

## WARUNKI METEOROLOGICZNE NA LODOWCU WALDEMARA (NW SPITSBERGEN) W SEZONIE LETNIM 1999 ROKU

Marek Kejna

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu  
e-mail: makej@geo.uni.torun.pl

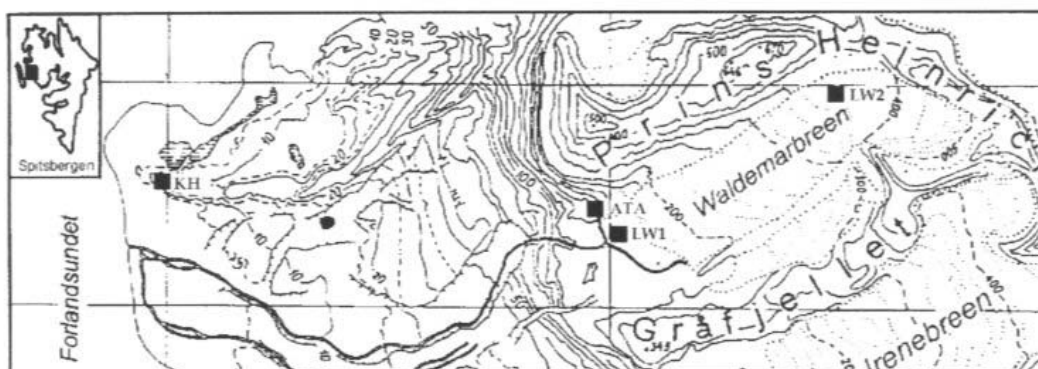
### 1. Wstęp

Na Spitsbergenie występuje znaczne zróżnicowanie warunków meteorologicznych pomiędzy wybrzeżem a zlodowaconym wnętrzem wyspy (Marciniak i Przybylak 1987, Foreland i in. 1997, Kejna i in. 2000). Pomiary meteorologiczne na Lodowcu Waldemara (NW Spitsbergen) rozpoczęto w 1978 roku i kontynuowano w czasie kolejnych Toruńskich Wypraw Polarnych (Wójcik i in. 1981, 1985, 1998, Marciniak i in. 1985, 1992, Araźny 1998). W 1999 r. badania meteorologiczne prowadzono w ramach grantu Uniwersytetu Mikołaja Kopernika pt. "Bilans masy Lodowca Waldemara i zmiany jego przedpoła". Ich celem było określenie warunków termicznych i wilgotnościowych na Lodowcu Waldemara oraz rozpoznanie zmienności przestrzennej albedo jego powierzchni (Kejna 2000).

### 2. Obszar i metodyka badań

Lodowiec Waldemara jest położony na Ziemi Oskara II (NW Spitsbergen), jego powierzchnia w 1995 r. wynosiła 2.66 km<sup>2</sup>. Jest to lodowiec typu alpejskiego, zasilany z pola firnowego położonego na wysokości 380 - 490 m n.p.m., z którego uchodzi jezior lodowcowy do wysokości 130 m n.p.m. (ryc. 1.) Lodowiec składa się z 2 części o powierzchni 2.22 km<sup>2</sup> i 0.44 km<sup>2</sup> rozdzielonych moreną środkową. Na Ziemi Oskara II występuje silna recesja lodowców, od początku XX w. powierzchnia Lodowca Waldemara zmniejszyła się o 25.1% (0.89 km<sup>2</sup>), a jego czoło cofnęło się maksymalnie o 662 metry (Lankauf 1997).

Lodowiec Waldemara jest otoczony grzbietami górskimi: Prins Heinrichfjella i Grafjellet o wysokościach od 300 do 771 m n.p.m., na jego przedpołu powstała rozległa strefa marginalna, obramowaną wysokimi morenami czołowo-bocznymi. Ukształtowanie powierzchni w otoczeniu lodowca w istotny sposób ogranicza dopływ promieniowania słonecznego oraz silnie modyfikuje lokalną cyrkulację powietrza.



Ryc. 1. Położenie stanowisk pomiarowych na Lodowcu Waldemara (ATA, LW1, LW2) i na Kaffiöyrze (KH) w 1999 r. Na podstawie mapy topograficznej K.R. Lankaufa, 1999

Fig. 1. Localisation of the measurement stands on the Waldemar Glacier (ATA, LW1, LW2) and Kaffiöyra (KH) in 1999. According to the topographic map of K.R. Lankauf, 1999

W czasie kolejnych sezonów pomiarowych zachowywano miejsca i metodykę pomiarów, jednak postępująca deglacja spowodowała istotne zmiany w otoczeniu punktów pomiarowych, zwłaszcza na czole lodowca. W 1999 r. na Lodowcu Waldemara założono 3 stanowiska pomiarowe:

- ATA – na morenie bocznej w północnej części strefy marginalnej lodowca (133 m n.p.m.),
- LW1 - na czole lodowca, 130 m n.p.m.
- LW2 – na polu firnowym, 380 m n.p.m.

Na stanowiskach tych zainstalowano standardowe klatki meteorologiczne (2 m n.p.g.) wyposażone w termohigrografy i psychrometry Augusta. Rejestratory kontrolowano na stanowiskach ATA i LW1 codziennie, a na polu firnowym co 2-3 dni. Na lodowcu rozmieszczono również 4 deszczomierze Hellmanna. Pomiarów meteorologicznych na lodowcu prowadzono w okresie od 14 lipca do 7 września 1999 roku (tab. 1).

