

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 66, 2014: 410–420  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 66, 2014)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 66, 2014: 410–420  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 66, 2014)

**Krzysztof BARTOSZEK, Alicja WĘGRZYN, Edyta SIENKIEWICZ**

Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Department of Plant Production Technology and Commodities, University of Life Sciences in Lublin

## **Częstość występowania i uwarunkowania cyrkulacyjne nocy ciepłych, bardzo ciepłych oraz gorących w okolicach Lublina i Nałęczowa**

### **Frequency of the occurrence and atmospheric circulation conditions of warm, very warm and hot nights in the Lublin and the Nałęczów areas**

**Słowa kluczowe:** noce ciepłe, noce bardzo ciepłe, noce gorące, cyrkulacja atmosferyczna, Lublin, Nałęczów

**Key words:** warm nights, very warm nights, hot nights, atmospheric circulation, Lublin, Nałęczów

#### **Wprowadzenie**

W badaniach nad zmianami i zmiennością klimatu dużą uwagę przywiązuje się do wieloletniego przebiegu wartości elementów meteorologicznych. Od około trzech dekad w różnych rejonach świata obserwuje się rosnący trend średniej rocznej temperatury powietrza, co wraz z częstszym pojawianiem się wartości ekstremalnych ma i będzie mieć niekorzystny wpływ m.in. na zdrowie

i samopoczucie człowieka (Christidis, Stott, Brown, Hegerl i Caesar, 2005, Łykowski, 2007). Bardziej szczegółowe badania wykazały, że ten kierunek zmian uwidacznia się szczególnie przez wzrost temperatury minimalnej powietrza, a przejawem jest wyraźnie większa częstość występowania coraz cieplejszych nocy (Vose, Easterling i Gleason, 2005, Alexander i inni, 2006, Morak, Hegerl i Kenyon, 2011).

W ostatnim okresie w polskiej literaturze klimatologicznej można zauważyć zwiększone zainteresowanie tematem dotyczącym pojawiania się dni, w których temperatura minimalna powietrza przekraczała wartość 20°C. Wiąże się to z tym, że pod koniec XX i na początku XXI wieku na wielu stacjach meteorolo-

gicznych w Polsce zanotowano wyraźnie większą niż w poprzednich dziesięcioleciach liczbę nocy gorących (Bielec-Bąkowska i Piotrowicz, 2013). Na pojawianie się tego typu nocy na terenie Polski i ówczesniej Czechosłowacji zwrócili uwagę już wcześniej Chełchowski, Cofał i Valovič (1970), którzy analizowali również ich uwarunkowania cyrkulacyjne. Charakterystykę nocy ciepłych, bardzo ciepłych i gorących w Warszawie przedstawiła Kossowska-Cezak (2010a, 2010b) oraz Kossowska-Cezak i Skrzypczuk (2011), zaś w pracy Kaszewskiego, Siwka i Gluzy (2012) zamieszczono ogólny zarys występowania nocy gorących na kilku stacjach meteorologicznych na obszarze Lubelszczyzny. Natomiast Piotrowicz (2007) przeanalizowała natomiast wieloletnią ich zmienność w Krakowie wraz z uwzględnieniem kierunku adwekcji mas powietrza.

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka występowania oraz uwarunkowania cyrkulacyjne nocy ciepłych, bardzo ciepłych i gorących w okolicy Lublina i Nałęczowa w okresie 1966–2010. Analizie poddano częstość pojawiania się oraz długość ciągów tego rodzaju nocy, a także określono warunki cyrkulacyjne, które sprzyjały lub ograniczały występowanie nocy charakterystycznych.

## Material i metody

Podstawą opracowania były wartości temperatury minimalnej powietrza z okresu 1966–2010, odczytywane w półroczu ciepłym (kwiecień–wrzesień) o godzinie 06 UTC z termometru umieszczonego w klatce meteorologicznej. Dane pochodziły z Obserwatorium Agrometeorologicznego w Lublinie (51°14'N,

22°38'E, 215 m n.p.m.), zlokalizowanego na wschodnich obrzeżach miasta (dzielnica Felin), oraz z posterunku meteorologicznego w Czesławicach (51°18'N, 22°16'E, 205 m n.p.m.), położonego około 4 km na północny-wschód od Nałęczowa (rys. 1).



