

Regiony termicznej zimy w Polsce

Thermal-winter regions in Poland

MAŁGORZATA CZARNECKA, JADWIGA NIDZGORSKA-LENCEWICZ

Katedra Meteorologii i Kształtowania Terenów Zieleni,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
71-459 Szczecin, Papieża Pawła VI 3; mczarnecka@zut.edu.pl, jnidzgorska@zut.edu.pl

Zarys treści. Celem pracy było wydzielenie na obszarze Polski regionów o podobnej długości i zmienności okresu występowania ujemnej temperatury powietrza. Materiały źródłowe stanowiły średnie miesięczne oraz średnie dobowe wartości temperatury powietrza z 36 stacji IMGW-PIB z okresu od października do kwietnia, w latach od 1960/61 do 2014/15. Do wyznaczenia okresu z temperaturą powietrza poniżej 0°C i jego charakterystyki posłużono się dwiema metodami: tradycyjną, opartą na analizie średniej miesięcznej temperatury (Gumińskiego) oraz przy zastosowaniu temperatury średniej dobowej. Analizowano daty początku i końca, a także długość okresu z ujemną temperaturą. Zastosowana analiza skupień pozwoliła na wyodrębnienie trzech regionów: zachodniego, środkowego i wschodniego. Stwierdzono, że średnia miesięczna temperatura powietrza najlepiej odzwierciedla długość termicznej zimy w regionie środkowym. W regionach zachodnim i wschodnim do wyznaczania termicznej zimy należałoby stosować średnie dobowe wartości temperatury.

Słowa kluczowe: ujemna temperatura powietrza, początek, koniec i długość zimy, analiza skupień, trend.

Wstęp

Charakterystyka klimatu okresu zimowego jest tematem wielu prac w różnych ujęciach przestrzennych i czasowych, przy czym w większości są to opracowania z zakresu warunków termicznych, często w powiązaniu z warunkami śnieżnymi i cyrkulacyjnymi (Bednorz, 2006; Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz, 2010; Czernecki i Miętus, 2017; Czarnecka, 2012; Falarz, 2004; Marsz, 1999; Piotrowicz, 2000/2001; 2002; Tomczyk i Bednorz, 2014; Twardosz i Kossowska-Cezak, 2016; Paczos, 1982; Świątek, 2014). Oceny reżimu termicznego zim obejmują nie tylko czas ich trwania, czy dni charakterystyczne (np. liczba dni zimowych $t_{sr} < 0,0^{\circ}\text{C}$, mroźnych $t_{max} < 0,0^{\circ}\text{C}$, bardzo mroźnych $t_{max} < -10,0^{\circ}\text{C}$, sumę

zimna $t_{gr} < 0,0$ °C – kryteria za Piotrowicz, 2000/2001), lecz także przyczyny i przejawy zmienności warunków termicznych, w ujęciu odwilży atmosferycznych (Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz, 2013). Z pewnością o dużej popularności kryterium termicznego decyduje łatwy dostęp do danych, a także fakt, że temperatura powietrza, jak pisze Z. Ustrnul (2004), uważana jest za przewodni element klimatu, którego zróżnicowanie jest najlepiej rozpoznawane pod względem metodycznym i poznawczym.

Zagadnienie klasyfikacji termicznej zim nie jest jednak proste, zwłaszcza w odniesieniu do dat początku i końca tej pory roku (Piotrowicz, 2000/2001, 2002). W polskiej literaturze klimatologicznej do wyznaczania terminów termicznych pór roku, w tym zimy, najczęściej stosuje się metodę graficzną lub rachunkową R. Gumińskiego (1948), opartą na średnich miesięcznych wartościach temperatury powietrza. To kryterium jest powszechnie stosowane, ale większość opracowań ma charakter regionalny lub lokalny. Wyniki odnoszące się do całego kraju zawierają głównie atlasy (Koźmiński i Michalska, 2001; Lorenc, 2005), a także opracowania M. Czarneckiej i J. Nidzgorskiej-Lencewicz (2010) oraz B. Czerneckiego i M. Miętusa (2017). Za najdokładniejszy sposób wyznaczania dat początku i końca termicznej zimy uważa się jednak przejście średniej dobowej wartości temperatury powietrza przez próg 0°C. To drugie podejście, bez wątplenia bardziej pracochłonne, jest rzadziej spotykane w opracowaniach i zazwyczaj dotyczy pojedynczych stacji. Wynika to przede wszystkim z ograniczonej dostępności do tak szczegółowych danych oraz szeregu trudności natury metodycznej, które zostały omówione przez K. Piotrowicz (2002) dla 170-letniej serii danych z Krakowa.

Celem niniejszej pracy jest wydzielenie na obszarze Polski regionów termicznej zimy, wyznaczonych na podstawie charakterystyk opracowanych przy wykorzystaniu średnich miesięcznych oraz dobowych wartości temperatury powietrza.

Materiały i metody

Podstawą opracowania były dwie serie danych meteorologicznych, obejmujące miesiące od października do kwietnia w latach 1960-2015 z 36 stacji meteorologicznych IMGW-PIB. Z opracowania wyłączono obszary górskie, położone powyżej 600 m n.p.m. Analizowano dwie serie danych, z których jedna obejmowała średnie miesięczne, druga – średnie dobowe wartości temperatury powietrza.

Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza posłużyły do wyznaczenia termicznej zimy najczęściej stosowaną metodą rachunkową według R. Gumińskiego (1948), zmodyfikowaną przez U. Kossowską-Cezak (2005). Metoda ta zakłada, że średnia miesięczna temperatura jest zbliżona do średniej dobowej środkowego dnia miesiąca, z których każdy liczy 30 dni, a zmiany temperatury (wzrost lub spadek) mają charakter prostoliniowy. W przypadku miesięcy liczących 31 dni jako środkowy przyjmowano, za U. Kossowską-Cezak

(2005), dzień szesnasty. Średnie daty początku i końca termicznej zimy obejmują wyłącznie lata, w których zima występowała. Średni czas jej trwania obliczono natomiast na podstawie pełnej 55-letniej serii danych. W sezonach, w których termiczna zima (w ujęciu średniej miesięcznej temperatury) nie wystąpiła, jako jej długość przyjmowano 0. Był to zabieg niezbędny do prawidłowego porównania długości okresu z temperaturą powietrza poniżej 0°C w dwóch zastosowanych ujęciach metodycznych.

Okres z temperaturą powietrza poniżej 0°C, wyznaczony na podstawie wartości średnich dobowych, dla odróżnienia od zimy termicznej, nazwano okresem zimowym. Czas jego występowania określały daty początku pierwszej i daty końca ostatniej, co najmniej trzydniowej serii dni z temperaturą dobową poniżej 0°C. Przyjmując jako minimum trzydniową serię dni z ujemną temperaturą powietrza wzorowano się na kryterium zastosowanym przez J. Kuziemskiego (1971), w opracowaniach dotyczących odwilży atmosferycznych. Wymienione kryterium, z niewielkimi modyfikacjami, było później stosowane także przy charakterystyce okresów i intensywności odwilży atmosferycznych (np. Czarnecka i Michalska, 2007; Czarnecka, 2009; Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz, 2013). Liczbę dni zawartych pomiędzy datami początku i końca co najmniej trzydniowej serii dni z temperaturą dobową poniżej 0°C określano jako potencjalny okres zimowy. Tak zdefiniowany potencjalny okres zimowy obejmuje nie tylko dni z temperaturą ujemną, ale również takie, w których średnia dobowa kształtowała się powyżej 0°C, czyli dni odwilżowe. Z tych względów opracowano także faktyczną liczbę dni zimowych, jednak z pominięciem wszystkich przypadków spadku średniej temperatury dobowej poniżej 0°C w pojedynczych dniach. Analogicznie pomijano także pojedyncze dni z dodatnią temperaturą powietrza.

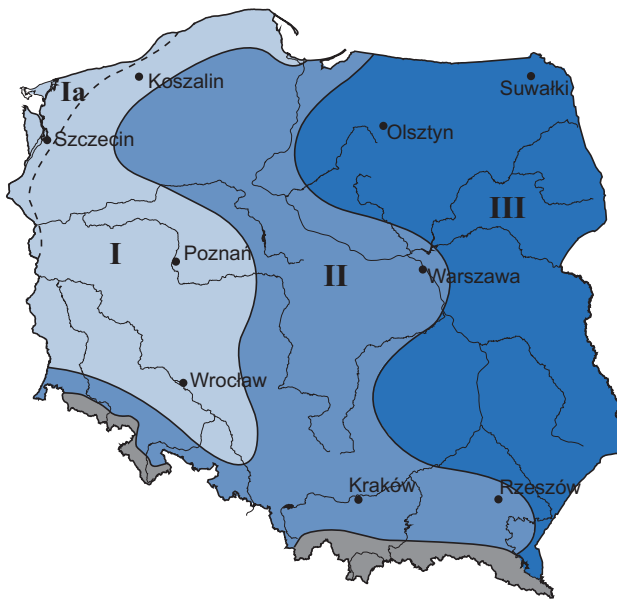
Zasięgi regionów o zbliżonych cechach termicznej zimy i okresu zimowego wyznaczono przy zastosowaniu analizy skupień. Uwzględniono następujące charakterystyki: daty początku i końca okresu z temperaturą powietrza poniżej 0°C w obu ujęciach metodycznych, a także długość termicznej zimy i rzeczywistą liczbę dni zimowych, przy czym dwie ostatnie cechy ujęto nie tylko w postaci średniej liczby dni, ale także współczynnika zmienności (V_s). W procesie grupowania zastosowano metodę k -średnich, należącą do grupy niehierarchicznych metod analizy skupień. Zaimplementowany mechanizm, oparty na v -krotnym teście krzyżowym, pozwolił na identyfikację optymalnej liczby segmentów (regionów), będących kombinacjami wybranych cech okresu występowania ujemnej temperatury powietrza.

Rozkłady większości cech, zarówno zimy termicznej, jak i okresu zimowego odbiegały od rozkładu normalnego, co zostało potwierdzone testem Shapiro-Wilka (Stanisz, 2006). Z tych względów statystyczną istotność stwierdzonych trendów zweryfikowano nieparametrycznym testem Tau-Kendalla (Czernecki i Miętus, 2017).

Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono w programie STATISTICA 12.

Wyniki badań i dyskusja

Przeprowadzona analiza skupień, bazująca na podstawowych charakterystykach termicznej zimy i okresu zimowego (początek, koniec, czas trwania, współczynnik zmienności czasu trwania) pozwoliła ostatecznie wyróżnić trzy główne regiony o zbliżonych cechach okresu występowania ujemnej temperatury powietrza w Polsce (ryc. 1). Zasięgi regionów zachodniego (I), środkowego (II) i wschodniego (III) wyznaczono na podstawie wyników z odpowiednio: 14, 11 i 11 stacji. Należy uzupełnić, że efektem zastosowanej analizy było jeszcze jedno skupienie, obejmujące tylko 4 stacje, położone w północno-zachodnim skrawku Polski, które ostatecznie włączono do regionu I (Ia). Zmienność charakteryzowanych cech termicznej zimy i okresu zimowego w latach 1960/61-2014/15 w trzech wyróżnionych regionach przedstawiono na rycinach 2 i 3, przy czym czas trwania okresu zimowego wyrażała średnia liczba dni zimowych, która jest porównywalna z długością termicznej zimy.



I – zachodni / western, II – środkowy / central, III – wschodni / eastern

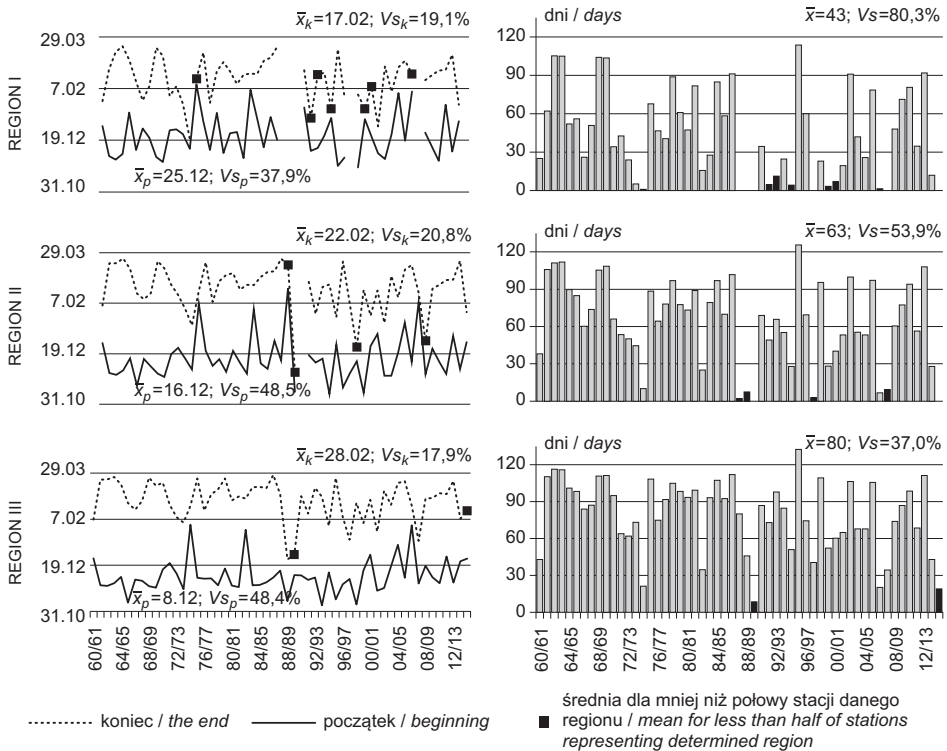
Ryc. 1. Regiony o podobnych cechach okresu z ujemną temperaturą powietrza.
Lata 1960/61-2014/15

Regions with similar features characterising the period with negative air temperature,
1960/61- 2014/15

Opracowanie własne, podobnie kolejne ryciny / Authors' own elaboration, as with the
remaining figures.

Różnice pomiędzy średnimi datami wyznaczającymi początek i koniec termicznej zimy i okresu zimowego wynoszą w wyznaczonych regionach około trzy tygodnie. Dаты określające czas występowania termicznej zimy charakteryzuje jednak zdecydowanie większa zmienność międzyroczna w porównaniu do dat potencjalnego okresu zimowego. Poza tym niezależnie od metody wyznaczania okresu z ujemną dobową temperaturą powietrza większą zmienność z roku na rok wykazują daty początku; współczynniki V_s są 2-3-krotnie większe niż dla dat końca. Szczególnie duże współczynniki zmienności, prawie 50%, cechują daty początku termicznej zimy w regionach środkowym i wschodnim.

Najwcześniejsze i najpóźniejsze daty, zarówno początku, jak i końca okresu z temperaturą poniżej 0°C na ogół przypadają w wyróżnionych regionach w zupełnie różnych latach (ryc. 2). W analizowanym wieloleciu wystąpiło jednak też kilka sezonów o skrajnych datach okresu z ujemną temperaturą powietrza równocześnie we wszystkich wyróżnionych regionach. W każdym regionie najwcześniejszy początek termicznej zimy charakteryzował sezon w 1998/99 r.



