

Magdalena FRAK¹, Grzegorz MAJEWSKI², Karolina ZAWISTOWSKA²

¹Katedra Kształtowania Środowiska, ²Katedra Inżynierii Wodnej
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

¹Department of Environmental Improvement, ²Department of Hydraulic Engineering
Warsaw University of Life Sciences – SGGW

Analiza liczebności drobnoustrojów zaadsorbowanych na pyłe zawieszonym PM₁₀ Analysis of the quantity of microorganisms adsorbed on particulate matter PM₁₀

Słowa kluczowe: pył zawieszony PM₁₀, adsorpcja, drobnoustroje, zagrożenie zdrowotne
Key words: particulate matter PM₁₀, adsorption, microorganisms, health threat

Wprowadzenie

Dorosły człowiek wdycha dziennie około 12,3 m³ (tj. 16 kg) powietrza, będącego mieszaniną gazów, drobin cieczy i ciał stałych (Mahajan, 2006). Każdy składnik wdychanej mieszaniny wpływa na funkcjonowanie organizmu ludzkiego, nawet ten występujący w niewielkich stężeniach. Obecnie uważane za szczególnie istotne z punktu widzenia oddziaływania na zdrowie są cząstki pyłu zawieszonego.

Pył zawieszony (ang. particulate matter, PM), stanowi złożoną mieszaninę substancji organicznych i nie-

organicznych, o zróżnicowanych właściwościach chemicznych, fizycznych i termodynamicznych (Pastuszka, Roguła-Kozłowska i Zajusz-Zubek, 2010, Majewski, Kleniewska i Brandyk, 2011, Roguła-Kozłowska, Klejnowski, Roguła-Kopiec, Mathews i Szopa, 2012). Pyły gruboziarniste zwykle są zatrzymywane w górnych odcinkach dróg oddechowych i stosunkowo łatwo są z nich usuwane. Cząstki pyłu o wielkości poniżej 10 μm (PM₁₀) mają natomiast zdolność penetracji układu oddechowego do dalszych jego odcinków. Stale drażniąc drogi oddechowe, mogą być przyczyną astmy, alergii czy zawałów serca. Cząstki zawierające substancje toksyczne stanowią największe zagrożenie dla organizmu również dlatego, że mogą być wchłaniane z pęcherzyków płucnych bezpośrednio do krwiobiegu, a następnie do

wszystkich innych układów. Długotrwałe narażenie na cząstki pyłu może prowadzić do różnego rodzaju problemów zdrowotnych, począwszy od nieznacznego podrażnienia układu oddechowego, skończywszy na przedwczesnej śmierci (Warych, 1999, Schwartz, Prysak, Bock i Cote, 2007, Maier i inni, 2008, EEA, 2009, Badyda i inni, 2013).

Na powierzchni pyłu zawieszonego – w zależności od jego składu chemicznego – mogą adsorbować się drobnoustroje przejściowo zawleczone do powietrza atmosferycznego z innych środowisk. Oprócz mikroorganizmów naturalnie bytujących w glebie i w wodzie do powietrza dostają się także te, które zasiedlają organizmy zwierząt i ludzi. Wprowadzane do układu oddechowego wraz z pyłem zawieszonym mogą pogłębiać złą kondycję zdrowotną. Kłopoty z oddychaniem, zakażenia bakteryjne lub grzybicze płuc, biotoksyny rozprzestrzeniane z krwioobiegiem, to jedne z najgroźniejszych problemów medycznych z etiologią aerogenną (Krzysztofik, 1992, Boreson, Dillner i Peccia, 2004, Kołwzan, Adamiak, Grabas i Pawełczyk, 2005).

W Polsce nie ma wytycznych prawnych określających normatywy oceny mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego. Można posiłkować się jedynie sugestiami Państwowego Zakładu Higieny, który w 1989 roku (PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z-04111/03) zaproponował kryteria 3-stopniowej oceny zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza atmosferycznego (powietrze niezanieczyszczone, średnio zanieczyszczone, silnie zanieczyszczone). Od czasu ich wprowadzenia nie wypracowano żadnych

innych propozycji. Jedynie rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. (Dz.U. 2005 nr 81, poz. 716 ze zmianami zgodnie z dyrektywą 2000/54/WE) zawiera m.in. wskazówki dotyczące zalecanych poziomów liczebności drobnoustrojów w miejscach pracy, w tym na terenach specjalnych (oczyszczalnie ścieków, rolnictwo, zakłady gospodarowania odpadami). W rozporządzeniu szczegółowo wymieniono gatunki drobnoustrojów (należące do bakterii, grzybów pleśniowych i promieniowców) wywołujących potencjalne zagrożenie zdrowotne dla osób wykonujących pracę na wspomnianych obszarach (grupy zagrożenia 2 i 3). Dla powietrza przestrzeni otwartych jednoznacznych poziomów dopuszczalnych zatem nie ma, głównie z uwagi na ogromną zmienność tego środowiska, w tym także intensywnie zachodzących procesów samooczyszczania (rozprzestrzenianie, rozcieńczanie, wymywanie, sedimentacja).

