

# Teški metali kao kemijske štetnosti

---

Turek, Dorothea

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:670956>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Dorothea Turek

ZAVRŠNI RAD

Sisak, lipanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

Dorothea Turek

TEŠKI METALI KAO KEMIJSKE ŠTETNOSTI  
ZAVRŠNI RAD

Voditelj: Prof. dr. sc. Anita Štrkalj

Članovi povjerenstva za ocjenu i obranu završnog rada:

Prof. dr. sc. Damir Hršak, predsjednik

Prof. dr. sc. Anita Štrkalj, član

Prof. dr. sc. Zoran Glavaš, član

Sisak, lipanj 2024.

Zahvaljujem se Prof. dr. sc. Aniti Štrkalj na posvećenosti, strpljenju i angažiranosti tijekom izrade završnog rada.

Zahvaljujem se mojoj obitelji koja mi je bila podrška tijekom cijelog studiranja. Hvala vam što ste bili uz mene, poticali me i ohrabivali u najtežim trenucima, bez vaše podrške ništa ne bi bilo moguće.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB  
FACULTY OF METALLURGY

IME: Dorothea

PREZIME: Turek

MATIČNI BROJ: BS – 105- izv

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

## IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj **završni** / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

Teški metali kao kemijske štetnosti

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(vlastoručni potpis)

\_\_\_\_\_  
*Izrazi koji se koriste u ovoj Izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.*

# TEŠKI METALI KAO KEMIJSKE ŠTETNOSTI

## SAŽETAK

Teški metali su kemijski elementi koji imaju značajan utjecaj na zdravlje ljudi i okoliš zbog njihove toksičnosti i sposobnosti akumulacije. Izvori teških metala mogu biti prirodni i antropogeni, a teški metali se mogu podijeliti na esencijalne i neesencijalne. Toksičnost teških metala prvenstveno ovisi o njihovoj koncentraciji, ali i načinu djelovanja. U ovom radu istražuje se utjecaj teških metala, prvenstveno olova, kadmija, žive i arsena, ali i nekih drugih metala koji su prisutni u radnoj okolini. U ovom radu naglasak je stavljen na prisutnost teških metala u radnoj okolini, ali i na njihovo djelovanje i posljedice na ljudski organizam.

**Ključne riječi:** teški metali, radna okolina, toksičnost, utjecaj na zdravlje

# HEAVY METALS AS CHEMICAL HAZARDS

## ABSTRACT

Heavy metals are chemical elements that have a significant impact on human health and the environment due to their toxicity and ability to accumulate. Sources of heavy metals can be natural and anthropogenic, and heavy metals can be divided into essential and non-essential. The toxicity of heavy metals primarily depends on their concentration, but also on their mode of action. This paper examines the influence of heavy metals, primarily lead, cadmium, mercury and arsenic, but also some other metals that are present in the working environment. Emphasis is placed on the presence of heavy metals in the working environment, but also on their effects and consequences on the human body.

**Keywords:** heavy metals, working environment, toxicity, impact on health

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b>	1
<b>2. ŠTETNOSTI</b>	2
<b>2.1 Teški metali</b>	6
2.1.1 Kadmij	9
2.1.2 Živa	10
2.1.3 Arsen	12
2.1.4 Olovo	14
2.1.5 Ostali teški metali	15
<b>3. ZAKLJUČAK</b>	20
<b>4. LITERATURA</b>	21
<b>5. ŽIVOTOPIS</b>	23

# 1. UVOD

Teški metali predstavljaju značajan izazov u suvremenom svijetu zbog svoje raširene upotrebe u različitim industrijama i potencijalno štetnih efekata koje mogu imati na ljude i okoliš. Tema teških metala kao kemijskih štetnosti zahtijeva dublje razumijevanje njihove prirode, izvora, utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš te načina detekcije i sprečavanja negativnih posljedica. Iako su neki od teških metala esencijalni za živa bića, u povećanim koncentracijama mogu biti toksični. Pri tome mogu uzrokovati različita oštećenja, pa i smrt.

Osim koncentracije koja je iz radne okoline ušla u organizam, njihova toksičnost pripisuje se njihovom djelovanju, ali i činjenici da se mogu bioakumulirati u organizmu te izazvati posljedice i dugo vremena nakon izloženosti. Osim toga, teški metali stupaju u interakciju sa stanicama u tijelu i na taj način sudjeluju u biokemijskim ciklusima. Ponekad mijenjaju stanice ili ih potiču na stvaranje novih stanica koje su tumorske.

Iz navedenih razloga posebnu pažnju treba obratiti na proizvodne procese u kojima se koriste ili oslobađaju teški metali. Neophodno je neprekidno kontroliranje koncentracije metala u radnoj okolini. U slučaju da se ustanovi da su teški metali prisutni u radnoj okolini potrebno je modificirati proizvodni proces na način na se spriječi nastajanje teških metala ili njihova upotreba. Ako to ipak nije moguće, poslodavac je obavezan osigurati rad na siguran način uz primjenu odgovarajuće zaštitne opreme.



## 2. ŠTETNOSTI

Pod pojmom štetnosti podrazumijevaju se sve stvari koje mogu dovesti do oštećenja zdravlja osoba prilikom proizvodnje, transporta, skladištenja, korištenja, odnosno prilikom rukovanja takvim tvarima [1]. Djelovanje štetnosti na organizam ovisi o mnogo čimbenika. Najvažniji su vrijeme izloženosti i vrsta štetnosti. Vrijeme izloženosti može biti kratkotrajno (akutno) i dugotrajno (kronično). Kratkotrajna izloženost obično podrazumijeva izloženost radnika štetnostima u vremenskom periodu od nekoliko sekundi do nekoliko sati i može rezultirati ozljedom na radu. Pod dugotrajnom izloženosti smatra se izloženost radnika štetnostima u periodu od nekoliko mjeseci i/ili godina. Obično rezultira profesionalnom bolesti. Upravo iz tog razloga poslodavac je dužan ispitivati radni okoliš i u skladu s tim izraditi procjenu rizika.

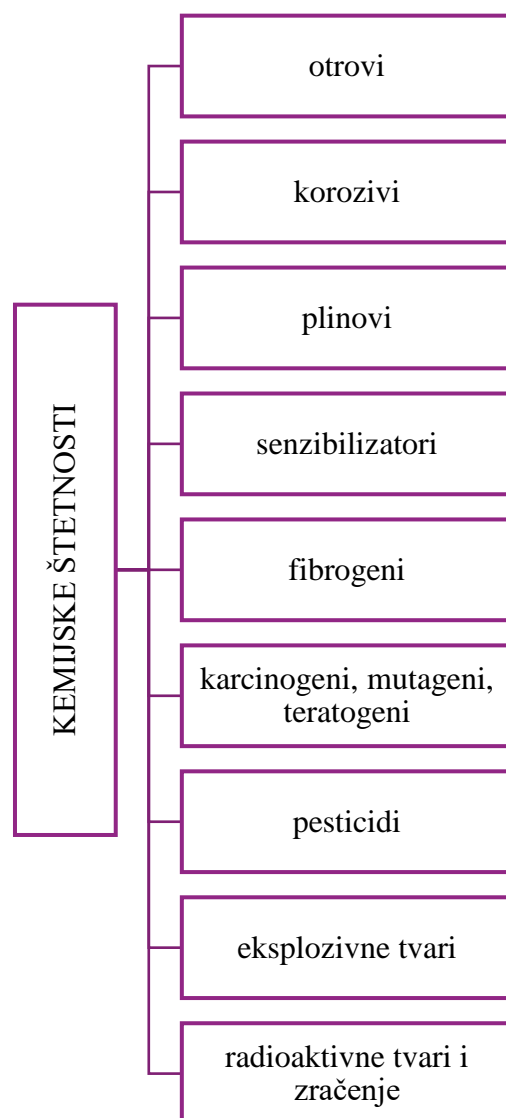
Rizik je umnožak vjerojatnosti nastanka opasnog ili štetnog događaja i štetnosti toga događaja, odnosno njegove posljedice. Procjena rizika je postupak kojim se utvrđuje razina opasnosti, štetnosti i napora kako bi se spriječile štetne posljedice za zdravlje radnika i njihovu sigurnost, odnosno radi sprječavanja nastanka ozljeda i profesionalnih bolesti. Procjena rizika je temeljni dokument na osnovi kojeg poslodavac organizira rad na siguran način s ciljem izbjegavanja štetnosti, opasnosti i napora, a ako to nije moguće primjenjuju se pravila zaštite na radu kao i preventivne mjere. Rizik može biti mali, srednji i veliki. Poslovi s malim rizicima su najčešće administrativni i uredski poslovi, dok su poslovi s velikim rizicima svi oni poslovi koji se utvrđuju procjenom rizika [2].