RYSUNEK 1. Położenie posterunków meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu  
FIGURE 1. Location of meteorological stations used in the study

W pracy dokonano charakterystyki nocy ciepłych ( $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$ ), bardzo ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) i gorących, zwanych też tropikalnymi ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ). Wyznaczono ciągi z nocami ciepłymi i bardzo ciepłymi, a ponadto obliczono częstość występowania tego rodzaju nocy w ciągu roku (krzywe przebiegu wygładzono 13-dniowym filtrem Gaussa). W celu określenia istotności statystycznej współczynników kierunkowych trendów zastosowano nieparametryczny test Manna-Kendalla,

a siłę tendencji w wieloleciu, wyrażoną zmianą liczby nocy na 10 lat, wyznaczono nieparametryczną metodą Sena (Sen, 1968, Kendall, 1975).

Do oceny wpływu cyrkulacji atmosferycznej na występowanie w okresie od czerwca do sierpnia dni z wartościami temperatury minimalnej powietrza wynoszącymi  $> 15$ ,  $> 18$  i  $> 20^{\circ}\text{C}$  zastosowano katalog typów cyrkulacji odnoszący się do obszaru Lubelszczyzny (Bartoszek, 2012). Do jego konstrukcji zostały wykorzystane dane ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza z terminu 00 UTC pochodzące z bazy danych The Twentieth Century Reanalysis (Compo i inni, 2011). W katalogu przyjęto część założeń zaproponowanych przez Lityńskiego (1969), który ze względu na wartość ciśnienia podzielił typy cyrkulacji na trzy główne klasy odpowiadające sytuacjom cyklonalnym, pośrednim i antycyklonalnym. Do wyznaczenia kierunku cyrkulacji natomiast oraz określenia wyżowych i niżowych sytuacji bezadwekcyjnych zastosowano podejście Jonesa, Hulme'a i Briffa (1993), którzy przy wykorzystaniu formuł Jenkinsona i Collisona (1977) dokonali automatyzacji subiektywnej klasyfikacji Lamba (1972). W ten sposób otrzymano 27 typów cyrkulacji, tj. po 8 typów kierunkowych cyklonalnych, pośrednich i antycyklonalnych oraz po 1 typie cyklonalnym, antycyklonalnym i nieokreślonym (tab. 1). W opracowaniu obliczono prawdopodobieństwo warunkowe<sup>1</sup>, wyrażone w procentach występowania nocy cha-

<sup>1</sup>W tym przypadku jest to procentowy udział liczby nocy charakterystycznych występujących podczas określonego typu/klasy cyrkulacji lub kierunku adwekcji powietrza w ogólnej liczbie dni z danym typem/klasą lub kierunkiem adwek-

TABELA 1. Klasyfikacja typów cyrkulacji dla obszaru Lubelszczyzny

TABLE 1. Classification of circulation types for the Lublin Region

Symbole Symbols	Opis Description
Nc, NEc, Ec, SEc, Sc, SWc, Wc, NWC	Typy kierunkowe cyklonalne Directional cyclonic types
No, NEo, Eo, SEo, So, SWo, Wo, NWO	Typy kierunkowe pośrednie Directional transitional types
Na, NEa, Ea, SEa, Sa, SWa, Wa, NWA	Typy kierunkowe antycyklonalne Directional anticyclonic types
C	Typ bezadwekcyjny cyklonalny Cyclonic non-directional type
A	Typ bezadwekcyjny antycyklonalny Anticyclonic non-directional type
x	Typ bezadwekcyjny nieokreślony Undefined non-directional type

rakterystycznych zarówno w klasach cyrkulacji, jak i kierunkach adwekcji powietrza oraz typach cyrkulacji.

## Wyniki badań

### Częstość występowania nocy charakterystycznych

W latach 1966–2010 nieznacznie większą średnią roczną liczbą nocy ciepłych ( $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$ ) odznaczał się postereunek meteorologiczny w Felinie (tab. 2). Przeciętnie w roku pierwsza tego rodzaju noc przypadała tam na 13 czerwca, tj. o 2 dni wcześniej, a ostatnia 25 sierp-

cji powietrza, notowanych w latach 1966–2010 i okresie od czerwca do sierpnia.

