

WPLYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA STĘŻENIE DWUTLENKU SIARKI W POWIETRZU W POLSCE

Autoreferat

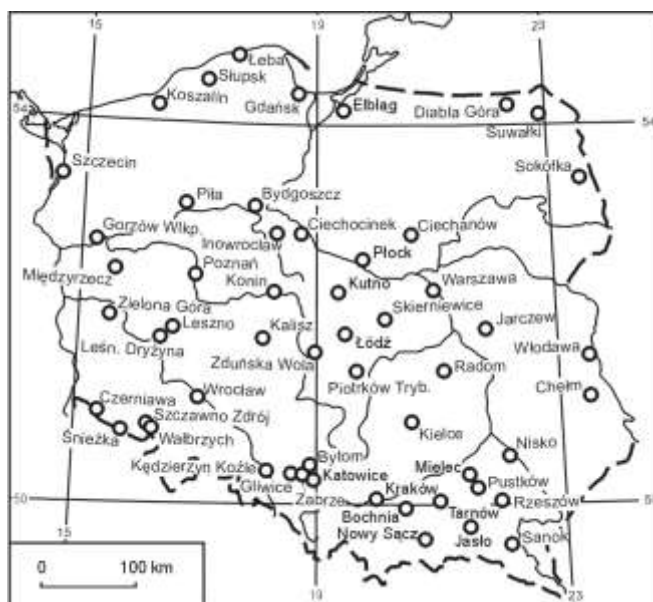
Bożena Kicińska

Cel pracy

Głównym celem pracy jest określenie wpływu adwekcji mas powietrza na przestrzenny rozkład stężenia dwutlenku siarki w Polsce, z uwzględnieniem układów cyklonicznych i antycyklonicznych. Cel dodatkowy to wyodrębnienie sytuacji pogodowych sprzyjających dużej koncentracji dwutlenku siarki w powietrzu, zwłaszcza w obszarach o dużym zagrożeniu środowiska naturalnego związkami siarki. Są to aktualne problemy związane z ochroną atmosfery przed zbyt dużą zawartością toksycznych substancji.

Materiały źródłowe

Stężenie dwutlenku siarki w Polsce opisują wyniki codziennych pomiarów z 54 stacji monitoringu zanieczyszczeń powietrza z lat 1993-1997. Stacje te zlokalizowane są przede wszystkim w miastach, w różnych jednostkach fizycznogeograficznych Polski (rys. 1). Serie obserwacyjne poszczególnych stacji liczą najczęściej 1400-1800 dni.



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji pomiarowych
Locations of the measurement stations

W sieci pomiarowej, z której dane wykorzystano w pracy, podstawową metodą oznaczania zawartości dwutlenku siarki w powietrzu jest metoda kolorymetryczna z p-ro-zaniliną. Nadzór nad całością prac sieci sprawuje Instytut Ochrony Środowiska. Prowadzi on kilkustopniową weryfikację uzyskiwanych wyników dla zapewnienia ich całkowitej porównywalności.

Cyrkulację atmosferyczną w Polsce w tym samym okresie opisują kierunki adwekcji mas powietrza oraz rodzaje układów barycznych. Określono je na podstawie własnej analizy codziennych map synoptycznych (z czterech terminów) Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Okres 1993-1997 charakteryzował się w Polsce małymi zmianami rocznej emisji dwutlenku siarki: 2,7 mln ton w 1993 r. i 2,4 mln ton w 1996 r. Niezmienna była w tym czasie lokalizacja głównych źródeł emisji SO₂ w Polsce, głównie elektrowni i elektrociepłowni. Podobna, jak w Polsce, tendencja spadkowa emisji związków siarki występowała wówczas w całej Europie.

Zastosowane metody badań

Zależność stężenia dwutlenku siarki w Polsce od kierunku adwekcji mas powietrza oraz od rodzaju układu barycznego określono wykorzystując stosunki korelacyjne:

$$e_{xy} = (S_{xy}^2 / S_x^2)^{1/2},$$

gdzie: S_x^2 - wariancja całkowita stężenia dwutlenku siarki,

S_{xy}^2 - wariancja średnich warunkowych stężeń dwutlenku siarki przy różnych kierunkach napływu mas powietrza lub różnych rodzajach układów barycznych.

Dla oceny istotności statystycznej stosunków korelacyjnych zastosowano statystykę F Snedecora:

$$F = e_{xy}^2 (n - s) / (1 - e_{xy}^2) (s - 1),$$

gdzie: n - liczebność próby,

s - liczba wyróżnionych kierunków adwekcji lub układów barycznych.