Prema Pravilniku o procjeni rizika [3] štetnosti se dijele na fizikalne, kemijske i biološke. U tablici 1 prikazan je postotak radnika u Hrvatskoj koji je izložen pojedinoj vrsti štetnosti u velikim i malim tvrtkama. Pod velikim tvrtkama smatraju se tvrtke koje imaju više od 50 zaposlenika, dok se tvrtke s manje od 50 zaposlenika smatraju malima. Podaci se odnose na 2005., 2006. i 2007. godinu.

Tablica 1. Postotak radnika u Hrvatskoj koji je izložen pojedinoj vrsti štetnosti u velikim i malim tvrtkama [4]

VRSTA ŠTETNOSTI	VELIKE TVRTKE, %	MALE TVRTKE, %
fizikalne	80,6	59,0
kemijske	25,2	17,0
biološke	8,6	5,0

U fizikalne štetnosti ubrajaju se buka, vibracije, zračenja, rasvjeta, mikroklimatski uvjeti i dr. Prema najjednostavnijoj podjeli, u biološke štetnosti se svrstavaju mikroorganizmi (bakterije, virusi i gljivice) te biljke i životinje, odnosno njihovi otrovi. Podjela kemijskih štetnosti uglavnom se provodi prema biološkom učinku i prikazana je na slici 1.



Slika 1. Podjela kemijskih štetnosti

U otrove se ubrajaju sve tvari prirodnoga ili umjetnog porijekla kao i svi proizvodi proizvedeni od tih tvari, koji uneseni u ljudsko tijelo ili u dodiru s ljudskim tijelom mogu ugroziti život i zdravlje ljudi. Osim toga, u otrove se ubrajaju i sve tvari koje mogu štetno djelovati na okoliš, kao i tvari čijom razgradnjom ili uništavanjem nastaju otrovne tvari [5]. U skupinu otrova ubrajaju se teški metali i metaloidi, nemetali i organski spojevi. Korozivi su tvari koje djeluju nagrizajuće na ljudska tkiva, ali i neke materijale. Plinovi koji se smatraju kemijskim štetnostima su nadražljivi, zagušljivi i opojni omamljujući plinovi. Senzibilizatori su sve tvari koje u ljudskom organizmu izazivaju imunološki odgovor na inače bezopasan antigen. Fibrogeni su tvari koje unesene u ljudski organizam djeluju na način da stvaraju višak vezivnog tkiva. Karcinogene, mutagene i teratogene tvari imaju karcinogeni, mutageni i teratogeni učinak u ljudskom tijelu. Pesticidi se koriste za uništavanje štetnika kod biljaka, ali ulaskom u ljudski organizam mogu izazvati različita oštećenja te su iz tog razloga svrstani u štetnosti. Eksplozivne tvari su tvari koje uzrokuju eksploziju. Same po sebi se ne smatraju kemijskim štetnostima, ali se uslijed eksplozije oslobađaju štetne tvari. Radioaktivne tvari kao kemijske štetnosti su sve one tvari koje emitiraju zračenje [6].

Budući da su kemijske štetnosti mnogobrojne, smatra se da su i značajan ugrožavajući faktor. Međutim, radnici su ipak više izloženi fizikalnim nego kemijskim štetnostima (tablica 1). Međutim, izloženost radnika kemijskim štetnostima je također značajna budući da je svaki četvrti zaposlenik izložen djelovanju kemikalija, a 15 % radnika u EU radi s kemijskim spojevima. U tablici 2 prikazana je zastupljenost nekih kemijskih štetnosti u velikim i malim tvrtkama.

Tablica 2. Zastupljenost nekih kemijskih štetnosti u velikim i malim tvrtkama [4]

KEMIJSKE ŠTETNOSTI	VELIKE TVRTKE, %	MALE TVRTKE, %
otrovi	2,6	5,0
korozivi	3,8	3,5
plinovi	8,7	2,5
senzibilizatori	4,2	4,1
fibrogeni	1,8	0,3
karcinogeni, mutageni, teratogeni	0,2	0,8

Kao što je već spomenuto, izloženost radnika štetnostima može rezultirati profesionalnim bolestima. Pod pojmom profesionalne bolesti prema odredbama Zakona o obveznom zdravstvenom osiguranju [7] smatraju se bolesti izazvane dužim neposrednim utjecajem procesa rada i uvjeta rada na određenim poslovima. U tablici 3 prikazan je dio liste profesionalnih bolesti koji se odnosi na bolesti nastale uslijed izloženosti kemijskim štetnostima.

Tablica 3. Dio liste profesionalnih bolesti koji se odnosi na bolesti nastale uslijed izloženosti kemijskim štetnostima [8]

Red. broj	Profesionalna bolest	Poslovi pri čijem se obavljanju bolest pojavljuje
1.	Bolesti uzrokovane olovom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost olovu i njegovim toksičnim spojevima
2.	Bolesti uzrokovane živom i njenim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost živi i njenim toksičnim spojevima
3.	Bolesti uzrokovane arsenom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost arsenu i njegovim toksičnim spojevima

<b>Red. broj</b>	<b>Profesionalna bolest</b>	<b>Poslovi pri čijem se obavljanju bolest pojavljuje</b>
4.	Bolesti uzrokovane kromom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost kromu i njegovim toksičnim spojevima
5.	Bolesti uzrokovane niklom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost niklu i njegovim toksičnim spojevima
6.	Bolesti uzrokovane kobaltom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost kobaltu i njegovim toksičnim spojevima
7.	Bolesti uzrokovane manganom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost manganu i njegovim toksičnim spojevima
8.	Bolesti uzrokovane kadmijem i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost kadmiju i njegovim toksičnim spojevima
9.	Bolesti uzrokovane berilijem i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost beriliju i njegovim toksičnim spojevima
10.	Bolesti uzrokovane vanadijem i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost vanadiju i njegovim toksičnim spojevima
11.	Bolesti uzrokovane selenom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost selenu i njegovim toksičnim spojevima
12.	Bolesti uzrokovane talijem i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost taliju i njegovim toksičnim spojevima
13.	Bolesti uzrokovane bakrom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost bakru i njegovim toksičnim spojevima
14.	Bolesti uzrokovane kositrom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost kositru i njegovim toksičnim spojevima
15.	Bolesti uzrokovane cinkom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost cinku i njegovim toksičnim spojevima
16.	Bolesti uzrokovane fosforom i njegovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost fosforu i njegovim toksičnim spojevima
17.	Bolesti uzrokovane halogenima i njihovim toksičnim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost halogenima i njihovim toksičnim spojevima
18.	Bolesti uzrokovane pesticidima	Poslovi pri kojima postoji izloženost pesticidima i njihovim toksičnim spojevima
19.	Bolesti uzrokovane alifatskim ugljikovodicima	Poslovi pri kojima postoji izloženost alifatskim ugljikovodicima
20.	Bolesti uzrokovane vinilklorid monometrom	Poslovi pri kojima postoji izloženost vinilklorid monometru
21.	Bolesti uzrokovane halogenim derivatima alifatskih ili aromatskih ugljikovodika	Poslovi pri kojima postoji izloženost halogenim derivatima alifatskih ili aromatskih ugljikovodika
22.	Bolesti uzrokovane benzenom, njegovim homolozima i derivatima ili drugim cikličkim spojevima	Poslovi pri kojima postoji izloženost benzenu, njegovim homolozima i derivatima ili drugim cikličkim spojevima

Red. broj	Profesionalna bolest	Poslovi pri čijem se obavljanju bolest pojavljuje
23.	Bolesti uzrokovane nitro i aminoderivatima alifatskih ili aromatskih ugljikovodika	Poslovi pri kojima postoji izloženost nitro i aminoderivatima alifatskih ili aromatskih ugljikovodika
24.	Bolesti uzrokovane alkoholima, eterima, esterima, glikolima, aldehydima i ketonima	Poslovi pri kojima postoji izloženost alkoholima, eterima, esterima, glikolima, aldehydima i ketonima
25.	Bolesti uzrokovane kemijskim zagušljivcima	Poslovi pri kojima postoji izloženost ugljik monoksidu, sumporovodik, cijanovodik i njegovim toksičnim derivatima
26.	Bolesti uzrokovane nadražljivcima dišnih putova	Poslovi pri kojima postoji izloženost dušikovim oksidima, ozonu, fozgenu, amonijaku, formaldehydu i drugim primarnim nadražljivcima
27.	Bolesti uzrokovane drugim kemijskim spojevima za koje je dokazana veza između izloženosti i bolesti	Poslovi pri kojima postoji izloženost spojevima za koje je dokazana veza između izloženosti i bolesti

Lista profesionalnih bolesti i poslova na kojima se te bolesti javljaju i uvjeti pod kojima se smatraju profesionalnim bolestima utvrđuju se Zakonom o listi profesionalnih bolesti [8]. Iz tablice 3 vidljivo je da velik broj profesionalnih bolesti nastaje uslijed izloženosti radnika teškim metalima, poput olova, žive, kobalta, arsena i dr.

## 2.1 Teški metali

Teški metali su metali čija je gustoća, u pravilu, veća od  $5,0 \text{ g/cm}^3$ . Ponekad se u teške metale svrstavaju i metali manje gustoće koji imaju vrlo negativan utjecaj na okoliš. Bez obzira na gustoću, za teške metale je karakteristično da se lako akumuliraju u ekosustavu te su izuzetno štetni za žive organizme. Dospijevaju u tlo i vodu iz minerala u kojima su prisutni ili djelovanjem čovjeka. Rudnici, metaloprerađivačka industrija, elektrane, odbačene baterije, proizvodnja i izgaranje goriva su glavni izvori onečišćenja teškim metalima [9].

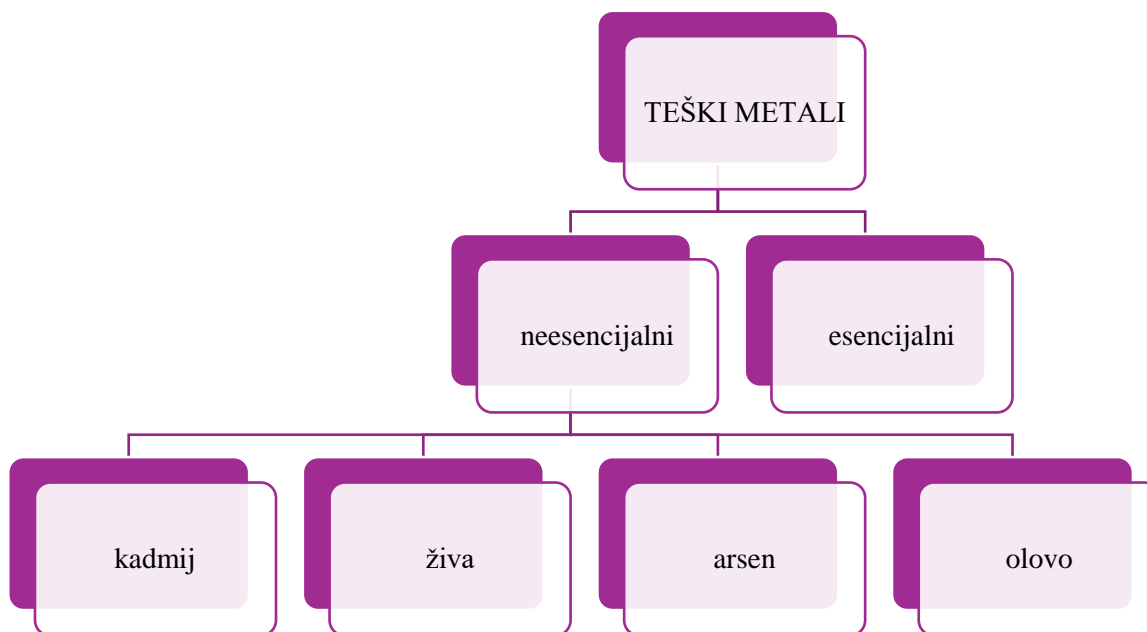
Ti metali nalaze se u Zemljinoj kori, rudama i različitim geološkim formacijama. Prirodni procesi, kao što su erozija stijena i ispiranje tla, oslobađaju teške metale iz njihovih prirodnih naslaga, doprinoseći njihovom ulasku u biogeokemijske cikluse i distribuciji u biosferi. Otpuštanje teških metala u prirodu najčešće se događa kroz ispiranje tla koje ih prenosi u mora, rijeke i oceane gdje se talože. Također, isparavanjem vode iz tih vodenih tijela, teški metali se vraćaju u atmosferu, gdje se mogu transportirati na velike udaljenosti zrakom. Atmosferska prašina obično sadrži visoke koncentracije metala poput olova, mangana, nikla i kroma. Vulkanske erupcije predstavljaju još jedan prirodni izvor teških metala, gdje se velike količine pepela izbacuju na Zemljinu površinu [10].

S razvojem civilizacije i povećanjem broja stanovnika, kontinuirano raste proizvodnja i upotreba metala u različitim sektorima, kao što su medicina, građevinarstvo, industrija, kozmetika i ostali (tablica 4). To rezultira stalnim porastom proizvodnje teških metala u svakodnevnom životu. Brz razvoj industrije posljednjih četiri desetljeća doveo je do povećane proizvodnje bakra, kroma, cinka i nikla. Nedavno, zbog sve veće svijesti o njihovoj štetnosti, proizvodnja kadmija, olova i žive pokušava se smanjiti, a traže se i zamjene s drugim manje štetnim metalima. Metalne čestice nastale tijekom proizvodnje mogu se transportirati zrakom na velike udaljenosti, dok se velike količine nalaze i u otpadnim vodama [11].

Tablica 4. Neki industrijski procesi u kojima su prisutni teški metali [12]

IZVORI TEŠKIH METALA	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
metalurgija i galvanizacija	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
kemijska industrija	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
tekstilna industrija	✓	✓		✓	✓	✓	✓			✓			
farmaceutska industrija	✓				✓	✓	✓			✓		✓	✓
rafinacija nafte	✓	✓		✓		✓	✓			✓	✓		✓
štavljenje kože	✓			✓	✓	✓	✓						✓
proizvodnja boja	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
proizvodnja stakla i porculana	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓
proizvodnja gnojiva i pesticida	✓			✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓
rudnici	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓		✓
promet		✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		

Ovisno o djelovanju na čovjeka, mogu se podijeliti kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Podjela teških metala

Esencijalni teški metali su oni metali koji su potrebni živim organizmima za obavljanje temeljnih procesa, poput rasta, metabolizma i razvoja različitih organa. Esencijalni elementi su potrebni u tragovima najčešće u koncentracijama od 10 do 15 ppm. Poznati su još i kao mikronutrijenti. Neki od tih metala su bitni sastojci enzima (kao što su bakar i cink) i vitamina (kao što je kobalt, koji je dio vitamina B12, cijanokobalamina, potrebnog za stvaranje eritrocita). Stoga su ti metali neophodni u tragovima (na primjer, dnevna potrebna količina kobalta je 0,1 µg) za normalno funkcioniranje ljudskog organizma, a nedostatak može rezultirati ozbiljnim oboljenjima (kao što je anemija uzrokovana nedostatkom cijanokobalamina). Svakako treba napomenuti da esencijalni teški metali vrlo lako mogu postati štetni što, ovisi o koncentraciji koja dospje u organizam [9].

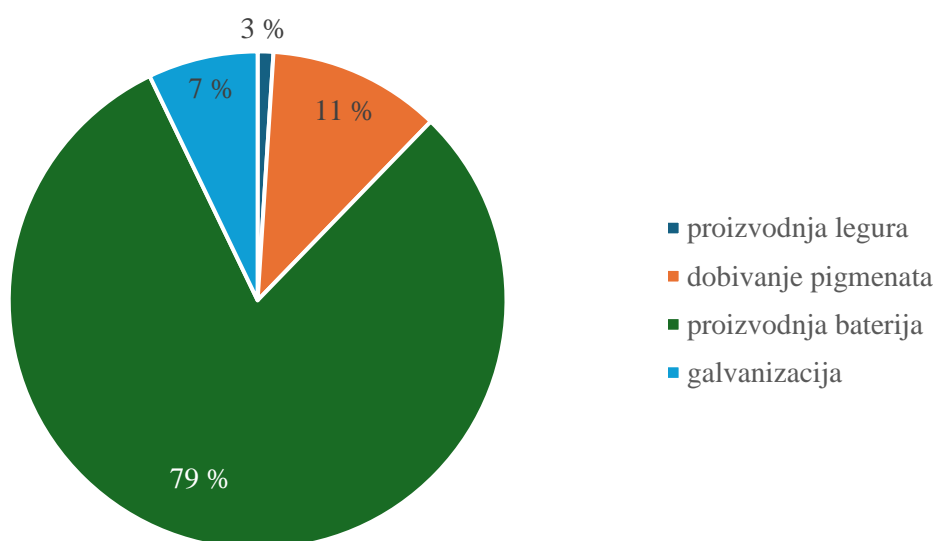
Neesencijalni teški metali nemaju nikakvu korisnu funkciju u organizmu, čak ni u tragovima, odnosno ne sudjeluju u metaboličkim procesima, te su u većim količinama toksični za žive organizme. U tu skupinu ubrajaju se kadmij, živa, arsen i olovo [13].

Specifičnosti djelovanja teških metala pripisuju se tome što u organizam mogu ući u elementarnom stanju, u obliku soli ili organometalnih spojeva. Osim toga, njihovo djelovanje ovisi i o tome kako će se apsorbirati, raspodijeliti, akumulirati i eventualno izlučiti iz organizma. Isto tako, kationi metala vrlo lako se ionskim ili vodikovim vezama spajaju s makromolekulama u organizmu i na taj način stupaju u različite interakcije [14].

### 2.1.1 Kadmij

Kadmij se smatra jednim od najotrovnijih elemenata. Iako se u prirodi ne može naći u slobodnom obliku, ipak je prisutan u prirodi u rudama cinka, ali u prirodu dolazi i iz antropogenih izvora. Smatra se da je u malim količinama radioaktivan. Svi spojevi kadmija su otrovni, a najveću otrovnost ima kadmijev oksid. Osim navedenog spoja poznati su još neki spojevi kadmija, kao što su: kadmij sulfid, odnosno grikonit koji je i najpoznatiji mineral kadmija, kadmijev klorid, kadmijev hidroksid te kadmijev telurid [15, 16].

Iako se kadmij najčešće koristi za bojanje, emisije kadmija u okoliš, kao posljedica ljudskog djelovanja, mogu biti i uslijed galvanizacije, odlaganja otpada, proizvodnje fosfatnih gnojiva, proizvodnje baterija itd. Koristi se i u industriji porculana i keramike, proizvodnji akumulatora, proizvodnji željeza i čelika, kao i u proizvodnji, odnosno dobivanju cinka. Na slici 3 prikazane su najčešće djelatnosti u kojima se upotrebljava kadmij.



Slika 3. Najčešće djelatnosti u kojima se upotrebljava kadmij [17]

Gore spomenute djelatnosti su ujedno i najčešća radna mjesta na kojima su radnici izloženi štetnom djelovanju kadmija. Kadmij se može unijeti u organizam inhalacijom ili putem probavnog sustava, ali ponekad i kroz kožu. Inhalacija je najčešći unos kadmija prilikom izloženosti u industriji. Međutim, njegova otrovnost, raspodjela i akumuliranje u organizmu ne ovisi o načinu unosa.

Otrovanja zapravo nastaju djelovanjem kadmijevog oksida budući da su kadmijeve pare vrlo reaktivne i sa kisikom iz zraka tvore kadmijev oksid.

Otrovanja kadmijem mogu biti akutna i kronična. Akutna otrovanja vezana su uz isparavanje kadmijevih para. Navedene pare se javljaju u talionicama, pri proizvodnji legura i sl., odnosno u industrijskim procesima u kojima se primjenjuje visoka temperatura.

Simptomi otrovanja manifestiraju se prvenstveno u gornjim dišnim putevima, ako je do ulaska kadmija u organizam došlo inhalacijom. Obično se pojavljuje iritacija gornjih dišnih puteva, ali i grebanje u grlu, suha usta, glavobolja, vrtoglavica i sl. U slučaju da je do



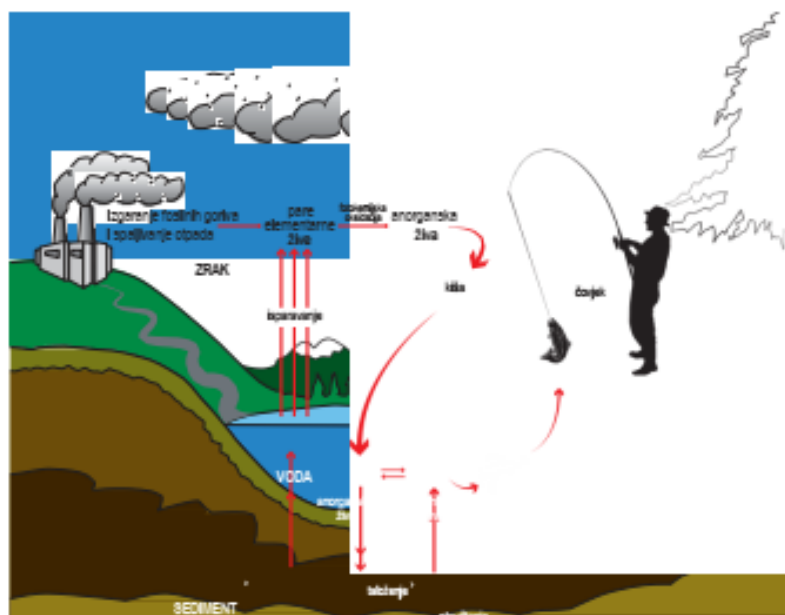
otrovanja došlo uslijed ingestije pojavljuje s mučnina, bolovi u trbuhu, glavobolja i sl. Otrovanje ingestijom dosta je rijetko u radnoj okolini budući da je kadmij, kao što je već navedeno, u industrijskim uvjetima prisutan uglavnom u obliku para.

Kronično otrovanje kadmijem posljedica je izloženosti organizma malim koncentracijama kadmijevih para, ali duži vremenski period. Simptomi se obično javljaju u obliku oštećenja pluća, ali i kao poremećaji bubrežnog sustava zato što se kadmij akumulira u bubrezima. Osim toga, osobe izložene kadmiju na radnom mjestu imaju veći rizik od kroničnih bolesti poput bronhitisa i fibroze pluća te oštećenja bubrega [17].

Općenito se može reći da apsorpcija kadmija iz respiratornog sustava iznosi oko 10 – 15 %, dok iz probavnog sustava iznosi oko 5 – 8 %. U tijelu se kadmij prenosi uglavnom vezan za albumine plazme i male molekule proteina poput metalotioneina, koji se sintetiziraju u jetri. Ekskrecija kadmija je niska, s dnevnim izlučivanjem urinom od oko 0,02 % ukupne količine u tijelu. Poluživot kadmija u tijelu iznosi 7 - 30 godina [18].

### 2.1.2 Živa

Živa je jedinstven metal koji je pri sobnoj temperaturi u tekućem agregatnom stanju. Prijelaz u kruto stanje događa se na  $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok vrenje započinje pri  $357\text{ }^{\circ}\text{C}$ , nakon čega prelazi u bezbojnu paru. Prisutnost žive predstavlja opasnost za okoliš jer isparava pri sobnoj temperaturi, prenoseći se u atmosferu, zatim u hidrosferu te u biosferu, što oblikuje prirodni geokemijski ciklus. U prirodi se obično nalazi u spojevima, a ne samostalno. Anorganske soli žive mogu biti jednovalentne ili dvovalentne. Među spojevima u kojima se nalazi, najznačajnija je ruda cinnabarit ( $\text{HgS}$ ), iako ponekad dolazi i u drugim modifikacijama, poput metacinabarita. Neki od važnijih spojeva su livingstonit, onoforit, živin klorid, živin nitrat, živin fulminat i živin oksid [18]. Na slici 4 prikazan je biokemijski ciklus žive.



Slika 4. Biokemijski ciklus žive [19]

Iako je upotreba elementarne žive zabranjena, još uvijek se u nekim zemljama koristi za izradu toplomjera, manometara, električnih svjetiljki i sl. Osim toga koristi se i kao katalizator pri organskim sintezama. Također se elementarna živa koristi u rudnicima za dobivanje zlata.

Vrlo otrovni spojevi žive, živin klorid ili merkuri klorid i živin nitrat unatoč štetnosti ponegdje se i dalje koriste u tekstilnoj industriji (za tisak na platnu, obrada krzna, izrada šešira, za tzv. filcanje i sl.), kao sredstvo za impregnaciju i za konzerviranje biljaka i životinja. Kemijska industrija koristi živin oksid kao oksidacijsko sredstvo dok se organski živini spojevi koriste za proizvodnju sredstava za zaštitu bilja i obradu drveta.

Zbog činjenice da je živa na sobnoj temperaturi u tekućem obliku te da isparava, živa se smatra najotrovnijom od svih metala. Nadalje, s obzirom da se vrlo sitne kapljice žive može pomiješati s prašinom, lako ulazi u porozne materijale, nerijetko građevinske, stoga je izloženost živi još i veća.

