

# WIELOLETNIA ZMIENNOŚĆ WSKAŹNIKÓW CYRKULACJI ATMOSFERY NAD SPITSBERGENEM I ICH ROLA W KSZTAŁTOWANIU TEMPERATURY POWIETRZA

*Tadeusz Niedźwiedź*

Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Kraków

## Wstęp

W wielu badaniach z zakresu klimatologii synoptycznej coraz więcej uwagi poświęca się obszarom arktycznym, głównie z powodu dużego natężenia procesów atmosferycznych i przypisywanej im bardziej czulej niż gdzie indziej reakcji na zmiany globalne. Na przykład w Europejsko-Atlantyckim sektorze Arktyki największe zmiany temperatury były obserwowane w pierwszej połowie ostatniego stulecia na obszarze Spitsbergenu. Również w modelach zmian klimatu wywołanych przez wzmożone oddziaływanie efektu cieplarnianego w wymienionym obszarze oczekuje się wystąpienia największego ocieplenia w pierwszej połowie XXI wieku (Houghton *i in.* 1996). Pamiętać jednak trzeba o tym, że błędy w temperaturach powietrza generowanych przez Modele Ogólnej Cyrkulacji Atmosfery (GCM - General Circulation Models) są największe na obszarze między Spitsbergenem a NE wybrzeżem Grenlandii. Dlatego też dalsze badania nad zmiennością wieloletnią cyrkulacji atmosfery i temperatury powietrza na obszarze Spitsbergenu nabierają dużego znaczenia i mogą pomóc w wyjaśnieniu genezy i tendencji współczesnych zmian klimatu. Do tej pory jest bardzo trudno odpowiedzieć na pytanie, czy obserwowane dotychczas zmiany klimatu Arktyki mieszczą się jeszcze w granicach ich naturalnej zmienności, czy też

widoczna jest w tym procesie rola czynnika antropogenicznego? W świetle najnowszych badań Przybylaka (1996), dla Arktyki w ostatnich kilkudziesięciu latach charakterystyczne są ujemne trendy temperatury powietrza, co jest sprzeczne z wynikami wielu modeli klimatycznych.

Temperatury powietrza na Spitsbergenie w znacznej mierze są kształtowane przez czynniki cyrkulacyjne (Niedźwiedź 1987, 1992, 1993, Pereyma 1983, Przybylak 1992, Rodzik i Stepko 1985). Procesy cyrkulacji atmosfery nad tym obszarem są jednak bardzo zróżnicowane.

Wielokrotnie, dość głębokie układy niskiego ciśnienia, przemieszczają się z Atlantyku Północnego od strony Islandii poprzez morza Norweskie i Barentsa w kierunku Nowej Ziemi. Niekiedy centrum głębokiego niżu może znaleźć się bezpośrednio nad Spitsbergenem. Ta duża aktywność cykloniczna jest przyczyną dużych wahań ciśnienia atmosferycznego i szybkich zmian mas powietrza docierających do archipelagu. Największa aktywność niżowa charakterystyczna jest dla stycznia, co na mapach średniego miesięcznego ciśnienia widoczna jest bruzda cyklonalna, której oś przebiega od strony Islandii poprzez Wyspę Niedźwiedzią w kierunku na Morze Barentsa (Korvova 1976). Niże przemieszczające się przez Spitsbergen powodują adwekcję cieplejszego powietrza z Atlantyku i przyczyniają się do zaniku lokalnych inwersji temperatury powietrza wskutek wzrostu zachmurzenia i prędkości wiatru. Z kolei wyże pojawiające się czasami nad badanym obszarem powodują znaczne wychłodzenie radiacyjne w zimie i sprzyjają silniejszemu ogrzaniu, zwłaszcza terenów w głębi archipelagu, wskutek silniejszej insolacji w lecie.

W odróżnieniu od wcześniejszych poglądów, w centralnej części Basenu Arktycznego nie ma stacjonarnego wyżu polarnego (Jones 1987), a obszar ten jest stosunkowo często nawiedzany przez szybko przemieszczające się niże docierające ze strefy umiarkowanej. Mogą tu powstawać także lokalne niże arktyczne, zwłaszcza w lecie (Dziedziewicz 1975). Wyże, które pojawiają się w zimie i na wiosnę stanowią najczęściej odgałęzienie wyżu grenlandzkiego lub wyżu, którego centrum dość często znajduje się nad Kanadyjskim Archipelagiem Arktycznym. Zgodnie ze współczesnymi mapami ciśnienia w Arktyce (Korvova 1976), zatoka niżu islandzkiego sięgająca w głąb Arktyki, jest najwyraźniej widoczna w zimie. W styczniu na przykład, front arktyczny leżący w osi tej bruzdy, rozciąga się mniej więcej wzdłuż równoleżnika 73°N, na południe od Wyspy Niedźwiedziej. Na południe od wymienionej bruzdy przeważa zachodni przepływ powietrza, natomiast na północ od niej (a więc dla obszaru Spitsbergenu) charakterystyczna jest

adwekcja powietrza ze wschodu i północo-wschodu. Opisany powyżej rozkład ciśnienia charakterystyczny dla zimy, utrzymuje się do końca marca.

Na wiosnę znacznemu wzmocnieniu ulega wyż północno-amerykański, którego klin sięga poprzez biegun w kierunku Spitsbergenu. Z tego powodu maksymalne ciśnienie na Spitsbergenie występuje w maju. W lecie gradienty ciśnienia są małe, a w polu ciśnienia zaznacza się kilka lokalnych niżów nad basenem arktycznym. Obszar nieznacznie podwyższonego ciśnienia (ponad 1012 hPa) pojawiający się nad Morzem Barentsa w lipcu, czasami obejmuje także Spitsbergen. W lecie, pogodę na Spitsbergenie kształtują zarówno układy niżowe jak i wyżowe. Te ostatnie są przyczyną dużych lokalnych różnic termicznych wynikających z nierównomiernego dopływu promieniowania słonecznego, zależnie od ekspozycji i osłonięcia terenu. Ponownie zwiększoną aktywność procesów cyrkulacyjnych obserwuje się w październiku. Wzrastają wtedy gradienty ciśnienia i stopniowo wykształca się zimowy typ stosunków cyrkulacyjnych.

Głównym celem pracy jest **poznanie zmienności wieloletniej głównego czynnika kształtującego klimat Spitsbergenu, a mianowicie cyrkulacji atmosfery** (Niedźwiedź 1993). W dalszych badaniach będzie podjęta **próba wyjaśnienia wpływu cyrkulacji atmosfery na kształtowanie temperatury powietrza**. Jest to nowoczesne, tzw. dynamiczne ujęcie problemu, możliwe przy zastosowaniu metod klimatologii synoptycznej. Przydatność metody synoptycznej w wyjaśnianiu wielu zjawisk klimatycznych została potwierdzona w wielu opracowaniach (Barry 1989, Barry, Perry 1973, Emmrich 1991, Murray i Lewis 1966, Kożuchowski 1993, Przybylak 1992, 1996, 1997, Ustrnul 1987, Yarnal 1993). Szczególnie przydatne są tu syntetyczne wskaźniki cyrkulacji: wskaźnik cyrkulacji zachodniej, południowej i wskaźnik cykloniczności.

### **Materiały i metoda**

Przy opracowaniu dynamiki cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem wykorzystano metody wypracowane przy opracowaniu charakterystyk cyrkulacyjno-klimatycznych dla Europy Środkowej (Niedźwiedź 1981). Pełne materiały synoptyczne dla Spitsbergenu zostały zebrane za lata 1951-1997 (Europäischer Wetterbericht 1976-1997, Tägliche Wetterbericht 1951-1975), a na ich podstawie został sporządzony kalendarz typów cyrkulacji. Dalsze badania będą zmierzały do uzyskania materiałów synoptycznych od począt-

ku bieżącego stulecia, o ile to okaże się możliwe, na przykład poprzez uzyskanie dostępu do amerykańskich historycznych map synoptycznych półkuli północnej (Historical Weather Map 1899-1950). W niniejszym opracowaniu próbę takiej analizy wykonano tylko dla stycznia (1899-1997).

Zmienność cyrkulacji atmosfery w poszczególnych porach roku nad Spitsbergenem określono poprzez zastosowanie bardzo prostych wskaźników wprowadzonych przez Murraya i Lewisa (1966), z dalszą ich modyfikacją zastosowaną dla polskiej klasyfikacji typów cyrkulacji (Niedźwiedź 1981, 1993).

Najważniejszy jest **wskaźnik cyrkulacji zachodniej W**, nazywany w oryginale wskaźnikiem progresji P (Murray i Lewis 1966). Oblicza się go dla miesięcy, pór roku lub roku, poprzez sumowanie odpowiednich punktów wagowych przypisywanych poszczególnym typom cyrkulacji:

- +2 dla adwekcji z W,
- +1 dla adwekcji z NW i SW,
- 2 dla adwekcji z E,
- 1 dla adwekcji z NE i SE,
- 0 dla pozostałych sytuacji.

Jak łatwo zauważyć, wartości wskaźnika W są liczbami niemianowanymi. Duże wartości dodatnie informują o znacznej intensywności przepływu powietrza z zachodu, ujemne zaś o cyrkulacji atmosfery z przewagą adwekcji mas powietrza ze wschodu.

**Wskaźnik cyrkulacji południowej S** obliczany jest przez sumowanie następujących punktów wagowych przypisanych poszczególnym typom cyrkulacji:

- +2 dla adwekcji z S,
- +1 dla adwekcji z SW i SE,
- 2 dla adwekcji z N,
- 1 dla adwekcji z NW i NE,
- 0 dla pozostałych sytuacji.

Tak więc liczby dodatnie wskaźnika S świadczą o częstym występowaniu napływu powietrza z południa, ujemne zaś o adwekcji z północy.

**Wskaźnik cykloniczności C** wyznacza się przez zsumowanie następujących punktów wagowych:

- +1 dla wszystkich sytuacji cyklonalnych,
- 1 dla wszystkich sytuacji antycyklonalnych.

Tak więc dodatnia wartość wskaźnika C informuje o przewadze częstości występowania niżów nad wyżami. Ujemna natomiast wskazuje na większą aktywność układów antycyklonalnych w danym okresie.

Po uzupełnieniu dotychczasowej bazy typów cyrkulacji i obliczeniu według własnej już wypracowanej metody, głównych wskaźników cyrkulacji, wykonana została analiza ich zmienności wieloletniej w poszczególnych porach roku. Zastosowane zostały metody analizy statystycznej szeregów czasowych: wygładzanie przy pomocy średnich konsekwentnych 10-letnich, badanie okresowości (analiza widmowa) oraz trendów.

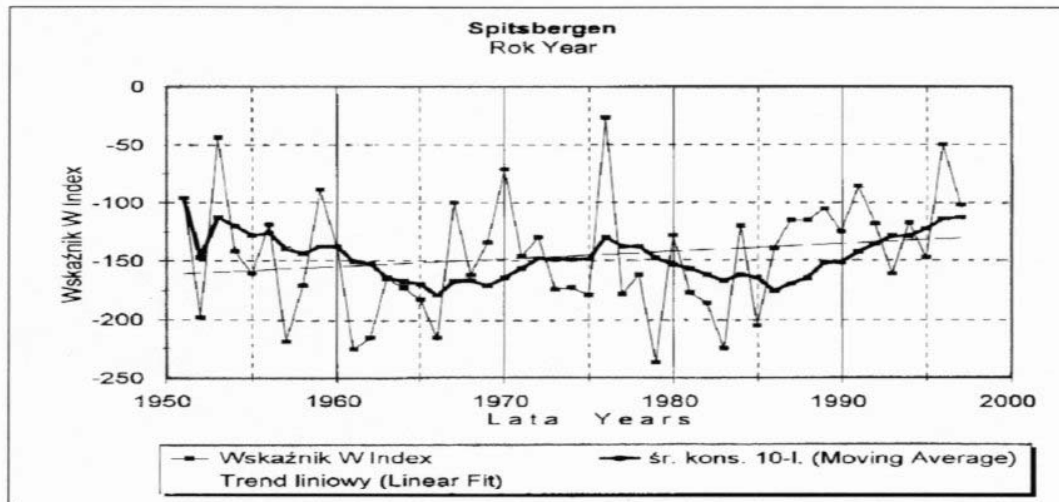
Na przykładzie stycznia podjęto próbę określenia wpływu cyrkulacji atmosfery na temperaturę powietrza na Spitsbergenie. Uzyskanie jednorodnych danych termicznych nie było jednak proste. Pierwsze regularne pomiary temperatury rozpoczęto w grudniu 1911 r. w Green Harbour (78°02'N, 14°14'E, Hs = 7 m). Od września 1934 do czerwca 1976 najlepsza seria termiczna istnieje dla przybrzeżnej stacji Isfjord Radio (78°04'N, 13°38'E, Hs = 5 m). Serię tą doprowadziła do jednorodności Steffensen (1969, 1982) za lata 1911-1976. Wartości temperatury za okres 1977-1997 oszacowano metodami regresji, wykorzystując wyniki badań norweskich (Nordli 1990), a także dane ze stacji Hornsund (77°00'N, 15°33'E, Hs = 10 m), Ny-Alesund (78°55'N, 11°56'E, Hs = 8 m) i Svalbard-Lufthavn (78°15'N, 15°28'E, Hs = 28 m) uzyskane z różnych źródeł (Norsk Meteorologisk Arbok, 1911-1979, Klimatologisk Manedsvorsikt, 1980-1995, Monthly Climatic Data, 1996-1997, Wielbińska 1980-1990, Miętus 1991-1995, Sobik 1981-1982).

### **Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W**

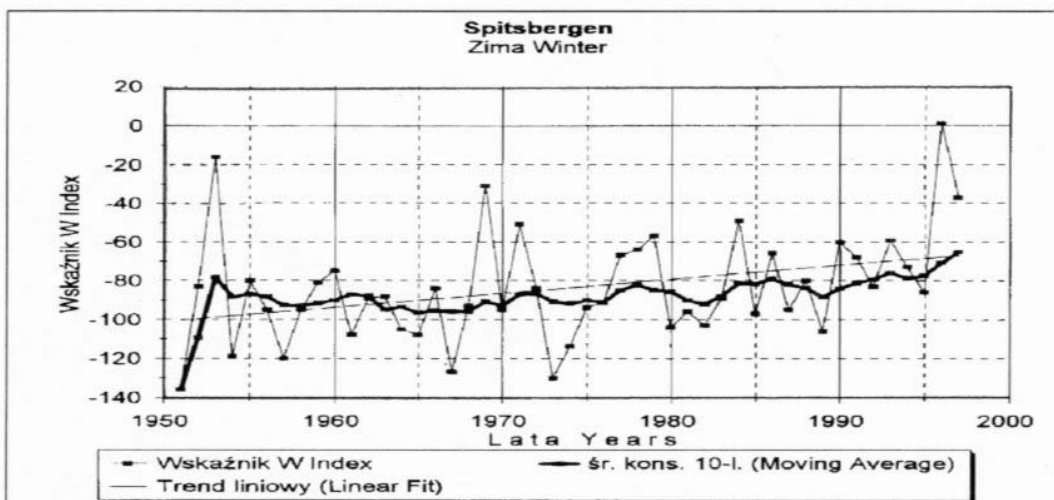
Średnia roczna wartość wskaźnika W przyjmuje na Spitsbergenie wartość ujemną -149, co świadczy o intensywnej adwekcji powietrza ze wschodniego sektora horyzontu. W przebiegu rocznym obserwuje się znaczne zmiany, od +1 w lipcu do -21 w marcu. Duże wahania występowały też w przebiegu wieloletnim, przeanalizowanym od roku 1951 do 1996.

Wartości roczne wskaźnika (ryc. 1) mają trend rosnący. Jednak średnie konsekwentne dziesięcioletnie wykazują dwa minima, w dziesięcioleciach kończących się w roku 1966 i 1986, maksima obserwowano na początku i pod koniec serii oraz w roku 1976. Między skrajnymi latami 1976 ( $W=-27$ ) i 1979 ( $W=-237$ ) wystąpił największy spadek wskaźnika.

Podobną tendencję wzrostową, a więc osłabienie wschodniej cyrkulacji, obserwowano też w poszczególnych porach roku. W zimie (ryc. 2) przy przeciętnej -87 obserwowano trend rosnący wskaźnika od -100 do około -70. Najwyższa wartość i to dodatnia wskaźnika (+1) wystąpiła w zimie 1995/96. Minima notowano w czasie zim 1950/51 (-136), 1966/67 (-127) oraz 1972/73 (-130).