Weryfikowano hipotezę zerową, zakładającą brak zależności korelacyjnej stężenia dwutlenku siarki od rozpatrywanych czynników.

Prawdopodobieństwo przekraczania przez średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki określonych wartości progowych, w tym wartości dopuszczalnych według norm prawnych, określono na podstawie teoretycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa. Do danych empirycznych stężenia dwutlenku siarki z wybranych stacji pomiarowych dopasowano funkcje rozkładów teoretycznych:

rozkładu gamma: $f(x) = [1 / \Gamma(\lambda)] x^{\lambda-1} e^{-x}$,

rozkładu logarytmiczno-normalnego: $f(x) = 1 / x\delta (2\pi^{1/2}) \exp \{-[Y - E(y)]^2 / 2\delta^2\}$,

rozkład wykładniczego: $f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$,

gdzie: Γ - funkcja gamma, $E(Y)$ - wartość oczekiwana zmiennej $Y = \ln X$,

δ - odchylenie standardowe, λ - parametr funkcji.

Miarą dopasowania były wartości testu zgodności χ^2 oraz testu Kołmogorowa-Smirnowa.

Podobieństwo poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrza pod względem rozpatrywanych cech (średnie stężenia SO₂, percentyle 0,50 i 0,95 średniego dobowego stężenia SO₂, średnie oraz bardzo duże wzrosty i spadki stężenia SO₂ z dnia na dzień przy

danym kierunku adwekcji) na stacjach pomiarowych określono stosując analizę skupień (metodę aglomeracji). Zastosowano grupowanie hierarchiczne J. H. Warda, w którym skupienia są tworzone tak, by suma kwadratów odległości przy kolejnych łączeniach była jak najmniejsza. Za funkcję podobieństwa przyjęto odległości euklidesowe w przestrzeni wielowymiarowej:

$$d = [\sum (x_i - y_i)^2]^{1/2},$$

gdzie: x_i – wartość cechy w punkcie x , y_i – wartość cechy w punkcie y .

Cechy pola stężenia dwutlenku siarki w Polsce

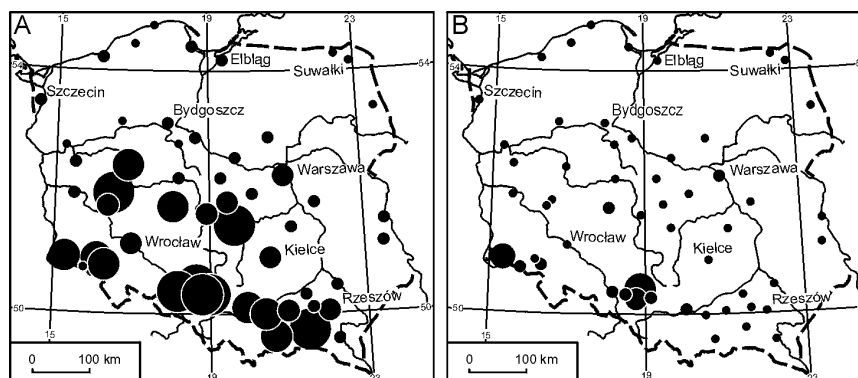
Polska należy do krajów europejskich o największym zanieczyszczeniu powietrza związkami siarki. Według danych Europejskiego Programu Monitoringu Środowiska średnie roczne stężenie dwutlenku siarki w 1994 r. w pozamiejskich obszarach Europy wahało się od poniżej 1 do ponad 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, w tym w Polsce od około 5 do powyżej 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tak duże zanieczyszczenie powietrza w Polsce dwutlenkiem siarki uwarunkowane jest dużą emisją własną tego gazu, położeniem w sąsiedztwie uprzemysłowionych regionów Europy oraz warunkami meteorologicznymi sprzyjającymi dużej koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu.

W pracy stwierdzono sezonową zmienność średniego dobowego stężenia dwutlenku siarki w Polsce z maksimum w miesiącach zimowych i minimum w miesiącach letnich (tab. 1, rys. 2).

