

*Dariusz Góra*

Uniwersytet Śląski, Katowice, Polska

## Stan zanieczyszczenia powietrza w 2017 roku w województwie śląskim oraz jego wpływ na zdrowie człowieka

### Streszczenie

Za cele pracy przyjęto ocenę poziomu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pyłem zawieszonym PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> oraz benzo(a)pirenem w 2017 roku w województwie śląskim oraz przedstawienie ich negatywnego (toksycznego) wpływu na organizm człowieka. Przeprowadzona analiza wykazała, że najwyższe średnioroczne stężenie benzo(a)pirenu w województwie śląskim występowało głównie na terenie aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej (16 ng/m<sup>3</sup>) oraz w Pszczynie (14 ng/m<sup>3</sup>), pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> głównie w Gliwicach i Katowicach (39 μm/m<sup>3</sup>) i w Bielsku-Białej (32 μm/m<sup>3</sup>), a pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w Pszczynie (56 μm/m<sup>3</sup>) i w Katowicach (52 μm/m<sup>3</sup>). W celu poprawy stanu powietrza atmosferycznego w województwie śląskim i innych obszarów o wysokim stopniu urbanizacji należy przede wszystkim ograniczyć źródła niskiej emisji, czyli emisję szkodliwych pyłów i gazów pochodzących z niskich emitorów.

## The state of air pollution in 2017 in the Silesian province and its impact on human health

### Abstract

The objectives of the study were to assess the level of atmospheric air pollution of particulate matter PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> and benzo (a) pyrene in 2017 in the Silesian province and to present their negative (toxic) impact on the human body. The analysis showed that the highest annual average concentration of benzo(a)pyrene in the Silesian province was mainly in the agglomeration of Rybnik-Jastrzębie (16 ng/m<sup>3</sup>) and in Pszczyna (14 ng/m<sup>3</sup>), particulate matter PM<sub>2,5</sub> mainly in Gliwice and Katowice (39 μm/m<sup>3</sup>) and in Bielsko-Biała (32 μm/m<sup>3</sup>), and suspended dust PM<sub>10</sub> in Pszczyna (56 μm/m<sup>3</sup>) and Katowice (52 μm/m<sup>3</sup>). In order to improve the condition of the atmospheric air in the Silesian province and other areas with a high degree of urbanization, it is first of all necessary to limit the sources of low emission, or the emission of harmful dusts and gases from low emitters.

**Słowa kluczowe:** benzo(a)piren, niska emisja, pył zawieszony PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>, wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, zanieczyszczenie powietrza,

**Key words:** benzo(a)pyrene, low emissions, particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), air pollution,

Otrzymano: 27.02.2020

Received: 27.02.2020

Zaakceptowano: 05.05.2020

Accepted: 05.05.2020

### **Sugerowana cytacja / Suggested citation:**

Góra, D. (2020). Stan zanieczyszczenia powietrza w 2017 roku w województwie śląskim oraz jego wpływ na zdrowie człowieka. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Geographica*, 15, 150–164, doi: 10.24917/20845456.15.10

## **Wstęp**

Województwo śląskie położone jest w południowej części Polski a jego stolicą jest miasto Katowice. Województwo śląskie charakteryzuje się dużym zróżnicowaniem geograficznym i krajobrazowym. Występują tu zarówno góry, tereny wyżynne i niziny. Obejmują one Beskid Śląski, Żywiecki, Pogórze Beskidzkie, lesiste obszary Niziny Śląskiej oraz zurbanizowany obszar Wyżyny Śląskiej. Wschodni kraniec województwa tworzy Wyżynę Krakowsko-Częstochowską (Kondracki, 2002).

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego następuje wskutek wprowadzenia do niego substancji stałych, ciekłych lub gazowych w ilościach, które mogą oddziaływać szkodliwie na organizm człowieka, zwierzęcia, rośliny, wodę i powodować inne szkody w środowisku naturalnym. O jakości powietrza na danym obszarze decyduje zawartość w nim różnych substancji, których koncentracja jest wyższa od warunków naturalnych. Poziomy stężenie zanieczyszczeń w powietrzu wynikają bezpośrednio z wielkości emisji zanieczyszczeń do atmosfery oraz warunków meteorologicznych. Decydujące znaczenie ma także wpływ zanieczyszczeń napływowych (transgranicznych) z obszarów sąsiednich. Na terenie całego województwa śląskiego głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza jest emisja antropogeniczna związana ze źródłami powierzchniowymi, punktowymi oraz liniowymi (głównie transport drogowy).

W Polsce jakość powietrza w wielu skupiskach ludzkich należy do najgorszych na terenie całej Unii Europejskiej. Szczególną uwagę zwraca się na pyły zawieszane (PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub>), węglowodory aromatyczne, dioksyny, furany oraz metale ciężkie. Raporty Światowej Organizacji Zdrowia wykazują, iż spośród 50 najbardziej zanieczyszczonych miast Unii Europejskiej aż 33 zlokalizowane są w Polsce, a 7 znajduje się w pierwszej dziesiątce. Pośrednio z powodu niskiej emisji w Polsce każdego roku umiera około 45 000 osób (Cholewiński, Kamińska, Pospolita, 2016).

## **Cel pracy, materiały i metody**

Za cele pracy przyjęto ocenę poziomu zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego pyłem zawieszonym PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub> oraz benzo(a)pirenem w 2017 roku w województwie śląskim oraz przedstawienie zależności różnych schorzeń człowieka od zanieczyszczenia powietrza. W artykule uwzględniono dane w postaci map z opracowania Atmotermu „Wyniki modelowania stężeń PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, B(a)P na

potrzeby rocznej oceny jakości powietrza dla roku 2017” pochodzące z Państwowego Monitoringu Środowiska w Katowicach.

Metoda pomiarów pyłu zawieszonego polega na użyciu poborników pyłowych, specjalnych urządzeń, do których zasysane jest powietrze atmosferyczne. Montowane są jednorazowe filtry, a przed założeniem do pobornika są ważone. Po 14 dniach, czyli po dobowej ekspozycji każdego filtra, wszystkie są wyjmowane, przewożone do laboratorium i ważone po raz drugi, już jako filtry po tzw. ekspozycji. Z różnic mas przed i po ekspozycji filtra wyliczane są stężenia pyłów.

