

Pył zawieszony (PM_{2,5} oraz PM₁₀), właściwości oraz znaczenie epidemiologiczne ekspozycji krótko- i długookresowej dla chorób układu oddechowego oraz krążenia

Particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀),
properties and epidemiological significance
for respiratory and cardiovascular diseases.
A review of the literature on the effects
of short- and long-term exposure



Jakub Krzeszowiak



Prof. Krystyna Pawlas

Jakub Krzeszowiak^{1 (a, b, c)}, Krystyna Pawlas^{1 (a, c, d)}

¹ Katedra i Zakład Higieny, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu. Kierownik Katedry: prof. dr hab. K. Pawlas

^(a) koncepcja

^(b) opracowanie manuskryptu

^(c) przygotowanie piśmiennictwa

^(d) merytoryczny nadzór nad manuskrytem

STRESZCZENIE

Rosnąca świadomość o jakości powietrza w naszym kraju spowodowała żywe zainteresowanie efektami jego wpływu na zdrowie. Główny ciężar zainteresowanie skupił się na stężeniu pyłu zawieszzonego. Niniejsza praca jest próbą syntetycznego przedstawienia znaczenia pyłu zawieszzonego oraz najistotniejszych efektów zdrowotnych.

Pył zawieszony jest zanieczyszczeniem powietrza o szczególnym znaczeniu epidemiologicznym. Jego reprezentatywność dla jakości powietrza pozwala na jego podstawie szacować efekt wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie.

W niniejszej pracy przedstawiono krótki rys historyczny pomiarów pyłu zawieszzonego oraz jego znaczenie w pracach epidemiologicznych. Przedstawiono efekt jego wpływu na zdrowie w ujęciu ekspozycji krótkookresowej jak i długookresowej zgodnie z przeprowadzoną metaanalizą przez Światową Organizację Zdrowia.

W dalszej części pracy dokonano przeglądu piśmiennictwa wpływ pyłu zawieszzonego na choroby układu oddechowego i układu krążenia jako wyraz najistotniejszego efektu zdrowotnego oddziaływania pyłów zawieszonych.

Słowa kluczowe: pył zawieszony, zanieczyszczenia powietrza, układ krążenia, układ oddechowy

SUMMARY

The growing awareness of air quality in our country has triggered a keen interest in its impact on human health. Much of the interest has focused on the concentration of particulate matter. This work is an attempt to synthetically present the significance of particulate matter and the most important health effects.

Suspended dust in the air is pollution of special epidemiological significance. It is indicative of air quality and is also the basis for estimating the effect of air pollution on health.

This paper presents a short historical overview of suspended dust measurements and its significance in epidemiological research. Its impact on health in terms of short-term exposure as well as long-term exposure is presented according to the meta-analysis conducted by the World Health Organization.

The remainder of the paper gives a review of the literature on the impact of particulate matter on respiratory and cardiovascular diseases as the most important health effect of particulate matter.

Key words: particulate matter, air pollution, respiratory system, circulatory system

PYŁ ZAWIESZONY – KRÓTKI RYS HISTORYCZNY ORAZ JEGO PODZIAŁ I WŁAŚCIWOŚCI

Wśród klasycznych zanieczyszczeń powietrza, do których można zaliczyć tlenki siarki (SO_x), tlenki azotu (NO_x), ozon (O₃), szczególną rolę odgrywa pył zawieszony (PM). Od 1970 roku (akt o czystym powietrzu) wykonywany jest pomiar stężenia pyłu zawieszonego w powietrzu atmosferycznym, początkowo PM był mierzony wraz z tlenkami siarki ponieważ zanieczyszczenia te były kojarzone ze spalaniem węgla. Powstające na przestrzeni lat badania naukowe z zakresu wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie i organizmy żywe w większym stopniu wskazywały na szczególnie negatywny wpływ pyłu zawieszonego. Jednocześnie badania z zakresu oznaczania stężeń zanieczyszczeń powietrza wykazały, że pył zawieszony jest nie tylko zanieczyszczeniem charakterystycznym dla procesów spalania węgla, a związkami który jest reprezentatywny dla wielu różnych źródeł zanieczyszczeń powietrza [1]. Pył zawieszony jest podzielny na frakcje pyłu PM₁₀, co oznacza cząstki pyłu mniejsze od 10 µm oraz pył PM_{2,5} czyli pył mniejszy od 2,5 µm. Oczywiście w powietrzu atmosferycznym są też pyły większe niż 10 µm. Do roku 1987 oznaczano całkowitą ilość pyłu w powietrzu (TSP – *total suspended particulate*), z górnymi rozmiarami do ok. 40 µm. Po tym roku wprowadzono miarę PM₁₀ ponieważ cząsteczki większe niż 10 µm charakteryzują się szybkim tempem opadania, przez co krótko utrzymują się w po-

wietrzu atmosferycznym. Po roku 1997 dodatkowo wprowadzono wspomnianą miarę PM_{2,5}. Wprowadzenie pomiarów pyłów mniejszych niż 2,5 µm wynika z faktu przemian zanieczyszczeń gazowych emitowanych do atmosfery do form stałych oraz z powodu rozdrabniania się większych pyłów w warunkach środowiskowych [1, 2].

Pyły o rozmiarach w przedziale wielkości od 10 µm do 2,5 µm (PM₁₀) pochodzą głównie z procesów spalania w paleniskach domowych i pojazdów z silnikiem diesla. Pyły o rozmiarze poniżej 2,5 µm (PM_{2,5} w głównej mierze pochodzą z zanieczyszczeń gazowych, tj. tlenków siarki i azotu. Tlenki te po wyemitowaniu do atmosfery ulegają gwałtownym przemianom chemicznym zmieniając w krótkim czasie swoją formę z gazowej do ciekłej tworząc kwaśny aerozol, w dalszych ich przemianach powstają odpowiednio azotany i siarczany. Pył zawieszony powstający w atmosferze z zanieczyszczeń gazowych określany jest „pyłem wtórnym”. Z tego względu stężenie pyłu PM_{2,5} jest miarą określającą (w pewnym stopniu) stopień zanieczyszczenia powietrza zanieczyszczeniami gazowymi, węglowodorami, jonami metali (w tym ciężkich) oraz nanocząsteczkami [1, 2].

WPŁYW PYŁU ZAWIESZONEGO NA ZDROWIE

Pył zawieszony w sposób istotny wpływa na zdrowie ludzi, a skutki zdrowotne powodowane przez niego są zależne od jego stężenia w powietrzu, czasu

Tabela I. Skutki zdrowotne ekspozycji krótko jak i długoterminowej. Opracowana na podstawie [1], w modyfikacji własnej
Table I. Health effects of short- and long-term exposure. Based on [1], modified by the authors

Skutki ekspozycji krótko terminowej na zanieczyszczenia powietrza:

- Wzrost poziomu śmiertelności dziennej
- Wzrost liczby hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego i krążenia
- Wzrost liczby wizy w oddziałach ratunkowych z powodu chorób układu krążenia i oddechowego
- Wzrost użycia leków na schorzenia kardiologiczne i oddechowe
- Obniżony poziom aktywności dziennej
- Absencja w pracy
- Absencja w szkole
- Wystąpienie objawów podostrych i ostrych (świszczący oddech, kaszel, wzmożone wydzielanie płwociny, infekcje dróg oddechowych)

Skutki ekspozycji długoterminowej na zanieczyszczenia powietrza:

- Wzrost poziomu śmiertelności z powodu chorób kardiologicznych i pulmonologicznych
- Wzrost zapadalności i chorobowości: astma, przewlekła obturacyjna choroba płuc, przewlekłe patologiczne zmiany w obrębie dróg oddechowych
- Chroniczne zmiany w fizjologicznych funkcjach organizmu
- Nowotwór płuc
- Przewlekłe choroby układu sercowo-naczyniowego
- Zaburzenia rozwoju płodu (niska masa urodzeniowa, spowolniony rozwój płodu)

narażenia oraz liczebności populacji narażonej [3]. Na wstępie należy zaznaczyć, że sama obecność pyłu zwieszonego determinuje stan zdrowia tylko w pewnym stopniu. Najważniejszym czynnikiem jest styl życia, a zaraz za nim wszystkie inne czynniki środowiskowe w tym zanieczyszczenia powietrza [4]. Narażenie na znaczne stężenia pyłu zawieszonego może przyspieszyć wystąpienie objawów chorobowych, poprzez akcelerację stanu chorobowego a kończąc na wystąpieniu przedwczesnego zgonu w tzw. „efekcie pchnięcia do grobu” u osób z już rozwiniętymi stanami chorobowymi, które zagrażają życiu. Efekty zdrowotne powodowane przez pył zawieszony, jak i inne zanieczyszczenia powietrza, można wewnątrznie podzielić na efekty związane z krótkotrwałą ekspozycją na ponadnormatywną koncentrację zanieczyszczeń powietrza oraz efekty związane z ekspozycją długotrwałą. Taki podział został zaproponowany przez Światową Organizację Zdrowia po wykonaniu metaanalizy dostępnych publikacji na temat wpływu zanieczyszczeń na zdrowie (tab. 1) [1].

