

Wpływ smogu na zdrowie człowieka

Prof. dr hab. Bożena Bukowska

e-mail: bozena.bukowska@biol.uni.lodz.pl

**Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Katedra Biofizyki Skazań Środowiska**

Skutki zanieczyszczenia powietrza

- efekt cieplarniany
- dziura ozonowa
- „smog”



**niekorzystny wpływ
na zdrowie ludzi**



Co to jest smog?



<https://www.dziswlodzi.pl/artykuly/zdrowie-i-uroda/smog>

Definicja

SMOG to nienaturalne zjawisko atmosferyczne polegające na współwystępowaniu zanieczyszczeń powietrza spowodowanych działalnością człowieka oraz niekorzystnych naturalnych zjawisk atmosferycznych: **znacznej wilgotności powietrza (mgła) i braku wiatru.**

Nazwa „smog” powstała z połączenia dwóch angielskich słów: smoke (dym) i fog (mgła).



Co zawiera smog? Jakie zanieczyszczenia?

Klasyczne zanieczyszczenia powietrza to:

- pył zawieszony: **PM2.5 i PM10**,
- tlenek węgla (CO),
- dwutlenek siarki (SO₂),
- dwutlenek azotu (NO₂)
- ozon troposferyczny (O₃)
- oraz liczne substancje organiczne takie jak **benzo(a)piren** czy **dioksyne**.



Pyły nie stanowią jednorodnej grupy substancji. Mogą to być:

- drobiny kurzu,
- popiołu,
- sadzy,
- piasku,
- pyłki roślin
- starte ogumienie, tarcze i klocki hamulcowe samochodów.

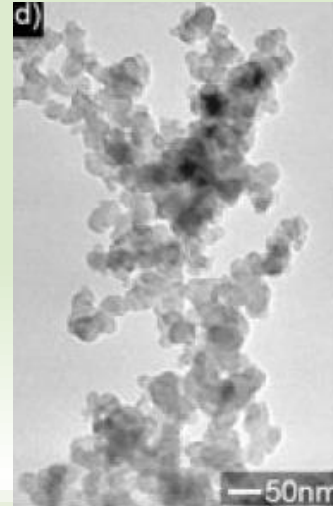
Typy smogów

Smog „londyński” kwaśny powstaje w wyniku połączenia się produktów spalania węgla (sadzy, dwutlenku węgla) z kroplami deszczu, dając kwaśną mgłę.

Wykształca się w miastach położonych w kotlinie, gdy zachodzi inwersja temperatur, przy słabym lub całkowitym braku wiatru.



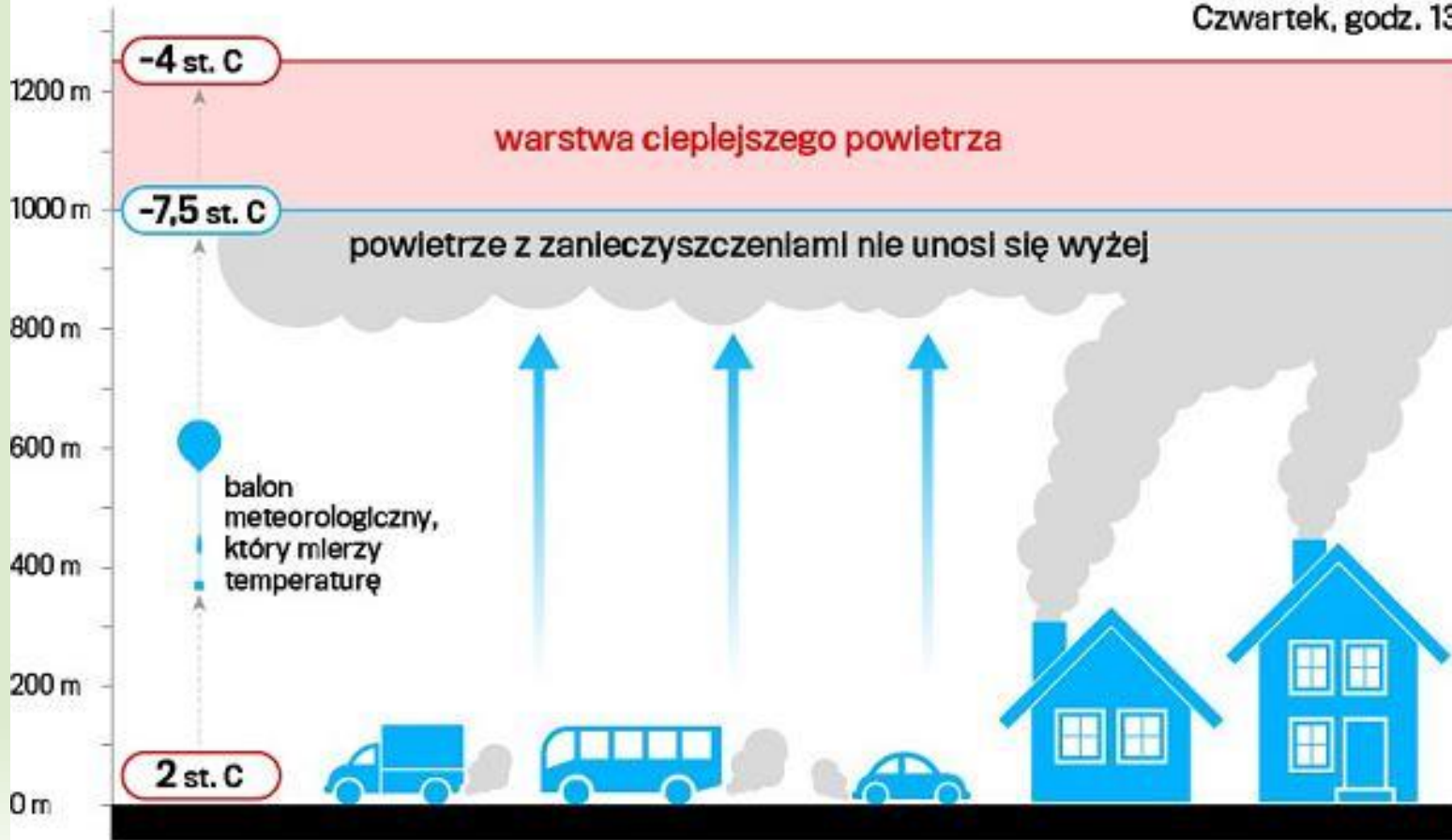
<http://wiadomosci.com/ostatnie-ostrzezenie-dla-wlk-brytanii>



cząstki sadzy

NA CZYM POLEGA INWERSJA TERMICZNA

Czwartek, godz. 13



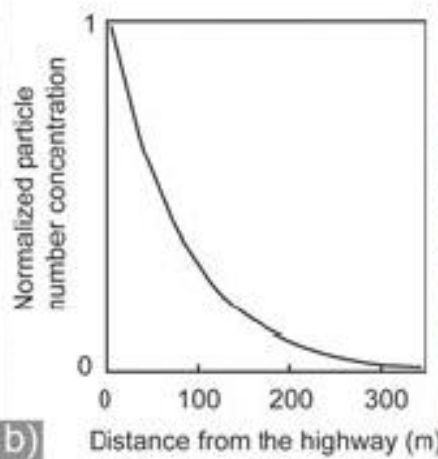
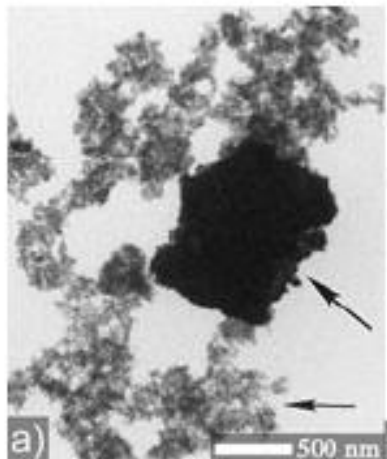
Smog Los Angeles czyli fotochemiczny

W drugim typie fotochemicznym inaczej zwanym „Los Angeles” następują reakcje fotochemiczne z udziałem węglowodorów i tlenków azotu.

Czynnikami sprzyjającymi są duże nasłonecznienie, utrzymujące się wysokie temperatury oraz duże nasilenie ruchu.



<https://scitechdaily.com/people-in-less-affluent-neighborhoods-breathe-more-hazardous-particles/smog-los-angeles/>



Stężenie cząstek zmniejsza się wykładniczo w stosunku do odległości od autostrady

Czy smog może „zabijać”?

Londyńczycy przekonali się, że tak.

*5-9 grudnia 1952 Londyn został sparaliżowany,
a szpitale wypełniły się niemogącymi złapać
tchu ludźmi.*

Śmierć nagła - 4 tys. osób

Ostateczna liczba zgonów ok. 12 tys. osób.

*Osobami szczególnie narażonymi były
osoby powyżej 45 roku życia.*

Ludzie umierali głównie z powodu:

- zapalenia oskrzeli (8-krotny wzrost umieralności)*
- i chorób układu krążenia.*



Smog londyński w 1952 i 1962

W czasie smogu londyńskiego w 1952 i 1962 roku stężenie dwutlenku siarki było podobne zaś stężenie pyłu zawieszzonego w 1952 roku było 5 razy większe.

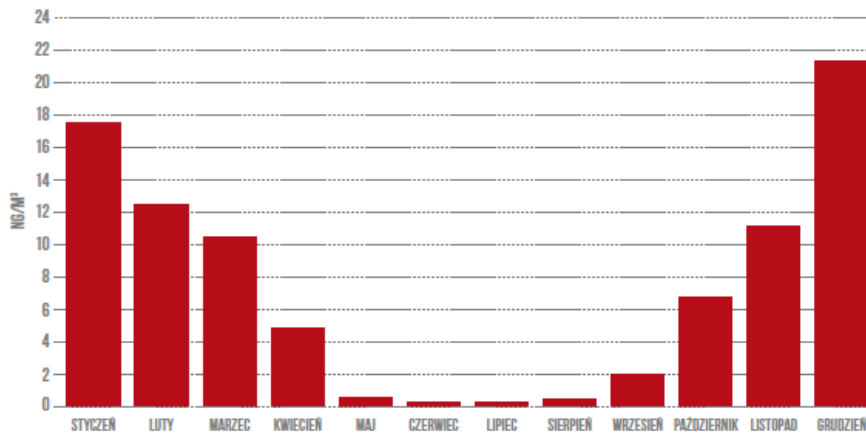
Skutkowało to natychmiastową śmiercią:

- 350 osób w 1962
- 4 000 osób w 1952



Przyczyny złej jakości powietrza w Polsce

Procesy spalania poza przemysłem to zanieczyszczenia wytwarzane przez domowe piece, kotły i kominki opalane węglem oraz drewnem. Paliwo bardzo złej jakości, palenie śmieci.



Wykres: Rozkład stężeń benzo[a]pirenu w poszczególnych miesiącach na stacji tła miejskiego w Krakowie w 2013 r. Źródło: Dane Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Krakowie.

Transport, szczególnie pojazdy z silnikami Diesla, ma dominujący udział w emisji tlenków azotu, mniejszy w emisji pyłu zawieszzonego, a także pewien udział w całkowitej emisji WWA.



<https://moto.wp.pl/czy-za-smog-odpowiadaja-samochody>



<http://www.kominek.org.pl>

Główne źródła powstawania zanieczyszczeń powietrza

Główne źródła powstawania pyłów zawieszonych PM10, PM2,5 oraz Benzo(a)pirenu w Polsce.

Dane: Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, 2016 r.



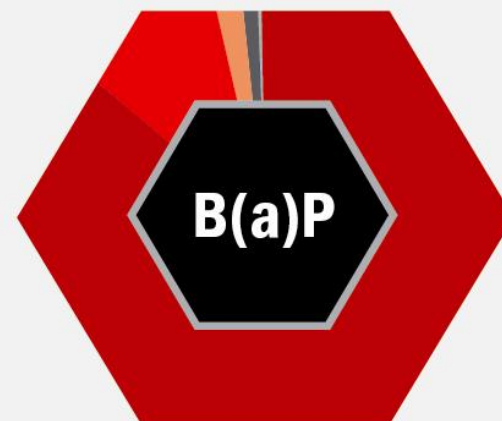
PYŁ ZAWIESZONY PM10

- 48,5% - procesy spalania poza przemysłem
- 9,3% - procesy spalania w sektorze energii
- 9,0% - transport drogowy
- 8,1% - procesy spalania w przemyśle
- 8,1% - procesy produkcyjne
- 4,9% - zagospodarowanie odpadów



PYŁ ZAWIESZONY PM2,5

- 49,7% - procesy spalania poza przemysłem
- 13,0% - transport drogowy
- 10,0% - procesy spalania w sektorze energii
- 7,7% - procesy spalania w przemyśle
- 6,8% - inne pojazdy i urządzenia
- 5,6% - procesy produkcyjne



Bezno(a)piren

- 86,0% - procesy spalania na rzecz indywidualnego ogrzewania
- 10,3% - koksownie
- 1,8% - transport drogowy
- 1,1% - produkcja aluminium
- 0,5% - procesy spalania w przemyśle

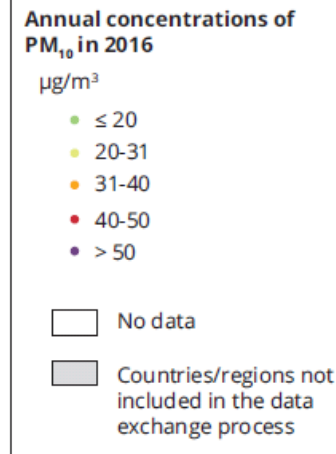
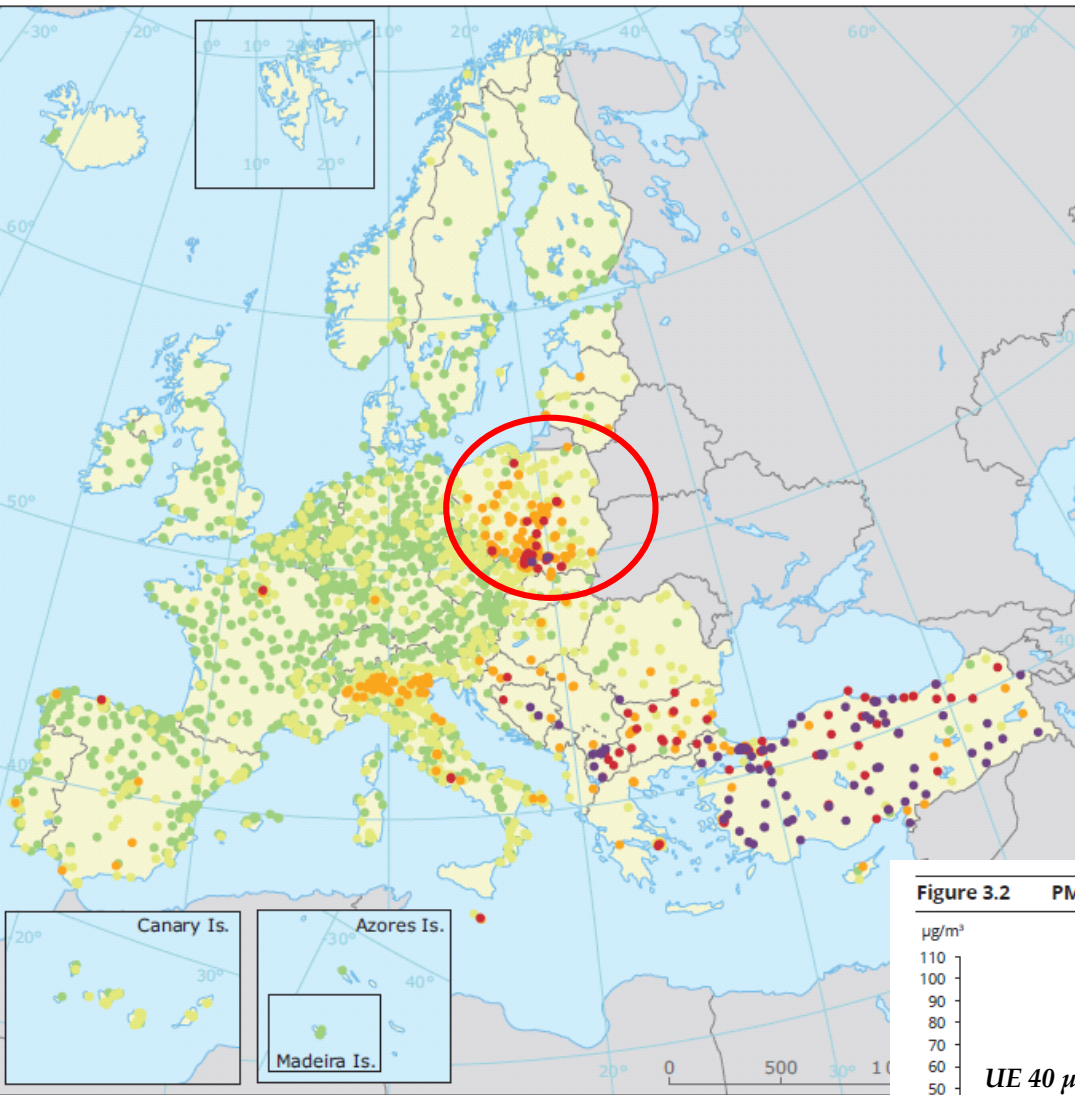
Normy stężeń pyłu zawieszonego