Ryc. 2. Dаты początku i końca oraz długość termicznej zimy według lat w wydzielonych regionach

Start and end dates and lengths of thermal winters by year in the regions identified

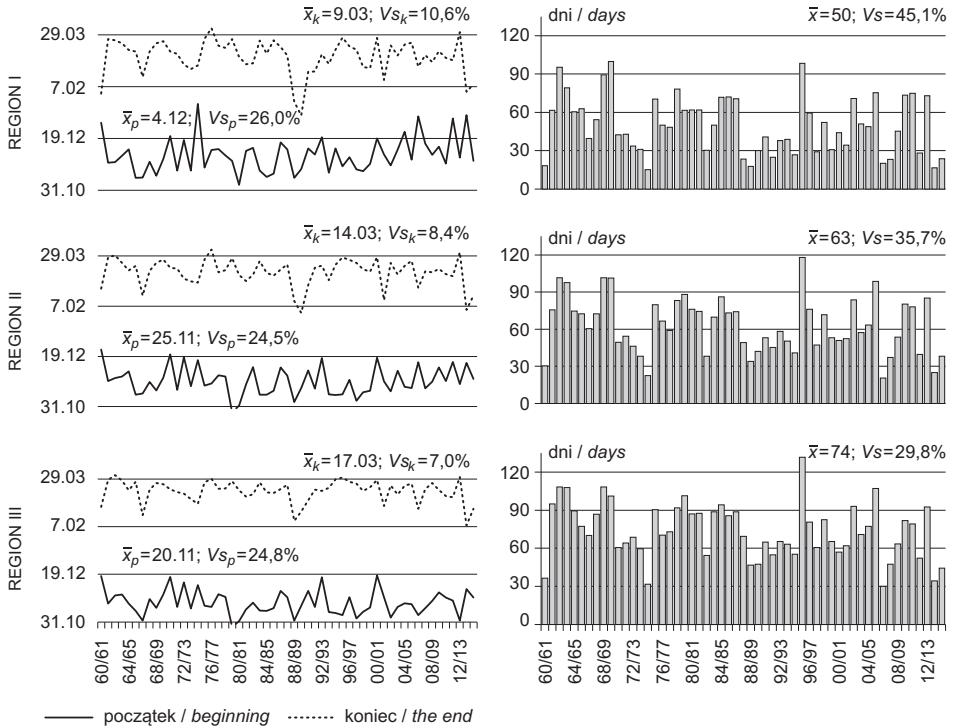
natomiast bardzo późny – w latach: 1974/75, 1982/83 i 2006/07. Najpóźniej termiczna zima skończyła się we wszystkich regionach w 1963/64 oraz 1986/87 r. Jeśli chodzi o daty końca okresu zimowego, charakterystyczny był rok 2013. We wszystkich wyróżnionych regionach cechował go stosunkowo późny koniec okresu ze średnią dobową temperaturą poniżej 0°C w sezonie 2012/13, a jednocześnie wczesny początek w kolejnym sezonie, czyli w 2013/14.

Zmiany długości okresu występowania ujemnej średniej dobowej temperatury powietrza z roku na rok są na ogół znacznie większe niż terminów jego początku i końca (ryc. 2 i 3). Wyjątkiem jest czas trwania zimy termicznej w regionach środkowym i wschodnim, w których równie dużą (środkowy), a nawet większą zmienność (wschodni) wykazują daty jej początku (ryc. 2).

Zdecydowanie większe i bardziej zróżnicowane pomiędzy regionami współczynniki zmienności dotyczą długości termicznej zimy, która według kryterium średniej miesięcznej w niektórych latach w ogóle nie wystąpiła, mniejsze zaś – długości okresu zimowego. W regionie zachodnim współczynnik zmienności czasu trwania termicznej zimy wynosi 80% i jest blisko dwukrotnie większy w porównaniu do opisującego zmienność liczby dni zimowych. W regionie zachodnim szczególnie dużą zmiennością długości termicznej zimy ($V_s = 97\%$) wyróżnia się obszar reprezentowany przez stacje Słubice, Szczecin, Świnoujście i Ustka – ta cecha zadecydowała o zasygnalizowaniu w nim dodatkowo subregionu północno-zachodniego. W analizowanych 55 sezonach zdarzały się takie, w których średni czas termicznej zimy nie przekraczał nawet 10 dni, w innych zaś osiągał, a nawet przekraczał 120 dni (ryc. 2). Średnia liczba dni zimowych, występujących w każdym roku, wahała się – w zależności od regionu i sezonu – od około 15 do 130. Pomimo że skrajne daty początku i końca termicznej zimy i okresu zimowego, w ujęciu średnich dla wyróżnionych regionów, przypadły w różnych latach, to w wieloleciu 1960/61-2014/15 znalazły się dwa sezony o zgodnej, skrajnej długości termicznej zimy i okresu zimowego. W trzech wyróżnionych regionach krótkim okresem termicznej zimy, a jednocześnie niewielką liczbą dni zimowych wyróżnił się bowiem sezon w 1974/75 r. Z kolei zdecydowanie najdłuższa zima termiczna, o największej częstotliwości dni zimowych, wystąpiła w 1995/96 r. W następnej kolejności długie termiczne zimy, odznaczające się równocześnie dużą liczbą dni zimowych, wystąpiły we wszystkich regionach w sezonach w 1962/63 i 1963/64 r. Warto w tym miejscu dodać, że zima 1962/63 była nie tylko wyjątkowo mroźna, ale też jako jedyna w okresie 1951-2010 zaznaczyła się na tak dużym obszarze Europy, w pasie 40-65°N (Twardosz i Kossowska-Cezak, 2016).

