

EMISIJA ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA U ZRAK IZ TERMOENERGETSKIH POSTROJENJA

EMISSION OF POLLUTANTS INTO THE AIR FROM THERMAL ENERGY PLANTS

doc.dr.sc. Kasim Bajramović
Mašinski fakultet,
Univerzitet u Zenici, Zenica, BiH

Irfan Bajramović, BA inž. cestovnog prometa
JP EP Sarajevo - TE Kakanj

REZIME

Termoenergetska postrojenja se prema namjeni i vrsti mogu svrstati u: termoelektre, toplane i industrijske energane. Kvalitet zraka određenog područja zavisi od stepena emisije zagađenja iz više izvora, dok se kvalitet zraka određuje mjerenjem koncentracija određenih parametara odnosno zagađujućih materija. Emisija zagađujućih materija u zrak iz stacionarnog izvora utvrđuje se mjerenjem ili izračunavanjem emisionih parametara na osnovu rezultata mjerenja. U termoenergetskim postrojenjima kontinuirano se prate emisije zagađujućih materija u zrak – sumpordioksid (SO₂), azotni oksidi (NO_x), čvrste čestice i emisije ugljendioksida (CO₂). U ovome radu će se prikazati emisije u zrak iz termoenergetskih postrojenja, s osvrtom na Termoelektre u F BiH.

Ključne riječi: čvrste čestice, kvalitet zraka, termoenergetska postrojenja, zagađujuće materije.

ABSTRACT

Thermal power plants can be classified according to their purpose and type into: Thermal power plants, Heating plants and Industrial power plants. The air quality of a certain area depends on the level of pollution emissions from multiple sources, while air quality is determined by measuring the concentrations of certain parameters, i.e. pollutants. The emission of pollutants into the air from a stationary source is determined by measuring or calculating emission parameters based on the measurement results. In thermal power plants, emissions of pollutants into the air are continuously monitored - sulfur dioxide (SO₂), nitrogen oxides (NO_x), solid particles and carbon dioxide (CO₂) emissions. This paper will present air emissions from thermal power plants, with a focus on thermal power plants in the Federation of Bosnia and Herzegovina..

Keywords: solid particles, air quality, thermal energy plants, pollutants.

1. UVOD

Savremeno društvo u velikoj mjeri ovisi o stalnom i pouzdanom snabdijevanju energijom, pri čemu termoenergetska postrojenja imaju ključnu ulogu u proizvodnji električne energije, posebno u zemljama koje se oslanjaju na fosilna goriva poput uglja, nafte i prirodnog gasa. Iako ovakva postrojenja omogućavaju stabilno energetske snabdijevanje, istovremeno predstavljaju jedan od glavnih izvora zagađenja zraka. Među najznačajnijim zagađujućim materijama koje

se ispuštaju u atmosferu nalaze se sumpor-dioksid (SO₂), azotni oksidi (NO_x, ugljen-monoksid (CO), čvrste čestice (posebno PM10 i PM2.5), te ugljen-dioksid (CO₂) koji doprinosi globalnom zagrijavanju.

Zagađenje zraka uzrokovano ovim emisijama negativno utiče na zdravlje ljudi, kvalitet životne sredine, ali i na klimatske promjene na globalnom nivou. Zbog toga je neophodno kontinuirano pratiti, analizirati i reducirati emisije zagađujućih materija iz termoenergetskih postrojenja kroz primjenu savremenih tehnologija za pročišćavanje dimnih gasova i prelazak na ekološki prihvatljivije izvore energije. Ovaj rad ima za cilj da istraži vrste i količine zagađujućih materija koje potiču iz termoenergetskih postrojenja, njihove efekte na okolinu i zdravlje ljudi, kao i postojeće tehničke i zakonske mjere koje se provode s ciljem smanjenja negativnih uticaja na okoliš.

2. VRSTE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJIA IZ TERMOELEKTRANA

Termoelektrane na uglj emituju različite zagađujuće materije, među kojima su najznačajnije:

- Sumpor-dioksid (SO₂): Glavni uzročnik kiselih kiša i respiratornih problema.
- Azotni oksidi (NO_x): Doprinosi formiranju ozona i smanjuje kvalitet zraka.
- Ugljen – monoksid (CO): Nastaje kada sagorijevanje goriva nije potpuno.
- Lebdeće čestice (PM10 i PM2.5): Uzrokuju plućne bolesti i povećavaju smrtnost.
- Ugljen-dioksid (CO₂): Glavni gas staklene bašte, odgovoran za globalno zagrijavanje.
- Teški metali (Hg, Pb, Cd, As): Nalaze se u tragovima uglja i ispuštaju se sagorijevanjem.
- Policiklični aromatični ugljikovodici (PAHs) i dioksini: Nastaju pri nepotpunom sagorijevanju organske materije. Kancerogeni su i toksični i u malim koncentracijama.

Tabela 1. Glavne zagađujuće materije iz termoelektrana [11]

Zagađujuća materija	Izvor u termoelektarani	Uticaj na okoliš i zdravlje	Granična vrijednost emisije (mg/Nm ³)
SO ₂ (sumpor-dioksid)	Sagorijevanje uglja sa sumporom	Kiselna kiša, respiratorne bolesti	200–400 (ovisno o snazi postrojenja)
NO _x (azotni oksidi)	Visokotemperaturno sagorijevanje	Smog, ozon, plućne bolesti	150–200
CO (ugljen-monoksid)	Nepotpuno sagorijevanje goriva	Toksičnost, smanjenje kiseonika u krvi	100 (nije uvijek regulisano)
CO ₂ (ugljen-dioksid)	Produkt oksidacije ugljika	Gas staklene bašte, klimatske promjene	Nema granične vrijednosti, ali se prati
PM10 / PM2.5 (lebdeće čestice)	Pepelovina, čađ	Srčane bolesti, karcinom pluća	20–50
Hg (živa), Pb (olovo)	Tragovi u uglju	Neurotoksičnost, bioakumulacija	Hg: 0.03 mg/Nm ³ (prema EU BAT standardima)
PAHs, dioksini	Nepotpuno sagorijevanje	Kancerogeni, hronično toksični	Vrlo niske vrijednosti (npr. dioksini: 0.1 ng TEQ/Nm ³)

3. IZVORI EMISIJA TOKOM SAGORIJEVANJA UGLJA U TE

Emisije nastaju tokom sagorijevanja uglja u kotlovima termoelektrana. Kvalitet uglja, temperatura sagorijevanja i efikasnost sagorijevanja utiču na količinu emitovanih zagađujućih materija. Tehnologije poput postrojenja za odsumporavanje (FGD) i denitrifikaciju mogu smanjiti emisije SO₂ i NO_x, ali njihova efikasnost zavisi od pravilnog održavanja i primjene. Na sljedećim slikama date su vrijednosti emisija iz TE Tuzla i TE Kakanj. [11]



Slika 1. Emisija SO₂ iz TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina (t) i emisija NO_x iz TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina (t)



Slika 2. Emisija čvrstih čestica iz TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina (t) i emisija CO₂ iz TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina

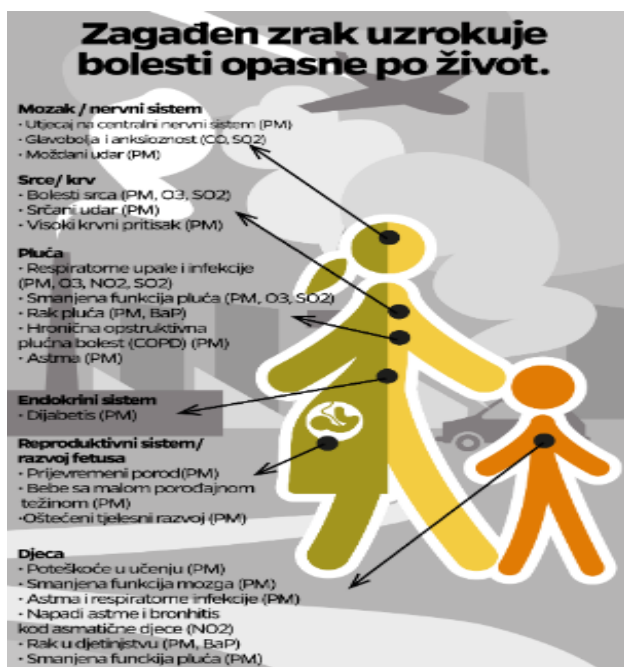


Slika 3. Ukupna količina neopasnog i opasnog otpada u TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina (t) i ukupna količina isporučene šljake i pepela u TE Tuzla i TE Kakanj za period 2019. – 2023. godina (t)

4. UTICAJ EMISIJA NA ZDRAVLJE I ŽIVOTNU OKOLINU

Emisije iz termoelektrana imaju značajan uticaj na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije, zagađenje zraka povećava rizik od respiratornih i kardiovaskularnih bolesti, te doprinosi globalnom zagrijavanju. U Bosni i Hercegovini, termoelektrane su odgovorne za značajan dio emisija SO₂ i NO_x, što ima negativan uticaj na kvalitet zraka i zdravlje stanovništva. Utjecaj ugljikovog monoksida na zdravlje ljudi i okoliš je lokalnog karaktera. Poznat je i kao indirektni staklenički plin, koji zajedno s NO_x i NMVOC pogoduje stvaranju stakleničkog plina troposferskog (prizemnog) ozona.

Bosna i Hercegovina je potpisnica Ugovora o energetske zajednici, koji obavezuje zemlje potpisnice na usklađivanje sa evropskim standardima u oblasti zaštite životne sredine. Međutim, izvještaji pokazuju da emisije iz termoelektrana u BiH i dalje premašuju dozvoljene granice, što ukazuje na potrebu za jačim sprovođenjem zakonskih propisa i implementacijom efikasnijih tehnologija za smanjenje emisija.



Slika 4. Uticaj emisija zagađivala na zdravlje čovjeka

Emisije iz termoelektrana ne zadržavaju se samo u zraku – one ulaze u tlo, vodu i biljni svijet, izazivajući dugotrajna oštećenja prirodnih ekosistema. Bez adekvatnih mjera, emisije iz termoelektrana mogu dovesti do: degradacije prirodnih resursa, gubitka biodiverziteta, porasta zdravstvenih troškova, ekonomske štete u poljoprivredi i turizmu.

5. TEHNIČKE MJERE ZA SMANJENJE EMISIJA ŠTETNIH GASOVA

Energetska efikasnost u termoelektranama ključna je za smanjenje emisija štetnih gasova i optimizaciju potrošnje goriva. Jedan od načina za povećanje energetske efikasnosti je modernizacija postojećih postrojenja. Primjena naprednih tehnologija, poput superkritičnih i ultrasuperkritičnih kotlova, omogućava postizanje viših temperatura i pritisa, čime se poboljšava efikasnost sagorijevanja i smanjuje emisija CO₂ po proizvedenoj jedinici energije. Osim toga, upotreba sistema za hvatanje i skladištenje ugljen-dioksida (CCS – Carbon Capture and Storage) može pomoći u smanjenju emisija, premda su ovi sistemi još uvijek skupi i tehnološki izazovni. Optimizacija procesa sagorijevanja jedan je od ključnih koraka u poboljšanju efikasnosti. Precizno podešavanje omjera goriva i zraka, kao i primjena novih metoda sagorijevanja, može smanjiti gubitke energije i smanjiti količinu štetnih emisija. Također, poboljšana izolacija cjevovoda i kotlova može smanjiti toplotne gubitke i povećati iskoristivost energije. Korištenje kogeneracije, odnosno istovremene proizvodnje električne i toplotne energije, još je jedan način za povećanje efikasnosti. U klasičnim termoelektranama značajan dio toplinske energije gubi se u procesu proizvodnje električne energije, dok kogeneracijski sistemi omogućavaju iskorištavanje te toplote za grijanje industrijskih postrojenja, stambenih naselja ili poljoprivrednih objekata. Uvođenje obnovljivih izvora energije u kombinaciji s termoelektranama također može doprinijeti smanjenju emisija. Na primjer, hibridni sistemi koji kombinuju fosilna goriva s biomasom ili solarnom energijom mogu smanjiti ukupnu potrošnju uglja i emisije štetnih gasova. Također, napredni energetske sistemi, poput pametnih mreža, omogućavaju bolju distribuciju energije i smanjuju gubitke u

prijenosu. Redovno održavanje i nadogradnja opreme igraju ključnu ulogu u poboljšanju energetske efikasnosti. Čišćenje kotlova, zamjena zastarjele opreme i poboljšanje sistema za prečišćavanje dimnih gasova mogu značajno smanjiti emisije sumpor-dioksida (SO₂), dušikovih oksida (NO_x) i lebdećih čestica. Energetska efikasnost u termoelektranama nije samo tehničko, već i ekonomsko i regulatorno pitanje. Vlade i energetske kompanije moraju ulagati u nove tehnologije, usvajati strože ekološke standarde i podsticati prelazak na održivije izvore energije kako bi se smanjio negativan utjecaj termoelektrana na okoliš. [12]

Postoje različite tehnologije i mjere koje mogu pomoći u smanjenju emisija zagađujućih materija iz termoelektrana:

- Instalacija postrojenja za odsumporavanje: Smanjuje emisije SO₂. Odsumporavanje dimnih gasova (FGD – Flue Gas Desulfurization).
- Primjena denitrifikacije: Smanjuje emisije NO_x. Denitrifikacija (DeNO_x sistemi).
- Upotreba filtera za prašinu: Smanjuje emisije lebdećih čestica. Elektrofilteri i vrećasti filteri (za PM).
- Modernizacija ložišta i optimizacija sagorijevanja.
- Prelazak na čistije izvore energije: Smanjuje ukupne emisije.
- Zamjena goriva i prelazak na čistije izvore.

Implementacija ovih mjera zahtijeva značajna ulaganja, ali su neophodna za smanjenje negativnog uticaja termoelektrana na životnu sredinu i zdravlje ljudi.

Male države poput Bosne i Hercegovine, koja je uz to još i zemlja u tranziciji, nemaju kapacitete da se izbore s kompleksnim problemima kao što je zagađenost zraka. Na primjeru Češke Republike, kojoj je trebalo preko dvije decenije, saradnja sa ekspertima iz SAD i EU i značajna finansijska sredstva EU, da kvalitet zraka dovede u prihvatljive okvire, vidi se da za taj problem ipak postoje rješenja, da su ona dostižna i moguća, ali da je potrebno jasno opredjeljenje institucija vlasti, građana i šire javnosti, te značajna podrška drugih zemalja i međunarodnih institucija.

6. ZAKLJUČAK

Ugalj koji koristi za sagorijevanje u termoelektranama karakteriše visok sadržaj sumpora (2-4,5 %) što se reflektira kroz visoke koncentracije sumpordioksida u dimnim gasovima. Osim SO₂ značajne su i emisije NO_x kao i CO₂ koji se smatra jednim od najznačajnijih stakleničkih plinova. Radi se o emisijama koje premašuju nivo prihvatljive zagađenosti zraka koja je ustanovljena smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije, ali i granične vrijednosti emisije prema Pravilniku o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz postrojenja za sagorijevanje Federacije BiH i Direktive 2010/75/EU, a kojima se termoelektrane „Kakanj“ i „Tuzla“ do danas nisu ozbiljnije bavile, osim ugradnje filtera i taložnika za čvrste čestice na svim blokovima. Emisije zagađujućih materija iz termoelektrana na ugalj predstavljaju ozbiljan izazov za Bosnu i Hercegovinu u smislu zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Iako postoje tehnologije i mjere koje mogu pomoći u smanjenju ovih emisija, njihova efikasnost zavisi od pravilne implementacije i održavanja. Potrebno je intenzivirati napore na usklađivanju sa evropskim standardima i ulagati u prelazak na čistije izvore energije kako bi se osigurao održiv energetski razvoj i zaštita okoliša.

7. REFERENCE

- [1] Idejni projekat za postrojenje odsumporavanja i denitrifikacije u TE Kakanj, Knjiga VIII: Studija uticaja na okoliš, JP ELEKTROPRIVREDA BIH d.d. Sarajevo, 2017
- [2] Izvještaj o emisiji u zrak iz TE „Kakanj“ za 2017. godinu, JP EP BiH, Podružnica TE „Kakanj“, Kakanj, 2018.

- [3] Milovanović, Z., Dumonjić-Milovanović, S., Škundrić, J. Termoelektrična postrojenja i zaštita životne sredine.
- [4] Kantonalni ekološki akcioni plan Zc-Do kantona za period 2017.-2025. godina, (2016) Metalurški Institut, Univerzitet u Zenici.
- [5] Direktiva EU 2001/80/EZ
- [6] Direktiva 2010/75/EU, Član 30, stav 4.
- [7] Pravilnik o graničnim vrijednostima emisije u zrak iz postrojenja za sagorijevanje, Službene novine FBiH, 2013.
- [8] Protokol o suzbijanju zakiseljavanja, eutrofikacije i prizemnog ozona (CLRTAP)
- [9] Studije slučaja termoelektrana u BiH, Analize emisija i uticaja na kvalitet zraka u gradovima Zenica i Kakanj.
- [10] Zakonu o zaštiti okoliša, Službene novine Federacije BiH, br. 33/03, Član 11.
- [11] https://www.epbih.ba/upload/documents/Godisnji_izvjestaj_o_zastiti_okoline_za_2023_godinu.pdf (pristup 29.04.2025.god)
- [12] <https://energetika.ba/termoenergija/energetska-efikasnost-u-termoelektranama-kako-smanjiti-emisije-stetnih-gasova/24091>