

Kazimierz Marciniak, Rajmund Przybylak
Zakład Klimatologii, Instytut Geografii UMK

ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE TEMPERATURY POWIETRZA W STREFIE WYBRZEŻA REGIONU KAFFIÖRY (NW SPITSBERGEN) W CZASIE LATA POLARNEGO

1. Wstęp

Z badań warunków klimatycznych Spitsbergenu wynika, że pas wybrzeża tej wyspy (o zmiennej szerokości do około 10 km) obejmujący niziny nadmorskie i sąsiadujące z nimi obszary górskie wraz z lodowcami odznacza się dużym zróżnicowaniem przestrzennym stosunków termicznych (Baranowski, Głowicki, 1975; Wójcik, Marciniak, Przybylak, 1981; Pereyma, 1983; Marciniak, Przybylak, 1987; Piasecki, Gluza, 1988; Siwek, Paczos 1990 i in.). Jest ono kształtowane przez hipsometrię, ekspozycję terenu, horyzont fizyczny warunkujący oświetlenie naturalne, rodzaj podłoża (zlodowaczone lub niezlodowaczone) oraz odległość od morza. Na te warunki fizycznogeograficzne nakłada się oddziaływanie bardzo zmiennych w czasie czynników solarnych i cyrkulacyjnych. Czynniki te mogą potęgować lub osłabiać, a nawet eliminować zróżnicowanie przestrzenne stosunków termicznych wynikające z oddziaływania warunków fizycznogeograficznych.

Wybrane aspekty stosunków termicznych w regionie Kaffiöry, którego dotyczy również niniejsze opracowanie, były już przedstawiane w kilku artykułach (Wójcik, Marciniak, Przybylak, 1981; Marciniak, Marszelewski, Przybylak, 1985; Wójcik, Marciniak, Przybylak, w druku). W publikacjach tych jest zawarta także bliższa charakterystyka obszaru badań i lokalizacji punktów pomiarowych. W tym opracowaniu zajmujemy się głównie określeniem stopnia korelacji w przebiegach temperatury z dnia na dzień i w ciągu doby między niziną nadmorską i położonym w jej sąsiedztwie niewielkim Lodowcem Waldemara (o powierzchni około 3,1 km²) ze szczególnym uwzględnieniem wpływu czynnika solarnego i w mniejszym stopniu czynnika cyrkulacji lokalnej.

2. Materiał

Wyniki pomiarów temperatury powietrza wykorzystane w niniejszym opracowaniu dotyczą dwóch sezonów letnich (1979 i 1980 r.) i zostały zebrane podczas IV i V Toruńskiej Wyprawy Polarnej na Spitsbergen. Pomiary były zlokalizowane w 3 punktach (rys. 1):

- 1) Kaffiöyra-Heggodden (KH), 10 m n.p.m., 200 m od morza, morena

czołowo-boczna Lodowca Aavatsmarkbreen,

2) Lodowiec Waldemara-czoło (LW-1), 130 m n.p.m., 3,7 km od morza,

3) Lodowiec Waldemara-firn (LW-2), 385 m n.p.m., 6 km od morza.



Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych w regionie Kaffiøry

Pomiary były wykonywane w standardowych klatkach meteorologicznych na wysokości 2 m n.p.t. przy pomocy termografów tygodniowych. Wskazania samopisów były systematycznie kontrolowane przez porównanie z odczytami termometru na psychrometrze Augusta. Sezon letni 1979 był słoneczny jak na warunki spitsbergeńskie (uśłonecznienie względne około 30%) i cieplejszy niż lato 1980 r., które odznaczało się wyjątkowo niskim uśłonecznieniem (około 10%), częstymi i obfitymi opadami atmosferycznymi oraz dużą wietrznością. Materiał z roku 1979 obejmuje wyniki synchronicznych pomiarów temperatury na 3 punktach w okresie 15.07-5.09 (53 dni) a z roku 1980 w okresie 18.07-5.09 (50 dni). Porównanie wyników pomiarów z tak bardzo skonstrastowanych pod względem wielkości uśłonecznienia sezonów letnich umożliwia ukazanie roli czynnika solarnego w kształtowaniu zróżnicowania temperatury powietrza na badanym obszarze.

3. Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza

a) Wartości średnie dobowe i średnie ekstremalne za cały okres pomiarów (t_i , t_{max} , t_{min} , A)

Średnie i ekstremalne wartości parametrów termicznych na trzech stanowiskach pomiarowych w obu sezonach letnich przedstawia tab. 1. Wynika z niej, że średnie wartości temperatury za cały okres pomiarów, zarówno dobowe jak i ekstremalne obniżają się wraz ze

Tab. 1. Średnie wartości (m) i odchylenia standardowe (δ) parametrów termicznych powietrza (w $^{\circ}C$) z trzech punktów pomiarowych w regionie Kaffiöyry oraz współczynniki korelacji (r) między nimi w okresach 15.07 - 5.09 1979 r. i 18.07 - 5.09 1980 r.

Para- Punkt		1979					1980				
metr	pomiar.	m	δ	Nw	Nn	Nw-Nn	m	δ	Nw	Nn	Nw-Nn
t_i	KH	4,5	2,3	12,8	1,5	11,2	3,9	1,7	7,7	0,5	7,2
	LW-1	3,9	2,7	11,6	0,6	11,0	2,8	1,7	9,0	-0,5	9,5
	LW-2	2,8	3,1	12,5	-0,9	13,4	1,7	2,1	7,4	-2,5	9,9
t_{max}	KH	6,3	3,2	17,8	2,3	15,5	5,1	2,0	12,5	1,2	11,3
	LW-1	5,8	3,3	15,2	1,8	13,4	4,2	2,2	11,7	0,7	11,0
	LW-2	4,8	3,6	15,1	-0,2	15,3	3,2	2,5	9,7	-1,7	11,4
t_{min}	KH	2,8	1,8	6,8	-0,5	7,3	2,6	1,7	5,7	-0,8	6,5
	LW-1	2,2	2,5	9,0	-1,0	10,0	1,4	1,8	6,5	-3,5	10,0
	LW-2	0,9	2,4	8,1	-2,2	10,3	0,1	2,1	5,3	-4,9	10,2
A	KH	3,5	2,1	12,2	1,3	10,9	2,5	1,1	7,2	1,0	6,2
	LW-1	3,6	1,8	8,5	1,0	7,5	2,8	1,4	6,5	0,4	6,1
	LW-2	4,0	2,0	9,3	0,9	8,4	3,0	1,4	6,9	0,5	6,4

Objaśnienia: t_i - temperatura średnia dobową, t_{max} - temperatura maksymalna dobową, t_{min} - temperatura minimalna dobową, A - amplituda dobową temperatury, Nw - najwyższa dobową temperaturą, Nn - najniższa dobową temperaturą, KH - Kaffiöyra-Heggodden, LW-1 - Lodowiec Waldemara-czoło, LW-2 - Lodowiec Waldemara-firn

wzrostem wysokości punktów n.p.m. Różnice między nimi są jednakowe w obu sezonach tylko w odniesieniu do stanowisk lodowcowych, natomiast kształtują się one odmiennie między nizina nadmorską a lodowcem. W sezonie pochmurnym (1980) różnice między tymi środowiskami są 2-krotnie większe niż w sezonie słonecznym. Widoczne jest to w świetle wszystkich parametrów termicznych. Ogólnie można stwierdzić, że nie-

zależnie od wartości bezwzględnych temperatury, najbardziej skontrastowana przestrzennie jest temperatura średnia minimalna, a najmniej temperatura średnia maksymalna.

