

**PRORAČUN EMISIJE PRAŠINE SA POVRŠINSKIH KOPOVA
MINERALNIH SIROVINA**

**ESTIMATION OF DUST EMISSION FROM OPENCAST MININGS
OF MINERAL RESOURCES**

**Prof. dr. Šefket Goletić, Amina Ahmić, dipl. inž. maš.
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici
72000 Zenica, BiH**

Kategorizacija rada: Pregledni rad

SAŽETAK

Površinski kopovi predstavljaju jedan od sistema sa najnegativnijim uticajem na sve komponente okoliša (zrak, vodu, tlo, biljni i životinjski svijet). U slučaju da u potpunosti izostavimo mjere zaštite, emisija prašine ima značajan uticaj na zdravlje uposlenika i lokalnog stanovništva.

Emisija prašine sa kamenoloma spada u fuge emisije te je nemoguće izvršiti mjerenja takvih emisija koristeći standardnu metodologiju, usljed čega se javlja potreba za uvođenjem adekvatne metodologije. Koristeći kompilaciju emisionih faktora zagađivanja zraka i metodologiju koju preporučuje američka agencija za zaštitu okoliša (engl. Environmental Protection Agency - EPA) vrši se proračun emisije, a samim time i adekvatno plaćanje naknada za emisiju prašine poštujući propisanu zakonsku regulativu.

Ključne riječi: površinski kop, proračun emisije prašine, nekontrolisane emisije

ABSTRACT

Opencast mines are a part of the systems with the worst influence on all environmental components (air, water, ground, flora and fauna). In the case that we completely left out safeguards, dust emission would have a significant impact on the health of employees and the local population.

Dust emission from quarries belongs to fugitive emissions and it is impossible to measure such emissions using standard methodology, which leads to the need for the introduction of appropriate methodology. Using the compilation of air pollutant emission factors and methodology recommended by Environmental Protection Agency (EPA) an assessment of dust emissions from the opencast mine has been made and therefore the adequate payment of fees for dust emissions can be made, respecting the prescribed legislation.

Keywords: opencast coal mine, estimation of dust emission, fugitive emissions

1. UVOD

Prašina nastaje u svim tehnološkim fazama rada na površinskom kopu, tj. na transportnim trakama, pretovarnim stanicama, drobilničnom postrojenju, prilikom transporta, odlagalištima i nedovoljno rekultivisanom zemljištu.

Tokom cjelokupnog proizvodnog procesa koji se odvija na kamenolomu dolazi do degradacije pedosfere, prekidanja tokova podzemnih i površinskih voda, promjene mikroklimе,

mehaničke destrukcije okoliša, produkcije značajne količine prašine koja utiče na kvalitet zraka, promjene reljefa terena, emisije buke, produkcije otpadnog materijala i tako dalje. Posmatrajući karakter površinskih kopova uočava se da oni devastiraju sve elemente okoliša. Prilikom tehnološkog postupka eksploatacije mineralnih sirovina na površinskim kopovima postoje tačkasti izvori, te se emisije iz njih jednostavno kontroliraju. Veća pažnja, zbog većeg uticaja kojeg imaju na okolinu i ekosisteme, pridaje se nekontrolisanim odnosno difuznim izvorima koji su dominantni. Naime, difuzni izvori su veliki po površini te se njihova kontrola i mjerenja emisija zbog promjene položaja i same veličine teško provode. Za razliku od nadziranih emisija koje imaju poznate izvore te mogu biti uhvaćene i obrađene (kontrolisane), emisije iz difuznih izvora ili fugalivne emisije mogu nastati gotovo svuda na prostoru površinskog kopa. [1]

U pravilu se sitnije frakcije mineralne prašine raznose na veće udaljenosti, dok se čestice većih frakcija talože na manjim udaljenostima od izvora. Naime na imisiju praškastih tvari u okolna područja utječu meteorološki uvjeti (padavine, smjer i brzina vjetera, temperatura i vlažnost zraka), te aktivnosti na površinskom kopu odnosno rad postrojenja za oplemenjivane sirovine i postrojenja za drobljenje i obradu. Klimatski uslovi u kojima je emisija prašine naročito izražena su duži periodi toplog i suhog vremena. [2]

2. IDENTIFIKACIJA IZVORA I ANALIZA EMISIJE PRAŠINE NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

Na površinskim kopovima dolazi do pojave emisije prašine koja se dominantno taloži na području eksploatacijskog polja i u njegovoj neposrednoj okolini.

