

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wtórna emisja pyłów z emitorów liniowych jako rezultat dużego natężenia ruchu komunikacyjnego

ANDRZEJ PAUKSZTO¹, MONIKA SPACZYŃSKA², JANUSZ MIROSŁAWSKI³,
TOMASZ WĘGRZYN¹, IZABELA HORZELA¹

¹ WYŻSZA SZKOŁA ZARZĄDZANIA OCHRONĄ PRACY W KATOWICACH

² II LICEUM OGÓLNOKSZTAŁCĄCE IM. MARII KONOPNICKIEJ W KATOWICACH

³ ŚLĄSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY, KATEDRA I ZAKŁAD TOKSYKOLOGII

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono badania i analizę wtórnej emisji pyłów z emitorów liniowych, będącej wynikiem intensywnego ruchu drogowego. Stężenie badanych frakcji pyłu w powietrzu oznaczono przy użyciu pyłomierza DustTrak 8520

Secondary emission of linear emitters dust as a result of the intense road traffic

ABSTRACT

This article examines and analyzes secondary emission of linear emitters dust as a result of the intense road traffic. The concentration of examined fractions of dust in the air was identified and marked with use of konimeter DustTrak 8520.

1. WSTĘP

Powietrze jest czynnikiem niezbędnym do życia, ale również może stanowić źródło zanieczyszczeń przenikających do organizmów żywych, powodujących liczne negatywne skutki dla ich zdrowia. W powietrzu atmosferycznym można znaleźć szereg zanieczyszczeń pochodzenia naturalnego, jak i antropogenicznego. Zgodnie z definicją za zanieczyszczenie powietrza uważane są wszystkie substancje stałe, ciekłe lub gazowe, których udziały w powietrzu przekraczają średnią zawartość tych substancji w czystym powietrzu atmosferycznym [1].

Bardzo duża ilość rodzajów zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego (norma dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń gazowych w miejscu pracy obejmuje ponad 250 pozycji, a stężeń zanieczyszczeń pyłami i mgłami ponad 100 pozycji) spowodowała, że ze względów technicznych i organizacyjnych, jak również ze względu na ograniczone zakresy miernicze i czułość aparatury pomiarowej, prowadzenie systematycznych pomiarów stężeń wszystkich rodzajów zanieczyszczeń jest niemożliwe. Dlatego wyodrębniono tzw. „charakterystyczne” zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego, które występują powszechnie w powietrzu okręgów przemysłowych i to w tak dużym stężeniu, że pomiary tych stężeń mogą być przeprowadzone z dostateczną dokładnością. Do charakterystycznych zanieczyszczeń powietrza zaliczane są pyły, tlenki węgla, tlenki azotu, tlenki siarki i węglowodory oraz tzw. „utleniacze”, powstające na drodze reakcji fotochemicznych podstawowych zanieczyszczeń powietrza [1].

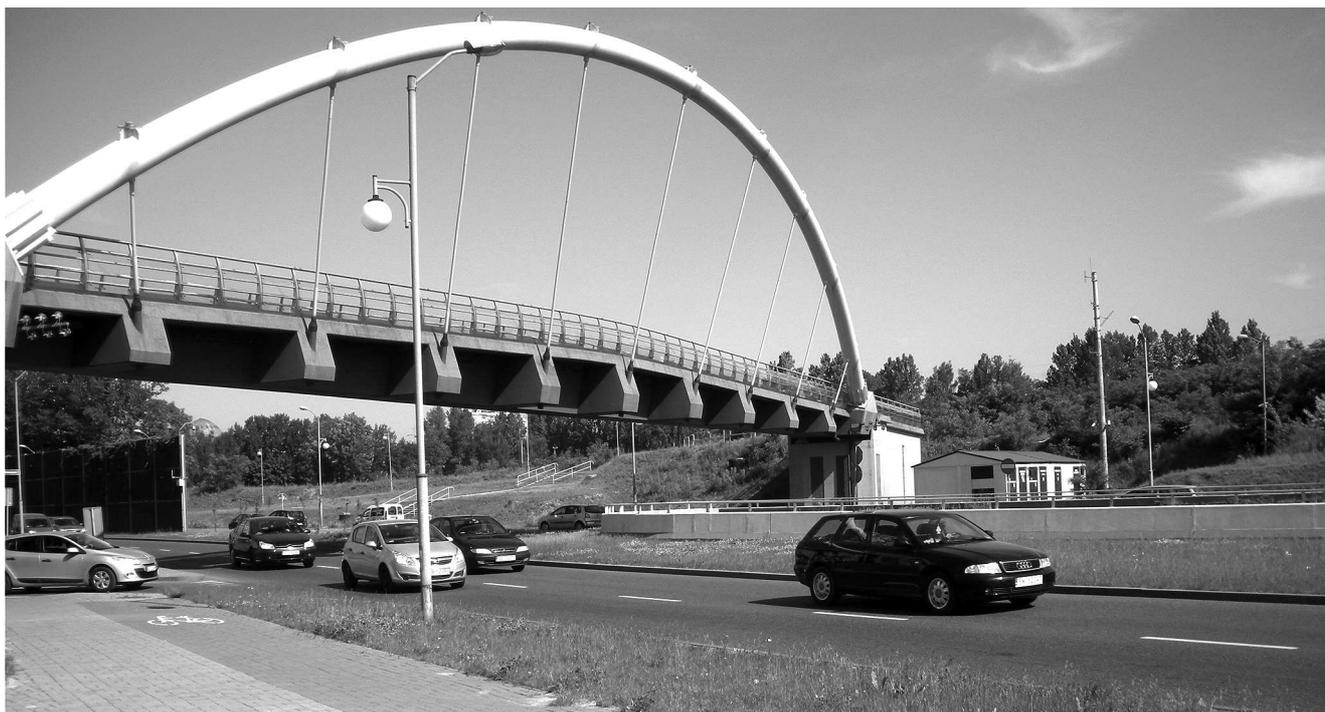
Emisja pyłów pochodzenia antropogenicznego jest następstwem wszystkich procesów technologicznych, prowadzonych przez człowieka oraz wynika także z tzw. wtórnej emisji pyłów, uprzednio osiadłych na powierzchni ulic, dachów, aparatów asymilacyjnych roślin (np. drzew) itp. [2, 3]. Spośród wspomnianych źródeł pyłu, zanieczyszczającego przyziemną warstwę powietrza, istotne znaczenie ma wtórna emisja ruchu komunikacyjnego, szczególnie w pobliżu ruchliwych dróg oraz w okresie bezdeszczowej pogody, kiedy to stężenie pyłu w powietrzu oraz zawartych w nim metali ciężkich może wielokrotnie przewyższać jego stężenie na terenach położonych z dala od drogi [4].

