

PRAĆENJE ATMOSFERSKIH DEPOZICIJA TALOŽNOG PRAHA I TEŠKIH METALA NA PODRUČJU OPĆINE ZENICA

MONITORING OF ATMOSPHERIC DEPOSITION PRECIPITATED DUST AND HEAVY METALS IN THE AREA OF ZENICA

Šefket Goletić & Nusret Imamović
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet Zenica
Zenica, BiH

REZIME

U cilju utvrđivanja opterećivanja okoliša atmosferskim depozicijama taložnog praha i teških metala sadržanih u taložnom prahu koji se dominantno emituju iz metalurških postrojenja, realizovan je namjenski monitoring taložnog praha i sadržaja teških metala u taložnom prahu na 12 lokaliteta područja općine Zenica. Monitoring je realizovan na istim lokalitetima na kojima su uspostavljene monitoring stanice za petogodišnje praćenje teških metala, sumpora i drugih polutanata u zemljištu, biljkama i lizimetrijskim vodama, a u okviru projekta koga finansira Vlada Federacije BiH.

Realizacijom ovog namjenskog monitoringa konstatovano je da su najveće količine taložnog praha i teških metala (Pb, Cd, Zn, As i Ni) izmjerene na lokalitetima bližim dominantnim izvorima emisije (metalurška postrojenja) i u pravcu dominantnih vjetrova. Količina taložnog praha i teških metala su imale trend opadanja sa udaljavanjem, pa su najniže vrijednosti registrovane na najudaljenijim lokalitetima i lokalitetima izvan smjerova dominantnih vjetrova. To pokazuje da industrijske emisije opterećuju okoliš, posebno u zoni do oko 3,5 km od industrijskih izvora.

Ključne riječi: taložni prah, teški metali, monitoring taložnog praha i teških metala.

SUMMARY

In order to determine overloading the environment atmospheric deposition of precipitated dust and heavy metals contained in the depositional dust which is predominantly emitted from metallurgical plants, realized a purposed monitoring precipitated dust and heavy metal content in the precipitation dust in 12 localities of the municipality of Zenica. Monitoring is done on the same locations on which established a monitoring station for a five-year follow-up of heavy metals, sulfur and other pollutants in soil, plants and Lysimetric waters, within the project which is financed by the Government of the Federation B&H.

Implementation of this purposed monitoring, it found that the largest amounts of precipitated dust and heavy metals (Pb, Cd, Zn, As and Ni) measured at sites closer to the dominant emission sources (metallurgical plant) in the direction of the dominant winds. The amount of precipitated dust and heavy metals had a decreasing trend with the distance, and the lowest value registered in the most remote locations and locations outside the direction of dominant winds. This shows that industrial emissions impact on environment, particularly in the area to about 3.5 km from industrial sources.

Key words: precipitated dust, heavy metals, monitoring precipitated dust and heavy metals.

1. UVOD

U cilju utvrđivanja opterećivanja zemljišta i ekosistema teškim metalima emitovanim primarno iz metalurških postrojenja izvršeno je jednogodišnje ispitivanje količina taložnog praha i sadržaja teških metala u taložnom prahu na području općine Zenica, odnosno u širem okruženju pogona i postrojenja Željezare u Zenici.

Područje općine Zenica je izloženo uticaju povećanih emisija različitih polutanata koji potiču prvenstveno iz metalurških i termoenergetskih postrojenja, ali i iz drugih manjih zagađivača okoliša (lokalnih kotlovnica, ložišta u domaćinstvima i saobraćaja) [1]. Teški metali i drugi polutanti emitovani iz industrijskih izvora uključuju se u geobiociklus i u ciklične tokove u biosferi. Atmosferskim depozicijama dospijevaju na i u zemljište u kome se nagomilavaju i zadržavaju godinama, tj. desetljećima. Iz zemljišta se teški metali iznose usjevima i ispiraju vodom i na taj način se uključuju u geobiociklus i hranidbene mreže preko kojih mogu uzrokovati različite posljedice kod svih elemenata hranidbenih mreža, što uključuje i ljude. Poznavanje faktora koji utiču na disperziju, transmisiju i ponašanje metala u zemljištu i biosferu je od velikog značaja zbog ekoloških efekata, te zaštite zdravlja ljudi i ekosistema [2,3].

