verið á umhverfisáhrifum ólíkra lyfja í sama lyfja-flokki. Mikilvægt er að læknir leitist við að velja það lyf sem ólík-legast er að valdi skaða á umhverfi.

Hvað geta læknar gert til að draga úr skaðlegum áhrifum lyfja á umhverfið?

- Leitast við að velja lyf með sem minnst umhverfisáhrif.
- Eingöngu ávísa lyfjum sem eru klínískt viðeigandi.
- Forðast að ávísa lyfjum með neikvæð umhverfiáhrif ef önnur lyf eða meðhöndlun án lyfja eru talin gefa jafn góðan árangur.
- Styðja við fyrirbyggjandi íhlutanir til að draga úr krónískum sjúkdómum (hreyfing, bólusetning, takmarka áfengi og reykingar).
- Íhuga að ráðleggja lífsstílsbreytingar þegar þær eiga við í stað lyfja-ávisunar.
- Fræða sjúklunga um neikvæð áhrif fjöllyfjanotkunar.
- Framkvæma lyfjarýni þegar við á. Lyfjarýni er skipulögð og gagnrýnin yfirferð á lyfjameðferð. Samvinna við klíníska lyfjafræðinga getur stutt ferlið.
- Framkvæma lyfjafrávisun þegar við á. Lyfjafrávisun er skipulagt ferli sem felst í að minnka eða hætta töku lyfja sem kunna að vera ónauðsynleg eða geta valdið skaða fyrir einstakling. Samvinna við klíníska lyfjafræðinga getur stutt ferlið.
- Fræða sjúklunga um umhverfisáhrif lyfja og mikilvægi réttrar förgunar með sérstaka áherslu á lyf sem hafa mikil umhverfisáhrif.
- Fræða um að hægt sé að skila ónotuðum lyfjum í apótek.
- Ekki ávísa stærri pakkningum en nauðsynlegt er.
- Ávísa lyfjum í samræmi við klínískar leiðbeiningar.

Ályktun

Lyf eru og verða algengasta og í mörgum tilfellum árangursrík-asta meðferðin sem beitt er í meðhöndlun bráðra og langvinnra sjúkdóma en eins og fjallað hefur verið um þá geta þau einnig haft neikvæð umhverfisáhrif. Rannsóknir hafa sýnt fram á skað-semi lyfjaleifa í ám og sjó og því sé þörf á úrtbótum á fráveitu-kerfum landsins. Enn er skortur á rannsóknum á beinum skað-legum áhrifum lyfjaleifa í umhverfi á heilsu manna en óbein áhrif eru meðal annars vegna aukins sýklalyfjaónæmis eða umhverfis-áhrifa eins og hlýnunar jarðar. Vegna þeirrar þekkingar sem nú er til staðar um umhverfisáhrif lyfja er mikilvægt að læknar hafi það í huga, sérstaklega þegar val stendur á milli lyfja í sama lyf-jaflokki með þekkt mikil áhrif á umhverfi annars vegar og hins vegar lítil áhrif. Þörf er á aukinni áherslu á sjálfbærni í tengslum við heilbrigðisþjónustu í takt við einnar heilsu nálgunina.