Zbog njenog agregatnog stanja profesionalni izvori otrovanja obično uključuju inhalaciju i apsorpciju kroz kožu. Unosu žive inhalacijom najviše su izloženi rudari, ali i radnici u tekstilnoj industriji te osobe koje proizvode i koriste sredstva za zaštitu bilja.

Djelovanje žive na organizam ovisi o njenom obliku. Elementarna živa unesena u organizam iz njega gotovo u potpunosti izlazi pri čemu ne ostavlja nikakva oštećenja. Međutim, anorganski i organski spojevi žive akumuliraju se u organizmu, posebno u bubrežima, jetri, slezeni i središnjem živčanom sustavu. Veže se na enzimske sustave, posebno na sulfhidrilne skupine, što može rezultirati oštećenjem ili uništenjem stanica. Nadalje, inhalirana živa taloži se u dišnom sustavu, pri čemu se manji dio zadržava u plućima, dok se veći dio apsorbira u krvotok i širi se kroz alveolarnu membranu [18].

S obzirom na izrazitu otrovnost žive, Minamatskom konvencijom o živi, skopljenom pod okriljem Programa Ujedinjenih naroda za okoliš, utvrđen je niz međunarodnih pravila za suradnju i mjere za ograničavanje uporabe žive i živinih spojeva. Primjenom Minamatske konvencije nastoje se kontrolirati i smanjiti antropogene emisije žive i živinih spojeva [20].

Konvencijom se obuhvaća cjelokupni životni vijek žive, a sadržava članke koji uključuju:

- zabranu novih rudnika žive i ukidanje postojećih,
- ograničenja u međunarodnoj trgovini živom,
- mjere kontrole emisija i ispuštanja,
- mjere zabrane proizvodnje, uvoza ili izvoza niza proizvoda kojima je dodana živa,
- mjere za ukidanje i smanjivanje uporabe žive u ključnim proizvodnim procesima,
- mjere za postupno ukidanje uporabe zubnog amalgama,
- mjere za smanjivanje emisija žive iz tradicionalnog rudarenja zlata i rudarenja zlata u malom opsegu i obrade,
- mjere kojima se osigurava ekološki ispravno međuskладиštenje žive i živinih spojeva i ekološki ispravno gospodarenje otpadom koji sadržava živu.

U tablici 5 prikazani su neki primjeri zamjene korištenja žive u skladu sa Minamatskom konvencijom.

Tablica 5. Primjeri zamjene korištenja žive u skladu sa Minamatskom konvencijom [21]

Predmeti koji sadrže živu	Alternative
Termometri	Digitalni, galij-indij-kositar termometri, točkasti matični termometri ili alkoholni termometri
Tlakomjeri (za mjerenje krvnog tlaka)	Aneroid i elektronički uređaji
Fluorescentne lampe	LED lampe
Termostati	Uređaji kontrolirani zrakom, elektromehanički uređaji kontrolirani magnetskim poljem, dijafragma punjena parom, mikroprekidači ili programibilni digitalni termostati
Barometri	Aneroid, digitalni ili tekući barometri
Dentalni amalgam	Kompozitne plombe, staklenoionomerne plombe, porculanske ili zlatne krunice
Baterije	Litijske, srebrne i alkalne baterije

### 2.1.3 Arsen

Arsen je metaloid koji se zbog svojih izuzetno otrovnih svojstava svrstava u skupinu teških metala. U prirodi se pojavljuje u tri alotropske modifikacije. Sivi arsen je kruti oblik arsena s metalnim sjajem. Žuti arsen se dobiva naglim hlađenjem arsenovih para, ima svojstva poput voska, nestabilan je i ne provodi električnu struju, a pod utjecajem svjetlosti i topline prelazi u sivu modifikaciju. Amorfnu arsen formira se kondenzacijom arsenovih para na temperaturi od 100 do 200 °C, tvrd je i ima crni sjaj.

Ovaj element može se dobiti iz rude arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ) zagrijavanjem bez prisustva zraka, što uzrokuje sublimaciju arsena. Tehnički se proizvodi iz otpadnih ruda koje su iskorištene za dobivanje drugih elemenata, pretvaranjem u oksidni oblik i redukcijom arsenova oksida u elementarni arsen pomoću ugljika.

Arsen može biti trovalentan i peterovalentan, pri čemu je trovalentni oblik otrovniji. Kao najpoznatije spojeve arsena treba istaknuti arsin ( $\text{AsH}_3$ ) - spoj arsena s vodikom, izuzetno je otrovan plin koji se često stvara pri radu s materijalima koji sadrže arsen i arsenov(III) oksid ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) - bijeli je prah bez mirisa koji se slabo otapa u vodi, koji je također jak otrov. Arsenov oksid se koristi u pripravi drugih arsenovih spojeva, medicini, bistrenju stakla, te u konzerviranju drva i kože. Osim navedenih spojeva poznati su još i arsenasta kiselina ( $\text{H}_3\text{AsO}_3$ ) koja daje arsenite, soli koje se koriste za tretiranje štetočina, arsenova kiselina ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) koristi se u bojadisarstvu i pripravi organskih arsenovih spojeva, dok se arsenati, njezine soli, koriste za iste svrhe kao i arsenasti spojevi. Arsenov(III) sulfid ( $\text{As}_2\text{S}_3$ ), poznat kao auripigment, koristi se kao pigment i za suzbijanje glodavaca. Neki organski arsenovi spojevi nekad su se često koristili u liječenju sifilisa, ali su danas zamijenjeni manje toksičnim antibioticima [22]. U tablici 6 prikazane su letalne doze nekih arsenovih spojeva.

Tablica 6. Letalne doze nekih arsenovih spojeva [23]

Kemijski spoj	LD <sub>50</sub> (mg/kg)
arsenit	14
arsenat	20
arsin	3
monometilarsonska kiselina	700-1800
dimetilarsinska kiselina	700-2600
arsenokolin	> 1000
arsenobetain	> 1000

LD<sub>50</sub> – koncentracija koja dovodi do smrti 50 % populacije štakora

Iako se spojevi arsena često upotrebljavaju u proizvodnji dječjih igraćaka, metalurgiji, zrakoplovstvu, proizvodnji pesticida, laboratorijima, što su ujedno i mjesta na kojima su najčešća otrovanja radnika [6], najčešća otrovanja se ipak javljaju u talionicama ruda čiji je pratitelj arsen [17]. U tablici 7 prikazana su profesionalne izloženosti različitim oblicima arsena.

Tablica 7. Profesionalne izloženosti različitim oblicima arsena [24]

	Plin arsin	Anorganski arsen	Organski arsen
Proizvodnja baterija		x	
Popravak kamera, satova i muzičkih instrumenata	x		
Termoelektrana na ugljen	x	x	
Elektro i elektronički tehničari	x	x	
Proizvodnja elektronike (poluvodiči. solarne ćelije, istraživanje svemira)	x	x	x
Rukovatelji peći	x		
Proizvodnja stakla		x	
Rukovatelji strojeva za brušenje i poliranje		x	x

	Plin arsin	Anorganski arsen	Organski arsen
Rukovatelji opremom industrijskih kamiona i traktora		x	
Inženjeri strojarstva		x	
Prevlačenje metala		x	
Proizvodnja i primjena pesticida	x		x
Proizvodnja boja, bojanje	x	x	
Taljenje/rafinacija obojenih metala	x	x	
Lemljenje	x	x	
Proizvodnja i upotreba drveta tretiranog arsenom		x	

Obično arsen u organizam ulazi inhalacijom, a trovanje može biti iznenadno, akutno ili kronično te se može manifestirati lokalno ili općenito. Razvoj simptoma trovanja arsenom ovisi o količini, brzini unosa (odjednom ili postupno), stopi apsorpcije, metabolizmu i izlučivanju. Ponekad profesionalna otrovanja mogu nastati i uslijed kontakta arsena s kožom. Lokalno djelovanje arsena najizraženije je na vlažnim dijelovima kože poput pregiba, kapaka, nazolabijalnog nabora, usana i skrotuma. Očituju se crvenilo kože, ponekad edem i mjehurići. Mogu se razviti folikulitis, pustularni osip, promjene slične psorijazi, te ulceracije kože, koja postaje tanka i osjetljiva. Pojavljuju se i hiperkeratoze te promjene na noktima i vlasištu, a dugotrajna izloženost može dovesti do razvoja zloćudnih tumora kože [18].

#### 2.1.4 Olovo

Olovo je metal koji je u upotrebi dugi niz godina. U prirodi se pojavljuje u spojevima, tek vrlo rijetko kao samorodno. U spojevima je najčešće dvovalentno, a samo u nekima četverovalentno iako se u nekim spojevima može pojaviti i kao jednovalentno olovo. Za industrijske svrhe najčešće se koriste oksidi olova od kojih je najpoznatiji i najčešće korišten crveni ili žuti prah olovo (II) oksida. Upotrebljava se u proizvodnji akumulatora, proizvodnji stakla, keramike, različitih kitova i sl. [15].

Budući da je velik broj spojeva olova koji se komercijalno koriste velika je i izloženost olovu. Upravo iz tog razloga vrlo lako može doći do otrovanja gdje god postoji mogućnost da se olovo nalazi u obliku para ili prašine. Najviše su ipak izloženi rudari kod kojih olovo iz ruda ulazi u organizam inhalacijom olovne prašine. Isto tako, tijekom svih procesa u kojima dolazi do zagrijavanja i/ili taljenja olova, olovo može ući u organizam uslijed isparavanja. Općenito se može reći da se olovo koristi u kemijskoj industriji za prevlačenje reakcijskih posuda, izradu dijelova aparatura, oblaganje komora u proizvodnji sumporne kiseline, spremnika za nagrizajuće kemikalije, proizvodnju akumulatora, pripravu tetraetil-

olova, izradu cijevi, limova, streljiva, i sl. Također se koristi za izradu zaštitnih radioloških obloga, blokova, pregača, rukavica i sl. Kako bi se poboljšala svojstva, legira se kositrom i antimonom (tzv. tvrdo olovo), a ponekad i bakrom, bizmutom, kadmijem i srebrom. Olovne slitine koriste se u proizvodnji energetskih kabela, cijevi, akumulatorskih ploča, zaštiti od radioaktivnog zračenja, mekom lemljenju, lijevanju pod tlakom, izradi ležajeva, i sl. [25]. Sve navedeno su ujedno i potencijalna radna mjesta na kojima su radnici izloženi olovu, odnosno radna mjesta na kojima može doći do otrovanja olovom.

Ulaskom olova u organizam njegova otrovnost će se razlikovati ovisno o veličini čestica olova i topivosti u tjelesnim tekućinama. Ako su čestice veličine od 0,01 do 0,1  $\mu\text{m}$  u potpunosti će se apsorbirati. Dio nešto većih čestica (veličine oko 1  $\mu\text{m}$ ), oko 40 % zadržati će se u gornjem dišnom sustavu. Međutim, bez obzira na navedeno smatra se da su svi olovni spojevi otrovni, osim olovnog sulfida koji je netopljiv. Najveću otrovnost pokazali su olovni oksidi i olovo karbonat [17, 26].

Saturnizam ili plumbizam, poznati su i kao olovo otrovanje, nastaje kada organizam postane izložen prekomjernim količinama olova. Ulaskom olova u organizam putem krvi distribuira se u različita tkiva, pri čemu se većina olova nakuplja u kostima, čineći oko 90 % ukupnog nakupljanja. Također, organski spojevi olova, poput tetraetilolova i tetrametilolova, mogu se apsorbirati kroz kožu. Olovo može imati štetan učinak na proces sinteze hemoglobina, što može rezultirati anemijom. Također, olovo može štetno djelovati na bubrege, središnji živčani sustav, srčano-žilni sustav, probavni sustav i druge organe. Saturnizam može biti akutan, što se rijetko događa, ili kroničan zbog stalne apsorpcije malih količina olovnih spojeva. Kronični saturnizam često je povezan s profesionalnim izloženostima. Simptomi saturnizma uključuju bolne grčeve u trbuhu (poznate kao olovne kolike), upalu usne sluznice, zatvor, umor, glavobolje, trnce u mišićima zbog oštećenja živaca ruku i/ili nogu, mišićni tremor, bubrežnu insuficijenciju, plavičasto-sivi rub na desnim te gubitak orijentacije, halucinacije i gubitak svijesti [27]. Što se tiče smanjenja plodnosti, olovo može negativno utjecati na plodnost kod muškaraca i žena. Kod muškaraca, može dovesti do smanjenja kvalitete sperme, smanjenja broja spermija ili čak do potpunog nedostatka spermija (azoospermija). Kod žena, može dovesti do poremećaja menstrualnog ciklusa, smanjenja plodnosti ili povećanja rizika od spontanog pobačaja. Olovo također može prijeći placentu i doći do fetusa, što može rezultirati brojnim komplikacijama tijekom trudnoće. To može uključivati povećan rizik od prijevremenog poroda, niskog poroda, pobačaja ili razvojnih problema kod novorođenčadi. Izloženost olovu može povećati rizik od genetskih mutacija u reproduktivnim stanicama, što može dovesti do povećanog rizika od genetskih poremećaja kod potomstva. Stoga se spojevi olova svrstavaju u skupinu I tvari toksičnih za reprodukciju [28, 29].

### **2.1.5 Ostali teški metali**

Općenito se smatra da se 35 metala pojavljuje u radnom okolišu. Dvije trećine tih metala može izazvati opasnosti po zdravlje. Osim već spomenutih žive, olova, arsena i kadmija, smatra se da su nikal, krom, mangan, antimon, cink, bakar, kobalt, vanadij i berilij metali koji ako su prisutni u radnom okolišu mogu izazvati oštećenja, profesionalne bolesti, a u većim koncentracijama i smrt [30].

*Nikal* je u većini svojih spojeva dvovalentan. Međutim ima sposobnost tvorbe kompleksnih spojeva s koordinacijskim brojevima 4, 5 i 6. Koristi se kao oksid, klorid, sulfat i sl. [15]. Nadalje, nikal se koristi u proizvodnji širokog spektra legura, uključujući nehrđajući čelik. Najčešće dolazi u legurama s bakrom, kromom, željezom i cinkom, koje se koriste u rafinerijama u proizvodnji goriva, izmjenjivačima topline, ventilima, proizvodnji nakita, zakovicama za odjeću, metalnim kovanica, kuhinjskom priboru, medicinskim protezama i magnetima. Soli nikla koje se smatraju vrlo otrovnima koriste se u niklanju metala radi zaštite od korozije, proizvodnji boja, keramike, baterija ali i kao katalizatori u prehrambenoj industriji [31]. Ovo su ujedno i radna mjesta na kojima se može dogoditi otrovanje radnika.

U ljudski organizam ulazi u obliku topljivih i netopljivih soli. Topljive soli se direktno apsorbiraju. Netopljive soli ulaskom u organizam potiču stanice da ih fagocitiraju, odnosno uvlače ih u sebe i u svojim staničnim organelama pokušavaju metabolizirati, eliminirati ili neutralizirati. Fagocitiranjem nekih soli kao što su disulfid nikla ili oksid nikla, mogu se pokrenuti karcinogeni procesi. Topljive soli se u pravilu ne susreću često u radnom okolišu već se apsorbiraju kroz probavni trakt iz vode ili hrane. Kod radnika koji su na radnom mjestu izloženi prašinama nikla zabilježen je povećan broj karcinoma pluća, kao i astme. Neki spojevi s niklom mogu izazvati oštećenja bubrega i jetre što može dovesti i do smrti, a kod trudnica mogu izazvati spontane pobačaje ili prirođene mane kod novorođenčadi [31]. Stoga je Svjetska zdravstvena organizacija klasificirala spojeve s niklom (soli) u prvu grupu kancerogena tj. kao ljudski karcergen, dok je u metalnom obliku klasificiran u drugu B skupinu kao mogući karcergen za ljudsku populaciju.

*Krom* se smatra esencijalnim metalom jer služi kao kofaktor u metabolizmu inzulina. Međutim, uobičajeno je da se krom povezuje s industrijskom proizvodnjom [31]. Krom ima široku primjenu i koristi se već više od 100 godina i to u značajnim količinama. Koristi se u proizvodnji boja, iako mu je najveća upotreba kao materijal za zaštitu u industriji gdje metali dolaze u dodir s vodom. Osim toga koristi se u tekstilnoj industriji, kod čišćenja stakla, za prekrivanje metala, u bojenju kože, te u kemijskoj, metalurškoj, tekstilnoj i prehrambenoj industriji [31].

Treba naglasiti da toksičnost kroma ovisi o valenciji. Krom se pojavljuje u elementarnom stanju, te kao Cr(III) i Cr(VI), koji se najviše koristi u industriji. Heksavalentni krom je izuzetno otrovan, a učinci su vidljivi i nakon dugotrajne, ali i kratke izloženosti. Krom je nakon nikla najjači alergen među metalima i kod nekih ljudi može i nakon kratkog kontakta s kožom izazvati snažne alergijske reakcije [31].

