

**STUDIUM OCHRONY
POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO**

Dla przedsięwzięcia: **Kopalnia kruszywa ze złoża Huta Chojno ID1,
gm. Rogowo, powiat rypiński, dz.ew. 146/4**

SOZO - ochrona środowiska
dr inż. Piotr Wojewódzki
ul. Jana Karola Chodkiewicza 19A/17
85-065 Bydgoszcz

Zanieczyszczenia emitowane do powietrza z terenu kopalni

W przypadku planowanego do realizacji przedsięwzięcia tj. wydobywania kruszywa ze złoża Huta Chojno (dz.ew. 146/4), emisje zanieczyszczeń do powietrza będą pochodzić głównie ze źródeł ruchomych co obejmuje emisję wynikającą ze spalania oleju napędowego przez środki transportu oraz sprzęt przeznaczony do prac na terenie kopalni.

Na terenie kopalni będzie pracować ciężki sprzęt:

- ☐ 3 maszyny ciężkie do urabiania/załadunku kruszywa (2 koparki, 1 ładowarka),
- ☐ 2 samochody wyładowcze,
- ☐ przesiewacz kruszywa,
- ☐ ciężarówki transportowe (do 30 kursów/dobę).

W celu obliczenia emisji przyjęto iż pracujące w granicach złoża pojazdy zaliczają się do grupy ciężki pojazdów (HDV – heavy duty vehicles). Ładowarkę, koparki (maszyny ciężkie) i przesiewacz zaliczono do pojazdów o masie do 28 Mg, spełniających normy emisji Euro 3, samochody ciężarowe zaliczono do pojazdów o masie 20-26 Mg (Euro 3).

Przyjęto, iż godzinowa równoczesność pracy obejmuje wszystkie pojazdy robocze: koparkę, ładowarkę, przesiewacz oraz 2 ciężarówki. Założono czas pracy w kopalni 10 h w ciągu pory dnia, 280 dni w roku (ogółem 2800 h/rok).

Przyjęto godzinowy udział pracy poszczególnych pojazdów (8 pojazdów na godzinę) na poziomie: maszyny ciężkie i przesiewacz 85% i samochody transportowe 15%. Obliczenia wykonano programem komputerowym OPERAT FB, moduł „samochody”. Program do obliczenia emisji źródeł transportu drogowego stosuje metodykę EMEP/Corinair Group 7: Road transport, opublikowaną w 2007 r. wykorzystaną m.in. w programie COPERT IV. Zestawienie obliczonej emisji zanieczyszczeń ze spalania oleju napędowego przedstawiono w tabeli 1, natomiast zanieczyszczeń z drogi wywozu kruszywa w tabeli 2.

Natężenie ruchu pojazdów ciężarowych wywożących kruszywo przyjęto na poziomie 3 ciężarówki/godzinę (do 30 kursów w ciągu dnia pracy kopalni). Dla emitora liniowego – droga wywozu – przyjęto 6 przejazdów pojazdów transportowych w ciągu godziny (3 do kopalni i 3 z kopalni).

Tabela 1

Obliczona, łączna emisja zanieczyszczeń emitowanych z pojazdów pracujących w granicach kopalni kruszywa ze złoża Huta Chojno ID1

Substancja	Emisja gorąca, EHOT+ELubr. Mg (metale kg)	Emisja ze ścierania opon, hamulców i powierzchni drogi Mg	Emisja łączna Mg (metale kg)
CO	0,058		0,058
NO _x	0,194		0,194
LZO	0,01581		0,01581
Pył ogółem	0,00585	0,002275	0,00812
NH ₃	0,0000372		0,0000372
CO ₂	21,42		21,42
SO ₂	0,0001363		0,0001363
Ołów	0,00000344	0,001704	0,001707
Kadm	0,00000945	0,00000731	0,00001676
Miedź	0,001594	0,01401	0,01561
Chrom	0,0000958	0,000638	0,000733
Nikiel	0,0000651	0,0000969	0,000162
Selen	0,00000975	0,00001051	0,00002026
Cynk	0,001021	0,00425	0,00527
NO ₂	0,02616		0,02616
Węglowodory alifatyczne	0,00744		0,00744
Węglowodory aromatyczne	0,00398		0,00398
Benzen	0,00001106		0,00001106

Pył ogółem zawiera 73,06 % pyłu PM_{2,5}
Suma emisji gazów cieplarnianych = 21,5 MgCO_{2e}.

Tabela 2 Obliczona, łączna emisja zanieczyszczeń z drogi wywozu kruszywa ze złoza Huta Chojno ID1

Substancja	Emisja gorąca, EHOT+ELubr. Mg (metale kg)	Emisja ze ścierania opon, hamulców i powierzchni drogi Mg	Emisja łączna Mg (metale kg)
CO	0,01244		0,01244
NO _x	0,0669		0,0669
LZO	0,0049		0,0049
Pył ogółem	0,001279	0,000689	0,001968
NH ₃	0,00001125		0,00001125
CO ₂	6,11		6,11
SO ₂	0,0000389		0,0000389
Ołów	0,000000984	0,000516	0,000517
Kadm	0,000002857	0,000002213	0,00000507
Miedź	0,000482	0,00424	0,00473
Chrom	0,000028	0,0001931	0,0002211
Nikiel	0,00001969	0,00002935	0,000049
Selen	0,000002941	0,00000318	0,00000612
Cynk	0,0003072	0,001286	0,001593
NO ₂	0,00736		0,00736
Węglowodory alifatyczne	0,002306		0,002306
Węglowodory aromatyczne	0,001233		0,001233
Benzen	0,00000343		0,00000343

Pył ogółem zawiera 69,32 % pyłu PM_{2,5}
Suma emisji gazów cieplarnianych = 6,1 MgCO_{2e}.

Oprócz emisji zanieczyszczeń ze spalania oleju napędowego z terenu wydobycia zachodzić będzie emisja pyłów związana z odspajaniem i przesiewaniem kruszywa.

Emisja pyłu związana jest z najdrobniejszymi frakcjami (pylastymi) wydobywanego kruszywa. Dane w zakresie składu frakcyjnego kruszywa wskazują, iż najmniejsza frakcja pyłowa stanowi średnio 5%. W celu obliczenia unosu pyłu PM₁₀, założono iż udział mineralnych cząstek o średnicy mniejszej równej 10 µm stanowi 0,2% najmniejszej frakcji granulometrycznej tj. frakcji pylastej, w tym udział najdrobniejszej frakcji mniejszej niż 2,5 µm wynosi ok. 5%. Unos pyłu z procesu odspajania kruszywa, zwłaszcza ze złoza zawodnionego jest marginalny (przyjęto unos 5% frakcji ≤ 10 µm).

Zdecydowanie większą emisję PM₁₀ powoduje proces przesiewania kruszywa (przyjęto unos 30% frakcji ≤ 10 µm). W celu ograniczenia unosu pyłów z procesu przesiewania, należy realizować przesiewanie naturalnie wilgotnego urobku, a w przypadku jego przesuszenia należy

stosować zraszanie za pomocą dysz zamontowanych na ramionach przesiewacza. Jak podaje Stefanicka 2013¹ nawilżanie pozwala na uzyskanie redukcji pyłów na poziomie powyżej 90%.

Obliczona emisja pyłu PM10 z urabiania i przesiewania kruszywa dla czasu pracy przesiewacza max 6 h/d, (280 dni roboczych w roku \Rightarrow 1680 h/rok), dziennego wydobywania na poziomie do 800 Mg/d oraz przesiewania do 100% wydobytego kruszywa (800 Mg/d) oraz stosowania zraszania (przyjęta redukcja zapylenia 90%) jest następująca:

❑ emisja roczna PM10:

odspajanie kruszywa: $800 \times 5 \times 0,01 \times 0,2 \times 0,01 \times 0,05 \times 280 = 1,120 \text{ Mg/rok}$

przesiewanie: $800 \times 5 \times 0,01 \times 0,2 \times 0,01 \times 0,3 \times 280 \times 0,1 = 0,672 \text{ Mg/rok}$

łącznie: $1,120 + 0,672 = 1,792 \text{ Mg/rok}$

❑ emisja godzinowa PM10:

odspajanie kruszywa: $1,120 \times 1000 / (280 \times 10) = 0,400 \text{ kg/h}$

przesiewanie: $0,672 \times 1000 / (280 \times 6) = 0,400 \text{ kg/h}$

łącznie: $0,4 + 0,4 = 0,8 \text{ kg/h}$.

Wyżej opisane emisje z procesu spalania oleju napędowego w silnikach pojazdów oraz emisja pyłu z wydobywania i przesiewania kruszywa stanowią emisje niezorganizowane. W celu wykonania obliczeń stężeń zanieczyszczeń przyjęto jeden emitor w postaci całego terenu oraz dodatkowy emitor punktowy obrazujący pole działania przesiewacza o zasięgu ramion 8 m i wysokości przenośników do 3 m.

Łączną emisję substancji, dla których określono wartości odniesienia, w ujęciu rocznym oraz godzinowym zestawiono w tabeli 5.

Tabela 3 Zestawienie łącznej emisji substancji, dla których określono wartości odniesienia

nazwa zanieczyszczenia	emisja maksymalna [kg/h]	emisja roczna [Mg/rok]*
pył ogółem	0,804	1,802
pył PM-2,5	0,0426	0,0969
pył PM-10	0,804	1,802
dwutlenek siarki	0,0000626	0,0001752
tlenki azotu	0,0932	0,2609
tlenek węgla	0,02514	0,0704
amoniak	0,0000173	0,0000485
benzen	5,18E-6	0,00001449
ołów	7,95E-7	2,22E-6
węglowodory aromatyczne	0,001862	0,00521
węglowodory alifatyczne	0,00348	0,00975

*Suma stężeń wszystkich substancji, oprócz PM10 i NOx, jest mniejsza lub równa 10% D1 (pył PM2,5 nie klasyfikowany)

¹ Stefanicka M., Techniczne metody ograniczania zapylenia w zakładach kruszyw i ocena ich skuteczności, Miting Science, vol. 20, 2013, 71-85

Oddziaływanie na jakość powietrza, skutki emisji na terenach sąsiednich

W związku z przeprowadzonymi obliczeniami stwierdzono, że emisje zanieczyszczeń wytwarzanych w procesie spalania oleju napędowego w pojazdach roboczych, poza terenem kopalni, nie spowodują przekroczeń wartości odniesienia tych substancji w powietrzu. Wartość odniesienia substancji w powietrzu lub dopuszczalne poziomy substancji w powietrzu uważa się za dotrzymane, jeżeli częstość przekraczania wartości D_1 przez stężenia uśrednione dla 1 godziny jest nie większe niż 0,274% czasu w roku w przypadku dwutlenku siarki, a 0,2% czasu w roku dla pozostałych substancji.

Zestawienie maksymalnych wartości stężeń w sieci receptorów, poza granicami kopalni, substancji dla których określono wartości odniesienia, przedstawiono w tabeli 7 oraz na granicy kopalni w tabeli 8.