Dugogodišnjim monitoringom konstatovan je povećan sadržaj teških metala u zemljištu i populacijama različitih biljaka u zeničkoj regiji, što je posljedica višedecenijskog opterećivanja okoliša dominantno emisijama iz metalurških postrojenja. To utiče na njihovo intenzivnije uključivanje geobiociklus i dostupnost konzumentima, zbog čega mogu uzrokovati različite posljedice kod biljaka, životinja i ljudi [4].

Monitoring teških metala u zemljištu, biljkama i drugim elementima životne sredine u industrijsko-urbanim područjima, kakvo je područje zeničke regije, je od velike važnosti zbog prisutnog dugogodišnjeg opterećivanja okoliša i povećanog sadržaja teških metala u zemljištu, a u cilju zaštite zdravlja ljudi [4,5].

U ovom radu su analizirani rezultati jednogodišnjih mjerenja taložnog praha i sadržaja teških metala u taložnom prahu u zeničkoj regiji u cilju ispitivanja opterećivanja zemljišta i ekosistema teškim metalima emitovanim prvenstveno iz metalurških postrojenja radi procjene uticaja industrijskih emisija na okoliš i potencijalno na zdravlje ljudi.

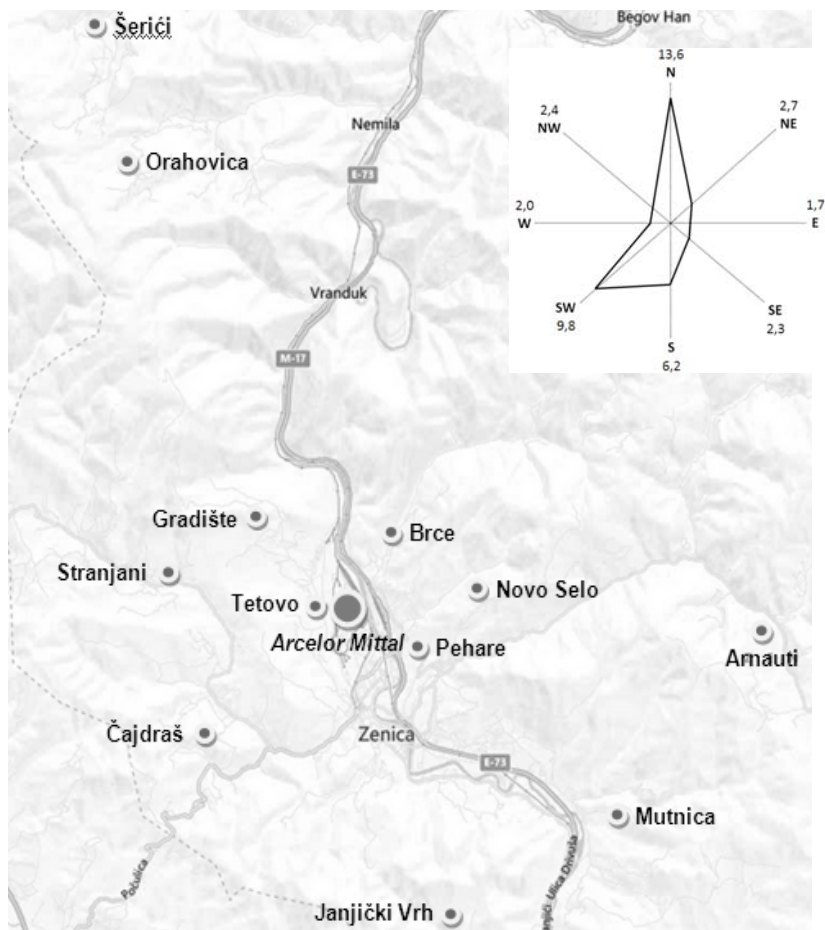
2. METODOLOGIJA RADA

Istraživanja su realizovano na 12 lokaliteta uspostavljenih po sistemu cikličnih krugova na različitim udaljenostima i to od 0,5 do 24,5 km zračne linije od industrijskih izvora emisije prašine i teških metala, koji se nalaze u Željezari Zenica, kao i u pravcima dominantnih vjetrova. Na odabranim lokalitetima su postavljeni sedimentatori i izvršeno je uzorkovanje taložnog praha u kontinuiranom trajanju od 12 mjeseci. Uzorkovanje i mjerenje taložnog praha je izvršeno metodom po Bergerhoff-u.

