

*KAROL MALEC¹, MONIKA BEDNAREK^{1,2}, PATRYCJA BARTKIEWICZ-SKRABANIA³,
NATALIA PIÓROWSKA¹

Wpływ stężenia pyłu zawieszzonego w powietrzu (PM_{2,5} i PM₁₀) na nagłe zachorowania oraz zaostrzenia chorób przewlekłych u dzieci w aglomeracji krakowskiej, na podstawie zgłoszeń do Izby Przyjęć Wojewódzkiego Specjalistycznego Szpitala Dziecięcego (IP WSSzD) w Krakowie

The impact of particulate matter (PM_{2.5}, PM₁₀) concentration on the occurrence of acute cardiorespiratory disorders and its exacerbations in children in Krakow agglomeration on the basis of Admission to the Voivodship Children Specialist Hospital in Krakow

¹Szpitalny Oddział Ratunkowy, Centrum Urazowego Medycyny Ratunkowej i Katastrof, Szpital Uniwersytecki w Krakowie

Kierownik Oddziału: dr n. med. Aleksandra Załustowicz

²Zakład Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej, Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Collegium Medicum, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Kierownik Zakładu: dr n. med. Arkadiusz Trzos

³Klinika Chorób Dzieci, Uniwersytecki Szpital Dziecięcy w Krakowie

Kierownik Kliniki: dr hab. n. med. Przemko Kwinta, prof. UJ

Summary

Introduction. Air pollution is a serious, growing problem in Poland. Inhaling polluted air in adults is associated with the incidence of cardiovascular and respiratory disease. What is the risk in children?

Aim. The aim of the study is to measure the impact of smog on children's health, by analyzing the concentration of particulate matter PM₁₀ and PM_{2.5} impact on the admissions number in the acute respiratory condition to the voivodship children specialist hospital in Cracow (WSSzD).

Material and methods. Based on the documentation from the emergency department WSSzD admissions in the winter months (November-February), in which the dust emissions from the furnaces burning solid fuel is the largest, and in the summer months (May-August) with the lowest emissions were selected. The study included time periods: winter 2013/2014 and 2014/2015 and summer 2014. In total 2,643 children under 18 years of age were enrolled.

The correlation between the number of admissions and the arithmetic mean concentration of particulate matters was analyzed using Pearson's correlation coefficient.

Keywords

particulate matter, air pollution, cardiorespiratory disorders, emergency intervention, exacerbation

Results. During winter periods correlation between the concentration of PM₁₀ and PM_{2.5}, and the number of admissions was positive and statistically significant. Correlation confirmed the dependence of morbidity from the air pollution in Cracow. In summer period the result was not statistically significant: $R = -0.14$; $p > 0.05$.

Conclusions. The study confirmed the significant impact of smog on the health of the youngest residents of Cracow. The concentration of PM₁₀ and PM_{2.5} has a direct impact on the number of exacerbations of respiratory disorders. The study also showed that the negative impact on health of solid fuels (furnace) is higher than the impact of vehicle exhaust.

WSTĘP

Z uwagi na rozmiar problemu, jakim w ostatnich latach okazało się być znaczne zanieczyszczenie powietrza pyłami zawieszonymi w dużych aglomeracjach miejskich w Polsce, prowadzone są rozliczne badania naukowe oceniające wpływ tegoż zanieczyszczenia na zdrowie populacji. Dziś już wiemy, że oddychanie zanieczyszczonym powietrzem w grupie osób dorosłych związane jest z większą zachorowalnością na choroby układu krążenia, układu oddechowego oraz nowotworów (1). Czy dane te potwierdzają się również w przypadku dzieci?

CEL PRACY

Celem badania jest bliższe ukazanie problemu zanieczyszczenia powietrza, którego obecny stan jest bardzo zły. Nie tylko w Krakowie, ale i w mniejszych miejscowościach wokół stolicy Małopolski, nie wyłączając miejscowości uzdrowiskowych i górskich, zanieczyszczenie kilkakrotnie przekracza normy. Protesty mieszkańców oraz ruch społeczny Krakowski Alarm Smogowy (2) poruszają ten problem od kilku lat, a społeczeństwo orientuje się coraz lepiej w kwestii wpływu zanieczyszczenia pyłami zawieszonymi na zdrowie człowieka. Celem szczegółowym w przeprowadzonym badaniu jest potwierdzenie owego wpływu na zdrowie mieszkańców, w tym przypadku dzieci, poprzez przedstawienie, jak stężenie pyłów zawieszonych PM₁₀ i PM_{2,5} wpływa na liczbę zgłoszeń do IP WSSzD w ostrych stanach dotyczących układu oddechowego: ostre zapalenie gardła (Jo2), ostre zapalenie krtani i tchawicy (Jo4), ostre krupowe zapalenie krtani i nagłośni (Jo5), ostre zakażenie górnych dróg oddechowych (Jo6), zapalenie płuc (J18), ostre zapalenie oskrzeli (J20), duszność (Ro6).

MATERIAŁ I METODY

Na podstawie dokumentacji IP WSSzD w Krakowie wyselekcjonowano młodych pacjentów z rozpoznaniem obejmującym wymienione jednostki chorobowe. Miesiące o największym zanieczyszczeniu powietrza (tzw. grzewcze) to listopad, grudzień, styczeń i luty, w których, z uwagi na najniższe temperatury, emisja pyłów z pieców opalanych paliwem stałym jest największa. Letnie miesiące to te o najmniejszej emisji. Badaniem objęto więc trzy przedziały czasowe: dwa okresy zimowe oraz jeden letni. Zimowe w latach 2013/2014 (182 dni obserwacji – 1375 zgłoszeń) i 2014/2015 (90 dni obserwacji – 1054 zgłoszenia), letni 2014 roku (60 dni obserwacji – 214 zgłoszeń). Łączna liczba pacjentów włączonych do badania to 2643 osoby do 18. roku życia.

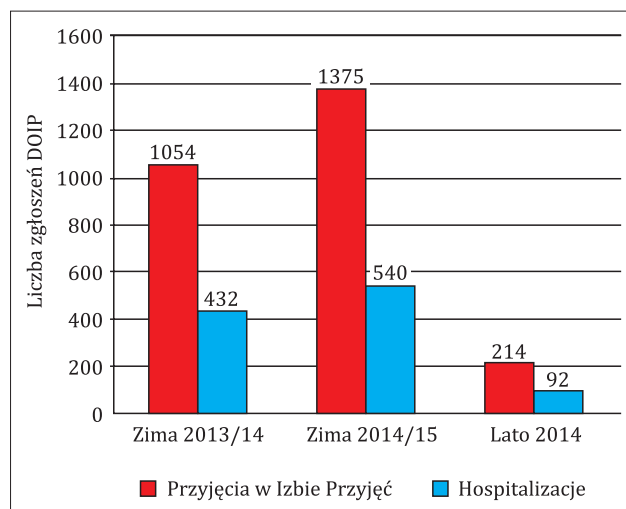
Analizowano korelację pomiędzy liczbą dzieci przyjętych w IP WSSzD (osób zgłaszających się samodzielnie, skierowanych z podstawowej opieki zdrowotnej oraz przywiezionych przez zespoły ratownictwa medycznego) a średnimi stężeniami pyłów. Średnie siedmiodniowe stężenia pyłów PM₁₀ oraz PM_{2,5} obliczono na podstawie danych pozyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Wartości ze stacji pomiarowej Kraków, ul. Krasickiego (3). W analizie statystycznej posłużono się korelacją Pearsona.