Należy mieć świadomość, że efekty ekspozycji długookresowej są wyznaczone głównie na podstawie wieloletnich badań kohortowych i określają udział zanieczyszczeń powietrza w rozwoju danej jednostki chorobowej czy są próbą oszacowania ich udziału w zgonie. Efekty ekspozycji krótkookresowej są przedstawieniem nagłych efektów zdrowotnych (w tym liczby zgonów) w odpowiedzi na wzrost koncentracji zanieczyszczeń powietrza np. w danym dniu.

Na uwagę zasługuje fakt, że informacje przytoczone w tab. I. pochodzą z metaanalizy wykonanej przez Światową Organizację Zdrowia, która to wykazała że zanieczyszczenia powietrza najsilniej wpływają na choroby układu oddechowego i krążenia.

WPŁYW PYŁU ZAWIESZONEGO NA UKŁAD ODDECHOWY

Pył zawieszony dostając się do dróg oddechowych wchodzi w reakcje z ich oddziałując na jej wszystkie struktury.

Poczynając od górnych dróg oddechowych pył zawieszony wpływa tu niezwykle szkodliwie na struktury w obrębie szyi doprowadzając do rozwoju nowotworów, głównie krtani. Pył zawieszony jest czynnikiem o udowodnionym działaniu karcenogennym i jako taki został sklasyfikowany jako czynnik rakotwórczy dla człowieka (grupa 1 IARC). Potwierdzenie tego niezwykle szkodliwego zjawiska

można odnaleźć w badaniu przeprowadzonym na populacji z Europy Centralnej [5]. W doniesieniu tym przedstawiono w jaki sposób ogrzewanie domu wpływa na wystąpienie nowotworu w obrębie dróg oddechowych. Badanie ankietowe wykazało, że ogrzewanie domu węglem, co jest związane ze znaczną emisją pyłu zawieszonego, jest skorelowane z ryzykiem wystąpienia nowotworów w obrębie szyi szczególnie krtani. Jednocześnie w badaniu tym wykazano, że ten rodzaj wpływu pyłu zawieszonego na proces nowotworzenia jest skutkiem ekspozycji długoterminowej. Pył zawieszony może również przyczynić się do rozwoju nowotworów w obrębie dolnych dróg oddechowych, a dokładnie płuc. W jednym z badań przeprowadzonym na osobach niepalących wykazano, że narażenie na pył zawieszony frakcji PM2,5 przyczynia się do nieznacznego ale istotnego wzrostu występowania nowotworu płuc [6]. Informacja płynąca z tego badania jest niezwykle ważna dla osób, które mieszkają w rejonach o wysokich stężeniach pyłu zawieszonego w powietrzu. W innej publikacji wykazano, że wzrost stężenia drobnych pyłów prowadzi do kilkuprocentowego wzrostu ryzyka względnego wystąpienia zgonu z powodu nowotworu płuc [7]. Z metaanalizy wykonanej w ramach projektu ESCAPE wynika, że narażenie na PM10 jest związane z wzrostem ryzyka względnego o 1,22 na 10 g/m³ wzrostu jego stężenia w powietrzu, natomiast dla PM2,5 wzrost ryzyka względnego osiągnął wartość 1,18, dla ryzyka rozwoju nowotworów płuc. W obrębie powyższej metaanalizy zaobserwowano związek pomiędzy gruczolakorakiem płuc, a koncentracją PM10 i PM2,5, które przyczyniały się do rozwoju wspomnianego nowotworu prowadząc odpowiednio do wzrostu ryzyka względnego o 1,51 i 1,55 [8].

Pył zawieszony pomimo swoich właściwości karcenogennych w większym stopniu wpływa przede wszystkim na rozwój oraz nagłe zaostrzenia chorób dróg oddechowych przebiegających z obturacją. Powodowany przez niego stan zapalny w obrębie dolnych dróg oddechowych posiada wiele cech analogicznych z astmą oraz przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP). Wprawdzie wyniki badań wskazujące że pył zawieszony może być przyczyną rozwoju astmy i POChP są niejednoznaczne. Natomiast jest pewne, że pył zawieszony przyczynia się do szybszego rozwoju tych chorób oraz zwiększa ryzyko wystąpienia nagłych ich zaostrzeń, co jest sytuacją bezpośrednio zagrażającą życiu i zdrowiu. Przykładem ewentualnego wpływu pyłu zawieszonego na rozwój POChP jest badanie przesiewowe wykonane na populacji mieszkańców Stanów Zjed-

