

Małgorzata KLENIEWSKA

Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW
Zakład Meteorologii i Klimatologii
Department of Hydraulic Engineering and Environmental Restoration WAU
Division of Meteorology and Climatology

Zastosowanie wskaźnika WZ do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki w chłodnej porze roku
The meteorological index WZ method use for the valuation of air pollution with sulphur dioxide in winter

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, dwutlenek siarki, wskaźnik zanieczyszczenia powietrza

Key words: air pollution, sulphur dioxide, air pollution index

Wprowadzenie

Stężenie dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym jest mierzone na stacjach Państwowego Monitoringu Powietrza w ramach zadania „Pomiary i ocena jakości powietrza” oraz „Pomiary tła zanieczyszczeń atmosfery” (Program... 2006). Jest to zanieczyszczenie, którego obecność w powietrzu atmosferycznym może stwarzać zagrożenie dla środowiska przede wszystkim w skali regionalnej. Ostatnie badania (WHO 2000) dowodzą, że dla ekosystemów roślinnych obecność dwutlenku siarki w powietrzu może mieć negatywne skut-

ki nawet już przy stosunkowo niewielkim stężeniu tego gazu w powietrzu atmosferycznym. Natomiast dla organizmu człowieka szczególnie niebezpieczne są epizody podwyższonego stężenia SO₂ w powietrzu atmosferycznym, szczególnie zaś długotrwałe utrzymywanie się takiego stanu. Istnieją różne możliwości przewidywania sytuacji wzrostu stężenia substancji zanieczyszczającej w powietrzu – może to być ciągłe śledzenie zmian stężenia, tzw. monitoring, czy też obliczanie wartości stężeń z wykorzystaniem modeli. Prowadzenie ciągłych pomiarów stężenia zanieczyszczeń w wielu punktach jest kosztowne, natomiast stosowanie modeli wymaga dostępności wielu bardzo szczegółowych informacji (warunki emisji, parametry źródeł, elementy meteorologiczne) i jest czasochłonne. Dlatego uzasadnione jest poszukiwanie prostych narzędzi, pozwalających określić możliwość

wystąpienia niekorzystnych warunków aerosanitarnych. Przykładem może być wskaźnik zanieczyszczenia *WZ* (Walczewski 1997), pozwalający na podstawie warunków meteorologicznych określić stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego dwutlenkiem siarki. Przy wykorzystaniu danych meteorologicznych z ogólnie dostępnych prognoz może on posłużyć do prognozowania stężeń tego gazu w powietrzu atmosferycznym. Celem pracy jest ocena przydatności wskaźnika *WZ* dla warunków aglomeracji warszawskiej.

Material i metoda

Wskaźnik zanieczyszczenia *WZ* obliczany jest przy użyciu podstawowych elementów meteorologicznych: średniej dobowej temperatury powietrza (*t*), prędkości wiatru na wysokości 10 m n.p.g. o godzinie 12.00 UTC (*u*), sumy dobowej wysokości opadu atmosferycznego (*d*), występowania dolnej inwersji temperatury powietrza o godzinie 12.00 UTC (*IN*) oraz ciśnienia atmosferycznego (*p*). Równanie służące obliczeniu wskaźnika *WZ* przyjmuje postać:

$$WZ = [A(t) + B(u) + C(IN) + D(d)] \cdot E(p)$$

Parametr *A(t)* przyjmuje następujące wartości w zależności od wartości średniej dobowej temperatury powietrza: „0” dla *t* powyżej 0°C, „1” dla *t* w przedziale od -5 do 0°C, „2” dla *t* od -10 do -5°C, „3” dla *t* od -15 do -10°C i „4” dla *t* poniżej -15°C.

Wartość parametru *B(u)* zależy od prędkości wiatru na wysokości 10 m n.p.g. o godzinie 12.00 UTC i przyjmuje wartości: „0” dla *u* powyżej 2 m·s⁻¹, „2”

dla *u* w przedziale od 1 m·s⁻¹ do 2 m·s⁻¹ i „3” dla *u* od 0 do 0,9 m·s⁻¹.

Na podstawie przebiegu temperatury powietrza na wysokości 2 m i 20 m o godzinie 12.00 UTC wyznaczono wartość parametru *C(IN)*, który przyjmuje wartość równą „0”, gdy brak jest dolnej warstwy inwersyjnej, i „2”, gdy warstwa inwersyjna jest obecna.

