

ZMIENNOŚĆ CYRKULACJI ATMOSFERY NAD SPITSBERGENEM W DRUGIEJ POŁOWIE XX WIEKU

Tadeusz Niedźwiedź

Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec
oraz Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Kraków
e-mail: niedzwie@ultra.cto.us.edu.pl

1. Wstęp

W kształtowaniu zmienności pogody i klimatu Spitsbergenu kluczową rolę odgrywa cyrkulacja atmosfery. Czynniki radiacyjne przez znaczną część roku pozostają ustabilizowane, więc ich oddziaływanie znajduje się na dalszym planie (Niedźwiedź 1993a). Sporządzenie jednolitego kalendarza typów cyrkulacji na podstawie map synoptycznych za lata 1951-2000 umożliwiło prześledzenie przebiegu rocznego oraz zmienności wieloletniej charakterystyk cyrkulacyjnych. Korzystano głównie z niemieckich map synoptycznych (Tägliche Wetterbericht 1950-1975, Europäischer Wetterbericht: 1976-2000). Dzięki amerykańskim historycznym mapom synoptycznym półkuli północnej (Historical Weather Maps 1899-1950) istnieje możliwość zbadania zmienności cyrkulacji atmosfery w atlantyckim sektorze Arktyki za cały wiek dwudziesty. Ze względów czasowych dla Spitsbergenu taka charakterystyka została wykonana jedynie dla stycznia (Niedźwiedź 1993b, 1997b).

Obszar badań obejmuje Spitsbergen wraz z przylegającymi częściami Morza Grenlandzkiego i Morza Barentsa, zawarty między współrzędnymi geograficznymi 75-80°N oraz 0-30°E. Przy wydzieleniu typów cyrkulacji zastosowano własną subiektywną klasyfikację, identyczną jak w przypadku Polski południowej (Niedźwiedź 1981). W typologii sytuacji synoptycznych za główny element uznano kierunek napływu mas powietrza nad Spitsbergen (kierunek oznaczono z dokładnością do 8 sektorów dużymi literami angielskimi) a jako charakterystykę dodatkową rodzaj układu barycznego (a – antycyklonalny, c – cyklonalny). Oprócz 8 adwekcyjnych sytuacji wyżowych (Na, NEa, Ea, SEa, Sa, SWa, Wa i Nwa) wydzielono 2 sytuacje bezadwekcyjne: Ca (centrum wyżu) i Ka (klin lub wał wysokiego ciśnienia). Analogicznie oprócz 8 adwekcyjnych sytuacji niżowych (Nc, NEc, Ec, SEc, Sc, SWc, Wc i NWc) wydzielono 2 sytuacje o zróżnicowanej adwekcji: Cc (centrum niżu) i Bc (bruzdę cyklonalną nad Spitsbergenem). Osobno oznaczono jako x sytuacje z siodłem barycznym, lub sytuacje, których nie udało się jednoznacznie określić. Częstość tych ostatnich sytuacji w skali rocznej nie przekracza 3 %.

Kalendarz 21 typów cyrkulacji dla Spitsbergenu za okres od grudnia 1950 r. do maja 2001 r. jest dostępny w postaci zbioru komputerowego u autora (Niedźwiedz 2001). Stanowi on podstawę do podejmowania badań z zakresu klimatologii synoptycznej zgodnie z metodyką opisaną w podstawowych podręcznikach (Barry, Perry 1973, Yarnal 1993). Poza brakiem wydzielenia typów przejściowych, klasyfikacja jest zbieżna z typologią H. H. Lamba (1972) dla Wysp Brytyjskich. Nowe możliwości stwarza bardziej obiektywna klasyfikacja Z. Ustrnula (1997) oparta na obliczaniu wiatru geostroficznego na podstawie wartości ciśnienia w punktach węzłowych siatki geograficznej. Umożliwia ona uwzględnienie oprócz kierunku także prędkości przepływu mas powietrznych. Jednakże dotychczasowa klasyfikacja znalazła zastosowanie w wyjaśnianiu dynamiki wielu charakterystyk klimatycznych Spitsbergenu, zwłaszcza temperatury i wilgotności powietrza (Niedźwiedz 1987, 1993b, 1997b, Przybylak 1992, Głowacki, Niedźwiedz 1997), zachmurzenia (Niedźwiedz i Ustrnul 1989), opadów (Niedźwiedz i Ustrnul 1988) oraz ochładzania (Nordli *i in.* 2000).

W sposób syntetyczny zmienność cyrkulacji najbardziej oddają 3 proste wskaźniki: W – cyrkulacji zachodniej, S – południowej i C – wskaźnik cykloniczności. Wzorowane one są na wskaźnikach P, M, S i C, które zaproponowali R. Murray i R.P.W. Lewis (1966), przy czym autor artykułu wprowadził drobne modyfikacje (rezygnacja z wskaźnika cyrkulacji południkowej M – „meridional index” na rzecz wskaźnika S, oraz zamiana wskaźnika progresji P na wskaźnik cyrkulacji zachodniej W). Wyrażone są za pomocą niemianowanych liczb, będących sumą punktów wagowych przypisanych poszczególnym typom cyrkulacji, jakie występowały w danym okresie. Służą do łatwej oceny cyrkulacji atmosfery całego miesiąca, sezonu czy roku. Nie nadają się do opisu cyrkulacji przedziałów czasowych krótszych od miesiąca.

Wskaźnik W określa natężenie cyrkulacji strefowej zachodniej (wartości dodatnie) lub wschodniej (wartości ujemne). Do obliczania wskaźnika stosowano następującą punktację do poszczególnych kierunków adwekcji mas powietrznych: +2 dla kierunku W, +1 dla NW i SW, -2 dla E oraz -1 dla NE i SE. Wartości te zostały nieco zmienione w porównaniu z wersją stosowaną wcześniej (Niedźwiedz 1992-1993, 1993b). Pozostałe typy cyrkulacji uzyskiwały zero punktów. Wyniki obliczeń wartości wskaźnika W zawiera tabela 1.

Tabela 1 - Table 1

Wartości wskaźnika W (cyrkulacji strefowej zachodniej) nad Spitsbergenem w okresie grudzień 1950 – maj 2001

Values of the W index (zonal westerly circulation index) above Spitsbergen during the period 1950 December – 2001 May

R - Roczna - Annual, Z - Zima - Winter, W - Wiosna - Spring, L - Lato - Summer, J - Jesień - Autumn

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950												-25					
1951	-8	-11	-32	-22	-1	8	-1	4	-2	10	-12	-29	-96	-44	-55	11	-4
1952	-29	-26	-26	-27	-8	-21	-5	13	-27	3	-12	-33	-198	-84	-61	-13	-36
1953	-19	0	-13	-18	-3	16	2	2	4	-10	-9	4	-44	-52	-34	20	-15
1954	-3	4	-26	-12	-12	-14	2	-6	-23	-17	-8	-27	-142	5	-50	-18	-48
1955	-15	-31	-31	-14	-25	0	23	13	-16	-17	-15	-33	-161	-73	-70	36	-48
1956	-28	3	2	-29	-14	7	12	-13	-16	-21	-8	-14	-119	-58	-41	6	-45
1957	-13	-37	-33	-8	-9	-18	2	-4	-15	-28	-26	-30	-219	-64	-50	-20	-69
1958	-13	-32	-20	-16	-23	-6	-20	-3	11	-16	-3	-30	-171	-75	-59	-29	-8