W Polsce normy dla pyłów drobnych **PM10** są ustalone na trzech poziomach:

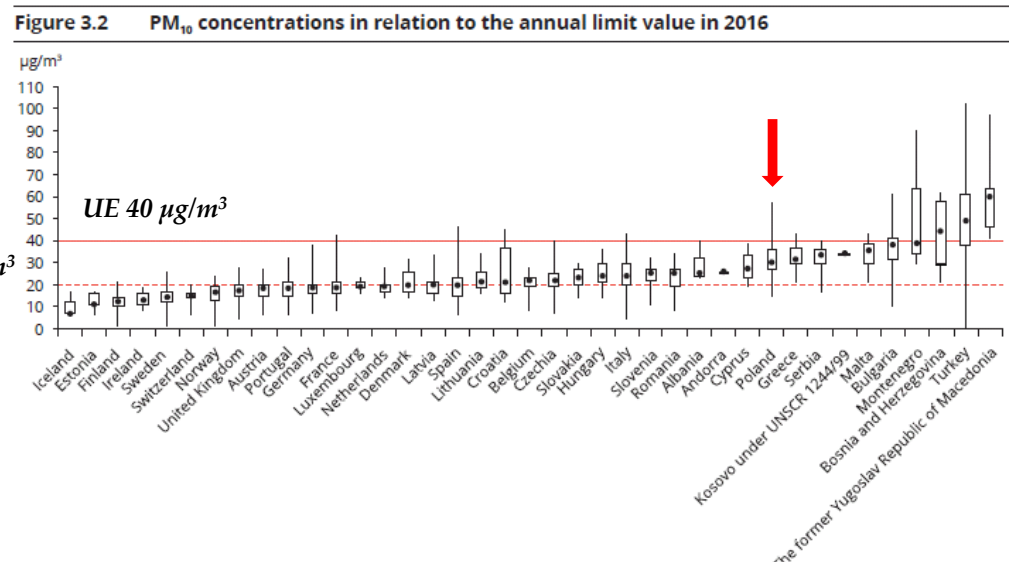
- poziom dopuszczalny **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (dobowy)
- poziom informowania **200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (dobowy)
- poziom alarmowy **300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** (dobowy)

Unia Europejska dla pyłów drobnych PM10 i PM2,5 ustaliła jedynie poziom dopuszczalny, odpowiednio dla

- **PM10 – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (dobowy) i 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (średnioroczny),**
- **a dla pyłu PM2,5 - 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (średnioroczny).**



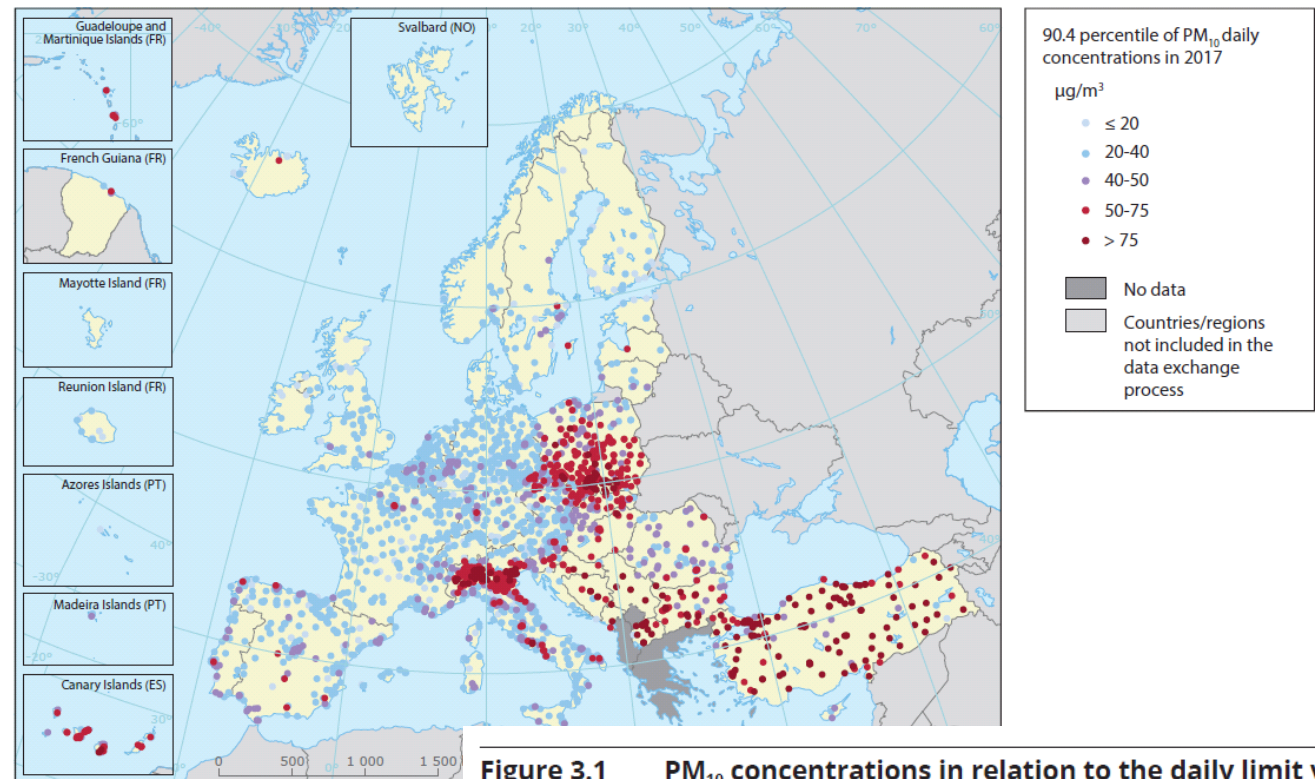
Air quality in Europe — 2018 report



**Średni poziom cząstek PM₁₀
w UE w 2016 roku**

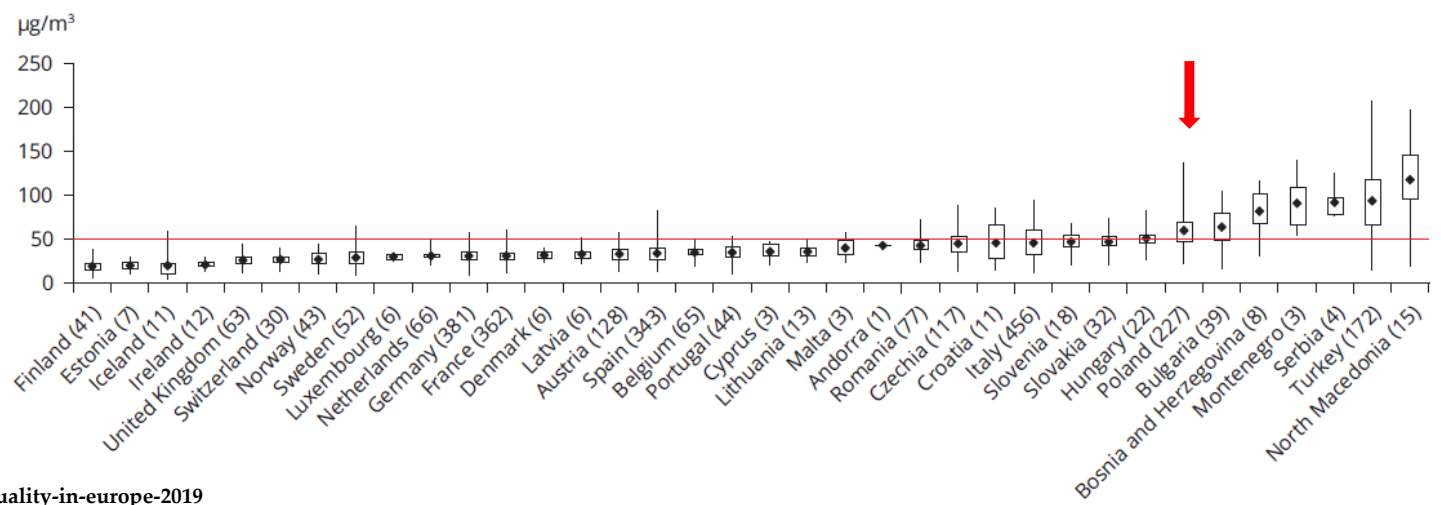
WHO 20 µg/m³

Map 3.1 Concentrations of PM₁₀, 2017 — daily limit value



*Średni poziom
cząstek PM10
w UE w 2017 roku*

Figure 3.1 PM₁₀ concentrations in relation to the daily limit value in 2017 and number of stations considered for each country



Wykaz miast w których wystąpiło najwięcej dni z przekroczeniem dobowego dopuszczalnego PM10

CoX polski alarm smogowy

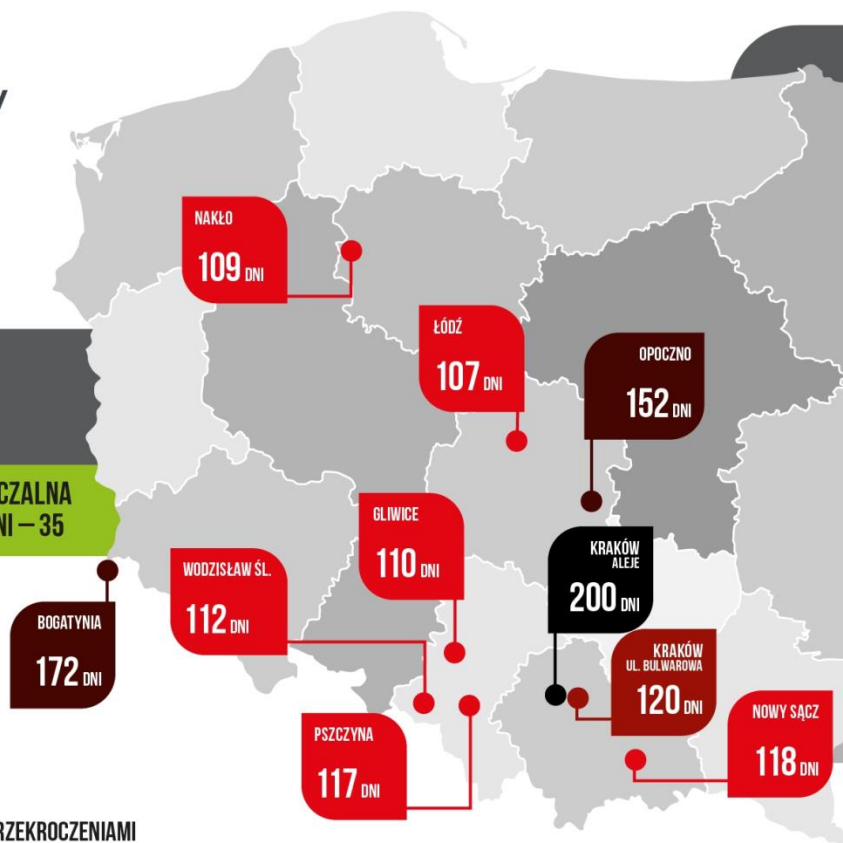
POLSKI PRODUKT REGIONALNY

ZAPYLONE POWIETRZE

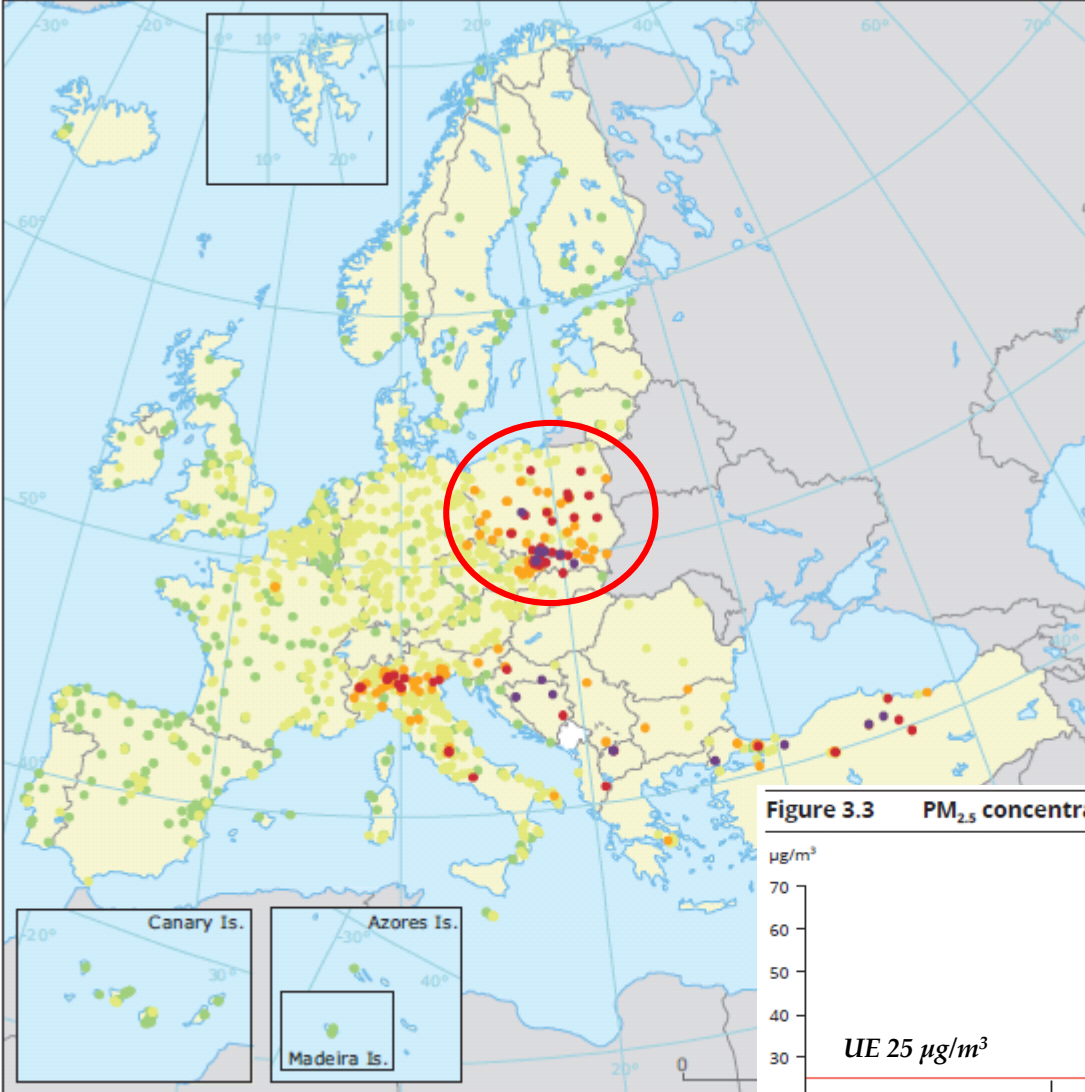
PM10

DOPUSZCZALNA ILOŚĆ DNI – 35

WYKAZ MIAST, W KTÓRYCH WYSTĄPIŁO NAJWIĘCEJ DNI Z PRZEKROCZENIEM DOBOWEGO STĘŻENIA DOPUSZCZALNEGO PM10. (ROK 2015)

