

Joanna Wibig, Krzysztof Fortuniak, Kazimierz Kłysik
Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ
Łódź

REKONSTRUKCJA SERII TEMPERATURY POWIETRZA W ŁODZI Z OKRESU 1903-2000

ZARYS TREŚCI

W opracowaniu wykorzystano średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w Łodzi z dwóch stacji pomiarowych: stacji KEŁ z okresu wrzesień 1903 - maj 1930 oraz stacji Łódź-Lublinek z okresu czerwiec 1930 - grudzień 2003. Do homogenizacji i uzupełnienia luk w danych wykorzystano serie średniej miesięcznej temperatury z Wrocławia, Bydgoszczy, Krakowa, Warszawy, Puław, Wiednia, Pragi i Berlina. Homogenizację przeprowadzono dwustopniowo. Najpierw sprawdzono homogeniczność pięciu serii temperatury z polskich stacji w oparciu o trzy homogeniczne serie z Wiednia, Pragi i Berlina. Na tej podstawie wykluczono z dalszej analizy serię wrocławską. W drugim etapie wszystkie pozostałe stacje wykorzystano do homogenizacji i uzupełnienia braków w serii łódzkiej. W obu przypadkach wykorzystano test Alexanderssona. Efektem ubocznym opracowania jest oszacowanie miejskiej wyspy ciepła w Łodzi w latach 1903-1930.

WSTĘP

Badania nad zmiennością klimatu wymagają stosowania długich serii obserwacyjnych. Tylko na ich podstawie można uzyskać rzetelne informacje o trendach i tendencjach zmienności na odpowiednim poziomie istotności. Jednak im dłuższa seria tym większe zwykle problemy z jednorodnością danych. Źródłem niejednorodności może być zmiana lokalizacji punktu pomiarowego, warunków wokół stacji, przyrządów pomiarowych, terminu obserwacji lub sposobu obliczania średnich dobowych. W Łodzi w latach 1903-2003 działały dwa punkty pomiarowe. Pierwszy z nich rozpoczął działalność we wrześniu 1903 roku na terenie Kolei Elektrycznej Łódzkiej (KEŁ) przy ul. Tramwajowej 6 (Kłysik i in. 1995a). Posterunek ten działał do maja 1930 roku, kiedy to został przeniesiony na teren lotniska Lublinek leżącego na południowy zachód od miasta. W tym miejscu pomiary prowadzone były od czerwca 1930 roku do chwili obecnej. Przeniesienie stacji z obszaru miasta na teren podmiejski nie odbyło się bez utraty homogeniczności. Celem tego opracowania jest uzyskanie stuletniej jednorodnej serii obserwacyjnej średniej miesięcznej temperatury w Łodzi, pokrywającej okres 1903-2003. Pierwszą taką próbę podjęto w 1995

roku (K ł y s i k i in. 1995b). Do homogenizacji wykorzystano wówczas dane z sześciu stacji pomiarowych w Polsce (Bydgoszczy, Krakowa, Poznania, Puław, Warszawy i Wrocławia). Szereg referencyjny wyznaczono jako średnią arytmetyczną z temperatury na wybranych stacjach. W obecnym opracowaniu wykorzystano dodatkowo trzy jednorodne serie temperatury ze stacji spoza Polski oraz niektóre wcześniej wykorzystane dane zastąpiono seriami ujednoliconymi (np. seria warszawska). Dodatkowo sprawdzono homogeniczność serii pochodzących z Polski. Do oceny i poprawy jednorodności wykorzystano bardziej dokładną metodę Alexanderssona (A l e x a n d e r s s o n , M o b e r g 1997)

DANE I METODY

W opracowaniu wykorzystano średnie miesięczne temperatury z dwóch stacji meteorologicznych działających w Łodzi w latach 1903-2003. Stacja KEŁ rozpoczęła swoją działalność we wrześniu 1903 roku i zakończyła w maju 1930. Brak jest danych z 1910 roku oraz z listopada 1923 roku. Dane ze stacji Łódź-Lublinek obejmują okres czerwiec 1930 - grudzień 2003, przy czym brak danych z sierpnia 1930 roku, od sierpnia 1939 do marca 1940, z 1945 roku oraz października i listopada 1946.

Do homogenizacji wykorzystano wartości średniej miesięcznej temperatury z tych stacji polskich, które posiadają serie sięgające początku XX wieku, czyli z Bydgoszczy, Krakowa, Puław, Warszawy i Wrocławia. Dla Warszawy użyto serii opracowanej przez L o r e n c (2000). Dla Wrocławia skorzystano z serii opracowanej przez P y k ę (1998) na podstawie kilku posterunków pomiarowych. Seria puławska była opracowana przez G ó r s k i e g o i M a r c i n i a k a (1992). Ponieważ homogeniczność tych danych była czasem kwestionowana, sięgnięto po jednorodne serie spoza Polski: z Wiednia, Pragi i Berlina (K l e i n T a n k i in. 2002). Wykaz stacji zawiera tab. 1.