W regionach zachodnim, środkowym i wschodnim termiczna zima trwa odpowiednio: 43, 63 i 80 dni, natomiast liczba dni zimowych – 50, 63 i 74 (ryc. 2 i 3). Wynika z tego, że długość zimy wyróżniona przy użyciu obydwu kryteriów jest jednakowa tylko w regionie środkowym. W regionie zachodnim długość termicznej zimy, określona na podstawie średniej miesięcznej temperatury,

jest o 7 mniejsza w porównaniu do liczby dni ze średnią dobową poniżej 0°C, czyli dni zimowych. W regionie wschodnim jest odwrotnie – średni czas trwania termicznej zimy przewyższa liczbę dni zimowych o 6.

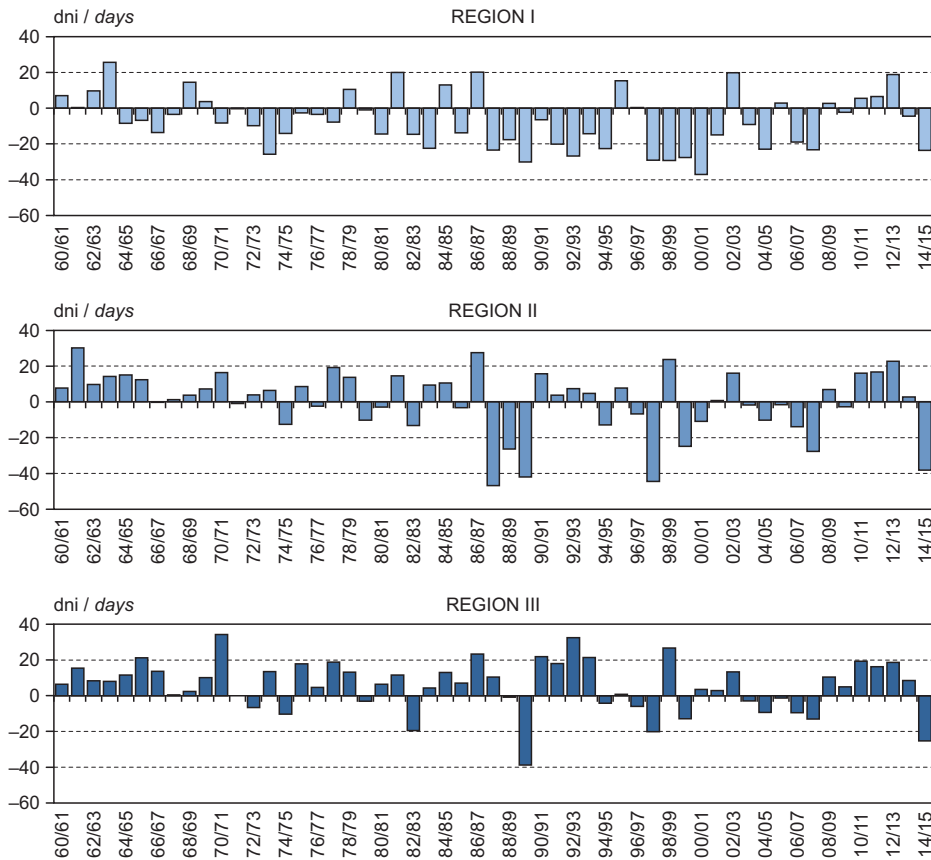


Ryc. 3. Dаты początku i końca potencjalnego okresu zimowego oraz liczba dni zimowych według lat w wydzielonych regionach

Start and end dates of potential winter periods and numbers of winter days by year in the regions identified

Uznając za dokładniejszy sposób określania długości zimy na podstawie średniej dobowej temperatury powietrza, można użyć sformułowania „przeszacowanie”, gdy długość termicznej zimy jest większa od liczby dni zimowych, bądź „niedoszacowanie”, gdy długość termicznej zimy jest mniejsza od liczby dni zimowych. W każdym regionie, jak wynika z analizy ryciny 4, miały miejsce „przeszacowania” lub „niedoszacowania” czasu trwania zimy termicznej, w wielu sezonach nawet o 20-40 dni. W regionie zachodnim średni czas trwania termicznej zimy był dwukrotnie częściej zaniżany w porównaniu do liczby dni zimowych. Długa seria lat z „niedoszacowaną” długością termicznej zimy to okres od 1987 do 2007 r., czyli okres, w którym często nie udało się zidentyfiko-

wać termicznej zimy na podstawie kryterium średniej miesięcznej temperatury powietrza (ryc. 2). W większości lat tego okresu liczba dni termicznej zimy była często o około 20 mniejsza niż dni zimowych. W regionie środkowym długość termicznej zimy częściej była „przeszacowana”, czyli zawyżana w porównaniu do liczby dni zimowych, ale też w kilku sezonach (1988/89, 1989/90, 1997/98



Ryc. 4. Różnice pomiędzy liczbą dni termicznej zimy a liczbą dni zimowych według lat w wydzielonych rejonach

Differences between numbers of days of thermal winter and numbers of winter days, by year in the regions identified

i 2014/15) „niedoszacowanie” jej długości wynosiło nawet około 40 dni. W regionie wschodnim zdecydowanie najczęściej (w około 70%) czas trwania termicznej zimy był zawyżany. Analiza temperatury miesięcy zimowych na stacjach tego regionu wskazuje, że do sytuacji zawyżania czasu trwania termicznej zimy najczęściej dochodziło w cieplejszych sezonach. Innymi słowy oznacza, to, że

ujemne miesięczne wartości temperatury powietrza klasyfikowały dany okres jako zimę termiczną, a w rzeczywistości był to okres często przeplatany dniami z temperaturą dodatnią i ujemną, o czym mówi faktyczna liczba dni zimowych. Największe „przeszacowanie”, o około miesiąc, miało miejsce w latach 1970/71 i 1992/93. Z kolei największe „niedoszacowanie” czasu trwania termicznej zimy w rejonie wschodnim, aż o 40 dni, charakteryzowało sezon 1989/90. Tak duża różnica wynika ze stwierdzenia wystąpienia termicznej zimy na podstawie średniej miesięcznej temperatury tylko w czterech stacjach tego regionu (i to zaledwie w kilku dniach), podczas gdy wartości dobowe wykazały ją na każdej ze stacji.

Wyniki oceny wieloletniej zmienności terminów występowania termicznej zimy i okresu zimowego przy zastosowaniu trendu liniowego, przeprowadzonej zarówno dla poszczególnych stacji, jak i średnich wartości obliczonych dla każdego regionu, okazały się statystycznie nieistotne. Niewielki ujemny trend, istotny przy $\alpha=0,05$, wykazuje długość termicznej zimy w regionach środkowym i wschodnim oraz liczba dni zimowych, ale tylko w regionie wschodnim. Tendencję do skracania termicznej zimy w regionach środkowym i wschodnim stwierdzono w większości stacji każdego z nich, natomiast spadek liczby dni zimowych w regionie wschodnim udowodniono jedynie w 5 stacjach (Suwałki, Kętrzyn, Mława, Włodawa, Sandomierz).

Zdaniem wielu autorów spośród sześciu termicznych pór roku, to właśnie termiczna zima wykazuje najwyraźniejszą tendencję do skracania (Czernecki i Miętus, 2015; Kossowska-Cezak, 2005; Nidzgorska-Lencewicz i Mąkosza, 2008; Piotrowicz, 2000; Skowera i Kopeć, 2008; Woś, 2006). Jednak w zależności od regionu kraju, a także przyjętego wielolecia, zmiany terminów i czasu trwania zimy nie zawsze są wyraźne (Bartoszek i Cichoń, 2008; Dragańska i inni, 2007; Olechnowicz-Bobrowska i Wojkowski, 2006; Samborski i Bednarczuk, 2009). Tylko wyniki B. Czerneckiego i M. Miętusa (2017), przedstawione w ujęciu siedmiu regionów fizycznogeograficznych według Kondrackiego, wykazały statystycznie istotną tendencję do skracania termicznej zimy, nie tylko we wschodnich, ale również w dodatkowo wyróżnionych, zachodnich podregionach. Wyniki te pochodziły wprawdzie z nieco dłuższej, sześćdziesięcioletniej serii pomiarowej, ale kończącej się na zimie 2009/10. Tymczasem badania R. Wójcika i M. Miętusa (2014) wykazały, że w ostatnich zimach dziesięciolecia 2001-2010 zaznaczyło się wyhamowanie lub nawet odwrócenie kierunku zmian temperatury, a cytowane przez nich wyniki wcześniejszych badań Miętusa dowodzą, że tempo i kierunek zmian temperatury powietrza zimą są silnie uzależnione od okresu objętego analizą. W pięcioleciu 2010/11-2014/15, uwzględnionym w niniejszym opracowaniu, wystąpiły dwie długie zimy, w 2010/11 i 2012/13 r., które według średnich z 33 stacji trwały odpowiednio 91 i 104 dni. Podkreślenia wymaga, że zima w 2012/13 r. była nawet drugą w kolejności (po zimie w 1995/96 r.) pod względem długości w ostatnim 25-leciu i to we wszystkich wyróżnionych regio-

nach. Z pewnością przesądziło to o różnicach uzyskanych wyników statystycznej oceny wieloletniej zmienności, przy zastosowaniu trendu liniowego, w porównaniu do przedstawionych przez B. Czerneckiego i M. Miętusa (2017).

Wnioski

1. Przestrzenny rozkład podstawowych charakterystyk okresu występowania ujemnej temperatury powietrza, wyznaczonego na podstawie zarówno średnich miesięcznych, jak i średnich dobowych wartości, który odzwierciedla rosnącą z zachodu na wschód surowość warunków termicznych naszego kraju, potwierdzają zasięgi trzech regionów: zachodniego, środkowego i wschodniego.
2. W regionie zachodnim okres występowania ujemnej temperatury powietrza jest najkrótszy i wykazuje największą zmienność międzyroczną, zwłaszcza dni zimowych w subregionie północno-zachodnim.
3. Kontrastowo długim i najmniej zmiennym (z roku na rok) okresem z ujemną temperaturą powietrza, w porównaniu do regionu zachodniego, odznacza się region wschodni. Szczególnie duże różnice odnoszą się do termicznej zimy występującej niemal każdego roku, która trwa tu prawie dwukrotnie dłużej.
4. Tendencję do skracania termicznej zimy stwierdzono w regionach środkowym i wschodnim, natomiast spadek częstości dni zimowych – tylko w regionie wschodnim.
5. Tylko w regionie środkowym czas trwania termicznej zimy, wyznaczonej na podstawie średniej miesięcznej temperatury, jest w ujęciu średniej wieloletniej taki sam jak faktyczna liczba dni z temperaturą dobową poniżej 0°C; w regionie zachodnim jest o 7 dni zaniżony (krótszy), a we wschodnim – o 6 dni zawyżony (dłuższy).
6. W poszczególnych latach w każdym regionie występowały przypadki zarówno „przeszacowania”, jak i „niedoszacowania” czasu termicznej zimy, rozumiane jako odpowiednio większa lub mniejsza długość termicznej zimy w porównaniu z faktyczną liczbą dni zimowych. W regionie zachodnim dwukrotnie częściej długość termicznej zimy była „niedoszacowana”, podczas gdy we wschodnim – „przeszacowana”.
7. Średnia miesięczna temperatura powietrza, jako najczęściej stosowane w Polsce kryterium wyznaczania termicznej zimy, najlepiej odzwierciedla jej długość w regionie środkowym. W regionach zachodnim i wschodnim do wyznaczania termicznej zimy należałoby stosować średnie dobowe wartości temperatury.

Piśmiennictwo / References

- Bartoszek K., Cichoń M., 2008, *Termiczne pory roku w rejonie Czesławic k.Nałęczowa (1963-2005)*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, 63, 1, s. 1-9.
- Bednorz E., 2006, *Wpływ makroskalowych typów cyrkulacji na występowanie pokrywy śnieżnej w Polsce Północno-Zachodniej*, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna, 57, s. 7-13.
- Czarnecka M., 2009, *Intensity of atmospheric thaws in Poland*, [w:] Z. Szwejkowski (red.), *Environmental Aspects of Climate Change*, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn, s. 75-87.
- Czarnecka M., 2012, *Częstość występowania i grubość pokrywy śnieżnej w Polsce*, Acta Agrophysica, 19, 3, s. 501-514.
- Czarnecka M., Michalska B., 2007, *Perception of weather conditions during atmospheric thaw in the Szczecin Lowlands*, International Agrophysics, 21, s. 29-37.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2010, *Zmienność termicznej zimy w Polsce*, [w:] C. Koźmiński, B. Michalska, J. Leśny (red.), *Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce*, Uniwersytet Szczeciński, Rozprawy i Studia, 773, s. 55-77.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2013, *The occurrence of atmospheric thaw in Poland over the last 50 years*, Geographia Polonica, 86, 4, s. 327-361.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2017, *Wieloletnia zmienność zimy termicznej w Polsce w latach 1960-2015*, Acta Agrophysica, 24, 2, s. 205-220.
- Czernecki B., Miętus M., 2017, *The thermal seasons variability in Poland, 1951-2010*, Theoretical and Applied Climatology, 127, 1, s. 481-493.
- Dragańska E., Szwejkowski Z., Grabowska K., Hryniewiecka D., 2007, *Termiczne pory roku w Polsce północno-wschodniej w latach 1971-2000*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 519, s. 57-65.
- Falarz M., 2004, *Variability and trends in the duration and depth of snow cover in Poland in the 20th century*, International Journal of Climatology, 24, 13, s.1713-1727.
- Gumiński R., 1948, *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce*, Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny, 1, 1, s. 7-20.
- Kossowska-Cezak U., 2005, *Zmiany termicznych pór roku w Warszawie w okresie 1933-2004*, Przegląd Geofizyczny, 50, 3-4, s. 265-277.
- Koźmiński C., Michalska B., 2001, *Termiczne pory roku*, [w:] C. Koźmiński, B. Michalska (red.), *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*, Wyd. AR i US Szczecin, s. 17.
- Kuziemski J., 1971, *Przyczyny meteorologiczne odwilży w Polsce*, Prace PIHM, 101, s. 3-23.
- Lorenc H., 2005, *Atlas Klimatu Polski*, IMGW, Warszawa.
- Marsz A., 1999, *Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku*, Przegląd Geograficzny, 71, 3, s. 225-243.
- Nidzgorska-Lencewicz J., Mąkosza A., 2008, *Zmienność występowania termicznych pór roku na Nizinie Szczecińskiej*, Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, 264 (7), s. 77-86.
- Olechnowicz-Bobrowska B., Wojkowski J., 2006, *Okresy termiczne w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej (1991-2000)*, [w:] J. Trepieńska, Z. Olecki (red.), *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, s. 51-61.