cd. tabeli 1

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1959	-33	0	-3	-28	-2	-4	7	-8	-13	2	-1	-6	-89	-63	-33	-5	-12
1960	-18	-24	-13	-23	8	-12	-2	-12	-9	-1	-16	-16	-138	-48	-28	-26	-26
1961	-29	-14	-31	-20	-15	-9	-9	-22	-5	-15	-32	-25	-226	-59	-66	-40	-52
1962	-25	-21	-29	-10	-29	-22	-1	-17	-5	-30	-2	-25	-216	-71	-68	-40	-37
1963	-10	-13	-13	-14	-8	-11	-3	-8	-23	-17	-28	-17	-165	-48	-35	-22	-68
1964	-21	-8	-1	-19	-21	-9	15	-11	-24	-5	-36	-33	-173	-46	-41	-5	-65
1965	-17	-15	-15	-6	-2	-13	-14	-16	-28	-14	-17	-26	-183	-65	-23	-43	-59
1966	-19	-34	-43	-26	8	8	-21	-15	-16	-23	-14	-21	-216	-79	-61	-28	-53
1967	-8	-8	-42	-3	2	-10	-8	5	15	-14	-8	-21	-100	-37	-43	-13	-7
1968	-34	-22	-39	-19	4	-1	13	-8	1	-27	-14	-16	-162	-77	-54	4	-40
1969	-29	-15	-19	-26	-3	6	-6	14	-11	-26	-24	5	-134	-60	-48	14	-61
1970	-7	-14	-34	-20	11	31	-9	8	0	-12	-18	-7	-71	-16	-43	30	-30
1971	-26	-17	-19	-11	4	-3	-6	-4	0	-11	-29	-24	-146	-50	-26	-13	-40
1972	10	-7	-16	-22	1	-18	11	7	-15	-12	-42	-27	-130	-21	-37	0	-69
1973	-2	-24	-18	-41	-9	0	11	-8	-7	-16	-24	-36	-174	-53	-68	3	-47
1974	-20	-25	0	-13	-14	-12	-17	-9	-26	-9	-13	-15	-173	-81	-27	-38	-48
1975	-29	-8	-28	-9	-23	-11	-5	2	-20	-9	-21	-18	-179	-52	-60	-14	-50
1976	-38	3	4	-10	-15	-6	15	26	5	0	-7	-4	-27	-53	-21	35	-2
1977	-32	-26	-30	-12	-3	-13	3	-15	-6	-20	-27	3	-178	-62	-45	-25	-53
1978	-25	-15	-24	-14	-9	-12	-3	2	-20	-11	-18	-13	-162	-37	-47	-13	-49
1979	-19	-15	-35	-43	-23	-7	-12	-12	-26	-5	-26	-14	-237	-47	-101	-31	-57
1980	-16	5	-22	-21	-9	-4	8	9	-1	-11	-30	-36	-128	-25	-52	13	-42
1981	-14	-18	-31	-12	0	-10	-4	-7	-19	-27	-11	-24	-177	-68	-43	-21	-57
1982	-23	-5	-16	-24	-19	-4	8	-6	-20	-20	-32	-25	-186	-52	-59	-2	-72
1983	-36	-11	-25	-32	-22	8	3	1	-14	-44	-24	-29	-225	-72	-79	12	-82
1984	-25	-3	-9	-10	-2	-6	-18	3	-10	-26	-16	2	-120	-57	-21	-21	-52
1985	-18	-19	-11	-20	-7	4	-8	-24	-19	-16	-19	-48	-205	-35	-38	-28	-54
1986	-32	2	-6	-7	-22	7	-16	7	-12	-13	-31	-16	-139	-78	-35	-2	-56
1987	5	-27	-8	-14	-9	0	13	2	-16	-16	-16	-29	-115	-38	-31	15	-48
1988	-11	-28	-24	-15	-12	16	-3	1	-10	-6	-16	-7	-115	-68	-51	14	-32
1989	-18	-18	-17	-10	-19	9	17	-3	-5	-12	-13	-16	-105	-43	-46	23	-30
1990	-23	-25	-23	7	15	-1	4	-13	-8	-14	-29	-15	-125	-64	-1	-10	-51
1991	-15	-5	-12	-9	-7	-2	14	7	-19	-13	-17	-8	-86	-35	-28	19	-49
1992	-13	-18	-24	-28	11	5	21	-14	-4	-11	-22	-21	-118	-39	-41	12	-37
1993	-27	-11	-27	-4	-22	-14	-16	-23	5	-8	20	-34	-161	-59	-53	-53	17
1994	-41	2	-35	-26	-12	-9	25	29	-9	-5	-15	-21	-117	-73	-73	45	-29
1995	-33	-32	-23	-14	-3	-1	-4	-6	5	-21	-10	-5	-147	-86	-40	-11	-26
1996	8	-2	2	-16	0	-15	21	12	-5	-27	-15	-13	-50	1	-14	18	-47
1997	-4	-20	-24	-12	-15	3	20	7	-9	-27	-9	7	-83	-37	-51	30	-45
1998	-27	-28	-21	-15	2	-6	-23	-22	-4	-29	-19	-18	-210	-48	-34	-51	-52
1999	-27	-29	-34	-9	-6	23	-10	-13	3	-20	-7	-23	-152	-74	-49	0	-24
2000	-25	-32	-26	-11	-10	2	8	-6	5	-7	-15	-23	-140	-80	-47	4	-17
2001	-13	-15	-32	-13	-22									-51	-67		

Wskaźnik S (cyrkulacji południowej) jest miarą natężenia cyrkulacji południkowej, przy czym dodatnie jego wartości świadczą o przewadze napływu powietrza z sektora południowego, a ujemne – z sektora północnego. Punktacja branych pod uwagę typów cyrkulacji przedstawia się następująco: +2 dla typów S, +1 dla kierunków SW i SE, -2 dla kierunku N oraz -1 dla NW i NE. Wartości wskaźnika S zestawiono w tabela 2.

Tabela 2 - Table 2

Wartości wskaźnika S (cyrkulacji południkowej południowej) nad Spitsbergenem
w okresie grudzień 1950 – maj 2001

Values of the S index (meridional southerly circulation index) above Spitsbergen
during the period 1950 December – 2001 May

R - Roczna - Annual, Z - Zima - Winter, W - Wiosna - Spring, L - Lato - Summer, J - Jesień - Autumn

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950												-19					
1951	-6	17	-22	-22	-13	-8	-1	4	-16	-6	-14	-11	-98	-8	-57	-5	-36
1952	-11	-16	-4	-7	-16	7	1	-11	-11	3	6	-7	-66	-38	-27	-3	-2
1953	-9	0	-17	-12	-13	16	-2	16	-10	10	5	0	-16	-16	-42	30	5
1954	-15	22	-12	-12	0	-10	8	-8	-1	-1	20	9	0	7	-24	-10	18
1955	-31	-3	3	-2	-5	-18	9	3	18	-17	-15	-5	-63	-25	-4	-6	-14
1956	4	5	-10	-3	-6	-15	14	-15	-12	3	10	8	-17	4	-19	-16	1
1957	5	-3	-3	-2	-21	-26	-6	4	-1	12	-6	-10	-57	10	-26	-28	5
1958	5	-4	-10	2	-3	-10	-18	-19	-1	4	-5	-6	-65	-9	-11	-47	-2
1959	-21	-8	-13	6	0	-18	-3	2	5	12	3	12	-23	-35	-7	-19	20
1960	-10	-6	7	7	2	-8	14	-12	15	-23	4	-2	-12	-4	16	-6	-4
1961	3	-4	-15	-14	-3	7	1	12	-13	5	6	-13	-28	-3	-32	20	-2
1962	3	-7	-31	-12	-13	-10	-5	-7	-5	-6	2	-9	-100	-17	-56	-22	-9
1963	-20	-21	-1	-2	16	-1	-19	12	5	7	-14	-15	-53	-50	13	-8	-2
1964	1	-6	5	1	-5	3	17	-1	-8	-3	-4	3	3	-20	1	19	-15
1965	-7	-7	-23	6	-8	-11	-8	4	4	-10	-7	-8	-75	-11	-25	-15	-13
1966	-15	-4	-7	12	-16	2	5	-17	-20	-11	-10	21	-60	-27	-11	-10	-41
1967	-20	-4	-2	-9	-4	4	8	15	5	-16	2	-15	-36	-3	-15	27	-9
1968	-4	-14	-9	-13	-18	-19	-17	-12	-17	-19	-4	-14	-160	-33	-40	-48	-40
1969	-3	-3	-5	-8	-1	4	16	-4	15	4	-18	5	2	-20	-14	16	1
1970	-9	-8	4	-4	-7	3	-5	6	0	-12	-12	-13	-57	-12	-7	4	-24
1971	-20	15	-17	-5	0	-11	8	4	-2	-9	-25	-4	-66	-18	-22	1	-36
1972	18	-3	-6	-22	7	20	5	3	3	2	12	-3	36	11	-21	28	17
1973	6	-10	-8	-3	-19	0	5	-4	5	-24	-30	-6	-88	-7	-30	1	-49
1974	18	7	4	-17	-4	-2	9	3	0	-3	11	3	29	19	-17	10	8
1975	-5	-10	-10	-9	1	-15	11	10	-8	-17	-3	-24	-79	-12	-18	6	-28
1976	-4	5	22	-12	9	0	7	18	-19	8	-1	-6	27	-23	19	25	-12
1977	2	-8	-14	-14	-19	-9	-1	11	-2	8	1	-1	-46	-12	-47	1	7
1978	-15	-21	0	-2	9	4	3	8	-20	-13	-8	-7	-62	-37	7	15	-41
1979	-1	-1	7	-5	-11	-7	8	4	-4	3	2	-6	-11	-9	-9	5	1
1980	-2	-9	4	9	-11	-4	-8	5	11	-33	-8	-14	-60	-17	2	-7	-30
1981	-18	6	-9	-14	-4	-6	8	9	3	-3	-1	-12	-41	-26	-27	11	-1

cd. tabeli 2

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1982	-17	-3	14	4	-5	-24	4	-2	-8	10	0	-11	-38	-32	13	-22	2
1983	2	-9	-1	-6	-4	0	11	-11	-2	-10	-22	-17	-69	-18	-11	0	-34
1984	9	5	3	14	0	-16	-2	13	10	4	8	18	66	-3	17	-5	22
1985	-10	11	-3	-22	-7	-16	20	0	-15	-4	-9	-8	-63	19	-32	4	-28
1986	2	-16	0	-15	2	9	16	3	-16	5	-11	6	-15	-22	-13	28	-22
1987	5	-3	4	14	-1	-12	-11	-10	0	-2	-6	-15	-37	8	17	-33	-8
1988	-1	12	-2	-13	-12	10	5	5	-4	-10	-14	-15	-39	-4	-27	20	-28
1989	-10	-6	1	2	-5	3	13	-5	9	2	1	-12	-7	-31	-2	11	12
1990	23	9	-9	-3	-33	5	12	5	32	4	-11	13	47	20	-45	22	25
1991	5	-1	2	-9	-11	-2	-6	19	-17	-3	-11	-10	-44	17	-18	11	-31
1992	1	0	-6	16	-7	1	-5	6	8	-15	12	-3	8	-9	3	2	5
1993	-3	-11	-3	-16	-8	-10	2	19	-11	-18	22	-2	-39	-17	-27	11	-7
1994	-1	-6	15	6	-2	5	15	-5	-3	-23	-9	3	-5	-9	19	15	-35
1995	-7	-12	-1	-10	1	-3	-10	-8	5	-21	-18	-13	-97	-16	-10	-21	-34
1996	0	-8	10	-4	-20	7	3	10	9	-1	-7	-13	-14	-21	-14	20	1
1997	-8	-2	-4	-18	-9	-9	6	15	-7	-7	-3	-1	-47	-23	-31	12	-17
1998	-9	8	15	-9	-18	-8	1	14	-16	3	9	-6	-16	-2	-12	7	-4
1999	13	-3	10	-9	10	1	-12	-1	13	-14	13	-7	14	4	11	-12	12
2000	-1	0	-16	-17	-8	-18	-6	2	9	19	-1	-9	-46	-8	-41	-22	27
2001	-5	1	-14	-13	-4									-13	-31		

Wskaźnik C (cykloniczności) informuje o dużej aktywności niżowej (wartości dodatnie) bądź wyżowej (wartości ujemne). Punktacja przedstawia się następująco: +2 dla sytuacji Cc i Bc, +1 dla pozostałych typów cyklonalnych oraz -2 dla sytuacji Ca i Ka i -1 dla pozostałych sytuacji antycyklonalnych. Zestawienie wartości wskaźnika C zawiera tabela 3.

