

**Bożena Michalska**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,  
Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa,  
Zakład Meteorologii i Klimatologii  
71–469 Szczecin, ul. Papieża Pawła VI 3  
e-mail: bozena.michalska@zut.edu.pl

**TENDENCJE ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA  
W POLSCE**

**Tendencies of air temperature changes in Poland**

**Summary.** In order to cover the subject matter, monthly data concerning air temperature from over the years 1951–2005 were gathered from 34 meteorological IMGW stations situated in Poland. Statistical characteristics included mean values, extreme ones, amplitudes, standard deviations, in different time intervals: months, seasons, and year. Multi-year variability of temperature was described using linear trend and the increase or decrease in the air temperature was evaluated by means of direction coefficients of simple linear regression referring to the period of 1951–2005. In Poland in the studied multiannual period the largest increase in the temperature of air occurs in February – from about 0.4°C per 10 years in the south of the country to about 0.7°C in the north. Other months of a large (statistically significant) increase in temperature are March, May and August, the mean air temperature increases from about 0.3 to 0.6°C per 10 years. The studied trends of temperature in the 10 year periods show a decrease in the temperature till the end of the decade of the 70s, and then its distinct increase in the last two decades. This is also confirmed by accumulated deviations of the annual average from the multiannual value which is found to be clearly increasing since 1987. The decrease in the annual amplitude of the air temperature in decades of the period over 1951–2000 (particularly distinguished in the stations situated by the sea indicates a stronger and stronger effect of the Atlantic Ocean on the climate in Poland).

**Słowa kluczowe:** temperatura powietrza, amplituda, regresja liniowa, współczynniki korelacji, trendy zmian

**Key words:** air temperature, amplitude, linear regression, correlation coefficients, trend of changes

## WSTĘP

Ocieplanie się klimatu przejawia się we wzroście średniej globalnej temperatury powietrza i temperatury oceanu, topnieniu śniegu i lodu oraz podnoszeniu globalnego średniego poziomu morza (IPCC 2007). Szybkie tempo zmian jest, zdaniem Kędziory (1996), konsekwencją wzrostu liczby ludności i postępu cywilizacyjnego. Boryczka (2001) uważa, że udział czynników naturalnych i antropogenicznych jest nie do końca rozstrzygnięty, gdyż rosnąca w ostatnich dwóch stuleciach tendencja aktywności Słońca, warunkująca stałą słoneczną, może przyczynić się do postępującego ocieplenia klimatu. Tendencje temperatury powietrza w Europie, określane liniowymi równaniami regresji, są na ogół rosnące, a przejawia się to przede wszystkim w występowaniu coraz cieplejszych zim, natomiast w miesiącach letnich występuje na ogół nieistotny ujemny lub zerowy trend temperatury (Boryczka 2001, Trepieńska 2001, Kożuchowski 2004, Lorenc 2000). Na uwagę zasługuje jednak ostatnie 20-lecie XX wieku, jak i obecna dekada, w których to okresach widoczne jest ocieplenie nie tylko w sezonach zimowym i wiosennym, ale także i w lecie (Michalska 2009, Żmudzka 2010).

Celem pracy było określenie wielkości zmian temperatury powietrza w Polsce w minionym 55-leciu (1951–2005), w miesiącach, sezonach i roku.

## MATERIAŁ I METODY

Dla zrealizowania tematu zebrano miesięczne wartości temperatury powietrza z 34 stacji meteorologicznych IMGW, rozmieszczonych w miarę równomiernie na terenie kraju, z lat 1951–2005. Rozpatrzono wartości średnie, ekstremalne, amplitudy i odchylenie standardowe w różnych okresach: miesiące, sezony, rok, dziesięciolecia. Wieloletnią zmienność temperatury opisano trendem liniowym, a wielkość wzrostu lub spadku temperatury powietrza oceniono za pomocą współczynników kierunkowych prostych regresji w odniesieniu do lat 1951–2005. Zrobiono pewne odstępstwo od przyjętego w pracy okresu wieloletniego, gdyż w przypadku 6 stacji meteorologicznych wydłużono szereg o 3 lata, tak aby uzyskać możliwie najdłuższy okres.

