

## Cyrkulacyjne uwarunkowania występowania fal upałów w Poznaniu

*Circulation-related conditioning of the occurrence of heatwaves in Poznań*

**ARKADIUSZ MAREK TOMCZYK**

Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
61-680 Poznań, ul. Dziegielowa 27; atomczyk@amu.edu.pl

**Zarys treści.** Celem niniejszego opracowania jest analiza sytuacji synoptycznych powodujących występowanie fal upałów w Poznaniu w latach 1981-2010. W analizowanym okresie stwierdzono 20 fal upałów, które łącznie trwały 93 dni. Ich występowanie było związane z zaleganiem nad Europą klina Wyżu Azorskiego, powodującego napływ mas powietrza z południowego zachodu, bądź wyżu nad północną Europą, warunkującego adwekcję powietrza kontynentalnego znad Europy Wschodniej.

**Słowa kluczowe:** fale upałów, Poznań, cyrkulacja, sytuacja synoptyczna.

### Wstęp

Ekstremalne zjawisko pogodowe definiuje się jako zjawisko występujące tak rzadko na danym terenie i w danej porze roku, że mieści się w przedziale 10 lub 90 percentyla zaobserwowanej funkcji gęstości prawdopodobieństwa lub rzadziej (*Climatic Change...*, 2007). W IV Raporcie IPCC (*Climatic Change...*, 2007) przewiduje się z bardzo dużym prawdopodobieństwem wzrost ekstremalnego gorąca, fal ciepła oraz nawałnych opadów. Wśród przyczyn nasilania się zjawisk ekstremalnych najczęściej wymienia się wzrost koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze (Gruza i Ran'kova, 2011) oraz zmiany stałości układów cyrkulacji atmosferycznej (Kysely, 2007).

Wyraźny wzrost zainteresowania pogodą upalną nastąpił po niezwykle gorącym lecie 2003 r. w Europie Zachodniej i Południowej, którego bilans – to ponad 35 000 ofiar śmiertelnych, w tym 14 000 we Francji (Johnson i inni, 2005; Poumadere i inni, 2005). W Paryżu 13 sierpnia 2003 r. stwierdzono rekordową

liczbę zgonów, która przekroczyła o 600% średnią dzienną (Vandentorren i inni, 2004; Twardosz, 2009). Z kolei w Szwajcarii w 2003 r. zostały przekroczone absolutne maksima temperatury powietrza zarejestrowane w latach 1940. i 1950. (Beniston, 2004), i podobnie jak we Francji wykazano wzrost umieralności (7%) spowodowany obciążeniem organizmu warunkami biometeorologicznymi (Grize i inni, 2005). Podczas 17 fal upałów odnotowanych w Czechach w latach 1982-2000 stwierdzono 13% wzrost umieralności ogólnej w stosunku do umieralności oczekiwanej, głównie w populacji kobiet (Kysely, 2004). W 1994 r. w Warszawie podczas 14-dniowej fali upałów (25 lipca-7 sierpnia) dobowa liczba wszystkich zgonów sięgała 66 osób i była wyższa o 33% w porównaniu do tego samego okresu 1995 r. (Kuchcik, 2001; Kozłowska-Szczęsna i inni, 2004). Wzrost umieralności w okresie fal upałów związany jest nie tylko z wysoką temperaturą, lecz także z natężeniem promieniowania słonecznego oraz wysoką wilgotnością względną (Błażejczyk, 2004). W Polsce fale upałów były opisywane m.in. przez U. Kossowską-Cezak (2010), U. Kossowską-Cezak i J. Skrzypczuka (2011), A. Krzyżewską i S. Wereskiego (2011), M. Kuchcik (2001, 2006) oraz M. Kuchcik i M. Degórskiego (2009). Z kolei wpływ cyrkulacji atmosferycznej na występowanie fal ciepła analizowali: J. Wibig (2007), J. Wibig i inni (2009) oraz M. Owczarek (2012).

Celem pracy jest charakterystyka fal upałów w Poznaniu oraz wyznaczenie sytuacji synoptycznych powodujących ich występowanie w latach 1981-2010.

## Materiały źródłowe i metody analizy

W *Słowniku meteorologicznym* (2003) fale upałów definiuje się jako: „kilkudniowy lub kilkutygodniowy okres, przedzielony okresami chłodniejszymi, w którym temperatura maksymalna powietrza przekracza 30°C”. W *Glossary of Meteorology* (2000) za falę upałów przyjmuje się okres przynajmniej 3 dni z temperaturą maksymalną  $\geq 32,2^{\circ}\text{C}$  ( $\geq 90^{\circ}\text{F}$ ). W niniejszej pracy jako falę upałów uznano ciąg co najmniej 3 dni z temperaturą maksymalną  $>30^{\circ}\text{C}$  (Kossowska-Cezak, 2010).

Jako materiał wyjściowy wykorzystany w analizach posłużyły dane pochodzące z ogólnodostępnych baz danych NOAA ([lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climate-data.html](http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climate-data.html)). Materiałem źródłowym była maksymalna, minimalna oraz średnia dobowa temperatura powietrza. W pierwszej kolejności obliczono średnią temperaturę powietrza w poszczególnych latach i sezonach letnich oraz liczbę dni upalnych ( $t_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$ ) (Kossowska-Cezak i Skrzypczuk, 2011).

W niniejszym opracowaniu w celu określenia warunków barycznych sprzyjających występowaniu fal upałów wykorzystano codzienne wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP) oraz wysokość powierzchni barycznej 500 hPa (z500 hPa), pochodzące ze zbiorów National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR)

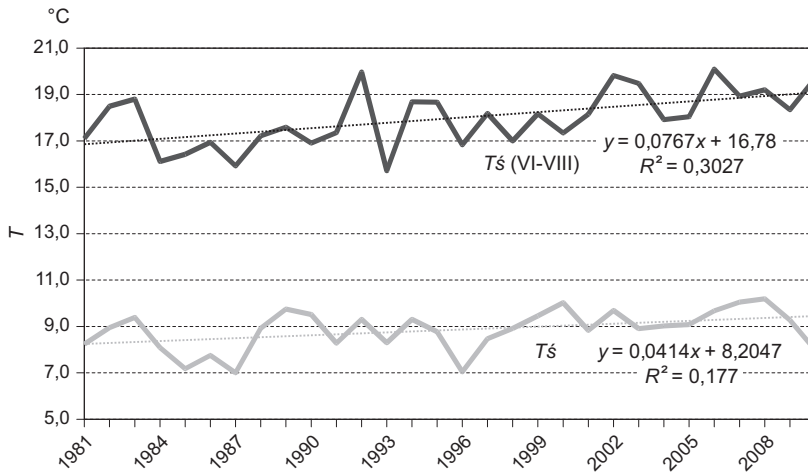
Reanalysis (Kalnay i inni, 1996), które są dostępne w źródłach Climate Research Unit. Posłużono się wartościami w 120 punktach węzłowych siatki geograficznej  $5 \times 5^\circ$  dla obszaru  $35-70^\circ\text{N}$  szerokości geograficznej i  $35^\circ\text{W}-40^\circ\text{E}$  długości geograficznej. Podziału sytuacji synoptycznych dokonano poprzez grupowanie uśrednionych dla poszczególnych fal upałów wartości ciśnienia na poziomie morza, stosując metodę minimalnych wariancji, znanej jako metoda Warda. Metoda ta opiera się na odległościach euklidesowych, której istotą jest łączenie dwóch skupień A i B, które po połączeniu w jedno skupienie zapewniają minimum sumy kwadratów odchyłań wszystkich obiektów od środka ciężkości nowo utworzonego skupienia (Ward, 1963; Bednorz, 2009). W tym celu wykorzystano standaryzowane wartości SLP. Standaryzacji dokonano, aby wyrównać sezonową zmienność przy jednoczesnym zachowaniu intensywności pola ciśnienia (Bednorz, 2009). Metody grupowania, m.in. metoda Warda, znajdują często zastosowanie w klimatologii, np. przy wydzieleniu sezonów i regionów klimatycznych oraz wyróżnianiu typów pogody (Bednorz, 2008; Suwała, 2013). Na podstawie powyższych danych wykreślono mapy ciśnienia na poziomie morza oraz wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa dla fal upałów, jak również mapy anomalii ciśnienia i wysokości powierzchni izobarycznej. Weryfikacji mas powietrza podczas dni tworzących fale upałów dokonano na podstawie map synoptycznych dostępnych w Codziennym Biuletynie Meteorologicznym IMGW.

## Wyniki

Średnia roczna temperatura powietrza w Poznaniu w latach 1981-2010 wynosiła  $8,9^\circ\text{C}$ , a średnia temperatura powietrza sezonu letniego (VI-VIII) –  $18,0^\circ\text{C}$ . Przeciętnie najcieplejszym miesiącem w roku był lipiec ( $19,0^\circ\text{C}$ ), a najchłodniejszym styczeń ( $-0,9^\circ\text{C}$ ) (tab. 1). Wyznaczony trend liniowy, istotny statystycznie, wskazuje na wzrost średniej rocznej temperatury powietrza oraz średniej temperatury powietrza w sezonie letnim w badanym wieloleciu (ryc. 1). W latach 1961-1990 średnia roczna temperatura powietrza wynosiła  $8,2^\circ\text{C}$ , a średnia temperatura powietrza sezonu letniego  $17,3^\circ\text{C}$ . W powyższym okresie – podobnie jak w latach 1981-2010 – najcieplejszym miesiącem w roku był lipiec ( $17,9^\circ\text{C}$ ), a najchłodniejszym styczeń ( $-2,1^\circ\text{C}$ ) (tab. 1).