Wymienione w tabelach 7 i 8 współrzędne nawiązują do lokalnie założonego, ortogonalnego układu X, Y, którego orientacyjny układ przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 4

Wyniki obliczeń stężeń średniorocznych i maksymalnych zanieczyszczeń poza terenem projektowanej kopalni kruszywa ze złoża Huta Chojno ID1

parametr	wartość	X	Y
		[m]	[m]
pył PM10			
stężenie maksymalne [µg/m³]	567,4	380	370
stężenie średnioroczne [µg/m³]	8,302	450	230
częst. przekroc. D1= 280 [µg/m³], %	0,12	360	370
pył PM2,5			
Stężenie maksymalne µg/m³	28,704	380	370
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,4540	450	230
Częstość przekroczeń - nie dotyczy, brak D1	-	-	-
tlenki azotu NO _x			
Stężenie maksymalne µg/m³	49,7	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	2,770	450	230
Częst. przekroc. D1= 200 µg/m³, %	0,00	-	-
ditlenek siarki SO ₂			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,0	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,002	450	230
Częst. przekroc. D1= 350 µg/m³, %	0,00	-	-
tlenek węgla CO			
Stężenie maksymalne µg/m³	10,6	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,814	450	230
Częst. przekroc. D1= 30000 µg/m³, %	0,00	-	-
amoniak			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,0	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,001	450	230
Częst. przekroc. D1= 400 µg/m³, %	0,00	-	-
benzen			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,00	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0002	450	230
Częst. przekroc. D1= 30 µg/m³, %	0,00	-	-
ołów			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,00	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0000	450	230
Częstość przekroczeń D1= 5 µg/m³, %	0,00	-	-
węglowodory aromatyczne			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,9	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,057	450	230
Częst. przekroc. D1= 1000 µg/m³, %	0,00	-	-
węglowodory alifatyczne			
Stężenie maksymalne µg/m³	1,8	550	450
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,106	450	230
Częst. przekroc. D1= 3000 µg/m³, %	0,00	-	-

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych pyłu PM-10 występuje w punkcie o współrzędnych X = 380 Y = 370 m i wynosi 567,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższa częstość przekroczeń dla stężeń jednogodzinnych występuje w punkcie o współrzędnych X = 360 Y = 370 m, wynosi 0,12 % i nie przekracza dopuszczalnej 0,2 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje

w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $8,302 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych pyłu zawieszonego PM_{2,5} występuje w punkcie o współrzędnych $X = 380$ $Y = 370$ m i wynosi $28,704 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $0,4540 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych tlenków azotu występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $49,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $2,770 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych dwutlenku siarki występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od $0,1 \cdot D1$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $0,002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych tlenku węgla występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od $0,1 \cdot D1$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych amoniaku występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od $0,1 \cdot D1$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych benzenu występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od $0,1 \cdot D1$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $0,0002 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 4,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych ołowiu występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od $0,1 \cdot D1$. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 450$ $Y = 230$ m, wynosi $0,0000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej $(D_a-R) = 0,497 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych węglowodorów aromatycznych występuje w punkcie o współrzędnych $X = 550$ $Y = 450$ m i wynosi $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, wartość ta jest niższa od

0,1*D1. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych X = 450 Y = 230 m, wynosi 0,057 µg/m³ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej (Da-R)= 38,7 µg/m³.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinnych węglowodorów alifatycznych występuje w punkcie o współrzędnych X = 550 Y = 450 m i wynosi 1,8 µg/m³, wartość ta jest niższa od 0,1*D1. Zerowa częstość przekroczeń stężeń jednogodzinnych. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych X = 450 Y = 230 m, wynosi 0,106 µg/m³ i nie przekracza wartości dyspozycyjnej (Da-R)= 900 µg/m³.

Dodatkowo wykonano obliczenia stężeń emitowanych substancji na granicy terenu kopalni. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5.

Tabela 3 Zestawienie maksymalnych stężeń substancji na granicy kopalni kruszywa ze złoża Huta Chojno ID1

substancja	rodzaj wyniku	wynik	współrzędne na granicy zakładu	
			X [m]	Y [m]
pył PM-10	Stężenie maksymalne µg/m ³	584,8	384,7	367,6
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	8,698	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 280 µg/m ³ , %	0,13	394,7	366,8
ditlenek siarki	Stężenie maksymalne µg/m ³	0,0	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,002	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 350 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
tlenki azotu	Stężenie maksymalne µg/m ³	51,1	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	2,911	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 200 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
tlenek węgla	Stężenie maksymalne µg/m ³	10,9	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,858	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 30000 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
amoniak	Stężenie maksymalne µg/m ³	0,0	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,001	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 400 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
benzen	Stężenie maksymalne µg/m ³	0,00	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,0002	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 30 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
ołów	Stężenie maksymalne µg/m ³	0,00	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,0000	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 5 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
węglowodory aromatyczne	Stężenie maksymalne µg/m ³	1,0	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,059	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 1000 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
węglowodory alifatyczne	Stężenie maksymalne µg/m ³	1,8	549,4	449,3
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,111	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń D1= 3000 µg/m ³ , %	0,00	537,0	459,2
pył zawieszony PM 2,5	Stężenie maksymalne µg/m ³	29,567	384,7	367,6
	Stężenie średnioroczne µg/m ³	0,4758	447,4	224,8
	Częstość przekroczeń - nie dotyczy, brak D1	-	537,0	459,2

Przeprowadzono także obliczenia stężeń analizowanych zanieczyszczeń emitowanych do powietrza atmosferycznego na poziomie najbliższej zabudowy zagrodowej znajdującej się w obszarze założonego układu współrzędnych przedstawionego na rysunku 1 (dz.ew. 146/6, 147/2, 145/3 i 104/1). Wyniki stężeń zestawiono w tabeli nr 6.

