

EMISIJA CO₂ I NO_x KOD SAGORIJEVANJA UGLJA I ZEMNOG PLINA U SVIJETLU KYOTO - PROTOKOLA

EMISION OF CO₂ AND NO_x IM COMBUSTION PROCESS OF COAL AND NATURAL GAS CONSIDERING KYOTO – PROTOCOL

Doc.dr. Mediha Šestić, dipl. ing. metalurgije
Doc.dr. Aida Mahmutović, dipl. ing. metalurgije
Fakultet za metalurgiju i materijale, Zenica
Travnička cesta 1, 72 000 Zenica

Ključne riječi: klima, pokazatelji CO₂ i NO_x, energetska efikasnost

REZIME

Razvojne strategije zemalja u tranziciji, kao što je Bosna i Hercegovina, se posmatraju kroz održivi razvoj čiji nivo treba uskladiti sa razvojem evropskih regija. Globalne promjene klime ustanovljene su UN - konvencijama i odnose se na reduciranje stakleničkih plinova, među kojima su najvažniji ugljendioksid (CO₂), metan (CH₄) i nitrozni oksid (N₂O). Razvijene industrijske zemlje su postigle određeni nivo smanjenja emisije stakleničkih plinova i nakon stupanja na snagu KYOTO - protokola 16.02.2005. nastavljaju se aktivnosti u tom cilju za period 2008 – 2012. Analiza procesa sagorijevanja goriva (ugalj, zemni plin) sa ciljem smanjenja emisije CO₂ i NO_x zahtijeva temeljitu obradu u svim segmentima: izbor goriva (uglja), analiza uvjeta kod sagorijevanja u ložištu i formiranja produkata potpunog i nepotpunog sagorijevanja, gubitke topline, reduciranje emisije plinovitih polutanata itd.

Key words: climate, Kyoto Protocol, characteristic values of CO₂ i NO_x, power efficiency

ABSTRACT

Development strategies of countries in transition, such as Bosnia and Herzegovina for example, are considered through sustainable development, whose level needs to be harmonized with other European regions. Global climate changes are defined by UN conventions and refer to reduction of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) emissions. Developed industrial countries have reached a certain decrease of gas emission after signing of the Kyoto Protocol on 16 February 2005. and activities continue in that direction for the period 2008-2012. The analysis of the fuel combustion process (coal, natural gas) aiming to reduce emission of CO₂ and NO_x require a detailed analysis in all segments of the process: selection of fuels, analyses of combustion conditions, heat loses and reduction of emission of gas pollutants, etc...

1. UVOD

Kyoto Protocol je prvi legalni ugovor koji je stupio na snagu 16.02.2005., kao rezultat zajedničkog djelovanja na globalnom planu. Cilj je reduciranje stakleničkih plinova. Potpisnice su razvijene industrijske zemlje (njih 55); prisutna je podrška i ostalih zemalja.

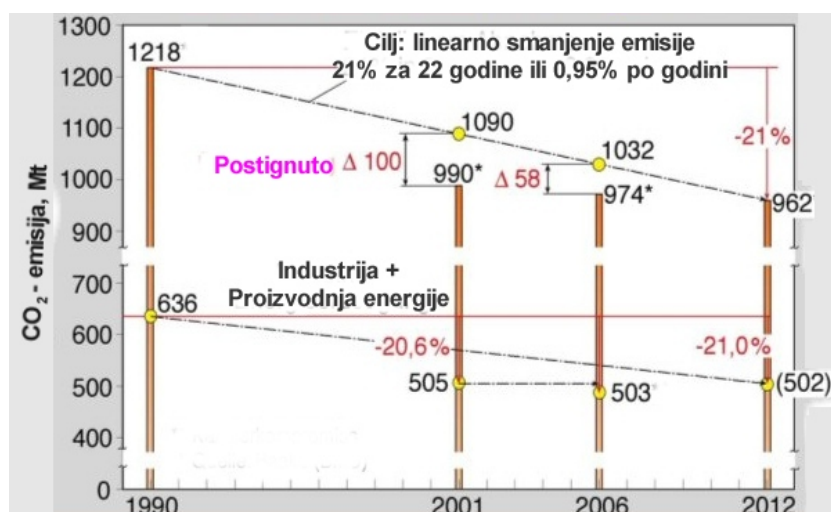
Staklenički plinovi, prije svega CO₂ koji potiče iz procesa sagorijevanja fosilnih goriva, nakupljaju se u zemljinoj atmosferi. Poznato je da CO₂ kao i H₂O-para imaju sposobnost apsorpcije sunčeve energije i dodatnog zagrijavanja zemljine površine što utiče na globalno povišenje temperature. Prisutne su ozbiljne klimatske promjene: izrazite poplave ili suše u pojedinim regionima svijeta. Protokol obuhvata plin metan (CH₄), koji potiče od procesa na zemljinoj površini (agrikultura, otpadni materijali). Način reagiranja hidrokarbona odnosi se na nastajanje različitih radikala koji postaju aktivni centri i imaju važnu ulogu u kemijskim reakcijama.

