

## WARUNKI METEOROLOGICZNE I BIOMETEOROLOGICZNE W REJONIE HORNSUNDU W CIEPŁEJ PORZE ROKU 2007 I 2008

### BIOMETEOROLOGICAL AND METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE HORNSUND REGION DURING THE WARM SEASON OF 2007 AND 2008

Andrzej Arażny<sup>1</sup>, Krzysztof Migala<sup>2</sup>, Sebastian Sikora<sup>2</sup>, Tomasz Budzik<sup>3</sup>, Dariusz Puczek<sup>4</sup>

<sup>1</sup> – Zakład Klimatologii, Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
ul. Gagarina 9, 87–100 Toruń  
andy@umk.pl

<sup>2</sup> – Zakład Klimatologii i Ochrony Atmosfery, IGiRR, Uniwersytet Wrocławski  
ul. Kosiby 6/8, 51–670 Wrocław  
migalak@meteo.uni.wroc.pl, sikoraseb@meteo.uni.wroc.pl

<sup>3</sup> – Katedra Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski  
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec  
tomasz.budzik@us.edu.pl

<sup>4</sup> – Zakład Badań Polarnych i Morskich, Instytut Geofizyki PAN  
ul. Księcia Janusza 64, 01–452 Warszawa  
dp@igf.edu.pl

**Zarys treści.** W artykule dokonano charakterystyki warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w rejonie Hornsundu w okresie ciepłym (od 1 czerwca do 30 września) w roku 2007 i 2008. Pomiary wykonywano w czterech punktach: w Hornsundzie, na Lodowcu Hansa (na linii równowagi i w jego partii firmowej) oraz na szczycie Fugleberget. Przeanalizowano zróżnicowanie warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w zależności od: wysokości nad poziomem morza, odległości od morza i charakteru podłoża. Wykorzystano m.in. cztery wskaźniki biometeorologiczne: wskaźnik ochładzania wiatrem (WCI), przewidywaną termozolacyjność odzieży (Iclp), wielkość ochładzającą powietrza (H) oraz temperaturę odczuwalną (STI). Stwierdzono, że zróżnicowanie przestrzenne badanych elementów meteorologicznych oraz wskaźników biometeorologicznych w rejonie Hornsundu latem 2007 i 2008 roku było znaczące. Przedstawiono wpływ cyrkulacji atmosferycznej na poszczególne elementy meteorologiczne i wskaźniki biometeorologiczne.

**Słowa kluczowe:** Spitsbergen, Hornsund, warunki meteorologiczne i biometeorologiczne, cyrkulacja atmosferyczna.

## 1. Wstęp

Głównym celem niniejszej pracy jest zbadanie przestrzennego zróżnicowania warunków meteorologicznych oraz biometeorologicznych panujących w rejonie Hornsundu (SW Spitsbergen) w sezonie ciepłym (od 1 czerwca do 30 września) 2007 i 2008 r. Dodatkowym celem jest przedstawienie wpływu

czynników cyrkulacyjnych oraz lokalnych na warunki meteorologiczne i biometeorologiczne w tym regionie Arktyki.

Człowiek przebywający w obszarach o niskiej temperaturze powietrza bardzo często odczuwa zimno. Dzieje się to wówczas, gdy straty ciepła są większe niż zdolność wytwarzania ciepła przez organizm. Jego obroną przed oziębieniem jest m.in.: obniżenie dopływu ciepła do skóry (skurcz naczyń krwionośnych) oraz wzrost napięcia przemiany materii i wytwarzania ciepła (Kozłowski 1986). Fizjologiczny mechanizm obronny przed zimnem w obszarach polarnych nie jest wystarczający. Musimy szukać zabezpieczenia m.in. przez stosowanie odpowiedniej odzieży i wysokokaloryczne odżywianie.

Badania topoklimatyczne na Spitsbergenie prowadzone są od ponad 50 lat – od III Międzynarodowego Roku Geofizycznego w 1957 roku. Obszarem złodowaconym na Spitsbergenie, dla którego polscy badacze zebrali najwięcej danych meteorologicznych jest region Hornsundu. W poszczególnych latach zwiększała się liczba miejsc pomiarowych oraz zakres prowadzonych badań (m.in. Kosiba 1958, 1960; Głowicki i Baranowski 1974, Baranowski i Głowicki 1975a, 1975b; Baranowski 1977, Pereyma 1983, Brządził i in. 1988, Pereyma i Piasecki 1988, Migąła i in. 2004, Marsz i Styszyńska red. 2007, Nasiółkowski i Pereyma 2007, Migąła i in. 2008).

Drugi obszar złodowacony na Spitsbergenie, który jest najlepiej rozpoznany pod względem warunków meteorologicznych to Lodowiec Waldemara. Pomiaru na tym lodowcu rozpoczęto w 1978 roku i są kontynuowane do chwili obecnej (m.in. Przybylak 1980, Wójcik i in. 1981, 1998; Marciniak i in. 1985, Wójcik i Przybylak 1985, Marciniak i Przybylak 1992, Arażny 1998, 1999; Kejna 2001, Kejna i Maszewski 2007, Przybylak i in. 2007).

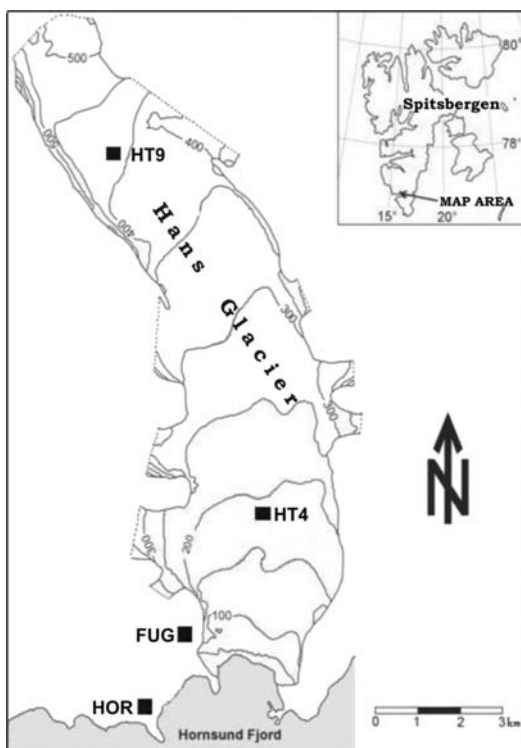
Dla obszaru Spitsbergenu mniej jest natomiast opracowań z zakresu biometeorologii i bioklimatologii (np. Wójcik 1963, Szczepankiewicz-Szmyrka 1981, 1988; Marciniak 1983, Szczepankiewicz-Szmyrka i Pereyma 1992, Zawisłak 1986, Gluza 1988, Nordli i in. 2000, Arażny 2003, 2006, 2008; Owczarek 2004, Przybylak i Arażny 2005, Arażny i Błażejczyk 2007, Sikora i in. 2007).

## 2. Obszar badań

W opracowaniu przedstawiono zróżnicowanie warunków meteorologicznych i biometeorologicznych wykorzystując dane z czterech punktów (ryc. 1): w Hornsundzie (HOR), na Lodowcu Hansa (HT4 i HT9) oraz na szczycie górskim Fugle (FUG). Przeanalizowano zróżnicowanie ww. warunków przy różnych sytuacjach pogodowych w zależności m.in. od wysokości nad poziomem morza, odległości od morza i charakteru podłoża.

Na analizowanym obszarze badań główna stacja meteorologiczna zlokalizowana jest na północnym brzegu fiordu Hornsund (HOR). Położona jest w ogródku meteorologicznym Polskiej Stacji Polarnej PAN na tarasie morskiej na wysokości 10 m n.p.m. i w odległości 300 m od fiordu ( $\varphi = 77^{\circ}00'N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}33'E$ ). Stacja meteorologiczna w Hornsundzie pracuje w sieci Światowej Organizacji Meteorologicznej. Prowadzone są tam systematyczne, całodobowe pomiary i obserwacje podstawowych elementów meteorologicznych według standardów WMO.

W celu określenia lokalnego klimatu Lodowca Hansa wykorzystywane są dwie stacje pomiarowe. Pierwsza z nich (HT4) jest usytuowana na wysokości 184 m n.p.m. w środkowej części lodowca, w okolicy linii równowagi – 3 km od jego czoła ( $\varphi = 77^{\circ}04' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}63' E$ ). Druga stacja na obszarze złodowaconym (HT9) jest zlokalizowana na Lodowcu Hansa ( $\varphi = 77^{\circ}11' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}48' E$ ), na wysokości



Ryc. 1. Położenie obszaru badań i stacji meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu

Fig. 1. Location of study area and meteorological stations used in the present work

421 m n.p.m., w odległości około 9 km od jego czoła. Lodowiec Hansa ma około 16 kilometrów długości i zajmuje powierzchnię 57 km<sup>2</sup>. Należy zaznaczyć, że proces deglacji i ruch lodowca wpływają na powolne, następujące z roku na rok zmiany pozycji tych stacji.

Czwarty punkt pomiarowy znajduje się na kulminacji szczytu górskiego Fugle (FUG), w odległości 1,5 km od fiordu Hornsund, na wysokości 568 m n.p.m. ( $\varphi = 77^{\circ}01' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}34' E$ ).

### 3. Dane i metody pracy

Do charakterystyki warunków meteorologicznych i biometeorologicznych zostały użyte standardowe metody obliczeniowe używane w klimatologii i bioklimatologii (m.in. Gregory 1976, Kozłowska-Szczęśna i in. 1997, Błażejczyk 2004). Przeanalizowano m.in. cztery wskaźniki biometeorologiczne: wskaźnik ochładzania wiatrem (WCI), przewidywaną termoizolacyjność odzieży (IcIp), temperaturę odczuwalną (STI) oraz wielkość ochładzającą powietrza (H). Do oceny warunków meteorologicznych i biometeorologicznych użyto wartości chwilowych (co 10 minut) danych meteorologicznych z dwóch okresów 1 VI – 30 IX w roku 2007 i 2008. Wskaźniki biometeorologiczne (WCI, IcIp, STI i H) wyznaczono z wzorów empirycznych. Obliczono je wykorzystując pakiet programu komputerowego „BioKlima 2.5” (Błażejczyk i Błażejczyk 2007).

Warunki biotermiczne w rejonie Hornsundu oceniono m. in. za pomocą wskaźnika ochładzania wiatrem (WCI), przy założeniu, że człowiek jest ubrany w ciężką arktyczną odzież zimową o termoizolacyjności 4,0 clo (Siple i Passel 1945):

$$WCI = (10 \cdot v^{0,5} + 10,45 - v) (33,0 - T) \cdot 1,163$$

gdzie: T – temperatura powietrza (°C), v – prędkość wiatru (m · s<sup>-1</sup>).