Tabela 1

Wykaz stacji wykorzystanych
w celu homogenizacji łódzkiej serii średniej miesięcznej temperatury

List of stations used in analysis
of homogeneity of Łódź record of mean monthly air temperature

Stacja / Station	Okres / Period	Lokalizacja / Localisation		
		φ	λ	wys. n.p.m. / altitude
Bydgoszcz	1903-1985	53°06'N	17°57'E	68 m
Kraków	1903-1990	50°04'N	19°58'E	209 m
Puławy	1903-1990	51°25'N	21°57'E	140 m
Warszawa	1903-1998	52°13'N	21°02'E	110 m
Wrocław	1903-1990	51°06'N	16°53'E	120 m
Berlin	1903-2000	52°27'N	13°18'E	55 m
Praga	1903-2000	50°05'N	14°26'E	191 m
Wiedeń	1903-2000	48°14'N	16°21'E	198 m

W celu sprawdzenia homogeniczności temperatury zastosowano test Alexanderssona (A l e x a n d e r s s o n , M o b e r g 1997). W metodzie tej tworzony jest szereg referencyjny Δ_i z wybranych stacji, przy czym wagi danych z poszczególnych stacji są proporcjonalne do kwadratu współczynnika korelacji ρ_j między przebiegiem temperatury na stacji referencyjnej i badanej.

$$\Delta_i = (y_i - \bar{y}) - \left\{ \sum_{j=1}^k \rho_j^2 (x_{ij} - \bar{x}_j) / \sum_{j=1}^k \rho_j^2 \right\},$$

gdzie: y_i oznacza temperaturę na badanej stacji w roku i -tym, \bar{y} średnią temperaturę na tej stacji, x_{ij} oznacza temperaturę na j -tej stacji referencyjnej w i -tym roku, \bar{x}_j średnią temperaturę na tej stacji. Następnie wartości temperatury referencyjnej są normalizowane:

$$z_i = (\Delta_i - \bar{\Delta}) / \sigma_{\Delta}.$$

Górna kreska oznacza tu uśrednianie po czasie, a σ_{Δ} jest odchyleniem standardowym wielkości Δ .

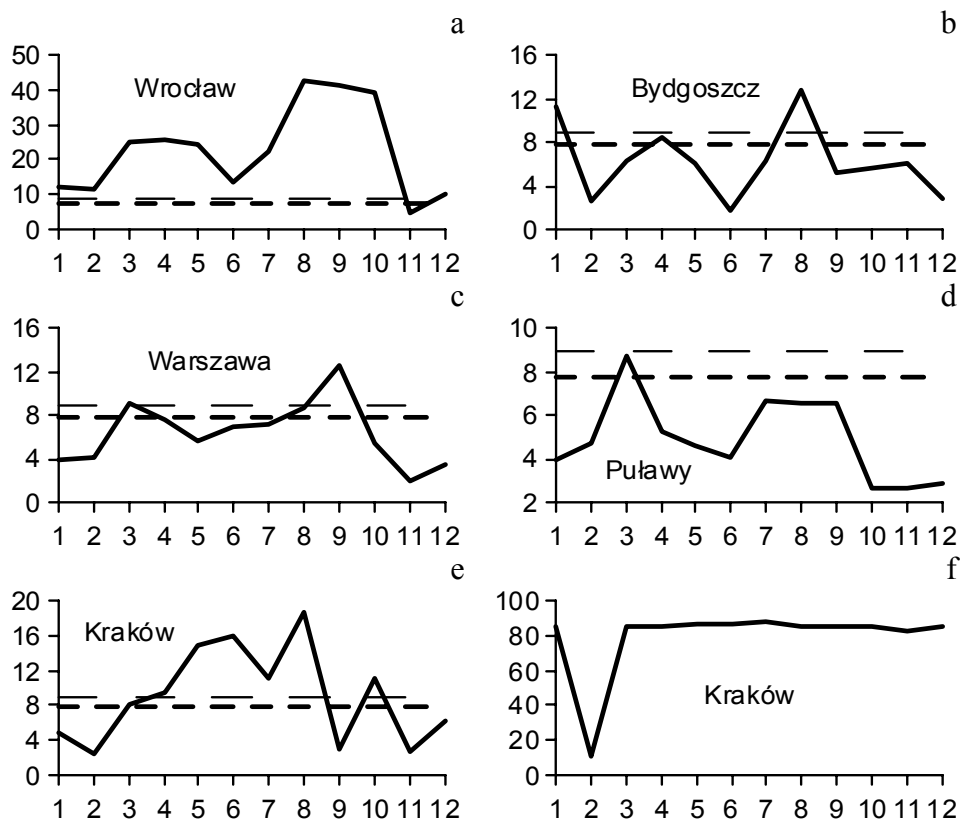
Funkcja testowa określona jest wzorem:

$$T_{\max} = \max_{i \leq a \leq n-1} \left\{ a(\bar{z}_1)^2 + (n-a)(\bar{z}_2)^2 \right\},$$

gdzie: \bar{z}_1 i \bar{z}_2 są średnimi wartościami znormalizowanej temperatury referencyjnej w dwóch częściach szeregu: od początku do elementu a -tego, oraz od elementu $a+1$ do końca szeregu. Jeżeli wartość T_{\max} przekraczają poziom krytyczny, to oznacza załamanie homogeniczności w punkcie a , dla którego osiągnięte jest maksimum funkcji testowej.

