
Skrite nevarnosti uporabe živega srebra z vidika ogrožanja okolja

VARSTVOSLOVJE
letn. 24
št. 1
str. 51–68

Manca Rupnik in Katja Eman

Namen prispevka:

Namen prispevka je predstaviti širše področje rabe živega srebra in prikazati, kako zelo obširna in kompleksna je problematika onesnaževanja s to strupeno kovino.

Metode:

Z metodo analize in deduktivno metodo smo pregledali literaturo, pridobljene podatke preučili in analizirali z vidika ekološke kriminologije. Z deskriptivno metodo smo izpostavili številne vidike negativnega vpliva živega srebra na okolje in ljudi, ki ga ne zaznamo in se ga pogosto sploh ne zavedamo.

Ugotovitve:

Tematika uporabe in vpliva strupenosti živega srebra je izjemno široka in se dotika tako našega vsakdana kot tudi industrije. Čeprav se stroka zaveda, za kako zelo toksično kovino gre, je poizkusov, da bi našli alternative, ki ne vsebujejo uporabe živega srebra, oziroma da onesnaževanje z živim srebrom ne bi bilo stranski produkt industrijskih procesov, zelo malo.

Izvirnost/pomembnost prispevka:

Prispevek je pomemben predvsem z vidika ozaveščanja kot ene izmed nalog ekološke kriminologije. Izpostavljena problematika živega srebra je namreč tema, o kateri se na splošno sicer ne govori veliko in je zato splošna populacija ne dojema kot problem, ki potrebuje več pozornosti, intenzivnejše soočanje in reševanje izzivov z različnih področij. Če pa pride do kontaminacije ali zastrupitve z zaužitjem, so posledice velikokrat hude, lahko tudi usodne.

Ključne besede: živo srebro, ogrožanje okolja, ekološka kriminologija, Slovenija

UDK: 504.5:546.49

Hidden Dangers of the Mercury Use from the Environment Endangering Perspective

Purpose:

This paper aims to present the wider field of mercury use and show how extensive and complex the problem of pollution with this toxic metal is.

Design/Methods/Approach:

The literature review was conducted by the deductive method. Data was examined from the green criminology perspective. Using the descriptive approach, we highlighted many aspects of the negative impact of mercury on the environment and people that we do not perceive and are often not even aware of.

Findings:

The topic of the use and impact of mercury toxicity is extensive and touches on our everyday lives as well as industry. Although the profession is aware of how highly toxic the metal is, there are very few attempts to find alternatives that do not involve the use of mercury or that mercury pollution is not a by-product of industrial processes.

Originality/Value:

The article is essential mainly from the point of view of awareness as one of the tasks of green criminology. The issue of mercury is a topic that is not discussed much in general and is therefore not perceived by the general population as needing more attention, more intensive confrontation and solving challenges in various fields. However, if contamination or ingestion poisoning occurs, the consequences are often severe and fatal.

Keywords: mercury, environment endangering, green criminology, Slovenia

UDC: 504.5:546.49

1 ŽIVO SREBRO V (NARAVNEM) OKOLJU

Živo srebro je kemijski element s simbolom Hg in vrstnim številom 80 ter je v periodnem sistemu med prehodnimi kovinami. V naravnem okolju ga najdemo v različnih oblikah, in sicer v škrlatno rdeče obarvanem mineralu cinabaritu (HgS) in v elementarnem stanju (Hg^0), ki je v obliki srebrnih kapljic. Živo srebro je namreč edina kovina, ki je pri sobni temperaturi v tekočem agregatnem stanju, kar pomeni, da je pri teh razmerah nekovna. Kljub temu je zaradi svojih lastnosti to izredno uporabna kovina. Ima zelo nizko tališče, in sicer pri temperaturi $-38,9$ °C, njegovo vrelišče pa je pri $356,6$ °C. Je najbolj hlapna kovina, saj hlapi že pri sobni temperaturi, pri čemer tvori plin, ki nima vonja in barve (Padovan, 2005). V primerjavi z drugimi kovinami slabo prenaša toploto, vendar pa je dober prevodnik električne energije in je zelo gosta (Lenntech, n. d.). Pomembna lastnost živega srebra je tudi, da lahko z njim tvorimo amalgame – zlitine živega srebra z eno ali več drugih kovin, ki nastane pri postopku amalgamacije. Amalgam se

lahko tvori z živim srebrom in večino kovin, izjeme so le železo, kobalt, nikelj, platina, volfram in tantal. Ključni razlog, da s temi elementi ni mogoče tvoriti amalgamov, je, da so vezi med njihovimi atomi zelo močne in preprečujejo živemu srebru, da bi razpršil njihovo mrežo (Helmenstine, 2020).

Živo srebro obstaja v naravi v številnih kemijskih oblikah. V svojem osnovnem stanju je pri sobni temperaturi tekočina, vendar pa ni običajno, da ga v takšni obliki najdemo tudi v naravi. Po navadi je v naravnem okolju razpršen v zelo nizkih koncentracijah v tleh, usedlinah, vodah, ozračju ter v rastlinah in živalih (Ministry for the Environment [MfE NZ], 2019). Marnane (2018) našteje tri glavne pojavnne oblike živega srebra, ki pa niso enako škodljive, in sicer elementarno ali kovinsko živo srebro, inorgansko ter organsko živo srebro. Iz teh pojavnih oblik kovina nato prehaja v naravni cikel. Proces prehajanja živega srebra v naravno okolje delimo na naravne in antropogene vire. Med naravne vire spadajo naravni pojavi, kot so geotektonske dejavnosti, vulkanski izbruh in izhlapevanje kovine iz rude z višjimi koncentracijami živega srebra (Padovan, 2005). Ti pojavi so najpogostejši na mejah tektonskih plošč, ki so na območjih 26 živosrebrnih pasov. Največ nahajališč je strnjenih na dveh največjih pasovih, in sicer na mediteranskem pasu, ki se razteza od Evrope do Azije in poteka prek Španije, Italije, Alžirije, Slovenije, Turčije, Mongolije in Kitajske, kjer so tudi največji rudniki živega srebra na svetu, in na pacifiškem ognjenem obroču, ki poteka po zahodnem robu Južne, Srednje in Severne Amerike, preko Aljaske do Japonske in vse do Nove Zelandije (United Nations Environment Programme [UNEP], 2010).

Pri antropogenih virih živega srebra gre za človeško delovanje, torej umetne procese, kamor spadajo (Padovan, 2005):

- Rudarstvo in predelava rud: pridobivanje in predelava kovin, izkopavanje, sortiranje in taljenje živosrebrne rude, ostanki iz žgalnic in jalovina ter metalurška industrija.
- Atmosferske emisije: predelava in sežig komunalnih odpadkov, izgorevanje fosilnih goriv in izpušnih plinov.
- Industrija: klor-alkalna industrija, proizvodnja vinilklorida, električna industrija, izdelava termometrov in barometrov, papirna industrija, kozmetična industrija, proizvodnja barvil, industrija cementa.
- Odlaganje odpadkov: kanalizacija in odpadna voda.
- Poljedelstvo: gnojila in pesticidi.

Ob vstopu živega srebra v naravno okolje se sproži tudi postopek preoblikovanja kovine med različnimi stanji, ki ga povzročajo naravne ali antropogene dejavnosti. Sama količina kovine se pri spreminjanju oblike ne poveča ali pomanjša, saj je živo srebro element, ki ga ni mogoče ustvariti ali uničiti (MfE NZ, 2019). Prav zaradi svojih specifičnih kemijskih lastnosti je tudi izredno obstojna kovina. Ko enkrat emitira v naravno okolje, potrebuje stoletja, da preneha krožiti med ozračjem, vodnim okoljem in tlemi, med tem pa vpliva tako na okolje kot tudi na ljudi. Obstojnost kovine v naravi celotno problematiko naredi še bolj kompleksno.

