

Joanna Korzeniowska (joanna.korzeniowska@up.krakow.pl)

*Instytut Geografii Uniwersytetu Pedagogicznego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie,
ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków*

Zmiany zawartości pyłu zawieszonego i tlenków azotu w powietrzu w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego' w Krakowie

Changes in the content of particulate matter and nitrogen oxides in the air in 2010–2017 years for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station in Cracow

STRESZCZENIE

Zanieczyszczenie powietrza w Krakowie budzi niepokój i obawę o zdrowie. Mieszkańcy Krakowa jak i innych dużych miast częściej odczuwają skutki zdrowotne życia w zanieczyszczonym środowisku w porównaniu do osób zamieszkujących tereny mało zurbanizowane. Miasto, szczególnie silnie zabudowane jak Kraków, charakteryzuje się słabym przewietrzaniem, małą ilością terenów zielonych oraz olbrzymim ruchem samochodowym. Czynniki te sprzyjają występowaniu wysokich koncentracji zanieczyszczeń powietrza, utrzymujących się przez długi czas. W Krakowie, dotychczas, główną rolę niezadowolającej jakości powietrza przypisywano niskiej emisji. Teraz należałoby uwzględnić dodatkowe dwa główne źródła emisji zanieczyszczeń gazowych, takie jak: transport samochodowy i przemysł. Wprowadzając kompleksowe rozwiązania dla trzech źródeł emisji zanieczyszczeń do powietrza przyczynimy się do poprawy stanu środowiska w Krakowie.

W pracy opracowano dane dotyczące zawartości pyłu zawieszonego i tlenków azotu w latach 2010-2017, pochodzące ze stacji monitoringu powietrza – 'Aleja Krasińskiego' w Krakowie. Wybrano stację monitorującą zanieczyszczenia komunikacyjne, ponieważ to źródło ma duży wpływ na stan jakości powietrza w Krakowie. Opracowanie wyników pokazało, że rok 2016 i 2017 charakteryzuje się najniższym stężeniem pyłu zawieszonego i tlenków azotu w porównaniu z pozostałymi latami. Stężenia pyłu zawieszonego i tlenków azotu zależą od pory roku i dnia, co wiąże się z temperaturą powietrza i prędkością wiatru oraz natężeniem ruchu samochodowego (pora dnia).

ABSTRACT

Air pollution in Cracow gives us cause for concern and worries about health. Residents of Cracow, as well as of other large cities, are more likely to feel the health consequences of living in a polluted environment in comparison to those living in sparsely urbanized areas. A city, especially as densely built-up as Cracow, is characterized by poor aeration, a low number of green areas and high car traffic. These factors have influence to high concentrations of air

pollutants, which persist for a long time. In Cracow, so far, the main role of unsatisfactory air quality has been attributed to low emissions. Now, two additional main sources of gaseous pollutant emissions should be taken into account, such as road transport and industry. By introducing comprehensive solutions to three sources of pollutant emissions into the air, we will contribute to the improvement of the condition in the Cracow environment.

The article presents data concerning the content of particulate matter and nitrogen oxides in the years 2010–2017 derived from the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station in Cracow. This station that monitors traffic pollution was chosen because it has a large impact on the air quality in Cracow. The study showed that in 2016 and 2017 the concentration of particulate matter and nitrogen oxides was the lowest in comparison with other years. Concentrations of particulate matter and nitrogen oxides depend on the season and day, due to air temperature, wind speed and car traffic intensity (time of day).

Słowa kluczowe: pył zawieszony, tlenki azotu, ruch samochodowy, Kraków
Keywords: particulate matter, nitrogen oxides, car traffic, Cracow

WPROWADZENIE

Kraków od wielu lat kojarzony jest ze smogiem. W mieście tym stwierdza się częste występowanie wysokich koncentracji różnych zanieczyszczeń w powietrzu. Na wielkość stężeń zanieczyszczeń powietrza wpływa niekorzystne położenie Krakowa w dolinie Wisły, niesprzyjające warunki meteorologiczne, gęsta zabudowa i duży ruch samochodowy. Ponadto miejscowa emisja zanieczyszczeń do powietrza jest również bardzo wysoka, a napływy zanieczyszczeń spoza granic miasta też nie pozostają obojętne dla jakości powietrza na jego obszarze.