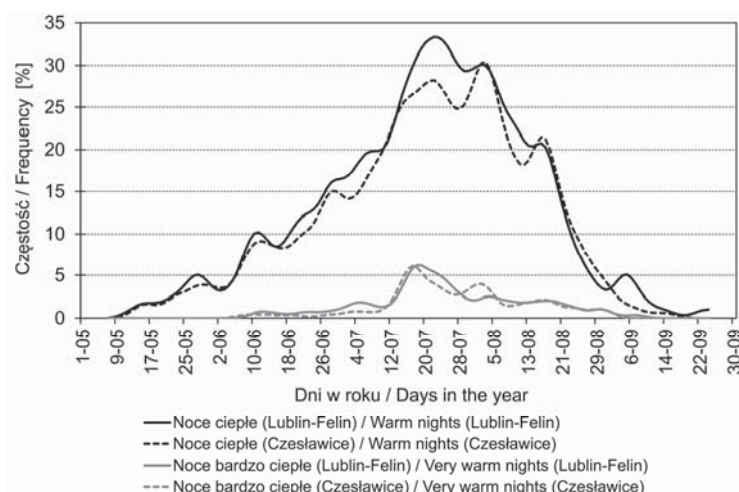
TABELA 2. Średnia liczba nocy ciepłych, bardzo ciepłych i gorących w okresie 1966–2010  
 TABLE 2. The average number of warm, very warm and hot nights in the period 1966–2010

Miesiące Months	Noce ciepłe Warm nights ( $t_{min} > 15^{\circ}\text{C}$ )		Noce bardzo ciepłe Very warm nights ( $t_{min} > 18^{\circ}\text{C}$ )		Noce gorące Hot nights ( $t_{min} > 20^{\circ}\text{C}$ )	
	Lublin-Felin	Czesławice	Lublin-Felin	Czesławice	Lublin-Felin	Czesławice
V	0,6	0,5	–	–	–	–
VI	3,0	2,8	0,2	0,1	0,1	–
VII	8,0	6,9	1,0	0,9	0,1	0,1
VIII	5,5	5,5	0,6	0,6	0,1	0,1
IX	0,5	0,2	0,1	–	–	–
Rok / Year	17,6	15,9	1,7	1,6	0,3	0,2

nia, czyli o 6 dni później niż w Czesławicach. Najwcześniej noce ciepłe pojawiały się w pierwszej dekadzie maja (na obu posterunkach był to 01.05.2003 r.), a najpóźniej w drugiej połowie września (27.09.1991 r. w Felinie i 15.09.1994 r. w Czesławicach). Najwięcej było ich w lipcu (średnio 7–8 dni) i sierpniu (5–6 dni). Zestawienie liczby przypadków

nocy ciepłych w poszczególnych dniach roku uwidocznilo największą częstość ich występowania w trzeciej dekadzie lipca (Felin) i pierwszej dekadzie sierpnia (Czesławice) – rysunek 2.

Najmniejszą liczbę nocy ciepłych zanotowano w Felinie w latach 1969, 1974 i 1978 (6 przypadków), a w okolicach Nałęczowa w 1978 roku – były to tylko



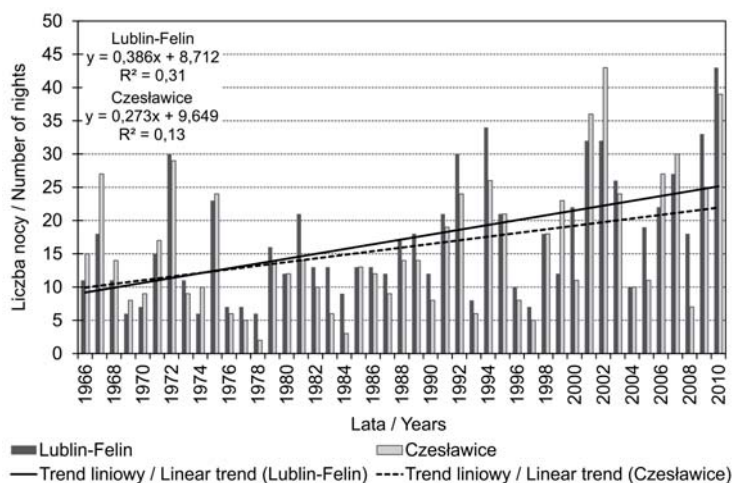
RYSUNEK 2. Częstość (%) występowania nocy ciepłych i bardzo ciepłych w poszczególnych dniach roku (wartości wygładzone 13-dniowym filtrem Gaussa)  
 FIGURE 2. The frequency (%) of warm and very warm nights in different days of the year (values smoothed by 13-days Gaussian filter)

2 przypadki (rys. 3). Z kolei największą liczbą tego rodzaju nocy charakteryzował się w Felinie 2010 rok a w Czesławicach 2002 rok (po 43 przypadki). W lipcu najczęściej pojawiały się one w latach 1972, 2001, 2002 i 2010 (od 18 do 22 nocy), a w sierpniu w latach 1992, 2001 i 2010 (16–17 nocy). W przypadku Felina stwierdzono istotny statystycznie (na poziomie  $\alpha = 0,01$ ) trend rosnący, na co miała wpływ wyraźnie większa częstość występowania nocy ciepłych w ostatnich kilkunastu latach (wzrost wynosił 4 noce na 10 lat) – rysunek 3. Trend ten był odzwierciedleniem wzrostu średnich wartości temperatury minimalnej powietrza z okresu czerwiec–sierpień, który wynosił  $0,34^{\circ}\text{C}$  na 10 lat. Na obu stacjach nie zaznaczyła się natomiast tendencja do coraz dłuższego okresu pojawiania się tych nocy w ciągu roku.