## Warunki meteorologiczne w województwie śląskim w 2017 roku

Analizowany rok w województwie śląskim był stosunkowo ciepły. Średnia roczna temperatura powietrza dla Katowic, które dobrze reprezentują warunki meteorologiczne województwa z punktu widzenia odchylenia od normy wieloletniej, zawierała się w przedziale od 1,0-1,5 odchylenia standardowego od normy wieloletniej. Analizując szczegółowo przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza należy zauważyć, że normalne warunki termiczne (temperatura średnia miesięczna mieściła się w przedziale  $\pm 0,5$  odchylenia standardowego od normy wieloletniej) wystąpiła w Katowicach jedynie w lutym, kwietniu, maju i wrześniu. Pozostałe miesiące, z wyjątkiem stycznia (bardzo chłodnego -1,5 do -2,0 odchylenia standardowego od normy wieloletniej) były lekko cieplejsze lub ciepłe w odniesieniu do normy, z tym, że lipiec był anomalnie ciepły (2,0-2,6 odchylenia standardowego).

Obszar województwa śląskiego, mimo średniej rocznej temperatury powietrza wyższej od normy wieloletniej nie charakteryzował się ekstremalnymi wartościami temperatury powietrza. Jednak długotrwałe niskie wartości temperatury powietrza w styczniu 2017, a szczególnie fala chłodu od 4 do 17 stycznia 2017 roku spowodowały pogorszenie stanu jakości powietrza szczególnie w zakresie pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> (*Stan środowiska...*, 2018).

Innym ważnym elementem meteorologicznym wpływającym na jakość powietrza jest wiatr, a przede wszystkim jego prędkość. Charakteryzując warunki anemologiczne województwa przez pryzmat pomiarów wiatru w Katowicach należy zauważyć, że średnia roczna prędkość wiatru w 2017 roku była o 0,1 m/s niższa od normy wieloletniej i wynosiła 2,6 m/s. W przebiegu miesięcznym najwyższe prędkości wiatru obserwowano w lutym i listopadzie. Najniższe zaś prędkości wiatru obserwowano w styczniu, lipcu, sierpniu i wrześniu. Choć w bilansie rocznym warunki wentylacyjne w 2017 roku nie były najgorsze (5,6% cisz co oznacza, że ich udział był mniejszy o około 50% niż w okresie wieloletnim) to jednak w najchłodniejszym miesiącu roku (styczniu), udział cisz był wyższy o 50% niż w okresie wieloletnim w tym samym okresie. Podobne warunki anemologiczne panowały w innych częściach województwa. Kształt rocznych róż kierunku wiatru na stacjach meteorologicznych województwa śląskiego nie odbiegał znacząco od wieloletniego, choć na stacji w Katowicach udział sektora zachodniego zwiększył się kosztem sektora południowego. Pod względem warunków opadowych rok 2017 w województwie śląskim należał do normalnych, choć istniało duże zróżnicowanie w przebiegu rocznym. W Katowicach cztery miesiące roku były skrajnie suche (styczeń, maj, czerwiec i lipiec). Spadło wtedy mniej niż 50% normy opadowej, dwa

kolejne (sierpień i grudzień) były bardzo suche: 50–74% normy. Z kolei dwa miesiące były skrajnie wilgotne (kwiecień i wrzesień: >150% normy), a trzy kolejne wilgotne (marzec, październik, listopad: 111–125% normy). Maksymalny dobowy opad atmosferyczny zanotowany na stacjach meteorologicznych wystąpił w dniach: 19 września 2017 roku w Bielsku Białej (51,7 mm), Katowicach (39,9 mm) i Częstochowie (29,7,5 mm), a w dniu 8 lipca w Raciborzu (24,8 mm). Suma roczna usłonecznienia była na wszystkich monitorowanych punktach wyższa od średniej wieloletniej o około 10% – 25% w zależności od stacji. Wszystko to sprawiło, że w roku 2017 powiększył się ciąg lat z wyższą od przeciętnej temperaturą powietrza, choć występowały tu zdecydowanie większe amplitudy roczne tego parametru niż w roku 2016. Rok 2017 wyróżniał się od poprzednich długotrwałymi okresami dni mroźnych w styczniu i długotrwałymi okresami dni gorących. O ile to pierwsze skutkowało pogorszeniem warunków jakości powietrza ze względu na poziom zanieczyszczeń pyłowych w półroczu chłodnym (listopad–marzec), to w półroczu ciepłym (kwiecień–październik) nie wpłynęło to znacząco na zwiększenie stężeń ozonu przyziemnego (*Stan środowiska...*, 2018).

## Wyniki

Zgodnie z *Rozporządzeniem Ministra Środowiska...* (2012) na terenie województwa śląskiego jest wydzielonych 5 stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza. Do stref tych zaliczamy:

- aglomeracja górnośląska – kod strefy PL2401,
- aglomeracja rybnicko-jastrzębska – kod strefy PL2402,
- miasto Bielsko-Biała – kod strefy PL2403,
- miasto Częstochowa – kod strefy PL2404,
- strefa śląska – kod strefy PL2405.

Średnioroczne dopuszczalne stężenie benzo(a)pirenu według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 roku w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu ze względu na ochronę zdrowia ludzi powinno wynosić do  $1 \text{ ng/m}^3$  (*Rozporządzenie Ministra Środowiska...*, 2012). W 2017 roku średnioroczne stężenia benzo(a)pirenu w wielu miastach województwa śląskiego przekroczyły wartość docelową  $1 \text{ ng/m}^3$  (ryc. 1, tab.1). W okresie zimowym od 1 października 2016 roku do 31 marca 2017 roku na stanowiskach w Pszczynie i Rybniku były obserwowane najwyższe stężenia benzo(a)pirenu, które wynosiły odpowiednio  $27 \text{ ng/m}^3$  i  $28 \text{ ng/m}^3$  (*Stan środowiska...*, 2018).

