

**KRZYSZTOF KOŻUCHOWSKI**

Uniwersytet Łódzki

**WSPÓŁCZESNE ZMIANY  
WARUNKÓW TERMICZNYCH W POLSCE  
NA TLE GLOBALNEGO OCIEPLENIA I WAHAŃ  
STREFOWEJ CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ**

**Abstract: Contemporary Changes of the Thermal Conditions in Poland versus Global Warming and Variations in the Zonal Atmospheric Circulation.** Presented paper analyses temperature trends in Poland related to global warming. In 2005 the averaged global temperature (average air temperature and the oceans' and seas' surface temperature) has reached its maximum value since the beginning of its measurements in the mid 19<sup>th</sup> century (Table 1). The previous maximum took place in 1998.

This paper presents also contemporary changes in areally averaged air temperatures in Poland. Temperatures in Poland reached their long-term maximum at the turn of 2006-2007 (Table 3). Contemporary warming reaches larger scale when compared with warm years of the first half of 20<sup>th</sup> century.

The warming was clearly evident in the recent winter seasons, but the characteristic feature of winter warming is first of all a rapid increase in the frequency of warm days. Quotient of number of days with temperatures  $>5^{\circ}\text{C}$  and number of days with temperatures  $<0^{\circ}\text{C}$  (mild winter index MWI) increased significantly after 1980. In Lodz the observed average of MWI in the years 1981-2007 was 0.232, double the average from the period 1951-1980 (Table 7) and furthermore was nearly double the value (0.138) which has been estimated on the basis on the relationship MWI with the Hurrell's index of NAO (Table 8). It means that the warming in Poland contributes significantly to the global rise of air temperature.

Śledzenie współczesnych wahań elementów klimatu, zwłaszcza temperatury powietrza, jest związane z aktualnym pytaniem o realizację scenariusza globalnej zmiany klimatu pod wpływem rosnącej koncentracji gazów cieplarnianych. Scenariusz taki został w 2007 r. po raz kolejny potwierdzony w IV raporcie IPCC i dodatkowo upowszechniony wskutek Pokojowej Nagrody Nobla dla Al Gore'a i IPCC. Jednocześnie pojawiają się opinie, kwestionujące hipotezę globalnego ocieplenia. Dane meteorologiczne z kolejnych lat, a nawet miesięcy dostarczają argumentów obu stronom

tego sporu: temperatura nieustannie oscyluje, więc raz można mówić, że ocieplenie ‘załamuje się’, kiedy indziej – że ‘rozwija się’.

W 2005 r. średnia temperatura globalna (uśredniona temperatura powietrza na lądach i temperatura powierzchni mórz i oceanów) osiągnęła maksymalną wartość od początku pomiarów instrumentalnych, tj. od połowy XIX w. (*GISS... 2007*). Poprzednie maksimum wystąpiło w 1998 r. i zbiegło się – zapewne nieprzypadkowo – z nadzwyczaj silnym zjawiskiem El Nino w tym samym czasie („El Nino stulecia”, *GISS... 2007*). Niektórzy sądzą, że w tamtym rekordowo ciepłym roku załamała się rosnąca tendencja temperatury globalnej, a wraz z nią – teoria o współczesnym antropogennym ociepleniu klimatu. Pierwsze lata XXI w. przyniosły jednak sygnał, że ocieplenie utrzymuje się, gdyż także rok 2007 był na Ziemi wyjątkowo ciepły. Według serii temperatur globalnych zestawionej przez *Goddard Institute for Space Studies (GISS... 2007)* był to rok tak samo ciepły jak 1998. W serii, prezentowanej przez *National Climatic Data Center (Climate of 2007)* ubiegły rok plasuje się na piątej pozycji w rankingu średnich rocznych temperatury na Ziemi. Wyższe miejsca zajmują w niej – poza rekordowym rokiem 1998 – lata z bieżącego wieku (2005, 2002, 2003 – tab. 1). Według danych publikowanych przez *Hadley Center (Climate of 2007)* na czele listy lat najcieplejszych, obok wspomnianego roku 1998, znajdują się wszystkie kolejne lata po 2000 r. (tab. 1). Różnice między danymi, pochodzącymi z różnych systemów monitorowania temperatury globalnej nie są zbyt wielkie, chociaż istnieją też opinie, które w ogóle podważają wiarygodność pomiarów, ukazujących skalę współczesnego ocieplenia.