Na slici 1 prikazan je položaj lokaliteta postavljenih sedimentatora za uzorkovanje taložnog praha. Mjerenje taložnog praha je izvršeno postupkom prema VDI smjernici 2119, list 2. [6,7]. Cilj određivanja količine taložnog praha je izmjeriti za tačno određeno vrijeme (28 ± 2 dana) koliko će se nataložiti čvrstog taloga (sa izuzetkom vode) atmosferskom depozicijom u plastičnoj posudi (sedimentator) zapremine $1-2 \text{ dm}^3$ postavljenoj na nosač visine 1,5 metar od površine zemlje. Nakupljeni sadržaj se prvo oslobodi od vlage u sušnici na $105 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do konstantne mase, a suhi ostatak odnosno nataložena prašina se precizno izvaga na analitičkoj vagi. Rezultat se odnosi na period uzorkovanja od 28 ± 2 dana i površinu od 1 m^2 .

Količina taložne prašine (X) u miligramima po metru kvadratnom i danu ($\text{mg/m}^2/\text{dan}$) izračunava se iz izvagane mase G (u miligramima) taložnog praha, pripadajuće površine F (m^2) i vremena ekspozicije T (dani). Prema tome, količina taložne prašine u $\text{mg/m}^2/\text{dan}$ se izračunava prema obrascu (1):

$$X = \frac{G}{F \cdot T} \quad (1)$$



Slika 1. Pregledna karta lokaliteta sedimentatora i ruže vjetrova

Nakon Bergerhoff-ovog postupka uzorkovanja taložnog praha izvršena je kemijska analiza teških metala u skupljenoj prašini. Uzorak prašine se pripremao tako što se vršilo njegovo otapanje u 1% otopini HNO_3 . U pripremljenim uzorcima taložnog praha izvršeno je određivanje ukupnog sadržaja teških metala (Pb, Cd, Zn, As i Ni) postupkom atomske apsorpcijske spektrofotometrije.

Za interpretaciju rezultata korišteni su kriteriji, odnosno granične vrijednosti za taložni prah i teške metale propisane odredbama Pravilnika o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka - Prilogu XV: *Granične i tolerantne vrijednosti za namjenska mjerenja* ("Službene novine Federacije BiH", broj: 1/12) [8].

Granične vrijednosti taložnog praha i teških metala za realizovana namjenska mjerenja date su u narednoj tabeli.

Tabela 1. Granične vrijednosti za taložni prah i teške metale.

Zagađujuća materija	Period uzorkovanja	Prosječna godišnja vrijednost (mg/m ² /d)	Visoka vrijednost (mg/m ² /d)
Taložni prah - ukupno	Jedan mjesec	200	350 *
Pb u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,1	-
Cd u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,002	-
Zn u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,4	-
As u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,004	
Ni u taložnom prahu	Jedan mjesec	0,015	

*Napomena: odnosi se na mjesec u godini sa najvišim vrijednostima depozicije/taloga.

3. REZULTATI MONITORINGA TALOŽNOG PRAHA I TEŠKIH METALA

Prosječne godišnje vrijednosti količina taložnog praha i sadržaja teških metala u sakupljenim uzorcima taložnog praha na 12 lokaliteta područja općine Zenica prikazani su u narednoj tabeli.

Tabela 2. Pregled rezultata monitoringa taložnog praha i teških metala u taložnom prahu na području općine Zenica.

Lokacija	Udaljenost (km)	Taložni prah		Olovo	Kadmij	Cink	Arsen	Nikal
		Prosjeak (mg/m ² .dan)	Maksimum (mg/m ² .dan)					
Tetovo	0,5	685	871	0,2256	0,0179	0,7029	0,00057	0,1454
Pehare	1,6	183	322	0,0401	0,0034	0,3872	0,00019	0,0875
Brce	1,7	319	723	0,1162	0,0058	0,4671	0,00021	0,0847
Gradište	2,5	206	452	0,0834	0,0032	0,4016	0,00056	0,0634
Čajdraš	4,6	148	248	0,0216	0,0016	0,1192	0,00020	0,0167
Novo Selo	4,8	117	253	0,0228	0,0009	0,0952	0,00013	0,0072
Stranjani	5,4	54	168	0,0175	0,0011	0,0675	0,00003	0,0103
Janjički Vrh	7,8	132	282	0,0329	0,0013	0,1489	0,00014	0,0128
Mutnica	9,5	58	172	0,0189	0,0007	0,1102	0,00003	0,0089
Arnauti	14,6	88	108	0,0067	0,0008	0,0863	0,00002	0,0067
Orahovica	18,4	33	71	0,0061	0,0005	0,0626	0,00002	0,0014
Šerići	24,5	22	32	0,0012	0,0004	0,0498	0,00001	0,0003

Na osnovu rezultata jednogodišnjeg monitoringa taložnog praha i sadržaja teških metala (Pb, Cd, Zn, As i Ni) u taložnom prahu realizovanom na 12 lokaliteta područja općine Zenica može se konstatovati da atmosferske depozicije čestica prašine emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja imaju određene specifične uticaje na okoliš ovisno od udaljenosti područja od industrijskih izvora emisije, položaju lokacije i pravcu dominantnih vjetrova [2,3,5].

Najveće prosječne i maksimalne vrijednosti količina taložnog praha su registrovane na lokalitetima u pojasu do oko 2,5 km od Željezare, u pravcu dominantnih vjetrova i opadale su sa udaljavanjem od Željezare, koja svojim emisijama opterećuje okoliš. Najveća prosječna vrijednost količina taložnog praha je utvrđena na lokalitetu Tetovo i bila je oko 3,5 puta veća od propisane granične vrijednosti koja iznosi 200 mg/m²/dan. istovremeno je maksimalna vrijednost bila oko 2,5 puta veća od dozvoljene visoke vrijednosti koja iznosi 350 mg/m²/dan. Područje naselja Tetovo je izložen visokoj emisiji prašine iz konvertorske čeličane, jer se nalazi u njenoj neposrednoj blizini. Lokaliteti Brce i Gradište se, isto tako, nalaze u blizini ovog pogona i drugih primarnih metalurških postrojenja, ali i na pravcu dominantnih vjetrova. Najudaljeniji lokaliteti (Orahovica i Šerići) imaju minimalne uticaje emisija prašine iz industrijskih postrojenja, što znači da emisije prašine iz metalurških postrojenja nemaju

značajnije uticaje na ovo područje koje je udaljeno preko 18 km zračne linije i odvojeno je od industrijskih izvora emisije prirodnim barijerama koje značajno reduciraju disperziju prašine na šire prostore.

Koncentracije teških metala imaju sličnu dinamiku kao i taložni prah. Prema tome, najveće vrijednosti ispitivanih teških metala registrovane na lokalitetima bližim industrijskim izvorima emisija i u pravcu dominantnih vjetrova, i imale su trend opadanja sa udaljavanjem od izvora dominantnih emisija prašine koja sadrži teške metale. Najveće prosječne vrijednosti koncentracija teških metala su registrovane na lokalitetima koji se nalaze u pojasu do oko 2,5 km od Željezare, a najmanje na najudaljenijim lokalitetima i lokalitetima izvan pravca dominantnih vjetrova. Najudaljeniji lokaliteti imaju minimalne atmosferske depozicije i opterećivanja ekosistema teškim metalima emitovanim iz metalurških postrojenja.

Koncentracije olova imaju sličnu dinamiku kao i taložni prah. Najveće koncentracije olova su registrovane na lokalitetima bližim industrijskim izvorima emisija i imale su trend opadanja sa udaljavanjem od izvora dominantnih emisija prašine i teških metala. Maksimalne koncentracije su registrovane na lokalitetima Tetovo, Brce i Gradište i bile su veće od dozvoljenih graničnih vrijednosti, koja iznosi $0,1 \text{ mg/m}^2/\text{dan}$. Najudaljeniji lokaliteti i lokaliteti izvan pravca dominantnih vjetrova nisu značajnije opterećivani olovom iz industrijskih postrojenja.

Koncentracije kadmija u taložnom prahu su veće od propisane prosječne godišnje vrijednosti od $0,002 \text{ mg/m}^2/\text{dan}$ na lokalitetima u zoni oko 2,5 km zračne linije oko industrijskih izvora emisije i pokazuju trend opadanja sa udaljavanjem od industrijskih izvora emisije. Dinamika opadanja koncentracija kadmija ukazuje na njegovo tehnogeno porijeklo iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Registrovane vrijednosti kadmija (i drugih teških metala) u taložnom prahu na lokalitetima bližim izvorima emisije pokazuju da se treba nastaviti sa monitoringom taložnog praha i teških metala u cilju egzaktnijeg praćenja opterećivanja okoliša teškim metalima, posebno kadmijem, koji spada u grupu toksičnih metala, te ocjene poduzimanja primarnih i sekundarnih mjera zaštite. Primarne mjere zaštite se odnose na smanjivanje emisija na dominantnim izvorima, a sekundarne na poboljšanje odbrambenih mehanizama zemljišta.

Koncentracije cinka u taložnom prahu su, isto tako, veće od propisane prosječne godišnje vrijednosti od $0,4 \text{ mg/m}^2/\text{dan}$ na lokalitetima bližim industrijskim izvorima emisije (područje 2,5 km oko željezare), koji su najizloženiji uticajima industrijskih emisija. Koncentracije ovog metala opadaju sa udaljavanjem od industrijskih izvora emisija.

Koncentracije arsena u taložnom prahu su značajno niže od propisane prosječne godišnje vrijednosti koja iznosi $0,004 \text{ mg/m}^2/\text{dan}$, što je dobro s obzirom da je arsen toksičan element.

Nikal pokazuje sličnu dinamiku kao i većina drugih ispitivanih teških metala. Koncentracije nikla u taložnom prahu su bile veće od propisane prosječne godišnje vrijednosti od $0,015 \text{ mg/m}^2/\text{dan}$ na lokalitetima u zoni do cca. 3,5 km zračne linije oko tehnogenih izvora emisije (Tetovo, Pehare, Brce, Gradišće i Čajdraš). Koncentracije nikla, isto tako, pokazuju trend blagog opadanja sa udaljavanjem od industrijskih izvora emisije, što ukazuje na njegovo tehnogeno porijeklo iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Najmanje opterećivanje niklom su imali najudaljeniji lokaliteti i lokaliteti izvan pravca dominantnih vjetrova.

Pored emisija iz industrijskih izvora, na opterećivanje područja općine Zenica taložnim prahom i teškim metalima, kao i drugim polutantima, značajan uticaj imaju pravci i brzina dominantnih vjetrova, te prirodne barijere.

Vjetar značajno utiče na disperziju, transport zračnih nečistoća (polutanata) i njihovu atmosfersku depoziciju, te opterećivanje zemljišta, vegetacije i ostalih elemenata okoliša. Vjetar često transportuje polutante na velike udaljenosti od izvora emisije. Zbog toga su podaci o pravcu i brzini vjetrova osnova za poznavanje transporta zračnih nečistoća. Iz grafičkog prikaza vjetra na slici 1 vidi se da su dominantna strujanja iz SW i S kvadranta, ali

je i sjeverno i sjeveroistočno strujanje vjetra značajno. Ovakva ruža vjetrova je značajno uticala na disperziju i opterećivanje područja općine Zenica prašinom i teškim metalima [1,4]. Brda visine oko 1000 m obrasla vegetacijom, koja okružuju duboku i relativno malu zeničku kotlinu, značajno ublažavaju disperziju zračnih nečistoća i transmisiju na veće udaljenosti. Zbog toga zenička kotlina najviše trpi uticaje industrijskih emisija [1,2].

Rezultati realizovanog monitoringa atmosferskih depozicija taložnog praha i teških metala sadržanih u taložnom prahu pokazuju da se treba nastaviti s monitoringom taložnog praha i teških metala u cilju egzaktnijeg praćenja opterećivanja okoliša teškim metalima, te ocjene potreba poduzimanja primarnih i sekundarnih mjera zaštite okoliša zbog zaštite zdravlja stanovništva.

4. ZAKLJUČCI

U cilju utvrđivanja opterećivanja okoliša atmosferskim depozicijama taložnog praha i teških metala sadržanih u taložnom prahu, koji se dominantno emituju iz metalurških postrojenja, realizovan je namjenski monitoring taložnog praha i sadržaja teških metala u taložnom prahu na 12 lokaliteta područja općine Zenica. Monitoring je realizovan na istim lokalitetima na kojima su uspostavljene monitoring stanice za petogodišnje praćenje teških metala, sumpora i drugih polutanata u zemljištu, biljkama, lizimetrijskim vodama i drugim komponentama okoliša, a u okviru projekta koga finansira Vlada Federacije BiH.

Realizacijom ovog namjenskog monitoringa konstatovano je da su najveće količine taložnog praha i teških metala (Pb, Cd, Zn, As i Ni) izmjerene na lokalitetima bližim dominantnim izvorima emisije (metalurška postrojenja) i u pravcu dominantnih vjetrova. Količina taložnog praha i teških metala su imale trend opadanja sa udaljavanjem, pa su najniže vrijednosti registrovane na najudaljenijim lokalitetima i lokalitetima izvan smjerova dominantnih vjetrova. To pokazuje da industrijske emisije opterećuju okoliš, posebno u zoni do oko 3,5 km od izvora, odnosno u zeničkoj kotlini. Zbog toga treba nastaviti s monitoringom taložnog praha i teških metala u cilju praćenja izloženosti uticaja na okoliš, te ocjene poduzimanja mjera zaštite okoliša radi zaštite zdravlja stanovništva.

5. LITERATURA

- [1] Duran, F.: State Of Specific Air Pollution Control In Zenica For Period of Time 2006-2011, 2nd International Symposium on Environmental and Material Flow Management "EMFM 2012" Zenica, B&H, Ed.: Sefket Goletic & Dragana Zivkovic, 2 (1) 235-246; 2012.
- [2] Goletić, Š., Imamović, N.: Monitoring of Air Quality in Zenica Valley. 15th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology" TMT 2011, Prague, Czech Republic, ED.: Sabahudin Ekinović, Senay Yalcin, Joan Vivacos Calvet, 15 (1): 1387-1391, 2011.
- [3] Goletić, Š., Imamović, M.: Impact of Steel Production Technology on Environment, 11th International Scientific Conference MMA 2012 – Advanced Production Technologies, Novi Sad, Serbia, Ed.: Ilija Cosic, 11 (1) 339-342, 2012.
- [4] Goletić, Š.: Dynamics of the Heavy Metals Content in the Soil of the Steelplant Surroundings in Zenica, 2nd International Symposium on Environmental and Material Flow Management "EMFM 2012" Zenica, B&H, Ed.: Sefket Goletic & Dragana Zivkovic, 2 (1) 225-228; 2012.
- [5] Nikolić, Đ.: Multikriteriska analiza distribucije zagađujućih materija u urbanoj okolini topionice bakra, Tehnički fakultet u Boru, Univerzitet u Beogradu, 2010.
- [6] VDI – Richtlinie VDI 2119, Blatt 2: Messung partikelförmiger Niederschläge; Bestimmung des partikelförmigen Niederschlages mit dem Bergerhoff-Gerät, September 1996.
- [7] Richtlinie 4 Staubniederschlagsmessun nach dem Bergerhoff-Verfahren, Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz, Wien, Austria, 1976.
- [8] Pravilniko o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. novine Federacije BiH, br.: 1/12), 2012.