# ANALIZA EMISIJE ŠTETNIH GASOVA POMOĆNE MEHANIZACIJE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA RB KOLUBARA

***ANALYSIS OF THE EMISSION OF HARMFUL GASES OF AUXILIARY MACHINERY ON SURFACE MINES OF RB KOLUBARA***

Miletić Filip, student Master studija Rudarsko – geološkog fakulteta - Univerziteta u Beogradu

Đenadić Stevan, student Master studija Rudarsko – geološkog fakulteta - Univerziteta u Beogradu

Kovač Aneta, student Master studija Rudarsko – geološkog fakulteta - Univerziteta u Beogradu

Ivanović Jovan, student Master studija Rudarsko – geološkog fakulteta - Univerziteta u Beogradu

Prof. dr Jovančić Predrag, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko – geološki fakultet

***Izvor:*** *Globalna porast potražnje za energentima u svetu indukuje povećanje proizvodnje na velikim površinskim kopovima. Sa aspektna etičkog korišćenja prirodnih resursa, neophodno je imati predstavu o indirektnim degradativnim posledicama njihovog korišćenja. Ispravno uočavanje degradativnih posledica postiže se ako se pored velikih indikatora u analizi ne marginalizuju manji pojedinačni činioci velikog sistema rada koji takođe imaju negativan uticaj na životnu sredinu. Analiza emisije štetnih gasova pomoćne mehanizacije upravo ima za cilj da stvori sliku o manjim, ali nikako zanemarljivim činiocima sistema, kao i da ukaže na razvoj tehnologije u cilju njihovih smanjenja u budućem periodu.*

***Ključne reči:*** *ugalj, dozer, bager, emisije*

***Summary:*** *The global increase in demand for energy in the world induces increased production on large surface mines. In terms of the ethical use of natural resources, it is necessary to have an idea of the indirect degradation consequences of their use. Correct detection of degrading consequences is archivied if in addition to the large indicators, small individual factors of a large work system that also have a negative impact in the environment are not marginalized in the analysis. The analysis of the emssion of harmful gaseous propellant machinery is aimed ar creating an image of smaller but not negligible factors of the system, as well as pointing to the development of technology for the purpose of their thinking in the future.*

***Keywords:*** *coal, dozer, excavator, emissions*

# 1. Uvod

Poslednjih nekoliko godina zabeležen je negativan trend emisije štetnih gasova u atmosferu, što ima veliki uticaj na životnu sredinu. Intenzivan porast potrošnje energenata povlači za sobom činjenicu povećanja kapaciteta proizvodnje, a za čije ostvarenje je neophodna primena mašina velikog jediničnog kapaciteta. Posebno je važno zagađenje vazduha vezano za sagorevanje, s obzirom na svoje zdravstvene i klimatske efekte. Dizel motori se koriste u različitim granama industrije, kao što su građevinarstvo, poljoprivreda, šumarstvo i slično, a za potrebe ovog rada, posebna pažnja biće posvećena dizel motorima koji se koriste u rudarstvu, kao veoma značajnoj privrednoj grani za energetsku stabilnost jedne države. Emisije dizel motora uključuju čvrste materije (PM), azotne okside (NOx), ugljenikove okside, isparljiva organska jedinjenja (volatile) i niz toksičnih zagađivača (benzen, toluene i slično). Čestice emitovane sagorevanjem dizel motora uglavnom se sastoje od sitnih čestica sa aerodiniamičkim prečnikom manjim od 2,5 mikrometra. Fine čestice imaju veliki uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi i mogu izazvati kardiovaskularne i respiratorne bolesti.

Cilj ovog rada je analiza emisije gasova kod mehanizacije koja je trenutno zastupljena na našim površinskim kopovima, konkretno kopovima Kolubarskog uljonosnog basena i emisije gasova nove mehanizacije koju nude različiti brendovi.

# 2. Standard

Za dizel motore koji se koriste u oblasti rudarstva, građevinarstva i slično, postoje standardi na globalnom nivou koji se primenjuju za novu opremu, a u nekim slučajevima i na opremu kod koje je došlo do zamene motora. Standardi emisije gasova regulišu zagađujuće materije koje se ispuštaju na izduvnom kolektoru i ne uključuju isparive emisije iz vozila. Svetska težnja pri korišćenju dizel motora (izvan saobraćaja) kroz standarde uključuje:

* povećanje broja zemalja koje promovišu standarde emisija bez emisije izduvnih gasova,
* povećanje međusobnog usklađivanja različitih standarda,
* povećanje opsega ranga snage motora koji su pokriveni standardom,
* uvođenje sve strožijih standarda koji prati tehnološki razvoj.