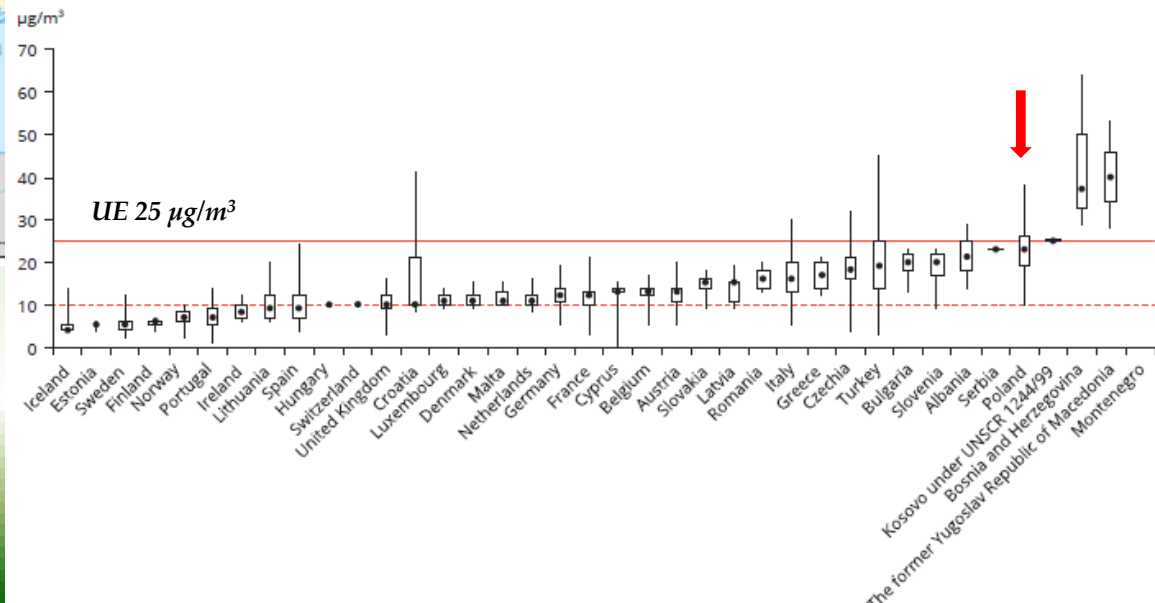


Źródło: GIOŚ, Warszawa 2016



Air quality in Europe — 2018 report

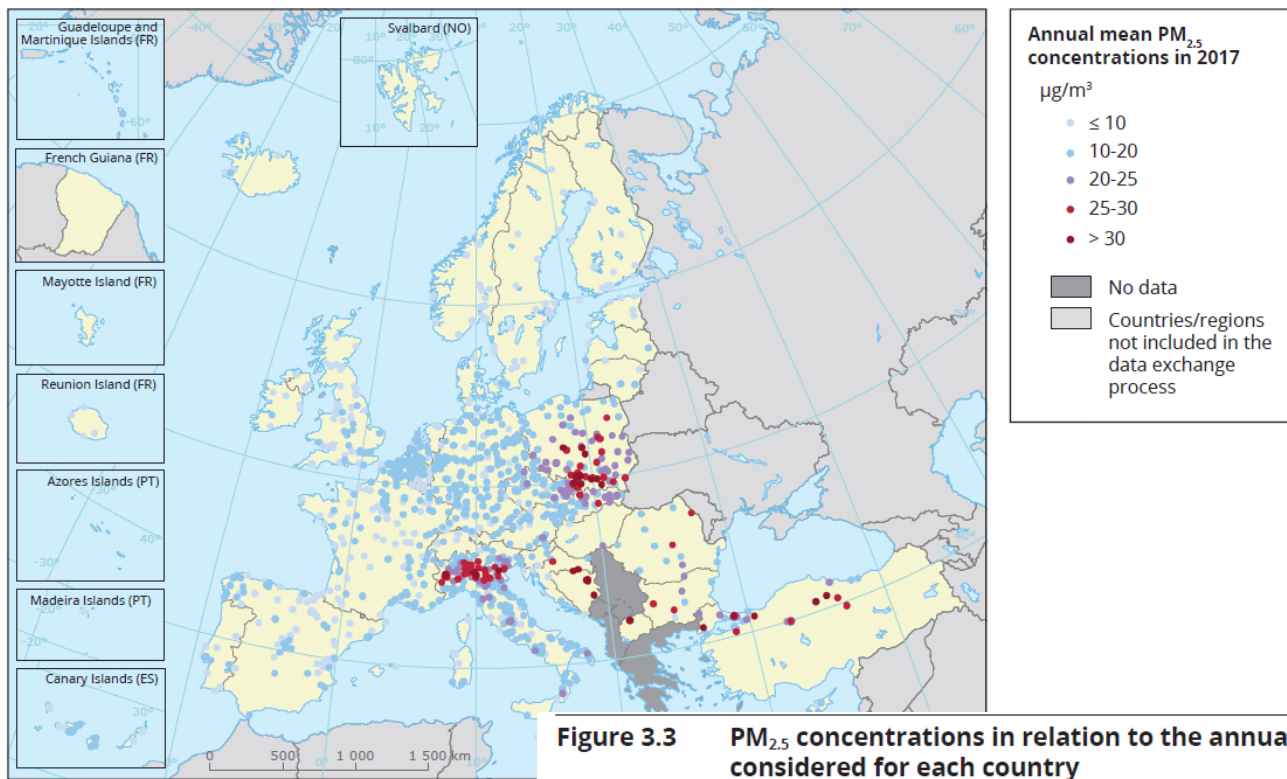
Figure 3.3 PM_{2.5} concentrations in relation to the annual limit value in 2016



Średni poziom cząstek PM_{2.5} w UE w 2016 roku

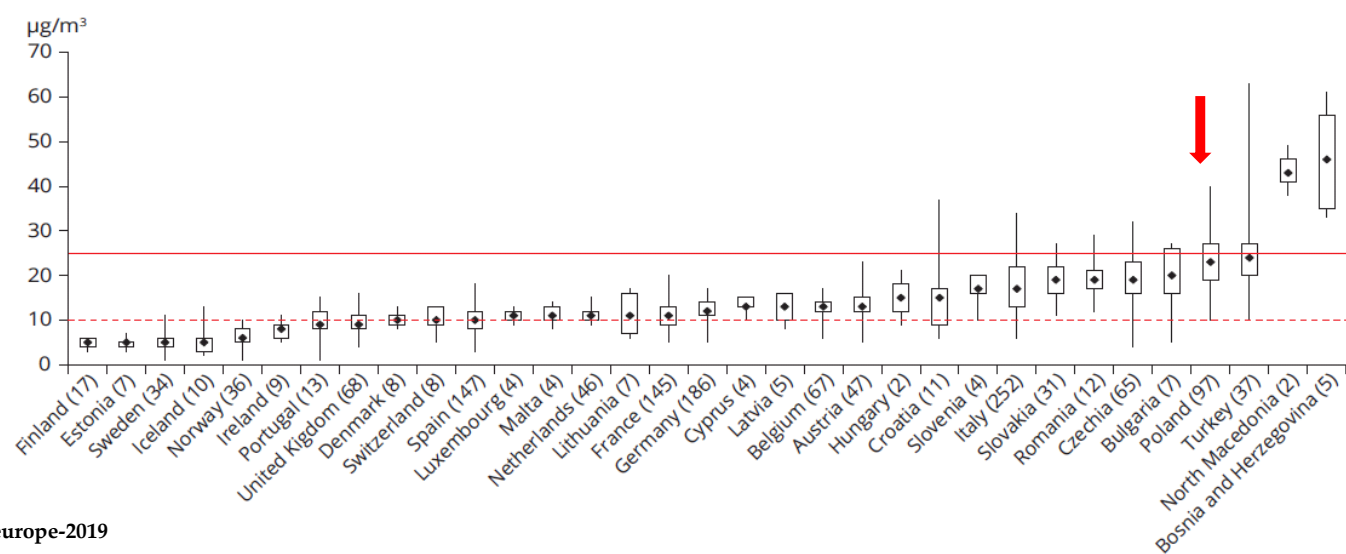
WHO 10 µg/m³

Map 3.3 Concentrations of PM_{2.5}, 2017 — annual limit value



*Średni poziom
cząstek PM_{2.5}
w UE w 2017 roku*

Figure 3.3 PM_{2.5} concentrations in relation to the annual limit value in 2017 and number of stations considered for each country



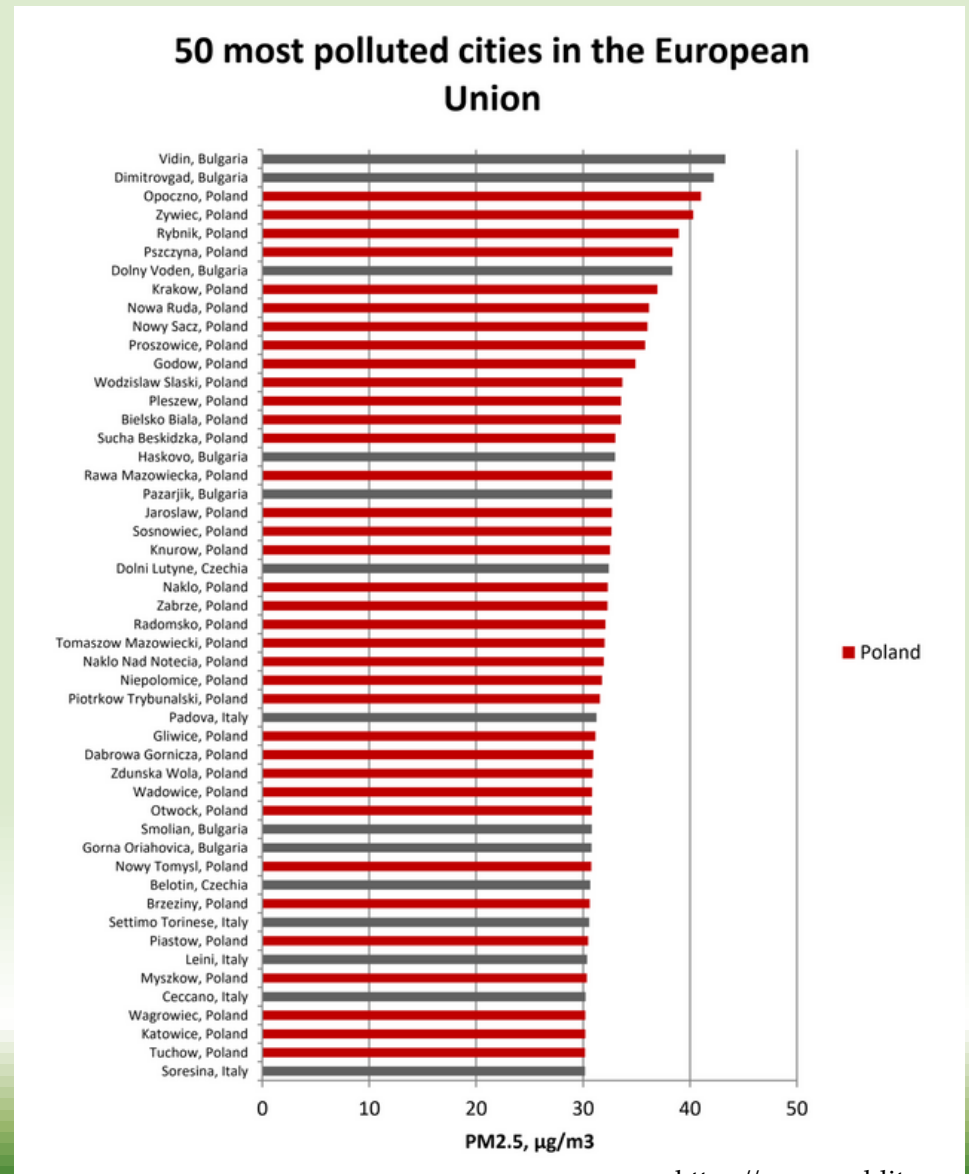
Wykaz miast w których wystąpiło najwięcej dni z przekroczeniem dobowego dopuszczalnego **PM2.5**

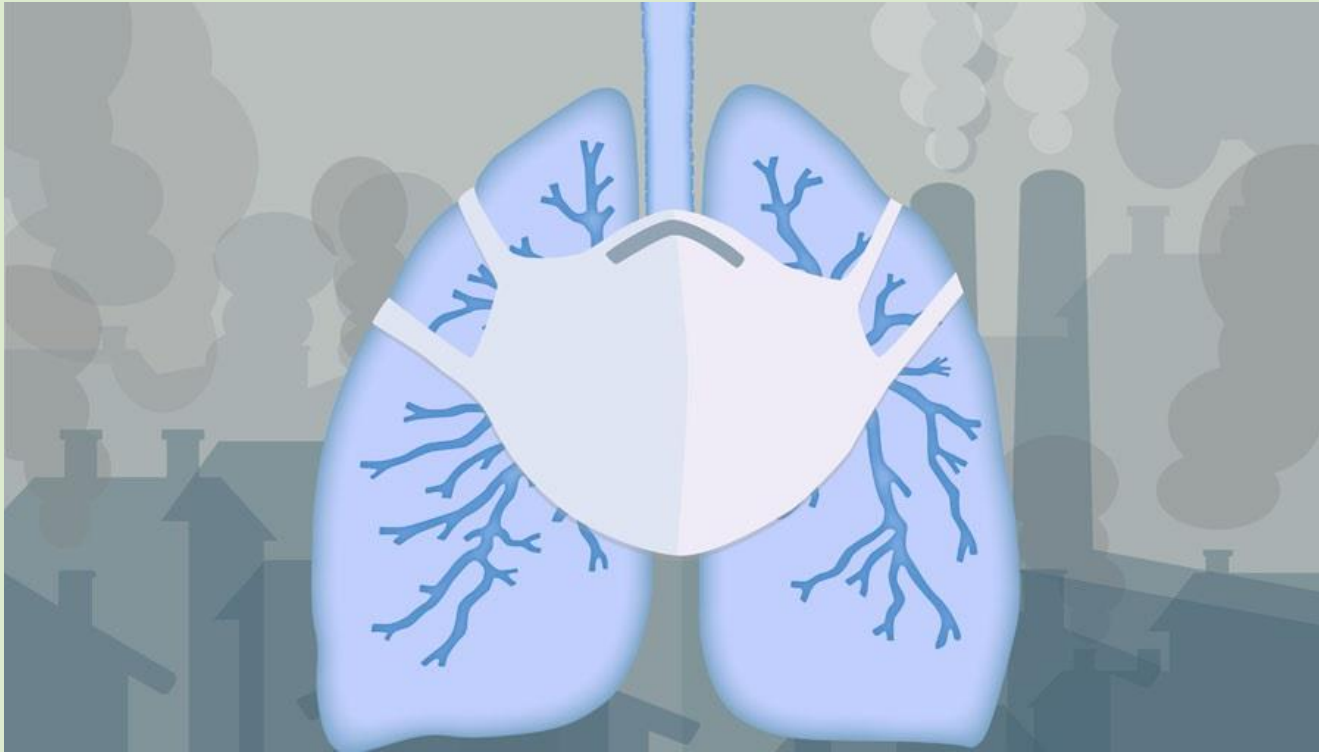
W 2016 roku w Unii Europejskiej było 50 miast, w których emisja zanieczyszczeń przekroczyła normy dla PM2.5.

Wśród nich jest aż 36 miast polskich!

Do tej listy należy jeszcze dołączyć miasta z naszego województwa:

- Opoczno,
- Rawa Mazowiecka
- Tomaszów Mazowiecki
- Piotrków Trybunalski
- Zduńska Wola
- Brzeziny





Szkodliwość wybranych składników smogu

Szkodliwość smogu - od czego zależy?

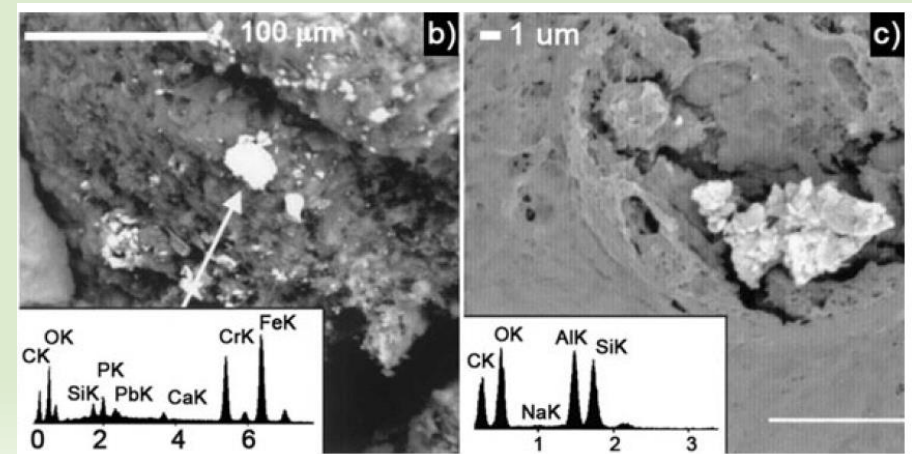
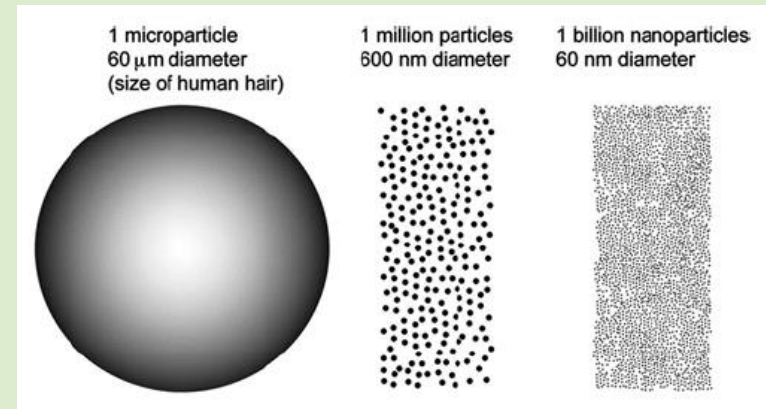
W toksyczności pyłu istotną rolę odgrywa:

- rozmiar cząstek,
- ich kształt,
- wielkość powierzchni cząstek pyłu,
- oraz skład chemiczny zanieczyszczeń pyłowych.

Ta **wielkość ma zasadnicze znaczenie we wnikaniu pyłu do organizmu zaś powierzchnia w osadzaniu się różnych zanieczyszczeń.**

Cząstki PM₁₀, zawierają metale ciężkie, rakotwórczy benzo(a)piren, dioksyne i furany.

Cząstki PM_{2.5} z kolei mogą zawierać zanieczyszczenia wtórne, które wykształciły się z przemian dwutlenku azotu, siarki i amoniaku.



