

KOMPARATIVNA ANALIZA IZMJERENIH I PRORAČUNATIH VRIJEDNOSTI EMISIJA U ZRAK IZ LOKALNIH KOTLOVNICA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MEASURED AND CALCULATED VALUES OF AIR EMISSIONS FROM LOCAL BOILER

Mr. sc. Vehid Birdahić, Dipl. Eng.
Ministry of Internal Affairs of Zenica-
Doboj Canton

Dr. sc. Šefket Goletić, Assoc. Professor
University of Zenica, Faculty of
Mechanical Engineering in Zenica

Mr. sc. Muvedet Šišić, Dipl. Eng
ALBA Zenica, Zenica

Mr. sc. Nusret Imamović, Dipl. Eng.
University of Zenica, Faculty of
Mechanical Engineering in Zenica

REZIME

U radu su prezentirani rezultati mjerenja i proračuna emisija sumpor-dioksida (SO₂), ugljen-monoksida (CO) i oksida-azota (NO_x) pri sagorijevanju različitih vrsta goriva (mrki ugalj, biomasa i lož ulja). Mjerenje emisija polutanata u dimnim kanalima iz kotlovnica je izvršeno prenosnim analizatorom dimnih plinova Testo 350 XL sa mjernim sondama, a proračun emisija koje se ispuštaju u zrak CORINAIR (Core Inventory of Air Emissions in Europe) metodologijom proračuna emisija množenjem količine utrošenog goriva s odgovarajućim faktorima emisije. Prezentirani rezultati nedvosmisleno pokazuju da su značajno veće emisije navedenih polutanata koje se ispuštaju u zrak pri sagorijevanju mrkog uglja u odnosu na sagorijevanje biomase i lož ulja.

Ključne riječi: mjerenje emisija, sumpor dioksid (SO₂), ugljen monoksid (CO), oksidi azota (NO_x), proračun emisija.

SUMMARY

This paper presents the results of measurements and calculations of emissions of sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO) and nitrogen-oxide (NO_x) combustion of various fuels (brown coal, biomass and fuel oil). Measurement of pollutant emissions in the boiler flues is made portable flue gas analyzer Testo 350 XL with the measuring probes and the calculation of emissions that emitted to air air CORINAIR (Core Inventory of Air Emissions in Europe) methodology emissions calculation by multiplying the amount of fuel with the appropriate emission factors. The presented results clearly show that significantly higher emissions of these pollutants that are released into the air during the combustion of coal compared to biomass combustion and fuel oil.

Key words: measuring emissions, sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO), oxides of nitrogen (NO_x), calculating emissions.

1. UVOD

Sagorijevanjem različitih goriva u zrak se emituju različiti polutanti: sumpor dioksid, ugljen monoksid, oksidi azota i drugi, čime se ugrožava ambijentalni kvalitet zraka. Istraživanje i praćenje kvaliteta zraka u urbanim i industrijskim područjima jedan je od osnovnih koraka

rješenja, u većini zemalja svijeta, prisutnog problema zagađenosti zraka. Praćenje kvaliteta zraka ima za cilj kontrolu i smanjenje sadržaja štetnih supstanci u njemu [1].

U dubokoj zeničkoj kotlini preko 118 godina vrši se primarna i sekundarna metalurška proizvodnja uz značajno spaljivanje mrkog uglja sa visokim sadržajem sumpora. U ovoj kotlini su prisutni nepovoljni uslovi za održavanje kvaliteta zraka zbog visoke emisije SO₂, prašine s visokim sadržajem teških metala i organskih materija, te zbog nepovoljnog reljefa.[2]

Ranija istraživanja su pokazala da u zimskom periodu u dane stabilnog stanja atmosfere s temperaturnom inverzijom dolazi do naglog porasta zagađenosti u dubokim kotlinama Srednje Bosne (Sarajevo, Visoko, Kakanj, Zenica) što je u velikoj mjeri uticalo na pojavu epizoda visoke zagađenosti zraka.[3]

Osnovni način utvrđivanja emisija polutanata koje se ispuštaju u zrak jeste mjerenje. Vrijednosti dobivene mjerenjem koncentracija SO₂, NO_x i CO u otpadnim dimnim plinovima potrebno je preračunati na referentni sadržaj kisika od 6 % za mrki ugalj, 3 % za lož ulje i 11 % za biomasu u svrhu poređenja sa graničnim vrijednostima propisanim Pravilnikom o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz postrojenja za sagorijevanje. Metodologija koja se može koristiti za proračun emisija polutanata uključuje produkt podataka o aktivnosti (npr. potrošnja goriva) i pripadajućeg faktora emisije. Korišteni faktori emisije su preporučeni ili se pak koriste faktori specifični za pojedina postrojenja. Emisije se proračunavaju množenjem količine utrošenog goriva s odgovarajućim faktorima emisije. Za proračun emisija polutanata koristi se pristup "odozdo prema gore" (bottom-up), kojim se ukupna emisija s nekog područja određuje agregiranjem emisija svih pojedinačnih izvora s istoga područja. Podaci o količinama potrošenog goriva i izmjerene direktne emisije SO₂, NO_x i CO mogu se preuzeti iz tabelarnog prikaza rezultata mjerenja.

2. REZULTATI MJERENJA EMISIJA POLUTANATA IZ KOTLOVNICA

Mjerenje koncentracija emisija SO₂, CO i NO_x u otpadnim dimnim plinovima iz kotlova izvršeno je pomoću prenosnog analizatora dimnih plinova TESTO 350 XL. Uređaj TESTO 350 XL služi za analizu sastava plinova nastalih sagorijevanjem goriva, mjerenje pritiska, određivanje brzine strujanja plinova i stepena korisnosti procesa sagorijevanja. Samo mjerenje provodi se ugrađenim elektrohemijским ćelijama. Analizator dimnih plinova sa mjernim sondama prikazan je na Slici 1.



Slika 1. Analizator dimnih plinova TESTO 350 XL sa mjernim sondama [4].

U Tabeli 1. dat je pregled izmjerenih prosječnih vrijednosti emisija polutanata iz kotlovnica na mrki ugalj, biomasu i ekstra lahko lož ulje te propisane granične vrijednosti u cilju ocjene emisija polutanata koje se ispuštaju u zrak zeničke kotline.

Tabela 1. Prosječne i granične vrijednosti polutanata iz kotlovnica na mrki uglj, biomasu i ekstra lahko lož ulje [4].

Naziv kotlovnice	Izmjerene prosječne vrijednosti emisija za različita goriva		
	SO ₂ (mg/m ³)	CO (mg/m ³)	NO _x (mg/m ³)
<i>Kotlovnice na mrki uglj</i>			
„Almy” Zenica	3998,21	3004,09	264,91
„Selecta” Zenica	3416,67	3300,28	214,54
„Ekor komerc” Zenica	4497,02	2221,72	325,24
„ZIM” Zenica	5318,8	2244,02	346,84
„Metalno” Zenica	9686,15	3823,75	571,6
Hotel „Rudar” Zenica	5335,56	2956,92	209,52
Rudnik „Stara Jama”	K-1	5238,52	1772,71
	K-2	5946,07	2235,13
Rudnik „Raspotočje”	5247,93	2519,81	689,87
„Džananović” Zenica	9781,86	2053,14	128,34
O.Š. „H. Kikić” Tetovo	4416,47	3794,64	338,80
„RM-LH” Zenica	4704,6	2537,61	154,65
„Bingo” Zenica	K-1	1171,54	1570,78
	K-2	2310,98	5575,41
Kantonalna bolnica Zenica	8183,18	70,11	577,23
<i>Granične vrijednosti emisija</i>	2000 [6]	1000 [6]	400 [6]
<i>Kotlovnice na biomasu</i>			
„Al-ex” Zenica	0,00	32047,86	62,7
„Edel Holz” Zenica	0,00	13755,75	43,46
<i>Granične vrijednosti emisija</i>	-	250 [7]	-
<i>Kotlovnice na ekstra lahko lož ulje</i>			
„Inpek” Zenica	43,50	60,45	120,17
KPZ Zenica	184,91	4,92	214,82
O.Š. „A. Nametak” Pehare	180,71	58,17	93,12
<i>Granične vrijednosti emisija</i>	1700 [6]	1700 [6]	„Inpek” Zenica
			KPZ Zenica
			O.Š. Pehare
			195 [6]
			265,6[6]
			150 [6]

3. PRORAČUN EMISIJA POLUTANATA KOJE SE ISPUŠTAJU U ZRAK

Ovom analizom, prikazan je postupak proračunavanja emisija polutanata koje se ispuštaju u zrak i to: oksida sumpora izraženih kao sumpor dioksid (SO₂), oksida azota (NO_x) i ugljen monoksida (CO) prema CORINAIR (Core Inventory of Air Emissions in Europe) metodologiji proračuna emisije koja garantuje tačan, cjelovit i dosljedan proračun emisija zagađujućih materija.[5]

3.1. Proračun emisije SO₂

Emisija SO₂ koja se ispušta u zrak se računa prema izrazu (1):

$$E = B \times w(S) \times \left(\text{steh} \frac{\text{SO}_2}{S}\right) \times (1 - \eta_{\text{ods}}), \quad \dots (1)$$

gdje je:

E – ispuštanja SO₂ (kgSO₂/god)

B – količina potrošenoga goriva (kg/god za čvrsta i tečna goriva)

w(S) – opći srednji (ponderirani) maseni udio sumpora u gorivu

steh. $\frac{SO_2}{S}$ – stehiometrijski omjer molekularnih masa SO_2/S , iznosi 64/32 odnosno 2.

η_{ods} – stepen djelovanja uređaja za odsumporavanje,

3.2. Proračun emisije CO

Emisije CO se računa prema izrazu (2):

$$E = \frac{B \times Hd \times EF}{1000000}, \quad \dots (2)$$

gdje je:

B – količina potrošenoga goriva (kg/god za čvrsta i tečna goriva)

EF - faktor emisije CO za industrijske toplane i kotlovnice iz Tabele 2. je 73.

H_d - donja toplotna moć za zenički mrki ugalj 14000 kJ/kg.

U Tabeli 2. prikazani su faktori emisije CO i NOx za proces sagorijevanja ovisno od vrsti goriva.

Tabela 2. Faktori emisije CO i NOx za proces sagorijevanja goriva ovisno o vrsti goriva za industrijske toplane i kotlovnice [5].

Aktivnost		Faktori emisije CO i NOx (g/GJ)													
		Čvrsta goriva						Tečna goriva			Plinovita goriva			Biomasa	
		Antracit	Kameni ugalj	Mrki ugalj	Lignit	Koks	Naftni koks	EL lož ulje	Lož ulje	Ukapljeni plin	Raf. plin	Priradni plin	Plin gr.	Ogr. drvo	Gorivi otpad
Ind. topl. i kotl.	CO	73	73	73	73	73	520	10	10	10	10	10	10		
	NOx	155	155	155	100	168		100	165						

3.3. Proračun emisije NOx

Emisija NOx koja se ispušta u zrak se računa prema izrazu (3):

$$E = \frac{B \times Hd \times EF}{1000000}, \quad \dots (3)$$

gdje je:

B – količina potrošenoga goriva (kg/god za čvrsta i tečna goriva)

EF - faktor emisije NOx za industrijske toplane i kotlovnice iz Tabele 2. je 155.

H_d - donja toplotna moć za zenički mrki ugalj 14000 kJ/kg.

Prema navedenom proračunu, koristeći različite podatke o potrošnji i vrsti goriva te faktore emisije, proračunate su emisije u zrak u kg/6 mj. za sve ispitivane kotlovnice u zeničkoj kotlini. Proračunate vrijednosti emisija, su prikazane u Tabeli 3 i 4.

Tabela 3. Ukupne emisije polutanata iz kotlovnica na mrki ugalj [4].

Naziv kotlovnice	Prosječna potrošnja goriva (t/6 mjeseci)	Proračunata emisija polutanata koja se ispušta u zrak		
		SO ₂ kg/6 mj.	CO kg/6 mj.	NOx kg/6 mj.
Kotlovnice na mrki ugalj				
“Almy” Zenica	260	13520	265,7	564,2
“Selecta” Zenica	50	2600	51,1	108,5
“Ekor komerc”	50	2600	51,1	108,5
ZIM Zenica	550	28600	562,1	1193,5
“Metalno” Zenica	510	26520	521,2	1106,7

Hotel "Rudar"		90	4680	91,9	195,3
Rudnik "Stara Jama"	K-1	50	2600	51,1	108,5
	K-2	90	4680	91,9	195,3
Rudnik "Raspotočje"		50	2600	51,1	108,5
"Džananović" Zenica		50	2600	51,1	108,5
O.Š. "Hasan Kikić" Tetovo		150	7800	153,3	325,5
"RM-LH" Zenica		45	2340	45,99	97,65
"Bingo" Zenica	K-1	100	5200	102,2	217
	K-2	100	5200	102,2	217
Kantonalna bolnica Zenica		3978	206856	4065,5	8632,2
<i>UKUPNO</i>		<i>6123</i>	<i>318396</i>	<i>6257,4</i>	<i>13286</i>

Tabela 4. Ukupne emisije polutanata iz kotlovnica na biomasu i ekstra lahko lož ulje [4].

Kotlovnice na biomasu				
"Al-ex" Zenica	432	-	4,32	-
"Edel Holz" Zenica	70	-	0,7	-
<i>UKUPNO</i>	<i>502</i>	<i>-</i>	<i>5,02</i>	<i>-</i>
Kotlovnice na ekstra lahko lož ulje				
"Inpek" Zenica	151	18,12	60,4	996,6
KPZ Zenica	372	44,64	148,8	2455,2
O.Š "Alija Nametak" Pehare	10	1,20	4,0	66,0
<i>UKUPNO</i>	<i>533</i>	<i>63,96</i>	<i>213,2</i>	<i>3517,8</i>
<i>SVEUKUPNO</i>		<i>318459,9</i>	<i>6475,6</i>	<i>16804</i>

Na osnovu prikazanih rezultata jasno je da su najveće emisije iz kotlovnica na mrki ugalj a najniže (zanemarive) kod sagorijevanja biomase. U periodu sezone grijanja (period od šest mjeseci) u zrak zeničke kotline iz analiziranih kotlovnica se ispuste sljedeće količine polutanata:

- ❖ Ukupna emisija SO₂ = 318,459 tona/6 mjeseci ili 1769,21 kg/dan
- ❖ Ukupna emisija CO = 6,475 tona/6 mjeseci ili 35,97 kg/dan
- ❖ Ukupna emisija NO_x = 16,804 tona/6 mjeseci ili 93,35 kg/dan.

4. ANALIZA OBRADENIH PODATAKA

Iz prikazanih rezultata u Tabeli 1. vidi se da prosječne vrijednosti emisije SO₂ iz kotlovnica na ugalj prelaze propisane granične vrijednosti od 2000 mg/m_N³ do oko pet puta, osim kotlovnog postrojenja K-1 u kotlovnici „Bingo“ (1171,54 mg/m_N³). Slična situacija je i sa emisijom CO iz kotlovnica na ugalj. Naime, prosječne vrijednosti emisije CO prelaze propisane granične vrijednost od 1000 mg/m_N³ u svim kotlovnicama do preko 5,5 puta izuzev kotlovnice Kantonalne bolnice Zenica. Prosječne vrijednosti CO iz kotlovnica na biomasu su veoma visoke i značajno prelaze propisanu graničnu vrijednost od 250 mg/m_N³. Emisija CO u kotlovnici „Al-ex“ je veća od propisane granične vrijednosti čak za oko 128 puta, a u kotlovnici „Edel-Holz“ za oko 55 puta.

5. ZAKLJUČAK

Prema dobivenim pokazateljima o ukupnim emisijama SO₂, CO i NO_x, dobivenih na osnovu mjerenja, analize i proračuna CORINAIR metodologijom, utvrđeno je da su znatno veće emisije iz kotlovnica na mrki ugalj od emisija iz kotlovnica na ekstra lahko lož ulje i biomasu. Emisije polutanata iz lokalnih kotlovnica u kojima sagorijevaju različita goriva, koje se ispuste u zrak na taj način imaju veoma veliki uticaj na ambijentalni kvalitet zraka u zeničkoj kotlini. Osnovni uzrok povećane emisije SO₂ iz kotlovnica na ugalj jeste visok sadržaj sumpora u uglju (2,5-5 %). Osnovni uzroci povećane emisije CO su neodgovarajući uvjeti sagorijevanja i stanje ložišta, dimovoda i dimnjaka. Prosječne emisije NO_x iz kotlovnica na ugalj su niže od propisane granične vrijednosti od 400 mg/m_N³ u većini kotlovnica, što je rezultat nižih temperatura u ložištu. Visoke emisije CO iz kotlovnica na biomasu su rezultat loših uvjeta sagorijevanja i zbog toga je nužno poduzeti adekvatne tehničko-tehnološke mjere za smanjivanje emisija CO u svrhu zaštite zdravlja stanovništva. Emisije NO_x su minimalne, a emisije SO₂ se javljaju u tragovima, što je rezultat kvaliteta goriva i niskih temperatura u ložištu. Prosječne vrijednosti emisija SO₂, CO i NO_x iz kotlovnica na ekstra lahko lož ulje su značajno niže od propisanih graničnih vrijednosti, što se vidi iz Tabele 1. Niže vrijednosti emisija navedenih plinovitih polutanata su prvenstveno rezultat kvaliteta goriva, ali i uvjeta sagorijevanja, odnosno relativno dobrog tehničko-tehnološkog stanja ovih kotlovnica.

6. LITERATURA

- [1] Đuković, J. (1990): Zaštita životne okoline (Zaštita vazduha), Zavod za udžbenike i nastavna sredstva "Svjetlost", Sarajevo.
- [2] Goletić, Š., Imamović, N. (2011): Praćenje kvaliteta zraka u zeničkoj kotlini, Univerzitet u Zenici.
- [3] Duraković, J., Duran, F. (2011): Rezultati mjerenja zagađenosti zraka u Zenici u periodu od 01.11. 2010. do 31.03. 2011. godine
- [4] Birdahić, V.: Analiza uticaja sagorijevanja različitih goriva na emisiju polutanata iz lokalnih kotlovnica u zeničkoj kotlini, magistarski rad, Univerzitet u Zenici, 2012.
- [5] Priručnik za vođenje registra onečišćenja okoliša, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2008.
- [6] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz postrojenja za sagorijevanje, Službene novine Federacije BiH br.: 12/05.
- [7] Pravilnik o ograničenju emisije u zrak iz postrojenja za spaljivanje biomase, dostupno na web sajtu: <http://www.ks.gov.ba>