Tabela 1. Średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki w porach roku i półroczach (w $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mean daily values sulphur dioxide concentration in seasons of the year and half-years (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stacje	Średnie dobowe stężenie	Pory roku				Półrocza	
		Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Chłodne	Ciepłe
Bytom	75,0	61,8	33,4	64,0	145,2	111,6	39,1
Kielce	14,8	12,2	3,2	10,6	33,9	25,3	4,5
Łeba	5,4	5,0	3,0	4,3	9,5	7,7	3,2
Suwalki	2,94	1,9	0,7	1,8	7,2	5,0	0,8
Warszawa	20,4	19,8	9,0	22,2	30,7	16,5	11,0



• poniżej 10 ● 10-20 ● 20-30 ● 30-50 ● ponad 50

Rys. 2. Średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki w Polsce w półroczach: A – chłodnym (X-III), B – ciepłym (IV-IX) w latach 1993-1997

Mean daily of sulphur dioxide concentrations in Poland in the cold (X-III) and warm (IV-IX) half-years in the period 1993-1997

Największe stężenie dwutlenku siarki w ciągu całego roku obserwuje się na Górnym Śląsku (w Bytomiu w półroczu chłodnym $111,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, w półroczu ciepłym $39,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Natomiast najmniej zanieczyszczone dwutlenkiem siarki jest powietrze w północnej części Polski. W tej części kraju, nawet w półroczu chłodnym, średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki jest mniejsze od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (w Suwałkach tylko $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a w półroczu ciepłym spada poniżej $5,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (w Suwałkach $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cykl roczny stężenia dwutlenku siarki w Polsce jest wynikiem sezonowych zmian emisji tego gazu, która jest większa zimą niż latem ze względu na dodatkowe jej źródła (małe elektrociepłownie, lokalne kotłownie i paleniska domowe). Cykl roczny stężenia SO_2 wynika również z okresowej zmienności warunków pogodowych. W półroczu ciepłym intensywniejsza jest transformacja dwutlenku siarki i jego usuwanie z atmosfery niż w półroczu chłodnym (wzmoczona konwersja fotochemiczna, większy zasięg warstwy mieszania turbulencyjnego, obfitsze opady atmosferyczne).

Tendencje średniego miesięcznego stężenia dwutlenku siarki w latach 1993-1997, określone równaniami prostych regresji są na ogół nieznacznie malejące i istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05.

Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w Polsce

Zależność średniego dobowego stężenia dwutlenku siarki od kierunku adwekcji mas powietrza jest na obszarze Polski z reguły istotna statystycznie. Regionami, gdzie zależność ta jest największa, są: wybrzeże i Górny Śląsk. Stosunki korelacyjne (r_{xy}) przekraczają tam 0,30-0,40. Zależność stężenia dwutlenku siarki od kierunku napływu mas powietrza zmienia się w ciągu roku i jest zróżnicowana przestrzennie. Jest ona uwarunkowana przede wszystkim położeniem punktów pomiarowych względem głównych źródeł emisji oraz sezonowymi zmianami szybkości przemian dwutlenku siarki.

