

Małgorzata Czarnecka

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,
Zakład Meteorologii i Klimatologii
71–459 Szczecin, ul. Papieża Pawła VI 3A
e-mail: malgorzata.czarnecka@zut.edu.pl

**ZMIENNOŚĆ TERMINÓW POCZĄTKU I KOŃCA
POKRYWY ŚNIEŻNEJ O RÓŻNYM CZASIE ZALEGANIA
I ICH UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE**

**Variability of the dates of the beginning and end of snow cover
of different duration time and conditions of their circulation**

Summary. Temporal and spatial variability of the dates of occurrence of the first and the last snow cover in sequences of at least 5, 10, 20 and 30 days has been described. It has been shown that in Poland the snow cover lingering for at least 5 days is observed almost every day, whereas longer sequences, ≥ 20 and ≥ 30 days, occur in the eastern regions of the country twice as often as in the west. The dates of the beginning and the end of the analysed length of the snow periods do not show any statistically significant tendency towards acceleration or retardation. Variability of the dates of disappearance of the snow cover independently of the length of its lingering period is the most strongly determined by atmospheric circulation in February, whereas the length of a potential period of its occurrence – by the circulation in the period November-March or January-February.

Słowa kluczowe: ciągi ≥ 5 , ≥ 10 , ≥ 20 i ≥ 30 dni, początek ciągu, koniec ciągu, indeks NAO, współczynniki determinacji

Key words: sequences ≥ 5 , ≥ 10 , ≥ 20 and ≥ 30 days, beginning of sequence, end of sequence, NAO index, coefficients of determination

WSTĘP

Według klasyfikacji Paczosa (1982) w Polsce najczęściej występują zimy bardzo małośnieżne, a zjawiskiem typowym jest ogromna zmienność pokrywy

śnieżnej, zachodząca zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Zmienność ta wyraża się kilkakrotnym tworzeniem się i zanikaniem pokrywy śnieżnej podczas jednego sezonu zimowego, a także dużą niestabilnością grubości i właściwości, decydujących o jej roli termoizolacyjnej i hydrologicznej. Dlatego szczegółowe rozpoznanie kształtowania się pokrywy śnieżnej stanowi podstawę rozwiązania szeregu problemów praktycznych, dotyczących korzyści i zagrożeń, jakie stwarza ten element klimatu w wielu dziedzinach gospodarki narodowej, takich jak rolnictwo, gospodarka wodna, transport, turystyka itp.

Zagadnienia dotyczące pokrywy śnieżnej całego kraju były treścią prac Chrzanowskiego (1986), Milaty (1950) oraz Paczosa (1982), a jej podstawowe charakterystyki zostały przedstawione w wielu atlasach (np. *Atlas klimatyczny elementów...* 1990, *Atlas klimatycznego ryzyka...* 2001, *Atlas klimatu...* 2005). Stosunki niwalne, jako element klimatu, były uwzględnione także w podziałach klimatycznych, np. Romera (1949), Wiszniewskiego i Chełchowskiego (1975).

Pokrywa śnieżna, odzwierciedlająca wzajemnie powiązane warunki termiczne i opadowe, jest elementem „wskaźnikowym” zmian klimatu okresu zimowego (Falarz, Marsz 2005, Marsz 1999, Paczos 1982). Z tego względu współczesne badania są ukierunkowane na ocenę wieloletniej zmienności warunków śnieżnych i wyjaśnienie jej przyczyn (Bednorz 2004, Falarz, Marsz 2005, Falarz 2007). W większości opracowań przedmiotem analizy jest częstość występowania pokrywy śnieżnej, wyrażona liczbą dni.

Celem niniejszej pracy jest ocena czasowej i przestrzennej zmienności terminów występowania pokrywy śnieżnej, z uwzględnieniem jej trwałości, wyrażonej ciągami dni o różnej długości. Podjęto również próbę wyjaśnienia roli Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w kształtowaniu terminów początku i końca oraz długości potencjalnego czasu występowania pokrywy śnieżnej, z uwzględnieniem różnej długości okresów jej zalegania w 50-leciu obejmującym także pierwszą dekadę XXI wieku.

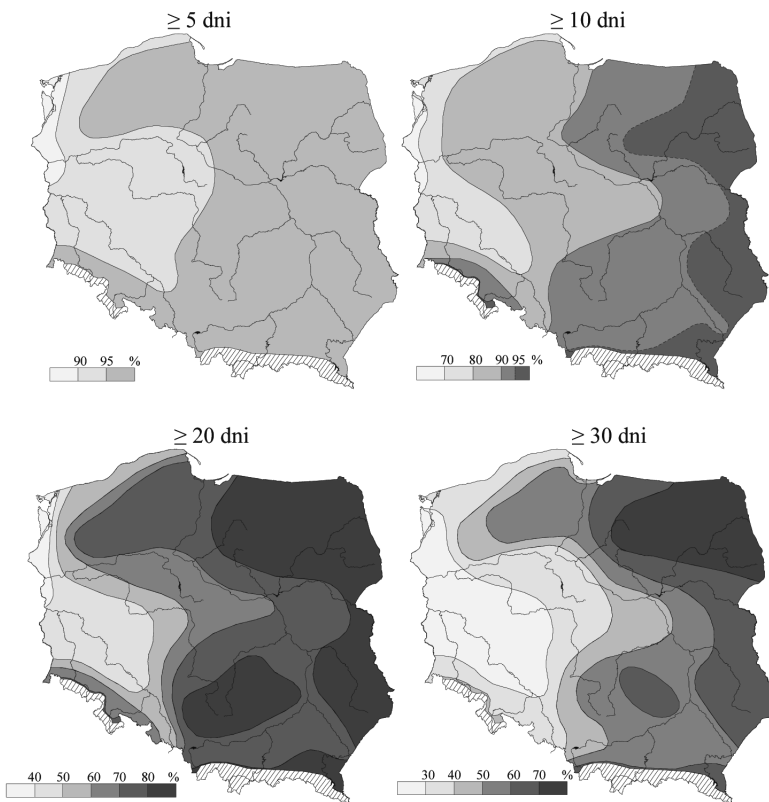
MATERIAŁY I METODY

Materiały podstawowe stanowiły dobowe grubości pokrywy śnieżnej od listopada do kwietnia w latach 1960/61–2009/2010 z 40 stacji IMGW. Analizowano terminy występowania pierwszej i ostatniej pokrywy śnieżnej, zalegającej w ciągach liczących co najmniej: 5, 10, 20 i 30 dni. Do określenia wpływu cyrkulacji atmosferycznej na zmienność dat początku, końca oraz długości potencjalnego okresu występowania pokrywy śnieżnej wykorzystano wskaźnik Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) według Jonesa i in. (1997), dostępny w Internecie (www.cpc.ncep.noaa.gov).

WYNIKI

Pokrywą śnieżną zalegającą co najmniej 5 dni obserwuje się w Polsce prawie każdego roku (ryc. 1). We wschodniej części kraju równie często rejestrowana jest pokrywa, której czas zalegania wynosi 10 i więcej dni, natomiast na zachodzie częstość tej długości ciągów zmniejsza się do poniżej 80, a nawet 70%. Silnie zróżnicowana przestrzennie jest pokrywa, której czas trwania przekracza 20 i 30 dni. W zachodniej części kraju ciągi ponad 20-dniowe rejestruje się przeciętnie co drugi rok, a ponad 30-dniowe – co trzeci, to jest z dwukrotnie mniejszą częstością niż na wschodzie.