Ukupna mineralna prašina koja se javlja na području eksploatacijskog polja potiče od [3]:

1. Zemljanih radova i radova vezanih uz eksploatacije kamena
 - 1.1. Skidanje površinskog pokrova
 - 1.2. Bušenje minskih bušotina
 - 1.3. Miniranje
2. Korištenja pokretne rudarske mehanizacije
 - 2.1. Obrušavanje materijala s etaža
 - 2.2. Utovar materijala u kamione
 - 2.3. Istovar materijala iz kamiona
 - 2.4. Transport unutar eksploatacijskog polja
3. Rad postrojenja za drobljenje i klasiranje mineralnih sirovina u svrhu proizvodnje komercijalnih frakcija
4. Deponiranje materijala
 - 4.1. Zemljanog materijala
 - 4.2. Komercijalnih frakcija

Emisije prašine iz difuznih izvora na prostoru površinskog kopa ovise o sljedećim faktorima:

- stanju cestovnih i manipulativnih površina,
- brzini vožnje po njima,
- njihove opterećenosti,
- načinu skladištenja gotovih proizvoda (komercijalnih frakcija),
- količini eksploatacionog kamena i njegovom sastavu,
- načinu i obimu prerade tehničkog kamena na drobilničnom postrojenju i klasirnici,
- atmosferskim uticajima (vjetar, temperatura i vlažnost zraka), i sl.

Prema odredbama Pravilnika o pogonima i postrojenjima za koje je obavezna procjena uticaja na okoliš i pogonima i postrojenjima koji mogu biti izgrađeni i pušteni u rad samo ako imaju okolinsku dozvolu, operater je dužan obavezno izvršiti procjenu uticaja na okoliš površinske eksploatacije mineralnih sirovina (kamenolomi i otvoreni kopovi). To uključuje i obaveznu procjenu emisija mineralne prašine u zrak u svim tehnološkim fazama rada na površinskom kopu za eksploataciju nemetalnih mineralnih sirovina. Procjena emisija mineralne prašine se vrši korištenjem adekvatne metodologije odnosno matematičkog modela za proračun, kao efikasnog alata za utvrđivanje emisije iz difuznih izvora i ukupne emisije prašine na površinskom kopu.

3. PRORAČUN EMISIJE PRAŠINE SA POVRŠINSKIH KOPOVA

Pri aktivnostima na površinskim kopovima nemetalnih mineralnih sirovina prašina nastaje usljed:

- miniranja stijenskih masa,
- utovara / istovara materijala,
- rada postrojenja za drobljenje i klasiranje rovnog kamena,
- emisija prašine s otvorenih površina,
- transporta materijala unutar granica kamenoloma i
- transporta materijala izvan granica kamenoloma.

Emisija prašine sa kamenoloma spada u fugalne (nekontrolisane) emisije zbog čega je nemoguće izvršiti mjerenja takvih emisija koristeći standardnu metodologiju, usljed čega se javlja potreba za uvođenjem adekvatne metodologije za proračun emisija. Za izradu proračuna emisije prašine na površinskim kopovima potrebno je koristiti kompilaciju emisionih faktora određenih polutanata koje je propisala američka agencija za zaštitu okoliša (eng. *Technology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors, Emission Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Environmental Protection Agency – EPA*). [4]

Proračun emisije prašine koja nastaje aktivnostima na površinskim kopovima na kojima su razvijene sve tehnološke faze rada izvodi se sukladno EPA preporukama.