noczonych. Do analizy w tym badaniu wybierano osoby z symptomami przewlekłej obturacyjnej choroby płuc, która jest charakterystyczna dla palaczy i osób narażonych zawodowo na znaczne zapylenie. Wśród osób u których wykryto symptomy tej choroby aż 31% nie miała styczności z papierosami ani też nie była narażonych zawodowo na pył. W tym przypadku jedynym wyjaśnieniem może być wpływ środowiskowego pyłu zawieszonoego [9]. W przypadku astmy, która aktualnie zostaje rozpoznana w okresie dzieciństwa ciężko jest wskazać na czynnik ją wywołujący. Duże znacznie w przypadku astmy odgrywa osobnicza wrażliwość, a zaraz za nią cała grupa czynników środowiskowych w tym wewnętrzne jak i zewnętrzne zanieczyszczenia powietrza, gdzie nie bez znaczenia są nawyki opiekunów dziecka [10]. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że dzieci ze względu na swoją budowę oraz fizjologię funkcjonowania organizmu są dużo bardziej narażone na zanieczyszczenia powietrza w porównaniu z osobami dorosłymi. Spędzają stosunkowo dużo czasu na „świeżym powietrzu”, liczba ich oddechów na minutę jest wyższa przez co są dużo bardziej narażone na zanieczyszczenia powietrza w tym szczególnie szkodliwy pył zawieszony [11].

Prócz samego wpływu na ewentualny rozwój chorób w obrębie układu oddechowego, pył zawieszony PM₁₀ jak i PM_{2,5} są czynnikami, które mogą doprowadzić do gwałtownego pogorszenia stanu chorobowego doprowadzając bezpośrednio do stanów zagrażających życiu, aż po zejścia śmiertelne. Dotyczy to głównie ich wpływu na astmę, POChP oraz inne stany chorobowe przebiegających z dusznością. Doniesień literaturowych z tego zakresu jest bardzo dużo, z tego względu przedstawiono wybrane, które miały charakter wielośrodkowy. Dotyczą populacji europejskiej lub obrazują rozwój stanu zapalnego w obrębie dróg oddechowych, co będzie punktem wyjścia przy omawianiu wpływu na układ krążenia. W badaniach z tego zakresu, pionierskie jest badanie smogu londyńskiego, gdzie bez użycia wysublimowanych metod analizy statystycznej dało się zauważyć wyraźny wpływ zanieczyszczeń na wzrost umieralności nagłej z powodu komplikacji oddechowych [12]. Pierwszą pracą epidemiologiczną, która pokazała, że sam pył zawieszony jest szkodliwy dla zdrowia było doniesienie C. Arden Pope III z 1992, który zaobserwował, że wzrost poziomu umieralności dziennej przypada na okres, w którym działał lokalny zakład przemysłowy emitujący znaczne ilości zanieczyszczeń pyłowych [13]. Od tego czasu zwrócono uwagę na fakt, że nie tylko incydenty smogowe, lecz niewielkie krótkotrwałe wzrosty stężenia pyłu zawieszonoego mogą przyczyniać się do nieko-