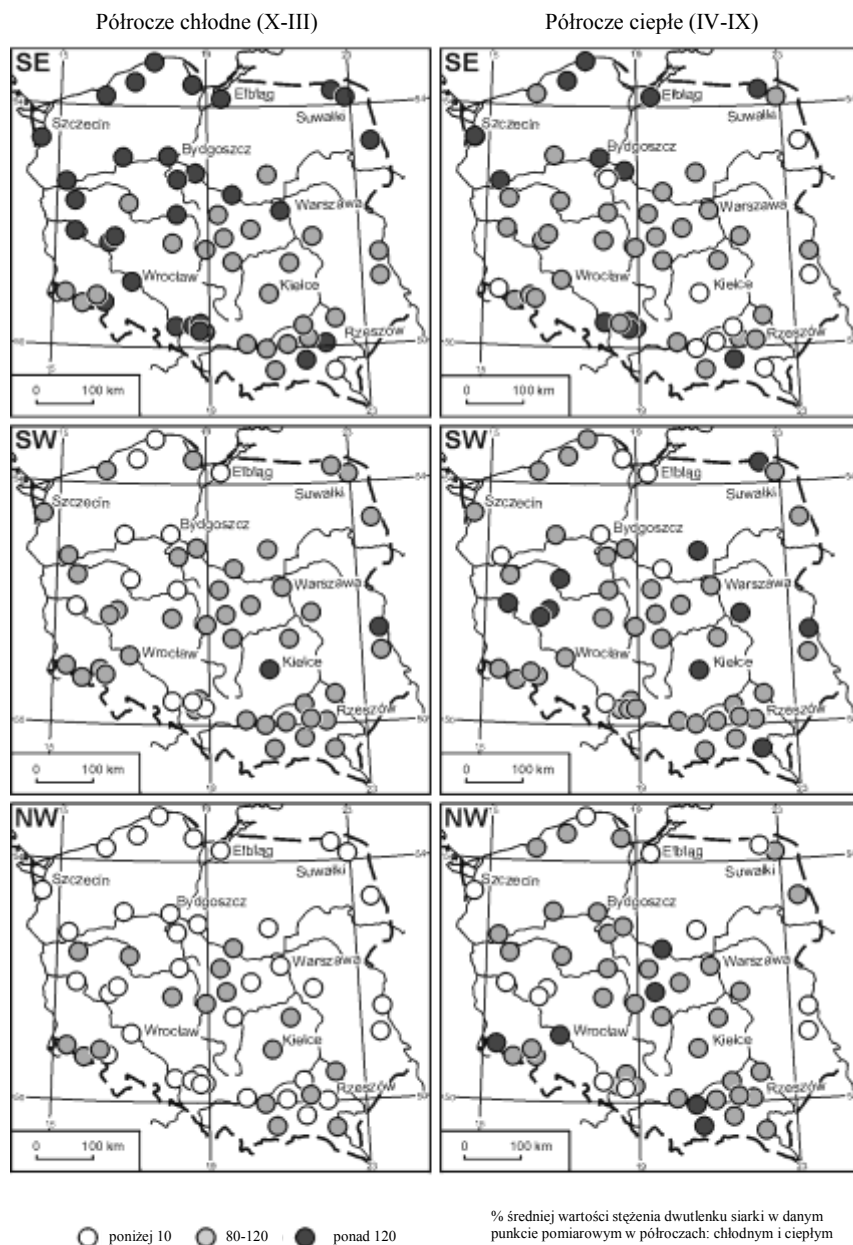
Największe stężenie SO_2 na większości obszaru Polski występuje przy napływie mas powietrza z kierunków: południowo-wschodniego i wschodniego, zwłaszcza w półroczu chłodnym (tab. 2, rys. 3). Obszarem o najgorszych warunkach aerosanitarnych jest wówczas Górny Śląsk, gdzie średnie dobowe stężenie SO_2 przekracza często $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Przy tej sytuacji synoptycznej miasta Górnego Śląska znajdują się w zasięgu oddziaływania dużych emitorów zlokalizowanych we wschodniej części tego obszaru (m.in. Elektrowni Jaworzno).

Tabela 2. Średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki w półroczu chłodnym przy różnych sytuacjach synoptycznych w wybranych punktach pomiarowych (w $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Daily average concentration of sulphur dioxide in the cool half-year for different synoptic situations in selected measurement points (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Stacje	Średnie dobowe stężenie	Kierunek napływu mas powietrza								
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Cisza
Bytom	111,6	74,2	93,7	144,7	164,5	123,2	99,5	78,7	68,5	118,7
Kielce	25,3	15,1	11,5	19,7	21,8	26,3	31,0	34,1	25,7	21,9
Łeba	7,7	3,2	8,1	14,4	16,6	11,6	5,4	3,2	3,0	6,7
Suwałki	5,0	1,6	4,0	5,2	8,6	6,2	4,3	3,1	3,5	5,0
Warszawa	29,2	19,8	29,2	31,1	45,4	41,6	25,3	20,3	17,4	28,9

Przy południowo-wschodnim kierunku adwekcji, także północna część Polski, zwłaszcza wybrzeże, charakteryzują się dużym stężeniem SO_2 , przekraczającym w półroczu chłodnym nieraz dwukrotnie wartość średnią w tej połowie roku. W Szczecinie podczas adwekcji mas powietrza z tego kierunku notowano przypadki stężenia SO_2 przekraczającego 50, a nawet $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Oznacza to, że głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza w tym regionie są przemysłowe obszary południowej i środkowej Polski.



Rys. 3. Średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki w Polsce przy adwekcji mas powietrza z południo-wschodu (SE), południo-zachodu (SW) i północno-zachodu (NW) w półroczach: chłodnym i ciepłym (1993-1997)

Mean daily values of sulphur dioxide concentration in Poland during the advection of air masses from south-east (SE), south-west (SW) and north-west (NW) in the cold and warm half-years (1993-1997)

Odmienna sytuacja panuje w południowej części Polski (poza obszarem Górnego Śląska), zwłaszcza w półroczu ciepłym (rys. 3). Największe stężenie SO_2 obserwuje się tutaj przy adwekcji mas powietrza z południo-zachodu i zachodu. Prawdopodobnie spowodowane jest to „importem” dwutlenku siarki emitowanego głównie w Niemczech i Czechach.

W ciągu całego roku najkorzystniejsze warunki aerosanitarne panują w całej Polsce przy adwekcji z północo-zachodu i północy. Przy napływie tych najczystszych mas powietrza średnie dobowe stężenie SO_2 na północy Polski jest mniejsze od $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (w półroczu chłodnym w Suwałkach tylko $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Mniejszy wpływ na średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki mają układy baryczne: cykloniczne i antycykloniczne. W półroczu chłodnym bardzo niekorzystny jest rozwój układów antycyklonicznych, które powodują wzrost koncentracji SO_2 nawet o 50%. Podczas pogody wyżowej mniej sprzyjające są warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza (mniejsza konwekcja i turbulencja). Znacznie korzystniejsza jest w półroczu chłodnym pogoda niżowa, podczas której średnie dobowe stężenie SO_2 jest mniejsze o 20-40% od wartości średniej. W półroczu ciepłym niekorzystny wpływ układów antycyklonicznych słabnie.

Rozkłady prawdopodobieństwa stężenia dwutlenku siarki w Polsce przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza i różnych układach barycznych

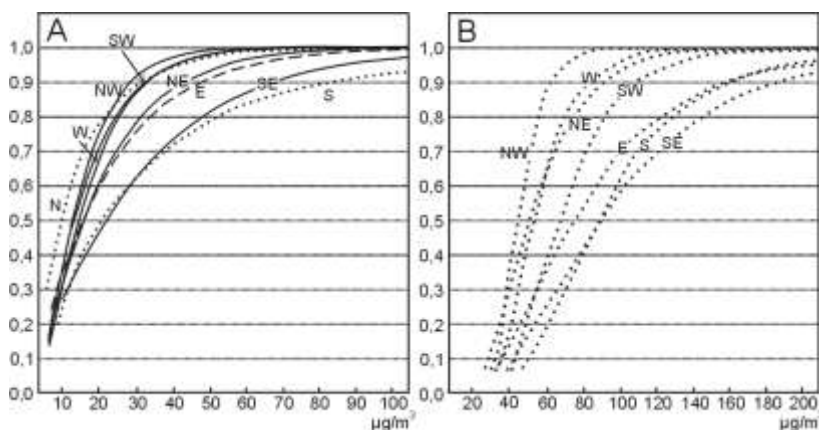
Istotne znaczenie metodyczne i poznawcze ma wyznaczenie teoretycznych rozkładów gęstości prawdopodobieństwa aproksymujących stężenie dwutlenku siarki przy różnych sytuacjach synoptycznych. Dane empiryczne opisano wykorzystując rozkłady: gamma, logarytmiczno-normalny i wykładniczy. Miara dopasowania były wartości testu χ^2 oraz testu Kołmogorowa-Smirnowa na poziomie istotności 0,05.

W przypadku stacji pomiarowych o dużym zanieczyszczeniu powietrza dwutlenkiem siarki i kierunków adwekcji sprzyjających dużej koncentracji SO_2 dane empiryczne najlepiej opisuje rozkład gamma. Histogramy stężeń SO_2 przy kierunkach adwekcji mas powietrza cechujących się małym zanieczyszczeniem lepiej opisuje rozkład wykładniczy. Uniwersalny jest rozkład logarytmiczno-normalny, który najczęściej jest najlepiej opisującym histogramy stężenia dwutlenku siarki.

Na podstawie dystrybuant wybranych rozkładów wyznaczyć można najwyższe wartości stężenia SO_2 , jakich można oczekiwać przy poszczególnych kierunkach adwekcji mas powietrza. Są one najczęściej bardzo zróżnicowane. Np. w Warszawie (na zachodnich krańcach miasta) średnie dobowe stężenie SO_2 , które z prawdopodobieństwem 98% nie będzie przekroczone, przy napływie mas powietrza z północo-zachodu wynosi $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$, przy napływie mas powietrza z południa – $117 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rys. 4). W Bytomiu analogiczne wartości stężenia wynoszą: przy adwekcji mas powietrza z północo-zachodu – $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, przy adwekcji z południo-wschodu – $288 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rys. 4).

Istotne znaczenie praktyczne ma to, że dystrybuanty teoretyczne poszczególnych rozkładów umożliwiają wyznaczenie prawdopodobieństwa przekroczenia średnich dobowych wartości stężenia dopuszczalnych według norm prawnych: $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na obszarach chronionych, a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na obszarach specjalnie chronionych. W pracy wyznaczono prawdopodobieństwo przekraczania tych wartości przy różnych sytuacjach synoptycznych we wszystkich stacjach, w których stwierdzono systematyczne przekroczenia norm. We wszystkich

rozpatrywanych punktach zagrożenie wystąpieniem tak dużego stężenia SO_2 pojawia się tylko przy niektórych kierunkach adwekcji (tab. 3). Np. w Bytomiu prawdopodobieństwo przekroczenia normy $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przy napływie mas powietrza z południo-wschodu wynosi aż 7,5%, natomiast przy napływie mas powietrza z zachodu lub północno-zachodu w ogóle nie ma zagrożenia tak dużym stężeniem SO_2 . W Warszawie prawdopodobieństwo wystąpienia tak wysokiej koncentracji dwutlenku siarki pojawia się wyłącznie przy adwekcji mas powietrza z kierunków od południowego (2,0%) do południowo-wschodniego (0,1%).



Rys. 4. Krzywe dystrybuant teoretycznych rozkładów prawdopodobieństwa: logarytmiczno-normalnego (linia kropkowana), gamma (linia ciągła), wykładniczego (linia przerywana) średniego dobowego stężenia dwutlenku siarki przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza w Warszawie (A) i Bytomiu (B)

Curves of the cumulative distribution functions of the following probability distributions: log-normal (dotted line), gamma (continuous line) and exponential (broken line) of the mean daily sulphur dioxide concentrations for different directions of the air masses inflow in Warsaw (A) and Bytom (B)

Tab. 3. Prawdopodobieństwo przekroczenia przez średnie dobowe stężenie dwutlenku siarki $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ przy różnych kierunkach napływu mas powietrza

Probabilities that the mean daily sulphur dioxide concentration will exceed $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for various directions of the air inflow

Stacje	Kierunek napływu mas powietrza							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Bytom	x	0,1	4,2	7,5	3,1	0,1	0,0	0,0
Katowice	x	0,2	2,8	2,2	0,3	0,0	0,0	x
Warszawa	0,0	0,0	0,0	0,1	2,0	0,0	0,0	0,0

x – brak oszacowania

Zróżnicowanie prawdopodobieństwa wystąpienia określonych wartości stężenia dwutlenku siarki przy różnych rodzajach układów barycznych jest znacznie mniejsze. Interesujące jest, że w większości przypadków zarówno bardzo małe, jak i bardzo duże wartości stężenia dwutlenku siarki są bardziej prawdopodobne przy układach antycyklonicznych niż przy cyklonicznych.

Synchroniczność zmian stężenia dwutlenku siarki na terenie Polski

Analiza zmienności stężenia dwutlenku siarki z dnia na dzień pozwoliła stwierdzić, że obszar Polski jest pod tym względem bardzo zróżnicowany. W północnej części kraju

dominują bardzo małe zmiany stężenia z dnia na dzień (rzędu $\pm 1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a przypadki zmian przekraczających $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zdarzają się sporadycznie. W Polsce Południowej duże wahania stężenia SO_2 ($\pm 20-50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) są częste, w skrajnych przypadkach występować mogą wzrosty lub spadki stężenia przekraczające $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Skokowe wzrosty stężenia dwutlenku siarki pojawiają się w większości obszaru Polski szczególnie często w dniach z adwekcją mas powietrza z południo-wschodu i wschodu (zarówno pierwszego dnia, jak i w kolejnych dniach napływu mas powietrza z tych kierunków). Znacznym wzrostom koncentracji dwutlenku siarki sprzyja też sytuacja bezadwekcyjna.

Poszczególne kierunki adwekcji mas powietrza są znacznie mniej zróżnicowane pod względem częstości dużych spadków stężenia SO_2 z dnia na dzień.

Jak wykazano, napływ najczystszych w warunkach polskich mas powietrza z sektora północnego prowadzi do zminimalizowania i znacznego ujednoczenia zmian stężenia SO_2 w całym kraju. Świadczą o tym współczynniki korelacji, wiążące opisywane zmiany w różnych punktach pomiarowych, które w przypadku wielu punktów, nawet odległych, przekraczają 0,50-0,60. Z kolei adwekcja mas powietrza z południa i południo-wschodu oraz sytuacja bezadwekcyjna w największym stopniu różnicują poszczególne regiony.

Podobieństwo stanu zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki w poszczególnych regionach Polski przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza

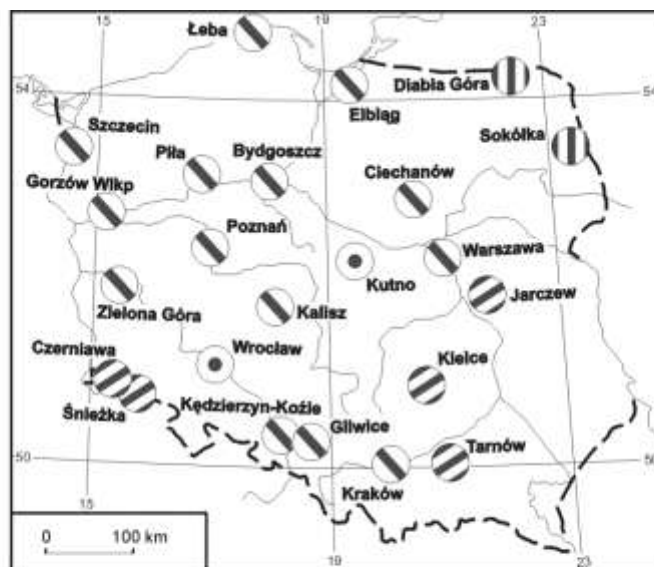
Stan zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki w Polsce opisano przez: średnie, małe (percentyl 0,50) i bardzo duże (percentyl 0,95) stężenie, średnie wzrosty i spadki stężenia z dnia na dzień, bardzo duże spadki (percentyl 0,05) i bardzo duże wzrosty (percentyl 0,95) stężenia z dnia na dzień przy określonych kierunkach adwekcji.

Na podstawie macierzy informacji (odległości euklidesowe w przestrzeni wielowymiarowej) wyodrębniono metodą J. H. Warda kierunki, przy których stan aerosanitarny w poszczególnych punktach pomiarowych jest zbliżony. Porównanie dendrogramów grupowania hierarchicznego z różnych punktów pomiarowych pozwoliło wykazać wyraźne zróżnicowanie obszaru Polski pod względem podobieństwa bądź niepodobieństwa stanu aerosanitarnego przy poszczególnych kierunkach adwekcji mas powietrza.

Ogólnie, w Polsce wyróżnić można obszary, w których przeciwstawić można (jako stwarzające odmienne warunki aerosanitarnie) następujące sektory adwekcji mas powietrza (rys. 5):

- wschód – południe (E-S) i zachód – północ (W-N),
- północ-zachód – północ-wschód (NW-NE) i południo-wschód – południo-zachód (SE-SW),
- południo-zachód (S-W) i północ – wschód (N-E).

Pierwszy z wyróżnionych obszarów obejmuje północno-zachodnią, środkową oraz częściowo południową Polskę. Warunki aerosanitarnie panujące tutaj w czasie napływu mas powietrza z sektora południowo-wschodniego różnią się od typowych w dniach z adwekcją z sektora północno-zachodniego pod względem wszystkich rozpatrywanych cech. Najwyraźniej różnica ta zaznacza się na wybrzeżu. Sektory: południowo-wschodni (napływ mas znad lądu) i północno-zachodni (napływ mas znad morza) dzieli tutaj stopień niepodobieństwa maksymalny w skali wszystkich rozpatrywanych w pracy punktów pomiarowych. Różnica między warunkami aerosanitarnymi panującymi przy adwekcji mas powietrza z tych sektorów zmniejsza się w głębi lądu, w wyniku większego rozproszenia źródeł emisji SO_2 .



Stacje, na których największym niepodobieństwem w stosunku do siebie odznaczają się sektory:

☉ północno-zachodni (korzystny) i południowo-wschodni (niekorzystny)

☉ północny (korzystny) i południowy (niekorzystny)

☉ północno-wschodni (korzystny) i południowo-zachodni (niekorzystny)

● Stacje bez wyraźnego układu podobieństwa poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrza

Rys. 5. Kierunki adwekcji, przy których zanieczyszczenie powietrza dwutlenkiem siarki jest maksymalnie różne

Stacje, na których największym niepodobieństwem w stosunku do siebie odznaczają się sektory:

▪ północno-zachodni (korzystny) i południowo-wschodni (niekorzystny)

▪ północny (korzystny) i południowy (niekorzystny)