W tab. 1 zamieszczono również informacje o najzimniejszych latach z ubiegłego wieku: cała dziesiątka plasuje się w pierwszej połowie XX w. Najzimniejszy rok z drugiej połowy stulecia (1964) plasuje się na 18. pozycji w ciągu lat najzimniejszych od 1901 r. Podobnie, 18. pozycję na liście lat najcieplejszych zajmuje najcieplejszy rok (1944) z pierwszej połowy XX w.

Celem prezentowanego doniesienia jest sprawdzenie, jak przebiegają współczesne zmiany temperatury powietrza na obszarze Polski. W szczególności chodzi o określenie pozycji (rangi) wskaźników klimatu termicznego Polski ostatnich lat w ciągu danych od początku XX w.

Przedstawiono ponadto próbę wyjaśnienia obserwowanych zmian temperatury w sezonie zimowym, określając – nie po raz pierwszy w badaniach klimatologicznych – związki temperatury w Polsce z wartościami wskaźnika Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO).

W pracy wykorzystano serię średnich wartości temperatury dla obszaru Polski z okresu 1901-2007 (średnie miesięczne z 51 stacji meteorologicznych, położonych <1000 m n.p.m., 1951-2000, według Żmudzkiej (Kozuchowski, Żmudzka 2003, Żmudzka 2006), serię średnich miesięcznych temperatury w Łodzi od 1903 r. (Wibig *et al.* 2004) oraz serię średnich dobowych temperatury w Łodzi z okresu od stycznia 1951 do lutego 2008.

Tabela 1

## Najcieplejsze i najzimniejsze lata na Ziemi, 1901-2007

Ranga		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...18
Najcieplejsze	NCDC	2005	1998	2002	2003	2007	2006	2004	2001	1997	1995	
	NASA	2005	1998	2002	2003	2006	2004	2001	1997	1995	1991	1944
			2007							1990		
H C*	1998	2005	2003	2002	2004	2006	2001	1997	1995	1999		
Najzimniejsze	NASA	1917	1907	1909	1908	1911	1912	1910	1913	1918	1903	1964

\*bez 2007 r.

Źródło: Hadley Center, *The Met Office*, UK, za *World Climate News*, 2007 [H C], National Climate Data Center, za *Climate of 2007* [NCDC] i *GISS Surface Temperature Analysis*, (tab. 1-8).

Wśród 107 średnich rocznych temperatury na obszarze Polski najwyższą wartość reprezentuje rok 2000, a cztery spośród 10 lat najcieplejszych przypadają na ostatnią dekadę 1998-2007 (tab. 2). W porównaniu z opublikowanym wcześniej podobnym zestawieniem (Kozuchowski, Żmudzka 2003) na liście najcieplejszych lat pojawiły się lata 2002 i 2007, co niewątpliwie potwierdza wniosek o rosnącej tendencji temperatury na obszarze Polski. Warto jednak wskazać także na ciepłe lata 1930. Rok 1934 zajmuje 7. a rok 1939 – 14. pozycję wśród najcieplejszych lat od 1901 r. Lata najzimniejsze wykazują większe rozproszenie i pojawiają się zarówno na początku, jak i pod koniec analizowanego okresu (np. 1987, 1996). Zwraca uwagę chłodny rok 1980, wskazywany przez Boryczkę jako „prognozowane minimum wiekowe średniej rocznej temperatury” (Stopa-Boryczka, Boryczka 2005, s. 89). Najzimniejsze lata z drugiej połowy analizowanego okresu 1901-2007 odznaczają się jednak wyższymi temperaturami od najzimniejszych lat z pierwszej połowy okresu. Średnia różnica między 10. najniższymi temperaturami przed 1954 r. i 10. najniższymi temperaturami od 1954 r. wynosi 0,7 st. C. Podobna różnica najwyższych temperatur wynosi 0,6°C.

