

Jacek Żarski, Stanisław Dudek, Renata Kuśmierk-Tomaszewska

TENDENCJE ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA W OKOLICY BYDGOSZCZY

CHANGES OF AIR TEMPERATURE IN BYDGOSZCZ AREA

Streszczenie

Celem pracy było zaprezentowanie przebiegów średnich miesięcznych i rocznych wartości temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy ze szczególnym uwzględnieniem kształtowania się ich tendencji w latach 1949–2008. Ze względu na powszechnie poruszany i żywo dyskutowany, zwłaszcza w ostatnich latach, problem ocieplenia klimatu Polski, dokonano także porównania charakterystyk temperatury powietrza w całym 60-letnim okresie badawczym (1949–2008) i ostatnim 15-leciu (1994–2008). W celu wyeliminowania wpływu lokalnych, miejskich czynników antropogenicznych, w pracy wykorzystano pomiary temperatury powietrza prowadzone w niewielkiej miejscowości Mochełek pod Bydgoszczą, na obszarze słabo zurbanizowanym i uprzemysłowionym. Stwierdzono, że wyniki charakteryzujące zmienność średniej temperatury powietrza w Mochełku można uznać za reprezentatywne dla rejonu Bydgoszczy. Średnia temperatura powietrza w rejonie Bydgoszczy charakteryzowała się, zwłaszcza w miesiącach zimowych, bardzo dużą zmiennością czasową, właściwą dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski. W latach 1949–2008 średnią temperaturę powietrza okolic Bydgoszczy w 3 spośród analizowanych 13 kroków czasowych (maj, sierpień oraz cały rok) cechował wzrost wraz z upływem czasu. W odniesieniu do średniej temperatury rocznej, wynikało to głównie z wystąpienia serii cieplejszych lat 1989–1994, w których temperatura powietrza była wyższa o około 20% od warunków przeciętnych. Twierdzenie o ocieplaniu się klimatu okolic Bydgoszczy należy traktować z dużą ostrożnością ze względu na różne równania trendów liniowych z dominacją równań nieistotnych oraz stwierdzony brak nasilenia się w ostatnim piętnastoleciu okresów o anomalnych i ekstremalnych warunkach termicznych.

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, rejon Bydgoszczy, zmienność czasowa, trendy zmian, ocieplenie klimatu

Summary

The aim of this study was to present the courses of mean monthly and yearly values of air temperature in the Bydgoszcz area with special attention paid to their tendencies over 1949–2008. Due to the problem of warming of Poland's climate, which has been widely raised and lively discussed, particularly in recent years, air temperature characteristics in the whole 60-year research period (1949–2008) and the recent 15-year period (1994–2008) were also compared. For elimination of an antropogenic effect of a city, temperature measurements took place in Mochelek that is a slightly urbanized and industrialized area placed near Bydgoszcz. On the base of the multi-year research it was found that results of mean air temperature variability in Mochelek are typical for the Bydgoszcz area. The mean air temperature especially in winter months was typical of the temperate and transitional climate of Poland. In the period 1949–2008 the mean air temperature of three of analyzed thirteen timesteps (May, August and a year) were characterized by an increase with time. In case of a mean annual temperature the increase resulted from occurrence of warm years series in the period 1989–1994 when the mean air temperature was higher by about 20% than those of average. A statement that the climate is getting warmer should be threatened with caution due to different trends of linear equations that are dominated by insignificant equations and also due to stated the lack of severity of anomalous and extreme thermal conditions in the last fifteen years.

Key words: air temperature, the Bydgoszcz area, temporal variability, trends of changes, global warming

WPROWADZENIE

Wieloletnie serie pomiarów elementów meteorologicznych mają zasadnicze znaczenie w badaniach nad charakterystyką oraz spodziewanymi zmianami agroklimatu całej Polski i poszczególnych jej regionów. Szczególną rolę w tych badaniach przypisuje się temperaturze powietrza, której zmienność kształtuje warunki wzrostu, rozwoju i plonowania roślin oraz stanowi ważny wskaźnik klimatycznego ryzyka ich uprawy. Średnia temperatura powietrza jest podstawowym elementem meteorologicznym, na podstawie którego wyznacza się wiele wskaźników, charakteryzujących warunki termiczne oraz klimatyczne uwarunkowania produkcji rolniczej danego rejonu.