Prve regulative ovog tipa pojavile su se u USA (1994.), Evropa (1997.), Kanada (2005.), Japan (2006.), Indija (2006.), Kina (2007.) i Brazil (2011.). Države koje trenutno uvode ovakve standarde su Rusija i Južna Koreja. Zanimljivo je da Australija kao veliki korisnik ovakve opreme kroz veliki broj površinskih rudnika na koje se oslanja njena ekonomija još uvek nema ovakav standard. Ipak, u neku ruku je to i opravdano s obzirom da Australija ne proizvodi mašine ovog tipa već se isključivo oslanja na uvoz.

Standardi koji se najviše primenjuju su Američki standard (US emission standards - Tier 1 do Tier 4) i Evropski (EU emission standard – Stage I do Stage IV), i to su standardi koji su najreferentniji i najprihvatljivi za komercijalnu upotrebu u svetu. Elementi koje standard definiše i čiju visinu ocenjuje u USA su: COx, HC (ugljovodonik), NMHC (nemetanski ugljovodonik)+NOx, NOx, PM (čestice). U Evropskom standardu to su: COx, HC, NOx, PM.

U predstojećem delu biće analiziran nivo emisije kod trenutne mehanizacije u radu kao i poslednje serije mehanizacije koju najveći proizvođači opreme nude na tržištu.

# 2.1. Američki emisioni standardi

Prvi standard koji se pojavio u USA bio je Tier 1 i on je bazirao svoju ocenu na snazi motora i godištu proizvodnje i taj trend je zadržan i do danas. Prvi standard se pojavio 1994. godine za motore do 37 kW. Za svu ostalu opremu kasnije se usvaja standard Tier 2 i Tier 3 koji su bili nešto strožiji. Standard Tier 4 usvojen je 2004. godine u sklopu američkog dizel goriva za čist vazduh i taj standard je u fazi implementacije od 2008. godine. Implementacija je išla u dve faze. Do 2011. godine kao nešto blaži kriterijumi i od 2011. sa dosta strožijim kriterijumima. Finalni cilj je da se redukuje količina čestica i NOx za oko 90% u poređenju sa motorima koji nemaju redukciju izduvnih gasova. Američki standard opisuje i mogućnost odredba za stvaranje procene srednje vrednosti emisije za određeni prostor ili kompaniju, što se može povezati sa bankarstvom i stvoriti trgovinu emisionim kreditima u okviru maksimalnih dozvoljenih granica. Standard emisije gasova za motore u USA važi dokle je god i njihov radni vek. To se ostvaruje time što se uzima u obzir faktor pogoršanja na sva vozila koja su pokrivena standardom. Ovi faktori se primenjuju na podatke pri isptivanju emisije i dodeljuju se u okviru definisanih granica kako bi se predstavila emisija na kraju korisnog veka trajanja motora. Postoje procene radnog veka za motore različitih snaga a ono što je predmet našeg interesovanja su motori snažniji od granice 37 kW, čije se vreme trajanja definiše u 10 godina i 8000 napravljenih moto sati. Poznato je da je priroda ovakvih motora takva da mogu da izdrže značajno duže od predviđenih moto sati u nekim slučajevima i duplo duže.

*Tabela 1. Američki emisioni standardi*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Snaga kW** | **Standard** | **Godina** | **CO** | **HC** | **NMHC+NOx** | **NOx** | **PM** |
| 225-450 | **Tier 1** | 1996. | 11.4 | 1.3 | / | 9.2 | 0.54 |
| **Tier 2** | 2001. | 3.5 | / | 6.4 | / | 0.2 |
| **Tier 3** | 2006. | 3.5 | / | 4.0 | / | / |
| **Tier 4** | 2011. | 3.5 |  |  | 0.40 | 0.02 |

 izvor: EPA - United States Environmental Protection Agency

 \*[g/kWh]

