

CHARAKTERYSTYKA STANÓW RÓWNOWAGI ATMOSFERY  
NA STACJI MIEJSKIEJ URSYNÓW SGGW  
I STACJI PODMIEJSKIEJ LEGIONOWO

*Katarzyna Rozbicka, Grzegorz Majewski, Tomasz Rozbicki*

Zakład Meteorologii i Klimatologii,  
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska, SGGW  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: tomasz\_rozbicki@sggw.pl

**Streszczenie.** Jednym z czynników wpływających na dyspersję zanieczyszczeń w powietrzu, wymienną materii i energii między podłożem a atmosferą jest stan równowagi atmosfery. Istnieje wiele metod oznaczania stanów równowagi, które w różny sposób wykorzystują i przetwarzają dane o podstawowych elementach meteorologicznych. Stąd też określenie stanów równowagi wykonane różnymi metodami może dawać różne rezultaty. W niniejszym opracowaniu określono stan równowagi atmosfery za pomocą metody opartej na wyznaczeniu parametru długości Monina – Obuchowa w stacjach położonych w różnych warunkach: Ursynowie (położonej w obrębie miasta) i Legionowie (położonej poza miastem). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że charakter stanów równowagi atmosfery występujących na dwóch rozpatrywanych stacjach jest zbliżony w okresie dnia, z wyraźną przewagą równowagi obojętnej i odmienny w okresie nocy.

**Słowa kluczowe:** stany równowagi atmosfery, stacja podmiejska, stacja miejska

WSTĘP

Jednym z ważniejszych wskaźników wpływających na dyspersję zanieczyszczeń w atmosferze są stany równowagi atmosfery, które obecnie są uwzględniane także w wielu modelach dyspersji zanieczyszczeń. Stan równowagi jest wskaźnikiem syntetycznym, określanym na podstawie danych o podstawowych elementach meteorologicznych, które mogą być zmierzone. Istnieje wiele różnych metod oznaczania stanów równowagi atmosfery, które w różny sposób wykorzystują i przetwarzają dane o podstawowych elementach meteorologicznych, stąd też oznaczenia stanów równowagi, wykonane różnymi metodami mogą różnić się między sobą. Najczęściej spotykane metody to: ocena na podstawie pionowego profilu temperatury, ocena na

podstawie danych z zespołu naziemnych pomiarów i obserwacji (schemat Pasquilla), ocena na podstawie pomiarów gradientowych (gradientowa liczba Richardsons –  $Ri$ ) i akustyczny sondaż atmosfery (pomiarów sodarowe).

W niniejszym opracowaniu wyznaczono stany równowagi atmosfery na podstawie metody Monina-Obuchowa. Metody oparte na wyznaczaniu długości Monina-Obuchowa ( $L$  lub  $1/L$ ) należą do najbardziej nowoczesnych i wiarygodnych metod obliczeniowych, porównywalnych z bezpośrednimi wynikami pomiarów sodarowych, które odpowiadają współczesnemu stanowi wiedzy o stanach atmosfery. Metoda Monina-Obuchowa jest metodą rekomendowaną do szerokiego zastosowania w kraju i zastąpienia anachronicznego schematu Pasquille'a. Została ona zaimplementowana w automatycznej stacji meteorologicznej skonstruowanej w Zakładzie Teledetekcji Atmosfery IMGW w Krakowie (Burzyński 2004).

Celem pracy było wyznaczenie i charakterystyka stanów równowagi atmosfery w warstwie przyziemnej metodą Monina-Obuchowa na dwóch różnych typach stacji: Ursynów SGGW (stacja miejska położona na peryferiach Warszawy) i w Legionowie (stacja podmiejska).

#### MATERIAŁ I METODA

W opracowaniu wykorzystano gradientowe dane meteorologiczne pochodzące z automatycznej stacji meteorologicznej Ursynów SGGW i dane z pomiarów sondażowych z Ośrodka Aerologii IMGW w Legionowie (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>) z okresu 1 I 2004-31 V 2005 r. Na stacji Ursynów SGGW dane pochodzą z wysokości 2 i 22 m n.p.g., natomiast z Ośrodka Aerologii w Legionowie z 2 m n.p.g., a górny poziom jest różny dla poszczególnych dni i zawiera się w zakresie od 20 do 600 m n.p.g. Wykorzystano wartości chwilowe temperatury powietrza i prędkości wiatru z godziny 12 i 00 czasu UTC. Materiał pomiarowy podzielono na półrocze ciepłe (IV-IX) i chłodne (X-III). Wyniki pomiarowe z godziny 12 przyjęto jako reprezentatywne dla okresu dnia, a wyniki pochodzące z godziny 00 – reprezentatywne dla okresu nocy. Ośrodek Aerologii IMGW w Legionowie na terenie, którego znajduje się stacja monitoringu jakości powietrza (MzLegionZegIMGW) należy do typu stacji podmiejskiej o reprezentatywności obszarowej do kilkudziesięciu kilometrów średnicy. Ośrodek Aerologii wraz ze stacją położony jest na terenie otwartym, którego powierzchnia pokryta jest trawą. Odległość od głównych ulic wynosi około 80 m, a od przeszkód (drzewa, budynki) jest znaczna. Natomiast stacja monitoringu atmosfery Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – Ursynów SGGW położona jest w południowej, peryferyjnej dzielnicy Warszawy – Ursynowie, na terenie miasteczka akademickiego – 9 km na południe od centrum miasta. Zaliczana jest do typu stacji miejskiej, której reprezentatywność obszarowa wynosi do kilku kilometrów średnicy.