Tabela 2

## Najcieplejsze i najchłodniejsze lata w Polsce (1901-2007)

Ranga	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...13	...14
Najcieplejsze	2000	2007	1989	2002	1990	1999	1934	1994	1983	1992		1939
Średnia temp. (°C)	9,5	9,4	9,2	9,1	9,1	8,9	8,9	8,8	8,8	8,7		8,6
Najchłodniejsze	1940	1902	1941	1956	1933	1929	1919	1907	1980	1987	1996	
Średnia temp. (°C)	5,5	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,5	6,5	

Szereg średnich rocznych wartości, zestawionych w układzie lat kalendarzowych (styczeń-grudzień) może deformować rzeczywiste fluktuacje temperatury, które lepiej (choć także nie idealnie) odzwierciedla przebieg średnich ruchomych wartości 12-miesięcznych. Szeregi tak obliczonych średnich „rocznych” w Polsce (od 1901 r.) oraz w Łodzi (od 1903 r.) wykazują maksima, przypadające na okres od lipca 2006 do czerwca 2007. Najniższe wartości przypadają natomiast na okres od kwietnia 1941 do marca 1942 (tab. 3). Według danych od 1951 r. (Łódź) minimum przesuwa się na maj 1962-kwiecień 1963-marzec, a maksimum – pozostaje w 2006-2007 r. Warto zauważyć wyjątkowo wysoką wartość tego maksimum: przyrost temperatury od poprzedniego maksimum z okresu lipiec 1989-czerwiec 1990 sięga 1,2 stopnia. Od początku XX w. nie było jeszcze tak gwałtownego ocieplenia. Ten niedawny wzrost temperatury, w odróżnieniu od wspomnianego minimum z 1980 r., pozostaje w wyraźnej sprzeczności z prognozowanym już na początek XXI w. oziębieniem (Boryczka 2002).

Trendy zmian temperatury powietrza w Polsce po uwzględnieniu danych z ostatnich 7 lat niewiele zmieniły się w porównaniu z ich wartościami, dotyczącymi półwiecza 1951-2000 (Kozuchowski, Żmudzka 2003). Przyrost średnich rocznych temperatury w okresie 1951-2007 wynosi 0,2°C na 10 lat, w okresie 1981-2007 sięga 0,4°C/10 lat. W ciągu średnich od 1901 r. tempo zmian temperatury wynosi 0,11°C/10 lat (tab. 4). Zmniejszyło się sezonowe zróżnicowanie tempa zmian temperatury, w szczególności dodatnie współczynniki trendu pojawiły się w miesiącach letnich, niemal zniknęło sygnalizowane wcześniej oziębienie jesienne, za to nieco słabsze stało się ocieplenie zimowe i wiosenne.

Wyrazem obserwowanych tendencji są m.in. średnie temperatury w Polsce w ostatniej dekadzie, we wszystkich miesiącach wyższe od średnich wieloletnich, mimo że nie w każdym przypadku współczynniki trendu są dodatnie. Ocieplenie objęło wszystkie sezony. Największe przyrosty średnich temperatury dotyczą okresu zimowo-wiosennego (styczeń-maj) oraz lata (lipiec-sierpień). Wyróżnia się wzrost temperatury w lutym, której średnia w ostatnim 10-leciu była aż o 2°C wyższa od „normy” z lat 1951-80 (tab. 5).

