

Wpłynęło 29.03.2012 r.
Zrecenzowano 18.06.2012 r.
Zaakceptowano 27.09.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WYKORZYSTANIE SZEREGÓW CZASOWYCH DO OCENY RÓŻNIC TEMPERATURY POWIETRZA MIERZONEJ METODĄ KLASYCZNĄ I AUTOMATYCZNĄ

Joanna KAJEWSKA-SZKUDLAREK ^{ABCDEF}

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

Streszczenie

W pracy porównywano wyniki pomiarów średniej t_p , maksymalnej t_{\max} i minimalnej t_{\min} temperatury powietrza metodą klasyczną i automatyczną na terenie Obserwatorium Uniwersytetu Przyrodniczego Wrocław-Swojec w okresie 2000–2009. Analizowano ich dobowe wartości. Pomiary standardowe wykonywano za pomocą termometru stacyjnego i termometrów ekstremalnych, umieszczonych w klatce meteorologicznej 2 m ponad powierzchnią gruntu. Średnią dobową t_p obliczano z czterech terminów pomiarowych (1, 7, 13, 19 CET), a wartość z godziny 1 w nocy uzyskiwano z termohigrogramów dobowych. Jednocześnie prowadzono pomiary za pomocą automatycznej stacji meteorologicznej Campbell. Elektroniczny czujnik temperatury powietrza MP 100A Rotronik umieszczony był w tej samej klatce meteorologicznej, co przyrządy manualne. Sensor zaprogramowano na pomiar co 60 s oraz na zapisywanie ekstremalnych wartości temperatury powietrza wraz z terminem, w którym wystąpiły. Na podstawie wartości minutowych obliczano średnie godzinne, a z nich – średnie dobowe.

W większości przypadków, w latach 2000–2009, termometry cieczowe wskazywały wyższą temperaturę niż czujniki elektroniczne. Średnie różnice między tymi wartościami wynosiły $+0,8^{\circ}\text{C}$ w przypadku t_p oraz $+0,9^{\circ}\text{C}$ w przypadku t_{\max} i $+1,1^{\circ}\text{C}$ w przypadku t_{\min} . Największe różnice były równe: $+4,4^{\circ}\text{C}$ (t_p), $+12,5^{\circ}\text{C}$ (t_{\max}) i $+10,5^{\circ}\text{C}$ (t_{\min}). Tak duże wartości notowano incydentalnie. Szeregi czasowe różnic nie podlegały sezonowym zmianom, co potwierdziła analiza autokorelacji i autokorelacji cząstkowej. Transformacja danych automatycznych spowodowała zbliżenie skorygowanych średnich dobowych wartości temperatury powietrza do danych klasycznych. Wyraźnie też zwiększyła się częstość występowania różnic w środkowych zakresach wartości.

Słowa kluczowe: ekstremalne temperatury powietrza, metoda klasyczna, stacja automatyczna, szeregi czasowe, średnia temperatura powietrza

Do cytowania For citation: Kajewska-Szkudlarek J. 2012. Wykorzystanie szeregów czasowych do oceny różnic temperatury powietrza mierzonej metodą klasyczną i automatyczną. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 12. Z. 4(40) s. 151–162.

WSTĘP

Obecnie w wielu dziedzinach życia klasyczne rozwiązania są zastępowane przez nowoczesne technologie. W meteorologii od ponad dekady rezygnuje się z pomiarów za pomocą standardowych termometrów rtęciowych, na rzecz pomiarów elektronicznymi czujnikami automatycznymi stacji meteorologicznych, których stosowanie ułatwiło zbieranie, gromadzenie i przetwarzanie danych [ŁOMOTOWSKI, ROJEK 2001; METE 2008]. Istotnym problemem, związanym z automatyzacją sieci meteorologicznej jest inna metodyka pomiarów i obliczania wartości średnich dobowych. W związku z tym powstaje wątpliwość czy całkowite zastąpienie przyrządów klasycznych automatycznymi nie spowoduje zerwania jednorodności wieloletnich serii obserwacyjnych. Jest to niezwykle istotny problem w badaniach nad klimatem i jego zmiennością [LORENC 2006; ŁOMOTOWSKI i in. 2001; PETERSON i in. 1998]. Uważa się, że zachowanie homogeniczności nie jest możliwe bez zastosowania matematycznych formuł, określających współzależność danych standardowych i automatycznych [KUŚMIEREK 2008].