WYNIKI

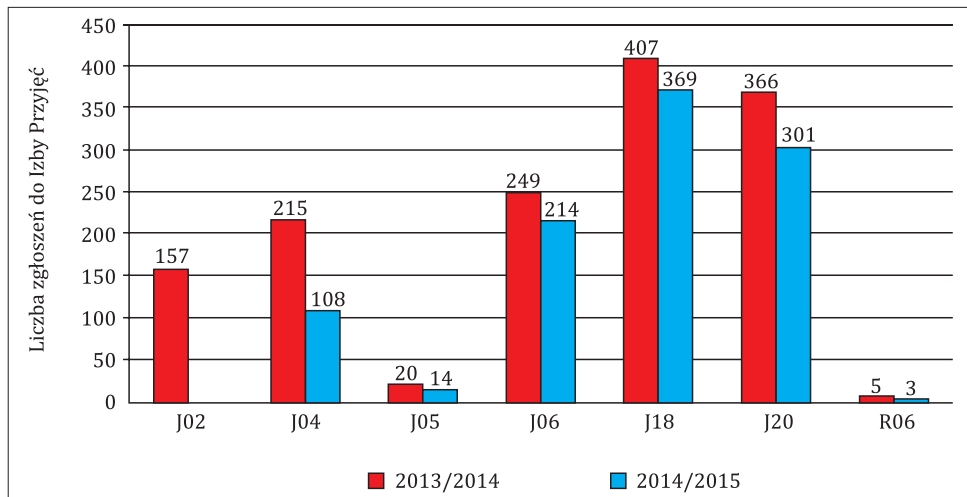
W badanych „okresach grzewczych” w Izbie Przyjęć opatrzono 2429 dzieci (ryc. 1). Liczbowo, zależnie od ostatecznego rozpoznania, rozkład analizowanych jednostek chorobowych w poszczególnych okresach zimowych został przedstawiony w rycinie 2.

W okresie zimowym 2013/2014 korelacja pomiędzy średnią arytmetyczną stężenia pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} a liczbą zgłoszeń do Izby Przyjęć była dodatnia, a wynik był istotny statystycznie ($R = 0,23$; $p < 0,05$) (ryc. 3). Podobnie w okresie 2014/2015 wynik także był istotny statystycznie ($R = 0,24$; $p < 0,05$). Korelacje pyłów PM₁₀ i PM_{2,5} wypadły podobnie, pokazując zależność zachorowalności od zanieczyszczenia powietrza w Krakowie (ryc. 4).

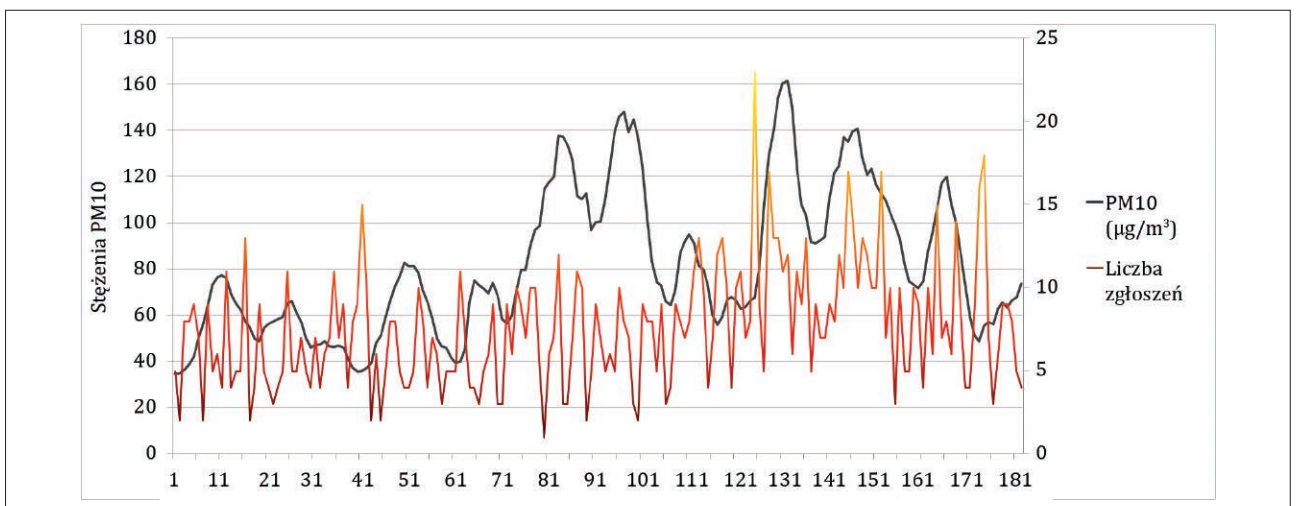
W okresie letnim, w przeciwieństwie do okresu zimowego, wynik nie był istotny statystycznie: $R = -0,14$; $p > 0,05$. W analizie posłużono się tą samą metodą statystyczną (ryc. 5).



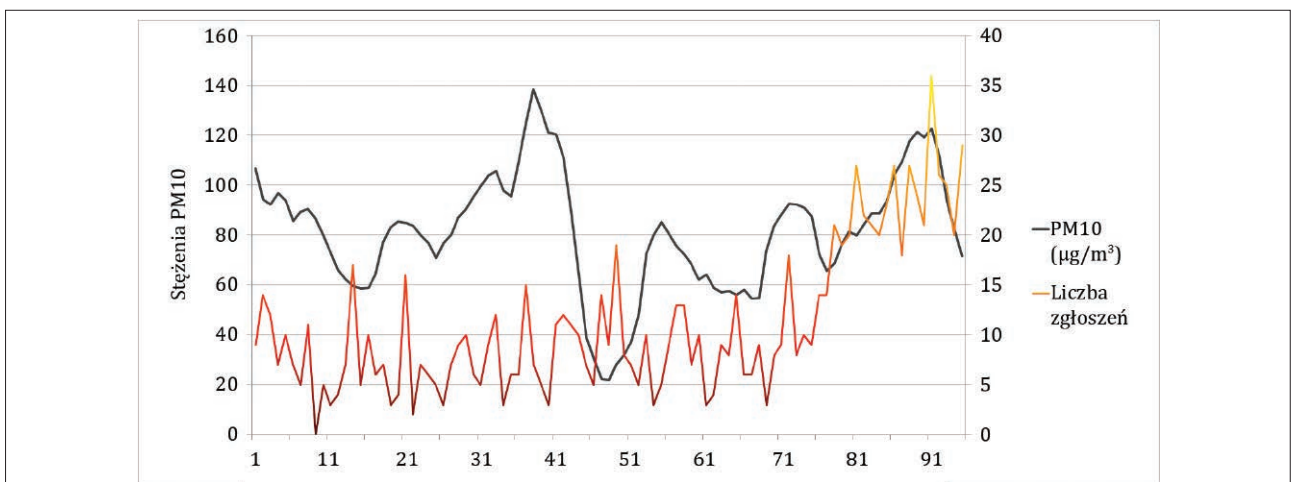
Ryc. 1. Osoby przyjęte do Izby Przyjęć oraz hospitalizacje w poszczególnych okresach



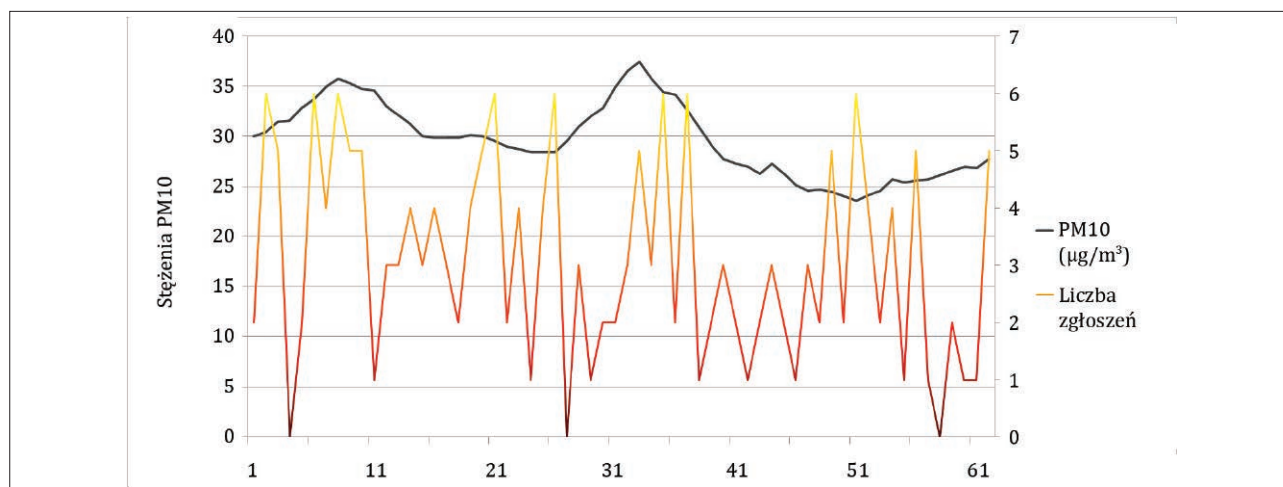
Ryc. 2. Liczba zgłoszeń do Izby Przyjęć w poszczególnych jednostkach chorobowych