Tabela 3

Najwyższe i najniższe średnie 12-miesięczne temperatury w Polsce i w Łodzi

Polska, 1901-2007		Łódź, 1951-2007		Łódź, 1903-2007	
średnia (°C)	data	średnia (°C)	data	średnia (°C)	data
Najwyższe średnie					
10,7	07.2006-06.2007	10,8	07.2006-06.2007	10,8	07.2006-06.2007
Najniższe średnie					
5,1	04.1941-03.1942	5,3	05.1962-04.1963	5,1	04.1941-03.1942

Tabela 4

Trendy liniowe średnich miesięcznych i rocznych temperatury w Polsce w okresie 1951-2007, 1981-2007, 1901-2007 i 1901-1980 ( $^{\circ}\text{C}/10$  lat)  
(bold – współczynniki istotne na poziomie 0,05)

Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
1951-2007	0,3	0,5	<b>0,4</b>	0,3	<b>0,3</b>	-0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	-0,0	0,0	<b>0,2</b>
1981-2007	0,4	1,0	0,1	<b>0,7</b>	0,2	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	0,5	0,4	0,2	0,4	0,1	<b>0,4</b>
1901-2007	0,1	0,1	0,1	<b>0,2</b>	0,1	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	0,1	<b>0,1</b>	0,1	0,1	<b>0,1</b>
1901-1980	-0,1	-0,0	-0,1	0,1	0,0	<b>0,2</b>	0,0	0,1	0,1	0,1	<b>0,2</b>	0,1	0,0

Ocieplenie w sezonie zimowym osiągnęło rozmiary, które pozwalają mówić o jakościowej zmianie reżimu klimatycznego tej pory roku. W końcu XX w. wyraźnie wzrosła częstość „bezzimnia” – przypadków z dodatnimi średnimi temperatury we wszystkich miesiącach kalendarzowej zimy. Stwierdzono je zwłaszcza na zachodzie kraju: w Szczecinie po 1974 r. co trzecia zima miała taki charakter. Coraz częściej notowano także przejściowe, ale długotrwałe ocieplenia w ciągu sezonu zimowego; takie zimy „beżądrowe” z trwającymi ponad miesiąc temperaturami dodatnimi wystąpiły pod koniec XX w. również na wschodzie Polski (Kozuchowski 2004).

Początek XXI w. przyniósł dalsze sygnały, świadczące o redukcji zimy termicznej. Rekordową pod tym względem, według danych meteorologicznych z Łodzi, okazała się zima 2006/2007. Po raz pierwszy liczba dni z ujemną temperaturą dobową była w tej zimie mniejsza od liczby dni z temperaturą  $>5^{\circ}\text{C}$ . Zgodnie z przyjętym kryterium sezonów termicznych w Polsce było więc w tym sezonie więcej dni wiosennych niż zimowych (odpowiednio 24 i 23 dni).

Stosując metodę wyznaczania termicznych pór roku zaproponowaną przez Makowca (1983) i testowaną m.in. w pracach Nowosada i Filipiuka (1998) można stwierdzić, że przez znaczną część kalendarzowej zimy panują ostatnio warunki spełniające kryterium klimatycznego sezonu wegetacyjnego. W najcieplejszej zimie 2006/2007

Tabela 5

Średnie miesięczne i roczne temperatury w Polsce w dekadzie 1998-2007 i ich odchylenia od średnich z okresu 1951-1980

Miesiące	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Średnia temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	-1.5	-0.1	3.0	8.8	13.8	16.6	18.9	18.0	13.9	9.1	3.5	-0.1	8.7
Odchylenie ( $^{\circ}\text{C}$ )	1.4	2.0	1.4	1.8	1.6	0.4	1.6	1.2	0.9	0.9	0.1	0.4	1.2

Najcieplejsze zimy w Łodzi, 1951/1952-2007/2008

Ranga	Zima A	Liczba dni z temp. wyższą od 5°C. (A)	Zima B	Liczba dni z dodatnim kumulowanym odchyleniem od 5°C. (B)
1	1989/1990	24	2006/2007	44
2	2006/2007	24	1989/1990	36
3	1997/1998	17	2001/2002	25
4	2001/2002	15	1997/1998	24
5	1988/1989	15	1988/1989	23
6	1994/1995	14	1994/1995	23
7	1987/1988	12	1987/1988	20
8	2007/2008	12	1992/1993	19
9	1992/1993	12	2007/2008	18
10	1965/1966	11	2000/2001	16

poza 24 dniami z temperaturą ponad 5°C – przez 44 dni, a więc ½ sezonu utrzymywały się dodatnie kumulowane odchylenia od 5°C (tab. 6).

