

# OCENA JAKOŚCI POWIETRZA ATMOSFERYCZNEGO W POWIECIE SUSKIM NA TLE GRANICZĄCYCH Z NIM POWIATÓW W LATACH 2005-2007

Marta CZEKAJ

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska,  
Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
marte.czekaj@gmail.com, marta.czekaj@pwr.wroc.pl

## STRESZCZENIE

Przeprowadzono analizę stanu atmosfery w powiecie suskim oraz w graniczących z nim powiatach w województwie małopolskim i śląskim. Celem analizy była ocena jakości powietrza atmosferycznego w latach 2005–2007. Ocenę przeprowadzono na podstawie zmodyfikowanego Indeksu Jakości Powietrza w oparciu o ditlenek siarki, ditlenek azotu, benzen i pył zawieszony (PM10). Modyfikacja polegała na wprowadzeniu normalizacji stężeń zanieczyszczeń do oryginalnej metodyki oraz dostosowaniu skali jakości. Okazało się, iż przez cały analizowany okres jakość powietrza w regionie utrzymywała się na *alarmującym* poziomie. Najgorsze wyniki uzyskano w powiecie suskim. Czynnikiem determinującym stan atmosfery we wszystkich powiatach był pył zawieszony PM10, którego stężenia średnioroczne za każdym razem przekraczały dopuszczalne poziomy.

### 1. Wstęp

Od kilkudziesięciu lat na świecie do oceny stanu atmosfery wykorzystywane są indeksy jakości powietrza [1, 2]. Są to modele matematyczne, które obliczane są na podstawie danych uzyskanych z monitoringu powietrza. Wyniki zwykle porównywane są do skali, z której odczytywana jest jakość atmosfery. W Polsce ocena polega na określeniu, czy dane uzyskane z monitoringu atmosfery mieszczą się w zakresie wartości odniesienia [3] oraz dopuszczalnych poziomów ustalonych ze względu na ochronę zdrowia ludzkiego i roślin [4].

Jednym z pierwszych indeksów jakości powietrza był Pollution Standard Index opracowany przez Environmental Protection Agency (EPA), USA [5]. Ze względu na zmieniające się warunki środowiskowo-gospodarcze indeks ten został zmodyfikowany i funkcjonuje jako Air Quality Index (AQI) nie tylko w USA, ale również w innych krajach, np. w Kanadzie [6]. Zmodyfikowana forma AQI wykorzystywana jest w Tajwanie [7], a we Włoszech na jego podstawie opracowano Pollution Index [8]. Indeksy te służą do analizy stanu atmosfery każdego obszaru. Zostały opracowane również indeksy przeznaczone specjalnie dla obszarów zurbanizowanych, gdzie stężenie zanieczyszczeń w powietrzu jest zwykle wyższe, niż w obszarach niezurbanizowanych. Przykładem takiego indeksu jest Metropolitan Index of Air Quality wykorzystywany w Meksyku [9], Urban Pollution Index – w Neapolu [8] i Indeks Jakości Powietrza (IJP) – w aglomeracji trójmiejskiej i Tczewie [10].

IJP opracowany został przez Agencję Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej w dwu formach – ogólnej i ozonowej. Indeks ogólny ustalany jest na podstawie stężeń ditlenku siarki (SO<sub>2</sub>), ditlenku azotu (NO<sub>2</sub>), benzenu (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) i pyłu zawieszonego (PM10) w powietrzu, a indeks ozonowy – na podstawie stężenia ozonu (O<sub>3</sub>). Wyniki monitoringu *on-line* tych zanieczyszczeń przyrównywane są co godzinę do sześciostopniowej skali opracowanej na podstawie dopuszczalnych stężeń [3], z której odczytywana jest jakość powietrza. Stan atmosfery jest determinowany przez zanieczyszczenie, dla którego uzyskuje się najgorsze wyniki [10].

W latach 2000–2006 przeprowadzono ocenę stanu atmosfery w powiecie suskim, województwo małopolskie, na podstawie ogólnej formy IJP [11]. Ze względu na różnice w lokalnych systemach monitoringu powietrza w aglomeracji gdańskiej i powiecie suskim, indeks zmodyfikowano. Skalę jakości powietrza opracowano na podstawie dopuszczalnych stężeń średniorocznych [12] i oceniono stan atmosfery w skali roku. Okazało się, iż powietrze atmosferyczne w powiecie suskim wahało się między złą, a bardzo złą jakością (tabela 1).

