

Zanieczyszczenie powietrza w największych miastach w Chinach

Air pollution in major cities in China

MAREK JÓŹWIAK

Summary. China is a country, where the very rapid economic growth has led to high air pollution. According to the Ministry of Environmental Protection of China, two thirds of Chinese cities do not meet the standards of air pollution adopted in 1999. The causes of the bad condition of air can be seen in several overlapping factors. These are: the rapid pace of economic development and the related use of non-renewable sources of energy, very low energy efficiency management, mass migration of rural population to the cities, chaotic urbanization and industrialization and the explosive growth of motorization. The results of air monitoring conducted in 360 cities showed that the air quality in 70% of the cities does not meet national standards. 75% of the urban population is constantly exposed to air pollution. A big problem is particulate matter, especially with a particle diameter of 10 μm (PM₁₀) and 2.5 μm (PM_{2.5}). In Beijing, the average annual concentration of PM₁₀ in 2001 was 110 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, and in 2005, 160 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; moreover, the 24-hour concentration may reach a value of up to 800 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

The cost of high concentrations of air pollution in China is a significant increase in the occurrence of respiratory diseases. It is estimated that 50% of respiratory diseases of urban residents is caused by exposure to air pollution. According to the statistics of UN Environment Programme, in major cities in China, 50,000 deaths occur per year and approximately 400,000 people suffer from chronic bronchitis due to pollution from coal combustion. The mortality rate from lung cancer is 4.7 – 8.8 times higher in urban residents than those living in non-urban areas.

Key words: economic development, mega cities, SO₂, NO₂, PM₁₀

Słowa kluczowe: rozwój gospodarczy, megamiasta, SO₂, NO₂, PM₁₀

Marek Józwiak, Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, e-mail: marjo@ujk.edu.pl

WPROWADZENIE

Rozważania nad problemami związanymi z tematyką ochrony powietrza należy rozpocząć od zdefiniowania, czym jest zanieczyszczenie powietrza.

Według dyrektywy Rady UE 96/62/WE „zanieczyszczeniem powietrza jest każda substancja wprowadzona przez człowieka w sposób bezpośredni lub pośredni do otaczającego powietrza, która wywołuje prawdopodobieństwo szkodliwego oddziaływania na zdrowie ludzkie i/lub środowisko jako całość”.

Jednak skład chemiczny powietrza, a zatem jego jakość i wpływ na organizmy żywe, nie zależy tylko od zanieczyszczeń wprowadzonych przez człowieka. Wiele substancji dostaje się do powietrza w wyniku czynników naturalnych, do których należą: wybuchy wulkanów, erozja pustyń, mórz i oceanów, procesy biologiczne, pył kosmiczny. Należałoby zatem przyjąć, że zanieczyszczenie powietrza to wszelkie substancje stałe, ciekłe i gazowe, które nie występują w składzie naturalnego powietrza lub których stężenie przekracza średnią zawartość w powietrzu naturalnym.

Historia wpływu człowieka na zanieczyszczenie powietrza jest bardzo bogata. Począwszy od rolnictwa (systematyczna uprawa roli – ok. 8000 roku p.n.e., bydło domowe – ok. 7000 roku p.n.e., emitowały do powietrza CH_4), poprzez emisje zanieczyszczeń powstałych podczas procesów technologicznych przy pozyskiwaniu kruszców (w 1572 r. Hiszpanie zaczęli używać nowej technologii w wydobywaniu srebra w Potosi (dzisiejsza Boliwia) – uwalniane zanieczyszczenia (metale ciężkie) przenoszone były przez wiatr i deponowane na powierzchni lodowca Quelcaya (grzbiet górski Cordillera de Vilcanota w Peru), po rewolucję przemysłową w XVIII wieku i czasy współczesne. Jednak dopiero zdarzenia z roku 1952 w Londynie zwróciły uwagę człowieka na problem zanieczyszczenia powietrza. W 1969 roku Sithu U Thant ogłosił raport o stanie środowiska naturalnego, przygotowany na zlecenie Zgromadzenia Ogólnego ONZ, w którym m.in. przedstawił skalę zanieczyszczenia powietrza.

Problem zanieczyszczenia powietrza dotyczy przede wszystkim państw rozwiniętych, które w drodze do rozwoju zapomniały o konsekwencjach wynikających z nieograniczonej emisji zanieczyszczeń pochodzących głównie ze spalania paliw kopalnych i państw rozwijających się, których bardzo często nie stać na nowoczesne technologie.

Chiny są państwem, w którym bardzo szybki rozwój gospodarczy doprowadził do dużego zanieczyszczenia powietrza. W latach 70. XX wieku ciemny dym z kominów był cechą chińskich miast przemysłowych, a współcześnie doszły jeszcze kwaśne deszcze i smog fotochemiczny (He i in. 2002). W większości miast

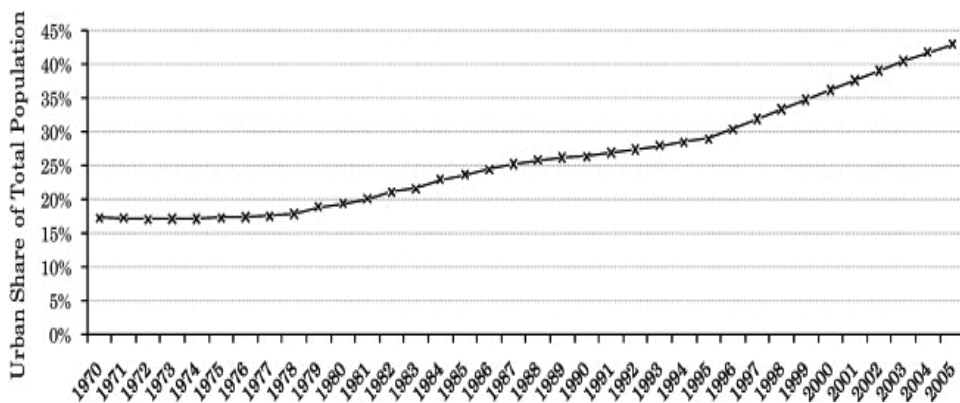
trudno jest zignorować problem zanieczyszczenia powietrza. Według Ministerstwa Ochrony Środowiska Chin (informacja z 12.03.2012 r.) dwie trzecie chińskich miast nie spełnia norm dopuszczalnego zanieczyszczenia powietrza.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie przyczyn i skutków zanieczyszczenia powietrza w Chinach na podstawie danych z chińskiej państwowej sieci monitoringu.

PRZYCZYNY I ŹRÓDŁA ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W CHINACH

Przyczyn złego stanu sanitarnego powietrza w Chinach można upatrywać w kilku nakładających się czynnikach. Są to: gwałtowne tempo rozwoju gospodarczego i związane z nim wykorzystywanie nieodnawialnych źródeł energii, bardzo niska wydajność gospodarowania energią, masowa migracja ludności wiejskiej do miast, chaotyczna urbanizacja i industrializacja oraz eksplozywny rozwój motoryzacji.

Chiny w okresie ostatnich 30 lat osiągnęły bardzo duży wzrost gospodarczy. Towarzyszyła mu ekspansja ludności ze wsi do miast i z mniejszych miejscowości do większych. Sąsiadujące ze sobą miasta, o wspólnych powiązaniach gospodarczych, łączyły się z większymi miastami, tworząc klastry (Shao i in. 2006). W latach 1980–2005 ludność miejska wzrosła z 19,6% do 40,5% (ryc. 1).

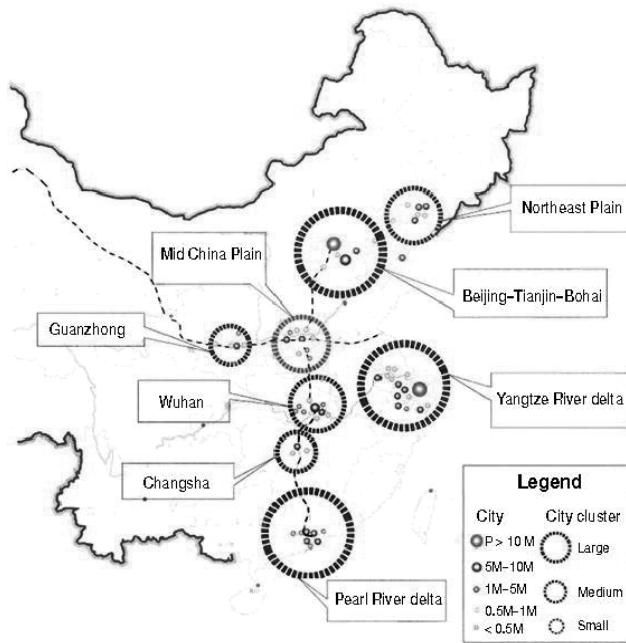


Ryc. 1. Wskaźniki urbanizacji w Chinach w latach 1970–2005 (ACMR 2010)

Fig. 1. Indicators for urbanization in the China in 1970–2005 years (ACMR 2010)

Liczba miast wzrosła do ponad 600, a 170 spośród nich ma ponad 1 mln stałych mieszkańców (China Statistic Yearbook 2006). Powstały takie duże ośrodki, jak: Pekin (Beijing)-Tianjin-Bohai, delta Rzeki Jangcy, delta Rzeki Perłowej oraz

mniejsze: Równina Chin Środkowych, Guangzhong, Wuhan, Szanghaj, Guangzhou, Shenzhen i Hongkong (ryc. 2).



