

atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

**ANOMALIE KLIMATU W EUROPIE
W OSTATNIM TYSIĄCLECIU
(X-XXI)**



**100 LAT
GEOGRAFII (1918-2018)
W UNIWERSYTECIE WARSZAWSKIM**

**UNIVERSITY OF WARSAW
FACULTY OF GEOGRAPHY AND REGIONAL STUDIES**

JERZY BORYCZKA, MARIA STOPA-BORYCZKA

**XL . CLIMATE ANOMALIES IN EUROPE
IN THE LAST MILLENNIUM
(X-XXI)**

atlas

**OF INTERDEPENDENCE
OF METEOROLOGICAL
AND GEOGRAPHICAL
PARAMETERS
IN POLAND**

Warszawa 2018

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

JERZY BORYCZKA, MARIA STOPA-BORYCZKA

**XL . ANOMALIE KLIMATU W EUROPIE
W OSTATNIM TYSIĄCLECIU
(X-XXI)**

atlas

**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

Warszawa 2018

Komitet Redakcyjny

Maria STOPA-BORYCZKA

Jerzy BORYCZKA

Jolanta WAWER

Władysław ŻAKOWSKI

Recenzent

Bohdan Mucha

Lwowski Uniwersytet im. Iwana Franki

Ukraina

© Copyright by Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW 2018

ISBN 978-83-63245-98-6

SPIS TREŚCI

I.	WPROWADZENIE	5
II.	ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE W XVIII-XXI WIEKU	9
2.1.	Ekstrema temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2017	11
2.2.	Ekstrema temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-2017	29
2.3.	Ekstrema temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2017	47
III.	ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W MIASTACH W PROFILU POŁUDNIKOWYM (XVIII-XXI)	65
3.1.	Ekstrema temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-2011	67
3.2.	Ekstrema temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-2017	85
3.3.	Ekstrema temperatury powietrza w Moskwie w latach 1780-2017	103
IV.	ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W MIASTACH W PROFILU RÓWNOLEŻNIKOWYM (XVIII-XXI)	121
4.1.	Ekstrema temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-2012	123
4.2.	Ekstrema temperatury powietrza w Tallinie w latach 1779-2017	141
4.3.	Ekstrema temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2012	159
4.4.	Ekstrema temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-2012	177
V..	ANOMALIE KLIMATU EUROPY W OSTATNIM TYSIĄCLECIU X-XX WEDŁUG DANYCH DENDROLOGICZNYCH	195
5.1.	Zarys badań dendroklimatycznych	195
5.2.	Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych	196
5.3.	Ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Europie (VII-XX)	199
5.4.	Ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Polsce (X-XX)	231
VI.	REKONSTRUKCJA I NOWE PROGNOZY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE W TYSIĄCLECIU 1500-2500	247
6.1.	Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1779-2015	249
6.2.	Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza w Krakowie w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1826-2017	317
6.3.	Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza we Wrocławiu w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1792-2017	369
VII.	PROBLEMY BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU ZIEMI	421
7.1.	Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja	424
7.2.	Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)	433
7.3.	Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych	451
7.4.	Postęp badań naturalnych zmian klimatu Europy w pierwszej dekadzie XXI wieku w odniesieniu do drugiej połowy XX wieku	461
VIII.	PROMOCJA METODY SINUSOID REGRESJI J. BORYCZKI W PUBLIKACJACH KATEDRY INŻYNIERII LEŚNEJ AKADEMII ROLNICZEJ W POZNANIU	475
IX.	ZAKOŃCZENIE	479
X.	WYKAZ PRAC MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UW DOTYCZĄCYCH CYKLICZNOŚCI I TENDENCJI ZMIAN KLIMATU W EUROPIE (1984-2015)	505
XI.	LITERATURA	507

ROK 1221 – EUROPA – POWODZIE

„Od świąt bowiem Wielkanocnych aż do jesieni ciągle panujące deszcze i słoty takie sprawiły rzek wylewy, że od nadzwyczajnego wód wzbierania lękano się w kraju prawdziwego prawie potopu. Ta straszliwa i niezwykła powódź wiele wsi w nizinach leżących całkiem niemal zniszczyła i zalala, przeszkodziła siewom wiosennym, a co w jesieni posiano, to zniweczyła do szczętu; nie wiele tylko miejsc, kędy pola na wzgórkach i innych wyżynach były położone, od tej plagi ocalało. Zniszczone przeto takimi zalewami zboża wielką klęską dotknęły nie tylko Polskę, ale i wszystkie kraje okoliczne, gdzie podobne panowały powodzie. Bo gdy bydłom domowym zabrakło paszy, upadały naprzód obory, a potem nastął głód ciężki, który przez trzy lata nie ustając, siła ludzi, a zwłaszcza wieśniaków, dla braku żywności wymorzył i tak dalece wytepił, że wiele wsi i miasteczek z ludności ogołoconych stało prawie pustkami. Klęskę tę sprawioną zbytecznymi słoty, powiększyła jeszcze sroga i niezwyklej ostrości zima, która po tych deszczach nastąpiła ...”.

ROK 1473 – EUROPA – SUSZA

„Rok ten pamiętny był dla całej Europy i dla Królestwa Polskiego nadzwyczajnymi słońca, upały i suszą nieprzerwaną; pojawienie się bowiem poprzednie komety zrządziło niesłychane skwary i brak wody, tak że źródła wszystkie powysychały i największe rzeki w Polsce można było w bród przebywać. Nie tylko pod Krakowem, Sandomierzem, Warszawą, Płockiem ale i pod Toruniem Wisła tak była płytka. Paliły się we wszystkich stronach Polski lasy, bory, krzaki i zarośla ogniem iewstrzymanym, który nie dał się ugasić, póki wszystkiej drzewiny z korzeniami nie strawił. Słychać było wszędy trzask i łomot upadających drzew. Pasieki także i barcie w lasach pogorzały, zasiewy wiosenne zbytnia susza powypalała”.

*Ekstremalne zjawiska pogodowe w X-XVI wieku
(wg Kronik)*

I. WPROWADZENIE

Prezentowany 40 tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* pt. *Anomalie klimatu w Europie w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)* dotyczy głównie ekstremów wiekowych temperatury powietrza i rocznych przyrostów (słojów) drzew rosnących w Europie. Istotne znaczenie poznawcze mają także rekonstrukcje i nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Polsce w tysiącleciu 1500-2500.

W rozdziale II. *Anomalie temperatury powietrza w Polsce w XVIII-XXI wieku* określono ekstrema temperatury powietrza w Polsce (minima i maksima) na podstawie wyników pomiarów wykonanych w trzech miastach: w Warszawie – w latach 1779-2017, Krakowie – 1826-2017 i Wrocławiu – 1792-2017.

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku i rok, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ), np.: $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$ – bardzo mroźna zima (BMZ) i $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$ – bardzo ciepła zima (BCZ). O największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu informują daty ekstremów – minimów t_{inf} , T_{inf} i maksimów t_{sup} , T_{sup} .

W rozdziale III. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w miastach w profilu południkowym (XVIII-XXI)* określono ekstrema temperatury powietrza na podstawie wyników pomiarów w trzech miastach: w Paryżu – w latach 1757-2011, Berlinie – 1769-2017 i Moskwie – 1780-2017.

W rozdziale IV. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w miastach w profilu równoleżnikowym (XVIII-XXI)* – ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) wyznaczono na podstawie wyników pomiarów w czterech miastach: w Sztokholmie – w latach 1756-2012, Tallinie – 1779-2017, Wiedniu – 1775-2012 i Rzymie – 1811-2012. O anomaliach termicznych informują daty wieloletnich minimów (t_{inf} , T_{min}) i maksimów (t_{sup} , T_{sup}) temperatury powietrza.

Najbardziej mroźne zimy – o najniższych wartościach temperatury T_{min} (°C) w profilach południkowym $T(\lambda)$ i równoleżnikowym $T(\varphi)$ wystąpiły w latach:

$T(\lambda)$	t_{min}	T_{min}	$T(\varphi)$	t_{min}	T_{min}
Paryż	1830	-1,60	Sztokholm	1809	-8,67
Berlin	1830	-6,63	Tallin	1829	-11,83
Warszawa	1830	-9,20	Wiedeń	1929	-2,30
Kraków	1830	-10,30	Wrocław	1830	-10,30
Moskwa	1893	-16,83	Rzym	1929	5,20

Porównano też histogram i dystrybucję empiryczną temperatury powietrza w zimie w Warszawie, Paryżu i Tallinie z rozkładem normalnym (Gausa) i dystrybucją teoretyczną.

W rozdziale V. *Anomalie klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu X-XX według danych dendrologicznych* za wyróżniający się pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoja danego drzewa (d) różni się od średniej wszystkich jego słojów (d_{sr}) (średniej wieloletniej) co najmniej o dwa odchylenia standardowe (σ): $d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma$ – bardzo zimny (BZ), $d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma$ – bardzo ciepły (BC).

W podrozdziale 5.2. *Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych* porównano minima grubości słojów 4 drzew (t_{inf} , d_{inf}) – bardzo zimny (BZ) z mroźnymi zimami od 940 roku według kronik historycznych. Natomiast w podrozdziałach 5.3. *Ekstrema szerokości słojów drzew rosnących w Europie (VII-XX)* i 5.4. *Ekstrema szerokości słojów dębów rosnących w Polsce (X-XX)* wzięto pod uwagę roczne przyrosty drzew badanych pod względem okresowości w tomie XX-XXI *Atlasu*. Analizie statystycznej poddano słoje 30 drzew – sosny, świerka, modrzewia, jodły i dębu rosnących w Europie oraz 14 dębów – z obszaru Polski.

W rozdziale VI. *Rekonstrukcja i nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Polsce w tysiącleciu 1500-2500* przedstawiono rekonstrukcje (od roku 1500) i prognozy (do roku 2500) temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku, według danych: w Warszawie – z lat 1779-2015, Krakowie – 1826-2017 i Wrocławiu –1792-2017).

Wyznaczono dwie wypadkowe interferencji cykli: $F(t)$, $f(t)$ – ze składnikiem liniowym at i bez składnika liniowego ($at = 0$), stosując metodę *sinusoid regresji* J. Boryczki (1998):

$$F(t) = a_0 + at + \sum_{j=1}^k b_j \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j\right) \quad (1)$$

Uwzględniono k istotnych statystycznie („najsilniejszych”) cykli według testu Fishera-Snedecora F . Jeżeli minimum lokalne widma oscylacji temperatury powietrza było poza przedziałem $\Theta \geq 250$ lat, to uwzględniono dodatkowo najdłuższy okres $\Theta = 178,9$ lat (cykl astronomiczny).

W rozdziale VII. *Problemy badań współczesnych zmian klimatu Ziemi* szczególne znaczenie mają cykliczne zmiany klimatu Europy i ich przyczyny, tendencje wiekowe, rekonstrukcja i prognoza zmian w XXI wieku oraz ich sprawdzalność (weryfikacja) (podrozdz. 7.1). W kolejnym podrozdziale 7.2. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)* omówiono zmiany klimatu Ziemi i ich przyczyny określone według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$, izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon, substancji organicznych w polskich jeziorach, danych dendrologicznych, meteorologicznych, astronomicznych i historycznych (Atlas, t. XXXVI). Na początku przedstawiono zmiany klimatu Ziemi według cykli parametrów orbity eliptycznej (rekonstrukcję od 1 miliona lat temu i prognozę na przyszły 1 milion lat) według wyznaczonych dobowych sum promieniowania słonecznego I ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) w lecie (VI-VIII) i w miesiącach marzec-wrzesień (III-IX) na górnej granicy atmosfery, wzdłuż równoleżnika $\varphi = 65^\circ \text{N}$.

Koincydencja dat ochłodzeń i ocieplenia klimatu w Holocenie i ekstremów izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon oraz składu chemicznego osadów w Jez. Wikaryjskim i Jez. Gościąż) świadczy, że przyczyną holocenijskiego ocieplenia klimatu był wzrost sum promieniowania słonecznego w miesiącach marzec-wrzesień, wywołany zmianami orbity Ziemi.

Należy zauważyć też „równoległość” przebiegów wiekowych (od -12 000 lat temu): substancji organicznych (%), węglanów wapnia (CaCO_3) i tlenków żelaza (Fe_2O_3), zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż, z sumami promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$ w okresie marzec-wrzesień.

Istotne znaczenie mają też wyniki badań przedstawione w podrozdziałach: 7.3. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych* i 7.4. *Postęp badań naturalnych zmian klimatu Europy w pierwszej dekadzie XXI wieku w odniesieniu do drugiej połowy XX wieku*.

Na uwagę zasługują również rozdziały: VIII. *Promocja metody sinusoid regresji J. Boryczki w publikacjach Katedry Inżynierii Leśnej Akademii Rolniczej w Poznaniu* i IX. *Wykaz prac magisterskich Zakładu Klimatologii UW dotyczących cykliczności i tendencji zmian klimatu w Europie (1984-2015)*.

W rozdz. X. *Zakończenie* porównano dodatkowo na wykresach (T °C, t – czas) daty 10 najmroźniejszych i najcieplejszych zim (XII-II) i roku (I-XII) z wymienionych wyżej 10 miast w Europie. Ponadto minima rocznych przyrostów niektórych drzew porównano z mroźnymi zimami według kronik historycznych.

II. ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE W XVIII-XXI WIEKU

O anomaliach termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują daty minimów ($t_{\text{inf}}, T_{\text{inf}}$) i maksimów ($t_{\text{sup}}, T_{\text{sup}}$) temperatury powietrza.

Ekstrema temperatury powietrza w Polsce określono na podstawie wyników pomiarów wykonanych w trzech miastach: w Warszawie, Krakowie i Wrocławiu o szerokości geograficznej φ , długości λ i wysokości nad poziomem morza H :

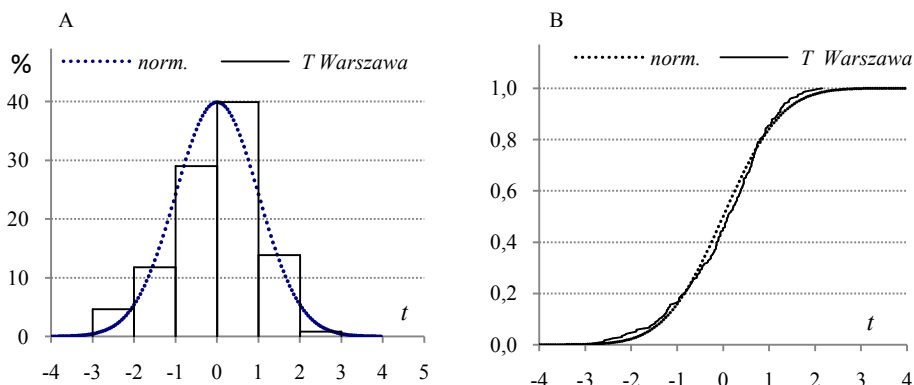
	Okres	φ	λ	H
Warszawa	1779-2017	52°13'N	21°02'E	110
Kraków	1826-2017	50°04'N	19°57'E	221
Wrocław	1792-2017	51°08'N	16°59'E	116

Istotne znaczenie poznawcze ma porównanie histogramu i dystrybuanty empirycznej średnich wartości temperatury powietrza (T) z rozkładem normalnym $f(T)$ i $F(t)$ i dystrybuantą rozkładu normalnego $F(t_0)$ (rys. 1).

$$f(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{T-T_{sr}}{\sigma}\right)^2}, \quad f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2}, \quad F(t_0) = \int_{-\infty}^{t_0} f(t) dt \quad (1)$$

gdzie: T_{sr} – średnia arytmetyczna, σ – odchylenie standardowe, $t = \frac{T-T_{se}}{\sigma}$ – zmienna standaryzowana n – długość serii pomiarowej:

$$T_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad \sigma = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - T_{sr})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad t = \frac{T - T_{se}}{\sigma} \quad (2)$$



Rys. 1. Histogram (A) i dystrybuanta (B) temperatury powietrza (T) w zimie w Warszawie (1779-2017)
Fig. 1. The histograms (A) and cumulative distribution (B) of air temperature) in winter in Warsaw (1779-2017)

Rozkład prawdopodobieństwa (%) wystąpienia temperatury powietrza (T) w zimie w Warszawie (1779-2017) w przedziale $T_{sr} - 4\sigma \leq T \leq T_{sr} + 4\sigma$ wynosi:

	$-4\sigma - -3\sigma$	$-3\sigma - -2\sigma$	$-2\sigma - -1\sigma$	$-1\sigma - 0$	$0 - 1\sigma$	$1\sigma - 2\sigma$	$2\sigma - 3\sigma$	$3\sigma - 4\sigma$
Emp. %	0,00	4,62	11,76	28,99	39,92	13,86	0,84	0,00
Norm. %	0,13	2,14	13,59	34,13	34,13	13,59	2,14	0,13

O zbliżonych dystrybuantach empirycznej $\frac{m}{n}$ i normalnej $F(t)$ (rys. 1) świadczy także test Kołmogorowa:

$$D_n = \max \left| \frac{m}{n} - F(t) \right| \quad (3)$$

gdzie: m – numer w szeregu rosnącym t_1, \dots, t_n .

Wartość $y = \sqrt{n} D_n = 0,8993$ ($n=238$, $D_n=0,0583$) jest mniejsza od krytycznej $y < y_k = 1,40$ na poziomie istotności $\alpha = 0,02$; $K(y_k) = 1 - 2\alpha = 0,960318$ (Zieliński, 1972).

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku, lata, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$, $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$.

Zdefiniowano skrajne przypadki miesiąca, zimy, lata i roku, przyjmując kryteria:

$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
Bardzo zimny miesiąc (BZ).	Bardzo ciepły miesiąc (BC)
Bardzo zimny rok (BZ)	Bardzo ciepły rok (BC)
Bardzo mroźna zima (BMZ),	Bardzo ciepła zima (BCZ),
Bardzo zimne lato (BZL)	Bardzo gorące lato (BGL)

W Warszawie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -7,18$ °C wystąpiły w latach:

1830	1940	1799	1838	1789	1871	1929	1963	1947	1841	1805
-9,20	-8,83	-8,60	-8,57	-8,30	-8,13	-7,67	-7,67	-7,50	-7,43	-7,23

a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 20,079$ °C – w latach

1784	2015	1939	1992	1781	1811
20,20	20,27	20,60	20,60	20,70	21,60

Wyodrębniono też przypadki bardzo zimnego roku (BZ) o temperaturze $T_{inf} \leq 5,799$ °C i bardzo ciepłego roku (BC) o temperaturze $T_{sup} \geq 9,816$ °C

BZ							BC		
1829	1799	1785	1805	1871	1838	1803	1989	2014	2015
4,74	5,21	5,28	5,32	5,37	5,75	5,75	9,82	9,83	10,31

Należy zaznaczyć, że w publikacji *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Polsce ...* (Przybylak i in., 2004) obliczono średnie temperatury zimy i lata oraz ich odchylenia standardowe (σ) dla okresu 1901-1960. Wyznaczono zakresy temperatury, które odpowiadają poszczególnym siedmiu indeksom: skrajnie ciepła zima (+3), bardzo ciepła (+2), ciepła (+1), normalna (0), mroźna (-1), bardzo mroźna, surowa (-2), skrajnie mroźna, b. surowa (-3).

W artykułach *Fale niezwykle upałów w Europie na początku XXI wieku* (Twardosz, 2009), *Niezwykłe anomalie termiczne w strefie klimatu podbiegunowego ...* (Twardosz, Kossowska-Cezak, 2013), *Niezwykłe chłodne sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951-2010)* (Kossowska-Cezak, Twardosz, 2013) określono zakres zmian temperatury powietrza.

W monografii *Anomalie termiczne w Europie (1951-2010)* (Kossowska-Cezak, Twardosz, 2017) określono niezwykle zimne i ciepłe miesiące, pory roku i rok na obszarze Europy w 60-leciu 1951-2010, na podstawie danych (średnich miesięcznych wartości, °C) z 210 stacji meteorologicznych – o szerokości geograficznej ϕ (35°N -75°N) i długości λ (5°W-40°E). Za anomalne pod względem termicznym uznano te w których średnia temperatura powietrza na danej stacji różni się od odpowiedniej średniej wieloletniej przynajmniej o 2 odchylenia standardowe: $t \leq t_{sr} - 2\sigma$ – niezwykle zimne (NZ), $t \geq t_{sr} + 2\sigma$ – niezwykle ciepłe (NC).

2.1. Ekstrema temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2017

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Warszawie w wieloletnim okresie 1779-2017 określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1779-2017 (Obserwatorium Astronomiczne 1779-1998, Okęcie 1999-2017) (tab. 1, tab. 1a, rys. 1a-17a, 1b-17b).

Tabela 1. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2017

Table 1. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Warsaw in years 1779-2017

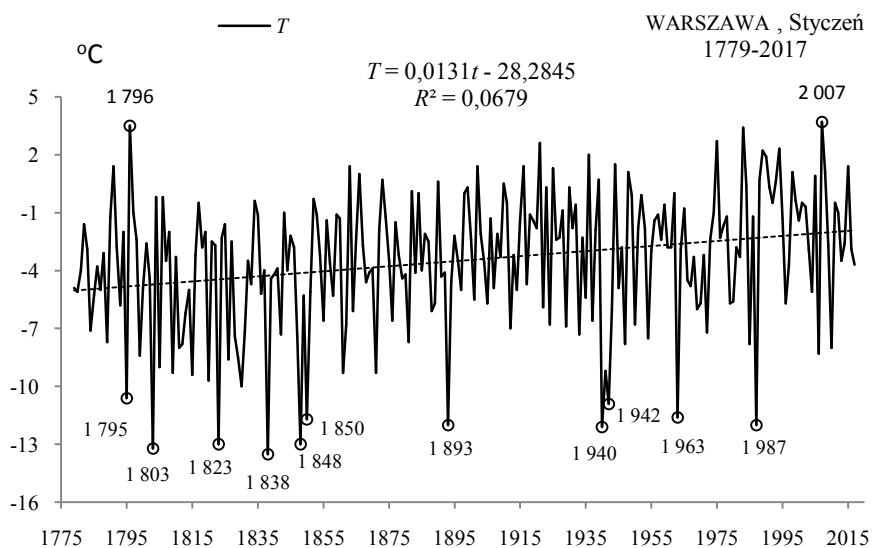
	T_{sr} °C	σ	$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
I	-3,481	3,46000	-10,40075	3,439246
II	-2,180	3,28129	-8,74232	4,382835
III	1,494	2,63243	-3,77062	6,759117
IV	7,719	1,96853	3,78218	11,65629
V	13,580	1,84527	9,88987	17,27094
VI	17,107	1,45493	14,19741	20,01712
VII	18,822	1,47578	15,87035	21,77345
VIII	17,935	1,53577	14,86353	21,00662
IX	13,574	1,43067	10,71271	16,43541
X	8,147	1,72085	4,70552	11,58893
XI	2,544	2,08414	-1,62393	6,712632
XII	-1,586	3,07694	-7,74007	4,567684
III-V	7,598	1,47970	4,63857	10,55736
VI-VIII	17,955	1,06240	15,82994	20,07956
IX-XI	8,088	1,13180	5,82489	10,35211
XII-II	-2,425	2,37767	-7,18055	2,330122
I-XII	7,807	1,00421	5,79883	9,815672

Tabela 1a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Warszawie (1779-2017)

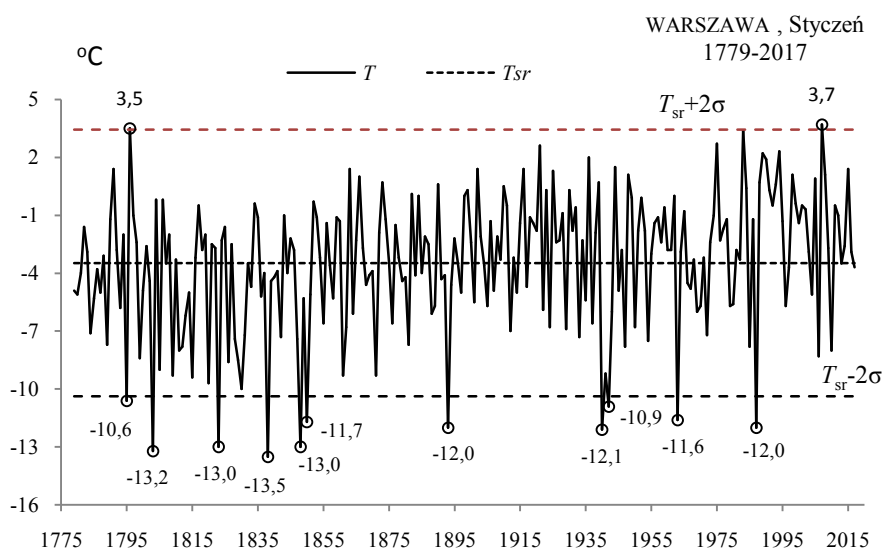
Table 1a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Warsaw (1779-2017)

Zima				Lato				Rok			
$T_{inf} \leq -7,18$		$T_{sup} \geq 2,33$		$T_{inf} \leq 15,83$		$T_{sup} \geq 20,079$		$T_{inf} \leq 5,799$		$T_{sup} \geq 9,816$	
1830	-9,20	1990	2,7	1913	15,47	1784	20,20	1829	4,74	1989	9,82
1940	-8,83	1989	2,4	1832	15,57	2015	20,27	1799	5,21	2014	9,83
1799	-8,60			1923	15,57	1939	20,60	1785	5,28	2015	10,31
1838	-8,57			1844	15,70	1992	20,60	1805	5,32		
1789	-8,30			1907	15,77	1781	20,70	1871	5,37		
1871	-8,13					1811	21,60	1838	5,75		
1929	-7,67							1803	5,75		
1963	-7,67										
1947	-7,50										
1841	-7,43										
1805	-7,23										

STYCZEŃ (I)

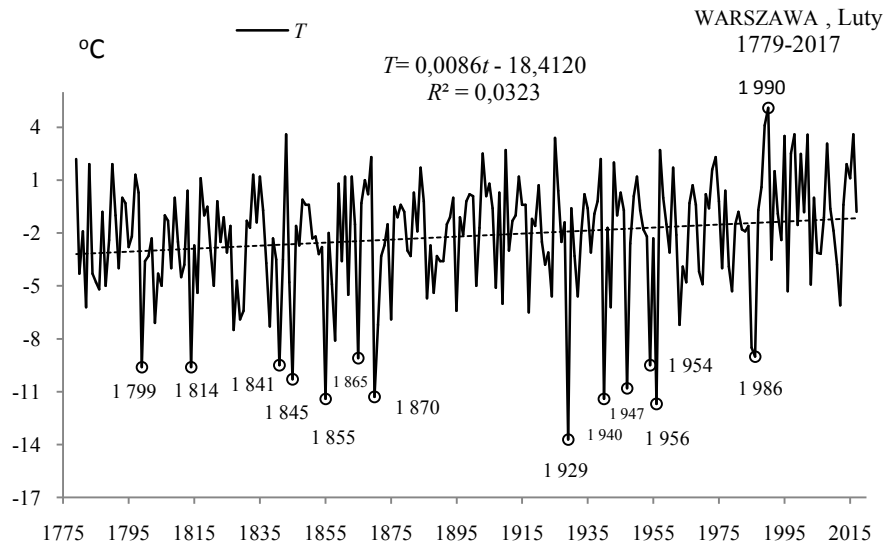


Rys. 1a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1779-2017
Fig. 1a. Changes of air temperature in Warsaw in January in the 1779-2017 years

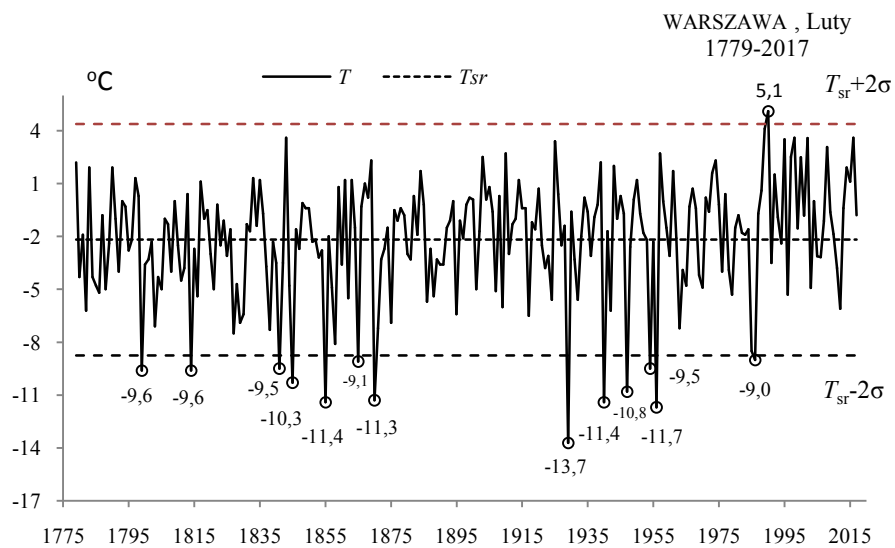


Rys. 1b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1779-2017
Fig. 1b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in January in the 1779-2017 years

LUTY (II)

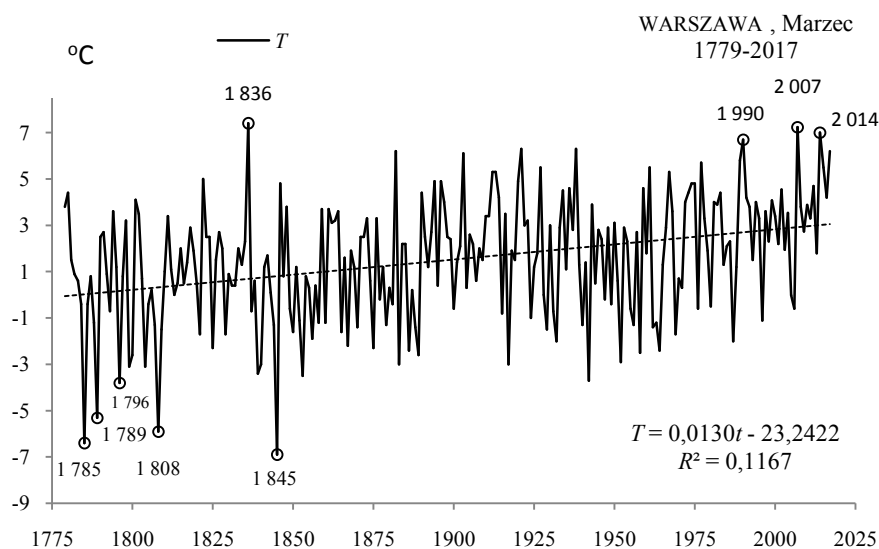


Rys. 2a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1779-2015
Fig. 2a. Changes of air temperature in Warsaw in February in the 1779-2015 years

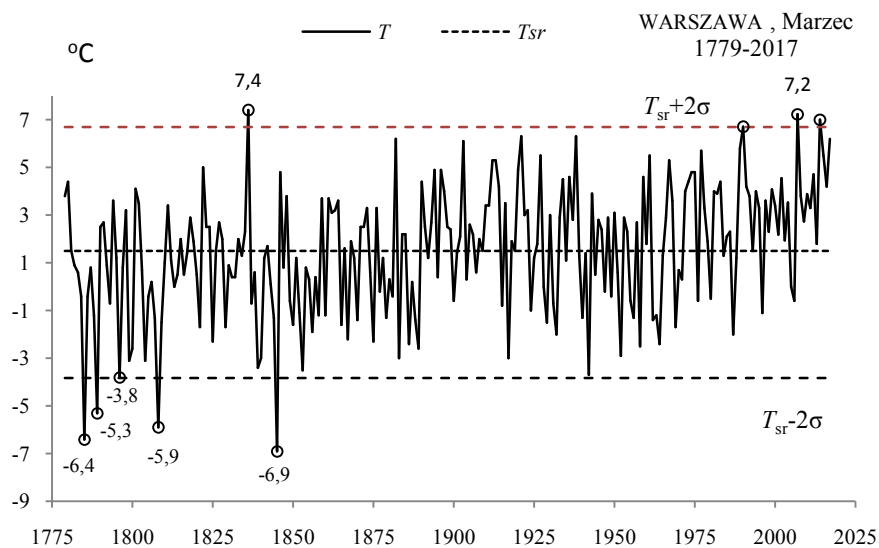


Rys. 2b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1779-2017
Fig. 2b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in February in the 1779-2017 years

MARZEC (III)

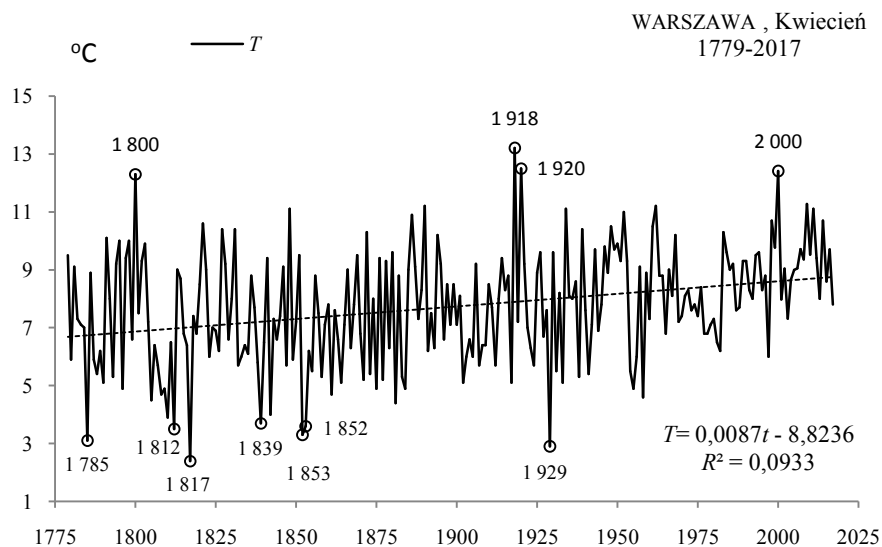


Rys. 3a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1779-2017
Fig. 3a. Changes of air temperature in Warsaw in March in the 1779-2017 years

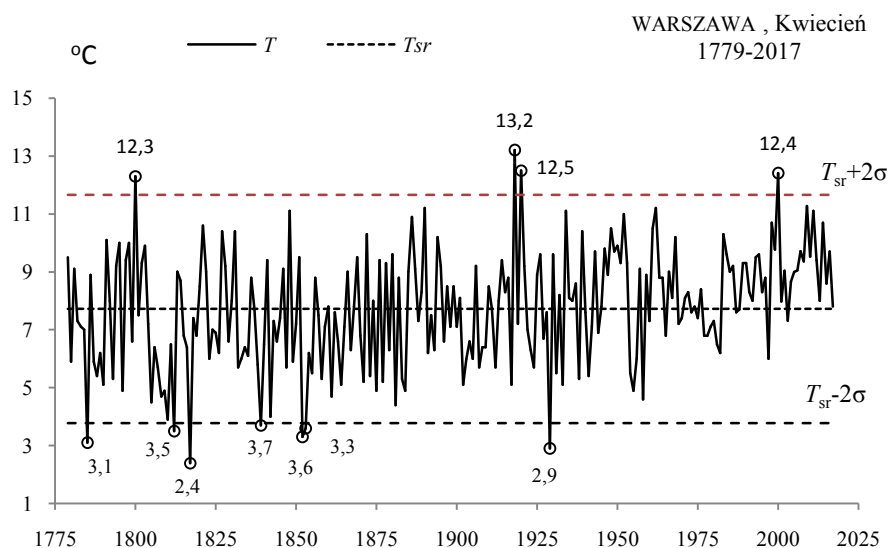


Rys. 3b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1779-2017
Fig. 3b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in March in the 1779-2017 years

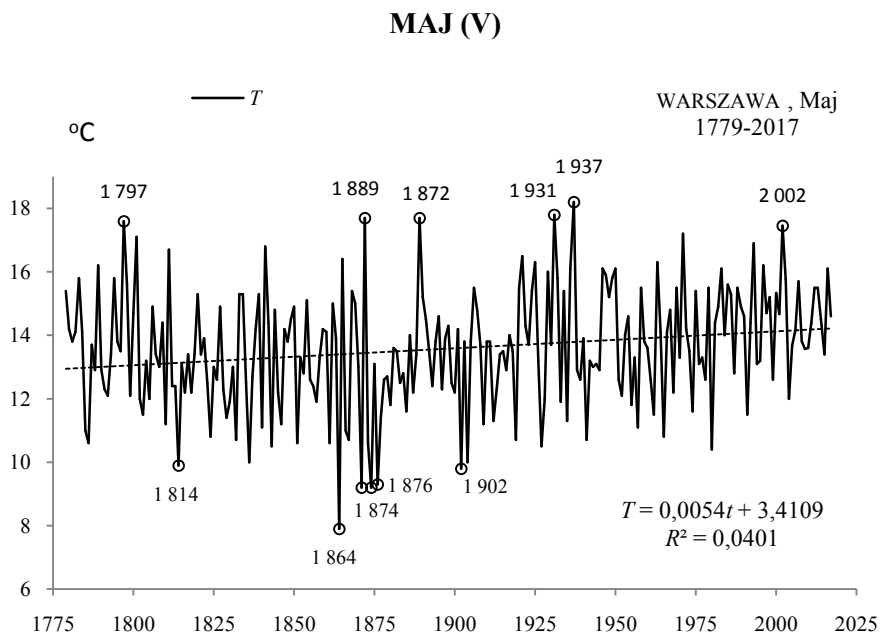
KWIECIEŃ (IV)



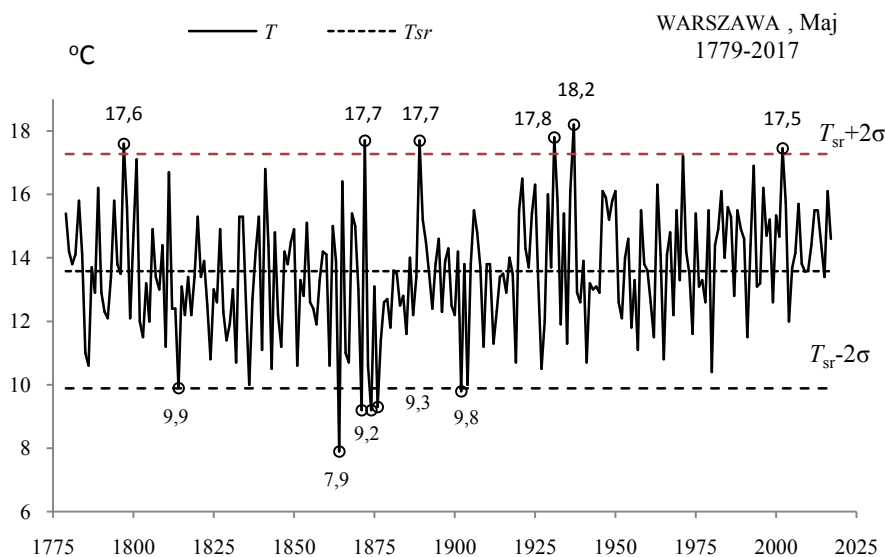
Rys. 4a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1779-2017
Fig. 4a. Changes of air temperature in Warsaw in April in the 1779-2017 years



Rys. 4b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1779-2017
Fig. 4b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in April in the 1779-2017 years

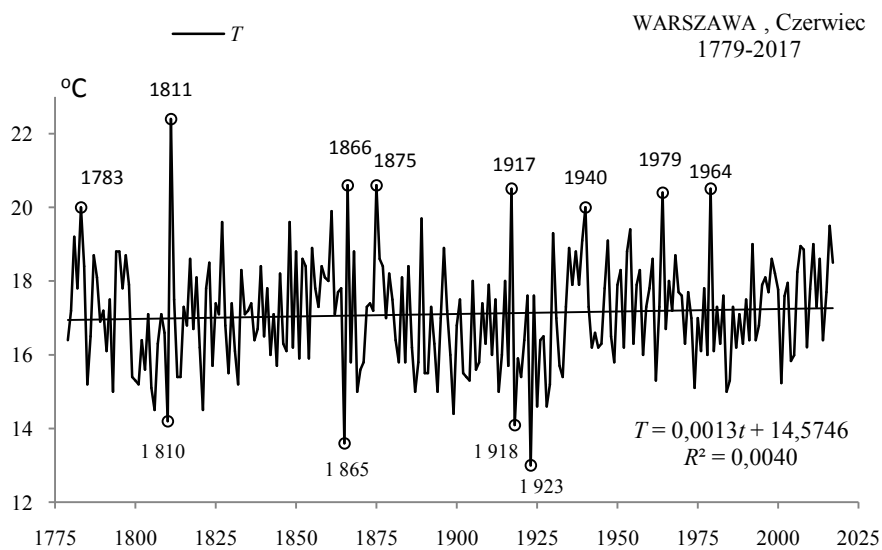


Rys. 5a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1779-2017
Fig. 5a. Changes of air temperature in Warsaw in May in the 1779-2017 years

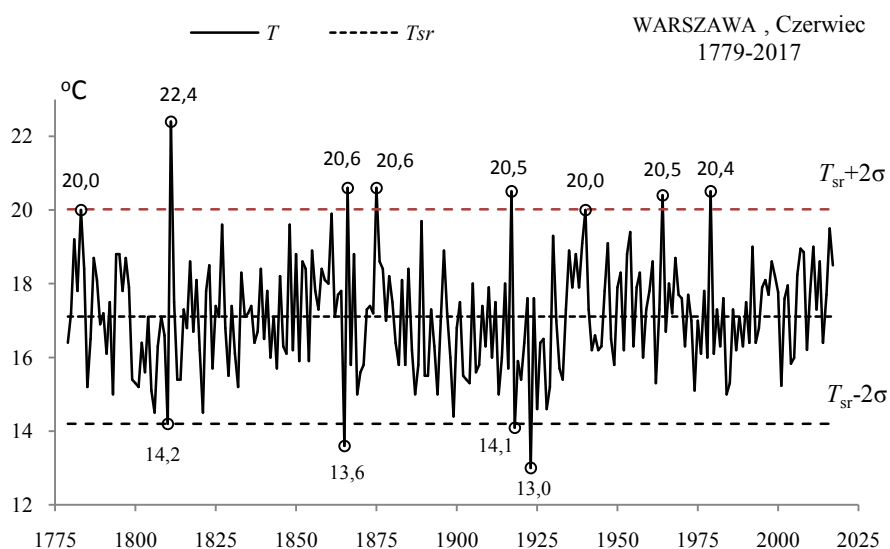


Rys. 5b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1779-2017
Fig. 5b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in May in the 1779-2017 years

CZERWIEC (VI)

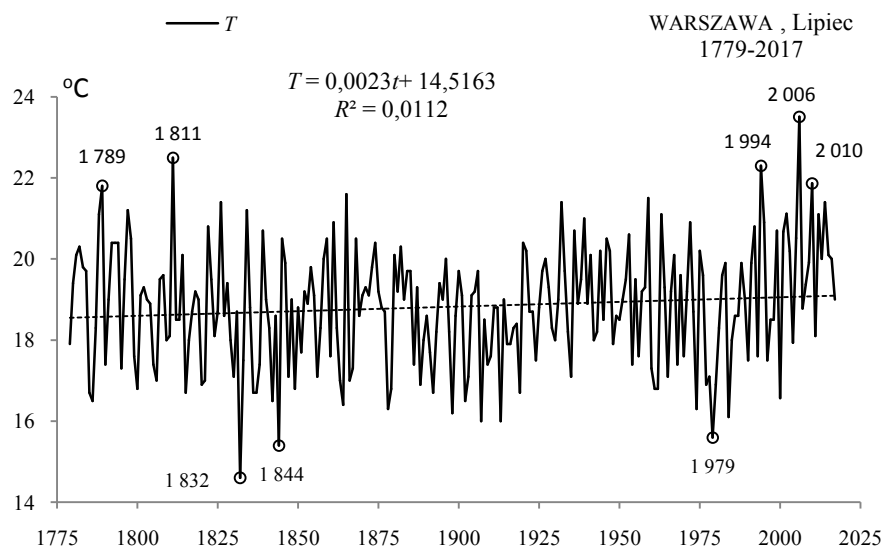


Rys. 6a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1779-2017
Fig. 6a. Changes of air temperature in Warsaw in June in the 1779-2017 years

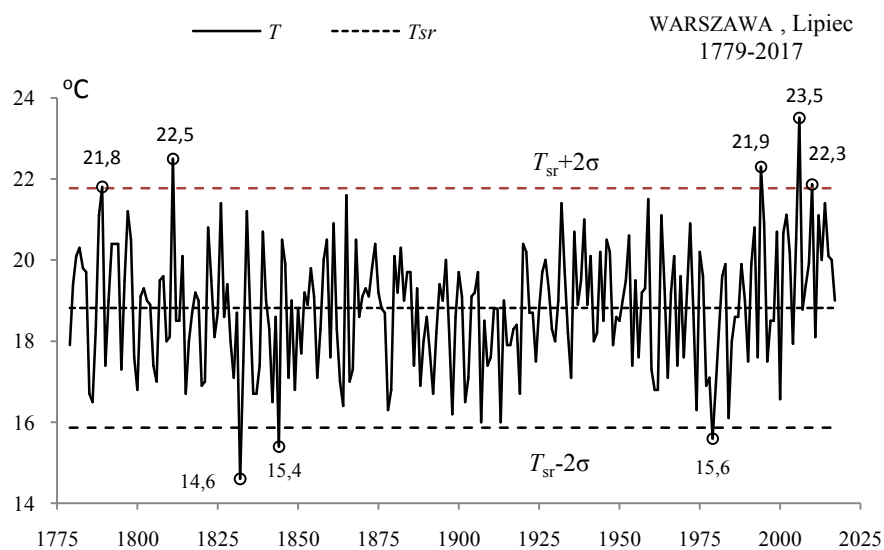


Rys. 6b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1779-2017
Fig. 6b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in June in the 1779-2017 years

LIPIEC (VII)

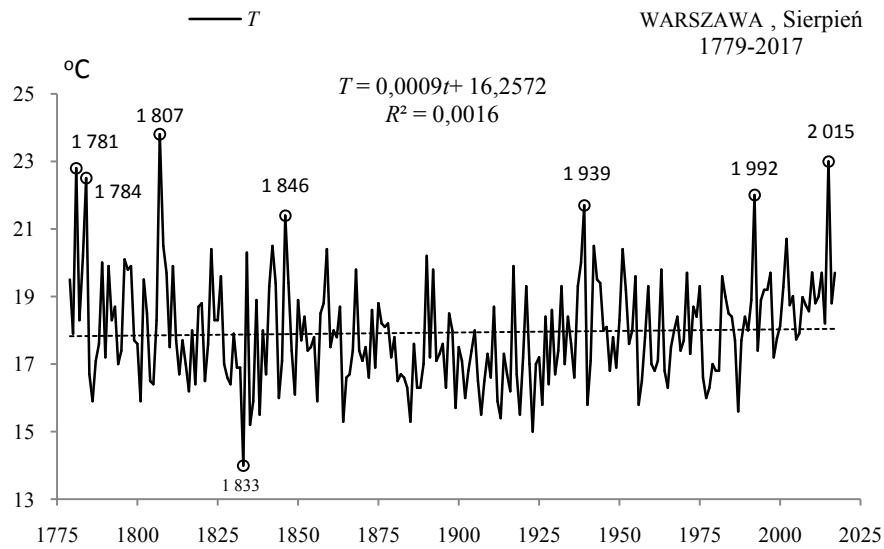


Rys. 7a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1779-2017
Fig. 7a. Changes of air temperature in Warsaw in July in the 1779-2017 years

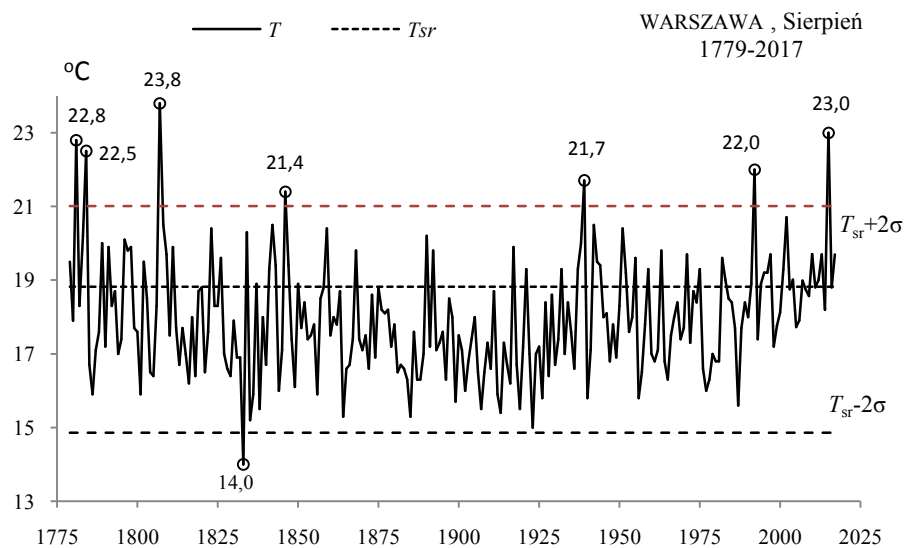


Rys. 7b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1779-2017
Fig. 7b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in July in the 1779-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)

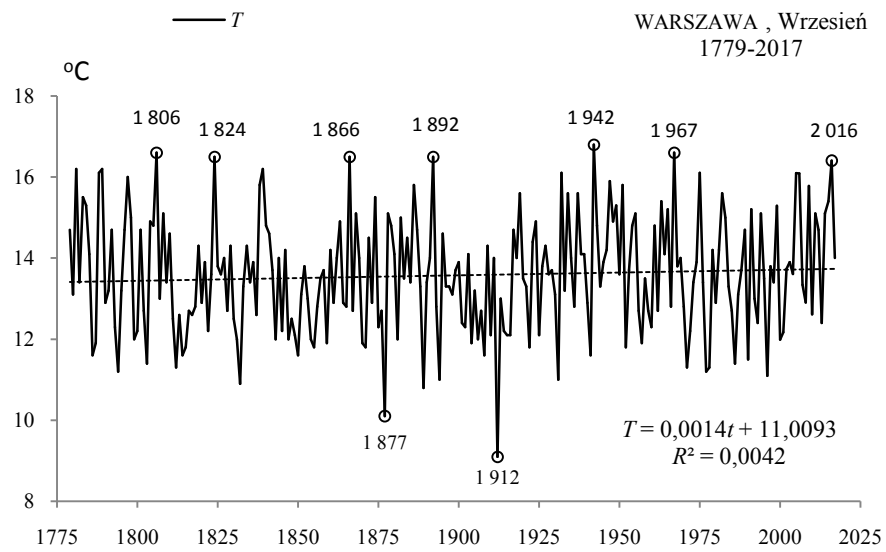


Rys. 8a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1779-2017
Fig. 8a. Changes of air temperature in Warsaw in August in the 1779-2017 years

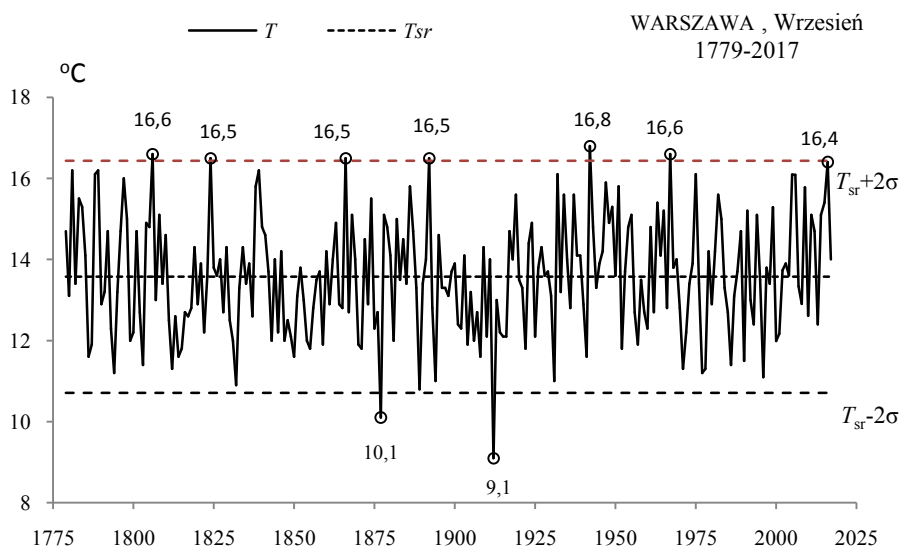


Rys. 8b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1779-2017
Fig. 8b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in August in the 1779-2017 years

WRZESIEŃ (IX)

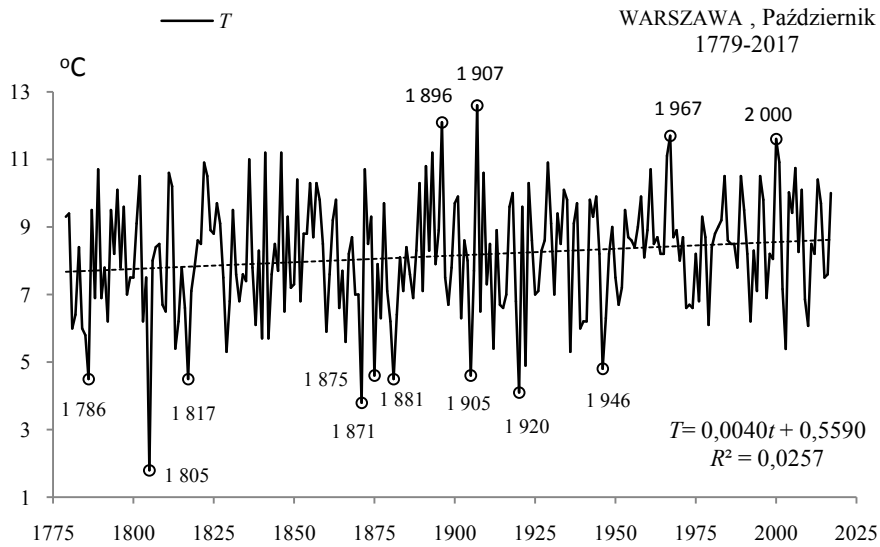


Rys. 9a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1779-2017
Fig. 9a. Changes of air temperature in Warsaw in September in the 1779-2017 years

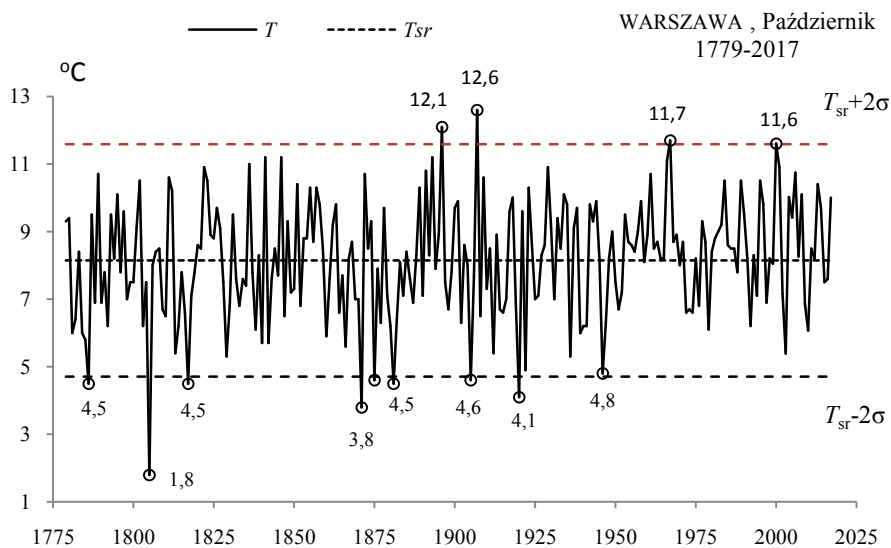


Rys. 9b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1779-2017
Fig. 9b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in September in the 1779-2017 years

PAŹDZIERNIK (X)



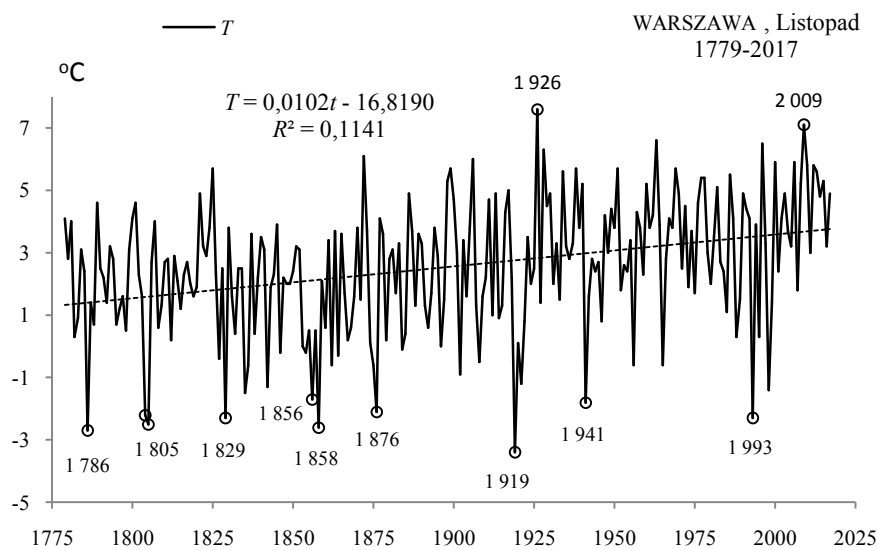
Rys. 10a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1779-2017
Fig. 10a. Changes of air temperature in Warsaw in October in the 1779-2017 years



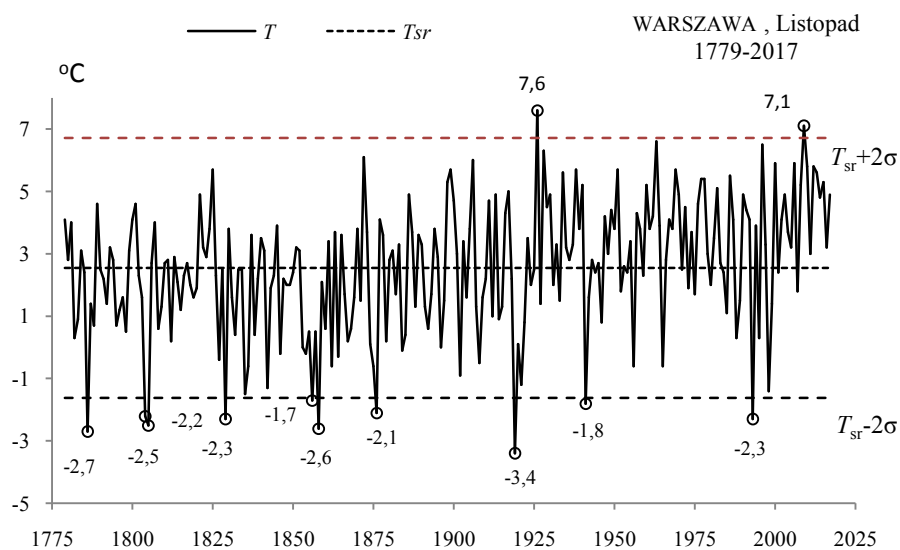
Rys. 10b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1779-2017

Fig. 10b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in October in the 1779-2017 years

LISTOPAD (XI)

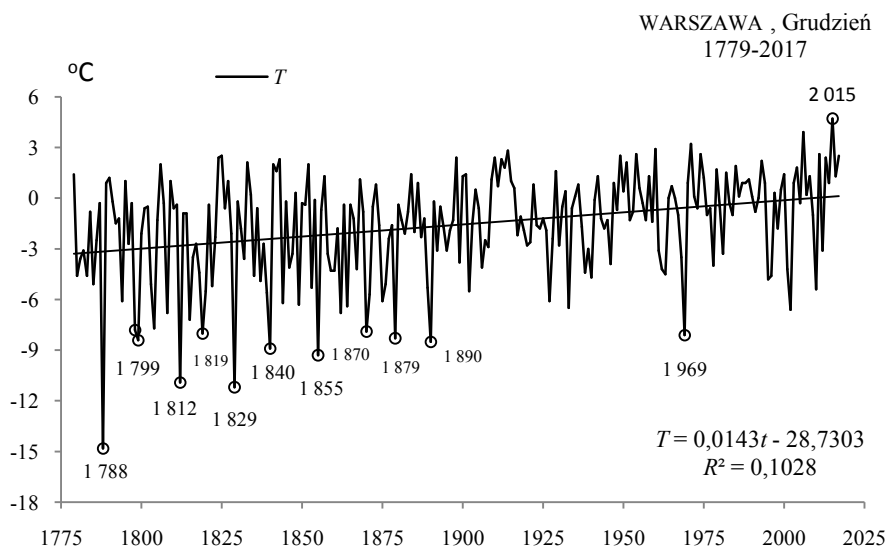


Rys. 11a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1779-2017
Fig. 11a. Changes of air temperature in Warsaw in November in the 1779-2017 years

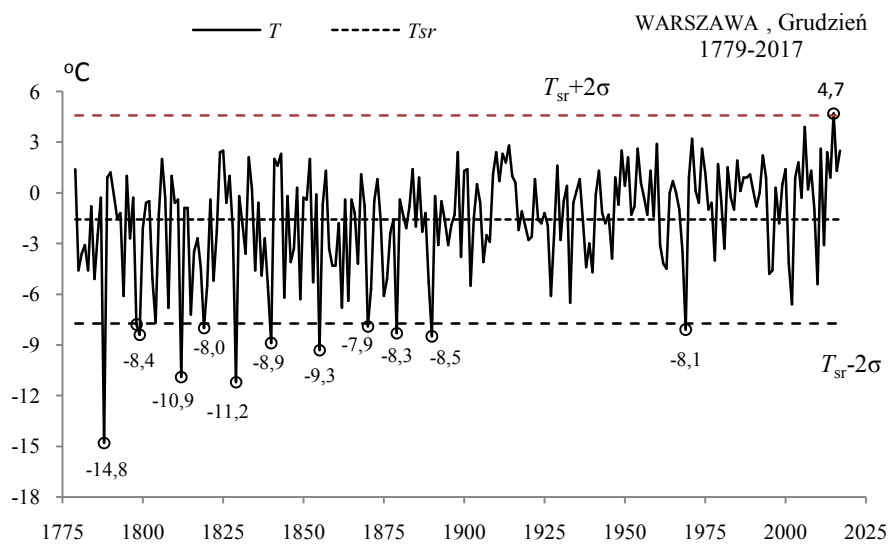


Rys. 11b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1779-2017
Fig. 11b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in November in the 1779-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)

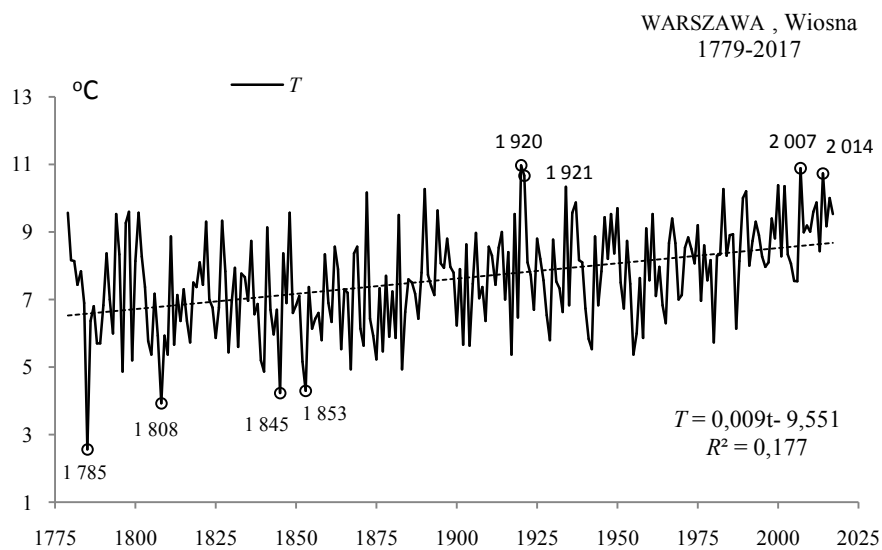


Rys. 12a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1779-2017
Fig. 12a. Changes of air temperature in Warsaw in December in the 1779-2017 years

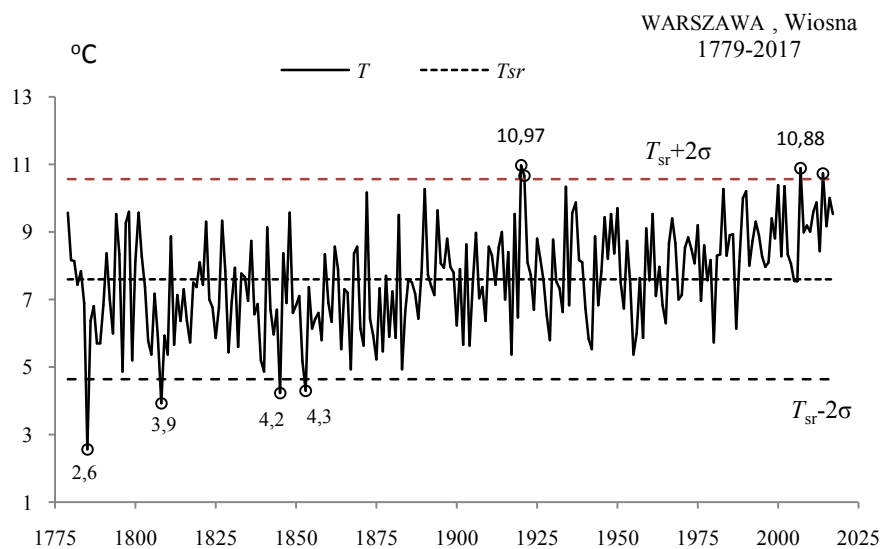


Rys. 12b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1779-2017
Fig. 12b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in December in the 1779-2017 years.

WIOSNA (III-V)

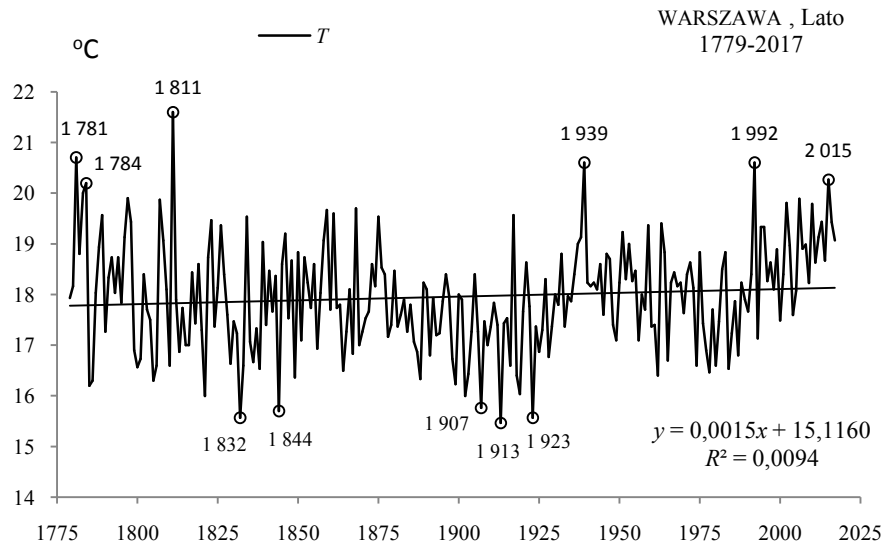


Rys. 13a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1779-2017
Fig. 13a. Changes of air temperature in Warsaw in spring in the 1779-2017 years

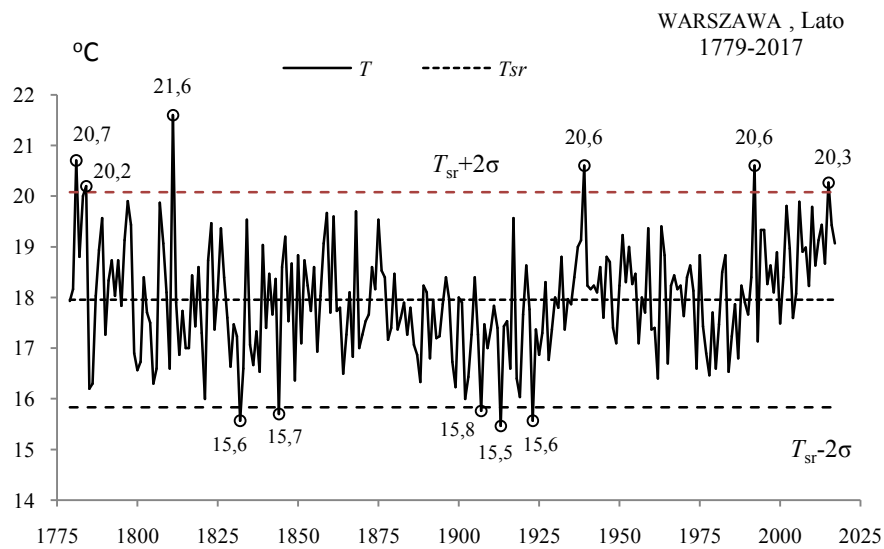


Rys. 13b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1779-2017
Fig. 13b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in Spring in the 1779-2017 years.

LATO (VI-VIII)

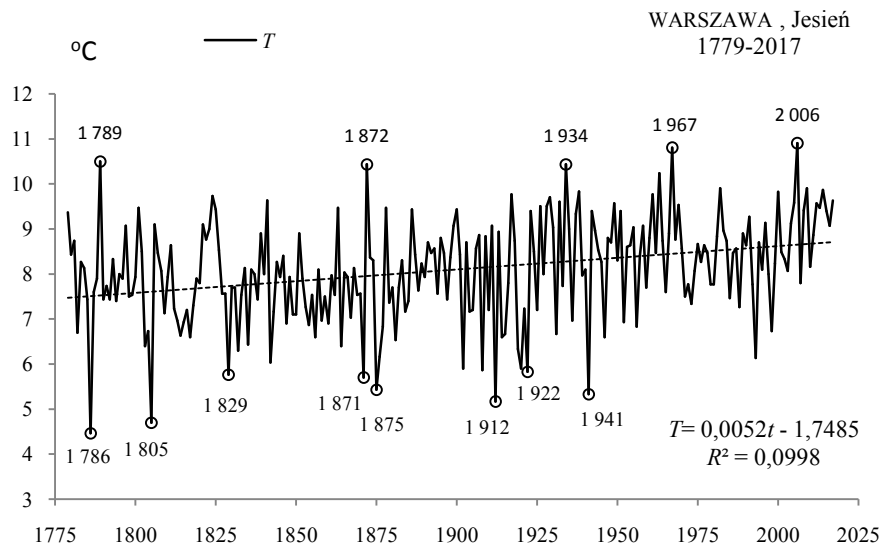


Rys. 14a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1779-2017
Fig. 14a. Changes of air temperature in Warsaw in summer in the 1779-2017 years

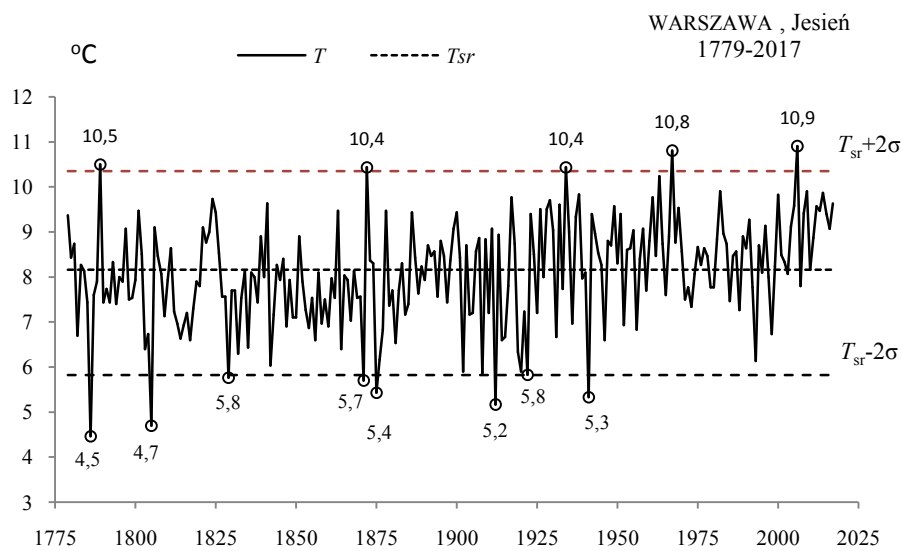


Rys. 14b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1779-2017
Fig. 14b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in Summer in the 1779-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)

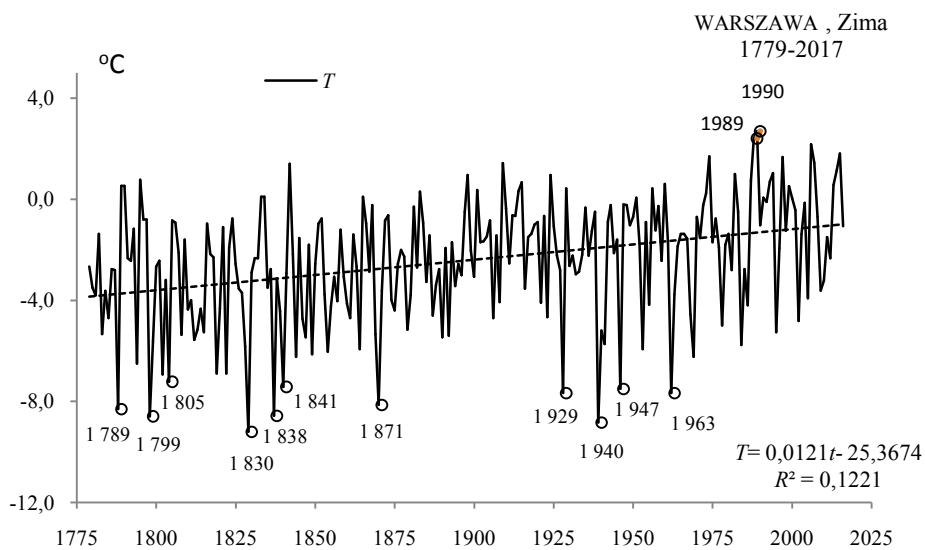


Rys. 15a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie jesienią w latach 1779-2017
Fig. 15a. Changes of air temperature in Warsaw in Autumn in the 1779-2017 years



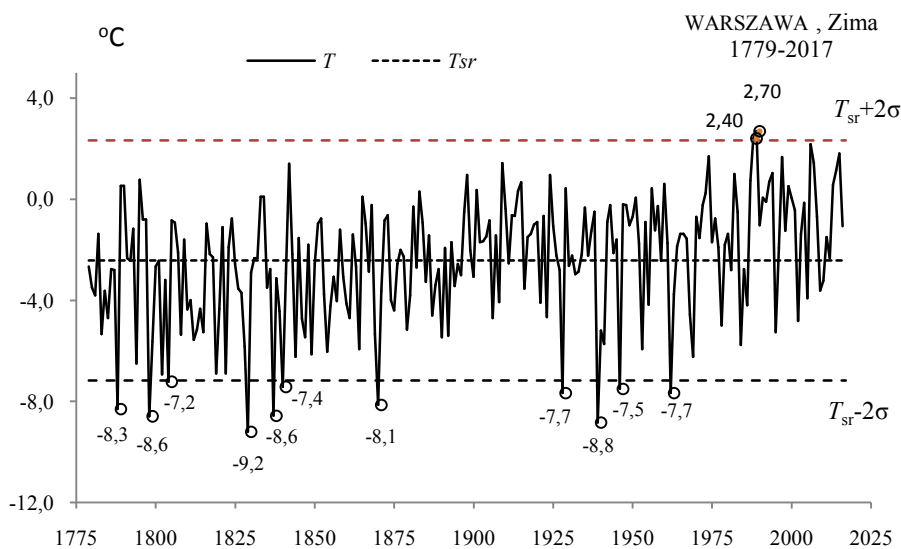
Rys. 15b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie jesienią w latach 1779-2017
Fig. 15b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in Autumn in the 1779-2017 years.

ZIMA (XII-II)



Rys. 16a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2017

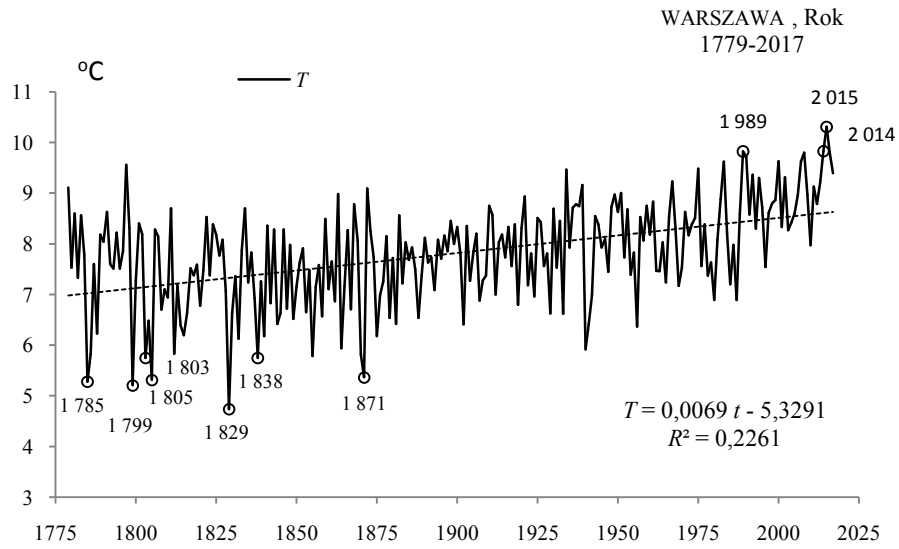
Fig. 16a. Changes of air temperature in Warsaw in Winter in the 1779-2017 years



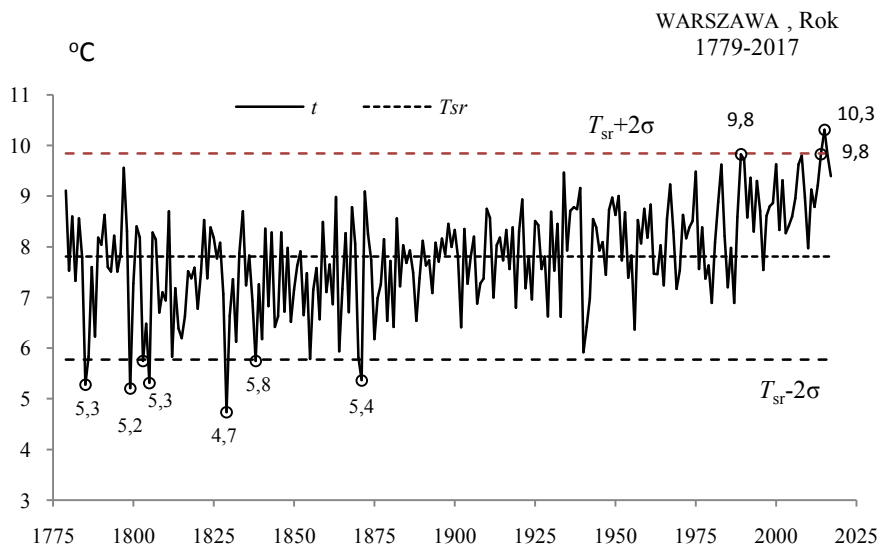
Rys. 16b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2017

Fig. 16b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in Winter in the 1779-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 17a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1779-2017
Fig. 17a. Changes of air temperature in Warsaw in year in the 1779-2017 years



Rys. 17b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1779-2017
Fig. 17b. Extreme values of average air temperature in Warsaw in year in the 1779-2017 years.

2.2. Ekstrema temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-2017

Ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) w Krakowie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1826-2017.

O anomaliiach termicznych (ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują daty wieloletnich minimów (t_{inf} , T_{inf}) i maksimów (t_{sup} , T_{sup}) temperatury powietrza.

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku i rok w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$, $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$ (tab. 2, tab. 2a, rys. 18a-34a, rys. 18b-34b).

Tabela 2. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-2017

Table 2. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Krakow in years 1826-2017

	T_{sr} °C	σ	$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
I	-3,241	3,30836	-9,85772	3,37572
II	-1,403	3,50364	-8,41028	5,60428
III	2,420	2,46634	-2,51268	7,35268
IV	8,120	1,78341	4,55318	11,68682
V	13,505	1,69789	10,10922	16,90078
VI	16,876	1,35595	14,1641	19,58790
VII	18,479	1,33780	15,8034	21,15460
VIII	17,660	1,28465	15,0907	20,22930
IX	13,706	1,41466	10,87668	16,53532
X	8,575	1,68779	5,19942	11,95058
XI	2,880	2,09390	-1,3078	7,06780
XII	-1,290	2,89441	-7,07882	4,49882
III-V	8,015	1,29023	5,43454	10,59546
VI-VIII	17,672	0,92316	15,82568	19,51832
IX-XI	8,387	1,07539	6,23622	10,53778
XII-II	-1,976	2,24314	-6,46228	2,51028
I-XII	8,024	0,87326	6,27748	9,77052

Tabela 2a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Krakowie (1826-2017)

Table 2a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Krakow (1826-2017)

Zima				Lato				Rok			
$T_{inf} \leq -6,46$		$T_{sup} \geq 2,51$		$T_{inf} \leq 15,83$		$T_{sup} \geq 19,52$		$T_{inf} \leq 6,28$		$T_{sup} \geq 9,77$	
1830	-10,30	1870	2,67	1978	15,40	1992	19,93	1829	5,33	2014	9,99
1963	-8,03			1965	15,70	2015	19,97	1871	5,71	1934	10,00
1940	-7,43			1984	15,73	1834	20,77	1838	5,93		
1871	-7,20							1956	5,98		
1838	-7,17							1840	6,13		
1841	-7,17							1858	6,21		
1947	-6,93							1864	6,21		
								1940	6,25		

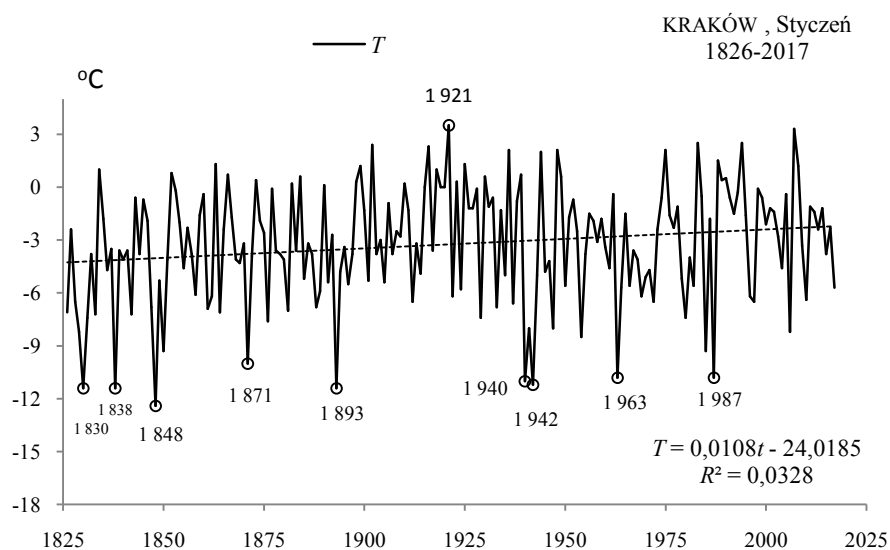
W Krakowie w latach 1826-2017 bardzo mroźne zimy o temperaturze $T \leq -6,46$ °C (BMZ) wystąpiły w latach :

1830 1963 1940 1871 1838 1841 1947
-10,30 -8,03 -7,43 -7,20 -7,17 -7,17 -6,93

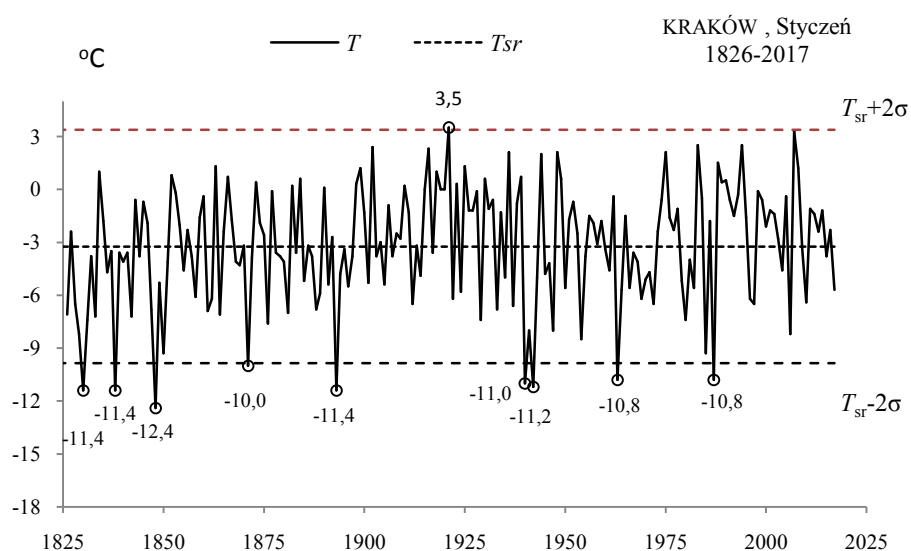
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T \geq 19,52$ °C – w latach:

1992 2015 1834
19,93 19,97 20,77

STYCZEŃ (I)

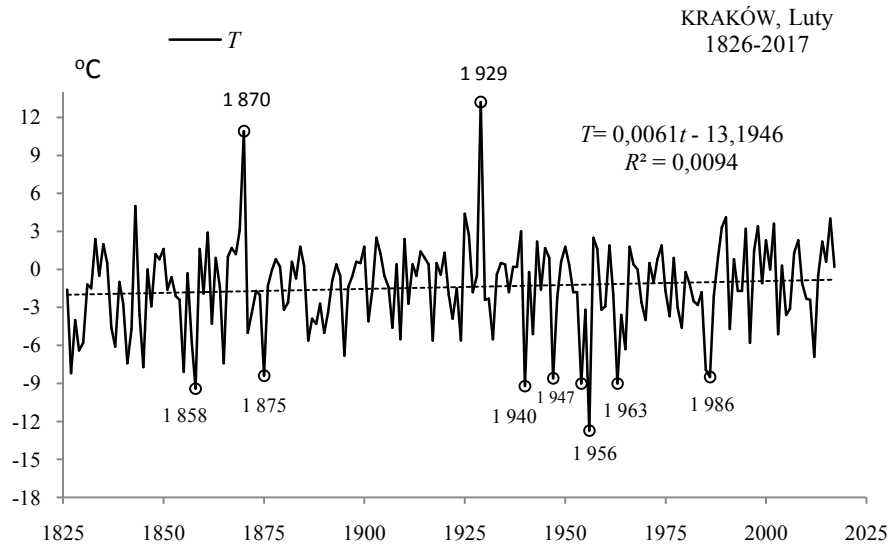


Rys. 18a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1826-2017
Fig. 18a. Changes of air temperature in Cracow in January in the 1826-2017 years

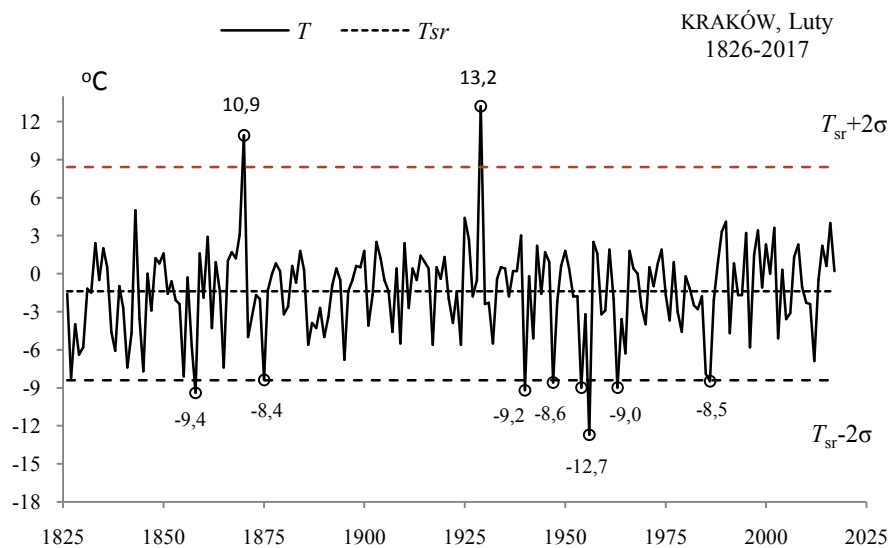


Rys. 18b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1826-2017
Fig. 18b. Extreme values of average air temperature in Cracow in January in the 1826-2017 years

LUTY (II)

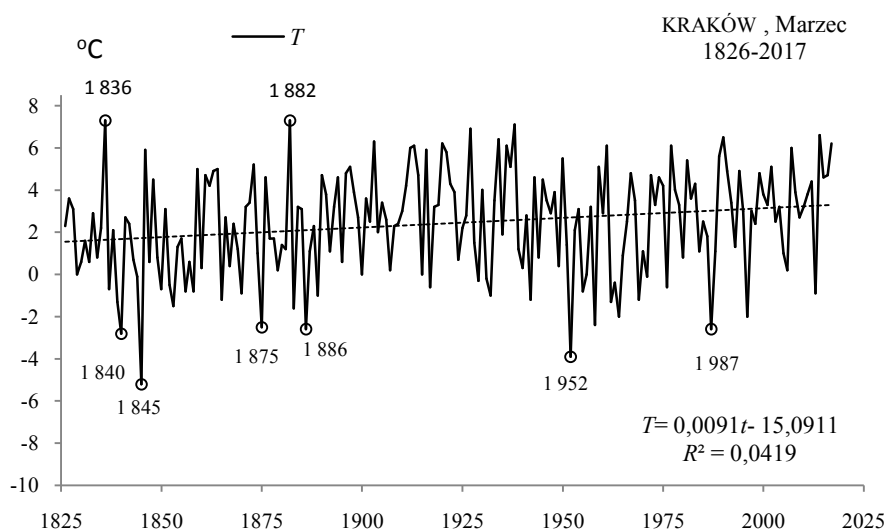


Rys. 19a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lutym w latach 1826-2017
Fig. 19a. Changes of air temperature in Cracow in February in the 1826-2017 years

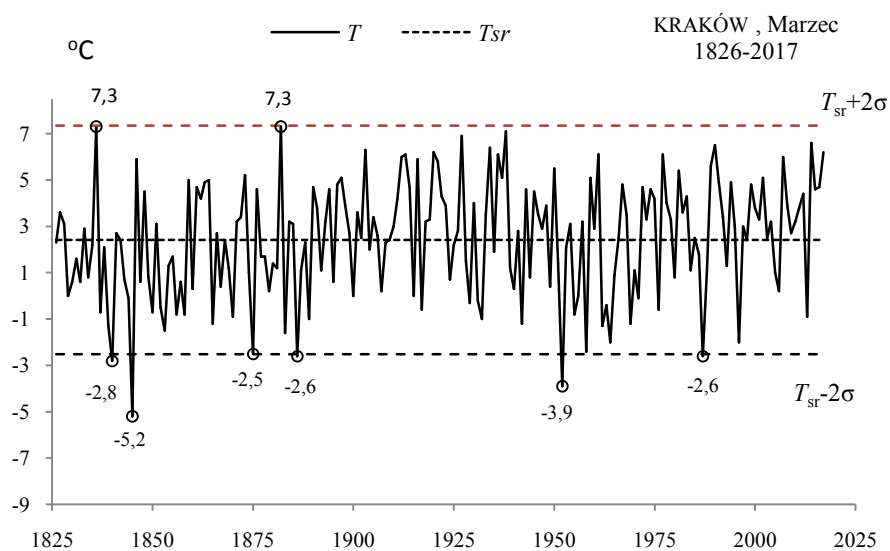


Rys. 19b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w lutym w latach 1826-2017
Fig. 19b. Extreme values of average air temperature in Cracow in February in the 1826-2017 years

MARZEC(III)

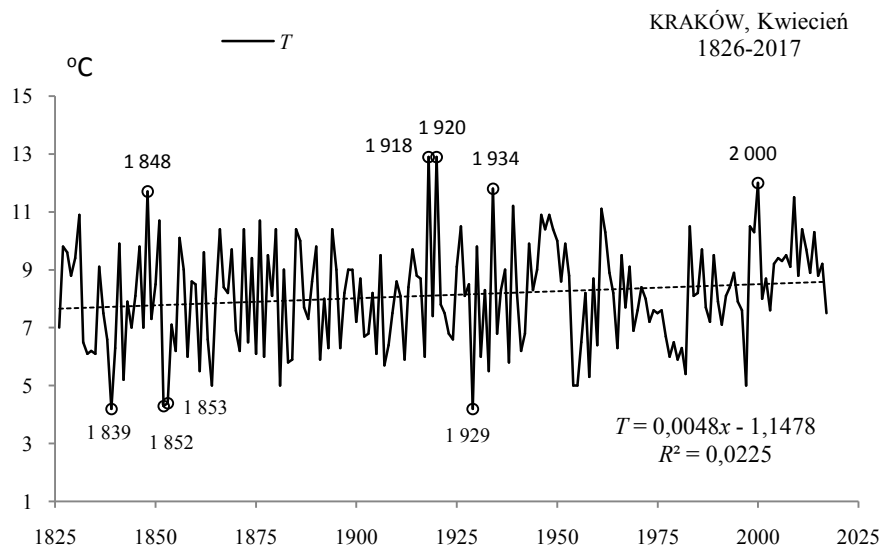


Rys. 20a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1826-2017
Fig. 20a. Changes of air temperature in Cracow in March in the 1826-2017 years

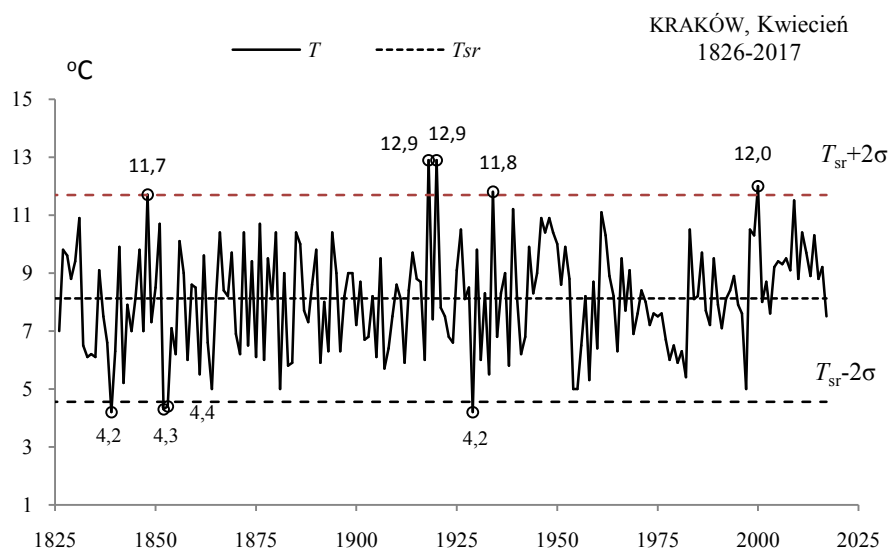


Rys. 20b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1826-2017
Fig. 20b. Extreme values of average air temperature in Cracow in March in the 1826-2017 years

KWIECIEŃ (IV)

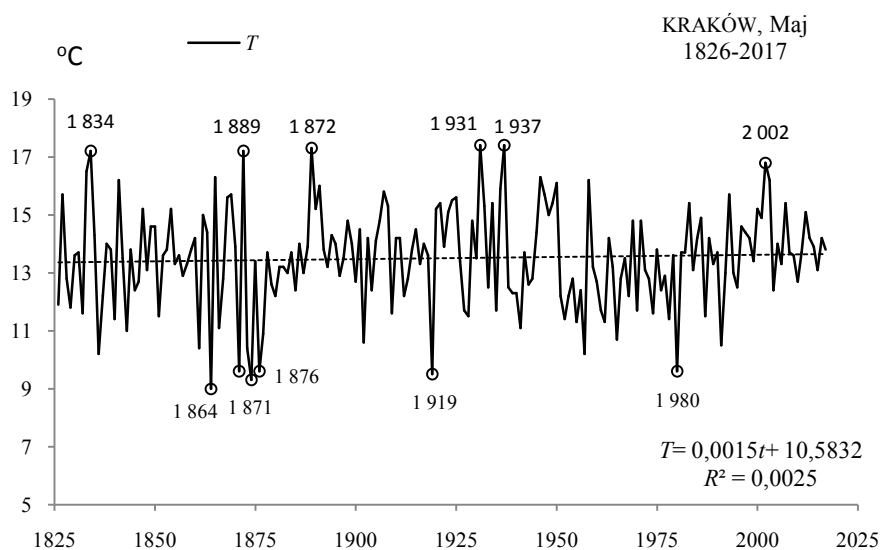


Rys. 21a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1826-2017
Fig. 21a. Changes of air temperature in Cracow in April in the 1826-2017 years

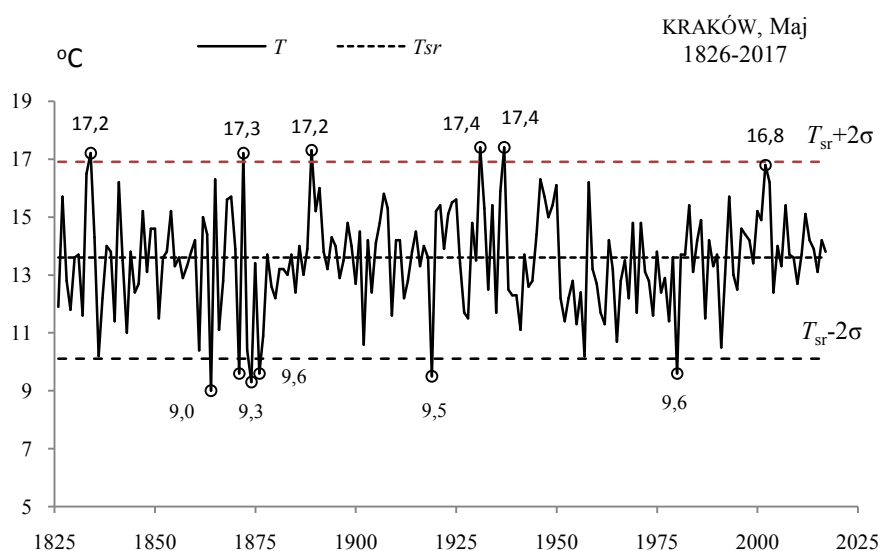


Rys. 21b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1826-2017
Fig. 21b. Extreme values of average air temperature in Cracow in April in the 1826-2017 years

MAJ (V)

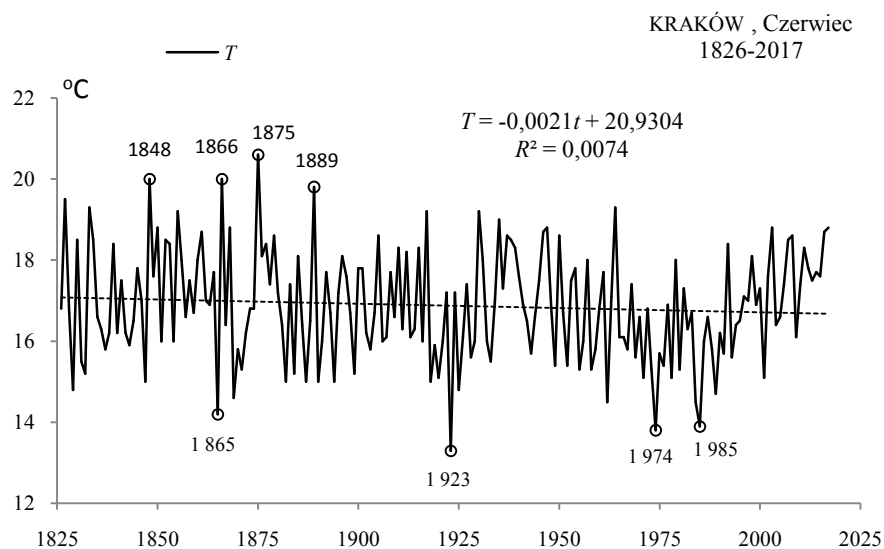


Rys. 22a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1826-2017
Fig. 22a. Changes of air temperature in Cracow in May in the 1826-2017 years

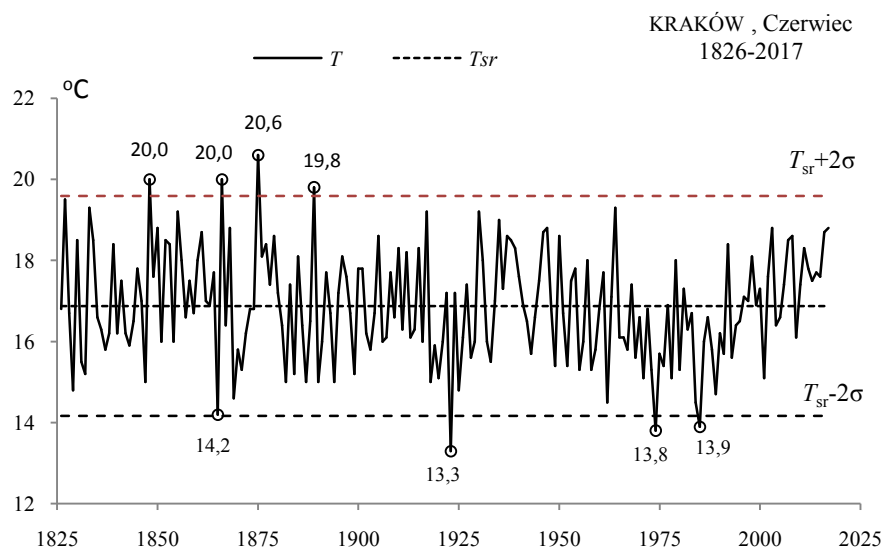


Rys. 22b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1826-2017
Fig. 22b. Extreme values of average air temperature in Cracow in May in the 1826-2017 years