Emisija prašine prilikom rukovanja s materijalom i njegovim transportom do deponije nastaje prilikom bušenja minskih bušotina i miniranja, utovara i istovara materijala, kretanja kamiona (dampera), drobljenja i klasiranja agregata i poremećaja nastalih usljed djelovanja vjetrova. Količina emitovane prašine prilikom odvijanja ovih tehnoloških operacija je proporcionalna količini materijala koji se obrađuje. Emisija također zavisi i od starosti materijala koji se obrađuje, udjelu vlage u materijalu i veličini čestica. Intenzitet emisije mineralne prašine raste sa rastom obima proizvodnje, povećanjem visine utovara (istresanja), zapremine kašike, smanjenjem vlažnosti mase, itd.

Miniranja se provode samo povremeno tako da se za proračun prašine neće uzimati u razmatranje, zbog relativno malih emisija, koje ne utiču značajno na ambijentalni kvalitet zraka.

Kod utovara materijala dolazi do izdvajanja mineralne prašine u fazi istresanja kašike mašine u transportno vozilo i istresanja u prijemni bunker ili na deponiju.

Izračunavanje emisije prašine prilikom utovara i istovara materijala na površinskom kopu se vrši prema obrascu (1):

$$E \text{ (kg/g)} = E_f \text{ (kg/t)} \times GP \text{ (t/g)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Gdje je:

E- emisija prašine,

Ef- emisioni faktor,
GP-godišnja proizvodnja.

Emisioni faktor prilikom utovara i istovara materijala računa se pomoću sljedećeg izraza (2):

$$E_f = k \cdot 0,0016 \cdot \frac{\left(\frac{U}{2,2}\right)^{1,3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1,4}} \dots\dots\dots (2)$$

Gdje je:

- E_f = emisioni faktor, kg/t,
- k = faktor veličine čestice, μm
- U = brzina vjetra, m/s,
- M = sadržaj vlage u materijalu, %.

Faktori koji utiču na emisiju prašine prilikom drobljenja i klasiranja kamenog agregata uključuju distribuciju kamena, sadržaj vlage u materijalu koji se obrađuje, stopu propusnosti, opremu i način odvijanja procesa drobljenja i klasiranja agregata, te topografske i klimatske faktore. Od navedenih faktora, najveći uticaj na nekontrolisanu emisiju čestica prašine imaju obim proizvodnje, sadržaj vlage u materijalu i vjetar. Za proračun emisije prašine se koristi ista opća formula. Unošenjem podataka o emisionim faktorima za lebdeće čestice i proizvodnji dobiju se podaci o emisiji prašine u fazi drobljenja i klasiranja materijala.

Na emisiju prašine s neasfaltiranih puteva nastale usljed transporta materijala unutar granica površinskog kopa utječe sadržaj vlage u materijalu, insolacija i vjetar, masa i broj vozila, brzina kretanja vozila, kao i pređeni broj kilometara. Izračunavanje emisije prašine s neasfaltiranih puteva nastale usljed transporta materijala unutar granica površinskog kopa se vrši pomoću sljedećeg izraza (3):

$$E \text{ (g/g)} = E_f \text{ (g/VKT)} \times \text{VKT (km)} \dots\dots\dots (3)$$

Gdje je:

- E- emisija prašine,
- E_f- emisioni faktor, g/m²,
- VKT - pređeni broj kilometara na prostoru površinskog kopa.

Predhodnim izračunavanjem emisionog koeficijenta za čestice određenog dijametra i unošenjem podataka o pređenim kilometrima dobiju se podaci o emisiji prašine koja nastaje na neasfaltiranim putevima prilikom kretanja kamiona.

Nekontrolisana emisija prašine nastaje i na otvorenim površinama površinskog kopa usljed djelovanja vjetra. Intenzitet ove emisije ovisi od sadržaja vlage u materijalu, insolacije i vjetar. Ova emisije prašine se izračunava pomoću sljedećeg izraza (4):

$$E \text{ (g/g)} = E_f \text{ (g/m}^2\text{)} \times A \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots (4)$$

Gdje je:

- E- emisija prašine,
- E_f- emisioni faktor, g/m²,
- A – površina radnog platoa, m².