2. CEL I ZAKRES PRACY

Celem pracy było określenie wtórnej emisji pyłów z emitorów liniowych jako rezultatu dużego natężenia ruchu komunikacyjnego.

Zakres pracy obejmował:

- pomiar zawartości pyłów frakcji PM 10 w powietrzu atmosferycznym w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu (0,1; 1,0 oraz 2,0 m),
- pomiar zawartości pyłów frakcji PM 10 w powietrzu atmosferycznym w funkcji odległości od drogi (0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5 oraz 20,0 m od krawędzi jezdni),
- pomiar zawartej w powietrzu frakcji respirabilnej pyłu (PM 4,0 – zgodnie z normą amerykańską) w funkcji wysokości i odległości od drogi,
- analizę statystyczną uzyskanych wyników badań.



Rysunek 1. Lokalizacja miejsca poboru prób zapylenia powietrza

3. OBIEKT BADAŃ

Pomiary zapylenia powietrza wykonano w centrum Katowic przy Drodze Krajowej nr 79 (Katowice-Warszawa), ok. 200 m od katowickiego Spodka w kierunku na Warszawę, niedaleko mostu dla pieszych (Rys. 1). O wyborze wspomnianej drogi zdecydowało jej położenie (centrum aglomeracji miejskiej) oraz obserwowane bardzo duże nasilenie ruchu samochodowego.

3. METODYKA BADAŃ

Stężenie badanych frakcji pyłu w powietrzu oznaczono przy użyciu pyłomierza DustTrak model 8520, produkowanego przez amerykańską firmę TSI (Rys. 2). Urządzenie to jest przenośnym, zasilanym z baterii fotometrem laserowym, który w czasie rzeczywistym mierzy i pokazuje na wyświetlaczu stężenie pyłu w badanym powietrzu. Instrument wykonuje pomiar tłumienia światła laserowego rozproszonego na badanej próbce. Próbkę powietrza jest zasysana do aparatu przez wbudowaną pompkę i przechodzi przez komorę pomiarową. Zalecany przez producenta przepływ powietrza przez pyłomierz wynosić powinien 1,7 dm³/min. Urządzenie może być stosowane zarówno w czystych warunkach, takich jak biura lub mieszkania, jak też w silnie zanieczyszczonym otoczeniu przemysłowym. Aparat może wykonywać pomiary różnych frakcji pyłu, w zależności od zastosowanego kondycjonera, a po zastosowaniu specjalnego 10-mm cyklonu typu Dorr-Oliver można w badanym powietrzu oznaczyć zawartość frakcji respirabilnej pyłu, która w wykorzystanym urządzeniu (produkcji amerykańskiej), zgodnie z normą amerykańską, obejmuje pył o średnicy cząstek mniejszej od 4,0 μm [5].

W powietrzu atmosferycznym w pobliżu ruchliwej drogi zmierzono zawartość następujących frakcji pyłu:

- pył zawieszony PM 10 – pył o wymiarach ziaren poniżej 10 mikrometrów (oznaczany symbolem PM 10), dla którego ustalane są dopuszczalne poziomy występowania w powietrzu [6],
- pył respirabilny – frakcje pyłu, które w największym stopniu wchłaniają się w drogach oddechowych [7].