Na podstawie uzyskanych danych dla obydwu stacji: Ursynów SGGW i Legionowo dla okresu dnia i nocy obliczono stany równowagi atmosfery metodą długości skali Monina-Obuchowa ( $L$ ) oraz wyznaczono gradienty temperatury powietrza. Dodatkowo dla stacji Ursynów SGGW obliczono różnice temperatury powietrza pomiędzy wysokością 2 a 22 m n.p.g. ( $t_2 - t_{22}$ ) dla sześciu klas równowagi atmosfery. Wyznaczono dla nich następujące charakterystyki statystyczne: średnia, mediana, wartość minimalna i maksymalna oraz odchylenie standardowe.

W opracowaniu zastosowaną metodą wyznaczania stanów równowagi atmosfery jest skala długości Monina-Obuchowa ( $L$ ).

Preprocesor meteorologiczny jest to zespół algorytmów obliczeniowych służących do wyznaczania parametrów granicznej warstwy atmosfery oraz pionowych rozkładów wiatru i temperatury powietrza na podstawie danych pomiarowych z sieci stacji meteorologicznych oraz sondaży aerologicznych. Dane wejściowe do preprocesora są zadawane w trybie chronologicznym. Preprocesor meteorologiczny pozwala na pełniejsze wykorzystanie danych dostępnych ze stacji meteorologicznej, dzięki niemu możliwe jest podwyższenie jakości obliczeń za pomocą modeli rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym (Markiewicz 2004). Obok podstawowych parametrów granicznej warstwy atmosfery dodatkowymi parametrami są m. in. prędkość tarcia zwana prędkością dynamiczną ( $u_*$ ), skala temperatury potencjalnej ( $\theta_*$ ) oraz skala długości Monina-Obuchowa ( $L$ ). Jedną z metod pozwalającą na oszacowanie wartości tych parametrów zaproponowana została przez van Uldena i Holstlaga (za: Markiewicz 2004). Oparta jest ona na pionowych profilach prędkości wiatru i temperatury potencjalnej w warstwie powierzchniowej. Metoda ta daje dobre oszacowanie parametrów pod warunkiem, że różnica temperatury na dwóch wysokościach jest mierzona dokładnie i różnica tych wysokości jest dość duża (zaleca się pomiar gradientowy na poziomach 2 m i 10 m – w przypadku obliczeń dla stacji SGGW przyjęto poziomy 2 m i 22 m n.p.g.). Pomiary prędkości wiatru należy wykonywać na jednym poziomie ( $z_1$ ) a pomiary temperatury na dwóch ( $z_2$ ) i ( $z_3$ ).

Prędkość dynamiczna ( $u_*$ ) i skala temperatury potencjalnej ( $\theta_*$ ) określone są na podstawie teorii podobieństwa Monina-Obuchowa dla warstwy przyziemnej, jako funkcje pionowych profili prędkości wiatru ( $u(z)$ ) i temperatury potencjalnej ( $\theta(z)$ ).

Skala długości Monina-Obuchowa obliczana jest z zależności:

$$L = \frac{u_*^2}{\kappa \cdot \beta \cdot \theta_*}$$

gdzie:  $u_*$  – prędkość tarcia,  $\kappa$  – stała von Karmana,  $\beta$  – parametr wyporu ( $\beta = g/T$ ),  $\theta_*$  – skala temperatury potencjalnej, a prędkość dynamiczną i skalę temperatury potencjalnej wykorzystano ze wzorów van Uldena i Holstlaga (za: Markiewicz 2004).

Określenie skali długości Monina-Obuchowa ( $L$ ) polega na rozwiązaniu układu równań. W wyniku podstawienia po obu stronach równania pojawia się element ( $L$ ), należy zastosować metodę iteracyjną (kolejnych przybliżeń). Zazwyczaj po trzykrotnym lub czterokrotnym kroku obliczeń uzyskuje się ostateczną wartość skali długości Monina-Obuchowa ( $L$ ) dla zadanych warunków meteorologicznych. Oceny stanów równowagi dokonano według podziału Wamsera względem obliczonej odwrotności skali  $L - 1/L$  (Walczewski red. 2000).

