Prace i Studia Geograficzne
2015, T.57 ss.75-87

Patryk Korzeniecki
Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych,
e-mail: pkorzeniecki@uw.edu.pl

FALE UPAŁÓW W POLSCE NA TLE REGIONÓW BIOKLIMATYCZNYCH (2002–2012)

Heat waves in Poland against bioclimatic regions background (2002–2012)

Słowa kluczowe: fale upałów, zagrożenie upałami, częstość, natężenie
Key words: heat waves, heat waves hazard, frequency, intensity

WPROWADZENIE

Fale upałów są przykładem ekstremalnych warunków pogodowych, które coraz częściej występują na naszej planecie (IPCC 2007). W związku z falami upałów notowana jest największa liczba przypadków śmiertelnych w porównaniu do innych ekstremów pogodowych (Kuchcik 2006). Fale upałów występują w różnych częściach świata, jednak dotąd nie wypracowano jednej powszechnej definicji. W związku z tym porównywalność wyników badań z tego zakresu jest ograniczona (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004).

Od początku XX wieku notowano na świecie okresy gorącej pogody, które przybierały charakter ekstremalny. Na przykład na przełomie 1923 i 1924 roku w Australii Zachodniej, w miejscowości Marble Bar, zanotowano światowy rekord najdłuższego okresu z temperaturą powietrza >100°F (ok. 37,8°C). Wówczas aż przez 160 dni utrzymywała się gorąca pogoda (*Marble Bar*..., Australian Government). Sześćdziesiąt lat później podobne zdarzenie miało miejsce w Stanach Zjednoczonych, gdzie latem 1983 roku aż 10 stanów zostało dotkniętych falą upałów z temperaturą powietrza >100°F, która trwała ponad dwa tygodnie i spowodowała śmierć setek osób (*St. Louis bears*..., The New York Times).

Podobne zdarzenia miały również miejsce w Europie. Fale upałów, które wystąpiły w 2003 roku w Europie Zachodniej oraz w 2010 roku na obszarze Rosji, są uznawane za „mega fale upałów" (Barriopedro i in. 2011). Określenie to jest trafne, ponieważ podczas wspomnianych fal upałów zmarły dziesiątki tysięcy ludzi. Podczas fali upałów w 2003 roku zmarło, według szacunków, 70 000 osób,

natomiast podczas fali upałów w 2010 – ok. 55 000 osób (Robine i in. 2008, Barriopedro i in. 2011, WHO 2011).

WYDZIELANIE FAL UPAŁÓW

Fale upałów nie są jednoznacznie definiowane. Słowniki meteorologiczne i klimatologiczne zawierają ogólne definicje (zob. *Słownik meteorologiczny* 2003, *International Meteorological Vocabulary* 1992). Wyjątek stanowi amerykański słownik meteorologiczny (*Glossary of Meteorology* 2000), który definiuje fale upałów jako okres przynajmniej trzech dni z maksymalną temperaturą powietrza ≥90°F (ok. 32,2°C).

Badacze zajmujący się falami upałów stosują różne podejścia. A. Krzyżewska (2014) wyróżnia osiem grup podejść metodycznych stosowanych do badania fal upałów. Są to: metody oparte na progach arbitralnych, metody oparte na progach względnych, »metoda trzech warunków«, metody oparte na wskaźnikach bioklimatycznych, metody oparte na śmiertelności, podejście synoptyczne, podejście statystyczne oraz podejście metodyczne, w którym fale upałów nie są definiowane *explicite*, lecz poprzez ich przebieg lub skutki.

Przykładem metody opartej na progu arbitralnym jest metoda odcięcia skrajnych wartości. W pracy A. Krzyżewskiej i S. Wereskiego (2011) przyjęto za falę upałów okres przynajmniej trzech kolejnych dni z maksymalną temperaturą powietrza >30°C. Badacze zastosowali metodę do badania całego kraju. Podobną metodę zastosowali Wibig J. i in (2009), którzy przyjęli dwa progi (>25°C, >30°C) do wyznaczenia fal upałów. Analogiczna metoda z jedną lub trzema wartościami progowymi znajduje zastosowanie również do badania jednego miasta (zob. Wibig 2007, Kossowska-Cezak 2010, Tomczyk 2014). Zbliżone podejście stosują również badacze zagraniczni (zob. Tan i in. 2007).

Kolejna grupa metod oparta jest na progach względnych. Zgodnie z zaleceniami IPCC (2007) wartości 10. i 90. percentyla są stosowane do określania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Na przykład w pracy J. Abaurrea i in. (2007) za falę upałów przyjęto okres kolejnych dni o zadanej długości z temperaturą maksymalną >95. percentyla wartości miesięcy letnich z lat 1971–2000. Zbliżone podejście przyjęto w pracy Rey G. i in. (2007). Badacze przyjęli za falę upałów okres przynajmniej dwóch kolejnych dni, w których jednocześnie temperatura maksymalna i minimalna, uśrednione dla całego obszaru badania, były powyżej 95. percentyla. Kolejne podejście oparte jest na wskaźnikach bioklimatycznych. Przykładem jest praca M. Kuchcik (2006), w której definicja fali upału oparta jest na wskaźniku biometeorologicznym – temperaturze pozornej (AT, *apparent temperature*). Wskaźnik ten jest zależny od temperatury powietrza i temperatury punktu rosy. M. Kuchcik definiuje falę upałów jako przynajmniej 6-dniowy okres z AT >95. percentyla, rozpoczynający się wzrostem AT o przynajmniej 2°C w porównaniu do poprzedniego dnia. Dopuszczalne są jednodniowe przerwy w trakcie fali upału,

kiedy wartość AT >90. percentyla. Badacze stosują również inne wskaźniki bioklimatyczne. Na przykład J. Kyselý (2008) przyjmuje za falę upałów okres przynajmniej trzech dni z wartością *Heat Index* ≥95. percentyla.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY ANALIZY

W pracy wykorzystano dane meteorologiczne z 16 stacji w Polsce z okresu 2002–2012 (tabela 1.). Dane meteorologiczne pochodziły z ogólnodostępnych baz danych NOAA. Wybrane stacje reprezentują 6 regionów bioklimatycznych według regionalizacji K. Błażejczyka (2004). W pracy wykorzystano dane codzienne obejmujące wartości dobowe, tj. średnią dobową temperaturę powietrza, temperaturę minimalną i maksymalną oraz charakterystyki wilgotnościowe.

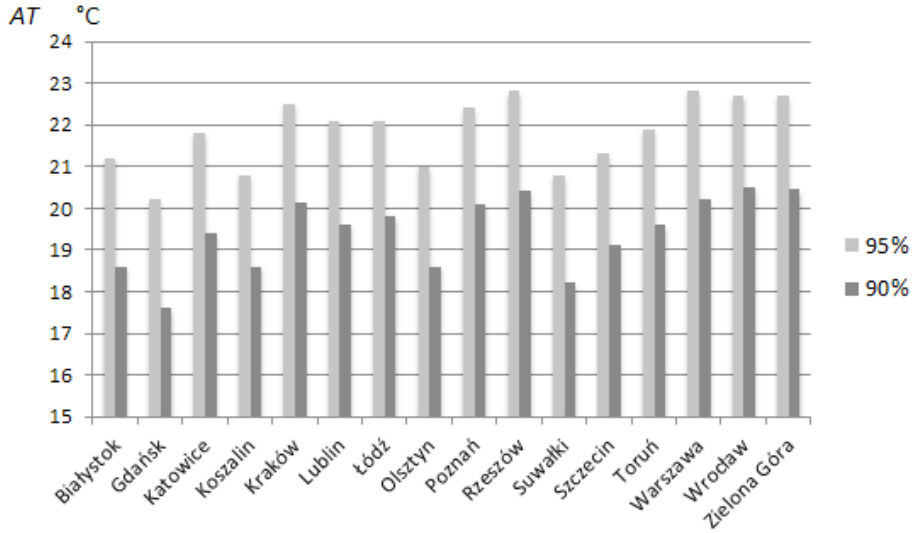
Tabela 1. Położenie wybranych stacji w regionach bioklimatycznych Polski według K. Błażejczyka (2004)
Table 1. Location of selected stations against bioclimatic regions background (Błażejczyk 2004)

Region bioklimatyczny	**Stacje synoptyczne**
I – nadmorski	Gdańsk, Koszalin
I – nadmorski	Olsztyn, Szczecin
II – pojezierny	Białystok, Suwałki
II – pojezierny	Katowice, Łódź, Poznań, Toruń, Warszawa, Wrocław, Zielona Góra
III – północno-wschodni	Lublin
III – północno-wschodni	Kraków, Rzeszów

Do wyznaczenia fali upałów wykorzystano definicję opartą na wskaźniku bioklimatycznym (AT), ponieważ pozwala ona określić fale upałów w czasie wiosny oraz na obszarach nadmorskich, gdzie temperatura powietrza nie osiąga takich wartości jak na obszarach nizinnych czy wyżynnych. Wybrana metoda uwzględnia również kompleksowy wpływ fal upałów na ludzki organizm.

W pracy została przyjęta zmodyfikowana definicja M. Kuchcik (2006), według której za falę upałów uznaje się przynajmniej 6-dniowy okres z AT >95. percentyla wartości, rozpoczynający się wzrostem AT o przynajmniej 1,5°C w porównaniu do poprzedniego dnia. Okres ten może zawierać jednodniowe przerwy z AT >90. percentyla wartości. Wartości AT obliczono na podstawie uproszczonego wzoru (zob. Kalkstein i Valimont 1986). Wzór ten uwzględnia wartości temperatury powietrza (t) i temperatury punktu rosy (t_d):

$$AT = -2{,}653 + 0{,}994t + 0{,}0153(t_d^2)$$



Ryc. 1. Wartości 90. i 95. percentyla średniej dobowej temperatury pozornej na wybranych stacjach w latach 2002–2012
Fig. 1. 90 and 95 percentiles values of daily average apparent temperature in selected stations in 2002–2012

Wartości 90. i 95. percentyla średniej dobowej AT, wyznaczające kryterium fali upałów, przedstawiono na rycinie 1. Na poszczególnych stacjach próg 95. percentyla wartości AT jest różny i waha się od 20,2°C na stacji w Gdańsku do 22,8°C na stacji w Warszawie i Rzeszowie, najczęściej przyjmując wartość 21–22°C. Wartości te są średnio o 8–9°C mniejsze od progu wyznaczanego przez wartość maksymalnej temperatury powietrza równej 30°C. Najwyższe progi 90. percentyla wartości AT odnotowano na stacji we Wrocławiu (20,5°C) oraz Rzeszowie i Zielonej Górze (20,4°C). Najniższe zaś wartości obu progów 90. i 95. percentyla zanotowano na stacji w Gdańsku.

FALE UPAŁÓW W POLSCE

Fale upałów w Polsce występują w trzech miesiącach: w czerwcu, lipcu i sierpniu (tab. 2). Fale upałów rozpoczynające się w czerwcu stanowią 14,7% wszystkich fal upałów. Najwięcej fal upałów w czerwcu było na stacji w Katowicach (3). Najmniej fal upałów było na stacji Poznań (6), natomiast najwięcej na stacjach w Gdańsku, Łodzi, Rzeszowie i Warszawie (po 10). Dane dotyczące fal upałów obejmują daty wystąpienia, czas trwania oraz charakterystykę meteorologiczną wszystkich fal upałów, jakie wystąpiły na 16 stacjach w Polsce, w latach 2002–2012 (tab. 2). Pierwsza fala upałów wystąpiła 18 czerwca 2002, natomiast ostatnia 26 sierpnia 2012.

Średnia długość fal upałów na badanych stacjach wynosiła 9 dni i wahała się od 8 na stacji w Toruniu do 10 na stacji w Poznaniu. Najdłuższe fale upałów wystąpiły

Tabela 2. Daty wystąpienia i czas trwania oraz charakterystyka meteorologiczna fal upałów w latach 2002–2012
Table 2. Date of occurance and lenght of heat waves, and meteo data during heat waves in 2002–2012

Stacja	Fale upałów		Wartości średnie w falach upałów			
	początek	liczba dni	t_{max} [°C]	t_{min} [°C]	$t_{śr}$ [°C]	AT [°C]
Białystok	2002-07-10	11	28,7	16,6	22,8	24,2
	2002-07-29	7	30,7	17,2	24,2	25,3
	2003-07-16	17	29,0	15,3	22,2	23,4
	2006-07-07	7	32,6	14,2	23,9	24,0
	2006-07-21	6	29,5	15,2	22,4	23,0
	2009-06-27	7	27,1	16,3	21,0	22,9
	2010-07-10	15	29,4	17,5	23,3	25,6
	2012-07-01	9	29,1	17,0	23,1	25,4
Gdańsk	2002-07-29	7	26,7	16,0	22,0	23,4
	2002-08-11	6	24,3	16,5	20,3	21,5
	2003-07-21	8	26,1	15,3	21,0	22,2
	2004-08-03	10	25,6	13,9	20,3	21,0
	2005-07-09	7	27,4	13,6	21,5	21,2
	2006-07-05	9	28,3	14,8	22,2	23,4
	2006-07-18	9	27,8	15,4	21,9	22,3
	2009-06-29	6	24,7	15,3	20,1	21,5
	2010-07-09	10	29,6	16,7	23,8	25,2
	2010-08-11	6	28,0	16,8	22,4	24,4
Katowice	2002-06-18	6	29,5	13,9	22,6	23,2
	2003-07-21	8	28,2	15,0	21,8	22,6
	2006-07-19	14	31,1	14,4	23,1	23,3
	2007-07-15	8	31,6	17,0	24,4	25,7
	2009-06-28	7	27,3	15,0	21,0	22,5
	2010-07-10	9	31,8	15,0	23,9	25,0
	2011-08-22	6	30,8	16,0	23,7	25,6
	2012-06-30	9	31,0	16,7	23,7	25,7
Koszalin	2002-07-28	10	27,1	17,2	22,4	24,3
	2002-08-09	12	25,2	16,4	20,9	22,2
	2003-07-21	8	26,7	15,9	21,1	22,7
	2006-07-05	7	28,5	16,0	22,5	23,4
	2006-07-18	15	27,2	16,1	21,8	22,7
	2007-08-07	6	25,4	16,5	20,8	22,7
	2010-07-09	9	31,6	18,8	25,1	26,4
	2010-08-11	6	27,1	16,9	21,3	23,3
Kraków	2002-07-29	9	27,7	17,3	21,9	23,5
	2003-07-21	8	29,1	16,8	22,5	24,2
	2004-07-18	7	28,7	16,5	22,5	24,0
	2005-07-26	6	31,2	19,1	24,6	26,8
	2006-07-20	8	32,6	15,6	24,2	24,7
	2007-07-15	8	32,4	16,4	24,8	26,6
	2010-07-11	8	31,9	16,9	24,7	26,4
	2011-08-22	6	30,3	16,2	23,2	25,8
	2012-06-30	11	30,5	17,1	23,9	25,9

Lublin	2002-07-13	7	28,2	17,4	22,3	25,0
	2002-07-28	8	28,5	17,3	22,7	24,7
	2005-07-27	6	29,4	17,1	23,5	24,7
	2006-07-21	7	30,7	16,6	23,9	23,6
	2007-07-15	8	30,5	17,1	23,7	25,1
	2010-07-10	15	29,5	17,8	23,5	25,7
	2012-06-30	10	30,7	17,9	24,4	26,4
Łódź	2002-07-13	6	28,0	18,3	22,5	24,9
	2002-07-28	9	28,4	17,7	22,8	24,5
	2003-07-21	8	30,1	16,2	22,9	23,6
	2004-07-18	6	28,7	16,6	22,9	23,4
	2006-07-06	8	32,2	17,2	24,9	24,9
	2006-07-20	8	31,6	16,8	25,0	24,6
	2007-07-15	8	30,6	17,1	23,4	24,6
	2009-06-28	6	27,3	16,8	21,8	23,8
	2010-07-10	9	31,4	18,3	25,1	26,4
	2012-06-30	10	30,0	18,2	24,0	26,1
Olsztyn	2002-07-14	6	28,4	16,6	23,1	23,9
	2002-07-29	7	30,5	16,8	24,1	25,3
	2003-07-21	14	28,4	16,0	22,0	23,4
	2006-07-05	9	30,3	16,4	23,5	24,4
	2006-07-20	7	29,0	15,9	22,3	22,9
	2007-08-07	7	25,3	16,6	20,9	22,8
	2010-07-10	9	30,8	18,1	24,3	26,1
	2010-08-11	6	29,7	17,5	23,6	25,5
	2012-06-30	10	27,7	16,7	21,4	23,5
Poznań	2002-07-28	8	30,5	17,1	23,7	25,0
	2003-07-16	12	29,0	16,2	22,7	23,9
	2006-07-05	9	32,6	18,5	25,9	26,6
	2006-07-18	15	31,5	16,7	24,9	25,0
	2007-07-14	8	30,4	17,5	24,2	25,3
	2010-07-09	9	32,8	18,8	26,7	27,5
Rzeszów	2002-07-09	10	29,6	16,8	22,9	24,8
	2002-07-28	8	28,3	16,5	21,9	23,6
	2004-07-18	7	30,2	15,8	22,7	24,3
	2005-07-26	9	29,6	17,8	23,7	26,0
	2006-07-19	9	31,8	15,2	23,8	24,3
	2007-07-15	10	32,3	17,4	25,0	26,8
	2009-06-26	7	28,2	15,7	22,0	23,9
	2010-07-11	14	30,2	17,0	23,4	26,2
	2012-06-30	11	31,8	17,6	24,7	26,8
	2012-08-20	6	29,4	15,9	22,5	24,1
Suwałki	2002-07-14	8	28,0	16,9	22,4	23,1
	2002-07-29	7	30,5	17,4	23,6	24,7
	2003-07-15	18	28,0	15,7	22,0	23,1
	2006-07-07	7	31,3	16,6	24,3	25,0
	2007-08-09	8	26,2	16,8	21,0	22,7
	2010-07-10	9	29,5	16,9	23,4	25,9
	2010-08-11	7	29,7	16,4	23,1	25,1
	2012-07-04	6	28,9	17,6	23,0	25,4
	2012-07-25	6	29,0	15,4	22,7	24,2

Szczecin	2002-07-28	8	29,1	16,9	22,8	24,4
	2003-07-20	8	27,9	15,2	21,5	22,8
	2004-08-04	9	29,5	14,3	22,7	23,1
	2006-07-05	9	29,9	14,7	22,9	23,2
	2006-07-19	13	30,1	14,6	23,2	23,6
	2007-08-07	6	26,1	17,4	21,2	23,5
	2009-06-30	6	27,4	14,5	20,8	22,4
	2010-07-09	9	32,7	17,0	25,3	26,5
Toruń	2002-07-29	8	29,2	18,2	23,7	25,5
	2002-08-11	7	27,0	17,2	21,3	23,0
	2005-07-09	7	29,5	15,6	23,7	22,6
	2006-07-06	8	32,5	18,2	25,5	26,0
	2006-07-19	8	31,3	17,1	24,3	24,4
	2007-07-15	7	30,3	16,7	23,9	24,6
	2007-08-07	6	26,6	16,9	21,9	23,6
	2010-07-10	8	33,5	18,3	26,2	27,2
	2012-06-30	9	28,2	17,9	22,3	24,6
Warszawa	2002-07-13	6	28,8	18,6	23,4	25,7
	2002-07-28	8	30,2	17,9	24,0	25,5
	2003-07-16	20	28,8	17,0	22,6	24,5
	2006-07-06	8	33,3	17,3	26,0	25,9
	2006-07-21	7	31,4	18,4	25,2	25,2
	2007-07-15	7	31,4	17,0	24,2	25,8
	2009-06-28	6	28,5	17,9	22,9	24,6
	2010-07-10	15	30,9	19,0	24,9	26,8
	2010-08-11	6	30,1	17,9	23,9	26,2
	2012-06-30	12	30,3	18,0	24,0	25,7
Wrocław	2002-06-18	6	30,5	16,4	23,5	24,7
	2003-07-21	7	29,1	15,4	22,4	23,4
	2006-07-07	7	30,5	17,4	24,3	25,5
	2006-07-19	14	31,7	16,9	24,7	24,4
	2007-07-14	8	30,9	16,5	24,0	25,5
	2010-07-10	8	33,0	17,8	26,0	27,9
	2011-08-22	6	28,9	15,1	22,3	24,0
	2012-06-29	11	29,3	16,7	23,4	25,7
Zielona Góra	2002-08-26	6	27,2	17,1	22,7	23,5
	2006-07-05	9	31,1	19,4	25,3	25,3
	2006-07-18	14	31,2	20,1	25,7	25,1
	2008-07-25	8	31,5	16,1	25,3	24,8
	2009-06-30	6	28,2	16,2	22,3	24,1
	2010-06-29	7	30,6	12,7	24,6	23,9
	2010-07-09	9	33,1	17,6	27,5	28,0

Legenda: t_{max} – maksymalna temperatura powietrza, t_{min} – minimalna temperatura powietrza, $t_{śr}$ – średnia dobowa temperatura powietrza, AT – temperatura pozorna.
Legend: t_{max} – maximum air temperature, t_{min} – minimum air temperature, $t_{śr}$ – average daily air temperature, AT – apparent temperature.

w lipcu 2003 roku na stacji w Warszawie (20 dni), Suwałkach (18), Białymstoku (17), Olsztynie (14). Minimalna, średnia i maksymalna długość fal upałów na stacjach została przedstawiona w tabeli 3.

Tabela 3. Minimalna, średnia i maksymalna długość fal upałów w latach 2002–2012, w regionach bioklimatycznych (Błażejczyk 2004)
Table 3. Minimum, average and maximum length of heat waves in 2002–2012, against bioclimatic regions background (Błażejczyk 2004)

Stacja	Region bioklimatyczny	Długość fali upałów [dni]		
		minimalna	średnia	maksymalna
Gdańsk	I – nadmorski	6	8	10
Koszalin	I – nadmorski	6	9	15
Olsztyn	II – pojezierny	6	8	14
Szczecin	II – pojezierny	66	9	13
Białystok	III – północno-wschodni	6	10	17
Suwałki	III – północno-wschodni	6	8	18
Katowice	IV – centralny	6	8	14
Łódź	IV – centralny	8	8	10
Poznań	IV – centralny	6	10	15
Toruń	IV – centralny	6	8	9
Warszawa	IV – centralny	6	10	20
Wrocław	IV – centralny	6	8	14
Zielona Góra	IV – centralny	6	8	14
Lublin	V – południowo-wschodni	6	9	15
Kraków	VI – świętokrzysko-małopolski	6	8	11
Rzeszów	VI – świętokrzysko-małopolski	6	9	14

Charakterystyki fal upałów

Na potrzeby kartograficznej wizualizacji prawdopodobieństwa wystąpienia fal upałów obliczono dwie charakterystyki fal upałów.
Pierwsza charakterystyka to średnia wieloletnia liczba fal upałów. Charakterystykę obliczono wg wzoru:

$$P_x = \frac{R_x}{S}$$

gdzie P_x – średnia wieloletnia liczba fal upałów na stacji x, R_x – liczba wystąpień fal upałów na stacji x, S – długość badanego okresu w latach.

Druga charakterystyka to średnia ważona maksymalna temperatura powietrza w czasie fal upałów, która przyjmuje postać wg wzoru:

$$K_x = \frac{\sum_{f=1}^{n} L_{xf} M_{xf}}{\sum_{f=1}^{n} L_{xf}}$$

gdzie K_x – średnia ważona maksymalna temperatura powietrza w czasie fal upałów na stacji x [°C], L_{xf} – długość fali upałów f na stacji x [liczba dni], M_{xf} – średnia wartość maksymalnej temperatury powietrza w czasie fali upałów f na stacji x [°C].

Charakterystyki fal upałów zostały przedstawione w tabeli 4. Najrzadziej fale upałów występowały na stacjach w Poznaniu (P=0,55) i Suwałkach (0,64). Najczęściej fale upałów występują na stacjach w Koszalinie (0,91), Katowicach (0,91), Toruniu (0,91) i Lublinie (0,91). Najniższe wartości średniej ważonej maksymalnej temperatury powietrza wystąpiły na stacjach w Koszalinie (K=27,0°C) i Szczecinie (27,3°C), natomiast najwyższe – na stacjach w Poznaniu (31,1°C), Rzeszowie (30,7°C) i Krakowie (30,6°C). W przypadku obu stacji w I regionie bioklimatycznym (stacja Gdańsk i Koszalin) wartości charakterystyki K były poniżej 30°C. Natomiast w V i VI regionie bioklimatycznym na wszystkich stacjach wartości K były powyżej 30°C. Pozostałe regiony bioklimatyczne (II, II, IV) charakteryzowały się większym rozstępem wartości charakterystyki K. W rezultacie stacja w Poznaniu charakteryzowała się najrzadziej występującymi falami upałów (P=0,55), jednak ich natężenie było największe (K>31°C). Przeciwieństwem była stacja w Koszalinie, gdzie najczęściej występowały fale upałów (P=0,91), lecz ich natężenie było najmniejsze (K=27,0°C).

Tabela 4. Średnia wieloletnia liczba fal upałów (P_x) oraz średnia ważona maksymalnej temperatury powietrza w czasie fal upałów (K_x), w latach 2002–2012, w regionach bioklimatycznych (Błażejczyk 2004)

Table 4. Long-term average number of heat waves (P_x) and weighted arithmetic mean of maximum air temperature during heat waves (K_x) in 2002–2012, against bioclimatic regions background (Błażejczyk 2004)

Stacja	Region bioklimatyczny	*P*	*K* [°C]
Gdańsk	I – nadmorski	0,73	29,4
Koszalin	I – nadmorski	0,91	27,0
Olsztyn	II – pojezierny	0,73	30,3
Szczecin	II – pojezierny	0,73	27,3
Białystok	III – północno-wschodni	0,82	30,5
Suwałki	III – północno-wschodni	0,64	29,7
Katowice	IV – centralny	0,91	30,0
Łódź	IV – centralny	0,82	28,9

Poznań	IV – centralny	0,55	31,1
Toruń	IV – centralny	0,91	30,3
Warszawa	IV – centralny	0,82	28,8
Wrocław	IV – centralny	0,73	29,4
Zielona Góra	IV – centralny	0,82	29,9
Lublin	V – południowo-wschodni	0,91	30,3
Kraków	VI – świętokrzysko-małopolski	0,73	30,6
Rzeszów	VI – świętokrzysko-małopolski	0,64	30,7

Skutki fal upałów

Skutki fal upałów można podzielić na bezpośrednie i pośrednie. Część skutków fal upałów dotyczy fizjologii człowieka, inne natomiast różnych aspektów działalności człowieka w środowisku.