Wysokie stężenia zanieczyszczeń powietrza wywołują szereg schorzeń układu oddechowego i krwionośnego. Przyczyniają się do rozwoju chorób nowotworowych i licznych reakcji alergicznych (Sunyer i in. 2000; Brook i in. 2004; Dominici i in. 2006; Sobczak 2012).

W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwowane są wysokie stężenia przede wszystkim pyłu zawieszonego PM₁₀ i PM_{2,5} oraz tlenków azotu w powietrzu. Wartości te przekraczają poziomy dopuszczalne, bezpieczne dla zdrowia człowieka, szczególnie w okresie grzewczym. Częsteczki pyłu zawieszonego mają różną wielkość i skład chemiczny, co związane jest ze źródłem ich emisji (Wilczyńska-Michalik i in. 2015a, 2015b, 2016). Dla zdrowia człowieka najbardziej niebezpieczne są najmniejsze cząsteczki pyłu (PM_{2,5}), z powodu łatwego przenikania do pęcherzyków płucnych. Uważa się, że za emisję do powietrza niewielkich cząsteczek pyłów zawieszonych odpowiada rozwijająca się dynamicznie w ostatnich latach komunikacja samochodowa.

Celem pracy było prześledzenie zmian w stężeniach zanieczyszczeń powietrza, głównie pyłu zawieszonego i tlenków azotu na przestrzeni ostatnich ośmiu lat (2010-2017 rok) na stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'.

METODYKA BADAŃ

W pracy opracowano dane dotyczące stężeń pyłów i tlenków azotu pochodzące z automatycznej stacji monitoringu powietrza Aleja Krasińskiego w Krakowie (Fot. 1). Analizowane dane uzyskano z bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie (<http://www.krakow.pios.gov.pl/>). Stacja ta została wybrana ze względu na swoją lokalizację – w pasie zieleni bardzo zatłoczonej arterii komunikacyjnej miasta, na której szczególną rolę winny odgrywać zanieczyszczenia pochodzące z motoryzacji.



Fot.1. Stacja monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: fot. J. Korzeniowska, 2017)
Photo.1. The 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: photo by J. Korzeniowska, 2017)

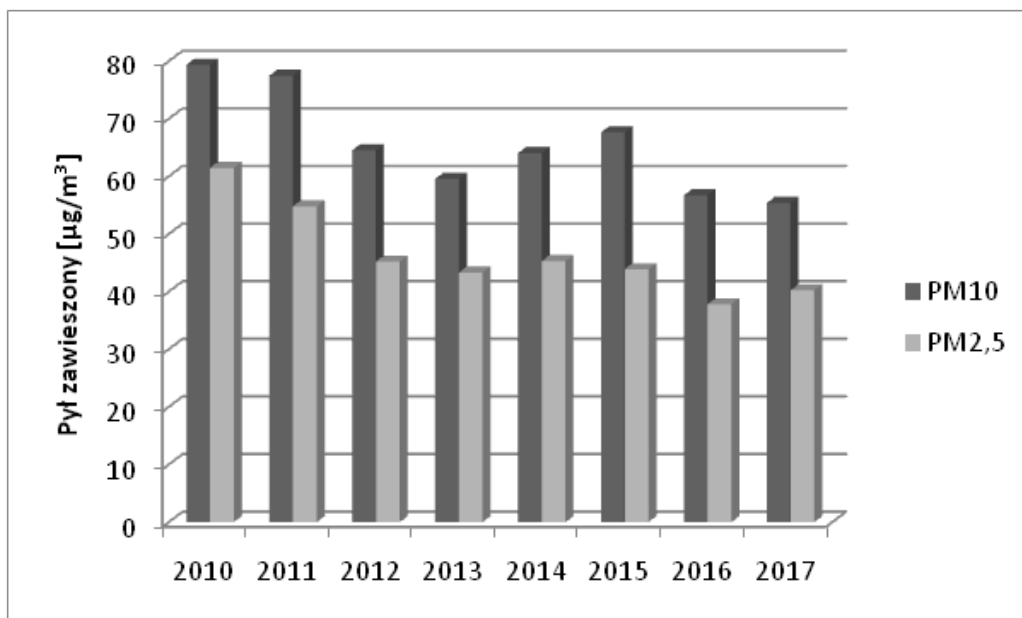
Przeprowadzono analizę wielkości stężeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz tlenków azotu (NO_x), ponieważ to te zanieczyszczenia mają pochodzić przede wszystkim z komunikacji. Celem analizy było porównanie wielkości koncentracji pyłów i tlenków azotu w latach 2010-2017. Dążono do uzyskania odpowiedzi na pytania:

