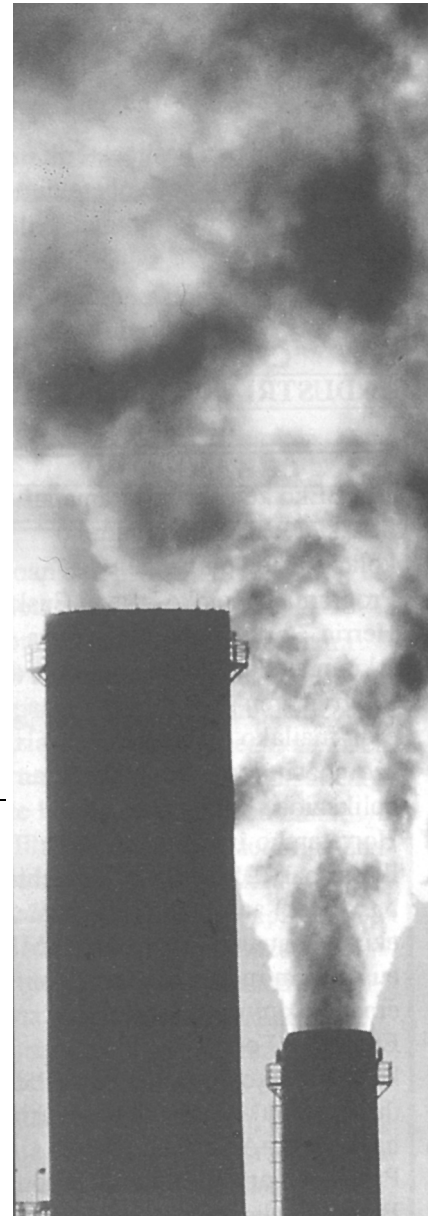
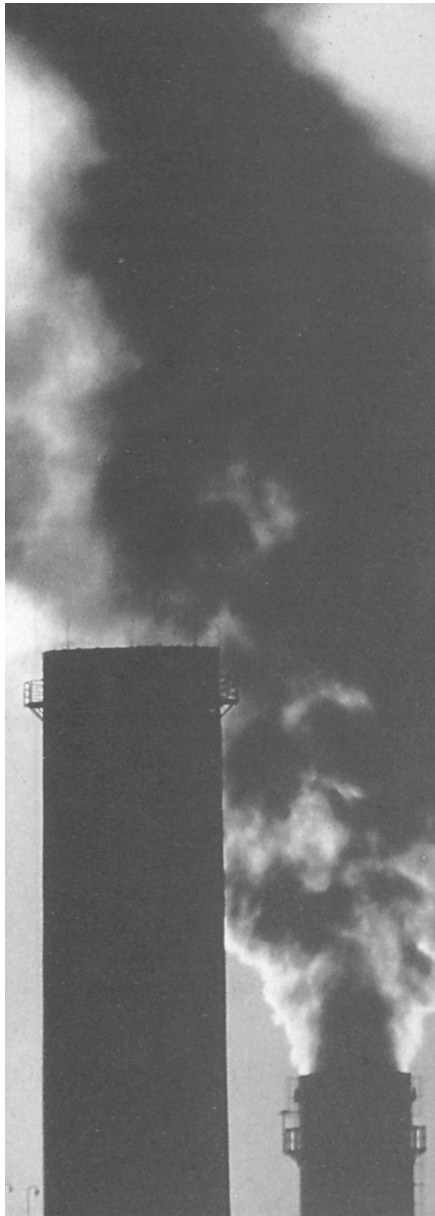


METAL ASTUNEN INBASIO ISILA

Isabelle Bourdial

Geure ezjakintasunean, hondakin erradioaktibo eta organikoak biak batera baino arriskutsuagoak diren metal astunen ondorioz pozoitzen ari gara. Gaurko zibilizazioaren sektore industrial eta hiritar askotako arazo konstante bihurtu da poluzio-mota hau.





Ingurunera jaurtikitzen diren metal astunen hondakin industrialak, etxeetako hondakinak baino garrantzitsuagoak dira. Hala ere, azken hauek metal astunek sortutako poluzioaren faktore aktiboak dira.

moduan atmosfera, hidrosfera eta litosferan geratzen dira bizidunek osatzen duten biosferara iritsiz eta kaltetuz.