Warunki meteorologiczne na Lodowcu Waldemara w 1999 r. porównano z równoległe prowadzonymi pomiarami w Stacji Polarnej Uniwersytetu Mikołaja Kopernika położonej w odległości 3,5 km od lodowca, na wybrzeżu, w północnej części Kaffiöyra (KH) – ryc. 1. Wyniki badań ze stacji bazowej zostały przedstawione w X tomie Problemów Klimatologii Polarnej (Kejna, w druku).

### 3. Charakterystyka warunków pogodowych w sezonie letnim 1999 r.

W sezonie letnim 1999 r. wystąpiły specyficzne warunki pogodowe spowodowane zwiększoną częstością adwekcji mas powietrza z północy i ze wschodu, rzadziej natomiast napływało wilgotne powietrze z zachodu i południa (Kejna, w druku).

Kierunek ruchu powietrza na Kaffiöyrze jest silnie modyfikowany przez góry Wyspy Księcia Karola i góry zachodniego wybrzeża Spitsbergenu, stąd też w analizowanym okresie dominowały wiatry zgodne z przebiegiem Cieśniny Forland. W 1999 r. notowano jednak dużą częstość wiatrów fenowych wiejących ze wschodu, z wnętrza Spitsbergenu, bądź też z zachodu ponad Wyspą Księcia Karola.

Tabela 1 - Table 1

Średnie wartości elementów meteorologicznych na Kaffiöyrze (KH) i Lodowcu Waldemara w sezonie letnim 1999 r.

Mean values of meteorological elements at Kaffiöyra and Waldemar Glacier in summer season 1999

Element Parameter	Stanowisko Stand	14-20 VII	21-31 VII	1-10 VIII	11-20 VIII	21-31 VIII	1-7 IX	14.VII- 7.IX
Ciśnienie atmosf. Air pressure [hPa]	KH	1012.0	1003.9	1016.8	1017.8	1005.8	999.3	1009.5
Prędkość wiatru Wind velocity [m/s]		3.7	4.6	3.2	2.3	5.1	4.7	3.9
Zachmurzenie Cloudiness [0-10]		6.4	8.8	8.0	9.5	9.2	7.9	8.4
Usłonecznienie Sunshine duration [h]		82.7	48.4	63.8	18.2	19.7	38.5	270.4
Temperatura Air temperature	KH	8.2	5.1	5.6	4.7	4.0	5.3	5.4
Tśr. - Tmean [°C]	ATA	9.7	5.0	5.8	4.2	3.3	5.0	5.2
	LW1*	9.6	4.1	4.7	3.7	3.0	4.6	4.5
	LW2	7.8	2.4	3.9	2.3	1.4	2.9	3.2
Temperatura Air temperature	KH	12.6	6.6	7.6	6.2	5.3	7.9	7.5
Tmax śr. - Tmax mean [°C]	ATA	12.9	6.8	7.5	5.4	4.8	7.6	7.1
	LW1*	13.0	5.2	6.1	4.6	4.5	6.8	6.1
	LW2	11.4	4.5	5.7	4.0	3.0	5.1	5.3
Temperatura Air temperature	KH	5.8	3.8	4.1	3.6	2.5	2.8	3.7
Tmin śr. - Tmin mean [°C]	ATA	5.8	3.1	3.7	2.9	1.7	2.8	3.2
	LW1*	6.3	2.7	3.4	2.4	1.6	2.7	2.9
	LW2	4.7	0.8	1.9	0.9	-0.2	0.5	1.3
Wilgotność względna Relative humidity [%]	KH	85	88	82	87	85	76	84
	ATA	86	90	82	89	87	78	86
	LW1*	84	90	82	90	88	79	86
	LW2	88	93	85	91	90	82	89
Opady Atmosferyczne Precipitation [mm]	KH	6.1	11.0	2.9	14.8	29.7	12.3	76.8
	ATA	6.0	12.8	12.4	20.4	39.7	17.1	108.4
	LWs	6.1	15.0	12.8	20.6	52.2	-	106.7#
	LW2	6.3	21.1	10.7	23.1	54.0	-	115.2#
	LWf	7.2	11.9	15.0	27.8	66.1	-	139.0#

\* - od 16.07, # - w okresie od 14.07 do 31.08.

Wielkość zachmurzenia charakteryzowała się znaczną zmiennością z dnia na dzień, przy średniej jego wartości wynoszącej 8.4, w skali od 0 do 10. Zarejestrowano aż 270 godzin ze Słońcem, duże usłonecznienie wystąpiło zwłaszcza w lipcu. Średnia temperatura powietrza na Kaffiöyrze w analizowanym okresie wyniosła 5.4°C. Najwyższe temperatury wystąpiły w połowie lipca oraz na początku września. Maksymalne wartości temperatury dochodziły do 18.1°C.

Wilgotność względna powietrza była obniżona (84%) w stosunku do średnich wartości wieloletnich, ze względu na częste występowanie wiatrów fenowych. Suma opadów atmosferycznych wyniosła 76.8 mm, jednak ponad połowa tych opadów wystąpiła na przełomie sierpnia i września.

