

Vesna Lazarević^{1*}, Ivan Krstić², Milovan Dimitrijević³

¹Vojna bolnica Niš, Centar za preventivnu medicinsku zaštitu, Niš, Srbija, ²Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, Srbija, ³Univerzitet „Union-Nikola Tesla“, Beograd, Fakultet za pravo, bezbednost i menadžment „Konstantin Veliki“, Niš, Srbija

Naučni rad

ISSN 0351-9465, E-ISSN 2466-2585

UDC:614.086.2/.4:621.73/.79

doi:10.5937/ZasMat1701047L



Zastita Materijala 58 (1)

47 - 54 (2017)

Toksikološka analiza ambijentalnog monitoringa u metaloprerađivačkoj industriji

IZVOD

Metaloprerađivačka industrija je izvor mnogih hemijskih štetnosti koje svojim sinergičnim delovanjem izazivaju oštećenje zdravlja profesionalno eksponirane populacije. Primenom toksikološke analize, u ovom radu je istraživana rizik toksičnih metala i drugih hemijskih štetnosti u radnoj sredini. Cilj rada je dokazati i kvantifikovati indikatore zagađenja u radnoj sredini i sagledati moguće posledice po zdravlje profesionalno eksponirane populacije. Predmet istraživanja je toksikološka analiza rizika toksičnih metala i drugih hemijskih štetnosti u metaloprerađivačkoj industriji, bazirana na ispitivanju ambijentalnog monitoringa. Primenjen je analitički epidemiološki metod tipa retrospektivne studije. Utvrđene su koncentracije hemijskih štetnosti ispod graničnih vrednosti, ali zbog vremena ekspozicije postoji verovatnoća ugrožavanja zdravstvenog statusa profesionalno eksponirane populacije.

Ključne reči: toksikološka analiza, ambijentalni monitoring, hemijske štetnosti, ekspozicija, radno mesto.

1. UVOD

Metaloprerađivačka industrija obuhvata operacije i procese (mehanička, termička i termohemijska obrada, odmaščivanje, nagrivanje i galvanska obrada) koji dovode do pojave hemijskih štetnosti kao što su joni toksičnih metala (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Al^{3+} i dr.), kiseline, baze, cijanidi, fosfati, masti, ulja, organski rastvarači, površinski aktivne materije i drugo. Prisutne hemijske štetnosti u radnoj sredini se odražavaju i na zdravstveno stanje profesionalno eksponirane populacije metaloprerađivačke industrije [1], gde se najčešće, osim povreda, dijagnostikuju hronična oboljenja organa za disanje [2], oboljenja koštano-mišićnog sistema, oštećenje sluha, hronična kardiovaskularna oboljenja, hronično trovanje hemijskim materijama koje se koriste u proizvodnji, toplotni stres, oštećenje kože [3]. Kontaktni dermatitis je najzastupljeniji kod eksponiranih u metaloprerađivačkoj industriji, dok su respiratorni problemi manje izraženi i posledica su korišćenja nekoliko specifičnih hemikalija, indentifikovanih kao respiratorni alergeni. Istraživanja sprovedena osamdesetih godina prošlog veka su ukazala na prisustvo mikroba

u rashladnim tečnostima, koji se lako prenose vazdušnim putem i dovode do pojave hipersenzitivnog pneumonitisa [4], koji nastaje kao posledica ekspozicije mikroorganizmima i hemijskim materijama prisutnim u mašinskim uljima i tečnostima za hlađenje [5].

Novе tehnologije obrade metala, pretežno automatizovane, smanjile su rizike od akutnih oštećenja zdravlja, ali je velika zastupljenost novih materijala i postupaka stvorila veće mogućnosti za hroničnu ekspoziciju hemijskim štetnostima čije štetne efekte nije moguće uvek predvideti.

Dosadašnje studije u oblasti toksikološke analize rizika, a posebno toksičnih metala, na profesionalno eksponiranu populaciju u tehnološkim procesima metaloprerađivačke industrije ukazuju na potrebu daljih istraživanja. Surgiewicz i Domanski [6] su analizom izloženosti toksičnim metalima u procesima galvanizacije ustanovili da su koncentracije pojedinačnih toksičnih metala, kao i njihovih jedinjenja, u ispitivanim sistemima u dozvoljenom opsegu, ali da prisustvo i malih količina ukazuje na potencijalni zdravstveni rizik. Profesionalna trovanja toksičnim metalima u galvanizaciji su skoro isključivo hroničnog karaktera, tako da je istraživanje sprovedeno od strane Lazarević i dr. [7] pokazalo da povećanje koncentracije toksičnih metala u biološkom materijalu izaziva štetne zdravstvene efekte kod eksponirane populacije, što je značajan pokazatelj toksikološkog rizika. Devedesetih godina

*Autor za korespondenciju: Vesna Lazarević

E-mail: vesna.toxicology@gmail.com

Rad primljen: 23. 04. 2016.

Rad prihvaćen: 06. 06. 2016.