Tabela 4 Zestawienie maksymalnych stężeń substancji na wysokości najbliższej zabudowy zlokalizowanej na dz.ew. 146/6, 147/2, 145/3 i 104/1

Nazwa zanieczyszczenia	Stężenie maksymalne 1h $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Percentyl 99,8% $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Stężenie średnioroczne, $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Z, m	Obliczone	D1	Z, m	Obliczony	Dyspoz.	Z, m	Obliczone	Da - R
zabudowa zagrodowa dz.ew. 146/6 X = 419 Y = 443									
pył PM-10	3	238,5	< 280	-	0,00	< 0,2	3	1,204	< 18
dwutlenek siarki	3	0,0	< 350	-	0,00	< 0,274	3	0,000	< 18
tlenki azotu	3	18,2	< 200	-	0,00	< 0,2	3	0,422	< 19
tlenek węgla	3	5,1	< 30000	-	0,00	< 0,2	3	0,108	-
amoniak	3	0,0	< 400	-	0,00	< 0,2	3	0,000	< 45
benzen	3	0,00	< 30	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 4,2
węglowodory aromatyczne	3	0,00	< 5	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 0,497
węglowodory alifatyczne	3	0,4	< 1000	-	0,00	< 0,2	3	0,008	< 38,7
pył zawieszony PM 2,5	3	0,7	< 3000	-	0,00	< 0,2	3	0,016	< 900
zabudowa zagrodowa dz.ew. 147/2 X = 500 Y = 181									
pył PM-10	3	198,1	< 280	-	0,00	< 0,2	3	1,828	< 18
dwutlenek siarki	3	0,0	< 350	-	0,00	< 0,274	3	0,000	< 18
tlenki azotu	3	16,5	< 200	-	0,00	< 0,2	3	0,595	< 19
tlenek węgla	3	4,9	< 30000	-	0,00	< 0,2	3	0,172	-
amoniak	3	0,0	< 400	-	0,00	< 0,2	3	0,000	< 45
benzen	3	0,00	< 30	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 4,2
węglowodory aromatyczne	3	0,00	< 5	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 0,497
węglowodory alifatyczne	3	0,3	< 1000	-	0,00	< 0,2	3	0,012	< 38,7
pył zawieszony PM 2,5	3	0,6	< 3000	-	0,00	< 0,2	3	0,023	< 900
zabudowa zagrodowa dz.ew. 145/4 X = 109 Y = 682									
pył PM-10	3	60,1	< 280	-	0,00	< 0,2	3	0,194	< 18
dwutlenek siarki	3	0,0	< 350	-	0,00	< 0,274	3	0,000	< 18
tlenki azotu	3	6,5	< 200	-	0,00	< 0,2	3	0,063	< 19
tlenek węgla	3	1,9	< 30000	-	0,00	< 0,2	3	0,017	-
amoniak	3	0,0	< 400	-	0,00	< 0,2	3	0,000	< 45
benzen	3	0,00	< 30	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 4,2
węglowodory aromatyczne	3	0,00	< 5	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 0,497
węglowodory alifatyczne	3	0,1	< 1000	-	0,00	< 0,2	3	0,001	< 38,7
pył zawieszony PM 2,5	3	0,2	< 3000	-	0,00	< 0,2	3	0,002	< 900
zabudowa zagrodowa dz.ew. 104/1 X = 429 Y = 765									
pył PM-10	3	62,6	< 280	-	0,00	< 0,2	3	0,181	< 18
dwutlenek siarki	3	0,0	< 350	-	0,00	< 0,274	3	0,000	< 18
tlenki azotu	3	7,4	< 200	-	0,00	< 0,2	3	0,060	< 19
tlenek węgla	3	2,1	< 30000	-	0,00	< 0,2	3	0,016	-
amoniak	3	0,0	< 400	-	0,00	< 0,2	3	0,000	< 45
benzen	3	0,00	< 30	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 4,2
węglowodory aromatyczne	3	0,00	< 5	-	0,00	< 0,2	3	0,0000	< 0,497
węglowodory alifatyczne	3	0,1	< 1000	-	0,00	< 0,2	3	0,001	< 38,7
pył zawieszony PM 2,5	3	0,3	< 3000	-	0,00	< 0,2	3	0,002	< 900

Graficzną prezentację wyników obliczeń zawierają mapy izolinii poszczególnych zanieczyszczeń wykreślone na podkładzie mapy ewidencyjnej, w załączniku 1. Wyniki obliczeń stężeń substancji w sieci receptorów przedstawiono tylko w postaci elektronicznej.

Załącznik 1 SOPA – kopalnia kruszywa ze złoża Huta Chojno ID1

Podsumowując stwierdza się iż emisja zanieczyszczeń do powietrza w przypadku eksploatacji kruszywa w kopalni ze złoża Huta Chojno ID1 nie będzie powodować przekroczeń wartości odniesienia substancji w powietrzu określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2010.16.87). Obliczona emisja jest także mniejsza niż emisja graniczna, która była by przyczyną przekroczeń wartości dopuszczalnych oraz powodowała by występowanie przekroczeń dopuszczalnych wartości 1-godzinowych z częstotliwością większą niż 0,2% czasu roku. Stężenia analizowanych zanieczyszczeń, z wyjątkiem PM10 i tlenków azotu, nie przekraczają wartości 10%D1. Zestawienie wartości emisji oraz emisji granicznej dla przedmiotowej kopalni przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 5