#### 4. Temperatura powietrza na Lodowcu Waldemara

Temperatura powietrza na Lodowcu Waldemara, ze względu na jego niewielkie rozmiary, jest uzależniona od właściwości napływających mas powietrza ukształtowanych nad wodami otaczającymi Spitsbergen i przetransformowanych nad wnętrzem wyspy i lokalnie nad nizinami nadmorskimi. W okresie letnim powietrze stykające się z topniejącą powierzchnią lodowca ulega ochładzaniu, w przy powierzchniowej warstwie powietrza (do 2 m) występuje na Lodowcu Waldemara inwersyjny układ temperatury (Przybylak i in. 1993). Ze względu na znaczne wysokości pasm górskich występują w tym rejonie zjawiska fenowe, które mają często charakter lokalny. Zjawiska fenowe sprzyjają powstawaniu inwersji temperatury pomiędzy wybrzeżem a wnętrzem wyspy. Również adwekcja chłodnych mas powietrza z północy oraz lokalne zaburzenia związane z intensywną insolacją w górnej części lodowca powodują, że na polu firnowym Lodowca Waldemara czasami występują wyższe temperatury niż na wybrzeżu. Średnia częstość inwersji sięga 12.4% (Wójcik i in. 1998).

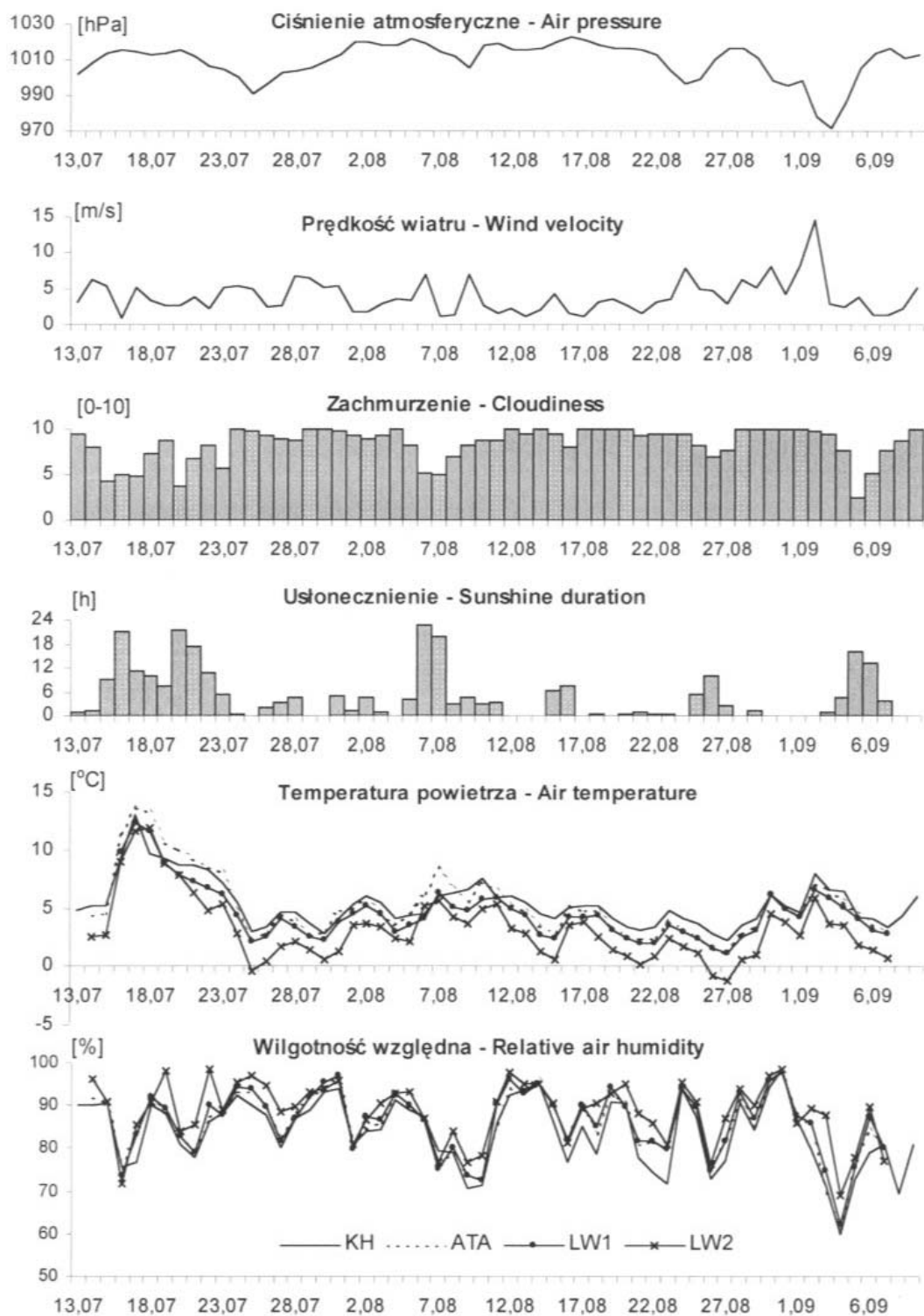
W sezonie pomiarowym 1999 r. (14 lipca – 7 września) średnia temperatura w strefie marginalnej Lodowca Waldemara (ATA, 133 m n.p.m.) wyniosła 5.2°C, była więc nieznacznie niższa w porównaniu do stacji KH, położonej na nizinie nadmorskiej. W lipcu notowano nawet inwersje temperatury powietrza. Na stanowisku ATA w okresie od 14 do 20 lipca średnia temperatura wyniosła 9.7°C, i była o 1.5°C wyższa niż na wybrzeżu. Jest to spowodowane intensywnym nagrzewaniem powierzchni moren oraz okolicznych wzgórz. Najwyższa temperatura na stanowisku ATA osiągnęła w dniu 16 lipca 18.3°C.