Tabela 3 - Table 3

Wartości wskaźnika C (cykloniczności) nad Spitsbergenem w okresie grudzień 1950 – maj 2001.
 Values of the C index (cyclonicity index) above Spitsbergen during the period 1950 December – 2001 May
 R - Roczna - Annual, Z - Zima - Winter, W - Wiosna - Spring, L - Lato - Summer, J - Jesień - Autumn

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1950												6					
1951	8	7	-1	0	-11	8	-20	-16	10	22	-10	15	12	21	-12	-28	22
1952	15	14	-14	-5	-12	-10	-7	13	18	-15	32	2	31	44	-31	-4	35
1953	19	15	5	-5	-3	-19	-17	0	19	23	26	36	99	36	-3	-36	68
1954	20	7	11	-3	-28	14	-3	-16	0	16	16	19	53	63	-20	-5	32
1955	12	4	4	4	-4	-9	11	20	6	6	-7	4	51	35	4	22	5
1956	15	3	5	-13	11	-4	-38	-18	15	1	12	14	3	22	3	-60	28
1957	17	-19	5	12	-18	-6	-23	10	-14	28	14	6	12	12	-1	-19	28
1958	11	-1	-17	-20	-25	-2	-2	-24	14	10	12	4	-40	16	-62	-28	36

cd. tabeli 3

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R	Z	W	L	J
1959	-7	22	16	-3	-3	15	21	6	-4	5	7	6	81	19	10	42	8
1960	2	-14	11	16	-5	-7	-13	-24	-6	-4	3	9	-32	-6	22	-44	-7
1961	8	14	28	6	-4	12	-12	-26	7	15	1	9	58	31	30	-26	23
1962	15	8	-22	7	-23	-1	9	-11	2	11	17	0	12	32	-38	-3	30
1963	5	-7	-1	-2	8	-18	12	-11	6	18	-1	1	10	-2	5	-17	23
1964	9	20	21	-14	-5	6	17	-19	-2	10	3	25	71	30	2	4	11
1965	6	-3	3	3	-15	1	-8	-13	-3	4	3	0	-22	28	-9	-20	4
1966	-7	-3	-8	-27	-17	4	-7	-11	17	-22	30	18	-33	-10	-52	-14	25
1967	-19	20	10	1	-29	18	4	-8	10	14	19	-17	23	19	-18	14	43
1968	3	22	25	-12	-18	11	2	26	-2	-21	-6	-1	29	8	-5	39	-29
1969	-15	18	-9	-15	-26	-31	-22	-28	13	29	26	28	-32	2	-50	-81	68
1970	-2	-17	3	-22	6	13	3	5	-3	16	-13	16	5	9	-13	21	0
1971	6	12	2	-3	0	-22	22	11	4	21	17	19	89	34	-1	11	42
1972	21	15	17	-4	1	-25	9	22	14	13	10	17	110	55	14	6	37
1973	32	27	28	15	-7	12	3	18	11	19	19	16	193	76	36	33	49
1974	23	9	19	16	-4	-3	3	-7	19	0	8	35	118	48	31	-7	27
1975	30	20	36	24	-9	6	26	-7	33	-1	18	33	209	85	51	25	50
1976	16	18	11	11	-21	-19	15	35	19	-23	31	10	103	67	1	31	27
1977	-16	1	-4	-1	4	9	5	3	17	-3	27	8	50	-5	-1	17	41
1978	10	1	17	-15	-1	-12	-15	-6	-2	4	20	-5	-4	19	1	-33	22
1979	-1	7	4	-17	4	4	-5	5	19	-4	18	5	39	1	-9	4	33
1980	-2	13	-2	10	-15	-9	-16	6	20	17	19	20	61	16	-7	-19	56
1981	22	21	-5	6	-22	16	11	-8	3	6	26	-19	57	63	-21	19	35
1982	8	10	22	21	-23	-3	31	-1	15	5	27	21	133	-1	20	27	47
1983	27	22	17	-9	-26	19	19	28	20	32	13	4	166	70	-18	66	65
1984	12	25	-6	2	1	2	2	-11	-1	14	9	15	64	41	-3	-7	22
1985	-5	1	5	2	-24	-11	-21	-10	14	29	11	4	-5	11	-17	-42	54
1986	13	-7	32	-17	-7	14	1	-17	17	30	22	-11	70	10	8	-2	69
1987	-2	-11	-16	7	-3	-29	22	11	-1	20	16	16	30	-24	-12	4	35
1988	19	-6	7	16	-16	13	-4	-26	20	6	17	1	47	29	7	-17	43
1989	8	11	12	-10	10	1	25	-4	13	12	14	17	109	20	12	22	39
1990	19	20	18	20	8	-27	-12	-21	1	17	11	22	76	56	46	-60	29
1991	31	22	-4	8	2	-30	-10	8	13	3	2	18	63	75	6	-32	18
1992	30	4	19	-3	8	-1	9	-5	6	-4	8	22	93	52	24	3	10
1993	22	27	10	1	-14	-20	-35	-13	-14	7	7	18	-4	71	-3	-68	0
1994	7	-2	29	13	-18	12	15	21	16	7	10	26	136	23	24	48	33
1995	11	25	11	7	-13	6	17	16	-1	-10	-10	13	72	62	5	39	-21
1996	15	-6	9	2	-14	-4	-6	5	14	12	37	-12	52	22	-3	-5	63
1997	21	11	9	8	-18	-17	-13	12	20	8	-4	21	58	20	-1	-18	24
1998	-7	0	14	-33	1	-20	-30	-13	-17	13	7	29	-56	14	-18	-63	3
1999	30	22	-2	4	-36	25	25	-5	15	13	33	24	148	81	-34	45	61
2000	32	19	20	-9	3	9	9	14	2	9	13	10	131	75	14	32	24
2001	22	4	0	-7	-9	1	9	14	2	9	13	10	68	36	-16	24	24

2. Częstość występowania typów cyrkulacji

Częstość występowania wszystkich wydzielonych typów cyrkulacji w okresie 50 lat (1951-2000) zestawiono w tabeli 4. Najczęściej, bo przez 10.4% dni w roku nad Spitsbergenem pojawia się klin wyżowy. Sytuacja ta jest typowa dla okresu od maja (17.2%) do sierpnia (15.1%). Najrzadziej obserwowano centrum wyżu (1.3%) oraz sytuacje Nwa (1.5%), Wa (1.8%) i Sa (1.8%). Wyniki te tylko nieznacznie różnią się od wcześniejszych danych za standardowy okres 1961-1990 (Niedźwiedz 1997a).

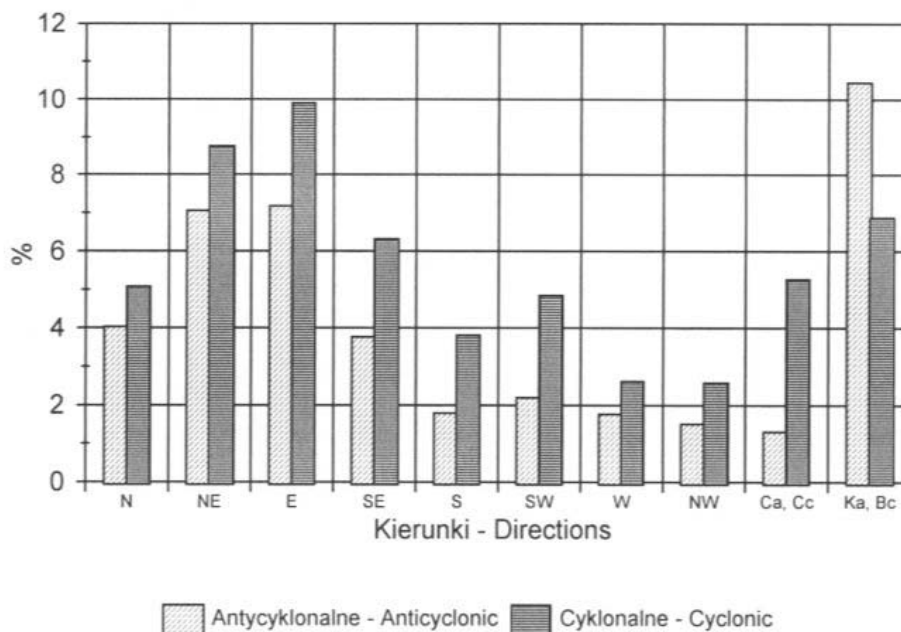
Tabela 4 - Table 4

Częstość (w %) występowania nad Spitsbergenem poszczególnych typów cyrkulacji w okresie 1951-2000
Frequency (in %) of particular circulation types above Spitsbergen during the standard period of 1951-2000