Do bezpośrednich skutków fal upałów dotyczących fizjologii człowieka można zaliczyć m.in. zwiększoną umieralność, zwłaszcza wśród osób starszych i chorych na choroby układu sercowo-naczyniowego, pogarszające się warunki aerosanitarne i związane z nimi stagnacje zanieczyszczeń powietrza na obszarze objętym falą upałów czy ogólne osłabienie organizmu ludzkiego związane z przeciążeniem cieplnym ciała człowieka. Organizm ludzki pod wpływem długotrwałej pogody z wysoką temperaturą powietrza może reagować m.in. osłabieniem reakcji adaptacyjnych, apatią, małą wydolnością fizyczną, dekoncentracją czy bólami głowy, a niekiedy wręcz bólami migrenowymi. W rezultacie w takich warunkach pogodowych dochodzi do zakłócenia homeostazy człowieka, które w połączeniu z czynnikami pośrednimi, np. brakiem przyjmowania wystarczającej ilości płynów, może skutkować zagrożeniem zdrowia i życia człowieka (Mączyński 1976, McMichael i in. 2006, Kovats i Hajat 2008). Do bezpośrednich skutków fal upałów, niezwiązanych z fizjologią człowieka, można zaliczyć m.in. obniżanie zwierciadła wód gruntowych czy w skrajnych przypadkach wysychanie cieków wodnych.

Pośrednie skutki wystąpienia fal upałów są równie liczne jak te bezpośrednie. W odniesieniu do skutków dotyczących fizjologii człowieka można wymienić m.in. możliwość nasilenia się objawów chorobowych u osób z chorobami przewlekłymi, takimi jak: choroby układu krążenia, w tym choroby naczyń wieńcowych czy choroba nadciśnieniowa, choroby układu oddechowego (Mączyński 1976, McMichael i in. 2006, Kovats, Hajat 2008). Skutki pośrednie fal upałów to również przeciążenie linii przesyłowych prądu elektrycznego na skutek wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną. Ponadto podczas fal upałów mogą wystąpić problemy transportowe, np. związane z tworzeniem się kolein na drogach asfaltowych, wyginaniem szyn kolejowych czy wzrostem liczby wypadków komunikacyjnych spowodowanych przemęczeniem i osłabieniem kierowców. Fale upałów powodują również obniżenie wilgotności powietrza w zbiorowiskach leśnych, co może być przyczyną pożarów lasów.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W latach 2002–2012 fale upałów występowały w Polsce od czerwca do sierpnia. Najwięcej wystąpień fal upałów miało miejsce w lipcu. Długość fal upałów wahała się od 6 do 20 dni (średnio 9 dni). Średnia wartość temperatury pozornej we wszystkich falach upałów wyniosła 24,5°C i wahała się od 21,0°C na stacji w Gdańsku (region nadmorski) do 28,0°C na stacji w Zielonej Górze (region centralny).

Region pojezierny i świętokrzysko-małopolski charakteryzowały się najmniejszą średnią wieloletnią liczbą fal upałów, natomiast największe wartości tej charakterystyki wystąpiły w regionie centralnym i południowo-wschodni. Największe wartości średniej ważonej maksymalnej temperatury powietrza wystąpiły w regionach: południowo-wschodnim i świętokrzysko-małopolskim, natomiast najmniejsze – w regionie nadmorskim. Wyniki odzwierciedlają wpływ kontynentalizmu oraz Morza Bałtyckiego na charakterystyki bioklimatyczne.

Uzyskane wyniki, uwzględniające podział Polski na regiony bioklimatyczne (Błażejczyk 2004), są zbliżone do wyników otrzymanych przez M. Kuchcik (2006), której praca dotyczyła innego dziesięciolecia (1993–2002). Zaprezentowane charakterystyki fal upałów (średnia wieloletnia liczba fal upałów oraz średnia ważona maksymalna temperatura powietrza) mogą być stosowane w prezentacji kartograficznej omawianego zjawiska.

Podziękowanie

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego pt. Zróżnicowanie przestrzenne wrażliwości społeczeństwa informacyjnego na wybrane zagrożenia naturalne w Polsce, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki (DEC-2011/03/B/HS4/04933).

Literatura

Abaurrea J., Asín J., Cebrián A.C., Centelles A., 2007, Modeling and forecasting extreme heat events in the central Ebro Valley, a continental Mediterranean area, *Global and Planetary Change*, 57, 43–58.

Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., García-Herrera R., 2011, The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe, *Science*, 08.04.2011: 332 (6026), 220–224. [DOI:10.1126/science.1201224]

Błażejczyk K., 2004, Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce, *Prace Geograficzne, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk*, 192.

Climate Change. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change, 2007, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge.

Climate change, extreme weather events and public health – Meeting report, 2011, WHO, Regional Office for Europe, Bonn, Niemcy.

Glossary of Meteorology, 2000, T.D. Glickmann (red.), American Meterological Society, Boston.International Meteorological Vocabulary, 1992, WMO, 182, Genewa.

Kalkstein L.S., Valimont K., 1986, An evaluation of summer discomfort in the United States using a Relative Climatological Index, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 67, 7, 842–848.

Kossowska-Cezak U., 2010, Występowanie pogody gorącej w Warszawie (1951-2009), *Przegląd Geofizyczny*, 55, 1–2, 61–75.

Kovats R.S., Hajat S., 2008, Heat Stress and Public Health: A Critical Review, *Annual Review of Public Health,* 29, 9.1–9.15.

Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka, *Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk, Monografie* 4, Warszawa.

Krzyżewska A., 2014, Przegląd metod wydzielania fal upałów i fal mrozów, *Przegląd Geofizyczny,* 59, 3–4, 157–173.

Krzyżewska A., Wereski S., 2011, Fale upałów i mrozów w wybranych stacjach Polski na tle regionów bioklimatycznych (2000–2010), *Przegląd Geofizyczny*, 56, 1–2, 99–109.

Kuchcik M., 2006, Fale upałów w Polsce w latach 1993–2002, *Przegląd Geograficzny,* 78, 3, 397–412.

Kyselý J., 2008, Influence of the persistence of circulation patterns on warm and cold temperatures anomalies in Europe: Analysis over the 20th century, *Global and Planetary change*, 62, 147–163.

Marble Bar heatwave, 1923–24, Australian Government, Bereau of Meteorology, [dostęp: 2013-03-03], dostępny w Internecie: http://www.bom.gov.au/lam/climate/levelthree/c20thc/temp1.htm

Mączyński B., 1976, Biometeoropatologia człowieka, [w:] Biometeorologia człowieka, Jankowiak J. (red.), Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich, Warszawa.

McMichael A.J., Woodruff R.E., Hales S., 2006, Climate change and human health: present and future risks, *The Lancet,* vol. 367, 9513, 859–869.

Rey G., Jougla E., Fouillet A., Pavillon G., Bessemoulin P., Frayssinet P., Clavel J., Hémon D., 2007, The impact of major heat waves on all-cause and cause specific mortality in France 1971–2003, *International Archives of Occupational and Environmental Health,* 80, 615–626.

Robine J.M., Cheung S.L., Le Roy S., Van Oyen H., Griffiths C., Michel J.P., Herrmann F.R., 2008, Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003, *Comptes Rendus Biologies*, 02.2008, 331(2):171-8. DOI: 10.1016.

Słownik meteorologiczny, 2003, T. Niedźwiedź (red.), Polskie Towarzystwo Geofizyczne/ Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.

St. Louis bears brunt of heat wave as U.S. toll rises, 1983, The New York Times, [dostęp: 2013-03-03], dostępny w Internecie: http://www.nytimes.com/1983/07/24/us/st-louis-bears-brunt-of-heat-wave-as-us-toll-rises.html

Tan J., Zheng Y., Song G., Kalkstein L.S., Kalkstein A.J., Tang X., 2007, Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003, *International Journal of Biometeorology,* tom 51, 193–200.

Tomczyk A.M., 2014, Cyrkulacyjne uwarunkowania występowania fal upałów w Poznaniu, *Przegląd Geograficzny,* 86, 1, 41–52.

Wibig J., 2007, Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi, *Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica,* 8, 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, 33–46.

Summary

Heat waves concern almost the whole world, however no one has formulated one, universal definition of heat wave up to now. Heat wave is defined differently in each country. Researchers interesting in heat waves use different approaches which in turn depend and based on adopted definitions. The aim of the study is construction of measures describing frequency and intensity of heat waves events in Poland, which are based on past meteorological data and can be used to cartographical visualization of heat waves hazards.

Acknowledgments

The research project, 'Spatial Differentiation of Information Society Vulnerability to Defined Environmental Hazards in Poland' is supported by the Polish National Science Centre (DEC-2011/03/B/HS4/04933, 2012-2015).