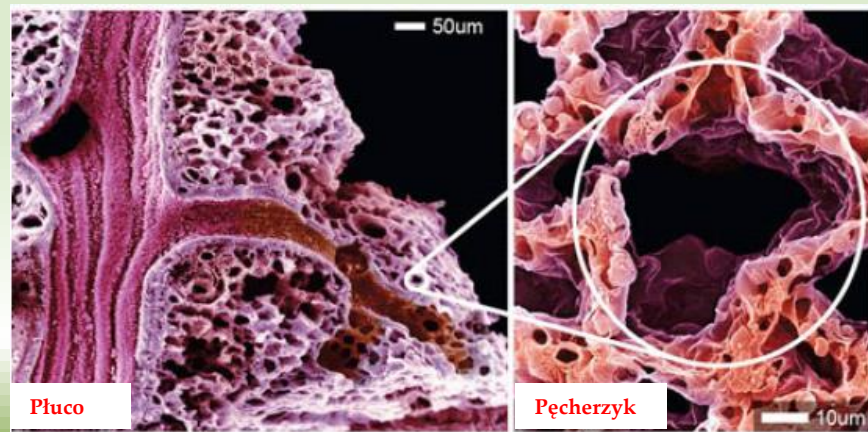
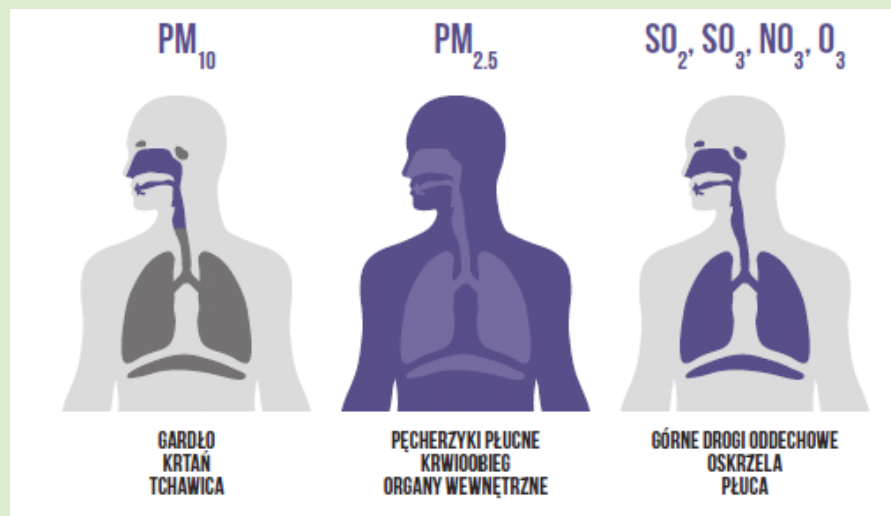
Nanocząstki występujące w wątrobie (b) i nerkach (c) pacjentów

Gdzie trafiają poszczególne cząstki pyłu?

Cząstki PM 10, wnikają głównie do górnych dróg oddechowych - gardła, krtani, tchawicy. Często powodują stany zapalne, egzemy, infekcje.

Cząstki PM 2,5 mogą wnikać głębiej do układu oddechowego - powodują zapalenia płuc i mogą indukować nowotwory płuc.

Cząstki PM 2,5 ale poniżej 0,1 mikrometra wnikają do układu krwionośnego, a z nim do wielu narządów w tym do mózgu.



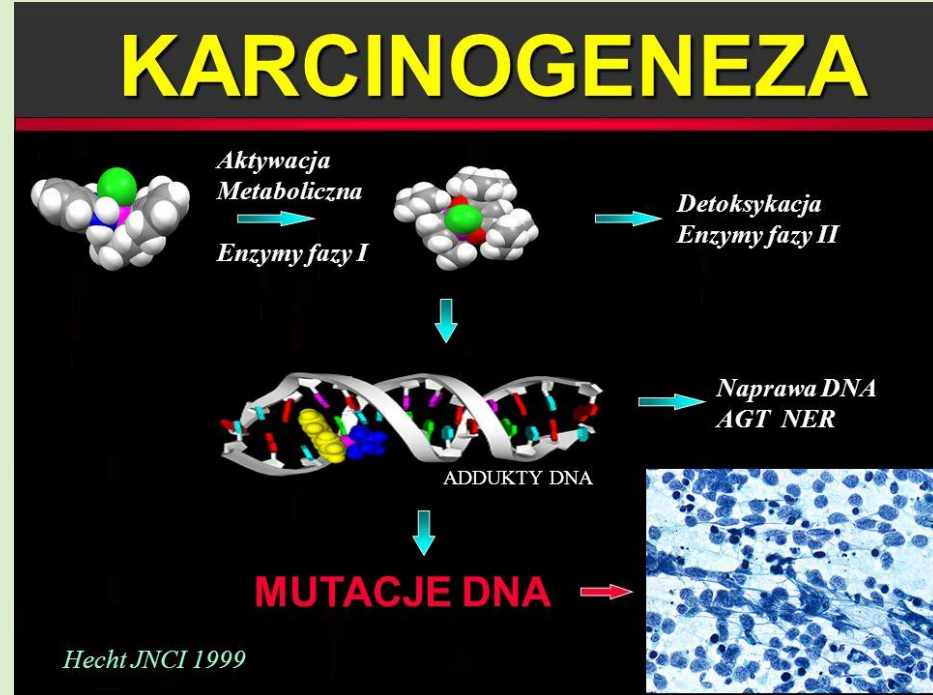
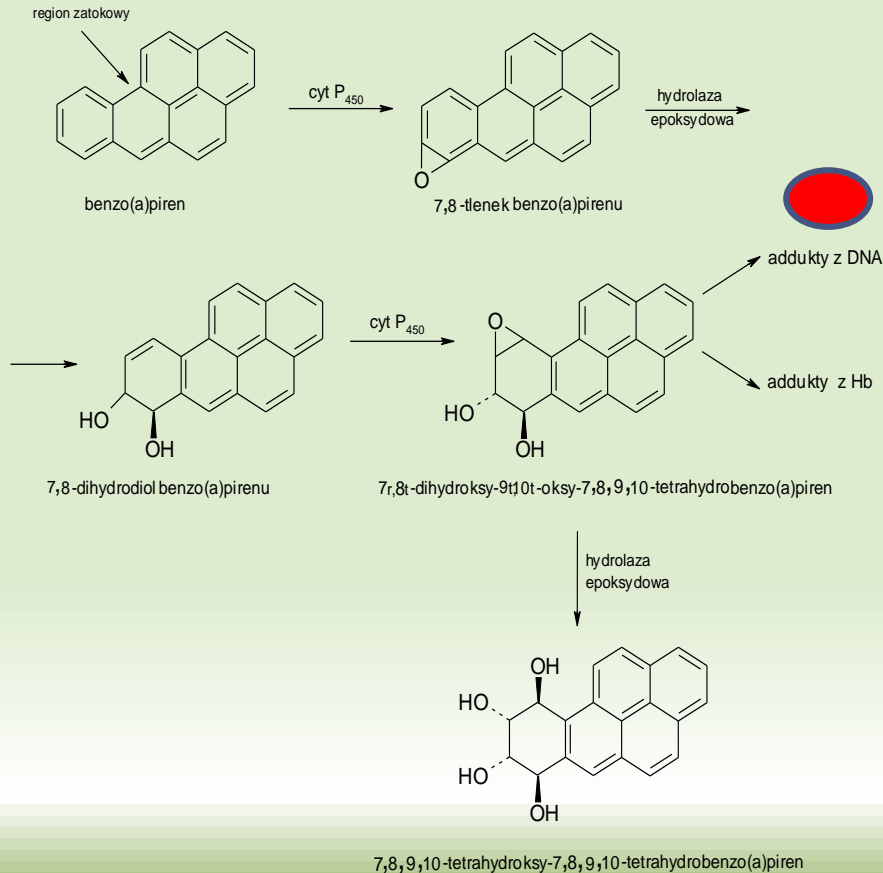
Wpływ smogu na zdrowie ludzi

Krótkotrwały kontakt ze „smogiem” wywołuje:

- stany zapalne,*
- podrażnienie spojówek,*
- krtani i tchawicy,*
- łagodne, przemijające stany zapalne płuc,*
- zmęczenie,*
- spadek tolerancji wysiłku.*

Jakie związki obecne na cząsteczkach pyłu mogą być dla nas niebezpieczne?

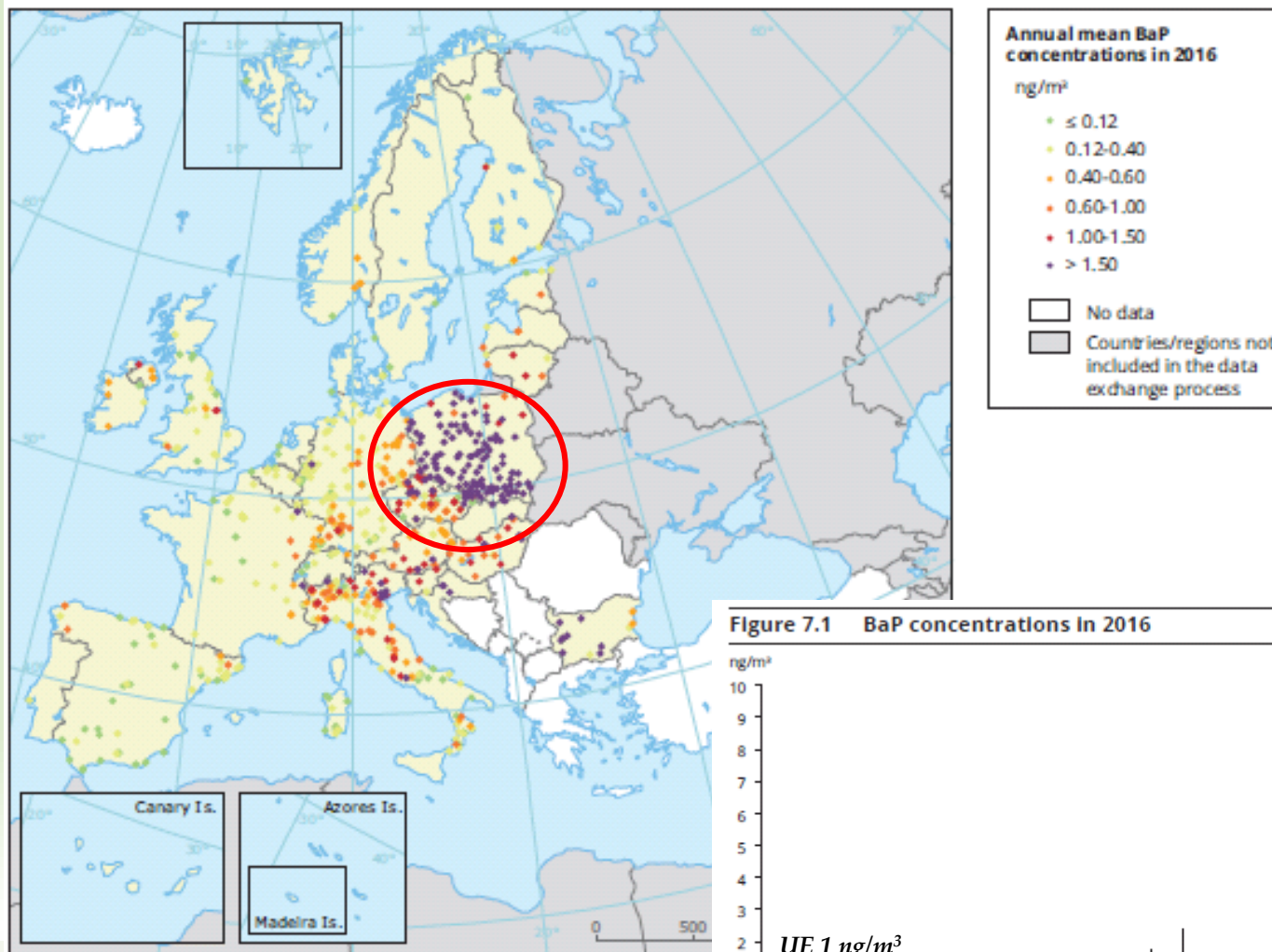
Benzo[a]piren (B[a]P) - substancja mutagenna i kancerogenna



