

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

**UNIVERSITY GOCE DELCEV - STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

**Број 14
No 14**

**Година 14
Volume XIV**

**Декември 2020
December 2020**

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**



**Природни ресурси и технологии
Natural resources and technologies**

**декември 2020
December 2020**

**ГОДИНА 14
БРОЈ 14**

**VOLUME XIV
NO 14**

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGIES

За издавачот

Проф. д-р Зоран Десподов

Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Лилјана Колева - Гудева
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
Проф. д-р Тена Шијакова - Иванова
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Гоше Петров
Проф. д-р Кимет Фетаху,
(Политехнички универзитет во Тирана, Р.Албанија)
Проф. д-р Ивајло Копрев,
(МГУ Софија, Р. Бугарија)
Проф. д-р Никола Лилиќ,
(Универзитет во Белград, Р. Србија)
Проф. д-р Јоже Кортник
Универзитет во Љубљана, Р. Словенија
Проф. д-р Даниела Марасова,
(Технички универзитет во Кошице, Р. Словачка)

Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Liljana Koleva - Gudeva, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Todor Serafimovski, Ph.D
Prof. Vojo Mircovski, Ph.D
Prof. Tena Sijakova - Ivanova, Ph.D
Prof. Sonja Lepitkova, Ph.D
Prof. Gose Petrov, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
R. Albania
Prof. Ivajlo Koprev, Ph.D
R. Bulgaria
Prof. Nikola Lilik, Ph.D
R. Srbija
Prof. Joze Kortnik, Ph.D
R. Slovenia
Prof. Daniela Marasova, Ph.D
R. Slovacka

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Николинка Донева
Проф. д-р Марија Хаци - Николова

Editorial staff

Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Nikolinka Doneva, Ph.D
Prof. Marija Hadzi - Nikolova, Ph.D

Главен и одговорен уредник
Проф. д-р Афродита Зенделска

Managing & Editor in chief
Prof. Afrodita Zendelska, Ph.D

Јазично уредување

Весна Ристова
(македонски јазик)

Language editor

Vesna Ristova
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров

Technical editor

Slave Dimitrov

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Република Северна Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
Republic of North Macedonia

С о д р ж и н а / C o n t e n t s

Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска КОНТРОЛА НА ФИЛТРАЦИОНИТЕ ПРОЦЕСИ НИЗ ТЕЛОТО НА БРАНАТА НА ЈАЛОВИШТЕ 3-2 НА РУДНИК „САСА“ Vlagoj Golomeov, Mirjana Golomeova, Afrodita Zendelska CONTROLLING OF FILTRATION PROCESSES THROUGH THE BODY DAM OF TFS 3-2 AT MINE SASA	5
Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски КОМЕРЦИЈАЛИЗАЦИЈА НА ПОДЗЕМНАТА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ВО ЗЕМЈИТЕ ОД ЕВРОПСКАТА УНИЈА Radmila Karanakova Stefanovska, Zoran Panov, Risto Popovski THE MAINSTREAMING OF UNDERGROUND COAL GASIFICATION IN EUROPEAN UNION COUNTRIES	13
Ванчо Аџиски, Зоран Панов, Ристо Поповски, Радмила Каранакова Стефановска МЕТОД НА ДИСКРЕТНИ ЕЛЕМЕНТИ (ДЕМ) ЗА АНАЛИЗА НА СЕГРЕГАЦИЈАТА НА ГРАНУЛАРНИ МАТЕРИЈАЛИ: АНАЛИЗА НА ОДЛАГАЛИШТЕ ФОРМИРАНО ОД ЛЕНТЕСТ ТРАНСПОРТЕР Vancho Adjiski, Zoran Panov, Risto Popovski, Radmila Karanakova Stefanovska DISCRETE ELEMENT METHOD (DEM) FOR SEGREGATION ANALYSIS OF GRANULAR MATERIALS: ANALYSIS OF STOCKPILE FORMED BY CONVEYOR BELT	19
Зоран Панов, Ванчо Аџиски, Афродита Зенделска, Ристо Поповски, Радмила Каранакова Стефановска ОСВРТ КОН ПРИМЕНА НА МАТЕМАТИЧКО – МОДЕЛИСКИ ПРИСТАПИ ПРИ ГЕОМЕХАНИЧКИ ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА Zoran Panov, Vancho Adjiski, Afrodita Zendelska, Risto Popovski, Radmila Karanakova Stefanovska APPROUCH OF APPLICATION OF MATHEMATICAL MODELLING IN GEOMECHANICAL LABARATORY TESTS	27
Дејанчо Тонев, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова МОДЕЛИРАЊЕ НА ДИСПЕРЗИЈА НА ПРАШИНА НА ПЛАНИРАНИОТ ПОВРШИНСКИ КОП ЗА БАКАР И ЗЛАТО „ПЛАВИЦА“ Dejancho Tonev, Dejan Mirakovski, Marija Hadzi-Nikolova DUST DISPERSION MODELING WITHIN PLANNED COPPER AND GOLD “PLAVICA” SURFACE MINE	39
Иван Боев ПЕТРОЛОГИЈА НА ВУЛКАНСКИТЕ КАРПИ ОД ОБЛАСТА ДОБРО ПОЛЕ ГРАДЕШНИЦА РЕПУБЛИКА СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА Ivan Bоеv PETROLOGY OF VOLCANIC ROCKS OF AREA DOBRO POLE-GRADESNICA NORTH MACEDONIA	49
Афродита Зенделска, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова, Дејан Мираковски, Ѓорѓи Димов ЕКОЛОШКИ ЕФЕКТИ ОД СПРОВЕДУВАЊЕ НА ПРОЕКТОТ „БИООТПАД“ ВО ОПШТИНА ПРОБИШТИП Afrodita Zendelska, Nikolinka Doneva, Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski, Gorgi Dimov ECOLOGICAL EFFECTS FROM THE IMPLEMENTATION OF THE PROJECT “BIOWASTE” IN MUNICIPALITY OF PROBISHTIP	63