rzystnych sytuacji zdrowotnych. W 1997 opublikowano wyniki projektu APHEA (Air Pollution and Health: a European Approach) realizowanego w 12 miastach europejskich w tym 4 polskich (Kraków, Łódź, Poznań, Wrocław). Badanie to pokazało, że wzrostowi stężenia pyłu zawieszonoego o 50 µg/m³ towarzyszy wzrost umieralności nie tylko z powodu chorób układu oddechowego ale również krążenia, co będzie omówione w kolejnym rozdziale [14]. Wyraźny wpływ pyłu zawieszonoego na zdrowie w omawianym projekcie APHEA dotyczył głównie miast polskich, ale wyniki nie były jednoznaczne. Projekt APHEA był kontynuowany i na jego podstawie powstał APHEA 2 realizowany w 28 europejskich miastach już bez udziału polskich miast i dotyczył on wpływu wzrostu koncentracji PM₁₀ o 10 µg/m³ na zgłaszalność do oddziałów ratunkowych z powodu astmy i POChP oraz wszystkich (skumulowanych) rozpoznanych chorobowych dotyczących układu oddechowego (wg. ICD9-460-519) [15]. Badanie to pokazało, że wzrost o 10 µg/m³ koncentracji PM₁₀ w miastach Europy zachodniej prowadzi do wzrostu zgłaszalności z powodu astmy o 1,2% dla osób w przedziale wieku 0–14 roku życia, o 1,1% w przedziale wieku od 15 do 64 lat, z powodu POChP o 1,0% u osób w wieku 65+. Natomiast wszystkie choroby układu oddechowego były związane z 0,9% wzrostem zgłaszalności w wieku 65+. Li i współpracownicy wykonali metaanalizę badań dostępnych przed rokiem 2015 dotyczących hospitalizacji nagłych oraz wzrostu poziomu umieralności dziennej z powodu POChP w zależności od stężenia PM_{2,5}. Z analizy dostępnych badań wynika, że wzrost koncentracji PM_{2,5} o 10 µg/m³ prowadzi do wzrostu ilości hospitalizacji z powodu POChP o 3,1%, natomiast w przypadku umieralności o 2,5% [16]. W innym badaniu, gdzie analizowano historie wielokrotnych zgłoszeń do szpitala z powodu ostrych stanów chorobowych układu oddechowego, uzyskano wyniki, które wskazują, że pierwsze zgłoszenie do szpitala jest związane z pyłem zawieszonym w 3%, natomiast kolejne w 6%. Jednocześnie stwierdzono, że większy wpływ na drogi oddechowe wykazuje pył PM₁₀ [17]. Badanie Tramuto F. i wsp. potwierdza wpływ pyłu zawieszonoego PM₁₀ na drogi oddechowe, a dokładnie wzrost jego koncentracji w powietrzu o 10 µg/m³, zwiększa liczbę zgłaszalności z powodu obturacyjnych stanów dróg oddechowych o 3,9% [18]. Badanie wykonane na Słowacji w ramach projektu CESAR dotyczyło wpływ TSP na występowanie u dzieci astmy, zapalenia oskrzeli i płuc. Wyniki analizy powyższego badania wskazują, że wzrost koncentracji TSP o 15 µg/m³ zwiększają iloraz szans

wystąpienia wymienionych chorób do 2, 16 [19]. Powstały również badania, w których nie uzyskano jednoznacznych wyników wpływu pyłu zawieszonego na układ oddechowy i związane z nimi choroby i sytuacje prowadzące do przedwczesnego zgonu [20].

Oddziaływanie pyłu zawieszonego na struktury dróg oddechowych, inicjowanie w ich obrębie stanu zapalnego aż po stopniowy rozwój stanów chorobowych w przypadku dzieci i zaostrzenie stanów obturacyjnych u osób dorosłych są typowym skutkiem ich oddziaływania. Drogi oddechowe są swoistym pośrednikiem pomiędzy zanieczyszczeniami powietrza, a skutkami zdrowotnymi powodowanymi przez nie w obrębie innych układów szczególnie w obrębie układu krążenia.

WPŁYW PYŁU ZAWIESZONEGO NA UKŁAD KRĄŻENIA

Pył zawieszony w sposób istotny wpływa na układ krążenia, a dokładnie na choroby układu krążenia, ich inicjacje, progresje aż po stany bezpośrednio zagrażające życiu.

W pracy wykonanej na danych dostępnych z wcześniej omawianego projektu APHEA dokonano analizy przyjęć do szpitali z powodu chorób niedokrwiennej serca (ICD9 410-413) oraz udarów mózgu (ICD9 430-438) w 7 zachodnioeuropejskich miastach i Holandii, co razem stanowiło 38 milionową populację. Uzyskane wyniki pokazały jedynie nieznaczny wpływ PM10 na wzrost liczby zgłoszeń z powodu chorób niedokrwiennej serca, który we wszystkich grupach wiekowych do 65 roku życia wynosił 0,5%, a w grupie powyżej 65 roku życia wzrost ten wynosił 0,7%. W przypadku udarów mózgu dla osób powyżej 65 roku życia wzrost liczby zgłoszeń sięgał tylko 0,8%. Tak nieznaczny wpływ może być wynikiem tego, że jedynie w 5 z 8 analizowanych miastach brano pod uwagę przyjęcia w trybie ratunkowym, co mogło zaburzyć wyniki [21]. Podobne wyniki uzyskano natomiast w innym badaniu, gdzie pod uwagę wzięto tylko przyjęcia do szpitala w trybie ratunkowym (*emergency hospital admissions*). W tym badaniu wzrost liczby przyjęć z powodu schorzeń w obrębie układu krążenia w odpowiedzi na wzrost stężenia PM2,5 sięgał tylko 0,36% [22]. W kolejnym podobnym badaniu uzyskano wzrost o 0,80% [23]. Tak nieznaczny wpływ pyłu zawieszonego na choroby układu krążenia w powyższych badaniach może wynikać z faktu, że analizowano w sposób zbiorczy kilka lub kilkanaście rozpoznań kardiologicznych. W badaniu,