## WYNIKI I DISKUSJA

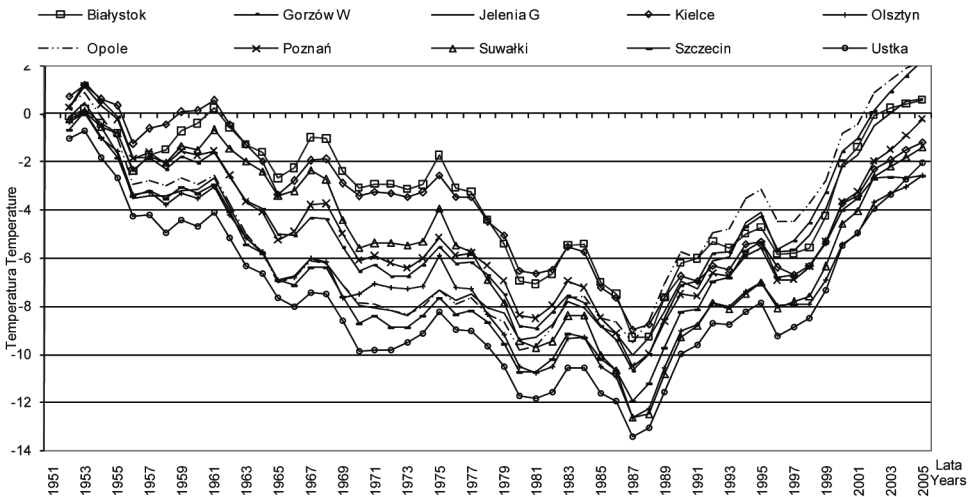
Trendy średniej rocznej temperatury powietrza w okresach 10-letnich wskazywały na jej obniżanie się do końca dekady lat 70., a następnie wyraźny wzrost w dwóch ostatnich dekadach (tab. 1). Szczególnie duży jej wzrost stwier-

dzono w obecnym stuleciu. W Ustce, Szczecinie i Rzeszowie była ona w latach 2001–2008 aż o 0,6°C wyższa niż w okresie 1991–2000. Potwierdzają to również kumulowane odchylenia średniej rocznej temperatury od wartości wieloletniej, obliczone na przykładzie wybranych stacji w Polsce. Od roku 1987 widoczny jest stopniowy wzrost temperatury, z niewielkim wahnięciem w latach 1996 i 1997 (ryc. 1).

**Tabela. 1.** Średnie roczne wartości temperatury powietrza i tendencje zmian w kolejnych 10-letnich okresach 1951–2008 na wybranych stacjach w Polsce

**Table. 1.** Mean annual values of air temperature and tendency of changes in decades of period 1951–2008 in chosen stations in Poland

Stacja Station	1951–60	trend	1961–70	trend	1971–80	trend	1981–90	trend	1991–00	trend	2001–08	trend
Świnoujście	8,2	→	7,9	↘	8,1	↘	8,5	↗	8,7	↗		
Ustka	7,4	↗	7,4	↘	7,7	↘	8,1	↗	8,3	↗	8,9	↗
Elbląg	7,5	→	7,2	↘	7,5	↘	7,9	↗	8,2	↗		
Kętrzyn	6,9	→	6,6	↘	6,8	↘	7,2	↗	7,5	↗		
Suwałki	6,2	↗	5,9	↘	5,9	↘	6,3	↗	6,8	↗		
Olsztyn	6,8	→	6,8	↗	6,9	↘	7,4	↗	7,6	↗		
Chojnice	6,9	↗	6,6	↘	6,9	↘	7,3	↗	7,6	↗		
Szczecin	8,3	↗	8,1	↘	8,4	↘	8,8	↗	9,0	↗	9,7	↗
Gorzów W.	8,2	↘	7,9	↘	8,2	↘	8,6	↗	9,0	↗		
Toruń	7,6	↗	7,4	↘	7,8	↘	8,2	↗	8,5	↗		
Mława	7,1	→	6,8	↘	6,9	↘	7,4	↗	7,7	↗		
Białystok	6,9	↗	6,6	↘	6,5	↘	7,0	↗	7,3	↗	7,6	↗
Warszawa	8,1	→	7,7	↘	7,7	↘	8,1	↗	8,3	↗		
Koło	8,0	→	7,7	↘	7,9	↘	8,3	↗	8,6	↗		
Poznań	8,2	↘	8,0	→	8,2	↘	8,5	↗	8,8	↗		
Zielona G.	8,2	→	8,1	↘	8,3	↘	8,5	↗	8,9	↗		
Łódź	7,6	→	7,4	→	7,6	↘	8,1	↗	8,3	↗	8,8	↗
Wrocław	8,3	↘	8,1	→	8,3	↘	8,7	↗	9,1	↗	9,5	↗
Jelenia G.	6,9	→	6,7	→	7,1	↘	7,4	↗	7,7	↗		
Kłodzko	7,3	→	7,2	↗	7,2	↘	7,4	↗	7,7	↗		
Opole	8,3	↘	8,1	↗	8,4	↘	9,0	↗	9,1	↗		
Kielce	7,4	↘	7,0	↗	7,1	↘	7,4	↗	7,7	↗		
Kraków	8,5	↘	7,8	↘	7,6	↘	8,1	↗	8,5	↗		
Rzeszów	7,7	↘	7,5	↘	7,6	↘	8,0	↗	8,2	↗	8,8	↗



