

# TRENDY ZMIAN STĘŻEŃ ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO W WYBRANYCH UZDROWISKACH DOLNEGO ŚLĄSKA PO MODERNIZACJI NAJWIĘKSZYCH ZAKŁADÓW PRZEMYSŁOWYCH W REGIONIE

Anna ZWOŹDZIAK, Izabela SÓWKA, Jerzy ZWOŹDZIAK  
Zakład Ekologii, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wroclawska,  
ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, [anna.zwozdziak@pwr.wroc.pl](mailto:anna.zwozdziak@pwr.wroc.pl)

## STRESZCZENIE

W badaniach wykorzystano bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska we Wrocławiu. Zaprezentowano wyniki pomiarów stężeń podstawowych zanieczyszczeń atmosfery z dwóch stacji monitoringu atmosfery, tj. Czerniawy i Cieplic z okresu 1996-2008. Wyniki zestawiono dla dwóch miesięcy, tj. lipca i lutego. Tło regionalne dla pyłów PM<sub>10</sub>, które reprezentuje Czerniawa, zmniejszyło się około dwukrotnie od 1996 roku, natomiast lokalne oddziaływania są wciąż widoczne w przypadku stacji tła miejskiego w Cieplicach. Powietrze w Czerniawie jest poddawane okresowo oddziaływaniu źródeł regionalnych, które kontrolują wyraźne krótkotrwałe wzrosty stężeń głównie SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> w powietrzu.

### 1. Wprowadzenie

Mimo wprowadzonych ograniczeń w ilości emitowanych substancji do atmosfery, zła jakość powietrza jest wciąż problemem w wielu krajach Europy. Zgodnie z ostatnim raportem EEA, stężenia pyłu drobnego i ozonu w powietrzu w Europie nie zmniejszyły się istotnie od 1997 roku, mimo znacznych redukcji emisji, a w przypadku ozonu – emisji jego prekursorów. Według szacunków EEA, do 43% ludności Europy było poddanych oddziaływaniu pyłów PM<sub>10</sub> w ilościach przewyższających wartości dopuszczalne w latach 1990-2004 [1]. Obecnie pyły drobne są w centrum uwagi na świecie ze względu na ich negatywny wpływ na zdrowie ludzkie [2, 3].

Celem pracy było pokazanie, w jakim stopniu zmieniły się stężenia zanieczyszczeń, ze szczególnym zwróceniem uwagi na pyły drobne, w polskiej części „Czarnego Trójkąta”, po przeprowadzonych modernizacjach w największych zakładach w regionie.