Марија Хаци-Николова, Дејан Мираковски, Ѓорги Димов, Николинка Донева, Афродита Зенделска ПРИМЕНА НА АВТОНОМНИ КОМПОСТЕРСКИ ЕДИНИЦИ ВО УПРАВУВАЊЕ СО БИОРАЗГРАДЛИВИОТ ОТПАД Marija Hadzi-Nikolova, Dejan Mirakovski, Gorgi Dimov, Nikolinka Doneva, Afrodita Zendelska IMPLEMENTATION OF AUTONOMOUS COMPOSTING UNITS IN BIODEGRADABLE WASTE MANAGEMENT	71
Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорги Димов ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОДИТЕ И СЕДИМЕНТИТЕ ОД ТАБАНОВСКА РЕКА СО ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД ПОРАНЕШНИОТ РУДНИК „ЛОЈАНЕ“ Blagica Doneva, Marjan Delipetrev, Gorgi Dimov POLLUTION OF WATER AND SEDIMENTS FROM TABANOVSKA RIVER WITH HEAVY METALS FROM THE ABANDONED MINE LOJANE.....	79
Јане Томов, Зоран Десподов ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ ЗА ПОВЕЌЕ КРИТЕРИУМСКО ОДЛУЧУВАЊЕ ПРИ ДОНЕСУВАЊЕ НА ОДЛУКИ ВО ИНДУСТРИСКОТО ИНЖЕНЕРСТВО И ПРОИЗВОДСТВО Jane Tomov, Zoran Despodov APPLICATION OF THE METHODS OF MULTI CRITERIA DECISION MAKING IN INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANUFACTURING	87

МОДЕЛИРАЊЕ НА ДИСПЕРЗИЈА НА ПРАШИНА НА ПЛАНИРАНИОТ ПОВРШИНСКИ КОП ЗА БАКАР И ЗЛАТО „ПЛАВИЦА“

Дејанчо Тонев¹, Дејан Мираковски², Марија Хаџи-Николова²

¹Генезис Ресоурцес Интернешнал, Пробиштип

²Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип
dejan.mirakovski@ugd.edu.mk

Апстракт. Во рудниците со површинска експлоатација извршувањето на голем број рударски операции може да претставува закана за квалитетот на животната средина, посебно од аспект на генерирање на прашина.

Во трудот е прикажана постапката на моделирање на дисперзија на прашина која ќе се генерира како резултат на рударските активности на планираниот површински коп за бакар и злато на локалитетот „Пластица“ со примена на моделот AERMOD, како еден од начините за проценка на влијанието на рударските активности врз животната средина. Прикажани се резултатите од моделирањето на дисперзија на вкупните суспендирани цврсти честички (TSP), како и цврстите честички со аеродинамичен дијаметар помал од 10 μm (PM₁₀). Процесот на планирање треба да ја опфати и процената на влијанието на рударските активности врз квалитетот на животната средина со развивање на современи и прецизни модели за проценка на дисперзијата на прашина во пошироката зона на површинските копови. Ваквиот пристап овозможува верификација на ефикасноста на предложените мерки за заштита и намалување или елиминирање на идентификуваните влијанија.

Креираниот модел и компаративните анализи укажуваат дека позначителни влијанија врз квалитетот на воздухот, а како резултат на севкупните рударски активности, може да се очекуваат само во потесното подрачје на извршување на рударските активности, додека со зголемување на растојанието, постепено доаѓа до намалување на концентрацијата на цврсти честички кај околните рецептори. Доколку се применат сите мерки за контрола на изворите на прашина и се постигне очекуваното ниво на редукција на емисионите фактори, нивоата на очекуваните концентрации на суспендирани цврсти честички ќе бидат блиски до позадинските и во рамки на законски дозволените нивоа.

Клучни зборови: моделирање, цврсти честички, дисперзија, AERMOD.

DUST DISPERSION MODELING WITHIN PLANNED COPPER AND GOLD "PLAVICA" SURFACE MINE

Dejancho Tonev¹, Dejan Mirakovski², Marija Hadzi-Nikolova²

¹Genesis Resources International, Probistip

²Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev University, Stip, Macedonia
dejan.mirakovski@ugd.edu.mk

Abstract. Opencast mining operations can pose a threat to the environmental quality, especially in terms of dust generation and dispersion in surrounding areas. This paper presents the dust dispersion model generated for planned copper and gold open pit mine "Plavica", as one of the necessary steps to assess the possible environmental impacts of planned mining activities. Concentrations of total suspended particles (TSP) and particulate matter with aerodynamic diameter smaller than 10 μm (PM₁₀) within mining zone as much wider surrounding with possibly sensitive receptors were modeled. This approach enables verification of the effectiveness of proposed protection measures and reduction or elimination of the identified impacts.

Model constructed and subsequent analysis model indicates that significantly higher ambient particulate concentration's could be expected only within immediate mining area, while with increasing distance, the expected particulate matter concentrations gradually decreases. If properly implemented, planned control measures can reduce expected concentration levels at sensitive receptors and limit the possible negative impacts on ambient air quality.

Kew words: modeling, particulate matter (PM₁₀), TSP, dispersion, AERMOD.

1. Вовед

На површинските копови одредени рударски операции како што се; дупчење, минирање, товарање, транспорт и преработка на минералната суровина, може да претставуваат закана за квалитетот на животната средина, пред сè од аспект на генерирањето на прашина при изведување на овие рударски операции [4, 5, 14, 15].