Rad je dostupan na sajtu: www.idk.org.rs/casopis

prošlog, kao i početkom ovog veka, objavljeno je nekoliko epidemioloških studija u kojima su opisani neželjeni zdravstveni efekti indukovani i na niskoj izloženosti kadmijumu u populacionim grupama u Japanu, Kini, Evropi i SAD. Khan i dr. [8] su zaključili da povišen nivo olova u krvi ima pozitivnu korelaciju sa oksidativnim stresom, zapaljenskim i biohemijskim markerima koji bi mogli da posluže u otkrivanju oštećenja bubrežnih funkcija, pre svega, ali i mnogih drugih, kod profesionalno izložene populacije. Alfridi i dr. [9] su ukazali na, značajno povećanje nivoa olova, kadmijuma i nikla u uzorcima krvi i urina profesionalno izložene grupe radnika čeličane u odnosu na kontrolnu, moguću vezu ovih elemenata sa etiologijom bolesti i potrebu za neposrednim poboljšanjem uslova radne sredine. Lazarević i dr. [10] su retrospektivnom kohortnom studijom pokazali da hronično izlaganje olovu rezultira u visokoj pozitivnoj statističkoj korelaciji između koncentracije olova u krvi i urinu i koncentracije δ -aminolevulinske kiseline, i upućuje na odgovor na dejstvo štetnih efekata. Olewinska i dr. [11] su utvrdili da profesionalna izloženost olovu izaziva oštećenje DNK na osnovu dobijene pozitivne statističke korelacije između merenih parametara koji ukazuju na oštećenje DNK i koncentracije olova u krvi i cink protoporfirina. Koncentracija olova u krvi eksponirane grupe je oko 8,5 i cink protoporfirina 3,3 puta viša u poređenju sa kontrolnom. Takođe, retrospektivnom kohortnom epidemiološkom studijom utvrđeno je da sistematsko izlaganje uticaju olova ima za posledicu značajno povećanje koncentracije koproporfirina u biološkom materijalu [12]. Kasperczyk i dr. [13] su na osnovu studije procene uticaja izloženosti olovu, na koncentraciju cinka, bakra, gvožđa, selena i proteina (transferin, ceruloplazmin i haptoglobin) u krvi profesionalno eksponirane populacije, utvrdili da su koncentracije olova u krvi i cink protoporfirina bile značajno više u eksponiranoj u odnosu na kontrolnu grupu, kao i koncentracije bakra, selena i ceruloplazmina. Nakupljanje toksičnih metala u telu ne javlja se samo u uslovima dugotrajne izloženosti nego i zbog genetski uzrokovane bioakumulacije, kao što je primer poremećaja metabolizma bakra pri Wilsonovoj i Menkesovoj bolesti, što ima za posledicu toksične efekte u funkcijama i/ili strukturi pojedinih organa i metaboličkih procesa [14], dok Zhu i dr. [15] ukazuju da hronična izloženost cinku izaziva poremećaj N-metil-D-aspartat receptora (NMDARs) u hipokampusu neurona, tako da su pojačane aktivnosti NMDAR uzrok mnogih moždanih oboljenja. S obzirom da su hemijske štetnosti u radnoj sredini potencijalni indikatori, direktnog ili indirektnog oštećenja zdravlja, cilj rada je dokazati i kvantifikovati indikatore zagađenja i sagledati moguće posledice po zdravlje profesionalno eksponirane populacije.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

U cilju analize toksikološkog rizika izvršeno je ispitivanje ambijentalnog monitoringa, na karakterističnim mestima referentnog tehnološkog sistema, u zoni disanja radnika, komparacijom dobijenih vrednosti sa vrednostima usvojenim Pravilnicima i standardima. Analiza podataka se bazira na određivanju hemijskih štetnosti u radnoj sredini (toksični metali, natrijum-hidroksid, azotna kiselina, sumporna kiselina, hlorovodonična kiselina, mineralno ulje, benzin, akrolein, ugljen-monoksid, cijanovodonik, formaldehid, vodonik-peroksid, amonijak, prašina i dr.).

Primenjen je analitički epidemiološki metod tipa retrospektivne studije, kojom je obuhvaćen period od 2005. do 2014. godine. Grupu eksponiranih su činili ispitanici zapošljeni u EI „PCB - FACTORY“ iz Niša (439 ispitanika), u daljem tekstu PCB. Ispitanici su bili muškog pola, prosečne starosti 42,3 godine, koji su u posmatranom periodu radili najmanje jednu godinu u metaloprerađivačkoj industriji. Kontrolnu grupu su činili ispitanici referentnih tehnoloških sistema (60 ispitanika), muškog pola, prosečne starosti 44,1 godina, koji su posmatranom periodu obavljali administrativne poslove.

Korišćeni su podaci iz godišnjih izveštaja službe socijalne medicine i statistike, podaci iz zdravstvenih kartona primarne i specifične zdravstvene zaštite zaposlenih i stručni nalazi Zavoda za zaštitu zdravlja radnika i Instituta za javno zdravlje iz Niša.

Dobijeni rezultati ambijentalnog monitoringa su obrađeni standardnim statističkim metodama [16]:

- tehnikom deskriptivne statistike (aritmetička sredina i standardna devijacija, frekvencije, procenti) za utvrđivanje izraženosti osnovnih varijabli istraživanja,
- korelativnom tehnikom za utvrđivanje smera i stepena povezanosti varijabli i
- Studentovom t statistikom za velike nezavisne uzorke i hi kvadrat testom za testiranje razlike u frekvenciji.

Sve statističke analize urađene su u okviru statističkog paketa SPSS 19.0 (Statistical Package for The Social Sciences) for Windows.