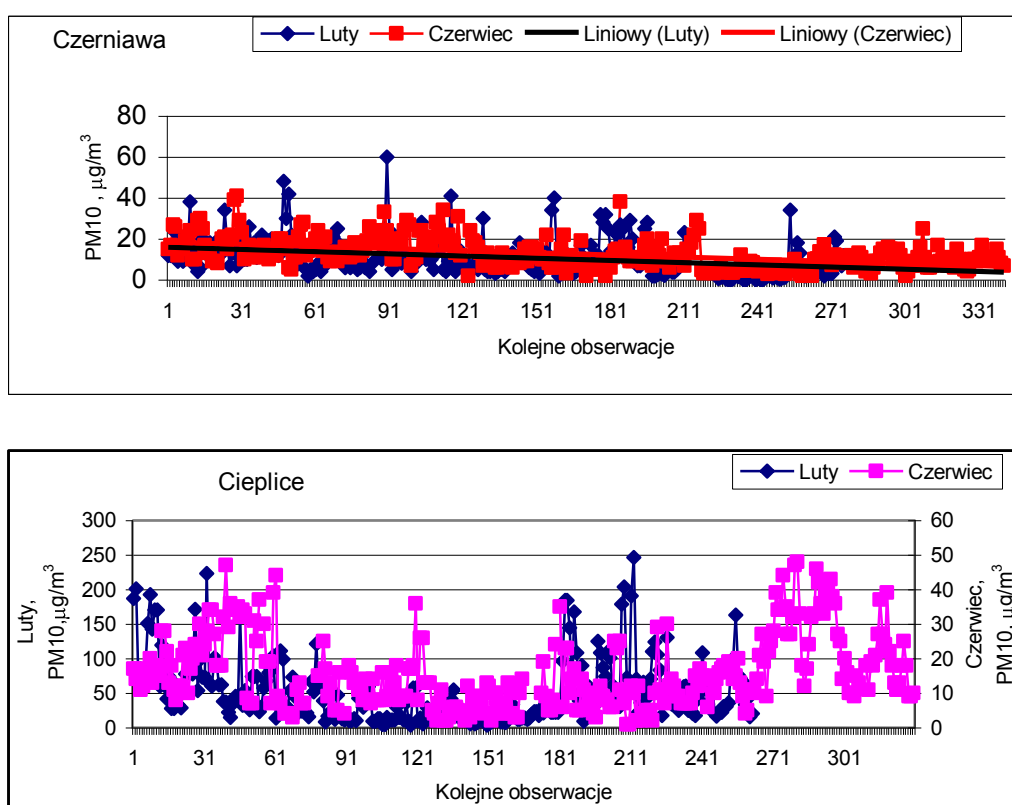
### 2. Metodyka badań

W badaniach wykorzystano bazy danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska we Wrocławiu. Dane te obejmowały wyniki pomiarów stężeń podstawowych zanieczyszczeń atmosfery z dwóch stacji monitoringu atmosfery, tj. Czerniawy i Cieplic, z okresu lat 1996-2008. Wyniki zestawiono dla dwóch miesięcy, tj. lipca i lutego ponieważ w ciągu tych miesięcy przeprowadzono dodatkowe badania terenowe w latach 2006-2008. Do oceny pochodzenia zanieczyszczeń użyto informacji o pionowych rozkładach parametrów meteorologicznych z Wrocławia i Pragi uzyskanych z Uniwersytetu Wyoming, Department of Atmospheric Science (<http://weather.uwyo.edu>). Wsteczne trajektorie wyznaczono z modelu National Oceanic and Atmospheric Administration, Air Resources Laboratory – NOAA HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory model) [4].

### 3. Wyniki badań

Na rys. 1 zestawiono dla Czerniawy i Cieplic serie pomiarowe stężeń pyłów PM10 dla lipca i lutego w kolejnych latach. W Czerniawie zarejestrowano stopniowe obniżanie się stężeń średnich dobowych, od wartości  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w latach 1997-1998 do  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  w okresie 2004-2006. Test t-Studenta dla niezależnych prób potwierdził brak istotnych różnic w latach 2004-2006, zarówno w okresie letnim, jak i zimowym. W Cieplicach stężenia PM10 zmniejszyły się w latach 1999-2000, potem utrzymywały się na stałym poziomie i zaczęły wzrastać od 2004 roku, zarówno w czerwcu, jak i lutym. Oceniając te przebiegi można stwierdzić, że tło regionalne dla pyłów PM10, które reprezentuje Czerniawa, zmniejszyło się około dwukrotnie od 1996 roku, natomiast lokalne oddziaływania są wciąż widoczne w przypadku stacji tła miejskiego w Cieplicach.

Zarejestrowane stężenia pyłów PM10 w Cieplicach są zdecydowanie wyższe niż w Czerniawie i szczególnie odstają od średnich wartości w miesiącach zimowych. Utrzymywaniu się wyższych stężeń pyłów PM10 w atmosferze sprzyja sezon ciepły i suchy, natomiast emisja ich jest wyższa w sezonie zimowym, ale z kolei istnieją wtedy niekorzystne warunki dla rozprzestrzenienia się zanieczyszczeń. Czerniawa zimą jest zazwyczaj powyżej warstwy mieszania, więc oddziaływanie lokalnych źródeł jest mniejsze w odróżnieniu od Cieplic. W Cieplicach niski współczynnik wentylacji zimą (niska wysokość warstwy mieszania i słabe wiatry) powoduje, że stężenia PM10 wyraźnie zwiększają się niezależnie od ich źródeł.