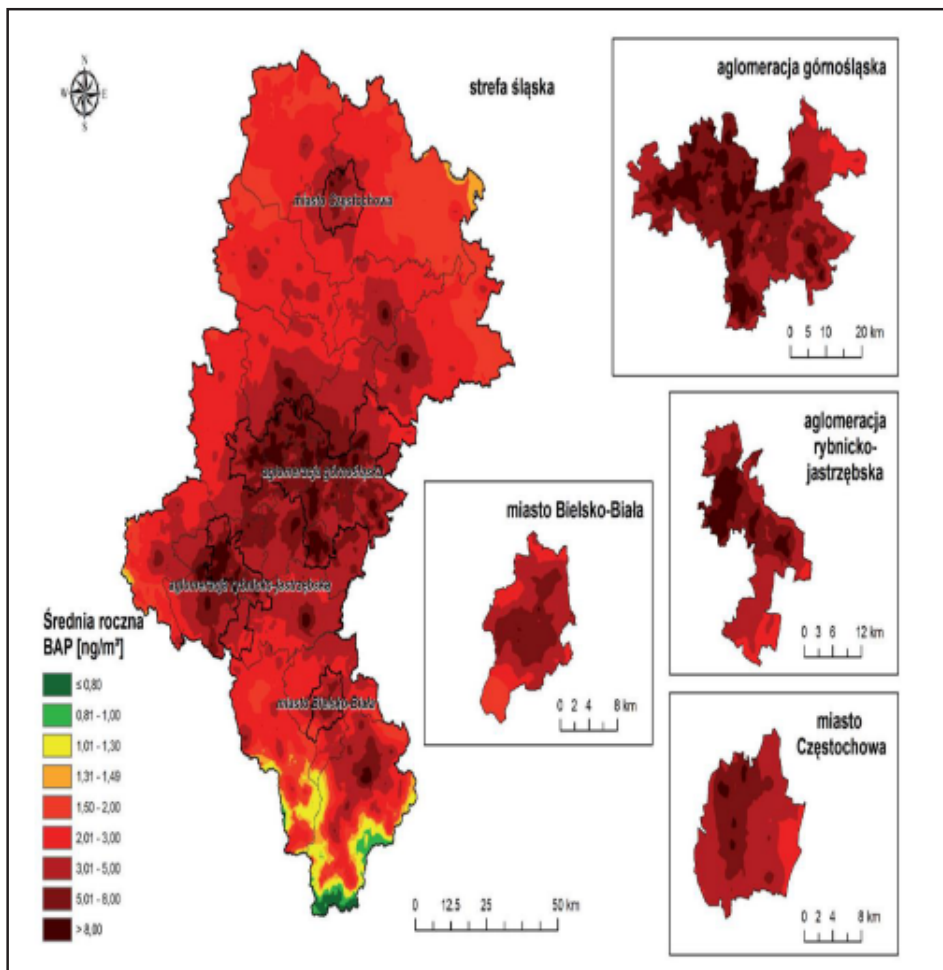
Tab. 1. Średnioroczny poziom przekroczenia dopuszczalnej normy substancji w wybranych miastach województwa śląskiego w 2017 roku

Badana substancja i jej średnioroczne dopuszczalne stężenie	BaP (1 ng/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2,5</sub> (25 µm/m <sup>3</sup> )	PM <sub>10</sub> (40 µm/m <sup>3</sup> )	Liczba przekroczeń dopuszczalnego poziomu stężeń 24-godzinnych (wyższa niż dopuszczalna częstość 35 dni w roku)
Miasto				
Bielsko-Biała	6,09	7	1	50
Częstochowa	3,82	3	2	6
Dąbrowa Górnicza	6,31	-----	1	46
Gliwice	-----	14	4	44
Katowice (ul. Kossutha)	6,41	7	2	37
Katowice (ul. Plebiscytowa/A4)	6,76	14	12	67
Pszczyna	13,36	-----	16	51
Żywiec	11,26	-----	6	69

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Stan środowiska..., 2018”

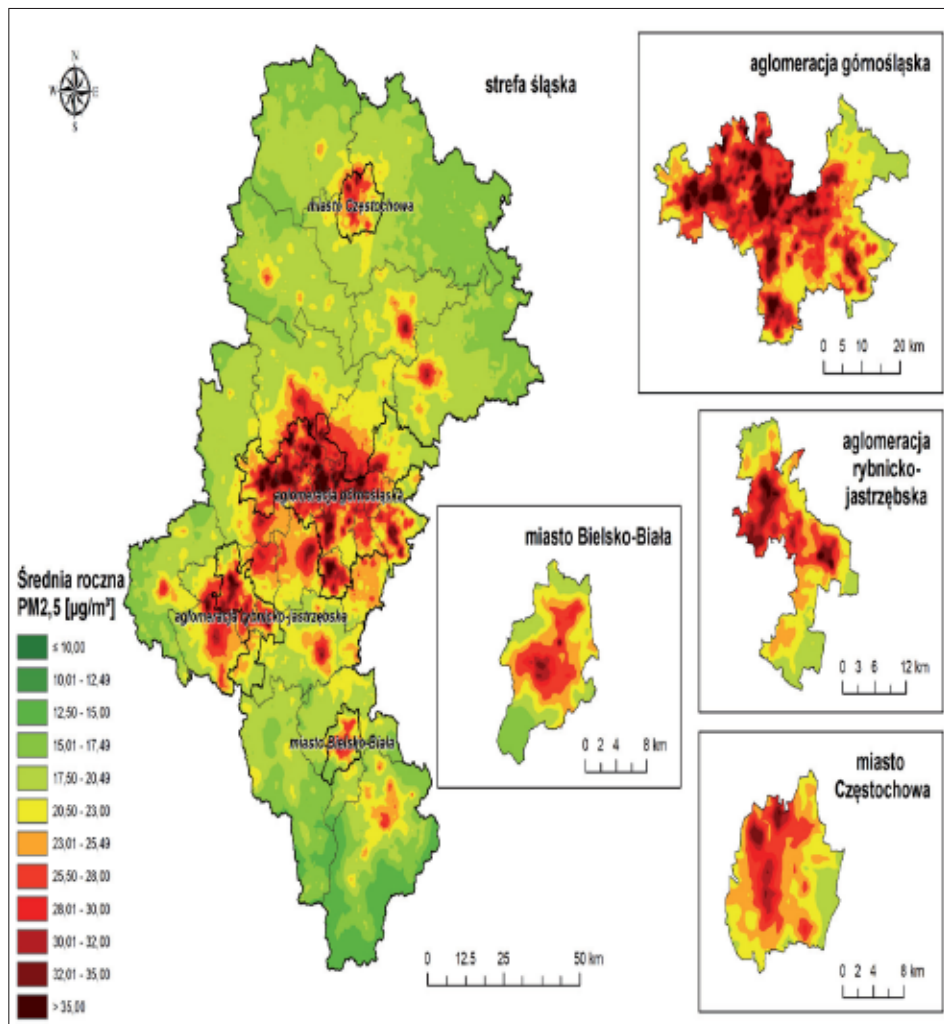
----- stacja pomiarowa nie prowadzi monitoringu badanej substancji.