Temperatura powietrza jest najczęściej porównywanym parametrem meteorologicznym mierzonym metodą manualną i czujnikami elektronicznymi. Przyczyn występowania różnic między wynikami klasycznej i automatycznej metody pomiaru temperatury autorzy upatrują w innej metodyce tych pomiarów. Metody te cechuje ponadto różna dokładność i bezwładność (mniejsza czułość termometrów cieczowych). Istnieje również większa możliwość popełnienia błędów odczytu w przypadku stacji klasycznej [KAJEWSKA, ROJEK 2009]. BACIU i in. [2005] oraz BUDZIK i MARSZAŁ [2006] twierdzą, że różnice mogą także być spowodowane odmiennymi właściwościami standardowej klatki Stevensona i osłony radiacyjnej czujnika. Dlatego uważa się, że oba rodzaje przyrządów powinno się instalować w jednej klatce meteorologicznej.

Szeregi czasowe (dyskretny proces stochastyczny) to zbiór wartości cechy w następujących po sobie okresach. Ich analiza służy do konstruowania i oceny modeli, które te zmiany opisują, i umożliwia ujawnianie prawidłowości, jakim podlega badany proces. Szeregi czasowe są również wykorzystywane do tworzenia prognoz na przyszłość [ŻADŁO, WYWIAŁ 2008]. W niniejszej pracy szereg czasowy tworzą dobowe wartości różnic między wynikami pomiaru temperatury powietrza dwiema metodami w dziesięcioletnim okresie badań 2000–2009.

Celem pracy było porównanie wartości temperatury powietrza: średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej, otrzymanych na podstawie pomiarów z wykorzystaniem obu rodzajów stacji, analiza różnic między nimi oraz próba opracowania metody transformacji dobowych danych automatycznych i dopasowywania ich do wartości otrzymywanych sposobem klasycznym. Opracowanie metody porównywania danych z obu stacji oraz algorytmów do przeliczania wartości klasycznych na automatyczne i odwrotnie przyczyni się do rozwoju pomiarów meteorologicznych i badań nad klimatem z wykorzystaniem nowoczesnych instrumentów.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał badawczy pochodził z terenu Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Wrocław-Swojec, należącego do Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Obserwatorium powstało w 1961 r. i od tego czasu są tam prowadzone klasyczne pomiary manualne podstawowych parametrów meteorologicznych. W listopadzie 1999 r. w Obserwatorium zainstalowano automatyczną stację meteorologiczną Campbell (model CR23X), która od tej pory, równolegle ze stacją standardową, monitoruje stan atmosfery w ciągu całej doby.

Tak długi ciąg porównawczy jest jednym z nielicznych w Polsce, ponieważ dotychczas rzadko były publikowane wyniki badań uzyskanych z pomiarów obiema metodami z okresów dłuższych niż 2–3-letnie. Krótkie okresy porównawcze nie są wystarczające do oceny wpływu zmiany sposobu pomiarów na zachowanie jednorodności wieloletnich serii obserwacyjnych [DURŁO 2001; KEJNA, USCKA-KO-WALKOWSKA 2006; ŻARSKI i in. 2001].

Pomiary temperatury powietrza prowadzono w klatce meteorologicznej 2 m nad powierzchnią terenu. Były w niej umieszczone: termometr stacyjny, maksymalny i minimalny, termohigrograf oraz elektroniczny sensor do pomiaru temperatury i wilgotności powietrza MP 100A Rotronik, wchodzący w skład automatycznej stacji meteorologicznej.

Średnią dobową temperaturę powietrza t_p z obserwacji manualnych obliczano na podstawie czterech pomiarów terminowych, w godzinach: 1 (wartość odczytywana z termohigrogramu dobowego), 7, 13 i 19 CET, a temperaturę maksymalną t_{\max} i minimalną t_{\min} odczytywano z termometrów ekstremalnych.

Średnią dobową temperaturę powietrza określaną metodą automatyczną, wyznaczano na podstawie 24 wartości godzinnych, obliczanych z wartości minutowych. Stację automatyczną zaprogramowano ponadto na zapisywanie t_{\max} i t_{\min} , wraz z terminem ich wystąpienia.

W niniejszej pracy do transformacji danych gromadzonych metodą automatyczną i dopasowywania ich do wartości otrzymanych metodą standardową zaproponowano wykorzystanie analizy szeregów czasowych dobowych różnic między wynikami pomiarów dwiema metodami. To narzędzie umożliwi tworzenie jednorodnych ciągów obserwacyjnych, bez obawy zerwania ich homogeniczności, w kontekście nieuniknionej automatyzacji sieci meteorologicznej.

