10.1515/umcsgeo-2015-0009

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXIX, 2 SECTIO B 2014

Zakład Meteorologii i Klimatologii
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej, UMCS, Lublin

AGNIESZKA KRZYŻEWSKA

Fale ciepła i fale chłodu w południowo-wschodnim (V) regionie bioklimatycznym w latach 1981–2010

Warm and Cold Waves in South-Eastern (V) Bioclimatic Region in Years 1981–2010

Słowa kluczowe: fale ciepła, fale chłodu, regiony bioklimatyczne, Roztocze
Keywords: warm waves, cold waves, bioclimatic regions, Roztocze region

WSTĘP I CEL PRACY

Fale ciepła i chłodu są to kilkudniowe lub kilkutygodniowe okresy z wyraźnym wzrostem temperatury (fale ciepła) lub jej spadkiem (fale chłodu). Fale te notowane są w każdej porze roku – na przykład fala ciepła może pojawić się zarówno zimą, i przynieść gwałtowną odwilż, jak i latem, gdy występuje jako fala upałów. Podobnie fala chłodu – może przyjść latem i przynieść ochłodzenie, ale i zimą – jako fala mrozów.

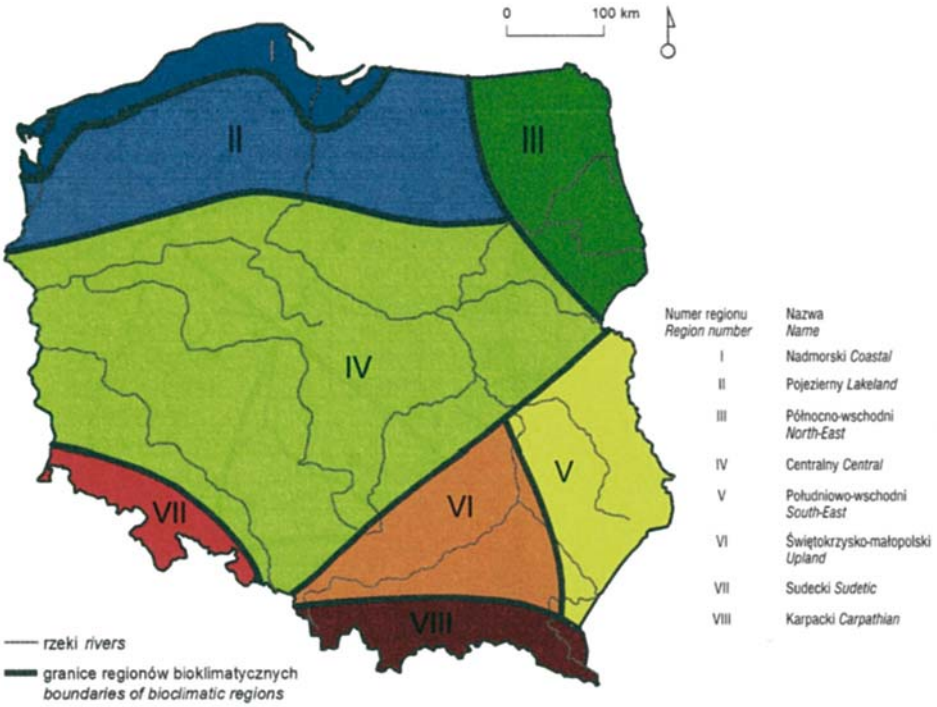
Obecnie na świecie obserwuje się wzrost częstości i intensywności ciepłych fal termicznych, a zwłaszcza fal upałów – w latach 1880 do 2005 długość fal upałów nad Europą podwoiła się, zaś liczba dni upalnych – potroiła się (Della-Marta i in. 2007). W dobie zmieniającego się klimatu przyczyn tego zjawiska doszukuje się w przedłużającym się czasie zalegania układów barycznych przemieszczających się nad Europą (Kyselý, Huth 2008). W środkowej Polsce obserwuje się zwiększenie częstości i długości fal ciepła przy jednoczesnym spadku liczby i długości fal chłodu (Wibig 2007).

Lubelszczyzna i Roztocze w regionalizacji bioklimatycznej Polski, według K. Błażejczyka (ryc. 1), znajduje się w V regionie – południowo-wschodnim. Obszar ten cechuje zarówno duża liczba dni uciążliwych, związanych z wysoką temperaturą powietrza (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997), jak i najwyższa w Polsce

liczba dni mroźnych (Błażejczyk, Kunert 2011). W tym regionie często występują bardzo długie fale zimna[1], trwające powyżej 15 dni (Kuchcik i in. 2013).

Dotychczasowe badania fal ciepła i chłodu w regionie południowo-wschodnim były prowadzone dla lat 1991–2010 oraz jedynie dla dwóch stacji z tego regionu – Puław i Lublina. Obszar Roztocza nie jest reprezentowany przez żadną stację, chociaż „na tle dość monotonnej pod względem rozkładu temperatury powietrza Wyżyny Lubelskiej Roztocze zaznacza się jako obszar nieco chłodniejszy" (Warakomski 1994).