### WYNIKI

Stan równowagi atmosfery określa zdolność atmosfery do pobudzania lub hamowania ruchów pionowych, w konsekwencji do intensyfikacji lub ograniczania procesów mieszania. Decyduje on o pionowej wymianie materii i energii między podłożem a atmosferą. Znajomość stanów równowagi atmosfery ma duże znaczenie m.in. przy określaniu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym, zarówno w warstwie przygruntowej (do kilkunastu metrów), jak i w swobodnej atmosferze (w warstwie kilkuset metrów).

Tabela 1 prezentuje częstość stanów równowagi atmosfery na rozpatrywanych stacjach w półroczu ciepłym i chłodnym. W półroczu ciepłym w ciągu dnia zdecydowanie najwyższą częstość zanotowano w przypadku równowagi obojętnej (D) zarówno na stacji Ursynów SGGW (87,5%), jak i na stacji w Legionowie (80,9%). Następnie, ale znacznie niższą częstość notowana jest dla równowagi lekko chwiejnej (C): Ursynów SGGW (13,2%), Legionowo (8,1%). Łącznie równowaga chwiejna (A, B, C) w ciągu dnia na stacji Ursynów SGGW stanowi 18,3%, a na stacji w Legionowie 11,8%. Brak lub bardzo nieznaczna częstość zanotowano w ciągu dnia w przypadku równowagi stałej (E) lub wybitnie stałej (F) na obydwu stacjach. Podobny rozkład częstości można zauważyć w półroczu chłodnym dla dnia na analizowanych stacjach.

Odmienny rozkład częstości i jednocześnie zróżnicowany na rozpatrywanych stacjach zauważa się w półroczu ciepłym w nocy. Na stacji Ursynów SGGW najwięcej, bo 50,7% stanowi równowaga stała (E 14,7%, F 36,0%) podczas, gdy w Legionowie stanowi ona zaledwie 18,6%. W Legionowie najczęściej notuje się równowagę obojętną (D) 81,3%, a na stacji Ursynów SGGW i stanowi ona zaledwie 26,7%. Natomiast równowaga chwiejna (A, B, C) w tym okresie występuje tylko na stacji Ursynów 22,6%, brak takich przypadków w Legionowie.

W półroczu chłodnym w porównaniu z półroczem ciepłym w okresie nocy dominuje równowaga obojętna (D) na obydwu stacjach: Ursynów 57,0%, Legionowo aż 94,7%. Ponadto w Ursynowie SGGW notuje się stosunkowo wysoką częstość dla równowagi chwiejnej 33,2% (Legionowo zaledwie 2,0%). Natomiast równowaga stała (E, F) występuje w Legionowie 3,3%, a w Ursynowie 9,9%. Zróżnicowanie częstości stanów równowagi obrazuje rysunek 1.