Ryc. 2. Megamiasta we wschodnich Chinach (Shao i in. 2006)

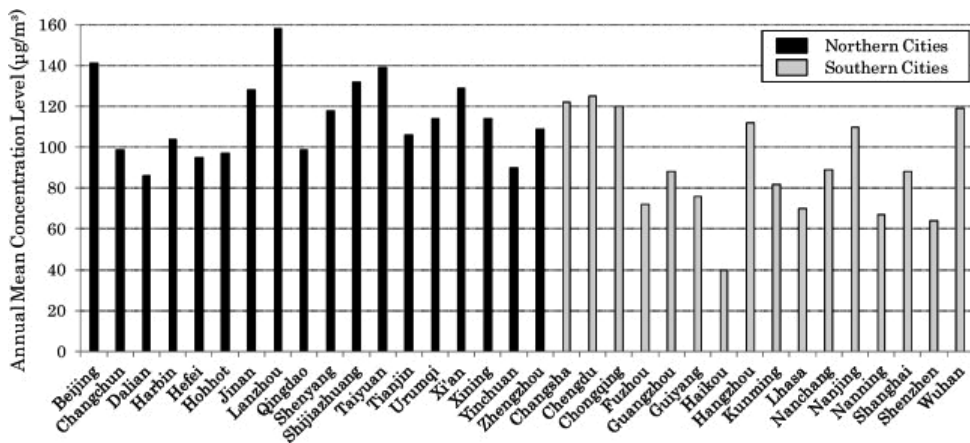
Fig. 2. Mega City in the Earth China (Shao i in. 2006)

Skupiska miejskie są bardzo skoncentrowane, pozbawione koordynacji urbanistycznej. Bao (2005) podaje przykład delty Rzeki Perłowej, gdzie odległość między miastami jest mniejsza niż 10 km. W miastach budynki lokalizowane są bardzo blisko siebie i są wielopiętrowe, co znacznie ogranicza przepływ powietrza. Tak duże nagromadzenie ludności w megamiastach powoduje ogromne zapotrzebowanie na energię. Tylko w prowincji Guangdong zużywa się 67% węgla i 85% oleju, a to jest jedynie 20% całego regionu delty Rzeki Perłowej (Wang i in. 2005).

Istotne znaczenie w pogarszaniu się stanu powietrza atmosferycznego w Chinach ma także transport. Przewiduje się, że do 2020 roku liczba samochodów wzrośnie trzy- do siedmiokrotnie. W związku z tym należy spodziewać się czterokrotnego wzrostu emisji CO₂, trzykrotnego WWA oraz wysokiego poziomu NO_x i pyłu zawieszzonego (CAE 2003). Tylko w Pekinie w ciągu 6 lat (1999–2005) liczba samochodów wzrosła o 52% i w roku 2005 wynosiła 2 650 000 pojazdów (China Statistic Yearbook 2006).

STAN ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA W CHIŃSKICH MIASTACH

Wyniki monitoringu prowadzonego w 2004 roku w 360 miastach wykazały, że jakość powietrza w miastach w 70% nie spełnia krajowych norm dopuszczalnych. 75% mieszkańców miast jest ustawicznie narażona na zanieczyszczenie powietrza (SEPA 1975–2004). Głównymi zanieczyszczeniami w miastach są: SO_2 , NO_x , pył zawieszony (PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$), WWA, LZO, O_3 . Wynika to ze spalania węgla, głównego źródła energii wykorzystywanego w szeroko rozumianym przemyśle i do ogrzewania gospodarstw domowych (60–70% produkcji pierwotnej), oraz ropy naftowej wykorzystywanej w transporcie. W okresie 6 miesięcy 2015 roku w miastach wskaźnik $\text{PM}_{2,5}$ osiągnął wartość $53,8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, co stanowi pięciokrotne przekroczenie normy dopuszczalnego stężenia pyłu zawieszonego $\text{PM}_{2,5}$ przyjętego przez WHO. 80% miast ma przekroczone przyjęte przez chiński rząd stężenie tego wskaźnika, które jest na poziomie $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Chińskie Ministerstwo Ochrony Środowiska (MEP) od roku 1980 monitoruje poziom pyłu zawieszonego PM_{10} (średnica cząstek $10 \mu\text{m}$). Z badań tych wynika, że poziomy stężenie PM_{10} w chińskich miastach uzależnione są od lokalizacji. Miasta położone na północy kraju mają zdecydowanie wyższy poziom zanieczyszczenia niż położone na południu (ryc. 3).



Ryc. 3. Zanieczyszczenie powietrza PM_{10} w 34 największych miastach Chin w roku 2005 (SEPA 2006)

Fig. 3. Air pollution of PM_{10} in the 34 bigger Chinas cities in 2005 year (SEPA 2006)

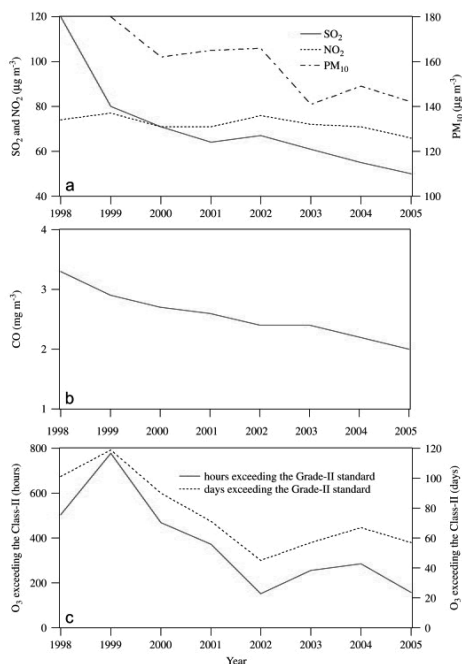
Największy problem z zanieczyszczeniem powietrza mają megamiasta, takie jak: Pekin, Szanghaj czy miasta położone w delcie Rzeki Perłowej.