<https://www.google.com>

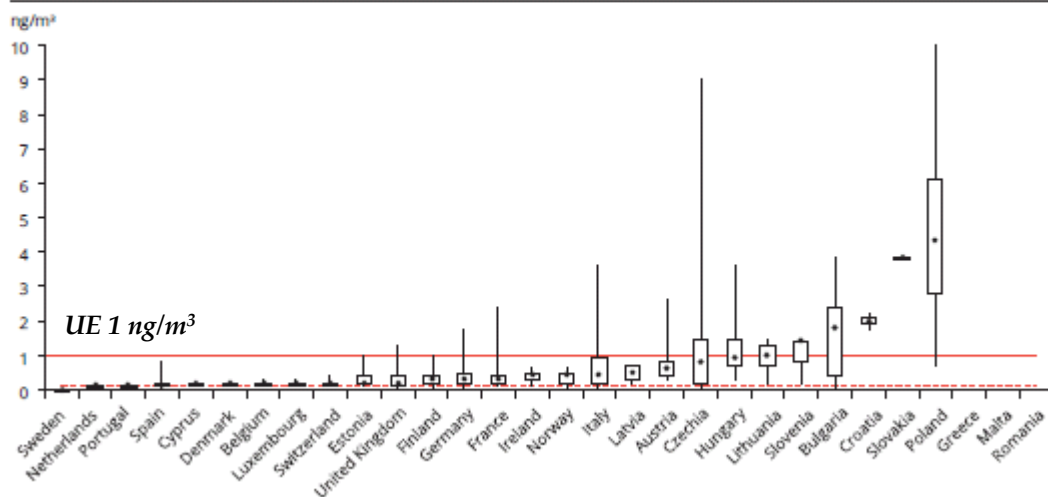
Benzo(a)piren

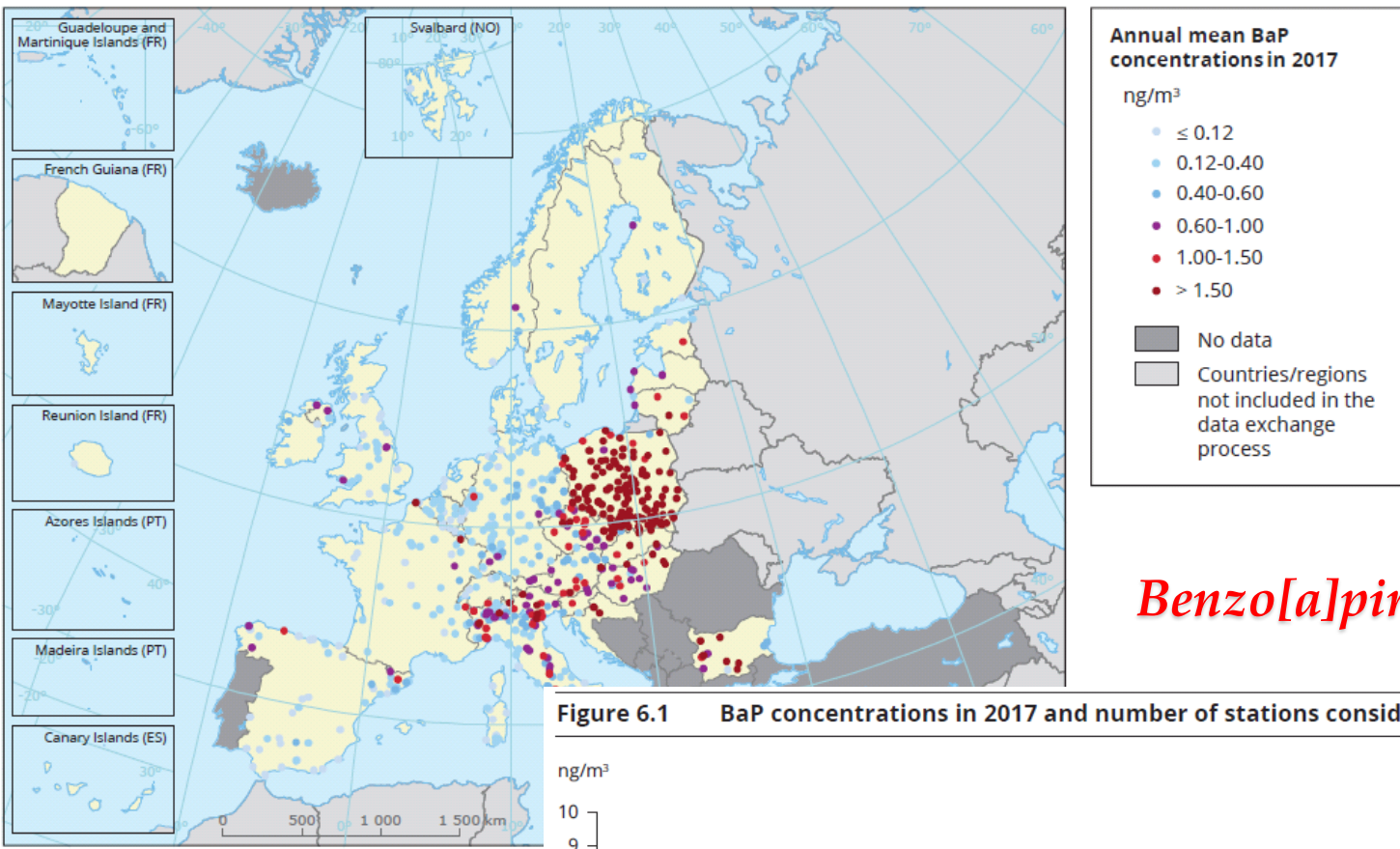
Map 7.1 Concentrations of BaP, 2016



Średni poziom benzo(a)pirenu w UE w 2016 roku

Figure 7.1 BaP concentrations in 2016

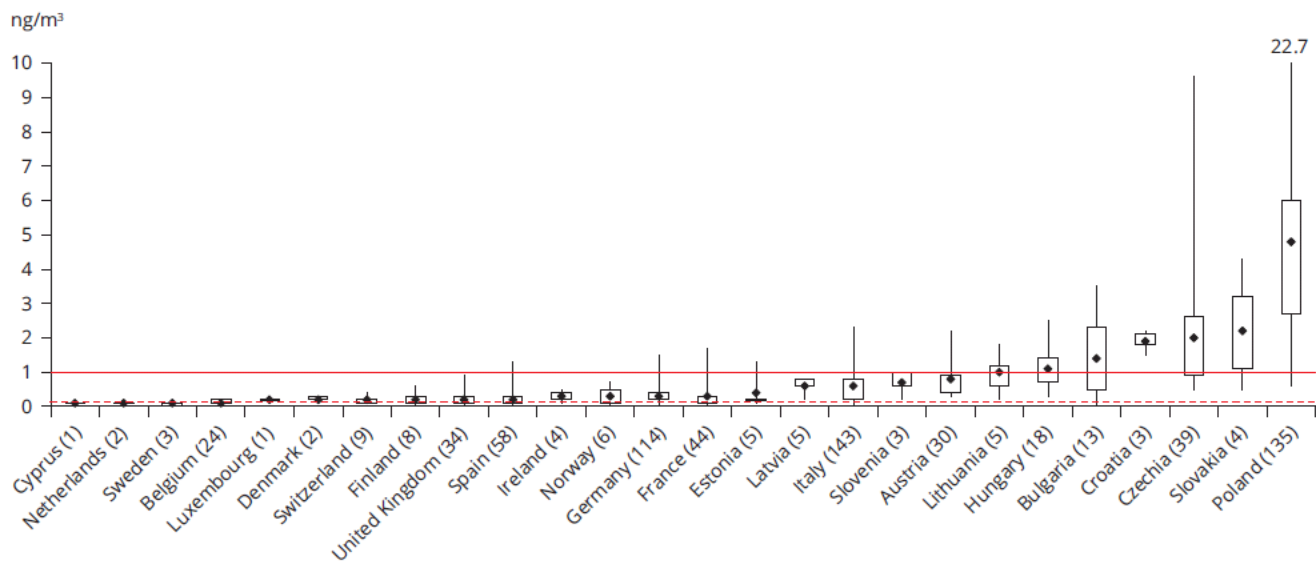




Średni poziom benzo(a)pirenu w UE w 2017 roku

Benzo[a]piren – 22,7 ng/m³

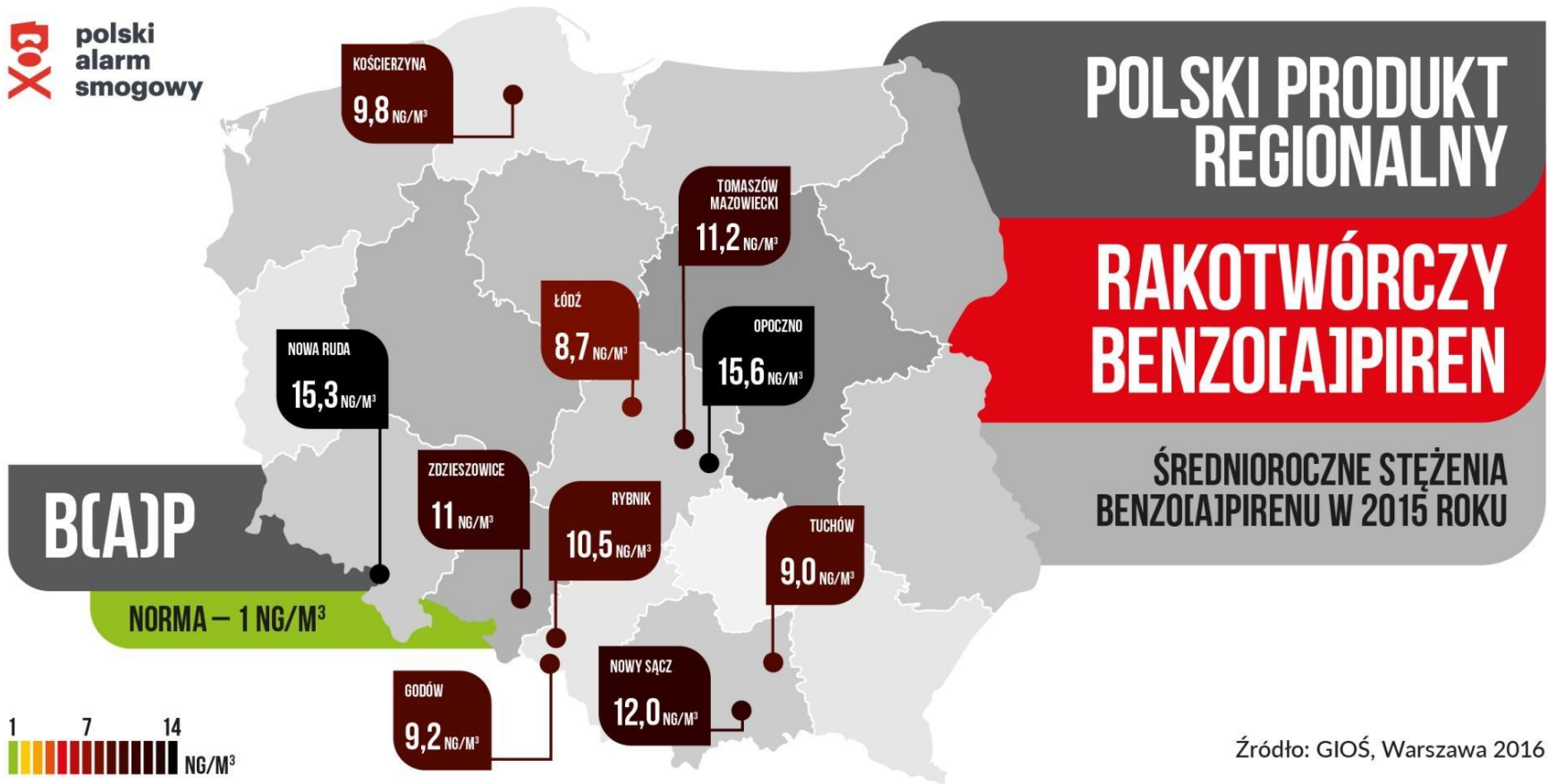
Figure 6.1 BaP concentrations in 2017 and number of stations considered for each country



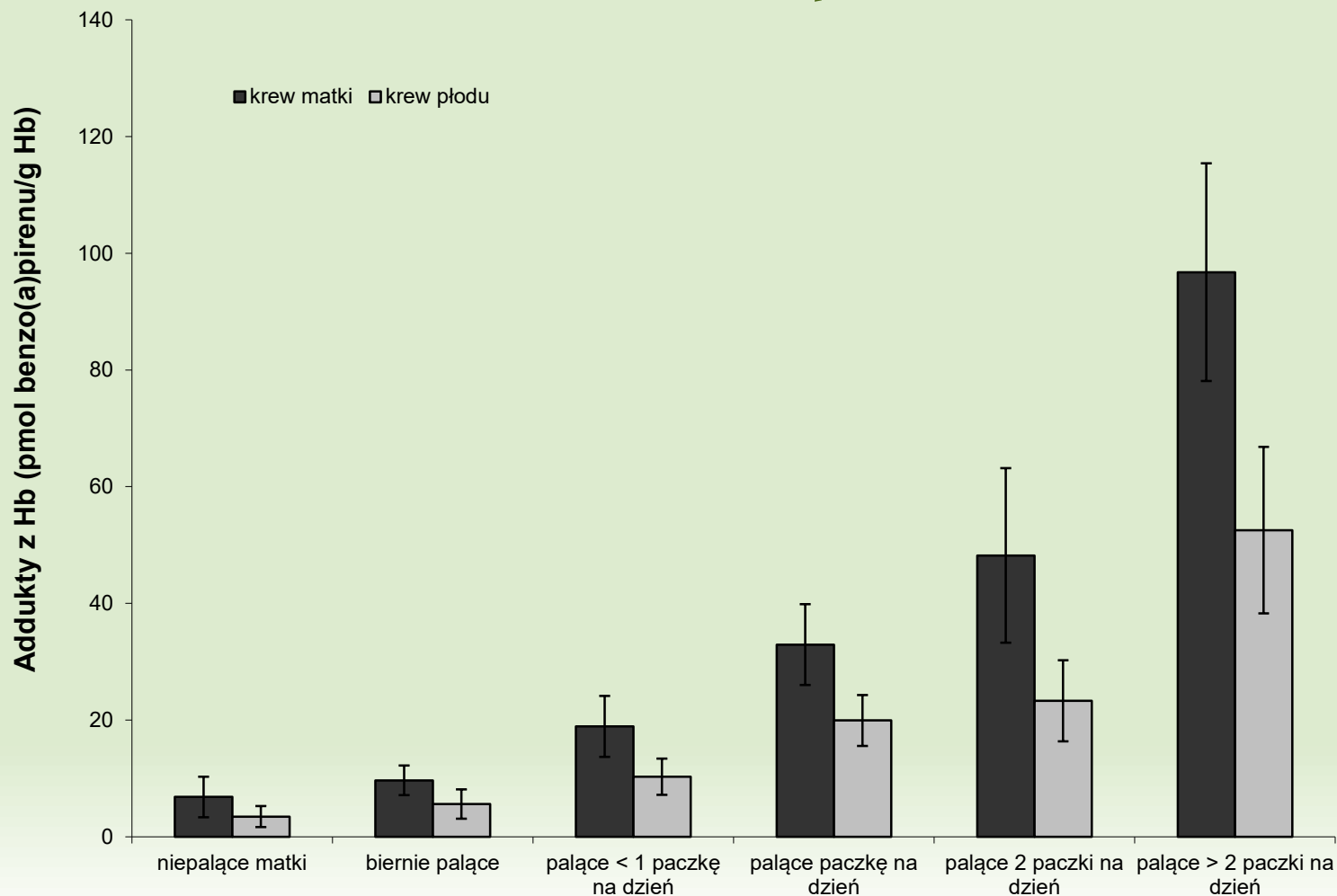
UE 1 ng/m³

Benzo[a]piren

BOX polski alarm smogowy



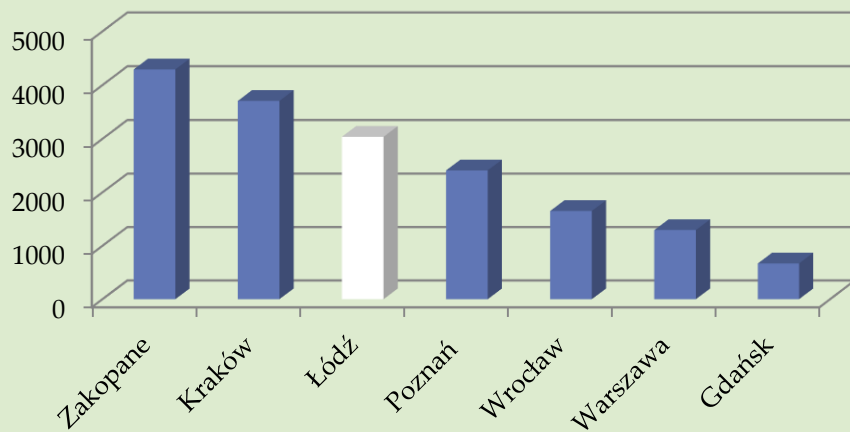
Każdy wdychający trujący bezno(a)piren może czuć się palaczem



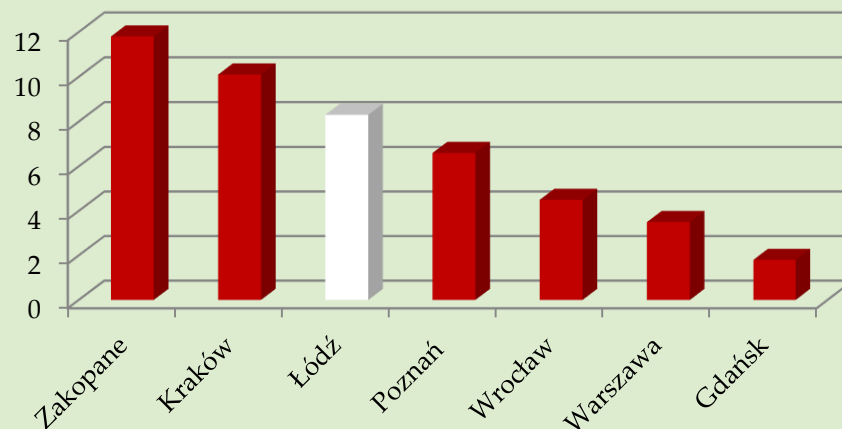
Każdy wdychający trujący bezn(a)piren może czuć się palaczem

Ilość benzo(a)pirenu, którą wdychamy przebywając na zewnątrz 2 godziny dziennie przez cały rok w przeliczeniu na papierosy.

liczba papierosów rocznie



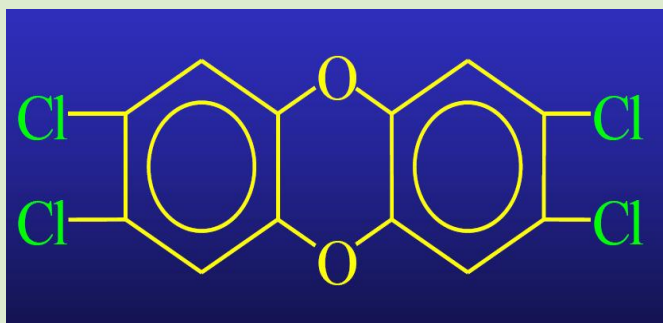
liczba papierosów dziennie



Źródło: Kalkulator papierosowy, www.krakowskialarmsmogowy.pl/smog

Jakie związki obecne na cząstkach pyłu mogą być dla nas niebezpieczne? **DIOKSYNY**

Inne związki z grupy WWA, a także związki z grupy PCDD/F których stężenia *nie są* w Polsce regularnie monitorowane.



2,3,7,8-TCDD

W 1997 r. Międzynarodowa Agencja do Badań Raka uznała najbardziej toksyczną dioksynę (**2,3,7,8-TCDD**) za **czynnik rakotwórczy I grupy**, czyli o udowodnionym działaniu.