Wydłużanie się ciepłych epizodów w zimie potwierdzają wyniki badania tzw. fal ciepła w Łodzi, opublikowane przez Wibig (2008). Zarówno długość ciągów ciepłych dnia, jak i długość ciągów ciepłych nocy w zimie charakteryzowała się w okresie 1931-2006 istotnymi tendencjami rosnącymi. Najwięcej ciepłych dni wystąpiło w zimie 1990, najwięcej ciepłych nocy – w 2002 r. Najdłuższą falę ciepła zanotowano na przełomie stycznia i lutego 2002 – 17 dni z temperaturą maksymalną przewyższającą 9. decyl w zbiorze maksimów dobowych.

W zimach od 1951/52 do 2007/2008 liczba dni z temperaturą <0°C malała w tempie 2,001 dnia/10 lat, zaś liczba dni z temperaturą >5°C rosła w tempie 1,30 dnia/10 lat. Trend rosnący dni ciepłych jest statystycznie istotny ( $p = 0,05$ ). Liczba dni ciepłych w zimie znacznie wzrosła począwszy od lat 1980. kiedy to stała się dwukrotnie większa niż we wcześniejszych dekadach (tab. 7). Połowa dni z temperaturą >5°C przypada na okres po 1990 r.

Stosunek liczby dni z temperaturą >5°C do liczby dni z temperaturą ujemną (*mild winter indeks* – MWi) jest dobrym wskaźnikiem złagodzenia warunków termicznych w chłodnej porze roku. Przyjmując, że sezon zimowy charakteryzuje wskaźnik  $MWi < 1$  można określić także długość trwania zimy. Okazuje się w ten sposób, że zimy po 1980 r. stały się nieco dłuższe niż w 30-leciu 1951-1980, gdyż ich początek przypadał średnio już w drugiej, a nie w trzeciej dekadzie listopada; koniec tak zdefiniowanego sezonu zimowego wypadał w obu porównywanych okresach na drugą

dekadę marca (tab. 7). Trzeba jednak podkreślić, że dłuższe zimy po 1980 r. stały się jednocześnie znacznie łagodniejsze. Poza nieco ostrzejszym charakterem wczesnej fazy zim, po 1980 r. wszystkie dekady od połowy grudnia do początku wiosny w marcu odznaczają się wysokim udziałem dni z temperaturą  $>5^{\circ}\text{C}$ . Nawet w pełni zimy (11-20 stycznia) pojawiły się temperatury dobowe  $>5^{\circ}\text{C}$ . Znaczny wzrost wskaźnika MWi miał miejsce właśnie ok. 1980 r. (tab. 8). W pierwszych latach XXI w. średnia MWi osiągnęła wartość 0,29 – tzn., że jeden dzień „wiosenny” ( $T>5^{\circ}\text{C}$ ) przypadał na niewiele ponad 3 dni zimowe ( $T<0^{\circ}\text{C}$ ).