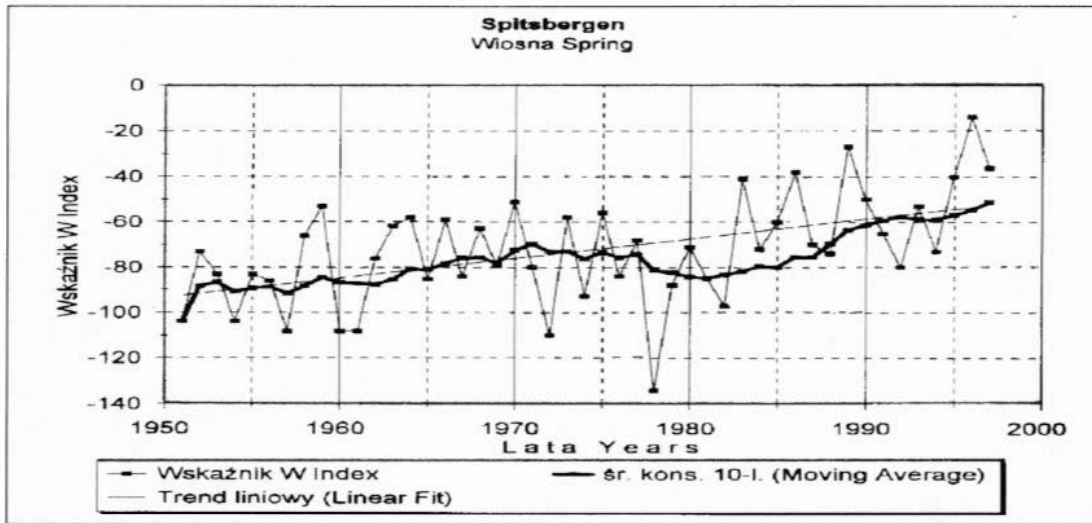


Ryc. 1. Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W - wartości roczne  
Fig. 1. Variability of the zonal westerly circulation index W - annual values

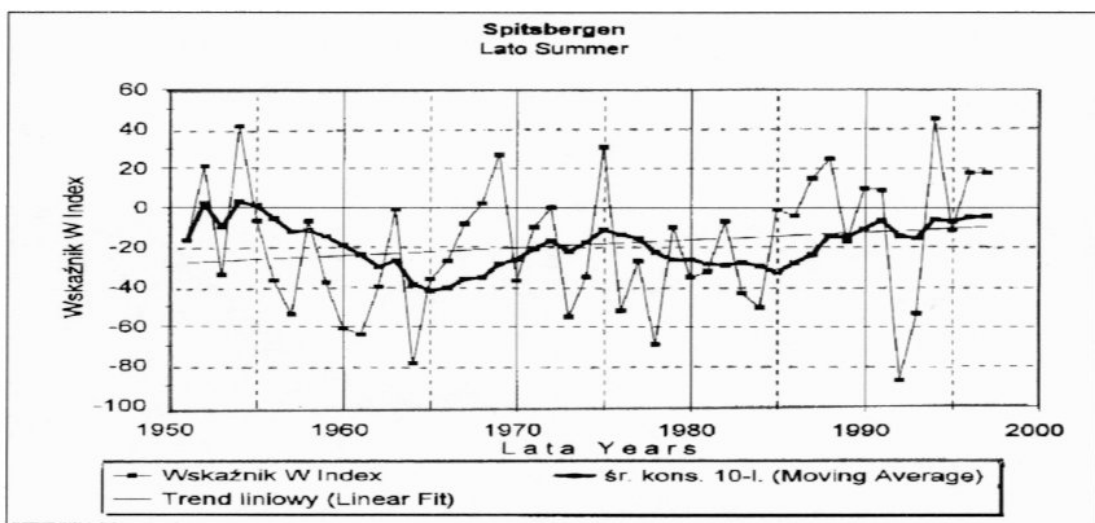


Ryc. 2. Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W - zima (XII-II)  
Fig. 2. Variability of the zonal westerly circulation index W - Winter (XII-II)

Na wiosnę (ryc. 3) przy średniej wieloletniej  $-75$  widoczny jest też liniowy trend rosnący, od około  $-90$  do  $-55$ ). Wyjątkowo niską wartość zanotowano wiosną 1978 roku ( $-134$ ), natomiast maksimum wystąpiło w roku 1996 ( $-14$ ). Zdecydowany wzrost wskaźnika notuje się od wiosny roku 1981.



Ryc. 3. Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W - wiosna (III-V)  
Fig. 3. Variability of the zonal westerly circulation index W - Spring (III-V)



Ryc. 4. Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W - lato (VI-VIII)  
Fig. 4. Variability of the zonal westerly circulation index W - Summer (VI-VIII)

W lecie (ryc. 4) wartość wskaźnika  $W$  wynosi tylko -20, co świadczy o osłabieniu adwekcji powietrza ze wschodu. W badanym okresie przez 11 okresów letnich występowały wartości dodatnie, świadczące o adwekcji mas powietrznych z zachodu. Maksymalną wartość zanotowano w lecie 1994 roku (+45) i nieco mniejszą wartość latem roku 1954 (+41). Ale latem roku 1992 notowano bardzo niską wartość (-87) i później gwałtowny przeskok do maksimum w roku 1994. Trend rosnący w całym okresie jest niewielki, przy czym w świetle średnich konsekwentnych 10-letnich widoczne są dwa minima, jedno około roku 1965 oraz drugie około roku 1985.

W jesieni (ryc. 5) wskaźnik  $W$  osiąga ponownie niskie wartości ujemne, średnio -71. Trend rosnący przebiega od -80 do -60, ale największe zmiany widoczne są w końcowej części badanego okresu, od minimum w jesieni 1982 roku (-125), 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.

### **Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej $S$**

Średnia roczna wartość wskaźnika  $S$  przybiera na Spitsbergenie wartość ujemną -37, co świadczy o przewadze napływu powietrza z sektora północnego nad adwekcją z sektora południowego. Tylko w lipcu i sierpniu sytuacja jest odwrotna i wtedy wskaźnik  $S$  osiąga wartości odpowiednio +3 i +2. Minimum wskaźnika  $S$  przypada na maj (-6), a wtórne minimum zaznacza się w październiku (-5).

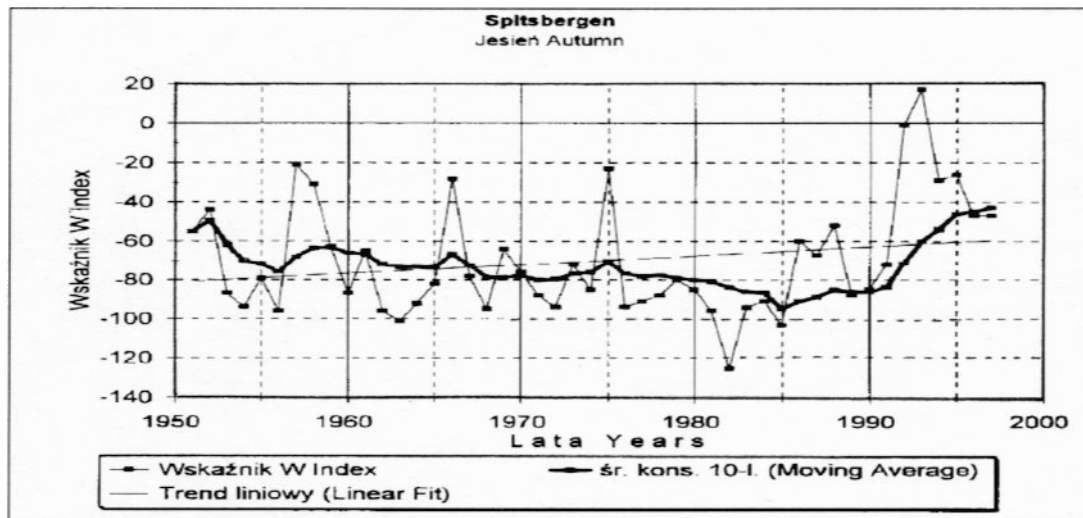
W przebiegu wieloletnim obserwowano niewielki trend rosnący, od około -50 w roku 1951 do -25 w 1996 (ryc. 6). Najniższa wartość wystąpiła w roku 1968 (-160). Natomiast sześć razy pojawiły się w skali rocznej wartości dodatnie, osiągając +66 w roku 1984.

W zimie wskaźnik  $S$  wynosił średnio -12 (ryc. 7) i ulegał trzykrotnym fluktuacjom w świetle średnich konsekwentnych dziesięcioletnich, z minimami na początku okresu, w zimie 1970/71 oraz 1983/1984 a także w czasie ostatniej zimy 1996/97. Najniższa wartość wystąpiła w czasie zimy 1962/1963 (-50). Dodatnie maksima pojawiły się dziewięć razy, dochodząc do +20 w zimie 1989/90.

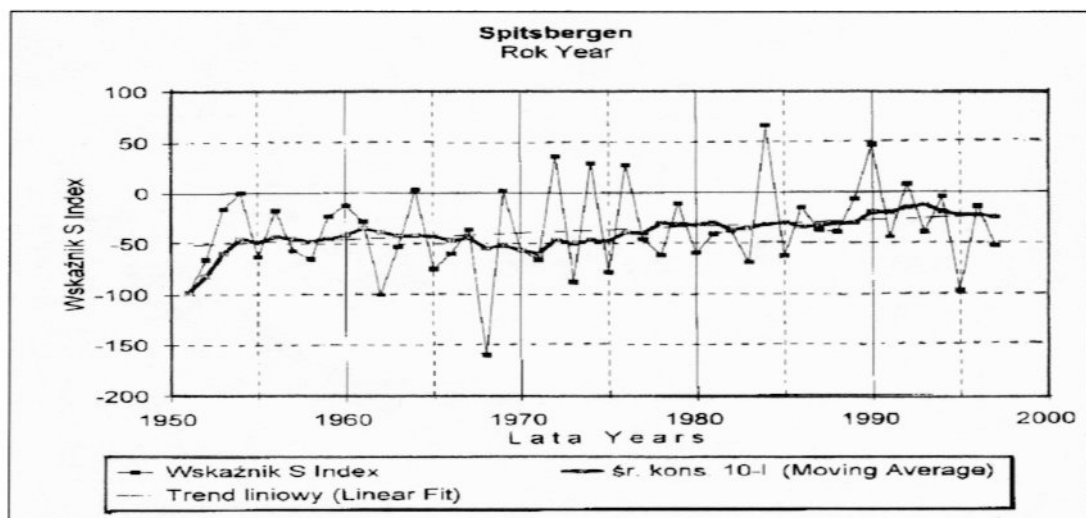
Wiosną wskaźnik  $S$  osiąga najniższe wartości, średnio -15. W przebiegu wieloletnim widoczny jest trend rosnący od -22 do -8 (ryc. 8).



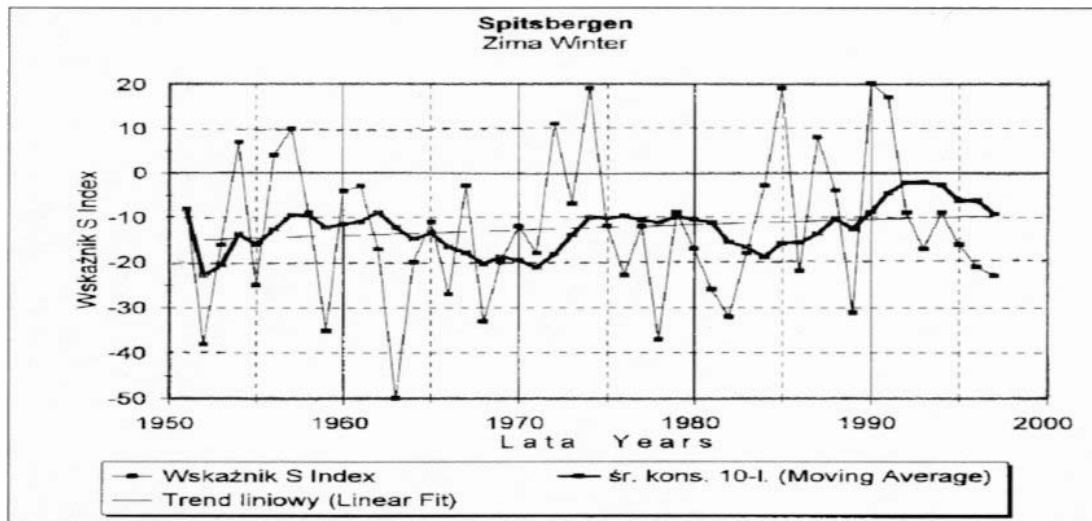
Wartości skrajne zmieniały się od -57 na wiosnę 1951 roku do +19 wiosną 1976 i 1994 roku. Od roku 1975 przy stosunkowo często występujących wartościach dodatnich, charakterystyczne są duże wahania wskaźnika z roku na rok.



Ryc. 5. Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W - jesień (IX-XI)  
Fig. 5. Variability of the zonal westerly circulation index W - Autumn (IX-XI)

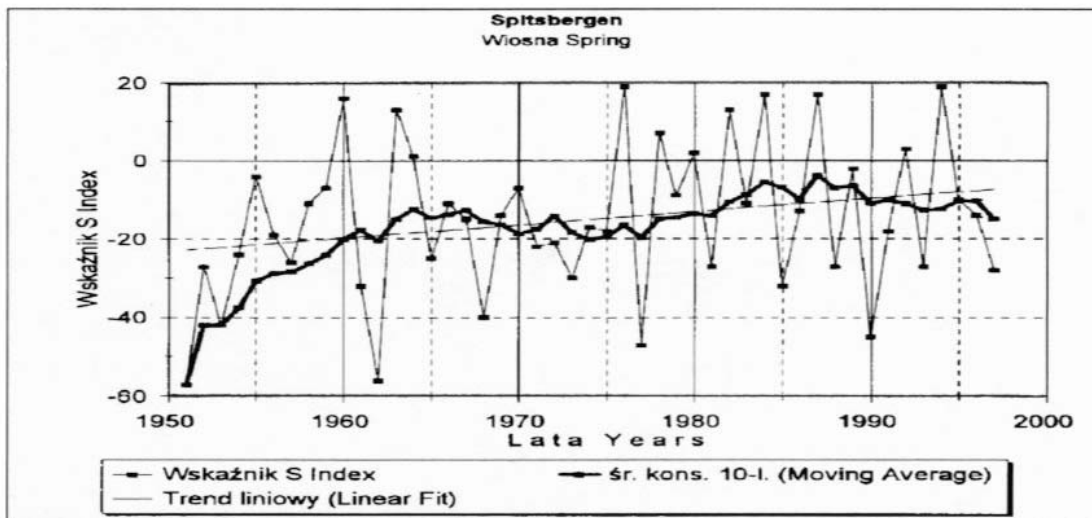


Ryc. 6. Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S - wartości roczne  
Fig. 6. Variability of the southerly circulation index S - annual values



Ryc. 7. Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S - zima (XII-II)

Fig. 7. Variability of the southerly circulation index S - Winter (XII-II)

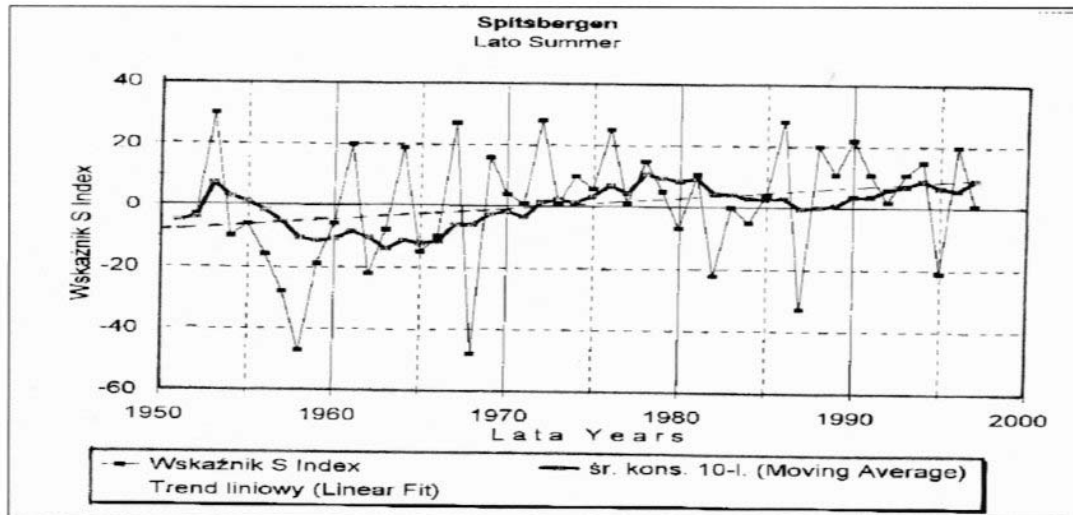


Ryc. 8. Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S - wiosna (III-V)

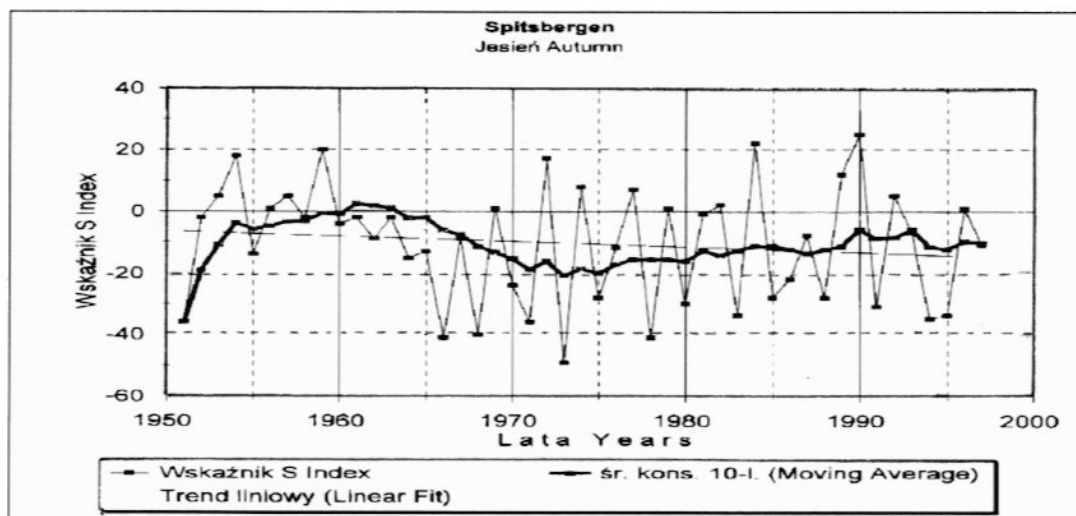
Fig. 8. Variability of the southerly circulation index S - Spring (III-V)

Latem wskaźnik S osiąga średnio +1. W badanym okresie widoczny jest niewielki trend dodatni, od -8 do +8 (ryc. 9). W pojedynczych przypadkach obserwowano bardzo niskie wartości latem 1968 (-48) oraz w lecie 1958 (-47). Maksimum wystąpiło w lecie roku 1953 (+30). Wysokie wartości dodatnie pojawiły się jeszcze w lecie 1967 (+27), oraz 1972 i 1986 roku (+28).

W jesieni średnia wartość wskaźnika S wynosi -11, a jego przebieg wieloletni wykazuje trend malejący (ryc. 10). Przy dużych wahaniami z roku na rok minimum dziesięcioletnie przypadło w roku 1973. Wartości skrajne wahały się od -49 w jesieni roku 1973 do +25 w jesieni roku 1990.



Ryc. 9. Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S - lato (VI-VIII)  
Fig. 9. Variability of the southerly circulation index S - Summer (VI-VIII)



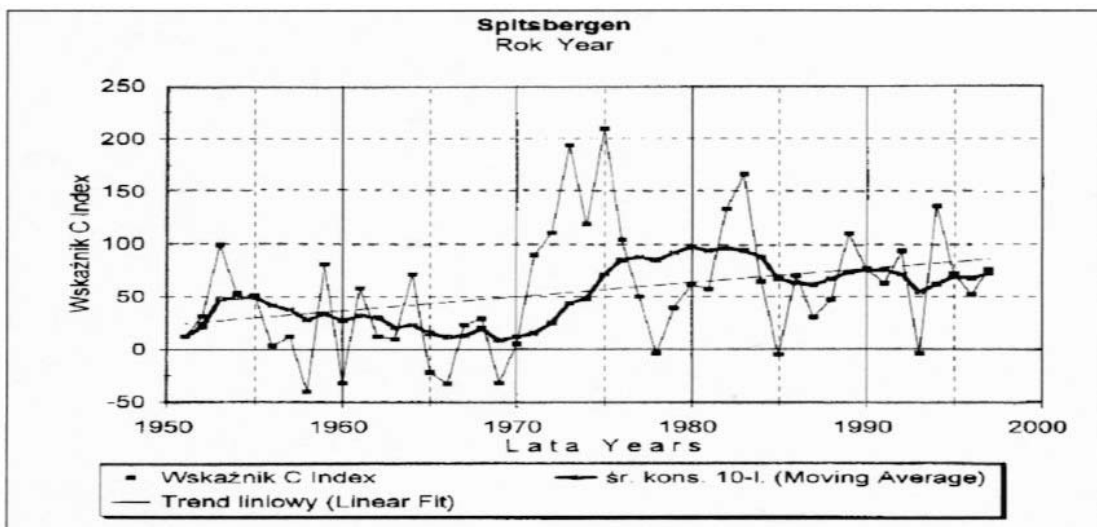
Ryc. 10. Zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S - jesień (IX-XI)  
Fig. 10. Variability of the southerly circulation index S - Autumn (IX-XI)

### Zmienność wskaźnika cykloniczności C

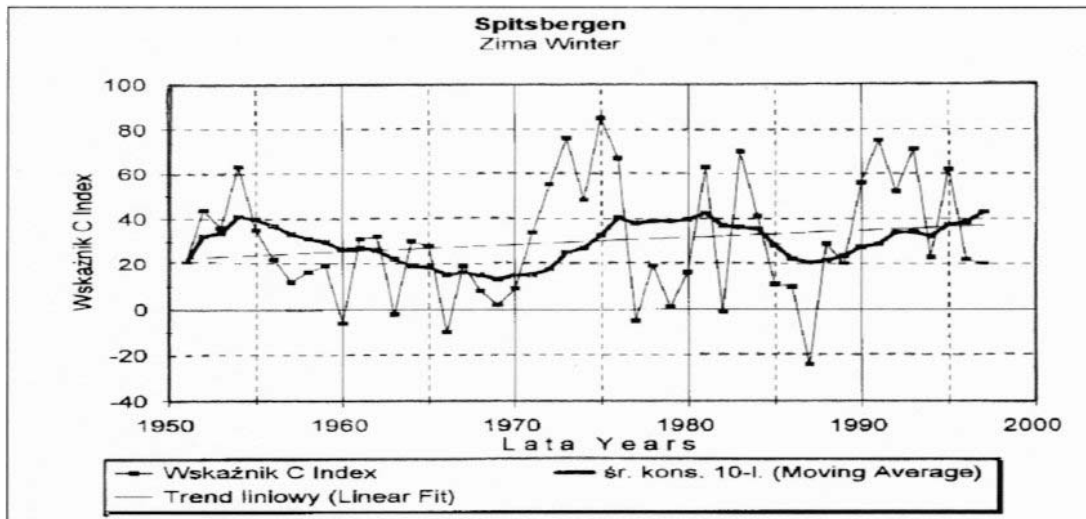
Dla Spitsbergenu charakterystyczna jest wzmożona aktywność cykloniczna, stąd średnia roczna wartość wskaźnika C osiąga +55. W przebiegu wieloletnim obserwuje się tendencją wzrostową aktywności niżowej (ryc. 11). Trend wskaźnika C zmienia się od około 25 do 80 w okresie 1951-1996. Najbardziej aktywne pod względem występowania niżów było dziesięciolecie 1971-1980 ( $C=+100$ ), z maksymalną wartością wskaźnika C w roku 1975 (+209). Najmniej niżów pojawiało się w okresie 1960-1969. 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 do -40.

W zimie aktywność cyklonalna jest znaczna i wskaźnik C średnio wynosi +30. Widoczny jest trend dodatni wskaźnika z trzema fluktuacjami (ryc. 12). Najbardziej cyklonalny był okres 1973-1982, a najmniej cyklonalne były zimy z lat 1960-1969. Minimum wskaźnika C zanotowano w czasie zimy 1986/87 (-24), a więc była to najbardziej wyżowa zima w badanym okresie. Najwyższa wartość wskaźnika C przypada na zimę 1974/75 (+85).

Na wiosnę średnia wartość wskaźnika C wynosi -1. W przebiegu wieloletnim, przy ogólnym trendzie dodatnim wskaźnika, wiosny wyżowe przeplatają się z niżowymi (ryc. 13). Maksimum wskaźnika odnotowano wiosną 1975 roku (+51), minimum zaś na wiosnę roku 1958 (-62).

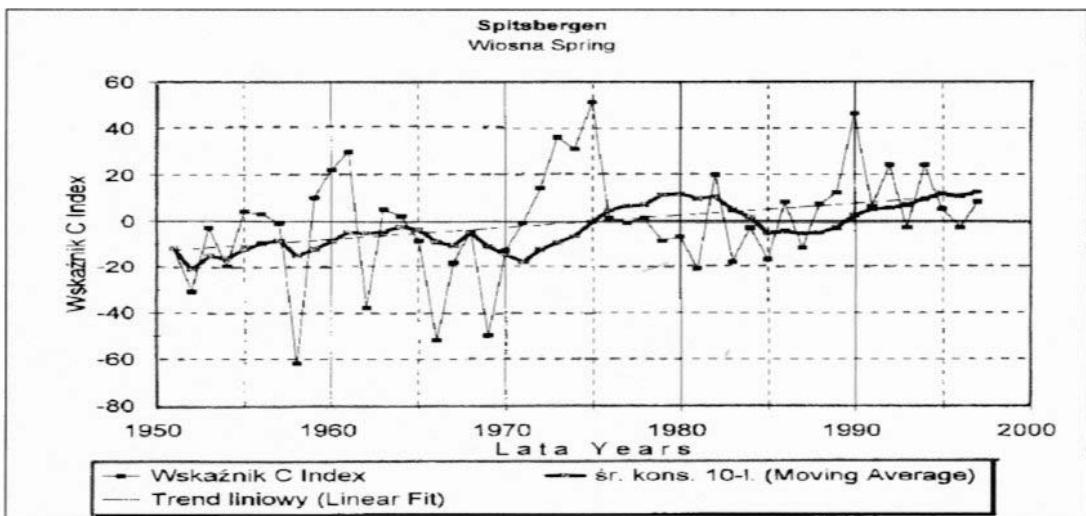


Ryc. 11. Zmienność wskaźnika cykloniczności C - wartości roczne  
Fig. 11. Variability of the cyclonicity index C - annual values



Ryc. 12. Zmienność wskaźnika cykloniczności C - zima (XII-II)

Fig. 12. Variability of the cyclonicity index C - Winter (XII-II)

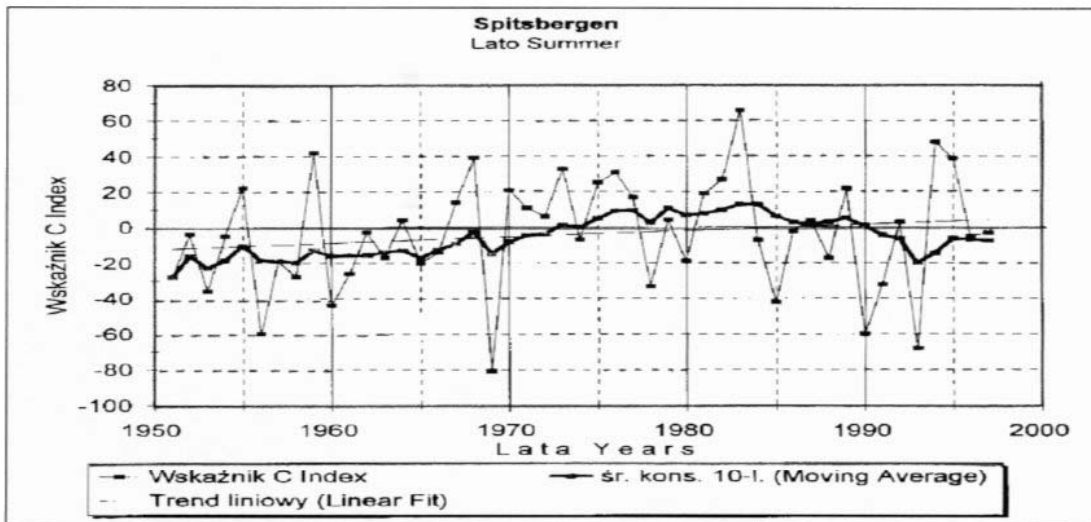


Ryc. 13. Zmienność wskaźnika cykloniczności C - wiosna (III-V)

Fig. 13. Variability of the cyclonicity index C - Spring (III-V)

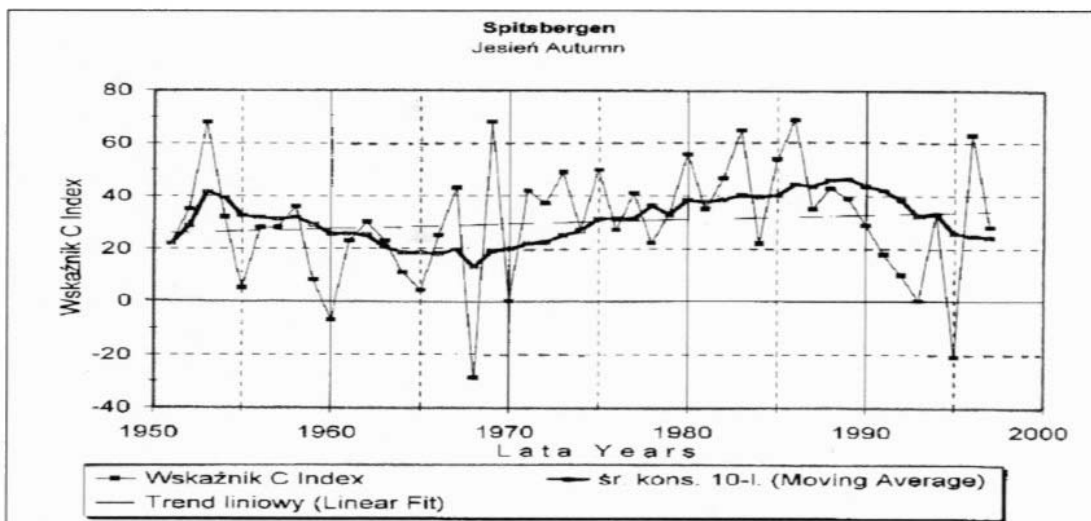
W lecie średnia wartość wskaźnika osiąga -4. W przebiegu wieloletnim występuje niewielki trend dodatni (ryc. 14). W pojedynczych latach wartości zmieniają się w dość dużych granicach, od -81 w lecie roku 1969 do +66 w lecie 1983 roku.

W jesieni ponownie wzrasta aktywność cyklonalna i średnia wartość wskaźnika C osiąga +29. Trend dodatni jest nieznaczny ale charakterystyczna jest duża płynność wahań (ryc. 15). Do najbardziej wyżowych należały jesień 1968 (C=-29) i 1995 (C=-21). Największą aktywnością niżową odznaczała się jesień roku 1986 (C=+69). Wysokie wartości wskaźnika C notowane także podczas jesieni 1953 (+68), 1969 (+68), 1983 (+65) oraz 1996 (+63).



Ryc. 14. Zmienność wskaźnika cykloniczności C - lato (VI-VIII)

Fig. 14. Variability of the cyclonicity index C - Summer (VI-VIII)



Ryc. 15. Zmienność wskaźnika cykloniczności C - jesień (IX-XI)

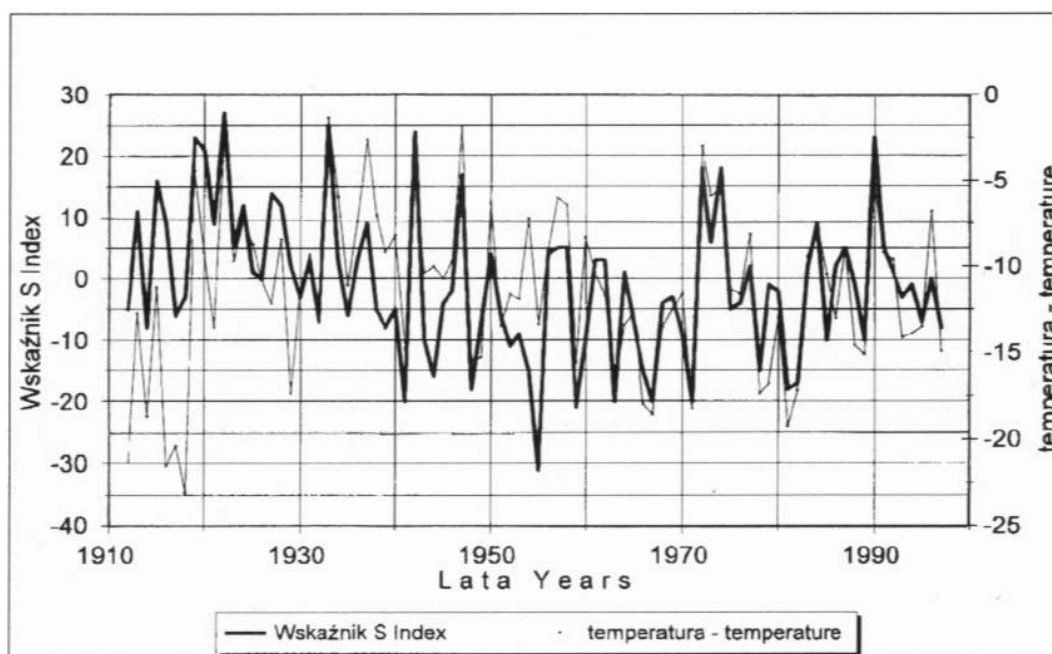
Fig. 15. Variability of the cyclonicity index C - Autumn (IX-XI)

### Wpływ cyrkulacji atmosfery na temperaturę stycznia

Cyrkulacja atmosfery odgrywa znaczącą rolę w kształtowaniu temperatury powietrza w Arktyce, zwłaszcza w okresie zimowym. W celu sprawdzenia ilościowego tego oddziaływania przebadano wartości wskaźników cyrkulacji i średniej temperatury stycznia w Isfjord Radio za styczeń 1912-1997. Zastosowano przy tym metodę korelacji i regresji prostoliniowej.

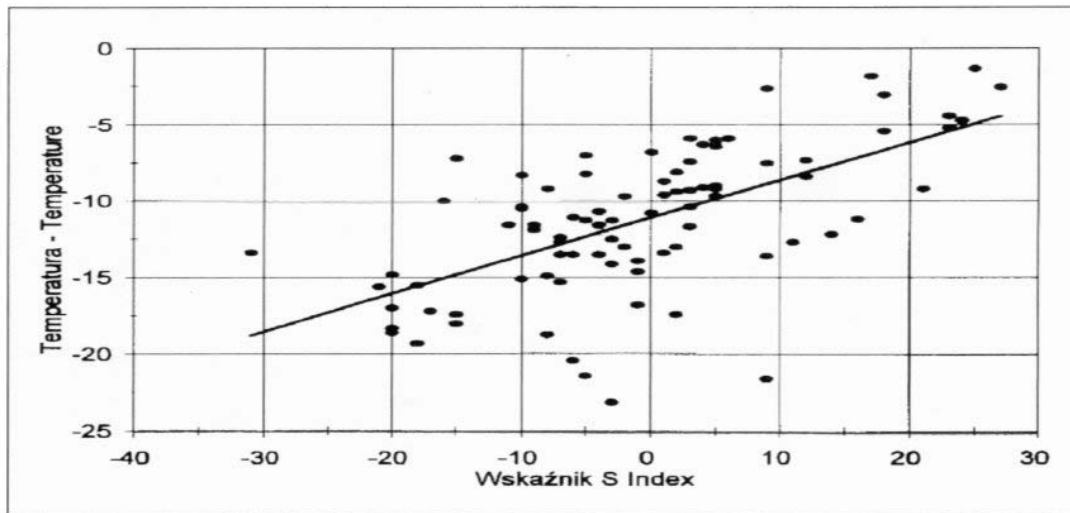
Już pobieżne porównanie wykresu przebiegu temperatury stycznia i wskaźnika cyrkulacji południowej S wskazuje na duże podobieństwa w kształcie krzywych (ryc. 16). Współczynnik korelacji liniowej między tymi wskaźnikami wynosi aż 0.62 (istotny na poziomie 0.1%), co oznacza, że wskaźnik S objaśnia 38% zmienności temperatury stycznia. Linia regresji (ryc. 17) pozwala na oszacowanie średniej temperatury stycznia ( $t_{01}$ ) na podstawie wskaźnika S z dokładnością  $\pm 3.8^{\circ}\text{C}$ , na podstawie równania:

