

## PRACE GEOGRAFICZNE

zeszyt 159, 2019, 67–86

doi: 10.4467/20833113PG.19.020.11488

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Komisja Geograficzna, Polska Akademia Umiejętności

Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego

# DNI CIEPŁE I CHŁODNE W POLSCE (1966–2017)

*Jan Zimnol, Zuzanna Bielec-Bąkowska*

## Warm and cold days in Poland (1966–2017)

*Abstract:* The study presents the spatial and temporal variability of warm and cold days occurring in the years 1966–2017 at five meteorological stations representing four peripheral areas and the centre of Poland. The analysis was based on the daily maximum air temperature values. A warm or cold day was considered as a day during which the maximum temperature was respectively higher or lower than the average daily temperature by a value of 1.28 standard deviation for a given calendar day. The obtained results indicate an increase in the frequency of the occurrence of warm days sequences and a decrease in the number of sequences of cold days, especially after 1990. The analysis also found a clear differentiation of the annual course of the considered days depending on the geographical location of the area in question. The most distinctive is the north-western region of Poland, where the highest number of warm days was recorded. In contrast, the area of southern Poland is characterized by a higher number of cold days. Most of the analyzed days occurred as one- or two-day long sequences, constituting approximately 70–80% of all cases. In the analyzed period, short (lasting 3–5 days) waves of warm or cold days were most frequent, and the longest waves (lasting at least 11 days) usually accounted for less than 1% of all cases recorded at a given station.

*Keywords:* warm and cold days, long-term variability, Poland

*Zarys treści:* W opracowaniu zaprezentowano przestrzenną i czasową zmienność ciepłych i chłodnych dni występujących w latach 1966–2017 na pięciu stacjach meteorologicznych reprezentujących cztery obszary peryferyjne oraz centrum Polski. Podstawą badań były dobowe wartości maksymalnej temperatury powietrza. Za dzień ciepły lub chłodny uznano dobę, w której temperatura maksymalna była odpowiednio wyższa lub niższa od średniej temperatury

dobowej o wartość równą 1,28 odchylenia standardowego dla danego dnia kalendarzowego. Otrzymane wyniki wskazują na wzrost częstości występowania ciągów dni ciepłych oraz na spadek liczby ciągów dni chłodnych, szczególnie dobrze widoczny po roku 1990. Stwierdzono także wyraźne zróżnicowanie przebiegu rocznego rozpatrywanych dni w zależności od położenia geograficznego obszaru. Najbardziej wyróżnia się rejon północno-zachodni, w którym notuje się najwięcej dni ciepłych. Natomiast obszar Polski południowej charakteryzuje się zwiększoną liczbą dni chłodnych. Większość analizowanych dni występowała pojedynczo lub w ciągach dwudniowych, stanowiąc około 70–80% wszystkich przypadków. Wśród fal dni ciepłych i chłodnych dominowały fale krótkie (trwające 3–5 dni), a fale najdłuższe (trwające co najmniej 11 dni) zwykle stanowiły mniej niż 1% wszystkich przypadków notowanych na danej stacji.

*Słowa kluczowe:* dni ciepłe i chłodne, zmienność wieloletnia, Polska

## Wprowadzenie

Klimat rozpatrywany z perspektywy jego oddziaływania na organizmy żywe stanowi jedną z wielu cech środowiska geograficznego danego obszaru (Błażejczyk, Kunert 2011). W ostatnich dziesięcioleciach w badaniach dotyczących klimatu szczególnie dużo uwagi poświęca się zagadnieniu zmiany średnich wartości temperatury powietrza. Ich obserwowany wzrost, potocznie nazywany ociepleniem klimatycznym, nie pozostaje bez znaczenia dla funkcjonowania ekosystemów przyrodniczych, jak również dla życia i działalności człowieka (Kundzewicz 2008).

Rozpatrywanie przeciętnych warunków klimatycznych, ich zmian sezonowych czy wieloletnich, stanowi podstawę badań bardziej szczegółowej zmienności klimatu oraz porównywania występowania warunków pogodowych i klimatycznych w różnych obszarach świata w skali globalnej, jak również w skali regionalnej i lokalnej (Marosz i in. 2011). Szczególnie interesujące jest występowanie warunków ekstremalnych, czyli takich, podczas których wartości wybranych elementów przekraczają wyznaczone progi (IPCC 2013). Do takich warunków szczególnych zaliczyć należy występowanie przez kilka dni wysokich lub niskich wartości temperatury, najczęściej opisywanych jako fale upałów lub fale mrozów. Obecnie największe znaczenie dla człowieka ma występowanie długich okresów charakteryzujących się pogodą upalną, która może mieć katastrofalny wpływ na środowisko przyrodnicze oraz gospodarkę (Sulikowska i in. 2016). Fale upałów w sposób bezpośredni przyczyniają się do wystąpienia suszy agrarnej, prowadząc do zmniejszenia plonów, zaś w sposób pośredni przyczyniają się do występowania pożarów (Kaca i in. 2011; Kundzewicz 2013). W infrastrukturze technicznej, szczególnie komunikacyjnej oraz elektroenergetycznej, mogą prowadzić do wielowymiarowych strat gospodarczych (Radzikowski 2011; Rączka, Maćkowiak-Pandera 2015). Fale upałów często negatywnie wpływają na zdrowie i życie człowieka. W czasie ich występowania odnotowuje się wyraźny

wzrost zachorowalności i umieralności, zwłaszcza w grupie chorób układu krążenia oraz wśród dzieci i osób starszych. W klimacie umiarkowanym także nadejście silnej fali chłodu może prowadzić do wzrostu liczby zgonów, jednak występuje on z większym opóźnieniem niż w przypadku fali upału. W czasie srogich zim liczba zgonów może być nawet o 70% wyższa niż liczba zgonów w cieplej połowie roku, chociaż średnio w półroczu chłodnym wzrost ten utrzymuje się na poziomie 5–30% (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004; Kuchcik 2017). Fale mrozów mogą również wpływać bardzo negatywnie na funkcjonowanie gospodarki. Ich skutki są szczególnie dotkliwe w przypadku transportu szynowego, często powodując unieruchomienia pojazdów trakcyjnych, zarówno w systemach kolei miejskich, jak i krajowych (Kędra 2015). W gospodarce elektroenergetycznej kraju utrzymywanie się długotrwałych fal mrozu zwiększa zapotrzebowanie na moc, co przekłada się na sprawność systemu energetycznego oraz rynek cen energii (Motowidlak 2014). Występowanie silnych fal mrozu ma również duże znaczenie w rolnictwie. W produkcji rolnej i sadownictwie prowadzą one do zmniejszenia plonów, a w skrajnych przypadkach nawet do ich braku (Kędziora 2008). Jednak zaburzenia w funkcjonowaniu środowiska geograficznego oraz w działalności człowieka często spowodowane są nie tylko wystąpieniem temperatury przekraczającej konkretną wartość, jak w przypadku fal upałów czy mrozów ( $t_{\max} \geq 30^{\circ}\text{C}$  i  $t_{\max} < 0^{\circ}\text{C}$ ). Często wspomniane zmiany pojawiają się również w okresach, w których wartości temperatury są wyraźnie niższe lub wyższe niż średnio notowane w danej porze roku. Wynikiem ich wystąpienia mogą być m.in. przyspieszenie faz rozwojowych roślin (kwitnienie czy pylenie) lub też zaburzenia w samopoczuciu człowieka (Błażejczyk 2004; Piotrowicz 2009).

Niniejsze opracowanie poświęcone zostało określeniu wieloletniej zmienności występowania ciągów dni ciepłych oraz chłodnych na wybranych stacjach meteorologicznych Polski w latach 1966–2017. Szczególną uwagę zwrócono na długość trwania rozpatrywanych fal termicznych, ich zmiany wieloletnie oraz na ich zróżnicowanie przestrzenne.

## Materiały źródłowe i metoda opracowania

W opracowaniu wykorzystano dane dotyczące dobowych wartości maksymalnej temperatury powietrza odnotowanej na pięciu stacjach synoptycznych reprezentujących peryferyjne obszary Polski (Świnoujście, Suwałki, Legnica i Rzeszów) oraz jej centrum (Łódź). Dane pomiarowe pochodzą z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego i obejmują okres 1966–2017.

W badaniach klimatologicznych spotyka się wiele metod wydzielenia okresów charakteryzujących się wysoką lub niską temperaturą powietrza. W zależności od uwarunkowań klimatycznych danego obszaru, jego wielkości oraz celu badawczego

zmieniają się kryteria wydzielenia takich okresów. Problem ten został szczegółowo opisany w pracy Krzyżewskiej (2014a), która m.in. wyróżniła kilka metod wydzielenia rozpatrywanych okresów. Zaliczyła do nich metody: oparte na progach arbitralnych (uwzględniających np. określoną wartość temperatury), na progach względnych (najczęściej wykorzystujących wartości percentyli i odchylenia standardowego), metody wykorzystujące podejście synoptyczne albo statystyczne, „metodę trzech warunków” (temperatura powietrza musi spełnić 3 określone kryteria) oraz metody wykorzystujące różnorodne wskaźniki bioklimatyczne czy też progi termiczne wyznaczone przez wzrost śmiertelności.

W niniejszym opracowaniu wykorzystano metodę opartą na wartościach względnych. Przyjęcie takiej metody badawczej wynikało z faktu, iż celem opracowania było określenie pojawiania się okresów cieplejszych (chłodniejszych) niż warunki termiczne występujące zazwyczaj w danym regionie, sezonie czy wieloleciu (opisane przez średnie wieloletnie). Przyjmując tego rodzaju kryteria wydzielenia dni i okresów wyjątkowo ciepłych (chłodnych), możliwe staje się porównanie zarówno charakteru zachodzących zmian w różnych regionach (np.: wzrostu/spadku częstości ich występowania lub zmiany czasu trwania ciągów analizowanych dni; Klein Tank, Können 2003; Vincent i in. 2011), jak i w tym samym obszarze, ale w różnych porach roku.

