

Maria Całka<sup>1</sup>  Paweł J. Pawlica<sup>2</sup> 

Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach

<sup>1</sup>Wydział Nauk o Zdrowiu w Bytomiu

<sup>2</sup>Kolegium Szkoły Doktorskiej Wydziału Nauk Medycznych w Katowicach

e-mail: mbcalka@gmail.com

## KONSEKWENCJE ZDROWOTNE ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA

### HEALTH CONSEQUENCES OF AIR POLLUTION

#### ABSTRACT

Air pollution is meant any harmful and dangerous to living organisms a substance that should not be in the air. Every harmful substance in the air brings with it a number of health consequences. Some health effects are felt already at the time of exposure, and others may only be after a long time. They concern the entire organism, starting from the respiratory system and giving immediate or chronic symptoms and ending with the death of the exposed organism. In the case of health consequences affecting the respiratory system, there may be bronchial asthma, chronic obstructive pulmonary disease, pneumoconiosis, and upper and lower airway infections may occur. Air pollution also affects the cardiovascular system and may contribute to atherosclerosis, hypertension, stroke and heart failure. In addition, the risk of exposure to these pollutants may be the cause of increased incidence of cancer, among others. lung, cervical or bladder cancer. A special group exposed to these contaminants are pregnant women, children, the elderly and chronically sick people. However, because of the extent of the consequences of air pollution, everyone should be aware of the scale of the problem. Sources of air pollution are clearly related to human economic activity, therefore strategies should be developed to counteract the health effects of air pollution. Ecological education and changing the mentality of society can play an important role.

**KEY WORDS:** air pollution, cardiopulmonary diseases, cancers, public health.

#### STRESZCZENIE

Jako zanieczyszczenie powietrza rozumie się każdą szkodliwą a zarazem niebezpieczną dla organizmów żywych substancję, która nie powinna a znajduje się w powietrzu. Każda taka substancja powoduje szereg konsekwencji zdrowotnych. Pewne skutki zdrowotne odczuwane są już w chwili narażenia na ekspozycję, a inne mogą się ujawnić dopiero po długim czasie. Dotyczą one całego organizmu, zaczynając od układu oddechowego, dając objawy natychmiastowe lub przewlekłe, a kończąc na spowodowaniu śmierci narażonego organizmu. W przypadku konsekwencji zdrowotnych mających wpływ na układ oddechowy może wystąpić astma oskrzelowa, przewlekła obturacyjna choroba płuc, pylice, jak również nieżyt górnych i dolnych dróg oddechowych. Zanieczyszczenia powietrza dotyczą także układu sercowo- naczyniowego i mogą przyczynić się do powstania m.in. miażdżycy, nadciśnienia tętniczego, udaru mózgu oraz niewydolności serca. Ryzyko ekspozycji na zanieczyszczenia może stanowić przyczynę zwiększonej zachorowalności na nowotwory takie jak rak płuc, szyjki macicy czy pęcherza moczowego. Szczególną grupą narażoną na zanieczyszczenia są kobiety w ciąży, dzieci, ludzie starsi oraz osoby przewlekłe chore. Z powodu wielkości zakresu konsekwencji, jakie niosą ze sobą zanieczyszczenia powietrza każdy powinien mieć świadomość, jak negatywny wpływ na zdrowie ma ten problem. Źródła zanieczyszczenia powietrza są jednoznacznie związane z działalnością gospodarczą człowieka, dlatego należy opracować strategie w celu przeciwdziałania skutkom zdrowotnym zanieczyszczenia powietrza. Istotną rolę może spełniać edukacja ekologiczna i dokonywanie zmian mentalności społeczeństwa.

**SŁOWA KLUCZOWE:** zanieczyszczenie powietrza, choroby sercowo- płucne, nowotwory, zdrowie publiczne.

## WPROWADZENIE

Powietrze jest niezbędne dla przeżycia dla wszystkich organizmów żywych. Od momentu narodzin dostęp do niego stanowi podstawowy warunek, aby życie mogło istnieć i funkcjonować. Człowiek poprzez swoją różnorodną działalność emituje zanieczyszczenia do atmosfery prawie we wszystkich miejscach na Ziemi, wywierając tym samym szkodliwy wpływ na otaczające go środowisko. Powstają skutki, które niekorzystnie wpływają na nasze zdrowie (URBASZEK, 2018). Narażenie na zanieczyszczenia, takie jak substancje zawarte w powietrzu i ozon wiąże się ze wzrostem śmiertelności i hospitalizacji z powodu chorób układu oddechowego i układu krążenia. Efekty te stwierdzono w badaniach krótkoterminowych, które odnoszą się do codziennych zmian w zanieczyszczeniach powietrza i zdrowiu, oraz do badań długoterminowych, które obejmowały kohorty narażonych osób przez wiele lat (BRUNEKREEF I HOLGATE, 2002). Grupami szczególnie narażonymi na zachorowanie na choroby związane z zanieczyszczeniami powietrza są osoby starsze, dzieci (również w okresie prenatalnym), osoby otyłe, chorzy na cukrzycę oraz osoby z niską odpornością (np. terapia immunosupresyjna) i o niskim statusie społeczno-ekonomicznym. Zanieczyszczenia powietrza negatywnie wpływają na organizmy żywe, poprzez skrócenie długości ich życia i zwiększenie liczby śmiertelności. Od dawna znane jest niekorzystne działanie pewnych składników powietrza. Są to m. in. tlenki azotu (NO), dwutlenki węgla (CO<sub>2</sub>) dwutlenki siarki (SO<sub>2</sub>), które w procesie oddychania dostarczamy bezpośrednio do naszego organizmu. W takim samym stopniu negatywny wpływ na zdrowie człowieka wywierają zanieczyszczenia gazowe jak i pyłowe (JĘDRAK I IN., 2017). Zanieczyszczenie powietrza uważane jest za główny czynnik ryzyka środowiskowego w występowaniu i progresji niektórych chorób, takich jak astma, rak płuc, przerost komór serca, choroby Alzheimera i Parkinsona, powikłań psychologicznych, autyzmu, retinopatii, ograniczenia wzrostu płodu i niskiej masy urodzeniowej (IUGR) (GHORANI-AZAM I IN., 2016).

Zadaniem niniejszej pracy jest ukazanie szkodliwego wpływu zanieczyszczenia powietrza

(air pollution) na organizm człowieka. W celu uzyskania dokładniejszego omówienia wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie ludzi autorzy przeprowadzili przegląd piśmiennictwa w bazach PubMed i Google Scholar. Analiza danych zawartych w publikacjach naukowych pozwoliła nam na wyszczególnienie czynników ryzyka i zagrożeń dla zdrowia osobniczego i populacyjnego.

## WPŁYW NA UKŁAD ODDECHOWY

W wyniku oddychania zanieczyszczonym powietrzem zostają wprowadzone do układu oddechowego i pęcherzyków płucnych szkodliwe substancje w nim zawarte. Przede wszystkim natężenie i wielkość ekspozycji jest silnie powiązana z wielkością cząstek zanieczyszczonego powietrza i anatomią dróg oddechowych, patologicznymi zmianami w układzie oddechowym oraz ogólnym stanem zdrowotnym osoby narażonej na inhalację zanieczyszczonym powietrzem (DĄBROWIECKI I IN., 2018). Istnieje zależność pomiędzy dawką zanieczyszczeń wziewnych, a odkładaniem się ich w docelowych komórkach, która wpływa na poziom uszkodzeń w układzie oddechowym osoby narażonej na ekspozycję. W procesie oddychania w górnych drogach oddechowych na pierwszym miejscu dochodzi przede wszystkim do podrażnienia tchawicy i pojawienia się zakłóceń głosu. Zanieczyszczenie powietrza stanowi wiodący czynnik ryzyka środowiskowego dla niektórych chorób układu oddechowego, takich jak astma i rak płuc. Poważne uszkodzenia układu oddechowego mogą w szczególności powodować PM<sub>2,5</sub> i inne inhalowane substancje chemiczne np. ozon (O<sub>3</sub>) i benzen. Astma natomiast jest chorobą układu oddechowego, która może rozwinąć się w wyniku działania substancji toksycznych. Przeprowadzone badania potwierdziły związek między zanieczyszczeniem powietrza a ruchem drogowym i/ lub przemysłem na zwiększenie ryzyka przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (GHORANI-AZAM I IN., 2016).

Wpływ zanieczyszczenia na układ oddechowy zaczyna się już w momencie życia płodowego, a każda ekspozycja zarówno krótkoterminowa, jak i długoterminowa wywiera na

niego ogromny wpływ. Najczęściej krótkotrwałe narażenie na zanieczyszczenie powietrza powoduje nasilenie objawów, które wystąpiły już wcześniej w przeszłości w układzie oddechowym (JĘDRYCHOWSKI I IN., 2016).

W Polsce na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc (POChP) choruje ok. 2 mln osób, z czego 80% nie ma ustalonego rozpoznania przyczyny choroby. W związku z tym nie można podjąć u nich skutecznego leczenia. Udowodniono także zależność wzrostu ilości pyłu zawieszonego  $PM_{2,5}$  o ponad  $10\mu g/m^3$  do wzrostu liczby hospitalizacji z powodu POChP o 0,9%. Jednocześnie wykazano, że w przypadku osób po 75 roku życia liczba hospitalizacji wzrosła o 1,74%, co spowodowało 3-krotnie silniejszy wpływ, niż w przypadku osób w wieku od 65 do 74 lat (ŚLIWIŃSKI I IN., 2016). Stosunkowo niewiele badań szczegółowo zidentyfikowało wpływ obrony przed utlenianiem z  $PM_{2,5}$  w otoczeniu oraz chorobowość sercowo-oddechową, toteż niewiele wiadomo na temat związku między potencjałem utleniającym  $PM_{2,5}$  a jego niekorzystnymi skutkami zdrowotnymi. Dotychczasowe dowody naukowe są w dużej mierze ograniczone do populacji starszych mężczyzn rasy kaukaskiej. Uzasadniona jest zatem dalsza ocena modyfikacji efektów przez polimorfizmy w genach antyoksydacyjnych lub przeciwutleniaczach w diecie, ponieważ czynniki te mogą także odgrywać ważną rolę w określaniu wrażliwości na zdrowie populacji wywołane przez  $PM_{2,5}$  (WEICHENTHAL I IN., 2013).

#### DZIAŁANIE NA UKŁAD SERCOWO- NACZYNIOWY

Pierwsze zależności pomiędzy zanieczyszczeniem powietrza a prawidłowym funkcjonowaniem układu sercowo-naczyniowego zauważono podczas tzw. Wielkiego Smogu Londyńskiego w 1952 r. Można było wtedy odnotować wyraźny wzrost umieralności powstałej na skutek chorób układu sercowo-naczyniowego (URBASZEK, 2018). W samej UE od 15% do 28% całkowitej śmiertelności z powodu chorób sercowo-naczyniowych wynoszącej 1,85 mln rocznie przypada na zanieczyszczenie powietrza, przy czym górna granica jest związana z „innymi chorobami niezakaźnymi”. Biorąc pod

uwagę ogólne patomechanizmy, w których zanieczyszczenie powietrza powoduje upośledzenie naczyń, rzeczywisty procent zgonów może być bliższy górnej granicy. Wskazując, że może być wyższy niż 20% i sugerując, że zanieczyszczenie powietrza jest czynnikiem ryzyka dla zdrowia, który znacznie przekracza palenie tytoniu (LELIEVELD I IN., 2019).

Aktualnie wiadomo, że ekspozycja na zanieczyszczenia powietrza nie tylko istotnie wpływa na nasilenie objawów ze strony układu sercowo-naczyniowego, ale także ma znaczący wpływ na ich rozwój. Szczególnie negatywne znaczenie dla układu krążenia mają zanieczyszczenia pyłowe, ze względu na toksyczność zawartych w nich substancji chemicznych. Zjawisko to jest uzależnione od wielkości inhalowanych szkodliwych cząsteczek. Istnieje korelacja, pokazująca, że im mniejsza średnica cząsteczki pyłu, tym zwiększa się jego toksyczność. W związku z tym najbardziej niebezpieczny dla prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka jest pył  $PM_{2,5}$ , ponieważ jego cząsteczki bez jakichkolwiek przeszkód przedostają się przez pęcherzyki płucne do układu krążenia, skąd z prądem krwi zostają wprowadzone do innych organów wewnętrznych (MEIER-GIRARD I IN., 2019). W odniesieniu do wyników przeprowadzonych badań można stwierdzić, że długotrwała ekspozycja na  $PM_{10}$  wywołuje niekorzystny wpływ na układ sercowo-naczyniowy, a szczególnie na pracę serca (OLSZANECKA I CZARNECKA, 2018). Nawet krótkotrwałe narażenie na wysokie stężenie pyłu zawieszonego w powietrzu może przyczynić się do wzrostu rozwoju ostrych incydentów ze strony układu krążenia, m.in. zawałów mięśnia sercowego i udarów mózgu. Przekroczone stężenie pyłów w powietrzu powoduje rozwój zaburzeń układu krążenia, nadciśnienia tętniczego oraz cukrzycy typu 2 (TONNE I IN., 2012). Przeprowadzone w Stanach Zjednoczonych badania obserwacyjne na temat zależności pomiędzy ekspozycją na zanieczyszczenie powietrza, a występowaniem nieprawidłowości wieńcowych udowodniło powyższą zależność jak również pokazało korelację stężenia pyłu zawieszonego z parametrami subklinicznej miażdżycy. Potwierdzeniem powyższych wniosków wyłonionych na podstawie przytoczonych badań było przeprowadzenie



podobnego eksperymentu w Londynie, uzyskując przy tym przybliżone wyniki (LIU I IN., 2015). Natężenie ekspozycji na  $PM_{2,5}$  i ozon skorelowane jest z grubością błony wewnętrznej tętnicy szyjnej u ludzi. Badania na zwierzętach potwierdzają związek przyczynowy między zanieczyszczeniem powietrza a miażdżycą, pozwoliły zidentyfikować także niekorzystne efekty pyłu zawieszonego na stężenie cholesterolu HDL (high density lipoprotein). Nawet krótka ekspozycja na stężony  $PM_{2,5}$  wywołuje szybką reakcję na antyoksydacyjną i przeciwzapalną funkcję HDL, co może wskazywać na potencjalny mechanizm szkodliwego działania zanieczyszczenia powietrza na układ krążenia (RAMANATHAN I IN., 2016). Według najnowszych wyników badań naukowych zanieczyszczenia powietrza wpływają na aktywację wielu procesów patofizjologicznych. Jest wysoce prawdopodobne, że skutki te przyczynią się do wzrostu ogólnej chorobowości sercowo-naczyniowej związanej z zanieczyszczeniem powietrza i zwiększają tym samym ryzyko wystąpienia zmian zakrzepowych (ROBERTSON I MILLER, 2018). Wzmocnienie procesu miażdżycowego za pośrednictwem  $PM_{2,5}$  jest prawdopodobnie spowodowane jego działaniem prooksydacyjnym i prozapalnym, obejmującym wiele narządów, różne typy komórek i mediatorów molekularnych (BA I SUN, 2016). Zmiany w funkcji śródbłonna wydają się być niezwykle ważne w odbiorze, przekazywaniu sygnałów i ostatecznie promowaniu zaburzeń sercowo-naczyniowych, takich jak nadciśnienie, cukrzyca i miażdżycę tętnic (MÜNDEL I IN., 2018). Wolne formy tlenu indukują dysfunkcję śródbłonna, aktywację monocytów i niektóre zmiany proaterogenne w lipoproteinach, które inicjują tworzenie się blaszki miażdżycowej. Ponadto zanieczyszczenie powietrza sprzyja tworzeniu się zakrzepów poprzez wzrost czynników krzepnięcia i aktywacji trombocytów (BOURDREL I IN., 2017). Przez pękniętą blaszkę miażdżycową krew wdziera się do jej rdzenia. Wchodzi tu w kontakt z czynnikiem tkankowym, czyli głównym czynnikiem aktywującym zewnątrzpochodny układ krzepnięcia krwi (PASIERSKI, 2002).

Dokonując analizy liczby przeprowadzonych badań naukowych można stwierdzić, że wielkość oddziaływania ekspozycji na pył za-

wieszony i wskaźniki subklinicznej miażdżycy powiązana jest z płcią. Znacznie większa korelacja występuje u kobiet (LIU I IN., 2017). Opisując wpływ zanieczyszczenia powietrza na układ krążenia nie sposób pominąć skutki, jakimi mogą być ostre zespoły wieńcowe (OZW). Z uwagi na fakt, że choroba niedokrwienna serca powstaje na skutek długoletniego przebiegu miażdżycy tętnic wieńcowych i procesów zakrzepowych w tętnicach, a zanieczyszczenie powietrza może przyczynić się do powstania zjawiska pęknięcia blaszki miażdżycowej, a co za tym idzie w sposób bezpośredni odpowiada za powstanie chorobowych epizodów w układzie sercowo-naczyniowym. Przeprowadzone badania naukowe pokazują zależność pomiędzy powstaniem zawału, a stężeniem pyłów we wdychanym powietrzu. Udowodniono także, iż narażenie na wyższe stężenia pyłowe przyczyniają się do zwiększenia ryzyka powstania wielonaczyniowej choroby wieńcowej (BROOK I RAJAGOPALAN, 2009).

Wskutek ekspozycji na zanieczyszczenie powietrza może pojawić się również nadciśnienie tętnicze, które obecnie jest określane jako jeden z największych czynników ryzyka zgonu. Nadciśnienie tętnicze może być spowodowane czynnikami genetycznymi, a także czynnikami epigenetycznymi - związanymi ze stylem życia i czynnikami środowiskowymi, do których można zaliczyć zanieczyszczenia powietrza. Zależność rozwoju nadciśnienia tętniczego z przekroczonymi normami wdychanego powietrza od wielu lat jest przedmiotem licznych badań naukowych (BROOK I IN., 2014). Związek pomiędzy podwyższonym ciśnieniem tętniczym, a zanieczyszczeniem powietrza jest uzależniony od czasu narażenia organizmu. Korelacja ta może być spowodowana nieprawidłowościami pojawiającymi się pomiędzy zaburzeniami równowagi oraz aktywnością współczulnego i przywspółczulnego układu nerwowego (SHAH I IN., 2013).

Jako jedna z wielu konsekwencji zdrowotnych zanieczyszczenia powietrza może pojawić się niewydolność serca, która obecnie należy do jednego ze zwiększających się problemów zdrowotnych. Jej natężenie wśród społeczeństwa wzrasta z wiekiem. Niewydolność serca powstaje na skutek choroby niedokrwiennej serca. Nato-

miast ekspozycja krótkotrwała może stanowić czynnik powodujący zaostrzenie przewlekłej niewydolności serca, nierzadko wymagającej hospitalizacji (TURNER I IN., 2017). Krótkotrwałe narażenie na cząstki stałe w powietrzu atmosferycznym związane są z zakrzepicą naczyniową (ostry zespół wieńcowy, udar niedokrwienny, zakrzepica żył głębokich i zator tętnicy płucnej) i zaburzenia elektryczne (komorowe zaburzenia rytmu). Osoby z zaawansowanymi chorobami serca są najbardziej narażone na progresję tych schorzeń.

Ponadto warto podkreślić, że ekspozycja towarzyszy zmianom w autonomicznym układzie nerwowym, ogólnoustrojowemu zapaleniu oraz dysregulacji równowagi pro- i przeciwzakrzepowej (CASCIO, 2016). Temperatura i zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego są głównymi przyczynami chorób układu krążenia. Zatem poprawa jakości powietrza stanowi element zapobiegania tym chorobom (ARGACHA, 2018).

#### INTERAKCJA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA Z ZACHOROWALNOŚCIĄ NA NOWOTWORY

Zanieczyszczenie powietrza zostało uznane przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) za przyczynę chorób układu krążenia i oddechowego, a także raka płuc po ostrym i przewlekłym narażeniu na drobne cząstki ( $PM_{2,5}$  i  $PM_{10}$ ) nawet w stężeniach, które są o 50% niższe niż te, które zostały przyjęte jako normy w wielu krajach rozwiniętych. Wzrost o  $10 \mu g/m^3$   $PM_{2,5}$  powoduje wzrost 4- 6% ogólnej śmiertelności, 10% częstości występowania chorób układu krążenia (arytmie, ostre zawały mięśnia sercowego i niewydolność serca) oraz 22% raka płuca. Oprócz tych przewlekłych skutków, powodują również ostre hospitalizacje wśród podatnych i wrażliwych na nie pacjentów (COLAO I IN., 2016).

Kontaminacja powietrza może wywoływać szereg rakotwórczych skutków w organizmie człowieka. Zanieczyszczone powietrze atmosferyczne stanowi złożoną mieszaninę substancji kancerogennych i mutagennych, które mogą powodować przewlekłe ogólnoustrojowe za-

palenie, stres oksydacyjny i uszkodzenia na poziomie DNA nie tylko w płucach, ale i w innych narządach (HAMRA I IN., 2014). W związku z powyższym sugeruje się istnienie powiązania pomiędzy narażeniem na zanieczyszczone powietrze, a pewnymi rodzajami nowotworów (KHREIS I IN., 2018).

Przeprowadzone badania naukowe sugerują zależność między występowaniem raka szyjki macicy a ekspozycją na zanieczyszczone powietrze, dotyczy to przede wszystkim od natężenia pyłu zawieszonego  $PM_{2,5}$ . Badanie przekrojowe KHREIS I IN., dotyczące kobiet wykazało dodatnią korelację dysplazji szyjki macicy z szacunkowymi obliczeniami stężenia benzenu w otoczeniu, obliczonej według zawartości cząstek stałych w oleju napędowym (HAMRA I IN., 2015). Istnieją dowody naukowe na związek dymu z występowaniem raka płuc u osób, które nigdy nie paliły papierosów. Narażenie na ruch drogowy wiązało się również z granicznie podwyższonym ryzykiem w tej grupie (BEELLEN I IN., 2008).

Istnieje kilka czynników związanych ze zwiększonym ryzykiem zachorowania na raka płuc u osób nigdy nie palących, w tym m.in. biernego palenia, zanieczyszczenia powietrza w pomieszczeniach, narażenia zawodowego i podatności genetycznej (RIVERA I WAKELEE, 2016). Rak płuc u osób nigdy nie palących jest siódmą wiodącą przyczyną śmierci wśród guzów litych. Głównym czynnikiem ryzyka tego raka jest palenie. Jednak około 15% pacjentów z rakiem płuc nigdy nie paliło. Rak płuc u osób nigdy nie palących występuje częściej u kobiet, niezależnie od położenia geograficznego, jednak najwyższą zapadalność stwierdzono w Azji Południowo-Wschodniej. Histologiczna zapadalność na gruczolakoraka jest wyższa w grupie osób nigdy nie palących, niż na raka płaskonabłonkowego (TOROK I IN., 2011).

Inne uzyskane dowody naukowe pokazują, że zanieczyszczenia powietrza powstałe na skutek spalin silników wysokoprężnych i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, powstających na zasadzie procesów niepełnego spalania, wpływają na zachorowalność na raka pęcherza moczowego i nerki. Zanieczyszczenie powietrza ze względu na swój skład

stanowią mieszaninę szkodliwych substancji, która w wyniku złożoności wielu czynników, w tym kancerogennych może prowadzić do zwiększonego ryzyka raka płuc (KHREIS I IN., 2017). Zastosowana w badaniu przez SOMER-SA I IN., wysokowydajna filtracja powietrza z cząstek stałych (High Efficiency Particulate Air, HEPA) znacząco obniżyła dziedziczne tempo mutacji w powtarzających się loci DNA u myszy laboratoryjnych przebywających na zewnątrz w pobliżu autostrady i położonych blisko siebie dwóch hut. Odkrycia te wiążą się z narażeniem na pył zawieszony w powietrzu jako główny czynnik przyczyniający się do podwyższonego współczynnika mutacji u myszy wskaźnikowych i stanowią dodatkowy dowód na to, że zanieczyszczenie powietrza może stwarzać ryzyko genetyczne dla ludzi i dzikiej przyrody (SOMERS I IN., 2004). Nie tylko mutacje genetyczne, ale toksyczność molekularna i komórkowa mogą również w dłuższej perspektywie wywołać szereg nowotworów (NAKANO I OTSUKI, 2013).

Występowanie nowotworów wzrasta ze względu na wzrost i starzenie się populacji, a także coraz częstsze występowanie ustalonych czynników ryzyka, takich jak palenie tytoniu, nadwaga, brak aktywności fizycznej i zmieniające się wzorce reprodukcyjne związane z urbanizacją i rozwojem gospodarczym (TORRE I IN., 2012). Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) sklasyfikowała zanieczyszczenie powietrza oraz pył zawieszony w powietrzu na zewnątrz jako czynniki rakotwórcze dla ludzi, w oparciu o wystarczające dowody naukowe u ludzi, a także zwierząt doświadczalnych oraz liczne dane badań eksperymentalnych (LOOMIS I IN., 2014).

Znaczna część nowotworów jest związana z rakotwórczym narażeniem w środowisku i miejscu pracy, na które wpływają działania we wszystkich sektorach gospodarczych i społecznych. Wiele z tych ekspozycji jest mimowolnych, ale można je kontrolować lub wyeliminować poprzez wprowadzenie i egzekwowanie aktywnej strategii prewencji pierwotnej (ESPINA I IN., 2013).

## PODSUMOWANIE

Powyższe dane wskazują, że zanieczyszczenia powietrza, które stanowią poważny

problem cywilizowanego i uprzemysłowionego świata rzutują w bardzo dużym stopniu na ludzki organizm. Ich konsekwencje zdrowotne najczęściej są długotrwałe i dotyczą powstania chorób przewlekłych, które mogą doprowadzić do przyspieszenia śmierci. Długotrwała i krótkotrwała ekspozycja na substancje toksyczne zawieszone w powietrzu indukuje choroby układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, powikłania neuropsychiatryczne, dermatologiczne, nowotwory i wiele innych chorób przewlekłych. Zanieczyszczenie powietrza stanowi główny czynnik ryzyka środowiskowego groźnych chorób, w tym astmy, raka płuc, kardiomiopatii przerostowej, chorób Alzheimera i Parkinsona, powikłań psychicznych, autyzmu, retinopatii i patologii płodu.

Jednym z wielu sposobów przeciwdziałania kontaminacji powietrza jest zapobieganie jej powstawaniu poprzez wdrażanie nowoczesnych technologii przemysłowych zapewniających mniejszą emisję gazów i pyłów do atmosfery. Źródła zanieczyszczenia powietrza są jednoznacznie związane z działalnością gospodarczą człowieka, dlatego należy opracować strategię zwiększenia współpracy między krajami rozwiniętymi i rozwijającymi się w celu przeciwdziałania skutkom zdrowotnym zanieczyszczenia powietrza. Bardzo ważną rolę może spełniać tu edukacja ekologiczna prowadzona już od najmłodszych lat, jak i dokonywanie wszelkich prób zmiany mentalności społeczeństwa, aby wszyscy podejmowali odpowiednie działania np. korzystali z programów na rzecz poprawy jakości powietrza prowadzonych przez organy samorządowe. Należałoby również wdrożyć wykorzystywanie wszystkich atutów zieleni wśród zabudowań aglomeracji miejskich oraz wzmocnić rolę transportu publicznego zasilanego niskoemisyjnym paliwem lub na prąd elektryczny albo baterie solarne. Jednakże najważniejsze jest, aby każdy zdawał sobie sprawę ze szkodliwej skali jakie niosą ze sobą zanieczyszczenia powietrza na nasze zdrowie.

## LITERATURA

URBASZEK A. 2018. Czynniki środowiskowe. [W] Medycyna stylu życia. ŚLIŹ D., MAM-



CARZ A. (red.). PZWL Wydawnictwo Lekarskie. Warszawa. 244-249.

BRUNEKREEF B., HOLGATE S. T. 2002. Air pollution and health. *Lancet*. 360(9341), 1233-1242.

JĘDRAK J., KONDURACKA E., BĄDYDAA J., DĄBROWIECKI P. 2017. Wpływ zanieczyszczeń powietrza. *Krakowski Alarm Smogowy*. <https://krakowskialarmsmogowy.pl>

GHORANI-AZAM A., RIAHI-ZANJANI B., BALALI-MOOD M. 2016. Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. *J Res Med Sci*. (21), 65.

LIU X., ZHANG Y., YANG X. 2019. PM<sub>2.5</sub> induced neurodegenerative-like changes in mice and the antagonistic effects of vitamin E. *Toxicol Res (Camb)*. 8(2), 172-179.

DĄBROWIECKI P., CHCIAŁOWSKI A., MAZUREK H. 2018. Depozycje zanieczyszczeń, mechanizmy działania toksycznego i rola mechanizmów obronnych człowieka. [W] *Smog. Konsekwencje zdrowotne zanieczyszczeń powietrza*. (red.). MAZUREK H., BĄDYDA A. PZWL Wydawnictwo Lekarskie. Warszawa. 57-59.

JĘDRYCHOWSKI W., MAJEWSKA R., MRÓZ E., FLAKE E., KIEŁTYKAA. 2016. Oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza drobnym pyłem zawieszonym i wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi w okresie prenatalnym na zdrowie dziecka. *Badania w Krakowie. Katedra Epidemiologii i Medycyny Zapobiegawczej UJ CM oraz Fundacja Zdrowie i Środowisko*. <https://powietrze.malopolska.pl/>

ŚLIWIŃSKI P., GÓRECKA D., JASSEM J., PIERZCHAŁA W. 2016. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Chorób płuc dotyczące rozpoznania i leczenia przewlekłej choroby płuc. *Lek Wojskowy*. 1.

WEICHENTHAL S.A., GODRI-POLLITT K., VILLENEUVE P.J. 2013. PM<sub>2.5</sub>, oxidant defence and cardiorespiratory health: a review. *Environ*

*Health*. (12), 40.

LELIEVELD J., KLINGMÜLLER K., POZZER A., PÖSCHL U., FNAIS M., DAIBER A., MÜNDEL T. 2019. Cardiovascular disease burden from ambient air pollution in Europe reassessed using novel hazard ratio functions. *Eur Heart J*. 40(20), 1590-1596.

MEIER-GIRARD D., DELGADO-ECKERT E., SCHAFFNER E., SCHINDLER C., KÜNZLI N., ADAM M., PICHOT V., KRONENBERG F., IMBODEN M., PROBST-HENSCH N. 2019. Association of long-term exposure to traffic-related PM with heart rate variability and heart rate dynamics in healthy subjects. *Environ Int*. 125, 107-116.

OLSZANECKA A., CZARNECKA D. 2018. Zanieczyszczenia powietrza a choroby układu sercowo-naczyniowego. *Kardiologia po Dyplomie*. 6. <http://podyplomie.pl/kpd/categories/1804/>

TONNE C., YANOSKI Y. D., BEEVERS S., WILKINSON P., KELLY F.J., WILKINSON P., ANDERSON H.R. 2012. PM mass concentration and PM oxidative potential in relation to carotid intima-media thickness. *Epidemiology*. 23, 486-494.

RAMANATHAN G., YIN F., SPECK M., TSENG C. H., BROOK J. R., SILVERMAN F., URCH B., BROOK R.D., ARAUJO J.A. 2016. Effects of urban fine particulate matter and ozone on HDL functionality. *Part Fibre Toxicol*. 13(1), 26.

ROBERTSON S., MILLER M. R. 2018. Ambient air pollution and thrombosis. *Part Fibre Toxicol*. 3;15(1), 1.

BA Y., SUN Q. 2016. Fine particulate matter air pollution and atherosclerosis: Mechanistic insights. *Biochim Biophys Acta*. 1860(12), 2863-2868.

MÜNDEL T., GORI T., AL-KINDI S., DEANFIELD J., LELIEVELD J., DAIBER A., RAGAJOPALAN S. 2018. Effects of gaseous and solid constituents of air pollution on endothelial func-

tion. *Eur Heart J.* 39(38), 3543-3550.

BOURDREL T., BIND M.A., BÉJOT Y., MOREL O., ARGACHA J. F. 2017. Cardiovascular effects of air pollution. *Arch Cardiovasc Dis.* 110(11), 634-642.

PASIERSKI T. 2002. Patogeneza miażdżycy i występowania zdarzeń wieńcowych. Pathogenesis of atherosclerosis and coronary events. *Postępy Nauk Medycznych.* 1, 6-8. <http://www.czytelniamedyczna.pl>

LIU H., TIAN Y., XIANG X., SUN K., J., UAN J., SONG J. 2017. Air Pollution and Hospitalization for Acute Myocardial Infarction in China. *Am J Cardiol.* 120, 753-758.

BROOK R.D., RAJAGOPALAN S. 2009. Particulate matter air pollution, and blood pressure. *J Am Soc Hypertens.* 3, 332-335.

BROOK R.D., BARD R.L., MORISHITA M., DVONCH J.T., WANG L., YANG H.Y., SPINO C., MUKHARJEE B., KAPLAN M.J., YALAVARTHI S., ORALE A., AJLUNIN, QINGHUA S., BROOK J.R., HAREMA J., RAJAGOPALAN S. 2014. Hemodynamic autonomic, and vascular effects of exposure to coarse particulate matter air pollution from a rural location. *Env Heal Perspect.* 122, 624-63.

SHAH A.S.V., LANGRISH J.P., NAIR H., MCALLISTER D.A., HUNTER A.L., DONALDSON K., NEWBY D.E., MILLS N.L. 2013. Global association of air pollution and heart failure: A systematic review and metaanalysis. *Lancet.* 382, 1049- 1048.

TURNER M.C., KREWSKI D., DIVER W.R. 2017. Ambient Air Pollution and Cancer Mortality in the Cancer Prevention Study II. *Environmental Health Perspectives.* 125(8).

CASCIO W.E. 2016. Proposed pathophysiologic framework to explain some excess cardiovascular death associated with ambient air particle pollution: Insights for public health translation. *Biochim Biophys Acta.* 1860(12), 2869-2879.

ARGACHA J.F., BOURDREL T., VAN DE BORNE P. 2018. Ecology of the cardiovascular system: A focus on air-related environmental factors. *Trends Cardiovasc Med.* (2), 112-126.

COLAO A., MUSCOGIURI G., PISCITELLI P. 2016. Environment and Health: Not Only Cancer. *Int J Environ Res Public Health.* 19;13(7), 724.

HAMRA G.B., GUHA N., COHEN A., LADEN F., RAASCHOU-NIELSEN O., SAMET J.M., VINEIS D., FORASTIERE F., SALDIVA P., YORIFUJI T., LOOMIS D. 2014. Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect.* 122(9), 906- 911.

HAMRA G.B., LADEN F., COHEN A.J., RAASCHOU-NIELSEN O., BRAUER M., LOOMIS D. 2015. Lung Cancer and Exposure to Nitrogen Dioxide and Traffic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect.* 123(11), 1107-1112.

KHREIS H., DE HOOGH K., NIEUWENHUIJSEN M.J. 2018. Full-chain health impact assessment of traffic-related air pollution and childhood asthma. *Environ Int.* 114, 365-375.

BEELEN R., HOEK G., VAN DEN BRANDT P.A., GOLDBOHN R.A., FISCHER P., SCHOUTEN L.J., JARRETT M., HUGHES E., ARMSTRONG B., BRUNEKREEF B. 2008. Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution and Lung Cancer Risk. *Epidemiology.* 19;5, 702-710.

RIVERA G.A., WAKELEE H., 2016. Lung Cancer in Never Smokers. *Adv Exp Med Biol.* 893, 43-57.

TOROK S., HEGEDUS B., LASZLO V., HODA M.A., GHANIM B., BERGER W. 2011. Lung cancer in never smokers. *Future Oncol.* 7(10), 1195-1211.

KHREIS H., KELLY C., TATE J., PARSLOW R., LUCAS K., NIEUWENHUIJSEN M. 2017. Exposure to traffic-related air pollution and risk



of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int.* 100, 1-31.

SOMERS C.M., MCCARRY B.E., MALEK F., QUINN J.S. 2004. Reduction of Particulate Air Pollution Lowers the Risk of Heritable Mutations in Mice. *Science.* 304(5673), 1008-1010.

NAKANO T., OTSUKI T. 2013. Environmental air pollutants and the risk of cancer. *Gan To Kagaku Ryoho.* 40, 1441-1445.

TORRE L.A., BRAY F., SIEGEL R.L., FERLAY J., LORTET-TIEULENT J., JEMAL A. 2015. Global cancer statistics 2012. *CA Cancer J Clin.* 65(2), 87-108.

LOOMIS D., HUANG W., CHEN G. 2014. The International Agency for Research on Cancer (IARC) evaluation of the carcinogenicity of outdoor air pollution: focus on China. *Chin J Cancer.* 33(4), 189-96.

ESPINA C., PORTA M., SCHÜZ J., AGUADO I.H., PERCIVAL R.V., DORA C., SLAVIN T., RODRIGUEZ GUZMAN J., MEREDITH T., LANDRIGAN P.J., NEIRA M. 2013. Environmental and occupational interventions for primary prevention of cancer: a cross-sectorial policy framework. *Environ Health Perspect.* 121(4), 420-426.