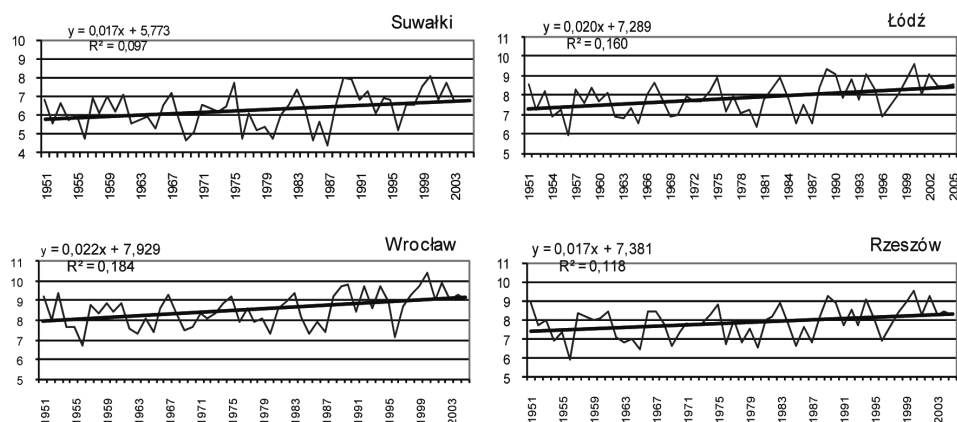
**Ryc. 1.** Kumulowane odchylenia średniej rocznej temperatury powietrza od wartości wieloletniej (1951–2005)

**Fig. 1.** The cumulative deviations of mean annual air temperature from multiannual value (1951–2005)

Wieloletnie (1951–2005) trendy średniej rocznej temperatury powietrza są na przeważającym obszarze Polski rosnące, istotne statystycznie, szczególnie w północnej i zachodniej części kraju (tab. 2). Najcieplejszy był rok 2000, temperatura niemal w całym kraju przekroczyła  $9,0^{\circ}\text{C}$ , a na północo-zachodzie nawet  $10,0^{\circ}\text{C}$ . Najchłodniejszy był natomiast rok 1956, a w następnej kolejności 1987: średnia roczna temperatura wynosiła od  $4,3^{\circ}\text{C}$  w Suwałkach do  $7,0^{\circ}$  w Szczecinie.

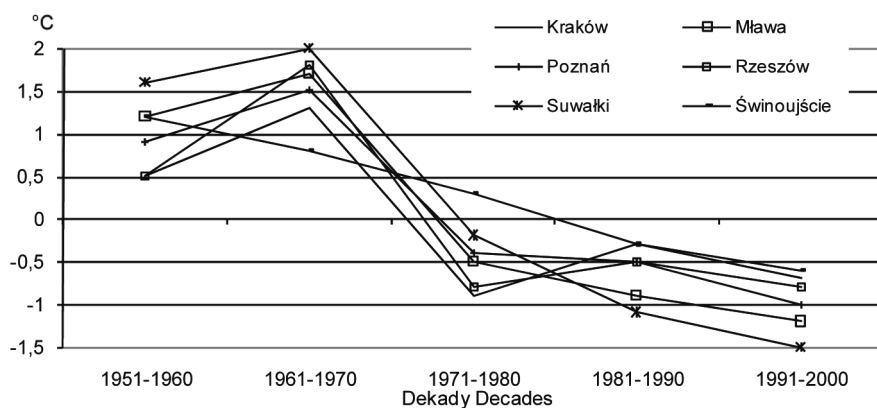
Przebieg średniej rocznej temperatury w latach 1951–2005 (przedstawiony na przykładzie czterech stacji) wskazuje na duże jej wahania z roku na rok (ryc. 2). Zmienność temperatury rocznej jest na całym obszarze kraju podobna, o czym świadczą mało zróżnicowane wartości odchylenia standardowego, wynoszące  $0,8\text{--}0,9^{\circ}\text{C}$ .