Każda z tych aglomeracji, poza cechami wspólnymi, takimi jak industrializacja, duża liczba mieszkańców, gęsta zabudowa, duża liczba pojazdów, ma dodatkowo specyficzne uwarunkowania geograficzne, sprzyjające gromadzeniu się zanieczyszczeń, czyli położenie i klimat.

PEKIN

Pekin (chiń. Beijing), stolica Chińskiej Republiki Ludowej, od północnej, północno-zachodniej i zachodniej otoczony jest wzniesieniami. Klimat jest kontynentalny, z wilgotnym i gorącym latem i niskimi temperaturami w okresie zimy, przy opadach rocznych rzędu 600 mm. Sezon grzewczy rozpoczyna się w połowie listopada, a kończy w marcu i jest głównym źródłem SO_2 w sezonie zimowym. W okresie letnim wysoka temperatura powietrza ($20\text{--}25^\circ\text{C}$) i wilgotność względna, sięgająca 77%, sprzyjają transformacji zanieczyszczeń, skutkującej powstawaniem zanieczyszczeń wtórnych (Xu i in. 2003, 2005).

Średnie roczne stężenie SO_2 w 2005 roku wynosiło $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, NO_2 – $70 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, pył zawieszony PM_{10} – $145 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Wartości stężeń, jak przedstawia ryc. 3, w stosunku do roku 1998 znacznie się obniżyły, jednak nadal są na wysokim poziomie. Duan i in. (2006) podają, że najwyższe stężenia w Pekinie notowane są w okresie

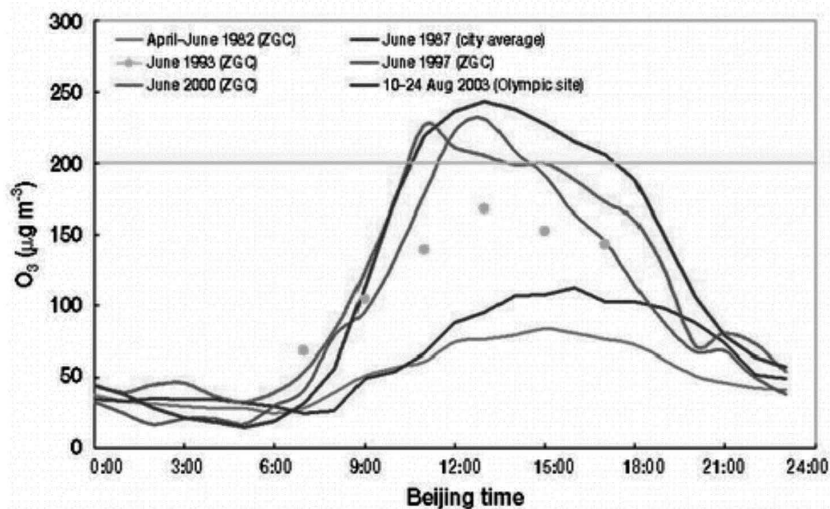


Ryc. 4. Średnie roczne stężenia SO_2 , NO_2 , CO i O_3 w Pekinie w latach 1998–2005 (Beijing Environmental Bulletin 1998–2005)

Fig. 4. The annual average concentration of SO_2 , NO_2 , CO and O_3 in Beijing in 1998–2005 years (Beijing Environmental Bulletin 1998–2005)

zimowym, głównie z powodu ogrzewania gospodarstw domowych. Stężenie SO_2 sięga wówczas nawet do $164 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

Dużym problemem jest pył zawieszony, szczególnie o średnicy cząstek $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}) i $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$). W Pekinie średnie roczne stężenie PM_{10} w roku 2001 wynosiło $110 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Wang i in. 2004), a w 2005 roku już $160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Beijing EPB 2006), natomiast 24-godzinne stężenia mogą osiągać wartość nawet do $800 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, jak to miało miejsce 12 stycznia 2013 roku (GW 12.01.2013 r.). Do głównych, tzw. wtórnych, zanieczyszczeń powietrza w Pekinie należy ozon (O_3). W jego powstawaniu kluczową rolę odgrywają lotne związki organiczne (LZO). Liu i współpracownicy (2005) stwierdzili, że w latach 2002–2003 w mieście i na terenach podmiejskich średnie roczne stężenie LZO wynosiło $132 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Głównym emitorem tych szkodliwych związków były pojazdy samochodowe (Hao i in. 2005). Przeprowadzone przez pracowników miejscowego uniwersytetu badania ozonu w Pekinie wskazują na istotny wzrost tego gazu w powietrzu od roku 1990. Najwyższe dobowe stężenia O_3 występowały w godzinach 12.00 – 15.00, często przekraczając $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (ryc. 5).