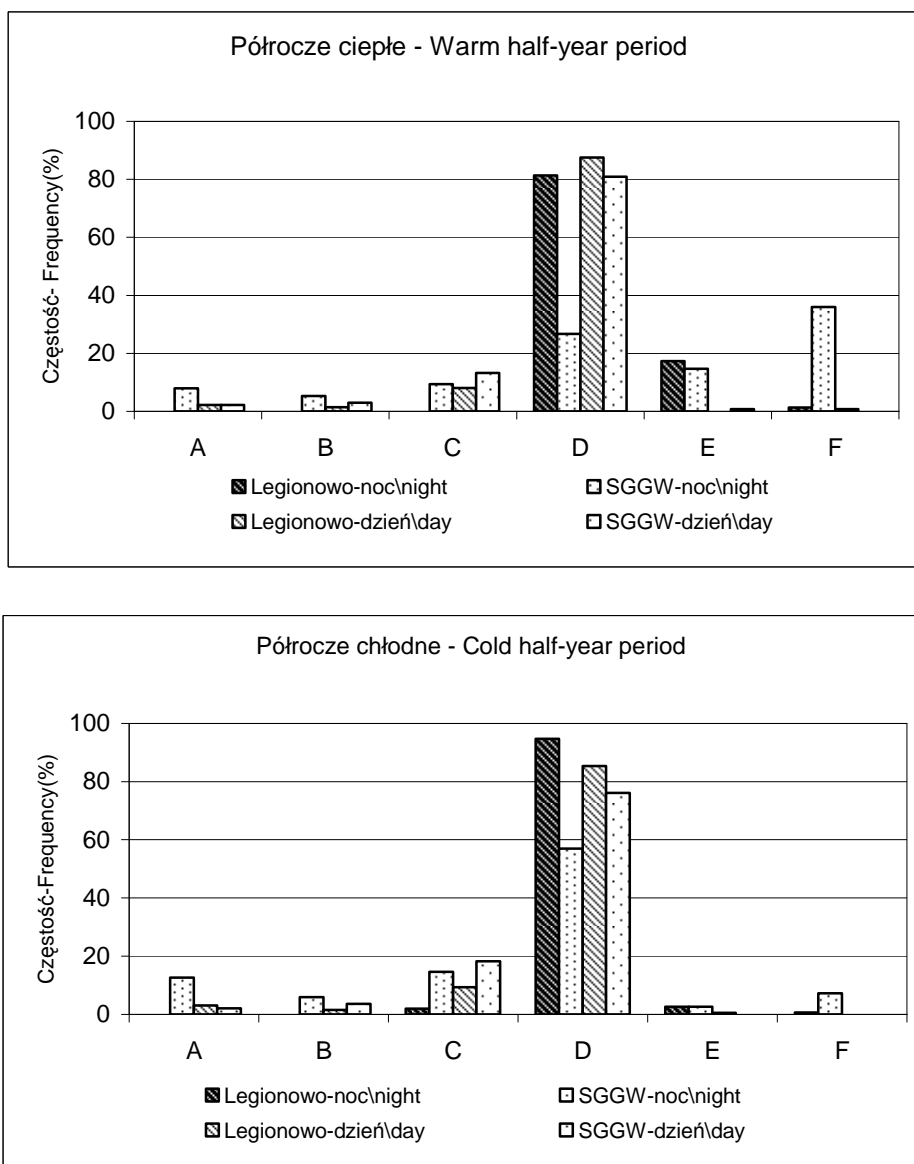
Na powyższych stacjach najbardziej odmienny rozkład częstości występuje w półroczu ciepłym w ciągu nocy. Na stacji Ursynów SGGW w tym okresie dominuje równowaga stała (E, F) 50,7%, a w Legionowie równowaga obojętna (D) 81,3%. Jednocześnie w tym samym okresie na stacji Ursynów SGGW występuje równowaga chwiejna (A, B, C) 22,6%, której w ogóle nie notuje się na stacji w Legionowie. Godłowska (2004) w swojej pracy również wykazuje równowagę C – słabo chwiejną w nocy i tłumaczy ją tzw. konwekcją nocną. Konwekcje nocne charakteryzują się mało zmienną różnicą temperatur, ze średnią nieco poniżej 0°C. Podobny obraz zmienności różnic temperatury obserwujemy w równowadze D związanej z dużą prędkością wiatru i czasami w równowadze E, co wydaje się wskazywać na to, że konwekcje nocne mogą być stanem pośrednim między tymi stanami równowagi. Autorka wyznaczone

**Tabela 1.** Częstość (%) stanów równowagi atmosfery na stacjach Ursynów SGGW i Legionowo w półroczu ciepłym i chłodnym w okresie I I 2004-31 V 2005 r.

**Table 1.** Frequency of atmosphere stability (%) at stations Ursynów WULS-SGGW and Legionowo in the warm and cold half-year seasons in the period of 1<sup>st</sup> Jan 2004 -31<sup>st</sup> May 2005

Stan równowagi atmosfery Stability of the atmosphere	Legionowo noc/night	Ursynów SGGW noc/night	Legionowo dzień/day	Ursynów SGGW dzień/day
Półrocze ciepłe – Warm half-year season (IV-IX)				
A	0,0	8,0	2,2	2,2
B	0,0	5,3	1,5	2,9
C	0,0	9,3	8,1	13,2
D	81,3	26,7	87,5	80,9
E	17,3	14,7	0,0	0,7
F	1,3	36,0	0,7	0,0
Półrocze chłodne – Cold half-year season (X-III)				
A	0,0	12,6	3,1	2,1
B	0,0	6,0	1,6	3,6
C	2,0	14,6	9,4	18,2
D	94,7	57,0	85,0	76,0
E	2,6	2,6	0,5	0,0
F	0,7	7,3	0,0	0,0

Objaśnienia stanów równowagi atmosfery – explanation of stability of the atmosphere: A – silnie chwiejna/extremely unstable, B – umiarkowanie chwiejna/moderately unstable, C – lekko chwiejna/slightly unstable, D – obojętna/neutral, E – stała/stable, F – wybitnie stała/extremely stable.



**Rys. 1.** Częstość (%) stanów równowagi atmosfery na stacjach: Ursynów SGGW i Legionowo w półroczu ciepłym i chłodnym w okresie 1 I 2004-31 V 2005 r.