V naravnem ciklu živega srebra primarne emisije izvirajo iz območij, ki so naravno bogata z živim srebrom in so povezana z geološkimi dejavniki. Selin (2009) ocenjuje doprinos naravnih virov k skupni količini emisij živega

srebra v okolje, ocenjen na 500 Mg (megagramov) na leto, medtem ko se ocene neposrednih antropogenih emisij kovine gibljejo med 2.200 in 4.000 Mg na leto. Na podlagi raziskav, ki so bile izvedene z vzorci jezerskih sedimentov, je bilo ugotovljeno, da je današnja količina živega srebra v okolju od tri- do petkrat večja kot v času pred industrializacijo. To pomeni, da je človek s svojim delovanjem znatno povečal količino živega srebra v okolju. Zato je poznavanje razlike med naravnimi in antropogenimi viri živega srebra ključno za razumevanje obsega in resnosti človekovega vpliva na njegov naravni cikel.

Živo srebro so ljudje uporabljali že stoletja v umetnosti, znanosti, religiji, medicini, kmetijstvu in različnih industrijskih aplikacijah. Njegove kemične in fizikalne lastnosti omogočajo, da ga je človek lahko uporabi in ga še danes uporablja v zelo različne namene. Vendar pa je živo srebro tudi izredno strupeno (Government of Canada, 2010). Za najstarejši primer zastupitve z živim srebrom veljajo 5000 let stara človeška okostja, ki so jih odkrili v Španiji in na Portugalskem. Posmrtni ostanki pripadajo 370 posameznikom s 23 arheoloških najdišč, ki so živeli v času neolitika in bakrene dobe. Rdeč prah, ki so ga pridobili z zdrobljenega cinabarita, so uporabljali kot pigment v barvah in ga uživali kot zdravilo, kar je rezultiralo v neobičajno velikih količinah živega srebra v njihovih telesih (Emslie idr., 2021). Znanstveniki so strupenost živega srebra začeli preiskovati šele v 50. in 60. letih 20. stoletja, ko je bilo tudi uradno dokazano, kako močan negativen vpliv imajo antropogene emisije živega srebra na okolje in zdravje ljudi. Običajni simptomi, ki se ob zastupitvi pojavijo pri človeku, so pomanjkanje koordinacije, mišična oslabelost, propadanje živcev, težave s sluhom, vidom in hojo (Government of Canada, 2010). Sprva je bila izrazitejša kontaminacija z živim srebrom omejena na območja rudnikov in topilnic. Skozi leta se je uporaba kovine večala, s tem pa tudi količine emisij, ki lahko z vodnimi in zračnimi tokovi prepotujejo velike razdalje od vira izpusta (Parsons in Percival, 2005). Posledično se je razširila tudi kontaminacija okolja, živali in ljudi. Na tej točki pa lahko že govorimo o ekološki kriminaliteti, ki jo je Clifford (1998) definiral kot dejanje, ki zagotavlja posel in hkrati namerno škodi oz. povzroča škodo ekološkim in biološkim sistemom, medtem ko jo Brack (2002) dojema kot kršenje zakov in pravil posameznikov, skupin in podjetij, ki urejajo področje varstva okolja zaradi svojega udobja, dobička ali moči. Na problematiko tovrstnih pojavov pa med drugimi opozarja tudi ekološka kriminologija, veda o ogrožanju in varstvu okolja. Ekološka kriminologija je družboslovna veda, ki uporablja multidisciplinarni in interdisciplinarni pristop pri raziskovanju kaznivih dejanj zoper okolje, povzročene okoljske škode, okoljevarstvene zakonodaje in predpisov, ukrepov za zaščito okolja in družbenih odzivov na povzročene kršitve (Eman in Meško, 2012, str. 43). Pri tem je treba izpostaviti, da je življenje in delo v čistem in zdravem okolju ena izmed človekovih pravic in dobrin ter ga je zato kot takega treba varovati.

Dandanes vemo, kakšno je trenutno stanje na področju izpostavljenosti okolja, kinetike in biomonitoringa, kakšen vpliv ima živo srebro na razvoj otrok, na genetsko determinanto, zdravje odraslih in splošno populacijo, na rudarje v obrtnem rudarstvu in kopanju zlata v majhnem obsegu, kako velik problem je, ko pride do njegove uporabe v zobozdravstvu in cepivih. Imamo Konvencijo

Minamata o živem srebru (»Zakon o ratifikaciji Konvencije Minamata o živem srebru [MKMŽS]«, 2017), ki jo je Evropska unija podpisala oktobra 2013, ratificirana je bila 18. maja 2017. S tem se je evropska skupnost zavezala k njenemu izvajanju v vseh državah članicah (European Commission, n. d.) in nam določa mednarodna pravila za celotno področje, to pa sega od pridobivanja kovine, uporabe, transporta do ureditve upravljanja z živosrebrnimi odpadki (Ha idr., 2017). Vendar sta trenutna poraba živega srebra v raznih industrijskih procesih in živosrebrne emisije, ki jih človek emitira v okolje precej nejasna, zato je namen pričujočega članka ne samo razložiti, zakaj je ta kovina tako problematična z vidika vpliva na ljudi in naravno okolje, ampak tudi prikazati, kako pogosto jo človek še danes uporablja, kako se njena uporaba povezuje s kriminaliteto in s kakšnimi izzivi se soočamo, ko prihaja do poizkusov opuščanja rabe živega srebra in zmanjšanju živosrebrnih emisij ter kako uspešna je svetovna javnost pri tovrstnih prizadevanjih.

Izredni problem predstavlja onesnaževanje z živim srebrom. Pri tem ni nujno, da največje emisije povzročajo dejanski uporabniki kovine. Nekateri obrati v svojih postopkih ne uporabljajo živega srebra, vendar je le-to prisotno v surovinah in gorivih. V tem primeru govorimo o nenamernih izpustih. Drugi največji svetovni onesnaževalec z živim srebrom, ki proizvaja nenamerne emisije, je izgorevanje premoga. Ta predstavlja skoraj četrtino oziroma 24 % vseh živosrebrnih izpustov, sledita mu proizvodnja kovin (13 %) in proizvodnja cementa (9 %) (Marnane, 2018).

Premog zaradi velike energijske vrednosti v veliki meri uporabljajo pri proizvodnji električne energije v termoelektrarnah. Danes njegova uporaba zagotavlja proizvodnjo približno 40 % svetovne električne energije, predvsem v državah v razvoju (Hanania idr., 2019). Za obdobje med letoma 2016 in 2040 je napovedano zmanjšano povpraševanje po premogu v ZDA in Evropi, znatno povečanje povpraševanja pa je napovedano v Indiji in drugih azijskih državah, kar bi lahko povečalo povpraševanje za 30 %. Tako so možnosti zmanjšanja emisij v proizvodnji električne energije, kamor med drugim spada tudi onesnaževanje z živim srebrom, precej slabe. Edina možnost, da se razmere izboljšajo, je zamenjava goriv ali tehnologij, ki se trenutno uporabljajo za proizvodnjo električne energije (Marnane, 2018).