Pomiary wykonano przy stałej czasowej wynoszącej 10 sekund, co oznacza, że pokazywany przez pyłomierz wynik zapylenia powietrza był średnią z ostatnich 10 pomiarów wykonywanych przez aparat w odstępach 1-sekundowych [5].

Pomiary przeprowadzone 3-krotnie 12, 20 i 26 maja 2010 roku w godzinach popołudniowych, w zbliżonych warunkach atmosferycznych (bez opadu, ale kilka godzin po intensywnych opadach deszczu, temperatura

ok. 18-20°C, wiatr słaby, zmienny), przy dość dużym nasileniu ruchu samochodowego (od 1056 do 1356 samochodów/h).

Dokładny czas pomiaru przedstawiał się następująco:

12.05.2010 r. – godz. od 14.30 do 15.30,

20.05.2010 r. – godz. od 16.30 do 17.30,

12.05.2010 r. – godz. od 16.30 do 17.30.

W trakcie pomiaru określono w powietrzu stężenie frakcji pyłu zawieszzonego PM 10 w funkcji wysokości nad powierzchnią gruntu (0,1; 1,0 oraz 2,0 m nad powierzchnią gruntu) oraz w funkcji odległości od drogi (0,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0; 17,5 oraz 20,0 m od krawędzi jezdni). Określono również stężenie frakcji respirabilnej pyłu zawartej w powietrzu (PM 4,0 - zgodnie z normą amerykańską) w funkcji wysokości i odległości od drogi.

Uzyskane wyniki badań zostały poddane obróbce statystycznej przy użyciu programu Microsoft Office Excel 2003.

4. WYNIKI BADAŃ

Analizę statystyczną uzyskanych zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na różnych wysokościach nad gruntem w czasie poboru w dniu 12 maja 2010 r. przedstawiono w Tabelach 1-3. Ponadto na Rysunku 3 przedstawiono graficzne porównanie średniej geometrycznej zawartości wspomnianych pyłów w funkcji odległości od drogi na trzech badanych wysokościach nad gruntem.



Rysunek 2. Pyłomierz laserowy DustTrack model 8520, firmy TSI (USA)

Analizę statystyczną uzyskanych zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na różnych wysokościach nad gruntem w czasie poboru w dniu 20 maja 2010 r. przedstawiono w Tabelach 4-6. Podobnie, jak dla poboru z dnia 12 maja 2010 r., przestawiono graficzne porównanie średniej geometrycznej zawartości pyłów zawieszonych PM 10 w funkcji odległości od drogi na trzech badanych wysokościach nad gruntem (Rys. 4).

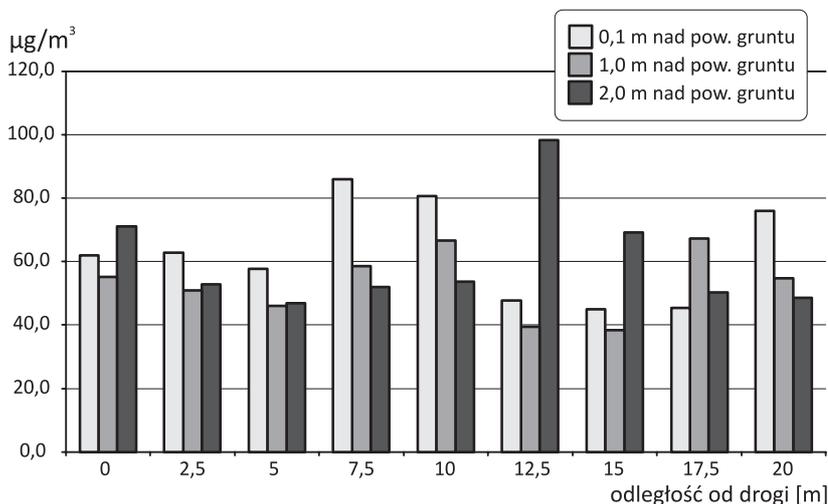
W Tabelach 7-9 przedstawiono analizę statystyczną uzyskanych zawartości pyłów zawieszonych PM 10 na różnych wysokościach nad gruntem w czasie poboru w dniu 26 maja 2010 r. Podobnie, jak dla poprzednich poborów, przestawiono również graficzne porównanie średniej geometrycznej zawartości pyłów zawieszonych PM 10 w funkcji odległości od drogi na trzech badanych wysokościach nad gruntem (Rys. 5).

Analizę statystyczną zawartości pyłów respirabilnych w powietrzu, pobranych w dniu 26 maja 2010 r., przedstawiono w Tabelach 10-12 oraz odpowiednio na Rysunku 6 przedstawiono graficzne porównanie średniej geometrycznej zawartości wspomnianych pyłów w funkcji odległości od drogi na trzech badanych wysokościach nad gruntem.