Na Lodowcu Waldemara występują znacznie niższe temperatury. Na czole lodowca (LW1) średnia temperatura wyniosła 4.5°C, była więc niższa o 0.7°C w porównaniu do odległego o 200 m stanowiska na morenach (ATA). Różnice temperatur są uzależnione od rodzaju napływających mas powietrza. Jeżeli czoło lodowca znajduje się w obrębie mas powietrza ukształtowanych nad skalistym podłożem strefy marginalnej lodowca, różnice temperatury pomiędzy stanowiskami ATA i LW1 są małe. Gdy natomiast wzdłuż lodowca splywa chłodne powietrze różnice te się zwiększają.

Na polu firnowym Lodowca Waldemara (LW2, 380 m n.p.m.) temperatura jest znacznie niższa i wyniosła 3.2°C, przy średnich maksimach dobowych 5.3°C, i minimach 2°9°C. Średni pionowy gradient temperatury pomiędzy stanowiskami LW1 i LW2 wyniósł 0.53°C/100 m i był nieznacznie wyższy w porównaniu do poprzednich wypraw (0.48°C/100 m) - Wójcik i in. 1998, Arażny 1998.

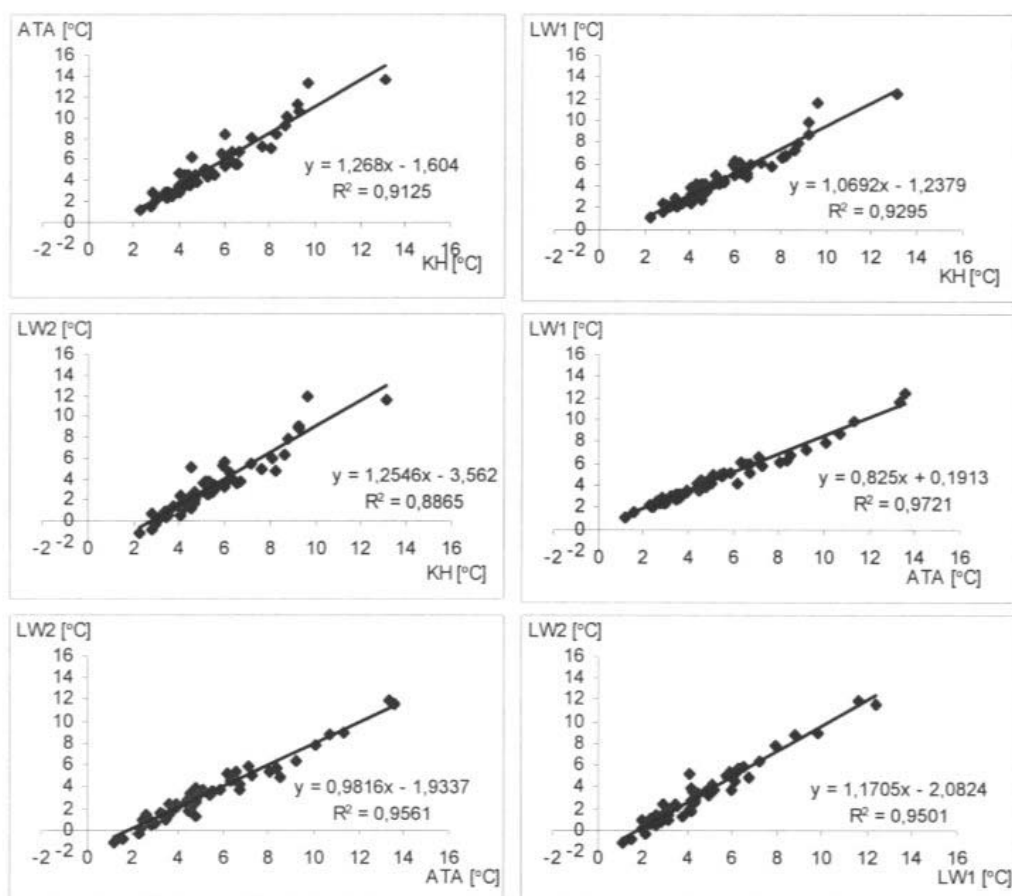
Nad śnieżno-lodowcowym podłożem szybciej dochodzi do wychłodzenia powietrza. W analizowanym okresie wystąpiły na lodowcu przymrozki sięgające -1.6°C (LW1) i -3.9°C (LW2), podczas gdy na wybrzeżu temperatura nie spadła tego lata poniżej 0°C. Przymrozki na lodowcu notowano w 2 dniach na stanowisku (LW1), ale już w 20 dniach na polu firnowym.

Pomiędzy stanowiskami pomiarowymi występują istotne zależności w przebiegu temperatury powietrza (ryc. 3).



Ryc. 2. Przebieg elementów meteorologicznych na Kaffiöyra (KH) i na Lodowcu Waldemara (ATA, LW1 i LW2) w sezonie letnim 1999 r.

Fig. 2. Course of meteorological elements on Kaffiöyra (KH) and on Waldemar Glacier (ATA, LW1, LW2) in summer season 1999



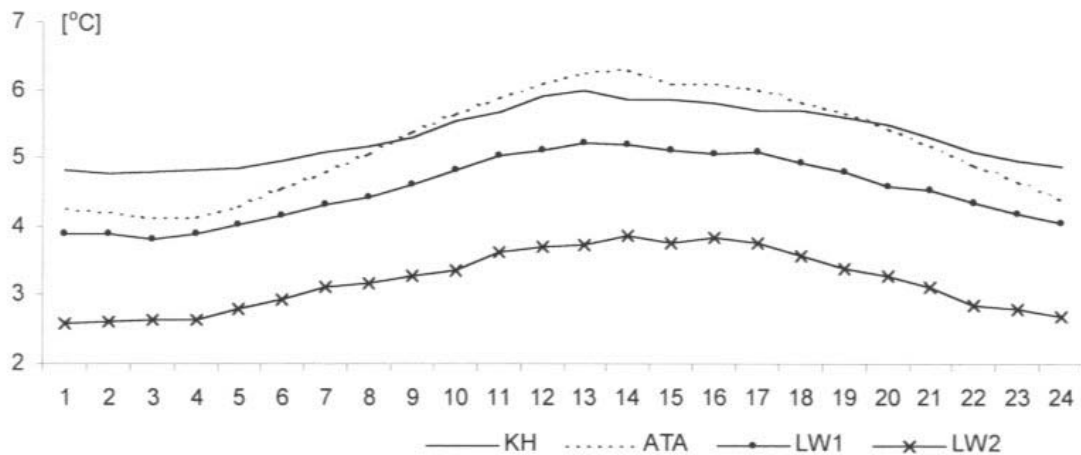
Ryc. 3. Korelacja średnich dobowych temperatur powietrza pomiędzy stanowiskami: Kaffiöyra (KH) i na Lodowcu Waldemara (ATA, LW1 i LW2) w okresie 14.07-7.09.1999 r.

Fig. 3. Correlation of daily average air temperatures between the stands: Kaffiöyra (KH) and stands on the Waldemar Glacier (ATA, LW1, LW2) in the period 14.07-7.09.1999

Współczynniki korelacji liniowej Pearsona wykazują, że największe korelacje w porównaniu ze stacją bazową na Kaffiöyrze występują na czole lodowca (LW1) – współczynnik determinacji  $R^2 = 0.929$ , a najmniejsze na polu firnowym (LW2) -  $R^2 = 0.886$ . Znacznie silniej skorelowane są temperatury na lodowcu ze stanowiskiem ATA (z LW1 -  $R^2 = 0.972$  i z LW2 -  $R^2 = 0.956$ ) oraz stanowiska na lodowcu, pomiędzy LW1 i LW2 współczynnik determinacji wynosi 0.950. Zależności te pozwalają obliczyć temperaturę na Lodowcu Waldemara na podstawie pomiarów wykonanych w bazie na Kaffiöyrze.

W przebiegu dobowym najwyższe temperatury występują o godzinie 13, a najniższe krótko po północy, jest to typowy przebieg temperatury w okresie dnia polarnego, przy całodobowym dopływie promieniowania słonecznego (Wójcik i in. 1981). Różnice temperatur pomiędzy stanowiskami KH, LW1 i LW2 utrzymują się w ciągu doby (ryc. 4). Jedynie stanowisko ATA charakteryzuje się odmiennym przebiegiem. W godzinach dziennych występują tu najwyższe temperatury powietrza, co jest związane z intensywnym nagrzewaniem skał podłoża. Począwszy od godz. 19 aż do 8 obserwu-

jemy tu znaczny spadek temperatury, z minimum o godzinie 4. W tym czasie stanowisko ATA jest w cieniu masywu Prins Heinrichfjella, znajdującego się po północnej stronie lodowca.



Ryc. 4. Uśredniony przebieg dobowy temperatury powietrza na stanowiskach: KH, ATA, LW1 i LW2 z okresu 14.07-7.09.1999 r.

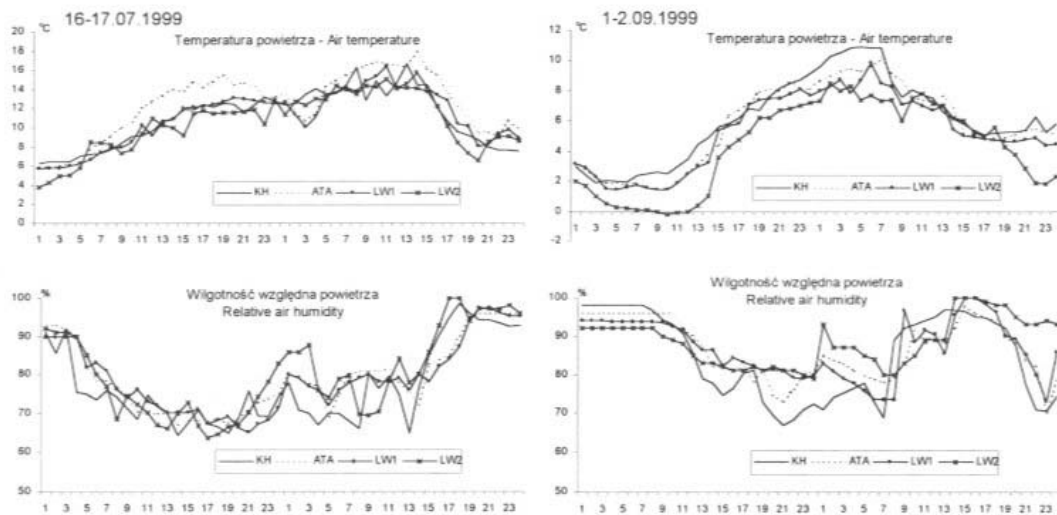
Fig. 4. Mean daily course of air temperature on the stands: KH, ATA, LW1 and LW2 in the period 14.07-7.09.1999

W poszczególnych dniach analizowanego okresu występowały sytuacje o silnie zaburzonym przez zjawiska fenowe przebiegu temperatury powietrza (ryc. 5). W dniach 16-17 lipca 1999 r. w czasie długotrwałego fenu wystąpiły bardzo wysokie temperatury, nawet na polu firnowym temperatura maksymalna osiągnęła 16.4°C. W czasie cyrkulacji fenowej następuje bardzo znaczny spadek wilgotności względnej powietrza nawet do 60%. Obserwuje się wtedy dużą zmienność wilgotności powietrza, ale zmiany te nie występują jednocześnie na wszystkich stanowiskach, np. w dniu 1-2 września 1999 r.

## 5. Wilgotność powietrza

Ze względu na adwekcję morskich mas powietrza ukształtowanych nad niezamarzniętymi w okresie letnim okolicznymi morzami na Spitsbergenie występuje duża wilgotność powietrza. Wilgotność względna powietrza zależy od odległości od morza oraz wilgotności podłoża (tundry) i wysokości nad poziom morza. Wpływ morza wzrasta w czasie bryzy morskiej, jaka pojawia się na wybrzeżu przy korzystnej sytuacji barycznej (Kejna 1989a).

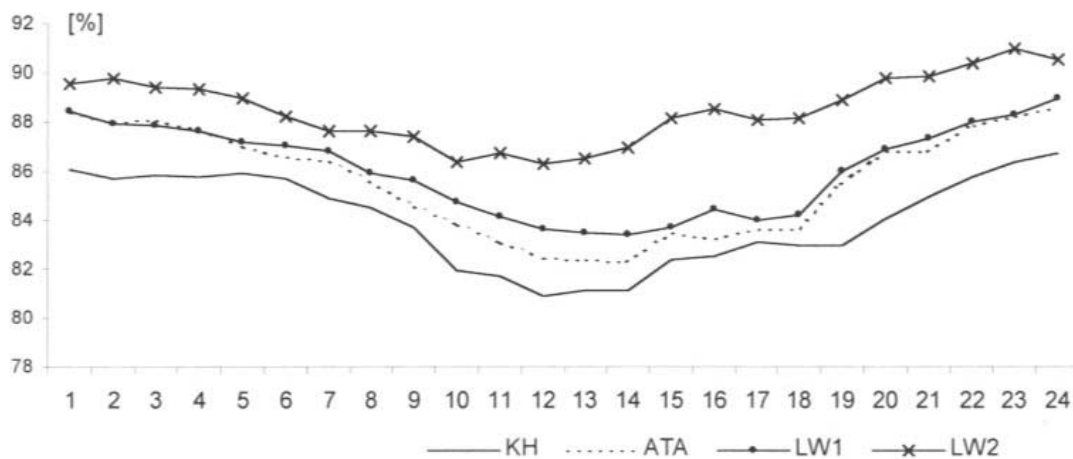
Na Lodowcu Waldemara średnia wilgotność względna powietrza kształtuje się od 86% na stanowisku ATA i czole lodowca do 89% na polu firnowym. W tym czasie na wybrzeżu (KH) wilgotność względna wyniosła 84%. W przebiegu tego elementu wystąpiły jednak dni, gdy wilgotność względna obniżała się poniżej 60-70%. Zjawiska takie notowano przy adwekcji mas powietrza ze wschodu, ponad górzystym wnętrzem Spitsbergenu.



Ryc. 5. Przebieg temperatury i wilgotności względnej powietrza na Lodowcu Waldemara w dniach 16-17.07 i 1-2.09.1999 r.

Fig. 5. Course of air temperature and relative humidity on Waldemar Glacier in the period 16-17.07 and 1-2.09.1999

W przebiegu dobowym zaznacza się charakterystyczne obniżenie wilgotności względnej powietrza w godzinach około południowych (ryc. 6.). Jest ono spowodowane głównie wzrostem temperatury powietrza ponieważ aktualne ciśnienie pary wodnej wykazuje w tych godzinach maksimum. Pomiędzy stanowiskami większe różnice w wilgotności względnej powietrza występują w godzinach dziennych.



Ryc. 6. Uśredniony przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na stanowiskach: KH, ATA, LW1 i LW2 z okresu 14.07-8.09.1999 r.