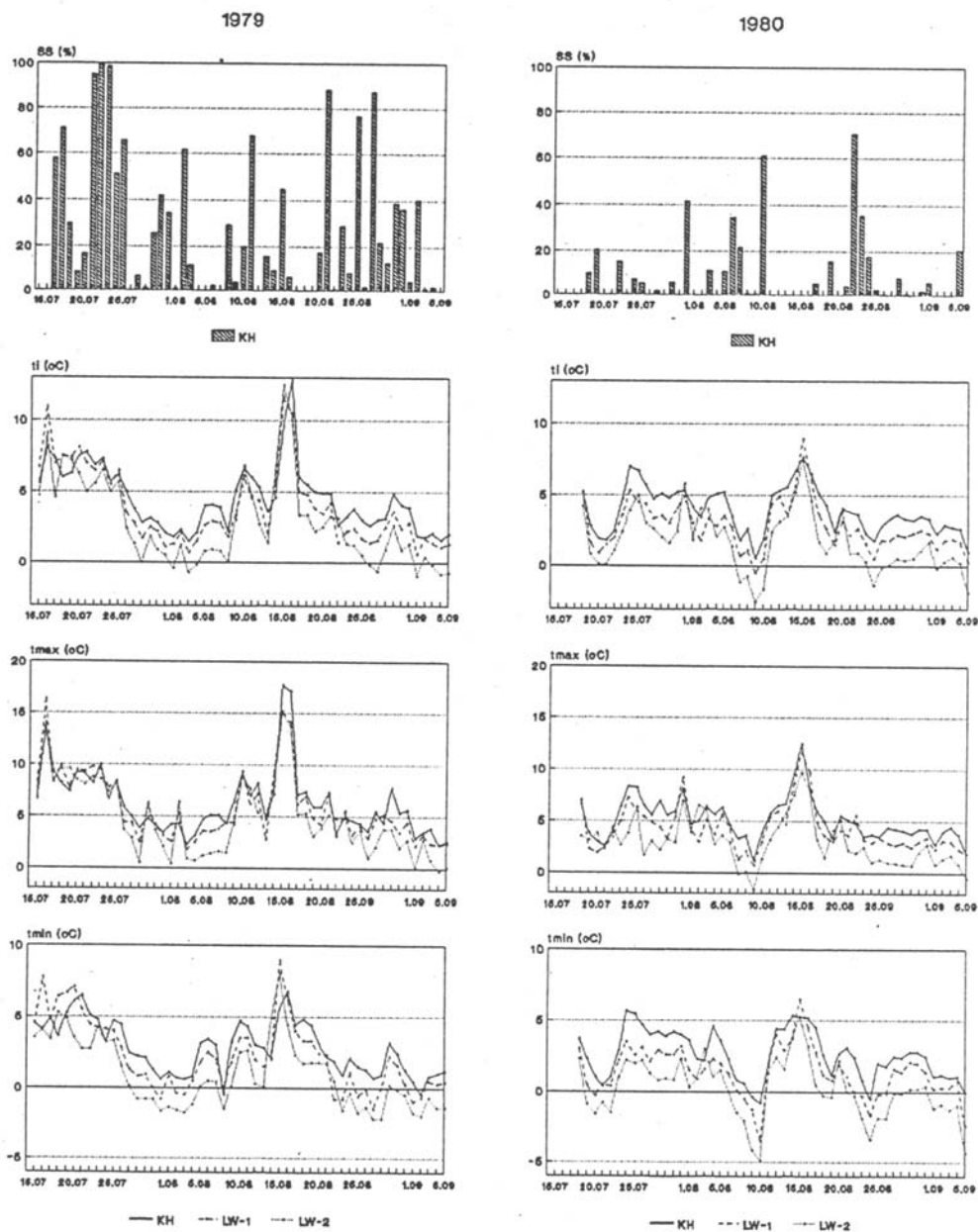
Obniżanie temperatury wraz ze wzrostem wysokości wykazują także wartości najniższe (Nn) poszczególnych parametrów termicznych. Natomiast reguła ta nie znajduje potwierdzenia w świetle wartości najwyższych (Nw), szczególnie w relacji między niziną a lodowcem.

Odzwierciedleniem dynamiki temperatury powietrza w trzech omawianych punktach są wartości odchyłeń standardowych. Najbardziej stabilne pod względem termicznym jest środowisko niziny nadmorskiej (KH) będące pod stałym wpływem czynnika oceanicznego. Mniejszą stabilnością termiczną odznaczają się oba stanowiska lodowcowe (szczególnie LW-2) znajdujące się w otoczeniu grzbietów górskich osłabiających wymianę powietrza. Na tych stanowiskach zaznacza się najbardziej zmienny wpływ horyzontu fizycznego na oświetlenie a także występowanie lokalnych procesów atmosferycznych (Wójcik, Marciniak, Przybylak, 1981). Przejawem większej zmienności temperatury powietrza na Lodowcu Waldemara w porównaniu z niziną nadmorską są także wielkości amplitudy dobowej. Zarówno odchylenia standardowe jak i średnia amplituda dobową temperatury są większe w roku 1979 niż w 1980 jako efekt wpływu czynnika solarne go na dynamikę stosunków termicznych.

b) Przebieg temperatury z dnia na dzień

Analiza przebiegów parametrów termicznych z dnia na dzień na trzech stanowiskach pomiarowych (rys. 2) wykazuje w większości dni, w świetle wartości dobowych (średnich i ekstremalnych) rozkład normalny, tj. obniżanie temperatury wraz ze wzrostem wysokości n.p.m., choć różnice między nimi podlegają zmianom. W niektórych dniach następuje ich zanik (monotermia), a nawet odwrócenie rozkładu temperatury (inwersja). Zjawiska te mają przede wszystkim miejsce w dniach słonecznych (rys. 2), ale także przy sytuacjach z fenem jakie wystąpiły w obu sezonach letnich w połowie sierpnia (Wójcik, Przybylak, 1985).

Współczynniki korelacji (tab. 2) między przebiegami temperatury na trzech omawianych punktach (wszystkie istotne na poziomie $p < 0,001$) są przede wszystkim zależne od odległości między punktami i rodzaju środowiska. I tak najlepiej skorelowane są przebiegi temperatury między stanowiskami lodowcowymi (LW-1 i LW-2), a najmniej



Rys. 2. Przebieg z dnia na dzień usłonecznienia względnego (SS) na Kaffiðyrze (KH) oraz średniej dobowej (ti), maksymalnej (tmax) i minimalnej (tmin) temperatury powietrza w punktach: Kaffiðyra-Heggodden (KH), Lodowiec Waldemara-czoło (LW-1) i Lodowiec Waldemara - firn (LW-2) w okresach: 15.07-5.09.1979 i 18.07-5.09.1980

Tab. 2. Współczynniki korelacji (r) parametrów termicznych między trzema stanowiskami pomiarowymi w regionie Kaffiöry w okresach 15.07-5.09 1979 i 18.07-5.09 1980

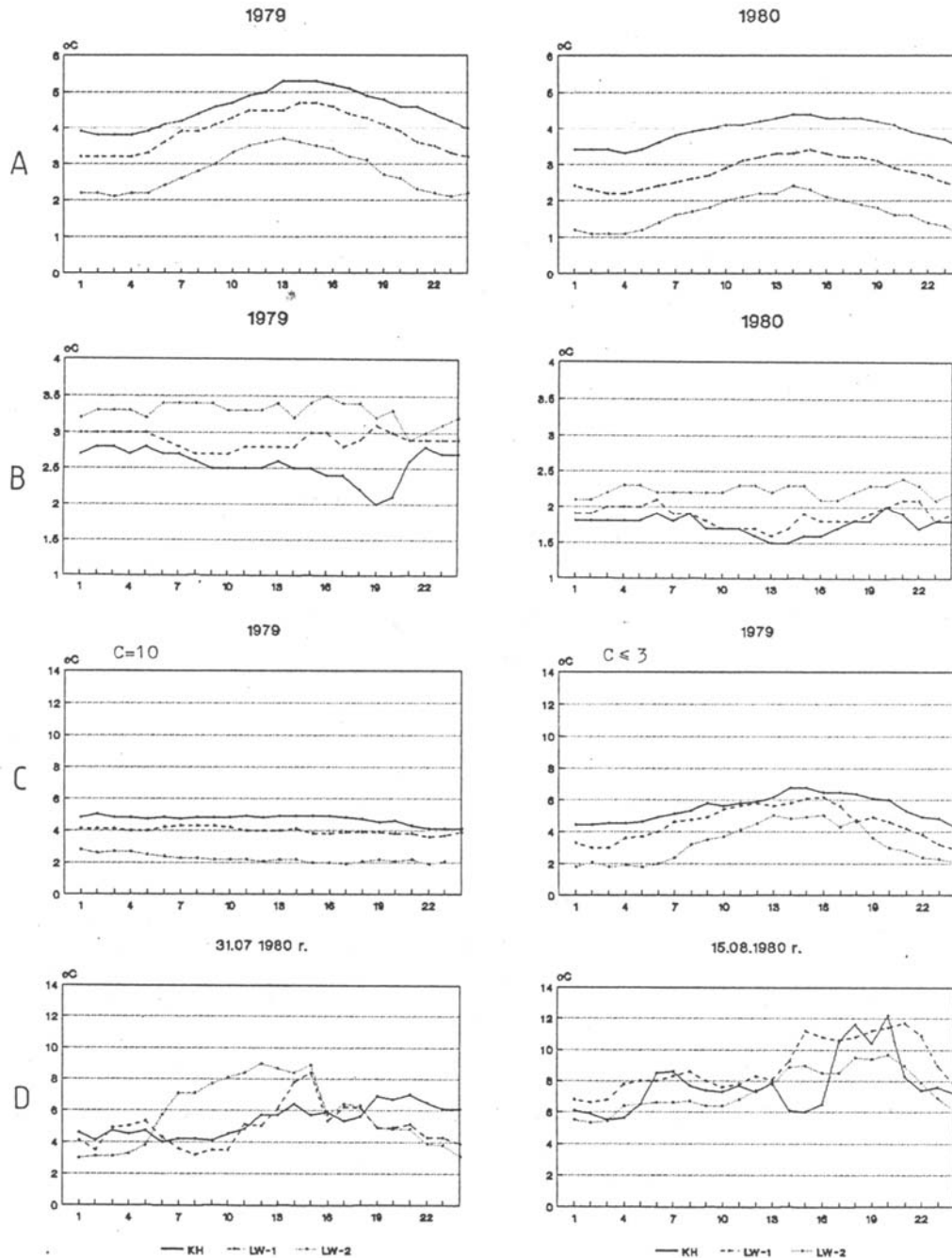
Para- metr	St.	1979			1980		
		KH	LW-1	LW-2	KH	LW-1	LW-2
t_i	KH	-	0,94	0,91	-	0,92	0,86
	LW-1	0,94	-	0,96	0,92	-	0,90
	LW-2	0,91	0,96	-	0,86	0,90	-
t_{max}	KH	-	0,93	0,87	-	0,93	0,87
	LW-1	0,93	-	0,95	0,93	-	0,86
	LW-2	0,87	0,95	-	0,87	0,86	-
t_{min}	KH	-	0,83	0,83	-	0,90	0,88
	LW-1	0,83	-	0,92	0,90	-	0,94
	LW-2	0,83	0,92	-	0,88	0,94	-

Objaśnienia skrótów parametrów termicznych i stanowisk jak w tab. 1

między KH i LW-2, przy czym zaznaczają się tu pewne różnice w wartościach współczynnika korelacji dla poszczególnych parametrów termicznych i między sezonami letnimi. W sezonie słonecznym (1979) największy stopień skorelowania wykazuje temperatura średnia dobową, a najmniejszy temperatura minimalna, natomiast w sezonie pochmurnym (1980) najbardziej skorelowana okazała się właśnie temperatura minimalna.

c) Przebieg dobowy temperatury

Uśrednione przebiegi dobowe temperatury w obu sezonach letnich (rys. 3A) są dość regularne, asymetryczne względem południa słonecznego z maksimum w godz. 13-15 LMT i minimum w godz. 2-4 LMT. Porównywane sezony letnie różnią się między sobą nie tylko wartościami bezwzględnymi temperatury, ale także wielkością amplitudy dobowej i różnicami między stanowiskami pomiarowymi, o czym wspomnieliśmy już przy omawianiu średnich wartości za cały okres pomiarów. Na rys. 3A możemy jednak prześledzić rozkład różnic w ciągu doby. W pogodnym sezonie 1979 r. występuje zbliżenie pod względem termicznym obu stanowisk lodowcowych (LW-1 i LW-2) do niziny nadmorskiej (KH), które utrzymuje się przez całą dobę, a którego nie ma w 1980 r.

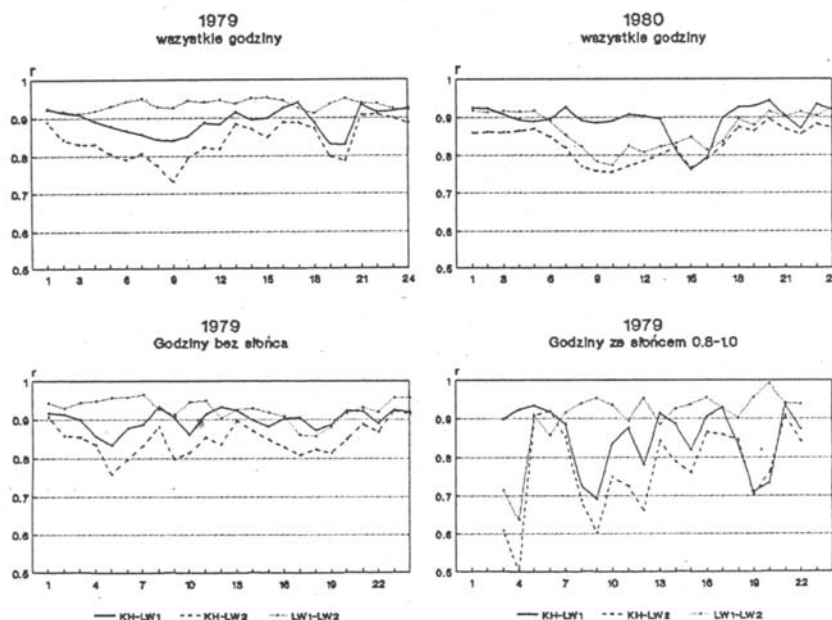


Rys. 3. Przebiegi dobowe temperatury powietrza: A - uśrednione, B - odchylenia standardowe, C i D - przy wybranych sytuacjach pogodowych: z zachmurzeniem całkowitym ($C=10$ z 6 dni), zachmurzeniem małym ($C \leq 3$ z 6 dni), z zachmurzeniem zmiennym (31.07.1980) i w dniu z fenem (15.08.1980). Pozostałe objaśnienia jak przy rys. 2.

Szczegółowsza analiza relacji w przebiegach dobowych temperatury na omawianych trzech stanowiskach wykazuje, że to zmniejszenie różnic zaznacza się w największym stopniu w fazie wzrostu temperatury. Ponadto średnie maksimum na górnym stanowisku lodowcowym wyprzedza o około 1 godz. wystąpienie maksimum temperatury na czołe lodowca.

Wskazane wyżej różnice między sezonami letnimi w przebiegu dobowym temperatury i między omawianymi środowiskami tłumaczymy wpływem czynnika solarne go, który powoduje w czasie pogód słonecznych większe lokalne nagrzanie powietrza na stosunkowo niewielkim i dość izolowanym lodowcu w porównaniu z otwartą niziną nadmorską. Zasadnicze różnice w przebiegu dobowym temperatury w zależności od stopnia zachmurzenia dobrze ilustruje rys. 3C wykonany na podstawie danych z 6 dni z zachmurzeniem całkowitym i 6 dni z zachmurzeniem ≤ 3 . Potwierdzeniem roli czynnika solarne go w kształtowaniu stosunków termicznych są przebiegi dobowe odchyłeń standardowej wartości godzinnych temperatury (rys. 3B) i współczynników korelacji między nimi na poszczególnych stanowiskach (rys. 4). Te ostatnie wykazują najniższe wartości w ciągu dnia, kiedy skorelowanie temperatury między stanowiskami jest częściej niż w pozostałych godzinach doby zakłócanie przez czynnik solarne go. Jeszcze wyraźniej zagadnienie to ukazują rysunki przedstawiające przebieg dobowy współczynników korelacji z podziałem na godziny bezsłoneczne (wyrównany i wysoki stopień skorelowania) i z usłonecznieniem względnym $\geq 80\%$ (niższy stopień skorelowania i duża jego zmienność w ciągu doby), przy czym pominięto obliczenia dla godzin 23-02 ze względu na małą liczbę przypadków takich sytuacji.