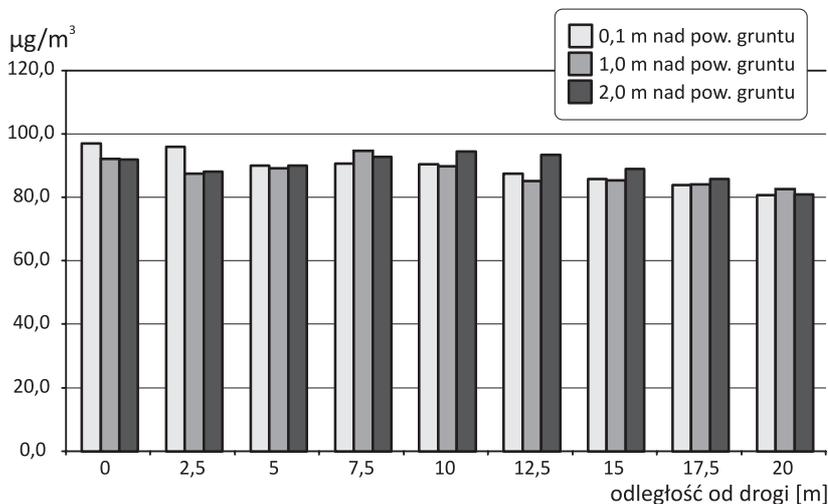
Na kolejnych rysunkach przedstawiono porównanie średniej geometrycznej zawartości pyłu respirabilnego i pyłu zawieszonego (PM 10) w powietrzu na trzech badanych wysokościach w funkcji odległości od drogi (Rys. 7-9).

5. OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

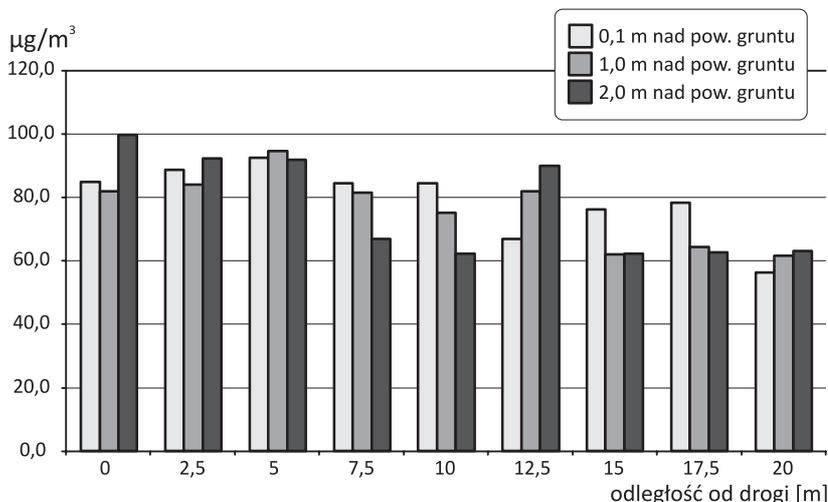
Zanieczyszczeniem powszechnie przekraczającym wartości stężeń dopuszczalnych jest pył zawieszony PM 10. Dotyczy to szczególnie polskich miast, pomimo obserwowanego w ostatnich latach wyraźnego spadku emisji zanieczyszczeń. O wielkości zapylenia powietrza w miastach decyduje w dużej mierze emisja z tzw. niskich źródeł sektora komunalnego. Ogromne znaczenie ma również stan czystości ulic w polskich miastach – zakurzone i bardzo rzadko sprzątane



Rysunek 3. Średnia geometryczna zawartość pyłu PM 10 w powietrzu w dniu 12 maja 2010 r. [µg/m³]



Rysunek 4. Średnia geometryczna zawartość pyłu PM 10 w powietrzu w dniu 20 maja 2010 r. [µg/m³]



Rysunek 5. Średnia geometryczna zawartość pyłu PM 10 w powietrzu w dniu 26 maja 2010 r. [µg/m³]

Tabela 1. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 0,1 m nad powierzchnią gruntu w dniu 12.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	62,4	62,0	8,0	55	75	12,9
2,5	5	63,2	62,8	8,3	54	74	13,1
5,0	5	59,2	57,8	15,1	47	84	25,5
7,5	5	88,0	85,9	22,3	71	118	25,4
10,0	5	81,2	80,6	11,3	72	94	13,9
12,5	5	49,0	47,7	13,5	38	70	27,5
15,0	5	45,2	45,0	4,7	40	51	10,3
17,5	5	46,0	45,4	8,8	38	57	19,1
20,0	5	76,0	76,0	2,2	73	79	2,9

