

## Zanieczyszczenia emitowane do powietrza z terenu kopalni

W przypadku planowanego do realizacji przedsięwzięcia tj. wydobywania kruszyw ze złoża w m. Stępowo, 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:

- ❑ ładowarka Ł34
- ❑ koparka gąsienicowa Waryński
- ❑ ciężarówki transportowe (5 kursów/dobę)

Przewidywany ruch pojazdów na terenie złoża będzie obejmował pojazdy wymienione wyżej oraz dojeżdżające ciężarówki odbiorców kruszyw, maksymalnie 1 ciężarówka w ciągu godziny (ogółem 5 w ciągu doby). Manewrujące na terenie złoża pojazdy/maszyny nie będą źródłem przekraczania dopuszczalnych wartości stężeń zanieczyszczeń w powietrzu. W celu obliczenia emisji przyjęto iż pracujące w granicach złoża pojazdy zaliczają się do grupy ciężki pojazdów (HDV – heavy duty vehicles). Ładowarkę i koparkę zaliczono do pojazdów o masie do 28 Mg (wyprodukowanych przed rokiem 1999), samochody ciężarowe zaliczono do pojazdów o masie 20-26 Mg (Euro 2). Przyjęto, iż godzinowa równoczesność pracy obejmuje zamiennie ładowarkę lub koparkę oraz równolegle 1 ciężarówkę. Założono czas pracy w kopalni 8 h w ciągu pory dnia (5 dni roboczych w tygodniu, brak wydobywania w grudniu, styczniu i lutym).

Przyjęto godzinowy udział pracy poszczególnych pojazdów, w obrębie terenu wydobywania, na poziomie: ładowarka/koparka 90% i samochody transportowe 10%. 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.

**Tabela 1** Obliczona, łączna emisja zanieczyszczeń emitowanych z pojazdów pracujących w granicach złóż w m. Stępowo

substancja	emisja gorąca, $E_{HOT}$ Mg (metale kg)	emisja zimna, $E_{COLD}$ Mg (metale kg)	emisja odparowania, $E_{EVAP}$ Mg (metale kg)	emisja łączna, Mg/rok (metale kg)
CO	0,01991	-	-	0,01991
NO <sub>x</sub>	0,0615	-	-	0,0615
LZO	0,00836	-	-	0,00836
pył ogółem	0,00355	-	-	0,00355
CH <sub>4</sub>	0,0002152	-	-	0,0002152
NH <sub>3</sub>	0,00000817	-	-	0,00000817
N <sub>2</sub> O	-	-	-	-
NMVOC(NMLZO)	0,00815	-	-	0,00815
CO <sub>2</sub>	5,49	-	-	5,49
SO <sub>2</sub>	0,0001749	-	-	0,0001749
kadm	0,00001749	-	-	0,00001749
miedź	0,002974	-	-	0,002974
chrom	0,0000875	-	-	0,0000875
nikiel	0,0001225	-	-	0,0001225
selen	0,00001749	-	-	0,00001749
cynk	0,001749	-	-	0,001749
NO	0,0547	-	-	0,0547
NO <sub>2</sub>	0,00676	-	-	0,00676
węglowodory alifatyczne (bez metanu)	0,00384	-	-	0,00384
węglowodory aromatyczne	0,002051	-	-	0,002051
benzen	0,0000057	-	-	0,0000057

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

Emisja pyłu związana jest z najdrobniejszymi frakcjami (pylastymi) wydobywanego kruszywa. Dane w zakresie składu frakcyjnego kruszywa wskazują, iż najmniejsza frakcja pylasta stanowi średnio 2%. 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. Unos pyłu z procesu odspajania kruszywa, zwłaszcza wilgotnego jest marginalny (przyjęto unos 5% frakcji ≤ 10 µm). W związku z tym, że już 3 m ppt zalega zwierciadło wody, wydobywanie odbywać się będzie spod lustra wody, a emisja pyłu

z odspajania kruszywa w takim przypadku nie występuje (roczną emisję pyłu zredukowano zatem o 40%).