Вообичаено, најважни параметри за квалитет на воздухот во областа на активните површински копови се вкупните суспендирани честички (TSP) како и честичките со аеродинамичен дијаметар помали од 10 μm (PM₁₀) [3, 6, 13, 17]. Дисперзијата на TSP и PM₁₀ зависи како од технолошките услови, така и од метеоролошките параметри [2, 3, 6, 7]. Највисоките концентрации на прашина се измерени во областа околу површинските копови, а истите постепено се намалуваат со зголемување на растојанието од површинските копови [9].

Во трудот е прикажан моделот на дисперзија на прашина разработен со моделот AERMOD кодиран од USEPA [20]. Програмскиот пакет дополнително го содржи и пред-процесорот за обработка на метеоролошките податоци AERMET, а од кои во голема мера зависи конструкцијата на моделот на дисперзија на суспендирани цврсти честички. Програмскиот пакет AERMOD, како влезни параметри ги користи претходно обработените метеоролошки податоци од страна на пред-процесорот AERMET, како и многу други фактори (форма и тип на извори на емисиите, конфигурација на терен, просторната поставеност на рецептори - рецепторна мрежа, пресметка на емисионите фактори) и ја прикажува зоната на дисперзија на суспендирани цврсти честички изразена како концентрација во $\mu\text{g}/\text{m}^3$, во однос на самиот извор, како и засегнатите страни (осетливите рецептори). Вака генерираниот модел на дисперзија може успешно да се користи при планирањето на мерките за намалување на влијанието на суспендираните цврсти честички врз квалитетот на воздухот во близина на површинските копови [11].

Моделирањето на дисперзија на суспендирани цврсти честички всушност претставува математичка проценка на влијанието на емисијата на суспендирани честички од различни извори во анализираната област [8, 10]. Постојат бројни параметри поврзани со емисија и транспорт на суспендирани честички во атмосферата, вклучително и метеоролошките услови, конфигурација на теренот и интензитетот на изворот на емисија [16, 18, 19].

Процесот на анализа на дисперзијата на прашина со моделот AERMOD опфаќа:

- обработка на метеоролошки податоци со пред процесорот AERMET,
- обработка на конфигурација на теренот,
- конечна карактеризација на локацијата со целосни информации за изворите и рецепторите,
- претходна обработка на податоците за теренот,
- примена на моделот AERMOD за добивање на дистрибуција на суспендирани честички над анализираната област,
- визуелизација на резултатите за анализа и донесување одлуки.

2. Конструкција на моделот

Целта на трудот е да се прикаже модел на дисперзија на прашина која се емитува како резултат на рударските активности во рамките на проектот за злато и бакар на локалитетот „Пластица“, а кој ќе послужи за спроведување на оцената на влијание врз квалитетот на воздухот. Според главниот рударски проект најголем обем на рударските работи се предвидува во единаесеттата година од стартувањето со работа на рудникот, со просечно производство на руда од 850 000 тони годишно и годишно производство на рудничка јаловина од 5 000 000 тони. Сценариото на моделот кој се разгледува е направено конзервативно, а врз основа на емисиите на цврсти честички (TSP и фракција PM_{10}) во 11-тата година, бидејќи се однесува на годината со максимално производство, а како емисиони површини се земени површинскиот коп, комбинираното одлагалиште како и сите други придружни активности. Емисиите од проектот во сите други години се очекува да бидат помали како резултат на помалиот обем на рударски активности.

Моделот на дисперзија на суспендирани цврсти честички со програмскиот пакет AERMOD, ја прикажува распределбата на концентрацијата на суспендираните цврсти честички во воздухот на површината на земјата и стапките на таложeње на PM_{10} честичките.

Анализираното подрачје како извори на емисиите ги опфаќа површинскиот коп и комбинираното одлагалиште, како и пристапните неасфалтирани патишта, операциите на минирање, претоварните места, дупчењето, дробењето на рудата во дробилката, работата со булдожерите и емисиите од издувните гасови од дизел моторите на рударската механизација.

Моделот на дисперзија на прашина го предвидува потенцијалниот ефект на емисиите врз квалитетот на воздухот низ моделираната област и врз осетливите човечки рецептори. Локациите на осетливите човечки рецептори разгледани во овој труд ги вклучуваат најблиските села до рудникот, и тоа: Шлегово, Приковци, Грезилевци, Кундино, Марчино, Добрево, Близанци, како и градовите Кратово и Пробиштип.

Врз основа на Главниот рударски проект е направен преглед на проектните активности за да се идентификуваат потенцијалните атмосферски емисии поврзани со секоја активност во 11-тата година од работата на рудникот. Во Табела 1, е прикажана секоја активност која може да има потенцијал за значајни емисии во воздухот и поврзаните емитувани загадувачки материји.

Емисиите од работата на рудникот се проценети со користење на достапни податоци за рудничките активности и специфични информации за локацијата. Пресметките на факторите на емисија за вкупно суспендираните цврсти честички и фракцијата PM_{10} од процесите на минирање, транспорт на материјали по неасфалтирани патишта, расчистување и рамнење на патишта се извршени врз основа на насоките дадени од страна на USEPA и збирката од дефинирани фактори на емисија на загадување на воздухот AP-42 (USEPA 1992, 1995, 1998, 2006a, 2006b).