▪ północno-wschodni (korzystny) i południowo-zachodni (niekorzystny)

Stacje bez wyraźnego układu podobieństwa poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrza

Directions of the air inflow for which pollution of the air with the sulphur dioxide displays the biggest differentiation

Stations, at which the largest dissimilarity characterises the sectors:

▪ north-western (advantageous) and south-eastern (disadvantageous)

▪ northern (advantageous) and southern (disadvantageous)

▪ north-eastern (advantageous) and south-western (disadvantageous)

Stations without a clear setting of similarities between the individual directions of the air inflow

Wschodnia oraz południowa część kraju wykazują pod omawianym względem pewną odrębność. Na północno-wschodzie sektorami przeciwstawnymi sobie pod względem warunków aerosanitarnych są północny i południowy, w południowo-zachodniej Polsce oraz na obszarze położonym na wschód północno-wschód od Górnego Śląska i Krakowa kierunki południowo-zachodni i północno-wschodni.

Wnioski końcowe

- Przeprowadzona analiza umożliwiła sformułowanie następujących najważniejszych wniosków:
- cyrkulacja atmosferyczna w istotny sposób wpływa na zanieczyszczenie powietrza w Polsce dwutlenkiem siarki, przy czym rola kierunku adwekcji mas powietrza jest znacznie silniejsza niż rola rodzaju układu barycznego;
 - zależność zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki od kierunku adwekcji mas powietrza najsilniej zaznacza się na Górnym Śląsku oraz na wybrzeżu, zależność od rodzaju układu barycznego – na Górnym Śląsku;
 - w północnej części Polski oraz na Górnym Śląsku dużej koncentracji dwutlenku siarki w powietrzu sprzyja adwekcja mas powietrza z sektora południowo-wschodniego, małej – napływ mas powietrza z północo-zachodu. W południowo-zachodniej i południowo-wschodniej części kraju rośnie negatywna rola adwekcji mas powietrza z południowo-zachodu i zachodu oraz pozytywna – adwekcji mas powietrza z północo-wschodu;
 - średnie oraz maksymalne wartości stężenia dwutlenku siarki przy napływie mas powietrza z kierunków sprzyjających złym warunkom aerosanitarnym mogą być nawet kilkakrotnie większe niż przy adwekcji z kierunków, przy których warunki aerosanitarnie są najlepsze.

Praktyczny aspekt wyników badań

Zależność zanieczyszczenia powietrza związkami siarki od warunków meteorologicznych to jeden z ważniejszych problemów rozwiązywanych w literaturze naukowej. Powodem tego jest bardzo silny negatywny wpływ, jaki substancje te wywierają na zdrowie ludzi, szatę roślinną, świat zwierzęcy, budowlę i urządzenia techniczne.

Dlatego też, zarówno ocena stanu aerosanitarnego Polski, jak i jego powiązanie z warunkami cyrkulacyjnymi mają istotne znaczenie praktyczne. Uwzględnienie danych z licznych punktów pomiarowych oraz wykazanie prawidłowości przestrzennych prezentowanego układu zależności pozwalają na pewne rozszerzenie wyników na obszary, na których nie jest prowadzony monitoring zanieczyszczeń powietrza. Wyniki te mogą również posłużyć do prognozy stanu aerosanitarnego w poszczególnych regionach przy różnych sytuacjach synoptycznych. Szczególnie istotne znaczenie praktyczne ma określenie prawdopodobieństwa osiągnięcia przez stężenie dwutlenku siarki dużych wartości, w tym przekraczających normy prawne, przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza. Dane te można uwzględniać w planowaniu przestrzennym, przede wszystkim przy projektowaniu ogólnej lokalizacji nowych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza.

Bożena Kicińska

THE IMPACT OF THE ATMOSPHERIC CIRCULATION ON THE CONCENTRATION OF SULPHUR DIOXIDE IN THE AIR IN POLAND

SUMMARY

There has been presented the impact of the direction of the air masses advection and the type of atmospheric pressure on the concentration of SO₂ in Poland. The daily data from 54 measurement taken in the years 1993-1997 have been analysed.

It has been proved that atmospheric circulation has a strong influence on the air pollution with SO₂ in Poland. The role of the direction of air masses advection is stronger than the role of the type of atmospheric pressure. In Northern Poland and Upper Silesia the high concentration of SO₂ is caused by the advection of air masses from South-East, the low concentration - by the advection from North-West. In the South-East and the South-West of