Temperatura powietrza w zimie pozostaje w związku z fazą i nasileniem wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO); zależności te zostały szczegółowo udokumentowane w wielu pracach (m.in. Marsz 1999, 2002a, 2002b; Marsz, Styszyńska 2001). Temperatura w miesiącach zimowych w Polsce jest istotnie skorelowana ze wskaźnikiem NAO według Hurrella: współczynniki korelacji wynoszą ok. 0,6-0,7 (Marsz, Styszyńska 2001, s. 13). Miętus wykazał ponadto, że pierwsza składowa główna temperatury (EOF) „bardzo przypomina indeks NAO. Współczynnik korelacji liniowej przyjmuje wartość 0,86” (Miętus 2002, s. 43). Autor ten zauważył jednak, że

Tabela 7

Stosunek liczby dni z temperaturą  $>5^{\circ}\text{C}$  do liczby dni z temperaturą  $<0^{\circ}\text{C}$  w kolejnych dekadach sezonu listopad-marzec w latach 1951-1980 i 1981-2007 w Łodzi

Miesiąc	Dekada	1951-1980	1981-2007
listopad	1-10	5,58	5,79
	11-20	1,65	0,84
	21-30	0,41	0,61
grudzień	1-10	0,29	0,19
	11-20	0,09	0,19
	21-31	0,09	0,11
styczeń	1-10	0,01	0,21
	11-20	0,00	0,18
	21-31	0,01	0,11
luty	1-10	0,04	0,23
	11-20	0,08	0,13
	21-28/29	0,12	0,26
marzec	1-10	0,28	0,53
	11-20	0,42	0,86
	21-31	2,11	4,13
średnia	zima*	0,13	0,23
	zima DJF	0,07	0,17

\*okresy 21.11-20.03 i 11.11-20.03 odpowiednio dla lat 1951-1980 i 1981-2007.

związek między temperaturą i indeksem NAO nie jest liniowy: "...gdy wartość indeksu jest silnie dodatnia, wówczas temperatura... jest znacznie wyższa niż wynikałoby to z prostego związku liniowego". Istotna wydaje się też opinia Miętusa, który pisze, że obserwowana w okresie pomiarów instrumentalnych intensyfikacja zachodniego splotu strefowego, a więc wzrost indeksu NAO ma „pozanaturalne przyczyny” (*ibid.*, s. 43, 44).

Analizowany w niniejszym opracowaniu wskaźnik MWi w sezonie grudzień-luty zależy od indeksu NAO według Hurrella:

$$MWi = 0,068 \text{ NAO} + 0,149$$

Korelacja wynosi w tym przypadku 0,55. Silniejsza korelacja z indeksem NAO dotyczy liczby dni z temperaturą ujemną ( $r = -0,68$ ), słabsza – liczby dni z temperaturą powyżej  $5^{\circ}\text{C}$  ( $r = 0,56$ ).

W tab. 8 przedstawiono wieloletnie zmiany obu wskaźników (MWi i NAO). Najwyższa średnia wartość MWi przypada na okres po 2000 r. (maksimum MWi z 2007 r. wynosi 1,04, a maksimum NAO z 2007 r. równa się 2,8). Najwyższa średnia NAO przypada na lata 1981-1990 (maksimum NAO w 1989 r. – 5,08, MWi w 1990 – 0,83).

Przeгляд średnich, jak i maksymalnych wartości omawianych indeksów wskazuje, że rosnąca tendencja wskaźnika MWi, a zwłaszcza wzrost liczby dni z temperaturą  $>5^{\circ}\text{C}$  nie w pełni odpowiada zmianom indeksu NAO. Wartości MWi pod koniec analizowanego okresu są po prostu „za wysokie”. Potwierdzają to także obserwowane trendy: w ubiegłych 20. latach indeks NAO charakteryzowała tendencja malejąca, natomiast wskaźnik MWi wykazywał znaczny wzrost.

Rozwijając spostrzeżenie o nadmiernie wielkim zlagodzeniu zim wykonano próbę estymacji wskaźnika MWi na lata 1981-2007. Wykorzystano związek tego wskaźnika z indeksem NAO, obserwowany w latach 1951-1980, a następnie na tej podstawie, estymowano wartości MWi obliczając je według obserwowanych w latach 1981-2007 wartości NAO. Wyniki tej estymacji zawiera tab. 8.

