

# Wpływ zanieczyszczenia powietrza pyłem zawieszonym na umieralność: analiza dla Wrocławia

W imieniu Polskiego Alarmu Smogowego: Jakub Jędrak

Poniżej podajemy szczegóły oszacowania liczby przedwczesnych zgonów, jakie w 2014 roku można było przypisać we Wrocławiu zanieczyszczeniom pyłowym powietrza. Liczba ta (ok. 500 zgonów rocznie) może budzić niedowierzanie, dlatego też podajemy wszelkie dane i wzory matematyczne (wraz ze wskazaniem źródeł), jakich użyliśmy do przeprowadzenia obliczeń.

Przedstawione i opatrzone komentarzem są także przyjęte założenia, tak, by Czytelnik mógł samodzielnie powtórzyć nasze obliczenia, lub przeprowadzić podobny rachunek przy nieco innych założeniach i parametrach modelu.

## Wstęp

Według raportu Europejskiej Agencji Środowiska [1] około 42.5 tys. zgonów rocznie przypisywanych jest w naszym kraju wpływowi pyłu zawieszonego PM 2.5, czyli drobnej frakcji pyłu PM 10.<sup>1</sup> Z punktu widzenia ochrony zdrowia i życia ludzkiego, PM 2.5 jest zatem najważniejszą ze szkodliwych substancji obecnych w powietrzu.

Już bardzo proste oszacowanie wynikające ze zgrubnych<sup>2</sup> założeń, że (i) wszyscy Polacy, w tym Wrocławianie są narażeni na takie same stężenia PM 2.5 oraz (ii) każda miejscowość w Polsce ma tę samą strukturę wiekową populacji, pozwala w pierwszym przybliżeniu, przy użyciu jedynie prostej proporcji ocenić, że we Wrocławiu można przypisać zanieczyszczeniu powietrza kilkaset zgonów rocznie. Zachęcamy Czytelnika do przeprowadzenia tego prostego rachunku<sup>3</sup>. Poniżej prezentujemy dokładniejszą analizę.

---

<sup>1</sup>Z ang. *particulate matter*, czyli pyły o średnicach cząstek odpowiednio poniżej 2.5 i 10 mikrometra ( $\mu\text{m}$ ).

<sup>2</sup>Oczywiście, są to założenia nieprawdziwe, ale jak się okazuje, rachunek taki daje dobry rząd wielkości liczby zgonów.

<sup>3</sup>Przyjmujemy, że liczba mieszkańców Wrocławia to ok. 630 tys., zaś mieszkańców Polski ok. 38 mln.

## Założenia i dane wyjściowe

**Stężenia PM 2.5** Dokładna ocena narażenia populacji na dany rodzaj zanieczyszczenia powietrza (tu: pył zawieszony PM 2.5) jest oczywiście nie-realna, i zazwyczaj w najprostszym przypadku, jeśli nie dysponuje się dokładniejszymi informacjami, przyjmuje się że narażenie jest równe średniej arytmetycznej stężeń rocznych, mierzonych przez istniejące stacje monitoringu jakości powietrza. Tak też postąpimy tutaj.

Z tego co wynika z opracowania [2], we Wrocławiu pomiary stężeń PM 2.5 prowadzi się na dwu stacjach: Na Grobli oraz Wiśniowa. Co ciekawe, na tych dwu stacjach nie prowadzi się pomiarów stężeń pyłu PM 10. Z kolei dwie pozostałe wrocławskie stacje (ul. Orzechowa, Wybrzeże J. Conrada-Korzeniowskiego) mierzą stężenia pyłu PM 10, ale nie PM 2.5. Stężenia PM 10 można przeliczyć na stężenia PM 2.5 (zwykle zakłada się że PM 2.5 stanowi 60-80% masy PM 10), ale tu zdecydowaliśmy się korzystać z danych jedynie ze stacji prowadzących bezpośrednie pomiary PM 2.5. Korzystając z bardziej szczegółowych danych miesięcznych [3], dla roku 2014 stężenia średnie roczne przyjmujemy równe<sup>4</sup>: stacja Na Grobli  $24.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , stacja Wiśniowa:  $28.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . **Średnie roczne stężenie PM 2.5, na jakie narażeni są mieszkańcy Wrocławia ( $x$ ) przyjmujemy za równe średniej z tych dwu stacji, czyli ok.  $26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .**