Dni ciepłe i chłodne zostały wyznaczone metodą zastosowaną przez Wibig (2007), w której wykorzystano wartości temperatury maksymalnej. Za dzień ciepły (chłodny) przyjęto dobę, w której odpowiednio:

$$T_{\max} > T_{\text{sr.max}} + 1,28 \sigma \text{ (dzień ciepły)} \quad \text{albo} \quad T_{\max} < T_{\text{sr.max}} - 1,28 \sigma \text{ (dzień chłodny)}$$

$T_{\max}$  – temperatura maksymalna danego dnia,

$T_{\text{sr.max}}$  – średnia wieloletnia temperatura maksymalna powietrza dla danego dnia roku (wygładzona pięciodniową średnią ruchomą; obliczona dla okresu 1966–2017),  
 $\sigma$  – odchylenie standardowe temperatury maksymalnej dla danego dnia roku (wygładzone pięciodniową średnią ruchomą).

Tak przyjęte kryterium łączy dwa najczęściej stosowane sposoby wydzielenia wartości ekstremalnych. Pierwszy z nich uznaje za wyjątkowe (a nawet ekstremalne) te wartości danego elementu meteorologicznego, które przekraczają lub nie osiągają odpowiednio 90 lub 10 percentyla wszystkich wartości rozpatrywanego elementu (Beniston i in. 2007; IPCC 2007). W wielu przypadkach kryterium to uznaje się za zbyt łagodne (Moberg, Jones 2005) i jako próg przyjmuje się wartości odpowiednio 95 lub 99 oraz 5 lub 1 percentyla (Labajo i in. 2008). Drugi sposób polega na przyjęciu odpowiedniej wielokrotności odchylenia standardowego (metoda względnych anomalii) jako progu wyznaczającego wartości wyjątkowe lub ekstremalne (Barriopedro

i in. 2011; Hansen i in. 2012; Kossowska-Cezak, Twardosz 2015; Michalik 2016). W przeprowadzonych badaniach średnią wieloletnią temperaturę maksymalną obliczono z okresu 1966–2017. Przyjęto także wielkość  $1,28 \sigma$ , ponieważ w przypadku rozkładu normalnego właśnie około 10% wszystkich wartości badanego elementu przekracza średnią o więcej niż  $1,28$  odchylenia standardowego (Wibig 2007). Wydaje się, że zastosowanie tego dość umiarkowanego kryterium wydzielenia wartości wyjątkowych jest odpowiednie do określenia dni ciepła lub chłodu. Z jednej strony wskazuje ono na istnienie wartości wyraźnie wyższych (niższych) od zazwyczaj występujących, z drugiej natomiast nie ogranicza rozważań do bardzo rzadko występujących wartości ekstremalnych.

Na podstawie przyjętego kryterium statystycznego wyłoniono niezwykle ciepłe i chłodne dni badanego okresu występujące na każdej z rozpatrywanych stacji. Na organizm człowieka silnie obciążająco oddziałuje nie tylko samo wystąpienie znacząco wyższej lub niższej temperatury, ale również czas trwania opisywanych warunków termicznych oraz sama ich zmiana. Z tego powodu w pracy określono występowanie ciągów analizowanych dni. Pod pojęciem ciągu w opracowaniu rozumiano przypadki wystąpienia pojedynczych dni ciepłych lub chłodnych, jak również dwóch lub większej liczby występujących po sobie takich dni. Autorzy zdają sobie sprawę z nieprawidłowości przypisania takiego określenia do wystąpienia pojedynczych dni. Jednak przyjęto je ze względu na ułatwienie opisu badanego zagadnienia. Szczególną uwagę zwrócono na różnej długości fale dni ciepłych i chłodnych. W opracowaniu przyjęto, iż za falę dni ciepłych (chłodnych) uznaje się ciąg co najmniej 3 dni spełniających opisane kryteria. Rozpatrując czasową i przestrzenną zmienność występowania badanych dni, zaliczano je odpowiednio do roku, sezonu czy miesiąca, w którym wystąpiły. Natomiast wydzielone ciągi dni ciepłych lub chłodnych zostały przypisane odpowiednio do miesiąca, sezonu lub roku, w którym się rozpoczęły. Tendencje zmian liczby badanych ciągów określono na podstawie równania prostej regresji, natomiast istotność statystyczna trendów (na poziomie  $p < 0,05$ ) została obliczona z wykorzystaniem testu Mann-Kendall'a (Mann 1945; Kendall 1975).

## Roczne i wieloletnie zmiany występowania ciągów dni ciepłych i chłodnych

W badanym wieloleciu (1966–2017) rozpatrywane ciepłe i chłodne dni występowały w każdym miesiącu, chociaż w zależności od geograficznego położenia stacji częstość ich występowania w ciepłej i chłodnej połowie roku była zróżnicowana. Przeważnie liczba dni chłodnych, jaka wystąpiła w analizowanym wieloleciu, była mniejsza niż liczba dni ciepłych, chociaż na niektórych stacjach oraz w poszczegół-

nych sezonach czy półroczach niekiedy nieznacznie ją przekraczała. Największa różnica występowała w Świnoujściu, gdzie dni chłodne stanowiły 75,5% liczby dni ciepłych, a w półroczu IV–IX i latem odpowiednio 59,0% oraz 59,9%. Przewagę dni chłodnych notowano głównie w Suwałkach, gdzie jesienią i zimą liczba dni chłodnych była o około 7% i 48% wyższa niż dni ciepłych, chociaż wiosną i latem stanowiły one jedynie 79,4% oraz 86,0% liczby dni ciepłych. Na pozostałych stacjach proporcje pomiędzy badanymi typami dni były zbliżone, a wyraźnie mniej dni chłodnych niż ciepłych notowano głównie jesienią.

Większość rozpatrywanych dni występowała, jako jeden dzień lub dwa występujące po sobie dni (stanowiły one odpowiednio 46–56% oraz 20–26% wszystkich przypadków rozpatrywanych ciągów). Z tego powodu, a także ze względu na podobne prawidłowości rocznego przebiegu i wieloletniej zmienności całkowitej liczby badanych dni oraz liczby ciągów, w dalszej części opracowania ograniczono się do charakterystyki prawidłowości występowania ciągów badanych dni.

### Występowania ciągów dni ciepłych i chłodnych – przebieg roczny

Przestrzenne zróżnicowanie występowania ciągów dni ciepłych wskazuje, iż zwykle najczęściej występowały one w Świnoujściu i Legnicy, a najrzadziej w Suwałkach (średnia roczna liczba ciągów wynosiła odpowiednio 21,1 i 19,0 oraz 17,1 ciągu). W poszczególnych miesiącach lub sezonach zależność ta mogła się zmieniać (tab. 1 i ryc. 1). Na północy Polski badane ciągi nieco rzadziej występowały w okresie X–III, stanowiąc około 71–76% ciągów występujących w ciepłej połowie roku. W Łodzi, Legnicy i Rzeszowie częstość ta była znacznie bardziej wyrównana i wynosiła 85–93% ciągów występujących w okresie IV–IX.

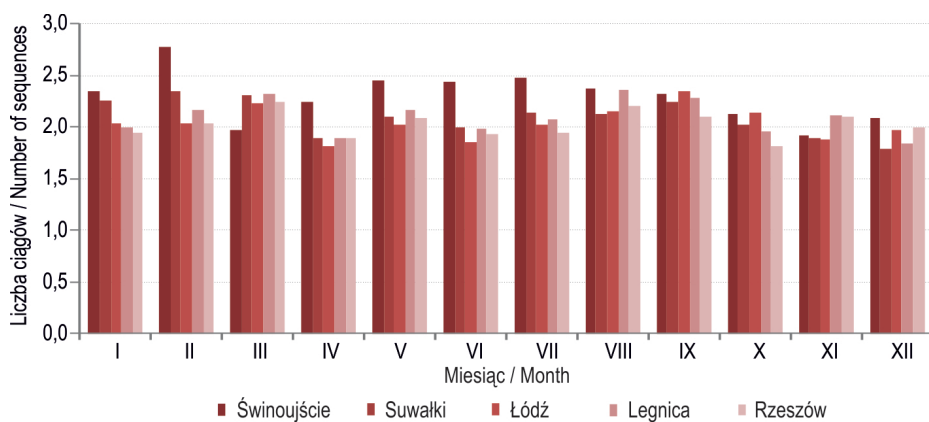
Najrzadziej ciągi dni ciepłych występowały zimą (średnio 2,9–4,3 ciągu), natomiast w pozostałych porach roku ich liczba wahała się od 4,3 do 6,3, średnio oscylując około 5 ciągów w sezonie. Jeszcze mniejsze różnice liczby badanych ciągów widoczne są, gdy porównujemy średnią miesięczną liczbę ciągów odnotowywaną na poszczególnych stacjach. Różnice częstości ich występowania pomiędzy stacjami w poszczególnych miesiącach sięgały 0,2–0,7 (ryc. 1). Roczny przebieg liczby ciągów dni ciepłych był dość wyrównany, szczególnie na południu kraju. Średnia ich liczba w poszczególnych miesiącach wahała się od 1,8 do 2,8. Zwykle ciągi dni ciepłych najczęściej występowały w lutym i marcu oraz w sierpniu i wrześniu. Jednak na każdej stacji przebieg roczny był nieco inny. Najbardziej wyróżniały się ciągi dni ciepłych występujące w Świnoujściu, gdzie silnie zaznaczało się letnie maksimum ich częstości oraz najwyższa ze wszystkich notowanych wartości (średnio 2,8 ciągu) przypadająca na luty (ryc. 1). Najrzadziej ciągi dni ciepłych notowano w miesiącu następującym po wiosennym wroście częstości ich występowania (w marcu lub kwietniu) oraz od października do stycznia.