- Paczos S., 1982, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*, UMCS, Rozprawy Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Lublin.
- Piotrowicz K., 2000, *Zróżnicowanie termicznych pór roku w Krakowie*, Prace Geograficzne UJ, 105, s. 111-124.
- Piotrowicz K., 2000/2001, *A typology of winter thermal conditions*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, sectio B, 55-56, 34.
- Piotrowicz K., 2002, *Metody wyznaczania dat początku i końca termicznych zim na przykładzie krakowskiej serii pomiarów temperatury powietrza*, Przegląd Geofizyczny, 47, 1-2, s. 81-92.
- Samborski A.S., Bednarczuk J., 2009, *Termiczne pory roku w okolicach Zamościa w latach 2001-2008*, Acta Agrophysica, 14, 1, s. 187-194.
- Sazanow B.I., Malkentin E.K., 1994, *Znaczny wzrost temperatur zimowych w Europie Północnej (1989-1993)*, [w:] K. Kożuchowski (red.), *Współczesne zmiany klimatyczne. Klimat Polski i regionu Morza Bałtyckiego na tle zmian globalnych*, Szczecin, s. 123-131.
- Skowera B., Kopeć B., 2008, *Okresy termiczne w Polsce południowo-wschodniej (1971-2000)*, Acta Agrophysica, 12, 2, s. 517-526.
- Stanisz A., 2006, *Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. Tom 1. Statystyki podstawowe*, StatSoft, Kraków.
- Świątek M., 2014, *Uwarunkowania cyrkulacyjne występowania ciepłych miesięcy zimowych na obszarze Pobrzeży Południobaltyckich*, Prace Geograficzne, UJ, 139, s. 43-56.
- Tomczyk A., Bednorz E., 2014, *Synoptyczne uwarunkowania opadów śniegu w wybranych regionach Europy*, Przegląd Geograficzny, 86, 3, s. 365-380.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2016, *Exceptionally cold and mild winters in Europe (1951-2010)*, Theoretical and Applied Climatology, 125, s. 399-411.
- Ustrnul Z., 2004, *Metody analizy przestrzennej w badaniach klimatologicznych*, [w:] A. Bokwa, Z. Ustrnul (red.), *Zastosowanie wybranych metod w klimatologii*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, UJ, Kraków, s. 65-88.
- Woś A., 2006, *Termiczne pory roku w Poznaniu w drugiej połowie XX wieku*, [w:] J. Trepińska, Z. Olecki (red.), *Klimatyczne aspekty środowiska geograficznego*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, UJ, Kraków, s. 117-126.
- Wójcik R., Miętus M., 2014, *Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951-2010)*, Przegląd Geograficzny, 86, 3, s. 339-364,

[Wpłynęło: styczeń; poprawiono: marzec 2017 r.]

MAŁGORZATA CZARNECKA, JADWIGA NIDZGORSKA-LENCEWICZ

THERMAL-WINTER REGIONS IN POLAND

The aim of the study presented here was to identify distinct Polish regions from the point of view of thermal winter, and in line with two developed criteria, i.e. average monthly and daily values for air temperature. The research in question was based on data series for the November-April periods in the years 1960/61–2014/15 inclusive, as obtained from 36 weather stations of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW). Start and end dates of thermal winter, defined as the period with mean daily temperatures below 0°C, were identified by reference to mean monthly values for air temperature calculated with the commonly-used calculation by Gumiński. For the sake of

simplicity, dates and durations of thermal winters calculated by reference to mean daily temperature values are referred to simply in terms of their being “the winter period”. The beginning of such a winter period is thus marked by the first (and the end by the last) occurrence of at least a three-day series of mean daily air temperature below 0°C.

Such characterisations of thermal winters and winter periods for the different stations (relating to start and end dates, durations and durational coefficients of variability) were inputted into cluster analysis, with the result that three general regions of Poland featuring similar patterns for negative air temperature were identified. In the identified western region, the period of negative air temperature is the shortest and is also characterised by the highest inter-annual variability, particularly when it comes to winter days in its north-western sub-region. By contrast, the longest thermal winter period, along with the lowest inter-annual variability is found to characterize the so-called eastern region. In comparison with the western, this region differs particularly significantly in terms of mean air temperature values, given that winter lasts almost twice as long there, and is recorded almost every year.

The western region displays the highest inter-annual variability where features characteristic for the occurrence of negative temperature are concerned, while the eastern region shows the lowest variability. Over the analysed period, there was no significant linear trend noted for the start and end dates of both thermal winter and the winter period. However, it was possible to note a tendency for thermal winters in the central and eastern regions of Poland to shorten. Only in the eastern region was it possible to note a decrease in the frequency of occurrence of winter days.

In the central region, the durations of thermal winter periods determined using mean monthly air temperatures are indeed the same as the actual numbers of days with 24-hour air temperatures below 0°C in an average multi-annual period. In contrast, in the western region the true length of the thermal winter is underrepresented by 7 days (i.e. shorter), while in the eastern region it is overrepresented by 6 days (i.e. longer). However, over the analysed 55-year period, almost every region reported instances of thermal winters being overrepresented as well as underrepresented in terms of duration, with the deviation in many seasons being in the 20-40-day range. In the western region, durations of thermal winters were seen to be underrepresented twice as frequently, when comparisons with actual numbers of winter days were made, while in the eastern region there was overrepresentation.

Mean monthly air temperature, as the criterion adopted most typically in identifying thermal winters in Poland, does offer a best reflection of the durations of winters in the central region. In contrast, in the cases of the western and eastern region identified, mean 24-hour air temperatures would seem better suited to determining thermal winters.