Obliczona emisja pyłu PM10 obliczona dla czasu pracy max 8 h/d, 5 dni w tygodniu (40 tygodni – 280 dni roboczych), maksymalnego dziennego wydobywania na poziomie do 140 Mg oraz rocznego wydobywania do 20 000 m<sup>3</sup> (~38160 Mg) kruszywa jest następująca:

❑ emisja roczna PM10:

odspajanie kruszywa:  $38160 \times 0,02 \times 0,2 \times 0,01 \times 0,05 \times 0,6 = 0,046 \text{ Mg/rok}$

❑ emisja godzinowa PM10:

odspajanie kruszywa:  $(140 / 8) \times 0,02 \times 0,2 \times 0,01 \times 0,05 \times 1000 = 0,035 \text{ kg/h}$

Wyżej opisane emisje z procesu spalania oleju napędowego w silnikach pojazdów oraz emisja pyłu z wydobywania kruszywa stanowią emisje niezorganizowane. W celu wykonania obliczeń stężeń zanieczyszczeń przyjęto jeden emitor w postaci całego terenu wydobywania.

Łączną emisję substancji, dla których określono wartości odniesienia, w ujęciu rocznym oraz godzinowym zestawiono w tabeli 2.

**Tabela 2** Zestawienie łącznej emisji substancji, dla których określono wartości odniesienia

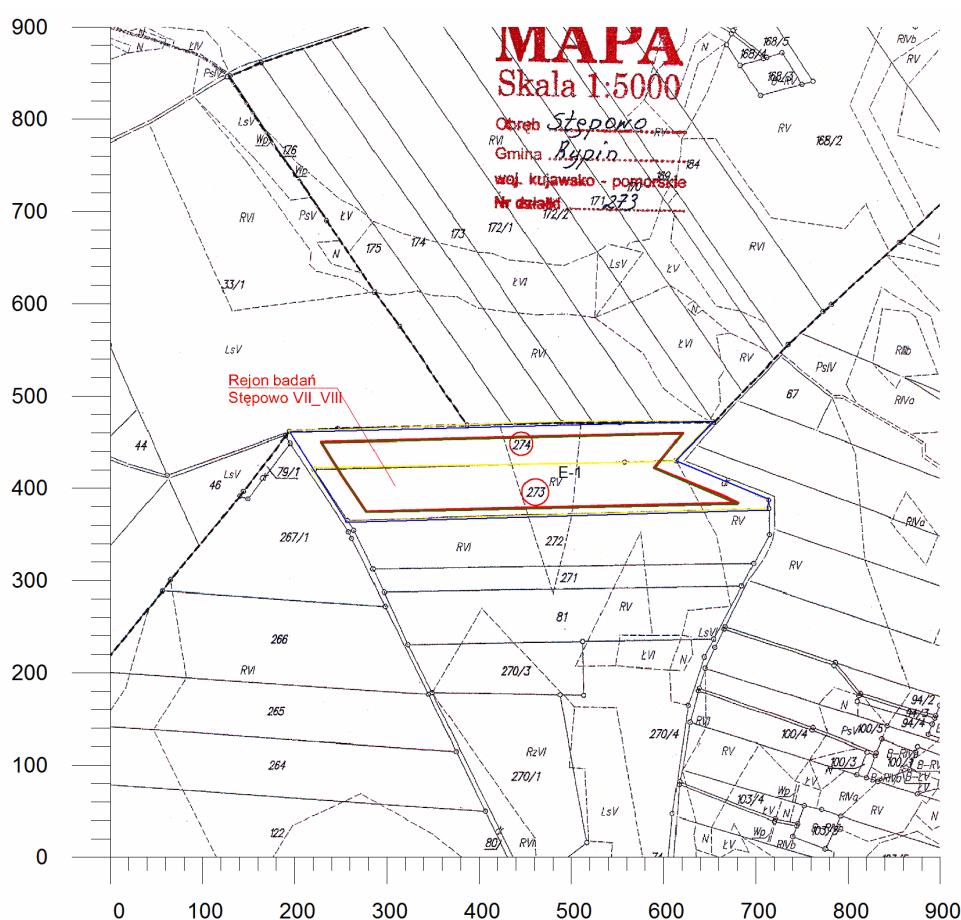
nazwa zanieczyszczenia	emisja maksymalna [kg/h]	emisja roczna [Mg/rok]
pył ogółem	0,0366	0,0496
dwutlenek siarki	0,0000781	0,0001749
tlenki azotu	0,02744	0,0615
tlenek węgla	0,00889	0,01991
węglowodory aromatyczne	0,000916	0,002051
węglowodory alifatyczne	0,001712	0,00384
amoniak	3,65E-6	8,17E-6
benzen	2,55E-6	5,70E-6
ołów	0	0

## Oddziaływanie na jakość powietrza, skutki emisji na terenach sąsiednich

W związku z przeprowadzonymi obliczeniami stwierdzono, że emisje pyłu oraz zanieczyszczeń wytwarzanych w procesie spalania oleju napędowego w pojazdach roboczych, poza terenem kopalni kruszywa, 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 kruszywa, substancji dla których określono wartości odniesienia, przedstawiono w tabeli 3.