- Czy stężenie pyłów i tlenków azotu w badanych latach zmniejsza się, czy wzrasta?
- Czy pora grzewcza ma wpływ na wielkość emisji zanieczyszczeń do powietrza?
- Czy wielkość emitowanych pyłów i tlenków azotu przekracza dopuszczalne poziomy zanieczyszczeń?

- Czy warto podejmować jakieś działania naprawcze lub zapobiegawcze, czy też emisje motoryzacyjne są na tyle niskie, że nie zagrażają zdrowiu mieszkańców?

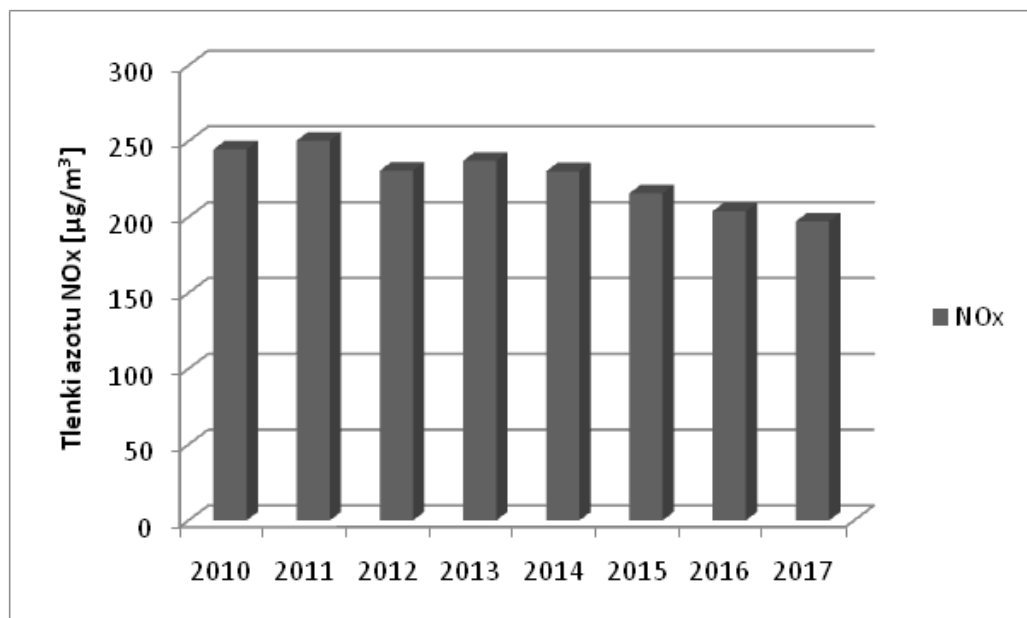
WYNIKI

Wyniki pomiarów stężeń pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 oraz tlenków azotu zostały uśrednione dla każdego roku, od 2010 do 2017 i posłużyły do opracowania wykresów przedstawionych na rycinach 1. i 2., które przedstawiają średnią roczną koncentrację pyłów i NO_x dla stacji Aleja Krasieńskiego w Krakowie.



Ryc.1. Średnia roczna koncentracja pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5 w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasieńskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.1. Average annual concentration of particulate matter PM10 and PM2.5 in the years 2010–2017 for the 'Aleja Krasieńskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)



Ryc.2. Średnia roczna koncentracja tlenków azotu w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