Fig. 6. Mean daily course of relative air humidity on the stands: KH, ATA, LW1 and LW2 in the period 14.07-8.09.1999



## 6. Opady atmosferyczne

Na wybrzeżu (stanowisko KH) suma opadów atmosferycznych w analizowanym okresie wyniosła 76.8 mm, w tym samym czasie w strefie marginalnej Lodowca Waldemara wystąpiło 108.4 mm. Ponieważ w dniu 2 września stanowiska opadowe na lodowcu uległy zniszczeniu przez silny wiatr, rozkład opadów atmosferycznych wraz z wysokością przeanalizowano na podstawie danych z okresu od 21 lipca do 31 sierpnia 1999 r. Suma opadów na stanowisku LW 2 była w tym okresie dwukrotnie wyższa niż na wybrzeżu i wyniosła 108.9 mm, podczas gdy na KH 58.4 mm. W głębi pola firnowego, na wysokości 421 m suma opadów wyniosła 131.8 mm, czyli 225% sumy z wybrzeża. Opady atmosferyczne na Spitsbergenie znacznie wzrastają z wysokością nad poziom morza, i fakt ten należy uwzględnić przy wszelkich bilansach masy lodowców opartych na danych ze stacji położonych na wybrzeżu.

## 7. Podsumowanie

Na podstawie 10 sezonów badawczych z lat 1978-1999 dla porównywalnego okresu od 21 lipca do 31 sierpnia można stwierdzić, że średnia temperatura powietrza na czole Lodowca Waldemara jest średnio o 0,8°C niższa w porównaniu do stacji Kaffiöyra zlokalizowanej na wybrzeżu. Między wybrzeżem a strefą morenową lodowca temperatura powietrza obniża się nieznacznie (o 0.4°C), dalszy spadek temperatury, o kolejne 0.4°C, następuje na granicy dwóch środowisk: morenowego i lodowcowego. Na Lodowcu Waldemara temperatura obniża się o 0.48°C/100 m wysokości i wynosi przeciętnie 2.5°C na wysokości 380 m n.p.m.

Tabela 2 - Table 2

Średnie wartości temperatury (T) i wilgotności względnej (f) powietrza oraz sumy opadów atmosferycznych (P) na Kaffiöyrze (KH) i na Lodowcu Waldemara (LW1 i LW2) w okresie 21.07-31.08 w czasie Toruńskich Wypraw Polarnych

Mean values of air temperature (T), relative air humidity (f) and sums of precipitation at Kaffiöyra (KH) and Waldemar Glacier (LW1, LW2) in the period 21.-7-31.08 during Toruń Polar Expeditions

Element Parameter	Stacja Stand	1978*	1979	1980	1982	1985	1989	1997**	1998	1999	1978-99
T (°C)	KH	4,4	4,5	4,1	3,2	5,4	3,9	4,0	6,3	4,9	4,5
	LW1	3,5	3,7	3,0	2,6	4,6	3,4	3,3	5,5	3,9	3,7
	LW2	2,1	2,6	1,9	1,3	3,3	1,9		4,1	2,5	2,5
f (%)	KH	90	90	89	88	89	90	90	91	85	89
	LW1	87	85	89		87	87			88	87
	LW2	90	80	88		87	90			90	87
P (mm)	KH						27	122,5	16,0	58,4	56,0
	LW1						44,2	129,8	23,1	85,3	70,6
	LWs						55,4		33,7	100,6	
	LW2						69	195,5	43,8	108,9	104,3

Explanations: \* - 02-31.08, \*\* - 28.07-31.08

Wilgotność względna nie wykazuje tak jednoznacznego rozkładu. W niektórych sezonach letnich wyższe wartości notowano na wybrzeżu, w niektórych zaś na lodowcu. Jest to prawdopodobnie uzależnione od kierunku adwekcji i rodzaju mas powietrza oraz od częstości zjawisk fenowych, które czasami są notowane na lodowcu, a nie sięgają wybrzeża (Kejna 199b). Na Lodowcu Waldemara występuje wzrost wilgotności względnej z wysokością nad poziom morza.

Opady atmosferyczne na Lodowcu Waldemara mierzono zaledwie w kilku sezonach badawczych. Średnia suma opadów w okresie od 21.07 do 31.08 na czole lodowca (LW1) wynosi 70.6 mm, co stanowi 126% opadów zmierzonych na wybrzeżu (KH). Wraz z wysokością suma opadów wzrasta i na polu firnowym (LW2) jest prawie 2-krotnie wyższa niż na wybrzeżu i wynosi średnio 104.3 mm.

