

Zmienność warunków biotermicznych w Gdyni (1951-2005)

Variability of biothermal conditions
in Gdynia (1951-2005)

Małgorzata Owczarek¹

Zarys treści: Analizę przeprowadzono na podstawie codziennych wartości temperatury odczuwalnej (*STI*) z godz. 12 UTC. Odnotowywano warunki z zakresu odczucia ciepłego od „zimno” po „upalnie”, najczęściej „chłodno” i „ciepło”. Nastąpiło złagodzenie warunków biotermicznych od października do kwietnia, szczególnie w styczniu i lutym. W kwietniu, maju oraz w lipcu i sierpniu zaobserwowano nasilenie się stresu gorąca, a w czerwcu i wrześniu nasilenie dyskomfortu „chłodu”.

Słowa kluczowe: bioklimat, Gdynia, temperatura odczuwalna, zmiany klimatu

Key words: bioclimate, Gdynia, subjective temperature, climate change

Wstęp

Warunki biotermiczne są wynikiem współoddziaływania bodźców atmosferycznych i reakcji organizmu człowieka na te bodźce. Kształtują one obciążenie cieplne organizmu i wpływają na subiektywnie odbierane przez człowieka odczucia cieplne (Błażejczyk 2004).

Postępujące zmiany klimatu w skali globalnej, jak i regionalnej, oceniane między innymi przez IPCC (2001), powodują że wzrasta zapotrzebowanie na wiedzę na temat konsekwencji tych zmian. Coraz częściej rozpatrywanym zagadnieniem są także zmiany bioklimatu (Błażejczyk i in. 2003, Papiernik 2004).

Zmienność warunków biotermicznych w Gdyni nie była przedmiotem osobnych opracowań, omawiano dotąd jedynie wybrane elementy bioklimatu (Owczarek, Miętus 2001; Owczarek 2003).

Celem niniejszej pracy jest ocena warunków biotermicznych oraz charakterystyka ich zmienności w latach 1951-2005 w Gdyni.

¹ Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski w Gdyni, ul. Waszyngtona 42, 81-342 Gdynia, e-mail: małgorzata.owczarek@imgw.pl

Materiały źródłowe i metody opracowania

W niniejszej pracy wykorzystano kompleksowy model wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem MENEX_2002 (Błażejczyk, Błażejczyk 2004). Meteorologicznymi danymi wejściowymi były codzienne wartości elementów meteorologicznych z godz. 12 UTC ze stacji klimatologicznej w Gdyni z lat 1951-2005: temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$), wilgotności względnej powietrza (%), zachmurzenia (%) oraz prędkości wiatru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) zredukowanej do wysokości 1,20 m n.p.g. Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowego Towarzystwa Biometeorologicznego (Błażejczyk 2004) jako parametry fizjologiczne wprowadzono: metaboliczną produkcję ciepła odpowiadającą wytwarzaniu ciepła przez organizm człowieka podczas marszu z prędkością $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ w terenie płaskim, równą $135 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, oraz termoizolacyjność odzieży odpowiednią do panującej temperatury powietrza. Wykorzystano również dane dotyczące wysokości Słońca według *Tablic Słonecznych ...* (1976).

Temperatura odczuwalna (ang. *Subjective Temperature Index, STI*) jest wskaźnikiem odczuć cieplnych powstających w wyniku reakcji receptorów ciepła i zimna na bodźce termiczne docierające do nich z wnętrza ciała oraz z otoczenia (Błażejczyk 2004). Obliczenia do celu niniejszej pracy wykonano programem BioKlima©2.3.