Ryc. 3. Wykres zależności liczby zgłoszeń od stężenia PM10 – zima 2013/2014



Ryc. 4. Wykres zależności liczby zgłoszeń od stężenia PM10 – zima 2014/2015



Ryc. 5. Wykres zależności liczby zgłoszeń od stężenia PM₁₀ – lato 2014

Z uwagi na rozgorzałą dyskusję o wpływie transportu samochodowego na powstawanie smogu analizowano dodatkowo korelację zgłoszeń do Izby Przyjęć ze stężeniami tlenków azotu, emitowanych głównie przez silniki samochodów. Wynik nie był istotny statystycznie: $R = 0,13$; $p > 0,05$.

Przeanalizowano także zgłoszenia w okresie zimowym i letnim do Izby Przyjęć zakończone hospitalizacją i ich udział procentowy w liczbie wszystkich zgłoszeń.

DYSKUSJA

Wśród grup szczególnie narażonych na negatywne skutki zdrowotne skażonego powietrza znajdują się bez wątpienia dzieci. W związku z odrębnościami w budowie i czynności układu oddechowego, jakimi są u dzieci małe odległości pomiędzy poszczególnymi odcinkami dróg oddechowych i ich niedojrzałość oraz zmniejszona zdolność oczyszczania i nawilżania powietrza wdychanego, procesy zapalne w układzie oddechowym u dzieci rozwijają się częściej i rozprzestrzeniają szybciej pomiędzy poszczególnymi odcinkami dróg oddechowych. Dodatkowym czynnikiem predysponującym do występowania wielu chorób w pierwszych latach życia jest bez wątpienia niedojrzałość układu odpornościowego. Układ immunologiczny bowiem potrzebuje czasu i treningu, by móc ostatecznie nabyć pełną kompetencję do skutecznej ochrony i zwalczania drobnoustrojów z otoczenia. W świetle tego nikogo nie dziwi wykazana w badaniach ostatnich lat ścisła korelacja między znacznym zanieczyszczeniem środowiska a zwiększoną zapadalnością na choroby układu oddechowego oraz astmę u dzieci (4).

Nie wolno nam zapominać, że już od momentu poczęcia zanieczyszczenie powietrza ma wpływ na zdrowie dziecka. Narażenie to jest tym istotniejsze, że bariera łożyskowa nie jest w stanie w pełni uchronić płodu przed kontaktem z czynnikami chemicznymi zawieszonymi w powietrzu, zaś szybko rozwijający się płód jest bardzo wrażliwy na wszelkiego rodzaju substancje chemiczne. Wyniki badań naukowych niestety nie pozostawiają wątpliwości. Okazuje się, że wyższy poziom ekspozycji matki na pyły zawieszone w powietrzu skutkuje zwiększoną częstością poronień, patologii w ciąży

oraz zmniejszoną masą urodzeniową dziecka (5, 6). Co więcej, badania naukowe pokazują gorszy rozwój psychomotoryczny oraz późniejszy niższy iloraz inteligencji u dzieci, które w wieku prenatalnym narażone były na zwiększone zanieczyszczenie powietrza (7).

Ponadto, podobnie jak w grupie dorosłych, większa ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza pyłami zawieszonymi u dzieci skutkować będzie zwiększoną częstością oraz wcześniejszym początkiem chorób układu krążenia i nowotworów, a w konsekwencji zwiększoną śmiertelnością.

Największy problem zanieczyszczenia powietrza to pył zawieszony: ziarna większe – PM₁₀ do 10 mikrometrów średnicy oraz mniejsze PM_{2,5} – do 2,5 mikrometrów średnicy. Tu należy wspomnieć, że pyły PM₁₀ i PM_{2,5} są emitowane w głównej mierze przez spalanie paliw stałych w piecach oraz w dużo mniejszym stopniu przez silniki samochodów.