**Fig. 1.** Frequency (%) of atmospheric stability at stations Ursynów WULS-SGGW and Legionowo in the warm and cold half-year season in the period of 1<sup>st</sup> Jan 2004-31st May 2005

stany równowagi atmosfery na podstawie różnic temperatur ( $t_2-t_{10}$ ) porównywała i weryfikowała z pomiarami sodarowymi, których wyniki oceniła jako zbieżne. Podobne wyniki uzyskano z obliczeń gradientów temperatury dla nocy w półroczu ciepłym, zbliżona częstość 40-50% przypadków z średnim gradientem  $t<0^{\circ}\text{C}$  i  $t>0^{\circ}\text{C}$  na Ursynowie i zdecydowanie więcej przypadków dla średniego gradientu  $t<0^{\circ}\text{C}$  (71,2%), a zaledwie 19,2% przypadków dla średniego gradientu  $t<0^{\circ}\text{C}$ . Natomiast w półroczu chłodnym w tym okresie w Ursynowie było 84,2% przy średnim gradientie  $t<0^{\circ}\text{C}$ , a w Legionowie 56,1% przy średnim gradientie  $t>0^{\circ}\text{C}$ . Dla dnia w obydwu półroczach było podobnie powyżej 85% dla średniego gradientu  $t>0^{\circ}\text{C}$  (tab. 2).

Dodatkowe obliczenia wartości różnic temperatury powietrza  $t_2 - t_{22}$  dla stacji Ursynów SGGW w obydwu półroczach dla poszczególnych klas równowagi atmosfery wykazały, że w równowadze stałej (E, F) najczęściej obserwowano ujemną różnicę temperatury od  $-0,1$  do  $-3,6^{\circ}\text{C}$ . W równowadze chwiejnej występowały dodatnie wartości różnic temperatury, z wahaniami od  $0,1$  do  $1,3^{\circ}\text{C}$ . W równowadze obojętnej obserwowano zarówno dodatnie, jak i ujemne wartości temperatury, ze zmiennością od  $-0,2$  do  $1,3^{\circ}\text{C}$  (tab. 3). Graficzny rozkład wartości różnic temperatur ( $t_2 - t_{22}$ ) przedstawiony jest na rysunku 2a – w półroczu ciepłym i rys. 2b – w półroczu chłodnym.

Zarówno dla półroczu ciepłego, jak i chłodnego średnia różnica temperatury ( $t_2 - t_{22}$ ) jest nieznacznie dodatnia w stanach równowagi chwiejnej (A, B, C) i obojętnej (D) oraz nieznacznie ujemna w stanie równowagi stałej (E,F). Dla równowagi F brak przypadków podczas dnia. Zwraca uwagę bardzo mała wartość odchylenia standardowego w równowadze C (lekko chwiejnej) występującej w nocy w obydwu półroczach, a także w półroczu chłodnym w nocy przy równowadze B (chwiejnej) oraz równowadze E (stałej). Natomiast najwyższe wartości odchylenia standardowego zanotowano w równowadze F (wybitnie stałej) w nocy. Jednak wartości odchylenia standardowego we wszystkich przypadkach są poniżej 1,0. W porównaniu z analizą Godłowskiej (2004) wartości odchylenia standardowego wahały się od 0,2 do 1,7. Według Godłowskiej większe odchylenia standardowe w równowadze E i F są przede wszystkim wynikiem narastania gradientu temperatury w ciągu nocy, nie zaś samych fluktuacji. Analiza histogramów różnic temperatur ( $t_2 - t_{22}$ ) pozwala stwierdzić, że większość wartości w stanach równowagi A, B, C i D jest mniejsza od  $1,0^{\circ}\text{C}$ , a większość wartości w równowadze E i F większa od  $-1,0^{\circ}\text{C}$ .

**Tabela 2.** Wartości gradientów temperatury powietrza na stacjach: Ursynów SGGW i Legionowo  
**Table 2.** Values of environmental lapse rate at stations Ursynów WULS-SGGW and Legionowo

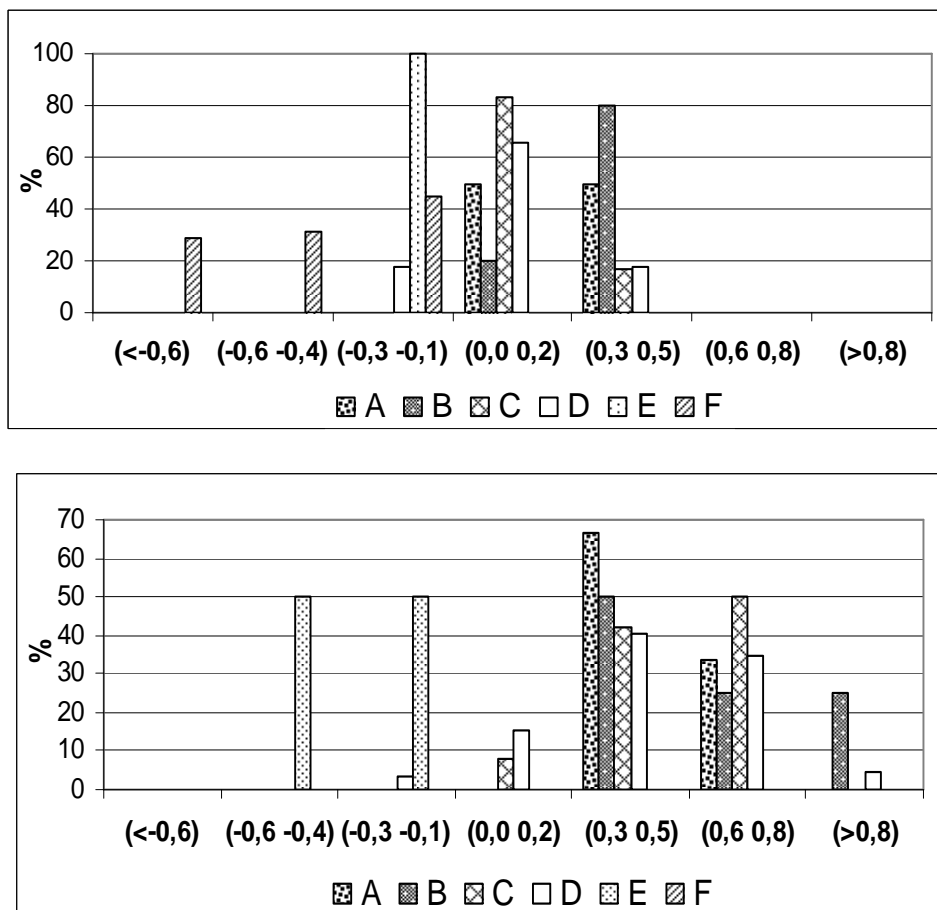
Charakterystyki Characteristic parameters	Legionowo- noc/night	Ursynów SGGW- noc/night	Legionowo- dzień/day	Ursynów SGGW- dzień/day
Półrocze ciepłe/Warm half-year season (IV-IX)				
Maksimum/ Maximum	-1,0	-2,5	-7,9	-6,5
Minimum/Minimum	22,5	18,5	2,6	2,5
Amplituda/Amplitude	-23,5	-21,0	-10,5	-9,0
Średni gradient dla $t > 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t > 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	-0,6 (19,2)	-1,2 (41,8)	-2,2 (94,6)	-2,5 (93,8)
Średni gradient dla $t < 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t < 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	4,5 (71,2)	5,0 (50,4)	2,0 (1,2)	1,4 (3,3)
Średni gradient dla $t = 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t = 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	(9,6)	(7,8)	(4,2)	(2,9)
Półrocze chłodne/Cold half-year season (X-III)				
Maksimum/Maximum	-3,4	-3,5	-13,6	-6,5
Minimum/Minimum	12,1	18,5	1,0	1,5
Amplituda/Amplitude	-15,5	-22,0	-14,6	-8,0
Średni gradient dla $t > 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t > 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	-0,8 (56,1)	-1,7 (11,4)	-1,5 (96,2)	-2,5 (97,8)
Średni gradient dla $t < 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t < 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	2,3 (30,5)	3,3 (84,2)	0,5 (1,5)	1,2 (1,1)
Średni gradient dla $t = 0^{\circ}\text{C}$ (częstość w %)/ Average ELR for $t = 0^{\circ}\text{C}$ (frequency in %)	(13,4)	(4,4)	(2,3)	(1,1)



**Tabela 3.** Charakterystyki statystyczne różnic temperatury powietrza ( $t_2 - t_{22}$ ) w różnych stanach równowagi atmosfery na stacji Ursynów SGGW**Table 3.** Statistics of the differences of air temperature ( $t_2 - t_{22}$ ) for considered stability