W zależności od wysokości sumy dobowej opadu atmosferycznego parametr *D(d)* przyjmuje wartości: „0” dla *d* powyżej 4 mm, „1” dla *d* w przedziale od 0,8 do 4 mm i „2” dla *d* w przedziale od 0 do 0,8 mm.

Na podstawie przebiegu ciśnienia atmosferycznego określono wartość parametru *E(p)*, który przybiera wartość równą „1,5”, gdy w danym dniu lub dwóch – trzech kolejnych dniach występuje maksimum ciśnienia atmosferycznego, i wartość „1” w pozostałych przypadkach.

Wskaźnik *WZ* może przyjmować wartości od 0 do 16,5.

Przebieg dobowych wartości wskaźnika *WZ* porównano z przebiegiem średnich dobowych wartości stężenia dwutlenku siarki. W celu określenia ilościowego stężenia dwutlenku siarki w zależności od wskaźnika *WZ* obliczono równania regresji prostoliniowej. W pracy wykorzystano średnie dobowe wartości stężenia dwutlenku siarki oraz dane meteorologiczne ze stacji Ursynów SGGW z półroczy chłodnych (X–XII, I–III) z okresu październik 2001 rok – marzec 2007 rok.

Wyniki

Przeanalizowano wyniki badań dla 31 przypadków (miesiący). Ze względu na obszerność materiału w pracy zamieszczono tylko wybrane wyniki.

Na rysunku 1 przedstawiono wartości dobowe wskaźnika *WZ* i stężenia dwutlenku siarki w wybranych miesiącach. W styczniu 2003 roku największe wartości wskaźnika *WZ*, wynoszące od 11 do 15, występują przy również największych w tym miesiącu wartościach stężenia dwutlenku siarki. Dnia 12 stycznia nastąpił gwałtowny spadek wskaźnika *WZ* do wartości 1,0 i równie gwałtowny spadek stężenia dwutlenku siarki. Po tym spadku utrzymywały się małe wartości wskaźnika *WZ* – w zakresie od 1 do 6, równocześnie stężenie dwutlenku siarki utrzymywało się na niskim poziomie.

Porównując przebieg dobowych wartości stężenia dwutlenku siarki i wskaźnika *WZ* w lutym 2003 roku, obserwujemy, że charakter przebiegu obliczonego wskaźnika z dnia na dzień w dużym przybliżeniu pokrywa się z przebiegiem stężenia dwutlenku siarki. Wartości wskaźnika *WZ* nie są bardzo różnicowane, wynoszą bowiem od 1 do 9, jednak wyraźne zaznaczają się maksymalne wartości *WZ*, wskazujące na podwyższenie stężenia dwutlenku siarki, co w istocie miało miejsce. Taka zgodność między obliczoną wartością wskaźnika a zanotowanym stężeniem jest widoczna w pozostałych zaprezentowanych miesiącach: 12, 20, 24, 26 lutego 2004 roku, 16, 26 stycznia 2007 roku, oraz 5, 7, 10, 13, 19, 27 marca 2007 roku. Zaobserwowano również występowanie dużych rozbieżności w przebiegu rozważanych parametrów: 5, 7, 25 lutego 2004 roku, 3, 12, 15 stycznia 2007 roku oraz 15, 16, 22 marca 2007 roku (rys. 1).

W pracy dokonano również oceny ilościowej stężenia dwutlenku siar-

ki w zależności od wskaźnika *WZ*, a obliczone równania regresji liniowej i współczynniki korelacji przedstawiono w tabeli 1. Najwyższe współczynniki korelacji między rozpatrywanymi parametrami wystąpiły w styczniu 2003 roku i lutym 2006 roku ($r = 0,61$), wysokie współczynniki korelacji – powyżej 0,5, zanotowano w grudniu 2001 roku, lutym 2003 roku, marcu, listopadzie i grudniu 2006 roku, styczniu i marcu 2007 roku. Współczynniki korelacji są istotne na poziomie $\alpha = 0,05$.

Podsumowanie

Próba oceny wskaźnika zanieczyszczenia *WZ* była już przeprowadzana (Kleniewska i Łykowski 2001), jednak na krótkim 6-miesięcznym materiale pomiarowym. Badania na dłuższej serii danych potwierdzają wcześniejsze wnioski. Przebiegi wartości *WZ* i stężenia dwutlenku siarki wykazują największe podobieństwo najczęściej w grudniu, styczniu i lutym, co oznacza, że dla tych miesięcy może być on stosowany z najlepszym skutkiem w ocenie zmian stężenia SO_2 . Między rozpatrywanymi parametrami notowano też spore różnice, jednak zaobserwowano, że w znacznej liczbie przypadków wskaźnik *WZ* osiągał duże wartości w dniach rzeczywistego występowania maksimum stężenia SO_2 . Ma to istotne znaczenie, bowiem na podstawie ogólnodostępnej prognozy podstawowych elementów meteorologicznych można w prosty sposób prognozować możliwość wystąpienia zagrożenia warunków aerosanitarnych.

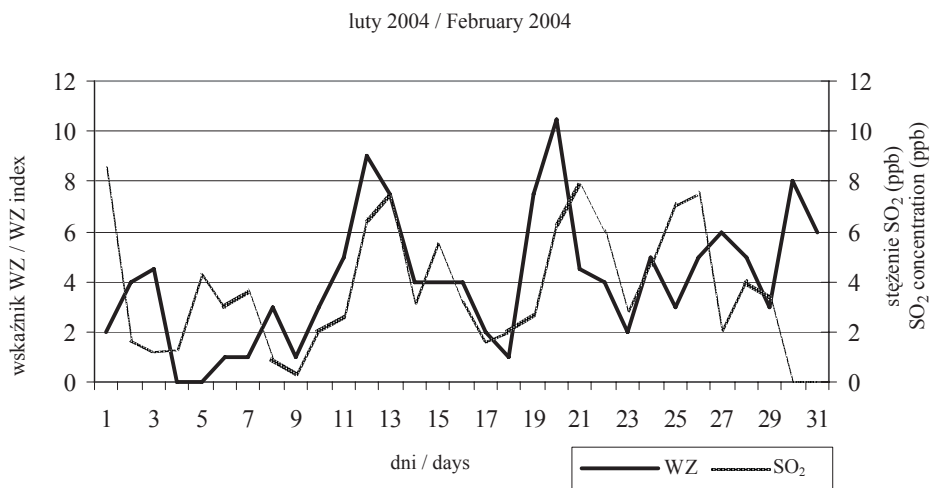
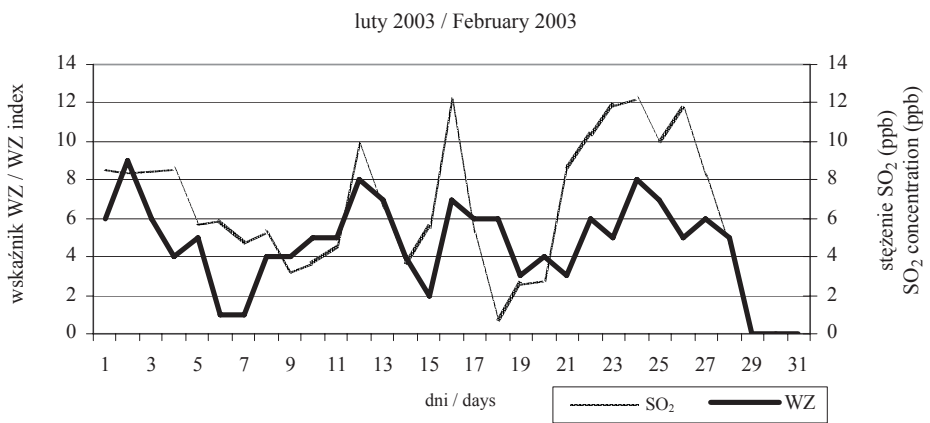
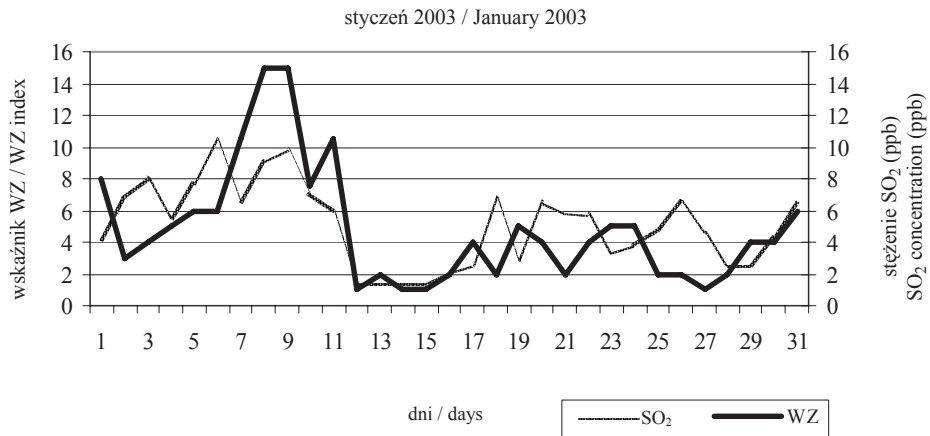
TABELA 1. Równania regresji między wskaźnikiem *WZ* i stężeniem SO₂ (ppb), Ursynów SGGW
 TABLE 1. The regression equations between of *WZ* index and SO₂ concentration (ppb), Ursynów WAU