**Dane demograficzne** Do dalszych obliczeń wymagana jest znajomość liczby zgonów z przyczyn naturalnych, tj. z wyłączeniem takich zdarzeń jak morderstwa, samobójstwa, wypadki, itd., wśród populacji powyżej 30 roku życia. Oznaczmy tą wielkość jako  $U$ . Z braku dokładnych danych, zakładam, że 90 % wszystkich zgonów to właśnie interesujące nas zgony naturalne wśród osób powyżej 30 roku życia. Przyjmując, że całkowita liczba zgonów (ze wszystkich przyczyn, we wszystkich grupach wiekowych) we Wrocławiu w 2014r. to 6506 (dane GUS)<sup>5</sup>, mamy więc  $U = 0.9 * 6506 \approx 5855$ .

---

<sup>4</sup>Podawana przez WIOŚ średnia roczna stężenia PM 2.5 dla stacji Na Grobli, równa  $22.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  jest liczona przy pominięciu brakujących danych z lutego i listopada. Uważamy, że jest to nieuczciwa procedura, jako że oczywiście stężenia w tych dwu miesiącach są zdecydowanie wyższe niż średnia roczna. W tej sytuacji interpolowaliśmy brakujące wyniki średnią arytmetyczną z sąsiednich miesięcy, tj. wynik dla lutego to śr. arytmetyczna stycznia i marca, podobnie dla listopada; w ten sposób otrzymaliśmy podaną wartość  $24.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

<sup>5</sup>Nawet jeśli przytoczone przez nas dane nie są ściśle poprawne, to jest to rozsądna wartość dla Wrocławia. Czytelnik może dokonać dalszych obliczeń używając jakiegokolwiek innej wartości parametru  $U$ .

## Obliczenia współczynnika ryzyka i ułamka zgonów przypisywanych zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM 2.5

Korzystając z wytycznych Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [4], przyjmujemy współczynnik ryzyka (ang. *risk ratio, relative risk*) dla umieralności ze wszystkich przyczyn w grupie wiekowej powyżej 30 lat ze względu na ekspozycję na pył PM 2.5 za równy  $r_0 = 1.06$  na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (patrz pierwsza pozycja w tabeli 1 na str. 5 [4]). Teraz możemy obliczyć współczynnik regresji  $\beta = r_0 - 1.0 = 0.06$  na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Aby obliczyć współczynnik ryzyka  $r(x)$  dla aktualnego narażenia populacji Wrocławia ( $x = 26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) używamy wzoru podanego w pracy [5]

$$r(x) = \exp(\beta(x - x_0)/10), \quad (1)$$

gdzie  $x_0$  to poziom narażenia przyjmowany jako bazowy. Choć często przyjmuje się  $x_0 = 0$ , my zgodnie z wytycznymi WHO przyjmiemy bardziej konserwatywnie  $x_0 = 10$ , co spowoduje, że policzona liczba zgonów będzie znacząco *niższa* niż przy  $x_0 = 0$ . Ze wzoru (1) otrzymujemy<sup>6</sup>  $r = 1.1041$  dla  $x = 26.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Teraz liczymy ułamek całkowitej ilości naturalnych zgonów powyżej 30 roku życia, jaki można przypisać wpływowi pyłu PM 2.5, przy narażeniu populacji równym  $x$  (ang. AF, *attributable fraction*). Wielkość ta, oznaczana tu  $a_f$ , jest dana wzorem (patrz znów [5])

$$a_f = \frac{r(x) - 1}{r(x)} \quad (2)$$

Dla  $r = 1.1041$  otrzymujemy  $a_f = 0.0943$ . Aby otrzymać teraz oszacowanie liczby zgonów przypisywanych zanieczyszczeniu powietrza pyłem PM 2.5 (oznaczmy tę wielkość  $U_a$ ) należy pomnożyć  $a_f$  przez  $U$ , czyli przez całkowitą ilość naturalnych zgonów powyżej 30 roku życia. Otrzymujemy

$$U_a = a_f U = 0.0943 * 5855 \approx 552 \quad (3)$$

Tak więc śmierć ponad pięciuset osób w roku 2014 we Wrocławiu można przypisać wpływowi zanieczyszczeń pyłowych.