Табела 1. Потенцијални извори на емисии на цврсти честички вклучени во моделирањето

Фаза	Извор	Операција/Активност	Емисија
Работење	Подрачје на рудникот „Плавица“	Дупчење	TSP, PM ₁₀
		Транспорт на материјал (утовар, истовар), рамнење на пат и платформа на одлагалиште	TSP, PM ₁₀
		Минирање	TSP, PM ₁₀
		Примарно дробење	TSP, PM ₁₀
		Емисии од согорување на гориво од возила и рударска механизација на локацијата	TSP, PM ₁₀

Овие фактори на емисија се добиени емпириски врз основа на обемни серии на мерења при што дефинираните формули ги земаат во предвид влезните променливи за кои можат да се користат специфичните податоци за локацијата [1]. Доколку не се достапни специфичните податоци за локацијата, типични вредности можат да се добијат од референтниот документ AP-42 (USEPA 1992, 1995, 1998, 2006a, 2006b). Специфичните податоци за локацијата користени за пресметка на факторите на емисија се сумирани во Табела 2.

Табела 2. Специфични податоци за локацијата користени за пресметка на факторите на емисија

Параметар	Специфична вредност за моделираната локација
Количество ситнеж во површинскиот почвен слој (%)	3
Содржина на влага во рудата (%)	10
Годишна просечна брзина на ветерот (m/s)	1,58
Процент на време со брзина на ветер > 5,4 m/s (%)	3,4
Хоризонтална област за минирање (m ²)	10 000
Ограничување на брзината во рамките на концесијата на рудникот (km/h)	50
Претпоставена типична брзина на возилата во рамките на рудничката концесија (km/h)	25

Во Табела 3 е даден преглед на факторите на емисии на PM₁₀ и вкупно суспендираните честички (TSP) пред преземање на мерки за контрола.

Табела 3. Преглед на факторите на емисија на PM₁₀ и TSP пред преземање на мерки за контрола

Операција/активност	Емисија на PM ₁₀	Емисија на TSP	Единица	Референца
Дупчење	0,31	0,59	kg/дупнатица	NPi (основно)
Претоварни места	0.00025	0.00055	kg/t	AP-42 (пресметано)
Булдожери	5	20	kg/hr	AP-42 (пресметано)
Прашина од неасфалтирани патишта	1,5	6,2	kg/VKT	AP-42 (пресметано)
Минирање	114	220	kg/експлозија	AP-42 (пресметано)
Примарно дробење	0.2	0.02	kg/t	AP-42 (основно)
Емисии од издувните гасови	0	0,00000019	kg/kWh	AP-42 (пресметано)

Извори: USEPA (1992, 1995, 1998, 2006a, 2006b); [1]

Доколку се применат сите мерки за контрола на изворите, може да се постигне значително намалување на емисионите фактори. Ефикасноста на поедините мерки на контрола на емисиите е дефинирана емпириски на основа на обемни мерења, а детален опис на коефициентите на ефикасност на поедините мерки е даден во прирачникот WRAP Fugitive Dust Handbook, Western Governors' Association, Denver, Colorado, 2006. Во Табела 4, се прикажани планираните мерки за контрола и нивната

ефикасност, а кои задолжително мора да бидат целосно имплементирани и функционални при стартувањето на проектот со работа.

Табела 4. Мерки за контрола на емисија на цврсти честички и нивна ефикасност

Операција/активност	Мерки за контрола	Ефикасност (%)
Дупчење	Вреќаст филтер	90
Претоварни места	Распркувачи на вода	50
Булдожери	Природно или вештачко навлажнување на почвата	70
Прашина од неасфалтирани патишта	Редуцирана брзина на возилата до max 25(km/h); Прскање со вода на патиштата	90
Минирање	Нема контрола	0
Примарно дробење	Херметизација и прскање со вода	90
Емисии од издувните гасови	Нема контрола	0

Извор: Ефикасност на супресија на прашина од патишта со вода (US EPA, 1998), Commonwealth of Australia (2012), WRAP (2006).

Очекуваните годишни емисии на цврсти честички за оценуваното сценарио на работа се пресметани врз основа на планираните максимални оперативни параметри и претходно извршените пресметки на емисионите фактори, при тоа земајќи ги во предвид и мерките за контрола претходно дадени во Табела 4. Сумарната квантификација на изворите на емисија е дадена во Табела 5.

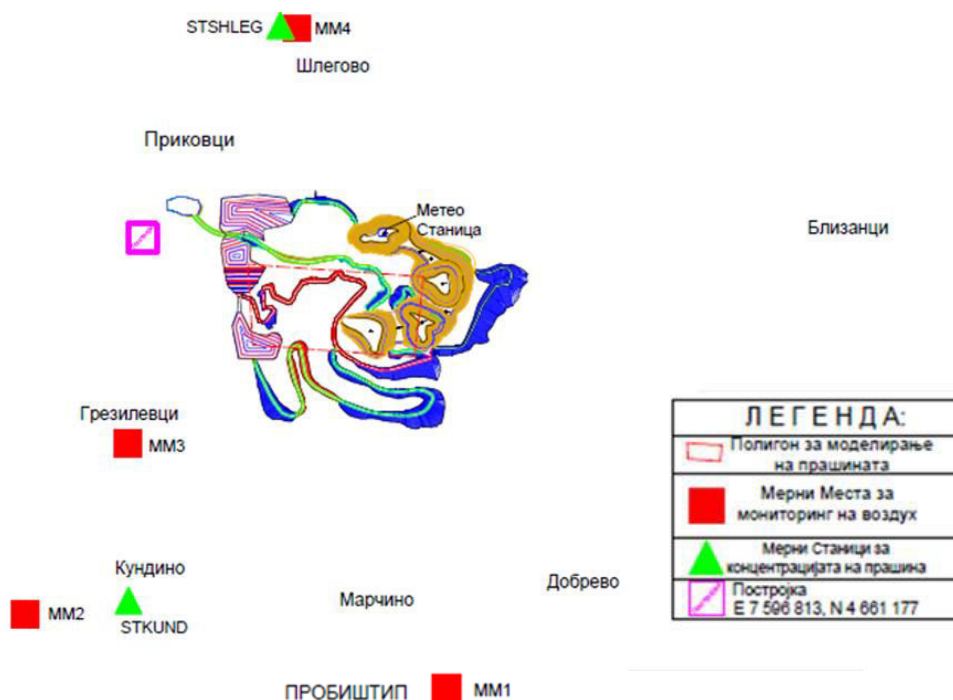
Табела 5. Годишни емисии проценети за 11-тата година од работата на рудникот со примена на мерките за контрола