Do oceny przebiegu wartości różnic między temperaturą powietrza (t_p , t_{\max} , t_{\min}) mierzoną metodą klasyczną i automatyczną w dziesięcioleciu 2000–2009 wykorzystano wykresy rozrzutu, wygładzone nieparametryczną funkcją wyrównania lowess. Różnice obliczano odejmując od danych otrzymanych metodą klasyczną wartości z pomiarów automatycznych, w związku z czym dodatnie wartości na osi pionowej wskazują, że wyższą temperaturę uzyskiwano metodą standardową. Funkcja lowess to odporna regresja lokalnie ważona. Jest ona stosowana w celu

uzyskania bardziej czytelnego obrazu zależności między dwiema zmiennymi na wykresach rozrzutu. Polega na tym, że dla każdego punktu i punktów z jego otoczenia jest wykonywana regresja wielomianowa.

WYNIKI BADAŃ

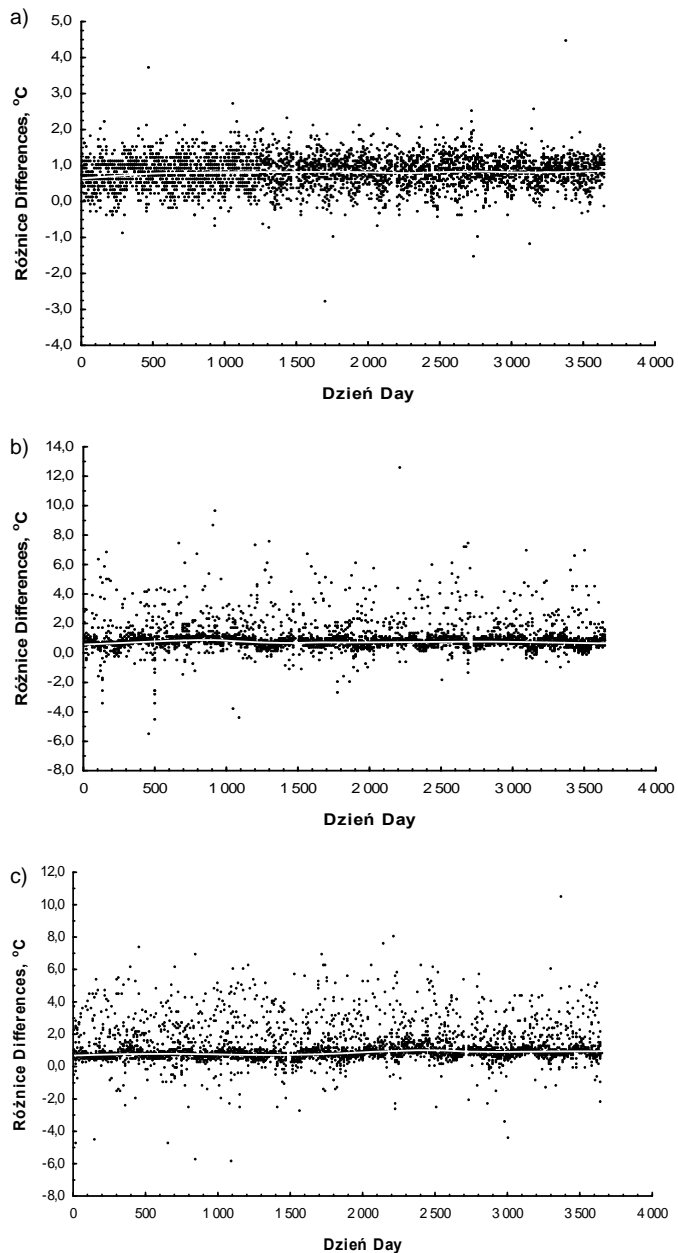
Wszystkie otrzymane wykresy rozrzutu (rys. 1a, b, c) charakteryzowały się wyraźną dominacją dodatnich wartości różnic. Ponadto, w każdym przypadku linia wyrównania była bardzo zbliżona do linii prostej. Świadczy to o braku sezonowości szeregów czasowych dobowych różnic między wynikami pomiaru temperatury powietrza obiema metodami. Średnie różnice między wartościami z obu stacji w latach 2000–2009 wynosiły $+0,8^{\circ}\text{C}$, $+0,9^{\circ}\text{C}$ oraz $+1,1^{\circ}\text{C}$, odpowiednio w przypadku temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej. Największe wartości różnic występowały po 2006 r.: $+4,4^{\circ}\text{C}$ (2009 r.) w przypadku t_p , $+12,5^{\circ}\text{C}$ (2006 r.) w przypadku t_{\max} i $+10,5^{\circ}\text{C}$ (2009 r.) w przypadku t_{\min} (rys. 1abc). Tak duże wartości różnic notowano jednak incydentalnie. Ponadto, różnice między temperaturami ekstremalnymi mierzonymi obiema metodami charakteryzował dużo większy rozrzut wartości niż różnice temperatury średniej. Amplitudy różnic wynosiły: $7,2^{\circ}\text{C}$ (t_p), $18,0^{\circ}\text{C}$ (t_{\max}), $16,4^{\circ}\text{C}$ (t_{\min}).

W celu zweryfikowania hipotezy o braku sezonowości szeregów czasowych różnic wykorzystano analizy autokorelacji i autokorelacji cząstkowej (z uwagi na ograniczoną objętość pracy analiz tych nie zamieszczono).

Na podstawie wcześniejszych obliczeń stwierdzono, że średnia dobowa temperatura powietrza t_p wyznaczona na podstawie pomiarów na stacji klasycznej w latach 2000–2009 była wyższa od obliczonej na podstawie danych ze stacji automatycznej o stałą wartość równą $+0,8^{\circ}\text{C}$. Próbę opracowania metody transformacji średniej dobowej t_p mierzonej czujnikami elektronicznymi oparto na tym wyniku. Do każdej średniej dobowej temperatury powietrza obliczonej na podstawie 24 wartości godzinnych z pomiarów automatycznych dodano $0,8^{\circ}\text{C}$. Wprowadzenie poprawki spowodowało, że wygładzona średnia temperatura powietrza obliczona na podstawie pomiarów automatycznych była znacznie bliższa obliczonej na podstawie klasycznych pomiarów terminowych. Oryginalny, dziesięcioletni przebieg t_p mierzonej czujnikami elektronicznymi, wyrównany za pomocą odpornej regresji lokalnie ważonej, zdecydowanie różnił się od przebiegu temperatury mierzonej termometrem rtęciowym (rys. 2).

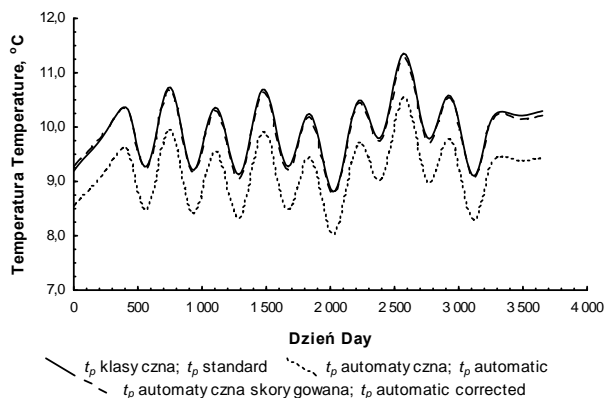
Od każdej dobowej różnicy między wartościami t_p obliczonymi na podstawie pomiarów obiema metodami odjęto $0,8^{\circ}\text{C}$. Różnice w otrzymanym tym sposobem szeregu czasowym były znacznie bardziej zbliżone do wartości $0,0^{\circ}\text{C}$ w całym analizowanym okresie 2000–2009.

Następnie przeprowadzono ocenę częstości występowania różnic między wartościami otrzymanymi obiema metodami w ustalonych przedziałach klasowych.



Rys. 1. Dobowe wartości różnic między wartościami temperatury (°C): a) średniej t_p , b) maksymalnej t_{max} , c) minimalnej t_{min} , mierzonymi z zastosowaniem stacji klasycznej i automatycznej, w kolejnych dobach lat 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Daily values of differences between: a) t_p , b) t_{max} , c) t_{min} (°C), measured with standard and automatic station in the subsequent days of the period 2000–2009; source: own results



Rys. 2. Średnia temperatura powietrza t_p (°C), mierzona z zastosowaniem stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dobach lat 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Mean air temperature t_p (°C), measured with standard and automatic station in the subsequent days of the period of 2000–2009; source: own results

Zakresy klas przyjęto za LORENC [2006]. Po przeprowadzeniu korekty danych ze stacji automatycznej, w środkowym zakresie wartości różnic $\langle -0,2; 0,2 \rangle$ częstość ich występowania zwiększyła się z 7 do 38%, w zakresie $\langle -0,6; -0,2 \rangle$ znalazło się 21% różnic (wcześniej 1%), w zakresie $\langle 0,2; 0,6 \rangle$ było ich 26% (poprzednio 20%), natomiast w zakresie $\langle 0,6; 1,0 \rangle$ znalazło się jedynie 7% (przed transformacją aż 39% różnic).

Z uwagi na znacznie większy rozrzut wartości w szeregach czasowych różnic obu temperatur ekstremalnych, transformacji danych automatycznych nie można było przeprowadzić w taki sam sposób, jak w przypadku t_p . W związku z tym, wykonano ją w oparciu o zależność różnic t_{\max} i t_{\min} od temperatury średniej. Bardzo wysoka, dodatnia korelacja obu temperatur ekstremalnych ze średnią temperaturą powietrza wynika z natury zjawiska. Podczas prowadzenia badań terenowych zaobserwowano również korelację wartości różnic między t_{\max} i t_{\min} mierzonymi obiema metodami ze średnią temperaturą dobową t_p .

W zakresach średniej temperatury powietrza t_p , mierzonej metodą standardową, wynoszących 2,0°C (od $-20,0^\circ\text{C}$ do $28,0^\circ\text{C}$), obliczono średnie różnice między wartościami temperatur ekstremalnych otrzymanymi na stacji klasycznej i automatycznej, a także liczbę obserwacji, odchylenie standardowe δ i błąd standardowy SE w danej klasie (tab. 1, 2). W zakresach zawierających wynik jednej obserwacji nie obliczano wartości δ i SE .

W przypadku temperatury maksymalnej, największą różnicę (6,6°C) zanotowano w zakresie średniej dobowej temperatury powietrza t_p od $-18,0$ do $-16,0^\circ\text{C}$. Znajdowały się w nim jedynie dwa przypadki, a odchylenie standardowe i błąd standardowy były równe odpowiednio 8,3 oraz 5,9°C. Najmniejszą różnicę otrzy-

Tabela 1. Średnia różnica między wynikami pomiarów temperatury maksymalnej t_{\max} za pomocą przyrządów klasycznych i automatycznych w 2° zakresach średniej dobowej temperatury powietrza t_p według stacji klasycznej

Table 1. The average difference between maximum temperature t_{\max} , measured with standard and automatic instruments at 2° ranges of the daily mean air temperature t_p according to standard station

Parametry Parameters	Zakres Range					
Klasa Class, °C	<-20,0; -18,0)	<-18,0; -16,0)	<-16,0; -14,0)	<-14,0; -12,0)	<-12,0; -10,0)	<-10,0; -8,0)
Różnica Difference, °C	1,0	6,6	0,6	0,1	1,6	1,1
Liczba obserwacji Number of records	1	2	5	7	8	19
δ , °C	0,0	8,3	0,3	2,0	2,1	1,3
SE , °C	0,0	5,9	0,1	0,7	0,8	0,3
Klasa Class, °C	<-8,0; -6,0)	<-6,0; -4,0)	<-4,0; -2,0)	<-2,0; 0,0)	<0,0; 2,0)	<2,0; 4,0)
Różnica Difference, °C	0,7	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0
Liczba obserwacji Number of records	33	54	84	196	280	256
δ , °C	1,0	1,0	0,8	0,6	0,8	0,7
SE , °C	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Klasa Class, °C	<4,0; 6,0)	<6,0; 8,0)	<8,0; 10,0)	<10,0; 12,0)	<12,0; 14,0)	<14,0; 16,0)
Różnica Difference, °C	1,0	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0
Liczba obserwacji Number of records	274	268	266	302	258	294
δ , °C	0,8	0,8	0,8	1,0	1,1	1,1
SE , °C	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1
Klasa Class, °C	<16,0; 18,0)	<18,0; 20,0)	<20,0; 22,0)	<22,0; 24,0)	<24,0; 26,0)	<26,0; 28,0)
Różnica Difference, °C	1,0	1,0	0,7	0,6	0,4	0,4
Liczba obserwacji Number of records	316	285	235	110	35	11
δ , °C	1,2	1,3	0,9	0,7	0,4	0,4
SE , °C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Objaśnienia: δ – odchylenie standardowe, SE – błąd standardowy.

Explanations: δ – standard deviation, SE – standard error.

Źródło: wyniki własne. Source: own results.

mano w klasach temperatury średniej od 24,0 do 26,0°C oraz od 26,0 do 28,0°C i była ona równa 0,4°C ($\delta = 0,4^\circ\text{C}$ $SE = 0,1^\circ\text{C}$).

W przypadku temperatury minimalnej największą różnicę notowano w tym samym zakresie t_p (od -18,0 do -16,0°C) i wynosiła ona 2,1°C (2 przypadki, $\delta = 1,3^\circ\text{C}$; $SE = 0,9^\circ\text{C}$), najmniejszą natomiast (0,6°C) – w klasach od -20,0 do -18,0°C i od -16,0 do -14,0°C (odpowiednio 1 i 5 przypadków).

