

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

**CHARAKTERYSTYKA WIATRÓW SILNYCH
I BARDZO SILNYCH W POLSCE**

Anna Beata Adamczyk

**WIELKOŚĆ ZACHMURZENIA W WARSZAWIE
W ZALEŻNOŚCI OD CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ**

Jarosław Baranowski

Nr 37

1996



ZESZYTY

INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

PAN

**POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA**

**POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION**

**CHARAKTERYSTYKA WIATRÓW SILNYCH
I BARDZO SILNYCH W POLSCE**

Anna Beata Adamczyk

**WIELKOŚĆ ZACHMURZENIA W WARSZAWIE
W ZALEŻNOŚCI OD CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ**

Jarosław Baranowski

Nr 37

1996

CHARACTERISTIC OF STRONG AND VERY STRONG WINDS IN POLAND

Anna Beata Adamczyk

**THE RELATION BETWEEN CLOUD COVER IN WARSAW
AND THE TYPE OF ATMOSPHERIC CIRCULATION**

Jarosław Baranowski

ZESZYTY

INSTYTUTU GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

PAN
<http://tcin.org.pl>

Redaguje zespół w składzie:
Teresa Kozłowska-Szczęsna (redaktor),
Jerzy Grzeszczak (zastępca redaktora),
Marek Degórski
Bronisław Czyż (sekretarz)

Adres redakcji:
00-927 Warszawa, Krakowskie Przedmieście 30,
tel. 26 19 31, 26 83 29; telefax 48 22 267 267

Opiniował do druku:
doc. dr hab. Krzysztof Błażejczyk

Opracowanie redakcyjne i techniczne:
Barbara Jaworska

Anna Beata Adamczyk

Characteristic of strong and very strong winds in Poland

Abstract. The paper presents the spatial differentiation of strong and very strong winds and their frequency depended on individual types of atmospheric circulation. The strong and very strong winds occur most frequently in Winter at cyclonal and in Spring at anticyclonal types of circulation.

Key words: strong winds, very strong winds, types of atmospherical circulation, Poland.

Jarosław Baranowski

The relation between cloud cover in Warsaw and the type of atmospheric circulation

Abstract. The study presents cloudiness in Warsaw forming under the influence on types of atmospheric circulation. The results are based on the data from three meteorological station: Warsaw-Okecie, Warsaw-Bielany, Warsaw-University, from 1971–1980 period.

Key words: Warsaw, circulation, cloudiness.

SPIS TREŚCI

Anna Beata Adamczyk – Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce

Wprowadzenie	5
Rozkład przestrzenny liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym	8
Wiatr silny	8
Wiatr bardzo silny	9
Przebieg roczny częstości wiatru silnego i bardzo silnego	9
Wiatr silny	9
Wiatr bardzo silny	11
Zmiany liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym z roku na rok	16
Średnia prędkość wiatru a liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym	17
Częstość wiatrów silnych i bardzo silnych a typy cyrkulacji atmosferycznej	21
Częstość typów cyrkulacji	22
Wiatry silne i bardzo silne przy różnych typach cyrkulacji atmosferycznej	24
Podsumowanie	40
Literatura	42
<i>Characteristic of strong and very strong winds in Poland (Summary)</i>	42

Jarosław Baranowski – Wielkość zachmurzenia w Warszawie w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej

1. Wstęp	43
1. 1. Cel pracy, materiały źródłowe	43
1. 2. Ogólna charakterystyka obszaru badań oraz lokalizacja stacji meteorologicznych	44
1. 3. Przegląd literatury	45
1. 4. Charakterystyka liczbowej klasyfikacji typów cyrkulacji J. Lityńskiego ⁴⁶	
2. Związek zachmurzenia z typami cyrkulacji atmosferycznej	47
2. 1. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji cyklonalnej	47
2. 2. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji zerowej	51
2. 3. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji antycyklonalnej	55
3. Zmiany czasowe i przestrzenne zachmurzenia na terenie Warszawy	59
3. 1. Różnice zachmurzenia	59
3. 2. Przebiegi dobowe zachmurzenia	60
4. Podsumowanie	69
Spis literatury	70
<i>The relation between cloud cover in Warsaw and type of atmospheric circulation (Summary)</i>	71

1	Editorial
2	Journal of Curriculum Studies: Aims and Scope
3	Editorial Board
4	Editorial Advisory Board
5	Editorial Board
6	Editorial Board
7	Editorial Board
8	Editorial Board
9	Editorial Board
10	Editorial Board
11	Editorial Board
12	Editorial Board
13	Editorial Board
14	Editorial Board
15	Editorial Board
16	Editorial Board
17	Editorial Board
18	Editorial Board
19	Editorial Board
20	Editorial Board
21	Editorial Board
22	Editorial Board
23	Editorial Board
24	Editorial Board
25	Editorial Board
26	Editorial Board
27	Editorial Board
28	Editorial Board
29	Editorial Board
30	Editorial Board
31	Editorial Board
32	Editorial Board
33	Editorial Board
34	Editorial Board
35	Editorial Board
36	Editorial Board
37	Editorial Board
38	Editorial Board
39	Editorial Board
40	Editorial Board
41	Editorial Board
42	Editorial Board
43	Editorial Board
44	Editorial Board
45	Editorial Board
46	Editorial Board
47	Editorial Board
48	Editorial Board
49	Editorial Board
50	Editorial Board
51	Editorial Board
52	Editorial Board
53	Editorial Board
54	Editorial Board
55	Editorial Board
56	Editorial Board
57	Editorial Board
58	Editorial Board
59	Editorial Board
60	Editorial Board
61	Editorial Board
62	Editorial Board
63	Editorial Board
64	Editorial Board
65	Editorial Board
66	Editorial Board
67	Editorial Board
68	Editorial Board
69	Editorial Board
70	Editorial Board
71	Editorial Board
72	Editorial Board
73	Editorial Board
74	Editorial Board
75	Editorial Board
76	Editorial Board
77	Editorial Board
78	Editorial Board
79	Editorial Board
80	Editorial Board
81	Editorial Board
82	Editorial Board
83	Editorial Board
84	Editorial Board
85	Editorial Board
86	Editorial Board
87	Editorial Board
88	Editorial Board
89	Editorial Board
90	Editorial Board
91	Editorial Board
92	Editorial Board
93	Editorial Board
94	Editorial Board
95	Editorial Board
96	Editorial Board
97	Editorial Board
98	Editorial Board
99	Editorial Board
100	Editorial Board

Anna Beata Adamczyk

Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce

WPROWADZENIE

Celem pracy jest analiza przebiegu rocznego i rozkładu przestrzennego liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w Polsce oraz wpływu cyrkulacji atmosferycznej na jej częstość. Za dzień z wiatrem silnym uważa się taki dzień, w którym choćby w jednym z terminów obserwacyjnych wystąpiła prędkość wiatru $v \geq 10 \text{ ms}^{-1}$, zaś za dzień z wiatrem bardzo silnym – gdy jego prędkość przekroczyła 15 ms^{-1} . Na wymienione charakterystyki prędkości wiatru wpływają warunki atmosferyczne istniejące w danej chwili oraz w danym miejscu. W przypadku Polski są one wynikiem oddziaływania głównych układów barycznych znad północnego Atlantyku i zachodniej Europy. W celu zbadania wpływu cyrkulacji na występowanie wiatru silnego i bardzo silnego zastosowano klasyfikację typów cyrkulacji sporządzoną przez B. Osuchowską-Klein (1978). Wyróżniła ona 13 wzorcowych typów cyrkulacji oraz oszacowała trzy stopnie podobieństwa sytuacji atmosferycznej do tych wzorców. Ponieważ przedmiotem opracowania są występujące sporadycznie wiatry silne i bardzo silne, pominięto stopniowanie podobieństwa sytuacji pogodowej do typu wzorcowego. Liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym zależy również od warunków lokalnych, takich jak charakter podłoża, wpływający na wielkość tarcia, czy ukształtowanie powierzchni, przyczyniające się do wzrostu lub spadku prędkości wiatru.

Maksymalnymi prędkościami wiatru w Polsce, jako pierwszy, zajął się D. Piasecki (1952). Praca jego powstała na zlecenie Wydziału Morskiego PIHM i miała służyć do zaprojektowania zabezpieczeń przed niszczycielską siłą wiatru i szkodami wyrządzanymi w różnych gałęziach gospodarki. Autorką wielu prac poświęconych wiatrowi w Polsce jest H. Lorenc. Poruszane w nich zagadnienia dotyczą głównie prędkości wiatru, np. jego porywistości lub możliwości wykorzystania zasobów energii wiatru do celów gospodarczych (1968, 1990, 1993). Ukazały się też opracowania kartograficzne przedstawiające rozkład częstości wiatru umiarkowanie silnego i silnego (*Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa*, 1990), a także częstość wiatru o prędkości $\geq 8 \text{ ms}^{-1}$ (Krawczyk 1994). Dane o liczbie dni z wiatrem silnym i bardzo silnym można również znaleźć w pracach M. Stopy-Boryczki (1989) oraz J. Paszyńskiego i T. Niedźwiedzia (1991).

Dokonany przegląd literatury wykazuje, że wśród wielu opracowań dotyczących wiatru, brakuje pracy omawiającej szerszą liczbę dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w Polsce oraz ich powiązania z typami cyrkulacji atmosferycznej.

Materiały źródłowe do niniejszego opracowania pochodzą z codziennych obserwacji w trzech terminach pomiarowych (godz. 7⁰⁰, 13⁰⁰, 21⁰⁰ czasu środkowoeuropejskiego) prowadzonych na 16 stacjach meteorologicznych w Polsce w latach 1956–1965 (tab. 1). Materiały te zaczerpnięto z *Roczników Meteorologicznych* oraz z Archiwum IMGW (dla stacji Rozewie). Trzeba też zaznaczyć, że sumy miesięczne liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym zamieszczone w *Rocznikach* zawierają przypadki, które wystąpiły między trzema terminami obserwacyjnymi. Stąd sumy miesięczne, zamieszczone w tabeli II *Roczników*, przewyższają od 15 do 150% liczbę dni liczoną z trzech terminów obserwacyjnych. Omówione różnice ilustrują – na przykładzie stacji Warszawa-Bielany – tabele 2 i 3.

Wybrany do opracowania okres obserwacyjny charakteryzuje się, według D. Kuziemskiej (1991), różnorodnością pod względem występowania groźnych zjawisk atmosferycznych. Jest więc on reprezentatywny dla niniejszej analizy.

Tabela 1. Stacje i posterunki meteorologiczne uwzględnione w opracowaniu
Meteorological stations and posts taken into consideration in the study

Stacje meteorologiczne	Φ	λ	wysokość wiatromierza
Gdańsk-Wrzeszcz	50°23'	18°36'	13m
Jelenia Góra	50°54'	15°48'	342m
Kasprowy Wierch	49°14'	19°59'	1991m
Kraków-Observatorium			
Astronomiczne UJ	50°04'	19°58'	206m
Łódź-Lublinek	51°44'	19°24'	187m
Olsztyn-Dajtki	53°46'	20°25'	133m
Poznań-Ławica	52°25'	16°50'	86m
Przemyśl	49°48'	22°48'	237m
Rozewie	54°50'	18°20'	19m
Sandomierz	50°41'	21°45'	202m
Suwałki	54°06'	22°57'	165m
Szczecin-Dąbie	53°24'	14°37'	1m
Śnieżka	50°44'	15°44'	1603m
Warszawa-Bielany	52°17'	20°58'	98m
Wrocław-Strachowice (1956-1964)	51°06'	16°53'	120m
Wrocław-Gądów Mały (1965)	51°08'	16°59'	116m
Zakopane	49°18'	19°57'	844m

Tabela 2. Liczba dni z wiatrem silnym na stacji Warszawa-Bielany,
wg zestawienia w *Rocznikach Meteorologicznych* (tablica II)
Number of days with strong wind at Warsaw-Bielany station after the data
from table II of *Meteorological Yearbook*

Miesiąc	l a t a									
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
I	6	2	.	1	.	.	1	.	1	.
II	1	.	5	2	.	.	5	.	.	2
III	10	3	.	1	1	6	1	.	.	.
IV	3	.	1	.	1	3	2	.	.	5
V	.	.	.	1	.	.	.	.	.	1
VI	.	.	.	.	.	1	.	.	1	2
VII	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VIII	2	1	.	1	.	.	.	1	.	.
IX	.	4	.	.	.	.	1	.	2	.
X	1	.	.	2	1	.	.	.	.	.
XI	5	3	.	1	.	.	.	3	2	.
XII	3	1	.	4	1	1	.	.	.	.
Rok	31	14	6	13	4	11	10	4	6	10

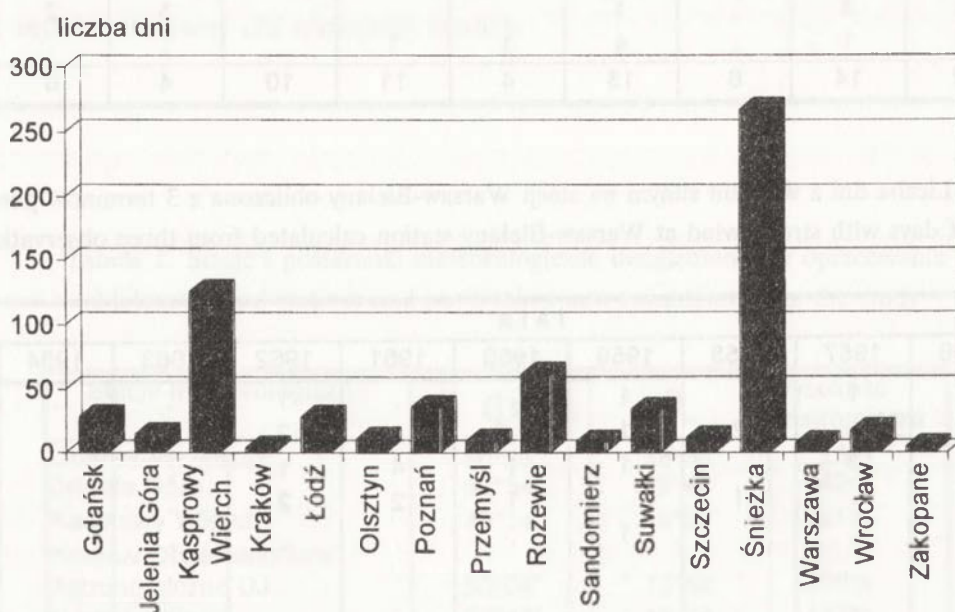
Tabela 3. Liczba dni z wiatrem silnym na stacji Warsaw-Bielany obliczona z 3 terminów pomiarowych
Number of days with strong wind at Warsaw-Bielany station calculated from three observational terms

Miesiąc	l a t a									
	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
I	4	1	.	1	.	.	1	.	.	.
II	1	.	2	1	.	.	2	.	.	1
III	9	3	.	1	1	4	1	.	.	.
IV	2	.	1	.	1	2	2	.	.	5
V	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
VI	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VII	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VIII	1	.	.	1	.	.	.	.	.	.
IX	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.
X	1	.	.	2	.	.	.	.	.	.
XI	5	1	.	1	.	.	.	3	.	.
XII	.	.	.	4	1	1	.	.	.	.
Rok	23	7	3	12	3	7	6	3	.	6

ROZKŁAD PRZESTRZENNY LICZBY DNI Z WIATREM SILNYM I BARDZO SILNYM

Wiatr silny

Średnia wieloletnia liczba dni z wiatrem silnym w Polsce wynosi, dla przyjętych stacji, 41,6. Na Śnieżce, na Kasprowym Wierchu, oraz w Rozewiu liczba dni z wiatrem silnym jest znacznie większa od tej średniej (odpowiednio 267,3, 125,2, 61,2) i stanowi łącznie 2/3 wszystkich przypadków (dni) zaobserwowanych na 16 stacjach (ryc. 1). Przez ponad 20 dni w roku notuje się wiatr silny w Poznaniu (35,7), Suwałkach (33,8), Łodzi (28,1), i Gdańsku (28,0). Na pozostałych stacjach częstość jego pojawiania się nie przewyższa 14 dni w roku (Zakopane – 14,0, Szczecin – 11,4, Olsztyn – 10,8, Przemyśl – 9,2, Sandomierz – 8,4, Warszawa – 6,9, Jelenia Góra – 4,2, Kraków – 3,5), we Wrocławiu natomiast dochodzi do 17,1.



Ryc. 1. Liczba dni z wiatrem silnym w latach 1956–1965
Number of days with strong wind in the period 1956–1965

Z powyższego zestawienia wynika, że w górach, a właściwie w ich partiach szczytowych, dni z wiatrem silnym występują najczęściej. Jest to zrozumiałe, gdyż wraz ze wzrostem wysokości powietrze staje się rzadsze, maleje tarcie wzajemne cząstek powietrza, a tym samym rośnie prędkość wiatru. Obie stacje wysokogórskie (Śnieżka i Kasprowy Wierch) usytuowane są na szczytach, co powoduje, że wiatr, nie napotykając na przeszkody w terenie, ma tam największą prędkość. Wpływ ukształtowania powierzchni na częstość wiatru silnego

ilustrują dane ze stacji meteorologicznej w Zakopanem. Leży ona zaledwie około 7 km od Kasprowego Wierchu, lecz w dnie Kotliny Zakopiańskiej. Wiatr silny notowany jest tam średnio tylko podczas 4,2 dnia w roku. W obrębie Sudetów, w Kotlinie Jeleniogórskiej (podobnie jak w Zakopiańskiej) częstość wiatru silnego zmniejsza się do 14,0 dni, podczas gdy na pobliskiej Śnieżce wynosi 267,3 dnia w roku.

Duża częstość wiatru silnego występuje także na Wybrzeżu, gdyż nad powierzchnią wodną, ze względu na bardzo małe tarcie, obserwuje się większą prędkość wiatru niż nad lądem. Liczba dni z tym wiatrem na Wybrzeżu Bałtyku rośnie ku wschodowi, co wynika z kształtu linii brzegowej, która ku wschodowi wysuwa się w morze, powodując większą „otwartość” na przeważający, zachodni kierunek wiatru. Najbardziej wysuniętym ku północy jest Przylądek Rozewie, który wyróżnia się największą na wybrzeżu częstością wiatru silnego. Przesuwając się w głąb lądu obserwuje się mniejszą prędkość wiatru, gdyż powietrze natrafia tu na przeszkody związane z rzeźbą terenu i jego pokryciem.

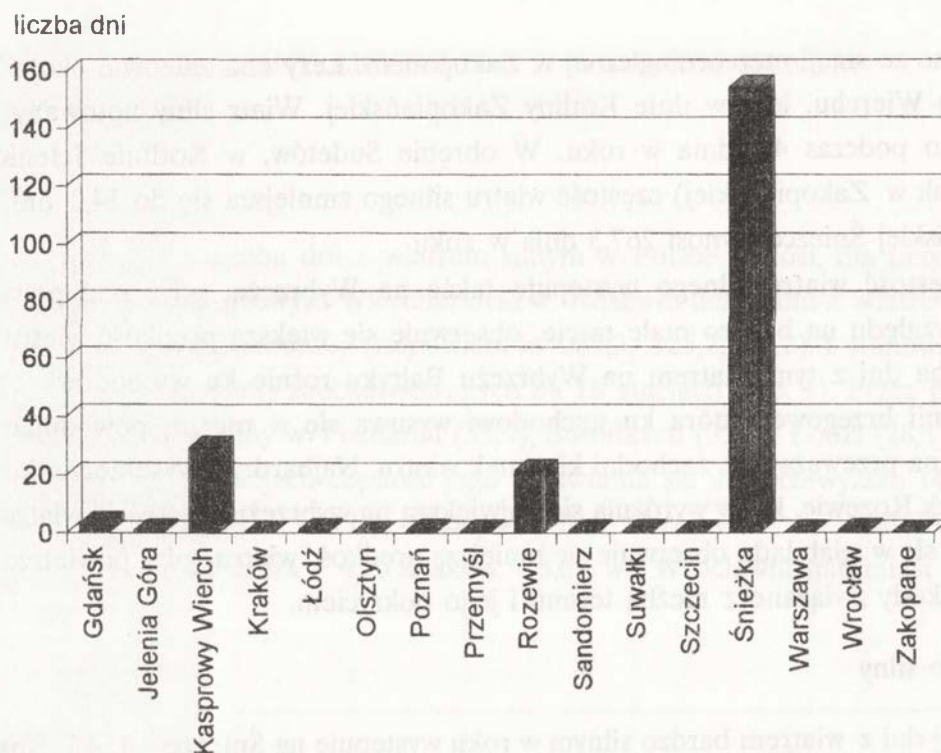
Wiatr bardzo silny

Najwięcej dni z wiatrem bardzo silnym w roku występuje na Śnieżce – 154,7, Kasprowym Wierchu – 29,4, Rozewiu – 21,4 (ryc. 2). Te trzy stacje meteorologiczne wyróżniają się pod względem częstości tego zjawiska grupując 95% tych dni. Na dalsze 5% składają się dni występujące na pozostałych 13 stacjach. 72% przypadków wiatru bardzo silnego w Polsce obserwuje się na Śnieżce. Oznacza to, że przez ponad 5 miesięcy w roku, w najwyższych partiach Karkonoszy, występuje wiatr bardzo silny. Na Kasprowym Wierchu i Rozewiu wiatr ten zaznacza swoją obecność przez około 30 dni w roku. Innym obszarem wyróżniającym się jest rejon Gdańska, gdzie średnio przez ponad 3 dni w roku występuje wiatr bardzo silny. W pozostałej części kraju średnia roczna częstość wiatru bardzo silnego nie przekracza 1 dnia. W okresie 1956–1965 w Łodzi wystąpił on 9 razy, we Wrocławiu 8 razy, w Jeleniej Górze i Poznaniu 7, w Sandomierzu 5, w Suwałkach i Przemyślu 4, w Szczecinie 3, w Warszawie 2, w Olsztynie i Zakopanym 1. W Krakowie w badanym 10-leciu wiatr bardzo silny nie pojawił się. Przy występowaniu wiatru bardzo silnego względne różnice częstości między poszczególnymi stacjami były znacznie większe niż przy wietrze silnym.

PRZEBIEG ROCZNY CZĘSTOŚCI WIATRU SILNEGO I BARDZO SILNEGO

Wiatr silny

Przebieg roczny średniej liczby dni z wiatrem silnym w Polsce pokazuje, że najczęściej tych dni występuje w półroczu chłodnym (XI–IV), głównie w styczniu, kiedy to średnio w całym kraju ich liczba wynosi 5,0, co stanowi 16,1% dni w miesiącu (ryc. 3). W pozostałych miesiącach tego półroczu równie często taki wiatr wieje w marcu (4,8 dnia), w lutym (4,6 dnia) i w grudniu (4,5 dnia). W półroczu ciepłym wiatr silny najrzadziej

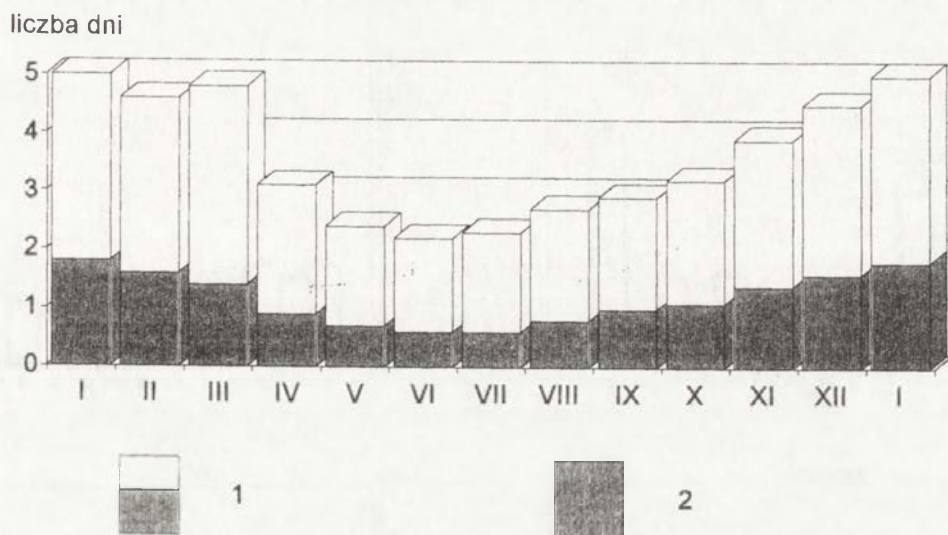


Ryc. 2. Liczba dni z wiatrem bardzo silnym w latach 1956–1965
Number of days with very strong wind in the period 1956–1965

występuje w czerwcu, podczas 2,2 dnia (7,3% dni w miesiącu). Zatem różnica między największą i najmniejszą średnią miesięczną liczbą dni wynosi 2,8, czyli ponad połowę maksimum rocznego. W marcu wiatr silny występuje z równie dużą częstością jak w styczniu. W rocznym przebiegu tego zjawiska w całej Polsce, w badanym 10-leciu, można wyróżnić dwa okresy. Pierwszy z nich obejmuje miesiące od listopada do marca, z liczbą dni przewyższającą wartość średnią roczną wynoszącą 3,5 dnia dla całej Polski. Drugi okres, z liczbą dni mniejszą od tej średniej, obserwuje się od kwietnia do października. Biorąc pod uwagę sumę roczną (41,6 dnia), udział wiatru silnego w roku wynosi 11,4%. Powoduje to, że Polskę zalicza się do krajów o małych prędkościach wiatru.

Ogólnie biorąc wiatr silny najczęściej występuje w styczniu, a najrzadziej w czerwcu. Rozpatrując przebieg roczny na poszczególnych stacjach można zauważyć znaczne zróżnicowanie w pojawianiu się maksimum i minimum rocznych (ryc. 4). Zdarza się, że występują one w dwóch lub więcej miesiącach roku. Wiatr silny występuje najczęściej w:

- grudniu** – Kasprowy Wierch, Zakopane
- styczniu** – Gdańsk, Jelenia Góra, Rozewie, Śnieżka, Wrocław
- marcu** – Łódź, Olsztyn, Poznań, Przemyśl, Szczecin, Warszawa, Jelenia Góra
- lutym** – Kraków, Sandomierz
- kwietniu** – Suwałki



Ryc. 3. Przebieg roczny średniej liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w Polsce (1956–1965)
 Yearly course of mean number of days with strong and very strong wind in Poland (1956–1965)
 1 wiatr silny (strong wind); 2 wiatr bardzo silny (very strong wind)

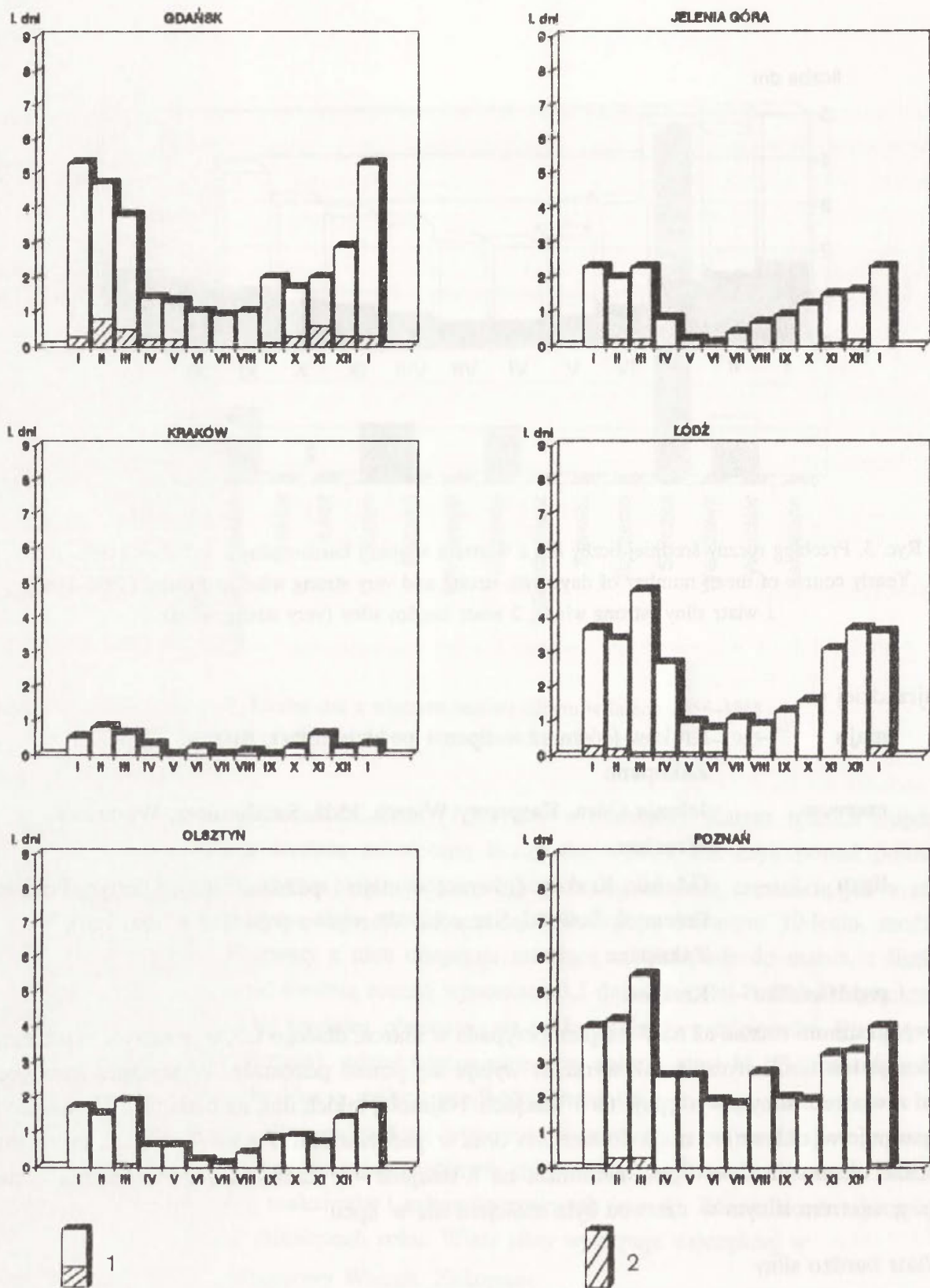
najrzadziej w:

- maju** – Kraków (również w lipcu i październiku), Rozewie, Śnieżka, Zakopane
- czerwcu** – Jelenia Góra, Kasprowy Wierch, Łódź, Sandomierz, Warszawa, Wrocław
- lipcu** – Gdańsk, Kraków (również w maju i październiku), Olsztyn, Poznań, Przemyśl, Suwałki, Szczecin, Warszawa (również w czerwcu), Zakopane
- październiku** – Kraków.

Maksimum roczne aż na 7 stacjach przypada w marcu, dlatego też, w rocznym przebiegu, miesiąc ten obok stycznia tak wyraźnie wybija się ponad pozostałe. W styczniu najwięcej dni z wiatrem silnym występuje na 5 stacjach. Najmniej takich dni, na badanych 16 stacjach, występuje w okresie od maja do sierpnia oraz w październiku. Aż na 9 stacjach minimum roczne obserwuje się w lipcu, natomiast na 7 stacjach – w czerwcu. Jednak średnia liczba dni z wiatrem silnym w czerwcu była mniejsza niż w lipcu.