Emisja graniczna zanieczyszczeń do powietrza – z kopalni Kamionki Duże

Substancja	Częstość przekroczeń D1 %	99,8 percentyl $S_{99,8}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Wartość dopuszcz. (D1) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maksym. emisja rzeczywista kg/h	Godzinowa emisja graniczna kg/h	Stężenie średnio-roczne $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Wartość dyspozyc. (Da-R) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Emisja rzeczywista Mg	Roczna emisja graniczna Mg
pył PM-10	0,13	467,1	280	0,804	0,48	8,698	18	1,802	3,7
dwutlenek siarki	0,00	5,438E-6	350	0,0000626	4	0,002	18	0,0001752	1,55
tlenki azotu	0,00	8,7	200	0,0932	2,13	2,911	19	0,2609	1,7
tlenek węgla	0,00	2,4	30000	0,02514	316	0,858		0,0704	-
amoniak	0,00	1,630E-6	400	0,0000173	4,2	0,001	45	0,0000485	3,9
benzen	0,00	4,875E-7	30	0,00000518	0,32	0,0002	4,2	0,00001449	0,37
ołów	0,00	3,743E-8	5	0,000000795	0,106	1,27E-8	0,497	0,000002224	0,087
węglowodory aromatyczne	0,00	0,2	1000	0,001862	10,6	0,059	38,7	0,00521	3,4
węglowodory alifatyczne	0,00	0,3	3000	0,00348	32	0,111	900	0,00975	79
pył zawieszony PM 2,5	-	2,412	0	0,0426	-	0,4758	7	0,0969	1,43

Istotne warunki środowiskowe dotyczące dotrzymania wartości odniesienia pyłów w powietrzu:

- ❑ realizacja przesiewania wilgotnego kruszywa,
- ❑ wyposażenie przesiewacza w kruszywa w dysze zraszające w przypadku przesiewania urobku suchego,
- ❑ w celu redukcji unosu pyłów z drogi wywozu kruszywa drogę należy utwardzić np. płytami betonowymi lub zwilżać drogę nieutwardzoną.

Na podstawie analizy stężeń pozostałych substancji (SO_2 , NO_x , CO, NH_3 , benzen, ołów, węglowodory) stwierdza się że nie jest wymagane stosowanie dodatkowych rozwiązań redukujących poziom emisji (stężenia $< 0,1\text{D1}$).

Metodyka obliczeń

Do prognozowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, z graficzną prezentacją wyników obliczeń zastosowano pakiet programów "OPERAT FB" wersja 8.10.0.0. Program posiada atest Instytutu Ochrony Środowiska w Warszawie nr BA/147/96, spełnia wymagania Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U. 2010.16.87), pozwala na wykonanie pełnego zakresu obliczeń stanu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, tj. min.:

- ❑ obliczenie stężeń 1-godzinnych,
- ❑ jednoczesne obliczanie częstości przekraczania dopuszczalnych stężeń 1-godzinnych i percentyli,
- ❑ obliczenie procentowych udziałów emitorów i tła w stężeniach zanieczyszczeń gazowych i opadzie pyłu,
- ❑ rozmieszczenie punktów obliczeniowych w siatce prostokątnej lub na osi liczbowej o zadanym kierunku,
- ❑ obliczenie stężeń maksymalnych i średniorocznych oraz warunków ich występowania dla źródeł punktowych, linowych i powierzchniowych.

Obliczenia stężeń zanieczyszczeń wykonano dla poziomego terenu. Zgodnie z metodyką obliczeń zawartą w rozporządzeniu z 26 stycznia 2010 r., stężenie substancji gazowej w punkcie o współrzędnych X_p , Y_p na powierzchni terenu oblicza się według wzoru:

$$S_{xy} = \frac{E_g}{\pi \cdot u \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \cdot 1000 \text{ [}\mu\text{g/m}^3\text{]}$$

S – stężenie substancji w punkcie o współrzędnych x , y , z , [$\mu\text{g/m}^3$],

E – maksymalna emisja substancji gazowej [mg/s],

u – średnia prędkość wiatru [m/s],

σ_y – współczynnik poziomej dyfuzji atmosferycznej [m],

σ_z – współczynnik pionowej dyfuzji atmosferycznej [m],

y – składowa odległości emitora od punktu, dla którego dokonuje się obliczeń [m],

H – efektywna wysokość emitora [m],

\exp – podstawa logarytmu naturalnego.

Wykonano obliczenia rozkładu maksymalnych stężeń substancji w powietrzu uśrednionych dla 1 godziny i roku, z uwzględnieniem statystyki warunków meteorologicznych, aby sprawdzić, czy w każdym punkcie na powierzchni terenu został spełniony warunek:

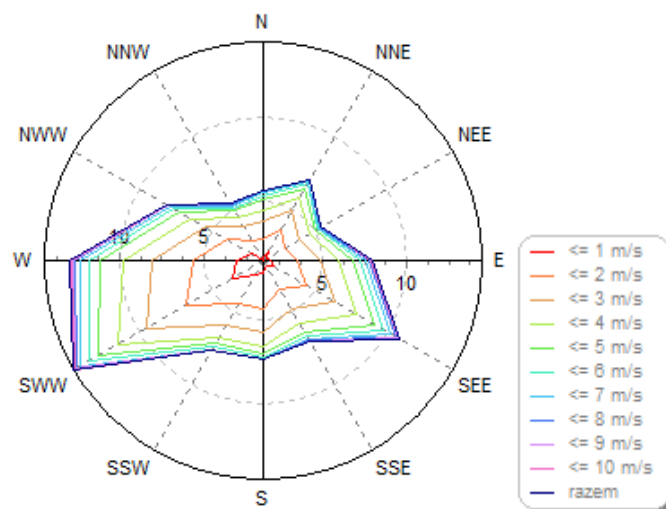
$$S_{\text{mm}} < D_1$$

S_{mm} - najwyższe ze stężeń maksymalnych w powietrzu [$\mu\text{g/m}^3$],

D_1 - wartość odniesienia substancji w powietrzu lub dopuszczalny poziom substancji w powietrzu uśrednione dla 1 godziny,

Wartość odniesienia substancji w powietrzu lub dopuszczalne poziomy substancji w powietrzu uważa się za dotrzymane, jeżeli częstość przekraczania wartości D_1 przez stężenia uśrednione dla 1 godziny jest nie większe niż 0,274% czasu w roku w przypadku dwutlenku siarki, a 0,2% czasu w roku dla pozostałych substancji.