Tab. 1. Średnia liczba ciągów dni ciepłych na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Table 1. Average number of sequences of warm days at the selected stations in the period 1966–2017

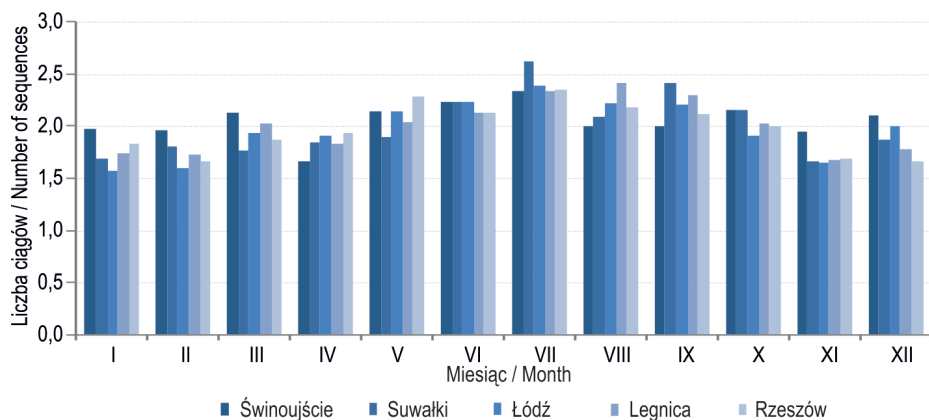
Stacja Station	Średnia liczba ciągów dni ciepłych / Average number of sequences of warm days						
	rok year	zima winter	wiosna spring	lato summer	jesień autumn	IV–IX	X–III
Świnoujście	21,2	4,3	5,6	6,3	4,9	12,2	8,9
Suwałki	17,1	2,9	4,7	4,8	4,7	9,6	7,5
Łódź	17,9	3,6	4,6	4,6	5,1	9,5	8,5
Legnica	19,0	3,9	5,1	5,0	5,0	10,2	8,8
Rzeszów	17,3	3,6	4,6	4,3	4,7	8,8	8,4

W rozpatrywanym okresie ciągi dni chłodnych występowały rzadziej niż ciągi dni ciepłych. W Świnoujściu stanowiły one 67,4% wszystkich ciągów dni ciepłych, przy czym wiosną i latem odpowiednio 52,7% i 58,2%. W pozostałych regionach ciągi dni chłodnych zazwyczaj stanowiły ponad 90,0% liczby ciągów dni ciepłych. Wyjątek stanowiło lato, w którym liczba tych ciągów była większa o około 4–21% niż dni ciepłych oraz zima w Suwałkach i wiosna w Rzeszowie, kiedy przewaga ta wynosiła odpowiednio około 15% i 3% (tab. 1 i 2).

W rezultacie w rozpatrywanym wieloleciu najmniejszą liczbę ciągów dni chłodnych notowano w Świnoujściu – średnio 14,3 rocznie, a na pozostałych stacjach wahała się ona od 16,1 w Suwałkach do 17,2 w Rzeszowie (tab. 2). W przeciwieństwie do dni ciepłych roczny przebieg liczby ciągów dni chłodnych wskazuje na wyraźną regularność (ryc. 2). Ich roczne maksimum występowało latem, głównie w lipcu lub sierpniu, natomiast najmniejsza częstość przypadła na miesiące od listopada do lutego (ryc. 2). W północno-zachodnim regionie Polski opisywany zakres zmian liczby ciągów dni chłodnych występujących w poszczególnych miesiącach był najmniejszy. Letnie maksimum liczby rozpatrywanych ciągów zaledwie o 0,1–0,4 przekraczało średnią ich liczbę występującą w pozostałych miesiącach. Natomiast miesiącem znacząco wyróżniającym się na tle pozostałych był kwiecień, w którym średnio notowano jedynie 1,7 ciągu. Tak niewielka liczba dni chłodnych bezpośrednio wynikała z bardzo silnego i wyraźnego spadku ich częstości od drugiej połowy lat 80., a szczególnie po roku 2000. W ostatnich 17 latach badanego okresu tylko pięciokrotnie odnotowano wystąpienie ciągów dni chłodnych, w tym 3 razy, jako pojedyncze dni oraz raz jako ciąg dwu- i pięciodniowy. Opisywane zmiany są prawdopodobnie wynikiem wzrostu temperatury maksymalnej w Polsce, szczególnie silnego w okresie wiosennym (Michalska 2011; Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013).



Ryc. 1. Średnia liczba ciągów dni ciepłych na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Fig. 1. Average number of sequences of warm days at the selected stations in the period 1966–2017



Ryc. 2. Średnia liczba ciągów dni chłodnych na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Fig. 2. Average number of sequences of cold days at the selected stations in the period 1966–2017



Tab. 2. Średnia liczba ciągów dni chłodnych na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Table 2. Average number of sequences of cold days at the selected stations in the period 1966–2017

Stacja Station	Średnia liczba ciągów dni chłodnych / Average number of sequences of cold days						
	rok year	zima winter	wiosna spring	lato summer	jesień autumn	IV–IX	X–III
Świnoujście	14,3	3,3	3,0	3,7	4,2	6,9	7,3
Suwałki	16,1	3,4	3,7	5,0	4,1	9,3	6,8
Łódź	16,6	3,2	4,4	5,3	3,6	10,0	6,5
Legnica	17,1	3,0	4,5	5,5	4,0	10,2	6,9
Rzeszów	17,2	3,3	4,7	5,3	4,0	10,3	7,0

Na wszystkich stacjach najmniejsza liczba ciągów dni chłodnych, średnio około 3 w sezonie, występowała zimą. Jednocześnie w tej porze roku notowano najmniejsze różnice pomiędzy stacjami. W sezonach przejściowych liczba ciągów dni chłodnych oscylowała około 4 (wiosną od średnio 3,0 w Świnoujściu do 4,7 w Rzeszowie; jesienią od średnio 3,6 w Łodzi do 4,2 w Świnoujściu). Największe zróżnicowanie występowało latem, kiedy w Świnoujściu średnio notowano jedynie 3,7 ciągów dni chłodnych, podczas gdy w Legnicy aż 5,5.

### Występowania ciągów dni ciepłych i chłodnych – zmienność wieloletnia

Znacznie większe zmiany widoczne są w wieloletniej zmienności występowania ciągów dni ciepłych i chłodnych. W przypadku ciągów dni ciepłych w każdym roku badanego wielolecia wystąpiło ich przynajmniej od 5 (w Rzeszowie) do 10 (w Świnoujściu). Jednak w poszczególnych półroczach i porach roku zdarzały się przypadki lat, w których nie wystąpiły one ani razu. Dotyczyło to szczególnie zimy, podczas której brak ciągów dni ciepłych notowano w ciągu 5 lat (w Legnicy i Rzeszowie), a w Świnoujściu nawet w 13.

W analizowanym okresie maksymalna liczba ciągów dni ciepłych występująca w roku, w półroczach czy sezonach znacząco różniła się od średnich wartości wieloletnich (tab. 1 i 3). Największa roczna liczba rozpatrywanych ciągów wahała się od 31 w Suwałkach do 35 fal w Świnoujściu i Rzeszowie, a w obu półroczach od 17 do 23 ciągów na poszczególnych stacjach. W porach roku największa liczba odnotowanych ciągów nie różniła się znacząco pomiędzy stacjami i wahała się od 9 do 14 w sezonie (tab. 3). Niezależnie od rozpatrywanego sezonu czy wartości rocznych maksymalne liczby odnotowanych ciągów zwykle występowały po roku 1999.

Tab. 3. Największa roczna liczba ciągów dni ciepłych i chłodnych na wybranych stacjach w poszczególnych okresach roku w latach 1966–2017

Table 3. Maximum annual number of sequences of warm and cold days at the selected stations in particular seasons of the year during the period 1966–2017