Emisioni faktor za emisiju prašine uzrokovanu vjetrom se izračunava pomoću sljedećeg izraza (5):

$$E_f = k \cdot \sum_{i=1}^n P_i \dots\dots\dots (5)$$

Gdje je:

k = faktor veličine čestice,

N = broj godišnjih poremećaja,

Pi = erozioni potencijal koji odgovara najvećoj mogućoj brzini vjetra za i-ti period između poremećaja, g/m².

Za sprečavanje stvaranja, podizanja i emitovanja prašine na površinskim kopovima moguća je primjeniti više različitih postupaka. Najčešće se vrši prskanje transportnih puteva pomoću autocistrne ili hidrosistema sa prskalicama. Primjenom stacionarnog hidrosistema sa prskalicama postiže se permanentno orošavanje internih transportnih puteva ili se stvara vodena zavjesa duž transportnih puteva, čime se smanjuje razvijanje i emisija prašine na minimum. [2,5]

Najveća emisija prašine na površinskim kopovima javlja prilikom usitnjavanja i klasiranja kamenog agregata. Zbog toga se, kada je riječ o mjerama zaštite i minimizaciji emisije prašine, treba fokusirati na smanjenje emisije prašine koja nastaje prilikom drobljenja i klasiranja agregata koristeći neke od sljedećih mjera za smanjivanje i kontrolisanje emisije prašine [6]:

- ugradnja vrećastog filtera,
- prskanje (orošavanje) agregata na presipnim mjestima unutar kamenolomskog postrojenja,
- zaštita postrojenja plastificiranim platnom,
- deponovanje sitnih frakcija u zatvorene bunkere ili bokseve, itd.

4. NEGATIVNI UTICAJ PRAŠINE SA POVRŠINSKIH KOPOVA

Površinska eksploatacija mineralnih sirovina, pored značajnih pozitivnih efekata, ima i višestruke negativne ekološke efekte na sve komponente okoliša (zrak, vodu, tlo, biljni i životinjski svijet i tako dalje). [2]

Sadržaj lebdećih čestica u zraku na prostoru površinskih kopova često je 5-10 puta veći od dozvoljene granične vrijednosti, što ima višestruke ekološke posljedice. Posebno su opasne čestice mineralne prašine prečnika 2.5 μm, označene kao LČ_{2,5} koje udisanjem dospijevaju do najmanjih alveola u plućima i čak mogu dospjeti u krvotok. One uzrokuju kako respiratorne probleme tako i probleme sa kardio-vaskularnim sistemom. Zbog ovoga je US EPA (engl.: *United States Environmental Protection Agency*) 1997. godine, osim standarda za LČ₁₀ koji iznosi 50 μg/m³ na godišnjem nivou, uvrstila i standard LČ_{2,5} koji iznosi samo 15 μg/m³ na godišnjem nivou. [4]

Oštećenja izazvana prašinom mogu dovesti do napetosti i povećanja problema kod hroničnih respiratornih bolesti lokalnog stanovništva i zaposlenih. Brojne naučne studije su povezale izloženost zagađenju koje uzrokuje emisija prašine sa raznim zdravstvenim problemima, uključujući:

- preuranjenu smrt kod osoba koje su već patile od srčanih i bolesti respiratornih organa,
- srčane udare,
- nepravilne otkucaje srca,
- astmu,
- smanjenje funkcije pluća, naročito kod djece,
- povećane respiratorne simptome, kao što su iritacija dišnih puteva, kašalj ili otežano disanje i
- pojavu kancerogenih oboljenja.

Čestice prašine pomoću vjetra mogu biti nošene na velike udaljenosti i dospjeti na tlo ili u vodu. Efekti ovog taloženja mogu biti sljedeći:

- povećanje kiselosti jezera i rijeka,

- mijenjanje balansa nutrijenata u priobalnim područjima i velikim riječnim bazenima,
- pričinjavanje štete osjetljivim šumama i usjevima i
- utiču na diverzitet u ekosistemima.

Dugotrajna i veća akumulacija kamene prašine može utjecati na neka od bitnih svojstava tla kao što su povećanje pH vrijednosti (neutraliziranje zemljišnih kiselina), povećanje sadržaja kalcija u tlu, smanjenje pristupačnosti biljkama bitnih mikroelemenata, kao na primjer bora, mangana, željeza i drugih.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Površinski kopovi predstavljaju jedan od tehnoloških sistema sa negativnim uticajem na okoliš, s obzirom da uništavaju prirodne ekosisteme, devastiraju zemljište, izazivaju poremećaje u površinskim i podzemnim vodama, te usljed prekomjernih emisija mogu imati značajan uticaj na zdravlje uposlenika i stanovništva koje živi u okolini.

S obzirom da dominantne emisije, koje nastaju na površinskim kopovima, imaju karakter fugitivnih odnosno nekontrolisanih emisija nemoguće je izvršiti mjerenja emisije koristeći standardnu metodologiju i mjernu opremu. Zbog toga se za ocjenu emisije sa površinskih kopova koriste metodologije na bazi proračuna emisija, koje uvažavaju ključne uticajne faktore na nivo emisije.

U BiH se za sada ne koristi adekvatna metodologija za procjenu emisije prašine na površinskim kopovima za eksploataciju mineralnih sirovina. Uvođenje i praktična primjena razmatrane metodologije za procjenu emisije prašine, koju je definisala američka agencija za zaštitu okoliša (eng. *Environmental Protection Agency - EPA*) i koju su podržale kanadska agencija za zaštitu okoliša (eng. *Environment Canada - EC*) i australijski nacionalni popis polutanata (eng. *National Pollutant Inventory - NPI*), je racionalno, konstruktivno i ekonomično rješenje koje bi u konačnici dovelo do adekvatnog uspostavljanja sistema upravljanja okolinom na površinskim kopovima, kao i utvrđivanja nivoa emisije na osnovu čega bi se plaćala finansijska naknada za emisiju na površinskim kopovima.

6. LITERATURA

- [1] Mikulić V.: Eksploatacija tehničko-građevnog kamena na kamenolomu Mironja i uticaj miniranja i oplemenjivanja na okoliš, Zbornik radova, Rudarsko-geološki glasnik 13, Mostar, 2009.
- [2] Goletić Š., Operta M.: Uticaj eksploatacije mineralnih sirovina na okoliš, Zbornik radova, VI Naučno-stručni simpozij sa međunarodnim učešćem "Metalni i nemetalni anorganski materijali", Zenica, 6 (1): 545-550, 2006.
- [3] Studija o uticaju na okoliš eksploatacije tehničko-građevnog kamena na eksploatacijskom polju „Tusto Brdo“, godišnje eksploatacije maksimalno 5000 m³ u stijeni i betonara kapaciteta do 54 m³/h, Stari Grad; DVOKUT ECRO d.o.o., Zagreb 2008.
- [4] Tehnology Transfer Network Clearinghouse for Inventories & Emission Factors, Emission Factors & AP 42, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, Fifth Edition, Volume I; Environmental Protection Agency – EPA: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/> (Januar, 2014).
- [5] Ivanović, V., Ljubinić, M., Vuletić, D.: Analiza uticaja površinskih kopova na životnu sredinu, II međunarodni simpozijum, Zbornik radova, Beograd: Rudarsko-geološki fakultet / RGF - Centar za zaštitu životne sredine Rudarskog odseka, str. 81-86, 1998.
- [6] Miomir Mikić, Daniel Kržanović, Milenko Jovanović: Suppression of creating and raising the dust with dumper transportation of excavation at the open pits, IR-1/2009, str. 3-14.