Prezydent Wiktor Juszczenko przed otruciem dioksynami i po zatruciu



Prezydent Wiktor Juszczenko w 2017 roku

Ozon w atmosferze

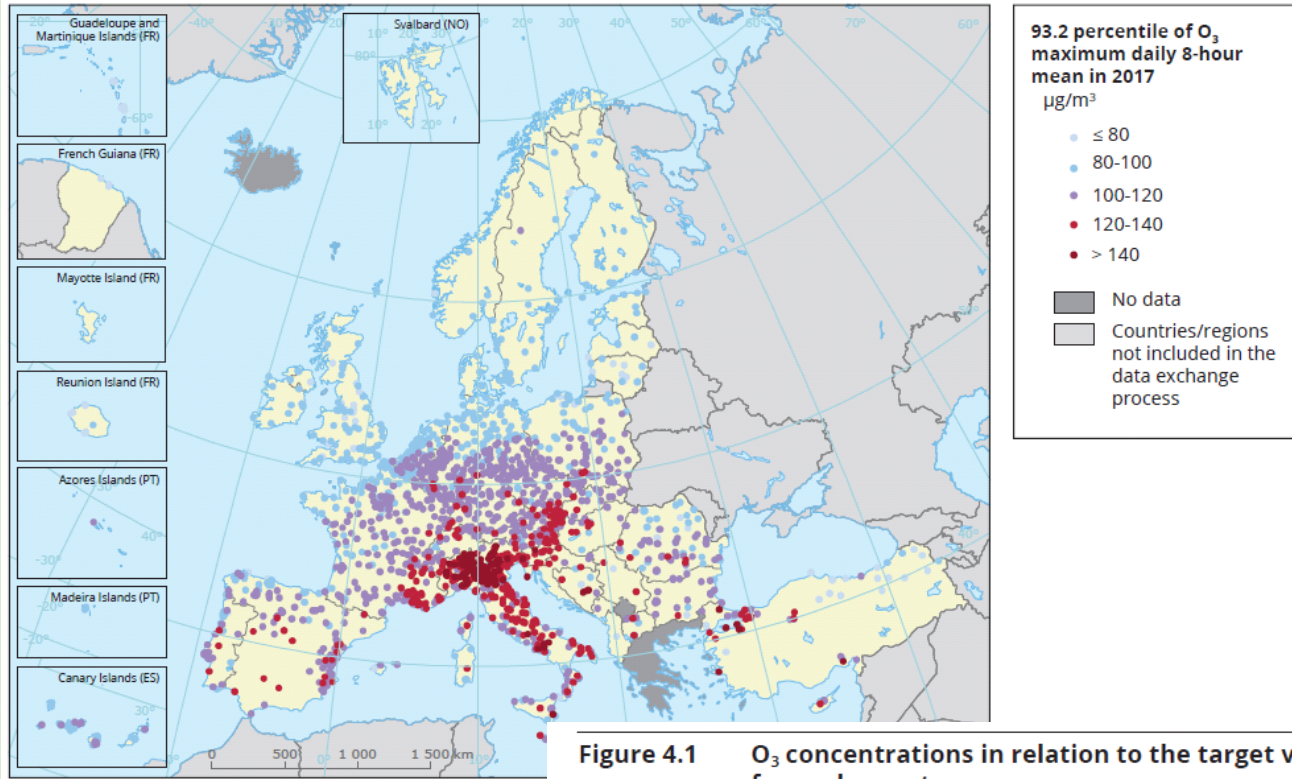
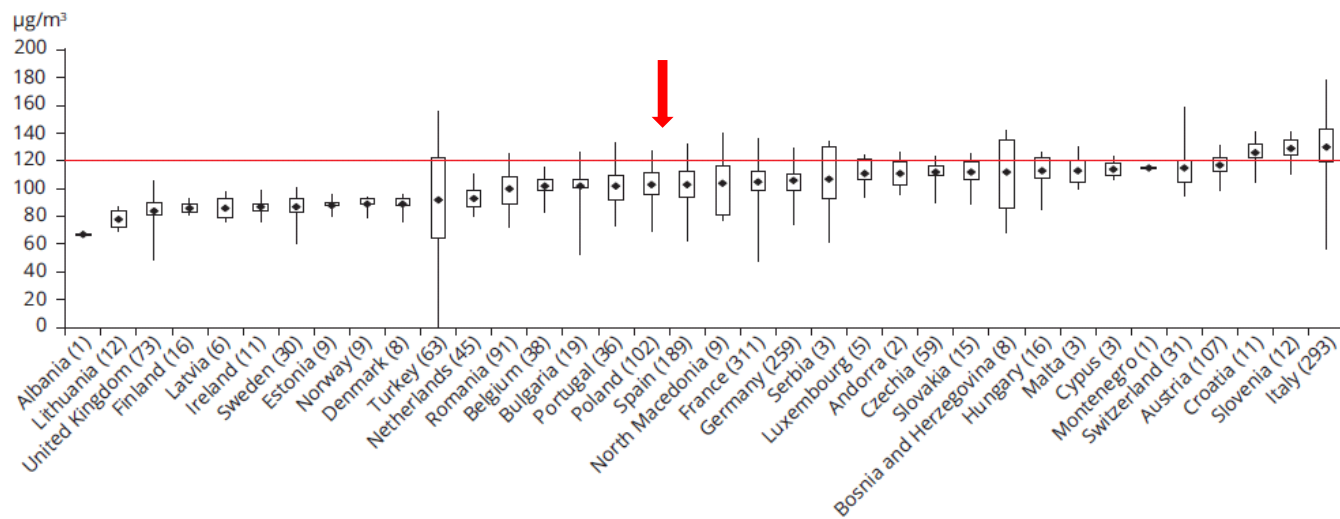
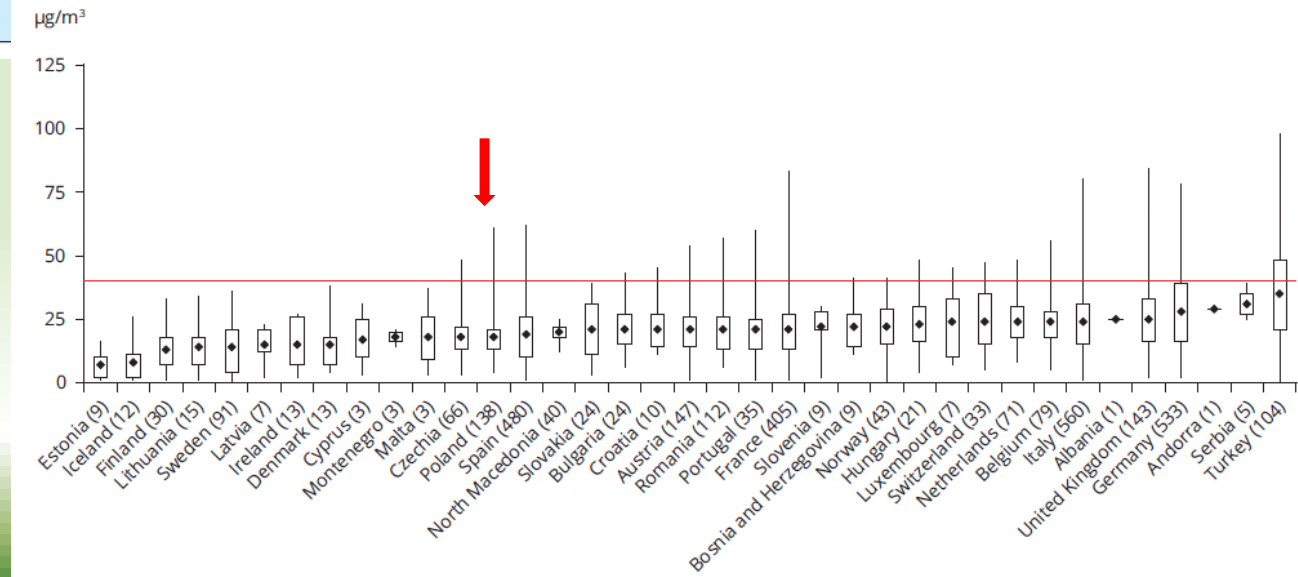
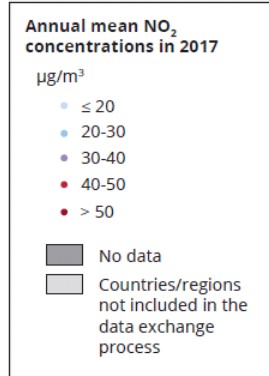
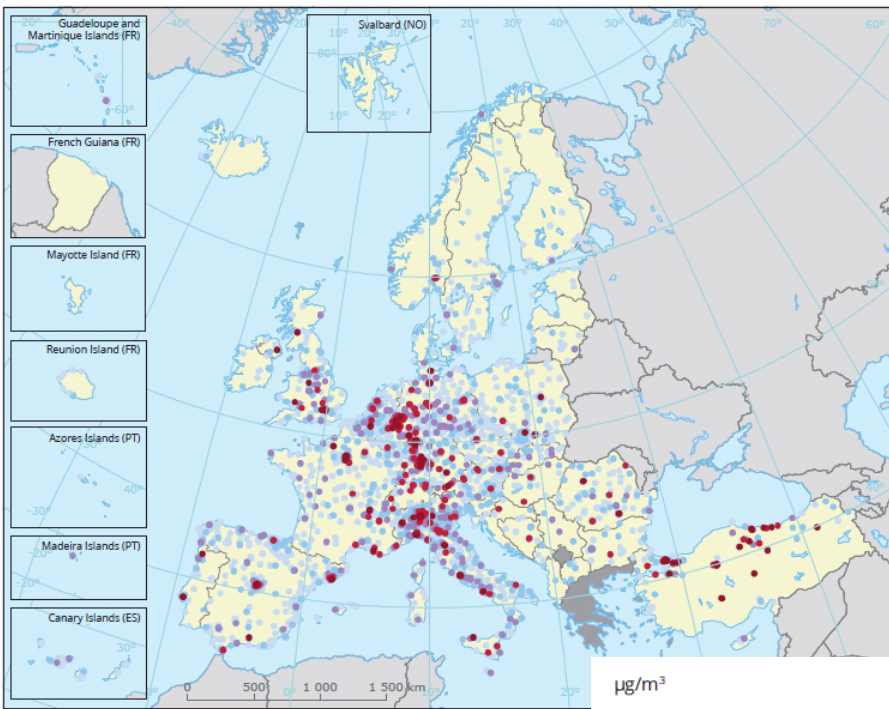


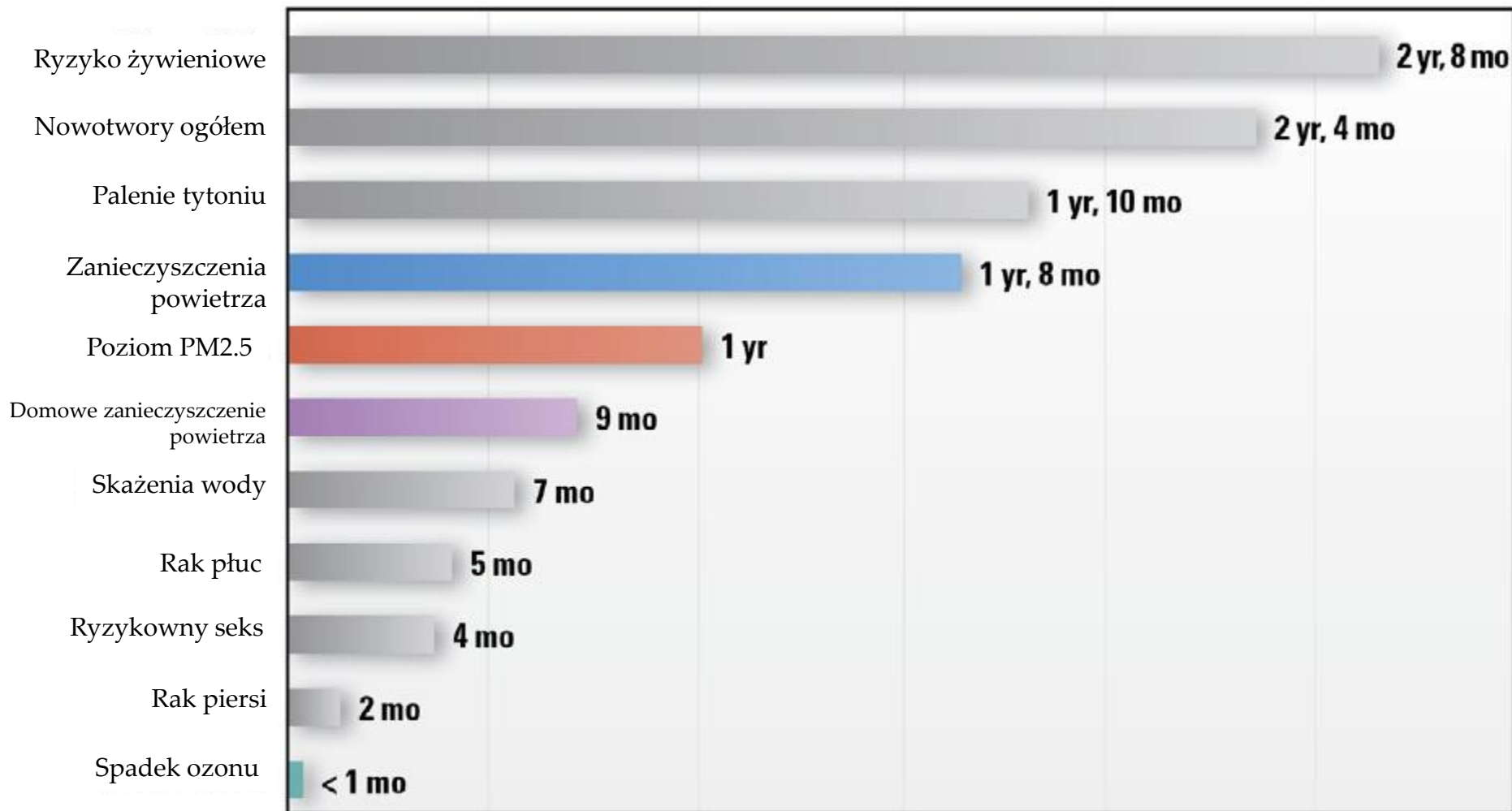
Figure 4.1 O₃ concentrations in relation to the target value in 2017 and number of stations considered for each country



Dwutlenek azotu w atmosferze



Udział różnych czynników ryzyka w skróceniu życia ludzi na świecie



utrata średniej długości życia

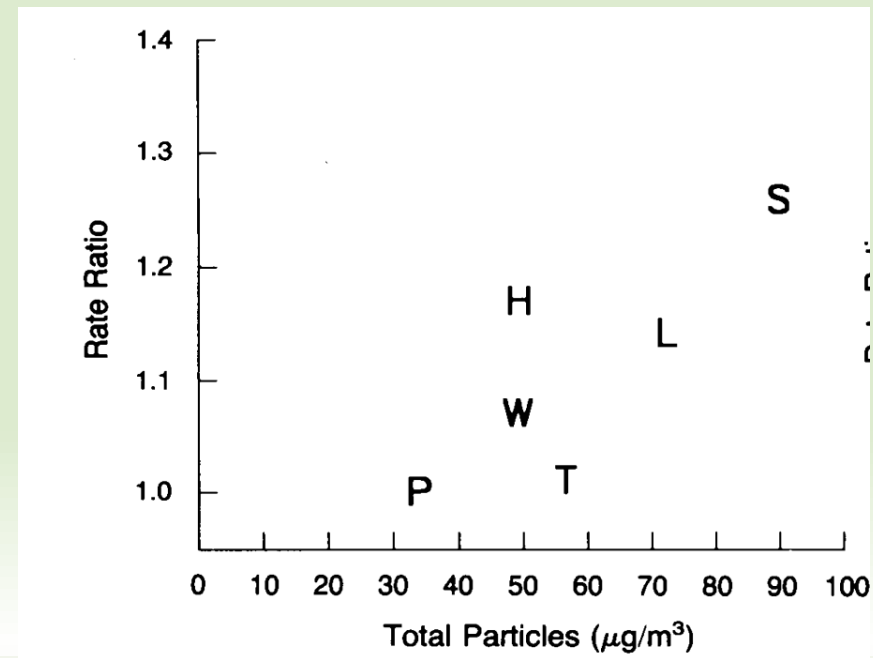
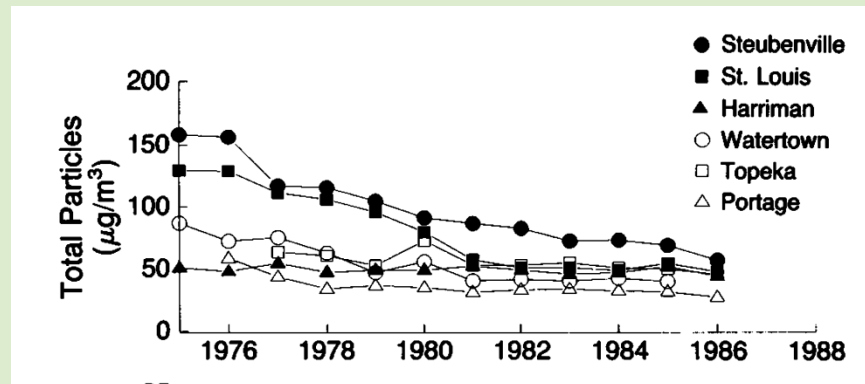
Wpływ smogu na długość życia ludzi

Długoterminowe narażenie na zanieczyszczenie powietrza skutkuje wzrostem śmiertelności.

Dockery i wsp. (1993) przeanalizowali śmiertelność w czasie kilkunastu lat wśród 8111 dorosłych z 6 miast USA.

Wykazali, że umieralność mieszkańców miasta Steubenville o najwyższym zanieczyszczeniu była o około 26% wyższa niż mieszkańców miejscowości o najmniejszym zanieczyszczeniu powietrza.

Zanieczyszczenie powietrza było dodatnio związane ze śmiercią z powodu raka płuc i chorób sercowo-płucnych



Wpływ smogu na zdrowie człowieka – nowotwory

W 2013 r. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) sklasyfikowała **zanieczyszczenie powietrza zewnętrznego**, w szczególności **pył zawieszony** – jako substancję o udowodnionym działaniu rakotwórczym (grupa I).

Wcześniej za kancerogenne zostały również uznane **spaliny emitowane** przez silniki Diesla (IARC 2012).

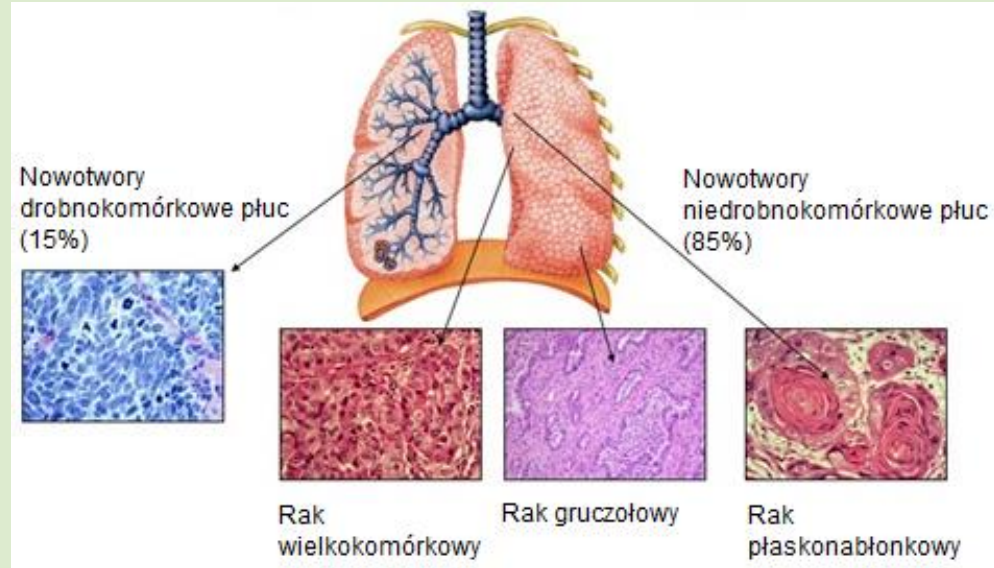
Wieloletni kontakt z zanieczyszczeniami powietrza może prowadzić do rozwoju nowotworów złośliwych, takich jak:

- rak płuca,
- rak zatok,
- nowotwory jamy ustnej,
- nowotwory gardła i krtani oraz przetyku,
- rak nerki.