gdzie analizowano wpływ PM na konkretne jednostki chorobowe, uzyskano wyniki wskazujące na silny efekt wpływu np. przypadku zawału mięśnia sercowego wzrost koncentracji PM2,5 jest związany z większą o 6,5% liczbą zgłoszeń [24]. W publikacji Belleudi V. i wsp. przedstawiono wyniki, które potwierdzają wpływ pyłu zawieszonego na ostry zespół wieńcowy (wzrost liczby zgłoszeń o 2,3%) oraz wykazano wpływ PM2,5 na niewydolność serca uzyskując z przeprowadzonej analizy o 2,4% większą liczbę zgłoszeń przy wzroście jego koncentracji [25]. W innym badaniu uzyskano silny związek wpływu PM2,5 na przyjęcia z powodu niewydolności mięśnia sercowego, który w odpowiedzi na wzrost koncentracji PM2,5 wzrastał o 28% dziennej liczby przyjęć. [26]. W badaniu Vellnusa i wsp. zaobserwowano wzrost liczby udarów niedokrwiennej o 1,03% w odpowiedzi na zwiększającą się koncentrację PM10 [27]. Powyższe publikacje dotyczą efektu krótkotrwałej ekspozycji. W publikacjach z zakresu długotrwałej ekspozycji na pył zawieszony oraz jego wpływie na choroby układu krążenia odnaleźć można publikacje, które mówią zarówno o procesie tego wpływu jak i skutkach. Badania na zwierzętach wykazały, że długotrwała ekspozycja na niskie stężenia PM2,5 przyczynia się do zmian w napięciu mięśniówki gładkiej naczyń krwionośnych, co może przemawiać za wpływem pyłów na rozwój nadciśnienia tętniczego. Jednocześnie zaobserwowano w ich obrębie rozwój stanu zapalnego oraz wzmożonego procesu miażdżycowego [28]. Potwierdzeniem wyników tego eksperymentu jest analiza bazy danych „Multi-Ethic Study of Atherosclerosis” która wykazała, że wzrost koncentracji PM10 o 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i/lub PM2,5 o 12,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ skutkuje wzrostem rozwoju miażdżycy o 1–4%. [29]. Biorąc pod uwagę, że mechanizm oddziaływania pyłu zawieszonego na układ krążenia jest związany ze stanem zapalnym, grupa badaczy wykorzystała dane z „Heinz Nixdorf Recallstudy” dokonując analizy zmian wartości hs-CRP oraz fibrynogenu w odpowiedzi na wzrost koncentracji PM2,5. Uzyskane wyniki pokazały, że wzrosty koncentracji pyłu są powiązane ze wzrostem hs-CRP o 23,9% i fibrynogenu o 3,9% u mężczyzn natomiast u kobiet nie stwierdzono istotnych zmian [30]. Natomiast w badaniu epidemiologicznym, gdzie obserwacji poddano 65893 kobiet w wieku po menopauzalnym po kilkuletnim okresie 1816 kobiet doznało zdarzenia sercowo-naczyniowego w tym zgonów z tego powodu. Badanie statystyczne wykazało, że na każdy wzrost stężenia PM2,5 o 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ był związany ze wzrostem incydentu kardiologicznego o 24% [31]. W badaniu populacyjnym, wykonanym w Stanach Zjed-

noczonych, mającym na celu sprawdzenie wpływu pyłu zawieszzonego PM_{2,5} na śmiertelność, otrzymano wyniki wyraźnie wskazujące na jego szkodliwy wpływ na układ krążenia. Wyniki pokazały, że wzrost koncentracji PM_{2,5} o 10 µg/m³ przyczynia się do wzrostu śmiertelności z powodu zawału serca o 18%, zaburzeń rytmu serca jego niewydolności i zatrzymanie jego akcji o 13%, nadciśnienia o 7%, miażdżycy naczyń o 4% oraz schorzeń naczyń mózgowych o 2% [32]. W badaniu wykonany na 11 europejskich kohortach otrzymano silny związek pomiędzy wzrostem koncentracji PM_{2,5} o 5 µg/m³, a wzrostem ryzyka występowaniem udarów mózgu, który wzrastał o 19%. [33]. W przeglądzie i analizie dokonanej przez Jalaludin B. i wsp. wykazali, że wpływ pyłu zawieszzonego na śmierci z powodu chorób układu krążenia jest znaczący, szacując, że w roku 2010 z powodu jego oddziaływania liczba zgonów na świecie wynosiła 3 miliony osób [34].

WNIOSKI

Pył zawieszony w sposób istotny wpływa na zdrowie populacji narażonej. Dostępność do czystego powietrza staje się coraz istotniejszym czynnikiem powodującym nierówności w zdrowiu zarówno w ujęciu lokalnym jak i globalnym. Niezapewnienie wystarczająco czystego powietrza pociąga za sobą znaczne straty społeczne i finansowe, które przy podjęciu odpowiednich działań są do uniknięcia.

Na uwagę w tym zakresie zasługuje badanie „Harvard Six Cities Study”, które pokazało, że wraz ze spadkiem koncentracji pyłu zawieszzonego o 10 µg/m³ odnotowano po 10 latach zmniejszenie się o 27% liczby zgonów z powodu chorób układu sercowo-naczyniowego [35]. W innym badaniu wykazano, że obniżenie średniorocznej koncentracji PM_{2,5} do poziomu 15 µg/m³ mogłoby spowodować wzrost długości życia w przedziale od 1 miesiąca do 2 lat [36].

Istotne jest zatem dążenie do maksymalnego ograniczenia emisji zanieczyszczeń pyłowych powietrza w celu poprawy jakości i długości życia bez choroby.

PIŚMIENNICTWO

- [1] WHO: Air Quality Guidelines Global Update 2005.
- [2] Particulate matter (in:) Air Quality Guidelines second edition. WHO 2000.
- [3] Anderson J.O., Thundiyil J.G., Stolbach A.: Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *J. Med. Toxicol.* 2012; 8: 166–175.
- [4] Dockery D.W.: Health Effects of Particulate Air Pollution. *Annals of Epidemiology.* 2009; 19: 257–263.
- [5] Lissowska J., Bardin-Mikolajczak A., Fletcher T. et al.: Lung Cancer and Indoor Pollution from Heating and Cooking with Solid Fuels The IARC International Multicentre Case-Control Study in Eastern/Central Europe and the United Kingdom. *Am. J. Epidemiol.* 2005; 162: 326-333.
- [6] Turner M.C., Krewski D., Pope A.C. et al.: Long-term Ambient Fine Particulate Matter Air Pollution and Lung Cancer in a Large Cohort of Never-Smokers. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine.* 2011; 18: 1374-1381.
- [7] Pope C.A., Burnett R.T., Thun M.J. et al.: Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA.* 2002; 287: 1132-1141.
- [8] Raaschou-Nielsen O.R., Andersen Z.J., Beelen R. et al.: Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *The Lancet Oncology.* 2013; 14: 813–822.
- [9] Petty T.L.: Scope of the COPD Problem in North America*: Early Studies of Prevalence and NHANES III Data: Basis for Early Identification and Intervention. *Chest.* 2000; 117: 326S-331S.
- [10] Aligne C.A., Auinger P., Byrd R.S., Weitzman M.: Risk Factors for Pediatric Asthma Contributions of Poverty, Race, and Urban Residence. *AJRCCM.* 2000; 162: 873-877.
- [11] Sundeep S.: Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatric Respiratory Reviews.* 2007; 8: 275–280.
- [12] Davis D.L.: A Look Back at the London Smog of 1952 and the Half Century Since. *Environ Health Perspect;* 2002, 110: A734–A735.
- [13] Pope C.A., Schwartz J., Ransoma M.R.: Daily Mortality and PM₁₀ Pollution in Utah Valley. *Arch Environ Health* 1992; 47(3): 211-7.
- [14] Katsouyanni K., Touloumi G., Spix C. et al.: Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ* 1997; 314: 1658.
- [15] Atkinson R.W., Anderson H.R., Sunyer J. et al.: Acute Effects of Particulate Air Pollution on Respiratory Admissions Results from APHEA 2 Project. *Am J Resp Crit Care* 2001; 164: 1860-1866.
- [16] Li M.H., Fan L.C., Mao B. et al.: Short Term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter (PM_{2.5}) Increases Hospitalizations and Mortality of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Chest.* 2015; 15-0513.
- [17] Chen Y., Yang Q., Krewski D. et al.: The effect of coarse ambient particulate matter on first, second, and overall hospital admissions for respiratory disease among the elderly. *Inhal Toxicol.* 2005; 12: 649-55.
- [18] Tramuto F., Cusimano R., Cerame G. et al.: Urban air pollution and emergency room admissions for respiratory symptoms: a case-crossover study in Palermo, Italy. *Environmental Health* 2011; 10: 31.
- [19] Hrubá F., Fabiánová E., Koppová K. et al.: Childhood respiratory symptoms, hospital admissions, and long-term exposure to airborne particulate matter. *J Expo Anal Environ Epidemiol.* 2001; 11:33-40.
- [20] Anderson H.R., Bremner S.A., Atkinson R.W. et al.: Particulate matter and daily mortality and hospital admissions in the west midlands conurbation of the United Kingdom: associations with fine and coarse particles, black smoke and sulphate. *Occup Environ Med.* 2001; 58: 504-10.