Tabela 2. Średnia różnica między wynikami pomiarów temperatury minimalnej t_{\min} za pomocą przyrządów klasycznych i automatycznych w 2° zakresach średniej dobowej temperatury powietrza t_p według stacji klasycznej

Table 2. The average difference between minimum temperature t_{\min} , measured with standard and automatic instruments at 2° ranges of the daily mean air temperature t_p according to standard station

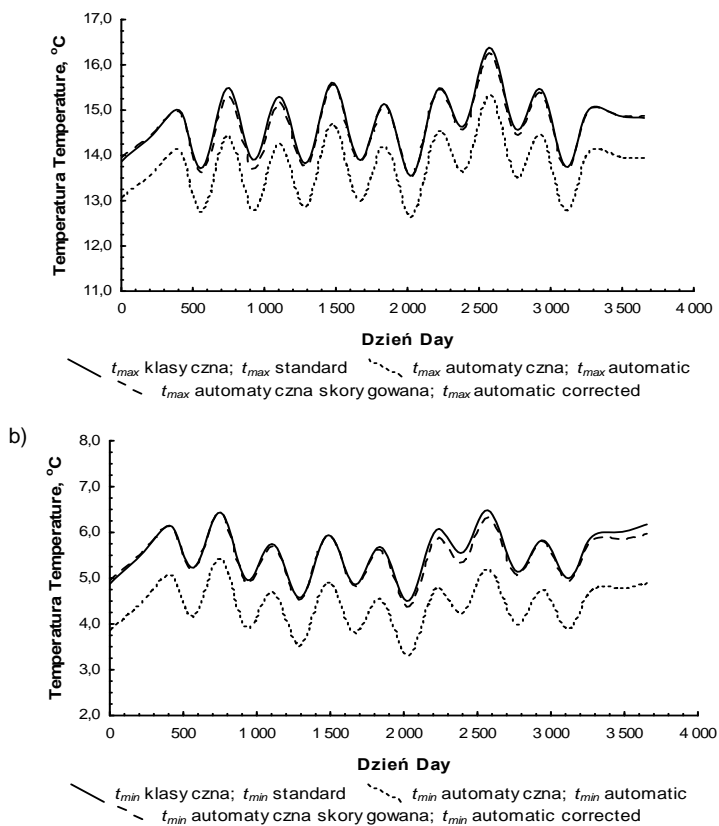
Parametry Parameters	Zakres Range					
Klasa Class, °C	<-20,0; -18,0)	<-18,0; -16,0)	<-16,0; -14,0)	<-14,0; -12,0)	<-12,0; -10,0)	<-10,0; -8,0)
Różnica Difference, °C	0,6	2,1	0,6	1,2	1,1	1,2
Liczba obserwacji Number of records	1	2	5	7	8	19
δ , °C	0,0	1,3	0,5	0,8	1,1	1,3
SE, °C	0,0	0,9	0,2	0,3	0,4	0,3
Klasa Class, °C	<-8,0; -6,0)	<-6,0; -4,0)	<-4,0; -2,0)	<-2,0; 0,0)	<0,0; 2,0)	<2,0; 4,0)
Różnica Difference, °C	1,2	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0
Liczba obserwacji Number of records	33	54	91	196	280	255
δ , °C	0,7	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
SE, °C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Klasa Class, °C	<4,0; 6,0)	<6,0; 8,0)	<8,0; 10,0)	<10,0; 12,0)	<12,0; 14,0)	<14,0; 16,0)
Różnica Difference, °C	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
Liczba obserwacji Number of records	274	268	266	302	258	288
δ , °C	1,2	1,1	1,3	1,1	1,2	1,2
SE, °C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Klasa Class, °C	<16,0; 18,0)	<18,0; 20,0)	<20,0; 22,0)	<22,0; 24,0)	<24,0; 26,0)	<26,0; 28,0)
Różnica Difference, °C	1,2	1,1	1,0	1,0	0,8	1,2
Liczba obserwacji Number of records	313	280	237	94	34	11
δ , °C	1,1	1,1	0,8	1,1	0,5	1,3
SE, °C	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4

Objaśnienia, jak pod tabelą 1. Explanations as in Tab. 1.

Źródło: wyniki własne. Source: own results.

Otrzymane średnie różnice między temperaturami ekstremalnymi mierzonymi dwiema metodami w poszczególnych zakresach temperatury średniej dobowej potraktowano jako poprawkę danych ze stacji automatycznej. Ich wartości dodano do t_{\max} i t_{\min} mierzonych czujnikami elektronicznymi, ponieważ były one w większości niższe od mierzonych metodą klasyczną. Analogicznie jak w przypadku t_p , po przeprowadzeniu transformacji przebieg temperatur ekstremalnych zanotowany na

stacji automatycznej w latach 2000–2009 uległ zmianie. Skorygowane dane z pomiarów czujnikami elektronicznymi były bliższe wartościom otrzymanym metodą standardową (rys. 3). Zdecydowanie też zmniejszyły się różnice między wynikami pomiarów wykonanych obiema metodami, a wartości w uzyskanych szeregach czasowych były wyraźnie bliższe zeru niż w szeregach oryginalnych.



Rys. 3. Temperatura: a) maksymalna t_{max} , b) minimalna t_{min} , mierzone za pomocą stacji klasycznej i automatycznej w kolejnych dobach lat 2000–2009; źródło: wyniki własne

Fig. 3. Temperature: a) maximum t_{max} (°C), b) minimum t_{min} (°C) measured with standard and automatic station in the subsequent days of the period of 2000–2009; source: own results

Przeprowadzona korekta wpłynęła również na częstość występowania różnic między wynikami obu metod. W najliczniejszych wcześniej zakresach różnic $\langle -1,0; 1,0 \rangle$ i $\langle 1,0; 3,0 \rangle$ znalazło się: w przypadku t_{max} odpowiednio 91 i 6% wyników (pierwotnie 74 i 21%), a w przypadku t_{min} – 85 i 10% (poprzednio 62 i 30%).

LORENC [2006] uznaje serię pomiarową za homogeniczną, gdy co najmniej 90% różnic t_p znajduje się w zakresie $\pm 0,2^\circ\text{C}$, a t_{max} i t_{min} w zakresie $\pm 1,0^\circ\text{C}$. Klasy-

fikacja ta okazała się zbyt rygorystyczna w przypadku długich okresów porównawczych i celowe byłoby obniżenie krytycznego progu częstości występowania różnic temperatur ekstremalnych mierzonych obiema metodami w podanej przez autorkę klasie $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ do 80%. Z przeprowadzonych analiz wynika także, że środkowy zakres $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ jest zbyt wąski dla różnic między średnią temperaturą powietrza mierzoną obiema metodami we Wrocławiu-Swojcu i należałoby go rozszerzyć co najmniej do $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

WNIOSKI

1. W dziesięcioletnim okresie badań termometry cieczowe wskazywały wyższe wartości temperatury powietrza niż czujniki elektroniczne, o czym świadczy przewaga dodatnich wartości różnic między wynikami obu metod pomiaru.

2. Rozrzut różnic wyników pomiarów obu temperatur ekstremalnych dwiema metodami był dużo większy niż temperatury średniej dobowej.

3. Szeregi czasowe różnic nie podlegały zmianom sezonowym; dobowe wartości elementów termicznych powietrza otrzymywanych z pomiarów klasycznych i automatycznych różniły się o stałą wartość, niezależną od pory roku i upływu czasu.

4. Wyniki transformacji danych z pomiarów automatycznych za pomocą zaproponowanej metody były satysfakcjonujące. Skorygowane średnie dobowe oraz ekstremalne wartości temperatury powietrza otrzymane z czujników elektronicznych były znacznie bliższe danym klasycznym niż oryginalne.

5. Przeprowadzona korekta spowodowała zwiększenie udziału różnic w przedziałach środkowych.

6. Uznano, że metoda oceny homogeniczności serii pomiarowych stosowana przez LORENC [2006] jest zbyt rygorystyczna w przypadku dziesięcioletniego ciągu obserwacyjnego. Zaproponowano przyjęcie łagodniejszej klasyfikacji.

LITERATURA

- BACIU M., COPACIU V., BREZA T., CHEVAL S., PESCARU I.V. 2005. Preliminary results obtained following the intercomparison of the meteorological parameters provided by automatic and classical stations in Romania. W: Instruments and observing methods. WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation TECO-2005. Bucharest, Romania, 4–7 May 2005 [online]. [Dostęp 10.01.2011]. Dostępny w Internecie www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-82-TECO_2005/Programme_index.html.
- BUDZIK T., MARSZAŁ M. 2006. Porównanie temperatury powietrza w klatce meteorologicznej i osłonie antyradiacyjnej na przykładzie pomiarów w Sosnowcu w 2003 roku. *Annales UMCS. Vol. 61. Nr 12. Sec. B s. 107–115.*