Tab. 1. Przedziały wartości temperatury odczuwalnej *STI* i odpowiadające im subiektywne odczucia cieplne (Błażejczyk 2004)

Table 1. Values of Subjective Temperature Index (*STI*) and equivalent thermal sensations in man (Błażejczyk 2004)

Temperatura odczuwalna Subjective Temperature Index ($^{\circ}\text{C}$)	Subiektywne odczucie cieplne Thermal sensations in man
< -38,0	Bardzo zimno / Very cold
-38,0 do -0,5	Zimno / Cold
-0,4 do 22,5	Chłodno / Cool
22,6 do 32,0	Komfortowo / Comfortable
32,1 do 46,0	Ciepło / Warm
46,1 do 55,0	Gorąco / Hot
55,1 do 70,0	Bardzo gorąco / Very hot
> 70,0	Upalnie / Sweltering

Warunki biotermiczne w Gdyni analizowano na podstawie codziennych wartości temperatury odczuwalnej (*STI*) z godz. 12 UTC, zgrupowanych według klasyfikacji odczuć cieplnych (Błażejczyk 2004) przedstawionej w tabeli 1.

Obliczono w każdym roku i miesiącu liczbę dni z odczuciem cieplnym w poszczególnych przedziałach *STI*, w każdej serii wyznaczono równanie trendu liniowego, którego istotność badano testem F-Snedecora na poziomie ufności 95%. Ponadto serie poddano filtracji dolnoprzepustowym filtrem Gaussa z oknem 10-letnim. Liczby dni z odczuciem „gorąco”, „bardzo gorąco” i „upalnie” zgrupowano w jeden przedział – „dyskomfort gorąca”.

Charakterystyka temperatury odczuwalnej (*STI*)

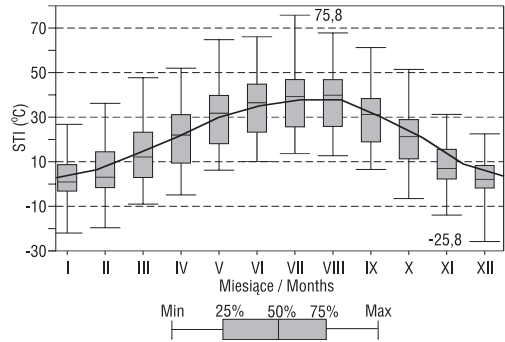
Przebieg roczny średnich wartości *STI* o godz. 12 UTC w latach 1951-2005 oraz ich wybrane statystyki przedstawia ryc. 1. Temperatura odczuwalna *STI* w omawianym wieleciu przyjmowała wartości od $-25,8^{\circ}\text{C}$ (31 grudnia 1978 r.) do $75,8^{\circ}\text{C}$ (7 lipca 1959 r.),

którym odpowiadają subiektywne odczucia ciepłe od „zimno” po „upalnie”. Warunków „bardzo zimno” nie odnotowano. W ciągu roku największy jest udział odczucia „chłodu” (ponad 46%) oraz „ciepła” (ponad 20%).

Wartości średnie miesięczne *STI* wynosiły w omawianym wielolecu od 2,3°C w styczniu do 37,8°C w lipcu i sierpniu. Największy zakres wahań *STI* (ponad 62°C) przypada w lipcu. Najmniej kontrastowe odczucia ciepłe wystąpiły w listopadzie: amplituda *STI* wynosi 45,2°C, a wartości kwantyla 25%, jak i 75% mieszczą się w tym samym przedziale odczuwalności („chłodno”).

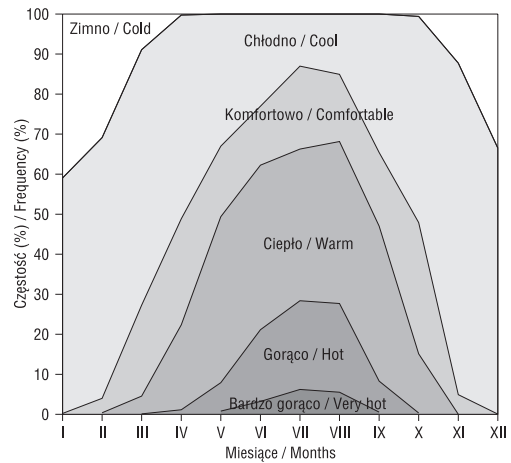
Od października do kwietnia dominuje w Gdyni odczucie „chłodno” (ryc. 2), stanowiąc od około 51% przypadków w kwietniu i październiku do ponad 82% w listopadzie. Odczucie „zimno” występuje najczęściej w miesiącach zimowych (31-41%) i listopadzie (12%), może pojawić się także jeszcze w kwietniu (0,2%) i już w październiku (0,6%). Zimą mogą wystąpić także warunki „komfortu” (0,1% przypadków w grudniu, 0,2% w styczniu i 3,5% w lutym), a w lutym w 0,4% przypadków także warunki „ciepło”. W marcu, kwietniu i październiku mogą wystąpić warunki sprzyjające odczuciom ciepłym od „zimno” po „gorąco”, a od maja do września – od „chłodno” po „bardzo gorąco”. Warunki „upalnie” odnotowano tylko dwukrotnie w lipcu.

Najbardziej obciążające warunki biotermiczne w Gdyni mogą wystąpić w styczniu, kiedy to najczęściej występuje odczucie „zimna”, oraz w lipcu i sierpniu, gdy najczęściej odczuwany jest dyskomfort przegrzania: „gorąco” (ponad 22% przypadków w miesiącu)



Ryc. 1. Średnie miesięczne wartości temperatury odczuwalnej *STI* oraz wartości ekstremalne *STI* i wartości kwantyli: 25%, 50% i 75% *STI* o godz. 12 UTC w Gdyni w latach 1951-2005

Fig. 1. Monthly mean, minimum, maximum values and 25%, 50%, 75% quartiles of Subjective Temperature Index (*STI*) at 12 UTC in Gdynia, 1951-2005



Ryc. 2. Częstość (%) występowania subiektywnych odczuć ciepłych według temperatury odczuwalnej *STI* o godz. 12 UTC w Gdyni, 1951-2005

Fig. 2. Frequency of occurrence (%) of subjective thermal sensations in man according to Subjective Temperature Index (*STI*) at 12 UTC in Gdynia, 1951-2005

i „bardzo gorąco” (ponad 5,5%). Nie odnotowano, poza dwukrotnym wystąpieniem warunków „upalnie”, wartości *STI* mieszczących się w skrajnych przedziałach subiektywnego odczucia cieplnego. Można to uznać za fakt korzystny. Biorąc jednakże pod uwagę adaptację mieszkańców Wybrzeża do warunków klimatycznych można przypuszczać, że odczucia gorąca mogą pojawić się u nich w innych warunkach biotermicznych niż u mieszkańców innych regionów. Możliwe jest, że w Gdyni, gdzie średnie wartości *STI* są często niższe w porównaniu z innymi rejonami Polski (Błażejczyk 2004), stres gorąca może być w tych samych warunkach otoczenia bardziej uciążliwy.

Za miesiące najkorzystniejsze biotermicznie można uznać kwiecień, maj, wrzesień i październik, w których częstość warunków „komfortu” i „ciepła” wynosi od 48 do 59%. Ryzyko wystąpienia warunków sprzyjających wychłodzeniu jest w tych miesiącach bardzo małe, a stres ciepła pojawia się o około połowę rzadziej niż latem.

Zmienność liczby dni z odczuciem ciepłym w przedziałach temperatury odczuwalnej (*STI*)

W przebiegu rocznej liczby dni z poszczególnymi rodzajami odczuć cieplnych największe zróżnicowanie jest widoczne w przypadku dni z odczuciem „zimno” (ryc. 3a) i „dyskomfortem gorąca” (ryc. 3c). Najbardziej wyrównanym przebiegiem charak-

Tab. 2. Współczynniki trendu liniowego rocznej i miesięcznej liczby dni z odczuciem ciepłym według temperatury odczuwalnej *STI* w Gdyni o godz. 12 UTC w latach 1951-2005

Table 2. Linear trend coefficients of the annual and monthly number of days with thermal sensations in man according to Subjective Temperature Index (*STI*) at 12 UTC in Gdynia in the period 1951-2005

