

Oscylacja Północnoatlantycka a wielkość zachmurzenia na obszarze Polski

The North Atlantic Oscillation
and cloudiness over the territory of Poland

Romana Adamczyk¹

Zarys treści: Praca dotyczy związku wielkości zachmurzenia na obszarze Polski z Oscylacją Północnoatlantycką (NAO), wyrażającą intensywność strefowego przemieszczania się mas powietrza nad Europą. Badania dowodzą, że w okresie zimowym (styczeń) wielkość zachmurzenia na obszarze Polski Północnej i Północno-Wschodniej jest dodatnio skorelowana z NAO (współczynniki korelacji na poziomie 0,4-0,6). W czerwcu jedynie w Karpatach i Sudetach współczynniki korelacji liniowej są istotne statystycznie (na poziomie -0,4 – -0,5). Zależność ta ma znak ujemny, co sugeruje wzrost zachmurzenia w obszarach górskich podczas negatywnej fazy NAO.

Słowa kluczowe: cyrkulacja strefowa, NAO, Polska, sytuacje blokujące, zachmurzenie ogólne

Key words: zonal circulation, NAO, Poland, atmospheric blocking, total cloud cover

Wprowadzenie

W ostatnich latach można zaobserwować wzrost zainteresowania problematyką dotyczącą zachmurzenia, czego przykładem są wybrane publikacje zamieszczone w periodykach ukazujących się w Polsce, jak i za granicą (Croke i in. 1999; Sun, Groisman 2000; Keevallik, Russak 2001; Matuszko 2002, 2003; Limanówka, Ustrnul 2002, Morawska-Horawska 2002, Szyga-Pluta 2002, Wibig 2003; Żmudzka 2003, 2004; Huang i in. 2006). Trudno się temu dziwić, skoro nie od dziś wiadomo, że chmury odgrywają niebagatelną rolę w kształtowaniu bilansu radiacyjnego wybranych obszarów oraz w modelowaniu przyszłych zmian klimatycznych. W wielu wcześniej przytoczonych pracach autorzy podchodzą do podejmowanego zagadnienia z punktu widzenia tzw. klimatologii synoptycznej, traktując cyrkulację atmosferyczną jako czynnik klimatotwórczy w decydującym stopniu kształtujący zachmurzenie. Niniejsza praca również wpisuje

¹ Katedra Klimatologii, Uniwersytet Śląski, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec,
e-mail: r_adamczyk@op.pl

się w ten nurt, bowiem jej celem jest ilościowa ocena związku wielkości zachmurzenia z intensywnością cyrkulacji strefowej na obszarze Polski. Jako miernik cyrkulacji strefowej wykorzystano powszechnie znany wskaźnik Oscylacji Północnoatlantyckiej (North Atlantic Oscillation, w skrócie NAO), wyznaczany przez Climatic Research Unit University of East Anglia (CRU), opisujący zmienność cyrkulacji atmosferycznej nad Atlantykiem Północnym. Jak wiadomo, akwen ten stanowi jeden z głównych obszarów klimatotwórczych dla obszaru Europy Zachodniej i Środkowej (Marsz, Styszyńska 2001).

Materiał źródłowy i zastosowana metodyka

W pracy wykorzystano materiał badawczy dwojakiego rodzaju. Po pierwsze, były to średnie miesięczne wartości zachmurzenia ogólnego w skali 0-10, które przeliczono na procenty 0-100%, pochodzące z 54 stacji synoptycznych na obszarze Polski. Dane te zostały zebrane z 30-lecia 1961-1990 i dokładnie przetestowane pod względem homogeniczności (Adamczyk, Ustrnul 2006). Drugą grupę materiałów źródłowych stanowiły miesięczne wartości wskaźnika NAO, jako najprostszego miernika intensywności strefowego przemieszczania się mas powietrza nad Europą. Na potrzeby niniejszej publikacji wykorzystano bardzo prosty i szeroko rozpowszechniony indeks NAO podawany przez Climatic Research Unit University of East Anglia. Stanowi on znormalizowaną różnicę ciśnienia między Gibraltarem a południowo-zachodnią Islandią (Stykkisholmur/Reykjavik) (Jones i in. 1997), jego wartości zaś są ogólnodostępne na stronie internetowej www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm. W badaniach wykorzystano także mapy powierzchni izobarycznej 1000 hPa nad obszarem Europy, pochodzące z serwera danych ECMWF ERA 40.

Główną część pracy stanowi analiza przestrzennego zróżnicowania zależności zachmurzenia od indeksu NAO. Zastosowana metoda polegała na wyznaczeniu współczynników korelacji liniowej między średnim miesięcznym zachmurzeniem ogólnym a wartościami wskaźnika NAO na każdej z 54 stacji synoptycznych. Następnie w celu przestrzennego zobrazowania wyników przetestowano kilka metod interpolacji, spośród których ostatecznie wybrano do konstrukcji map zwykły kriging. W dyskusji uzyskanych wyników zaprezentowano ciekawsze sytuacje przestrzennego rozkładu średnich miesięcznych wartości zachmurzenia na obszarze Polski w poszczególnych latach analizowanego 30-lecia 1961-1990. Sytuacje te porównano z odpowiadającymi im mapami powierzchni izobarycznej 1000 hPa.

Zróżnicowanie przestrzenne zależności zachmurzenia ogólnego od NAO

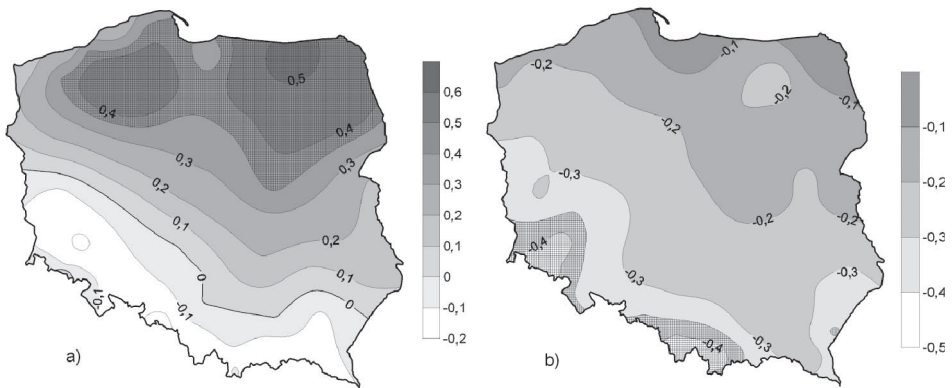
W wyniku analizy uzyskano macierz korelacji między średnim miesięcznym zachmurzeniem ogólnym a miesięcznym wskaźnikiem NAO według CRU na 54 stacjach synoptycznych z obszaru Polski. Wartości współczynnika korelacji liniowej z owej macierzy naniesiono następnie na mapę konturową Polski. Sprawdzone również istotność

statystyczną otrzymanych wartości i ją również zaznaczono na uzyskanych mapach rozkładu przestrzennego zależności badanego elementu od intensywności cyrkulacji strefowej, której miernikiem jest NAO.

Jedynie w kilku miesiącach (styczeń, czerwiec i sierpień) współczynniki korelacji liniowej są istotne statystycznie. W pozostałych miesiącach zależność zachmurzenia od NAO praktycznie nie występuje na żadnej stacji (współczynniki korelacji są na poziomie 0,1-0,2). Dlatego też w niniejszej publikacji główną uwagę poświęcono rozkładowi przestrzennemu współczynników korelacji w styczniu i czerwcu.

W styczniu najwyższe oraz istotne statystycznie na poziomie ufności 95% wartości współczynników występują w Polsce Północnej i Północno-Wschodniej (0,4-0,6). Korelacja ma znak dodatni, co oznacza, że podczas pozytywnej fazy NAO zachodzi wzrost wielkości zachmurzenia ogólnego (ryc. 1a).

W czerwcu natomiast jedynie południowe krańce Polski (obszar Karpat i Sudetów) mają współczynniki korelacji świadczące o umiarkowanej zależności zachmurzenia od natężenia cyrkulacji strefowej (-0,4 – -0,5). Negatywnej fazy NAO towarzyszy więc wzrost zachmurzenia ogólnego (ryc. 1b).



Ryc. 1. Współczynniki korelacji między wielkością zachmurzenia ogólnego i wskaźnikiem NAO wg CRU w a) styczniu i b) czerwcu z lat 1961-1990. Kreskowanie oznacza regiony ze współczynnikami korelacji istotnymi statystycznie na poziomie ufności 95%

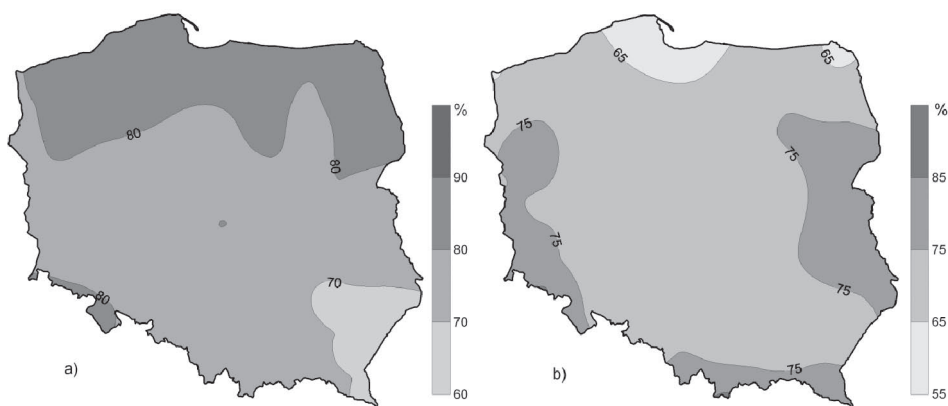
Fig. 1. Correlation coefficients between the total cloud cover and the NAO index by CRU in a) January and b) June in the period 1961-1990. Shading presents regions with statistically significant correlation coefficients

Dyskusja wyników

Badania wykazały, że w okresie zimowym (styczeń) NAO jest dodatnio skorelowane z wielkością zachmurzenia ogólnego na obszarze Polski Północnej i Północno-Wschodniej. Jest to obszar, dla którego uzyskano istotne statystycznie współczynniki

korelacji liniowej (0,4-0,6) na poziomie ufności 95%. Oznacza to wzrost zachmurzenia podczas pozytywnej fazy NAO i jego spadek podczas negatywnej fazy NAO. Podobne wyniki uzyskali J. Huang i in. (2006). Zamieścili oni w swej pracy ryciny rozkładu przestrzennego anomalii zachmurzenia ogólnego na półkuli północnej podczas pozytywnej i negatywnej fazy NAO w okresie zimowym. Wynika z nich, że na obszarze Polski z negatywną fazą NAO wiążą się ujemne anomalie zachmurzenia na poziomie około 5%, podczas pozytywnej fazy mamy zaś do czynienia z anomaliami dodatnimi na tym samym poziomie. Przykładowy rozkład średniego miesięcznego zachmurzenia na obszarze Polski w styczniu 1962 r. (NAO wyniosło wtedy 2,44) pokazano na rycinie 2a – największe zachmurzenie w Polsce Północnej (porównaj z ryc. 1a). Na rycinie 3a zaprezentowano zaś mapę powierzchni izobarycznej 1000 hPa z tego samego miesiąca. Widać na niej dwa dobrze rozbudowane układy baryczne: antycyklon, którego centrum znajduje się na zachód od Gibraltaru, oraz układ cyklonalny z obszarem najniższego ciśnienia między wschodnim wybrzeżem Grenlandii i zachodnią Islandią. Cechą charakterystyczną obu tych układów jest wyraźnie wykształcona oś o orientacji zbliżonej do linii E-W. W polu barycznym Atlantyku Północnego pojawił się duży poziomy gradient ciśnienia o zwrocie południkowym, czego efektem jest strefowy przepływ mas powietrza znad oceanu nad kontynent europejski (szczególnie intensywna adwekcja z zachodu występuje między innymi nad Wyspami Brytyjskimi, Skandynawią i Polską).

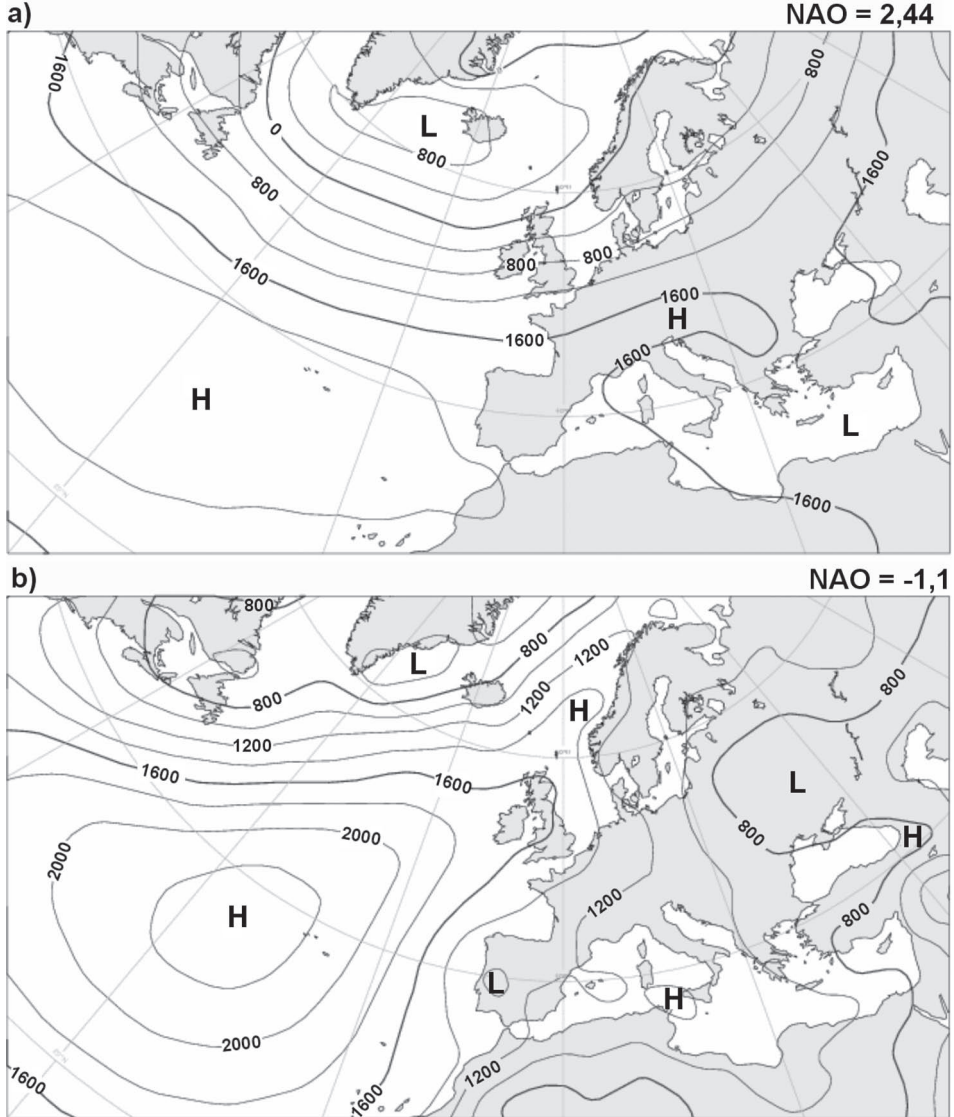
W czerwcu jedynie w Karpatach i Sudetach współczynniki korelacji między zachmurzeniem a NAO są istotne statystycznie. Zależność ta ma znak ujemny, co sugeruje wzrost zachmurzenia w obszarach górskich podczas negatywnej fazy NAO. Jak podają A.A. Marsz (2002), J. Huang i in. (2006), G.T. Walker i E. Bliss (1932, za Wibig 2000), w okresie letnim negatywna faza NAO sprzyja tworzeniu się tzw. sytuacji blokujących i rozwojowi cyrkulacji o charakterze południkowym. Sytuację taką przedstawia ryc. 3b – mapa powierzchni 1000 hPa w czerwcu 1988 r., kiedy to wskaźnik NAO wyniósł -1,1.



Ryc. 2. Zachmurzenie ogólne (0-100%) w a) styczniu 1962 r. i b) czerwcu 1988 r.

Fig. 2. The total cloud cover (0-100%) in a) January 1962 and b) June 1988

W polu barycznym Europy na rycinie 3b obecny jest tzw. antycyklon blokujący, który wykształcił się nad Morzem Śródziemnym w okolicach Sycylii. Poziomy gradient ciśnienia nad kontynentem europejskim uzyskał zwrot równoleżnikowy, w wyniku czego



Ryc. 3. Mapy powierzchni izobarycznej 1000 hPa obszaru Europy i Atlantyku Północnego w a) styczniu 1962 r. i b) czerwcu 1988 r.

Fig. 3. The maps of 1000 hPa geopotential height over Europe and the Northern Atlantic in a) January 1962 and b) June 1988

adwekcja znad Atlantyku została zahamowana. Na rycinie 2b pokazano średni rozkład zachmurzenia ogólnego na obszarze Polski w tym samym miesiącu. Obszary górskie charakteryzuje wtedy wielkość zachmurzenia ponad 75% (porównaj z ryc. 1b).

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają wysnuć następujące wnioski:

1. Uzyskane wyniki potwierdzają istnienie zależności zachmurzenia ogólnego na obszarze Polski od intensywności cyrkulacji strefowej, wyrażonej za pomocą wskaźnika NAO. Związki te nie są jednak tak duże, jak ma to miejsce w przypadku temperatury powietrza i opadów atmosferycznych. Może świadczyć to o stosunkowo dużej roli lokalnych warunków cyrkulacyjnych w kształtowaniu wielkości tego elementu klimatu.
2. Przeprowadzona analiza dowodzi, że choć zależność zachmurzenia na obszarze Polski od NAO jest niewielka, to jednak w niektórych regionach kraju relacje te są nieco silniejsze i co ważne – istotne statystycznie.
3. W pracy wykorzystano 30-letni ciąg danych. W następnych etapach planuje się jego wydłużenie, co pozwoli lepiej zbadać różnice przestrzennej zmienności związku zachmurzenia z NAO na obszarze Polski między poszczególnymi sezonami, a także przyczyni się do zwiększenia istotności statystycznej uzyskanych wyników.

Literatura

- Adamczyk R., Ustrnul Z., 2006, *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu zachmurzenia ogólnego na obszarze Polski*, Annales UMCS, Sec. B., w druku.
- Croke M.S., Cess R.D., Hameed S., 1999, *Regional Cloud Cover Change Associated with Global Climate Change: Case Studies for the Three Regions of the United States*, J. Climate, 12, 2128-2134.
- Huang J., Mingxia J.I., Higuchi K., Shabbar A., 2006, *Temporal Structures of the North Atlantic Oscillation and Its Impact on the Regional Climate Variability*, Adv. Atmos. Sci., 23, 1, 23-32.
- Jones P.D., Jónsson 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.
- Keevallik S., Russak V., 2001, *Changes in the Amount of Low Clouds in Estonia*, Int. J. Climatol., 21, 389-397.
- Limanówka D., Ustrnul Z., 2002, *Zmienność zachmurzenia w profilu pionowym polskich Karpat*, [w:] *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Symposium klimatologiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, 16-17 IX 1993, Toruń, 131-138.
- Marsz A.A., 2002, *Wprowadzenie (istota NAO, historia, wskaźniki)*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, A.A. Marsz, A. Styszyńska (red.), Wyd. Uczelniane Akademii Morskiej, Gdynia, 11-29.
- Marsz A.A., Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*, Wyd. WSM, Gdynia.
- Matuszko D., 2002, *Wpływ cyrkulacji atmosfery na zachmurzenie w Krakowie*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, A.A. Marsz, A. Styszyńska (red.), Wyd. Uczelniane Akademii Morskiej, Gdynia, 141-145.

- Matuszko D., 2003, *Cloudiness Changes in Cracow in the 20th Century*, Int. J. Climatol., 23, 8, 975-984.
- Morawska-Horawska M., 2002, *Tendencje zachmurzenia i usłonecznienia Krakowa w latach 1861-1990*, [w:] *Działalność naukowa profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Symposium klimatologiczne na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika, 16-17 IX 1993, Toruń, 341-351.
- Sun B., Groisman P.Ya., 2000, *Cloudiness Variations over the Former Soviet Union*, Int. J. Climatol., 20, 1097-1111.
- Szyga-Pluta K., 2002, *Częstość występowania rodzajów chmur w Polsce Północno-Zachodniej*, Wyd. Ad Rem, Poznań.
- Walker G.T., Bliss E., 1932, *World Weather*, V Mem. Roy. Meteor. Soc., 4, 53-84.
- Wibig J., 2000, *Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu*, Prz. Geofiz., 45, 2, 121-137.
- Wibig J., 2003, *Cloudiness Variability in Łódź between 1931 and 2000*, Acta Univ. Wratislaviensis, 2542, Studia Geogr., 75, 292-303.
- Żmudzka E., 2003, *Wielkość zachmurzenia w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, Prz. Geofiz., 48, 3-4, 159-185.
- Żmudzka E., 2004, *Wielkość zachmurzenia w Polsce a epoki cyrkulacyjne*, Prz. Geofiz., 49, 1-2, 25-42.

Summary

This study concerns the relationships between cloudiness and the North Atlantic Oscillation over the territory of Poland. In order to analyse these relations two groups of data have been used: the monthly total cloud cover values from 54 Polish synoptic stations (scale 0-100) and the monthly NAO index provided by the Climatic Research Unit (CRU) at the University of East Anglia. That index is defined as the difference between normalised mean sea level pressures at Gibraltar and SW Iceland (Stykkisholmur/Reykjavik). In the crucial part of this paper the spatial variability of linear correlation coefficients in January and June was analysed. In January NAO is positively correlated with cloudiness over northern and northern-eastern Poland (correlation coefficients equal 0.4-0.6). However, there was significant negative correlation in mountainous regions in June (correlation coefficients equal -0.4 – -0.6).