U atmosferi se javlja čitav niz oksida dušika: N₂O, NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄ itd. U znatnim količinama, iz prirodnih izvora nastaje N₂O, pretežno bakterijskom aktivnošću. Problem predstavlja nakupljanje NO_x u atmosferi, tj. oksida dušika: NO i NO₂ koji potiču iz procesa sagorijevanja goriva (stacionarni i mobilni izvori). Navedeni oksidi učestvuju u brojnim reakcijama u atmosferi.

Prema Kyoto Protocol-u, u stakleničke plinove uključeni su još: hidrofluorokarboni (HFC_s), perfluorokarboni (PFC_s) i sumpor-heksafluorid (SF₆). Navedene plinove karakterizira dugotrajno zadržavanje u atmosferi ("long-lived"). Tretiraju se kao izrazito štetni za ozonski sloj.

Prema konvencijama i dogovorima sve zemlje, razvijene i nerazvijene treba da provode mjerenja i prezentiraju pokazatelje sa ciljem limitiranja emitanata u atmosferu. Fleksibilnost u procesu redukcije navedenih plinova odnosi se na mogućnost finansiranja projekata koji promoviraju održivi razvoj, prilagođenost na utjecaje vezano za klimatske promjene, transfer tehnologija, saradnja na polju tehničkih i znanstvenih istraživanja, edukaciju itd. Poznat je tzv. "Clean Development Mechanism" i plan akcija COP6.

Razvijene zemlje, potpisnice Kyoto Protocol-a su postigle smanjenje emisije navedenih plinova u atmosferu 5 do 10 % za period 1990. do 2005. godine. Pokazatelji emisija CO₂ prema Kyoto protokolu u Njemačkoj predstavljeni su na slici 1, [1]. Za industriju i proizvodnju energije u Njemačkoj kao osnovica se uzima 1990 godina, sa emisijom CO₂ u količini od 636 miliona tona. Za 2001. godinu karakteristična vrijednost emisije CO₂ iznosi 505 miliona tona, što odgovara redukciji emisije od 20,6 %. Za period od 2005. do 2007. postoji zahtjev za redukciju emisije CO₂ od 3,4 % ili 488 miliona tona. Akcije za redukciju emisije navedenih plinova se i dalje nastavljaju i odnose se na period 2008.-2012. godine, te je za 2012. godinu je predviđena redukcija od 24,5 % tj. od 480 miliona tona u odnosu na baznu godinu.



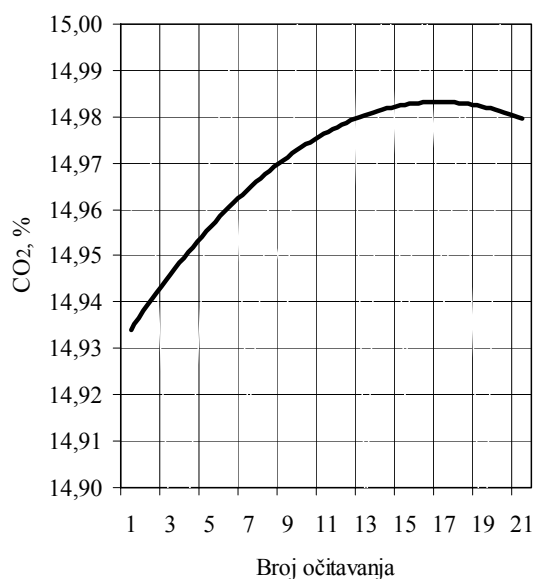
Slika 1: Emisija CO₂ prema Kyoto protokolu u Njemačkoj.