ANALIZA HOMOGENICZNOŚCI

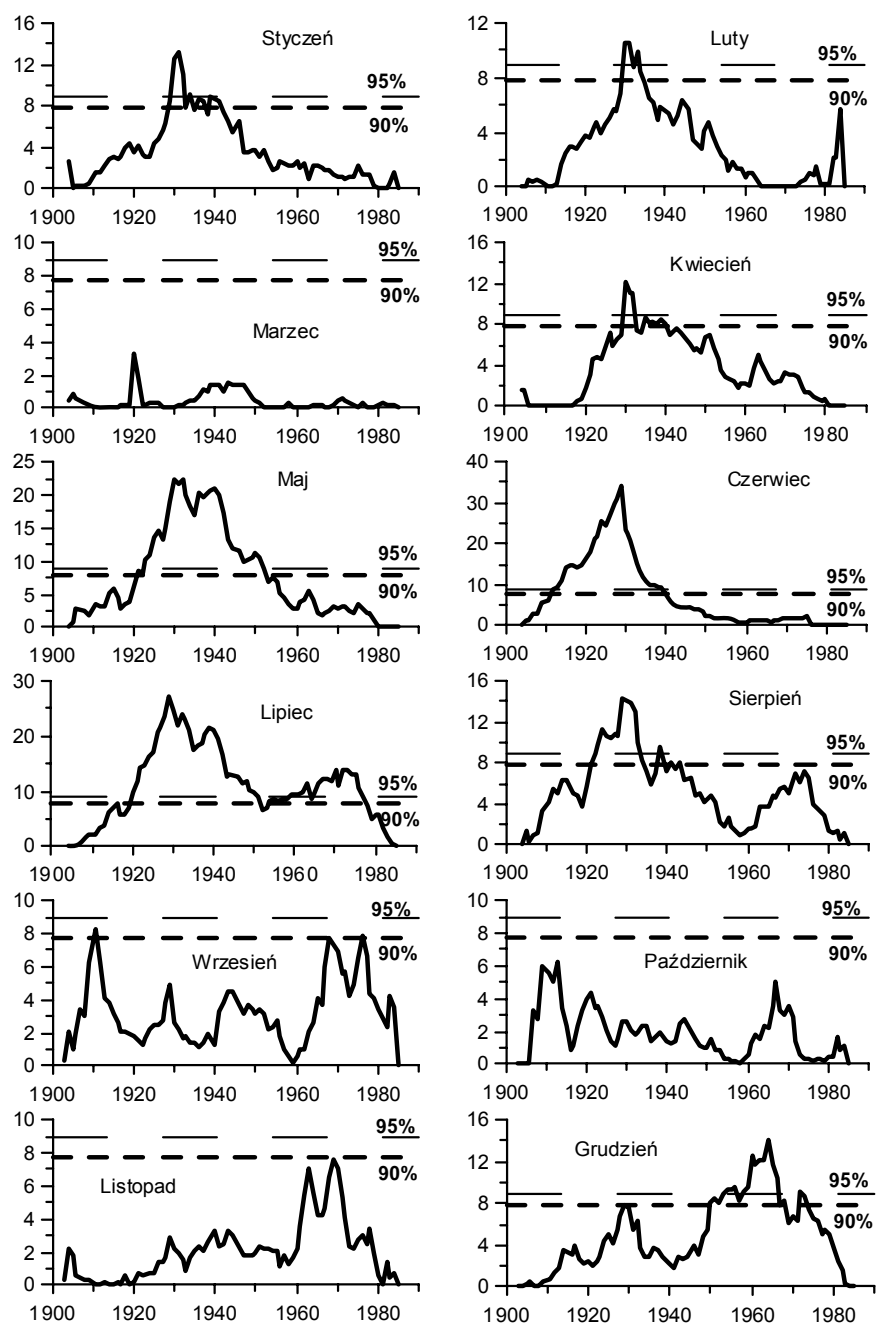
W pierwszej fazie sprawdzono homogeniczność polskich stacji referencyjnych w oparciu o dane z Wiednia, Pragi i Berlina. Wyniki testu przedstawiono na rys. 1. Dane z Wrocławia okazały się całkowicie niehomogeniczne, dlatego serię tę wykluczono z dalszej analizy. Seria z Puław okazała się być najbardziej homogeniczna. Dane z Warszawy i Bydgoszczy cechuje niewielkie zerwanie homogeniczności w jednym do dwóch miesięcy w roku. Niehomogeniczną okazała się także seria z Krakowa, jednak zerwanie homogeniczności nastąpiło po 1985 roku (rys. 1f), a w opracowaniu wykorzystano dane z lat 1903-1985 (seria bydgoska kończy się w tym roku).



Rys. 1. Roczne przebiegi funkcji testowej we Wrocławiu (a), Bydgoszczy (b), Warszawie (c), Puławach (d) i Krakowie (e) oraz rok od początku serii (czyli od 1903 r.), w którym funkcja testowa w Krakowie osiągnęła najwyższą wartość (f)

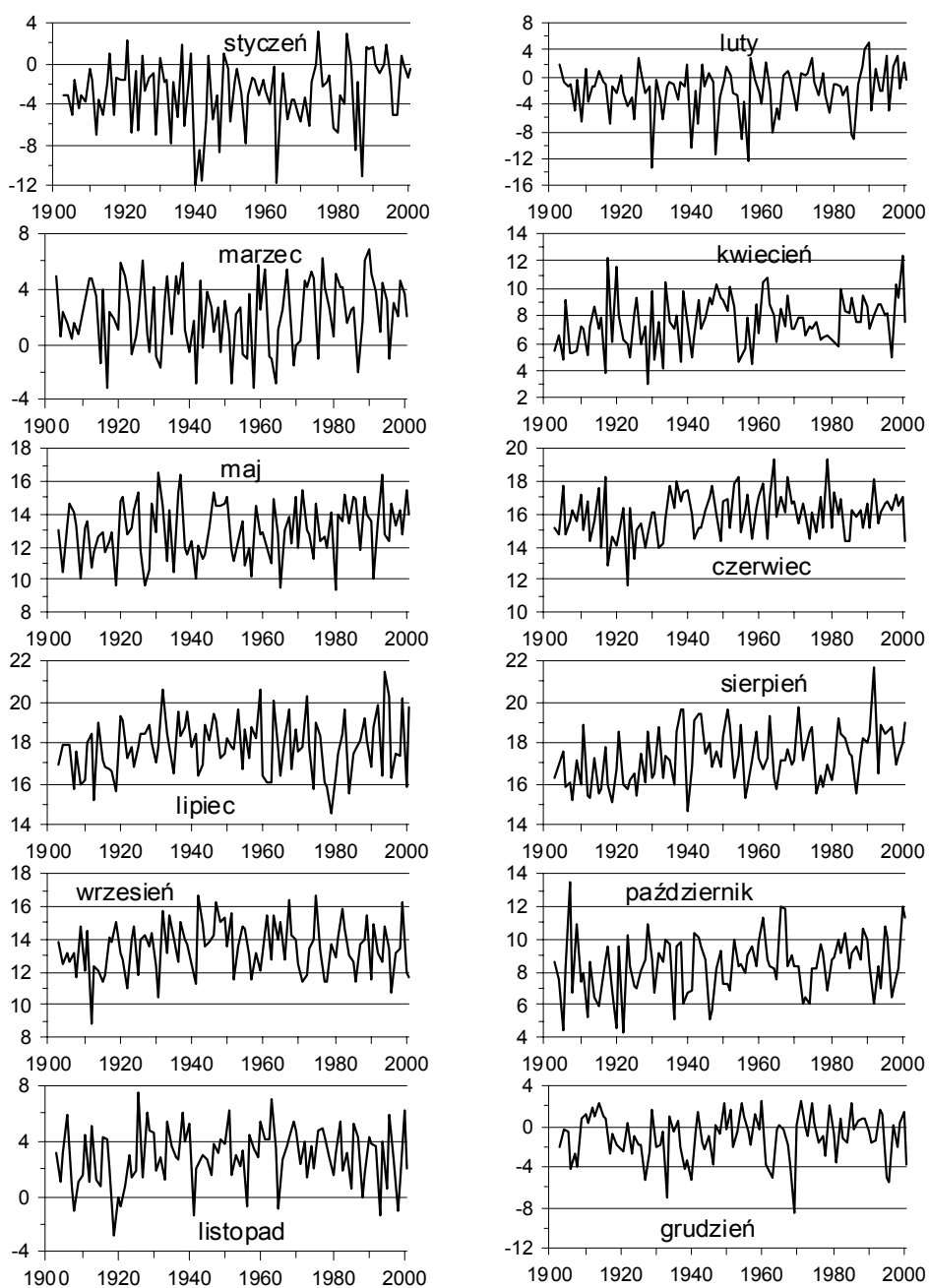
Annual course of test function in Wrocław (a), Bydgoszcz (b), Warszawa (c), Puławy (d) and Kraków (e) and the year (starting from 1903) when the test function for Kraków has reached the maximum (f)

W drugim kroku wykorzystano siedem serii referencyjnych (Bydgoszcz, Puławy, Warszawa, Kraków, Berlin, Praga, Wiedeń) do analizy homogeniczności serii łódzkiej. Wartości funkcji testowej w poszczególnych miesiącach przedstawiono na rys. 2. Zerwanie homogeniczności serii wystąpiło w latach 1929/30 lub 1930/31. Aż w ośmiu miesiącach, od stycznia do sierpnia, poziom krytyczny funkcji testowej został znacznie przekroczony. Lokalne maksima funkcji testowej, choć nie przekraczające wartości krytycznej zanotowano na przełomie lat 1930/31 również we wrześniu i grudniu. Na tej podstawie podjęto decyzję o dokonaniu homogenizacji serii łódzkiej we wszystkich miesiącach. Wykluczenie z tej operacji kilku miesięcy mogłoby bowiem zmienić nieco rytm roczny temperatury w latach 1903-1930.



Rys. 2. Funkcja testowa testu Alexanderssona na tle wartości krytycznych, seria Łódźka w porównaniu z szeregiem referencyjnym w latach 1903-1985

An Alexandersson test function together with threshold values,
Łódź record in comparison with reference test for the period 1903-1985



Rys. 3. Przebieg średniej miesięcznej temperatury w Łodzi w latach 1903-2003 po homogenizacji i uzupełnieniu luk w danych obserwacyjnych

The course of mean monthly air temperature in Łódź in the period 1903-2003 after homogenization and filling of gaps

Homogenizacji dokonano wykorzystując metodę stałości różnic między danymi ze stacji łódzkiej a serią porównawczą utworzoną na podstawie siedmiu stacji referencyjnych. Zastosowano średnią ważoną, przy czym wagi były proporcjonalne do kwadratu współczynników korelacji między danymi z Łodzi, a poszczególnych stacji w czterdziestoleciu 1946-1985. Był to najdłuższy okres jednorodny, wspólny dla wszystkich serii danych. Do danych ze stacji KEŁ dodano poprawkę stanowiącą różnicę między średnią różnicą temperatury w Łodzi i w serii porównawczej po przeniesieniu stacji, a średnią różnicą temperatury w Łodzi i w serii porównawczej przed przeniesieniem stacji.

Uzyskane w ten sposób poprawki mogą posłużyć do oszacowania średniej wartości miejskiej wyspy ciepła w latach 1903-1930 na terenie Łodzi i porównania z podobną oceną dokonaną przez K ł y s i k a i in. (1995c). Wartości zebrane w tab. 2 wskazują, że wielkość miejskiej nadwyżki ciepła w Łodzi była średnio większa niż poprzednio pokazano. Nieco inny jest także rytm roczny miejskiej nadwyżki ciepła. W biegu rocznym występują dwa maksima. Wyższe letnie związane jest z efektem radiacyjnym, który ma wyraźny cykl roczny z maksimum w tym okresie. Niższe zimowe prawdopodobnie wynika z dużej emisji ciepła antropogenicznego. Na początku wieku domy w tej części miasta ogrzewane były głównie przez przydomowe piece, w pobliżu stacji znajdowała się pierwsza w mieście elektrociepłownia, a sama stacja leżała na obszarze zajezdni tramwajowej.

Tabela 2

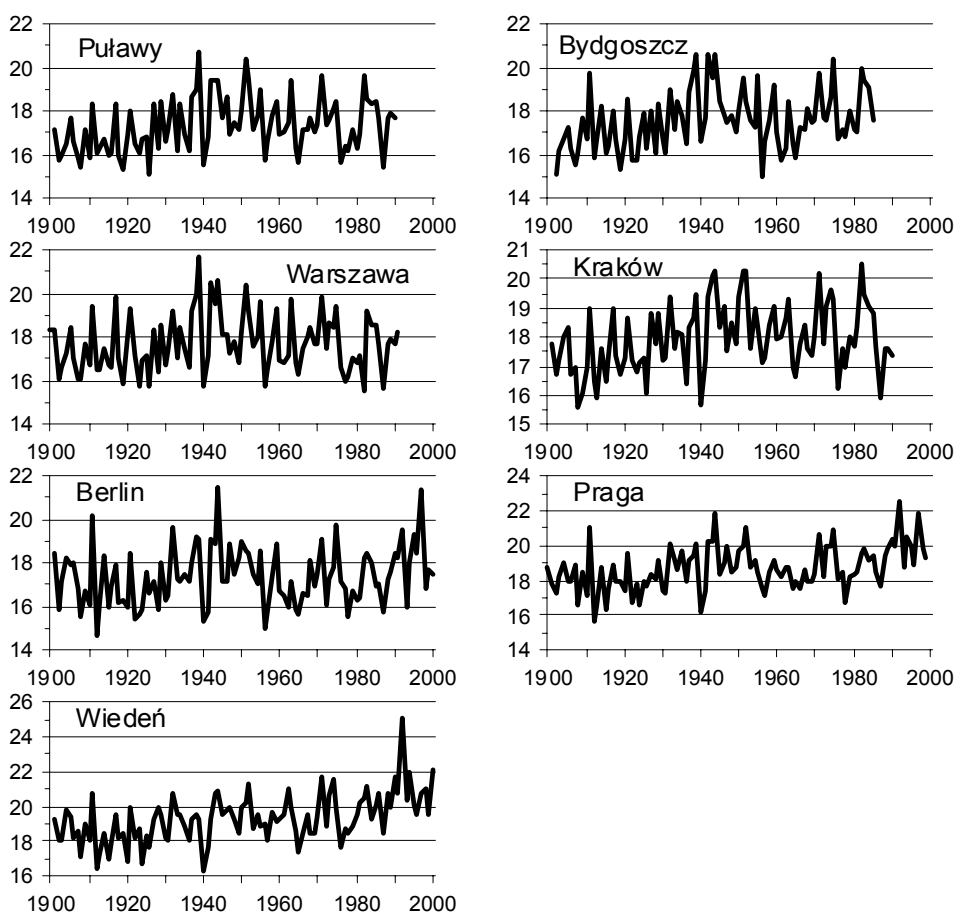
Ocena miejskiej nadwyżki ciepła (MNC) w Łodzi w okresie 1903-1930, w porównaniu z wynikami pracy K ł y s i k a i in. (1995c)

The town surplus (TS) of the temperature in Łódź in the period 1903-1930, in comparison with results of K ł y s i k et al. (1995c)

Miesiąc Month	MNC / TS	MNC / TS Kłysik i in. (1995c)	Miesiąc Month	MNC / TS	MNC / TS Kłysik i in. (1995c)
Styczeń January	0,48	0,10	Lipiec July	0,66	0,33
Luty February	0,53	0,13	Sierpień August	0,35	0,30
Marzec March	0,04	0,12	Wrzesień September	0,20	0,37
Kwiecień April	0,35	0,14	Październik October	0,15	0,28
Maj May	0,57	0,25	Listopad November	0,16	0,14
Czerwiec June	0,81	0,30	Grudzień December	0,29	0,07

Poprawione i uzupełnione przebiegi średniej miesięcznej temperatury w Łodzi w okresie 1903-2003 przedstawiono na rys. 3. Widoczny jest na nim wyraźny wzrost temperatury powietrza w latach 1903-1930 w lipcu i sierpniu.

By upewnić się, że wzrost ten nie jest sztucznym efektem powstałym na skutek homogenizacji, a przejawem rzeczywistych zmian zbadano przebieg temperatury w tych miesiącach na stacjach referencyjnych. Rys. 4 przedstawia zmienność temperatury sierpnia na siedmiu stacjach referencyjnych. Wynika z niego wyraźnie, że analogiczny wzrost zanotowano na wszystkich polskich stacjach oraz w Pradze i Berlinie. Zatem efekt ten uznać można za rzeczywisty przejaw zmienności klimatu.



Rys. 4. Przebiegi średniej miesięcznej temperatury powietrza w sierpniu na siedmiu stacjach referencyjnych

The course of mean monthly air temperature for August at seven reference stations

Ujednolicony i uzupełniony szereg średniej miesięcznej temperatury w Łodzi w latach 1903-2003 przedstawiono w tab. 3.

Tabela 3

Zrekonstruowana seria średniej miesięcznej temperatury w Łodzi

The reconstructed record of mean monthly temperature in Łódź

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1903	-3,0	1,8	5,0	5,4	13,0	15,1	16,9	16,3	13,8	8,6	3,1	-2,0
1904	-3,0	-0,6	0,6	6,6	10,5	14,8	17,9	16,9	12,5	7,5	1,1	-0,2
1905	-5,0	-1,2	2,3	4,8	13,3	17,7	17,9	17,6	13,2	4,4	3,1	-0,4
1906	-1,5	-1,1	1,6	9,1	14,6	14,8	17,9	15,9	12,6	8,2	5,9	-4,2
1907	-4,4	-4,8	0,4	5,2	14,1	15,5	15,8	16,1	13,1	13,5	0,7	-2,7
1908	-3,0	-0,5	1,5	5,3	13,3	16,2	17,6	15,2	11,7	6,7	-1,1	-3,9
1909	-3,8	-6,4	0,7	5,4	10,0	15,6	16,0	17,2	14,8	10,9	1,1	0,7
1910	-0,6	1,2	2,3	7,3	13,2	17,2	16,2	16,0	12,1	7,4	1,6	1,2
1911	-1,6	-3,7	3,2	7,1	13,6	15,0	18,0	18,9	14,5	8,0	4,5	0,4
1912	-7,1	-1,3	4,8	5,1	10,7	16,8	18,4	15,4	8,8	5,2	1,1	1,8
1913	-3,6	-1,2	4,8	7,3	11,7	14,4	15,2	15,3	12,4	8,6	5,1	1,1
1914	-5,1	1,0	3,5	8,7	12,6	15,6	19,0	17,3	12,1	6,4	1,3	2,2
1915	-1,7	-0,6	-1,3	7,0	12,9	17,6	17,1	15,5	11,4	5,9	0,7	1,1
1916	1,0	-1,0	4,0	7,9	11,7	14,0	16,8	15,8	11,8	6,9	4,3	0,8
1917	-5,1	-7,0	-3,2	3,8	12,3	18,3	16,7	17,8	14,1	8,7	4,2	-2,7
1918	-1,3	-1,3	2,3	12,2	12,9	12,9	16,6	16,0	13,8	9,6	2,0	-0,7
1919	-1,6	-2,2	1,8	6,1	9,6	14,6	15,6	15,1	15,1	6,8	-2,8	-1,9
1920	-1,5	0,4	1,1	11,6	14,8	14,1	19,3	16,7	13,2	4,6	0,0	-2,3
1921	2,3	-2,4	5,9	8,0	15,0	14,7	19,1	18,6	12,7	9,5	-0,7	-2,4
1922	-6,8	-4,3	4,9	6,3	12,8	16,4	17,3	16,0	11,0	4,3	0,8	0,3
1923	-0,8	-2,9	3,0	5,9	13,2	11,6	17,8	15,7	14,0	10,3	3,0	-2,7
1924	-6,5	-6,3	-0,8	5,0	14,2	16,4	16,8	16,2	14,8	8,4	1,4	-1,0
1925	0,8	2,7	0,6	8,2	15,3	13,3	17,8	16,5	11,8	7,1	1,9	-1,7

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1926	-2,6	1,0	1,9	9,4	11,8	15,0	18,5	15,4	13,9	7,0	7,6	-1,7
1927	-1,3	-2,2	6,0	6,0	9,7	15,4	18,5	17,5	14,2	8,1	1,4	-5,3
1928	-1,0	-1,4	0,8	7,2	10,6	13,9	18,9	16,1	13,5	8,7	6,0	-2,4
1929	-6,9	-13,4	-0,6	3,0	14,6	14,7	18,0	18,6	14,4	10,9	4,8	1,6
1930	0,6	-0,4	4,1	9,8	12,9	16,1	17,0	16,3	12,4	8,8	4,7	-2,1
1931	-1,8	-3,2	-0,9	4,8	16,5	16,1	17,8	16,5	10,5	6,7	1,9	-1,7
1932	-1,5	-6,2	-1,7	7,5	14,5	14,0	20,6	18,8	15,7	9,1	2,9	-0,4
1933	-7,9	-1,4	3,3	4,2	11,1	14,2	18,5	16,3	13,2	8,6	1,2	-7,1
1934	-1,7	-0,7	4,9	10,5	14,2	15,7	17,8	17,4	15,4	9,9	5,4	1,1
1935	-5,2	-1,0	0,7	7,6	10,4	17,7	16,5	17,1	14,1	9,7	3,7	-0,6
1936	1,8	-3,2	4,9	7,0	15,3	16,4	19,5	16,0	12,6	5,1	2,9	0,5
1937	-6,2	-0,7	3,6	8,0	16,4	18,0	18,3	18,6	15,0	9,5	2,7	-2,1
1938	-1,9	-1,4	5,9	4,7	11,9	16,8	18,8	19,6	14,0	9,8	6,1	-4,2
1939	0,9	2,0	1,1	9,8	11,6	17,3	19,5	19,6	13,7	6,1	3,9	-3,3
1940	-12,0	-10,3	-0,5	7,4	12,3	17,4	17,8	14,7	12,5	6,7	5,2	-5,2
1941	-8,6	-2,1	1,7	5,0	10,1	15,9	18,5	16,8	11,3	6,8	-1,4	-0,5
1942	-11,6	-7,0	-2,9	6,5	12,1	14,5	16,4	19,1	16,7	10,4	2,0	1,5
1943	-5,4	1,9	4,6	9,2	11,2	15,1	16,9	19,4	14,9	10,1	2,7	-1,6
1944	0,7	-1,4	-0,3	7,0	11,6	15,2	18,9	19,4	13,6	9,6	3,0	-2,3
1945	-5,4	0,6	3,8	7,8	13,1	16,3	18,1	17,5	13,8	8,7	2,7	-1,0
1946	-3,2	-0,6	2,6	9,4	15,3	17,0	19,4	18,0	14,2	5,1	1,6	-3,8
1947	-8,8	-11,5	0,9	8,8	14,5	17,7	19,1	16,8	16,3	5,7	3,8	0,1
1948	0,9	-2,9	2,7	10,3	14,5	15,9	17,3	17,6	15,0	8,2	3,1	-0,7
1949	-0,6	-0,3	-0,6	9,3	14,6	14,4	17,5	16,8	15,3	9,3	4,1	2,4
1950	-5,7	1,5	3,1	9,2	15,1	16,8	18,2	18,3	13,6	7,3	3,8	-0,3
1951	-1,8	0,2	0,7	8,4	11,8	16,9	17,8	19,6	15,6	7,2	6,3	1,7
1952	-0,4	-2,3	-2,8	10,1	11,1	15,1	17,7	18,9	11,5	6,8	1,5	-2,0