Przeprowadzone dotychczas badania w skali całego, kraju bądź regionalnej wskazują na tendencje wzrostowe temperatury powietrza w okresach, obejmujących drugą połowę lub ostatnie dziesięciolecie XX wieku. Według badań Fortuniaka i in. [2001], w ciągu drugiej połowy XX wieku nastąpiło w Polsce ocieplenie, które wyraża się przyrostem średniej rocznej wartości temperatury 0,9°C. Przeważająca część tego ocieplenia przypadała na lata osiemdziesiąte i dziewięćdziesiąte. Zdaniem większości autorów, wyniki te są zgodne z obserwacjami z innych krajów i prowadzą do ogólnego wniosku, że klimat ociepla się zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej [Kožuchowski, Żmudzka 2001;

Musiał i in. 2004; Michalska, Kalbarczyk 2005; Zawora 2005; Jędrys, Leśny 2007; Ziernicka-Wojtaszek, Zawora 2008; Łabędzki 2009; Żmudzka 2009]. Według Boryczki i Stopy-Boryczki [2007] ocieplenie klimatu XIX–XX wieku wywołane jest wzrostem aktywności Słońca, spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi oraz wzrostem efektu cieplarnianego atmosfery. Zdaniem Przybyłaka i Maszewskiego [2009] za obecne ocieplenie klimatu w Polsce odpowiedzialny jest wzrost częstości sytuacji cyklonalnych w chłodnej porze roku (0,60 dnia/10 lat) i jednocześnie sytuacji antycyklonalnych w ciepłej porze roku. Żmudzka [2009] ocenia, że uwarunkowania cyrkulacyjne łącznie z nefologicznymi wyjaśniają do 80% zmienności temperatury powietrza w Polsce. Autorka stwierdziła, że tendencje zmian elementów klimatu uwidoczniły się nieznacznie w ich rozkładzie przestrzennym na obszarze Polski oraz w pewnych oznakach zmiany reżimu klimatycznego.

Większość scenariuszy zmian klimatycznych zakłada dalszy wzrost temperatury powietrza w Polsce w XXI wieku. Przykładowo, według prognozy klimatycznej wynikającej z modelu HadCM2(GS), średnia roczna temperatura powietrza do połowy XXI wieku wzrośnie o 1,4°C, a średnia temperatura w zimie aż o 3,3°C [Fortuniak i in. 2001]. Podobne wartości przytacza na podstawie różnych źródeł Łabędzki [2009], zwracając także uwagę na prawdopodobny wzrost natężenia zjawisk ekstremalnych, w tym częstotliwości bezopadowych ciągów dni upalnych. Z kolei według badań Boryczki i Stopy-Boryczki [2007], wypadkowe z nakładania się cykli temperatury powietrza, wykrytych w ciągach chronologicznych wyników pomiarów wskazują, że najmroźniejsze zimy w Warszawie o średniej temperaturze od –4 do –7°C wystąpią około 2050 roku, a chłodne lata w dwóch pierwszych dekadach XXI wieku.

Dotychczasowe badania dotyczące oceny warunków termicznych produkcji rolniczej w rejonie Bydgoszczy [Żarski i in. 2001, 2004, 2007, 2009] wykazały przede wszystkim dużą zmienność czasową różnych wskaźników agrometeorologicznych, obliczonych na podstawie pomiarów temperatury powietrza. Stwierdzono między innymi, że daty początku i końca oraz długości trwania okresów rolniczych nie wykazywały istotnych trendów zmian w latach 1971–2000 [Żarski i in. 2004]. Nie potwierdzono także istotnych zmian podstawowych charakterystyk okresu wegetacyjnego wraz z upływem lat od 1949 do 2008 [Żarski i in. 2009]. Badania nad temperaturami ekstremalnymi wykazały z kolei, że średnią temperaturę powietrza maksymalną w latach 1971–2005 cechował wzrost, a średnią temperaturę minimalną spadek wraz z upływem czasu. Jednak równania trendów liniowych były istotne tylko w nielicznych przedziałach czasowych [Żarski i in. 2007].

Celem opracowania było zaprezentowanie przebiegów średnich miesięcznych i rocznych wartości temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy ze szczególnym uwzględnieniem kształtowania się ich tendencji w latach 1949–2008. Ze względu na powszechnie poruszany i żywo dyskutowany, zwłaszcza

w ostatnich latach, problem ocieplenia klimatu Polski, dokonano także porównania charakterystyk temperatury powietrza w całym 60-letnim okresie badawczym (1949–2008) i ostatnim 15-leciu (1994–2008). W celu wyeliminowania wpływu lokalnych, miejskich czynników antropogenicznych, w pracy wykorzystano pomiary temperatury powietrza prowadzone w niewielkiej miejscowości pod Bydgoszczą na obszarze słabo zurbanizowanym i uprzemysłowionym.

MATERIAŁ I METODY

W pracy przeanalizowano nieprzerwane ciągi średniej temperatury powietrza z lat 1949–2008. Pomiary wykonywano w sposób standardowy, zgodny z procedurami PIHM-IMGW, w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP Bydgoszcz w Mochełku, położonej około 20 km od Bydgoszczy, na południowo-wschodniej krawędzi Wysoczyzny Krajeńskiej. Agrometeorologiczny punkt pomiarowy w Mochełku ($\varphi = 53^{\circ}13'$, $\lambda = 17^{\circ}51'$, $h = 98,5$ m npm) działa nieprzerwanie od 1949 roku. Należy zaznaczyć, że w ciągu badanego 60-letniego okresu trzykrotnie zmieniała się procedura wyliczania średniej dobowej temperatury powietrza. Początkowo (do 1970 r.), zgodnie z obowiązującą metodyką, uwzględniono pomiar temperatury powietrza za pomocą termometru zwykłego, wykonywany o godzinie 21. Następnie brano pod uwagę nocną wartość temperatury, odczytywaną z termografu, a w ostatnich latach (od 1996 r.) jest ona liczona jako średnia arytmetyczna z wartości mierzonych w terminie porannym i wieczornym oraz temperatury maksymalnej i minimalnej. W niniejszej pracy nie ujednotwiono sposobu obliczania średniej temperatury.

W opracowaniu zastosowano charakterystyki, metody statystyczne oraz sposoby prezentacji wyników powszechnie stosowane w agroklimatologii. Szczególnie przydatna była metoda trendów z zastosowaniem równań regresji liniowej w odniesieniu do 60-letniego okresu pomiarowego [Garnier 1996; Kosowska-Cezak i in. 2000]. Częstotliwość występowania miesięcy i lat normalnych, ciepłych, chłodnych i zimnych opracowano według metody zaproponowanej przez Lorenc [2000]. Metoda ta polega na odniesieniu różnicy temperatury powietrza pomiędzy wartością w danym miesiącu lub roku i odpowiednią wartością średnią wieloletnią do odchylenia standardowego.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Średnia wieloletnia roczna temperatura powietrza w rejonie Bydgoszczy wynosiła w okresie 1949–2008 $7,8^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Przebieg roczny był typowy dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski, charakteryzującego się przeciętnie najniższą temperaturą powietrza w styczniu (średnio $-2,2^{\circ}\text{C}$), a najwyższą w lipcu (średnio $18,0^{\circ}\text{C}$). Temperatury powietrza we wszystkich analizowanych przedziałach czasowych cechowała bardzo duża zmienność czasowa. Najwyższą średnią roczną temperaturę zanotowano w 1989 r. ($9,6^{\circ}\text{C}$), a najniż-

szą w 1956 r. (6,0°C). Najwyższa temperatura średnia miesięczna wynosiła w analizowanym 60-leciu 22,7°C (lipiec 1994 r.), a najniższa – 11,4°C (styczeń 1987 r.). Większa zmienność czasowa dotyczyła temperatury miesięcy zimowych, najbardziej lutego i stycznia, a w dalszej kolejności grudnia i marca, natomiast najmniejsza – czerwca, sierpnia, września i października. Najwyższe i najniższe w wieloleciu średnie temperatury powietrza występowały dość równomiernie we wszystkich dziesięcioleciach. W ostatnim piętnastoleciu (1994–2008), stanowiącym 25% badanego wielolecia zanotowano 6 takich przypadków (23%). Dwa z nich (najcieplejszy w badanym 60-leciu grudzień oraz najchłodniejszy październik) wystąpiły w XXI wieku.