Pyły o średnicy poniżej 10 mikrometrów inhalowane do płuc mogą powodować kaszel oraz duszność. Przyczyniają się do wystąpienia infekcji układu oddechowego, zaostrzeń astmy i przewlekłej obturacyjnej choroby płuc oraz alergii (8). Objawy zależą od stężenia pyłu i czasu ekspozycji. Drobną cząsteczkę pyłów – PM_{2,5} – przenikają do krwiobiegu i mogą wpływać na choroby układu krążenia, takie jak: choroba niedokrwienna serca, nadciśnienie tętnicze, niewydolność serca, zaburzenia rytmu serca, udary mózgu (9). Wśród chorób nowotworowych najczęściej powodują raka płuc.

W 2013 roku Europejska Agencja Środowiska ogłosiła, że Kraków zajął trzecie miejsce wśród najbardziej zanieczyszczonych miast Europy. W badaniu brano pod uwagę stężenia pyłów zawieszonych w 400 miastach Europy – skupiono się na liczbie dni, kiedy codzienne normy dla stężenia pyłu zawieszonego (PM₁₀) zostały przekroczone. W Krakowie w 2011 roku normy przekroczone były przez 151 dni – według norm UE nie powinny być one przekroczone przez więcej niż 35 dni w roku. W przypadku pyłów PM_{2,5} największe średnie stężenie dobowe w Krakowie wynosiło ponad 46 µg/m³ (norma Polska to 25 µg/m³; WHO 10 µg/m³) (10).

Istotne normy to także: poziom alarmowania (w Polsce o stężeniach pyłów PM₁₀ wynosi 300 µg/m³) oraz poziom

Tab. 1. Dopuszczalne stężenia pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5

PM10 średnie 24-godz. stężenie	PM10 średnie roczne stężenie	PM2,5 średnie 24-godz. stężenie	PM2,5 średnie roczne stężenie	PM10 liczba dni w ciągu roku z dopuszczalnym przekroczeniem	PM10 poziom alarmowy średniego 24-godz. stężenia
50 µg/m ³	40 µg/m ³	25 µg/m ³	25 µg/m ³	35 dni	300 µg/m ³
	20 µg/m ³ (wg WHO)		10 µg/m ³ (wg WHO)		

informowania 200 µg/m³, dla porównania: w Czechach wynosi 100 µg/m³, w Wielkiej Brytanii 101 µg/m³, we Francji 80 µg/m³, w Finlandii „aż” 50 µg/m³.

Komisja Europejska w 2014 roku podała, że liczba zgonów spowodowanych złą jakością powietrza w Polsce w 2010 roku wyniosła 43 tysiące, przewidywana w 2015 to 40 tysięcy (11). Tylko w aglomeracji krakowskiej zanieczyszczenie powietrza pyłem zawieszonym jest przyczyną średnio 400 zgonów na rok (12).

Autorzy przypominają o konieczności włączenia rozwiązań systemowych, mających na celu ochronę szczególnie narażonych osób na zachorowania związane z zanieczyszczeniem powietrza: dzieci, seniorów oraz kobiet w ciąży. Zdaniem autorów oraz w oparciu o propozycje Krakowskiego Alarmu Smogowego należałoby zaostrzyć normy dopuszczalne stężeń pyłów, w tym poziomy alarmowania. Uruchowienie systemu alarmowania poprzez media publiczne, takie jak telewizja czy wyświetlanie poziomów zanieczyszczenia w pojazdach komunikacji miejskiej to pierwsze poważne kroki w dobrym kierunku informowania społeczeństwa o zagrożeniu. Proponowane kolejne kroki to automatyczny system informujący w jasny sposób (media, szpitale, przychodnie podstawowej opieki zdrowotnej, przedszkola i szkoły) o jakości powietrza danego dnia w miastach i o prognozie na kolejne dni (13).

Istotnym problemem jest edukacja społeczeństwa w kwestii zagrożeń związanych z zanieczyszczeniem powietrza oraz o możliwości ochrony przed smogiem (maseczki, oczyszczacze

powietrza). Informacje o aktualnym zanieczyszczeniu powietrza wraz z „indywidualną ochroną” zmniejszyłyby częstość zaostrzeń chorób układu oddechowego u najmłodszych.

WNIOSKI

W badaniu potwierdzono istotny wpływ smogu na zdrowie najmłodszych mieszkańców Krakowa, a stężenie pyłów PM10 i PM2,5 bezpośrednio przekłada się na ilość zaostrzeń chorób przewlekłych oraz nowych zachorowań w zakresie układu oddechowego.

W okresie zimowym zależność pomiędzy stężeniami pyłów PM10 i PM2,5 we wdychanym powietrzu a liczbą zgłoszeń do Izby Przyjęć z powodu ostrych stanów związanych z układem oddechowym u dzieci była istotna statystycznie. W okresie letnim, kiedy poziom zanieczyszczenia zależy głównie od ruchu ulicznego (silników spalinowych), nie ma takiej zależności. Potwierdziło to wpływ zanieczyszczenia powietrza pyłami zawieszonymi na ostre zachorowania oraz zaostrzenia przewlekłych chorób układu oddechowego u osób poniżej 18. roku życia. Ponadto zanieczyszczenie powietrza przez tlenki azotu, emitowane głównie przez silniki spalinowe, nie miało istotnego wpływu na zaostrzenia chorób układu oddechowego, tym samym potwierdzając ponownie znacznie większy wpływ ogrzewania na paliwa stałe (pieców) niż spalin samochodowych na przebieg chorób układu oddechowego.

W celu ochrony osób szczególnie narażonych na zanieczyszczenia powietrza konieczne jest wdrożenie rozwiązań systemowych.

Konflikt interesów Conflict of interest

Brak konfliktu interesów
None

Adres do korespondencji

*Karol Malec
Centrum Urazowe Medycyny Ratunkowej
i Katastrof
Szpital Uniwersytecki w Krakowie
ul. Kopernika 50, 31-501 Kraków
tel. +48 608-041-507
e-mail: karol.malec@poczta.fm

Piśmiennictwo

1. Malec K, Bednarek M: The impact of particulate matter (PM10, PM2.5) concentration on the occurrence of acute cardiopulmonary disorders in Krakow agglomeration on the basis of admission to the Emergency Department (ED) University Hospital in Krakow. *Pol J Emerg Med* 9(18): 96. <http://www.krakowskialarmsmogowy.pl/> (data dostępu: 14.04.2016).
2. <http://www.krakow.pios.gov.pl/> (data dostępu: 15.01.2016).
3. Kasznia-Kocot J, Kowalska M, Górny RL et al.: Environmental risk factors for respiratory symptoms and childhood asthma. *Ann Agric Environ Med* 2010; 17(2): 221-229.
4. Jędrzychowski W, Majewska R, Mróz E et al.: Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza drobnym pyłem zawieszonym i wielopierścieniowymi węglowodarami aromatycznymi w okresie prenatalnym na zdrowie dziecka. Badania w Krakowie. Katedra Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej UJ CM oraz Fundacja Zdrowie i Środowisko; www.małopolska.pl (data dostępu: 13.04.2016).
5. Choi H, Jędrzychowski W, Spengler J et al.: International studies of prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and fetal growth. *Environ Health Perspect* 2006; 114(11): 1744-1750.
6. Tusscher GW, Koppe JG: Perinatal dioxin exposure

and later effects-a review. *Chemosphere* 2004; 54(9): 1329-1336. **8.** Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS et al.: Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *Am J Respir Crit Care Med* 2011; 183(4): 455-461. **9.** Bedada GB, Smith CJ, Tyrrell PJ et al.: Short-term effects of ambient particulates and gaseous pollutants on the incidence of transient ischaemic attack and minor stroke: a case-crossover study. *Environ Health* 2012; 11: 77. **10.** Raport: Air quality in Europe – 2013 report. EEA Report No 9/2013. **11.** Raport: Holland M: Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenario for EU Clean Air Package. EMRC 2014. **12.** Jędrak J: Wpływ zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym na śmiertelność: analiza dla Krakowa; <http://www.krakowskialarmsmogowy.pl> (data dostępu: 14.04.2016). **13.** Raport: Co wiemy o smogu? Raport dotyczący informowania o zanieczyszczeniu powietrza 2015; www.krakowskialarmsmogowy.pl (data dostępu: 04.14.2016).

nadesłano: 7.07.2016

zaakceptowano do druku: 5.09.2016