CZERWIEC (VI)

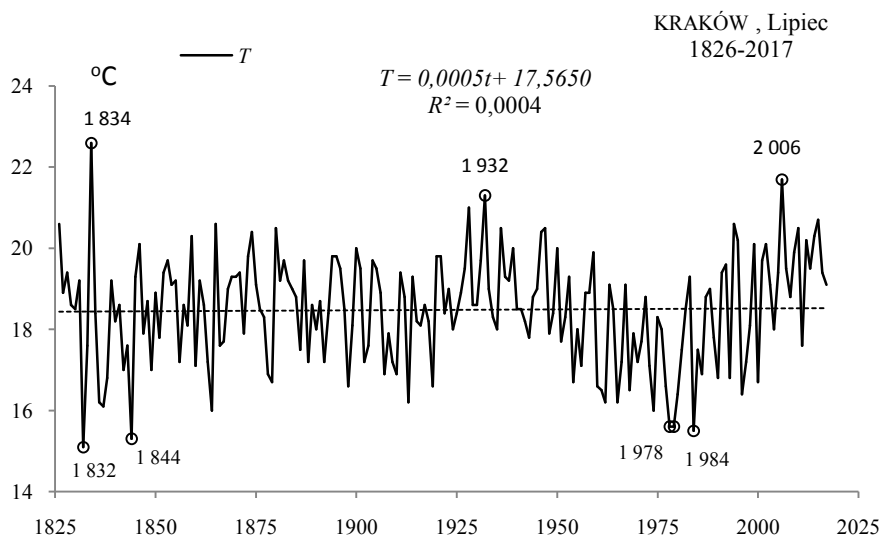


Rys. 23a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1826-2017
Fig. 23a. Changes of air temperature in Cracow in June in the 1826-2017 years

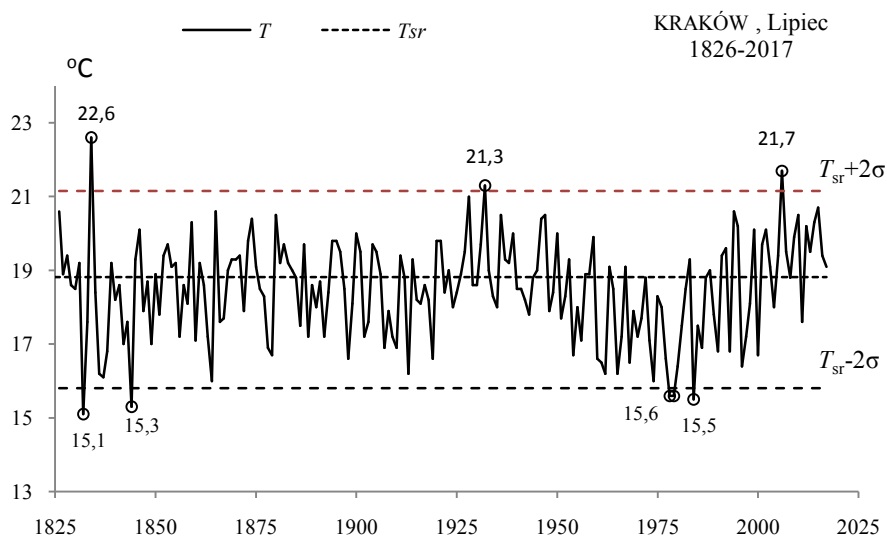


Rys. 23b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1826-2017
Fig. 23b. Extreme values of average air temperature in Cracow in June in the 1826-2017 years

LIPIEC (VII)

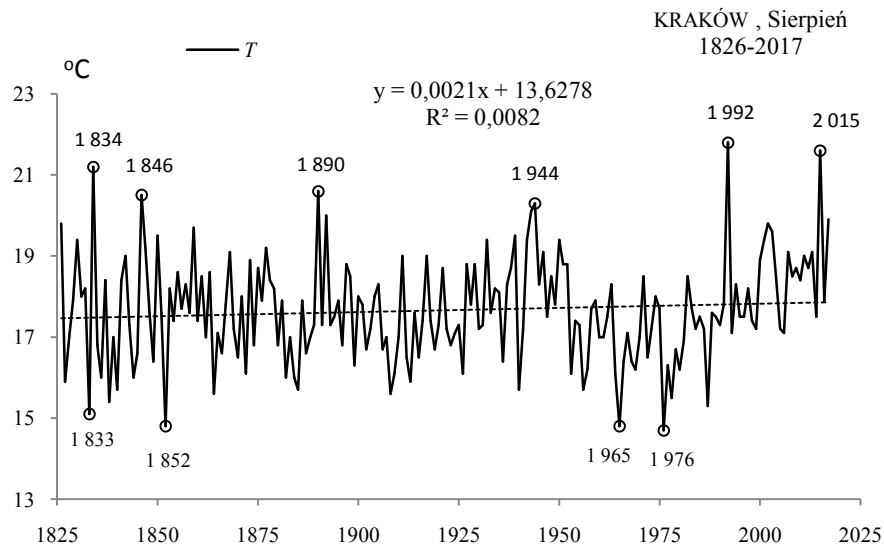


Rys. 24a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1826-2017
Fig. 24a. Changes of air temperature in Cracow in July in the 1826-2017 years

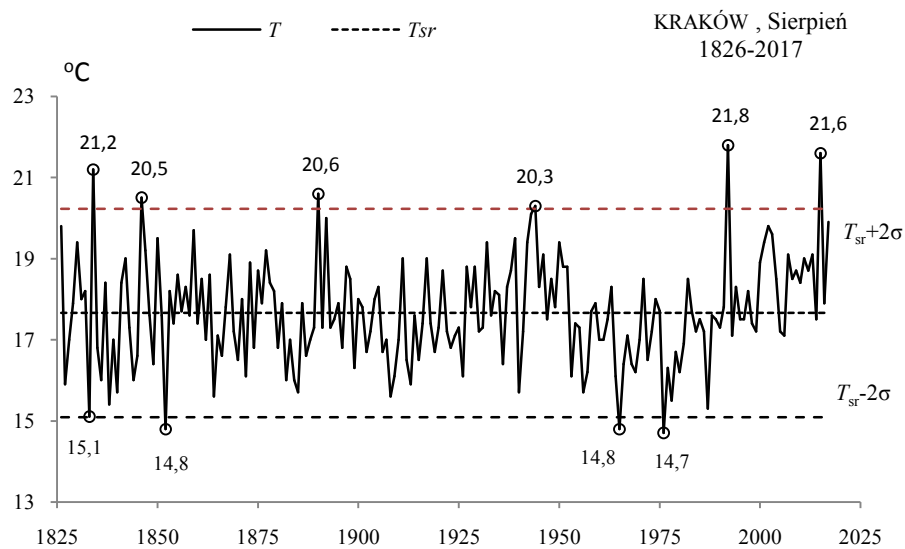


Rys. 24b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1826-2017
Fig. 24b. Extreme values of average air temperature in Cracow in July in the 1826-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)

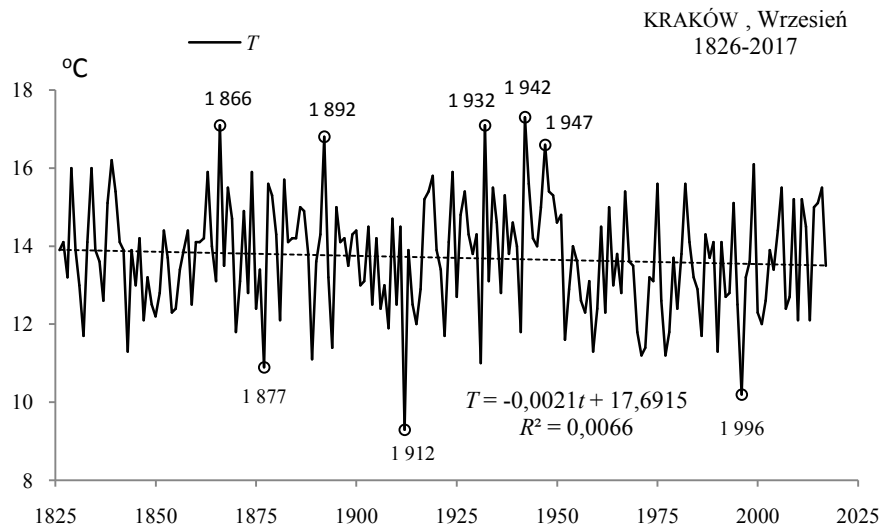


Rys. 25a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1826-2017
Fig. 25a. Changes of air temperature in Cracow in August in the 1826-2017 years

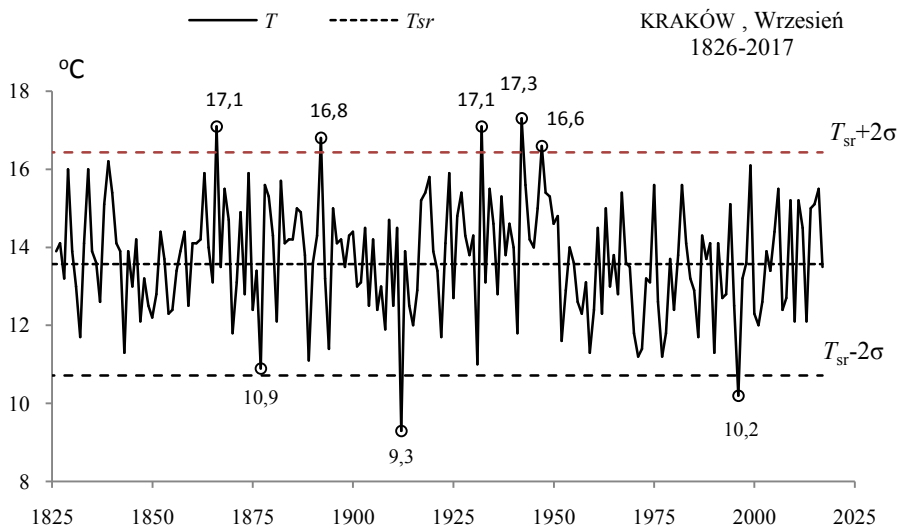


Rys. 25b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1826-2017
Fig. 25b. Extreme values of average air temperature in Cracow in August in the 1826-2017 years

WRZESIEŃ (IX)

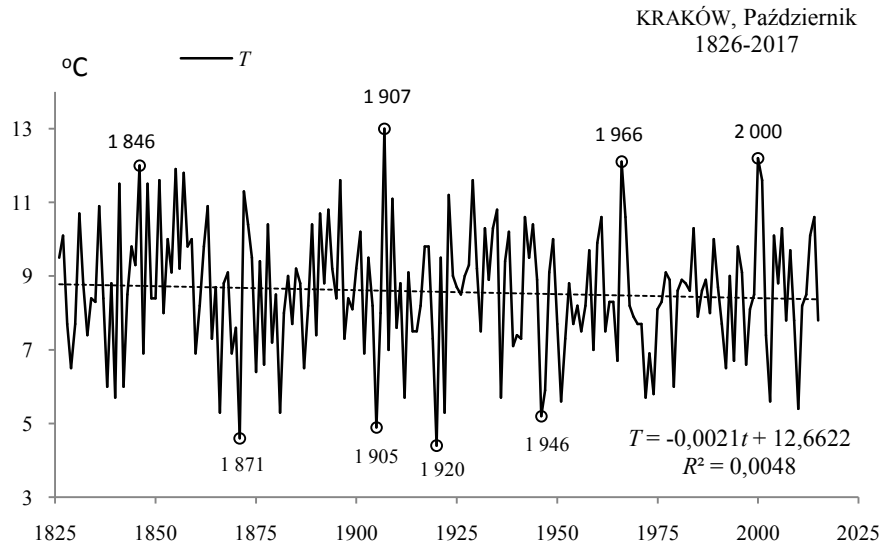


Rys. 26a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1826-2017
Fig. 26a. Changes of air temperature in Cracow in September in the 1826-2017 years

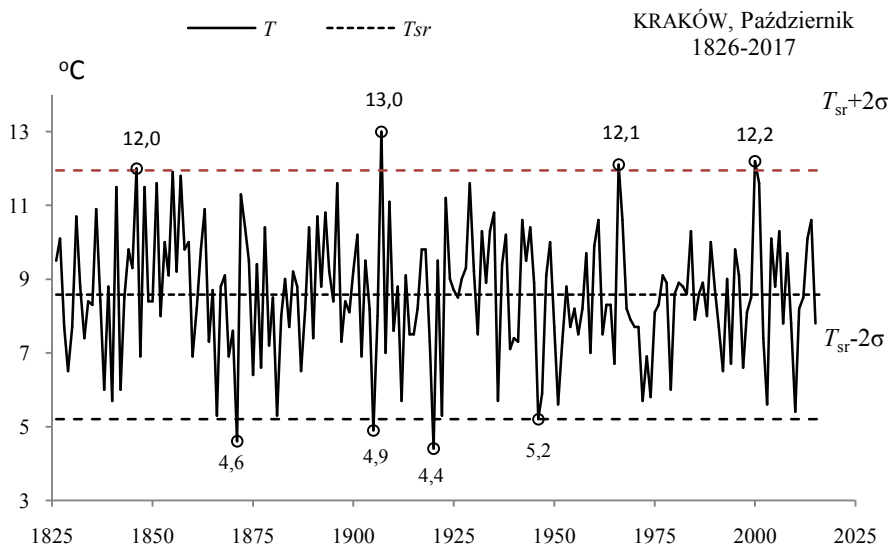


Rys. 26b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1826-2017
Fig. 26b. Extreme values of average air temperature in Cracow in September in the 1826-2017 years

PAŹDZIERNIK (VIII)

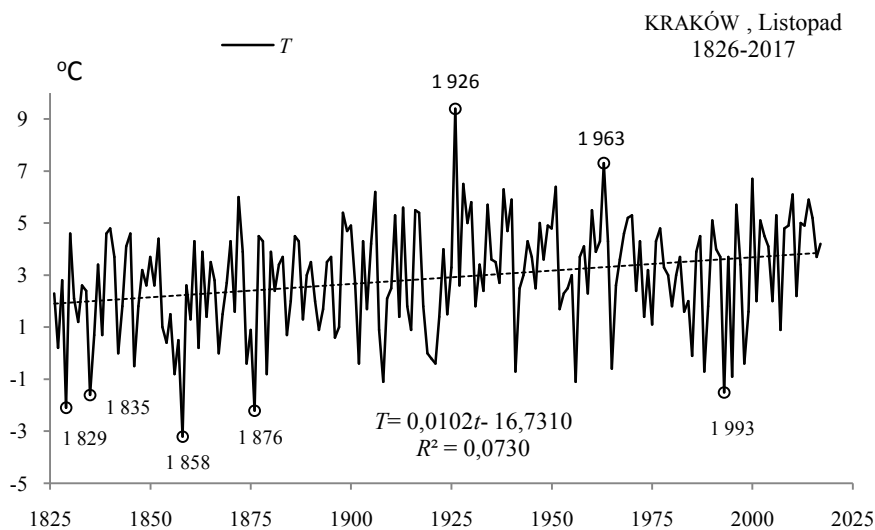


Rys. 27a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1826-2017
Fig. 27a. Changes of air temperature in Cracow in October in the 1826-2017 years

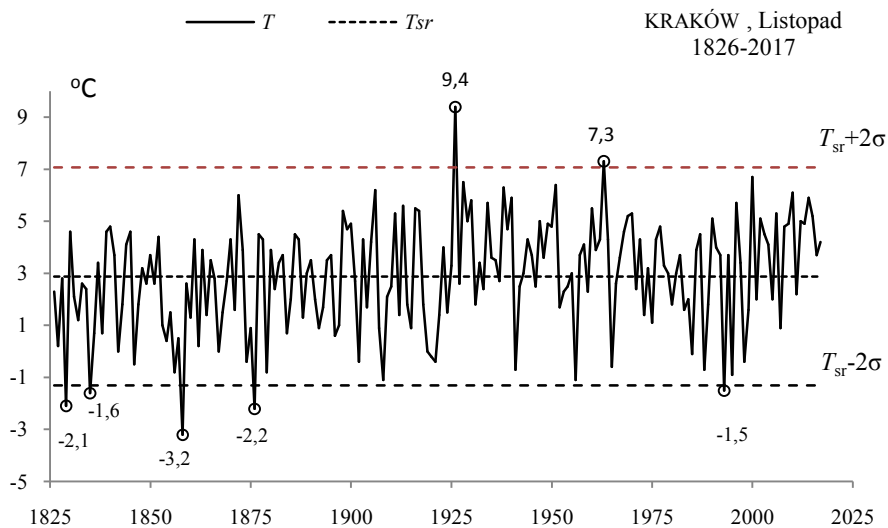


Rys. 27b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1826-2017
Fig. 27b. Extreme values of average air temperature in Cracow in October in the 1826-2017 years

LISTOPAD (XI)

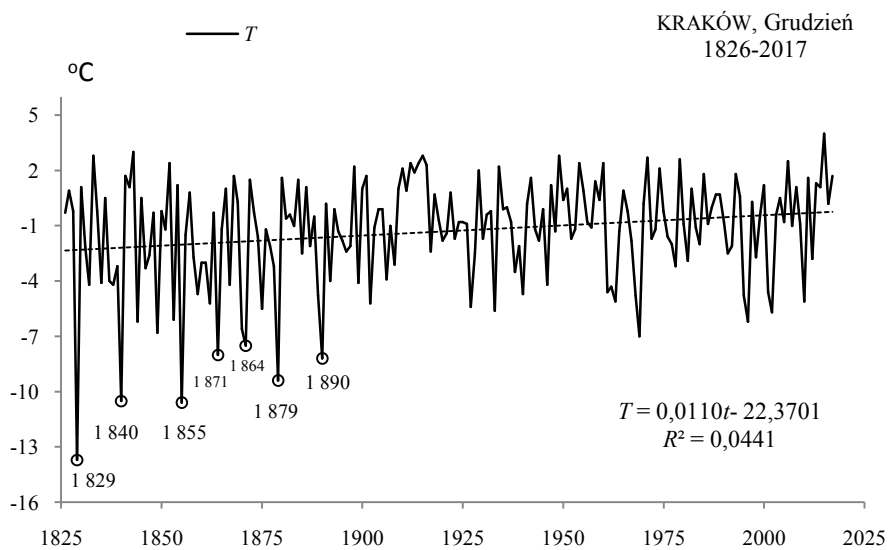


Rys. 28a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1826-2017
Fig. 28a. Changes of air temperature in Cracow in November in the 1826-2017 years

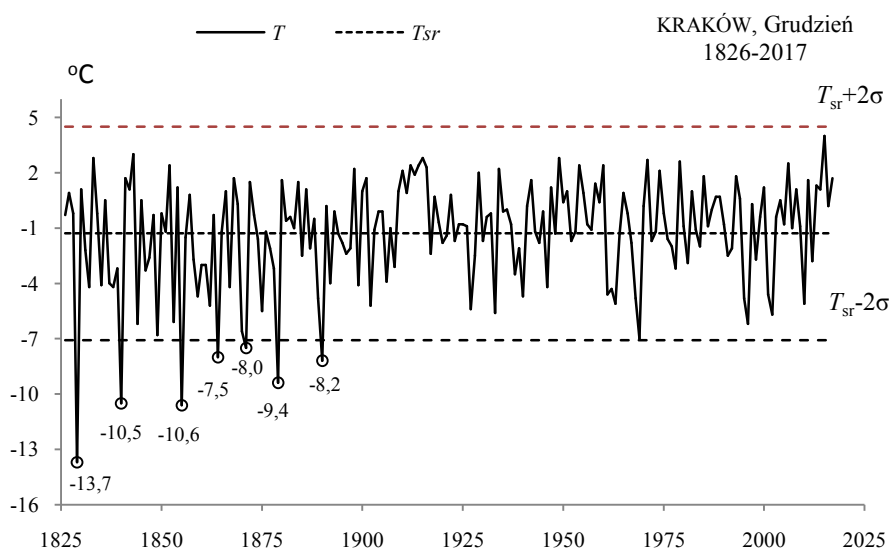


Rys. 28b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1826-2017
Fig. 28b. Extreme values of average air temperature in Cracow in November in the 1826-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)

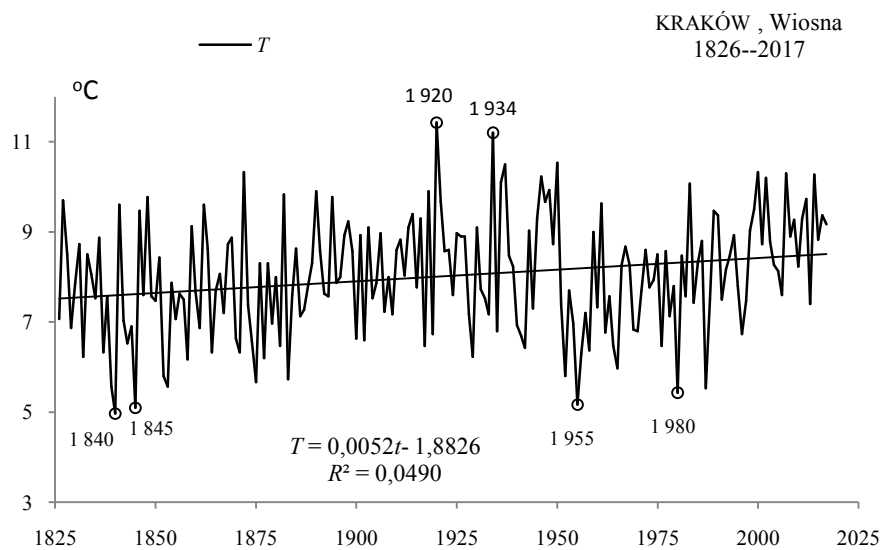


Rys. 29a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1826-2017
Fig. 29a. Changes of air temperature in Cracow in December in the 1826-2017 years

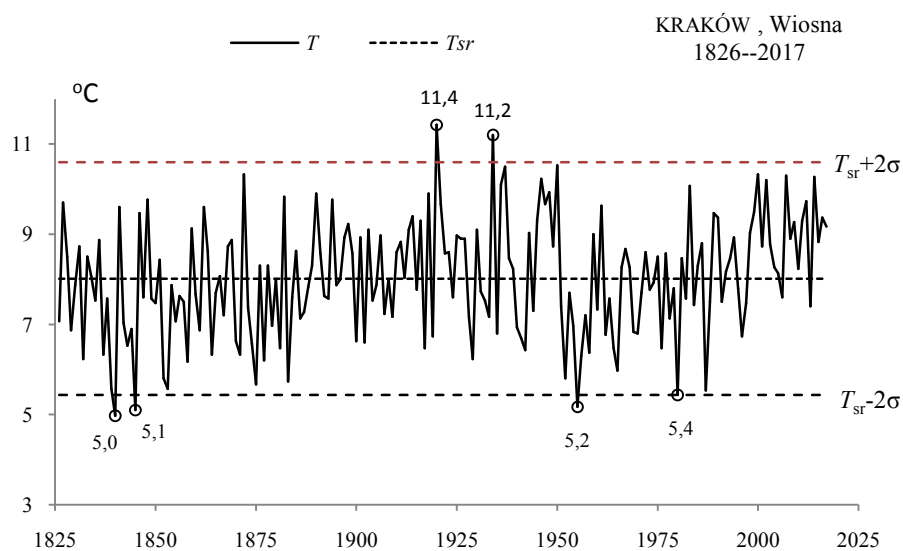


Rys. 29b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1826-2017
Fig. 29b. Extreme values of average air temperature in Cracow in December in the 1826-2017 years.

WIOSNA (III-V)

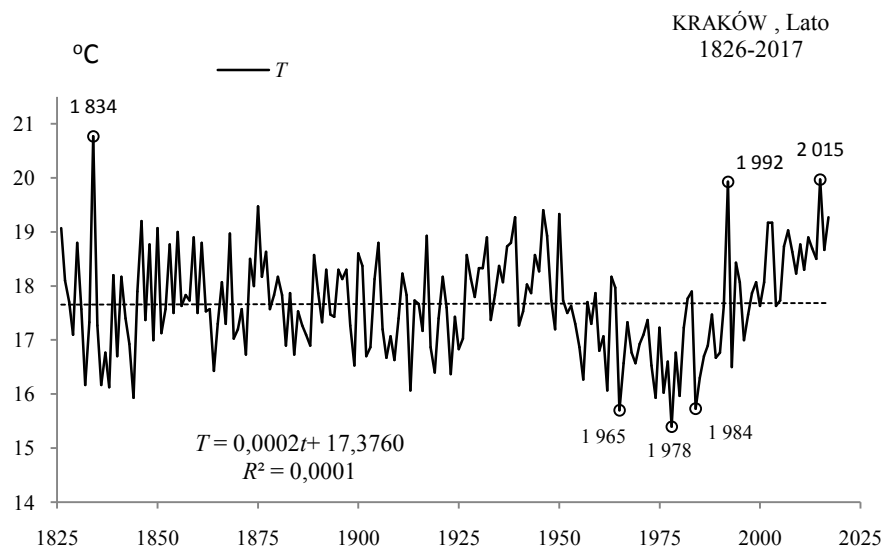


Rys. 30a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1826-2017
Fig. 30a. Changes of air temperature in Cracow in spring in the 1826-2017 years

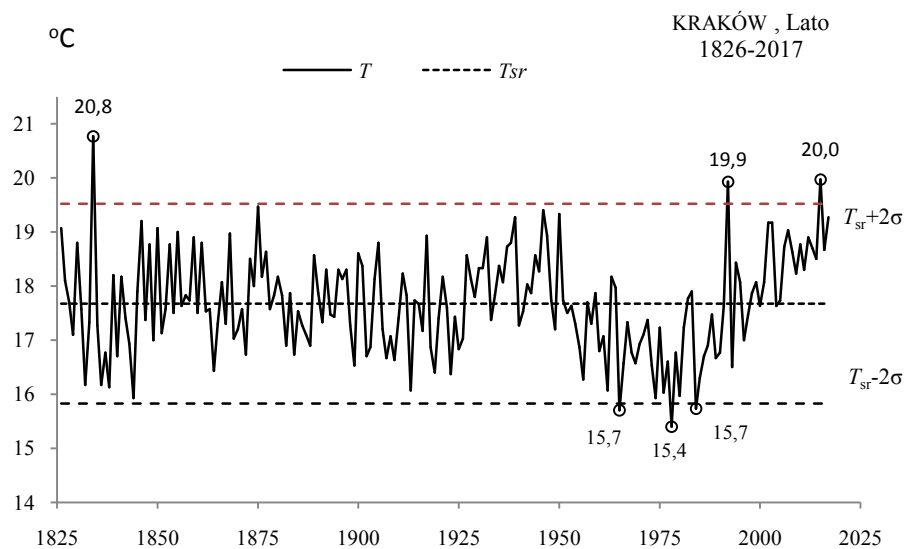


Rys. 30b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1826-2017
Fig. 30b. Extreme values of average air temperature in Cracow in Spring in the 1826-2017 years.

LATO (VI-VIII)

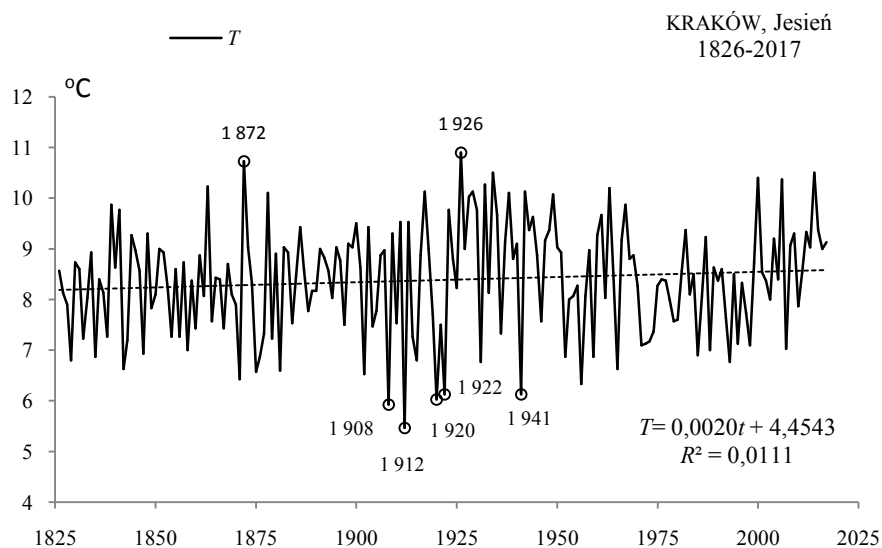


Rys. 31a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1826-2017
Fig. 31a. Changes of air temperature in Cracow in summer in the 1826-2017 years

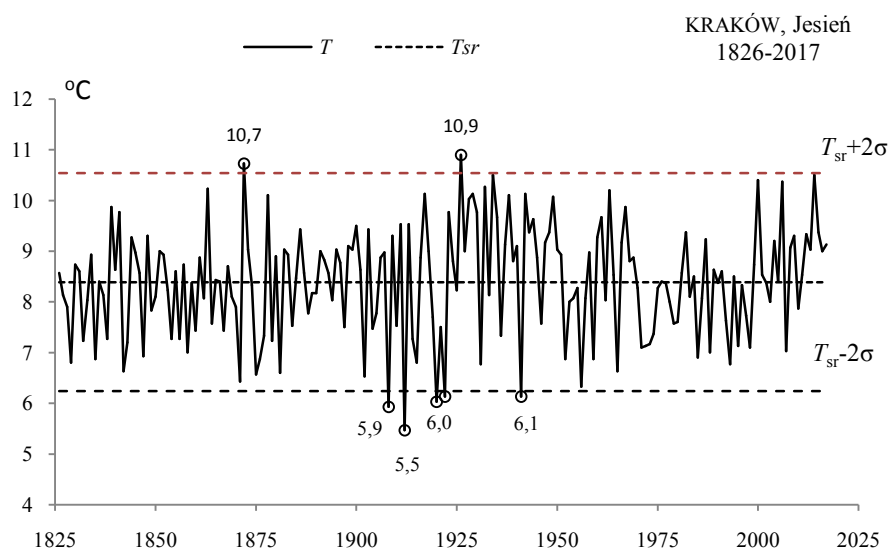


Rys. 31b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1826-2017
Fig. 31b. Extreme values of average air temperature in Cracow in Summer in the 1826-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)

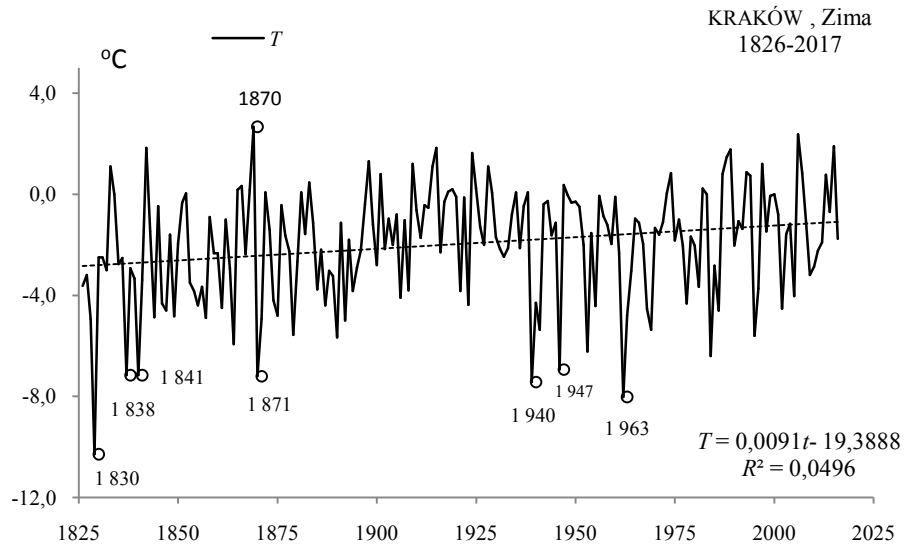


Rys. 32a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1826-2017
Fig. 32a. Changes of air temperature in Cracow in Autumn in the 1826-2017 years

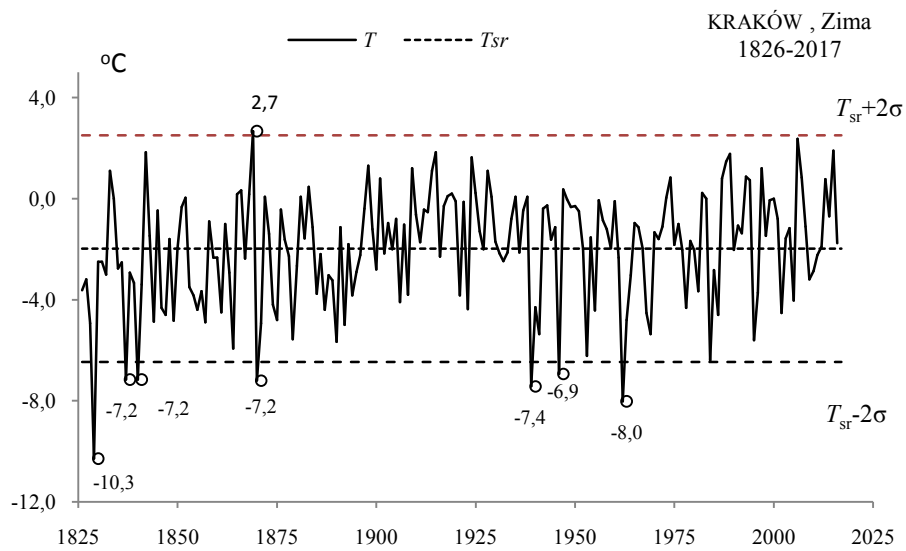


Rys. 32b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1826-2017
Fig. 32b. Extreme values of average air temperature in Cracow in Autumn in the 1826-2017 years.

ZIMA (XII-II)

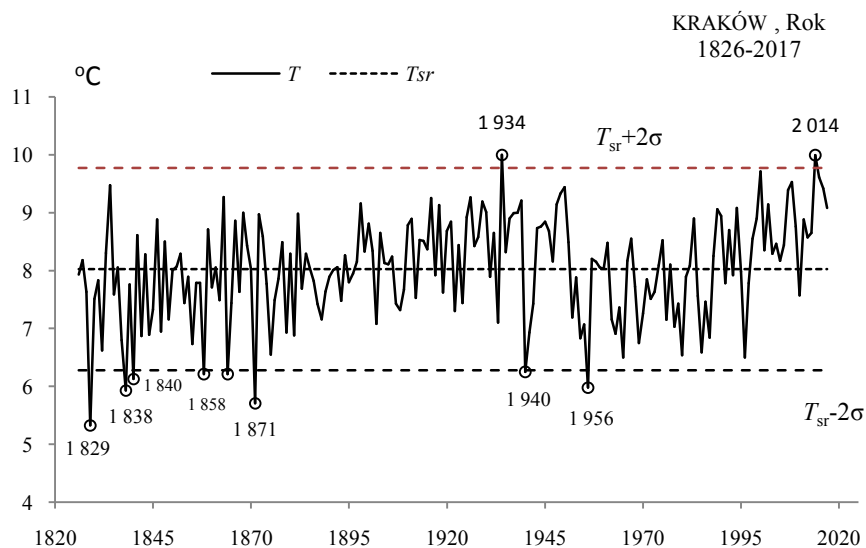


Rys. 33a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1826-2017
Fig. 33a. Changes of air temperature in Cracow in Winter in the 1826-2017 years

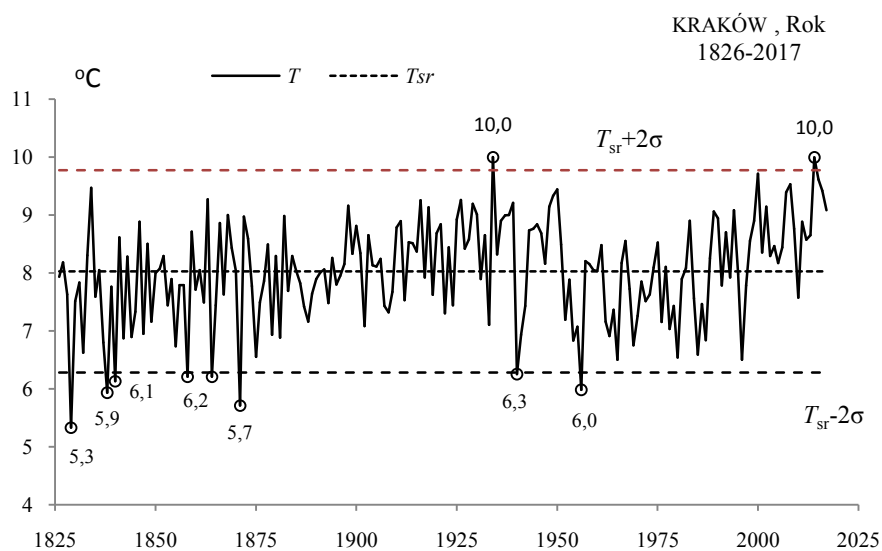


Rys. 33b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1826-2017
Fig. 33b. Extreme values of average air temperature in Cracow in Winter in the 1826-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 34a. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1826-2017
Fig. 34a. Changes of air temperature in Cracow in year in the 1826-2017 years



Rys. 34b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1826-2017
Fig. 34b. Extreme values of average air temperature in Cracow in year in the 1826-2017 years.

2.3. Ekstrema temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2017

Ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) we Wrocławiu określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1792-2017. O anomaliami termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują daty wieloletnich minimów (t_{inf} , T_{inf}) i maksimów (t_{sup} , T_{sup}) temperatury powietrza.

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku, lata, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$, $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$ (tab. 3, tab. 3a, rys 35a-51a, rys. 35b-51b).

Tabela 3. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza we Wrocławiu w latach 1792-2017

Table 3. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Wrocław in years 1792-2017

	T_{sr} °C	σ	$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
I	-1,937	3,52171	-8,98015	5,10669
II	-0,549	3,34048	-7,23025	6,13167
III	2,828	2,53697	-2,24625	7,90165
IV	8,153	1,95153	4,25034	12,05648
V	13,412	1,78282	9,84639	16,97768
VI	16,800	1,50651	13,78706	19,81312
VII	18,475	1,51699	15,44133	21,50929
VIII	17,851	1,53254	14,78588	20,91606
IX	14,012	1,50586	11,00076	17,02419
X	8,961	1,77429	5,41195	12,50911
XI	3,588	2,11921	-0,65046	7,82639
XII	-0,075	2,94462	-5,96429	5,81420
III-V	8,131	1,48822	5,15460	11,10744
VI-VIII	17,707	1,10430	15,49840	19,91560
IX-XI	8,842	1,25110	6,33980	11,34420
XII-II	-0,851	2,38740	-5,62580	3,92380
I-XII	8,453	1,12915	6,19510	10,71170

Tabela 3a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok we Wrocławiu (1792-2017)

Table 3a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Wrocław (1792-2017)

Zima				Lato				Rok			
$T_{inf} \leq -5,63$		$T_{sup} \geq 3,92$		$T_{inf} \leq 15,50$		$T_{sup} \geq 19,92$		$T_{inf} \leq 6,20$		$T_{sup} \geq 10,71$	
1830	-10,30	2007	4,37	1825	14,20	2006	20,04	1829	4,22	2007	10,75
1799	-7,77			1821	15,37	2002	20,17	1826	5,01	2008	10,78
1929	-6,99			1795	15,47	1834	20,23	1799	5,56	2000	10,92
1940	-6,99					2003	20,31			2015	10,94
1947	-6,59					2015	20,43			2014	10,99
1963	-6,59					1992	20,87				
1827	-6,50										
1838	-6,07										
1871	-5,93										

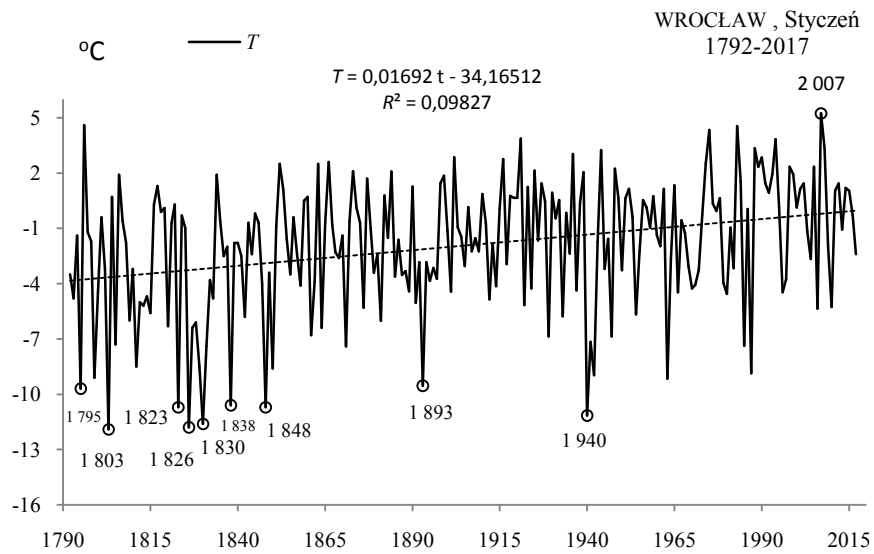
We Wrocławiu w latach 1792-2017 bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T \leq -5,63$ °C wystąpiły w latach:

1830 1799 1929 1940 1947 1963 1827 1838 1871
-10,30 -7,77 -6,99 -6,99 -6,59 -6,59 -6,5 -6,07 -5,93

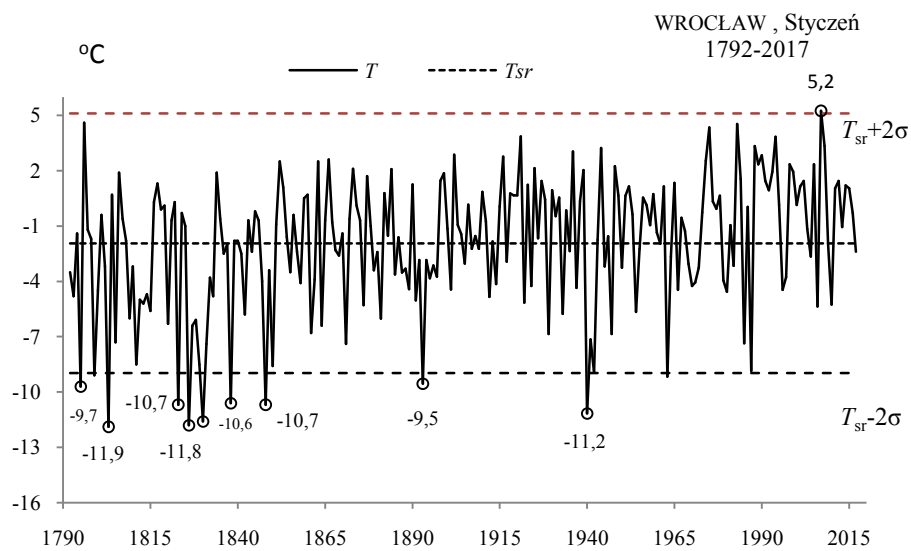
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T \geq 19,92$ °C – w latach:

2006 2002 1834 2003 2015 1992
20,04 20,17 20,23 20,31 20,43 20,87

STYCZEŃ (I)

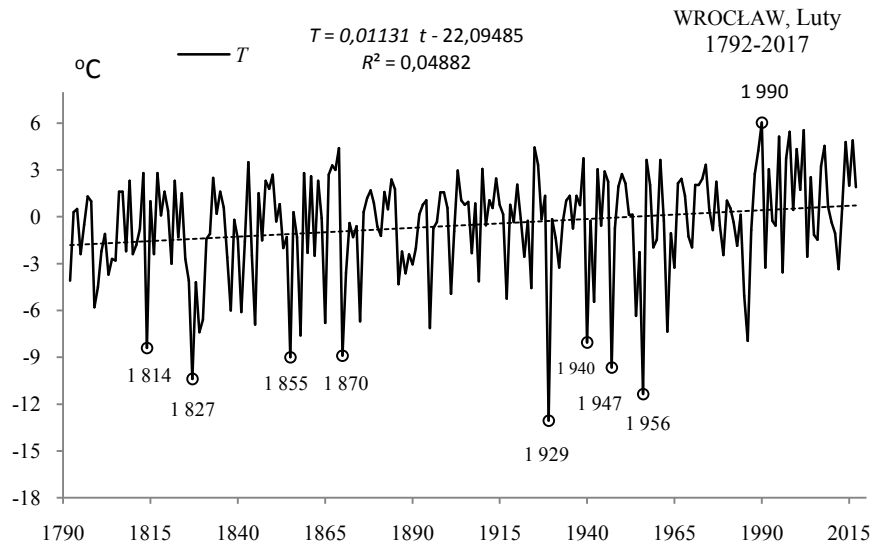


Rys. 35a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1792-2017
Fig. 35a. Changes of air temperature in Wrocław in January in the 1792-2017 years

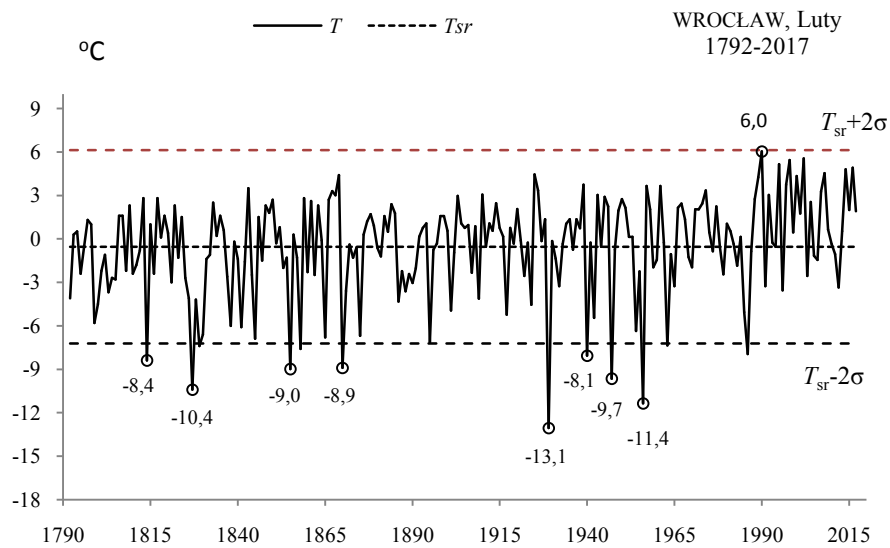


Rys. 35b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1792-2017
Fig. 35b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in January in the 1792-2017 years

LUTY (II)

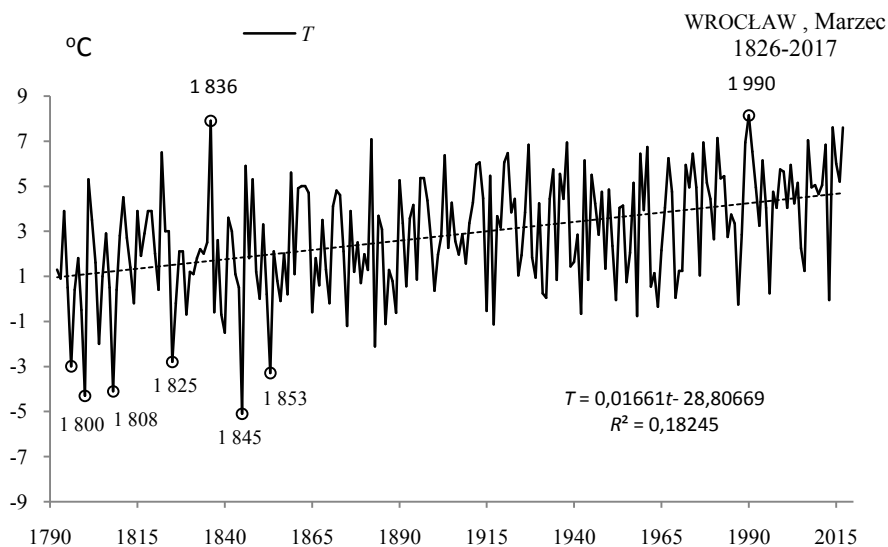


Rys. 36a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym w latach 1792-2017
Fig. 36a. Changes of air temperature in Wrocław in February in the 1792-2017 years

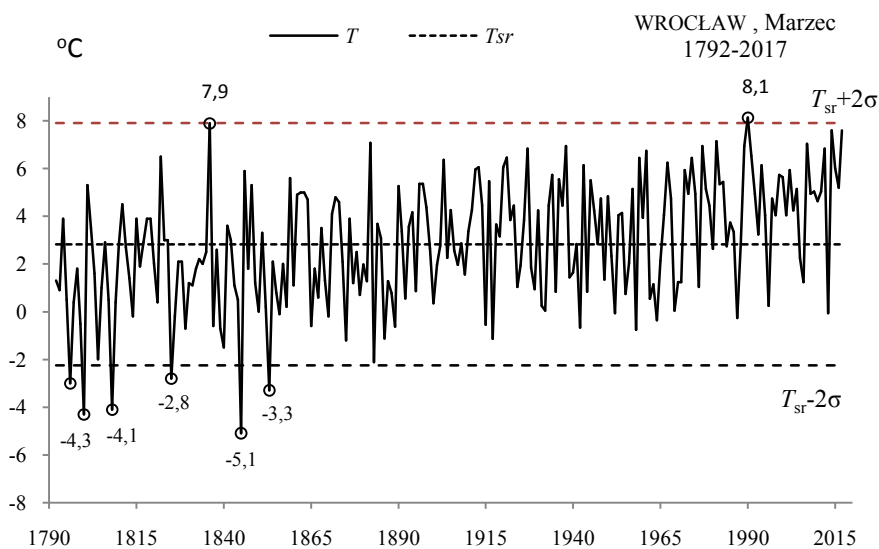


Rys. 36b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym w latach 1792-2017
Fig. 36b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in February in the 1792-2017 years

MARZEC(III)

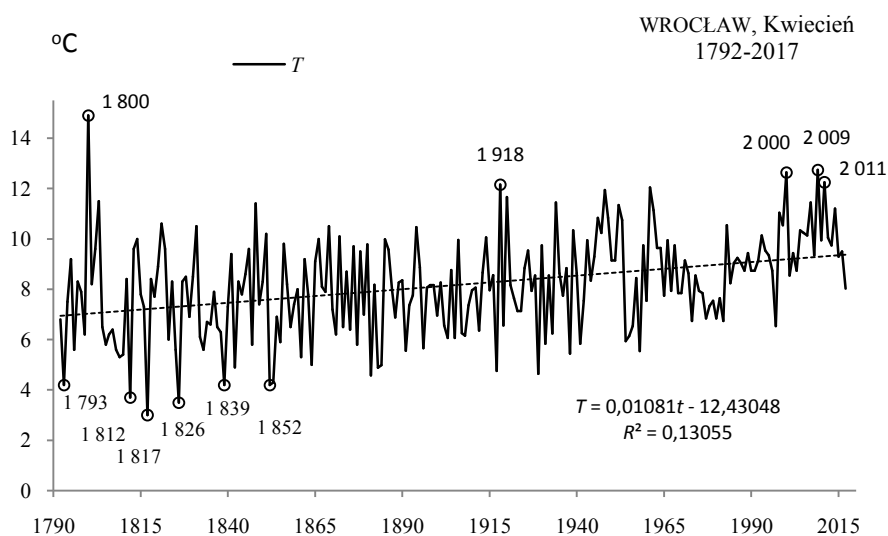


Rys. 37a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1792-2017
Fig. 37a. Changes of air temperature in Wrocław in March in the 1792-2017 years

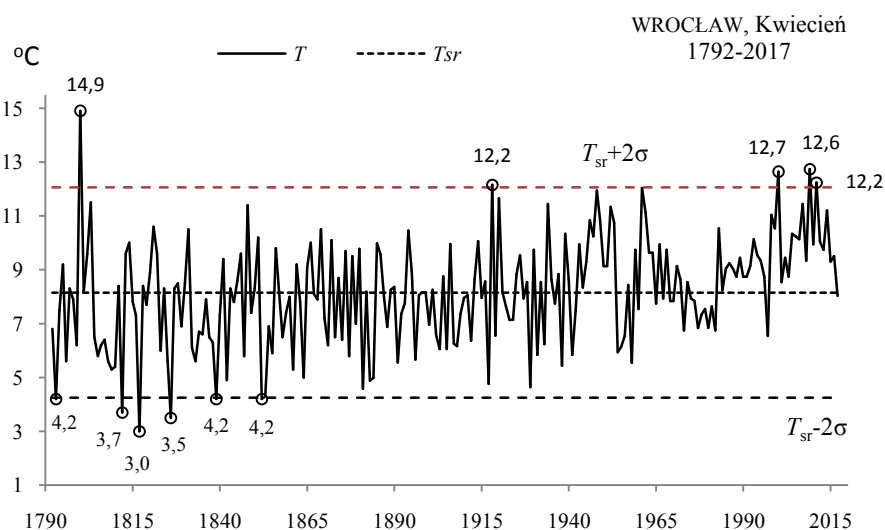


Rys. 37b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1792-2017
Fig. 37b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in March in the 1792-2017 years

KWIECIEŃ (IV)

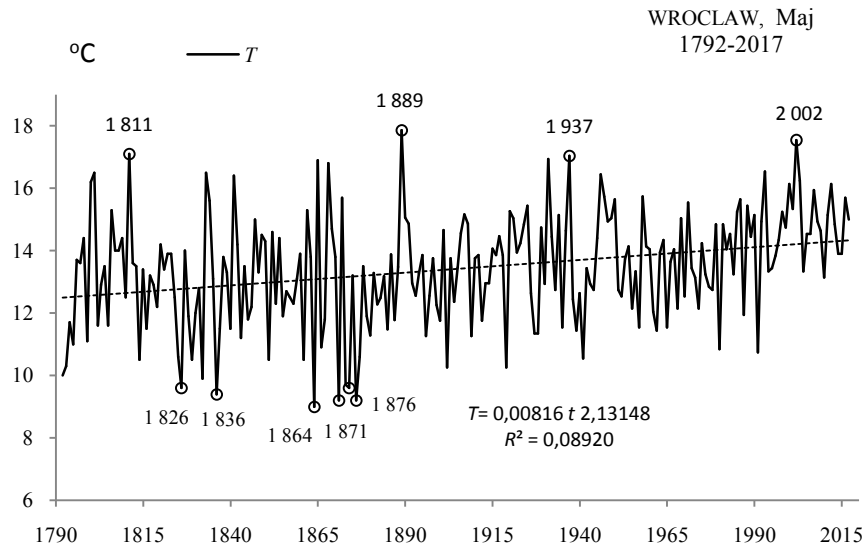


Rys. 38a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1792-2017
Fig. 38a. Changes of air temperature in Wrocław in April in the 1792-2017 years

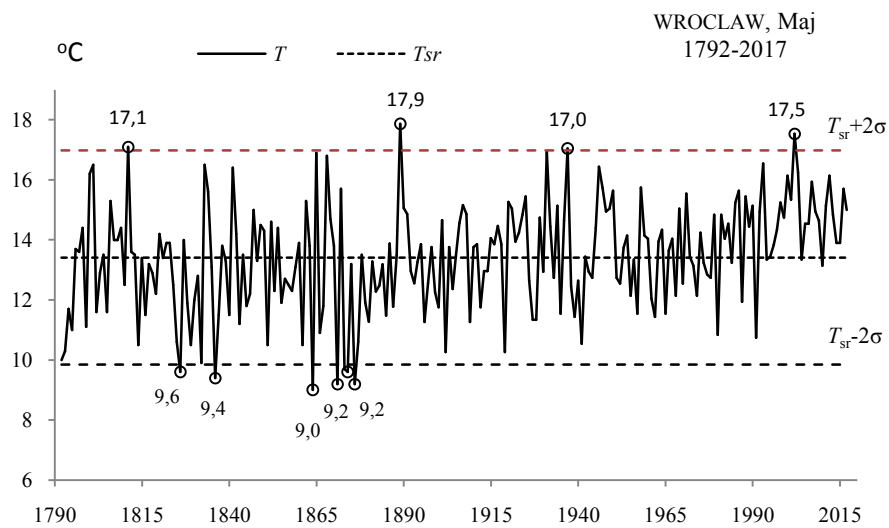


Rys. 38b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1792-2017
Fig. 38b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in April in the 1792-2017 years

MAJ (V)

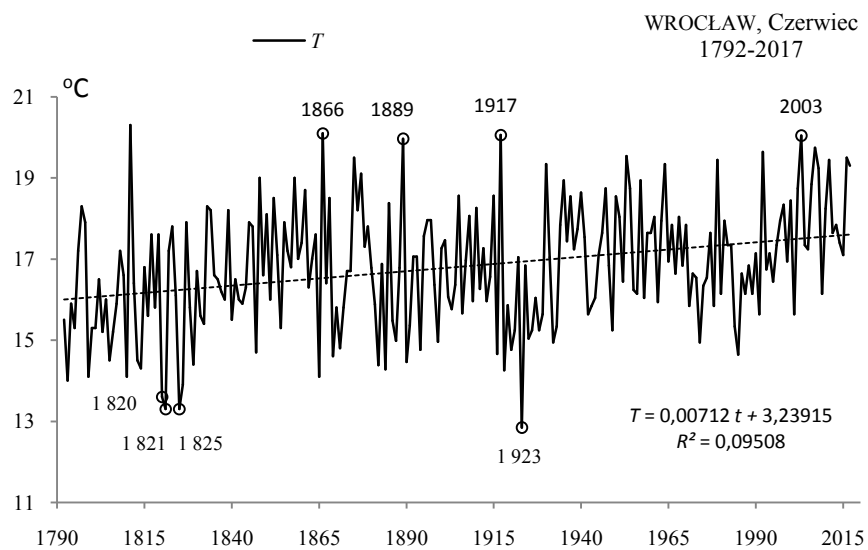


Rys. 39a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1792-2017
Fig. 39a. Changes of air temperature in Wrocław in May in the 1792-2017 years

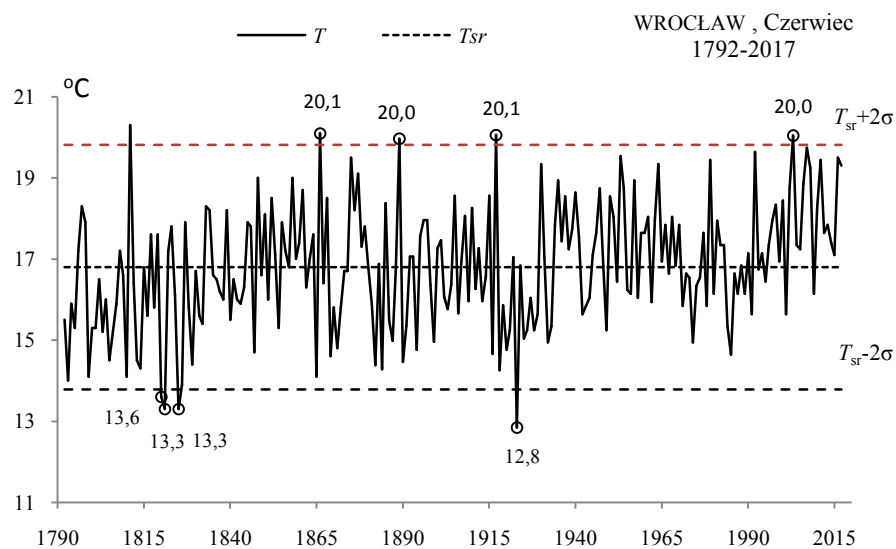


Rys. 39b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1792-2017
Fig. 39b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in May in the 1792-2017 years

CZERWIEC (VI)

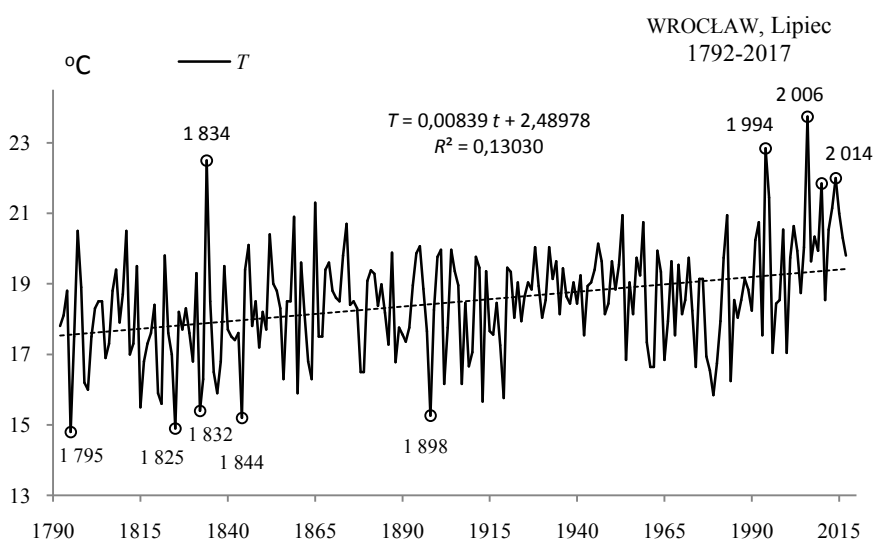


Rys. 40a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1792-2017
Fig. 40a. Changes of air temperature in Wrocław in June in the 1792-2017 years

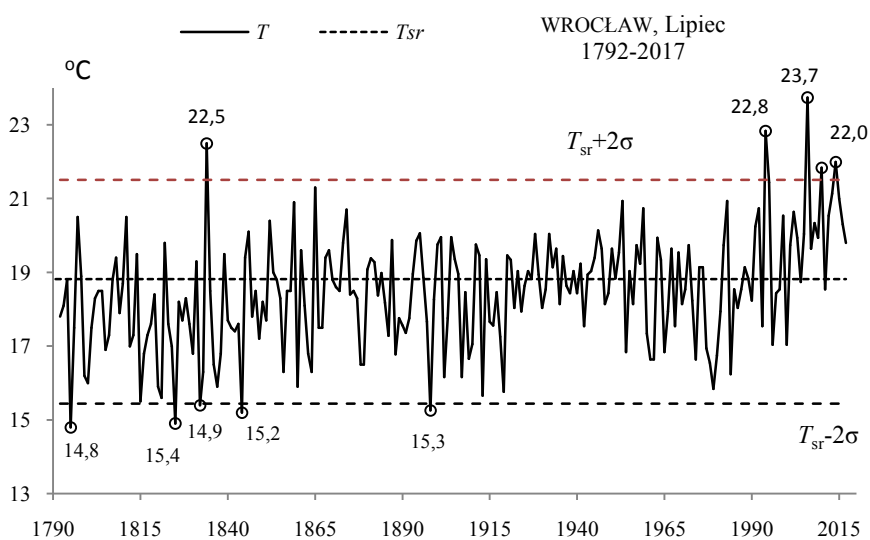


Rys. 40b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1792-2017
Fig. 40b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in June in the 1792-2017 years

LIPIEC (VII)

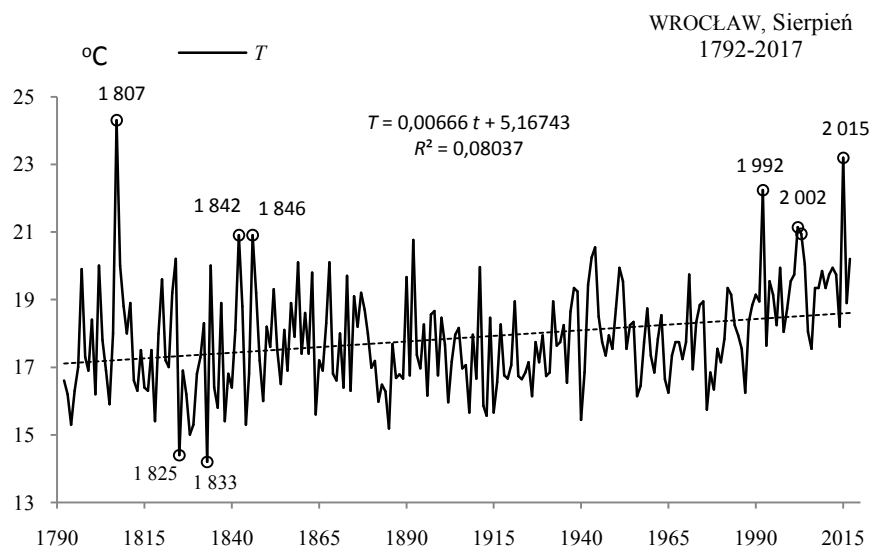


Rys. 41a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1792-2017
Fig. 41a. Changes of air temperature in Wrocław in July in the 1792-2017 years

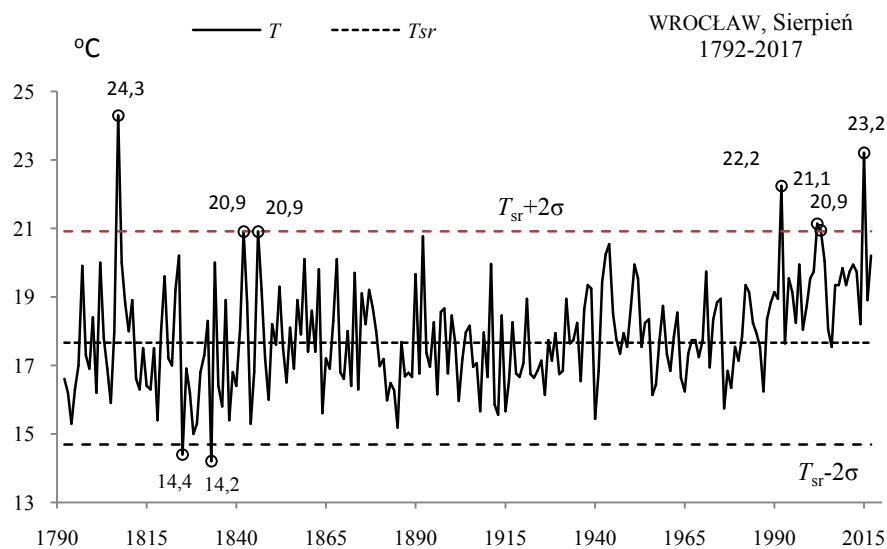


Rys. 41b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1792-2017
Fig. 41b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in July in the 1792-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)

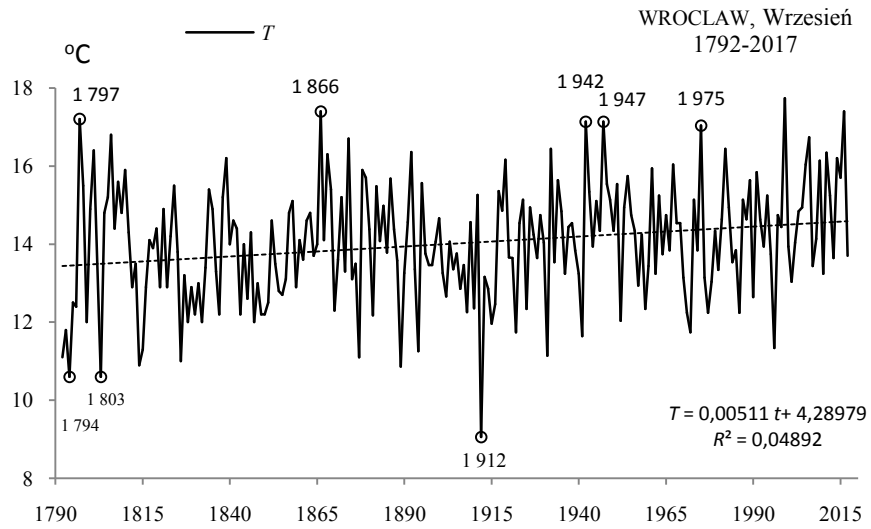


Rys. 42a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1792-2017
Fig. 42a. Changes of air temperature in Wrocław in August in the 1792-2017 years

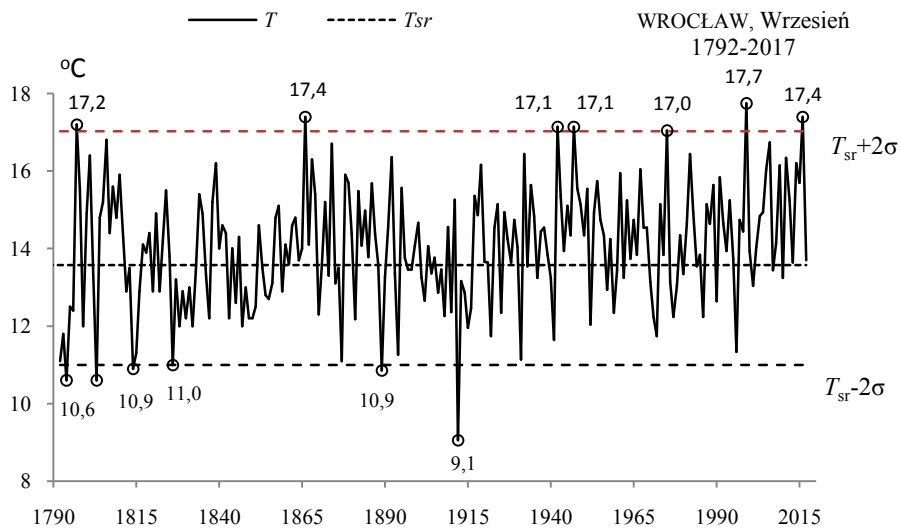


Rys. 42b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1792-2017
Fig. 42b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in August in the 1792-2017 years

WRZESIEŃ (IX)

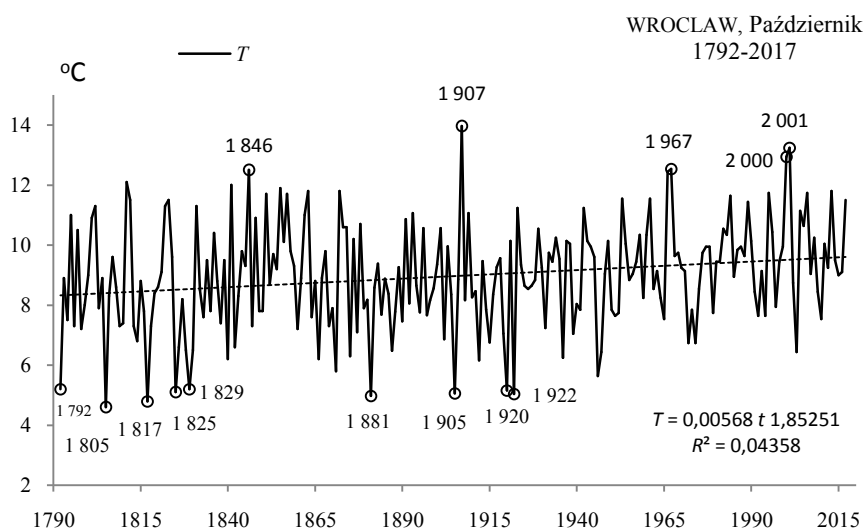


Rys. 43a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1792-2017
Fig. 43a. Changes of air temperature in Wrocław in September in the 1792-2017 years

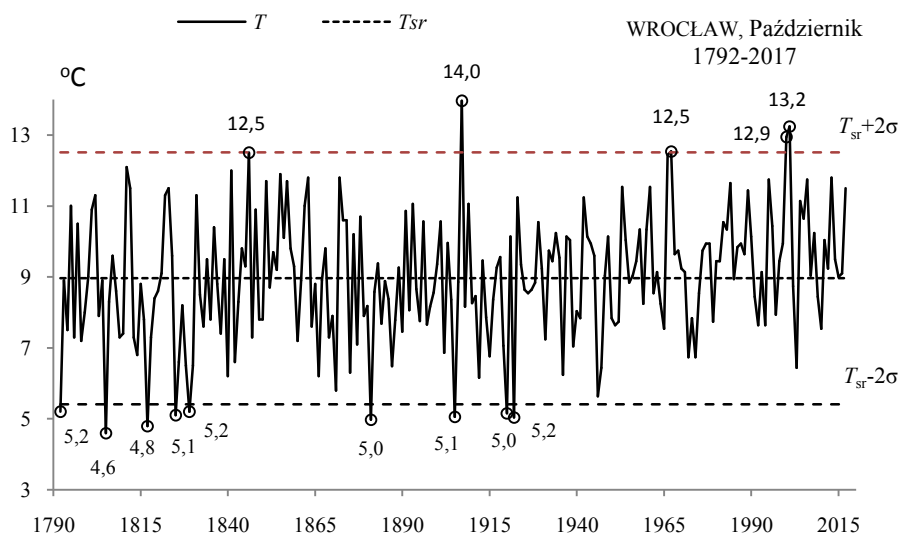


Rys. 43b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1792-2017
Fig. 43b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in September in the 1792-2017 years

PAŹDZIERNIK (VIII)

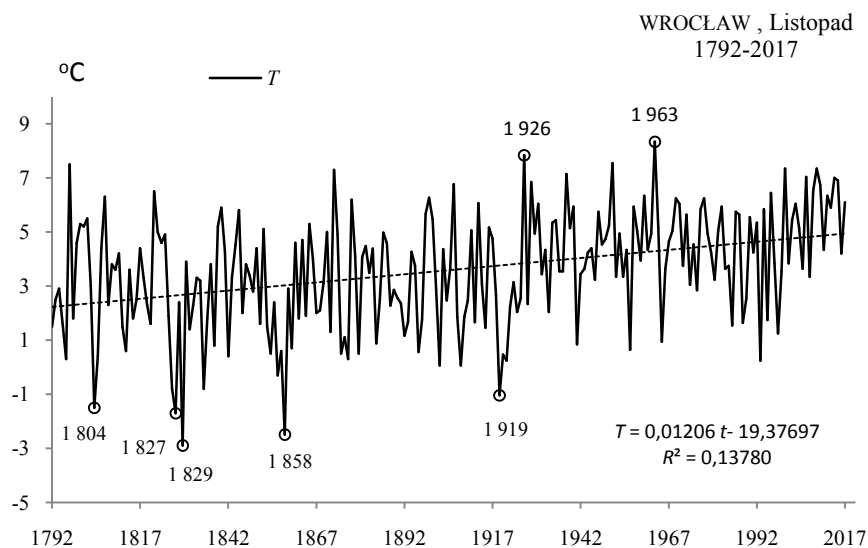


Rys. 44a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1792-2017
Fig. 44a. Changes of air temperature in Wrocław in October in the 1792-2017 years

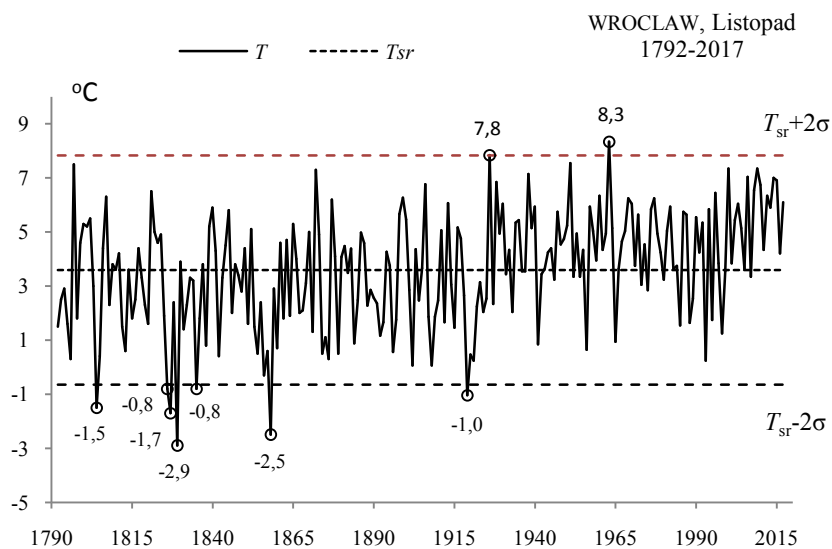


Rys. 44b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1792-2017
Fig. 44b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in October in the 1792-2017 years

LISTOPAD (XI)

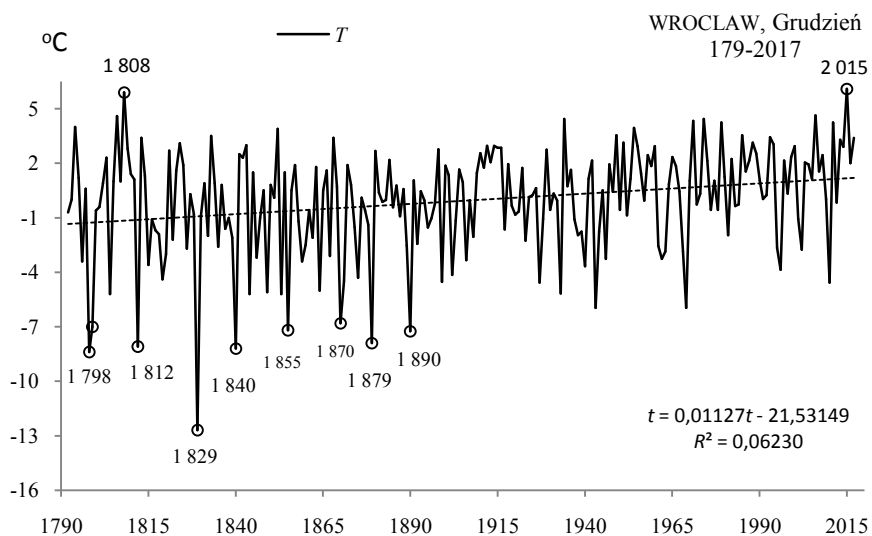


Rys. 45a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1792-2017
Fig. 45a. Changes of air temperature in Wrocław in November in the 1792-2017 years

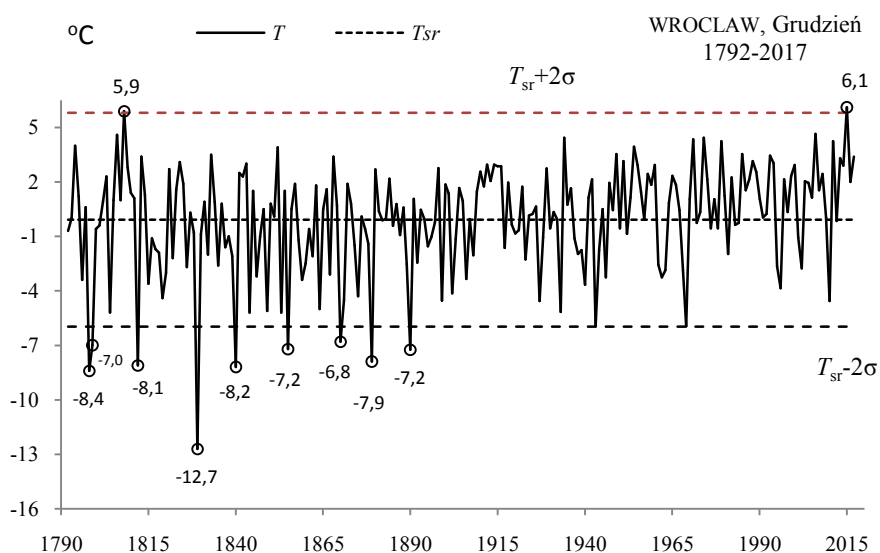


Rys. 45b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1792-2017
Fig. 45b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in November in the 1792-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)

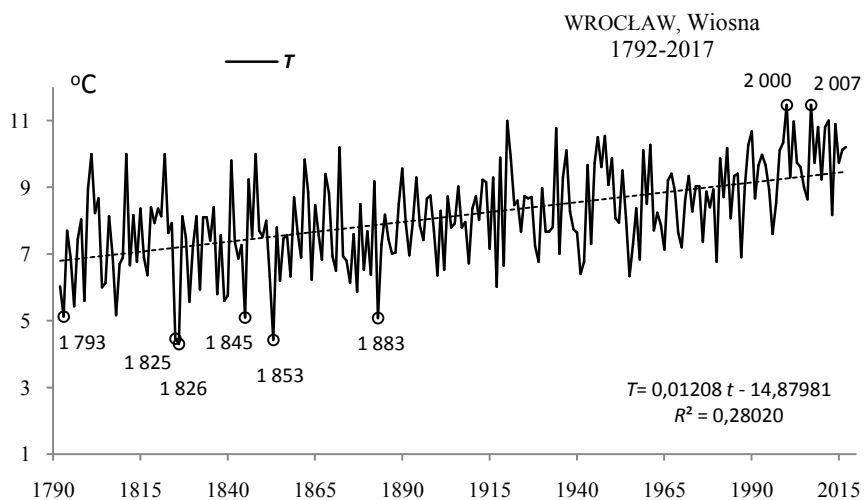


Rys. 46a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1792-2017
Fig. 46a. Changes of air temperature in Wrocław in December in the 1792-2017 years

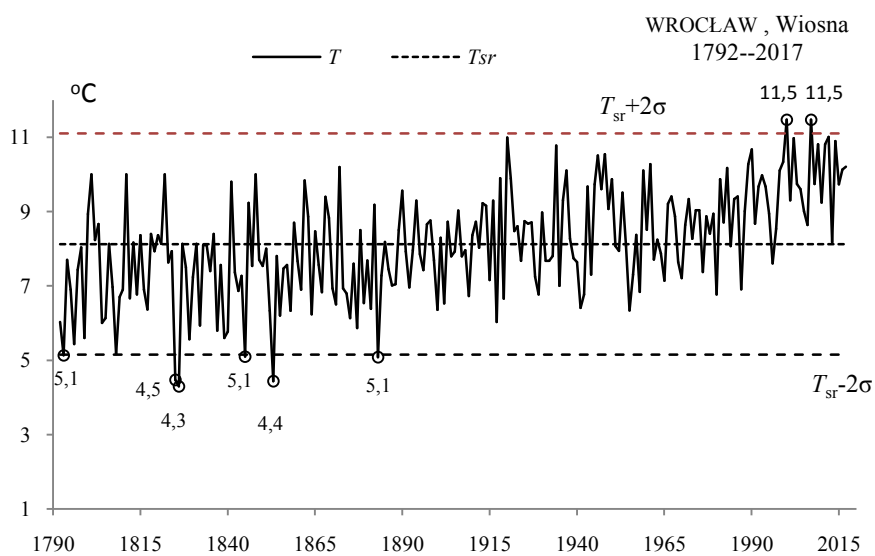


Rys. 46b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1792-2017
Fig. 46b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in December in the 1792-2017 years.

WIOSNA (III-V)

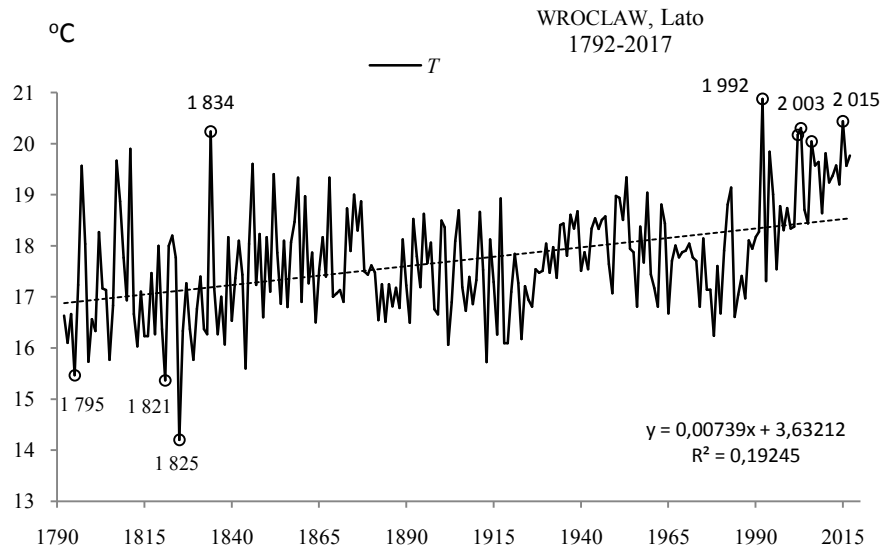


Rys. 47a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1792-2017
Fig. 47a. Changes of air temperature in Wrocław in spring in the 1792-2017 years

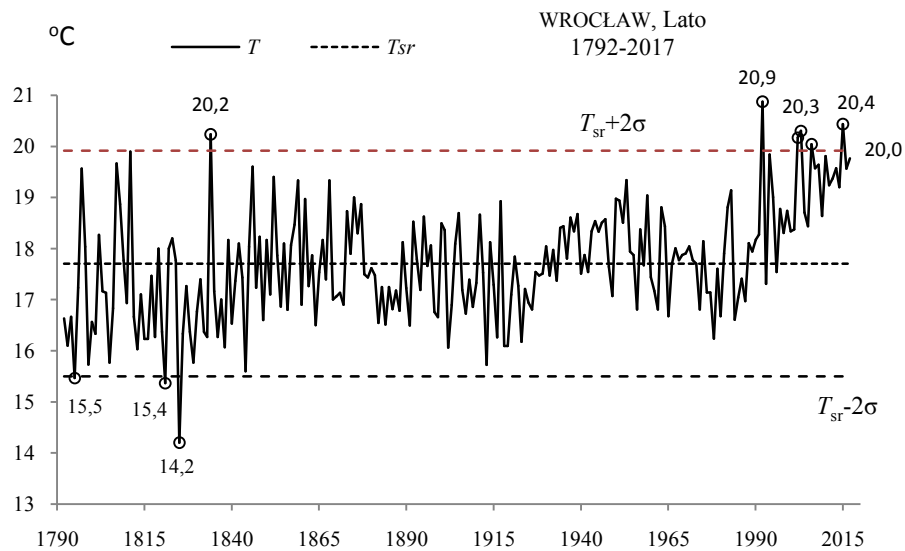


Rys. 47b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1792-2017
Fig. 47b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in Spring in the 1792-2017 years.

LATO (VI-VIII)

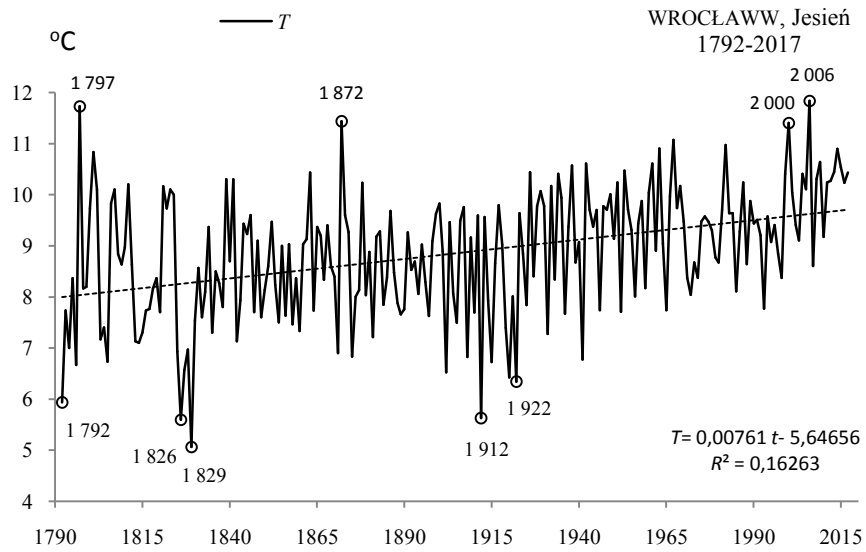


Rys. 48a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1792-2017
Fig. 48a. Changes of air temperature in Wrocław in summer in the 1792-2017 years

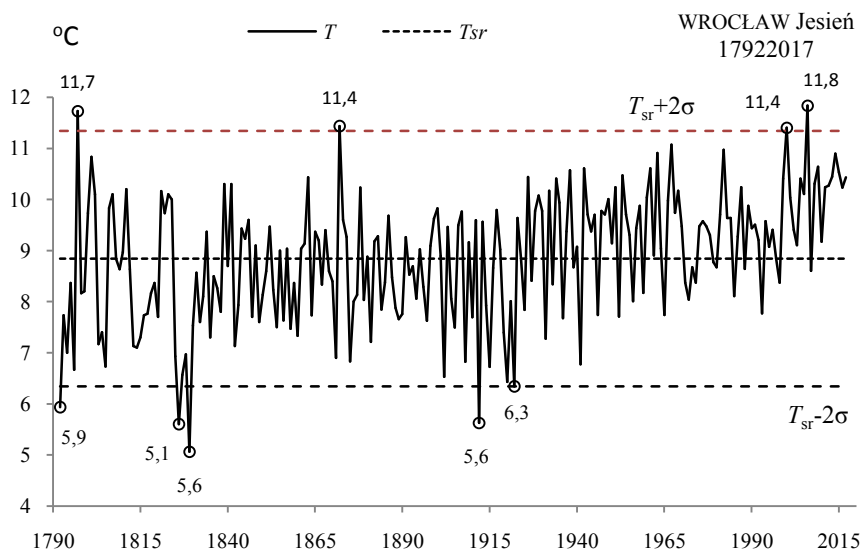


Rys. 48b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1792-2017
Fig. 48b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in Summer in the 1792-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)

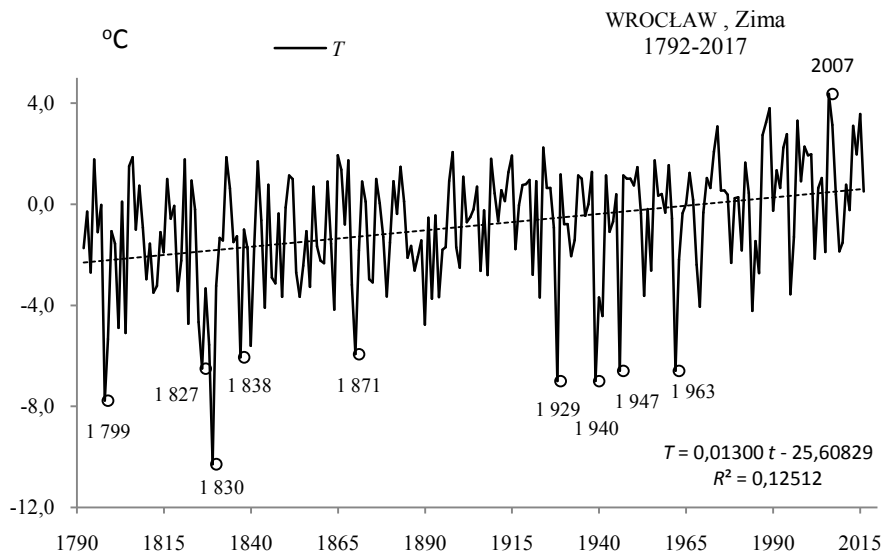


Rys. 49a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1792-2017
Fig. 49a. Changes of air temperature in Wrocław in Autumn in the 1792-2017 years



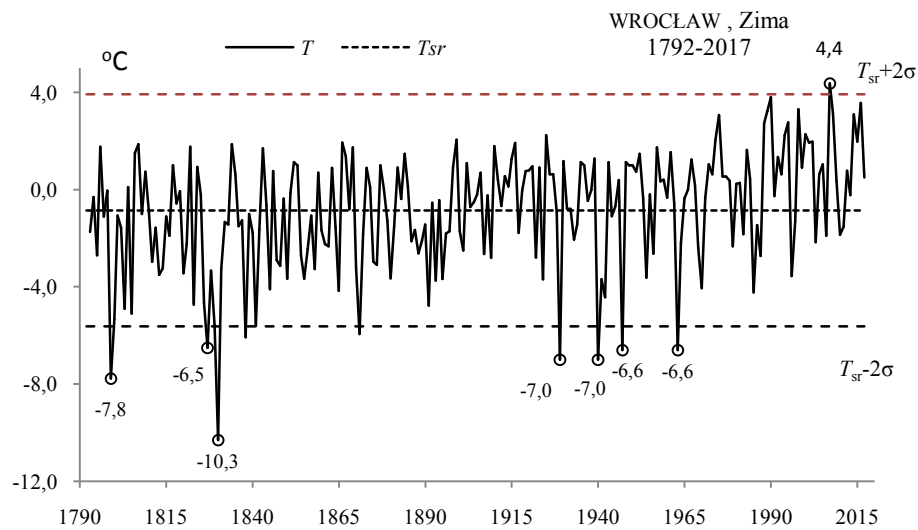
Rys. 49b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1792-2017
Fig. 49b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in Autumn in the 1792-2017 years.

ZIMA (XII-II)



Rys. 50a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1792-2017

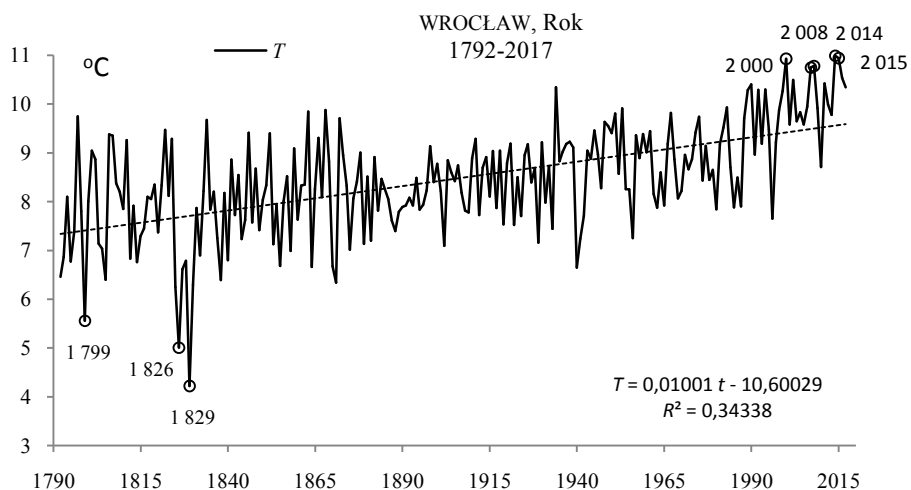
Fig. 50a. Changes of air temperature in Wrocław in Winter in the 1792-2017 years



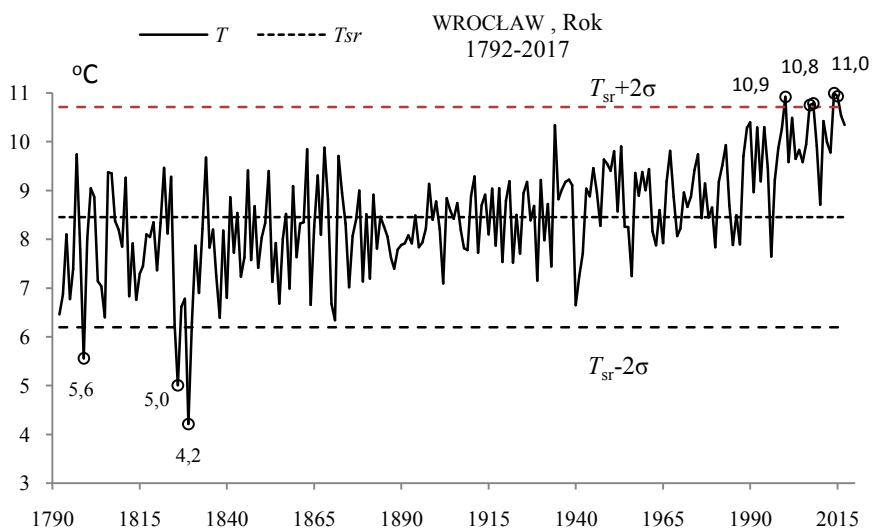
Rys. 50b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1792-2017

Fig. 50b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in Winter in the 1792-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 51a. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1792-2017
Fig. 51a. Changes of air temperature in Wrocław in year in the 1792-2017 years



Rys. 51b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1792-2017
Fig. 51b. Extreme values of average air temperature in Wrocław in year in the 1792-2017 years

III. ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W MIASTACH W PROFILU POŁUDNIKOWYM (XVIII-XXI)

O anomaliiach termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują daty wieloletnich minimów (t_{inf} , T_{inf}) i maksimów (t_{sup} , T_{sup}) temperatury powietrza

Ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) w Europie w profilu południkowym określono na podstawie wyników pomiarów w trzech miastach: w Paryżu, Berlinie i Moskwie o szerokości geograficznej φ , długości λ i wysokości nad poziomem morza H :

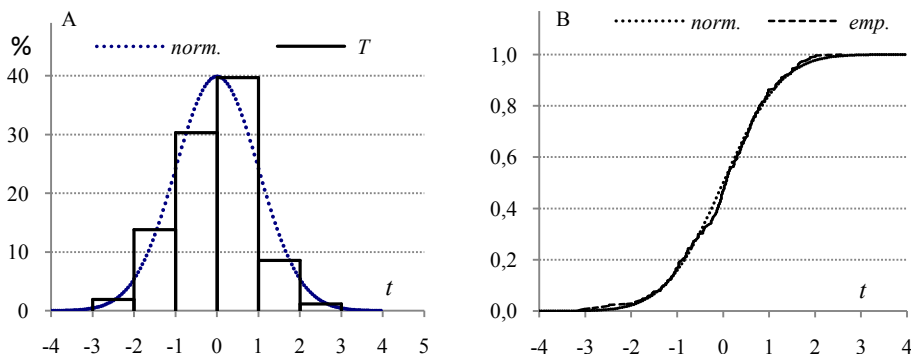
	Okres	φ	λ	H
Paryż	1757-2011	48°58'N	2°27'E	65 m
Berlin	1769-2017	52°28'N	13°18'E	58 m
Moskwa	1780-2017	55°50'N	37°37'E	156 m

Porównano histogram i dystrybuantę empiryczną średnich wartości temperatury powietrza (T) w zimie w Paryżu (1751-2011) z rozkładem normalnym $f(t)$ i dystrybuantą rozkładu normalnego $F(t_0)$ (rys. 1).

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2}, \quad F(t_0) = \int_{-\infty}^{t_0} f(t) dt \quad (1)$$

gdzie: T_{sr} – średnia arytmetyczna, σ – odchylenie standardowe, $t = \frac{T-T_{se}}{\sigma}$ – zmienna standaryzowana, n – długość serii pomiarowej:

$$T_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad \sigma = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - T_{sr})^2 \right)^{0.5} \quad (2)$$



Rys. 1. Histogram (A) i dystrybuanta (B) temperatury powietrza (T) w zimie w Paryżu (1757-2011)
Fig. 1. The histograms (A) and cumulative distribution (B) of air temperature) in winter in Paris (1757-2011)

Prawdopodobieństwo (%) wystąpienia temperatury powietrza w zimie w Paryżu (według danych z lat 1757-2011), w przedziale $T_{sr} - 4\sigma \leq T \leq T_{sr} + 4\sigma$ wynosi:

	$-4\sigma - -3\sigma$	$-3\sigma - -2\sigma$	$-2\sigma - -1\sigma$	$-1\sigma - 0$	$0 - 1\sigma$	$1\sigma - 2\sigma$	$2\sigma - 3\sigma$	$3\sigma - 4\sigma$
Emp. %	0,00	1,90	13,78	30,30	39,70	8,60	1,18	0,00
Norm.%	0,13	2,14	13,59	34,13	34,13	13,59	2,14	0,13

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku, lata, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$, $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$:

$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
Bardzo zimny miesiąc (BZ).	Bardzo ciepły miesiąc (BC)
Bardzo zimny rok (BZ)	Bardzo ciepły rok (BC)
Bardzo mroźna zima (BMZ),	Bardzo ciepła zima (BCZ),
Bardzo zimne lato (BZL)	Bardzo gorące lato (BGL)

W Paryżu bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq 0,251\text{ }^{\circ}\text{C}$ i bardzo ciepłe zimy (BCZ) o temperaturze $T \geq 6,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ wystąpiły w latach :

BMZ							BCZ		
1830	1880	1963	1795	1784	1891	1789	1975	1995	2007
-1,60	-1,43	-1,13	-0,80	-0,57	-0,53	0,10	6,90	6,90	7,87

Natomiast bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 20,665\text{ }^{\circ}\text{C}$ i bardzo chłodne lata (BZL) o temperaturze $T_{inf} \leq 15,59\text{ }^{\circ}\text{C}$ wystąpiły w latach

BGL							BZL	
1947	1761	1762	2006	1757	1775	2003	1816	1860
20,7	20,93	20,93	21,03	21,07	21,27	22,6	15,3	15,4

Wyodrębniono też przypadki bardzo zimnego roku (BZ) o temperaturze $T_{inf} \leq 8,887\text{ }^{\circ}\text{C}$:

1879	1855	1887	1860
8,17	8,75	8,81	8,92

i bardzo ciepłego roku (BC) o temperaturze $T_{sup} \geq 12,602\text{ }^{\circ}\text{C}$:

2008	1775	2009	1997	2005	2000	2002	1999	2006	2007	2003	2011
12,63	12,68	12,82	12,9	12,9	12,93	13,04	13,06	13,13	13,19	13,23	13,91

3.1. Ekstrema temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-2011

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Paryżu w wieloletniu 1757-2011 określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1757-2011 (tab. 1, tab. 1a, rys 1a-17a, rys. 1b-17b).