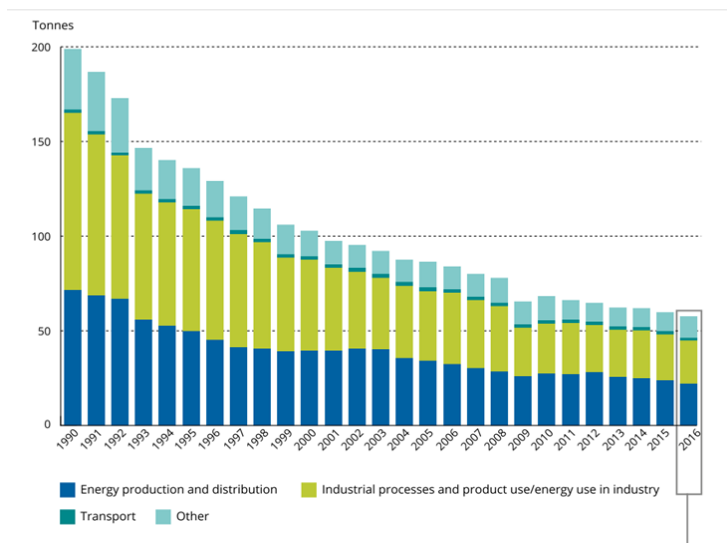
Na drugi strani imamo emisije, ki zaradi različnih področij človeškega delovanja preidejo v vodno okolje. Tisto živo srebro, ki ne emitira v ozračje, največkrat preide v vode neposredno, skozi izpiranje ali pa preperevanje odpadnih materialov, ki vsebujejo strupeno kovino. Največji onesnaževalec voda na svetu je obrtno rudarstvo in kopanje zlata v majhnem obsegu, sledita mu termoelektrarne na premog in pranje premoga (United Nations Environment Programme [UNEP], 2018). Vendar raziskave na tem področju niso tako številne in poglobljene, kot so tiste o izpustih v ozračje. Ob prvem poskusu leta 2013, da bi ocenili količine živosrebrnih izpustov v vodo, so prišli do ugotovitev, da se letne emisije gibljejo nekje med 42 in 582 tonami. Izrazito nenatančnost ocene pripisujejo pomanjkanju podatkov. Vseeno lahko na tej podlagi predvidimo, da bo trend izpustov podoben emisijam v zrak (Marnane, 2018).

Iz navedenega izhaja, da je polje uporabe in vpliva strupenosti živega srebra izjemno široko in se tako dotika tako našega vsakdana kot tudi industrije. Namen prispevka je analizirati in prikazati, kako zelo obširna in kompleksna je problematika onesnaževanja z živim srebrom. V prispevku je najprej predstavljen pregled pojavnosti živega srebra v okolju, potem pa podrobno predstavljena njegova uporaba v industriji. Avtorici v poglavju o vplivu živega srebra na živa bitja na splošno in v Sloveniji prikažeta in opozorita na (skrite) nevarnosti (upo)rabe živega srebra z vidika ekološke kriminologije in njene zavezanosti k zaščiti okolja in ljudi. V zaključku avtorici skozi naloge ekološke kriminologije varovati okolje in živa bitja problematizirata ugotovitve in predlagata rešitve z ozaveščanjem na prvem mestu.

2 UPORABA ŽIVEGA SREBRA DANES

Zadnja desetletja se bolje zavedamo, kakšne negativne učinke povzroča živo srebro našemu zdravju, vendar ga še vedno uporabljamo na številnih področjih. Iz podatkov, pridobljenih leta 2019, lahko razberemo, da po količini uporabljene kovine znatno izstopata območji vzhodne in južne Azije, kjer uporabljajo živo srebro v proizvodnji vinilklorid monomera (obrtno rudarstvo in kopanje zlata v majhnem obsegu (ang. *Artisanal and Small-Scale Gold Mining [ASGM]*)) ter v baterijah. V Južni Ameriki in na Karibih ter v Podсахarski Afriki prevladuje uporaba kovine v proizvodnji zlata, medtem ko se v Evropski uniji, SND (Skupnost neodvisnih držav) in ostalih evropskih državah uporablja predvsem v kloralkalni industriji. Manjši so deleži, kjer se živo srebro uporablja v zobozdravstvu za amalgamske zalivke, v merilnih in kontrolnih napravah ter v elektronskih in električnih napravah (GRID Arendal, 2019).

Slika 1:
Emisije živega srebra v Evropi med letoma 1990 in 2016 (vir: Marnane, 2018)



S slike 1 je razvidno tudi konstantno upadanje evropskih emisij živega srebra in ozračje, ki sledi trendu vedno manjše uporabe živega srebra v Evropi. V zadnjih

tridesetih letih so se izrazito zmanjšale in so bile leta 2016 v primerjavi z letom 1990 manjše kar za 71 %. Leta 2010 so emisije, proizvedene v Evropi, tvorile okoli 4,5 % svetovnih izpustov živega srebra, pri čemer sta bila glavna onesnaževalca proizvodnja električne energije in industrijska dejavnost, kamor spadajo tudi proizvodnje železa, jekla in cementa (Marnane, 2018).

Vendar pa se na globalni ravni v zadnjih desetih letih poraba živega srebra povečuje, za kar sta zaslužna ASGM in proizvodnja vinilklorida. Od leta 2015 je za 38 % višja, kar pomeni 3.415 ton večjo porabo. Vseeno moramo biti pazljivi, ko delamo take primerjave, saj se med trenutno proizvodnjo rudarstva in povpraševanjem kažejo vrzeli (Science for a Changing World [USGS], 2020).

2.1 Obrtno rudarstvo in kopanje zlata v majhnem obsegu

ASGM ali obrtno rudarstvo in kopanje zlata v majhnem obsegu je industrijska panoga, pri kateri se pridobiva zlato s pomočjo živega srebra. Ta način pridobivanja zlata uporabljajo posamezni rudarji in majhna podjetja z omejenim kapitalom. Rudarji za ta postopek uporabljajo elementarno živo srebro, ki ga dodajo zemlji ali usedlinam. V postopku živo srebro z zlatom tvori amalgam, s čimer ločijo jalovino od zlata. Skupek kovin, ki pri tem nastane, nato žgejo na visoki temperaturi z uporabo odprtega plamena, gorilnikov in drugih sredstev, ki se močno segrejejo. S tem živo srebro izpari in ostane le zlato (Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Peruvian Amazon, n. d.) Metoda je pri rudarjih priljubljena zaradi več razlogov. Živo srebro je dobro dostopno in razpoložljivo, postopek je preprost, zlato je proizvedeno v zelo kratkem času, poleg tega imajo rudarji zaradi neformalnosti manjše odgovornosti za nevarne posledice (Zolnikov, 2012).

Dejavnost, s katero pridobivajo zlato s pomočjo živega srebra, se izvaja po vsem svetu. Države, ki porabijo največ živega srebra za potrebe ASGM, so Kolumbija, Ekvador, Peru, Bolivija in Brazilija v Latinski Ameriki, Sudan in Tanzanija v vzhodni, ter Gana, Burkina Faso in Nigerija v zahodni Afriki, Kitajska v vzhodni ter Filipini in Indonezija v jugovzhodni Aziji (United Nations Environment Programme [UNEP], 2020). Čeprav je ASGM zelo razširjena industrijska panoga, ima tudi nekaj zelo perečih problemov. V prvi vrsti velja ASGM za največjega globalnega onesnaževalca z živim srebrom. S študijami so ugotovili, da se za vsak kilogram pridobljenega zlata v naravo izpusti 1,3 kg živega srebra. Po podatkih UNEP iz leta 2011 v naravno okolje preide okoli 1.400 ton živega srebra letno (International Institute for Sustainable Development [IISD], 2018).

Dejavnost pa ni nevarna le za okolje, ampak tudi za 100 milijonov ljudi, ki delajo v tej panogi in so proizvedli okoli 25 % vsega svetovnega zlata (The Global Initiative Against Transnational Organized Crime [GITOC], 2016). Ima namreč izredno negativen učinek na zdravje populacije, saj se med postopkom amalgamacije živo srebro vdihuje, požira in se v telo absorbira preko kože (IISD, 2018). Kljub temu velika večina delavcev nima dostopa do zaščitne opreme in so tehnično pomanjkljivo usposobljeni. Njihov nizki socialnoekonomski status je glavni dejavnik za slabo doslednost pri spremljanju variacij stopnje obolevanja in smrti, ki so posledice uporabe živega srebra (Pan American Health Organization [PAHO], 2017; Zolnikov, 2012).