Wymienione w tabeli 3 współrzędne nawiązują do lokalnie założonego, ortogonalnego układu X, Y, którego orientacyjny układ przedstawiono na rysunku 1.



**Rys. 1** Układ współrzędnych dla obliczeń zanieczyszczeń powietrza w rejonie kopalni kruszyw w m. Stępowo, niebieska linia – granica działek kopalni, czerwona linia – teren projektowanej eksploatacji złoża

**Tabela 3** Wyniki obliczeń stężeń średniorocznych i maksymalnych zanieczyszczeń poza terenem projektowanej kopalni kruszywa w m. Stępowo

parametr	wartość	X	Y
		[m]	[m]
pył PM10			
stężenie maksymalne [µg/m³]	6,892	720	380
stężenie średnioroczne [µg/m³]	0,0935	460	360
częst. przekroc. D1= 280 [µg/m³], %	0,00	-	-
tlenki azotu NO <sub>x</sub>			
Stężenie maksymalne µg/m³	10,338	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,2320	460	360
Częst. przekroc. D1= 200 µg/m³, %	0,00	-	-
dinitlenek siarki SO <sub>2</sub>			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,029	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0007	460	360
Częst. przekroc. D1= 350 µg/m³, %	0,00	-	-
tlenek węgla CO			
Stężenie maksymalne µg/m³	3,349	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0751	460	360
Częst. przekroc. D1= 30000 µg/m³, %	0,00	-	-
amoniak			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,001	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0000	460	360
Częst. przekroc. D1= 400 µg/m³, %	0,00	-	-
benzen			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,001	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0000	460	360
Częst. przekroc. D1= 30 µg/m³, %	0,00	-	-
węglowodory aromatyczne			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,345	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0077	460	360
Częst. przekroc. D1= 1000 µg/m³, %	0,00	-	-
węglowodory alifatyczne			
Stężenie maksymalne µg/m³	0,645	720	380
Stężenie średnioroczne µg/m³	0,0145	460	360
Częst. przekroc. D1= 3000 µg/m³, %	0,00	-	-

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych pyłu PM-10 występuje w punkcie o współrzędnych X = 720 Y = 380 m i wynosi 6,892  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od 0,1\*D1. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń= 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych X = 460 Y = 360 m, wynosi 0,0935  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej (D<sub>a</sub>-R)= 36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych tlenków azotu występuje w punkcie o współrzędnych X = 720 Y = 380 m i wynosi 10,338  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od 0,1\*D1. Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń= 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie

o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,2320 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych dwutlenku siarki występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $0,029 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,0007 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych tlenku węgla występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $3,349 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %.

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych amoniaku występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,0000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych benzenu występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,0000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych węglowodorów aromatycznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $0,345 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,0077 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 38,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Najwyższa wartość stężeń jednogodzinowych węglowodorów alifatycznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 720$   $Y = 380$  m i wynosi  $0,645 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wartość ta jest niższa od  $0,1 \cdot D1$ . Nie stwierdzono żadnych przekroczeń stężeń jednogodzinowych. Częstość przekroczeń = 0 %. Najwyższa wartość stężeń średniorocznych występuje w punkcie o współrzędnych  $X = 460$   $Y = 360$  m, wynosi  $0,0145 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i nie przekracza wartości dyspozycyjnej  $(D_a-R) = 900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Graficzną prezentację wyników obliczeń zawierają mapy izolinii poszczególnych zanieczyszczeń wykreślone na podkładzie w postaci fragmentu mapy topograficznej, w załączniku X.

Podsumowując stwierdza się iż emisja zanieczyszczeń do powietrza w przypadku eksploatacji kruszywa w kopalni w m. Stępowo 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 znacznie 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. Zestawienie wartości emisji oraz emisji granicznej dla przedmiotowej kopalni kruszyw przedstawiono w tabeli 3.

**Tabela 3** Emisja graniczna zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego

substancja	maksymalne stęż. 1 godz. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	wartość dopuszcz. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	maks. emisja rzeczywista kg/h	emisja graniczna kg/h	stężenie średnior. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	wartość dopuszcz. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	emisja rzeczywista Mg	emisja graniczna Mg
pył PM-10	6,892	280	0,0366	1,486	0,0935	36	0,0496	19,08
dwutlenek siarki	0,029	350	7,81E-5	0,929	0,0007	18	0,0001749	4,77
tlenki azotu	10,338	200	0,02744	0,531	0,2320	27	0,0615	7,16
tlenek węgla	3,349	30000	0,00889	79,6	0,0751	-	0,01991	-
amoniak	0,001	400	3,65E-6	1,062	0,0000	45	8,17E-6	11,93
benzen	0,001	30	2,55E-6	0,0796	0,0000	4,5	5,70E-6	1,193
węglowodory aromatyczne	0,345	1000	0,000916	2,654	0,0077	38,7	0,002051	10,26
węglowodory alifatyczne	0,645	3000	0,001712	7,96	0,0145	900	0,00384	238,5

## Metodyka obliczeń

Do prognozowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, z graficzną prezentacją wyników obliczeń zastosowano pakiet programów "OPERAT FB" wersja 5.0.1.. 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:

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

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

$E$  – maksymalna emisja substancji gazowej  $[\text{mg}/\text{s}]$ ,

$u$  – średnia prędkość wiatru  $[\text{m}/\text{s}]$ ,

$\sigma_y$  – współczynnik poziomej dyfuzji atmosferycznej  $[\text{m}]$ ,

$\sigma_z$  – współczynnik pionowej dyfuzji atmosferycznej  $[\text{m}]$ ,

$y$  – składowa odległości emitora od punktu, dla którego dokonuje się obliczeń  $[\text{m}]$ ,

$H$  – efektywna wysokość emitora  $[\text{m}]$ ,

$\exp$  – 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:

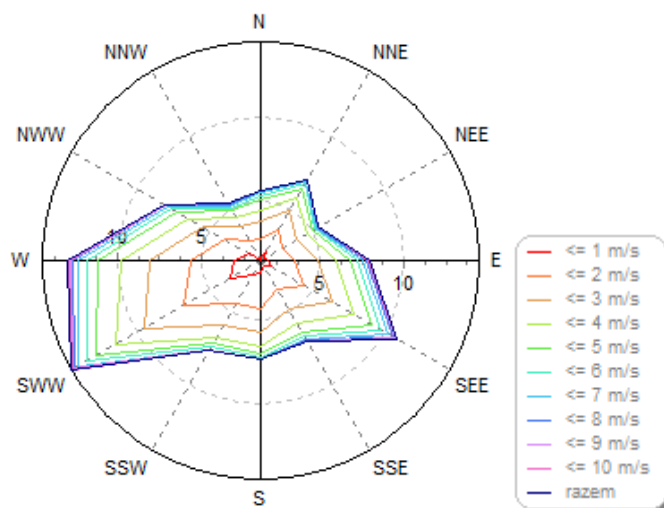
$$S_{\text{mm}} < D_1$$

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

$D_1$  - 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 růža větrů dla stacji meteorologickéj w Toruniu

W celu wykonania obliczeń modelowych na podkładzie mapy topografickéj założono ortogonalny układ współrzędnych zawierający siatkę receptorůw o wymiarach 900 x 900 m i skoku siatki 20 x 20 m. Wykorzystano skan 200 DPI mapy w skali 1:5000. Jako Źródło emisji przyjęto cały teren kopalni – emitor powierzchniowy.

### 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, obszarůw zurbanizowanych jak i pojedynczych dróg.

Emisje pochodzące z ruchu drogowego dzieli się na trzy grupy:

1. Emisja gorąca (hot emission)- pochodzi od pojazdůw 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 pojazdůw, 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 pojazdůw, pojemności silnikůw 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<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, VOC, CH<sub>4</sub>, NMVOC, PM - zanieczyszczenia, dla których w obliczeniach stosuje się specyficzne parametry emisji i różne sytuacje na drodze, przy różnym stanie silnika.
- ❑ **grupa 2:** CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, metale ciężkie (Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Se, Zn) - zanieczyszczenia, których wielkość emisji jest proporcjonalna do zużycia paliwa.
- ❑ **grupa 3:** NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O - 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:

Emisja w okresie czasu [g] = współczynnik emisji [g/km] x liczba pojazdów [P] x 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  $\beta$  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:

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

gdzie:

$E_{\text{COLD},i,j}$  - 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,

Emisje codzienne 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 metodyka 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 codzienne 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.