Tabela 2. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 1,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 12.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	55,6	55,2	7,7	49	65	13,9
2,5	5	51,0	51,0	2,3	47	53	4,6
5,0	5	46,2	46,1	3,9	40	50	8,4
7,5	5	59,0	58,6	7,6	50	67	13,0
10,0	5	66,8	66,5	6,5	60	76	9,8
12,5	5	39,6	39,6	2,1	37	42	5,2
15,0	5	38,4	38,3	3,0	35	43	7,7
17,5	5	67,4	67,2	5,5	64	77	8,2
20,0	5	54,8	54,7	3,7	51	60	6,8

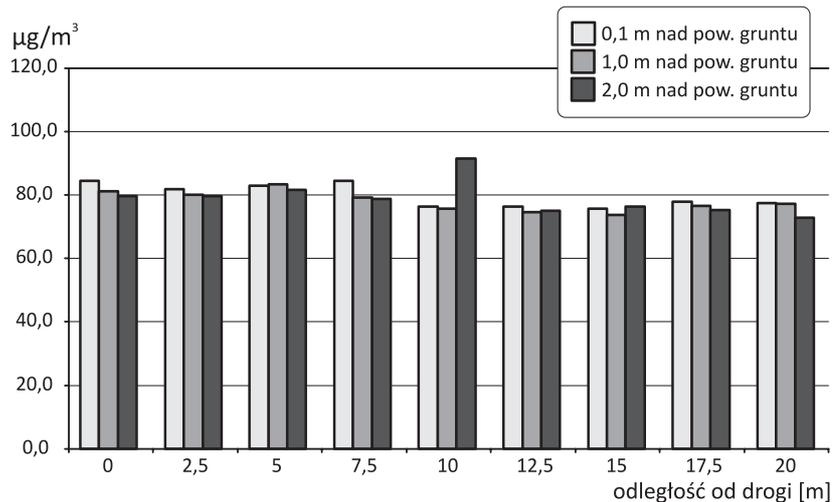
Tabela 3. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 2,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 12.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	71,4	71,1	7,0	61	79	9,8
2,5	5	53,2	52,9	6,1	47	61	11,5
5,0	5	46,8	46,8	1,6	45	49	3,5
7,5	5	52,0	51,9	3,5	48	56	6,8
10,0	5	54,0	53,7	6,6	49	65	12,1
12,5	5	98,4	98,2	7,1	92	107	7,2
15,0	5	69,2	69,1	3,0	65	73	4,4
17,5	5	50,4	50,4	2,3	48	54	4,6
20,0	5	48,6	48,6	1,7	46	50	3,4

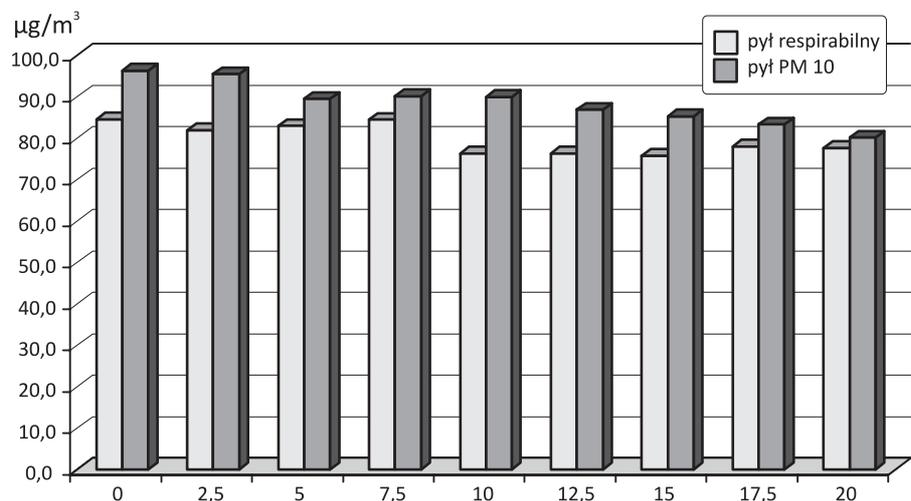
są poważnym źródłem wtórnej emisji, potęgowanej przez intensywny ruch komunikacyjny.

Badania przeprowadzone w Gliwicach przez Pastuszkę i współ., które dotyczyły oddziaływania ruchliwej drogi na środowisko, wykazały, że średnioroczne stężenie PM 10 na analizowanej ulicy wzrasta o $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w stosunku do miejsc oddalonych od drogi o 100 m. Stwierdzono, że dla osób mieszkających przy tej ulicy powoduje to ryzyko około 10% wzrostu zachorowań na choroby układu oddechowego. Stwierdzono także, że zasięg oddziaływania emisji pyłu z pojazdów samochodowych przemieszczających się wzdłuż ulicy przekracza 100 m [8]. W niniejszej pracy ze względów obiektywnych, wynikających z ograniczeń przestrzennych, dokonano pomiaru zapylenia powietrza jedynie do odległości 20 m od bardzo ruchliwej drogi (przeciętne natężenie ruchu komunikacyjnego w trakcie pomiarów wynosiło 1199 samochodów/godz.). Ponadto pomiarów dokonano na trzech wysokościach nad powierzchnią gruntu tj. 0,1 m, 1,0 m oraz 2,0 m. Uzyskane wyniki nie wykazały wyraźnej tendencji wzrastającej lub też malejącej w odniesieniu do wartości stężenia zanieczyszczeń pyłowych w funkcji odległości od drogi. Dotyczy to zarówno stężenia pyłu zawieszonego PM 10, jak i pyłu respirabilnego (Rys. 3-6). Podobnie nie stwierdzono wyraźnych tendencji w zmianie stężenia zanieczyszczeń pyłowych w warstwach powietrza zalegających na trzech różnych wysokościach nad gruntem (0,1 m, 1,0 m i 2,0 m) (Rys. 3-6).