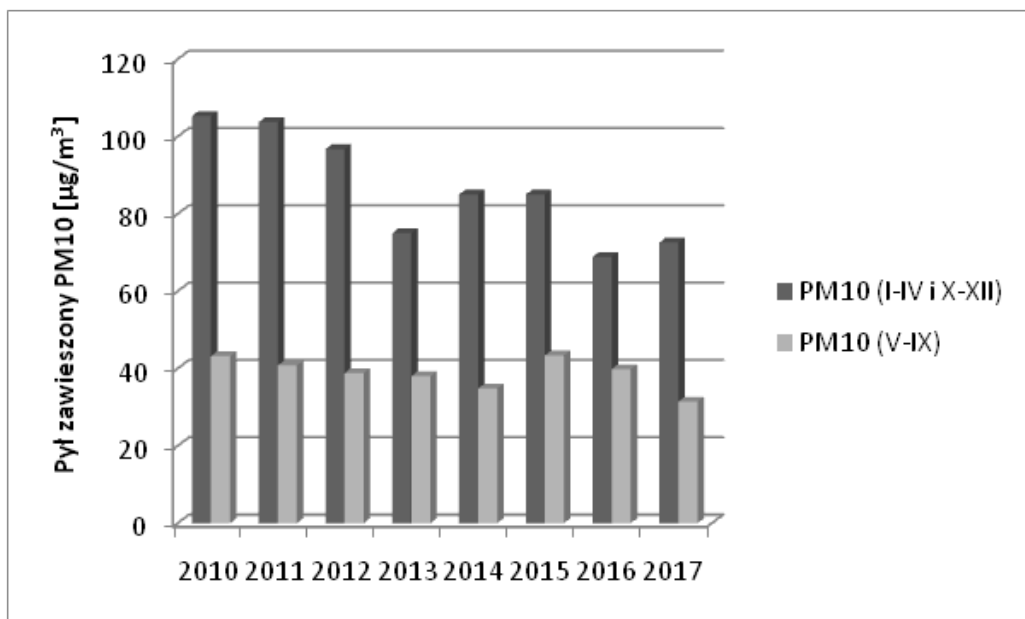
Fig.2. Average annual concentration of nitrogen oxides in the years 2010–2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Najwyższa średnia roczna koncentracja pyłu zawieszonego PM10 i PM2,5, dla stacji monitoringu powietrza Aleja Krasińskiego, wynosiła 79 i 62 µg/m³ w 2010 oraz 78 i 55 µg/m³ w 2011 roku. Rok 2016 i 2017 charakteryzował się najniższym stężeniem pyłów zawieszonych (57 i 38 µg/m³) dla 2016 oraz 55 i 40 µg/m³ dla 2017 roku (Ryc. 1). Dopuszczalna średnia roczna koncentracja dla PM10 wynosi 40 µg/m³, zaś dla PM2,5 25 µg/m³ (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu). Wartość dopuszczalna stężeń pyłów została przekroczona we wszystkich analizowanych latach, z czego aż dwukrotnie w roku 2010 i 2011.

Najwyższa średnia roczna koncentracja tlenków azotu (NO_x) miała miejsce w 2011 roku (251 µg/m³), zaś najniższa w 2017 roku (197 µg/m³). W latach 2012-2017 obserwuje się niewielki spadek stężenia tlenków azotu (NO_x) w powietrzu w porównaniu z rokiem 2011 (Ryc. 2). Dopuszczalna średnia roczna koncentracja tlenków azotu wynosząca 30 µg/m³ (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu) została przekroczona wielokrotnie we wszystkich rozpatrywanych latach.

Średnie koncentracje pyłu zawieszonego PM10 dla okresu chłodnego (w miesiącach styczeń-kwiecień oraz październik-grudzień) w latach 2010-2017