Рударска активност	TSP (kg/god)	PM ₁₀ (kg/god)	Редукција (%)	TSP (kg/god)	PM ₁₀ (kg/god)
Дупчење	31167	16376	90	3117	1638
Претоварни места	3218	1463	50	1609	732
Булдожери	84000	21000	70	25200	6300
Грејдери	8609	3852	50	4305	1926
Прашина од неасфалтирани патишта	3351119	810754	90	335112	81075
Минирање	40032	20832	0	40032	20832
Примарно дробење	170000	17000	90	17000	1700
Емисии од издувни гасови	0	4	0	0	4
Вкупно (kg/god)	3688145	891281		426374	114207
Вкупно (t/god)	3668	891		426	114

Погоре спомнатите емисии беа моделирани како фугитивни, односно сумарни емисии емитирани од површински извор претставен во форма на неправилен четириаголник, кој ја покрива површината на активната зона на ПК. Шематски приказ на изворот на емисија е даден на Слика 1. Параметрите на површинскиот извор се прикажани во Табела 6, додека стапките на емисија се дадени во Табела 7.

Табела 6. Параметри на моделираното подрачје на локалитетот „Пластица“

Параметар	Опис
Тип на извор	Површински извор во форма на неправилен четириаголник
Висина на ослободување (m)	5
Почетна вертикална димензија (m)	10
Вкупна површина на извор (m ²)	1 030 000



Слика 1. Активна зона на површинскиот коп

Вкупната површина на моделираното подрачје од 1 030 000 m² е добиена како збир на следните површини:

- Максимална активна површина на одлагалиштето во текот на единаесетата година од експлоатацијата – 313 370 m²;
- Максимална активна површина на површинскиот коп во текот на единаесетата година од експлоатацијата – 483 458 m²;
- Моментална површина на рудничките патишта од површинскиот коп кон одлагалиштето и преработувачкиот комплекс во единаесетата година од експлоатацијата (9 700 m x 20 m) – 194 000 m²;
- Планирана површина на преработувачкиот комплекс според Главниот рударски проект – 35 000 m².

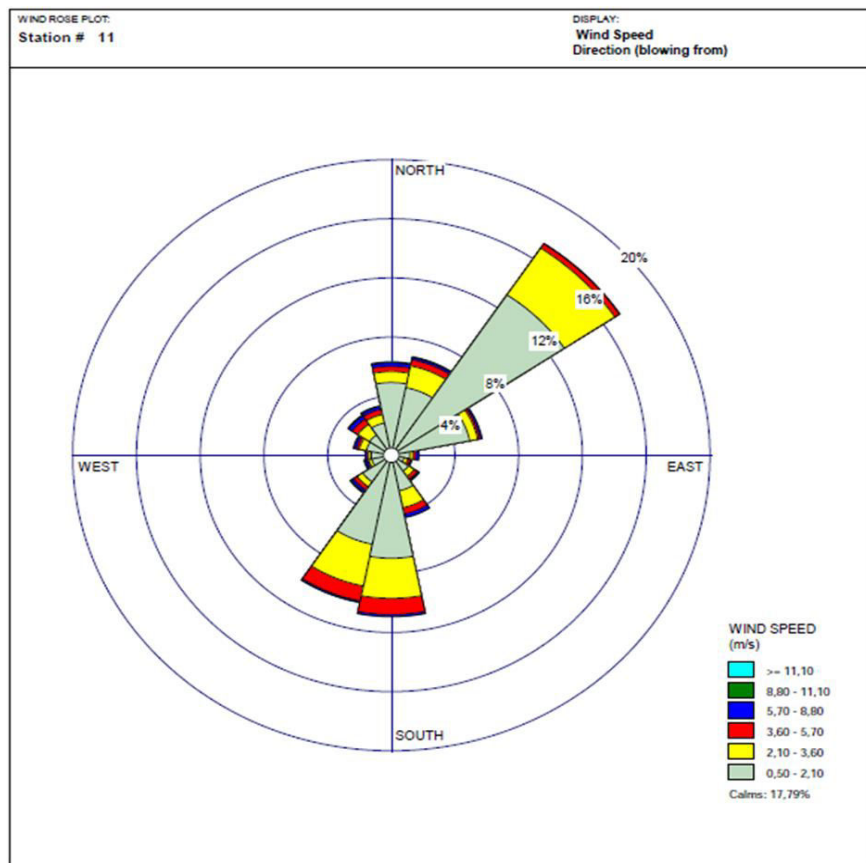
Табела 7. Стапки за изворот на емисија на цврсти честички фракција PM₁₀ користени за моделирање

Емисија	Годишна емисија (t)	Годишна емисија (g)	Површина на моделирано подрачје (m ²)	Интезитет на извор „Пластица“ (g/s/m ²)
PM ₁₀	114	114 000 000	1 030 000	0,000003509