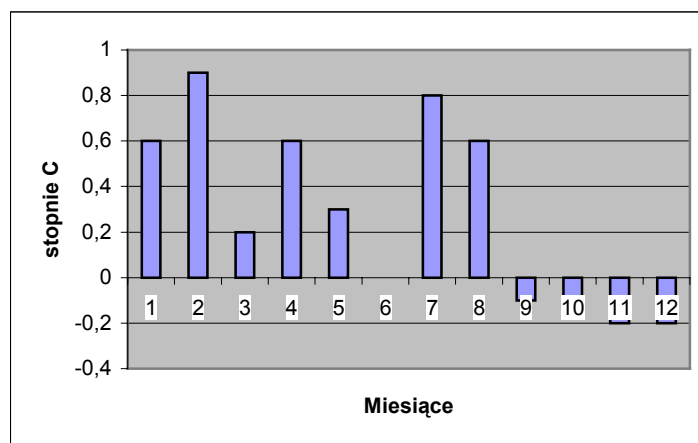
Tabela 1. Temperatura powietrza w rejonie Bydgoszczy (1949-2008) w °C
Table 1. Air temperature in Bydgoszcz area (1949-2008) [°C]

Miesiąc	Średnia temperatura powietrza			Różnica	Odchylenie standardowe
	Średnia wieloletnia	Najwyższa w wieloleciu	Najniższa w wieloleciu		
I	-2,2	3,4 (1983)	-11,4 (1987)	14,8	3,2
II	-1,5	4,9 (1990)	-10,2 (1956)	15,1	3,3
III	1,9	6,4 (1990)	-2,6 (1964)	9,0	2,4
IV	7,3	11,0 (2000)	4,1 (1956)	6,9	1,5
V	12,8	17,3 (1993)	9,6 (1965, 1980, 1991)	7,7	1,7
VI	16,3	19,5 (1979)	14,0 (1985)	5,5	1,3
VII	18,0	22,7 (1994)	15,1 (1974)	7,6	1,7
VIII	17,4	20,9 (1992)	14,3 (1956)	6,6	1,3
IX	13,2	16,9 (1975)	10,4 (1996)	6,5	1,3
X	8,2	10,8 (2000)	4,7 (2003)	6,1	1,3
XI	3,0	6,0 (1963)	-2,0 (1993)	8,0	1,7
XII	-0,5	3,7 (2006)	-8,4 (1969)	12,1	2,4
I–XII	7,8	9,6 (1989)	6,0 (1956)	3,6	0,9

W porównaniu z całym okresem 1949–2008, średnia roczna temperatura powietrza w ostatnim piętnastoleciu 1994–2008, była wyższa o 0,3 °C. Ciepłych było siedem miesięcy (luty – o 0,9 °C, lipiec – o 0,8 °C, styczeń, kwiecień i sierpień – o 0,6 °C oraz maj i marzec), średnia temperatura czerwca była taka sama, natomiast miesiące od października do grudnia były o 0,1–0,2°C chłodniejsze w latach 1994–2008 niż w wieloleciu 1949–2008 (rys. 1).

Potwierdzenie bardzo dużej zmienności czasowej warunków termicznych w poszczególnych latach, a zwłaszcza w poszczególnych miesiącach kolejnych lat, stanowi analiza ich liczebności, obejmująca 11 klas, od okresów ekstremalnie ciepłych do ekstremalnie zimnych (tab. 2). Z analizy tej wynika, że lata lub miesiące o normalnych, zbliżonych do przeciętnych, warunkach termicznych występują w 30–48% lat całego wielolecia. Najczęściej zbliżone do przeciętnych były temperatury powietrza w czerwcu (29 przypadków) i listopadzie (28 przy-

padków), a najrzadziej w marcu (18 przypadków) i w lipcu (19 przypadków na 60 analizowanych). Okresy anomalne i ekstremalne wystąpiły 26 razy, co w porównaniu z sklasyfikowanymi 780. (60 lat x 13 okresów) stanowiło 3,3%. Spośród tych okresów, większa liczebność dotyczyła okresów ekstremalnie i anomalnie zimnych (17 przypadków), a mniejsza – ciepłych (9 przypadków).



Rysunek 1. Różnice średnich temperatur miesięcznych w Mocheleku w okresie 15-letnim 1994–2008 w porównaniu do okresu 60-letniego 1949–2008
Figure 1. Differences in mean monthly temperatures in Mochelek in 15-year period 1994–2008 as compared with 60-year period 1949–2008

W ostatnim piętnastolecu (25% badanego wielolecia) zanotowano ogółem 7 okresów o ekstremalnych, bądź anomalnych warunkach termicznych, co stanowi 27% wszystkich takich przypadków. Nie można zatem stwierdzić, że w ostatnich latach w rejonie Bydgoszczy ekstrema termiczne występowały częściej niż zwykle. Warto również zauważyć, że były to w niewielkiej przewadze miesiące ekstremalnie lub anomalnie zimne, w porównaniu z ekstremalnie i anomalnie ciepłymi.

Według przeprowadzonych obliczeń statystycznych, dotyczących trendów zmian, w latach 1949–2008 średnią temperaturę powietrza okolic Bydgoszczy w większości badanych przedziałów czasowych charakteryzował wzrost wraz z upływem czasu (tab. 3). Jednak równania trendów liniowych były istotne tylko w trzech przypadkach i dotyczyły miesiąca maja, sierpnia oraz całego roku (rys. 2). W pozostałych miesiącach były to równania nieistotne. We wrześniu i w listopadzie stwierdzono niewielki i nieistotny spadek temperatury powietrza średniej miesięcznej wraz z upływem czasu.

Tabela 2. Liczebność miesięcy i lat o różnych warunkach termicznych w wieloleciu 1949–2008 (w tym w 15-leciu 1994–2008) według klasyfikacji Lorenc [2000]

Table 2. Count of months and years with different thermal conditions in the long-term period 1949–2008 (including 15-year period 1994–2008) according to classification by Lorenc [2000]

Okres	EC	AC	BC	C	UC	N	UCH	CH	Z	AZ	EZ
I	0	0	3(1)	4(1)	14(5)	23(4)	6(2)	6(1)	2(1)	0	2(0)
II	0	0	2(0)	8(5)	8(1)	25(6)	8(1)	3(1)	3(1)	2(0)	1(0)
III	0	0	2(0)	9(1)	11(4)	18(7)	7(1)	7(1)	6(1)	0	0
IV	1(1)	0	1(0)	7(2)	9(3)	25(7)	9(1)	3(0)	3(1)	2(0)	0
V	1(0)	0	1(1)	7(1)	10(3)	25(8)	5(2)	5(0)	6(0)	0	0
VI	1(0)	1(0)	2(1)	8(2)	2(0)	29(9)	4(0)	8(2)	5(1)	0	0
VII	2(2)	0	1(1)	5(1)	13(5)	19(2)	11(2)	5(1)	4(1)	0	0
VIII	1(0)	0	3(3)	6(1)	6(2)	24(6)	12(2)	7(1)	1(0)	1(0)	0
IX	1(0)	0	5(2)	3(1)	9(1)	24(6)	6(2)	9(2)	2(0)	1(1)	0
X	0	0	6(2)	3(2)	9(1)	25(4)	6(3)	7(1)	2(1)	1(0)	1(1)
XI	0	0	1(0)	8(2)	10(3)	28(7)	4(0)	5(2)	1(0)	0	3(1)
XII	0	0	1(1)	6(0)	14(5)	25(4)	3(1)	4(1)	5(2)	1(1)	1(0)
I-XII	0	1(0)	3(0)	4(3)	9(4)	26(7)	6(0)	4(0)	6(1)	1(0)	0

EC – ekstremalnie ciepły, AC – anomalnie ciepły, BC – bardzo ciepły, C – ciepły, UC – umiarkowanie ciepły, N – normalny (typowy), UCH – umiarkowanie chłodny, CH – chłodny, Z – zimny, AZ – anomalnie zimny, EZ – ekstremalnie zimny

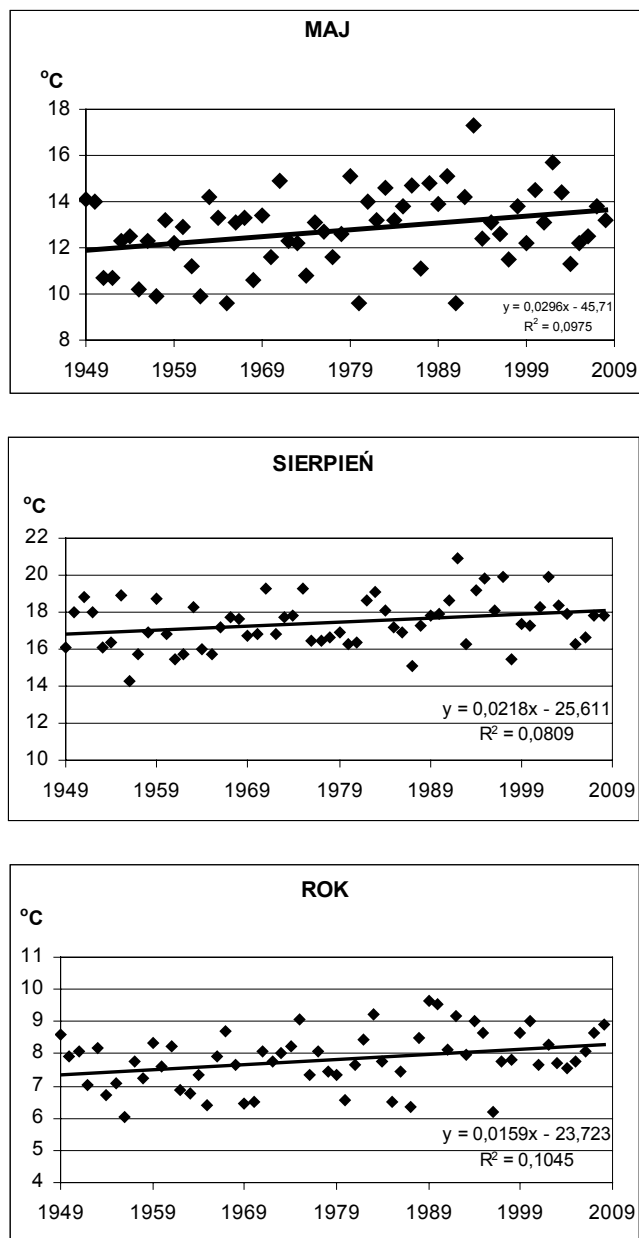
EC – extremely warm, AC – anomalously warm, BC – very warm, C – warm, UC – moderately warm, N – normal (typical), UCH – moderately cool, CH – cool, Z – cold, AZ – anomalously cold, EZ – extremely cold

Tabela 3. Równania trendów średniej temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy (1949–2008)

Table 3. Trend equations of mean air temperature in Bydgoszcz area (1949–2008)

Miesiąc	Równanie trendu	Współczynnik determinacji	Przyrost temperatury °C/10 lat
I	$Y = 0,0301x - 3,136$	0,0266	0,30
II	$Y = 0,0369x - 2,594$	0,0384	0,37
III	$Y = 0,0328x + 0,867$	0,0585	0,33
IV	$Y = 0,0188x + 6,749$	0,0504	0,19
V	$Y = 0,0296x + 11,864$	0,0975 x	0,30
VI	$Y = 0,0025x + 16,185$	0,0011	0,02
VII	$Y = 0,0250x + 17,208$	0,0627	0,25
VIII	$Y = 0,0218x + 16,770$	0,0809 x	0,22
IX	$Y = -0,0035x + 13,268$	0,0021	-0,03
X	$Y = 0,0004x + 8,201$	0,0001	0,00
XI	$Y = -0,0085x + 3,306$	0,0073	-0,08
XII	$Y = 0,0055x - 0,652$	0,0015	0,05
I-XII	$Y = 0,0159x + 7,336$	0,1045 x	0,16

x - trend istotny $\alpha = 0,05$;
x - significant trend $\alpha = 0.05$

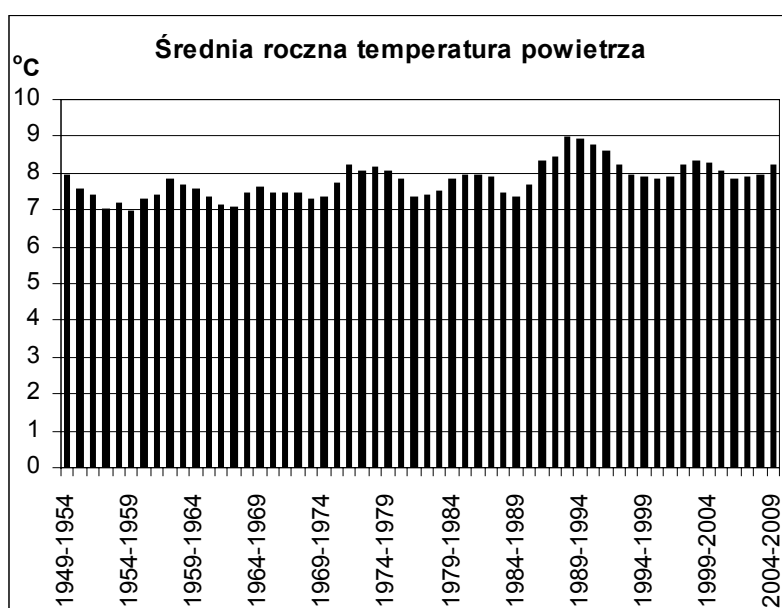


Rysunek 2. Trendy zmienności temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy w latach 1949–2008

Figure 2. Trends towards variation of air temperature in Bydgoszcz area over 1949–2008

Średnia wieloletnia roczna temperatura powietrza w kolejnych 30-letnich okresach od 1949–1978 do 1979–2008 wzrosła od 7,58 do 8,07°C. Jednak trendy zmian temperatury średniej rocznej w kolejnych 30-letnich okresach były istotne tylko w odniesieniu do czterech, spośród 31 rozpatrywanych: 1954–1983, 1962–1991, 1963–1992 oraz 1965–1994. Głównym powodem stwierdzonego wzrostu średniej rocznej temperatury w rejonie Bydgoszczy w badanym 60-leciu było wystąpienie serii cieplejszych sześciu lat w okresie od 1989 do 1994 roku, zwłaszcza najcieplejszych 1989, 1990, 1992 i 1994. W latach tych średnia temperatura roczna wyniosła 9,34°C, a zatem była o około 1,5°C wyższa od wielkości normalnej dla całego 60-lecia (7,82°C).

Dobłą ilustrację wystąpienia w rejonie Bydgoszczy serii cieplejszych lat 1989–1994 stanowi przebieg średnich rocznych temperatur powietrza obliczonych dla kolejnych okresów pięcioletnich od 1949–1953 do 2000–2004 (rys. 3). Z przedstawionego przebiegu wyraźnie widać, że najcieplejsze były pięciolecia, w których uwzględniono wymienione lata: 1988–1992 (8,98°C), 1989–1993 (8,89°C), 1990–1994 (8,77°C), 1991–1995 (8,59°C) oraz 1987–1991 (8,43°C).



Rysunek 3. Zmiany średniej wieloletniej rocznej temperatury powietrza w kolejnych okresach 5-letnich od 1949–1953 do 2004–2008

Figure 3. Changes in mean long-term yearly air temperature in successive 5-year periods from 1949–1953 to 2004–2008

WNIOSKI

Zaprezentowane wyniki wieloletnich pomiarów, charakteryzujące zmienność średniej temperatury powietrza w Mochełku, uznanych za reprezentatywne dla okolic Bydgoszczy, pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Średnia temperatura powietrza w rejonie Bydgoszczy charakteryzowała się, zwłaszcza w miesiącach zimowych, bardzo dużą zmiennością czasową, właściwą dla umiarkowanego i przejściowego klimatu Polski.

2. W latach 1949–2008 średnią temperaturę powietrza okolic Bydgoszczy w 3 spośród analizowanych 13 kroków czasowych (maj, sierpień oraz cały rok) cechował wzrost wraz z upływem czasu. W odniesieniu do średniej temperatury rocznej, wynikało to głównie z wystąpienia serii cieplejszych lat 1989–1994, w których temperatura powietrza była wyższa o około 1,5°C od normy.

3. Twierdzenie o ocieplaniu się klimatu okolic Bydgoszczy należy traktować z dużą ostrożnością ze względu na różne równania trendów liniowych z dominacją równań nieistotnych oraz stwierdzony brak nasilenia się w ostatnim piętnastolecu okresów o anomalnych i ekstremalnych warunkach termicznych.

BIBLIOGRAFIA

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XVIII–XXI wieku i ich przyczyny*. Acta Agrophysica, 9(3), 2007, s. 555–570.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E. *Trendy i okresowość temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, z. 4, 2001, s. 283–303.
- Garnier B.J. *Podstawy klimatologii*. IMGW Warszawa 1996, s. 97–114.
- Jędrzyński K., Leśny J. *Analiza zmienności temperatury powietrza w Poznaniu w latach 1973–2003*. Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie, t. 7, z. 2a(20), 2007, s. 137–145.
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M. *Meteorologia i klimatologia. Pomiar, obserwacje, opracowania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Łódź, 2000, s. 88–108.
- Kożuchowski K., Żmudzka E. *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, z. 1–2, 2001, s. 81–90.
- Lorenc H. *Studia nad 220-letnią (1779–1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*. Materiały Badawcze IMGW, seria Meteorologia, 31, 2000, s. 101.
- Łabędzki L. *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, nr 3, 2009, s. 7–18.
- Michalska B., Kalbarczyk E. *Longterm changes in air temperature and precipitation on Szczecińska Lowland*. EJPAU, Environmental Development, 8(1), art. 17, 2005.

- Musiał E., Gąsiorek E., Rojek M.S. *Zmienność temperatury powietrza w obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1964–2001*. Acta Agrophysica, 3(2), 2004, s. 333–342.
- Przybylak R., Maszewski R. *Zmienność cyrkulacji atmosferycznej w regionie bydgosko-toruńskim w latach 1881–2005*. Acta Agrophysica, 14(2), s. 427–447.
- Zawora T. *Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991–2000 na tle okresu normalnego 1961–1990*. Acta Agrophysica, 6(1), 2005, s. 281–287.
- Ziernicka-Wojtaszek A., Zawora T. *Zróżnicowanie pluwiotermiczne Polski w świetle współczesnych zmian klimatu*. Acta Agrophysica, 12(1), 2008, s. 289–297.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierek R. *Zmienność warunków agrometeorologicznych okolic Bydgoszczy w latach 1951-2000 na przykładzie Mochelka*. Przegl. Nauk. Inż. Kształt. Środ., z. 21, 2001, s. 67–74.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierek R. *Zmienność czasowa okresów rolniczych w rejonie Bydgoszczy w latach 1971–2000*. Pr. Komis. Nauk Rol. i Biol. BTN, seria B, nr 52, 2004, s. 393–402.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierek R. *Zmienność ekstremalnej temperatury powietrza w rejonie Bydgoszczy w latach 1971-2005*. Acta Agrophysica, 9(2), 2007, s. 541–547.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierek-Tomaszewska R., Banaszewska D. *Charakterystyka okresu wegetacyjnego w rejonie Bydgoszczy w latach 1949–2008*. Ekologia i Technika, vol. XVII, nr 3, 2009, s. 120–126.
- Żmudzka E. *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica, 13(2), s. 555–568.

Prof. dr hab. Jacek Żarski
Dr inż. Stanisław Dudek
Dr inż. Renata Kuśmierek-Tomaszewska
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
tel. 052 3749537,
e-mail: zarski@utp.edu.pl

Recenzent: Prof. dr hab. Tadeusz Zawora