Heimildarskrá

- World Health Organization. Essential medicines: World Health Organization; 2026. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/essential-medicines> – apríl 2026.
- Daughton CG, Ruhoy IS. Environmental footprint of pharmaceuticals: the significance of factors beyond direct excretion to sewers. *Environ Toxicol Chem.* 2009;28(12):2495-521.
- Boxall AB, Rudd MA, Brooks BW, et al. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: what are the big questions? *Environ Health Perspect.* 2012;120(9):1221-9.
- Wilson M, Mair A, Dreischulte T, et al. Prescribing to fit the needs of older people—the NHS Scotland Polypharmacy Guidance, 2nd edition. *J R Coll Physicians Edinb.* 2015;45(2):108-13.
- Thornber K, Adshead F, Balayannis A, et al. First, do no harm: time for a systems approach to address the problem of health-care-derived pharmaceutical pollution. *Lancet Planet Health.* 2022;6(12):e935-e7.
- Redshaw CH, Stahl-Timmins WM, Fleming LE, et al. Potential changes in disease patterns and pharmaceutical use in response to climate change. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev.* 2013;16(5):285-320.
- Shin S, Bai L, Burnett RT, et al. Air Pollution as a Risk Factor for Incident Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Asthma. A 15-Year Population-Based Cohort Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 2021;203(9):1138-48.
- Guo C, Zhang Z, Lau AKH, et al. Effect of long-term exposure to fine particulate matter on lung function decline and risk of chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan: a longitudinal, cohort study. *Lancet Planet Health.* 2018;2(3):e114-e25.
- Miller KA, Siscovick DS, Sheppard L, et al. Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *N Engl J Med.* 2007;356(5):447-58.
- Wilkinson JL, Boxall ABA, Kolpin DW, et al. Pharmaceutical pollution of the world's rivers. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2022;119(8).
- Cussans A, Harvey G, Kemple T, et al. Interventions to Reduce the Environmental Impact of Medicines: A UK perspective. *The Journal of Climate Change and Health.* 2021;4:100079.
- Richie C, Kesselheim AS, Jones DS. Climate change and the prescription pad. *Lancet.* 2023;401(10372):178-9.
- European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2022/2371 of the European Parliament and of the Council of 23 November 2022 on serious cross-border threats to health and repealing Decision No 1082/2013/EU. *Official Journal of the European Union.* Luxembourg 2022. p. 26-63.
- Orive, Gorka & Domingo-Echaburu, Saioa & Lertxundi, Unax. (2021). Redefining the "rational use of medicines". *Sustainable Chemistry and Pharmacy.* 20. 100381. [10.1016/j.scp.2021.100381](https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100381).
- Alfonso-Muniozgueren P, Serna-Galvis EA, Bussemaker M, et al. A review on pharmaceuticals removal from waters by single and combined biological, membrane filtration and ultrasound systems. *Ultrason Sonochem.* 2021;76:105656.
- aus der Beek T, Weber FA, Bergmann A, et al. Pharmaceuticals in the environment – Global occurrences and perspectives. *Environ Toxicol Chem.* 2016;35(4):823-35.
- Belkhir L, Elmehri A. Carbon footprint of the global pharmaceutical industry and relative impact of its major players. *Journal of Cleaner Production.* 2019;214:185-94.
- Ebele AJ, Abou-Elwafa Abdallah M, Harrad S. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging Contaminants.* 2017;3(1):1-16.
- Majumder A, Gupta AK, Ghosal PS, et al. A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistant microorganisms, and SARS-CoV-2. *J Environ Chem Eng.* 2021;9(2):104812.
- Nepal S, Giri A, Bhandari R, et al. Poor and Unsatisfactory Disposal of Expired and Unused Pharmaceuticals: A Global Issue. *Curr Drug Saf.* 2020;15(3):167-72.
- Watkins S, Barnett J, Standage M, et al. Household disposal of pharmaceuticals: attitudes and risk perception in a UK sample. *Journal of Material Cycles and Waste Management.* 2022;24(6):2455-69.
- Chaber-Jarlachowicz P, Gworek B, Kalinowski R. Removal efficiency of pharmaceuticals during the wastewater treatment process: Emission and environmental risk assessment. *PLoS One.* 2025;20(9):e0331211.
- Dominguez-García P, Rodríguez N, Moreno A, et al. Predicted Environmental Concentrations to prioritize and determine geographical and temporal variation of 810 pharmaceuticals in wastewaters and rivers. *Environmental Research.* 2025;123528.
- Stuer-Lauridsen F, Birkved M, Hansen LP, et al. Environmental risk assessment of human pharmaceuticals in Denmark after normal therapeutic use. *Chemosphere.* 2000;40(7):783-93.
- Adeel M, Song X, Wang Y, et al. Environmental impact of estrogens on human, animal and plant life: A critical review. *Environ Int.* 2017;99:107-19.
- Hanski L, Lapatto-Reiniluoto, Lehtisalo O, et al. Medicines and the environment: challenges and solutions for sustainable pharmacy. Helsinki: Helda Open Books; 2025.
- Burns EE, Carter LJ, Snape J, et al. Application of prioritization approaches to optimize environmental monitoring and testing of pharmaceuticals. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B.* 2018;21(3):115-41.
- Kittery A, Miettinen M. Environmental considerations in the European Union's pharmaceuticals legislation: Key instruments and their challenges in addressing global manufacturing supply chains. *Review of European, Comparative & International Environmental Law.* 2023;32(1):77-91.
- Umhverfisstofnun (Environment Agency of Iceland). Vatnaáætlun Íslands 2022–2027 (Icelandic River Basin Management Plan 2022–2027). Reykjavík, Iceland: Umhverfisstofnun (Environment Agency of Iceland); 2022.
- Commission E. Commission Implementing Decision (EU) 2025/439 of 28 February 2025 establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2025 – apríl 2026.
- Mafis. Report on pharmaceutical residues in the Icelandic environment; assessment of likely emissions and identification of high-priority compounds for monitoring and risk assessment. 2018 – apríl 2026.
- Orkustofnun U-o. Lyfjaleifar greinast í vatni sem tengist fráveitu [Frétt]. Reykjavík, Iceland: Umhverfis- og orkustofnun; 2026. <https://uos.is/frettir/lyfjaleifar-greinast-i-vatni-sem-tengist-fraveitu> – maí 2026.
- Umhverfis- og orkustofnun. Stöðuskýrsla fráveitumála 2024. Reykjavík, Ísland: Umhverfis- og orkustofnun; 2024 – apríl.
- World Health Organization. Pharmaceuticals in Drinking-Water. 2012 – apríl 2026.
- Nightingale J, Elder FCT, Garduño-Jiménez A-L, et al. Understanding the extent of emerging contaminants in english soils: Environmental implications of differing organic waste applications. *Journal of Hazardous Materials Advances.* 2025;18:100755.
- Nishmitha PS, Akhligosh KA, Aiswriya VP, et al. Understanding emerging contaminants in water and wastewater: A comprehensive review on detection, impacts, and solutions. *Journal of Hazardous Materials Advances.* 2025;18:100755.
- Arke M, Massoud MA, Mourad YF, et al. Environmental and Health Consequences of Pharmaceutical Disposal Methods: A Scoping Review. *Environ Manage.* 2025;75(6):1388-400.
- Świacka K, Szaniawska A, Caban M. Evaluation of bioconcentration and metabolism of diclofenac in mussels *Mytilus trossulus* - laboratory study. *Mar Pollut Bull.* 2019;141:249-55.
- Cuklev F, Kristiansson E, Fick J, et al. Diclofenac in fish: blood plasma levels similar to human therapeutic levels affect global hepatic gene expression. *Environ Toxicol Chem.* 2011;30(9):2126-34.
- Romanello M, Walawender M, Hsu SC, et al. The 2024 report of the Lancet Countdown on health and climate change: facing record-breaking threats from delayed action. *Lancet.* 2024;404(10465):1847-96.
- Hanski L, Lapatto-Reiniluoto O, Lehtisalo M, et al. Medicines and the Environment: Challenges and Solutions for Sustainable Pharmacy. Second edition ed. University of Helsinki / Helsinki University Library, Helsinki.
- National Health Services England. Delivering a 'Net Zero' National Health Service. 2020 apríl 2026.
- Daniele P, Carol S, Sara P, et al. Reducing carbon footprint of inhalers: analysis of climate and clinical implications of different scenarios in five European countries. *BMJ Open Respiratory Research.* 2021;8(1):e001071.
- Janson C, Henderson R, Löfdahl M, et al. Carbon footprint impact of the choice of inhalers for asthma and COPD. *Thorax.* 2020;75(1):82-4.
- MacNeill AJ, Lillywhite R, Brown CJ. The impact of surgery on global climate: a carbon footprinting study of operating theatres in three health systems. *Lancet Planet Health.* 2017;1(9):e381-e8.
- Halpin DMG, Masekela R, Vogelmeier CF, et al. Addressing the global challenges of COPD and asthma: a shared vision from the Global Initiative for Chronic Obstructive Pulmonary Disease (GOLD) and the Global Initiative for Asthma (GINA). *European Respiratory Journal.* 2026;67(2):2502244.