$$t_{01} = -11.1 + 0.2478 S$$



Ryc. 16. Wieloletnia zmienność wskaźnika cyrkulacji południowej S i średniej temperatury stycznia w Isfjord Radio w okresie 1912-1997

Fig. 16. Long-term variability of southerly circulation index S and mean January temperature in Isfjord Radio during the period of 1912-1997



Ryc. 17. Zależność średniej temperatury stycznia w Isfjord Radio od wskaźnika cyrkulacji południowej S

Fig. 17. Dependence of mean January temperature in Isfjord Radio from southerly circulation index S

Dość dobrą zgodność przebiegu temperatury stycznia uzyskano z wskaźnikiem cyrkulacji zachodniej W (ryc. 18). Współczynnik korelacji liniowej między tymi elementami jest nieco mniejszy niż w przypadku wskaźnika S, i wynosi 0.43 (jeszcze istotny na poziomie 0.1%). Wskaźnik W objaśnia 18% zmienności temperatury stycznia. Linia regresji (ryc. 19) pozwala na wyznaczenie średniej temperatury stycznia ( $t_{01}$ ) na podstawie wskaźnika W z dokładnością  $\pm 4.3^{\circ}\text{C}$ , na podstawie równania:

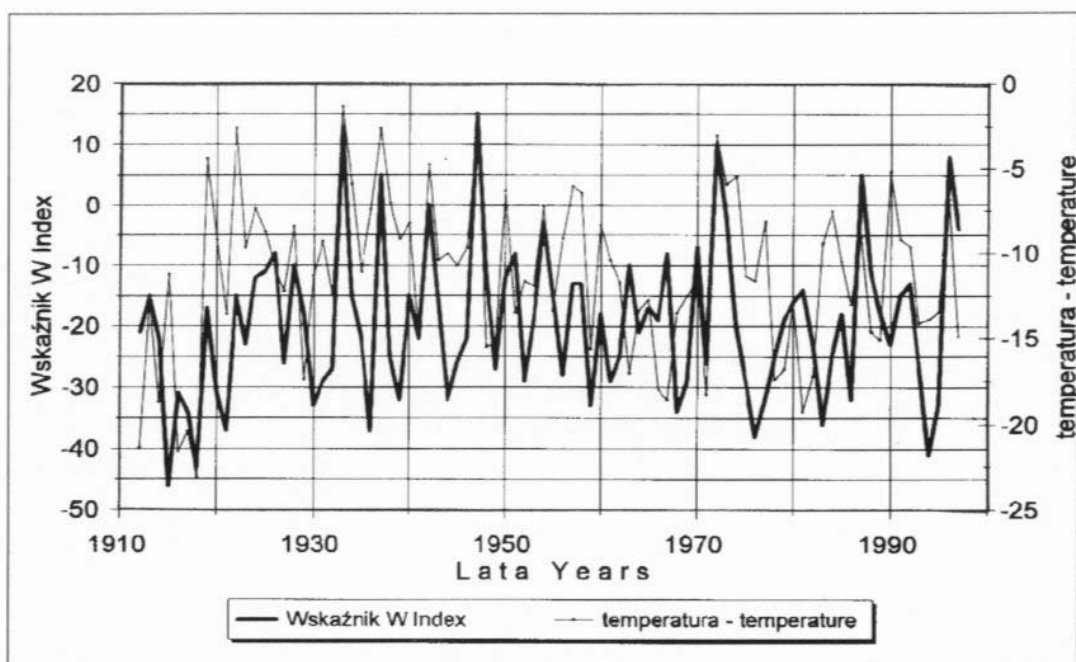
$$t_{01} = -8.1 + 0.1622 W$$

Podobne obliczenia przedstawione dla wskaźnika C okazały się nieistotne statystycznie, chociaż i w tym przypadku obserwowano wzrost temperatury stycznia przy wyższych wartościach wskaźnika C. Wszystkich wskaźników użyto do konstrukcji modelu regresji wielokrotnej do oszacowania średniej temperatury stycznia. W tym przypadku model objaśnia 48% zmienności temperatury stycznia, a błąd estymacji temperatury wynosi  $\pm 3.4^{\circ}\text{C}$ , przy zastosowaniu poniższego równania:

$$t_{01} = -9.0 + 0.22 S + 0.1268 W + 0.0349 C$$

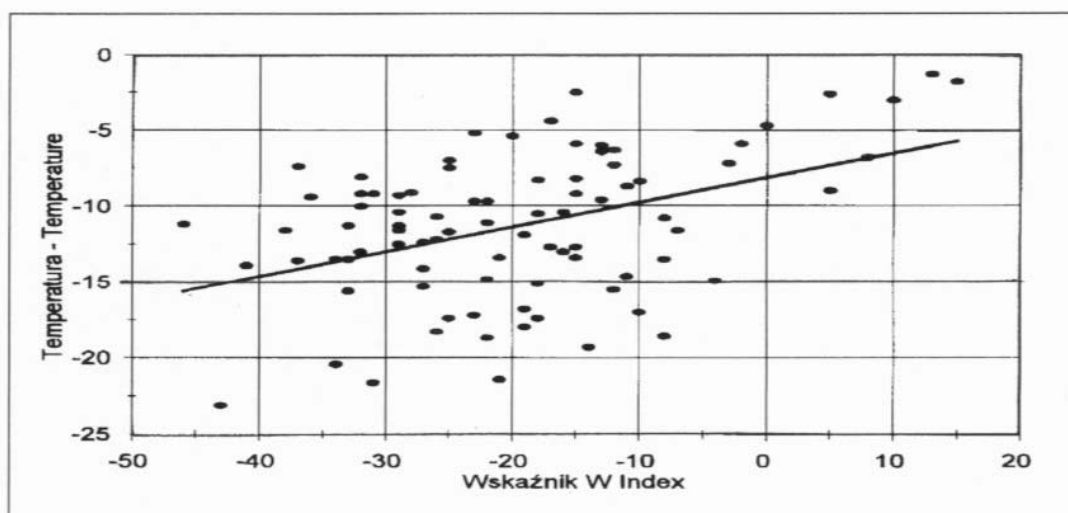
Jak na tak proste wskaźniki cyrkulacji, wyniki oszacowania temperatury stycznia są zadowalające. Pozostaje jeszcze do przebadania zależność temperatury pozostałych miesięcy.





Ryc. 18. Wieloletnia zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej W i średniej temperatury stycznia w Isfjord Radio w okresie 1912-1997

Fig. 18. Long-term variability of zonal circulation index W and mean January temperature in Isfjord Radio during the period of 1912-1997



Ryc. 19. Zależność średniej temperatury stycznia w Isfjord Radio od wskaźnika cyrkulacji zachodniej W

Fig. 19. Dependence of mean January temperature in Isfjord Radio from zonal circulation index W

### Podsumowanie

W okresie 1951-1996 nad Spitsbergenem obserwowano bardzo dużą dynamikę zjawisk cyrkulacyjnych. Niezwykle przydatne dla syntetycznego przedstawienia zmienności warunków cyrkulacyjnych okazały się 3 proste wskaźniki: wskaźnik cyrkulacji zachodniej W, wskaźnik cyrkulacji południowej S oraz wskaźnik cykloniczności C.

Zmienność wyżej wymienionych wskaźników przebadano w skali rocznej jak i w poszczególnych porach roku. Stwierdzono nieregularne, aczkolwiek znaczne fluktuacje bez wyraźnej okresowości. W całym okresie niemal we wszystkich przypadkach zauważono dodanie trendy omawianych wskaźników za wyjątkiem wskaźnika S w jesieni.