Typ cyrkulacji Circulation type	I JAN	II FEB	III MAR	IV APR	V MAY	VI JUN	VII JUL	VIII AUG	IX SEP	X OCT	XI NOV	XII DEC	Rok Year
01-Na	3,7	3,0	2,8	6,8	7,7	4,5	2,5	2,3	3,5	4,4	3,1	3,9	4,0
02-Nea	8,6	8,8	9,9	11,9	8,8	5,3	2,3	2,3	4,1	6,7	7,7	8,4	7,1
03-Ea	6,9	7,6	9,6	9,7	8,7	5,7	5,1	7,4	6,1	5,8	6,9	6,6	7,2
04-Sea	2,8	3,2	4,0	5,3	3,8	4,0	5,1	5,8	2,9	3,3	2,7	2,1	3,8
05-Sa	1,7	1,3	1,5	1,5	2,4	1,1	2,3	3,0	2,1	1,5	1,3	1,6	1,8
06-SWa	1,0	1,8	1,7	1,1	3,0	3,5	4,8	3,9	1,7	1,2	1,2	1,4	2,2
07-Wa	0,8	0,4	0,3	0,7	3,6	4,3	4,0	3,4	1,3	0,7	0,8	0,7	1,8
08-NWa	0,4	1,1	0,5	1,3	2,5	3,4	2,3	2,8	1,3	1,3	0,6	0,6	1,5
09-Ca	0,7	1,1	0,8	1,6	1,8	2,3	1,9	1,9	1,5	1,0	0,7	0,4	1,3
10-Ka	6,3	7,1	6,8	9,5	17,2	15,6	15,1	15,1	10,1	9,6	6,3	6,4	10,4
11-Nc	4,5	4,9	4,5	3,8	5,1	4,9	4,2	4,6	7,3	6,0	6,1	5,1	5,1
12-Nec	13,9	10,7	11,0	8,7	4,5	5,5	3,6	4,1	6,9	10,7	11,9	13,7	8,8
13-Ec	14,1	12,5	14,5	8,5	5,3	5,7	5,4	5,0	9,3	10,9	13,1	14,5	9,9
14-Sec	8,8	6,8	6,5	5,9	3,4	3,5	4,1	5,1	8,1	8,1	7,6	8,1	6,3
15-Sc	4,3	4,2	3,4	3,5	2,2	2,3	4,0	4,0	4,9	4,2	5,0	3,7	3,8
16-SWc	4,1	5,6	4,8	3,9	4,0	4,7	6,8	5,8	5,0	3,8	5,5	3,9	4,8
17-Wc	2,3	1,8	1,6	1,5	1,8	3,5	6,3	4,3	3,0	1,8	1,2	2,0	2,6
18-NWc	1,5	2,1	1,4	1,4	2,3	3,9	3,9	4,3	3,7	3,0	1,6	1,9	2,6
19-Cc	5,0	6,2	6,1	5,9	3,9	5,0	3,0	4,1	5,3	5,7	7,5	5,6	5,3
20-Bc	5,9	6,8	6,0	5,1	5,9	8,2	9,4	7,2	7,5	7,2	7,0	6,5	6,9
21-x	2,4	2,8	2,3	2,5	2,3	3,1	4,1	3,6	4,4	3,1	2,3	2,8	3,0

Duże znaczenie na obszarze Spitsbergenu ma wschodnia składowa cyrkulacji (ryc. 1). Do najczęściej występujących typów należą: Ec (9.9%), NEc (8.8%) oraz Ea (7.2%) i NEa (7.1%). Adwekcja z sektora wschodniego i północno-wschodniego najsilniej przejawia się w grudniu, natomiast najbardziej słabnie w maju, kiedy Spitsbergen znajduje się pod wpływem układów wysokiego ciśnienia związanych przeważnie z wyżem grenlandzkim lub kanadyjskim. W tym miesiącu zaznacza się też zdecydowana przewaga częstości występowania układów wyżowych (59.4%) w porównaniu z

sytuacjami niżowymi (38.3%). W pozostałych miesiącach dominują sytuacje cyklonalne z częstością dochodzącą do 66.4% w listopadzie.



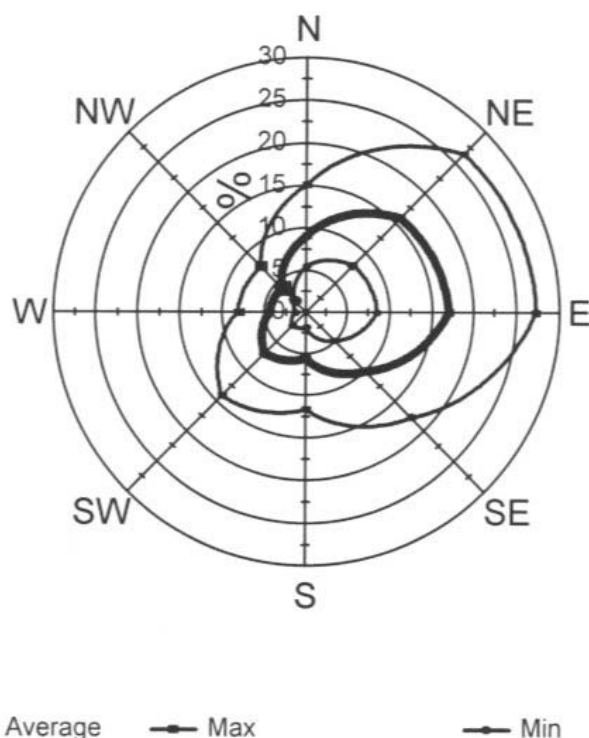
Ryc. 1. Częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-2000)

Fig. 1. Frequency of particular circulation types above Spitsbergen (1951-2000)

Rozpatrując wyłącznie kierunki adwekcji mas powietrznych (ryc. 2) bez uwzględnienia rodzaju układu barycznego, w skali rocznej widzimy zdecydowaną przewagę występowania tylko dwóch kierunków: E (17.1%) i NE (15.8%). Ich częstość zmienia się znacznie zarówno w przebiegu wieloletnim jak i rocznym. I tak w skali rocznej częstość kierunku E wynosiła zaledwie 8.5% w roku 1953, osiągając aż 27.4% w roku 1979 i 26.9% w roku 1983. Podobnie częstość kierunku NE wahała się od 7.9% (1990 r.) do 26.5% (1975 r.). W przebiegu rocznym te dwa kierunki dominują najbardziej od listopada do kwietnia (częstość kierunku E w marcu wynosi 24.1%), a najbardziej osłabione są w lipcu (NE – 5.9%, E – 10.5%).

Najrzadziej w ciągu roku zdarza się napływ powietrza z kierunków: NW (4.1%), W (4.3%) i S(5.6%). Dużą zmiennością odznacza się adwekcja ciepłego powietrza z SW (średnia 7.0%), od zaledwie 2.4% w roku 1998 do 14.2% w roku 1976. W przebiegu rocznym częstość tego kierunku zmienia się od 5.0% w kwietniu i październiku do 11.5% w lipcu, kiedy SW jest dominującym kierunkiem adwekcji mas powietrznych.

Cechy dynamiki cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem dobrze uwidaczniają się przy rozpatrywaniu adwekcji powietrza z czterech podstawowych sektorów horyzontu. Adwekcja z sektora wschodniego (E+NE+SE) jest w skali rocznej najczęstsza (43.0%), zmieniając się od 29.6% w roku 1953 do 53.4% w roku 1962. W przebiegu rocznym słabnie w lecie (lipiec 25.6%), a największą aktywność osiąga od października do kwietnia (maksimum występowania w styczniu – 55.3%).



Ryc. 2. Roczna růža četnosti kierunků advekcji mas powietrza nad Spitsbergenem (1951-2000)

Fig. 2. Annual rose of the frequency of particular directions of air mass advection above the Spitsbergen (1951-2000)

Na drugim miejscu pod względem četności znajduje się adwekcja powietrza z sektora północnego (N+NW+NE) z četnością średnią w roku wynoszącą 29,0%. W wieloleciu zmieniała się ona od 18.1% w roku 1969 do 41.8% w roku 1968. W przebiegu rocznym kształtuje się w granicach od 18.8% w lipcu do 33.9% w kwietniu.

Adwekcja z sektora południowego (S+SW+SE) zdarza się przez 22.7% dni w roku, z wahaniami od 11.2% w roku 1968 do 35.7% w roku 1984. Wahania roczne są wyraźne, od 18.8% w maju do 27.6% w sierpniu.

Najrzadziej zdarza się napływ powietrza z sektora zachodniego (W+NW+SW) – przez 15.5% dni w roku. Jednak wahania četności z roku na rok były duże i zmieniały się od 6.6% w roku 1998 do 26.8% w roku 1976. Dobrze zaznaczony jest przebieg roczny od minimum sięgającego 10.0% w kwietniu i 10.2% w styczniu aż do maksimum sięgającego 28.0% w lipcu. W tym ostatnim miesiącu adwekcja powietrza z sektora zachodniego staje się dominującą.

Istotną rolę w kształtowaniu pogody i klimatu Spitsbergenu odgrywają także sytuacje bezadwekcyjne. Występowanie centrum wyżu i klina antycyklonalnego (Ca+Ka) wpływa na kształtowanie pogody pod wpływem lokalnych czynników geograficznych. Četność tej grupy sytuacji synoptycznych wynosi 11.8%, zmieniając się od 5.5% w roku 1973 do 20.5% w roku 1998. W przebiegu rocznym koncentruje się głównie od maja do sierpnia (z maksimum 19.0% w maju). W zimie zdarza się rzadziej, z minimum w grudniu (6.8%).