Takođe su i industrije u oblasti aluminija, te cementa koji su veliki potrošači goriva postavile ciljeve za smanjenje emisije CO₂ sa upotrebom alternativnih goriva [2, 3].

2. EMISIJA CO₂ i NO_x KOD SAGORIJEVANJA UGLJA I ZEMNOG PLINA

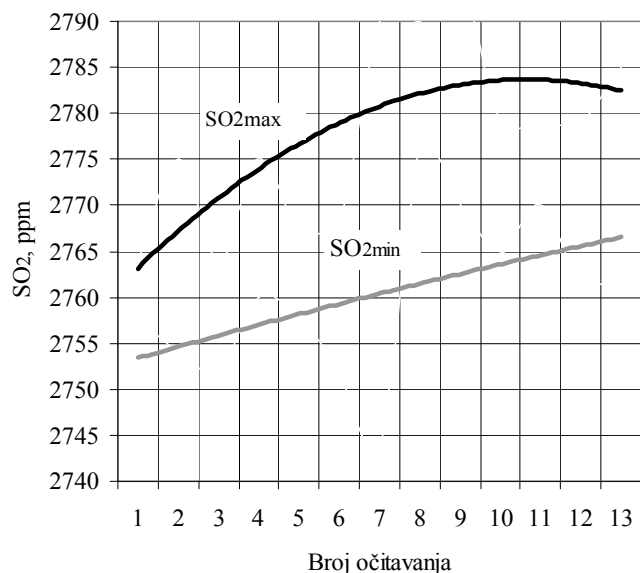
Korištenje fosilnih goriva u procesima proizvodnje toplinske i električne energije (stacionarni izvori) ima za posljedicu emisiju plinskih polutanata u atmosferu (SO_x, NO_x itd.), ako se ne primjenjuju neke od mjera za reduciranje emisije (primarne, sekundarne). Emisija CO₂ se teško može regulirati tehničkim mjerama, jer je količina emitovanog CO₂ proporcionalna potrebama za toplinskom energijom tj. osnovni cilj je obezbijediti uvjete za potpuno sagorijevanje goriva u ložištu. Izmjerene vrijednosti, odnosno %CO₂ u produktima sagorijevanja u realnim uvjetima pogona termičkih agregata upoređivane su sa %CO_{2 max} za dotično gorivo. Prema poznatim fizikalnim zakonima, višeatomi plinovi: CO₂, H₂O i SO₂, koji ulaze u sastav produkata sagorijevanja fosilnih goriva imaju sposobnost apsorpcije sunčeve energije i emisije topline na zemljinu površinu. Tako slijedi povišenje temperature tla, nastaje “efekat staklenika” što utiče na promjenu klime u dužem vremenskom periodu. Količina formiranog i emitovanog CO₂ u povoljnim uvjetima sagorijevanja ugljeva u ložistima je izraženija u odnosu na sagorijevanje zemnog plina, jer je ugljik osnovna goriva supstanca. Poznato je da sagorijevanjem uglja nastaje oko 100 kg CO₂/GJ, dok sagorijevanjem zemnog plina nastaje oko 53 kg CO₂/GJ [4].