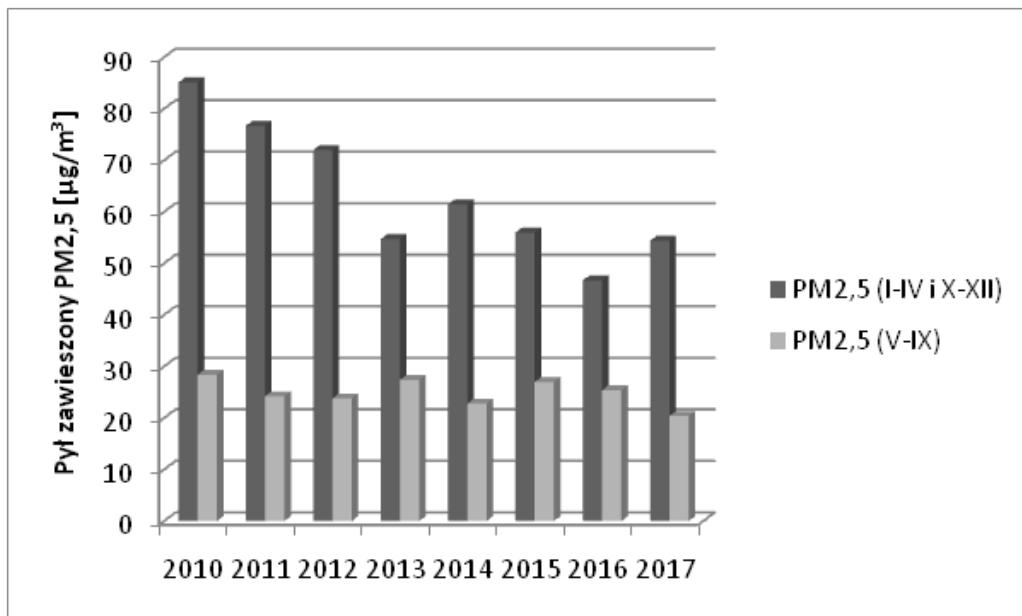
(Ryc. 3) są co najmniej dwukrotnie wyższe aniżeli stężenia pyłu PM₁₀ w okresie ciepłym (maj-wrzesień). Fakt ten wynika przede wszystkim z niskiej emisji. Należy jednak zaznaczyć, że w ostatnich latach (2016 i 2017 rok) różnica w koncentracji pyłu zawieszzonego w sezonie grzewczym i poza grzewczym zmniejsza się na skutek korzystniejszej, pod względem zanieczyszczeń powietrza, sytuacji meteorologicznej (wyższe temperatury w okresie chłodnym, większe prędkości wiatru).



Ryc.3. Średnia koncentracja pyłu zawieszzonego PM₁₀ dla okresu chłodnego (w miesiącach styczeń-kwiecień oraz październik-grudzień) i ciepłego (maj-wrzesień) w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.3. Average concentration of particulate matter PM₁₀ in the cold season (January–April and October–December) and the warm season (May–September) in the years 2010-2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

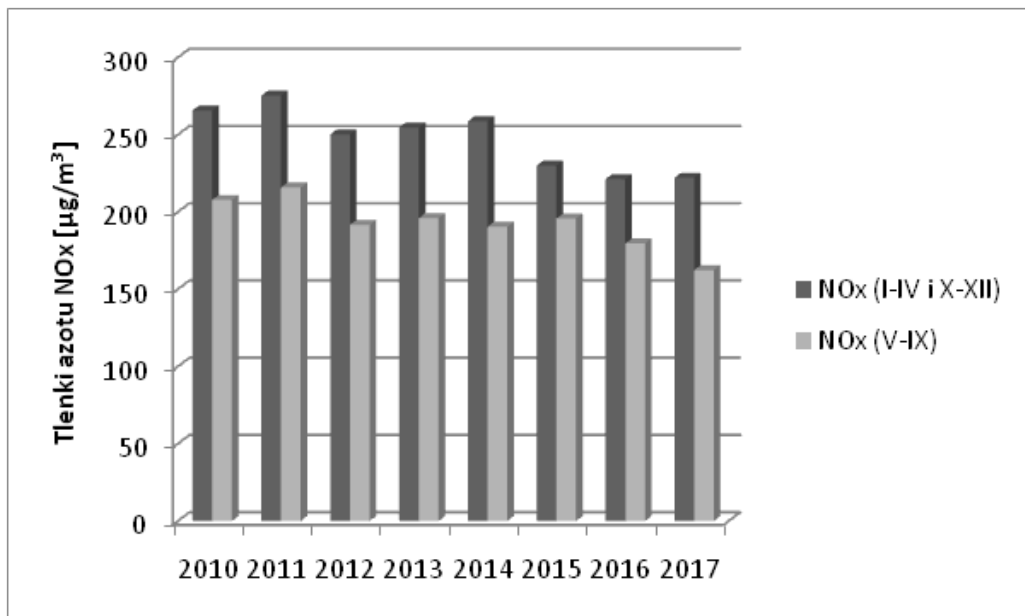
Stężenia pyłu PM_{2,5} w powietrzu, podobnie do koncentracji pyłu PM₁₀, dla okresu chłodnego są kilkakrotnie wyższe (trzykrotnie dla roku 2010, 2011, 2012 oraz dwukrotnie dla lat 2013-2017) w porównaniu z okresem ciepłym (Ryc. 4).



Ryc.4. Średnia koncentracja pyłu zawieszonego PM_{2,5} dla okresu chłodnego (w miesiącach styczeń-kwiecień oraz październik-grudzień) i ciepłego (maj-wrzesień) w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.4. Average concentration of particulate matter PM_{2.5} in the cold season (January–April and October–December) and the warm season (May–September) in the years 2010-2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Różnice w średnich koncentracjach tlenków azotu (NO_x) w okresie chłodnym i ciepłym nie są tak duże jak w przypadku pyłów (Ryc. 5). Są one na stałym poziomie na przestrzeni ostatnich ośmiu lat i wynoszą między 150 a 250 µg/m³. Różnica między półroczem zimowym a letnim wynosi około 50 µg/m³. Może to wynikać z głównego źródła tlenków azotu w powietrzu, czyli motoryzacji. Spalinowe silniki samochodowe przyczyniają się do emisji dużych ilości tlenków azotu do powietrza przez cały rok. Stacja zlokalizowana przy Alei Krasińskiego rejestruje przede wszystkim zanieczyszczenia tego typu. Dlatego też wartości średnie miesięczne tlenków azotu przedstawione na rycinie 5. mogą być wyższe niż na innych stacjach monitoringu powietrza w Krakowie.

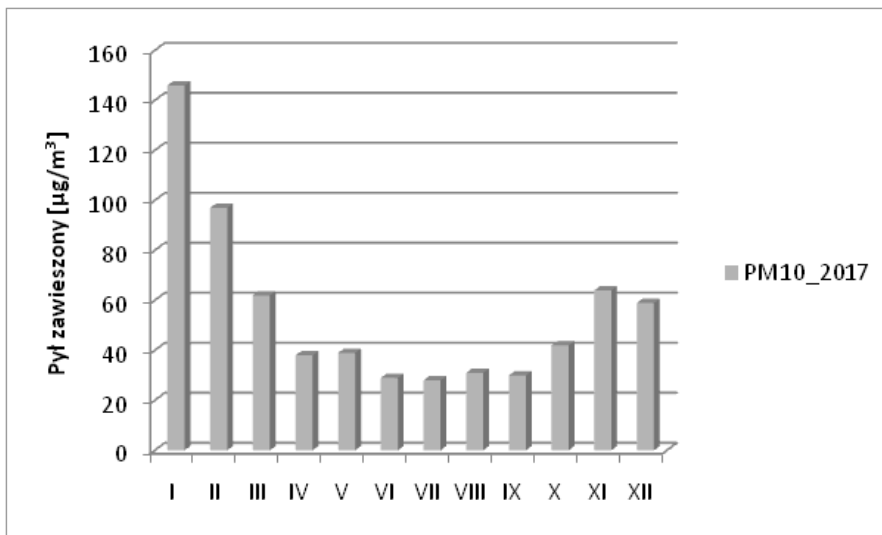


Ryc.5. Średnia koncentracja tlenków azotu (NO_x) dla okresu chłodnego (w miesiącach styczeń-kwiecień oraz październik-grudzień) i ciepłego (maj-wrzesień) w latach 2010-2017 dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.5. Average concentration of nitrogen oxides in the cold season (January–April and October–December) and the warm season (May–September) in the years 2010-2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

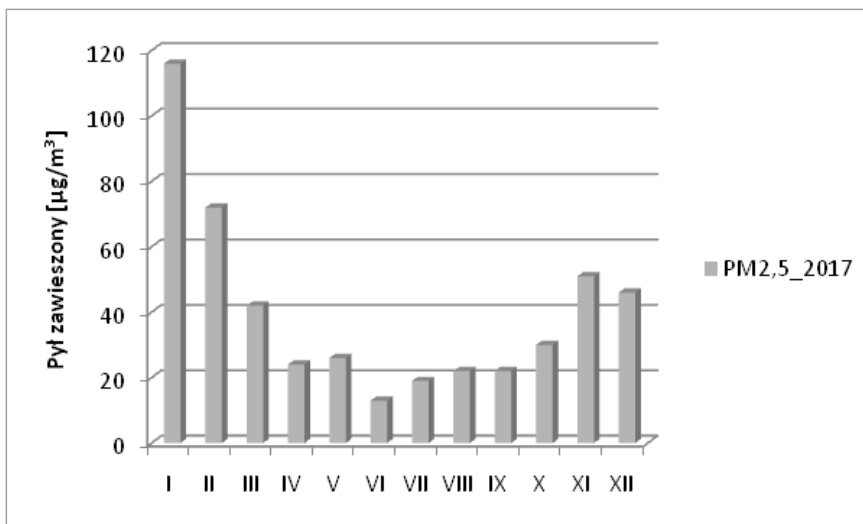
Najwyższą średnią miesięczną koncentrację pyłu zawieszonego PM₁₀ stwierdzono w styczniu – 146 µg/m³ i lutym – 97 µg/m³ (Ryc. 6). Czerwiec, lipiec, sierpień i wrzesień okazały się miesiącami o najniższej średniej koncentracji pyłu PM₁₀, dla których stężenie wynosiło od 28 do 31 µg/m³. Kwiecień, maj i październik także charakteryzowały się niskimi koncentracjami pyłu zawieszonego (38, 39 i 42 µg/m³). Podsumowując miniony rok można powiedzieć, że przez siedem miesięcy stężenie pyłu zawieszonego PM₁₀ w powietrzu nie przekroczyły dopuszczalnej wartości, natomiast w ciągu pięciu miesięcy chłodnych (szczególnie w styczniu i lutym) pojawia się niepokojące zanieczyszczenie powietrza pyłami.

W styczniu (116 µg/m³) i lutym (72 µg/m³) stwierdzono najwyższą średnią miesięczną koncentrację pyłu zawieszonego PM_{2,5}, tak samo jak w przypadku PM₁₀ (Ryc. 7). Najniższa średnia koncentracja pyłu PM_{2,5} występowała w czerwcu (13 µg/m³). Zadowalające stężenia pyłu PM_{2,5} odnotowano też dla lipca (19 µg/m³), sierpnia i września (22 µg/m³) oraz kwietnia (24 µg/m³) i maja (26 µg/m³).



Ryc.6. Średnia miesięczna koncentracja pyłu zawieszonego PM10 w 2017 roku dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

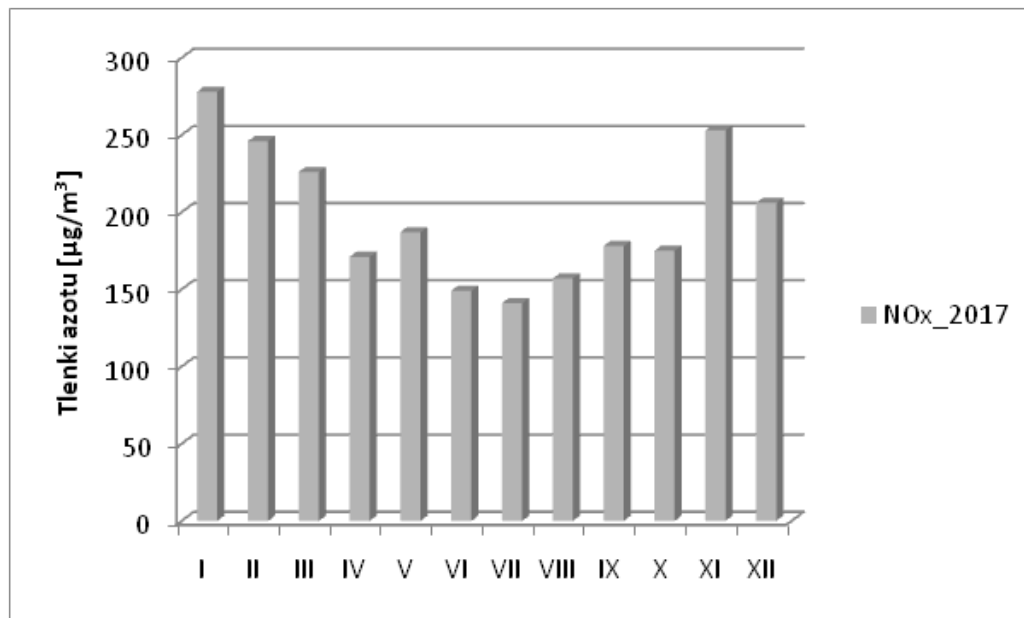
Fig.6. Average monthly concentration of particulate matter PM10 in 2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)