Przechodzenie nad Spitsbergenem centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej (Cc+Bc) wywołuje dużą zmienność warunków pogodowych. Zdarza się przeciętnie przez 12.1% dni w roku, z wahaniami od 7.1% w dwóch kolejnych latach 1978 i 1979, do 20.0% w roku 1959. W przebiegu rocznym zmienia się od 9.8% w maju do 14.5% w listopadzie.

3. Zmienność wskaźników cyrkulacji

W przebiegu rocznym wskaźników cyrkulacji zaznacza się znaczne zróżnicowanie (tab. 5). Dla Spitsbergenu charakterystyczna jest strefowa forma cyrkulacji o składowej wschodniej (wskaźnik W = -146.7), dominująca przede wszystkim od października do kwietnia (w marcu W obniża się do -20.9). Ulega ona osłabieniu latem kiedy wskaźnik W zbliża się do zera, przyjmując w lipcu nawet wartość dodatnią (+0.7).

Tabela 5 - Table 5

Przebieg roczny średnich wartości wskaźników cyrkulacji nad Spitsbergenem w latach 1951-2000

The annual course of mean values of circulation indices over Spitsbergen in the period 1951-2000

Miesiące Months	Wskaźnik W - W index			Wskaźnik S - S index			Wskaźnik C - C index		
	m	Max	Min	m	Max	Min	m	Max	Min
I - JAN	-19,5	10	-41	-3,8	23	-31	10,9	32	-19
II - FEB	-15,5	5	-37	-2,8	22	-21	8,8	27	-19
III - MAR	-20,9	4	-43	-3,3	22	-31	8,1	36	-22
IV - APR	-16,7	7	-43	-5,5	16	-22	-0,4	24	-33
V - MAY	-8,0	15	-29	-6,3	16	-33	-9,4	11	-36
VI - JUN	-3,0	31	-22	-4,3	20	-26	-2,2	25	-31
VII - JUL	0,7	25	-23	2,4	20	-19	0,2	31	-38
VIII - AUG	-3,1	29	-24	2,2	19	-19	-1,7	35	-28
IX - SEP	-9,7	15	-28	-1,7	32	-20	8,2	33	-17
X - OCT	-14,9	10	-44	-4,5	19	-33	8,8	32	-23
XI - NOV	-17,1	20	-42	-3,2	22	-30	12,8	37	-13
XII - DEC	-19,0	7	-48	-5,0	21	-24	11,8	36	-19
Rok - Annual	-146,7	-27	-237	-35,7	66	-160	56,0	209	-56
Zima - Winter (XII-II)	-54,0	5	-86	-11,8	20	-50	31,5	85	-24
Wiosna - Spring (III-V)	-45,6	-1	-101	-15,1	19	-57	-1,7	51	-62
Lato - Summer (VI-VIII)	-5,4	45	-53	0,3	30	-48	-3,7	66	-81
Jesień - Autumn (IX-XI)	-41,7	17	-82	-9,4	27	-49	29,8	69	-29

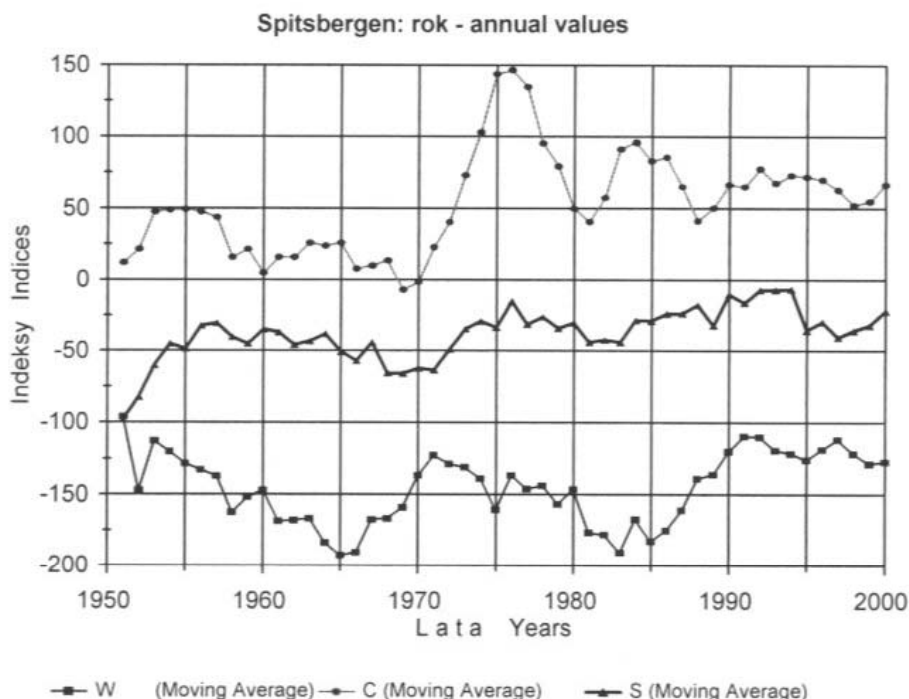
Objaśnienia: m - średnia, Max - maksimum, Min - minimum

Explanations: m - mean, Max - maximum, Min - minimum

Inną cechą charakterystyczną dla Spitsbergenu jest dominacja układów niżowych (wskaźnik C = 56.0 dla roku), szczególnie w okresie od września do marca (listopad 12.8). W okresie od maja do sierpnia następuje równowaga w występowaniu form cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej.

Jedynie w maju widoczna jest już przewaga występowania form wyżowych nad niżowymi i wskaźnik cykloniczności obniża się do -9.4 .

Formy cyrkulacji południkowej mimo stosunkowo małej częstości ich występowania wywierają znaczny wpływ na zmienność temperatury. Nad Spitsbergenem przeważa wyraźnie składowa północna (wskaźnik $S = -35.7$ dla roku) nad południową, z największym natężeniem w maju ($S = -6.3$). Tylko w lipcu ($S = 2.4$) i sierpniu ($S = 2.2$) obserwuje się sytuację odwrotną.



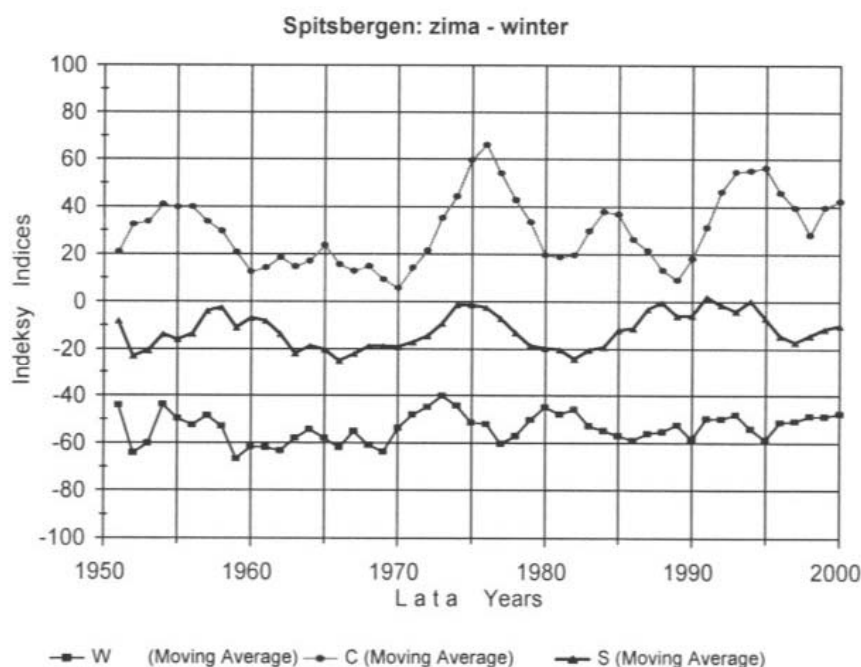
Ryc. 3. Przebieg rocznych wartości wskaźników cyrkulacji (średnie konsekwentne 5-letnie) nad Spitsbergenem (1951-2000)

Fig. 3. Course of annual values of circulation indices (5-years moving averages) above the Spitsbergen (1951-2000)

Formy cyrkulacji nad Spitsbergenem odznaczały się znacznymi fluktuacjami w okresie wieloletnim. W latach 1951-2000 największe zmiany wartości rocznych (ryc. 3) zaznaczyły się we wskaźnikach C i W. Dla Spitsbergenu charakterystyczna jest wzmożona aktywność cykloniczna, stąd średnia roczna wartość wskaźnika C osiąga $+56$. W przebiegu wieloletnim obserwuje się tendencję wzrostową aktywności niżowej, od 25 do 75 w okresie 1951-2000. Najbardziej aktywny pod względem występowania niżów był okres 1971-1977, z wyjątkowo wysoką wartością wskaźnika C w roku 1975 ($+209$). Najmniej niżów pojawiało się w okresie 1958-1969. Przed rokiem 1970 aż pięciokrotnie wartość C przyjmowała wartości ujemne, co świadczy o dużej roli układów wysokiego ciśnienia w kształtowaniu w tym czasie pogody Spitsbergenu. W roku 1958 wskaźnik C obniżył się nawet do -40 . Jednak minimum zanotowano w roku 1998 (-56).

Wobec zdecydowanej adwekcji mas powietrza ze wschodu wskaźnik W przybiera wartości ujemne. Wartości roczne wskaźnika (ryc. 3) mają nieznaczny trend rosnący, zmieniając się od -160 na początku okresu do -140 w roku 2000. Jednak średnie konsekwentne pięcioletnie wykazują dwa minima około roku 1965 i 1983 oraz dwa maksima w latach 1971 i 1991-1992. Zmiany z roku na rok odznaczają się nieregularnymi fluktuacjami. Największy spadek wskaźnika wystąpił między skrajnymi latami 1976 ($W = -27$) i 1979 ($W = -237$).