Zmienność temperatury na Spitsbergenie w dużym stopniu zależy od czynników cyrkulacyjnych. Dla stycznia temperatura powietrza najlepiej koreluje ze wskaźnikiem cyrkulacji południowej (S) i zachodniej (W). Po wielkim ociepleniu, które osiągnęło kulminację w połowie dekady 1930, nastąpiło ochłodzenie. Najniższe temperatury stwierdzono około roku 1965. W ostatnim dziesięcioleciu ponownie obserwuje się powolne ocieplenie. Na przykładzie temperatur stycznia dla stacji Isfjord Radio stwierdzono istotne zależności od wskaźników S i W.

### Literatura cytowana:

**Barry R.G., 1989.** The Present Climate of the Arctic Ocean and Possible Past and Future States. In: Herman Y. (ed.), The Arctic Seas. Climatology, Geology and Biology. Van Nostrand Reinhold Company. New York: 1-45.

**Barry, R.G., Perry, A.H., 1973.** Synoptic Climatology, Methods and Applications, Methuen, London, s. 555.

**Dzerdzeewskii B.L., 1975.** Cirkulacionnyje schemy v troposferie centralnoj Arktiki (The circulation patterns on the troposphere of the central Arctic), [w:] Izbrannyje Trudy, Izd. Nauka, Moskwa.

**Emmrich, P., 1991.** 92 Jahre nordhämischerische Zonalindex. Eine Trendbetrachtung, Meteorologische Rundschau, 43: 161-169.

**Europäischer Wetterbericht, 1976-1997.** Offenbach a. Main.

**Historical Weather Maps, 1899-1950.** Daily Synoptic Series. Northern Hemisphere Sea Level. US Weather Service.

- Houghton J.T., (red.) i in., 1996.** Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, s. 572.
- Jones P.D., 1987.** The early twentieth century Arctic high - fact or fiction?, *Climate Dynamics*, vol. 1, No 2, p. 63-75.
- Klimatologisk Månedsvorsikt, 1980-1995.** Det Norske Meteorologiske Institutt. Oslo.
- Korwowa A.M., 1976.** Nowyje karty sriedniemiesiacznogo dawlenija wozducha w Arktikie (New Maps of Mean Monthly Pressure in Arctic), in: *Voprosy Poliarnoj Klimatologii, Trudy AANII*, T. 328, Gidrometeoizdat, Leningrad, p. 22-43 (in Russian).
- Kożuchowski, K., 1993.** Variations in hemispheric zonal index since 1899 and its relationship with air temperature. *International Journal of Climatology*, Vol. 13, p. 853-864.
- Miętus M., 1991-1995,** Rocznik meteorologiczny HORNSUND, zbiór komputerowy.
- Monthly Climatic Data, 1980-1997.** NOAA. National Climatic Data Center, Asheville, North Carolina, USA.
- Murray R., Lewis R.P.W., 1966.** Some aspects of the synoptic climatology of the British Isles as measured by simple indices, *Meteorological Magazine*, vol. 95, No. 1128, s. 193-203.
- Niedźwiedź T., 1981.** Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły (Synoptic situations and its influence on spatial differentiation of selected climatic elements in upper Vistula basin), *Rozprawy Habilitacyjne UJ*, nr. 58, Kraków, s.165.
- Niedźwiedź T., 1987.** Wpływ cyrkulacji atmosfery na temperaturę powietrza w Hornsundzie, Spitsbergen (Influence of atmospheric circulation upon the air temperature in Hornsund, Spitsbergen), XIV Sympozjum Polarne, Lublin 7 -8 maja 1987, s. 174-180.
- Niedźwiedź T., 1992.** Wybrane problemy klimatologii synoptycznej Spitsbergenu (Selected Problems of Synoptic Climatology in Spitsbergen). *Problemy Klimatologii Polarnej*, Gdynia, 2 , s. 77-84.
- Niedźwiedź T., 1993.** The main Factors Forming the Climate of the Hornsund (Spitsbergen). *Zeszyty Naukowe UJ - Prace Geograficzne*. Kraków, z. 94, s. 49-63.
- Nordli P.O., 1990.** Temperature and precipitation series at Norwegian Arctic meteorological stations. DNMI Report Nr. 40/90 Klima, Oslo, s. 1-13.
- Norsk Meteorological Arbok, 1911-1979.** Det Norske Meteorologiske Institutt. Oslo.
- Pereyma J., 1983.** Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen, *Acta Universitatis Wratislaviensis* 714, Wrocław, pp. 134.
- Przybylak R., 1992.** Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978-1983. *Dokumentacja Geograficzna*, z. 2, s. 105.
- Przybylak R., 1996.** Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w okresie obserwacji instrumentalnych w Arktyce. Uniwersytet M. Kopernika, Toruń, s. 280.
- Przybylak R., 1997.** Spatial and temporal changes in extreme air temperatures in the Arctic over the period 1951-1990. *International Journal of Climatology*, vol. 17, s. 615-634.
- Rodzik J., Stepko W., 1985.** Climatic conditions in Hornsund (1978-1983), *Polish Polar Research*, vol. 6, No 4, s. pp. 561-576.
- Sobik M., 1981-1982,** Dobowe wartości temperatury powietrza w Hornsundzie (rękopis).

**Steffensen E.L., 1969.** The climate and its recent variations at the Norwegian Arctic stations, *Meteorologiske Annaler*. Oslo. 5, 8, 215-349.

**Steffensen E.L., 1982.** The climate at Norwegian Arctic stations, *Det Norske Meteorologiske Institutt, Klima nr.5*, Oslo, pp. 44.

**Tägliche Wetterbericht, 1951-1975.** Deutsche Wetterdienst.

**Ustrnul Z., 1987.** Some characteristics of air thermal conditions in Hornsund, Spitsbergen, *Polish Polar Research*, vol. 8, No 3, s. 261-275.

**Wielbińska D. (ed.), 1980-1990.** Rocznik Meteorologiczny HORNSUND (Meteorological Yearbook): 1957/58, 1978/79, 1979/80, 1980/81, 1982/83, 1983/84, 1984/85, 1985/86, 1987/88, 1988/89, IMGW, Gdynia.

**Yarnal, B., 1993.** Synoptic climatology in environmental analysis. A primer. Belhaven Press, London and Florida, p. XV+195.

## **LONG-TERM VARIABILITY OF THE ATMOSPHERIC CIRCULATION INDICES OVER SPITSBERGEN AND ITS INFLUENCE ON THE AIR TEMPERATURE**

### **SUMMARY**

Author presented the variability of different circulation indices above the Spitsbergen for the period of 1951-1996. They were used to estimate the changes of atmospheric circulation over the Spitsbergen area. For that purpose some synthesis in the materials dealing with the frequencies of 21 different circulation types had to be done. Good results can be obtained using the simple circulation indices P, M, S, C, as proposed by R. Murray i R.P.W. Lewis (1966), while the author of this study introduces some minor modifications. The indices are used to get an easy estimate of atmospheric circulation for a whole month, season or year. Those indices are expressed by the abstract numbers which are the sum of the points assigned to the particular circulation types occurring in a given month. Westerly index W is counted by summation of scores (points) as follows: types W +2, NW and SW +1, E -2, SE and NE -1). It is easy to see that the high values of this index occur at a distinct predominance of air advection from the West while the negative ones point to a great frequency of easterly air flow. The rema-

ining non-advective directions and situations received no points. Index of southerly circulation - S is calculated according to the following scoring of circulation types: type S +2, types SW and SE +1, types NW and NE -1, and type N -2. Hence, high positive values of the index point to a intensive advection of air masses from the South, while negative ones point to the advection from the North. Index of cyclonicity - C is calculated by (using) summation of scores allocated as follows: cyclonic situations +1, anticyclonic patterns -1. Positive values of the index inform about the prevalence of cyclonic situations over anticyclonic ones.

The earliest series of air temperature for Spitsbergen were reconstructed for the period of 1912-1997 at Isfjord Radio for January.

Circulation forms over Spitsbergen have been fluctuated in the long-term period. During the analysed period 1951-1996 the great changes have been observed in all seasons and the annual values of the indices: W (fig. 1-5), S (fig. 6-10) and C (fig. 11-15). Generally the positive trends were observed, except only one example for index S in Autumn. Recently more intensive cyclonicity level was observed in winter and spring, and weaker in summer and autumn.

The periods with weakness of westerly and southerly air flow and lowering of cyclone frequency were characterized by deepest decrease of January temperatures. There was observed the significant influence of circulation patterns on temperature of January at Spitsbergen. The best correlation between the mean January temperature at Isfjord Radio and circulation indices exists for the S (Fig. 17) and W index (Fig. 19). Correlation coefficients are very high, 0.6 and 0.4 respectively, with the significance level of 0.1%. The best results in the reconstruction of the mean January temperature gives the multiply regression model.

Great similarities between the January temperature fluctuations and course of circulation indices is presented on Figure 16 and 18. Analyze of the long-term data (1912-1992) from Isfjord Radio shows the significant increase of temperature from the beginning of the century to the decade of 1930. The period of lowest temperatures were observed round the 1965. During the last decade of 1980 the period of a little warming is observed again.