

LESZEK KOLENDOWICZ

WPŁYW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ NA WYSTĘPOWANIE DNI Z BURZĄ W POZNANIU W LATACH 1951–2000

ZARYS TREŚCI

Prezentowane wyniki badań dotyczą analizy zależności pomiędzy cyrkulacją atmosferyczną nad obszarem Europy Centralnej i Wschodniej a występowaniem dni z burzą w Poznaniu w latach 1951–2000. Na podstawie analizy map synoptycznych z okresu 1951–2000 oraz aktywności burzowej wyróżniono 7 typów sytuacji synoptycznej charakterystycznych dla dni burzowych. Wykorzystując obliczenia regresji logistycznej, dokonano próby określenia wpływu częstości występowania wyróżnionych typów sytuacji synoptycznej na częstość pojawiania się dni burzowych w poszczególnych latach badanego okresu.

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono brak wyraźnych tendencji zmian częstości występowania dni burzowych w badanym okresie. Wystąpienie dni burzowych jest najbardziej prawdopodobne w wyróżnionej sytuacji synoptycznej typu 2. Z kolei występowanie dni z powyższą sytuacją synoptyczną wyjaśnia w ok. 60% frekwencję dni burzowych zarówno w roku, jak i w okresie od czerwca do września.

WSTĘP

Analiza literatury przedstawiającej rezultaty badań aktywności burzowej wskazuje, że uwzględnienie cyrkulacji atmosferycznej daje w miarę pełne zrozumienie zarówno przyczyn powstawania burz, jak również w znacznej mierze może wyjaśniać częstość ich występowania. Procesy związane z cyrkulacją atmosfery, rozpatrywaną w skali synoptycznej, dotyczą m.in. transportu wilgoci i ciepła, niezbędnych do wystąpienia burz. Istotną rolę odgrywa również przemieszczanie się (lub brak) frontów atmosferycznych. Analiza cyrkulacji atmosferycznej w powiązaniu z występowaniem zjawiska burzy w takim ujęciu wskazuje, że można ją uznać za jedną z głównych przyczyn powstania burz, decydującą zarówno o ich intensywności, jak i czasie trwania (BIE-

LEC-BAKOWSKA 2003; CHANGNON 1985, 2001; KOLENDOWICZ 1998, 2005, 2006; WALKNER 1992).

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

Opracowanie oparto na danych dotyczących występowania dni z burzą w Poznaniu w latach 1951–2000 (rys. 1). W celu wyróżnienia typów sytuacji synoptycznej charakterystycznych dla dni z burzą posłużono się mapami synoptycznymi IMGW z godziny 00.00 UTC. W efekcie przeprowadzonej analizy wyróżniono siedem typów sytuacji synoptycznej. Badając wpływ wyróżnionych typów sytuacji na aktywność burzową, wykorzystano regresję logistyczną w postaci:

$$y = 1 / (1 + \exp(a_0 + a_1x + a_2x^2))$$

Zastosowanie regresji pozwoliło na wyznaczenie zależności wystąpienia dnia z burzą (y) na podstawie liczby dni z określonym typem sytuacji synoptycznej (x) w poszczególnych latach badanego okresu, gdzie a_0 , a_1 i a_2 są oszacowanymi parametrami funkcji regresyjnej. Obliczenia przeprowadzono, uwzględniając okresy całoroczne, jak i sezonu letniego (miesiące od maja do sierpnia), charakteryzującego się największym natężeniem występowania zjawiska burzy.

Obliczono również prawdopodobieństwo i częstość występowania dni z burzą w ciągu roku i w okresie od maja do sierpnia (okres o maksymalnej aktywności burzowej – KOLENDOWICZ 2005) przy wyróżnionych typach sytuacji synoptycznej. Przedstawiono również wartości współczynników zmienności (iloraz odchylenia standardowego i wartości średniej z wielolecia) dla wieloletnich przebiegów liczby dni z daną sytuacją i liczby dni z burzą w danej sytuacji synoptycznej.

REZULTATY BADAŃ

W wyniku analizy map synoptycznych z każdego dnia badanego okresu wyróżniono siedem typów sytuacji synoptycznej charakterystycznych dla dni z burzą (rys. 1–7).

Typ 1: Chłodny lub zokludowany front atmosferyczny (bądź ich zespół) przemieszcza się nad Polską z kierunków sektora zachodniego. Przed nadchodzącym frontem nie może jednakże zalegać masa powietrza zwrotnikowego.

Typ 2: Front chłodny lub układ frontów przemieszcza się nad obszar Polski również z kierunków sektora zachodniego. Jednakże przed frontem znajduje się ciepła i wilgotna masa powietrza zwrotnikowego. Burze powstające na czołe nadchodzącego frontu chłodnego lub zokludowanego przebiegają z reguły gwał-

townie. Przyczyną dokonania wyróżnienia tego typu sytuacji synoptycznej były wyniki badań dotyczące warunków synoptycznych, w których dochodzi do powstania gwałtownych burz w Europie i USA (KURZ 1985, 1986; KOLENDOWICZ 1998, 2003; PIAGET 1976; WALKNER 1992).

Typ 3: Chłodny lub zokludowany front atmosferyczny przemieszcza się nad obszar Polski z kierunku północnego lub północno-wschodniego.

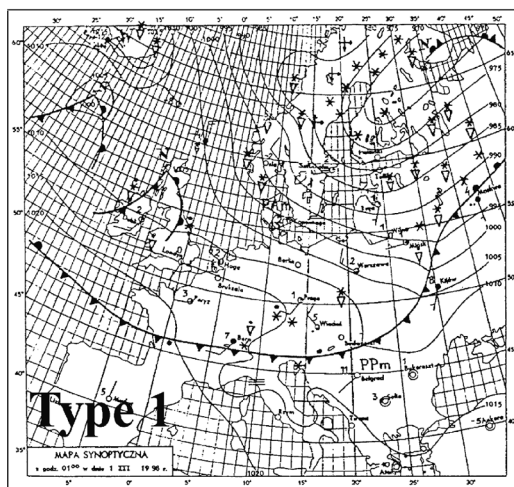
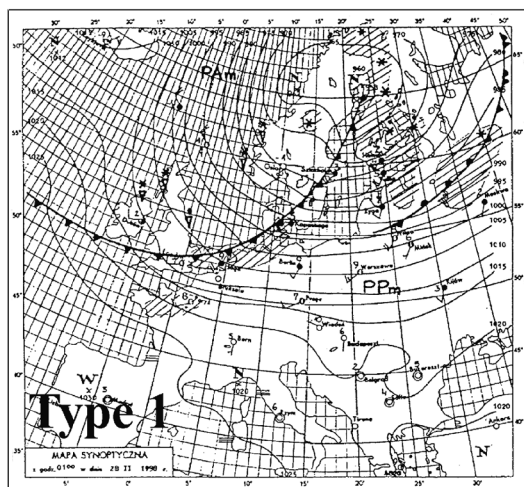
Typ 4: Centrum niżu wraz z frontami atmosferycznymi przemieszcza się nad obszarem kraju z południowego zachodu na północny wschód.

Typ 5: Sytuacja synoptyczna bez frontów atmosferycznych nad obszarem Polski i przy jednoczesnym braku układu wysokiego ciśnienia nad Europą Środkową.

Typ 6: Wyraźny układ wysokiego ciśnienia obejmuje obszar Polski.

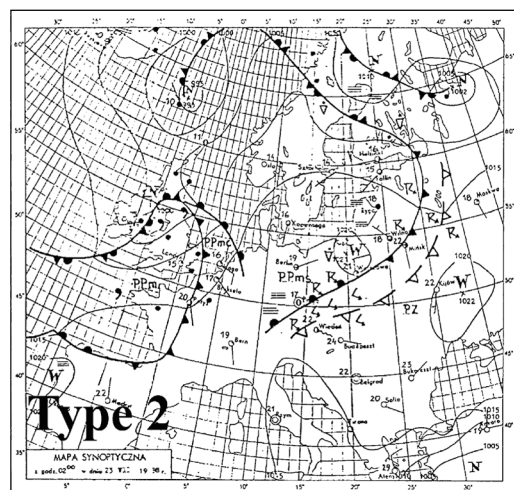
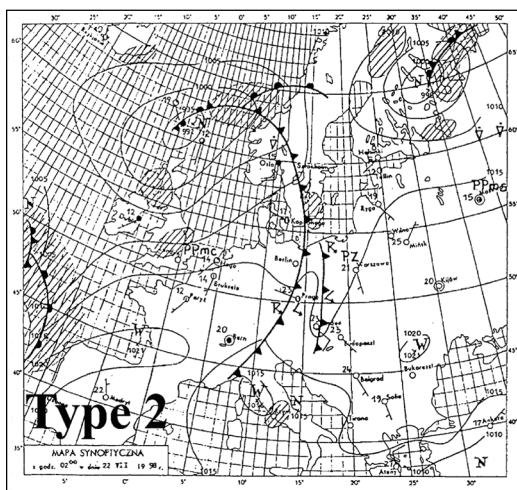
Typ 7: Ciepły front atmosferyczny przechodzi nad Polską z kierunków sektora południowego. Burze powstają w tym przypadku z reguły nie na froncie, ale w masie powietrza napływającej za ciepłym frontem atmosferycznym (KOLENDOWICZ 2005).

Najczęściej w ciągu roku pojawiają się sytuacje synoptyczne typu 1 i 5, stanowiąc razem ponad 280 dni średniego. Dni z pozostałymi typami sytuacji synoptycznej występują znacznie rzadziej, nie przekraczając 25 dni roku. Najmniejszą częstością cechuje się typ 2, występujący średnio tylko przez niemal 5 dni w roku (tab. 1). Najwięcej dni burzowych pojawia się w czasie występowania typów sytuacji synoptycznej o największej frekwencji w ciągu roku. Spowodowane jest to częstością tych typów sytuacji synoptycznej. Zarówno na typ 1, jak i typ 5 przypada ok. 8 dni z burzą. W pozostałych typach sytuacji pojawia się ok. 1 dzień z burzą w roku średnim (tab. 1).



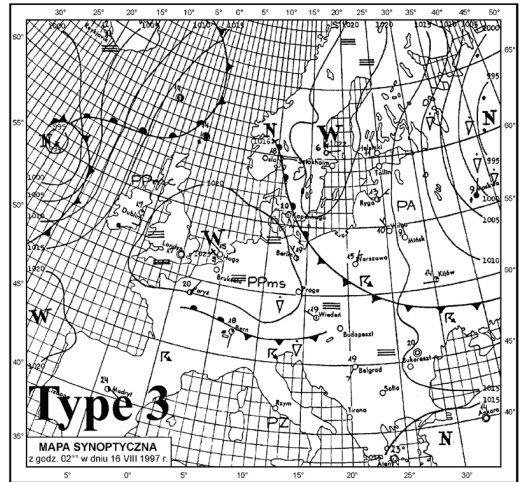
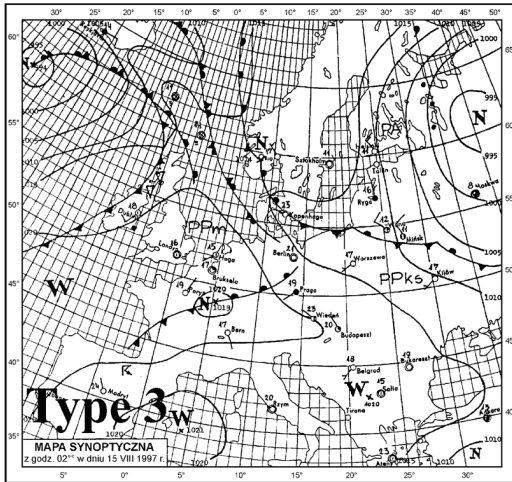
Rys. 1. Mapy synoptyczne z 29.02. i 1.03.1998 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 1 sytuacji synoptycznej)

Fig. 1. Synoptic charts for 29.02 and 1.03.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 1 of synoptic situation)



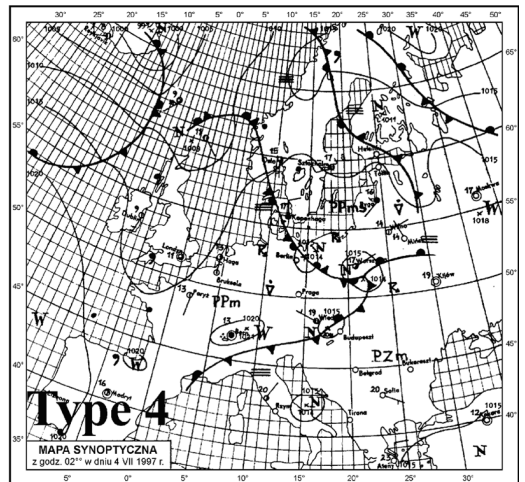
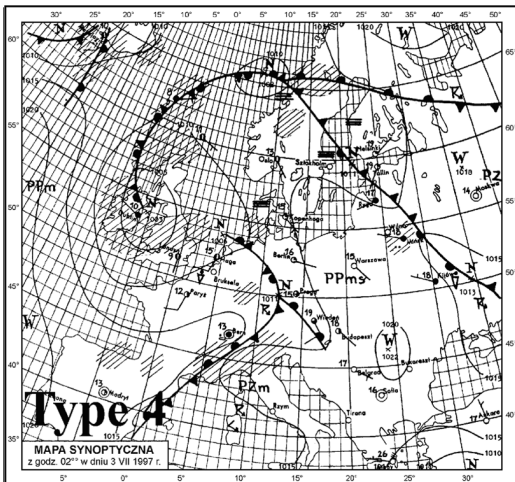
Rys. 2. Mapy synoptyczne z 22.07. i 23.07.1998 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 2 sytuacji synoptycznej)

Fig. 2. Synoptic charts for 22.07 and 23.07.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 2 of synoptic situation)



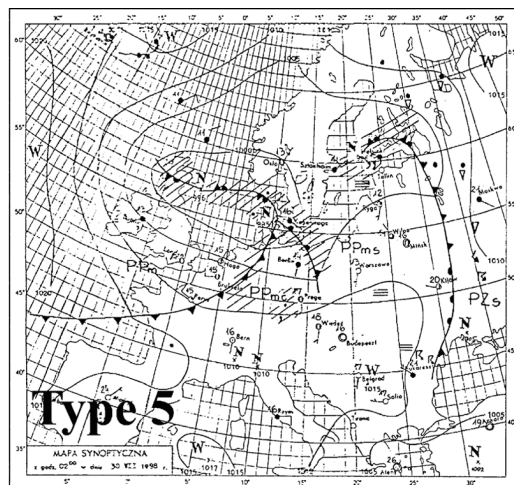
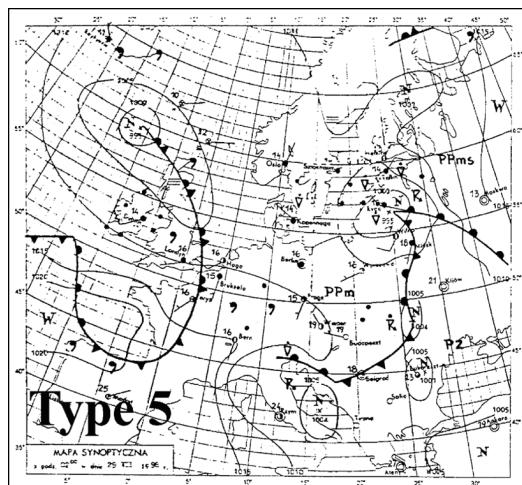
Rys. 3. Mapy synoptyczne z 15.08. i 16.08.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 3 sytuacji synoptycznej)

Fig. 3. Synoptic charts for 15.08 and 16.08.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 3 of synoptic situation)



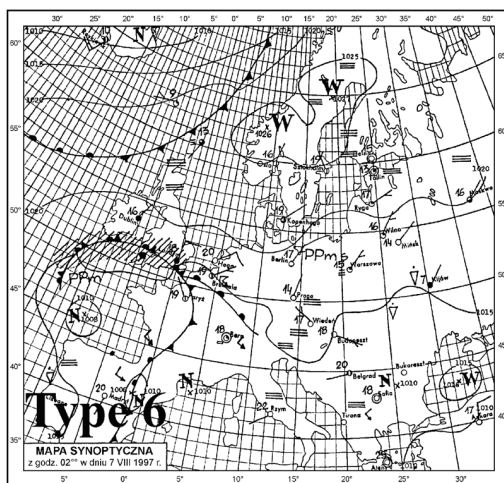
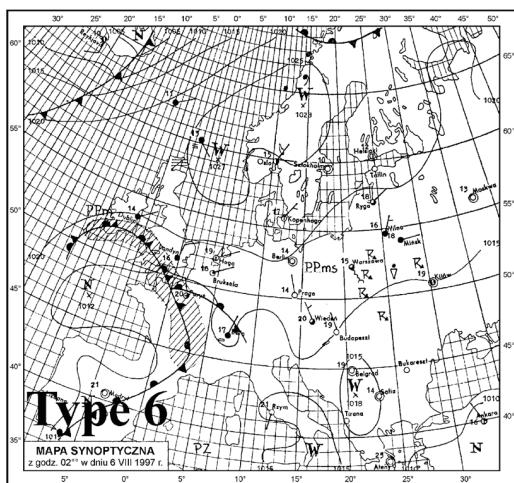
Rys. 4. Mapy synoptyczne z 3.07. i 4.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 4 sytuacji synoptycznej)

Fig. 4. Synoptic charts for 3.07 and 4.07.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 4 of synoptic situation)



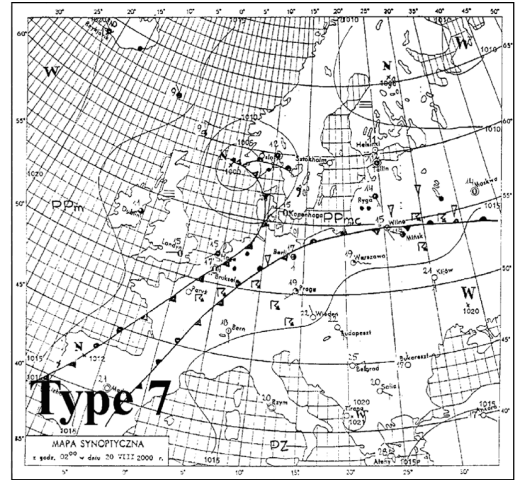
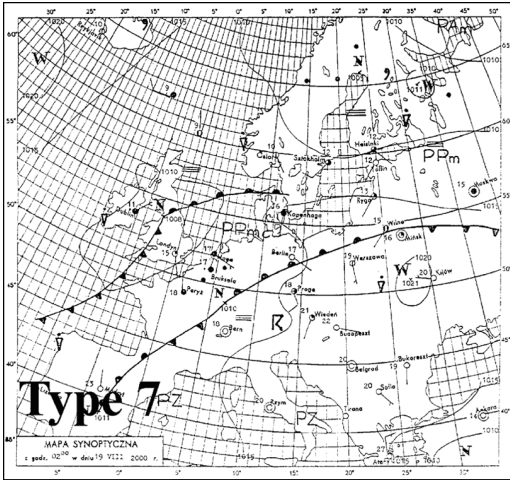
Rys. 5. Mapy synoptyczne z 29.07. i 30.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 5 sytuacji synoptycznej)

Fig. 5. Synoptic charts for 29.07 and 30.07.1998 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 5 of synoptic situation)



Rys. 6. Mapy synoptyczne z 6.07. i 7.07.1997 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 6 sytuacji synoptycznej)

Fig. 6. Synoptic charts for 6.07 and 7.07.1997 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 6 of synoptic situation)



Rys. 7. Mapy synoptyczne z 19.08. i 20.08.2000 z Codziennego Biuletynu Meteorologicznego IMGW (typ 7 sytuacji synoptycznej)

Fig. 7. Synoptic charts for 19.08 and 20.07.2000 according to Codzienny Biuletyn Meteorologiczny IMGW (type 7 of synoptic situation)

Tabela 1. Średnia liczba dni z określoną sytuacją synoptyczną (S1, ..., S7) – a oraz liczba dni z burzą w danej sytuacji synoptycznej – b w roku i w okresie od maja do sierpnia w Poznaniu. Dane z lat 1951–2000

Table 1. The mean number of days with distinguished synoptic situation (S1, ..., S7) – a, and the number of days with thunderstorm in distinguished synoptic situation – b, in a mean year and mean period May–August from multi-year period 1951–2000 in Poznań

	Rok		Miesiące V–VIII	
	a	b	a	b
S1	114,0	8,6	37,7	6,9
S2	4,61	1,02	3,1	0,9
S3	16,9	0,7	5,1	0,4
S4	23,2	1,7	8,2	1,2
S5	171,0	7,6	56,9	5,7
S6	24,7	0,7	8,4	0,6
S7	10,1	0,8	3,3	0,5
Σ	365	21,2	123	15,7

Analizując wartości współczynnika zmienności dotyczącego wieloletnich przebiegów liczby dni z wyróżnionymi typami sytuacji synoptycznej, obliczonych zarówno dla ich sum rocznych, jak i sum z okresów od maja do sierpnia, zauważa się, że najmniejszą zmiennością cechują się również typy 1 i 5. Kilkakrotnie większą zmiennością cechuje się występowanie pozostałych typów sytuacji synoptycznej. Podobną zmiennością charakteryzują się przebiegi wieloletnie liczby dni z burzą w wyróżnionych typach sytuacji synoptycznej. Trzykrotnie większa zmienność dotyczy występowania dni burzowych przy rzadziej pojawiających się typach sytuacji (tab. 2).

Dni z burzą pojawiają się z największym prawdopodobieństwem, wynoszącym ponad 20% w roku i ponad 30% w sezonie letnim, w czasie sytuacji synoptycznej typu 2. Najmniejsze wartości prawdopodobieństwa charakteryzują typy 3 i 6, dla których obliczone wartości

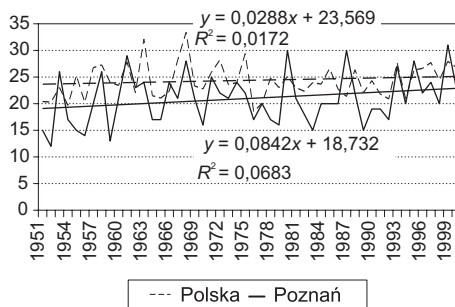
Tabela 2. Współczynniki zmienności liczby dni z określoną sytuacją synoptyczną (S1, ..., S7) – a oraz liczba dni z burzą w danej sytuacji synoptycznej – b, obliczone dla ciągów wartości średnich rocznych i wartości z okresów od maja do sierpnia w wieloletniu 1951–2000 w Poznaniu

Table 2. Variability coefficient of the number of days with distinguished synoptic situation (S1, ..., S7) – a, and the number of days with thunderstorm in distinguished synoptic situation – b, calculated for mean annual values and mean values for the period May–August in multiyear period 1951–2000 in Poznań

	Rok		Miesiące V–VIII	
	a	b	a	b
S1	0,18	0,35	0,27	0,38
S2	0,80	1,12	0,98	1,21
S3	0,51	1,30	0,79	1,64
S4	0,48	0,94	0,63	1,27
S5	0,14	0,43	0,18	0,50
S6	0,59	1,52	0,74	1,70
S7	0,57	1,43	0,86	1,78

wynoszą zarówno dla roku, jak i dla sezonu letniego ok. 3% (tab. 3).

Analiza wieloletniego przebiegu liczby dni burzowych (rys. 8) wskazuje na dużą zmienność z roku na rok częstości występowania badanego zjawiska, zarówno w Poznaniu, jak i na obszarze całego kraju. W roku średnim w Poznaniu wystąpiło ok. 21 dni burzowych, co jest wartością mniejszą o ponad 3 dni w porównaniu z obszarem Polski. Ponadto aktywność burzowa w Poznaniu cechowała się większą zmiennością niż średnia aktywność na obszarze kraju, o czym świadczą wartości współczynnika zmienności, wynoszące 0,225 dla Poznania i 0,132 dla Polski. Linie trendu na obu wykresach wskazują na wzrastającą częstość występowania dni z burzą, wynoszącą niemal 3 dni na 100 lat dla Polski i nieco ponad 8 dni w okresie 100-letnim dla Poznania. Jednakże wy-



Rys. 8. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z burzą w Poznaniu na tle uśrednionych wartości dla obszaru Polski wraz z liniami trendu w latach 1951–2000

Fig. 8. The course of annual number of days with thunderstorm in Poznań and mean annual number of days with thunderstorm in Poland with trend lines in the period 1951–2000

Tabela 3. Prawdopodobieństwo wystąpienia dnia z burzą w dniu z określonym typem sytuacji synoptycznej (S1, ..., S7) – p oraz częstość dni z burzą występujących w danym typie sytuacji synoptycznej – c w roku i w okresie od maja do sierpnia w Poznaniu. Dane z lat 1951–2000

Table 3. Probability (%) of an occurrence of a day with the thunderstorm at the distinguish type of the synoptic situation (S1, ..., S7) – p, and the frequency of days with thunderstorm in distinguish type of the synoptic situation – c, in a year and in the period from May to August. Data for Poznań from 1951–2000

	Rok		Miesiące V–VIII	
	p	c	p	c
S1	7,6	41,1	17,1	41,1
S2	21,6	4,0	30,7	4,8
S3	3,3	3,0	6,6	2,7
S4	8,5	8,7	15,4	8,2
S5	4,5	37,0	10,2	37,0
S6	2,9	2,9	5,7	3,5
S7	7,6	3,3	12,3	2,8
Suma		100,0		100,0

Tabela 4. Wyjaśnienie [%] zależności częstości dni z burzą od częstości dni z wyróżnioną sytuacją synoptyczną (wyliczono wartości istotne statystycznie) – W, oszacowywane parametry funkcji regresyjnej – a_0 , a_1 i a_2 . S1, ..., S7 – wyróżnione typy sytuacji synoptycznej. Dane dla Poznania z lat 1951–2000

Table 4. Percentage explanation of the dependency of the days with thunderstorms frequency upon the days with distinguished type of synoptic situation frequency (bold fonts in W column signify statistically significant values), a_0 , a_1 , a_2 – estimated parameters of regression function. S1, ..., S7 – distinguished types of synoptic situation. Data for Poznań from 1951–2000

	Rok			W	Miesiące V–VIII			W
	a_0	a_1	a_2		a_0	a_1	a_2	
S1	5,787315	-11,18820	14,28836	12,0	5,477986	-13,74870	16,70316	33,0
S2	8,663559	-267,16100	4658,35600	60,0	6,690016	-72,09000	445,70200	56,0
S3	10,397360	-124,76900	824,29160	26,0	8,477648	-71,04140	311,95390	39,0
S4	5,295323	8,18454	-87,54780	12,0	5,636735	-12,73180	-4,65040	33,0
S5	10,548340	-30,20410	33,40345	12,0	4,335337	-4,46864	3,41643	5,0
S6	8,408487	-49,45120	227,44500	11,0	9,298220	-86,35200	366,70010	3,02
S7	10,274010	-221,80400	2477,67000	27,0	6,684862	-37,52800	63,00900	39,0

znaczone trendy nie są istotne statystycznie.

Wykorzystanie regresji logistycznej pozwoliło na dokonanie oceny wpływu częstości występowania wyróżnionych typów sytuacji synoptycznej na pojawianie się dni z burzą w poszczególnych latach oraz sezonach letnich badanego 50-lecia. Uzyskane rezultaty analizy regresyjnej (tab. 4) pozwalają na stwierdzenie, że największy wpływ na występowanie dni burzowych ma sytuacja synoptyczna typu 2. Jej występowanie wyjaśnia w ok. 60%, zarówno w okresie całorocznym, jak również w sezonie letnim, aktywność burzową charakterystyczną dla tego typu sytuacji. Zdecydowanie mniejsze wartości procentowe charakteryzują pozostałe wyróżnione typy. Jedynie w sezonach od maja do sierpnia występowanie typu 4 (S4) wyjaśnia częstości pojawiania się dni burzowych w ponad 30%. Dla pozostałych typów sytuacji synoptycznej obliczone wartości procentowe są niewielkie lub nieistotne statystycznie.

WNIOSKI

Rezultaty badań dotyczące tendencji zmian aktywności burzowej w Poznaniu w wieloleciu 1951–2000 zgodne są z dotychczasowymi wynikami badań BIELEC-BĄKOWSKIEJ (2003) i KOLENDOWICZA (2005). Stwierdzono brak istotnych statystycznie tendencji zmian częstości występowania dni burzowych w badanym okresie. Najczęściej dni burzowe pojawiają się podczas występowania sytuacji synoptycznych typu 1 oraz 5, stanowiąc ok. 80% wszystkich dni z burzą zarówno w roku, jak i w miesiącach od maja do sierpnia. Spowodowane jest to bardzo dużą frekwencją dni z tymi typami sytuacji. Najbardziej prawdopodobne natomiast jest wystąpienie dnia burzowego w sytuacji synoptycznej typu 2. Wartość prawdopodobieństwa wynosi od ponad 20% w ciągu roku do ok. 30% w sezonie letnim. Największy wpływ na częstość występowania dni z burzą w latach 1951–2000 ma sytuacja synoptyczna typu 2. Występowanie dni z sytuacją synop-

tyczną typu 2 wyjaśnia w ok. 60% frekwencję dni burzowych zarówno w roku, jak i w okresie od czerwca do września.

LITERATURA

- BIELEC-BAKOWSKA Z., 2003: Long-term variability of thunderstorm occurrence in Poland in the 20th century. *Atmospheric Research*, 67–68, 35–52.
- COURVOISIER H.W., GENSLER G.A., PRIMAULT B., ROESLI H.P., 1979: Das Unwetter vom 7/8 August 1978 in der Schweiz. *Locarno-Monti. Synoptische Meteorologie*, 85, Februar, 23–26.
- CHANGNON S.A., 1985: Secular variations in thunder-day frequencies in the Twentieth Century. *J. Geophysical Research*, 90, D4, 6181–6194.
- CHANGNON S.A., 2001: Damaging thunderstorm activity in the United States. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 82, 597–608.
- KOLENDOWICZ L., 1998: Zjawiska burzowe w Polsce a warunki synoptyczne (Synoptic conditions of thunderstorm activity in Poland). *Bogucki Wyd. Nauk., Poznań*.
- KOLENDOWICZ L., 2003: Tornadoes observed in Poland in 2002. *The Journal of Meteorology*, 28, 280, July/August, 231–233.
- KOLENDOWICZ L., 2005: Wpływ cyrkulacji atmosferycznej oraz temperatury i wilgotności powietrza na występowanie dni z burzą na obszarze Polski (Impact of atmospheric circulation, temperature and air humidity on the occurrence of days with thunderstorm in the territory of Poland). *Wyd. Naukowe UAM, Ser. Geografia*, 72, Poznań.
- KOLENDOWICZ L., 2006: The influence of synoptic situations on the occurrence of days with thunderstorms during a year in the territory of Poland. *International Journal of Climatology*, 26, 1803–1820.
- KURZ M., 1985: Zum Münchner Hagelunwetter vom 12.07.1984. *Meteorologische Rundschau*, 38 (Oktober), Berlin, Heft 5.
- KURZ M., 1986: Die Entwicklung der Wetterlage des Münchner Hagelunwetters vom 12. Juli 1984 (Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 170), Offenbach.
- PIAGET A., 1976: L'évolution oragense au nord des Alpes et la tornade du Jura vadois du 26 août 1971. *Publications de l'Institut Suisse de Meteorologie*.
- WALKNER A., 1992: Grossräumige Austauschprozesse der Atmosphäre als Ursache von Starkgewittern. *Phys. Geogr.*, 35, Zürich.

Recenzent: prof. zw. dr hab. Alojzy Woś

Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

THE INFLUENCE OF SYNOPTIC SITUATIONS ON THE OCCURRENCE OF DAYS WITH THUNDERSTORMS IN POZNAŃ IN THE PERIOD 1951–2000

Summary

The study concerns research into the connection between atmospheric circulation over the area of Central and Eastern Europe, and the occurrence of days with thunderstorms in Poznań (Poland). The analysis of lower synoptic maps for the researched period 1951–2000 made it possible to isolate seven types of synoptic situations characteristic of days with thunderstorms on the area of Poland. During research based on the use of logistic regression, a determination was made of the influence of various synoptic situation types on thunderstorm activity in one of the Polish meteorological station – Poznań. An indication was made of type 2 of synoptic situations that is particularly con-

ducive to the appearance of days with thunderstorms. This type is also characterised by the highest probability of the occurrence of stormy days. It has to be pointed out that type 2 synoptic situation may be the cause of very violent storms not only in Poland, but also in Europe or the USA. This is reflected in the descriptions of individual cases of violent storms or their accompanying phenomena occurring over Europe (PIAGET 1976; COURVOISIER et al. 1979; KURZ 1985, 1986; KOLENDOWICZ 2003, 2005), and the results of the studies conducted by CHANGNON (1985, 2001), WALKNER (1992) and KOLENDOWICZ (1998) pertaining to the analysis of a greater number of violent storms.