Poszczególnym wartościom WCI odpowiadają określone odczucia cieplne jakich doświadcza człowiek w danym środowisku atmosferycznym (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997). Odczucia cieplne dla WCI: skrajnie gorąco ( $\leq 58,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), gorąco ( $58,3-116,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), zbyt ciepło ( $116,4-232,6 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), komfortowo ( $232,7-581,5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), chłodno ( $581,6-930,4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), zimno ( $930,5-1628,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), mroźno ( $1628,3-2326,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ), skrajnie mroźno ( $>2326,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

Kolejna użyta do analizy wielkość – wskaźnik przewidywanej izolacyjności odzieży (Iclp) – został zaproponowany przez Burtona i Edholma (1955) do badań termofizjologicznych warunków pracy w terenie otwartym. Wyznacza się go ze wzoru:

$$Iclp = 0,082 \{91,4 - (1,8 \cdot T + 32)\} / (0,01724 \cdot M) - 1 / (0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5})$$

gdzie: T – temperatura powietrza w °C, v – prędkość wiatru w m · s<sup>-1</sup>, M – metabolizm w W · m<sup>-2</sup>.

Do obliczeń wartości Iclp przyjęto wartość metabolizmu  $135 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  dla człowieka poruszającego się z prędkością  $4 \text{ km} \cdot \text{godz}^{-1}$ . Następnie określono (w danych warunkach meteorologicznych) przewidywaną izolacyjność odzieży (w clo). Wartościom Iclp można przypisać następującą ocenę warunków termicznych: bardzo ciepłe ( $<0,30 \text{ clo}$ ), ciepłe ( $0,31-0,80 \text{ clo}$ ), neutralne ( $0,81-1,20 \text{ clo}$ ), chłodne ( $1,21-2,00 \text{ clo}$ ), zimne ( $2,01-3,00 \text{ clo}$ ), bardzo zimne ( $3,01-4,00 \text{ clo}$ ) i arktyczne ( $>4,00 \text{ clo}$ ).

Temperatura odczuwalna (STI) przedstawia odczucia cieplne człowieka powstałe w wyniku ekspozycji na warunki otoczenia. Wyznacza się ją przez rozwiązanie równania bilansu cieplnego człowieka przy zastosowaniu modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem MENEX\_2002 (Błażejczyk 1993, 2003). Wskaźnik STI określa subiektywne odczucia cieplne człowieka. Powstają one w wyniku reakcji receptorów ciepła i zimna na docierające z otoczenia i z wnętrza ciała bodźce termiczne (Błażejczyk 2003). Poszczególnym wartościom temperatury odczuwalnej przypisano następujące subiektywne odczucia cieplne: bardzo zimno ( $< -38,00^\circ\text{C}$ ), zimno ( $-38,00 \div -0,50^\circ\text{C}$ ), chłodno ( $-0,49 \div 22,50^\circ\text{C}$ ), komfortowo ( $22,51 \div 32,00^\circ\text{C}$ ), ciepło ( $32,01 \div 46,00^\circ\text{C}$ ), gorąco ( $46,01 \div 55,00^\circ\text{C}$ ), bardzo gorąco ( $> 55,00^\circ\text{C}$ ).

Wielkość ochładzająca powietrza (H) określa wielkość utraty ciepła z powierzchni ciała w jednostce czasu. Wskaźnik H jest przydatny do oceny odczuć ciepłych ludzi w ruchu, ubranych stosownie do pory roku. Wielkość ochładzająca powietrza została obliczona z równania empirycznego Hilla (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997):

$$H = (36,5 - T) \cdot (0,20 + 0,4 \cdot v^{0,5}) \cdot 41,868, \text{ gdy } v \leq 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$H = (36,5 - T) \cdot (0,13 + 0,47 \cdot v^{0,5}) \cdot 41,868, \text{ gdy } v > 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

gdzie: T- temperatura powietrza (°C), v - prędkość wiatru (m · s<sup>-1</sup>).

Obliczone wartości H przedstawiono w postaci rozkładu ich częstości w skali odczucia cieplnego Petroviča i Kacvinsky'ego (za Kozłowska-Szczęsna i in. 1997). Skala ta przedstawia się następująco: nieznośnie zimno i wietrznie ( $>2100,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); bardzo zimno ( $1680,1-2100,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); zimno ( $1260,1-1680,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); chłodno ( $840,1-1260,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); przyjemnie chłodno ( $630,1-840,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); łagodnie ( $420,1-630,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ); gorąco ( $210,1-420,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) i upalnie ( $< 210,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ).

## 4. Wyniki badań

### 4.1. Warunki meteorologiczne

#### 4.1.1. Temperatura powietrza

W lokalnym rozkładzie temperatury powietrza dużą rolę pełni orografia i ekspozycja danego terenu, rodzaj i właściwości podłoża, wysokość nad poziomem morza, odległość od morza oraz lokalna cyrkulacja mas powietrza. Na obszarach zlodowaconych temperatura dodatkowo podlega silnym wpływom podłoża śnieżno-lodowcowego, gdzie temperatura powierzchni lodowca nie przekracza wartości 0°C.

W okresach ciepłych 2007 i 2008 roku na analizowanym obszarze najwyższe średnie wartości temperatury powietrza wystąpiły na terasie nadmorskiej, na której jest położona Polska Stacja Polarna w Hornsundzie (HOR) – tabela 1. Na północnym brzegu fiordu Hornsund (HOR) analizowane średnie miesięczne wartości tego elementu były wyższe od 0°C. Jest to zgodne ze średnimi miesięcznymi wartościami temperatury powietrza w HOR z wielolecia 1979-2006 (Marsz i Styszyńska red. 2007). Przeciętnie w ciągu roku w Hornsundzie najcieplejszymi miesiącami są lipiec i sierpień (odpowiednio 4,4 i 4,0°C), a następnie czerwiec i wrzesień (odpowiednio 1,8 i 1,3°C). W badanych dwóch okresach temperatura w sierpniu była zbliżona do „normy” (3,9-4,2°C), a lipiec był nieznacznie chłodniejszy (4,1-4,2°C). Natomiast pozostałe miesiące były cieplejsze od średniej wieloletniej: czerwiec (2,4-2,7°C) oraz wrzesień (1,7-2,9°C). Sytuacja taka była spowodowana częstszym niż w latach ubiegłych napływem cieplejszych i wilgotniejszych mas powietrza znanego z Atlantyku.

W rejonie Hornsundu średnio najchłodniej jest na Lodowcu Hansa. Średnia różnica temperatury obliczona z 8 miesięcy między HOR a stacjami lodowcowymi (HT4 i HT9) wynosi 2,5°C. Średni gradient temperatury powietrza za cały okres pomiarowy pomiędzy górną stacją lodowcową HT9 i HOR wyniósł 0,70°C/100 m. W lipcu i sierpniu 2007 i 2008 r. pole temperatury na Lodowcu Hansa było jednorodne (0,1-0,6°C), w pozostałych miesiącach wystąpiły już znaczne różnice między cieplejszym fragmentem lodowca od czoła do okolic linii równowagi, w stosunku do jego części firmowej (tab. 1).

Stacja FUG jest położona na wysokim szczycie górskim masywu Fugleberget. Średni gradient temperatury powietrza z całego okresu pomiarowego między FUG i HOR wyniósł 0,50°C/100 m. Identyczną wartość gradientu temperatury podają dla innych obszarów Spitsbergenu m.in. Wójcik i in. 1998, Araźny 1999, Kejna 2001.

W rejonie Hornsundu podczas dwóch analizowanych okresów najcieplejsze były dwie pierwsze dekady sierpnia. Przykładowo w 2007 r. w pierwszej dekadzie tego miesiąca w HOR było 5,6°C, na Lodowcu Hansa od 3,7 do 2,3°C i na FUG 3,0°C. Natomiast zdecydowanie najchłodniej było w ostatniej dekadzie września, n.p. w 2007 r. w HOR było 0,5°C, na lodowcu od -2,7 do -3,5°C i na FUG -3,4°C.

#### 4.1.2. Prędkość wiatru

Najbardziej wietrznym z czterech analizowanych miejsc jest punkt pomiarowy umieszczony na szczycie górskim FUG (tab. 1). Znajduje się on w wysokim paśmie górskim Arikammen-Fugleberget w jego najwyższym punkcie (568 m n.p.m.). Uśredniona prędkość wiatru z dwóch badanych okresów jest tam wyższa o 1,1 ms<sup>-1</sup> od notowanej w stacji HOR.

W ciągu roku najmniejsze średnie miesięczne prędkości wiatru w HOR występują w okresie od czerwca do września. Jak podaje Araźny (2008) w latach 1979-2000 na tej stacji średnie te wynosiły

odpowiednio: 2,7; 2,9; 3,0 i 3,2 ms<sup>-1</sup> (na wysokości 2 m nad poziomem terenu). W stosunku do wartości wieloletnich w ciepłych okresach 2007 i 2008 r. obserwowano m.in. podwyższoną (o 0,8-1,1 ms<sup>-1</sup>) dynamikę powietrza w czerwcu i mniejsze (o 0,2-0,6 ms<sup>-1</sup>) prędkości we wrześniu.

Średnia prędkość wiatru na osłoniętym Lodowcu Hansa jest mniejsza niż prędkość wiatru w terenach nadmorskich (HOR) i górskich (FUG). Lodowiec ten od strony wschodniej graniczy z masywem górskim Sofiekammen ze szczytami Wintertinden (925 m n.p.m.) i Fannytoppen (412 m n.p.m.). Od zachodu ograniczają go góry m.in. Stryptegga (734 m n.p.m.) i Bergnova z wierzchołkiem (655 m n.p.m.). Niedaleko znajduje pasmo Fugleberget (FUG) o wysokości (568 m n.p.m.), a od strony zachodniej i od strony wschodniej Fannytoppen o wysokości (412 m n.p.m.).

W badanych okresach najsilniejszy wiatr występował w pierwszej dekadzie sierpnia 2007 r. Na FUG stwierdzono wówczas średnio 8,8 ms<sup>-1</sup>, w HOR – 5,8 ms<sup>-1</sup>, w środkowej części Lodowca Hansa – 4,3 ms<sup>-1</sup> i w jego górnej części – 2,6 ms<sup>-1</sup>. Najniższe średnie prędkości wiatru (1,6 ms<sup>-1</sup>) w HOR wystąpiły w pierwszej dekadzie sierpnia i września 2008 r.

#### 4.1.3. Wilgotność względna powietrza

Cechą południowo-zachodniego Spitsbergenu, jest wysoka wilgotność względna powietrza, czemu sprzyja duży udział adwekcji ciepłych i wilgotnych mas powietrza z szerokości umiarkowanych w układach cyklonalnych, niskie wartości temperatury powietrza oraz bliskość morza. W ciągu roku w HOR maksimum wilgotności względnej przypada na lipiec i sierpień (odpowiednio 85,8% i 85,7%), a nieznacznie niższe wartości występują w czerwcu – 82,8% i wrześniu – 81,6% (Marsz i Styszyńska 2007). W lipcu i we wrześniu 2007 i 2008 r. oraz w sierpniu 2008 r. wilgotność względna była wyższa (o 3-7%) w stosunku do średniej wieloletniej. Natomiast w czerwcu 2007 i 2008 r. oraz w sierpniu 2007 r. wystąpiły niższe wartości (1-5%) w stosunku do tych z lat 1978-2006. Na przebieg wilgotności względnej w HOR dużego wpływu nie wywierały wiatry fenowe, co potwierdza wcześniejsze spostrzeżenia Marsza i Styszyńskiej (2007).

W porównaniu z HOR, stacje położone na Lodowcu Hansa i na FUG, nie wykazują dużych różnic wartości wilgotności względnej. Na Lodowcu Hansa na zmiany w wartościach wilgotności względnej powietrza w poszczególnych okresach silnie wpływa podłoże śnieżno-lodowe oraz wiatr katabatyczny.

W analizowanym okresie najwilgotniejsza była druga dekada września 2008 r. W HOR wilgotność względna wyniosła wówczas 96,9%, na Lodowcu Hansa od 95,0 do 99,2% i na FUG 95,8%. Natomiast najsuchsze powietrze wystąpiło w drugiej dekadzie czerwca 2008 r., kiedy w HOR f wyniosła 73,0%, a na lodowcu od 77,2 do 79,0% (tab. 1).

Tabela 1 – Table 1

Średnie wartości wybranych elementów meteorologicznych (T – średnia temperatura powietrza, v – prędkość wiatru na 2m n.p.m., f – wilgotność względna) w stacjach pomiarowych (HOR, HT4, HT9 i FUG) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.

Mean values of selected meteorological elements (T – mean air temperature, v – wind velocity at 2 m a.g.l., f – relative humidity) at the recording stations (HOR, HT4, HT9 and FUG) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008

Element	Rok – Year	2007				2008			
	Stacja – Station	HOR	HT4	HT9	FUG	HOR	HT4	HT9	FUG
T [°C]	1-10 VI	1,9	0,3	-0,3	-	1,5	0,3	-0,5	-1,1
	11-20 VI	2,3	0,0	-0,1	-	2,3	0,3	-1,2	-1,7
	21-30 VI	3,8	2,2	0,8	-	3,5	2,1	0,2	-0,5
	<b>1-30 VI</b>	<b>2,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,1</b>	<b>-</b>	<b>2,4</b>	<b>0,9</b>	<b>-0,5</b>	<b>-1,1</b>
	1-10 VII	3,8	1,3	2,0	2,7	3,5	2,0	1,8	1,9
	11-20 VII	4,2	1,4	1,5	1,7	4,1	2,8	1,5	0,9
	21-31 VII	4,6	2,0	1,5	1,6	4,8	2,5	3,6	4,6
	<b>1-31 VII</b>	<b>4,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>	<b>4,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>
	1-10 VIII	5,6	3,7	2,3	3,0	3,5	1,7	2,3	3,3
	11-20 VIII	4,4	1,0	1,0	1,3	4,5	2,3	1,8	1,4
	21-31 VIII	2,7	-0,5	-1,1	-1,1	3,8	2,2	1,2	1,2
	<b>1-31 VIII</b>	<b>4,2</b>	<b>1,3</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>3,9</b>	<b>2,1</b>	<b>1,7</b>	<b>2,0</b>
	1-10 IX	2,5	-1,0	-2,3	-1,5	2,8	1,1	0,4	0,3
	11-20 IX	2,3	0,6	-2,0	-1,9	4,9	3,0	3,2	2,9
	21-30 IX	0,5	-2,7	-3,5	-3,4	1,0	-1,1	-3,1	-3,7
<b>1-30 IX</b>	<b>1,7</b>	<b>-1,3</b>	<b>-2,6</b>	<b>-2,3</b>	<b>2,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,1</b>	
v [m/s]	1-10 VI	2,6	2,2	2,0	-	2,6	2,1	2,0	-
	11-20 VI	3,3	2,5	2,5	-	2,5	2,8	3,0	-
	21-30 VI	5,3	2,6	2,5	-	5,4	3,9	4,1	-
	<b>1-30 VI</b>	<b>3,8</b>	<b>2,4</b>	<b>2,3</b>	<b>-</b>	<b>3,5</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>-</b>
	1-10 VII	2,1	1,7	2,1	2,0	2,3	2,2	2,5	3,3
	11-20 VII	2,7	2,0	1,8	3,3	3,7	2,6	2,1	4,9
	21-31 VII	4,0	2,5	1,8	4,8	1,7	2,0	1,7	2,2
	<b>1-31 VII</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1</b>	<b>1,9</b>	<b>3,5</b>	<b>2,5</b>	<b>2,2</b>	<b>2,1</b>	<b>3,4</b>
	1-10 VIII	5,8	4,3	2,6	8,8	1,6	1,8	2,4	2,3
	11-20 VIII	2,1	2,4	2,1	2,7	2,5	2,5	2,7	2,9
	21-31 VIII	3,7	2,8	2,8	4,5	2,9	2,1	1,7	3,6
	<b>1-31 VIII</b>	<b>3,8</b>	<b>3,1</b>	<b>2,5</b>	<b>5,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,1</b>	<b>2,3</b>	<b>2,9</b>
	1-10 IX	2,5	2,4	2,3	2,8	1,6	1,6	2,1	3,3
	11-20 IX	3,9	2,8	2,3	5,6	2,3	2,1	3,4	3,9
	21-30 IX	2,7	2,7	2,9	3,0	4,0	4,2	4,2	6,0
<b>1-30 IX</b>	<b>3,0</b>	<b>2,6</b>	<b>2,5</b>	<b>3,9</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>4,4</b>	
f [%]	1-10 VI	85,1	90,4	92,7	-	82,7	84,3	82,1	-
	11-20 VI	79,5	80,3	79,5	-	73,0	79,0	77,2	-
	21-30 VI	82,3	80,7	88,1	-	78,5	78,3	83,5	-
	<b>1-30 VI</b>	<b>82,0</b>	<b>83,9</b>	<b>86,7</b>	<b>-</b>	<b>78,1</b>	<b>80,5</b>	<b>80,9</b>	<b>-</b>
	1-10 VII	91,2	93,4	85,7	-	87,9	89,6	82,8	82,7
	11-20 VII	88,6	88,1	87,3	-	87,4	89,0	89,9	93,2
	21-31 VII	87,6	87,9	91,6	-	89,7	91,7	82,0	80,9
	<b>1-31 VII</b>	<b>89,5</b>	<b>89,7</b>	<b>88,3</b>	<b>-</b>	<b>88,4</b>	<b>90,1</b>	<b>84,8</b>	<b>85,6</b>
	1-10 VIII	84,8	87,0	93,7	-	90,6	89,6	79,3	76,7
	11-20 VIII	86,2	89,8	88,5	-	88,3	91,1	87,6	92,4
	21-31 VIII	77,4	84,8	87,2	-	84,6	86,3	88,4	89,3
	<b>1-31 VIII</b>	<b>82,7</b>	<b>87,1</b>	<b>89,8</b>	<b>-</b>	<b>87,7</b>	<b>88,9</b>	<b>85,2</b>	<b>86,2</b>
	1-10 IX	81,2	83,2	93,7	-	89,8	90,9	87,6	87,5
	11-20 IX	89,9	83,8	88,5	-	96,9	99,2	95,0	95,8
	21-30 IX	85,2	87,9	87,6	-	80,3	85,2	90,1	92,6
<b>1-30 IX</b>	<b>84,7</b>	<b>85,1</b>	<b>89,9</b>	<b>-</b>	<b>89,0</b>	<b>91,8</b>	<b>90,9</b>	<b>92,0</b>	

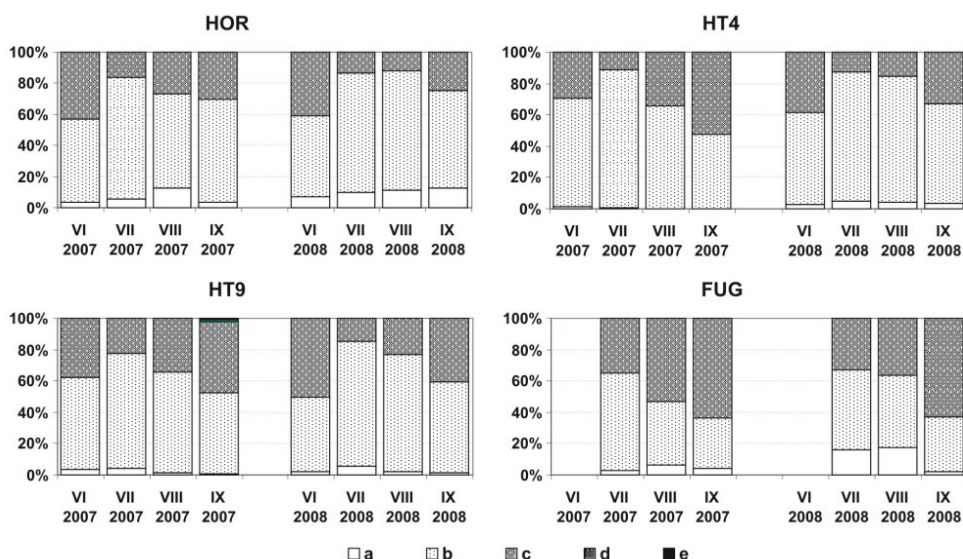
## 4.2. Warunki biometeorologiczne

### 4.2.1. Wskaźnik ochładzania wiatrem (WCI)

Wskaźnik ochładzania wiatrem jest cennym wskaźnikiem biometeorologicznym pozwalającym ocenić warunki termiczne środowiska przy niskich wartościach temperatury (Siple i Passel 1945). Występowanie najlepszych warunków w poszczególnych dniach na analizowanych stacjach jest związane z wyższymi wartościami temperatury powietrza (HOR) i mniejszymi prędkościami wiatru (stacje lodowcowe).

W miesiącach od czerwca do września w HOR w wieloleciu przeważają zdecydowanie odczucia „chłodno” (Araźny 2008). W analizowanym okresie (wg średnich miesięcznych wartości WCI) odczucia te przeważają na wszystkich stanowiskach. Jedynie we wrześniu 2007 i 2008 r. oraz w sierpniu 2007 r. na FUG i we wrześniu 2007 r. na HT9 notowano „zimno” (tab. 2).

W analizowanych 8 miesiącach we wszystkich stacjach wartości chwilowe (10 minutowe) mieszczą się w odczuciach od „komfortowo” do „skrajnie mroźno” (ryc. 2). Najczęściej w HT4, HOR i HT9 pojawiały się sytuacje z odczuciem „chłodno” (odpowiednio: 69, 66, 64%), a na FUG przeważało (47%) odczucie „zimno” nad „chłodno” (44%). Nie stwierdzono w analizowanym okresie chwilowych wartości, w których istniałoby niebezpieczeństwo odmrożeń nieosłoniętych części ciała. Odczucia „mroźnie” i „skrajnie mroźno” wystąpiły w całym okresie pomiarowym jedynie we wrześniu 2007 r. na górnym stanowisku lodowcowym HT9 (stanowiły one jednak zaledwie 2% tego miesiąca).



Ryc. 2. Częstość (%) występowania wskaźnika ochładzania wiatrem (WCI) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.  
Objaśnienia: a – komfortowo, b – chłodno; c – zimno, d – mroźnie, e – skrajnie mroźnie

Fig. 2. Frequency (%) of wind chill index (WCI) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008.  
Explanations: a – comfortable, b – cool, c – cold, d – frosty, e – extremely frost



Tabela 2 – Table 2

Średnie wartości wskaźnika ochładzania wiatrem (WCI) oraz przewidywanej izolacyjności odzieży (Iclp) przy umiarkowanym wysiłku fizycznym ( $M=135 \text{ Wm}^{-2}$ ) w stacjach pomiarowych (HOR, HT4, HT9 i FUG) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.

Mean values of wind chill index (WCI) and of insulation predicted (Iclp) during temperate ( $M=135 \text{ Wm}^{-2}$ ) physical activity at the recording stations (HOR, HT4, HT9 and FUG) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008

Wskaźnik Index	Rok – Year	2007				2008				
	Stacja – Station	HOR	HT4	HT9	FUG	HOR	HT4	HT9	FUG	
WCI ( $\text{W m}^{-2}$ )	1-10 VI	834,8	839,9	851,8	-	841,0	838,2	846,4	-	
	11-20 VI	859,2	883,1	889,3	-	821,5	896,9	947,8	-	
	21-30 VI	939,7	854,2	865,6	-	921,0	891,7	970,2	-	
	<b>1-30 VI</b>	<b>882,7</b>	<b>859,2</b>	<b>868,9</b>	<b>-</b>	<b>861,2</b>	<b>875,6</b>	<b>921,5</b>	<b>-</b>	
	1-10 VII	757,9	822,0	803,2	763,1	766,2	778,8	809,1	819,5	
	11-20 VII	769,5	809,2	794,0	872,6	835,9	809,1	815,8	966,1	
	21-31 VII	825,0	826,0	793,6	949,6	684,5	780,3	723,8	732,0	
	<b>1-31 VII</b>	<b>785,5</b>	<b>819,3</b>	<b>796,8</b>	<b>871,6</b>	<b>759,7</b>	<b>789,1</b>	<b>781,0</b>	<b>836,3</b>	
	1-10 VIII	855,5	887,4	841,9	1021,7	704,1	770,7	816,2	752,6	
	11-20 VIII	724,2	852,9	824,1	835,1	751,0	814,3	837,5	828,4	
	21-31 VIII	842,8	919,1	938,0	1000,3	803,6	799,0	780,6	900,2	
	<b>1-31 VIII</b>	<b>804,5</b>	<b>887,5</b>	<b>870,3</b>	<b>957,9</b>	<b>754,6</b>	<b>794,8</b>	<b>810,4</b>	<b>829,4</b>	
	1-10 IX	808,4	912,1	934,1	917,0	717,8	765,3	845,8	916,2	
	11-20 IX	911,3	926,8	916,0	1069,1	719,3	764,1	838,3	888,8	
	21-30 IX	871,9	947,2	1324,2	1014,0	946,2	1017,1	1059,5	1193,7	
	<b>1-30 IX</b>	<b>858,6</b>	<b>929,0</b>	<b>1058,1</b>	<b>1001,6</b>	<b>794,4</b>	<b>848,8</b>	<b>914,5</b>	<b>999,5</b>	
	Iclp (clo)	1-10 VI	1,7	1,7	1,8	-	1,7	1,7	1,8	-
		11-20 VI	1,6	1,8	1,8	-	1,6	1,8	1,9	-
21-30 VI		1,6	1,7	1,7	-	1,6	1,7	1,8	-	
<b>1-30 VI</b>		<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>-</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>-</b>	
1-10 VII		1,5	1,7	1,6	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	
11-20 VII		1,5	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,7	1,8	
21-31 VII		1,5	1,7	1,6	1,7	1,4	1,6	1,5	1,4	
<b>1-31 VII</b>		<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	
1-10 VIII		1,5	1,6	1,7	1,7	1,5	1,6	1,6	1,5	
11-20 VIII		1,5	1,7	1,7	1,7	1,5	1,6	1,7	1,6	
21-31 VIII		1,6	1,8	1,9	1,9	1,6	1,6	1,7	1,7	
<b>1-31 VIII</b>		<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	
1-10 IX		1,6	1,8	1,9	1,8	1,5	1,6	1,7	1,8	
11-20 IX		1,7	1,8	1,9	1,9	1,4	1,6	1,6	1,6	
21-30 IX		1,7	1,9	2,0	2,1	1,8	1,9	2,0	2,1	
<b>1-30 IX</b>		<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>	<b>1,8</b>	<b>1,8</b>	

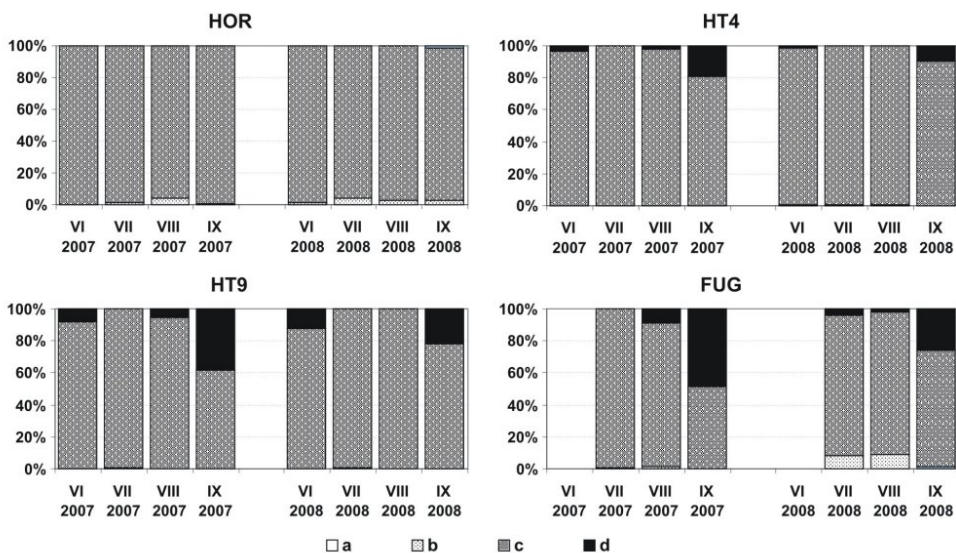
#### 4.2.2. Przewidywana izolacyjność odzieży (Iclp)

Do oceny warunków biometeorologicznych analizowanego obszaru z punktu widzenia zapotrzebowania na odzież gwarantującą człowiekowi komfort cieplny posłużono się wskaźnikiem przewidywanej izolacyjności odzieży dla człowieka poruszającego się z prędkością  $4 \text{ km} \cdot \text{godz}^{-1}$ . W okresie od czerwca do września 2007 i 2008 r. z punktu widzenia zapotrzebowania na odzież o optymalnych właściwościach izolacyjnych dla człowieka poruszającego się niezbędna była odzież typowa dla

sezonów przejściowych poniżej 2,5 clo (tab. 2). W stacji HOR stwierdzono w poszczególnych miesiącach mniejsze wartości od tych na Lodowcu Hansa o 0,1-0,2 clo i Fugleberget (o 0,1-0,4 clo). Należy zwrócić uwagę, że nawet tak małe wartości wskaźnika Iclp (0,1-0,2 clo) przekładają się na dodatkowe warstwy izolacyjne odzieży dla człowieka (np. podkoszulek lub koszula).

Należy również pamiętać, że dla człowieka stojącego w tym terenie do utrzymania komfortu termicznego musi być zapewniona odzież o dwukrotnie większej termoizolacyjności niż dla człowieka idącego (Araźny 2006, 2008). Wynika to z faktu, że metabolicznie wytwarzane ciepło spada wówczas do  $70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ , czyli o około 50%, w porównaniu z ilością produkowaną przez człowieka idącego do pozostającego w pozycji stojącej.

W ciągu badanego okresu, biorąc pod uwagę człowieka przy umiarkowanym wysiłku fizycznym, wyraźnie przeważały warunki środowiska termicznego określanego jako „chłodne”. Warunki te stanowiły na wszystkich stanowiskach ponad 80-90% wszystkich przypadków (ryc. 3).



Ryc. 3. Częstość (%) występowania przewidywanej izolacyjności odzieży (Iclp) przy umiarkowanym wysiłku fizycznym ( $M=135 \text{ Wm}^{-2}$ ) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.

Objaśnienia – Środowisko termiczne: a – ciepłe, b – neutralne, c – chłodne, d – zimne

Fig. 3. Frequency (%) of insulation predicted (Iclp) during temperate ( $M=135 \text{ Wm}^{-2}$ ) physical activity from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008.

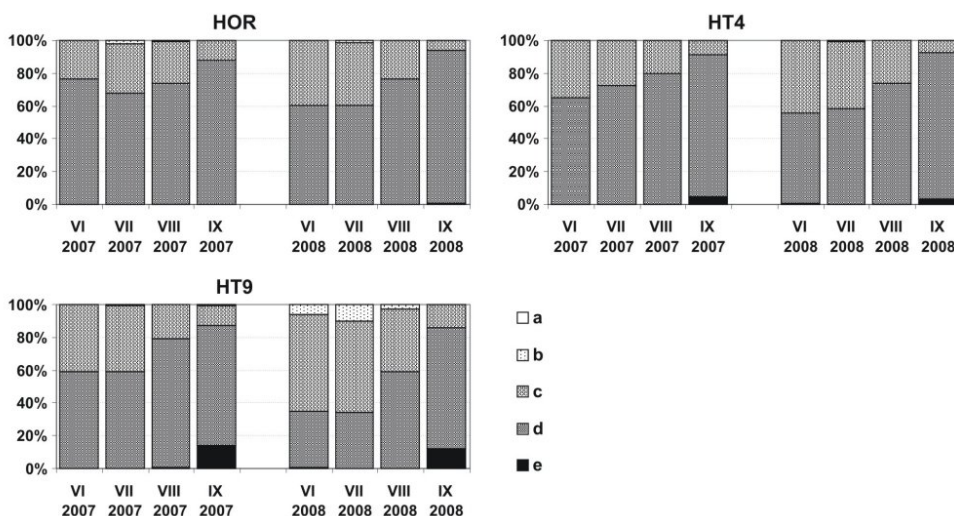
Explanations – Thermal conditions: a – warm, b – neutral, c – cool, d – cold

#### 4.2.3. Temperatura odczuwalna (STI)

Temperatura odczuwalna uwzględnia reakcję termofizjologiczną człowieka na zmieniające się warunki meteorologiczne. Wskaźnik STI obliczany jest z analizy bilansu cieplnego człowieka (Błażejczyk i Błażejczyk 2007). W badanym okresie brak jest informacji o tym wskaźniku z punktu FUG, ponieważ nie było tam rejestrowane promieniowanie słoneczne, które jest potrzebne do wyznaczenia STI.

W Hornsundzie i w rejonie Lodowca Hansa zaznacza się duża zmienność średnich wartości wskaźnika STI (tab. 3). Z całego okresu najlepsze warunki biotermiczne określane jako „chłodno” wystąpiły w górnej części lodowca (HT9) w pierwszej dekadzie lipca 2008 r. (11,0°C). W tym samym czasie w środkowej części lodowca zanotowano 4,3°C, a w Hornsundzie tylko 3,7°C. Taki rozkład przestrzenny STI w tym czasie, był związany z bardzo silnym uprzywilejowaniem solarnym lodowca (szczególnie położonej wysoko jego partii firnowej) w stosunku do zachmurzonej niziny nadmorskiej. Najmniej korzystne warunki biotermiczne (-14,7°C) wystąpiły w trzeciej dekadzie września 2008 r. na Lodowcu Hansa w HT9.

Na całym analizowanym obszarze w 2007 i 2008 r., wartości STI z przedziałów 10-minutowych, mieszczą się w odczuciach od „ciepło” do „bardzo zimno”. Na wszystkich stanowiskach przeważało odczucie „zimno”: w HOR i HT4 stanowił on około 73-75%, a w HT9 jego udział był zmniejszony średnio do 59% (ryc. 4). Na uzyskany obraz zróżnicowania przestrzennego wskaźnika STI ma rozkład natężenia promieniowania słonecznego, temperatury powietrza, prędkości wiatru i wilgotności powietrza na tym terenie.



Ryc. 4. Częstość (%) występowania temperatury odczuwalnej (STI) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.  
Objaśnienia: a – ciepło; b – komfortowo; c – chłodno; d – zimno; e – bardzo zimno

Fig. 4. Frequency (%) of subjective temperature index from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008.  
Explanations: a- warm; b- comfortable; c- cool; d- cold; e- very cold

#### 4.2.4. Wielkość ochładzająca powietrza (H)

W rejonie Hornsundu stwierdzono znaczne różnice między wielkością ochładzającą powietrza w badanych stanowiskach. Wskaźnik ten jest przydatny w ocenie odczuć cieplnych ludzi uprawiających zajęcia ruchowe na wolnym powietrzu, ubranych stosownie do pory roku.

Najłagodniejsze odczucia termiczne w skali Petroviča i Kacvinsky'ego stwierdzono na całym obszarze w trzeciej dekadzie lipca 2008 r., a najbardziej uprzywilejowana pod tym względem była

wówczas stacja HOR (tab. 3). Największa utrata ciepła z powierzchni człowieka wystąpiła natomiast w trzeciej dekadzie września 2008 r. na stanowisku FUG, co było wynikiem jednoczesnego działania bardzo silnego wiatru i niskiej temperatury powietrza.

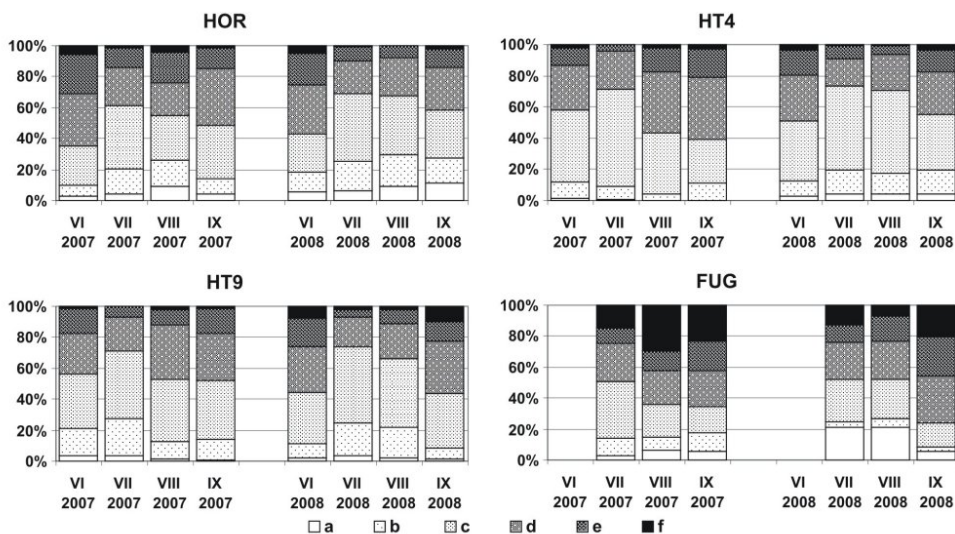
Tabela 3 – Table 3

Średnie wartości temperatury odczuwalnej (STI) oraz wielkości ochładzającej powietrza (H) w stacjach pomiarowych (HOR, HT4, HT9 i FUG) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.

Mean values of subjective temperature index (STI) and cooling power (H) at the recording stations (HOR, HT4, HT9 and FUG) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008

Wskaźnik Index	Rok – Year	2007				2008			
	Stacja – Station	HOR	HT4	HT9	FUG	HOR	HT4	HT9	FUG
STI [°C]	1-10 VI	-3,9	-2,9	-1,1	-	2,0	4,5	9,1	-
	11-20 VI	0,0	1,2	2,8	-	1,6	2,7	8,1	-
	21-30 VI	-5,0	-3,8	-2,8	-	-5,6	-5,0	-0,8	-
	<b>1-30 VI</b>	<b>-2,8</b>	<b>-1,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-</b>	<b>-0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>5,5</b>	<b>-</b>
	1-10 VII	3,2	1,3	6,2	-	3,7	4,3	11,0	-
	11-20 VII	0,4	-4,5	1,7	-	-1,9	-1,5	2,2	-
	21-31 VII	-3,8	-7,8	-4,5	-	2,0	1,0	8,3	-
	<b>1-31 VII</b>	<b>0,0</b>	<b>-3,6</b>	<b>0,9</b>	<b>-</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>7,2</b>	<b>-</b>
	1-10 VIII	-4,4	-5,1	-5,4	-	-1,6	-1,0	3,5	-
	11-20 VIII	-0,1	-5,0	-4,3	-	-3,3	-5,4	-1,6	-
	21-31 VIII	-4,3	-6,9	-7,1	-	-3,5	-4,7	-2,5	-
	<b>1-31 VIII</b>	<b>-2,8</b>	<b>-5,7</b>	<b>-5,6</b>	<b>-</b>	<b>-2,9</b>	<b>-3,7</b>	<b>-0,3</b>	<b>-</b>
	1-10 IX	-5,7	-8,3	-10,0	-	-6,3	-7,9	-5,9	-
11-20 IX	-10,2	-11,8	-12,1	-	-5,7	-9,0	-8,0	-	
21-30 IX	-11,5	-13,9	-12,0	-	-12,0	-13,8	-14,7	-	
<b>1-30 IX</b>	<b>-9,0</b>	<b>-11,3</b>	<b>-11,2</b>	<b>-</b>	<b>-8,0</b>	<b>-10,2</b>	<b>-9,5</b>	<b>-</b>	
H (W m <sup>-2</sup> )	1-10 VI	1229,3	1186,2	1171,3	-	1236,5	1180,7	1174,2	-
	11-20 VI	1328,2	1285,8	1278,9	-	1205,9	1333,6	1420,5	-
	21-30 VI	1628,5	1279,3	1250,2	-	1596,9	1426,4	1564,0	-
	<b>1-30 VI</b>	<b>1413,8</b>	<b>1249,4</b>	<b>1233,5</b>	<b>-</b>	<b>1346,4</b>	<b>1313,6</b>	<b>1386,2</b>	<b>-</b>
	1-10 VII	1079,9	1157,2	1124,6	1078,0	1100,2	1100,2	1173,5	1268,4
	11-20 VII	1146,6	1127,1	1078,4	1346,9	1335,7	1193,1	1157,4	1628,3
	21-31 VII	1335,5	1202,5	1078,8	1589,6	935,6	1091,2	985,1	1059,9
	<b>1-31 VII</b>	<b>1192,1</b>	<b>1163,6</b>	<b>1093,4</b>	<b>1364,8</b>	<b>1117,8</b>	<b>1127,0</b>	<b>1101,4</b>	<b>1311,9</b>
	1-10 VIII	1520,6	1456,7	1227,3	2010,2	951,7	1051,9	1188,9	1093,2
	11-20 VIII	1030,9	1234,6	1151,1	1239,6	1103,7	1186,4	1240,5	1244,8
	21-31 VIII	1306,6	1363,0	1379,1	1635,3	1219,2	1133,0	1058,0	1418,7
	<b>1-31 VIII</b>	<b>1276,9</b>	<b>1351,8</b>	<b>1256,6</b>	<b>1641,6</b>	<b>1095,6</b>	<b>1124,1</b>	<b>1159,1</b>	<b>1257,6</b>
	1-10 IX	1183,9	1323,4	1300,0	1362,5	965,9	1023,3	1191,2	1415,0
11-20 IX	1467,8	1426,9	1275,5	1845,8	1041,9	1082,2	1301,5	1430,5	
21-30 IX	1287,5	1383,1	1420,1	1502,9	1516,9	1633,8	1693,9	2078,0	
<b>1-30 IX</b>	<b>1295,9</b>	<b>1370,3</b>	<b>1331,9</b>	<b>1586,2</b>	<b>1174,9</b>	<b>1246,5</b>	<b>1395,5</b>	<b>1641,2</b>	

W omawianych dwóch okresach we wszystkich stacjach wartości chwilowe (10 minutowe) mieszczą się w odczuciach od „łagodnie” do „nieznośnie zimno i wietrznie” (ryc. 5). W odniesieniu do całego okresu przeważały odczucia „chłodno” m.in. na lodowcu, gdzie stanowiły około 40-44%, a w HOR 34%. W ciągu analizowanych 8 miesięcy warunki odczuwalności cieplnej z dyskomfortem zimnym („zimno”, „bardzo zimno” oraz „nieznośnie zimno i wietrznie”) stanowiły od 42% w HT4 oraz HT9, 45% w HOR do 58% na FUG. Natomiast rozkład przestrzenny występowania warunków z sytuacjami komfortowymi („łagodnie” i przyjemnie chłodno”) przedstawiał się następująco: na lodowcu i na szczycie górskim Fugle stanowiły one od 13 do 18% a w stacji bazowej w Hornsundzie 21%. Jest to efekt uprzywilejowania termicznego obszaru HOR w porównaniu z lodowcem i obszarami górskimi.



Ryc. 5. Częstość (%) występowania wielkości ochładzającej powietrza (H) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r. Objaśnienia: a – łagodnie, b – przyjemnie chłodno, c – chłodno, d – zimno, e – bardzo zimno, f – nieznośnie zimno i wietrznie

Fig. 5. Frequency (%) of cooling power (H) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008. Explanations: a – neutral, b – slightly cool, c – cool, d – cold, e – very cold, f – extremely cold and windy

Najczęściej ze wskaźników biometeorologicznych analizowanych dla Spitsbergenu brano pod uwagę wielkość ochładzającą powietrza. W badanym okresie 2007 i 2008 r. w sierpniu panowały warunki odczuwalności cieplnej „chłodno”. W tym miesiącu analogiczne odczucia stwierdzono np. w 1986 w Calypsobyen (Gluza 1988), w Ny-Ålesundzie (1981-2000), w Svalbard Airport (1976-2000) i w Hornsundzie (1979-2000) – patrz Araźny (2008). W sierpniu występowały też warunki określane jako „zimno”: m.in. na Lodowcu Werenskiolda w 1957 r. (Wójcik 1963), na Równinie Kaffiöyra w 1979 roku (Marciniak 1983) oraz 2005 r. (Araźny i Błazejczyk 2007) i w Hornsundzie w 1979 r. (Szczepaniewicz-Szmyrka i Pereyma 1992).

#### 4.2.5. Strumienie wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem

Z analizy struktury wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem w rejonie Hornsundu wynika, że przeważa utrata ciepła jawnego na drodze konwekcji (mC). W 8 analizowanych miesiącach średnia wartość tego strumienia wynosiła:  $-123,2 \text{ Wm}^{-2}$  w HOR,  $-114,2 \text{ Wm}^{-2}$  w HT4 oraz  $-116,8 \text{ Wm}^{-2}$  w HT9 (tab. 4). Ubytek tego ciepła stanowił ok. 50% sumy wszystkich strat energii z organizmu na tym obszarze. Drugim oraz trzecim pod względem wielkości strat był strumień ciepła utajonego związanego z parowaniem potu z powierzchni skóry (mE) oraz strumień promieniowania długofalowego (mL). Na wszystkich analizowanych 3 stanowiskach wartości tych strumieni wahały się około  $34 \text{ Wm}^{-2}$ . Najmniejsze znaczenie w utracie ciepła z organizmu miał strumień respiracyjny (mRes).

Tabela 4 – Table 4

Średnie miesięczne wartości strumieni wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem w Hornsundzie (HOR) i na Lodowcu Hansa (HT4 i HT9) w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.

Mean monthly values of man-environment heat exchange fluxes in Hornsund (HOR) and on the Hans Glacier (HT4 and HT9) from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008

Stacja Station	HOR				HT4				HT9			
	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX
<b>2007</b>												
mR	8,5	8,5	7,0	3,2	10,5	7,2	6,2	3,2	12,3	12,3	7,2	4,8
mC	-136,6	-122,1	-130,4	-127,7	-117,8	-112,6	-111,0	-110,0	-120,3	-110,9	-120,5	-119,7
mE	-34,3	-34,3	-35,2	-32,7	-32,4	-46,5	-32,2	-30,9	-32,1	-32,4	-32,0	-30,6
mL	-34,0	-33,5	-34,2	-33,9	-34,6	-37,5	-33,8	-33,7	-34,7	-35,0	-34,3	-34,5
mRes	-17,8	-17,2	-17,3	-18,1	-18,3	-18,0	-18,1	-18,9	-18,5	-18,0	-18,3	-19,1
mQ	-25,5	-24,7	-27,4	-30,7	-24,1	-26,5	-27,7	-30,5	-22,4	-22,7	-27,1	-29,7
mS	-79,2	-62,5	-74,7	-70,0	-57,7	-42,9	-54,0	-55,3	-58,2	-49,0	-62,9	-64,1
<b>2008</b>												
mR	11,2	9,8	5,8	2,0	13,4	12,2	7,7	2,7	18,4	18,1	11,2	4,4
mC	-130,8	-112,3	-110,3	-115,5	-125,3	-110,5	-108,9	-117,4	-125,0	-106,1	-108,5	-123,7
mE	-34,2	-33,9	-33,5	-32,8	-33,0	-32,8	-32,3	-31,8	-32,4	-33,0	-32,5	-31,8
mL	-35,0	-33,6	-33,7	-33,7	-35,1	-35,0	-34,8	-34,5	-34,9	-35,5	-34,9	-34,2
mRes	-18,0	-17,3	-17,4	-17,6	-18,3	-17,8	-17,9	-18,1	-18,7	-17,9	-18,0	-18,4
mQ	-23,8	-23,8	-27,9	-31,6	-21,8	-22,8	-27,1	-31,8	-16,4	-17,4	-23,7	-29,8
mS	-71,8	-52,2	-54,0	-62,6	-63,4	-48,8	-51,2	-64,1	-57,6	-39,4	-47,7	-68,7

Objaśnienia – Explanations:

Strumienie wymiany ciepła w  $\text{Wm}^{-2}$  – heat exchange fluxes in  $\text{Wm}^{-2}$ :

- mR – pochłonięte promieniowanie słoneczne – absorbed solar radiation,
- mC – turbulencyjna wymiana ciepła jawnego (konwekcja) – turbulent exchange of sensible heat (convection),
- mE – turbulencyjna wymiana ciepła utajonego (ewaporacja) – turbulent exchange of latent heat (evaporation),
- mL – wymiana ciepła poprzez promieniowanie długofalowe (radiacja) – heat exchange by long-wave radiation,
- mRes – straty ciepła przez oddychanie (respiracja) – respiratory heat loss (respiration),
- mQ – saldo radiacyjne człowieka – radiation balance of man,
- mS – saldo wymiany ciepła – net heat storage.

Średnia wartość salda wymiany energii układu człowiek-środowisko (mS) w całym okresie wyniosła:  $-65,9 \text{ Wm}^{-2}$  w HOR,  $-54,7 \text{ Wm}^{-2}$  w HT4 i  $-55,9 \text{ Wm}^{-2}$  w HT9 (tab. 4). Saldo energetyczne układu „czło-

wiek-środowisko” w rejonie Hornsundu od czerwca do września 2007 i 2008 r. było ujemne. Należy pamiętać, że utrata w ciągu jednej godziny energii  $90 \text{ Wm}^{-2}$  powoduje obniżenie temperatury ciała człowieka o  $2^\circ\text{C}$  i sprzyja wystąpieniu hipotermii (Błażejczyk 1993).

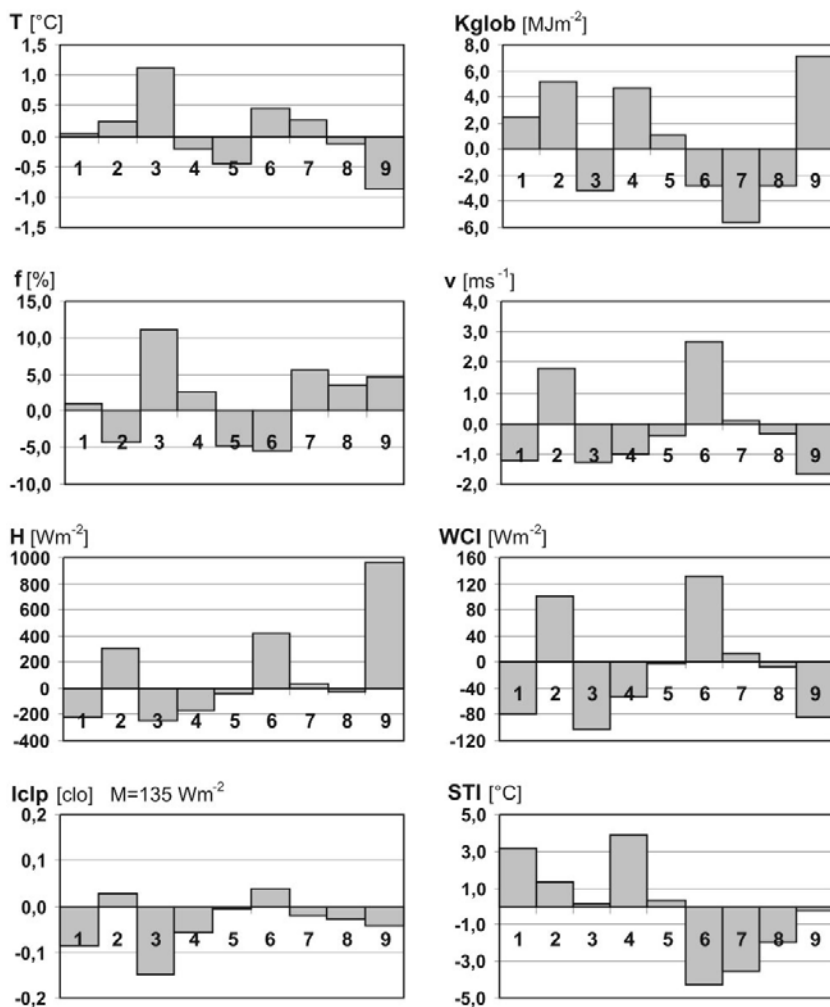
### 4.3. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na warunki meteorologiczne i biometeorologiczne

Charakterystykę cyrkulacji atmosferycznej na przykładzie stacji nadmorskiej HOR opracowano korzystając z kalendarza typów cyrkulacji (Niedźwiedź 2009). Wydzielił on 20 typów cyrkulacji, biorąc pod uwagę rodzaj układu barycznego i kierunek adwekcji powietrza oraz jeden, oznaczony „x”, reprezentujący siodło baryczne oraz inne sytuacje nie dające się sklasyfikować. Wyróżnione typy cyrkulacji i ich opis można znaleźć m.in. w pracy Niedźwiedzia (1997). W opracowaniu niniejszym, ze względu na ograniczoną częstość występowania niektórych typów cyrkulacji, skorzystano z propozycji ich pogrupowania wg Przybyłaka (1992). W efekcie ich liczba zmalała do 6 typów o wyraźnym kierunku adwekcji, 2 typów o zmiennym kierunku adwekcji i jednego typu (x) reprezentującego siodło baryczne oraz sytuacje niesklasyfikowane.

W badanych dwóch ciepłych okresach w 2007 i 2008 roku warunki pogodowe na Spitsbergenie były zdominowane przez sytuacje cyklonalne (61,9%). Z największą średnią częstością występowały typy NWc+Nc+NEc (26,6%), Ca+Ka (14,8%), Ec+SEc (14,3%) i Cc+Bc (11,5%), a z najmniejszą typy Ea+SEa (5,3%), Sa+SWa+Wa (6,6%), Sc+SWc+Wc (9,4%) i Nwa+Na+NEa (9,8%).

Aby przedstawić wpływ cyrkulacji atmosferycznej na poszczególne elementy meteorologiczne i wskaźniki biometeorologiczne obliczono odchylenia ich średnich wartości podczas poszczególnych grup typów cyrkulacji od wartości średnich (ryc. 6). Największe dodatnie odchylenia temperatury powietrza w HOR wystąpiły przy typie cyrkulacji wyżowej Sa+SWa+Wa ( $1,1^\circ\text{C}$ ), a najmniejsze podczas typu NWc+Nc+NEc ( $-0,5^\circ\text{C}$ ). Potwierdza to wcześniejsze wyniki badań z wielolecia 1979-2006 (Niedźwiedź 2007). Przy sytuacjach antycyklonalnych (typ 2 i 4) z większym dopływem promieniowania bezpośredniego notowano wyższe wartości promieniowania całkowitego o  $4,7\text{-}5,2 \text{ Wm}^{-2}$ . Występowanie sytuacji cyklonalnych z adwekcją wilgotnych (typ 7) mas powietrza powodowało zmniejszony dopływ promieniowania słonecznego ( $-5,6 \text{ Wm}^{-2}$ ). Wartości wilgotności względnej powietrza w HOR zależą w większym stopniu od kierunku napływu mas powietrza, a mniejszym od rodzaju układów barycznych. Największe dodatnie odchylenia wilgotności względnej stwierdzono podczas Sa+SWa+Wa (11,0%) i Sc+SWc+Wc (5,6%), a najniższe przy napływie suchych mas powietrza ze wschodu i północy (ryc. 6). Kierunki wiatru są w HOR modyfikowane w dużym stopniu przez lokalną topografię terenu. Najczęściej na tej stacji obserwujemy duże prędkości wiatru z sektora wschodniego, w trakcie przechodzenia nad południowym Spitsbergenem głębokich układów niskiego ciśnienia (Marsz i Styszńska red. 2007). W analizowanych okresach ciepłych 2007 i 2008 r., przy typach Ea+SEa oraz Ec+SEc, stwierdzono znaczny wzrost prędkości wiatru (odpowiednio o  $1,8$  i  $2,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

Istnieje również związek między napływem różnych mas powietrza a wartościami poszczególnych wskaźników biometeorologicznych w HOR. Z analizy wielkości ochładzającej powietrza oraz wskaźnika ochładzania wiatrem wynika, iż pogorszenie odczuć ciepłych występowało przy typie Ea+SEa oraz Ec+SEc (ryc. 6). Poprawę odczuwalnych warunków stwierdzono podczas sytuacji antycyklonalnych (typ 1 i 3). W przypadku wartości wskaźnika Iclp dla człowieka przy umiarkowanym wysiłku fizycznym nieznacznie zwiększone zapotrzebowanie na termoizolacyjność odzieży występowało przy typach 2 i 6. Natomiast przy typach wyżowych: Sa+SWa+Wa oraz Nwa+Na+NEa można zmniejszyć



Ryc. 6. Średnie odchylenia wybranych elementów meteorologicznych oraz wskaźników biometeorologicznych przy poszczególnych typach cyrkulacji w Hornsundzie w okresie 1 VI – 30 IX 2007 i 2008 r.  
 Typy cyrkulacji: 1 – NwA+Na+NEa, 2 – Ea+Sea, 3 – Sa+SWa+Wa, 4 – Ca+Ka, 5 – NwC+Nc+Nec, 6 – Ec+SEc, 7 – Sc+SWc+Wc, 8 – Cc+Bc, 9 – X

Fig. 6. Mean anomalies of selected meteorological elements and biometeorological indexes for particular types of circulation in Hornsund from 1<sup>st</sup> June to 30<sup>th</sup> September 2007 and 2008.  
 Types of circulation: 1 – NwA+Na+NEa, 2 – Ea+Sea, 3 – Sa+SWa+Wa, 4 – Ca+Ka, 5 – NwC+Nc+Nec, 6 – Ec+SEc, 7 – Sc+SWc+Wc, 8 – Cc+Bc, 9 – X

ilość odzieży do 0,15 clo. Największe dodatnie odchylenia temperatury odczuwalnej (3,2-3,9°C) stwierdzono podczas typów 1 i 4. Pogorszenie odczuć ciepłych występowało przy napływie mas powietrza w układach cyklonalnych z S-SW-W oraz E-SE (odpowiednio 3,5 i 4,3°C). Analiza ciepłych sezonów 2007 i 2008 roku potwierdza wcześniejsze badania wpływu cyrkulacji atmosferycznej na poszczególne wskaźniki biometeorologiczne dla HOR wykonane przez Araźnego (2008).



## 5. Wnioski

1. Od czerwca do września 2007 i 2008 r. na analizowanym obszarze stwierdzono znaczne zróżnicowanie przestrzenne warunków meteorologicznych i biometeorologicznych, które wynika głównie z orografii i wysokości nad poziom morza.

2. Najsilniejsze bodźce termiczne wystąpiły na lodowcu oraz w najwyższych partiach gór. Obserwowane duże amplitudy temperatury odczuwalnej mogą mieć niekorzystny wpływ na przebywające tam osoby.

3. Stwierdzono uprzywilejowanie biotermiczne stanowisk pomiarowych, do których przez większość doby docierało do podłoża bezpośrednie promieniowanie słoneczne.

4. Saldo energetyczne układu człowiek-środowisko w rejonie Hornsundu od czerwca do września było ujemne, co mogło powodować wystąpienie hipotermii.

5. Występował wyraźny związek wartości elementów meteorologicznych oraz wskaźników biometeorologicznych z typami cyrkulacji atmosferycznej. Najłagodniejsze warunki biometeorologiczne od czerwca do września w Hornsundzie były związane z napływem mas powietrza z kierunku SW i W.

## Podziękowania

Opracowanie wykonano w ramach projektu specjalnego MNiSW, nr 113/IPY/2007/01 (Struktura przestrzenna pola temperatury powietrza jako podstawa do rozpoznania mechanizmów funkcjonowania ekosystemów na obszarze Zachodniego Spitsbergenu – TOPOCLIM). Za udostępnione dane meteorologiczne z Hornsundu dziękujemy Instytutowi Geofizyki PAN w Warszawie, a prof. T. Niedźwiedziowi za udostępnienie katalogu typów cyrkulacji atmosferycznej dla Spitsbergenu z lat 2007-2008.

Materiał do niniejszego opracowania zebrano podczas trwania IV Międzynarodowego Roku Polarnego w rejonie Hornsundu. Dziękujemy za pomoc przy pracach terenowych oraz przy zbieraniu danych uczestnikom XXX i XXXI całorocznej Wyprawy Polarnej Instytutu Geofizyki PAN na Spitsbergen.

## Literatura

- Arażny A., 1998. Warunki meteorologiczne lodowca Waldemara w porównaniu z warunkami na Równinie Kaffiöyra w lecie 1997 r. Maszynopis pracy magisterskiej, Zakład Klimatologii Instytutu Geografii UMK: 1-153.
- Arażny A., 1999. Differentiation of air temperature in the summer season 1998 on the Waldemar Glacier and on the Kaffiöyra Plain (Spitsbergen). [w:] Polish Polar Studies, 26<sup>th</sup> International Polar Symposium, Lublin: 25-35.
- Arażny A., 2003. Variability of cooling power of the air in Hornsund (SW Spitsbergen) in the period 1979-2000. Acta Universitatis Wratislaviensis, 2542, Studia Geograficzne, 75: 447-461.
- Arażny A., 2006. Variability of the predicted insulation index of clothing in the Norwegian Arctic for the period 1971-2000. Polish Polar Research, 27(4): 341-357.
- Arażny A., 2008. Bioklimat Arktyki Norweskiej i jego zmienność w okresie 1971-2000. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń: 1-215.
- Arażny A., Błażejczyk K., 2007. Warunki biometeorologiczne na Równinie Kaffiöyra i w rejonie Lodowca Waldemara (NW Spitsbergen) w okresie od 16 lipca do 20 września 2005 r. [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Arażny i P. Głowacki (red.), Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika: 67-87.
- Baranowski S., 1977. The subpolar glaciers of Spitsbergen seen against the climate of his region. Acta Universitatis Wratislaviensis 410: 1-157.
- Baranowski S., Głowicki B., 1975a. Meteorological and hydrological investigations in the Hornsund region made in 1970. Acta Universitatis Wratislaviensis 251: 35-39.

- Baranowski S., Głowicki B., 1975b. Przebieg wybranych elementów meteorologicznych w ciągu lata 1971 r. na Spitsbergenie. *Acta Universitatis Wratislaviensis* 287: 95-99.
- Brázdil R., Piasecki J., Prošek P., Szczepankiewicz-Szmyrka A., 1988. The topoclimatic differentiation of the Werenskiöld Glacier and Bratteggdalen regions. [w:] Brázdil R. i in., *Results of investigations of the Geographical Research Expedition, Spitsbergen 1985*, Brno: 187-210.
- Błażejczyk K., 1993. Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego, *Prace Geograficzne* 159, Wyd. IGIPIZ PAN: 1-123.
- Błażejczyk K., 2003. Biotermiczne cechy klimatu Polski. *Przegląd Geograficzny*, 75, 4: 525-543.
- Błażejczyk K., 2004. Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce. *Prace Geograficzne* 192, Wyd. IGIPIZ PAN: 1-291.
- Błażejczyk K., Błażejczyk M., 2007. Pakiet programu komputerowego BioKlima 2.5. [www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm](http://www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm).
- Burton A. C., Edholm O. G., 1955. *Man in a cold environment*. E. Arnold Publ., London: 1-333.
- Gluz A. F., 1988. Wyniki pomiarów ochładzania katatermometrycznego w lipcu i sierpniu 1986 r. w Calypsobyen (Zachodni Spitsbergen). *XV Sympozjum Polarne*, Wrocław: 207-211.
- Głowicki B., Baranowski S., 1974. Glacjo-meteorologiczne badania w czasie wypraw 1970 i 1971 r. *Polskie Wyprawy na Spitsbergen 1970 i 1971 r. Materiały z Sympozjum Spitsbergeńskiego*, Wrocław 6-7 kwietnia 1972. Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego: 17-21.
- Gregory S., 1976. *Metody statystyki w geografii*. PWN, Warszawa: 1-300.
- Kejna M., 2001. Warunki meteorologiczne na Lodowcu Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 1999 roku. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 11: 55-65.
- Kejna M., Maszewski R., 2007. Warunki meteorologiczne w rejonie Lodowca Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 2006 r. [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Arażny i P. Głowacki (red.), *Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika: 165-178.
- Kosiba A., 1958. Badania glaciologiczne na Spitsbergenie w lecie 1957 r. *Przegląd Geofizyczny*, 3: 95-122.
- Kosiba A., 1960. Some results of glaciological investigations in SW-Spitsbergen carried out during the Polish IGY Spitsbergen Expedition in 1957, 1958 and 1959. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Wrocławskiego, Ser. B, nr 4*: 3-31.
- Kozłowski S., 1986. *Granice przystosowania*. Wiedza Powszechna, Warszawa: 1-446.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997. *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*. IGIPIZ PAN, Monografie 1, Warszawa: 1-200.
- Marciniak K., 1983. Attempt of evolution of thermic conditions perceptible in summer at the Kaffiöyra (NW Spitsbergen). *Acta Univ. N. Copernici, Geografia XVIII*, 56, Toruń: 125-145.
- Marciniak K., Marszelewski W., Przybylak R., 1985. Temperatura powietrza na Lodowcu Elizy i Lodowcu Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim – studium porównawcze. *Materiały XII Sympozjum Polarne*, Szczecin: 31-42.
- Marciniak K., Przybylak R., 1992. Zróżnicowanie przestrzenne temperatury powietrza w strefie wybrzeża regionu Kaffiöyry (NW Spitsbergen) w czasie lata polarnego. *Problemy Klimatologii Polarnej* 2: 111-120.
- Marsz A.A., Styszyńska A. (red.), 2007. *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny*. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni: 1-376.
- Migała K., Buchert L., Pereyma J., 2004. Termika powietrza w rejonie fiordu Hornsund (SW Spitsbergen) w warunkach nocy polarnej. *XXX Międzynarodowe Sympozjum Polarne*, Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni: 118-119.

- Migała K., Nasiółkowski T., Pereyma J., 2008. Topoclimatic conditions in the Hornsund area (SW Spitsbergen) during the ablation season 2005, *Polish Polar Research*, 29 (1): 73-91.
- Nasiółkowski T., Pereyma J., 2007. Warunki topoklimatyczne w otoczeniu fiordu Hornsund w lipcu i sierpniu 2005 r., [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Araźny i P. Głowacki (red.), *Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika: 89-112.
- Niedźwiedz T., 1997. Częstość występowania typów cyrkulacji nad Spitsbergenem (1951-1995). *Problemy Klimatologii Polarnej*, 7: 9-17.
- Niedźwiedz T., 2007. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w Hornsundzie, [w:] Marsz A.A., Styszyńska A. (red.), *Klimat rejonu Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie – stan, zmiany i ich przyczyny*. Wydawnictwo Akademii Morskiej w Gdyni: 151-158.
- Niedźwiedz T., 2009. Katalog typów cyrkulacji dla Spitsbergenu (2007-2008) – zbiór komputerowy. Katedra Klimatologii Uniwersytetu Śląskiego, Sosnowiec.
- Nordli P. Ø., Førland E. J., Niedźwiedz T., 2000. Wind-chill temperature at Svalbard and Jan Mayen. *Klima*. Report No. 07/00, Det Norske Meteorologiske Institutt, Oslo: 1-47.
- Owczarek M., 2004. Odczuwalność cieplna w okresie zimowym w rejonie Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie w latach 1991-2000. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14: 171-182.
- Pereyma J. 1983. Climatological problems of the Hornsund area. *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 714: 1-131.
- Pereyma J., Piasecki J., 1988. Warunki topoklimatyczne i hydrologiczne w rejonie Lodowca Werenskiolda na Spitsbergenie w sezonie letnio-jesiennym 1983 r. *Wyprawy Polarne Uniw. Śląskiego, Katowice*: 107-122.
- Przybylak R., 1980. Warunki klimatyczne lodowca Waldemara (Spitsbergen) i ich pionowe zróżnicowanie w porównaniu z warunkami klimatycznymi na równinie Kaffiöry w lecie 1979. *Maszynopis pracy magisterskiej*.
- Przybylak R., 1992. Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978-1983. *Dokumentacja Geograficzna*, 2: 1-105.
- Przybylak R., Araźny A., 2005. Porównanie warunków klimatycznych i bioklimatycznych północnej części Ziemi Oskara II z innymi obszarami zachodniego wybrzeża Spitsbergenu w okresie 1975-2000. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 15: 119-131.
- Przybylak R., Araźny A., Ćwiklińska K., 2007. Warunki meteorologiczne w regionie Lodowca Waldemara (NW Spitsbergen) w sezonie letnim 2005 r. [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Araźny i P. Głowacki (red.), *Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika: 51-65.
- Sikora S., Migała K., Drzeniecka-Osiadacz A., Puczek., 2007. Zmienność klimatu odczuwalnego Arktyki na przykładzie SW Spitsbergenu, [w:] R. Przybylak, M. Kejna, A. Araźny i P. Głowacki (red.), *Abiotyczne środowisko Spitsbergenu w latach 2005-2006 w warunkach globalnego ocieplenia*. Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika: 113-130.
- Siple P. A., Passel C. F., 1945. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *American Philosophical Society. Proceedings*, 89 (1), 177-199.
- Szczepankiewicz-Szmyrka A., 1981. Warunki biometeorologiczne na przedpolu lodowca Werenskiolda w lecie 1980 roku. *VIII Sympozjum Polarne, Sosnowiec*: 43-48.
- Szczepankiewicz-Szmyrka A., 1988. Biometeorological conditions in the summer-autumn period of 1985 in the Werenskiold Glacier region. [w:] *Results of investigations of the Geo-graphical Research Expedition, Spitsbergen 1985, Brno*: 142-452.
- Szczepankiewicz-Szmyrka A., Pereyma J., 1992. Biometeorological conditions in Hornsund, in 1979-1980. [w:] K. W. Opaliński, R. Z. Klekowski. (red.), *Landscape, Life world and man in high Arctic*, Institute of Ecology, Polish Academy of Science, Warszawa: 103-111.

- Wójcik G., 1963. O wielkości ochładzania bioklimatologicznego na Spitsbergenie. Biuletyn Komisji MRG, nr 1/32, Warszawa: 73-80.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1981. Stosunki termiczne sezonu letniego na Lodowcu Waldemara i nadmorskiej Nizinie Kaffiöyra (NW Spitsbergen). Materiały VIII Sympozjum Polarne, Sosnowiec: 21-32.
- Wójcik G., Marciniak K., Przybylak R., 1998. Częstość i intensywność inwersji temperatury powietrza w sezonie letnim w regionie Kaffiöyra (NW Spitsbergen). Problemy Klimatologii Polarnej, 3: 45-68.
- Wójcik G., Przybylak R., 1985. Pionowe gradienty temperatury powietrza na Lodowcu Waldemara (Ziemia Oskara II, Spitsbergen). XII Sympozjum Polarne, Szczecin: 67-74.
- Zawiślak T., 1986. Preliminary characteristic of the bioclimatic conditions of the Spitsbergen west coast. Acta Universitatis Wratislaviensis, Results of Investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions VI, 966, Wrocław: 75-85.

Wpłynęło: 2 lipca 2009; poprawiono: 20 sierpnia 2009

### Summary

In the paper meteorological and biometeorological conditions in the region of Hornsund during the warm season are discussed. The measurements of meteorological and biometeorological parameters were carried out from 1st June to 30th September 2007 and 2008 at four points: Hornsund (HOR,  $\varphi = 77^{\circ}00'N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}33'E$ , 10 m above sea level), Fugle (FUG,  $\varphi = 77^{\circ}01' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}34' E$ , 568 m above sea level), as well as at middle (HT4,  $\varphi = 77^{\circ}04' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}63' E$ , 184 m above sea level) and final (HT9,  $\varphi = 77^{\circ}11' N$ ,  $\lambda = 15^{\circ}48' E$ , 421 above sea level) parts of Hans Glacier (Fig. 1).

Spatial differentiation of biometeorological conditions were studied in relation to altitude, ground cover and distance from the sea shore. To define biometeorological conditions the following indices were used: subjective temperature (STI), cooling power (H), wind chill index (WCI) and insulation predicted (Iclp). Significant temporal and spatial differences in studied indices were found. The most severe stimuli were observed at the glacier (HT4 and HT9) and in the mountains (FUG). However, relatively mild conditions were noted during sunny hours.

We have also observed close relationships between meteorological elements and biometeorological indices and atmospheric circulation. The greatest possibility of unfavourable thermal sensations occurs during air advection from N-NNW-NW. The mildest conditions can be expected at advection from SW and W.

**Keywords:** Spitsbergen, Hornsund, biometeorological conditions, meteorological conditions, atmospheric circulation.