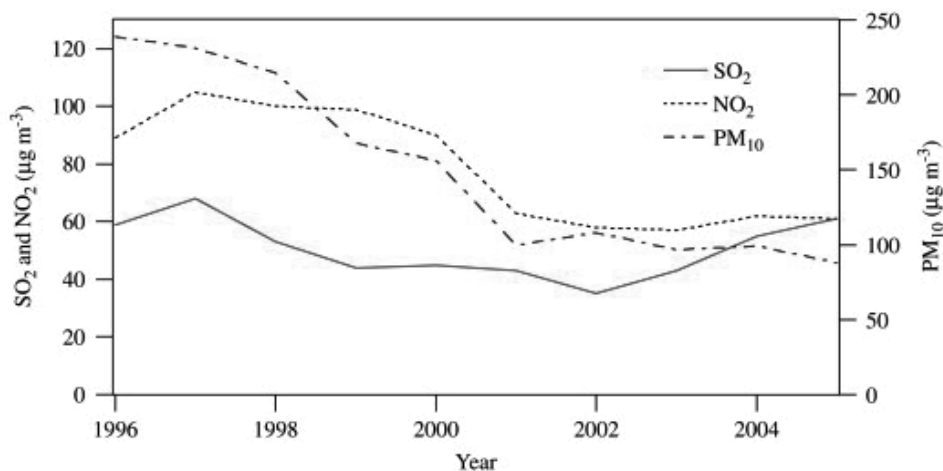
Ryc. 5. Dobowe stężenie ozonu w Pekinie w latach 1982–2003 (Shao i in. 2006)

Fig. 5. Daily ozone concentration in Beijing in 1982–2003 years (Shao i in. 2006)

SZANGHAJ

Szanghaj jest największym miastem w Chinach. Liczba mieszkańców w 2010 roku wynosiła 23 019 148. Położone jest w delcie rzeki Jangcy i stanowi największy w Chinach ośrodek gospodarczy. Występuje tam subtropikalny klimat monsunowy, z najniższą temperaturą w styczniu (4°C) i najwyższą w lipcu (29°C). Roczne sumy opadów wynoszą 1148 mm. W zimie przeważają wiatry północno-zachodnie, w lecie – południowo-wschodnie (Wang i in. 2006). Kierunki wiatrów mają istotne znaczenie dla czystości powietrza w Szanghaju. Te wiejące w lecie niosą czyste powietrze z nad Morza Południowochińskiego, natomiast zimą nawiewane jest zanieczyszczone powietrze z prowincji Jiangu (Feng i in. 2006).

Średnie roczne stężenie SO_2 w latach 1996–2005 wahało się od $59,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w roku 1996 do $35 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ w 2002. W 2005 roku ponownie osiągnęło wartość $59,5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenie NO_2 wahało się od $90 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, mając wyraźną tendencję spadkową, natomiast znacznie ograniczono zanieczyszczenie PM_{10} , z $240 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $90 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (ryc. 6). Są to i tak bardzo wysokie stężenia w stosunku do obowiązujących w Unii Europejskiej (SO_2 , NO_2 i PM_{10} po – $40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).



Ryc. 6. Roczne stężenia wybranych zanieczyszczeń powietrza w Szanghaju w latach 1996–2005 (Shanghai Environmental Bulletin 1996–2005)

Fig. 6. The annual concentration of selected air pollutants in Shanghai in 1996–2005 years (Shanghai Environmental Bulletin 1996–2005)

Badania stężenia ozonu w aglomeracji Szanghaju w latach 2001–2003 nie wykazały dużych średnich rocznych stężeń – $63,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, natomiast maksymalne 8-godzinne stężenia były bardzo wysokie – $251,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (Zhang i in. 2006). Podobne

badania przeprowadzone na terenach pozamiejskich również wykazały wysokie stężenia ozonu w powietrzu (Wang i in. 2005).

DELTA RZEKI PERŁOWEJ

Delta Rzeki Perłowej składa się z aglomeracji miejskich zamieszkiwanych od 2 mln (Zhuhai) do 15 mln (Shenzhen) mieszkańców. Zostały zbudowane wzdłuż ujścia rzeki Pearl, mającej swoje ujście w Morzu Południowochińskim (ryc. 7).



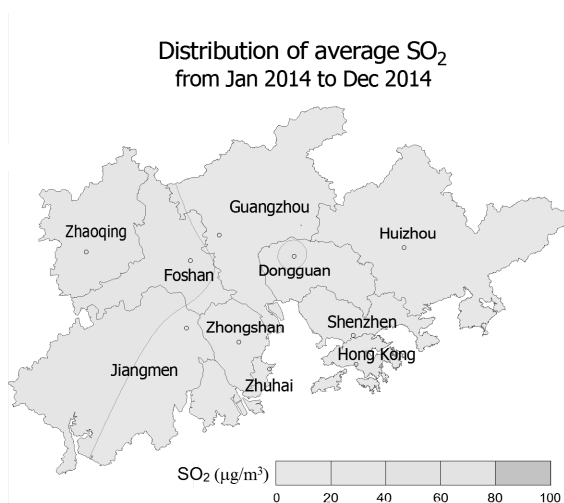
Ryc. 7. Położenie głównych miast w Delcie Rzeki Perłowej (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Fig. 7. The location of the main cities in the Pearl Delta River (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Region charakteryzuje klimat subtropikalny, ze średnią temperaturą 23°C. Roczna suma opadów wynosi 1800 mm. Intensywne opady monsunowe występują od kwietnia do września. Ich głównym następstwem jest usuwanie zanieczyszczeń powietrza w regionie (Wai, Tanner 2005). Natomiast występująca tam duża wilgotność powietrza (79%) przyczynia się do powstawania wtórnych zanieczyszczeń powietrza. Kolejnym problemem jest wzrastająca liczba dni z mgłą. Na przykład w Shenzhen, aglomeracji położonej w południowo-wschodniej części regionu, w ciągu 46 lat (1960–2006) liczba dni z mgłą wzrosła o 137 i w roku 2006 wynosiła 162 dni (Wu i in. 2006). W zimie w przeważającej większości więcej wiatry

północno-wschodnie, natomiast w lecie z sektora południowego. Zróznicowana jest także prędkość wiatru.

W regionie Deltę Rzeki Perłowej ustanowiono sieć monitoringu jakości powietrza, którą tworzy 16 automatycznych stacji. Corocznie opracowywane są raporty dotyczące jakości powietrza w regionie. Z raportu za rok 2014 wynika, że średnie roczne stężenie SO_2 wahało się od $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $27 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ i nie przekraczało przyjętych w Chinach wartości dopuszczalnych ($60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Zachodnia część regionu miała stężenia wyższe (ryc. 8).

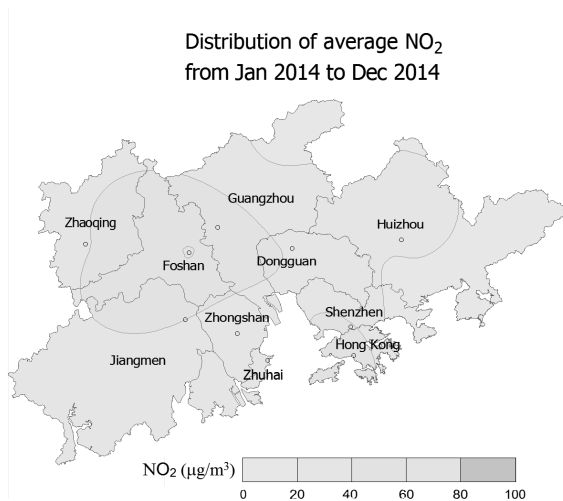


Ryc. 8. Średnie roczne stężenie SO_2 w regionie Deltę Rzeki Perłowej w roku 2014 (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Fig. 8. The annual average concentration of SO_2 in the Pearl Delta River region in 1996-2005 years (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

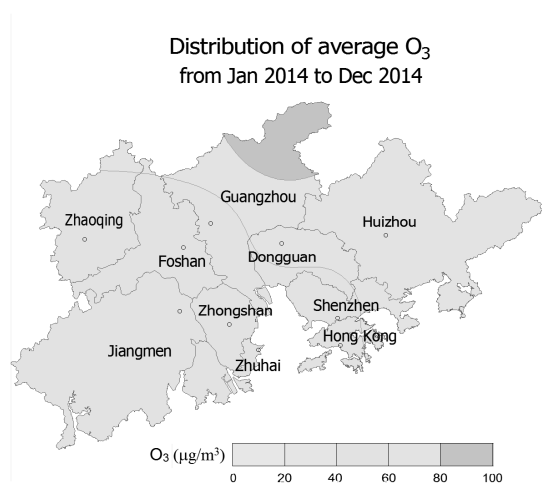
Średnie roczne stężenia NO_2 były wyższe od ditlenku siarki i wahały się od $11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $62 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W sześciu stacjach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego rocznego stężenia NO_2 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Przekroczenie limitu dotyczyło północno-zachodniej i południowo-wschodniej części regionu (ryc. 9).

W roku 2014 średnie roczne stężenie ozonu wahało się od $41 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do $91 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Warto zaznaczyć, że wyższe stężenia rejestrowano na stacjach pozamiejskich. W ciągu roku wszystkie stacje odnotowały przekroczenia dopuszczalnych stężeń godzinowych ($200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) oraz 8-godzinnych ($160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Rozkład zanieczyszczeń powietrza ozonem w roku 2014 przedstawia rycina 10.



Ryc. 9. Średnie roczne stężenie NO_2 w regionie Deltę Rzeki Perłowej w roku 2014 (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

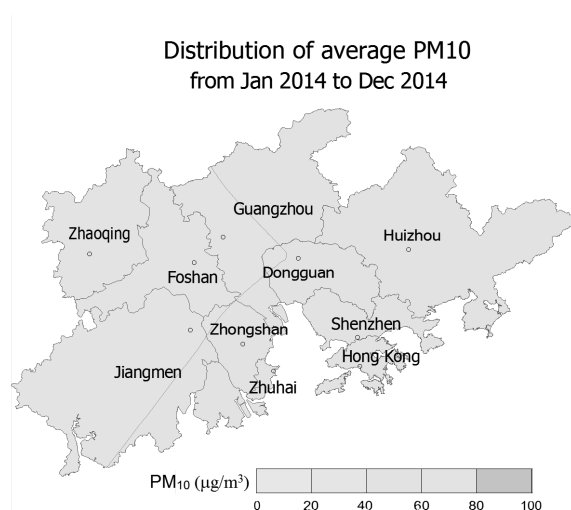
Fig. 9. The annual average concentration of NO_2 in the Pearl Delta River region in 1996-2005 years (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)