Druga težava je neformalnost dejavnosti. Večina, kar 70–80 % takšnih obrtnih dejavnosti, je neformalnih, kar pomeni, da poteka izven področja uporabe vladnih predpisov. Zaradi neformalnosti dela se posledično pojavi problem organizacije in izobraževanja delavcev, vlaganja v tehnološke in socialne rešitve ter učinkovitosti prizadevanj, da bi se pri procesu zmanjšala uporaba živega srebra. Zaradi tega je sektor tudi bolj dovzeten za korupcijo in vpliv kriminalitete (Planet gold, n. d.).

Kriminalne dejavnosti so opazne tudi pri transportu živega srebra. Okoli polovica omenjene kovine se v države Latinske Amerike, vzhodne in jugovzhodne Azije ter zahodne in vzhodne Afrike uvozi ilegalno (UNEP, 2020). Med seboj se ne ujemajo tudi nekateri podatki o uvozu in izvozu kovine, ki jih države poročajo EU. Države Maroko, Kolumbija, Argentina in Indija so leta 2015 poročale o uvozu živega srebra iz EU, čeprav tega EU ni prijavila kot izvoz, saj je ta prepovedan (Maxson, 2017). Znan je tudi primer nemškega podjetja Dela GmbH, ki je specializirano za recikliranje in odstranjevanje živega srebra. Med letoma 2011 in 2014 je bilo podjetju za odstranjevanje poslanih približno 1.000 ton živega srebra, ki ga družba Dela ni odstranila, ampak ga je prodala naprej pod pretvezo, da tovari nevarne odpadke. Večina tega živega srebra je bilo kasneje uporabljene v industriji pridobivanja zlata. Podjetje Dela je do konca leta 2014 izvozilo najmanj 810 ton živega srebra in zaslužiло približno 40 milijonov ameriških dolarjev (Maxson, 2017).

Omenjeni problemi so tesno povezani tudi z nezakonitim pridobivanjem zlata in organiziranimi kriminalnimi združbami. V Peruju in Kolumbiji je vrednost izvoženega zlata celo preseгла vrednost izvoženega kokaina, pri čemer sta to državi, ki na svetovni ravni proizvedeta največ te droge. Obseg nezakonite proizvodnje zlata je močno podcenjen. Samo v Kolumbiji je nezakonito pridobljenega kar 80 % vsega zlata. Hkrati je nezakonito rudarjenje tudi najlažji in najdonosnejši način pranja denarja v kolumbijski mreži preprodaje drog. Obenem se v rudnikih, ki so pod neposrednim nadzorom organiziranih kriminalnih skupin, poveča tudi tveganje, da so delavci v teh obratih del trgovine z ljudmi. Podvrženi so prisilnemu delu v izredno težkih razmerah, brez delovne opreme in varnostnega usposabljanja. V prisilno delo so vključeni številni otroci. Glede na dostopne podatke približno 20 % otrok v industriji ASGM dela za odrasle, ki niso njihovi starši. Obstaja tudi močna povezava med nezakonitim pridobivanjem zlata in spolnim izkoriščanjem. V primerih velikih migracij moških na ta območja se poveča povpraševanje po spolnih storitvah, posledica pa je novačenje žensk in deklic za namene prostitucije (GITOC, 2016).

2.2 Klor-alkalna industrija

V klor-alkalni industriji se za proizvodnjo klora (Cl_2) in alkalijskega natrijevega hidroksida (NaOH) ali kalijevega hidroksida (KOH) uporablja postopek elektrolize. Pri pridobivanju le-teh se lahko uporabljajo trije različni postopki, in sicer postopek z diafragemsko celico, membransko celico in živosrebrno celico. Živo srebro se uporablja le pri živosrebrni celici oziroma pri Castner-Kellner procesu, kjer je za postopek potrebna živosrebrna katoda (The European Trade

Union Institute [ETUI], 2001; Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo [FKKT UM], n. d.).

V Evropi je bilo do konca 90. let prejšnjega stoletja z živosrebrnimi celicami proizvedenih 55 % vsega klora, medtem ko je v Združenih državah Amerike (ZDA) prevladovala tehnika z diafragemsko celico, s katero so proizvedli 75 % klora, na Japonskem pa 90 % klora z membransko celico (Garcia-Herrero idr., 2017). Iz podatkov lahko razberemo, da je bila največja težava pri uporabi živega srebra v namene klor-alkalne industrije v Evropi. Vendar je EU s prizadevanjem, da bi zmanjšala uporabo živega srebra dosegla, da so se vsi klor-alkalni obrati, ki so v procesu uporabljali to kovino do leta 2019 ustavili oziroma uvedli alternativni postopek. Tako je uporaba membranske celice, ki je v letu 2001 predstavljala le 19,9 % evropske proizvodnje klora, do leta 2019 predstavljala kar 83,3 % proizvodnje (Euro Chlor, 2020). Drugje po svetu pa so se v skladu s Konvencijo Minamata o živem srebru države, ki so konvencijo ratificirale, zavezale k temu, da klor-alkalne obrate, ki uporabljajo živosrebrno celico, zaprejo do leta 2025 (World Chlorine Council, 2021).

2.3 Zobni amalgam

Podatki o prvi uporabi amalgamskih zalivk izvirajo s Kitajske že iz leta 659, v Evropi so jih začeli uporabljati šele leta 1528, v 19. stoletju pa so postale zelo razširjene. V ZDA se je sredi 19. stoletja začelo razpravljati o negativnih vplivih, ki jih imajo zalivke na zdravje ljudi, leta 1991 sta ameriški Inštitut za zobozdravstvene raziskave in Uprava za hrano razglasila, da zalivke ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi, kar je kasneje leta 2008 potrdil tudi Znanstveni odbor Evropske komisije. Ta vidik ostaja nespremenjen, čeprav so zaradi potrjenega nevarnega učinka na ljudi in okolje začeli odgovorni močno omejevati splošno uporabo živega srebra. Uporabo zobnega amalgama sta do zdaj prepovedali le Švedska in Norveška. V Sloveniji nam po osnovnem zdravstvenem zavarovanju pripada zalivka iz fosfatnega materiala pri sprednjih zobeh, pri stranskih pa se še vedno uporablja amalgame (Slokar in Bilban, 2016).

V letu 2010 so na svetovni ravni med izdelki po porabi živega srebra prevladovali zobni amalgami, ožičenje oziroma merilne naprave ter baterije. V Evropi je amalgam postal glavni porabnik živega srebra potem, ko so se dokončno ukinili klor-alkalni obrati. Leta 2010 je bilo v zobozdravstvene namene uporabljenih približno 75 ton živega srebra, vsako leto pa okoli 50 ton te kovine postane odpadke samo v okviru zdravstvenih storitev (Publications Office of the European Union, 2017).

2.4 Elektronski odpadki in živo srebro

Živo srebro se uporablja tudi v elektronskih napravah. Težava nastane, ko se prenehajo uporabljati in postanejo elektronski odpadki (e-odpadki). Toksini iz e-odpadkov na odlagališčih iztekajo v tla in vodo, s sežiganjem pa prehajajo v ozračje. Živo srebro pri tem spada med tri glavne onesnaževalce, ki jih vsebujejo e-odpadki (Gabršček, 2021).

Čeprav je v vsaki enoti elektronskih naprav živega srebra malo, približno 2–10 mg na opremo, ko pogledamo celotno količino e-odpadkov, ki jih proizvedemo, ti predstavljajo približno 22 % svetovne porabe živega srebra. V glavnem se v mnogih državah, predvsem razvitejših, uporaba živega srebra v elektronskih napravah opušča. Proizvajalci se trudijo uporabo te kovine zmanjšati ali zamenjati z okolju nenevarnimi alternativami, potrošnike pa spodbujajo k nakupu naprav, ki ne vsebujejo nevarnih snovi. Pri nekaterih električnih in elektronskih napravah, kot so fluorescentne žarnice, pa alternative, ki ne vsebujejo živega srebra, ne obstajajo. Eden od ukrepov, ki so jih zato uvedle razvitejše države, je, da so določile maksimalno količino živega srebra v napravah, da bi bila ta čim manjša. Vseeno se količina e-odpadkov, ki vsebujejo živo srebro, še vedno povečuje (Honda in Li, 2008).