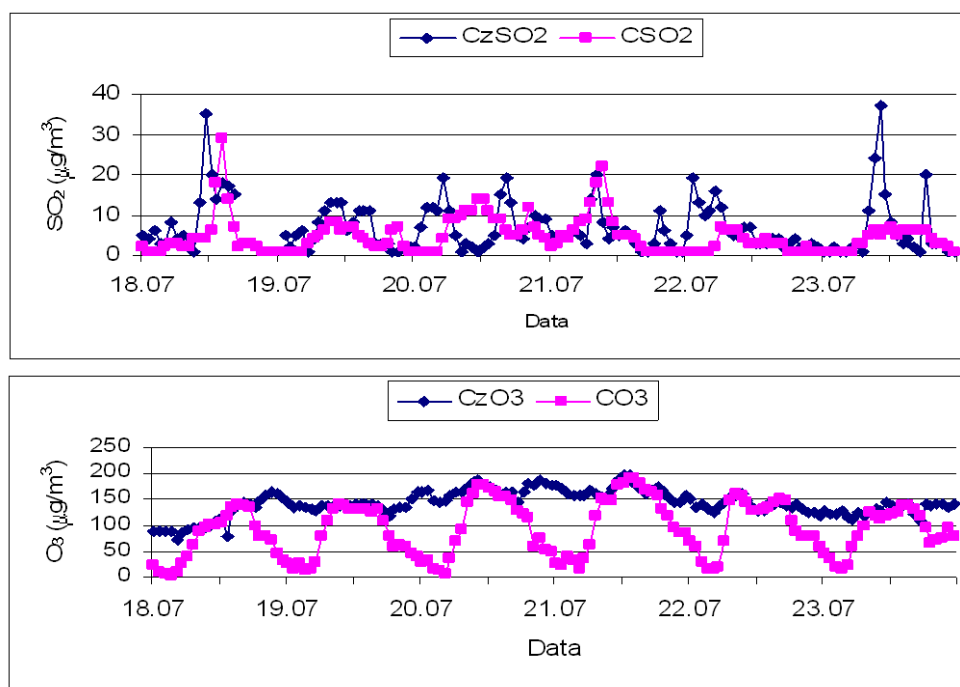


Rys. 1. Serie pomiarowe stężeń pyłów PM10 dla lipca i lutego zarejestrowane w Czerniawie i Cieplicach w kolejnych latach 1996-2007