3. Резултати и дискусија

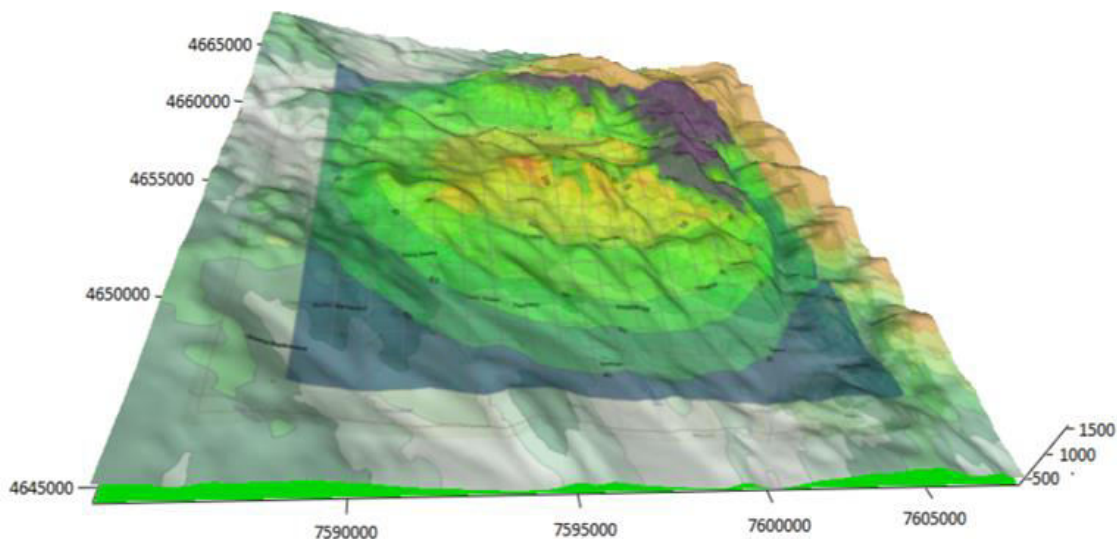
Моделирањето на дисперзијата на цврсти честички е извршено со регулатиорниот модел AERMOD (USEPA, 1997) во кој како влезни податоци за претпроцесорот AERMET беа земени метеоролошките податоци за периодот од јануари 2016 година до август 2019 година, добиени од метеоролошката станица на Генезис во Пластица.

Процесорот AERMET овозможува генерирање на ружата на ветерот, прикажана на Слика 2, од која се гледа дека доминантен правец на ветерот на локалитетот Пластица е североисток и југ.



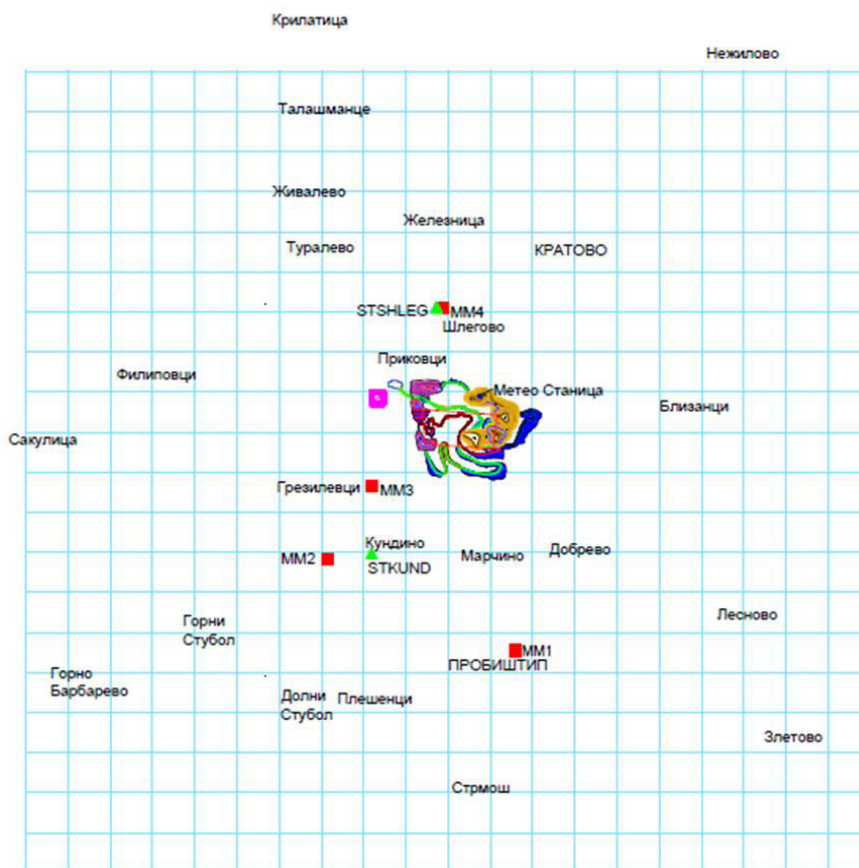
Слика 2. Ружа на ветер добиена со AERMET

Дигиталниот модел на теренот (ДМТ) во зоната на моделирање е добиен врз основа на податоци од геодетски снимања, а ги вклучува концесијата област и нејзината непосредна околина со вкупна површина од 277,5 km², кои беа на располагање за потребите на моделирањето, а се искористени за претставување на теренот околу локацијата. ДМТ (Слика 3) опфаќа површина од 277,5 km², со југозападниот агол на координати 7 588 486, 4 647 129 (UTM 34N).



Слика 3. Дигитален модел на теренот користен при моделирањето на дисперзијата на прашина на моделираното подрачје „Пластица“

На Слика 4 е дадено моделираното подрачје на изворот „Пластица“ во рамките на Декартова рецепторна мрежа.