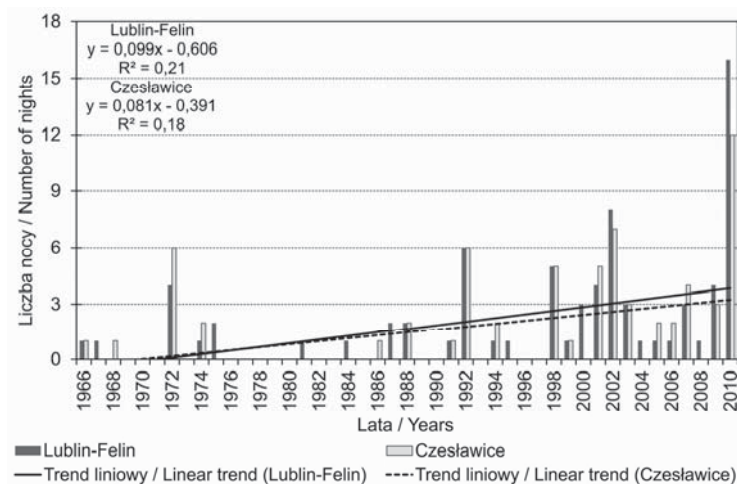
Noce bardzo ciepłe ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ ) na obu posterunkach meteorologicznych występowały znacznie rzadziej (średnio mniej niż 2 przypadki; tab. 2) i dopiero od końca lat 90. XX wieku były

notowane w każdym kolejnym roku (rys. 4). Najwcześniej tego rodzaju noce pojawiały się w pierwszej połowie czerwca (11.06.2010 r. w Felinie i 08.06.1998 r. w Czesławicach), a najpóźniej na przełomie sierpnia i września (odpowiednio 07.09.2008 r. i 31.08.1992 r.). Średnio najwięcej nocy bardzo ciepłych było w lipcu, a najczęściej występowały w drugiej dekadzie tego miesiąca (rys. 2).

Podobnie jak w Warszawie (Kossowska-Cezak, 2010b), największą liczbą nocy bardzo ciepłych zdecydowanie wyróżniał się 2010 rok (w Felinie 16 przypadków, w Czesławicach 12). Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że były to wartości porównywalne z sumą wszystkich tego typu nocy, które wystąpiły w okresie 1966–1990 (odpowiednio 15 i 13 przypadków). W badanym okresie na obu stacjach zaznaczył się istotny statystycznie (na poziomie  $\alpha = 0,01$ ) wzrost liczby nocy ciepłych – w Felinie 0,91 nocy w ciągu 10 lat, a w Czesławicach 0,76 nocy w ciągu 10 lat (rys. 4).



RYSUNEK 3. Wieloletni przebieg liczby nocy ciepłych ( $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$ )  
 FIGURE 3. Long-term course of the number of warm nights ( $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$ )



RYSUNEK 4. Wieloletni przebieg liczby nocy bardzo ciepłych ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )  
 FIGURE 4. Long-term course of the number of very warm nights ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )

Noce gorące ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ ) pojawiały się bardzo rzadko – na obu stacjach stwierdzono po 11 przypadków w 6 latach, tj. 1992, 2000, 2001, 2002, 2007 i 2010. W ostatnim okresie były one częściej notowane także w innych rejonach Polski (Kossowska-Cezak, 2010a, Bielec-Bąkowska i Piotrowicz, 2013). Po raz kolejny szczególnie odznaczał się 2010 rok, w którym wystąpiło 5 (Felin) i 4 (Czesławice) tego rodzaju noce. Najwcześniejszy w roku przypadek nocy gorącej odnotowano w Felinie (21.06.2000 r.), najpóźniejszy zaś w Czesławicach (30.08.1992 r.). Z kolei najwyższą temperaturę minimalną w całym badanym okresie zmierzono 16.07.2001 r. w Czesławicach ( $21,6^{\circ}\text{C}$ ).

W odniesieniu do omawianego zagadnienia inną ważną charakterystyką są ciągi następujących po sobie nocy, podczas których występowało przekroczenie założonych progowych wartości temperatury minimalnej powietrza (tab. 3). W obu punktach pomiarowych noce

cieple najczęściej pojawiały się pojedynczo (około 50% przypadków ciągów) oraz przez dwa kolejne dni (26% w Felinie i 22% w Czesławicach). Ciągi 10-dniowe lub dłuższe występowały w rejonie Lublina dwa razy częściej niż w pobliżu Nałęczowa (odpowiednio 10 i 5 przypadków). Najdłuższą sekwencję nocy ciepłych odnotowano w 1972 roku – w Felinie pojawił się ciąg 21-dniowy (13.07–2.08), a w Czesławicach 17-dniowy (13–29.07). Był to zarazem jedyny przypadek ciągu dłuższego niż 10 kolejnych nocy, który wystąpił przed 1990 rokiem – wszystkie pozostałe zanotowano w latach 90. XX wieku i w pierwszej dekadzie XXI wieku.

W przypadku nocy bardzo ciepłych ciągi dłuższe niż 3 dni zdarzały się bardzo rzadko, np. w Czesławicach wystąpił jeden ciąg 5-dniowy (30.07–03.08.2002 r.), a w Felinie dwa ciągi 4-dniowe (16–19.07.2010 r. oraz 13–16.08.2010 r.). 2010 rok wyróżniał się pod względem tej charakterystyki

TABELA 3. Częstość (%) nocy ciepłych, bardzo ciepłych i gorących w ciągach o różnych przedziałach długości

TABLE 3. Frequency (%) of warm, very warm and hot nights in series of various duration

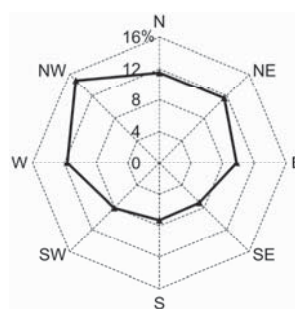
Długość ciągu (dzień) Series duration (day)	Noce ciepłe Warm nights ( $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$ )		Noce bardzo ciepłe Very warm nights ( $t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$ )		Noce gorące Hot nights ( $t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$ )	
	Lublin-Felin	Czesławice	Lublin-Felin	Czesławice	Lublin-Felin	Czesławice
1	52,5	49,8	80,0	67,4	77,8	77,8
2	26,1	22,3	13,3	17,4	11,1	22,2
3	8,5	11,0	3,3	13,0	11,1	–
4	4,9	5,6	3,3	–	–	–
5	2,2	3,3	–	2,2	–	–
6	1,4	2,3	–	–	–	–
7	0,8	2,0	–	–	–	–
>7	3,6	3,7	–	–	–	–

także w okolicach Nałęczowa – zanotowano wówczas trzy ciągi 3-dniowe (16–18.07, 22–24.07 oraz 14–16.08.2010 r.). Natomiast najdłuższa i jedyna w całym badanym okresie 3-dniowa sekwencja nocy gorących wystąpiła w Felinie 14–16.08.2010 r.

### Uwarunkowania cyrkulacyjne

W okresie 1966–2010, od czerwca do sierpnia nad obszarem Lubelszczyzny przeważał udział typów cyrkulacji z klasy antycyklonalnej (35,1%) i klasy pośredniej (34,3%). Najczęściej występowała adwekcja powietrza z północnego-zachodu (14,9%) oraz z kierunków zachodniego, północnego i północno-wschodniego (po około 11,5%) – rysunek 5. Najrzadziej powietrze napływało z kierunku południowo-wschodniego i południowego (około 7%). W odniesieniu do liczby dni obliczonych za okres od czerwca do sierpnia nie stwierdzono istotnych statystycznie trendów z danym kierunkiem adwekcji powietrza.

Spośród wszystkich typów cyrkulacji największą częstością wyróżniał się typ bezadwekcyjny antycyklonalny – A (9,1%), a następnie północno-zachodni pośredni – NWo (6,1%) oraz bezadwekcyjny cyklonalny – C (5,1%). Z kolei najmniejszą częstością (< 2%) odznaczały się typy antycyklonalne, które warunkowały napływ powietrza z południa, południowego zachodu i zachodu (Sa, SWa i Wa), a także typ wschodni cyklonalny – Ec.