Veličina statističkog uzorka je određena statističkom metodologijom uz zadovoljenje osnovnog principa reprezentativnosti. Statistička obrada, kao i prezentacija rezultata izvršena je softverskim paketima Excel, Matlab, SPSS19.0 (Statistical Package for The Social Sciences), StatCalc i Edu Stat. Deskriptivna statistička analiza uključuje tabele i slike koje sadrže statističke serije u skladu sa definisanim varijablama. Promenljive su izražene kontinuirano standardnom devijacijom i nominalnim varijablama, brojevima i procentima, dok p-vrednost ispod 0,05 i 0,01 je smatrana statistički signi-

fikantnom sa intervalom poverenja od 95 i 99 %, respektivno.

Metode određivanja hemijskih štetnosti u radnoj sredini su:

- određivanje koncentracije olova i njegovih jedinjenja (olovo, dim i prašina) atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom - AAS, OSHA METHOD ID-121, US OSHA 02/2002,
- određivanje koncentracije nikla i njegovih jedinjenja (nikl, dim i prašina) atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom - AAS, OSHA METHOD ID-121, US OSHA 02/2002,
- određivanje koncentracije bakra atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (bakar, dim, prašina i magla) - AAS, NIOSH METHOD 7029, U.S. CDC 08/1994,
- određivanje koncentracije cinka i njegovih jedinjenja (cink i cink-oksidi, dim i prašina) atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom - AAS, OSHA METHOD ID-143,
- određivanje koncentracije mineralnog ulja (aerosol) metodom IR spektrometrije - LUG 51.54.12;
- određivanje koncentracije alkalija (natrijum-hidroksid, kalijum-hidroksid, litijum-hidroksid) metodom acido-bazne titracije - NIOSH METHOD 7401, U.S. CDC 08/1994,
- određivanje koncentracije hlorovodonične kiseline elektrohemijomskom metodom - LUG 51.14,

- određivanje koncentracije ugljen-monoksida elektrohemijomskom metodom - LUG 51.14,
- određivanje koncentracije cijanovodonika elektrohemijomskom metodom - LUG 51.14,
- određivanje koncentracije amonijaka elektrohemijomskom metodom - LUG 51.14,
- određivanje sadržaja ukupne prašine nefelometrijskom metodom - LUG 51.15.

3. REZULTATI

3.1. Određivanje koncentracije hemijskih štetnosti u radnoj sredini

U cilju sprečavanja oštećenja zdravlja eksponirane grupe ispitanika izvršeno je određivanje koncentracije hemijskih štetnosti u radnoj sredini. Na osnovu standarda SRPS Z.B0.001/91, koji se odnosi na maksimalno dozvoljene koncentracije škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi, određene koncentracije hemijskih štetnosti upoređivane su sa maksimalno dozvoljenim vrednostima. Evaluacija rezultata ambijentalnog monitoringa je pokazala da su najčešće hemijske štetnosti radne sredine metaloprerađivačke industrije prašine toksičnih metala, ugljenmonoksid, azotni oksidi, mineralno ulje, akrolein i toluen.

U tabeli 1 prikazane su hemijske štetnosti radne sredine, praćene u zakonski predviđenom intervalu, za period od 2005. do 2014. godine.

Tabela 1. Hemijske štetnosti u radnoj sredini

Table 1 Chemical hazard in the working place

Hemijska štetnost (mg/m ³)	MDK (mg/m ³)	Godina ispitivanja				
		2005	2008	2010	2012	2014
MEHANIČKA OBRADA						
Prašina bakra	1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,20
Organska prašina	10	2,09	1,92	1,94	1,87	1,82
Ugljenmonoksid	55	15,76	13,94	16,18	19,43	18,82
Akrolein	0,05	0,03	0,04	0,04	0,035	0,03
GALVANIZACIJA						
Olovo	0,05	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002
Bakar	1	0,54	0,42	0,44	0,52	0,5
Nikl	1	0,60	0,65	-	-	-
Cink-oksidi	10	7	6	7	5	4
Sumporna kiselina	1	0,74	0,63	0,69	0,72	0,7
Hlorovod. kiselina	7	2,45	1,03	1,66	1,82	1,97
Cijanovodonik	0,3	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
Formaldehid	1,5	1,05	0,93	0,94	0,88	0,92
Vodonik peroksid	1,5	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Amonijak	18	1,45	0,8	0,9	1,06	1,12

MDK - maksimalno dozvoljena koncentracija

Utvrđene koncentracije hemijskih štetnosti na radnim mestima najbližim izvorima štetnosti su ispod maksimalno dozvoljenih vrednosti, ali zbog vremena izloženosti postoji verovatnoća ugrožavanja zdravlja eksponirane grupe ispitanika.

S obzirom na identifikaciju hemijskih štetnosti u karakterističnim referentnim sistemima, zbog specifičnih simptoma koji su posledica izloženosti, izvršeno je njihovo kontinuirano praćenje u biološkom materijalu u analiziranom vremenskom periodu.

3.2. Pregled simptoma i znakova poremećaja zdravlja kod eksponirane i kontrolne grupe ispitanika

U cilju sagledavanja toksikološkog rizika, a na osnovu standardnog upitnika za utvrđivanje zdrav-

Tabela 2. Prevalenca poremećaja na nivou pojedinih organa u 2014. godini

Table 2 The prevalence of the disorder at the level of individual organs in 2014.

