

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA I GRUBOŚĆ POKRYWY ŚNIEŻNEJ W POLSCE

Małgorzata Czarnecka

Zakład Meteorologii i Klimatologii,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI, 3; 71-434 Szczecin
e-mail: małgorzata.czarnecka@zut.edu.pl

Streszczenie. Podstawę opracowania stanowiły dobowe grubości pokrywy śnieżnej od listopada do marca w latach 1960/61-2009/10 z 40 stacji meteorologicznych IMGW, z wyłączeniem obszarów górskich. Zasadniczą charakterystykę czasowego i przestrzennego rozkładu liczby dni z pokrywą śnieżną, w tym o grubości co najmniej 5 cm, a także przeciętnej grubości pokrywy śnieżnej w dniach jej występowania, przeprowadzono dla miesięcy kalendarzowej zimy (XII-II). Stwierdzono, że na przeważającym obszarze kraju pokrywa śnieżna zalega w 30 do 60 dniach, ale tylko w około 50-70% przypadków jej grubość przekracza 5 cm. Natomiast przeciętna grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej zalegania kształtuje się od 8 do 18 cm. Styczeń i luty charakteryzują się zbliżoną liczbą dni z pokrywą śnieżną, jednak w lutym jej przeciętna grubość we wschodnich rejonach kraju jest nieco większa. W okresie kalendarzowej zimy najbardziej śnieżną jest trzecia dekada stycznia, podczas gdy przeciętnie największe grubości pokrywy w dniach jej zalegania notuje się w trzeciej dekadzie lutego, ale także jeszcze w pierwszej dekadzie marca. Geograficzny rozkład liczby dni z pokrywą oraz jej przeciętne grubości potwierdzają rosnącą z zachodu na wschód surowość warunków termicznych, zarówno w całym okresie zimowym, jak i w poszczególnych miesiącach. W pięćdziesięcioleciu 1960/61-2009/10 zaznacza się niewielka tendencja spadkowa częstości występowania oraz grubości pokrywy śnieżnej, ale zmiany są na ogół nieistotne. Spadkowy trend liczby dni z pokrywą śnieżną, statystycznie istotny na poziomie $\alpha = 0,05$, nastąpił przede wszystkim w grudniu i w styczniu, natomiast z pokrywą o grubości ponad 5 cm – niemal wyłącznie w grudniu. Wykazano statystycznie istotną rolę cyrkulacji atmosferycznej, odzwierciedloną wartościami indeksu NAO, w kształtowaniu zmienności wszystkich analizowanych cech pokrywy śnieżnej. Cyrkulacja atmosferyczna wyjaśnia, w zależności od rejonu kraju, od około 40 do 50% zmienności dni z pokrywą śnieżną, od 30 do 40% – zmienności dni z pokrywą ponad 5 cm i od 25 do 30% – zmian przeciętnej grubości w dniach jej zalegania. Największe współczynniki determinacji, wyrażające rolę warunków cyrkulacyjnych w wyjaśnianiu międzyrocznej zmienności częstości występowania oraz grubości pokrywy śnieżnej, wytestowano w styczniu i w lutym, wyraźnie mniejsze – w grudniu.

Słowa kluczowe: liczba dni, grubość, rozkład przestrzenny, wskaźnik NAO, współczynniki determinacji

WSTĘP

Pokrywa śnieżna jest produktem opadów w postaci śniegu, ale o jej uformowaniu i trwałości decydują głównie warunki termiczne, a w skali regionalnej i lokalnej ważnym czynnikiem deformacji pokrywy jest prędkość wiatru. Intensywne opady śniegu w nizinnej części Polski wiążą się z obecnością układów niskiego ciśnienia i adwekcją powietrza polarno-morskiego, podczas gdy o utrzymywaniu się pokrywy śnieżnej decyduje wschodnia cyrkulacja antycyklonalna i zaleganie suchych i mroźnych mas powietrza polarnego kontynentalnego (Bednorz 2010, Paczos 1982). Przeważająca częstość zalegania nad obszarem Polski mas powietrza polarno-morskiego, na zachodzie nawet od około 61% w kwietniu do 74% w grudniu (Bednorz i Więclaw 2005) jest jedną z miar oceanizacji klimatu. Jednak adwekcja powietrza Pm w okresie zimowym skutkuje także występowaniem odwilży atmosferycznych, rejestrowanych w 30 do 50% dni potencjalnego okresu zimowego, które nie tylko nie sprzyjają uformowaniu pokrywy śnieżnej, ale także powodują całkowity lub częściowy zanik zalegającej pokrywy (Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz 2010).

Czasowy i przestrzenny rozkład podstawowych cech pokrywy śnieżnej w skali całego kraju, w tym także ich cyrkulacyjne uwarunkowania, były przedmiotem licznych prac (m.in. Bednorz 2004, Czarnecka 2011, Falarz 2004, 2007, 2010, Falarz i Marsz 2005, Kasprówic i Farat 2010). Pełniejszej ocenie zmienności i zmian parametrów pokrywy śnieżnej w Polsce posłużą wyniki satelitarnego monitoringu prowadzone w Centrum Badań Kosmicznych PAN w oparciu o dane gromadzone w ramach Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping (Kotarba 2011).

Bardzo duża zmienność trwałości i grubości pokrywy śnieżnej, decydujących o jej gospodarczym znaczeniu, a także jej rola jako „wskaźnika” zmian klimatu okresu zimowego ((Falarz i Marsz 2005, Marsz 1999), skłania do podejmowania badań nad jej rozkładem w możliwie najdłuższych seriach pomiarowych. Celem niniejszej pracy była ocena czasowej i przestrzennej zmienności częstości występowania i wysokości pokrywy śnieżnej, a także próba wyjaśnienia roli Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO) w kształtowaniu fluktuacji charakteryzowanych cech zjawiska, w pięćdziesięcioleciu obejmującym także pierwszą dekadę XXI wieku.

MATERIAŁY I METODY

Jako materiały podstawowe wykorzystano średnie dobowe grubości pokrywy śnieżnej z okresu od listopada do marca w latach 1960/61-2009/10 z 40 stacji meteorologicznych IMGW. Przedmiotem analizy była czasowa i przestrzenna zmienność występowania pokrywy śnieżnej, w tym także o grubości co najmniej 5 cm na terenie kraju, z wyłączeniem obszarów górskich. Ze względu na niecią-

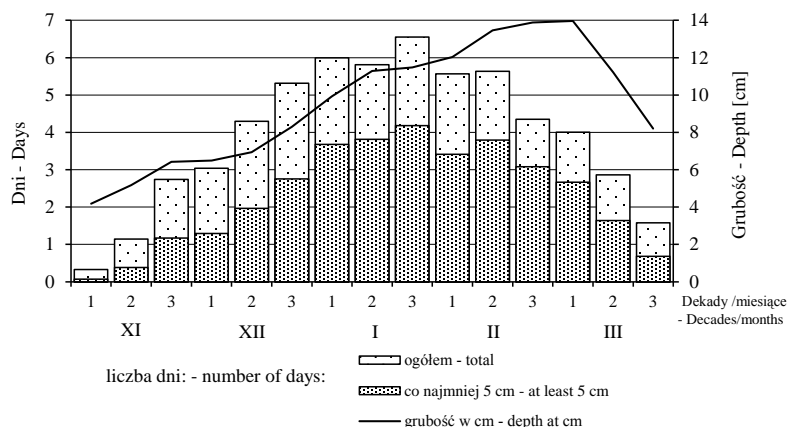
głość i zmienność pokrywy śnieżnej problemem jest ocena jej przeciętnej miąższości. Jak dotąd w krajowej literaturze ta cecha pokrywy była charakteryzowana za pomocą grubości maksymalnych, sum dobowych grubości, a także grubości uśrednionych dla wszystkich dni analizowanego okresu, w tym także dni bez pokrywy (Falarz, 2004, Kasprówicz i Farat 2010, Paczos 1982). W niniejszej pracy średnie miesięczne i sezonowe grubości pokrywy śnieżnej określono wyłącznie dla przypadków (dni) jej zalegania. W zasadniczej analizie skupiono się głównie na okresie kalendarzowej zimy (XII-II).

Do oceny wpływu cyrkulacji atmosferycznej na częstość występowania oraz grubość pokrywy śnieżnej wykorzystano wskaźniki Oscylacji Północnoatlantycznej (NAO) według Jonesa i in. (1997), dostępne w Internecie (www.cpc.ncep.noaa.gov).

WYNIKI I DYSKUSJA

Pokrywa śnieżna, pojawiająca się przeciętnie w kraju 27 listopada, a zanikająca ostatecznie 16 marca (Czarnecka i Nidzgorska-Lencewicz 2010) jest rejestrowana w około 60 dniach (rys. 1). Najbardziej śnieżnym miesiącem jest styczeń, zwłaszcza jego trzecia dekada, a w następnej kolejności – luty, głównie druga dekada. Ponad 60% przewagą dni, w których grubość pokrywy śnieżnej przekracza 5 cm, charakteryzują się styczeń i luty oraz pierwsza dekada marca, a największą przewagą (71%) – trzecia dekada lutego. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej występowania waha się od 4 do 14 cm, przy czym największą miąższością wyróżniają się trzecia dekada lutego i pierwsza dekada marca. Z dwóch skrajnych miesięcy, wyznaczających potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej (listopad- marzec), zdecydowanie bardziej śnieżnym, zarówno ze względu na częstość, jak i przeciętną grubość pokrywy, jest marzec.

W okresie kalendarzowej zimy (grudzień-luty) średnia liczba dni z pokrywą śnieżną waha się na przeważającym obszarze kraju od 30 do 60 (rys. 2). Najmniejszą częstością zjawiska charakteryzuje się północo-zachodni skrawek kraju, natomiast największą – Pojezierze Suwalskie i Wysoczyzna Białostocka. Wyraźny wzrost liczby dni z pokrywą z zachodu na wschód zaznacza się w każdym miesiącu kalendarzowej zimy. W styczniu i w lutym zakres przestrzennej zmienności dni z pokrywą śnieżną jest podobny. Jednak w styczniu większy zasięg ma obszar, w którym liczba dni z pokrywą śnieżną kształtuje się ponad 20, a mniejszy, w którym nie przekracza 15. W grudniu średnia liczba dni z pokrywą śnieżną jest o około 5 mniejsza niż w pozostałych miesiącach zimy.



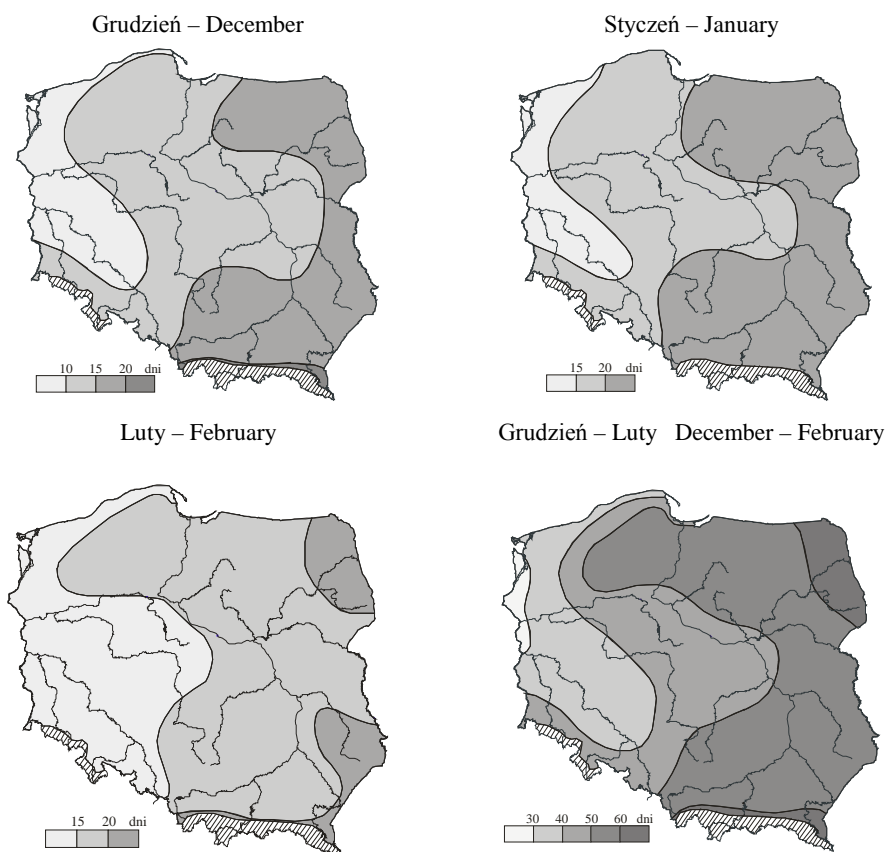
Rys. 1. Średnia liczba dni oraz grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej występowania w Polsce. Lata 1960/61-2009/2010

Fig. 1. Mean number of days and the depth of snow cover in the days of its occurrence in Poland. Years 1960/61-2009/10

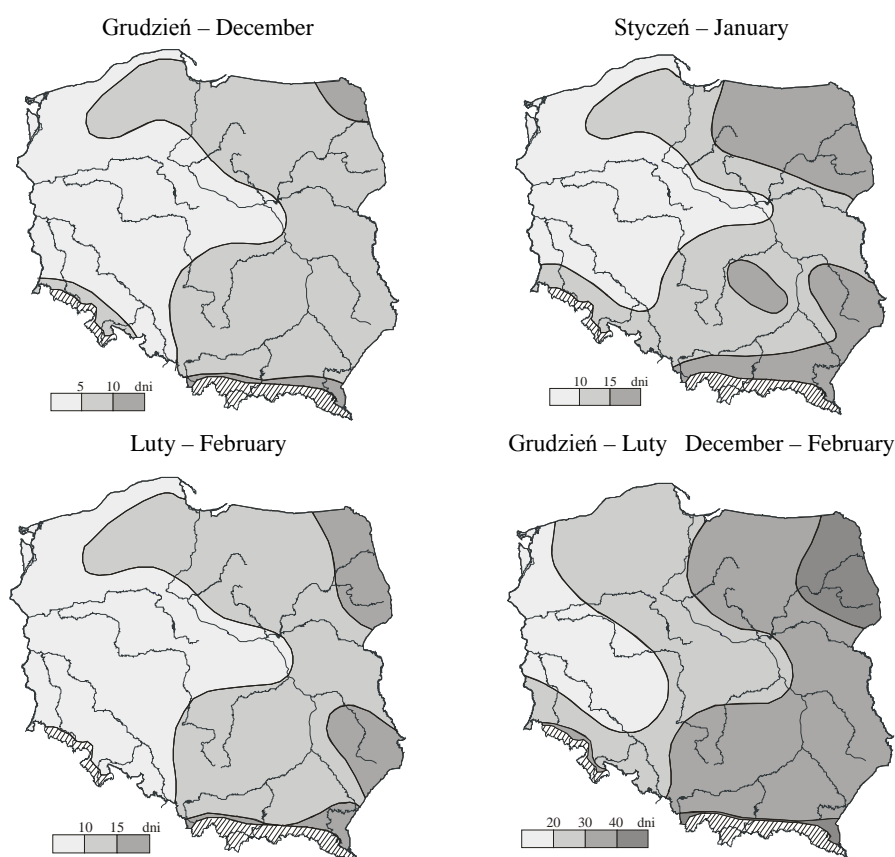
Z porównania rysunków 2 i 3 wynika, że średnia miesięczna liczba dni z pokrywą o grubości ponad 5 cm w grudniu, styczniu i lutym jest o około 5, a średnia sezonowa (XII-II) – od 10 do 20 mniejsza w porównaniu do liczby dni obejmującej wszystkie przypadki jej zalegania. W grudniu grubości przekraczające 5 cm notuje się w zachodniej części kraju zaledwie w czasie do 5 dni, na pozostałym obszarze – na ogół w 5 do 10 dniach, co stanowi do 50% wszystkich dni z pokrywą. W styczniu i w lutym grubości pokrywy śnieżnej przekraczające 5 cm występują z taką samą częstością (od 5 do 20 dni), to jednak w lutym mają w wielu rejonach kraju większy niż w styczniu udział w ogólnej liczbie dni z tym zjawiskiem. Wyraźną przewagę miąższości pokrywy śnieżnej w lutym, w porównaniu ze styczniem, ilustruje rysunek 4. W obu miesiącach przeciętnie najmniejsze grubości pokrywy śnieżnej w dniach jej zalegania nie przekraczają na zachodzie 10 cm, ale w styczniu wzrastają na Pojezierzu Suwalskim do około 18 cm, podczas gdy w lutym taką miąższość osiąga pokrywa na całym obszarze na wschód od Wisły, a na Pojezierzu Suwalskim – nawet około 22 cm. Pomimo, że w marcu pokrywa śnieżna występuje dwukrotnie rzadziej niż w lutym, to przeciętnie osiąga taką samą grubość. W grudniu średnia grubość pokrywy jest około dwukrotnie mniejsza. Przeciętna grubość pokrywy śnieżnej obliczona dla wszystkich przypadków jej zalegania w okresie kalendarzowej zimy jest niemal identyczna i wykazuje taki sam rozkład przestrzenny jak w styczniu. Geograficzny rozkład liczby dni z pokrywą oraz jej przeciętną grubością, potwierdzający rosnącą z zachodu na wschód surowość warunków termicznych w okresie zimowym, wykazuje bardzo duże podobieństwo do rozkładów takich samych (liczba dni) lub

innych wskaźników śnieżności (sumy grubości, współczynnik trwałości pokrywy), przedstawionych w krajowej literaturze (np. Bednorz 2010, Falarz 2010, Kasprowicz 2010, Kasprowicz i Farat 2010)).

W pięćdziesięcioleciu 1960/61-2009/10 częstość występowania oraz grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej zalegania generalnie wykazują tendencję spadkową. Jednak trend liniowy jest w większości stacji statystycznie nieistotny, czyli podobnie jak trend terminów początku i końca różnej długości okresów śnieżnych (Czarnecka 2011). Na nieistotne trendy w rozkładzie czasu zalegania, grubości i trwałości pokrywy śnieżnej na większości obszaru Polski wskazują także wyniki prac Falarz (2004, 2010). Spadkową tendencję w rozkładzie zasadniczych wskaźników śnieżności zimy obserwuje się również w północnych Niemczech, podobnie jak w innych rejonach Europy (Bednorz 2007).



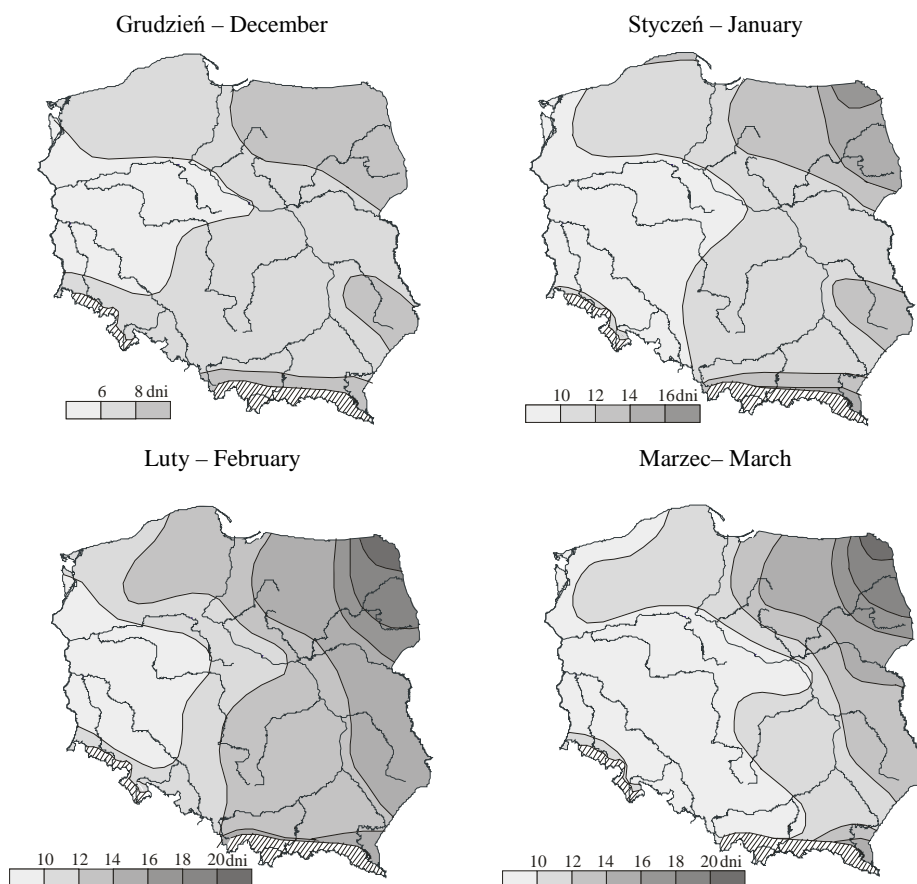
Rys. 2. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną. Lata 1960/61–2009/2010
Fig. 2. Mean number of days with snow cover. Years 1960/61–2009/2010



Rys. 3. Średnia liczba dni z pokrywą śnieżną o grubości ponad 5 cm. Lata 1960/61-2009/2010
Fig. 3. Mean number of days with snow cover of over 5 cm. Years 1960/61-2009/2010

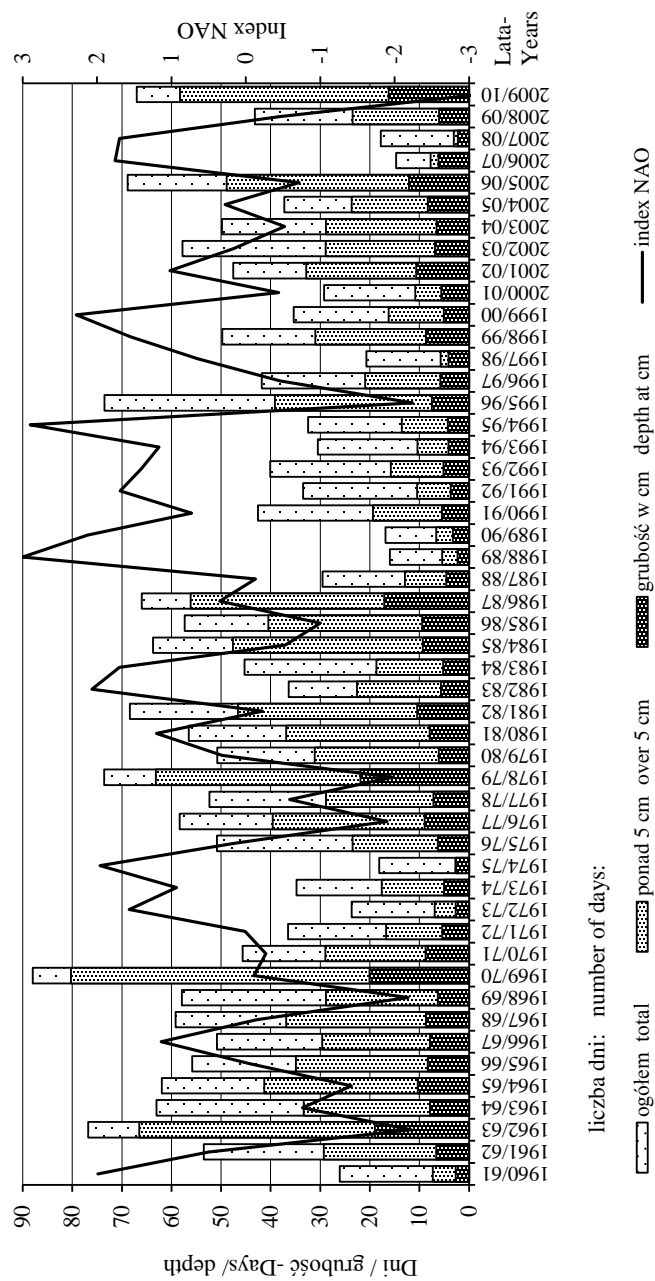
W latach 1960/61-2009/10 ujemny trend, istotny prawie wyłącznie na poziomie $\alpha = 0,05$, stwierdzono przede wszystkim w odniesieniu do częstości występowania pokrywy śnieżnej, w tym także o wysokości 5 cm. Najmniej istotnych współczynników korelacji trendu liniowego wytestowano dla średniej grubości pokrywy śnieżnej. O ile jednak statystycznie istotny, spadkowy trend liczby dni z pokrywą śnieżną zaznacza się prawie tak samo często w grudniu, jak i w styczniu (odpowiednio: w 11 i 14 stacjach), to w przypadku dni z pokrywą o grubości ponad 5 cm – głównie w grudniu. Także nieliczne przypadki istotnego zmniejszenia grubości pokrywy śnieżnej w dniach jej zalegania udowodniono wyłącznie w grudniu. Ujemną tendencję śnieżności zimy można wiązać z jej ociepleniem, szczególnie w styczniu i w lutym, chociaż w lutym, we wszystkich stacjach, zmiany omawianych charakterystyk pokrywy są statystycznie nieistotne. Nato-

miast pomimo wyraźnego spadku temperatury grudnia (Kozuchowski i Żmudzka, 2001, 2002), kierunek zmian częstości i grubości pokrywy śnieżnej jest taki sam jak w pozostałych miesiącach zimy.



Rys. 4. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej występowania. Lata 1960/61-2009/2010
Fig. 4. Mean depth of snow cover on the days of its occurrence. Years 1960/61-2009/10

Ujemna tendencja w wieloletnim przebiegu charakteryzowanych cech pokrywy wynika z faktu, że sezony zimowe w drugiej połowie analizowanego pięćdziesięcioletnia były na ogół mniej śnieżne niż w latach sześćdziesiątych, czy osiemdziesiątych (rys. 5). Rekordową pod względem liczby dni z pokrywą śnieżną, w zdecydowanej większości o wysokości ponad 5 cm, była zima 1969/70, która w dziesięciostopniowej skali wg Paczosa (1982) należała do najbardziej śnieżnych. Bardzo śnieżną była

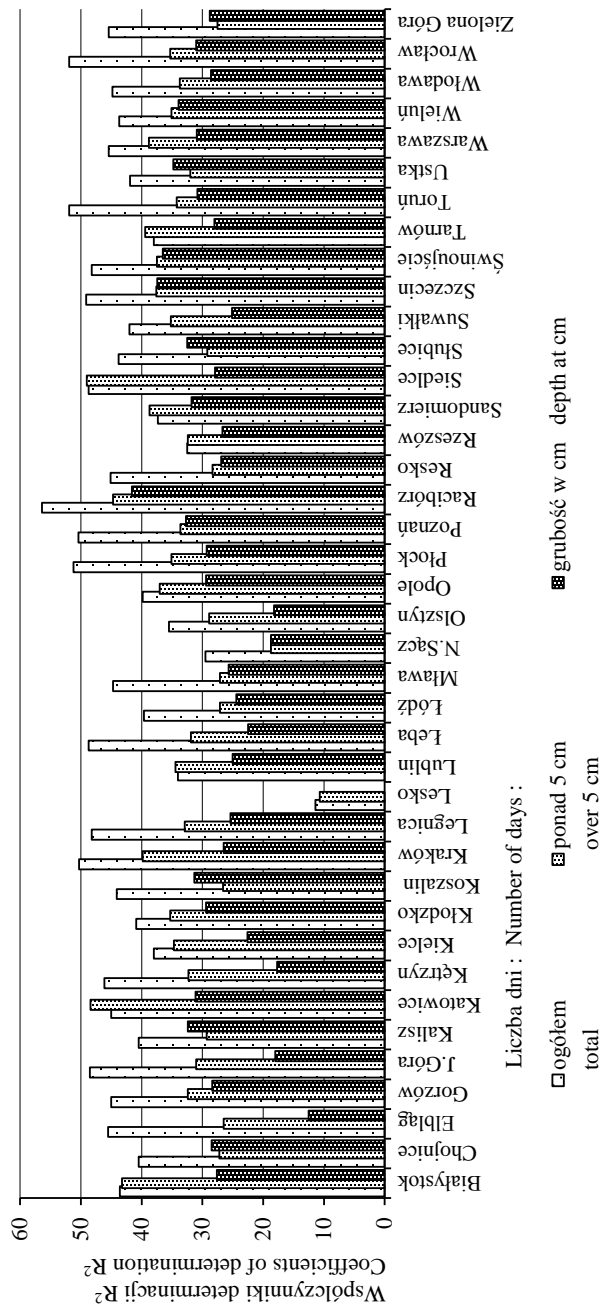


Rys. 5. Zmienność liczby dni z pokrywą śnieżną, w tym o grubości ponad 5 cm oraz średniej grubości pokrywy w dniach jej występowania w okresie kalendarzowej zimy na tle przebiegu wskaźnika NAO wg Jonesa w latach 1960/61-2009/10. Średnia z 40 stacji
Fig. 5. Variability of the number of days with snow cover, including cover with depth over 5 cm and the average depth in the days of its occurrence during the calendar winter against the background of the NAO index according to Jones in the years 1960/61-2009/10. Average from 40 stations

ponadto zima w 1962/63 r., a także zima w 1978/79 r, która ponadto odznaczała się przeciętnie największą (około 22 cm) grubością pokrywy. W latach 90-tych dużą liczbę dni z pokrywą zanotowano zimą w 1995/96, ale tylko w około połowie dni jej grubości przekraczały 5 cm, a średnia miąższość nie osiągnęła nawet 10 cm. W pierwszej dekadzie XXI wieku śnieżne zimy wystąpiły w latach 2005/06 i w 2009/10, przy czym większe grubości pokrywy rejestrowano w drugiej z nich. Natomiast zdecydowanie najmniej śnieżną w całym pięćdziesięcioleciu, była zima w 1974/75 r., a także po dwie następujące po sobie zimy w latach 1988/89-1989/90 i 2006/07-2007/08. Pokrywa zalegała w nich krócej niż przez 20 dni, a jej przeciętna grubość nie przekroczyła nawet 3 cm (za wyjątkiem zimy 2006/2007).

Z analizy rysunku 5 wynika, że międzyroczne zmiany częstości występowania i grubości pokrywy śnieżnej rozpatrywane w skali całego kraju, poza górami, wykazują wyraźne podobieństwo z przebiegiem wskaźnika NAO Jonesa, co potwierdzają wyniki analizy regresji. Cyrkulacja atmosferyczna wyjaśnia około 52% zmienności dni z pokrywą śnieżną, około 46% zmienności dni z pokrywą ponad 5 cm i w około 37% – średnią grubość pokrywy w dniach jej zalegania. Statystycznie istotne wyniki na najwyższym przyjętym poziomie $\alpha = 0,01$ uzyskano także dla wszystkich stacji objętych analizą, z wyjątkiem stacji w Lesku (rys. 6). W okresie kalendarzowej zimy (XII-II) cyrkulacja atmosferyczna najlepiej opisuje częstość występowania pokrywy śnieżnej, nieco słabiej częstość pokrywy o wysokości ponad 5 cm, a najslabiej – średnią grubość w dniach jej zalegania. Współczynniki determinacji dla wymienionych wyżej cech pokrywy śnieżnej wahają się w większości stacji odpowiednio: od 40 do 50%, od 30 do 40% i od 25 do 30%.

Statystycznie istotną rolę cyrkulacji atmosferycznej, odzwierciedlonej wskaźnikiem NAO, udowodniono we wszystkich stacjach w styczniu oraz w lutym (tab. 1). W grudniu jej rola w wyjaśnianiu zmienności ocenianych cech pokrywy śnieżnej okazała się zdecydowanie mniejsza, a w wielu stacjach, w odniesieniu do częstości występowania pokrywy ponad 5 cm i średniej grubości – statystycznie nieistotna przy $\alpha = 0,05$. Na przeważającym obszarze kraju ściślejszy związek częstości występowania i grubości pokrywy śnieżnej z cyrkulacją atmosferyczną udowodniono w styczniu, ale w wielu stacjach nieco większe współczynniki determinacji uzyskano w lutym. We wszystkich miesiącach, podobnie jak w całym okresie zimowym, najsilniejszy wpływ cyrkulacji wykazano w odniesieniu do częstości występowania pokrywy śnieżnej. Generalnie rola warunków cyrkulacyjnych w kształtowaniu częstości dni z pokrywą śnieżną i jej przeciętnej grubości okazała się silniejsza niż w kształtowaniu terminów i potencjalnego czasu występowania różnej długości ciągów dni z pokrywą (Czarnecka 2010).



Rys. 6. Współczynniki determinacji (R^2 w %) dla zależności liczby dni z pokrywą śnieżną, w tym o grubości ponad 5 cm oraz średniej grubości pokrywy śnieżnej (w cm) w dniach jej występowania od wskaźnika NAO Jonesa w okresie kalendarzowej zimy (XII-II). Lata 1960/61-2009/10

Fig. 6. Coefficient of determination (R^2 in %) for the relationship between the number of days with snow cover, including the cover with depth over 5 cm and the average depth of the snow cover (cm) in the days of its occurrence and Jones's NAO index according to the months of calendar winter (December-February). Years 1960/61-2009/10

Tabela 1. Współczynniki determinacji (R^2 w %) dla zależności liczby dni z pokrywą śnieżną, w tym o grubości ponad 5 cm oraz średniej grubości pokrywy śnieżnej (w cm) w dniach jej występowania od wskaźnika NAO Jonesa, według miesięcy kalendarzowej zimy (XII-II). Lata 1960/61-2009/10

Table 1. Coefficient of determination (R^2 in %) for the relationship between the number of days with snow cover, including cover with depth of over 5 cm and the average depth of the snow cover (cm) in the days of its occurrence and Jones's NAO index according to the months of calendar winter (December-February). Years 1960/61-2009/10

Stacje Stations	Liczba dni z pokrywą śnieżną Number of days with snow cover						Średnia grubość Average depth		
	ogółem – total			ponad 5 cm – over 5 cm			XII	I	II
	XII	I	II	XII	I	II			
Białystok	10,4	34,7	41,8	13,7	32,1	48,0	15,4	19,4	25,5
Chojnice	10,4	42,8	41,5	.	36,4	30v,3	.	27,1	15,0
Elbląg	16,4	41,3	48,4	10,7	37,0	26,1	7,9	22,3	13,3
Gorzów Wlkp.	16,1	46,2	41,7	8,5	37,3	31,7	.	25,3	18,8
Jelenia Góra	12,4	51,2	38,3	15,5	39,1	24,3	8,5	15,4	18,3
Kalisz	12,5	38,0	44,7	.	29,7	25,9	11,0	27,8	18,6
Katowice	17,6	45,4	37,7	18,1	52,5	36,0	14,6	23,8	29,7
Kętrzyn	18,6	44,6	43,3	8,2	40,2	37,6	.	15,6	14,7
Kielce	9,2	32,9	43,8	.	40,3	32,1	.	16,5	21,1
Kłodzko	14,2	50,5	30,1	12,5	40,7	28,5	12,9	29,4	23,9
Koszalin	22,3	42,6	45,2	9,8	39,4	32,3	10,3	33,9	29,8
Kraków	18,0	49,1	38,3	18,4	49,0	34,6	9,8	28,5	23,8
Legnica	11,7	53,5	16,3	.	34,5	40,5	.	17,8	28,7
Lesko	.	21,8	8,1	.	21,7	10,3	.	7,8	11,2
Lublin	10,9	34,6	37,3	10,9	34,5	32,3	8,2	17,7	32,3
Łeba	17,2	53,7	43,6	.	49,5	25,4	.	38,4	12,1
Łódź	15,0	38,9	44,1	.	30,7	35,6	.	22,3	15,9
Mława	13,6	36,1	50,1	.	20,5	39,4	9,1	14,5	18,5
Nowy Sącz	9,6	33,9	19,6	.	31,7	10,2	9,8	20,2	13,9
Olsztyn	11,7	33,3	39,4	.	32,2	31,3	.	19,0	16,6
Opole	9,3	48,7	43,8	10,2	43,7	40,1	.	32,5	31,0
Płock	24,2	51,5	53,7	9,4	30,7	37,9	.	27,2	21,2
Poznań	19,7	52,7	40,0	.	35,0	28,2	.	23,7	25,6
Racibórz	16,9	46,8	43,1	15,9	41,3	37,2	12,7	39,0	26,2
Resko	17,6	47,2	45,7	9,4	38,0	36,5	.	29,7	23,4
Rzeszów	13,9	37,1	27,9	.	35,5	29,6	.	22,8	27,8

Tabela 1 cd. Współczynniki determinacji (R^2 w %) dla zależności liczby dni z pokrywą śnieżną, w tym o grubości ponad 5 cm oraz średniej grubości pokrywy śnieżnej (w cm) w dniach jej występowania od wskaźnika NAO Jonesa, według miesięcy kalendarzowej zimy (XII-II). Lata 1960/61-2009/10

Table 1 Cont. Coefficient of determination (R^2 in %) for the relationship between the number of days with snow cover, including cover with depth of over 5 cm and the average depth of the snow cover (cm) in the days of its occurrence and Jones's NAO index according to the months of calendar winter (December-February). Years 1960/61-2009/10

Stacje Stations	Liczba dni z pokrywą śnieżną Number of days with snow cover						Średnia grubość Average depth		
	ogółem – total			ponad 5 cm – over 5 cm			XII	I	II
	XII	I	II	XII	I	II			
Sandomierz	·	38,8	34,3	·	32,6	33,5	·	23,4	26,6
Siedlce	15,0	42,0	53,7	15,1	30,8	47,2	18,5	21,7	13,6
Słubice	13,3	43,4	47,8	11,5	31,4	29,7	·	23,9	34,1
Suwałki	11,2	28,1	41,4	·	39,3	42,2	·	22,7	18,3
Szczecin	17,4	53,3	52,5	10,9	38,4	32,1	9,7	37,5	25,7
Świnoujście	15,1	50,1	47,1	10,2	44,9	30,3	15,9	35,6	18,6
Tarnów	11,8	40,4	30,2	9,8	36,4	27,4	·	21,0	25,6
Toruń	25,5	47,8	48,4	·	32,7	29,9	·	28,0	16,9
Ustka	12,1	52,7	36,4	8,8	51,3	27,4	15,9	42,2	20,3
Warszawa	19,3	38,6	54,2	10,2	30,4	46,1	·	21,0	29,0
Wieluń	12,0	42,7	43,8	8,5	33,4	37,1	11,0	25,0	25,0
Włodawa	18,4	29,2	48,4	13,1	30,2	45,1	13,1	25,8	23,0
Wrocław	12,7	58,3	44,6	·	38,8	39,5	·	25,4	31,0
Zielona Góra	13,3	45,6	49,8	·	33,5	35,1	·	27,8	30,4

· nieistotny przy $\alpha = 0.05$ – non significant at $\alpha = 0.05$.

WNIOSKI

1. Na przeważającym obszarze kraju pokrywę śnieżną rejestruje się w 30 do 60 dniach okresu kalendarzowej zimy, przy czym w około 50 do 70% przypadków jej grubość przekracza 5 cm. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej występowania waha się od około 8 do blisko 18 cm.

2. W styczniu i w lutym częstość dni z pokrywą śnieżną, w tym także ponad 5 cm, jest taka sama, ale w lutym przeciętna grubość w dniach jej zalegania jest na większości obszaru kraju od 2 do 4 cm większa niż w styczniu. O ile pokrywę śnieżną najczęściej rejestruje się w trzeciej dekadzie stycznia, to przeciętnie największe grubości osiągnęte są w trzeciej dekadzie lutego, a także w pierwszej dekadzie marca.

3. W latach 1960/61-2009/10 częstość występowania i grubość pokrywy śnieżnej wykazują niewielką tendencję spadkową, ale zmiany są na ogół nieistotne. Statystycznie istotny, spadkowy trend liczby dni z pokrywą śnieżną zaznacza się prawie tak samo często w grudniu, jak i w styczniu, natomiast dni z pokrywą o wysokości ponad 5 cm – głównie w grudniu.

4. W okresie kalendarzowej zimy (XII-II) cyrkulacja atmosferyczna najlepiej opisuje częstość występowania pokrywy śnieżnej, nieco słabiej częstość pokrywy o wysokości ponad 5 cm, a najsłabiej – średnią grubość w dniach jej zalegania, a jej rola uwidacznia się równie wyraźnie w styczniu, jak i w lutym.

PIŚMIENNICTWO

- Bednorz E., 2004. Snow cover in eastern Europe in relation to temperature, precipitation and circulation. *Int. J. Climatol.*, nr 24, s. 591-601.
- Bednorz E., 2007. Zmiany występowania pokrywy śnieżnej w północnych Niemczech. W: *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. Pr. Zbior., Red. K. Piotrowicz i R. Twardosz, Inst. Geogr. i Gosp. Prze. UJ w Krakowie, 215-223.
- Bednorz E., 2010. Synoptyczne warunki występowania śnieżnych zim na nizinnych obszarach Polski. W: *Klimat Polski na tle klimatu Europy, warunki termiczne i opadowe*. Pr. Zbior., Red. E. Bednorz, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 199 -214.
- Bednorz E., Więclaw W., 2005. Występowanie pokrywy śnieżnej w różnych masach powietrza na przykładzie Legnicy i Zamościa, *Bad. Fizj. nad Polską Zach.*, PTPN, ser. A, 56, 7-14.
- Czarnecka M., 2011. Zmienność terminów początku i końca pokrywy śnieżnej o różnym czasie zalegania i ich uwarunkowania cyrkulacyjne. *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 109-118.
- Czarnecka M., Nidzgorzka-Lencewicz J., 2010. Zmienność termicznej zimy w Polsce. W: *Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce, pod red. C. Koźmińskiego, B. Michalskiej i J. Leśnego*. Uniwersytet Szczeciński, *Rozprawy i Studia T. (DCCCXLVII) 773*, 55-77.
- Falarz M., 2007. Potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej w Polsce i jego zmiany w XX wieku, W: *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. Pr. Zbior., Red. K. Piotrowicz i R. Twardosz, Inst. Geogr. i Gosp. Prze. UJ w Krakowie, 205-213.
- Falarz M., 2010. Współczynnik trwałości pokrywy śnieżnej w Polsce - rozkład przestrzenny, ekstrema, zmiany wieloletnie, W: *Klimat Polski na tle klimatu Europy, warunki termiczne i opadowe*. Pr. Zbior., Red. E. Bednorz, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 169 -179.
- Falarz M., Marsz A.A., 2005. Temperatura Atlantyku a pokrywa śnieżna w Polsce. *Prz. Geofiz.*, 50, 1/2, 13-19.
- Falarz M., 2004. Variability and trends in the duration and depth of snow cover in Poland in the 20th century. *Int. J. Climatol.*, 24, 13, 1713-1727.
- Jones P, D., Jonsson T., Wheeler D., 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland, *Int. J. Climatol.*, 17; 1433-1450.
- Kasprowicz T., 2010. Prawidłowości przestrzenne występowania pokrywy śnieżnej w Polsce i próba ich regionalizacji. W: *Klimat Polski na tle klimatu Europy, warunki termiczne i opadowe*. Pr. Zbior., Red. E. Bednorz, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 181 -198.
- Kasprowicz T., Farat R., 2010. Snow cover occurrences in Poland. In: *Climate change research. Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie*, 183 (4), 71-89.

- Kotarba A.Z., 2011, IMS – satelitarne dane o zasięgu pokrywy śnieżnej. <http://gmes.cbk.waw.pl/snieg/>
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001. Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury w drugiej połowie XX wieku. *Przeł. Geofiz.*, XLVI, 1-2., 81-90.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002. Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury w Polsce. *Przeł. Geogr.*, 74(4): 591-604.
- Marsz A.A., 1999, Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku, *Przeł. Geogr.*, 71, 3, 225-245.
- National Weather Service, Climate prediction Center – www.cpc.ncep.noaa.gov
- Paczos S., 1982. Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce. Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej, Rozprawy Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi, Lublin, 1-180.

FREQUENCY OF OCCURRENCE AND DEPTH OF SNOW COVER IN POLAND

Małgorzata Czarnecka

Department of Meteorology and Climatology, West Pomeranian University of Technology
in Szczecin, ul. Papieża Pawła VI 3, 71-434 Szczecin, Poland
e-mail: malgorzata.czarnecka@zut.edu.pl

Abstract. The study was based on daily (24 hr) depths of snow cover encompassing the periods from November to March over the years 1960/61-2009/10, collected at 40 IMGW meteorological stations, excluding mountainous regions. The essential description of temporal and spatial distribution of number of days with snow cover, including the cover with depth of at least 5 cm, and also the average depth of snow cover on the days of its occurrence, was carried out for winter months (XII-II). It was determined that over the greater area of the country snow cover lingers for 30-60 days, but only in 50-70% cases its depth exceeds 5 cm. The average depth of snow cover on the days of its occurrence ranges from 8 to 18 cm. January and February are characterised by similar numbers of days with snow cover; in February, however, its average depth in eastern regions of the country is slightly greater. During calendar winter the most snowy is the third decade of January, whereas the average depths of snow cover in the days of its lingering are the greatest in the third decade of February and also in the first ten days of March. Geographical distribution of days with snow cover and its average depth confirms severity of thermal conditions increasing from the west to the east, both in the whole winter season and in particular months. During the 50-year period of 1960/61-2009/10 a slight downward tendency of occurrence frequency and depth of snow cover is visible, but the changes are mostly insignificant. Downward trend in the number of days with snow cover, statistically significant at the level of $\alpha = 0.05$, occurred mainly in December and January, whereas with snow cover exceeding 5 cm – almost only in December. A statistically significant role of atmospheric circulation, reflected by the values of NAO index, was shown in shaping variability of all the analysed features of the snow cover. Atmospheric circulation explains, depending on the region of the country, ca. 40-50% variability of days with snow cover, from 30 to 40% variability of days with snow cover exceeding 5 cm, and 25-30% changes of average snow cover depth on the days of its occurrence. The highest determination indexes, expressing the role of circulation conditions in explaining the variability of occurrence frequency and depth of snow cover between the years, were tested for January and February, and significantly lower – for December.

Keywords: number of days, depth, spatial distribution, NAO index, coefficient of determination