Wpływ smogu na zdrowie człowieka – choroby płuc

Zanieczyszczenia powietrza powodują i nasilają liczne choroby układu oddechowego takie jak:

- *rak płuca,*
- *astma,*
- *przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP),*
- *infekcje dróg oddechowych.*



Ryzyko zachorowania na raka płuca, związane z długotrwałym narażeniem na zanieczyszczenia powietrza jest zazwyczaj znacznie mniejsze niż ryzyko związane z wieloletnim paleniem tytoniu, to **jednak dotyczy ono obecnie praktycznie całej populacji.**

Wpływ smogu na zdrowie człowieka – nowotwór gruczołowy płuc

Metaanaliza 18-tu badań epidemiologicznych wykazała związek pomiędzy długotrwałym narażeniem na pył zawieszony a częstszym występowaniem nowotworów płuc (Hamra i wsp., 2014).

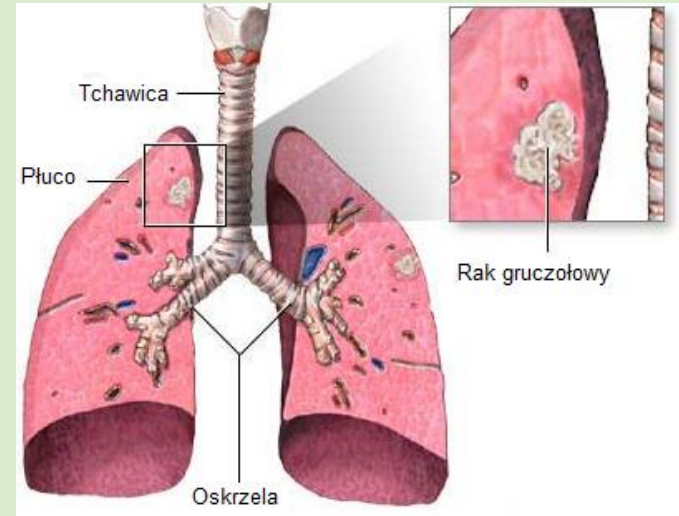
PM_{2,5} - 1,09

PM₁₀ - 1,08

Wyznaczone współczynniki ryzyka były zdecydowanie wyższe dla określonego typu nowotworu płuca – **raka gruczołowego (adenocarcinoma)** niż dla nowotworów płuc ogółem.

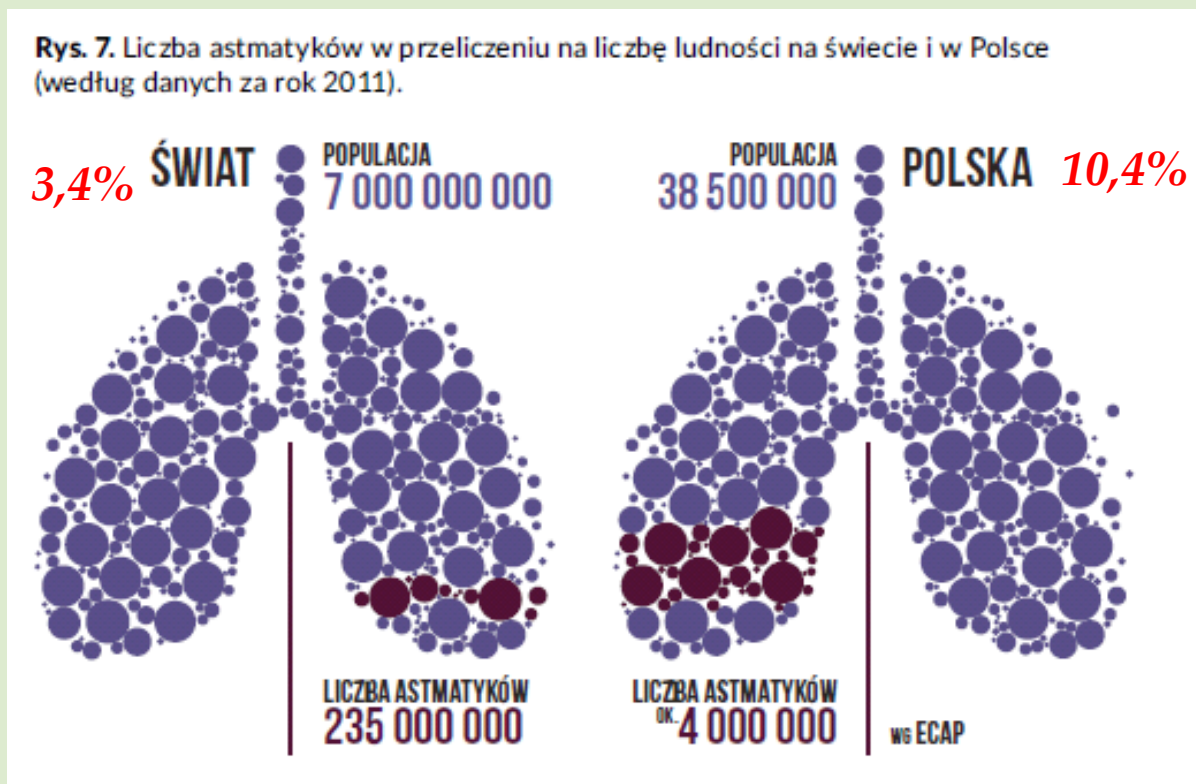
PM_{2,5} - 1,40

PM₁₀ - 1,29



<http://onko-med.pl/nowotwory-pluc/nowotwory-zlosliwe-pluc/>

Wpływ smogu na zdrowie człowieka – astma

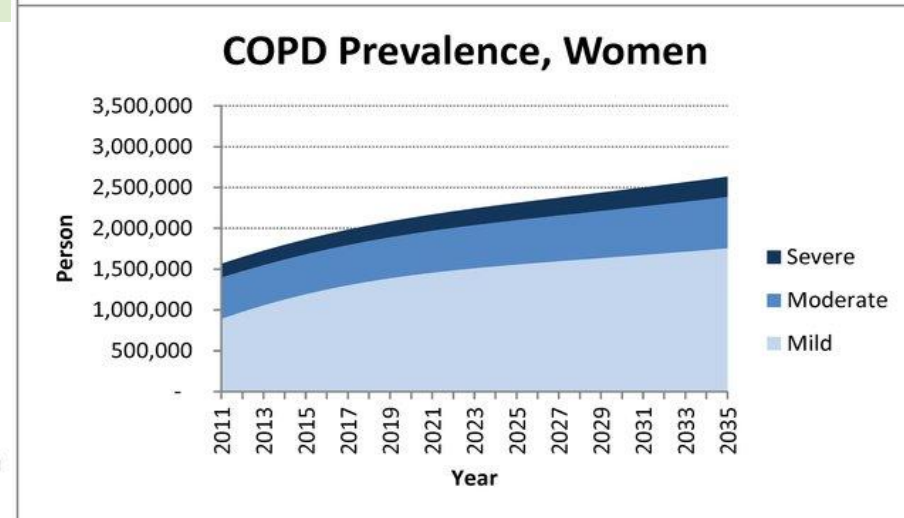
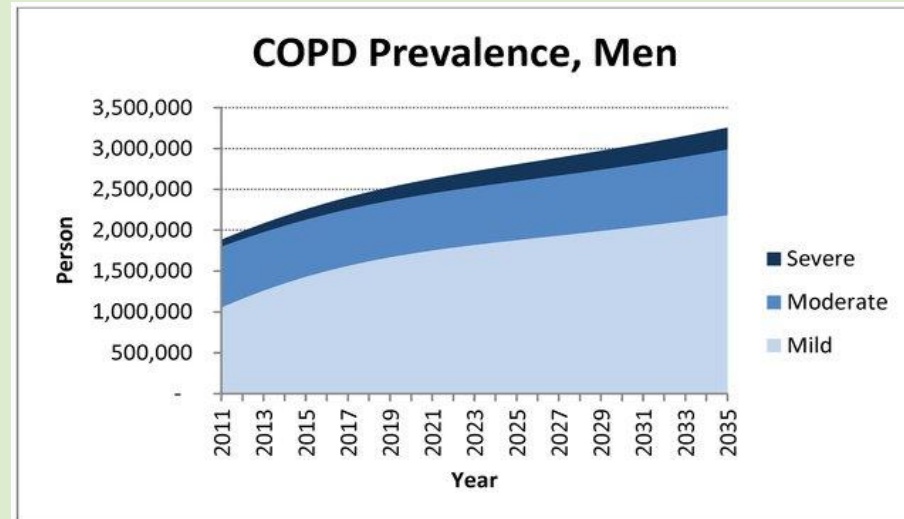
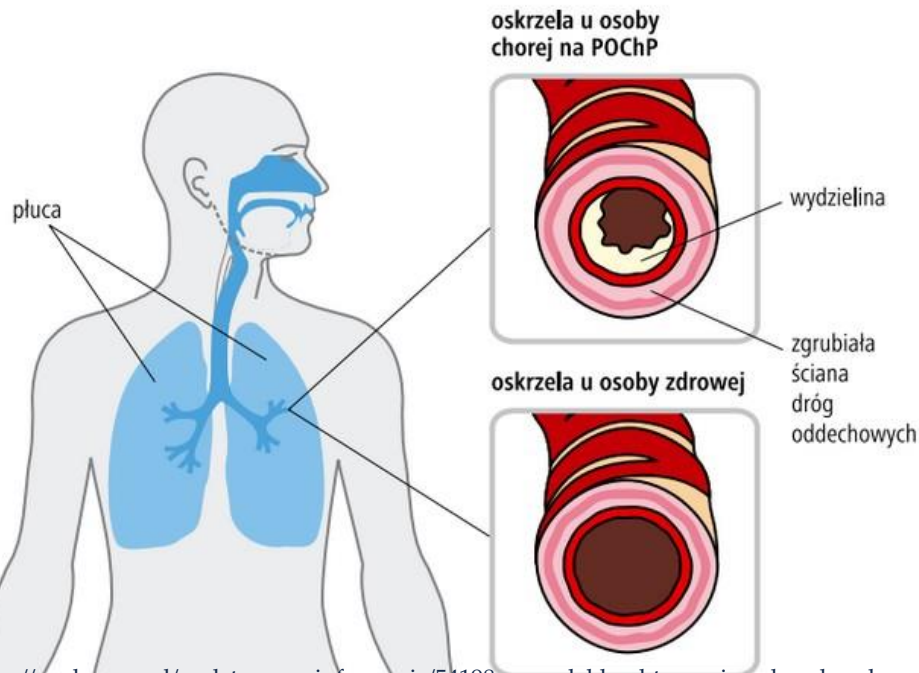


Astma - narażenie na zanieczyszczenia powietrza takie jak pył zawieszony, dwutlenek azotu i ozon wiąże się z większym prawdopodobieństwem nasilenia objawów astmy, a także z większą ilością przyjmowanych leków oraz większą liczbą pobytów w szpitalach (ok. 4 mln Polaków cierpi na astmę).

W rozwoju astmy kluczowe może być prozapalne działanie najdrobniejszych frakcji pyłu zawieszonego, oraz zawartych w pyłe substancji, takich jak metale przejściowe (i ich związki) czy węglowodory.

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP)

- **POChP** - charakteryzuje się niecałkowicie odwracalnym ograniczeniem przepływu powietrza przez drogi oddechowe, które wiąże się z przewlekłą odpowiedzią zapalną układu oddechowego na różne szkodliwe substancje.
- **Prawdopodobnie w 2020 choroba ta będzie na świecie trzecią przyczyną zgonów.**



Mehdi Najafzadeh i wsp, 2012 Future Impact of Various Interventions on the Burden of COPD in Canada: A Dynamic Population Model

Przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP)

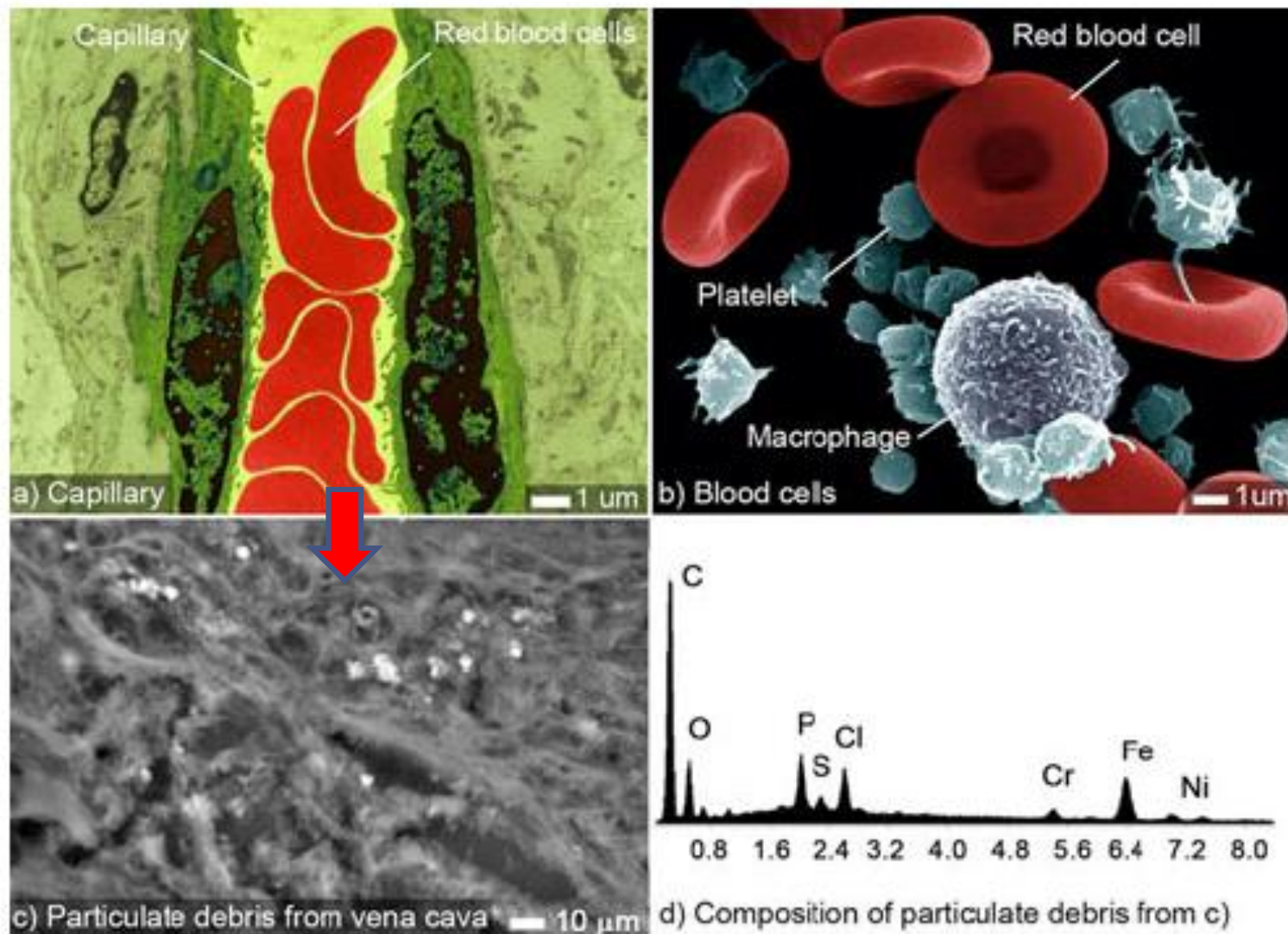
- *Badania kohortowe w Dani obejmujące 57 000 osób wykazały, że ryzyko zachorowania na POChP rośnie wraz z wzrastającą ekspozycją na dwutlenek azotu (Andersen i wsp., 2011).*

Andersen, Z. J. i wsp., American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 183.4 (2011): 455-461.

- *W Polsce Badyda (2013) wykazał na podstawie badań 5000 osób mieszkających w Warszawie w pobliżu ruchliwych ulic, że około **czterokrotnie częściej** występowały u nich cechy obturacji oskrzeli w porównaniu do mieszkańców terenów wiejskich (Podlasie, Roztocze), mniej zanieczyszczonych (szczególnie jeśli chodzi o stężenia NO₂).*

Badyda, A. J. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Inżynieria Środowiska 65 (2013): 5-179.

Wpływ smogu na układ krwionośny człowieka



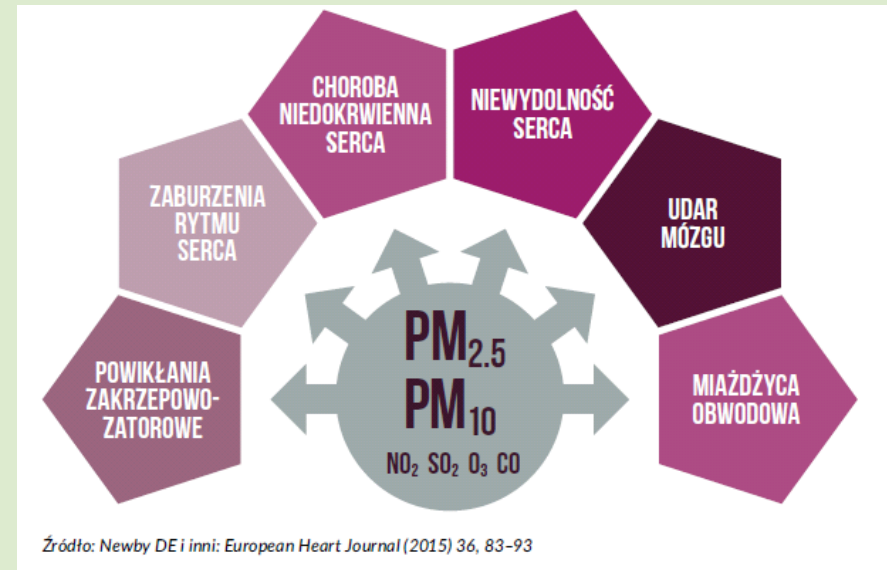
Cząstki pyłu zawieszzonego usunięte z żyły głównej pacjenta

Wpływ smogu na układ krwionośny człowieka

Najmniejsze cząstki smogu są czynnikiem powodującym powstawanie *stanów zapalnych i uwalnianie dużej ilości prozapalnych cytokin* w układzie krwionośnym.