Tabela 1. Wyniki oceny stanu atmosfery w powiecie suskim w latach 2000–2006 [11]

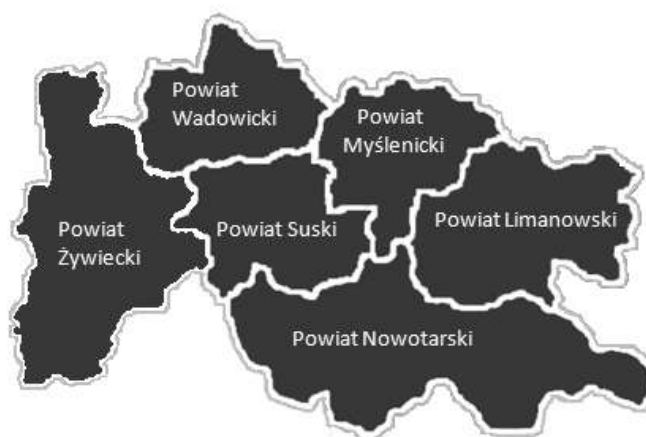
Rok	Zanieczyszczenia				INDEKS
	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	PM <sub>10</sub>	
2000	zadowalający	dobry	-	zły	zły
2001	dostateczny	dobry	-	bardzo zły	bardzo zły
2002	dostateczny	dobry	-	zły	zły
2003	bardzo zły	dobry	dostateczny	bardzo zły	bardzo zły
2004	dobry	dobry	zły	-	zły
2005	dobry	dobry	bardzo zły	bardzo zły	bardzo zły
2006	dostateczny	zadowalający	bardzo zły	bardzo zły	bardzo zły

Przyczyną uzyskania takich wyników było wysokie stężenie średnioroczne PM<sub>10</sub> i C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> w poszczególnych latach. Relatywnie złe wyniki analizy stały się inspiracją dla niniejszych badań. Celem pracy była ocena stanu atmosfery w powiecie suskim w latach 2005–2007 na tle sąsiadujących z nim powiatów.

## 2. Metodyka

### 2.2. Obszar badań

Analizowanym regionem był powiat suski wraz z graniczącymi z nim powiatami położonymi w województwie małopolskim i śląskim. Badaniami zostały objęte następujące powiaty: wadowicki, myślenicki, nowotarski i żywiecki. Dodatkowo do oceny włączono również powiat limanowski. Łącznie obszar, na którym badano stan atmosfery, zajmował powierzchnię 5471 km<sup>2</sup> (rys. 1). Analizowany region położony był w polskiej części Beskidów Zachodnich z wyjątkiem powiatu wadowickiego, który stanowi ich przedgórze.



Rys. 1. Obszar badań

## 2.1. Ocena stanu atmosfery

Ocenę stanu atmosfery w latach 2005–2007 w badanym obszarze przeprowadzono w oparciu o zmodyfikowaną formę IJP [11]. Analiza składała się z kilku etapów. Pierwszym etapem było zebranie danych, pochodzących z monitoringu powietrza prowadzonego przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska w Krakowie i Katowicach. Łącznie uzyskano wyniki pomiarów stężeń  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  i  $\text{PM}_{10}$  w powietrzu, zmierzonych w 10 stanowiskach i uśredniono w skali roku. Ze względu na różnice w lokalnych systemach monitoringu powietrza w poszczególnych powiatach nie było możliwe przeprowadzenie oceny stanu atmosfery w okresie krótszym, niż rok kalendarzowy.

Następnym etapem było obliczenie wartości znormalizowanych ( $N$ ), równanie (1). Dzięki normalizacji, która nie była uwzględniana wcześniej, możliwe było bezpośrednie porównywanie średniorocznych stężeń ( $A$ ) poszczególnych zanieczyszczeń w powietrzu ( $i$ ), z jednoczesnym uwzględnieniem średniorocznych wartości dopuszczalnych ( $C$ ) [4]. W związku z faktem, iż dla  $\text{SO}_2$  nie zostały ustalone średnioroczne wartości dopuszczalne ze względu na ochronę zdrowia ludzkiego, przyjęto wartość odniesienia w skali roku ( $t$ ) [3]. Wartości znormalizowane wahały się od 1 do  $-\infty$ . Gdy dane zanieczyszczenie nie występowało w powietrzu, jego wartość znormalizowana była równa 1 ( $N=1$ ). Gdy stężenie średnioroczne było równe wartości dopuszczalnego stężenia, jego wartość znormalizowana była równa 0 ( $N=0$ ), a gdy je przekraczało – mniejsza od 0 ( $N<0$ ).

$$N_{it} = 1 - \frac{A_{it}}{C_i} \quad (1)$$

W związku z przeprowadzaniem normalizacji oraz zmianą wartości dopuszczalnych średniorocznych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu niemożliwe było przyrównanie uzyskanych wyników do skali jakości, którą opracowano dla powiatu suskiego [11]. Przedziały w nowej skali jakości powietrza (tabela 2) ustalono z uwzględnieniem znormalizowanych wartości dopuszczalnych, wg zasad podanych przez ARMAAG [10].

Tabela 2. Nowa skala jakości IJP

INDEKS	Bardzo dobry	Dobry	Zadowolający	Dostateczny	Zły	Bardzo zły	Alarmujący
Max	1,000	0,899	0,699	0,599	0,399	0,199	-0,001
Min	0,900	0,700	0,600	0,400	0,200	0,000	$-\infty$

Zarówno w oryginalnej [10], jak i w zmodyfikowanej [11] metodyce obliczania IJP zakładano, że powietrze osiąga najgorszą – *bardzo złą* – jakość, gdy stężenie zanieczyszczenia osiągnie 80% wartości dopuszczalnej. Aby podkreślić, iż stężenie dopuszczalne zostało przekroczone, wprowadzono dodatkową, *alarmującą* jakość powietrza.

W celu oceny jakości powietrza w danym powiecie otrzymane wartości znormalizowane porównywane były z nową skalą (tabela 2). Stan atmosfery w wybranym powiecie był determinowany przez zanieczyszczenie, dla którego uzyskano najgorszy indeks w danym roku.

## 3. Wyniki i ich dyskusja

Wyniki monitoringu stężenia  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  oraz  $\text{PM}_{10}$  w powietrzu zebrano z obszarów objętych analizą (rys. 1) i uśredniono w skali roku. Uzyskane wartości średniorocznych stężeń badanych zanieczyszczeń znormalizowano wg równania (1). Wyniki

obliczone dla poszczególnych powiatów przedstawiono w tabeli 3. Pogrubioną czcionką zaznaczono wyniki uzyskane dla powiatu suskiego.

Tabela 3. Wartości znormalizowane obliczone dla analizowanego obszaru

ROK 2005	Powiat					
	Wadowicki	<b>Suski</b>	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	0,115	<b>0,159</b>	0,195	0,949	0,579	0,262
NO <sub>2</sub>	0,661	<b>0,743</b>	0,687	0,619	0,696	0,694
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,107	<b>-0,195</b>	0,323	0,068	0,304	bd
PM <sub>10</sub>	-0,177	<b>-0,406</b>	-0,232	-0,337	bd	bd
ROK 2006	Powiat					
	Wadowicki	<b>Suski</b>	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	-0,345	<b>-0,226</b>	-0,218	0,962	0,485	0,170
NO <sub>2</sub>	0,367	<b>0,415</b>	0,455	0,705	0,525	0,652
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,145	<b>-0,147</b>	0,398	0,143	0,401	bd
PM <sub>10</sub>	-0,391	<b>-0,364</b>	-0,243	-0,753	bd	bd
ROK 2007	Powiat					
	Wadowicki	<b>Suski</b>	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	0,101	<b>-0,098</b>	0,045	0,946	0,586	0,216
NO <sub>2</sub>	0,519	<b>0,299</b>	0,437	0,655	0,573	0,594
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,299	<b>-0,013</b>	0,444	0,244	0,407	bd
PM <sub>10</sub>	-0,091	<b>-0,333</b>	-0,064	-0,404	bd	bd

