

EWA BEDNORZ

## WPLYW MAKROSKALOWYCH TYPÓW CYRKULACJI NA WYSTĘPOWANIE POKRYWY ŚNIEŻNEJ W POLSCE PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ

### ZARYS TREŚCI

Celem opracowania jest ustalenie wpływu czterech makroskalowych typów cyrkulacji, wyróżnionych nad obszarem Euroatlantyckim, na liczbę dni z pokrywą śnieżną w Polsce Północno-Zachodniej. Największy wpływ na śnieżność zim na badanym obszarze ma Oscylacja Północnoatlantycka (NAO). Korelacja liczby dni z pokrywą śnieżną z indeksem NAO jest najistotniejsza w styczniu i wynosi od  $-0,83$  nad Bałtykiem do  $-0,65$  na południowym wschodzie. Drugim najważniejszym typem cyrkulacji jest typ Wschodnioatlantycki (EA). Korelacja liczby dni z pokrywą śnieżną z indeksem EA jest największa na Pojezierzu Pomorskim (do  $-0,48$  w styczniu) i na południowym wschodzie (do  $-0,44$  w lutym). Na początku i na końcu zimy zaznacza się wpływ typu East Atlantic/Western Russia (EA/WR), który jest negatywnie skorelowany z występowaniem pokrywy śnieżnej. Istotny statystycznie związek występuje w północnej części badanego obszaru (Pobrzeże Bałtyku, Pojezierze Pomorskie i część Niziny Wielkopolskiej). Skandynawski typ cyrkulacji nie wpływa istotnie na pojawianie się pokrywy śnieżnej w Polsce Północno-Zachodniej.

### WSTĘP

W Polsce Północno-Zachodniej zimowe warunki pogodowe kształtują się głównie pod wpływem cyrkulacji atmosferycznej. Nad naszym obszarem ścierają się masy powietrza znad Atlantyku związane z Nizem Islandzkim, z masami powietrza kontynentalnego związanego z wyżami termicznymi. Wynika stąd duża różnorodność i zmienność stanów pogody w chłodnej porze roku. Zmianom warunków meteorologicznych towarzyszy kilkakrotnie w ciągu roku pojawianie się i zanik pokrywy śnieżnej, która jest nieodłącznym, ale niestałym elementem zimowego krajobrazu. Celem opracowania jest ustalenie wpływu makroskalowych typów cyrkulacji na liczbę dni z pokrywą śnieżną w Polsce Północno-Zachodniej.

Climate Prediction Center (organ NOAA) identyfikuje cztery makroska-

lowe typy cyrkulacji w sektorze Euroatlantyckim, które wpływają na pogodę w Europie Środkowej (BARNSTON i LIVEZEY, 1987).

1. Oscylacja Północnoatlantycka – North Atlantic Oscillation – NAO.
2. Wschodnioatlantycki typ cyrkulacji – East Atlantic – EA.
3. East Atlantic/Western Russia – EA/WR, identyfikowany przez Barnstona i Livezey (1987) jako Eurasian Type 2 (EU2), nazywany w polskiej literaturze Wschodnioeuropejskim (WIBIG 2000).
4. Typ Skandynawski – Scandinavia – SC, identyfikowany przez Barnstona i Livezey (1987) jako Eurasian Type 1 (EU1).

Najlepiej rozpoznany jest wpływ NAO na warunki termiczne, opadowe oraz śnieżność zim w Europie. Model ten jest dominujący nad obszarem Euroatlantyc-

kim i w pozytywnej fazie przynosi łagodne zimy do Europy Środkowej, zaś w negatywnej – zimy mroźne i śnieżne. Związek między wartością indeksu NAO i roczną liczbą dni z pokrywą śnieżną jest istotny statystycznie na obszarze Polski, ale słabnie w kierunku wschodnim (FALARZ 2002; BEDNORZ 2002, 2004). GUTZLER i ROSEN (1992) ustalili, że NAO jest jedynym typem cyrkulacji skorelowanym z anomaliami przestrzennego zasięgu pokrywy śnieżnej w Europie. Natomiast CLARK i in. (1999) stwierdzili anomalie zasięgu pokrywy śnieżnej, występujące podczas ekstremów typu NAO i EU1. Wpływ innych, niż NAO, modeli cyrkulacji na występowanie pokrywy śnieżnej w Europie Środkowej wymaga szczegółowych badań, czego przyczynkiem jest prezentowane opracowanie.

#### DANE ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

Wykorzystano codzienne dane dotyczące pokrywy śnieżnej w 25 stacjach z 40 zim, od 1960/1961 do 1999/2000, pozyskane z archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Stacje położone są na obszarze Polski Północno-Zachodniej na wysokości do 200 m n.p.m.

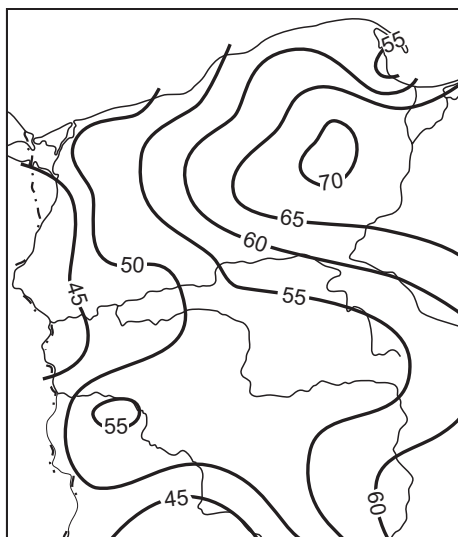
Indeksy typów cyrkulacji pozyskano ze źródeł Climate Prediction Center (organ National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA). Metodyka wyznaczania typów cyrkulacji na wysokości barycznej 500 hPa opiera się na analizie składowych głównych z rotacją składowych głównych, zastosowanej przez BARNSTONA i LIVEZEYA (1987).

Obliczono współczynniki korelacji między miesięczną liczbą dni z pokrywą śnieżną a miesięcznym indeksem typu cyrkulacji dla grudnia, stycznia, lutego i marca. Dla wybranych miesięcy skonstruowano mapy, na których wartości współczynnika korelacji  $< -0,3$  są istotne statystycznie.

#### WYNIKI

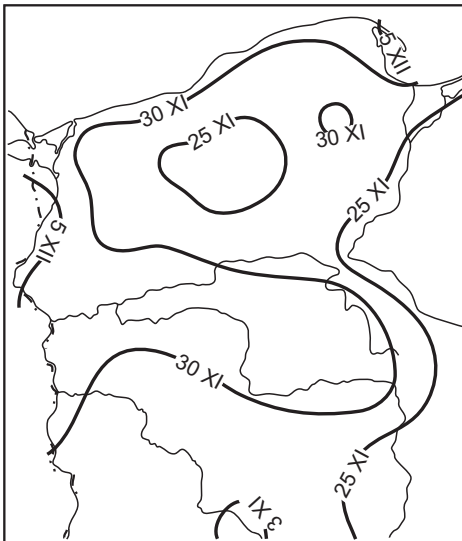
Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną na badanym obszarze wynosi od 45 dni w północnej części doliny Odry do 70 dni we wschodniej części Pojezierza Pomorskiego (rys. 1). Jednak wartości te mogą wahać się, od kilku dni w czasie bardzo łagodnych zim do ponad 120 dni w czasie zim bardzo śnieżnych. Współczynnik zmienności tego parametru dla 40 zim wynosi od 40% do 70%. Śnieg pojawia się po raz pierwszy w ostatniej dekadzie listopada lub na początku grudnia, jednak najczęściej nie jest to trwała pokrywa (rys. 2). Średnia data ostatniego wystąpienia pokrywy śnieżnej przypada na drugą połowę marca (rys. 3).

Pozytywna faza NAO oznacza dużą różnicę ciśnienia między Niżem Islandzkim a Wyżem Azorskim. Ten dwubiegunowy typ cyrkulacji ma najsilniejszy wpływ na występowanie pokrywy



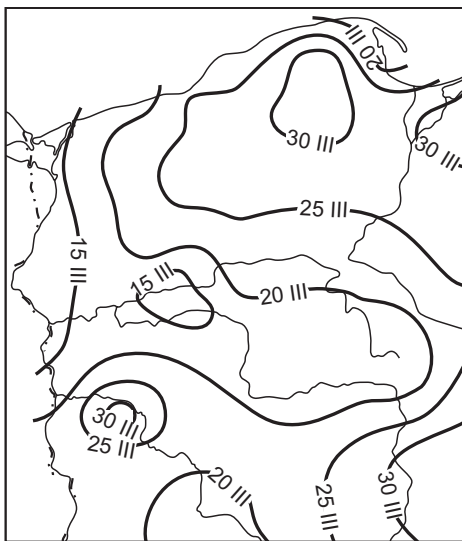
Rys. 1. Średnia roczna liczba dni z pokrywą śnieżną

Fig. 1. Mean annual number of days with snow cover



Rys. 2. Średnie daty pierwszego wystąpienia pokrywy śnieżnej

Fig. 2. Mean dates of the first snow cover occurrence



Rys. 3. Średnie daty ostatniego wystąpienia pokrywy śnieżnej

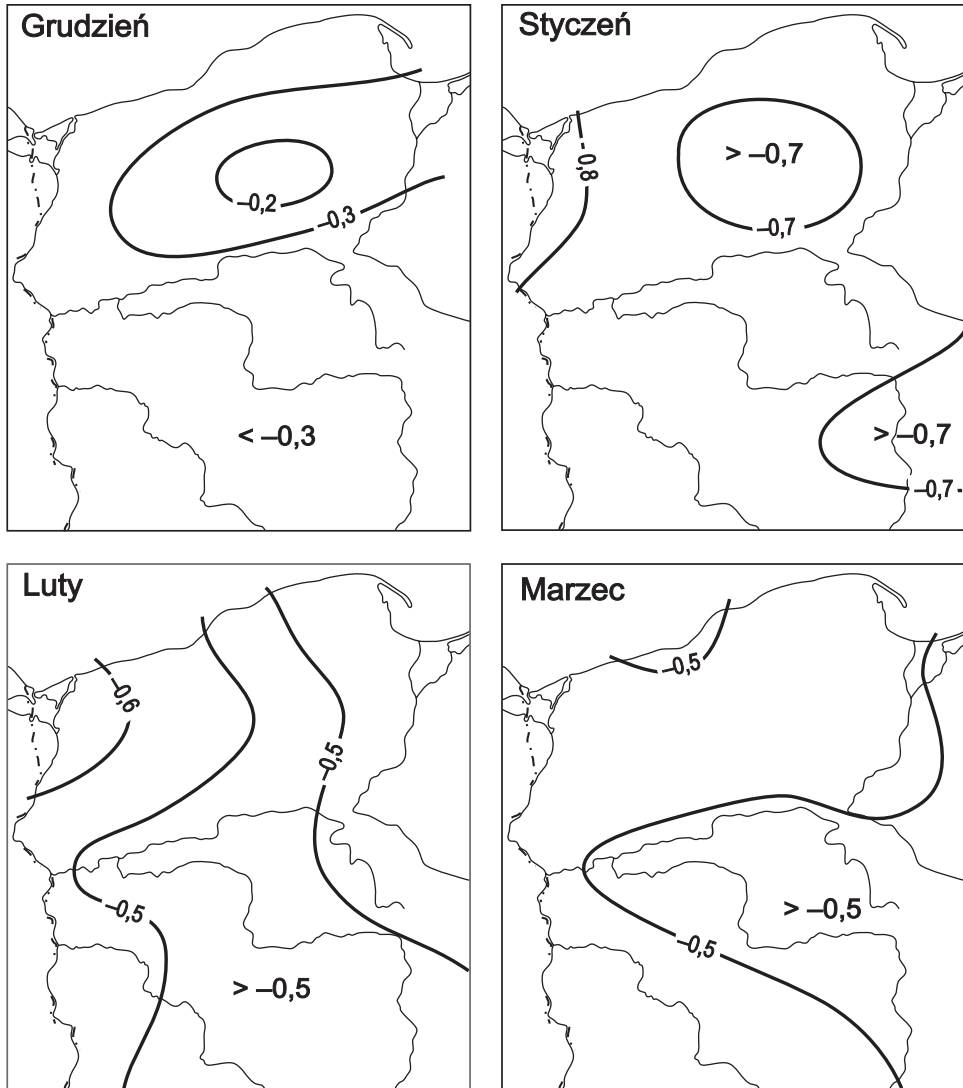
Fig. 3. Mean dates of the last snow cover occurrence

śnieżnej w Polsce Północno-Zachodniej. Największą korelację stwierdzono w styczniu, od  $-0,83$  w Szczecinie do  $(-0,65)$  na południowym wschodzie i we wschodniej części Pojezierza Pomorskiego. W lutym i w marcu korelacja jest mniejsza (około  $-0,5$  na większości badanego obszaru). Najsłabszy wpływ NAO na występowanie pokrywy śnieżnej notuje się na początku zimy (grudzień), kiedy to korelacja nie przekracza wartości  $-0,4$ , a na Pojezierzu Pomorskim jest nieistotna statystycznie (rys. 4).

Typ Wschodnioatlantycki (EA) jest – podobnie jak NAO – typem cyrkulacji o dwóch centrach rozłożonych na linii północ – południe. Układ przesunięty jest w kierunku południowo-wschodnim względem Oscylacji Północnoatlantyckiej, a jego południowe centrum charakteryzuje się silnymi powiązaniem z cyrkulacją międzyzwrotnikową. Ten typ cyrkulacji ma istotne znaczenie dla występowania pokrywy śnieżnej tylko w styczniu i w lutym, a jego wpływ rośnie w kierunku wschodnim (styczeń) i południowo-wschodnim (luty) (rys. 5).

Na początku i na końcu zimy dochodzi do głosu typ East Atlantic/Western Russia (EA/WR), który ma dwa wyraźne centra nad obszarem Euroatlantyckim i jest odpowiednikiem typu Wschodnioeuropejskiego. W pozytywnej fazie, centrum rozciągniętej południkowo strefy niskiego ciśnienia ułożone jest na północ od Morza Kaspijskiego, podczas gdy nad Wyspami Brytyjskimi i Europą Zachodnią panuje wyż. Typ EA/WR jest negatywnie skorelowany z występowaniem pokrywy śnieżnej. Istotny statystycznie związek występuje w północnej części badanego obszaru (Pobrzeże Bałtyku, Pojezierze Pomorskie i część Niziny Wielkopolskiej) (rys. 6).

Skandynawski typ cyrkulacji cechuje się występowaniem jednego silnego centrum wysokiego ciśnienia nad północną



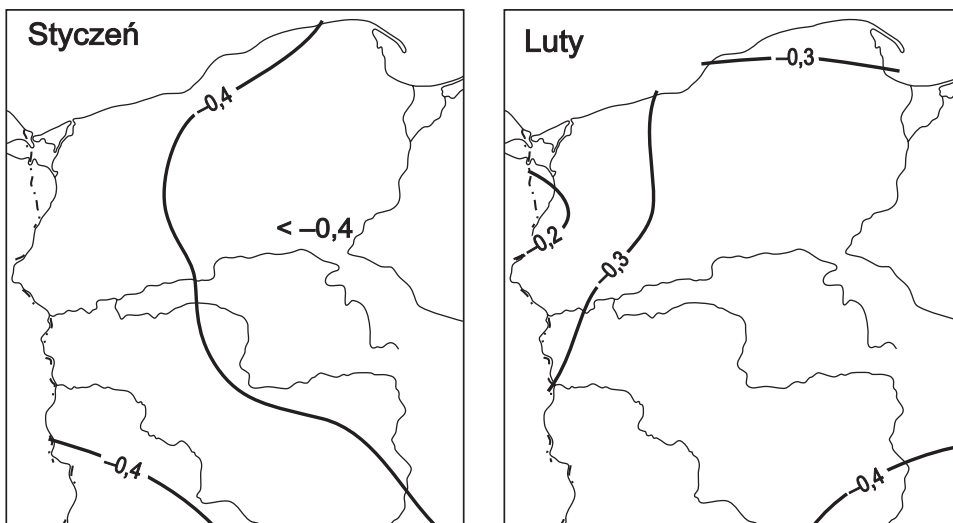
Rys. 4. Współczynnik korelacji miesięcznego indeksu NAO z miesięczną liczbą dni z pokrywą śnieżną

Fig. 4. Correlation coefficient between the monthly NAO index and the monthly number of days with snow cover

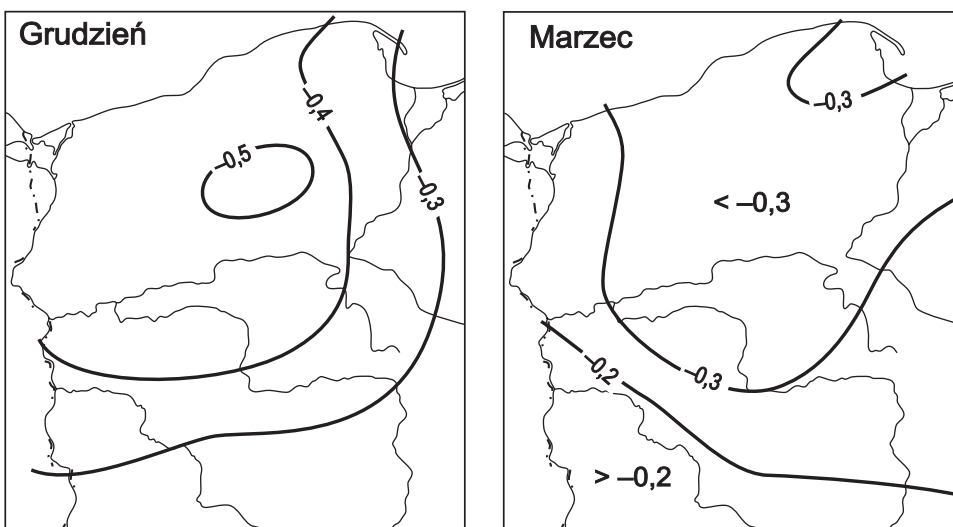
Skandynawią i słabego obszaru obniżonego ciśnienia rozciągającego się od zachodniej Europy po wschodnią Rosję. Taki układ baryczny nie wpływa na pojawianie się pokrywy śnieżnej w Polsce Północno-Zachodniej.

#### PODSUMOWANIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

W opracowaniu potwierdzono wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na śnieżność zim w Europie Środkowej. Pozy-



Rys. 5. Współczynnik korelacji miesięcznego indeksu EA z miesięczną liczbą dni z pokrywą śnieżną  
 Fig. 5. Correlation coefficient between the monthly EA index and the monthly number of days with snow cover



Rys. 6. Współczynnik korelacji miesięcznego indeksu EA/WR z miesięczną liczbą dni z pokrywą śnieżną  
 Fig. 6. Correlation coefficient between the monthly EA/WR index and the monthly number of days with snow cover

tywna faza NAO oznacza dużą różnicę ciśnienia między Niżem Islandzkim a Wyżem Azorskim. Taki układ barycz-

ny powoduje silniejszy niż zazwyczaj przepływ mas powietrza z zachodu i wzmożoną aktywność cyklonalną nad

Europą (CARLETON 1988; SERREZE i in. 1997). Obserwuje się wtedy pozytywne anomalie temperatury na znacznej części kontynentu (HURRELL 1995; HURRELL, VAN LOON 1997; WIBIG 2001). Temperatura jest najważniejszym czynnikiem decydującym o liczbie dni z pokrywą śnieżną w Europie Środkowej. Średnia dla miesięcy zimowych jest tu bliska 0°C i często przekracza punkt topnienia lodu. Obszar ten został zaliczony do „aktywnych” rejonów śnieżnych, gdzie prawdopodobieństwo występowania pokrywy śnieżnej wynosi od 10% do 90%, a jej pojawianie się i przetrwanie zależy głównie od oscylacji temperatury powyżej i poniżej 0°C (FREI 1997 za: FREI, ROBINSON 1999; CLARK i in. 1999; BEDNORZ 2004). Opady atmosferyczne mają decydujące znaczenie dla rozwoju pokrywy śnieżnej na obszarach, gdzie temperatura powietrza trwale spada poniżej 0°C, nazywanych „nieaktywnymi”.

Negatywna faza NAO, związana ze sphywem mas powietrza z północy i znacznym ochłodzeniem, sprzyja formowaniu i trwałości pokrywy śnieżnej. Podobnie wyjaśnić można ujemną korelację śnieżności miesięcy zimowych z indeksem EA. Wschodnioatlantycki typ cyrkulacji powoduje obniżenie temperatury nad znaczną częścią Europy w swojej negatywnej fazie, co umożliwia przetrwanie śniegu.

Ujemna faza typu Wschodnioeuropejskiego charakteryzuje się występowaniem silnego ośrodka wysokiego ciśnienia nad Europą Wschodnią, podczas gdy w Europie Zachodniej rozciągają się niży. Wyż znad Europy Wschodniej może powodować adwekcje chłodnego powietrza polarno-kontynentalnego, które powodują późnojesienne i wczesnowiosenne ochłodzenia. Na kontakcie z cieplejszymi masami powietrza z zachodu mogą pojawić się opady śniegu, który na ogół krótko utrzymuje się na gruncie.

W interpretacji wpływu poszczególnych typów cyrkulacji na występowanie pokrywy śnieżnej w Polsce Północno-Zachodniej kluczem są anomalie temperatury powodowane przez każdy z typów. Niskie temperatury umożliwiają opady śniegu oraz dłuższe trwanie pokrywy śnieżnej. Opady, chociaż konieczne dla uformowania pokrywy śnieżnej nie są istotnie skorelowane ani z grubością pokrywy, ani – tym bardziej – z jej trwałością w Polsce Północno-Zachodniej (BEDNORZ 2004).

#### LITERATURA

- BARNSTON A.G., LIVEZEY R.E., 1987: Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Mon. Wea. Rev.*, 115, s. 1083–1126.
- BEDNORZ E., 2002: Snow cover in western Poland and macro scale circulation conditions. *Int. J. Clim.*, 22, s. 533–541.
- BEDNORZ E., 2004: Snow cover in eastern Europe in relation to temperature, precipitation and circulation. *Int. J. Clim.*, 24, s. 591–601.
- CARLETON A.M., 1988: Meridional transport of eddy sensible heat in winters marked by extremes of the North Atlantic Oscillation 1948/49-1979/80. *Int. J. Clim.*, 1, s. 212–223.
- CLARK M.P., SERREZE M.C., ROBINSON A.D., 1999: Atmospheric controls on Eurasian snow extent. *Int. J. Clim.*, 19, s. 27–40.
- FALARZ M., 2002: Wieloletnia zmienność pokrywy śnieżnej w Polsce na tle zmian cyrkulacyjnych, termicznych i opadowych. Dissertation submitted to the Jagiellonian University, Cracow, Poland.
- FREI A., 1997: Towards a snow cover fingerprint for climate change detection. Dissertation submitted to the Gradual School – New Brunswick, Rutgers, The State University of New Jersey, USA.
- FREI A., ROBINSON D.A., 1999: Northern Hemisphere snow extent: regional variability 1972–1994. *Int. J. Clim.*, 19, s. 1535–1560.
- GUTZLER D.S., ROSEN R.D., 1992: Interannual variability of wintertime snow-cover across the Northern Hemisphere. *Int. J. Clim.*, 5, s. 1441–1447.

- HURRELL J.W., VAN LOON H., 1997: Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Clim. Chang.*, 36, s. 301–306.
- HURRELL J.W., 1995: Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, s. 676–679.
- SERREZE M.C., ROGERS J.C., CARSE F., BARRY R.G., 1997: Icelandic Low cyclone activity: Climatological features, linkages with the NAO and relationships with recent changes in the Northern Hemisphere circulation. *Int. J. Clim.*, 10, s. 453–464.
- WIBIG J., 2001: Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego: Łódź.

*Recenzent: prof. UAM dr hab. Jan Tamulewicz*

*Ewa Bednorz  
Zakład Klimatologii  
Instytut Geografii Fizycznej  
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu*

## THE INFLUENCE OF MACROSCALE CIRCULATION TYPES ON THE SNOW COVER OCCURRENCE IN NORTH-WESTERN POLAND

### Summary

The influence of four circulation types, exhibiting in winter over the Euroatlantic region, on the number of days with snow cover has been analysed. The North Atlantic Oscillation (NAO) has the greatest impact on snowiness of winters in North-Western Poland. The most significant correlation, ranging from  $-0,85$  on the western coast of the Baltic Sea to  $-0,65$  in the southeast, was found in January. The second most important type is the East Atlantic (EA). The correlation coefficient between the monthly EA index

and the monthly number of days with snow cover amounts to  $-0,48$  in Pomerania (January) and  $-0,44$  in the southeast (February). The East Atlantic/Western Russia circulation type has a strong impact on snow cover occurrence at the beginning and at the end of winter (December, March), particularly in the northern part of the studied area. No significant relationship between the snowiness and the Scandinavia type was found in North Western Poland.



## INFORMACJE DLA AUTORÓW

1. Periodyk „Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Seria A, Geografia Fizyczna” zawiera artykuły i notatki naukowe dotyczące przede wszystkim obszaru Polski Zachodniej.
2. Teksty przeznaczone do druku należy nadsyłać do Redakcji w dwóch egzemplarzach. Maszynopis znormalizowany, jednostronny, z interlinią winien zawierać 28–30 wierszy na stronie i 65 znaków w wierszu, z zachowaniem z lewej strony marginesu 35–40 mm. Osobno należy załączyć streszczenie w języku angielskim, o objętości nie przekraczającej 1,5 strony, a w języku polskim i angielskim podpisy tabel i rycin. Opisy rycin (legendy itp.) oraz nagłówki tabel powinny być podane również w dwóch językach (polskim i angielskim).
3. W przypadku przygotowania tekstu na komputerze należy załączyć dwa wydruki znormalizowane i dyskietkę z plikami (najlepiej w formacie edytorów Word Perfect, Word for Windows). Wskazane jest także oddzielne – bez włamania w tekst – załączenie plików z grafiką ze wskazanym formatem zapisu (najlepiej CDR, EPS, TIFF, WMF lub PCX). W grafice komputerowej nie należy stosować rycin wielobarwnych.
4. Artykuły i notatki muszą być poprzedzone „Zarysem treści” o objętości do 1/2 strony maszynopisu, zawierającym istotę treści (metody i wyniki opracowania).
5. Tabele i ryciny (wykresy, fotografie na błyszczącym papierze) należy ponumerować cyframi arabskimi w kolejności ich pojawiania się w tekście. Nie powinny w zasadzie przekraczać formatu A4, powinny natomiast być wykonane starannie, z uwzględnieniem docelowej skali zmniejszenia (liternictwo po zmniejszeniu nie mniejsze niż 1,5–2 mm).
6. Cytowanie literatury w tekście winno polegać na podaniu nazwiska i roku wydania pracy, np. NOWAK (1993) lub (NOWAK 1993).
7. Wykaz literatury należy zestawić na końcu pracy; powinien on być ułożony alfabetycznie według nazwisk autorów. Wykaz powinien zawierać: nazwisko i pierwszą literę imienia, rok wydania pracy, tytuł pracy w oryginalnym brzmieniu (przy pracach publikowanych w czasopismach i innych wydawnictwach ciągłych również tytuł czasopisma w oryginalnym brzmieniu według przyjętych skrótów, serię, tom, rocznik, numer strony), wydawnictwo i miejsce wydania.  
Przykłady spisu literatury:  
BUDRYKO M.J., 1975: Klimat i życie. PWN, Warszawa.  
KRYGOWSKI B., 1962: Rola glacictektoniki w rozwoju niżowej rzeźby Polski Zachodniej. Czas Geogr., 33, 3, 313–325.  
DREIMAS A., 1976: Tills, their origin and properties. [W:] R.F. Leggert (ed.) Glacial till, Spec. Publ. R. Soc. Cam., 12, 11–49.
8. Objętość nie może przekraczać 20 stron maszynopisu.

Maszynopisy i korespondencję należy kierować pod adresem:

Redakcja „Badań Fizjograficznych”  
Instytut Geografii Fizycznej  
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego UAM  
ul. Dziegielowa 27  
61–680 Poznań