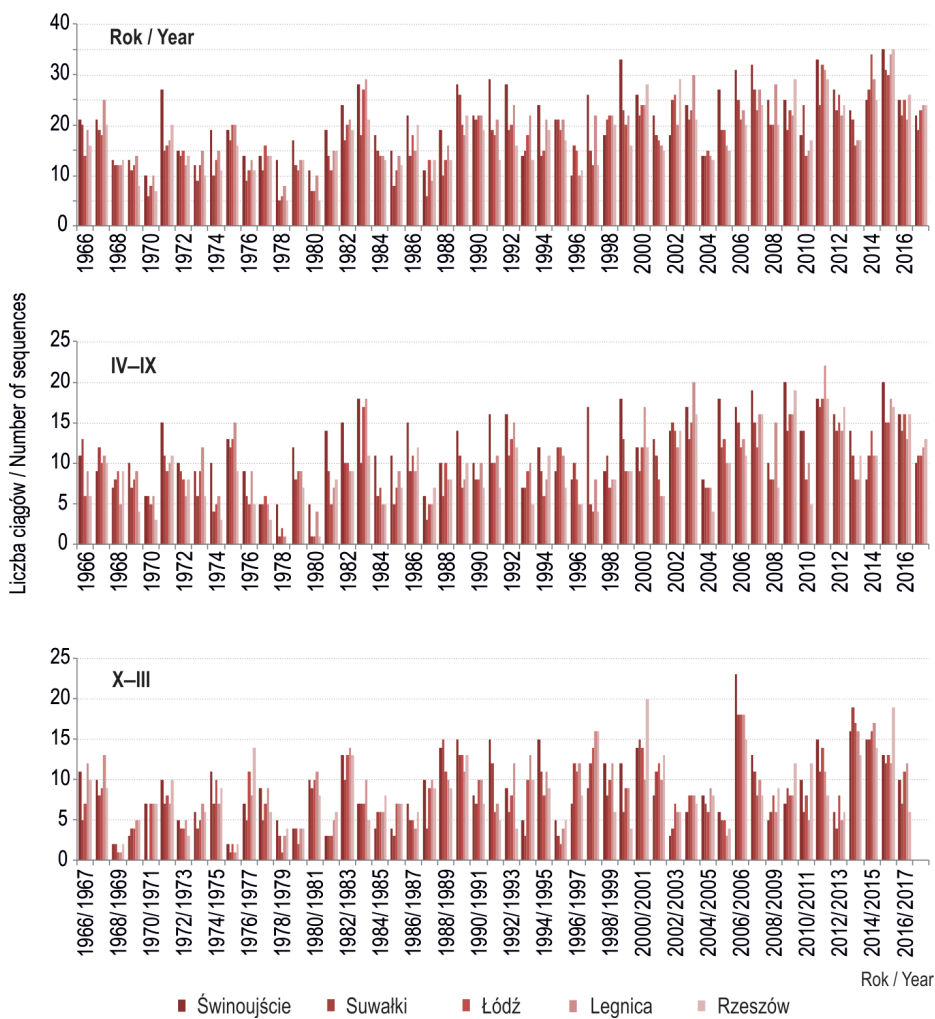
Stacja Station	Rok Year	Zima Winter	Wiosna Spring	Lato Summer	Jesień Autumn	IV–IX	X–III
Największa liczba ciągów dni ciepłych / Maximum number of sequences of warm days							
Świnoujście	35 (2015)	11 (1989)	14 (2007)	12 (1992)	14 (2006)	20 (2009, 2015)	23 (2006)
Suwałki	31 (2015)	9 (2006, 2013)	10 (2002)	11 (1992)	12 (2006)	17 (2011)	19 (2013)
Łódź	34 (2014)	11 (1997, 2013)	9 (2011, 2014, 2017)	10 (1992, 2015)	12 (1967)	18 (2011)	18 (2006)
Legnica	34 (2015)	10 (2006)	10 (2000)	14 (2003)	11 (1982)	22 (2011)	18 (2006)
Rzeszów	35 (2015)	13 (2015)	11 (2002)	11 (2015)	11 (1967, 2000)	19 (2000)	20 (2000)
Największa liczba ciągów dni chłodnych / Maximum number of sequences of cold days							
Świnoujście	29 (1980, 1996)	11 (1984)	10 (1970, 1976)	9 (1977, 1978, 1980, 1996)	9 (1993)	17 (1977, 1996)	18 (1995)
Suwałki	39 (1976)	11 (1969)	11 (1976)	12 (1976)	11 (1993)	21 (1976)	18 (1968)
Łódź	30 (1980)	11 (1969)	10 (1980)	12 (1978)	8 (1985, 1993)	21 (1978)	14 (1969)
Legnica	33 (1985)	11 (1969)	11 (1980)	11 (1978)	10 (1972, 1997)	21 (1977)	18 (1995)
Rzeszów	29 (1980)	10 (1968)	9 (1997)	13 (1978, 1980)	9 (1972)	22 (1978)	15 (1968)

Opisane różnice średniej wieloletniej i maksymalnej liczby ciągów dni ciepłych wynikają z wyraźnego wzrostu ich częstości od początku badanego wielolecia, związanego z obserwowanym prawie na całym świecie silnym wzrostem temperatury od lat 80. XX w. (IPCC 2013). Rozpatrywana liczba ciągów (roczna, półroczna czy sezonowa) w każdym roku różniła się nieco pomiędzy stacjami, jednak ogólny kierunek zmian wieloletnich był bardzo zbliżony (ryc. 3 i 4). Wyraźnie zaznaczają się także okresy większej częstości występowania omawianych ciągów, występujące w tym samym czasie na wszystkich obszarach Polski.

Wspomniany wzrost częstości występowania ciągów dni ciepłych jest najbardziej widoczny w miesiącach ciepłych oraz w przypadku wartości rocznych, natomiast najbardziej charakterystyczne zmiany występowały w okresie zimowym. Związane jest to z ogólnie mniejszą liczbą ciągów dni ciepłych w tym okresie oraz z bardzo wyraźnym ociepleniem zim w ostatnich trzech dekadach (Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013). Rezultatem tych zmian jest wyraźny wzrost średniej liczby ciągów dni ciepłych w zimie po roku 1990 (ryc. 4). Największy, bo prawie dwukrotny wzrost, zanotowano w Suwałkach (ze średnio 1,9 na 3,8 ciągu). Z kolei najbardziej wyrównanym wieloletnim przebiegiem liczby tych ciągów odznaczała się jesień. Chociaż wzrost liczby ciągów dni ciepłych w tej porze roku jest zauważalny, to jest on najślabszy i nieistotny statystycznie. Potwierdza to porównanie średniej liczby rozpatrywanych ciągów występujących przed i po roku 1990. Podobnie jak zimą, największe zmiany odnotowano w Suwałkach (wzrost ze średnio 3,9 na 5,4 ciągu), podczas gdy na pozostałych stacjach różnica ta nie przekraczała 1,0.

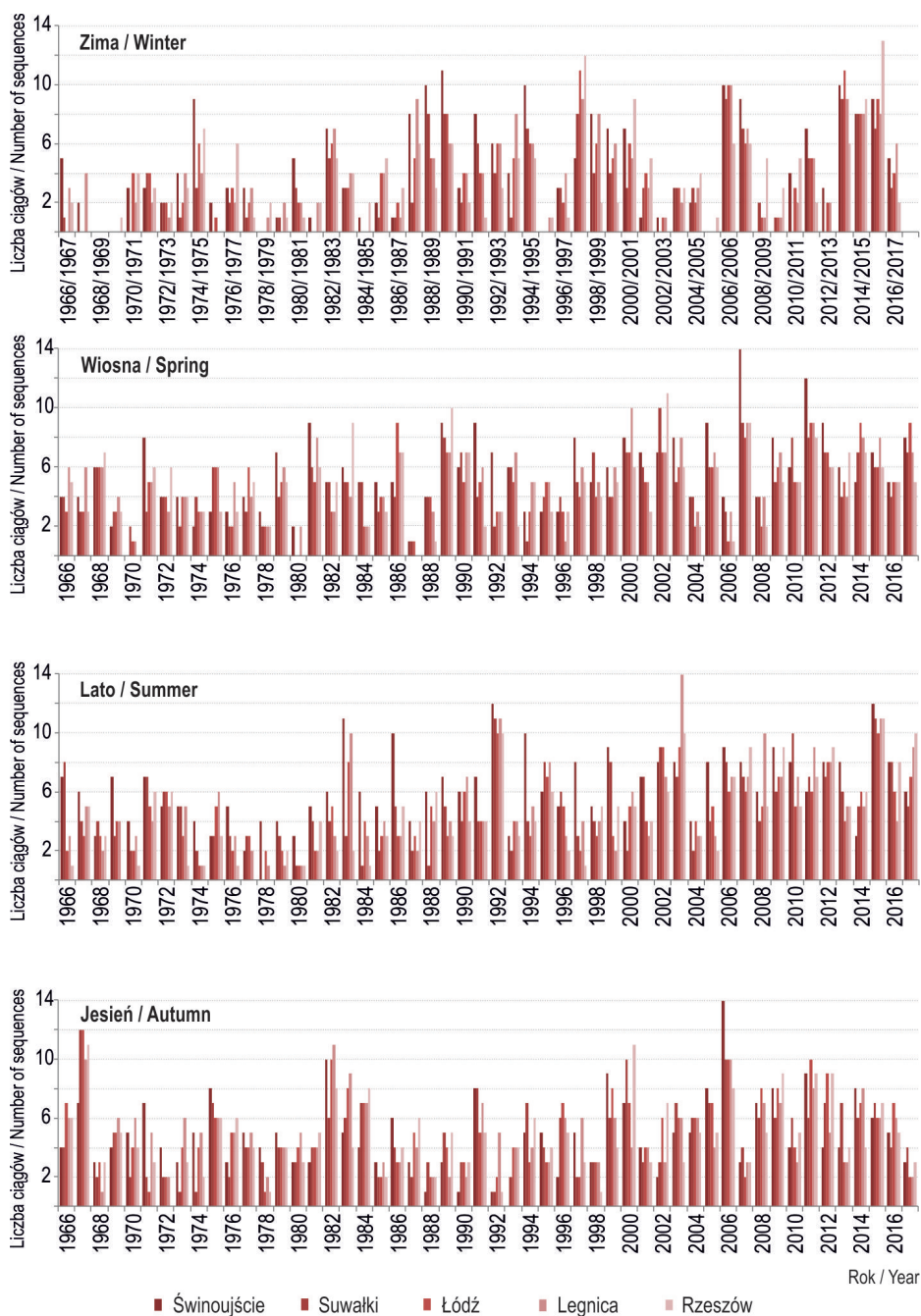
Na wielkość opisywanych zmian wskazuje także wartość tendencji, która dla wartości rocznych wahała się od około 2,2 ciągu na 10 lat w Legnicy do 2,7 na 10 lat w Suwałkach (tab. 4). W poszczególnych półroczach i porach roku wzrost ten był znacznie niższy, chociaż również istotny statystycznie ( $p < 0,05$ ). Na omawianych stacjach wahał się on od około 0,9 do 1,4 ciągu na 10 lat w poszczególnych półroczach oraz od około 0,4 do 1,2 w sezonach. Wyjątek stanowiła wspomniana wcześniej jesień, w której opisywane zmiany zaznaczały się najślabiej. Większe zróżnicowanie pomiędzy stacjami widoczne jest, gdy porównujemy wieloletnie zmiany liczby ciągów dni ciepłych w poszczególnych miesiącach (tab. 4). Zmiany te są też znacznie mniejsze niż w dłuższych okresach roku. Wahały się około 0,1–0,4 ciągu na 10 lat i w większości przypadków były nieistotne statystycznie. Na tym tle wyróżniał się istotny statystycznie ( $p < 0,5$ ) wzrost liczby ciągów występujących w kwietniu (0,2–0,3 na 10 lat) i grudniu (0,1–0,4), a także najmniejsze, a nawet ujemne tendencje zmian w styczniu i październiku.

Podobnie jak w przypadku ciągów dni ciepłych, ciągi dni chłodnych występowały prawie w każdym roku, półroczu czy sezonie. Zaledwie kilkukrotnie, na każdej stacji, nie notowano ich zimą (od 2 lat w Rzeszowie do 5 w Świnoujściu) i jesienią (1–2 przypadków na poszczególnych stacjach). Maksymalna liczba ciągów dni



Ryc. 3. Liczba ciągów dni ciepłych na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Fig. 3. Number of sequences of warm days at the selected stations in the period 1966–2017



Ryc. 4. Liczba ciągów dni ciepłych na wybranych stacjach w poszczególnych porach roku w latach 1966–2017

Fig. 4. Number of sequences of warm days at the selected stations in particular seasons in the period 1966–2017

Tab. 4. Tendencja zmian liczby ciągów dni ciepłych [liczba ciągów/10 lat] na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Table 4. Tendency of changes in the number of sequences of warm days [number of sequences/10 years] at the selected stations in the period 1966–2017

Okres Period	Stacja / Station				
	Świnoujście	Suwałki	Łódź	Legnica	Rzeszów
I	0,01	-0,18	0,03	0,04	0,09
II	0,16	0,14	<b>0,27</b>	0,15	<b>0,28</b>
III	0,18	<b>0,31</b>	0,12	0,04	0,06
IV	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>	<b>0,26</b>	<b>0,20</b>	0,17
V	0,09	0,10	0,05	0,04	0,00
VI	0,15	0,13	0,12	<b>0,25</b>	<b>0,31</b>
VII	0,11	<b>0,29</b>	0,17	0,17	<b>0,17</b>
VIII	<b>0,24</b>	<b>0,21</b>	0,19	<b>0,30</b>	0,18
IX	0,17	0,01	0,16	0,01	0,15
X	0,08	0,00	-0,08	-0,08	-0,12
XI	0,03	<b>0,28</b>	<b>0,26</b>	0,07	0,16
XII	0,13	<b>0,25</b>	<b>0,28</b>	<b>0,21</b>	<b>0,36</b>
Rok / Year	<b>2,32</b>	<b>2,71</b>	<b>2,60</b>	<b>2,18</b>	<b>2,64</b>
Zima / Winter	<b>0,63</b>	<b>0,78</b>	<b>0,85</b>	<b>0,73</b>	<b>0,67</b>
Wiosna / Spring	<b>0,83</b>	<b>0,67</b>	<b>0,60</b>	<b>0,53</b>	0,41
Lato / Summer	<b>0,61</b>	<b>0,78</b>	<b>0,81</b>	<b>0,96</b>	1,25
Jesień / Autumn	0,30	<b>0,54</b>	0,34	0,02	0,30
IV–IX	<b>1,29</b>	<b>1,32</b>	<b>1,29</b>	<b>1,34</b>	<b>1,65</b>
X–III	<b>1,09</b>	<b>1,45</b>	<b>1,34</b>	<b>0,92</b>	<b>0,98</b>

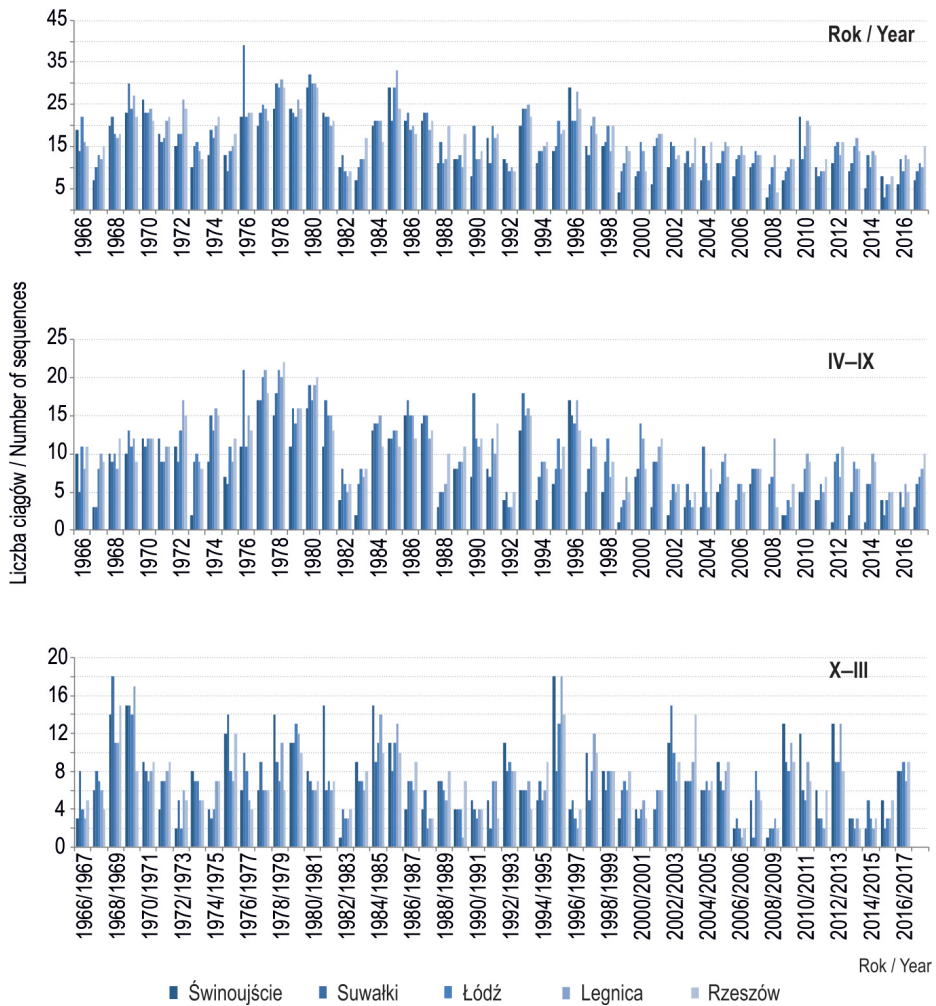
2,32 – wartości istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ) / values statistically significant ( $p < 0,05$ ).

chłodnych występująca odpowiednio w roku, półroczu i sezonie nie różniła się znacząco od maksymalnej liczby ciągów dni ciepła (tab. 3). Największe różnice pomiędzy maksymalną liczbą ciągów dni ciepłych i chłodnych występowały w przypadku wartości rocznych, wahając się od 1 (w Legnicy) do 8 ciągów (w Suwałkach). Warto zaznaczyć, że jedynie w Suwałkach maksymalna roczna liczba ciągów dni chłodnych była większa niż dni ciepłych i wynosiła 39 przypadków. Najczęściej maksymalna liczba ciągów dni chłodnych występowała od roku 1980 (tab. 3).

Wieloletnia zmienność występowania ciągów dni chłodnych wskazuje na wyraźny spadek ich liczby od początku badanego okresu i potwierdza cechy charakteryzujące występowanie ciągów dni ciepłych: znaczne podobieństwo zachodzących zmian na całym obszarze kraju, pewne różnice liczby ciągów na poszczególnych stacjach w konkretnych latach oraz występowanie kilkuletnich okresów zwiększonej częstości występowania ciągów dni chłodnych wspólnych dla wszystkich stacji (ryc. 5 i 6). Najmniejsze zmiany z roku na rok zachodziły, gdy rozpatrywano wartości roczne i półroczne (szczególnie w Łodzi, Legnicy i Rzeszowie – współczynnik zmienności  $<0,45$ ), podczas gdy największe charakteryzowały okres zimowy (współczynnik zmienności  $0,63-0,87$ ) oraz zmiany zachodzące w Świnoujściu (współczynnik zmienności dla wiosny –  $0,95$ ) i Suwałkach ( $0,57-0,72$ ).

Opisywany spadek liczby ciągów dni chłodnych najbardziej zaznacza się w drugiej połowie badanego wiekolecia, a szczególnie w XXI w. Tendencje opisywanych zmian wieloletnich, chociaż o przeciwnych znakach, są bardzo zbliżone do zmian charakteryzujących wzrost liczby ciągów dni ciepłych (tab. 5). Jedyne w przypadku wartości rocznych, półroczna chłodnego i zimy są one nieco mniejsze niż w przypadku zmian liczby ciągów dni ciepłych. Dla wartości rocznych spadek liczby ciągów dni chłodnych wynosił od około  $-1,7$  fal na 10 lat w Rzeszowie do  $-2,6$  na 10 lat w Suwałkach. W kolejnych półroczach były to zmiany od około  $-1,4$  do  $-1,9$  na 10 lat w okresie IV–IX oraz od około  $-0,3$  do  $-1,0$  na 10 lat w miesiącach X–III, natomiast w poszczególnych sezonach wahały się one od około  $0,0$  (jesienią w Rzeszowie) do  $-1,1$  na 10 lat (latem na tej samej stacji). Cechą odróżniającą zmiany liczby ciągów dni ciepła od zmian liczby ciągów dni chłodnych są wyraźnie mniejsze zmiany zachodzące w sezonie zimowym oraz w chłodnej połowie roku. Potwierdza to również prawie całkowity brak zmian od IX do XII (tab. 5). Należy także zwrócić uwagę na fakt, iż w przypadku ciągów dni chłodnych obserwowane zmiany częściej uznaje się za nieistotne statystycznie, szczególnie w chłodnej połowie roku. Na tym tle wyróżnia się silny spadek liczby tych ciągów w sierpniu, istotny statystycznie we wszystkich rozpatrywanych regionach.

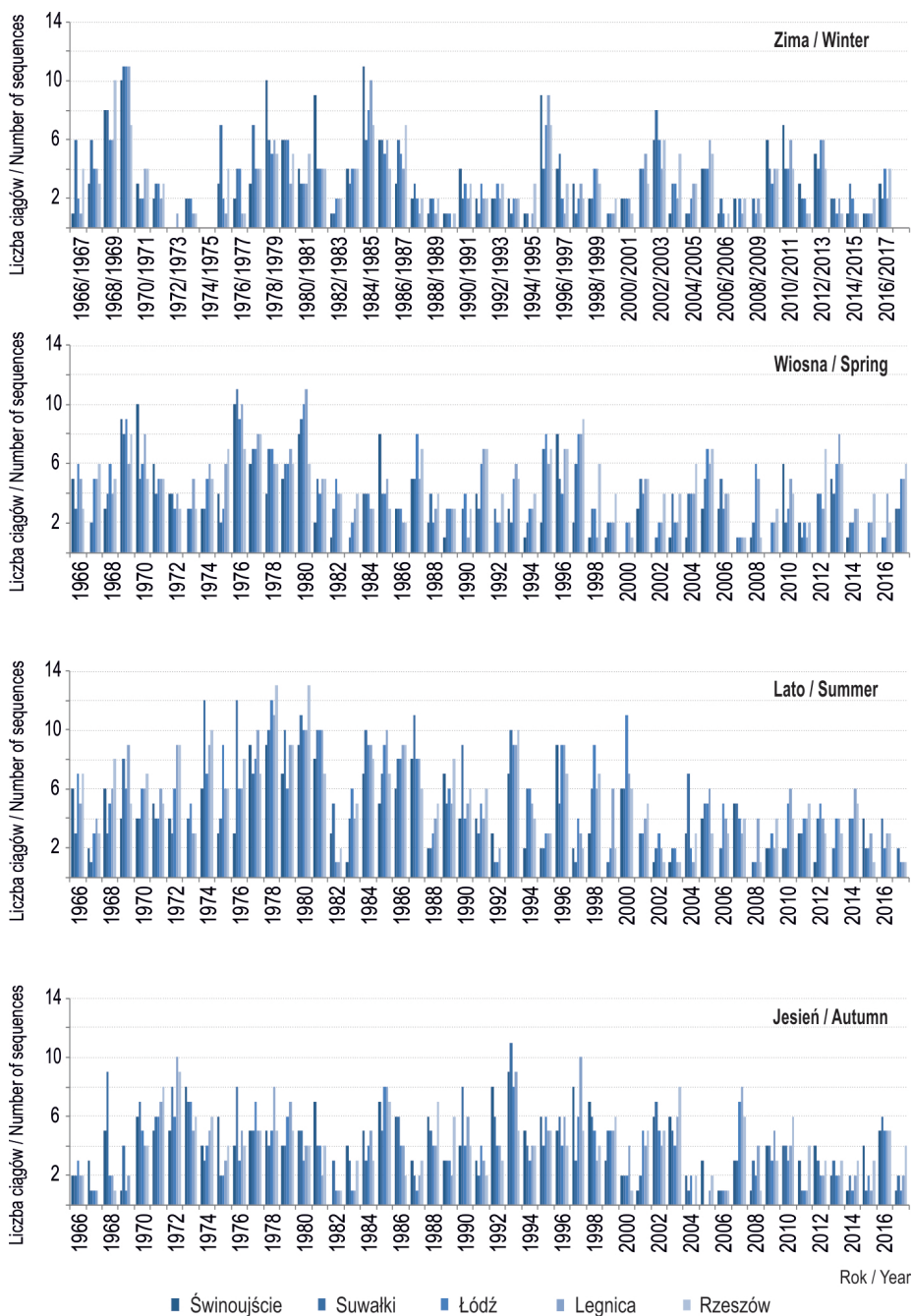
Warto także podkreślić przestrzenne zróżnicowanie opisywanych zmian zachodzących w poszczególnych okresach roku. Biorąc pod uwagę wartości roczne, półroczna ciepłego oraz wiosny i lata, największymi zmianami odznaczała się liczba ciągów dni chłodnych w Świnoujściu, w okresie letnim w Rzeszowie, natomiast zimą, jesienią i w półroczu chłodnym w Suwałkach.



Ryc. 5. Liczba ciągów dni chłodnych na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Fig. 5. Number of sequences of cold days at the selected stations in the period 1966–2017





Ryc. 6. Liczba ciągów dni chłodnych na wybranych stacjach w poszczególnych porach roku w latach 1966–2017

Fig. 6. Number of sequences of cold days at the selected stations in particular seasons of the year in the period 1966–2017

Tab. 5. Tendencja zmian liczby ciągów dni chłodnych [liczba ciągów/10 lat] na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Table 5. Tendency of changes in the number of sequences of cold days [number of sequences/10 years] at the selected stations in the period 1966–2017

Okres Period	Stacja / Station				
	Świnoujście	Suwałki	Łódź	Legnica	Rzeszów
I	-0,08	<b>-0,25</b>	<b>-0,19</b>	-0,12	-0,20
II	<b>-0,30</b>	-0,16	-0,10	-0,07	0,00
III	0,09	0,07	<b>-0,20</b>	-0,06	0,11
IV	<b>-0,37</b>	-0,04	-0,14	<b>-0,18</b>	-0,13
V	<b>-0,21</b>	-0,08	-0,08	-0,15	-0,08
VI	-0,10	-0,15	-0,11	-0,02	-0,03
VII	<b>-0,31</b>	-0,17	-0,23	-0,24	<b>-0,25</b>
VIII	-0,45	-0,28	-0,24	-0,28	-0,35
IX	-0,22	-0,18	-0,12	-0,04	-0,01
X	-0,02	-0,19	0,01	0,00	-0,05
XI	-0,01	0,02	0,05	0,07	-0,13
XII	-0,07	0,00	-0,04	-0,02	-0,04
Rok / Year	-2,49	-2,55	-2,07	-1,97	-1,73
Zima / Winter	-0,36	<b>-0,59</b>	-0,28	-0,21	-0,32
Wiosna / Spring	<b>-0,81</b>	<b>-0,61</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,56</b>	-0,28
Lato / Summer	-0,90	-0,82	-0,79	-0,88	-1,07
Jesień / Autumn	-0,35	<b>-0,50</b>	-0,28	-0,26	-0,04
IV–IX	-1,92	-1,50	-1,41	-1,40	-1,38
X–III	-0,44	<b>-1,01</b>	-0,48	-0,46	-0,33

2,32 – wartości istotne statystycznie ( $p < 0,05$ ) / values statistically significant ( $p < 0,05$ ).

## Fale ciepła i chłodu

Jak wcześniej wspomniano, dni ciepłe najczęściej występowały pojedynczo lub w ciągach dwudniowych, stanowiąc od około 70% wszystkich przypadków rozpatrywanych ciągów w Rzeszowie do około 80% w Świnoujściu (tab. 6). Natomiast wśród fal ciepła (ciągi trwające co najmniej 3 rozpatrywane dni) przeważały te najkrótsze: 3-, 4- i 5-dniowe, które stanowiły odpowiednio 11,0–14,1%, 4,9–6,5% oraz

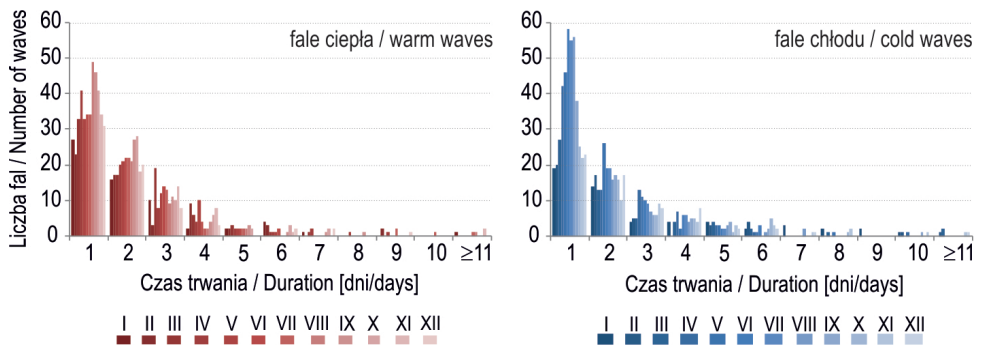
Tab. 6. Udział [%] ciągów dni ciepłych o określonym czasie trwania w ogólnej liczbie ciągów na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Table 6. Share [%] of sequences of warm days with a specific duration in the total number of sequences at the selected stations in the period 1966–2017

Stacja Station	Czas trwania ciągu / Sequence duration [dni / days]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	≥11
Świnoujście	54,5	25,5	10,6	4,9	2,1	1,1	0,5	0,5	0,1	0,0	0,3
Suwałki	49,1	23,0	13,1	6,3	2,9	2,2	1,6	0,7	0,3	0,2	0,4
Łódź	45,8	26,8	14,1	6,5	2,4	2,0	1,0	0,2	0,6	0,1	0,5
Legnica	51,9	24,9	11,0	5,7	2,3	1,4	1,0	0,4	0,4	0,3	0,6
Rzeszów	46,0	24,1	13,8	6,5	4,3	1,7	1,4	0,9	0,3	0,7	0,3

2,1–4,3% wszystkich ciągów (uwzględniając ciągi dni 1- i 2-dniowe) na badanych stacjach. Dłuższe fale występowały niezwykle rzadko (tab. 7, ryc. 7), a najdłuższą z nich zanotowano w Świnoujściu i trwała ona aż 24 dni (od 21 stycznia do 13 lutego 2002 r.). Napływ tak ciepłego powietrza, związany z silnym przepływem zachodnim, odczuwalny był na obszarze prawie całej Polski, co potwierdza wystąpienie w tym okresie fal ciepła w Suwałkach, Łodzi i Legnicy. Choć trwały one nieco krócej niż w Świnoujściu, to również należały do najdłuższych, jakie wystąpiły na danej stacji w rozpatrywanym wieloleciu. W przypadku Rzeszowa wzrost temperatury we wspomnianym okresie nie był aż tak silny, a najdłuższa fala ciepła wystąpiła w okresie 4–16 sierpnia 2015 r. i związana była z dominacją układów wysokiego ciśnienia. W ciepłej porze roku, bardzo długą falę ciepła odnotowano także w Łodzi. Była ona tak samo długa jak wspomniana fala ze stycznia, trwała od 23 lipca do 6 sierpnia 1994 roku i towarzyszyła rozbudowanemu układowi wysokiego ciśnienia. Nieco krótsze fale ciepła występowały w różnych okresach roku i rzadko obejmowały większy obszar kraju.

Częstość występowania ciągów dni chłodnych (zaliczając do nich również pojedyncze dni) w niewielkim stopniu różniła się od częstości dni ciepłych. Jednak zróżnicowanie przestrzenne ich występowania było mniejsze niż dni ciepłych. W przypadku jednego lub dwóch następujących po sobie dni chłodnych ich udział w ogólnej liczbie ciągów stanowił około 71–75% (tab. 8). Zauważono, że w porównaniu z falami ciepła zmalała liczba 3-dniowych fal chłodu, wzrosła natomiast liczba fal dłuższych. Dotyczyło to w szczególności fal trwających 4–7 dni oraz fal trwających co najmniej 11 dni. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne w regionie południowo-



Ryc. 7. Liczba fal ciepła i chłodu o określonym czasie trwania w Łodzi w latach 1966–2017  
 Fig. 7. Number of warm and cold waves in Łódź in the period 1966–2017

Tab. 7. Długie i najdłuższe fale ciepła na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Table 7. Long and the longest warm waves at the selected stations in the period 1966–2017

Stacja / Station	Świnoujście	Suwałki	Łódź	Legnica	Rzeszów
Liczba fal ciepła ≥11 dni Number of warm waves ≥11 days	6	8	10	12	6
Najdłuższa fala / Longest wave					
Czas trwania fali [dni] i data rozpoczęcia Duration [days] and start date	24 (21.01.2002)	19 (26.01.2002)	15 (23.07.1994, 23.01.2002)	16 (21.01.2002)	13 (04.08.2015)

Tab. 8. Udział [%] ciągów dni chłodnych o określonym czasie trwania w ogólnej liczbie ciągów na wybranych stacjach w latach 1966–2017

Table 8. Share [%] of sequences of cold days with a specific duration in the total number of sequences at the selected stations in the period 1966–2017

Stacja Station	Czas trwania ciągu / Sequence duration [dni / days]										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	≥11
Świnoujście	55,6	19,8	9,0	6,5	3,2	2,6	1,3	0,4	0,8	0,0	0,7
Suwałki	47,9	23,1	10,7	7,4	3,0	3,0	1,7	1,2	1,1	0,5	0,5
Łódź	50,0	22,9	10,8	6,4	3,9	3,0	0,8	0,8	0,2	0,6	0,6
Legnica	51,5	22,9	11,2	6,1	2,7	1,6	1,7	1,3	0,3	0,1	0,6
Rzeszów	50,7	24,0	9,6	6,3	3,6	2,2	1,2	1,0	0,2	0,0	1,1

wschodnim, w którym odnotowano 6 fal ciepła trwających nie mniej niż 11 dni i aż 10 takich fal chłodu (tab. 9). Najdłuższe fale chłodu trwały od 14 dni w Świnoujściu do 19 dni w Łodzi, a te nieco krótsze od 12 do 16 dni. Większość z tych fal występowała w chłodnej połowie roku w latach: 1987, 1996, 2012 i 2013. Bardzo często fale chłodu występowały w zbliżonym czasie na większości stacji, chociaż nie zawsze, a ich długość różniła się w zależności od regionu i warunków pogodowych. Te najdłuższe fale zwykle związane były z napływem arktycznych mas powietrza, które, przemieszczając się nad Skandynawią, docierały do Polski.

Tab. 9. Najdłuższe fale chłodu na wybranych stacjach w latach 1966–2017  
 Table 9. Longest cold waves at the selected stations in the period 1966–2017

Stacja / Station	Świnoujście	Suwałki	Łódź	Legnica	Rzeszów
Liczba fal chłodu ≥11 dni Number of cold waves ≥11 days	5	4	5	5	10
2 najdłuższe fale / 2 longest waves					
Czas trwania fali [dni] i data rozpoczęcia Duration [days] and start date	14 (01.03.1987)	17 (05.01.1987)	19 (19.03.2013)	15 (17.02.1986, 21.12.1996, 29.01.2012)	18 (27.01.2012)

Przestrzenne zróżnicowanie występowania fal dni ciepłych i chłodnych znajduje odzwierciedlenie przede wszystkim w przebiegu rocznym i zależy od warunków pogodowych występujących w określonym regionie i czasie. Natomiast wieloletnia zmienność występowania rozpatrywanych fal, podobnie jak liczby dni ciepłych i chłodnych, jest zbliżona na wszystkich stacjach i istotna statystycznie ( $p < 0,5$ ). Wartości tendencji zmian wieloletnich fal ciepłych waha się od 0,8 (w Świnoujściu i Legnicy) do 1,1 fali na 10 lat (w Suwałkach i Rzeszowie), natomiast fal dni chłodnych od  $-0,9$  (w Suwałkach i Łodzi) do  $-0,6$  fali na 10 lat (w Rzeszowie).

## Podsumowanie

Przeprowadzone badania pozwoliły określić zmiany liczby dni ciepłych i chłodnych, jakie występowały w latach 1966–2017 w pięciu regionach reprezentujących obszary peryferyjne oraz centrum Polski. Uzyskane wyniki wskazują, że z reguły około 70–80% dni ciepłych i chłodnych występuje jako dni pojedyncze lub jako ciągi dwudniowe. Liczba ciągów dni ciepłych, jaka wystąpiła w badanym wieloleciu (średnio około 17–20 ciągów rocznie na poszczególnych stacjach), była większa niż ciągów dni chłodnych (średnio około 14–17 w ciągu roku), jednak oba rodzaje ciągów dni częściej występowały w cieplej połowie roku. Warto również podkreślić, iż zróżnicowanie liczby badanych ciągów dni w przebiegu rocznym wyraźniej zaznaczało się w przypadku ciągów dni chłodnych (dobrze zaznaczone letnie maksimum ich występowania).

Największe różnice pomiędzy liczbą ciągów dni ciepłych i chłodnych występują w północnej części kraju. W regionie tym liczba ciągów dni ciepłych jest zdecydo-

wanie większa niż chłodnych, szczególnie w ciepłej połowie roku. Cecha ta wyróżnia przede wszystkim północno-zachodnią część kraju, gdzie poza sezonem jesiennym, liczba ciągów dni ciepła jest najwyższa spośród wszystkich analizowanych obszarów. W przypadku stacji położonych w centrum i na południu Polski stosunek liczby ciągów dni ciepłych do chłodnych był znacznie bardziej wyrównany. Pod względem liczby ciągów dni chłodnych wyróżniały się regiony południowej Polski. Liczba ciągów dni chłodnych była tam największa, a ich ilość występująca w sezonie ciepłym znacząco przekraczała liczbę ciągów notowaną w chłodnej połowie roku. Należy również podkreślić, iż każdy rozpatrywany w badaniach region charakteryzował się nieco inną liczbą ciągów dni ciepłych i chłodnych oraz odmienną częstością ich występowania w ciągu roku. Potwierdzone zostało również regionalne zróżnicowanie występowania dni wyróżniających się pod względem termicznym, najbardziej widoczne w ciepłej połowie roku. Jest to cecha charakterystyczna dla zmian temperatury w Polsce i znajduje swoje odzwierciedlenie również w innych wskaźnikach termicznych (Kozłowski, Michalska 2011), a wynika z położenia geograficznego badanego obszaru.

Większe zróżnicowanie widoczne jest w wieloletniej zmienności występowania analizowanych ciągów. Dotyczy to w szczególności zakresu zmian ich liczby w półroczu chłodnym oraz przestrzennego zróżnicowania ich liczby pomiędzy regionami Polski. Wspomniane różnice regionalne wynikały z warunków pogodowych, jakie występowały w danym roku na poszczególnych obszarach kraju. Jednak ogólne tendencje zmian wieloletnich oraz występowanie dłuższych okresów zwiększonej liczby dni ciepłych lub chłodnych były zbliżone na wszystkich stacjach. Obserwowane w ostatnich kilku dekadach ocieplenie klimatu (IPCC 2013) spowodowało bardzo wyraźny wzrost liczby ciągów dni ciepłych oraz spadek liczby ciągów dni chłodnych. Szczególnie dobrze zaznaczają się one po roku 1990 oraz w okresie ciepłym, który okazuje się najbardziej czuły na występowanie wyjątkowych zmian temperatury. Charakterystyczna jest także niewielka zmiana liczby dni ciepłych występujących jesienią, co najprawdopodobniej związane jest z najmniejszym wzrostem temperatury powietrza właśnie w tej porze roku (Kozłowski 2004; Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013).