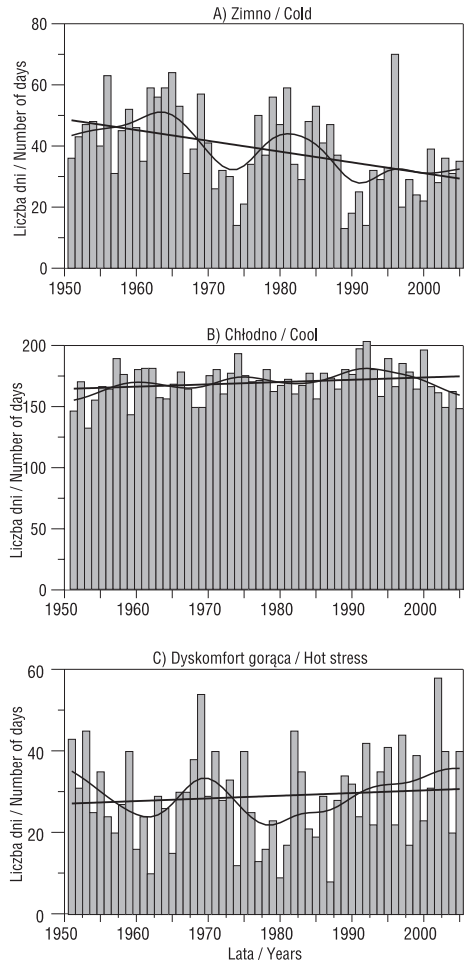
Miesiące Months	Zimno Cold	Chłodno Cool	Komfort Comfortable	Ciepło Warm	Dyskomfort gorąca Heat stress
I	-0,146	0,143	4 przypadki 4 observations	-	-
II	-0,092	0,079	0,013	6 przypadków/ 6 observations	-
III	-0,053	0,010	0,038	0,010	-
IV	4 przypadki 4 observations	-0,10	0,047	0,054	0,002
V	-	-0,062	-0,011	0,027	0,046
VI	-	0,071	-0,0075	-0,008	-0,056
VII	-	-0,023	0,015	-0,028	0,036
VIII	-	-0,040	0,006	-0,012	0,046
IX	-	0,042	-0,020	-0,014	-0,007
X	10 przypadków 10 observations	-0,023	0,028	-0,004	6 przypadków 6 observations
XI	-0,023	0,006	0,017	-	-
XII	-0,035	0,039	-	-	-
Rok / Year	-0,353	0,187	0,124	0,029	0,117

Pogrubiono wartości statystycznie istotne na poziomie ufności 95% / Values significant at 95% level are in bold

teryzują się dni z odczuciem „ciepło”. Zaobserwowano spadek liczby dni z odczuciem „zimno” oraz wzrost liczby dni z pozostałych przedziałów. Średnio w wieloleciu występowało 39 dni z odczuciem „zimno”, najwięcej było ich w 1996 r. (70 dni), najmniej w 1989 r. (13 dni). Do połowy lat 60. XX w. następował słaby wzrost liczby dni „zimnych”, wyraźny ich spadek widoczny jest od 1965 do 1974 r. oraz w latach 80. XX w. (ryc. 3a). W pierwszej połowie lat 90. można zauważyć słaby wzrost liczby dni „zimnych”, jednak w wieloletnim przebiegu zaznacza się ich spadek o około 4 dni na 10 lat, który jest istotny statystycznie (tab. 2, ryc. 3a). Przez dwie pierwsze dekady omawianego wielolecia występowało przeciętnie około 47 dni w roku z odczuciem „zimno”, natomiast w kolejnych dekadach średnia liczba tych dni nie przekraczała 38. Roczna liczba dni z odczuciem „chłodno” w wieloleciu wahała się od 132 do 203, przeciętnie wynosiła 169. Dni takie charakteryzują się stosunkowo regularnym przebiegiem i wykazują istotny trend dodatni (2 dni na 10 lat; tab. 2, ryc. 3b).

Szczególny wpływ na organizm człowieka mają dni z „dyskomfortem gorąca”. Ich liczba w roku była zróżnicowana: od poniżej 10 do prawie 60 dni (ryc. 3c). W latach 50. XX w. następował ich spadek, w latach 60. widoczny był wzrost, a następnie do 1980 r. ponowny spadek. Od początku lat 80. aż do 2005 r. częstość stresu gorąca systematycznie wzrastała.

Śród analizowanych serii miesięcznej liczby dni z poszczególnymi rodzajami odczuć ciepłych (tab. 2) wyróżniają się dni z odczuciem „zimna” w styczniu (ryc. 4a), lutym (ryc. 4c) i marcu (ryc. 4d). W miesiącach tych następuje ich statystycznie istotny spadek o około 1 dzień w miesiącu na 10 lat. Złagodze-

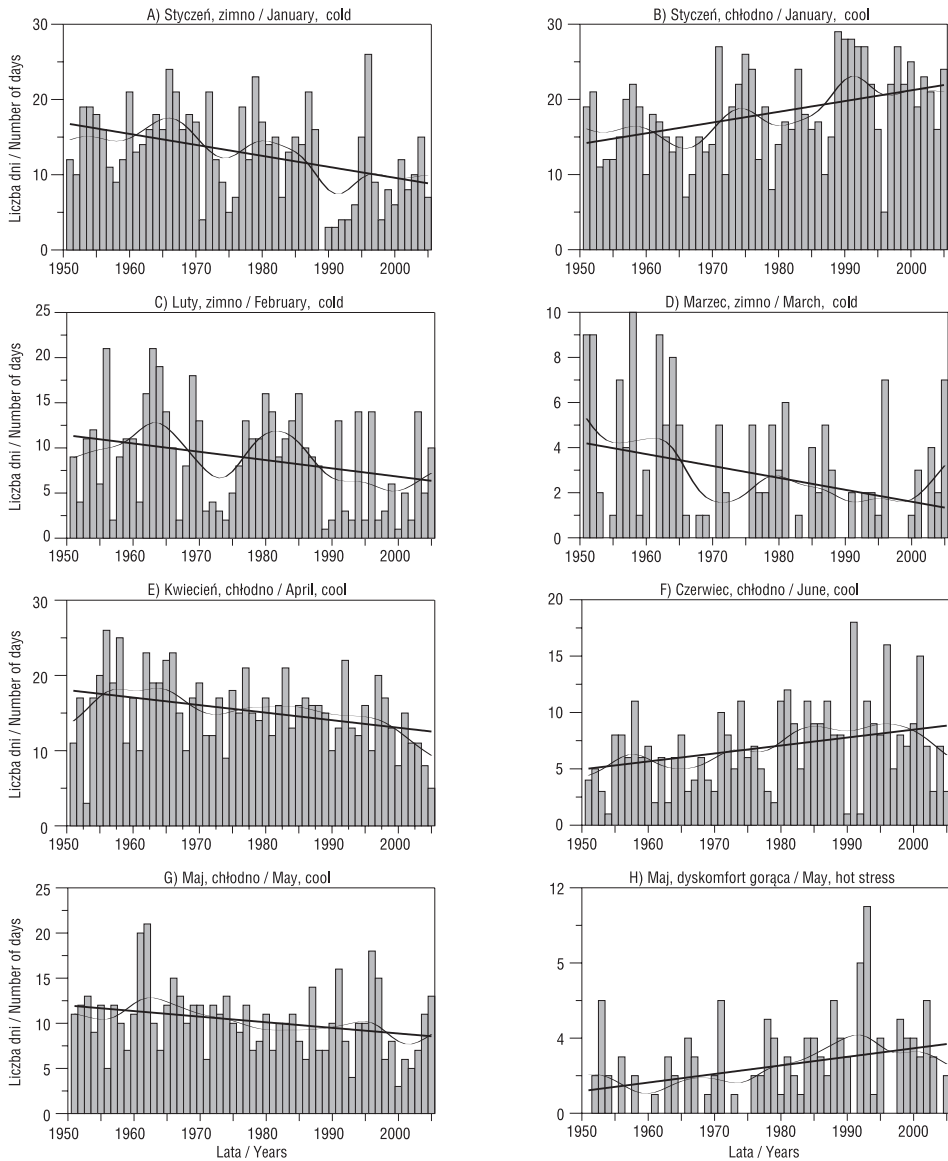


Ryc. 3. Zmienność warunków biotermicznych w roku w Gdyni, 1951-2005

Wykres słupkowy: roczna liczba dni z subiektywnym odczuciem ciepłym według temperatury odczuwalnej *STI* o godz. 12 UTC. Linie ciągłe: trendy liniowe i serie poddane filtracji filtrem Gaussa z oknem 10-letnim