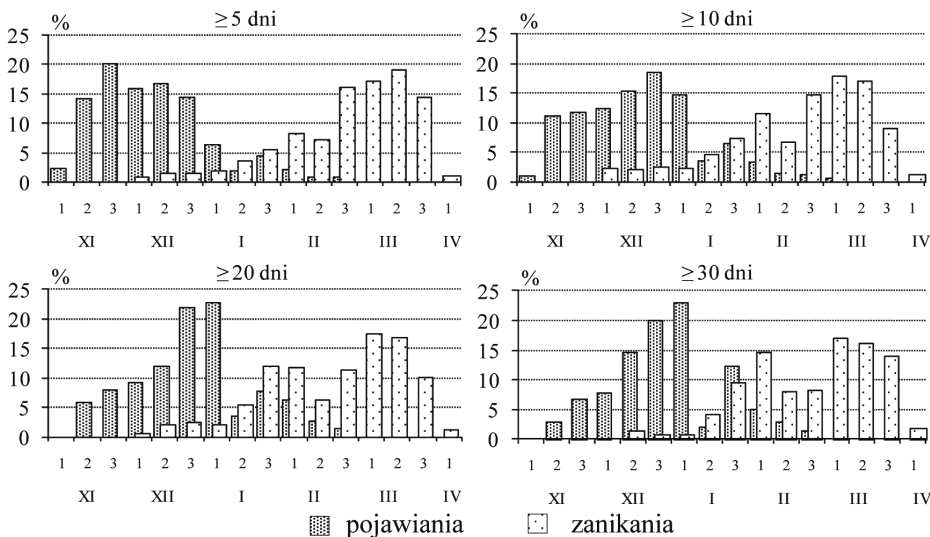
Terminy występowania pokrywy śnieżnej występującej w ciągach co najmniej 5 dni wykazują ogromną zmienność z roku na rok. W okresie kalendarzowej zimy (grudzień–luty) w niektórych latach notuje się jej pojawianie, pod-



Ryc. 1. Częstość występowania (%) pokrywy śnieżnej zalegającej w ciągach co najmniej: 5, 10, 20 i 30 dni (1960/61–2009/10)

Fig. 1. Frequency (%) of the snow cover in the sequences of at least: 5, 10, 20 and 30 days (1960/61–2009/10)

czas gdy w innych latach – jej zanikanie (ryc. 2). Pokrywa śnieżna utrzymująca się przez co najmniej 5 dni najwcześniej pojawia się w pierwszej dekadzie listopada, a najpóźniej – dopiero w pierwszej dekadzie marca. Terminy zanikania pokrywy śnieżnej wykazują jeszcze większą rozpiętość – od pierwszej dekady grudnia do pierwszej dekady kwietnia. Najczęściej jednak pierwsze pojawienie się pokrywy śnieżnej w ciągach ≥ 5 dni obserwuje się w trzeciej dekadzie listopada, natomiast w ciągach ≥ 10 dni – miesiąc później. Początek pokrywy śnieżnej zalegającej dłużej, ponad 20 i ponad 30 dni, przypada głównie na pierwszą dekadę stycznia, a z niewiele mniejszą częstością – na trzecią dekadę grudnia. Koniec pokrywy śnieżnej ≥ 5 dni obserwuje się z podobną częstością w okresie od trzeciej dekady lutego do trzeciej dekady marca, z niedużą przewagą w drugiej dekadzie marca. Pokrywa śnieżna w ciągach dłuższych niż 10 dni ustępuje przeważnie o dekadę wcześniej, w pierwszej dekadzie marca, ale prawie równie często – w dekadzie drugiej, a pokrywa, której czas zalegania przekracza 30 dni – często dopiero w trzeciej dekadzie tego miesiąca.



Ryc. 2. Częstość (%) pojawiania się i zanikania pokrywy śnieżnej w okresie od listopada do kwietnia, według dekad (1960/61–2009/10)

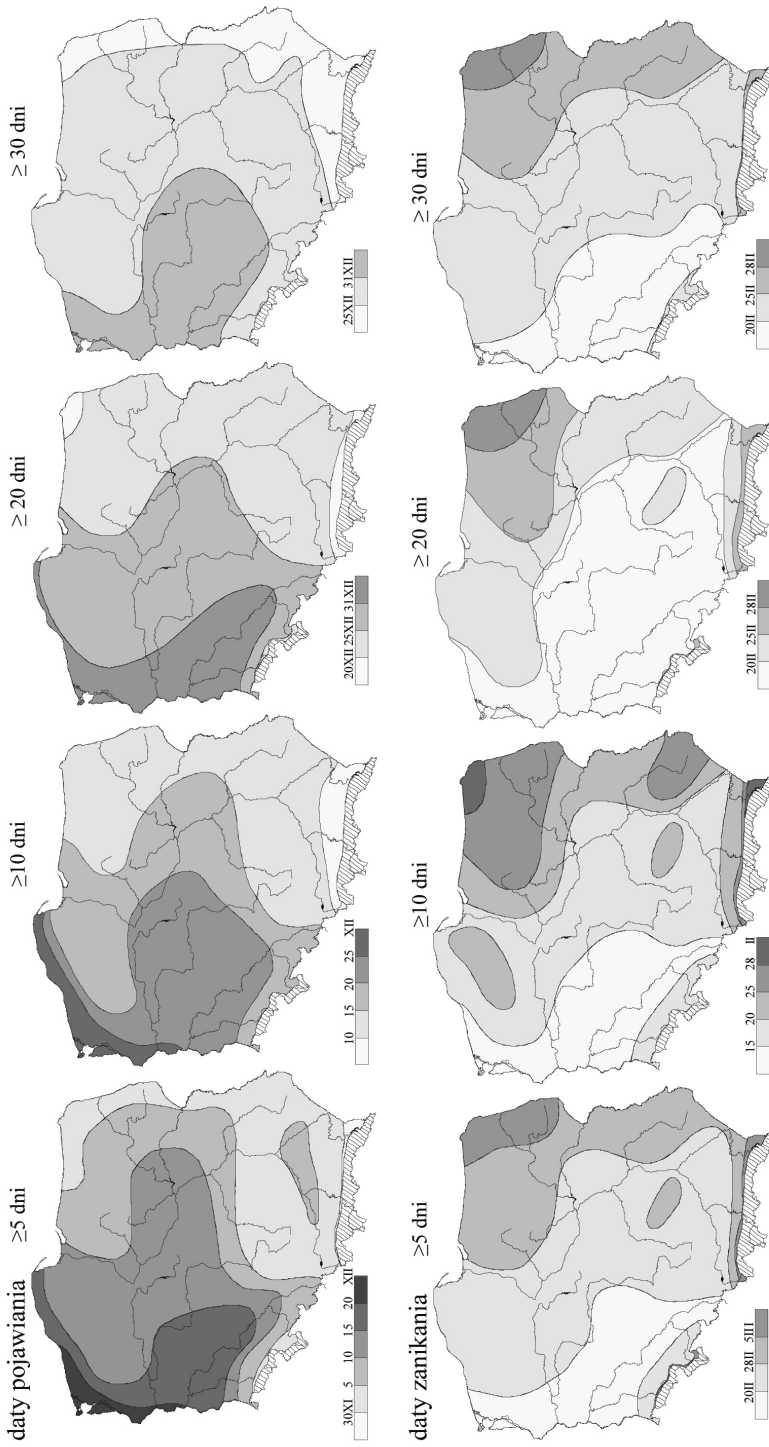
Fig. 2. Frequency (%) of appearance and disappearance of the snow cover in the period from November to April, according to decades (1960/61–2009/10)

Przestrzenny rozkład dat początku i końca pokrywy śnieżnej o przyjętym czasie trwania odzwierciedla rosnącą ku wschodowi surowość warunków termicznych w okresie zimowym (ryc. 3). Silniej zróżnicowane są daty występowania pokrywy liczącej ≥ 5 i ≥ 10 dni, a szczególnie pojawianie się pokrywy ≥ 5 -dniowej. We wschodnich i południowo-wschodnich regionach kraju pojawia

się ona już w trzeciej dekadzie listopada, podczas gdy w zachodniej części Pomorza – miesiąc później. Pokrywa śnieżna, której czas zalegania wydłuża się ponad 10 dni, formuje się na większości obszaru kraju w drugiej i trzeciej dekadzie grudnia, natomiast występująca w ciągach dłuższych niż 20 dni – na ogół w ostatniej dekadzie grudnia, a na zachodzie – dopiero w pierwszej dekadzie stycznia. Prawie w całym kraju pokrywa śnieżna ustępuje w drugiej lub trzeciej dekadzie lutego, a tylko w północno-wschodniej Polsce – w pierwszej dekadzie marca. Największą zmiennością przestrzenną charakteryzują się przeciętne daty zanikania pokrywy w ciągach liczących 10 i więcej dni. Terminy pojawiania się pokrywy śnieżnej w ciągach co najmniej 5-dniowych są od 1 do 2 tygodni późniejsze, a terminy ustępowania – nawet od 2 do 3 tygodni wcześniejsze niż pokrywy występującej w pojedynczych dniach lub w ciągach liczących 2–5 dni (Czarnecka, Nidzgorzka-Lencewicz 2010).

Okres zawarty między datami występowania pierwszej i ostatniej pokrywy śnieżnej w ciągach co najmniej 5-dniowych liczy do 60 dni w zachodniej części kraju i wydłuża się do ponad 100 dni w części północno-wschodniej, na Wyżynie Lubelskiej i na Pogórzu Karpackim (ryc. 4) i jest o ponad miesiąc krótszy niż obliczony przez Falarz (2007) na podstawie wszystkich przypadków zalegania pokrywy, także w pojedynczych dniach. Potencjalny okres występowania pokrywy w ciągach liczących 10 i więcej dni jest od 10 do 20 dni krótszy niż z pokrywą w ciągach ≥ 5 -dniowych. Natomiast średnia długość potencjalnego okresu z pokrywą śnieżną zalegającą co najmniej 20, jak i 30 dni (w latach występowania tej długości ciągów) jest taka sama i wynosi na ogół od około 40 do 70 dni. Pokrywa śnieżna w ciągach ≥ 30 -dniowych ma jednak mniejszy zasięg (w porównaniu do pokrywy ≥ 20 dni) zarówno tam, gdzie okres jej występowania nie przekracza 50 dni, jak i tam, gdzie wynosi ponad 60 dni.

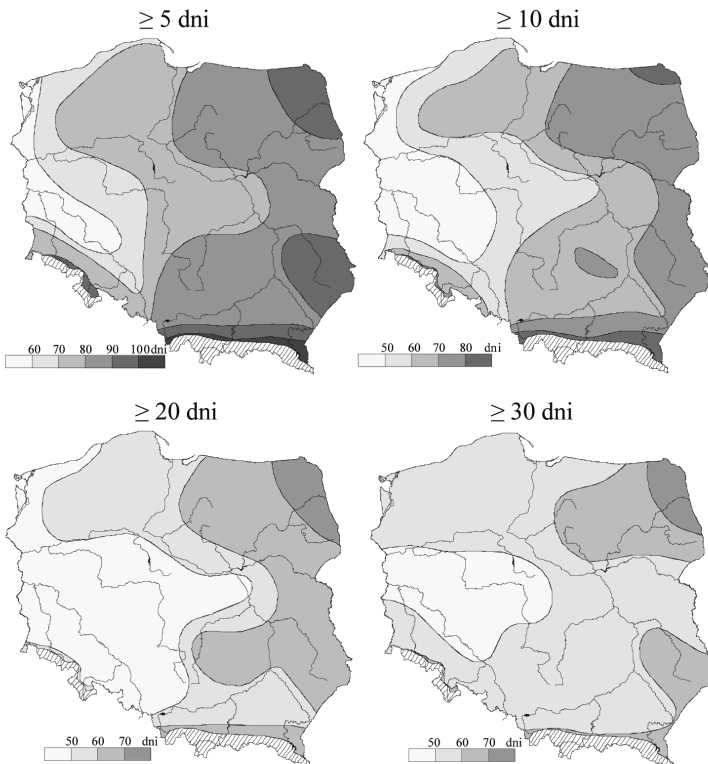
W 50-leciu 1960/61–2009/10 daty początku i końca pokrywy śnieżnej o przyjętym czasie zalegania nie wykazują statystycznie istotnej tendencji do opóźniania bądź przyspieszania. Wyniki korelacji dat opisujących występowanie przyjętej długości pokrywy śnieżnej ze wskaźnikiem Oscylacji Północnoatlantyckiej wg Jonesa wskazują na istotną rolę cyrkulacji atmosferycznej w wyjaśnianiu ich międzyrocznej zmienności. Cyrkulacja atmosferyczna najlepiej objaśnia zmienność terminów zanikania pokrywy śnieżnej, słabiej – długość potencjalnego okresu jej zalegania (tab. 1). Współczynniki determinacji wahają się na ogół od 10 do 40% w przypadku terminów końca analizowanej długości ciągów z pokrywą śnieżną, a przeważnie od 10 do 30% – w odniesieniu do potencjalnego okresu ich występowania i są w większości istotne na poziomie $\alpha = 0,01$. Jednak przestrzenne zróżnicowanie wartości współczynnika determinacji nie pozwala na wyodrębnienie obszarów o silniejszej lub słabszej roli cyrkulacji w kształtowaniu analizowanych charakterystyk pokrywy śnieżnej. Zmienność dat zanikania pokrywy śnieżnej najlepiej opisuje wskaźnik NAO w lutym,



Ryc. 3. Średnie daty pojawiania się i zanikania pokrywy śnieżnej trwającej co najmniej: 5, 10, 20 i 30 dni (1960/61–2009/10)
Fig. 3. Average dates of appearance and disappearance of the snow cover lasting for at least: 5, 10, 20 and 30 days (1960/61–2009/10)

choć w odniesieniu do pokrywy ≥ 5 i ≥ 10 dni liczne, statystycznie istotne związki, stwierdzono w styczniu i w marcu. Natomiast najlepszy opis zmienności potencjalnego czasu występowania pokrywy śnieżnej w ciągach ≥ 5 dni, ale także ≥ 30 dni uzyskano w przypadku wskaźnika NAO z okresu listopad–marzec, podczas gdy w odniesieniu do pokrywy w ciągach ≥ 10 i ≥ 20 dni – z okresu styczeń–luty. Najsilniejsze związki stwierdzono w odniesieniu do pokrywy śnieżnej zalegającej co najmniej 5 oraz 10 dni.

Rola cyrkulacji atmosferycznej (opisanej wskaźnikiem NAO wg Jonesa), w kształtowaniu zmienności terminów pojawiania się pokrywy śnieżnej jest niewielka. Statystycznie istotne współczynniki determinacji uzyskano w większości stacji tylko w odniesieniu do pokrywy śnieżnej ≥ 5 dni i wskaźnika NAO w listopadzie, a na stacjach reprezentujących północno-wschodnie regiony kraju – także w odniesieniu do pokrywy ≥ 10 dni. Natomiast w kilku stacjach Polski Północnej istotne współczynniki determinacji stwierdzono w odniesieniu do dat początku pokrywy ≥ 20 i ≥ 30 dni oraz wskaźnika NAO w styczniu.



Ryc. 4. Średnia długość potencjalnego okresu występowania pokrywy śnieżnej trwającej co najmniej: 5, 10, 20 i 30 dni (1960/61–2009/10)

Fig. 4. The average length of a potential period of occurrence of the snow cover lasting for at least: 5, 10, 20 and 30 days (1960/61–2009/10)

Tabela 1. Współczynniki determinacji (R^2) między terminami zanikania pokrywy śnieżnej i wskaźnikiem NAO w lutym oraz długością potencjalnego czasu zalegania pokrywy śnieżnej i wskaźnikiem NAO w okresach XI–III lub I–II (1960/61–2009/10)

Table 1. Coefficients of determination (R^2) for the relationship between the dates of disappearance of the snow cover and the NAO index in February and the length of its potential lingering period and the NAO index in the periods: November–March or January–February (1960/61–2009/10)

Stacja	Daty końca pokrywy śnieżnej				Potencjalny czas zalegania pokrywy śnieżnej			
					Wskaźnik NAO z okresu			
	≥ 5 dni	≥ 10 dni	≥ 20 dni	≥ 30 dni	XI–III	I–II	I–II	XI–III
	≥ 5 dni	≥ 10 dni	≥ 20 dni	≥ 30 dni	≥ 5 dni	≥ 10 dni	≥ 20 dni	≥ 30 dni
Białystok	28,2**	39,0**	28,8**	18,1**	23,1**	33,7**	30,3**	23,2**
Chojnice	26,1**	28,8**	11,3*	19,4**	33,8**	19,3**	14,6*	.
Elbląg	12,5**	31,3**	16,7**	14,6*	20,6**	24,3**	13,6*	17,0*
Gorzów Wlkp.	39,4**	34,1**	32,3**	29,9*	21,6**	21,2**	17,0*	.
Jelenia Góra	9,8*	32,1**	.	21,8**	6,6*	28,4**	10,7*	32,4**
Kalisz	18,0**	20,7**	26,0**	40,5**	22,7**	10,1*	12,3*	.
Katowice	25,6**	23,5**	25,8**	21,1*	24,0**	14,5**	21,4**	.
Kętrzyn	20,2**	30,6**	27,2**	18,2**	16,0**	19,1**	17,4**	12,0*
Kielce	14,1**	35,1**	31,3**	.	22,7**	15,9**	13,1*	22,8**
Kłodzko	6,8*	.	13,3*	27,9**	11,5**	7,2*	.	.
Koszalin	19,9**	31,8**	36,2**	37,2**	31,2**	23,2**	19,7*	.
Kraków	26,2**	18,1**	10,1*	20,5*	32,6**	15,9**	20,7**	30,4**
Legnica	36,7**	25,5**	36,3**	22,3**	22,4**	25,5**	.	.
Lesko	10,9*	9,2*	.	26,1**	6,3*	.	.	15,9*
Lublin	18,6**	37,5**	33,9**	20,4**	28,3**	19,9**	15,2**	.
Łeba	25,5**	26,7**	19,5*	.	39,2**	17,2**	.	.
Łódź	44,6**	27,5**	21,1**	49,1*	24,0**	13,0**	.	.
Mława	36,5**	47,3**	19,7**	19,2**	26,6**	31,5**	.	.
Nowy Sącz	10,4*	13,5**	10,5*	23,4**	12,1**	9,3*	12,7*	15,7*
Olsztyn	12,4**	34,9**	29,1**	22,3**	13,7**	13,8**	8,3*	9,6*
Opole	28,1**	22,1**	26,5**	29,6*	13,3**	21,8**	.	.
Płock	46,1**	38,2**	22,2**	24,4*	25,1**	24,5**	.	22,5*
Poznań	25,7**	23,6**	23,3**	.	22,7**	21,4**	21,1*	.
Racibórz	18,1**	12,5*	11,8*	45,1**	21,4**	17,3**	24,4**	.
Resko	29,3**	31,5**	19,8*	.	21,1**	19,1**	17,6*	.
Rzeszów	24,1**	17,1**	19,4**	20,6**	23,3**	10,5*	14,5**	.

Stacja	Daty końca pokrywy śnieżnej				Potencjalny czas zalegania pokrywy śnieżnej			
					Wskaźnik NAO z okresu			
	≥ 5 dni	≥ 10 dni	≥ 20 dni	≥ 30 dni	XI–III	I–II	I–II	XI–III
Sandomierz	44,8**	30,6**	30,2**	19,1*	24,5**	19,4**	20,1**	27,5**
Siedlce	40,5**	29,8**	13,8*	25,6**	24,8**	23,2**	13,0*	25,8**
Słubice	33,7**	16,9*	48,7**	32,1*	14,3**	26,7**	.	.
Suwałki	8,4*	19,1**	34,7**	26,0**	18,1**	26,4**	24,6**	26,7**
Szczecin	25,2**	33,7**	40,5**	.	21,1**	22,5**	.	.
Świnoujście	40,1**	31,9**	43,5**	43,5**	30,6**	27,9**	25,6**	13,6*
Tarnów	22,3**	10,5*	11,6*	24,7**	34,3**	12,7**	11,1*	.
Toruń	42,2**	29,0**	21,6**	.	20,3**	18,6**	.	.
Ustka	34,1**	23,4**	22,5**	20,9*	27,8**	18,1**	27,2**	.
Warszawa	47,9**	38,6**	29,3**	43,2**	26,8**	24,6**	19,9**	22,0**
Wieluń	41,5**	19,6**	27,7**	18,5*	32,9**	15,9**	14,6*	.
Włodawa	30,7**	42,5**	38,4**	.	26,6**	25,7**	17,9**	18,1**
Wrocław	28,0**	30,2**	.	48,3**	23,1**	21,8**	.	.
Zielona Góra	40,1**	36,0**	22,3**	24,9*	17,0**	11,2*	19,9**	.