Airera doazen lurrinak eta partikulak berriro lurrera erortzen dira. Lurra garbitzen duten euriek eta ibaiek poluitzaileen zati bat itsasorantz eramaten dute. Gainera lurlean iragazten den urak, lurrazpiko urarekin pilatuz geruza freatikoa kutsatzen du. Mikroorganismo urtarrek biosferara eramaten dituzte ondoren. Izaki bizidun hauek elikadura-kateako lehen maila direnez, poluitzaileak hauen bidez hurrengo jatuaren ehunetan pilatzen dira.

Biomasa hau guztiz kaltegarria gertatzen da katearen bukaeran kokatzen den kontsumitzailearentzat, hots, gizakiarentzat. Gainera ingurunea kutsatu ondoren efektu toxikoek batzuetan denbora luzez iraun dezakete.

Isurketa-iturriak ugari dira eta hauek duten metal astunen maila apala kontuan izanik, zaila gertatzen da gizakiak jaurtikitzen dituen kantitate globalen ebaluazioa eta hauen eta iturri naturaletatik datozenen konparaketa egitea.

Hala ere orain dela urte batzuk hasita zientzilariak zenbait ikerketa egiten saiatu dira, gizakiak ingurunera bidaltzen dituen isurketa artifizialen inbentarioa egin asmoz.

Ikerketa hauek diotenez, gizakiak gaur egun metal astunen ziklo gehienetan eragin handia du. Ur-baliabideen poluzioa garrantzitsua da eta elikagaitan elementu horien pilaketa handiagotuz doa. Iturri bakoitzeko isurketa-tasa, lehengaitan dagoen metal astunen kontzentrazioaren arabera kalkulatu da, eta baita produkzioarako erabiltzen diren teknologiak eta poluzioaren kontrol-sistemak kontutan hartuz ere. Izan ere industria bereko teknologi prozesu desberdinek poluzioa sortzeko ahalmen aldakorra dute. Zementu-fabrikazioaren kasuan adibidez. Hemen tenperatura altuko erreketza-prozesu industrialak erabiltzen dira. Prozesu metalurgiko eta galdaketa-prozesu

siderurgikoetan sortzen den poluzioa, erabiltzen diren ekipamenduen araberakoa izan ohi da. Azterna uzten duten elementuen kontzentrazioa lehengaitan ez da finkoa izaten. Ikatza-tasa artsenikoan 0,34tik 130 mikrogramo/g bitartekoa izan daiteke.

Atmosferari dagokionez, zentral termikoetako ikatza-konbustioa, erregailu industrialak, hirugarren sailekoak edo etxeetakoak dira merkurio, molibdeno eta selenio gehiena hornitzen dutenak. Hauek dira artseniko, kromo, manganeso, antimonio eta talio-kopuru handiena eskaintzen dutenak ere.

Ikatza-errautzek eta fuelezko berogailuek sortutako kean, banadio-kontzentrazio altua egon ohi da eta kearen bidez barreiatzen da. Zementu-fabrikek talio, kromo eta berun asko jaurtikitzen dute. Aipatzekoak dira metal ez-ferreoen industriak ere. Hauek airea artseniko, kadmio, kobrea eta zinkez hornitzen dute. Erregaien konbustioak ere garrantzi handia dauka; askatzen duen berunagatik bereziki. Kromoa eta manganesoa siderurgiari jasotzen dira bereziki.

Ur-ekosistemen egoera ez da atmosferarena baino hobea. Itsasokoak nahiz kontinentalak izan, ekosistema hauek industrietako oso isurketa garrantzak jasaten dituzte. Ikatza-konbustiozko ekipotako ur-hondakinek, artsenikoa, merkurioa eta selenioa garraiatzen dute bereziki. Metalurgiako fundizioak berri, kadmio, nikel, berun eta selenioa. Industria siderurgikoetako isurketak kromoa molibdeno, antimonioa eta zinka daramate. Hirietako estoldetako lohiak artsenikoa, manganesoa eta beruna. Guzti honen ondorioz (eta hau berunaren kasuan gertatzen da bereziki) atmosferak metal astunen zati handi bat ur-ekosistemara eramaten du.

Itsasoko uren poluzioa kostaldean gertatzen da batez ere. Kontuan izan kostaldera iristen direla ibaiak, fabriketako isurketak eta estoldak. UNESCOk dioenez, laster ez da mikropoluitzaile mineralik uretan izango. Honen arrazoa oso sinplea da: metal astunak oso azkar transferitzen dira sedimentuen bidez. Organismo bizidunek sedimentuen zati bat metabolizatzen eta elikadura-kateetan zirkularazten dituzte beren toxikotasuna zabalduz.

Metal astunen kondarrek ingurunean sortzen dituzten arazoetaz gizakia konturatu eta kezkatzeko, badi-rudi katastrofe ekologikoak, merkurio edo berunezko isurketa neurrigabeak eta poluzio eta pozoinketa masiboak gertatu behar dutela. Hala ere Chisso Corporation (1) Union Carbide (2) eta Sandoz (3) enpresetako jaurtiketa pozoitsuak ez dira kasu puntualak. Mineral mikropoluitzaileak etengabe jaurtikitzen ari gara naturara (milaka tona) eta aztarna

(1) Enpresa hau 1954. urtean Minamata badian gertatutako tragediaren arduradun izan zen. Bertan 43 japoniar hil ziren metil merkurioz toxikatuta.

(2) Bhopal-eko pestizida enpresan gertatutako leherketa baten ondorioz 2500 pertsona hil ziren.

(3) 1986an Bali-n Sandoz enpresaren suketaaren ondorioz intsektizida-kantitate handiko isurketa gertatu zen. Merkurioa izan zen kutsatzaile nagusia

Lurrak ere eragin toxikoak jasaten ditu. Poluzioa ikatz-konbustioko errautsei eta produktu manufakturu erabiliei esker gertatzen da. Azken hauek bestalde munduko manganeso, molibdeno, nikel, antimonio eta banadio-produkzioaren % 1-%5 naturara zuzenean bidaltzen dute.

Beste zenbait iturrik ere parte hartzen du banaketa konplexu honetan. Hirietako zaborrek kobre-, merkurio-, beruna eta zink-horniketa garrantzitsua eskaintzen dute. Nekazaritzako eta abelazkuntzako zaborrak, nekazal produktuen hondakinak, ongarriz kimikoak eta pestizidak, lur landuak poliki baina etengabe poluitzen dituzte.

Poluzioa lurrazalean sutraien mailan pilatzen da. Pestizidek kobre, artseniko edo beruna eskaintzen dute. Hauen bidez urtero produzitutako artsenikoaren %80-%90 lurrera joaten da.

Lurra ez da hondorik gabeko zaborrontzia. Hondakinak pilatzeko ahalmen mugatua dauka. Horren ondorioz badi-rudi Japonia eta Europako zenbait lur asetasun-mailara iritsi dela jadanik eta garbiketa sakon baten beharrea aurkitzen direla.

Poluzioaren maila kritikoenak ondoren aipatzen diren inguruneetan kokatzen dira:

- meatz inguruetan



I.X.I.

Ibaietako fauna kaltetzen dute metal astunek

- errepide-sareen inguruan
- ongarriz hornitutako sorroetan
- industrialdeetan
- isurketak jasotzen dituzten lursailetan

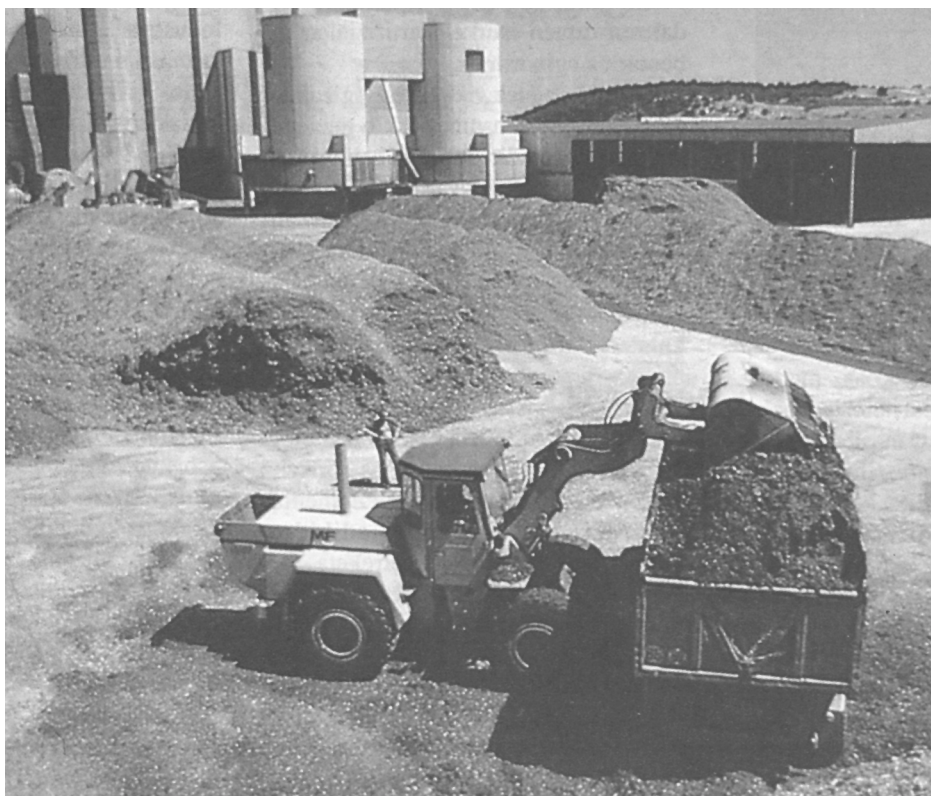
Gizakiak metal astunen ziklo biogenetiko eta kimikoetan izan duen eragina guztiz inportantea da. Sumendietako erupzioak, meteoritoak eta higaduragatiko arkaitzen aldaketa metal astunen jaurtiketa-iturri naturala bada ere, biosferara gizakiak aztarna uzten duten elementuen jaurtiketa guztiz goitik dago.

Poluzio hau atzeraezina dela konturatzeara guztiz garrantzitsua da. Naturan barreiatu diren metalak berreskuratzea, oso zaila da bestalde.

Biosferan sor ditzakeen ondorioak

aurrikustea oso zaila da. Hurrengo belaunaldiengan izan dezaken eraginaz ezer gutxi dakigula aitortu beharra daukagu. Guztion artean sortzen ari garen poluzio-mota hau ikertzaileen eritziz hondakin erradioaktibo eta organikoena biak batera baino kaltegarriagoa litzateke; diluitu eta ur edangarria lortu arte erabili beharko litzatekeen ur-kantitatea kontuan hartzen badugu batez ere.

Gaur egun daukagun informazioa kontutan hartuz, gizakia parametro horiek sistema ekonomikoan eta hazkunde-programetan integratzeko prest ote dagoen jakitea da kontua, hots, ingurunean barreiatutako metal astunen hondakinak benetan gutxiagotzeko prest al gauden jakitea.



Mea ingurutan metal astunen bidezko poluzioa kritikoa da.

BERUNA

Beruna galena forman pilatzen da lurlean. Silikato-hautsen aerosol bolkanikoetan, basoetako suketek barreiatutako kean, itsas gatzetan eta meteoritoetan ere aurkitzen da.



Frantziako ehiztariak tiro bana botata adibidez, 60 tona berun barreiatzen da; toki jakin eta konkretuetan gainera

Ur kontinentaletako azalean dagoen berun-kontzentrazioa $0,5 \mu\text{g/l}$ -koa da eta $0,0015 \mu\text{g/l}$ -koa itsasuretan dagoena. Atmosferan berriz $0,0006 \mu\text{g/m}^3$ -koa dago.

Uretan eta lurlean gertatzen diren berun-isurketa artifizialak, metalurgiako fundizio eta hondakinen erreketa ondo-rio dira bereziki.

Pinturen pigmentuak, karbonato edo berun sulfato basikoak, kable elektrikoan berun-aleaziozko estaldurak eta zenbait intsektizidek, ingurunean barreiatutako berun-kopurua handiagotu egiten dute. Atmosferan gertatzen den poluzioaren iturburu nagusia, erregeaiei antitetonatzaile izan daitezen gehitzen zaion tetraetil berunean datza.

Gizakien zenbait ekintza indibidualek, hala nola ehizak, metal honen hedapena areagotu egiten du. Kartutxo bakoitzak 34 g dituenek, nahikoa litzateke Frantziako ehiztari guztiek tiro bana botatzea 60 tona berun barreiatzeko.

Gizakiak irensten duen berunaren %10 baino ez du gorde-tzen. FAO (Elikadura- eta Nekazaritzarako Erakundea) eta OMEk (Osasunerako Mundu-Erakundea) diotenez, gorputz-pisuaren kilo bakoitzeko mikrogramo baten xurgapena onar daiteke eguneko. Hortik gorako kantitateak metatu egiten dira.

Metal astun honek, dosi handiegia irentsiz gero, saturnismoa eragin dezake. Garai batean ubideak berunezkoak egiten zirenean, maiz gertatzen zen gaixotasun hau.

Isurketa guztiak batuz, berun-jaurtiketa totala $332,4 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa airean, $3,8 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa uretan eta $563,5 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa lurlean izan zen 1983. urtean.

MERKURIOA

Zenbait mineraletan egoera naturalean egon ohi da merkurioa. Mineralen garbiketaren ondorioz, ozeanotako ur kontinentaletan $0,5 \mu\text{g/l}$ eta $3 \mu\text{g/l}$ merkurio bildu ohi da. Sumendi bateko isuriak atmosfera poluitu gabean $0,002 \text{ ppb}$ (bilioiko zati) suposa dezake.

Bi isurketa naturalen iturburu hauei, beste zenbait iturburu artifizial gehitu behar zaio. Zinabrio mineralaren erauzketa eta xigorke-tan landutako metalaren %2 edo %3 askatzen da lurin edo partikula moduan.

Merkurio kloruroa edo fenilmerkurio azetatoa bere toxikotasunaren arabera fungizida bezala erabiltzen da hazien estalduretan eta bakterizida konposatu hauek ez dira berreskuratzen, oso osorik lurlean integratzen direlarik. Industria kimikoak merkurioa erabili eta barreiatu egiten du elektrolisi bidez kloroa edo sodioa lortzeko. Baita azetilenoa binilazetilenoko edo azetilen kloruro transformatzeko ere.

Merkurio metala bere zenbait propietateri esker, asko erabiltzen da neurgailuak eta aparatu elektrikoak fabrikatzeko. Gutxi birziklatuz gero, naturan geratzen da.

Botiken industriak antiseptiko eta diureti-ko organomerkurikoak erabiltzen ditu. Hauen kopuru handiena estoldetara joaten da. Frantzian adibidez, erabilitako pilak

etxeetako hondakinetan aurki daitekeen merkurioaren %93 dira.

Ekosistema urtarretara iristen den merkurio minerala, bakterio bentonikoen bidez merkurio-konposatu bihurtzen da.

Bere egonkortasun eta efektu metatzai-leagatik metilmerkurioa da denetan kaltegarriena.

Mikroorganismoek bildu eta iragazi ondoren, itsasoan gelditu daiteke eta elikadurakateetan metatu eta ondorioz hurrengo kontsumitzailetan kontzentratu.

Foka edo itsas zakurren gibelean adibidez 140 mg merkurio/kg aurkitu izan da.

Osasun-arau internazionalak diotenez, edateko ur eta elikagaietan onar daitekeen merkurio-tasa $0,5 \text{ ppm}$ (milioiko zati) da.

Isurketa guztiak batuz, merkurioaren isurketa totala, $3,6 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa airean, $3,6 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa uretan eta $5,8 \times 10^6 \text{ kg}$ -koa lurlean izan zen 1983. urtean.



Zinabrioaren meatzaritzan %2 galtzen da lurin eta partikula moduan.

KADMIOA

Metal urria da. Egoera naturalean gehienetan zink eta berunarekin nahastuta aurkitu ohi da. Ibai eta itsasoetan gertatzen diren kontzentrazio naturalak litro bakoitzeko mikrogramo batekoak izan ohi dira. Poluitzaile nagusienak mehategiak eta birfindegiak dira. Baita hondakin industrialak, hirietako ur erabiliak, ongarri fosfatatuak eta intsektizidak ere.

Zilar/kadmio-aleaziozko ubide galvanizatuak edo soldatuak, kautxuak eta pneumatikoek (kadmio-oxidoa kautxua bulkanizatzeko erabiltzen da), goiko kutsatzaileen zerrenda luzea areagotzen dute.

Ingurune ureztatueta elementu hau oso azkar transferitzen da sedimentuetara eta izakiek zurgatu egiten dute. Itsas bizitzarentzat merkurioa baino toxikoagoa da. Giblean eta giltzurrintan kontzentratzen da batez ere, baina baita arrainen haragian ere. Hauek guztiz sentikorrek dira elementu honekiko. Kontzentrazio handienak zenbait ostratan izaten dira. Hauek kontzentratzen duten kadmio-proporzioa inguruneko kontzentrazioa baino 300.000 aldiz handiagoa da.