Na visokim temperaturama u toku procesa sagorijevanja uglja nastaju oksidi dušika, pretežno dušikov monoksid, “termički NO”, koji oksidira do dušik-dioksida, NO₂, na putu dimnog plina kroz kanale (cjevovode). Oksidacija NO do NO₂ završava se u atmosferi pod utjecajem sunčeve svjetlosti. U sastavu ugljeve supstance nalazi se dušik (dušik u gorivu) i tokom procesa oksidacije učestvuje u formiranju oksida dušika (“NO iz goriva”). Količina prisutnih oksida dušika (NO_x) ovisi od temperature u plamenu, viška zraka, sadržaja dušika u gorivu, vremena zadržavanja produkata sagorijevanja u zoni visokih temperatura i od načina miješanja goriva sa zrakom [5]. U realnim uvjetima, modifikacija sistema za proces sagorijevanja goriva može imati ključnu ulogu za reduciranje emisije polutanata, jer utiče na sprječavanje njihovog formiranja u ložištu (primarne mjere). Kroz primjenu sekundarnih mjera slijedi eliminacija SO_x i NO_x (desulfuracija, denitrifikacija). Pokazatelji emisije polutanata u zrak u toku kontinuiranog procesa sagorijevanja uglja u termoenergetskom postrojenju navedeni su na dijagramima: slika 2, 3 i 4. Na slici 2 predstavljeni su pokazatelji izmjerenih vrijednosti %CO₂. Prisutne su male oscilacije u promjeni sadržaja CO₂ u produktima sagorijevanja. Za korišteni ugalj je karakterističan CO_{2maks}= 18,29 %.



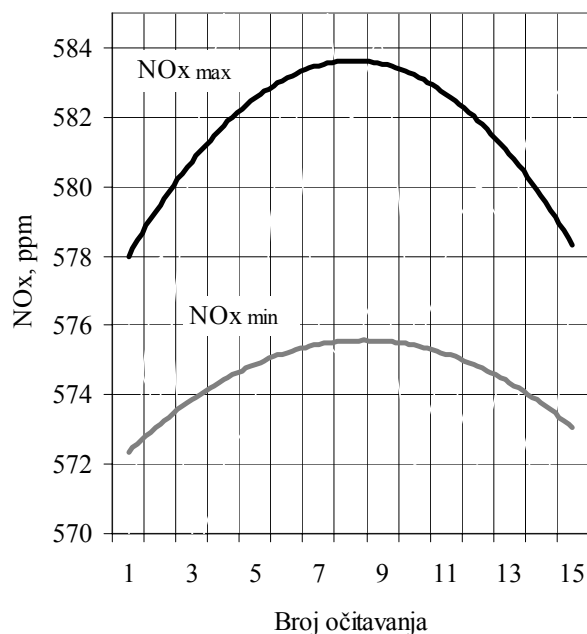
Slika 2: Distribucija pokazatelja emisije CO₂.

Sumporni spojevi sadržani u uglju imaju veliku reakcionu sposobnost i učestvuju u procesu sagorijevanja-oksidacije uglja (ugljene prašine). Osnovna forma prisustva sumpora u produktima sagorijevanja je SO_2 [2]. Izbor goriva sa niskim sadržajem sumpora je rješenje za eliminaciju emisije SO_2 . Na slici 3 su navedeni pokazatelji izmjerenih koncentracija SO_2 (ppm) u produktima sagorijevanja uglja.



Slika 3: Distribucija pokazatelja emisije SO_2 .

Na slici 4 su navedeni pokazatelji izmjerenih koncentracija NO_x (ppm) u produktima sagorijevanja uglja.



Slika 4: Distribucija pokazatelja emisije NO_x .

Zemni plin je ekološki povoljnije gorivo u odnosu na ugalj. S obzirom na visoke temperature u procesu sagorijevanja ostvaruju se povoljni uvjeti za formiranje "termičkog NO". Prema

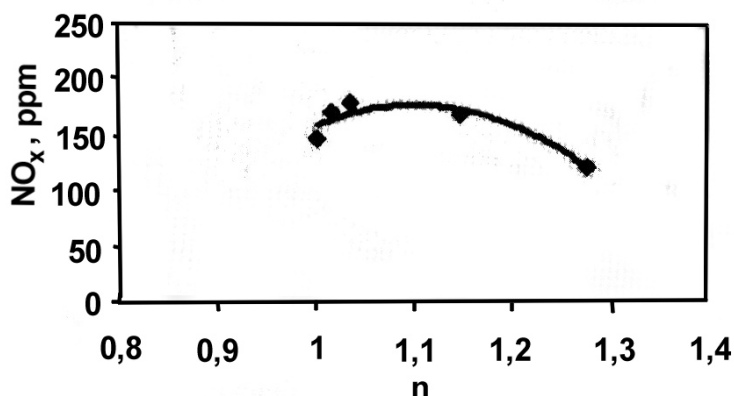
proračunu ravnotežnih koncentracija oksida dušika za slučaj sagorijevanja zemnog plina [6], uz poznatu temperaturu sagorijevanja i zračni faktor konstatovane su visoke koncentracije NO, predstavljene u tabeli 1.

Tabela 1: Sadržaj NO za slučaj sagorijevanja zemnog plina.

Zračni f.	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,9
NO, ppm	420	1910	3080	3240	2970	2630	2150	1450	940
NO ₂ , mg/m ³ *	856	3896	6283	6609	6058	5365	4386	2958	1917

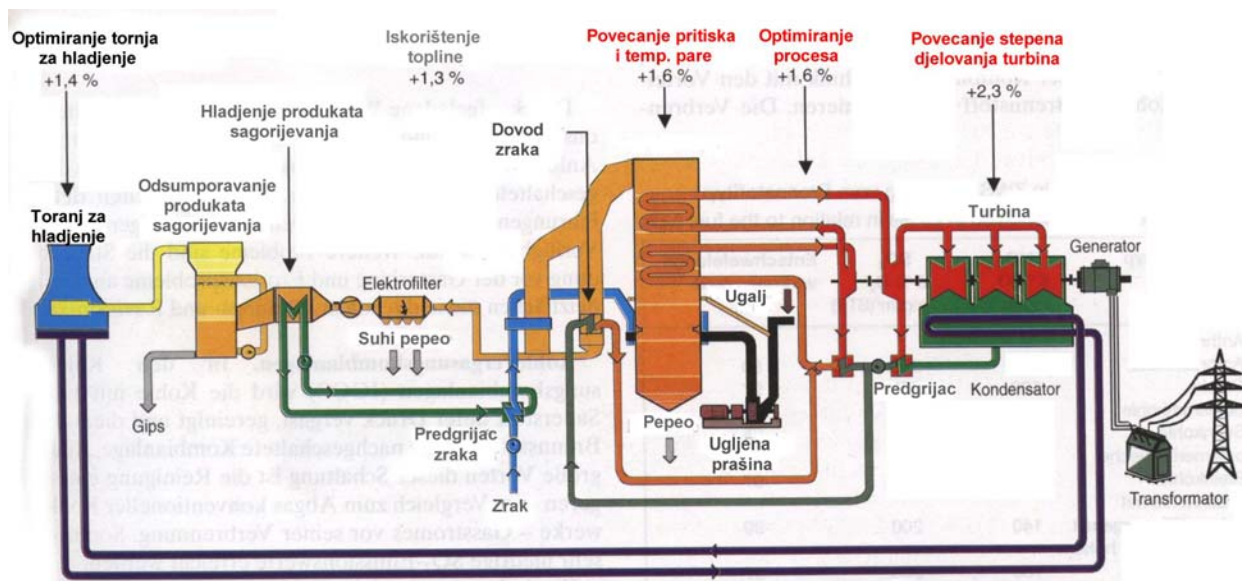
*Podaci za koncentraciju NO₂, mg/m³ su navedeni jer je NO₂ konačna forma oksidacije NO.

Za slučaj višestepenog dodavanja zraka u procesu sagorijevanja zemnog plina ostvaruju se niže temperature u ložištu te izostaje formiranje “termičkog NO” (primarne mjere). Rezultati istraživanja promjene koncentracije NO u funkciji promjene zračnog faktora ilustrirani su na slici 5 [7]. Maksimalna koncentracija NO je u oblasti viška zraka (n=1,07 do 1,3). Rezultati eksperimentalnih istraživanja su potvrđeni visokim koeficijentom korelacije navedene ovisnosti. Koncentracije za NO, prema dijagramu na slici 5, ne prelaze 250 ppm. Ako se uporede rezultati proračuna sadržaja NO, navedeni u tabeli 1 i rezultati mjerenja navedeni na dijagramu, slika 5, može se konstatirati desetostruko smanjenje emisije. Reduciranje emisije NO_x iz stacionarnih izvora može se provesti uspješno (primarne i sekundarne mjere) i sadržaj NO_x u produktima sagrijevanja je tada ispod 150 mg/m³. Prema rezultatima proračuna nastaju u produktima sagorijevanja veoma visoke koncentracije NO_x. Oksidi dušika učestvuju u brojnim i komplikovanim reakcijama u atmosferi iznad naseljenih područja [8].



Slika 5: Utjecaj promjene zračnog faktora na emisiju NO_x.

Reduciranje emisije CO₂ iz termoenergetskih postrojenja može se postići samo kroz povećanje stepena iskorištenja (efikasnosti korištenja energije) u cijelom ciklusu kako bi se smanjila potrebna količina energije. Na slici 6 je navedena šema rada termoelektrane (600 MW) prema optimalnom procesu gdje se kao gorivo koristi ugljena prašina [9]. Postignuto je bolje iskorištenje topline produkata sagorijevanja, povećanje pritiska i temperature pare, optimiranje ukupnog procesa kroz predgrijavanje vode na 10 mjesta, postavljanje nove turbine itd. Kao rezultat optimiranja procesa uslijedilo je povećanje koeficijenta korisnog dejstva za 9,7%. Emisija plinovitih polutanata sa produktima sagorijevanja ne prelazi vrijednosti 200 mg/m³, nakon ugradnje sistema za čišćenje odlazećih plinova.



Slika 6: Primjer optimalnog rada termoelektrane.

3. ZAKLJUČCI

Jedan od aspekata politike za budućnost obuhvata zaštitu resursa i okoline. Pitanje emisije CO₂ ostaje i dalje od velike važnosti i smanjenje emisije CO₂ u atmosferu jedan je od glavnih ciljeva Kyoto Protocol-a. Sadašnji trend u Europi je zamjena uglja sa ekološki povoljnijim gorivom – zemnim plinom, iz razloga što kod sagorijevanja uglja nastaje oko 100 kg CO₂/GJ, a kod sagorijevanja zemnog plina nastaje oko 53 kg CO₂/GJ.

U radu su predstavljeni karakteristični pokazatelji produkata sagorijevanja uglja i zemnog plina u realnim uvjetima rada energetskog postrojenja i dat je primjer za efikasan način smanjenja emisije CO₂ preko povećanja stepena iskorištenosti postrojenja i kroz reduciranje potrošnje energije.

4. REFERENCE

- [1] Dieter A.: Aktuelle Situation zur Umsetzung des CO₂-Emissionsrechtshandels aus der Perspektive der Stahlindustrie, Stahl-Zentrum, Duesseldorf, 6.April. 2004.,
- [2] Harder J.: Ausblick an Zementindustrie in 2010, ZKG International, No 1/2005.,
- [3] Kuhn P.: Energieinsparung und CO₂-Mindrung in einem integriertem Aluminium-Walzwerk, Gaswärme International 8/2003.,
- [4] Međunarodni naučno-stručni skup: Stanje i perspektive razvoja rudnika uglja u Bosni i Hercegovini, Kakanj, 2002.,
- [5] Vnukov A. K. : Toplohimičeskie procesi, Moskva, 1981.,
- [6] Škunca I.: Vereinfachte Verfahren zur Berechnung der Gleichgewichtskonzentrationen von Stickstoffmonoxid und Kohlenmonoxid in Flammen, Gaswärme International, 1/1981.,
- [7] Horbaj P., Lazić L.: Design and References of the Staged Air High Momentum Burner", Gaswärme International, 5-6/2001.,
- [8] Tuhtar D.: Zagađenje zraka i vode, Sarajevo, 1979.
- [9] Gasteiger G., Stamatelopoulos G.: Kohlekraftwerke - Stand der Technik und Zukunftsaussichten, Stahl und Eisen, 5/2002.,