# 2.2. EU emisioni standardi

Iako standardi emisija EU za ne-drumska vozila trenutno isključuju klase motora snage ispod 19 kW i iznad 560 kW, razmatra se produženje direktive EU NRMM za pokrivanje motora manjih od 19 kW i većih od 560 kW. Prethodno je izvršena procena uticaja, kako bi se procenili troškovi usaglašenosti, socio – ekonomski uticaji, uticaji na životnu sredinu i efikasnost (troškovi nasuprot dobiti). Primećeno je da su motori snage manje od 19 kW doprineli samo 1% emisije NOx  i 2% emisije PM, uprkos tome što je ova klasa motora zastupljena 23% u ukupnoj prodaji motora svih klasa, od kojih su motori od 0-8 kW doprineli samo 0,08 % i 0,1 % od ukupne emisije NOx i PM. Zbog toga emisije NOx i PM motora snage od 0 – 8 kW čine samo 3% doprinosa ukupne emisije motora snage od 0 – 19 kW. Sa druge strane, motori snage veće od 560 kW učestvuju u ukupnoj prodaji motora od svega 1%, ali su zato doprineli 9% ukupne emisije NOx i 7% ukupnih emisija PM u svim motorima sa kompresijom.

*Tabela 2. EU emisioni standardi*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Kategorija** | **Snaga kW** | **Godina** | **CO** | **HC** | **NOx** | **PM** |
| **Stage I** |
| A | 130-560 | 1999. | 5.0 | 1.3 | 9.2 | 0.54 |
| **Stage II** |
| E | 130-560 | 2002. | 3.5 | 1.0 | 6.0 | 0.2 |
| **Stage III A** |
| H | 130-560 | 2006. | 3.5 | - | 4.0 | 0.2 |
| **Stage III B** |
| L | 130-560 | 2011. | 3.5 | 0.19 | 2.0 | 0.025 |
| **Stage IV** |
| Q | 130-560 | 2014. | 3.5 | 0.19 | 0.4 | 0.025 |

Izvor: European Commission

[g/kWh]

Rezultati procene uticaja emisija gasova na životnu sredinu su podržali postavljanje graničnih vrednosti emisije u SAD, za motore snage od 8 – 19 kW i veće od 560 kW, uz isključenje motora snage od 0 – 8 kW. Međutim, opcija uključivanja klase motora snage ispod 8 kW u EU standarde je u fazi razmatranja. Slično kao i doprinosi za klasu snage motora koji se procenjuju za EU, vrlo mali motori (ispod 8 kW) su procenjeni samo kao odgovorni za 0,1% ukupnog smanjenja emisije PM za Australiju.

**3. Emisije gasova novih modela dozerske mehanizacije**

U ovom delu biće predstavljene emisije gasova novih modela dozerske mehanizacije koji su trenutno zastupljeni na površinskim kopovima RB Kolubara odnosno emisioni standardi koje oni zadovoljavaju. Analizom će biti obuhvaćeni dozeri sledećih svetskih brendova;

* Caterpillar (D8R),
* Liebherr (PR-754),
* Shantui (SD32W) i
* Dressta (TD25M Extra).
* **CATERPILLAR (D8R)**

U okviru dozera firme Caterpillar biće obrađen tip D8R i to novi model **C15.** Motor C15 nudi ACERT tehnologiju, koja radi na mestu sagorevanja kako bi se optimizovala njegova efikasnost, te kako bi izduvni gasovi bili manji. Ovaj model zadovoljava Američki **Tier 3** standard, zatim **EU Stage III A** i **EU Stage II** standard, koji je ekvivalentan Kineskom Stage III emisionom standardu.

*Tabela 3. CAT D8R – C15*

|  |  |
| --- | --- |
| **CAT D8R – C15 ACERT** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
* EU Stage III A
* EU Stage II
 |
| Snaga [kW] | 252 |
| Obrtni moment [Nm] | 1700  |
| Zapremina [l] | 15.2 |

Obrtni moment pri 1400 min-1

* **LIEBHERR (PR-754)**

Kod dozera firme Liebherr biće obrađen tip PR-754 i to novi model Litornic. Navedeni model koristi motor oznake D 946 L A6 koji zadovoljava Američki Tier 3 emisioni standard, kao i Evropski Stage III A standard. U narednoj tabeli biće prikazane osnovne karakteristike navedenog motora.

*Tabela 4. Liebherr PR 754 LITRONIC D 946 L A6*

|  |  |
| --- | --- |
| **LIEBHERR PR – 754 LITRONIC D 946 L A6** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
* EU Stage III A
 |
| Snaga [kW] | 246 |
| Obrtni moment [Nm] | 1450  |
| Zapremina [l] | 12 |

Obrtni moment pri 1600 min-1

* **SHANTUI (SD32 W)**

Tip dozera u okviru firme Shantui koji će biti obrađen je SD32 W i to model SD32 Rock sa Cummins NTA855-C360S10 motorom. Na površinskim kopovima Kolubarskog ugljonosnog basena, dozeri firme Shantui rade svega nekoliko godina. U pogledu emisionih standarda, novi model SD32 Rock sa Cumminsovim motorom zadovoljava Američki Tier 3 i EU Stage III A standard.