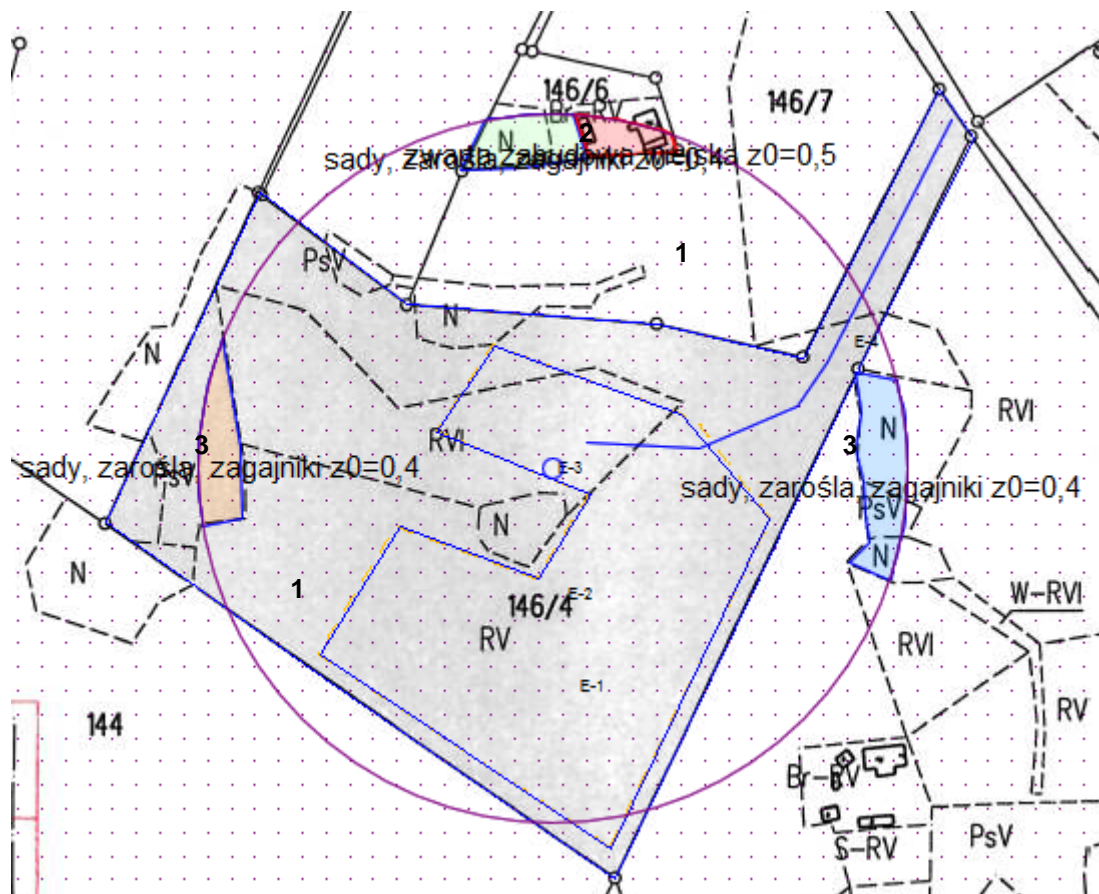
W obliczeniach wykorzystano roczną różę wiatrów opracowaną dla stacji meteorologicznej w Toruniu. Zastosowaną różę wiatrów przedstawiono na rysunku poniżej.



Rys. 2 Roczna róża wiatrów dla stacji meteorologicznej w Toruniu

W celu wykonania obliczeń modelowych na podkładzie mapy ewidencyjnej w skali 1:5000 założono ortogonalny układ współrzędnych zawierający siatkę receptorów o wymiarach 800 x 800 m i skoku siatki 10 x 10 m. Obliczenia na granicy kopalni wykonano w siatce o skoku 10 m.

Jako źródło emisji przyjęto cały teren kopalni – emitor powierzchniowy. Przyjęto stały współczynnik aerodynamicznej szorstkości terenu $z_0 = 0,00565$ obliczony na podstawie pokrycia terenu w promieniu $50h$ od najwyższego emitora. Pokrycie terenu w promieniu $50h$ najwyższego emitora (przesiewacz o wysokości ramion 3 m) przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3 Okrąg o promieniu $50h$ najwyższego emitora nr E-3 (150 m), 1 – pola uprawne (kolor biały, teren kopalni kolor szary), 2 – zabudowa zagrodowa, 3- zarośla

Średni współczynnik aerodynamicznej szorstkości terenu dla rozpatrywanego obszaru, wskazanego na rys. 3, wyznaczono jako średnią ważoną biorącą pod uwagę pokrycie terenu terenami rolniczymi: pola, pastwiska Zestawienie udziałów poszczególnych terenów wraz ze wskazaniem obliczonego średniego współczynnika z_0 przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 6 Zestawienie pokrycia terenu i współczynników aerodynamicznej szorstkości terenu

l.p.	opis strefy	powierzchnia [m ²]	aerodynamiczna szorstkość terenu [m]
1	zwarta zabudowa wiejska	517	0,5
2	sady, zarośla, zagajniki	3 506	0,4
	pola uprawne	66 663	0,035
3	suma/średnia	70 686	0,0565

Tło zanieczyszczeń powietrza przyjęto na podstawie pisma GIOŚ, Departament Monitoringu Środowiska, RWMS w Bydgoszczy znak DMS-BY.731.1.500.2022.KH z dnia 22.12.2022 r.

Obliczenia wielkości emisji ze spalania paliw w pojazdach

Obliczenia emisji zanieczyszczeń, których źródłem jest spalanie paliw w pojazdach wykonano programem komputerowym OPERAT FB, moduł „samochody”. Program do obliczenia emisji źródeł transportu drogowego stosuje metodykę EMEP/Corinair Group 7: Road transport, opublikowaną w 2007 r. wykorzystaną m.in. w programie COPERT IV.

Metodyka może być wykorzystana do prognozowania emisji zanieczyszczeń dla różnych przypadków obliczeniowych, dotyczących: sieci dróg, obszarów zurbanizowanych jak i pojedynczych dróg.

Emisje pochodzące z ruchu drogowego dzieli się na trzy grupy:

1. Emisja gorąca (hot emission)- pochodzi od pojazdów będących w ruchu, silnik jest wówczas rozgrzany i stąd nazwa gorąca.
2. Emisja zimna (cold-start emission) - pojawia się przy rozruchu silnika, kiedy silnik jest jeszcze zimny i stąd nazwa zimna.
3. Emisja parowania (fuel evaporation) - pojawia się w trakcie eksploatacji pojazdów, w procesie parowania z układu paliwowego.

W przeciwieństwie do emisji parowania dwie pierwsze emisje są uwalniane w procesie spalania. Wszystkie wymienione emisje zależą od klasy pojazdów, pojemności silników oraz od rodzaju paliwa. Jednak ze względu na brak wszystkich możliwych danych, niektóre wartości przyjęto w programie jako domyślne.

Klasyfikacja pojazdów jest zgodna z następującym podziałem przyjętym przez UN - ECE (United Nations Economic Commission for Europe):

- A)** samochody osobowe
- B)** samochody dostawcze (lekkie samochody ciężarowe o masie do 3,5 t)
- C)** samochody ciężarowe
- D)** autobusy miejskie i autokary
- E)** motocykle i motorowery.

Dodatkowo pojazdy podzielono ze względu na wiek, pojemność i technologię wykonania silnika. Technologia silników jest związana z latami produkcji pojazdów i europejskimi normami emisyjnymi EURO. Wprowadzone kategorie pojazdów uwzględniają: ciężar pojazdu, rodzaj paliwa, rodzaj silnika, pojemność silnika (dla benzyn oraz dla oleju napędowego).

W programie można określić wielkość emisji następujących substancji zanieczyszczających powietrze wyodrębnionych w czterech grupach:

- ❑ **grupa 1:** CO, NO_x, NO, NO₂, VOC, CH₄, NMVOC, PM - zanieczyszczenia, dla których w obliczeniach stosuje się specyficzne parametry emisji i różne sytuacje na drodze, przy różnym stanie silnika.
- ❑ **grupa 2:** CO₂, SO₂, metale ciężkie (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Se, Zn) - zanieczyszczenia, których wielkość emisji jest proporcjonalna do zużycia paliwa.
- ❑ **grupa 3:** NH₃, N₂O - zanieczyszczenia, dla których stosuje się uproszczone obliczenia ze względu na brak szczegółowych danych.
- ❑ **grupa 4:** węglowodory alifatyczne i aromatyczne- związki należące do grupy niemetanowych lotnych substancji organicznych NMVOC.

Całkowita emisja jest obliczana jako suma ww. rodzajów emisji:

$$E_{TOTAL} = E_{HOT} + E_{COLD} + E_{EVAP}$$

E_{TOTAL} - emisja całkowita wszystkich substancji

E_{HOT} - emisja podczas normalnej pracy silnika (emisja gorąca)

E_{COLD} - emisja podczas rozruchu silnika (emisja zimna)

E_{EVAP} - emisja parowania paliwa - odnosi się tylko do niemetanowych lotnych substancji organicznych NMVOC z pojazdów zasilanych benzyną

Emisja w dużym stopniu zależy od sposobu poruszania się pojazdów po drodze i manewrów wykonywanych na niej. W związku z tym w metodyce wyróżniono trzy rodzaje dróg, na których ruch może odbywać się w sposób typowy :

- drogi miejskie (urban),
- drogi zamiejskie (rural)
- autostrady i drogi ekspresowe (highway).

Rodzaj drogi ma wpływ na wcześniej opisane emisje.

W modelu przyjęto, że emisje gorące zależą przede wszystkim od średniej długości podróży pojazdów w roku, od średniej prędkości pojazdów, od procentowego rozkładu podróży dla poszczególnych rodzajów dróg oraz od danych technicznych pojazdów (takich jak: wiek, rodzaj silnika i masa dopuszczalna pojazdów). Procedura obliczania substancji zanieczyszczającej z emisji gorącej jest oparta na zależności:

$$\text{Emisja w okresie czasu [g]} = \text{współczynnik emisji [g/km]} \times \text{liczba pojazdów [P]} \times \text{przebieg na pojazd w analizowanym okresie czasu [km/P]}$$

Poszczególne współczynniki emisji, liczba pojazdów, przebieg pojazdu są wprowadzone dla każdej klasy pojazdu.

Emisje zimne dotyczą wszystkich kategorii pojazdów oraz rodzajów paliwa, ale nie uwzględniają wieku pojazdów. Emisje zimne zależą przede wszystkim od temperatury

otoczenia: im niższa temperatura, tym większa jest emisja spalin. Stąd wprowadzono współczynnik β uwzględniającego średnią miesięczną temperaturę. Emisja zimna występuje w różnym stopniu dla różnych kategorii pojazdów, ale ponieważ samochody osobowe mają duży udział w strukturze rodzajowej pojazdów przyjęto emisję wszystkich pojazdów jak dla pojazdów osobowych. W obliczeniach emisji zimnych założono, że stanowią one nadwyżkę nad emisjami, które pojawiają się w przypadku emisji gorącej. Emisję zimną oblicza się tylko w przypadku dróg miejskich wg poniższego wzoru:

$$E_{COLD,i,j} = \beta_{i,j} \cdot N_j \cdot m_j \cdot e_{HOT,i,j} \cdot (e^{COLD/e^{HOT}}_{i,j} - 1) \text{ [g/km]}$$

gdzie:

$E_{COLD,i,j}$ - roczna emisja zimna dla danej substancji "i" w zależności od kategorii pojazdów "j"

$\beta_{i,j}$ - parametr zależny od temperatury oraz od średniej długości podróży w zależności od kategorii pojazdów "j",

N_j - liczba pojazdów kategorii "j"

m_j - roczny przebieg pojazdów kategorii "j"

$e^{COLD/e^{HOT}}$ - stosunek emisji zimnej do emisji gorącej; zależy od temperatury otoczenia i substancji zanieczyszczającej dla danej substancji "i" w zależności od kategorii pojazdów "j".

Emisję parowania lotnych substancji organicznych można podzielić na:

- a) emisję dzienną,
- b) emisję podczas parowania z wyłączonego, gorącego silnika,
- c) straty w trakcie jazdy,

Emisjeienne wynikają ze wzrostu temperatury otoczenia w okresie dnia i są szczególnie nadmierne w okresie letnim. W wyniku zmiany temperatury wzrasta ciśnienie w zbiorniku i dzięki urządzeniu odpowietrzającemu, pary emisji VOC wydostają się na zewnątrz pojazdu, do atmosfery. Gdy rozgrzany silnik jest wyłączony, ciepło z niego i z systemu wydechowego podwyższa temperaturę paliwa co powoduje parowanie, zwłaszcza w gaźniku. W trakcie jazdy główne straty paliwa występują podczas wysokich temperatur otoczenia. Wszystkie trzy typy emisji parowania są silnie uzależnione od rodzaju paliwa, bezwzględnej temperatury zewnętrznej i jej zmian oraz od charakterystyki pojazdu. W programie do obliczania emisji parowania jest stosowana metoda wg poniższego wzoru:

$$E_{VOC} = D_s \cdot N_j \cdot (HS_j + e_{d,j} + RL_j)$$

gdzie:

E_{VOC} - roczna emisja parowania VOC (g)

D_s - liczba dni w danym roku

N_j - liczba pojazdów danej kategorii "j"

HS_j - średni współczynnik emisji związany z parowaniem silnika pojazdów danej kategorii (g/dzień)

$e_{d,j}$ - średni współczynnik emisji związany z dzienną emisją pojazdów danej kategorii (g/dzień)

RL_j - średnie dzienne straty w trakcie jazdy dla danej kategorii pojazdów (g/day)

oraz

$$HS_j = x \cdot \{ c \cdot [p \cdot e_{s,hot,c} + (1 - p) \cdot e_{s,warm,c}] + (1 - c) \cdot e_{s,hot,fi} \}$$

$$RL_j = x \cdot \{ c \cdot [p \cdot e_{r,hot,c} + (1 - p) \cdot e_{r,warm,c}] + (1 - c) \cdot e_{r,hot,fi} \}$$

gdzie:

x - liczba podróży w ciągu dnia, średnia w skali roku - wyraża ją wzór: $x = M_j/365 \cdot I_{trip}$

c - ułamek samochodów z gaźnikiem

p - udział podróży zakończonych z "gorącym" silnikiem (zależy od średniej miesięcznej temperatury)

$e_{s,hot,c}$ - współczynnik emisji gorących par dla pojazdów wyposażonych w gaźnik (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury),

$e_{s,warm,c}$ - współczynnik emisji "zimnych" lub "ciepłych" par dla pojazdów wyposażonych w gaźnik (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury),

$e_{s,hot,fi}$ - współczynnik emisji gorących par dla pojazdów z układem wtryskowym (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury),

$e_{r,hot,c}$ - średni współczynnik emisji związanych ze stratami z jazdy pojazdów wyposażonych w gaźnik - silniki "gorące" (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury),

$e_{r,warm,c}$ - średni współczynnik emisji związanych ze stratami z jazdy pojazdów wyposażonych w gaźnik - silniki "ciepłe" (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury),

$e_{r,hot,fi}$ - średni współczynnik emisji związanych ze stratami z jazdy pojazdów z układem wtryskowym - silniki "gorące" (zależy od ciśnienia RVP oraz od średniej miesięcznej temperatury).

Współczynniki e_s i e_r są stabelaryzowane, zależą od rodzaju pojazdu i średniej temperatury w okresie emisji. Średnia liczba podróży w ciągu dnia (trips/day) jest wpisywana w oknie opcji programu, dla UE wynosi ok. 5.

Obliczanie emisji z pojazdów ciężarowych

W przypadku pojazdów ciężarowych i autobusów program stosuje różne wzory na emisję w zależności od stopnia pochylenia drogi i stopnia załadowania samochodów. Stopień załadowania jest określany szacunkowo - dostępny jest załadunek 0% - bez ładunku, 50 % - załadowany w połowie i 100 % - pełne załadowanie.