Izloženost kromu je velika u radnom okolišu. Putovi ulaska u organizam su dermalno i inhalacijom. Heksavalentni krom ulaskom u organizam ima sposobnost prolaska i kroz posteljicu i u majčino mlijeko. Sama apsorpcija kroma ovisi o njegovom obliku i putu ulaska u organizam. Nakon inhalacije trovalentni krom se slabo apsorbira za razliku od heksavalentnog koji je topljiviji u vodi i dobro se apsorbira iz pluća. Isto tako i prilikom dermalnog kontakta heksavalentni krom je mnogo aktivniji od trovalentnog. Udisanje prašine kroma može izazvati upalu pluća, te čitav niz oštećenja na sluznici nosa. Dugotrajna izloženost čak i niskim dozama heksavalentnog kroma može dovesti do razvoja karcinoma pluća, a povezuje se i s karcinomom kostiju, želuca, prostate, limfomom i leukemijom. Povećana incidencija karcinoma pluća kod radnika u industriji gdje se koristi krom zapažena je još u 20-tim godinama prošlog stoljeća, a nakon dugotrajnih istraživanja Međunarodna agencija za istraživanje raka je zajedno sa Svjetskom zdravstvenom organizacijom i

Američkom agencijom za zaštitu okoliša proglasila heksavalentni krom kancerogenim za ljudsku populaciju. Osim toga, on je uzrokom i niske porođajne težine i kongenitalnih defekata, a eksperimenti na životinjama su pokazali da utječe i na spermatogenezu. Dugotrajna izloženost kože može izazvati kontaktni dermatitis, a preosjetljivost na krom se pojavljuje u 8 - 20 % radnika u cementnoj i automobilskoj industriji gdje je izloženost značajna [31].

*Mangan* tvori raznolike spojeve, od kojih nekoliko ima značajnu primjenu, poput manganovih sulfata, karbonata, oksida i kalijevog permanganata. Ovi spojevi imaju primjenu u različitim industrijama, uključujući proizvodnju metala, pigmenta, gnojiva, elektronike i kemikalija za obradu [32].

Toksičnost mangana se prvi put bilježi kod profesionalne izloženosti kronično visokim razinama mangana ili slučajnog udisanja velikih količina. Kronično udisanje visokih koncentracija mangana posebno utječe na mozak i može izazvati neurodegenerativne poremećaje, poput manganizma, koji je povezan s simptomima sličnim Parkinsonovoj bolesti. Inhalacija mangana može izazvati upalne procese u plućima. Izloženost mangana kroz kontaminiranu vodu također može imati štetne učinke na zdravlje [33].

*Antimon* je vrlo otrovan element, a njegov spoj stibin se po otrovnosti može usporediti s arsinom. Spojevi antimona su najčešće u radnom okolišu u obliku prašine ili plina koji se pojavljuju u industriji boja, lakova, keramike, stakla i dr. U organizam ulazi uglavnom inhalacijom, a nakuplja u jetri, slezeni i prostati. Eliminira se bubrezima i stolicom, iako se veći dio akumulira u organizmu. S obzirom na veliku otrovnost antimona, nakon otrovanja mogući su blaži simptomi, poput iritacije dišnog sustava, pa sve do vrlo teških simptoma i smrti [6].

*Cink* se u prirodi ne pojavljuje u elementarnom stanju već u obliku dvovalentnih spojeva koji su otrovni. Unatoč tome, mnogi cinkovi spojevi upotrebljavaju se u velikoj mjeri u tehnici i medicini, pa tako se cinkov oksid koristi za izradu flastera, sapuna, pudera, ali i kao punilo za gume. Osim toga, koristi se i za dobivanje cinkovih soli. Cinkov sulfid služi za izradu detektora za ionizirajuće i rendgensko zračenje. Cinkov sulfat se koristi za pripremu boja za elektrolitsko pocinčavanje i pomjeđivanje. Koristi se i kao sredstvo za impregniranje drva, ali je svoju primjenu pronašao i u medicini i dr. Cinkov klorid rabi se u tekstilnoj industriji i medicini. Međutim, zbog svojih svojstava najviše se cinka troši na pocinčavanje željeznih i čeličnih proizvoda radi zaštite od korozije. Cink se rabi kao lim u građevinarstvu za izradu krovnih cijevi i ploča za pokrivanje zgrada te za izradu raznih posuda (kante, kade), pri proizvodnji baterija, za dobivanje slitina i u industriji boja. Iako je cink na popisu metala koji se često nalaze u radnom okolišu, u pravilu je otrovanje cinkom dosta rijetko. Međutim može se pojaviti akutno otrovanje poznato još i kao ljevačka groznica.

*Bakar* je u prirodi rijedak u elementarnom stanju, obično je raspršen u stijenama i često je kemijski čist ili sadrži malo primjesa srebra i bizmuta. Postoji oko 240 poznatih bakrenih ruda, pri čemu su sulfidne rude najzastupljenije, a zatim slijede oksidne i karbonatne rude. Bakar se dobiva iz tih ruda raznim postupcima, uključujući pirometalurški postupak za



sulfidne rude i hidrometalurški postupak za oksidne i karbonatne rude Najveći dio proizvedenog bakra koristi se u elektrotehnici, posebno za izradu električnih vodiča, generatora, motora i transformatora. Također se koristi u građevinarstvu, za izradu spremnika, cijevi, izmjenjivača topline i drugih uređaja za kemijsku i prehrambenu industriju te kućanstvo. Bakar se također može nalaziti u bakrenim slitinama s drugim metalima poput cinka, kositra, nikla, aluminija, mangana i silicija, koje su čvršće od čistog bakra i lakše se obrađuju, ali slabije vode elektricitet i toplinu.

Bakar se koristi i u raznim spojevima, uključujući bakrene soli, kao što su bakreni acetat, bakreni bazični karbonat, bakreni klorid, bakreni cijanid, bakreni hidroksid, bakreni oksid i bakreni sulfat. Ti spojevi imaju različite primjene u industriji, poljoprivredi, medicini i drugim područjima [34].

Izlaganje bakru ili njegovim legurama u profesionalnom okruženju tijekom zavarivanja i brušenja može biti opasno. Bakar u svojoj elementarnoj formi obično je manje otrovan od njegovih soli, od kojih su najopasniji bakreni sulfat i bakreni acetat. U profesionalnom okruženju otrovanje bakrom može se dogoditi putem inhalacije ili izlaganja kože, a može uzrokovati simptome poput gastrointestinalnih problema, hemolize i kožnih promjena. Inhalacija bakrovih para i prašine može dovesti do alergijskih reakcija ili mijelonske groznice. Izlaganje kože bakru može rezultirati kontaktnim dermatitisom, a u kroničnim slučajevima može doći do ozbiljnijih bolesti poput ciroze jetre ili plućne fibroze.

*Kobalt* je također esencijalan, ali i otrovan element. U industriji se obično koristi metalni kobalt, kobaltovi oksidi, sulfidi i arsenid. Najviše su mu izloženi radnici koji rade u proizvodnji tzv. „tvrđog metala“ koji služi za izradu alata od kojeg se zahtijeva velika čvrstoća i otpornost na habanje. Budući da se u navedenoj proizvodnji upotrebljava u obliku finog praha u organizam se unosi inhalacijom. Osim toga, prašina je u kontaktu s kožom pa se simptomi otrovanja kobaltom vide na koži u obliku dermatitisa. Kada u organizam uđe inhalacijom simptomi se manifestiraju kroz oštećenja u respiratornom sustavu [18].

*Berilij* se koristi u industriji legura, za izradu kirurških instrumenata, u nuklearnim reaktorima, za izradu satova itd. Međutim, smatra se da su parama i prašinama berilija najviše izloženi radnici koji rade na proizvodnji berilija iz berilijeva oksifluorida. Otrovanja nastupaju nakon izloženosti prašinama i parama koje sadrže berilij, a otrovanja mogu biti akutna i kronična. Nakon udisanja berilija dolazi do promjene u plućima, a u konačnici dolazi i do stvaranja fibroznih čvorova.

Pri izlaganju već vrlo malim količinama berilija i/ili njegovih spojeva mogu se javiti vrlo izraženi simptomi, kao što su promjene na očima, koži, respiratorni problemi i sl. [6].

U Republici Hrvatskoj Centar za kontrolu otrovanja prikuplja podatke o osobama koje su se otrovale različitim štetnim tvarima. U tablici 8 emisije teških metala u Republici Hrvatskoj u 2020. godini.

Tablica 8. Emisije teških metala u Republici Hrvatskoj u 2020. godini [6]

EMISIJA, t/god	Pb	Hg	Cd	As	Cr	Cu	Ni	Zn
izgaranje u termoenergetskim objektima	325,6	110	24,9	122,1	129,4	267,2	1231,5	2075,3
izgaranje u industriji	1192,9	41,3	563,6	12,9	1013,4	266,8	280,6	22235,2
proizvodni procesi	681,0	32,3	68,3	54,5	200,8	61,3	411,0	306,7
upotreba otapala	1835,3	40,6	62,3	3,1	36,5	1098,3	99,7	638,1
cestovni promet	892,5	11,4	4,2	10,5	345,6	7261,1	53,2	2686,5
poljoprivreda	0,019	0,024	0,15	0,0011	0,014	0,012	0,009	0,10
obrada i odlaganje otpada	23,7	11,1	4,6	6,6	3,9	9,8	2,9	659
ostali pokretni izvori i strojevi	155,3	1,3	3,5	1,6	17,4	555	61,6	366,2
EMISIJA PO STANOVNIKU, kg/stanovniku	1,35	0,092	0,19	0,07	0,47	2,40	0,56	7,64
EMISIJA PO POVRŠINI, kg/m <sup>2</sup>	0,096	0,007	0,014	0,005	0,033	0,17	0,040	0,55

### 3. ZAKLJUČAK

U zaključku je važno naglasiti kompleksnost problema teških metala kao kemijskih štetnosti te potrebu za sveobuhvatnim pristupom u njihovom razumijevanju i rješavanju. Teški metali predstavljaju ozbiljnu prijetnju za zdravlje ljudi i sam okoliš, a njihova prisutnost i učinci su raznoliki i složeni. Stoga je važno kontinuirano istraživati njihove izvore, primjene i utjecaje, kao i razvijati strategije za njihovo suzbijanje i prevenciju.

Izvori teških metala mogu biti prirodni i antropogeni. Prirodni izvori teških metala, poput vulkanskih aktivnosti ili erozije, doprinose njihovoj prisutnosti u okolišu, dok antropogeni izvori, kao što su industrijska zagađenja ili uporaba teških metala u proizvodnji, predstavljaju dodatni rizik za zdravlje ljudi i okoliš.

Teški metali, kao što su olovo, živa, kadmij i arsen nemaju nikakvu korisnu ulogu u ljudskom organizmu. Važno je naglasiti da ulaskom u organizam ti metali djeluju kompleksno, a simptomi otrovanja se mogu manifestirati na različite načine, uključujući trovanje, reproduktivne probleme, probleme s respiratornim sustavom i sl..

Stoga posebnu pažnju treba usmjeriti na izloženosti teškim metalima na radnom mjestu. Detekcija teških metala ključna je za pravovremeno prepoznavanje izvora onečišćenja, dok su strategije za smanjenje njihove akumulacije u radnoj okolini nužne za očuvanje zdravlja radnika.

Neophodno je istaknuti važnost suradnje znanstvenika, industrije, poslodavaca i radnika, jer upravo oni mogu osigurati učinkovitu zaštitu od štetnih učinaka teških metala. Edukacija, promicanje održivih praksi i kontinuirano istraživanje novih tehnologija od ključne su važnosti za stvaranje sigurnije i zdravije radne okoline.

## 4. LITERATURA

- [1] Understanding Toxic Substances, An Introduction to Chemical Hazards in the Workplace, HESIS, Occupational Health Branch, California Department of Public Health, 1986.
- [2] <https://uznr.mrms.hr/znr/procjena-rizika/>, pristupljeno 3. 5. 2024.
- [3] Pravilnik o procjeni rizika, Narodne novine 112/2014, 129/2019.
- [4] <http://www.hzzsr.hr/index.php/rizici-na-radu/rizici-na-radnom-mjestu/>, pristupljeno 3. 5. 2024.
- [5] Zakon o otrovima, Narodne novine, 27/1999, 37/1999, 55/1999.
- [6] A. Štrkalj, Kemijske i biološke štetnosti, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, Sisak, 2024.
- [7] Zakon o obveznom zdravstvenom osiguranju, Narodne novine 80/2013.
- [8] Zakon o listi profesionalnih bolesti, Narodne novine, 162/1998.
- [9] <https://tehnicki.lzmk.hr/clanak/teski-metali>, pristupljeno 15.5.2024.
- [10] J. O. Nriagu, A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals, Nature 338 (1989), 47-50.
- [11] S. Hong, J. C. Crandellone, C. C. Patterson, C. F. Boutron, History of Ancient Copper Smelting Pollution During Roman and Medieval Times recorded in Greenland Ice, Science 272 (1996), 246-249.
- [12] H. Bradl, Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation, u: Interface Science and Technology, ur. A. Hubbard, Elsevier, Amsterdam, 2005.
- [13] <https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/heavy-metal>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [14] F. Plavšić, I. Žuntar, Uvod u analitičku toksikologiju, Školska knjiga, Zagreb, 2006.
- [15] I. Filipović, S. Lipanović, Opće i anorganska kemija, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
- [16] D. Drčić, Ekotoksikologija kadmija, Tedi: međunarodni interdisciplinarni časopis Tehnologija & Dizajn, 4(2014)4, 66-77.
- [17] J. Bošnjir, J. Čulig, Metali i polumetali u okolišu, Zdravstveno veleučilište, Zagreb, 2005.
- [18] Z. Duraković, Klinička toksikologija, Grafos, Zagreb, 2000.

- [19] K. Capak, N. Janev Holcer, P. Jeličić, M. Šekerija, J. Jurasović, L. Bucić, A. Benutić, I. Trumbetić, P. Čukelj, Primjena biomonitoringa za procjenu izloženosti živi tijekom prenatalnog perioda u dvije Hrvatske regije uporabom standardizirane metodologije Svjetske zdravstvene organizacije, Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Zagreb, 2017.
- [20] <https://eur-lex.europa.eu/HR/legal-content/summary/minamata-convention-on-mercury.html>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [21] J. P. Nunes, Exposure to mercury in the world of work: A review of the evidence and key priority actions, International Labour Organization, Genève 2022.
- [22] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/arsen>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [23] S. Mudrovčić, Toksičnost metalnih iona prisutnih na tekstilu, Tedi: međunarodni interdisciplinarni časopis Tehnologija & Dizajn, 4(2014)4, 54-65.
- [24] Information for health care professionals Arsenic exposure & toxicity, Section of Environmental Epidemiology & Toxicology, Office of Public Health, Louisiana Department of Health & Hospitals.
- [25] <https://tehnicki.lzmk.hr/clanak/olovo>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [26] K. C. Staudinger, V. S. Roth, Occupational Lead Poisoning. American Family Physician, 57(1998), 719-726.
- [27] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/saturnizam>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [28] M. Piasek, Učinci olova na reprodukciju: Pregled podataka dobivenih ispitivanjima u ljudi i iz pokusa na životinjama, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 38(1987)2, 177-204.
- [29] T. Beritić, Profesionalno trovanje olovom (Saturnismus professionalis), Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 1(1946)2, 181-202.
- [30] <https://www.ilo.org/static/english/protection/safework/cis/products/safetytm/metals>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [31] G. F. Nordberg, B. A. Fowler, M. Nordberg, L. Friberg, Handbook of Toxicology of Metals, European Environment Agency, Copenhagen, 2005.
- [32] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/mangan>, pristupljeno 20. 5. 2024.
- [33] M. Đokić, N. Bilandžić, M. Đuras, T. Gomerčić, M. Sedak, Biokemijske funkcije i toksičnost mangana te njegove koncentracije u tkivima morskih sisavaca, Veterinarska stanica, 48(2017)6, 439-449.
- [34] <https://www.enciklopedija.hr/clanak/5344>, pristupljeno 20. 5. 2024.

## 5. ŽIVOTOPIS

IME I PREZIME: Dorothea Turek

ADRESA: Frana Kršinića 13, 44 000, Sisak

DATUM ROĐENJA: 29.06.1999.

E-MAIL: tdorothea75@gmail.com

OBRAZOVANJE:

2006. - 2014. Osnovna škola Braće Ribar Sisak

2014. - 2019. Ekonomska škola Sisak smjer: poslovni tajnik

2021.-2024. Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, preddiplomski sveučilišni studij

Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš

ISKUSTVO: nakon završene srednje škole rad u policiji

VJEŠTINE: Poznavanje engleskog jezika i rad na računalu