3 VPLIV ŽIVEGA SREBRA NA OKOLJE

Živo srebro v atmosferi in tleh nima tako velikega neposrednega vpliva na ljudi in živali. Kovina v vodnem okolju pa je precej bolj tvegana, saj se v vodi živo srebro pretvori v metil živo srebro. Ta deluje na način dolgotrajne zaloge, kar pomeni, da je postopek izločanja počasnejši od vnosa (Marnane, 2018). Tako se kopiči v organizmih v procesu, imenovanem bioakumulacija, kjer se koncentracija onesnaževalca poveča že na prvi stopnji prehranjevalne verige, na primer v planktonu. Temu procesu sledi biomagnifikacija, ki se zgodi, ko se vsebnost onesnaževalca povečuje od enega do drugega člena prehranjevalne verige, torej med plenilskimi vrstami živali. Koncentracija polutanta se povečuje, ko se pomikamo navzgor po prehranjevalni verigi; ko plenilske živali jedo plen, ki že ima živo srebro v svojem telesu, bo plenilec, ki je v prehranjevalni verigi najvišje, imel tudi največje koncentracije te kovine v organizmu (University of Miami, 2012). Čeprav je običajno, da imajo vsa živa bitja v telesu določeno raven živega srebra, so organizmi, pri katerih je ta raven povišana, bolj dovzetni za resne zdravstvene težave, ki jih povzročajo izpostavljenost tej kovini (World Health Organization, 2017).

3.1 Vpliv živega srebra na živali

Živo srebro ima številne negativne učinke na živali, saj v svoji življenjski dobi skozi bioakumulacijo vpliva na njihovo vedenjsko, nevrokemično, hormonsko in reprodukcijsko področje (Selin, 2009).

Pri živalski vrsti navadni mačji morski pes (lat. *Elasmobranchii Scyliorhinus Canicula*) so z raziskavami vzorcev, vzetih iz raznih tkiv živali, ugotovili, da je najvišja koncentracija živega srebra v mišicah. Raven kovine je bila povečana tudi pri samicah v laktaciji, kar kaže, da je razmnoževanje pomemben dejavnik, ki vpliva na njeno kopičenje pri tej vrsti morskih psov. Zaradi proizvodnje jajčec in razvoja zarodka imajo samice večje potrebe po energiji, ki jo zagotovijo s povečanim vnosom hrane, pri čemer se poveča tudi raven kovine v organizmu (Coelho idr., 2010). Ker je navadni mačji morski pes jajčeroj, je prenos živega srebra na mladiča omejen. Pri drugih vrstah, kjer so mladiči živorojeni, se polutanti

prenašajo s hrano, ki prihaja od matere. S tem pride do procesa odlaganja živega srebra z mame na mladiča, pri čemer se koncentracija onesnaževalca v organizmu matere zniža (University of Miami, 2012).

Ugotovljeno je, da imajo morski sesalci težave s trendom odlaganja strupene kovine na potomstvo. S testiranjem vzorcev maščob kitov ubijalcev (lat. *Orcinus orca*), ki so nasledli na obali Japonske, so bile ugotovitve podobne. Večje količine živega srebra so zaznali v telesih mladičev kot pri samicah v laktaciji. Sicer pa še vedno ni znano, kakšne posledice ima povišana raven kovine na zdravje in razmnoževanje kitov, domnevajo, da bi to lahko bil eden od razlogov za njihovo nasedanje (University of Miami, 2012).

Pri pticah je najbolj raziskan vpliv kovine na reprodukcijo, kjer je bilo ugotovljeno, da kovina drugače vpliva na različne vrste ptic. Whitney in Cristol (2017) menita, da se pri triprstih galebih (lat. *Rissa tridactyla*) posledica izpostavljenosti živemu srebru kaže v zmanjšani pogostosti razmnoževanja, zmanjšuje število jajc in kasneje preživi manj potomcev. Na drugi strani pa imajo velike sinice (lat. *Parus major*) večja legla, čeprav se koncentracije živega srebra v njihovi krvi niso bistveno razlikovale. Negativen vpliv kovine na ptice se tako lahko odraža tudi v negativni stopnji rasti določenih vrst. Pri dveh vrstah severnih ptic govnačk so raziskave pokazale, da koncentracija živega srebra, ki se v organizmu biomagnificira v času enega leta, že vpliva na število mladičev, ki bodo odrasli v naslednjem letu. Trend je dovolj močan, da v prihodnosti pričakujejo znaten upad deleža predstavnikov teh dveh vrst. Negativni učinki živega srebra se kažejo tudi v vedenju ptic. Pri določenih vrstah je bilo zaznati manj poskusov gnezdenja, več parjenja med predstavniki istega spola, ena izmed vrst pa je celo kanibalizirala svoje potomce (Whitney in Cristol, 2017).

Izpostavljenost ni omejena le na živali, ki se prehranjujejo z ribami in drugimi morskimi organizmi, ampak vpliva tudi na druge organizme. Pri netopirjih so na severozahodu ZDA zaznali velike količine živega srebra, ki ga zaužijejo preko žuželk in pajkov. Ti namreč uživajo liste rastlin, na katere se iz ozračja odlagajo emisije iz termoelektrarn na premog (Publications Office of the European Union, 2017).

To so le nekateri primeri vpliva živega srebra na živali. Marnane (2018) opozarja, da je kljub temu obseg vpliva te kovine še vedno precej slabo razumljen in raziskan, saj se študije običajno bolj osredotočajo na to, kako ta vpliva na človeka, čeprav lahko odmerki, ki so precej pod smrtonosno ravnijo, še vedno občutno vplivajo na zdravje živali. Iz tega lahko sklepamo, da je vpliv živega srebra na dobrobit živali enak, če ne celo večji kot njegov vpliv na človeško populacijo.

3.2 Vpliv živega srebra na ljudi

Tudi ljudje so, tako kot živali, živemu srebru izpostavljeni skozi gospodarske dejavnosti in preko hrane, ki je pridobljena v okolju s povečano koncentracijo kovine (World Health Organization, 2017). Simptomi, ki se pokažejo v primeru zastrupitve s to kovino pri odraslih, so lahko težave s sluhom, pomanjkanje koordinacije, mišična oslabeledost, propadanje živcev v rokah in obrazu, težave s hojo in poslabšanje vida. Pri izpostavljenih otrocih pride do zamude osvajanja

finih motoričnih sposobnosti, kognicije, razvoja govora in jezika ter vizualnega in prostorskega zavedanja. Zastrupitev lahko privede tudi do dolgoročnih, včasih tudi trajnih nevroloških sprememb, kar je posebej nevarno za otroke, ki se še razvijajo (Cherney, 2018). Težava pri tem je, da so takšni simptomi običajni tudi pri drugih boleznih in bolezenskih stanjih, zato je v primeru zastrupitve z živim srebrom zelo težko postaviti pravo diagnozo (Intech Open, 2018).

Poznamo več bolezni, ki nastopijo kot posledica zastrupitve z živim srebrom. Najbolj znana je minamatska bolezen, ki jo povzročata metil živo srebro in poškoduje predvsem centralni živčni sistem. Ob zastrupitvi se pokažejo različni simptomi, kot so senzorične motnje v okončinah, krčenje vidnega polja in moteno očesno gibanje ter poškodbe ploda, če so bile matere med nosečnostjo izpostavljene živemu srebru (Ministry of Environment GOJP [MOE GOJP], n. d.). Podobne simptome ima tudi Hunter-Russellov sindrom, ki ga prav tako povzročata metil živo srebro (Hachiya, 2006). Sindrom bolnih stavb (ang. *sick building syndrome*) je bolezen, ki je prvič omenjena v 70. letih 20. stoletja, ko so zaposleni na delovnih mestih začeli kazati različne simptome, kot so glavoboli, vrtoglavica, srbeče oči in koža ter suh kašelj, ki se lahko stopnjujejo v utrujenost, težave s koncentracijo in osebnostne spremembe. Dejavnikov, ki povzročajo sindrom, je več, med njimi pa najdemo tudi živo srebro (Babatsikou, 2011).