Brak uwarunkowań prawnych wynika także z faktu, że wciąż nie ma zadowalających danych epidemiologicznych określających relację między narażeniem na dany czynnik a skutkiem zdrowotnym wywołanym jego działaniem. Wrażliwość organizmu ekspozowanego na działanie danego biologicznego czynnika szkodliwego jest jego cechą indywidualną, co utrudnia jednoznaczne określenie skutków takiego działania na populację generalną. Ponadto, dane źródłowe (pomiarowe) dotyczące najpowszechniej występujących w środowisku bioaerozoli wciąż są niewystarczające (Górny, 2004). Uważa się, że działające w ciągu całego roku promieniowanie słoneczne (głównie promieniowanie IR i UVA) działa letalnie na drobnoustroje,

niwelując potencjalnie negatywne działanie także patogenów. Wiele jednak obserwacji wskazuje, że w okresach większej wilgotności, przeciętnie wysokiej temperatury oraz względnie małego nasłonecznienia drobnoustroje rozprzeszczerzane w aerozolu długo zachowują swoją żywotność. W postaci przetrwanej mogą utrzymywać się w powietrzu atmosferycznym nawet do kilkunastu tygodni (Kołwzan i inni, 2005). Dodatkowo, zasiedlanie przez drobnoustroje zanieczyszczeń pyłowych zwiększa ich szansę przeżycia. Zabójcze działania promieni UV jest odwrotnie proporcjonalne do zapylenia powietrza, dlatego też w ośrodkach o wysokim poziomie zapylenia (np. w miastach) znajduje się więcej drobnoustrojów, a tym samym oddychanie powietrzem może stanowić większe (niż poza miastami) zagrożenie. Celowe zatem wydaje się podjęcie badań opisujących strukturę zespołów mikroorganizmów zaadsorbowanych na pyłe zawieszonym, a tym samym umożliwiające ocenę stopnia zagrożenia zdrowotnego mieszkańców danego terenu.

Material i metodyka badań

W pracy poddano analizie liczebność drobnoustrojów zaadsorbowanych na pyłe zawieszonym PM_{10} . Próbkę pyłu były pobierane w Stacji Meteorologicznej Ursynów-SGGW w okresie od sierpnia 2008 do marca 2009 roku w sześciu terminach. Punkt pomiarowy jest reprezentatywny dla tła ogólnomiejskiego i dobrze charakteryzuje emisję pyłów w obszarze dzielnic mieszkaniowych narażonych na oddziaływanie komuni-

kacyjnej, komunalnej i przemysłowej emisji.

Stężenie pyłu zawieszzonego mierzono za pomocą średnioobjętościowego pobornika pyłu firmy ATMOSERVICE z głowicą separacyjną PM_{10} i $PM_{2,5}$. Powietrze w ilości około $2,3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ jest zasysane w ciągu 24 godzin przez filtr, który przed ekspozycją i po ekspozycji jest ważony. Stężenie pyłu otrzymuje się, dzieląc masę zatrzymanego na filtrze pyłu przez objętość zassanego powietrza. Jest to metodyka pomiaru stężeń pyłu PM_{10} zgodna z metodyką referencyjną. Uzyskane na podstawie tej metodyki wyniki mogą być wprost odnoszone do wartości kryterialnych.

Do badań wstępnych wykorzystano trzy rodzaje filtrów: nitrocelulozowe (N), polipropylenowe (P) i z włókna szklanego (GF8). W dalszych badaniach (po analizie wyników) stosowano jedynie filtry nitrocelulozowe.

Zbadano także wpływ podsuszania filtra z zebranych PM_{10} (zalecane usunięcie nadmiaru wody przy ocenie wagowej stężenia pyłu) na przeżywalność zaadsorbowanych drobnoustrojów, a tym samym wartości uzyskanych wyników. Analizę liczebności drobnoustrojów wykonano po 12-godzinnym przetrzymywaniu filtra z próbką pyłu w eksykatorze.