- DURŁO G. 2001. Porównanie wyników pomiarów standardowych i automatycznej stacji meteorologicznej na Kopciowej w Krynicy. W: Problematyka pomiarów i opracowań elementów meteorologicznych. Pr. zbior. Red. S. Mrugała. Lublin. Wydaw. UMCS s. 33–42.
- KAJEWSKA J., ROJEK M. 2009. Porównanie temperatury powietrza mierzonej przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej w Obserwatorium Wrocław-Swojec. *Acta Agrophysica*. Vol. 13. Nr 3 s. 713–723.
- KEJNA M., USCKA-KOWALKOWSKA J. 2006. Porównanie wyników pomiarów meteorologicznych w stacji ZMŚP w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) wykonanych metodą tradycyjną i automatyczną w roku hydrologicznym 2002. *Annales UMCS*. Vol. 61. Nr 24. Sec. B s. 208–217.
- KUŚMIEREK R. 2008. Przydatność automatycznej stacji pomiarowej do osłony meteorologicznej rolnictwa. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*. Z. 1(39) s. 26–34.
- LORENC H. 2006. Ocena jakości danych meteorologicznych po wprowadzeniu automatycznych przyrządów rejestrujących na sieci IMGW. *Annales UMCS*. Vol. 61. Nr 30. Sec. B s. 256–266.
- ŁOMOTOWSKI J., ROJEK M., STUDZIŃSKI J. 2001. Metody archiwizacji danych pochodzących z automatycznych stacji meteorologicznych. *Annales UMCS*. Vol. 55/56. Nr 37. Sec. B s. 211–220.
- METE M. 2008. Implementation of Automatic Weather Observing Systems (AWOS) in the mountainous areas. WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observations. St. Petersburg, Russian Federation, 27–29 November 2008 [online]. [Dostęp 10.01.2011]. Dostępny w Internecie www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/_PROGRAMME.HTML.
- PETERSON T.C., EASTERLING D.R., KARL T.R., GROISMAN P., NICHOLLS N., PLUMMER N., TOROK S., AUER I., BOEHM R., GULLETT D., VINCENT L., HEINO R., TUOMENVIRTA H., MESTRE O., SZENTIMREY T., SALINGER J., FØRLAND E.J., HANSEN-BAUER I., ALEXANDERSSON H., JONES P., PARKER D. 1998. Homogeneity adjustments of in situ climate data: a review. *International Journal of Climatology*. Vol. 18 s. 1493–1517.
- J. ŁOMOTOWSKI, M. ROJEK (red.) 2001. Wybrane zagadnienia z zakresu pomiarów i metod opracowania danych automatycznych stacji meteorologicznych. Monografie. Vol. 25. Nr 428. Wrocław. Wydaw. AR. ISBN 83-87866-68-7 ss. 87.
- ŻARSKI J., DUDEK S., KUŚMIEREK R. 2001. Wstępna ocena przydatności automatycznej stacji pomiarowej do badań agrometeorologicznych. *Zeszyty Naukowe ATR Bydgoszcz*. Nr 236. Rolnictwo. Nr 47 s. 129–134.
- ŻĄDŁO T., WYWIĄŁ J. 2008. Prognozowanie szeregów czasowych za pomocą pakietu SPSS. Kraków. SPSS Polska. ISBN 978-83-912871-3-2 ss. 160.

Joanna KAJEWSKA-SZKUDLAREK

USING TIME SERIES FOR THE COMPARISON OF AIR TEMPERATURE MEASURED WITH STANDARD AND AUTOMATIC STATION

Key words: *automatic station, extreme air temperature, mean air temperature, standard method, time series*

S u m m a r y

The study presents the result of a comparison between air thermal parameters measured with standard (manual) and automatic method in the Wrocław-Swojec Observatory in the period 2000–2009. Daily values of mean air temperature (t_p), maximum (t_{\max}) and minimum (t_{\min}) air temperature were analyzed. Manual measurements were conducted using standard and extreme thermometers

placed 2 meters above the ground in a meteorological screen. The average daily values of t_p were calculated from four temporal measurements (1, 7, 13, 19 CET); values from 1 a.m. were obtained from daily thermohygrographs. Parallel to standard observations, measurements were performed with the Campbell automatic weather station. Electronic sensor for measuring air temperature (MP 100A Rotronik) was placed in the same screen, in which manual devices were situated. This sensor was programmed to sample every 60 seconds and to record the extreme values of air temperature and the hour they had occurred. Hourly averages from automatic station were calculated from minute measurements and mean daily t_p was calculated from hourly values.

In most cases, during the period 2000–2009, standard thermometers showed higher temperature than electronic sensors. Mean differences between values from both stations were 0.8°C for t_p , 0.9°C for t_{\max} and 1.1°C for t_{\min} . The greatest differences were: 4.4°C (t_p), 12.5°C (t_{\max}), 10.5°C (t_{\min}), but so high values occurred incidentally. Time series of differences did not show seasonal changes, which was confirmed by the analysis of autocorrelation and partial autocorrelation. Transformation of automatic data resulted in much closer adjustment of air temperature values to standard in the comparison with original automatic daily data. Moreover, the frequency of differences in the middle ranges significantly increased.



Adres do korespondencji: dr J. Kajewska-Szkudlarek, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław; tel. +48 71 320-19-48; e-mail: Joanna.Kajewska@up.wroc.pl