Wiatr bardzo silny

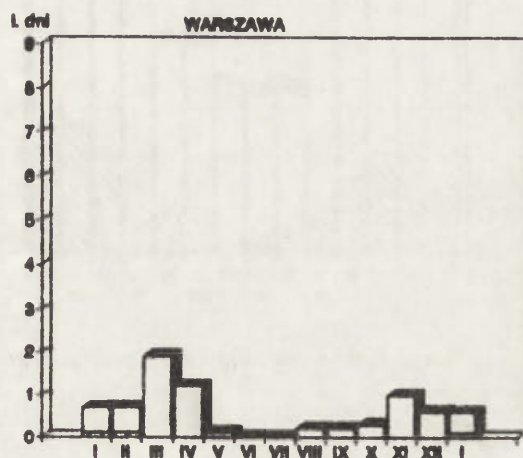
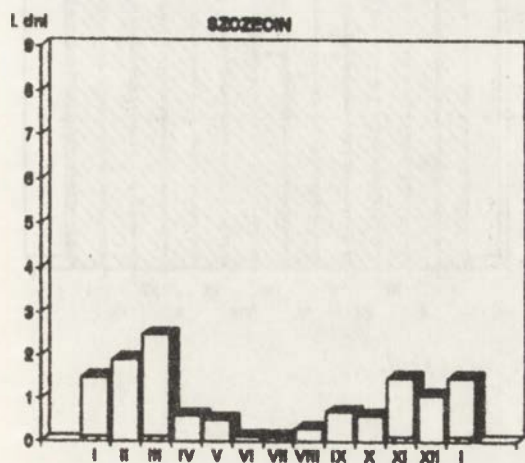
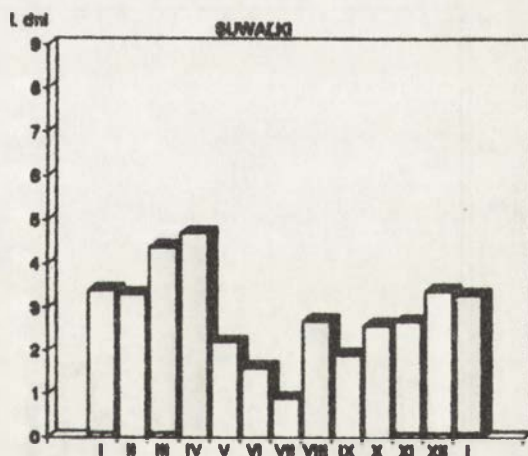
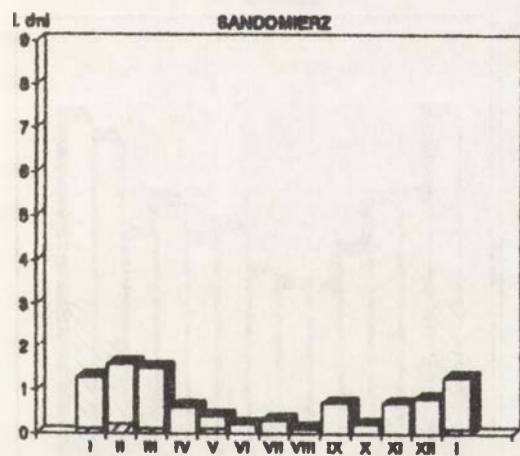
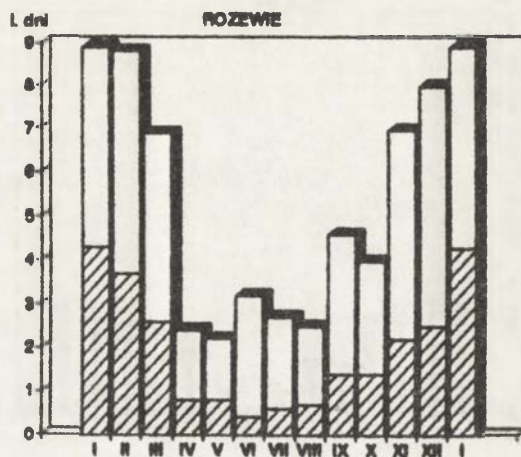
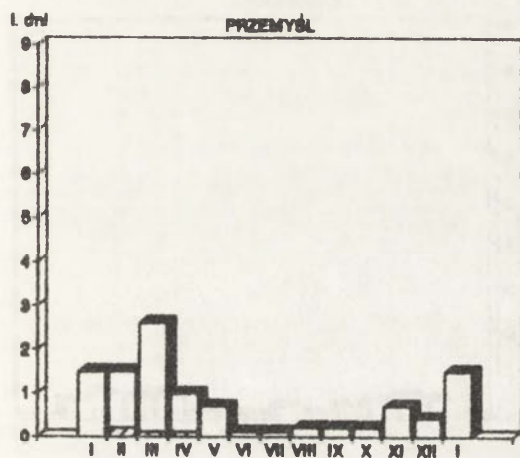
Również wiatr bardzo silny w Polsce najczęściej pojawia się w chłodnej połowie roku osiągając w styczniu 1,8 dnia (ryc. 3). Następnie jego częstość maleje do 0,6 dnia w czerwcu i lipcu. W odniesieniu do średniej rocznej liczby dni z wiatrem bardzo silnym, wynoszącej 1,1 dnia, można wydzielić okres od kwietnia do października – gdy liczba ta jest mniejsza

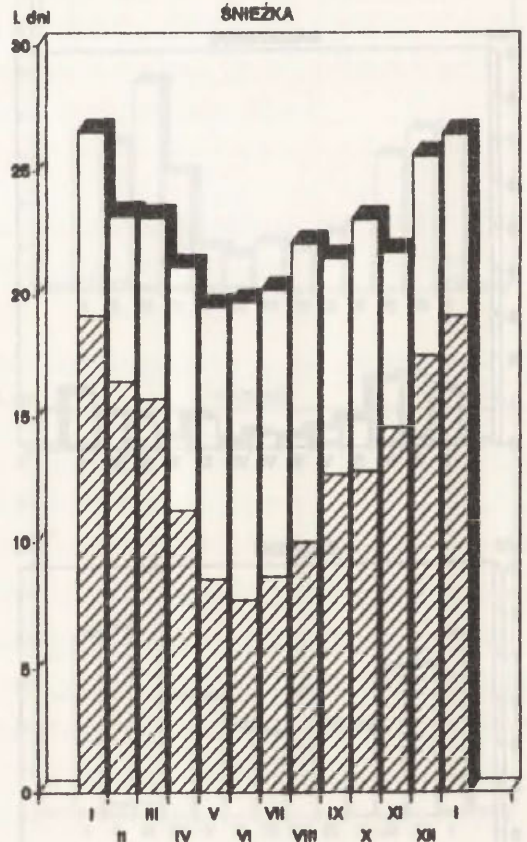
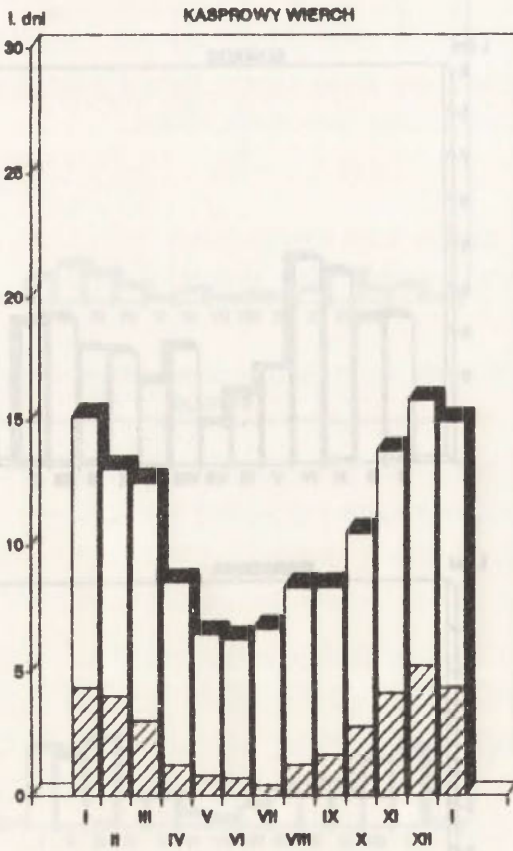
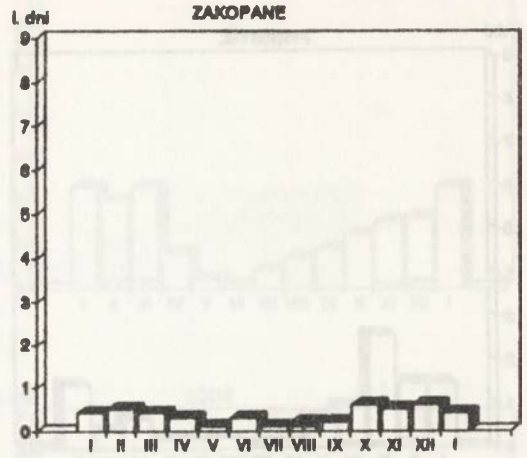
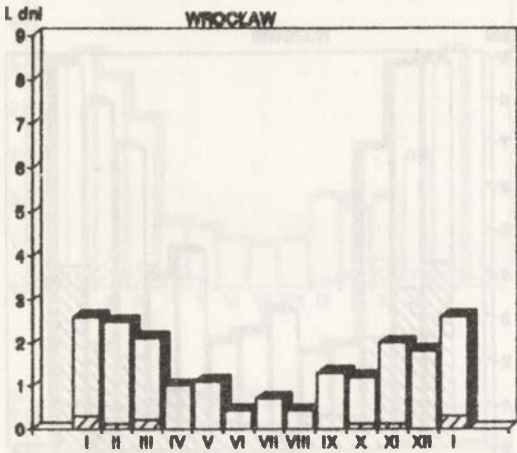


Ryc. 4. Przebieg roczny średniej liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym na kolejnych stacjach (1956–1965)

Yearly course of mean number of days with strong and very strong wind at successive stations (1956–1965)

1 wiatr silny (strong wind); 2 wiatr bardzo silny (very strong wind)





Stacje Kasprowy Wierch i Śnieżka przedstawiono w innej skali

lub równa od średniej – i od listopada do marca – gdy jest ona większa. Różnica między największą i najmniejszą liczbą dni z tym zjawiskiem w roku wynosi 1,2. Różnica ta stanowiąc 66% maksimum rocznego jest większa od podobnej różnicy między ekstremalnymi liczbami dni z wiatrem silnym w ciągu roku, wynoszącej 56% maksimum rocznego. Wskazuje to na większe zróżnicowanie częstości wiatru bardzo silnego w ciągu roku niż wiatru silnego w badanych stacjach.

Porównując liczbę dni z wiatrem bardzo silnym na poszczególnych stacjach trzeba podkreślić, że aż na 13 z nich, w kilku miesiącach roku badanego dziesięciolecia, wiatr bardzo silny nie wystąpił. Jak już wspomniano najczęściej pojawia się on w styczniu (ryc. 3). Lecz tylko na 7 z 16 badanych stacji największa liczba dni przypada na ten miesiąc (ryc. 4). Na pozostałych stacjach, maksimum roczne występuje w lutym, w marcu, w listopadzie czy grudniu, a nawet w lipcu i sierpniu. W Zakopanem i Olsztynie w całym 10-leciu bardzo silny wiatr wystąpił podczas jednego pomiaru, w Krakowie natomiast nie zanotowano ani jednego takiego przypadku.

Tylko trzy stacje odznaczają się występowaniem wiatru silnego we wszystkich miesiącach roku. Są to: Śnieżka, Kasprowy Wierch i Rozewie. Natomiast w Gdańsku wiatr bardzo silny nie wystąpił jedynie w okresie od czerwca do sierpnia. Są to stacje usytuowane na obszarach o najczęstszym występowaniu wiatru bardzo silnego.

Na Śnieżce i na Kasprowym Wierchu, stacjach reprezentujących szczytowe partie Tatr i Karkonoszy, rejestruje się najwięcej dni z wiatrem bardzo silnym, odpowiednio: 154,7 i 29,4 w roku. Ich maksimum roczne przypada na styczeń (Śnieżka – 19,1) lub grudzień (Kasprowy Wierch – 5,3). Najmniej takich dni jest w czerwcu (Śnieżka – 7,7) oraz w lipcu (Kasprowy Wierch – 0,4). Roczna amplituda na Śnieżce wynosi 11,4 dnia, a na Kasprowym Wierchu 4,9. Największa liczba dni z wiatrem bardzo silnym występuje w miesiącach zimowych. Również wtedy różnice średniej liczby dni pomiędzy następującymi po sobie miesiącami są dużo większe niż w okresie letnim, kiedy to nie dochodzą nawet do 1 dnia. Wielkość różnic wyraźnie zmienia się na przełomie marca i kwietnia oraz na przełomie września i października. W okresie letnim występują najmniejsze różnice pomiędzy kolejnymi miesiącami. Trzecią stacją wyróżniającą się pod względem frekwencji wiatru silnego jest Rozewie z 21,4 dniami z wiatrem bardzo silnym. Różnica pomiędzy ekstremalnymi wartościami liczby dni w ciągu roku wynosi tu 3,9 dnia.

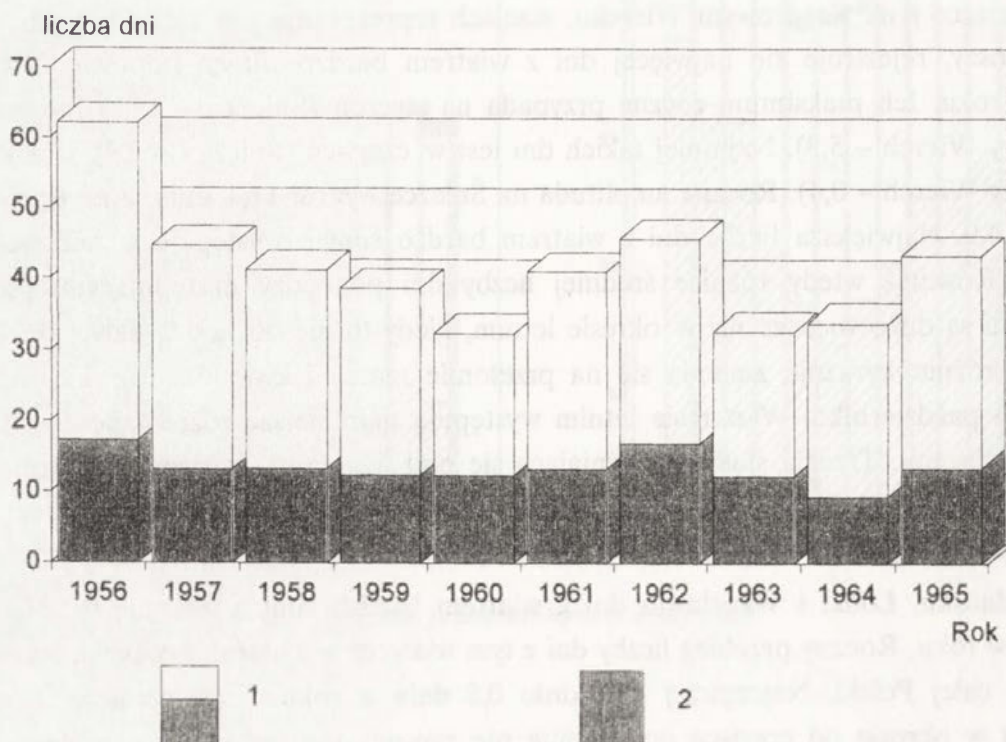
W Gdańsku, Łodzi i Wrocławiu dni z wiatrem bardzo silny występują w ciągu 6–10 miesięcy w roku. Roczny przebieg liczby dni z tym wiatrem w Gdańsku odbiega od obliczonego dla całej Polski. Najczęściej – średnio 0,8 dnia w roku – występuje on w lutym, natomiast w okresie od czerwca do sierpnia nie zanotowano ani razu tak silnego wiatru w badanym 10-leciu. W Łodzi natomiast wiatr bardzo silny pojawia się jedynie w pierwszej połowie roku, najczęściej w styczniu przez 0,3 dnia. Od lipca do grudnia wiatr ten nie jest tam notowany.

Na pozostałych stacjach wiatr bardzo silny jest również obserwowany w chłodnej połowie roku. Na ośmiu stacjach maksimum roczne występuje w marcu, na sześciu stacjach w styczniu i lutym, na dwóch stacjach w grudniu, na czterech stacjach w listopadzie, a w październiku – na jednej. Należy pamiętać, że maksima i minima roczne liczby dni z wiatrem bardzo silnym mogą wystąpić w kilku miesiącach roku.

Wiatr o prędkości $v > 15 \text{ ms}^{-1}$ zdarza się bardzo rzadko w ciepłej połowie roku. Poza stacjami górskimi i Rozewiem w całym badanym okresie wiatr bardzo silny w lipcu wystąpił tylko w Szczecinie, a w sierpniu w Zakopanem.

Zmiany liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym z roku na rok

Poza przebiegiem rocznym średniej liczby dni z wiatrem silnym interesujące jest zbadanie zmian ich występowania w poszczególnych latach. Największa częstość wiatru silnego przypadła w badanym okresie na rok 1956 (ryc. 5) i wynosiła 62,1 dnia (co stanowi 17% dni w roku), najmniejsza zaś – w roku 1960 (32,4 dnia) i stanowiła ona zaledwie 9% dni w roku. W ostatnim roku 10-lecia 1956 – 1965, zaznaczył się wzrost liczby dni z wiatrem silnym, dochodząc do 44 dni. Najrzadziej wiatr silny notowano w 1960, 1963 i 1964 roku.



Ryc. 5. Liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w kolejnych latach w Polsce (1956–1965)
 Number of days with strong and very strong wind at successive years in Poland (1956–1965)
 1 wiatr silny (strong wind); 2 wiatr bardzo silny (very strong wind)

Na 14 stacjach największa częstość wiatru silnego przypadła na rok 1956 (ryc. 6), jedynie na Kasprowym Wierchu na rok 1965 i w Krakowie – na rok 1964. W Zakopanem maksimum dni z takim wiatrem wystąpiło w latach 1956 i 1965. Najrzadziej dni z wiatrem o prędkości ponad 10 ms^{-1} występowały w roku 1960. Na ośmiu stacjach wystąpiły one w innych latach: Zakopane i Jelenia Góra – 1961, Przemyśl i Kasprowy Wierch – 1959, Szczecin – 1963, Warszawa, Suwałki i Śnieżka – 1964. Dużą częstością wiatru silnego odznaczył się również rok 1962, kiedy to w Gdańsku, na Kasprowym Wierchu, w Łodzi, Poznaniu, Przemyślu, Sandomierzu, na Śnieżce i we Wrocławiu zanotowano wtórne maksimum liczby dni z wiatrem silnym w okresie 1956–1965. Na pozostałych stacjach dużą częstością takich dni odznaczyły się też lata: 1961 (Suwałki, Rozewie), 1960 (Szczecin), 1959 (Olsztyn, Sandomierz, Warszawa). Wzrost liczby dni z wiatrem silnym pod koniec badanego okresu nie wystąpił jedynie w Jeleniej Górze i Sandomierzu.

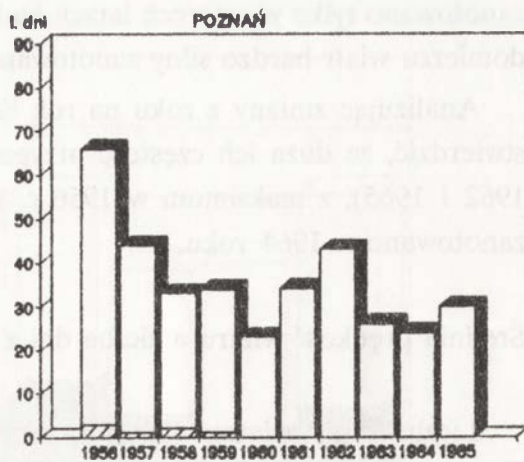
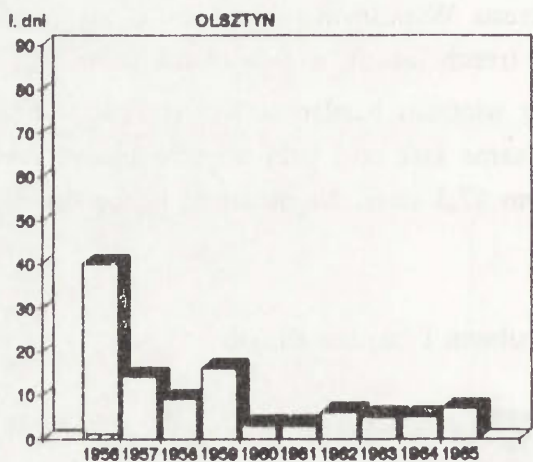
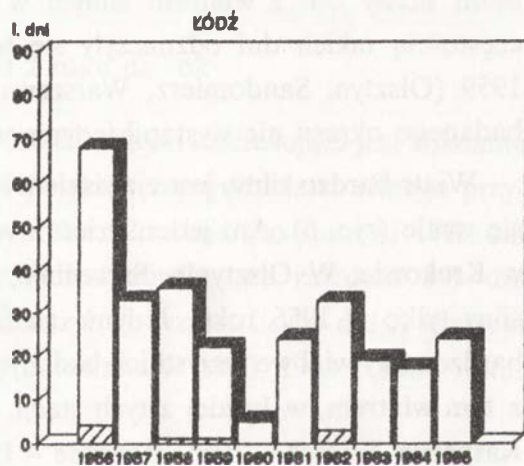
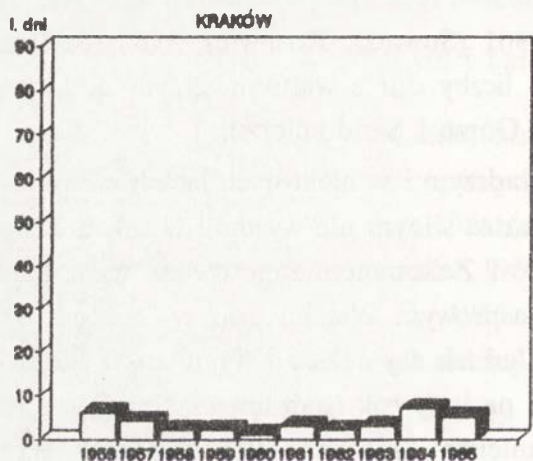
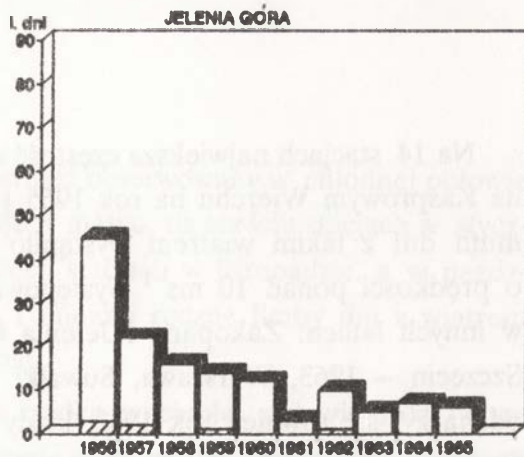
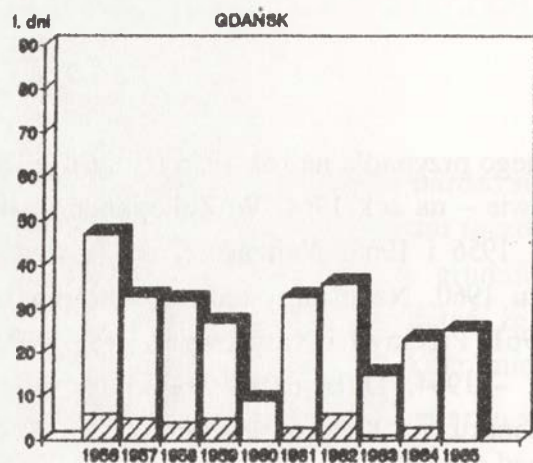
Wiatr bardzo silny, jest zjawiskiem znacznie rzadszym i w niektórych latach nie pojawiał się wcale (ryc. 6). Ani jeden dzień z wiatrem bardzo silnym nie wystąpił w całym 10-leciu w Krakowie. W Olsztynie, Szczecinie, Warszawie i Zakopanem zanotowano wiatr bardzo silny tylko w 1956 roku. Jedynie na Śnieżce, Kasprowym Wierchu oraz w Rozewiu wiatr bardzo silny wiał we wszystkich badanych latach. Jednak największa i najmniejsza liczba dni z tym wiatrem, w każdej z tych stacji, przypadła na inny rok (największa: Śnieżka – 1962, Kasprowy Wierch – 1965, Rozewie – 1956; najmniejsza: Śnieżka – 1964, Kasprowy Wierch – 1959, Rozewie – 1960). W Jeleniej Górze, Wrocławiu, Poznaniu i Łodzi wiatr bardzo silny zanotowano tylko w czterech latach badanego okresu. Wspólnym rokiem jest 1956. W Sandomierzu wiatr bardzo silny zanotowano tylko w trzech latach, w Suwałkach w dwóch.

Analizując zmiany z roku na rok liczby dni z wiatrem bardzo silnym w Polsce można stwierdzić, że duża ich częstość przypada na te same lata co i przy wietrze silnym (1956, 1962 i 1965), z maksimum w 1956 r. wynoszącym 17,3 dnia. Najmniejszą liczbę dni (9,4) zanotowano w 1964 roku.

Średnia prędkość wiatru a liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym

Liczba dni z wiatrem silnym zależy od występowania określonej prędkości chwilowej. W opracowaniach klimatologicznych stosowana jest natomiast średnia dobową prędkość wiatru. Porównując liczbę dni z wiatrem silnym ze średnią prędkością wiatru widać pewne różnice w rozkładzie tych dwóch charakterystyk (tab. 4). Na stacjach o małej prędkości wiatru – do 3 ms^{-1} – stosunkowo rzadko występuje wiatr silny. Przykładem tego jest Kraków, gdzie częstość wiatru silnego wynosi 3,5 dnia i Zakopane – 4,2 dnia. W Jeleniej Górze (średnia prędkość wynosi $2,6 \text{ ms}^{-1}$) występuje aż 14 dni z wiatrem silnym.

Tam gdzie średnia prędkość wiatru dochodzi do 4 ms^{-1} , roczna liczba dni z wiatrem silnym przekracza 10 (Gdańsk, Olsztyn, Szczecin i Wrocław). Inaczej się dzieje w Sando-



1

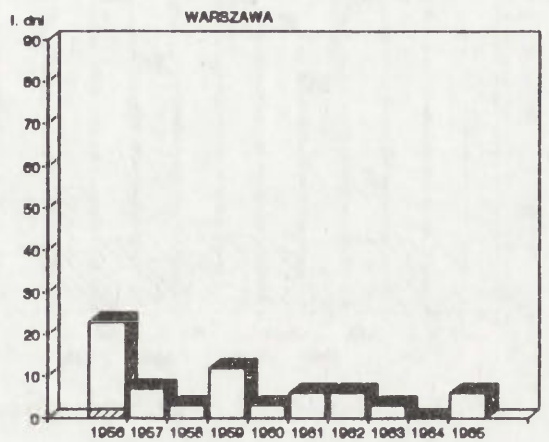
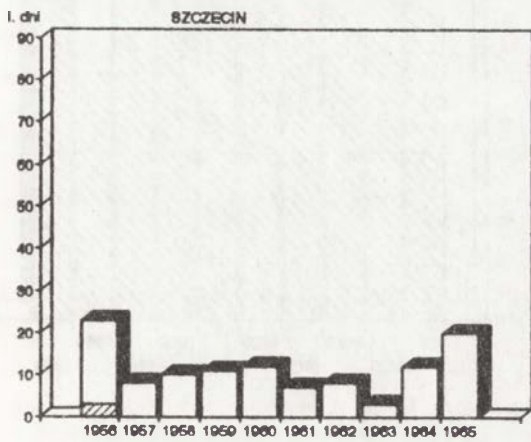
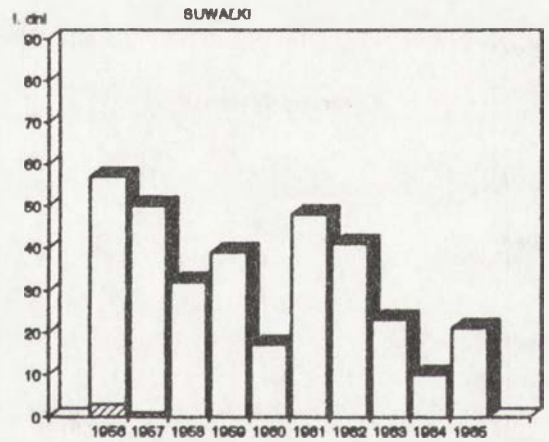
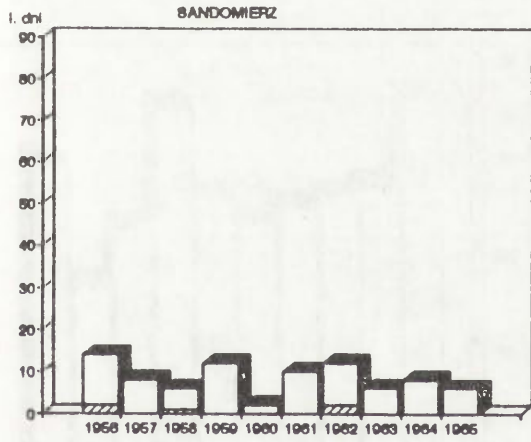
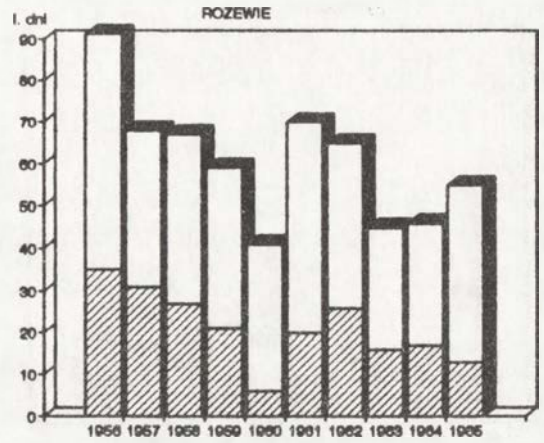
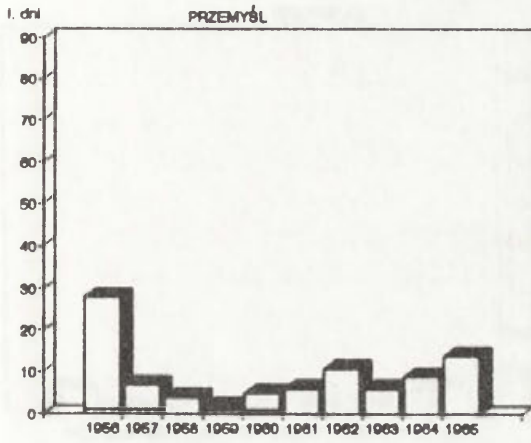


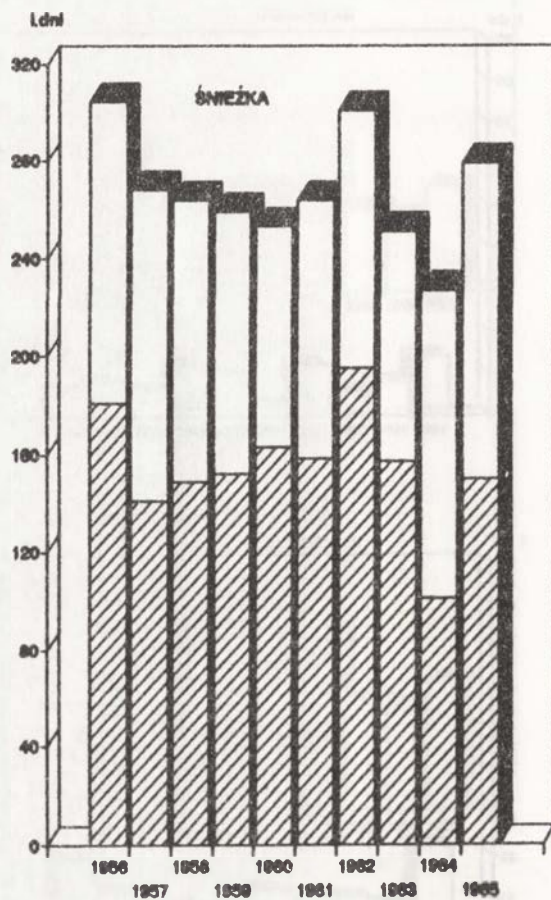
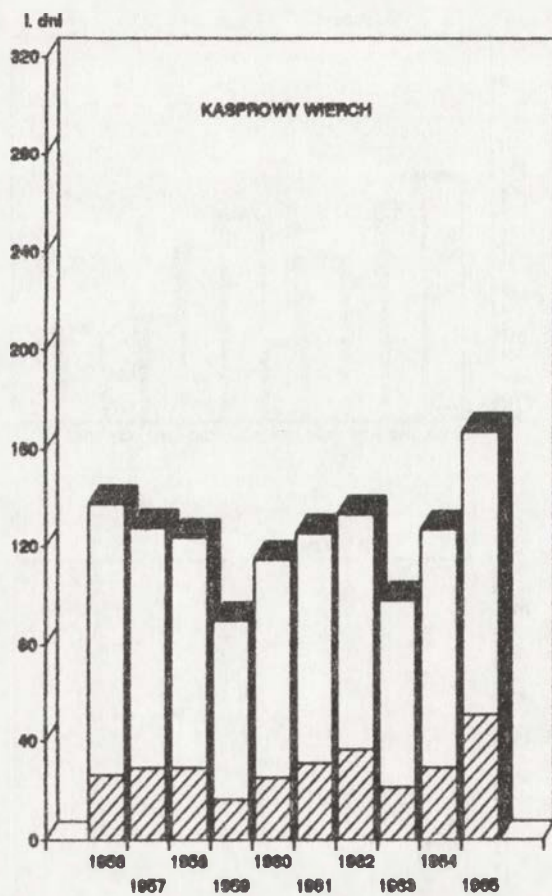
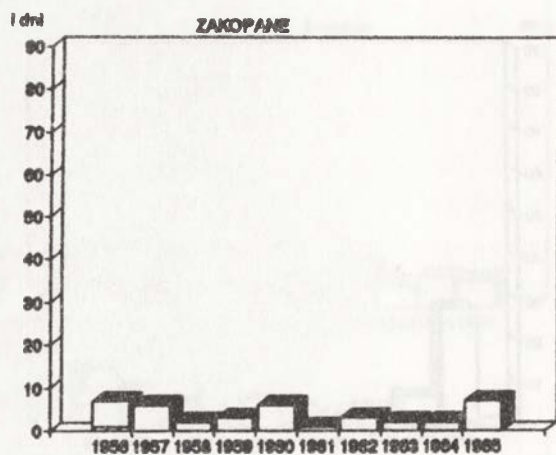
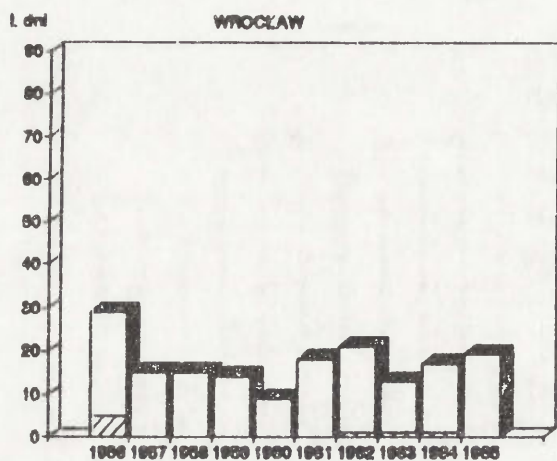
2

Ryc. 6. Liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w kolejnych latach na badanych stacjach (1956–1965)

Number of days with strong and very strong wind at successive years on stations under investigations (1956–1965)

1 wiatr silny (strong wind); 2 wiatr bardzo silny (very strong wind)





Stacje Kasprowy Wierch i Śnieżka przedstawiono w innej skali

domierzu, gdzie przy dość dużej średniej prędkości wiatru ($3,4 \text{ ms}^{-1}$) było tylko 8,4 dnia z wiatrem silnym. Dodać należy, że stacja we Wrocławiu przy wietrze o prędkości niewiele mniejszej ($3,3 \text{ ms}^{-1}$) zanotowała ich ponad dwa razy więcej (17,1 dni). Mniejszym średnim prędkościom wiatru nie zawsze towarzyszy mniejsza liczba dni z wiatrem silnym. W Łodzi średnia prędkość wiatru wynosiła $4,2 \text{ ms}^{-1}$ podczas gdy częstość wiatrów silnych – 28,1 dnia, natomiast w Suwałkach przy nieco mniejszej średniej prędkości wiatru ($4,1 \text{ ms}^{-1}$) częstość wiatru silnego była znacznie większa (33,8 dnia). Podobną sytuację obserwuje się w Warszawie i Jeleniej Górze oraz w Sandomierzu i Wrocławiu. Na tych stacjach często zdarzały się duże chwilowe prędkości wiatru nie przekraczające jednak przyjętego proggu (10 ms^{-1}). Wynika z tego, że brak wiatru silnego lub jego pojedyncze przypadki nie decydują o małych średnich prędkościach wiatru, zaś stosunkowo duża liczba dni z wiatrem silnym przy małych średnich prędkościach wiatru może oznaczać większą częstość słabego wiatru. Dlatego liczba dni z wiatrem silnym nie musi być wskaźnikiem dużej średniej prędkości wiatru.

Tabela 4. Średnia roczna prędkość wiatru a liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym
Mean yearly wind speed and number of days with strong and very strong wind

Stacje meteorologiczne	liczba dni z wiatrem		prędkość
	silnym	bardzo silnym	w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
Gdańsk	28.0	3.3	3.8
Jelenia Góra	14.0	0.7	2.6
Kasprowy Wierch	125.2	29.3	6.0
Kraków	3.5	.	1.7
Łódź	28.1	0.9	4.2
Olsztyn	10.8	0.1	3.1
Poznań	35.7	0.7	4.4
Przemyśl	9.2	0.4	2.9
Rozewie	61.2	21.4	5.1
Sandomierz	8.4	0.5	3.4
Suwałki	33.8	0.4	4.1
Szczecin	11.4	0.3	3.6
Śnieżka	267.3	154.7	11.2
Warszawa	6.9	0.2	3.0
Wrocław	17.1	0.8	3.3
Zakopane	4.2	0.1	1.6

CZĘSTOŚĆ WIATRÓW SILNYCH I BARDZO SILNYCH A TYPY CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ

Geograficzne położenie Polski sprzyja napływowi różnych mas powietrza, co związane jest ze zmieniającym się rozkładem ciśnienia atmosferycznego. Układy baryczne, będące

podstawowym kryterium wyróżniania typów cyrkulacji atmosferycznej (Osuchowska-Klein 1978) warunkują zarówno kierunek wiatru jak i jego prędkość. Dlatego też można przyjąć, że pojawienie się wiatru silnego lub bardzo silnego jest związane z określonym typem cyrkulacji atmosferycznej panującym nad Polską. W pracy przyjęto za B. Osuchowską-Klein następujące typy cyrkulacji:

- A – zachodni cyklonalny
- CB – północno-zachodni cyklonalny
- D – południowo-zachodni cyklonalny
- B – południowy cyklonalny
- F – południowo-wschodni cyklonalny
- C₂D – zachodni antycyklonalny
- D₂C – południowo-zachodni i południowy antycyklonalny
- G – centralny antycyklonalny
- E₂C – północno-zachodni antycyklonalny
- E_o – północno-wschodni i wschodni cyklonalny
- E – północno-wschodni antycyklonalny
- E₁ – południowo-wschodni i wschodni antycyklonalny
- BE – południowy pośredni między cyklonalnym i antycyklonalnym.

Częstość typów cyrkulacji

Częstość typów cyrkulacji w okresie 1956–1965 (tab. 5) wykazuje, że typy antycyklonalne przeważają nad cyklonalnymi (odpowiednio 49,0 i 46,2%). Cyrkulacja pośrednia pomiędzy cyklonalną a antycyklonalną (BE) stanowiła 0,6% dni w roku, natomiast pozostałe sytuacje nie wykazujące podobieństwa do żadnego typu wzorcowego (X) – 4,2%. Najczęściej występował zachodni typ cyrkulacji antycyklonalnej (C₂D) – 14,4%, często pojawiały się również typy: północno-zachodni cyklonalny (CB), północno-wschodni antycyklonalny (E) – 13,1%, południowo-wschodni i wschodni antycyklonalny (E₁) – 10,3%, północno-wschodni i wschodni cyklonalny (E_o) – 8,9% oraz południowo-zachodni cyklonalny (D) – 8,6%. Najrzadziej występował typ BE – 0,6% oraz F – 2,5%.

Zimą największą frekwencję wykazały typy cyrkulacji z sektora zachodniego (ryc. 7). W grudniu najczęściej wystąpił typ D (15,8%). Styczeń i luty charakteryzowały się dużą częstością typu C₂D (odpowiednio 15,2% i 14,3%) co wynikało z silnej tendencji do tworzenia się w tym okresie aktywnych układów cyklonalnych nad ciepłymi wodami Atlantyku oraz największym o tej porze roku gradientem termicznym między równikiem a biegunem północnym. W zimie równik termiczny przesunięty jest na półkulę południową, co prowadzi do przesunięcia się ku południowi równoleżnikowej strefy cyrkulacji zachodniej. Stosunkowo często pojawiały się też typy A (styczeń – 12,6%, grudzień – 12,9%) i CB (grudzień i styczeń – 11,6%, luty – 12,5%). Najmniejszą częstość w zimie miał typ BE.

Tabela 5. Częstość (%) typów cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w latach 1956–1965
 Frequency (%) of atmospheric circulation types in Poland (1956–1965)

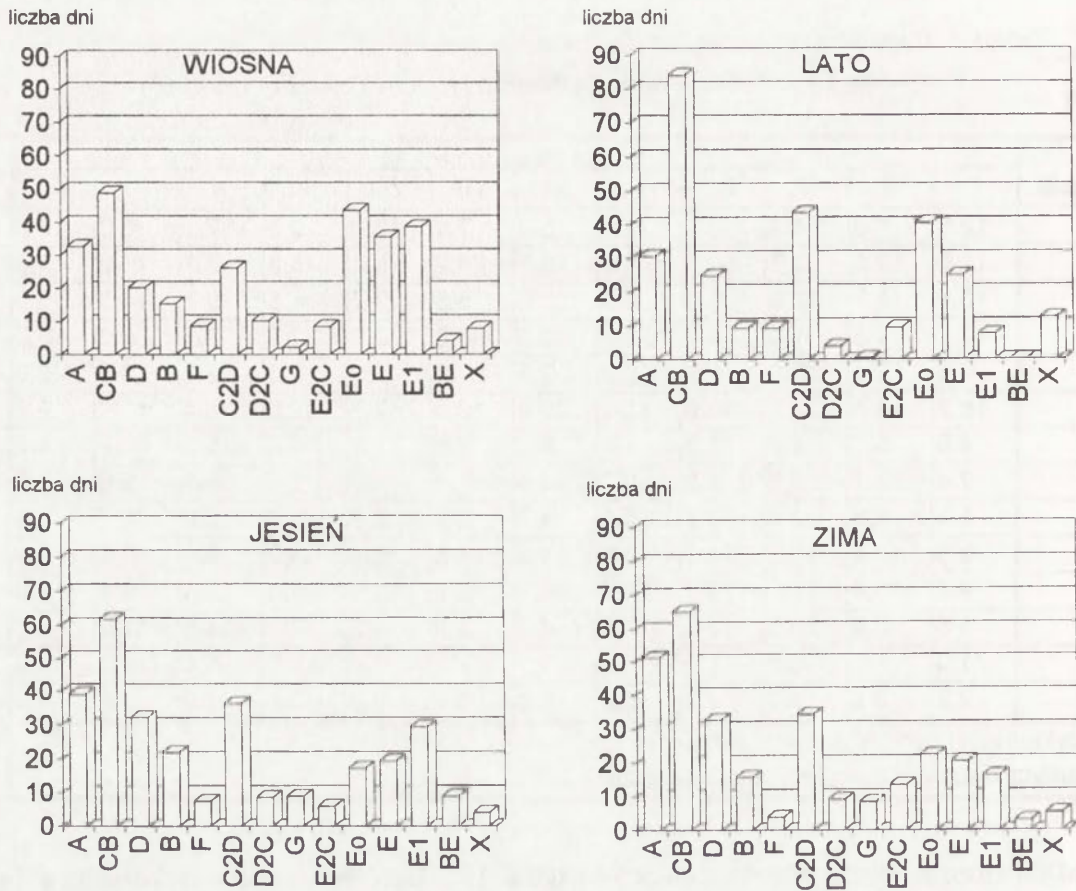
Typ cyrkulacji	miesiące												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
A	12.6	6.8	4.2	6.0	9.4	8.0	7.1	13.9	10.3	7.1	8.0	12.9	8.9
CB	11.6	12.5	8.7	11.7	9.0	15.3	24.2	19.1	15.3	7.1	11.0	11.6	13.1
D	10.3	5.7	12.9	6.8	4.5	5.0	5.5	7.7	4.3	9.7	14.7	15.8	8.6
B	7.1	4.3	1.0	4.7	3.2	2.3	0.3	2.9	2.3	7.1	6.0	8.7	4.2
F	0.6	2.1	2.9	5.7	2.3	2.3	1.9	2.9	2.3	2.3	3.0	2.3	2.5
C ₂ D	15.2	14.3	3.5	10.0	16.1	20.0	19.0	17.7	18.0	18.4	11.7	9.0	14.4
D ₂ C	4.8	5.7	7.7	1.3	1.9	1.7	2.6	1.9	6.0	5.2	1.7	4.2	3.7
G	7.4	5.7	3.2	1.0	0.3	0.3			5.0	9.7	5.0	4.5	3.5
E ₂ C	5.5	6.8	2.9	3.7	5.5	4.7	3.9	2.3	1.3	2.9	3.7	4.8	4.0
E ₀	6.5	10.4	11.3	14.3	10.3	14.3	14.8	8.4	5.7	3.5	3.3	4.2	8.9
E	9.7	11.4	17.7	13.7	25.2	16.0	12.9	11.0	11.3	9.4	9.3	9.0	13.1
E ₁	5.5	10.7	20.0	17.0	6.8	4.3	1.9	4.2	13.7	14.8	17.7	7.7	10.3
BE	1.0		0.3	1.3					1.0	0.6	2.3	1.0	0.6
X	2.2	3.6	3.7	2.8	5.5	5.8	5.9	8.0	3.5	2.2	2.6	4.3	4.2
Typy cyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej													46.2
Typy antycyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej													49.0

W grudniu oraz w styczniu zaobserwowano tylko 1% dni z tym typem cyrkulacji, w lutym natomiast nie wystąpił on. Również małą częstością charakteryzował się typ F (grudzień – 2,3%; styczeń – 0,6%; luty – 2,1%).

Wiosną najczęściej pojawiały się typy cyrkulacji wschodniej. W marcu i kwietniu największą frekwencję miał typ E₁ (odpowiednio: 20% i 17%). W maju, jak również w całym okresie wiosennym, dominował typ E (maj – 25,2%, wiosna – 18%). Tak duża częstość północno-wschodniego typu cyrkulacji antycyklonalnej była spowodowana silną tendencją do tworzenia się układów blokujących cyrkulację zachodnią. Najrzadziej występował wiosną typ BE. W marcu jego częstość wynosiła 0,3%, w kwietniu 1,3%, natomiast w maju ten typ nie wystąpił. Również jedną z rzadszych była centralna cyrkulacja antycyklonalna (marzec 3,2%, kwiecień – 1%, maj – 0,3%).

W lecie najczęściej pojawiał się typ CB; dominował on w lipcu (24,2%) oraz w sierpniu (19,1%). W wyniku najsilniejszego w tej porze roku rozwoju wyżu azorskiego, również często występował typ C₂D; najczęstszy był on w czerwcu (20%), a następnie w lipcu (19%) i sierpniu (17,7%). W lecie w badanym okresie ani razu nie wystąpił typ BE natomiast typ G pojawił się tylko w czerwcu (0,3%).

Na jesieni największą frekwencją charakteryzował się typ C₂D (wrzesień – 18,0% i październik – 18,4%). Równie często występował typ E₁. Mimo, iż dominuje on tylko w listopadzie (17,7%), dorównywał w częstości typowi C₂D w całym sezonie jesiennym. Najrzadziej o tej porze roku pojawiał się typ BE (wrzesień 1%, październik 0,6% listopad 2,3%).



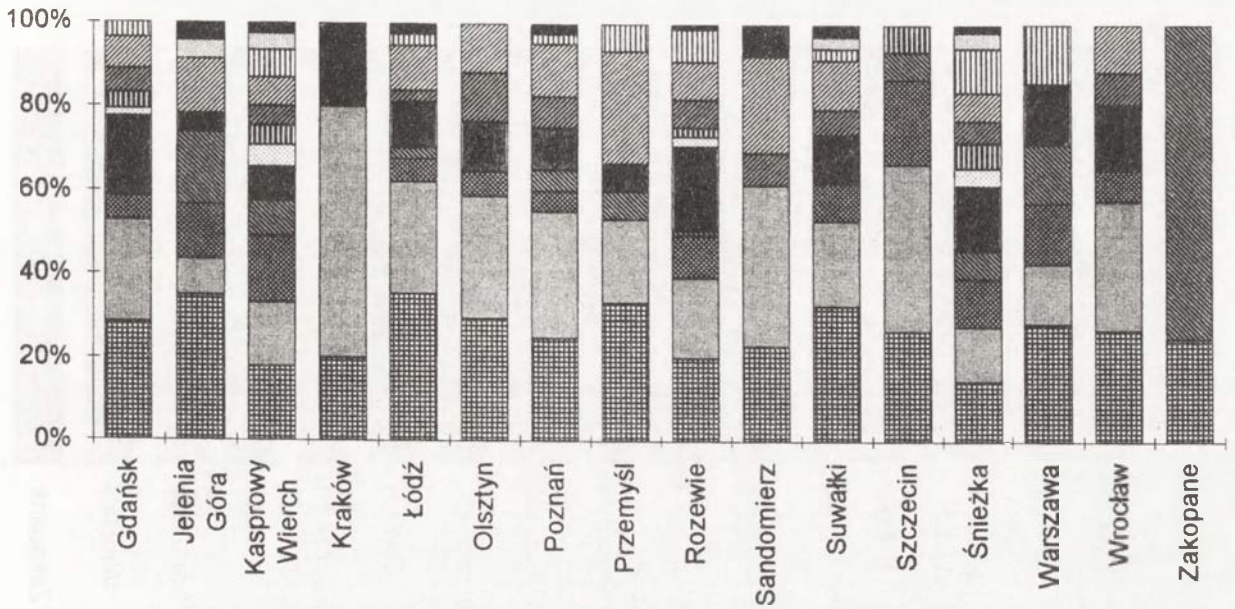
Ryc. 7. Częstość typów cyrkulacji w Polsce w porach roku (1956–1965)
Frequency of atmospheric circulation types in different seasons (1956–1965)

Wiatry silne i bardzo silne przy różnych typach cyrkulacji atmosferycznej

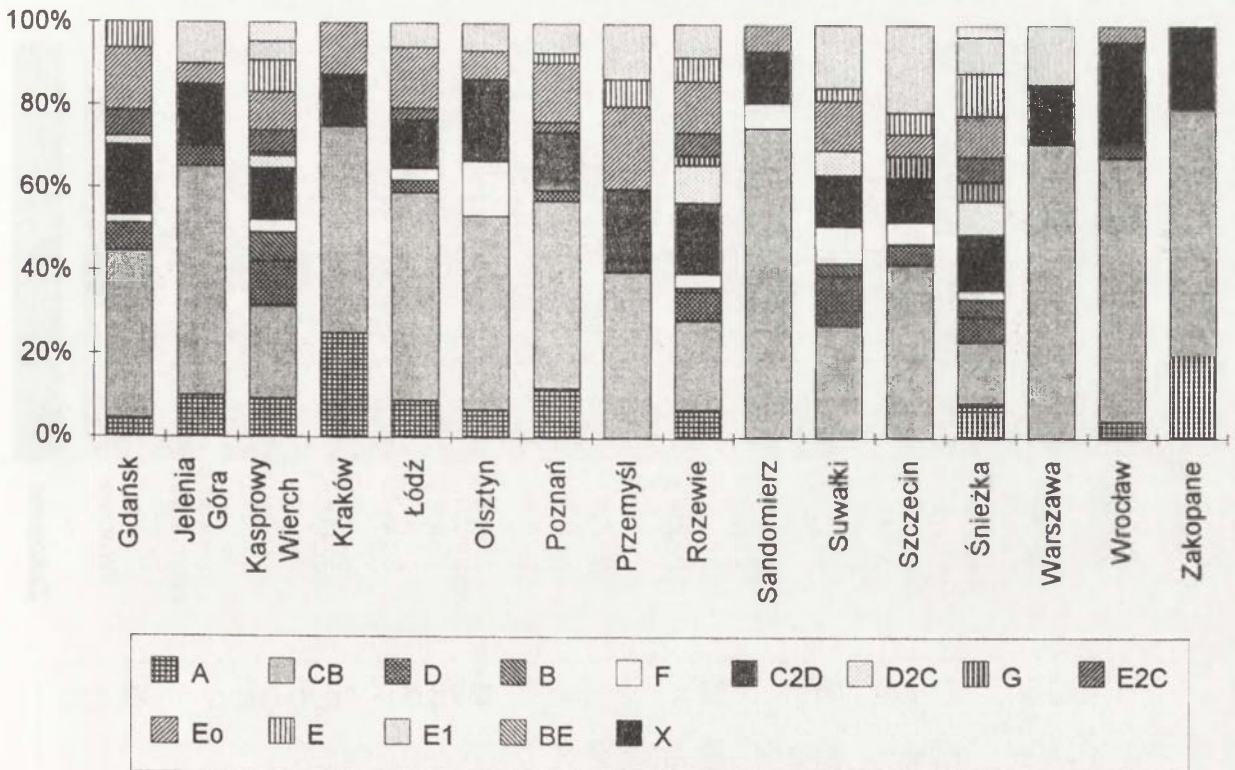
Analiza oddziaływania cyrkulacji atmosferycznej na liczbę dni z wiatrem silnym wykazała, że na 13 stacjach najczęściej występowały one przy typie CB (ryc. 8). Dotyczy to zarówno stacji z największą roczną liczbą dni z wiatrem silnym, takich jak Kasprowy Wierch, Śnieżka i Rozewie, jak i z najmniejszą (Kraków, Warszawa). Na trzech pozostałych stacjach najbardziej wietrznymi okazały się typy E₀ (Przemyśl), E₁ (Szczecin), choć bardzo często w tych stacjach wiatry silne występowały również przy typach CB, B (Zakopane).

W analizowanym okresie na poszczególnych stacjach nie przy wszystkich typach cyrkulacji wystąpił wiatr silny. Ani razu wiatru silnego nie notowano w dniach z typem G w Jeleniej Górze, Olsztynie, Poznaniu, Przemyślu, Sandomierzu, Warszawie, Wrocławiu i Zakopanem. Należy dodać, że na tych stacjach wiatr silny występuje z różną częstością w ciągu roku (np. Poznań – 35,7 dnia, Warszawa – 6,9 dnia). Wiatr silny nie wystąpił również w dniach z typem E₂C w Szczecinie, Warszawie, Krakowie, Zakopanem; w dniach z typem BE w Gdańsku, Krakowie, Przemyślu; w dniach z typem E₁ w Gdańsku, Zakopanem; w dniach z typem

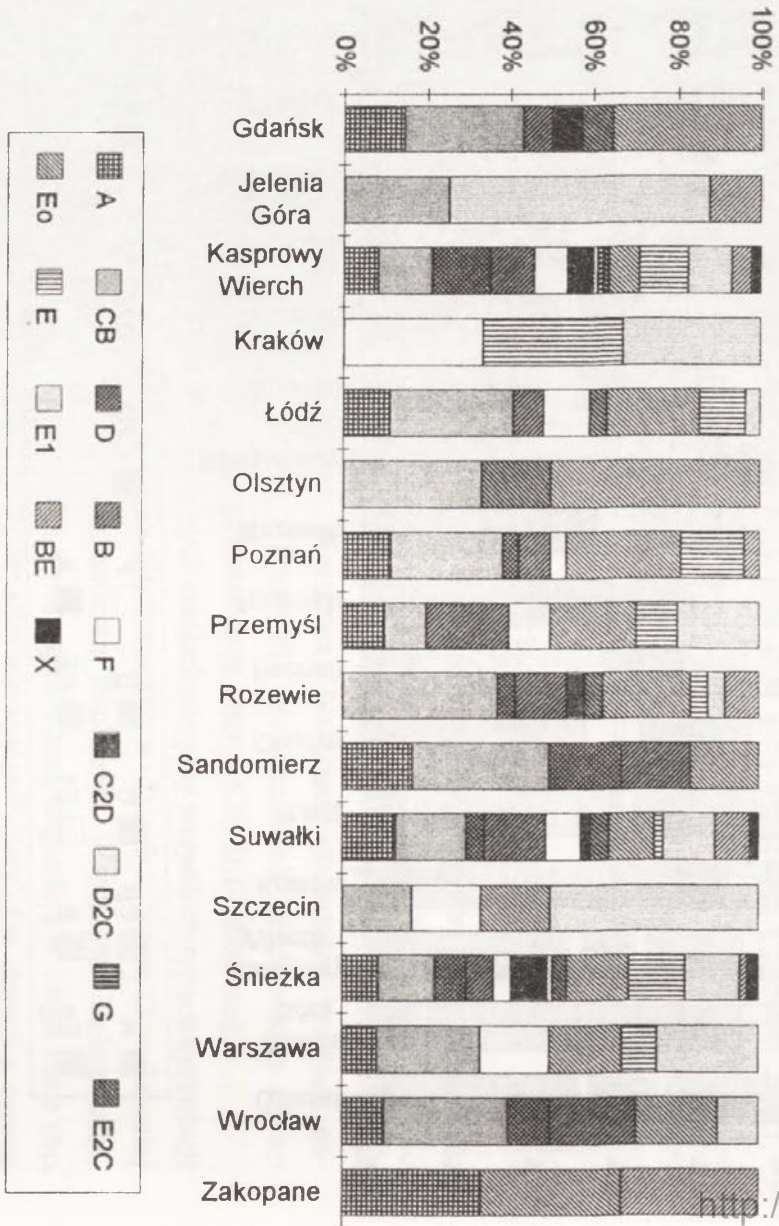
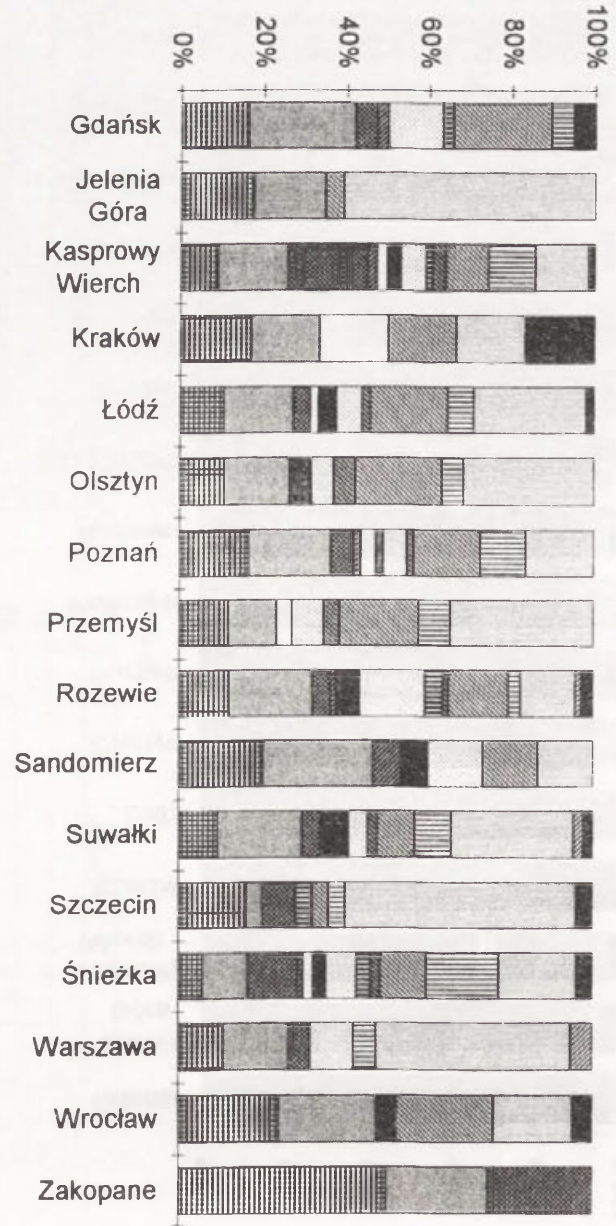
STYCZEŃ

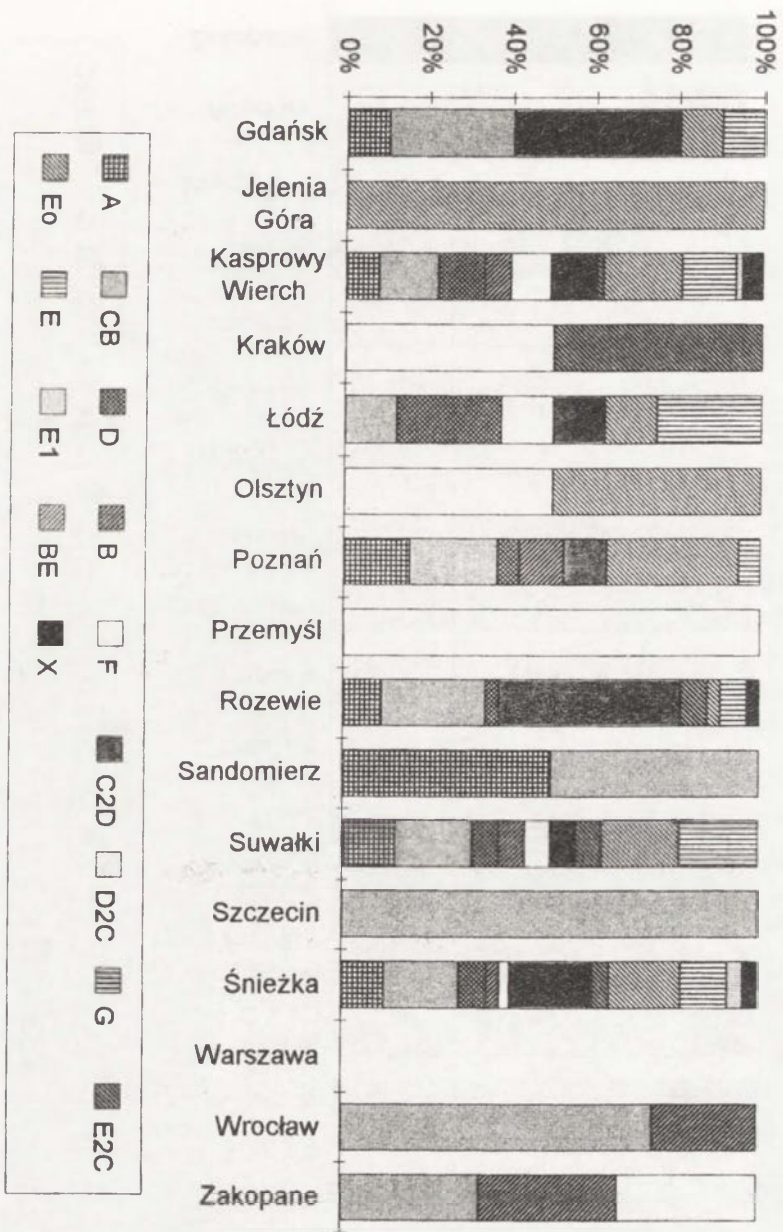
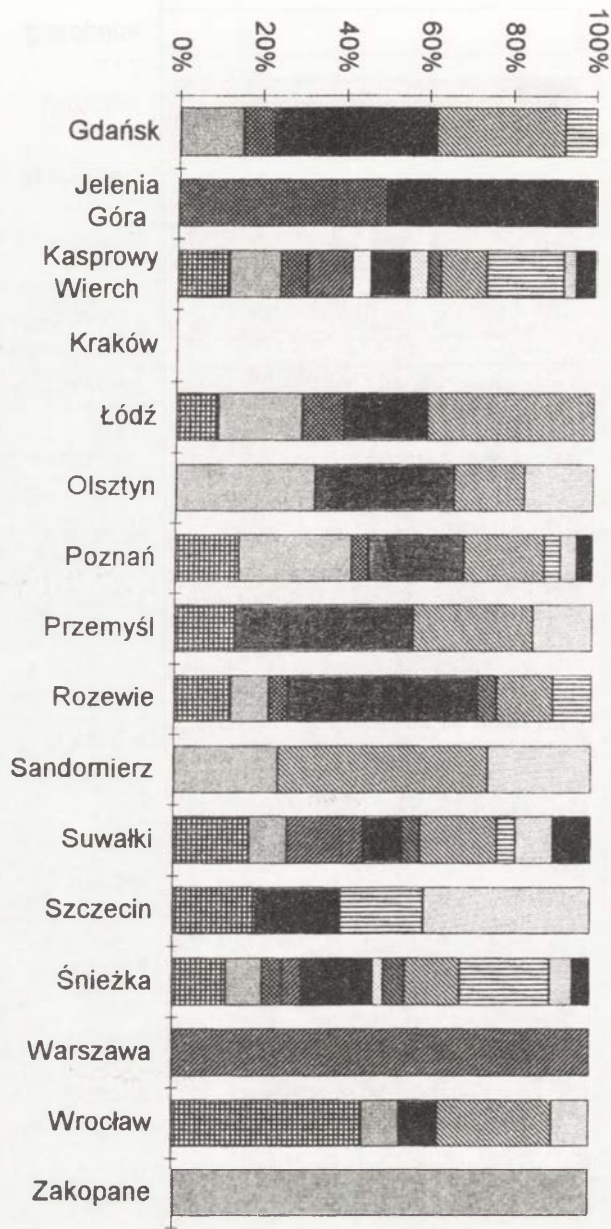


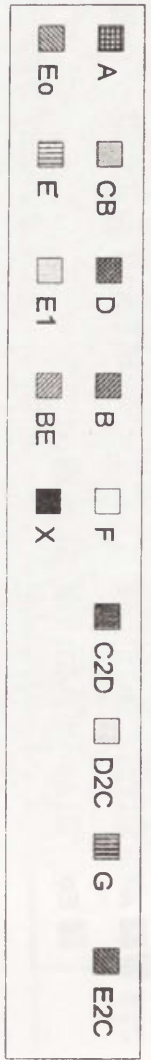
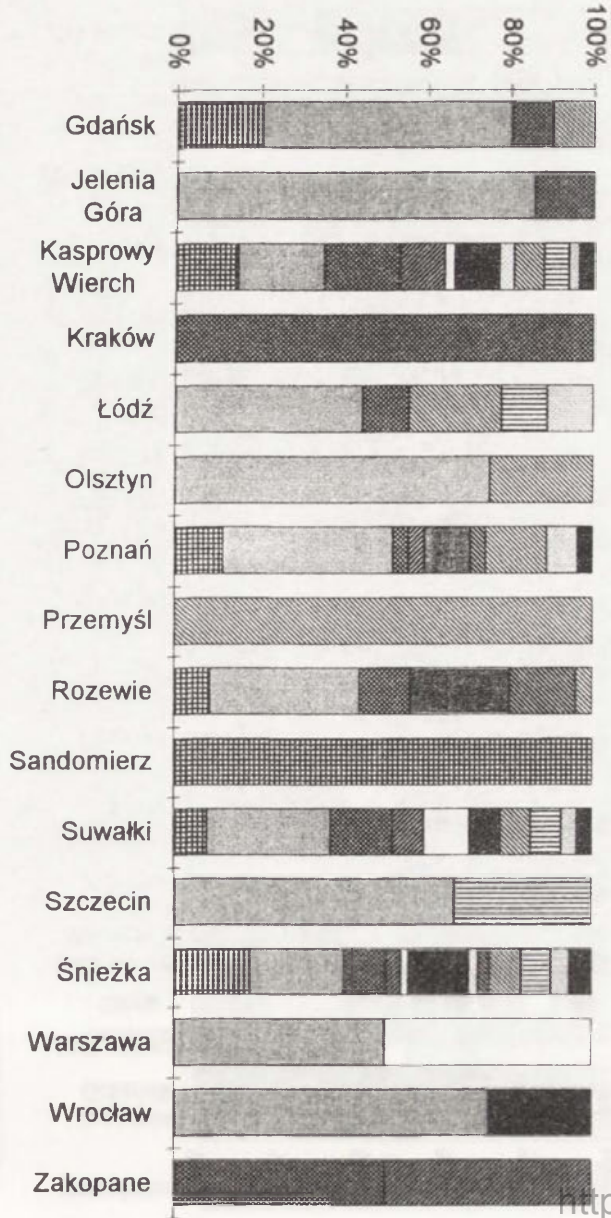
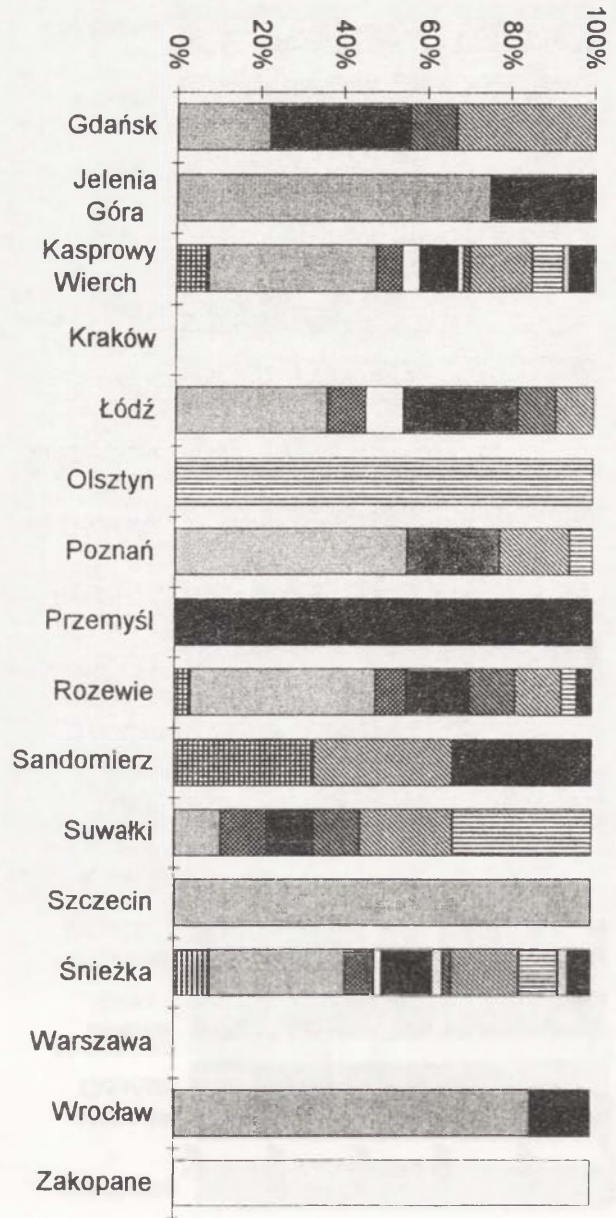
LUTY