Liczebności drobnoustrojów oznaczono metodą rozcieńczeń. Filtr wraz z próbką osadzonego PM_{10} przenoszono w sterylnych warunkach do butelki z roztworem soli fizjologicznej, której zawartość intensywnie wytrząsano przez 15 minut. Otrzymaną zawiesinę cząstek pyłu PM_{10} (spłukanych z filtra) rozcieńczano, a następnie wysiewano metodą posiewu wgłębnego. Hodowla na filtrze uniemożliwiała wyznaczenie liczebno-

ści drobnoustrojów z uwagi na liczne występowanie mikroorganizmów. Hodowle zakładano: dla bakterii na agarze odżywczym, dla grzybów – na podłożu według Martina, dla promieniowców – na podłożu według Pochona. Następnie inkubowano je w temperaturze 28°C przez 72 godziny. Liczbę wyrosłych jednostek (odpowiednio bakterii, grzybów, promieniowców) wyznaczono jako jtk dla 1 g suchej masy pyłu.

Wyniki i dyskusja

W podjętych badaniach dokonano analizy masy zebranych próbek pyłu PM₁₀ oraz liczebności zaadsorbowanych na nim drobnoustrojów.

W tabeli 1 zestawiono średnie dobowe stężenia pyłu PM₁₀ w analizowanych terminach pomiarowych. Są to wartości przybliżone, ponieważ w ich obliczaniu nie uwzględniano wpływu wilgotności powietrza na masę próbek pyłu. Filtrów z pyłem przed ważeniem nie poduszano, ponieważ te same próbki wykorzystywano następnie do wykonania analiz mikrobiologicznych. Zgodnie z metodyką referencyjną zalecaną do wagowego wyznaczania masy pyłu należy zniwelować wpływ zatrzymanej w filtrze wody na masę zebranej próby. Przed zważeniem filtru z pyłem należy go przetrzymać w eksykatorze w celu usunięcia nadmiaru wody. Jednak, z punktu widzenia biologicznego, niedobór wody jest głównym czynnikiem ograniczającym przeżywalność mikroorganizmów bytujących w powietrzu (Krzysztofik, 1992, Kołwzan i inni, 2005). Zatem poduszanie próbki pyłu wykorzystywanego następnie do analiz

mikrobiologicznych może spowodować wysuszenie form wegetatywnych drobnoustrojów, a tym samym wpłynąć na zmniejszenie oznaczanej ich liczebności metodami hodowlanymi.

Analizę potwierdzającą to założenie wykonano 8 grudnia 2008 roku. Zbadano liczebność drobnoustrojów (bakterii, grzybów i promieniowców) w próbce pyłu poddanej podsuszaniu. Zaobserwowano średnio 199 jtk bakterii i 306 jtk grzybów w badanej próbce pyłu, tj. 284 524 jtk bakterii w 1 g s.m. PM₁₀ i 436 508 jtk grzybów w 1 g PM₁₀. Uzyskany wynik jest nieco niższy od liczby jednostek mikroorganizmów wyhodowanych z próbek niepoddanych suszeniu: zaobserwowano średnio 266 jtk bakterii oraz 317 jtk grzybów w badanych próbkach pyłu, tj. 379 365 jtk bakterii w 1 g s.m. PM₁₀ i 452 381 jtk grzybów w 1 g PM₁₀. W próbkach niepoddanych suszeniu wykryto o 33,67% więcej jednostek bakteryjnych i o 3,54% jednostek grzybów. Uzyskany wynik jest zgodny z oczekiwanym. Na uwagę jedynie zasługuje fakt, że w wyniku podsuszania próbek pyłu znaczącemu ograniczeniu liczebności aktywnych form uległy bakterie, liczebność grzybów natomiast pozostała podobna. Wynika stąd, że nie tylko brak wystarczającej ilości wody jest czynnikiem ograniczającym przeżywalność mikroorganizmów. Różna jest także odporność poszczególnych grup drobnoustrojów na wysychanie. Wilgotność poniżej 30% wpływa na zahamowanie wzrostu bakterii, rozwój grzybów ustaje dopiero przy zawartości wody w otoczeniu poniżej 15% (Szember, 1995, Solecka, Ziemska, Rajnisz, Laskowska i Guśpiel, 2013). Na podstawie danych literaturowych oraz uzyskanych

wyników doświadczenia uznano, że nie należy suszyć filtra z próbkami wykorzystywanymi do ilościowego oznaczania drobnoustrojów rozprzestrzenianych wraz z pyłem zawieszonym.

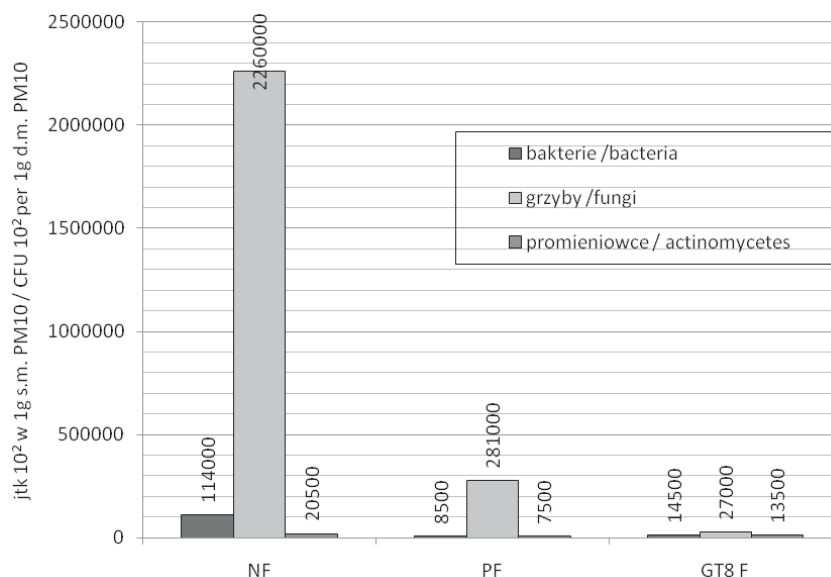
Brak podsuszania filtrów z osadzonym PM_{10} wpłynął również na wyniki określające masę pyłu, a tym samym na jego średnie dobowe stężenie (tab. 1). Wartości dobowego stężenia PM_{10} w analizowanych terminach mieściły

się w przedziale 12,68–144,9 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, co stanowi 25,3–289,8% dopuszczalnego dobowego stężenia PM_{10} wynoszącego 50 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Dz.U. 2012 nr 0, poz. 1031).

Dodatkowo sprawdzono, który rodzaj filtrów jest najlepszy do podjętych w niniejszej pracy oznaczeń liczebności drobnoustrojów zaadsorbowanych na PM_{10} (rys. 1). W pierwszym terminie badań (21 sierpnia) do poboru próbek wykorzystano filtry wykonane z trzech

TABELA 1. Średnie dobowe stężenia PM_{10} w badanych terminach pomiarowych
TABLE 1. Mean daily concentration of PM_{10} on analyzed measurement dates

Wyszczególnienie/Specification	Data pomiaru/Measurement date					
	21.08	26.08	28.09	08.12	01.03	19.03
Masa PM_{10} na filtrze/ /PM ₁₀ mass on the filter [μg]	1000	1500	8000	700	800	1200
Średnie dobowe stężenie PM_{10} / /Mean daily concentration of PM_{10} [$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	18,12	27,17	144,90	12,68	14,49	21,74



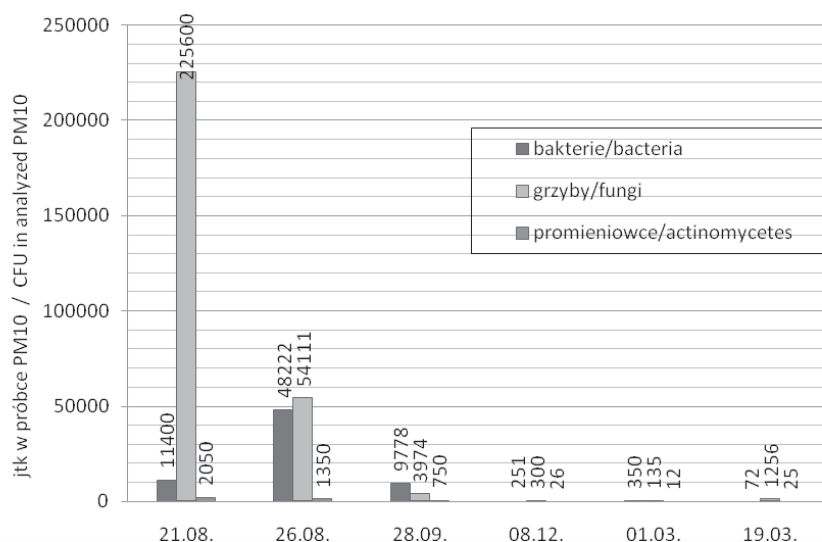
RYSUNEK 1. Liczebność drobnoustrojów w 1 g badanego PM_{10} na filtrze nitrocelulozowym (N), polipropylenowym (P) i z włókna szklanego (GT8)

FIGURE 1. Number of microorganisms per 1 g of PM_{10} on the nitrocellulose filter (NF), the polypropylene filter (PF) and the glass fiber filter (GT8 F)

typów materiałów, tj. nitrocelulozowy (N), polipropylenowy (P) i z włókna szklanego (GT8). Oznaczono liczebność bakterii, grzybów pleśniowych i promieniowców zebranych na każdym z nich. Stwierdzono, że z filtra nitrocelulozowego z zebraniem PM₁₀ wypłukano najwięcej drobnoustrojów (rys. 1). Do dalszych badań wybrano zatem filtr nitrocelulozowy, jako najlepszy do analiz ilościowych zebranego materiału (nr katalogowy 11306-50-N; średnica porów filtra 0,45 μm).

Wykorzystując sprecyzowane warunki metodyczne, podjęto badania liczebności drobnoustrojów zebranych wraz z próbkami PM₁₀. Oznaczona liczebność bakterii i grzybów była bardzo zmienna (rys. 2). Jednak w sierpniu, grudniu i marcu (w 4 z 6 terminów) dominowały grzyby. Liczebnie bakterii było mniej, a najmniej było promieniowców. Wynik ten jest zgodny z ogólnym stosunkiem ilościowym tych trzech grup drobnoustrojów w powietrzu.

Grzyby są grupą najliczniej reprezentowaną w powietrzu atmosferycznym: zgodnie z wytycznymi PN-89Z-04111/03, w 1 m³ niezanieczyszczonego powietrza ogólna liczba grzybów waha się od 3000 do 5000. Bakterie pod względem ilościowym są na drugim miejscu (PN-9Z-04111/02): ich ogólna liczba w powietrzu niezanieczyszczonym wynosi mniej niż 1000, najmniej w powietrzu jest promieniowców – 10 lub mniej (Krzysztofik, 1992, Boreson i inni, 2004). Tak liczne występowanie grzybów i bakterii sugeruje, że wiele z nich może być rozprzestrzeniane nie tylko w postaci swobodnego bioaerozolu, ale także w formie zaadsorbowanej na strukturach ziarnistych. Uważa się, że transport mikroorganizmów zaadsorbowanych na cząstkach pyłowych jest głównym sposobem ich przemieszczania się w powietrzu atmosferycznym (Szember, 1995). Na ich możliwości adsorpcji wpływają substancje chemiczne



RYSUNEK 2. Liczebność drobnoustrojów w próbach badanego PM₁₀
 FIGURE 2. Number of microorganisms in analyzed PM₁₀ air fraction

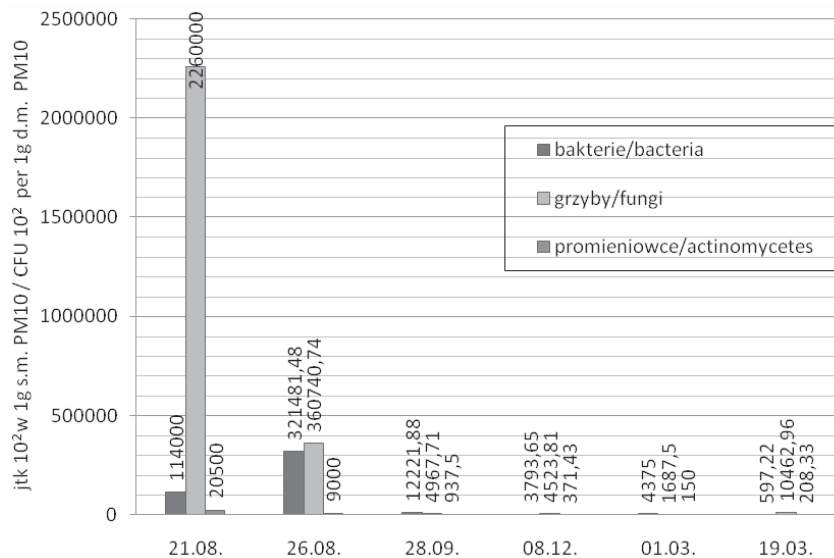
budujące strukturę pyłu. Pył komunikacyjny, zawierający węglowodory i pierwiastki toksyczne, ogranicza zdolność utrzymywania się drobnoustrojów na jego powierzchni. Pył pochodzący ze źródeł naturalnych natomiast, zawierający substancje dla nich typowe, może wprowadzać do powietrza atmosferycznego znaczną liczbę charakterystycznych drobnoustrojów. Znaczna liczebność promieniowców (drobnoustrojów typowych dla gleb – Solecka i inni, 2013) w badanych próbkach pyłu (12–2050 jtk) potwierdza, że znaczny udział w badanym pyłe zawieszonym mają cząstki glebowe.

Dominacja grzybów, oprócz typowego ich występowania w powietrzu atmosferycznym, sugeruje także zwiększona wilgotność. Wzrost ilości drobnych kropeł wody w powietrzu wpływa znacząco na liczebność grzybów, w tym ich zarodników. Badania przeprowadzone w sierpniu jednoznacznie wskazują na zdecydowaną dominację grzybów: 21 sierpnia 2008 roku grzybów było prawie 20 razy więcej (19,79×) niż bakterii, tj. 225 600 jtk (11 400 jtk). W następnych terminach z kolei (tj. od 26 sierpnia 2008 do 19 marca 2009 roku) stwierdzono znaczne zmniejszenie liczebności wszystkich analizowanych grup drobnoustrojów. Przyczyną spadku liczebności mikroorganizmów w tym okresie są niższe temperatury powietrza ograniczające znacząco ich przeżywalność. Ponadto, niskie temperatury mogą wpływać na zmniejszenie wilgotności powietrza, co również pogarsza warunki przeżywalności komórek, a tym samym wpływa na zmniejszenie liczebności migrujących drobnoustrojów. Zarejestrowane wahania

liczebności drobnoustrojów w powietrzu atmosferycznym są zgodne z typową, sezonową zmiennością występowania.

Ze względu na zmienne stężenie pyłu zawieszonego w atmosferze, próbki pobierane w różnych terminach miały różne masy (tab. 1). Uzyskane wyniki ogólnej liczby bakterii, grzybów i promieniowców (rys. 2) przeliczono na 1 g zanieczyszczeń pyłowych (rys. 3). Obliczeń dokonano według założenia, że podczas przygotowywania zawiesiny do analiz (wytrząsanie w butelce) pył osadzony na filtrze splukuje się z niego w całości (wybrano filtr o parametrach niemożliwiających wnikania w jego strukturę osadzanych substancji). Największą średnią liczbę jednostek bakterieryjnych w 1 g PM_{10} stwierdzono w próbce z 26 sierpnia 2008 roku – 32 148 148 jtk, największą liczbę grzybów, wynoszącą 226 000 000 jtk na 1 g PM_{10} , zaobserwowano w próbce pyłu z 21 sierpnia 2008 roku. Najmniejszą średnią liczbę bakterii, wynoszącą 59 722 jtk na 1 g PM_{10} , zaobserwowano 19 marca 2009 roku, a najmniejszą liczbę grzybów, 168 750 jtk na 1 g PM_{10} , 1 marca 2009 roku (rys. 2). Badania te potwierdzają także znaczną liczebność grzybów i bakterii w sierpniu 2008 roku.

W badaniach ciągłych prowadzonych w cyklu rocznym, m.in. przez Mędrełę (1992, 2010), stwierdzano zwiększenie się liczby spor grzybów w okresie wiosenno-letnim z maksimum przypadającym na lipiec–sierpień. Jest to m.in. związane z sezonowym występowaniem niektórych rodzajów grzybów, np. *Cladosporium* mającego największy ilościowy udział w ogólnej liczbie spor grzybowych w powietrzu właśnie



RYSUNEK 3. Liczebność drobnoustrojów w 1 g s.m. badanego PM₁₀
 FIGURE 3. Number of microorganisms in 1 g d.m. analyzed PM₁₀ air fraction

w tych miesiącach (Mędreła-Kuder, 1999). Maksymalne ilości grzybów występujące późnym latem i wczesną jesienią wiążą się z rozpoczęciem procesu sezonowego rozkładu materiału roślinnego (Weryszko-Chmielewska, 2007). Maksymalne stężenia bakterii w powietrzu atmosferycznym notuje się późnym latem i wczesną jesienią (Krzysztofik, 1992). Maksimum to zazwyczaj jest przesunięte względem maksymalnego stężenia grzybów w powietrzu. W przeprowadzanych badaniach maksimum grzybów zaobserwowano 21 sierpnia 2008 roku, a bakterii – 26 sierpnia. Wzrost stężenia bakterii jest więc przesunięty w stosunku do piku stężenia grzybów zaadsorbowanych na PM₁₀ – występuje od niego później, co zgadza się z doniesieniami literaturowymi (Mędreła-Kuder, 1999).

Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki potwierdziły obecność w powietrzu atmosferycznym drobnoustrojów, które rozprzestrzeniają się wraz z pyłem zawieszonym PM₁₀. Ich występowanie jest zróżnicowane w ciągu roku, zgodne z typową sezonowością. W badanych próbkach pyłu zawieszono PM₁₀ stwierdzono liczne drobnoustroje, głównie w okresie letnim. Najliczniej występowały grzyby pleśniowe (od $22\,600 \cdot 10^4$ jtk na 1 g pyłu w sierpniu do $16,87 \cdot 10^4$ jtk na 1 g pyłu w marcu). Liczebność bakterii oznaczono na poziomie od $3\,214,81 \cdot 10^4$ jtk na 1 g pyłu w sierpniu do $1,5 \cdot 10^4$ jtk na 1 g pyłu w marcu. Prawdopodobnie na liczebność drobnoustrojów wpływa również znacząco skład chemiczny PM₁₀, który jest zmienny w zależności od pory roku (Majewski, Kleniewska i Brandyk, 2011).

Badania wskazują, że pył zawieszony może być istotnym czynnikiem zagrożającym zdrowiu człowieka także ze względu na wprowadzanie wraz z nim do układu oddechowego aktywnych cząstek biologicznych. Wnikając do organizmu w postaci zaadsorbowanej, bakterie i grzyby mogą być przyczyną zakażeń organizmu i chorób alergicznych. Wprowadzane do organizmu struktury mogą potęgować problemy zdrowotne powodowane przez składniki chemiczne pyłu zawieszonoego. Ze względu na obserwowane znaczne zanieczyszczenia powietrza zarodnikami grzybów należy wprowadzić cykliczne badania stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza terenów otwartych dla uszczegółowienia potencjalnego zagrożenia zdrowia człowieka.

Ponadto, należy opracować metodykę referencyjną dla badań drobnoustrojów rozprzestrzenianych wraz z PM₁₀. We wskazówkach należy uwzględnić zbieranie materiału na filtry ograniczające wnikanie drobnoustrojów w ich strukturę. Proponowane są filtry nitrocelulozowe. Ponadto, dla uzyskania wiarygodnych wyników dotyczących liczebności drobnoustrojów należy unikać podsuszania filtrów z zatrzymanymi cząstkami pyłów. W zastosowanej w niniejszych badaniach procedurze zauważono negatywny wpływ procesu podsuszania filtrów na liczebność aktywnych cząstek biologicznych.

Literatura

- Badyda, A.J., Dąbrowiecki, P., Lubiński, W., Czechowski, P.O., Majewski, G., Chciałowski, A. i Kraszewski, A. (2013). Influence of Traffic-Related Air Pollutants on Lung Function. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 788, 229-235.
- Boreson, J., Dillner, A.M. i Peccia, J. (2004). Correlating bioaerosol load with PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations: a comparison between natural desert and urban-fringe aerosols. *Atmospheric Environment*, 38, 6029-6041.
- European Environment Agency [EEA]. (2009). Spatial assessment of PM₁₀ and ozone concentrations in Europe (2005). *EEA Technical report 1*.
- Górny, R. (2004). Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy*, 3(41), 17-39.
- Kołwzan, B., Adamiak, W., Grabas, K. i Pawełczyk, A. (2005). *Podstawy mikrobiologii w ochronie środowiska*. Wrocław: Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- Krzysztofik, B. (1992). *Mikrobiologia powietrza*. Warszawa: PWN.
- Majewski, G., Kleniewska, M. i Brandyk, A. (2011). Seasonal variation of particulate matter mass concentration and content of metals. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(2), 417-427.
- Maier, K.L., Alessandrini, F., Beck-Speier, I., Hofer, T.P.J., Diabaté, S., Bitterle, E., Stöger, T., ...Schulz, H. (2008). Health effects of ambient particulate matter-biological mechanisms and inflammatory responses to in vitro and in vivo particle exposures. *Inhalation Toxicology*, 20, 319-337.
- Mahajan, S.P. (2006). Air Pollution Control. W T.V. Ramachandra (red.), *Commonwealth of Learning, Canada*. New Delhi: Capital Publishing Company.
- Mędreła, E. (1992). Badania ciągle mykoflory powietrza otwartej przestrzeni w wybranym punkcie Krakowa (Czyżyn). *Zeszyty Naukowe AWF*, 35, 168-173.
- Mędreła-Kuder, E. (1999). Występowanie zarodników grzybów w powietrzu atmosferycznym wybranych dzielnic Krakowa z uwzględnieniem zanieczyszczenia pyłowego. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 25(1), 63-70.
- Mędreła-Kuder, E. i Bis, H. (2010). Zmiany koncentracji zarodników grzybów z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* w powietrzu atmosferycznym w dzielnicy Czyżyny w Krakowie. *Nauka, Przyroda, Technologie*, 4-6, 103.
- Pastuszka, J.S., Rogula-Kozłowska, W. i Zajusz-Zubek, E. (2010). Characterization of PM₁₀ and PM_{2.5} and associated heavy metals at the crossroads and urban background site in Zabrze, Upper Silesia, Poland, during the smog episodes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1-4), 613-627.

- Rogula-Kozłowska, W., Klejnowski, K., Rogula-Kopiec, P., Mathews, B. i Szopa, S. (2012). A study on the seasonal mass closure of ambient fine and coarse dusts in Zabrze, Poland. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(5), 722-729.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U. 2005 nr 81, poz. 716, ze zmianami w Dz.U. 2008 nr 48, poz. 288).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 r. w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu (Dz.U. 2012 nr 0, poz. 1031).
- Solecka, J., Ziemska, J., Rajnisz, A., Laskowska, A. i Guśpiel, A. (2013). Promieniowce – występowanie i wytwarzanie związków biologicznie czynnych. *Postępy Mikrobiologii*, 52(1), 83-91.
- Szember, A. (1995). *Zarys mikrobiologii rolniczej*. Lublin: Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Schwartz, A.G., Prysak, G.M., Bock, C.H. i Cote, M.L. (2007). The molecular epidemiology of lung cancer. *Carcinogenesis*, 28, 507-518.
- Warych, J. (1999). Zanieczyszczenie powietrza cząstkami aerozolowymi i wynikające stąd problemy. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 33(3), 93-97.
- Weryszko-Chmielewska, E. (2007). *Aerobiologia*. Lublin: Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.

Streszczenie

Analiza liczebności drobnoustrojów zaadsorbowanych na pyłe zawieszonym PM₁₀. Pył zawieszony, ze względu na łatwy dostęp do dróg oddechowych, stanowi poważne zagrożenie zdrowotne. Szkody może powodować skład chemiczny pyłu, ale także zaadsorbowane na jego powierzchni substancje. Wśród nich są także drobnoustroje potencjalnie wpływające na zdrowie człowieka. Badania przeprowadzono na Stacji Meteorologicznej Ursynów-SGGW. Wynika z nich, że dominantami przemieszczający-

mi się w powietrzu atmosferycznym wraz z PM₁₀ są grzyby pleśniowe. Ich liczebność jest zmienna sezonowo. Najwięcej grzybów i bakterii zarejestrowano w sierpniu. W okresie zimowym liczebność drobnoustrojów znacząco spadła. Zauważono negatywny wpływ poduszania filtrów z próbkami PM₁₀ na liczebność aktywnych cząstek biologicznych. Zbieranie prób pyłu do badań drobnoustrojów zaleca się z wykorzystaniem filtrów nitrocelulozowych.

Summary

Analysis of the quantity of microorganisms adsorbed on particulate matter PM₁₀. Particulate matter is thought to be serious health threat on account of its easy access to respiratory tracts. Harmful health effects can be caused by particulate matter chemical composition, but also by other components, which are absorbed on its surface. Among them, there are microorganisms that potentially influence human health. The research on that influence was performed using dataset collected at Ursynów SGGW meteorological station. It was concluded, that the dominants carried by the air along with PM₁₀ are fungi. Their quantity was subject to seasonal variation. The highest quantity of fungi and bacteria was recorded in August. In the winter period, the quantity of microorganisms significantly decreased. Negative influence of drying up of filters, containing sampled PM, on the number of active biological particles was found. This leads to the conclusion, that PM sampling for microbiological research should be done with the use of nitrocellulose filters.

Authors' address:

Magdalena Frąk
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
SGGW
Katedra Kształtowania Środowiska
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
Poland
e-mail: magdalena_frak@sggw.pl