

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 105

Instytut Geografii UJ
Kraków 2000

Zuzanna Bielec

PRZEBIEG DOBOWY I CHARAKTERYSTYKA SYNOPTYCZNA BURZ W KRAKOWIE W LATACH 1896-1995

Zarys treści: Na podstawie stuletnich obserwacji burz w Krakowie przedstawiono występowanie burz w ciągu doby oraz czas ich trwania. Określono kierunki, z których one nadchodziły, a także zbadano zależności pomiędzy występowaniem burz a typem sytuacji synoptycznych. Uzyskane wyniki potwierdzają ogólne prawidłowości występowania burz w Polsce, jak również wskazują na wpływ położenia Krakowa na ich przebieg.

Słowa kluczowe: burze, typy sytuacji synoptycznych.

1. Wstęp

W polskiej literaturze klimatologicznej zauważa się dwa kierunki badań zjawiska, jakim jest burza. Pierwszy reprezentują badacze określający warunki meteorologiczne sprzyjające powstawaniu burz. Drugie podejście opiera się na określaniu najkorzystniejszych dla powstawania burz warunków fizjograficznych, badaniu dobowego przebiegu burz i wydzieleniu źródłowych obszarów ich powstawania.

Celem niniejszej pracy, która jest kontynuacją badań autorki (Bielec 1996), jest przedstawienie dobowego przebiegu burz w Krakowie w latach 1896-1995, a także określenie czasu ich trwania. Podjęto również próbę zbadania, które typy sytuacji synoptycznych sprzyjają występowaniu burz oraz z jakich kierunków najczęściej one nadchodzą. Analizy dokonano na podstawie obserwacji ze Stacji Historycznej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie ($\varphi = 50^{\circ}04'$; $\lambda = 19^{\circ}58'$; $h = 220$ m n.p.m.) z lat 1896-1995. Badana seria danych pochodzi z oryginalnych wykazów spostrzeżeń meteorologicznych przechowywanych w archiwum Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Jagiellońskiego. Należy podkreślić, że tak długa seria nieprzerwanych i w miarę jednorodnych obserwacji burz należy do rzadkości.

2. Metoda opracowania

W poniższym opracowaniu uwzględniono wszystkie przypadki burz, które wystąpiły w Krakowie, bez podziału na burze bliskie i odległe. Jak wspomniano wcześniej, analizie poddano:

- typy sytuacji synoptycznych, podczas których notowano dni z burzą. W badaniach posłużono się danymi z kalendarza typów sytuacji synoptycznych opracowanego przez T. Niedźwiedzia (1988, 1996);
- kierunki nadejścia burz – uwzględniono 42% wszystkich przypadków, co wynikało z luk w zapisie przebiegu tego zjawiska. Spowodowane one były trudnościami w określaniu kierunków, z których usłyszano grzmot oraz z faktu, że obowiązek notowania tego elementu wprowadzono od 1949 roku;
- dobowy przebieg burz (początek i maksimum dobowe) oraz czas ich trwania. W pierwszym przypadku pod uwagę brano początek burzy, którą zaliczano do jednego z 24 godzinnych przedziałów. I tak, jeżeli burza zaczęła się o godzinie 11.00, zaliczano ją do przedziału 10.01-11.00, a gdy początek wystąpił o 11.01 wliczano ją do burz z przedziału 11.01-12.00. W przypadku poszukiwania maksimum dobowego burz, rozumianego jako godzina, w której trwało najwięcej burz, oprócz początku pod uwagę brano także czas trwania burzy, np. jeżeli burza zaczęła się o 11.15, a skończyła o 13.25, została zapisana w przedziałach: 11.01-12.00, 12.01-13.00 i 13.01-14.00. Badając, jak długo trwały burze w Krakowie, czas ich trwania zaliczano do poszczególnych przedziałów. Ponieważ zaledwie niecałe 8% burz trwało dłużej niż 120 minut, postanowiono przyjąć przedziały różnej długości. Burze trwające do 2 godzin rejestrowano w jednym z dziesięciominutowych przedziałów (1-10, 11-20 minut itp.), burze dłuższe w przedziałach trzydziestominutowych (121-150, 151-180 itp.).

Dane uwzględnione przy opracowaniu dobowego przebiegu burz obejmują różne okresy. Opracowanie początków burz opiera się na danych z całego stulecia, natomiast przy opracowaniu maksimum dobowego i czasu trwania posłużono się obserwacjami z ostatnich czterdziestu lat. Spowodowane to było niepełnymi opisami omawianego zjawiska, podającymi zwykle tylko początek burzy. W niniejszym opracowaniu nie uwzględniono zmiany czasu środkowoeuropejskiego (CSE) na czas wschodnioeuropejski (CWE).

3. Czas początku burz

W latach 1896-1995 w Krakowie wystąpiło 2470 dni z burzą – średnio 24,7 dnia w roku. Najwięcej takich dni – 37 zanotowano w 1968 i 1975 roku, a najmniej – 9 dni w 1904. W analizowanych dniach wystąpiło 3154 burz, co oznacza, że średnio w ciągu jednego dnia burzowego odnotowywano 1,3 burzy.

Badając występowanie początku burz, przeanalizowano 90% przypadków wymienionych wcześniej burz, w których można było określić początek zjawiska z dokładnością godziny. Pojawienie się pozostałych burz było określane porą dnia i dlatego nie uwzględniono ich w analizie tego wskaźnika.

Na ryc. 1a przedstawiono procentowy udział burz, których początek przypadał w poszczególnych godzinach doby, w stosunku do wszystkich analizowanych przypadków. Jak widać z wykresu, burza może zacząć się w każdej godzinie, chociaż większość burz (ponad 2% w przedziale) ma swój początek w godzinach od 10.01 do 22.00, w sumie 87% badanych przypadków. W badanym stuleciu występowały dwa maksima początków burz. Pierwsze przypadało pomiędzy 13.01 a 14.00, a drugie od 15.01 do 16.00 – 11,2% wszystkich przypadków w każdym z tych przedziałów. Najrzadziej burze zaczynały się przed północą i nad ranem.

Przedstawiony rozkład omawianego elementu dotyczy przede wszystkim ściślego sezonu burzowego (od kwietnia do września) (ryc. 1b). W pozostałych miesiącach dominują burze frontalne, niezależne od pory doby. Warto też podkreślić, że w miesiącach wiosennych występowało znacznie więcej burz niż jesienią (odpowiednio 25,7 oraz 7,6%). Wynika to z warunków meteorologicznych bardziej sprzyjających powstawaniu burz w okresie wiosennym, takich jak zwiększona aktywność układów cyklonalnych oraz warunki termiczno-wilgotnościowe mas powietrza (Stopa 1964a, Wróbel 1985).

4. Czas trwania burz

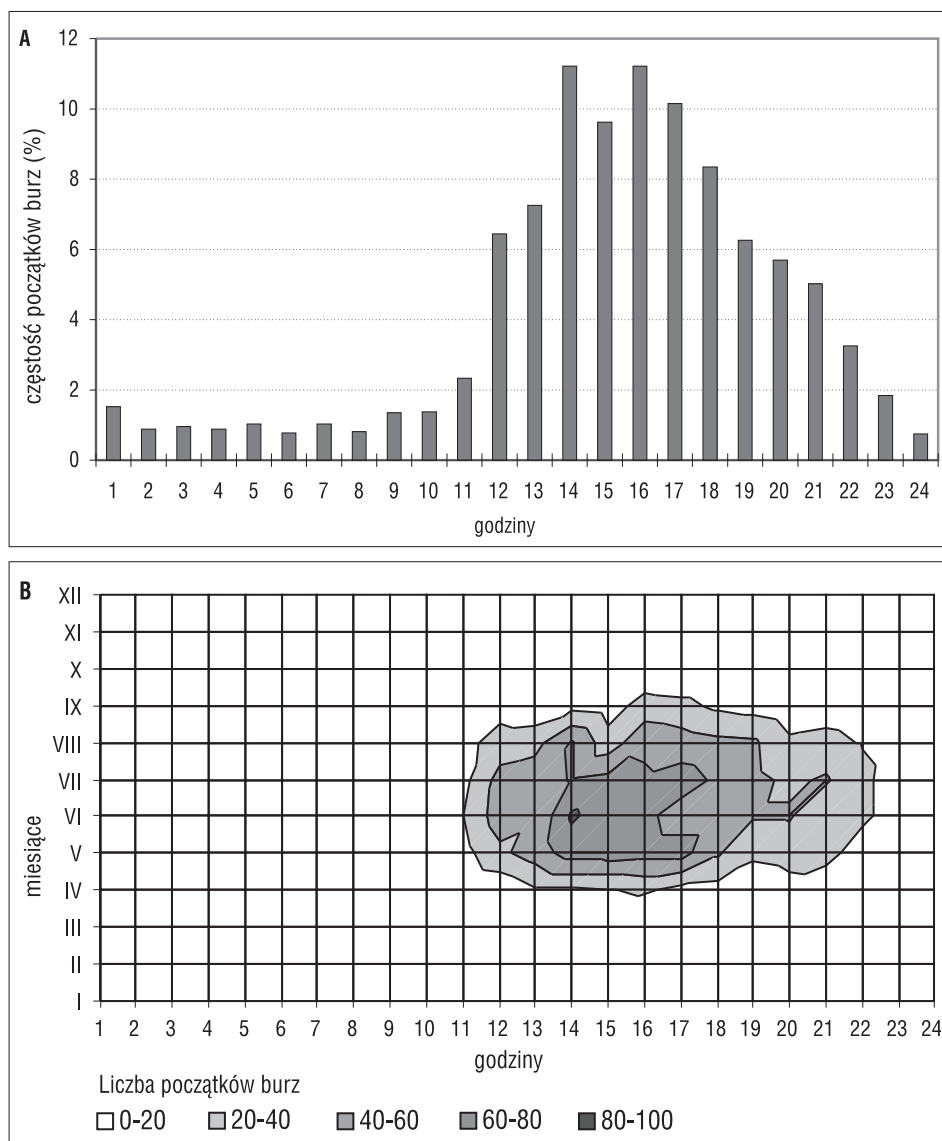
Następnym wskaźnikiem charakteryzującym występowanie burz w ciągu doby jest czas trwania burz. Jak wspomniano we wstępie, ze względu na sposoby zapisu burz, analizie poddano ostatnie 40 lat omawianego okresu, czyli lata 1956-1995, w których seria danych dotyczących czasu trwania burz uważana jest za jednorodną. Czas trwania określono dla 1280 przypadków burz (40% burz 100-lecia) i w dalszej części stanowią one 100% przypadków.

Przeprowadzona analiza wykazała, że większość burz – 92,9% trwała do dwóch godzin, 4,3% burz trwało od 2 do 3 godzin, a burze dłuższe niż 3 godziny stanowiły tylko 2,8 %. Najczęściej notowano burze trwające do 10 minut – 30,0% przypadków, a wraz ze wzrostem czasu trwania liczba burz malała osiągając poniżej 1% przypadków dla burz trwających powyżej 210 minut (ryc. 2a). Najdłuższa burza, zarówno w omawianych 40 latach, jak i w całym badanym stuleciu, wystąpiła 2 lipca 1957 roku i trwała 511 minut. Pozostałe burze, które trwały więcej niż 3 godziny, przedstawia tabela 1.

Na podstawie badanej serii spostrzeżeń meteorologicznych nie można mówić o żadnej regule w występowaniu burz szczególnie długich (powyżej 180 minut), poza tą, że pojawiły się one w miesiącach od maja do września, a tylko raz w marcu 1961 roku (405 minut). W poszczególnych latach burze trwające ponad 180 minut występowały zwykle raz lub dwa razy w roku. Do lat o większej liczbie takich burz należą:

- 1957 (30 VI-299 minut, 2 VII-511, 5 VII-206, 9 VII-395, 20 VII-210);
- 1959 (17 V-322 minut, 9 VI-320, 12 VI-200, 1 VII-353, 14 VII-230);
- 1967 (5 VI-260 minut, 21 VI-207, 15 VII-217, 16 VII-230, 3 VIII-270).

Rozpatrując czas trwania burz w poszczególnych miesiącach, zauważa się, że w okresie od kwietnia do września odznacza się on rozkładem podobnym do tego,

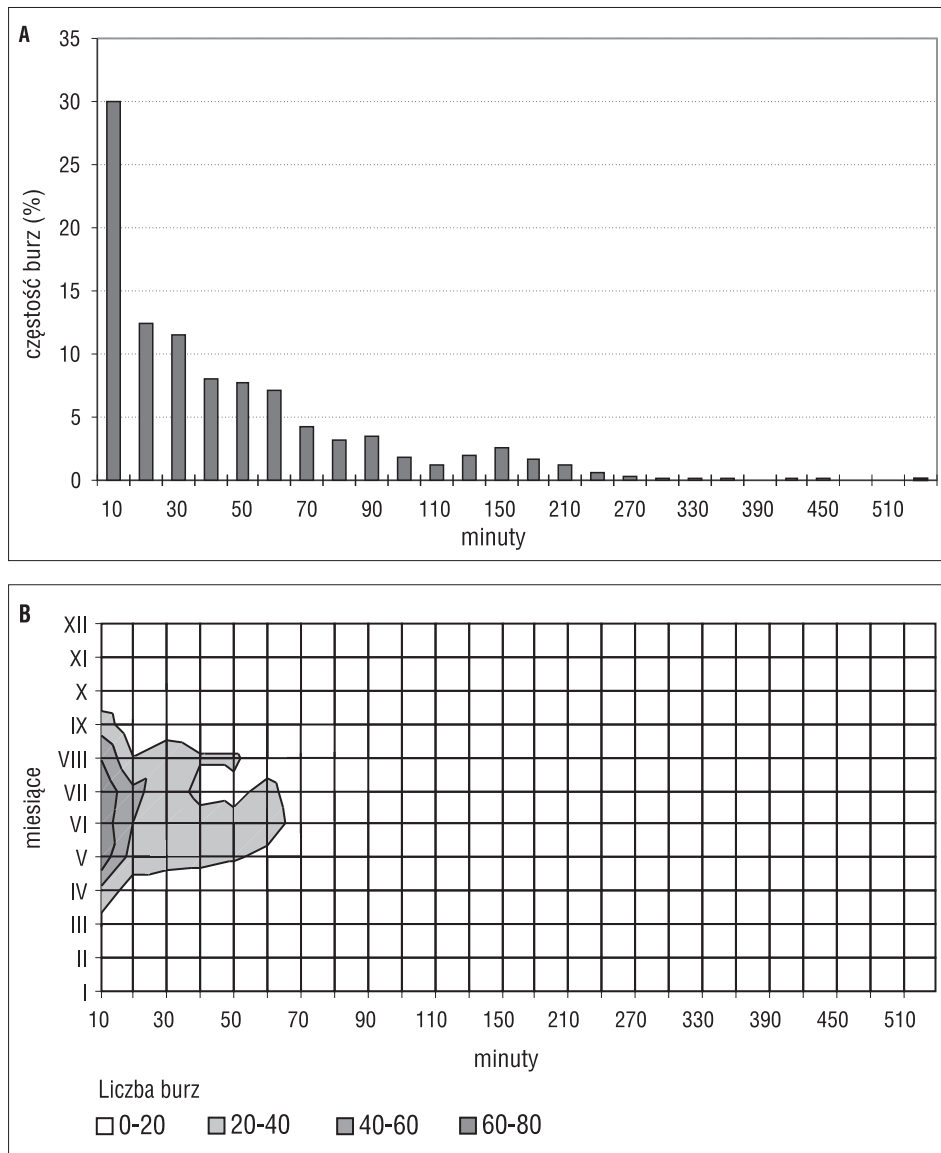


Ryc. 1. Dobowy rozkład częstości występowania początków burz (%) – (a) oraz izoplety liczby przypadków początków burz w przebiegu dobowym w poszczególnych miesiącach – (b) w Krakowie w latach 1896-1995.

Liczby na osi x oznaczają kolejne przedziały godzinne, np.: 1 oznacza przedział czasowy od godziny 0.01 do 1.00.

Fig. 1. Daily frequency distribution of the thunderstorm's beginning (%) – (a) and isopleths of number of cases of thunderstorm's beginning in daily and monthly course – (b) in Cracow in the period 1896-1995.

Numbers on the X axis represent hourly ranges, for example: 1 signify temporal range from 0.01 to 1.00.



Ryc. 2. Dobowy rozkład częstości czasu trwania burz (%) – (a) oraz izoplety liczby przypadków trwania burz w przedziałach czasowych w poszczególnych miesiącach – (b) w Krakowie w latach 1956-1995.

Fig. 2. Daily frequency distribution of the thunderstorm's duration (%) – (a) and isopleths of number of cases of thunderstorm's duration in time interval and monthly course – (b) in Cracow in the period 1956-1995.

Tab. 1. Burze trwające ponad 180 minut w Krakowie w latach 1896-1995.

Tab. 1. Thunderstorm exceeding 180 minutes duration in Cracow in the period 1896-1995.

czas trwania [minuty] thunderstorm's duration [minutes]	liczba burz w 100 latach number of thunderstorms during 100 years	liczba burz w 40 latach number of thunderstorms during 40 years
181-240	26	23
241-300	8	6
301-360	6	3
361-420	4 (23 V 1945 - 390; 10 VIII 1934 - 420)	2 (18 III 1961 - 405, 8 VII 1957 - 395)
421-480	1	9 VI 1959 - 450
481-540	2 (8 VII 1946 - 495)	1 (2 VII 1957 - 511)

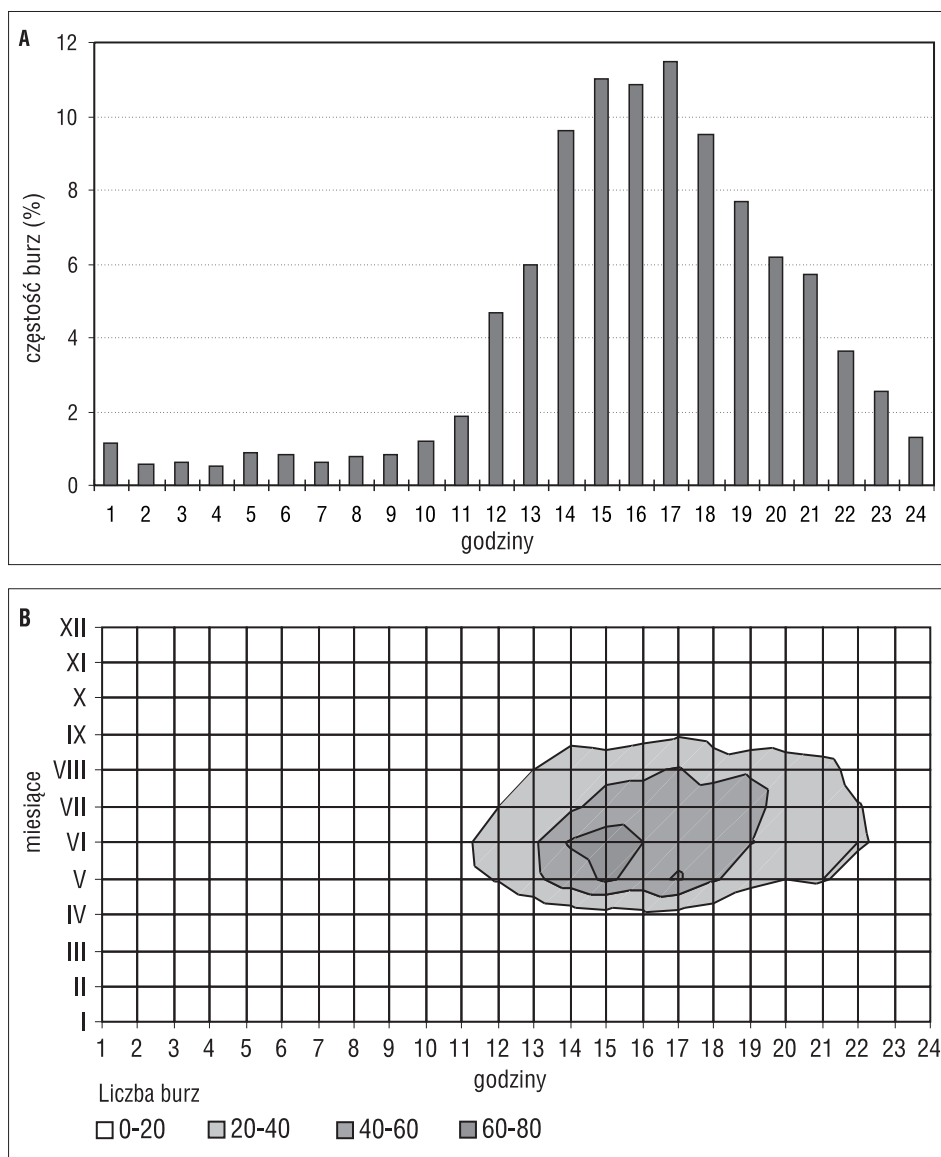
jaki jest widoczny na kartogramie sporządzonym dla czterdziestolecia (ryc. 2b). Ponad 95% burz w tych miesiącach trwało do 180 minut. W pozostałych miesiącach większość burz (ponad 60%) trwała do 10 minut. Wyjątkiem był październik, w którym burze takie stanowiły tylko 30%. W miesiącach tych dłużej niż 60 minut trwały tylko 2 burze: jedna w marcu – 405 minut i druga w październiku – 64 minuty.

Przedstawiony rozkład spowo-dowany jest rocznym przebiegiem liczby burz oraz faktem, że burze w miesiącach jesiennych i zimowych są najczęściej burzami frontalnymi. Oznacza to, że występowały one w masach powietrza o słabszej niż wiosną i latem równowadze chwiejnej atmosfery, a więc z mniejszą szansą rozwoju bardzo wypiętrzonych chmur Cumulonimbus i z krótszym czasem trwania.

5. Dobowe maksimum występowania burz

Przy badaniu dobowego przebiegu burz ważne jest nie tylko to, kiedy w ciągu dnia zaczyna się najwięcej burz, ale również, w których godzinach występuje ich najwięcej. Wiadomości takie wskazują na porę dnia, w której istnieje największe prawdopodobieństwo wystąpienia burz mogących spowodować duże szkody lub utrudnienia w różnych dziedzinach działalności człowieka (gradobicia, ulewy, wichury, silne wyładowania atmosferyczne). Z tego powodu uznano za niezbędne zamieszczenie takiego opracowania w niniejszej pracy.

Wynikami analizy częstości występowania burz w ciągu doby jest ryc. 3a. Na jej podstawie można stwierdzić, że w badanym okresie 88,8% burz przypadało na godziny od 11.01 do 23.00 (średnio 7% analizowanych przypadków w godzinie). Najrzadziej występowały burze pomiędzy godziną 3.01 a 4.00 rano. W analizowanym okresie o tej porze doby zanotowano zaledwie 11 burz, co stanowi 0,5% badanych przypadków. W następnych godzinach liczba burz wzrastała powoli i dopiero po godzinie 11.00 nastąpił szybki jej wzrost, osiągając maksimum pomiędzy 16.01 a 17.00 – 11,5% odnotowanych przypadków. Niewiele mniej burz przypadało na godziny: od 13.01 do 14.00 – 9,6%, od 14.01 do 15.00 – 11,0% i od 15.01 do 16.00 – 10,8%. W sumie, w wymienionych czterech godzinach (od 13.01 do 17.00) trwało 43,0% burz



Ryc. 3. Dobowy rozkład częstości występowania burz (%) – (a) oraz izoplety liczby burz w przebiegu dobowym w poszczególnych miesiącach – (b) w Krakowie w latach 1956-1995. Liczby na osi x oznaczają kolejne przedziały godzinne, np.: 1 oznacza przedział czasowy od godziny 0.01 do 1.00.

Fig. 3. Daily frequency distribution of the thunderstorm's occurrence (%) – (a) and isopleths of number of thunderstorms in daily and monthly course – (b) in Cracow in the period 1956-1995.

Numbers on the X axis represent hourly ranges, for example: 1 signify temporal range from 0.01 to 1.00.

analizowanego czterdziestolecia. W godzinach późnopołudniowych i wieczornych następował stopniowy spadek częstości aż do poniżej 2% po 23.00.

W cieplej połowie roku, a w szczególności w miesiącach od maja do sierpnia, znaczną rolę zaczynają odgrywać burze termiczne. Potwierdza to fakt, że aż 85% burz pojawia się w przedziale czasowym od godziny 12.01 do 24.00, z czego 58% stanowią burze występujące od 12.01 do 18.00. Na godziny 6.01-12.00 przypadało jedynie 10% burz, a w nocy (od 0.01 do 6.00) zaledwie 5%. Na taki rozkład omawianego elementu największy wpływ miały burze termiczne występujące w miesiącach od kwietnia do września, a szczególnie burze w maju, czerwcu, lipcu i sierpniu (ryc. 3b).

Przedstawiony wyżej przebieg dobowy burz w Krakowie porównano do opracowanego przez Stopę (1964b) dobowego przebiegu burz w Polsce. Na tej podstawie stwierdzono, że w Krakowie najczęściej burze występowały, jak również najczęściej zaczynały się o godzinę do dwóch wcześniej niż na innych stacjach w kraju. Spowodowane to może być położeniem geograficznym Krakowa albo dużo krótszym (dziesięcioletnim) okresem badań dla Polski. Natomiast wyraźna różnica widoczna jest w czasie trwania burz (Stopa 1962). Rozkład częstości czasu trwania burz wskazuje, że w prawie całym kraju dominują burze dłuższe niż w Krakowie (zaliczane do przedziałów od 11-20 do 30-40 minut). Wyjątkiem były burze notowane na stacji Aleksandrowice, gdzie, podobnie jak w Krakowie, najwięcej było burz najkrótszych (do 10 minut) – 18,4% przypadków (Stopa 1962).

6. Sytuacje synoptyczne i kierunki nadejścia burz

Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że burze mogą wystąpić we wszystkich typach sytuacji synoptycznych. W analizowanym okresie 68% przypadków dni z burzą wystąpiło podczas sytuacji cyklonalnych, a 29% podczas sytuacji antycyklonalnych.

Tab. 2. Częstość (%) dni z burzami występującymi podczas adwekcji mas powietrza z poszczególnych kierunków, z podziałem na sytuacje cyklonalne i antycyklonalne w Krakowie w latach 1896-1995.

Tab. 2. Frequency (%) of days with thunderstorms occurring during the air advection from different directions, divided into cyclonic and anticyclonic situations in Cracow in the period 1896-1995.

kierunek adwekcji direction of air advection	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Ca	Ka	Cc	Bc	suma sum	X
sytuacje antycyklonalne anticyclonic situations	1,7	2,8	3,4	1,6	1,6	1,2	4,4	3,3	0,7	9,2	—	—	29,9	—
sytuacje cyklonalne cyclonic situations	3,2	2,7	2,9	3,2	3,8	4,3	13,1	6,0	—	—	3,0	26,1	68,3	—
suma sum	4,9	5,5	6,3	4,8	5,4	5,5	17,5	9,3	0,7	9,2	3,0	26,1	98,2	1,8

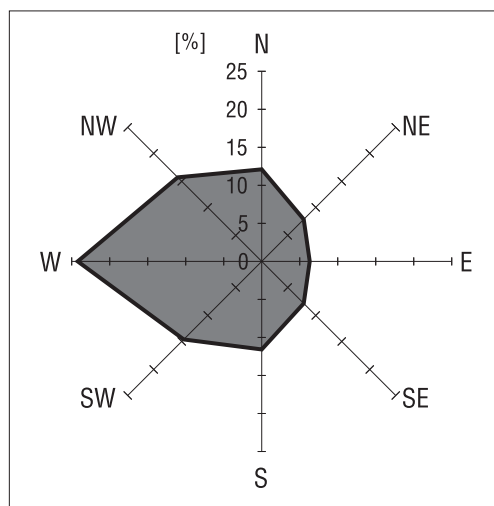
Najwięcej dni z burzą – 26,1% występowało podczas zalegania nad dorzeczem górnej Wisły bruzdy cyklonalnej (Bc) (tab. 2). Poza tym często burze występowały w czasie adwekcji układów niskiego ciśnienia z zachodu (Wc) – 13,1%, północnego zachodu (NWc) – 6,0% oraz zalegania klina lub wału podwyższonego ciśnienia (Ka) – 9,2%. W sumie, w badanym stuleciu, wymienione sytuacje (Bc+Wc+NWc+Ka) stanowiły 54,4% analizowanych przypadków. Sytuacją najmniej sprzyjającą występowaniu burz była sytuacja centralna antycyklonalna (Ca), podczas której wystąpiło zaledwie 0,7% wszystkich dni burzowych. Przedstawiony związek pomiędzy występowaniem burz a typami sytuacji synoptycznych odzwierciedla ogólne tendencje spotykane w Polsce (Kolendowicz 1996).

Na podstawie danych przedstawionych w tabeli 2, rozpatrując tylko kierunek adwekcji powietrza niezależnie od rodzaju układu, stwierdzono, że w Krakowie dominowały burze występujące przy napływie mas powietrza z zachodu i północnego zachodu (odpowiednio 17,5 i 9,3%). Najmniej dni burzowych notowano podczas adwekcji powietrza z południowego wschodu, bo tylko 4,8%.

Uzupełnieniem charakterystyki występowania burz w Krakowie jest analiza kierunków, z których one nadchodziły. Na podstawie ryc. 4 można zauważyć, że udział kierunków nadejścia burz jest prawie idealnie symetryczny względem linii wschód-zachód. Najwięcej burz – 24,3% zaczynało się na zachód od stacji, najmniej na wschodzie – 6,3%. Z kierunków: północny – zachód, południowy – zachód, północ i południe nadchodziło od 11,6 do 15,6% wszystkich analizowanych burz, a z północnego wschodu i południowego wschodu odpowiednio 8,0 i 7,7%. Na przedstawiony rozkład kierunków nadejścia burz największy wpływ miało położenie Krakowa w dolinie Wisły oraz duża częstość napływu mas powietrza z sektora zachodniego.

7. Podsumowanie

Przedstawiona analiza dobowego przebiegu burz wykazała niewielkie różnice pomiędzy występowaniem burz w Krakowie a ogólnymi prawidłowościami w występowaniu burz w Polsce (Stopa 1962). Najwięcej burz występowało po południu



Ryc. 4. Kierunki nadejścia burz (%) w Krakowie w latach 1896-1995.

Fig. 4. Direction of the thunderstorm's oncoming (%) in Cracow in the period 1896-1995.

i najczęściej trwały one od kilku do kilkunastu minut. Najczęściej burze zaczynały się pomiędzy godziną 13.01 a 14.00 oraz 15.01 a 16.00 – po 11,2% badanych przypadków w każdym przedziale, a największe prawdopodobieństwo wystąpienia burzy przypadało na godzinę od 16.01 do 17.00, w której odnotowano 11,5% przypadków. Burze w Krakowie, w porównaniu do burz w Polsce, najbardziej wyróżniały się krótszym czasem trwania. Najczęściej występowały burze trwające do 10 minut – 30% przypadków, a jedynie 7% burz było dłuższych niż 2 godziny. Najdłuższa burza wystąpiła 2 lipca 1957 roku przy sytuacji zachodniej antycyklonalnej i trwała 511 minut.

Badając związki występowania burz i sytuacji synoptycznych stwierdzono, że najczęściej burz towarzyszyło układom cyklonalnym – 68%, a w szczególności zaleganiu nad obszarem górnej Wisły bruzdy cyklonalnej (Bc) – 26%. Pod względem kierunków nadejścia burz przeważały burze z sektora zachodniego, ponad 50% – z czego z zachodu 24%. Najmniej burz zaczynało się na wschód od stacji – niewiele ponad 6%. Na taki rozkład wpłynęły przede wszystkim czynniki cyrkulacyjne panujące w Polsce południowo-wschodniej oraz położenie stacji.

Literatura

- Bielec Z., 1996, *Występowanie burz w Krakowie w latach 1896-1995*, praca magisterska w archiwum Zakładu Klimatologii UJ, Kraków.
- Kolendowicz L., 1996, *Burze na obszarze Polski Północno-Zachodniej w świetle częstości występowania różnych typów cyrkulacji atmosfery*, Zeszyty IGiPZ PAN, 39, 1-115.
- Niedźwiedz T., 1988, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1951-1985)*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 71, 37-86.
- Niedźwiedz T., 1996, *Kalendarz sytuacji synoptycznych dla dorzecza górnej Wisły (1896-1995)*, materiały autora.
- Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, Prace Instytutu Geografii PAN, 34, 109-179.
- Stopa M., 1964a, *Warunki meteorologiczne sprzyjające powstawaniu burz w różnych masach powietrza*, Przegl. Geofiz., IX, 1, 67-75.
- Stopa M., 1964b, *Przebieg dobowy występowania burz w Polsce*, Przegl. Geogr., XXXVI, 1, 103-118.
- Wróbel J., 1985, *Próba określenia związku pomiędzy występowaniem burz a wybranymi warunkami meteorologicznymi*, Przegl. Geofiz., XXX, 2, 187-195.

Daily course and synoptic characterisation of thunderstorms in Cracow in the period 1896-1995

Summary

The paper presents the characterisation of daily occurrence of thunderstorms in Cracow and shows their relation with synoptic situations. The analysed data come

from the Historical Meteorological Station of Jagiellonian University in Cracow, from the period 1896-1995. The calendar of synoptic situations prepared by T. Niedźwiedź was used to search types of synoptic situations during which the days with thunderstorms were observed. The beginning of thunderstorms, hours with their most often occurrence and their duration were analysed in daily course. The thunderstorms used to begin between 13:01-14:00 and 15:01-16:00 (11,2% of all cases for each of those time limits), the highest probability of the occurrence was calculated for the time from 16:01 to 17:00 (11,5% of all cases) and they lasted usually quite short, 93% did not exceed 2 hours and 30% – 10 minutes. The most prolonged thunderstorm was observed on 2nd July, 1957, during anticyclonic situation with an advection of air masses from the South and it lasted for 511 minutes.

In the searched 100-year period the thunderstorms most often accompanied cyclonic situations (68%) and especially the through of low pressure (26%). Most common were thunderstorms coming from the western sector (over 50%), least common – from the eastern one (about 6%).

Translated by Zuzanna Bielec

Zuzanna Bielec

*Katedra Klimatologii Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec*