

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 139

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Kraków 2014, 57–67

doi: 10.4467/20833113PG.14.025.3015

EKSTREMALNE OSOBLIWOŚCI W ROCZNYM PRZEBIEGU TEMPERATURY POWIETRZA W KRAKOWIE W LATACH 1826–2010

Ewa Krępa, Dominika Ciaranek

Extreme cases of singularities in the annual course of air temperature in Krakow in the period 1826–2010

Abstract: The aim of this study is to identify extreme cases of the appearance of singularities in the annual air temperature course in the period 1826–2010 in Krakow. In climatological literature the term “singularities” denotes characteristic fluctuations in the annual course of temperature, occurring periodically every year. In this paper a special attention was paid to the duration and long-term variability of distinguished singularities. A 5-degree polynomial was used to smooth out the annual course of temperature. A model of temperature variation was calculated on this basis. Differences between the mean daily temperature values and those calculated from the model was taken into account to distinguish these singularities. It was found that in the period 1826–2010 in Krakow, warm anomalies slightly prevailed over cold anomalies. In the annual course, singularities occurred most frequently in spring, but the greatest differences between the daily mean air temperature and that calculated from the model appeared in winter. However, there was no clear recurrence of the analyzed events (singularities) in the multi-year period.

Keywords: singularities, air temperature, extreme events, warm anomalies, cold anomalies, Krakow

Zarys treści: W przebiegu rocznym temperatury powietrza w strefie umiarkowanej można zauważyć charakterystyczne wahania, które mogą występować cyklicznie, z roku na rok. W literaturze klimatologicznej takie okresy nazywamy osobliwościami (*singularities*). Celem

niniejszego opracowania jest identyfikacja ekstremalnych przypadków występowania osobliwości w przebiegu rocznym temperatury powietrza w latach 1826–2010 w Krakowie. Szczególną uwagę zwrócono na długość trwania oraz wieloletnią zmienność wyróżnionych osobliwości. Do wygładzenia rocznego przebiegu temperatury wykorzystano wielomian 5. stopnia, na podstawie którego obliczono wzorcowy model zmienności temperatury. Wyróżniając osobliwości, uwzględniono różnice między średnimi dobowymi wartościami a tymi obliczonymi z modelu. Stwierdzono, że w latach 1826–2010 w Krakowie nieznacznie przeważały anomalie ciepła nad anomaliami chłodu. W przebiegu rocznym najczęściej pojawiały się one wiosną, największe zaś różnice między średnią dobową temperaturą powietrza a tą obliczoną z modelu występowały zimą. W przebiegu wieloletnim nie zaobserwowano jednak wyraźnej powtarzalności analizowanych zdarzeń (*singularities*).

Słowa kluczowe: osobliwości, temperatura powietrza, zdarzenia ekstremalne, anomalie ciepła, anomalie chłodu, Kraków

Wstęp

Temperatura powietrza jest najlepiej poznanym elementem klimatu. W Krakowie wieloletni jej przebieg został opisany między innymi przez Hessa (1967, 1968), Trepińską (1988) i Piotrowicz (2007). Do tej pory nie powstały jednak prace, w których analizowane były osobliwości (*singularities*) w rocznym przebiegu temperatury powietrza w Krakowie.

Roczny przebieg tego elementu meteorologicznego oscyluje wokół średniej wieloletniej, niemniej zdarzają się okresy w ciągu roku, gdy temperatura powietrza znacznie odbiega od „normy”. Pewnego rodzaju anomaliami możemy więc nazwać wartości wykraczające o $\pm 1,0$; 1,5; 2,0 i 2,5 odchylenia standardowego od średniej (Warakomski 1994). W literaturze klimatologicznej okresy takie nazywamy *singularities*. Tłumaczymy je z języka angielskiego jako osobliwości kalendarzowe klimatu (*Słownik meteorologiczny* 2003). Pojęcie *singularities* wprowadzone zostało w znaczeniu takich anomalii, które mają tendencję do występowania w określonych sezonach w ciągu roku kalendarzowego, np. ochłodzenie w maju, czyli tzw. zimni ogrodnicy i zimna Zośka, odwilż bożonarodzeniowa czy babie lato.

Do określenia zaburzeń w rocznym przebiegu temperatury powietrza autorzy zamiennie wykorzystywali terminy *calendaricities* (Brier i in. 1963), *singularities* (Wahl 1953; Kangieser 1957; Dickson 1959; Brier 1961; Hannan 1962; Lanzante 1985; Kalnický 1987; Guttman 1991; Řezníčková i in. 2007; Soule i Knapp 2008; Radová i Kyselý 2009), *anomalía* (Fortuniak 1996; Fortuniak i in. 1998; Małarzewski 2009), *osobliwość* (Małarzewski 2007, 2009), *fale ciepła i fale chłodu* (Morawska-Horawska 1991; Twardosz, 2009; Stopa-Boryczka i in. 2011).

Osobliwości w rocznym przebiegu temperatury powietrza możemy zaobserwować prawie co roku, choć w różnych terminach i z różnym nasileniem. Mają one wpływ

na nasze odczucia ciepła i chłodu, a tym samym na samopoczucie, a niekiedy nawet zdrowie. Występowanie osobliwości jest cechą charakterystyczną klimatu, dlatego możemy mówić tutaj o naturalnej zmienności pogody (Fortuniak 1996; Fortuniak i in. 1998; Małarzewski 2007, 2009; Twardosz 2009).

Głównym celem niniejszego opracowania jest identyfikacja ekstremalnych przypadków pojawiania się osobliwości w przebiegu rocznym temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826–2010 oraz charakterystyka zmienności ich występowania.

Dane i metody opracowania

W artykule wykorzystano średnie dobowe wartości temperatury powietrza z lat 1826–2010. Dane pochodzą ze Stacji Historycznej Zakładu Klimatologii IGiGP UJ w Krakowie ($\varphi = 50^{\circ}04'N$, $\lambda = 19^{\circ}58'E$, $h = 220$ m n.p.m.).

Metody, z których korzystano w opracowaniu danych dotyczyły zarówno sposobów wygładzania przebiegu rocznego temperatury powietrza, jak i z kryteriów wyróżniania osobliwości.

Do wygładzenia przebiegu rocznego temperatury powietrza wykorzystywano m.in. szereg Fouriera (Fortuniak 1996; Fortuniak i in. 1998; Małarzewski 2007, 2009), sinusoidę przebiegu rocznego (Stopa-Boryczka i in. 2011) oraz filtr dolno- i górnoprzepustowy Gaussa, najczęściej 60-dniowy (Brier i in. 1963; Brzdil i in. 1999; Radová i Kyselý 2009). W niniejszej pracy na podstawie wielu prób przyjęto za najlepszą metodę wygładzenia wielomian 5. stopnia. Głównym kryterium wyboru metody była wartość współczynnika determinacji (R^2) informująca o stopniu dopasowania modelu do średniej temperatury powietrza oraz prostota jego obliczania. Dla całej 185-letniej serii oraz podzielonej na poszczególne 25-lecia R^2 w przypadku wielomianu 5. stopnia wynosił od 0,98 do 0,99.

Wzór funkcji wielomianu dał podstawy do obliczenia „idealnej” temperatury powietrza, gdyż za pomocą podstawienia za x numeru każdego dnia w roku można otrzymać wartość temperatury tego dnia (ryc. 1). Wartości temperatury obliczone z funkcji wielomianu nazywano w pracy wartościami z modelu, a konkretne wartości temperatury powietrza w danym dniu – wartościami rzeczywistymi.

Aby wyznaczyć osobliwości (*singularities*, anomalie ciepła i chłodu) w rocznym przebiegu temperatury powietrza, w dalszej kolejności obliczono odchylenie standardowe dla każdego dnia z analizowanego wielolecia. Zostały one wykorzystane do obliczenia wartości anomalnych, za jakie uznano średnią dobową +1 odchylenie standardowe (anomalna ciepła) oraz -1 odchylenie standardowe (anomalna chłodu). W każdym roku średnią dobową temperaturę powietrza odjęto od wartości z modelu (wartości z wielomianu) i wyróżniono dni, których temperatura powietrza była wyższa/niższa ± 1 odchylenie standardowe. Ze względu na dość wyraźny wzrost

temperatury powietrza w ostatnich 20–30 latach oraz częstsze występowanie bardzo niskich jego wartości w XIX w. zdecydowano nie uwzględniać wartości dla modelu z całej 185-letniej serii pomiarów, a tylko te obliczone dla poszczególnych 25-leci (1826–1850, 1851–1875, itd.) i ostatniego 10-lecia (2001–2010) (ryc. 1).

Ostatni krok stanowiło obliczenie różnic między wartościami dobowymi w kolejnych latach, a tymi uzyskanymi z odpowiadających im modeli, czyli np. dane z 1830 r. odjęto od wartości z modelu 1826–1850, a z 1930 – z modelu 1926–1950.

Za ekstremalne zdarzenia uznano te anomalie ciepła i chłodu, których długość trwania była większa lub równa 10 dni.

Wyniki

W Krakowie w wieloleciu 1826–2010 wystąpiło 8217 wszystkich anomalii, w tym 4268 anomalii ciepła (51,9%) i 3949 (48,1%) anomalii chłodu (tab. 1 i 2). Długość trwania anomalii ciepłych wahała się od 1 do 24 dni, a anomalii chłodu – od 1 do 23 dni. Najczęściej anomalie ciepła i chłodu występowały w pojedynczych dniach. W analizowanym wieloleciu było to odpowiednio 1916 i 1500 dni (tab. 1 i 2).

Tab. 1. Anomalie ciepła w Krakowie w latach 1826–2010 – ich długość trwania, liczba przypadków i częstość występowania

Table 1. Warm anomalies in Krakow in the period 1826–2010 – the length of duration, the number of cases and the frequency of occurrence

Długość trwania Length of duration	Liczba przypadków Number of cases	Częstość [%] Frequency [%]	Częstość skumulowana [%] Cumulative frequency [%]
1	1916	44,9	44,9
2	939	22,0	66,9
3	531	12,4	79,3
4	339	7,9	87,3
5	198	4,6	91,9
6	115	2,7	94,6
7	78	1,8	96,4
8	46	1,1	97,5
9	34	0,8	98,3
10	25	0,6	98,9
11	16	0,4	99,3
12	5	0,1	99,4
13	8	0,2	99,6
14	7	0,2	99,7
15	4	0,1	99,8

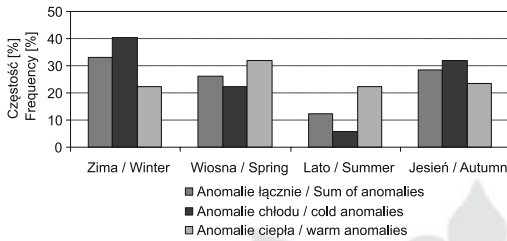
Długość trwania Length of duration	Liczba przypadków Number of cases	Częstość [%] Frequency [%]	Częstość skumulowana [%] Cumulative frequency [%]
18	2	0,0	99,9
21	1	0,0	99,9
22	3	0,1	100,0
24	1	0,0	100,0
Suma / Sum	4268	100,0	100,0

Tab. 2. Anomalie chłodu w Krakowie w latach 1826–2010 – ich długość trwania, liczba przypadków i częstość występowania

Table 2. Cold anomalies in Krakow in the period 1826–2010 – the length of duration, the number of cases and the frequency of occurrence

Długość trwania Length of duration	Liczba przypadków Number of cases	Częstość [%] Frequency [%]	Częstość skumulowana [%] Cumulative frequency [%]
1	1500	38,0	38,0
2	963	24,4	62,4
3	507	12,8	75,2
4	327	8,3	83,5
5	221	5,6	89,1
6	126	3,2	92,3
7	109	2,8	95,0
8	55	1,4	96,4
9	37	0,9	97,4
10	29	0,7	98,1
11	26	0,7	98,8
12	11	0,3	99,0
13	10	0,3	99,3
14	6	0,2	99,4
15	8	0,2	99,6
16	6	0,2	99,8
17	2	0,1	99,8
18	3	0,1	99,9
19	2	0,1	100,0
23	1	0,0	100,0
Suma / Sum	3949	100,0	100,0

Za bardzo długie anomalie ciepła uznano te, które miały długość ≥ 10 dni. Było ich w Krakowie 72, co stanowi 1,1% wszystkich przypadków (tab. 1). Anomalii chłodu o długości trwania ≥ 10 dni było z kolei 104, co stanowi częstość równą 1,9% (tab. 2). Wymienione wartości są więc zbliżone do 98–99 percentyla.



Ryc. 2. Częstość występowania anomalii ciepła i chłodu o długości trwania ≥ 10 dni w Krakowie w latach 1826–2010

Fig. 2. Frequency of the occurrence of warm and cold anomalies lasting ≥ 10 days in the period 1826–2010 in Krakow

W przebiegu rocznym wyróżnione anomalie ciepła i chłodu najczęściej pojawiały się zimą (grudzień–luty; 33%) i jesienią (wrzesień–listopad; 28,4%), a najrzadziej latem (czerwiec–sierpień; 12,5%) (ryc. 2). W podziale na rodzaj anomalii ich częstość występowania nieco różni się od przedstawionego. W przypadku anomalii chłodu częstość ich występowania zimą przekroczyła 40% (40,2%), a latem była równa 5,8%. Anomalie ciepła natomiast najczęściej występowały wiosną (marzec–maj; 31,9%), a w pozostałych porach roku ich częstość wynosiła 22–24% (ryc. 2).

W przebiegu wieloletnim nie zaobserwowano wyraźnej powtarzalności analizowanych zdarzeń ani tendencji ich zmian (ryc. 3).

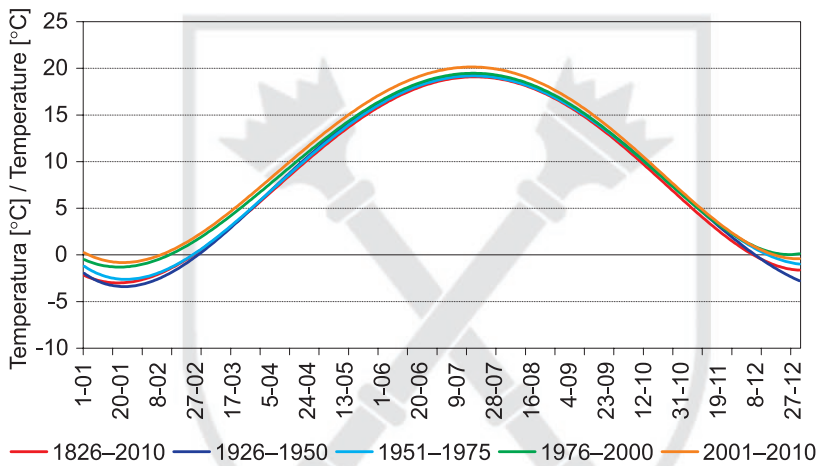
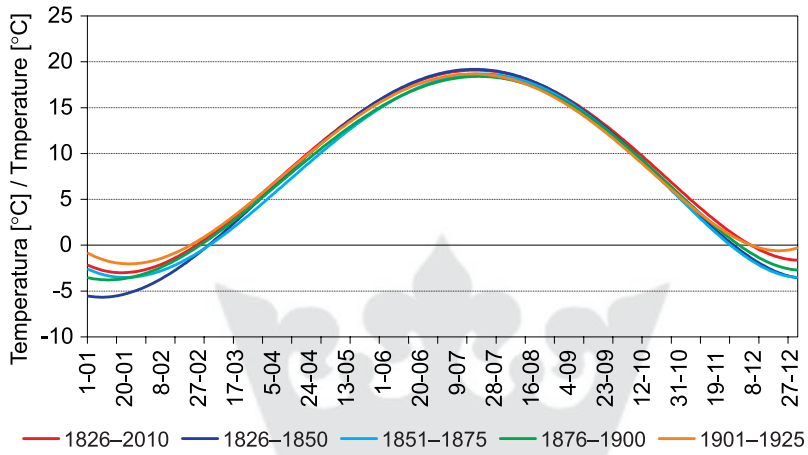
Ekstremalne anomalie ciepła

Z przedstawionych ciągów anomalii ciepła wybrano te najdłuższe trwające oraz te, które miały największą intensywność, czyli największą różnicę temperatury powietrza między rzeczywistymi jej wartościami a tymi z modelu plus jedno odchylenie standardowe.

Najdłuższa anomalia ciepła w latach 1826–2010 wystąpiła w Krakowie na przełomie kwietnia i maja 1834 r. (29.04–22.05) i trwała 24 dni. Różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a tą obliczoną z modelu dla całego 185-letnia (1826–2010) wynosiła maksymalnie 11,9°C (13.05.1834) (ryc. 4).

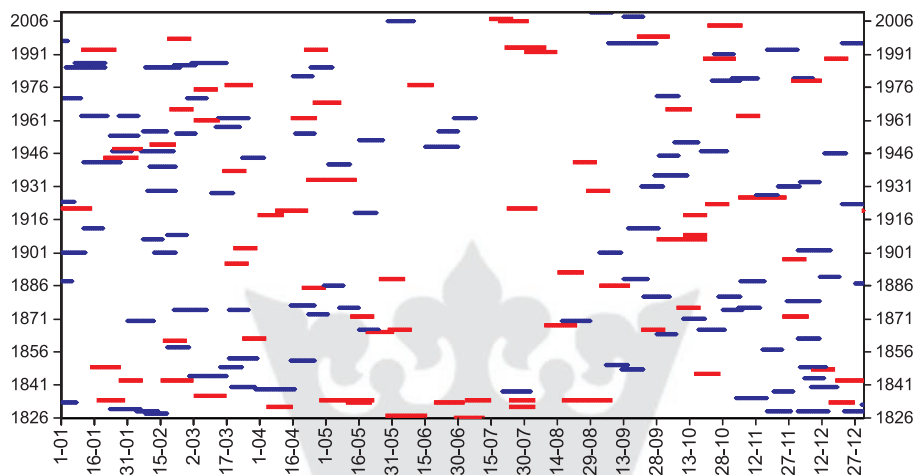
Wyróżnione dni charakteryzowały się dość wysoką wartością temperatury powietrza jak na ten okres w roku. Średnia dobową temperatura przekraczała 15°C, a w ekstremalnym przypadku wynosiła 25°C (ryc. 4).

W XX w. najdłuższa anomalia ciepła (22 dni) wystąpiła również na przełomie kwietnia i maja, tym razem w 1934 r. (23.04–14.05). Gdyby nie dwudniowy spadek temperatury w dniach 20–21.04 to anomalia ta miałaby długość aż 30 dni. Maksymalna różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a obliczoną z modelu wynosiła 9,8°C (18.04.1934) (ryc. 5). W tym przypadku średnia dobową temperatura powietrza w ekstremalnym przypadku osiągnęła 21,5°C (4.05.1934).



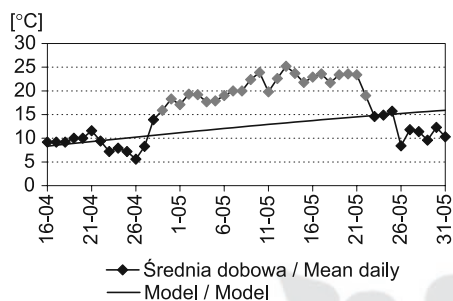
Ryc. 1. Modele cyklu rocznego przebiegu średniej dobowej temperatury powietrza w Krakowie w wyróżnionych okresach

Fig. 1. Annual course models of the daily mean air temperature in the distinguished periods in Krakow

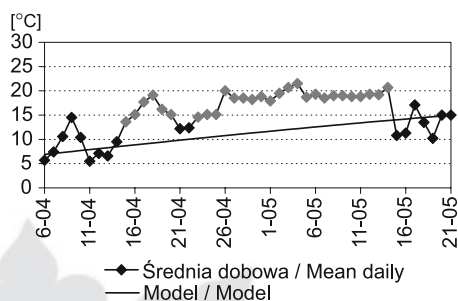


Ryc. 3. Anomalie ciepła (czerwony) i chłodu (niebieski) trwające ≥ 10 dni w Krakowie w latach 1826–2010

Fig. 3. Warm (red) and cold (blue) anomalies lasting ≥ 10 days in the period 1826–2010 in Krakow

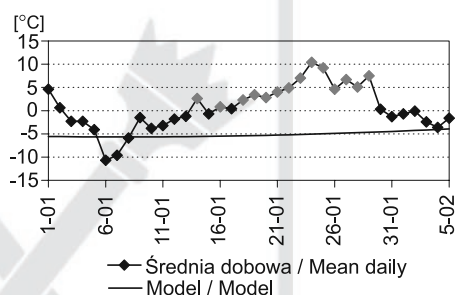


Ryc. 4. Najdłuższa anomalia ciepła w Krakowie w wieloleciu 1826–2010 (29.04–22.05.1834)
 Fig. 4. The longest-lasting warm anomaly in Krakow in the period 1826–2010 (29.04–22.05.1834)



Ryc. 5. Najdłuższa anomalia ciepła w Krakowie w XX wieku (23.04–14.05.1934)
 Fig. 5. The longest-lasting warm anomaly in the 20th century in Krakow (23.04–14.05.1934)

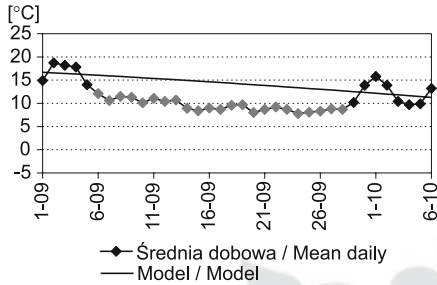
Między 18 a 29 stycznia 1834 r. anomalia ciepła miała długość zaledwie 12 dni, lecz w tym przypadku maksymalna różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a wyliczoną z modelu była najwyższa spośród całego analizowanego wielolecia. W dniu 24 stycznia wynosiła ona aż 15,5°C (ryc. 6). Było to spowodowane tym, że w tym dniu w Krakowie średnia dobową temperatura powietrza wyniosła 10,4°C. Z kolei występowanie tak wysokiej temperatury powietrza w styczniu mogło być skutkiem wiejącego w Tatrach wiatru halnego.



Ryc. 6. Anomalia ciepła w Krakowie z największą różnicą między temperaturą średnią dobową a tą obliczoną z modelu (24.01.1834)
 Fig. 6. Warm anomaly with the greatest difference between the daily mean temperature and that obtained from the model (24.01.1834)

Ekstremalne anomalie chłodu

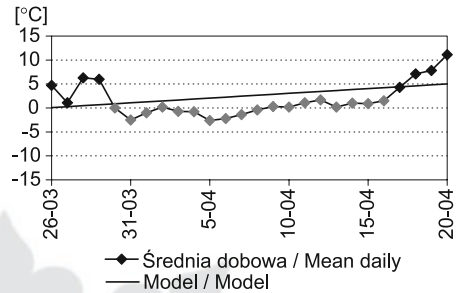
Najdłuższa anomalia chłodu w latach 1826–2010 wystąpiła we wrześniu 1996 r. Trwała ona 23 dni (6.09–28.09), a różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a tą obliczoną z modelu wyniosła maksymalnie -6,4°C (15.09.1996) (ryc. 7). Przyczyną występowania tak niskiej temperatury powietrza, w granicach 7–12°C, był napływ



Ryc. 7. Najdłuższa anomalia chłodu w Krakowie w wieloleciu 1826–2010 (6.09–28.09.1996)

Fig. 7. The longest-lasting cold anomaly in Krakow in the period 1826–2010

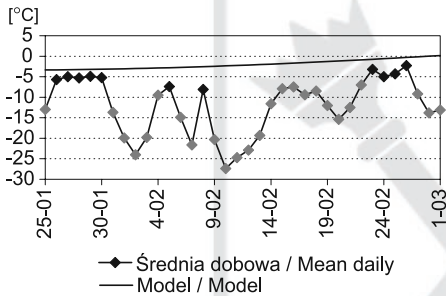
(6.09–8.09.1996)



Ryc. 8. Najdłuższa anomalia chłodu w Krakowie w XIX wieku (30.03–17.04.1839)

Fig. 8. The longest-lasting cold anomaly in the 19th century in Krakow

(30.03–17.04.1839)



Ryc. 9. Anomalia chłodu z największą różnicą między temperaturą średnią dobową a tą obliczoną z modelu (10.02.1929)

Fig. 9. Cold anomaly with the greatest difference between the daily mean temperature and that obtained from the model (10.02.1929)

W lutym 1929 r. wystąpiła natomiast 14-dniowa anomalia chłodu, w której maksymalna różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a wyliczoną z modelu była najwyższa w całym wieloleciu. W dniu 10 lutego 1929 r. wynosiła ona $-25,1^{\circ}\text{C}$ (ryc. 9), gdyż temperatura średnia dobową osiągnęła wartość zaledwie $-27,4^{\circ}\text{C}$. Tak znaczny spadek temperatury był spowodowany układem wysokiego ciśnienia zalegającym nad Europą Środkową i adwekcją mas powietrza kontynentalnego ze wschodu.

arktycznej masy powietrza z północy (Niedźwiedz 2014).

Druga pod względem długości trwania anomalia chłodu trwająca 19 dni (30.03–17.04) wystąpiła w XIX w., na przełomie marca i kwietnia 1839 r. Różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a obliczoną z modelu wyniosła maksymalnie $-8,8^{\circ}\text{C}$ (5.04.1839) (ryc. 8). Średnia dobową temperatura powietrza w tym okresie wynosiła $-2,6^{\circ}\text{C}$. Prawdopodobnie przyczyną tak znacznego ochłodzenia również mogła być adwekcja arktycznych mas powietrza.

W lutym 1929 r. wystąpiła natomiast 14-dniowa anomalia chłodu, w której maksymalna różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a wyliczoną z modelu była najwyższa w całym wieloleciu.

Wnioski

W niniejszym opracowaniu zostały omówione anomalie w rocznym przebiegu temperatury powietrza ze szczególnym uwzględnieniem tych o długości trwania ≥ 10 dni, które można zaliczyć do zdarzeń ekstremalnych.

W latach 1826–2010 w Krakowie nieznacznie przeważały anomalie ciepła (52%) nad anomaliami chłodu. Długość ich trwania wahała się od 1 do 24 dni (anomalie ciepła), i 1 do 23 dni (anomalie chłodu).

Bardzo długich anomalii ciepła (≥ 10 dni) w Krakowie było 72 (1,1% wszystkich przypadków). Nieco więcej było bardzo długich anomalii chłodu (104 przypadki o częstości równej 1,9%).

W przebiegu rocznym wyróżnione anomalie ciepła i chłodu najczęściej pojawiały się zimą i jesienią, a najrzadziej latem. W przypadku anomalii chłodu częstość ich występowania zimą przekroczyła 40%, a latem była równa zaledwie 5,8%. Anomalie ciepła natomiast najczęściej występowały wiosną (marzec-maj; 31,9%).

W XX w. najdłuższa anomalia ciepła (22 dni) wystąpiła na przełomie kwietnia i maja w 1934 r. Maksymalna różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a obliczoną z modelu wynosiła wówczas 9,8°C. Najdłuższa anomalia chłodu w analizowanym wieloleciu wystąpiła natomiast we wrześniu 1996 r., trwała 23 dni, a różnica między średnią dobową temperaturą powietrza a tą obliczoną z modelu wyniosła maksymalnie –6,4°C.

W przebiegu wieloletnim (1826–2010) nie zaobserwowano jednak wyraźnej powtarzalności ani też charakterystycznej zmienności badanych osobliwości (*singularities*).

Literatura

- Brždil R., Stekl J., Budikova M., 1999, *Povětrnostní singularity*, [w:] *Klimatické poměry Měšovic*, Akademia, Praha, 237–257.
- Brier G.W., 1961, *A test of rainfall singularities*, *Journal of Meteorology*, 18, 242–246.
- Brier G.W., Shapiro R., MacDonald N.J., 1963, *A search for rainfall calendaricities*, *Journal of Atmospheric Sciences*, 20, 529–532.
- Dickson R.R., 1959, *Tornadoes of January 21, 1959 – a feature of weather singularity?*, *Monthly Weather Review*, 87, 40–42.
- Fortuniak K., 1996, *Roczny cykl klimatyczny*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Klimat Szczecina i współczesne zmiany klimatyczne w rejonie Morza Bałtyckiego*, Rozprawy i Studia, Uniwersytet Szczeciński, 224, 32–45.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Papiernik Ż., 1998, *Roczny rytm termiczny klimatu Polski i jego sezonowe osobliwości*, *Przegląd Geograficzny*, 70, 3–4, 283–304.

- Guttman N.B., 1991, *January singularities in the northeast from a statistical viewpoint*, Journal of Applied Meteorology, 30, 358–367.
- Hannan E.J., 1962, *Rainfall singularities*, Journal of Applied Meteorology, 1, 426–429.
- Hess M., 1967, *O stosunkach termicznych Krakowa*, Przegląd Geofizyczny, 12, 3–4, 311–330.
- Hess M., 1968, *Klimat terytorium miasta Krakowa*, Folia Geographica, series Geographica -Physica, 1, 35–95.
- Kalnicky R.A., 1987, *Seasons, singularities, and climatic changes over the midlatitudes of the Northern Hemisphere during 1899–1969*, Journal of Applied Meteorology, 26, 1496–1510.
- Kangieser P.C., 1957, *A possible singularity in the January minimum temperature at Phoenix Arizona*, Monthly Weather Review, 85, 42–44.
- Lanzante J.R., 1985, *Further studies of singularities associated with the Semiannual Cycle of 700 mb heights*, Monthly Weather Review, 113, 1372–1378.
- Małarzewski Ł., 2007, *Osobliwości w przebiegu rocznym temperatury powietrza Polski Południowej w świetle sytuacji synoptycznych*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, IGiGP UJ, Kraków, 263–270.
- Małarzewski Ł., 2009, *Osobliwości w przebiegu rocznym temperatury powietrza i ich przyczyny synoptyczne*, rozprawa doktorska, Katedra Klimatologii UŚ, Sosnowiec, 1–165.
- Morawska-Horawska M., 1991, *Fale ciepła i chłodu w Krakowie w stuleciu 1881–1980*, Wiadomości IMGW, 14, 1–4, 127–136.
- Niedźwiedz T., 2014, *Kalendarz typów cyrkulacji atmosfery dla Polski południowej – zbiór komputerowy*, Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec.
- Piotrowicz K., 2007, *Temperatura powietrza*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*, IGiGP UJ, Kraków, 99–100.
- Radová M., Kyselý J., 2009, *Temporal instability of temperature singularities in a long-term series at Pragua-Klementinum*, Theoretical and Applied Climatology, 95, 235–243.
- Řezníčková L., Brázdil R., Tolasz R., 2007, *Meteorological singularities in the Czech Republic in the period 1961–2002*, Theoretical and Applied Climatology, 88, 179–192.
- Słownik meteorologiczny*, 2003, T. Niedźwiedz (red.), PTGeof./ IMGW, Warszawa.
- Soule P., Knapp P., 2008, *Does an August singularity exist in the Northern Rockies of the United States?*, Journal of Applied Meteorology and Climatology, 47, 1846–1850.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2011, *Fale chłodu i ciepła w przebiegu rocznym temperatury powietrza w Warszawie (1951–2010)*, Przegląd Geofizyczny, 56, 3–4, 181–198.
- Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, Uniwersytet Jagielloński, Rozprawy Habilitacyjne 140, Kraków, 1–169.
- Twardosz R., 2009, *Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku*, Przegląd Geofizyczny, 54, 3–4, 197–203.

- Wahl E.W., 1953, *Singularities and the general circulation*, Journal of Meteorology, 10, 42–45.
Warakomski W., 1994, *Zmienność i anomalie średniej rocznej temperatury powietrza w Puławach w latach 1871–1990*, Przegląd Geofizyczny, 39, 1, 29–36.

Ewa Krępa, Dominika Ciaranek
Uniwersytet Jagielloński
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków
e-mail: ewa.krepa@uj.edu.pl
e-mail: dominika.ciaranek@uj.edu.pl