Średnia roczna amplituda temperatury powietrza malała w kolejnych 10-leciach na stacjach położonych na wybrzeżu, a od lat 1960. na pozostałym obszarze kraju (ryc. 3). W latach 1961–1970 roczna amplituda temperatury przewyższała wartość wieloletnią (w zależności od stacji) od  $0,7$  do  $2,0^{\circ}\text{C}$ , a w ostatniej dekadzie ubiegłego wieku była już mniejsza od  $0,4$  do nawet  $1,5^{\circ}\text{C}$  od średniej amplitudy wieloletniej. Kozuchowski i in. (1999) stwierdzają, iż spadkiem amplitudy rocznej odpowiada skracanie się lata i zimy oraz wydłużanie przejściowych pór roku.



**Ryc. 2.** Przebieg średniej rocznej temperatury powietrza w kolejnych latach 1951–2005 wraz z trendem na wybranych stacjach

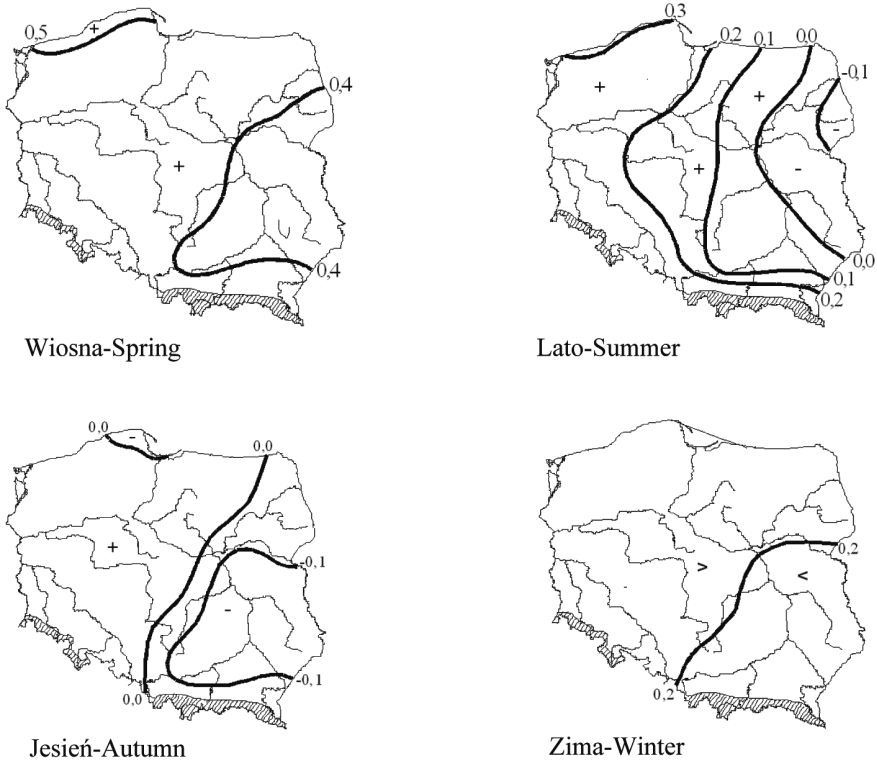
**Fig. 2.** Course of mean annual air temperature in successive years 1951–2005 with trend in chosen stations



**Ryc. 3.** Odchylenia średniej rocznej amplitudy temperatury powietrza w kolejnych 10-letniach od wartości wieloletniej

**Fig. 3.** Deviations of mean annual range of air temperature in successive decades from multiannual value

Wartości współczynników korelacji ( $r$ ) między temperaturą powietrza w czterech porach roku a latami badań (ryc. 4) wskazują na najściślejszy związek między tymi zmiennymi wiosną (III–V). Najwyższe wartości  $r$  – powyżej 0,5 występują na wybrzeżu, a mniejsze niż 0,4 w południowo-wschodniej Polsce. Jak wynika z danych zawartych w tab. 2, w maju trend wzrostowy temperatury na większości stacji jest statystycznie wysoce istotny.