Półrocze Half- year season	Stan równowagi /Stability conditions	Pora dnia Period of the day	Średnia Average	Mediana Median	Min Min	Max Max	Odch. std. Std. dev.	
Ciepłe/ Warm (IV-IX)	A	Noc/Night	0,3	0,3	0,1	0,5	0,15	
	A	Dzień/Day	0,5	0,5	0,4	0,7	0,12	
	B	Noc/Night	0,3	0,3	0,2	0,5	0,10	
	B	Dzień/Day	0,6	0,6	0,4	0,9	0,19	
	C	Noc/Night	0,2	0,2	0,1	0,3	0,06	
	C	Dzień/Day	0,5	0,5	0,1	0,8	0,19	
	D	Noc/Night	0,1	0,2	-0,2	0,5	0,15	
	D	Dzień/Day	0,5	0,5	-0,3	1,3	0,27	
	E	Noc/Night	-0,2	-0,1	-0,3	-0,1	0,08	
	E	Dzień/Day	-0,4	-0,4	-0,5	-0,3	0,10	
	F	Noc/Night	-0,6	-0,4	-3,6	-0,1	0,65	
	F	Dzień/Day	-					
	Chłodne/ Cold (X-III)	A	Noc/Night	0,35	0,4	0,1	0,6	0,15
		A	Dzień/Day	0,53	0,5	0,3	0,9	0,25
B		Noc/Night	0,31	0,3	0,2	0,4	0,09	
B		Dzień/Day	0,50	0,5	0,1	0,7	0,19	
C		Noc/Night	0,35	0,3	0,2	0,5	0,09	
C		Dzień/Day	0,63	0,6	0,3	1,3	0,26	
D		Noc/Night	0,31	0,3	-0,2	0,6	0,14	
D		Dzień/Day	0,48	0,4	-0,3	1,1	0,21	
E		Noc/Night	-0,13	-0,1	-0,2	-0,1	0,04	
E		Dzień/Day	-					
F		Noc/Night	-0,35	-0,3	-0,7	-0,2	0,18	
F		Dzień/Day	-					

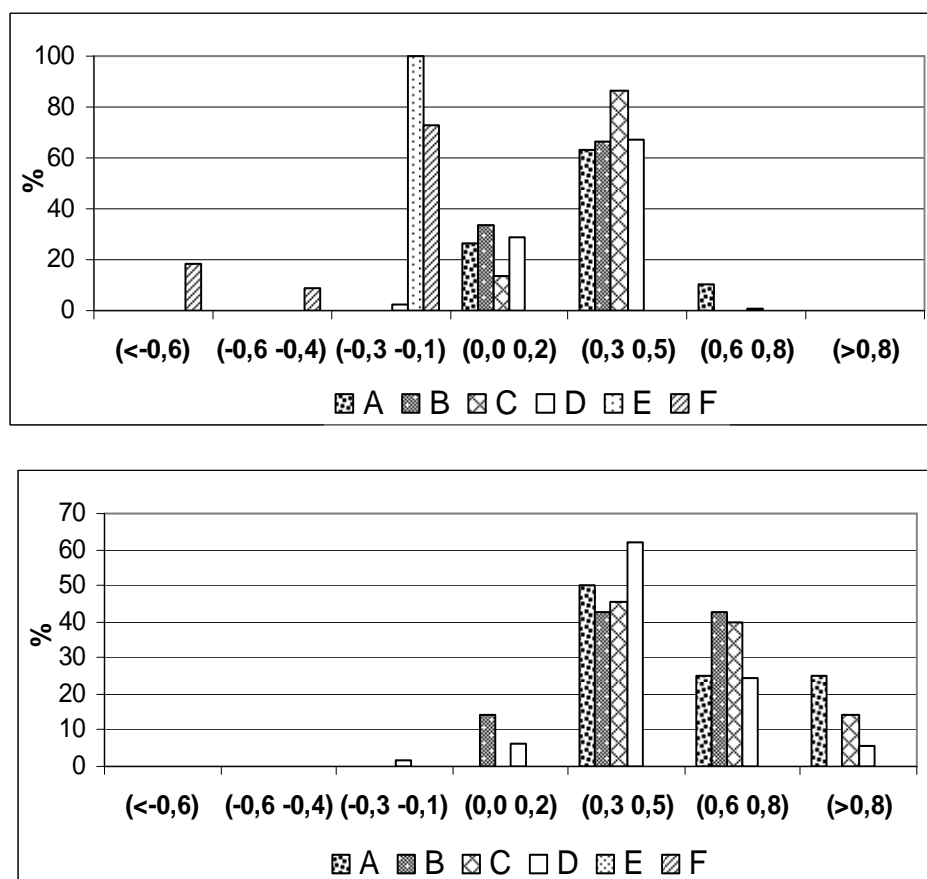
W celu dokładniejszej analizy warunków pogodowych obliczono gradienty temperatury powietrza dla obydwu stacji. Otrzymano zbliżone wartości gradientów temperatury oraz częstość w półroczu ciepłym.



Objaśnienia symboli podano w tabeli 1 – Explanations of stability of the atmosphere are in Table 1

**Rys. 2a.** Histogramy rozkładu różnic temperatury powietrza pomiędzy poziomami 2 i 22m ( $t_2-t_{22}$ ) przy różnych stanach równowagi atmosfery na stacji Ursynów SGGW w półroczu ciepłym dla dnia (na górze) i dla nocy (na dole)

**Fig. 2a.** Distribution of histograms of air temperature differences between level 2 m and 22 m ( $t_2-t_{22}$ ) for considered stability at station Ursynów WULS-SGGW in warm half-year season for the day (up) and night (down)



Objaśnienia symboli podano w tabeli 1 – Explanations of stability of the atmosphere are in Table 1

**Rys. 2b.** Histogramy rozkładu różnic temperatury powietrza pomiędzy poziomami 2 i 22m ( $t_2 - t_{22}$ ) przy różnych stanach równowagi atmosfery na stacji Ursynów SGGW w półroczu chłodnym dla dnia (na górze) i dla nocy (na dole)

**Fig. 2a.** Distribution of histograms of air temperature differences between level 2 m and 22 m ( $t_2 - t_{22}$ ) for considered stability at station Ursynów WULS-SGGW in cold half-year season for the day (up) and night (down)

## WNIOSKI

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że:

1. Występowanie stanów równowagi atmosfery wyznaczone metodą Monina-Obuchowa dla dwóch stacji: podmiejskiej – Legionowo i miejskiej – Ursynów SGGW są zbliżone w okresie dnia, ze znaczną przewagą równowagi obo-

jętej (D), następnie chwiejnej (A, B, C), a o odmiennym rozkładzie częstości w nocy w obydwu półroczach. Zwraca uwagę fakt występowania w nocy znacznie wyższej częstości stanu równowagi stałej (E, F 50,7%) na stacji Ursynów SGGW niż w Legionowie (18,6%) w półroczu ciepłym oraz występowanie stanu równowagi chwiejnej w nocy na stacji Ursynów SGGW i brak takich przypadków w Legionowie.

2. Występowanie w nocy równowagi typu C – słabo chwiejnej można wytłumaczyć tzw. konwekcją nocną, która charakteryzuje się mało zmienną różnicą temperatur, ze średnią nieco poniżej 0°C. Na stacji miejskiej w nocy powierzchnia ziemi jest bardziej nagrzana niż na terenach pozamiejskich i konwekcje nocne mogą odgrywać większe znaczenie niż na terenie otwartym. Wniosek ten jest zbieżny ze stwierdzeniem Godłowskiej (2004).

3. Z drugiej strony występowanie w nocy więcej przypadków równowagi stałej na stacji Ursynów SGGW niż na stacji w Legionowie świadczy o jednocześnie szybszym wychładzaniu się powierzchni w mieście i częstszym występowaniu przypadków inwersji temperatury niż w Legionowie. Mimo to na obydwu stacjach utrzymuje się podobny rozkład stanów równowagi atmosfery w Polsce i opowiada rozkładowi m.in. H. Lorenc dla Warszawy (Lorenc 1996).

#### PIŚMIENNICTWO

- Burzyński J., 2004. Problem dostarczania dobrej jakości danych meteorologicznych na potrzeby modelowania dyspersji zanieczyszczeń w atmosferze. *Wiadomości IMGW T.XXVII(XLVII)*, z.1, 91-103.
- Godłowska J., 2004. Charakterystyki statystyczne różnicy temperatur między poziomami 2 i 10 m w różnych stanach równowagi atmosfery określonych za pomocą sodaru. *Wiadomości IMGW T. XXVII(XLVIII)*, z.1, 21-35.
- <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>
- Lorenc H., 1996. *Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce. Materiały Badawcze. Seria: Meteorologia – 25*, IMGW Warszawa.
- Markiewicz M. T., 2004. *Podstawy modelowania rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym*. Oficyna Wydaw. Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Walczewski J. (red), 2000. *Wykorzystanie danych meteorologicznych w monitoringu jakości powietrza*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Walczewski J., 2005. Meteorologiczne i klimatyczne warunki rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń powietrza. *Przegląd Geofizyczny* L, 3-4, 177-191.

---

CHARACTERISTICS OF ATMOSPHERIC STABILITY  
AT URBAN STATION WARSAW URSYNÓW WULS-SGGW  
AND SUBURB STATION LEGIONOWO

*Katarzyna Rozbicka, Grzegorz Majewski, Tomasz Rozbicki*

Division of Meteorology and Climatology,  
Department of Hydraulics Engineering and Environmental Recultivation, WULS-SGGW  
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa  
e-mail: tomasz\_rozbicki@sggw.pl

**Abstract.** Stability of the atmosphere is one of the factors that exert an effect on air pollution dispersion, energy and mass exchange between ecosystems and the atmosphere. There are many methods of atmospheric stability definition that use and transform basic meteorological elements data. Therefore, definition of stability by the use of different methods leads to different results. In this paper stability of the atmosphere has been defined by the use of Monin-Obukhov length method for meteorological station situated in different surrounding areas: Ursynów WULS-SGGW (situated in urban area) and Legionowo (in suburb area). Analysis of the results shows that the day type of atmospheric stability occurring at the two considered stations is similar, with notable advantage of neutral one, and different type for the night period.

**Keywords:** atmospheric stability, suburb meteorological station, urban meteorological station