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1953	-2,9	-2,6	2,2	8,6	12,3	17,9	19,6	16,3	13,5	9,9	3,0	-0,5
1954	-7,9	-9,0	2,7	4,6	13,6	18,2	16,7	17,4	14,8	8,4	2,2	2,2
1955	-3,2	-3,6	-0,8	4,9	10,9	14,9	18,7	18,9	14,7	8,5	3,4	0,9
1956	-1,3	-12,3	-1,0	5,6	12,0	16,3	17,3	15,3	13,0	7,9	-0,8	-0,4
1957	-1,6	2,7	3,7	7,9	10,2	17,2	18,8	15,9	11,5	9,0	4,5	-1,7
1958	-3,0	-0,4	-3,2	4,4	14,5	14,5	18,2	17,2	13,2	9,5	3,5	1,2
1959	-1,5	-2,3	5,7	8,9	12,8	16,4	20,6	18,6	12,1	8,4	2,8	-0,2
1960	-2,7	-3,9	2,5	6,7	12,9	17,0	16,4	17,3	13,2	9,8	5,5	2,5
1961	-3,9	2,3	5,5	10,4	11,9	17,9	16,1	16,7	15,4	11,3	4,1	-3,7
1962	-0,2	-2,1	-0,9	10,8	11,0	14,5	16,1	17,3	12,7	8,7	4,1	-4,7
1963	-11,8	-8,3	-1,0	8,9	14,9	16,9	20,1	19,3	15,5	8,4	7,1	-5,0
1964	-3,7	-4,5	-2,9	8,0	12,8	19,3	17,8	16,3	13,9	8,2	3,5	-0,3
1965	-1,0	-6,1	1,1	6,1	9,5	15,8	16,4	15,8	15,0	7,5	-0,9	0,1
1966	-5,4	0,4	2,5	8,5	13,0	17,0	18,2	17,2	12,8	12,0	2,6	-0,3
1967	-3,6	0,8	5,4	7,2	13,8	16,1	19,6	17,2	16,4	11,8	3,7	-1,9
1968	-3,5	-0,2	3,2	9,5	12,2	18,2	16,7	17,7	14,2	8,4	4,3	-3,7
1969	-5,0	-3,0	-1,5	7,0	15,0	16,7	18,7	16,9	13,9	9,0	5,4	-8,4
1970	-5,6	-4,8	0,0	7,0	12,0	16,8	17,6	17,1	12,5	8,4	4,8	0,2
1971	-3,4	0,5	0,2	7,9	15,4	15,4	17,8	19,7	11,4	8,4	2,3	2,6
1972	-6,2	0,3	4,6	7,8	13,0	16,7	20,3	17,1	11,8	6,0	3,9	0,0
1973	-1,9	0,7	4,1	6,6	12,8	16,0	17,8	17,7	13,4	6,5	1,4	-0,9
1974	-0,1	2,8	5,3	7,2	11,3	14,5	15,7	18,6	14,0	6,1	3,7	2,4
1975	3,1	-0,8	4,8	7,0	14,6	16,1	19,0	18,8	16,7	8,2	2,0	0,3
1976	-2,3	-2,5	-1,1	7,6	12,4	14,9	18,3	15,5	13,3	8,2	4,8	-1,5
1977	-1,9	0,5	6,2	6,2	12,6	17,0	16,1	16,4	11,4	9,7	4,9	-0,9
1978	-1,2	-2,8	4,1	6,4	12,0	15,1	15,9	15,9	11,4	9,1	4,3	-2,8
1979	-6,3	-5,3	2,6	6,6	14,1	19,3	14,6	16,9	13,7	6,8	2,8	2,1

Rok Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1980	-6,8	-0,9	0,5	6,2	9,4	15,1	16,4	16,2	12,9	8,7	1,6	-0,7
1981	-3,0	-1,0	5,1	6,1	14,0	17,3	17,5	16,8	14,1	8,9	3,1	-3,6
1982	-4,0	-1,3	4,2	5,7	13,5	15,9	18,5	19,2	15,9	9,9	5,4	0,8
1983	2,9	-2,8	4,2	10,0	15,2	16,9	19,6	18,4	14,7	9,1	1,9	-1,1
1984	-0,1	-1,5	1,6	8,4	13,4	14,4	15,5	18,2	13,0	10,4	3,1	-1,5
1985	-8,4	-8,6	2,5	8,2	15,0	14,3	17,5	17,5	12,6	8,2	0,5	2,2
1986	-1,9	-9,1	2,7	9,4	14,9	16,3	17,7	17,4	11,4	9,1	5,3	-0,2
1987	-11,0	-0,9	-2,0	7,5	11,8	15,8	18,1	15,5	13,7	9,6	4,3	0,6
1988	1,7	1,5	1,7	7,6	15,1	16,3	19,2	17,5	13,9	8,7	-0,1	0,8
1989	1,4	4,2	6,0	9,5	14,0	15,2	18,1	18,2	15,4	10,6	1,7	0,8
1990	1,6	5,0	6,9	8,6	13,5	16,6	16,8	18,0	11,5	9,9	4,3	-0,6
1991	0,0	-5,0	5,1	7,0	10,0	15,1	18,8	18,4	14,9	8,3	3,8	-1,6
1992	-1,0	1,4	3,8	8,0	13,5	18,1	19,9	21,7	13,1	6,1	3,6	-1,3
1993	0,0	-1,9	0,9	8,8	16,4	15,4	16,4	16,5	12,6	8,4	-1,4	1,6
1994	1,9	-1,9	4,4	8,9	12,7	16,1	21,5	18,9	14,8	7,0	4,0	1,2
1995	-1,4	3,1	3,1	8,1	12,3	16,7	20,3	18,4	13,4	10,8	0,5	-5,0
1996	-5,1	-4,8	-1,1	8,2	14,7	16,8	16,3	18,6	10,7	10,1	5,9	-5,4
1997	-5,0	1,6	3,0	5,0	13,3	16,2	17,5	18,8	13,1	6,4	2,7	0,2
1998	0,7	3,3	2,0	10,3	14,2	17,2	17,4	16,9	13,4	7,7	-1,1	-2,0
1999	0,0	-1,8	4,6	9,3	12,8	16,5	20,2	17,4	16,3	8,2	1,3	0,3
2000	-1,4	2,2	3,6	12,4	15,5	17,1	15,9	18,0	11,9	12,0	6,2	1,5
2001	-0,6	-0,5	2,0	7,5	13,9	14,3	19,7	19,0	11,7	11,3	2,1	-3,8

LITERATURA

- Alexander sson H., Moberg A., 1997 – Homogenization of Swedish temperature data. Part I: A homogeneity test for linear trends. *Int. J. Climatol.*, 17: 25-34.
- Górski T., Marciniak K., 1992 – Temperatura powietrza w Puławach w ciągu lat 1871-1990. I Średnia temperatura miesięczna. *Pam. Puławski, Prace IUNG*, 100: 7-26.
- Klein Tank A. M. G. i in., 2002 – Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22: 1441-1453.
- Kłysik K., Kafar M., Gajda-Pijanowska I., 1995 – Historia obserwacji meteorologicznych w Łodzi. *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Physica*, 3: 279-286.
- Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K., Kafar M., 1995 – The reconstruction of the temperature record in Łódź in the period 1903-1990. *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Physica*, 3: 129-134.
- Kłysik K., Wibig J., Fortuniak K., Kafar M., 1995 – The estimation of the thermal town surplus in Łódź in the period 1903-1930. *Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Physica*, 3: 135-142.
- Lorenc H., 2000 – Studia nad 220-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji. *Mat. Bad. IMGW, Seria: Meteorologia*, 31: 104 s.
- Pyka J. L., 1998 – Temperatura powietrza we Wrocławiu w latach 1981-1995, *Acta Univ. Wratisl., No 2022, Prace Inst. Geogr. Ser. C, Met. i Klim.*, 5: 25-40.

Joanna Wibig, Krzysztof Fortuniak, Kazimierz Kłysik

THE RECONSTRUCTION OF THE AIR TEMPERATURE RECORD IN ŁÓDŹ FOR THE PERIOD 1903-2003

SUMMARY

A b s t r a c t. Mean monthly air temperature records from two meteorological posts in Łódź were used for reconstruction of homogeneous dataset of temperature for Łódź for the period 1903-2003. The first post worked from September 1903 to May 1930 at the Central Station of Łódź Electricity Railway, the second one has been operating since June 1930 at the airport located in the south-western outskirts of the city. For homogenization and filling of some gaps the five Polish station (Wrocław, Bydgoszcz, Puławy, Kraków and Warszawa) and three other (Berlin, Praga, Wiedeń) were used. The Alexandersson test of homogeneity was used firstly for testing of Polish reference records homogeneity (on this basis Wrocław record was excluded from further analysis) and secondly for testing the homogeneity of combined record from Łódź. The abrupt change at the time of the station replacement was detected and the record was homogenized by the method of identity of differences.

The regular meteorological observations of the air temperature in Łódź has begun in September 1903. The first post was located at the Central Station of Łódź Electricity Railway on the area of tram depot at Tramwajowa Street No 6. Since June 1930 the other post, located at military airport Lublinek a the south-western outskirts of the city has been working. The aim of this paper was to create the homogeneous hundred year long record from these two parts. The Alexandersson test (A l e x a n d e r s s o n , M o b e r g 1997) was used to detect the possible break point in the combined record. As the reference stations five Polish series from Wrocław (P y k a 1998), Puławy (G ó r s k i , M a r c i n i a k 1992), Kraków, Warszawa (L o r e n c 2000) and Bydgoszcz and three other (Berlin, Praga, Wiedeń) were used. The records from Berlin, Praga and Wiedeń was taken from homogenized ECA dataset (K l e i n T a n k et al. 2002).

In the first step the homogeneity of Polish stations was analyzed. The results are shown at Fig. 1. The Wrocław record as completely unhomogeneous was excluded from further analysis. The quality of Kraków record was good up to the middle eighties, so data from this record was taken into account.

In the second step the reference record was calculated on the basis of seven series. The weights were proportional to the square of correlation coefficient between record from Łódź and each reference record in the period 1946-1985, common for all stations. The test has shown that the record from Łódź exhibited the abrupt change at the time of replacement and the method of identity of differences was used to for its homogeniza-

tion. The same method was used for filling of some gaps (January-August 1903, May 1908, January-December 1910, November 1923, August 1939-March 1940, January-December 1945, October and November 1946). The homogenized record is presented in Fig. 4 and Table 3.

The corrections can be used as assessment of urban heat island in Łódź during the period 1903-1930 (Table 2). The summer maximum is related to radiative effect, winter secondary maximum is due to anthropogenic heat emission.