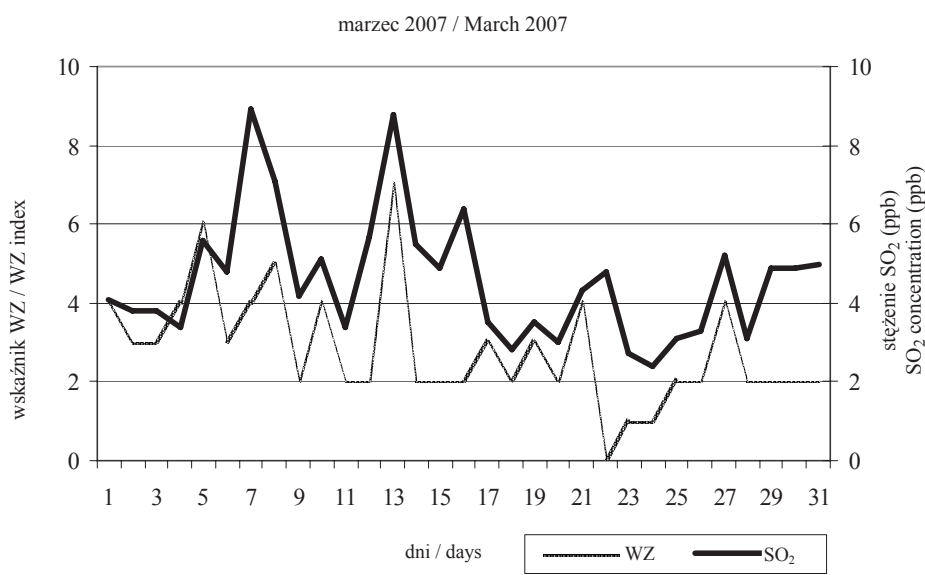
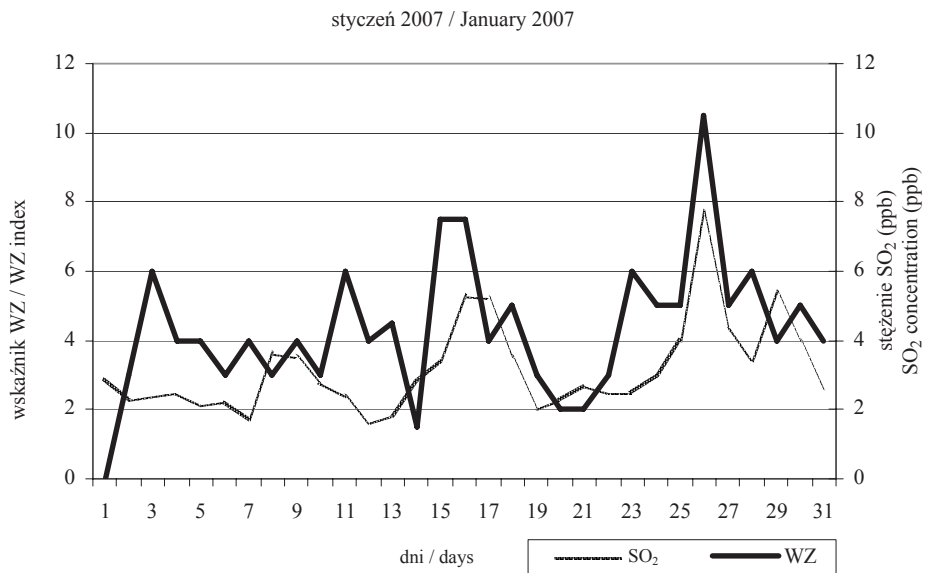
Miesiąc Month	Postać równania Equation	Współczynnik korelacji (r) Coefficient correlation
X 2001	$y = 0,737 + 0,149x$	0,48
XI 2001*	$y = 1,431 + 0,107x$	0,24
XII 2001	$y = 0,671 + 0,311x$	0,56
I 2002*	$y = 4,330 - 0,399x$	-0,25
X 2002	$y = 1,220 + 0,157x$	0,32
XI 2002*	$y = 2,213 + 0,119x$	0,18
XII 2002	$y = 2,246 + 0,700x$	0,44
I 2003	$y = 3,057 + 0,419x$	0,61
II 2003	$y = 3,079 + 0,754x$	0,46
III 2003*	$y = 3,621 + 0,278x$	0,24
X 2003	$y = 1,515 + 0,372x$	0,45
XI 2003*	$y = 2,005 + 0,025x$	0,04
II 2004	$y = 2,515 + 0,354x$	0,48
III 2004*	$y = 2,190 + 0,407x$	0,34
X 2004*	$y = 2,430 - 0,168x$	-0,27
XI 2004	$y = 1,172 + 0,168x$	0,41
XII 2004*	$y = 5,725 + 0,623x$	-0,21
I 2005	$y = 0,903 + 0,124x$	0,44
II 2005	$y = 0,713 + 0,657x$	0,53
III 2005	$y = 1,921 + 0,212x$	0,36
X 2005	$y = 1,142 + 0,153x$	0,36
XI 2005*	$y = 0,828 + 0,104x$	0,36
XII 2005*	$y = 1,704 + 0,037x$	0,08
I .2006	$y = -0,797 + 0,764x$	0,41
II 2006	$y = 0,065 + 0,985x$	0,61
III 2006	$y = 2,349 + 1,084x$	0,50
X 2006*	$y = 2,480 + 0,272x$	0,31
XI 2006	$y = 2,353 + 0,232x$	0,51
XII 2006	$y = 6,307 - 0,861x$	-0,52
III.2007	$y = 2,927 + 0,545x$	0,57
I.2007	$y = 1,277 + 0,425x$	0,59

