

Rajmund Przybylak, Kazimierz Marciniak
Zakład Klimatologii, Instytut Geografii UMK

OPADY A CYRKULACJA ATMOSFERYCZNA NA ZACHODNIM WYBRZEŻU SPITSBERGENU
W OKRESIE 1979-1985

1. Wstęp

Głównym celem niniejszego opracowania jest ilościowe określenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na rozkład i wielkość opadów atmosferycznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Do obliczeń wykorzystano sumy dobowe opadów z okresu 1979-1985 z 5 stacji: Ny Alesund (NA), Svalbard Lufthavn (SL), Barentsburg (B), Svea Gruber (SG) i Hornsund (H) - rys. 1. Dane te uzyskano dla stacji norweskich z rocznika Norsk Meteorologisk Arbok (1979) oraz z materiałów udostępnionych przez Instytut Meteorologiczny w Oslo, dla Barentsburga - ze stacji meteorologicznej a dla Hornsundu z Roczników Meteorologicznych Hornsund 1978/1979 - 1985/1986; dla brakującego roku 1981/1982 dane zostały nam udostępnione przez Kolegów z Uniwersytetu Wrocławskiego - K. Migalę i M. Sobika.

Cyrkulacja atmosferyczna w obszarach polarnych kuli ziemskiej odgrywa znacznie większą rolę niż w niższych szerokościach geograficznych. Jej wpływ szczególnie uwidacznia się w czasie nocy polarnej, kiedy nie dopływa promieniowanie słoneczne. Położenie Spitsbergenu na obszarze często nawiedzanym przez cyklony przesuujące się z okolic Islandii ku M. Karskiemu powoduje występowanie dużej zmienności pogód, w tym m. in. wzrost temperatury i wilgotności powietrza, zachmurzenia i opadów. Warto więc szczegółowiej prześledzić roczną zmienność cyrkulacji atmosferycznej na badanym obszarze. W tym celu skorzystano z katalogu typów cyrkulacji dla Svalbardu Niedźwiedzia (maszynopis). Autor ten wydzielił 20 typów cyrkulacji, oznaczając dużymi literami kierunek adwekcji mas powietrza a indeksami "a" i "c" odpowiednio sytuacje antycyklonalne i cyklonalne. Wyraźny kierunek adwekcji mas powietrznych posiada 16 typów. Następne 4 (C_a , K_a , C_c i B_c) cechują się brakiem wyraźnej adwekcji bądź też zmiennym kierunkiem napływu mas powietrznych. Ponadto Niedźwiedź wyróżnił jeszcze siódma baryczne i sytuacje nie dające się jednoznacznie zaklasyfikować do żadnego typu oznaczając je literą X. Sposób konstrukcji kalendarza typów cyrkulacji dla Svalbardu jest szczegółowo opisany w pracy Niedźwiedzia (1987).

2. Przebieg roczny opadów

Obszary polarne są ubogie w opady w związku z bardzo małą zawartością pary wodnej w powietrzu uwarunkowaną z kolei niskimi temperaturami. W przebiegu rocznym najniższe opady występują w zimie, a największe latem. Spitsbergen jest wyspą bardzo uprzywilejowaną pod względem termicznym, wilgotnościowym i opadowym w porównaniu z obszarami arktycznymi leżącymi na tej samej szerokości geograficznej. Bezpośrednią tego przyczyną jest bardzo intensywna na tym obszarze cyrkulacja atmosferyczna oraz oceaniczna. Stąd też średnie roczne opady na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu są duże i wahają się od 591,8 mm (B) do 187,8 mm (SL). Wyraźnie większe opady występują w stacjach o klimacie bardziej oceanicznym (NA, B i H). Podobne wyniki dla okresu letniego otrzymaliśmy we wcześniejszej pracy (Marciniak, Przybylak, 1985). Analiza rys. 2 wykazuje, że na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu przebieg roczny opadów jest nietypowy dla obszarów polarnych. Wyraźnie uwidaczniają się dwa maksima opadów. Pierwsze występuje w okresie II-III, a drugie w okresie VIII-X. Taki bimodalny rozkład jest szczególnie wyraźny w stacjach NA, SL i H. Najniższe opady występują tu natomiast w okresie wiosenno-letnim. Drugorzędne minimum na tych stacjach jest obserwowane w okresie od XI-I. W pozostałych dwóch stacjach przebieg roczny jest bardziej zaburzony. Stosunek sum opadów półrocza chłodnego (XI-IV) do ciepłego (V-X) jest największy na stacjach B i SG (1,47 i 2,0 odpowiednio), jednakowy w NA i SL (0,98 i 1,0) a najmniejszy w H (0,88). Bezpośrednią przyczyną tej odmienności rozkładu opadu w ciągu roku na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu jest wzrost częstości występowania sytuacji cyklonalnych w okresie jesienno-zimowym (rys. 3).