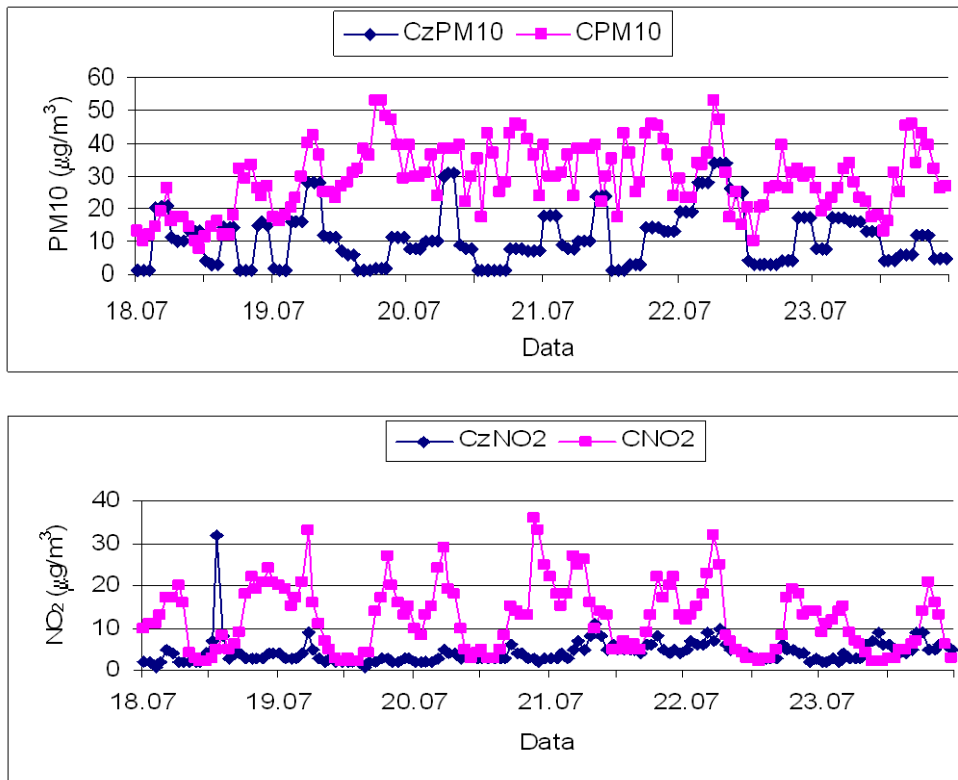
Na rys. 2 i 3 porównano przebiegi stężeń  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  ozonu i  $\text{PM}_{10}$  z Czerniawy (Cz) i Cieplic (C), zarejestrowane podczas pierwszej sesji pomiarowej w czerwcu 2006. Jeżeli jakość powietrza jest zdominowana przez tło regionalne, to wówczas stężenia zanieczyszczeń w stacjach monitoringu atmosfery podlegają podobnej zmienności i pozostają na określonym poziomie w ciągu całego dnia. Potwierdziło się to dla ozonu i  $\text{NO}_2$  w Czerniawie. W przypadku  $\text{SO}_2$  i pyłów  $\text{PM}_{10}$  zaznacza się wpływ dodatkowych źródeł. „Krótko żyjące epizody” wysokich stężeń  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  w Czerniawie, zanotowane 18 lipca, są świadectwem oddziaływania smug z regionalnych elektrowni (dodatkowym potwierdzeniem jest obniżenie się stężenia ozonu – jest to tzw. epizod świeżej smugi). W przebiegu stężeń na rys. 2 można również wyodrębnić oddziaływanie jeszcze jednego źródła emisji o dominacji  $\text{SO}_2$  (23 lipca). Aby móc ocenić źródło pochodzenia tych epizodów wykorzystano trajektorie wsteczne (rys. 4 i 5).

Z analizy tych trajektorii wynika, że 18 lipca masa powietrza, osiadając w trakcie ruchu, przepływała nad Workiem Żytawskim, by około godziny 12:00 dotrzeć do punktu pomiarowego, co spowodowało pojawienie się  $\text{SO}_2$  i  $\text{NO}_2$  w wysokich koncentracjach. Z kolei 23 lipca trajektoria masy powietrza, która dotarła do Czerniawy około południa, przecinała obszar lokalizacji hut miedzi. W powietrzu zarejestrowano wzrost stężeń tylko  $\text{SO}_2$ .

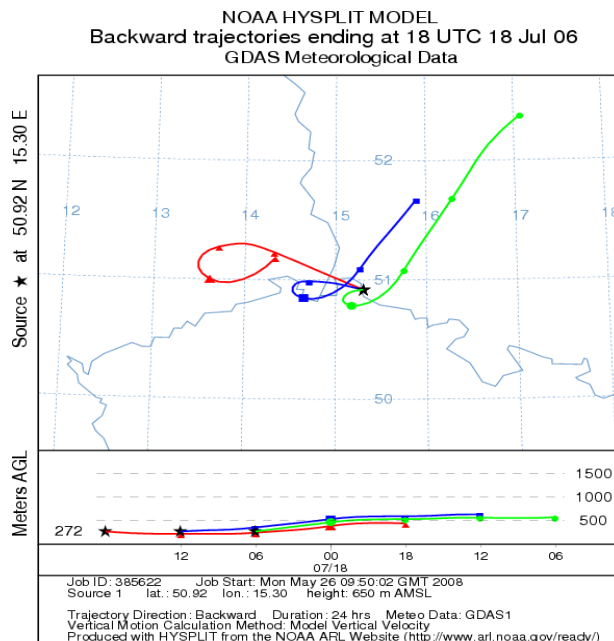
W Cieplicach wyraźnie zaznacza się wpływ lokalnych źródeł emisji na poziom stężeń  $\text{NO}_2$ , co przejawia się typowym dziennym przebiegiem zmienności, z dwoma maksimami – rano i wieczorem. To zachowanie jest charakterystyczne dla oddziaływania ruchu drogowego na poziom stężeń  $\text{NO}_2$ . Analiza dziennej zmienności wysokości warstwy mieszania i tworzenia się lub zanikania warstwy inwersyjnej (nie pokazano) wykazała pochodzenia pików  $\text{SO}_2$  w Cieplicach z procesów zadymienia (fumigation). Z kolei w przypadku stężeń pyłów  $\text{PM}_{10}$ , pojawiają się one w podwyższonych koncentracjach w Czerniawie z chwilą zaniku inwersji wzniesionej.



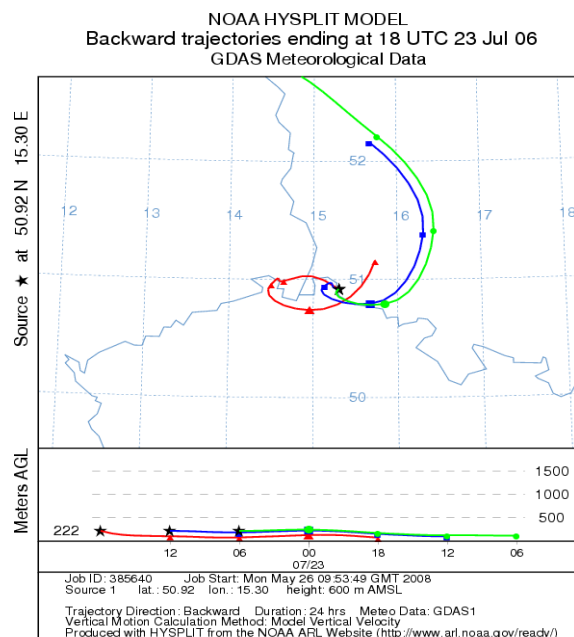
Rys. 2. Przebiegi 1-godzinnych stężeń  $\text{SO}_2$  i  $\text{O}_3$  w powietrzu zarejestrowane w Czerniawie (Cz) i Cieplicach (C) w dniach 18-23 lipca 2006 r.



Rys. 3. Przebiegi 1-godzinnych stężeń PM10 i NO<sub>2</sub>, w powietrzu zarejestrowane w Czerniawie (Cz) i Cieplicach (C) w dniach 18-23 lipca 2006 r.



Rys. 4. 18-godzinne trajektorie wsteczne dla Czerniawy dla 18 lipca 2006 r.[4]



Rys. 5. 18-godzinne trajektorie wsteczne dla Czerniawy dla 23 lipca 2006 r.[4]

#### 4. Wnioski

Pomimo zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w regionie w ciągu ostatniego dziesięciolecia, obszary miejskie wciąż poddane są oddziaływaniu nagłych wzrostów stężeń wielu substancji w powietrzu. Pojawianie się inwersji temperatury i zmiany w wysokości warstwy mieszania są zbieżne z najwyższymi stężeniami zanieczyszczeń rejestrowanymi w Cieplicach i głównie te czynniki wydają się być odpowiedzialne za dużą zmienność koncentracji substancji pochodzenia motoryzacyjnego i z procesów spalania paliw stałych. Powietrze w Czerniawie okresowo jest poddawane oddziaływaniu źródeł regionalnych, które kontrolują wyraźne krótkotrwałe wzrosty stężeń głównie  $\text{SO}_2$  w powietrzu.

#### Literatura

1. EEA Report No 2/2007. Air Pollution in Europe 1990-2004.
2. Gramsch E., Cereceda-Balic F., Oyola P., von Baer D.: Examination of pollution trends in Santiago de Chile with cluster analysis of  $\text{PM}_{10}$  and ozone data. *Atmospheric Environment*, 2006, 40, 5464–5475.
3. Moreno T., Querol X., Alastuey A., Santor S., Gibbons W.: Controlling influences on daily fluctuations of inhalable particles and gas concentrations: local versus regional and exotic atmospheric pollutants at Puertollano, Spain. *Atmospheric Environment*, 2006, 40, 3207-3218.
4. Draxler R.R., Rolph G.D.: HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Springs, MD. 2003.