

EDWARD FELIKSIK, GRZEGORZ DURŁO, SŁAWOMIR WILCZYŃSKI

## WARUNKI ANEMOLOGICZNE NA KOPCIOWEJ W BESKIDZIE SĄDECKIM W LATACH 1971—1995

Analiza warunków anemologicznych z lat 1971—1995 na Stacji Badań Fitoklimatycznych na Kopciowej koło Krynicy Zdroju wykazała, że największą częstością charakteryzowały się wiatry z kierunków: północnego i południowego. Od marca do września przeważały wiatry północne, w pozostałych miesiącach: południowe. Średnia prędkość wiatru z wielolecia wyniosła  $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Najwyższa prędkość średnia cechowała wiatry z kierunku północnego i południowego. Najwyższe prędkości  $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  wiatr osiągał w porywach. Począwszy od lat osiemdziesiątych nastąpiło zmniejszenie się zakresu zmienności średniej rocznej prędkości wiatru z wszystkich rozpatrywanych kierunków. Świadczyć to może o osłabieniu dynamiki mas powietrza w tym regionie.

Słowa kluczowe: prędkość wiatru, kierunek wiatru, Beskid Sądecki.

Key words: wind speed, wind direction, Beskid Sądecki Mountains.

### I. WSTĘP

Przystępując do charakterystyki stosunków wietrznych w jakimkolwiek regionie warto zwrócić uwagę na rozległe i wieloaspektowe znaczenie wiatru dla procesów atmosferycznych, środowiska przyrodniczego oraz gospodarki i życia człowieka.

W wymiarze wielkoskalowym, prawidłowości dotyczące cyrkulacji mas powietrza mają decydujące znaczenie w kształtowaniu warunków termicznych, pluwialnych i higrycznych, czyli klimatu określonego regionu na Ziemi. Wiatr ma także swój udział w procesach morfogenezy powierzchni Ziemi. W stosunku do przyrody ożywionej spełnia nieocenioną rolę w zapyłaniu i rozprzestrzenianiu się roślin, oddziałuje na procesy fizjologiczne oraz na fazy rozwojowe organizmów. Bywa również, że w środowisku przyrodniczym wywołuje zaburzenia i destrukcję. Wiatr kształtuje klimat odczuwalny przez człowieka. Ruch powietrza przyspiesza wymianę ciepła i wilgoci pomiędzy organizmem a otoczeniem. Decyduje o jakości warunków pracy lub wypoczynku na wolnym powietrzu.

Znaczenie gospodarcze wiatru wiązać należy głównie z urbanistyką, rolnictwem, a w szczególności z leśnictwem. Plany przestrzennego zagospodarowania i sposoby użytkowania lasu w dużym stopniu są zdeterminowane koniecznością adaptacji do lokalnych bądź regionalnych warunków anemologicznych.

Te i inne aspekty działania wiatru świadczą o konieczności rozpoznania stosunków anemometrycznych, panujących w określonym regionie, dla optymalnego wykorzystania wiatru i ustrzeżenia się od ewentualnych szkód powodowanych jego destrukcyjnym działaniem.

Ocena klimatu wietrznego nabiera szczególnego znaczenia w regionach górskich, gdzie drogi strumieni powietrza są w znacznej mierze regulowane orografią terenu, a warunki lokalne wpływają na ich dynamikę i sprzyjają niejednokrotnie powstawaniu wiatrów lokalnych.

Niniejsza praca poświęcona jest opisowi warunków anemometrycznych oraz tendencji w ich kształtowaniu się na wypukłych formach terenu. Podstawą opracowania były wyniki pomiarów i obserwacji wiatrów, prowadzonych na Stacji Badań Fitoklimatycznych na Kopciowej koło Krynicy Zdroju, w latach 1971—1995.

## II. TEREN BADAŃ I METODYKA

Stacja Badań Fitoklimatycznych Katedry Klimatologii Leśnej Akademii Rolniczej w Krakowie znajduje się we wschodniej części Beskidu Sądeckiego, przy osadzie leśnej Kopciowa ( $\lambda = 20^{\circ}58' E$ ;  $\varphi = 49^{\circ}27' N$ ). Posterunek usytuowany jest na wysokości 720 m n.p.m. na grzbiecie łączącym Jaworzynkę (899 m n.p.m.) z pasmem Huzarów (865 m n.p.m.). Grzbiet ten oddziela dwie doliny rzeczne: Kamienicy od strony północnej i Kryniczanki od strony południowej. Usytuowanie posterunku czyni go, jak się wydaje, reprezentatywnym dla większości wypukłych form terenu wschodniego krańca Beskidu Sądeckiego.

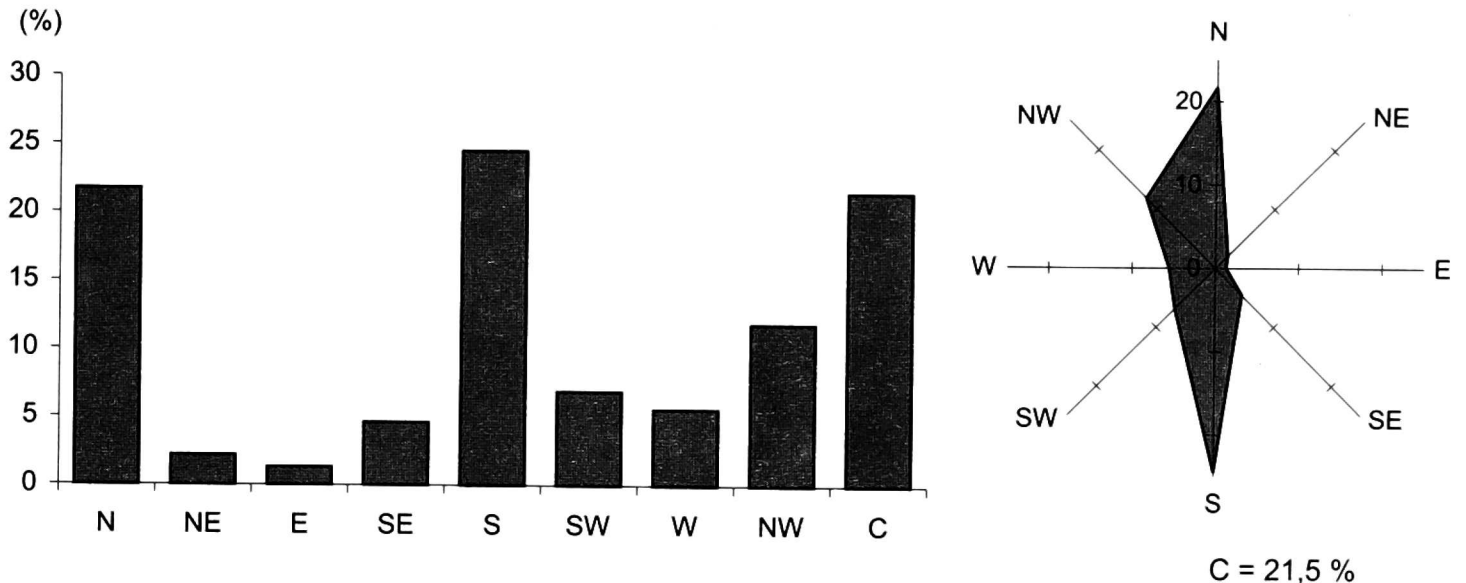
Pomiary kierunków i prędkości wiatrów wykonano wiatromierzem Wilda umieszczonym na wysokości 10 m nad powierzchnią gruntu. Prowadzono je codziennie w trzech terminach: 7.00/8.00, 13.00/14.00, 19.00/20.00, według zasad zawartych w instrukcji IMiGW.

Do opracowania użyto danych z 25 lat, tj. od 1971.01.01 do 1995.12.31. Częstość występowania wiatrów opracowano dla ośmiu głównych kierunków geograficznych. Opis ten wzbogacono informacją o częstości występowania cisz. Na podstawie wyników pomiarów prędkości wiatru obliczono średnią wieloletnią prędkość wiatru oraz średnie prędkości dla poszczególnych kierunków. Obliczono także średnie prędkości wiatru dla poszczególnych terminów pomiarowych. Ponadto, w okresie 25-lecia, analizowano zmienność oraz trendy obu parametrów cechujących wiatr.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń przedstawiono w postaci rycin i zestawień tabelarycznych.

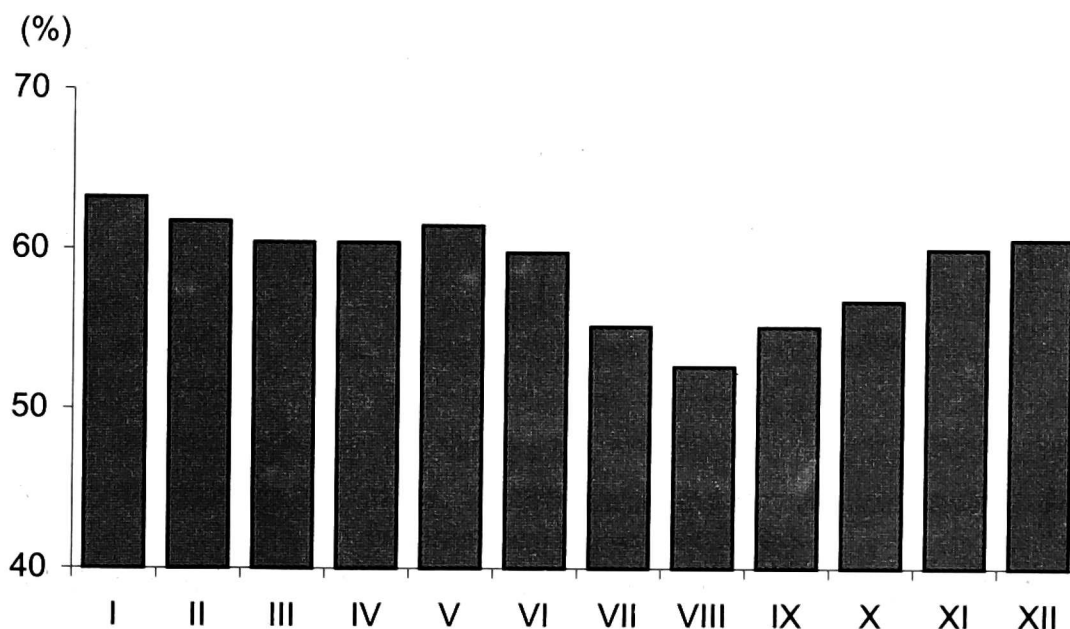
### III. OMÓWIENIE WYNIKÓW

W latach 1971–1995 na Kopciowej dominowały wiatry z kierunku południowego, a w drugiej kolejności wiatry północne. W sumie wszystkich poczynionych obserwacji przypadki z wiatrem stanowiły 78,5%. Udział wiatrów południowych wyniósł 24,5%, północnych 21,7%. Bardzo rzadko pojawiały się wiatry z sektora wschodniego. Częstość sytuacji bezwietrznych była dość duża, udział ciszy wynosił blisko 22% (ryc. 1).

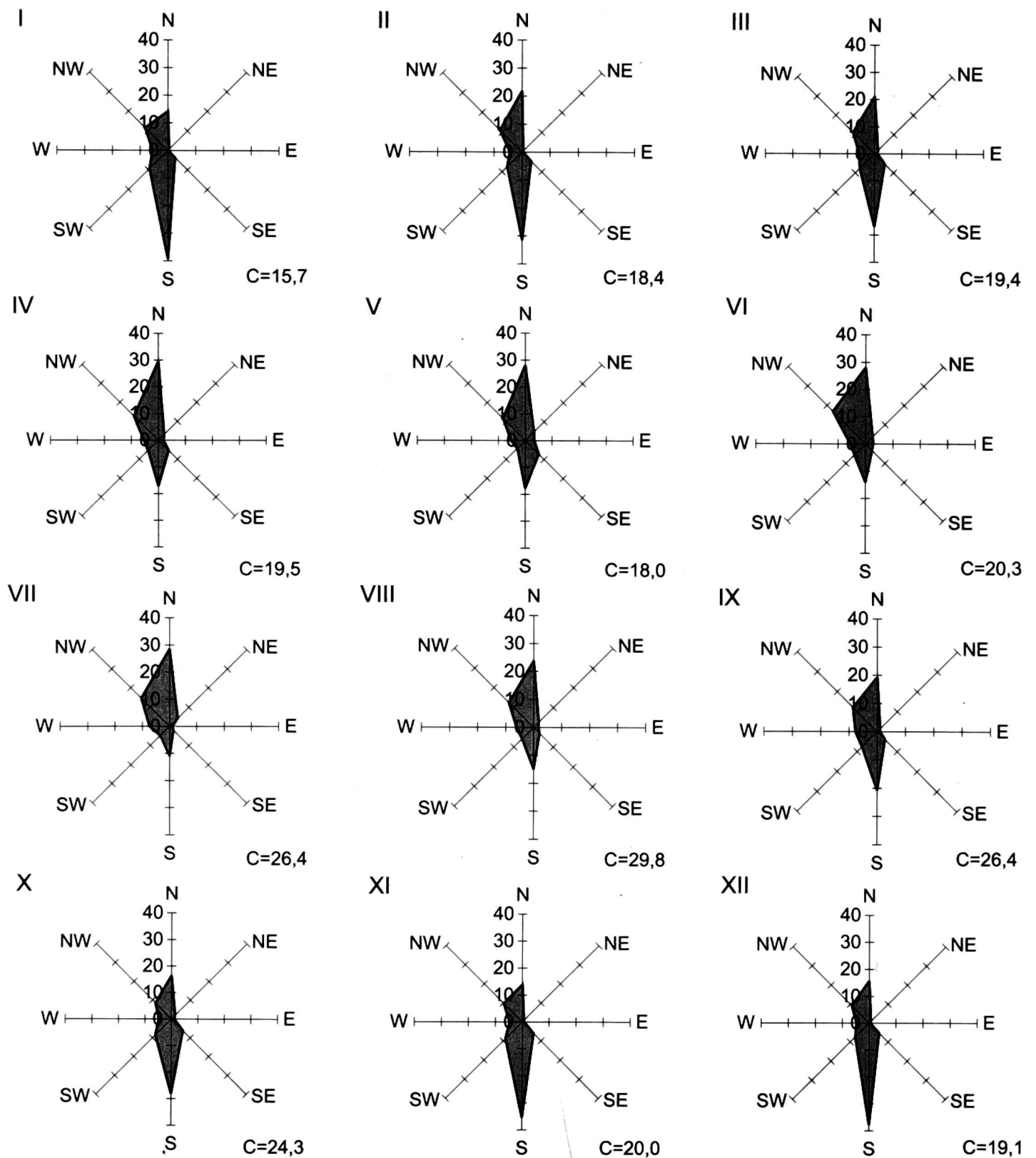


Ryc. 1. Udział procentowy wiatru z poszczególnych kierunków na Kopciowej w latach 1971–1995  
Fig. 1. The percentage of wind directions at Kopciowa in 1971–1995

Przeciętnie, najbardziej wietrznymi były miesiące zimowe, przede wszystkim: grudzień i styczeń. Najmniejsza częstość pojawiania się wiatru przypadła na miesiące letnie: lipiec, sierpień oraz wrzesień (ryc. 2).

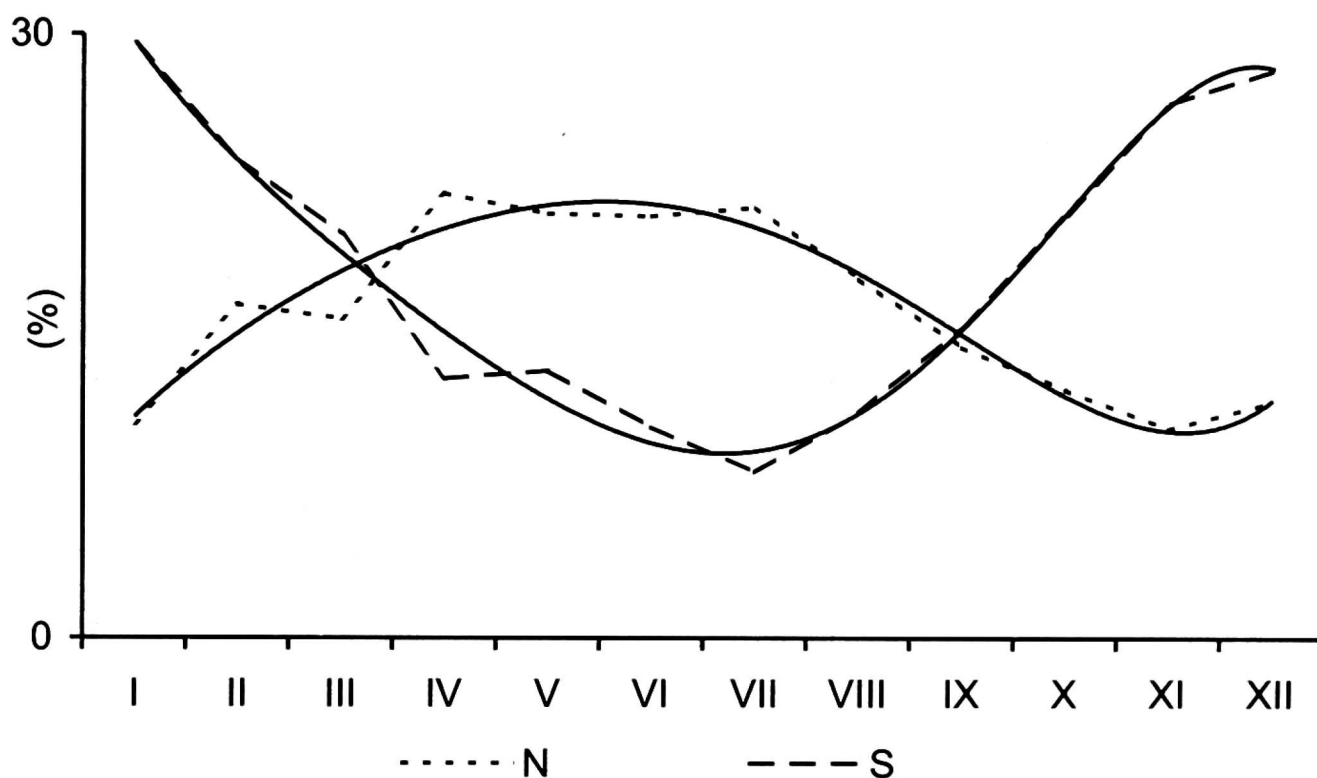


Ryc. 2. Częstość występowania wiatru w poszczególnych miesiącach na Kopciowej  
Fig. 2. The percentage frequency of wind for months at Kopciowa



Ryc. 3. Udział procentowy kierunków występowania wiatru w poszczególnych miesiącach na Kopciowej (róża wiatrów)

Fig. 3. The percentage of wind direction for each month at Kopciowa (wind rose)



Ryc. 4. Częstość występowania wiatru z kierunku północnego i południowego w poszczególnych miesiącach na Kopciowej

Fig. 4. The percentage frequency of north and south wind for months at Kopciowa

W przekroju rocznym zmieniała się nie tylko częstość występowania kierunków wiatru, ale w sposób charakterystyczny zmieniał się także ich udział i dynamika. W chłodnej części roku, od października do lutego dominowały wiatry z kierunku południowego. W marcu częstość wiatrów z południowego i północnego kierunku była zbliżona. Od kwietnia zaczynała się przewaga występowania wiatrów północnych. Zjawisko to nasilało się w miesiącach letnich

Tabela 1 — Table 1

Udział procentowy wiatru z kierunków głównych N i S oraz sąsiednich kierunków pośrednich na Kopciowej

The percentage of wind for principal direction (N, S) and intermediate direction (NE, NW, SE, SW) at Kopciowa

Kierunek główny Main direction	Kierunek pośredni Medial direction	Udział Share	Suma Total
N	NE	2,5	36,0
	N	21,7	
	NW	11,8	
S	SE	4,6	35,3
	S	23,8	
	SW	6,9	

(czerwiec, lipiec, sierpień). Wrzesień był znowu okresem względnej równowagi częstości występowania wiatrów północnych i południowych (ryc. 3 i 4).

W badanym okresie częstość przypadków występowania wiatru z sektora północnego (NW, N, NE) oraz południowego (SW, S, SE) była prawie jednokowa (tab. 1).

W przekroju rocznym stosownie do aktywności wiatru, kształtowała się przeciętna częstość występowania sytuacji bezwietrznych w poszczególnych miesiącach. Najmniejszy udział cisz miał miejsce w styczniu, lutym i maju, ich częstość wzrastała w miesiącach letnich. Najczęściej cisze notowano w sierpniu (ryc. 3).

Tabela 2 — Table 2

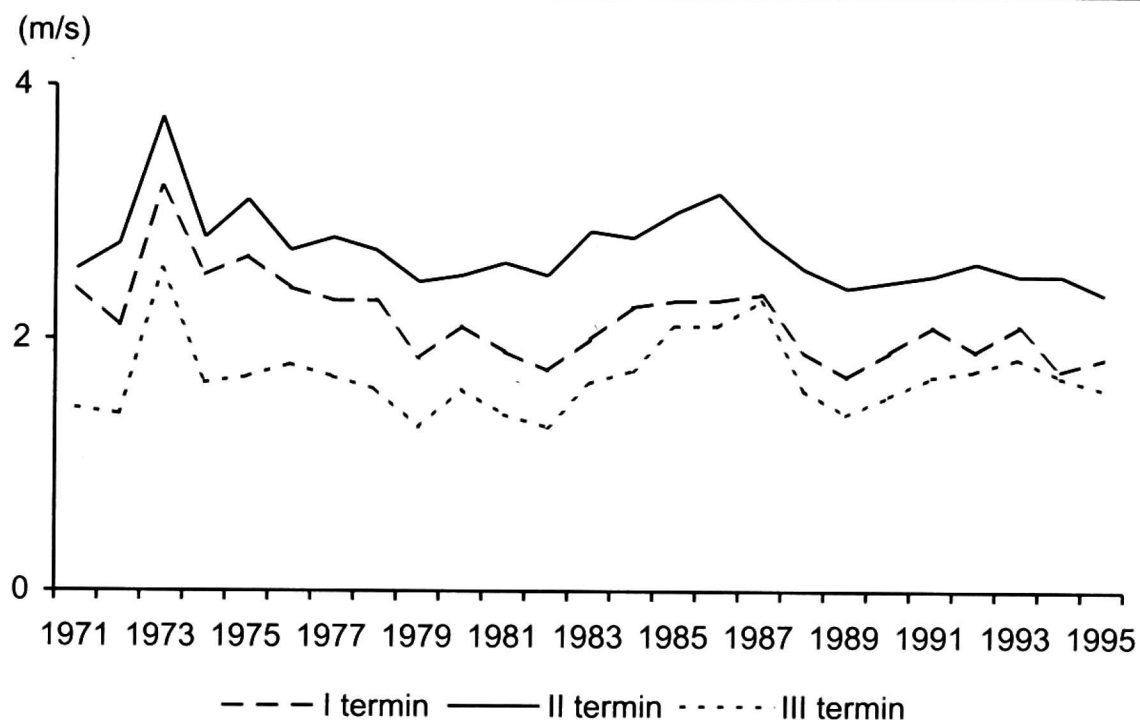
Częstość (%) występowania wiatru z poszczególnych przedziałów prędkości oraz średnia prędkość wiatru z poszczególnych kierunków na Kopciowej

The percentage frequency of wind from individual speed range and mean of wind speed for each direction at Kopciowa