* – istotny przy $\alpha = 0,05$; **przy $\alpha = 0,01$; · nieistotny przy $\alpha = 0,05$

WNIOSKI

1. Na przeważającym obszarze Polski pokrywą śnieżną zalegającą co najmniej 5 dni obserwuje się prawie każdego roku, a co najmniej 10 dni – na ogół z częstością 70–90%. We wschodniej części kraju, w większości lat, pokrywa zalega jeszcze dłużej – ponad 20, a nawet 30 dni, podczas gdy na zachodzie częstość tak długich okresów jest o połowę mniejsza.
2. Daty początku i końca oraz długość potencjalnego okresu występowania pokrywy śnieżnej w ciągach co najmniej: 5, 10, 20 i 30 dni nie wykazują statystycznie istotnej tendencji do opóźniania bądź przyspieszania.
3. Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu zmienności terminów występowania pokrywy śnieżnej uwidacznia się głównie w odniesieniu do przypadków jej zalegania w okresach liczących od 5 do 20 dni.
4. Terminy zanikania pokrywy śnieżnej, niezależnie od długości okresu jej zalegania, najsilniej determinuje cyrkulacja atmosferyczna w lutym, natomiast długość potencjalnego okresu jej występowania – cyrkulacja w okresie listopad–marzec lub styczeń–luty.

Literatura

- Atlas klimatu Polski*, 2005, H. Lorenc (red.), IMGW, Warszawa.
- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*, 2001, C. Koźmiński, B. Michalska (red.), Akademia Rolnicza, Uniw. Szczeciński, Szczecin.
- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce*, 1990, C. Koźmiński C., T. Górski, B. Michalska (red.), IUNG – Puławy, AR – Szczecin.
- Bednorz E., 2004, *Snow cover in eastern Europe in relation to temperature, precipitation and circulation*. *Int. Jour. Climat.*, 24, 591–601.
- Chrzanowski J., 1986, *Pokrywa śnieżna w Polsce i klasyfikacja jej grubości*. *Wiad. IMGW*, 9/30, 2, 11–29.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2010, *Zmienność termicznej zimy w Polsce*. [w:] C. Koźmiński, B. Michalska, J. Leśny (red.), *Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce*, Uniw. Szczeciński, *Rozprawy i Studia*, 773, 55–77.
- Falarz M., Marsz A.A., 2005, *Temperatura Atlantyku a pokrywa śnieżna w Polsce*. *Prz. Geof.*, 50, 1–2, 13–19.
- Falarz M., 2007, *Potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej w Polsce i jego zmiany w XX wieku*. [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. *IGiP UJ*, 205–213.
- Jones P.D., Jonsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from the Gibraltar and South-West Iceland*. *Int. Jour. of Climat.*, 17, 1433–1450.
- Marsz A. A., 1999, *Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze Polski Północno-Zachodniej i polskim wybrzeżu Bałtyku*. *Prz. Geogr.*, 71, 3, 225–245.
- Milata W., 1950, *Trwałość pokrywy śnieżnej w Polsce*. *Prz. Geogr.*, 22.
- Paczos S., 1982, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*. *Rozpr. hab.*, UMCS, Lublin, ss. 180.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*. *Prace Wrocławskiego Tow. Nauk.*, Seria B, 16, Wrocław, ss. 26.
- Wiszniewski W., Chełchowski W., 1975, *Charakterystyka klimatu i regionalizacja klimatologiczna Polski*. WKiŁ, Warszawa.
- www.cpc.ncep.noaa.gov