

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 65, 2014: 250–260  
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 65, 2014)  
Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 65, 2014: 250–260  
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 65, 2014)

**Joanna KAJEWSKA-SZKUDLAREK<sup>1</sup>, Marian ROJEK<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut Inżynierii Środowiska, <sup>2</sup>Institut Kształtowania i Ochrony Środowiska  
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>1</sup>Institute of Environmental Engineering, <sup>2</sup>Institute of Environmental Protection  
and Development

Wrocław University of Environmental and Life Sciences

## **Porównanie średniej dobowej temperatury gleby porośniętej trawnikiem mierzonej i obliczanej metodami standardową i automatyczną**

### **Mean daily values of soil temperature under the grassy land measured and calculated with the standard and automatic methods**

**Słowa kluczowe:** dekompozycja sezonowa, metoda automatyczna, stacja klasyczna, szeregi czasowe, średnie dobowe, temperatura gleby

**Key words:** seasonal decomposition, automatic method, standard station, time series, daily averages, soil temperature

## **Wprowadzenie**

Za jeden z priorytetów współczesnej meteorologii uważane jest zapewnienie nowej, wyższej jakości pomiarów parametrów meteorologicznych (Tam i inni, 2005). Jej przejawem jest wykorzystanie automatycznych stacji meteorologicznych (AWS), które ułatwiają zbieranie, gromadzenie, i przetwarzanie danych w porównaniu z klasycznymi metodami manualnymi. Co więcej, AWS umożliwiają ciągłe pomiary w ciągu doby

z dowolnym krokiem czasowym, a dane otrzymane w ten sposób charakteryzuje dużo większa dokładność oraz wiarygodność (Mete, 2008).

Rezygnacja z przyrządów standardowych i zastępowanie ich nowoczesnymi instrumentami pomiarowymi na stacjach meteorologicznych są jednak związane z problemami natury metodologicznej (Łomotowski i Rojek, 2001). Według metodyki IMGW, średnią dobową wartość z pomiarów klasycznych oblicza się, w zależności od analizowanego parametru meteorologicznego, z trzech bądź czterech terminowych obserwacji w ciągu doby, natomiast w przypadku stacji automatycznej jest ona obliczana z wszystkich 24 godzin. Badania porównawcze wartości dobowych obliczanych w ten sposób wskazują, że występowa-

nie różnic między nimi spowodowane jest odmiennym sposobem ich obliczania (Łabędzki i inni, 2001).

W celu weryfikacji tej hipotezy analizowano średnie dobowe wartości temperatury gleby porośniętej trawnikiem mierzonej na głębokościach 5 i 10 cm ( $t_{tr5}$ ,  $t_{tr10}$ ), pochodzące z trzech pomiarów w ciągu doby według wskazań przyrządów standardowych oraz czujników elektronicznych z tych samych terminów i z wszystkich 24 godzin.

Uzyskane wyniki są próbą odpowiedzi na pytanie, co jest powodem występowania różnic między wynikami obu metod pomiaru parametrów meteorologicznych. Czy rzeczywiście jest nim sposób obliczania średnich dobowych, czy może odmienna konstrukcja i dokładność obu rodzajów wykorzystywanych przyrządów (Szwejkowski, 1999)?

## **Material i metody badań**

Wykorzystany w pracy materiał badawczy obejmował wyniki pomiarów temperatury gleby porośniętej trawnikiem, prowadzonych za pomocą metod klasycznej (termometry rtęciowe) i automatycznej (AWS Campbell) w dziesięcioletnim okresie 2000–2009 na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego Wrocław-Swojec.

Obserwacje manualne wykonywano za pomocą termometrów glebowych kolankowych, umieszczonych 5 i 10 cm pod powierzchnią gleby porośniętej trawnikiem. Średnie dobowe obliczano z trzech dziennych terminów pomiarowych: 7, 13, 19 CET i zgodnie z meto-

dyką IMGW pomijano wartości z godzin nocnych.

Aby zapewnić zachowanie zasady porównywalności miejsca pomiarów, elektroniczne czujniki do pomiaru temperatury gleby (termistory 107) umieszczono w odległości około 30 cm od stanowiska termometrów glebowych kolankowych. Średnie wartości dobowe według stacji automatycznej obliczano na podstawie wszystkich 24 godzin oraz tych samych terminów, w których wykonywane były obserwacje manualne.

Średnie dobowe otrzymane zarówno z klasycznych, jak i automatycznych obserwacji terminowych porównywano z wartościami obliczonymi z automatycznych pomiarów 24-godzinnych. W tym celu wykorzystano analizę regresji i współczynników korelacji, określono częstość i istotność różnic między metodą klasyczną i automatyczną oraz przeprowadzono analizę szeregów czasowych. Za szereg czasowy uznano dobowe wartości różnic między temperaturą gleby mierzoną dwoma sposobami w okresie od 1 stycznia 2000 do 31 grudnia 2009 roku. Dla każdej głębokości otrzymano dwa szeregi czasowe – od średnich według stacji klasycznej odejmowano średnie pochodzące z terminowych pomiarów automatycznych oraz ze wszystkich 24 godzin doby.

Analiza szeregów czasowych obejmowała analizę autokorelacji oraz dekompozycję sezonową ciągów różnic między średnią dobową temperaturą gleby mierzoną metodą manualną oraz automatyczną. Efektem dekompozycji było wyizolowanie poszczególnych składowych szeregów czasowych: składnika sezonowego, trendu oraz

wahań długookresowych a także składnika losowego.

Wszystkie analizy statystyczne przeprowadzono, wykorzystując program Statistica 10.0.

## Wyniki badań i dyskusja

Na wstępie dokonano porównania wyników analizy regresji przeprowadzonej dla średniej dobowej temperatury gleby obliczanej różnymi metodami. Okazało się, że zmiana sposobu uśredniania wartości dobowych według stacji automatycznej nie wpłynęła na jej wynik. Porównanie współczynników korelacji obliczonych na podstawie pomiarów terminowych (zarówno klasycznych, jak i automatycznych) z wartościami obliczonymi z 24 godzin (metoda automatyczna) oraz z pomiarów terminowych (metoda klasyczna) wykazało, że praktycznie się one nie różniły. Nieoczekiwanie nieco większe wartości współczynników korelacji otrzymano przed zmianą sposobu obliczania średnich dobowych z pomiarów automatycznych. Dla  $t_{w5}$  wynosiły one 0,999 (przed) i 0,993 (po), podczas gdy dla  $t_{w10}$  były one równe 0,994 oraz 0,993.

Większe różnice wyników uzyskanym dwiema metodami na głębokości 5 cm oraz ich największą częstość w przedziale [1,0; 3,0) można tłumaczyć różną bezwładnością obu czujników, a także prowadzonymi pracami agrotechnicznymi naruszającymi wierzchnią warstwę gleby w ich pobliżu.

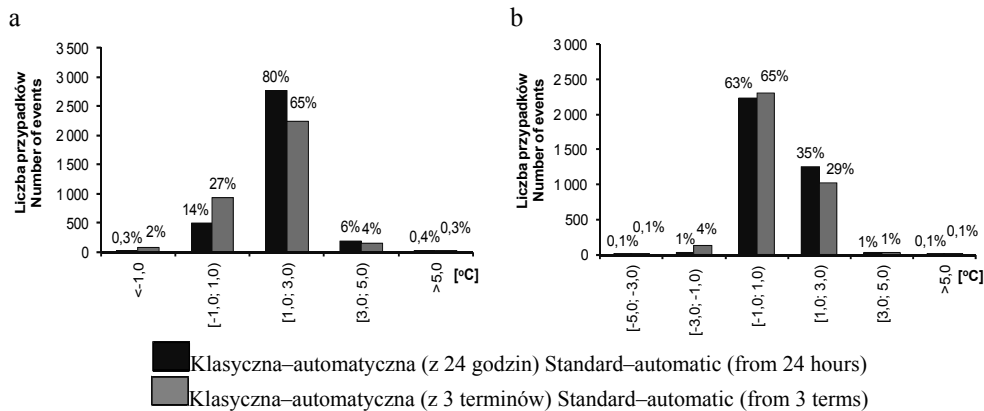
Do oceny homogeniczności serii pomiarowych Lorenc (2006) zaproponowała wykorzystanie częstości występowania różnic między dobowymi

wartościami analizowanych parametrów meteorologicznych. Serię uznawała za jednorodną, gdy 90% wszystkich wartości znajdowało się w środkowej klasie częstości (Lorenc, 2006). Wzorując się na metodyce stworzonej dla temperatury powietrza, w niniejszej pracy przeprowadzono ocenę częstości występowania różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej murawą obliczanymi w różny sposób. Zwracano szczególnie uwagę na liczebność w środkowej klasie częstości [-1,0; 1,0). Poniżej zestawiono wyniki dla różnic między wartościami pochodzącymi z pomiarów klasycznych terminowych i automatycznych z 24 godzin oraz z obserwacji terminowych wykonywanych przyrządami standardowymi i czujnikami elektronicznymi.

Zmiana sposobu obliczania średnich dobowych wartości temperatury gleby na obu głębokościach nie zmieniła w istotny sposób rozkładu częstości różnic (rys. 1a, b). Najliczniejszą klasą w przypadku  $t_{w5}$  pozostał przedział [1,0; 3,0), a dla  $t_{w10}$  środkowy przedział częstości [-1,0; 1,0). Jednak wymagany do uznania serii za homogeniczną 90-procentowy próg częstości nie został spełniony bez względu na to, jaki wzór do obliczania średniej dobowej według metody automatycznej został zastosowany.

Dla temperatury gleby mierzonej pod powierzchnią trawnika na głębokości 5 cm liczebność klasy centralnej zwiększyła się z 14 do 27%. Zmiana ta nastąpiła kosztem liczebności w klasie [1,0; 3,0), w której zmniejszyła się ona z 80 do 65% (rys. 1a).

W przypadku temperatury gleby na głębokości 10 cm częstość w przedziale środkowym wzrosła z 63 do 65%, podczas



RYSUNEK 1. Częstość występowania różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem (°C) na głębokościach 5 cm (a) i 10 cm (b), mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009 (źródło: wyniki własne)

FIGURE 1. Frequency of occurrence of differences between daily values of soil temperature under the grassy land (°C) at a depth of 5 cm (a) and 10 cm (b), measured with standard and automatic methods in the period 2000–2009 (source: own results)

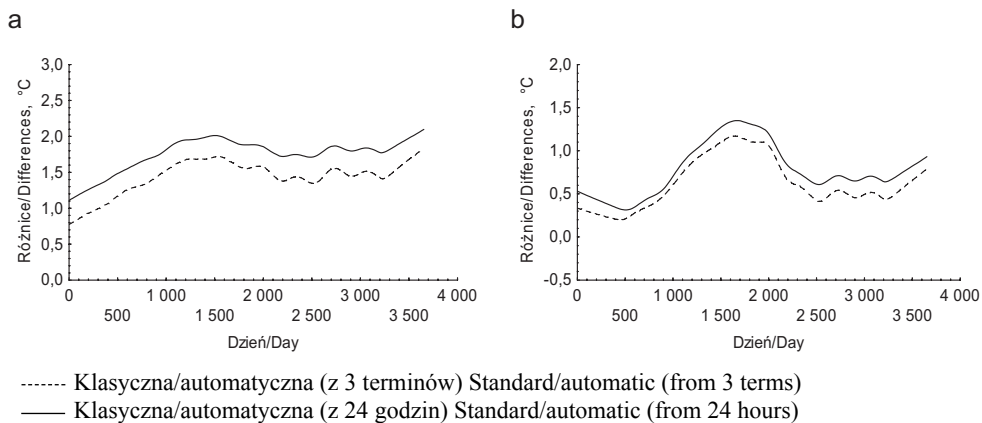
gdy odsetek różnic z zakresu [1,0; 3,0) zmniejszył się z 35 do 29% (rys. 1b).

Na podstawie uzyskanych wyników, uznano, że klasyfikacja Lorenc jest zbyt rygorystyczna dla długiego okresu porównawczego. Autorka stworzyła ją na podstawie częstości występowania różnic między obiema metodami dla kilku stacji w krótkim okresie obejmującym badania prowadzone jedynie w 2003 roku. W przypadku długich serii pomiarowych celowym byłoby obniżenie progu krytycznego częstości występowania odchyleń w podanych przez Lorenc przedziałach.

Na kolejnym rysunku przedstawiono przebieg różnic między średnimi terminowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem, według obu metod oraz między średnimi obliczonymi na podstawie pomiarów klasycznych i automatycznych ciągłych. W celu poprawienia ich czytelności, zamiast danych oryginalnych, wykorzystano

średnie z 10-letniego okresu badań, wygładzone za pomocą odpornej regresji lokalnie ważonej (rys. 2a, b).

Na obu głębokościach, przeciętna różnica między klasyczną i automatyczną metodą pomiaru temperatury gleby zmniejszyła się wraz z zastosowaniem nowego sposobu obliczania średniej dobowej według pomiarów czujnikami elektronicznymi (w przypadku  $t_{tr5}$  o ok. 0,3°C, a  $t_{tr10}$  o ok. 0,15°C). Dla średnich terminowych sezonowości różnic, która wyrażała się wzrostem dodatnich wartości różnic w okresach zimowych oraz ujemnych w letnich, nadal była zauważalna. Dość dużym zakresem zmienności charakteryzowały się różnice  $t_{tr5}$ , które wcześniej wynosiły od -3,0 do 7,2°C (obie wartości wystąpiły w 2006 roku), a po zmianie formuły do obliczania średnich dobowych na podstawie pomiarów automatycznych od -3,5°C (2006) do 7,1°C (2006, 2009). Ekstremalne wartości w przypadku  $t_{tr10}$  pierwotnie były



RYSunEK 2. Dobowe wartości różnic: a –  $t_{tr5}$ , b –  $t_{tr10}$  (°C), między średnimi według metod klasycznej i automatycznej w kolejnych dniach okresu 2000–2009 (źródło: wyniki własne)

FIGURE 2. Daily differences: a –  $t_{tr5}$ , b –  $t_{tr10}$  (°C), between average values according to standard and automatic methods in the following days of the period 2000–2009 (source: own results)

równe  $-4,0$  i  $7,6^{\circ}\text{C}$ , a następnie  $-4,4$  i  $7,6^{\circ}\text{C}$  (wszystkie wartości wystąpiły w 2006 roku).

W poszczególnych miesiącach analizowanego dziesięciolecia 2000–2009 przeprowadzono ocenę istotności różnic między klasycznym i automatycznym sposobem pomiaru temperatury gleby (tab. 1a, b). Pozwoliło to odpowiedzieć na pytanie czy obserwowane różnice są istotne.

W poniższych tabelach zaznaczono istotne wartości różnic między średnimi dobowymi z pomiarów metodą klasyczną i automatyczną z 24 godzin, średnimi z klasycznych i automatycznych pomiarów terminowych oraz różnice istotne w obu tych przypadkach.

Zdecydowanie więcej miesięcy z istotnymi różnicami notowano dla temperatury gleby mierzonej na głębokości 5 cm niż na 10 cm (tab. 1a). Zmiana sposobu obliczania średnich dobowych wpłynęła na zmniejszenie ich liczby. Dla średnich terminowych obserwowano 77 istotnych wartości (jedynym

miesiącem, w którym ich nie notowano był kwiecień), podczas gdy wcześniej miesiące z istotnymi różnicami między średnimi z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin było 103. Aż w 77 miesiącach na 120 istotne wartości różnic temperatury gleby otrzymane dla średnich dobowych, pochodzących z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin potwierdziły się dla średnich terminowych.

Inaczej było w przypadku  $t_{tr10}$ . W latach 2000–2009 wystąpiły 54 miesiące z istotnymi wartościami różnic między średnimi z pomiarów manualnych i automatycznych ciągłych oraz 43 z pomiarów terminowych (klasycznych i automatycznych), przy czym wyniki uzyskane wcześniej potwierdziły się w 37 przypadkach. Bez względu na sposób obliczania średnich dobowych w 2001 roku nie notowano żadnego miesiąca z istotnymi różnicami między obiema metodami pomiaru temperatury gleby na głębokości 10 cm (tab. 1b).

TABELA 1. Istotność różnic: a –  $t_{tr5}$ , b –  $t_{tr10}$  (°C), między średnimi według stacji klasycznej i automatycznej w okresie 2000–2009 (źródło: wyniki własne)

TABLE 1. Relevance of differences: a –  $t_{tr5}$ , b –  $t_{tr10}$  (°C), between mean values according to standard and automatic station in the period 2000–2009 (source: own results)

a		b	
Miesiące Months	2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009	Miesiące Months	2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009
I		I	
II		II	
III		III	
IV		IV	
V		V	
VI		VI	
VII		VII	
VIII		VIII	
IX		IX	
X		X	
XI		XI	
XII		XII	