*Tabela 5. Shantui SD32 Rock – Cummins NTA855-C360S10*

|  |  |
| --- | --- |
| **SHANTUI SD32 ROCK – CUMMINS NTA855-C360S10** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
* EU Stage III A
 |
| Snaga [kW] | 235 |
| Obrtni moment [Nm] | 1440 |
| Zapremina [l] | 14 |

Obrtni moment pri 1400 min-1

* **DRESSTA (TD 25M Extra)**

U okviru dozera firme Dressta biće analiziran tip TD 25M Extra, koji je najzastupljeniji na površinskim kopovima RB Kolubara. Novi model poseduje motor **Cummins QSX-15** koji u pogledu emisionih standarda zadovoljava Američki **Tier 3** i **EU Stage III A** standard. QSX ne samo da ispunjava standarde emisije Tier 3 i Stage IIIA, već ima baznu platformu za dostizanje nivoa **Tier 4**. On koristi tehnologiju u cilindru, jednostavno i ekonomično rešenje koje održava dokazane performanse, pouzdanost i trajnost QSX-a dok funkcioniše čisto i efikasno.

Njegov jedinstveni dizajn dvostrukih kamera omogućava inženjerima u Cummins-u da optimizuju efikasnost sagorevanja, dodajući na to patentirani turbo generator sa odličnim odzivom i snažnim porastom momenta, čineći ga motorom koji može da obezbedi optimalne performanse na svakom broju obrtaja.

*Tabela 6. TD25M Extra – QSX – 15*

|  |  |
| --- | --- |
| **DRESSTA TD25 M EXTRA – QSX-15** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
* EU Stage III A
 |
| Snaga [kW] | 246 |
| Obrtni moment [Nm] | 1647 |
| Zapremina [l] | 15 |

Obrtni moment pri 1400 min-1

# 4. Emisije gasova dozerske mehanizacije trenutno zastupljene u RB Kolubara

U narednoj tabeli prikazani su brendovi dozerske mehanizacije koji su trenutno angažovani na površinskim kopovima RB Kolubara i emisioni standardi koje oni zadovoljavaju. Za potrebe ovog rada, najveća pažnja biće posvećena dozerima firme Dressta, tačnije tipu TD 25M Extra koji je trenutno najviše zastupljen.

*Tabela 7. Standardi koje zadovoljava dozerska mehanizacije u RB Kolubara*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| RB Kolubara | EU emisioni standardi | US emisioni standardi |
| Dozer  | Tip | Oznaka | STAGE I | STAGE II | STAGE IIIA | STAGE IIIB | STAGE IV | TIER 1 | TIER 2 | TIER 3 | TIER 4 |
| CATERPILLAR D8R |  | C3, C4, C5, C7, C8, C9,  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |  |
| C10, C11, C12, C13, C14, C15 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| C16, C17 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| LIEBHERR PR | 752 | L2 |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |  |
| 754 | L5 |  | **x** |  |  |  |  |  | **x** |  |
| DRESSTA TD25 | E | 64, 65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| G | 70, 73, 76, 90, 94, 95, 96 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| H | 32, 33, 35, 36, 37 |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |  |
| M | 40, 42, 43, 44 |  |  | **x** |  |  |  | **x** |  |  |
| 45, 46, 47, 48 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| M[[1]](#footnote-1) | 49, 50 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| 51, 52, 53 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| DRESSTA TD40 | B | 03 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| E | 04, 05 | **x** |  |  |  |  | **x** |  |  |  |
| 06, 07 |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |  |
| 09, 10 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| SHANTUI SD32W |  | 140,141,142,143,144 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| 145,146 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |

Trenutno najpoznatiji brendovi koji proizvode motore za dozersku mehanizaciju ne uspevaju u potpunosti da isprate Evropske i Američke standarde. Upravo zbog toga, treba napomenuti da postoji prostor za napredak, prevashodno u dostizanju EU Stage IV emisionog standarda, koji nijedan proizvođač motora još uvek nije dostigao. Kroz nabavku nove opreme, naši površinski kopovi dobijaju standarde koje su proizvođači trenutno uspeli da implementiraju na svoju opremu.

