

**BODŹCOWE ODDZIAŁYWANIE CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO  
W REJONIE POLSKIEJ STACJI POLARNEJ W HORNSUNDZIE  
W LATACH 1991–2000**

BIOMETEOROLOGICAL STIMULI DUE TO AIR PRESSURE  
OVER THE POLISH POLAR STATION IN HORNSUND AREA, 1991–2000

Małgorzata Owczarek

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski w Gdyni  
ul. Waszyngtona 42, 81–342 Gdynia  
Małgorzata.Owczarek@imgw.pl

**Zarys treści.** W pracy rozpatrzono ciśnienie atmosferyczne jako dynamiczny bodziec biometeorologiczny. Zanalizowano roczny przebieg ciśnienia atmosferycznego i występowanie ciśnienia o wartościach wyższych od 1015 hPa lub niższych od 985 hPa. Określono zakres zmienności oraz częstość występowania bodźców dynamicznych o różnym natężeniu, związanych z międzydobowymi zmianami ciśnienia atmosferycznego w odniesieniu do skali odczucia według Boksy i Boguckiego. Występowanie bodźcowego oddziaływania ciśnienia atmosferycznego przebadano także w odniesieniu do sytuacji synoptycznej według klasyfikacji Niedźwiedzia.

**Słowa kluczowe:** Hornsund, bioklimat, ciśnienie atmosferyczne, zmiana międzydobowa, bodźcowość

## 1. Wstęp

Znajomość warunków bioklimatycznych Spitsbergenu ma coraz większe znaczenie dla wielu dziedzin działalności człowieka, z którymi wiąże się przebywanie ludzi na tym obszarze. Są to głównie nieustannie rozwijane badania naukowe podejmowane głównie ze względu na fakt, iż obszary polarne są uznawane za zasadniczy wskaźnik globalnych zmian klimatu (Przybylak 1992). Spitsbergen jest także coraz częściej miejscem pobytu w celach turystycznych, jak wędrówki czy żeglarstwo, a nawet organizowane imprezy kulturalne (na podstawie informacji ze strony internetowej Polskiej Stacji Polarnej, 2005). Ponadto zasoby naturalne obszarów polarnych stanowią przedmiot zainteresowania różnych dziedzin gospodarki (Przybylak 1992).

Ciśnienie atmosferyczne zaliczane jest, obok siły wiatru, do mechanicznych bodźców biometeorologicznych. Działanie bodźcowe mają przede wszystkim wahania ciśnienia atmosferycznego w krótkim czasie (Kozłowska-Szcęsna i in. 1997) oraz ciśnienie o ponadprzeciętnie wysokich lub niskich wartościach. Dokładne mechanizmy reakcji fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka pod wpływem oddziaływania ciśnienia atmosferycznego i jego zmian nie są dokładnie poznane (Błażejczyk 2004). Stwierdzono jednakże wpływ wspomnianych bodźców na występowanie różnego rodzaju niedomagań organizmu. Według Jankowiaka (1976, za: Błażejczykiem 2004) wzrost i obniżanie się ciśnienia atmosferycznego powoduje rozprężanie i sprężanie się powietrza w uchu środkowym, co powoduje odkształcanie się błon bębenkowych

i odczuwanie ucisku, klucia i dzwonienia w uszach, a nawet może doprowadzić do przejściowego osłabienia słuchu. Wpływ ciśnienia atmosferycznego na liczbę pacjentów z niedomaganiem układu oddechowego w jednej z warszawskich przychodni wykazali Baranowski i in. (1998). Duże wahania ciśnienia atmosferycznego mogą prowadzić do zaburzeń pracy serca i układu krwionośnego. W pracy Kuchcik (1999), w której zanalizowano wpływ warunków pogodowych na umieralność mieszkańców Warszawy, wykazano wzrost umieralności ogółem, umieralności wskutek niewydolności układu krążenia, a także niewydolności układu oddechowego w dniach z wysokim ciśnieniem atmosferycznym i podczas spadków ciśnienia z dnia na dzień o co najmniej 15 hPa. Wpływ zmian ciśnienia atmosferycznego na zmiany w obrazie EKG wykazano w 50-dniowym badaniu monitoringowym 48-letniego pacjenta przeprowadzonym w Kijowie (Delyukov i in. 2001); związek umieralności z przyczyn układu krążenia i układu oddechowego w rejonie Madrytu z ciśnieniem atmosferycznym i innymi elementami meteorologicznymi wykazano w pracy Gonzalez i in. (2000). Gwałtowne zmiany ciśnienia atmosferycznego mogą powodować zmiany nastroju, niepokój, zdenerwowanie (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997). Na szkodliwe oddziaływanie bodźców atmosferycznych szczególnie narażony jest układ nerwowy (Jankowiak i Tyczka 1963), szczególnie osób z zaburzeniami tego układu. Fakt ten potwierdzają między innymi wyniki badań, przeprowadzonych przez Przybyłę (1992), dotyczących osób chorych psychicznie. Autorka ta wykazała między innymi negatywny wpływ sytuacji niżowych oraz sytuacji fenowych, którym towarzyszą silne zmiany ciśnienia atmosferycznego na samopoczucie chorych psychicznie pacjentów Pogotowia Ratunkowego w Zakopanem w latach 1983–1985. Ponadto na podstawie literatury podała przykłady badań, według których pod wpływem zmian pogody (w tym spadku ciśnienia) pogarsza się stan chorych na epilepsję, nerwice, depresje, choroby alkoholowe, uzależnionych od narkotyków, a także występuje wzrost liczby samobójstw oraz zachowań agresywnych. Prowadzone już od lat 40-tych XX w. w Niemczech, a od lat 70-tych także w Polsce badania wpływu czynników meteorologicznych na wypadki drogowe wykazały wydłużanie się czasu reakcji i obniżenie sprawności psychofizycznej kierowców w cyklonalnych fazach pogody (Wojtach 2002). Według badań przeprowadzonych w krajach Europy udział osób wrażliwych na wpływy pogody wzrósł od około 30–40% badanych populacji w latach 50-tych XX w. do 50–70% w latach 1985–1995 (Baranowska i Cedzyńska-Ziemia 1997). Badania przeprowadzone jednorazowo w Polsce, w grupach osób dorosłych, zróżnicowanych pod względem wieku, płci i grupy zawodowej, w roku 1995 pozwoliły wysnuć wniosek, iż co najmniej połowa spośród badanych populacji była wrażliwa na warunki pogodowe, w tym zmiany ciśnienia (Baranowska i Cedzyńska-Ziemia 1997). W literaturze wskazywany jest także fakt, iż w rozwiniętych, zurbanizowanych społeczeństwach częściej dochodzi do nieprawidłowych reakcji organizmu, także niespodziewanych, będących efektem cywilizacyjnych zmian stylu życia osłabiających zdolności adaptacyjne i stan zdrowia (Wojtach 2002).

Dotychczasowe prace z zakresu bioklimatologii Spitsbergenu dotyczą w większości warunków odczuwalności cieplej (np. Zawiślak 1986, Gluza 1988, Arażny 2003, Owczarek 2004), natomiast znaczenie biometeorologiczne ciśnienia atmosferycznego w tym regionie nie było w dotychczasowych badaniach polskich często rozpatrywane. Podczas obserwacji meteorologicznych prowadzonych na stacji glaciologicznej w rejonie lodowca Werenskiolda w lecie 1980 roku stwierdzono kilkakrotne wystąpienie gwałtownych zmian ciśnienia atmosferycznego i innych elementów meteorologicznych (Szczepankiewicz-Szmyrka 1981). Ciśnienie atmosferyczne jako element biometeorologiczny uwzględniła w charakterystyce warunków bioklimatycznych zachodniego Spitsbergenu Zawiślak (1986).

## **2. Cel pracy i metoda opracowania**

Celem niniejszej pracy jest ocena bodźcowości ciśnienia atmosferycznego w rejonie stacji polarnej w Hornsundzie. Jakkolwiek odczucie zmian ciśnienia jest sprawą w wielu przypadkach subiektywną, wyniki

dotychczasowych badań, między innymi przytoczonych powyżej, skłoniły autorkę do zrealizowania postawionego w tej pracy celu.

Oddziaływanie bodźcowe ciśnienia atmosferycznego zaznacza się w przypadku ciśnienia o wartościach wyższych od 1015 hPa lub niższych od 985 hPa (Błażejczyk 2002). Natężenie bodźców atmosferycznych spowodowanych zmianami ciśnienia atmosferycznego określane jest na podstawie wartości jego międzydobowych zmian. Według Boksy i Boguckiego (1980; za: Kozłowską-Szczęsną i in. 1997, Błażejczykiem 2002) zmiany te mogą być odczuwane według następującej skali:

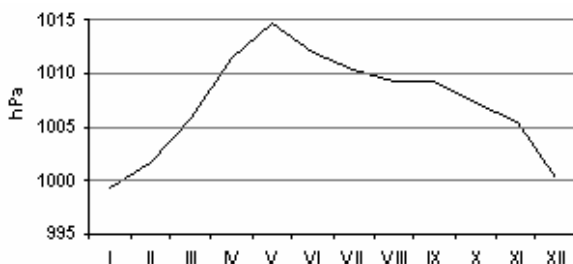
międzydobowa zmiana ciśnienia atm.:	odczucie zmian ciśnienia:
< 4 hPa	słabe
4 do 8 hPa	umiarkowane
8 do 16 hPa	silne
> 16 hPa	bardzo silne

W pracy wykorzystano dane dotyczące wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji w ośmiu terminach obserwacyjnych z Polskiej Stacji Polarnej PAN w Hornsundzie za lata 1991–2000, opublikowane w „Rocznikach Meteorologicznych Hornsund” przez IMGW oraz kalendarz typów cyrkulacji dla Spitsbergenu opracowany przez Niedźwiedzia (2004), w którym kryterium wydzielenia typów sytuacji synoptycznej stanowił rodzaj układu barycznego i kierunek splotu mas powietrza.

Zanalizowano przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji, z uwzględnieniem występowania ciśnienia o oddziaływaniu bodźcowym. Wyznaczono prawdopodobieństwo wystąpienia ciśnienia atmosferycznego o takim oddziaływaniu. Przeprowadzono ocenę bodźcowego oddziaływania międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego z zastosowaniem wymienionej wyżej skali odczucia zmian ciśnienia. Scharakteryzowano występowanie bodźców związanych ze zmianami międzydobowymi ciśnienia w zależności od sytuacji synoptycznej.

### 3. Występowanie wartości ciśnienia atmosferycznego o oddziaływaniu bodźcowym

W przebiegu rocznym, średnie miesięczne ciśnienie atmosferyczne na poziomie stacji w Hornsundzie (ryc. 1), w omawianym wieloleciu jest najniższe w styczniu (999.2 hPa), a najwyższe w maju (1014.7 hPa). Ciśnienie w maju jest nieznacznie niższe od wartości 1015 hPa, która stanowi próg oddziaływania bodźcowego ciśnienia. Zaznaczyć można, iż średnia wieloletnia wartość ciśnienia w maju za lata 1978–1995 wyniosła 1015.3 hPa (Kierzkowski 1996) i była o 0.3 hPa wyższe od wymienionej wartości progowej.



Ryc. 1. Średnie miesięczne ciśnienie atmosferyczne na poziomie stacji (hPa) w Hornsundzie, 1991–2000

Fig. 1. Monthly mean values of station air pressure (hPa) in Hornsund, 1991–2000

Średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne przyjmowało w omawianych latach wartości z zakresu od 952.7 hPa w styczniu do 1039.1 hPa w kwietniu (tab. 1). Najwyższą wartość – 1042.8 hPa – odnotowano 10 kwietnia 1996 r. o godz. 00 UTC (tab. 2). Amplituda ciśnienia w omawianym wielolecu wyniosła więc prawie 95 hPa. Najniższe odnotowane ciśnienie atmosferyczne miało wartość 948.2 hPa i wystąpiło 31 stycznia 1993 w południowym terminie obserwacyjnym. Wartości ekstremalne ciśnienia wskazują na występowanie jego bodźcowego oddziaływania: zarówno w przypadku wartości dobowych, jak i terminowych są nawet o ponad 35 hPa niższe, niż progowa wartość 985 hPa lub przekraczają wartość 1015 hPa nawet o ponad 25 hPa.

Tabela 1 – Table 1

Maksymalne (Max) i minimalne (Min) dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji (hPa) w Hornsundzie, 1991–2000

Daily maximum (Max) and minimum (Min) values of station air pressure (hPa) in Hornsund, 1991–2000

hPa	Miesiąc – Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Max	1024.7	1027.5	1037.6	1039.1	1037.8	1033.2	1026.2	1026.9	1031.1	1034.4	1034.8	1037.1
Min	952.7	961.4	963.2	977.4	980.9	982.8	980.8	981.0	967.6	971.5	958.6	959.0

Tabela 2 – Table 2

Maksymalne i minimalne wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji (hPa) z godz. 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC w Hornsundzie, 1991–2000

Maximum and minimum values of station air pressure (hPa) acc. to standard times 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC in Hornsund, 1991–2000

hPa	Miesiąc – Month											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Max	1030.1	1032.1	1038.7	1042.8	1039.3	1033.5	1027.6	1027.4	1033.0	1036.2	1035.6	1039.3
Min	948.2	957.1	956.8	975.7	979.1	979.9	979.2	977.6	966.0	967.6	954.6	957.3

Dni z ciśnieniem o oddziaływaniu bodźcowym przekraczającym 1015 hPa stanowią ponad 36% dni w roku (tab. 3), największa częstość takich dni przypada w maju (ponad 67%) i kwietniu (ponad 50%). Udział dni z ciśnieniem niższym niż 985 hPa jest w skali roku kilkakrotnie mniejszy, niż z ciśnieniem wyższym niż 1015 hPa. Najczęściej bodźcowe oddziaływanie niskiego ciśnienia atmosferycznego może być odczuwane w styczniu (w prawie 25% przypadków) oraz w lutym, marcu i grudniu (po kilkanaście procent przypadków w każdym z tych miesięcy).

Tabela 3 – Table 3

Częstość występowania (%) dni z ciśnieniem atmosferycznym o oddziaływaniu bodźcowym na poziomie stacji (z godz. 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 GMT) w Hornsundzie, 1991–2000

Frequency (%) of days with stimulus values of station air pressure (acc. to standard times 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC) in Hornsund, 1991–2000

hPa	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
>1015	18.4	24.4	32.6	50.7	67.4	45.3	36.8	30.6	38.7	32.3	20.0	20.1	36.1
<985	24.5	16.6	15.5	3.7	1.9	2.0	0.6	1.9	4.0	4.5	10.0	18.1	8.6

Prawdopodobieństwo wystąpienia ciśnienia atmosferycznego o oddziaływaniu bodźcowym ( $\geq 1015$  hPa oraz  $\leq 985$  hPa) w rejonie Hornsundu wyznaczono na podstawie miesięcznych wieloletnich wartości kwantyli empirycznych średniej terminowej wartości ciśnienia atmosferycznego (z ośmiu terminów obserwacyjnych) obliczonych dla omawianego wielolecia (tab. 4).

Tabela 4 – Table 4

Prawdopodobieństwo wystąpienia (%) ciśnienia atmosferycznego (hPa) o oddziaływaniu bodźcowym w Hornsundzie, 1991–2000

Probability (%) of stimulus air pressure (hPa) in Hornsund, 1991–2000

hPa	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\geq 1015$	16.2	20.8	30.3	46.4	59.6	43.6	35.6	30.3	36.0	28.2	30.2	17.4
$\leq 985$	17.9	12.4	10.8	2.0	0.8	1.0	0.4	0.8	3.1	5.5	5.5	12.6

Prawdopodobieństwo wystąpienia ciśnienia atmosferycznego o wartości 1015 hPa i większej w rejonie stacji w Hornsundzie wynosi od kilkunastu procent w styczniu i grudniu do ponad 30% w każdym z miesięcy od marca do listopada. Największe ryzyko wystąpienia dużych wartości ciśnienia o oddziaływaniu bodźcowym przypada w maju (prawie 60%) oraz w kwietniu (ponad 46%) i czerwcu (ponad 43%). Prawdopodobieństwo wystąpienia bodźcowego oddziaływania niskiego ciśnienia jest największe w okresie od grudnia do marca (od ponad 10% w marcu do prawie 18% w styczniu).

#### 4. Bodźcowe oddziaływanie międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego

Natężenie bodźców dynamicznych spowodowanych ciśnieniem atmosferycznym, oprócz występowania dużych lub małych wartości tego elementu, jest określane jego zmianami międzydobowymi. Zmiany te mogą być odczuwane według wcześniej wspomnianej skali, obejmującej cztery stopnie odczucia zmian ciśnienia. Największą zmiennością międzydobową ciśnienia charakteryzują się trzy pierwsze miesiące roku: wartości odchylenia standardowego średniego ciśnienia dobowego wynoszą od 13 hPa w lutym do prawie 15 hPa w marcu (tab. 5) i są największe w skali roku.

Tabela 5 – Table 5

Miesięczne wartości odchylenia standardowego ( $\sigma_n$ ) średniego dobowego ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji w Hornsundzie, 1991–2000

Standard deviation ( $\sigma_n$ ) of mean daily station air pressure in Hornsund, 1991–2000

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\sigma_n$	13.9	13.0	14.8	11.8	9.2	9.6	7.2	8.1	10.6	10.0	12.5	12.5

W omawianym wieloleciu średnia roczna wartość międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego (5.2 hPa) mieściła się w przedziale bodźców odczuwanych jako „umiarkowane” (tab. 6). Średnia miesięczna wartość zmian międzydobowych jest największa w styczniu: 7.6 hPa, co jest wartością zbliżoną do proggu „silnego” odczucia zmian ciśnienia. Od lutego do maja odczucie zmian ciśnienia miało charakter „umiarkowany”, w miesiącach letnich zmiany ciśnienia były najmniejsze, odczuwane „słabo”, a tym samym w skali roku panowały najkorzystniejsze warunki dla organizmu. Od września do grudnia średnie zmiany ciśnienia

były odczuwane jako „umiarkowane” (od 4.7 do 7.0 hPa). Największe odnotowane zmiany międzydobowe ciśnienia były w każdym z miesięcy oprócz maja i lipca odczuwane jako „bardzo silne” (tab. 6). Szczególnie intensywne bodźce występowały w grudniu i marcu: wartości tych zmian były dwukrotnie większe, niż wartość 16 hPa, stanowiąca granicę „bardzo silnie” odczuwanych bodźców dynamicznych.

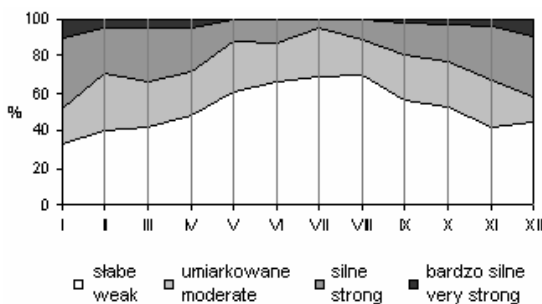
Tabela 6 – Table 6

Średnie miesięczne oraz maksymalne wartości międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego (hPa) w Hornsundzie, 1991–2000

Monthly mean and maximum values of air pressure (hPa) changes from one to the next day in Hornsund, 1991–2000

hPa	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I–XII
Średnia – Mean	7.6	5.9	6.1	5.5	4.1	3.8	3.1	3.5	4.7	5.0	6.1	7.0	5.2
Max – Max	31.3	29.7	33.0	22.7	15.4	19.9	14.0	19.2	20.6	22.2	29.9	35.5	35.5
Dzień – Day	14	11	13	16	4	7	3	9	25	30	29	30	30
Rok – Year	1992	1993	1995	1997	1995	1992	1992	1997	2000	1991	1994	1991	1991