Tabela 8

Stosunek (MWi) liczby dni z temperaturą dobową  $>5^{\circ}\text{C}$   
do liczby dni z temperaturą  $<0^{\circ}\text{C}$   
w zimie (XII-II) w Łodzi, średnie wartości wskaźnika NAO według Hurrella  
oraz estymowane wartości MWi(est.) po 1980 r.

Okres	1951-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-08	Średnia 1951-2008
MWi(DJF)	0,10	0,06	0,11	0,26	0,21	0,29	0,16
NAO(DJFM)	-0,58	-1,82	0,25	1,58	1,52	0,12	0,18
MWi(est.)				0,15	0,15	0,11	

Jak widać, estymowane wartości MWi są wyraźnie niższe od wartości obserwowanych: zimowe ocieplenie znacznie przewyższa skalę, uwarunkowaną nasileniem cyrkulacji zachodniej. Rozmiary tego „przewyższenia” obrazuje równanie regresji, określającej zależność obserwowanych wartości MWi od wartości estymowanych według indeksu NAO w latach 1980-2007:

$$MWi(obs) = 0,1002 MWi(est) + 0,116$$

Średni wskaźnik MWi w latach 1981-2007 wyniósł 0,232 i był ponad dwukrotnie wyższy od średniej z okresu 1951-1980 (0,116), a ponadto – był prawie dwukrotnie wyższy od wartości estymowanej według NAO (odpowiednio 0,232 i 0,138).

Rezultaty estymacji warunków termicznych w zimie na podstawie czynników cyrkulacyjnych (NAO) potwierdzają wcześniejsze stwierdzenia o „nadwyżkach ciepła” w okresie 1971-1990 w Warszawie, stwierdzonych na podstawie związków temperatury z indeksem NAO (Jonesa) i z częstością antycyklonalnych typów cyrkulacji (Kozuchowski *et al.* 1999) i o „za ciepłej dekadzie 1991-2000”, określonej tak na podstawie składowych wiatru geostroficznego i ciśnienia nad Polską (Kozuchowski 2004, s. 39). Wypada powtórzyć więc sformułowany w tej cytowanej pracy wniosek, że zauważone różnice między obserwowanymi i estymowanymi wartościami temperatury są wynikiem nieliniowych zależności temperatury od wskaźników cyrkulacji i/lub są skutkiem globalnego ocieplenia, rzutującego na temperaturę napływających nad obszar Polski mas powietrznych. Należy także dodać, że ocieplenie w Polsce rozwija się nadal i, zdaje się, w coraz większym tempie w bieżącym stuleciu. Wzrost temperatury obejmuje ostatnio coraz wyraźniej sezon zimowy, przy czym charakterystyczną cechą zimowego ocieplenia jest przede wszystkim rosnąca gwałtownie częstość pojawiania się dni ciepłych (tu:  $>5^{\circ}\text{C}$ ). Coraz dłuższe i coraz częstsze epizody ciepła („fale ciepła”) przy dość stabilnej długości trwania sezonu zimowego są bardzo charakterystyczną cechą ewolucji warunków klimatycznych w ostatnich latach. Syntezą tych przemian jest znaczny wzrost średnich temperatur rocznych, które osiągają coraz częściej, a nawet przekraczają poziom  $10^{\circ}\text{C}$ . Współczesne ocieplenie przybiera większe rozmiary w porównaniu z ciepłymi latami z pierwszej połowy XX w.

## Literatura

- Boryczka J., 2002, *The Progress in the Study of the Causes of Climate Changes on the Earth. The Beginnings of the Research on the Periodical Climate Changes*. Warsaw University. *Miscellanea Geographica*, 10, s. 89-102.
- Climate of 2007*. Annual Report. National Climate Data Center. <http://www.ncdc.gov/oa/climate/research/2007>.
- GISS Surface Temperature Analysis*. NASA. NY. <http://data.giss.nasa.gov>.
- Hurrell J. W., 1995, *Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation*. *Science*, 269, s. 676-679.
- Hurrell J. W. <http://www.cgd.ucar.edu/cas/jhurrell/indices.html>.

- Kożuchowski K., 2004, *Skala i tendencje współczesnych zmian temperatury powietrza w Polsce*, [w:] *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*. Wyd. Biblioteka, Łódź, s. 25-46.
- Kożuchowski K., Degirmendzić J., Fortuniak K., Wibig J., 1999, *Tendencje zmian sezonowych aspektów klimatu w Polsce*, [w:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski*. PTGeofiz. IGBP Global Change, UŁ., Łódź, s. 107-122.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002, *The Warming in Poland: the Range and the Seasonality of Changes in Air Temperature during the Second Half of the 20th Century*. Warsaw University. *Miscellanea Geographica*, 10, s. 103-111.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2003, *100-year Series of the Areally Averaged Temperatures and Precipitations in Poland*, [w:] *Man and Climate in the 21th Century*. International Conference, Wrocław, 13-15 June 2002.
- Kożuchowski K., Degirmendzić J., 2005, *Contemporary Changes of Climate in Poland: Trends and Variations in Thermal and Solar Conditions Related to Plant Vegetation*. *Polish Journal of Ecology*, 53, 3, s. 283-297.
- Makowiec M., 1983, *Wyznaczanie termicznych pór roku*. *Przeegl. Geofiz.*, 28, 2, s. 209-227.
- Marsz A. A., 1999, *Oscylacja północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i polskim wybrzeżu Bałtyku*. *Przeegl. Geograf.*, 71, 3, s. 225-245.
- Marsz A. A., 2002a, *Wprowadzenie (istota NAO, historia, wskaźniki)*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, A. A. Marsz, A. Styszyńska (red.). Akademia Morska, Gdynia, s. 11-30.
- Marsz A. A., 2002b, *NAO a cyrkulacja wód Północnego Atlantyku*. *Związki NAO z polem temperatury powierzchni oceanu*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku...*, *op. cit.*, s. 47-74.
- Marsz A. A., Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*. Wyższa Szkoła Morska w Gdyni.
- Miętus M., 2002, *NAO a cyrkulacja atmosferyczna w rejonie północnego Atlantyku i Europy*. [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku...*, *op. cit.*, s. 31-45.
- Nowosad M., Filipiuk E., 1998, *Zmiany czasu trwania termicznych pór roku w Lublinie w latach 1951-1995*. *Acta Univ. Lodz.*, *Folia Geographica Physica*, 3, s. 231-240.
- Report. National Climate Data Center*. <http://www.ncdc.gov/oa/climate/research/2007>.
- Rossby C. G., 1959, *The Atmosphere and the Sea in Motion*, B. Bolin (red.). Rockefeller Institute Press and Oxford University Press, New York, s. 9-61.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2005, *Klimat*, [w:] *Geografia fizyczna Polski*, A. Richling, K. Ostaszewska (red.). Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- The Climate in 2006*, 2007. World Climate News, WMO, 31, Geneva.
- Wibig J., 2008, *Fale ciepła i chłodu w środkowej Polsce na przykładzie Łodzi*. *Acta Univ. Lodz.*, *Folia Geographica Physica*, 8, s. 27-61.
- Wibig J., Kłysik K., Fortuniak K., 2004, *Rekonstrukcja serii temperatury powietrza w Łodzi z okresu 1903-2003*. *Acta Geographica Lodziensia*, 89, s. 19-34.
- World Climate News*, 2007 [H C]. Hadley Center, The No Met Office, UK.
- Żmudzka E., 2002, *Zmienność terminu wiosennego przejścia temperatury powietrza przez próg +5 C w Polsce oraz jego związki ze zmiennością wskaźnika NAO*, [w:] *Oscylacja Północnego Atlantyku...*, *op. cit.*, s. 129-140.
- Żmudzka E., 2006, *Variability of Climate in Central Europe: the Example of Poland 1951-2000*. *Acta Geographica Univ. Comen. Bratislava*, 49, s. 213-226.