ENGLISH SUMMARY

doi 10.17992/lbl.2026.0708.901

Environmental Impact of Pharmaceuticals – How can doctors lead sustainable prescribing practices?Freyja Jonsdottir^{1,2}Salome Asta Arnardottir³Arndis Sue Ching Love²Hjalti Mar Bjornsson^{1,4}

¹Landsþítali, University hospital, ²University of Iceland, Faculty of Pharmaceutical Sciences, ³Kirkjusandur Healthcare centre, ⁴University of Iceland, Faculty of Medicine

Correspondence: Freyja Jonsdottir,
freyjaj@landsþítali.is

Key words: Environmental impact of pharmaceuticals,
pharmaceutical use, environment, pharmaceuticals, sustainability

Medicines are the most common and, in many cases, the most effective treatment for disease. Medicine use is expected to continue to rise in the coming years, due in part to an ageing population. At the same time, knowledge of the environmental impact of pharmaceuticals has grown. *Therefore*, there is increasing discussion of the need for clinicians to take such impacts into account when selecting treatment for their patients.

The World Health Organization has proposed the One Health approach, which emphasises the interconnection between human health, animal health and the environment. According to the One Health approach, all of these dimensions must be considered in order to respond effectively to contemporary health threats. Medicines are designed to have specific effects on living organisms, and many of them withstand a wide range of environmental conditions without breaking down or losing activity. Pharmaceuticals can have adverse environmental effects in three ways: through pollution and the carbon footprint associated with their manufacture and distribution; through excretion of unchanged drug or active metabolites into the environment via urine or faeces; or through improper disposal. This article discusses the environmental impact of pharmaceuticals, their potential effects on human health, the current situation in Iceland, and measures to mitigate adverse effects and counter further deterioration.



Læknablaðið kallar eftir umfjöllun um sjúkratilfelli

Ritstjórn vill virkja lækna í öllum greinum til að senda blaðinu forvitnileg og lærdómsrík sjúkratilfelli. Sjúkratilfelli fara í gegnum ScholarOne, fá ritrýni, vísindalega viðurkenningu, doi-númer og skráningu á PubMed

Sjúkratilfelli eru fyrst og fremst vettvangur til að kynna fátíða sjúkdóma eða sjaldgæfa birtingarmynd sjúkdóma og meðferð við þeim. Mikilvægt er að tilfellið sé lærdómsríkt og hafi kennslugildi fyrir hinn almenna lækni fremur en þröngan hóp sérfræðinga. Æskilegt er að auðga kynninguna með myndefni, verði því við komið. Sjúkratilfellum er oftast skipt í þrjú kafla, a) ágríp, bæði á íslensku og ensku, b) stuttan inngang, c) tilfellið sjálft og c) umræðu. Í lýsingu á tilfellinu þarf að greina frá birtingarmynd og einkennum sjúklingsins, helstu atriðum í sögu og skoðun, niðurstöðum rannsókna og í hverju meðferðin fólst. Einnig er mikilvægt að nefna hvernig sjúklíngnum reiddi af. Í umræðukaflanum þarf að útskýra af hverju þetta tiltekna tilfelli var valið til birtingar. Umræðuna þarf að tengja tilfellinu og draga fram sérstöðu þess með vísun í aðrar rannsóknir eða tilfelli. Koma þarf skýrt fram hvað hægt sé að læra af þessu tilfelli. Sjúkratilfelli mega ekki vera lengri en 2500 orð og ágrípið skal ekki vera lengra en 100 orð. Hægt er að birta samtals 3 myndir og/eða töflur og vísa í allt að 15 heimildir. Sjúkratilfellum þurfa að fylgja 4-6 lykilorð á ensku.

Handritaviðtökukerfi *Læknablaðsins* í ScholarOne:

<https://mc.manuscriptcentral.com/laeknabladid>