Częstość występowania bodźców dynamicznych o różnym natężeniu związanych z międzydobowymi zmianami ciśnienia jest zróżnicowana w ciągu roku (ryc. 2). Przez większość roku (oprócz miesięcy od maja do lipca) w omawianym wieloleciu zmiany międzydobowe ciśnienia przyjmowały wartości ze wszystkich przedziałów intensywności bodźców dynamicznych. W każdym z miesięcy oprócz stycznia największy udział miały bodźce odczuwane „słabo” (od około 40% w lutym do prawie 70% w sierpniu). Umiarkowana intensywność bodźców występowała z częstością od ponad 13% przypadków w grudniu do 30% w lutym. Bodźce odczuwane „silnie” występowały w każdym z miesięcy, przy czym ich częstość była bardzo zróżnicowana: największa w styczniu (37% przypadków) oraz w listopadzie (29.3%) i grudniu (ponad 33%). Od lutego do kwietnia udział bodźców „silnych” stanowił od około 23 do ponad 28% przypadków, natomiast w maju i czerwcu oraz od sierpnia do października – po kilkanaście procent przypadków.



Ryc. 2. Częstość (%) występowania bodźców dynamicznych związanych z międzydobowymi zmianami ciśnienia atmosferycznego w Hornsundzie, 1991–2000

Fig. 2. Frequency (%) of mechanic stimuli due to air pressure changes from one to the next day in Hornsund 1991–2000

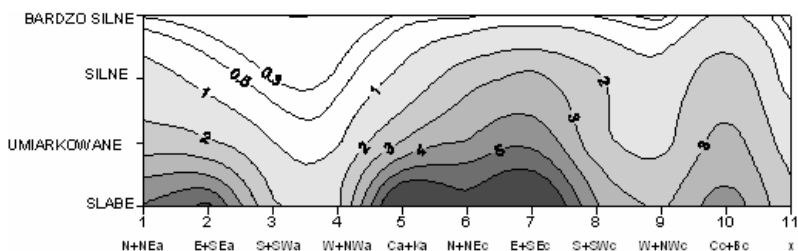
Zdecydowanie najkorzystniejszym miesiącem był lipiec, w którym bodźce silne odczuwane były tylko w około 5% przypadków. Największe zmiany międzydobowe ciśnienia, odczuwane jako „bardzo silne” najczęściej występowały w styczniu (w prawie 11% przypadków) oraz w grudniu (ponad 9%) i marcu

(ponad 5%). Kilkuprocentowy udział miały bodźce „bardzo silne” w lutym, kwietniu oraz od września do listopada. W miesiącach od maja do sierpnia „bardzo silnie” odczuwane zmiany ciśnienia występowały rzadko: tylko w 0.7% przypadków w czerwcu i 0.3% w sierpniu. Najkorzystniejszymi miesiącami pod względem oddziaływania zmian ciśnienia są lipiec i sierpień: częstość bodźców słabych wynosi prawie 70%, a najsilniejsze bodźce występują w najwyżej 0.3% przypadków.

### 5. Bodźcowe oddziaływanie międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego w zależności od sytuacji synoptycznej

Zasadniczą rolę w kształtowaniu zmienności pogody i klimatu Spitsbergenu odgrywa cyrkulacja atmosferyczna (Niedźwiedź 2001). W wielu dotychczasowych opracowaniach wykazano związki różnych elementów meteorologicznych z sytuacją synoptyczną: temperatury powietrza (np. Niedźwiedź 1993, 2003, Przybylak 1992), zawartości pary wodnej w powietrzu (np. Niedźwiedź i Ustrnul 1989b, Przybylak 1992), zachmurzenia (np. Niedźwiedź i Ustrnul 1989a), stosunków opadowych (Niedźwiedź i Ustrnul 1988). W tej pracy zanalizowano występowanie bodźcowego oddziaływania zmian międzydobowych ciśnienia w zależności od sytuacji synoptycznej według klasyfikacji Niedźwiedzia (2004), w wersji uproszczonej, w której wyróżniono 5 typów sytuacji antycyklonalnych (oznaczonych od „1” do „5”), 5 typów sytuacji cyklonalnych (oznaczonych od „6” do „10”) oraz typ obejmujący sytuacje niejednoznaczne lub siodła baryczne („11”).

Wyznaczony skorygowany współczynnik kontyngencji Pearsona (wzór za: Makać i Urbanek-Krzysztofiak 2000) dla rozkładu częstości współwystępowania klas bodźcowego oddziaływania międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego i typów sytuacji synoptycznej za lata 1991–2000 wynosi 0.25 i jest istotny na poziomie ufności 0.95. Charakter analizowanej zależności można określić jako umiarkowany. Bodźce „silne” odczuwane były w omawianym wieloleciu podczas każdego z rozpatrywanych typów sytuacji synoptycznych z częstością od 0.3% do ponad 3% (ryc. 3), przy czym najczęściej podczas sytuacji niżowych: napływu powietrza z sektora wschodniego i południowo-wschodniego (3.4% wszystkich przypadków), podczas przechodzenia centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej (3%) oraz adwekcji z kierunku północnego i północno-wschodniego (2.7%). Bodźce „bardzo silne” wystąpiły w każdej z sytuacji synoptycznych, lecz ich częstość była zdecydowanie największa podczas sytuacji przejścia centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej (1.2%). Bardzo duże zmiany ciśnienia występowały także szczególnie często podczas sytuacji niżowej z adwekcją ze wschodu i południowo-wschodu (0.6%) oraz sytuacji niżowej z adwekcją z sektora południowego lub południowo-wschodniego (0.5%).



Ryc. 3. Częstość występowania (%) bodźców dynamicznych związanych z międzydobowymi zmianami ciśnienia atmosferycznego w Hornsundzie w typach sytuacji synoptycznej wg Niedźwiedzia (2004, wersja uproszczona), 1991–2000

Fig. 3. Frequency (%) of mechanic stimuli due to changes of air pressure from one to the next day in Hornsund and particular circulation types above Spitsbergen acc. to Niedźwiedź, 1991–2000

Maksymalne wartości zmian międzydobowych ciśnienia atmosferycznego w omawianym wieloleciu podano w tabeli 6. Miały one w większości miesięcy (od stycznia do kwietnia oraz w sierpniu) charakter gwałtownych spadków ciśnienia, spowodowanych przechodzeniem centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej. W pozostałych miesiącach maksymalne wartości zmian ciśnienia występowały podczas wzrostu ciśnienia towarzyszącego zmianie sytuacji cyklonalnej z adwekcją ze wschodu i południowego wschodu na antycyklonalną z adwekcją z północy i północnego wschodu (w listopadzie i grudniu), a także w centrum wyżu lub w sytuacji antycyklonalnej z adwekcją z zachodu i północnego zachodu (w miesiącach od maja do lipca oraz we wrześniu).

Wpływ sytuacji synoptycznej na przebieg zmian międzydobowych ciśnienia atmosferycznego w omawianym wieloleciu zanalizowano obliczając średnie miesięczne wartości tych zmian z dni, w których wystąpił określony typ sytuacji synoptycznej. Wyniki porównano następnie odpowiednio ze średnimi miesięcznymi wartościami zmian międzydobowych ciśnienia (tab. 7). Wzięto przy tym pod uwagę sytuacje synoptyczne, które wystąpiły w omawianym wieloleciu co najmniej dziesięciokrotnie. Wzrost wartości zmiany międzydobowej ciśnienia w odniesieniu do średniej miesięcznej najczęściej miał miejsce podczas sytuacji cyklonalnych, szczególnie w okresie od stycznia do marca oraz w maju, październiku i grudniu. Największy wpływ na bodźcowe oddziaływanie zmian ciśnienia miała sytuacja przejścia centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej w marcu, październiku, grudniu i styczniu: zmiany międzydobowe w tej sytuacji synoptycznej były o 2 do prawie 4 hPa większe od średnich.

Tabela 7 – Table 7

Średnie miesięczne różnice między zmianami międzydobowymi ciśnienia atmosferycznego przy poszczególnych typach sytuacji synoptycznej a średnimi wartościami miesięcznymi w Hornsundzie, 1991–2000  
 Monthly mean anomalies of day to day changes of air pressure from one to the next day in Hornsund in selected circulation types above Spitsbergen, 1991–2000

Miesiąc Month	Typ sytuacji synoptycznej ( - oznacza sytuacje nie brane pod uwagę) Circulation type ( - situations not considered)										
	1 N+NE <sub>a</sub>	2 E+SE <sub>a</sub>	3 S+SW <sub>a</sub>	4 W+NW <sub>a</sub>	5 Ca+Ka	6 N+NE <sub>c</sub>	7 E+SE <sub>c</sub>	8 S+SW <sub>c</sub>	9 W+NW <sub>c</sub>	10 Cc+Bc	11 x
I	-0.2	-3.5	-	-	-1.2	-0.3	-0.5	1.8	-0.6	2.6	0.7
II	-1.6	-1.0	-	-	-0.8	0.1	-0.2	1.3	-	2.0	0.1
III	0.9	-1.6	-1.1	-	-2.0	0.1	-0.8	0.1	-	3.9	0.0
IV	-0.1	-1.2	-	-	-0.4	0.0	-0.9	1.0	1.3	1.6	-0.7
V	-1.2	-0.8	-0.7	-1.0	-0.2	-0.5	2.1	2.8	2.5	0.9	-0.9
VI	-0.6	-1.2	-	0.1	-1.1	0.3	1.7	2.3	-0.1	1.3	-1.7
VII	-1.2	-0.6	-0.1	0.7	-0.6	-0.6	0.6	-0.1	0.3	0.9	0.6
VIII	-	-1.0	-0.6	-	-0.4	1.2	-0.9	0.9	1.3	0.4	-0.6
IX	-0.7	-1.0	-1.1	0.3	-0.9	0.4	-0.6	1.5	0.9	0.6	0.0
X	0.1	-1.5	-	-	-1.1	-0.7	-0.6	0.9	2.2	3.6	1.1
XI	0.3	-2.1	-1.5	-	-1.5	-0.1	0.1	0.6	-	1.4	-0.7
XII	1.0	-2.1	-	-	1.7	-1.0	-0.9	-0.5	2.5	2.7	-1.3

Sytuacje synoptyczne szczególnie sprzyjające oddziaływaniu bodźcowemu międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego to przede wszystkim sytuacje cyklonalne. Przechodzenie nad Spitzbergenem centrum niżu lub bruzdy cyklonalnej wywołuje dużą zmienność warunków pogodowych (Niedźwiedz 2001), co znajduje potwierdzenie w przypadku dobowych wartości ciśnienia w wieloleciu. Częstość występowania tego typu sytuacji wynosiła w latach 1991–2000 od ponad 9% w lipcu do prawie 17% w styczniu (tab. 8).



Tabela 8 – Table 8

Częstość występowania sytuacji synoptycznych (wg Niedźwiedzia 2001, wersja uproszczona) sprzyjających bodźcowemu oddziaływaniu międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego w Hornsundzie, 1991–2000  
 Frequency (%) of selected circulation types above Spitsbergen (acc. to Niedźwiedź 2001) favourable to strong mechanic stimuli due to changes of air pressure from one to the next day in Hornsund, 1991–2000

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1 N+NE <sub>a</sub>	7.1	8.5	7.1	16.0	18.1	7.7	5.2	1.9	7.0	13.5	8.7	10.0
6 N+NE <sub>c</sub>	14.8	21.2	14.8	13.7	7.7	8.0	7.4	6.1	14.7	16.8	15.0	20.3
7 E+SE <sub>c</sub>	30.6	26.1	28.1	12.7	7.7	8.7	7.1	12.3	13.0	19.4	17.0	22.9
10 Cc+Bc	16.5	11.3	11.0	13.7	11.3	13.3	9.5	10.6	11.3	11.3	15.0	13.9

Występowaniu silnych bodźców dynamicznych sprzyjają także sytuacje cyklonalne z adwekcją z północy lub północnego-wschodu (najczęściej występujące w lutym i listopadzie) oraz ze wschodu lub południowo-wschodu, których udział w styczniu przekraczał 30%. Spośród sytuacji antycyklonalnych najbardziej zaznaczyła się sytuacja z napływem powietrza z sektora północno-wschodniego, podczas której występowały najsilniejsze odnotowane międzydobowe wzrosty ciśnienia. Częstość występowania tej sytuacji była największa w kwietniu, maju i październiku (13.5 do ponad 18%).

## 6. Podsumowanie

Ciśnienie atmosferyczne o oddziaływaniu bodźcowym może wystąpić w rejonie Hornsundu w każdym z miesięcy z prawdopodobieństwem od ponad 17 do prawie 60% w przypadku ciśnienia o wartościach wyższych niż 1015 hPa oraz od 0.8% do prawie 18% w przypadku ciśnienia niższego niż 985 hPa. Zmiany międzydobowe ciśnienia atmosferycznego mogą przekraczać 35 hPa, a częstość występowania bodźców silnych wywołanych tymi zmianami wynosiła w poszczególnych miesiącach od 0.3 do ponad 3%, natomiast bodźców bardzo silnych od 0.03 do 1.2%. Najkorzystniejszymi miesiącami są lipiec i sierpień, w których najrzadziej odnotowywane są wartości ciśnienia o oddziaływaniu bodźcowym oraz silne i bardzo silne bodźce dynamiczne spowodowane zmianami międzydobowymi ciśnienia. Najmniej korzystne są styczeń oraz luty, grudzień i marzec. Spośród sytuacji synoptycznych największe znaczenie dla bodźcowości zmian ciśnienia mają sytuacje cyklonalne: szczególnie centrum niżu lub bruzda cyklonalna oraz sytuacje z adwekcją z kierunków północnych, wschodnich i południowo-wschodnich.

Rezultaty tej pracy stanowią informację klimatyczną uzupełniającą wiedzę o warunkach bioklimatycznych rejonu Hornsundu o element rzadko dotychczas rozpatrywany, lecz mogący mieć znaczenie dla samopoczucia i zdrowia osób przebywających oraz planujących pobyt w tym rejonie. Szczególnie zainteresowane taką informacją klimatyczną powinny być osoby stwierdzające reakcje swojego organizmu na zmiany warunków meteorologicznych.

## Literatura

- Araźny 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.
- Baranowska M., Cedzyńska-Ziemia J., 1997, Meteoropatia w świetle wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród wybranych populacji zamieszkałych w warunkach klimatu Polski. *Gazeta Obserwatora IMGW*, 3: 13–18.
- Baranowski J., Błażejczyk K., Pisarczyk S., Śmietanka M., 1998, Wpływ warunków meteorologicznych na zachorowalność mieszkańców Warszawy. *Acta Geographica Lodziensia, Folia Geographica Physica*, 6: 145–151.
- Błażejczyk K., 2002, Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej. *Dokumentacja Geograficzna IGIPZ PAN*, 26: 155 s.

- Błażejczyk K., 2004, Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce. IGI PAN, Prace Geograficzne, 192: 290 s.
- Delyukov A., Gorgo Y., Cornelissen G., Otsuka K., Halberg F., 2001, Natural environmental associations in a 50-day human electrocardiogram. *International Journal of Biometeorology*, vol.45, 2: 90–99.
- Gluz A.F., 1988, Wyniki pomiarów ochładzania katatermometrycznego w lipcu i sierpniu 1986 r. w Calypsobyen (zachodni Spitsbergen). [w:] XV Sympozjum Polarne. Stan obecny i wybrane problemy polskich badań polarnych, Jahn A., Pereyma J., Szczepankiewicz-Szmyrka A. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, 4: 207–211.
- Gonzales S., Diaz J., Pajares M., Alberdi J., Otero A., Lopez C., 2001, Relationship between atmospheric pressure and mortality in the Madrid Autonomous Region. *International Journal of Biometeorology*, vol.45, 1: 34–40.
- Jankowiak J., Tyczka S., 1968, Zagadnienia meteorotropizmu u psychicznie i nerwowo chorych. *Wiadomości Uzdrowiskowe*, 3/4.
- Kaczmarek Z., 1970, Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Tablice pomocnicze: 295 s.
- Kierzkowski T., 1996, Cechy klimatu lokalnego stacji w Hornsundzie w oparciu o materiał z lat 1978–1995. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 6, Gdynia: 66–82.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, Bioklimatologia człowieka. IGI PAN, monografie, 1: 200 s.
- Kuchcik M., 1999, Wpływ warunków pogodowych na umieralność mieszkańców Warszawy. *Balneologia Polska*, t. XLI, z.1–2: 71–87.
- Makać W., UrbaneK-Krzysztofak D., 2000, Metody opisu statystycznego. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk: 253 s.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1988, Wpływ sytuacji synoptycznych na stosunki opadowe w Hornsundzie (Spitsbergen). XV Sympozjum Polarne, Wydawnictwa Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław: 196–202.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1989a, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na kształtowanie się zachmurzenia w Hornsundzie. XVI Sympozjum Polarne, Toruń, Uniwersytet Mikołaja Kopernika: 158–160.
- Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1989b, Wpływ sytuacji synoptycznych na wilgotność powietrza w Hornsundzie (Spitsbergen). IMGW Oddział w Krakowie: 9 s.
- Niedźwiedz T., 1993, Long-term variability of the atmospheric circulation over Spitsbergen and its influence on the air temperature. [w:] XX Polar Symposium, Lublin: 17–31.
- Niedźwiedz T., 2001, Zmienność cyrkulacji atmosfery nad Spitsbergenem w drugiej połowie XX wieku. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 11, Gdynia: 7–26.
- Niedźwiedz T., 2003, Współczesna zmienność cyrkulacji atmosfery, temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na Spitsbergenie. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 13, Gdynia: 79–92.
- Niedźwiedz T., 2004, Kalendarz typów cyrkulacji dla Spitsbergenu, zbiór komputerowy dostępny w Katedrze Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego.
- Owczarek M., 2004, Odczuwalność cieplna w okresie zimowym w rejonie Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie w latach 1991–2000. *Problemy Klimatologii Polarnej*, 14, Gdynia: 171–182.
- Polska Stacja Polarna, 2005, informacje zamieszczone na stronie [www.igf.edu.pl](http://www.igf.edu.pl).
- Przybylak R., 1992, Stosunki termiczno-wilgotnościowe na tle warunków cyrkulacyjnych w Hornsundzie (Spitsbergen) w okresie 1978–1983. *Dokumentacja Geograficzna IGPZ PAN*, z. 2: 309 s.
- Przybyła R., 1994, Próba określenia wpływu stanów pogody na samopoczucie ludzi chorych psychicznie w Zakopanem. [w:] Wybrane zagadnienia z klimatologii i bioklimatologii, Zeszyty IGI PAN, nr 24: 31–48.
- Rocznik Meteorologiczny Hornsund, 1990–2000, IMGW Oddział Morski w Gdyni.
- Szczepankiewicz-Szmyrka A., 1981, Warunki biometeorologiczne na przedpolu Lodowca Werenskiolda w lecie 1980 roku. [w:] VIII Sympozjum Polarne, Sosnowiec, Instytut Geografii Uniwersytet Śląski: 42–48.
- Wojtach B., 2002, O potrzebie informacji biometeorologicznej w systemach ostrzegania o niepożądanych skutkach zmienności pogody. [w:] Współczesne problemy ekstremalnych zagrożeń środowiska, IV Ogólnopolska Szkoła, Jachranka: 203–210.
- Zawiślak T., 1986, Preliminary characteristic of the bioclimatic conditions of the Spitsbergen West Coast, Results of investigations of the Polish Scientific Spitsbergen Expeditions, VI, Wrocław: 75–85.

## Summary

Biometeorological stimuli according to high or low values of air pressure and air pressure changes from one to the next day are the subject of this paper. Maximum value of air pressure was 1042.8 hPa and minimum one was 948.2 hPa during analyzed period. Monthly possibility of occurrence of air pressure values >1015 hPa varied from over 17% to over 60% and in case of values <985 hPa – varied from 0.8% to 18% occurrence. “Great” stimuli according to day to day changes of air pressure (8 to 16 hPa/day) was the most frequent in January (37%), November and December. “Very great” stimuli (over 16 hPa/day) were the most frequent in January (11%), December and March. July and August cover the most convenient period. Moderate dependence of dynamic stimuli due to day to day changes of air pressure on type of circulation (acc. to Niedźwiedź 2004) was pointed. Cyclonic situations are the most important for occurrence of “great” and “very great” stimuli (unadvective one and N+NE, E+SE types).