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza w Poznaniu w latach 1961-1990 i 1981-2010  
Mean air temperatures in Poznań in the years 1961-1990 and 1981-2010

Okres <i>Period</i>	Miesiące / <i>Months</i>												Rok <i>Year</i>
	I <i>Jan</i>	II <i>Feb</i>	III <i>Mar</i>	IV <i>Apr</i>	V <i>May</i>	VI <i>June</i>	VII <i>July</i>	VIII <i>Aug</i>	IX <i>Sep</i>	X <i>Oct</i>	XI <i>Nov</i>	XII <i>Dec</i>	
1961-1990	-2,1	-0,8	3,0	7,7	13,2	16,5	17,9	17,5	13,5	9,0	3,9	-0,2	8,2
1981-2010	-0,9	0,0	3,6	8,8	14,1	16,7	19,0	18,3	13,8	9,0	3,7	0,2	8,9



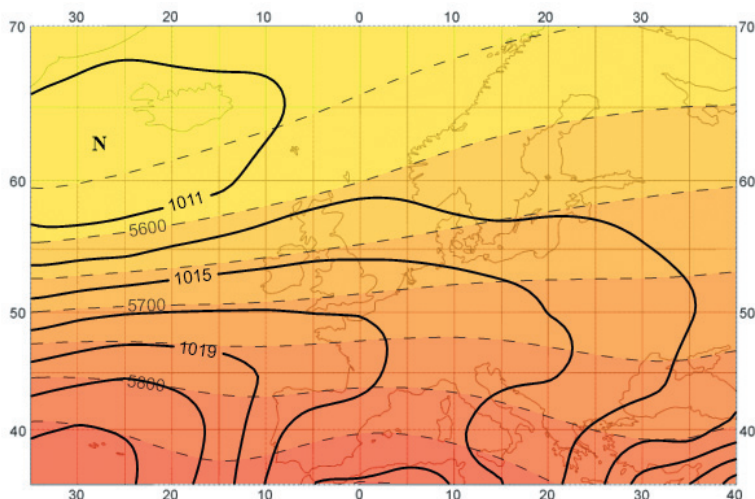
Ryc. 1. Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza oraz średniej temperatury powietrza w sezonie letnim (VI-VIII) w Poznaniu w latach 1981-2010

Course of mean annual air temperature and mean air temperature in the summer season (VI-VIII) in Poznań in the years 1981-2010

Średnie ciśnienie na poziomie morza w sektorze euroatlantyckim latem osiąga najwyższe wartości w rejonie Wysp Azorskich ( $>1023$  hPa) (ryc. 2). Spadek ciśnienia następuje w kierunku północnym, a centrum niżu zlokalizowane jest nad północnym Atlantykiem, na południowy zachód od Islandii ( $<1010$  hPa). Nad oceanem, pomiędzy wskazanymi centrami barycznymi występują duże gradienty baryczne, które znacząco zmniejszają się nad kontynentem. Latem uśredniona powierzchnia izobaryczna 500 hPa nachylona jest w kierunku północno-zachodnim. Maksimum wysokości notuje się nad Wyspami Azorskimi i Morzem Śródziemnym ( $>5850$  m), natomiast minimum nad północnym Atlantykiem ( $<5550$  m).

W latach 1981-2010 w Poznaniu stwierdzono 20 fal upałów, które łącznie trwały 93 dni. Dominowały fale 3-dniowe, które stanowiły 60% wszystkich fal upałów. Przeciętna długość fali upałów w analizowanym okresie wynosiła 5 dni, w dekadzie 1981-1990 – 3, 1991-2000 – 4 i 2001-2010 – 6 dni. Fale upałów występowały od czerwca do sierpnia, przy czym aż 55% wystąpiło w lipcu. Występowanie fal upałów w Poznaniu przeciętnie związane było z zaleganiem nad Europą klina wysokiego ciśnienia, w obrębie którego rozwijał się lokalny wyż z centrum nad obwodem kaliningradzkim ( $>1017$  hPa) (ryc. 3). Nad północną, środkową i południową Europą stwierdzono dodatnie anomalie SLP z centrum nad Morzem Bałtyckim, które sięgały powyżej 4,5 hPa. Anomalie powierzchni izobarycznej 500 hPa rozkładały się podobnie, lecz cały układ był przesunięty na południowy zachód. Nad Morzem Bałtyckim z 500 hPa zalegała wyżej niż prze-

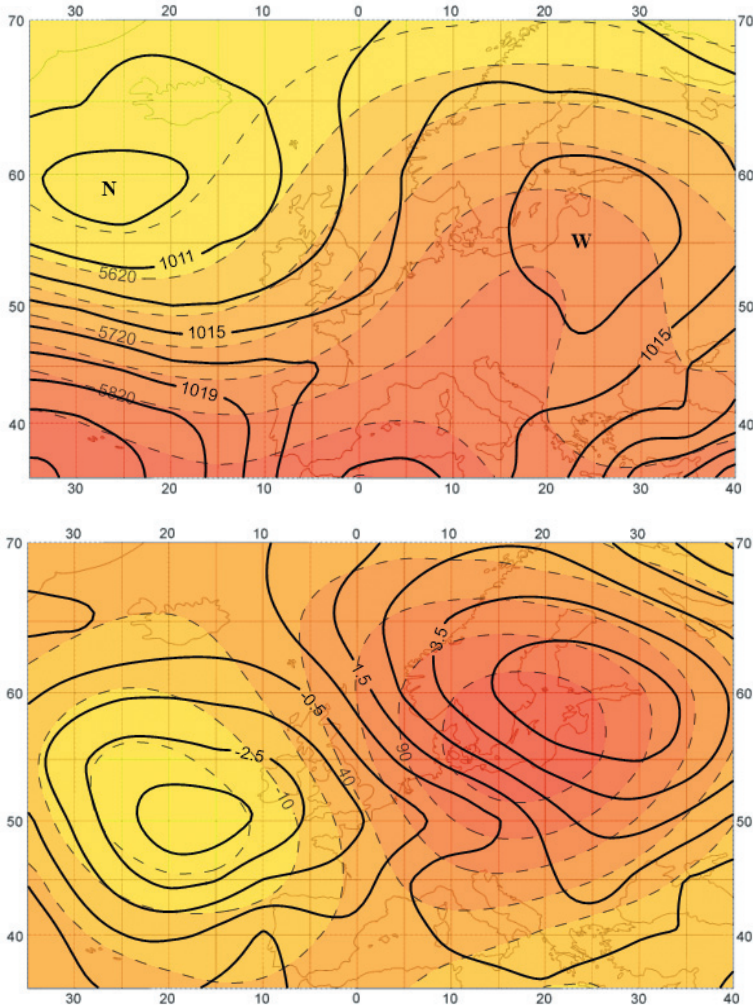
ciężnie w lecie ( $>115$  m). Opisany układ ciśnienia powodował napływ w dolnej troposferze ciepłych mas powietrza z południowego zachodu oraz kontynentalnych z sektora wschodniego. Na wyższych poziomach troposfery stwierdzono adwekcje zwrotnikowego powietrza z południowego zachodu.



Ryc. 2. Średnie dla miesięcy letnich (czerwiec-sierpień) ciśnienie na poziomie morza w hPa oraz wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa w m geopotencjalnych  
Means for summer-month (June-August) air pressure at sea level in hPa and height of 500 hPa isobaric area in geopotential m

Przy zastosowaniu metody grupowania hierarchicznego Warda wyróżniono dwa typy sytuacji synoptycznych warunkujących występowanie fal upałów w Poznaniu. W typie I odnotowano 14 fal upałów, które łącznie trwały 65 dni. 64% fal upałów sklasyfikowanych w niniejszym typie stanowiły fale 3-dniowe. Średnia temperatura maksymalna wynosiła  $32,9^{\circ}\text{C}$ , a minimalna  $17,0^{\circ}\text{C}$ . Najdłuższą falę odnotowano w 1994 r. (24.06-2.08), równie długie fale upałów miały miejsce w 2006 (5-13.07) oraz 2010 r. (9-17.07). Najwyższą średnią maksymalną temperaturę stwierdzono podczas fali upałów w 1992 r. (8-10.08), wynosiła ona  $36,0^{\circ}\text{C}$ , a minimalną w 2007 (15-17.07) –  $19,4^{\circ}\text{C}$ . Występowanie fal upałów w Poznaniu w typie I związane było przeciętnie z zaleganiem nad Europą klina wysokiego ciśnienia, w obrębie którego rozwijał się lokalny wyż z centrum nad wschodnią Europą (ryc. 4). Dodatkowo anomalie SLP występowały nad północną, środkową oraz południową Europą z centrum nad Zatoką Fińską ( $>4,5$  hPa). Jednocześnie niż Islandzki był głębszy niż przeciętnie w sezonie letnim, ujemne anomalie nad Atlantykiem wynosiły  $<-3,5$  hPa. Izohipsy powierzchni izobarycznej 500 hPa były wygięte nad kontynentem ku północy, tworząc podwyższenie

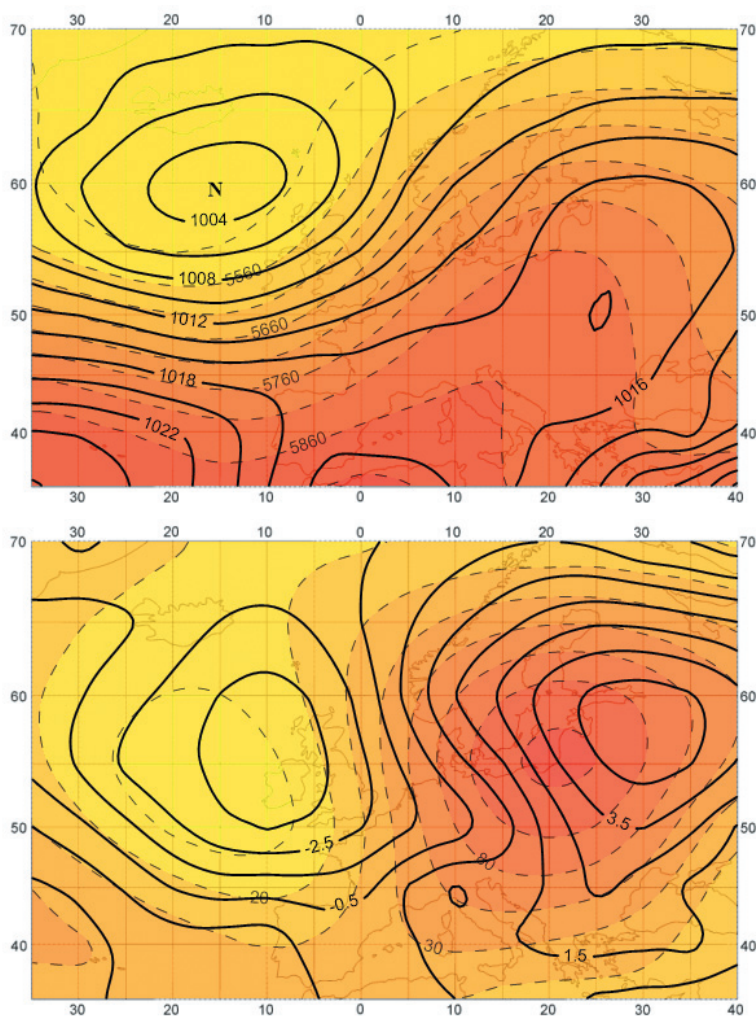
nad Europą Środkową. Centrum dodatnich anomalii z500 hPa stwierdzono nad obwodem kaliningradzkim (>130 m). Układ izobar i izohips z500 hPa wskazuje na adwekcję w dolnej troposferze ciepłych mas powietrza z sektora zachodniego lub południowego. Podczas występowania fal upałów w typie I nad obszarem Polski zalegały głównie masy powietrza polarnego morskiego (50,7%) oraz zwrotnikowego (40,1%) (ryc. 6).



Ryc. 3. Ciśnienie na poziomie morza i wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa dla wszystkich fal upałów odnotowanych w Poznaniu oraz mapa anomalii ciśnienia i wysokości powierzchni izobarycznej

Air pressure at sea level and height of 500 hPa isobaric area for all the heatwaves recorded in Poznań, and map of pressure anomalies and isobaric area height

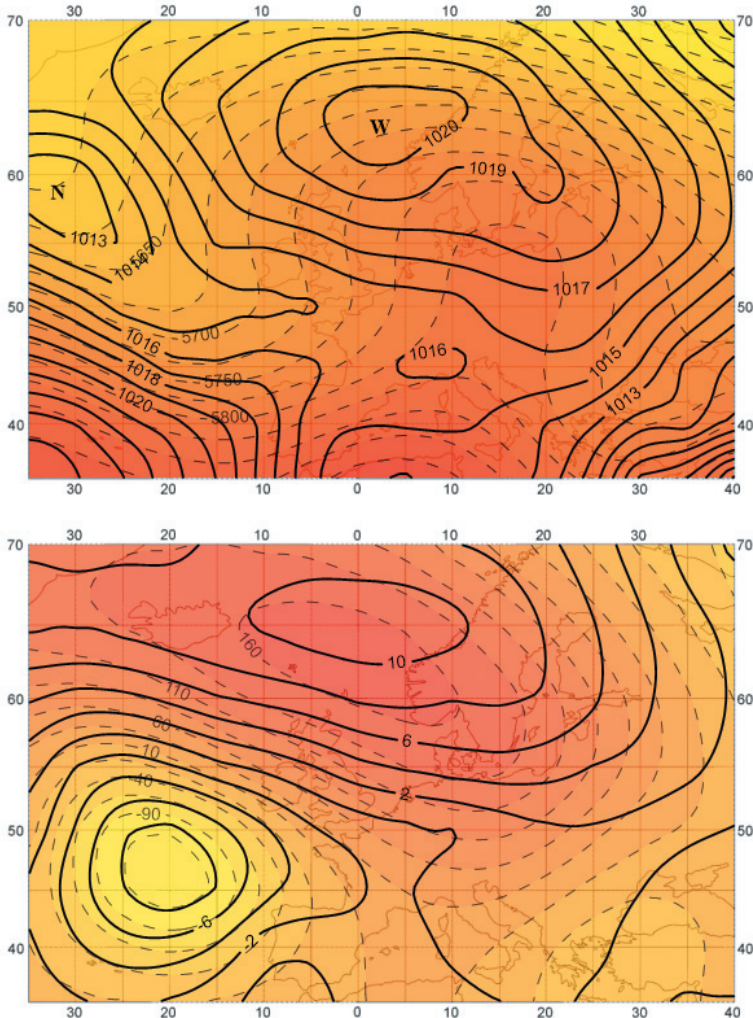
W typie II stwierdzono 6 fal upałów, które łącznie trwały 28 dni. Średnia temperatura maksymalna wynosiła  $31,5^{\circ}\text{C}$ , a minimalna  $16,3^{\circ}\text{C}$ . Z niniejszą sytuacją synoptyczną związana była najdłuższa fala upałów odnotowana w analizowanym wieloleciu, która trwała 11 dni (18-28.07.2006). Podczas owej fali upałów średnia maksymalna temperatura powietrza wynosiła  $32,5^{\circ}\text{C}$ , a minimalna  $16,6^{\circ}\text{C}$ . Najwyższą średnią maksymalną temperaturę stwierdzono pod-



Ryc. 4. Ciśnienie na poziomie morza i wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa dla I typu sytuacji synoptycznych powodujących występowanie fal upałów w Poznaniu oraz mapa anomalii ciśnienia i wysokości powierzchni izobarycznej

Air pressure at sea level and height of 500 hPa isobaric area for the type-I synoptic situation leading to the occurrence of heatwaves in Poznań, and map of anomalies in pressure and isobaric area height

czas najdłuższej fali upałów (18-28.07.2006), a minimalną w 1982 r. (4-6.06), która wynosiła 17,4°C. W analizowanych dniach Poznań znajdował się w zasięgu ośrodka wysokiego ciśnienia z centrum nad Morzem Norweskim (>1020 hPa) (ryc. 5). Analiza mapy anomalii SLP wskazuje na występowanie podwyższonego ciśnienia nad Europą Północną oraz Środkową (w centrum >10 hPa). Nad Atlantykiem izohipsy powierzchni izobarycznej 500 hPa wygięte były ku południowi,

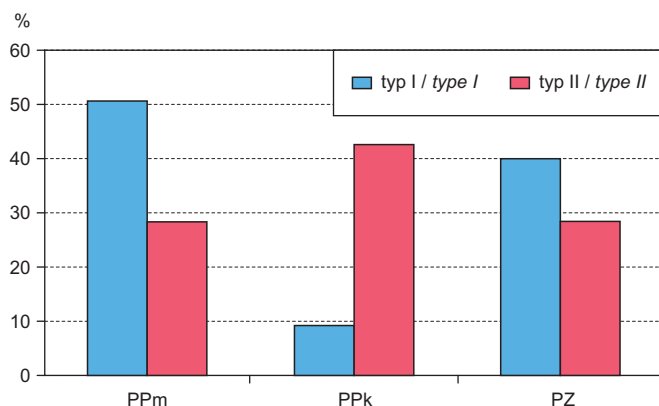


Ryc. 5. Ciśnienie na poziomie morza i wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa dla II typu sytuacji synoptycznych powodujących występowanie fal upałów w Poznaniu oraz mapa anomalii ciśnienia i wysokości powierzchni izobarycznej

Air pressure at sea level and height of 500 hPa isobaric area for the type-II synoptic situation leading to the occurrence of heatwaves in Poznań, and map of anomalies in pressure and isobaric area height



a nad kontynentem – ku północy, tworząc wyraźne podwyższenie nad środkową Europą. Dodatkowo anomalie z500 hPa przekraczały 160 metrów nad Morzem Norweskim. Układ izobar i izohips z500 hPa wskazuje na napływ w dolnej troposferze ciepłego, kontynentalnego powietrza znad Europy Wschodniej, natomiast na wyższym poziomie – zwrotnikowych mas powietrza z południowego zachodu. Napływ mas powietrza ze wschodu potwierdza udział mas powietrza polarnego kontynentalnego podczas dni tworzących fale upałów, które występowały przez 42,8% wszystkich dni sklasyfikowanych w typie II (ryc. 6).



Ryc. 6. Udział mas powietrza podczas fal upałów w typie I i II  
Percentages of different air masses during heatwaves of types I and II

## Podsumowanie i dyskusja

W analizowanym okresie wydzielono 20 fal upałów, które metodą grupowania Warda podzielono na dwa typy pod względem ciśnienia na poziomie morza. Fale upałów sklasyfikowane w typie I odznaczały się wyższą średnią maksymalną i minimalną temperaturą powietrza, a także częstością występowania. Fale upałów zarówno w typie I jak i II charakteryzowały się podobną średnią długością, która wynosiła 4,6 dni. Wydzielone typy różniły się położeniem ośrodków barycznych, które warunkowały napływ mas powietrza nad obszar badań. W typie I fale upałów związane były głównie z napływem mas powietrza polarnego morskiego oraz zwrotnikowego, natomiast w typie II – powietrza polarnego kontynentalnego. W okresie występowania fal upałów nad Europą Środkową notowano dodatnie anomalie SLP oraz z500 hPa, co wskazuje na obecność układów wysokiego ciśnienia. Wzrost częstości i nasilenie się fal upałów w Europie jest prawdopodobnie związane ze wzrostem trwałości układów cyrkulacji atmosferycznej, jednak powyższe zagadnienie wymaga dalszych, szczegółowych badań

(Kysely, 2007). Badania Z. Ustrnula i innych (2010) wykazały, że występowanie ekstremalnych temperatur powietrza w sezonie letnim w Polsce związane jest z sytuacją antycyklonalną i adwekcją mas powietrza głównie z południowego zachodu. Jak wykazała J. Wibig (2007), występowanie letnich fal ciepła w środkowej Polsce ma związek z dodatnimi anomaliami powierzchni izobarycznej 700 hPa i napływem mas powietrza z południowego wschodu, latem zwykle gorących i suchych. M. Owczarek (2012), analizując związek zmienności czasu trwania fal ciepła z regionalną cyrkulacją atmosferyczną w rejonie północnego Atlantyku i Europy wykazała, że centrum ośrodka o dodatnich anomaliiach znajduje się nad południowym Bałtykiem. W konsekwencji następuje spływ ciepłego powietrza ze wschodu i południowego wschodu, sprzyjający występowaniu okresów ocieplenia.

Silne ocieplenie obserwowane pod koniec XX wieku zostało wywołane znacznym osłabieniem cyrkulacji strefowej wschodniej podczas zimy, z jednoczesnym wzmocnieniem cyrkulacji zachodniej oraz wzrostem częstości występowania układów antycyklonalnych latem (Przybylak i inni, 2012). Pomimo że fale upałów są stosunkowo rzadkim zjawiskiem pogodowym, związane są ze wzrostem średniej temperatury powietrza i w kontekście globalnych zmian klimatu mogą stać się częstsze oraz dłuższe (Beniston, 2004; Stefanon i inni, 2012), co w istotny sposób może wpłynąć na działalność człowieka oraz środowisko naturalne.

## Piśmiennictwo / References

- Bednorz E., 2008, *Synoptic conditions of snow occurrence in Budapest*, Meteorologische Zeitschrift, 17, 1, s. 39-45.
- Bednorz E., 2009, *Wpływ sytuacji barycznych na występowanie pokrywy śnieżnej na obszarach nizinnych środkowej Europy*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Beniston M., 2004, *The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations*, Geophysical Research Letters, 31, s. 2022-2026.
- Błażejczyk K., 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 192.
- Glossary of Meteorology*, 2000, red. T.D. Glickmann, American Meteorological Society, Boston.
- Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler Ch., Braun-Fahrlander Ch., 2005, *Heat wave 2003 and mortality in Switzerland*, Swiss Medical Weekly, 135, s. 2000-2005.
- Gruza G.V., Ran'kova E.YA., 2011, *Estimation of probable contribution of global warming to the genesis of abnormally hot summers in the European part of Russia*, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 47, s. 661-664.
- IPCC, 2007, *Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Johnson H., Kovats R.S., McGregor G., Stedman J., Gibbs M., Walton H., 2005, *The impact of the 2003 heat wave on daily mortality in England and Wales and the use of Rapid Weekly Mortality Estimates*, Eurosurveillance, 10, 7-9, s. 168-171.

- Kalnay E., Kanamitsu M., Kistler R., Collins W., Deaven D., Gandin L., Iredell M., Saha S., White G., Woollen J., Zhu Y., Leetmaa A., Reynolds R., Chelliah M., Ebisuzaki W., Higgins W., Janowiak J., Mo K.C., Ropelewski C., Wang J., Jenne R., Joseph D., 1996, *The NMC/NCAR 40-Year Reanalysis Project*, Bulletin of the American Meteorological Society, 77, s. 437-471.
- Kossowska-Cezak U., 2010, *Fale upałów i okresy upalne – metody ich wyróżniania i wyniki zastosowania*, Prace Geograficzne, IGiGP UJ, 123, s. 143-149.
- Kossowska-Cezak U., Skrzypczuk J., 2011, *Pogoda upalna w Warszawie (1947-2010)*, Prace i Studia Geograficzne, WGiSR UW, 47, s. 139-146.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie IGiPZ PAN, 4, Warszawa.
- Krzyżewska A., Wereski S., 2011, *Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000-2010)*, Przegląd Geofizyczny, 56, 1-2, s. 99-109.
- Kuchcik M., 2001, *Mortality in Warsaw: is there any connection with weather and air pollution?*, Geographia Polonica, 74, 1, s. 29-45.
- Kuchcik M., 2006, *Fale upałów w Polsce w latach 1993-2002*, Przegląd Geograficzny, 78, 3, s. 397-412.
- Kuchcik M., Degórski M., 2009, *Heat- and cold-related mortality in the north-east of Poland as an example of the socio-economic effects of extreme hydrometeorological events in the Polish Lowland*, Geographia Polonica, 82, 1, s. 69-78.
- Kysely J., 2004, *Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic*, International Journal of Biometeorology, 49, s. 91-97.
- Kysely J., 2007, *Implications of enhanced persistence of atmospheric circulation for severity of temperature extremes*, International Journal of Climatology, 27, s. 689-695.
- Owczarek M., 2012, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na występowanie termicznych fal ciepła i chłodu w Polsce 1966-2008 (Rezultat Projektu KLIMAT)*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu klimatu*, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 219-234.
- Poumadere M., Mays C., Le Mer S., Blong R., 2005, *The 2003 heat waves in France*, Dangerous Climate Change Here and Now, 25, 6, s. 1483-1494.
- Przybylak R., Maszewski R., Pospieszńska A., 2012, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na ekstremalne wartości temperatury powietrza w Regionie Bydgosko-Toruńskim w latach 1881-2005*, [w:] Z. Bielec-Bąkowska, E. Łupikasza, A. Widawski (red.), *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu klimatu*, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, s. 247-261.
- Słownik meteorologiczny*, 2003, red. T. Niedźwiedź, PTGeof/IMGW, Warszawa.
- Stefanon M., D'Andrea F., Drobinski P., 2012, *Heatwaves classification over Europe and the Mediterranean region*, Environmental Research Letter, 7, s. 1-9.
- Suwała K., 2013, *The influence of atmospheric circulation on the occurrence of hail in the North German Lowlands*, Theoretical and Applied Climatology, 112, 3-4, s. 363-373.
- Twardosz R., 2009, *Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku*, Przegląd Geofizyczny, 54, 3-4, s. 192-204.
- Ustrnul Z., Czekerda D., Wypych A., 2010, *Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications*, Physics and Chemistry of the Earth, 35, s. 429-436.
- Ward J.H., 1963, *Hierarchical grouping to optimize an objective function*, Journal of the American Statistical Association, 58, s. 236-244.
- Wibig J., 2007, *Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi*, Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica, 8, s. 27-61.

- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009, *Heatwaves in Poland – frequency, trends and relationships with atmospheric circulation*, Geographia Polonica, 81, 1, s. 33-46.
- Vandentorren S., Suzan R., Medina S., Pascal M., Maulpoix A., Cohen J.C., Ledrans M., 2004, *Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave*, American Journal of Public Health, 94, 9, s. 1518-1520.

[Wpłynęło: październik; poprawiono: grudzień 2013 r.]

ARKADIUSZ MAREK TOMCZYK

CIRCULATION-RELATED CONDITIONING OF THE OCCURRENCE  
OF HEATWAVES IN POZNAŃ

This study has sought to analyse the synoptic situations leading to the occurrence of heatwaves in Poznań in the years 1981-2010 (where a heatwave is considered to comprise at least 3 consecutive days with maximum temperature  $>30^{\circ}\text{C}$ ) (Kossowska-Cezak, 2010).

Input material for the analysis referred to comprised data from public databases of the NOAA ([lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html](http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/climatedata.html)) relating to maximum, minimum and mean daily air temperatures. Baric conditions favouring the occurrence of heatwaves were in turn determined by reference to values for atmospheric pressure at sea level (SLP) and the height of the 500 hPa isobaric area (z500 hPa).

Mean annual air temperature in Poznań in the years 1981-2010 was  $8.9^{\circ}\text{C}$ , while the mean air temperature in the summer season (VI-VIII) was  $18.0^{\circ}\text{C}$ . The linear trend obtained, and found to be statistically significant, indicates increased mean annual air temperature and mean air temperature in the summer season through the analysed period, which was found to feature 20 heatwaves together lasting 93 days. The occurrence of heatwaves was connected with Europe being covered by a wedge extending out from the Azorean area of high pressure, the result being a stream of tropical air masses. An alternative scenario involved an area of high pressure over Northern Europe, conditioning advection of continental air from Eastern Europe.