Ryc.7. Średnia miesięczna koncentracja pyłu zawieszonego PM2,5 w 2017 roku dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.7. Average monthly concentration of particulate matter PM2.5 in 2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Średnia miesięczna koncentracja tlenków azotu najwyższe wartości osiąga w styczniu – 278 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, listopadzie – 253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lutym – 246 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, marcu – 226 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i grudniu – 206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, zaś najniższe w lipcu – 141 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, czerwcu – 149 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i sierpniu – 157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ryc. 8).



Ryc.8. Średnia miesięczna koncentracja tlenków azotu w 2017 roku dla stacji monitoringu powietrza 'Aleja Krasińskiego'. (źródło: opracowanie własne na podstawie danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

Fig.8. Average monthly concentration of nitrogen oxides in 2017 for the 'Aleja Krasińskiego' air monitoring station. (source: own study based on data from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Cracow, <http://www.krakow.pios.gov.pl/>)

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W latach 2010-2017 dopuszczalne prawnie normy zostały przekroczone przez stężenia pyłów zawieszonych i tlenki azotu. Wzmożony ruch samochodowy negatywnie wpływa na jakość powietrza w Krakowie, przyczyniając się do wielokrotnych przekroczeń dopuszczalnych koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Najgorsza sytuacja jest w okresie chłodnym – sezonie grzewczym. Warto też wziąć pod uwagę napływ zanieczyszczeń z pobliskich zakładów przemysłowych. Działania naprawcze, mające na celu poprawę jakości powietrza powinny obejmować trzy źródła emisji zanieczyszczeń: niską emisję, transport samochodowy i przemysł. Każde z tych źródeł należy uwzględnić w planach poprawy stanu środowiska w Krakowie i wprowadzić odpowiednie działania ograniczające emisję z tych źródeł. Ważne, aby

nie skupiać się latami tylko na jednym źródle emisji zanieczyszczeń do powietrza (niska emisja) podczas gdy transport ma ponad 30% udziału w tych emisjach. Oczywiście w 2017 roku powstały nowe miejsca postojowe tzw. Park & Ride. Pozostaje otwartą kwestią, czy spełniają swoją rolę, czy nie mają za mało miejsc postojowych. Co jeszcze możemy zrobić? Tematyka zanieczyszczenia powietrza wymaga dalszych działań zarówno ze strony władz miasta jak i nas samych.

LITERATURA

Brook R. D., Franklin B., Cascio W., Hong Y., Howard G., Lipsett M., Tager I, (2004). *Air pollution and cardiovascular disease*. *Circulation*, (109): 2655-2671.

Dominici F., Peng R. D., Bell M. L., Pham L., McDermott A., Zeger S. L., Samet J. M. (2006). *Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases*. *Jama*, (295/10): 1127-1134.

Sobczak A. (2012). *Health hazardous Chemical Compounds in the human environment*. *Medycyna Środowiskowa – Environmental Medicine*, (15, 1): 7-17.

Sunyer J., Schwartz J., Tobías A., Macfarlane D., Garcia J., Antó J. M. (2000). *Patients with chronic obstructive pulmonary disease are at increased risk of death associated with urban particle air pollution: a case-crossover analysis*. *American Journal of Epidemiology*, (151, 1): 50-56.

Wilczyńska-Michalik W., Michalik M. (2015a). *Skład i pochodzenie cząstek pyłów w powietrzu atmosferycznym w Krakowie*. *Aura*, (3): 4-8.

Wilczyńska-Michalik W., Pietras B., Samek L., Furman L., Łatkiewicz A., Rzeźnikiewicz K., Michalik M. (2015b). *Submikronowe pyły w powietrzu atmosferycznym w Krakowie*. *Aura* (8): 4-7.

Wilczyńska-Michalik W., Pietras B., Michalik M., 2016., *Smog w Krakowie – spojrzenie w przyszłość z perspektywy historycznej*. *Aura*, (11): 6-11.

Akty prawne

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu [Dz. U. 2012, poz. 1031]

Źródła internetowe

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Krakowie: <http://www.krakow.pios.gov.pl/> [dostęp z dn. 31.12.2018]