Ryc. 10. Średnie roczne stężenie O_3 w regionie Deltę Rzeki Perłowej w roku 2014 (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Fig. 10. The annual average concentration of O_3 in the Pearl Delta River region in 2004 year (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

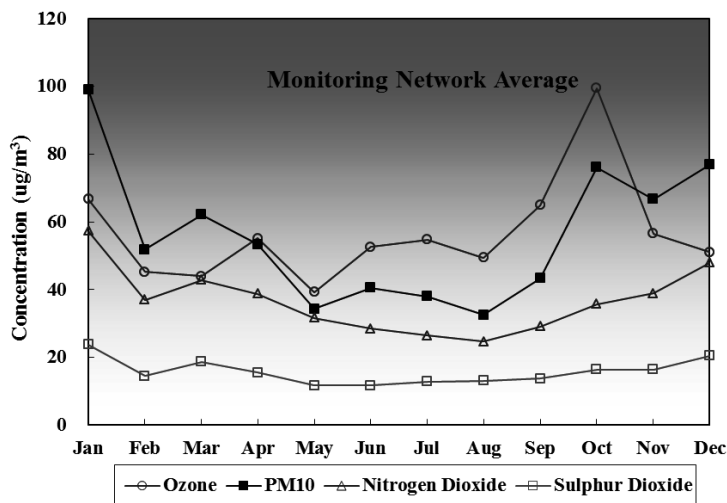
Średnie roczne stężenie PM₁₀ w roku 2014 wahało się od 42 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ do 74 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. W jedenastu stacjach przekroczone były 24-godzinne stężenia pyłu zawieszonego (150 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Przekroczenia limitu dotyczyły zachodniej części regionu (ryc. 11).



Ryc. 11. Średnie roczne stężenie PM₁₀ w regionie Deltę Rzeki Perłowej w roku 2014 (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Fig. 11. The annual average concentration of PM₁₀ in the Pearl Delta River region in 2004 year (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Badane zanieczyszczenia wykazywały miesięczną dynamikę (ryc. 12). Stężenia SO₂, NO₂, O₃ i PM₁₀ były wyższe w zimnych miesiącach roku (I i IV kwartał). Niższe stężenia w miesiącach ciepłych związane są z kierunkiem wiatru wiejącego w tym czasie znad Oceanu Spokojnego oraz z występującymi deszczami monsunowymi.



Ryc. 12. Średnie miesięczne stężenie SO_2 , NO_2 , O_3 i PM_{10} w regionie Deltę Rzeki Perłowej w roku 2014 (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

Fig 12. The monthly average concentration of SO_2 , NO_2 , O_3 i PM_{10} in the Pearl Delta River in 2014 year (Environmental Protection Department, www.epod.gov.hk)

ZAKOŃCZENIE

Bardzo szybki wzrost gospodarczy w Chinach, poza poprawą poziomu życia pół miliarda obywateli, przyniósł także bardzo duże zanieczyszczenia powietrza. Często występujące epizody smogu, zarówno kwaśnego, jak i fotochemicznego, są tego najlepszym dowodem. Koszt wysokich stężeń zanieczyszczeń powietrza w Chinach, przekraczających dopuszczalne normy, to znaczące zwiększenie występowania chorób układu oddechowego. Szacuje się, że 50% zachorowań spowodowanych jest ekspozycją na zanieczyszczenie powietrza (Brunekreef, Holgate 2002). Według statystyk UN Environmental Programme (1999) z powodu zanieczyszczeń pochodzących ze spalania węgla w największych miastach rocznie odnotowywanych jest 50 tys. zgonów, a ok. 400 tys. osób cierpi na przewlekłe zapalenie oskrzeli. Wskaźnik śmiertelności z powodu raka płuc u mieszkańców megamiast jest 4,7 – 8,8-krotnie wyższy niż u osób zamieszkujących w obszarach o czystym powietrzu (UNDP 2002). Bank Światowy (1997) szacuje, że do 2020 roku Chiny będą musiały wydać 390 mld USD na koszty opieki zdrowotnej związane z leczeniem osób żyjących na obszarach zanieczyszczonych. W ostatnich latach w Chinach podjęto wysiłki w celu ograniczenia zanieczyszczenia powietrza, szczególnie na obszarach megamiast. Podjęto działania mające na celu promowanie produkcji energii

pierwotnej, opartej na węglu o niskiej zawartości siarki, odsiarczenie paliwa, wprowadzanie bardziej rygorystycznych norm emisji w pojazdach, wprowadzenie benzyny bezołowiowej. Niestety nie we wszystkich regionach udaje się wprowadzić takie ograniczenia. We wrześniu 2013 roku rząd chiński ogłosił pięcioletni Plan Prewencji i Kontroli Zatrucia Powietrza na lata 2013–2017. Plan obejmuje zakaz budowy elektrowni węglowych w regionach najbardziej zanieczyszczonych, do roku 2017 mają być zamknięte stare huty stali.

LITERATURA

- ACMR (All China Marketing Research) 2010: www.chinadataonline.org.
- Bao T.Z., 2005: On the positioning of the five airports in the Pearl River Delta, *Int. Econom. Trade Res.*, 21: 13–17.
- Beijing Environmental Bulletin 1998–2005. Beijing Municipal Bureau of Statistic. China Statistic Press.
- Beijing EPB (Municipal Environmental Protection Bureau) 2006. Beijing communique on environmental quality, 2001–2005 (www.bjee.org.cn).
- Brunekreef B., Holgate S., 2002: Air pollution and health, *Lancet* 360: 1233–1242.
- CAE (Chinese Academy of Engineering), 2003: Personal cars and China, Beijing, China: China Maschine Press.
- Duan F.K., He K., Ma Y.L., Yang F.M., Yu X.C., Cadle S.H., Chan T., Mulawa P.A., 2006: Concentration and chemical characteristics of PM_{2,5} in Beijing, China: 2001–2002, *The Science of the Total Environment*, 355: 264–275.
- Feng J.L., Chan C.K., Fang M., Hu M., He L., Tang X., 2006: Characteristics of organic matter in PM_{2,5} in Shanghai, *Chemosphere*, 64: 1393–1400.
- Hao J., Wang L., Li L., Hu J.H., Yu X.C., 2005: Air pollutants contribution and control strategies of energy-use related sources in Beijing, *Science in China, Series D*, 48: 138–146.
- He K., Huo H., Zhang Q., 2002: Urban air pollution in China: current status, characteristic and progress, *Annual Review of Energy and the Environment*, 27: 397–431.
- Liu Y., Shao M., Zhang J., Fu L., Lu S., 2005: Distributions and source apportionment of ambient volatile organic compounds in Beijing city, China, *J. of Environmental Science and Health*, 40: 1843–1860.
- SEPA (State Environmental Protection Administration). 1995–2004. State of the environment China, Beijing, China: Environmental Science Press.
- SEPA (State Environmental Protection Administration). 1980–2005. State of the environment China, China: Environmental Science Press.

- Shanghai Environmental Bulletin 1996-2005. Shanghai Municipal Bureau of Statistic. China Statistic Press.
- Shao M., Tang X., Zhang Y., Li W., 2006: City clusters in China: air and surface water pollution, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4: 353–361.
- UNEP, 1999: Global environment outlook 2000. London, UK: Earthscan Publications Ltd.
- UNEP, 2002: Global environment outlook 2003. London, UK: Earthscan Publications Ltd.
- Wai K.M., Tanner P.A., 2005: Extreme particulate levels at a Western Pacific Coastal City: the influence of meteorological factors and the contribution of long-range transport, *J. of Atmospheric Chemistry*, 50: 103–120.
- Wang Y.Q., Zhang X.Y., Arimoto R., Cao J.J., Shen Z.X., 2004: The transport pathways and sources of PM₁₀ pollution in Beijing during 2001, 2002 and 2003, *Geophysical Research Letter*, 31: 105–114.
- Wang X.M., Carmichael G., Chen D., Tang Y., Wang T., 2005: Impacts of different emission sources on air quality during March 2001 in the Pearl River Delta (PRD) region, *Atmosph. Environ.*, 39: 5227–5241.
- Wang H.X., Kiang C.S., Tang X.Y., Zhou X.J., Chamoides W.L., 2005: Surface ozone: a likely threat to crops in Yangtze delta of China, *Atmospheric Environment*, 39: 3843–3850.
- Wang Y., Zhuang G.S., Zhang X.Y., Huang K., Xu C., Tang A., Chen J., An Z., 2006: The ion chemistry, seasonal cycle and sources of PM_{2.5} and TSP aerosol in Shanghai, *Atmospheric Environment* 40: 2935–2952.
- Wu D., Bi X., Deng X., Li F., Tan H., Liao G., Huang J., 2006: Effect of atmospheric haze on the deterioration of visibility over the Pearl River Delta, *Acta Meteorological Sinica*, 64: 510–517.
- Xu X.D., Zhou X.J., Shi X.H., 2005: Spatial structure and scale feature of the atmospheric pollution source impact of city agglomeration, *Science in China Series D-Earth Science*, 48: 1–24.
- Xu X.D., Ding G., Zhou L., Zheng X., Bian L., Qiu J., Yang L., Mao J., 2003: Localized 3D-structural features of dynamic-chemical processes of urban air pollution in Beijing winter, *Chinese Science Bulletin*, 48: 819–8225.
- Zhang Y.H., Huang W., London S.J., Song G.X., Chen G.H., Jiang L.L., Zhao N.Q., Chen B.H., Kan H.D., Ozone and daily mortality in Shanghai, China, *Environmental Health Perspectives*, 114: 1227–1232.