Objaśnienia / Explanation:

y – stężenie SO₂ / SO₂ concentration; x – wskaźnik *WZ* / *WZ* index;

*równanie nieistotne statystycznie / statistically non-significant equation.





RYSUNEK 1. Wartości dobowe wskaźnika *WZ* i stężenia SO₂ (ppb), Ursynów SGGW
 FIGURE 1. Daily value of *WZ* index and SO₂ concentration (ppb), Ursynów WAU

Literatura

- KLENIEWSKA M., ŁYKOWSKI B. 2001: Próba zastosowania wskaźnika zanieczyszczenia do wyznaczenia zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki w okresie zimy. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 23: 127–132.
- Program Państwowego Monitoringu Środowiska na lata 2007–2009, 2006. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, Warszawa.
- WALCZEWSKI J. 1997: Wskaźnik meteorologiczny określający prawdopodobieństwo wzrostu zanieczyszczenia powietrza w okresie zimowym. *Wiadomości IMGW* XX 1.
- WHO 2000: Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen

Summary

The meteorological index WZ method use for the valuation of air pollution with sulphur dioxide in winter. WZ index is an

aggregated indicator of air pollution, that encompasses the joint impact of various meteorological elements on pollution (sulphur dioxide) concentration level. Following meteorological elements were taken into account: mean daily air temperature, wind speed at the height of 10 m above the ground level at the time 12 UTC, precipitation, atmospheric air pressure and existence of lower inversion layer. The most often the maxima of WZ index correlate in time with appearance of maxima in air pollution in Decembers, Januaries and Februaries.

Author's address:

Małgorzata Kleniewska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland