

ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA PYŁEM PM10 I PM2,5 NA STACJI POMIAROWEJ PLAC POZNAŃSKI W BYDGOSZCZY

Rafał Pasela¹, Julita Milik¹, Katarzyna Budzińska¹, Bożena Szejniuk¹

¹ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy, Al. S. Kaliskiego 7, Bydgoszcz,
e-mail: rafal.pasela@utp.edu.pl

STRESZCZENIE

Zjawisko zanieczyszczenia pyłem zawieszonym PM10 i PM2,5 występuje w dużych aglomeracjach miejskich, gdzie głównym źródłem ich obecności jest komunikacja, co wiąże się przede wszystkim ze spalaniem paliw płynnych. Celem badań była ocena stanu zanieczyszczenia powietrza pyłem PM2,5 i PM10 dla wybranego obszaru miasta Bydgoszcz. Analizę przeprowadzono, wykorzystując dane pochodzące ze stacji monitoringu powietrza zlokalizowanej przy ul. Poznańskiej. Stacja jest własnością Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Bydgoszczy. Badania wykazały, że najwyższe średnie dobowe stężenie pyłu wystąpiło w piątki i wynosiło odpowiednio 27,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM2,5 i 44,46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM10. Zaobserwowano tendencję występowania wyższych wartości stężeń w sezonie grzewczym. Stwierdzono, iż średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego (PM2,5 i PM10) w aglomeracji bydgoskiej jest bliskie przekroczenia poziomu dopuszczalnego ze względu na ochronę zdrowia ludzi.

Słowa kluczowe: PM10, PM2,5, zanieczyszczenie powietrza, emisja zanieczyszczeń monitoring, aglomeracja miejska, Bydgoszcz

ANALYSIS OF THE RESULTS OF MEASUREMENT OF CONCENTRATIONS OF AIR POLLUTION WITH PM10 AND PM2.5 MEASURING STATION SQUARE OF POZNAN IN BYDGOSZCZ

ABSTRACT

The phenomenon of suspended particulate pollution PM10 and PM2.5 occurs in large urban areas where the main source of their presence is communication, which is primarily related to the combustion of liquid fuels. PM2.5 dust pollution is a major risk factor for diseases of the respiratory, cardiovascular, and allergy. Act regulating the standards and target dates for reducing concentrations of particulate matter in urban areas and in all the cities of over 100 thousand. residents of the Directive of the European Parliament and Council Directive 2008/50/EC of 21 May 2008. on ambient air quality and cleaner air for Europe (CAFE). The acceptable level of average daily concentration of PM10 is 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and may be exceeded by not more than 35 times a year, while the level of allowable annual average concentration of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The aim of this study was to assess the state of air pollution of dust PM10 and PM2.5 for the selected area of the city of Bydgoszcz. The analysis was conducted using data from air monitoring stations located at Poznanska street. The station is owned by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection (VIEP) in Bydgoszcz. The studies have shown that the annual average concentration of particulate matter analyzed station in Bydgoszcz in the years 2013–2015 amounted to PM10 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5 and 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The results are on the borderline of acceptable levels of concentration resulting from the Regulation of the Minister of the Environment of 2 August 2012. The concentrations of particulate matter in ambient air are strongly associated with meteorological conditions. The definitely higher concentrations observed in the autumn-winter season. The decrease in temperature causes the combustion in the boiler house of fuels with a high emissions. The highest average daily concentration of suspended particulate matter was observed on Thursday and Friday in the winter months, and while the lowest concentration was recorded in the summer months.