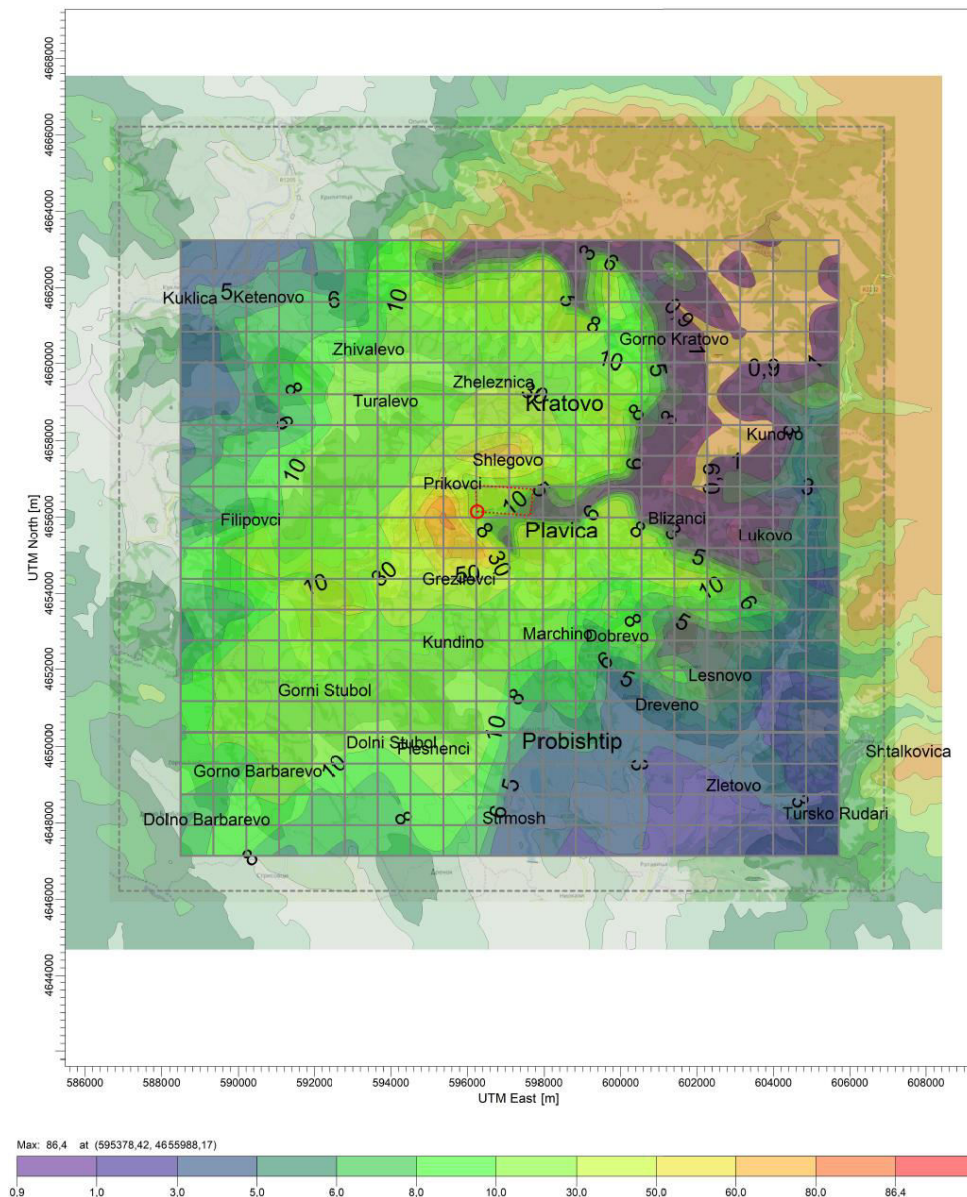
Слика 4. Рецепторна мрежа околу подрачјето на локалитетот „Пластица“

Моделот на дисперзија на суспендирани цврсти честички фракција PM_{10} , добиен со софтверот AERMOD е прикажан на Слика 5. Резултатите од моделирањето на дисперзијата на цврсти честички од планираниот површински коп за бакар и злато, односно просечните 24 часовни концентрации и просечни годишни концентрации на суспендирани честички фракција PM_{10} се прикажани во Табела 8. Резултатите од моделот преставуваат придонес на загадувањето кое потекнува од идниот проект, поради што оценката ќе ја прикажеме табеларно само за населените места Шлегово и Кундино, каде што постојат мерни станици за следење на основните (позадинските) концентрации на цврстите PM_{10} честички.

Табела 8. Резултати од моделирањето во населените места Шлегово и Кундино

Локација	Процента просечна концентрација на PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Придонес на процесот ($\mu g/m^3$)	Измерена основна концентрација ($\mu g/m^3$)	Очекувана концентрација во животна средина ($\mu g/m^3$)	Гранична вредност на концентрација на суспендирани цврсти честички PM_{10} ($\mu g/m^3$)
Кундино	годишна	3	13,1	16,1	40
	24 часовна	10	13,1	23,1	50
Шлегово	годишна	8	12,1	20,1	40
	24 часовна	30	12,1	42,1	50

Како што може да се види од Табела 8, резултатите од моделот на дисперзијата на суспендирани цврсти честички, укажуваат дека очекуваната концентрација на суспендирани цврсти честички фракција PM_{10} која го зема во предвид и придонесот на процесот, односно резултатите од моделот, не ги надминува краткорочните и долгорочните гранични вредности за ниво на концентрации на суспендирани цврсти честички со големина од $10 \mu m$ (PM_{10}) согласно Уредбата за гранични вредности за нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиентниот воздух и прагови на алармирање, рокови за постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели („Службен весник на РМ“, бр. 50/05, 4/13, 183/2017).