Gizakiak ez du eliminatzen irensten duen kadmiorik eta metaketa honek zenbait ondorio sortez dezake toxikazioa gertatu eta zenbait urtetara. Sor dezakeen gaixotasuna Itai-Itai izenez ezagutzen da eta hezurretan zenbait aldaketa eragin ohi du.

Isurketa guztiak batuz, kadmioaren jaurtiketa, $7,6 \times 10^6$ kg-koa airean, $7,1 \times 10^6$ kg-koa uretan eta $16,7 \times 10^6$ kg-koa lurtean izan zen 1983 urtean.

ARTSENIKOA

Artsenikoa ia sulfuro metaliko natural guztietan aurkitzen da.

Ur kontinentaletako batezbesteko edukina $0,4 \mu\text{g/l}$ -koa da eta $0,5 \text{ mg/kg}$ -koa lurtean. Sumendiena jaurtiketa naturalen %90 da. Gainerakoa basoetako eta zelaietako suketeak eta lurrazpiko zenbait ur eta ur termalen isuriek osatzen dute.



Artsenikoa

Gizakiak elementu honen kontzentrazio handiak osatu zikloa aldatu egiten du. Artsenikoazko konposatuak pestizidatan erabiliz, metal astun honen metaketa eragiten da lurtean gatz disolbaezinen forman. Sodio artseniatoa asko erabiltzen da mahastietan, intsektizida eta fungizida bezala. Hori da ardoan artsenikoaren aztarnak aurkitzearen arrazoia.

Ikatz eta fuelaren erreketak artseniko-kantitate nabarmena askatzen du ingurunera. Konposatu guzti hauek toxikoak dira. Forma inorganikoak dira hala ere kaltegarrienak. Landareek beren sustraietan elementu hau metatzeko joera dute, baina ekosistema urtarretan da arriskutsuena.

Zenbait bakterio eta legamia oso deribatu gaseoso toxiko bilakatu ondoren, hala nola, dimetilartsina eta trimetilartsina, itsas fauna eta landaredian metatzen da: algeek artsenikoa 1000tik 10.000raino aldiz kontzentratzen dute. Arrainetan artsenikoaren kontzentrazioa oso garrantzitsua gertatzen da.

Gizakiak egunero irensten duen artsenikoaren ($25-33 \mu\text{g}$) %5etik %15era zurgatzen du. Edateko uretan onar daitekeen tasa $0,05 \text{ mg/l}$ -koa da.

1983.ean, artsenikoaren jaurtiketa guztien batura $18,8 \times 10^6$ kg-koa airean, $35,3 \times 10^6$ kg-koa uretan eta $68,8 \times 10^6$ kg-koa lurtean izan zen.

KROMOA

Kromoa nahikoa hedatuta dago lurtean. Kromita mineraletik erauzten da gehienbat. Kromoaren edukin naturala uretan $3 \mu\text{g/l}$ -koa da eta lurtean 24 mg/kg -koa. Kutsaduraren iturburu nagusiak galvanoplastika, metalurgia eta siderurgiako piezen ur-korrontezko ureztaketaren ondorio dira.



Ur-hondakin hauek ur-kontinentaletara kromo(VI)zko gatzak garraiatzen dituzte batez ere (gizakiarentzat toxikoenak). Kromoa, korrosio-eragozle bezala erabiltzen da hozketa-dorretako barne-estalduretan. Honek ere kromo(VI)zko isurketa sortzen du.

Larruontzaileek ere kromo(III)a erabiltzen dute ustelketa eragozteko eta ondorioz kantitate handiak jaurtikitzen dituzte.

Nahiz eta metala bera gizakiarentzat kaltegarria izan ez, honen gatz hexabalete eta tribaleteak kaltegarriak dira. Orain arte toxikazio handienak arnasketa bidezkoak izan dira. Kromo(III)ak eragin txikia dauka liseri-aparatuan, baina normalean zurgatzeak ehunetan metarazten du eta azken finean hau arriskutsua izan daiteke. Kromo(VI)ak urdail-hesteetako hodian narriadura sortezaten du.

Europako arauak kromo-tasa onargarria elikagaietan $0,1 \text{ mg/kg}$ eta edateko uretan $0,05 \text{ mg/l}$ -tan ezartzen dute.

Kromoaren isurketa guztien batura, $30,5 \times 10^6$ kg-koa airean, $132,9 \times 10^6$ kg-koa uretan eta $874,4 \times 10^6$ -koa lurtean izan zen 1983. urtean. ██████████