Simptomi	Eksponirana grupa		Kontrolna grupa		χ^2	p	RR
	N	%	N	%			
Oči	25	20,8	3	5	7,43	0,006*	4,17
Nos	38	31,7	4	6,6	13,98	0,000*	4,75
Pluća	29	24,2	2	3,3	12,18	0,001*	7,25
Koža	15	12,5	2	3,3	4,58	0,032*	4,09

N - veličina uzorka; p - statistička značajnost; χ^2 test; RR - relativni rizik, *Statistička značajnost na nivou 0,05

Analizom prevalencije simptoma eksponirane i kontrolne grupe ispitanika je utvrđeno da su najzastupljenije zdravstvene tegobe: peckanje i svrab sluzokože nosa 31,7 % i 6,6 %, ostale smetnje respiratornog trakta 24,2 % i 3,3 %, peckanje i crvenilo konjunktive 20,8 % i 5 %, a neznatno manje promene na koži 12,5 % i 3,3 %, respektivno.

Tabela 3. Simptomi i znakovi poremećaja zdravlja kod eksponirane (120) i kontrolne (60) grupe ispitanika u 2014. godini

Table 3 Symptoms and signs of health disorder in the exposed (120) and control (60) groups of patients in 2014.

Simptomi	Eksponirana grupa		Kontrolna grupa		χ^2	p	RR
	N	%	N	%			
Glavobolja	37	30,8	5	8,33	3,20	0,001*	3,70
Nesanica	15	12,5	4	6,6	1,44	0,229	1,88
Slab apetit	13	10,8	3	5,0	1,68	0,194	2,17
Bol u mišićima	43	35,8	9	15,0	8,45	0,004*	2,39
Smanjena telesna težina	4	3,3	2	3,3	0,00	1,000	1,00
Gastrointestinalne smetnje	28	23,3	5	8,3	6,01	0,001*	2,80
Razdražljivost	17	14,2	1	1,7	6,94	0,008*	8,50

N-veličina uzorka; p-statistička značajnost; χ^2 test; RR-relativni rizik, *Statistička značajnost na nivou 0,05

Analizom podataka eksponirane i kontrolne grupe ispitanika se zaključuje da su, u 2014.

stvenih tegoba primenjenog kod 180 ispitanika metaloprerađivačke industrije, gde je 120 pripadalo eksponiranoj, a 60 kontrolnoj grupi, ispitivana je pojava simptoma i znakova poremećaja zdravlja povezanih sa dugogodišnjom ekspozicijom toksičnim metalima.

Vodeći simptomi i znakovi poremećaja zdravlja eksponirane grupe ispitanika bili su vezani za: oči, nos, pluća i kožu.

Prevalenca poremećaja na nivou pojedinih organa u momentu sprovođenja standardnog upitnika u 2014. godini na nivou pojedinih organa kod eksponirane i kontrolne grupe ispitanika je prikazana u tabeli 2.

Za sve navedene zdravstvene tegobe dokazana je statistička signifikantnost između eksponirane i kontrolne grupe ispitanika na nivou 0,05.

Pored očekivanih zdravstvenih tegoba, standardnim upitnikom obuhvaćeni su i statistički testirani neki simptomi i znaci koji se javljaju u uslovima dugogodišnje ekspozicije hemijskim štetnostima prikazanim u tabeli 3.

godini, najčešće zastupljeni simptomi, glavobolja 30,8 % i 8,33 %, bol u mišićima 35,8 % i 15,0 %, razdražljivost 14,2 % i 1,7 %, smanjena telesna težina 3,3 % i 3,3 %, slab apetit 10,8 % i 5,0 %, nesanicu 12,5 % i 6,6 %, gastrointestinalne smetnje 23,3 % i 8,3 %, i glavobolju 30,8 % i 8,33 %, bol u mišićima 35,8 % i 15,0 %, smanjenu telesnu težinu 3,3 % i 3,3 %, slab apetit 10,8 % i 5,0 %, nesanicu 12,5 % i 6,6 %, gastrointestinalne smetnje 23,3 % i 8,3 %, i razdražljivost 14,2 % i 1,7 %.

gastrointestinalne smetnje 23,3 % i 8,3 %, i razdražljivost 14,2 % i 1,7 %, dok su manje prisutni slab apetit 10,8 % i 5,0 %, nesаница 12,5 % i 6,6 % i smanjene telesne težine 3,3 % i 3,3 %, respektivno.

Rezultati istraživanja su pokazali da postoji statistički značajna povezanost između ekspozicije hemijskim štetnostima i pojave sledećih simptoma i znakova oštećenja zdravlja: bol u mišićima, gastrointestinalne smetnje i razdražljivost. Statistička sig-nifikantnost nije dokazana između ekspozicije hemijskim štetnostima i pojave slabog apetita, nesаница i smanjene telesne težine.

3.3. Statistička obrada strukture uzorka ispitanika

U cilju određivanja kriterijuma normiranja toksikološkog rizika eksponirane i kontrolne grupe izvršena je statistička obrada strukture uzorka ispitanika, i to starosne strukture ispitanika (tabele 4 i 5) i strukture godina radnog staža (tabele 6 i 7).