Слика 5. Модел на дисперзија на суспендирани цврсти честички

4. Заклучок

Контролата на емисија на цврсти честички при планирањето на рударските операции и преработка на минералните сировини на површинските копови за металичните минерални сировини е сложена процедура, поради големиот број параметри кои се поврзани со емисиите и со дисперзијата на цврстите честички. Затоа е потребно да се изберат најдобрите достапни практики за намалување на емисијата на цврсти честички при сите активности, а нивните ефекти задолжително да се верификуваат со примена на модели за проценка на дисперзијата на суспендираните честички.

Само целосно интегриран пристап на планирање и примена на мерките за контрола на емисиите во комбинација со моделите за проценка на дисперзија на цврстите честички ќе овозможи реална и ефикасна контрола и значителна редукција на можните негативни влијанија. Секако, дополнителните програми мониторинг на концентрацијата на цврсти честички во амбиентниот воздух, во сите фази на реализација на проектот, треба да бидат задолжителна пракса која ќе овозможи целосна контрола на можните влијанија во реално време.

Користена литература

- [1] Australian Government (Department of Sustainability, Environment, Water, Population and Communities) National Pollutant Inventory Emission Estimation Tehnique Manual for Mining, Version 3.1, January 2012.
- [2] Cowherd, C.E.; Muleski, G.E.; Kinsey, J.S. Control of Open Fugitive Dust Sources; Final Report; US Environmental Protection Agency: Research Triangle Park, NC, USA, 1988.
- [3] Chakraborty, M.K.; Ahmad, M.; Singh, R.S.; Pal, D.; Bandopadhyay, C. Determination of the emission rate from various opencast mining operations. *Environ. Model. Softw.* 2002, 17, 467–480.
- [4] Дејанче Тонев, План за управување и моделирање на прашината од екстрактивни индустрии (експлоатација и обработка на минералните суровини), Штип, април 2017 година.
- [5] Дејанче Тонев, Оценка на влијанието на деталните геолошки истражувања на концесискиот простор Пластица врз животната средина, Штип, февруари 2017 година.
- [6] Huertas, J.I.; Huertas, M.E.; Izquierdo, S.; González, E.D. Air quality impact assessment of multiple open pit coal mines in northern Colombia. *J. Environ. Manag.* 2012, 93, 121–129.
- [7] Huertas, J.; Camacho, D.; Huertas, M. Standardized emissions inventory methodology for open pit mining areas. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2012, 19, 2784–2794. [CrossRef] [PubMed].
- [8] Health Risk Assessments and Dispersion Modeling, Step-by-Step Guide, Present by Matthew O’Donell, 06.10.2014.
- [9] Jones, T.; Blackmore, P.; Leach, M.; Matt, B.K.; Sexton, K.; Richards, R. Characterization of airborne particles collected within and proximal to an opencast coalmine: SouthWales, UK. *Environ. Monit. Assess.* 2002, 75, 293–312. [CrossRef] [PubMed].
- [10] Lingard, J., Gibson, N., Management, Mitigation and Monitoring of Nuisance Dust and PM₁₀ emissions arising from the Extrative Industries: An Overview, Mineral Industry Research Organisation (MIRO) 25 February 2011.
- [11] Lilic, N., Knezevic, D., Cvjetic, A., Milisavljevic, V., Pantelic, U., Dust and Noise Environmental Impact Assessment and Control in Serbian Mining Practice, Article in Minerals-Februari 2018.
- [12] Mirakovski, Dejan and Hadzi-Nikolova, Marija and Doneva, Nikolinka and Despodov, Zoran and Mijalkovski, Stojance (2011) Air pollutants emission estimation from mining industry in Macedonia. In: 1st International Workshop on the UNESCO-IGCP Project: “Anthropogenic effects on the human environment in the Neogene Basins in the Europe”, 3-4.06.2011, Stip, Republic of Macedonia.
- [13] Monn, C.; Braendi, O.; Schaepfi, G.; Schindler, C.; Ackermann-Liebrich, U. Particulate matter <10 mm (PM10) and total suspended particles (TSP) in urban, rural and alpine air in Switzerland. *Atmos. Environ.* 1995, 29, 2565–2573.
- [14] Nikhil Prakash, Modeling the dispersion of dust generated from open pit mining activities, Department of Mining Engineering, National Institute of Technology, Rourkela, 2015.
- [15] Nikolic-Malenovic, J.; Vasovic, D.M.; Filipovic, I.; Musicki, S.; Ristic, I.M. Application of Project Management Process on Environmental Management System Improvement in Mining-Energy Complexes. *Energies* 2016, 9, 1071.
- [16] Report to The Mineral Industry Research, AEAT/ENV/R3141 Issue 1 February 2011.
- [17] Sinha, S.; Banerjee, S.P. Characterization of haul road in Indian open cast iron ore mine. *Atmos. Environ.* 1997, 31, 2809–2814.
- [18] Tonev, D., Mirakovski, D., Lazarevska, E., Filipovski, R., Zlatkov, G., Delipetrev, M., Assesment of the impact of detailed geological research for Gold Deposits in Eastern Macedonia on the Environment, Proceedings of the XIV INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE OPEN AND UNDERGROUND MINING OF MINERALS 03 – 07 July 2017, VARNA BULGARIA.
- [19] Triantafyllou, A.G. PM10 pollution episodes as a function of synoptic climatology in a mountainous industrial area. *Environ. Pollut.* 2001, 112, 491–500.
- [20] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). AERMOD: Description of Model Formulation; U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Emissions Monitoring and Analysis Division: Research Triangle Park, NC, USA, 2004.