Występujące w badanym okresie fale ciepła i chłodu najczęściej należały do fal krótkich, trwających 3–5 dni. I chociaż najdłuższe z nich trwały kilkanaście, a nawet 24 dni, to udział fal trwających co najmniej 11 dni wahał się od 0,3% do 1,1% wszystkich przypadków na danej stacji. Oznacza to, że w poszczególnych regionach notowano około 4–10 tak długich fal chłodu oraz 6–12 fal ciepła w całym wieloleciu. Podobnie jak w przypadku dni ciepłych i chłodnych, wieloletnie zmiany liczby fal ciepła i chłodu wskazywały odpowiednio na wzrost oraz spadek ich częstości o około 0,6–1,1 fali na 10 lat. Pomimo nieco odmiennego podejścia metodologicznego do wyznaczania fal ciepła i chłodu oraz różnych okresów badawczych podobne wyniki uzyskano również w pracach innych autorów (Wibig 2007, Krzyżewska 2014b).

Otrzymane rezultaty potwierdzają też wyniki wcześniejszych badań dotyczących zmian temperatury w Polsce (Wibig, Głowicki 2002; Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013) oraz występowania dni charakterystycznych pod względem termicznym (Wibig 2007; Wibig i in. 2009a i b; Koźmiński, Michalska 2011). Szczególnie ważne jest nie tylko zwiększanie się częstości występowania dni charakteryzujących się wyraźnie wyższą temperaturą, ale i wydłużenie się czasu trwania takich okresów. Wyjątkowe znaczenie ma występowanie fal upałów, których większa trwałość i częstość występowania w Europie są cechą ostatnich dziesięcioleci (Della-Martai in. 2007).

W świetle obserwowanych zmian klimatu oraz dalszych ich prognoz (IPCC 2013) wydaje się, że w najbliższych latach wspomniane wcześniej tendencje zmiany występowania dni ciepłych i chłodnych pozostaną na zbliżonym poziomie. Oznacza to nie tylko zmiany w funkcjonowaniu środowiska naturalnego, lecz także częstsze pojawianie się okresów z pogodą obciążającą organizm człowieka (Błażejczyk i in. 2015). Spowoduje to konieczność adaptacji do zmieniających się warunków przyrodniczych i zmiany zachowań społeczeństw, szczególnie grup najbardziej czułych na zmiany pogody (dzieci, osób starszych i chorych).

## Literatura

- 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 332, 6026, 220–224.
- Beniston M., Stephenson D.B., Christensen O.B., Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhä K., Koffi B., Palutikof J., Schöll R., Semmler T., Woth K., 2007, *Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections*, Climatic Change 81, 71–95.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, *Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951–2006*, Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 132, 59–98.
- Błażejczyk K., 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Prace Geograficzne PAN 192, Warszawa.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Błażejczyk A., 2015, *Wpływ klimatu na stan zdrowia w Polsce: stan aktualny oraz prognoza do 2100 roku*, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Polska Akademia Nauk, Wydawnictwo Akademickie SEDNO, Warszawa.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki*, Monografie Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 13, Warszawa.
- Della-Marta P.M., Haylock M.R., Luterbacher J., Wannen H., 2007, *Double length of western European summer heat waves since 1880*, Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 112, D15103.
- Hansen J., Sato M., Ruedy R., 2012, *Perception of climate change*, Proceedings of the National Academy of Sciences USA (PNAS), 109, E2415–E2423.
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)].



- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1–996.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1–1535.
- Kaca E., Łabędzki L., Lubbe J., 2011, *Gospodarowanie wodą w rolnictwie w obliczu ekstremalnych zjawisk pogodowych*, *Postępy Nauk Rolniczych*, 63 (1), 37–49.
- Kendall M.G., 1975, *Rank correlation methods*, 4th edn. Charles Griffin, London.
- Kędra Z., 2015, *Technologia robót torowych*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Kędziora A., 2008, *Podstawy agrometeorologii*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań.
- Klein Tank A.M.G., Konnen G.P., 2003, *Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99*, *Journal of Climate*, 16, 3665–3680.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2015, *Exceptionally hot and cold summers in Europe (1951–2010)*, *Acta Geophysica*, 63 (1), 275–300.
- Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, 4, 124–129.
- Koźmiński Cz., Michalska B., 2011, *Zmienność liczby dni zimnych, chłodnych, ciepłych, gorących i upalnych w Polsce w okresie kwiecień–wrzesień*, *Przegląd Geograficzny*, 83(1), 91–107.
- Kożuchowski K., 2004, *Skala i tendencje współczesnych zmian temperatury powietrza w Polsce* [w:] K. Kożuchowski (red.), *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, Łódź, 46–25.
- Krzyżewska A., 2014a, *Przegląd metod wydziałania fal upałów i fal mrozów*, *Przegląd Geograficzny*, 59 (3–4), 157–173.
- Krzyżewska A., 2014b, *Fale ciepła i fale chłodu w południowo-wschodnim (V) regionie bioklimatycznym w latach 1981–2010*, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio B*, 69 (2), 143–154.
- Kuchcik M., 2017, *Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XXI wieku i ich wpływ na umieralność*, *Prace Geograficzne Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN*, 263.
- Kundzewicz Z.W., 2008, *Konsekwencje globalnych zmian klimatu*, *Nauka*, 1, 103–118.
- Kundzewicz Z.W., 2013, *Ekstremalne stany pogody, a zmiany klimatyczne – stan i perspektywy; Ocena zagrożeń abiotycznych i możliwości ich ograniczania w związku ze zmianami klimatycznymi; stan i perspektywy (szkody klimatyczne: huragany, śniegotomy, powodzie, susze, niskie i wysokie temperatury)*, Narodowy Program Leśny, Panel Ekspertów, Sękocin Stary, <http://www.npl.ibles.pl/klimat> (dostęp: 03.03.2019).
- Labajo J.L., Martín Q., Labajo A.L., Piorno A., Ortega M., Morales C., 2008, *Recent trend in the frequencies of extreme values of daily maximum atmospheric pressure at ground level in central zone of the Iberian Peninsula*, *International Journal of Climatology*, 28, 1227–1238.
- Mann H.B., 1945, *Non-parametric tests against trend*, *Econometrica*, 13, 245–259.
- Marosz M., 2011, *Wójcik R., Biernacik D., Jakusik E., Pilarski M., Owczarek M., Miętus M., Zmienność klimatu Polski od połowy XX wieku. Rezultaty projektu klimat*, *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 51–66.

- Michalik M., 2016, *Niezwykłe zimne i niezwykle ciepłe miesiące i pory roku w Krakowie (1792–2015)*, Przegląd Geofizyczny, 3–4, 209–223.
- Michalska B., 2011, *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*, Prace i Studia Geograficzne, 47, 67–75.
- Moberg A., Jones P. D., 2005, *Trends in indices for extremes in daily temperature and precipitation in central and western Europe, 1901–1999*, International Journal of Climatology, 25, 1173–1188.
- Motowidlak T., 2014, *Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej w polityce energetycznej UE*, Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal, 17 (2), 23–38.
- Piotrowicz K., 2009, *The occurrence of unfavorable thermal conditions on human health in central Europe and potential climate change impacts: an example from Cracow*, Poland Environmental Management, 44 (4), 766–775.
- Rączka J., Maćkowiak-Pandera J., 2015, *Niedobory mocy w polskim systemie elektroenergetycznym w sierpniu – komentarz Forum Analiz Energetycznych*, Forum Analiz Energetycznych, <http://www.forum-energii.eu/pl/blog/niedobory-mocy-w-2015-r> (dostęp: 03.03.2019).
- Radzikowski M., 2011, *Stan techniczny nawierzchni sieci dróg krajowych na koniec 2010 roku*, Drogownictwo, 4, 111–122.
- Sulikowska A., Wypych A., Woszczek I., 2016, *Fale upałów latem 2015 roku i ich warunkiowania cyrkulacyjne*, Badania Fizjograficzne, seria A – Geografia Fizyczna, 67, 205–223.
- Vincent L.A., Aguilar E., Saindou M., Hassane A.F., Jumaux G., Roy D., Montfraix B., 2011, *Observed trends in indices of daily and extreme temperature and precipitation for the countries of the western Indian Ocean, 1961–2008*, Journal of Geophysical Research – Atmospheres, 116, D10108.
- Wibig J., 2007, *Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica Physica 8, 27–61.
- Wibig J., Głowicki B., 2002, *Trends of minimum and maximum temperature in Poland*, Climate Research, 20, 123–133.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009a, *Heatwaves in Poland – frequency, trends and relationships with atmospheric circulation*, Geographia Polonica, 82 (1), 33–46.
- Wibig J., Podstawczyńska A., Rzepa M., Piotrowski P., 2009b, *Coldwaves in Poland – frequency, trends and relationships with atmospheric circulation*, Geographia Polonica, 82 (1), 47–59.

Jan Zimnol  
Uniwersytet Śląski w Katowicach  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Instytut Nauk o Ziemi  
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec  
[janzimnol@wp.pl](mailto:janzimnol@wp.pl)

Zuzanna Bielec-Bąkowska  
Uniwersytet Śląski w Katowicach  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Instytut Nauk o Ziemi  
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec  
[zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl](mailto:zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl)