

Koszty ekonomiczne zanieczyszczeń powietrza na wybranych przykładach

Economic costs of air pollution on the basis of selected examples

Michał S. Bućko, Weronika Piestrzyńska

Health and Environment Alliance (HEAL) w Warszawie; kierownik: mgr Weronika Piestrzyńska

Artykuł powstał na podstawie wykładu przedstawionego podczas VI Konferencji Naukowej im. gen. bryg. dr hab. n. med. Wojciecha Lubińskiego „Wpływ zanieczyszczeń powietrza na stan zdrowia” 21.04.2016 r. w Wojskowym Instytucie Medycznym w Warszawie.

Streszczenie. Zanieczyszczenie powietrza jest obecnie jednym z najpoważniejszych czynników wpływających na pogorszenie zdrowia światowej populacji. Produkcja energii, transport, przemysł oraz wciąż zwiększająca się liczba ludności świata (wg prognoz do 2025 roku przekroczy ona 8 mld osób) przyczyniają się znacząco do pogorszenia jakości powietrza atmosferycznego. Liczne badania naukowe potwierdzają wpływ zanieczyszczeń atmosferycznych na zdrowie, zarówno w zakresie przedwczesnych zgonów, jak i przewlekłych chorób układu oddechowego, sercowo-naczyniowego lub nerwowego. Najnowsze badania potwierdzają zależność pomiędzy ekspozycją na zanieczyszczenia powietrza a występowaniem nowotworów złośliwych, cukrzycy, nadciśnienia tętniczego czy choroby Alzheimera. Pogorszenie zdrowia publicznego skutkuje zmniejszoną zdolnością produkcyjną społeczeństwa, generując duże koszty zdrowotne i społeczne. Zanieczyszczenie powietrza nie jest jednak postrzegane jako problem wyłącznie zdrowotny i społeczny – jest również obciążeniem ekonomicznym gospodarki poszczególnych państw i całego świata. W Polsce zanieczyszczenie powietrza również jest zagadnieniem ważnym, gdyż zarówno produkcja energii elektrycznej w elektrowniach, jak i energii ciepłej w gospodarstwach domowych nadal opiera się głównie na spalaniu węgla lub innych paliw kopalnych. Dodatkowo zwiększający się udział transportu kołowego w aglomeracjach miejskich bezpośrednio wpływa na pogorszenie stanu zdrowia Polaków. Z tego tytułu Polska gospodarka ponosi duże straty ekonomiczne, co zmniejsza jednocześnie wartość polskiego PKB. Wyniki badań epidemiologicznych przeprowadzonych w ciągu ostatnich 20 lat potwierdzają szkodliwy wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie człowieka. Na podstawie tych danych instytucje rządowe i pozarządowe dokonują prognoz oraz wyliczeń szacunkowych kosztów zdrowotnych poniesionych przez poszczególne państwa lub regiony w związku z ekspozycją społeczeństwa na działanie szkodliwych zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, zdrowie publiczne, zewnętrzne koszty zdrowotne, projekt ExternE, monetaryzacja skutków zdrowotnych

Abstract. Air pollution is currently one of the most significant factors influencing the deterioration in health of the world population. Production of electricity, transportation, industry and constantly increasing world population (according to predictions in 2025, the world population will exceed 8 billion people) significantly contribute to decrease in the quality of atmospheric air. Scientific research confirms the effect of air pollution on human health, expressed as premature deaths, chronic respiratory, cardiovascular and nervous system diseases. The newest research shows the correlation between exposure to air pollution and cancer, diabetes, hypertension and Alzheimer disease. Deterioration in public health causes decreased productivity of the society, generating significant health and social costs. However, air pollution is recognized not only as a health and social, but it is also considered an economic burden for the economies of individual countries and the world as a whole. Air pollution is also a significant issue in Poland, since the production of electricity in power plants and household heating is based on combustion of coal and other fossil fuels. Furthermore, increasing road traffic in urban areas directly affects the health of Polish society. This generates significant losses for Polish economy, decreasing the GDP (gross domestic product) level. The results of epidemiological studies, performed during the last 20 years indicate harmful effects of air pollution on human health. Based on this data, governmental and non-governmental organizations do predictions and estimate health costs incurred by individual countries and regions due to their societies' exposure to air pollution.

Key words: air pollution, public health, external health costs, ExternE project, monetization of health effects

Nadesłano: 28.11.2016. Przyjęto do druku: 5.12.2016
Nie zgłoszono sprzeczności interesów.
Lek. Wojsk., 2017; 95 (1): 27–31
Copyright by Wojskowy Instytut Medyczny

Adres do korespondencji
mgr Weronika Piestrzyńska
Health and Environment Alliance (HEAL)
ul. Koszykowa 59/3, 00-660 Warszawa
tel. +48 782 466 881
e-mail: weronika@env-health.org

Wprowadzenie

Zanieczyszczone powietrze powoduje zwiększenie zapadalności oraz zaostrzenie szeregu chorób układu oddechowego i sercowo-naczyniowego, zwiększa ryzyko wystąpienia nowotworów, chorób neurodegeneracyjnych oraz prenatalnych, a także częstość występowania incydentów sercowo-naczyniowych, takich jak zawał serca czy udar mózgu [1]. Najnowsze badania wykazują ścisłą zależność pomiędzy szkodliwym oddziaływaniem zanieczyszczenia powietrza na ludzki organizm a rozwojem takich chorób, jak cukrzyca, nadciśnienie tętnicze czy choroba Alzheimera [2,3]. Oddychanie zanieczyszczonym powietrzem generuje ogromne koszty zdrowotne, co jest wynikiem zmniejszonej produktywności społeczeństwa i ma bezpośredni związek ze zwiększoną liczbą hospitalizacji lub utraconych dni pracy.

Celem artykułu jest wyjaśnienie pojęcia kosztów zdrowotnych powstałych wskutek szkodliwego oddziaływania zanieczyszczenia powietrza na ludzki organizm, przedstawienia najpowszechniejszych metodologii stosowanych do ich obliczania, jak również zaprezentowania wybranych przykładów kosztów zdrowotnych opublikowanych w najnowszych opracowaniach.

Definicja kosztów zdrowotnych

Koszty zdrowotne określa się często terminem „zewnętrzne koszty zdrowotne”. Aby wyjaśnić to zagadnienie, należy najpierw wytłumaczyć znaczenie terminu „koszty zewnętrzne”. Koszty zewnętrzne (*externalities* lub *external costs*) odnoszą się do monetarnej wartości kosztów zdrowotnych, strat w ekosystemach, ubytku plonów rolnych, strat materiałowych i pozostałych strat społecznych związanych z zanieczyszczeniem powietrza, wód, składowaniem odpadów oraz innymi oddziaływaniami spowodowanymi produkcją, transportem i zużyciem paliw [3]. W przypadku systemów energetycznych odnoszą się do wszystkich negatywnych efektów związanych z technologią wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, uwzględniając budowę i zamknięcie elektrowni, wydobycie i transport surowców energetycznych oraz emisję zanieczyszczeń. Koszty zewnętrzne określone są dla całego łańcucha technologicznego (*technological cycle*) i liczone w całym cyklu pozyskania, transportu oraz wykorzystania poszczególnych paliw energetycznych. Obejmują one szkody spowodowane w obszarze zdrowia publicznego (choroby zawodowe, choroby przewlekłe, niezdolność do pracy, przedwczesna śmierć), szkody w budynkach, materiałach, plonach rolnych, rybołówstwie, lasach, naturalnych ekosystemach i zmniejszonym komforcie życia w związku z lokalizacją urządzeń energetycznych. Aby można było określić koszt zewnętrzny, muszą być spełnione dwa warunki: działalność

jednego podmiotu powoduje utratę dobrobytu drugiego, a utrata dobrobytu nie jest zrekompensowana [4]. Przykładowo funkcjonowanie nowo wybudowanej elektrowni na paliwo kopalne (działalność pierwszego podmiotu) w okresie około 40 lat (średni czas funkcjonowania elektrowni) w odniesieniu do zdrowia publicznego doprowadzi do szeregu zachorowań i przedwczesnych zgonów lokalnej społeczności (utrata dobrobytu drugiego podmiotu). Wszelkie koszty związane z leczeniem, rehabilitacją lub hospitalizacją, świadczenia rentowe, wcześniejsze emerytury i koszty pracodawców wynikające z nieobecności pracowników w pracy (utrata dobrobytu niezrekompensowana) nie są uwzględniane przy realizacji projektu budowy nowej elektrowni, co oznacza, że wyżej wymienione „zewnętrzne koszty zdrowotne” zostaną pokryte wyłącznie przez poszczególnych obywateli oraz system emerytalno-rentowy lub system opieki zdrowotnej państwa.

Termin „koszt zewnętrzny” jest od dawna stosowany w ekonomii, niemniej jednak dopiero na przełomie lat 80. i 90. ubiegłego wieku wykonano pierwsze opracowania dotyczące wpływu produkcji energii na środowisko i zdrowie człowieka. Dynamiczny rozwój przemysłu i światowej sieci energetycznej w tych latach przyczynił się do zwiększenia wykorzystania paliw kopalnych w produkcji energii. Społeczność naukowa oraz rządy wybranych państw zaczęły zwracać większą uwagę na szkodliwy wpływ działalności człowieka na środowisko.

Jedną z pierwszych prób oszacowania środowiskowych kosztów zewnętrznych stosowania paliw kopalnych do produkcji energii był raport z 1988 roku opracowany w Republice Federalnej Niemiec [5]. Uwzględniono w nim bezpośredni wpływ na zachorowalność i umieralność społeczeństwa niemieckiego wyrażone w jednostce monetarnej milionów dolarów w przeliczeniu na rok (mln \$/rok).

Ponieważ założenia metodyczne pierwszych opracowań były zbyt ogólnikowe i nie zawierały dostatecznej wiedzy naukowej czy technicznej, w 1991 roku opublikowano raport przygotowany przez Komisję Europejską i Departament Energii rządu Stanów Zjednoczonych dotyczący oszacowania kosztów zewnętrznych produkcji energii, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu na środowisko naturalne [6]. W opracowaniu tym zebrano wyniki badań i ekspertyzy wykonane przez inżynierów, ekonomistów, ekologów, badaczy przyrody i ekspertów ds. zdrowia.

Kolejnym etapem było opublikowanie projektu ExternE [7-11], w którym wzięło udział ponad 50 grup roboczych z 15 państw europejskich, co znacznie poszerzyło zakres tematyki badawczej, jednocześnie znacząco usprawniając stosowaną metodykę. W projekcie ExternE przedstawiono szacunki kosztów zewnętrznych generowanych przez system energetyczny „starej” Unii Europejskiej. Wyliczenia te były przeprowadzone w oparciu

o zintegrowany model oddziaływania na środowisko EcoSense. Informacje o emisjach z poszczególnych źródeł pochodziły z bazy danych CORINAR. Zastosowany model umożliwił szacunek kosztów zewnętrznych dla poszczególnych krajów europejskich na podstawie ich odmiennej struktury emisji zanieczyszczeń oraz warunków technicznych i lokalizacyjnych [4]. Po określeniu skutków zdrowotnych emisji zanieczyszczeń w obrębie poszczególnych obszarów oraz przekształceniu ich w monetarną wartość kosztów zewnętrznych określono ich wartość dla poszczególnych technologii energetycznych.

W krótkim czasie projekt ExternE zyskał powszechne uznanie na arenie międzynarodowej. Liczne organizacje państwowe i międzynarodowe stosowały wartości przedstawione w projekcie ExternE jako dane wzorcowe do obliczania kosztów zewnętrznych [6]. W związku z rosnącą popularnością jej zastosowania metodykę ExternE zaczęto wykorzystywać w analizie kosztów i korzyści (*cost-benefit analysis* – CBA), w ramach działań europejskiej polityki ekologicznej. Niestety, w początkowej fazie projektu ExternE nie uwzględniano wyników badań epidemiologicznych, np. umieralności w związku z długotrwałą ekspozycją na działanie zanieczyszczenia powietrza, ponieważ uważano, że zawyżają one faktyczne koszty zewnętrzne, w związku z czym zostały uznane za tzw. wartości niepewne (*uncertainties*) [6]. W związku jednak z coraz większą liczbą opublikowanych badań naukowych w kolejnych latach zaczęto uwzględniać te dane.

Kalkulacja zewnętrznych kosztów zdrowotnych – metodyka

Modelowanie zewnętrznych kosztów zdrowotnych wykonuje się zgodnie z 5-stopniową metodyką, której podstawę stanowi 4-stopniowa analiza ścieżki oddziaływań (*impact pathway approach* – IPA), stworzona na potrzeby projektu ExternE [7,10]. Pierwszy stopień dotyczy określenia źródła i poziomu emisji zanieczyszczeń, np. stężenie pyłów zawieszonych na m³ pochodzących z elektrowni opalanej węglem. Drugi charakteryzuje rozproszenie danej substancji w powietrzu. To modelowanie oparte jest na danych geograficznych i meteorologicznych, np. pochodzących ze zdjęć satelitarnych. Trzeci stopień polega na określeniu ilościowym populacji narażonej na działanie zanieczyszczeń. Czwarty dotyczy analizy wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie za pomocą funkcji stężenie–odpowiedź (*dose-response* – DRF). Istnieje kilka źródeł takich funkcji, jednak najpowszechniej stosowaną metodą są obliczenia WHO oraz Komisji Europejskiej [12,13]. Piąty stopień obejmuje monetaryzację skutków zdrowotnych.

Takie obliczenia są najbardziej wymagającym oraz złożonym aspektem całego procesu. W przypadku projektu ExternE dokonuje się tego za pomocą wskaźnika

statystycznej wartości życia (*value of statistical life* – VSL), który wyraża skłonność do uniknięcia ryzyka przedwczesnej śmierci. We wcześniejszych opracowaniach projektu ExternE przyjmowano jego wartość na poziomie 3,5 mln dolarów (ok. 14 mln złotych), obecnie – 1 mln euro (ok. 4,5 mln złotych). Ponieważ wskaźnik VSL jest bardziej odpowiedni w przypadku nagłych zgonów niż śmiertelności na skutek długotrwałego narażenia na zanieczyszczenia, w metodyce ExternE zastosowano wskaźnik tzw. wartości roku życia (*value of life year* – VOLY). Przeliczenie VSL na VOLY polega na oszacowaniu zmiany długości życia związanej ze zmniejszeniem ryzyka zgonu 5 z 1000 osób w ciągu kolejnych 10 lat. Wyliczony w ten sposób wskaźnik, przy zastosowaniu stopy dyskonta 3%, wynosi 40 000 euro (narażenie długookresowe) i 60 000 euro (narażenie krótkookresowe) [14]. Oznacza to, że przeciętny człowiek jest skłonny wydać rocznie określoną kwotę przez 10 lat, aby przedłużyć swoje życie. Całkowity ekonomiczny efekt zwiększonej śmiertelności wyrażany jest jako iloczyn wskaźnika VOLY i skumulowanej redukcji oczekiwanej długości życia (*years of life lost* – YLLs), określanych prościej jako utracone lata życia, wyrażające sumę lat utraconych wskutek przedwczesnej śmierci obliczaną na podstawie średniej długości życia [14].

Najnowsze opracowania Komisji Europejskiej i WHO [13,14] również wykorzystują 5-stopniową metodykę. W celu przeprowadzenia monetyzacji skutków zdrowotnych zanieczyszczenia powietrza wykorzystuje się następujące wskaźniki: przedwczesne zgony (*total number of deaths*), utracone lata życia oraz lata życia z uszczerbkiem na zdrowiu wynikłym z urazu lub choroby (*disability-adjusted life years* – DALYs). Dodatkowo w najnowszym raporcie Banku Światowego [15] oszacowano straty finansowe światowej gospodarki na podstawie wskaźnika zmniejszonej zdolności produkcyjnej i utraconego dobrobytu (*welfare loss*). Wskaźnik utraconego dobrobytu służy do wyliczenia ekonomicznych kosztów związanych z zagrożeniem życia. Prościej mówiąc, są to koszty poniesione przez potencjalnego obywatela w celu przedłużenia życia i tymczasowego zredukowania szkodliwych skutków oddziaływania zanieczyszczenia powietrza. Wskaźnik zmniejszonej zdolności produkcyjnej odzwierciedla zmniejszenie przychodów państwowych w związku ze stopniowym zubożeniem kapitału ludzkiego, np. wskutek przedwczesnych zgonów.

Zarówno wymienione wskaźniki, jak i samo modelowanie mają określone ograniczenia. W przypadku braku dostępu lub częściowego dostępu do wymaganej bazy danych szacowanie kosztów jest problematyczne, zwiększając udział wartości niepewnych, co skutkuje niedoszacowaniem obliczeń końcowych. W ocenie WHO udział wartości niepewnych w przypadku YLLs wynosi około 1% w odniesieniu do krajów wysoko rozwiniętych i 15–20% dla krajów afrykańskich, co jest wynikiem

niedostatecznej dostępności bazy danych, zwłaszcza odnośnie do umieralności wśród osób dorosłych [13]. Udział wartości niepewnych w obliczeniach wyraża również przedział ufności (*uncertainty interval*), który w przypadku oszacowań Banku Światowego [15] wahał się w granicach 2,5–97,5 percentyla. Im mniejszy przedział, tym większa dokładność obliczeń.

Wybrane przykłady kosztów zdrowotnych opublikowanych w najnowszych opracowaniach

Badania przedstawione w najnowszym raporcie Banku Światowego i IMHE (Institute for Health Metrics and Evaluation) wskazują, że w roku 2013 przedwczesne zgony związane z chorobotwórczym wpływem zanieczyszczeń powietrza wygenerowały koszty zdrowotne w wysokości 225 mld dolarów (ok. 864 mld zł) w odniesieniu do zmniejszonej zdolności produkcyjnej i 5,1 bln dolarów (ok. 21 bln zł) w przypadku utraconego dobrobytu [15]. Koszty ekonomiczne skutków zdrowotnych (np. przedwczesnej śmierci czy utraconych lat życia) zanieczyszczeń powietrza zostały oszacowane za pomocą VOLY i VSL.

Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) ostrzega, że jeśli nie zostaną podjęte bardziej ambitne i skuteczne działania na rzecz poprawy jakości powietrza, to liczba przedwczesnych zgonów z powodu zanieczyszczeń powietrza zewnętrznego może się podwoić do roku 2060 i kształtować na poziomie 8–9 mln osób rocznie w skali świata. Nie będzie to również obojętne dla gospodarki – koszty związane z zanieczyszczeniami powietrza będą się kształtowały na poziomie 1% światowego PKB [16]. Oprócz przedwczesnych zgonów w oszacowaniu kosztów zdrowotnych wzięto pod uwagę liczbę hospitalizacji, utraconych dni pracy czy przypadki zachorowań na zapalenie oskrzeli u dzieci i dorosłych.

Dane opublikowane w raporcie „Niepłacony rachunek. Jak energetyka węglowa niszczy nasze zdrowie” wskazują, że w skali całej Unii Europejskiej emisje z elektrowni węglowych spowodują około 18 200 przedwczesnych zgonów, 8500 nowych zachorowań na przewlekłe zapalenie oskrzeli oraz 4 mln utraconych dni pracy [17]. Koszty finansowe wpływu energetyki węglowej w Europie na zdrowie szacuje się na 43 mld euro (ok. 180 mld zł) rocznie. Po uwzględnieniu emisji z elektrowni węglowych w Chorwacji, Serbii oraz Turcji liczba przedwczesnych zgonów zwiększa się do 23 300, co jest równorzędne ze wzrostem związanych z tym kosztów do 55 mld euro (ok. 230 mld zł) rocznie. W Polsce zanieczyszczenie z sektora energetyki węglowej jest przyczyną około 3500 przedwczesnych zgonów oraz niemal 800 000 utraconych dni pracy, co generuje koszty w wysokości 8,2 mld euro (ok. 34 mld zł) rocznie [17]. Koszt

przedwczesnej śmierci został oszacowany za pomocą VOLY i VSL.

Z kolei raport „Rozwiewając ciemną chmurę Europy: Jak odchodzenie od węgla ratuje życie” (Lifting Europe’s Dark Cloud. How cutting coal saves lives) określa, w jaki sposób wprowadzenie konkretnych regulacji dotyczących emisji z instalacji wysokiego spalania przyczyniłoby się do redukcji kosztów zdrowotnych w krajach europejskich. Raport dowodzi, że limity emisji zaproponowane w zaktualizowanym dokumencie referencyjnym dla Dużych Obiektów Energetycznego Spalania (Large Combustion Plants, Best Available Techniques Reference Document – LCP BREF) prowadziłyby do zmniejszenia liczby przedwczesnych zgonów spowodowanych spalaniem węgla z 22 900 do 8900 rocznie do połowy roku 2021 [18]. Nowe standardy przyczyniłyby się również do zmniejszenia liczby zachorowań na przewlekłe zapalenie oskrzeli lub astmę, ograniczając jednocześnie koszty zdrowotne w skali europejskiej z 63 do 24 mld euro (ok. 104 mld zł) [18]. W raporcie do przeprowadzenia prognozy, oprócz wyżej wymienionych przedwczesnych zgonów, zachorowań na zapalenie oskrzeli oraz astmy u dzieci i dorosłych, wykorzystano również dane na temat utraconych dni pracy, opierając obliczenia na wskaźniku wartości statystycznego życia.

Podsumowanie

Zanieczyszczenie powietrza jest jednym z najpoważniejszych problemów światowej populacji, ponieważ nie tylko zagraża życiu ludzkiemu, ale ogranicza również rozwój ekonomiczny. Aby określić koszty związane z niniejszymi ograniczeniami, stosuje się szereg powszechnie uznanych funkcji i modeli statystycznych, które wymagają obszernej bazy danych zawierających wiele różnorodnych informacji, np. stężeń emisji, danych meteorologicznych, epidemiologicznych lub ekonomicznych. Proces przetwarzania danych i wykonanie samego prognozowania, zwłaszcza w skali globalnej, jest przedsięwzięciem skomplikowanym i wymagającym precyzji. Ponadto dostępność danych w poszczególnych państwach jest zróżnicowana, co znacząco rzutuje na szczegółowość i zakres przedmiotowy prognozy. Sama wyliczenia skutków niematerialnych w postaci bólu, cierpienia i ostatecznie całego życia ludzkiego jest czynnością trudną i często uważaną za kontrowersyjną. Niemniej jednak, aby skutecznie przeciwdziałać skutkom zdrowotnym i ekonomicznym zanieczyszczenia powietrza, należy taką kalkulację przeprowadzić, ponieważ bez informacji „czysto finansowych” nie będzie możliwe zaplanowanie przyszłych przedsięwzięć, które w znaczący sposób przyczynią się do poprawy jakości środowiska naturalnego oraz zdrowia publicznego mieszkańców.

Piśmiennictwo

1. EEA. Air quality in Europe – 2015 report. European Environment Agency Report No5/2015, doi:10.2800/62459
2. Fuks KB, Weinmayr G, Basagaña X, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and traffic noise and incident hypertension in seven cohorts of the European study of cohorts for air pollution effects (ESCAPE). *Eur Heart J*, 2016; doi:10.1093/urheartj/ehw413
3. Maher BA, Ahmed IA, Karloukovski V, et al. Magnetite pollution nanoparticles in the human brain. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2016; 113: 10797–10801
4. Kudelko M. Koszty zewnętrzne systemów energetycznych. *Polityka Energetyczna*, 2003; 6: 1–16
5. Hohmeyer O. Social costs of energy consumption: external effects of electricity generation in the Federal Republic of Germany. Springer-Verlag, New York 1988: 1–120
6. Krewitt W. External costs of energy – do the answers match the questions? Looking back at 10 years of ExternE. *Energy Policy*, 2002; 30: 839–848
7. European Commission. ExternE Externalities of Energy, vol. 2: Methodology. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1995: 1–571
8. European Commission. ExternE Externalities of Energy, vol. 5: Nuclear. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1995: 1–340
9. European Commission. ExternE Externalities of Energy, vol. 6: Wind & Hydro. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1995: 1–252
10. European Commission. ExternE – Externalities of Energy, vol. 7: Methodology. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1998: 1–518
11. European Commission. ExternE – Externalities of Energy, vol. 10: National Implementation. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 1999: 1–606
12. Holland M. Cost-benefit analysis of final policy scenarios for the EU clean air package. EMRC, Laxenburg 2014: 1–67
13. Kudelko M. Metodyka i założenia wyceny kosztów zewnętrznych powodowanych przez planowane elektrownie wykorzystujące złoża węgla brunatnego Legnica i Gubin. *Polityka Energetyczna*, 2013; 16: 23–36
14. World Health Organization. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. WHO, Geneva 2016: 1–131
15. World Bank and Institute for Health Metrics and Evaluation. The cost of air pollution: strengthening the economic case for action. World Bank. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO, Washington, DC, 2016: 1–102
16. OECD. The economic consequences of outdoor air pollution. OECD Publishing, Paris 2016: 1–120
17. HEAL. Nieplacony rachunek. Jak energetyka węglowa niszczy nasze zdrowie. Raport Health and Environment Alliance, Brussels 2013: 1–51
18. EEB, HEAL, CAN Europe, WWF European Policy Office, and Sandbag. Lifting Europe's Dark Cloud: How cutting coal saves lives. Brussels 2016: 1–44