- [21] Le Tertre A., Medina S., Samoli E., i wsp.: Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health* 2002; 56: 773-779.
- [22] Peng R.D., Chang H.H., Bell M.L., McDermott A., Zeger S.L. i wsp.: Coarse particulate matter air pollution and hospital admissions for cardiovascular and respiratory diseases among Medicare patients. *JAMA*. 2008 May 14; 299: 2172-9.
- [23] Peng R.D., Bell M.L., Geyh A.S., McDermott A., Zeger S.L. et al.: Emergency Admissions for Cardiovascular and Respiratory Diseases and the Chemical Composition of Fine Particle Air Pollution. *Environ Health Perspect.* 2009; 117(6): 957-63.
- [24] Zanobetti A., Schwartz J.: Air pollution and emergency admissions in Boston, MA. *J Epidemiol Community Health* 2006; 60: 890-895.
- [25] Belleudi V., Faustini A., Stafoggia M., Giorgiob C., Achillec M. et al.: Impact of Fine and Ultrafine Particles on Emergency Hospital Admissions for Cardiac and Respiratory Diseases. *Epidemiology*.2010; 21: 414-423.
- [26] Dominici F., Peng R.D., Bell M.L., Pham L., McDermott A. et al.: Fine Particulate Air Pollution and Hospital Admission for Cardiovascular and Respiratory Diseases. *JAMA*. 2006; 295: 1127-1134.
- [27] Wellenius G.A., Schwartz J., Mittleman M.A.: Air Pollution and Hospital Admissions for Ischemic and Hemorrhagic Stroke Among Medicare Beneficiaries. *Stroke*. 2005; 36: 2549-2553.
- [28] Sun Q, Wang A., Jin X. et al.: Long-term Air Pollution Exposure and Acceleration of Atherosclerosis and Vascular Inflammation in an Animal Model. *JAMA*. 2005; 294: 3003-3010.
- [29] Diez Roux A.V., Auchincloss A.H., Franklin T.G. et al.: Long-term Exposure to Ambient Particulate Matter and Prevalence of Subclinical Atherosclerosis in the Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Epidemiol*. 2008; 167: 667-675.
- [30] Hoffmann B., Moebus S., Dragano N. et al.: Chronic Residential Exposure to Particulate Matter Air Pollution and Systemic Inflammatory Markers. 2009; 117(8): 1302-8.
- [31] Miller K.A., Siscovick D., Sheppard L., et al.: Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Cardiovascular Events in Women. *N Engl J Med* 2007; 356: 447-458.
- [32] Pope C.A., Burnett R.T., Thurston G.D. et al.: Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. *Circulation*. 2004; 109: 71-77.
- [33] Stafoggia M., Cesaroni G., Peters A. et al.: Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Incidence of Cerebrovascular Events: Results from 11 European Cohorts within the ESCAPE Project. *Environ Health Perspect.* 2014; 122: 919-925.
- [34] Jalaludin B., Cowie C.H.: Particulate air pollution and cardiovascular disease – it is time to take it seriously. *Reviews on Environmental Health*. 2014; 29: 129-132.
- [35] Laden F., Schwartz J., Speizer FE et al.: Reduction in Fine Particulate Air Pollution and Mortality. Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2006; 173: 667-672.
- [36] Boldo E., Medina S., Le Tertre A. et al.: Health Impact Assessment of Long-term Exposure to PM2.5 in 23 European Cities. *European Journal of Epidemiology*.2006; 21: 449-458.

*Adres do korespondencji**Krystyna Pawlas**Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego**41-200 Sosnowiec, Kościelna 13**e-mail: k.pawlas@imp.sosnowiec.pl*