Fig. 3. Long-term annual variability of biothermal conditions in Gdynia, 1951-2005

Bar charts: annual number of days with thermal sensations in man according to Subjective Temperature Index (*STI*) at 12 UTC. Lines: linear trends and series filtered by 10-year-window low-pass Gaussian filter



Ryc. 4. Zmienność warunków biotermicznych w wybranych miesiącach w Gdyni, 1951-2005. Wykres słupkowy: miesięczna liczba dni z subiektywnym odczuciem ciepłym według temperatury odczuwalnej *STI* o godz. 12 UTC. Linie ciągłe: trendy liniowe (istotne na poziomie ufności 95%) i serie poddane filtracji filtrem Gaussa z oknem 10-letnim

Fig. 4. Long-term variability of biothermal conditions in selected months in Gdynia, 1951-2005. Bar charts: monthly number of days with thermal sensations in man according to Subjective Temperature Index (*STI*) at 12 UTC. Lines: linear trends (all significant at 95% level) and series filtered by 10-year-window low-pass Gaussian filter

nie warunków odczuwalności najwyraźniej zaznacza się w styczniu: spadkowi liczby dni z odczuciem „zimna” (ryc. 4a) towarzyszy istotny statystycznie wzrost liczby dni z odczuciem „chłodu” (ryc. 4b).

Istotnym statystycznie trendem ujemnym charakteryzują się serie liczby dni z odczuciem „chłodno” w kwietniu (ryc. 4e) i maju (ryc. 4g), co może świadczyć o poprawie warunków biotermicznych w tych miesiącach. Jednocześnie można w nich zaobserwować stopniowy wzrost liczby dni z „dyskomfortem gorąca”, w maju istotny statystycznie (ryc. 4h). Fakt ten jest niekorzystny, gdyż pojawienie się stresu gorąca wiosną, zwłaszcza po raz pierwszy po okresie zimowym, jest bardzo obciążające dla organizmu (Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Ponadto w czerwcu można zaobserwować istotne statystycznie nasilenie dyskomfortu „chłodu” (ryc. 4f).

W pozostałych miesiącach nie stwierdzono trendów statystycznie istotnych. Widoczny jest jednak w omawianym wieloleciu wzrost liczby dni z „dyskomfortem gorąca” w lipcu i sierpniu oraz wzrost liczby dni z odczuciem „chłodu” we wrześniu i spadek w październiku.

Wymienione zmiany warunków biotermicznych w Gdyni nie odbiegają od obserwowanych dotąd zmian charakterystyk biometeorologicznych w Polsce (Błażejczyk i in. 2003, Papiernik 2004). Szczególnie dotyczy to złagodzenia warunków biotermicznych w miesiącach zimowych oraz wzrostu liczby dni uciążliwych z powodu stresu gorąca.

Wnioski

W pracy wykazano istnienie trendów świadczących o zmianach warunków biotermicznych Gdyni w drugiej połowie XX i na początku XXI w.

W omawianym wieloleciu zaobserwowano złagodzenie warunków biotermicznych od listopada do kwietnia. W ciągu rozpatrywanego 55-lecia w miesiącach zimowych i wczesną wiosną zaznaczył się spadek liczby dni sprzyjających wychłodzeniu organizmu: od 2 w grudniu do 8 w styczniu. Roczna liczba dni z odczuciem „zimna” w ciągu 55 lat zmniejszyła się o 19. Najsilniejsze złagodzenie warunków biotermicznych następowało w styczniu i lutym. W kwietniu złagodzeniu dyskomfortu chłodu towarzyszył słaby wzrost częstości stresu gorąca.

Od maja do września, czyli również w pełni sezonu turystycznego, zmienność warunków biotermicznych była zróżnicowana. W maju, lipcu i sierpniu następowało nasilenie dyskomfortu w kierunku przegrzania organizmu. Miesięczna liczba dni z odczuciem „gorąco” i „bardzo gorąco” wzrosła w ciągu 55 lat o 2 do 3 dni. Wzrost częstości stresu gorąca najsilniej zaznaczył się w maju. Zmiany zaobserwowane w czerwcu i wrześniu można ocenić jako niekorzystne. Warunki biotermiczne w tych miesiącach stają się bardziej kontrastowe w stosunku do miesięcy sąsiednich. Stopniowy wzrost częstości warunków odczucia „chłodu” w czerwcu może spowodować większą wrażliwość organizmu mieszkańców Gdyni na stres gorąca, który coraz częściej pojawia się w kolejnych miesiącach letnich. Spadek dni „komfortowych” i „ciepłych” we wrześniu, przy wzrastającym odczuwaniu „chłodu” może z kolei przyczynić się do wzrostu przeziębień i nasilania istniejących dolegliwości.

Najkorzystniejsze zmiany są obserwowane w październiku. Następuje spadek częstości odczucia „chłodu”, a obciążające organizm warunki dyskomfortu „zimna” i „gorąca” pojawiają się rzadko.

Zmiany warunków biotermicznych w Gdyni wykazują podobieństwa do dotychczas wykazanych tendencji zmian warunków bioklimatycznych w Polsce. Specyficzne okazuje się pogorszenie warunków biotermicznych w Gdyni w czerwcu.

Wykazane zmiany mają znaczenie zarówno dla stałych mieszkańców miasta i regionu, jak i osób przyjezdnych. W okresie zimowym złagodzenie warunków biotermicznych może spowodować trudności w przystosowaniu organizmu w momencie pojawienia się stresu zimna. Może nastąpić spadek umieralności wskutek wychłodzenia, natomiast można przypuszczać, że może ulec zmianom występowanie i przebieg różnych chorób, w tym grypy. Zmiany warunków biotermicznych w kwietniu i maju oraz w październiku mogą być korzystne dla rozwoju turystyki.

Literatura

- Błażejczyk K., 2004, *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, IGiPZ PAN, Prace Geogr., 192, 1-290.
- Błażejczyk K., Błażejczyk M., 2004, *MENEX_2002*, www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/menex.
- Błażejczyk K., Twardosz R., Kunert A., 2003, *Zmienność warunków biotermicznych w Krakowie w XX wieku na tle wahań cyrkulacji atmosferycznej*, [w:] *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, K. Błażejczyk, B. Krawczyk, M. Kuchcik (red.), Prace Geogr. IGiPZ PAN, 188, 233-246.
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge Univ. Press.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie, 4, IGiPZ PAN.
- Owczarek M., 2003, *Odczuwalność cieplna w Gdyni w świetle wybranych wskaźników*, Wiad. IMGW, 4, 37-58.
- Owczarek M., Miętus M., 2001, *Wybrane użyteczne wskaźniki klimatyczne dla Gdyni*, Wiad. IMGW, 1, 23-47.
- Papiernik Ż., 2004, *Wskaźniki klimatu odczuwalnego w Polsce; zmiany w okresie 1951-2000 i prognoza na lata 2051-2060*, [w:] *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, K. Kozuchowski (red.), Łódź, 139-169.
- Tablice Słoneczne do użytku obserwatorów stacji aktynometrycznych*, 1976, IMGW, WKiŁ, Warszawa.

Summary

This paper evaluates the biothermal conditions in an average size city on the coast of the Baltic Sea and their variability. Subjective thermal sensations in man were defined by the Subjective Temperature Index (*STI*). Calculations according to the *MENEX_2002* model were based on the Gdynia station data at 12 UTC. Thermal sensations in man from “cold” to “sweltering” can be noticed in Gdynia. Cold stress can appear during

the period from October to April, especially in the winter months. Heat stress can be noticed during the period from April to October. A significant decrease in the number of days with cold stress was noticed in January, February and March. Increase in heat stress in May, July and August was observed over a 55-year period. Uncomfortable “chill” thermal sensations increase in June and September.