RYSUNEK 5. Częstość (%) adwekcji powietrza z poszczególnych kierunków w okresie od czerwca do sierpnia

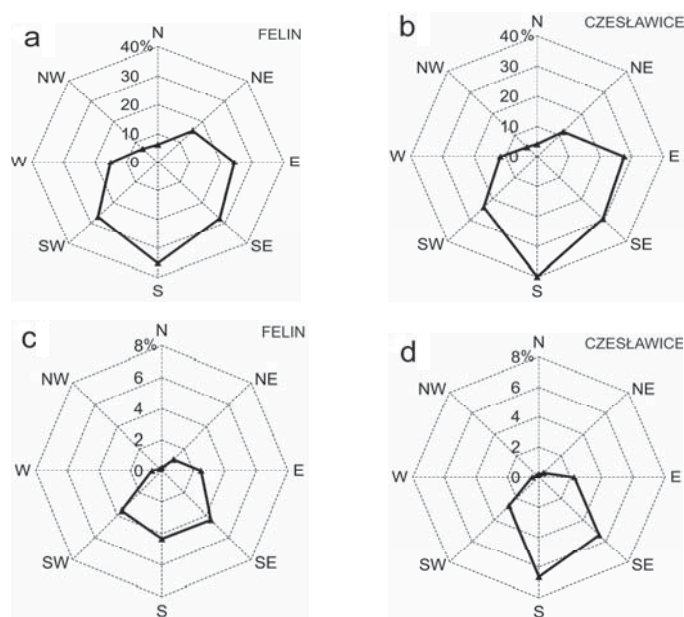
FIGURE 5. Frequency (%) of airflow from particular directions in the period from June to August

Na obu posterunkach meteorologicznych największe prawdopodobieństwo warunkowe wystąpienia nocy ciepłej w okresie od czerwca do sierpnia odnosiło się do typów cyrkulacji z klasy pośredniej (około 20%), następnie cyklonalnej (17%), najmniejsze zaś z antycyklonalnej (13%). Możliwość ich pojawienia się znacznie wzrastała podczas napływu powietrza z kierunku południowego, a ponadto wschodniego, południowo-wschodniego i południowo-zachodniego, natomiast malała wraz z adwekcją powietrza z północy i północnego zachodu (rys. 6 a–b). Największym prawdopodobieństwem warunkowym występowania nocy ciepłych odznaczały się typy: Sa (31,3% w Lublinie i 42,5% w Czesławicach), So (35,2 i 39,3%), Sc (po 38,4%) oraz SEc (35,6 i 36,8%),

a najmniejszym NWc (4,1 i 2,1%), Na (4,0 i 2,8%), NWA (7,6 i 4,7%) oraz Nc (8,2 i 4,8%).

Nocy bardzo ciepłych najczęściej należało spodziewać się podczas występowania typów z klasy pośredniej oraz przy napływie powietrza z południa i południowego wschodu (rys. 6 c–d), a więc z kierunków, z których zwykle o tej porze roku występuje adwekcja nad Polskę mas powietrza zwrotnikowego i polarnego kontynentalnego (Chełchowski i inni, 1970, Piotrowicz, 2007). Największym prawdopodobieństwem wystąpienia takich nocy odznaczały się typy SEo (5,7 i 8,0%) oraz So (4,9 i 9,0%), nie zanotowano natomiast ich ani razu podczas dni z typami No, Na, NEc, NWc i NWA.

Noce gorące były związane prawie wyłącznie z występowaniem typów



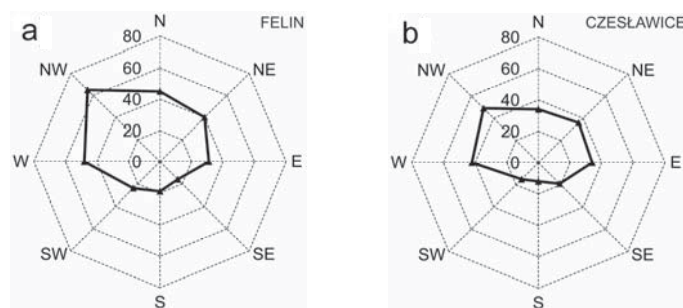
RYSUNEK 6. Prawdopodobieństwo warunkowe (%) wystąpienia nocy ciepłej (a i b) oraz bardzo ciepłej (c i d) w zależności od kierunku adwekcji powietrza  
 FIGURE 6. Conditional probability (%) of the occurrence of warm (a and b) and very warm night (c and d) according to the airflow direction



cyrkulacji warunkujących napływ powietrza z sektora południowego (wyjątkiem był typ nieokreślony x oraz Eo). Więcej niż jeden przypadek nocy gorącej pojawił się jedynie przy typach So i SWo.