Kada se govori o negativnim efektima koje rudarska industrija ima na zagađenje životne sredine, kupovinom nove opreme, taj uticaj bi bio znatno manji, a rudarske kompanije bi povećale produktivnost svog rada.

# 5. Emisije gasova novih modela bagerske mehanizacije

U ovom delu biće prikazane emisije gasova novih modela bagerske mehanizacije koja je trenutno zastupljena na površinskim kopovima RB Kolubara odnosno emisioni standardi koje oni zadovoljavaju. Odluku o tome koji će bageri biti analizirani doneta je na osnovu trenutnog angažovanja pomenutih mašina u RB Kolubara. Analizom će biti obuhvaćeni bageri sledećih brendova­:

* CASE (CX210B),
* NEW HOLLAND (E215B) i
* CATERPILLAR (323).

*Tabela 8. Case – CX210B – ISUZU AL-4HK1X*

|  |  |
| --- | --- |
| **CASE CX210B – ISUZU AL-4HK1X** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
 |
| Snaga [kW] | 117 |
| Obrtni moment [Nm] | 628 |
| Zapremina [l] | 6.7 |

Obrtni moment pri 1500 min-1

*Tabela 9. New Holland E215B – IVECO CNH 667*

|  |  |
| --- | --- |
| **NEW HOLLAND E215B – IVECO CNH 667** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 3
 |
| Snaga [kW] | 118 |
| Obrtni moment [Nm] | 665 |
| Zapremina [l] | 6.7 |

Obrtni moment pri 2000 min-1

*Tabela 10. CAT 323 – C7.1. ACERT*

|  |  |
| --- | --- |
| **CAT 323 – C7.1. ACERT** |  |
| Radne karakteristike | Standardi:* Tier 4
* EU Stage III B
* EU Stage IV
 |
| Snaga [kW] | 112 |
| Obrtni moment [Nm]  | 560 |
| Zapremina [l] | 6.7 |

Obrtni moment pri 1800 min-1

Na slikama 1 i 2 dati su dijagrami zastupljenosti EU i US standarda emisije kod dozera.



Slika 1. Zastupljenost Evropskih Emisionih standarda kod dozera u RB Kolubara



Slika 2. Zastupljenost Američkih emisionih standarda kod dozera u RB Kolubara

*Tabela 11. Standardi koje zadovoljava bagerska mehanizacije u RB Kolubara*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| RB Kolubara | EU emisioni standardi | US emisioni standardi |
| Bager  | Oznaka | STAGE I | STAGE II | STAGE IIIA | STAGE IIIB | STAGE IV | TIER 1 | TIER 2 | TIER 3 | TIER 4 |
| CASE CX 210B | 101 – 111 |  |  |  |  |  |  |  | **x** |  |
| NEW HOLLAND E 215B | 82, 83 |  |  |  |  |  |  | **x** |  |  |
| 86, 89 |  |  |  |  |  |  |  | **x** |  |
| 92, 93, 95, 97 |  |  |  |  |  |  |  | **x** |  |
| CAT 323 DLN | 78, 79 |  |  | **x** |  |  |  |  | **x** |  |
| 90, 91 |  |  |  | **x** |  |  |  | **x** |  |

**6. Zaključak**

Cilj analize vršene kroz ovaj rad je da ukaže na moguće pravce u sprečavanju prekomerne emisije štetnih gasova pomoćne mehanizacije koja se koristi na našim površinskim kopovima. Posebnu pažnju treba usmeriti na razvoj novih motora koji su zahvaćeni strožijim standardima, prevashodno Američkom Tier 4 standardu, a takođe i proizvođači mašina moraju biti svesni prostora za napredak ka EU Stage IV standardu, koji je za većinu proizvođača još uvek nedostižan.

Investicionim ulaganjem u nabavku nove opreme, ne bi se samo obnovio mašinski park i povećala produktivnost rada, već bi se i znatan uticaj odrazio na životnu sredinu i negativan trend rudarskih radova na istu, značajno smanjio.

**Literatura**

**[1]** Dragan Ignjatović, "Izbor pomoćne mehanizacije za površinske kopove lignita", Zadužbina Andrejević, Beograd 2001;

**[2]** Predrag Jovančić**,** "Održavanje rudarskih mašina", Beograd 2014.;

**[3]** Zvanični sajtovi firmi Caterpillar, Liebherr, Dressta i Shantui;

**[4]** US Epa – United States Environmental Protection Agency;

**[5]** European Commission**.**

1. M – serija M-extra [↑](#footnote-ref-1)