## Literatura

- Arażny A., 1998. Warunki meteorologiczne Lodowca Waldemara w porównaniu z warunkami na Równinie Kaffiöyra w lecie 1997 roku. Maszynopis pracy magisterskiej, Zakład Klimatologii Instytutu Geografii, UMK, Toruń: ss. 153.
- Forland E. J., Hanssen-Bauer I., Nordli P., 1997. Climate statistics and longterm series of temperature and precipitation at Svalbard and Jan Mayen. DNMI Report No. 21/97 Klima, Oslo: ss. 72.
- Kejna M., 1989a. Wiatry bryzowe na Kaffiöyra (NW Spitsbergen) w lecie 1985 r., Materiały VI Sympozjum Polarnego, Toruń: 179-182.
- Kejna M., 1989b. Wiatry fenowe na Kaffiöyra (NW Spitsbergen) na tle ogólnej cyrkulacji atmosfery w lecie 1985 r., Materiały XVI Sympozjum Polarnego, Toruń: 175-178.
- Kejna M., 2000. Albedo of the Waldemar glacier surface (Spitsbergen) in summer season 1999, Polish Polar Studies, 27th International Polar Symposium, Toruń: 181-190.
- Kejna M., w druku. Warunki meteorologiczne na Kaffiöyrze (NW Spitsbergen) w okresie od 13 lipca do 9 września 1999 roku, Problemy Klimatologii Polarnej, 10, Toruń.
- Kejna M., Arażny A., Siwek K., 2000. Spatial differentiation of weather conditions on Spitsbergen in summer season 1999, Polish Polar Studies, 27th International Polar Symposium, Toruń: 191-202.
- Lankauf K. R., 1997. Recession of Waldemar Glacier. In: Dynamics of polar environment, Polar Session, Uniwersytet M. Curie-Skłodowskiej, Lublin: 125-127.
- Lankauf K.R., 1999. Mapa topograficzna regionu Kaffiöyry (Ziemia Oskara II). Skala 1:50000, Inst. Geogr. UMK, Toruń.
- Marciniak K., Marszelewski W., Przybylak R., 1985. Temperatura powietrza na Lodowcu Elizy i Lodowcu Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim - studium porównawcze. Mat. XII Sympozjum Polar., Materiały, Szczecin: 31-42.
- Marciniak K., Przybylak R., 1987. Zróznicowanie przestrzenne temperatury powietrza w sezonie letnim na zachodnim wybrzeżu Spitsbergenu. Aktualne problemy badawcze w Arktyce i Antarktyce, Mat. XIV Sympozjum Polar., Lublin: 168-173.
- Marciniak K., Przybylak R., 1992. Zróznicowanie przestrzenne temperatury powietrza w strefie wybrzeża regionu Kaffiöyry (NW Spitsbergen) w czasie lata polarnego. Problemy Klimatologii Polarnej, 2, Gdynia: 111-120.
- Przybylak R., Kejna M., Marciniak K., 1993. Termiczno-wilgotnościowa stratyfikacja w przyziemnej warstwie powietrza nad moreną i lodowcem w regionie Ziemi Oskara II (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 1989 r., Wyniki badań VIII Toruńskiej Wyprawy Polarnej "Spitsbergen' 89": 65-82.

- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1981. Stosunki termiczne sezonu letniego na Lodowcu Waldemara i nadmorskiej Nizinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen). Mat. VIII Sympozjum Polar., Sosnowiec: 21-32.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1998. Częstość i intensywność inwersji temperatury powietrza w sezonie letnim w regionie Kaffiöyry (NW Spitsbergen). Problemy Klimatologii Polarnej 3, Toruń: 45-68.
- Wójcik G., Przybylak R., 1985. Pionowe gradienty temperatury powietrza na Lodowcu Waldemara (Ziemia Oskara II, Spitsbergen), XII Sympozjum Polar., Szczecin: 67-74.

## **Meteorological conditions on the Waldemar Glacier (NW Spitsbergen) in Summer season 1999**

### Summary

The meteorological measurements were carried out on NW Spitsbergen on the Waldemar Glacier (surface 2.66 km<sup>2</sup>) in three points: ATA (133 m a.s.l., marginal zone), LW1 (130 m a.s.l., snout of glacier), LW2 (380 m a.s.l., firn part). The base station of Toruń Polar Expedition is situated on the north part of Kaffiöyra (KH, 11 m a.s.l.), about 3 km away from glacier. The air temperature and relative air humidity were measured by termohigrographs in standard meteorological boxes, and precipitation by Hellmanns pluviometer in the period 14.07-8.09.1999.

The weather conditions on the Kaffiöyra region are determined by solar and circulation factors. In the summer season 1999 north and east advection of air masses dominated. The meteorological conditions on Waldemar Glacier are formed by the influence of two contrasting environments: the glacier and its moraine foreground. The mean air temperature in summer 1999 at the Kaffiöyra equaled 5.4°C and at the moraine of the Waldemar Glacier (ATA) 5.2°C. On the glacier the air temperature was much lower, and on the snout (LW1) was 4.5°C and decreases with the altitude (LW2 3.2°C). The average gradient of air temperature between LW1 and LW2 stands was 0.53°C/100 m. Between the warmed up dark moraine ground (ATA) and the melted surface of the glacier a "thermal jump" occurred (0.4°C on the distance 160 m). The highest maximum of air temperature at KH was 18.1°C, and on the Waldemar Glacier 16.4°C (LW1) and 16.5°C (LW2).

The relative air humidity on Spitsbergen are formed under the influence of oceanic water and foehn phenomena. In summer season 1999 the mean relative air humidity was 84% at the Kaffiöyra and increased with the altitude on the Waldemar Glacier (LW1 – 86%, LW2 –89%). In the period 21-07-31.08 at the Kaffiöyra sums of the precipitation equaled 58,4 mm and on the glacier: 85.2 mm (133 m a.s.l.), 100.6 mm (233 m a.s.l.), 108.9 mm (380 m a.s.l.) and 131.8 mm (421 m a.s.l.).

In summer season the meteorological conditions on the Waldemar Glacier show a large variability. It is a result of incoming air masses, warm from moraine foreground up the glacier and cool from the glacier plateau, from the interior of Spitsbergen.