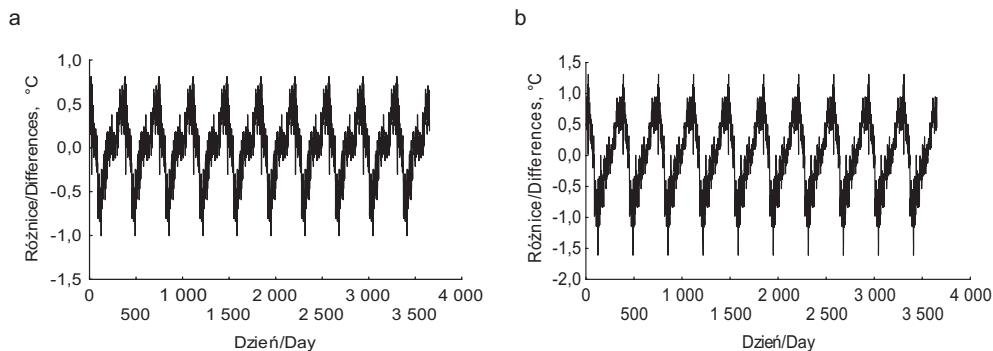
■■■ Statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 24 godzin)/Significant for standard–automatic (from 24 hours)  
 ▨ Statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)/Significant for standard–automatic (from 3 terms)  
 ▩ Statystycznie istotne dla klasyczna–automatyczna (z 24 godzin) oraz klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)/Significant for standard–automatic (from 24 hours) and standard–automatic (from 3 terms)

We wcześniejszych pracach autorów przeprowadzono analizę autokorelacji szeregów czasowych różnic między średnimi dobowymi wartościami z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin w celu stwierdzenia, czy podlegają one fluktuacjom sezonowym (Kajewska i Rojek, 2011). Analogiczną analizę przeprowadzono na podstawie średnich terminowych, pochodzących z pomiarów obiema metodami, jednak wyników tych, ze względu na ograniczoną objętość pracy, nie zamieszczono. Analiza autokorelacji badanych szeregów czasowych wykazała roczną sezonowość na obu głębokościach.

Następnie, w celu wyizolowania poszczególnych składowych ciągów różnic, poddano je dekompozycji sezonowej (składnik sezonowy, trend i wskaźnik losowy). Zestawiono wykresy otrzymane dla różnic między średnimi dobowymi obliczonymi na podstawie pomiarów

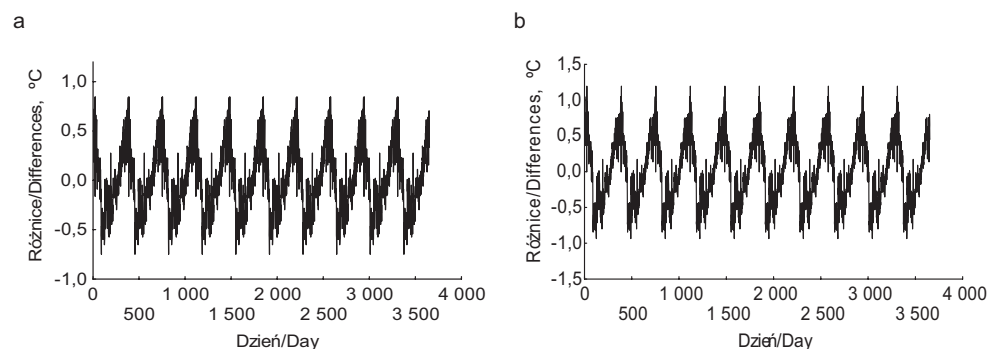
klasycznych i automatycznych ciągłych (rys. 3–8a) z wynikami dekompozycji sezonowej szeregów czasowych różnic między średnimi z klasycznych i automatycznych pomiarów terminowych (rys. 3–8b).

W pierwszym przypadku składnik sezonowy dla  $t_{tr5}$  wahał się od  $-1,0^{\circ}\text{C}$  w okresie zimowym do  $0,8^{\circ}\text{C}$  w letnim. Oznacza to, że w zimie wartości temperatury gleby były o  $0,8^{\circ}\text{C}$  większe, a w lecie o  $1,0^{\circ}\text{C}$  mniejsze niż wartości wynikające z trendu (rys. 3a). Obliczenie średnich dobowych z pomiarów terminowych spowodowało, że składnik sezonowy obejmował wartości w przedziale od  $-1,6$  do  $1,4^{\circ}\text{C}$  (rys. 3b). Dla różnic  $t_{tr10}$  z pomiarów klasycznych i automatycznych ciągłych składnik sezonowy oscylował między  $-0,7$  a  $0,9^{\circ}\text{C}$  (rys. 4a), a w przypadku średnich terminowych przyjmował wartości z zakresu od  $-1,0^{\circ}\text{C}$  w lecie do  $1,3^{\circ}\text{C}$  w zimie (rys. 4b).



RYSUNEK 3. Składnik sezonowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 5 cm, mierzonej z wykorzystaniem stacji klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

FIGURE 3. Periodic component of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 5 cm, measured with standard and automatic station (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)



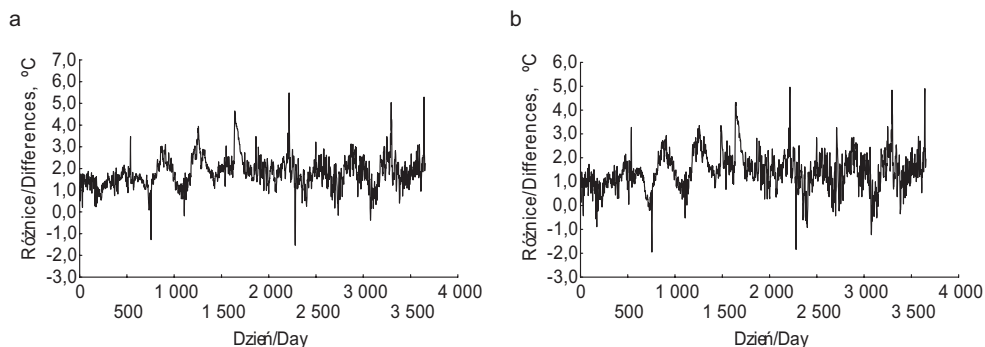
RYSUNEK 4. Składnik sezonowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 10 cm, mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

FIGURE 4. Periodic component of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 10 cm, measured with standard and automatic methods (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)

Linia obrazująca trend różnic między średnimi dobowymi wartościami  $t_{tr5}$  z pomiarów klasycznych i automatycznych z 24 godzin cechowała się niewielką tendencją wzrostową w całym okresie badań i zauważalną różnicą między wartościami otrzymywanymi w okresie letnim a zimowym. Wartości te zawie-

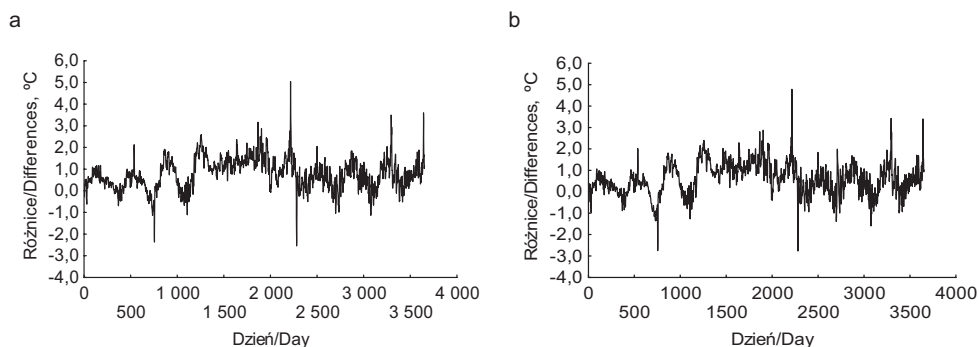
rały się w przedziale od  $-1,5$  do  $5,5^{\circ}\text{C}$ , ale ekstremalne różnice wystąpiły tylko po 2006 roku (rys. 5a). Na wykresie 5b ogólny trend rosnący został zachowany, a zakres wahań wynosił od  $-2,0$  do  $5,0^{\circ}\text{C}$ .

W przypadku  $t_{tr10}$  wyizolowana z danych linia trendu, niezależnie od



RYSUNEK 5. Trend szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 5 cm, mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

FIGURE 5. Trend of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 5 cm, measured with standard and automatic methods (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)



RYSUNEK 6. Trend szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 10 cm, mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

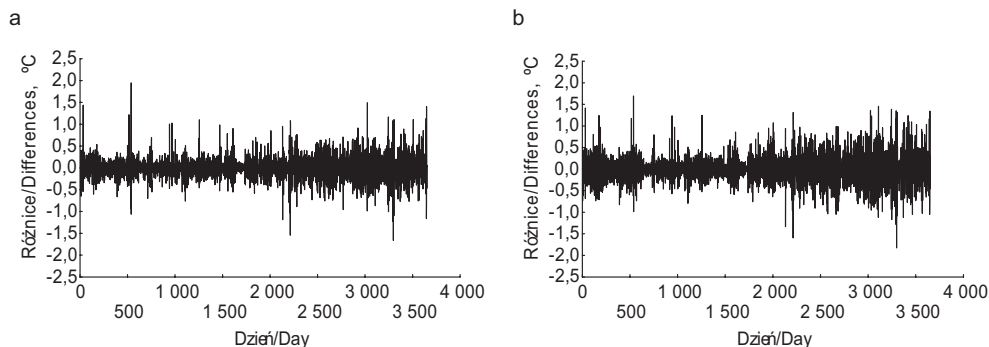
FIGURE 6. Trend of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 10 cm, measured with standard and automatic methods (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)

sposobu obliczania średnich dobowych, odzwierciedlała również lekką tendencję wzrostową. Maksymalnie do 5,0°C wyższe były wskazania czujników elektronicznych w odniesieniu do termometrów glebowych kolankowych (rys. 6a, b).

Ostatnią wyizolowaną składową szeregu czasowych wyznaczoną dzie-

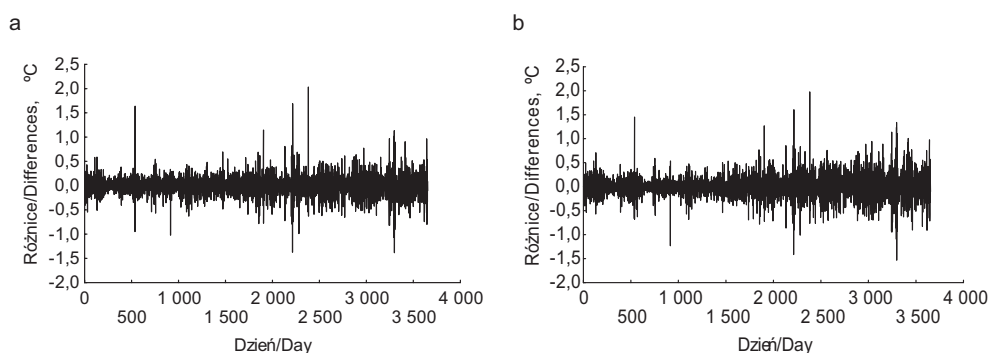
ki dekompozycji był wskaźnik losowy, który informuje o przypadkowych, losowych zdarzeniach mających wpływ na wielkość różnic między klasyczną i automatyczną metodą pomiaru parametrów meteorologicznych. Wskaźnik ten dla różnic między  $t_{1r5}$  z pomiarów klasycznych i ciągłych automatycznych wahał





RYSUNEK 7. Składnik losowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 5 cm, mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

FIGURE 7. Random component of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 5 cm, measured with standard and automatic methods (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)



RYSUNEK 8. Składnik losowy szeregu czasowego różnic między dobowymi wartościami temperatury gleby porośniętej trawnikiem na głębokości 10 cm, mierzonej z wykorzystaniem metod klasycznej i automatycznej (źródło: wyniki własne): a – klasyczna–automatyczna (z 24 godzin), b – klasyczna–automatyczna (z 3 terminów)

FIGURE 8. Random component of time series of differences between daily values of soil temperature under the grassy land at a depth of 10 cm, measured with standard and automatic methods (source: own results): a – standard–automatic (from 24 hours), b – standard–automatic (from 3 terms)

się od  $-1,7$  do  $2,0^{\circ}\text{C}$ , natomiast w przypadku średnich terminowych od  $-1,9$  do  $1,7^{\circ}\text{C}$ ; większość wartości zawierała się w przedziale od  $-1,0$  do  $1,0^{\circ}\text{C}$  (rys. 7a, b). Składnik losowy dobowych różnic między  $t_{tr,10}$  według stacji klasycznej i automatycznej, obliczanych za pomo-

cą obu wzorów, wynosił od  $-1,5$  do ok.  $2,0^{\circ}\text{C}$  (rys. 8a, b). Na obu głębokościach zmiana sposobu obliczania średnich dobowych według stacji automatycznej skutkowałą zwiększeniem fluktuacji wskaźnika losowego w ostatnich latach badań (po 2007 roku).

## Wnioski

1. Zmiana sposobu obliczania średniej dobowej temperatury gleby na podstawie pomiarów automatycznych z 24 godzin na trzy wartości terminowe i pominięcie obserwacji z godzin nocnych nie spowodowała istotnego zmniejszenia różnic między obiema metodami. Stosowanie uproszczonego wzoru oznaczałoby niepotrzebną rezygnację z większej liczby dokładnych danych, pochodzących z obserwacji ciągłych.
2. Po całkowitej automatyzacji pomiarów, do tworzenia homogenicznych ciągów obserwacyjnych na obu badanych głębokościach wskazane byłoby stosowanie korekty danych na podstawie równoległych pomiarów obiema metodami, wykorzystując do tego celu bądź uzyskane równania regresji liniowej, bądź też łatwe do obliczenia wartości różnic obu metod.  
Podobne wyniki, zamieszczone w innej pracy, otrzymano dla standardowej powierzchni ugoru.
3. Bez względu na sposób obliczania wartości średnich dobowych według metody automatycznej nie został osiągnięty 90-procentowy próg częstości różnic w przedziale środkowym  $[-1,0; 1,0]$ .
4. Szeregi czasowe różnic, otrzymane dla temperatury gleby porośniętej trawnikiem, charakteryzowały się roczną sezonowością, która przejawiała się występowaniem dodatnich wartości w okresach zimowych oraz ujemnych w letnich.

## Literatura

- Kajewska, J. i Rojek, M. (2011). Wykorzystanie szeregów czasowych do oceny różnic wartości temperatury gleby mierzonej dwiema metodami. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 11, 4(36), 149-160.
- Kajewska-Szkudlarek, J. i Rojek, M. (2013). Porównanie średniej dobowej temperatury i wilgotności powietrza mierzonych i obliczanych metodami standardową i automatyczną. *Woda – Środowisko – Obszary Wiejskie*, 13, 1(41), 59-73.
- Lorenc, H. (2006). Ocena jakości danych meteorologicznych po wprowadzeniu automatycznych przyrządów rejestrujących na sieci IMGW. *Annales UMCS*, 61(30), 256-266.
- Łabędzki, L., Roguski, W. i Kasperska, W. (2001). Ocena pomiarów meteorologicznych prowadzonych stacją automatyczną. *Przegląd Naukowy Wydziału Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW*, 21, 195-201.
- Łomotowski, J. i Rojek, M. (red.). (2001). Wybrane zagadnienia z zakresu pomiarów i metod opracowania danych automatycznych stacji meteorologicznych. *Monografie Wydawnictwa AR Wrocław*, 25, nr 428, 87.
- 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, 4 pp. Pobrano z lokalizacji: [http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96\\_TECO-2008/\\_PROGRAMME.HTML](http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-96_TECO-2008/_PROGRAMME.HTML) [3 March 2014].
- Szwejkowski, Z. (1999). Porównanie wyników pomiarów dokonywanych za pomocą klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Folia Universitatis Agriculture Stetinensis*, 201, *Agricultura* 89, 199–202.
- Tam, K.H., Lee, B.Y. i Chan, K.W. (2005). *New Automatic Weather Station System in Hong Kong. Featuring One-stop Quality Assurance, Internet Technology and Renewable Energy*. WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observations. Bucharest, Romania, 4-7 May 2005, 14 pp. Pobrano z lokalizacji: <http://www.hko.gov.hk/publica/reprint/r587.pdf> [24 February 2014].

## Streszczenie

**Porównanie średniej dobowej temperatury gleby porośniętej trawnikiem mierzonej i obliczanej metodami standardową i automatyczną.** W pracy przedstawiono wyniki analizy średnich dobowych wartości temperatury gleby mierzonej termometrami rtęciowymi i czujnikami elektronicznymi w okresie 2000–2009 na terenie Obserwatorium Wrocław-Swojec. Średnie dobowe według metody klasycznej były obliczane na podstawie trzech dziennych pomiarów terminowych, natomiast według metody automatycznej w dwojaki sposób: z tych samych terminów, w których wykonywano obserwacje manualne oraz z 24 godzin. W celu odpowiedzi na pytanie, czy zmiana sposobu obliczania średnich dobowych wartości temperatury gleby może spowodować zmniejszenie różnic pomiędzy obiema metodami jej pomiaru, wykorzystano analizę regresji, częstość i istotność różnic oraz analizę szeregów czasowych (tj. analizę autokorelacji i dekompozycję sezonową).

## Summary

**Mean daily values of soil temperature under the grassy land measured and calculated with the standard and automatic**

**methods.** The study presents the results of an analysis of mean daily values of soil temperature measured with mercury thermometers and electronic sensors during the period 2000–2009 in Wrocław-Swojec Observatory. Daily averages were calculated from three measurements a day with standard devices and in two ways from automatic data: from the same terms and from all 24 hours. Linear regression, frequency and significance of differences, time series analysis (i.e. autocorrelation analysis and seasonal decomposition using the additive model) were performed to determine whether a change in the method of calculating mean daily values might decrease the differences between the two methods.

### Authors' address:

Joanna Kajewska-Szkudlarek<sup>1</sup>

Marian Rojek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instytut Inżynierii Środowiska

<sup>2</sup>Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław

Poland

email: joanna.kajewska@up.wroc.pl

marian.rojek@up.wroc.pl