3. Częstość typów cyrkulacji

Częstość typów cyrkulacji w okresie 1979-1985 dla Spitsbergenu przedstawia rys. 3. Widoczna jest wyraźna przewaga występowania sytuacji cyklonalnych. Średnio rocznie zdarzały się one w okresie 1979-1985 z częstością 61,4%, a antycyklonalne z częstością 36,2%. Niemal identyczne wyniki z okresu dłuższego 1971-1985 uzyskał Niedźwiedź (w druku). Częstość typów cyklonalnych (TC) i antycyklonalnych (TA) wyniosła wtedy odpowiednio 62% i 36%. Jesienią i zimą częstość TC rośnie do ok. 70%, a antycyklonalnych maleje do ok. 30%. Wzrost częstości TA jest widoczny w lecie (do 42%), a szczególnie wiosną (do 45%). Średnio rocznie najczęściej występowały typy E_c (12,0%), NE_c

(10,9% i K_a (9,6%), a najrzadziej C_a (0,5%), NW_a (1,1%) i W_a (1,4%). Rozkład częstości typów cyrkulacji jesienią i zimą najbardziej przypomina rozkład dla roku. Najbardziej odmienny jest rozkład letni, kiedy wyraźnie dominują typy charakteryzujące się brakiem kierunku adwekcji K_a (13,3%) i B_c (7,9%).

4. Opady a cyrkulacja atmosferyczna

a) Średni opad

Średni opad (suma opadów podzielona przez wszystkie dni obserwacji) roczny jest największy w stacji B (1,6 mm/dobę), a najmniejszy w SL (0,5 mm/dobę). Podobnie przedstawia się sytuacja w poszczególnych porach roku z wyjątkiem lata, kiedy niższe wartości występują w SG. Omówiony rozkład średnich opadów na Spitsbergenie jest zachowany gdy pod uwagę bierzemy osobno TC i TA. Rozkład przestrzenny średniego opadu przy poszczególnych typach cyrkulacji jest już bardziej złożony (rys. 4). Wyraźnie większe opady (ok. 2-3-krotnie) przynoszą TC (tab. 1). Największe średnie opady spośród nich są związane z typami SW_c , C_c , W_c i S_c , a najmniejsze z typami przy których napływa powietrze z sektora N i E.

Śpośród TA największe średnie opady przynoszą typy S_a , SW_a , a najmniejsze NW_a , N_a , NE_a i E_a . Zróżnicowanie opadów na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu przy TA jest większe niż przy TC. Dotyczy to szczególnie różnic opadów między stacjami o większym (SL i SG) i mniejszym stopniu kontynentalizmu (NA, B i HD). Natomiast w tak wyodrębnionych grupach stacji różnice w średnim opadzie nieznacznie większe są przy TC (rys. 4).

Biorąc pod uwagę średni opad przy poszczególnych typach cyrkulacji przeprowadzono łączenie typów w grupy charakteryzujące się podobnym opadem. Uzyskano w ten sposób 7 grup typów cyrkulacji, dla których obliczono średni roczny opad w poszczególnych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu (tab. 1). Analiza tych danych potwierdza wyżej sformułowane wnioski.

b) Średnia wydajność opadów

Wydajność opadów (suma opadów podzielona przez liczbę dni z opadem $\geq 0,1$ mm) w obszarach polarnych jest niska, jednakże Spitsbergen, leżąc na obszarze uprzywilejowanym pod względem opadowym, charakteryzuje się dużą, jak na warunki arktyczne, wydajnością opadów. Średnia roczna wydajność opadów waha się tu od 3,0 mm/dobę (w B) do

Tab. 1. Średni roczny opad (w mm/dobę) dla łączonych typów cyrkulacji w wybranych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, 1979-1985.

Typ cyrkulacji	Ny Alesund	Svalbard Lufthavn	Barents- burg	Svea Gruber	Horn- sund
$NW_a + N_a + NE_a + E_a + SE_a$	0,3	0,2	0,6	0,2	0,2
$S_a + SW_a + W_a$	2,1	0,5	1,8	0,6	2,0
$C_a + K_a$	0,7	0,9	0,6	0,4	0,8
$NW_c + N_c + NE_c$	0,4	0,2	1,0	0,3	0,2
$E_c + SE_c$	0,4	0,4	1,5	1,2	1,1
$S_c + SW_c + W_c$	3,8	1,4	3,9	2,0	3,2
$C_c + B_c$	2,4	1,4	3,8	1,6	1,8
X	0,7	0,3	1,1	0,1	0,3
Antycyklonalne	0,6	0,2	0,7	0,3	0,6
Cyklonalne	1,2	0,7	2,2	1,1	1,4
Ogółem	1,0	0,5	1,6	0,8	1,1



Rys. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, z których wykorzystano materiały opadowe

1,3 mm/dobę (w SL). We wszystkich porach roku poza latem, podobnie jak w przypadku średniego opadu, ten układ jest zachowany. Maksymalna średnia sezonowa wydajność opadów nie przekracza 4 mm/dobę (rys. 5). Interesujący jest fakt, iż największe średnie sezonowe wydajności opadów obserwuje się przy TA, szczególnie widoczne na stacji NA. Najwyższa średnia wydajność opadów (11,5 mm/dobę) występuje wiosną na stacji NA przy typie SW_a . Przy cyrkulacji mas powietrza z sektora S (niezależnie od układu barycznego) stacja ta charakteryzuje się największą wydajnością opadów. Przy pozostałych typach największa wydajność opadów występuje najczęściej w B (rys. 5).

Średnia wydajność opadów na Spitsbergenie przy poszczególnych typach cyrkulacji jest bardziej do siebie zbliżona niż średni opad. Przestrzenne zróżnicowanie wydajności opadów jest większe przy układach antycyklonalnych (podobnie jak średni opad) - por. rys. 4 i 5. Należy to tłumaczyć wpływem warunków lokalnych, głównie ekspozycją w stosunku do napływających mas powietrza.

c) Częstość dni bez opadów i dni z opadami o różnej wydajności

Na Spitsbergenie opady zdarzają się często (średnio ok. 60% dni w roku). Dni bez opadów występuje najwięcej przy napływie mas powietrza z sektora N i E, a najmniej z sektora S (rys. 6). Najczęściej występują one w NA (52%), a najrzadziej w B (34%). Cechą charakterystyczną opadów w obszarach polarnych jest ich mała wydajność. Stąd też występuje tu dużo opadów śladowych (0,0 mm). Ich średnia roczna częstość na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu największa jest w stacjach o największym stopniu kontynentalizmu w SL (21,7%) i SG (18,4%), a wyraźnie mniejsza w stacjach pozostałych (od 12-16%). Dni z opadem śladowym w pierwszej grupie stacji jest więcej przy TC (18-23%), a w drugiej grupie przy TA (13-17).

Dni z opadem $\geq 0,1$ mm na Spitsbergenie występują ze średnią roczną częstością równą 43%. Najwięcej ich jest w B (53,6%), a najmniej w NA (35,4%). Średnio częściej opady $\geq 0,1$ mm na badanym obszarze występują przy TC (ok. 50%) wahając się od 63% (w B) do 40% (w NA) - rys. 6. Największa częstość tych opadów występuje przy typach SW_c , W_c , C_c oraz S_c i B_c .

Opady o wydajności $\geq 5,0$ mm zdarzają się rzadko na Spitsbergenie (średnia roczna częstość ok. 6% - rys. 5). Częściej występują one przy TC (8,2%) niż przy TA (2,6%). Najwięcej wydajnych opadów obserwuje się na stacjach w B (10,4%) i H (6,3%), a najmniej w SL

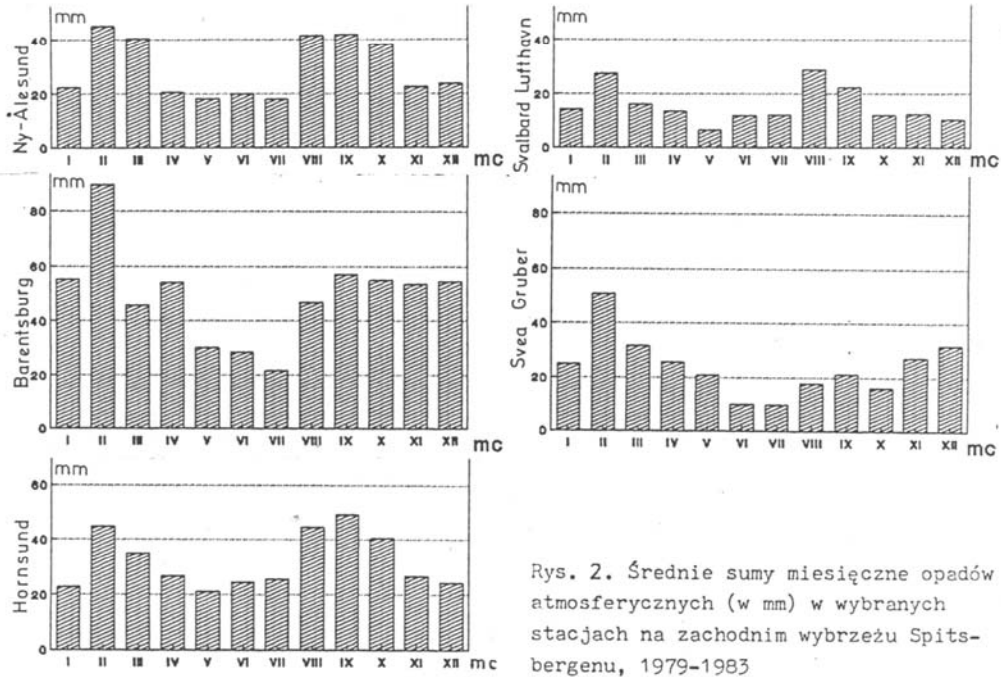
(2,4%). Najwydajniejszymi TC pod względem opadów atmosferycznych są typy SW_c , W_c , C_c oraz S_c i B_c , a z TA - SW_a i S_a . Opady wydajne rzadko występują natomiast przy napływie mas powietrza z sektora N i E.

5. Wnioski

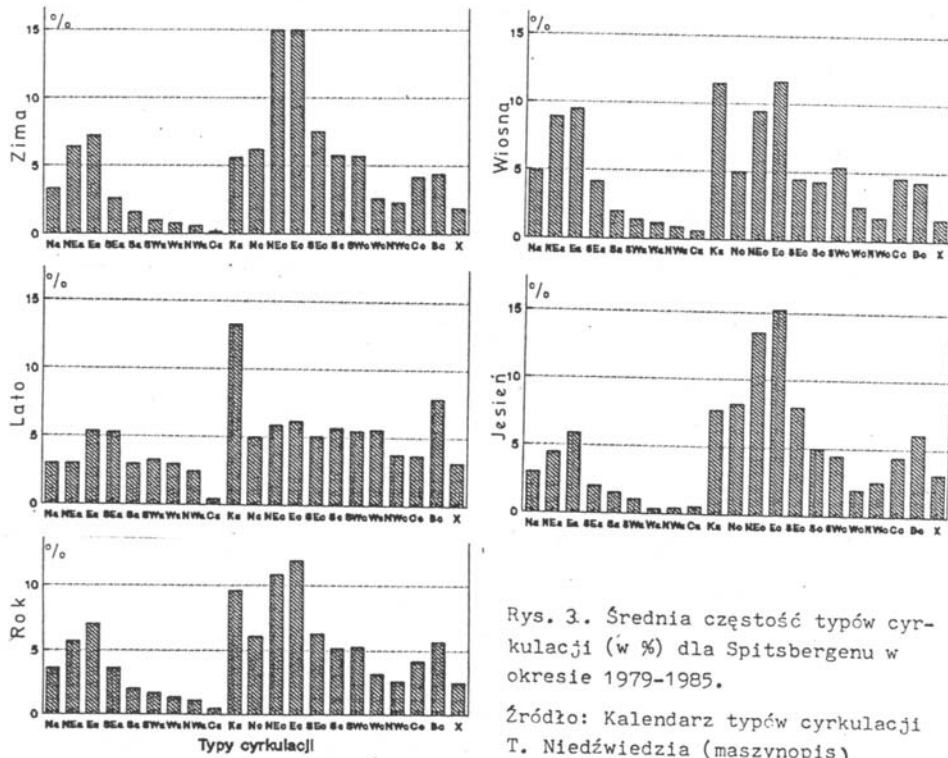
1. Obszar Spitsbergenu leży na obszarze Arktyki uprzywilejowanym pod względem termicznym, stąd też charakteryzuje się także większymi opadami atmosferycznymi.
2. W przebiegu rocznym opadów atmosferycznych na Spitsbergenie występują dwa maksima (w II-III i VIII-X) w odróżnieniu od jednego maksimum opadów charakterystycznego dla strefy polarnej. Przyczyną tego nietypowego rozkładu opadów jest wzrost częstości cyrkulacji cyklonalnej w sezonie jesienno-zimowym.
3. Średni roczny i sezonowy opad oraz wydajność opadów są większe w stacjach o klimacie bardziej oceanicznym (tj. w NA, B i HD) niż w stacjach położonych w głębi lądu.
4. Najczęstsze i największe opady występują przy TC. Znaczny wpływ na wysokość i częstość opadów ma także kierunek adwekcji mas powietrznych. Ich napływ z sektora S niemal zawsze przynosi opady (niezależnie od rodzaju układu barycznego) w tym także te o największej wydajności. Znacznie rzadsze i mniej wydajne są opady przy napływie mas powietrza z sektora N i E.

L i t e r a t u r a

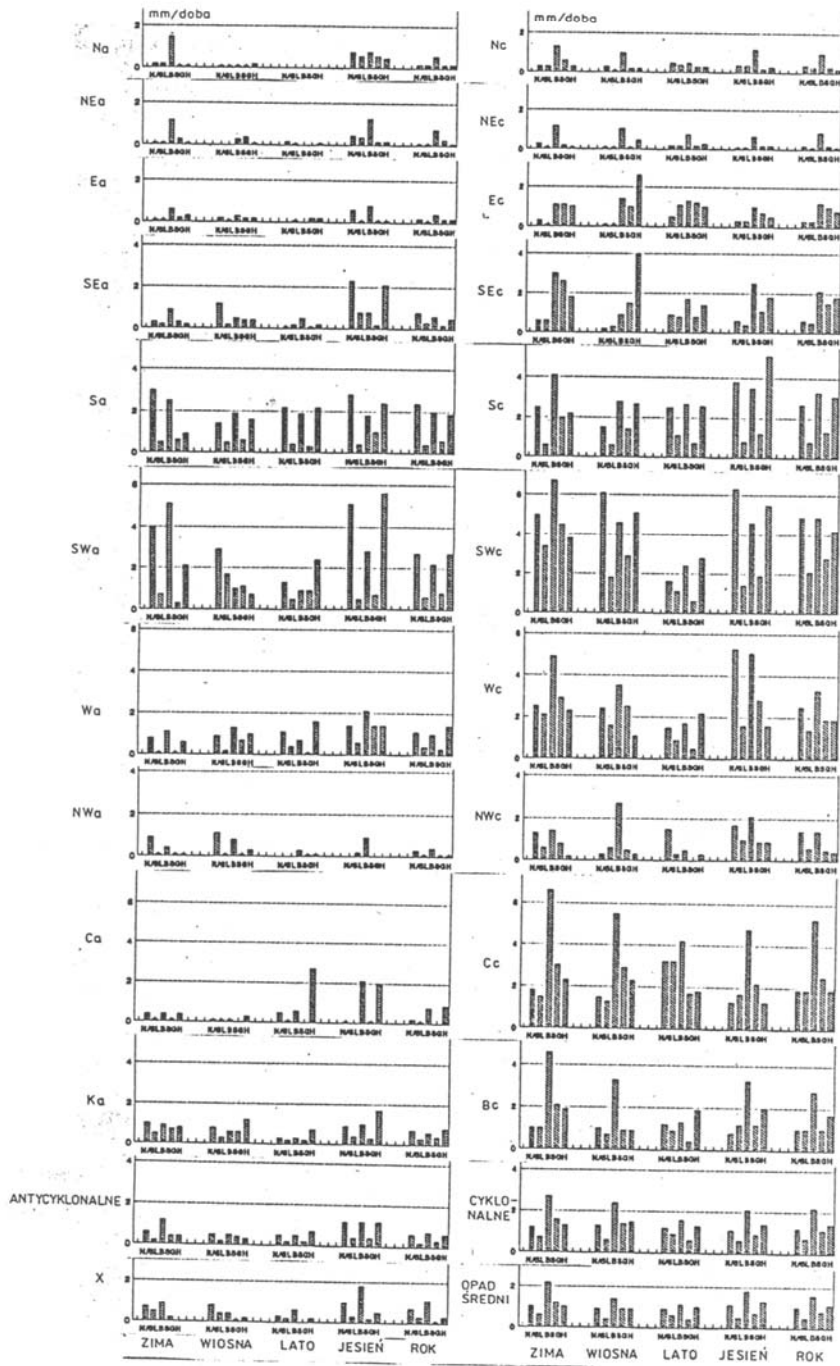
- Marciniak K., Przybylak R., 1985, Atmospheric precipitation of the summer season in the Kaffiöyra region (North-West Spitsbergen), Pol. Polar Res., vol. 6, No 4, Warszawa.
- Nieźwiedź T., 1986, Katalog typów cyrkulacji, Svalbard 74-81°N, 0-30°E, Maszynopis, IMiGW Kraków.
- Nieźwiedź T., 1987, Wpływ cyrkulacji atmosfery na temperaturę powietrza w Hornsundzie, Spitsbergen, XIV Sympozjum Polarne, Aktualne problemy badawcze w Arktyce i Antarktyce, Lublin.
- Nieźwiedź T., w druku, Circulation factors of the climate in the Svalbard region, Acta Univ. Wratisl., Wrocław.
- Norsk Meteorologisk Arbok, 1979, Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo.
- Rocznik Meteorologiczny Hornsund 1978/79 - 1985/86, IMiGW Gdynia.



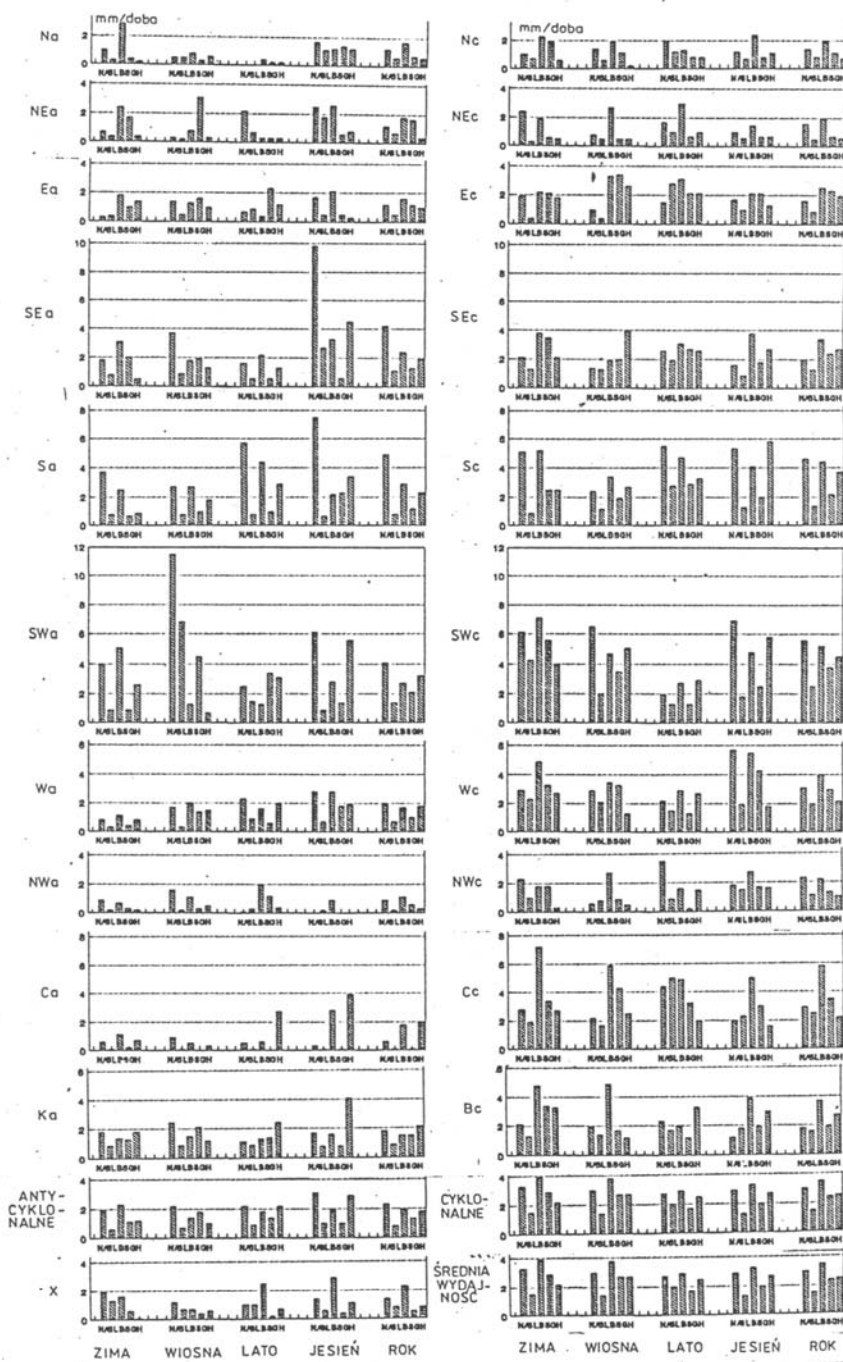
Rys. 2. Średnie sumy miesięczne opadów atmosferycznych (w mm) w wybranych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, 1979-1983



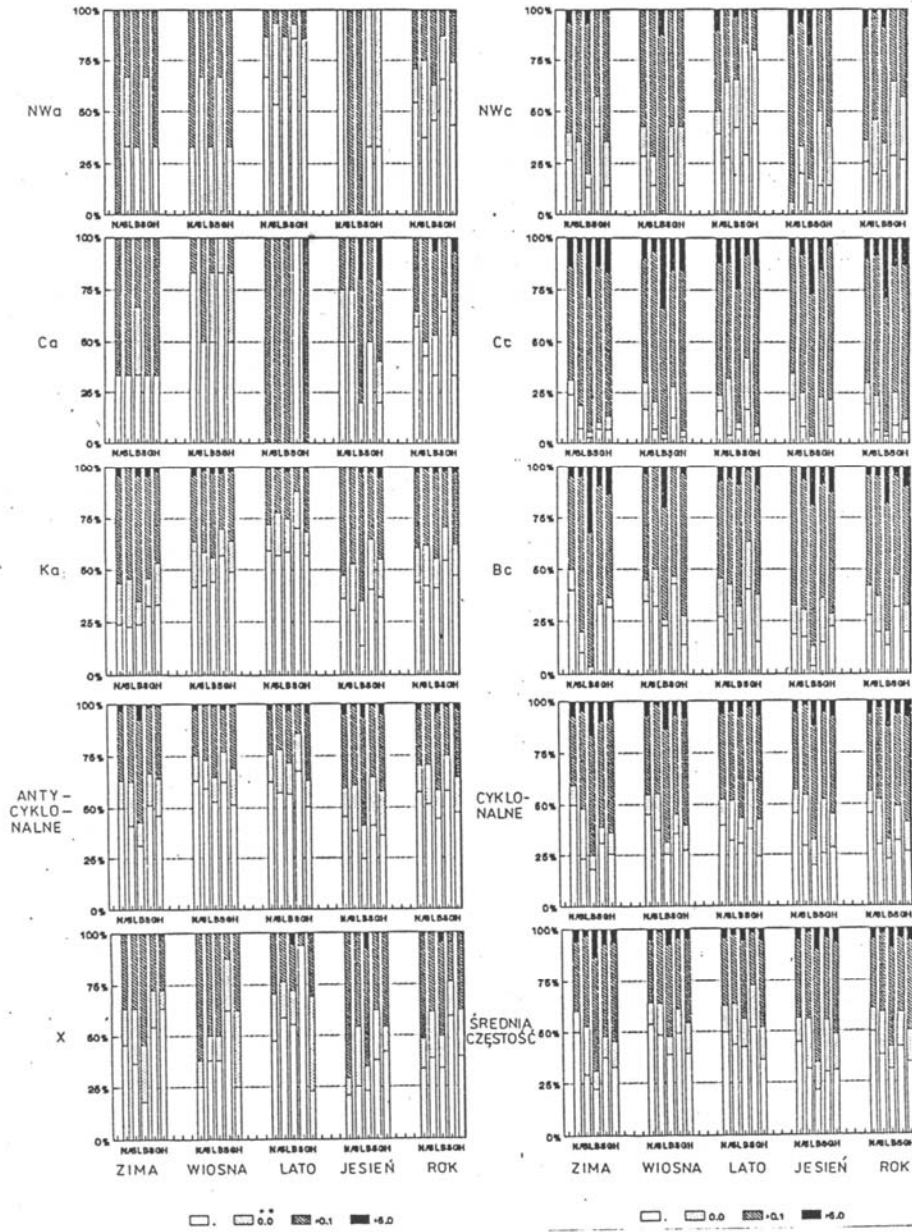
Rys. 3. Średnia częstość typów cyrkulacji (w %) dla Spitsbergenu w okresie 1979-1985.
Źródło: Kalendarz typów cyrkulacji T. Niedźwiedzia (maszynopis)



Rys. 4. Średni opad (w mm/dobę) przy poszczególnych typach cyrkulacji (wg pór roku) w wybranych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu (NA - Ny Ålesund, SL - Svalbard Lufthavn, B - Barentsburg, SG - Svea Gruber, H - Hornsund), 1979-1985



Rys. 5. Średnia wydajność opadów (w mm/dobę) przy poszczególnych typach cyrkulacji (wg pór roku) w wybranych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu (NA - Ny Ålesund, SL - Svalbard Lufthavn, B - Barentsburg, SC - Svea Gruber, H - Hornsund), 1979-1985



Rys. 6. Średnia częstość dni (w %) bez opadu (.) oraz z opadem 0,0, $\geq 0,1$ i $\geq 5,0$ przy poszczególnych typach cyrkulacji (wg pór roku) w wybranych stacjach na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu (NA - Ny Ålesund, SL - Svalbard Lufthavn, B - Barentsburg, SG - Svea Gruber, H - Hornsund), 1979-1985

C.d. Rys. 6