Powodują też w naszych komórkach stan nazywany *stresem oksydacyjnym*, czyli zaburzenie równowagi w produkcji ilości wolnych rodników i ich eliminacji, które może prowadzić do powstawania wielu chorób na przykład miażdżycy.

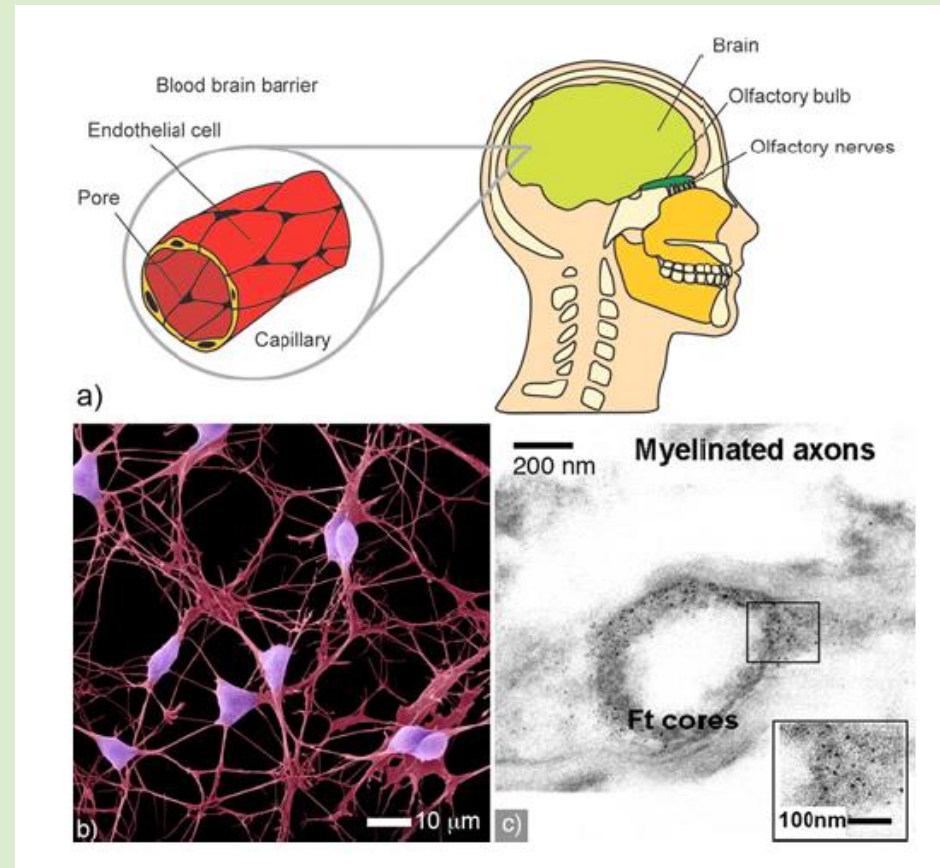
Zanieczyszczenia mogą też wpływać na *procesy krzepnięcia* - prowadzić do zakrzepicy żyłnej i tętniczej.



Wpływ smogu na układ nerwowy człowieka

Najmniejsze cząstki razem z krwią dostają się także do mózgu, mogą się w nim kumulować wywołując w nim stan zapalny.

Długoletnie narażenie na zanieczyszczenia powietrza wiąże się z szybszym starzeniem się układu nerwowego, i gorszymi wynikami w testach oceniających zdolności poznawcze osób starszych.



Zdjęcie przedstawia akumulację żelaza w mózgu pacjenta z chorobą neurologiczną. Żelazo jest przechowywane w białku ferytynie.

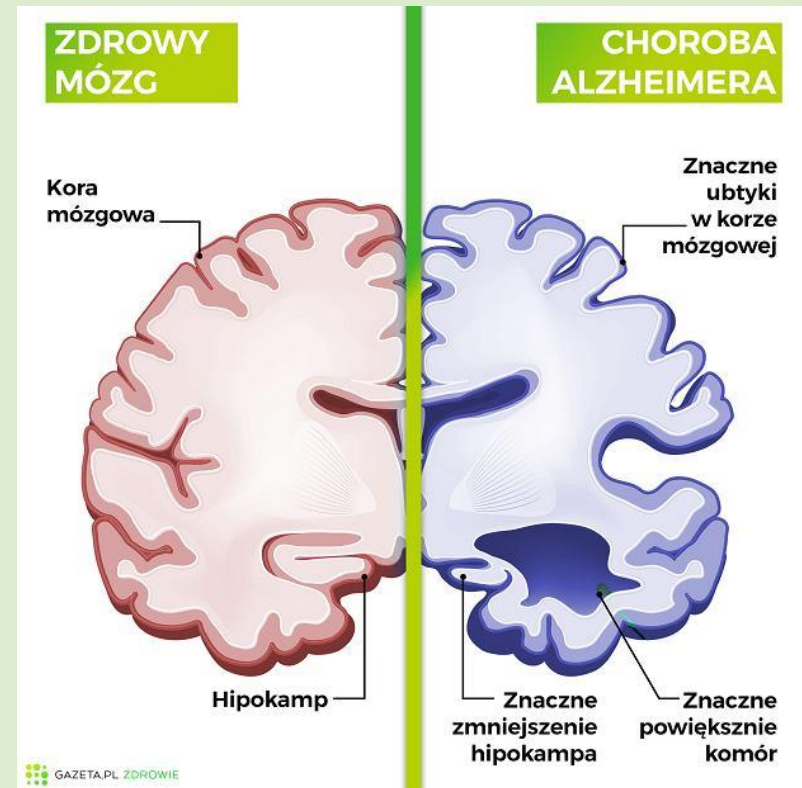
Wpływ smogu na układ nerwowy człowieka

Wilker i wsp., (2015) przeprowadzili badania epidemiologiczne w Stanach Zjednoczonych dotyczące wpływu PM 2.5 na układ nerwowy u starszych ludzi.

Badaniu poddano grupę osób powyżej 60-tego roku życia, bez demencji i bez przebytych udarów mózgu.

Wykazano, że razem z narażeniem na **długotrwały wpływ pyłów zawieszonych zmniejsza się całkowita objętość mózgu** (wskaźnik związanego z wiekiem zaniku mózgu) w porównaniu do osób w podobnym wieku żyjących na terenach niezanieczyszczonych.

Wilker, E. H. i wsp. (2015). *Stroke* 46.5 : 1161-1166.



Smog a depresje

Badania Szyszkowicza i wsp., (2010) z Vancouver wykazały, że wraz ze wzrostem zanieczyszczeń powietrza zwiększa się liczba przypadków depresji i prób samobójczych.



Szyszkowicz M. i wsp. (2010). Environmental Health Insights 4 : 79.

W Seulu w 2012 roku przebadano 500 starszych osób i stwierdzono, że zanieczyszczenia PM10, tlenki azotu oraz ozon były odpowiedzialne za ich stany depresyjne.

<http://www.medonet.pl/zdrowie,ile-oblicz-ma-depresja>

Lim, Youn-Hee, et al. Air pollution and symptoms of depression in elderly adults. Environmental health perspectives 120.7 (2012): 1023.

DEPRESJA w Polsce

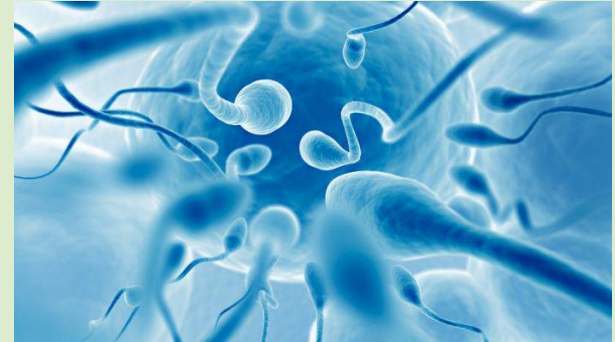
ok. 1,5 miliona Polaków
choruje na depresję

(to prawie tyle osób - ile mieszka w Warszawie!)

Wpływ smogu na układ rozrodczy człowieka

Zanieczyszczenia powietrza może także wpływać na płodność, zarówno w przypadku kobiet, jak i mężczyzn.

Radwan i wsp. (2016) przebadali mężczyzn, o prawidłowej liczbie plemników w nasieniu, którzy zgłosili się w celach diagnostycznych do kliniki leczenia niepłodności w Łodzi. Wykazano, że podwyższone narażenie na każde z analizowanych zanieczyszczeń powietrza przekładało się u badanych mężczyzn na **większy procent plemników o nieprawidłowej budowie**.



Radwan M., i wsp. (2016) *Annals of Human Biology* 43(1): 50-56.

Ta sama grupa badawcza pokazała we wcześniejszej pracy (Jurewicz i wsp., 2015), że podwyższona ekspozycja na pył zawieszony jest związana z częstszym występowaniem plemników **o nieprawidłowo powielonym materiale genetycznym**, w których zamiast jednej kopii niektórych chromosomów występują dwie takie kopie (**disomia**). **Mężczyźni Ci produkują też mniej testosteronu.**



Jurewicz, J. i wsp. (2015). *Environmental and molecular mutagenesis* 56(1): 50-59.

<http://www.cmscode.pl/uslugi/diagnostyka-plodnosci>

Disomia [gr.], stan, w którym dany chromosom występuje w komórce w 2 kopiach tworzących parę chromosomów homologicznych.

Wpływ smogu na zdrowie dzieci przy ekspozycji prenatalnej

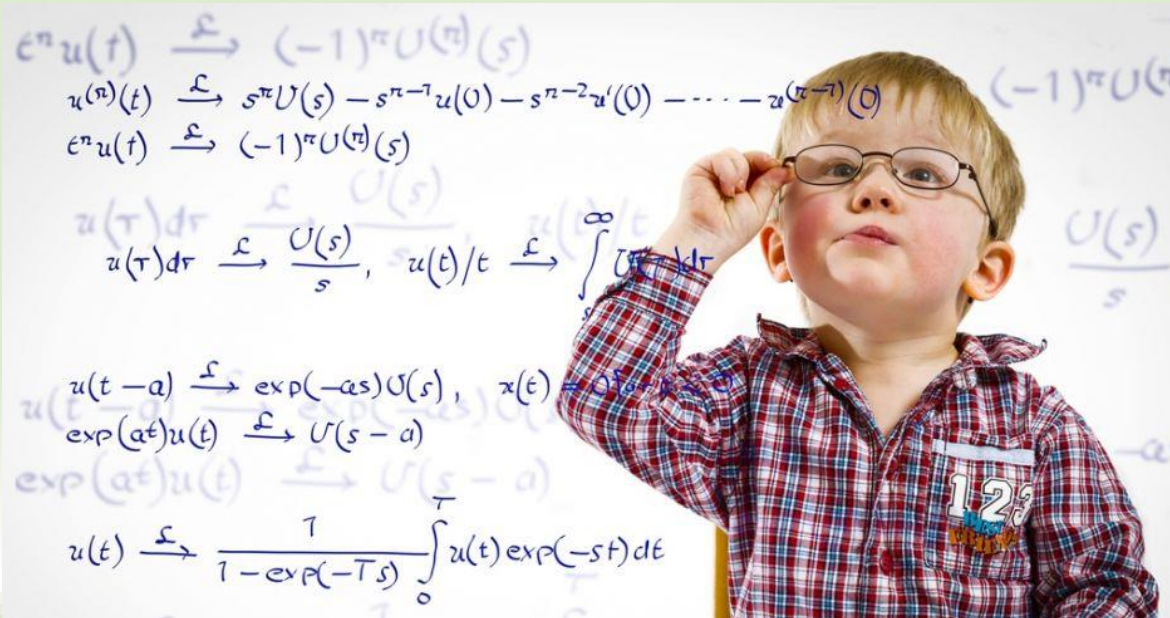
Badania prowadzone w Krakowie w 2000 roku wykazały, że wyższe narażenie ciężarnej matki na pył PM2.5 i WWA powoduje:

- gorszy rozwój i funkcjonowanie układu oddechowego w wieku późniejszym,
- zwiększa podatność na nawracające zapalenie oskrzeli i zapalenie płuc.

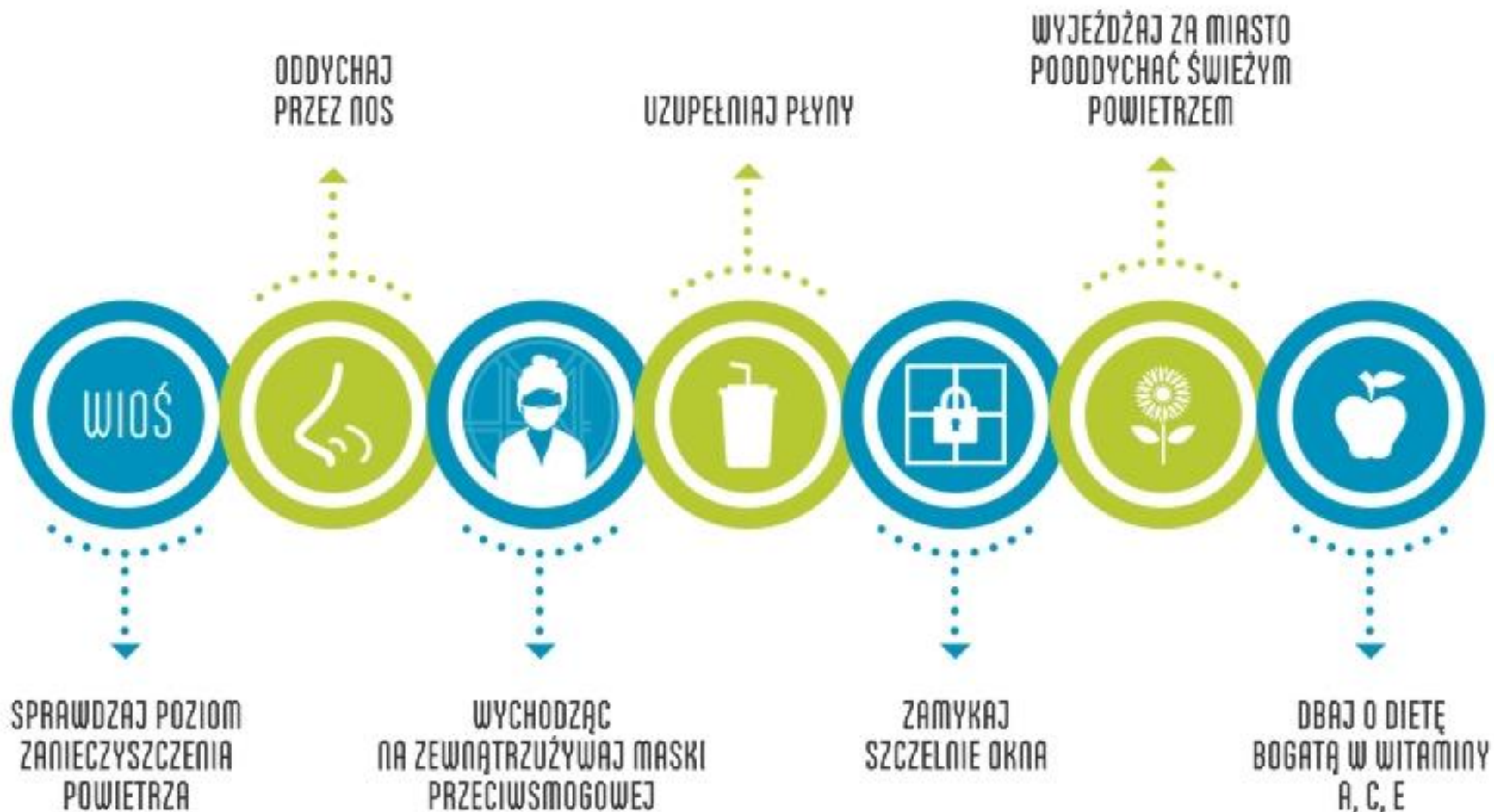


<http://www.med-online.pl/badania-prenatalne-podstawowe-informacje/>

Dzieci matek bardziej narażonych na cząstki pyłów mają poziom IQ średnio o 3,8 punkty niższy od rówieśników urodzonych przez matki mniej narażone (badania w Krakowie).



Jak chronić się przed smogiem?



Jakie działania wydają się konieczne ?

- 1. Edukacja – wzrost świadomości społeczeństwa*
- 2. Ogrzewanie – mniej strat ciepła i bardziej ekologicznie*
- 3. Ograniczanie ruchu samochodowego, restrykcyjne przeglądy i eliminacja niesprawnych aut*
- 4. Zieleń w centach miast*
- 5. Kompleksowość powyższych działań*

Dziękuję za uwagę

e-mail: bozena.bukowska@biol.uni.lodz.pl

**Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,
Katedra Biofizyki Skazań Środowiska**