Tabela 4. Pregled starosne strukture eksponirane i kontrolne grupe ispitanika

Table 4. Overview of the age structure of the exposed and control groups of patients

Grupa	N	Min	Max	AS	SD	CV (%)
Eksponirana	439	23	57	42,4	7,8	18
Kontrolna	60	33	57	44,1	6,5	14

N - veličina uzorka; Min - minimalna vrednost; Max - maksimalna vrednost; AS - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija; CV- koeficijent varijacije.

Prosečna starost eksponirane grupe je 42,4, a kontrolne 44,1 godina. Koeficijent varijacije starosti eksponirane grupe iznosi 18 %, a kontrolne 14 %, i niži je od 30 %, što znači da je ekvivalentnost u starosnoj strukturi ispitanika visokog stepena.

Tabela 5. Razlike u starosnoj strukturi eksponirane i kontrolne grupe ispitanika

Table 5. Differences in the age structure of the exposed and control groups of patients

Grupa	AS	SD	t	p
Eksponirana	42,4	7,8	1,636	0,102
Kontrolna	44,1	6,5		

AS - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija; t - Studentova t statistika; p - statistička značajnost.

Na osnovu statističke analize ispitivanja razlika u starosnoj strukturi eksponirane i kontrolne grupe utvrđeno je da ne postoji značajna razlika ($p=0,102$), što upućuje na njihovu ujednačenost na osnovu parametra starosti.

Statističkom analizom ispitivanja razlika po godinama radnog staža je utvrđeno da ne postoji značajna razlika ($p=0,195$) između starosne strukture eksponirane grupe ispitanika fabrike Nisal

i kontrolne grupe, tako da su one ujednačene po ovom parametru.

Tabela 6. Pregled strukture godina eksponiranog radnog staža

Table 6. Overview of the structure of the exposed length of service

Grupa	N	Min	Max	AS	SD	CV (%)
Eksponirana	439	1	35	19,1	5,4	28,3
Kontrolna	60	1	37	19,2	5,7	29

N - veličina uzorka; Min - minimalna vrednost; Max - maksimalna vrednost; AS - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija; CV- koeficijent varijacije.

Prosečna vrednost godina eksponiranog radnog staža je 19,1, a kontrolne grupe 19,2 godina. Minimalan radni staž eksponirane grupe je 1 godina, dok je maksimalan 35 godina, što ukazuje na činjenicu da su ispitanici koji obavljaju poslove obrade metala eksponirani hemijskim štetnostima duži vremenski period.

Koeficijent varijacije godina radnog staža eksponirane grupe iznosi 28,3 %, a kontrolne 29 %, što znači da su obe grupe homogene po godinama radnog staža.

Tabela 7. Razlike u godinama radnog staža eksponirane i kontrolne grupe ispitanika

Table 7. Differences in the length of service of the exposed and control groups of patients

Grupa	AS	SD	t	p
Eksponirana	19,1	5,4	0,119	0,905
Kontrolna	19,2	5,7		

AS - aritmetička sredina; SD - standardna devijacija; t - Studentova t statistika; p - statistička značajnost.

Na osnovu statističke analize ispitivanja razlika po godinama radnog staža eksponirane i kontrolne grupe ispitanika utvrđeno je da ne postoji značajna razlika ($p=0,905$), što upućuje na njihovu ujednačenost na osnovu parametra radnog staža.

4. DISKUSIJA

Hemijske štetnosti radne sredine referentnog tehnološkog sistema PCB, praćene u zakonski predviđenom intervalu, za period od 2005. do 2014. godine, u procesu mehaničke obrade metala su: prašina bakra, organska prašina, ugljenmonoksid, akrolein, a u procesu galvanizacije: olovo, bakar, nikl, cink-oksidi, sumporna kiselina, hlorovodonična kiselina, cijanovodonik, formaldehid, vodonik-peroksid i amonijak. Dobijene vrednosti koncentracije hemijskih štetnosti, koje su u dozvoljenom graničnom opsegu, kao i na osnovu specifičnih simptoma koji su posledica izloženosti hemijskim štetnostima, u analiziranom vremenskom periodu, upućuju na činjenicu da postoje ograničenja u analizi malog broja uzoraka, i da bi se moglo doći do boljih re-

zultata izloženosti profesionalno eksponiranih ispitanika ukoliko bi broj uzoraka bio veći, što je u skladu sa [17].

Biološki prag granične vrednosti treba periodično revidirati kako bi eksponirani radnici bili zaštićeni u kontinuitetu.

Choy i dr. [18] su utvrdili da samo reprezentativne mere unosa olova u radnoj sredini mogu pružiti relevantne podatke koje je moguće dobiti uz korišćenje ličnog uređaja za uzorkovanje, na osnovu dozvoljene granice izlaganja (engl. *permissible exposure limit* - PEL), koja je za Singapur $0,15 \text{ mg/m}^3$ ($150 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) i veća je tri puta od one koju propisuje OSHA ($50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$). Pri analizi samo jednog uzorka, vrlo je verovatno da postoji velika varijacija date vrednosti, što zahteva ispitivanje većeg broja uzoraka [19].