Wskaźnik S przybierający częściej wartości ujemne niż dodatnie świadczy o większej adwekcji od strony Basenu Arktycznego niż z północnego Atlantyku. W przebiegu wieloletnim obserwowano niewielki trend rosnący wskaźnika S, od około -50 w roku 1951 do -20 w 2000. Najniższa wartość wystąpiła w roku 1968 (-160). Natomiast osiem razy pojawiły się w skali rocznej wartości dodatnie, osiągając +66 w roku 1984.



Ryc. 4. Przebieg wartości wskaźników cyrkulacji zimy (średnie konsekwentne 5-letnie) nad Spitsbergenem (1951-2000)

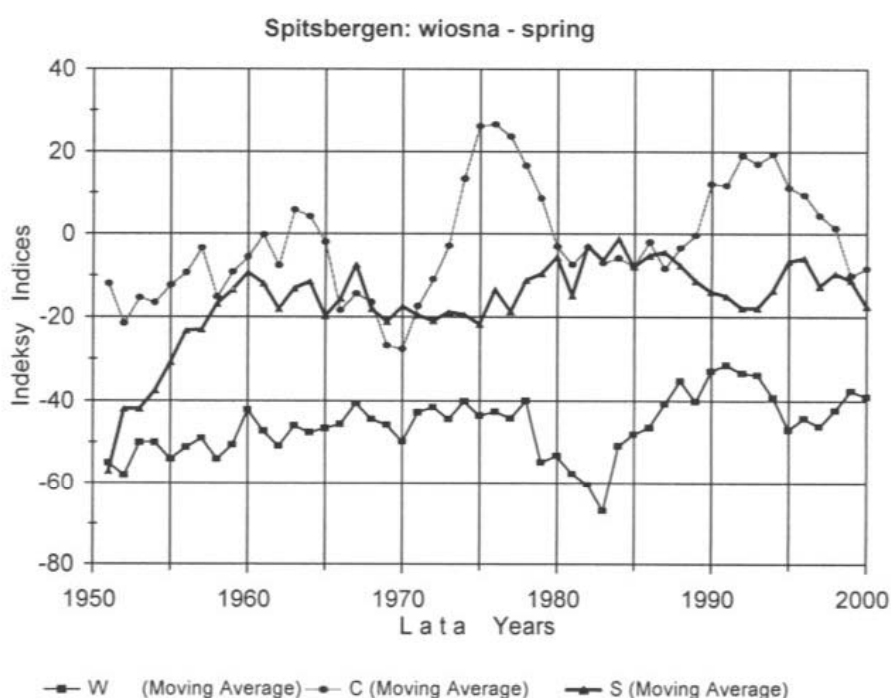
Fig. 4. Course of annual values of circulation indices in winter (5-years moving averages) above the Spitsbergen (1951-2000)

W zimie (ryc. 4) wartość średnia 5-letnia wskaźnika W utrzymywała się w granicach od -40 do -60, nie wykazując żadnego trendu. Najwyższa wartość i to dodatnia wskaźnika (+5) wystąpiła w zimie 1953/1954 i drugi raz (+1) w zimie 1995/1996. Minima notowano w czasie zim 1950/1951 (-84), 1973/1974 (-81), 1994/1995 (-86) oraz 1999/2000 (-80).

W zimie wskaźnik S ulegał trzykrotnym fluktuacjom w świetle średnich konsekwentnych 5-letnich, z minimami w czasie zim 1965/1966, 1981/1982 i 1996/1997 oraz maksimami przypadającymi

na zimy 1957/1958, 1973/1974 i 1990/1991. Najniższa wartość wystąpiła w czasie zimy 1962/1963 (-50). Dodatkowo maksima pojawiły się 10 razy, dochodząc do +20 w zimie 1989/1990 i +19 w czasie zim 1973/1974 i 1984/1985.

W zimie aktywność cyklonalna jest znaczna i wskaźnik C średnio wynosi +32. Widoczny jest trend dodatni wskaźnika od +20 do +40 w ciągu 50 lat, z trzema fluktuacjami. Najbardziej cyklonalny był okres 1973-1982, a najmniej cyklonalne były zimy z lat 1960-1969 (C = -10 w zimie 1965/1966). Minimum wskaźnika C zanotowano w czasie zimy 1986/1987 (-24), a więc była to najbardziej wyżowa zima w badanym okresie. Najwyższa wartość wskaźnika C przypada na zimę 1974/1975 (+85).



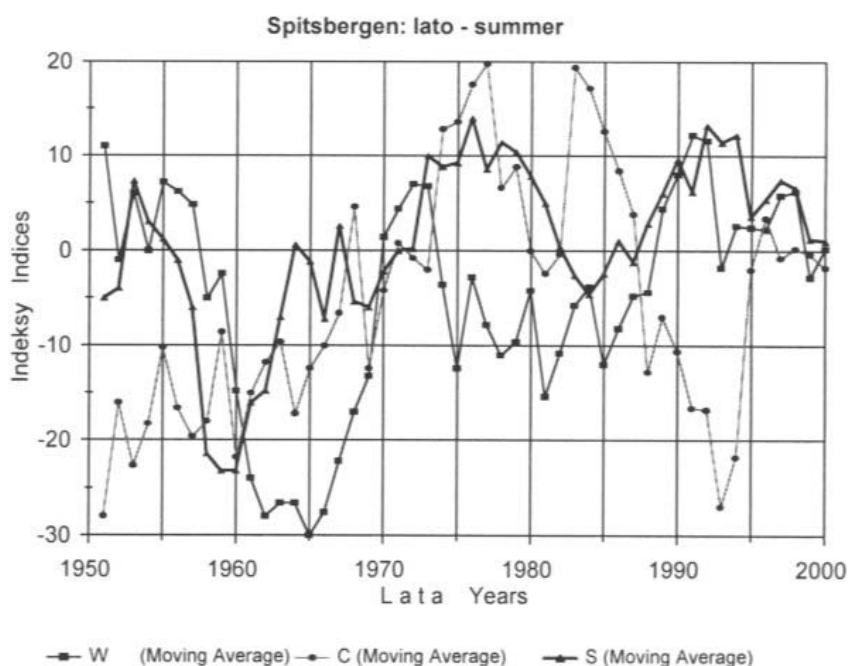
Ryc. 5. Przebieg wartości wskaźników cyrkulacji wiosny (średnie konsekwentne 5-letnie) nad Spitsbergenem (1951-2000)

Fig. 5. Course of annual values of circulation indices in spring (5-years moving averages) above the Spitsbergen (1951-2000)

Na wiosnę (ryc. 5) przy średniej wieloletniej -46 widoczny jest też niewielki trend rosnący wskaźnika W, od około -50 do -40. Wyjątkowo niską wartość zanotowano wiosną 1979 roku (-101), natomiast maksimum wystąpiło w roku 1990 (-1). Zdecydowany wzrost wskaźnika notuje się od wiosny roku 1983.

Wiosną wskaźnik S osiąga najniższą wartości wynoszącą średnio -15. W przebiegu wieloletnim widoczny jest trend rosnący od -20 do -10. Wartości skrajne zmieniały się od -57 na wiosnę 1951 roku do +19 wiosną 1976 i 1994 roku. Od roku 1975 przy stosunkowo często występujących wartościach dodatnich, charakterystyczne są duże wahania wskaźnika z roku na rok.

Na wiosnę średnia wartość wskaźnika C wynosi -2. W przebiegu wieloletnim, przy ogólnym trendzie dodatnim wskaźnika od -10 do +5, wiosny wyżowe przeplatają się z niżowymi. Maksimum wskaźnika odnotowano wiosną 1975 roku (+51) i nieco niższą wartość w roku 1990 (+46), minimum zaś na wiosnę roku 1958 (-62).



Ryc. 6. Przebieg wartości wskaźników cyrkulacji lata (średnie konsekwentne 5-letnie) nad Spitsbergenem (1951-2000)

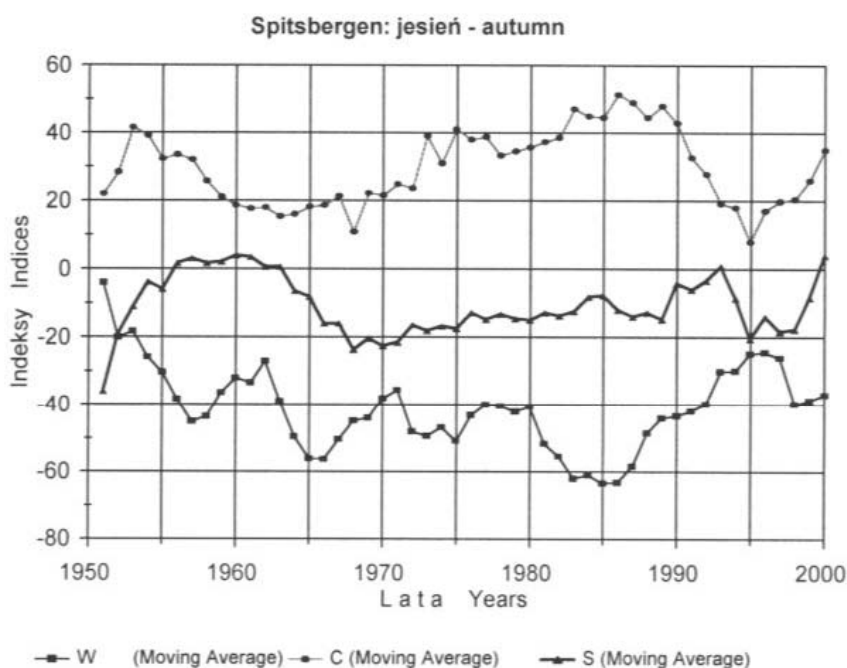
Fig. 6. Course of annual values of circulation indices in summer (5-years moving averages) above the Spitsbergen (1951-2000)