Uzupełnieniem badań może być analiza warunków cyrkulacyjnych, które w okresie od czerwca do sierpnia przyczyniały się do zapoczątkowania lub zakończenia ciągów nocy

stacjach meteorologicznych zwykle występowała adwekcja powietrza z kierunku północno-zachodniego i zachodniego, z kolei najmniejsza liczba przypadków odnosiła się do sektora południowego (rys. 7). Do typów cyrkulacji, których pojawienie się najczęściej kończyło ciąg nocy charakterystycznych, można było zaliczyć typ C (30 przypadków), a także NWo, Wc i NWc (20–24 przypadki).



RYSUNEK 7. Liczba przypadków adwekcji powietrza z poszczególnych kierunków w dniu z  $t_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$  następującym po cieplej, bardzo cieplej lub gorącej nocy odnotowanych w stacji  
 FIGURE 7. The number of cases of airflow from particular directions in days with  $t_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$  following the warm, very warm or hot night

charakterystycznych. W pierwszym dniu rozpoczynającym ciąg nocy ciepłych najczęściej na obu stacjach meteorologicznych notowano typy SWo i Sc, w odniesieniu do nocy bardzo ciepłych natomiast wyróżniały się typy Sc, SWo i x (w Felinie) oraz So, SEo i Sa (w Czesławicach). Warto podkreślić, że niemal w połowie przypadków pojawienie się nocy bardzo cieplej było związane z typami cyrkulacji z klasy pośredniej.

W dniach z  $t_{\min} \leq 15^{\circ}\text{C}$ , które następowały bezpośrednio po nocy charakterystycznej, najczęściej notowano typy cyrkulacji z klasy cyklonalnej (40,7% w Felinie i 44,4% w Czesławicach), a najrzadziej z klasy antycyklonalnej (28,8 i 26,5%). W takich dniach na obu

## Wnioski

1. W okolicach Lublina i Nałęczowa stwierdzono wyraźny wzrost liczby dni z  $t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$  po 1990 roku, a z  $t_{\min} > 18$  i  $20^{\circ}\text{C}$  od początku XXI wieku. Wyjątkowy był 2010 rok, w którym zanotowano szczególnie dużą liczbę przypadków nocy bardzo ciepłych i gorących. Utrzymanie się wzrostu częstości występowania tego typu niekorzystnych warunków termicznych w okresie letnim będzie niekorzystnie wpływać na walory uzdrowiskowe Nałęczowa.
2. Pewne odmienności między analizowanymi punktami pomiarowymi, m.in. większa średnia liczba nocy

- charakterystycznych w Felinie, były spowodowane prawdopodobnie oddziaływaniem tzw. miejskiej wyspy ciepła (stacja ta jest położona we wschodniej części Lublina).
- Analiza uwarunkowań cyrkulacyjnych dowiodła, że spośród trzech głównych klas typów cyrkulacji największym prawdopodobieństwem pojawiania się nocy ciepłych i bardzo ciepłych wyróżniały się typy cyrkulacji z klasy pośredniej oraz typy warunkujące napływ powietrza z kierunku południowego i południowo-wschodniego. Najmniejsze prawdopodobieństwo natomiast występowania tego rodzaju nocy notowano podczas adwekcji powietrza z kierunku północno-zachodniego i północnego.
  - Nieistotne statystycznie trendy liczby dni (w okresie od czerwca do sierpnia) z adwekcją powietrza z poszczególnych kierunków wskazują, że wyraźny wzrost częstości nocy charakterystycznych w ostatnich dwóch dziesięcioleciach nie był związany ze zmianą charakteru cyrkulacji powietrza w Polsce Wschodniej.

## Literatura

- Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A.M.G., ... Vazquez Aguirre, J.L. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, *111*(D5), doi:10.1029/2005JD006290.
- Bartoszek, K. (2012). *Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny*. (zbiór komputerowy). Lublin: Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Pracownia Agrometeorologii. Pobrano z lokalizacji: <http://www.krzysztof.bartoszek.up.lublin.pl>.
- Bielec-Bąkowska, Z. i Piotrowicz, K. (2013). Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951-2006. *Pr. Geogr.*, *132*, 59-98.
- Chelchowski, W., Coufal, L. i Valovič, Š. (1970). Noce gorące w Czechosłowacji i Polsce na tle cyrkulacji atmosferycznej i charakteru podłoża. *Pr. PIHM*, *100*, 185-193.
- Christidis, N., Stott, P.A., Brown, S., Hegerl, G.C. i Caesar, J. (2005). Detection of changes in temperature extremes during the second half of the 20th century. *Geophys. Res. Lett.*, *32*(20), doi:10.1029/2005GL023885.
- Compo, G.P., Whitaker, J.S., Sardeshmukh, P.D., Matsui, N., Allan, R.J., Yin, X. ... Worley S.J. (2011). The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc.*, *137*, 1-28.
- Jenkinson, A.F. i Collinson, F.P. (1977). *An initial climatology of gales over the North Sea. Synoptic climatology branch memorandum 62*. Bracknell: Meteorological Office.
- Jones, P.D., Hulme, M. i Briffa, K.R. (1993). A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *Int. J. Climatol.*, *13*(6), 655-663.
- Kaszewski, B.M., Siwek, K. i Gluza, A. (2012). Extreme values of selected event thermal phenomena in the Lublin Region in the years 1982-2006. *Ann. UMCS, Sect. B*, *67*(1), 109-121.
- Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Measures*. London: Charles Griffin.
- Kossowska-Cezak, U. (2010a). Występowanie pogody gorącej w Warszawie (1951-2009). *Prz. Geof.*, *55*(2), 61-75.
- Kossowska-Cezak, U. (2010b). O pogodzie gorącej w Warszawie raz jeszcze. *Prz. Geof.*, *55*(3-4), 205-208.
- Kossowska-Cezak, U. i Skrzypczuk, J. (2011). Pogoda upalna w Warszawie (1947-2010). *Pr. i Stud. Geogr.*, *47*, 139-146.
- Lamb, H.H. (1972). British Isles weather types and a register of daily sequence of circulation patterns, 1861-1971. *Geophysical Memoir 116*. London: HMSO.
- Lityński, J. (1969). Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Pr. PIHM*, *97*, 3-15.
- Łykowski, B. (2007). O naturalnych i antropogenicznych zmianach klimatu. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.*, *35*, 85-92.

- Morak, S., Hegerl, G.C. i Kenyon, J. (2011). Detectable regional changes in the number of warm nights. *Geophys. Res. Lett.*, 38(17), doi:10.1029/2011GL048531.
- Piotrowicz, K. (2007). Wieloletnie zróżnicowanie nocy gorących w Krakowie. W K. Piotrowicz i R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. (strony 279-286). Kraków: IGiGPUJ.
- Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Statist. Assoc.*, 63, 1379-1389.
- Vose, R.S., Easterling, D.R. i Gleason, B. (2005). Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004. *Geophys. Res. Lett.*, 32(23), doi:10.1029/2005GL024379.

## Streszczenie

**Częstość występowania i uwarunkowania cyrkulacyjne nocy ciepłych, bardzo ciepłych oraz gorących w okolicach Lublina i Nałęczowa.** W artykule scharakteryzowano występowanie oraz uwarunkowania cyrkulacyjne nocy ciepłych, bardzo ciepłych i gorących w okolicy Lublina i Nałęczowa w okresie 1966–2010. Został stwierdzony wyraźny wzrost długości ciągów oraz liczby nocy ciepłych po 1990 roku, a nocy bardzo ciepłych i gorących od początku XXI wieku. W ciągu roku największą częstością ich występowania odznaczał się okres od połowy lipca do pierwszej dekady sierpnia. Na pojawianie się tego typu nocy większe znaczenie od rodzaju układu barycznego miał kierunek adwekcji powietrza. Największe prawdopodobieństwo ich pojawienia się notowano przy napływie powietrza z kierunków od wschodniego do południowo-zachodniego, najmniejsze zaś z północno-zachodniego i północnego. Występowaniu w ostatnich la-

tach większej liczby tego rodzaju nocy nie towarzyszyło nasilenie cyrkulacji z sektorów południowego i wschodniego.

## Summary

**Frequency of the occurrence and atmospheric circulation conditions of warm, very warm and hot nights in the Lublin and the Nałęczów areas.** In the article the incidence and atmospheric circulation conditions of warm, very warm and hot nights in the Lublin and Nałęczów region in the period 1966–2010 were characterized. The study showed increasing length sequences and number of warm nights from the 1990s, and very warm and hot nights from the beginning of the twenty-first century. During the year, the highest frequency of occurrence was noticed from mid-July to the first decade of August. The appearance of warm nights was more related to the direction of air flow than with air pressure systems. The greatest likelihood of occurrence was recorded during synoptic situations with air advection from the east to the south-west, while the smallest from the north-west to the north. A larger number of very warm and hot night were not connected with intensification of the southern and eastern advection.

### Author's address:

Krzysztof Bartoszek, Alicja Węgrzyn, Edyta Sienkiewicz  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie  
Katedra Technologii Produkcji Roślinnej  
i Towaroznawstwa  
Zakład Agrometeorologii  
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
Poland  
e-mail: krzysztof.bartoszek@up.lublin.pl