W 2017 roku wartość dopuszczalna stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub>, wynosząca 25 µg/m<sup>3</sup>, poza stanowiskiem tła regionalnego w Złotym Potoku (gmina Janów), została przekroczona na wielu stanowiskach (ryc. 2, tab.1). Stężenia pyłów PM<sub>2,5</sub> w sezonie zimowym w 2017 roku były prawie dwukrotnie wyższe niż w sezonie letnim. Zmienność sezonowa stężeń występuje od wielu lat na wszystkich stanowiskach. W 2017 roku wartość wskaźnika średniego narażenia dla miast o liczbie mieszkańców większej niż 100 tysięcy i aglomeracji w województwie śląskim były niższe o 1 µm/m<sup>3</sup> niż w 2016 roku w aglomeracji górnośląskiej. Jednak, podobnie jak w latach poprzednich, należały do najwyższych w Polsce i wynosiły w aglomeracji górnośląskiej 30 µm/m<sup>3</sup>, aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej i w mieście Bielsko-Biała 29 µm/m<sup>3</sup> oraz w Częstochowie 27 µm/m<sup>3</sup>. Pułap stężenie ekspozycji, dla którego uśrednia się wyniki pomiarów wynoszący 20 µm/m<sup>3</sup> i który powinien być osiągnięty w 2015 roku, został przekroczony o 7 µm/m<sup>3</sup> w Częstochowie, o 9 µm/m<sup>3</sup> w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej i w Bielsku-Białej oraz o 10 µm/m<sup>3</sup> w aglomeracji górnośląskiej (*Stan środowiska..., 2018*).



Ryc. 1. Średnioroczne stężenia benzo(a)pirenu w województwie śląskim w 2017 roku

Źródło: dane pochodzące z Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Katowicach

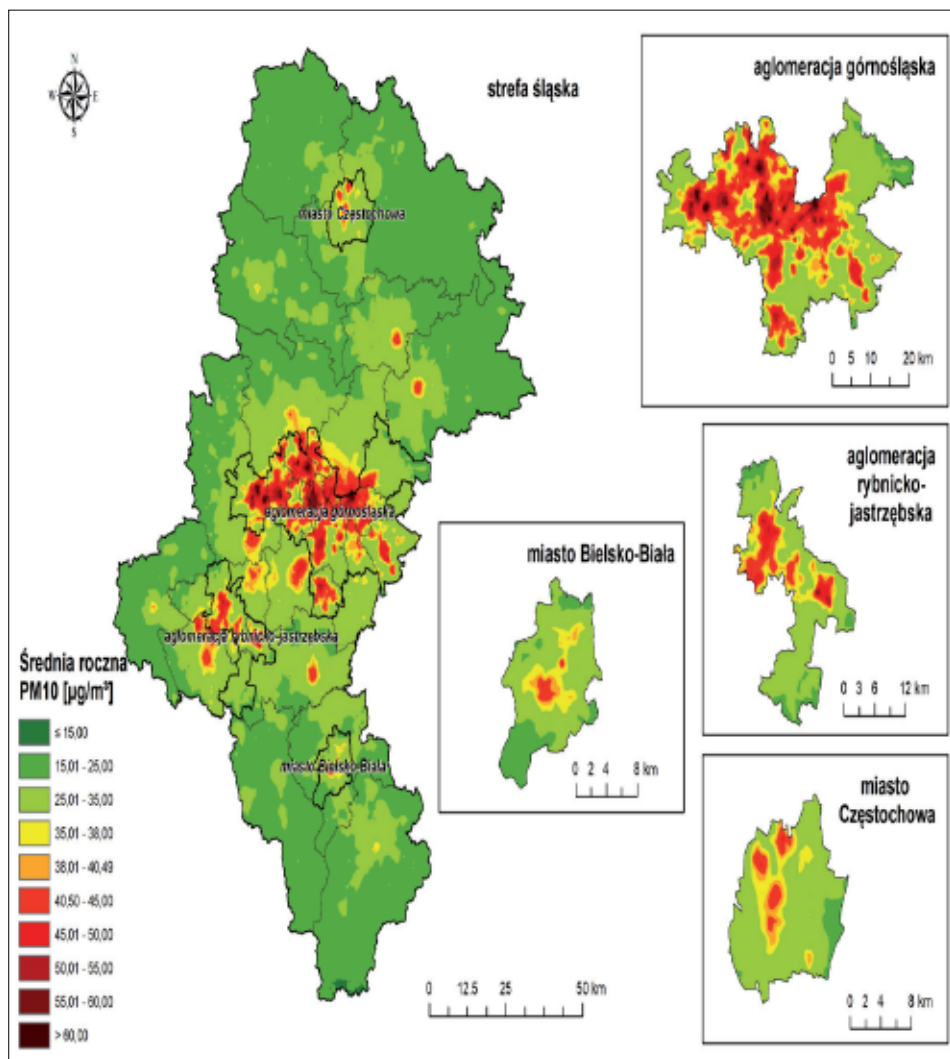


Ryc. 2. Średnioroczne stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> w województwie śląskim w 2017 roku

Źródło: dane pochodzące z Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Katowicach



Średnioroczne dopuszczalne stężenie pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu ze względu na ochronę zdrowia ludzi powinno wynosić do 20  $\mu\text{m}^3$  (do osiągnięcia do dnia 1 stycznia 2020 roku) lub 25  $\mu\text{m}^3$  (do dnia 1 stycznia 2015 roku) (*Rozporządzenie Ministra Środowiska...*, 2012).



Ryc. 3. Średnioroczne stężenia pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> w województwie śląskim w 2017 roku

Źródło: dane pochodzące z Inspekcji Ochrony Środowiska uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Katowicach

Średnioroczne dopuszczalne stężenie pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> według Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 roku w sprawie



poziomów niektórych substancji w powietrzu ze względu na ochronę zdrowia ludzi nie powinno przekraczać  $40 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (*Rozporządzenie Ministra Środowiska...*, 2012).

Przekroczenie średniorocznego poziomu stężenia pyłu zawieszonego PM10 w województwie śląskim w 2017 roku wynosiło między 41 a  $56 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (ryc. 3, tab. 1).

