

UWARUNKOWANIA CYRKULACYJNE ZACHMURZENIA OGÓLNEGO W STREFIE POLARNEJ EUROPY

TOTAL CLOUDINESS WITH RELATION TO THE ATMOSPHERIC CIRCULATION IN THE EUROPEAN POLAR REGION

Romana Adamczyk¹ Zbigniew Ustrnul²

¹ – Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec
r_adamczyk@op.pl

² – Zakład Klimatologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
zbigniew.ustrnul@uj.edu.pl

Zarys treści. Analizowano wielkość zachmurzenia ogólnego w zależności od kierunku adwekcji mas powietrza. Materiał badawczy stanowiły dane gridowe pochodzące z bazy danych ERA 40 (1961-2000) oraz dane stacyjne z bazy danych ORNL/CDIAC – 123 NDP-026C (1972-1996). Cyrkulację atmosferyczną ujęto jako obraz pola wiatru geostroficznego. Warunki makrocyrkulacyjne powodują duże zróżnicowanie regionalne wzajemnych zależności pomiędzy cyrkulacją a zachmurzeniem na badanym terenie. Różnice wielkości zachmurzenia podczas adwekcji mas powietrza z poszczególnych kierunków są bardziej wyraźne w analizach wykorzystujących dane stacyjne. Występujące różnice między wynikami analiz przeprowadzonych z wykorzystaniem danych gridowych i stacyjnych wynikają głównie z trudności w dopasowaniu położenia stacji do punktów węzłowych siatki geograficznej oraz z samego charakteru danych.

Słowa kluczowe: zachmurzenie ogólne, Arktyka Europejska, adwekcyjne typy cyrkulacji.

1. Wprowadzenie

W badaniach globalnych zmian klimatu Arktyka uznawana jest za obszar szczególnie na nie narażony (IPCC 2007). Dotychczasowe prace z tego zakresu dotyczą przede wszystkim problemu znacznego ocieplenia, które to skutkuje gwałtownym zmniejszaniem się powierzchni lodowych. Sporo uwagi poświęcono też warunkom nefologicznym i ich roli, jaką odgrywają one w bilansie radiacyjnym obszarów polarnych (Curry i in. 1996, Schweiger i in. 1999, Walsh i Chapman 1998). Wykazano, że oddziaływanie chmur w kształtowaniu tego bilansu znacząco przyczynia się do wzrostu temperatury w Arktyce (Vavrus 2004). Nie rozpoznano jednak dostatecznie czynników modyfikujących zachmurzenie w wysokich szerokościach geograficznych. Stąd też celem niniejszej pracy jest ilościowa ocena wpływu cyrkulacji atmosferycznej na wielkość zachmurzenia ogólnego w strefie polarnej Europy. Jak wiadomo, zachmurzenie w strefach umiarkowanej i polarnej w znacznym stopniu kształtowane jest

przez makroskalowe procesy cyrkulacyjne (Styszyńska 2005, Adamczyk i Ustrnul 2006, Niedźwiedź 2007).

2. Obszar badań

Istnieje wiele definicji strefy polarnej półkuli północnej (Niedźwiedź 1997). Z klimatologicznego punktu widzenia najczęściej uważa się, że granicą jej występowania jest średnia temperatura lipca równa 10°C. Podejście geograficzne zakłada zaś, że strefa polarna obejmuje rejon znajdujący się poza kołem podbiegunowym północnym. Podstawowym kryterium w tej definicji jest występowanie w tej strefie zjawiska dnia i nocy polarnej. Według pierwszej definicji w skład Arktyki Europejskiej wchodzi w zasadzie wyłącznie obszary morskie. Strefy lądowe ograniczają się do rejonów pojedynczych wysp i archipelagów. Stosując drugą definicję obszar polarny Europy powiększony jest o północną Skandynawię. W pracy obszar ten zdefiniowano jako region leżący poza kołem podbiegunowym północnym ze średnią temperaturą lipca nie przekraczającą 10°C. Tworzą go głównie wody Oceanu Arktycznego wraz z archipelagami arktycznymi: Spitsbergenem, Ziemią Franciszka Józefa, Nową Ziemią oraz samodzielny wyspami. Do strefy polarnej zaliczono także północną część Półwyspu Skandynawskiego wraz z Półwyspem Kolskim oraz Islandię.

3. Materiał źródłowy i metoda badań

Materiał źródłowy stanowiły dane dotyczące zachmurzenia ogólnego zaczerpnięte z serwera danych ERA 40 (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) dla wielolecia 1961-2000 oraz dane stacyjne uzyskane z bazy danych ORNL/CDIAC (Oak Ridge National Laboratory/Carbon Dioxide Information Analysis Center) – 123 NDP-026C dla wielolecia 1972-1996. W pierwszym przypadku były to dane gridowe stanowiące rezultat zastosowania technik asymilacji danych pochodzących z różnych źródeł (pomiarzy naziemne, lotnicze, radiosondaże, dane satelitarne – pionowe sondowania atmosfery itp.) następnie przetwarzanych z wykorzystaniem modeli numerycznych (Uppala i in. 2005). Jakość tego typu informacji dotyczącej zachmurzenia w skali globalnej była analizowana przez Jakoba (1999). Porównywał on wspomniane dane z miesięcznymi wartościami zachmurzenia pochodzącymi z pomiarów satelitarnych dla wielolecia 1983-1990. Wykazał, że największe różnice pomiędzy danymi gridowymi, a pochodzącymi z informacji satelitarnej znajdują się w obszarach oceanicznych szerokości pozazwrotnikowych. Zachmurzenie w danych pochodzących z re-analiz było tam niedoszacowane o 10-15% w stosunku do danych satelitarnych. Drugim obszarem charakteryzującym się największymi różnicami porównywanych wartości była Eurazja. Tu z kolei niedoszacowane było letnie maksimum zachmurzenia w danych gridowych. Dane pochodzące z re-analiz porównywano także z danymi stacyjnymi w skali Europy (Adamczyk 2007, Adamczyk i Łupikasz 2008). W przypadku danych terminowych (06, 12 i 18 UTC) stwierdzono, że rozkłady różnic są zbliżone do rozkładu normalnego. Jeżeli chodzi o wartości miesięczne to występujące niezgodności zależą od uwarunkowań lokalnych (głównie ukształtowania terenu) oraz dopasowania położenia stacji meteorologicznych do punktów węzłowych siatki geograficznej.

Druga wykorzystywana baza danych (ORNL/CDIAC – 123 NDP-026C) zawierała wartości zachmurzenia ogólnego pochodzące z obserwacji naziemnych. Jakość tworzących bazę depesz synoptycznych została dokładnie sprawdzona przez twórców bazy (Hahn i in. 1995, Hahn i Warren 1999).

W ocenie tej uwzględniono głównie obserwacje nocne. – analizowano wpływ warunków oświetleniowych (księżyc) na dokładność pomiarów zachmurzenia nocą. Efektem tych badań było określenie tzw. kryterium światła księżycowego (*moonlight criterion*) – wysokości, na której musi znajdować się księżyc w pełni, aby obserwacje zachmurzenia były jak najbardziej wiarygodne. Kryterium to zostało następnie zastosowane do kontroli jakości danych we wspomnianej bazie ORNL/CDIAC – 123 NDP-026C.

Cyrkulację atmosferyczną rozpatrywano jako adwekcję powietrza z poszczególnych kierunków, która była obliczana z pola wiatru geostroficznego. Pole to obliczono na podstawie danych o ciśnieniu na poziomie morza jakie również dostępne są w bazie danych ERA 40. W tym celu wykorzystano dobowe dane z godziny 12 UTC znajdujące się w punktach gridowych z rozdzielczością $5 \times 5^\circ$ szerokości i długości geograficznej.

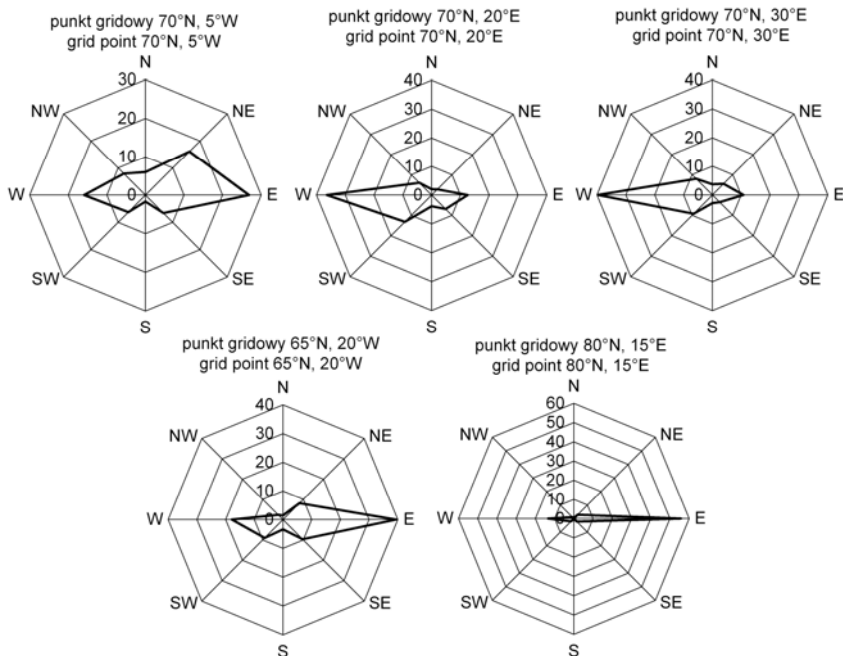
Wektory wiatru geostroficznego obliczono metodą funkcji sklejaných. Wykorzystując wspomniane wektory wyznaczono 8 adwekcyjnych typów cyrkulacji oraz 1 typ charakteryzujący się brakiem wyraźnego napływu powietrza (zmodyfikowana klasyfikacja typów cyrkulacji Z. Ustrnula (1997).

Do szczegółowych analiz wybrano 5 charakterystycznych punktów gridowych: $65^\circ\text{N } 20^\circ\text{W}$ (środkowo-zachodnia Islandia), $70^\circ\text{N } 5^\circ\text{W}$ (Morze Norweskie, na SE od Jan Mayen), $70^\circ\text{N } 20^\circ\text{E}$ (wybrzeże Norwegii w rejonie Tromso), $70^\circ\text{N } 30^\circ\text{E}$ (Varanger Fjord) i $80^\circ\text{N } 15^\circ\text{E}$ (północny Svalbard). Starano się, aby w pełni reprezentowały one warunki cyrkulacyjno-nefologiczne obszaru badań. Nie bez znaczenia była także odległość od stacji meteorologicznych (Reykjavik, Jan Mayen, Tromso, Murmańsk i Longyearbyen). Dla wybranych punktów gridowych obliczono wielkość zachmurzenia ogólnego w poszczególnych adwekcyjnych typach cyrkulacji. W analizach uwzględniono także anomalie zachmurzenia podczas adwekcji mas powietrza z różnych kierunków. Obliczenia zostały wykonane dla dwóch różniących się termicznie, nefologicznie i cyrkulacyjnie miesięcy roku: stycznia i lipca. W celach porównawczych podobne analizy przeprowadzono dla wspomnianych stacji meteorologicznych.

4. Główne cechy cyrkulacji atmosferycznej i zachmurzenia ogólnego w strefie polarnej Europy

Obraz cyrkulacji atmosferycznej w strefie polarnej Europy jest dość urozmaicony. Kształtowany jest on bowiem w dużej mierze przez występowanie niżów barycznych w pobliżu Islandii (Niż Islandzki), które często przemieszczają się w kierunku północno-wschodnim w znacznym stopniu kształtując pogodę i klimat tego obszaru. Największa aktywność cyklonalna związana z tym układem przypada na okres zimowy. W sezonie tym dominuje intensywna cyrkulacja strefowa, przy czym, w odróżnieniu od strefy umiarkowanej, obserwuje się dominację napływu powietrza z sektora wschodniego. W okresie zimowym wschodnia część regionu jest pod wpływem Wyżu Grenlandzkiego, który wymusza cyrkulację z północy. Latem pole baryczne jest znacznie mniej zróżnicowane, co powoduje, że istnieje duża zmienność cyrkulacji i napływu mas powietrza z różnych kierunków. Według Brümmera i in. (2000) (za Niedźwiedziem 2007) w całej Arktyce obserwuje się silniejszą cyklogenezę latem niż zimą, co jednak nie odzwierciedla się w bezwzględny przebiegu i wahaniami wartości ciśnienia. Bardziej szczegółową ocenę cyrkulacji atmosferycznej na obszarze Arktyki ze szczególnym uwzględnieniem Spitsbergenu zawiera wyżej cytowana praca Niedźwiedzia (2007).

W rozpatrywanych punktach węzłowych obserwuje się w styczniu duże różnice w częstości adwekcji powietrza (ryc. 1). Na równoleżniku 70° choć zdecydowanie dominuje cyrkulacja strefowa, to w części wschodniej charakteryzuje się ona przewagą wpływów zachodnich, natomiast na 5°W (NW Morzu Norweskim) widoczny jest duży odsetek splotu powietrza z E i NE. Różnice te wynikają



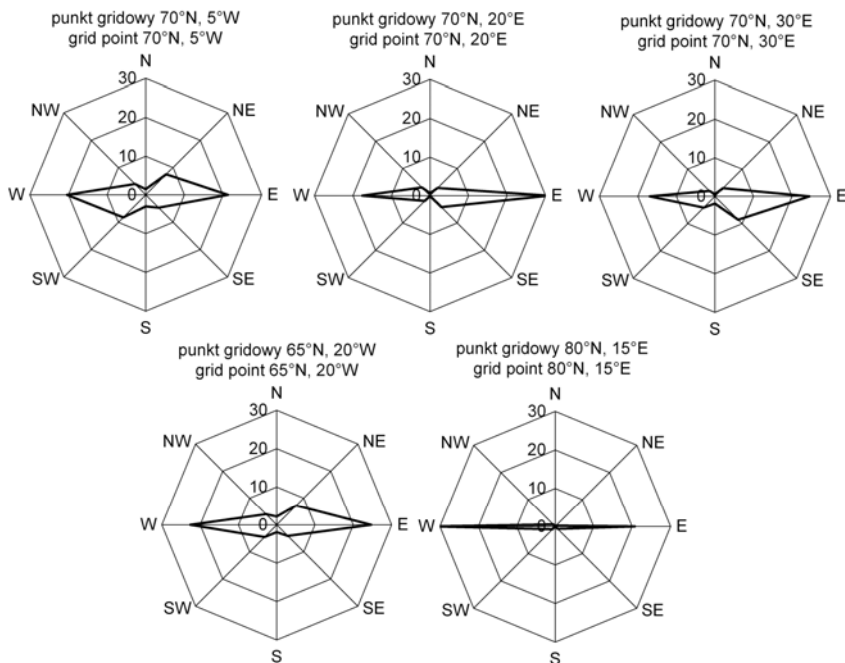
Ryc. 1. Częstość (%) adwekcji powietrza z poszczególnych kierunków w styczniu (1961-2000)

Fig. 1. Frequency (%) of the air flow from particular directions in January (1961-2000)

z położenia tych punktów względem najczęstszego centrum Niżu Islandzkiego. Podobny zresztą obraz jak na Morzu Norweskim można też obserwować na Islandii. Zupełnie odmienna sytuacja jest nad północnym Svalbardem, gdzie widoczna jest dominacja splywu ze wschodu. Na tym obszarze splyw powietrza z sektora południowego i północnego jest niewielki i nie przekracza kilku procent, co oznacza liczebność zaledwie kilkunastu dni w roku. W lipcu obraz zróżnicowania napływu powietrza nad poszczególne obszary jest nieporównywalnie mniejszy (ryc. 2). Wszędzie dominuje cyrkulacja strefowa W-E, a różnice w częstości napływu z obu kierunków są niewielkie. Podobnie jak w styczniu nad północnym Svalbardem cyrkulacja południkowa występuje tylko sporadycznie, to jest przez około 10 dni w roku.

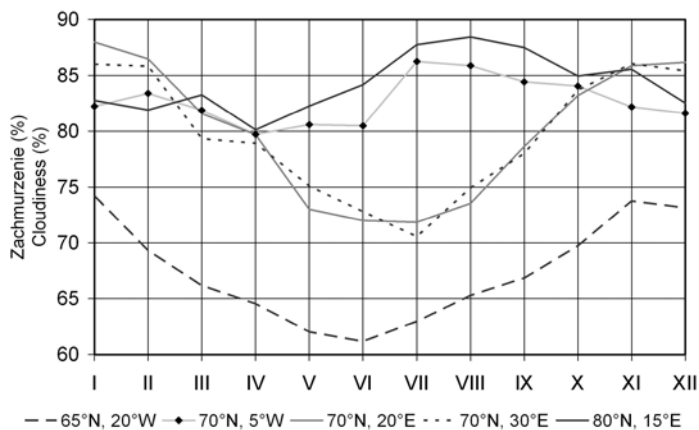
Zachmurzenie ogólne w strefie polarnej Europy jest stosunkowo duże, a wartości średnie roczne na ogół przekraczają 6 oktantów (Adamczyk 2007). W poszczególnych sezonach widoczne są jednak spore różnice regionalne, które zależą przede wszystkim od cyrkulacji atmosferycznej. Na ogół zachodnia część regionu, będąca zimą pod wpływem Wyżu Grenlandzkiego, charakteryzuje się nieco mniejszym zachmurzeniem niż obszary położone na wschodzie. Latem zachmurzenie jest na ogół wszędzie nieco wyższe niż zimą, co również należy tłumaczyć wpływem cyrkulacji, zwłaszcza o charakterze cyklonalnym, w tym zwłaszcza napływem mas powietrza z sektora południowego tj. znad Atlantyku.

Rozpatrując zachmurzenie ogólne w omawianych obszarach należy stwierdzić duże różnice regionalne (ryc. 3). Zupełnie inny reżim nefologiczny widoczny jest nad Islandią, gdzie wartości zachmurzenia są znacznie mniejsze niż w pozostałych punktach i zmieniają się od powyżej 70% zimą do 62-63% latem. Podobne cechy zachmurzenia, tak pod względem wartości jak i przebiegu rocznego, obserwo-



Ryc. 2. Częstość (%) adwekcji powietrza z poszczególnych kierunków w lipcu (1961-2000)

Fig. 2. Frequency (%) of the air flow from particular directions in July (1961-2000)



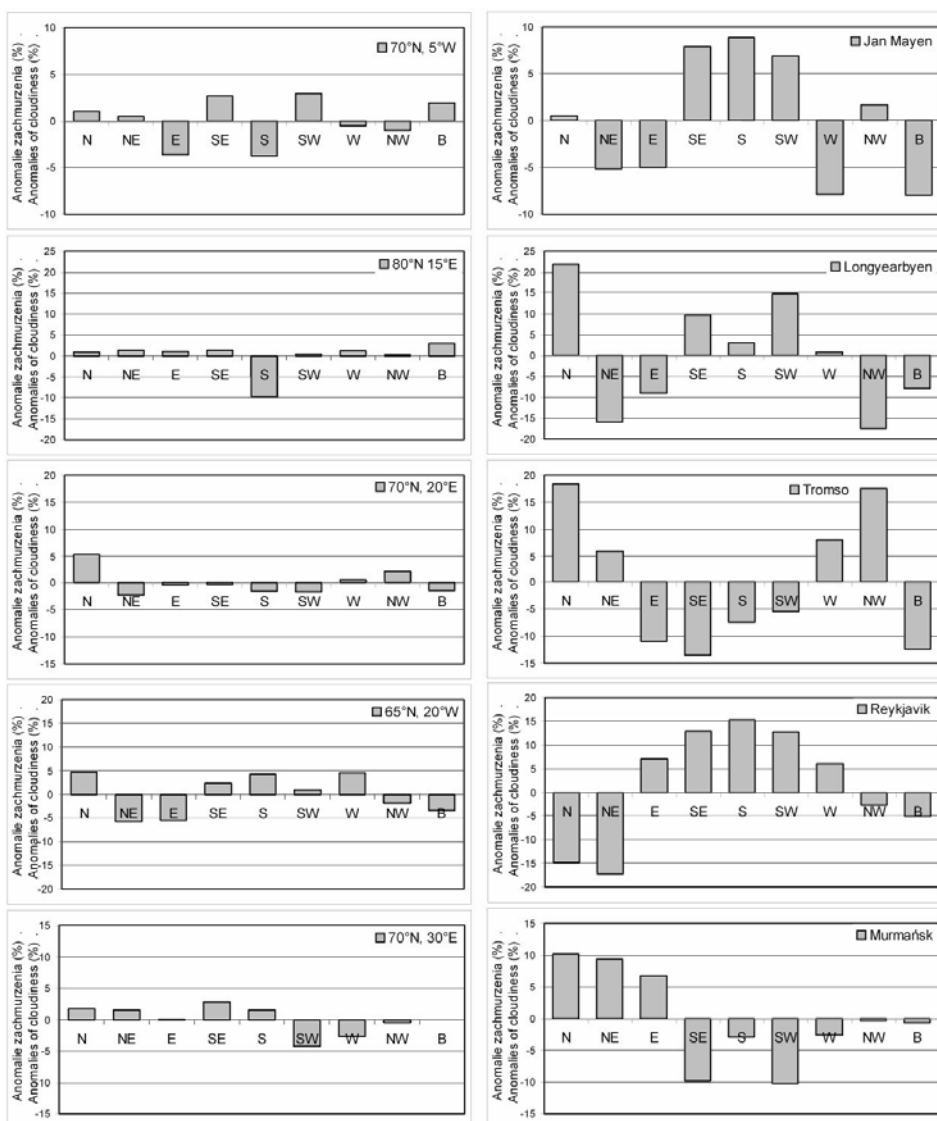
Ryc. 3. Przebieg roczny zachmurzenia ogólnego w wybranych punktach gridowych (1961-2000)

Fig. 3. Annual course of the total cloud cover at particular grid points (1961-2000)

wać można w rejonie Tromsø i Fiordu Varangera. Z kolei pozostałe 2 subobszary (północny Svalbard i Morze Norweskie) wykazują znaczne podobieństwo, które widoczne jest w stosunkowo niewielkich różnicach w przebiegu rocznym zachmurzenia oraz w dużym zachmurzeniu (ponad 85%) w okresie letnio-jesiennym.

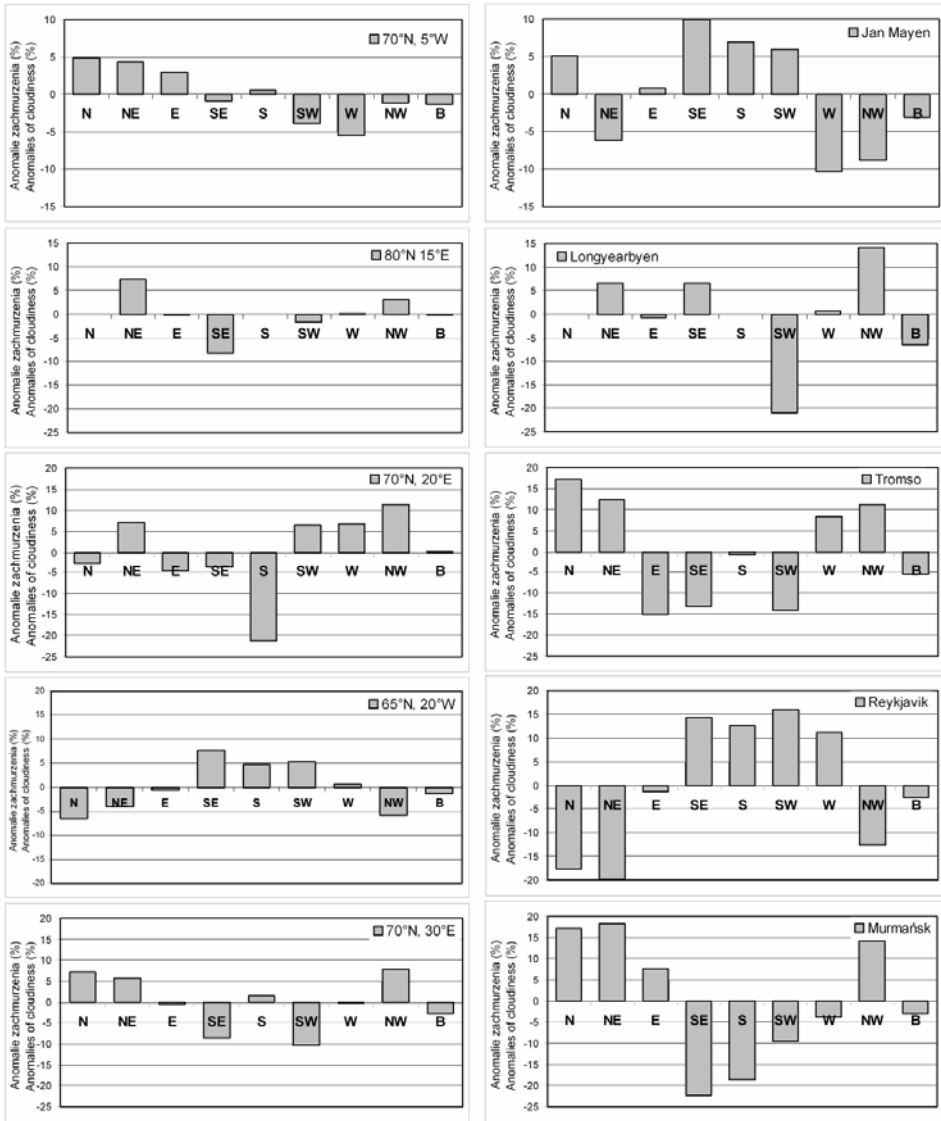
5. Zachmurzenie ogólne a kierunki adwekcji mas powietrza w strefie polarnej Europy

Najważniejszą częścią przeprowadzonej analizy jest ocena zachmurzenia ogólnego w 9 syntetycznych typach cyrkulacji, które informują o dominujących kierunkach adwekcji lub też ich braku (typ B). Uzyskane z obliczeń wyniki przedstawiono na rycinach oddzielnie dla stycznia (ryc. 4) i lipca (ryc. 5). Analizując anomalie zachmurzenia przy poszczególnych typach w styczniu widać dużo większe wartości uzyskane z danych stacyjnych (prawa część ryciny), niż z danych węzłowych. Wydaje się, że przyczyna takich różnic tkwi w samym charakterze danych, które w przypadku danych gridowych są



Ryc. 4. Anomalie zachmurzenia ogólnego w adwekcyjnych typach cyrkulacji Ustrnula - styczeń

Fig. 4. Anomalies of the total cloud cover in Ustrnul's air flow types – January



Ryc. 5. Anomalie zachmurzenia ogólnego w adwekcyjnych typach cyrkulacji Ustrnula - lipiec

Fig. 5. Anomalies of the total cloud cover in Ustrnul's air flow types – July

uśrednione do pola obejmującego punkt węzłowy i jego otoczenie. Z drugiej strony, dane stacyjne reprezentują niekiedy bardzo specyficzne warunki lokalne, które w pewnym stopniu są niepowtarzalne. Ze względu na niewielkie wartości anomalii uzyskanych dla danych gridowych, które na ogół nie przekraczają 5%, zwrócono głównie uwagę na anomalie wyznaczone dla stacji.

Najciekawszy i najbardziej zróżnicowany jest obraz uzyskany dla Reykjavíku. W styczniu adwekcja powietrza z całego sektora południowego przynosi znaczny wzrost zachmurzenia, co widoczne jest również na Jan Mayen. Wytlumaczenie tego faktu wydaje się dość proste, o czym pisał już A. Marsz

(2007), upatrując wpływu ciepłych i wilgotnych mas powietrza napływających z Atlantyku na zachmurzenie i osłonecznienie w Hornsundzie. Zresztą wpływ ten można potwierdzić patrząc też na rozpatrywane anomalie w Longyearbyen (ryc. 4). Zupełnie inny jest wpływ adwekcji z sektora południowego na zachmurzenie w Murmańsku i Tromsø. Na obu tych stacjach napływ powietrza z tego sektora przynosi wyraźne zmniejszenie zachmurzenia. Odwrotna sytuacja ma natomiast miejsce w przypadku adwekcji z północy, z obszarów morskich Arktyki, która powoduje na tych stacjach znaczny wzrost zachmurzenia.

W lipcu zasadniczy obraz anomalii na poszczególnych stacjach jest bardzo podobny do tego w styczniu (ryc. 5). W zasadzie na wszystkich 4 stacjach obserwować można podobne zależności. Wyjątkiem jest tu tylko Longyearbyen, gdzie wpływ adwekcji powietrza na zachmurzenie jest zupełnie inny niż zimą w przypadku kierunku NE, SW i NW. Ze względu na znaczne różnice w przypadku tych właśnie adwekcji, sytuacje te wymagają podjęcia szczegółowszych analiz, włącznie z analizą poszczególnych przypadków rozpatrywanych w skali dobowej. W lipcu można też zauważyć większą zgodność anomalii obliczonych dla punktów gridowych z tymi dla stacji. Najlepsze są one dla punktu 65°N, 20°W i Reykjavíku. Patrząc na ryc. 5 można jeszcze stwierdzić, że wielkość anomalii rozpatrywanych dla punktów węzłowych jest większa niż w styczniu. Oznaczać to może, że wartości zachmurzenia uzyskane dla tych punktów są bardziej zbliżone do tych stacyjnych. Być może wpływ na jakość tych danych ma fakt dnia polarnego, który umożliwia bardziej zgodną i jednoznaczną ocenę zachmurzenia tak przez satelity meteorologiczne jak i obserwacje standardowe.

6. Wnioski końcowe

Analiza zachmurzenia ogólnego, oparta tak na danych stacyjnych jak i gridowych, potwierdziła duże zróżnicowanie regionalne tego elementu w Arktyce Europejskiej. Podobnie jak w przypadku zachmurzenia, również mezoskalowe warunki cyrkulacyjne na rozpatrywanym obszarze są przestrzennie znacząco zróżnicowane. Związane jest to z zaleganiem i dynamiką ośrodków barycznych (zwłaszcza Niżu Islandzkiego). Biorąc pod uwagę powyższe, dla wielu szczegółowych celów, Arktykę Europejską należy rozpatrywać w mniejszych skalach przestrzennych.

Wykazano wpływ cyrkulacji atmosferycznej na kształt zachmurzenia, choć niewątpliwie nie jest on tak istotny jak np. w przypadku relacji pomiędzy cyrkulacją a temperaturą powietrza. Na podstawie analiz wielu przypadków a także cytowanej literatury można stwierdzić, że obok cyrkulacji atmosferycznej istotną rolę w kształtowaniu zachmurzenia mogą pełnić takie czynniki jak: orografia wraz z lokalną, wymuszoną cyrkulacją, charakter powierzchni czynnej, interakcje pomiędzy wodami powierzchniowymi a atmosferą. Należy także zauważyć, że relacje zachmurzenia ogólnego z cyrkulacją atmosferyczną w strefie oceanicznej są słabsze niż w pozostałej części obszaru badań. Warunki makrocyrkulacyjne oraz wyżej wymienione czynniki powodują bardzo duże zróżnicowanie regionalne wzajemnych zależności pomiędzy cyrkulacją a zachmurzeniem na badanym terenie (np. ten sam typ adwekcji będzie w jednym obszarze sprzyjał dużemu zachmurzeniu, w innym zaś powodował niewielkie jego wartości).

Przeprowadzona analiza jednoznacznie wykazała, że różnice wielkości zachmurzenia przy adwekcjach mas powietrza z poszczególnych kierunków są bardziej wyraźne w przypadku wykorzystania danych stacyjnych. Wynikają one z charakteru i pozyskiwania obu rodzajów danych oraz z trudności w znalezieniu stacji położonych blisko punktów węzłowych siatki geograficznej. Jednocześnie, i co

może najważniejsze, warunki nefologiczne, zwłaszcza w strefie polarnej, podlegają bardzo dużemu zróżnicowaniu lokalnemu, które jest uwarunkowane wieloma czynnikami geograficznymi takimi jak np. orografia, charakter podłoża, wpływ linii brzegowej i oddziaływanie powierzchni wodnych.

Literatura

- Adamczyk R., 2007. The role of atmospheric circulation in cloudiness over Europe. 7th EMS Annual Meeting/ 8th ECAM EMS7/ECAM8 Abstracts, Vol. 4, EMS2007-A-00503.
- Adamczyk R., Łupikasza E., 2008. Comparison of re-analysis gridded and station cloudiness data over Europe. Sixth Seminar for Homogenization and Quality Control in Climatological Databases, Budapest 26-30 May 2008 (Proceedings).
- Adamczyk R., Ustrnul Z., 2006. Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu zachmurzenia ogólnego na obszarze Polski. *Annales UMCS, Sectio B*, 61: 15-23.
- Curry J.A., Rossow W.B., Randall D., Schramm J.L., 1996. Overview of Arctic cloud and radiation characteristics. *Journal of Climate*, 9: 1731-1764.
- Hahn C. J., Warren S. G., 1999. Extended Edited Synoptic Cloud Reports from Ships and Land Stations over the Globe, 1952-1996. ORNL/CDIAC-123, NDP026c, Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- Hahn C. J., Warren S. G., London J., 1995. The effect of moonlight on cloud cover at night, and application to cloud climatology. *Journal of Climate*, 8 (5): 1429-1446.
- IPCC, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*: 18 s.
- Jakob Ch., 1999. Cloud cover in the ECMWF reanalysis. *Journal of Climate*, 12 (4): 947-959.
- Marsz A., 2007. Zachmurzenie i usłonecznienie. [w:] A. Marsz i A. Styszyńska (red.); *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny*. Wyd. AM, Gdynia, 87-113.
- Niedźwiedz T., 1997. The climates of the "Polar Regions", [w:] M. Yoshino et al. (eds.); *Climates and Societies – A climatological Perspective*, Kluwer Academic Publishers, 309-324.
- Niedźwiedz T., 2007. Cyrkulacja atmosferyczna, [w:] A. Marsz i A. Styszyńska (red.); *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny*. Wyd. AM, Gdynia: 45-63.
- Schweiger A.J., Lindsay R.W., Key J.R., Francis J.A., 1999. Arctic clouds in multiyear satellite data sets. *Geophysical Research Letters*, 26 (13): 1845-1848.
- Styszyńska A., 2005. Przyczyny i mechanizmy współczesnego (1982-2002) ocieplenia Arktyki, *Wyd. Uczelniane Akademii Morskiej w Gdyni*, 109 s.
- Uppala S.M., Kållberg P.W., Simmons A.J., Andrae U., da Costa Bechtold V., Fiorino M., Gibson J.K., Haseler J., Hernandez A., Kelly G.A., Li X., Onogi K., Saarinen S., Sokka N., Allan R.P., Andersson E., Arpe K., Bal-maseda M.A., Beljaars A.C.M., van de Berg L., Bidlot J., Bormann N., Caires S., Chevallier F., Dethof A., Dragosavac M., Fisher M., Fuentes M., Hagemann S., Hólm E., Hoskins B.J., Isaksen I., Janssen P.A.E.M., Jenne R., McNally A.P., Mahfouf J.-F., Morcrette J.-J., Rayner N.A., Saunders R.W., Simon P., Sterl A., Trenberth K.E., Untch A., Vasiljevic D., Viterbo P., Woollen J., 2005. The ERA-40 re-analysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 131 (B), no612: 2961-3012.
- Ustrnul Z., 1997. Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku. *Materiały Badawcze 27, Seria: Meteorologia, IMGW, Warszawa*: 208 s.
- Walsh J.E., Chapman W.L., 1998. Arctic cloud–radiation–temperature associations in observational data and atmospheric reanalyses. *Journal of Climate*, 11 (11): 3030-3045.
- Vavrus S., 2004. The impact of cloud feedbacks on Arctic climate under greenhouse forcing. *Journal of Climate*, 17 (3): 603-615.

Summary

The main aim of the study was the quantitative estimation of the influence of the air advection on the total cloudiness in the European polar zone. The area of interest was defined as the region located over the northern polar circle. That territory covers the large part of the Arctic Ocean with the arctic archipelagos such as: Spitsbergen, Franz Josef Land, Novaya Zemlya, and the separate islands. The northern part of the Scandinavian Peninsula with the Kola Peninsula were also taken into considerations.

The source data contain daily total cloudiness data originated from reanalyses ERA-40 (developed by ECMWF) for the period 1961-2000. Simultaneously, daily resolution station data from 5 stations originated from CDIAC database for the period 1972-1996 have been taken into account. Atmospheric circulation was performed as the geostrophic wind field. Geostrophic wind vectors were calculated using splines and on their basis the 9 main circulation types were distinguished (modified Ustrnul's circulation classification). The crucial method was the calculation of anomalies of the total cloud cover in particular air flow types in two thermal and circulation different months: January and July.

The analysis of cloudiness showed large regional diversity of this element in the polar zone of Europe. The relations of the total cloud cover with atmospheric circulation in maritime area were weaker than in the continental parts of research domain. On the basis of many cases was founded that cloudiness was also under influence of orography, type of the active surface, sea and atmosphere interactions. Large scale circulation with the mentioned factors causes significant regional differentiation of mutual connections between cloudiness and geostrophic wind vector.