Przegląd przebiegów dobowych temperatury w poszczególnych dniach okresu pomiarów ujawnił występowanie w regionie Kaffiöry rzadkich sytuacji pogodowych przy których rozkład przestrzenny temperatury najbardziej odbiega od rozkładu średniego. Należą do nich sytuacje w dniach 31.07 i 15.08 1980 r. (rys. 3D). W dniu 31 lipca 1980 r. w godz. 05-15 wystąpiła silna inwersja temperatury na górnym stanowisku lodowcowym (LW-2) osiągająca maksymalnie $4,5^{\circ}\text{C}$ w stosunku do stanowiska na czołe lodowca (LW-1). Taki rozkład temperatury został spowodowany szczególnym rozkładem przestrzennym zachmurzenia: nad Kaffiöyrą i czołem lodowca wystąpiło w tym czasie zachmurzenie całkowite, a górna część Lodowca Waldemara była oświetlona słońcem. Druga sytuacja, w dniu 15 sierpnia 1980 r., była związana z napływem ciepłego powietrza z kierunku SE, poddanego procesowi fenizacji, które na nizinę nadmorską dotarło z kilkugodzinnym opóźnieniem. W godz. 15-16



Rys. 4. Przebieg dobowy wartości współczynnika korelacji (r) między godzinowymi wartościami temperatury powietrza na 3 stanowiskach pomiarowych w okresach: 15.07-5.09.1979 i 18.07-5.09.1980. Objaśnienia jak przy rys. 2.

inwersja temperatury na czole lodowca w stosunku do Kaffiöry przekroczyła 5°C . Po dotarciu fenu do niziny inwersja została zniwelowana na kilka godzin (w godz. 17-20), by ponownie wystąpić w końcu doby.

4. Uwagi końcowe

Przeprowadzone badania potwierdziły w kategoriach ilościowych, że w pasie wybrzeża Spitsbergenu położonego w strefie kontaktowej środowiska morskiego i lądowego urozmaiconego orografią i występowaniem lodowców, zaznaczają się największe, jak sądzimy, poziome gradienty temperatury powietrza na obszarze tej wyspy. Odchylenia od średniego przestrzennego zróżnicowania termicznego w tej strefie są najczęściej wywołane przez czynnik solarny. Powoduje on kumulowanie ciepła w osłoniętym przez grzbiety górskie środowisku lodowcowym przez co zmniejsza (a nawet niweluje i odwraca w niektórych dniach lub porach doby) średnie różnice termiczne wynikające ze zróżnicowania podłoża atmosfery i wzniesienia nad poziom morza.

L i t e r a t u r a

- Baranowski S., Głowicki B., 1975, Meteorological and hydrological investigations in the Hornsund region made in 1970, Results of Invest. of the Polish Scient. Spitsbergen Exped. 1970-1974, Vol. I, Acta Univ. Wratisl., No 251, s. 35-60.
- Marciniak K., Marszelewski W., Przybylak R., 1985, Temperatura powietrza na Lodowcu Elizy i Lodowcu Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim - studium porównawcze, XII Sympozjum Polarne, Materiały, Szczecin, 19-21. 09. 1985 r., s. 31-42.
- Marciniak K., Przybylak R., 1987, Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w sezonie letnim na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu, XIV Sympozjum Polarne, Aktualne problemy badawcze w Arktyce i Antarktyce, Lublin, 7-8. 05. 1987 r., s. 168-173.
- Pereyma J., 1983, Climatological problems of the Hornsund area, Spitsbergen, Acta Univ. Wratisl., No 714, s. 1-134.
- Piasecki J., Gluza A., 1988, Wybrane cechy topoklimatu Pld. Bellsundu w sezonie wiosenno-letnim 1987 r. (SW Spitsbergen), XV Sympozjum Polarne, Wrocław 19-21 V 1988, s. 217-225.
- Siwek K., Paczos S., 1990, Differentiation of Calypsostranda thermal and humidity conditions in the summer 1989 (Western Spitsbergen), Wyprawy Geograficzne na Spitsbergen - Lublin April 1990, s. 123-136.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1981, Stosunki termiczne sezonu letniego na Lodowcu Waldemara i nadmorskiej Nizinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen), VIII Sympozjum Polarne, Materiały 1, Sosnowiec, s. 21-32.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., w druku, Meso- and topoclimatic regions in Kaffiöyra Plain (NW Spitsbergen), Acta Univ. Wratisl.
- Wójcik G., Przybylak R., 1985, Pionowe gradienty temperatury powietrza na Lodowcu Waldemara (Ziemia Oskara II, Spitsbergen), XII Sympozjum Polarne, Materiały, Szczecin, 19-21. 09. 1985 r., s. 67-74.