W lecie (ryc. 6) wartość wskaźnika W wynosi tylko -5, co świadczy o osłabieniu adwekcji powietrza ze wschodu. W badanym pięćdziesięcioleciu przez 20 okresów letnich występowały nawet wartości dodatnie, świadczące o adwekcji mas powietrznych z zachodu. Jednak przed rokiem 1968 składowa wschodnia była typowa w lecie. Natomiast ostatnia dekada odznaczała się znacznymi skokowymi zmianami wskaźnika W. Maksymalną wartość zanotowano w lecie 1994 roku (+45) i nieco mniejszą wartością latem roku 1954 (+41). Ale latem roku 1993 notowano bardzo niską wartość (-53) i później gwałtowny przeskok do maksimum w roku 1994, a następnie gwałtowny spadek do -51 w roku 1998. Trend rosnący w całym okresie jest niewielki, od -10 do 0, przy czym w świetle średnich konsekwentnych 5-letnich widoczne są dwa minima, jedno około roku 1965 oraz drugie około roku 1993, oraz maksima w latach 1972 i 1991.

Latem wskaźnik S osiąga średnio wartość +0,3. W badanym okresie widoczny jest niewielki trend dodatni, od -5 do +5. W pojedynczych przypadkach obserwowano bardzo niskie wartości latem 1968 (-48) oraz w lecie 1958 (-47). Maksimum wystąpiło w lecie roku 1953 (+30). Wysokie wartości

dotądnie pojawiły się jeszcze w lecie 1967 (+27), oraz 1972 i 1986 roku (+28). W świetle średnich pięcioletnich (ryc. 6) największe natężenie adwekcji powietrza z południa przypadło na lata 1973-1981 i 1988-1998.

W lecie średnia wartość wskaźnika cykloniczności C osiąga -4, co świadczy o zwiększonej roli układów wysokiego ciśnienia w kształtowaniu pogody lata. W przebiegu wieloletnim występuje wyraźny trend dodatni od -10 do +5. Cecha przebiegu wieloletniego są nieregularne, nieraz skokowe zmiany. W pojedynczych latach wartości zmieniają się w dość dużych granicach, od -81 w lecie roku 1969 do +66 w lecie roku 1983. Duże wahania cechowały ostatnią dekadę. Trzykrotnie wystąpiły sezony letnie o wybitnie wyżowym charakterze pogody (C poniżej -60): 1990 1993 i 1998 roku, oraz dwa sezony cyklonalne: 1994 (C = +48) i 1999 (C = +45).



Ryc. 7. Przebieg wartości wskaźników cyrkulacji jesieni (średnie konsekwentne 5-letnie) nad Spitsbergenem (1951-2000)

Fig. 7. Course of annual values of circulation indices in autumn (5-years moving averages) above the Spitsbergen (1951-2000)

W jesieni (ryc. 7) wskaźnik W osiąga ponownie niskie wartości ujemne, średnio -42. W przebiegu wieloletnim nie zaobserwowano trendu. Długi okres stosunkowo niskich wartości wskaźnika przypada na lata 1964-1987 i dopiero w latach następnych następuje regularny wzrost. Największe zmiany widoczne są w końcowej części badanego okresu, od minimum w jesieni 1983 roku (-82), aż do +17 w jesieni 1993. Była to jesień wyjątkowa, a zwłaszcza listopad, kiedy cyrkulacja zachodnia była tak silna, że wartość wskaźnika W dla listopada 1993 roku osiągnęła nigdy wcześniej niespotykaną wartość +20.

W jesieni średnia wartość wskaźnika S wynosi -9, a jego przebieg wieloletni nie wykazuje trendu. Przy dużych wahaniami z roku na rok niskie wartości utrzymywały się w latach 1966-1988. Wartości skrajne wahały się od -49 w jesieni roku 1973 do +25 w jesieni roku 1990 i aż do +27 w roku 2000. Zdecydowany wzrost od -34 do +27 nastąpił w okresie 1995-2000.

W jesieni ponownie wzrasta aktywność cyklonalna i średnia wartość wskaźnika C osiąga +29.8. Przy braku trendu charakterystyczna jest duża płynność wahań (ryc. 7). W świetle średnich 5-letnich charakterystyczne są dwa okresy niskich wartości w latach 1957-1970 i 1991-2000 oraz długi okres wysokiej aktywności cyklonalnej w latach 1973-1990. Do najbardziej wyżowych należała jesień 1968 (C = -29) i jesień 1995 (C = -21). Największą aktywnością niżową odznaczała się jesień roku 1986 (C = +69). Wysokie wartości wskaźnika C notowano także podczas jesieni 1953 (+68), 1969 (+68), 1983 (+65) oraz 1996 (+63).

Tabela 6 - Table 6

Współczynniki korelacji między wartościami wskaźników cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-2000) a wskaźnikiem NAO

Correlation coefficients between the values of circulation indices over Spitsbergen (1951-2000) and NAO index

Miesiące Months	Wskaźniki cyrkulacji - Circulation indices		
	W	S	C
I – JAN	-0,38	0,38	0,52
II – FEB	-0,20	0,28	0,33
III – MAR	-0,07	0,19	0,50
IV – APR	0,00	0,40	-0,07
V – MAY	-0,13	0,31	0,24
VI – JUN	-0,23	0,03	0,23
VII – JUL	-0,08	0,54	-0,24
VIII – AUG	-0,17	0,44	-0,04
IX – SEP	-0,17	0,05	0,15
X – OCT	-0,21	0,50	0,39
XI – NOV	-0,01	0,35	0,22
XII – DEC	-0,09	0,45	0,32
Rok – Annual	-0,00	0,48	0,28
Zima – Winter (XII-II)	-0,26	0,26	0,57
Wiosna – Spring (III-V)	0,00	0,38	0,04
Lato – Summer (VI-VIII)	-0,08	0,48	-0,21
Jesień – Autumn (IX-XI)	-0,16	0,12	0,23

Objaśnienia: współczynniki korelacji istotne na poziomie $p < 0,05$ wyróżniono pismem pogrubionym
 Explanations: correlation coefficients significant on the level $p < 0,05$ were printed in bold

Aby sprawdzić czy istnieje wpływ procesów cyrkulacyjnych zachodzących nad północnym Atlantykiem na warunki synoptyczne badanej części Arktyki, zmienność wskaźników cyrkulacji nad Spitsbergenem porównano z makroskalową oscylacją Północnego Atlantyku – NAO (North Atlantic Oscillation). Wykorzystano wskaźnik NAO obliczony jako standaryzowana różnica ciśnienia między Gibraltarem i południowo-zachodnią Islandią (Jones et al. 1997), którego wartości dostępne są w

sieci internetowej (CRU 2001). Obliczone współczynniki korelacji między wartościami trzech wskaźników W, S i C a wskaźnikiem NAO (tab. 6) okazały się najbardziej istotne dla wskaźnika S. Ze wzrostem wskaźnika NAO nasila się przepływ wschodni nad Spitsbergenem (ujemne wartości wskaźnika W), ale istotny związek między badanymi charakterystykami cyrkulacji stwierdzono jedynie w styczniu. Wzrost aktywności Niżu Islandzkiego przejawiający się wysokimi wartościami wskaźnika NAO, powoduje wzmożenie częstości napływu powietrza z południa nad Spitsbergen. Najlepsze korelacje uzyskano dla lipca i października. W zimie wysokie wartości wskaźnika NAO wiążą się ze wzrostem aktywności cyklonalnej nad Spitsbergenem. Wartości miesięczne wskaźnika C są najlepiej skorelowane z NAO w styczniu i marcu. Nie stwierdzono istotnych korelacji wszystkich wskaźników cyrkulacji nad Spitsbergenem z NAO w czerwcu i we wrześniu oraz w jesieni.

Tabela 7 - Table 7

Współczynniki korelacji między średnią temperaturą powietrza w Hornsundzie a wartościami wskaźników cyrkulacji nad Spitsbergenem (1978-1999)

Correlation coefficients between the values of mean air temperature in Hornsund and circulation indices over Spitsbergen (1978-1999)

Miesiące Months	Wskaźniki cyrkulacji - Circulation indices		
	W	S	C
I – JAN	0,16	0,84	0,20
II – FEB	0,07	0,50	0,46
III – MAR	0,31	0,53	0,28
IV – APR	0,20	0,64	0,16
V – MAY	0,28	0,12	0,13
VI – JUN	0,46	0,23	-0,10
VII – JUL	-0,32	0,01	-0,58
VIII – AUG	-0,31	0,66	-0,39
IX – SEP	0,34	0,75	-0,08
X – OCT	-0,45	0,67	0,27
XI – NOV	0,38	0,83	0,27
XII – DEC	0,32	0,68	0,51
Rok – Annual	0,31	0,67	0,17
Zima – Winter (XII-II)	0,03	0,76	0,44
Wiosna – Spring (III-V)	0,36	0,40	0,33
Lato – Summer (VI-VIII)	-0,21	0,18	-0,56
Jesień – Autumn (IX-XI)	-0,05	0,74	-0,04

Objaśnienia: współczynniki korelacji istotne na poziomie $p < 0,05$ wyróżniono pismem pogubionym.
 Explanations: correlation coefficients significant on the level $p < 0,05$ were printed in bold.

Rolę wskaźników cyrkulacji w kształtowaniu temperatury powietrza na Spitsbergenie przebadano na przykładzie danych ze stacji naukowej Instytutu Geofizyki PAN w Hornsundzie za lata 1978-1999. Współczynniki korelacji między średnią temperaturą powietrza a wskaźnikami cyrkulacji zestawiono w tab. 7. Okazało się, że największy wpływ na temperaturę wywiera wskaźnik cyrkulacji południowej (S), zwłaszcza w zimie i w jesieni. Najwyższe współczynniki korelacji stwierdzono w

styczniu (0.84) i w listopadzie (0.83). Natomiast brak takiej korelacji jedynie w trzech miesiącach: w maju, czerwcu i lipcu. Wpływ wskaźnika cykloniczności C na temperaturę powietrza stwierdzono tylko w lecie i w zimie. W zimie wzrostowi cykloniczności towarzyszy podwyższenie temperatury powietrza, natomiast w lecie spadek temperatury.

4. Podsumowanie

Cechą charakterystyczną cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem jest dominacja układów niżowych. W okresie od maja do sierpnia następuje równowaga w występowaniu form cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej. Jedynie w maju widoczna jest już przewaga występowania form wyżowych nad niżowymi.

Wśród bezadwekcyjnych typów cyrkulacji najczęściej nad Spitsbergenem pojawia się klin wyżowy, zwłaszcza w okresie od maja do sierpnia. Najbardziej typową cechą jest dominacja napływu mas powietrznych ze wschodu i północo-wschodu spowodowana przez niże przemieszczające się z Atlantyku na Morze Barentsa na południe i południo-wschód od Spitsbergenu.

Syntetyczny obraz cyrkulacji atmosfery obrazują dobrze trzy wskaźniki cyrkulacji: strefowej zachodniej – W, południkowej południowej – S i cykloniczności – C. Odznaczają się one przebiegiem rocznym oraz dużą zmiennością wieloletnią. Wyraźny trend rosnący stwierdzono jedynie w skali rocznej dla wskaźnika cykloniczności i mniej wyraźny dla wskaźnika S. Wskaźnik cyrkulacji południowej S w okresie od sierpnia do marca jest istotnie skorelowany ze wskaźnikiem oscylacji Północno Atlantyckiej NAO.

Formy cyrkulacji południkowej mimo stosunkowo małej częstości ich występowania wywierają znaczny wpływ na zmienność temperatury.

Literatura

- Barry R.G., Perry A.H., 1973. *Synoptic Climatology, Methods and Applications*, Methuen, London: pp. 555.
- CRU, 2001. *North Atlantic Oscillation (NAO)*, Climate Research Unit, University of East Anglia, home page: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm>, oraz: http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/projpages/nao_update.htm
- Europäischer Wetterbericht, 1976-2000. Offenbach a. Main. (wcześniej Tägliche Wetterbericht).
- Głowacki P., Niedźwiedz T., 1997. Climatological conditions in Hornsund (Spitsbergen) during succeeding Polish Polar Expeditions. In: Głowacki P. (ed.), *Polish Polar Studies. 24th Polar Symposium*, Warszawa, 1997, Institute of Geophysics of the Polish Academy of Sciences, Warszawa: 81-94.
- Historical Weather Maps, 1899-1950. Daily Synoptic Series. Northern Hemisphere Sea Level, US Weather Service.
- 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, *International Journal of Climatology*, 17, 13: 1433-1450.
- Lamb H.H., 1972. British Isles weather types and a register of the daily sequences of circulation patterns 1861-1971, *Geophysical Memoirs*, 116: pp. 85.
- Murray R, Lewis R.P.W., 1966. Some aspects of the synoptic climatology of the British Isles as measured by simple indices, *Meteorological Magazine*, 95, 1128: 193-203.

- Niedźwiedz T., 1981. 'Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 58, Kraków: ss. 165.
- Niedźwiedz T., 1987. Wpływ cyrkulacji atmosfery na temperaturę powietrza w Hornsundzie, Spitsbergen, XIV Sympozjum Polarne, Lublin 7-8 maja 1987: 174-180.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1988. Wpływ sytuacji synoptycznych na stosunki opadowe w Hornsundzie (Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 196-202.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1989. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na kształtowanie się zachmurzenia w Hornsundzie, Dorobek i Perspektywy Polskich Badań Polarnych, XVI Sympozjum Polarne, Toruń, 19-20 września 1989 r., Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń: 158-160.
- Niedźwiedz T., 1992. Wybrane problemy klimatologii synoptycznej Spitsbergenu, Problemy Klimatologii Polarnej, 2, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia: 77-84.
- Niedźwiedz T., 1992-1993. Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem, Folia Geographica, series Geographica Physica, vol. XXIV-XXV, Kraków: 85-97.
- Niedźwiedz T., 1993a. The main factors forming the climate of the Hornsund (Spitsbergen), Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, z. 94, Kraków: 49-63.
- Niedźwiedz T., 1993b. Long-term variability of the atmospheric circulation over Spitsbergen and its influence on the air temperature, XX Polar Symposium, Lublin: 17-30.
- Niedźwiedz T., 1997a. Częstość występowania typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-1995), Problemy Klimatologii Polarnej, 7, Gdynia: 9-18.
- Niedźwiedz T., 1997b. Wieloletnia zmienność wskaźników cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem i ich rola w kształtowaniu temperatury powietrza, Problemy Klimatologii Polarnej, 7, Gdynia: 19-40.
- Niedźwiedz T., 2001. Kalendarz typów cyrkulacji nad Spitsbergenem: grudzień 1950 – marzec 2001 (zbiór komputerowy w Katedrze Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec).
- Nordli P. O., Forland E. J., Niedźwiedz T., 2000. Wind-chill temperature at Svalbard and Jan Mayen, Klima, Report No. 07/00, Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo: pp. 47.
- Przybylak R., 1992. Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978-1983. Dokumentacja Geograficzna, z. 2: ss. 105.
- Tägliche Wetterbericht, 1950-1975, Deutsche Wetterdienst (od 1976 r. Europäischer Wetterbericht).
- Ustrnul, Z.: 1997. Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku, Materiały Badawcze, Seria: Meteorologia, 27, IMGW, Warszawa: ss. 208.
- Yarnal, B.: 1993. Synoptic climatology in environmental analysis. A primer, Belhaven Press, London and Florida: pp. 195.

Variability of atmospheric circulation above Spitsbergen in the second half of 20th Century

Summary

The study presents variability of different circulation indices above the Spitsbergen for the period 1951-2000. Investigated area covers the part of the Atlantic sector of the Arctic located between 75-80°N and 0-30°E. The study based on the original calendar of circulation types

(Niedzwiedz 1981, 2001), prepared with the help of the synoptic maps of Europe (Europäischer Wetterbericht, 1976-2000, Tägliche Wetterbericht 1950-1975). Twenty circulation types have been distinguished. The advection directions are marked by the capital letters while the anticyclonic situations by the subscript a and the cyclonic ones by subscript c; for example, Wa and Wc denote the anticyclonic and cyclonic situations respectively, with the air advection from the West. Thus, there are 16 circulation types with definite directions of the air masses. The other 5 situations are nonadvective: Ca - centre of anticyclone, Ka - anticyclonic wedge, Cc - centre of cyclone, Bc - cyclonic trough, and x - col and the situations which cannot be classified. This classification is similar to Lamb (1972) types and based on methods described in the most important works in synoptic climatology (Barry and Perry 1974, Yarnal 1993).

The frequencies of the occurrence of all the distinguished circulation types for the 50-years period of 1951-2000 are presented on the table 4. On the average, the anticyclonic wedge (Ka – 10.4 %) is the most frequent in the Spitsbergen. The second one is situation Ec and NE occurs during 9.9 and 8.8% of the days. The centre of high pressure over Spitsbergen (1.3 % of the days) and the NW situation (1.5 % of the days) are the least frequent. Weather and climate of Spitsbergen are modelled by the intensive cyclonic activity during 56 % of the days in a year. The largest frequency of the occurrence of low pressure systems is characteristic for the period from September to March with maximum in November (66 %), December and January (65%). The number of days with high pressure systems exceeds 50 % only in May (59 %).

The variability of circulation have been obtained using the simple circulation indices: zonal westerly circulation W index, similar to P progression index, index of southerly circulation - S, and index of cyclonicity - C, as proposed by R. Murray and R. Lewis (1966) with some modifications. The author of this paper calculated these indices for each year, season and month (tables 1-3).

The most characteristic for Spitsbergen is the zonal form of circulation with the eastern component ($W = -147$ for a year) with the great intensity in the period from October to April (March – 20.9). The minimum in the eastern air-flow can be observed in summer (July +0.7). Another characteristic feature for Spitsbergen is predomination of the cyclonic patterns (index $C = 56$ for a year), especially in the period from September to March (November 12.8). In May the index C is negative (-9.4), which confirms the great activity of anticyclonic pattern. Among the southerly circulation forms the northern component dominates (index $S = -36$ for a year). Only in July and August the opposite situation can be observed.

Circulation forms over Spitsbergen have been fluctuated in the long-term period. In 1951-2000 the greatest changes have been observed in the indices C and W (fig. 3-7). Significant increasing trend was observed in annual values of C and S indices. Southerly circulation index S is well connected with North Atlantic Oscillation (NAO) index (table 6).

The best correlation between the mean temperature at Hornsund and circulation indices exists for the S index (table 7).