---

<sup>6</sup>Dzielenie przez 10 w wykładniku eksponenty we wzorze (1) wynika stąd, że  $r_0$  i  $\beta$  są wyrażone na  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a nie na  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Oznacza to mierzenie stężeń (narażenia) w jednostkach równych  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### Uwagi:

- Tak jak wynik każdego modelowania matematycznego, szczególnie w epidemiologii, powyższy wynik obarczony jest pewnym stopniem niepewności. Stanowi jednak najlepsze możliwe oszacowanie, policzone zgodnie z zalecanymi przez Światową Organizację Zdrowia procedurami.
- Pierwszym źródłem niepewności jest nieznaną wartość narażenia mieszkańców Wrocławia na pył zawieszony ( $x$ ). Z braku dokładniejszych danych, zastosowaliśmy standardową procedurę, jest to szacunek rozsądny. Rachunki można powtórzyć używając innych wartości  $x$ .
- Współczynnik  $r_0$  (a zatem i współczynnik  $\beta$ , występujący we wzorze (1)), wyznaczony na podstawie dużych badań kohortowych, jest także obarczony pewnym błędem (standardowy 95% przedział ufności dla  $r_0$  to 1.04 do 1.083 [4]). Jeśli chce się zatem otrzymać 95% przedział ufności dla liczby zgonów, należy powyższe rachunki powtórzyć używając we wzorze (1) wartości  $\beta = 0.04$  (dla dolnego krańca przedziału ufności) oraz  $\beta = 0.083$  (dla górnego krańca przedziału ufności).
- Nowsze badania, wykonane po roku 2013, sugerują że wartość  $r_0$  powinna raczej wynosić 1.07 a nie 1.06 (patrz [6]). Wykonane z  $r_0 = 1.07$  obliczenia dadzą rzecz jasna wyższą wartość liczby zgonów niż przy  $r_0 = 1.06$ .
- Stężenia pyłu PM 2.5 w roku 2014 były znacząco niższe niż w latach poprzednich, co miało zapewne związek z bardzo łagodną zimą, a więc także krótszym i mniej dotkliwym sezonem grzewczym. Zatem i liczba zgonów, które można przypisać wpływowi pyłowych zanieczyszczeń powietrza była w roku 2014 zauważalnie niższa niż np. w roku 2012.

### Adres do korespondencji

errai@gazeta.pl  
jakub.s.jedrak@gmail.com

### Literatura

- [1] Raport Europejskiej Agencji Środowiska (patrz tabela na stronie 55):

<http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>

- [2] *Ocena jakości powietrza na terenie województwa dolnośląskiego w 2014 roku:*

[http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/powietrze/ocena\\_2014.pdf](http://www.wroclaw.pios.gov.pl/pliki/powietrze/ocena_2014.pdf)

- [3] Dane miesięczne dla stężeń PM 2.5 ze stacji Wiśniowa i Na Grobli:

<http://air.wroclaw.pios.gov.pl/dane-pomiarowe/automatyczne/stacja/13/parametry/245/roczny/2014>

<http://air.wroclaw.pios.gov.pl/dane-pomiarowe/manualne/stacja/51/parametry/1424/roczny/2014>

- [4] *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. World Health Organization 2013*

[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0006/238956/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project,-Recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project,-Recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf?ua=1)

- [5] Ferran Ballester, Sylvia Medina, Elena Boldo, Pat Goodman, Manfred Neuberger, Carmen Iniguez, Nino Kunzli, on behalf of the Apehis network: *Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality impact assessment for 26 European cities*, J Epidemiol Community Health 2008; **62**: 98–105.

<http://jech.bmj.com/content/62/2/98>

- [6] Forastiere F., Kan H., Cohen A.: *Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts. W: WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level.* World Health Organization 2014: 74–91

[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/263629/WHO-Expert-Meeting-Methods-and-tools-for-assessing-the-health-risks-of-air-pollution-at-local,-national-and-international-level.pdf?ua=1)