W 2017 roku przez 25 dni (16 dni w styczniu, 6 dni w lutym, 1 dzień w listopadzie, 2 dni w grudniu) stężenia 24-godzinne pyłu zawieszonego PM10 były równe lub wyższe niż  $200 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (wartość progowa informowania społeczeństwa o ryzyku wystąpienia przekroczenia poziomu alarmowego dla pyłu PM10). Stężenia 24-godzinne pyłu PM10 na takim poziomie wystąpiły na 23 z 24 stanowisk w województwie śląskim. Niekorzystne skutki zdrowotne ze względu na wystąpienie poziomów alarmowych pyłu zawieszonego PM10 ( $300 \mu\text{m}/\text{m}^3$ ) określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu wystąpiły w 2017 roku: 9 stycznia i 15 lutego na dwunastu stanowiskach, 8 stycznia na siedmiu, 10 stycznia na pięciu, 28 stycznia na czterech, 1 lutego na trzech, 27 stycznia i 14 lutego na dwóch, 11, 23 i 29 stycznia na pojedynczych stanowiskach. Największa liczba dni z przekroczeniem poziomu  $200 \mu\text{m}/\text{m}^3$  wystąpiła w strefie śląskiej w Pszczynie (8) i Żywcu (6) (*Stan środowiska...*, 2018; *Szesnasta roczna ocena...*, 2018).

## Negatywne działanie na organizmy żywe

Jakość powietrza ma ogromne znaczenie dla stanu zdrowia i spodziewanej długości życia ludzi. Wyniki badania prowadzonego w sześciu miastach Stanów Zjednoczonych dowiodły, że zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego istotnie zwiększa ryzyko zachorowania na raka płuc oraz choroby serca i układu krążenia. Ryzyko zgonu rośnie wraz ze wzrostem ilości pyłów, węglowodorów aromatycznych, tlenków azotu i siarczanów w powietrzu (Dockery i in., 1993). Inne, prowadzone w latach 1994–1998, badanie przeprowadzone z udziałem 65893 amerykańskich kobiet po menopauzie, wykazało, że zwiększona liczba cząstek pyłów o średnicy mniejszej niż  $2,5 \mu\text{m}$  w powietrzu atmosferycznym zwiększa ryzyko chorób sercowo-naczyniowych i zgonu wśród kobiet po menopauzie (Miller i in., 2007).

Pyły zawieszony PM2,5 i PM10 to mikropyły o średnicy  $2,5$  oraz  $10 \mu\text{m}$ , które powstają w wyniku transportu samochodowego, emisji z palenisk domowych, przemysłu grzewczego czy też używania kominków. Są to jedne z najgroźniejszych zanieczyszczeń dla zdrowia i życia człowieka. Stanowią mieszaninę cząstek fazy stałej i ciekłej, które mogą mieć różny skład i wielkość. Frakcja pyłu PM10 powstaje przede wszystkim w wyniku poruszania się pojazdów po nieutwardzonych nawierzchniach, ich kruszenia, rozdrabniania oraz w wyniku tzw. pylenia wtórnego. Frakcja pyłu zawieszonego PM2,5 powstaje głównie podczas spalania paliw w silnikach samochodowych, zakładach przemysłowych, paleniskach domowych oraz elektrociepłowniach (Radziszewska i in., 2015; Juda-Rezler, Toczko 2016).

Cząsteczki pyłów mogą łączyć się z różnymi związkami chemicznymi, takimi jak: siarka, węglowodory aromatyczne, metale ciężkie, dioksyny, alergen. Pył zawieszony jest bardzo lekki, dzięki temu może unosić się w powietrzu i wnika bez problemu do pęcherzyków płucnych, a stamtąd dostawać się nawet do krwiobiegu.

Najbardziej szkodliwy jest pył typu PM10. Ziarna pyłku o większych rozmiarach powodują podrażnienia i stany zapalne spojówek oraz błon śluzowych nosa i gardła. Ponadto osoby, które cierpią na choroby płuc czy serca, a także osoby starsze i dzieci odczuwają skutki narażenia na zanieczyszczenia pyłowe przez nasilenie objawów negatywnych czy złego samopoczucia, zmęczenia i problemów z oddychaniem, pogorszenia pracy serca, a także częstym zapadaniem na choroby związane z układem oddechowym (Anderson i in., 2011; Juda-Rezler, Toczko, 2016).

Pyły zawieszane wpływają również negatywnie na osoby aktywne fizycznie. Uprawianie sportu na świeżym powietrzu powoduje szybszy i głębszy oddech, a co za tym idzie wdychanie większej ilości zanieczyszczonego szkodliwego pyłu. U osób starszych podwyższony poziom zanieczyszczeń wpływa na zwiększenie potrzeby hospitalizacji, a nawet zgonu z powodu chorób płuc czy sercowo-naczyniowych. Długotrwała ekspozycja na wysokie stężenia pyłów zawieszonych w atmosferze skutkuje zwiększeniem prawdopodobieństwa wystąpienia przewlekłej zaporowej choroby płuc, a także zmniejsza sprawność i wydolność płuc u osoby poddanej szkodliwej ekspozycji. Krótkotrwałe narażenie na szkodliwe stężenie pyłów może nasilać objawy chorób płuc oraz serca, głównie są to zwiększona krzepliwość płuc oraz zaburzenia rytmu serca, a także zwiększa prawdopodobieństwo infekcji górnych dróg oddechowych (Neupane i in., 2010; Pénard-Morand i in., 2010).

Związki zaabsorbowane przez pyły odznaczają się mutagennością i kancerogennością (dioksyny, związki nitrowe, metale ciężkie). Ponadto dioksyny mają zdolność do kumulacji zarówno w organizmach ludzkich jak i zwierzęcych, co może powodować zatrucia i uszkodzenia wątroby, śledziony, trzustki oraz nerek. Wykazują one również działanie teratogenne oraz wpływają na zakłócenie funkcji reprodukcyjnych. Z kolei metale ciężkie związane z pyłami zwiększają prawdopodobieństwo wystąpienia nowotworów, a także przyczyniają się do chorób układu nerwowego (Min i in., 2008; Edwards i in., 2010).

Najnowsze badania Światowej Organizacji Zdrowia wskazują wyraźny związek pomiędzy PM i umieralnością już przy stężeniach niższych niż obecnie zalecane PM<sub>2,5</sub> poniżej 10  $\mu\text{m}^3$ . W regionie europejskim WHO szacuje że 20% wszystkich zgonów jest spowodowane narażeniem na szkodliwe czynniki środowiska. Podwyższone stężenie PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub> w Polsce wpływa na zmniejszenie oczekiwanej długości życia o około 9 miesięcy. Pyły zawieszone wywołują ostre reakcje i infekcje układu oddechowego, zaostrzają przebieg chorób alergicznych (zwłaszcza astmy) i chorób serca, stanowią istotny czynnik ryzyka chorób nowotworowych układu oddechowego oraz są poważnym czynnikiem patogennym dla prawidłowego przebiegu ciąży, a wręcz mogą powodować przedwczesną śmierć. Przyjmuje się, że nie ma bezpiecznych dla zdrowia wartości stężeń pyłów zawieszonych w powietrzu (Ścibor, Balcerzak, Czernecka, Malinowska-Cieślak, 2015; Dockery i in., 1993).

Nawet krótkoterminowa ekspozycja na pyły zawieszone wiąże się ze zwiększoną liczbą hospitalizacji i konsultacji lekarskich w szpitalnych oddziałach ratunkowych, wynikających z powikłań oddechowych i sercowo-naczyniowych. Dla Krakowa oszacowano, że z powodu zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym umiera rocznie kilkaset osób. Średnia ilość możliwych do uniknięcia zgonów na rok została oszacowana dla 2001 r. w zależności od poziomu redukcji zanieczyszczeń (średniorocznego stężenia PM<sub>2,5</sub>). Redukcja do poziomu 25  $\mu\text{m}^3$  zmniejszyłaby liczbę zgonów średnio o 232, do poziomu 20  $\mu\text{m}^3$  o 362, do poziomu 15  $\mu\text{m}^3$

o 492, a do poziomu  $10 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (zalecenia WHO) o 612. Dodatkowo oszacowano, że statystyczny krakowianin żyłby średnio o rok dłużej, gdyby udało się zredukować średnie roczne stężenie pyłu  $\text{PM}_{2,5}$  do  $15 \mu\text{m}/\text{m}^3$  (Petryk, 2018).

Benzo(a)piren to główny przedstawiciel węglowodorów aromatycznych (WWA), które zaliczane są do tzw. trwałych związków organicznych. Do grupy tych związków (oprócz opisywanego) zaliczyć możemy: antracen, benzo(a)antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, dibenzo(ah)antracen, benzo(ghi)perylen oraz indeno(123)piren. WWA dostają się do organizmu człowieka trzema drogami: pokarmową, oddechową i przezskórną, przy czym drogę przezskórną uznaje się za najmniej istotną przy narażeniu środowiskowym (Trojanowska, Świetlik 2013).

Szacuje się, że dzienne pobranie benzo(a)pirenu wraz z żywnością wynosi przeciętnie 0,5–305 ng/dzień dla mieszkańca Stanów Zjednoczonych, 70–190 ng/dzień dla mieszkańca Iranu i Korei Południowej oraz odpowiednio 160–320 ng/dzień, 73–140 ng/dzień i 4,2–35 ng/dzień, dla mieszkańców państw europejskich: Włoch, Hiszpanii i Republiki Czeskiej (Choi i in., 2010). Wyniki badań wskazują, że dzienne pobranie wraz z żywnością mieszaniny ośmiu kancerogennych WWA w Polsce wynosi 3078 ng, podczas gdy średnie ich pobranie przez konsumentów państw Unii Europejskiej wynosi 1729 ng/dzień. Poszczególne związki należące do grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych charakteryzują się zróżnicowaną lipofilnością (Wieczorek J., Wieczorek Z., 2011).

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne są związkami wykazującymi udowodnione działanie mutagenne; wpływają one ponadto w sposób negatywny na przebieg procesów endokrynologicznych, reprodukcyjnych oraz rozwojowych. Jednak najistotniejszym efektem zdrowotnym narażenia organizmu człowieka na WWA jest udowodniony wpływ dziewięciu związków z tej grupy na inicjowanie procesu nowotworowego (Choi i in., 2010).

Najsilniejszym działaniem kancerogennym charakteryzują się szczególnie dwa związki z grupy WWA – benzo(a)piren i dibenzo(a,h)antracen. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (ang. *International Agency for Research on Cancer – IARC*) zakwalifikowała benzo(a)piren do grupy związków wykazujących udowodnione działanie rakotwórcze (grupa 1) (*International Agency...*, 2012). Związki rakotwórcze są substancjami działającymi bezprogowo, co wiąże z ryzykiem powstania zmian nowotworowych przy narażeniu na każde stężenie substancji. Narażenie na benzo(a)piren drogą oddechową stwarza prawdopodobieństwo rozwoju nowotworów płuc. W przypadku ekspozycji zawodowej grupę szczególnego ryzyka stanowią pracownicy koksowni. W województwie śląskim, w populacji mężczyzn pochodzących z miast o wysokim stężeniu benzo(a)pirenu w powietrzu, a więc narażonych środowiskowo na związki WWA, obserwowany jest wysoki odsetek zachorowań na nowotwory płuc (Kapka i in., 2009).

Udowodniony został również wpływ wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na występowanie porodów przedwczesnych i zaburzeń związanych ze wzrostem płodu, jednak mechanizm tego działania nie został do końca poznany. Jednakże wiadome jest, że związki te wiążą się ze strukturą DNA łożyska, wykazując działanie mutagenne, oraz stwarzając ryzyko poronień samoistnych we wczesnym okresie ciąży. Transport przezłożyskowy WWA inicjuje powstanie stresu oksydacyjnego, wpływającego negatywnie na układ nerwowy oraz hormonalny płodu (Li i in., 2011).

Badania przeprowadzone przez H. Choi i in. (2010) w latach 2000–2003 na dwóch kohortach kobiet ciężarnych – w Krakowie oraz Nowym Jorku, wykazały istnienie zależności pomiędzy prenatalnym narażeniem na WWA a obniżeniem wybranych parametrów fizycznych w grupie noworodków pochodzących z ciąż доноśzonych. Masa ciała noworodków była niższa średnio o 68,75 g w przypadku grupy krakowskiej oraz o 177,57 g w przypadku grupy z Nowego Jorku. Obniżenie długości ciała noworodka wynosiło 0,48 cm, a obwód głowy był mniejszy o 0,21 cm w przypadku grupy krakowskiej.

Narażenie na benzo(a)piren podczas procesu organogenezy prowadzi do znaczącego obniżenia masy i długości ciała płodu. Mózg oraz układ nerwowy płodu są organami najbardziej wrażliwymi na oddziaływanie wspomnianych związków (Sanyal, Li, 2007).

Potwierdzeniem tej hipotezy są również badania D.D. Wormleya i in. (2004). Wykazano w nich, że przezłożyskowe narażenie na benzo(a)piren wpływa negatywnie na receptory umieszczone w hipokampie – strukturze znajdującej się w płacie skroniowym kory mózgowej, odpowiedzialnej za procesy zapamiętywania i uczenia się.

Badania Z. P. Vassileva, M.G. Robsona i J.B. Klotza (2001) wykazały istnienie zależności pomiędzy narażeniem kobiet ciężarnych na pył zawierający wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w zakresie stężeń od 0,269 do 2,830  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  powietrza, a wczesną umieralnością noworodków oraz występowaniem urodzeń przedwczesnych i urodzeń dzieci z niską urodzeniową masą ciała. W badaniach prowadzonych w dużych miastach Aglomeracji Śląskiej wykazano wysoką korelację pomiędzy zawartością benzo(a)pirenu w powietrzu, a liczbą urodzeń dzieci z niską masą urodzeniową (Rusin, 2014).

## Sposoby ograniczania niskiej emisji

W celu ograniczenia emisji pyłów i gazów pochodzących ze źródeł niskiej emisji powinny być wdrażane różne działania naprawcze. Może to obejmować:

- likwidację kotłów węglowych i zastępowanie ich proekologicznymi źródłami energii,
- wprowadzenie rozwiązań komunikacyjnych, które doprowadzą do obniżenia emisji liniowej,
- darmową komunikację,
- ograniczenie wjazdu do centrum miast dla samochodów powyżej 3,5 ton,
- ograniczenie emisji z indywidualnych systemów ogrzewania mieszkań,
- likwidację starych kotłów z indywidualnych kotłów węglowych oraz zastępowania ich podłączeniem do sieci ciepłowniczych (tam, gdzie jest to możliwe), ogrzewaniem gazowym, olejowym albo elektrycznym lub wykorzystania alternatywnych sposobów pozyskiwania energii w postaci pomp ciepła czy kolektorów słonecznych, które stanowiłyby uzupełniające źródła pozyskiwania energii cieplnej,
- edukację ekologiczną,
- rozwój miejskiej sieci ciepłowniczej, modernizację centralnej ciepłowni oraz likwidację osiedlowych i lokalnych kotłowni węglowych,
- ocieplanie obiektów, wymianę okien, drzwi zewnętrznych oraz oświetlenia na energooszczędne,

- promowanie transportu drogowego opartego na pojazdach zasilanych gazem LPG,
- przebudowę systemów wentylacji i klimatyzacji wraz z zastosowaniem automatyki pogodowej, stabilizującej temperaturę wewnątrz budynku bez względu na warunki zewnętrzne i systemów zarządzania budynkiem,
- ograniczenie ruchu samochodowego w centrach miast poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań; budowa linii dla miejskiego transportu szynowego, budowa pasów ruchu przeznaczonych tylko dla autobusów, rozpowszechnianie stacji szybkiego ładowania akumulatorów autach elektrycznych, rezerwowanie części miejsc parkingowych dla samochodów z napędem hybrydowym, poprawa efektywności wykorzystania istniejącej infrastruktury poprzez wprowadzenie rozwiązań pozwalających na poprawę działania instalacji świetlnej sterującej ruchem ulicznym, poprawa infrastruktury drogowej poprzez budowanie obwodnic, rozbudowa ścieżek rowerowych i infrastruktury dla pieszych, prowadzenie stref płatnego parkowania, wyłączenie części dróg dla ruchu samochodów osobowych, wyznaczenie darmowych miejsc parkingowych dla samochodów elektrycznych, zakaz wjazdu pojazdów niespełniających określonych norm środowiskowych oraz zapewnienie płynności ruchu pojazdów (Dzikuć, 2017; Krawczyk, 2016).

## Wnioski

Główną przyczyną wystąpienia przekroczeń pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> i benzo(a)pirenu w województwie śląskim w okresie zimowym jest emisja z indywidualnego ogrzewania budynków, natomiast w okresie letnim bliskość głównej drogi z intensywnym ruchem, emisja wtórna zanieczyszczeń pyłowych z powierzchni odkrytych (drogi, chodniki, boiska) oraz niekorzystne warunki meteorologiczne, występujące podczas powolnego rozprzestrzeniania się emitowanych lokalnie zanieczyszczeń, w związku z małą prędkością wiatru (poniżej 1,5 m/s).

Podstawowym celem monitoringu jakości powietrza jest dostarczanie informacji na potrzeby wykonania ocen jakości powietrza na danym obszarze. Roczne oceny jakości powietrza dokonywane są co roku za rok poprzedni. Ich celem jest stwierdzenie przekroczeń dopuszczalnych i docelowych poziomów substancji w powietrzu oraz poziomów celu długoterminowego.

Przeprowadzona analiza wykazała, że w roku 2017 w województwie śląskim nastąpiło 16-krotne przekroczenie normy benzo(a)pirenu w aglomeracji rybnicko-jastrzębskiej i 14-krotne w strefie śląskiej, pyłu zawieszonego PM<sub>2,5</sub> o 14 µg/m<sup>3</sup> w Katowicach, pyłu zawieszonego PM<sub>10</sub> o 16 µg/m<sup>3</sup> w Pszczynie i 12 µg/m<sup>3</sup> w Katowicach.

W celu poprawy stanu sanitarnego powietrza atmosferycznego na terenie województwa śląskiego i innych obszarów o wysokim stopniu urbanizacji należy przede wszystkim ograniczyć źródła niskiej emisji, czyli emisję szkodliwych pyłów i gazów pochodzących z niskich emitorów, do których zalicza się kominy z np. domów jednorodzinnych lub kamienic.

Dane literaturowe dowodzą, że istnieje ścisła zależność pomiędzy występowaniem różnych schorzeń człowieka (narażenie na ryzyko wystąpienia zaburzeń

bicia serca, nowotworów złośliwych oskrzeli i płuc oraz astmy) od zanieczyszczenia powietrza.

## Literatura/ References

- Anderson, Z.J., Hvidberg, M., Jensen, S.S., Ketzel, M., Loft, S., Sorensen, M., Tionneland, M., Raaschou-Nielsen, O. (2011). Chronic obstructive pulmonary disease and long-term exposure to traffic-related air pollution: a cohort study. *American Journal Respiratory Critical Care Medicine*, 183(4), 455–461.
- Choi, H., Harrison, R., Komulainen, H., Juana, M. (2010). *Polycyclic aromatic hydrocarbons. Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants*. Geneva: World Health Organization.
- Cholewiński, M., Kamiński, M., Pospolita, W. (2016). Zagrożenia dla zdrowia i życia człowieka wynikające ze stosowania wybranych paliw w indywidualnych instalacjach grzewczych. *Kosmos*, 65(4), 477–486.
- Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F.E. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. Cities. *New England Journal of Medicine*, 329, 1753–1759.
- Dzikuć, M. (2017). *Ekonomiczne i społeczne czynniki ograniczenia niskiej emisji w Polsce*. Warszawa: Difin.
- Edwards, S., Jędrychowski, W., Butscher, M., Camann, D., Kieltyka, A., Mróz, E., Flak, E., Li, Z., Wang, S., Rauh, V., Perera, F. (2010) Prenatal exposure to airborne polycyclic aromatic hydrocarbons and children's intelligence at 5 years of age in a prospective cohort study in Poland. *Environmental Health Perspectives*, 118(9), 1326–1331.
- International Agency for Research on Cancer, IARC (2012). Agents Classified by the IARC Monographs, vol. 1-103.
- Juda-Rezler, K., Toczko, B. (2016). *Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*. Warszawa: Biblioteka Monitoringu Środowiska.
- Kapka, I., Zemła, B.F., Kozłowska, A., Olewińska, E., Pawlas N. (2009). Jakość powietrza atmosferycznego a zapadalność na nowotwory płuc w wybranych miejscowościach i powiatach województwa śląskiego. *Przegląd Epidemiologiczny*, 63, 439–444.
- Kondracki, J. (2002). *Geografia regionalna Polski*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Krawczyk, B. (2016). Jak samorzady ograniczają niską emisję? *Przegląd Komunalny*, 2, 8–13.
- Li, Z., Sjodin, A., Romanoff, L.C., Horton, K., Fitzgerald, C.L., Eppler, A., Aguilar-Villalobos, M., Naeher, L.P. (2011). Evaluation of exposure reduction to indoor air pollution in stove intervention projects in Peru by urinary biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbon metabolites. *Environment International*, 37, 1157–1163.
- Miller, K.A., Siscovick, D.S., Sheppard, L., Shepherd, K., Sullivan, J.H., Anderson, G.L., Kaufman, J.D. (2007). Long-term exposure to air pollution and incidence of cardiovascular events in women. *New England Journal of Medicine*, 356, 447–458.
- Min, J.Y., Min, K.B., Cho, S.I., Paek, D., Cho, D.R. (2008). Combined effects of cigarette smoking and sulfur dioxide on lung function in Koreans. *Journal of Toxicology Environmental Health*, 71(5), 301–303.
- Neupane, B., Jerrett, M., Burnett, R.T., Marrie, T., Arain, A., Loeb, M. (2010). Long-term exposure to ambient air pollution and risk of hospitalization with community-acquired pneumonia in older adults. *American Journal Respiratory Critical Care Medicine*, 181(1), 47–53.



- Pénard-Morand, C., Raheison, C., Charpin, D., Kopferschmitt, C., Lavaud, F., Caillaud, D., Annesi-Maesano, I. (2010). Long-term exposure to close-proximity air pollution and asthma and allergies in urban children. *European Respiratory Journal*, 36(1), 33–40.
- Petryk, A. (2018). Wpływ zanieczyszczenia powietrza na stan zdrowia mieszkańców a funkcjonalność miasta Krakowa. *Journal of Ecological Engineering*, 19(6), 124–131.
- Radziszewska, A., Karczmarek-Borowska, B., Grądalska-Lampart, M., Filip Agata, A. (2015). Epidemiologia, profilaktyka i czynniki ryzyka zachorowania na raka płuca. *Polski Merkurusz Lekarski*, 38(224), 113–118.
- Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 10 sierpnia 2012 r. w sprawie stref, w których dokonuje się oceny jakości powietrza (Dz. U. 2012, poz. 914).
- Rusin, M. (2014). *Urodzenia martwe i niska urodzeniowa masa ciała noworodków a jakość powietrza w województwie śląskim*. Rozprawa doktorska na stopień doktora nauk medycznych: Śląski Uniwersytet Medyczny, Wydział Farmaceutyczny z Oddziałem Medycyny Laboratoryjnej. Sosnowiec.
- Sanyal, M.K., Li, Y.L. (2007). Deleterious effects of polynuclear aromatic hydrocarbons on blood vascular system of the rat fetus, Birth Defects Research, Part B. *Developmental and Reproductive Toxicology*, 80, 367-373.
- Szesnasta roczna ocena jakości powietrza w województwie śląskim, obejmująca 2017 rok (2018). Katowice: Inspekcja Ochrony Środowiska, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach.
- Stan środowiska w województwie śląskim w 2017 roku (2018). Wojewoda Śląski, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, Katowice.
- Ścibor, M., Balcerzak, B., Czernecka, Ż., Malinowska-Cieślak, M. (2015). Ocena jakości życia pacjentów z astmą oskrzelową mieszkających w Krakowie w strefach różniących się stężeniem pyłu zawieszzonego w powietrzu (PM10), *Medycyna Środowiskowa*, 18(1), 45–53.
- Trojanowska, M., Świetlik, R. (2013). Ocena ryzyka nowotworowego związanego z narażeniem inhalacyjnym na benzo(a)piren w wybranych miastach Polski. *Medycyna Środowiskowa*, 16(2), 14–22.
- Vassilev, Z.P., Robson, M.G., Klotz, J.B. (2001). Outdoor exposure to airborne polycyclic organic matter and adverse reproductive outcomes: a pilot study. *American Journal of Industrial Medicine*, 40, 255–262.
- Wieczorek, J., Wieczorek, Z. (2011). Pobranie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych z żywnością. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 44(3), 725-731.
- Wormley, D.D., Chirwa, S., Nayyar, T., Wu, J., Johnson, S., Brown, L.A., Harris, E., Hood, D.B. (2004). Inhaled benzo[a]pyrene impairs long-term potentiation in the F1 generation rat dentate gyrus. *Cellular and Molecular Biology Letters*, 50, 715–721.

**Notka biograficzna o autorze:** Dariusz Góra, absolwent Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UŚ w Katowicach, uczestnik studiów doktoranckich Wydziału Nauk Przyrodniczych UŚ w Katowicach, nauczyciel chemii i biologii w szkole ponadgimnazjalnej.

**Biographical note of author:** Dariusz Góra, a graduate of the Faculty of Biology and Environmental Protection of the University of Silesia in Katowice, participant of doctoral studies at the Faculty of Natural Sciences of the University of Silesia in Katowice

**ORCID:** 0000-0003-2495-3191

**e-mail:** darczkeg@op.pl