Kierunek Direction	Częstość w przedziałach prędkości ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) The percentage frequency of wind from speed range ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )			Średnia prędkość ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) Mean wind speed ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
	> 0–4	> 4–10	> 10–20	
N	18,4	3,1	0,2	3,1
NE	1,9	0,3	0,0	1,2
E	1,1	0,1	0,0	1,2
SE	4,0	0,6	0,0	1,8
S	18,8	5,0	0,2	2,8
SW	6,1	0,7	0,0	2,2
W	5,0	0,3	0,0	2,2
NW	10,2	1,5	0,0	2,4
Razem Total	65,3	12,0	0,4	2,1

Analiza częstości występowania wiatrów o różnej prędkości pozwoliła stwierdzić, że na Kopciowej zdecydowanie przeważały wiatry o słabej turbulencyjności, których prędkość jest mniejsza od  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Stanowiły one 65,3% ogólnej liczby przypadków. Najczęściej były to wiatry z kierunków: południowego i północnego. Sumaryczny udział cisz i wiatrów słabych wyniósł 87%. Wiatry umiarkowane i dość silne ( $>4-10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) stanowiły 12%, w tej klasie także największy był udział wiatrów północnych i południowych. Udział wiatrów silnych i bardzo silnych ( $>10-20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) nie przekraczał 0,5% spostrzeżeń (tab. 2). Średnia prędkość wiatru z wielolecia wyniosła  $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Dane pomiarowe z poszczególnych terminów klimatologicznych wskazują na wyraźną przewagę częstości występowania wiatru w II terminie (cisze stanowiły 5,2 %) oraz wysoki udział sytuacji bez wiatru w godzinach porannych (30,2 %)



Ryc. 5. Średnia roczna prędkość wiatru w terminach obserwacyjnych na Kopciowej  
 Fig. 5. The mean annual wind speed in climatological time at Kopciowa

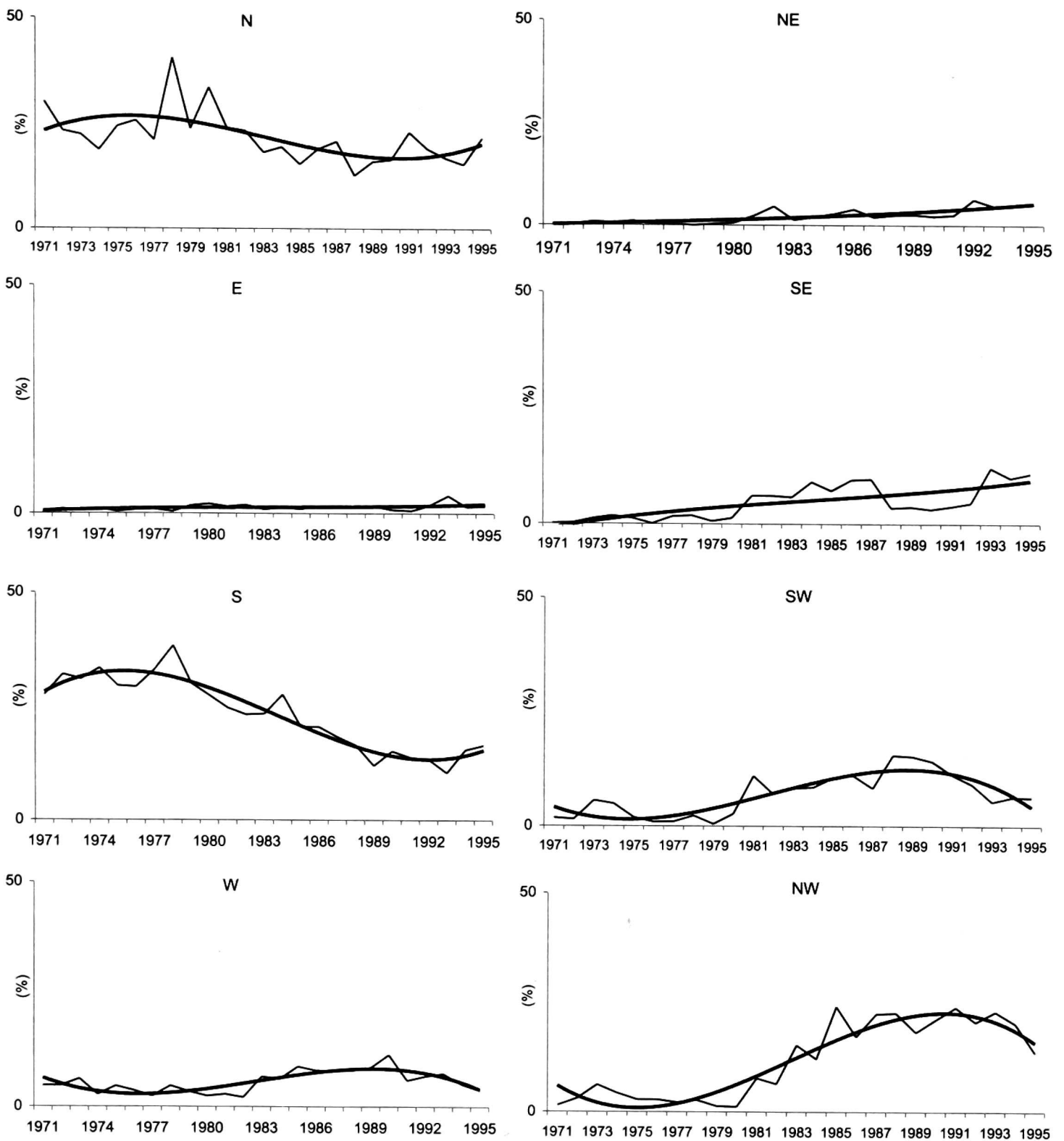
i wieczornych (31,9%) (ryc. 5). W godzinach południowych znacznie częściej notowano wiatry o większych prędkościach ( $>4-10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), aniżeli w pozostałych terminach (tab. 3).

Tabela 3 — Table 3

Częstość (%) występowania wiatru z poszczególnych kierunków w trzech przedziałach prędkości w terminach obserwacyjnych na Kopciowej

The percentage frequency of wind for each directions for three speed range in climatological time at Kopciowa

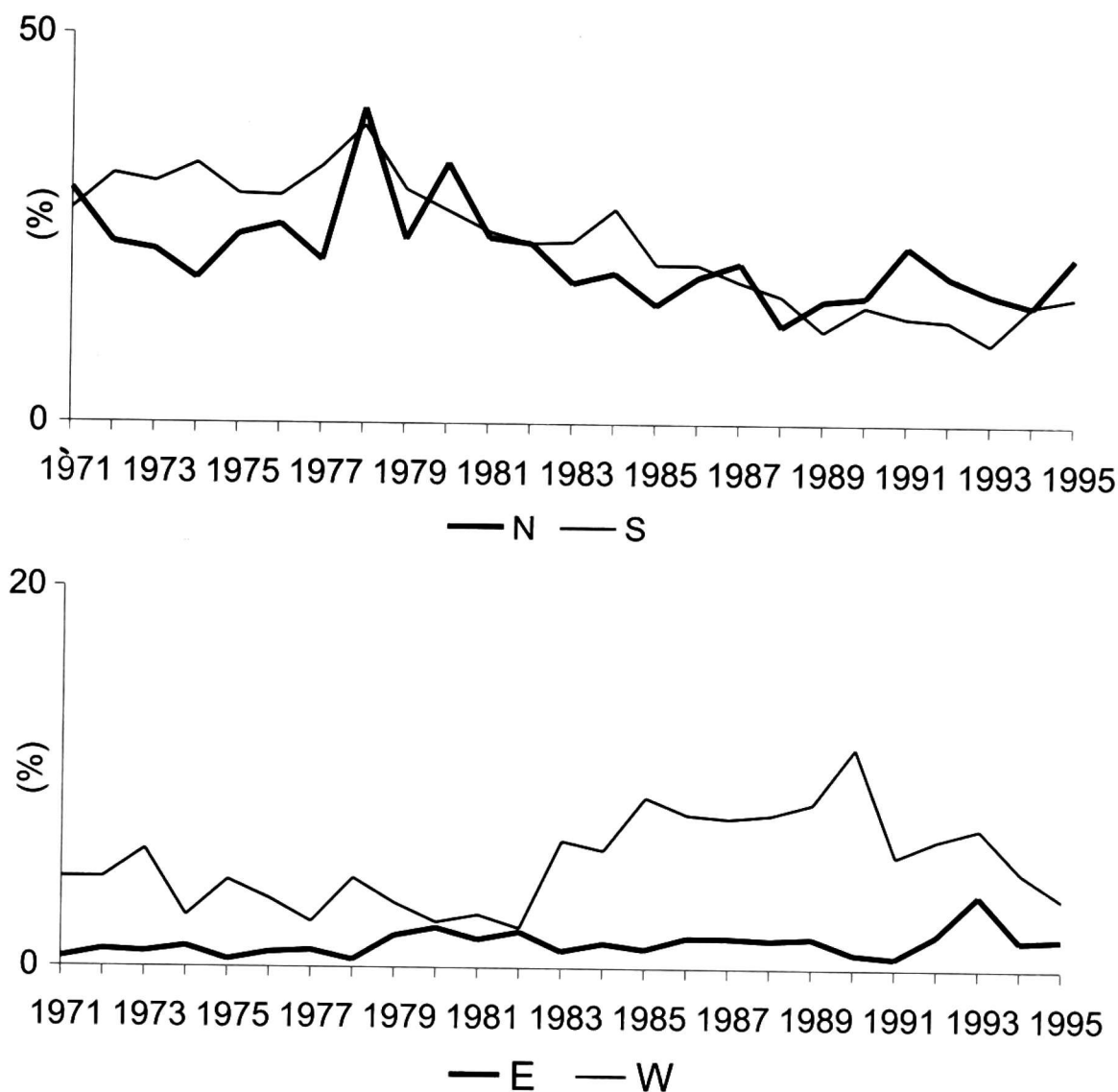
Kierunek Direction	Częstość w przedziałach prędkości The percentage frequency of wind from speed range								
	> 0–4			> 4–10			> 10–20		
	I termin I Time-limit	II termin II Time-limit	III termin III Time-limit	I termin I Time-limit	II termin II Time-limit	III termin III Time-limit	I termin I Time-limit	II termin II Time-limit	III termin III Time-limit
	N	18,4	20,5	15,5	3,1	4,2	3,2	0,2	0,1
NE	1,3	3,3	1,1	0	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0
E	0,7	2,0	0,7	0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
SE	3,0	5,1	4,0	0,3	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0
S	18,9	20,1	17,4	4,6	6,1	4,2	0,2	0,2	0,2
SW	4,5	9,1	4,7	0,3	1,1	0,8	0,0	0,0	0,0
W	4,3	6,4	4,3	0,2	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0
NW	8,7	12,7	9,3	0,9	1,9	1,8	0,0	0,0	0,0
Razem Total	59,8	79,1	57,0	9,6	15,3	10,9	0,4	0,3	0,3



Ryc. 6. Udział procentowy wiatru z poszczególnych kierunków w kolejnych latach na Kopciowej wraz z trendami

Fig. 6. The percentage of wind for each direction for several years at Kopciowa with trends





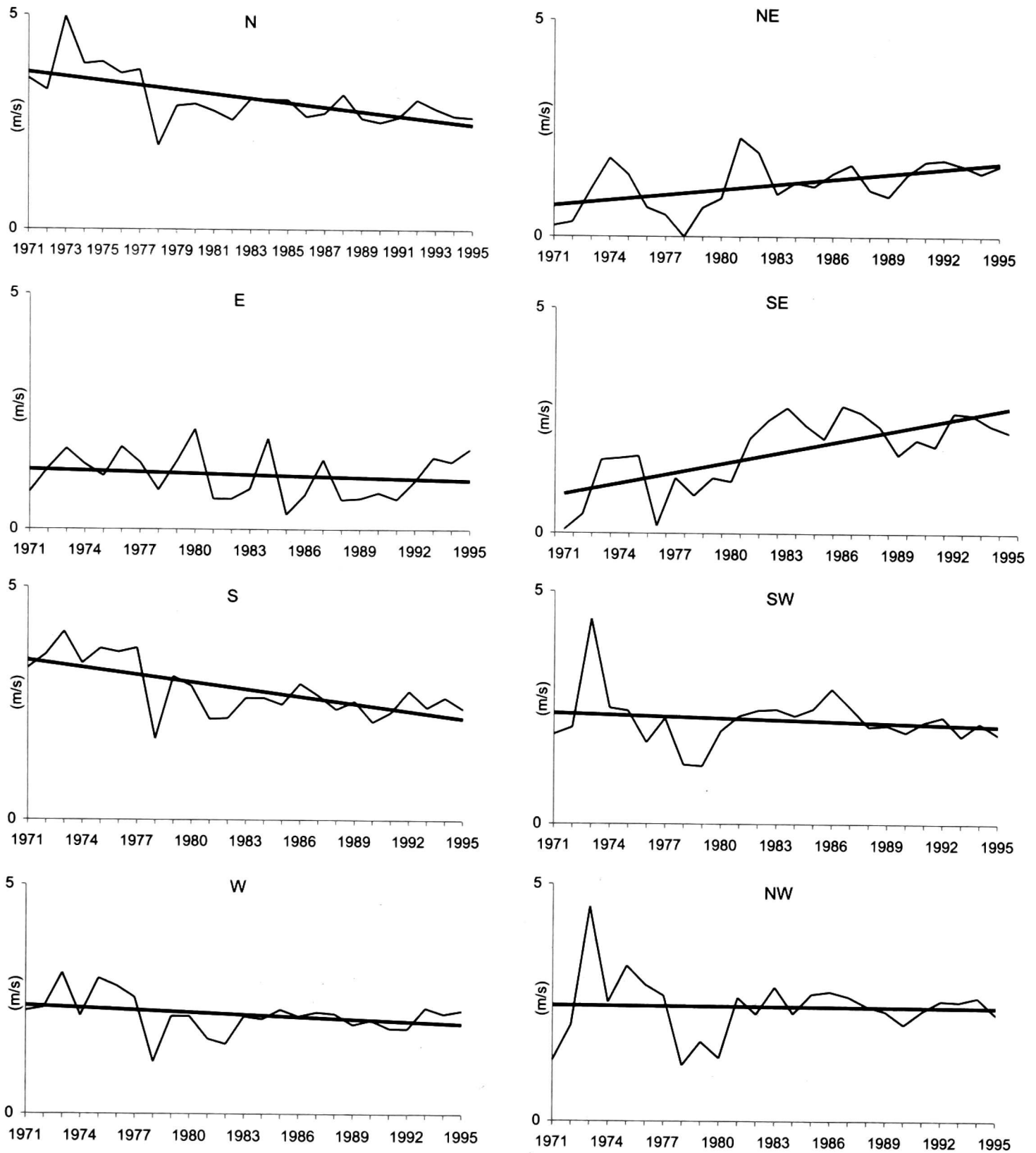
Ryc. 7. Udział procentowy wiatru z głównych kierunków (N, S, W, E) w kolejnych latach na Kopciowej

Fig. 7. The percentage of wind for principal direction (N, S, W, E) for several years at Kopciowa

Częstość występowania wiatrów z poszczególnych kierunków zmieniała się w kolejnych latach dość znacznie (ryc. 6). W badanym okresie największą zmiennością charakteryzowały się wiatry z kierunków: północno-zachodniego, północnego i południowego. Najmniejszą zaś ze wschodu i północnego wschodu (ryc. 6).

W badanym 25-leciu zmieniał się udział wiatrów z czterech głównych kierunków. W latach 1971—1988 udział wiatru z południa był większy niż z północy, w następnych latach sytuacja odwróciła się (ryc. 7). Ponadto od roku 1980 częstość występowania wiatrów z kierunku północnego i południowego wykazywała wyraźny trend spadkowy. W całym badanym okresie wiatry zachodnie przeważały nad wschodnimi, przewaga ta wzrosła szczególnie w latach 1980—1995 (ryc. 7).

Długookresowe trendy zarysowały się także w przypadku prędkości wiatru. W całym okresie obserwacji zmniejszała się przeciętna prędkość wiatrów z kierunków N i S. Natomiast wzrostowym trendem charakteryzowały się prędkości wiatru z kierunków: południowo-wschodniego i północno-wschodniego (ryc. 8).



Ryc. 8. Średnia prędkość wiatru z poszczególnych kierunków w kolejnych latach na Kopciowej wraz z trendami

Fig. 8. The mean annual wind speed for each direction for several years at Kopciowa with trends

#### IV. DYSKUSJA

Analiza dwudziestopięcioletniej serii pomiarów wiatru na Kopciowej pozwoliła stwierdzić, że z początkiem lat osiemdziesiątych zmniejszył się zakres zmienności średniej rocznej prędkości wiatrów ze wszystkich niemal kierunków. Towarzyszyły temu zmienne trendy udziału wiatru z poszczególnych kierunków. Świadczy o tym także zmiana relacji pomiędzy częstością występowania wiatrów z kierunków głównych. Wyraźnie wzrósł udział wiatrów północnych oraz zachodnich.

Rozkład częstości występowania określonych kierunków wiatru w skali roku jest na Kopciowej niemal taki sam jak na pobliskiej Górze Parkowej (Baliński 1974). Podobnie jak tam, w zimie przeważają zdecydowanie wiatry południowe, natomiast w miesiącach letnich — północne.

Zdaniem Balińskiego (1974), tę cykliczną prawidłowość wiązać należy z okresową zmiennością sytuacji barycznych i cyrkulacji atmosfery na naszej półkuli. Zimą ogólna przewaga wiatrów południowych jest determinowana rozwojem układów cyklonalnych nad Atlantykiem a antycyklonalnych nad kontynentem. Wiosną następuje stopniowe nagrzewanie się kontynentu europejskiego oraz wyrównywanie ciśnień pomiędzy oceanem i kontynentem, prowadzi to do równowagi pomiędzy częstością występowania wiatrów z północy i południa. Latem, kiedy pole baryczne charakteryzuje spadek ciśnienia w stronę kontynentu, dominują wiatry z sektora północnego. Jesienią, następuje zmniejszenie gradientów ciśnienia atmosferycznego pomiędzy ośrodkami barycznymi nad Atlantykiem i kontynentem, co sprzyja tworzeniu się i przewadze układów antycyklonalnych. Te z kolei decydują o zrównaniu częstości występowania wiatrów z kierunku północnego i południowego. Uwarunkowania powyższe znajdują także potwierdzenie w pracach Niedźwiedzia (1988, 1992), Trepieńskiej (1988) oraz Kożuchowskiego (1996).

Tendencje i zmiany w stosunkach anemologicznych na Kopciowej dotyczą nie tylko warunków wietrznych, ale również termicznych i pluwialnych (Feliksik i in. 2001, 2002). Wynikają one prawdopodobnie z wielkoskalowych zmian warunków klimatycznych (Obrębska-Starkel, Starkel 1991, Kundzewicz, Radziejewski 2002).

#### V. WNIOSKI

1. W latach 1971—1995 na Stacji Badań Fitoklimatycznych na Kopciowej koło Krynicy Zdroju dominowały wiatry z kierunków: północnego i południowego.
2. Najbardziej wietrzne były miesiące zimowe, najmniej zaś letnie.
3. Największą zmiennością charakteryzowały się wiatry z kierunków: północno-zachodniego, północnego i południowego. Najmniejszą zaś ze wschodu i północnego wschodu.

4. Od marca do września przeważały wiatry północne, w pozostałych miesiącach południowe.
5. Większość obserwacji z wiatrem ( $> 65\%$ ) stanowiły wiatry słabe ( $> 0 - 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Wiatry silne i bardzo silne występowały sporadycznie, udział cisz wynosił  $22,0\%$ .
6. Największą częstość występowania wiatru notowano w drugim terminie obserwacyjnym. Przewaga cisz przypadała na godziny wieczorne.
7. Stwierdzono malejący trend przeciętnej prędkości wiatru z kierunków północnego i południowego, natomiast wzrostowy z kierunków: północno- i południowo-wschodniego.

Katedra Klimatologii Leśnej, AR w Krakowie

E-mail: rlfeliks@cyf-kr.edu.pl, lrwilczy@cyf-kr.edu.pl, rldurlo@cyf-kr.edu.pl

#### LITERATURA

- Baliński W., 1974, *Klimat i bioklimat Krynicy Zdroju ze szczególnym uwzględnieniem zróżnicowania przestrzennego w uzdrowisku* [w:] Probl. Uzdrowiskowe, 5/6, Warszawa, 191—275.
- Feliksik E., Wilczyński S., Durło G., 2001, *Variability of air temperatures of the temperate climatic belt of the Beskid Sądecki mountains in the period 1971—2000 as exemplified by the climatological station in Kopciowa*. EJPAU ser. Forestry vol. 4, Issue 2.
- Feliksik E., Wilczyński S., Durło G., 2002, *Characteristic of rainfall variability from the Kopciowa near Krynica Zdrój in the years 1971—2000*. Acta Agr. Silv. Ser. Silv. 40.
- Kożuchowski K., 1996, *Współczesne zmiany klimatyczne w Polsce na tle zmian globalnych*. Prz. Geogr., 1—2, 79—97.
- Kundzewicz Z. W., Radziejewski J. M., 2002, *Detekcja zmian klimatu i procesów hydrologicznych*. Pr. Zbior. ZBŚRiL, PAN, Poznań.
- Niedźwiedz T., 1988, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951—1985)*. Zesz. Nauk. UJ., Pr. Geogr. 71, 38—86.
- Niedźwiedz T., 1992, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1986—1990)*. Zesz. Nauk. UJ., Pr. Geogr. 90, 71—78.
- Obrębska-Starkel B., Starkel L., 1991, *Efekt cieplarniany a globalne zmiany środowiska przyrodniczego*. Zesz. IGiPZ PAN, 4.
- Trepińska J., 1988, *Zależność zmienności uśrednionego ciśnienia powietrza w Europie (1901—1970) od szerokości geograficznej*. Zesz. Nauk UJ, Pr. Geogr. 71, 87—98.

EDWARD FELIKSIK, GRZEGORZ DURŁO AND SŁAWOMIR WILCZYŃSKI

#### ANEMOLOGIC CONDITIONS OF THE KOPCIOWA STATION IN THE BESKID SĄDECKI MOUNTAINS FROM 1971—1995

#### Summary

The direction and speed of the wind were measured at the Station of Phytoclimatic Research at Kopciowa during the years 1971—1995. The station was located in the open space near forest settlement ( $\lambda = 20^{\circ}58' \text{ E}$ ,  $\varphi = 49^{\circ}27' \text{ N}$ ) in the Beskid Sądecki Mountains. It was situated at the

altitude of 720 meters, on a ridge that separates two river valleys, the Kamiénica River in the north and the Kryniczanka River in the south.

During the period of 1971—1995, southern and northern winds dominated the area. Winter months were most windy, while summers were the least. Northwestern winds were characterized by the greatest variability of the frequency of occurrence. The least changeable were winds from the East and Northeast. Northern winds dominated from March to September, while Southern ones dominated during the remaining part of the year. Most observations (over 65%) recorded light winds of low speed (up to  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Strong and very strong winds occurred sporadically. The greatest frequency of wind occurred during the observations around noon. Evenings were dominated by windless conditions. A decreasing trend of the average speed of northern and southern winds was recorded. On the other hand, an increasing trend was recorded in regard to north-eastern and south-eastern winds.

Department of Forestry Climatology  
Agricultural University, Kraków