Ko pride do zastrupitve s to kovino pri otrocih, sta bolj znana sindrom tihega otroka, pri katerem zastrupitev z metil živim srebrom povzroči možganske poškodbe, zaradi katerih dojenčki ne jokajo, kar je tudi glavni simptom, po katerem je bolezen dobila ime, ter akrodinija (rožnata bolezen), ki je bila najbolj razširjena v prvi polovici 20. stoletja, ko so živosrebrov klorid dodajali plenicom, pudru za dojenčke in prahu za omilitev bolečine pri rasti zob. Zanj je značilna visoka vročina, izpuščaji, otečene bezgavke ter otekle živo rdeče roke in noge (Corrocion Doctors, n. d.; Mutter in Yeter, 2008).

Kakšen vpliv in kakšni simptomi se pojavijo ob izpostavljenosti živemu srebru, je odvisno od tega, v kakšni obliki je kovina, saj je od te odvisno, v kolikšni meri se zadrži v celicah in tkivih oziroma se ne izloči iz sistema (Green Facts, 2020).

4 ŽIVO SREBRO V SLOVENIJI

Slovenija je geografsko na mediteranskem pasu, enem izmed največjih prelomov tektonskih plošč, kar je razlog, da je pojavnost živega srebra na slovenskih tleh višja (UNEP, 2010). Z odkritjem nahajališča kovine na današnjem območju mesta Idrije se je začelo 500-letno rudarjenje živega srebra. V tem času je idrijski rudniški obrat postal drugi največji rudnik živega srebra na svetu, kjer je bilo pridobljene več kot 13 % svetovne proizvodnje te kovine (CUDHg Idrija, n. d.). V celotnem času delovanja rudnika so izkopali 144.725 ton živega srebra, dejansko pridobljenega pa je bilo 107.692 ton. To pomeni, da se je skozi procese v okolje izgubilo 37.033 ton živega srebra, kar predstavlja veliko obremenitev okolja. Z zaprtjem rudnika se je sicer zmanjšala tudi količina antropogenih emisij v okolje, vendar pa je zaradi obstojnosti kovine še vedno zaznati njene negativne vplive. S preučevanjem vzorcev je bilo ugotovljeno, da je na ozemlju tal, velikem 160 km², kar 112 km²

ozemlja, kjer živo srebro presega mejne vrednosti količine kovine v tleh, 21 km² ozemlja pa je kritično onesnaženega, kar pomeni, da povprečna vsebnost živega srebra na tem območju znaša 20 mg/kg in s tem preseže slovensko povprečje za več kot 300-krat (Teršič idr., 2006). V vzorcih sedimentov, ki so jih pridobili nad Idrijo, v Idriji in na območju smeri vodnega toka reke Idrijce, je bilo ugotovljeno, da v Idriji in dolvodno od nje sedimenti vsebujejo zelo visoke vsebnosti živega srebra, natančneje, kritično vrednost kovine presegajo kar za dvakrat. Dodatna težava so tudi odlagališča odpadkov iz žgalnic, ki so ob reki Idrijci in Nikovi (Geološki zavod Slovenije [GeoZS], 2014). Rečni tok namreč izpira odpadke in živo srebro odnaša več kot 100 km daleč, naprej v Sočo in Tržaški zaliv, kjer so z raziskavami izmerili izredno visoke koncentracije kovine v sedimentih. Idrijski rudnik pa je nedvomno glavni vir polutanta (Hmeljak, 2006). Da živo srebro negativno vpliva na življenje v Idrijci, Soči in Tržaškem zalivu, so pokazale tudi študije. Tako se število raznovrstnih malih nevretenčarjev v reki pri Idriji zmanjša ter se ponovno poveča po toku navzdol do izliva v Sočo. Prav tako so znatno povišane koncentracije živega srebra našli v ribah v Tržaškem zalivu (Skuk, 2010).

Drugo najmočnejše odstopanje od normalnih koncentracij živega srebra v zemlji so odkrili na območju Litije ob vznožju hriba Sitarjevec, blizu lokacije nekdanjih rudniških jaškov, kjer so do leta 1965 kopali in predelovali svinec, cink, živo srebro, srebro in barit. Povečane količine živega srebra v okolju so zaznali tudi v Podljubelju, kjer je do leta 1902 deloval drugi rudnik živega srebra na Slovenskem (Teršič idr., 2006).

V Sloveniji so danes glavni viri strupene kovine, ki končajo kot odpadek ali emisije, izhajajo iz uporabe živega srebra v industrijskih procesih, potrošniških izdelkih, sežiga odpadkov, kremiranja in odstranjevanja nevarnih odpadkov. Leta 2001 je bilo ocenjeno, da letne emisije živega srebra v Sloveniji znašajo 1.620 kg. Približno 900 kg jih je bilo v naravno okolje odloženih v obliki odpadkov, 630 kg jih je emitiralo v zrak ter 90 kg v vodo (Gosar idr., 2016).

5 ZAKLJUČNA RAZPRAVA

Kljub ugotovitvam, ki nas na vsakem koraku opozarjajo, kako zelo nevarna je ta kovina, je danes uporaba živega srebra še vedno precej razširjena, zlasti v industriji. S podpisovanjem konvencij in razpravljanjem o problematiki se vpliv živega srebra na okolje ne bo zmanjšal in ljudje ne bodo bolj varni pred njegovo toksičnostjo. Treba je ukrepati, a na žalost se ljudje praviloma zganemo šele tedaj, ko do 'tragedije' že pride. Ko je mednarodna skupnost izkazala interes ter se problematike lotila resno in zagnano, so se temu primerno pokazali tudi prvi rezultati. Vendar je to šele začetek in že danes bi morali načrtovati, kakšen bo naš naslednji korak pri reševanju dane problematike.

Kot je razvidno iz do sedaj napisanega, je meja med zakonitim in nezakonitim na področju pridobivanja in uporabe živega srebra izredno tanka oziroma zabrisana, zato ves čas obstaja nevarnost, da pride od dejanj namernega ali nenamernega ogrožanja okolja, tj. ekološke kriminalitete. V 21. stoletju pa so problemi ogrožanja in vprašanja varstva okolja nezamenljiv del javne politike, t. i. okoljska ali okoljevarstvena politika, zato ima pri reševanju nastalih problemov in iskanju

rešitev pomembno vlogo tudi ekološka kriminologija. Slednja pri odzivanju na okoljske težave uporablja spoznanja empiričnih raziskav in rezultatov ter izkušnje za pojasnjevanje razlogov za izvrševanje kriminalitete zoper okolje.¹ White (2008) je natančno opredelil naloge ekološke kriminologije², ki se do danes niso kaj dosti spremenile. Primarne naloge lahko z vidika obravnavanega problema nevarnosti živega srebra za človeka in okolje ‚preskočimo‘, saj so stvari že bile analizirane in so znane. Nedvomno pa se je pomembno posvetiti analizi regulatornih mehanizmov in mehanizmov družbenega nadzorstva ogrožanj okolja zaradi pridobivanja in uporabe živega srebra z namenom oblikovanja metod za zaščito okolja oziroma potencialnih ogroženih živih biti. Pri tem je treba še posebej preučiti lastnosti odnosa med okoljskimi spremembami oziroma spremembami v okolju in procesom kriminalizacije povezane s pridobivanjem ali uporabo živega srebra v proizvodnih procesih. Ekološka kriminologija je posebej kritična, ko so ogrožene osnovne človeške dobrine (življenje, zdravje, pogoji eksistence), ki so odvisne od zdravega življenjskega okolja oziroma kršene temeljne človekove pravice, kar se dogaja tudi pri pridobivanju in uporabi živega srebra. Poseben problem predstavljata njegova strupenost in razpršenost v naravnem okolju v zelo nizih koncentracijah v tleh, usedlinah, vodah, ozračju ter v rastlinah in živalih, ki jih človek s čutili ne more zaznati in so zato ob prevelikem kopičenju v človeškem telesu škodljivi. Žal se posameznik praviloma velike večine v članku opisanih ‚skritih‘ nevarnosti (upo)rabe živega srebra sploh ne zaveda. Pa vendarle so vidni posamezni premiki pri mlajših generacijah oziroma pri posameznikih, ki se zavedajo negativnega vpliva živega srebra na človeka, zato se izogibajo nakupovanju in uporabi živil in stvari, ki živo srebro vsebujejo (gre za podoben odnos mladih, kot je trend neuživanja mesa oziroma vegetarijanstva). Prav tako je možno zelo veliko narediti z ozaveščanjem otrok v vrtcih in šolah. Strinjamo se z Whitom (2008) in Selinom (2009), da je ključno izobraževanje in informiranje od najmlajših generacij naprej. K temu bi z vidika ekološke kriminologije dodali še pomembnost regulatornih mehanizmov podjetja in mehanizmov družbenega nadzorstva, ki lahko z rednim izvajanjem nadzora in metod preprečitve neželene negativne učinke ali celo ekološke katastrofe zaradi uporabe ali v procesu pridelave živega srebra. Drug problem, na katerega naletimo, pa je sivo polje trgovanja z živim srebrom na črnem trgu, z drugimi besedami, podatke o tem, koliko ekološke kriminalitete v povezavi z živim srebrom po svetu in v Sloveniji, je nemogoče pridobiti.

Ekološka kriminologija je zavezana k zaščiti okolja in ljudi, zato menimo, da bi bilo dobro in pomembno o problematiki živega srebra bolj ozavestiti širšo javnost, saj se malokdo zaveda dejanske nevarnosti, ki jo predstavlja izpostavljenost tej kovini. Tako bi dosegli, da bi bili ljudje bolj previdni, kakšne izdelke kupujejo in kakšne zobne zalivke nosijo (pri tem je lahko tudi ključnega

1 *Kriminološke razprave o ekološki kriminaliteti se nanašajo na vprašanja: kako kriminaliteta nastane, kako je prikazana v resničnem življenju, kako se meri, na kakšen način jo pojasnjevati, preprečevati in sankcionirati.*

2 *Naloge ekološke kriminologije so (White, 2008): 1) identificirati definicije in oblike ekološke kriminalitete; 2) identificirati in analizirati oblike ekološke kriminalitete s študijami posameznih primerov ter oblikovati uporabno tipologijo ekološke kriminalitete; 3) preučevati ekološko kriminaliteto iz pravnega, ekološkega, sociološkega, kriminološkega, kriminalističnega, viktimološkega, nacionalnovarnostnega vidika ter vidikov drugih disciplin; 4) preučiti lastnosti regulatornih mehanizmov in mehanizmov družbenega nadzorstva ogrožanj okolja za njegovo zaščito; 5) preučiti lastnosti odnosa med okoljskimi spremembami oziroma spremembami v okolju in procesom kriminalizacije.*

pomena, če jih zobozdravniki na negativne učinke in tveganje pri uporabi živega srebra opozorijo), večja ozaveščenost pa bi povzročila pritiske na pristojne po svetu, da bi se bolj posvetile regulaciji pridobivanja in uporabe živega srebra ter bolj nadzorovale podjetja, ki tako ali drugače uporabljajo živo srebro oziroma je kovina produkt njihovega delovanja. Posledično bi bile tudi potrebe po razvijanju alternativ večje, kar bi povečalo tako interes kot vložen denar.

UPORABLJENI VIRI

- Artisanal and Small-Scale Gold Mining in the Peruvian Amazon. (n. d.). *What is artisanal gold mining*. <https://peruviangold.weebly.com/what-is-asgm.html>
- Babatsikou, F. (2011). The sick building syndrome (SBS). *Health Science Journal*, 11(2), 72–73. https://www.researchgate.net/publication/260882582_The_Sick_Building_Syndrome_SBS
- Brack, D. (2002). Combating international environmental crime. *Global Environmental Change*, 12(2), 143–147.
- Cherney, K. (13. 15. 2018). Understanding mercury poisoning. *Healthline*. <https://www.healthline.com/health/mercury-poisoning#complications>
- Clifford, M. (1998). *Environmental crime – Defending environmental crime*. <https://law.jrank.org/pages/11964/Environmental-Crime-Defining-environmental-crime.html>
- Coelho, J. P., Santos, H., Reis, A. T., Falcao, J., Rodrigues, E. T., Pereira, M. E., Duarte, A. C. in Pardal, M. A. (2010). Mercury bioaccumulation in the spotted dogfish (*Scyliorhinus canicula*) from the Atlantic ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 10(60), 1372–1375. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.05.008>
- Corrosion Doctors. (n. d.). *Iraq mercury poisoning*. <https://corrosion-doctors.org/Elements-Toxic/Mercury-Iraq-1.htm>
- CUDHg Idrija. (n. d.). *Drugi največji rudnik živega srebra na svetu*. <http://www.cudhg-idrija.si/drugi-najvecji-rudnik-zivega-srebra-na-svetu/>
- Devastating. (2020). *Iraq mercury poisoning – August 1971*. *Devastating Disasters*. <https://devastatingdisasters.com/iraq-mercury-poisoning-august-1971/>
- Eman, K. in Meško, G. (2012). Ekološka kriminologija – veda o ekološki kriminaliteti. V G. Meško, A. Sotlar in K. Eman (ur.), *Ekološka kriminaliteta in varovanje okolja – multidisciplinarnе perspektive* (str. 37–67). Fakulteta za varnostne vede.
- Emslie, S. D., Silva, A. M., Valera, A., Vila, E. V., Melo, L., Curate, F., Fidalgo, D., Inácio, N., Moreno, M. M., Cambra-Moo, O., González Martín, A., Barroso-Bermejo, R., Montero Artús, R. in Sanjuán, L. G. (2021). The use and abuse of cinnabar in Late Neolithic and Copper age iberia. *International Journal of Osteoarchaeology*, 21, 1–13. <https://doi.org/10.1002/oa.3056>
- Euro Chlor. (2020). *2019 Chlorine production*. <https://www.chlorineindustryreview.com/competitiveness>
- European Commission. (n. d.). *Chemicals: Mercury*. https://ec.europa.eu/environment/chemicals/mercury/minamata_en.htm
- Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo [FKKT UM]. (n. d.). *Kemijski slovar*. <https://www.fkkt.um.si/kslovar/index.php?page=64>

- Gabršček, T. (2021). *Nezakonito trgovanje z elektronskimi odpadki kot oblika ekološke kriminalitete* [Diplomsko delo]. Fakulteta za varnostne vede.
- Garcia-Herrero, I., Margallo, M., Onandia, R., Aldaco, R. in Irabien, A. (2017). Environmental challenges of the chlor-alkali production: Seeking answers from a life cycle approach. *Science of The Total Environment*, 17(580), 147–157. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.202>
- Geološki zavod Slovenije [GeoZS]. (2014). Poročilo 3. faze projekta »Izdelava popisa zaprtih objektov za ravnanje z odpadki iz rudarskih in drugih dejavnosti izkoriščanja mineralnih surovin«. http://rte.arso.gov.si/varstvo%20okolja/odpadki/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/PORO%C4%8CILO%203%20FAZE_21022014.pdf
- Gosar, M., Šajn, R. in Teršič, T. (2016). Distribution pattern of mercury in the Slovenian soil: Geochemical mapping based on multiple geochemical datasets. *Journal of Geochemical Exploration*, 16(167), 38–48. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674216301005>
- Government of Canada. (26. 4. 2010). *History of mercury*. <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/pollutants/mercury-environment/about/history.html>
- Green Facts. (2020). *Mercury*. <https://www.greenfacts.org/en/mercury/1-2/mercury-2.htm>
- GRID Arendal. (2019). *Global use of mercury*. <https://www.grida.no/resources/13340>
- Ha, E., Basu, N., Bose-O'Reilly, S., Dorea, J. G., McSorley, Sakamoto, M. in Man Chan, H. (2017). Current progress on understanding the impact of mercury on human health. *Environmental Research*, 17, 419–433. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.06.042>
- Hachiya, N. (2006). The history and the present of minamata disease: Entering the second half of a century. *Japan Medical Association Journal*, 6(3), 112–118. https://www.med.or.jp/english/pdf/2006_03/112_118.pdf
- Hanania, J., Jenden, J., Stenhouse, K. in Donev, J. (24. 2. 2019). Coal fired power plant. *Energy Education*. https://energyeducation.ca/encyclopedia/Coal_fired_power_plant
- Helmenstine, A. (11. 11. 2020). Amalgam definition and uses (Chemistry). *Science Notes*. <https://sciencenotes.org/amalgam-definition-and-uses-chemistry/>
- Hmeljak, J. (2006). *Botaniške pretvorbe živega srebra v oksičnem-anoksičnem prehodu v Gradeški laguni* [Diplomsko delo]. Biotehniška fakulteta.
- Honda, S. in Li, J. (2008). Mercury in E-waste: Environmentally unsound disposal. *Asia Pacific Tech Monitor*, 8, 16–22. http://www.techmonitor.net/tm/images/4/4f/08jul_aug_sf1.pdf
- Intech Open. (2018). *Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans*. <https://www.intechopen.com/books/poisoning-in-the-modern-world-new-tricks-for-an-old-dog-/mechanism-and-health-effects-of-heavy-metal-toxicity-in-humans>
- International Institute for Sustainable Development [IISD]. (19. 1. 2018). *Global trends in artisanal and small-scale mining (ASM): A Review of Key Numbers and Issues*. <https://www.iisd.org/publications/global-trends-artisanal-and-small-scale-mining-asm-review-key-numbers-and-issues>

- Lenntech (n. d.). Mercury – Hg. *Lenntech*. <https://www.lenntech.com/periodic/elements/hg.htm>
- Marnane, I. (2018). *Mercury in Europe's environment: A priority for European and global action*. Urad za publikacije EU. https://www.eea.europa.eu/publications/mercury-in-europe-s-environment/at_download/file
- Maxson, P. (2017). *Global mercury supply, trade and demand*. United Nations Environment Programme (UNEP). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/21725/global_mercury.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ministry for the Environment. (2019). *Mercury in the environment*. <https://www.mfe.govt.nz/publications/waste/mercury-inventory-new-zealand-2008/2-mercury-environment>
- Ministry of Environment GOJP [MOE GOJP]. (n. d.). *Minamata disease the history and measures – Chapter 2: Outbreak of minamata disease*. <http://www.env.go.jp/en/chemi/hs/minamata2002/ch2.html>
- Mutter, J. in Yeter, D. (2008). Kawasaki's disease, acrodynia, and mercury. *Current Medicinal Chemistry*, 08(15), 3000–3010. <http://dx.doi.org/10.2174/092986708786848712>
- Padovan, I. (2005). *Vpliv živega srebra na lizosome v celicah prebavnih žlez kopenskega raka enakonožca Porcellio scaber (Isopoda, Crustacea)* [Diplomsko delo]. Polithnika Nova Gorica, šola za znanost o okolju.
- Pan American Health Organization [PAHO]. (5. 12. 2017). *Artisanal and small-scale gold mining and health*. <https://www.paho.org/en/documents/artisanal-and-small-scale-gold-mining-and-health-2017>
- Parsons, M. B. in Percival, J. B. (2005). *Mercury: Sources, Measurements, cycles and effects*. Cambridge University Press. https://www.researchgate.net/publication/264933206_A_brief_history_of_mercury_and_its_environmental_impact
- Planet gold. (n. d.). *Formalization: Integrating miners into the formal economy and regulatory system for the benefit of all*. <https://www.planetgold.org/formalization>
- Publications Office of the European Union. (2017). *Tackling mercury pollution in the EU and worldwide*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7b956417-deee-11e7-9749-01aa75ed71a1>
- Skuk, I. (2010). *Metilacija živega srebra in demetilacija metil živega srebra v izlivu rele Soče* [Diplomsko delo]. Biotehniška fakulteta.
- Science for a Changing World [USGS]. (2020). *Mercury*. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-mercury.pdf>
- Selin, N. E. (2009). Global biogeochemical cycling of mercury: A review. *The Annual Review of Environment and Resources*, 9(34), 43–63. <https://doi.org/10.1146/annurev.enviro.051308.084314>
- Slokar, R. in Bilban, M. (2016). Izpostavljenost živemu srebru v amalgamih na delovnem mestu. *Delo in varnost*, 60(1), 42–45. <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-FHMFGQZK>
- Teršič, T., Gosar, M. in Šajn, R. (2006). *Opuščeni rudnik živega srebra v Podljubelju in njegovi vplivi na okolje*. Geološki zavod Slovenije.
- The European Trade Union Institute [ETUI]. (2001). *Reference document on best available techniques in the chlor-alkali manufacturing industry. Integrated pollution*

prevention and control (IPPC). https://www.etui.org/sites/default/files/ez_import/chlor-alkali-1.pdf?fbclid=IwAR0tnl8EQPK-AwVKN0G1bRUKxwpfFCZqA5u298v5xTWX7P_vMfbQEI33uUI

- The Global Initiative Against Transnational Organized Crime [GITOC]. (2016). *organized crime and illegally mined gold in Latin America*. <https://globalinitiative.net/wp-content/uploads/2016/03/Organized-Crime-and-Illegally-Mined-Gold-in-Latin-America.pdf>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2010). *Tehcnical and economic criteria for processing mercury containing tailings: Final report*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/31289>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2017). *Minamata convention on mercury: Text and annexes*. <http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/COP1%20version/Minamata-Convention-booklet-eng-full.pdf>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2018). *Global mercury assessment 2018*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25462/GMA%202018-ReviewDraft_250518_CLEAN_SEC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (2020). *The illegal trade in chemicals*. <https://www.unenvironment.org/resources/assessment/illegal-trade-chemicals>
- University of Miami. (9. 10. 2012). *bioaccumulation & biomagnification: When bigger isn't better*. <https://sharkresearch.rsmas.miami.edu/bioaccumulation-biomagnification-when-bigger-isnt-better/>
- White, R. D. (2008). *Environmetal crime: A reader*. Routledge.
- Whitney, M. C. in Cristol, D. A. (15. 7. 2017). *Reviews of environmental contamination and toxicology: Impacts of sublethal mercury exposure on birds: A detailed review*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/398_2017_4
- World Chlorine Council. (2021). *UNEP global mercury partnership: Chlor-alkali sector*. <https://worldchlorine.org/unep-chlor-alkali-mercury-partnership/>
- World Health Organization. (31. 4. 2017). *Mercury and health*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mercury-and-health>
- Zakon o ratifikaciji Konvencije Minamata o živem srebru [MKMŽS]. (2017). *Uradni list RS*, (5/17).
- Zolnikov, R. T. (2012). Limitations in small artisanal gold mining addressed by educational components paired with alternative mining methods. *Science of the Total Environment*, 12(419), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.01.017>

O avtorjih:

Manca Rupnik, diplomirana varstvoslovka in študentka magistrskega študijskega programa Varstvoslovje, Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede, Ljubljana, Slovenija. E-pošta: manca.rupnik@student.um.si

Dr. Katja Eman, izredna profesorica za kriminologijo, Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede, Ljubljana, Slovenija. E-pošta: katja.eman@um.si