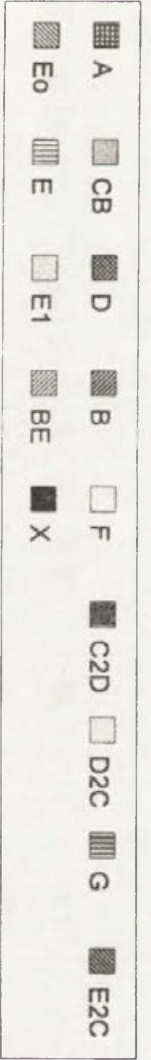
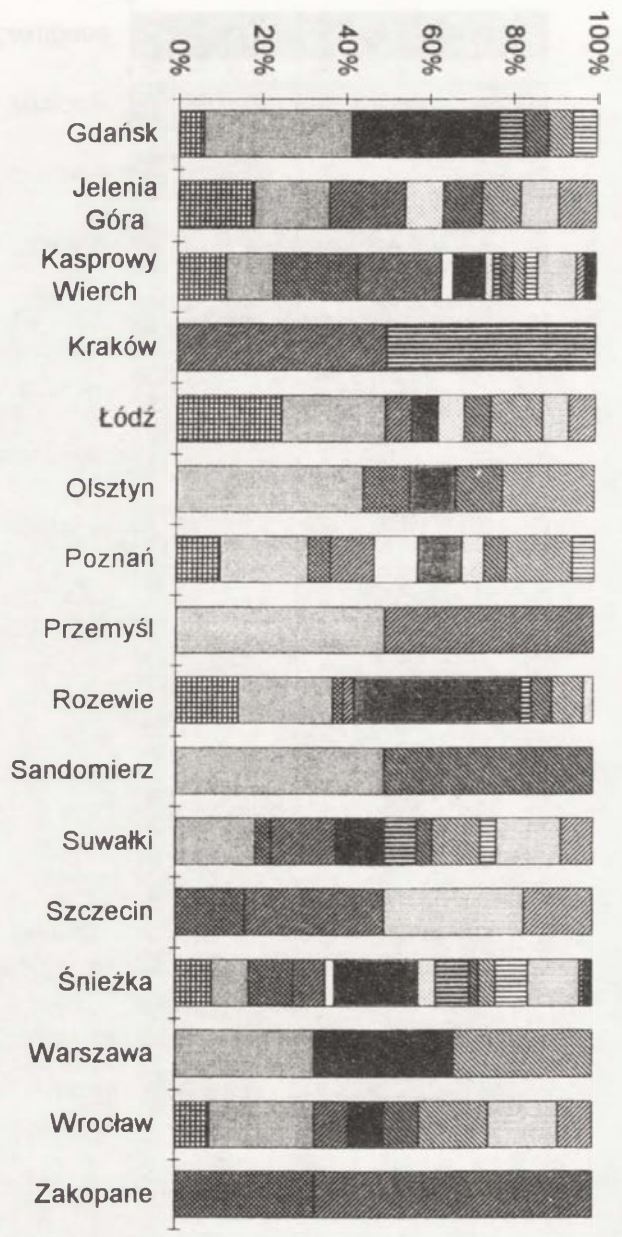
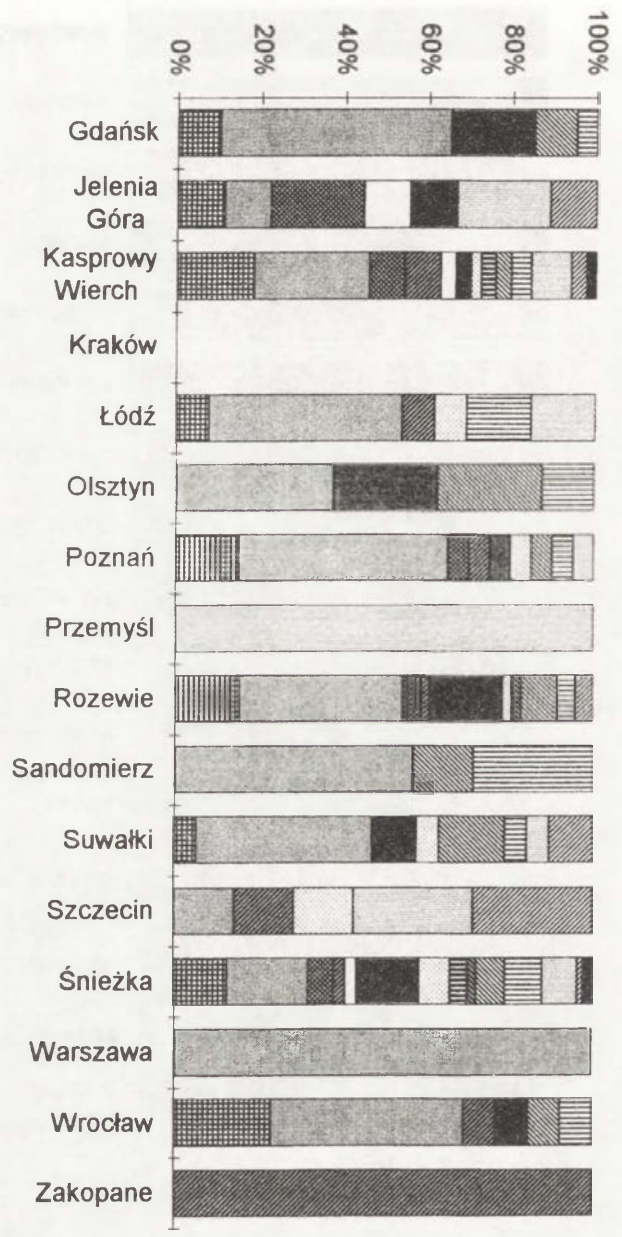


Ryc. 8. Częstość dni z wiatrem silnym w różnych typach cyrkulacji w latach 1956–1965
 Frequency of the days with strong wind in different types of atmospheric circulation (1956–1965)

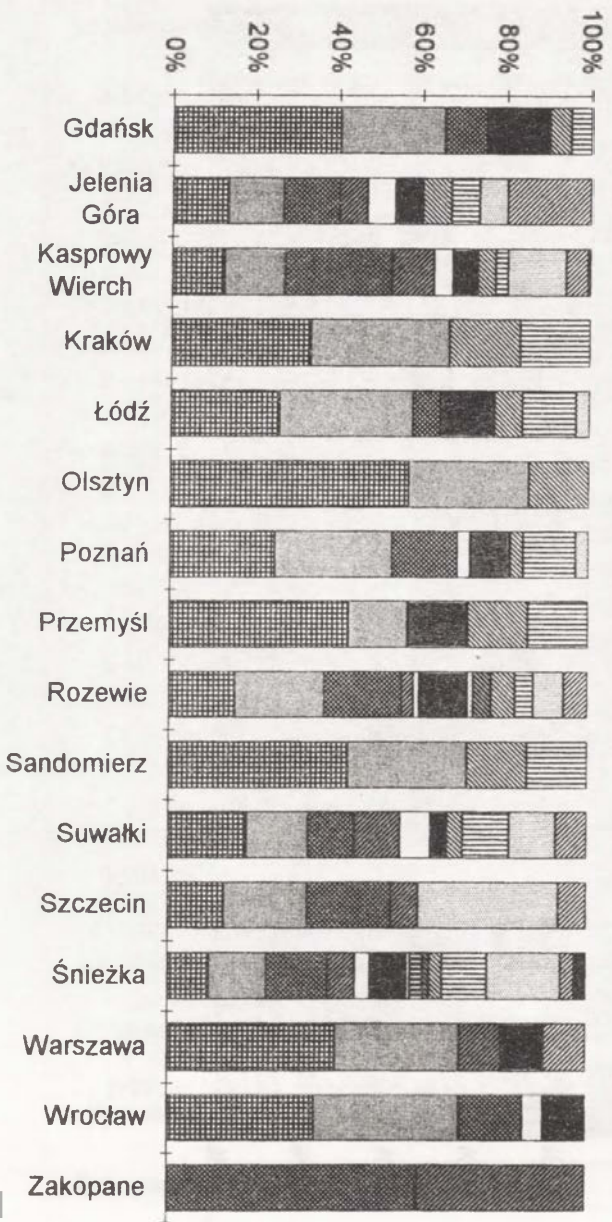




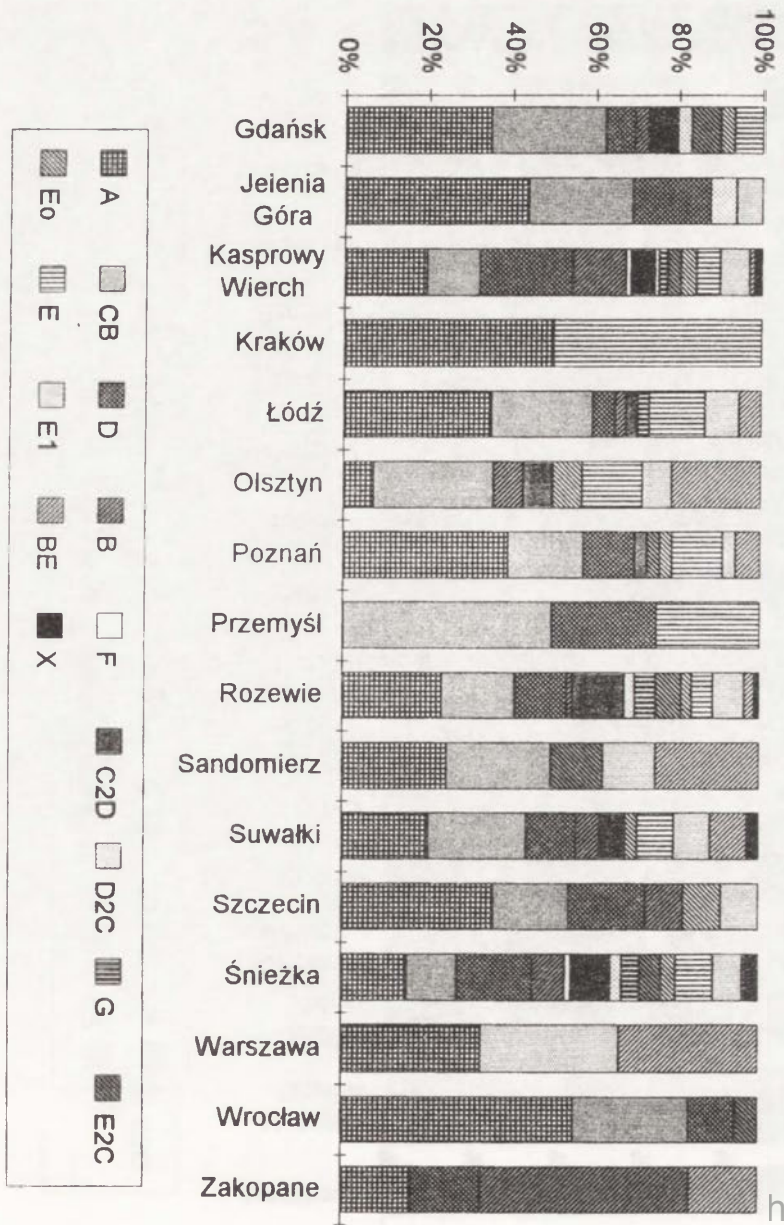




LISTOPAD



GRUDZIEŃ



D₂C w Krakowie, Zakopanem, Wrocławiu; w dniach z typem E w Zakopanem. W Zakopanem, aż przy 5 typach cyrkulacji (D₂C, G, E₂C, E, E₁) nie pojawił się wiatr silny, natomiast przy dwóch typach cyrkulacji w Gdańsku – BE i E₁; Krakowie – BE i D₂C; Przemyślu – G i BE; Warszawie – G i E₂C.

Jak już wspomniano największa liczba dni z wiatrem silnym przypada na okres od grudnia do kwietnia. Aż w 7 stacjach występują one w marcu. W tym miesiącu największy wpływ na liczbę dni z wiatrem silnym ma typ E₁, co zaznacza się w Jeleniej Górze (60,9% dni z wiatrem silnym w miesiącu), Łodzi (27,1%), Olsztynie (31,6%), Przemyślu (34,6%). W Poznaniu, gdzie również w marcu notuje się najwięcej dni z wiatrem silnym, zdarzały się one przy typie CB (19,9%), a w Warszawie – przy E₁ (47,3%). Z 5 stacji, w których w styczniu wiatry silne mają największą częstość aż w 3 występowały one przy typie A (Gdańsk – 28,3%, Jelenia Góra – 34,8%, Rozewie – 20,2%), w 2 stacjach przy typie C₂D (Rozewie – 20,2%, Śnieżka – 15,1%), a we Wrocławiu przy typie CB (30,8%). W lutym przy północno-zachodnim typie cyrkulacji cyklonalnej dwie stacje (Kraków – 50,0%, Sandomierz – 74,9%) mają największą liczbę dni z wiatrem silnym. W Suwałkach najczęściej w roku wiatr silny występuje w kwietniu w wyniku oddziaływania typu CB (17,0%), natomiast w grudniu na Kasprowym Wierchu – typu D (22,2%). Typy cyrkulacji, których pojawienie się doprowadziło do zwiększenia częstości wiatru silnego, jedynie w marcu i grudniu były typami dominującymi. W pozostałych miesiącach: w styczniu i lutym dominował typ C₂D (15,2 i 14,3% dni w miesiącu), drugim pod względem częstości w styczniu był typ A (12,6%), a w lutym CB (12,5%), w kwietniu natomiast dominował typ E₁ (17,0%), choć typ CB był również częsty (11,7%).

Od maja do sierpnia, a więc w okresie o najmniejszej liczbie dni z wiatrem silnym w roku, wpływ cyrkulacji na ich pojawianie jest zróżnicowany. I tak w maju największy wpływ na ich częstość miał typ C₂D (Rozewie – 45,4% dni z wiatrem silnym w miesiącu), E (Śnieżka – 21,5%), CB (Zakopane – 100,0%). W czerwcu najczęściej pojawiał się on przy typach E₀ (Jelenia Góra – 100,0%, Kasprowy Wierch – 19,0%); CB (Szczecin – 100,0% i Wrocław – 75,0%); D i E (Łódź – 25,0%); F (Przemyśl – 100,0%). W lipcu wiatr silny pojawiał się w dniach z typami CB (Poznań – 55,5%, Szczecin – 100,0%); E (Suwałki – 33,4%, Olsztyn – 100,0%), oraz E₀ i C₂D (Gdańsk – 33,3%) i F (Zakopane – 100,0%). W sierpniu najmniej dni z wiatrem silnym w roku zanotowano w Sandomierzu i we Wrocławiu, wówczas występują one przeważnie przy typie A (Sandomierz – 100,0%) oraz CB (Wrocław – 75,0%), natomiast we wrześniu w Krakowie wiatr silny nie był notowany.

Cyrkulacja atmosferyczna wpływająca na wzrost częstości wiatru silnego w Polsce w analizowanym 10-leciu (tab. 6) charakteryzuje się znacznie większym udziałem typów cyklonalnych (61,0% dni z wiatrem silnym w roku) niż antycyklonalnych (35,3%), przy pewnej równowadze ogólnej częstości typów cyrkulacji (antycyklonalne – 49,0% i cyklonalne – 46,2% dni w roku). Najczęściej wiatr silny wieje w dniach z typami CB, A, C₂D (odpowiednio 20,9%, 13,5%, 11,0%). Najrzadziej natomiast przy typach BE (1,4%) i G (1,9%).

Tabela 6. Częstość (%) wiatrów silnych w dniach z różnym typem cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w latach 1956–1965

Frequency (%) of strong wind during the days with different types of atmospheric circulation in Poland (1956–1965)

Typ cyrkulacji	m i e s i ą c e												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
A	21.3	7.3	10.7	8.8	13.3	9.7	6.6	14.3	12.8	9.5	16.8	22.6	13.5
CB	19.0	29.8	16.0	18.4	11.5	19.4	36.6	28.0	28.9	14.4	18.4	16.2	20.9
D	10.5	6.3	8.9	6.8	4.6	6.9	6.1	11.7	5.4	10.3	16.5	15.7	9.6
B	5.7	2.9	1.3	8.6	5.4	4.4	.	4.9	4.3	11.5	6.1	7.0	5.2
F	0.1	2.9	1.8	5.8	1.0	4.4	2.5	2.3	2.1	2.0	3.2	0.8	2.3
C ₂ D	12.8	14.4	3.1	5.2	17.9	18.3	13.0	12.1	11.6	16.8	7.8	7.0	11.0
D ₂ C	2.8	4.5	7.3	0.8	2.1	0.3	1.7	1.9	4.9	3.0	0.6	1.8	2.9
G	3.5	2.0	2.0	0.2	.	0.3	.	.	2.6	5.1	1.1	2.7	1.9
E ₂ C	5.2	4.2	2.0	2.8	3.6	3.6	3.0	2.6	1.3	3.4	1.1	3.9	3.1
E ₀	8.6	10.5	12.9	15.2	15.6	16.6	15.5	8.4	6.9	5.9	4.3	3.1	9.7
E	6.5	6.3	10.0	10.2	15.4	10.8	8.3	5.8	7.3	4.7	7.3	7.6	8.1
E ₁	2.3	7.2	21.1	12.0	5.6	2.2	1.7	3.7	7.7	9.9	11.7	6.7	8.3
BE	.	.	0.7	3.4	.	.	.	.	2.8	2.0	4.0	2.9	1.4
X	1.7	1.7	2.2	1.8	3.8	3.1	5.0	4.3	1.4	1.5	1.1	1.8	2.3
Typy cyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej												61.0	
Typy antycyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej												35.3	

Przebieg roczny częstości wiatru silnego – przy uwzględnieniu poszczególnych typów cyrkulacji – wskazuje, że w Polsce, w miesiącach zimowych najczęściej występuje on przy typach: A (grudzień – 22,6 i styczeń – 21,3% dni z wiatrem silnym w miesiącu), CB (luty – 29,8%). Wiosną wiatr silny pojawia się w dniach z typem: E₁ (21,1% w marcu); CB (18,4% w kwietniu); C₂D (17,9% w maju). W miesiącach letnich najwyraźniej zaznacza się wpływ typu CB (czerwiec – 19,4%, lipiec – 36,6%, sierpień – 28,0%). W czerwcu wiatr silny zdarza się również w dniach z typami C₂D i E₀ (18,3%, 16,6%). Jesienią, podobnie jak i w lecie, największy wpływ na częstość wiatru silnego ma typ CB (wrzesień – 28,9%, listopad – 18,4%).

Porównując przebieg roczny wiatru bardzo silnego i przebieg częstości typów cyrkulacji atmosferycznej (ryc. 9) należy stwierdzić, że największa liczba dni z wiatrem bardzo silnym przypada na miesiące: listopad-marzec oraz lipiec-sierpień. Na 7 stacjach największa liczba dni z tym wiatrem przypada na styczeń. Największy wpływ na tak dużą częstość mają typy: A (w Rozewiu – 27,9%, Suwałkach i Szczecinie – 100,0%, na Śnieżce – 18,9%); CB (w Łodzi i Wrocławiu – 66,6%); B (w Warszawie – 100,0%). W lutym 6 stacji ma największą liczbę dni z wiatrem bardzo silnym. W 4 z nich (Gdańsku, Jeleniej Górze, Poznaniu i Sandomierzu) przypada ona na dni z typem CB (w Jeleniej Górze i Sandomierzu zdarzają się również i przy typie C₂D), w pozostałych stacjach w dniach z typem E₁ (w Przemyśle

też przy typie E). W marcu 5 stacji ma największą liczbę dni z wiatrem bardzo silnym. Trzy z nich są wtedy pod wpływem typu A (Jelenia Góra, Olsztyn, Poznań), dwie – E₁ (Jelenia Góra, Szczecin) oraz jedna – CB (Suwałki). W grudniu na 3 stacjach występuje największa częstość wiatru bardzo silnego w roku, każda w dniach z innym typem cyrkulacji (Jelenia Góra – A, Kasprowy Wierch – D, Suwałki – E). W listopadzie występują one przy typie A – Suwałki, w lipcu przy typie CB – Szczecin, w sierpniu przy typie D – Zakopane. Należy podkreślić, że częstość pojawiania się dni z wiatrem bardzo silnym w tych stacjach jest bardzo mała i wynosi jeden dzień na 10 lat.

W miesiącach zimowych wiatr bardzo silny występuje najczęściej wtedy gdy nad Polską dominują typy A i D (po 22,4% każdy) – grudzień; A (22,0%) – styczeń; CB (27,5%) – luty (tab. 7). Wiosną natomiast pojawia się on przy typie CB (marzec – 17,3 i kwiecień – 21,3%). W lecie oraz na początku jesieni największy wpływ na występowanie wiatru bardzo silnego ma typ CB (czerwiec – 22,5%, lipiec – 47,4%, sierpień – 29,2%, wrzesień – 29,1%), a pod koniec jesieni w listopadzie – typ A (18,4%).

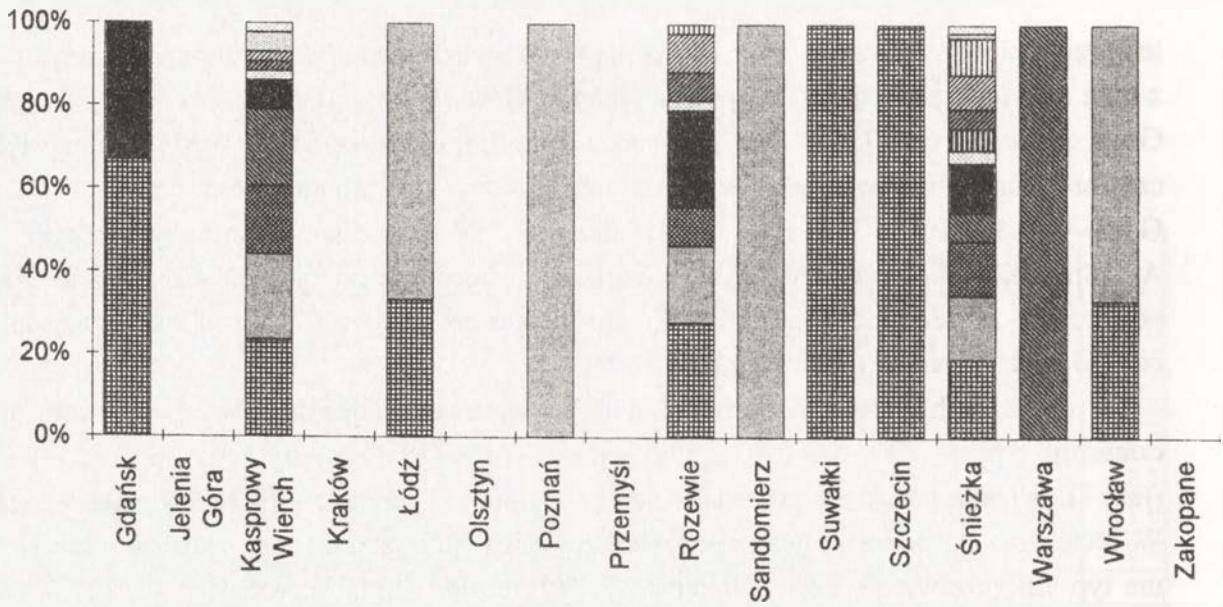
Można zatem stwierdzić, że w Polsce na wiatr bardzo silny, podobnie jak i na wiatr silny, największy wpływ mają typy cyrkulacji cyklonalnej (66,6% dni w roku z wiatrem bardzo silnym). Najczęściej wiatr bardzo silny, podobnie jak wiatr silny, pojawia się w dniach z typem CB, a najrzadziej – BE.

Tabela 7. Częstość (%) wiatrów bardzo silnych w dniach z danym typem cyrkulacji atmosferycznej w Polsce w latach 1956–1965

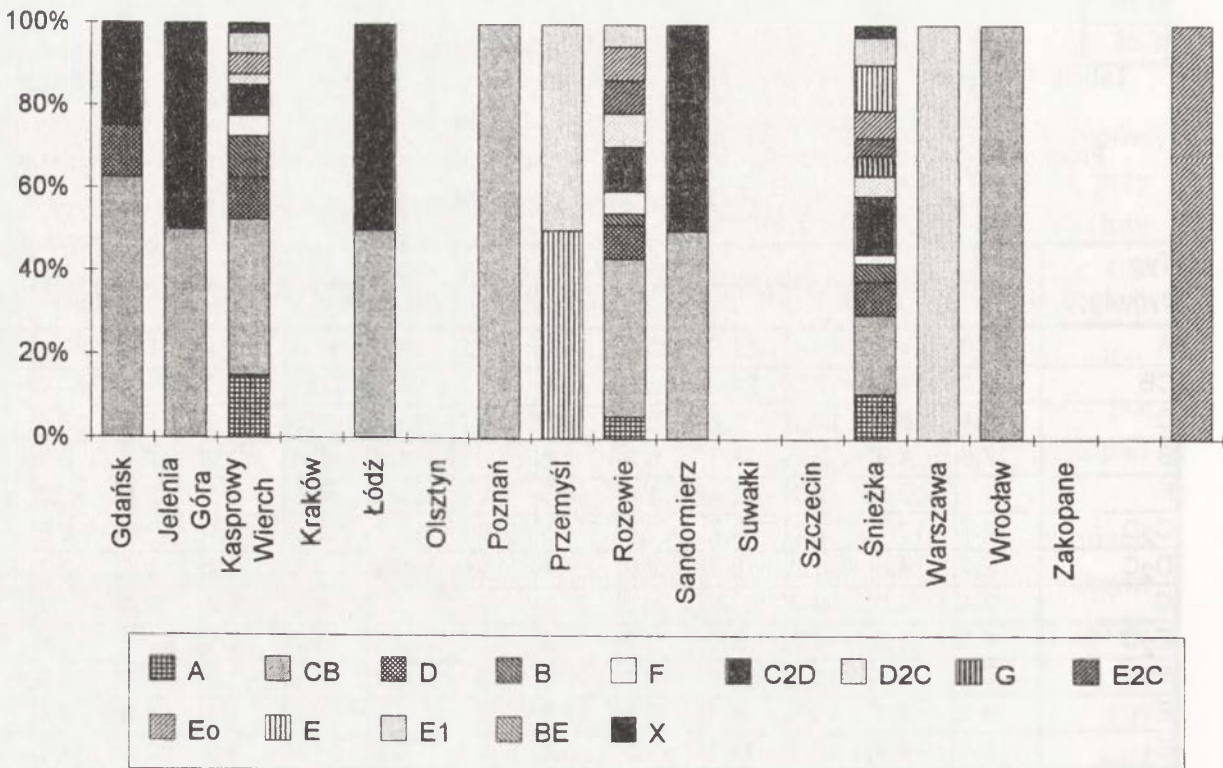
Frequency (%) of very strong wind during the days with given type of atmospheric circulation in Poland (1956–1965)

Typ cyrkulacji	miesiące												Rok
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
A	22.0	9.9	13.4	11.0	20.0	14.6	8.2	18.3	14.6	11.5	18.4	22.4	15.9
CB	18.2	27.5	17.3	21.3	13.3	22.5	47.4	29.2	29.1	15.5	15.2	14.7	21.2
D	12.4	8.0	12.1	8.8	8.6	9.0	8.2	11.7	8.9	13.8	17.5	22.4	12.6
B	7.6	4.6	2.2	8.1	6.7	3.4	.	5.8	5.1	13.2	9.7	8.5	6.6
F	.	3.1	2.2	2.9	1.0	4.5	1.0	1.7	1.9	1.1	3.2	2.3	2.0
C ₂ D	12.7	13.4	2.2	4.4	12.4	7.9	8.2	11.7	7.6	16.1	7.4	6.6	9.3
D ₂ C	2.7	4.6	8.2	0.7	2.9	.	1.0	0.8	4.4	3.4	0.5	2.7	3.1
G	3.4	3.1	0.9	.	.	.	.	.	1.9	2.9	0.9	2.7	1.7
E ₂ C	4.5	3.8	1.3	2.2	1.9	1.1	2.1	2.5	1.3	2.9	0.5	1.9	2.3
E ₀	7.2	6.1	10.8	14.0	18.1	19.1	13.4	6.7	7.6	5.2	3.7	3.5	8.2
E	6.2	7.3	10.4	8.1	8.6	13.5	4.1	1.7	8.2	1.1	6.0	4.6	6.5
E ₁	1.4	6.5	16.0	13.2	3.8	3.4	1.0	5.8	7.6	9.2	12.0	6.2	7.5
BE	.	.	0.9	3.7	.	.	.	.	1.9	2.3	3.7	1.2	1.2
X	1.7	2.3	2.2	1.5	2.9	1.1	5.2	4.2	.	1.7	1.4	0.4	1.8
Typy cyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej													66.6
Typy antycyklonalnej cyrkulacji atmosferycznej													30.4

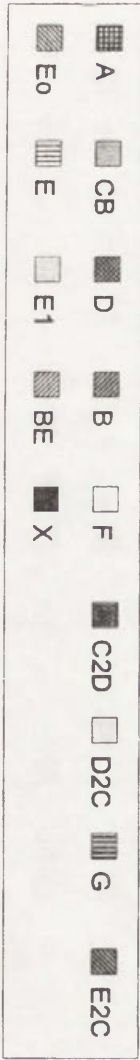
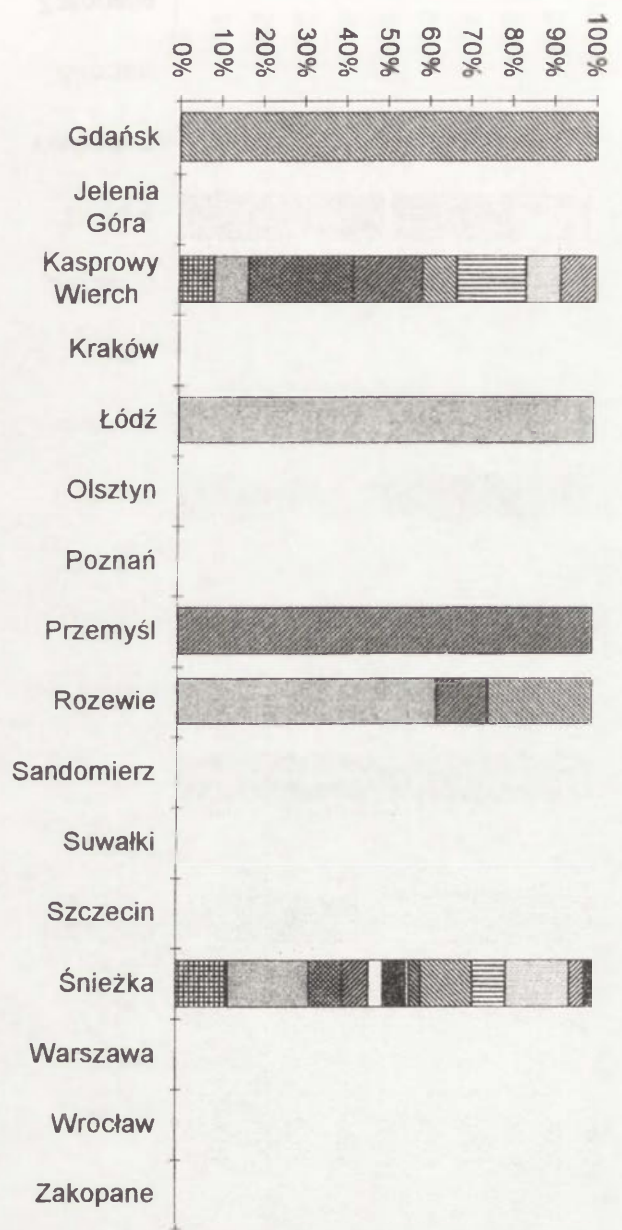
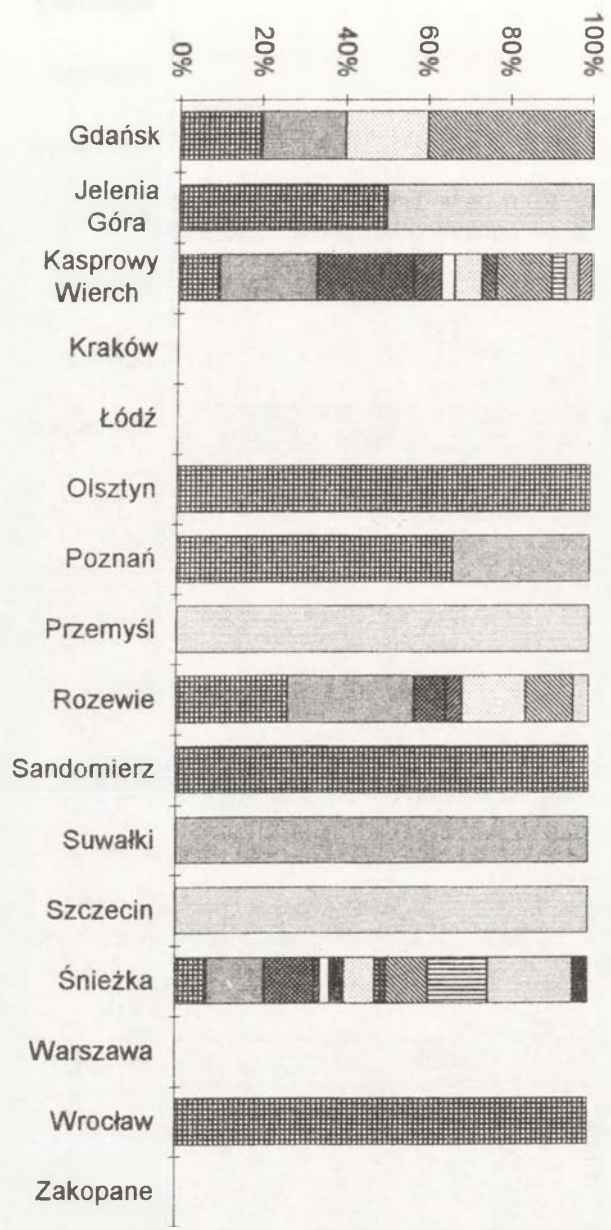
STYCZEŃ

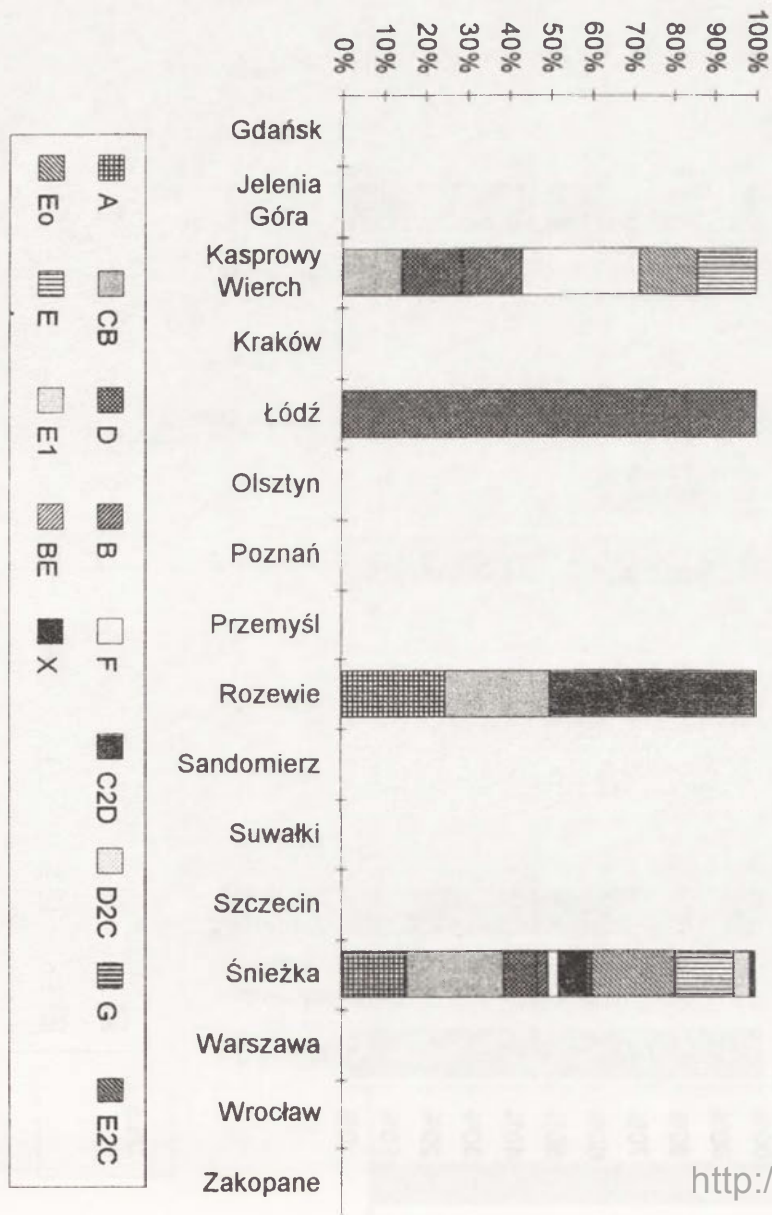


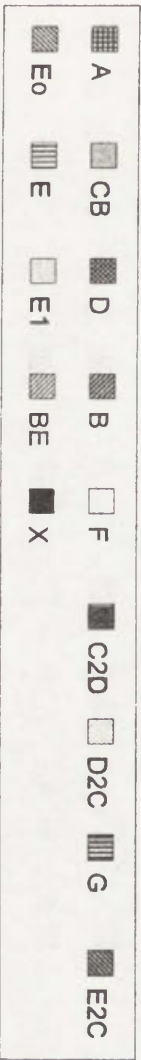
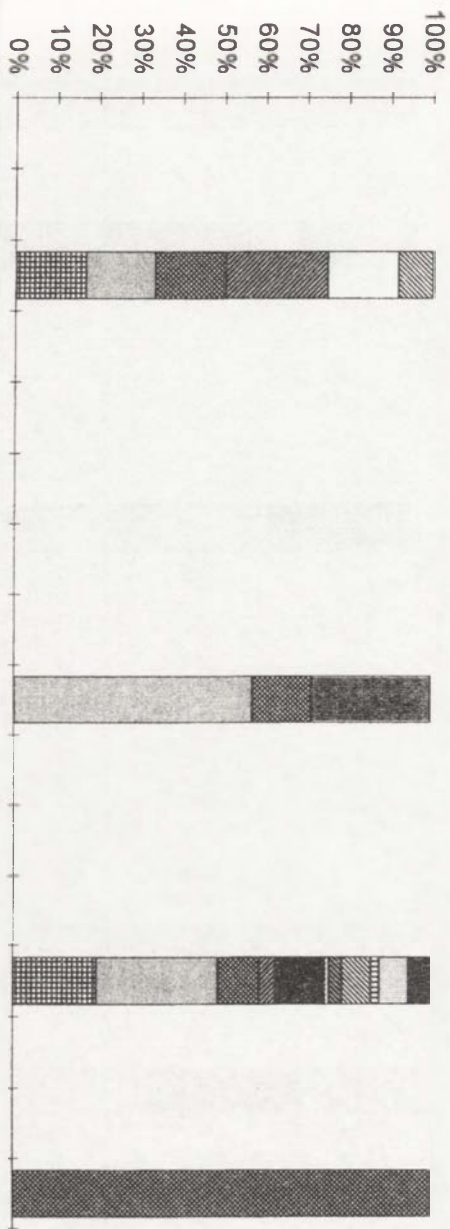
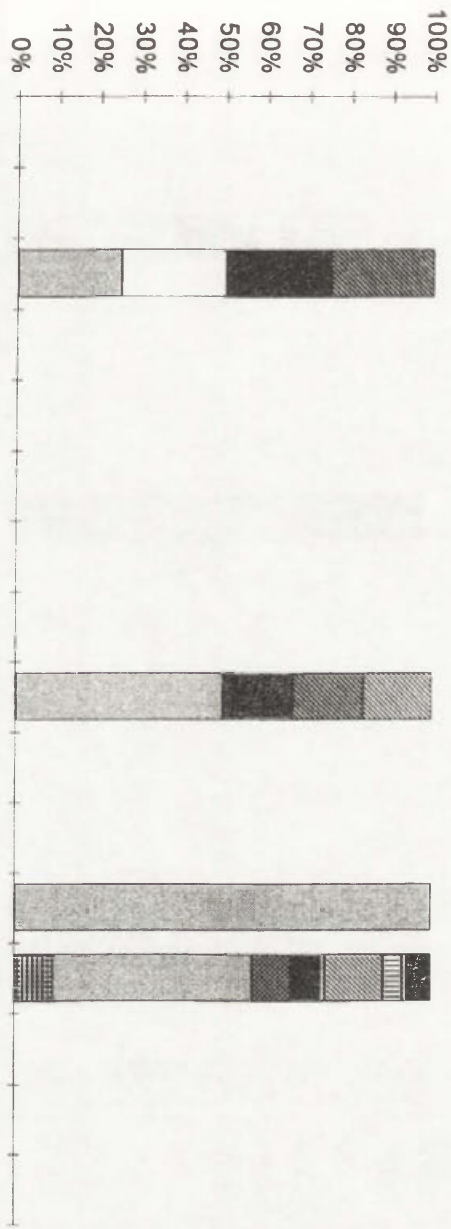
LUTY

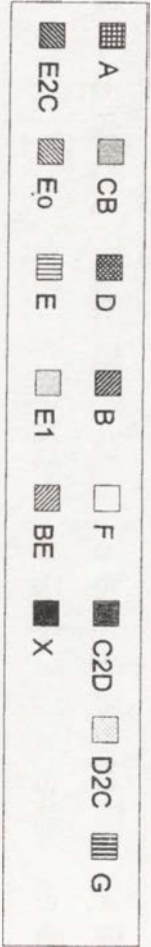
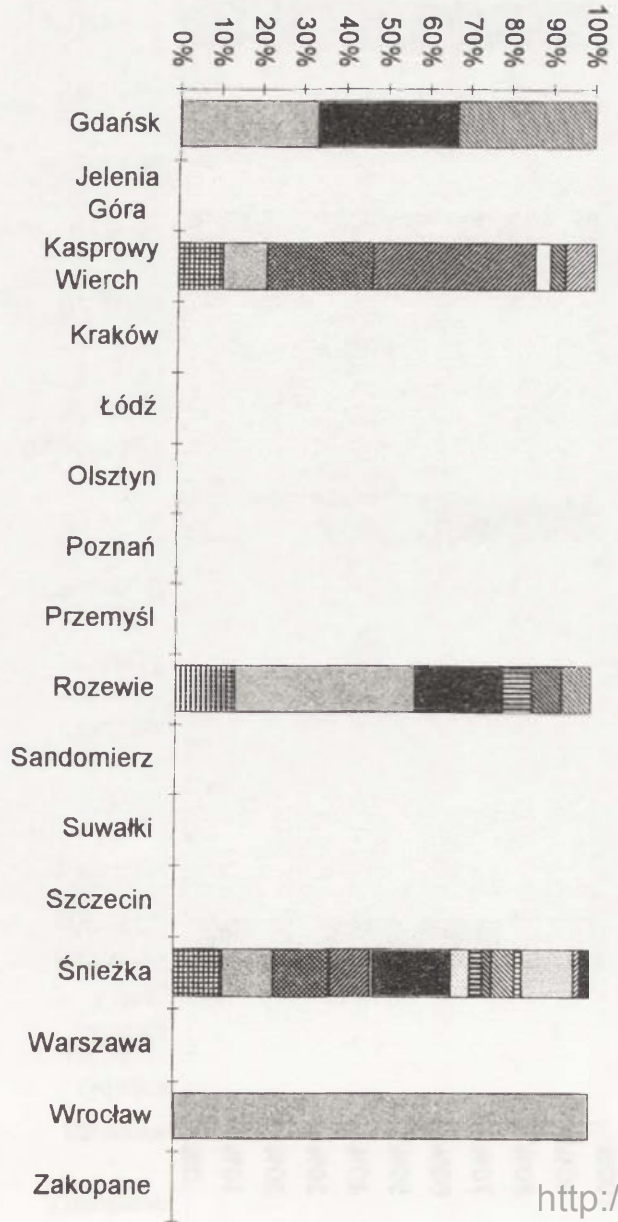
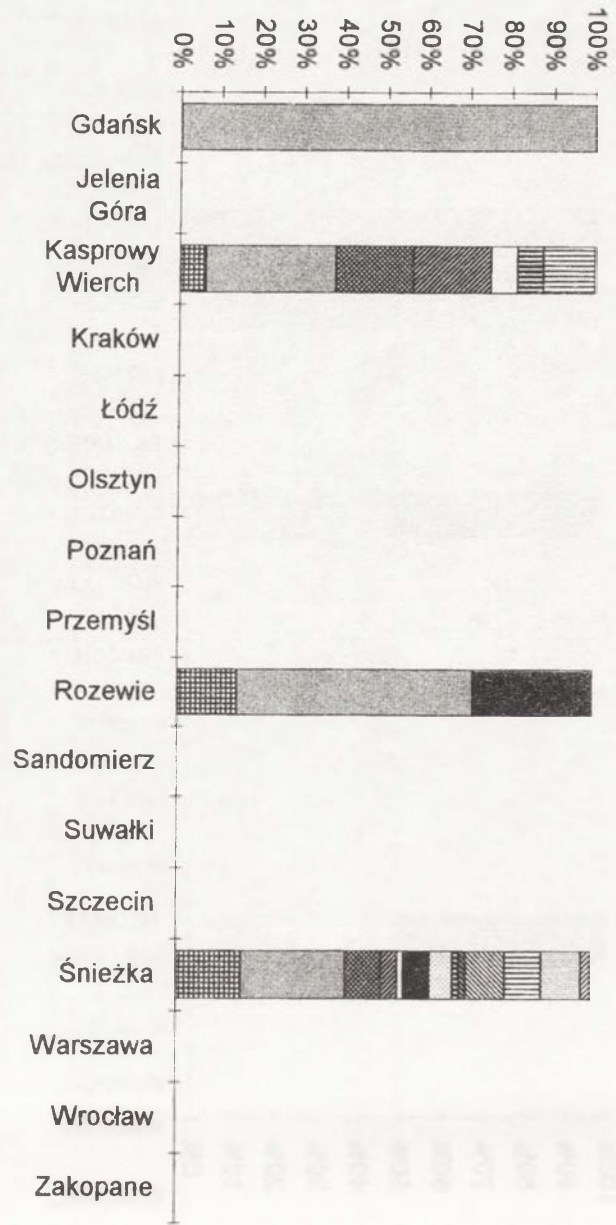


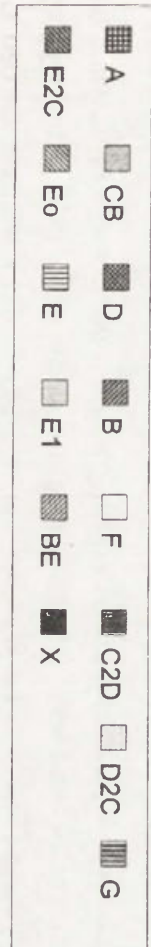
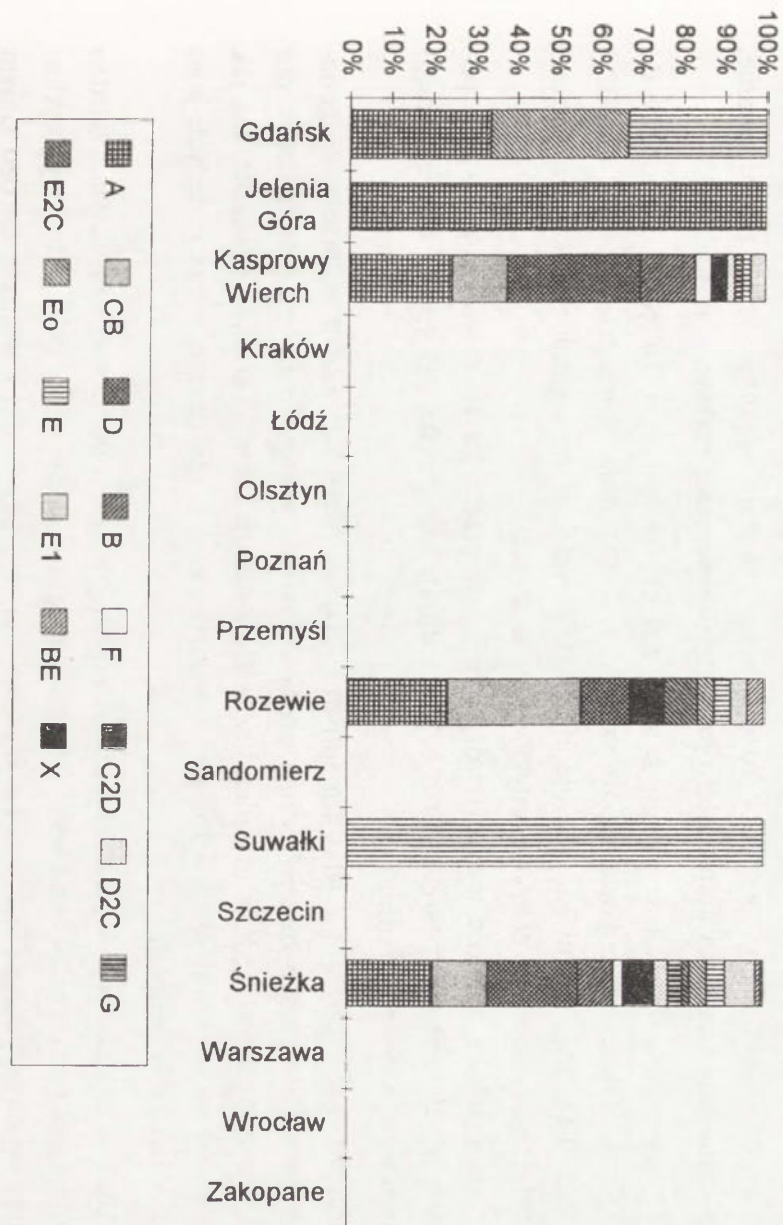
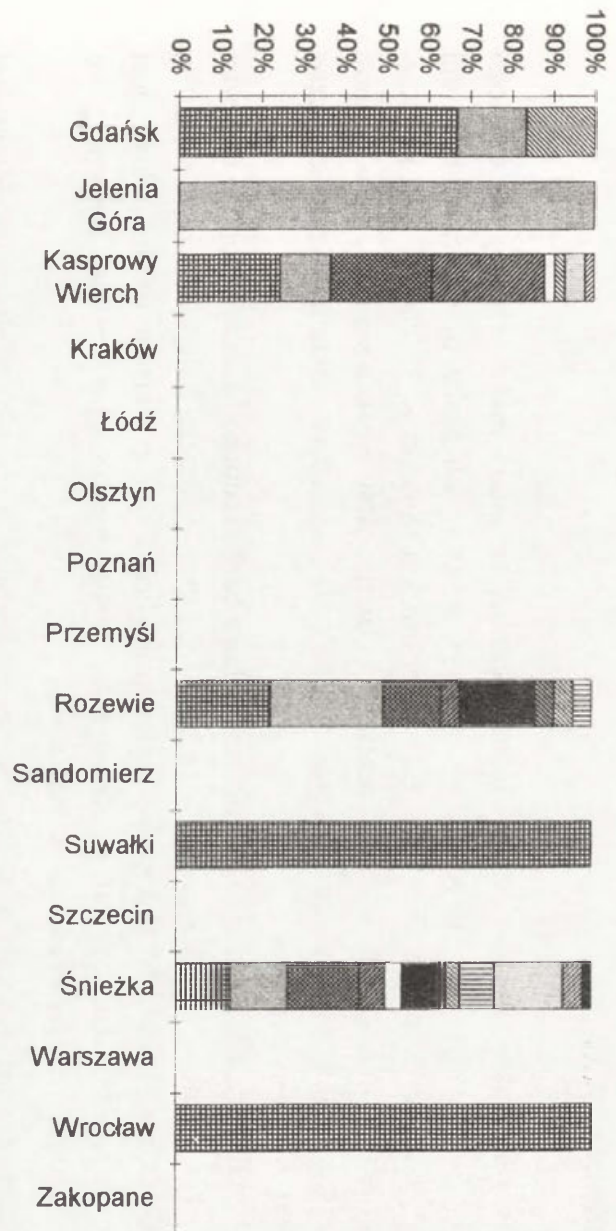
Ryc. 9. Częstość dni z wiatrem bardzo silnym w różnych typach cyrkulacji w latach 1956–1965
 Frequency of the days with very strong wind in different types of atmospheric circulation (1956–1965)











PODSUMOWANIE

1. Analiza liczby dni z wiatrem silnym wskazuje, że mimo małej średniej ich częstości w Polsce (11,4% dni w roku), istnieją regiony gdzie ich liczba przekracza 30,0% dni w roku. Są to partie szczytowe Tatr i Karkonoszy (Śnieżka – 73,0% dni w roku, Kasprowy Wierch – 34,0%). Często wiatr silny i bardzo silny pojawia się także na wybrzeżu, a szczególnie na Przylądku Rozewie (17,0%). Na pozostałych obszarach kraju ich liczba jest znacznie mniejsza.

Obszary najczęstszego występowania wiatru bardzo silnego to szczyty górskie (Śnieżka – 42,0% dni w roku, Kasprowy Wierch – 8,0%) oraz Wybrzeże Bałtyku (Rozewie – 6,0%, Gdańsk – 1,0%). W pozostałej części kraju liczba dni z wiatrem bardzo silnym jest mniejsza niż dziesięć dni na dziesięć lat. Wiatr bardzo silny częściej występuje we wschodniej części Polski niż w zachodniej.

2. Częstość dni z wiatrem silnym podlega zmianom rocznym i wieloletnim. Zima jest okresem najczęstszego ich występowania. Największa liczba dni z tym wiatrem w Polsce pojawia się w styczniu i wynosi 5,0 dni. Jednak aż w 7 z 16 badanych stacji występuje ona w marcu. Najmniejsza liczba dni z wiatrem silnym przypada na okres letni i wynosi w czerwcu 2,2 dnia, jednak w 9 z 16 badanych stacji notowana jest w lipcu. Największa i najmniejsza częstość wiatru bardzo silnego występuje w tych samych okresach, co wiatru silnego. Pojawianie się wiatru bardzo silnego wykazuje większe roczne zróżnicowanie, o czym świadczy duża amplituda roczna (66,0% wartości maksymalnej).
3. Zmiany częstości wiatru silnego z roku na rok, w badanym 10-leciu, dochodziły do 30 dni. Najczęściej pojawiał się on w 1956 r. – 62,1 dnia, najrzadziej w 1960 r. – 32,4 dnia. Tak duża amplituda wieloletnia (48,0% wartości maksymalnej) dowodzi bardzo dużej zmienności tej charakterystyki wiatru w Polsce.

Największą częstość wiatru bardzo silnego w przebiegu 10-letnim zanotowano, podobnie jak wiatru silnego, w 1956 r. (17,3 dnia), najmniejszą zaś pod koniec badanego okresu w 1964 r (9,4 dnia).

4. Porównanie liczby dni z wiatrem silnym i średniej prędkości wiatru wskazuje, że generalnie na stacjach o dużej średniej prędkości wiatru występuje również duża liczba dni z wiatrem silnym. Jednak mała ich liczba nie wskazuje na małą średnią prędkość, tak jak również stosunkowo duża liczba dni z wiatrem silnym nie zawsze mówi o dużych jego prędkościach średnich.
5. Analiza związku typów cyrkulacji atmosferycznej z liczbą dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w badanym 10-leciu wykazała, że największy wpływ miały cyklonalne typy cyrkulacji atmosferycznej (61,0% dni z wiatrem silnym i 66,6% dni z wiatrem bardzo silnym w roku), w tym typy CB (20,9% dni z wiatrem silnym, 21,2% dni z wiatrem bardzo silnym) i A (13,5% dni z wiatrem silnym, 15,9% dni z wiatrem bardzo silnym). Zimą

najwięcej dni z wiatrem silnym i bardzo silnym pojawia się również przy wymienionych wyżej typach cyrkulacji. Wiosną natomiast największy wpływ na częstość wiatru silnego mają typy E₁ oraz CB i C₂D. Latem trudno mówić o wpływie typów cyrkulacji na liczbę dni z wiatrem silnym i bardzo silnym ze względu na bardzo małą ich częstość. Jesienią wiatry te przeważają przy typie CB.

LITERATURA

- Adamczyk A. B., 1995, *Wiatry silne i bardzo silne w Polsce*. Praca magisterska Zakł. Klimat. WGiSR. UW, Warszawa.
- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce*, 1990, Puławy. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznastwa.
- Chomicz K., 1977, *Materiały do poznania agroklimatu polski*. Komitet Melioracji PAN. Warszawa.
- Krawczyk B., 1994, *Średnia liczba dni z wiatrem o prędkości $v > 8 \text{ ms}^{-1}$ [w]: Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego Polski*, 1994, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kuziemska D., 1991, *Krótkotrwałe groźne zjawiska atmosferyczne w Polsce w latach 1951–1987*. Maszynopis.
- Lorenc H., 1990, *Mapy maksymalnych prędkości wiatru w porywach [w]: Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce*, 1990, Puławy. Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznastwa.
- 1968, *O porywistości wiatru w Warszawie*. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 3/4.
- 1993, *Zasoby wiatru w Polsce*. Materiały Badawcze, Meteorologia, 18.
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*. IMGW, Warszawa.
- Piasecki D., 1952, *Wiatry o maksymalnych prędkościach na obszarze Polski*. Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 2.
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991, *Klimat [w]: Starkel L. (red.), Geografia Polski środowisko przyrodnicze*, 1991, PWN, Warszawa.
- Stopa-Boryczka M. (red), 1989, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, 5, Warszawa, Wyd. UW.

Characteristic of strong and very strong winds in Poland

Summary

The aim of the paper is to analyse strong and very strong winds in Poland in period 1956–1965. The analysis has shown that strong and very strong winds occur most frequently in the Winter season and the rarest – in the Summer. Mountains regions and Baltic coast are the areas with the greatest amount of days with strong and very strong winds, both in the particular months and in the whole year.

It was noticed that there exist the relationship between the occurrence of the particular types of atmospheric circulation and a frequency of strong and very strong winds. The cyclonal types of circulation most significantly influence strong and very strong winds frequent occurrence in the Autumn and in the Winter. However strong and very strong winds frequency in the Spring depends mainly on anticyclonic circulation.

Wielkość zachmurzenia w Warszawie w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej

1. WSTĘP

1. 1. Cel pracy, materiały źródłowe

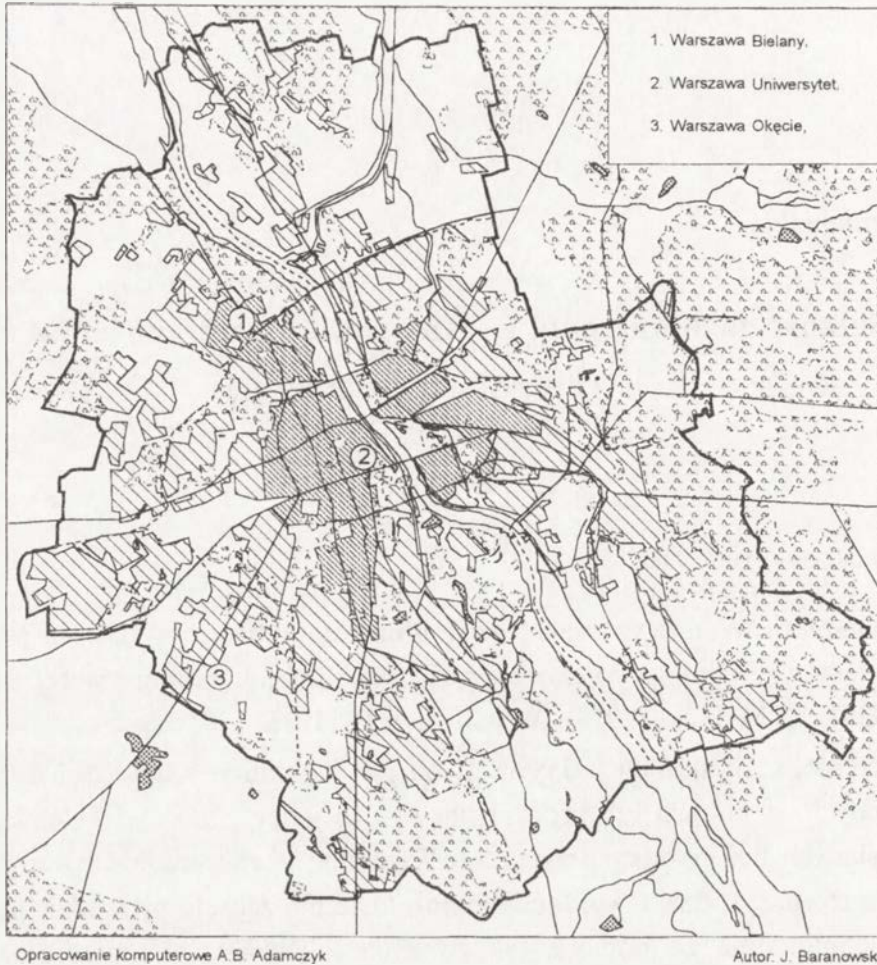
Badania klimatu Warszawy mają swoją długoletnią historię. Jednak zachmurzeniem zaczęto się zajmować dopiero na początku XX wieku. Prekursorami w tej dziedzinie byli: E. Stenz (1929), R. Merecki (1914), W. Gorczyński (1915).

Zachmurzenie, czyli stopień pokrycia nieba przez chmury, najczęściej wyrażany w częściach dziesiątych, oktantach lub procentach. Jest to jeden z niewielu elementów klimatycznych określanych bez pomocy przyrządów. Wizualnie ocenia się nie tylko wielkość zachmurzenia, ale również rodzaj i wysokość chmur. Ostatnio zaczęto prowadzić pomiary instrumentalne zachmurzenia za pomocą tak zwanych lokalizatorów meteorologicznych oraz satelitów okołoziemskich, które dostarczają informacji o wielkości zachmurzenia i kierunku przemieszczania się chmur.

Na posterunkach meteorologicznych sieci państwowej zachmurzenie określane jest w skali jedenastostopniowej, od 0 do 10, przy czym 0 oznacza niebo bezchmurne, zaś 10 – całkowicie pokryte chmurami. Na stacjach meteorologicznych IMiGW stosuje się skalę dziewięciostopniową – od 0 do 8. Cechą charakterystyczną zachmurzenia w Polsce jest jego duża zmienność, zarówno z dnia na dzień, z miesiąca na miesiąc, jak również z roku na rok. Zachmurzenie jest bardzo silnie związane ze zmianami sytuacji synoptycznej, a charakterystyczne układy chmur są ich wskaźnikiem, co jest wykorzystywane w prognozach meteorologicznych.

Celem niniejszej pracy jest próba określenia wpływu cyrkulacji atmosferycznej na zachmurzenie w Warszawie oraz na jego zróżnicowanie na obszarze miasta.

Materiały źródłowe, stanowiące podstawę opracowania, pochodzą z okresu 1971–1980 ze stacji: Warszawa Bielany, Warszawa Uniwersytet i Warszawa Okęcie (ryc. 1). Obserwacje wykonywane były w trzech terminach: o godzinie 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 19⁰⁰ czasu urzędowego. Do badań wybrano cztery miesiące: styczeń, kwiecień, lipiec i październik, reprezentujące cztery pory roku. Średnie wartości zachmurzenia obliczone zostały dla typów cyrkulacji atmosferycznej, według klasyfikacji opracowanej przez J. Lityńskiego (1969).



Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych uwzględnionych w opracowaniu

Location of meteorological stations taken into account in the study

- 1 Warsaw-Bielany
- 2 Warsaw-University
- 3 Warsaw-Okęcie

1. 2. Ogólna charakterystyka obszaru badań oraz lokalizacja stacji meteorologicznych

Według regionalizacji fizycznogeograficznej J.Kondrackiego (1988), Warszawa położona jest na Nizinie Środkowomazowieckiej na styku kilku mezoregionów: Kotliny Warszawskiej, Równiny Warszawskiej, Równiny Wołomińskiej i Doliny Środkowej Wisły.

Według klasyfikacji klimatologicznej W. Okołowicza Warszawa znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego chłodnego, o przeważającej zachodniej cyrkulacji powietrza, powodującej dużą zmienność pogody.

Miasto zajmuje powierzchnię około 500 km². Jego rozciągłość z północy na południe wynosi 30 km, ze wschodu na zachód 26 km. Jedną z przyczyn odmienności klimatu miasta w porównaniu z peryferiami jest charakter podłoża. W mieście stanowią je budynki oraz nawierzchnie ulic i placów. Rozległe powierzchnie pokryte betonem lub innymi sztucznymi

materiałami sprzyjają akumulowaniu dużych ilości energii w dzień i szybkiemu jej wypromieniowaniu w nocy. Poza tym powierzchnia czynna w mieście złożona jest z kilku poziomów, od ulic do dachów, biegnących na różnej wysokości. Wymusza to lokalne ruchy powietrza w mieście, niezależnie od ogólnej cyrkulacji atmosferycznej. W mieście znajdują się poza tym liczne źródła energii cieplnej, (systemy ogrzewania, przemysł, komunikacja), które są również źródłami zanieczyszczeń powietrza.

Stacja Warszawa Okęcie jest stacją meteorologiczną, na której pomiary i obserwacje wykonywane są co godzinę. Położona jest w południowo-zachodniej części Warszawy, na terenie lotniska, na wysokości 105 m n.p.m. Otaczający stację teren jest równinny, bez kompleksów leśnych i zbiorników wodnych. Reprezentuje ona warunki pozamiejskie.

Stacja Warszawa Uniwersytet – znajduje się w Śródmieściu Warszawy, na terenie Uniwersytetu Warszawskiego. Położona jest na wysokości 106 m n.p.m. Otacza ją zabudowa zwarta, kilkupiętrowa. Reprezentuje ona warunki śródmiejskie.

Stacja meteorologiczna Warszawa Bielany – usytuowana jest w północnej części Warszawy na terenie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, na wysokości 98 m n.p.m. Otoczenie stacji jest zróżnicowane. Od strony północno-wschodniej stacja graniczy z Lasem Bielańskim, a od zachodu z wysoką zabudową rozproszoną. Reprezentuje warunki miejskie z luźną zabudową.

1. 3. Przegląd literatury

Jednym z pierwszych klimatologów polskich, który uwzględnił w swych badaniach zachmurzenie był R. Merecki (1914). Tą tematyką zajmowali się również E. Stenz (1929, 1952), W. Okołowicz (1962) oraz W. Warakomski (1963, 1974), który rozpatrywał również zachmurzenie wewnątrzmasowe w Polsce.

K. Chomicz i L. Kuczarska (1971) dokonali analizy zachmurzenia i usłonecznienia w Polsce wykorzystując wyniki piętnastoletnich obserwacji (1951–1965). Scharakteryzowali oni przebieg zachmurzenia i usłonecznienia, a także związki zachodzące między tymi elementami. Autorzy zwrócili uwagę na wpływ ośrodków miejskich na zwiększenie liczby dni pochmurnych, na skutek wzmożonej konwekcji oraz zanieczyszczenia powietrza.

Próby określenia wzajemnych związków między kilkoma elementami meteorologicznymi (temperaturą powietrza, ciśnieniem atmosferycznym, wilgotnością bezwzględną, prędkością wiatru i stopniem zachmurzenia), w różnych masach powietrza podjął się K. Olszewski (1978). Ograniczył się on jedynie do trzech mas powietrza: polarnego morskiego, polarnego kontynentalnego i arktycznego. Stwierdził, że najsilniej stopień zachmurzenia był związany z wilgotnością bezwzględną. Z pozostałymi elementami – był bardzo słaby lub nic nie znaczący.

W 1970 r. ukończona została praca zbiorowa, wykonana pod kierunkiem W. Okołowicza i Z. Kaczorowskiej w Zakładzie Klimatologii IG UW. Wykazano w niej zwiększone zach-

murzenie nad śródmieściem Warszawy, nieco mniejsze nad Bielanami i najmniejsze w Brwinowie. Zjawisko to tłumaczono wzmożonymi ruchami pionowymi powietrza nad miastem, prowadzącymi do powstania chmur kłębiastych (konwekcja termiczna i dynamiczna). Zagadnieniem zachmurzenia w Warszawie zajmowała się również U. Kossowska-Cezak (1973, 1978). Zwróciła ona uwagę na wzrost zachmurzenia na stacjach miejskich (głównie w centrum) w stosunku do otoczenia oraz przedstawiła – na przykładzie Warszawy – wpływ miasta na zachmurzenie. Stwierdziła ona większy stopień zachmurzenia nad obszarami śródmiejskimi w porównaniu z obszarami peryferyjnymi. Do podobnych wniosków doszli również M. Zakrzewski (1972), Z. Kaczorowska (1978) i A. Olecka (1990).

W latach późniejszych powstało kilka opracowań, w których autorzy zwiększone zachmurzenie nad centrum miasta wiązali ze wzrostem liczby higroskopijnych jąder kondensacji na skutek zanieczyszczenia atmosfery (Kraujalis 1972; Lewińska 1982; Landsberg 1983). Zwiększona wilgotność powietrza w mieście, istnienie „wyspy ciepła” i specyficzna cyrkulacja lokalna oraz występowanie prądów konwekcyjnych przyczyniają się do wynoszenia pary wodnej w górę i tworzenia się chmur w powietrzu bogatym w aktywne jądra kondensacji.

1. 4. Charakterystyka liczbowej klasyfikacji typów cyrkulacji J. Lityńskiego

Klasyfikacja liczbowa typów cyrkulacji i typów pogody w Polsce J. Lityńskiego (1969) opiera się na z góry zdefiniowanych wskaźnikach liczbowych i zależy jedynie od przyjętych kryteriów. Klasyfikacji dokonano dla okresu 1900–1966, uwzględniając miesiące: styczeń, kwiecień, lipiec i październik. Dla określenia liczby typów, przy uwzględnieniu kilku elementów meteorologicznych autor posłużył się ogólnym wzorem:

$$N = n^k$$

gdzie: N – liczba typów, n – liczba klas dla każdego elementu, k – liczba elementów

Określenia typów cyrkulacji autor dokonał za pomocą wskaźników ogólnych: cyrkulacji strefowej oraz cyrkulacji południkowej.

Trzecia cecha określająca typ cyrkulacji powinna według autora wskazywać, czy badany obszar znajduje się w strefie niskiego, czy też wysokiego ciśnienia powietrza. J. Lityński uważa, że powinien to być czynnik lokalny i odnosić się tylko do obszaru bezpośredniego zainteresowania. Jako taki przyjęto wielkość ciśnienia atmosferycznego w Polsce, w punkcie pokrywającym się z położeniem Warszawy.

Do obliczenia wskaźników cyrkulacji J. Lityński posłużył się dolnymi mapami pogody z lat 1900–1966. Wskaźniki cyrkulacji strefowej i południkowej obliczono dla terenów w granicach 40° – 60° N i 0° – 35° E.

Głównym, przyjętym w obecnej pracy, wyznacznikiem sytuacji synoptycznej jest ciśnienie atmosferyczne w Polsce. Za ciśnienie w Polsce (C_p) przyjęto ciśnienie w punkcie pokrywającym się z położeniem Warszawy. Klasy ciśnienia C_p oznaczono: c (cyklonalna), o (zerowa), a (antycyklonalna). Zaliczenie typu cyrkulacji do jednej z tych trzech grup odbywa

się przez zaklasyfikowanie ciśnienia w Polsce do jednej z trzech klas: poniżej normy (1013 hPa) (cyklonalna), w pobliżu normy (zerowa), powyżej normy (antycyklonalna).

Wskaźnik strefowy Ws ma wartości dodatnie dla cyrkulacji zachodniej, a ujemne – dla wschodniej. Wskaźnik południkowy Wp przybiera wartości dodatnie dla cyrkulacji południowej, a ujemne – dla północnej. Dla wskaźnika Ws przyjęto następujące oznaczenia klas: E (wschodnia), O (zerowa), W (zachodnia). Dla wskaźnika Wp klasy oznaczono następująco: N (północna), O (zerowa), S (południowa).

Ostatecznie więc typ cyrkulacji zostaje określony przez trzy parametry liczbowe: Wp , Ws i Cp . Określone w ten sposób typy cyrkulacji odnoszą się przede wszystkim do obszaru Polski, chociaż w większości przypadków mogą być też reprezentatywne dla całej Europy Środkowej.

2. ZWIĄZEK ZACHMURZENIA Z TYPAMI CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ

Analizę związków zachmurzenia z typami cyrkulacji atmosferycznej przeprowadzono na podstawie danych ze stacji Warszawa Okęcie. Dla poszczególnych typów cyrkulacji wyznaczono średnią dobową wartość zachmurzenia oraz wartości średnie dla kolejnych terminów obserwacyjnych (7⁰⁰, 13⁰⁰, 19⁰⁰).

2. 1. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji cyklonalnej

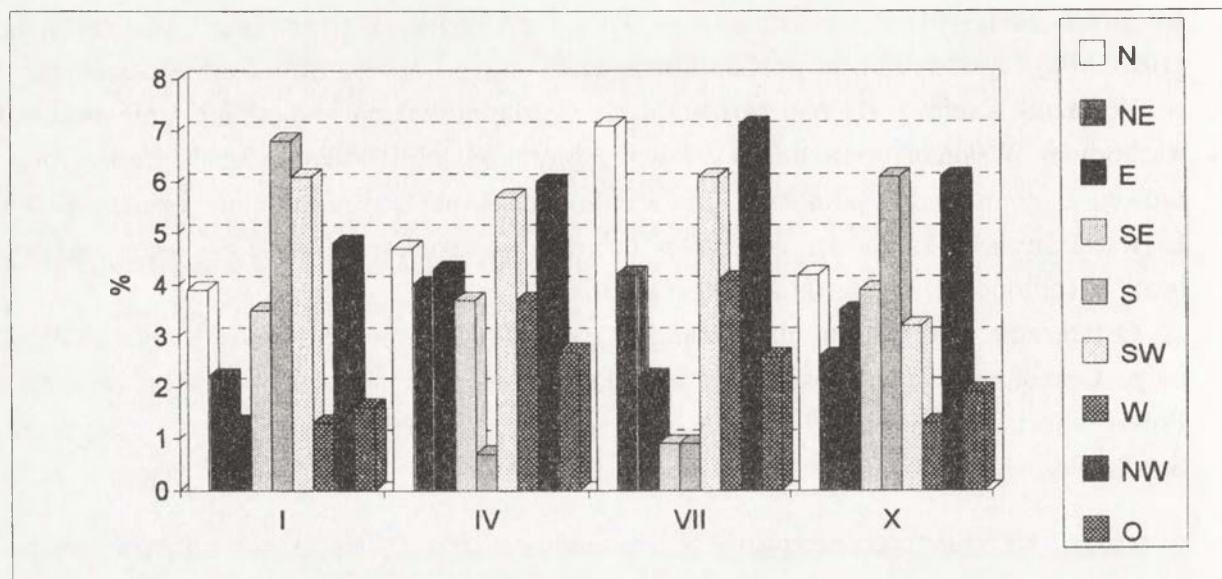
W badanym okresie cyrkulacja cyklonalna wystąpiła w 34% wszystkich przypadków. W ciągu roku najczęściej obserwowano ją w lecie, rzadziej zaś zimą. Przyjmując za 100% liczbę dni z cyrkulacją cyklonalną, na styczeń przypadło ich 23,6%. Nieco częściej występowały one w kwietniu (25,5%) i w lipcu (26,4%). W październiku typy cyrkulacji cyklonalnej stanowiły 24,5% przypadków.

Spośród typów cyrkulacji cyklonalnej najczęściej występował typ północno-zachodni (17,8%) z maksimum częstości w lecie. W pozostałych miesiącach jego udział był również duży (ryc. 2).

Podobne wyniki uzyskała B. Osuchowska-Klein (1978, 1987). Według opracowanej przez tę autorkę klasyfikacji, kierunek cyrkulacji północno-zachodni cyklonalny stanowi średnio w roku 13%, z maksimum częstości w lipcu i grudniu.

Napływ powietrza z sektora południowego i wschodniego był częstszy w styczniu i październiku niż w kwietniu i lipcu. Odmiennie przedstawiała się sytuacja przy cyrkulacji z sektora zachodniego i północnego. Maksimum częstości obserwowano w lipcu i kwietniu, minimum zaś w styczniu i październiku.

Wśród wszystkich typów cyrkulacji udział sytuacji cyklonalnych w badanych miesiącach był następujący: w styczniu 31,6%, w kwietniu 35,5%, w lipcu 35,5% (w tym okresie dominował napływ powietrza z sektora północnego), a w październiku 32,9% (z przewagą cyrkulacji południowej i północno-zachodniej).



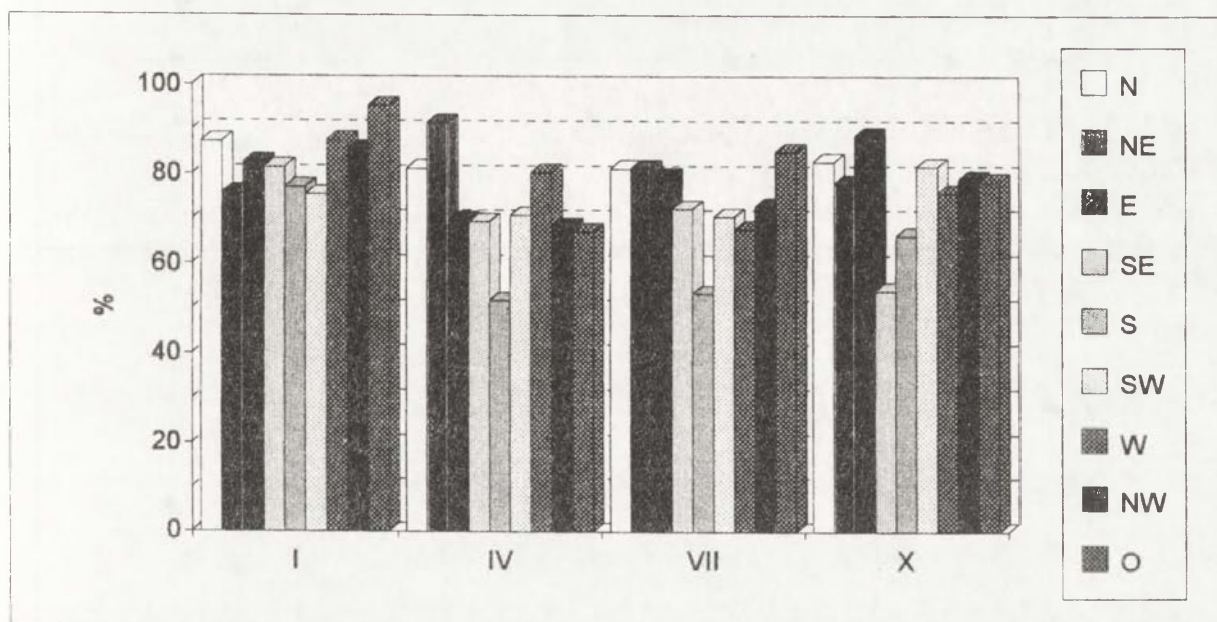
Ryc. 2. Częstość kierunków cyrkulacji cyklonalnej w Warszawie
Frequency of the directions of cyclonic circulation in Warsaw

Zachmurzenie średnie dobowe na Okęciu było największe w chłodnych miesiącach, tzn. w październiku i w styczniu (ryc. 3). W styczniu wynosiło ono 83%, najmniejsze natomiast było w kwietniu (72%). Na tak duży stopień pokrycia nieba przez chmury w miesiącach chłodnej pory roku miał wpływ, między innymi, rodzaj przeważających chmur (Zakrzewski 1972). Zimą zaznacza się silna działalność cyklonalna, powodująca duże zachmurzenie, związane z frontami atmosferycznymi. Ponadto w miesiącach chłodnych notuje się częstsze niż w innych sezonach występowanie chmur warstwowych. Ich powstanie jest związane z napływem cieplejszego powietrza nad wychłodzone podłoże oraz silniejszym oziębianiem się dolnej, wilgotnej warstwy powietrza nocą i w godzinach rannych.

Często o tej porze roku występują również tzw. chmury faliste (Chromow 1977), które powstają w masach powietrza o równowadze stałej na granicy warstwy inwersyjnej. W ich powstawaniu odgrywają rolę procesy falowe. W warstwie inwersji i po obu jej stronach powstają wskutek nagłych zmian prędkości wiatru oraz gęstości powietrza fale o długości rzędu 50–2000 m. W grzbietach tych fal powietrze podnosi się, w dolinach opada. Warstwa chmur może rozczłonkować się na oddzielne „walce” lub ławice.

Średnie dobowe zachmurzenie było największe wówczas, gdy nad Warszawę docierało powietrze z sektora północnego i zachodniego. Te kierunki cyrkulacji wiązały się ze znacznie większym zachmurzeniem w porze zimowej i jesiennej, aniżeli wiosną i latem. Szczególnie duże jego wartości były notowane wtedy, gdy docierało nad Warszawę powietrze z północy. W ciągu roku wielkość pokrycia nieba przez chmury wahała się od 81% do 87%.

Nieco inaczej wyglądała sytuacja nefologiczna przy cyrkulacji wschodniej i południowo-zachodniej. Większe zachmurzenie obserwowano przy tych kierunkach jesienią niż w po-



Ryc. 3. Zachmurzenie średnie dobowe przy cyrkulacji cyklonalnej, Warszawa-Okęcie 1971–1980
Mean daily cloudiness during cyclonic circulation, Warsaw-Okęcie 1971–1980

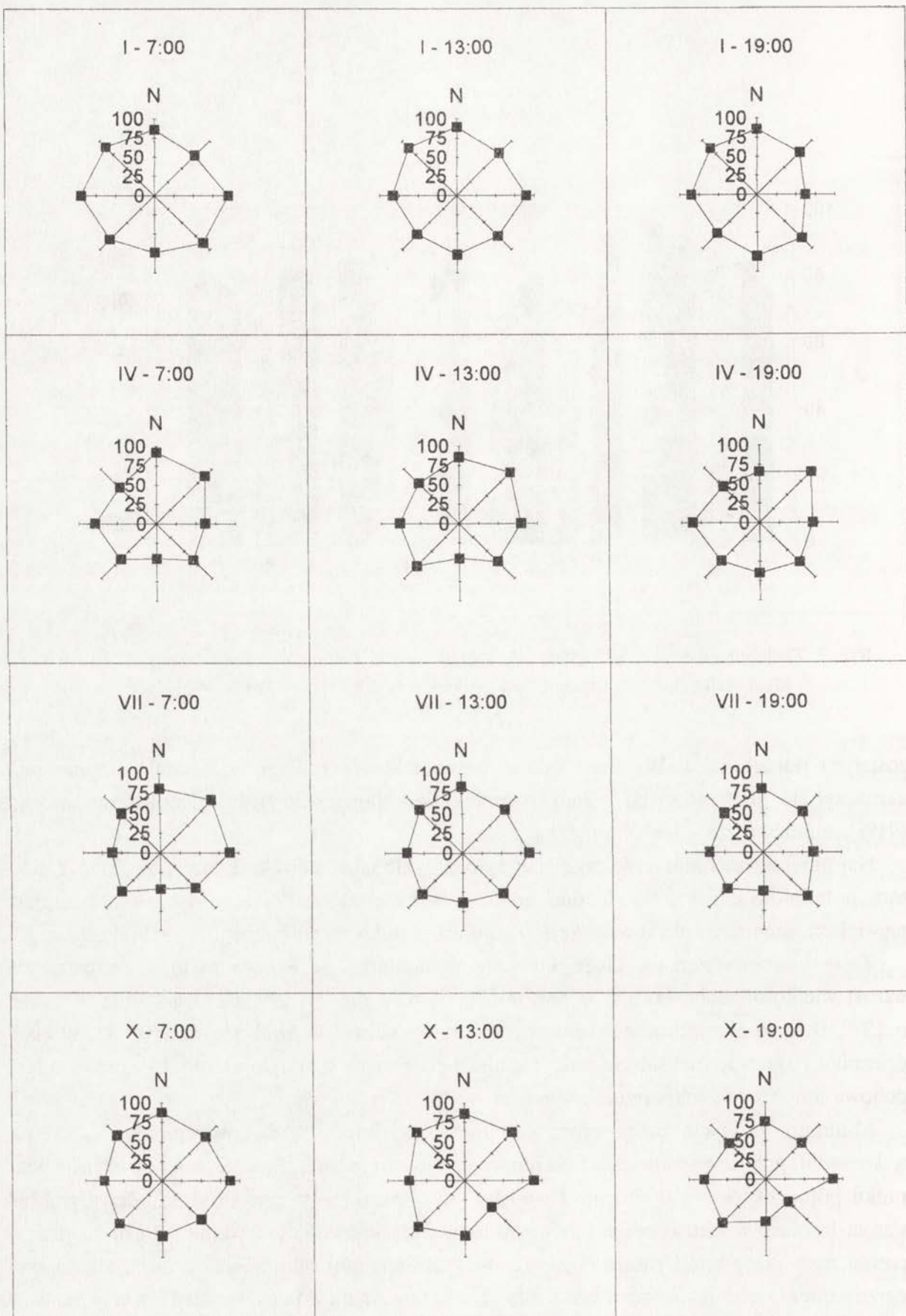
zostałych porach roku. Wyraźnie odmienny charakter przebiegu rocznego zachmurzenia zaznaczył się przy cyrkulacji północno-wschodniej. Największe wartości notowano wiosną (91%), najniższe zaś – jesienią i zimą.

Najmniejsze zachmurzenie związane było z cyklonalną adwekcją mas powietrza z sektora południowego; wahało się ono od 52% w kwietniu do 77% w styczniu. Natomiast największe zachmurzenie towarzyszyło cyrkulacji z sektora północnego i zachodniego.

Zmiany zachmurzenia w ciągu dnia były nieregularne. W kwietniu i lipcu zaznaczył się wzrost wielkości zachmurzenia o godzinie 13⁰⁰, było ono wyższe niż o godzinie 7⁰⁰ oraz o 19⁰⁰. Było to spowodowane dziennym rozwojem chmur konwekcyjnych (ryc. 4). W październiku i styczniu maksimum pokrycia nieba chmurami wystąpiło natomiast rano. Średnia dobowa amplituda zachmurzenia wynosiła średnio w roku 5%.

Minimum pokrycia nieba przez chmury o godzinie 7⁰⁰ obserwowano w Warszawie w kwietniu, przy czym największe zachmurzenie towarzyszyło adwekcji mas powietrza z kierunku północnego i zachodniego. Było ono mniejsze niż w styczniu o 16%. Przyczyną był wzrost insolacji w tym okresie, który powodował stopniowe nagrzewanie się gruntu, dzięki czemu rosła także temperatura powietrza przy powierzchni ziemi. Wraz z coraz silniejszym ogrzewaniem się dolnych warstw atmosfery następowała likwidacja warstwy inwersyjnej oraz rozpraszanie się chmur warstwowych i falistych.

W terminie południowym największym zachmurzeniem charakteryzował się styczeń. Było ono szczególnie duże wówczas, gdy dominowała adwekcja z sektora północno-zachodniego lub ze wschodu. Najpogodniejszym miesiącem okazał się kwiecień. Wielkość zachmurzenia



Ryc. 4. Wielkość zachmurzenia w terminach obserwacyjnych przy cyrkulacji cyklonalnej i napływie różnych mas powietrza, Warszawa-Okęcie 1971–1980

Cloudiness in observational terms during cyclonic circulation and different inflow of air masses, Warsaw-Okęcie 1971–1980

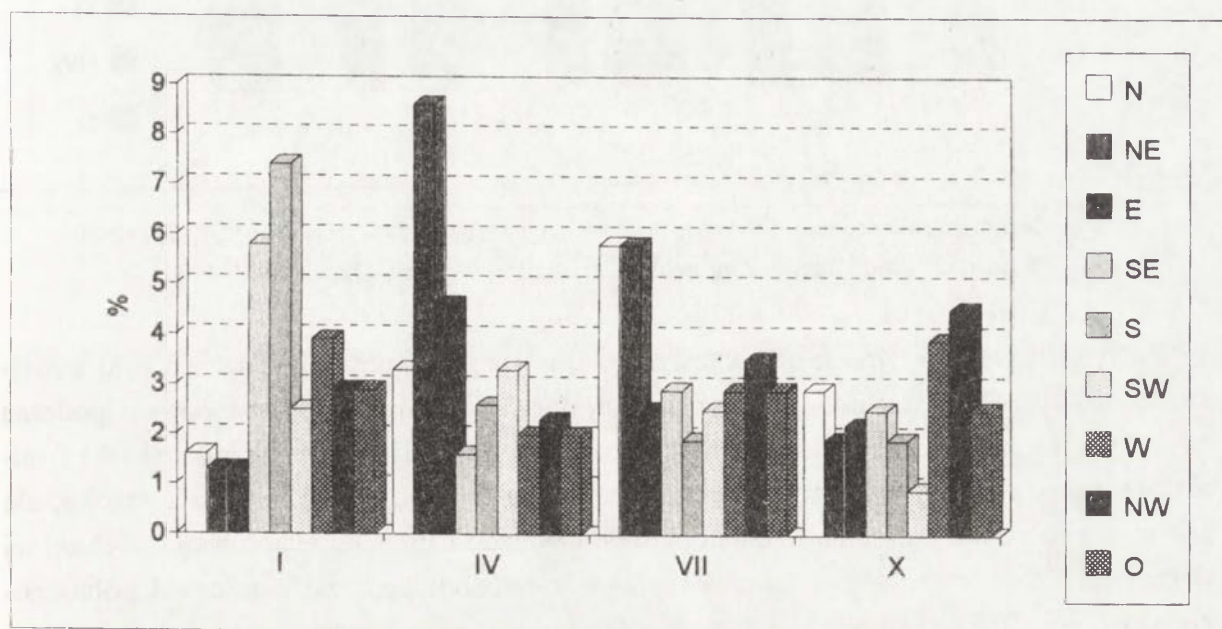
o godzinie 13⁰⁰ wynosiła średnio 73%. W lipcu i w październiku zachmurzenie było nieco większe (odpowiednio 78 i 79%). W obu tych miesiącach maksimum zachmurzenia w południe występowało wówczas, gdy nad Warszawę napływało powietrze z sektora północnego.

Ogólnie można stwierdzić, że podczas cyrkulacji niżowej, najpochmurniejszym miesiącem w Warszawie był styczeń. Wprawdzie cyrkulacja ta zimą występowała stosunkowo rzadko, to jednak w okresie jej trwania zachmurzenie osiągało bardzo duże wartości. Najczęściej pogodne niebo obserwowano w kwietniu, zwłaszcza przy napływie powietrza z południa. Najmniej korzystne warunki nefologiczne występowały w okresie, gdy nad obszar kraju docierało powietrze z północo- zachodu i północo-wschodu.

2. 2. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji zerowej

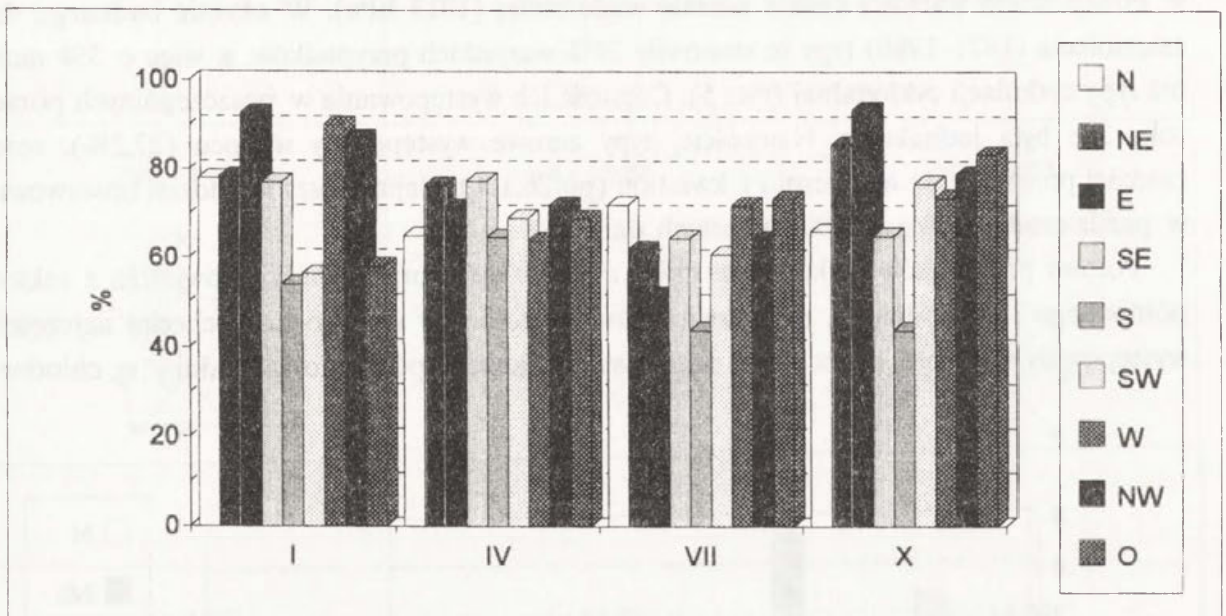
Jako zerowe zostały wyróżnione te typy cyrkulacji, przy których ciśnienie atmosferyczne w Polsce miało wartości bliskie normie wieloletniej (1013 hPa). W okresie badanego dziesięciolecia (1971–1980) typy te stanowiły 29% wszystkich przypadków, a więc o 5% mniej niż typy cyrkulacji cyklonalnej (ryc. 5). Częstość ich występowania w poszczególnych porach roku nie była jednakowa. Najczęściej typy zerowe występowały w lipcu (27,2%), nieco rzadziej pojawiały się w styczniu i kwietniu (po 26,1%). Najmniejszy ich udział obserwowano w październiku (tylko 20,4% wszystkich dni).

Połowa przypadków cyrkulacji zerowej miała miejsce przy adwekcji powietrza z sektora północnego i zachodniego, przy czym kierunek północny i północno-wschodni najczęściej występowały w cieplej porze roku, natomiast zachodni i północno-zachodni – w chłodnej.



Ryc. 5. Częstość kierunków cyrkulacji zerowej w Warszawie
Frequency of the directions of the neutral circulation in Warsaw

Interesujące jest zbadanie, jaki udział procentowy mają typy cyrkulacji zerowej wśród wszystkich typów w rozpatrywanych miesiącach. W styczniu cyrkulacja zerowa stanowiła 29,7% wszystkich przypadków, a więc występowała rzadziej o 2% niż cyrkulacja cyklonalna. W kwietniu udział typów zerowych wyniósł 30,7%, a w lipcu – 31%. Najmniejszą częstością charakteryzował się październik, tylko 23,5% dni z tym typem cyrkulacji. Średnia dobowa wielkość zachmurzenia przy cyrkulacji zerowej była największa w zimie, (podobnie jak przy cyrkulacji cyklonalnej). W styczniu wielkość pokrycia nieba przez chmury wynosiła średnio 75%, a więc była o 8% mniejsza niż przy cyrkulacji cyklonalnej (ryc. 6). Najmniejsze średnie dobowe zachmurzenie obserwowano w lecie. W lipcu było ono o 12% mniejsze niż w styczniu. Jest to związane z tym, że przy występowaniu cyrkulacji zerowej dużą rolę w kształtowaniu się zachmurzenia odgrywają czynniki lokalne.



Ryc. 6. Zachmurzenie średnie dobowe przy cyrkulacji zerowej, Warszawa-Okęcie 1971–1980
Mean daily cloudiness during neutral circulation, Warsaw-Okęcie 1971–1980

Zachmurzenie przy typach cyrkulacji zerowej w rozpatrywanych miesiącach było mniejsze średnio o 6% w stosunku do cyrkulacji cyklonalnej. Największe występowało podczas adwekcji z kierunku wschodniego, z maksimum zachmurzenia w październiku (93%) i minimum w lipcu (52%). Napływ powietrza z tego kierunku obserwowano dosyć rzadko, ale zawsze z bardzo dużym zachmurzeniem. Podobnie duże zachmurzenie notowano w chłodnej porze roku przy cyrkulacji z kierunku północno-wschodniego, zachodniego i północno-zachodniego. Nieco inaczej kształtowało się zachmurzenie podczas adwekcji powietrza z południa i południowego-wschodu, kiedy to maksimum zachmurzenia obserwowano zimą i wiosną.

Podobnie jak przy cyrkulacji cyklonalnej, tak i przy cyrkulacji zerowej, analiza wielkości zachmurzenia w różnych porach dnia daje pełniejszy obraz zmian niż wartości średnie dobowe (ryc. 7). Okazało się, że przy cyrkulacji zerowej zachmurzenie wzrastało od godzin porannych do południowych, po czym następował jego spadek w godzinach wieczornych. Zmniejszenie się zachmurzenia wieczorem mogło być spowodowane między innymi spowolnieniem procesów konwekcyjnych, wpływających na tworzenie się chmur.

Warto zauważyć, że nie wszystkie kierunki cyrkulacji zerowej związane były z dużym zachmurzeniem. Największe wartości obserwowano przy kierunkach: północno-wschodnim, wschodnim i południowo-zachodnim.

Największe zachmurzenie w terminie porannym występowało jesienią (średnio około 82%) z maksimum podczas cyrkulacji wschodniej (99%), północno-wschodniej (98%). W tej porze roku dominujące znaczenie miał napływ powietrza z kierunków wschodniego i zachodniego.

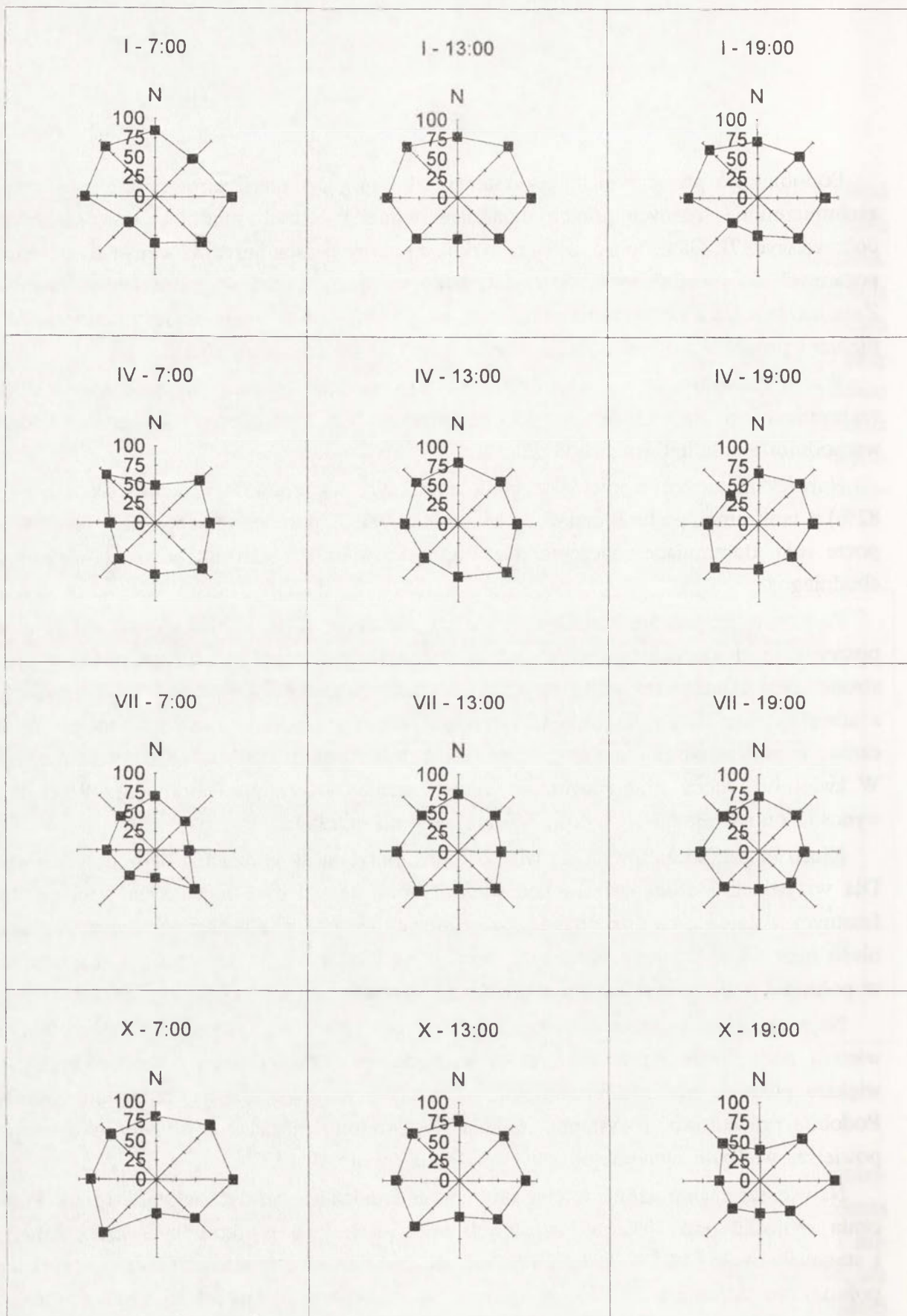
Podobnie jak jesienią kształtowało się zachmurzenie zimą. Z tym wyjątkiem, że udział poszczególnych kierunków napływu mas w zachmurzeniu został przesunięty o 45° w prawą stronę. Taki układ wskazywałby na to, iż duże zachmurzenie o tej porze roku związane jest z adwekcją powietrza z kierunku północno-zachodniego i południowo-wschodniego. W styczniu, w godzinach porannych zachmurzenie było mniejsze niż w październiku o 70%. W kwietniu i lipcu zmniejszyło się zachmurzenie w terminie porannym. W kwietniu wynosiło ono 70%, a więc było o 5% mniejsze niż styczniu.

Nieco inaczej kształtowała się wielkość zachmurzenia w godzinach okołopołudniowych. Dla wszystkich kierunków adwekcji wynosiła ona 75% i była największa w ciągu dnia. Istotnym wydaje się fakt, że udział poszczególnych kierunków adwekcji w zachmurzeniu był nieco inny niż w terminie porannym. Szczególne znaczenie ma tutaj wzrost zachmurzenia w południe podczas cyrkulacji z kierunku północnego.

Największe zachmurzenie wystąpiło w styczniu (79%). O tej porze roku, napływ powietrza nad obszar Polski z kierunku wschodniego i zachodniego powodował znacznie większe pokrycie nieba chmurami, niż adwekcja mas powietrza z południa lub północy. Podobne prawidłowości wystąpiły jesienią. W kwietniu, niezależnie od kierunku napływu powietrza wielkość zachmurzenia była podobna (około 70%).

Największe zachmurzenie w ciągu roku w godzinach wieczornych wystąpiło zimą. W styczniu wynosiło ono 70%, w pozostałych miesiącach jego wielkość była nieco mniejsza i stanowiła około 64%. W kwietniu największe zachmurzenie zanotowano podczas cyrkulacji południowo-zachodniej (80%), w lipcu w czasie cyrkulacji zachodniej (76%), a w październiku przy cyrkulacji wschodniej (96%).

Analizując zmianę zachmurzenia w ciągu dnia, w czterech badanych miesiącach, można zaobserwować pewne ogólne prawidłowości. W styczniu podczas napływu powietrza z sektora zachodniego następował wzrost zachmurzenia do godzin południowych. Od południa



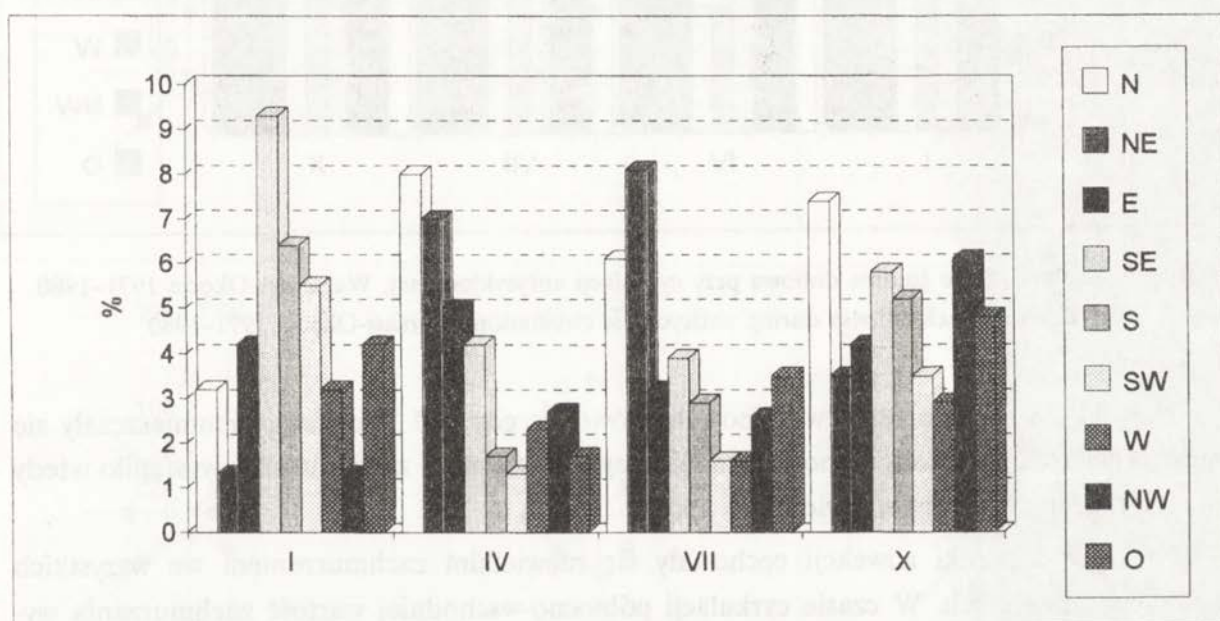
Ryc. 7. Wielkość zachmurzenia w terminach obserwacyjnych przy cyrkulacji zerowej i napływie różnych mas powietrza, Warszawa-Okęcie 1971–1980

Cloudiness in observational terms during neutral circulation and different inflow of air masses, Warsaw-Okęcie 1971–1980

niebo stopniowo wypogadzało się. Podobna sytuacja wystąpiła w lipcu oraz w kwietniu, przy cyrkulacji z sektora wschodniego.

2. 3. Kształtowanie się zachmurzenia przy cyrkulacji antycyklonalnej

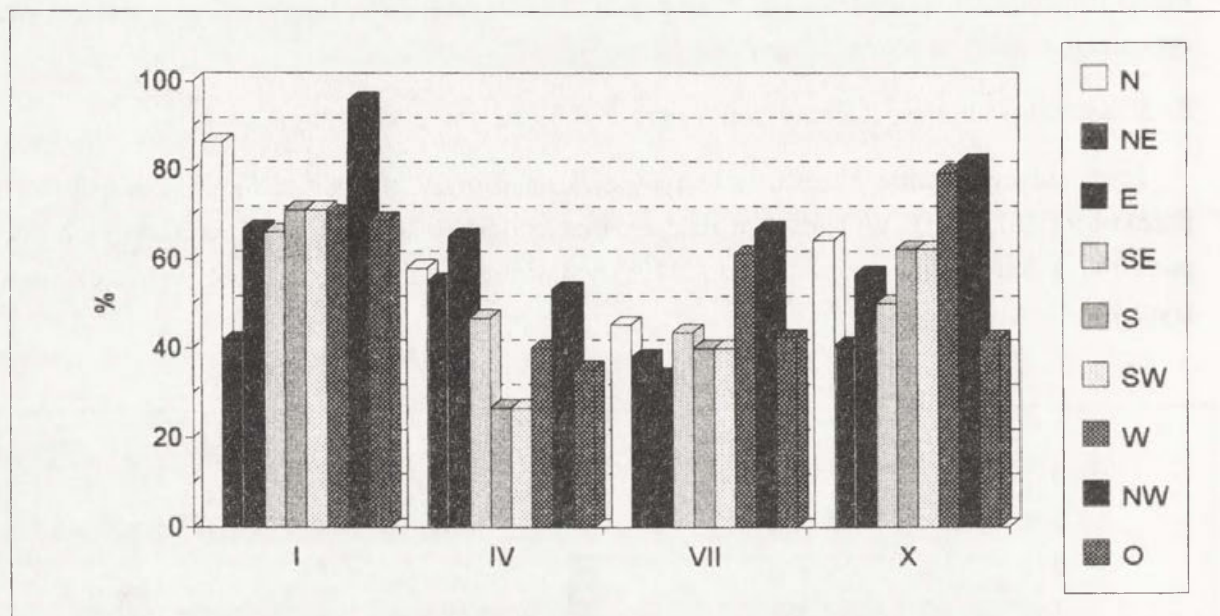
Jako antycyklonalne określono te typy cyrkulacji, przy których ciśnienie atmosferyczne przekracza 1013 hPa. W badanym dziesięcioleciu typy te stanowiły 37,5% wszystkich przypadków, a ich udział wahał się od 34% w kwietniu i lipcu do 43,5% w październiku (ryc. 8).



Ryc. 8. Częstość kierunków cyrkulacji antycyklonalnej w Warszawie
Frequency of the directions of anticyclonic circulation in Warsaw

W typach cyrkulacji antycyklonalnej nad Warszawą najczęściej przemieszczały się masy powietrza z północy (16% przypadków), głównie wiosną i jesienią, rzadziej natomiast zimą. Cyrkulacja południowo-wschodnia maksimum częstości osiągała w styczniu, a minimum w kwietniu. Najrzadziej napływało powietrze z zachodu i południo-zachodu. Cyrkulacja z sektora północno-wschodniego i południowo-wschodniego stanowiła 16% przypadków.

Największe zachmurzenie w Warszawie wystąpiło w okresie zimy (ryc. 9), głównie przy napływie powietrza z północy i zachodu. W czasie cyrkulacji południowej wielkość pokrycia nieba przez chmury wynosiła około 50%. Dużo pogodniejszymi okazały się miesiące wiosenne i letnie, w których zachmurzenie było o 20% mniejsze niż w styczniu. W czasie napływu powietrza z południa chmury pokrywały zaledwie 30% nieba. W październiku, chmury pokrywały średnio w ciągu dnia 59% nieba.



Ryc. 9. Zachmurzenie średnie dobowe przy cyrkulacji antycyklonalnej, Warszawa-Okęcie 1971–1980
Mean daily cloudiness during anticyclonic circulation, Warsaw-Okęcie 1971–1980

Największe zachmurzenie występowało wówczas, gdy nad Warszawą przemieszczały się masy powietrza z sektora północno-zachodniego. Maksimum zachmurzenia wystąpiło wtedy w styczniu, a minimum w kwietniu i lipcu.

Niektóre kierunki adwekcji cechowały się niewielkim zachmurzeniem we wszystkich badanych miesiącach. W czasie cyrkulacji północno-wschodniej wartość zachmurzenia wynosiła średnio 40% z maksimum w kwietniu (55%).

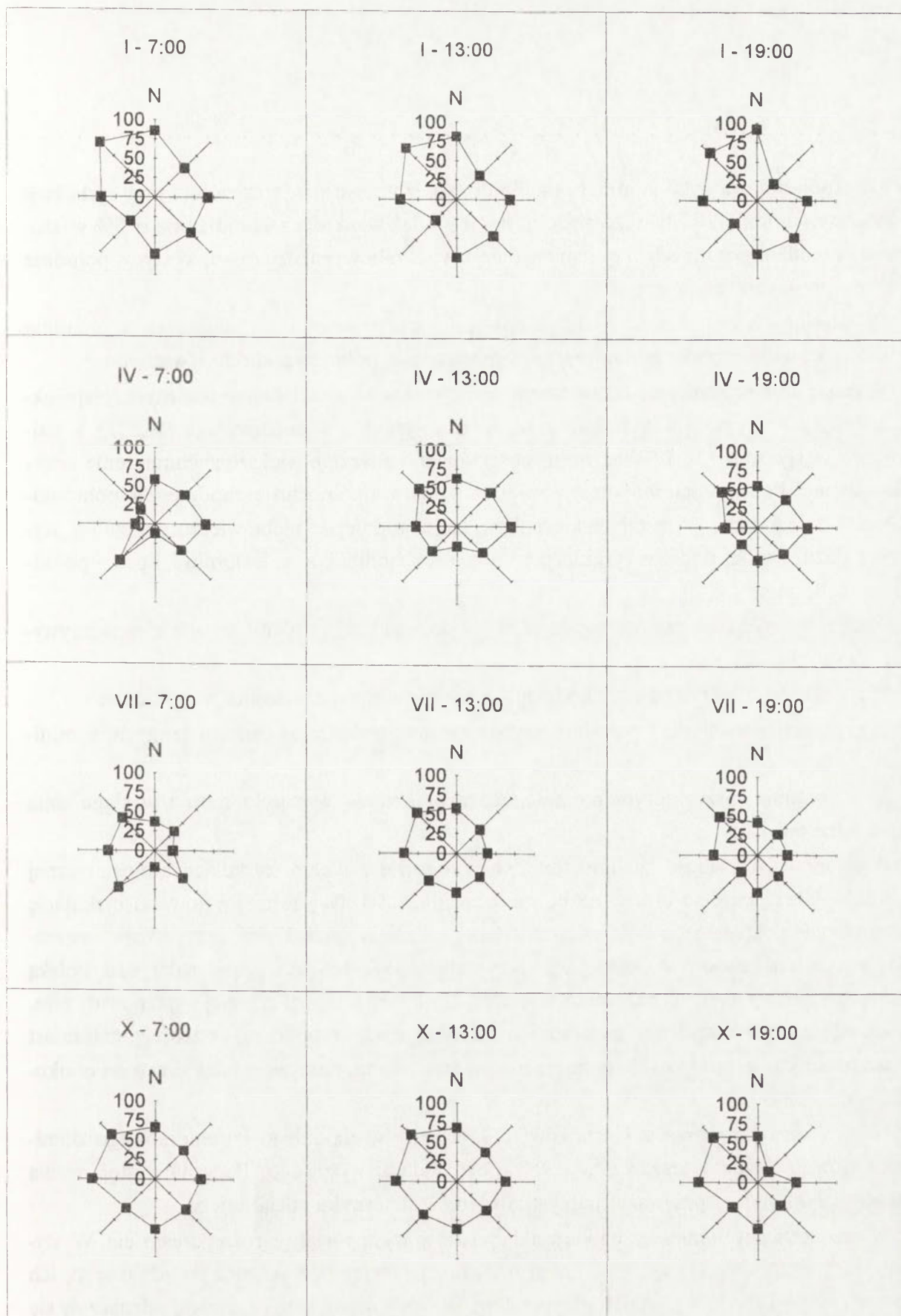
Ze względu na stopień pokrycia nieba przez chmury, typy cyrkulacji antycyklonalnej można podzielić na trzy grupy:

1/ cyrkulacja z sektora północnego i wschodniego z maksimum zachmurzenia w styczniu, a minimum w lipcu;

2/ cyrkulacja południowo-zachodnia i zachodnia z maksimum w październiku, a minimum w styczniu i kwietniu;

3/ cyrkulacja północno-zachodnia z maksimum w styczniu i minimum w kwietniu.

W godzinach porannych zachmurzenie osiągało największe wartości w styczniu. Wynosiło ono średnio 70%, a przy napływie powietrza z północy-zachodu – pokrycie nieba było całkowite. W kwietniu niebo było znacznie pogodniejsze, jedynie podczas cyrkulacji z sektora wschodniego obserwowano zachmurzenie około 60%. W lipcu natomiast większy wpływ na sytuację nefologiczną miał napływ powietrza z sektora zachodniego. W październiku wpływ poszczególnych kierunków na wartość zachmurzenia był podobny do sytuacji obserwowanej w styczniu, (ryc. 10).



Ryc. 10. Wielkość zachmurzenia w terminach obserwacyjnych przy cyrkulacji antycyklonalnej i napływie różnych mas powietrza, Warszawa-Okęcie 1971–1980

Cloudiness in observational terms during anticyclonic circulation and different inflow of air masses, Warsaw-Okęcie 1971–1980

Pora południowa była najmniej pogodna również w styczniu, szczególnie przy cyrkulacji północno-zachodniej. W tym miesiącu nastąpił spadek wielkości zachmurzenia o 3% w stosunku do godzin porannych. Podobna sytuacja wystąpiła w październiku, kiedy w południe było ono mniejsze niż rano o 2%.

W miesiącach wiosennych i letnich nastąpił wzrost wartości zachmurzenia w południe o 10%, szczególnie podczas napływu mas powietrza z północo-zachodu i wschodu.

W ciągu dnia najmniejsze zachmurzenie zanotowano w godzinach wieczornych. Największa różnica między porą południową a wieczorną wystąpiła w październiku (10,5%), a najmniejsza w styczniu (2%). Wieczorem obserwowano znacznie większe zachmurzenie wówczas, gdy nad Polskę docierały masy powietrza z sektora północno-zachodniego i południowo-wschodniego niż z pozostałych kierunków. Najpogodniejsze niebo wieczorem było w styczniu i październiku podczas cyrkulacji północno-wschodniej, a w kwietniu i lipcu – południowo-zachodniej.

Analizując wielkość zachmurzenia w ciągu dnia można wyróżnić pewne charakterystyczne kierunki cyrkulacji:

- 1/ z sektora północnego i zachodniego z maksimum zachmurzenia w południe;
- 2/ z południo-wschodu i południo-zachodu z maksimum w godzinach rannych, a minimum w wieczornych;
- 3/ z południa, przy którym najmniejsze zachmurzenie wystąpiło rano i w ciągu dnia ciągle wzrastało.

Podsumowując związki zachmurzenia w Warszawie z typami cyrkulacji atmosferycznej w Polsce należy zwrócić uwagę na pewne prawidłowości. Najczęściej notowano cyrkulację antycyklonalną, która stanowiła w rozpatrywanych miesiącach 37,5% przypadków, najrzadziej natomiast zerową – około 29% przypadków. W chłodnej porze roku nad Polską przeważały układy wyżowe, natomiast w cieplej (kwiecień i lipiec) częściej występowały niży. Cyrkulacja zerowa w styczniu, kwietniu i lipcu występowała z podobną częstością, natomiast w październiku, w porównaniu z poprzednimi miesiącami, nastąpił spadek częstości o około 8%.

Napływ mas powietrza z kierunków: północnego, wschodniego i południowego dominował wówczas, gdy Warszawa była w zasięgu układu wyżowego. Podczas występowania cyrkulacji cyklonalnej przeważał napływ powietrza z kierunku zachodniego.

W rozpatrywanych miesiącach kierunki cyrkulacji występowały z różną częstością. W styczniu nad obszar Polski najczęściej napływały masy powietrza z sektora południowego, ich częstość wynosiła 53% wszystkich przypadków. W lipcu największą częstością odznaczały się kierunki napływu powietrza z sektora północnego – 50% dni. W październiku dominowała adwekcja mas powietrza z północy i południa (N, NW, S, SE) – 57% przypadków.

Pomiędzy typami cyrkulacji atmosferycznej notowano dosyć duże zróżnicowanie w wielkości pokrycia nieba przez chmury. średnia dobowa wartość zachmurzenia w czterech

rozpatrywanych miesiącach była największa podczas cyrkulacji cyklonalnej, najmniejsza natomiast przy antycyklonalnej. W styczniu różnica wielkości zachmurzenia pomiędzy tymi dwoma typami wynosiła 15%, natomiast w październiku 17%. Znacznie większe różnice wystąpiły w cieplej porze roku, aniżeli w chłodnej. W kwietniu różnica ta wynosiła 25%, a w lipcu 27%.

Napływ mas powietrza z kierunku północnego i południowo-zachodniego powodował znacznie większy wzrost zachmurzenia przy cyrkulacji cyklonalnej niż przy zerowej i antycyklonalnej.

Gdy nad obszar Polski napływało powietrze z sektora południowego, w styczniu i lipcu obserwowano w Warszawie większe zachmurzenie w porównaniu z pozostałymi miesiącami. W czasie cyrkulacji zerowej z tego sektora, maksimum zachmurzenia obserwowano w kwietniu i październiku. Najmniejsze zachmurzenie przy napływie powietrza z tych kierunków wystąpiło w czasie cyrkulacji antycyklonalnej w kwietniu i lipcu.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że największym zachmurzeniem charakteryzowały się typy cyrkulacji cyklonalnej, przy których w chłodnej porze roku osiągnęło ono największe wartości rano, natomiast w cieplej – w południe.

Charakterystyka przebiegu dziennego zachmurzenia podczas cyrkulacji zerowej jest nieco inna. W styczniu, kwietniu i lipcu obserwowano największy stopień pokrycia nieba przez chmury w południe, w październiku natomiast maksimum zachmurzenia wystąpiło rano i w ciągu dnia stopniowo malało. Wskazuje to na znaczny udział czynników lokalnych w tworzeniu się chmur. Chodzi głównie o wpływ wielkiego miasta na rozwój chmur kłębiastych.

Dni z bezchmurnym niebem obserwowano wówczas, gdy dominowała cyrkulacja antycyklonalna, szczególnie w miesiącach wiosennych i letnich. Pod tym względem najkorzystniejsze warunki wystąpiły w czasie przemieszczania się nad Polską powietrza z południa i południo-wschodu, gdy zachmurzenie w Warszawie wahało się od 20 do 40%.

Bardzo duże zachmurzenie wystąpiło podczas adwekcji mas powietrza z sektora północno-zachodniego. Jego wielkość wahała się między 70% a 100%. Wówczas, gdy Polska znajdowała się w zasięgu układu niżowego, jedynie napływ powietrza z sektora południowego niósł nieco mniejsze zachmurzenie. Przy pozostałych kierunkach stopień pokrycia nieba przez chmury był bardzo duży.

3. ZMIANY CZASOWE I PRZESTRZENNE ZACHMURZENIA NA TERENIE WARSZAWY

3. 1. Różnice zachmurzenia

Tylko w 28% przypadków zanotowano większe zachmurzenie na Okęciu niż w Śródmieściu i 31% przypadków, gdy chmury bardziej pokrywały niebo na Okęciu niż na Biela-

nach. Najwięcej notowano sytuacji z niewielkimi różnicami 5%. Ale i w tej grupie znacznie częściej notowano pogodniejsze niebo w południowej części miasta. Różnice powyżej 10% częściej występowały pomiędzy stacjami Uniwersytet i Okęcie niż Bielany i Okęcie.

Podczas cyrkulacji zerowej więcej było sytuacji z większym zachmurzeniem w południowej części Warszawy (37%), niż w czasie cyrkulacji cyklonalnej. Mniej też było różnic większych niż 10%.

W okresie, gdy Polska była w zasięgu układu wyżowego brak różnic w zachmurzeniu pomiędzy Okęciem i Centrum wystąpił w 7 przypadkach, a między Okęciem i Bielaniem – w 9 przypadkach. Wśród wszystkich typów cyrkulacji cyklonalnej, adwekcja powietrza ze wschodu i północy wiązała się z prawie jednakowym zachmurzeniem nad całym miastem.

Inaczej wyglądała sytuacja nefologiczna w czasie cyrkulacji zerowej. Występowały wtedy częściej duże różnice w zachmurzeniu nad miastem, szczególnie w porze południowej i wieczornej. Badania wykazały również, że przy tym typie cyrkulacji zanotowano najmniej przypadków z jednakowym zachmurzeniem nad całą Warszawą.

Ogólnie można stwierdzić, że znacznie częściej występowały różnice w pokryciu nieba chmurami pomiędzy Śródmieściem i Okęciem, niż pomiędzy Bielaniem i Okęciem. Wówczas, gdy Warszawa była w zasięgu układu wyżowego, niebo w jednakowym stopniu było pokryte chmurami, głównie w porze porannej. Przy tym typie cyrkulacji napływ powietrza z sektora wschodniego cechował się prawie jednakowym zachmurzeniem.

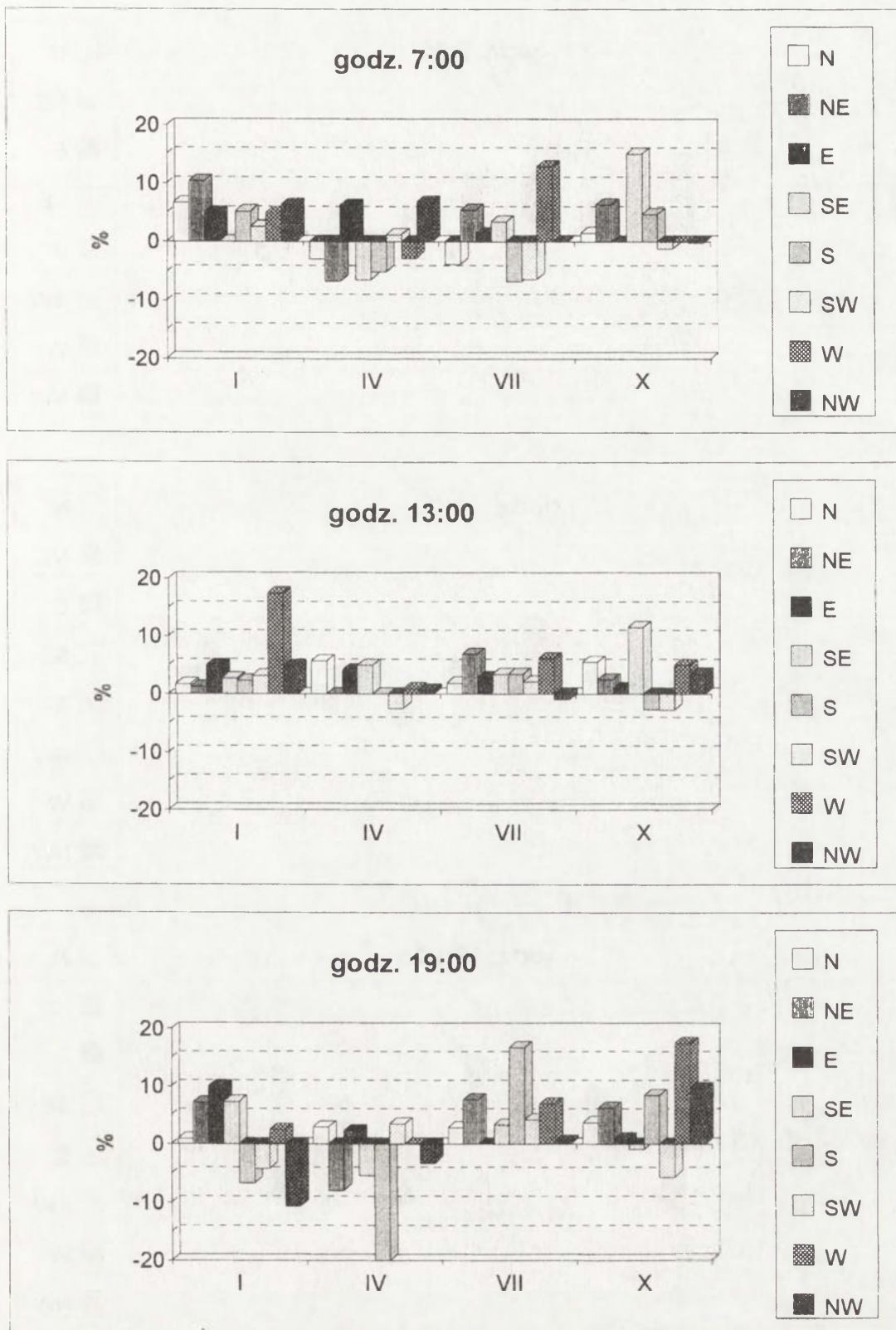
Z analizy częstości różnic zachmurzenia dla Bielan i Okęcia wynika, że dodatnie ich wartości obserwowano najczęściej w czasie cyrkulacji cyklonalnej i zerowej, szczególnie rano i w południe. Wieczorem różnice dodatnie i ujemne występowały z podobną częstością. Cyrkulacja antycyklonalna cechowała się raczej ujemnymi różnicami wartości zachmurzenia.

Zestawienie częstości występowania różnic zachmurzenia dla stacji Uniwersytet i Okęcie wykazało, że występowały one znacznie częściej niż pomiędzy Bielaniem i Okęciem.

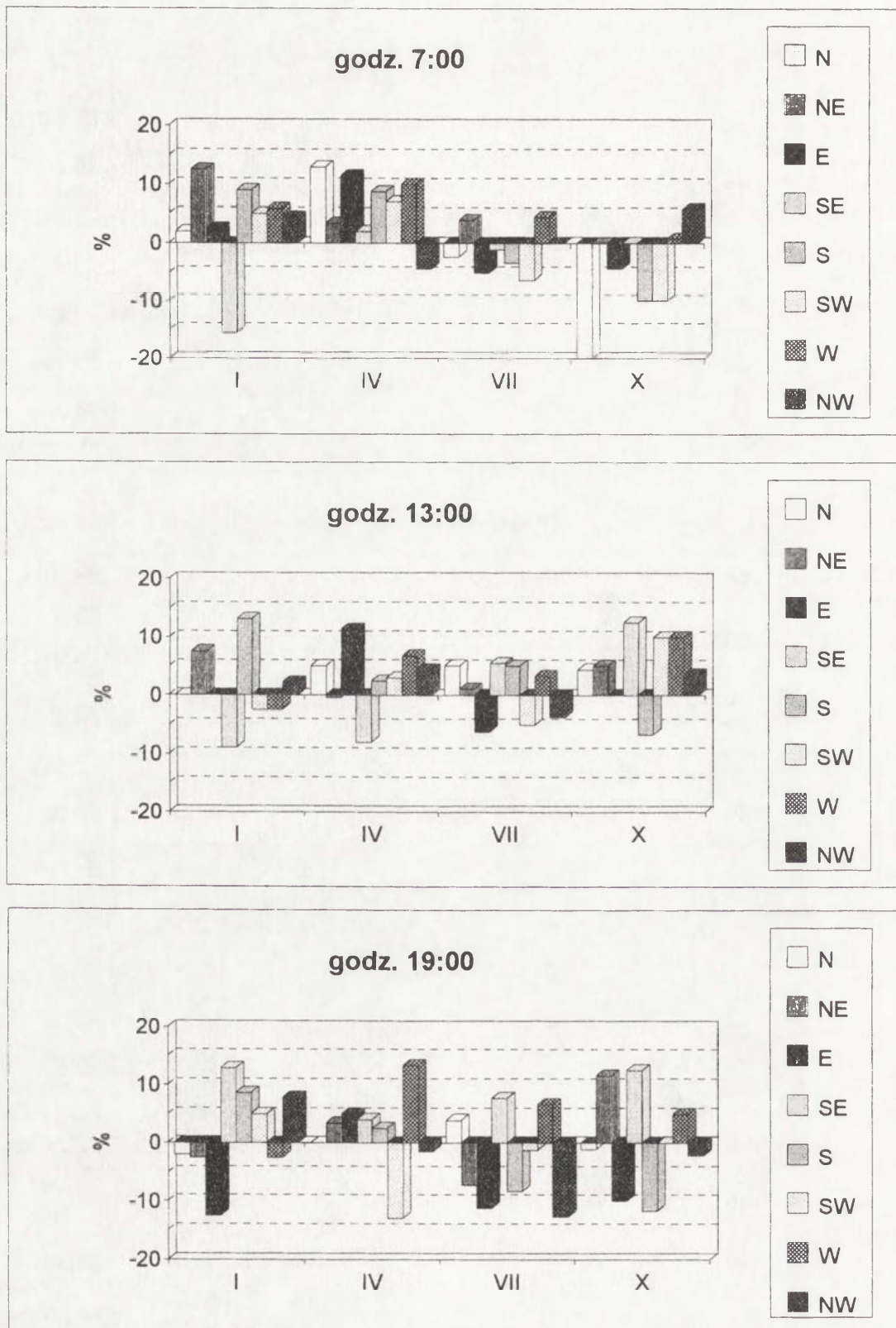
3. 2. Przebieg dobowy zachmurzenia

Różnice zachmurzenia między Uniwersytetem a Okęciem przybrały odmienne wartości w kolejnych terminach obserwacyjnych i były uzależnione od typu cyrkulacji atmosferycznej (ryc. 11, 12, 13).

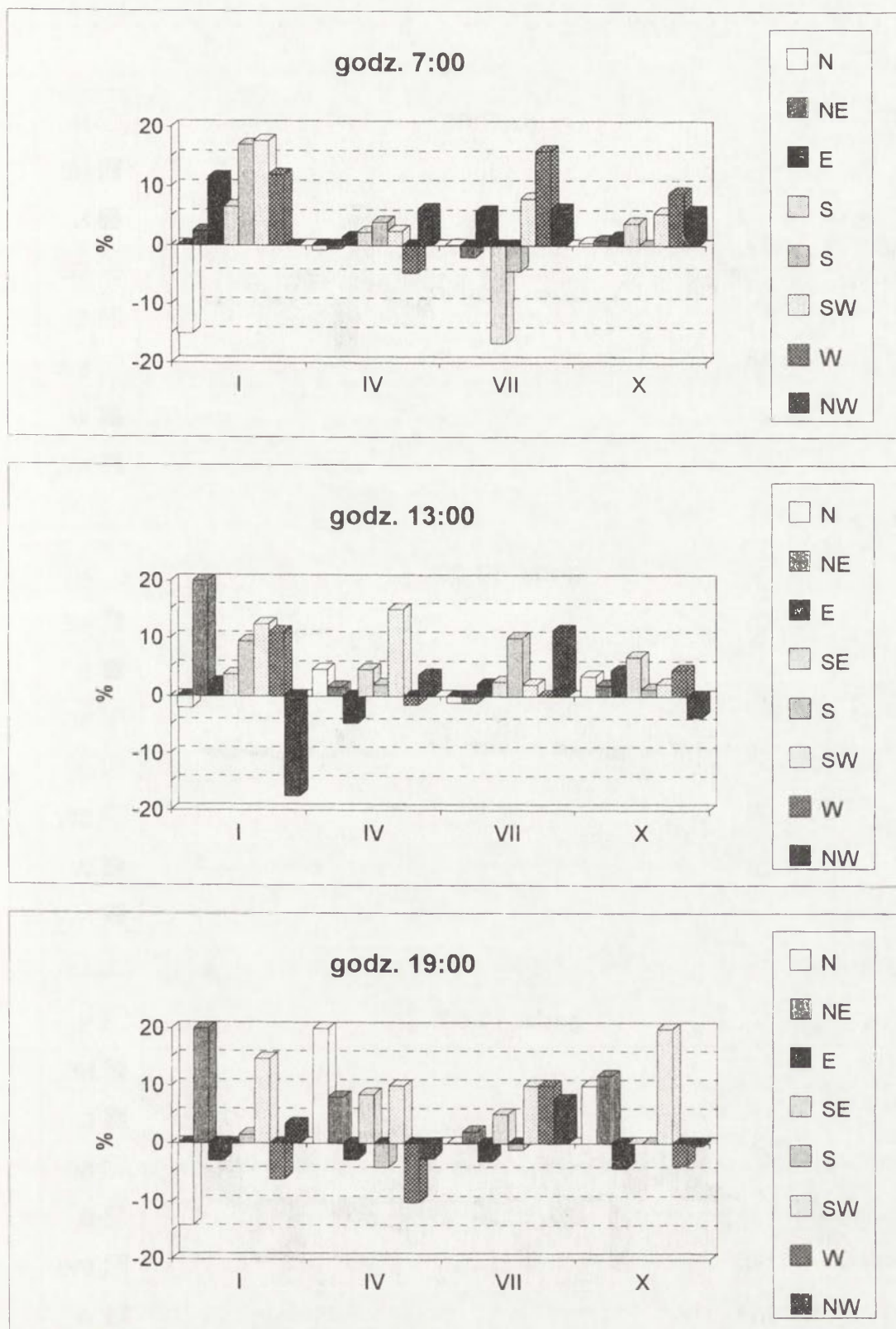
W **styczniu** w terminie porannym obserwowano znacznie większe zachmurzenie na Bielanach i w Śródmieściu, niż na Okęciu (ryc. 14, 15, 16). Jedynie w czasie cyrkulacji zerowej – gdy nad Warszawę docierały masy powietrza z południa, na Okęciu odnotowano nieco większe zachmurzenie niż na pozostałych stacjach. W południe różnice były nieco mniejsze, szczególnie wtedy, gdy Polska była w zasięgu układu niżowego. W centrum różnice wynosiły około 3%, z wyjątkiem cyrkulacji zachodniej, przy której zachmurzenie w Śródmieściu było średnio o 15% większe.



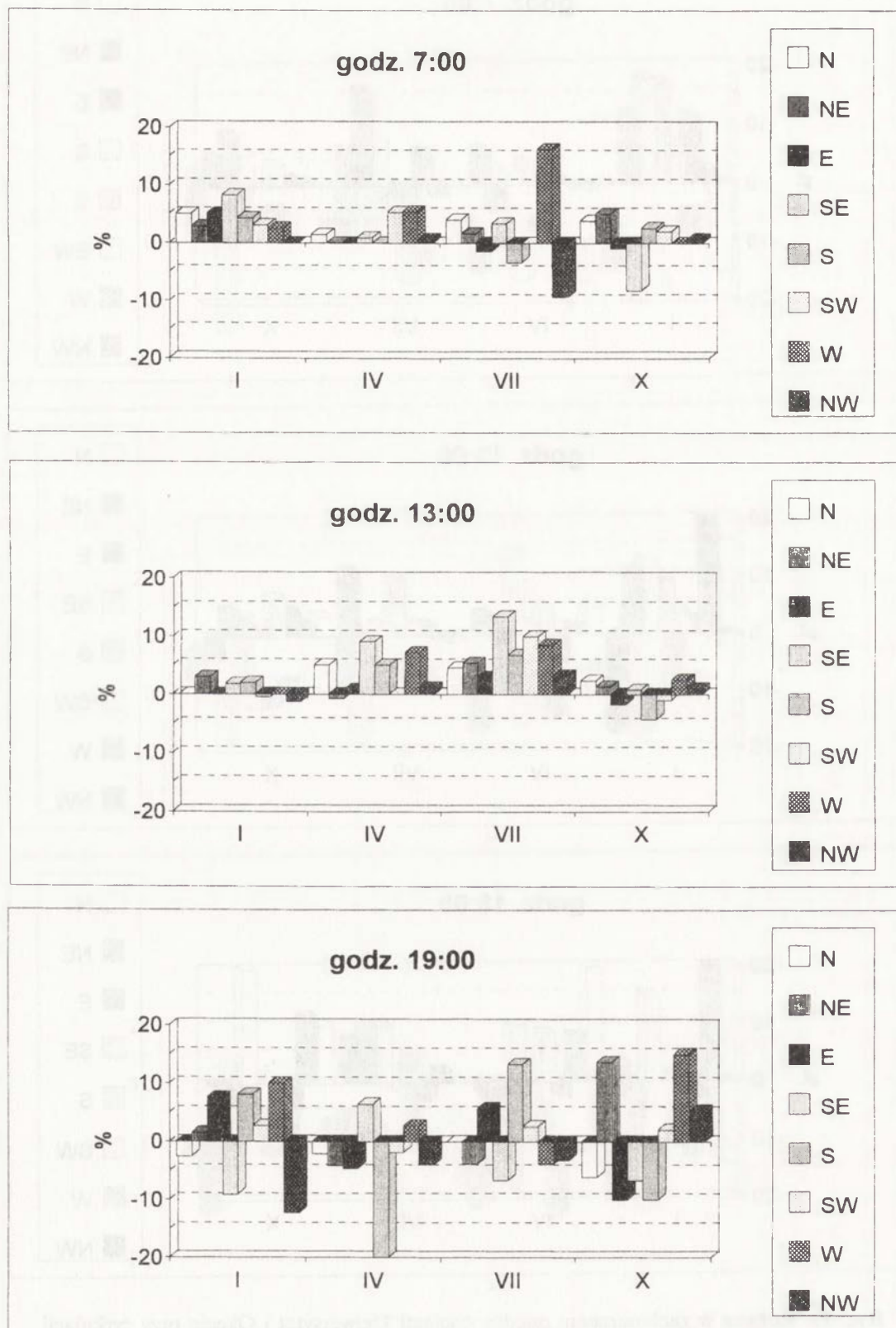
Ryc. 11. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Uniwersytet i Okęcie przy cyrkulacji cyklonalnej
Differences of cloud amount between University and Okęcie stations during cyclonic circulation



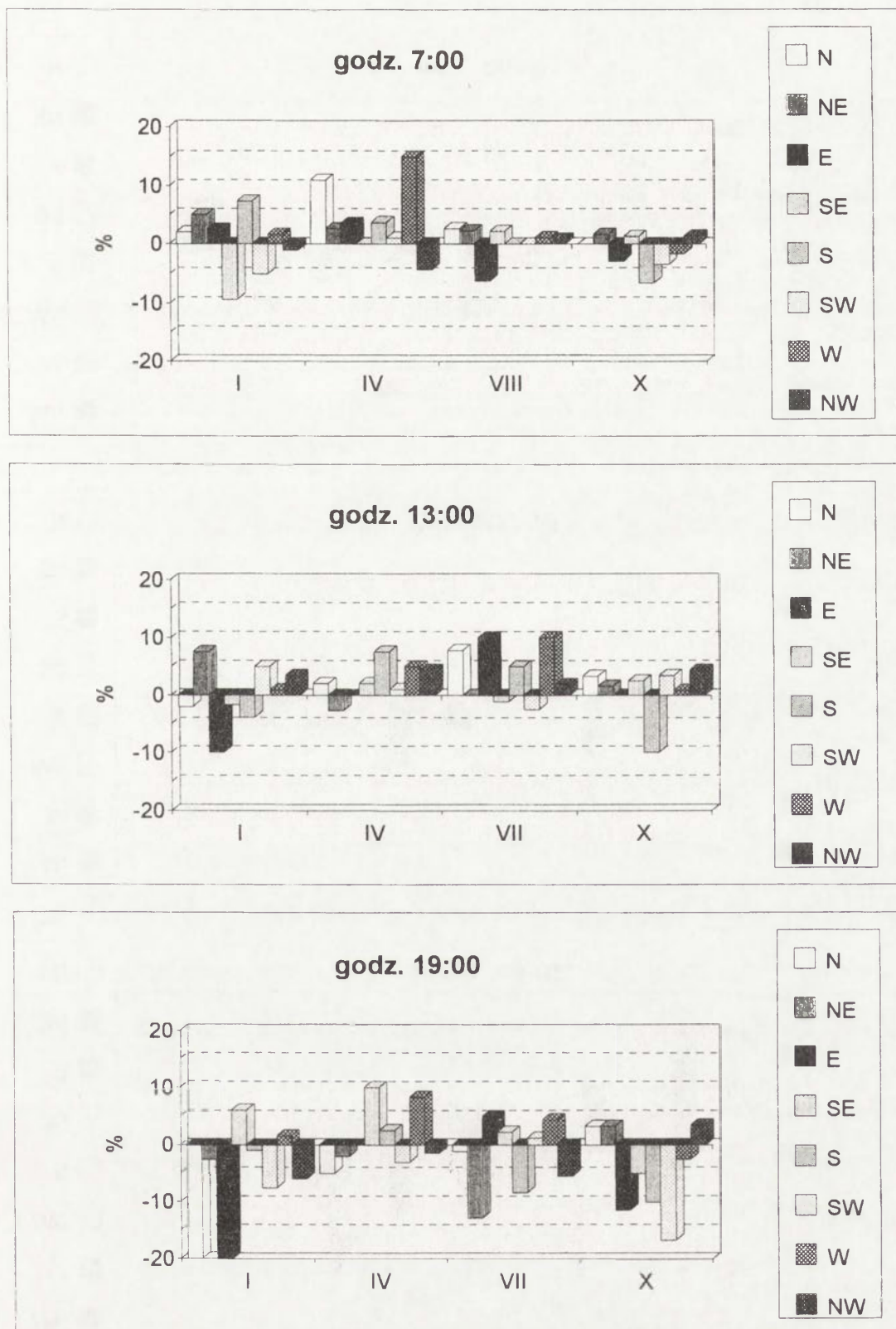
Ryc. 12. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Uniwersytet i Okęcie przy cyrkulacji zerowej
Differences of cloud amount between University and Okęcie stations during neutral circulation



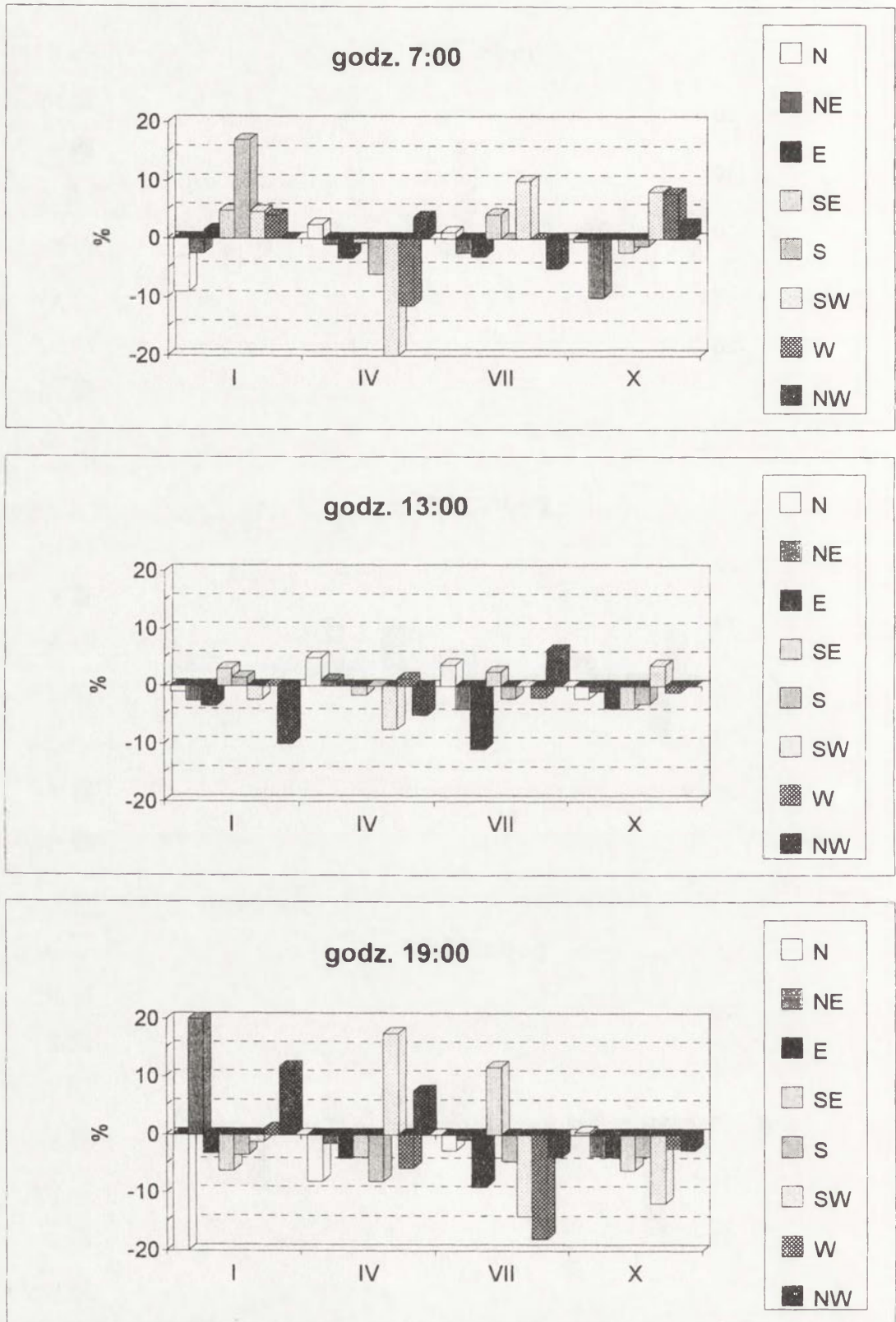
Ryc. 13. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Uniwersytet i Okęcie przy cyrkulacji antycyklonalnej
Differences of cloud amount between University and Okęcie stations during anticyclonic circulation



Ryc. 14. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Bielany i Okęcie przy cyrkulacji cyklonalnej
 Difference of cloud amount between Bielany and Okęcie stations during cyclonic circulation



Ryc. 15. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Bielany i Okęcie przy cyrkulacji zerowej
Differences of cloud amount between Bielany and Okęcie stations during neutral circulation



Ryc. 16. Różnice w zachmurzeniu między stacjami Bielany i Okęcie przy cyrkulacji antycyklonalnej
Differences of cloud amount between Bielany and Okęcie stations during anticyclonic circulation

Godziny południowe okazały się mniej pogodne w Centrum w czasie występowania cyrkulacji antycyklonalnej. Wyjątek stanowiły masy powietrza napływające z północy, kiedy to obserwowano o 10% większe zachmurzenie na Okęciu. Prawdopodobnie było to spowodowane przesunięciem przez wiatry północne powietrza zalegającego nad Centrum miasta bardziej na południe, wraz z powstałym tam zachmurzeniem.

Wieczorem różnice w zachmurzeniu były nie tylko uzależnione od kierunku napływu powietrza, ale i również od rodzaju układu barycznego. Adwekcja mas powietrza z sektora północnego podczas cyrkulacji cyklonalnej powodowała mniejsze pokrycie nieba chmurami na Okęciu, natomiast przy cyrkulacji zerowej przy tym samym kierunku napływu powietrza, różnice przybrały wartości ujemne.

Przy napływie powietrza z południa i zachodu trudno było wychwycić jakieś prawidłowości, a różnice wahały się w granicach 10%.

Największe różnice o tej porze dnia występowały wówczas, gdy Warszawa znalazła się w zasięgu powietrza napływającego z północy, a najmniejsze przy cyrkulacji zachodniej.

Kwiecień był znacznie pogodniejszy na Okęciu niż w centralnej i północnej części Warszawy. W terminie porannym najmniejsze różnice zachmurzenia pomiędzy Bielanami i Okęciem wystąpiły przy cyrkulacji cyklonalnej. Tylko nieco większe zachmurzenie było na Bielanach. Podobne różnice wystąpiły pomiędzy Śródmieściem a Okęciem wówczas, gdy Polska była w zasięgu układu wyżowego.

Najmniej pogodne niebo na Okęciu obserwowano w czasie cyrkulacji antycyklonalnej, zwłaszcza wtedy, gdy dominowały masy powietrza z sektora zachodniego, przy których obserwowano większe o około 20% pokrycie nieba na Okęciu. Największa dodatnia różnica w zachmurzeniu wystąpiła w Śródmieściu przy cyrkulacji zerowej z kierunku zachodniego.

W południe obserwowano wzrost różnic zachmurzenia, przy czym w czasie występowania cyrkulacji cyklonalnej i zerowej znacznie pogodniejsze niebo było nad południową częścią miasta, natomiast gdy nad Warszawą rozpościerał się układ wyżowy, Okęcie było pochmurniejsze niż pozostała część miasta. Zmniejszone pokrycie nieba chmurami w Śródmieściu w stosunku do Okęcia związane było prawdopodobnie z dłuższym okresem utrzymywania się chmur nad wychłodzonym i wilgotnym obszarem peryferyjnym, niż nad bardziej suchym i cieplejszym miastem.

W czasie cyrkulacji cyklonalnej większe zachmurzenie wystąpiło na Okęciu, szczególnie przy napływie powietrza z sektora południowego. W sytuacji, kiedy czynniki lokalne miały większy wpływ na zachmurzenie (cyrkulacja zerowa) różnice zachmurzenia pomiędzy północną i południową częścią miasta przyjęły wartości ujemne, a między Śródmieściem i Okęciem – dodatnie.

W lipcu obserwuje się niewielki wzrost różnic w zachmurzeniu nad miastem. Termin poranny charakteryzował się znacznie mniejszymi różnicami niż pozostałe pory dnia. Występowanie cyrkulacji cyklonalnej i zerowej wiązało się przeważnie z mniejszym zachmur-

zeniem w południowej części Warszawy rano i w południe oraz wzrostem jego wartości na Okęciu w stosunku do pozostałych dzielnic, głównie przy napływie powietrza z sektora południowego.

Podczas cyrkulacji antycyklonalnej wyraźnie większe pokrycie nieba wystąpiło w Śródmieściu. Jedynie w czasie napływu powietrza z południa, obserwowano rano i wieczorem wzrost zachmurzenia na Okęciu w stosunku do terenów śródmiejskich, nawet do 15%. Taką sytuację można tłumaczyć tym, że w południe, w okresie letnim występują nad miastem silne prądy konwekcyjne, które w dużej mierze przyczyniają się do wzrostu zachmurzenia. Nieco inaczej wyglądała sytuacja nefologiczna przy porównaniu Okęcia z Bielanami. Przy większości kierunków cyrkulacji pogodniejsze niebo obserwowano na Okęciu. Najmniejsze różnice wystąpiły w terminie porannym, największe natomiast wieczorem. O tej porze dnia przy adwekcji powietrza z sektora zachodniego dochodziły one nawet do 20%. Gdy do Warszawy docierało powietrze z południowego-wschodu, północna część miasta była bardziej pokryta chmurami niż południowa.

W październiku różnice zachmurzenia pomiędzy badanymi stacjami były nieco mniejsze niż w lipcu. Najmniejsze różnice zanotowano pomiędzy Bielanami i Śródmieściem w okresie, gdy Warszawa znajdowała się w zasięgu niżu, wahały się one w granicach $\pm 5\%$, wieczorem wzrastały nawet do $\pm 15\%$ przy cyrkulacji północnej i południowej. W Śródmieściu przy tym typie cyrkulacji notowano znacznie większe zachmurzenie, szczególnie podczas wiatru z południowego wschodu.

Sytuacje wyżowe sprzyjały wzrostowi zachmurzenia na Okęciu w stosunku do Biel. Najmniejsze różnice wystąpiły w godzinach rannych, największe zaś – do 15% – w godzinach wieczornych. Jesienią w ciągu całego dnia występowało znacznie większe pokrycie przez chmury nieba w południowej części miasta.

Na Okęciu zachmurzenie było większe jedynie podczas napływu powietrza z północnego zachodu w porze południowej oraz wieczorem, przy adwekcji ze wschodu i zachodu.

Cyrkulacja zerowa cechowała się większym zachmurzeniem na Okęciu – w porównaniu z pozostałymi dzielnicami – w terminie porannym. W ciągu dnia różnice przybierały wartości dodatnie, co oznacza pogodniejsze niebo nad tą częścią miasta. Podobnie jak w poprzednich typach cyrkulacji, tak i tutaj napływ powietrza z sektora południowego w wielu przypadkach powodował pochmurniejsze niebo nad południową częścią Warszawy.

Podsumowując można stwierdzić, że podczas cyrkulacji cyklonalnej na wszystkich stacjach wielkość zachmurzenia niewiele się różniła. Nieco pogodniejsze niebo obserwowano w tym czasie nad Okęciem niż nad pozostałymi częściami miasta. Podczas cyrkulacji zerowej w okresie letnim notowano większe zachmurzenie na Bielkach niż na Okęciu, w okresie zimowym sytuacja była odwrotna. Różnice w zachmurzeniu pomiędzy Śródmieściem i Okęciem przybierały w styczniu i kwietniu wartości dodatnie to znaczy, że mniej pogodne niebo było w Śródmieściu, natomiast w lipcu i październiku niekiedy osiągały wartość ujemną, co

oznacza większe zachmurzenie na Okęciu. Gdy Polska była w zasięgu układu wyzowego, w ciągu całego dnia notowano w Śródmieściu większe pokrycie nieba przez chmury niż na pozostałych stacjach. Bielany w porównaniu z Okęciem były pogodniejsze w kwietniu i lipcu w porze rannej oraz prawie w ciągu całego roku – wieczorem.

Tak więc, największe różnice w zachmurzeniu nad Warszawą występują podczas cyrkulacji zerowej, najmniejsze natomiast przy cyklonalnej. Znacznie częściej pogodne niebo można było obserwować na Okęciu niż nad pozostałymi częściami miasta. Niewątpliwie najmniej dni pogodnych w Warszawie jest w dzielnicy Śródmieście.

4. PODSUMOWANIE

1. Porównując średnie dobowe wartości zachmurzenia w różnych typach cyrkulacji okazało się, że największą wartość osiągnęło ono w czasie cyrkulacji cyklonalnej, a najmniejszą – przy antycyklonalnej. Jest to związane ze specyficznymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi pozwalającymi na rozwój chmur w układach niżowych. Niezależnie od układu barycznego największe wartości zachmurzenia notowano zawsze w styczniu. Najpogodniejszym miesiącem w czasie cyrkulacji cyklonalnej był kwiecień, natomiast dla cyrkulacji zerowej i antycyklonalnej – lipiec.
2. Zmiany zachmurzenia w ciągu dnia były najmniej widoczne wówczas, gdy Warszawa znajdowała się w zasięgu niżu. Amplituda dobowa zachmurzenia w wybranych miesiącach wahała się od 3 do 9%. Największe zmiany wystąpiły w czasie cyrkulacji zerowej w październiku, osiągając różnicę 20% pomiędzy terminem porannym i wieczornym.

Większe różnice w pokryciu nieba chmurami występowały między terminem porannym i południowym, niż pomiędzy południowym i wieczornym.

W czasie cyrkulacji cyklonalnej i zerowej w styczniu i październiku maksimum zachmurzenia wystąpiło rano, a w kwietniu i lipcu – w południe. Cyrkulacja zerowa charakteryzowała się największym pokryciem nieba przez chmury w południe. Jest to związane ze wzmożonymi procesami konwekcyjnymi nad miastem, które prowadzą do rozwoju zachmurzenia, wówczas w południe występuje najsilniejsza insolacja. Również miasto emituje wtedy bardzo duże ilości ciepła, pyłów i gazów. Wszystkie te czynniki wpływają na wzrost zachmurzenia.

3. Na wielkość zachmurzenia duży wpływ miał również kierunek napływu powietrza. Duże zachmurzenie notowano w czasie cyrkulacji cyklonalnej przy napływie powietrza z sektora północnego i wschodniego. Gdy Mazowsze było w zasięgu układu wyzowego największe zachmurzenie obserwowano przy adwekcji mas powietrza z sektora północno-wschodniego i wschodniego.
4. Różnice zachmurzenia między stacjami wskazują na zwiększone pokrycie nieba chmurami nad miastem w stosunku do peryferii. Szczególnie duże różnice występowały wieczorem i w południe. Zanotowano jedynie około 10% przypadków z jednakowym zachmurze-

niem nad całym obszarem Warszawy.

W czasie cyrkulacji cyklonalnej najczęściej było przypadków charakteryzujących się niewielkimi różnicami, sięgającymi około 5%. Częściej pogodniejsze niebo obserwowano w południowej części aniżeli na pozostałych obszarach miasta. Cyrkulacja zerowa cechowała się dużą liczbą różnic, rzędu 5%. Bardzo mało było przypadków kiedy osiągały one wartość większą niż 10%. Przy cyrkulacji antycyklonalnej częściej notowano większe zachmurzenie w centrum niż na Okęciu. Jedynie różnice między Bielaniami a Okęciem częściej przyjmowały wartości ujemne, to znaczy, że częściej chmury pokrywały niebo na Okęciu.

Trzeba tu zaznaczyć, że niewielka różnica rzędu 5% leży w granicach błędu obserwacji. Obserwacje zachmurzenia są bowiem silnie obciążone subiektywną oceną obserwatora.

LITERATURA

- Baranowski J., 1995, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na zachmurzenie w Warszawie*. Praca magisterska, Zakł. Klimat. WGiSR UW, Warszawa.
- Chomicz K., Kuczmarska L., 1971, *Zachmurzenie i usłonecznienie w Polsce*, Przegl. Geofiz., 1–2.
- Chromow S. P., 1973, *Meteorologia i klimatologia*, PWN, Warszawa.
- Crowe P. R., 1987, *Problemy klimatologii ogólnej*, PWN, Warszawa.
- Gorczyński W., 1915, *O wartościach średnich zachmurzenia w Polsce*. Druk J. Cotty, Warszawa.
- Kaczorowska Z., 1978, *Klimat lokalny miasta*. Geografia w szkole 3.
— 1986, *Pogoda i klimat*, WSiP, Warszawa.
- Kondracki J., 1988, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kossowska-Cezak U., 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*, Prace i Studia IG UW, z. 12 (Klimatologia, 7).
— 1978, *Próba określenia wpływu zabudowy miejskiej na wielkość zachmurzenia (na przykładzie Warszawy)*, Prace i Studia IG UW, z. 25 (Klimatologia, 10).
- Kuczmarski M., 1972, *Usłonecznienie i zachmurzenie w Krakowie*, Przegl. Geofiz. 3–4.
- Kraujalis M., 1972, *Wpływ miasta na lokalne warunki klimatyczne*, Geografia w Szkole 2.
- Landsberg H., 1983, *Klimat goroda*, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Lewińska J., 1982, *Wpływ miasta na klimat lokalny*, IKS, Warszawa.
- Lityński J., 1969, *Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski*, Prace PIHM, Warszawa.
— 1973–1978, *Narodowy Atlas Polski, Regiony klimatyczne*, PAN, Warszawa.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*, Druk J. Cotty, Warszawa.
- Okołowicz W., 1962, *Zachmurzenie Polski*, Prace IG PAN 34.
- Okołowicz W., Kaczorowska Z., 1970, *Cechy charakterystyczne klimatu lokalnego Wielkiej Warszawy*, Zakł. Klimat. UW, Warszawa, maszynopis.
- Olecka A., 1990, *Wpływ miasta na zachmurzenie na przykładzie Warszawy*. Praca magisterska, Zakł. Klimat. WGiSR UW, Warszawa.

- Olszewski K., 1978, *Związki między wybranymi elementami meteorologicznymi w różnych masach powietrza*, Prace i Studia IG UW z. 25 (Klimatologia 10).
- Osuchowska-Klein B., 1978, *Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej*, Wyd. Komunikacji i Łączności IMiGW, Warszawa.
- 1986, *O częstości występowania typów cyrkulacji atmosferycznej w Europie*, IMiGW, Warszawa.
- Stenz E., 1929, *Zachmurzenie i usłonecznienie Karpat Wschodnich*, Kosmos, ser. A, t. 54.
- 1952, *Zachmurzenie Polski*, Przegl. Meteo.Hydrol. 1–2.
- Warakowski W., 1963, *Zachmurzenie w Polsce*, Przegl. Geofiz., 1–2.
- 1974, *Zachmurzenie wewnętrzmasowe w Polsce*, UMCS, Lublin.
- Zakrzewski M., 1972, *Kształtowanie się wybranych elementów meteorologicznych w Warszawie w latach 1969 i 1970*, Praca magisterska, Zakł. Klimat. JG UW, Warszawa.

The relation between cloud cover in Warsaw and the type of atmospheric circulation

(Summary)

Warsaw is a large town, with differentiated land use, which has a specific microclimate. There are noticed varied values of meteorological elements in the downtown and in the vicinity of Warsaw. Cloudiness is one out of the elements which depend on the city heat island. It varies due to air circulation and part of the day. The greatest values of cloud cover occurred during cyclonic and the smallest ones during anticyclonic circulation. In spite of air pressure the greatest values of cloudiness were noticed in January. During cyclonic circulation the greatest space of clear sky was observed in April, however during neutral and anticyclonic circulations – in July.

Air pressure influenced diurnal fluctuations of cloudiness. During low pressure maximal values of cloudiness were noticed at 7 a.m. (in January and October) or at 1 p.m. (in April and July). Increase of cloud cover in the midday hours, mainly in the Summer, relates to correction stream provoked by a hot active surface of the city. During high pressure the greatest cloudiness was observed at air mass advection from NE and E sectors. Cloud cover over the downtown was greater than over the suburban areas. The greatest differences were observed in the evening and in the midday hours.

Informacje dla autorów

„Zeszyty IGiPZ PAN” ukazują się w standardowym nakładzie 120 egzemplarzy (w tym 15 autorskich).

Bieżące numery publikacji IGiPZ PAN rozprowadza ORWN, Pałac Kultury i Nauki, Warszawa.

Numery wcześniejsze są do nabycia w Dziale Wymiany Biblioteki IGiPZ PAN, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, w godz. od 9 do 15.

1994

21. ANDRZEJ WERWICKI - Sfera usług społeczno-kulturalnych w wybranych krajach środkowo-europejskich w ostatniej dekadzie istnienia nakazowo-rozdzielczego systemu gospodarczego, 1980-1989; Potencjały naukowe w Polsce w 1990 roku i ich rozmieszczenie.

22. EWA NOWOSIELSKA - Sfera usług w badaniach geograficznych. Główne tendencje rozwojowe ostatniego dwudziestolecia i aktualne problemy badawcze.

23. TEOFIL LIJEWSKI - Infrastruktura komunikacyjna Polski wobec zmian politycznych i gospodarczych w Europie Środkowej i Wschodniej.

24. ANITA BOKWA, ADAM MROCZKA, RENATA PRZYBYŁA, JAROSŁAW ŚMIAŁKOWSKI, ROBERT TWARDOSZ - Wybrane zagadnienia z klimatologii i bioklimatologii.

25. MAREK DEGÓRSKI, ANIELA MATUSZKIEWICZ, JAN MAREK MATUSZKIEWICZ, WŁADYSŁAW MATUSZKIEWICZ - Badania porównawcze ekosystemów leśnych w Finlandii.

26. T.S. KONSTANTINOVA, J. BOLOBAN, J. PASZYŃSKI, J. SKOCZEK, B. KRAWCZYK - Badania topoklimatyczne w Moldawii.

27. ROMAN SZCZĘSNY - Rolnictwo Finlandii. Przestrzenne zróżnicowanie i przemiany.

28. KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK, BARBARA KRAWCZYK - Bioklimatic research of the human heat balance.

1995

29. PIOTR EBERHARDT - Zagadnienia ludnościowe obszaru byłych Prus Wschodnich.

30. ZYGMUNT BABIŃSKI, MAREK GRZEŚ - Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego Włocławek.

31. JERZY GRZESZCZAK - Przestrzenne zróżnicowanie społeczno-gospodarcze "północ-południe" w krajach Unii Europejskiej - Wielka Brytania, Niemcy, Francja.

32. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI - Rynek pracy Warszawy i województwa warszawskiego 1990-1993.

33. TERESA KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA, BARBARA KRAWCZYK, KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK - Warunki bioklimatyczne Supraśla.

34. PIOTR KORCELLI - Regional patterns in Poland's transformation: the first five years.

35. EWA NOWOSIELSKA - Bezrobocie - przegląd aktualnych tendencji, problemów i wyników badań (w krajach rozwiniętych).

36. ROMAN SZCZĘSNY - Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski 1989-1992.

PL - ISSN 0867-6836
WYDAWNICTWA IGI PZ PAN, WARSZAWA
<http://rcin.org.pl>