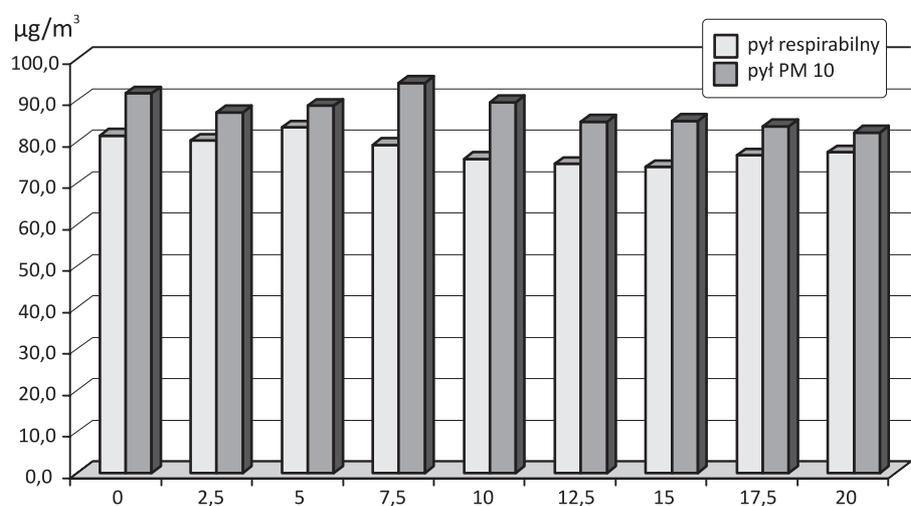
Porównując stężenie różnych frakcji w badanym powietrzu stwierdzono tylko nieznacznie większe zawartości pyłu zawieszonego PM 10 w stosunku do pyłu respirabilnego, niezależnie od odległości od drogi i wysokości nad gruntem (od 2,4% do 19,1%) (Rys. 7-9). Świadczy to o tym, że w



Rysunek 6. Średnia geometryczna zawartość pyłu respirabilnego w powietrzu w dniu 20 maja 2010 r. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Rysunek 7. Średnia geometryczna zawartość pyłu respirabilnego i PM 10 w powietrzu na wysokości 0,1 m nad gruntem [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Rysunek 7. Średnia geometryczna zawartość pyłu respirabilnego i PM 10 w powietrzu na wysokości 1,0 m nad gruntem [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Tabela 4. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 0,1 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	96,4	96,4	2,8	94	101	2,9
2,5	5	95,8	95,5	9,2	89	111	9,6
5,0	5	89,6	89,6	3,0	86	93	3,4
7,5	5	90,2	90,2	0,8	89	91	0,9
10,0	5	90,0	89,9	3,5	86	94	3,9
12,5	5	87,0	86,9	4,2	84	94	4,9
15,0	5	85,4	85,3	3,5	82	91	4,1
17,5	5	83,4	83,4	2,5	80	87	3,0
20,0	5	80,2	80,2	1,3	79	82	1,6

Tabela 5. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 1,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	91,6	91,6	1,7	90	94	1,8
2,5	5	87,0	87,0	1,6	85	89	1,8
5,0	5	88,6	88,6	1,1	87	90	1,3
7,5	5	94,2	94,1	3,5	91	100	3,7
10,0	5	89,4	89,4	1,1	88	91	1,3
12,5	5	84,8	84,8	1,5	83	87	1,7
15,0	5	85,0	85,0	1,9	83	88	2,2
17,5	5	83,6	83,6	1,1	82	85	1,4
20,0	5	82,2	82,2	1,9	79	84	2,3

Tabela 6. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 2,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	91,4	91,4	2,4	88	94	2,6
2,5	5	87,6	87,6	2,3	85	90	2,6
5,0	5	89,6	89,6	1,1	88	91	1,3
7,5	5	92,4	92,3	4,8	88	99	5,2
10,0	5	94,0	93,9	4,7	88	100	5,0
12,5	5	93,0	93,0	1,9	91	96	2,0
15,0	5	88,6	88,6	3,2	85	93	3,6
17,5	5	85,4	85,3	3,4	81	89	3,9
20,0	5	80,6	80,6	1,1	79	82	1,4

Tabela 7. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 0,1 m nad powierzchnią gruntu w dniu 26.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	84,4	84,4	2,9	82	88	3,4
2,5	5	88,0	88,0	1,9	86	91	2,1
5,0	5	92,0	91,9	4,5	87	98	4,9
7,5	5	84,0	83,9	4,7	78	91	5,6
10,0	5	84,0	83,8	6,2	76	92	7,4
12,5	5	66,6	66,4	5,4	60	73	8,1
15,0	5	75,6	75,6	3,0	72	80	4,0
17,5	5	77,8	77,8	2,8	75	82	3,6
20,0	5	56,0	56,0	2,5	52	58	4,6

Tabela 8. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 1,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 26.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	81,4	81,4	2,5	79	85	3,1
2,5	5	83,4	83,3	3,8	79	89	4,5
5,0	5	94,2	93,8	9,4	85	108	10,0
7,5	5	81,0	81,0	1,6	79	83	2,0
10,0	5	75,4	74,6	12,0	61	88	15,9
12,5	5	81,4	81,4	1,5	79	83	1,9
15,0	5	61,6	61,6	1,7	59	63	2,7
17,5	5	64,0	63,9	2,9	60	68	4,6
20,0	5	61,2	61,1	2,9	58	65	4,7

Tabela 9. Analiza statystyczna zawartości pyłów PM 10 w powietrzu na wysokości 2,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 26.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	99,0	98,9	5,3	92	106	5,3
2,5	5	91,8	91,7	5,2	86	98	5,6
5,0	5	91,2	91,2	2,3	88	94	2,5
7,5	5	66,8	66,4	7,9	60	79	11,8
10,0	5	61,8	61,8	1,3	60	63	2,1
12,5	5	89,4	89,4	2,3	87	93	2,6
15,0	5	61,8	61,8	2,4	59	65	3,9
17,5	5	62,4	62,4	2,7	58	65	4,3
20,0	5	62,6	62,6	2,7	60	67	4,3

Tabela 10. Analiza statystyczna zawartości pyłów respirabilnych (PM 4,0) w powietrzu na wysokości 0,1 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	84,6	84,6	1,1	83	86	1,3
2,5	5	82,0	82,0	1,2	81	84	1,5
5,0	5	83,0	83,0	2,0	81	86	2,4
7,5	5	84,6	84,5	4,9	79	91	5,8
10,0	5	76,4	76,4	1,5	74	78	2,0
12,5	5	76,4	76,4	1,7	75	79	2,2
15,0	5	75,8	75,8	1,6	74	78	2,2
17,5	5	78,2	78,1	5,2	73	85	6,6
20,0	5	77,6	77,6	1,3	76	79	1,7

Tabela 11. Analiza statystyczna zawartości pyłów respirabilnych (PM 4,0) w powietrzu na wysokości 1,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	81,4	81,4	1,1	80	83	1,4
2,5	5	80,2	80,2	0,8	79	81	1,0
5,0	5	83,4	83,4	1,5	81	85	1,8
7,5	5	79,2	79,2	0,8	78	80	1,1
10,0	5	75,8	75,8	0,8	75	77	1,1
12,5	5	74,6	74,6	0,9	74	76	1,2
15,0	5	73,8	73,8	0,8	73	75	1,1
17,5	5	76,6	76,6	1,3	75	78	1,8
20,0	5	77,4	77,4	0,5	77	78	0,7

Tabela 12. Analiza statystyczna zawartości pyłów respirabilnych (PM 4,0) w powietrzu na wysokości 2,0 m nad powierzchnią gruntu w dniu 20.05.2010 r.

Odległość od drogi [m]	Liczba pomiarów	Średnia arytmetyczna	Średnia geometryczna	Odchylenie standardowe	Min.	Max.	Wsp. zmienności
0,0	5	79,8	79,8	1,9	77	82	2,4
2,5	5	79,8	79,8	0,8	79	81	1,0
5,0	5	81,8	81,8	1,6	80	84	2,0
7,5	5	78,8	78,8	1,1	77	80	1,4
10,0	5	91,8	91,6	6,1	85	99	6,7
12,5	5	75,2	75,2	0,8	74	76	1,1
15,0	5	76,6	76,6	3,0	73	81	3,9
17,5	5	75,4	75,4	0,9	74	76	1,2
20,0	5	73,0	73,0	1,2	72	75	1,7

miesiącu maju (termin poboru prób) w pobliżu drogi w wyniku wtórnego pylenia, wzbudzanego przez jadące samochody, jak również przez wiatr, przeważający udział stanowią pyły frakcji respirabilnej, znacznie bardziej szkodliwej dla zdrowia człowieka. Potwierdzają to liczne badania i doniesienia w których stwierdzono, że pyły z frakcji PM 10, powstają głównie w okresie zimowym w trakcie spalania paliw stałych (np. węgiel kamienny) [9, 10].

Porównując uzyskane wyniki zawartości pyłu zawieszonego PM 10 z wartościami normatywnymi, wynoszącymi odpowiednio dla następujących okresów uśredniania pomiarów:

- dla roku kalendarzowego: 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [11],
- dla okresu 24-godzinnego: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [12],
- dla okresu 1-godzinnego: 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [11],

stwierdzono, że żaden z uzyskanych wyników nie przekroczył normy 1-godzinnej, do której można w pewnym przybliżeniu, pomimo innej metodyki poboru prób, porównać wyniki zawarte w niniejszej pracy. Tak małe wartości stężeń pyłu, uzyskane podczas pomiarów, wynikać mogą z bardzo intensywnych opadów, które pojawiły się nad Katowicami w okresie poprzedzającym pobór prób.

6. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono:

- różna odległość od drogi na odcinku od 0,0 m do 20,0 m nie miała istotnego wpływu na stężenie zanieczyszczeń pyłowych w powietrzu (dotyczyło to zarówno stężenia pyłu zawieszonego PM 10, jak i pyłu respirabilnego),
- brak wyraźnych tendencji w zmianie stężeń zanieczyszczeń pyłowych, zarówno frakcji respirabilnej, jak i PM 10, w warstwach powietrza zalegających na trzech różnych wysokościach nad gruntem (0,1 m, 1,0 m i 2,0 m),
- znaczny udział (od 80,9% do 97,6%) frakcji respirabilnej pyłu (PM 4) w zebranych próbkach pyłu zawieszonego PM 10, co dowodzi dużej szkodliwości dla zdrowia człowieka pyłów pojawiających się w pobliżu ulicy (emitora liniowego) w wyniku zjawiska wtórnego pylenia,
- stężenia badanego pyłu zawieszonego PM 10 w powietrzu w godzinach popołudniowych 12, 20 i 26 maja 2010 r. w Katowicach przy Drodze Krajowej nr 79 były znacznie mniejsze od wartości normatywnych dla 1-godzinnego okresu uśredniania wyników pomiarów.

LITERATURA

- [1] Juda J., Chruściel S.: Ochrona powietrza atmosferycznego. WNT, Warszawa 1974, s.18-24.
- [2] Mirosławski J.: Ekotoksykologiczne aspekty pylenia ze źródeł liniowych i obszarowych na wybranych terenach Południowej Polski. Śląska Akademia Medyczna w Katowicach, rozprawa habilitacyjna, Katowice 2001.
- [3] Mirosławski J., Kwapuliński J., Rochel R.: Udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu cynkiem przyziemnych warstw powietrza. Cynk w środowisku: problemy ekologiczne i metodyczne, PAN, Warszawa 2002, s. 439-444.
- [4] Kwapuliński J., Mirosławski J., Cyganek M.: Udział wtórnego pylenia w zanieczyszczeniu niklem przyziemnej warstwy powietrza. Chrom, nikiel i glin w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Ossolineum, 1993, s. 99-102.
- [5] Instrukcja obsługi aparatu DustTruck firmy TSI. TSI Sp. z o.o., Chorzów, ul. Maronia 44.
- [6] Główny Urząd Statystyczny, Portal Informacyjny, [Internet] http://www.stat.gov.pl/gus/definicje_PLK_HTML.htm?id=POJ-744.htm [dostęp 9.06.2010].
- [7] Krechniak J.: Absorpcja, dystrybucja, biotransformacja i wydalanie trucizn. W: Toksykologia Współczesna. Wyd. 1. Red. W. Seńczuk, Warszawa 2005, PZWL, s. 70.
- [8] Pastuszka J.S., Grynkiewicz-Bylina B., Karwic B.: Współczynnik absorpcji aerozolu atmosferycznego w pobliżu ruchliwej drogi jako wskaźnik oddziaływania drogi na środowisko. Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, 2004, 38, 5, s.161-166.
- [9] Raport o stanie środowiska w województwie wielkopolskim. WIOŚ Poznań, [Internet] <http://www.odpady.net.pl/strony/publikacje/raport99/r5-2.html> [dostęp 9.06.2010].
- [10] Przekroczenie dobowego poziomu alarmowego pyłu zawieszonego PM 10 w powietrzu. Urząd Miejski w Czechowicach – Dziedzicach, [Internet] http://www.czechowice-dziedzice.pl/www_2.0/index.php?option=com_content&task=view&id=1061&Itemid=93 [dostęp 9.06.2010].
- [11] Krechniak J.: Toksykologia Środowiskowa. W: Toksykologia Współczesna. Wyd. 1. Red. W. Seńczuk, Warszawa 2005, PZWL, s. 677.
- [12] Sosnowska M., Tyczyński A.: Raport o stanie sanitarnym powietrza w województwie śląskim w 2007 roku. WSSE w Katowicach, Katowice 2008.