bd – brak danych

Ujemne wartości znormalizowane wskazywały, iż stężenia średnioroczne danego zanieczyszczenia przekroczyły dopuszczalne poziomy [3, 4]. Jak wynika z tabeli 3 najczęściej przekroczeń zanotowano w przypadku powiatu suskiego, gdzie normy dopuszczalne przez cały okres były zachowane tylko dla NO<sub>2</sub>. Widać jednak, iż średnioroczne stężenie tego zanieczyszczenia w powietrzu zwiększało się (malejące wartości znormalizowane) co roku. Najgorsze wyniki w powiecie suskim uzyskano w przypadku PM<sub>10</sub>.

Oprócz powiatu suskiego najniższe wartości znormalizowane otrzymano w powiecie wadowickim. Można założyć, iż część zanieczyszczeń z powiatu wadowickiego mogła być transportowana przez wiatr do powiatu suskiego, czyli z przedgórze w kierunku terenu górzystego. Ten z kolei mógł stanowić naturalną barierę dla rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń dalej w kierunku powiatu nowotarskiego, na co mogą wskazywać wyższe wartości znormalizowane (niższe stężenia średnioroczne) wszystkich zanieczyszczeń w tym powiecie z wyjątkiem PM<sub>10</sub> [11, 13-15].

Na podstawie samych wartości znormalizowanych nie jest możliwe wskazanie powiatu, w którym uzyskano najlepsze wyniki w ciągu analizowanego okresu (tabela 3). Możliwe jest jedynie wskazanie powiatu, w którym zanotowano najwyższą wartość znormalizowaną. W powiecie nowotarskim uzyskano 0,962 punktu w przypadku SO<sub>2</sub> w 2006 roku. Poziom powyżej 0,900 punktu dla tego zanieczyszczenia utrzymywał się tam przez cały okres.

Najniższe wartości znormalizowane uzyskano w przypadku PM<sub>10</sub> (tabela 3). We wszystkich powiatach stężenia średnioroczne były przekroczone. Najwyższe przekroczenia zanotowano w przypadku powiatu suskiego i nowotarskiego. W powiecie limanowskim i żywieckim nie uzyskano informacji na temat stężeń PM<sub>10</sub> w powietrzu, stąd brak wartości znormalizowanych. Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane dla całego analizowanego regionu

istnieje duże prawdopodobieństwo, iż w obu powiatach stężenia średnioroczne PM10 również przekraczały dopuszczalne poziomy.

Najwyższe wartości znormalizowane dla całego regionu uzyskano w przypadku NO<sub>2</sub> (tabela 3). Jest to jedyne zanieczyszczenie, którego dopuszczalne normy nie zostały przekroczone ani razu w żadnym powiecie w analizowanym okresie.

Otrzymane wartości znormalizowane (tabela 3) porównano z nową skalą jakości (tabela 2). Wyniki oceny stanu atmosfery w latach 2005–2007 w poszczególnych powiatach oraz całym analizowanym regionie (prawy, dolny róg tabeli) przedstawiono w tabeli 4. Dodatkowo umieszczono w niej wyniki cząstkowych analiz pojedynczych zanieczyszczeń.

Tabela 4. Wyniki oceny stanu atmosfery w analizowanym obszarze w latach 2005–2007

ROK 2005	Powiat						INDEKS
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki	
SO <sub>2</sub>	bardzo zły	<b>bardzo zły</b>	bardzo zły	bardzo dobry	dostateczny	zły	bardzo zły
NO <sub>2</sub>	zadawalający	<b>dobry</b>	zadawalający	zadawalający	zadawalający	zadawalający	zadawalający
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	bardzo zły	<b>alarmujący</b>	zły	bardzo zły	zły	-	alarmujący
PM <sub>10</sub>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	-	-	alarmujący
<b>INDEKS</b>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	zły	zły	<b>ALARMUJĄCY</b>

ROK 2006	Powiat						INDEKS
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki	
SO <sub>2</sub>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	bardzo dobry	dostateczny	bardzo zły	alarmujący
NO <sub>2</sub>	zły	<b>dostateczny</b>	dostateczny	dobry	dostateczny	zadawalający	Zły
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	bardzo zły	<b>alarmujący</b>	zły	bardzo zły	dostateczny	-	alarmujący
PM <sub>10</sub>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	-	-	alarmujący
<b>INDEKS</b>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	dostateczny	bardzo zły	<b>ALARMUJĄCY</b>