**Ryc. 4.** Przestrzenny rozkład wartości współczynników korelacji ( $r$ ) między temperaturą powietrza a latami badań 1951–2005

**Fig. 4.** Spatial distribution of correlation coefficient of dependence between air temperature and years 1951–2005

Mniej ścisły związek między temperaturą a latami badań zachodzi latem (VI–VIII), przy największym przestrzennym zróżnicowaniu wartości współczynnika  $r$ . Na wschodzie kraju nie stwierdza się istotnego związku, natomiast na zachodzie i na wybrzeżu występuje tendencja dodatnia, na którą ma wpływ przede wszystkim rosnąca temperatura w sierpniu. Fortuniak i inni (2001) stwierdzili, że w miesiącach letnich występował na ogół nieistotny ujemny lub zerowy trend temperatury, ale zauważyli, że w ostatnim 25-leciu ubiegłego wieku ocieplenie nastąpiło również latem, co skłania do analizy sezonowego zróżnicowania obserwowanych tendencji termicznych. Jesienią (IX–XI) nie stwierdza się zmian temperatury powietrza na większości obszaru kraju, tylko w części południowo-wschodniej stwierdzono tendencję spadkową. Zmiany temperatury w zimie są najmniej zróżnicowane przestrzennie; nieco wyższe wartości współczynników korelacji  $r$  występują w północnej i zachodniej części

kraju. Największy wzrost temperatury występuje w lutym. Zdaniem Kożuchowskiego i Żmudzkiej (2001) ocieplenie w Polsce, wynoszące 0,9°C na 50 lat, wynika głównie ze wzrostu temperatury na przełomie zimy i wiosny (w lutym i marcu).

Z analizy współczynników kierunkowych regresji liniowej wynika, że największy wzrost temperatury, wynoszący w różnych częściach kraju od 0,3 do 0,7°C na 10 lat, występuje w lutym, a następnie w marcu, maju i sierpniu, w których to miesiącach temperatura rośnie od 0,2 do 0,6°C na 10 lat, a na północy kraju również w kwietniu, kiedy przeciętny wzrost wynosi 0,3°C (tab. 2). W badanym wieloleciu na znaczący wzrost temperatury powietrza w sierpniu miały wpływ lata 1990–2004, w których to temperatura na ogół przewyższała normę. Niewielki spadek temperatury w okresie 1951–2005 obserwowano w czerwcu, a także w listopadzie (tab. 2).

**Tabela 2.** Średnie miesięczne i roczne wartości zmian temperatury powietrza (°C na 10 lat) obliczone z równań regresji liniowej (1951–2005)

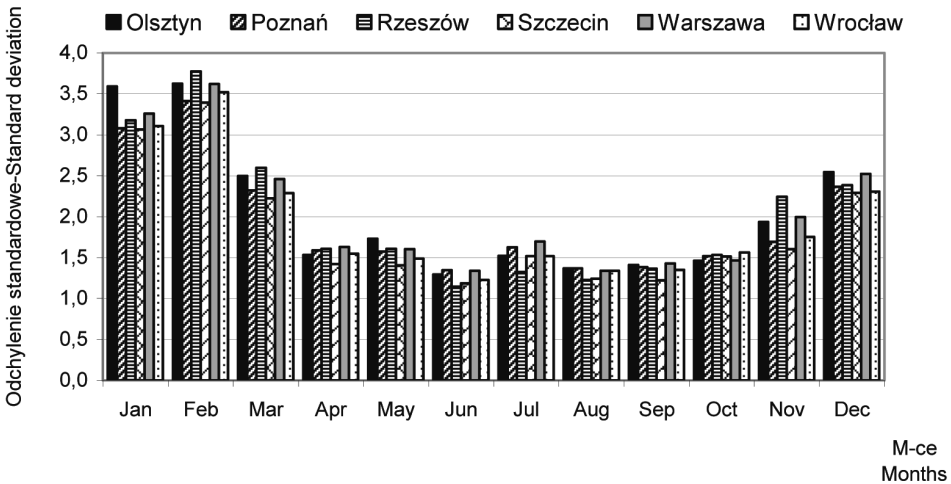
**Table 2.** Mean monthly and mean annual air temperature changes per 10 year (°C) calculated by equations of trend (1951–2005)

Stacja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Ustka	0,40	<b>0,60</b>	<b>0,43</b>	<u>0,35</u>	<u>0,35</u>	0,09	<b>0,21</b>	<u>0,29</u>	0,10	0,11	0,04	0,10	<u>0,26</u>
Suwałki	0,48	<b>0,71</b>	<b>0,59</b>	<b>0,34</b>	<b>0,18</b>	<b>-0,25</b>	0,07	0,13	-0,04	-0,01	-0,03	-0,03	<b>0,18</b>
Olsztyn	0,42	<b>0,66</b>	<b>0,51</b>	<b>0,30</b>	<b>0,33</b>	-0,17	0,16	0,18	0,02	0,07	-0,01	-0,02	<b>0,20</b>
Chojnice	0,41	<b>0,60</b>	<b>0,42</b>	<b>0,32</b>	<b>0,36</b>	-0,15	0,19	<u>0,32</u>	0,08	0,04	-0,03	0,03	<u>0,22</u>
Szczecin	0,37	<b>0,62</b>	<b>0,42</b>	<b>0,30</b>	<b>0,29</b>	-0,11	0,16	<u>0,29</u>	0,07	0,06	-0,08	-0,01	<u>0,20</u>
Gorzów W.	0,37	<b>0,57</b>	<b>0,42</b>	<b>0,31</b>	<u>0,36</u>	-0,06	0,22	<u>0,36</u>	0,09	0,07	-0,03	0,02	<u>0,22</u>
Toruń	0,46	<b>0,69</b>	<u>0,54</u>	<u>0,37</u>	<u>0,44</u>	-0,12	0,17	<u>0,35</u>	0,11	0,16	-0,04	0,07	<u>0,27</u>
Mława	0,43	<b>0,66</b>	<b>0,49</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	<b>-0,27</b>	0,10	<b>0,25</b>	0,10	0,01	-0,04	-0,03	<u>0,20</u>
Białystok	0,53	<b>0,67</b>	<b>0,57</b>	0,22	0,16	<b>-0,29</b>	0,00	0,05	-0,07	0,04	-0,08	-0,1	0,14
Warszawa	0,39	0,57	<b>0,45</b>	0,16	<b>0,26</b>	<b>-0,25</b>	0,02	0,10	-0,11	-0,04	-0,14	-0,13	0,11
Poznań	0,38	<b>0,54</b>	<b>0,43</b>	<b>0,27</b>	<u>0,37</u>	-0,15	0,10	<u>0,27</u>	0,03	0,06	-0,09	0,03	<u>0,19</u>
Zielona G.	0,37	0,51	<b>0,38</b>	0,25	<u>0,40</u>	-0,07	0,16	<u>0,38</u>	0,01	0,02	-0,09	-0,03	<u>0,19</u>
Łódź	0,41	<b>0,61</b>	<b>0,47</b>	<b>0,29</b>	<u>0,42</u>	-0,10	0,18	0,28	0,32	0,09	-0,09	-0,07	<u>0,21</u>
Jelenia G.	0,34	0,52	<b>0,41</b>	0,25	<u>0,43</u>	0,06	0,19	<u>0,36</u>	0,10	0,22	-0,15	-0,02	<u>0,23</u>
Wrocław	0,40	<b>0,58</b>	<b>0,44</b>	0,21	<u>0,41</u>	-0,02	0,17	<u>0,38</u>	0,08	0,15	-0,10	0,00	<u>0,23</u>
Opole	0,39	<b>0,57</b>	<b>0,45</b>	0,25	<u>0,44</u>	0,02	0,18	<u>0,32</u>	0,07	0,18	0,00	-0,03	<u>0,24</u>
Kielce	0,35	0,49	<b>0,43</b>	0,16	<u>0,32</u>	-0,15	0,08	0,13	-0,07	0,03	-0,17	-0,17	0,12
Rzeszów	0,39	0,52	<b>0,49</b>	0,19	<u>0,39</u>	0,02	0,17	0,15	-0,04	0,11	-0,10	-0,20	<b>0,17</b>
Kraków	0,24	0,37	0,31	0,10	<b>0,28</b>	-0,06	0,01	0,11	-0,12	0,00	-0,21	-0,20	0,07

Pogrubione/bold – istotność przy  $\alpha = 0,05$ /significant at  $\alpha = 0,05$

Pogrubione/bold – istotność przy  $\alpha = 0,01$ /significant at  $\alpha = 0,01$

Na zmienność temperatury powietrza wywierają wpływ również warunki lokalne i regionalne, o czym piszą w swoich pracach m.in. Miętus (1996), Filiipiak (2004), Koźmiński i in. (2007). Wartości odchylenia standardowego miesięcznej temperatury są największe w lutym i styczniu, wahają się od 2,7°C (stacje nad morzem) do 3,7°C w głębi kraju, a najmniejsze w czerwcu i sierpniu – od 1,1 do 1,5°C (ryc. 5).



**Ryc. 5.** Wartości odchylenia standardowego miesięcznej temperatury powietrza na wybranych stacjach (1951–2005)

**Fig. 5.** The values of monthly standard deviations of air temperature in chosen stations (1951–2005)

## WNIOSKI

1. W Polsce stwierdzono wzrost temperatury powietrza szczególnie na przedwiośniu i wiosną. Największy wzrost wystąpił w lutym – od około 0,4 w południowej części kraju do około 0,7°C na 10 lat na północy. Miesiącami, w których temperatura wzrastała od 0,2 do 0,6°C, były marzec, maj i sierpień. Średnia roczna temperatura na większości obszaru kraju wzrastała około 0,2°C na 10 lat.
2. Zmniejszanie się rocznej amplitudy temperatury powietrza w kolejnych dekadach rozpatrywanych 55 lat świadczy o coraz większym oddziaływaniu Oceanu Atlantyckiego na klimat w kraju.
3. Trendy temperatury powietrza w kolejnych 10-letnich okresach 1951–2005 wskazują na stopniowy jej wzrost od lat 80., co potwierdzają kumulowane



wartości odchylenia średniej rocznej temperatury powietrza od wartości wieloletniej.

4. Wzrost temperatury powietrza na przedwiośnie i wiosną będzie skutkował stopniowym wydłużaniem się okresu wegetacyjnego w kraju.

## Literatura

- Boryczka J., 2001, *Klimat Ziemi: przeszłość, terażniejszość, przyszłość*. Prace i Studia Geogr., 29, UW, Warszawa, 55–72.
- Filipiak J., 2004, *Zmienność temperatury powietrza na Wybrzeżu i Pojezierzu Pomorskim w drugiej połowie XX w.* IMGW, Warszawa, ss. 216.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*. Prz. Geof., 46, 4, 283–303.
- IPCC 2007, *Raport Międzynarodowego Panelu Zmian Klimatycznych*.
- Kędziora A. 1996, *Impact of climate and land use changes on heat and water balance structure in an agricultural landscape*. Zesz. Nauk. UJ., 102, 55–69.
- Kożuchowski K., 2004, *The scale and tendencies of the contemporary changes in air temperature in Poland*. Łódź, UŁ., 25–46.
- Kożuchowski K., Degirmendzic J., Fortuniak K., Wibig J., 1999, *Tendencje zmian sezonowych aspektów klimatu w Polsce*. [w:] *Zmiany i zmienność klimatu Polski, ich wpływ na gospodarkę, ekosystemy i człowieka*. Ogólnopolska konferencja naukowa Łódź, 4–6 listopada 1999, 107–122.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury w drugiej połowie XX w.* Prz. Geof., 46, 1–2, 81–90.
- Koźmiński C., 2009, *Variability of agricultural periods in the Polish zone of the Baltic Sea Coast*. [w:] Z. Szwejkowski (red.), *Environmental aspects of climate change*, UW-M, Olsztyn, 109–122.
- Koźmiński C., Michalska B., Czarnecka M., 2007, *Klimat województwa zachodnio-pomorskiego*. AR Szczecin, US Szczecin, ss.147.
- Lorenc H., 2000, *Termiczno-opadowa ocena klimatycznych sezonów roku w Polsce oraz ich tendencje czasowo-przestrzenne*. Projekt badawczy 9, IMGW, raport syntetyczny.
- Michalska B., 2009, *Variability of air temperature in North western Poland*. [w:] Z. Szwejkowski (red.), *Environmental aspects of climate change*, UW-M, Olsztyn, 89–107.
- Miętus M., 1996, *Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030*. IMGW, Warszawa.
- Trepińska J., 2001, *Fluktuacje termiczne w Europie od małej epoki lodowej do końca XX wieku*. Prace i Studia Geogr., 29, UW, Warszawa, 73–76.
- Żmudzka E., 2010, *Changes in thermal conditions in the high mountain areas and contemporary warming in the central Europe*. *Miscellanea Geographica*, 14, 59–70.