Celem artykułu jest analiza częstości i długości fal ciepła i chłodu dla tego regionu dla 30-lecia (1981–2010) z uwzględnieniem stacji położonej na Roztoczu (Tomaszów Lubelski) oraz stacji Zamość i Lublin Radawiec.



Ryc. 1. Regiony bioklimatyczne Polski (Kuchcik i in. 2013, za: Błażejczyk 2004)
Figure 1. Bioclimatic regions of Poland (Kuchcik et al. 2013, Błażejczyk 2004)

MATERIAŁ I METODA

Do badań wykorzystano dane dotyczące temperatury powietrza (dobowej maksymalnej i dobowej minimalnej) ze stacji Lublin Radawiec, Zamość oraz

[1] Co najmniej trzydniowy okres z temperaturą minimalną ≤-10°C.

Tomaszów Lubelski z lat 1981–2010. Dane te pochodzą z bazy NCDC NOAA[2] (Lublin i Zamość[3]) oraz z IMGW (Tomaszów Lubelski).

W pracy policzono fale ciepła i chłodu metodą Wibig (2007), gdzie są one wyróżnione na podstawie dobowej temperatury maksymalnej (ciepłe i chłodne dni) oraz dobowej temperatury minimalnej (ciepłe i chłodne noce), opierając się na odchyleniach od średniej wyrażonych w odchyleniach standardowych (Wibig 2007). Sposób wydzielania ciepłych i chłodnych dni wygląda następująco:

$t_{max.} > t_{śr.\ max.} + 1{,}28\ \sigma$ (fala ciepła) i $t_{max.} < t_{śr.\ max.} - 1{,}28\ \sigma$ (fala chłodu),

gdzie:

– $t_{śr.\ max.}$ – średnia wieloletnia maksymalna temperatura powietrza dla danego dnia roku,
– σ – odchylenie standardowe maksymalnej temperatury powietrza obliczone dla tego samego dnia roku (oraz z dwóch dni poprzedzających i dwóch dni następnych, w sumie ze 150 dni dla 30-lecia),
– $t_{max.}$ – maksymalna dobowa temperatura powietrza.

Natomiast sposób wydzielania ciepłych i chłodnych nocy jest następujący:

$t_{min.} > t_{śr.\ min.} + 1{,}28\ \sigma$ (fala ciepła) i $t_{min.} < t_{śr.\ min.} - 1{,}28\ \sigma$ (fala chłodu),

gdzie:

– $t_{śr.\ min.}$ – średnia wieloletnia minimalna temperatura powietrza dla danego dnia roku,
– σ – odchylenie standardowe minimalnej temperatury powietrza obliczone dla tego samego dnia roku (oraz z dwóch dni poprzedzających i dwóch dni następnych, w sumie ze 150 dni dla 30-lecia),
– $t_{min.}$ – minimalna dobowa temperatura powietrza (Wibig 2007).

Za falę przyjęto okres co najmniej 3 kolejnych dni, w których spełniony jest jeden z powyższych warunków. Pod względem czasu trwania fale ciepła i chłodu połączono w następujące grupy: fale krótkie (3–5 dni), umiarkowane (6–10 dni) oraz długie (11–20 dni). Oprócz łącznej liczby fal ciepła i chłodu bardzo ważna jest ich długość, dlatego w poniższej analizie uwzględniono także liczbę dni zawartych w falach ciepła i chłodu oraz liczbę dni ciepłych i chłodnych, choć w przypadku metody wydzielania fal na podstawie temperatury minimalnej faktycznie chodzi o ciepłe i chłodne noce, na co zwróciła uwagę J. Wibig (2007).

[2] Dane wykorzystane w pracy pochodzą z bazy National Climatic Data Center (http://www.ncdc.noaa.gov) z bezpłatnego zbioru GSoD (Global Summary of the Day)

[3] Stacja Zamość ma braki danych w następujących okresach: 1981-12-13 do 1981-12-31, 2000-08-(dni 1-10 oraz 26-30), 2001-07-01 do 2001-07-31 oraz spore braki w pierwszym półroczu 2003 roku. Braki te zostały uwzględnione w analizie.

W artykule przyjęto zasadę, że fala wliczana jest do roku, w którym się rozpoczęła, natomiast dni (lub noce) ciepłe i chłodne zaliczane są do roku, w którym wystąpiły.

WYNIKI

Fale ciepłych i chłodnych dni (obliczone na podstawie temperatury maksymalnej)

W okresie 1981–2010 fale chłodnych dni były dłuższe niż fale ciepłych dni. Szczególnie długie fale chłodnych dni pojawiły się we wszystkich stacjach badanego regionu w latach 1985, 1987 oraz w latach 90. i pod koniec pierwszej dekady XXI wieku (ryc. 2). W stacjach Zamość oraz Tomaszów Lubelski fale te są nieco dłuższe niż w stacji w Lublinie. Fale ciepłych dni we wszystkich stacjach regionu nasiliły się szczególnie pod koniec lat 80. oraz w pierwszej dekadzie XXI wieku.

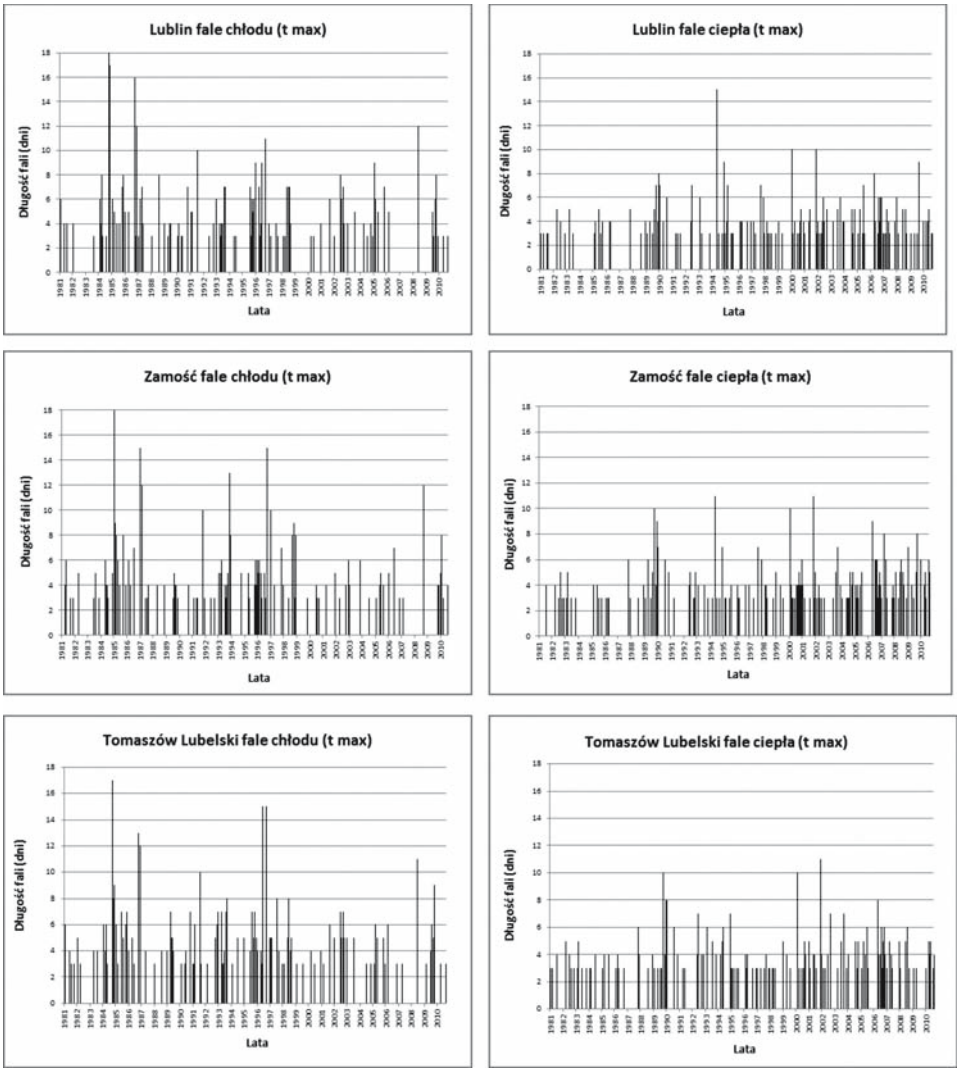
Fale chłodnych dni. W stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego) w okresie 1981–2010 średnio w ciągu roku pojawiało się około trzech krótkich (3–5 dni) fal chłodnych dni oraz jedna umiarkowana (6–10 dni). W Tomaszowie Lubelskim pojawiały się one nieco częściej niż w pozostałych stacjach regionu (ryc. 2). W badanym 30-leciu pojawiło się 6 długich (11–20 dni) fal chłodnych dni. Najdłuższa, trwająca 18 dni w Lublinie i Zamościu (17 dni w Tomaszowie Lubelskim), pojawiła się 4 stycznia 1985 roku[4] i trwała do 21 stycznia 1985 roku.

Fale ciepłych dni. W latach 1981–2010 średnio w roku pojawiało się około 4 do 6 krótkich (3–5 dni) fal ciepłych dni oraz jedna fala umiarkowanej długości (6–10 dni). Fale ciepłych dni najczęściej pojawiały się w Zamościu (ryc. 3).

W analizowanym okresie w stacjach Lublin Radawiec i Tomaszów Lubelski pojawiła się jedna długa fala ciepłych dni, natomiast w Zamościu pojawiły się dwie fale tej długości. W Zamościu fale ciepłych dni pojawiały się częściej niż w pozostałych stacjach.

W latach 1981–2010 liczba dni chłodnych nieznacznie przeważała nad liczbą dni ciepłych w stacjach w Lublinie i Tomaszowie Lubelskim, natomiast w Zamościu więcej było dni ciepłych niż dni chłodnych. Najwięcej dni chłodnych pojawiło się w latach 1985 oraz 1987 (ryc. 4), kiedy to wystąpiły szczególnie długie fale chłodu. Rok 1987 był rekordowy we wszystkich stacjach regionu pod względem liczby dni bardzo chłodnych (80 dni w Lublinie, 77 dni w Zamościu oraz 73 dni w Tomaszowie Lubelskim), zaś w roku 1985 wystąpiło ponad 60 dni chłodnych w każdej z badanych stacji. Niewiele mniej takich dni pojawiło się w latach 1993 i 1996. W niektórych latach pojawia się spore zróżnicowanie pomiędzy liczbą

[4] W Tomaszowie Lubelskim rozpoczęła się 5 stycznia 1985 roku.

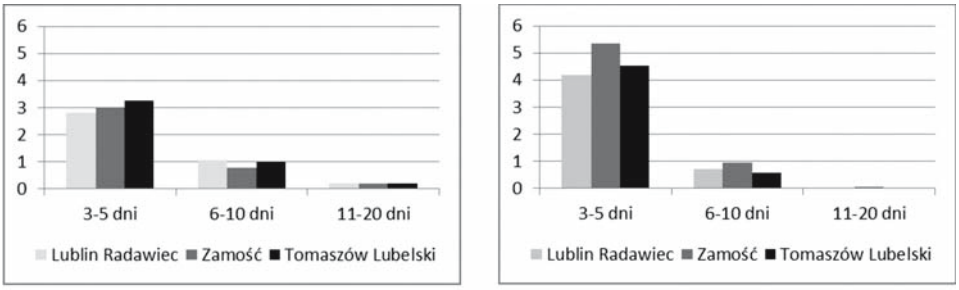


Ryc. 2. Fale ciepła i chłodu (ciepłych i chłodnych dni) w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego) w latach 1981–2010

Figure 2. Warm and cold waves (during warm and cold days) in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010

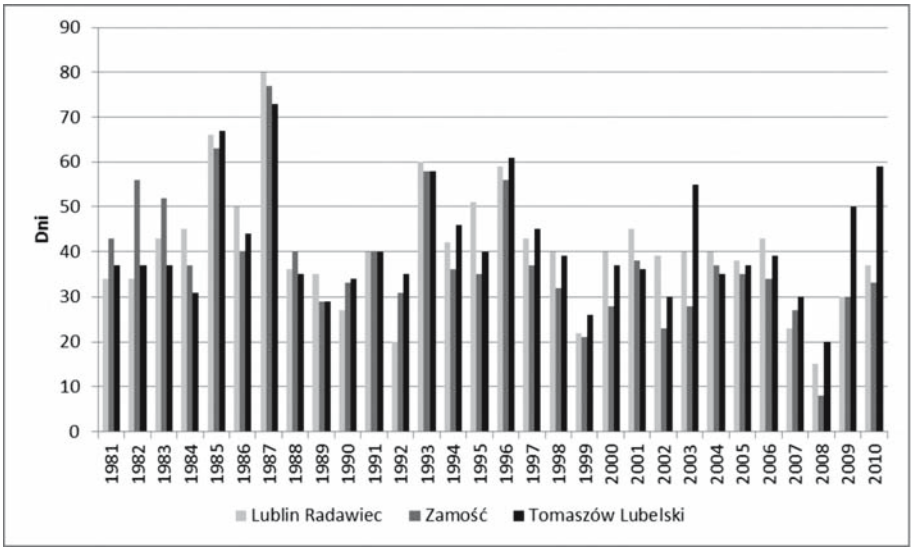
dni chłodnych w różnych stacjach; zwłaszcza w ostatnich latach w Tomaszowie Lubelskim pojawiło się dwa razy więcej dni chłodnych niż w pozostałych stacjach regionu.

Najwięcej dni ciepłych w latach 1981–2010 pojawiło się w roku 1989 (prawie dwukrotnie więcej niż w pozostałych latach dekady lat 80.), a także w latach 2000, 2002 oraz pod koniec pierwszej dekady XXI wieku (ryc. 5). Największe



Ryc. 3. Liczba fal chłodnych dni (po lewej) oraz liczba fal ciepłych dni (po prawej) w stacjach V (południowo-wschodniego) regionu bioklimatycznego

Figure 3. Number of waves on cold days (left) and number of waves on warm days (right) in stations of V south-eastern bioclimatic region



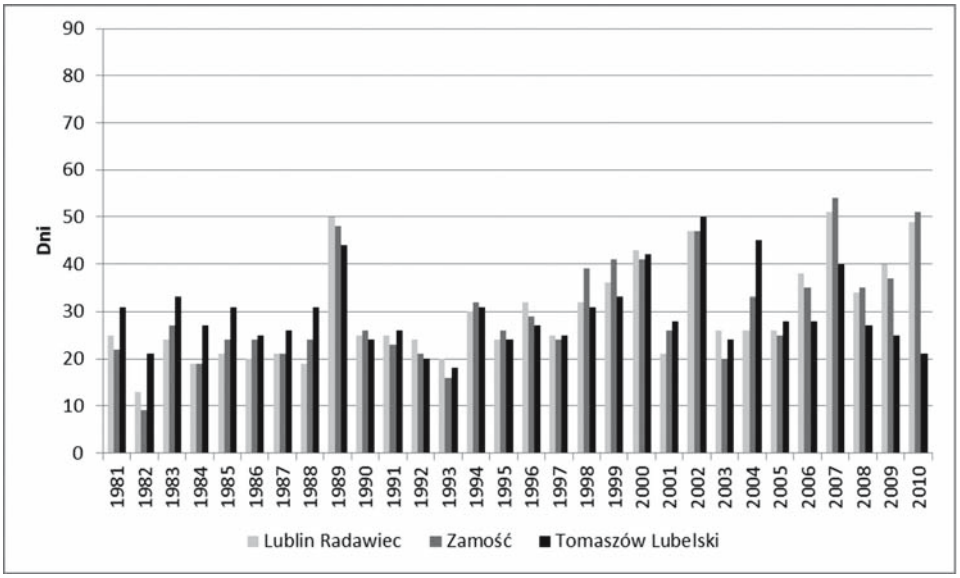
Ryc. 4. Liczba chłodnych dni w poszczególnych latach okresu 1981–2010 w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego)

Figure 4. Number of cold days in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010

różnice pomiędzy poszczególnymi stacjami zaznaczają się w ostatnim 5-leciu badanego okresu – w Tomaszowie Lubelskim dni ciepłych jest prawie połowę mniej niż w pozostałych stacjach badanego regionu.

Fale ciepłych i chłodnych nocy (obliczone na podstawie temperatury minimalnej)

W latach 1981–2010 fale chłodnych nocy były dłuższe i pojawiały się częściej niż fale ciepłych nocy (ryc. 6) na wszystkich analizowanych stacjach południo-



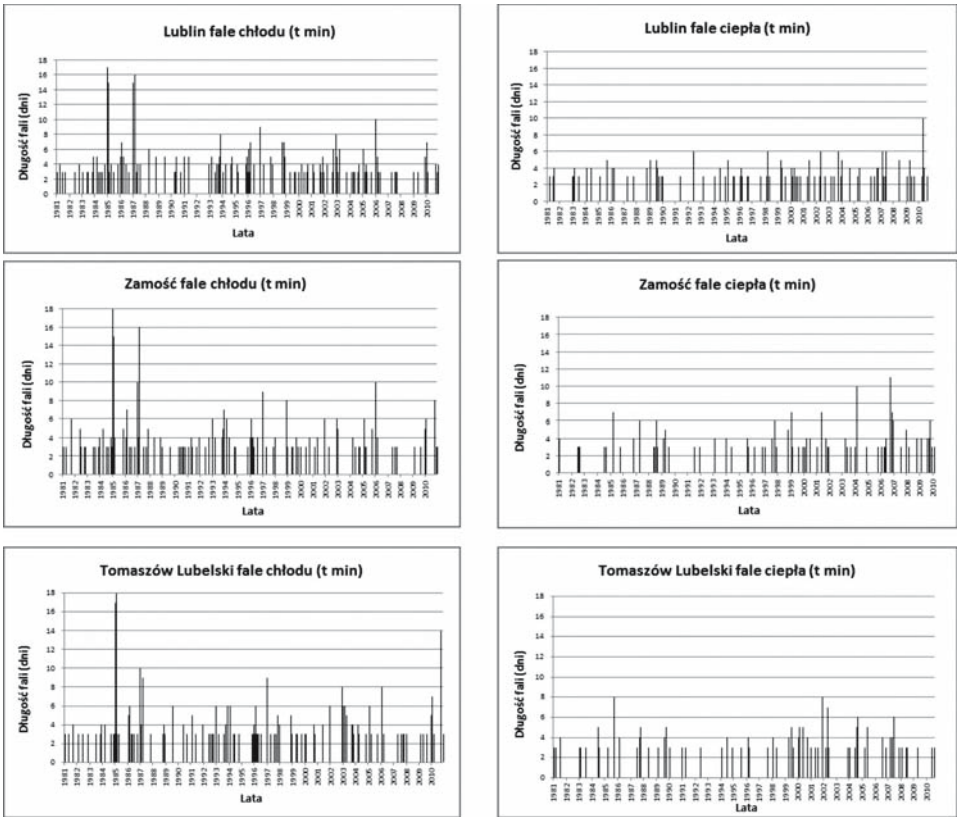
Ryc. 5. Liczba ciepłych dni w poszczególnych latach okresu 1981–2010 w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego)

Figure 5. Number of warm days in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010

wo-wschodniego regionu bioklimatycznego. Rekordowymi latami pod względem liczby i długości fal chłodnych nocy były lata 1985 oraz 1987, gdy pojawiły się najdłuższe w badanym okresie fale (były to również fale ciepłych dni, ryc. 2). Jednak w porównaniu z falami chłodnych dni fale chłodnych nocy przeważnie były krótsze we wszystkich stacjach regionu (np. w latach 90. nie pojawiły się tak długie fale chłodnych nocy, jak to miało miejsce w przypadku fal chłodnych dni).

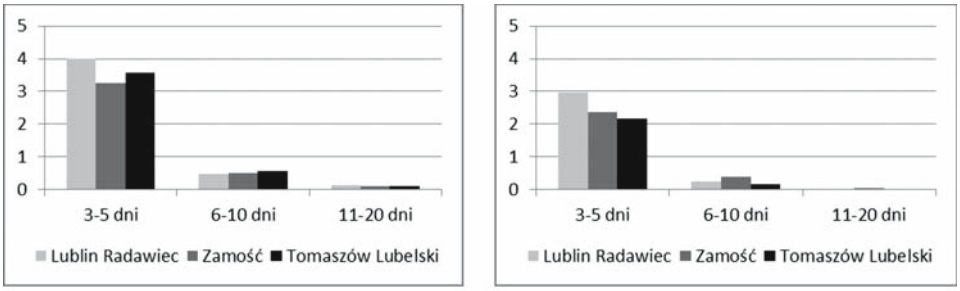
Fale ciepłych nocy z kolei pojawiają się zdecydowanie rzadziej niż fale ciepłych dni (ryc. 2, ryc. 6). Podobnie jak przy falach chłodnych nocy fale ciepłych nocy są także nieco krótsze niż fale ciepłych dni. Fale ciepłych nocy nie pojawiają się każdego roku, zdarza się kilka kolejnych lat bez fali (w przypadku fal ciepłych dni takie lata bez fal należały do rzadkości). W latach 1981–2010 fale chłodnych nocy zaczęły pojawiać się nieco częściej na przełomie wieków oraz w pierwszej dekadzie XXI wieku.

Fale chłodnych nocy. W latach 1981–2010 średnio w roku pojawiło się 3 do 4 krótkich fal chłodnych nocy (trwających od 3 do 5 dni, ryc. 7). Fale umiarkowanie długie (6 do 10 dni) pojawiały się raz na kilka lat, natomiast fale długie (trwające od 11 do 20 dni) w badanym okresie zanotowano 4 w Lublinie oraz po 3 w stacjach Zamość i Tomaszów Lubelski. Najdłuższe fale chłodnych nocy trwały 18 dni w stacjach Zamość i Tomaszów Lubelski oraz 17 dni w Lublinie i pojawiły się na początku 1985 roku.



Ryc. 6. Fale ciepła i chłodu (ciepłych i chłodnych nocy) w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego) w latach 1981–2010

Figure 6. Warm and cold waves (on warm and cold nights) in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010



Ryc. 7. Liczba fal chłodnych nocy (po lewej) oraz liczba fal ciepłych nocy (po prawej) w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego)

Figure 7. Number of waves on cold nights (left) and number of waves on warm nights (right) in stations of V south-eastern bioclimatic region

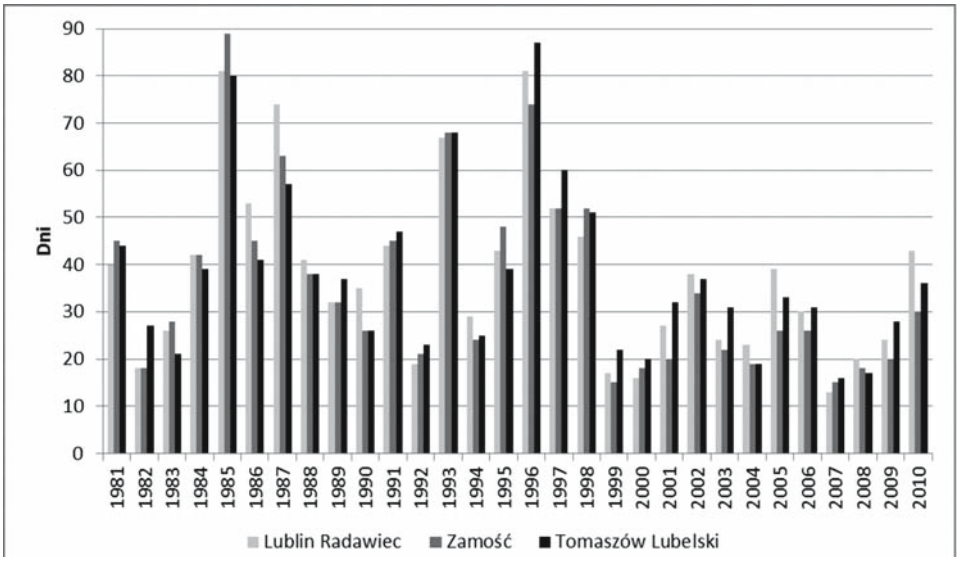
Fale ciepłych nocy. W badanym okresie średnio w roku pojawiały się 2 do 3 krótkich (3 do 5 dni) fal ciepłych nocy (ryc. 7), zaś raz na kilka lat pojawiała się fala umiarkowanej długości (6–10 dni). Długich fal (trwających od 11 do 20 dni) nie zaobserwowano w Lublinie i Tomaszowie Lubelskim, jedynie w Zamościu pojawiła się jedna długa fala ciepłych nocy, która trwała 11 dni.

Liczba chłodnych nocy w latach 1981–2010 (ryc. 8) charakteryzowała się dużymi wahaniami z roku na rok, ze szczególnie wysokimi wartościami w latach 1985 (ponad 80 na wszystkich stacjach), 1997 (ponad 70) oraz 1993 (ponad 60). Od roku 1999 widoczny jest drastyczny spadek liczby chłodnych nocy, wynoszący 20–30 rocznie, choć w XX wieku liczba ta przeważnie przekraczała 30 nocy w roku.

Z kolei liczba ciepłych nocy (ryc. 9) nieco wzrosła w pierwszej dekadzie XXI wieku – w ostatnich latach liczba ciepłych nocy w roku przekraczała 40, gdy w ubiegłym wieku takich nocy przypadało 20–30 na rok. Rokiem z najwyższą liczbą ciepłych nocy (powyżej 60) był 2002 rok, zaś rokiem z najniższą liczbą ciepłych nocy był 1987 rok (od 12 w Lublinie do 20 w Tomaszowie Lubelskim).

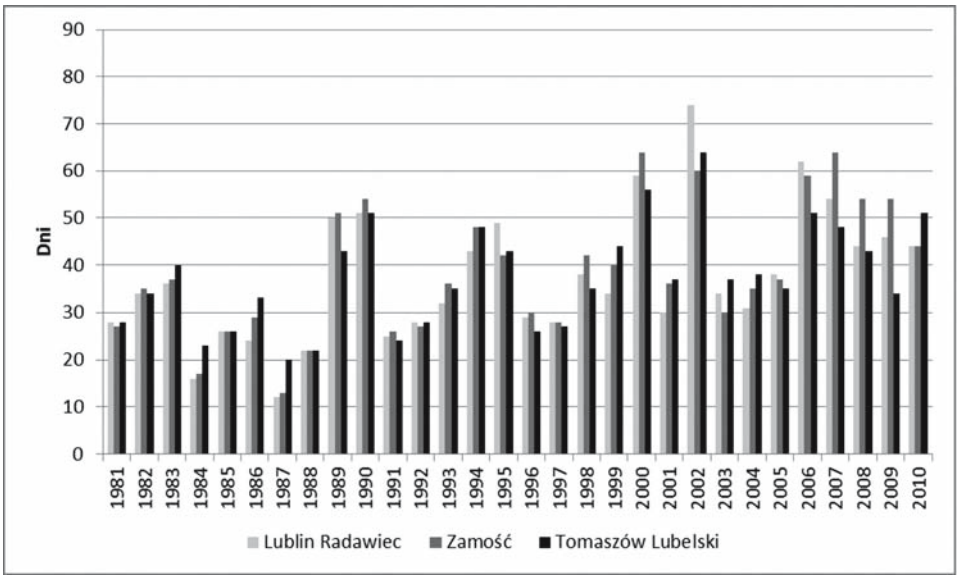
PODSUMOWANIE

W badanym okresie (1981–2010) średnia liczba fal chłodnych dni i nocy w południowo-wschodnim regionie bioklimatycznym wynosiła 3–5 fal rocznie.



Ryc. 8. Liczba chłodnych nocy w poszczególnych latach okresu 1981–2010 w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego)

Figure 8. Number of cold nights in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010



Ryc. 9. Liczba ciepłych nocy w poszczególnych latach okresu 1981–2010 w stacjach V regionu bioklimatycznego (południowo-wschodniego)

Figure 9. Number of warm nights in stations of V south-eastern bioclimatic region in years 1981–2010

Wartości te były następujące: w Lublinie śr. 4,6 (fale chłodnych dni) i Tomaszowie Lubelskim śr. 4,80 (fale chłodnych nocy). Średnia liczba fal ciepłych dni wahała się od 2 do 3 fal na rok i najwięcej ich było w Lublinie (śr. 3,20). Z kolei średnia liczba fal ciepłych nocy wahała się od 4,9 w Lublinie do 6,4 w Zamościu.

Fale chłodnych dni pojawiają się dość regularnie w każdej porze roku, jednak z różną częstością w poszczególnych miejscowościach badanego regionu – w Lublinie dominują latem i zimą, w Zamościu – jesienią i zimą, zaś w Tomaszowie Lubelskim występują dość regularnie z lekkim minimum w lutym i marcu. Fale chłodnych nocy na wszystkich stacjach najrzadziej pojawiają się w półroczu ciepłym.

Fale ciepłych dni w Lublinie najrzadziej pojawiają się w sierpniu i grudniu, w Zamościu – w sierpniu, grudniu i listopadzie, zaś w Tomaszowie minimum przypada na luty, sierpień, listopad i grudzień. W pozostałych miesiącach roku fale ciepłych dni pojawiają się dość regularnie. Fale ciepłych nocy we wszystkich badanych stacjach regionu V pojawiają się najczęściej w styczniu, zaś w Lublinie drugie maksimum występowania tych fal przypada na lato.

Fale ciepła (oba rodzaje) dominowały nad falami chłodu jedynie w przypadku fal krótkich (3–5 dni), jednak już w przypadku fal długich (trwających od 11 do 20 dni) dominowały fale chłodu, bardzo charakterystyczne dla południowo-

-wschodniego (V) regionu bioklimatycznego. Fale chłodnych nocy były przeważnie krótsze od fal chłodnych dni.

W analizowanym okresie wystąpiły szczególnie długie fale chłodnych dni w latach 1985, 1987 oraz latach 90. i silnie zaznaczyły się w stacjach Tomaszów Lubelski oraz Zamość. Z kolei fale ciepła (ciepłych dni) szczególnie nasiliły się pod koniec lat 80. oraz w pierwszej dekadzie XXI wieku. Fale ciepłych nocy pojawiały się zdecydowanie rzadziej i są one krótsze niż fale ciepłych dni; częściej zdarzają się lata bez fali.

W latach 1981–2010 liczba dni chłodnych nieznacznie przeważała nad liczbą dni ciepłych na stacjach w Lublinie i Tomaszowie Lubelskim, natomiast w Zamościu więcej było dni ciepłych niż chłodnych (co może być spowodowane pewnymi brakami danych w tej stacji). Liczba dni ciepłych i dni chłodnych w poszczególnych latach wykazuje dużą zmienność z roku na rok, choć można zaobserwować spadek liczby dni chłodnych i wzrost liczby dni ciepłych w pierwszej dekadzie XXI wieku. W stacji w Tomaszowie Lubelskim w ostatnich latach okresu 1981–2010 zaobserwowano wzrost liczby dni chłodnych i spadek liczby dni ciepłych (odwrotnie niż w pozostałych stacjach regionu). W I dekadzie XXI wieku widoczny jest spadek liczby chłodnych nocy w porównaniu z dwoma ostatnimi dekadami XX wieku, z kolei liczba ciepłych nocy w tym czasie nieco wzrosła.

LITERATURA

Błażejczyk K., 2004: *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Prace Geograficzne, IGiPZ PAN, 192, Warszawa, 291.

Błażejczyk K., Kunert A., 2001: *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce,* Monografie IGiPZ PAN 13, Warszawa, ss. 366.

Della-Marta P.M., Haylock M.R., Luterbacher J., Wannen H., 2007: *Double length of western European summer heat waves since 1880*, J Geophys. Res. 112, D15103.

Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997: *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*, Monografie IGiPZ PAN, 1, 200.

Kuchcik M., Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013: *Potencjał leczniczy klimatu Polski*, IGiPZ PAN, Warszawa, ss. 270.

Kysleý J., Huth R., 2008: *Relationship of surface air temperature anomalies over Europe to persistence of atmospheric circulation patterns conductive to heat waves*, Advances in geosciences 14, 243–249.

Warakomski W., 1994: *Zarys klimatu Roztocza*, [w:] T. Wilgat (red.), *Roztoczański Park Narodowy*, RPN, Kraków.

Wibig J., 2007: *Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi*, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geograhica Physica 8, 27–61.

SUMMARY

Lublin and Roztocze regions are placed in bioclimatic division (by T. Kozłowska-Szczęsna) in 5th south-eastern region. This area can be characterized by a high number of days with high air temperature (Kozłowska-Szczęsna et al., 1997) and by highest number of frost days in Poland (Błażejczyk, Kunert 2011). In this region, there is high frequency of cold spells; an occurrence, which can last over 15 days (Kuchcik et al., 2013).

In this paper, warm and cold waves are calculated by method elaborated by Wibig (2007), where waves are determined by maximum air temperature (warm and cold days) and minimum air temperature (warm and cold nights) based on standard deviation from the average, expressed in standard deviation. Days, where air temperature was higher than average by more than 1.28 standard deviation was regarded as very warm, and those with lower air temperature than average by more than 1.28 standard deviation was regarded as very cold (Wibig 2007).

For the purpose of this research, data from stations Lublin-Radawiec, Zamość and Tomaszów Lubelski were used, for the 1981–2010 period. During that time, short (3–5 days) waves of warm days occurred slightly more often than for waves of cold days, but in case of long waves (11–20 days) cold waves dominated, which is very characteristic for south-eastern (V) bioclimatic region. The waves of cold days were particularly long at Tomaszów Lubelski and Zamość stations. The average number of short (3–5 days) cold waves (night) on examined stations of south-eastern bioclimatic region was 3–4 waves per year and this was more than average number of short warm waves (night), which fluctuated between 2 to 3 waves per year (inversely to the case of waves of warm days). In the first decade of 21st century, the decrease in number of cold days is visible, but number of warm nights has increased during that time.