ROK 2007	Powiat						INDEKS
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki	
SO <sub>2</sub>	bardzo zły	<b>alarmujący</b>	bardzo zły	bardzo dobry	dostateczny	zły	alarmujący
NO <sub>2</sub>	dostateczny	<b>zły</b>	dostateczny	zadawalający	dostateczny	dostateczny	Zły
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	zły	<b>alarmujący</b>	dostateczny	zły	dostateczny	-	alarmujący
PM <sub>10</sub>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	-	-	alarmujący
<b>INDEKS</b>	alarmujący	<b>alarmujący</b>	alarmujący	alarmujący	dostateczny	zły	<b>ALARMUJĄCY</b>

Z tabeli wynika, iż przez cały analizowany okres stan atmosfery w regionie utrzymywał się na *alarmującym* poziomie. Każdego roku co najmniej dwa zanieczyszczenia przekraczały dopuszczalne stężenia. Co roku w czterech z sześciu analizowanych powiatów wystąpił co najmniej jeden stan *alarmujący*. Tylko w powiecie limanowskim i żywieckim nie zanotowano stanów *alarmujących*, lecz w obu przypadkach nie uzyskano informacji na temat stężeń PM<sub>10</sub>, który determinował *alarmujący* stan atmosfery w pozostałych powiatach. Najlepsza jakość powietrza atmosferycznego wystąpiła w powiecie limanowskim i wahała się między złym, a dostatecznym poziomem.

Najgorsza jakość atmosfery wykazana została w powiecie suskim, gdzie co najmniej dwa parametry co roku osiągały stan *alarmujący* (tabela 4). Wyniki analizy w latach 2005–2006 nie pokrywają się z wynikami uzyskanymi podczas analizy stanu atmosfery w powiecie w poprzednich badaniach (tabela 1) [11]. Są dwie przyczyny. Po pierwsze, poprzednia analiza przeprowadzona była w oparciu o dopuszczalne stężenia, które obowiązywały wcześniej [12]. Po drugie, w niniejszych badaniach wprowadzono dodatkową kategorię jakości atmosfery. *Bardzo zła* jakość atmosfery wg oryginalnej i zmodyfikowanej formy IJP uzyskiwana była

kiedy stężenie danego zanieczyszczenia przekraczało 80% dopuszczalnej normy [10, 11]. Tym razem *bardzo zły* stan atmosfery zróżnicowano na ten, który nie przekracza – *bardzo zła* jakość i który przekracza dopuszczalne normy – *alarmująca* jakość atmosfery. Normalizacja nie miała wpływu na różnice w ocenie stanu atmosfery w latach 2005–2006 w powiecie suskim.

Wyniki częściowej analizy wskazują, iż tylko NO<sub>2</sub> nie przekroczyło dopuszczalnych norm ani razu, nie osiągając *alarmującego* stanu w atmosferze (tabela 4). W roku 2005 jego stan pozostawał na stabilnym, *zadowalającym* poziomie. Co więcej, w najgorzej ocenianym powiecie suskim, zanieczyszczenie to osiągnęło nawet stan *dobry*, który był najlepszym wynikiem w porównaniu do pozostałych powiatów.

Najgorsze wyniki cząstkowej analizy stanu powietrza zanotowano w przypadku PM10 (tabela 4). Zanieczyszczenie to ani razu nie uzyskało stanu lepszego, niż *alarmujący*. Uznano, iż był to czynnik determinujący stan atmosfery zarówno w poszczególnych powiatach, w których zanieczyszczenie było monitorowane, jak i w całym regionie. W niektórych latach inne zanieczyszczenia również osiągały stan *alarmujący*, np. SO<sub>2</sub> w 2006 roku. Jednak PM10 uzyskał w tym czasie najniższe wartości znormalizowane (tabela 3). Stąd zaleca się, aby PM10 był monitorowany we wszystkich powiatach w sposób rozszerzony [16].

Dzięki zastosowaniu zmodyfikowanego IJP możliwe było nie tylko stwierdzenie przekroczeń stężeń dopuszczalnych [4] i wartości odniesienia [3] w skali roku, ale również zróżnicowanie jakości atmosfery w poszczególnych powiatach. W przejrzysty sposób zobrazowano, gdzie występowała najlepsza jakość atmosfery, a gdzie najgorsza (tabela 4). Ocena stanu atmosfery na podstawie obowiązujących norm jest ograniczona do stwierdzenia przekroczeń [3, 4]. Stąd, porównując różne obszary, oprócz określenia ilości przekroczeń, trudno jest jednoznacznie stwierdzić, gdzie jest lepszej lub gorszej jakości powietrze atmosferyczne. W tabeli 5 przedstawiono wyniki oceny stanu atmosfery na podstawie wartości odniesienia w skali roku [3].

Tabela 5. Ocena stanu atmosfery na podstawie wartości odniesienia w skali roku [3]

ROK 2005	Powiat					
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie
NO <sub>2</sub>	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	w normie	przekroczenie	w normie	w normie	w normie	-
PM <sub>10</sub>	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	-	-

ROK 2006	Powiat					
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	w normie	w normie	w normie
NO <sub>2</sub>	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	w normie	przekroczenie	w normie	w normie	w normie	-
PM <sub>10</sub>	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	-	-

ROK 2007	Powiat					
	Wadowicki	Suski	Myślenicki	Nowotarski	Limanowski	Żywiecki
SO <sub>2</sub>	w normie	przekroczenie	w normie	w normie	w normie	w normie
NO <sub>2</sub>	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie	w normie
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	w normie	przekroczenie	w normie	w normie	w normie	-
PM <sub>10</sub>	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	przekroczenie	-	-

Z tabeli wynika, iż w latach 2005–2007 najgorszy stan atmosfery uzyskano w powiecie suskim. W tym samym czasie w powiatach wadowickim, myślenickim i nowotarskim uzyskano lepsze wyniki (*grupa a*), a w limanowskim i żywieckim – najlepsze (*grupa b*). Na podstawie otrzymanych wyników nie można było stwierdzić różnicy w jakości atmosfery między powiatami w poszczególnych grupach. Natomiast analizując wyniki otrzymane na podstawie analizy IJP (tabela 4) widać, iż w *grupie a* najlepsza jakość atmosfery była w powiecie nowotarskim, a najgorsza w wadowickim. Analogicznie w *grupie b* lepsze wyniki uzyskano w powiecie limanowskim.

Na podstawie IJP [10, 11] możliwa jest ocena, które zanieczyszczenia są najgorsze, a które najlepsze w skali jakości powietrza. Jednak trudne jest stwierdzenie, które zanieczyszczenia ocenione w ten sam sposób uzyskują najgorsze wyniki. Dzięki wprowadzeniu procesu normalizacji było to możliwe. Przykładowo, w powiecie suskim w roku 2006 uzyskano 3 stany alarmowe ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$  i  $\text{PM}_{10}$ ) (tabela 4). Widać jednak, że najgorszy wynik uzyskano w przypadku  $\text{PM}_{10}$ , a najlepszy dla  $\text{C}_6\text{H}_6$ . Na podstawie oryginalnej wersji indeksu taka ocena nie była możliwa.

Dodatkową zaletą normalizacji była możliwość opracowania uniwersalnej skali jakości (tabela 2), której nie będzie trzeba w przyszłości modyfikować. Niezależnie od dopuszczalnych norm, według których zostaną obliczone wartości znormalizowane, nowa skala jakości jest ważna dla wszystkich uzyskanych wyników. Stąd wyniki analizy stanu atmosfery w powiecie suskim we wcześniejszych [11] i niniejszych badaniach ocenione byłyby na podstawie tej samej skali jakości. Nie miałyby znaczenia, czy ocena byłaby dokonywana na podstawie aktualnych, czy nieobowiązujących norm prawnych, ponieważ jest to uwzględniane podczas obliczania wartości znormalizowanych. Wyjątek stanowi sytuacja, w której fundacja ARMAAG zmieniłaby ogólne zasady ustalania poszczególnych klas jakości powietrza [10].

#### 4. Wnioski

Na podstawie zmodyfikowanego IJP przeprowadzono analizę stanu atmosfery w powiecie suskim na tle sąsiadujących powiatów w latach 2005–2007. Modyfikacja polegała na przeprowadzeniu normalizacji średniorocznych stężeń zanieczyszczeń w powietrzu. Konsekwencją było opracowanie nowej skali jakości, w której uwzględniono dodatkową klasę jakości powietrza – *alarmującą*.

Powietrze atmosferyczne w analizowanym obszarze miało *alarmującą* jakość przez cały okres. Czynnikiem determinującym był  $\text{PM}_{10}$ , którego stężenie zawsze przekraczało dopuszczalne stężenia średnioroczne. Najlepiej oceniony został  $\text{NO}_2$ , który ani razu nie osiągnął tego stanu w żadnym powiecie.

Powiat suski został oceniony najgorzej pod względem jakości powietrza na tle sąsiadujących powiatów. W analizowanym okresie zawsze co najmniej dwa zanieczyszczenia przekraczały tam dopuszczalne normy. Tylko raz, w roku 2005, w powiecie suskim zanotowano najlepszy wynik ze wszystkich powiatów, który osiągnął  $\text{NO}_2$ .

#### Literatura

1. Czekaj M., Suhecki T.T.: Applying of air quality indexes in a local scale. Polish Journal of Environmental Studies, 2007, vol. 16, 3B, 59-63.
2. Czekaj M., Suhecki T.T.: An assessment of the natural environment in Poland according to indexes of environmental quality. Polish Journal of Environmental Studies, 2008, vol. 17, 3A, 130-134.

3. Dz.U. 2010 nr 16 poz. 87, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 26 stycznia 2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu.
4. Dz.U. 2009 nr 5 poz. 31, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 grudnia 2008 r. w sprawie dokonywania oceny poziomów substancji w powietrzu.
5. Jiang D., Zhang Y., Hu X., Zeng Y., Tan J, Shao D.: Progress in developing an ANN model for air pollution index forecast. *Atmospheric Environment*, 2004, vol. 38, 7055-7064.
6. EPA, Environmental Protection Agency, USA, 2009. Dostępne na stronie: [www.epa.gov](http://www.epa.gov), 15.03.2009.
7. Liu CH.-M.: Effect of PM2.5 on AQI in Taiwan. *Environmental Modeling & Software*, 2002, vol. 17, 29–37.
8. Murena F.: Measuring air quality over large urban areas: development and application of an air pollution index at the urban area of Naples. *Atmospheric Environment* 2004, vol. 38, 6195–6202.
9. Ruiz-Suarez J.C., Mayora O.A.: A neural network based prediction model of ozone for Mexico City. *Air Pollution*, 1994, vol. 2, 393-400.
10. ARMAAG, Agencja Regionalnego Monitoringu Atmosfery Aglomeracji Gdańskiej, 2009. Dostępne na stronie: <http://www.armaag.gda.pl/>, 15.03.2009.
11. Czekaj M., Suchecki T.T.: An assessment of air condition in Sucha Beskidzka County, Poland, in 2000-2006 by the Index of Air Quality. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2008, vol. 17, 3A, 125-129.
12. Dz. U. 2003 nr 1 poz.12, Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu.
13. Reungoat P., Chiron M., Gauvin S., le Moullec Y., Momas I.: Assessment of exposure to traffic pollution using the ExTra index: study of validation. *Environmental Research* 2003, vol. 38, 67-78.
14. Brulfert G., Chemel C., Chaxel E., Chollet J.-P., Jouve B., Villard H.: Assessment of 2010 air quality in two Alpine valleys from modelling: Weather type and emission scenarios. *Atmospheric Environment* 2006, vol. 40 7893–7907.
15. Niemi J.V., Saarikoski S., Aurela M., Tervahattu H., Hillamo R., Westphal D.L.: Aarnio P., Koskentalo T., Makkonen U., Vehkama H., Kulmala M., Long-range transport episodes of fine particles in southern Finland during 1999–2007. *Atmospheric Environment* 2009, vol. 43, 1255–1264.
16. Czekaj M.: Retrospektywna analiza parametrów jakościowych środowiska wybranego obszaru. Politechnika Wrocławska, 2009, Wrocław.