Korišćenje statičkih uzorkivača ili uzoraka iz oblasti najbližoj izvorima štetnosti, ali ne kontinualno, za predstavljanje profesionalne izloženosti, često može dati niže vrednosti nego u slučaju personalnih uzoraka, i u većini slučajeva ne može se dobiti korisna procena stvarnog izlaganja profesionalno eksponirane populacije [20]. Lange [21] je utvrdio da čak i niske koncentracije olova u vazduhu mogu prouzrokovati visoke koncentracije olova u krvi, što se objašnjava prekomernom apsorpcijom koja najpre zavisi od biološke kontrole. Tako, prosečan prirast od $0,025 \text{ }\mu\text{mol Pb/dm}^3$ ($5 \text{ }\mu\text{g Pb/dm}^3$) u krvi predviđa se iz svakog prosečnog prirasta od $0,005 \text{ }\mu\text{mol/m}^3$ ($1 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) (40 h nedeljno prosečne ekspozicije) olova u vazduhu do nivoa olova u krvi od $2,41 \text{ }\mu\text{mol/dm}^3$ ($500 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$). Otuda za stanovništvo sa prosečnom osnovnom koncentracijom olova u krvi od $1,21 \text{ }\mu\text{mol/dm}^3$ ($250 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$), vrednost nivoa olova u vazduhu ne sme biti iznad $0,14 \text{ }\mu\text{mol/m}^3$ ($30 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), dok $0,29 \text{ }\mu\text{mol/m}^3$ ($60 \text{ }\mu\text{g/m}^3$) se toleriše za stanovništvo sa osnovnim prosekom nivoa olova u krvi od $0,48 \text{ }\mu\text{mol/dm}^3$ ($100 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$). Iz ovog razloga predlaže se za olovo u vazduhu koncentracija od $0,14$ - $0,29 \text{ }\mu\text{mol/m}^3$ (30 - $60 \text{ }\mu\text{g/m}^3$), koja je u skladu sa dozvoljenom graničnom ekspozicijom koju propisuje OSHA, $0,24 \text{ }\mu\text{mol/m}^3$ ($50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$).

Međutim, Pierre i dr. [22], takođe, navode da je teško pretpostaviti vrednosti koncentracije olova u krvi na osnovu merenja količine olova u udahnutom vazduhu na radnom mestu i one često odstupaju od izmerenih vrednosti u krvi, dok su Lai i dr. [23] ustanovili da postoji statistički pozitivna visoka korelacija između koncentracije ambijentalnog olova i olova u krvi eksponiranih ispitanika u fabrikama olovnih baterija.

Interesantno je zapažanje Kiilunen i dr. [24] da ne postoji korelacija između koncentracije nikla u radnoj sredini i urinu, što se može objasniti činjenicom da nivo nikla u urinu zavisi i od njegove

fizičke forme (gas, para, prašina), kao i od hemijskog oblika (različita vrsta jedinjenja) prisutnog u referentnom tehnološkom sistemu. Međutim, Fortoul i dr. [25] navode da postoji pozitivna korelacija između profesionalne eksponiranosti niklu iz radne sredine i koncentracije ovog metala u biološkom materijalu. Do istih saznanja, ali na osnovu identifikovane simptomatologije, smanjenja plućne funkcije i pneumokonioze, nakon izloženosti niklu, došli su i Jones i Warner [26] i utvrdili da na osnovu dobijenih koncentracija oslobođenog nikla u radnoj sredini $0,15$ - $34,0 \text{ mg/m}^3$, koje su znatno iznad vrednosti dobijenih u okviru ovog istraživanja, postoji pozitivna korelacija između izloženosti niklu i njegove koncentracije u biološkom materijalu.

U cilju sagledavanja toksikološkog rizika, a na osnovu standardnog upitnika za utvrđivanje zdravstvenih tegoba primenjenog kod 180 ispitanika metaloprerađivačke industrije, povezanih sa dugogodišnjom ekspozicijom toksičnim metalima, gde je 120 pripadalo eksponiranoj, a 60 kontrolnoj grupi utvrđeno je da su vodeći simptomi i znakovi poremećaja zdravlja eksponirane grupe ispitanika bili vezani za: oči, nos, pluća i kožu.

Analizom prevalencije simptoma eksponirane i kontrolne grupe ispitanika je utvrđeno da su najzastupljenije zdravstvene tegobe: peckanje i svrab sluzokože nosa $31,7 \%$ i $6,6 \%$, ostale smetnje respiratornog trakta $24,2 \%$ i $3,3 \%$, peckanje i crvenilo konjunktive $20,8 \%$ i 5% , a neznatno manje promene na koži $12,5 \%$ i $3,3 \%$, respektivno. Za sve navedene zdravstvene tegobe dokazana je statistička signifikantnost između eksponirane i kontrolne grupe ispitanika na nivou $0,05$.

Pored navedenih zdravstvenih tegoba, standardnim upitnikom obuhvaćeni su i statistički testirani neki simptomi i znaci koji se javljaju u uslovima dugogodišnje ekspozicije toksičnim metalima, kao što su: glavobolja, bol u mišićima, gastrointestinalne smetnje, razdražljivost, slab apetit, nesanica i smanjenje telesne težine.

Statističkom obradom podataka eksponirane i kontrolne grupe ispitanika utvrđeno je da su najčešće zastupljeni simptomi, glavobolja $30,8 \%$ i $8,33 \%$, bol u mišićima $35,8 \%$ i $15,0 \%$, gastrointestinalne smetnje $23,3 \%$ i $8,3 \%$, i razdražljivost $14,2 \%$ i $1,7 \%$, dok su manje prisutni slab apetit $10,8 \%$ i $5,0 \%$, nesanica $12,5 \%$ i $6,6 \%$ i smanjene telesne težine $3,3 \%$ i $3,3 \%$, respektivno.

Rezultati istraživanja su pokazali da postoji statistički značajna povezanost između ekspozicije hemijskim štetnostima i pojave sledećih simptoma i znakova oštećenja zdravlja: bol u mišićima, gastrointestinalne smetnje i razdražljivost. Statistička signifikantnost nije dokazana između ekspozicije hemijskim štetnostima i pojave slabog apetita, nesаницe i smanjene telesne težine.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih ispitivanja mogu se doneti sledeći zaključci:

- Koncentracija hemijskih štetnosti na radnim mestima, referentnog tehnološkog sistema, najbližim izvorima štetnosti su u opsegu dozvoljenih vrednosti, ali zbog vremena trajanja ekspozicije postoji verovatnoća ugrožavanja zdravstvenog statusa eksponiranih. U cilju smanjenja nivoa rizika i zaštite zdravlja neophodno je kontinuirano praćenje koncentracije hemijskih štetnosti.
- Prikazani rezultati istraživanja i sagledavanja izvora zagađenja u radnoj sredini mogu korisno da posluže u proceni opšte slike zagađenosti, kao i da podstaknu na razmišljanje o aktivnostima na svim nivoima, koje mogu da doprinesu očuvanju radne i životne sredine.
- Vodeći simptomi i znakovi poremećaja zdravlja eksponirane grupe ispitanika bili su vezani za: oči, nos, pluća i kožu, što se zaključuje na osnovu analize prevalencije simptoma eksponirane i kontrolne grupe ispitanika, u momentu sprovođenja standardnog upitnika u 2014. Godini. Za sve navedene zdravstvene tegobe dokazana je visoka statistička signifikantnost između eksponirane i kontrolne grupe ispitanika na nivou 0,05.
- Analizom podataka eksponirane i kontrolne grupe ispitanika, a na osnovu standardnog upitnika, se zaključuje da su u 2014. godini, pored vodećih zdravstvenih tegoba, najčešće zastupljeni simptomi: glavobolja 30,8 % i 8,33%, bol u mišićima 35,8 % i 15,0 %, gastrointestinalne smetnje 23,3 % i 8,3 %, i razdražljivost 14,2 % i 1,7 %, dok su manje prisutni slab apetit 10,8 % i 5,0 %, nesanica 12,5% i 6,6 % i smanjene telesne težine 3,3 % i 3,3 %, respektivno. Dokazana je statistički značajna povezanost na nivou 0,05 između ekspozicije toksičnim metalima i pojave sledećih simptoma i znakova oštećenja zdravlja: bol u mišićima, gastrointestinalne smetnje i razdražljivost, dok statistička signifikantnost nije dokazana između ekspozicije toksičnim metalima i pojave slabog apetita, nesanice i smanjene telesne težine.
- Na osnovu dobijenih rezultata, eksponirana grupa ispitanika pripada visokorizičnoj, što upućuje na ulogu profesionalne izloženosti u nastanku štetnih efekata.

6. REFERENCE

- [1] L.Lillienberg, A.Burdorf, L.Mathiasson, L.Thorneby (2008) Exposure to metalworking fluid aerosols and determinants of exposure. *Ann Occup Hyg*, 52(7), 597-605.
- [2] L.Abrams, N.Seixas, T.Robins, H.Burge, M. Muilenberg, A.Franzblau A (2000) Characterization of metalworking fluid exposure indices for a study of acute respiratory effects. *Appl Occup Environ Hyg*, 15(6), 492-502.
- [3] B.Van Wendel de Joode, E.Bierman, D.Brouwer, J.Spithoven, H.Kromhout (2005) An assessment of dermal exposure to semi-synthetic metal working fluids by different methods to group workers for an epidemiological study on dermatitis. *Occup Environ Med*, 62(9), 633-641.
- [4] S.Taibjee, I.S.Foulds (2003) Microorganismus-induced skin disease in workers exposed to metalworking fluids. *Occupat Med*, 53(7), 483-4.
- [5] R.Gorny, B.Szponar, L.Larsson, C.Pehrson, Z. Prazmo, J.Dutkiewicz (2004) Metalworking fluid bioaerosols at selected workplaces in a steelworks. *Am J Ind Med*, 46(4), 400-403.
- [6] J.Surgiewicz, W.Domański (2006) Exposure to metal compounds in occupational galvanic processes. *Med Pr*, 57(2), 123-131.
- [7] V.Lazarević, S.Ivezić Đorđević, I.Krstić (2012a) Occupational exposure to toxic metals in the galvanization process. In: Abstracts of the 4th Croatian Congress of Toxicology (CROTOX 2012). Primošten, Croatia. *Arh Hig Rada Toksikol* 63 Suppl 2:40.
- [8] D.Khan, S.Qayyum, S.Saleem, F.Khan (2008) Lead-induced oxidative stress adversely affects health of the occupational workers. *Toxicol Ind Health*, 24(9), 611-618.
- [9] H.I.Alfridi, T.Kazi, M.Jamali, G.Kazi, M.Arain, N.Jalbani (2006) Evaluation of toxic metals in biological samples (scalp hair, blood, urine) of steel mill workers by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Toxicol Ind Health*, 22(9), 381-393.
- [10] V.Lazarević, S.Ivezić Đorđević, Lj.Bлагоjević, I.Krstić (2012b) Štetni efekti olova u metaloprerađivačkoj industriji. U: Dikić S, editor. *Zbornik radova petog međunarodnog kongresa ekologija, zdravlje, rad i sport*. Banja Luka, BiH: Zdravlje za sve; p. 57-63.
- [11] E.Olewinska, A.Kasperczyk, L.Kapka, A.Kozłowska, N.Pawlas, M.Dobrakowski (2010). Level of DNA damage in lead-exposed workers. *Ann Agric Environ Med*, 17(2), 231-236.
- [12] V.Lazarević, S.Ivezić Đorđević, I.Krstić, Lj.Bлагоjević, Z.Janković (2012c) Chronic exposure to lead in metal industry. In: Goletić Š, Živković D, editors. *Proceedings of the 2nd international symposium on environmental and material flow management*. Zenica, BiH: Faculty of mechanical engineering in Zenica; p. 265-270.
- [13] A.Kasperczyk, A.Prokopowicz, M.Dobrakowski, N.Pawlas, S.Kasperczyk (2012) The effect of occupational lead exposure on blood levels of zinc, iron, copper, selenium and related proteins. *Biol Trace Elem Res*.
- [14] G.Nordberg, B.Sandstrom, G.Becking, R.Goyer (2000) Essentiality and toxicity of trace elements: Principles and methods for assessment of risk from

- human exposure to essential trace elements. *J Trace Elem Exp Med*, 13(1),141-153.
- [15] J.Zhu, C.Y.Chao, W.Yang, X.M.Zhang, W.U.Zy, L.Zhou (2012) Chronic zinc exposure decreases the surface expression of NR2A-Containing NMDA receptors in cultured hippocampal neurons. *Plos One*, 7(9),46-52.
- [16] P.Armitage, G.Berry (2000) *Statistical methods in medical research*. Oxford: Blackwell Science.
- [17] HSE-Health and Safety Executive (2002) *The control of lead at work. Control of Lead at Work Regulations 2002. Approved Code of Practice and guidance* UK: Surrey; p.1-118. http://www.hseni.gov.uk/1132_control_of_lead_at_work.pdf
- [18] K.Choy, H.S.Lee, C.H.Tan (2004) Blood lead monitoring in a decorative ceramic tiles factory in Singapore. *Singapore Med J*, 45(4), 176-180.
- [19] J.H.Lange, K.W.Thomulka (2000) Evaluation of engineering controls for airborne lead exposure during renovation/demolition of a commercial building. *Indoor Built Environment*, 9(3-4), 207-215.
- [20] J.V.Cherrie (2004) Personal and static sample measurements are related. *Occup Environ Med*, 61, 374-382.
- [21] J.H.Lange (2002) Airborne exposure and soil levels associated with lead abatement of a steel tank. *Tox Ind Health*, 18(1), 28-38.
- [22] F.Pierre, C.Vallayer, F.Baruthio, A.Peltier, S.Pale, J.Rouyer (2002) Specific relationship between blood lead and air lead in the crystal industry. *Int Arch Occup Environ Health*, 75(4), 217-223.
- [23] J.S.Lai, T.N.Wu, S.H.Liou, C.Y.Shen, C.F.Guu, K.N.Ko (1997) A study of the relationship between ambient lead and blood lead among lead battery workers. *Int Arch Occup Environ Health*, 69(4), 295-300.
- [24] M.Kiilunen, J.Utela, T.Rantanen, H.Norppa, A.Tossavainen, M.Koponen (1997b) Exposure to soluble nickel in electrolytic nickel refining. *Ann Occup Hyg*, 41(2), 167-188.
- [25] T.Fortoul, L.S.Osorio, A.Tovar, D.Salazar, M.Castilla, G.Olaiz-Fernandez (1996) Metals in lung tissue from autopsy cases in Mexico City residents: comparison of cases from the 1950s and the 1980s. *Environ Health Perspect*, 104(6), 630-632.
- [26] J.G.Jones, C.G.Warner (1972) Chronic exposure to iron oxide, chromium oxide, and nickel oxide fumes in metal dressers in a steelworks. *Br J ind Med*, 29(2), 168-177.

ABSTRACT

TOXICOLOGICAL ANALYSIS OF AMBIENT MONITORING IN METAL INDUSTRY

Metal industry is the source of many chemical hazards and their synergic effects could damage the health of occupationally exposed population. The application of toxicological analysis in this paper was to investigate the risk of toxic metals and other chemical hazards in the workplace. The aim is to demonstrate and quantify indicators of pollution in the working environment and perceive (realize) the possible health consequences on occupationally exposed population. The subject of research in this paper is the toxicological risk analysis of toxic metals and other chemical hazards in metal industry, based on a survey of ambient monitoring. The applied analytical method is the retrospective epidemiological study type. Identified concentrations of chemical hazards below the limit values, but because exposure time is likely to jeopardize the health status of occupationally exposed population.

Keywords: toxicology analysis, ambient monitoring, chemical hazards, exposure, work place.

Scientific paper

Paper received: 23. 04. 2016.

Paper accepted: 06. 06. 2016.

Paper is available on the website: www.idk.org.rs/journal