Keywords: PM10, PM2.5, air pollution, emission, monitoring, city agglomeration, Bydgoszcz

WPROWADZENIE

Aerozol atmosferyczny i jego wpływ na zdrowie człowieka jest od wielu lat przedmiotem szerokiego badania na całym świecie. Do najczęściej badanych substancji zanieczyszczających atmosferę należy zaliczyć: tlenki węgla (CO_2), dwutlenek siarki (SO_2), dwutlenek azotu i tlenki azotu (NO_2 , NO_x) oraz pyły zawieszone o rozmiarach cząstek poniżej 10 mikrometrów (PM_{10}). Składnikami pyłu są metale ciężkie (nikiel, arsen, kadm) oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, które stanowią istotne zagrożenie dla zdrowia człowieka (Rogula-Kozłowska i in. 2013). Szczególnie niebezpieczny jest pył respirabilny, który podrażnia naskórek i śluzówkę w konsekwencji powodując powstanie zapalenia górnych dróg oddechowych. Badania epidemiologiczne wykazały, że zanieczyszczenie powietrza pyłem zwiększa ryzyko zachorowania na raka puc. Z tego powodu w 2013 roku Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zaklasyfikowała pył zawieszony jako czynnik rakotwórczy dla ludzi (Loomis i in. 2013). Skutki zanieczyszczeń powietrza pyłem są odczuwalne w szczególności przez osoby w podeszłym wieku i dzieci.

Źródłem emisji zanieczyszczeń powietrza pyłami zawieszonymi spowodowanymi działalnością człowieka są: procesy spalania paliw w sektorze energetycznym i przemysłowym, emisje związane z transportem samochodowym oraz z ogrzewaniem mieszkań w sektorze komunalno-bytowym. Z powyższymi procesami mamy do czynienia przede wszystkim w dużych aglomeracjach miejsko-przemysłowych. Na gromadzenie się zwiększonej ilości szkodliwych zanieczyszczeń powietrza ma wpływ komunikacja, która wiąże się z procesem spalania paliw płynnych, zużywaniem części eksploatacyjnych pojazdów lub też ścieraniem się opon samochodowych i asfaltu (Drağ 2007, Majewski i in. 2008). Pod koniec 2013 roku, wg danych Centralnej Ewidencji Pojazdów i Kierowców (CEPiK) ogółem zarejestrowanych w Polsce było ponad 25 mln samochodów. Transport drogowy na obszarach aglomeracji miejskich uważany jest za dominujące źródło emisji zanieczyszczeń atmosferycznych (Naser i in. 2008). Na wielkość stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym wpływają również warunki meteorologiczne do których należy kierunek i prędkość wiatru, wilgotność względna powietrza, częstość opadów,

temperatura powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego (Ćwiek i in., 2015, Gioda i in. 2013). Średnioroczne stężenie masowe cząstek $\text{PM}_{2,5}$ według WHO nie powinno przekroczyć wartości $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Unia Europejska ustaliła, że poziom ten wynosi $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ czyli jest to dwukrotnie większa wartość.

Celem pracy była analiza wyników pomiarów zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym PM_{10} oraz $\text{PM}_{2,5}$ uzyskanych ze stanowiska pomiarowego przy Placu Poznańskim w Bydgoszczy w latach 2013–2015.

MATERIAŁ I METODY

Monitoring jakości powietrza na terenie województwa Kujawsko-Pomorskiego realizowany jest przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Bydgoszczy. W opracowaniu wykorzystano bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska ze stanowiska pomiarowego zlokalizowanego przy Placu Poznańskim w Bydgoszczy (rys. 1). Jest to stacja pomiarowa zlokalizowana przy głównej arterii komunikacyjnej (droga ekspresowa S5) przebiegająca przez centrum miasta. Obszar otaczający stację charakteryzuje się zabudową niską o charakterze usługowo-mieszkaniowej. W pobliższym otoczeniu brak źródeł emisji punktowej. Pomiaru na stacji dokonywane są automatyczne analizatorami: pył PM_{10} – TEOM 1410A, pył $\text{PM}_{2,5}$ – TEOM 1405F. Analiza wykonywana jest za pomocą metody mikrowagi oscylacyjnej. Ocena wyników została wykonana zgodnie z kryteriami zawartymi w ustawie Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity Dz.U.2013, poz. 1232), Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008 r. (Dz.U.2009 nr 5 poz. 31) w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu, Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 r. (Dz.U.2002 nr 87 poz. 798) w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu oraz Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 2 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz.U.2012 poz. 914) (Hidebrandt i in. 2013, 2014).

Ocena jakości powietrza została przeprowadzona zgodnie z kryteriami określonymi w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/50/



Rys. 1. Lokalizacja stacji pomiarowej przy Placu Poznańskim w Bydgoszczy
 [https://www.google.pl/maps/@53.121911,17.9877905,18z]
Fig. 1. The location of the measuring stations in Bydgoszcz on Poznan square

WE z 21 maja 2008 roku w sprawie jakości powietrza i czystego powietrza dla Europy oraz dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/107/WE z 15 grudnia 2004 roku w sprawie arsenu, kadmu, niklu, rtęci i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w otaczającym powietrzu. Zgodnie z nimi pomiary stężeń pyłu PM_{2,5} w powietrzu muszą być prowadzone w dużych aglomeracjach i miastach powyżej 100 tys. mieszkańców pod kątem monitorowania tła miejskiego do oceny ogólnego narażenia ludności. Bydgoszcz jest największym miastem województwa kujawsko-pomorskiego, którego liczba mieszkańców przekracza 350 tys.

DYSKUSJA WYNIKÓW BADAŃ

Ocenę zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym przeprowadzono przez porównanie uzyskanych wyników pomiarów stężenia cząstek pyłu PM₁₀ oraz PM_{2,5} z poziomami dopuszczalnymi (tab. 1).

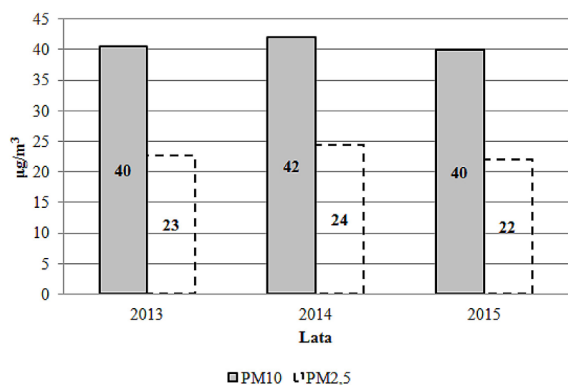
Na rysunku 2 przedstawiono wartości średniorocznych stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5}. Wartość graniczna ustalona ze względu na ochronę zdrowia ludzkiego dla PM₁₀ wynosi 40 µg/m³ natomiast dla PM_{2,5} 25 µg/m³. Przeprowadzone badania na terenie miasta Bydgoszcz w latach 2013–2015 wykazały, że stężenia pyłu frakcji PM₁₀ oraz PM_{2,5} występują na granicy

Tabela 1. Wartości kryterialne zastosowane w ocenie poziomu zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym w latach 2013–2015

Table 1. The criterion used in the assessment of the level of air pollution particulate matter in the years 2013–2015

Nazwa substancji	Okres uśredniania wyników pomiaru	Dopuszczalny poziom substancji w powietrzu (µg/m ³)	Docelowy poziom substancji w powietrzu (µg/m ³)	Dopuszczalna częstość przekroczenia	Poziom informowania (µg/m ³)	Poziom alarmowy
PM 2,5	rok kalendarzowy	25	25/20*	-	-	-
PM 10	24 godziny	50	-	35 razy	200	300
	rok kalendarzowy	40	-	-	-	-

*Obowiązujący poziom dopuszczalny dla pyłu zawieszonego PM_{2,5} do osiągnięcia do dnia 1 stycznia 2015 r. (faza I) wynoszący 25 µg/m³, do dnia 1 stycznia 2020 r. (faza II) wynoszący 20 µg/m³

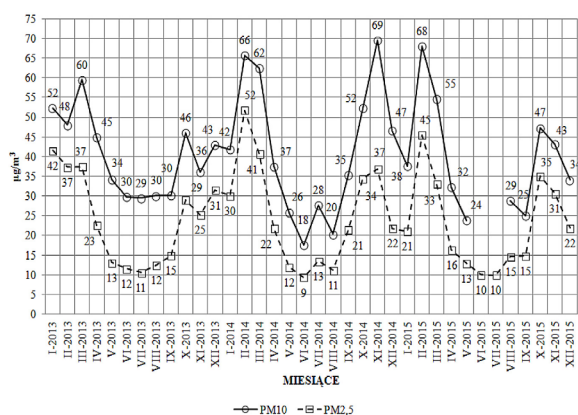


Rys. 2. Średnioroczne stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 na stacji pomiarowej Plac Poznański w Bydgoszczy

Fig. 2. The average annual concentration of PM10 and PM2.5 on measuring station Square Poznan in Bydgoszcz

poziomu dopuszczalnego. W roku 2014 stężenie dopuszczalne PM10 zostało przekroczone o 2 µg/m³. Średnioroczna wartość stężenia pyłu PM2,5 dla trzyletniego okresu badań wyniosła 23 µg/m³. Jedną z przyczyn podwyższonych wartości stężeń pyłu może być oddziaływanie emisji związanej z ruchem pojazdów na głównej drodze S5 leżącej w pobliżu stacji. Ruch kołowy jest najczęściej głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego i negatywnie wpływa na sytuację aerosanitarną miasta (Rogulska-Kozłowska i in. 2008).

Rysunek 3 przedstawia jak kształtowały się stężenia pyłu zawieszonego w poszczególnych miesiącach. Najwyższe średnie stężenia miesięczne, zarówno frakcji PM10 ora PM2,5 występowały w okresie zimowym, które były ponad



Rys. 3. Średniomiesięczne stężenia pyłów w latach 2013–2015

Fig. 3. The average monthly concentrations of dust in 2013–2015

dwukrotnie wyższe niż w miesiącach letnich. W okresie zimowym wystąpiły maksymalne stężenia pyłu, które przekraczały graniczne wartości zgodnie z Rozporządzeniem odpowiednio 69 µg/m³ (listopad 2014 r.) dla pyłu frakcji PM10 oraz 52 µg/m³ (luty 2014 r.) dla PM2,5. Tak znaczne przekroczenia norm zarówno w miastach polskich (Dmochowski i in. 2015, Sówka i in. 2015, Chlebowska-Styś & Słówka 2015), jak i na świecie mają duży wpływ na jakość i długość życia.

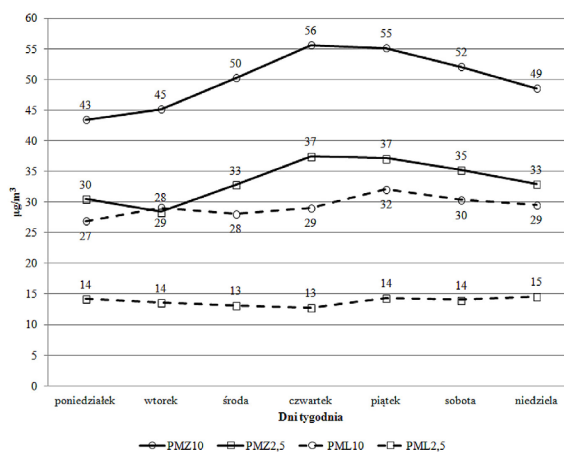
Narażenie się na oddziaływanie pyłu zawieszonego powoduje skrócenie średniej długości życia mieszkańców Unii Europejskiej o około 9 miesięcy (McGlade 2013). Szacuje się, że w Europie zły stan jakości powietrza jest przyczyną zgonów około 300 tys. osób rocznie (Garścia 2009). Stężenie pyłu frakcji PM10 zarejestrowane w Polsce utrzymuje się na wysokim poziomie w miastach, często przekraczając wartości dopuszczalne. Majewski & Łykowski oraz Warych ocenił, że około 1/3 mieszkańców Polski narażonych na wdychanie zanieczyszczeń pyłowych jest dotknięta chorobami układu oddechowego, które mogą prowadzić do zmian nowotworowych lub do chorób układu krążenia. Uzyskane wysokie wartości stężeń pyłu zawieszonego w sezonie zimowym związane jest przede wszystkim z niską emisją z sektora komunalno-bytowego. W przypadku spadku temperatury powietrza stosuje się spalanie paliw w kotłowniach domowych o wysokim wskaźniku emisji. Stosowanie w Polsce węgla kamiennego do ogrzewania budynków przyczynia się do tworzenia pyłu, którego udział w ogólnej ilości emitowanego pyłu wynosi od około 55% do 85%. Pyły, które występują w miastach pochodzą ze spalania węgla do celów energetycznych (wytwarzanie energii, ciepła dla potrzeb technologicznych i komunalnych) (Widawski 2015, Grochowicz & Korytkowski 1996). W Bydgoszczy obserwowane są od lat przekroczenia poziomów zanieczyszczeń związanych z niską emisją, tj. pyłów zawieszonych (PM2,5 i PM10). Dla porównania w Warszawie maksymalne stężenie pyłu PM10 wynoszące 294,6 µg/m³ oznaczono w 2012 roku, przekraczając około 7-krotnie dopuszczalną normę (Dmochowski i in. 2015). We Wrocławiu w sezonie zimowym w latach 2009–2012 stwierdzono przekroczenia średniego stężenia pyłu PM2,5 w powietrzu średnio o 25% od ustalonej normy państwowej. Przekroczenie średnioroczного stężenia pyłu PM10 stanowiło około 40% w stosunku do poziomu dopuszczalnego w latach 2010–2013. Średniorocz-

ne poziomy stężenie we Wrocławiu dla PM_{2,5} wynosiły około 28 µg/m³ w 2013 roku, natomiast dla PM₁₀ około 37 µg/m³. We Lwowie na Ukrainie poziom stężenia pyłu był ponad 8-krotnie wyższy niż zalecony średnioroczny poziom według WHO (20 µg/m³) (Sówka i in. 2015). W okresie grzewczym w Krakowie odnotowano ponadnormatywne stężenia pyłu PM₁₀ (52,9–150,0 µg/m³) oraz PM_{2,5} (47,4–98,6 µg/m³) (Dziugiel M i in. 2012). Przyczyną zmian stężeń pyłów w powietrzu jest spalanie różnego typu jakości paliw używanych do produkcji energii elektrycznej i ciepła w systemach indywidualnego ogrzewania, emisja ze źródeł komunikacyjnych (transport samochodowy) oraz działalność przemysłowa. Stosowanie opon zimowych podatnych na ścieranie może być czynnikiem powodującym emisję pyłu drobnego do powietrza.

W tabeli 2 przedstawiona została liczba przekroczeń dopuszczalnych stężeń PM₁₀ w powietrzu w ujęciu sezonowym. Zdecydowanie najwięcej przekroczeń odnotowano w sezonie zimowym w roku 2014, podczas którego liczba dni w których nastąpiło przekroczenie dopuszczalnych wartości wynosiła 95 (przy dopuszczalnej liczbie przekroczeń w ciągu roku 35). W trzyletnim okresie badawczym wskaźnik zanieczyszczenia powietrza kształtował się następująco: w 2013 roku odnotowano 21,1% dni z niedotrzymaniem norm dopuszczalnych, 28,5% w 2014 roku oraz 20,3% w 2015 roku, podczas gdy dozwolona liczba przekroczeń wynosi 9,6%.

Średnie stężenie pyłu zawieszonego w poszczególnych dniach tygodnia w sezonie zimowym i letnim ilustruje rysunek 4. Najwyższe stężenia frakcji pyłu PM₁₀ zanotowano w sezonie zimowym w dniach: czwartek i piątek, gdy temperatura powietrza utrzymywała się na niskim poziomie i często spadała poniżej zera. Uzyskane

wartości stężeń w tych dniach przekraczają dopuszczalne granice wyznaczone pod kątem ochrony zdrowia ludzi tj. 50 µg/m³ dla pyłu PM₁₀ oraz 25 µg/m³ dla PM_{2,5}. W sezonie letnim obserwujemy ponad dwukrotnie niższe wartości stężeń pyłu co można wiązać z oddziaływaniem emisji pochodzącej z ogrzewania budynków. Niższe wartości analizowanych substancji można zaobserwować w soboty i niedziele. Stwierdzono, że efekt weekendowy polegający na spadku stężeń zanieczyszczeniem komunikacyjnym jest szczególnie widoczny w sezonie nie grzewczym, kiedy poziom zanieczyszczeń komunalnych powietrza spada. Niższa zawartość w próbkach zgromadzonych w soboty i niedziele może wskazywać na to, że wraz z ograniczeniem intensywności ruchu samochodowego zmniejszył się udział emisji komunikacyjnej.



Rys. 4. Średnie stężenie pyłu zawieszonego w poszczególnych dniach tygodnia w sezonie zimowym (PMZ10, PMZ2,5) i letnim (PML10, PML2,5)

Fig. 4. The mean concentration of particulate matter in the different days of the week in the winter season (PMZ10, PMZ2.5) and summer (PML10, PML2.5)

Tabela 2. Liczba dni w których wystąpiło przekroczenie zanieczyszczeń pyłem PM₁₀ (24h) w sezonie zimowym i letnim

Table 2. The number of days of exceedances of dust pollutants PM₁₀ (24h) in the winter and summer season

Sezon zimowy				Sezon letni			
Miesiąc	2013	2014	2015	Miesiąc	2013	2014	2015
X	12	16	13	IV	10	3	3
XI	5	21	11	V	2	*	*
XII	8	11	5	VI	*	*	b.d.
I	13	11	7	VII	1	*	b.d.
II	12	18	14	VIII	*	*	2
III	14	18	11	IX	1	6	2
Suma	64	95	61	Suma	13	9	7

* – brak odnotowanego przekroczenia, b.d. – brak danych

W analizowanym okresie badań nie zarejestrowano stężeń przekraczających $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, będących wartością progową informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia poziomu alarmowego dla pyłu PM10. Wysokie stężenie pyłu zawieszonego w miejskim powietrzu atmosferycznym powoduje zagrożenie dla bezpieczeństwa ekologicznego w rejonie, a także może wpływać na obniżenie bezpieczeństwa zdrowotnego mieszkańców.

Obecny stan zanieczyszczenia pyłem zawieszonym powietrza atmosferycznego w Bydgoszczy sugeruje konieczność prowadzenia dalszych badań pozwalających na ocenę potencjalnego zagrożenia dla zdrowia ludności na terenie miasta.

WNIOSKI

Wyniki badań były podstawą do wysunięcia następujących wniosków:

1. Średnia roczna wartość stężenia pyłu zawieszonego na analizowanej stacji pomiarowej w Bydgoszczy w latach 2013–2015 wyniosła odpowiednio dla PM10 $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oraz $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dla PM2,5. Uzyskane wyniki stężeń zanieczyszczeń powietrza występują na pograniczu dopuszczalnych poziomów stężeń ze względu na ochronę zdrowia populacji, proponowanymi przez Światową Organizację Zdrowia – World Health Organization.
2. Dopuszczalne częstości przekroczenia dobowych norm pyłu PM10 w roku zostały znacznie przekroczone w sezonie zimowym. Największą liczbę przekroczeń odnotowano w roku 2015, zaobserwowano ich aż 104. Wzrost stężeń zanieczyszczeń został odnotowany w sezonie grzewczym.
3. Czwartek i piątek są dniami tygodnia w których zaobserwowano najwyższe wartości stężeń pyłu PM10 oraz PM2,5.
4. Na występowanie ponadnormatywnych wartości stężeń pyłu zawieszonego w powietrzu na stanowisku pomiarowym przy Placu Pożnańskim w Bydgoszczy może mieć wpływ emisja związana z indywidualnym ogrzewaniem budynków oraz ruch pojazdów samochodowych na drodze ekspresowej S5.

LITERATURA

1. Ćwiek K., Majewski G. 2015. Wpływ elementów meteorologicznych na kształtowanie się stężeń zanieczyszczeń powietrza na przykładzie Krakowa. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 67, 54–66.
2. Chlebowska-Styś A., Sówka I. 2015. Trendy zmian stężenia pyłów zawieszonych (PM10 i PM2,5) oraz benzo(A)pirenu na przykładzie wybranych miast wielkopolski. *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii środowiska i ochronie środowiska. Praca zbiorowa pod red. Kotowskiego A. i in.. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, 6, 40–53.
3. Dmochowski D., Dmochowska A., Biedugnis S. 2015. Emisja stałych cząstek z liniowych źródeł zanieczyszczenia jako główny czynnik wpływający na poziom stężenia pyłu zawieszonego PM10, PM2,5, PM1,0 w powietrzu atmosferycznym aglomeracji warszawskiej. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 17, 1403–1412.
4. Drąg Ł. 2007. Modelowanie emisji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ze środków transportu drogowego. *Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej. Archiwum motoryzacji*, 1, 21–41.
5. Dziugiel M, Bogacki M., Oleniacz R., Mazur M. 2012. Zawartość węgla i siarki w pyłe PM2,5 i PM10 w powietrzu atmosferycznym w centrum Krakowa. *Ochrona powietrza w teorii i w praktyce*, Tom 1.
6. Garścia E. 2009. Pogarsza się stan czystości powietrza atmosferycznego. *Aura*, 2, 9–11.
7. Gioda A., Ventura L., Lima I., Luna A. 2013. Influence of meteorological parameters on air quality. *EGU General Assembly Conference Abstracts*, 15, 3256.
8. Grochowicz E., Korytkowski J. 1996. *Ochrona powietrza*. WSiP. Warszawa.
9. Hidebrandt K., Kozakiewicz J., Kwiatkowska J. 2013 i 2014. Roczna ocena jakości powietrza atmosferycznego w województwie kujawsko-pomorskim za rok 2013 i 2014. *Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy*.
10. Loomis D., Grosse Y., Lauby-Secretan B., et al. 2013. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *Lancet Oncology* 14, 1262–1263.
11. Majewski G., Łykowski B. 2008. Skład chemiczny pyłu zawieszonego PM10 w aglomeracji warszawskiej. *Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa, Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus* 7(1), 81–96.
12. McGlade J. (red), 2013. *Sygnaly EEA. Z każdym oddechem. Poprawa jakości powietrza w Europie*. Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej.

13. Naser T. M., Yoshimura Y., Sekiguchi K., Wang Q., Sakamoto K. 2008. Chemical composition of PM_{2,5} and PM₁₀ and associated polycyclic aromatic hydrocarbons at a roadside and an urban background area in Saitama. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, vol. 2–2, 90–101.
14. Rogula Kozłowska W., Rogula-Kopiec P., Klejnowski K., Błaszczak J. 2013. Wpływ emisji komunikacyjnej na stężenie dwóch form węgla i rozkład ich masy względem wielkości cząstek w aerozolu atmosferycznym obszaru miejskiego. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 15, 1623–1644.
15. Rogula-Kozłowska W., Pastuszka J. S., Talik E. 2008. Influence of Vehicular Traffic on Concentration and Particle Surface Composition of PM₁₀ and PM_{2,5} in Zabrze. *Polish J. of Environ. Stud.*, 17(4), 539–548.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu (Dz.U.2012.1031).
17. Sówka I., Bezyk Y., Pachurka Ł. 2015. Analiza i ocena stanu jakości powietrza na obszarze dwóch miast: Wrocławia (Polska) i Lwowa (Ukraina). *Prz. Nauk. Inż. Ksz. Środ.* 68.
18. Warych J. 1999. Zanieczyszczenia powietrza cząstkami aerozolowymi i wynikające stąd problemy. *Ochr. Pow. Probl. Odpad.* 33, 3, 93–97.
19. WHO 2004. Health aspects of air pollution. Results from the WHO project “Systematic review of health aspects of air pollution in Europe”. E83080, Copenhagen.
20. Widawski A. 2015. The influence of atmospheric circulation on the air pollution concentration and temperature inversion in Sosnowiec. Cause study. *Environmental & Socio-Economic Studies*, 3, 30–40.