Tabela 1. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Paryżu w latach 1757-2011

Table 1. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Paris in years 1757-2011

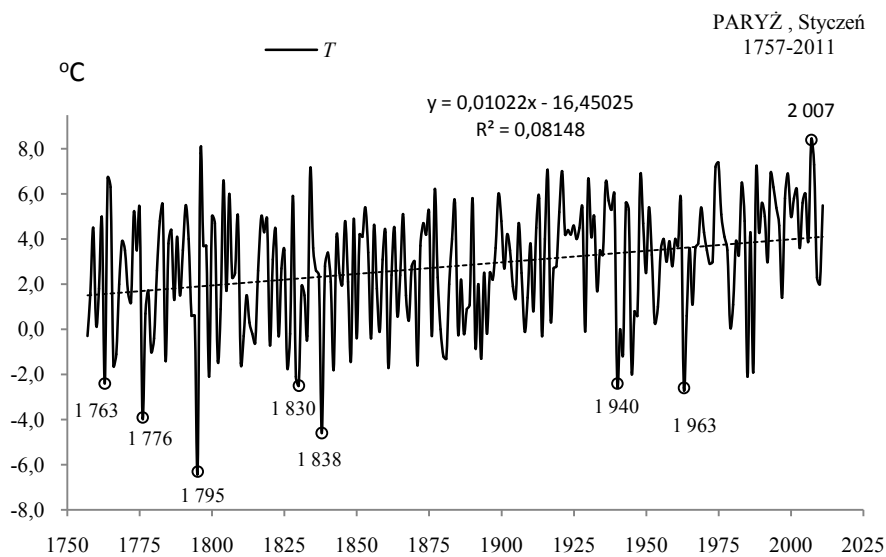
	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	2,803	2,63535	-2,46795	8,07344
II	4,247	2,27987	-0,31267	8,80679
III	6,670	1,88756	2,89468	10,44493
IV	10,136	1,65628	6,82391	13,44903
V	13,949	1,65100	10,64742	17,25141
VI	17,035	1,56536	13,90418	20,16562
VII	18,861	1,68686	15,48745	22,23491
VIII	18,479	1,62665	15,22553	21,73212
IX	15,576	1,57047	12,43474	18,71663
X	11,033	1,61680	7,79934	14,26655
XI	6,500	1,71393	3,07213	9,92787
XII	3,648	2,51729	-1,38635	8,68282
III-V	10,252	1,18306	7,88578	12,61801
VI-VIII	18,125	1,26521	15,59455	20,65538
IX-XI	11,036	1,16811	8,70000	13,37242
XII-II	3,565	1,65728	0,25066	6,87979
I-XII	10,745	0,92857	8,88764	12,60191

Tabela 1a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Paryżu (1757-2011)

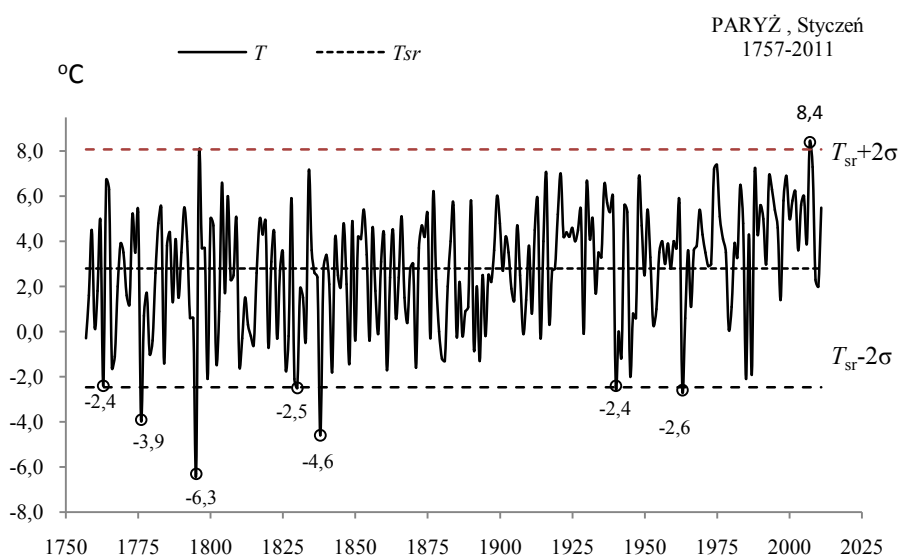
Table 1a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Paris (1757-2011)

Zima				Lato				Rok			
$T_{inf} \leq 0,25$		$T_{sup} \geq 6,88$		$T_{inf} \leq 15,59$		$T_{sup} \geq 20,66$		$T_{inf} \leq 8,89$		$T_{sup} \geq 12,60$	
1830	-1,60	1975	6,90	1816	15,30	1947	20,70	1879	8,17	2008	12,63
1880	-1,43	1995	6,90	1860	15,40	1761	20,93	1855	8,75	1775	12,68
1963	-1,13	2007	7,87			1762	20,93	1887	8,81	2009	12,82
1795	-0,80					2006	21,03	1860	8,92	1997	12,90
1784	-0,57					1757	21,07			2005	12,90
1891	-0,53					1775	21,27			2000	12,93
1789	0,10					2003	22,60			2002	13,04
										1999	13,06
										2006	13,13
										2007	13,19
										2003	13,23
										2011	13,91

STYCZEŃ (I)

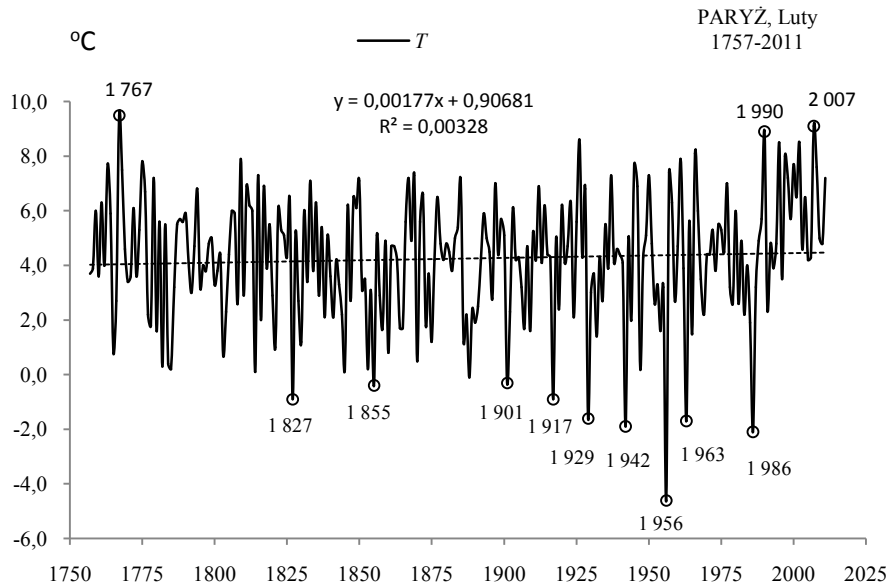


Rys. 1a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w styczniu w latach 1757-2011
Fig. 1a. Changes of air temperature in Paris in January in the 1757-2011 years

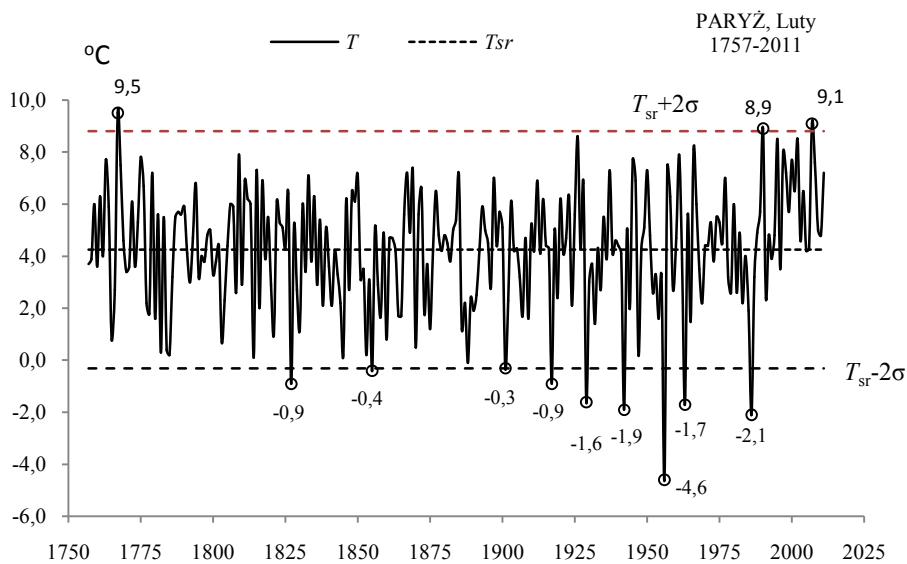


Rys. 1b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w styczniu w latach 1757-2011
Fig. 1b. Extreme values of average air temperature in Paris in January in the 1757-2011 years

LUTY (II)

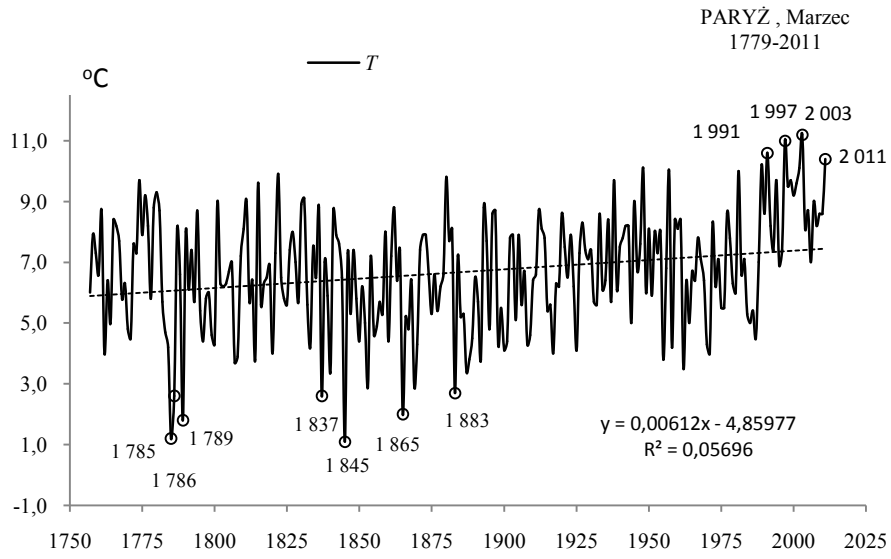


Rys. 2a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w lutym w latach 1757-2011
Fig. 2a. Changes of air temperature in Paris in February in the 1757-2011 years

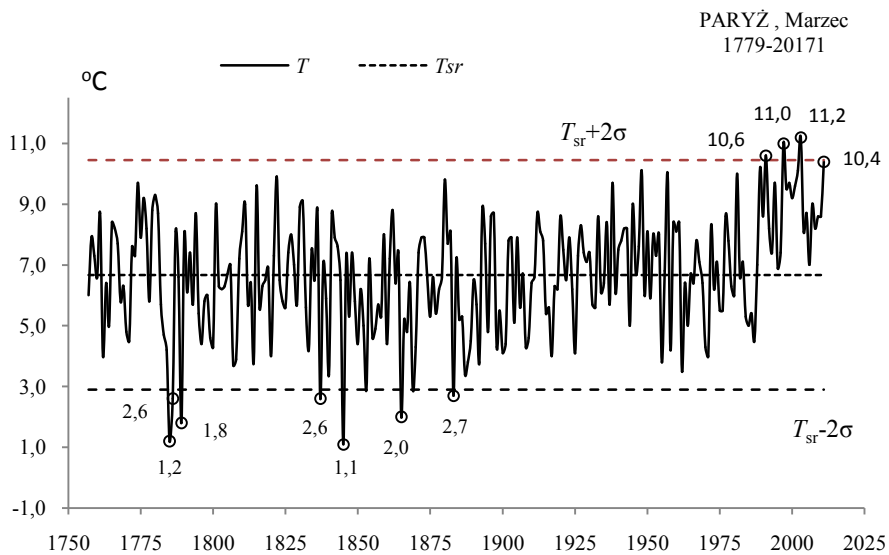


Rys. 2b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w lutym w latach 1757-2011
Fig. 2b. Extreme values of average air temperature in Paris in February in the 1757-2011 years

MARZEC(III)

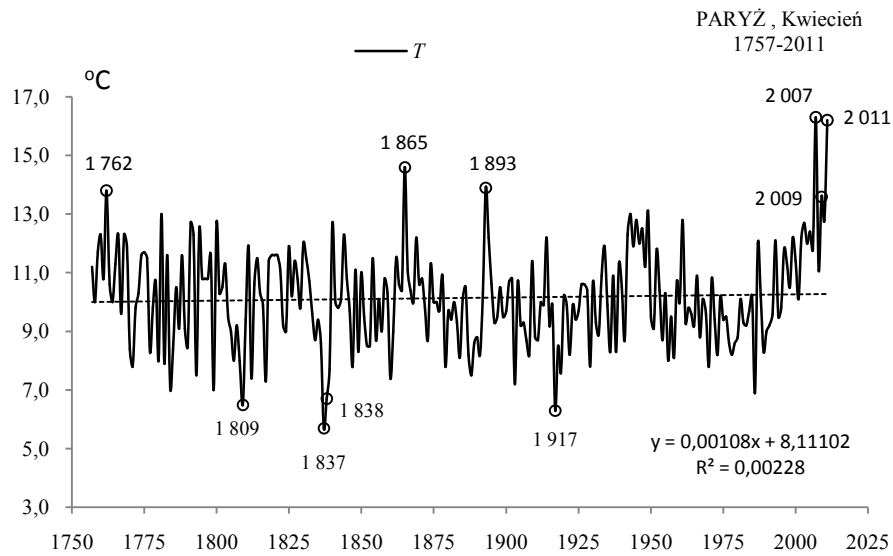


Rys. 3a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w marcu w latach 1757-2011
Fig. 3a. Changes of air temperature in Paris in March in the 1757-2011 years

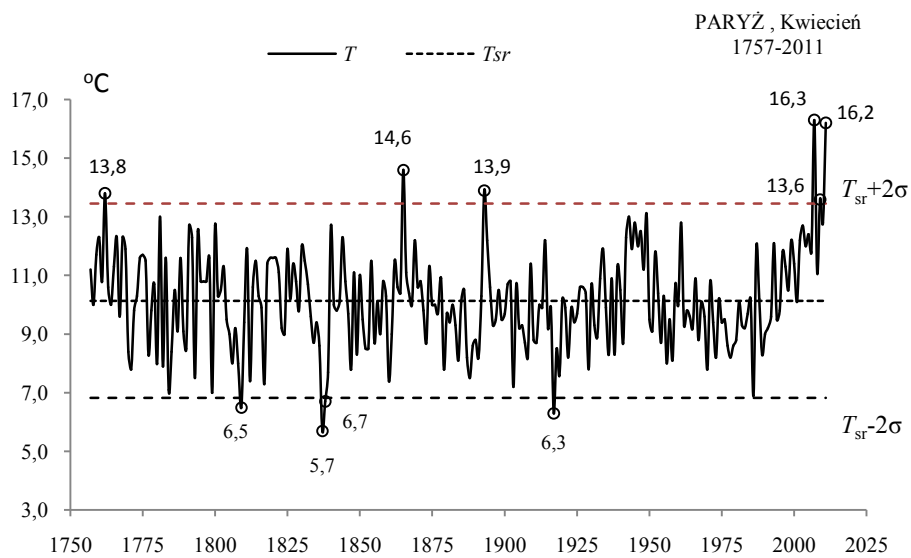


Rys. 3b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w marcu w latach 1757-2011
Fig. 3b. Extreme values of average air temperature in Paris in March in the 1757-2011 years

KWIECIEŃ (IV)

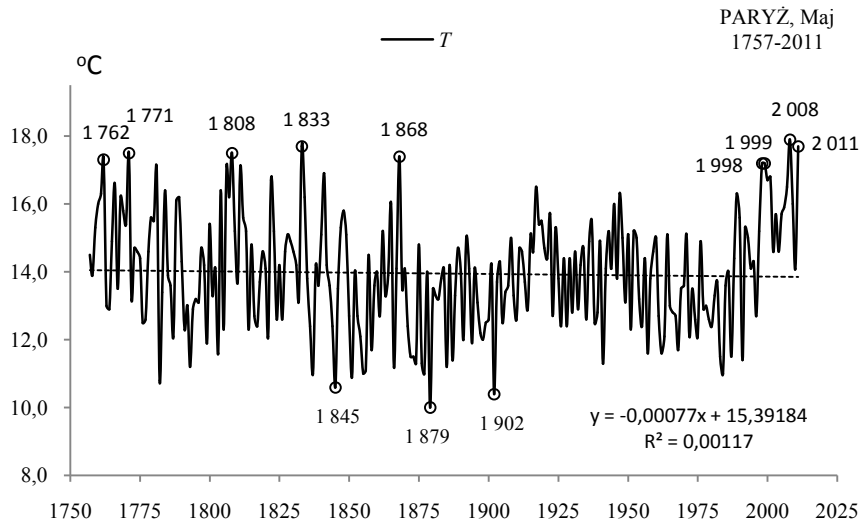


Rys. 4a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w kwietniu w latach 1757-2011
Fig. 4a. Changes of air temperature in Paris in April in the 1757-2011 years

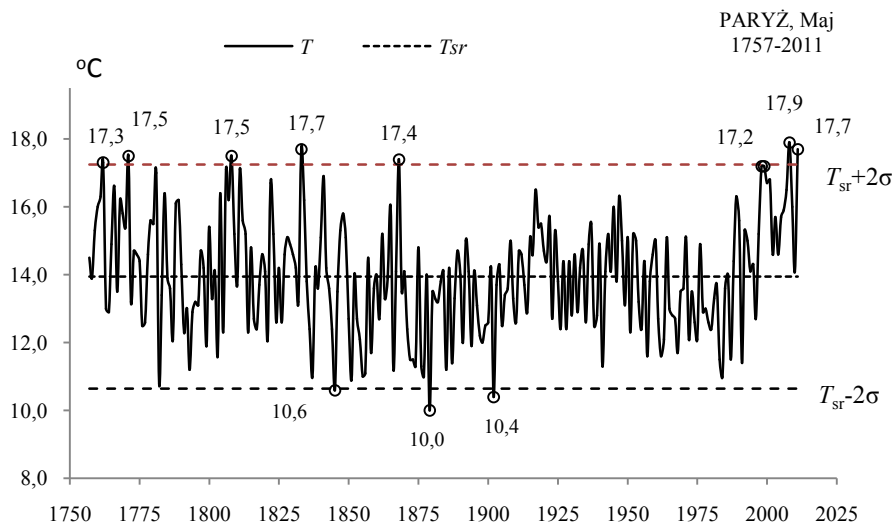


Rys. 4b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w kwietniu w latach 1757-2011
Fig. 4b. Extreme values of average air temperature in Paris in April in the 1757-2011 years

MAJ (V)

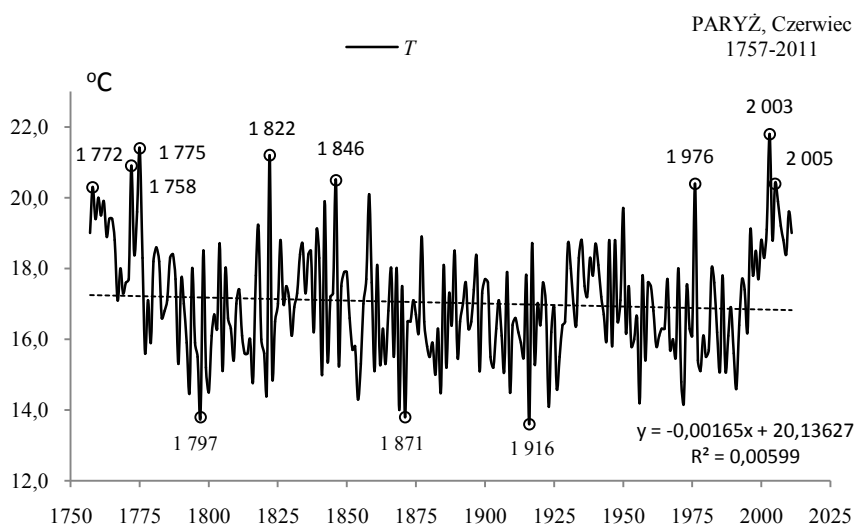


Rys. 5a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w maju w latach 1757-2011
Fig. 5a. Changes of air temperature in Paris in May in the 1757-2011 years



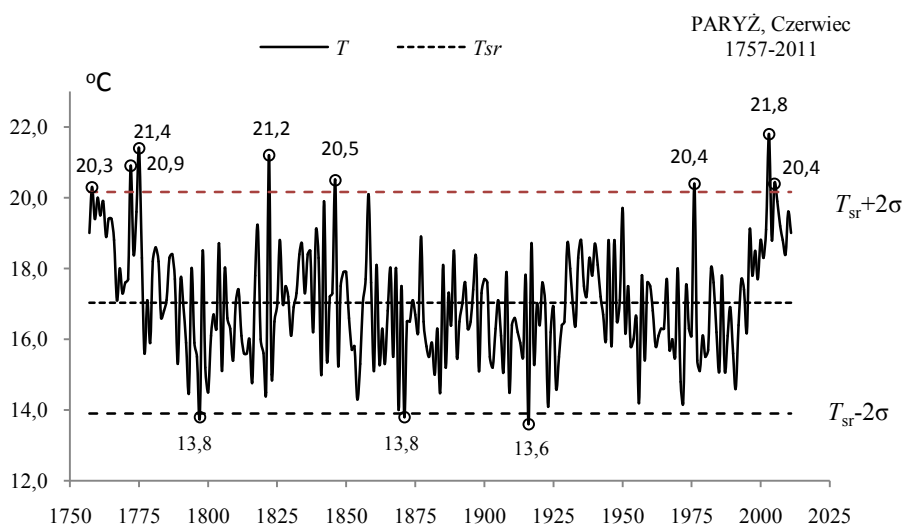
Rys. 5b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w maju w latach 1757-2011
Fig. 5b. Extreme values of average air temperature in Paris in May in the 1757-2011 years

CZERWIEC (VI)



Rys. 6a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w czerwcu w latach 1757-2011

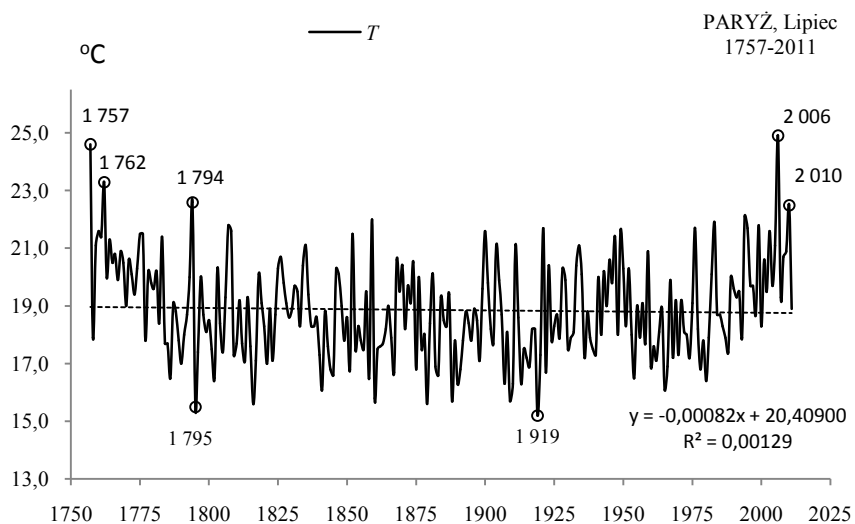
Fig. 6a. Changes of air temperature in Paris in June in the 1757-2011 years



Rys. 6b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w czerwcu w latach 1757-2011

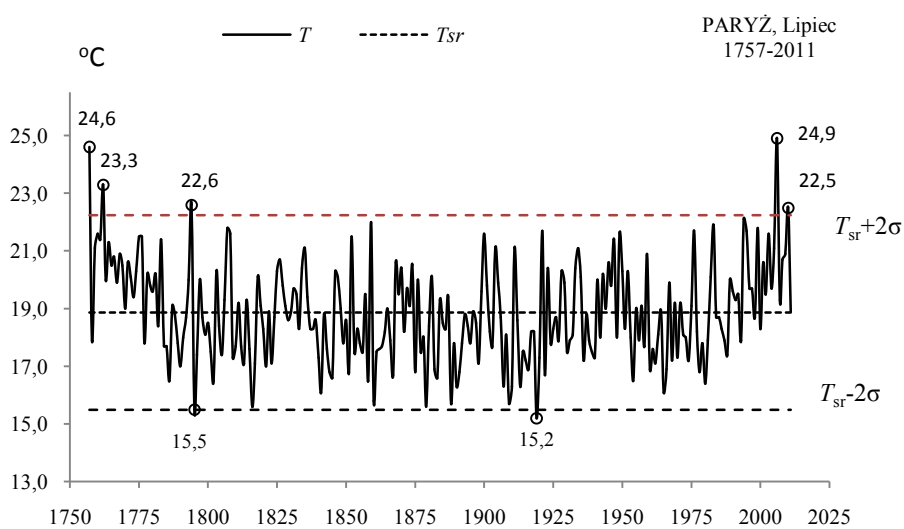
Fig. 6b. Extreme values of average air temperature in Paris in June in the 1757-2011 years

LIPIEC (VII)



Rys. 7a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w lipcu w latach 1757-2011

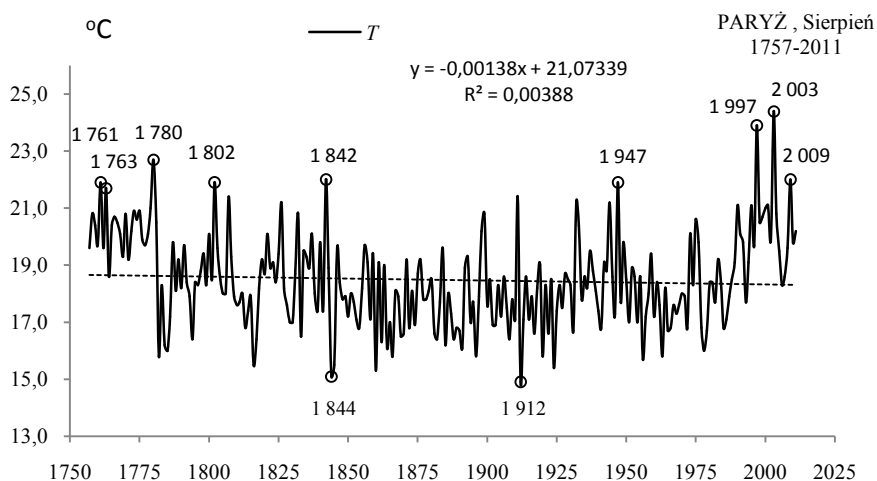
Fig. 7a. Changes of air temperature in Paris in July in the 1757-2011 years



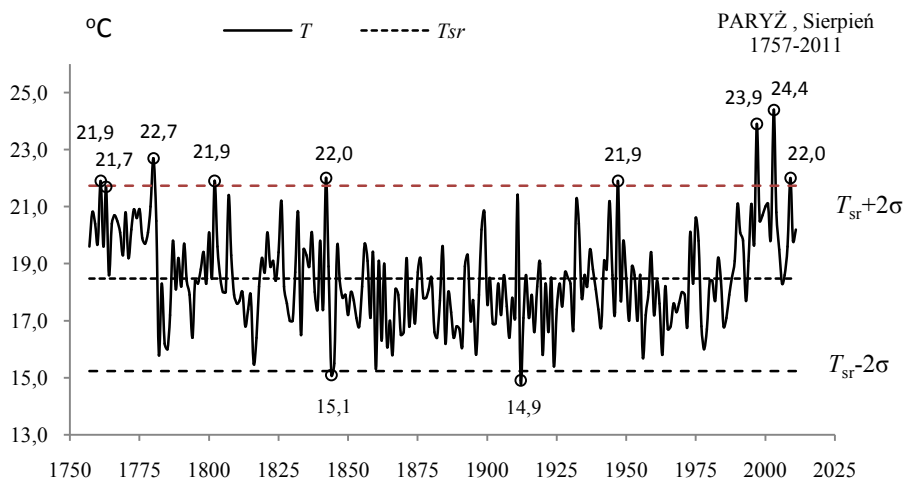
Rys. 7b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w lipcu w latach 1757-2011

Fig. 7b. Extreme values of average air temperature in Paris in July in the 1757-2011 years

SIERPIEŃ (VIII)

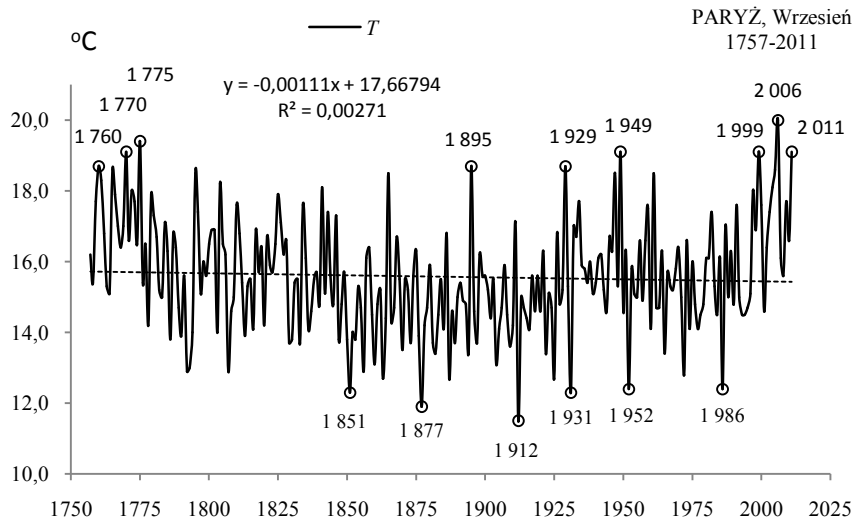


Rys. 8a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w sierpniu w latach 1757-2011
Fig. 8a. Changes of air temperature in Paris in August in the 1757-2011 years

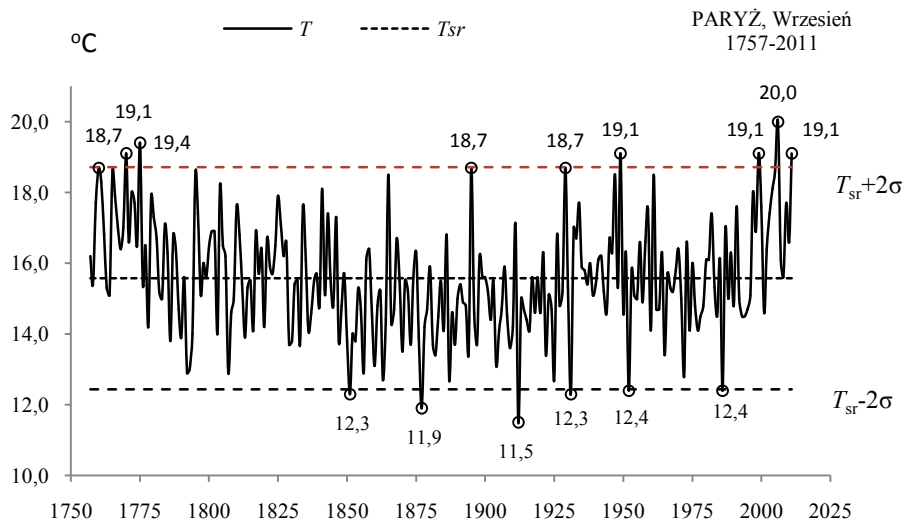


Rys. 8b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w sierpniu w latach 1757-2011
Fig. 8b. Extreme values of average air temperature in Paris in August in the 1757-2011 years

WRZESIEŃ (IX)

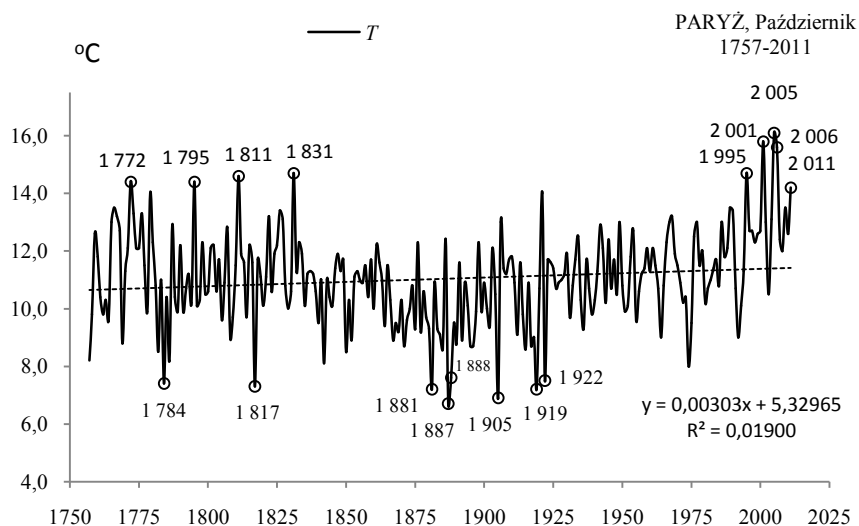


Rys. 9a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu we wrześniu w latach 1757-2011
Fig. 9a. Changes of air temperature in Paris in September in the 1757-2011 years



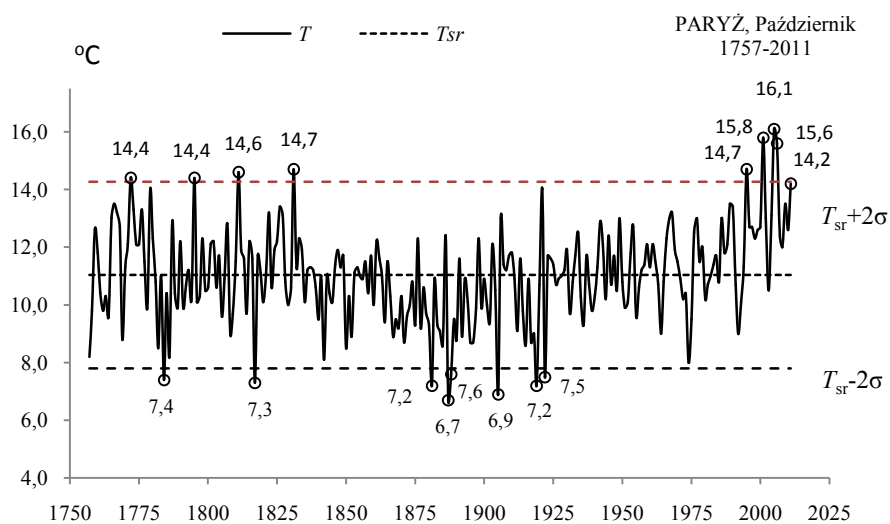
Rys. 9b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu we wrześniu w latach 1757-2011
Fig. 9b. Extreme values of average air temperature in Paris in September in the 1757-2011 years

PAŹDZIERNIK (X)



Rys. 10a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w październiku w latach 1757-2011

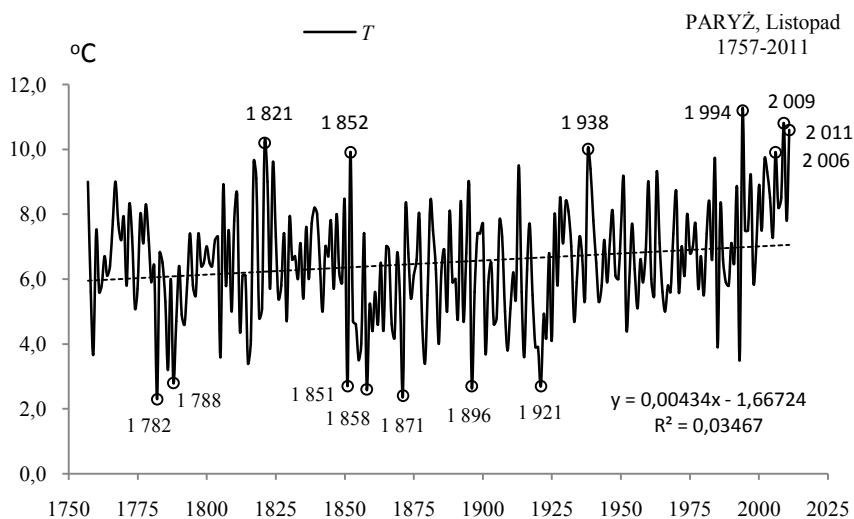
Fig. 10a. Changes of air temperature in Paris in October in the 1757-2011 years



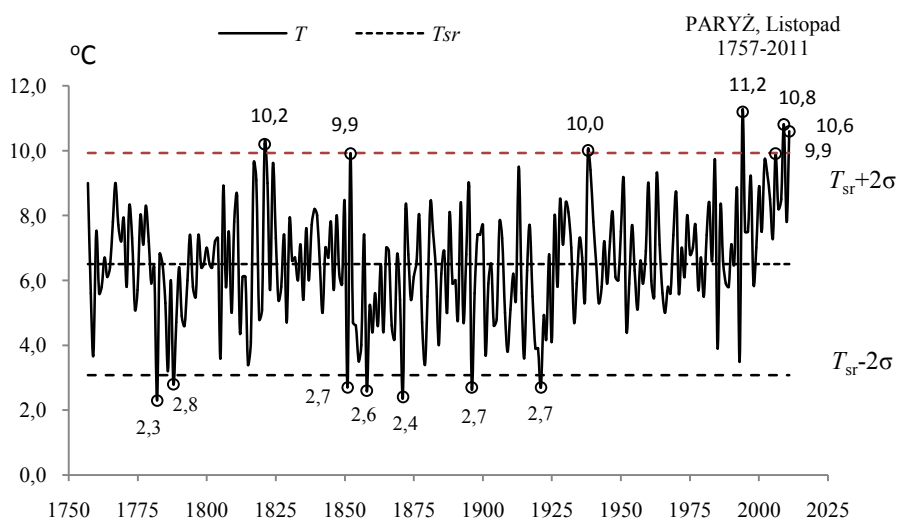
Rys. 10b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w październiku w latach 1757-2011

Fig. 10b. Extreme values of average air temperature in Paris in October in the 1757-2011 years

LISTOPAD (XI)

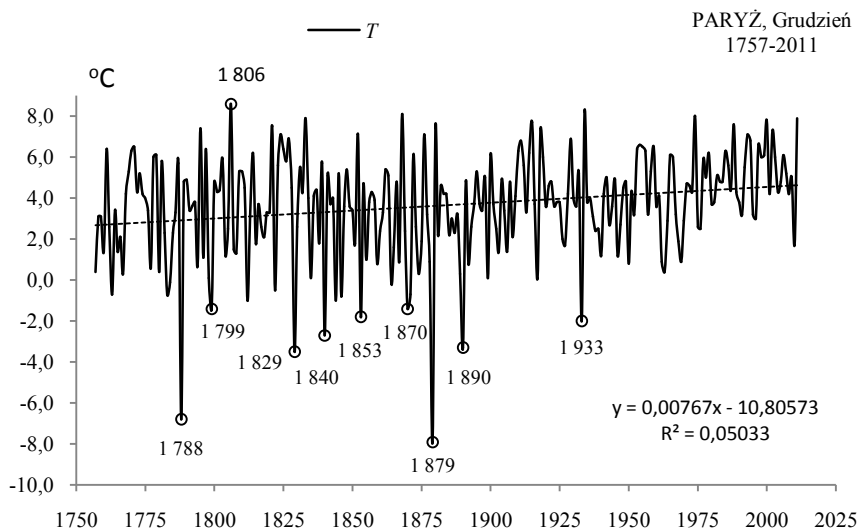


Rys. 11a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w listopadzie w latach 1757-2011
Fig. 11a. Changes of air temperature in Paris in November in the 1757-2011 years

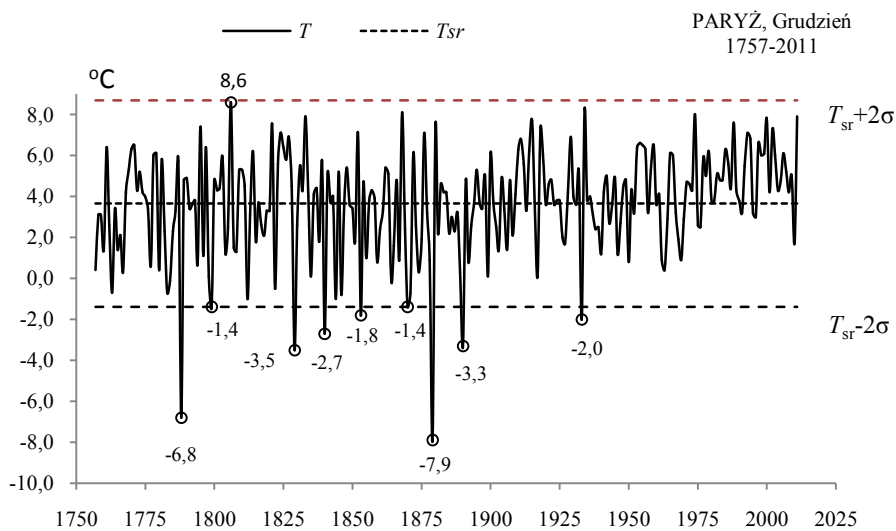


Rys. 11b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w listopadzie w latach 1757-2011
Fig. 11b. Extreme values of average air temperature in Paris in November in the 1757-2011 years

GRUDZIEŃ (XII)

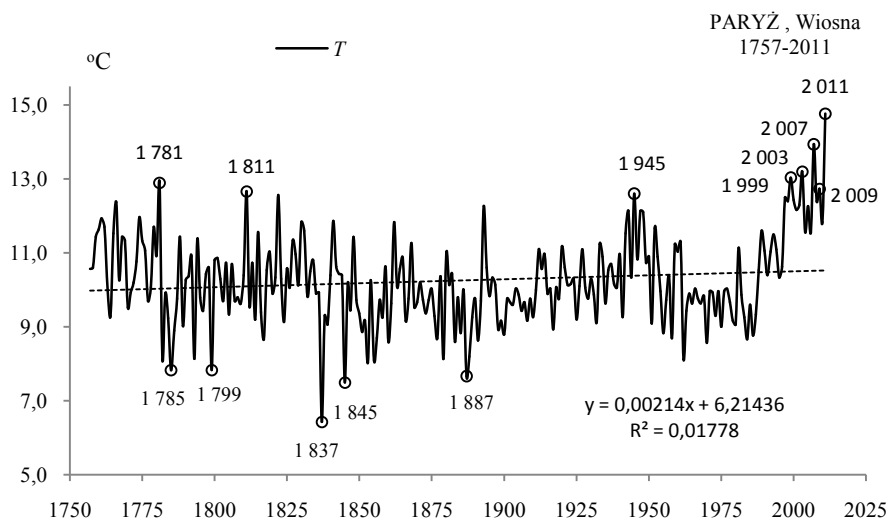


Rys. 12a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w grudniu w latach 1757-2011
Fig. 12a. Changes of air temperature in Paris in December in the 1757-2011 years

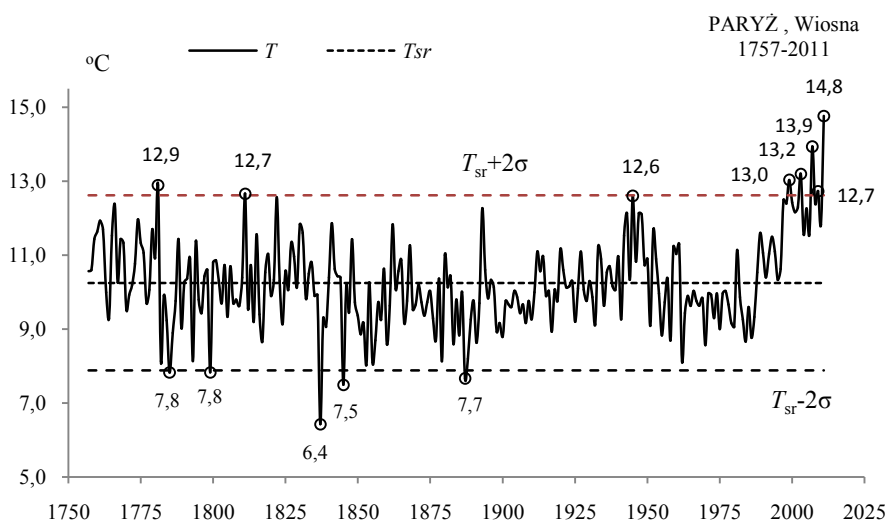


Rys. 12b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w grudniu w latach 1757-2011
Fig. 12b. Extreme values of average air temperature in Paris in December in the 1757-2011 years.

WIOSNA (III-V)

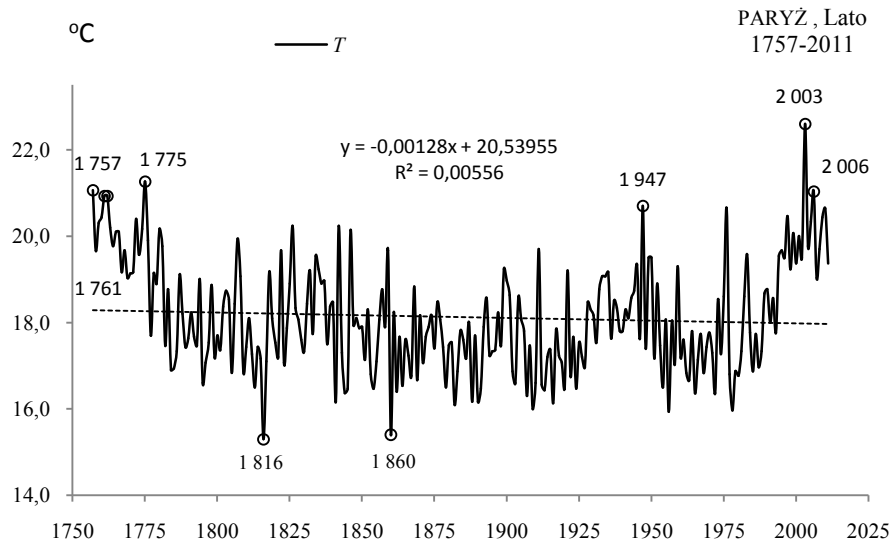


Rys. 13a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu wiosną w latach 1757-2011
Fig. 13a. Changes of air temperature in Paris in spring in the 1757-2011 years

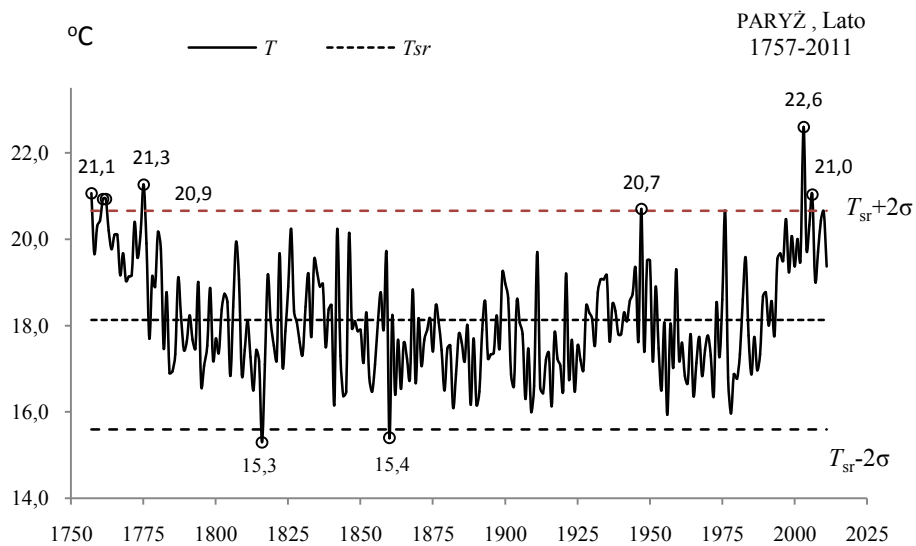


Rys. 13b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu wiosną w latach 1757-2011
Fig. 13b. Extreme values of average air temperature in Paris in Spring in the 1757-2011 years.

LATO (VI-VIII)

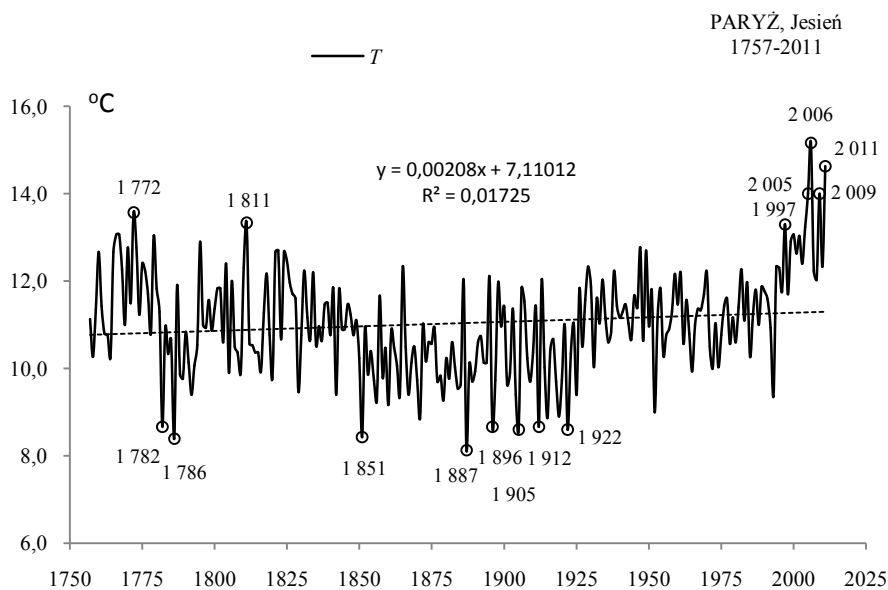


Rys. 14a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w lecie w latach 1757-2011
Fig. 14a. Changes of air temperature in Paris in summer in the 1757-2011 years

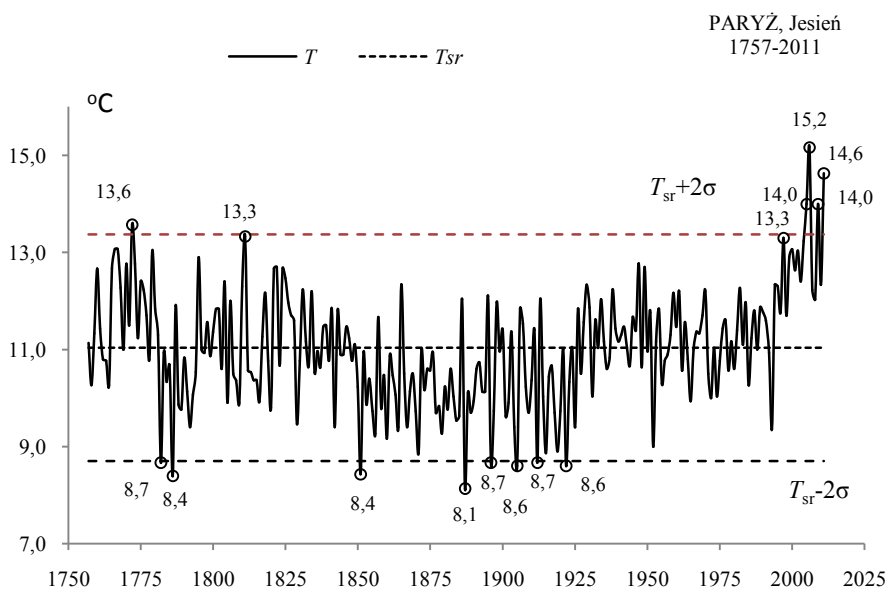


Rys. 14b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w lecie w latach 1757-2011
Fig. 14b. Extreme values of average air temperature in Paris in Summer in the 1757-2011 years.

JESIEŃ (IX-XI)

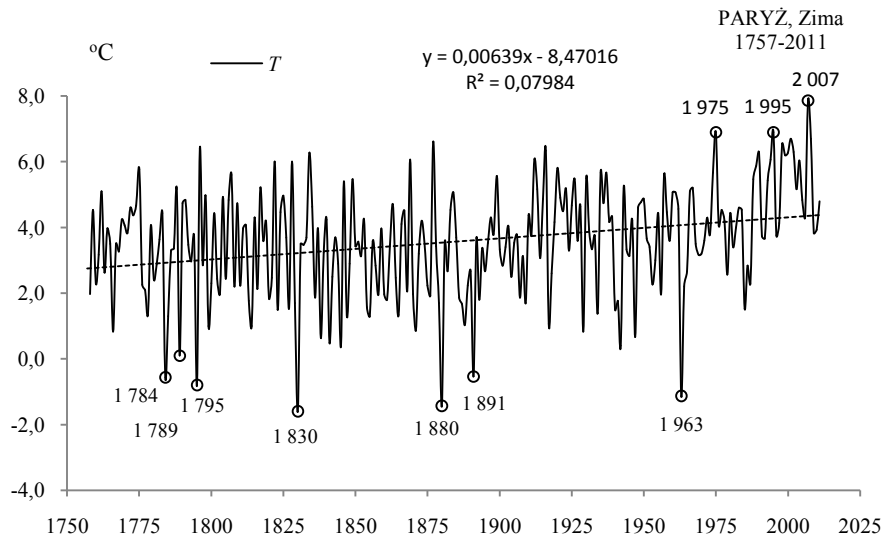


Rys. 15a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu jesienią w latach 1757-2011
Fig. 15a. Changes of air temperature in Paris in Autumn in the 1757-2011 years

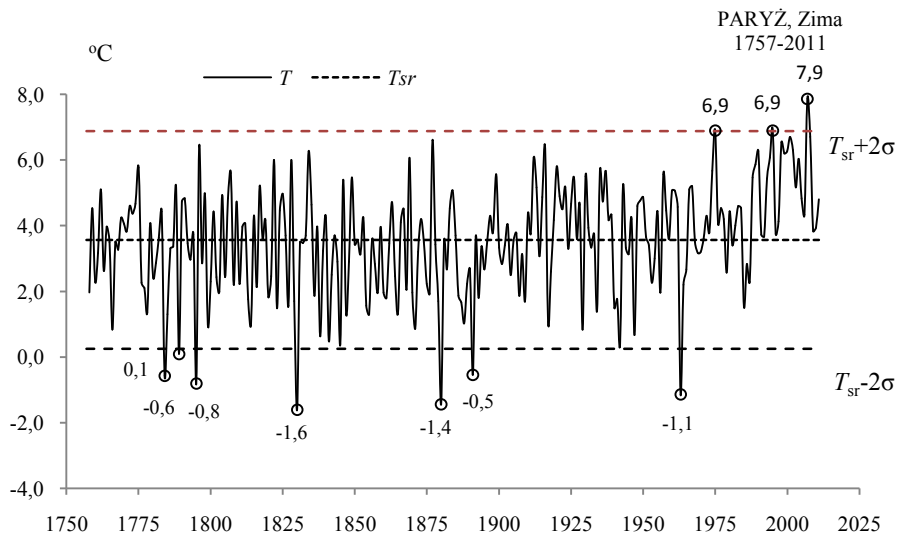


Rys. 15b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu jesienią w latach 1757-2011
Fig. 15b. Extreme values of average air temperature in Paris in Autumn in the 1757-2011 years.

ZIMA (XII-II)

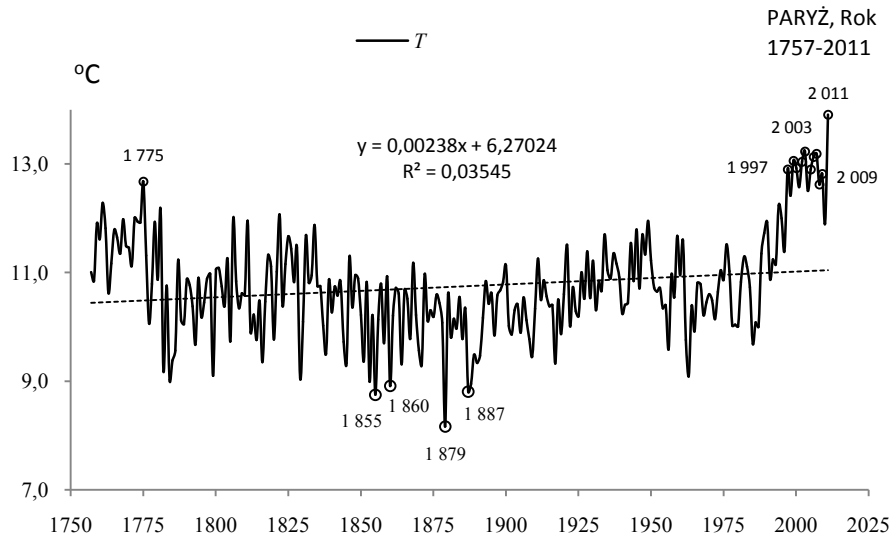


Rys. 16a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w zimie w latach 1757-2011
Fig. 16a. Changes of air temperature in Paris in Winter in the 1757-2011 years

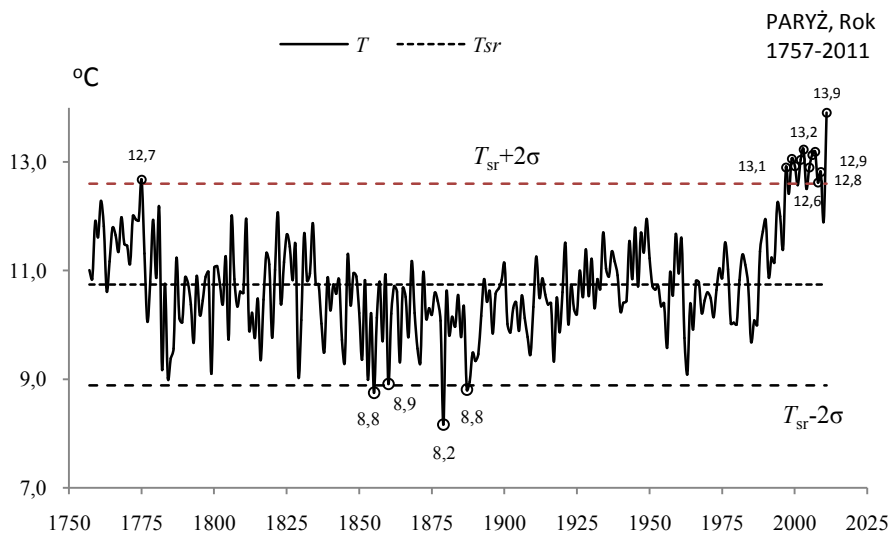


Rys. 16b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w zimie w latach 1757-2011
Fig. 16b. Extreme values of average air temperature in Paris in Winter in the 1757-2011 years.

ROK (I-XII)



Rys. 17a. Zmiany temperatury powietrza w Paryżu w roku w latach 1757-2011
Fig. 17a. Changes of air temperature in Paris in year in the 1757-2011 years



Rys. 17b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Paryżu w roku w latach 1757-2011
Fig. 17b. Extreme values of average air temperature in Paris in year in the 1757-2011 years.

3.2. Ekstrema temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-2017

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Berlinie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1769-2017 (tab. 2, tab. 2a, rys 18a-34a, rys. 18b-34b).

Tabela 2. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Berlinie w latach 1769-2017

Table 2. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Berlin in years 1769-2017

	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-0,695	3,24041	-7,17552	5,78612
II	0,671	2,89348	-5,11584	6,45809
III	3,707	2,32681	-0,94676	8,36050
IV	8,706	1,84351	5,01945	12,39349
V	13,844	1,74843	10,34696	17,34067
VI	17,233	1,53298	14,16738	20,29928
VII	18,882	1,62156	15,63841	22,12465
VIII	18,164	1,52219	15,11987	21,20865
IX	14,457	1,42422	11,60859	17,30546
X	9,329	1,53890	6,25071	12,40632
XI	4,122	1,81398	0,49372	7,74965
XII	0,904	2,53211	-4,16061	5,96784
III-V	8,752	1,28843	6,17552	11,32925
VI-VIII	18,093	1,07941	15,93422	20,25186
IX-XI	9,302	1,03027	7,24188	11,36294
XII-II	0,296	2,12744	-3,95915	4,55061
I-XII	9,110	0,89635	7,31758	10,90300

Tabela 2a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Berlinie (1769-2017)

Table 2a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Berlin (1769-2017)

Zima		Lato				Rok					
$T_{inf} \leq -3,96$	$T_{sup} \geq 4,55$	$T_{inf} \leq 15,93$		$T_{sup} \geq 20,25$		$T_{inf} \leq 7,32$		$T_{sup} \geq 10,90$			
1830	-6,63	2007	4,83	1962	15,43	1819	20,37	1799	6,59	2000	10,94
1940	-6,00			1844	15,83	1992	20,47	1805	6,78	1779	10,98
1947	-5,20					2003	20,47	1829	6,83	2015	11,25
1823	-5,10					1775	20,53	1812	6,83	2014	11,46
1838	-5,00					1781	20,90	1940	7,02		
1799	-4,97					1826	21,00	1814	7,15		
1963	-4,93					1834	21,23	1816	7,20		
1805	-4,53					1838	7,24	1838	7,24		
1929	-4,33										
1800	-4,20										
1784	-4,00										

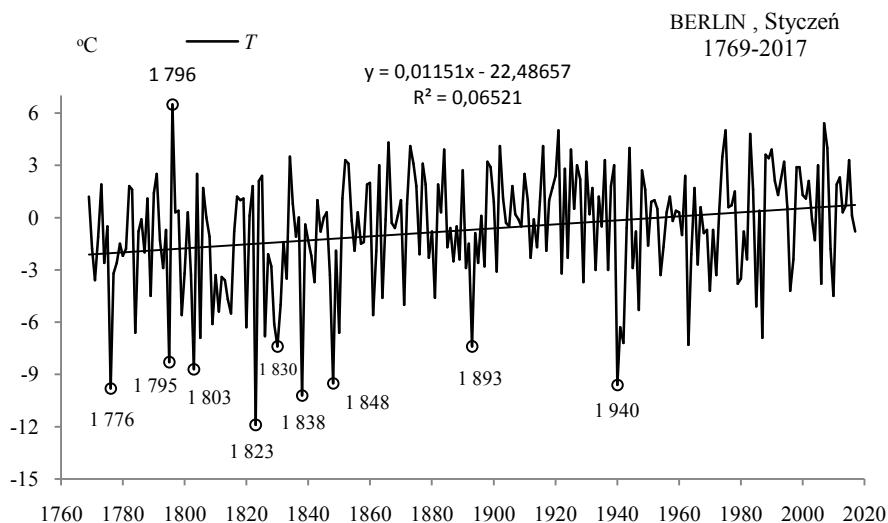
W Berlinie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -3,959$ °C wystąpiły w latach:

1830 1940 1947 1823 1838 1799 1963 1805 1929 1800 1784
-6,63 -6,00 -5,20 -5,10 -5,00 -4,97 -4,93 -4,53 -4,33 -4,20 -4,00

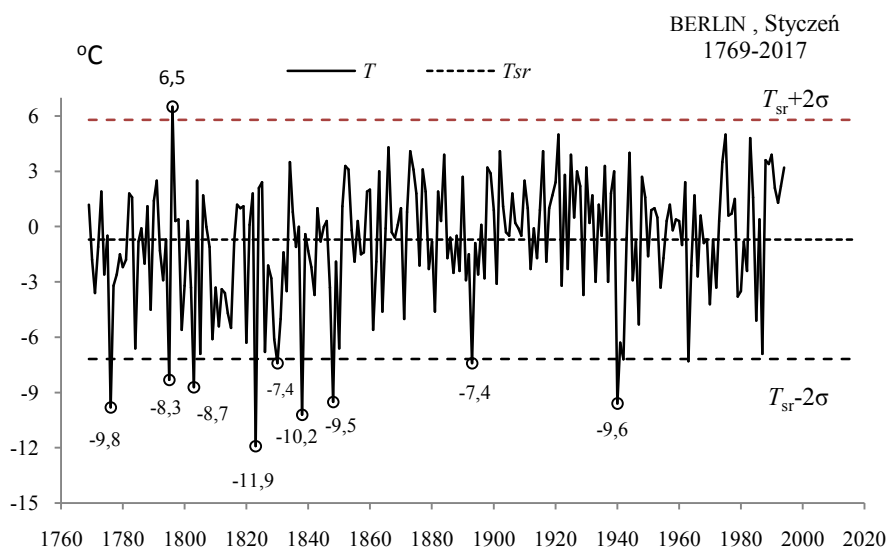
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 20,252$ °C – w latach:

1819 1992 2003 1775 1781 1826 1834 1838
20,37 20,47 20,47 20,53 20,9 21 21,23 7,24

STYCZEŃ (I)

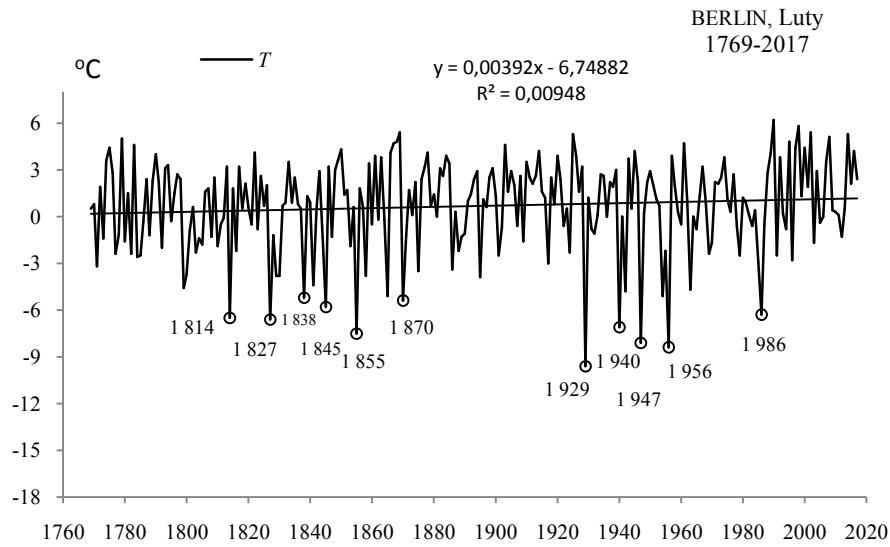


Rys. 18a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w styczniu w latach 1769-2017
Fig. 18a. Changes of air temperature in Berlin in January in the 1769-2017 years

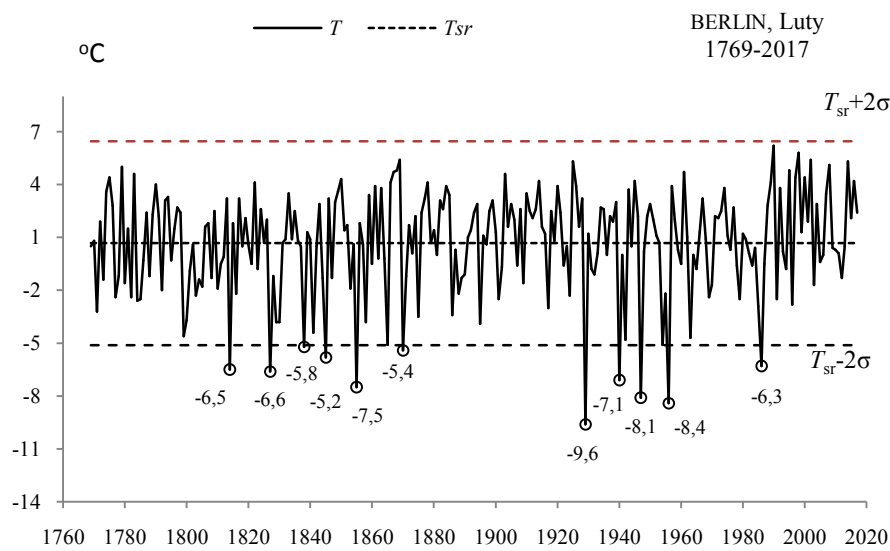


Rys. 18b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w styczniu w latach 1769-2017
Fig. 18b. Extreme values of average air temperature in Berlin in January in the 1769-2017 years

LUTY (II)

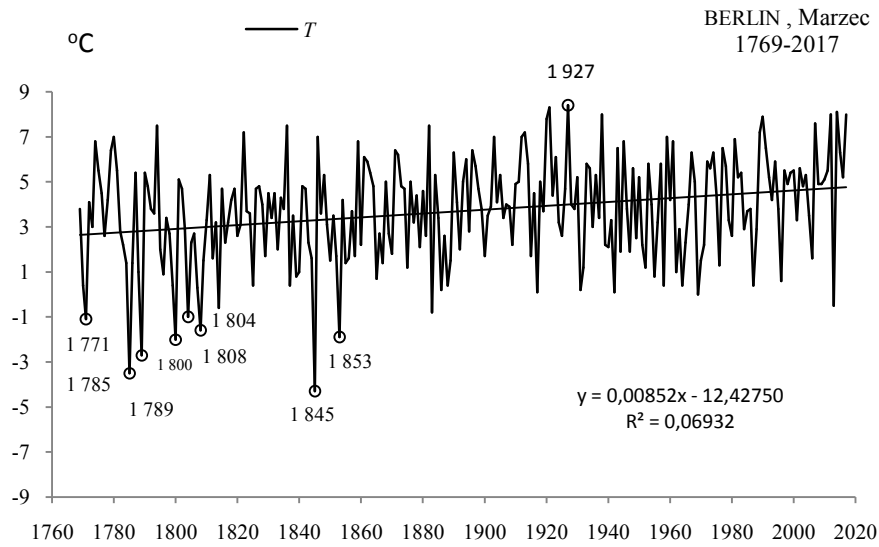


Rys. 19a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w lutym w latach 1769-2017
Fig. 19a. Changes of air temperature in Berlin in February in the 1769-2017 years

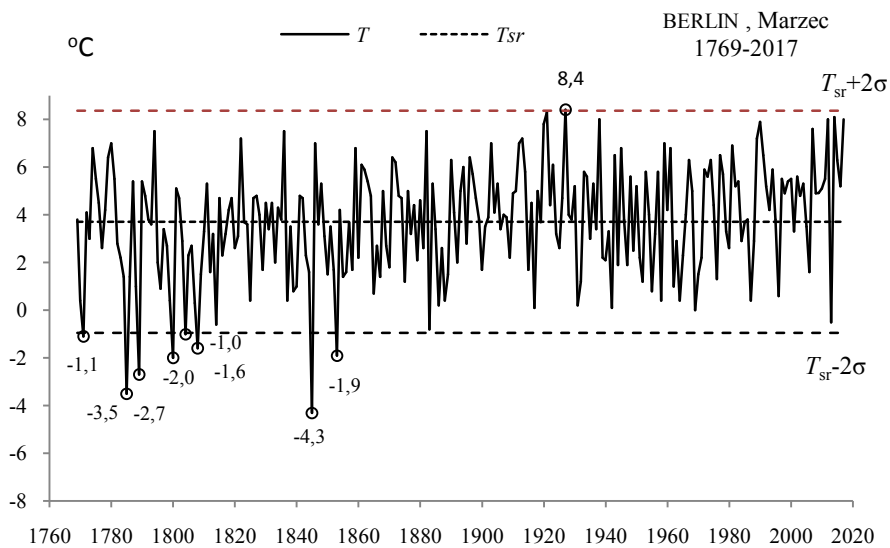


Rys. 19b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w lutym w latach 1769-2017
Fig. 19b. Extreme values of average air temperature in Berlin in February in the 1769-2017 years

MARZEC(III)

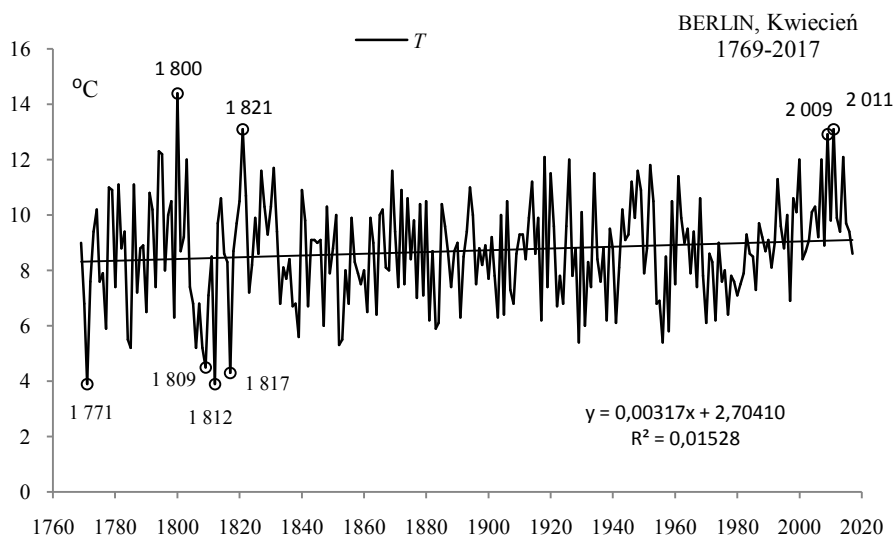


Rys. 20a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w marcu w latach 1769-2017
Fig. 20a. Changes of air temperature in Berlin in March in the 1769-2017 years



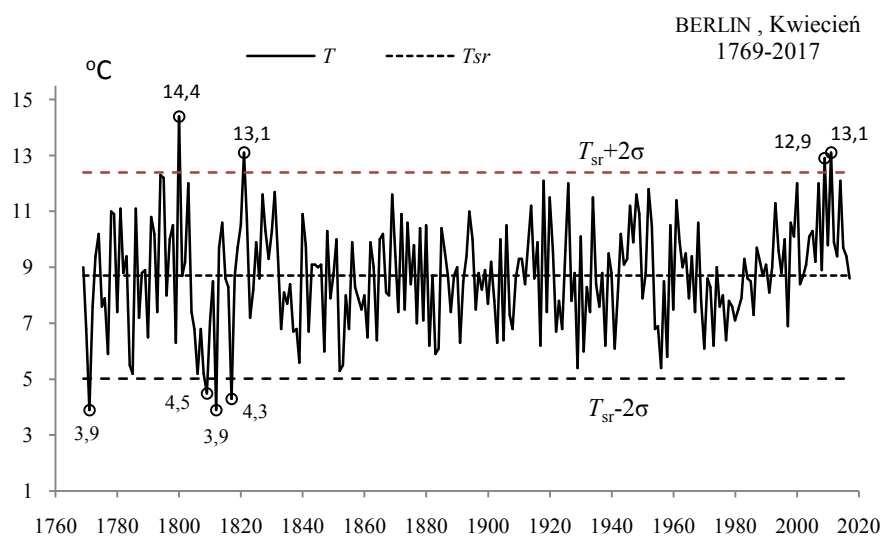
Rys. 20b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w marcu w latach 1769-2017
Fig. 20b. Extreme values of average air temperature in Berlin in March in the 1769-2017 years

KWIECIEŃ (IV)



Rys. 21a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w kwietniu w latach 1769-2017

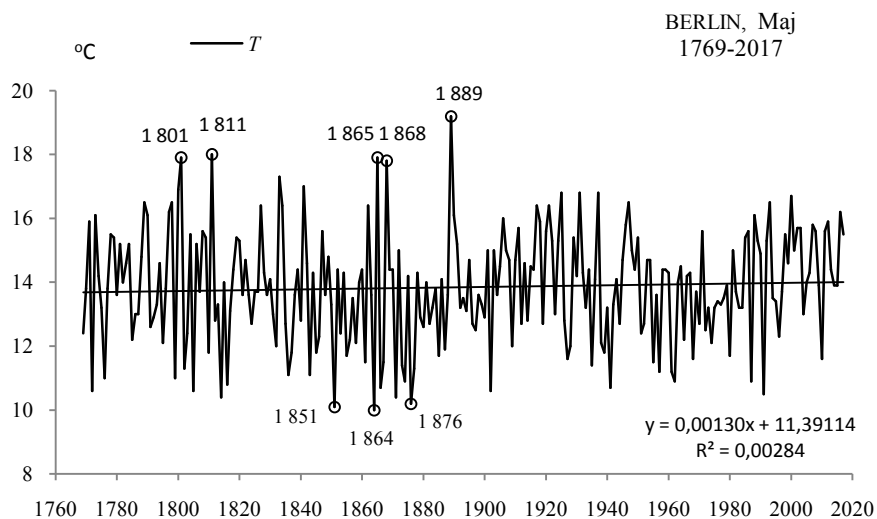
Fig. 21a. Changes of air temperature in Berlin in April in the 1769-2017 years



Rys. 21b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w kwietniu w latach 1769-2017

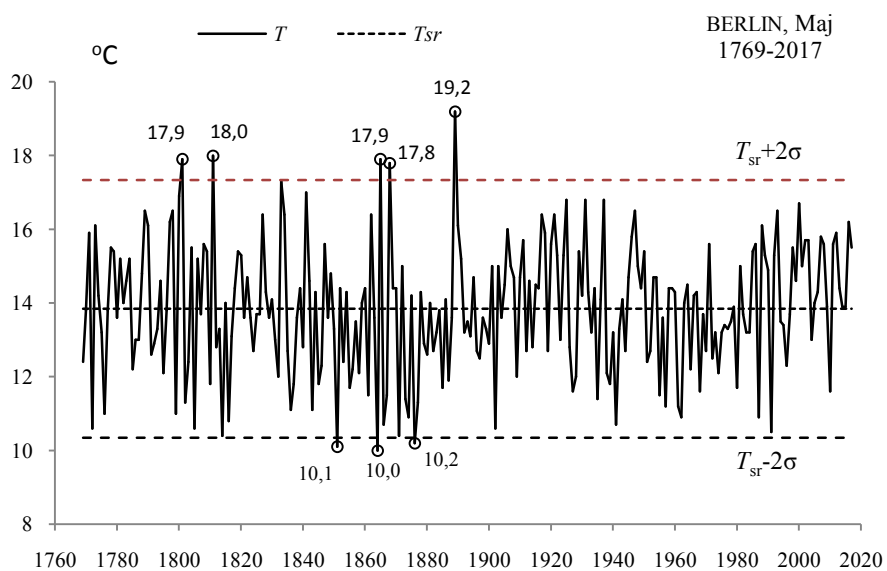
Fig. 21b. Extreme values of average air temperature in Berlin in April in the 1769-2017 years

MAJ (V)



Rys. 22a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w maju w latach 1769-2017

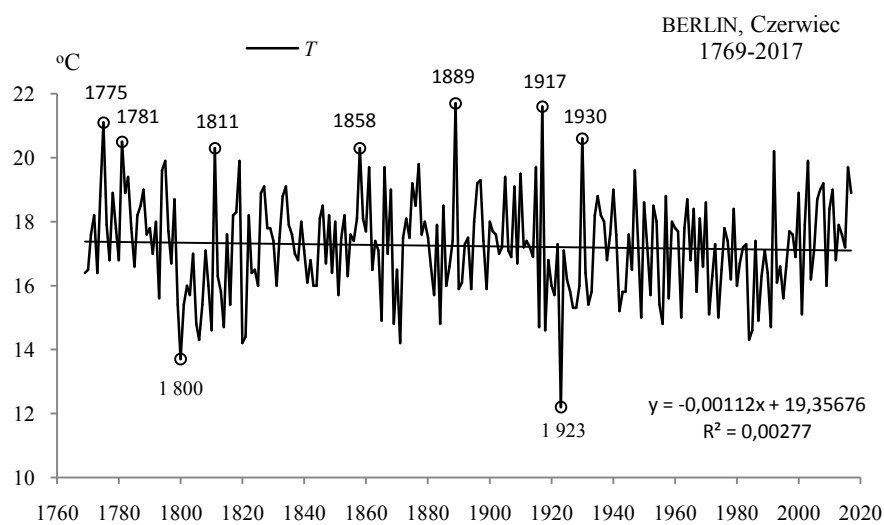
Fig. 22a. Changes of air temperature in Berlin in May in the 1769-2017 years



Rys. 22b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w maju w latach 1769-2017

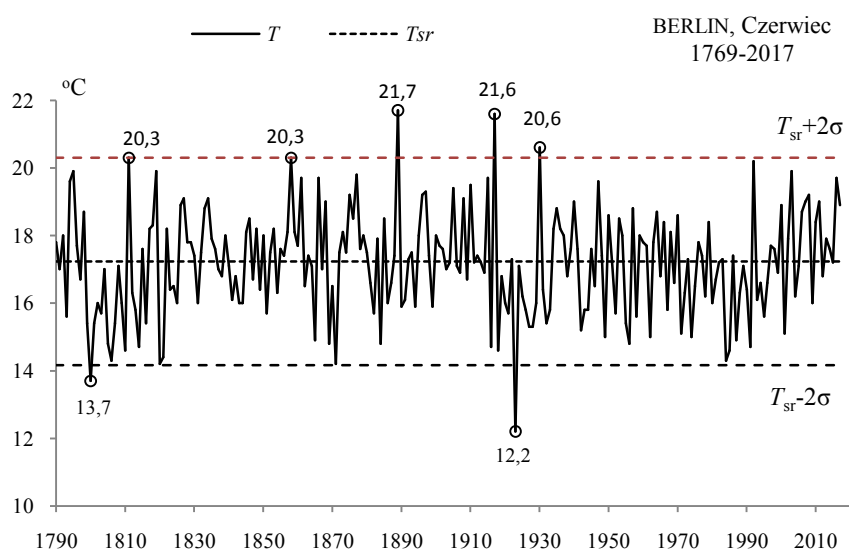
Fig. 22b. Extreme values of average air temperature in Berlin in May in the 1769-2017 years

CZERWIEC (VI)



Rys. 23a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w czerwcu w latach 1769-2017

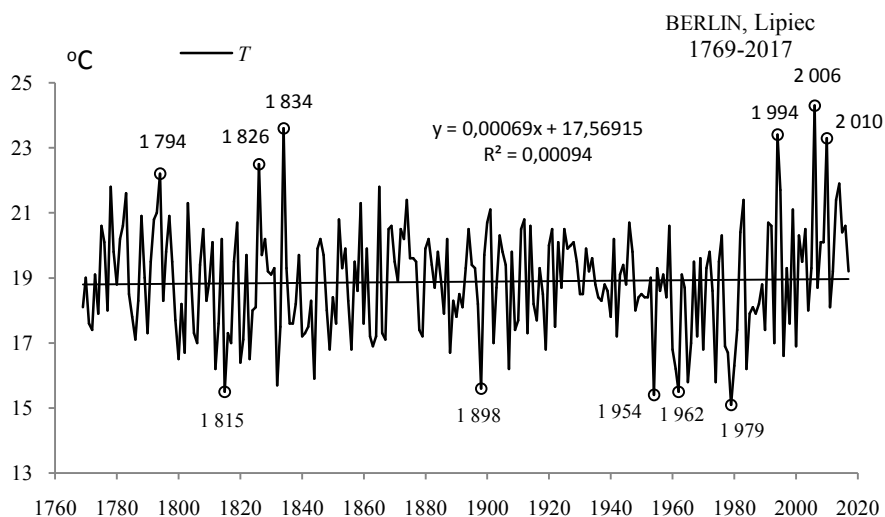
Fig. 23a. Changes of air temperature in Berlin in June in the 1769-2017 years



Rys. 23b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w czerwcu w latach 1769-2017

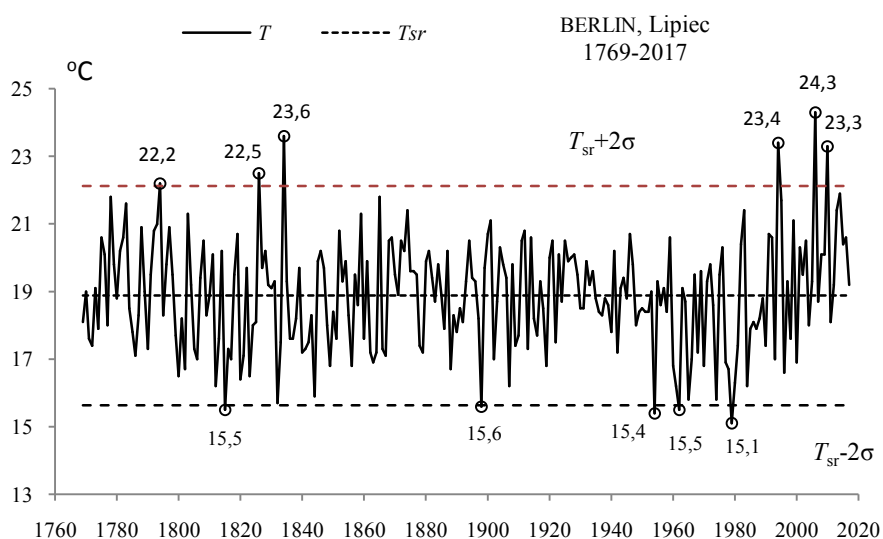
Fig. 23b. Extreme values of average air temperature in Berlin in June in the 1769-2017 years

LIPIEC (VII)



Rys. 24a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w lipcu w latach 1769-2017

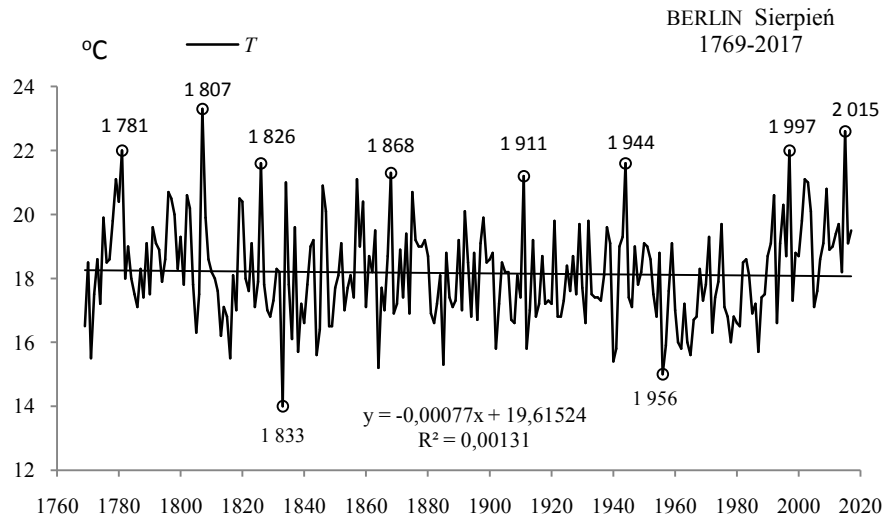
Fig. 24a. Changes of air temperature in Berlin in July in the 1769-2017 years



Rys. 24b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w lipcu w latach 1769-2017

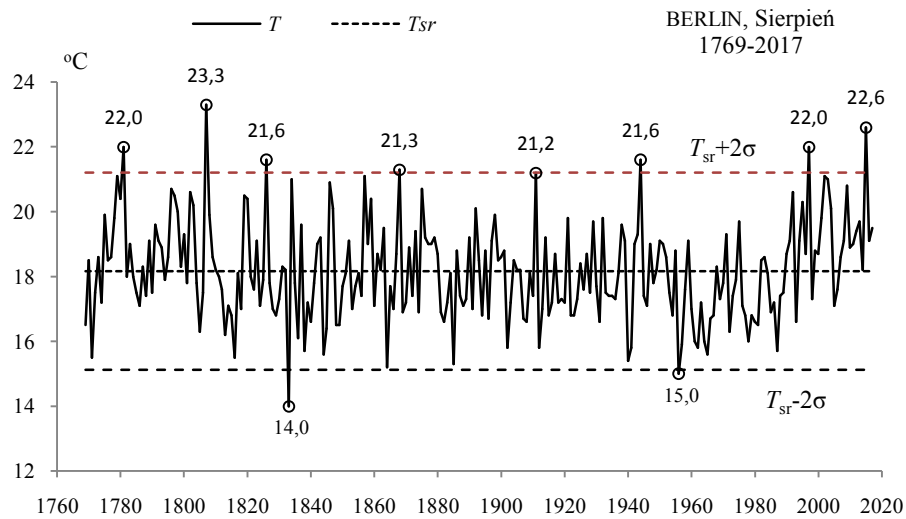
Fig. 24b. Extreme values of average air temperature in Berlin in July in the 1769-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)



Rys. 25a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w sierpniu w latach 1769-2017

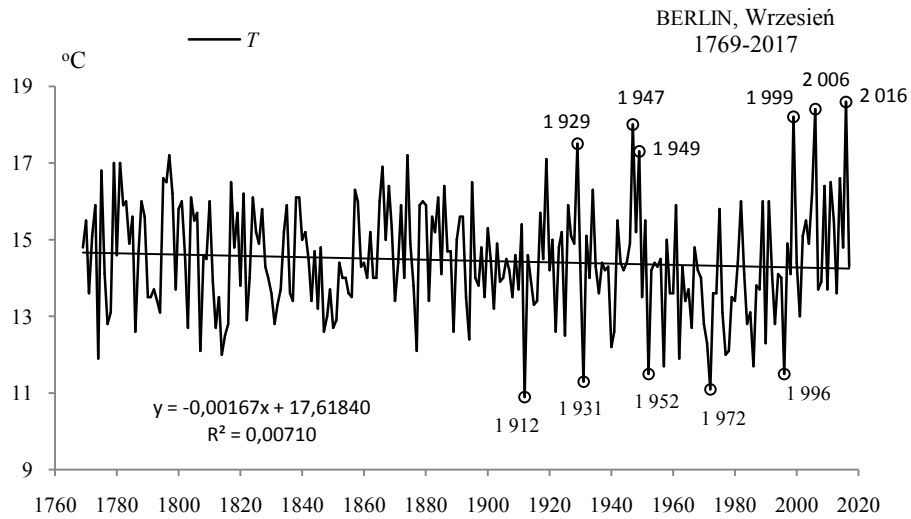
Fig. 25a. Changes of air temperature in Berlin in August in the 1769-2017 years



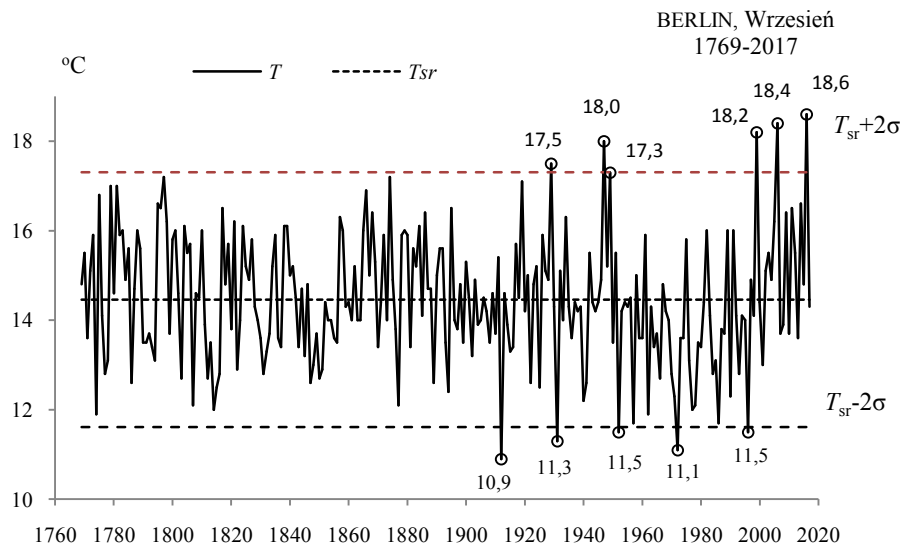
Rys. 25b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w sierpniu w latach 1769-2017

Fig. 25b. Extreme values of average air temperature in Berlin in August in the 1769-2017 years

WRZESIEŃ (IX)

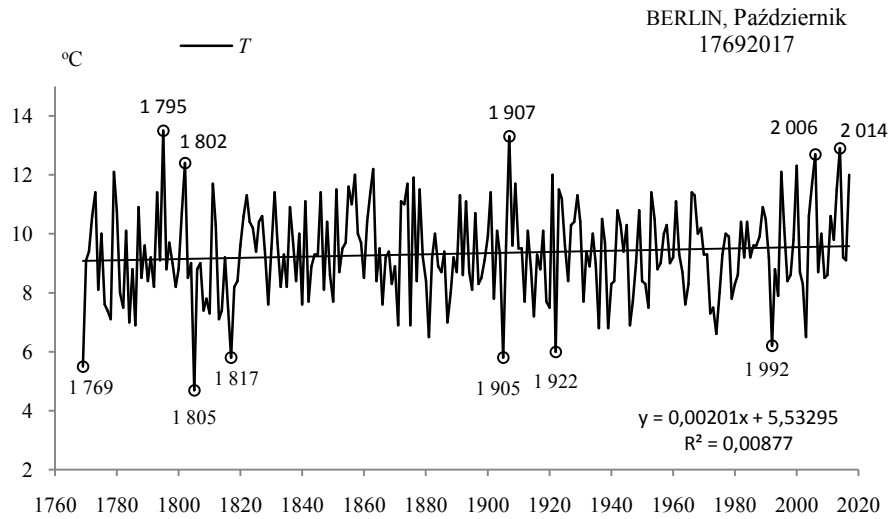


Rys. 26a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie we wrześniu w latach 1769-2017
Fig. 26a. Changes of air temperature in Berlin in September in the 1769-2017 years

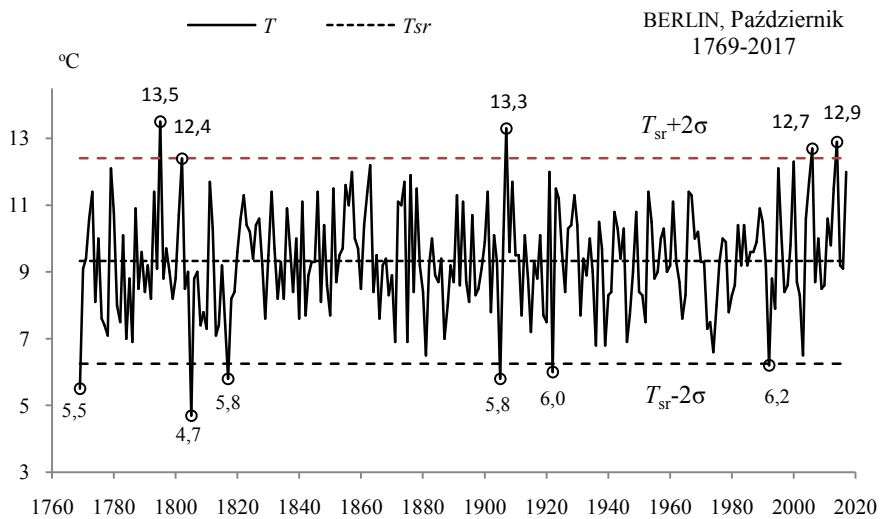


Rys. 26b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie we wrześniu w latach 1769-2017
Fig. 26b. Extreme values of average air temperature in Berlin in September in the 1769-2017 years

PAŹDZIERNIK (X)

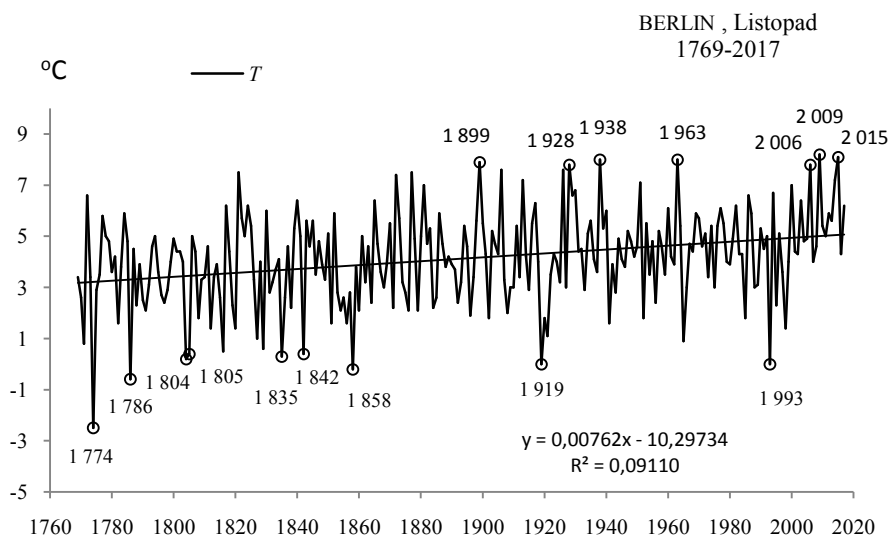


Rys. 27a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w październiku w latach 1769-2017
Fig. 27a. Changes of air temperature in Berlin in October in the 1769-2017 years



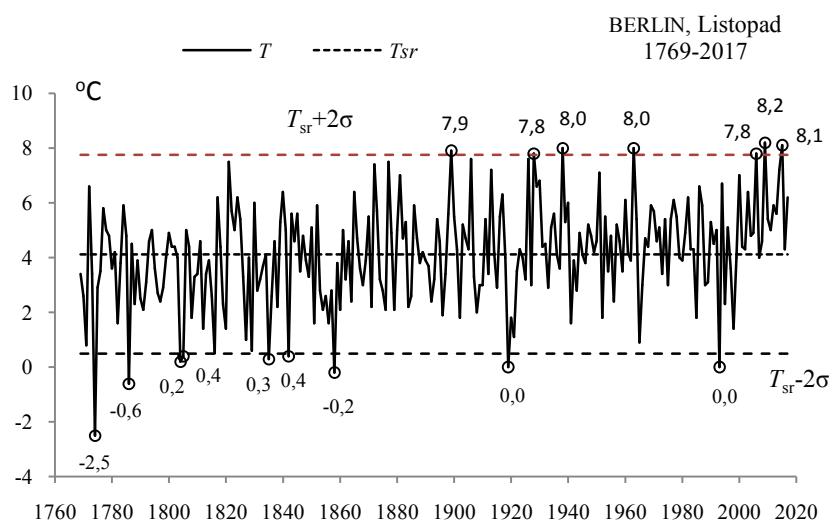
Rys. 27b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w październiku w latach 1769-2017
Fig. 27b. Extreme values of average air temperature in Berlin in October in the 1769-2017 years

LISTOPAD (XI)



Rys. 28a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w listopadzie w latach 1769-2017

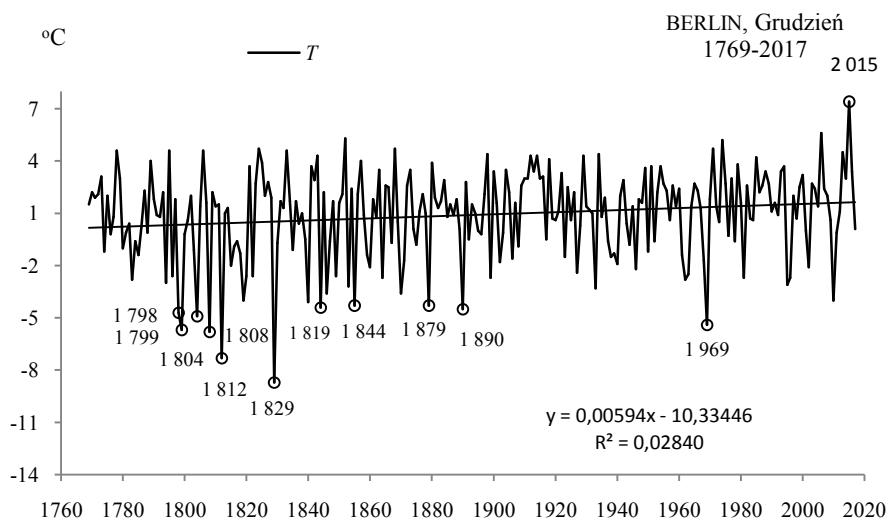
Fig. 28a. Changes of air temperature in Berlin in November in the 1769-2017 years



Rys. 28b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w listopadzie w latach 1769-2017

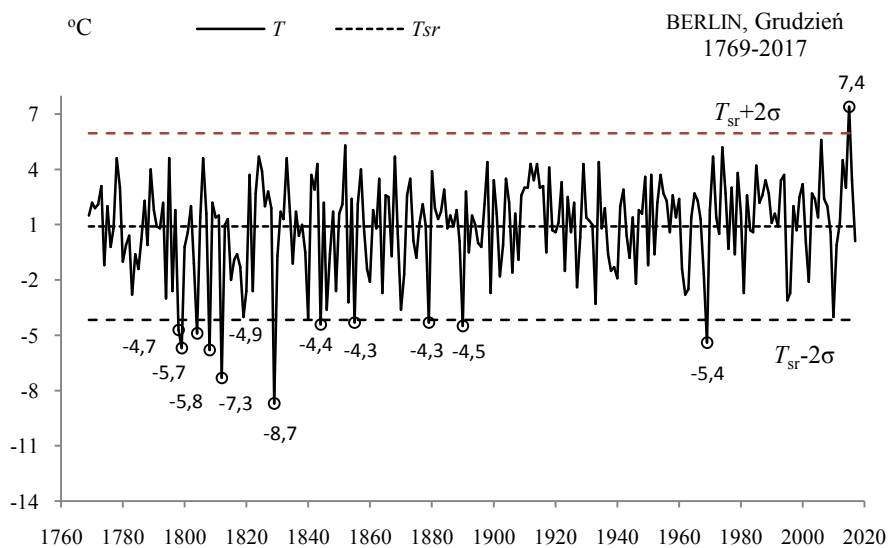
Fig. 28b. Extreme values of average air temperature in Berlin in November in the 1769-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)



Rys. 29a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w grudniu w latach 1769-2017

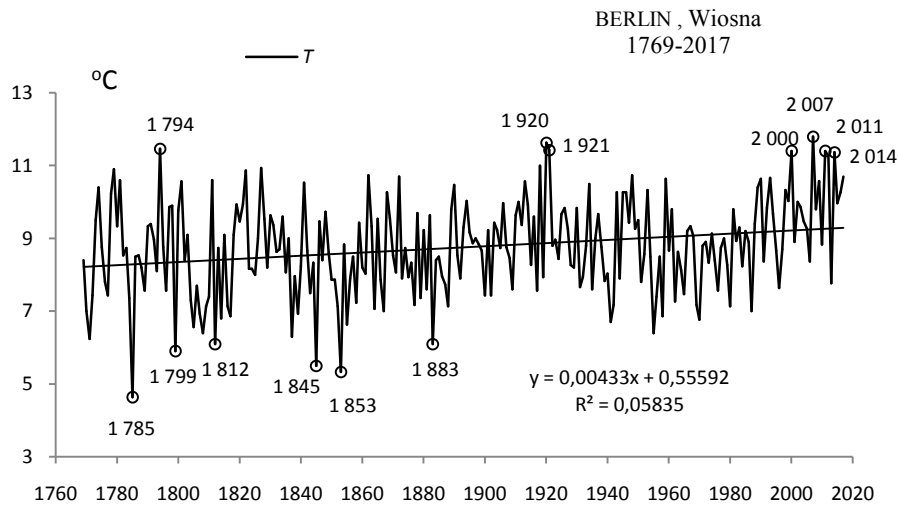
Fig. 29a. Changes of air temperature in Berlin in December in the 1769-2017 years



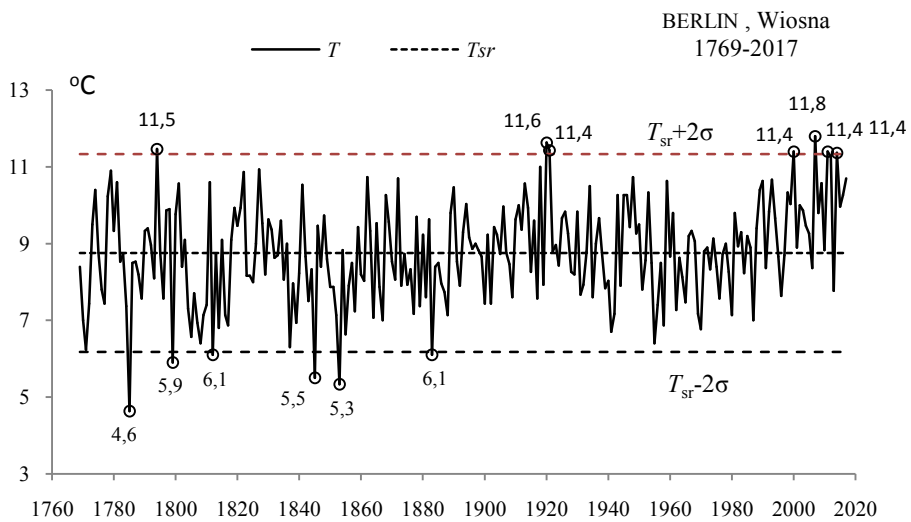
Rys. 29b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w grudniu w latach 1769-2017

Fig. 29b. Extreme values of average air temperature in Berlin in December in the 1769-2017 years.

WIOSNA (III-V)

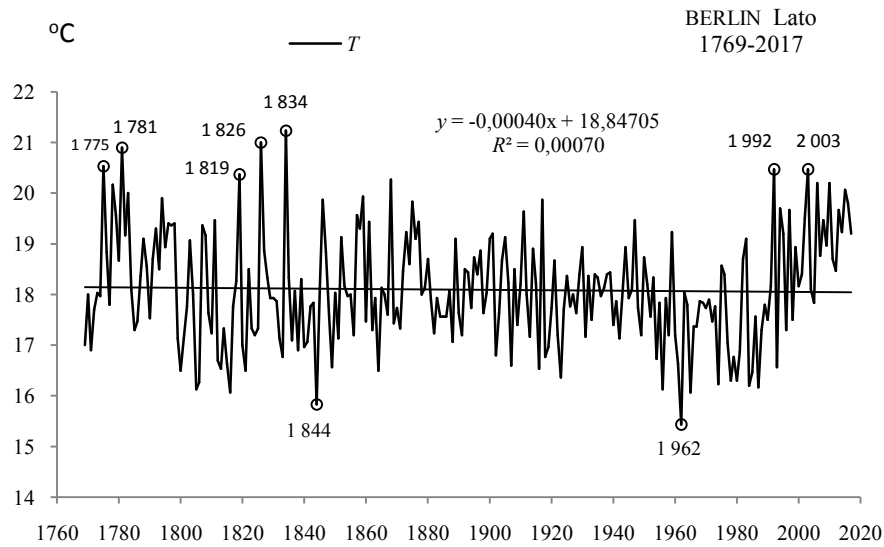


Rys. 30a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie wiosną w latach 1769-2017
Fig. 30a. Changes of air temperature in Berlin in spring in the 1769-2017 years

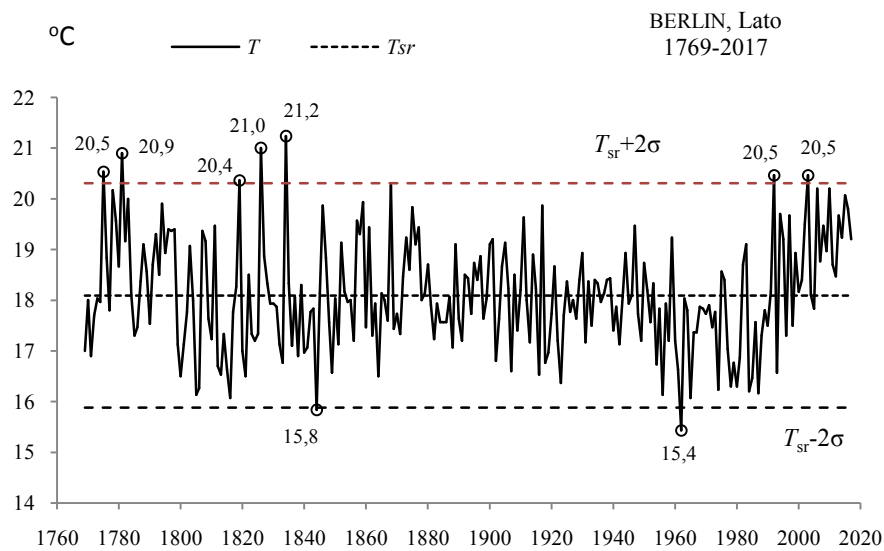


Rys. 30b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie wiosną w latach 1769-2017
Fig. 30b. Extreme values of average air temperature in Berlin in Spring in the 1769-2017 years.

LATO (VI-VIII)

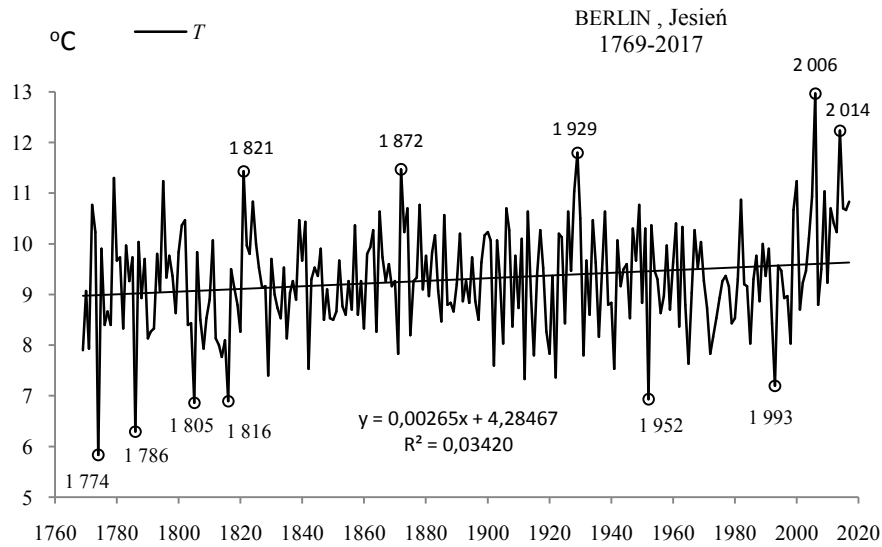


Rys. 31a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w lecie w latach 1769-2017
Fig. 31a. Changes of air temperature in Berlin in summer in the 1769-2017 years

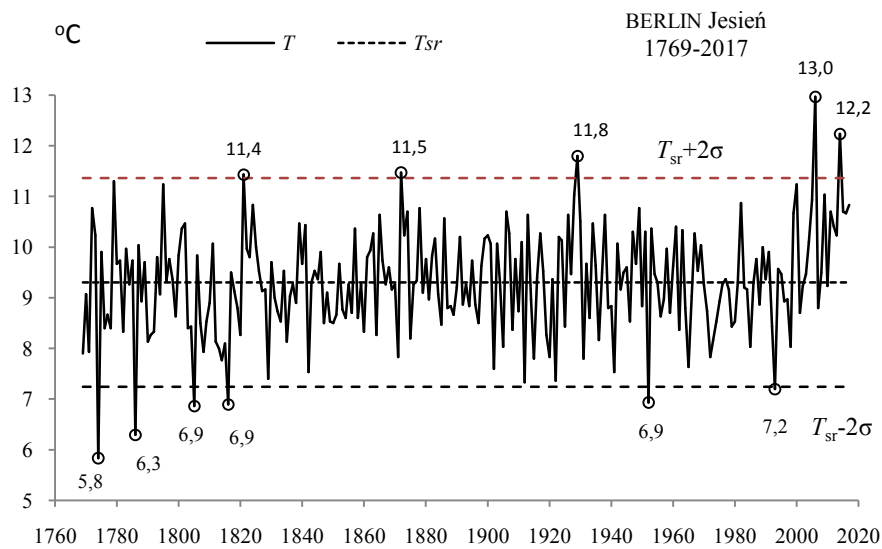


Rys. 31b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w lecie w latach 1769-2017
Fig. 31b. Extreme values of average air temperature in Berlin in Summer in the 1769-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)

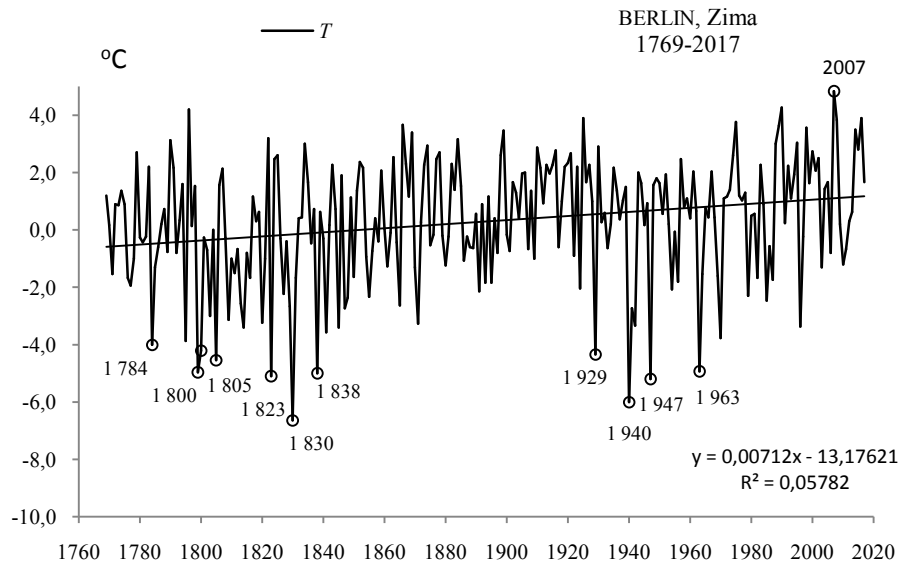


Rys. 32a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie jesienią w latach 1769-2017
Fig. 32a. Changes of air temperature in Berlin in Autumn in the 1769-2017 years

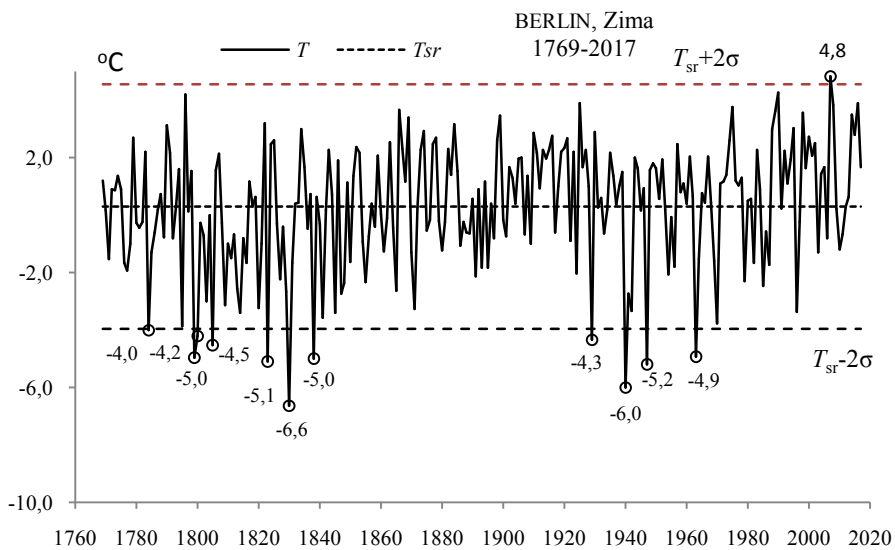


Rys. 32b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie jesienią w latach 1769-2017
Fig. 32b. Extreme values of average air temperature in Berlin in Autumn in the 1769-2017 years.

ZIMA (XII-II)

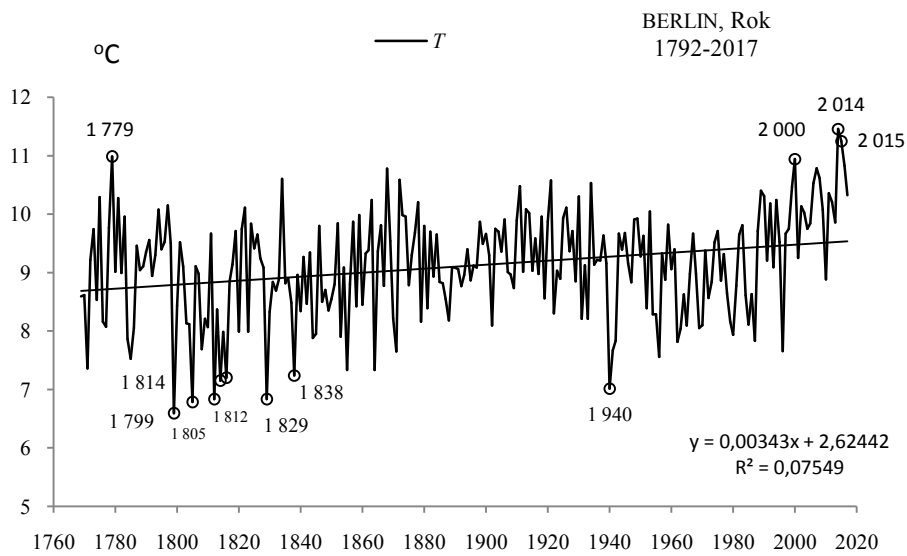


Rys. 33a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w zimie w latach 1769-2017
Fig. 33a. Changes of air temperature in Berlin in Winter in the 1769-2017 years

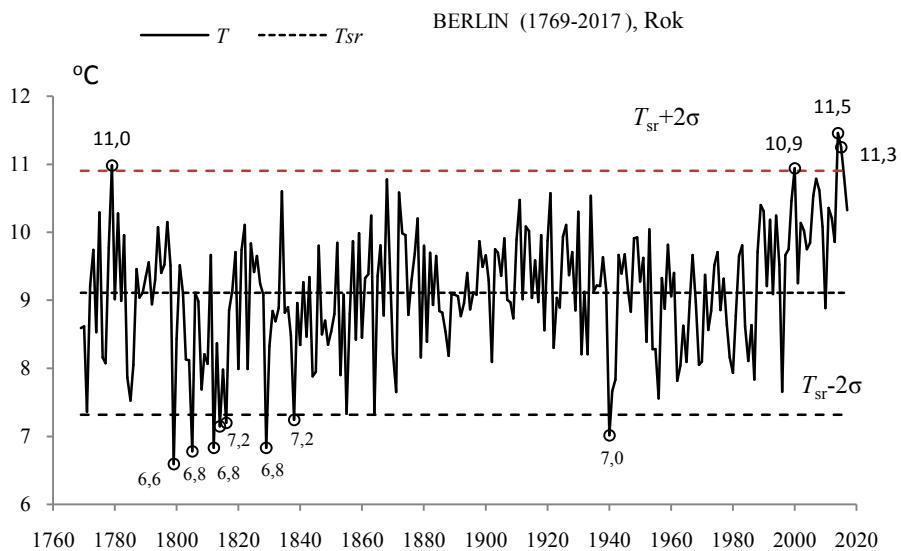


Rys. 33b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w zimie w latach 1769-2017
Fig. 33b. Extreme values of average air temperature in Berlin in Winter in the 1769-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 34a. Zmiany temperatury powietrza w Berlinie w roku w latach 1769-2017
Fig. 34a. Changes of air temperature in Berlin in year in the 1769-2017 years



Rys. 34b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Berlinie w roku w latach 1769-2017
Fig. 34b. Extreme values of average air temperature in Berlin in year in the 1769-2017 years.

3.3. Ekstrema temperatury powietrza w Moskwie w latach 1780-2017

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Moskwie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1780-2017 (tab. 3, tab. 3a, rys. 35a-51a, 35b-51b.).

Tabela 3. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Moskwie w latach 1780-2017

Table 3. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Moscow in years 1780-2017

	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-9,813	4,08054	-17,97412	-1,65195
II	-8,744	3,74212	-16,22817	-1,25970
III	-3,598	2,97681	-9,55149	2,35576
IV	4,811	2,47791	-0,14526	9,76638
V	12,281	2,27813	7,72452	16,83705
VI	16,373	2,02111	12,33070	20,41514
VII	18,622	1,87450	14,87279	22,37080
VIII	16,738	1,88029	12,97694	20,49811
IX	11,024	1,77297	7,47811	14,56998
X	4,456	1,98887	0,47833	8,43380
XI	-1,871	2,54454	-6,95997	3,21818
XII	-7,145	3,75372	-14,65211	0,36278
III-V	4,498	1,88706	0,72370	8,27195
VI-VIII	17,244	1,44383	14,35642	20,13174
IX-XI	4,518	1,48628	1,54531	7,49042
XII-II	-8,560	2,82565	-14,21174	-2,90912
I-XII	4,425	1,22703	1,97085	6,87897

Tabela 3a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Moskwie(1780-2017)

Table 3a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Moscow (1780-2017)

Zima				Lato				Rok			
$T_{inf} \leq -14,21$		$T_{sup} \geq 2,91$		$T_{inf} \leq 14,36$		$T_{sup} \geq 20,13$		$T_{inf} \leq 1,97$		$T_{sup} \geq 6,88$	
1893	-16,83	1961	-2,93	1961	-2,93	2011	20,27	1941	1,683	2014	6,90
1942	-15,03					1938	20,27	1888	1,808	1989	7,05
1956	-14,53					1839	20,87	1907	1,808	2007	7,08
						1841	21,63	1908	1,917	2008	7,31
						2010	22,20			2015	7,41

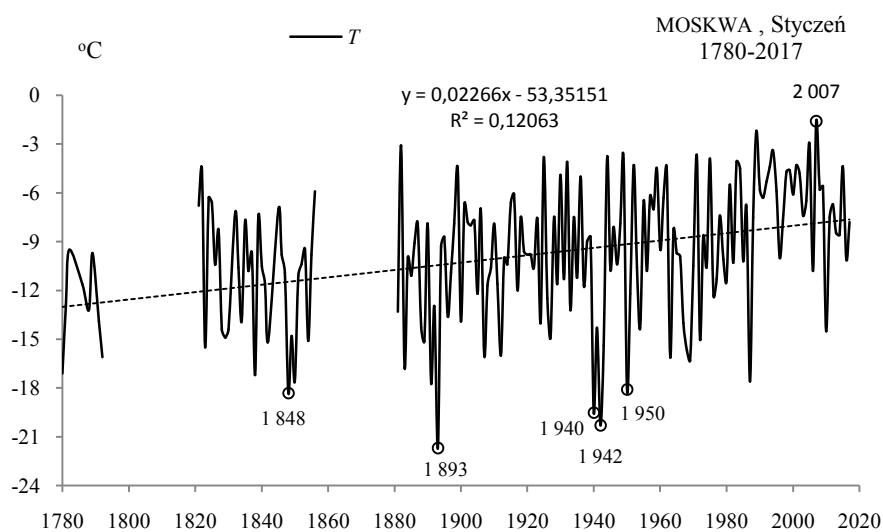
W Moskwie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -14,211$ °C wystąpiły w latach

1893 1942 1956
-16,83 -15,03 -14,53

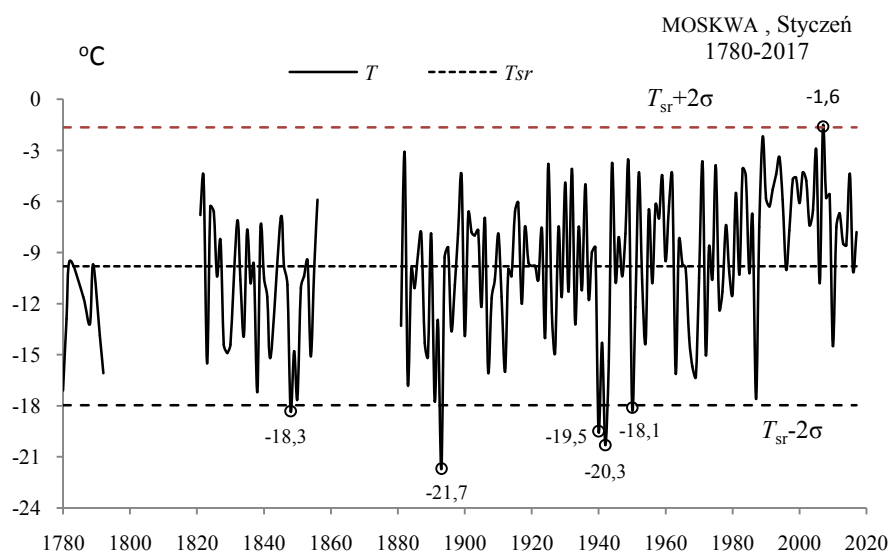
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 20,132$ °C wystąpiły w latach:

2011 1938 1839 1841 2010
20,27 20,27 20,87 21,63 22,2

STYCZEŃ (I)

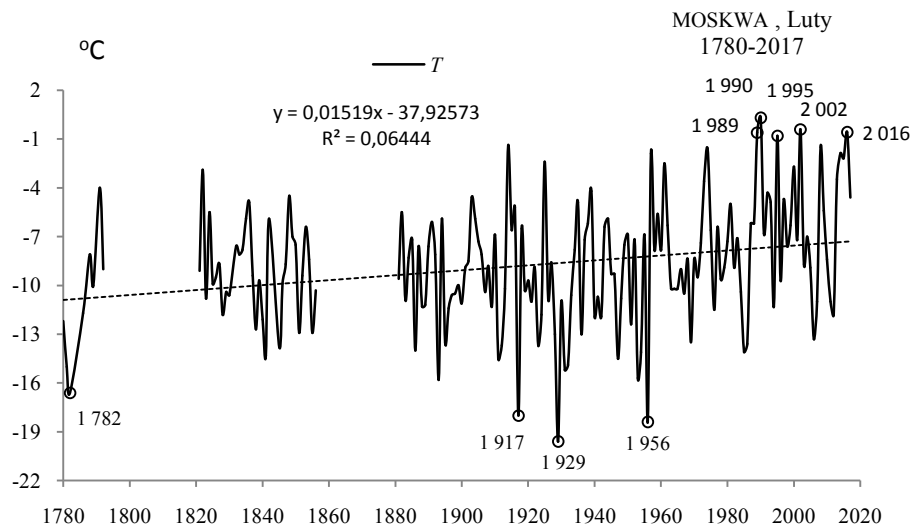


Rys. 35a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w styczniu w latach 1780-2017
Fig. 35a. Changes of air temperature in Moscow in January in the 1780-2017 years

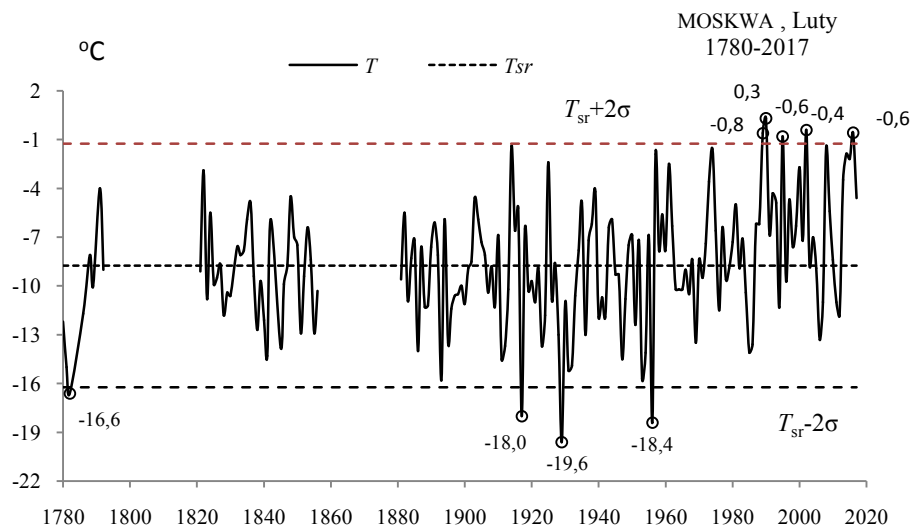


Rys. 35b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w styczniu w latach 1780-2017
Fig. 35b. Extreme values of average air temperature in Moscow in January in the 1780-2017 years

LUTY (II)

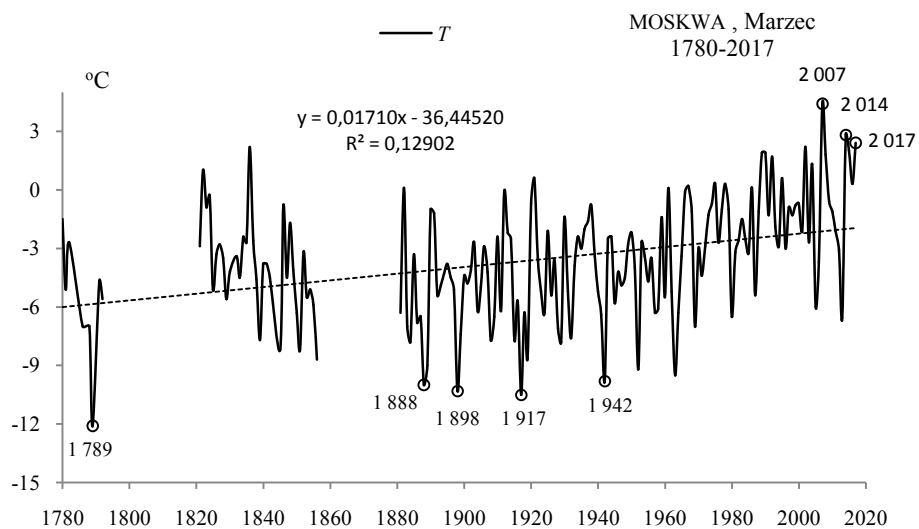


Rys. 36a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w lutym w latach 1780-2017
Fig. 36a. Changes of air temperature in Moscov in February in the 1780-2017 years



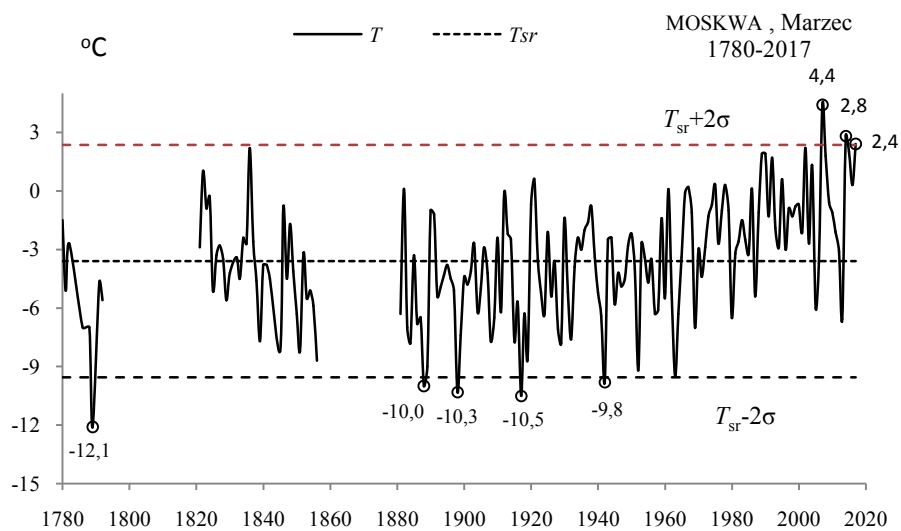
Rys. 36b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w lutym w latach 1780-2017
Fig. 36b. Extreme values of average air temperature in Moscov in February in the 1780-2017 years

MARZEC(III)



Rys. 37a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w marcu w latach 1780-2017

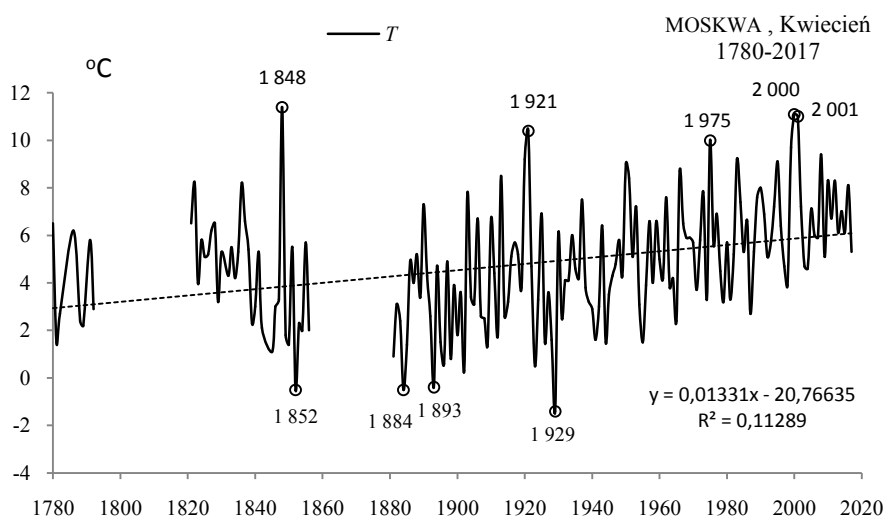
Fig. 37a. Changes of air temperature in Moscov in March in the 1780-2017 years



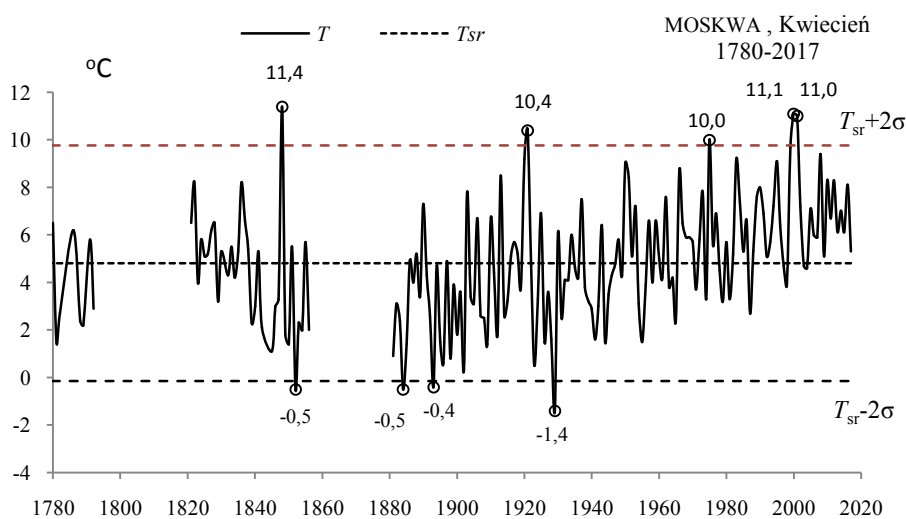
Rys. 37b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w marcu w latach 1780-2017

Fig. 37b. Extreme values of average air temperature in Moscov in March in the 1780-2017 years

KWIECIEŃ (IV)

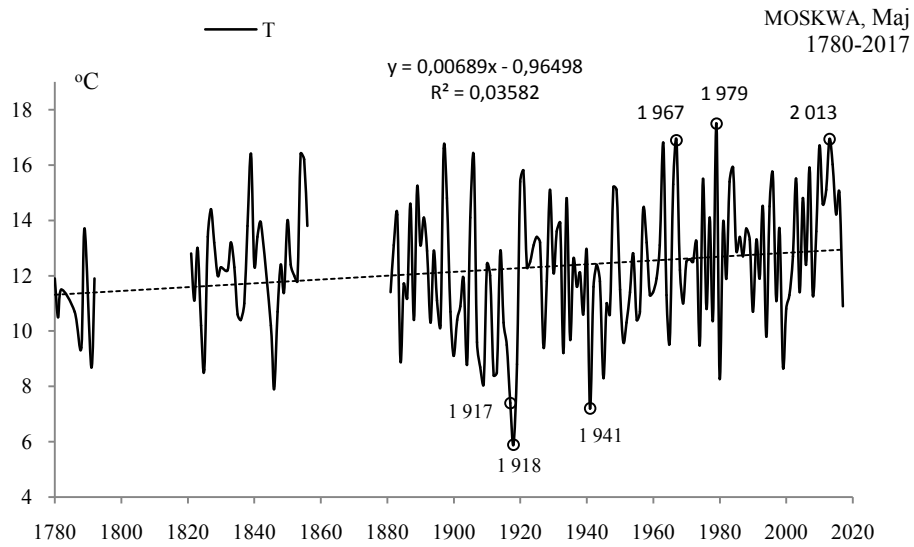


Rys. 38a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w kwietniu w latach 1780-2017
Fig. 38a. Changes of air temperature in Moscow in April in the 1780-2017 years

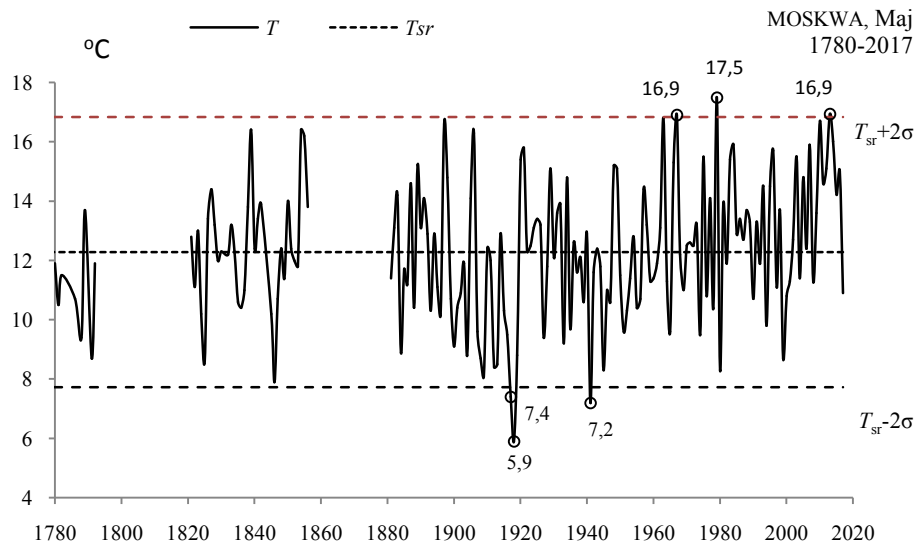


Rys. 38b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w kwietniu w latach 1780-2017
Fig. 38b. Extreme values of average air temperature in Moscow in April in the 1780-2017 years

MAJ (V)

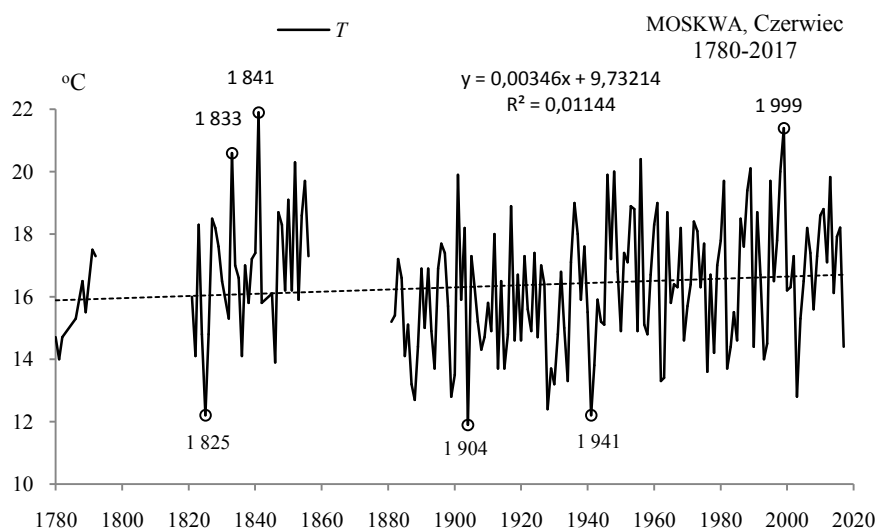


Rys. 39a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w maju w latach 1780-2017
Fig. 39a. Changes of air temperature in Moscow in May in the 1780-2017 years

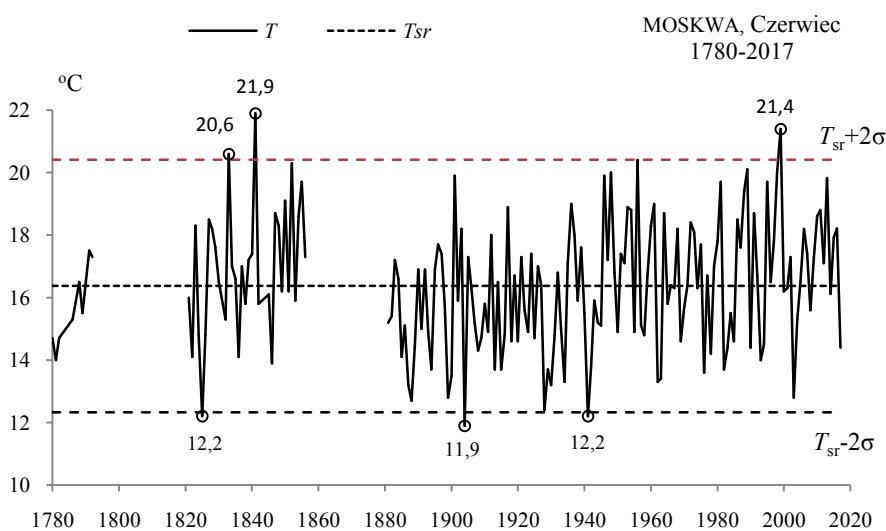


Rys. 39b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w maju w latach 1780-2017
Fig. 39b. Extreme values of average air temperature in Moscow in May in the 1780-2017 years

CZERWIEC (VI)

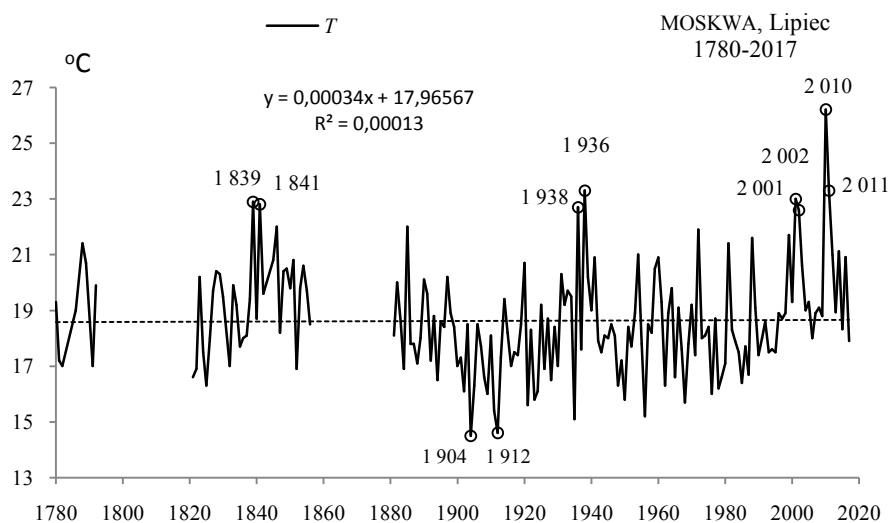


Rys. 40a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w czerwcu w latach 1780-2017
Fig. 40a. Changes of air temperature in Moscow in June in the 1780-2017 years



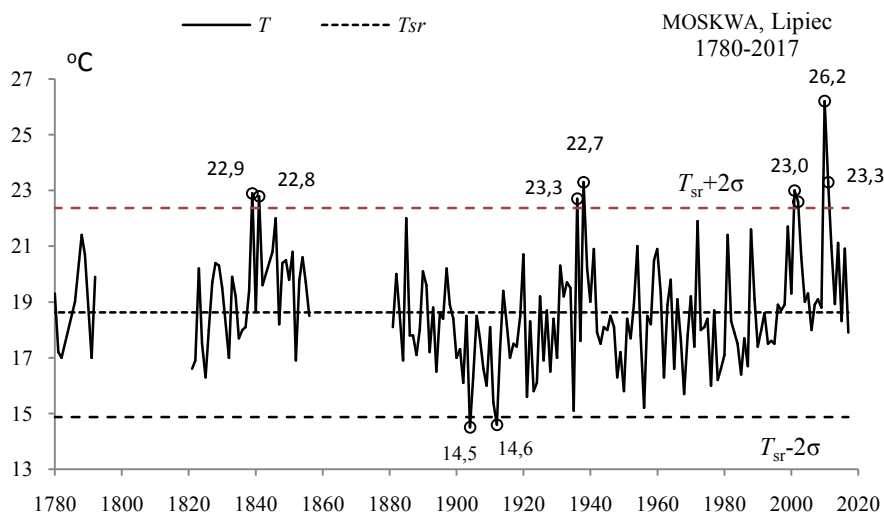
Rys. 40b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w czerwcu w latach 1780-2017
Fig. 40b. Extreme values of average air temperature in Moscow in June in the 1780-2017 years

LIPIEC (VII)



Rys. 41a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w lipcu w latach 1780-2017

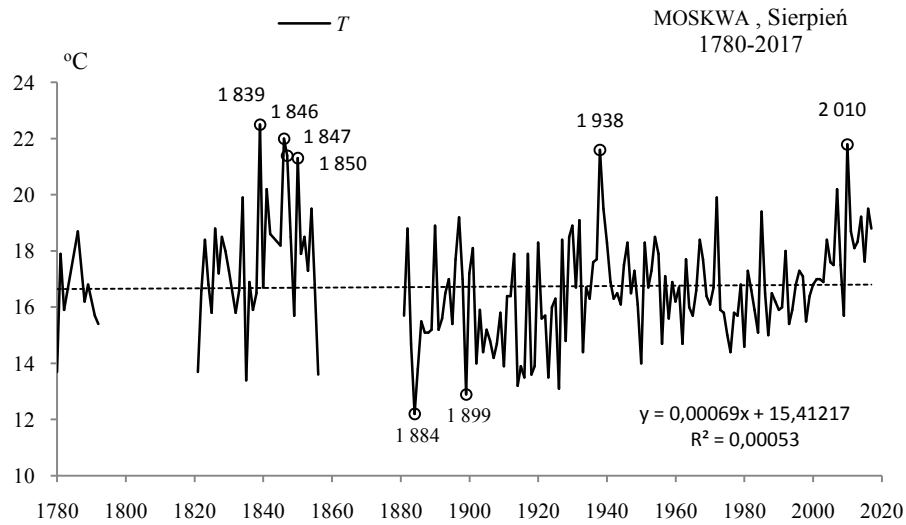
Fig. 41a. Changes of air temperature in Moscov in July in the 1780-2017 years



Rys. 41b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w lipcu w latach 1780-2017

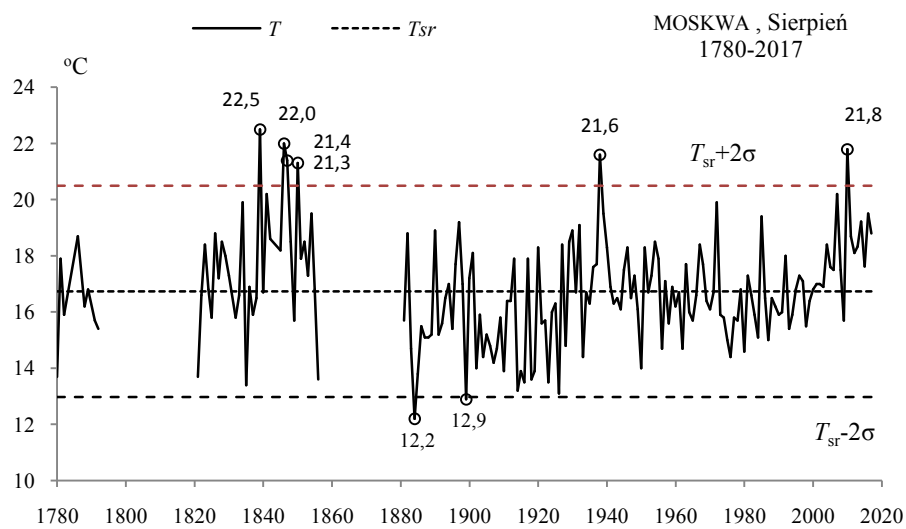
Fig. 41b. Extreme values of average air temperature in Moscov in July in the 1780-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)



Rys. 42a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w sierpniu w latach 1780-2017

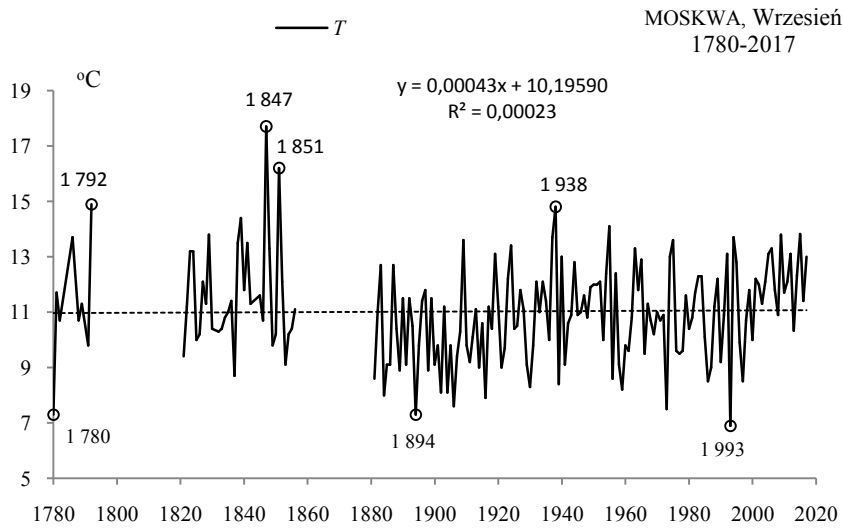
Fig. 42a. Changes of air temperature in Moscow in August in the 1780-2017 years



Rys. 42b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w sierpniu w latach 1780-2017

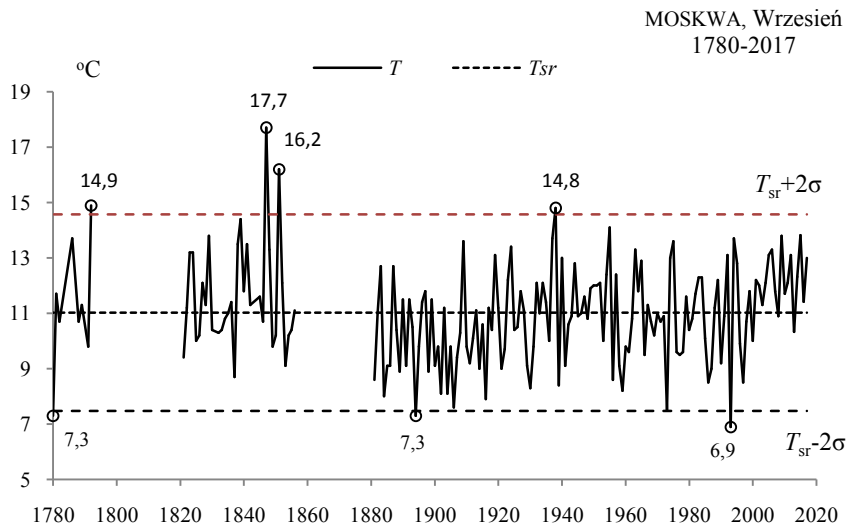
Fig. 42b. Extreme values of average air temperature in Moscow in August in the 1780-2017 years

WRZESIEŃ (IX)



Rys. 43a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie we wrześniu w latach 1780-2017

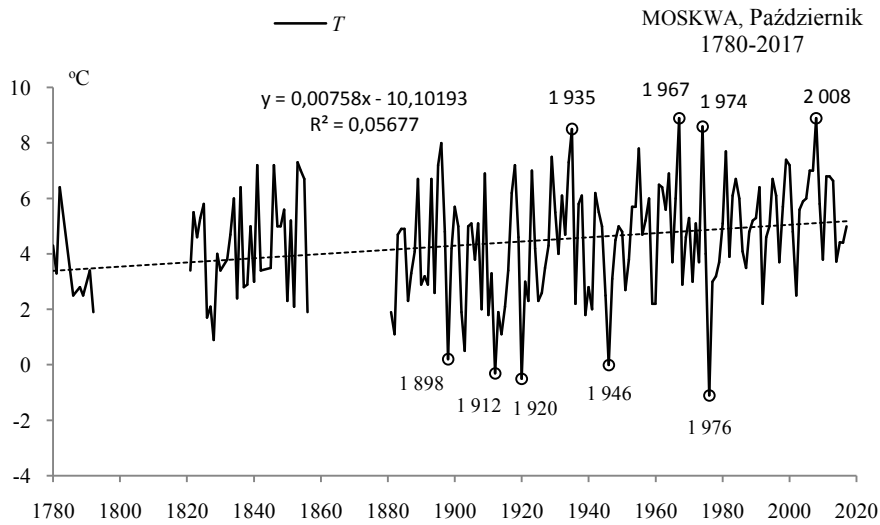
Fig. 43a. Changes of air temperature in Moscov in September in the 1780-2017 years



Rys. 43b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie we wrześniu w latach 1780-2017

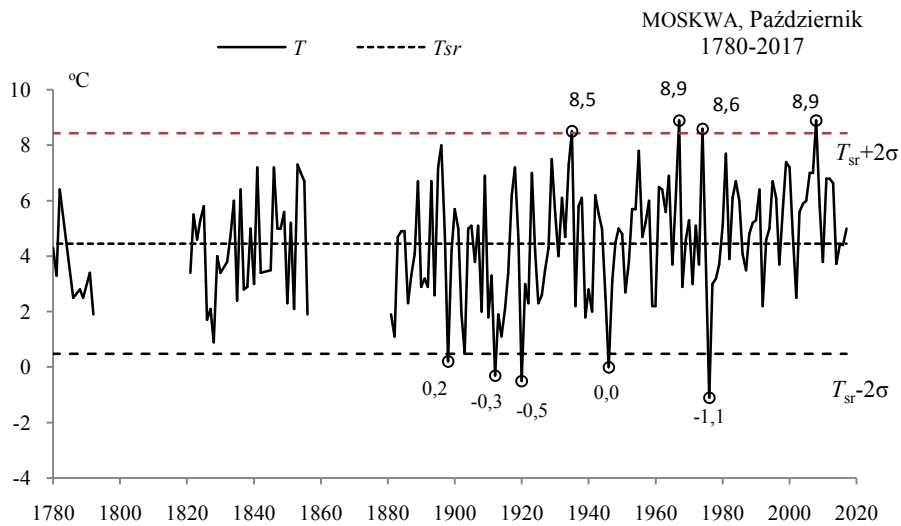
Fig. 43b. Extreme values of average air temperature in Moscov in September in the 1780-2017 years

PAŹDZIERNIK (X)



Rys. 44a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w październiku w latach 1780-2017

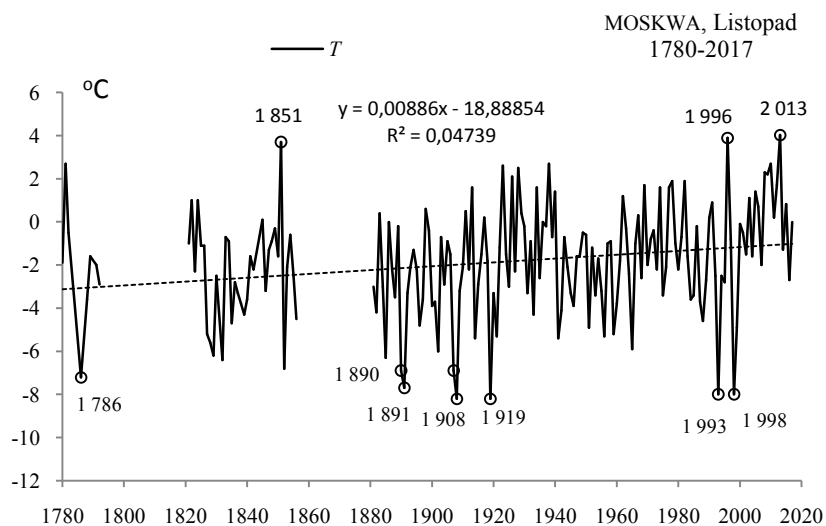
Fig. 44a. Changes of air temperature in Moscov in October in the 1780-2017 years



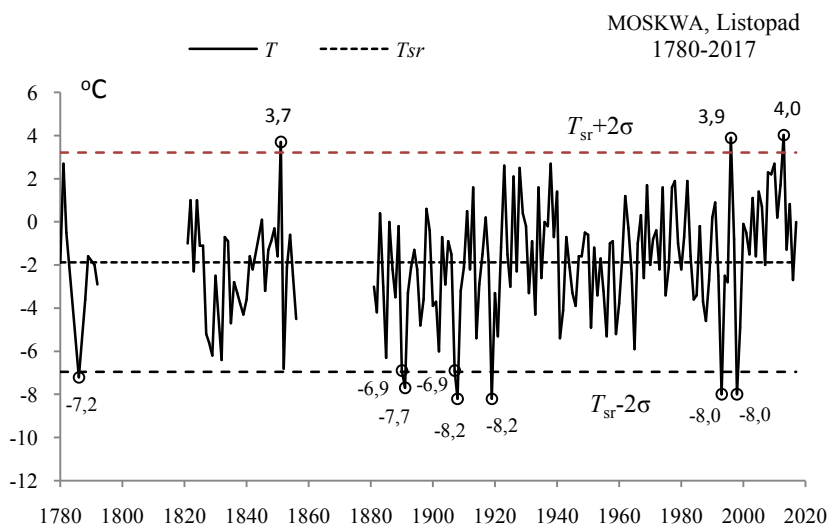
Rys. 44b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w październiku w latach 1780-2017

Fig. 44b. Extreme values of average air temperature in Moscov in October in the 1780-2017 years

LISTOPAD (XI)

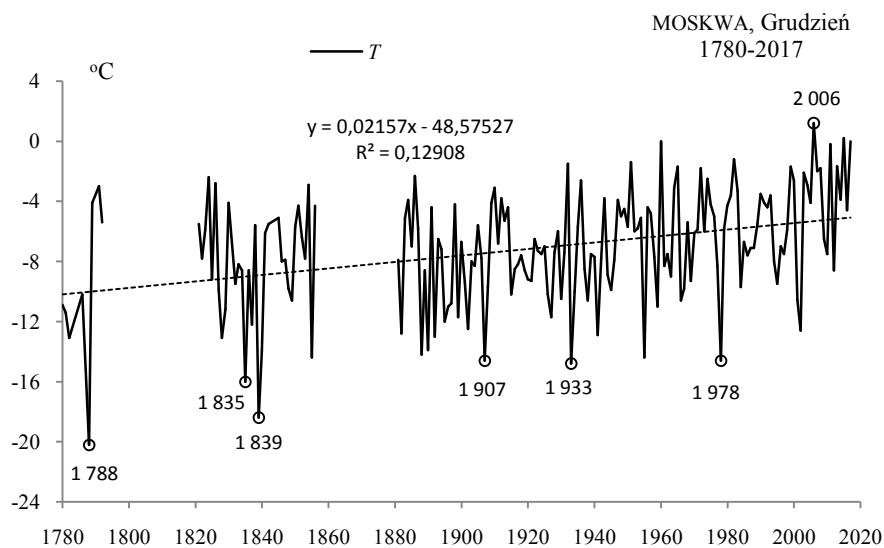


Rys. 45a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w listopadzie w latach 1780-2017
Fig. 45a. Changes of air temperature in Moscov in November in the 1780-2017 years



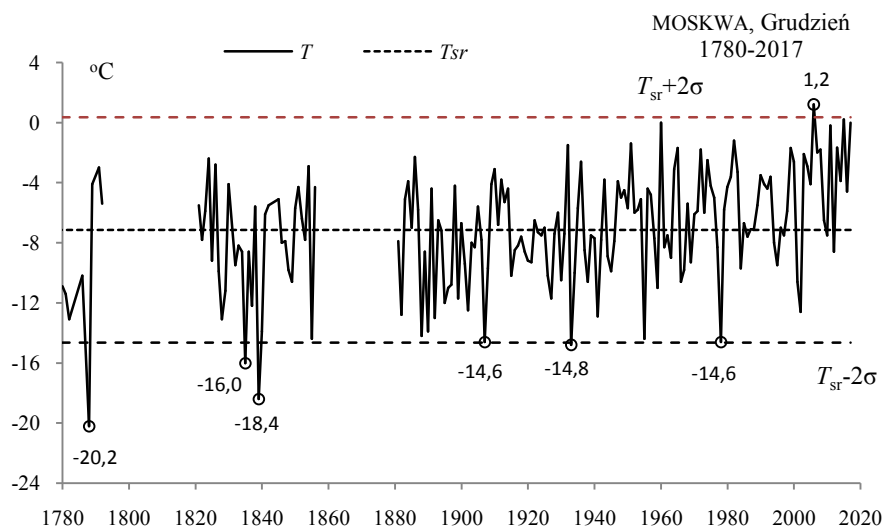
Rys. 45b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w listopadzie w latach 1780-2017
Fig. 45b. Extreme values of average air temperature in Moscov in November in the 1780-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)



Rys. 46a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w grudniu w latach 1780-2017

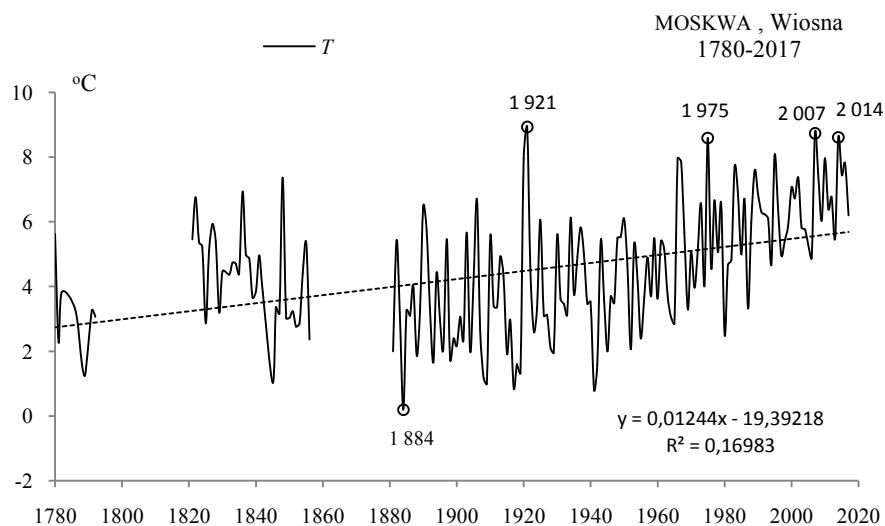
Fig. 46a. Changes of air temperature in Moscov in December in the 1780-2017 years



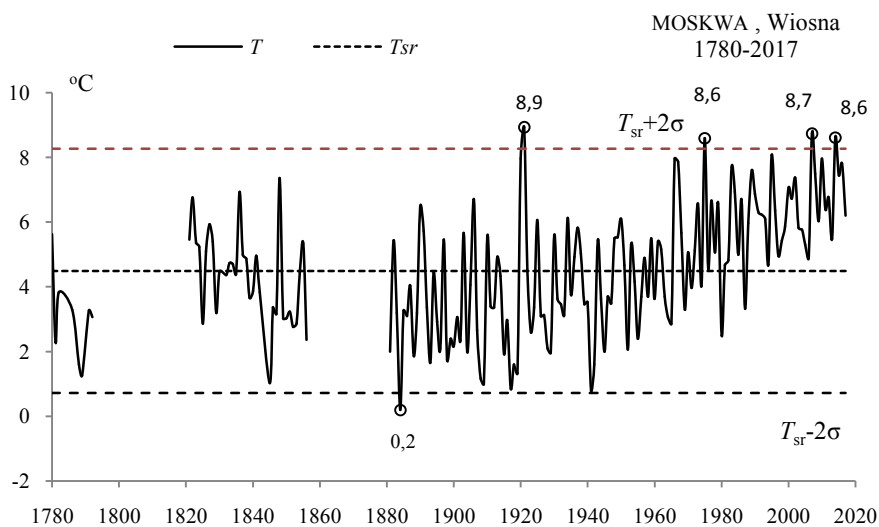
Rys. 46b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w grudniu w latach 1780-2017

Fig. 46b. Extreme values of average air temperature in Moscov in December in the 1780-2017 years.

WIOSNA (III-V)

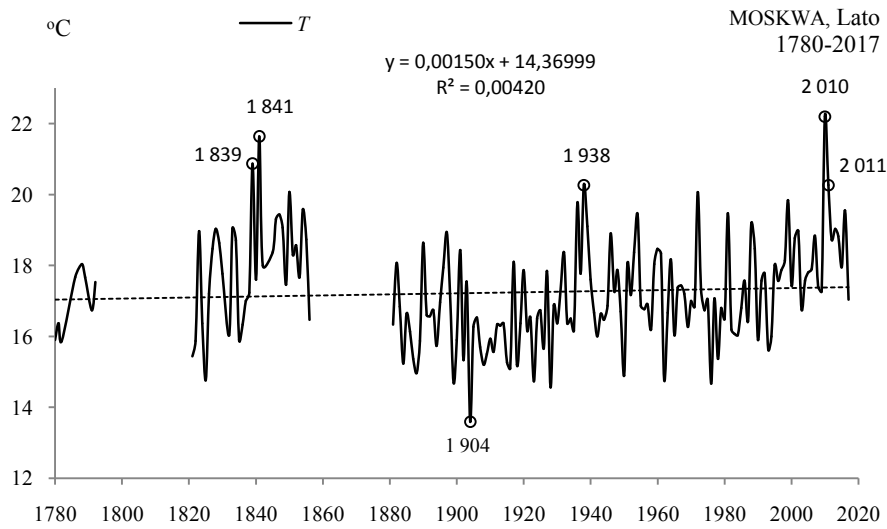


Rys. 47a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie wiosną w latach 1780-2017
Fig. 47a. Changes of air temperature in Moscov in spring in the 1780-2017 years



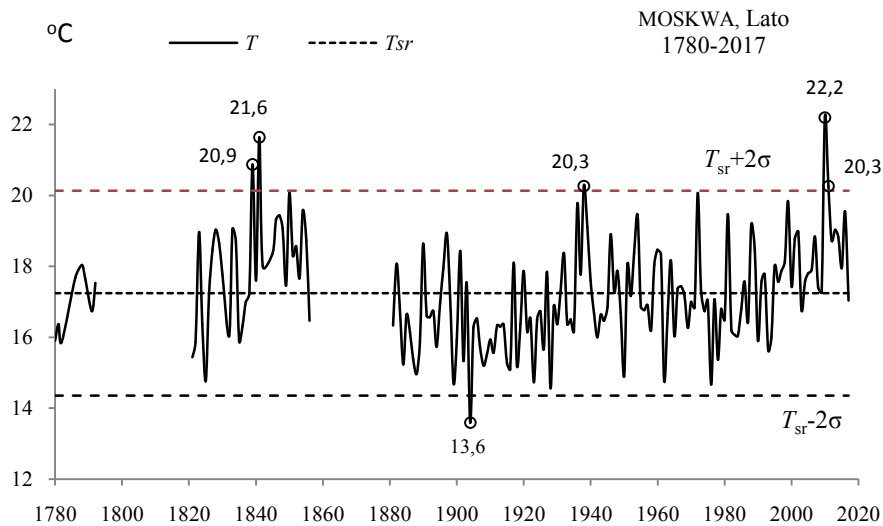
Rys. 47b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie wiosną w latach 1780-2017
Fig. 47b. Extreme values of average air temperature in Moscov in Spring in the 1780-2017 years.

LATO (VI-VIII)



Rys. 48a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w lecie w latach 1780-2017

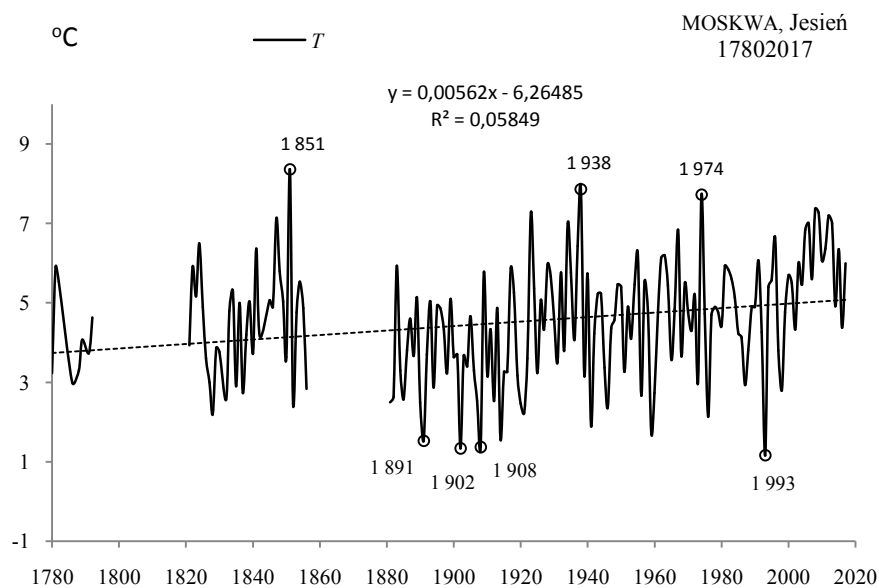
Fig. 48a. Changes of air temperature in Moscov in summer in the 1780-2017 years



Rys. 48b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w lecie w latach 1780-2017

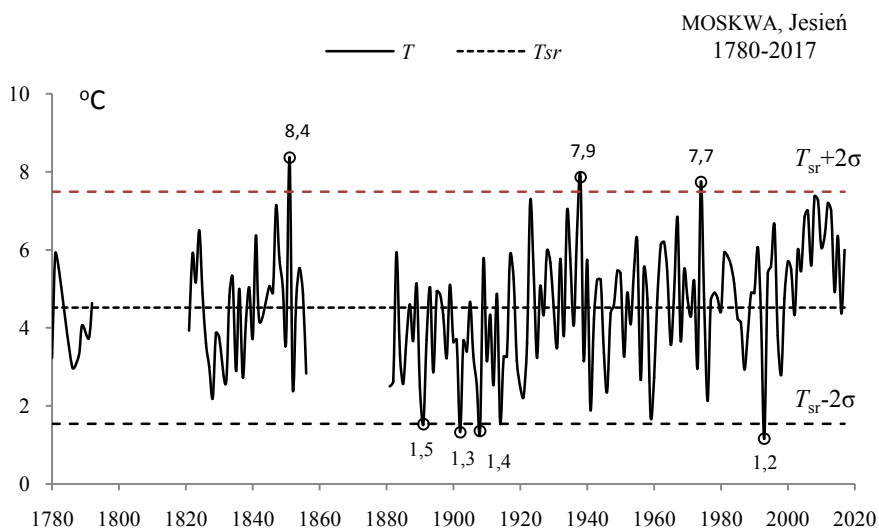
Fig. 48b. Extreme values of average air temperature in Moscov in Summer in the 1780-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)



Rys. 49a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie jesienią w latach 1780-2017

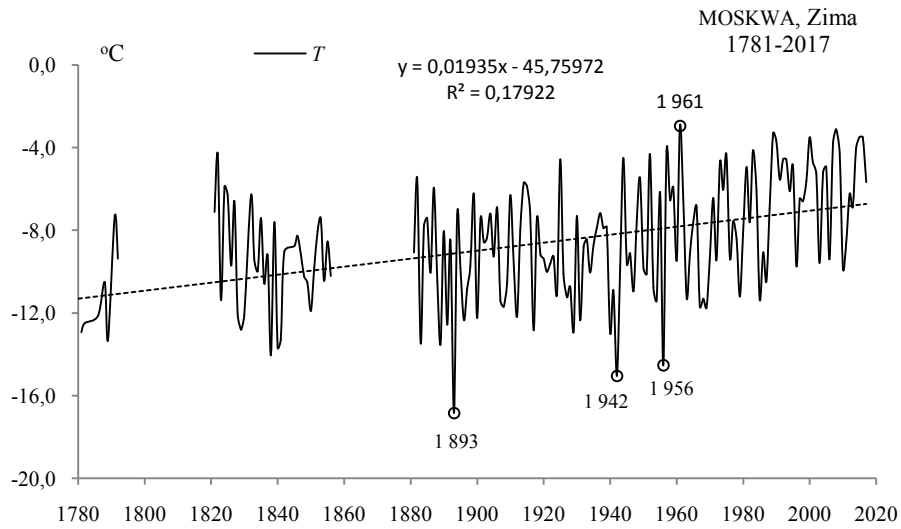
Fig. 49a. Changes of air temperature in Moscov in Autumn in the 1780-2017 years



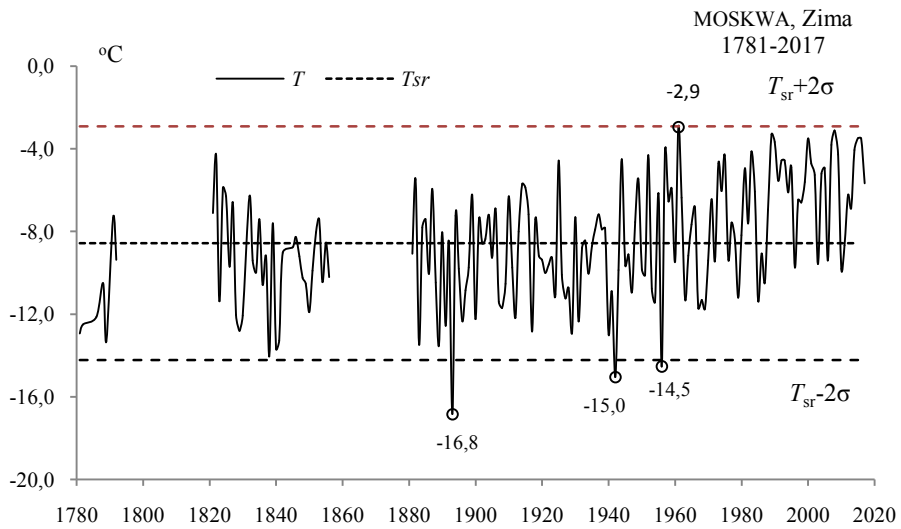
Rys. 49b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie jesienią w latach 1780-2017

Fig. 49b. Extreme values of average air temperature in Moscov in Autumn in the 1780-2017 years.

ZIMA (XII-II)

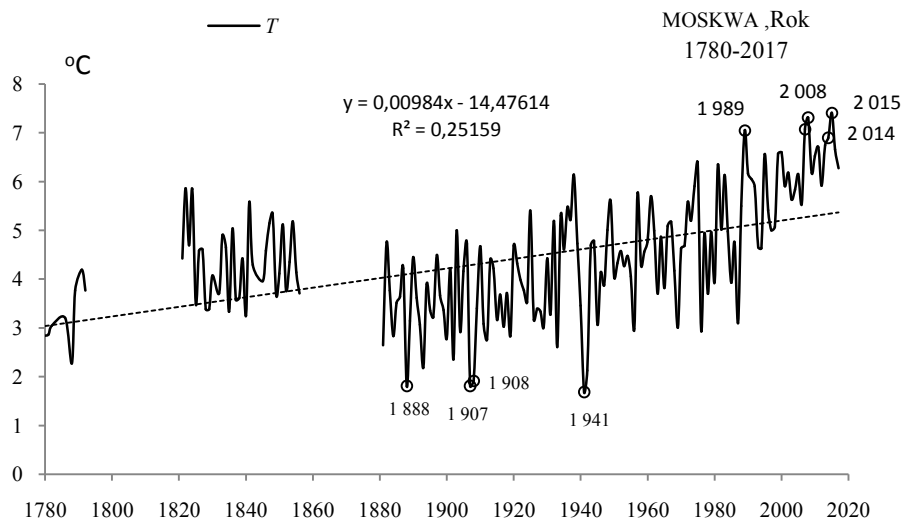


Rys. 50a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w zimie w latach 1780-2017
Fig. 50a. Changes of air temperature in Moscov in Winter in the 1780-2017 years



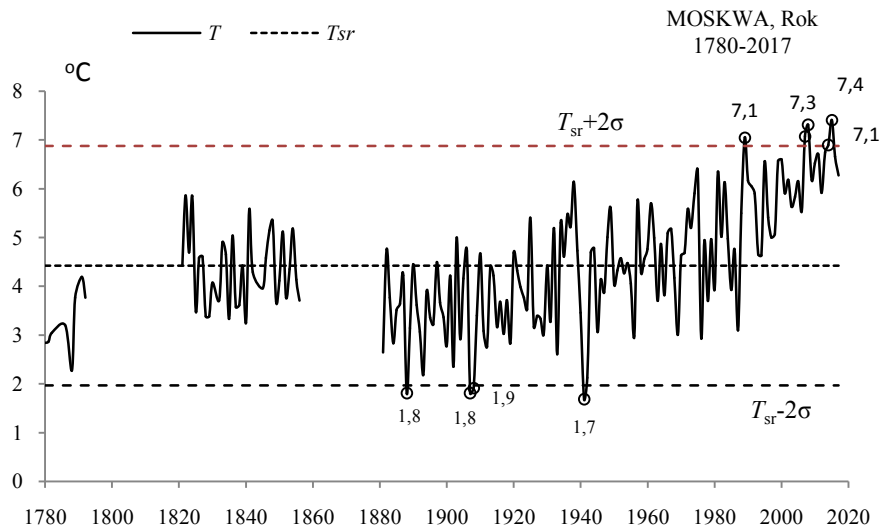
Rys. 50b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w zimie w latach 1780-2017
Fig. 50b. Extreme values of average air temperature in Moscov in Winter in the 1780-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 51a. Zmiany temperatury powietrza w Moskwie w roku w latach 1780-2017

Fig. 51a. Changes of air temperature in Moscov in year in the 1780-2017 years



Rys. 51b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Moskwie w roku w latach 1780-2017

Fig. 51b. Extreme values of average air temperature in Moscov in year in the 1780-2017 years.

IV. ANOMALIE TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W MIASTACH W PROFILU RÓWNOLEŻNIKOWYM (XVIII-XXI)

Ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) w Europie w profilu równoleżnikowym określono na podstawie wyników pomiarów w czterech miastach: w Sztokholmie, Tallinie, Wiedniu i Rzymie o szerokości geograficznej φ , długości λ i wysokości nad poziomem morza H (rys.1):

	Okres	φ	λ	H
Sztokholm	1756-2012	59°34'N	18°06'E	44 m
Tallin	1779-2017	59°23'N	24°35'E	34 m
Wiedeń	1775-2012	48°15'N	16°22'E	200 m
Rzym	1811-2012	41°48'N	12°36'E	46 m



Porównano histogram i dystrybuantę empiryczną średnich wartości temperatury powietrza (T) w Tallinie w zimie w latach 1779-2017 z rozkładem normalnym $f(t)$ i dystrybuantą rozkładu normalnego $F(t_0)$ (rys. 2):

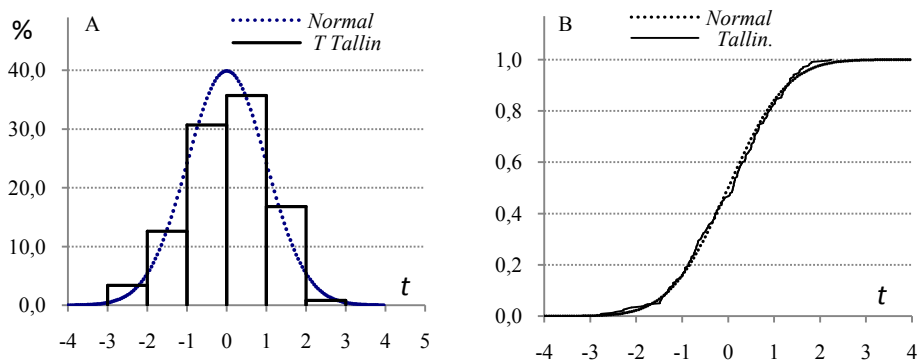
$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2} \quad (1)$$

$$F(t_0) = \int_{-\infty}^{t_0} f(t) dt$$

Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych w Europie
Fig. 1. Location of meteorological stations in Europe

gdzie: T_{sr} – średnia arytmetyczna, σ – odchylenie standardowe $t = \frac{T - T_{se}}{\sigma}$ – zmienna standaryzowana, n – długość serii pomiarowej

$$T_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i, \quad \sigma = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - T_{sr})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$



Rys. 2. Histogram (A) i dystrybuanta (B) temperatury powietrza (T) w zimie w Tallinie (1779-2017)
 Fig. 2. The histograms (A) and cumulative distribution (B) of air temperature) in winter in Tallin (1779-2017)

Prawdopodobieństwo (%) wystąpienia temperatury powietrza w zimie w Paryżu (według danych z lat 1779-2017) w przedziale $T_{sr} - 4\sigma \leq T \leq T_{sr} + 4\sigma$ wynosi:

	$-4\sigma - -3\sigma$	$-3\sigma - -2\sigma$	$-2\sigma - -1\sigma$	$-1\sigma - 0$	$0 - 1\sigma$	$1\sigma - 2\sigma$	$2\sigma - 3\sigma$	$3\sigma - 4\sigma$
Emp. %	0,00	3,36	12,61	30,67	35,71	16,81	0,84	0,00
Norm. %	0,13	2,14	13,59	34,13	34,13	13,59	2,14	0,13

O anomaliach termicznych (największych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu) informują daty wieloletnich minimów (t_{inf}, T_{inf}) i maksimów (t_{sup}, T_{sup}) temperatury powietrza. Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku, lata, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$, $T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$

$T_{inf} \leq T_{sr} - 2\sigma$	$T_{sup} \geq T_{sr} + 2\sigma$
Bardzo zimny miesiąc (BZ).	Bardzo ciepły miesiąc (BC)
Bardzo zimny rok (BZ)	Bardzo ciepły rok (BC)
Bardzo mroźna zima (BMZ),	Bardzo ciepła zima (BCZ),
Bardzo zimne lato (BZL)	Bardzo gorące lato (BGL)

Na przykład w Tallinie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -9,805$ °C wystąpiły w latach:

1829	1942	1871	1809	1820	1893	1789	1838
-11,83	-11,80	-11,17	-10,97	-10,53	-10,53	-10,33	-10,07

a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 17,529$ °C – w latach:

1936	2006	2010	2011	1858	1826	1789	1834
17,53	17,56	17,69	17,85	17,87	18,00	18,07	18,37

Wyodrębniono też przypadki bardzo zimnego roku (BZ) o temperaturze

$T_{inf} \leq 2,719$ °C :

1829	1867	1942	1871
1,92	2,56	2,6	2,67

i bardzo ciepłego roku (BC) o temperaturze $T_{sup} \geq 7,100$ °C :

2000	1975	2008	2015
7,1	7,18	7,3	7,51

4.1. Ekstrema temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-2012

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Sztokholmie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1756-2017 (tab. 1, tab. 1a, rys 1a-17a, rys. 1b-17b).

Tabela 1. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Sztokholmie w latach 1756-2012

Table 1. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Stockholm in years 1756-2012

	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-3,299	3,01551	-9,33024	2,73180
II	-3,322	3,22242	-9,76702	3,12266
III	-1,090	2,72417	-6,53862	4,35807
IV	3,808	1,90896	-0,01014	7,62571
V	9,455	1,81849	5,81788	13,09185
VI	14,704	1,55901	11,58625	17,82231
VII	17,358	1,68496	13,98806	20,72790
VIII	16,142	1,66932	12,80338	19,48067
IX	11,826	1,41698	8,99210	14,66004
X	6,682	1,80258	3,07732	10,28766
XI	1,862	1,93749	-2,01312	5,73685
XII	-1,491	2,48646	-6,46436	3,48148
III-V	4,057	1,65125	0,75497	7,35995
VI-VIII	16,068	1,25084	13,56641	18,56977
IX-XI	6,790	1,16621	4,45773	9,12256
XII-II	-2,707	2,23811	-7,18311	1,76931
I-XII	6,053	1,08219	3,88847	8,21724

Tabela 1a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Sztokholmie (1756-2012)

Table 1a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Stockholm (1756-2012)

Zima				Lato				Rok			
t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}
1809	-8,67	1973	1,83	1902	13,10	1858	18,57	1867	3,23	1999	8,20
1814	-8,23	2008	2,27	1928	13,23	1775	18,63	1829	3,50	1822	8,33
1871	-8,17			1832	13,43	2006	19,00	1871	3,69	1975	8,36
1942	-7,83			1862	13,53	1997	19,03	1838	3,88	2006	8,43
1789	-7,70			1907	13,53	1826	19,03			2011	8,45
1893	-7,40					1789	19,20			2000	8,48
1805	-7,27					1819	19,20			2008	8,52
1767	-7,23					2002	19,33				

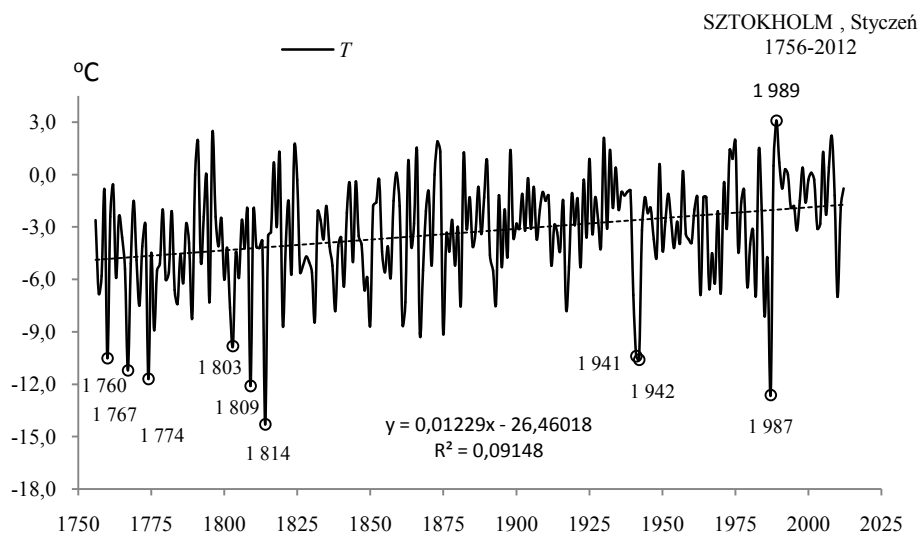
W Sztokholmie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -7,183$ °C wystąpiły w latach :

1809 1814 1871 1942 1789 1893 1805 1767
-8,67 -8,23 -8,17 -7,83 -7,70 -7,40 -7,27 -7,23

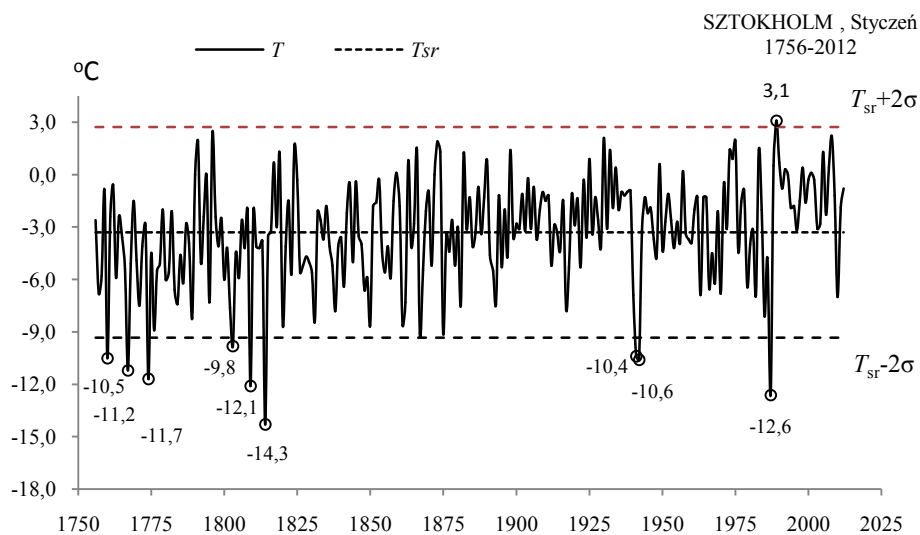
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 18,570$ °C – w latach

1858 1775 2006 1997 1826 1789 1819 2002
18,57 18,63 19,00 19,03 19,03 19,20 19,20 19,33

STYCZEŃ (I)

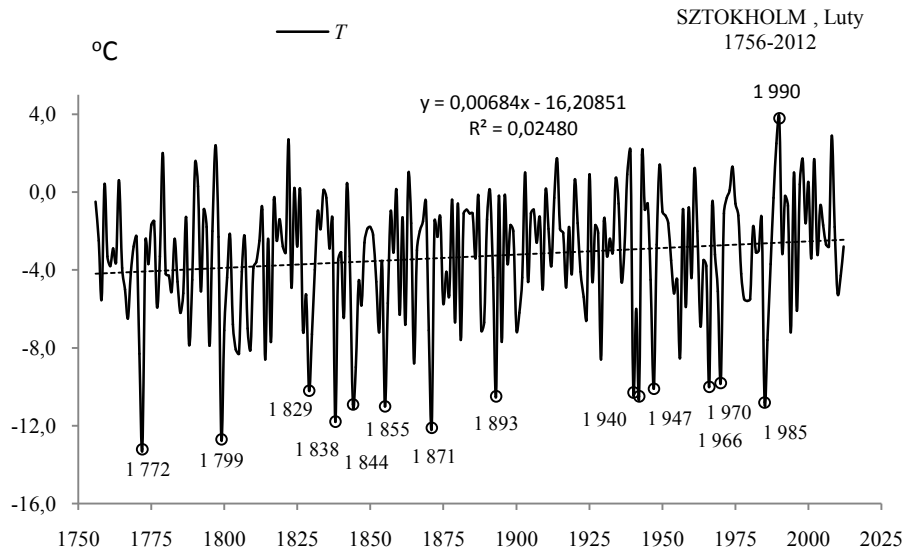


Rys. 1a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w styczniu w latach 1756-2012
Fig. 1a. Changes of air temperature in Stockholm in January in the 1756-2012 years

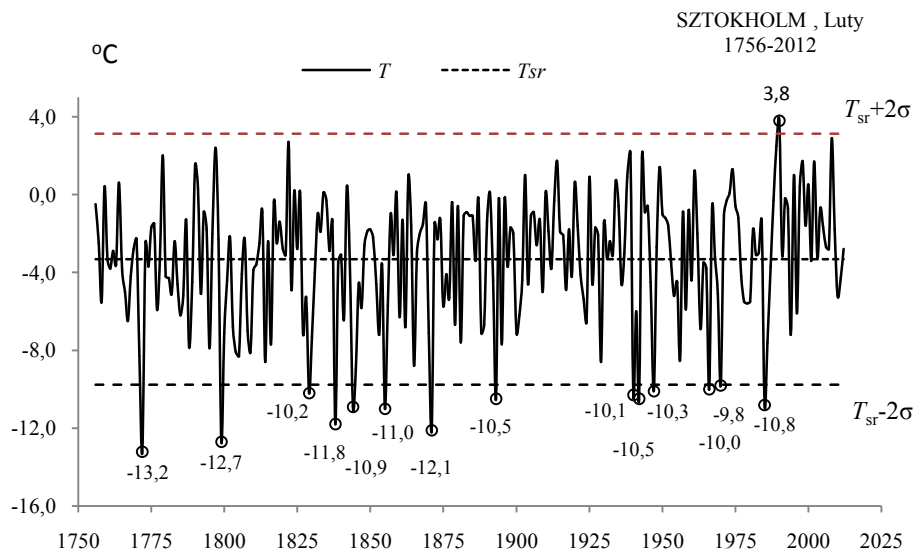


Rys. 1b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w styczniu w latach 1756-2012
Fig. 1b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in January in the 1756-2012 years

LUTY (II)

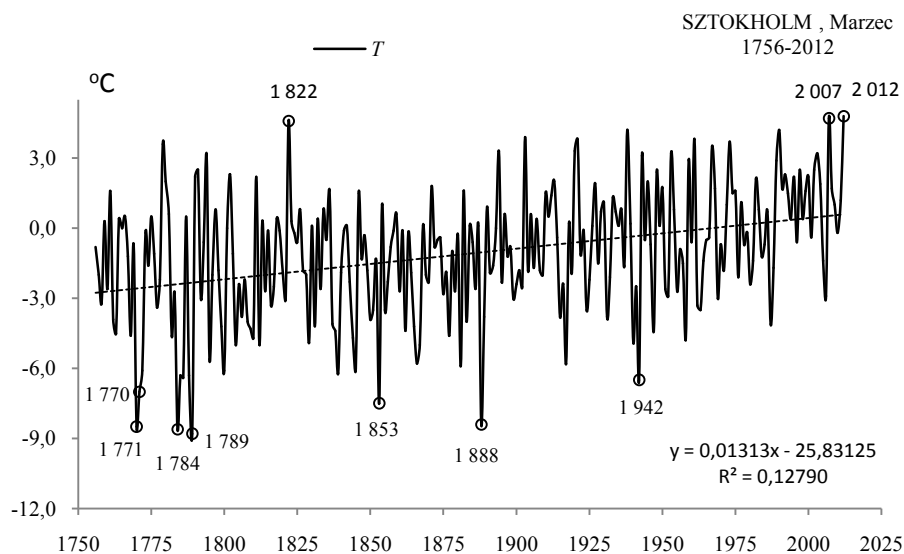


Rys. 2a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w lutym w latach 1756-2012
Fig. 2a. Changes of air temperature in Stockholm in February in the 1756-2012 years

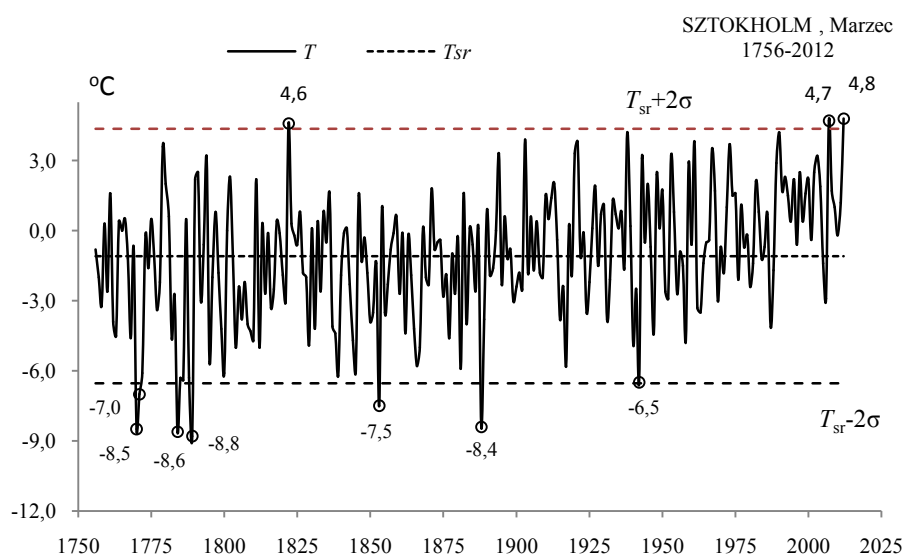


Rys. 2b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w lutym w latach 1756-2012
Fig. 2b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in February in the 1756-2012 years

MARZEC(III)

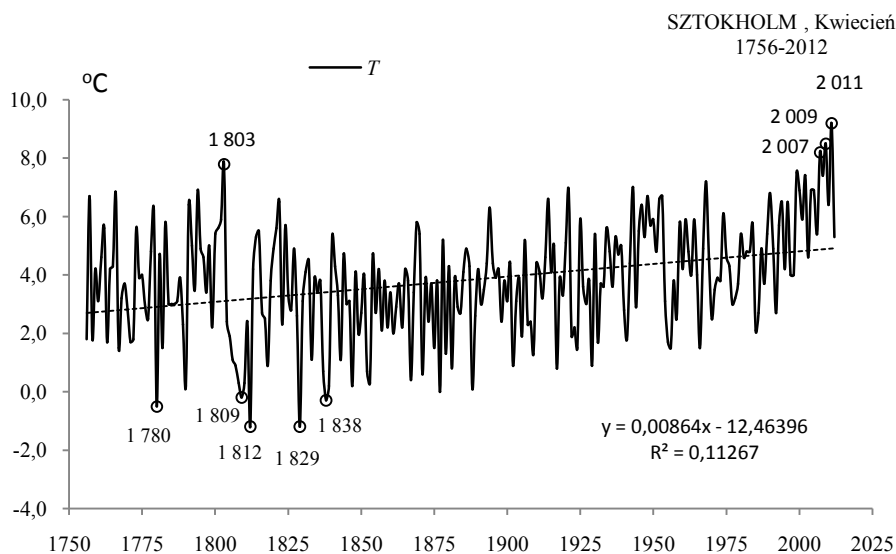


Rys. 3a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w marcu w latach 1756-2012
Fig. 3a. Changes of air temperature in Stockholm in March in the 1756-2012 years

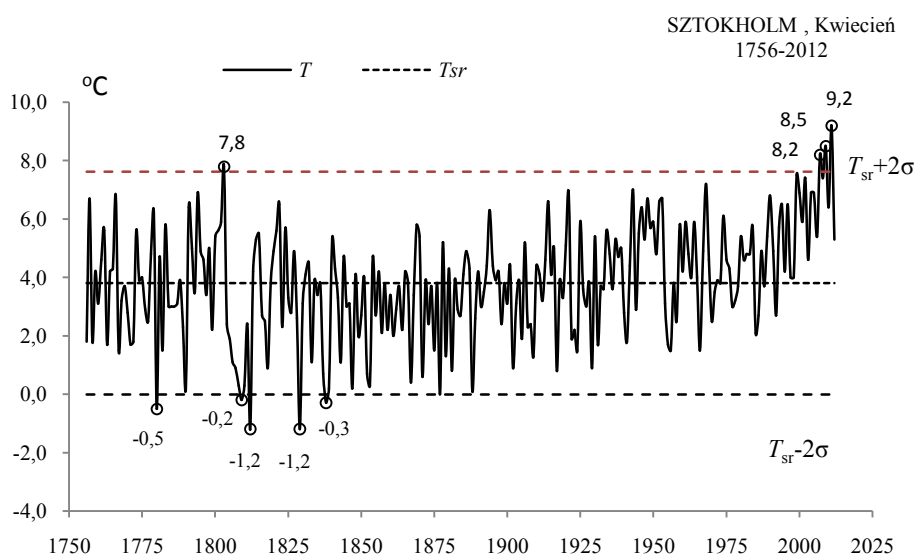


Rys. 3b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w marcu w latach 1756-2012
Fig. 3b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in March in the 1756-2012 years

KWIECIEŃ (IV)

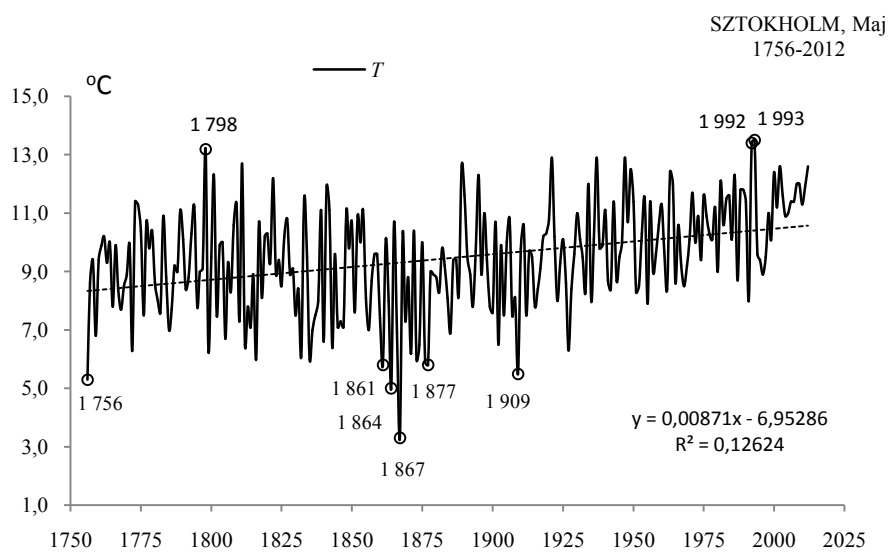


Rys. 4a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w kwietniu w latach 1756-2012
Fig. 4a. Changes of air temperature in Stockholm in April in the 1756-2012 years

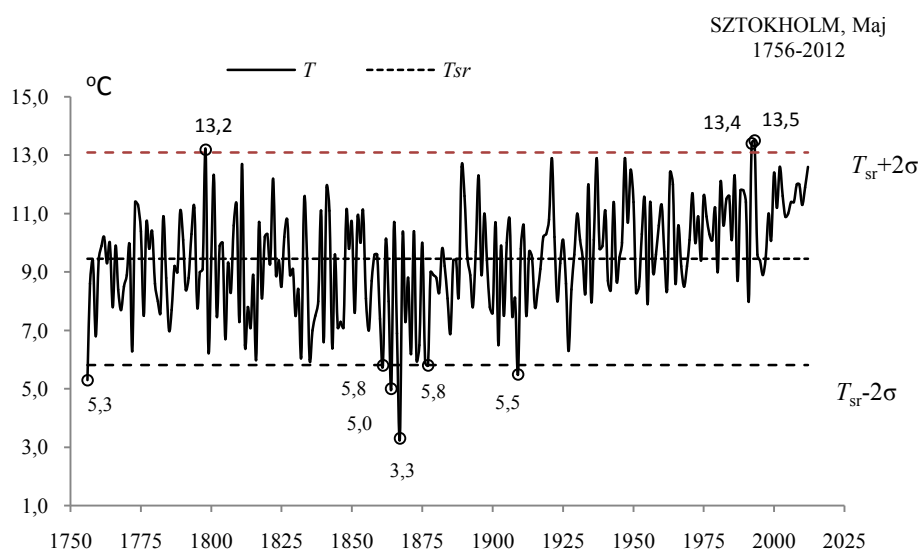


Rys. 4b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w kwietniu w latach 1756-2012
Fig. 4b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in April in the 1756-2012 years

MAJ (V)

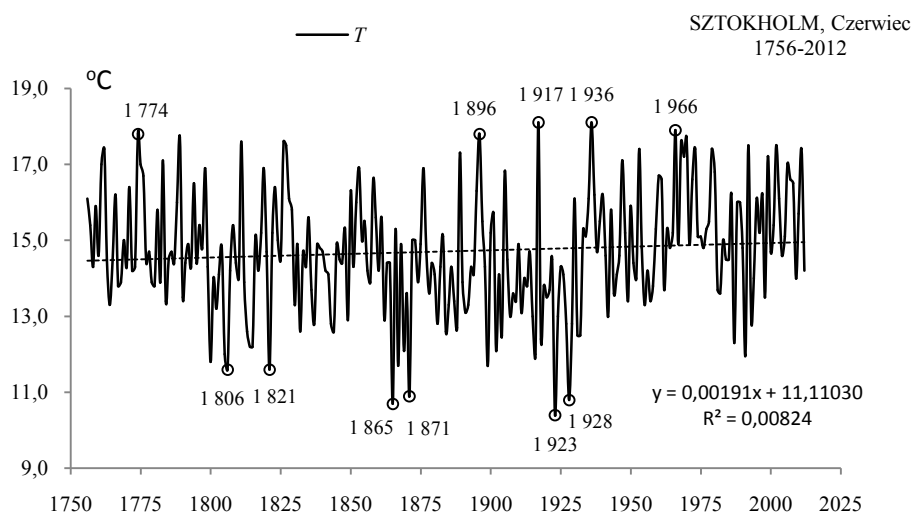


Rys. 5a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w maju w latach 1756-2012
Fig. 5a. Changes of air temperature in Stockholm in May in the 1756-2012 years

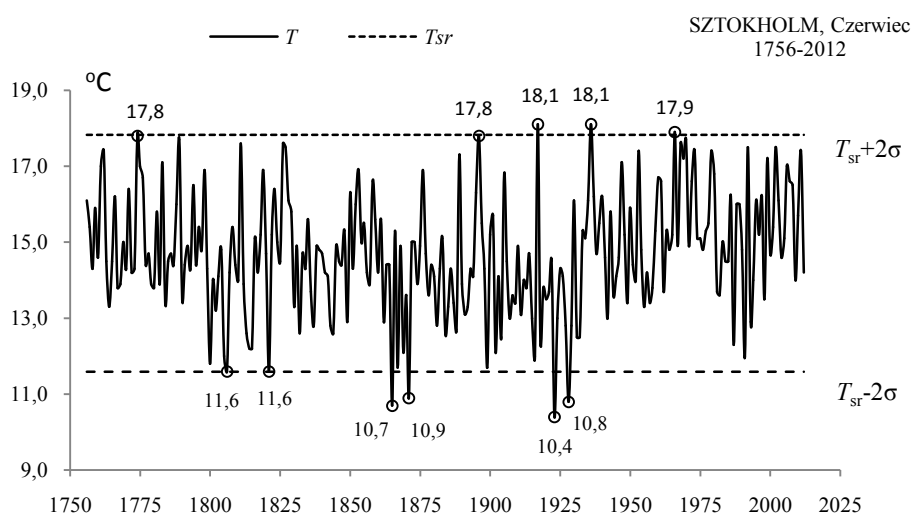


Rys. 5b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w maju w latach 1756-2012
Fig. 5b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in May in the 1756-2012 years

CZERWIEC (VI)

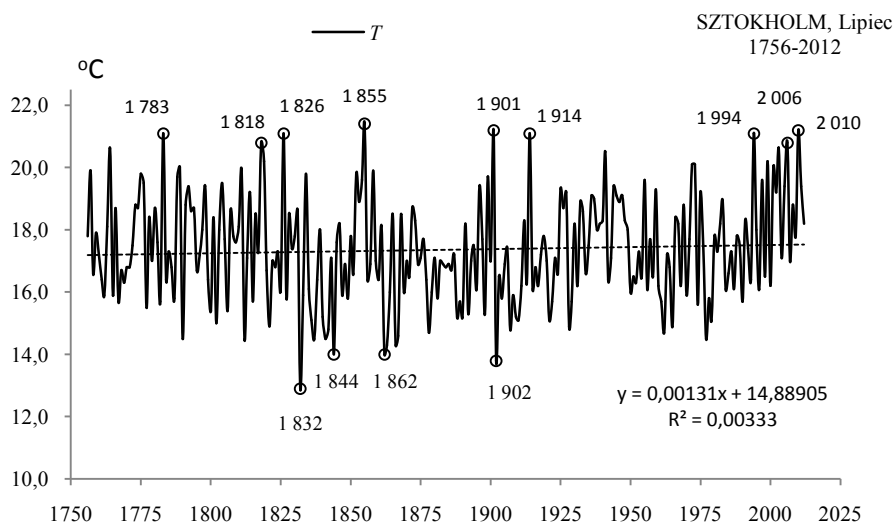


Rys. 6a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w czerwcu w latach 1756-2012
Fig. 6a. Changes of air temperature in Stockholm in June in the 1756-2012 years

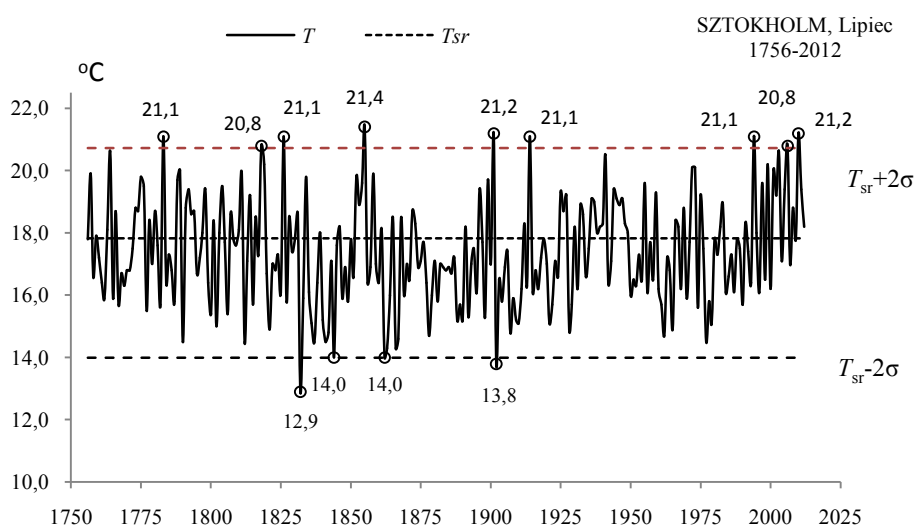


Rys. 6b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w czerwcu w latach 1756-2012
Fig. 6b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in June in the 1756-2012 years

LIPIEC (VII)

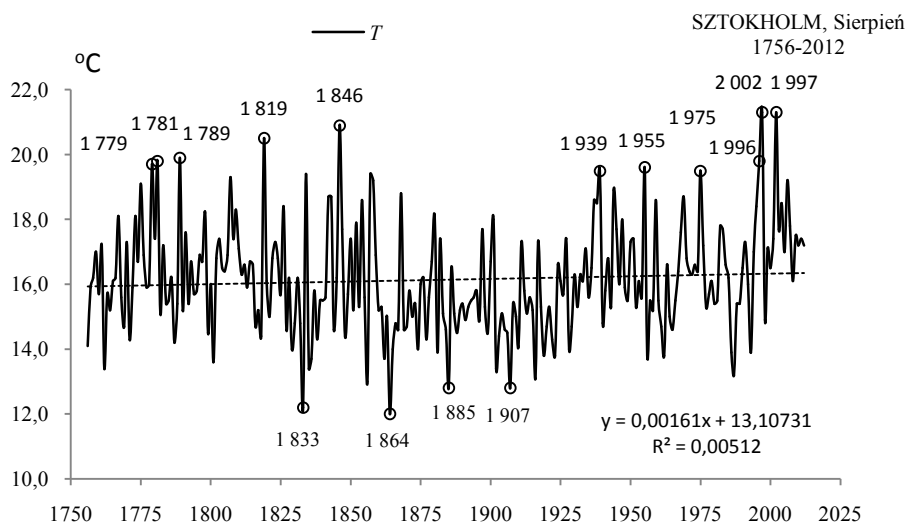


Rys. 7a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w lipcu w latach 1756-2012
Fig. 7a. Changes of air temperature in Stockholm in July in the 1756-2012 years

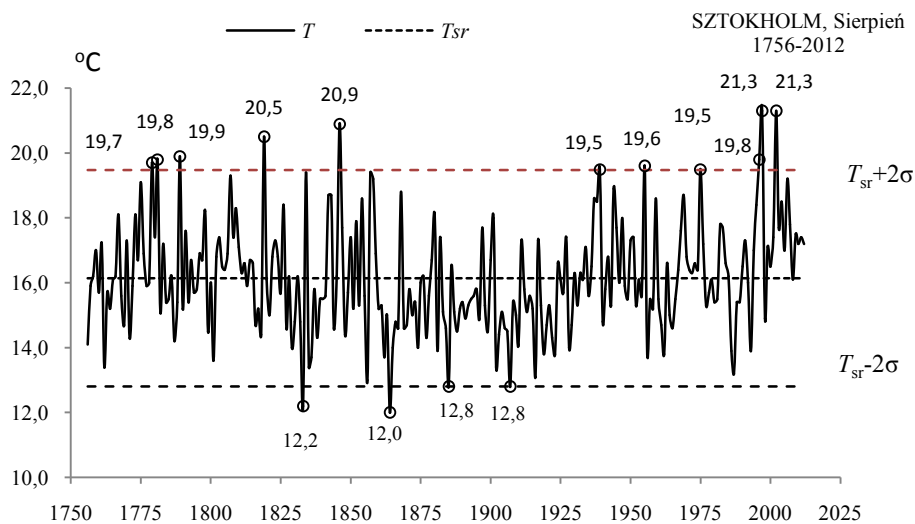


Rys. 7b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w lipcu w latach 1756-2012
Fig. 7b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in July in the 1756-2012 years

SIERPIEŃ (VIII)

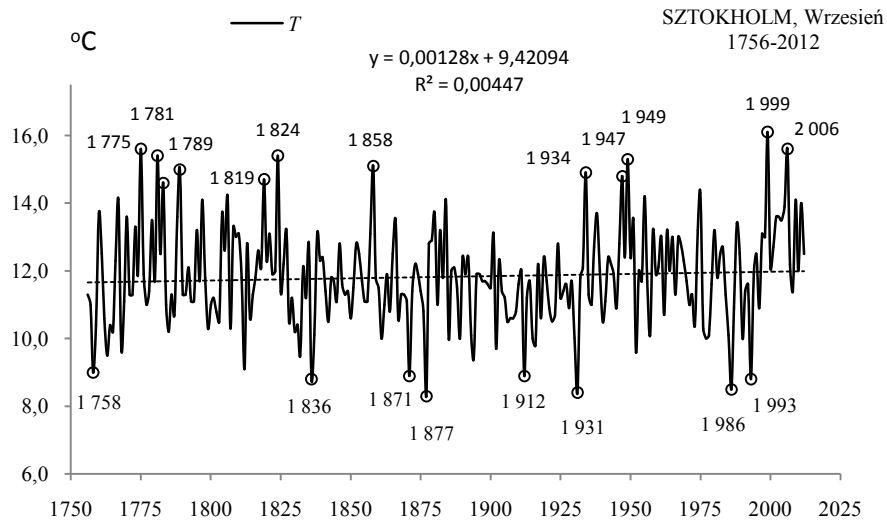


Rys. 8a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w sierpniu w latach 1756-2012
Fig. 8a. Changes of air temperature in Stockholm in August in the 1756-2012 years

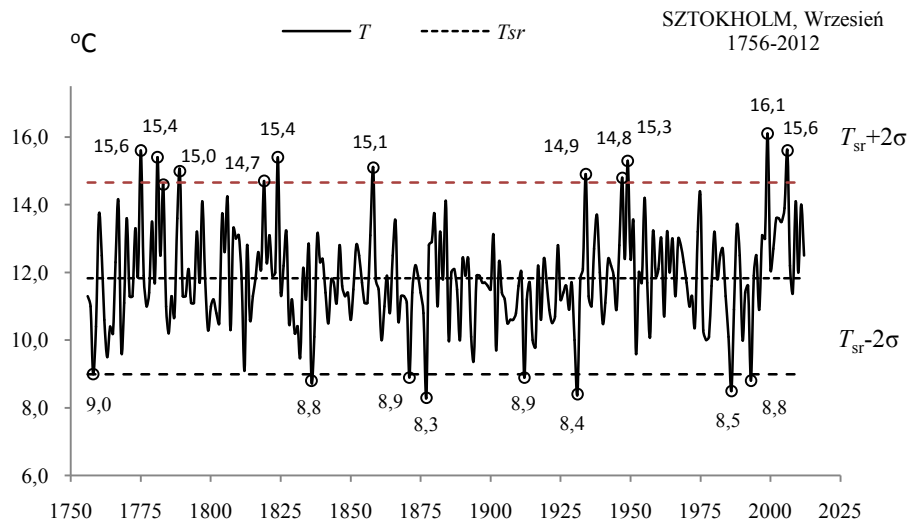


Rys. 8b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w sierpniu w latach 1756-2012
Fig. 8b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in August in the 1756-2012 years

WRZESIEŃ (IX)

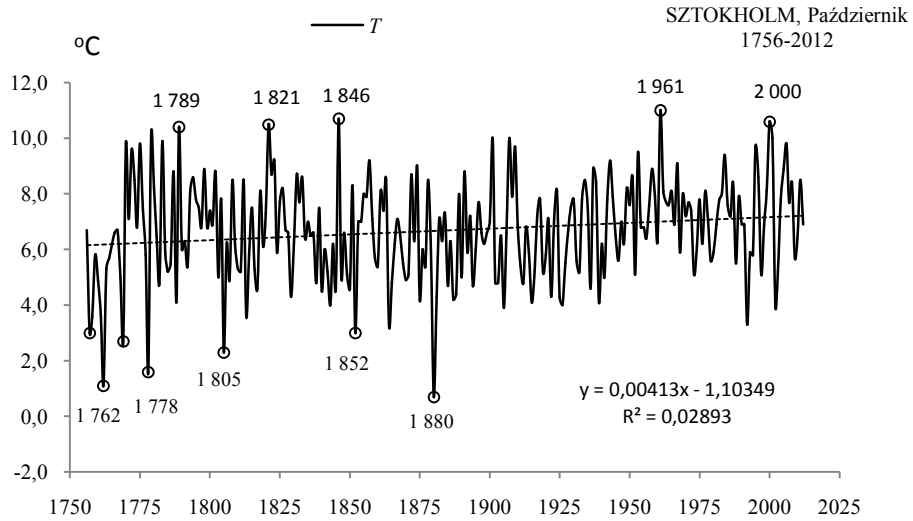


Rys. 9a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie we wrześniu w latach 1756-2012
Fig. 9a. Changes of air temperature in Stockholm in September in the 1756-2012 years

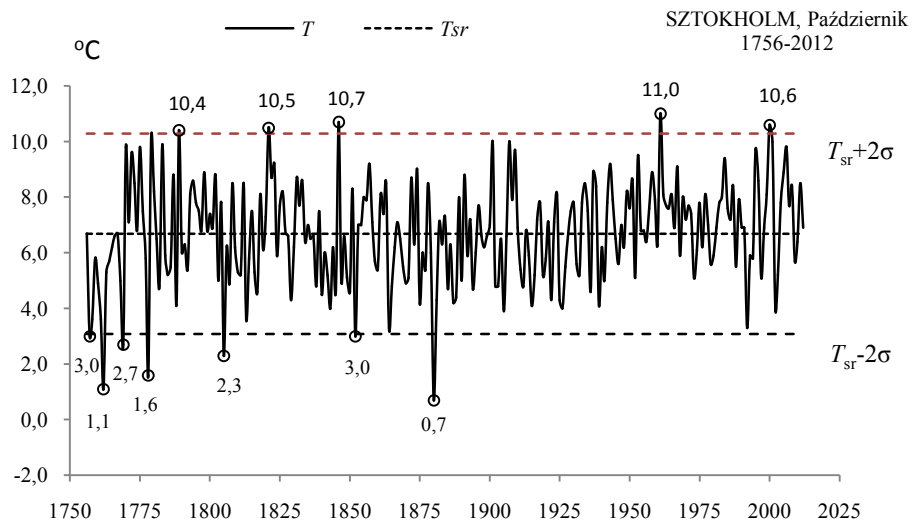


Rys. 9b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie we wrześniu w latach 1756-2012
Fig. 9b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in September in the 1756-2012 years

PAŹDZIERNIK (X)

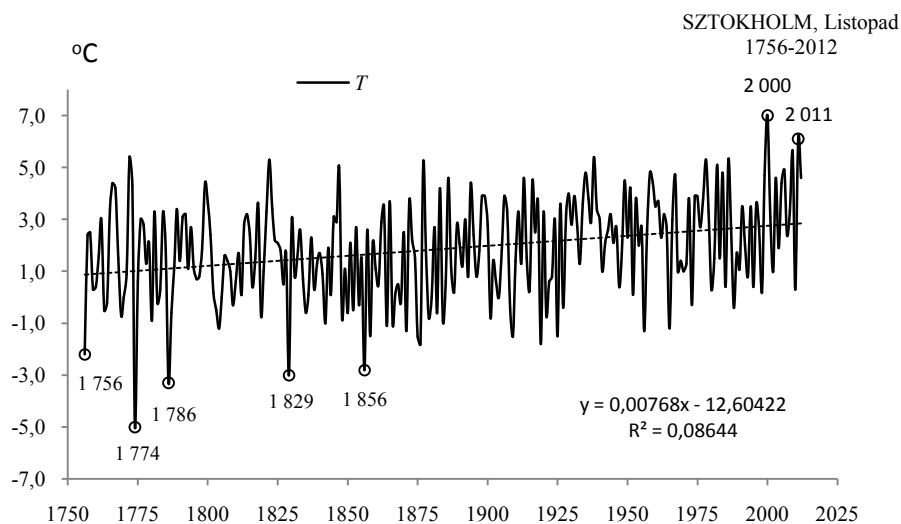


Rys. 10a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w październiku w latach 1756-2012
Fig. 10a. Changes of air temperature in Stockholm in October in the 1756-2012 years

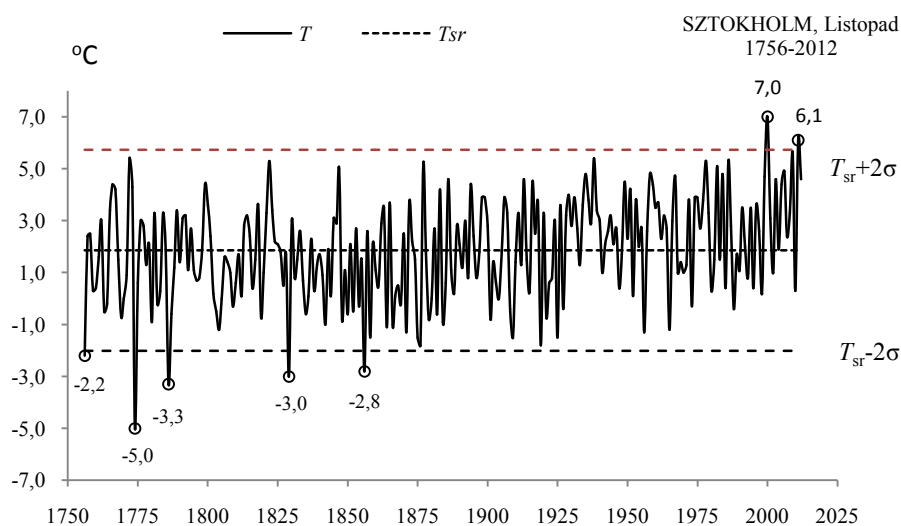


Rys. 10b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w październiku w latach 1756-2012
Fig. 10b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in October in the 1756-2012 years

LISTOPAD (XI)

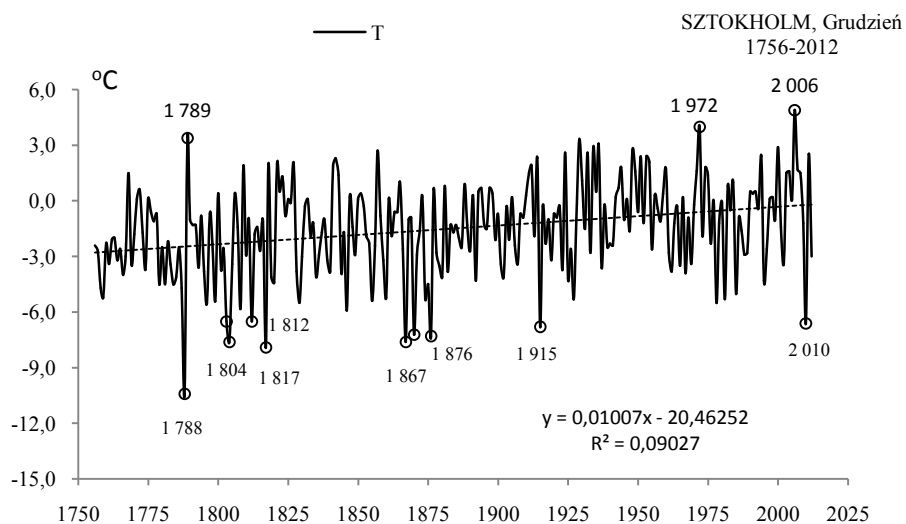


Rys. 11a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w listopadzie w latach 1756-2012
Fig. 11a. Changes of air temperature in Stockholm in November in the 1756-2012 years



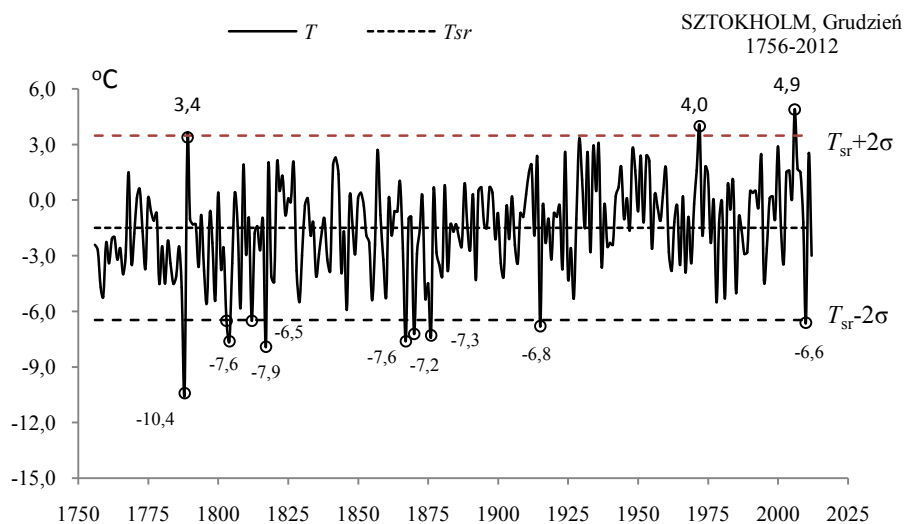
Rys. 11b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w listopadzie w latach 1756-2012
Fig. 11b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in November in the 1756-2012 years

GRUDZIEŃ (XII)



Rys. 12a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w grudniu w latach 1756-2012

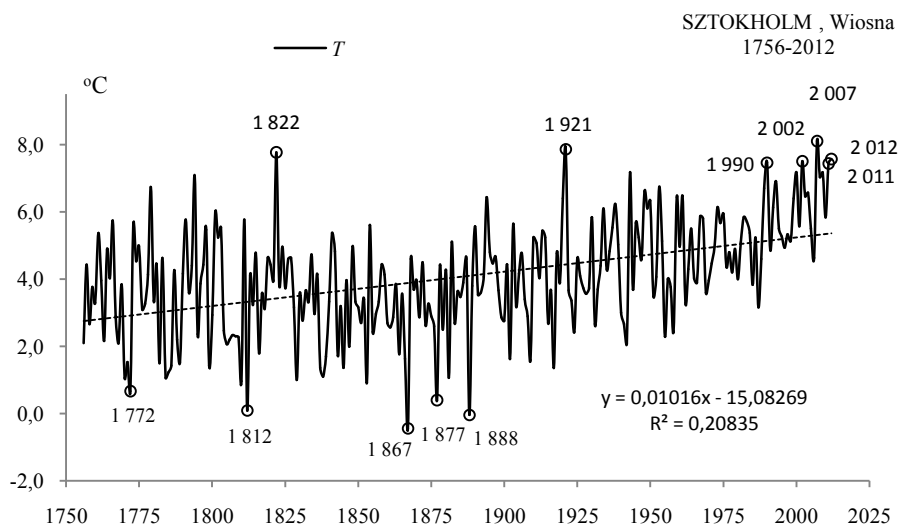
Fig. 12a. Changes of air temperature in Stockholm in December in the 1756-2012 years



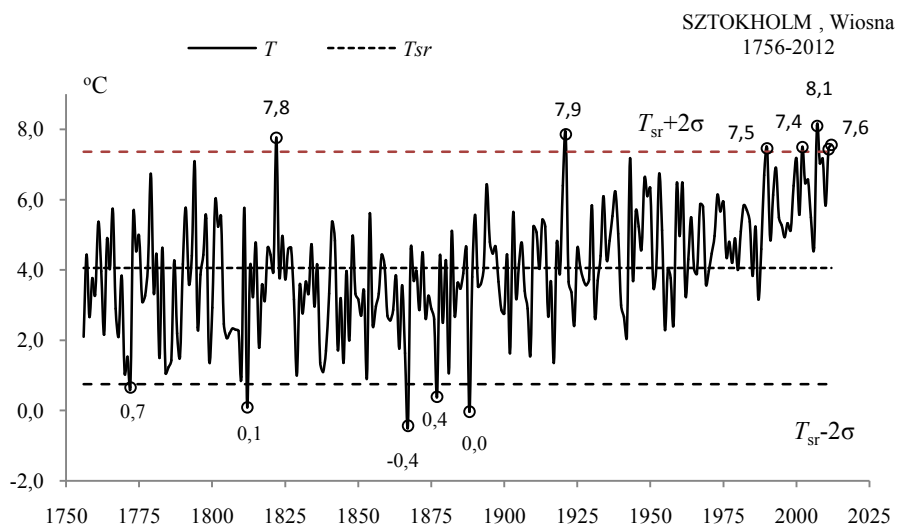
Rys. 12b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w grudniu w latach 1756-2012

Fig. 12b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in December in the 1756-2012 years.

WIOSNA (III-V)

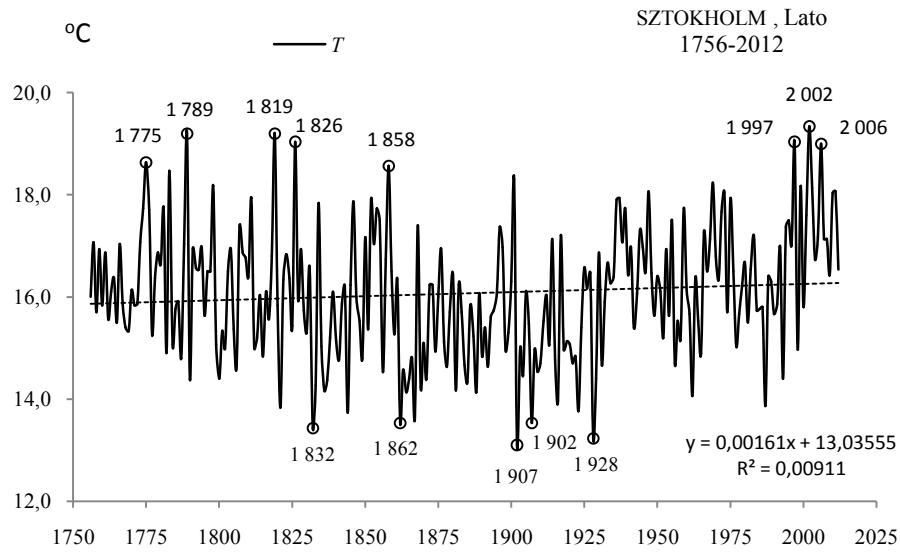


Rys. 13a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie wiosną w latach 1756-2012
Fig. 13a. Changes of air temperature in Stockholm in spring in the 1756-2012 years

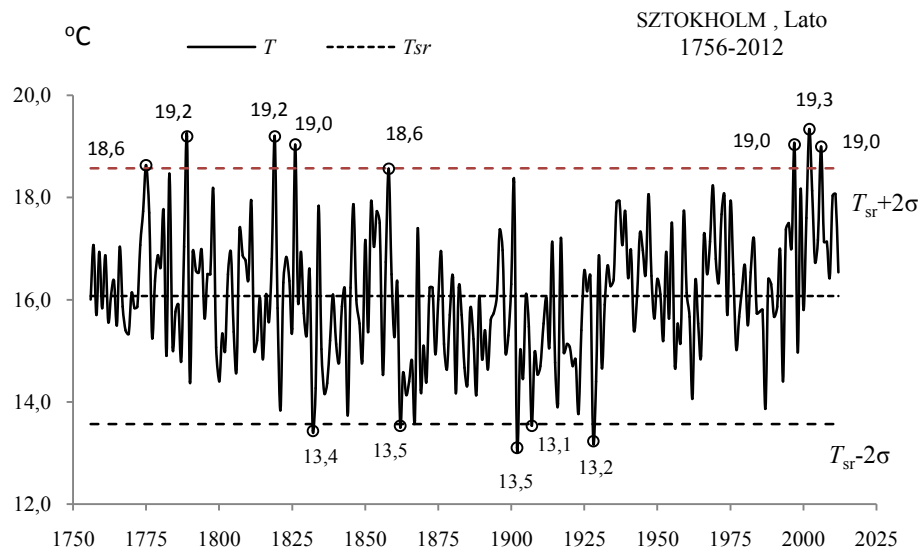


Rys. 13b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie wiosną w latach 1756-2012
Fig. 13b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in Spring in the 1756-2012 years.

LATO (VI-VIII)

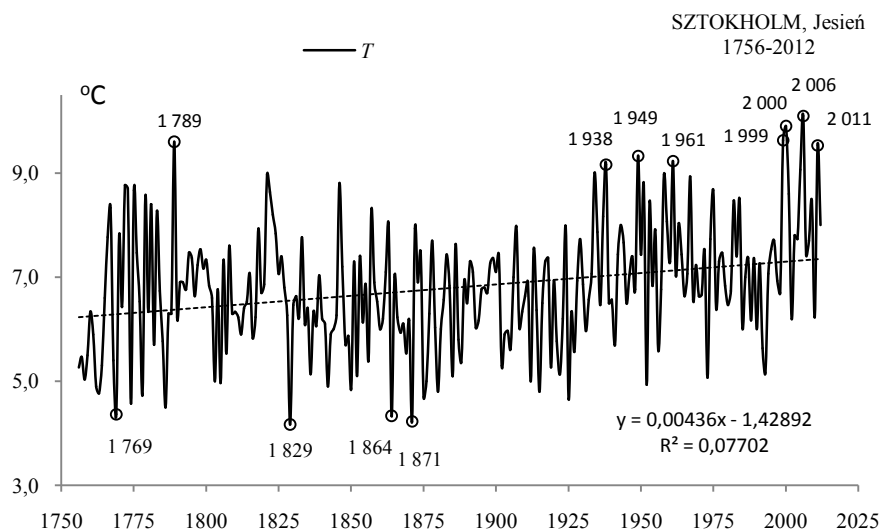


Rys. 14a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w lecie w latach 1756-2012
Fig. 14a. Changes of air temperature in Stockholm in summer in the 1756-2012 years

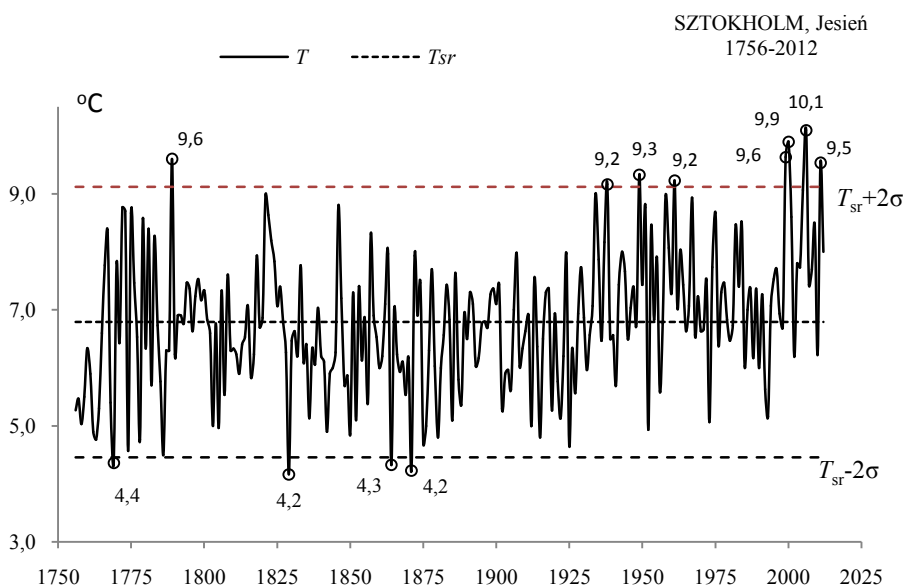


Rys. 14b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w lecie w latach 1756-2012
Fig. 14b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in Summer in the 1756-2012 years.

JESIEŃ (IX-XI)

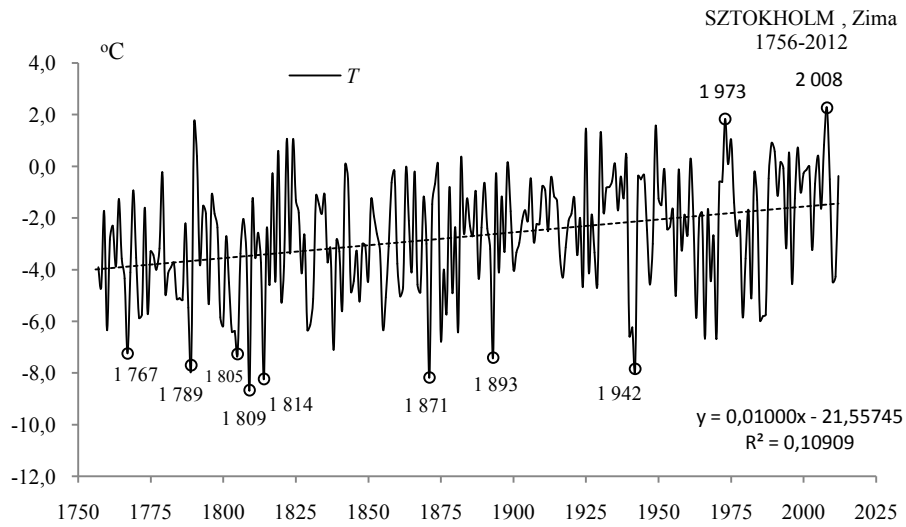


Rys. 15a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie jesienią w latach 1756-2012
Fig. 15a. Changes of air temperature in Stockholm in Autumn in the 1756-2012 years



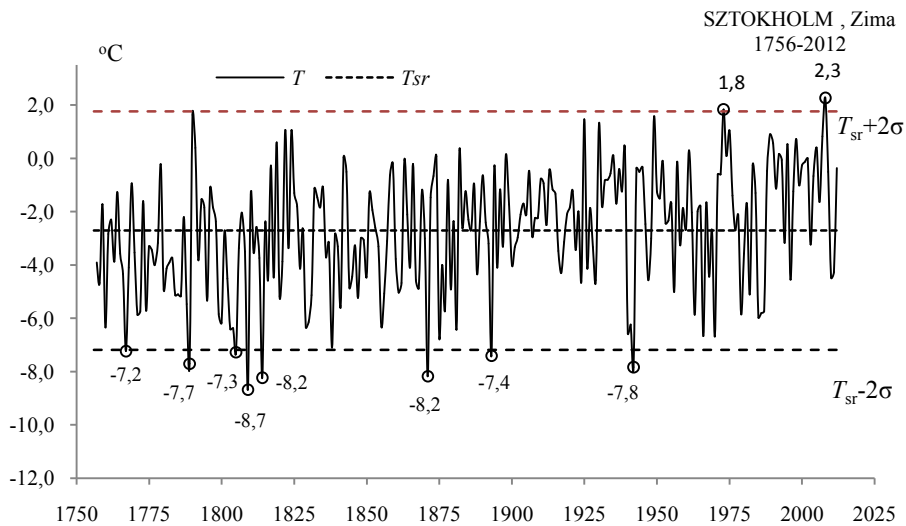
Rys. 15b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie jesienią w latach 1756-2012
Fig. 15b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in Autumn in the 1756-2012 years.

ZIMA (XII-II)



Rys. 16a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w zimie w latach 1756-2012

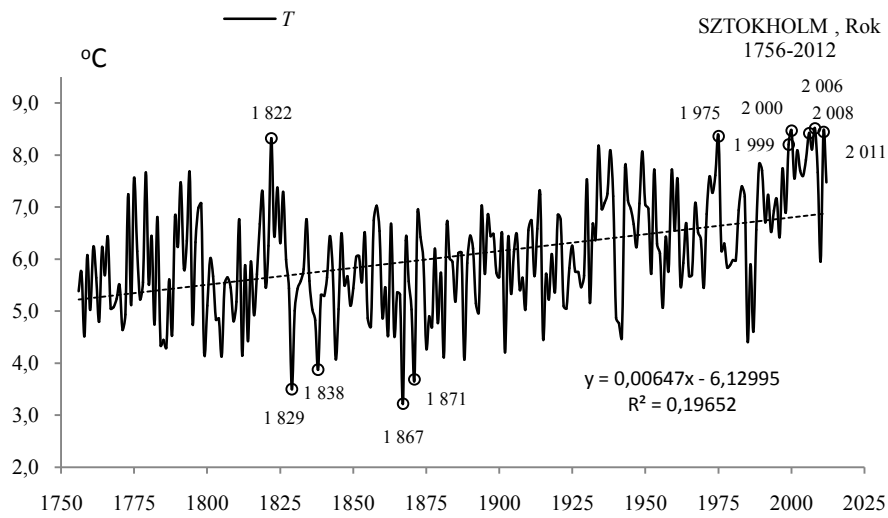
Fig. 16a. Changes of air temperature in Stockholm in Winter in the 1756-2012 years



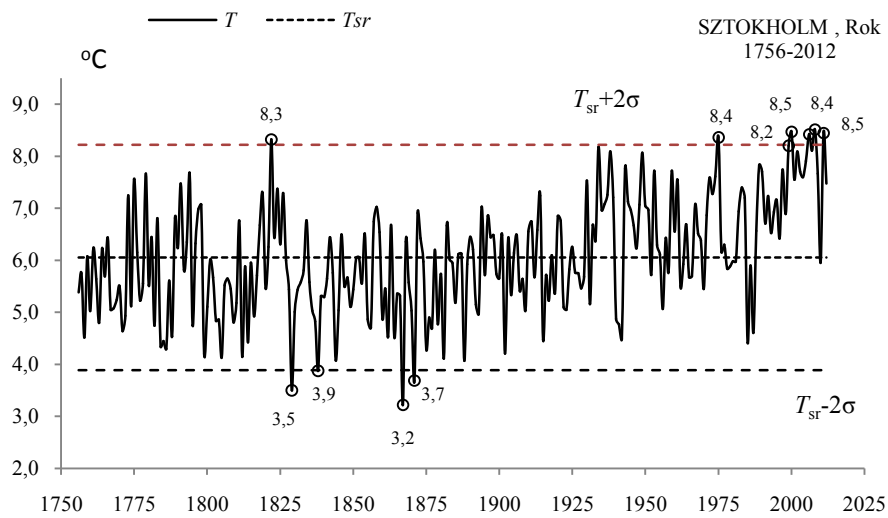
Rys. 16b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w zimie w latach 1756-2012

Fig. 16b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in Winter in the 1756-2012 years.

ROK (I-XII)



Rys. 17a. Zmiany temperatury powietrza w Sztokholmie w roku w latach 1756-2012
Fig. 17a. Changes of air temperature in Stockholm in year in the 1756-2012 years



Rys. 17b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Sztokholmie w roku w latach 1756-2012
Fig. 17b. Extreme values of average air temperature in Stockholm in year in the 1756-2012 years.

4.2. Ekstrema temperatury powietrza w Tallinie w latach 1779-2017

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Tallinie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1779-2017 (tab. 2, tab. 2a, rys 18a-34a, rys. 18b-34b)

Tabela 2. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Tallinie w latach 1779-2017

Table 2. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Tallin in years 1779-2017

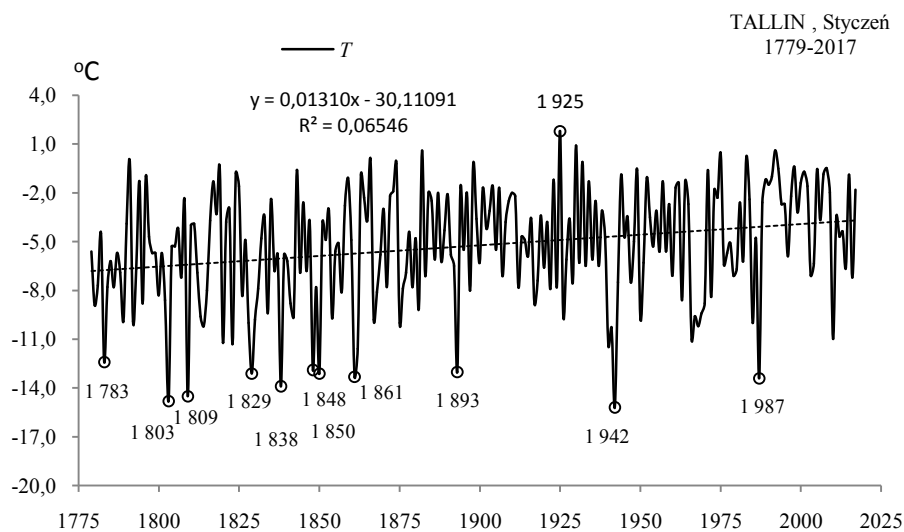
	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-5,251	3,53194	-12,31496	1,81279
II	-5,588	3,67332	-12,93454	1,75873
III	-2,731	2,84240	-8,41623	2,95338
IV	2,694	1,92594	-1,15766	6,54611
V	8,426	1,90435	4,61719	12,23461
VI	13,578	1,60143	10,37492	16,78065
VII	16,594	1,58874	13,41609	19,77103
VIII	15,620	1,47399	12,67248	18,56844
IX	11,395	1,36255	8,67026	14,12045
X	6,094	1,73065	2,63280	9,55540
XI	0,980	2,04141	-3,10303	5,06261
XII	-2,892	3,02512	-8,94207	3,15839
III-V	2,796	1,70649	-0,61675	6,20922
VI-VIII	15,264	1,13273	12,99847	17,52940
IX-XI	6,156	1,17050	3,81542	8,49741
XII-II	-4,588	2,60871	-9,80533	0,62950
I-XII	4,910	1,09518	2,71956	7,10026

Tabela 2a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Tallinie (1779-2017)

Table 2a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Tallin (1779-2017)

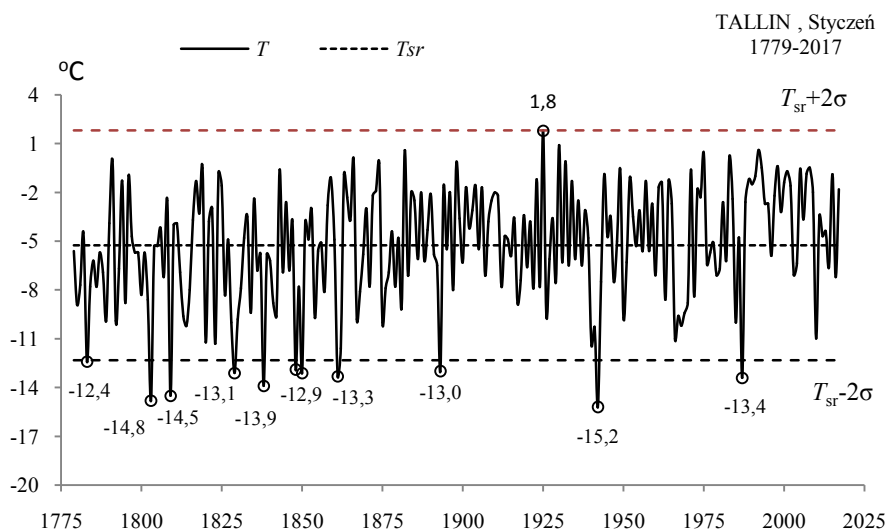
Zima				Lato				Rok			
t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}
1829	-11,8	2008	1,1	1821	11,73	1936	17,53	1829	1,92	2000	7,10
1942	-11,8	1925	1,3	1902	12,13	2006	17,56	1867	2,56	1975	7,18
1871	-11,2			1836	12,73	2010	17,69	1942	2,60	2008	7,30
1809	-11,0			1928	12,73	2011	17,85	1871	2,67	2015	7,51
1820	-10,5					1858	17,87				
1893	-10,5					1826	18,00				
1789	-10,3					1789	18,07				
1838	-10,1					1834	18,37				

STYCZEŃ (I)



Rys. 18a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w styczniu w latach 1779-2017

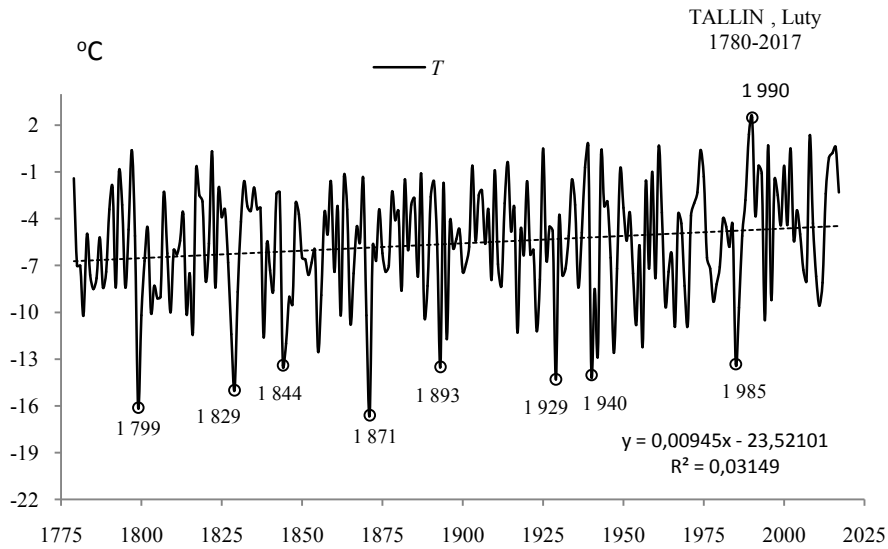
Fig. 18a. Changes of air temperature in Tallin in January in the 1779-2017 years



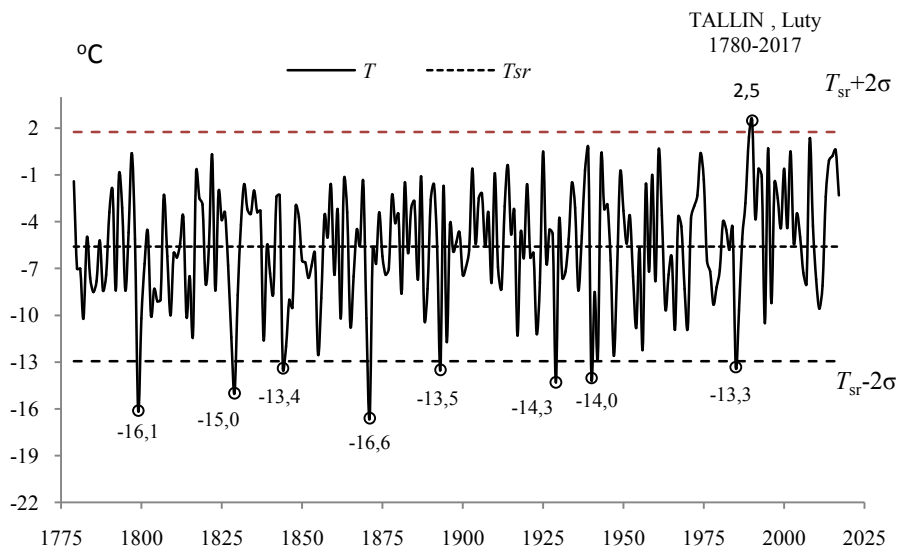
Rys. 18b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w styczniu w latach 1779-2017

Fig. 18b. Extreme values of average air temperature in Tallin in January in the 1779-2017 years

LUTY (II)

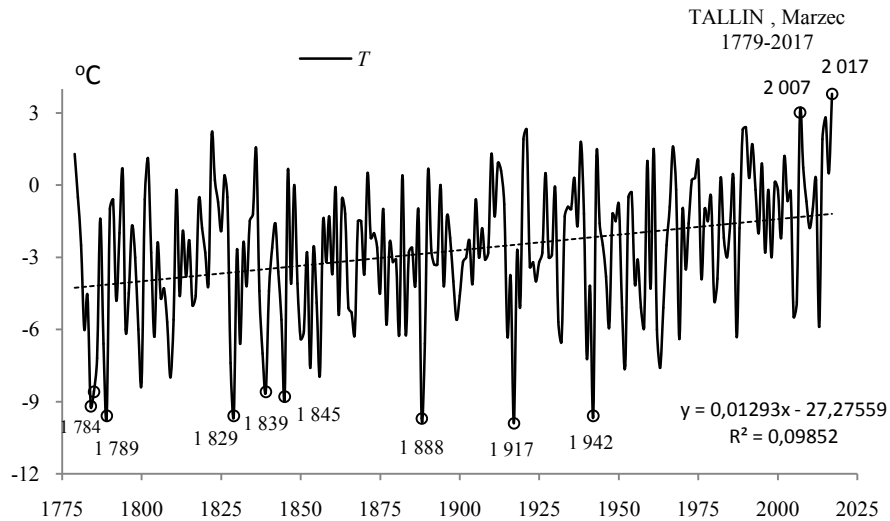


Rys. 19a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w lutym w latach 1779-2017
Fig. 19a. Changes of air temperature in Tallin in February in the 1779-2017 years

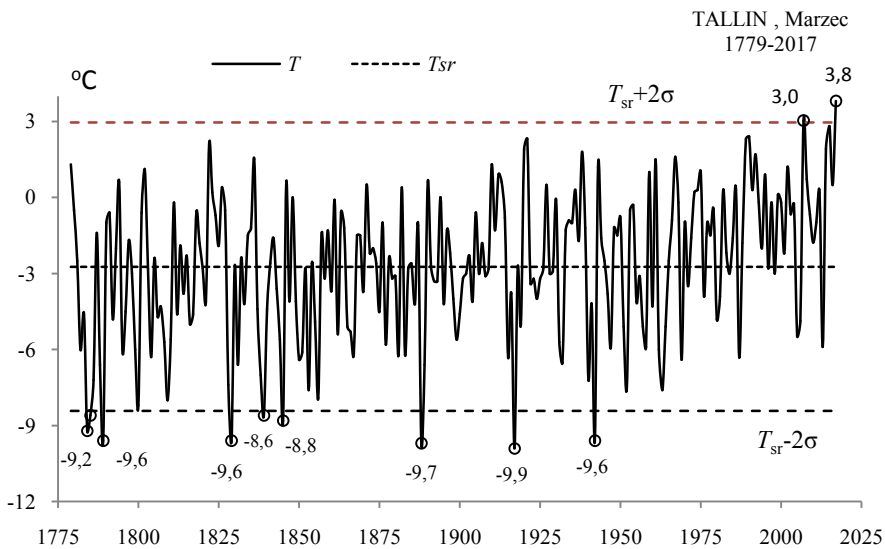


Rys. 19b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w lutym w latach 1779-2017
Fig. 19b. Extreme values of average air temperature in Tallin in February in the 1779-2017 years

MARZEC(III)

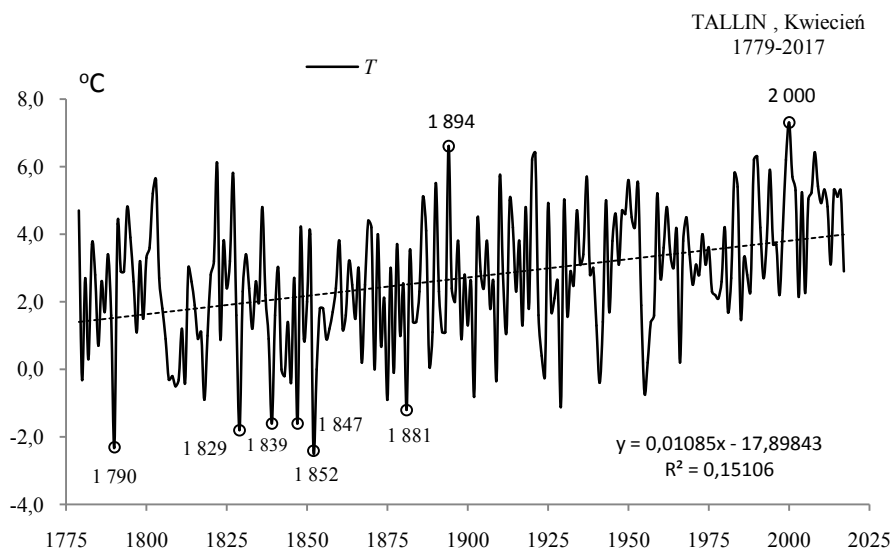


Rys. 20a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w marcu w latach 1779-2017
Fig. 20a. Changes of air temperature in Tallin in March in the 1779-2017 years



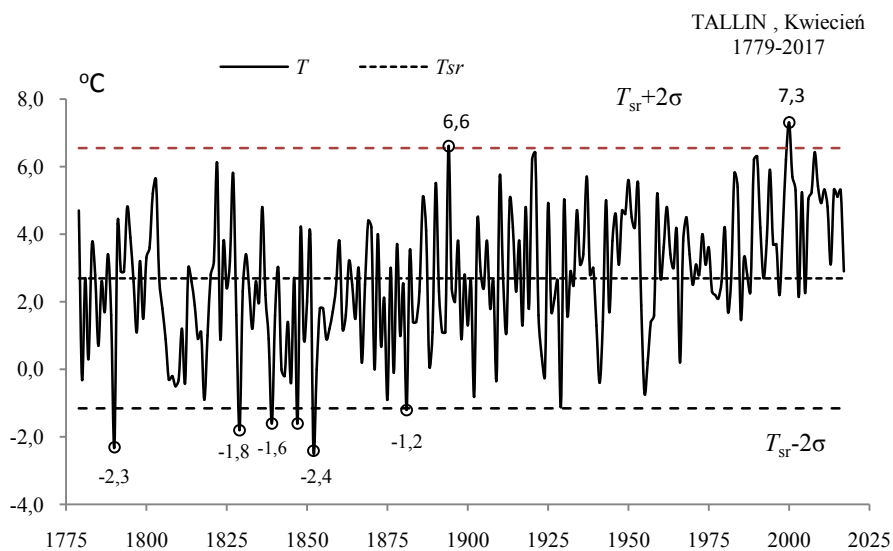
Rys. 20b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w marcu w latach 1779-2017
Fig. 20b. Extreme values of average air temperature in Tallin in March in the 1779-2017 years

KWIECIEŃ (IV)



Rys. 21a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w kwietniu w latach 1779-2017

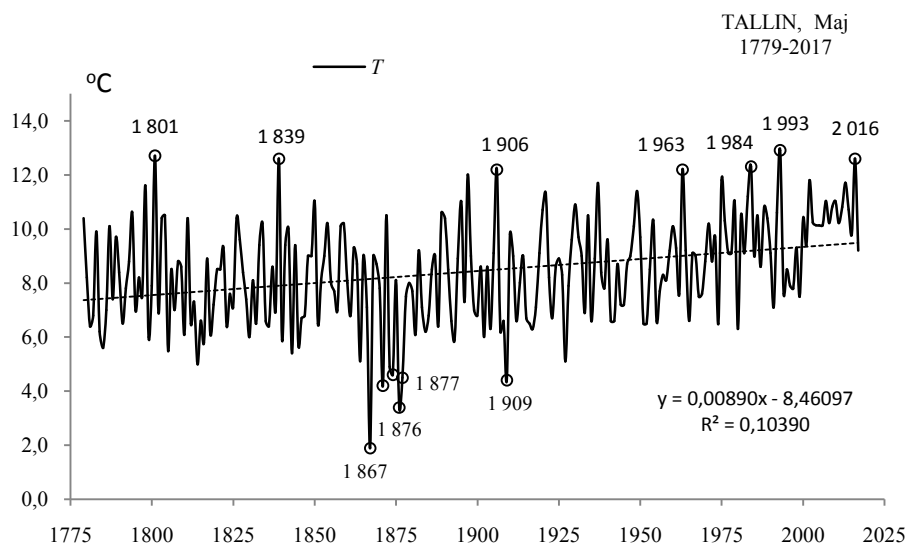
Fig. 21a. Changes of air temperature in Tallin in April in the 1779-2017 years



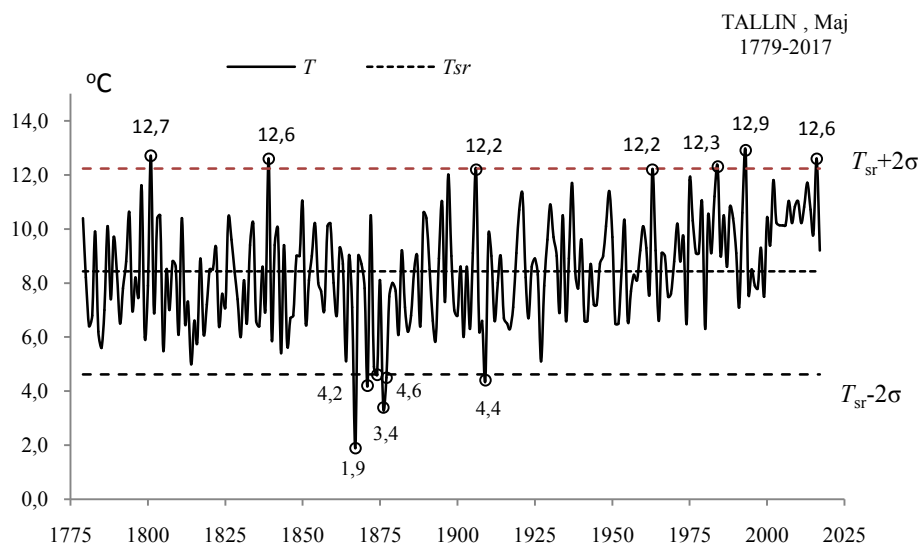
Rys. 21b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w kwietniu w latach 1779-2017

Fig. 21b. Extreme values of average air temperature in Tallin in April in the 1779-2017 years

MAJ (V)

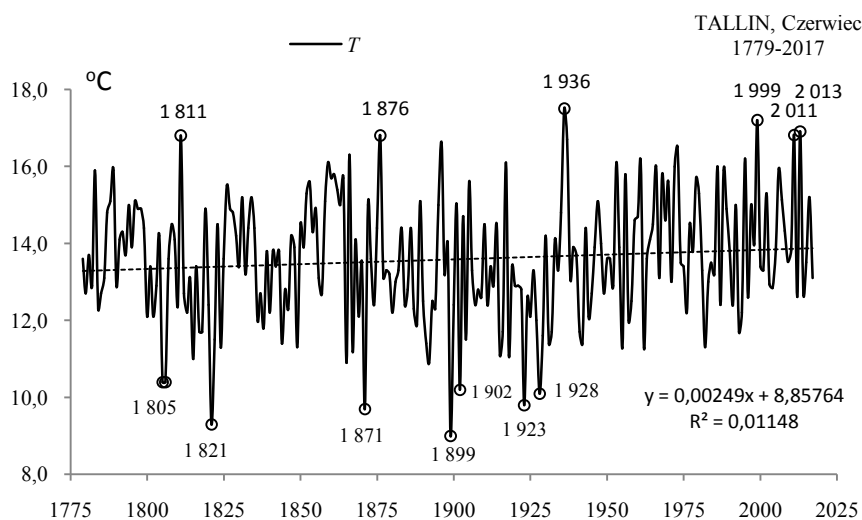


Rys. 22a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w maju w latach 1779-2017
Fig. 22a. Changes of air temperature in Tallin in May in the 1779-2017 years



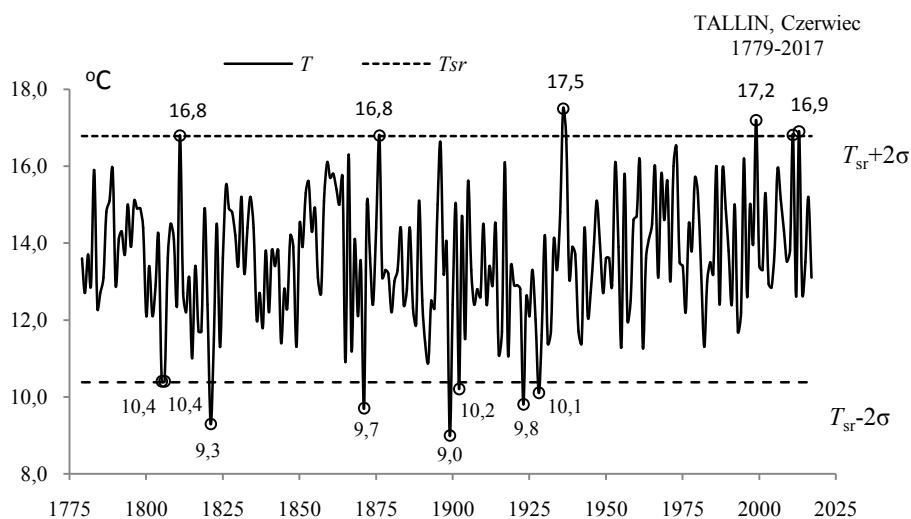
Rys. 22b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w maju w latach 1779-2017
Fig. 22b. Extreme values of average air temperature in Tallin in May in the 1779-2017 years

CZERWIEC (VI)



Rys. 23a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w czerwcu w latach 1779-2017

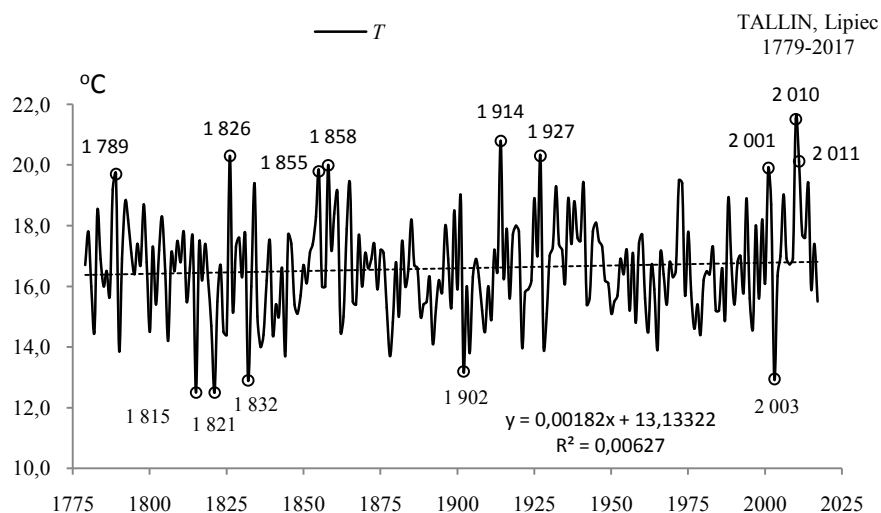
Fig. 23a. Changes of air temperature in Tallin in June in the 1779-2017 years



Rys. 23b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w czerwcu w latach 1779-2017

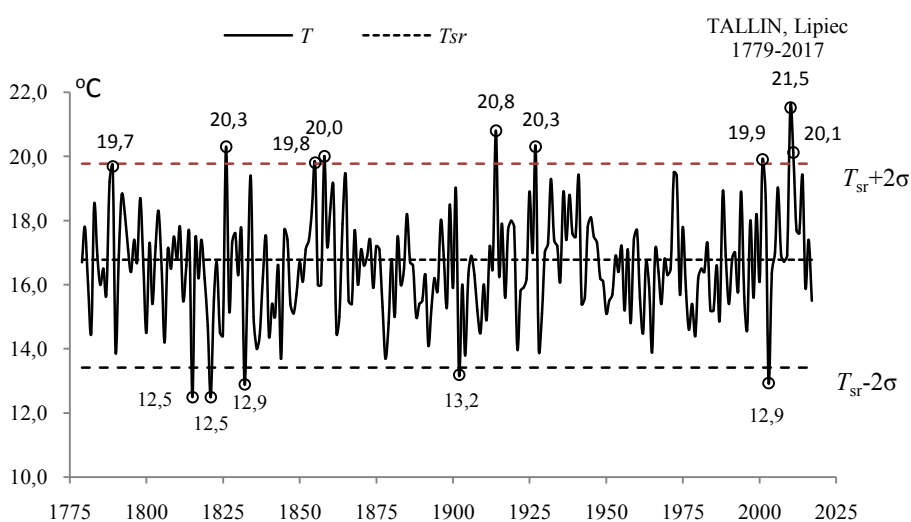
Fig. 23b. Extreme values of average air temperature in Tallin in June in the 1779-2017 years

LIPIEC (VII)



Rys. 24a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w lipcu w latach 1779-2017

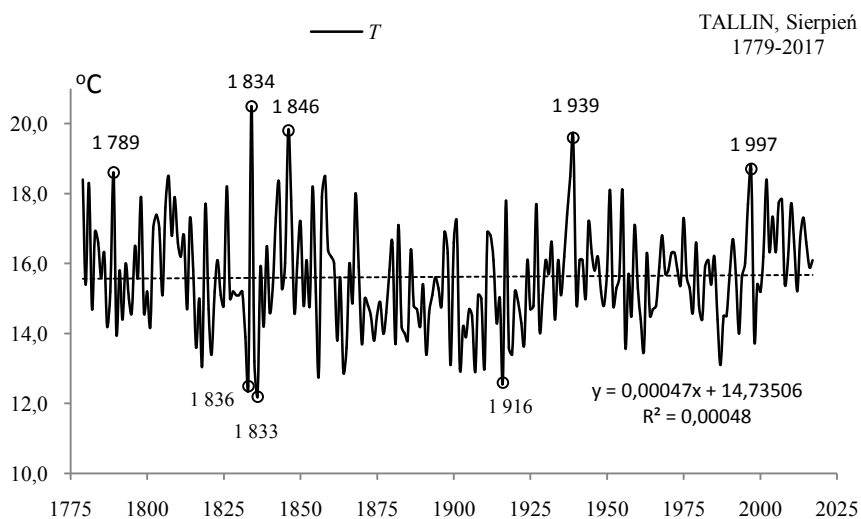
Fig. 24a. Changes of air temperature in Tallin in July in the 1779-2017 years



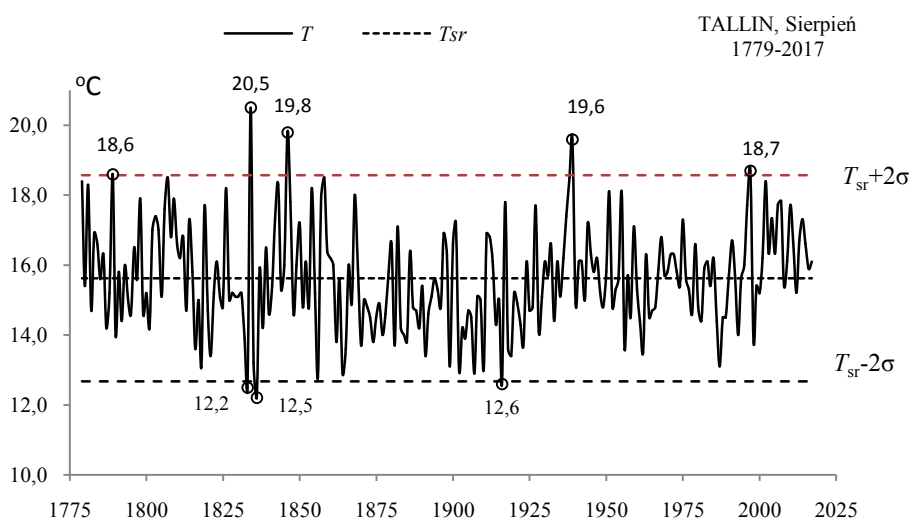
Rys. 24b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w lipcu w latach 1779-2017

Fig. 24b. Extreme values of average air temperature in Tallin in July in the 1779-2017 years

SIERPIEŃ (VIII)

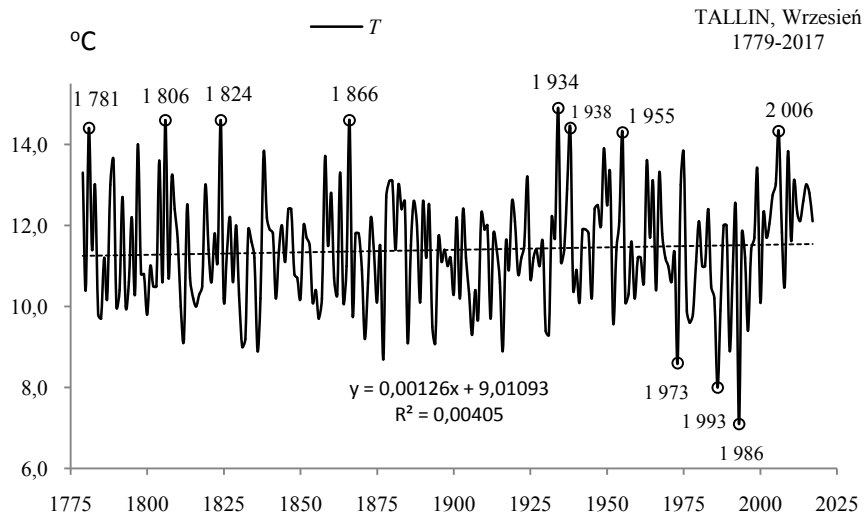


Rys. 25a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w sierpniu w latach 1779-2017
Fig. 25a. Changes of air temperature in Tallin in August in the 1779-2017 years

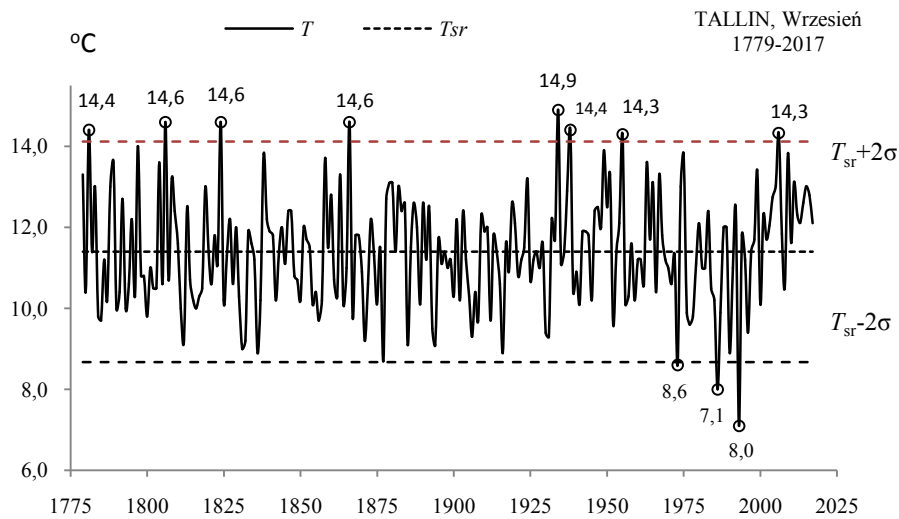


Rys. 25b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w sierpniu w latach 1779-2017
Fig. 25b. Extreme values of average air temperature in Tallin in August in the 1779-2017 years

WRZESIEŃ (IX)

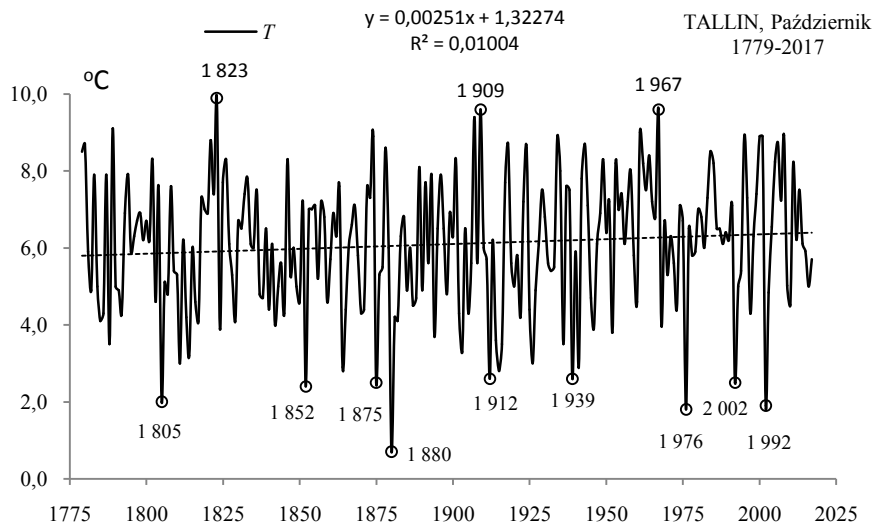


Rys. 26a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie we wrześniu w latach 1779-2017
Fig. 26a. Changes of air temperature in Tallin in September in the 1779-2017 years



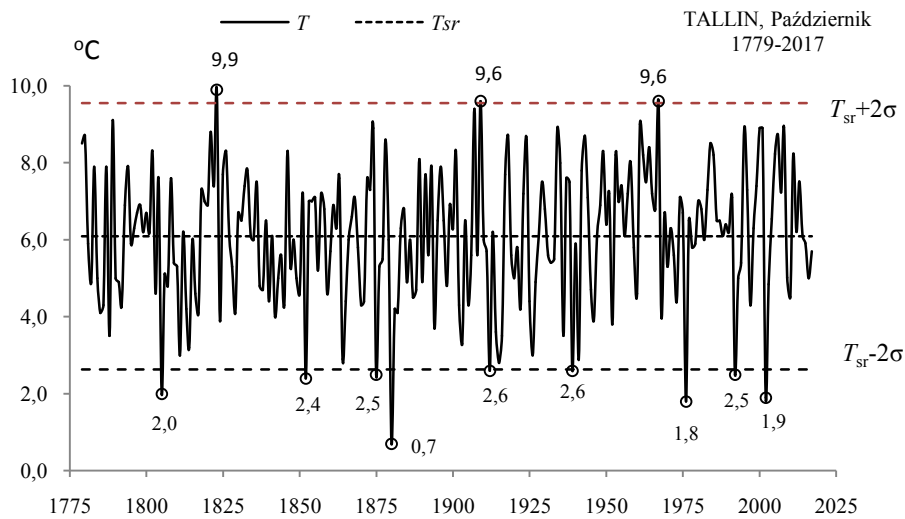
Rys. 26b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie we wrześniu w latach 1779-2017
Fig. 26b. Extreme values of average air temperature in Tallin in September in the 1779-2017 years

PAŹDZIERNIK (X)



Rys. 27a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w październiku w latach 1779-2017

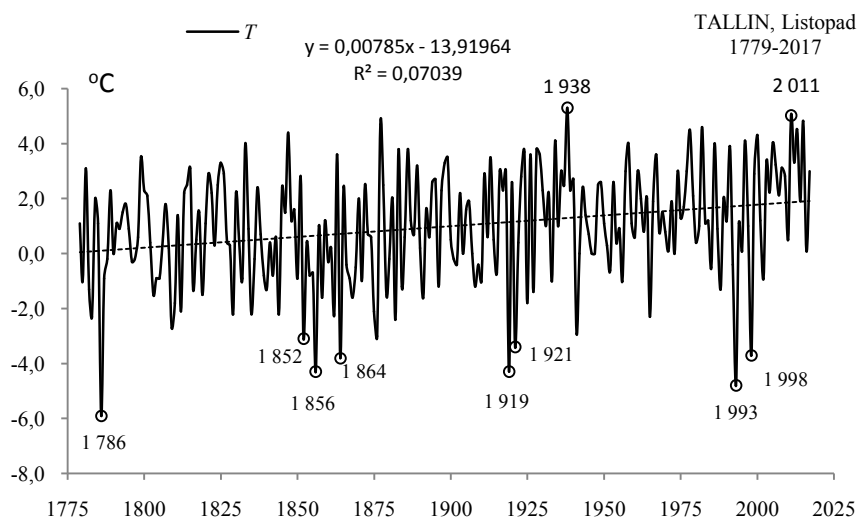
Fig. 27a. Changes of air temperature in Tallin in October in the 1779-2017 years



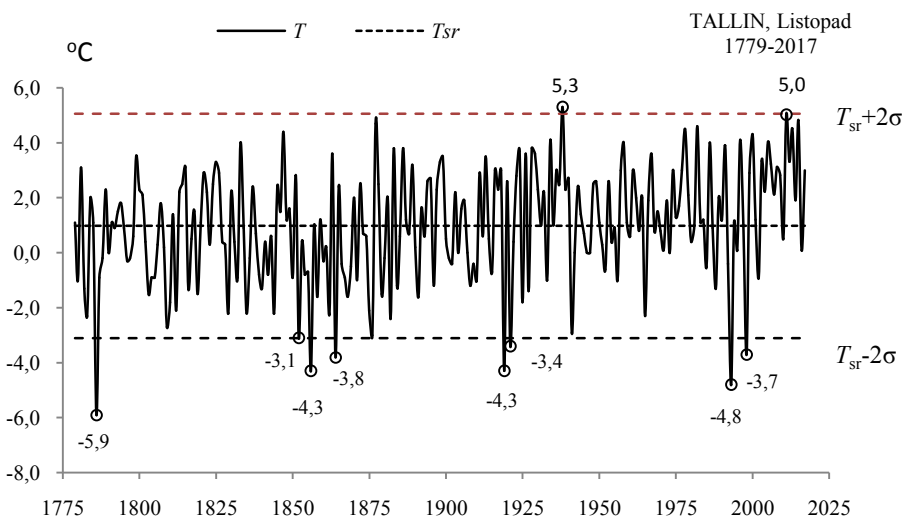
Rys. 27b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w październiku w latach 1779-2017

Fig. 27b. Extreme values of average air temperature in Tallin in October in the 1779-2017 years

LISTOPAD (XI)

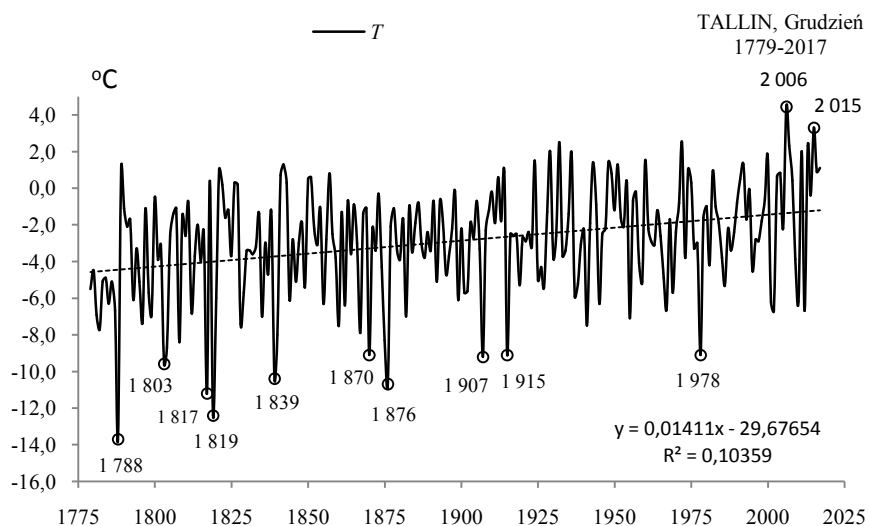


Rys. 28a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w listopadzie w latach 1779-2017
Fig. 28a. Changes of air temperature in Tallin in November in the 1779-2017 years



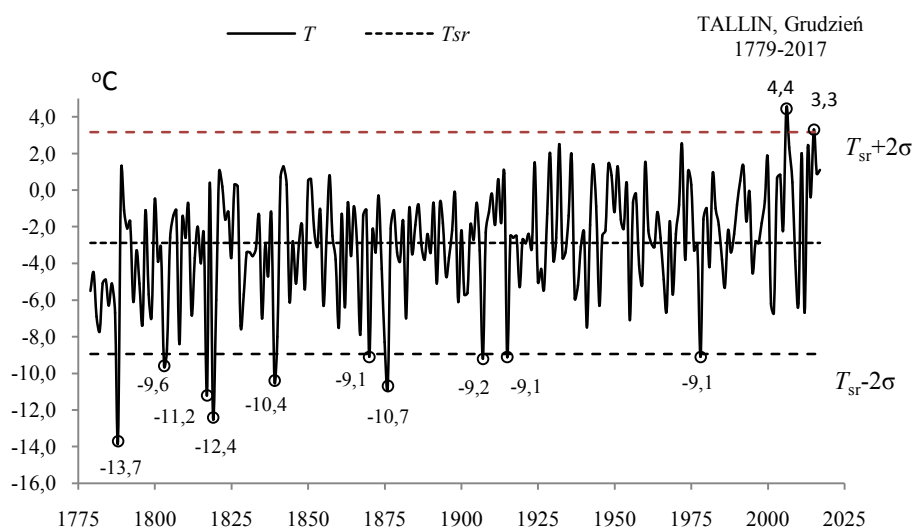
Rys. 28b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w listopadzie w latach 1779-2017
Fig. 28b. Extreme values of average air temperature in Tallin in November in the 1779-2017 years

GRUDZIEŃ (XII)



Rys. 29a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w grudniu w latach 1779-2017

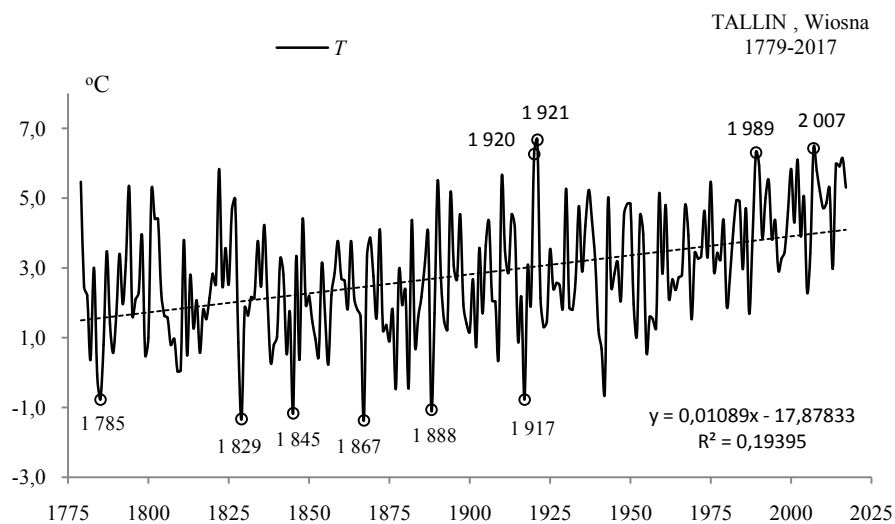
Fig. 29a. Changes of air temperature in Tallin in December in the 1779-2017 years



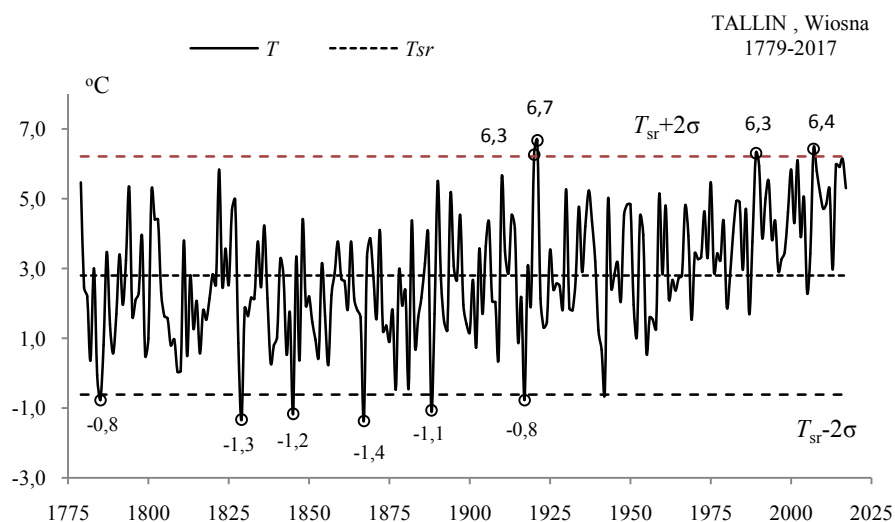
Rys. 29b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w grudniu w latach 1779-2017

Fig. 29b. Extreme values of average air temperature in Tallin in December in the 1779-2017 years.

WIOSNA (III-V)

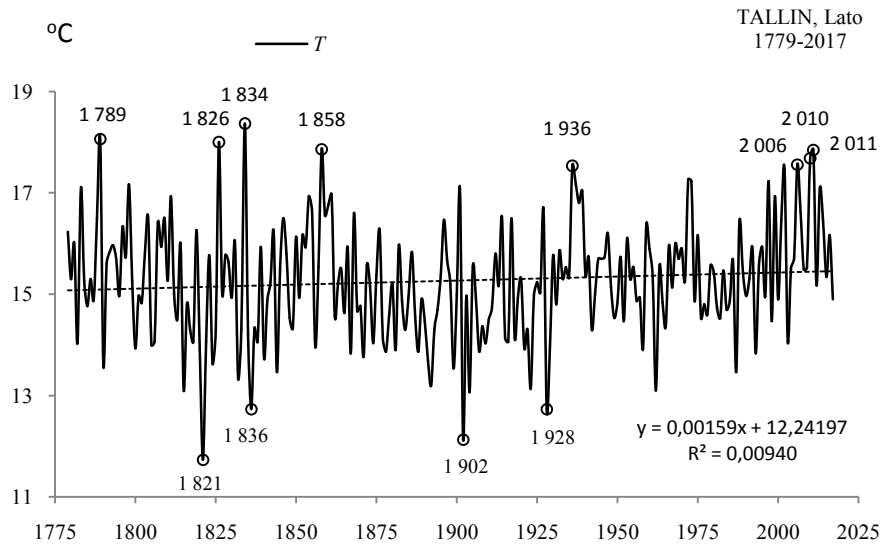


Rys. 30a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie wiosną w latach 1779-2017
Fig. 30a. Changes of air temperature in Tallin in spring in the 1779-2017 years

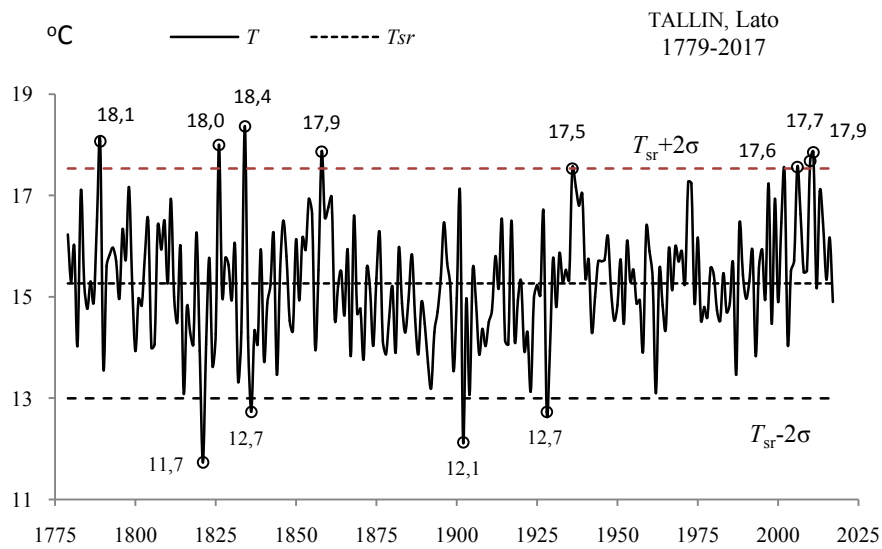


Rys. 30b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie wiosną w latach 1779-2017
Fig. 30b. Extreme values of average air temperature in Tallin in Spring in the 1779-2017 years.

LATO (VI-VIII)

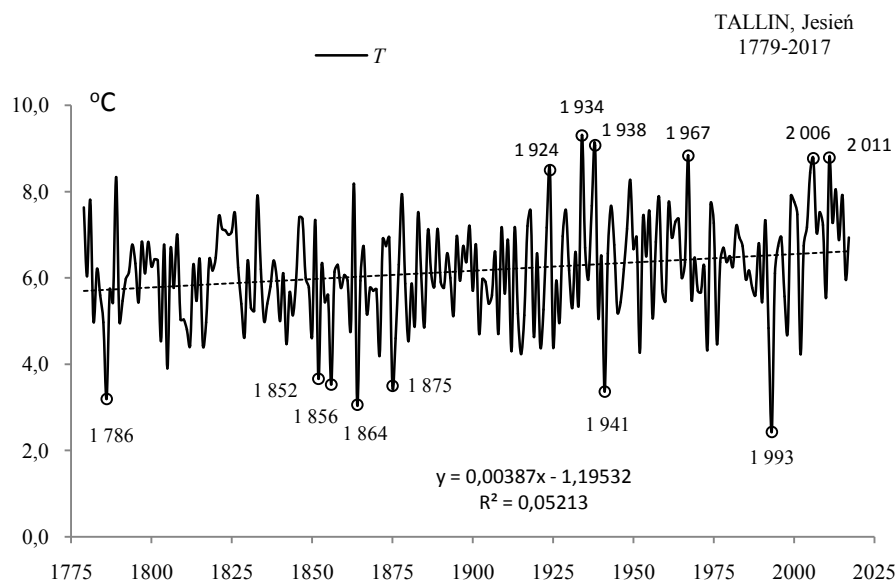


Rys. 31a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w lecie w latach 1779-2017
Fig. 31a. Changes of air temperature in Tallin in summer in the 1779-2017 years



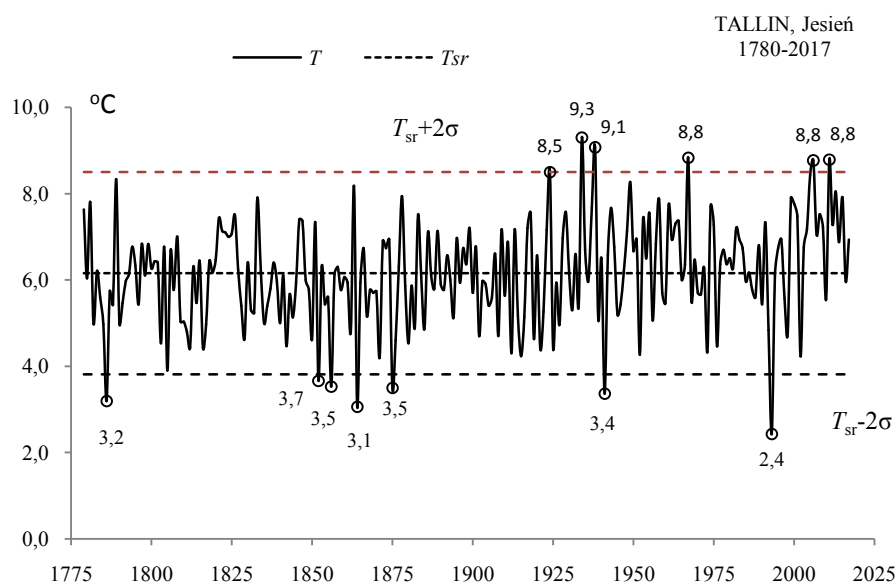
Rys. 31b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w lecie w latach 1779-2017
Fig. 31b. Extreme values of average air temperature in Tallin in Summer in the 1779-2017 years.

JESIEŃ (IX-XI)



Rys. 32a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie jesienią w latach 1779-2017

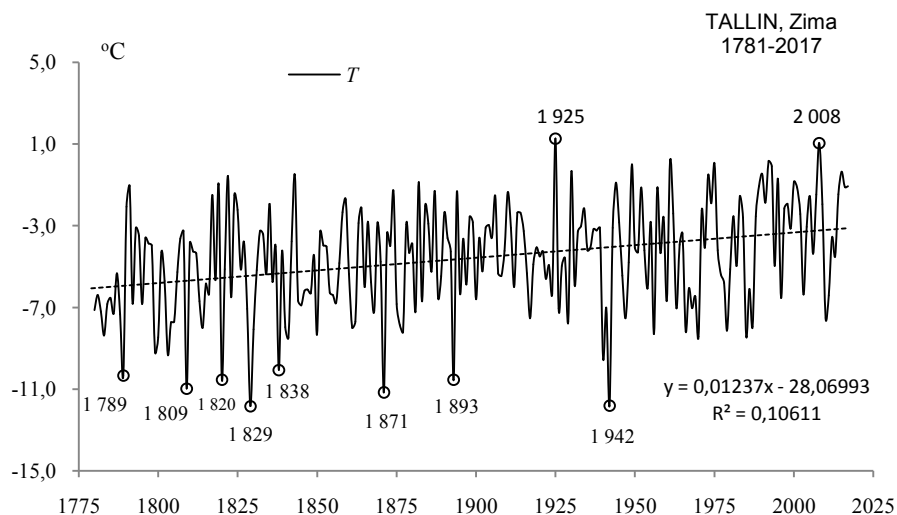
Fig. 32a. Changes of air temperature in Tallin in Autumn in the 1779-2017 years



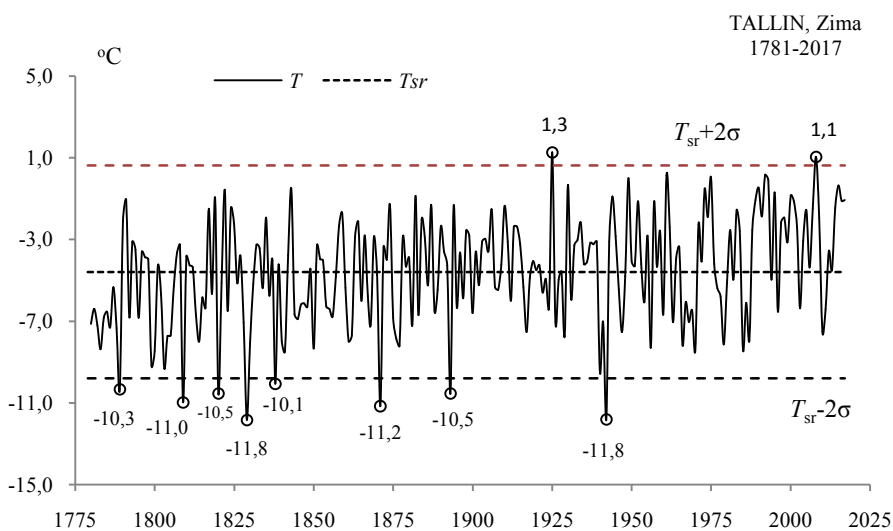
Rys. 32b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie jesienią w latach 1779-2017

Fig. 32b. Extreme values of average air temperature in Tallin in Autumn in the 1779-2017 years.

ZIMA (XII-II)

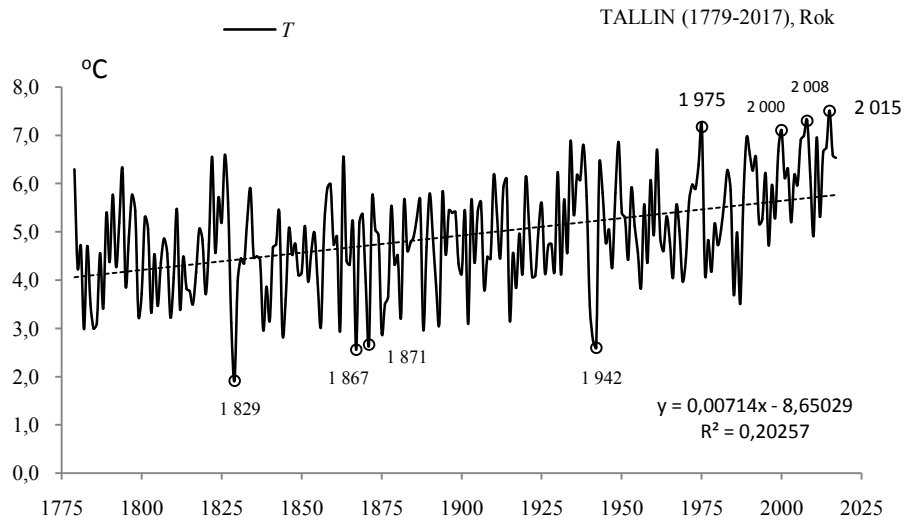


Rys. 33a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w zimie w latach 1779-2017
Fig. 33a. Changes of air temperature in Tallin in Winter in the 1779-2017 years

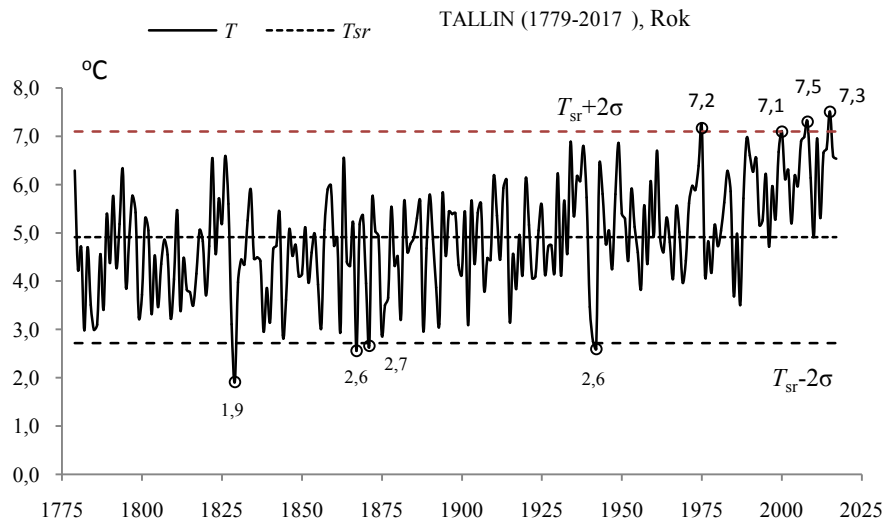


Rys. 33b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w zimie w latach 1779-2017
Fig. 33b. Extreme values of average air temperature in Tallin in Winter in the 1779-2017 years.

ROK (I-XII)



Rys. 34a. Zmiany temperatury powietrza w Tallinie w roku w latach 1779-2017
Fig. 34a. Changes of air temperature in Tallin in year in the 1779-2017 years



Rys. 34b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Tallinie w roku w latach 1779-2017
Fig. 34b. Extreme values of average air temperature in Tallin in year in the 1779-2017 years.

4.3. Ekstrema temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2012

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Wiedniu określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1775-2012 (tab. 3, tab. 3a, rys 35a-51a, rys. 35b-51b)

Tabela 3. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Wiedniu w latach 1775-2012

Table 3. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Vienna in years 1775-2012

	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	-1,344	2,93540	-7,21450	4,52710
II	0,470	2,85837	-5,24699	6,18648
III	4,403	2,28113	-0,15932	8,96520
IV	9,743	1,88281	5,97724	13,50848
V	14,647	1,79789	11,05128	18,24284
VI	17,873	1,48093	14,91126	20,83496
VII	19,683	1,48522	16,71233	22,65321
VIII	19,076	1,54015	15,99574	22,15636
IX	15,149	1,46768	12,21337	18,08411
X	9,726	1,57991	6,56622	12,88588
XI	4,142	1,85300	0,43601	7,84802
XII	0,282	2,60219	-4,92202	5,48672
III-V	9,598	1,31539	6,96684	12,22840
VI-VIII	18,877	1,11175	16,65381	21,10082
IX-XI	9,672	1,08588	7,50052	11,84402
XII-II	2,908	1,67632	-0,44437	6,26089
I-XII	9,488	0,93145	7,62461	11,35039

Tabela 3a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok w Wiedniu (1775-2017)

Table 3a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Vienna (1775-2017)

t_{inf}	Zima				Lato				Rok			
	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	
1929	-2,30	2002	6,33	1913	16,57	1994	21,23	1829	6,60	2002	11,32	
1940	-1,97	2008	7,18			1834	21,47	1940	7,32	2003	11,43	
1838	-1,93	2007	7,57			1807	21,53	1838	7,38	2009	11,45	
1942	-1,82					2007	21,63	1864	7,38	2011	11,56	
1830	-1,59					1992	21,73	1871	7,47	1994	11,59	
1963	-0,83					2012	21,77	1840		2000	11,67	
1858	-0,76					1811	22,37			2012	11,79	
						2003	23,00			2008	11,87	
										2007	12,10	

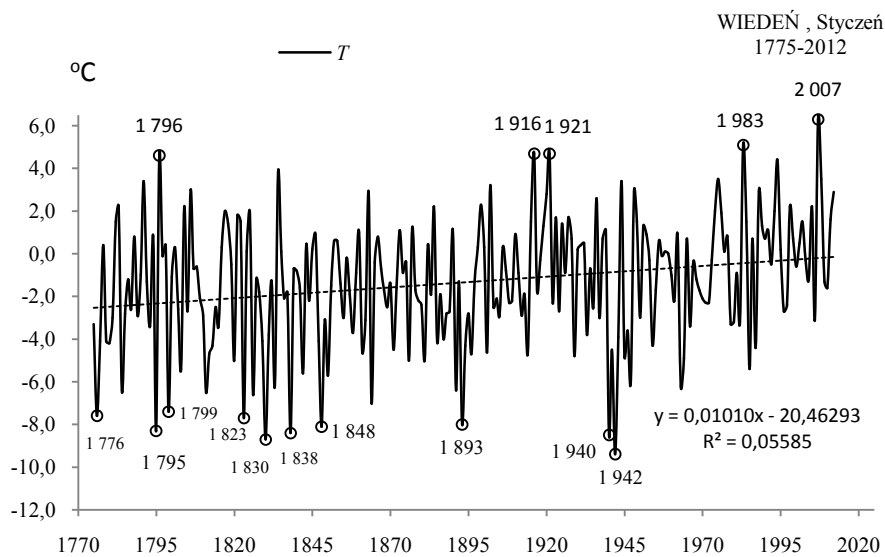
W Wiedniu bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq -0,44$ °C wystąpiły w latach :

1929 1940 1838 1942 1830 1963 1858
-2,30 -1,97 -1,93 -1,82 -1,59 -0,83 -0,76

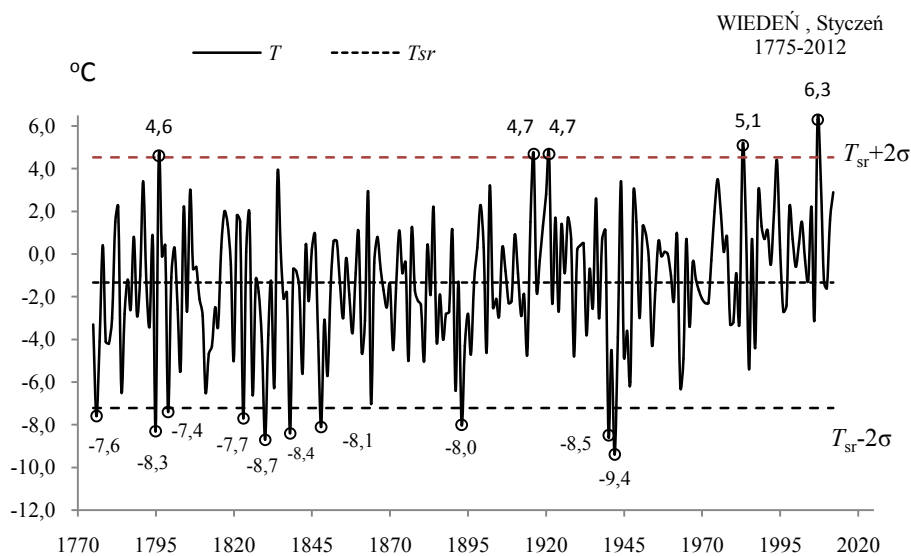
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 21,10$ °C w czasie

1994 1834 1807 2007 1992 2012 1811 2003
21,23 21,47 21,53 21,63 21,73 21,77 22,37 23,00

STYCZEŃ (I)

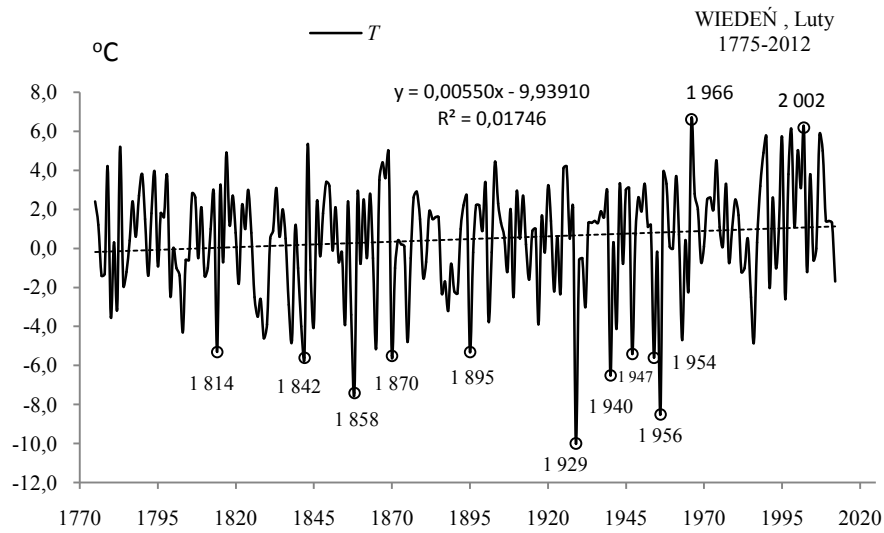


Rys. 35a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w styczniu w latach 1775-2012
Fig. 35a. Changes of air temperature in Vienna in January in the 1775-2012 years

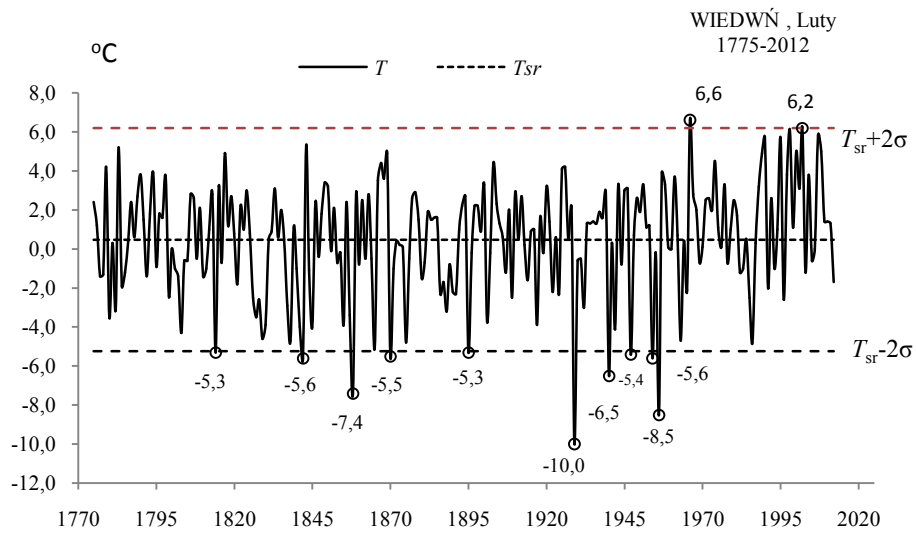


Rys. 35b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w styczniu w latach 1775-2012
Fig. 35b. Extreme values of average air temperature in Vienna in January in the 1775-2012 years

LUTY (II)

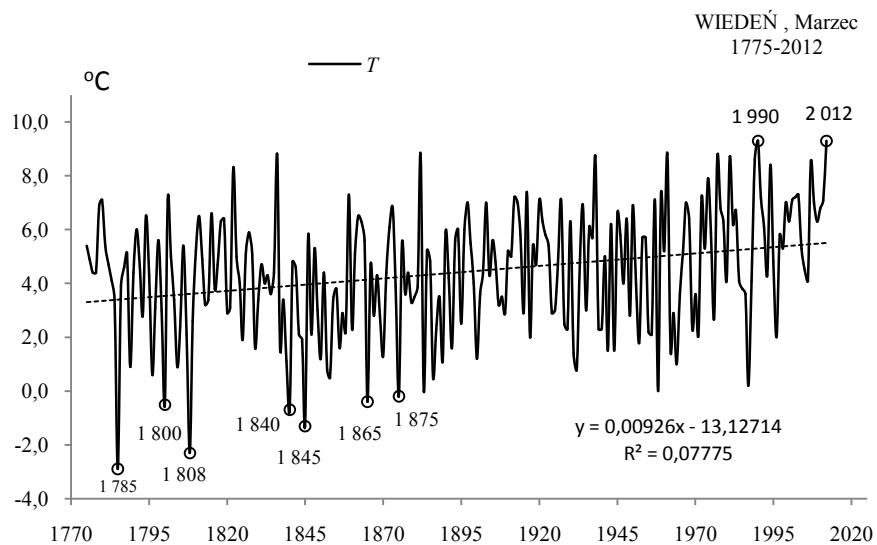


Rys. 36a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w lutym w latach 1775-2012
Fig. 36a. Changes of air temperature in Vienna in February in the 1775-2012 years

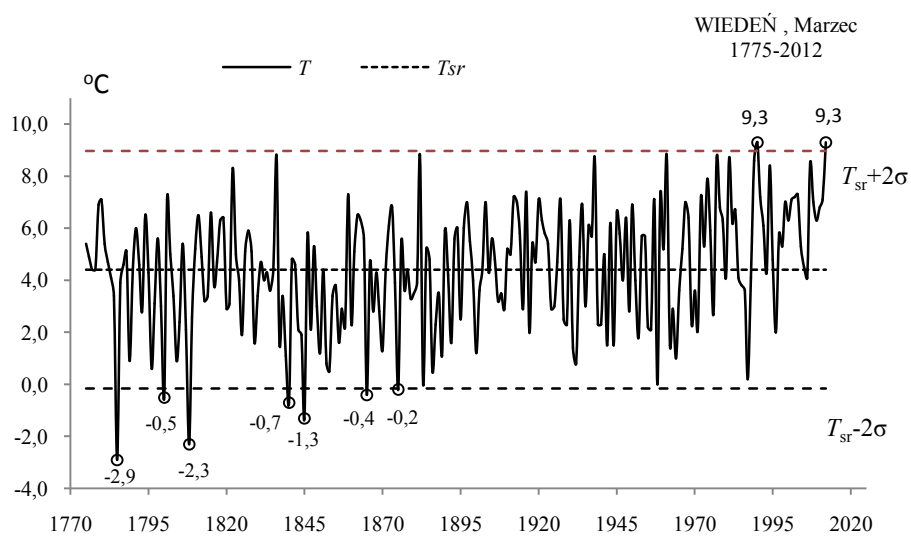


Rys. 36b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w lutym w latach 1775-2012
Fig. 36b. Extreme values of average air temperature in Vienna in February in the 1775-2012 years

MARZEC(III)

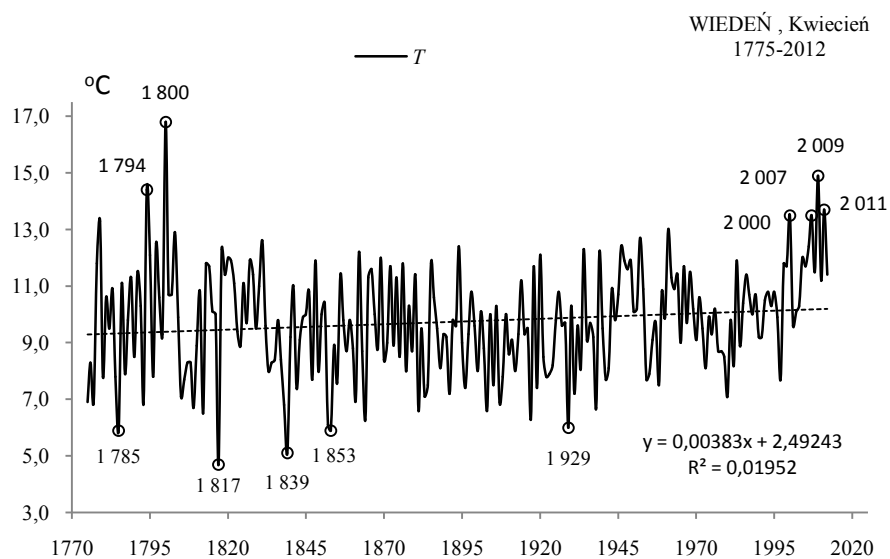


Rys. 37a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w marcu w latach 1775-2012
Fig. 37a. Changes of air temperature in Vienna in March in the 1775-2012 years

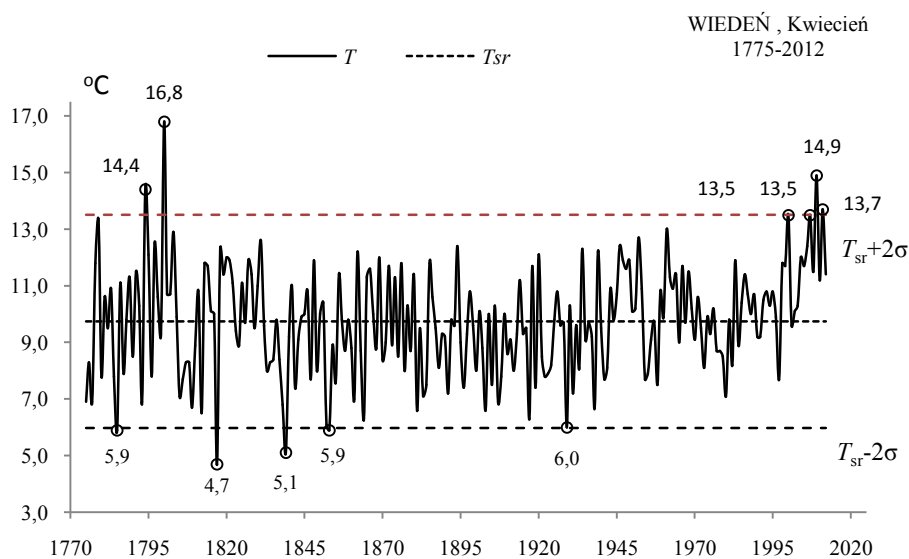


Rys. 37b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w marcu w latach 1775-2012
Fig. 37b. Extreme values of average air temperature in Vienna in March in the 1775-2012 years

KWIECIEŃ (IV)

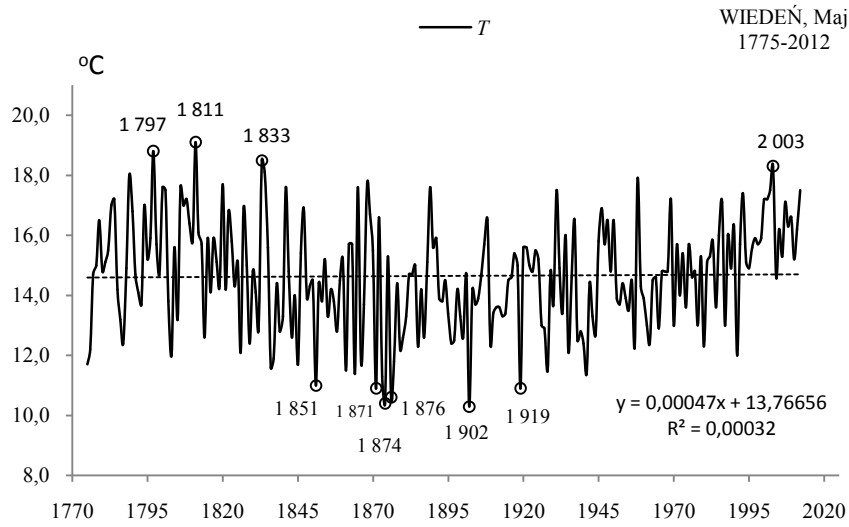


Rys. 38a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w kwietniu w latach 1775-2012
Fig. 38a. Changes of air temperature in Vienna in April in the 1775-2012 years

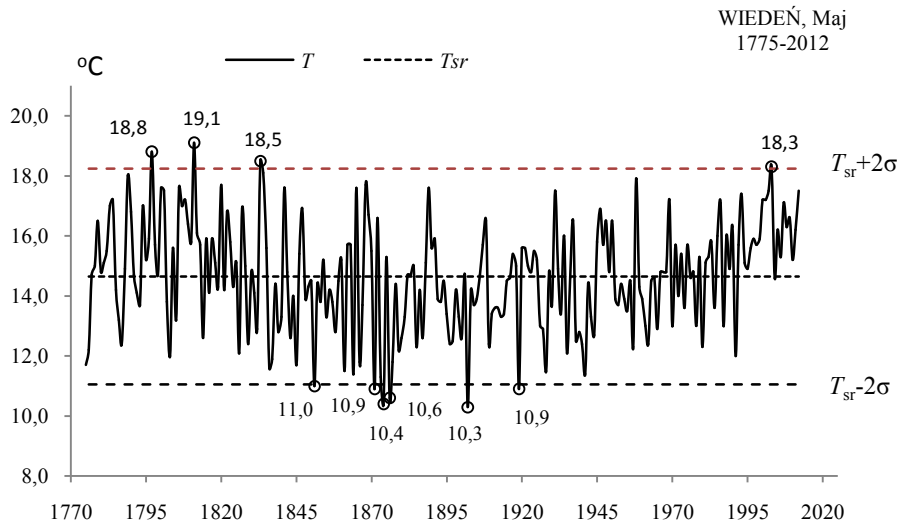


Rys. 38b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w kwietniu w latach 1775-2012
Fig. 38b. Extreme values of average air temperature in Vienna in April in the 1775-2012 years

MAJ (V)

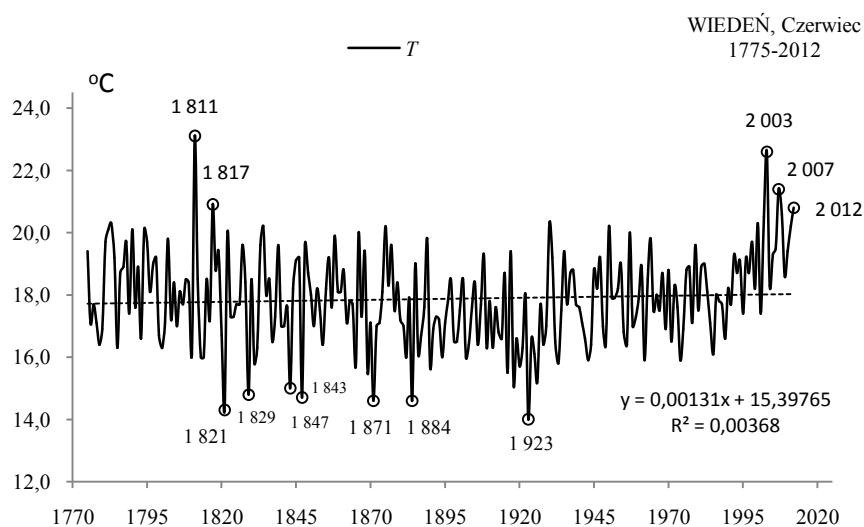


Rys. 39a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w maju w latach 1775-2012
Fig. 39a. Changes of air temperature in Vienna in May in the 1775-2012 years

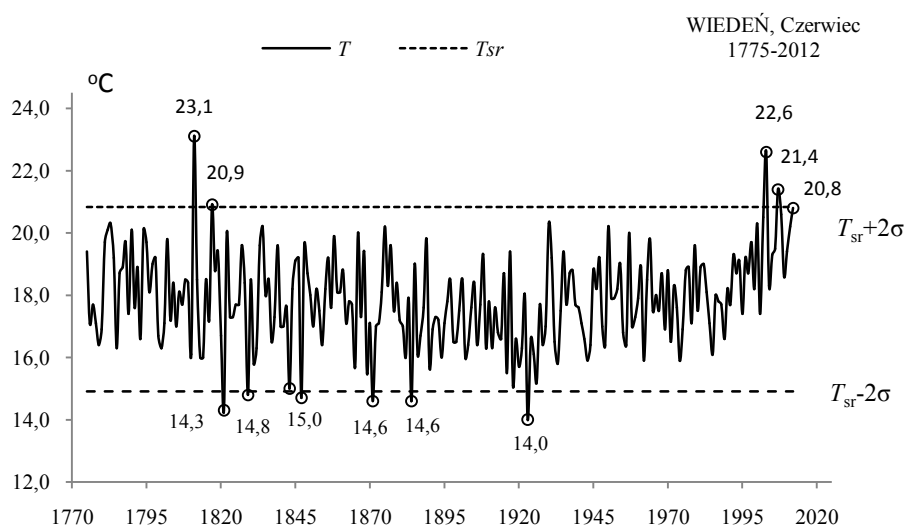


Rys. 39b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w maju w latach 1775-2012
Fig. 39b. Extreme values of average air temperature in Vienna in May in the 1775-2012 years

CZERWIEC (VI)

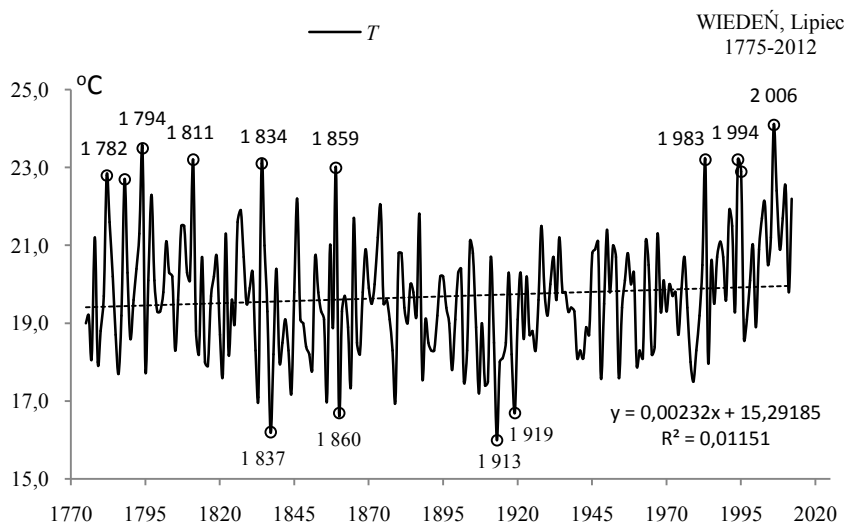


Rys. 40a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w czerwcu w latach 1775-2012
Fig. 40a. Changes of air temperature in Vienna in June in the 1775-2012 years

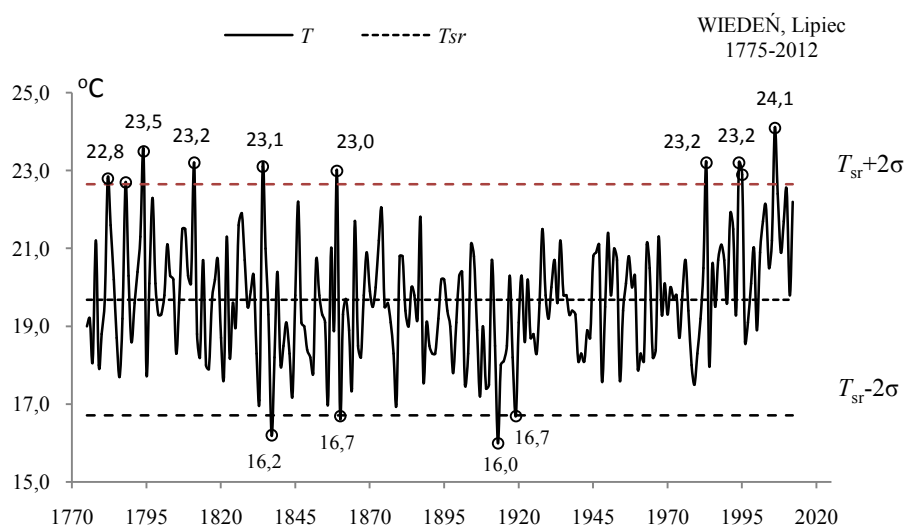


Rys. 40b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w czerwcu w latach 1775-2012
Fig. 40b. Extreme values of average air temperature in Vienna in June in the 1775-2012 years

LIPIEC (VII)

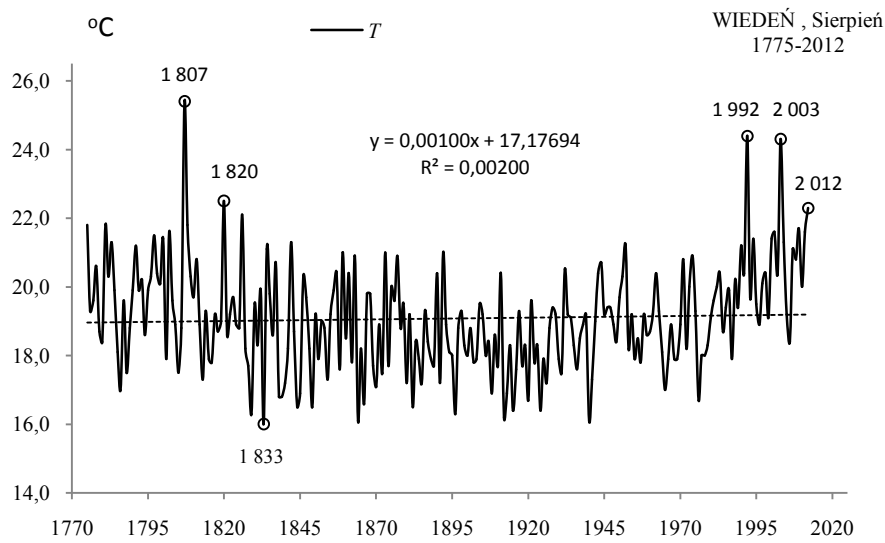


Rys. 41a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w lipcu w latach 1775-2012
Fig. 41a. Changes of air temperature in Vienna in July in the 1775-2012 years

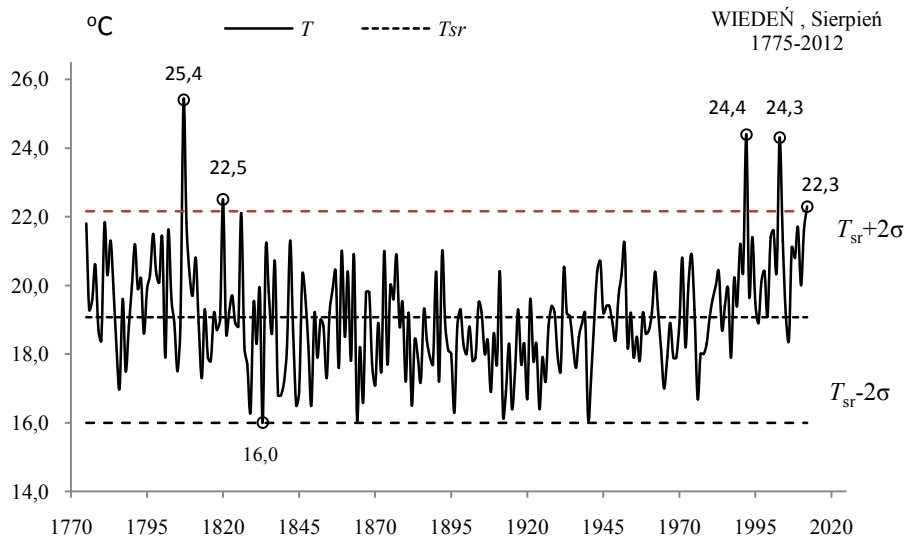


Rys. 41b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w lipcu w latach 1775-2012
Fig. 41b. Extreme values of average air temperature in Vienna in July in the 1775-2012 years

SIERPIEŃ (VIII)

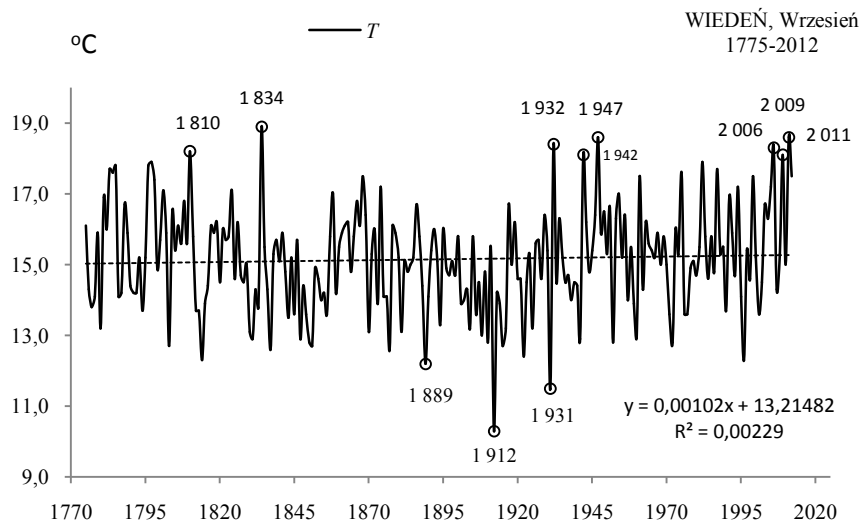


Rys. 42a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w sierpniu w latach 1775-2012
Fig. 42a. Changes of air temperature in Vienna in August in the 1775-2012 years

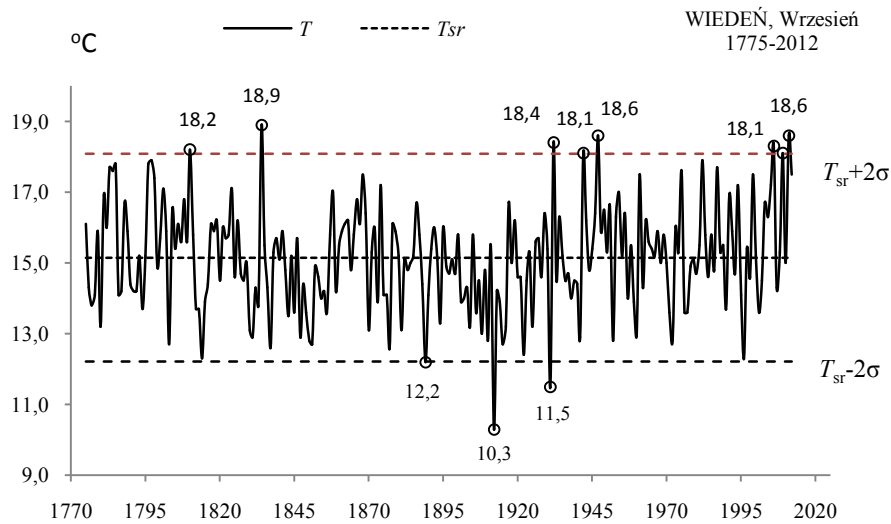


Rys. 42b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w sierpniu w latach 1775-2012
Fig. 42b. Extreme values of average air temperature in Vienna in August in the 1775-2012 years

WRZESIEŃ (IX)

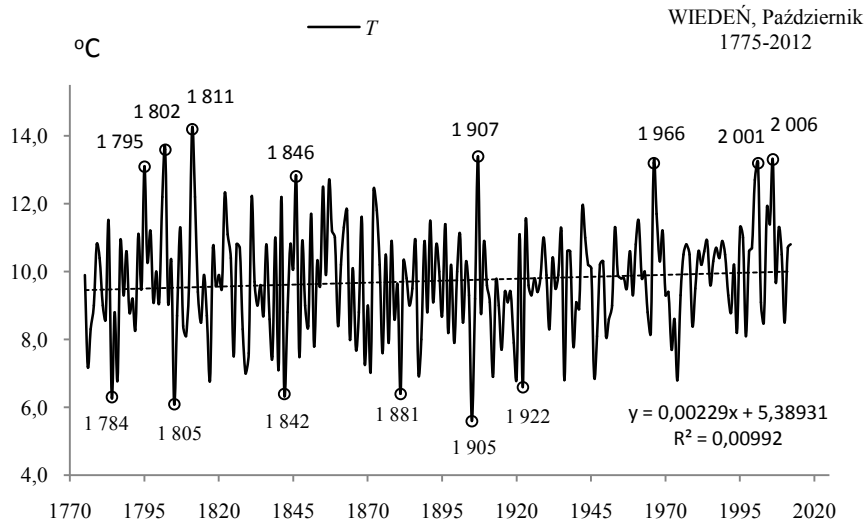


Rys. 43a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu we wrześniu w latach 1775-2012
Fig. 43a. changes of air temperature in Vienna in September in the 1775-2012 years

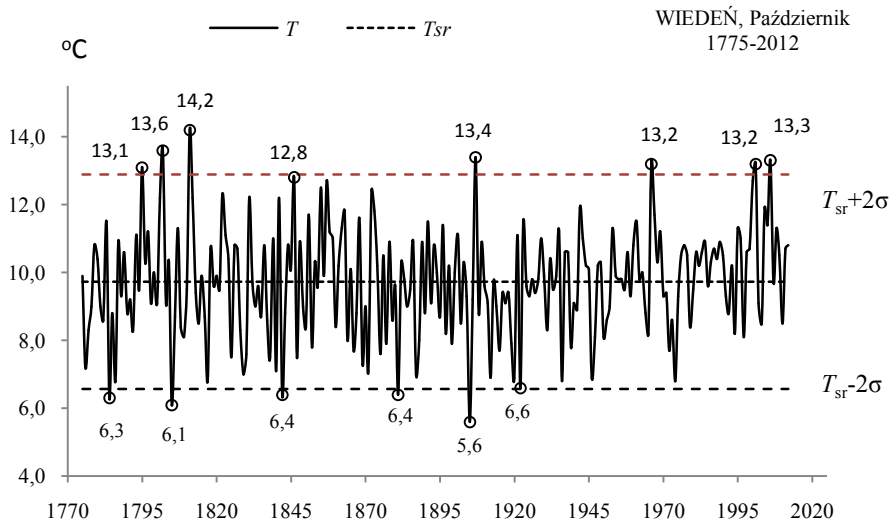


Rys. 43b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu we wrześniu w latach 1775-2012
Fig. 43b. Extreme values of average air temperature in Vienna in September in the 1775-2012 years

PAŹDZIERNIK (X)

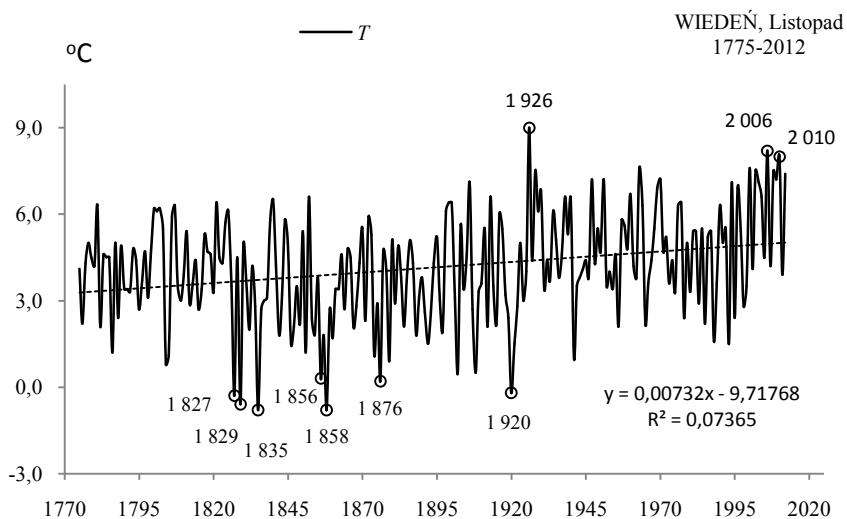


Rys. 44a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w październiku w latach 1775-2012
Fig. 44a. Changes of air temperature in Vienna in October in the 1775-2012 years

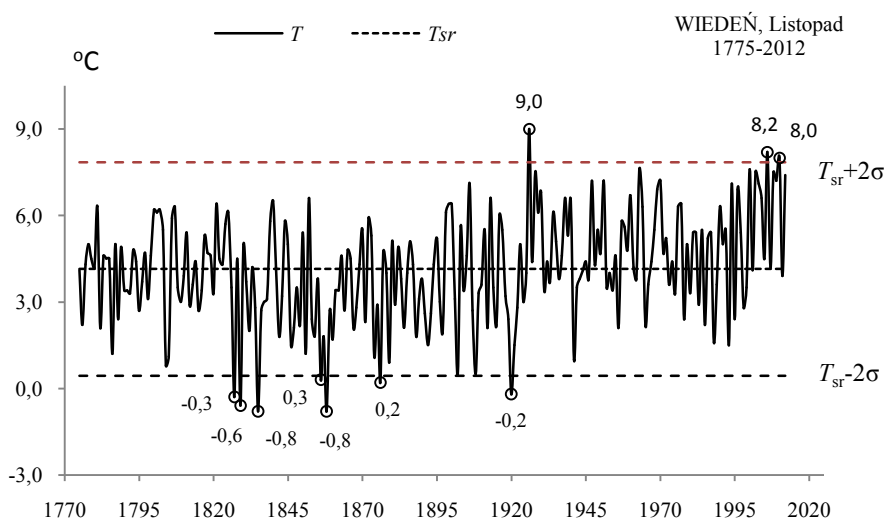


Rys. 44b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w październiku w latach 1775-2012
Fig. 44b. Extreme values of average air temperature in Vienna in October in the 1775-2012 years

LISTOPAD (XI)

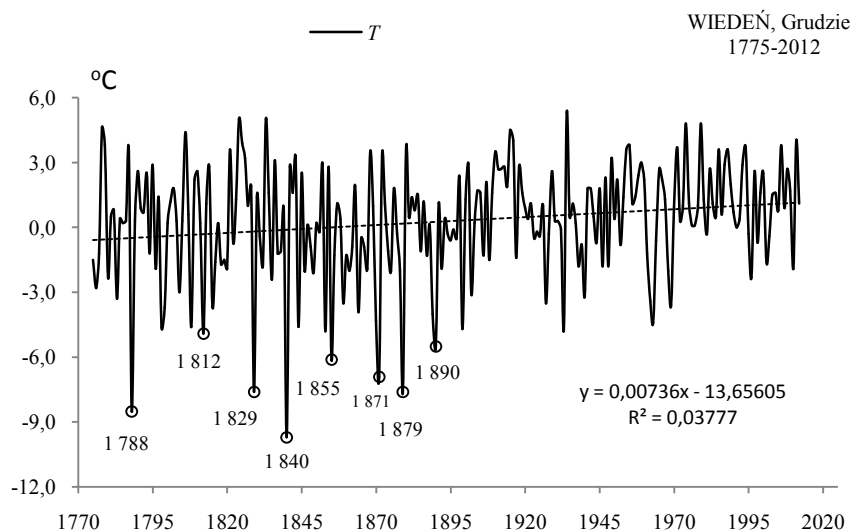


Rys. 45a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w listopadzie w latach 1775-2012
Fig. 45a. Changes of air temperature in Vienna in November in the 1775-2012 years

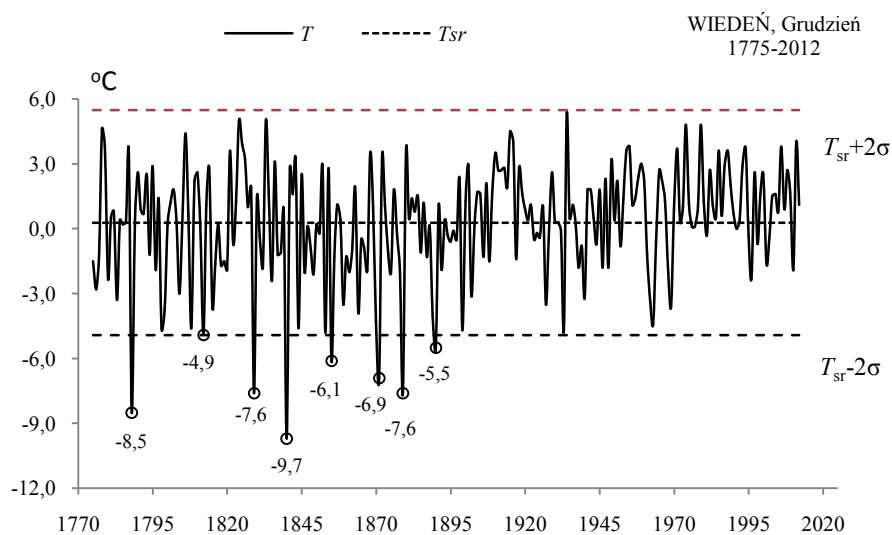


Rys. 45b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w listopadzie w latach 1775-2012
Fig. 45b. Extreme values of average air temperature in Vienna in November in the 1775-2012 years

GRUDZIEŃ (XII)

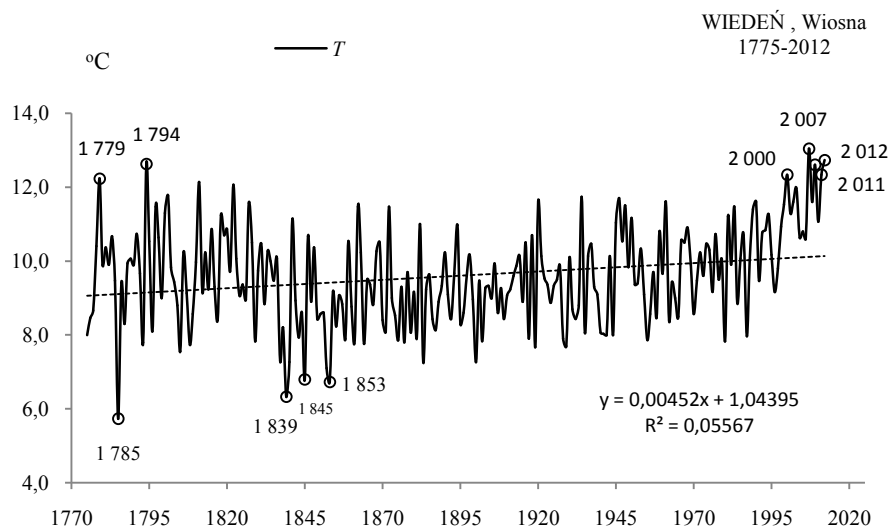


Rys. 46a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w grudniu w latach 1775-2012
Fig. 46a. Changes of air temperature in Vienna in December in the 1775-2012 years

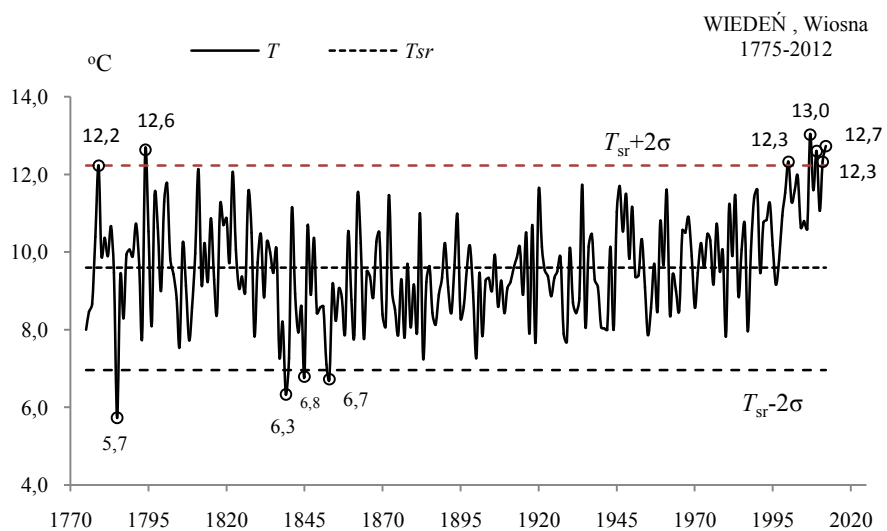


Rys. 46b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w grudniu w latach 1775-2012
Fig. 46b. Extreme values of average air temperature in Vienna in December in the 1775-2012 years.

WIOSNA (III-V)

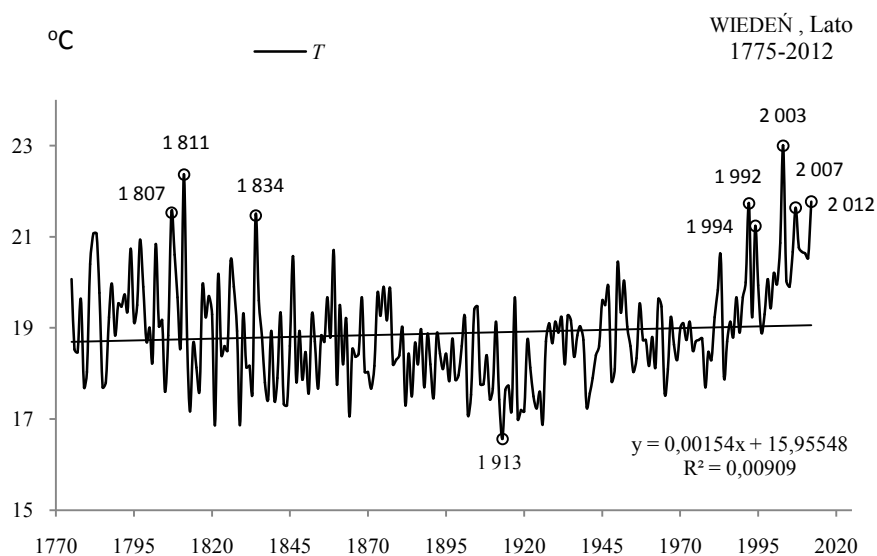


Rys. 47a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu wiosną w latach 1775-2012
Fig. 47a. Changes of air temperature in Vienna in spring in the 1775-2012 years

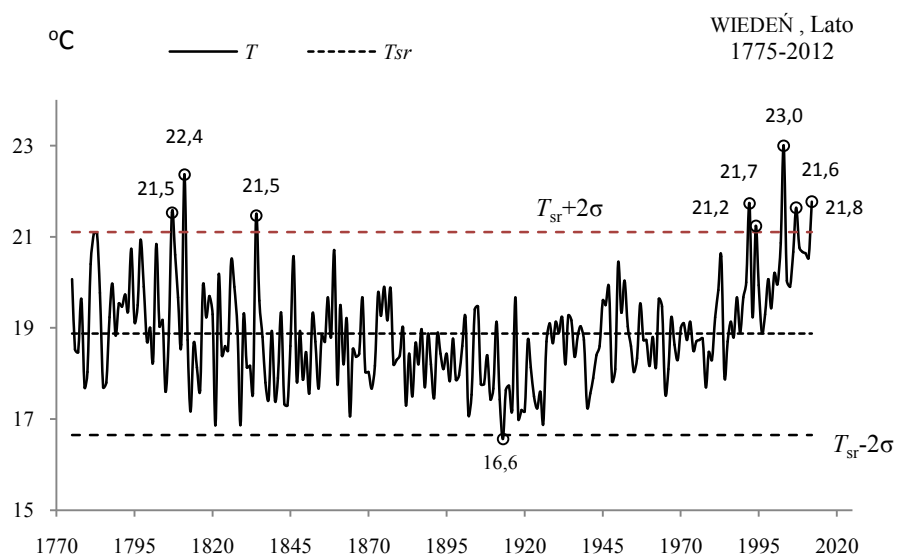


Rys. 47b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu wiosną w latach 1775-2012
Fig. 47b. Extreme values of average air temperature in Vienna in Spring in the 1775-2012 years.

LATO (VI-VIII)

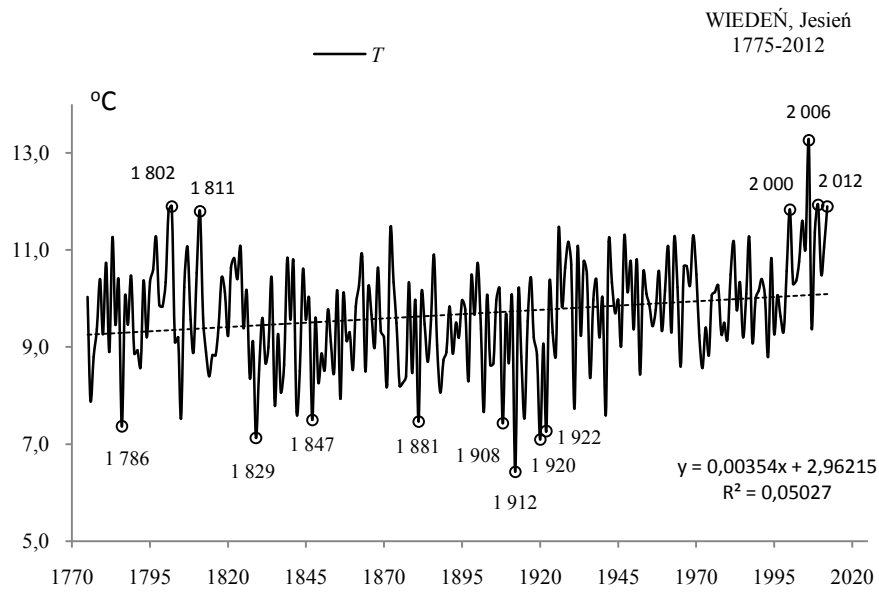


Rys. 48a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w lecie w latach 1775-2012
Fig. 48a. Changes of air temperature in Vienna in summer in the 1775-2012 years

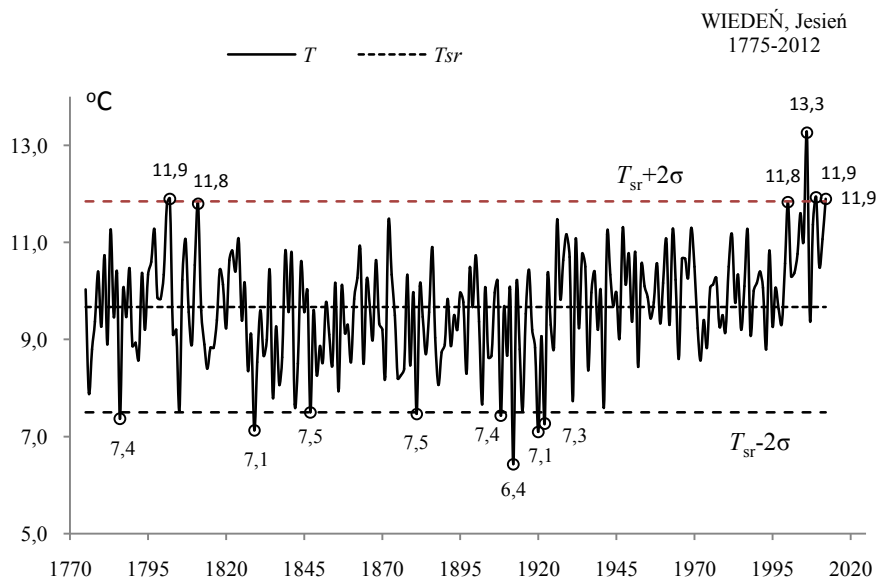


Rys. 48b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w lecie w latach 1775-2012
Fig. 48b. Extreme values of average air temperature in Vienna in Summer in the 1775-2012 years.

JESIEŃ (IX-XI)

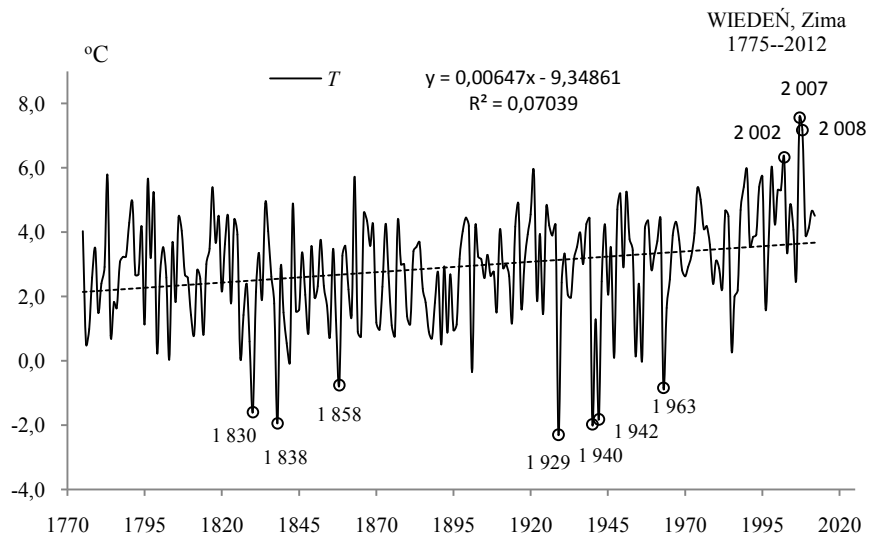


Rys. 49a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu jesienią w latach 1775-2012
Fig. 49a. Changes of air temperature in Vienna in Autumn in the 1775-2012 years

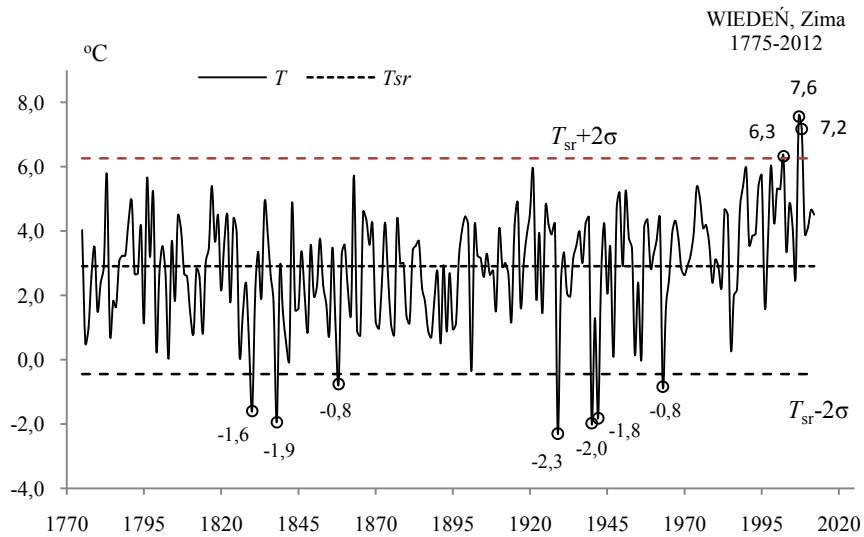


Rys. 49b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu jesienią w latach 1775-2012
Fig. 49b. Extreme values of average air temperature in Vienna in Autumn in the 1775-2012 years

ZIMA (XII-II)

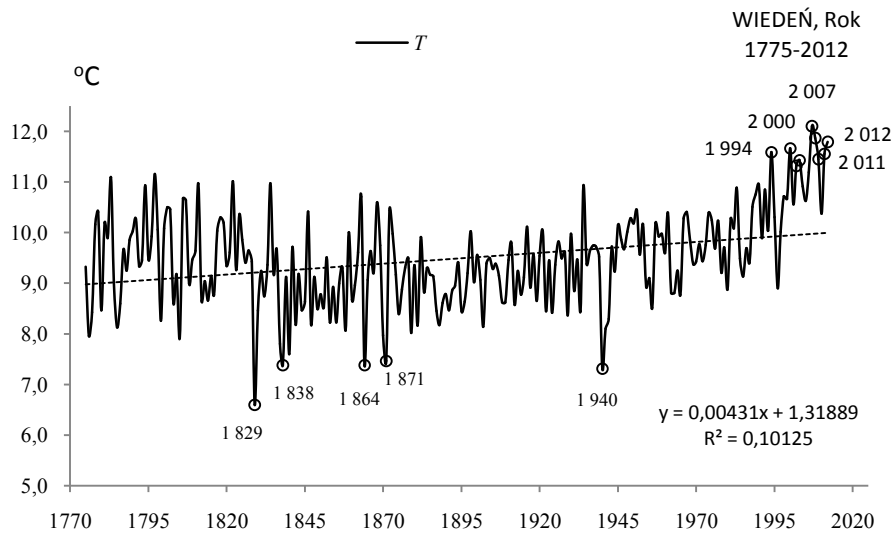


Rys. 50a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w zimie w latach 1775-2012
Fig. 50a. Changes of air temperature in Vienna in Winter in the 1775-2012 years

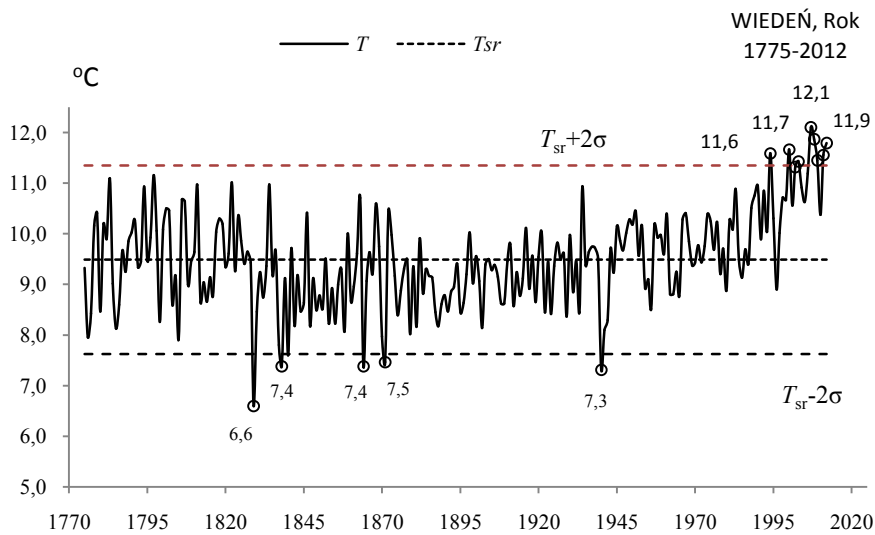


Rys. 50b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w zimie w latach 1775-2012
Fig. 50b. Extreme values of average air temperature in Vienna in Winter in the 1775-2012 years.

ROK (I-XII)



Rys. 51a. Zmiany temperatury powietrza w Wiedniu w roku w latach 1775-2012
Fig. 51a. Changes of air temperature in Vienna in year in the 1775-2012 years



Rys. 51b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Wiedniu w roku w latach 1775-2012
Fig. 51b. Extreme values of average air temperature in Vienna in year in the 1775-2012 years.

4.4. Ekstrema temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-2012

Ekstrema temperatury powietrza (największe ochłodzenia i ocieplenia) w Rzymie określono na podstawie wyników pomiarów w latach 1811-2012 (tab. 4, tab. 4a, rys 52a-68a, rys. 52b-68b)

Tabela 4. Średnie arytmetyczne (T_{sr}) i odchylenia standardowe (σ) temperatury powietrza w Rzymie w latach 1811-2012

Table 4. Arithmetic means (T_{sr}) and standard deviations (σ) of the air temperature in Rome in years 1811-2012

	T_{sr} °C	σ	$T_{sr}-2\sigma$	$T_{sr}+2\sigma$
I	7,220	1,51963	4,18116	10,25967
II	8,260	1,49291	5,27439	11,24603
III	10,556	1,22061	8,11479	12,99725
IV	13,684	1,07585	11,53260	15,83599
V	17,857	1,29770	15,26160	20,45240
VI	21,802	1,24973	19,30211	24,30103
VII	24,527	1,16340	22,20043	26,85403
VIII	24,342	1,13102	22,08038	26,60444
IX	21,023	1,24202	18,53900	23,50707
X	16,694	1,24226	14,20920	19,17823
XI	11,850	1,39846	9,05334	14,64718
XII	8,425	1,44570	5,53360	11,31640
III-V	14,022	0,81665	12,38877	15,65538
VI-VIII	23,551	0,94173	21,66723	25,43416
IX-XI	16,521	0,90732	14,70648	18,33575
XII-II	7,966	1,00445	5,95707	9,97486
I-XII	15,520	0,52114	14,47771	16,56229

Tabela 4a. Najchłodniejsze (t_{inf} , T_{inf}) i najcieplejsze (t_{sup} , T_{sup}) zimy, lata i rok Rzymie (1811-2012)

Table 4a. The frosty (t_{inf} , T_{inf}) and hot (t_{sup} , T_{sup}) winters, summers, and years in Rome (1811-2012)

Zima				Lato				Rok			
t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}	t_{inf}	T_{inf}	t_{sup}	T_{sup}
1929	5,20	1955	9,97	1953	20,75	1945	25,57	1850	13,97	1820	16,56
1858	5,47	1979	10,07	1825	21,70	1950	25,73	1851	14,01	1811	16,57
1880	5,47	1988	10,17			1947	25,87			2011	16,58
1942	5,70	1977	10,60			1928	25,90			1841	16,68
1901	5,87					2012	25,97			1982	16,68
1891	5,97					1822	26,63			2003	16,70
1905	5,97					2003	26,90			1822	17,20
										1820	16,56

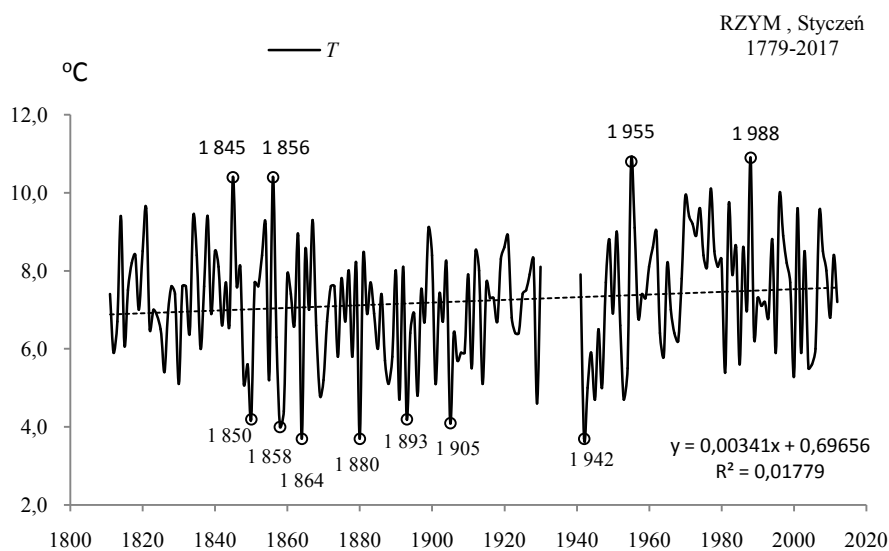
W Rzymie bardzo mroźne zimy (BMZ) o temperaturze $T_{inf} \leq 5,96$ °C wystąpiły w latach

1929 1858 1880 1942 1901 1891 1905
5,20 5,47 5,47 5,70 5,87 5,97 5,97

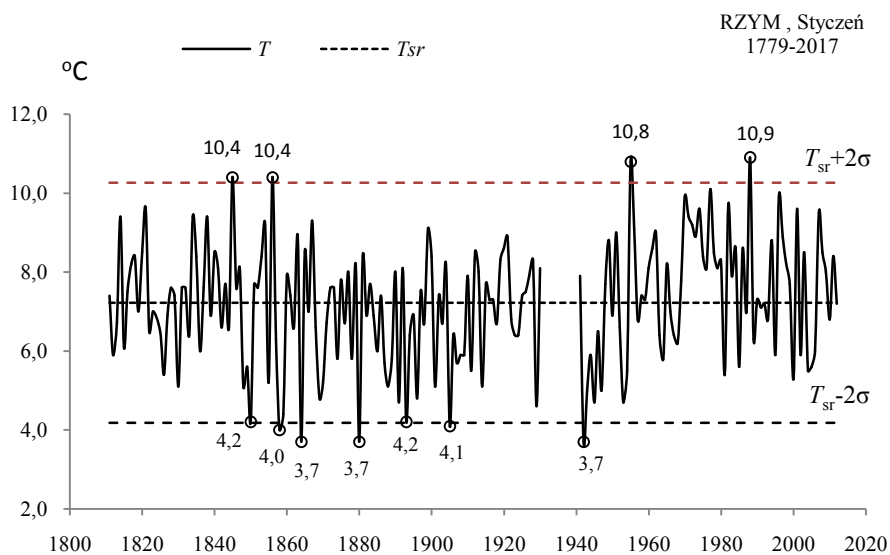
a bardzo gorące lata (BGL) o temperaturze $T_{sup} \geq 25,43$ °C – w latach

1945 1950 1947 1928 2012 1822 2003
25,57 25,73 25,87 25,90 25,97 26,63 26,90

STYCZEŃ (I)

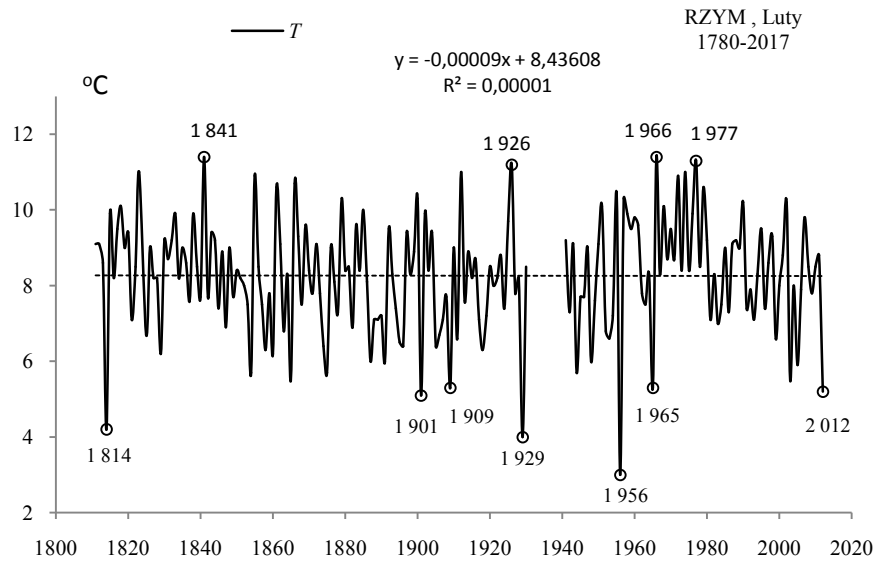


Rys. 52a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w styczniu w latach 1811-2012
Fig. 52a. Changes of air temperature in Rome in January in the 1811-2012 years

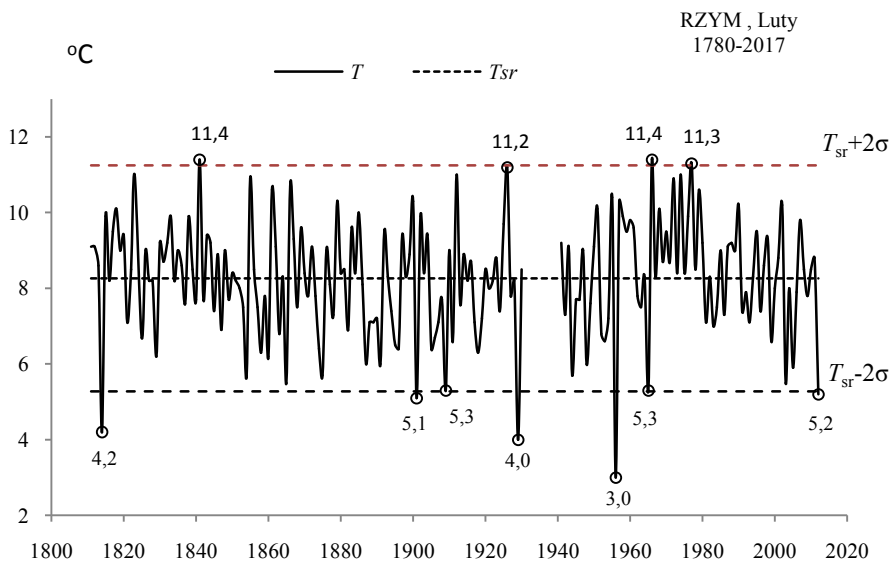


Rys. 52b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w styczniu w latach 1811-2012
Fig. 52b. Extreme values of average air temperature in Rome in January in the 1811-2012 years

LUTY (II)

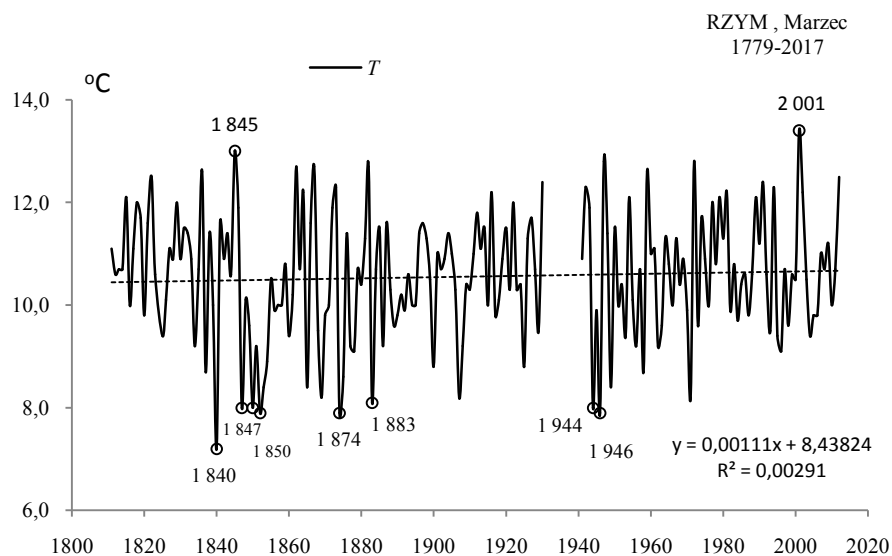


Rys. 53a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w lutym w latach 1811-2012
Fig. 53a. Changes of air temperature in Rome in February in the 1811-2012 years

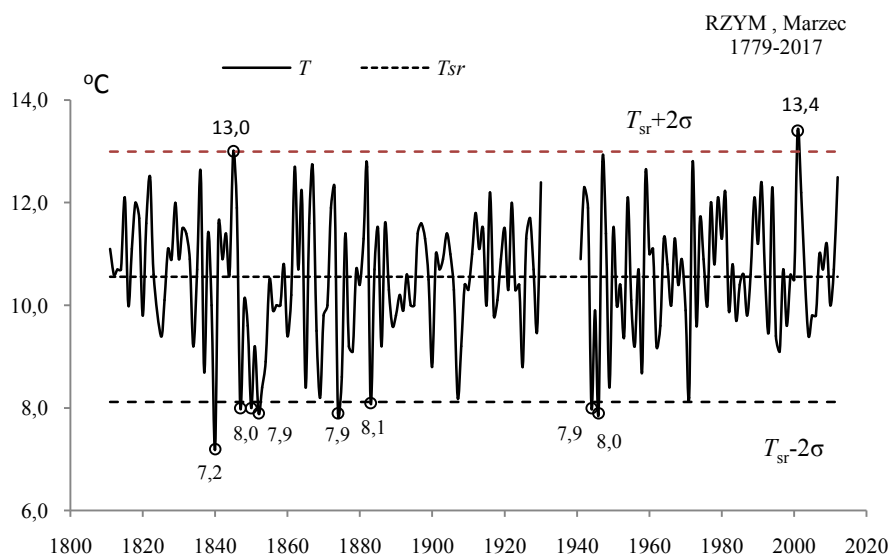


Rys. 53b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w lutym w latach 1811-2012
Fig. 53b. Extreme values of average air temperature in Rome in February in the 1811-2012 years

MARZEC (III)

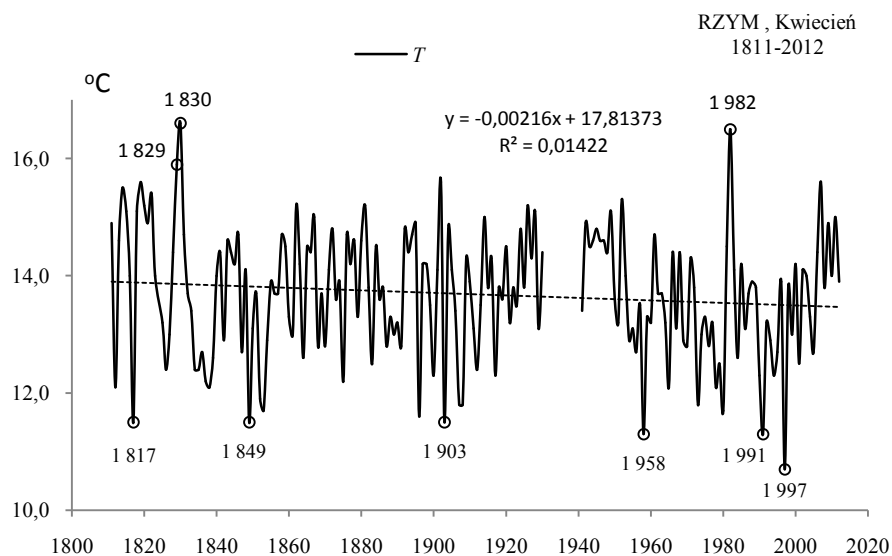


Rys. 54a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w marcu w latach 1811-2012
Fig. 54a. Changes of air temperature in Rome in March in the 1811-2012 years

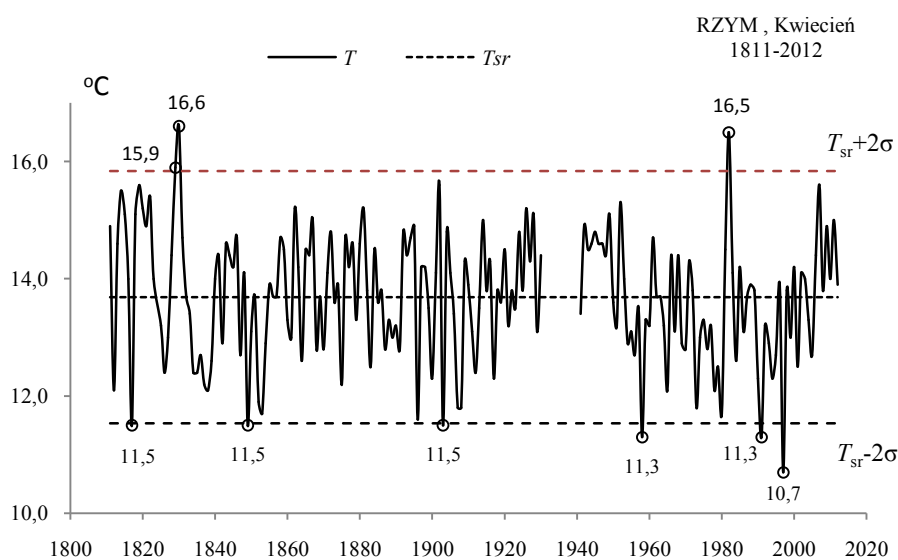


Rys. 54b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w marcu w latach 1811-2012
Fig. 54b. Extreme values of average air temperature in Rome in March in the 1811-2012 years

KWIECIEŃ (IV)

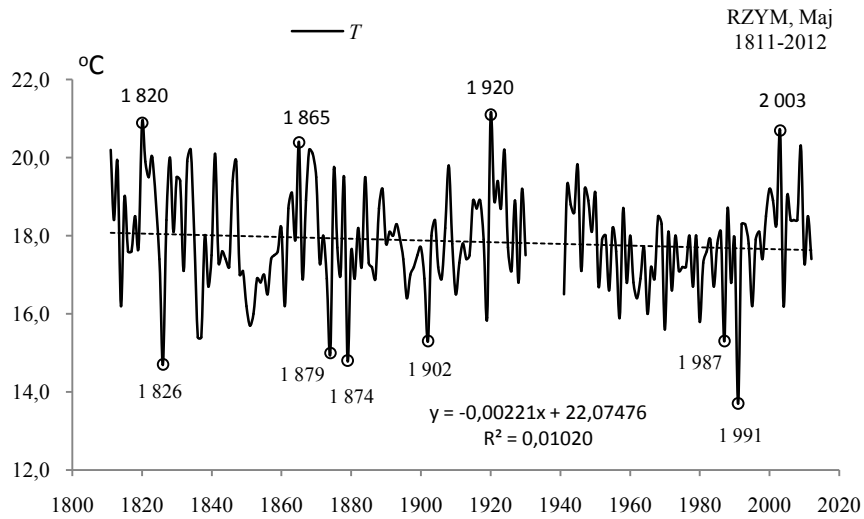


Rys. 55a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w kwietniu w latach 1811-2012
Fig. 55a. Changes of air temperature in Rome in April in the 1811-2012 years

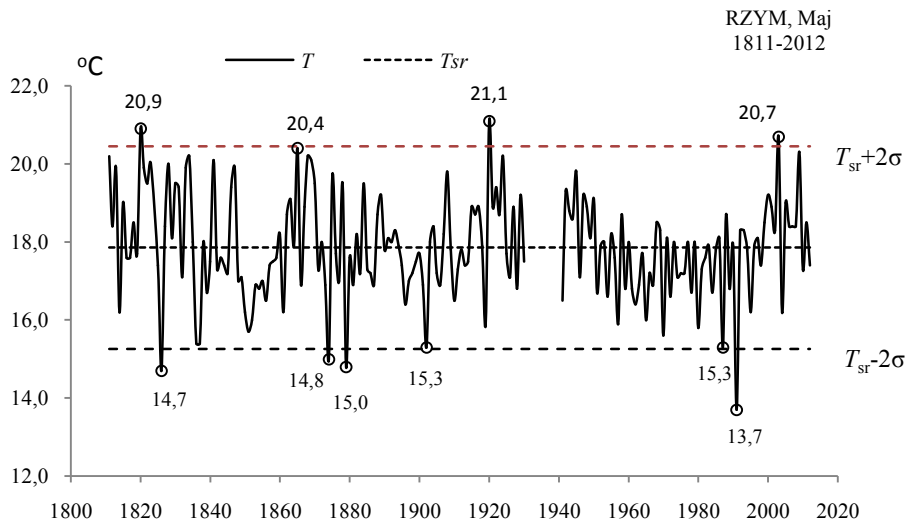


Rys. 55b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w kwietniu w latach 1811-2012
Fig. 55b. Extreme values of average air temperature in Rome in April in the 1811-2012 years

MAJ (V)

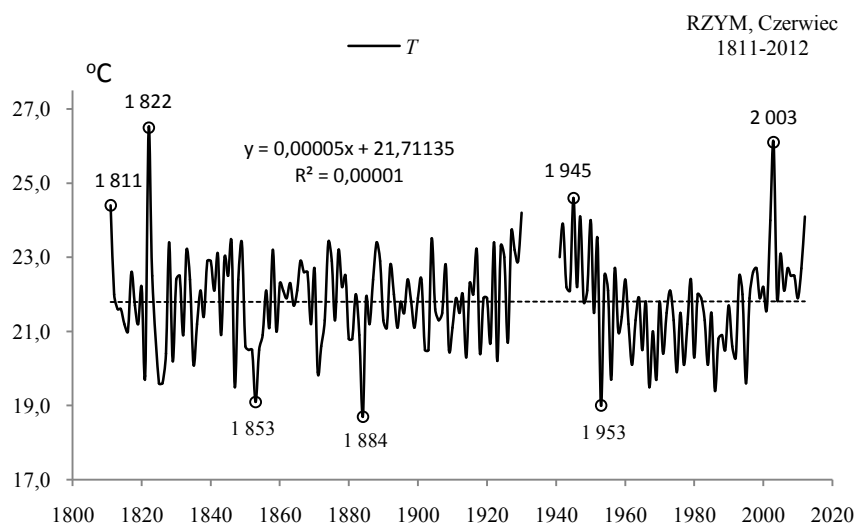


Rys. 56a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w maju w latach 1811-2012
Fig. 56a. Changes of air temperature in Rome in May in the 1811-2012 years

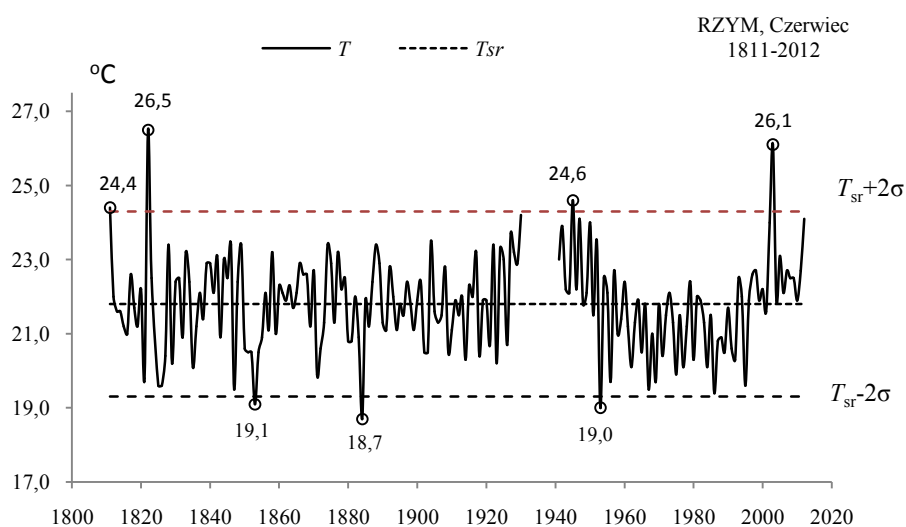


Rys. 56b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w maju w latach 1811-2012
Fig. 56b. Extreme values of average air temperature in Rome in May in the 1811-2012 years

CZERWIEC (VI)

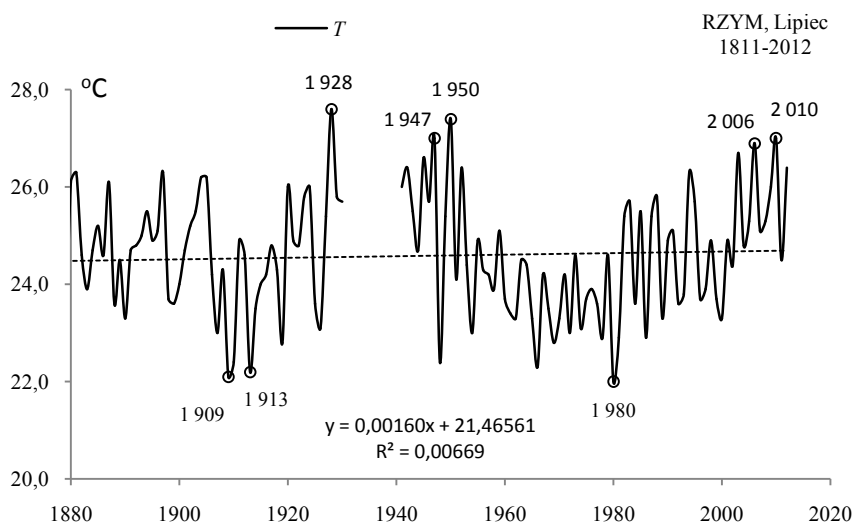


Rys. 57a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w czerwcu w latach 1811-2012
Fig. 57a. Changes of air temperature in Rome in June in the 1811-2012 years



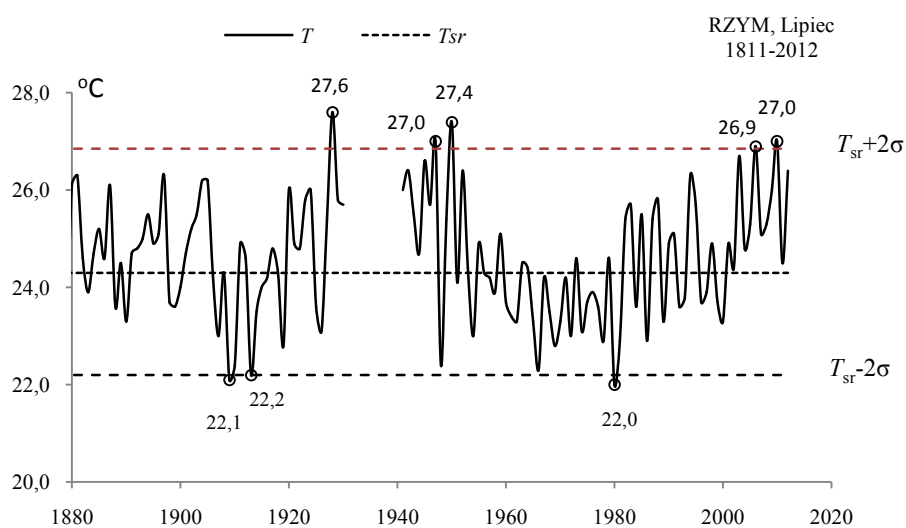
Rys. 57b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w czerwcu w latach 1811-2012
Fig. 57b. Extreme values of average air temperature in Rome in June in the 1811-2012 years

LIPIEC (VII)



Rys. 58a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w lipcu w latach 1811-2012

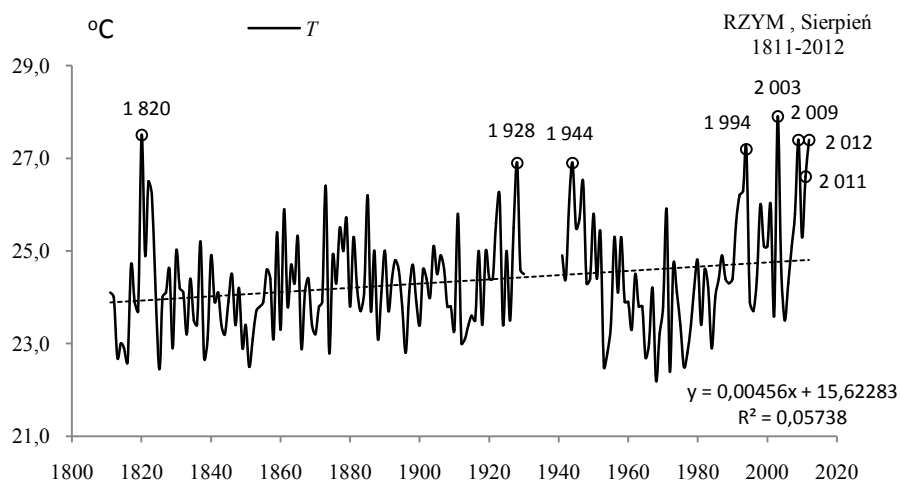
Fig. 58a. Changes of air temperature in Rome in July in the 1811-2012 years



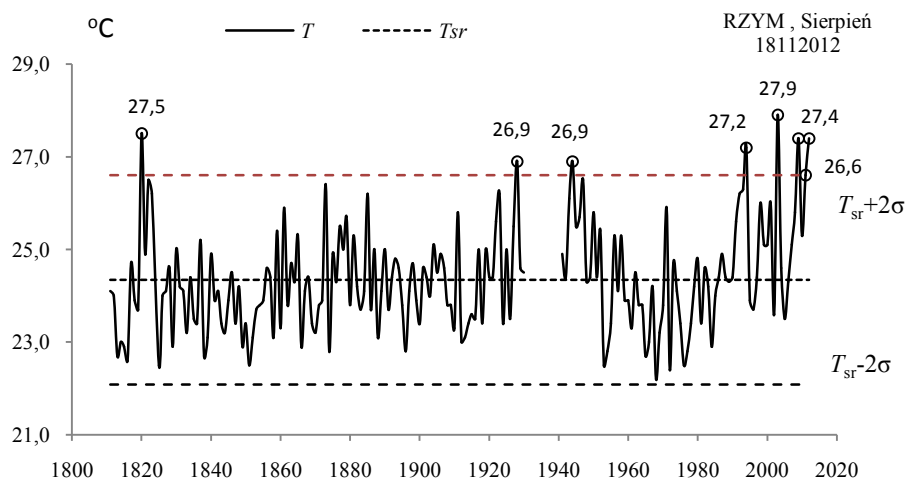
Rys. 58b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w lipcu w latach 1811-2012

Fig. 58b. Extreme values of average air temperature in Rome in July in the 1811-2012 years

SIERPIEŃ (VIII)

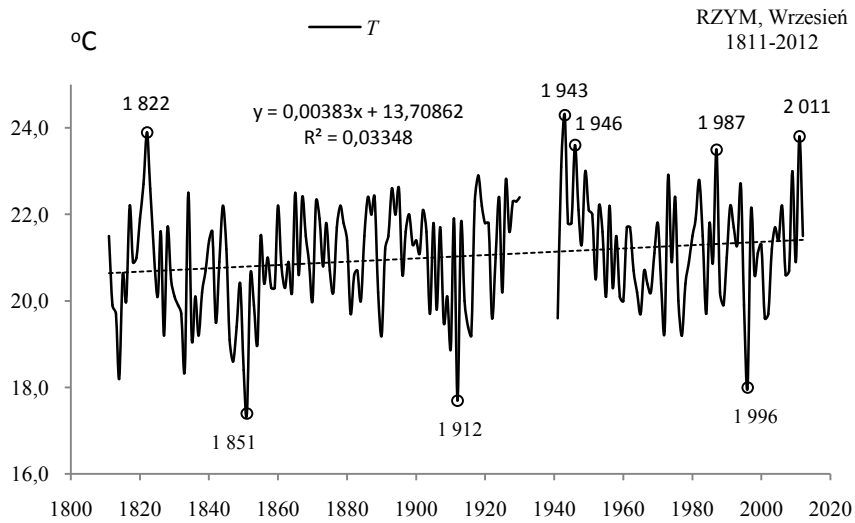


Rys. 59a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w sierpniu w latach 1811-2012
Fig. 59a. Changes of air temperature in Rome in August in the 1811-2012 years

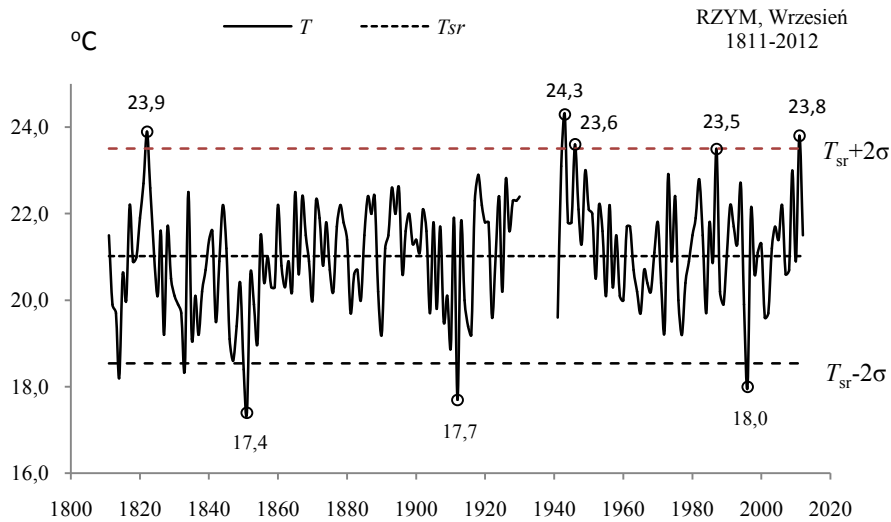


Rys. 59b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w sierpniu w latach 1811-2012
Fig. 59b. Extreme values of average air temperature in Rome in August in the 1811-2012 years

WRZESIEŃ (IX)

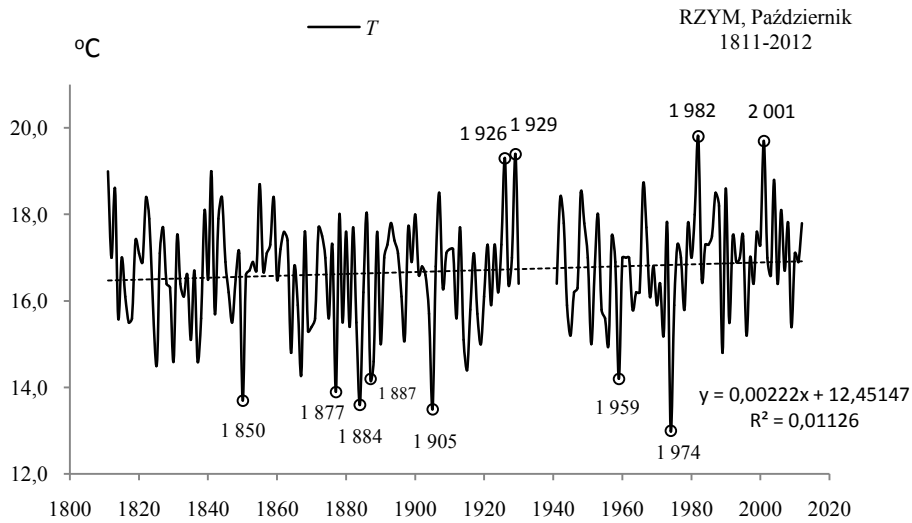


Rys. 60a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie we wrześniu w latach 1811-2012
Fig. 60a. Changes of air temperature in Rome in September in the 1811-2012 years

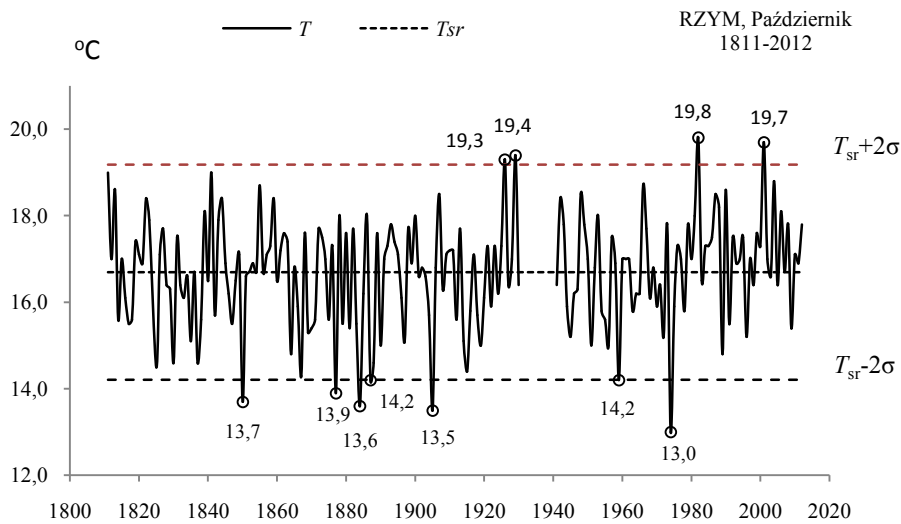


Rys. 60b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie we wrześniu w latach 1811-2012
Fig. 60b. Extreme values of average air temperature in Rome in September in the 1811-2012 years

PAŹDZIERNIK (X)

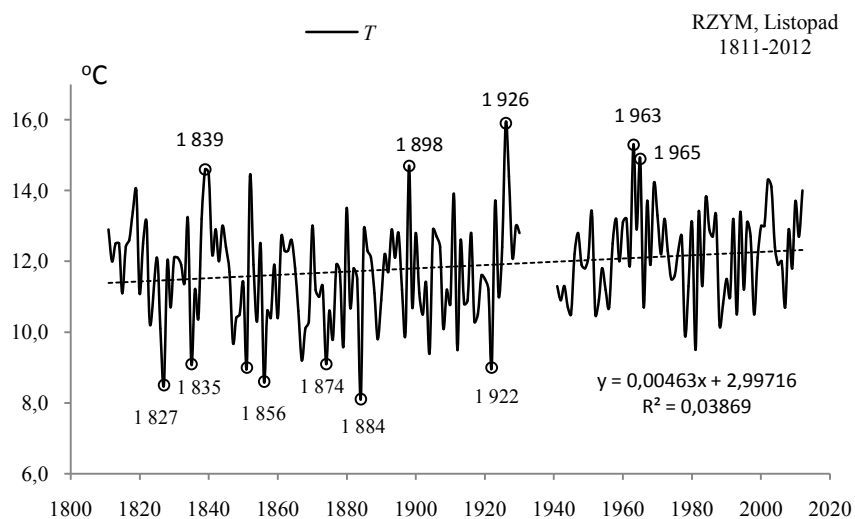


Rys. 61a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w październiku w latach 1811-2012
Fig. 61a. Changes of air temperature in Rome in October in the 1811-2012 years

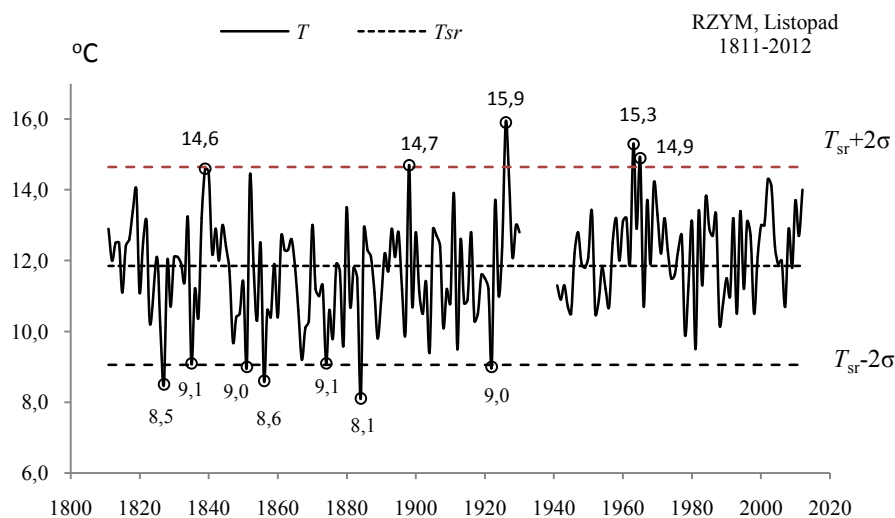


Rys. 61b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w październiku w latach 1811-2012
Fig. 61b. Extreme values of average air temperature in Rome in October in the 1811-2012 years

LISTOPAD (XI)

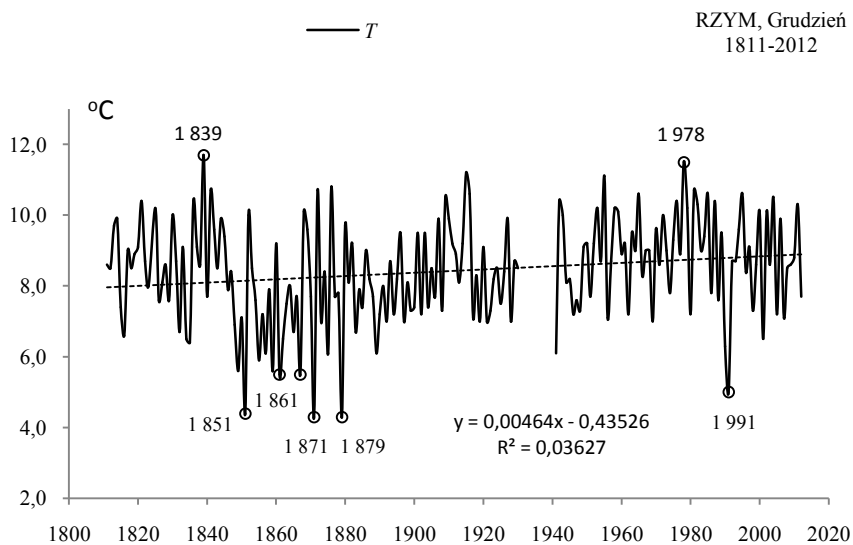


Rys. 62a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w listopadzie w latach 1811-2012
Fig. 62a. Changes of air temperature in Rome in November in the 1811-2012 years



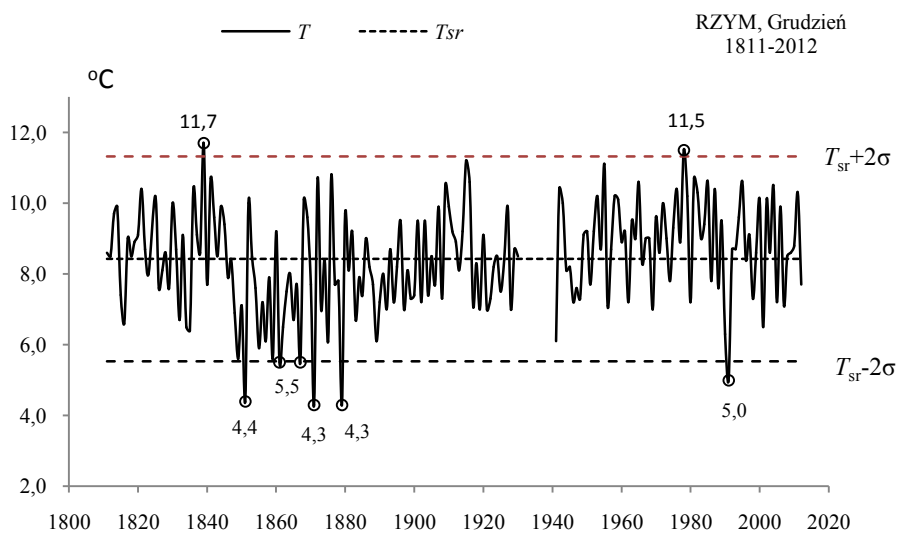
Rys. 62b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w listopadzie w latach 1811-2012
Fig. 62b. Extreme values of average air temperature in Rome in November in the 1811-2012 years

GRUDZIEŃ (XII)



Rys. 63a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w grudniu w latach 1811-2012

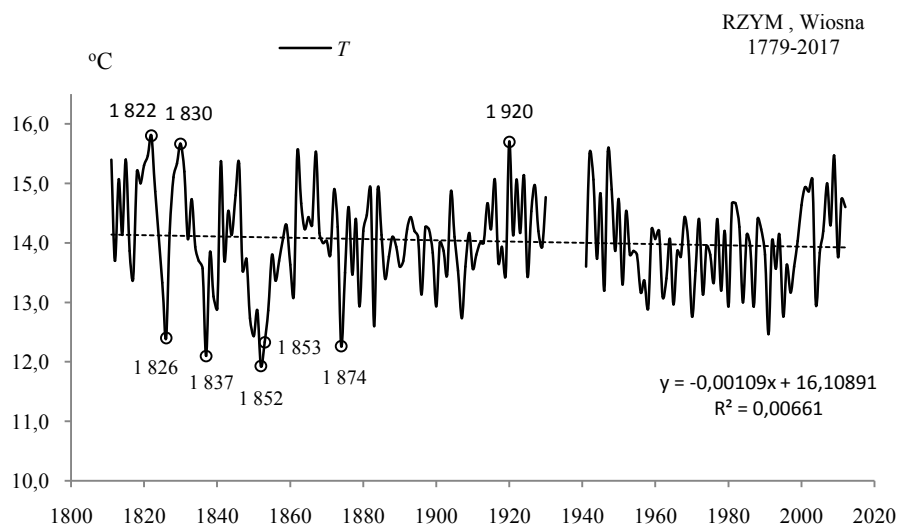
Fig. 63a. Changes of air temperature in Rome in December in the 1811-2012 years



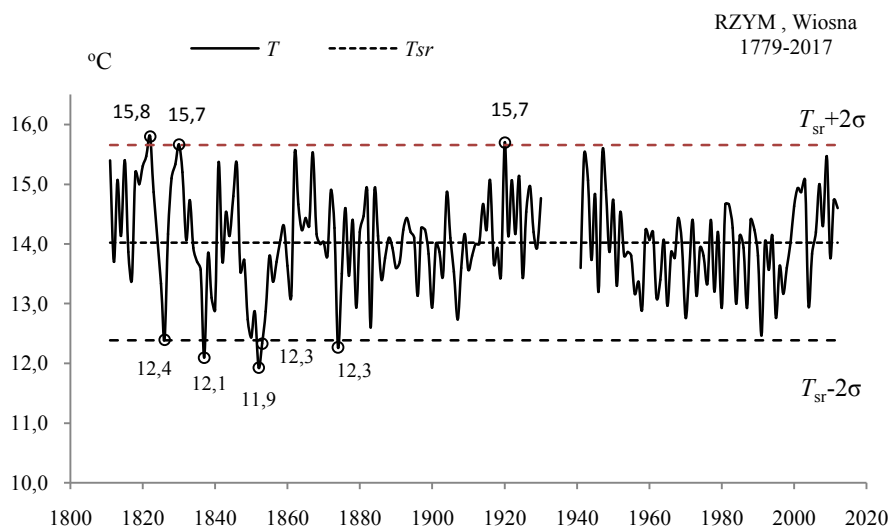
Rys. 63b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w grudniu w latach 1811-2012

Fig. 63b. Extreme values of average air temperature in Rome in December in the 1811-2012 years.

WIOSNA (III-V)

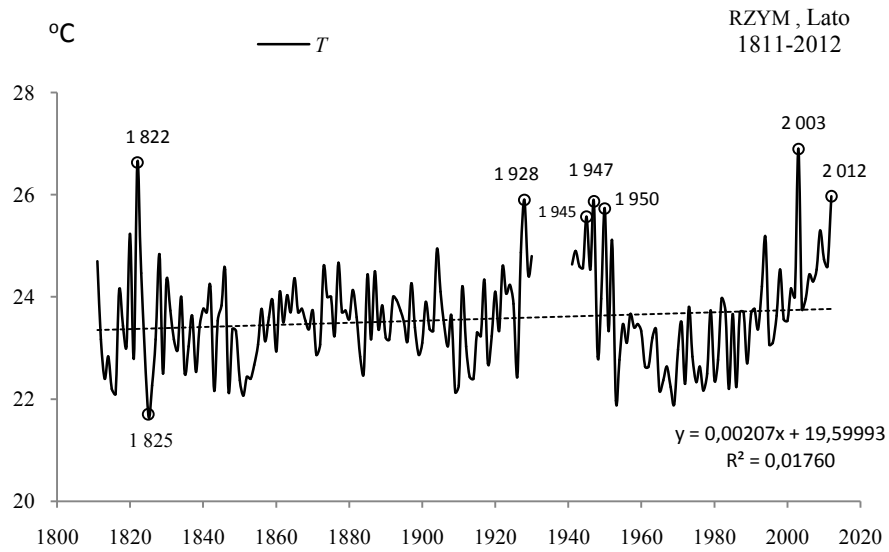


Rys. 64a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie wiosną w latach 1811-2012
Fig. 64a. Changes of air temperature in Rome in spring in the 1811-2012 years

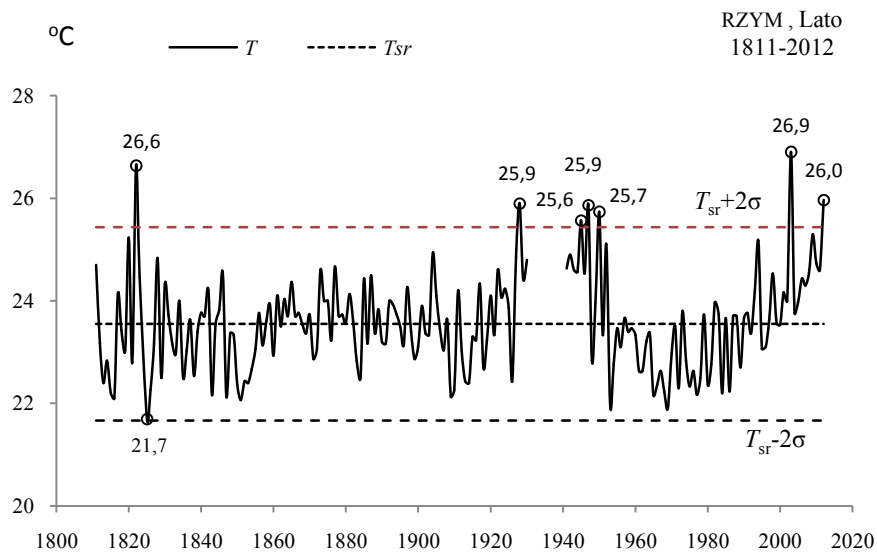


Rys. 64b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie wiosną w latach 1811-2012
Fig. 64b. Extreme values of average air temperature in Rome in Spring in the 1811-2012 years.

LATO (VI-VIII)

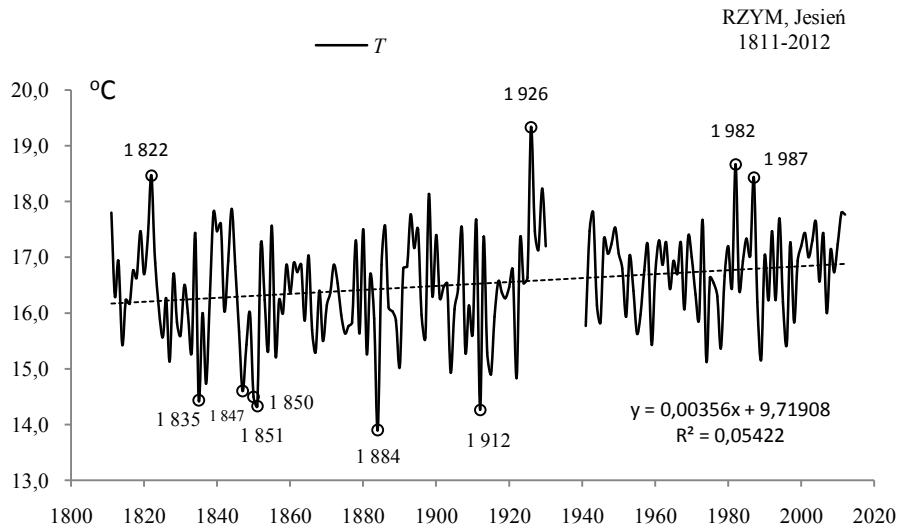


Rys. 65a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w lecie w latach 1811-2012
Fig. 65a. Changes of air temperature in Rome in summer in the 1811-2012 years

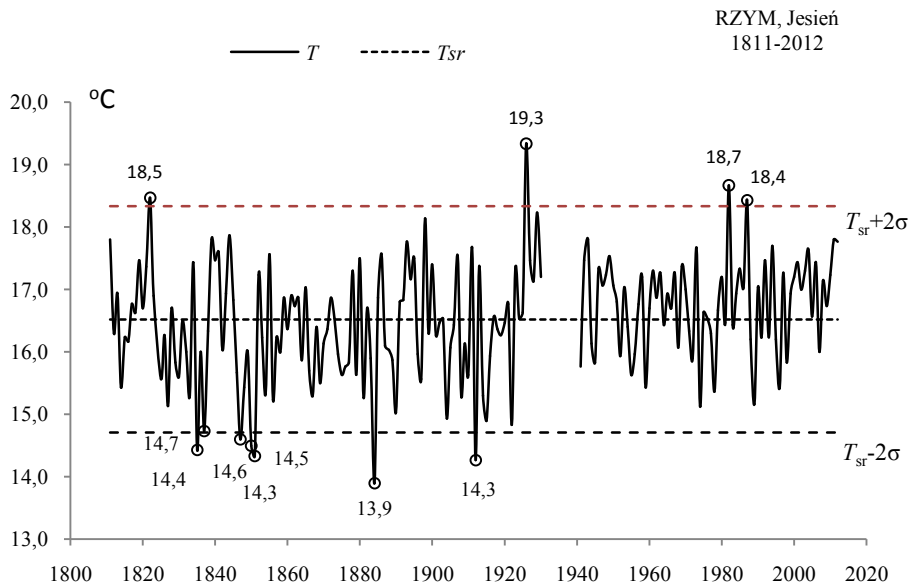


Rys. 65b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w lecie w latach 1811-2012
Fig. 65b. Extreme values of average air temperature in Rome in Summer in the 1811-2012 years.

JESIEŃ (IX-XI)

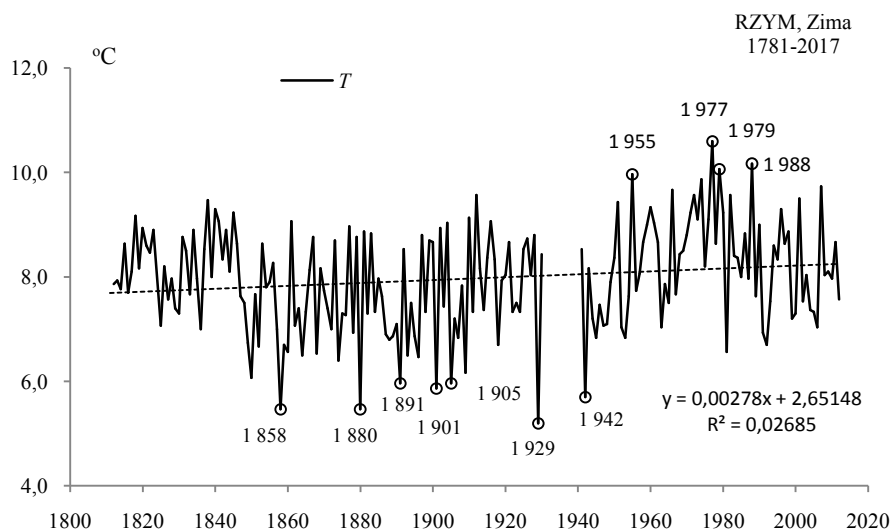


Rys. 66a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie jesienią w latach 1811-2012
Fig. 66a. Changes of air temperature in Rome in Autumn in the 1811-2012 years

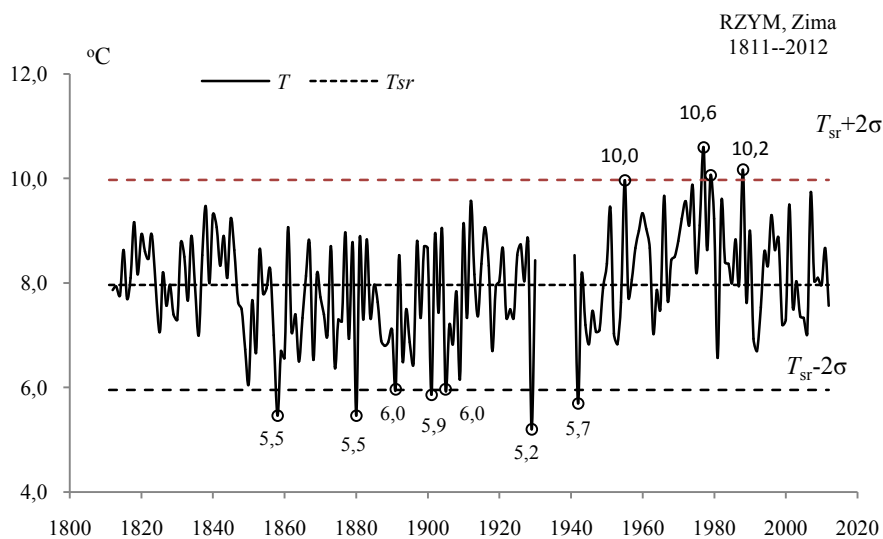


Rys. 66b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie jesienią w latach 1811-2012
Fig. 66b. Extreme values of average air temperature in Rome in Autumn in the 1811-2012 years.

ZIMA (XII-II)

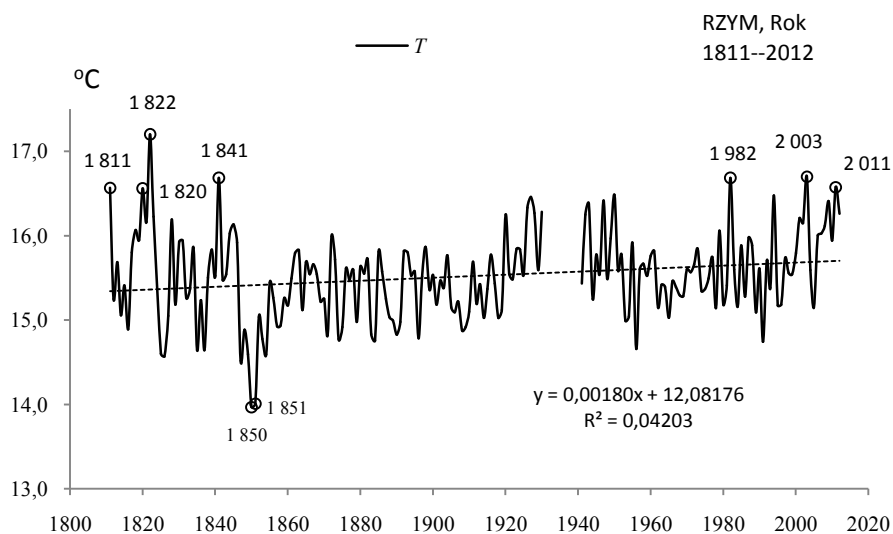


Rys. 67a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w zimie w latach 1811-2012
Fig. 67a. Changes of air temperature in Rome in Winter in the 1811-2012 years

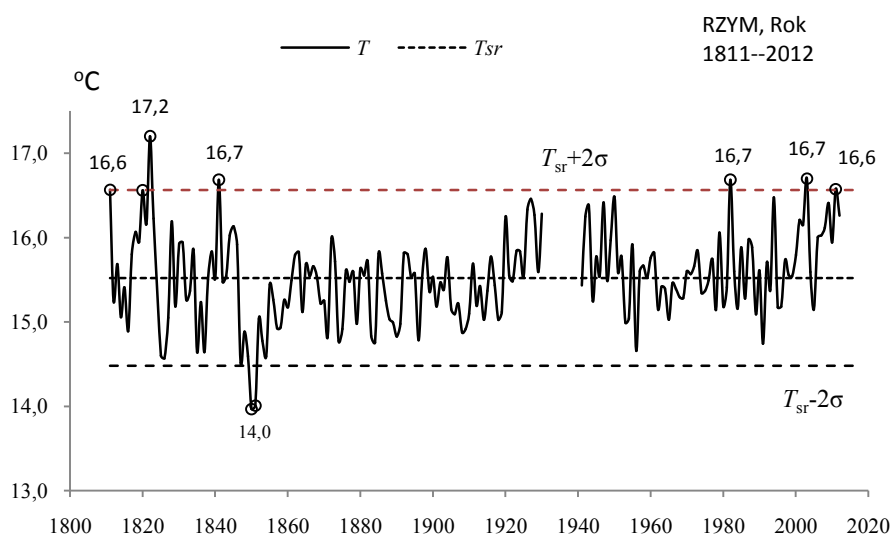


Rys. 67b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w zimie w latach 1811-2012
Fig. 67b. Extreme values of average air temperature in Rome in Winter in the 1811-2012 years.

ROK (I-XII)



Rys. 68a. Zmiany temperatury powietrza w Rzymie w roku w latach 1811-2012
Fig. 68a. Changes of air temperature in Rome in year in the 1811-2012 years



Rys. 68b. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Rzymie w roku w latach 1811-2012
Fig. 68b. Extreme values of average air temperature in Rome in year in the 1811-2012 years.

V. ANOMALIE KLIMATU EUROPY W OSTATNIM TYSIĄCLECIU X-XX WEDŁUG DANYCH DENDROLOGICZNYCH

5.1. Zarys badań dendroklimatycznych

Jedną z możliwości wykorzystania „zapisów” warunków klimatycznych jest analiza słoju przyrostu rocznego drzew.

Rozmiary i właściwości przyrostu rocznego drzew zależą przede wszystkim od warunków klimatycznych. Szerokość słoja pozwala na „odczytanie” informacji o warunkach środowiskowych, jakie występowały w czasie życia danego drzewa od momentu wykiełkowania aż do obumarcia. Należy jednak mieć na uwadze, że różne gatunki reagują na zmienne warunki środowiskowe w różny sposób. Również przyrosty drewna poszczególnych drzew w obrębie jednego gatunku może się znacznie różnić (Briffa 2000).

Pierwsze badania w zakresie relacji rocznych przyrostów drzew z klimatem podjął A.E. Douglass (1941, 1944), który poszukiwał zależności warunków klimatycznych od liczb Wolfa (od aktywności Słońca). Brak danych pomiarowych chciał zastąpić wynikami pomiarów szerokości słoju drzew. Od tego czasu opracowano szczegółową metodykę badań oraz przeprowadzono wiele analiz pozwalających ustalić związki między przyrostami drewna, a temperaturą powietrza i opadami atmosferycznymi, dla jak największej liczby gatunków (Fritts 1976, Zielski, Krapiec 2004).

Poznanie związków przyrost → klimat umożliwia próbę rekonstrukcji warunków środowiska w okresie przed pomiarami instrumentalnymi. Aby jednak było to możliwe konieczna jest utworzenie możliwie najdłuższych ciągów przyrostów – chronologii szerokości słoju rocznych. Najdłuższa europejska sekwencja przyrostowa liczy 10 430 lat i prezentuje sięgające 8480 r. p.n.e. przyrosty dębów z południowych Niemiec. Najdłuższe polskie chronologie to zestawione przez M. Krapca ciągi przyrostowe dębu z Wielkopolski (449-1994), Dolnego Śląska (780-1994) i Małopolski (910-1997) oraz dąb z Pomorza Gdańskiego, obejmująca okres 996-1985 autorstwa T. Ważnego. Równie długie chronologie utworzono także i dla innych gatunków drzewiastych w Polsce. A. Zielski (2004) opracował ciąg przyrostów sosny z terenów położonych nad dolną Wisłą obejmujący lata 1106-1994. Zbliżony zasięg czasowy prezentuje utworzona przez E. Szychowską-Krapiec (2000) chronologia jodły z południowej Polski. Krótsze są natomiast chronologie świerkowe, które utworzono dla Beskidu Żywieckiego (1641-1995, E. Szychowska Krapiec) i Babiogórskiego Parku Narodowego (1650-1993, Z. Bednarz).

Jak do tej pory nie przeprowadzono szerszej rekonstrukcji klimatu Polski w oparciu o dane dendrologiczne. Jedyne podjęte próby to prace dotyczące Babiogórskiego Parku Narodowego (Bednarz 1996) i Polski północnej (Przybylak i inni 2001). Dotychczas opracowano już rekonstrukcje klimatu obejmujące ostatnie dwa tysiące lat. Nie dotyczą one jednak klimatu w ciągu całego roku, lecz najczęściej tzw. „miesiące letnich”, dla których wcześniejsze badania ustaliły statystycznie istotne powiązanie przyrostów drewna z warunkami klimatycznymi.

5.2. Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych

Na szczególną uwagę zasługują anomalie temperatury powietrza w Europie. Informacji o występowaniu bardzo mroźnych zim i upalnych lat, a w szczególności na ziemiach polskich dostarczają źródła historyczne. Dużo wiadomości na ten temat zawiera publikacja:

– Girguś R., Strupczewski W., 1965, *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*, (red. A. Rojecki), Wyd. K i Ł Warszawa

Oto przykłady opisów dotyczących ostrych zim:

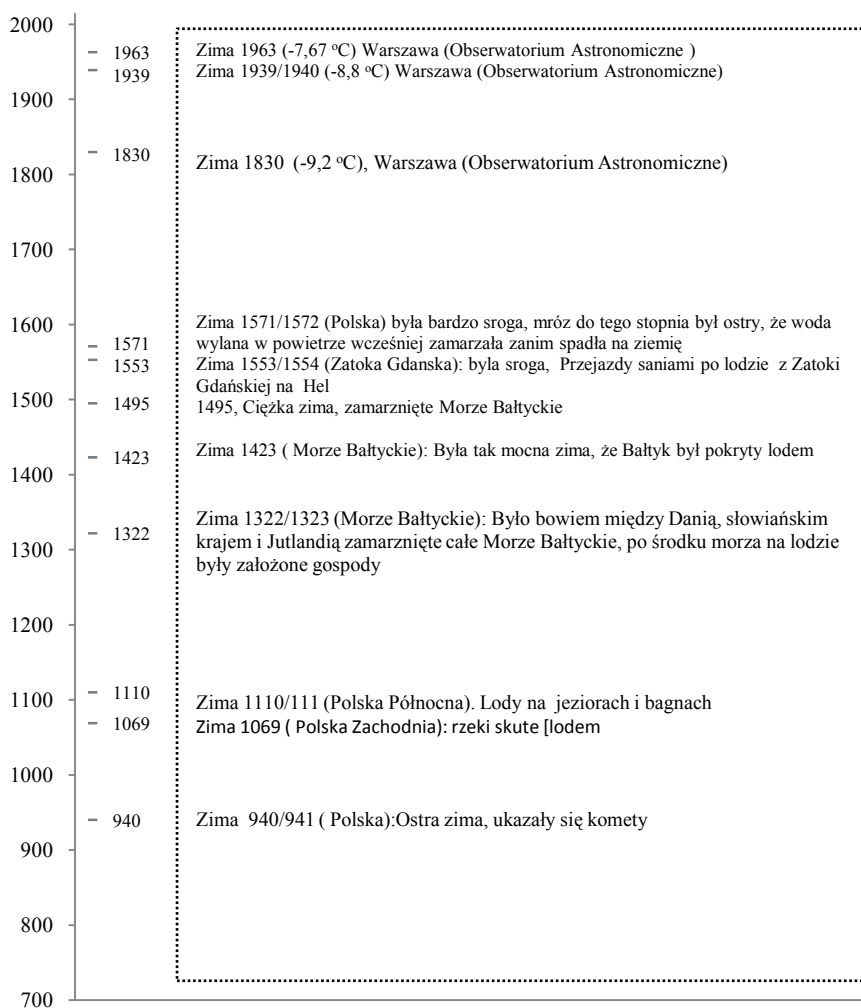
- **ZIMA 940/941** (Polska): Ostra zima, ukazały się komety.
 - **ZIMA 1069** (Polska Zachodnia): Ponieważ rzeki przez duże zimna były skute [lodem], wtargnął cesarz Henryk do ziemi Łużyczan.
 - **ZIMA 1110/1111** (Polska Północna): Niestrudzony Bolesław także zimową porą nie odpoczął beczynny w spokoju, lecz wkroczył do Prus, krainy północnej, skutej lodami. Tam bowiem wkraczając wykorzystał lody na jeziorach i bagnach, które posłużyły mu za most[y], gdyż nie prowadzi[ł] żaden inny dostęp do owej krainy, jak tylko przez jeziora i bagna.
 - **ZIMA 1322/1323** (Morze Bałtyckie): Było bowiem między Danią, słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone całe Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, spławiali niektóre okolice Danii, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych.
 - **ZIMA 1423** (Morze Bałtyckie): Była tak mocna zima, że Bałtyk był pokryty lodem, że można było konno saniami wozić towary z Gdańska do Lubeki, a również z Pomorza do Danii.
 - **ZIMA 1431/1432** (Wisła Dolna): Także Wisła była wtedy pokryta bardzo mocnym lodem i stała od dnia świętej Katarzyny [25 listopada] aż do dnia świętego Jerzego [23 kwietnia].
 - **ZIMA 1455** (Zatoka Gdańska): Tak [był] twardy, że można było do Niedzieli Palmowej [21 marca] jeździć po lodzie z Helu do Gdańska.
 - **Rok 1493** (Polska): W tym roku zima w styczniu i lutym była tak łagodna, że drzewa w sadach zakwitły, trawa była duża, ptaki wily gniazda, lecz w marcu mróz wszystko zniszczył.
 - **ZIMA 1495** (Zatoka Gdańska): Również tego roku była ciężka zima, tak że lód leżał aż do wieczora zapustnego, że można było jechać wprost z wału ochronnego z załadowanymi saniami prosto na Hel i na Redę i z powrotem, i nikt nie wiedział, jak daleko morze było zamrożone.
 - **ZIMA 1496/1497** (Śląsk, Odra): Była najcięższa zima ze wszystkich minionych lat, jaką ludzie mogli zapamiętać. Zaczęła się na Andrzeja [30 XI 1469] i trwała bezustannie aż do Tyburcjusza [14 IV 1470]. Odra w bardzo wielu miejscach była zamrożona aż do dnia; wiele ryb w stawach
 - **ZIMA 1553/1534** (Zatoka Gdańska): Zima była tak sroga, że można było jechać saniami po lodzie aż na Hel, i trwała aż do niedzieli Palmowej [18 marca]. Potem lód spłynął bez szkód.
 - **ZIMA 1556/1557** (Polska): W końcu tego roku i na początku następnego zima była bardzo trwała; śniegi i wielkie mrozy trwały prawie od świętej Jadwigi [15 października] bez przerwy aż do Zwiastowania NMP [25 marca]. W roku 1557 przez prawie cały marzec aż do końca zalegały lody
 - **ZIMA 1571/1572** (Polska): W tym roku była, jak podaje M. S. Codex Conventualis, bardzo sroga zima, bowiem od października aż do Wielkanocy bez przerwy trwała, a mróz do tego stopnia był ostry, że woda wylana w powietrze wcześniej zamrażała zanim spadła na ziemię
 - **ZIMA 1572/1573** (Polska): Również w tym roku zima była bardzo ciężka i długa, a mianowicie od Wszystkich Świętych [1 listopada] do św. Walentego [14 lutego] itd., która w ciągu trzech dni ustąpiła wskutek bardzo silnych wiatrów.
- **ZIMA 1939/1940** (-8,8 °C) Warszawa (Obserwatorium Astronomiczne)

– **ZIMA 1963** (-7,67 °C) Warszawa (Observatorium Astronomiczne)

W Europie zdarzały się też upalne i suche lata, np.

- **ROK 1322** (Wisła, Kraków): W tym samym roku tak wielki był upał, że starzy ludzie stwierdzili, iż nigdy za swoich dni na ziemi krakowskiej takiego żaru nie zaznali, a rzeka Wisła wskutek wielkiej suszy tak bardzo zmniejszyła się, że w licznych miejscach stała się łatwa do przechodzenia w bród dla dziesięcio- i dwunastoletnich chłopców.
- **LATO 1540** (Polska): Latem 1540 roku tak potworna była susza, że skały, góry i doliny jakby ogniem były spalone i susza ta utrzymywała się aż do zimy.
- **LATO-JESIEŃ 1590** – Polska Południowo-Zachodnia. Było bardzo gorące suche lato, tak że w kraju rzeki, jak Bóbr, Kwisa, Kaczawa, Widawa, Oława, Ślęza i wiele innych wyschły całkowicie. Odra również była tak płytka, że można było w każdym miejscu przejść ją w bród

Mroźne zimy w Europie w latach 900-2000 według źródeł historycznych i minimów szerokości słojuw najstarszych drzew przedstawiono na rys. 15-16.

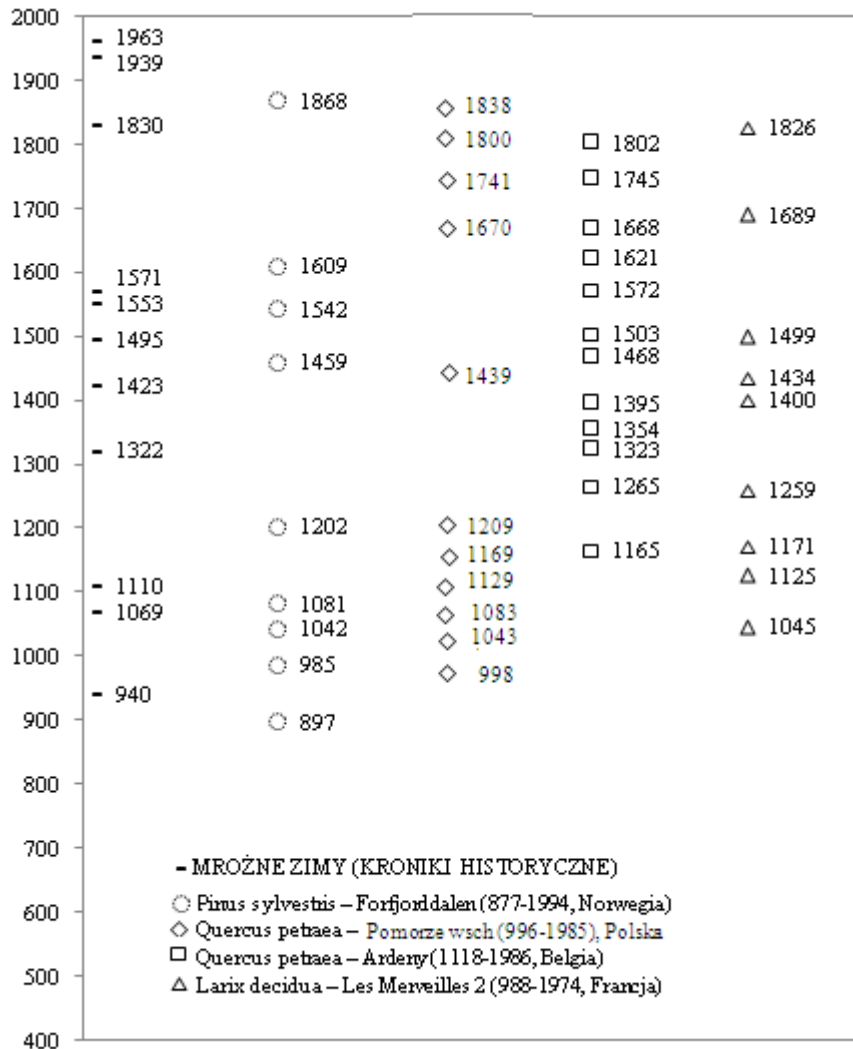


Rys. 1. Mroźne zimy w Europie w latach 900-2000
Fig. 1. The frosty winters in Europe in years 900-2000

Porównano minima lokalne d_{\min} szerokości słoików czterech najstarszych drzew rosnących w Europie z datami mroźnych zim według kronik historycznych (rys. 1):

- sosna Forfjorddalen (877-1994, Norwegia),
- dąb Pomorze wschodnie (996-1985, Polska),
- dąb Ardeny (1118-1986, Belgia),
- modrzew Les Merveilles 2 (988-1974, Francja): (rys. 2).

Niektóre z nich są nieco większe od $d_{\text{sr.}} - 2\sigma$, gdzie $d_{\text{sr.}}$ – średnia wieloletnia, σ – odchylenie standardowe.



Rys. 2. Mroźne zimy w Europie w latach 900-2000 i d_{\min} grubości słoików 4 drzew rosnących w Europie
 Fig. 2. The frosty winters in Europe in years 900-2000, and d_{\min} of tree ring widths of 4 trees growing in Europe

5.3. Ekstrema szerokości słoju drzew rosnących w Europie (VII-XX)

Analizie statystycznej poddano ciągi chronologiczne grubości słoju drzew tj. sosny, świerka, modrzewia, jodły i dębu rosnących w Europie oraz dębów – z obszaru Polski.

Wzięto pod uwagę 30 drzew badanych pod względem okresowości w Atlasie t. XX-XXI (rozdz. IV. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według ciągów dendrologicznych*) (tab.1). Ponadto badano szerokości słoju 14 dębów rosnących w Polsce (rozdz. V. *Zmiany klimatu Polski w ostatnich stuleciach według rocznych przyrostów dębów*) (tab.2):

- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak Sz., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, t. XX-XXI, Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, (red. M. Stopa-Boryczka), Wyd. UW, Warszawa, ss. 266.

Za wyróżniający się pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoja danego drzewa (d_{inf}) różni się od średniej wszystkich jego słoju (d_{sr}) (średniej wieloletniej) co najmniej o dwa odchylenia standardowe (σ).

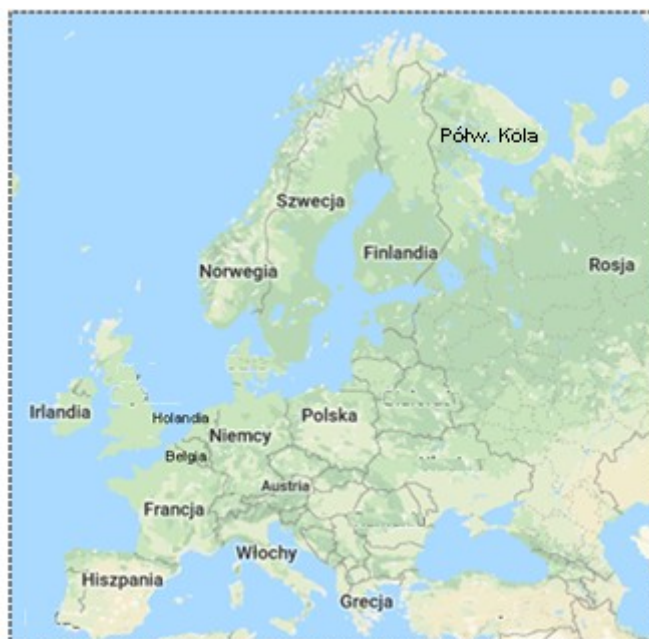
$$d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma - \text{bardzo zimny (BZ)},$$

$$d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma - \text{bardzo ciepły (BC)},$$

gdzie:

$$d_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad \sigma = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_{sr})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Podano też ekstrema grubości słoju drzew: minimum (t_{min}, d_{min}) – rok wyjątkowo zimny (WZ) i maksimum (t_{max}, d_{max}). – wyjątkowo ciepły (WC)

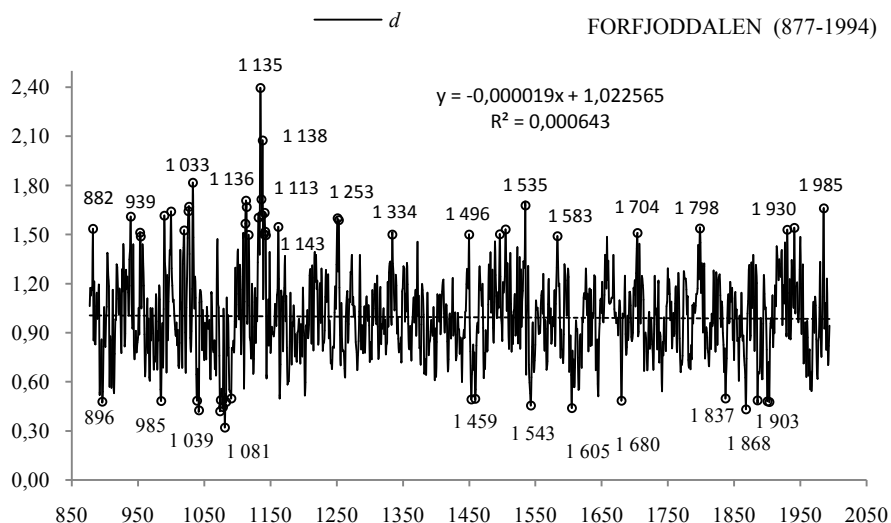


Rys. 3. Rozmieszczenie badanych drzew w Europie
Fig. 3. Localization surveyed trees in Europe

Tabela 1. Lokalizacja badanych drzew rosnących w Europie
Table 1. Location studied trees growing in Europe

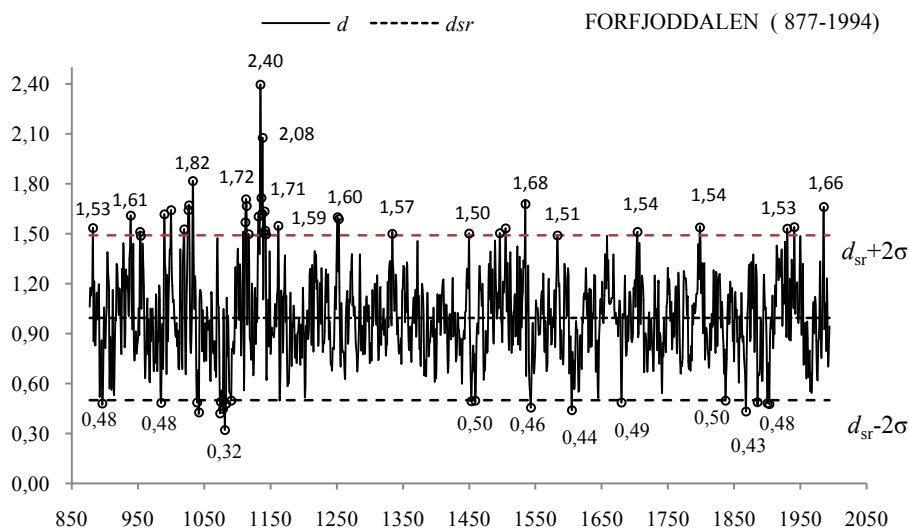
Drzewa		Lata	d_s	σ	$d_{sr} - 2\sigma$	$d_{sr} + 2\sigma$	t_{min}	d_{min}	t_{max}	d_{max}
Sosna <i>Pinus sylvestris</i>										
1	Forfjorddalen (Norwegia)	877-1994	0,995	0,2476	0,4994	1,4898	1081	0,321	1135	2,397
2	Karhundesakivi (Finlandia)	1398-1993	1,000	0,3031	0,3935	1,6058	1607	0,010	1494	2,260
3	Kola (Rosja)	1577-1997	0,988	0,3201	0,3474	1,6277	1680	0,257	1726	1,861
4	Muddas (Szwecja)	1532-1972	0,998	0,2290	0,5400	1,4559	1680	0,299	1537	1,804
5	Pyaozera (Rosja)	1546-1993	1,000	0,2760	0,4478	1,5517	1582	0,250	1924	2,000
6	Siete, Picos (Hiszpania)	1527-1988	1,000	0,1531	0,6938	1,3063	1601	0,586	1528	1,451
7	Vikran (Norwegia)	1599-1992	0,984	0,2535	0,4771	1,4910	1680	0,338	1658	1,891
<i>Pinus nigra</i>										
8	Puerto Llano (Hiszpania)	1585-1985	1,001	0,2049	0,5910	1,4105	1806	0,364	1933	1,530
9	Riscopop (Hiszpania)	1523-1988	0,999	0,2250	0,5493	1,4493	1526	0,301	1716	1,726
10	Tajo (Hiszpania)	1610-1988	1,001	0,2463	0,5082	1,4934	1771	0,334	1632	1,771
11	Torreton, (Hiszpania)	1485-1988	1,000	0,2597	0,4805	1,5194	1502	0,144	1498	2,465
<i>Świerk</i>										
12	Falkenstein (Niemcy)	1540-1995	0,919	0,3659	0,1873	1,6510	1629	0,096	1708	2,918
13	Fodara Vedla (Włochy)	1598-1990	0,862	0,3298	0,2028	1,5220	1675	0,220	1598	2,340
14	Guadarrama 1 (Hiszpania)	1726-1983	0,997	0,2659	0,4651	1,5286	1829	0,368	1730	1,878
15	Guadarrama 4 (Hiszpania)	1599-1984	1,000	0,1805	0,6390	1,3611	1963	0,411	1613	1,541
16	Stonnglandes (Norwegia)	403-1997	0,983	0,2286	0,5260	1,4406	1448	0,302	1455	2,259
17	Zagradeniye (Grecja)	1635-1979	0,995	0,1488	0,6976	1,2929	1696	0,601	1650	1,486
<i>Modrzew</i>										
18	Berchtesgaden (Niemcy)	1339-1947	0,997	0,2255	0,5463	1,4484	1771	0,000	1687	2,034
19	Les Merveilles 1 (Francja)	1187-1974	1,001	0,2691	0,4626	1,5390	1685	0,143	1340	1,881
20	Les Merveilles 2 (Francja)	988-1974	0,992	0,2408	0,5101	1,4732	1685	0,174	1870	1,721
21	Obergurgl (Austria)	1604-1972	0,996	0,2750	0,4463	1,5464	1625	0,067	1663	1,987
22	Pinega 1 (Rosja)	1578-1990	0,506	0,2457	0,0149	0,9979	1836	0,030	1826	1,443
<i>Jodla</i>										
23	Fodara Vedla (Włochy)	1474-1990	1,138	0,3223	0,4932	1,7826	1675	0,460	1502	2,010
24	Prayo Magno (Włochy)	1540-1973	1,154	0,6069	-0,0598	2,3677	1576	0,050	1914	3,410
<i>Dąb</i>										
<i>Quercus rabur</i>										
25	Ardeny (Belgia)	1118-1986	1,328	0,3742	0,5801	2,0769	1354	0,510	1862	2,820
26	Bodensee (Holandia)	1275-1986	1,586	0,5235	0,5391	2,6331	1445	0,580	1275	4,100
<i>Quercus petraea</i>										
27	Bourgogne (Francja)	681-1991	1,631	0,3899	0,8511	2,4106	843	0,690	1160	3,150
28	Franche-Comte (Francja)	1295-1987	1,810	0,4978	0,8148	2,8059	1330	0,680	1903	3,340
29	Hamburg (Niemcy)	1340-1967	1,645	0,6057	0,4332	2,8560	1700	0,500	1754	4,000
30	Shanes Castle (Irlandia)	1549-1992	1,002	0,2922	0,4175	1,5862	1665	0,134	1704	1,942

1. FORFJORDDALEN (877-1994, NORWEGIA)



Rys. 1a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia); $y(x)$ – równanie prostej regresji

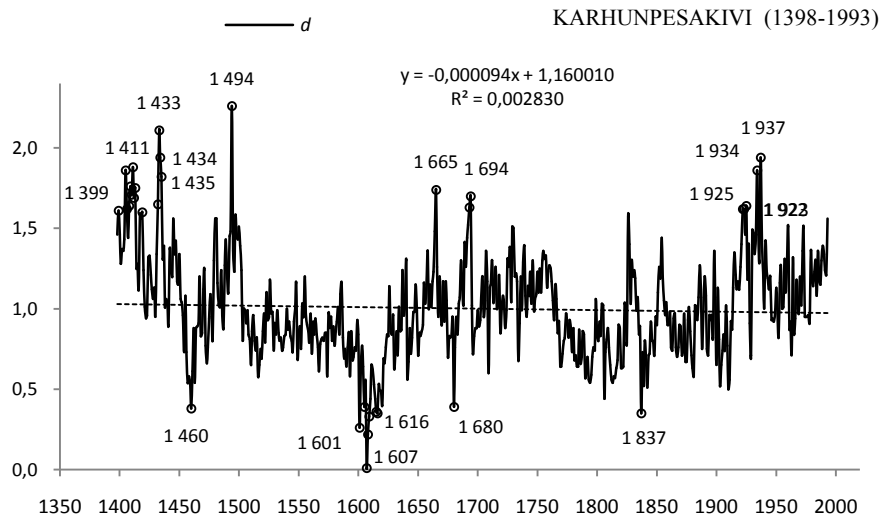
Fig. 1a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Forfjorddalen (877-1994, Norway); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 1b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia); $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

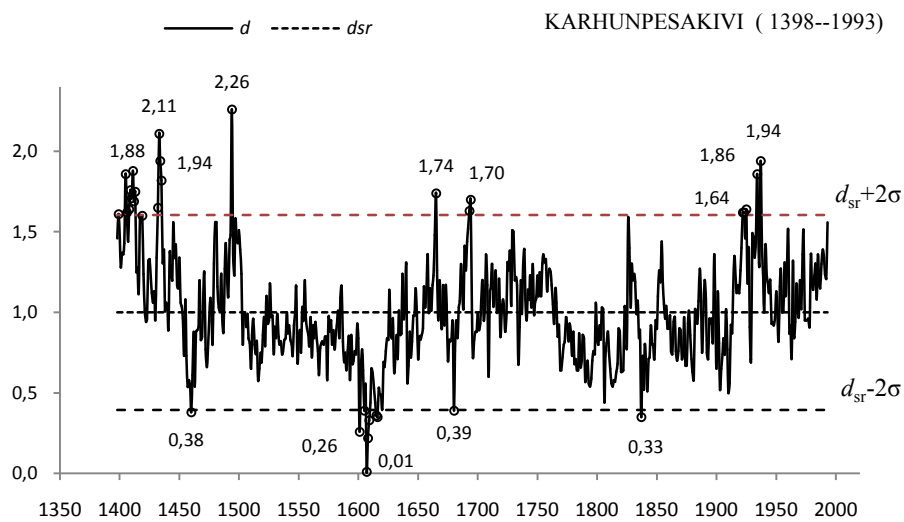
Fig. 1b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Forfjorddalen (877-1994, Norway); $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

2. KARHUNPESAKIVI (1398-1993, FINLANDIA)



Rys. 2a. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia); $y(x)$ – równanie prostej regresji

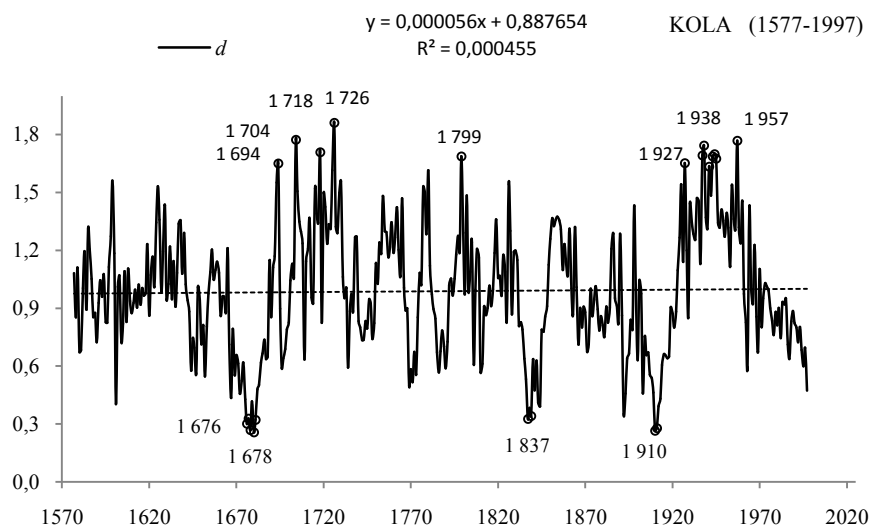
Fig. 2a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Karhunesakivi (1398-1993, Finland); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 2b. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w – Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia): $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,3031$

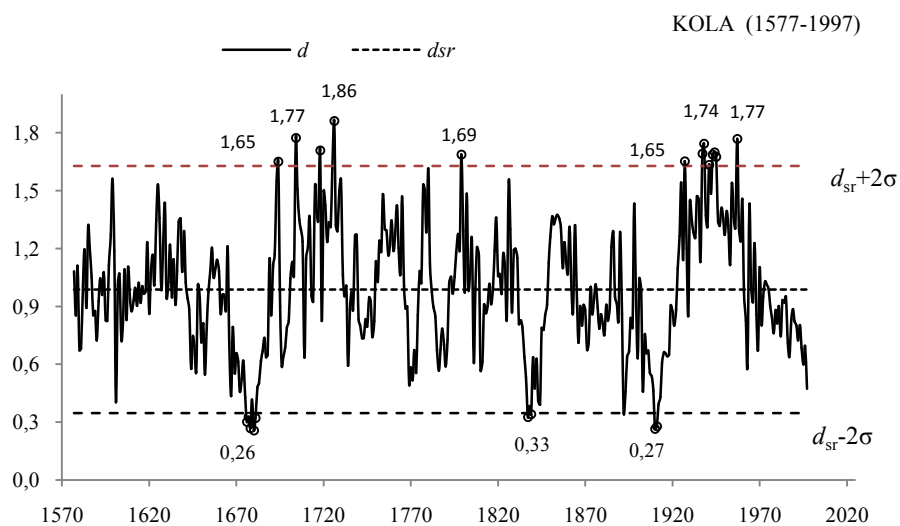
Fig. 2b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in – Karhunesakivi (1398-1993, Finlandia): $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,3031$

3. KOLA (1577-1997, ROSJA)



Rys. 3a. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) na Półwyspie Kola (1577-1997, Rosja); $y(x)$ – równanie prostej regresji

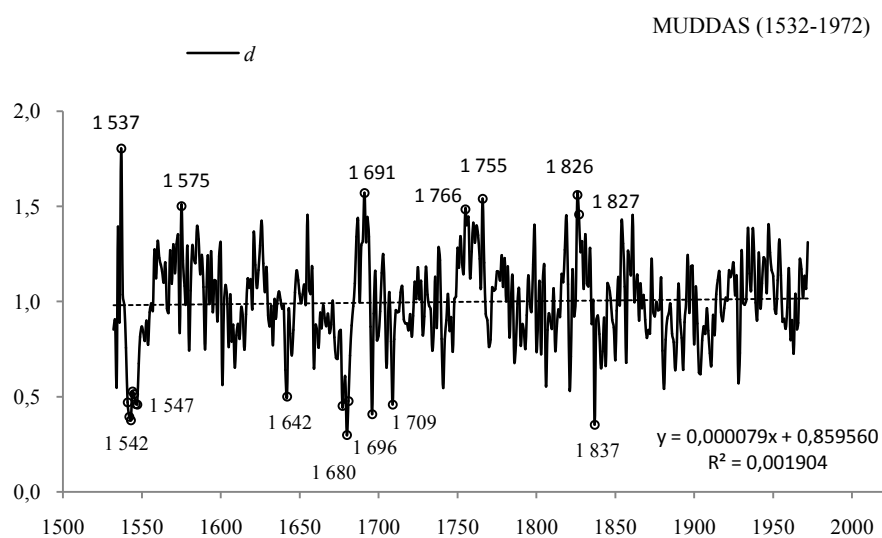
Fig. 3a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Kola (1577-1997, Russia); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 3b. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) na Półwyspie Kola (1577-1997, Rosja); $d_{sr} = 0,988$, $\sigma = 0,3201$

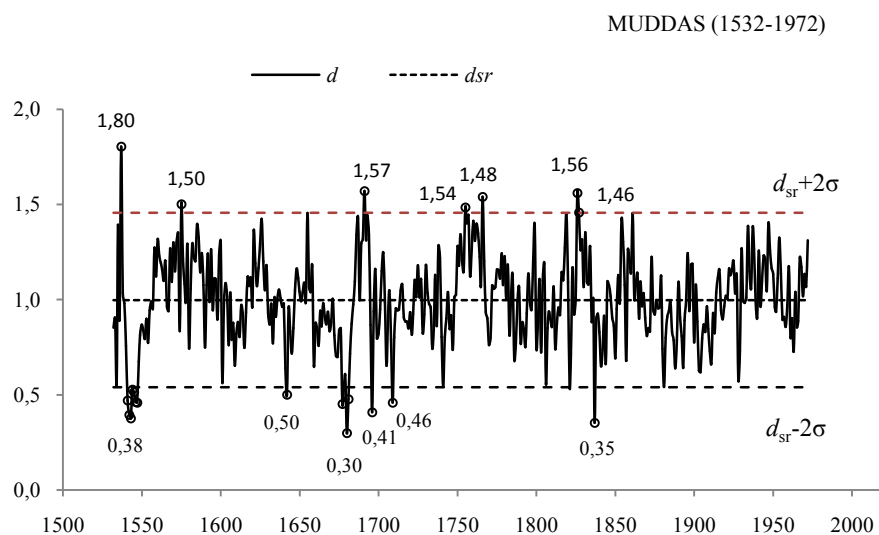
Fig. 3b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Kola (1577-1997, Russia); $d_{sr} = 0,988$, $\sigma = 0,3201$

4. MUDDAS (1532-1972, SZWECJA)



Rys. 4a. Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja); $y(x)$ – równanie prostej regresji

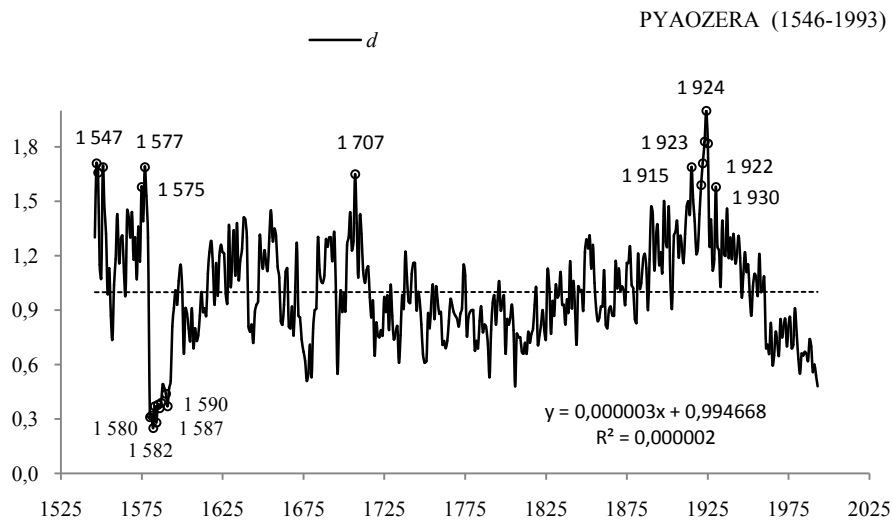
Fig. 4a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 4b. Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja); $d_{sr} = 0,998$, $\sigma = 0,2290$

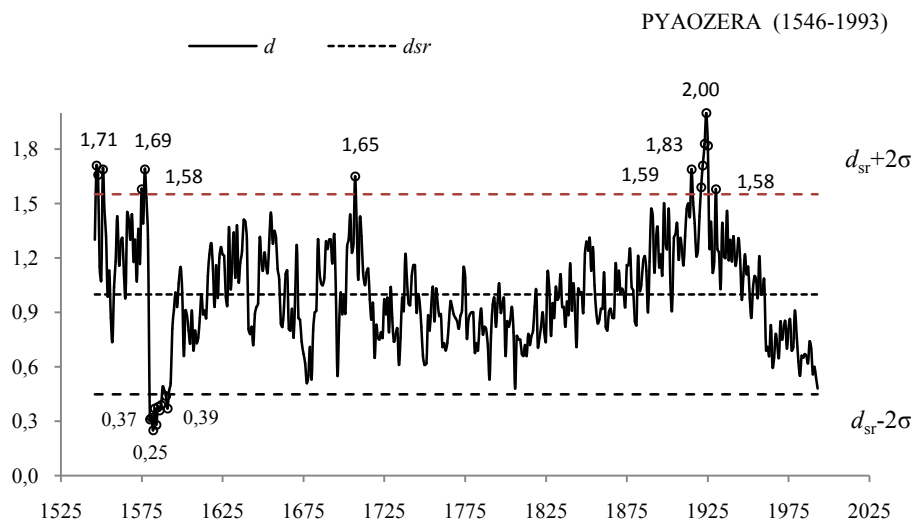
Fig. 4b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden); $d_{sr} = 0,998$, $\sigma = 0,2290$

5. PYAOZERA (1546-1993, ROSJA)



Rys. 5a. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Pyaozera (1546-1993, Rosja);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

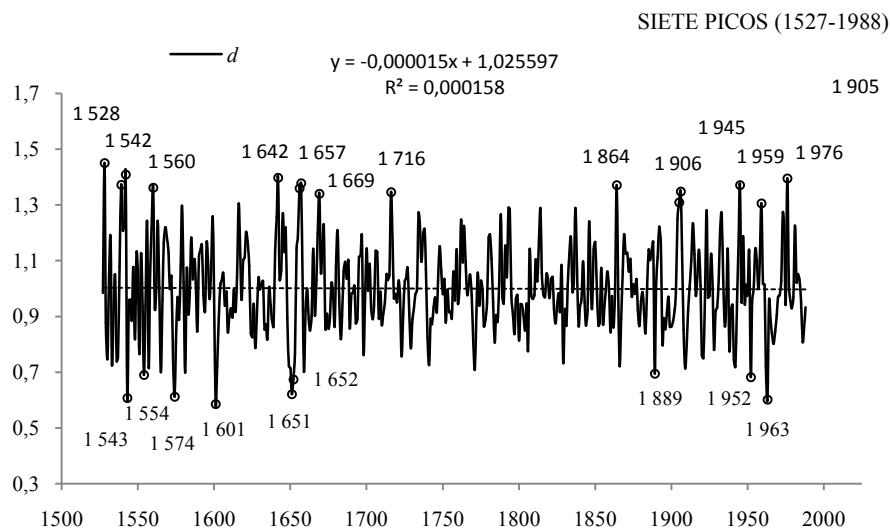
Fig. 5a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Pyaozera (1546-1993, Russia);
 $y(x)$ – the regression equation



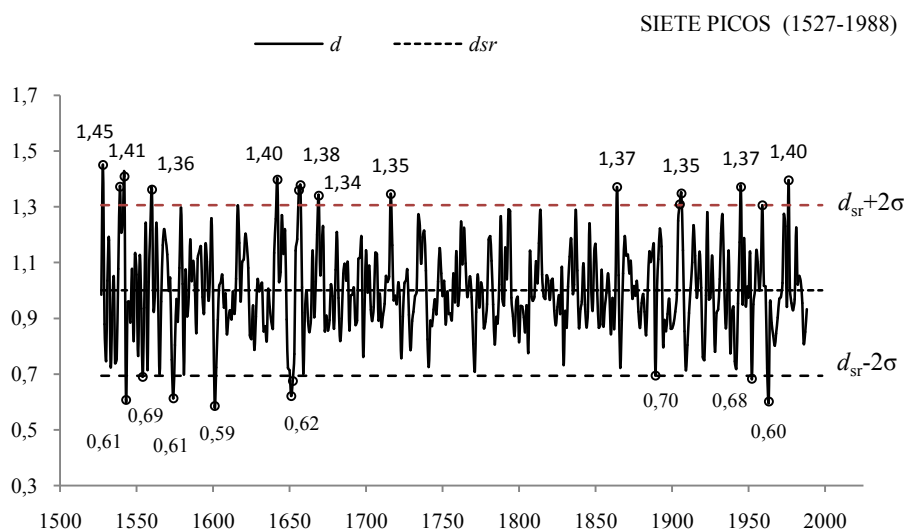
Rys. 5b. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus sylvestris*) w Pyaozera (1546-1993, Rosja);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,2760$

Fig. 5b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Pyaozera (1546-1993, Russia);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,2760$

6. SIETE PICOS (1527-1988, HISZPANIA)

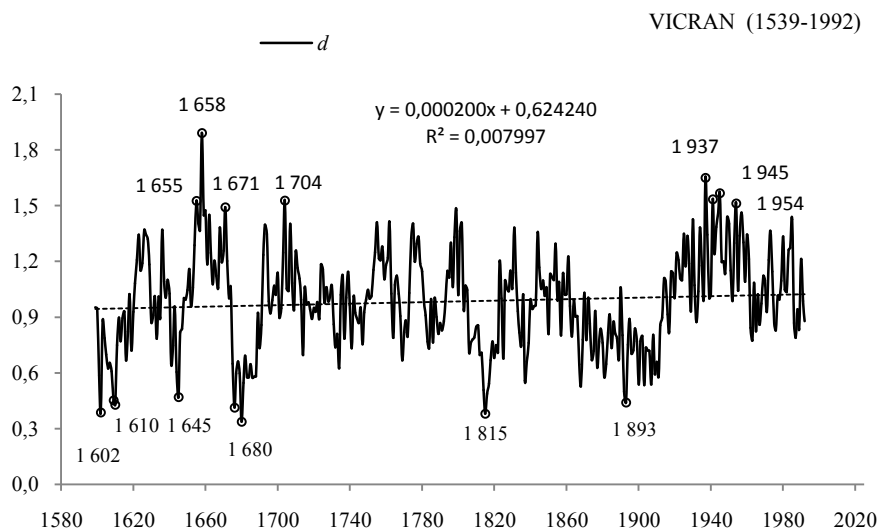


Rys. 6a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Siete Picos (1527-1988, Hiszpania);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 6a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Siete Picos (1527-1988, Spain);
 $y(x)$ – the regression equation



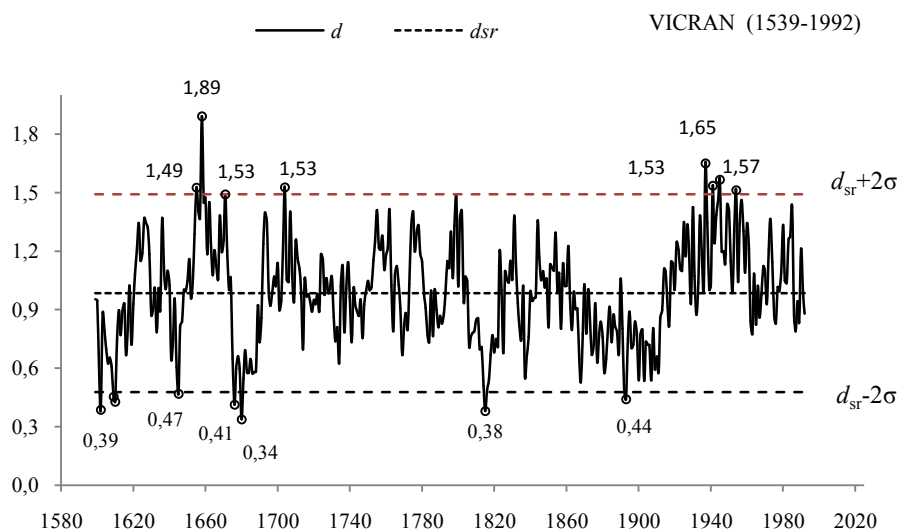
Rys. 6b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Siete Picos (1527-1988, Hiszpania);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,1531$
Fig. 6b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Siete Picos (1527-1988, Spain);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,1531$

7. VIKRAN (1599-1992, NORWEGIA)



Rys. 7a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Vikran (1599-1992, Norwegia); $y(x)$ – równanie prostej regresji

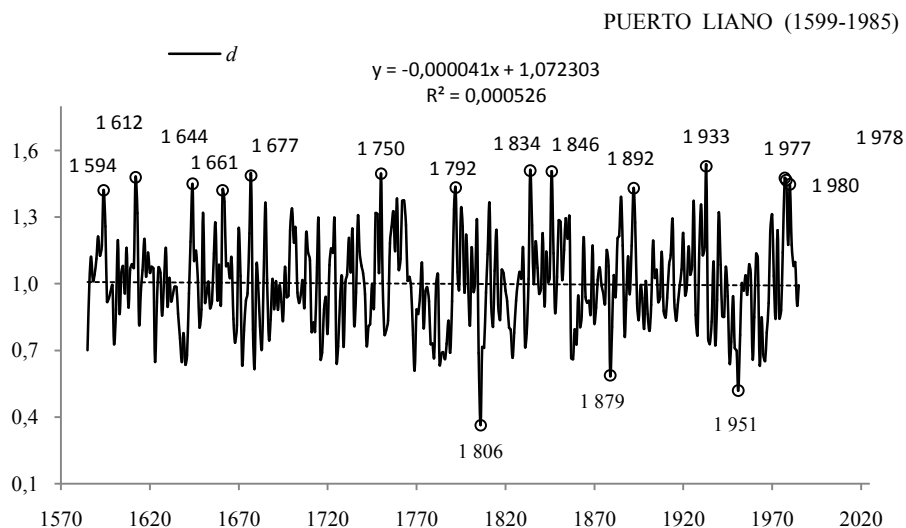
Fig. 7a. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Vikran (1599-1992, Norway); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 7b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Vikran (1599-1992, Norwegia); $d_{sr} = 0,984$, $\sigma = 0,2535$

Fig. 7b. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Vikran (1599-1992, Norway); $d_{sr} = 0,984$, $\sigma = 0,2535$

8. PUERTO LIANO (1585-1985, HISZPANIA)

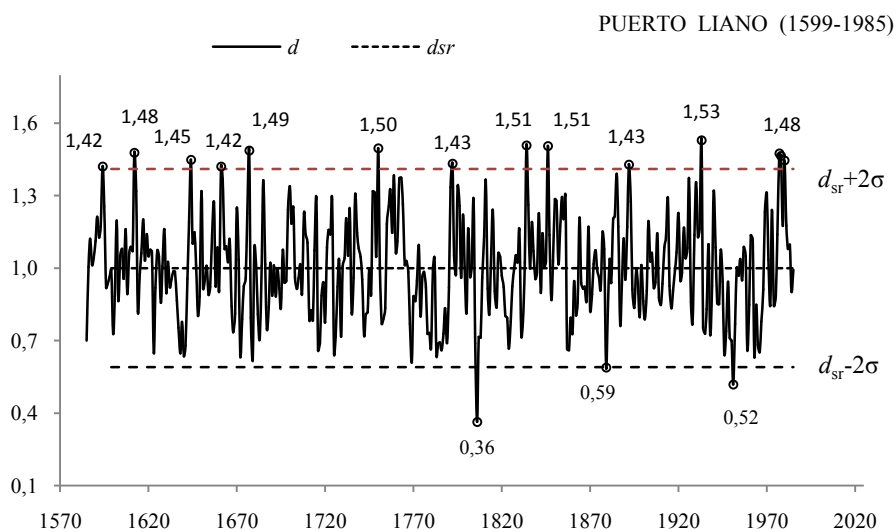


Rys. 8a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Puerto Llano (1585-1985, Hiszpania);

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 8a. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Puerto Llano (1585-1985, Spain);

$y(x)$ – the regression equation



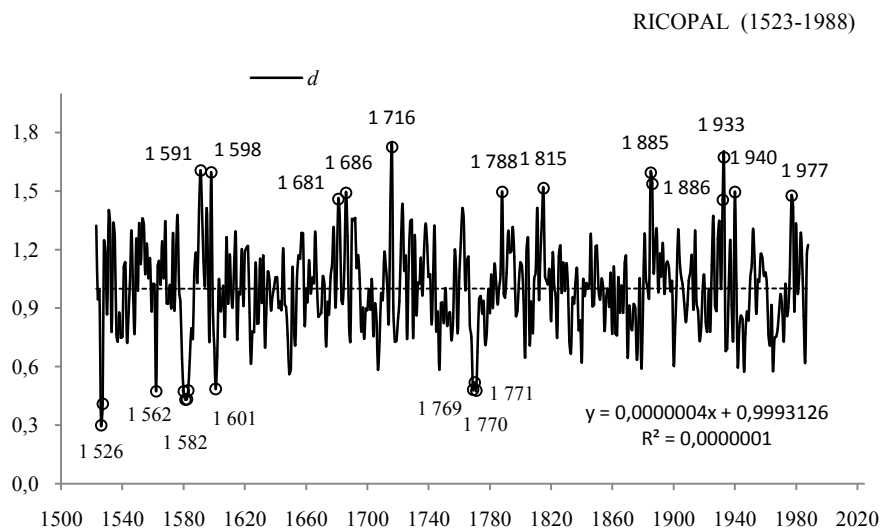
Rys. 8b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Puerto Llano (1585-1985, Hiszpania);

$d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2049$

Fig. 8b. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Puerto Llano (1585-1985, Spain);

$d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2049$

9. RISCOPAL (1523-1988, HISZPANIA)

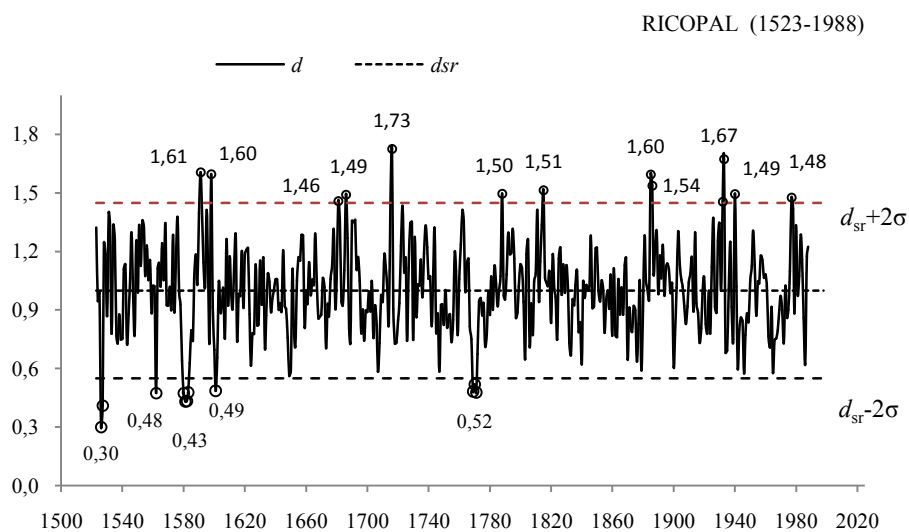


Rys. 9a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Riscopal (1523-1988, Hiszpania);

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 9a. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Riscopal (1523-1988, Spain);

$y(x)$ – the regression equation



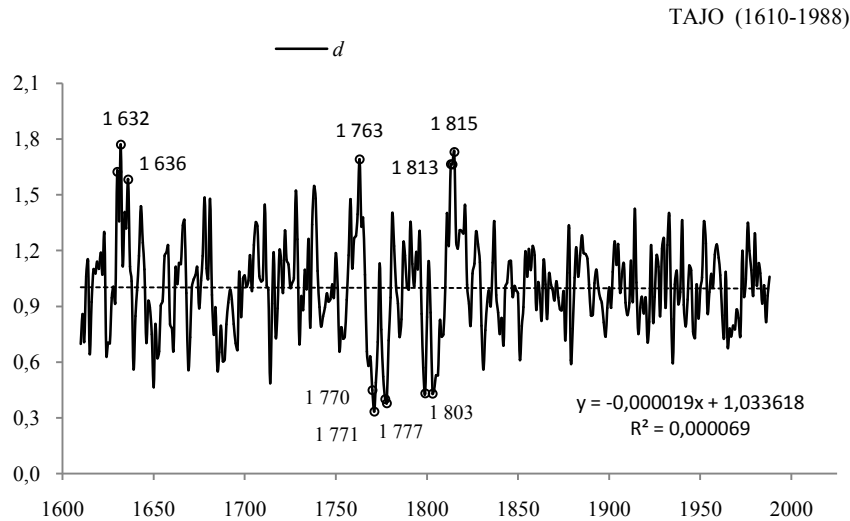
Rys. 9b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Riscopal (1523-1988, Hiszpania);

$d_{sr} = 0,999$, $\sigma = 0,22250$

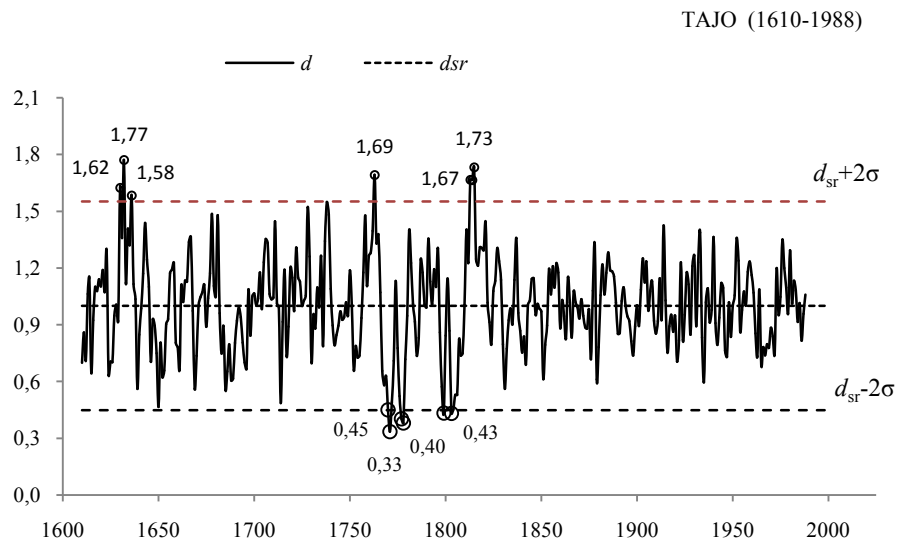
Fig. 9b. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Riscopal (1523-1988, Spain);

$d_{sr} = 0,999$, $\sigma = 0,22250$

10. TAJO (1610-1988, HISZPANIA)

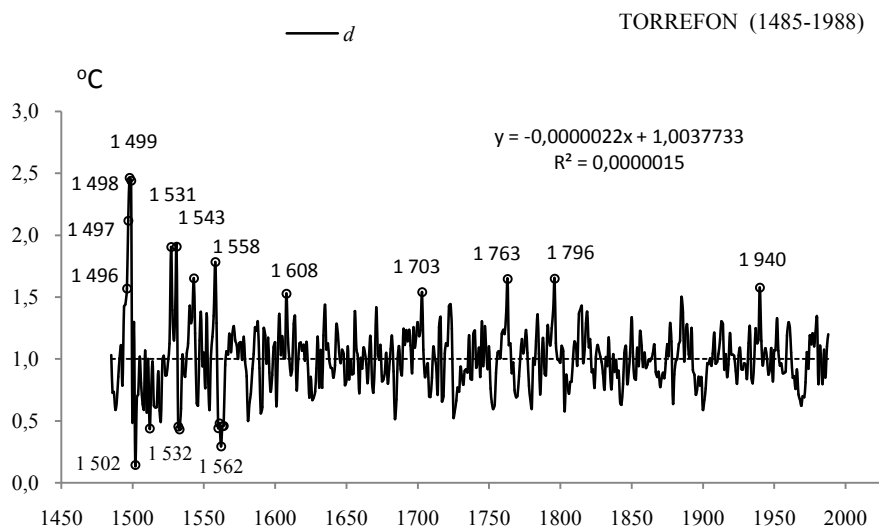


Rys. 10a. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus nigra*) w Tajo (1610-1988, Hiszpania);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 10a. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Tajo (1610-1988, Spain);
 $y(x)$ – the regression equation



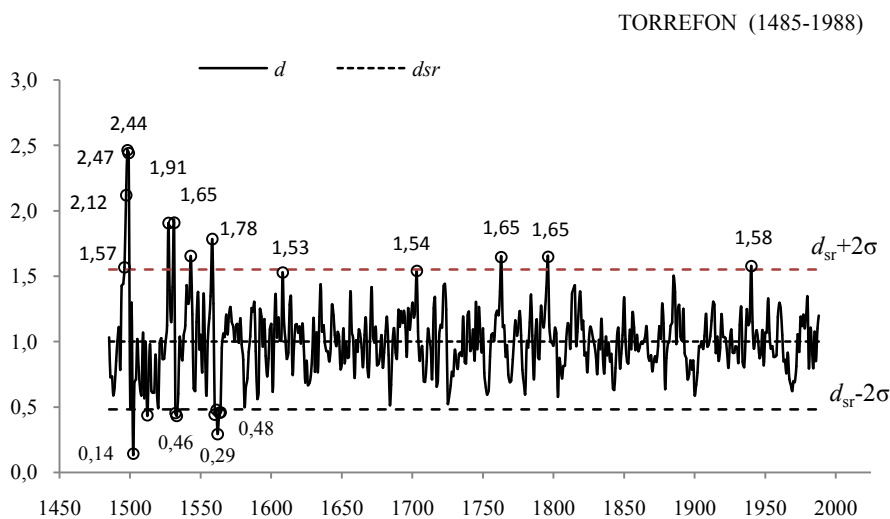
Rys. 10b. Zmiany szerokości słoów sosny (*Pinus nigra*) w Tajo (1610-1988, Hiszpania);
 $d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2463$
Fig. 10b. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Tajo (1610-1988, Spain);
 $d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2463$

11. TORREFON (1485-1988, HISZPANIA)



Rys. 11a. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Torrefon (1485-1988, Hiszpania);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

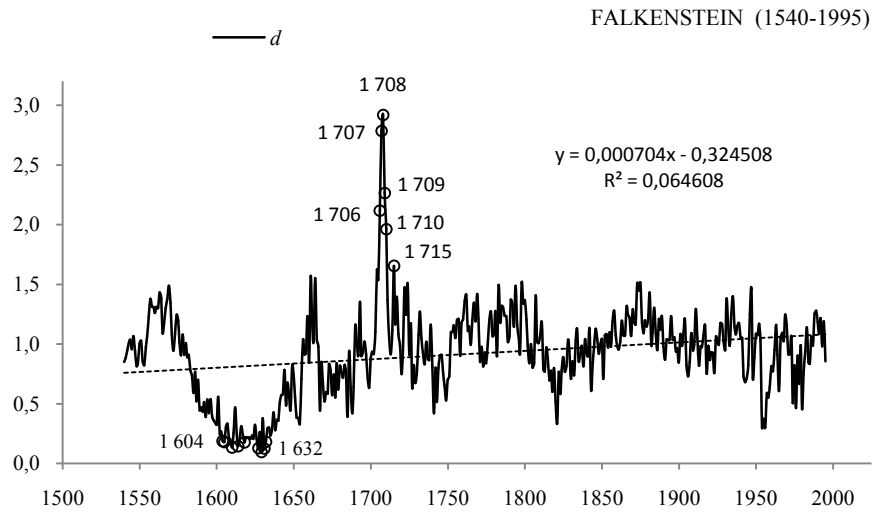
Fig. 11a. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Torrefon (1485-1988, Spain);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 11b. Zmiany szerokości słoików sosny (*Pinus nigra*) w Torrefon (1485-1988, Hiszpania);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,2597$

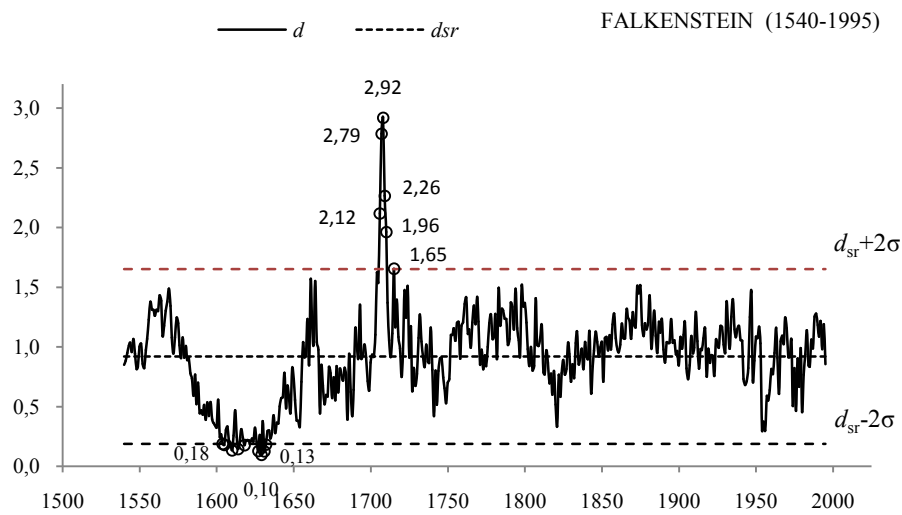
Fig. 11b. Changes of Black pine (*Pinus nigra*) tree ring widths in Torrefon (1485-1988, Spain);
 $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,2597$

12. FALKENSTEIN (1540-1995, NIEMCY)



Rys. 12a. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Falkenstein (1540-1995, Niemcy);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

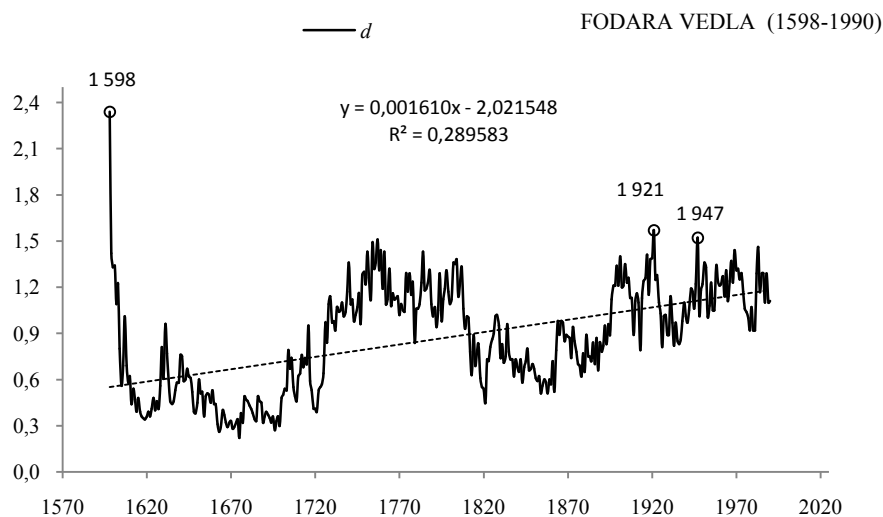
Fig. 12a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Falkenstein (1540-1995, Germany);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 12b. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Falkenstein (1540-1995, Niemcy);
 $d_{sr} = 0,919$, $\sigma = 0,3659$

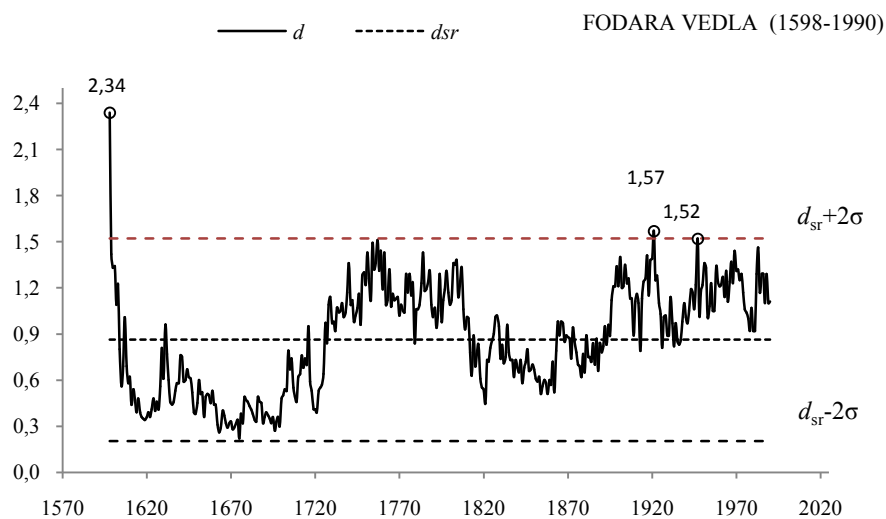
Fig. 12b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Falkenstein (1540-1995, Germany);
 $d_{sr} = 0,919$, $\sigma = 0,3659$

13. FODARA VEDLA (1598-1990, WŁOCHY)



Rys. 13a. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Fodara Vedla (1598-1990, Włochy); $y(x)$ – równanie prostej regresji

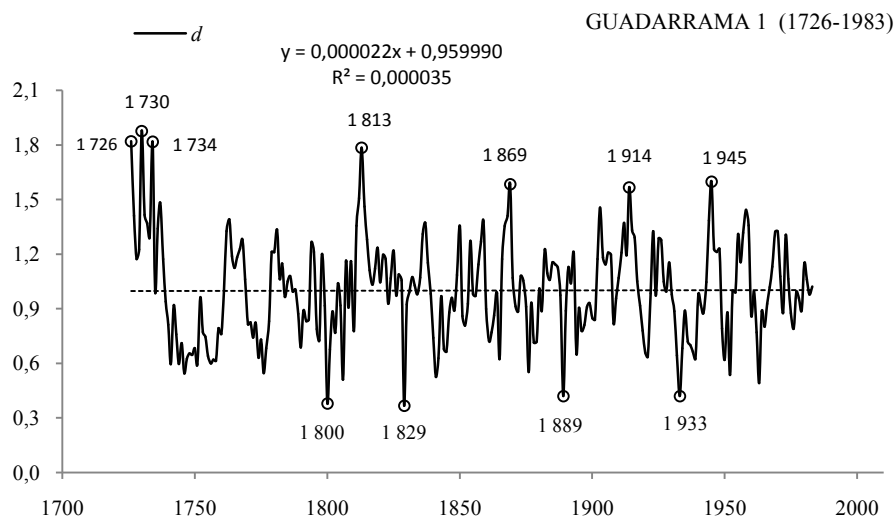
Fig. 13a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Fodara Vedla (1598-1990, Italia); $y(x)$ – the regression equation



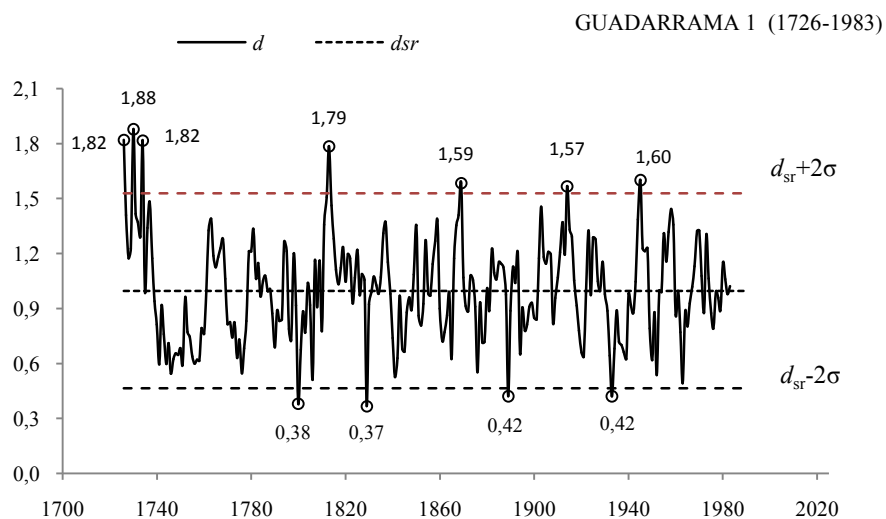
Rys. 13b. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Fodara Vedla (1598-1990, Włochy); $d_{sr} = 0,862, \sigma = 0,3298$

Fig. 13b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Fodara Vedla (1598-1990, Italia); $d_{sr} = 0,862, \sigma = 0,3298$

14. GUADARRAMA 1 (1726-1983, HISZPANIA)

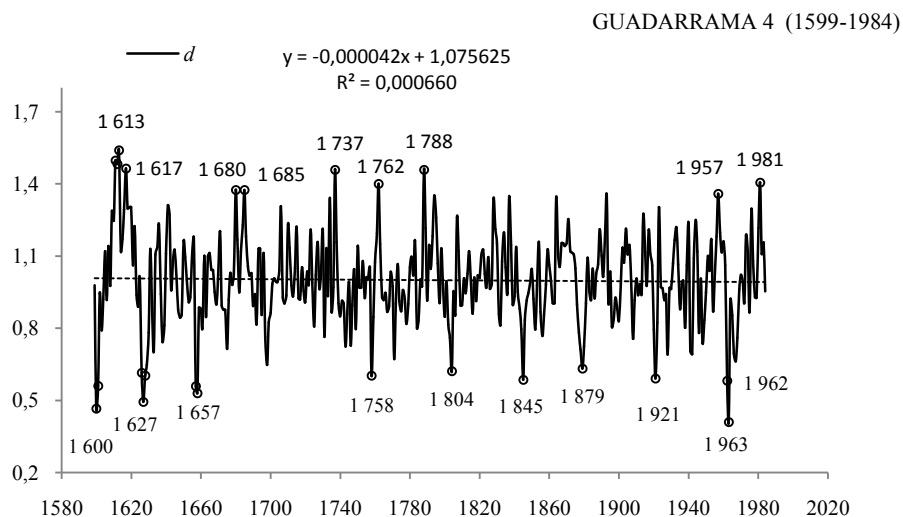


Rys. 14a. Zmiany szerokości słoju świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 1 (1726-1983, Hiszpania); $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 14a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 1 (1726-1983, Spain); $y(x)$ – the regression equation



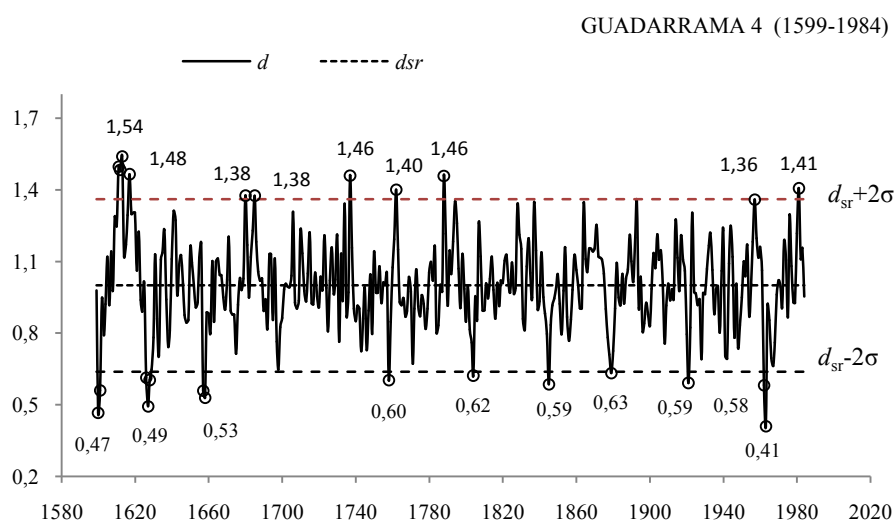
Rys. 14b. Zmiany szerokości słoju świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 1 (1726-1983, Hiszpania); $d_{sr} = 0,997$, $\sigma = 0,2659$
Fig. 14b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 1 (1726-1983, Spain); $d_{sr} = 0,997$, $\sigma = 0,2659$

15. GUADARRAMA 4 (1599-1984, HISZPANIA)



Rys. 15a. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 4 (1599-1984, Hiszpania); $y(x)$ – równanie prostej regresji

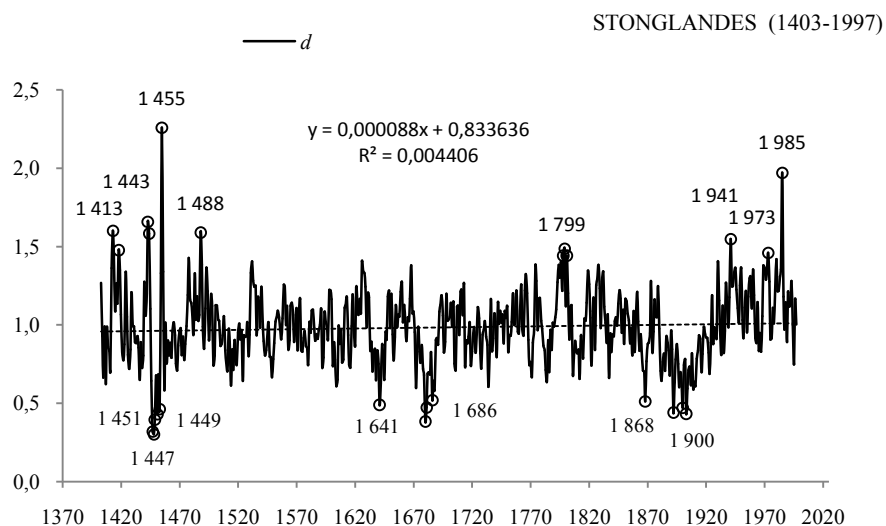
Fig. 15a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 4 (1599-1984, Spain); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 15b. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Guadarrama 4 (1599-1984, Hiszpania); $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,1805$

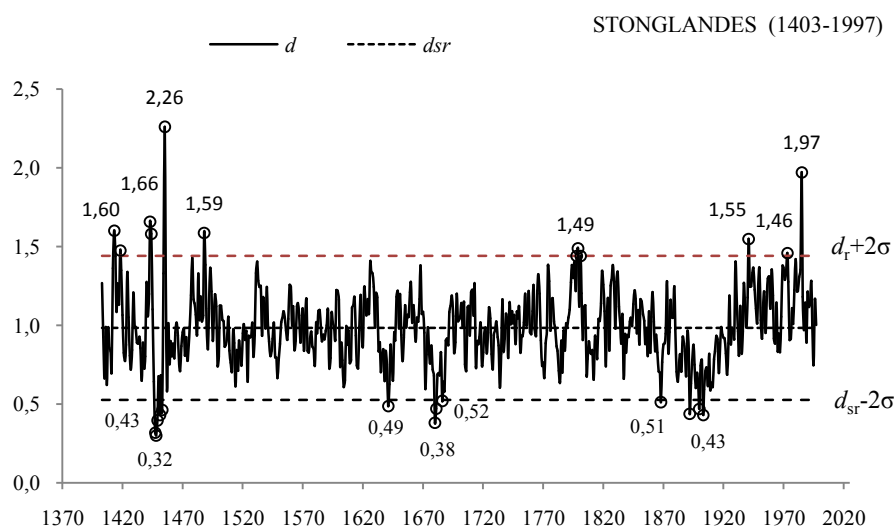
Fig. 15b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Guadarrama 4 (1599-1984, Spain); $d_{sr} = 1,000$, $\sigma = 0,1805$

16. STONNGLANDES (1403-1997, NORWEGIA)



Rys. 16a. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Stonnglandes (1403-1997, Norwegia); $y(x)$ – równanie prostej regresji

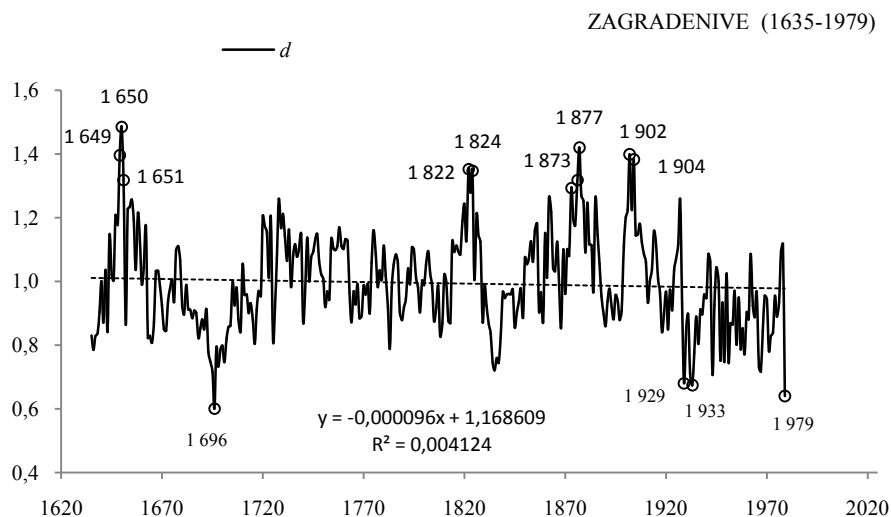
Fig. 16a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Stonnglandes (1403-1997, Norway); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 16b. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Stonnglandes (1403-1997, Norwegia); $d_{sr} = 0,983$, $\sigma = 0,2286$

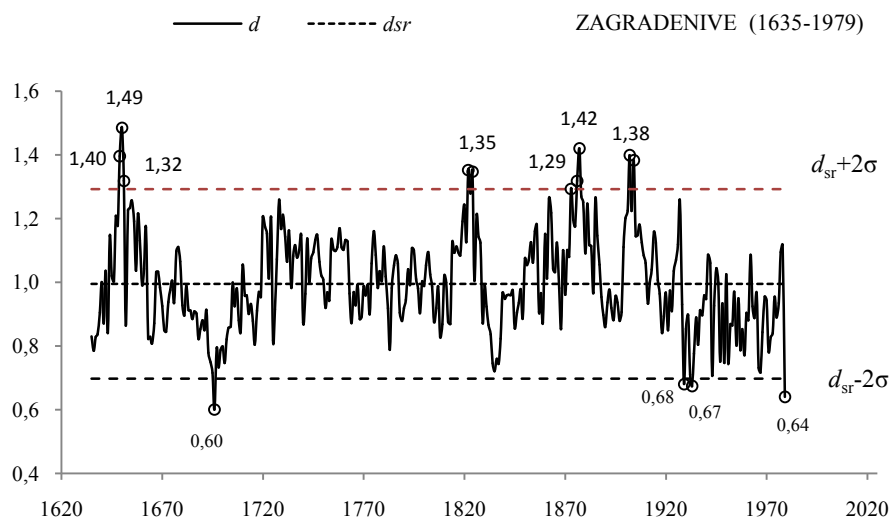
Fig. 16b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Stonnglandes (1403-1997, Norway); $d_{sr} = 0,983$, $\sigma = 0,2286$

17. ZAGRADENIYE (1635-1979, GRECJA)



Rys. 17a. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Zagradeniye (1635-1979, Grecja); $y(x)$ – równanie prostej regresji

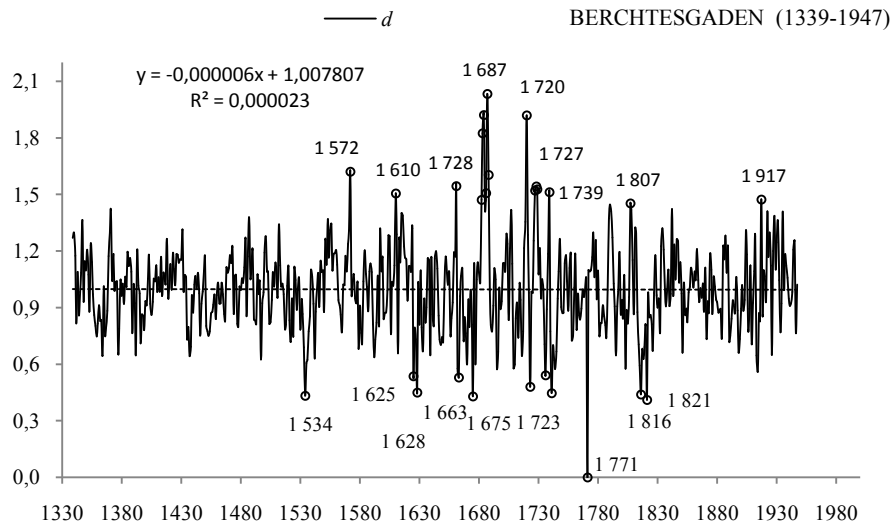
Fig. 17a. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Zagradeniye (1635-1979, Greece); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 17b. Zmiany szerokości słoów świerka (*Picea abies*) w Zagradeniye (1635-1979, Grecja); $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,1488$

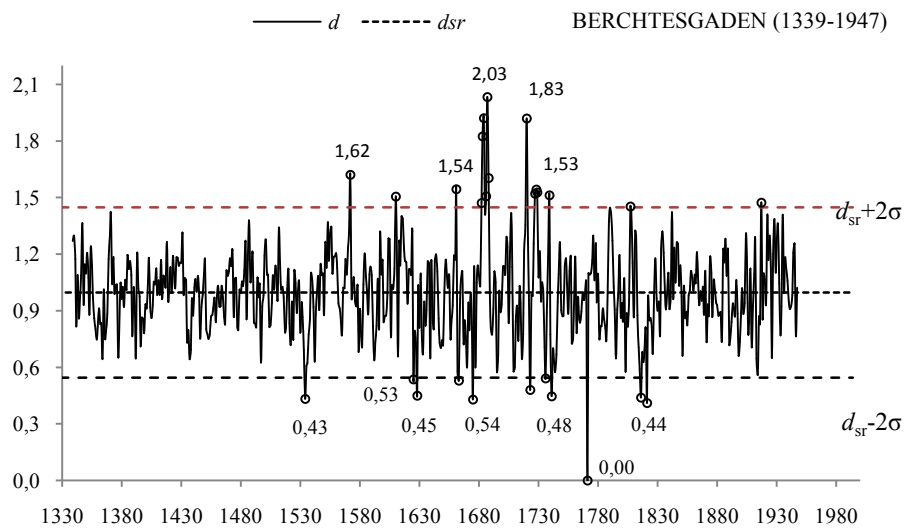
Fig. 17b. Changes of Norway spruce (*Picea abies*) tree ring widths in Zagradeniye (1635-1979, Greece); $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,1488$

18. BERCHTESGADEN (1339-1947, NIEMCY)



Rys. 18a. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Berchtesgaden (1339-1947, Niemcy); $y(x)$ – równanie prostej regresji

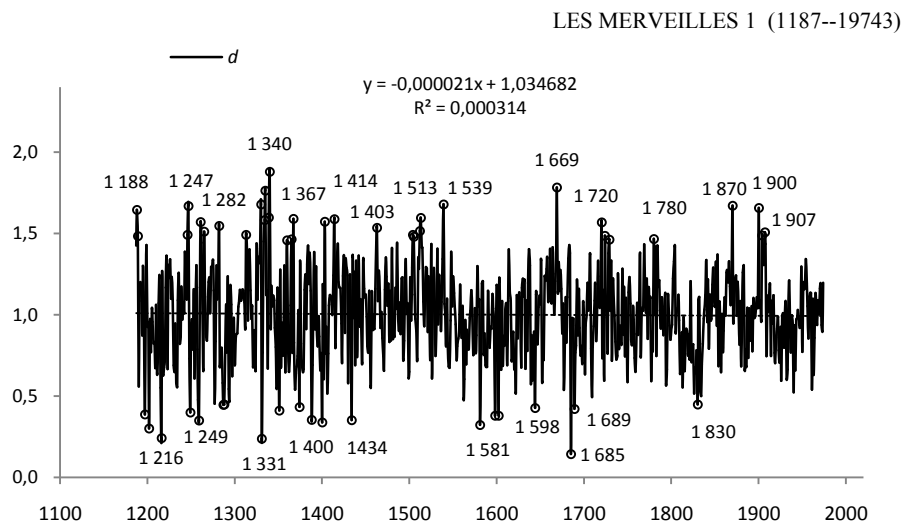
Fig. 18a. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Berchtesgaden (1339-1947, Germany); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 18b. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Berchtesgaden (1339-1947, Niemcy); $d_{sr} = 0,997, \sigma = 0,2255$

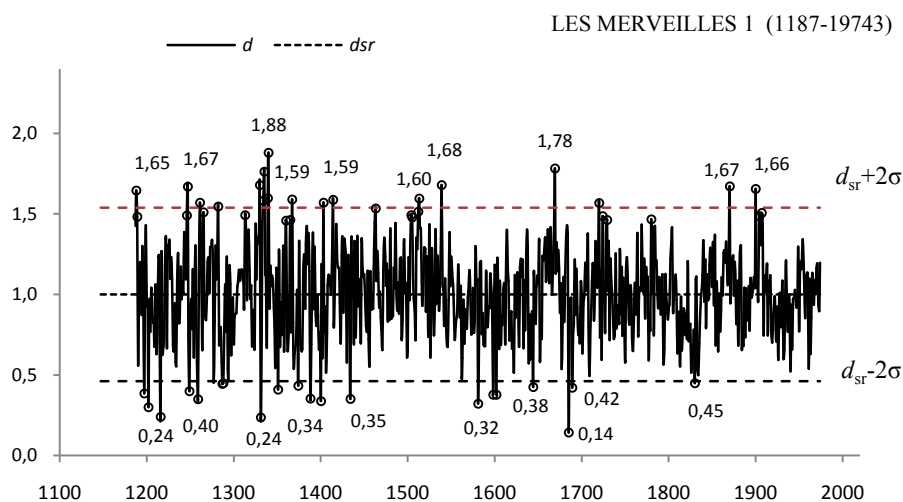
Fig. 18b. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Berchtesgaden (1339-1947, Germany); $d_{sr} = 0,997, \sigma = 0,2255$

19. LES MERVEILLES 1 (1187-1974, FRANCJA)



Rys. 19a. Zmiany szerokości słoju modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 1 (1187-1974, Francja); $y(x)$ – równanie prostej regresji

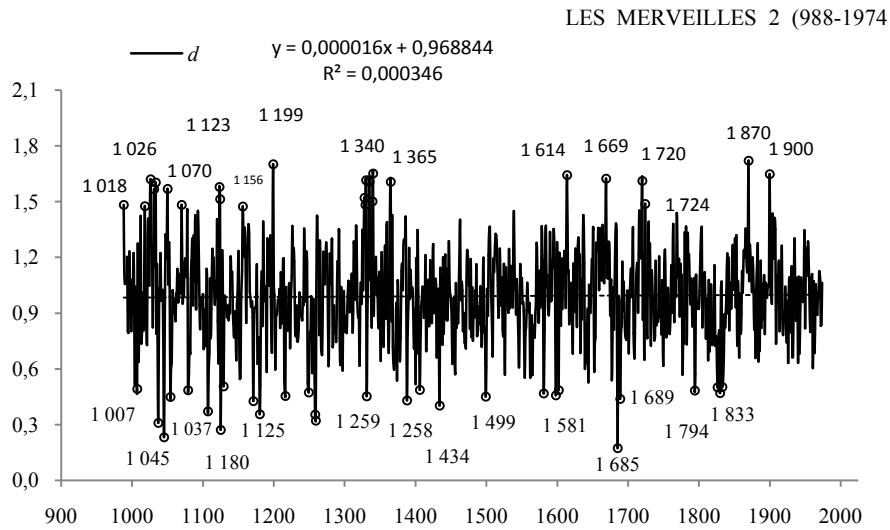
Fig. 19a. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 1 (1187-1974, France); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 19b. Zmiany szerokości słoju modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 1 (1187-1974, Francja); $d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2691$

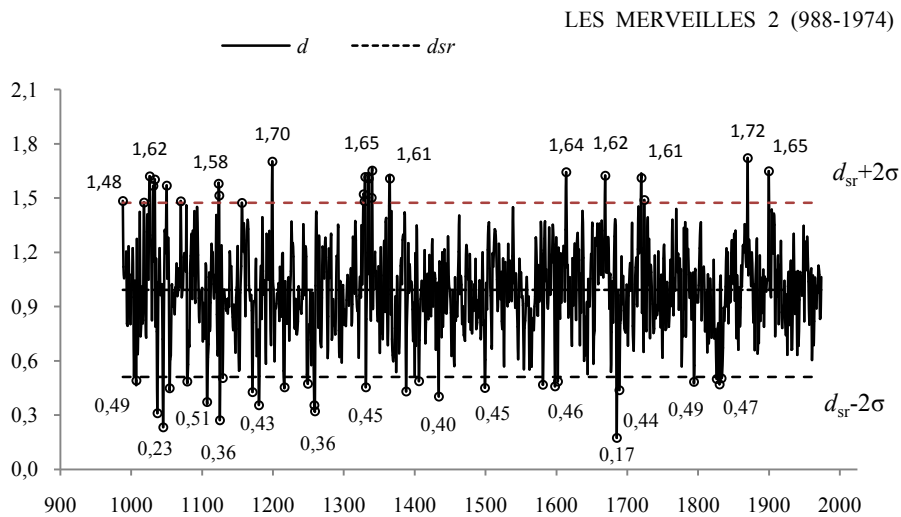
Fig. 19b. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 1 (1187-1974, France); $d_{sr} = 1,001$, $\sigma = 0,2691$

20. LES MERVEILLES 2 (988-1974, FRANCJA)



Rys. 20a. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 2 (988-1974, Francja); $y(x)$ – równanie prostej regresji

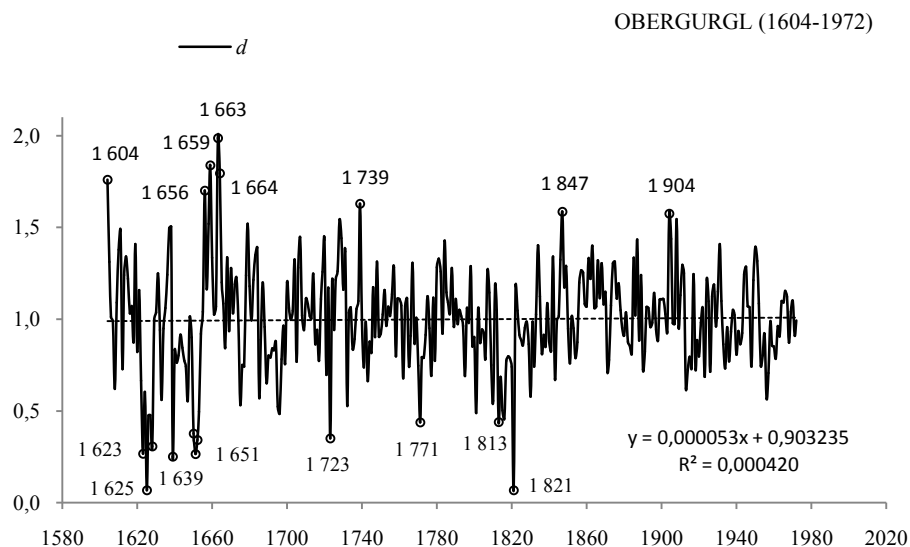
Fig. 20a. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 2 (988-1974, France); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 20b. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Les Merveilles 2 (988-1974, Francja); $d_{sr} = 0,992$, $\sigma = 0,2408$

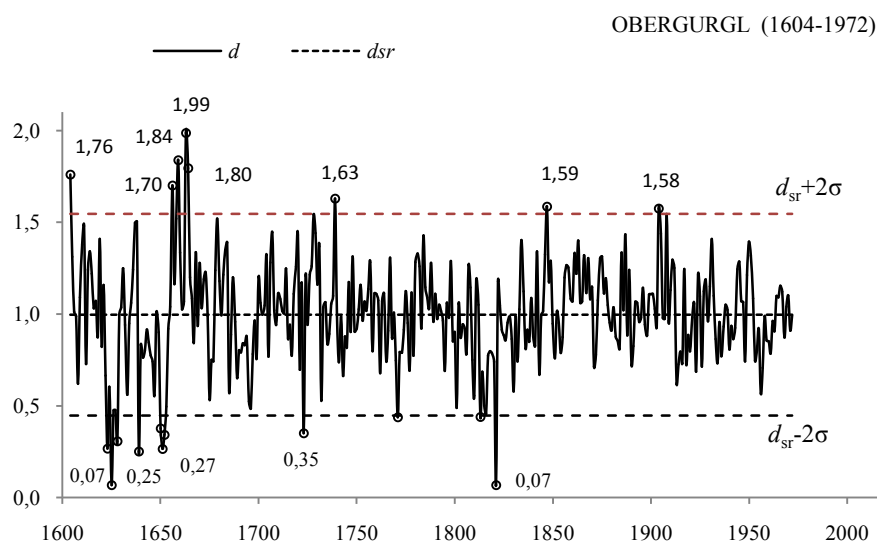
Fig. 20b. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Les Merveilles 2 (988-1974, France); $d_{sr} = 0,992$, $\sigma = 0,2408$

21. OBERGURGL (1604-1972, AUSTRIA)



Rys. 21a. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Obergurgl (1604-1972, Austria);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

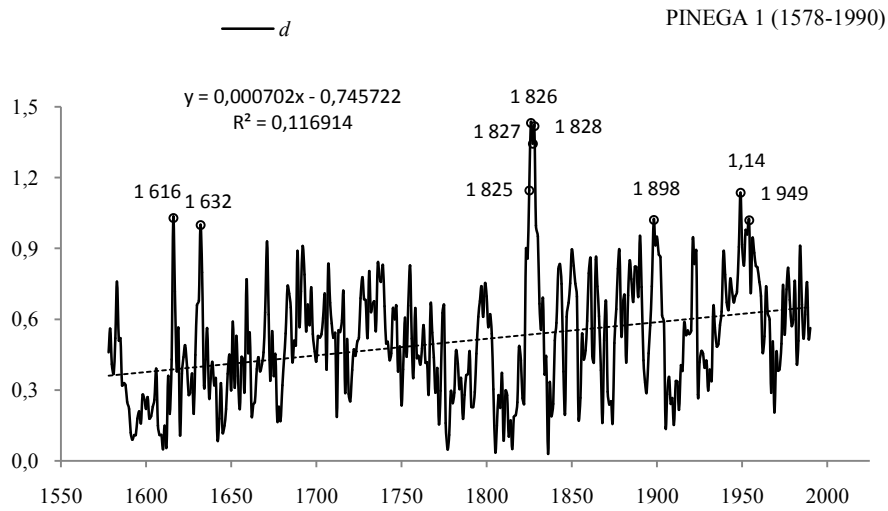
Fig. 21a. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Obergurgl (1604-1972, Austria);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 21b. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Obergurgl (1604-1972, Austria);
 $d_{sr} = 0,996$, $\sigma = 0,2750$

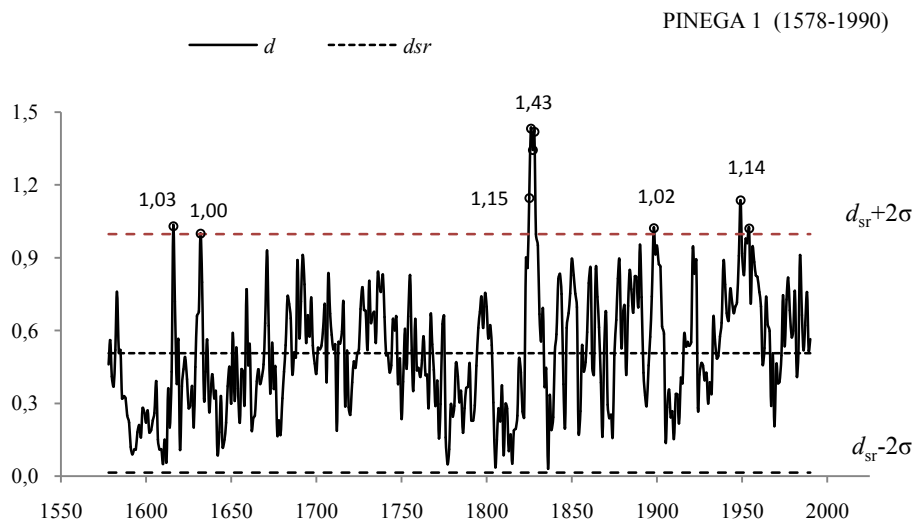
Fig. 21b. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Obergurgl (1604-1972, Austria);
 $d_{sr} = 0,996$, $\sigma = 0,2750$

22. PINEGA 1 (1578-1990, ROSJA)



Rys. 22a. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Pinega 1 (1578-1990, Rosja);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

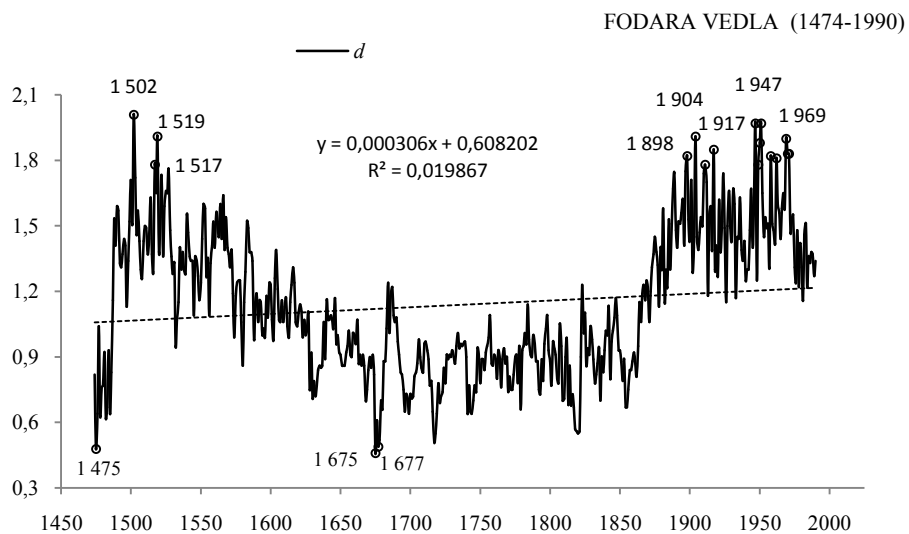
Fig. 22a. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Pinega 1 (1578-1990, Russia);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 22b. Zmiany szerokości słoów modrzewia (*Larix decidua*) w Pinega 1 (1578-1990, Rosja);
 $d_{sr} = 0,506$, $\sigma = 0,2457$

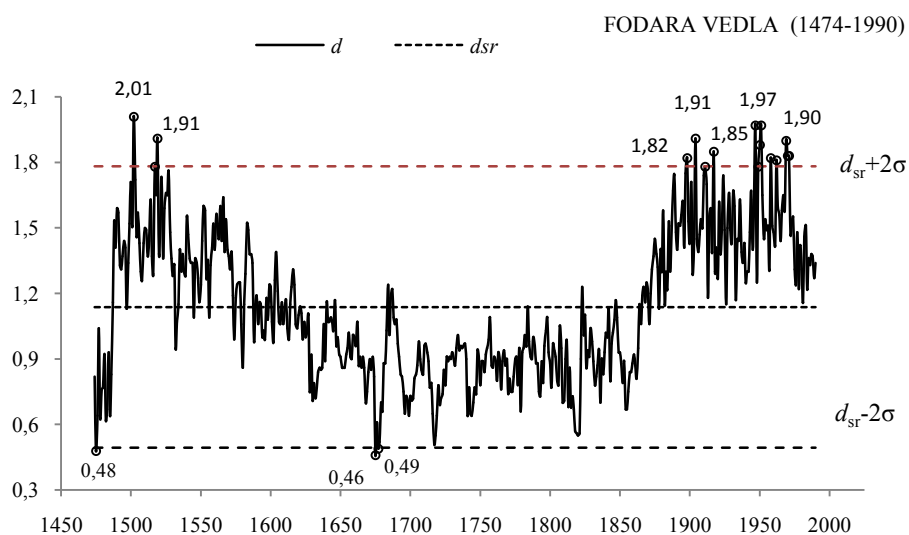
Fig. 22b. Changes of European larch (*Larix decidua*) tree ring widths in Pinega 1 (1578-1990, Russia);
 $d_{sr} = 0,506$, $\sigma = 0,2457$

23. FODARA VEDLA (1474-1990, WŁOCHY)



Rys. 23a. Zmiany szerokości słoów jodły (*Abies alba*) w Fodara Vedla (1474-1990, Włochy);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

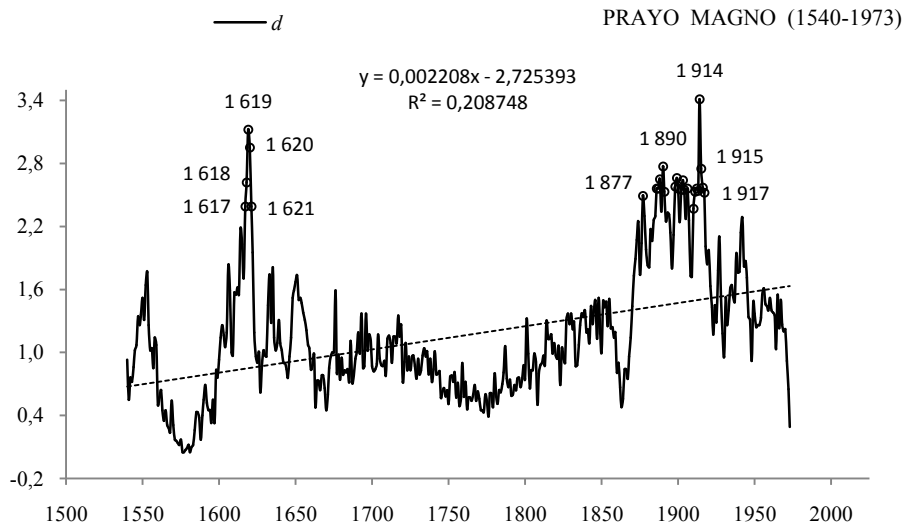
Fig. 23a. Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Fodara Vedla (1474-1990, Italia);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 23b. Zmiany szerokości słoów jodły (*Abies alba*) w Fodara Vedla (1474-1990, Włochy);
 $d_{sr} = 1,138, \sigma = 0,3223$

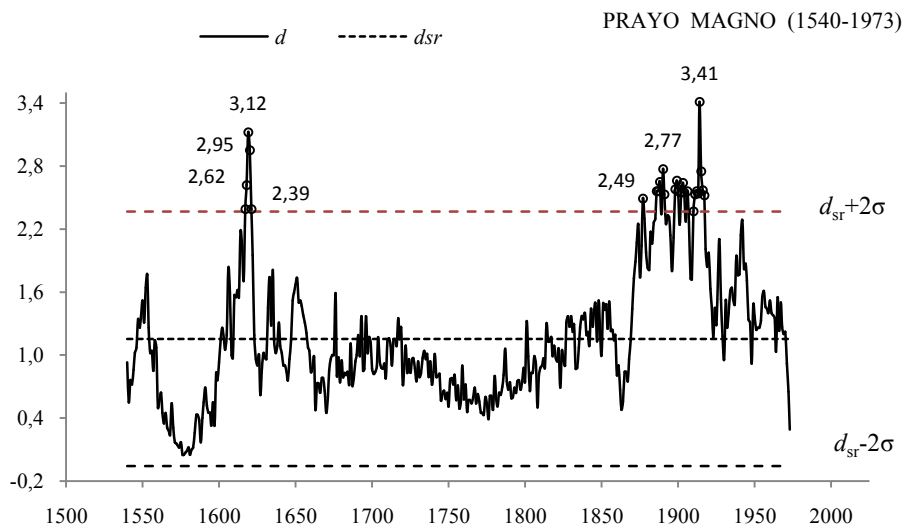
Fig. 23b. Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Fodara Vedla (1474-1990, Italia);
 $d_{sr} = 1,138, \sigma = 0,3223$

24. PRAYO MAGNO (1540-1973, WŁOCHY)



Rys. 24a. Zmiany szerokości słoju jodły (*Abies alba*) w Prayno Magno (1540-1973, Włochy); $y(x)$ – równanie prostej regresji

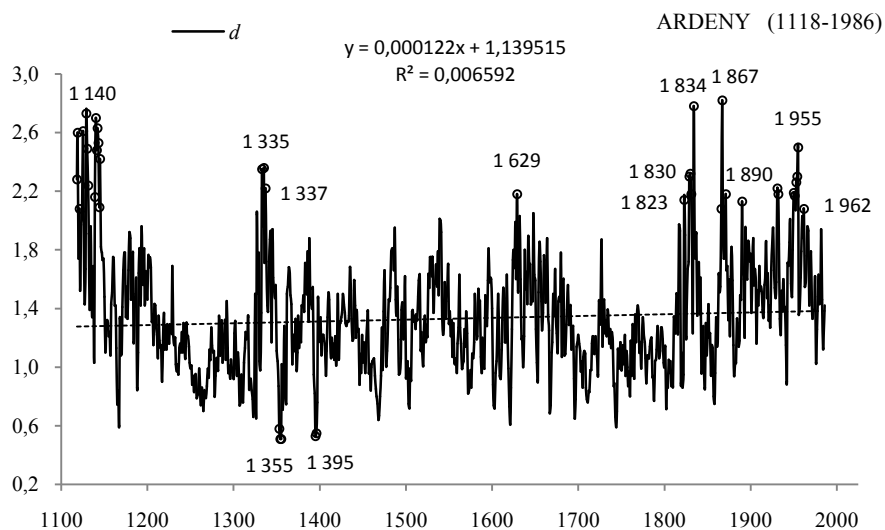
Fig. 24a. Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Prayno Magno (1540-1973, Italia); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 24b. Zmiany szerokości słoju jodły (*Abies alba*) w Prayno Magno (1540-1973, Włochy); $d_{sr} = 1,154$, $\sigma = 0,6069$

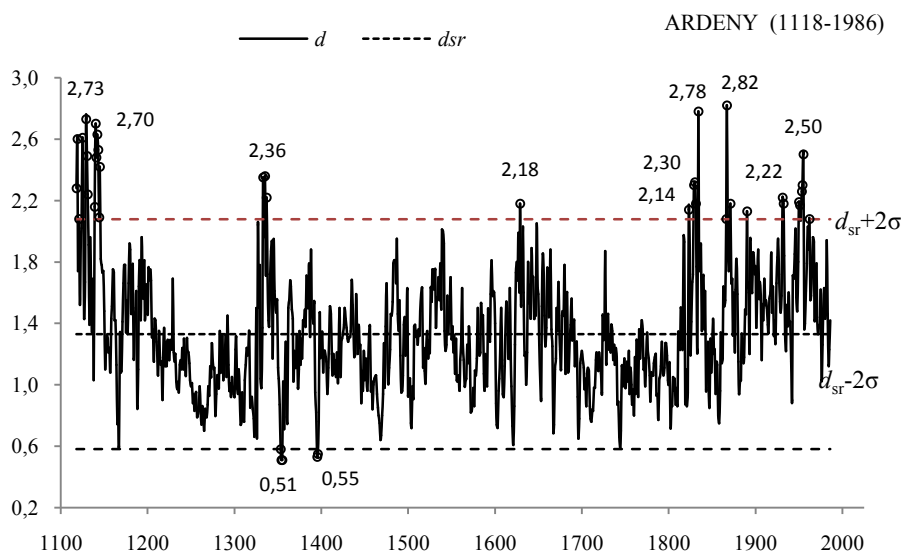
Fig. 24b. Changes of pine Silver fir (*Abies alba*) tree ring widths in Prayno Magno (1540-1973, Italia); $d_{sr} = 1,154$, $\sigma = 0,6069$

25. ARDENY (1118-1986, BELGIA)



Rys. 25a. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Ardenach (1118-1986, Belgia);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

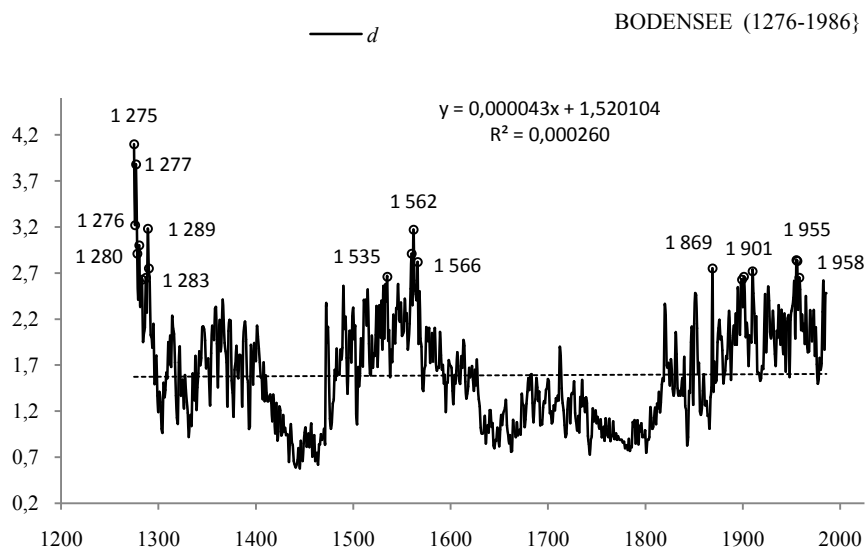
Fig. 25a. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Ardens (1118-1986, Belgium);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 25b. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Ardenach (1118-1986, Belgia);
 $d_{sr} = 1,328$, $\sigma = 0,3742$

Fig. 25b. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Ardens (1118-1986, Belgium);
 $d_{sr} = 1,328$, $\sigma = 0,3742$

26. BODENSEE (1275-1986, HOLANDIA)

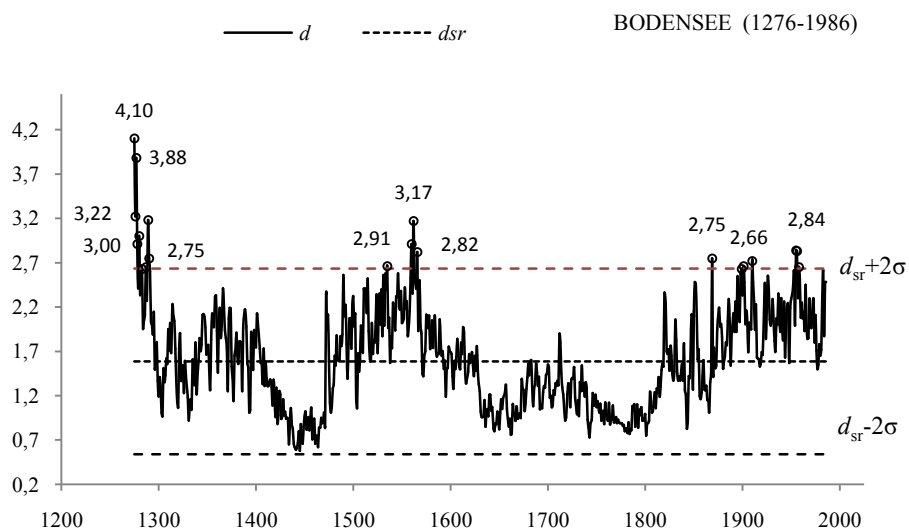


Rys. 26a. Zmiany szerokości słojów dębu (*Quercus petraea*) w Bodensee (1275-1986, Holandia);

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 26a. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bodensee (1275-1986, Holland);

$y(x)$ – the regression equation



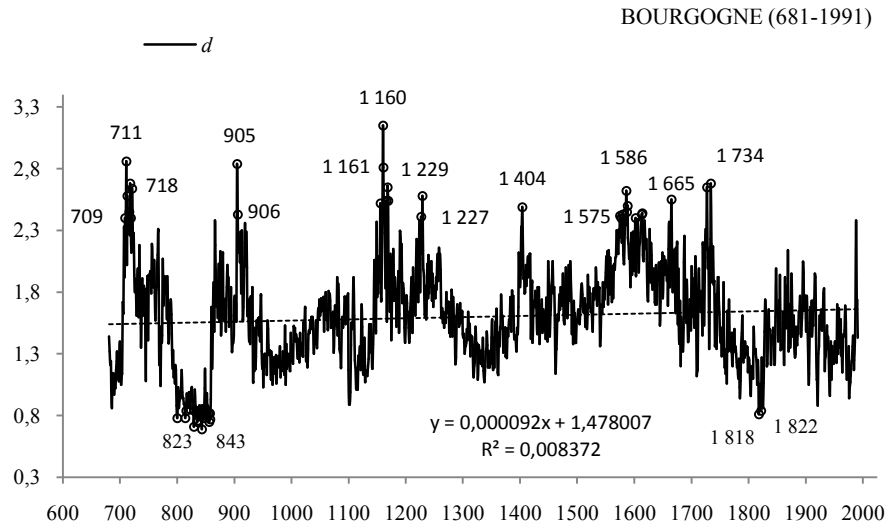
Rys. 26b. Zmiany szerokości słojów dębu (*Quercus petraea*) w Bodensee (1275-1986, Holandia);

$d_{sr} = 1,586$, $\sigma = 0,5235$

Fig. 26b. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bodensee (1275-1986, Holland);

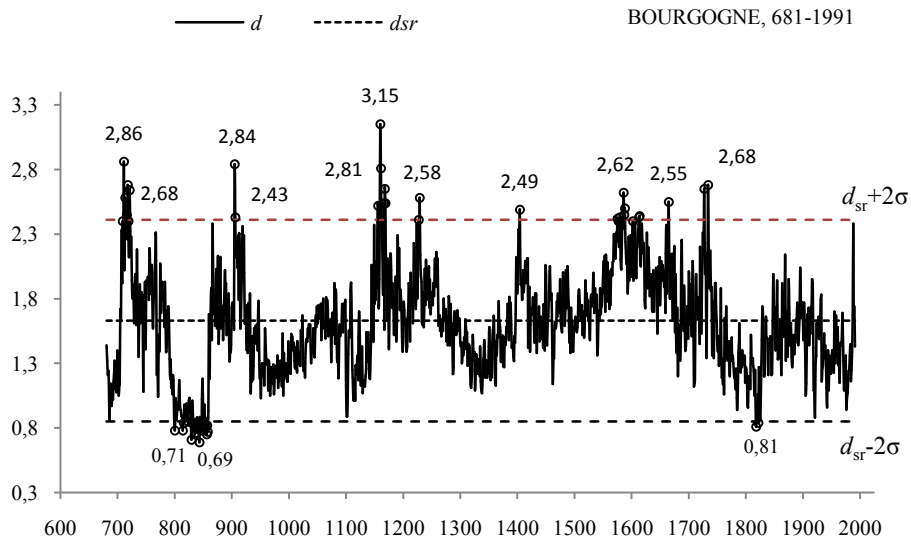
$d_{sr} = 1,586$, $\sigma = 0,5235$

27. BOURGOGNE (681-1991, FRANCJA)



Rys. 27a. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Bourgoigne (681-1991, Francja);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

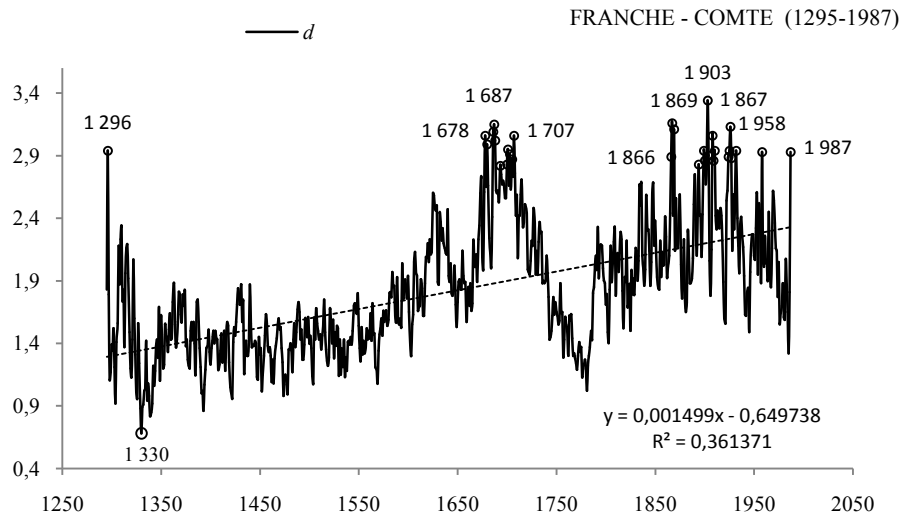
Fig. 27a. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bourgoigne (681-1991, France);
 $y(x)$ – the regression equation



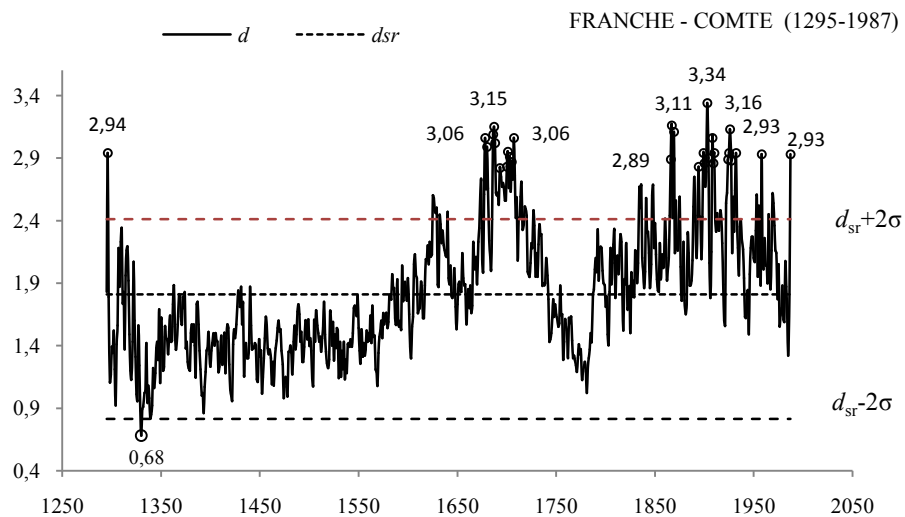
Rys. 27b. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Bourgoigne (681-1991, Francja);
 $d_{sr} = 1,631, \sigma = 0,3899$

Fig. 27b. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Bourgoigne (681-1991, France);
 $d_{sr} = 1,631, \sigma = 0,3899$

28. FRANCHE-COMTE (1294-1987, FRANCJA)

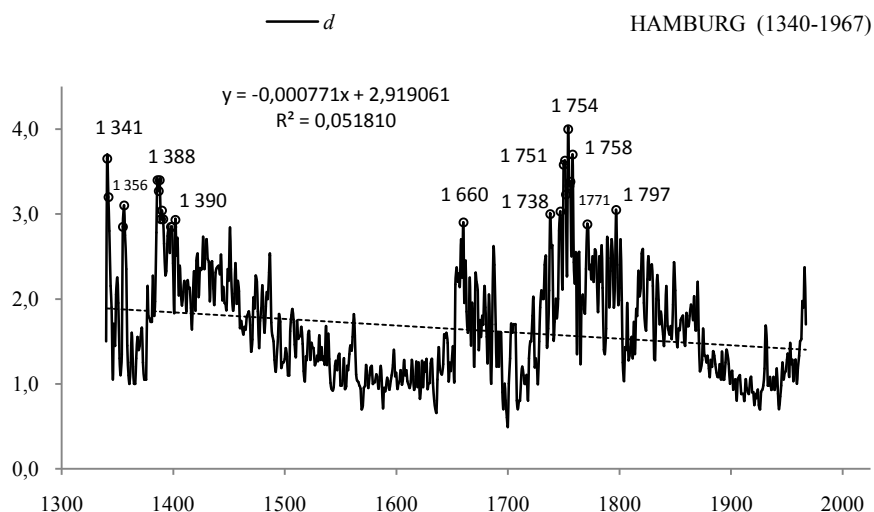


Rys. 28a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Franche-Comte (1294-1987, Francja);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 28a. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Franche-Comte (1294-1987, France);
 $y(x)$ – the regression equation



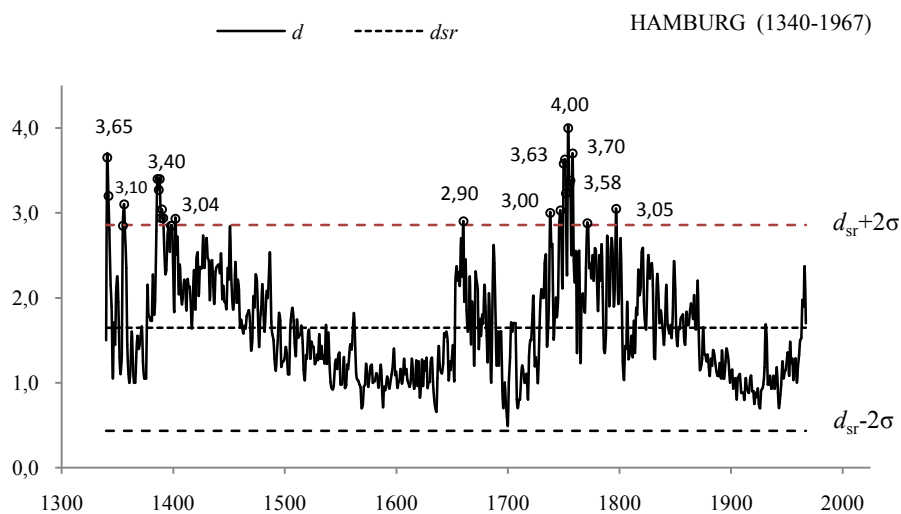
Rys. 28b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Franche-Comte (1294-1987, Francja);
 $d_{sr} = 1,810$, $\sigma = 0,4978$
Fig. 28b. Changes of Sessile oak (*Quercus petraea*) tree ring widths in Franche-Comte (1294-1987, France);
 $d_{sr} = 1,810$, $\sigma = 0,4978$

29. HAMBURG (1340-1967, NIEMCY)



Rys. 29a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Hamburgu (1340-1967, Niemcy);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

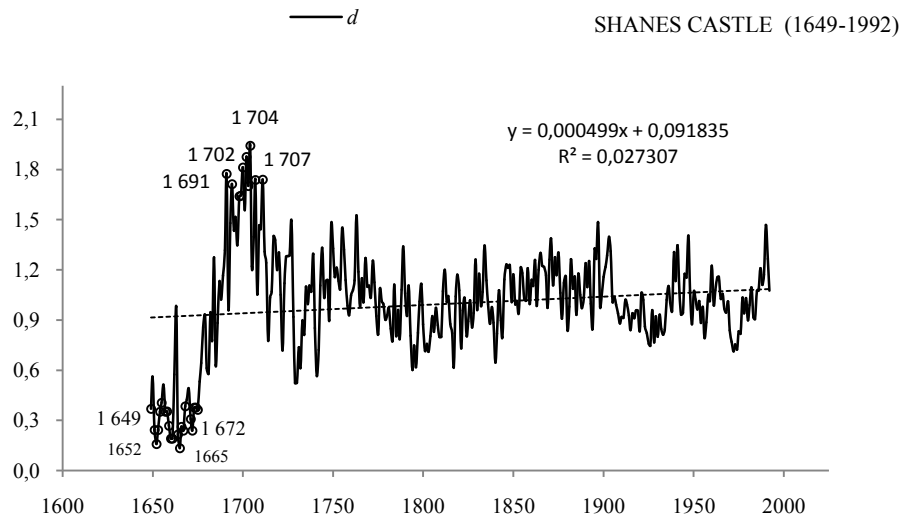
Fig. 29a. Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Hamburg (1340-1967, Germany);
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 29b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Hamburgu (1340-1967, Niemcy);
 $d_{sr} = 1,645$, $\sigma = 0,6057$

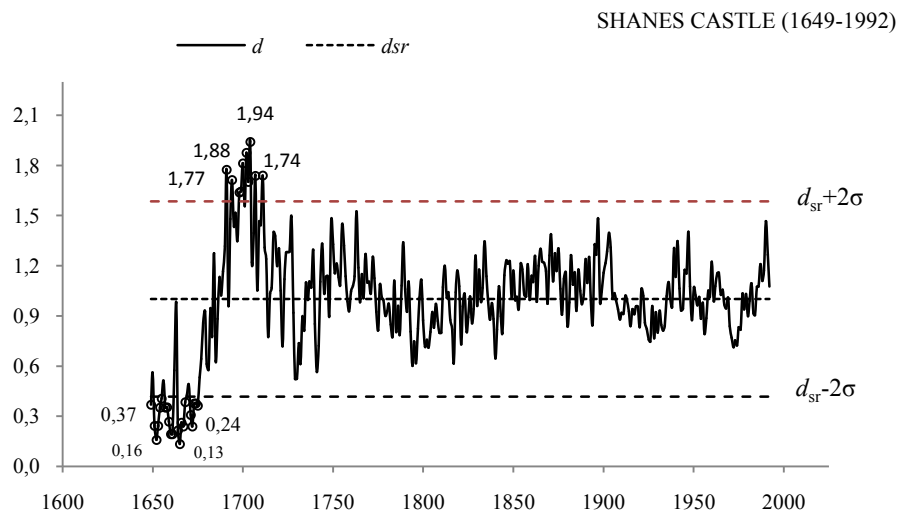
Fig. 29b. Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Hamburg (1340-1967, Germany);
 $d_{sr} = 1,645$, $\sigma = 0,6057$

30. SHANES CASTLE (1649-1992, IRLANDIA)



Rys. 30a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Shanes Castle (1649-1992, Irlandia); $y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 30a. Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Shanes Castle (1649-1992, Ireland); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 30b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus robur*) w Shanes Castle (1649-1992, Irlandia); $d_{sr} = 1,002$, $\sigma = 0,2922$

Fig. 30b. Changes of English oak (*Quercus robur*) tree ring widths in Shanes Castle (1649-1992, Ireland); $d_{sr} = 1,002$, $\sigma = 0,2922$

5.4. Ekstrema szerokości słoju dębów rosnących w Polsce (X-XX)

Za wyjątkowy pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoja danego dębu (d_{inf}) różni się od średniej z wszystkich jego słoju (d_{sr}) (od średniej wieloletniej) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ) (rys. 31a-414a, rys. 31b-44b)

$$d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma - \text{bardzo zimny (BZ)}$$

$$d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma - \text{bardzo ciepły (BC)}$$

Podano też ekstrema grubości* słoju drzew: minimum (t_{min} , d_{min}) – wyjątkowo zimny rok (WZ) i maksimum (t_{max} , d_{max}). – wyjątkowo ciepły (WC)

Tabela 2. Rozmieszczenie dębów w Polsce

Table 2. Localization Sessile oaks in Poland

		Lata	d_s	σ	$d_{sr} - 2\sigma$	$d_{sr} + 2\sigma$	t_{min}	d_{min}	t_{max}	d_{max}
31.	Gdańsk	1762-1985	10,002	1,3638	7,2746	12,7299	1790	4,9	1763	14,9
32.	Gołdap	1871-1986	9,999	2,1408	5,7175	14,2807	1940	4,1	1958	15,8
33.	Hajnówka	1720-1984	10,001	2,0128	5,9751	14,0264	2747	3,9	1730	15,8
34.	Koszalin	1782-1986	10,000	1,9384	6,1237	13,8772	1800	5,2	1783	116,7
35.	Kraków	1792-1985	10,000	1,4552	7,0895	12,9105	1840	6,2	1971	13,5
36.	Pomorze Wschodnie	996-1985	9,999	1,4018	7,1959	12,8031	998	4,3	1021	15,9
37.	Poznań	1836-1986	10,000	1,7205	6,5590	13,4410	1836	5,4	1954	14,1
38.	Roztocze	1782-1988	9,996	2,2796	5,4369	14,5553	1784	1,6	1791	16,1
39.	Suwalki	1861-1986	9,997	1,6527	6,6914	13,3022	1940	6,3	1972	14,5
40.	Toruń	1713-1986	10,001	1,6842	6,6324	13,3691	1751	4,6	1801	17,5
41.	Warszawa	1690-1984	9,997	1,5741	6,8490	13,1456	1717	5,7	1730	15,4
42.	Wolin	1554-1986	10,000	1,5105	6,9792	13,0212	1554	5,6	1562	18,5
43.	Wrocław	1727-1986	9,999	1,7275	6,5442	13,4542	1742	4,4	1729	15,6
44.	Zielona Góra	1774-1986	10,000	2,4766	5,0473	14,9536	1774	3,8	1783	25,7



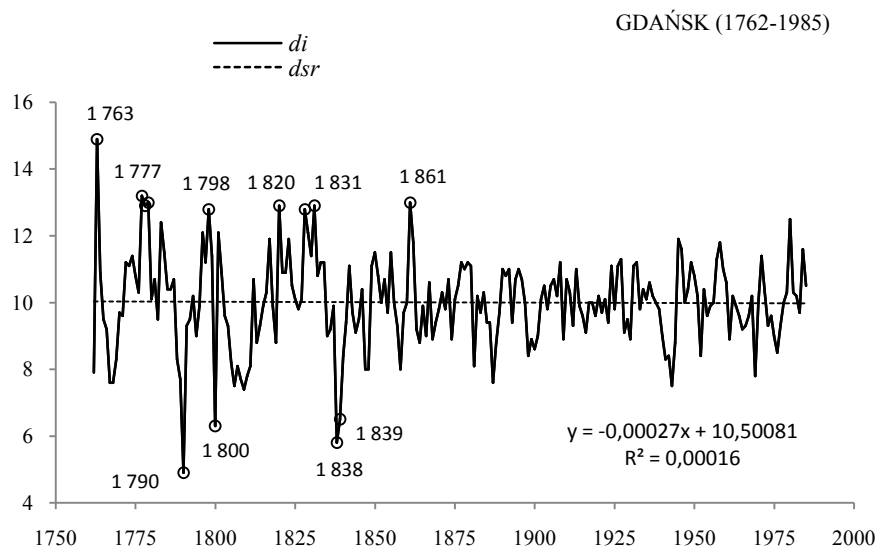
Na przykład w przypadku dębu *Quercus petraea* Pomorze Wschodnie (966-1985 Polska) grubości słoju poniżej średniej z wszystkich słoju ($d_{sr} = 9,999$) o dwa odchylenia standardowe ($\sigma = 1,4018$) – spełniające warunek $d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma$ wystąpiły w latach:

t_{inf}	d_{inf}	t_{inf}	d_{inf}
998	4,3	1439	6,7
1043	5,2	1741	6,7
1044	5,2	1790	6,7
997	5,9	1066	6,8
1838	5,9	1007	6,9
1028	6,5	1083	6,9
1670	6,5	1129	6,9
1800	6,5	1209	6,9
1806	6,6	1096	7,1
1839	6,6	1169	7,1

Rys. 31. Rozmieszczenie dębów w Polsce

Fig. 31. Localization Sessile oaks in Poland

31. GDAŃSK (1762-1985)

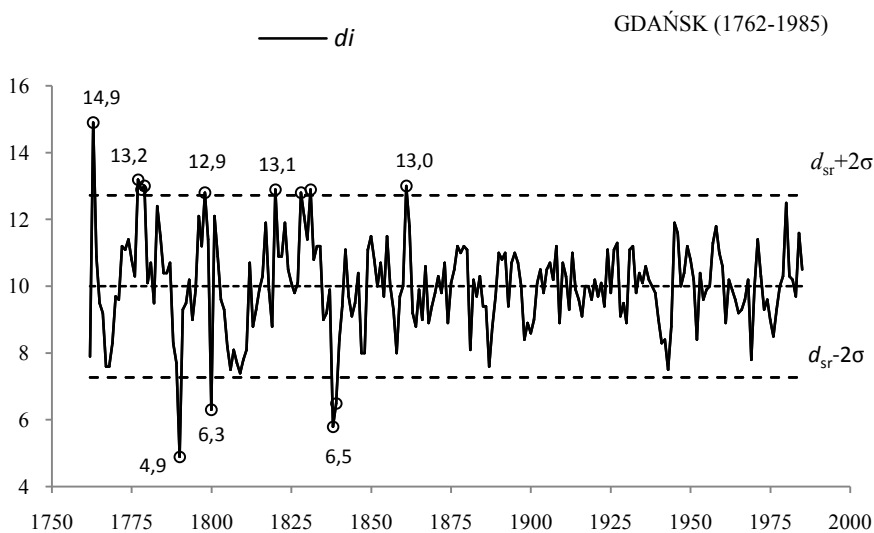


Rys. 31a. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Gdańsku (1762-1985)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 31a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Gdańsk (1762-1985)

$y(x)$ – the regression equation



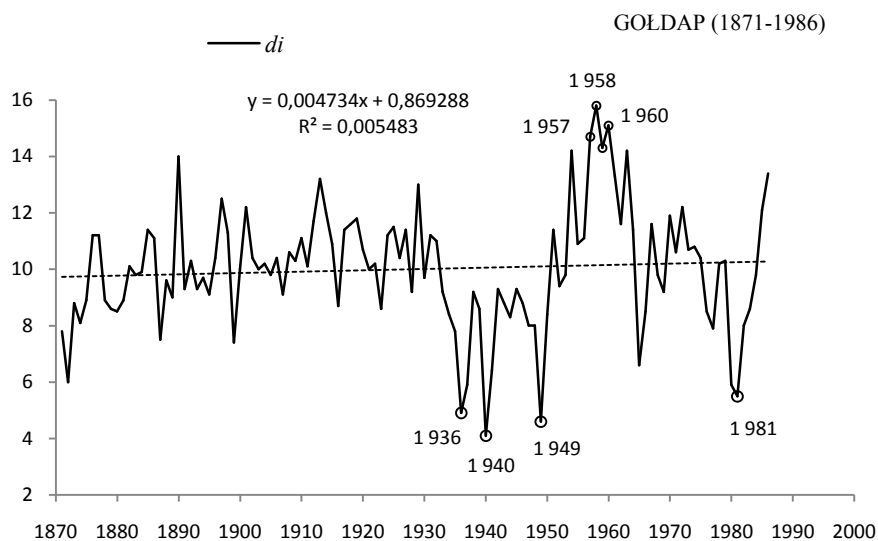
Rys. 31b. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Gdańsku (1762-1985)

$d_{sr} = 10,002$, $\sigma = 1,3638$

Fig. 31b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Gdańsk (1762-1985)

$d_{sr} = 10,002$, $\sigma = 1,3638$

32 . GOŁDAP (1871-1986)

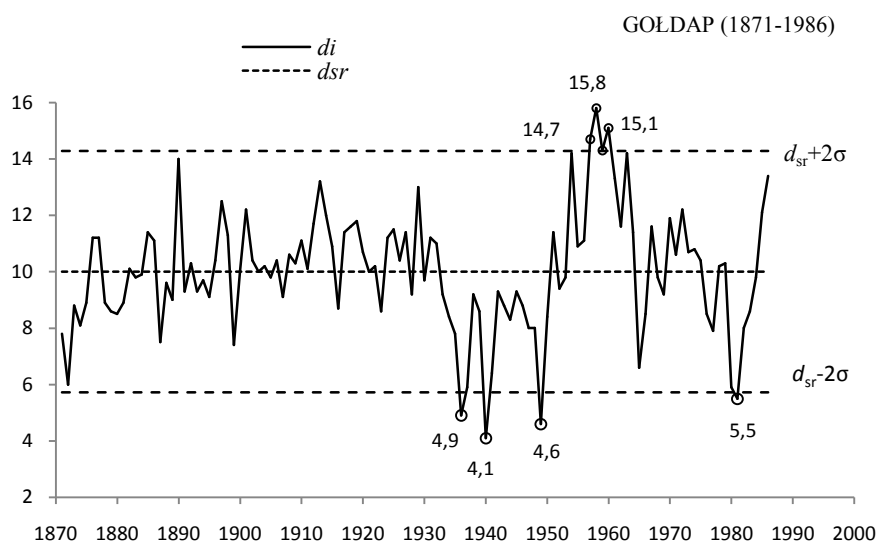


Rys. 32a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Gołdapi (1871-1986)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 32a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Goldapia (1871-1986)

$y(x)$ – the regression equation



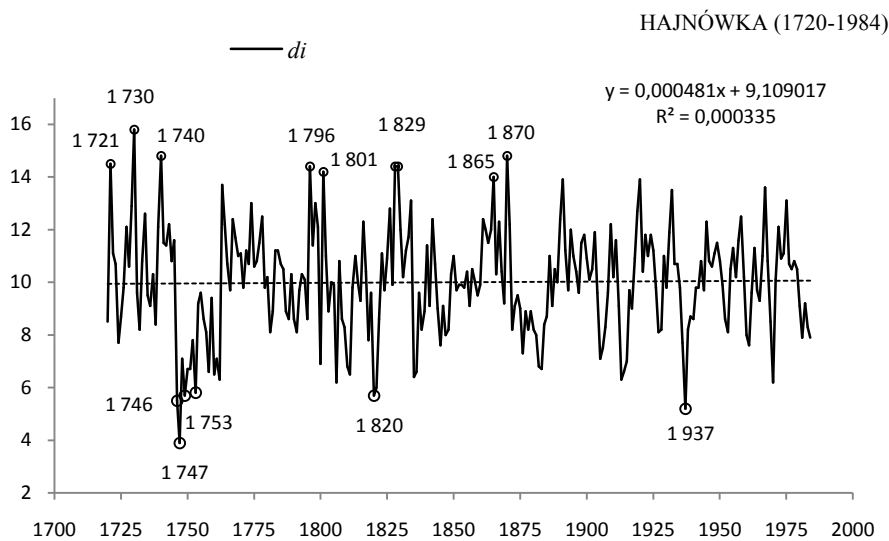
Rys. 32b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Gołdapi (1871-1986)

$d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 2,1408$

Fig. 32b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Goldapia (1871-1986)

$d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 2,1408$

33. HAJNÓWKA (1720-1984)

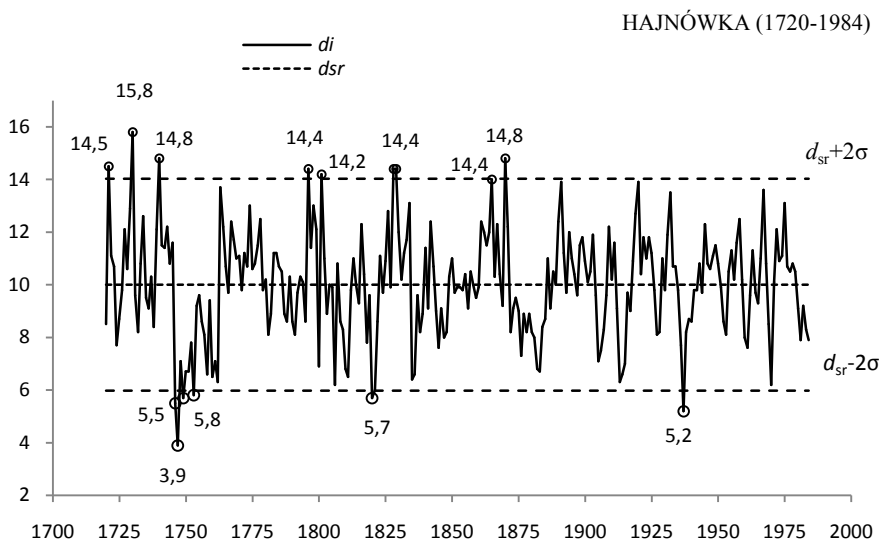


Rys. 33a. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Hajnówce (1720-1984)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 33a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Hajnówka (1720-1984)

$y(x)$ – the regression equation



Rys. 33b. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Hajnówce (1720-1984)

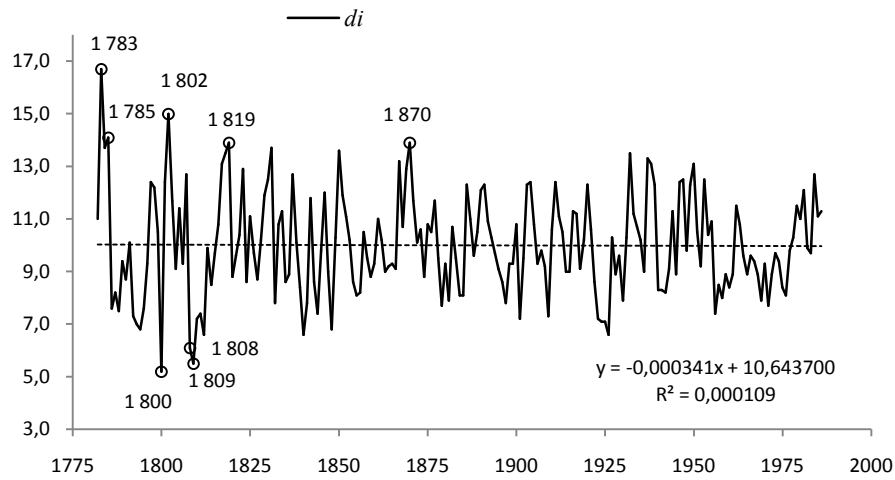
$d_{sr} = 10,001$, $\sigma = 2,0128$

Fig. 33b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Hajnówka (1720-1984)

$d_{sr} = 10,001$, $\sigma = 2,0128$

34 . KOSZALIN (1782-1985)

KOSZALIN (1782-1986)

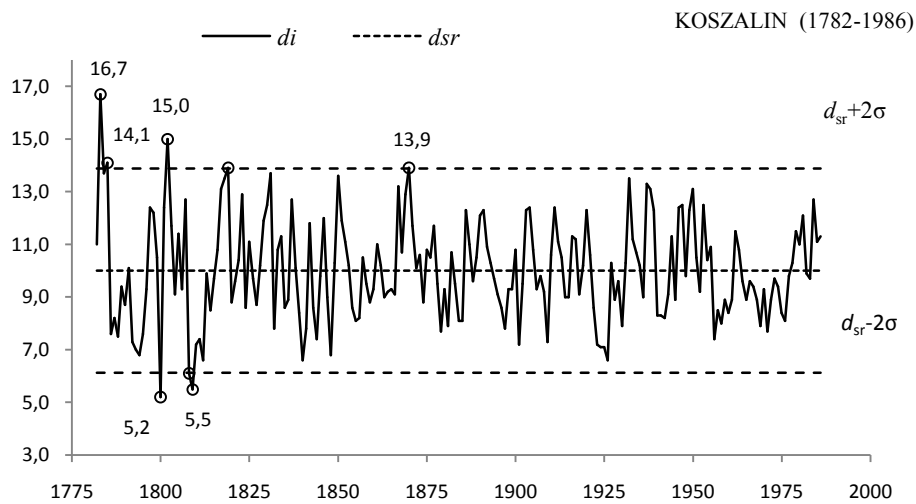


Rys. 34a. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Koszalinie (1782-1985)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 34a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Koszalin (1782-1985)

$y(x)$ – the regression equation



Rys. 34b. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Koszalinie (1782-1985)

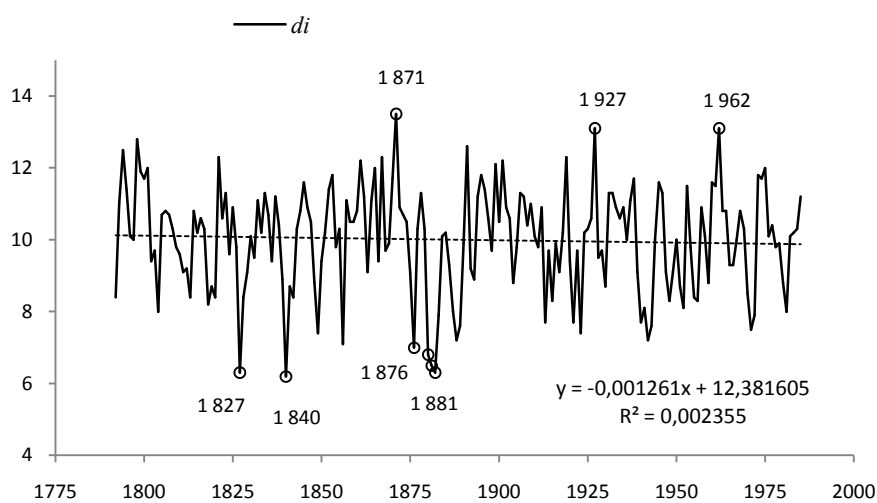
$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,9384$

Fig. 34b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Koszalin (1782-1985)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,9384$

35 . KRAKÓW(1792-1985)

KRAKÓW (1792-1985)



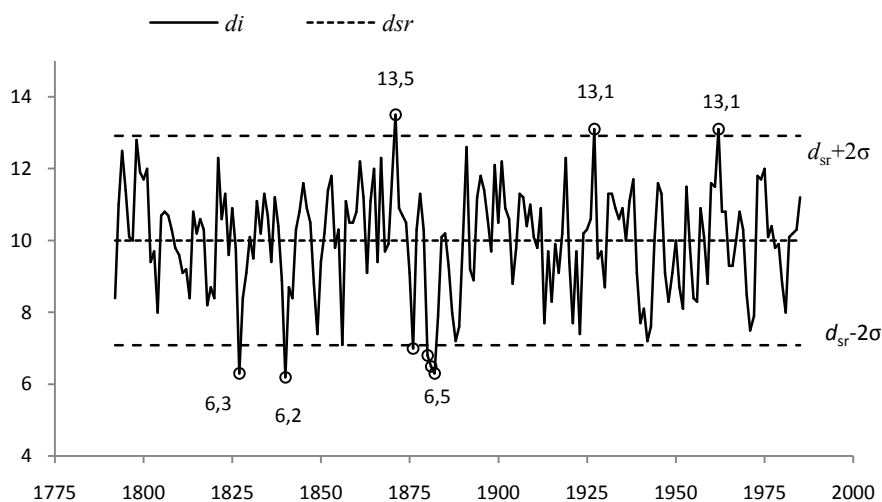
Rys. 35a. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Krakowie (1792-1985)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 35a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Krakow (1792-1985)

$y(x)$ – the regression equation

KRAKÓW (1792-1985)



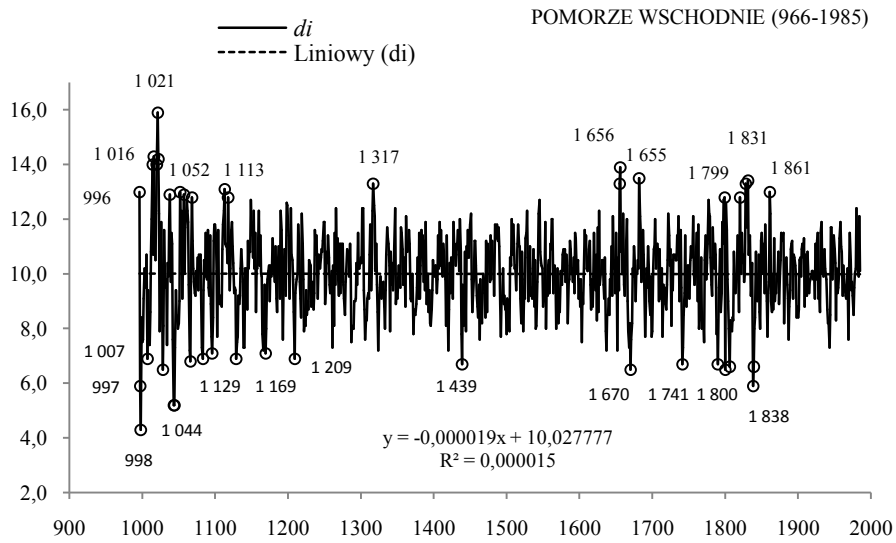
Rys. 35b. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) w Krakowie (1792-1985)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,4552$

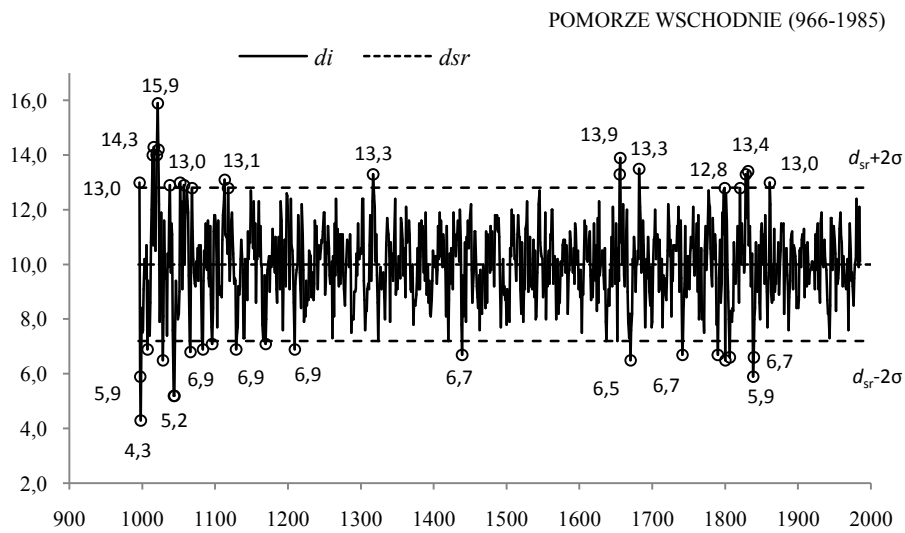
Fig. 35b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Krakow (1792-1985)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,4552$

36. POMORZE WSCHODNIE (966-1985)

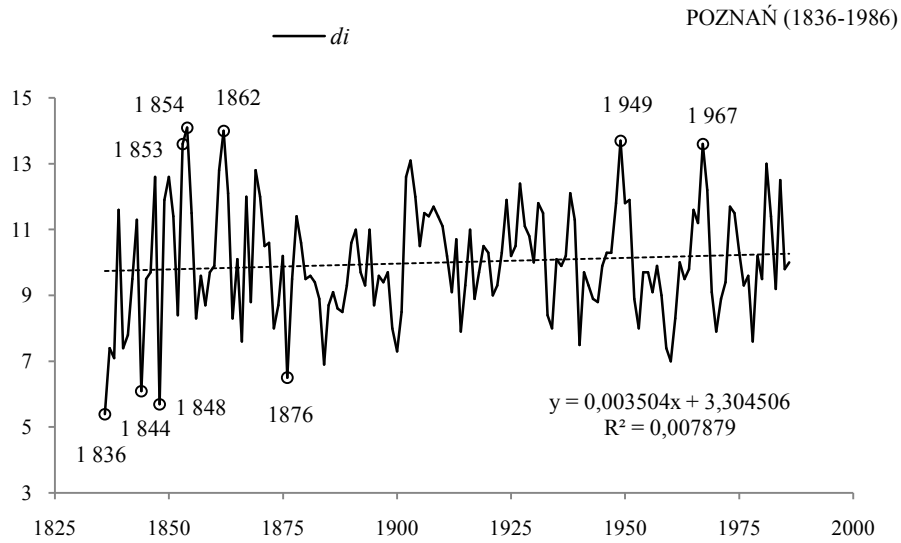


Rys. 36a. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985);
 $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 36a. Changes of oaks (*Quercus petraea* tree ring widths in East Pomeranian (966-1985);
 $y(x)$ – the regression equation

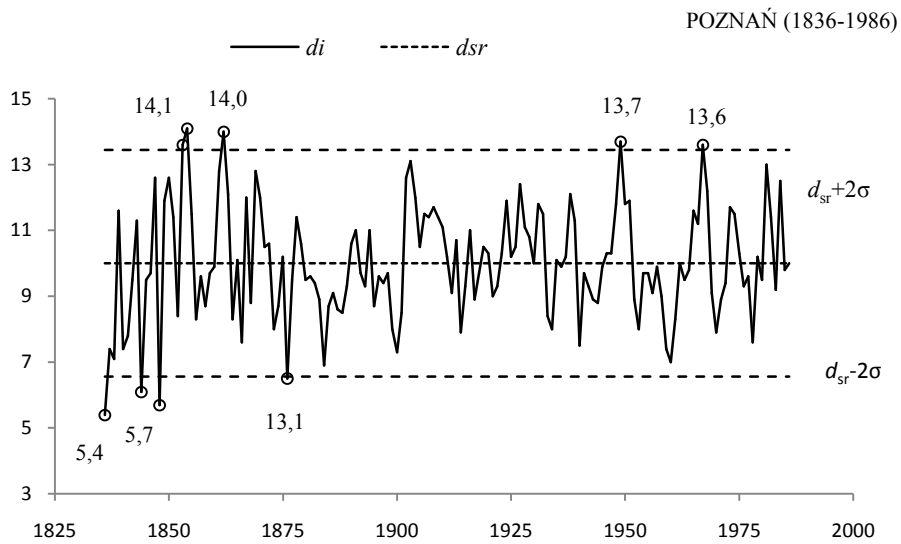


Rys. 36b. Zmiany szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985.);
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$
Fig. 36b. Changes of oaks (*Quercus petraea* tree ring widths in East Pomeranian (966-1985);
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

37. POZNAŃ (1836-1986)

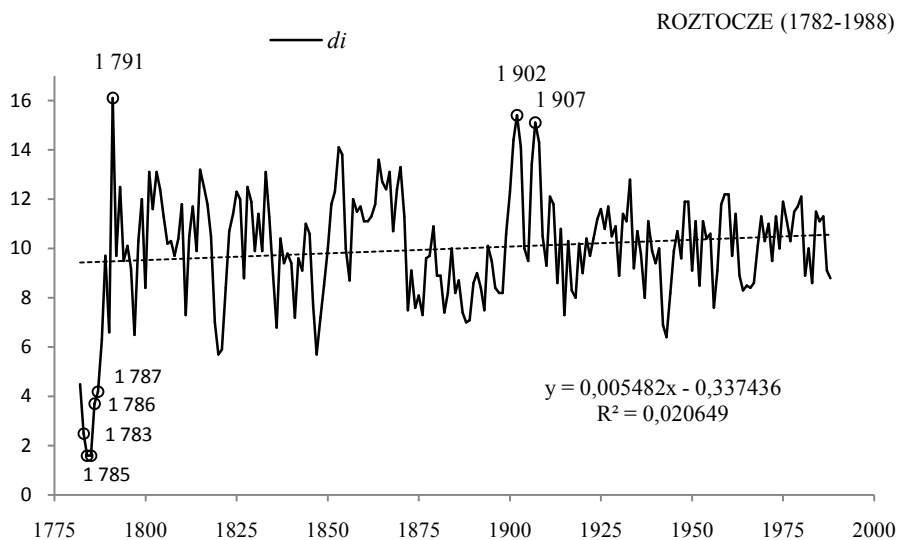


Rys. 37a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Poznaniu (1836-1986)
 $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 37a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Poznań (1836-1986)
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 37b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Poznaniu (1836-1986)
 $d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,7205$
Fig. 37b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Poznań (1836-1986)
 $d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,7205$

38. ROZTOCZE (1872-1988)

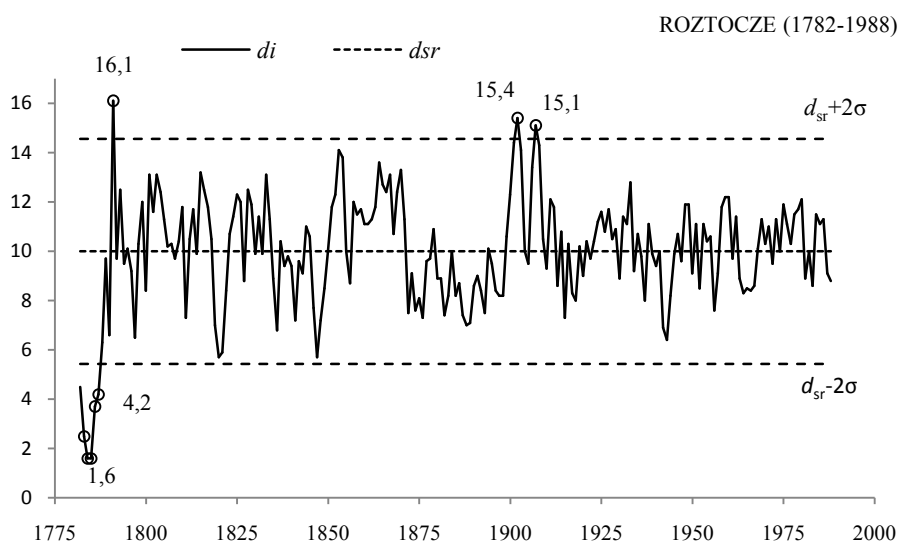


Rys. 38a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Roztoczu (1872-1988)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 38a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Roztocze (1872-1988)

$y(x)$ – the regression equation



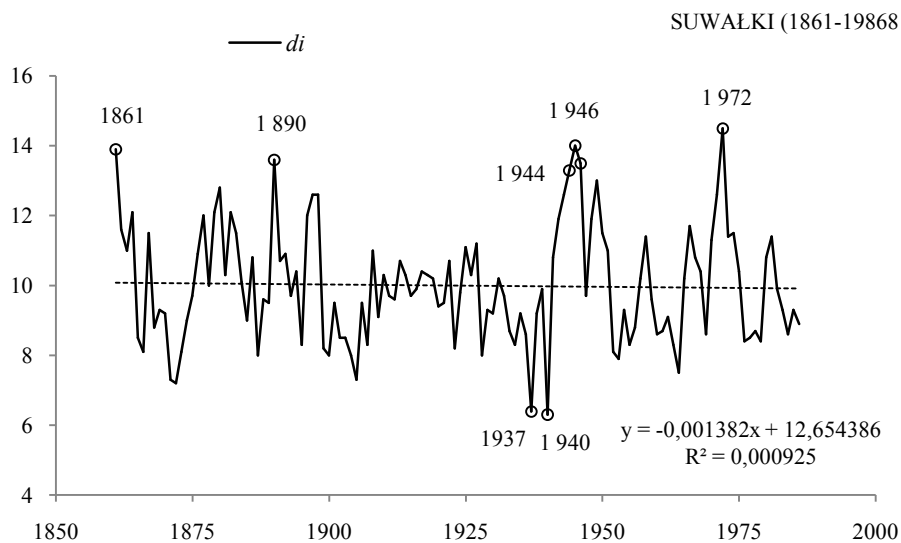
Rys. 38b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Roztoczu (1872-1988)

$d_{sr} = 9,996$, $\sigma = 2,2796$

Fig. 38b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Roztocze (1872-1988)

$d_{sr} = 9,996$, $\sigma = 2,2796$

39. SUWAŁKI (1861-1986)

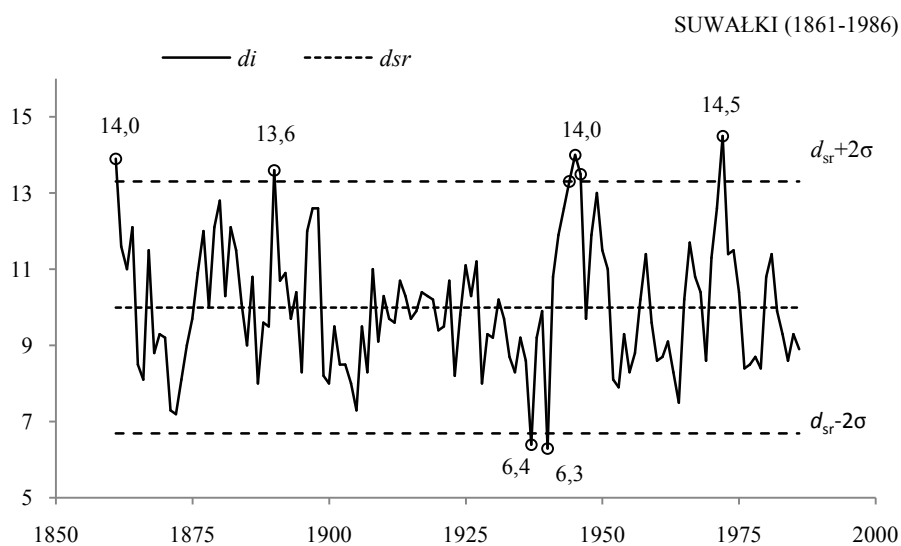


Rys. 39a. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Suwałkach (1861-1986)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 39a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Suwałki (1861-1986)

$y(x)$ – the regression equation



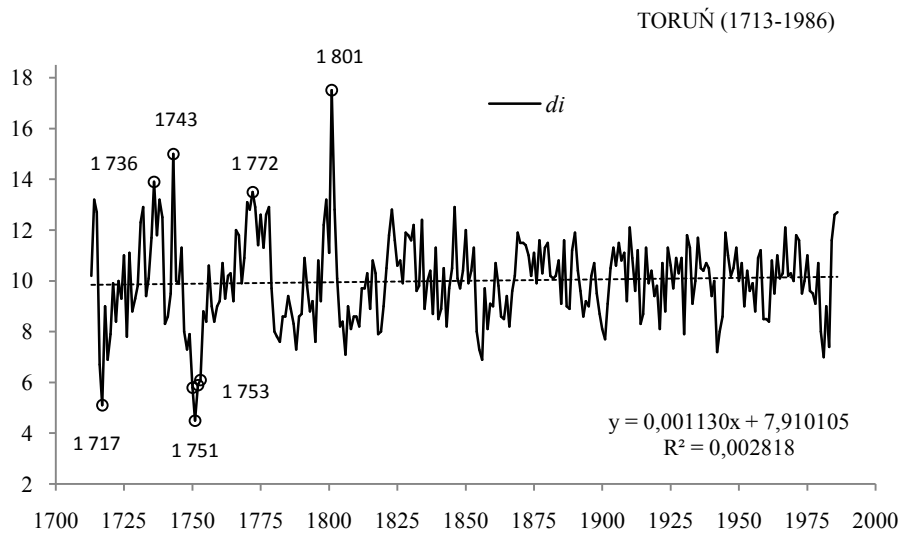
Rys. 39b. Zmiany szerokości słoju dębu (*Quercus petraea*) w Suwałkach (1861-1986)

$d_{sr} = 9,997, \sigma = 1,6527$

Fig. 39b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Suwałki (1861-1986)

$d_{sr} = 9,997, \sigma = 1,6527$

40. TORUŃ (1713-1986)

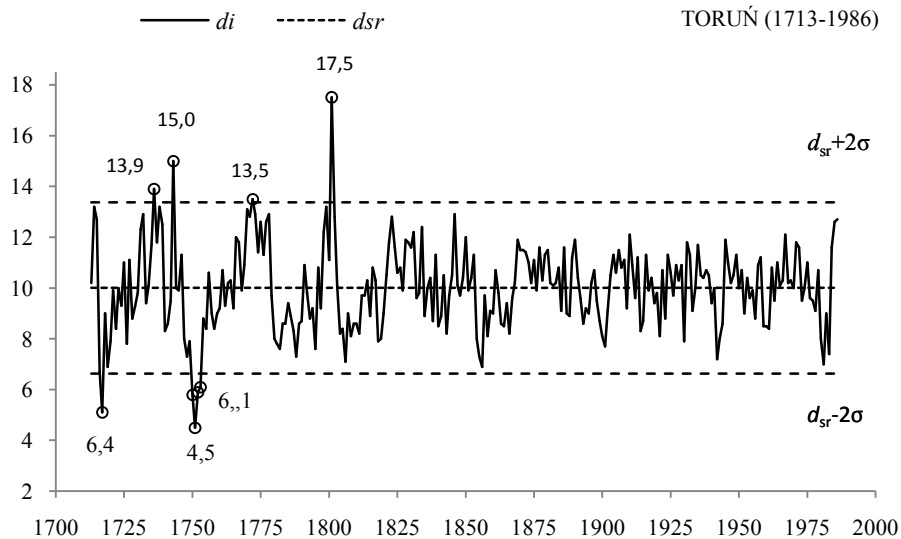


Rys. 40a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Toruniu (1713-1986)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 40a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Toruń (1713-1986)

$y(x)$ – the regression equation



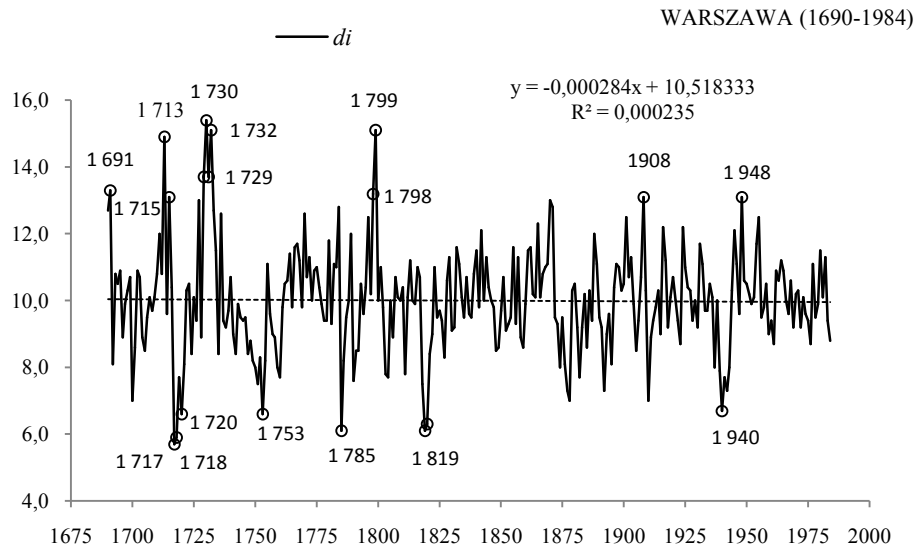
Rys. 40b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Toruniu (1713-1986)

$d_{sr} = 10,001$, $\sigma = 1,6842$

Fig. 40b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Toruń (1713-1986)

$d_{sr} = 10,001$, $\sigma = 1,6842$

41. WARSZAWA (1690-1984)

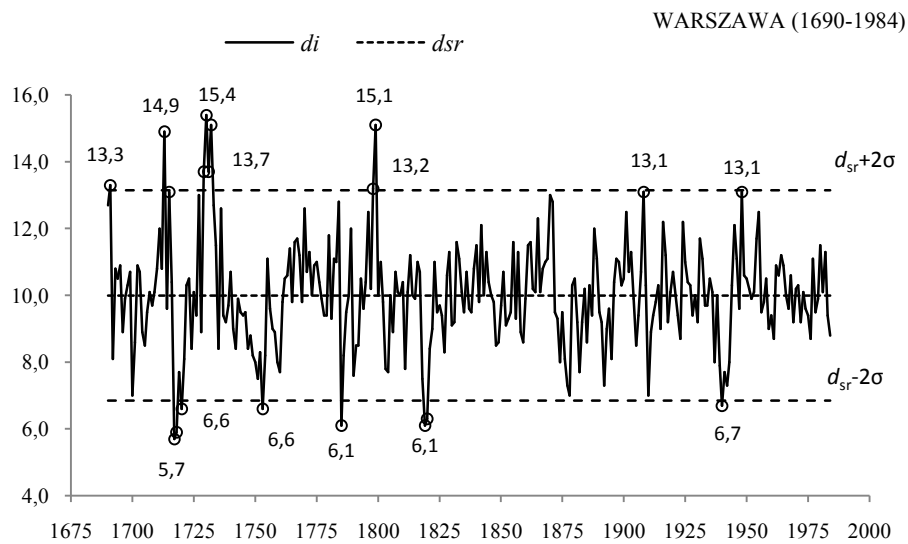


Rys. 41a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Warszawie (1690-1984)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 41a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Warsaw (1690-1984)

$y(x)$ – the regression equation



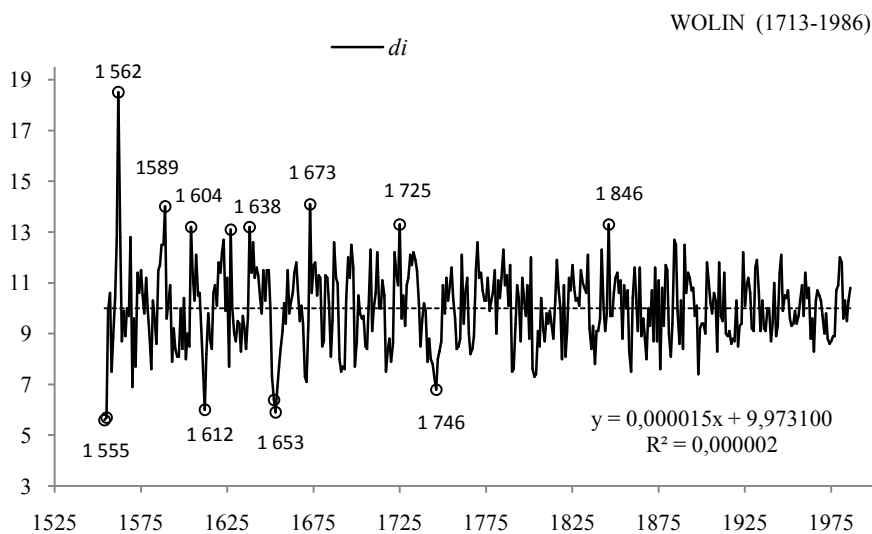
Rys. 41b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) w Warszawie (1690-1984)

$d_{sr} = 9,997$, $\sigma = 1,5741$

Fig. 41b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Warsaw (1690-1984)

$d_{sr} = 9,997$, $\sigma = 1,5741$

42. WOLIN (1554-1985)

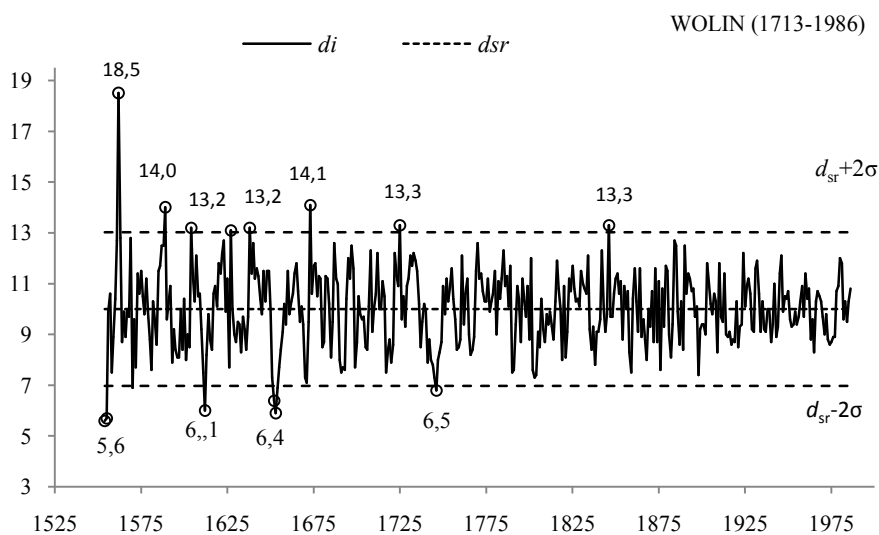


Rys. 42a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Wolinie (1554-1985)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 42a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wolin (1554-1985)

$y(x)$ – the regression equation



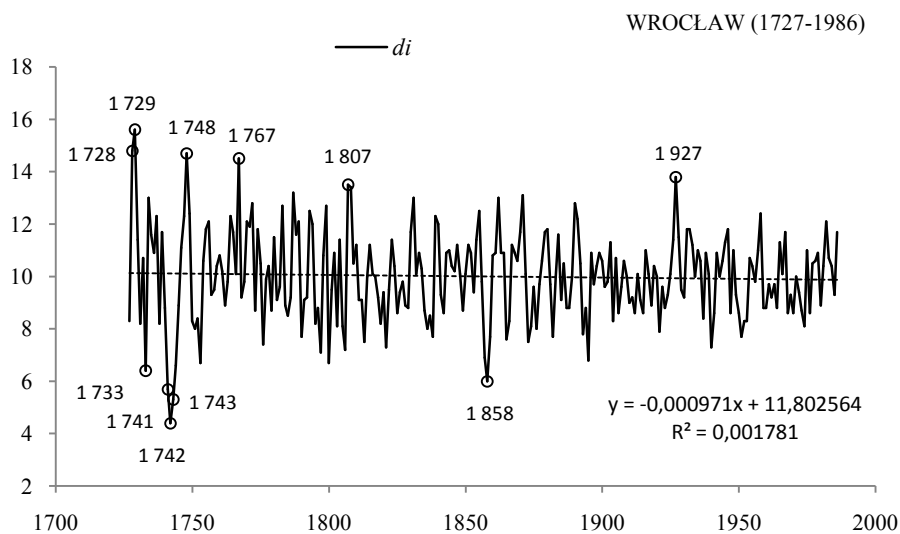
Rys. 42b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) na Wolinie (1554-1985)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,5105$

Fig. 42b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wolin (1554-1985)

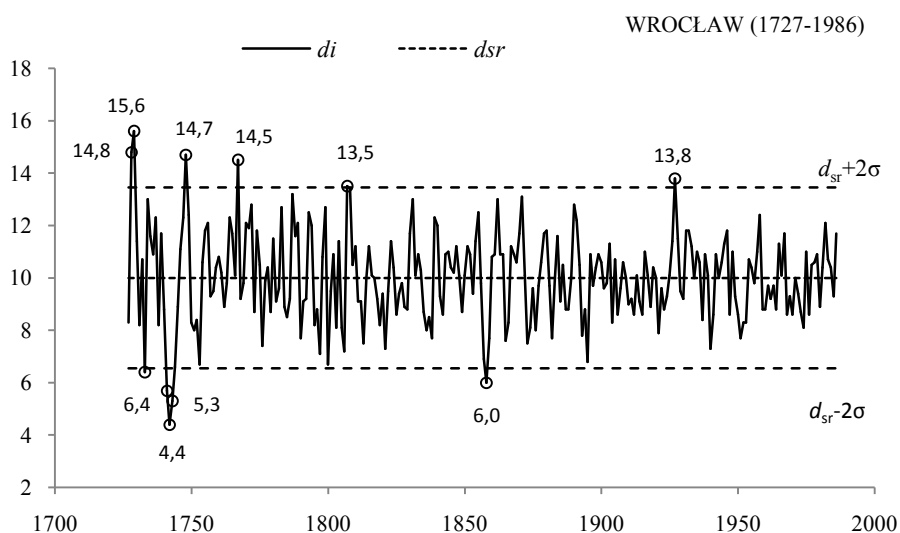
$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 1,5105$

43. WROCLAW (1727-1986)



Rys. 43a. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) we Wrocławiu (1727-1986)
 $y(x)$ – równanie prostej regresji

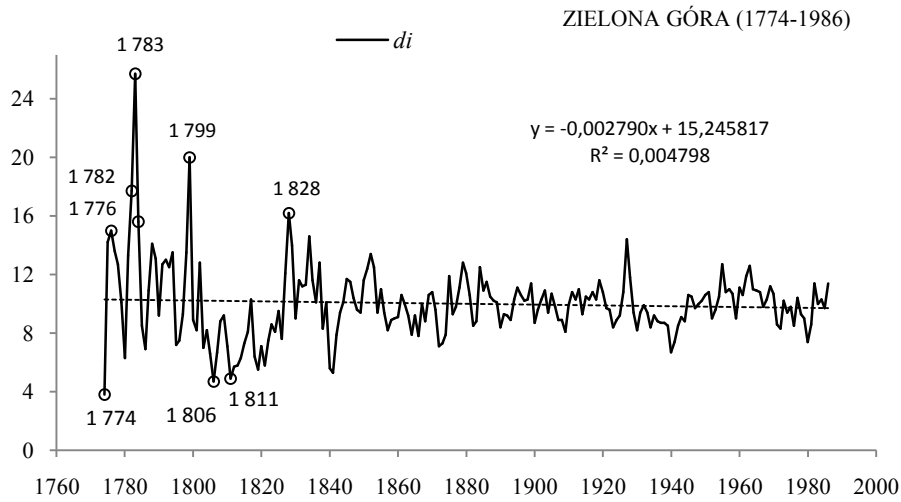
Fig. 43a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wrocław (1727-1986)
 $y(x)$ – the regression equation



Rys. 43b. Zmiany szerokości słoów dębu (*Quercus petraea*) we Wrocławiu (1727-1986)
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,7275$

Fig. 43b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Wrocław (1727-1986)
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,7275$

44. ZIELONA GÓRA (1774-1986)

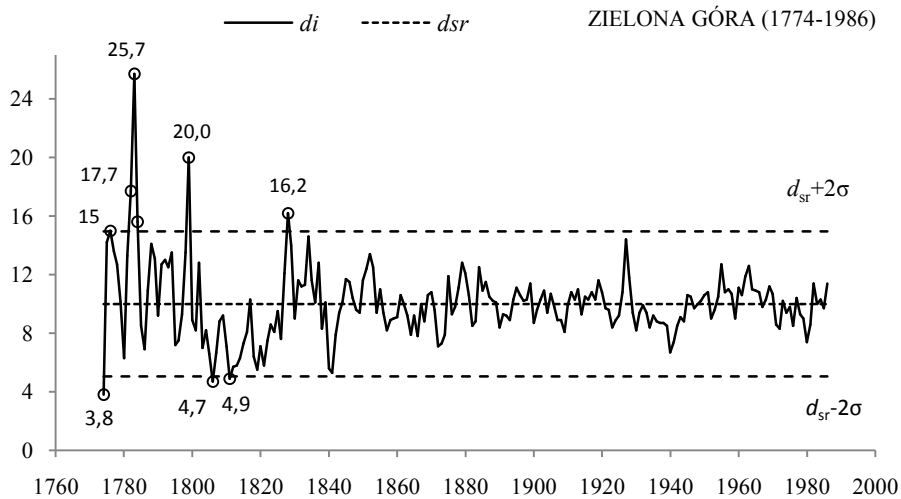


Rys. 44a. Zmiany szerokości słoje dębu (*Quercus petraea*) w Zielonej Górze (1774-1986)

$y(x)$ – równanie prostej regresji

Fig. 44a. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Zielona Góra (1774-1986)

$y(x)$ – the regression equation



Rys. 44b. Zmiany szerokości słoje dębu (*Quercus petraea*) w Zielonej Górze (1774-1986)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 2,4766$

Fig. 44b. Changes of oaks (*Quercus petraea*) tree ring widths in Zielona Góra (1774-1986)

$d_{sr} = 10,000$, $\sigma = 2,4766$

* Uwaga. Szerokość słoje badanych dębów w Polsce podano w 0,1 mm.

Źródło danych: <http://www.ncdn.noaa.gov/paleo/treering.htm>

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

MARIA STOPA-BORYCZKA , JERZY BORYCZKA

**XXXIV. KLIMAT EUROPY
PRZESZŁOŚĆ, TERAŹNIEJSZOŚĆ, PRZYSZŁOŚĆ
(W KOLEJNYCH 33 TOMACH ATLASU I-1974–XXXIII-2015)**

atlas

**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

Warszawa 2015

VI. REKONSTRUKCJA I NOWE PROGNOZY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE W TYSIĄCLECIU 1500-2500

Metody badań

Rekonstrukcje i prognozy zmian temperatury powietrza w Polsce w latach 1500-2500 opracowane według cykli wyznaczonych metodą *sinusoid regresji* J. Boryczki (1998).

Wyniki pomiarów y_1, \dots, y_n , wykonane w dowolnych odstępach czasu t_1, \dots, t_n , czyli punkty empiryczne (y_i, t_i) aproksymowano kolejnymi sinusoidami regresji o okresie Θ , amplitudzie b i fazie c , z „krokiem” $\Delta\Theta = 0,1$ roku:

$$y = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta} t + c\right) \quad (1)$$

Parametry a_0, b, c sinusoidy regresji (cyklu) wyznacza się tak, by suma kwadratów odchyłeń $\varepsilon_i = y_i - y(t_i)$ punktów empirycznych (t_i, y_i) od jej założonego wykresu była minimalna:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad - \text{Min} \quad (2)$$

Zmieniając okres sinusoidy Θ z dowolnym odstępem czasu: $\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_n$ otrzymuje się ciąg liczbowy wariancji reszkowej $\varepsilon_1^2, \varepsilon_2^2, \dots, \varepsilon_n^2$ (widmo). Okresy Θ_j – to minima lokalne widma – maksima współczynnika korelacji R_i spośród R_1, R_2, \dots, R_n .

Cykle weryfikowano testem Fishera-Snedecora o 2 i $n-3$ stopniach swobody (test, $F_{\text{obl}} > F_{\text{kr}}$) (Zieliński, 1972):

$$F_{\text{obl}} = \frac{n-3}{2} \frac{R^2}{(1-R^2)}, \quad R = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2}{s^2}} \quad (3)$$

gdzie s^2 – wariancja zmiennej y

Rekonstrukcje i prognozy otrzymano według interferencji k najistotniejszych statystycznie („najsilniejszych”) cykli $F(t)$ i $f(t)$ – bez składnika liniowego ($at=0$):

$$F(t) = a_0 + at + \sum_{j=1}^k b_j \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j\right) \quad (4)$$

Rekonstrukcje i prognozy opracowano dla poszczególnych miesięcy, pół roku i roku na podstawie wyników pomiarów: w Warszawie – z lat 1779-2015, Krakowie – 1826-2017) i Wrocławiu – 1792-2017.

Rekonstrukcje i prognozy zmian temperatury powietrza w latach 1500-2500 przeprowadzono według dwóch rodzajów wypadkowych interferencji cykl:

1. ze składnikiem liniowym $F(t) = a_0 + at + \dots$
2. bez składnika liniowego $-f(t)$, ($at=0$).

Dokładność aproksymacji wyników pomiarów charakteryzują współczynniki korelacji wielokrotnej R .

Okresy Θ – to minima lokalne zamieszczonych widm temperatury powietrza w przedziale $2.1 \leq \Theta \leq 250$ lat z odstępem Θ co 0,1 roku. Na ogół, spadki wariancji resztkowej ε^2 przy $\Theta \rightarrow 250$ lat świadczą, że istnieją cykle długie, które nie są obecne w widmach temperatury, lecz występują w widmach danych dendrologicznych. Dlatego też w prognozach uwzględniono dodatkowo cykl 178.9 lat (astronomiczny).

W tomie XXXVI. *Atlas współzależności ...* (rozdz. VIII i IX) zweryfikowano prognozy przebiegu rocznego temperatury powietrza w Warszawie w latach 1991-2100 według wzorów $T = f(t)$ – gdy $at = 0$ i $T = F(t)$ – ze składnikiem liniowym at zamieszczonych w *Atlasie* t. XIV (miesiące, sezony i rok), korzystając z wyników pomiarów w 25-leciu 1991-2015):

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXVI. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 407
- rozdz. VIII. *Weryfikacja prognoz temperatury powietrza w Warszawie w miesiącach, porach roku i roku w 35-leciu 1981-2015 (1984) i 25-leciu 1991-2015 (2000)*, s. 173
- rozdz. IX. *Weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza w Europie w latach 1970-2100 opublikowanych w atlasie t. XVII (2003), T. XIX (2005), T. XX-XXI (2007)*, S. 199

Porównano średnie wartości temperatury powietrza w różnych przedziałach czasu (miesiące, pory roku, rok) zmierzone w Warszawie na Okęciu (T) z prognozowanymi $f(t)$ na lata 1990-2100:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B. Błażek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIV. *Prognozy zmian klimatu Warszawy*, Wyd. UW, ss. 209
rozdz. VI. *Zmiany klimatu Warszawy, 4. Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku*

Ponadto zweryfikowano prognozy zmian temperatury powietrza do roku 2100 w różnych miejscach Europy, dotyczących zimy i lata, miesiące styczeń i lipiec oraz średniej rocznej, opublikowanych w trzech tomach *Atlasu*:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirchenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, Wyd. UW, ss. 297
Zima i lato, rozdz. V *Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Prognozy po rok 2100*, s. 31-171
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Pietras K., Bijak S., J., Błażek E., Skrzypczuk J., 2005, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIX. *Cechy termiczne klimatu Europy*, Wyd. UW, ss. 184
Styczeń i lipiec, rozdz. IV. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w ostatnich stuleciach*, s. 35-131
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak S., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XX-XXI. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiąc-leciu według danych dendrologicznych*, Wyd. UW, ss. 226
Rok, rozdz. III. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XIX-XXI wieku*, s.97-126

6.1 Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1779-2015

Utworzono nową serię średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza o li-
czebności $n = 237$ lat, łącząc dane z lat 1779-1998 (Warszawa-Observatorium, seria
homogeniczna, H. Lorenc) i 1999-2015 (Warszawa-Okęcie).

Uwzględniono okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza gdzie
 ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-
Snedecora (tab. 1-17, rys. 1-51).

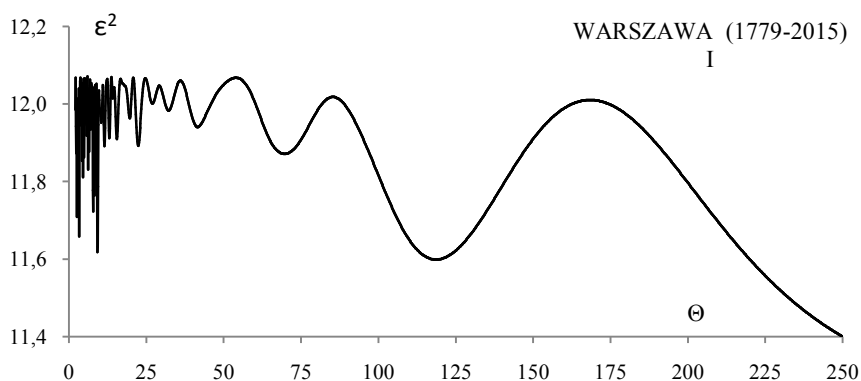
Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w tysiącleciu 1500-2500 (miesiące I, II, ..., XII)

STYCZEŃ (I)

Tabela 1. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w styczniu, w latach
1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-
Snedecora)

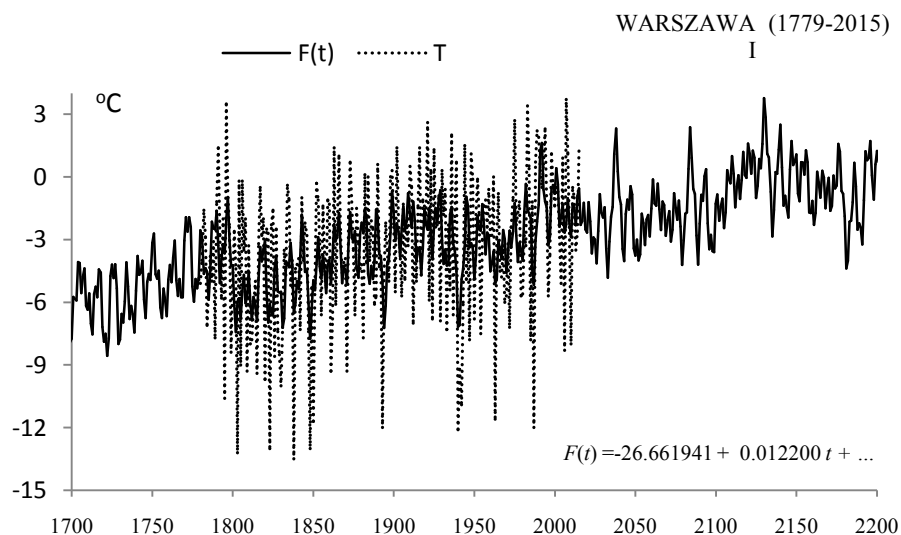
Table 1. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in January in years
1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -26.661941 + 0.012200 t + \dots ; R = 0.499199$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,893039	-1,572338	11,658	0,186	4,245
7,8	0,825048	-0,157752	11,723	0,171	3,564
9,2	0,991399	-1,595346	11,618	0,195	4,668
11,5	0,621747	0,268202	11,891	0,124	1,840
22,4	0,614503	1,048818	11,892	0,123	1,830
27,0	0,327573	-1,110038	12,001	0,079	0,737
41,6	0,450096	1,553101	11,940	0,106	1,346
69,7	0,408544	-2,195130	11,871	0,130	2,043
118,6	0,681712	1,827870	11,599	0,199	4,869
178,9	0,226912	2,713731	11,979	0,089	0,956



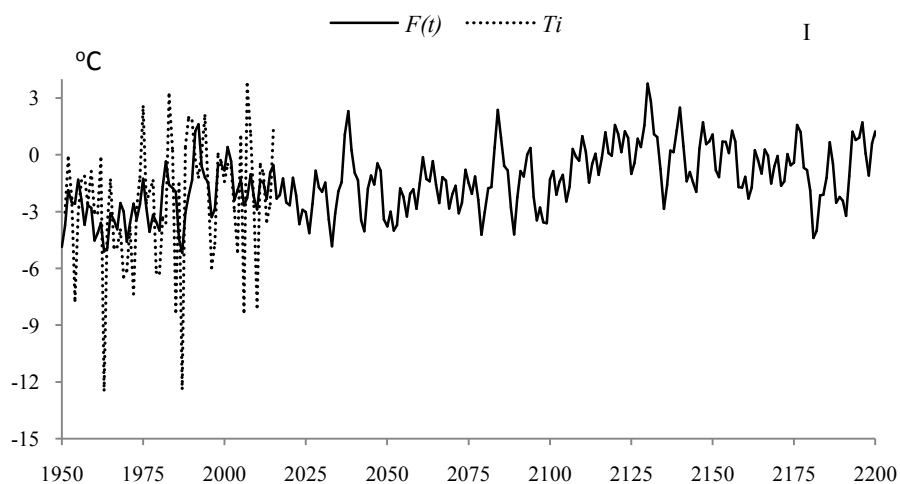
Rys. 1. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250
lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 1. Spectrum of air temperature in Warsaw in January in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250
years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



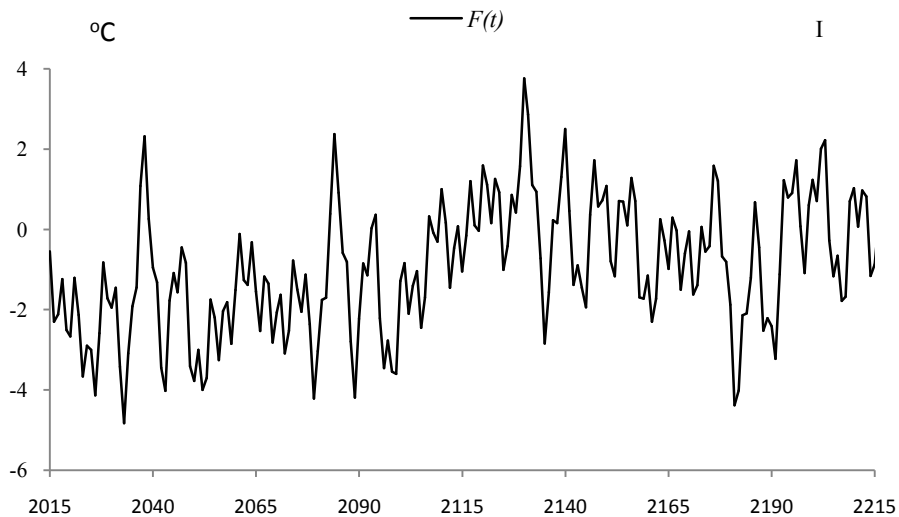
Rys. 2. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1700-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 2. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 1700-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



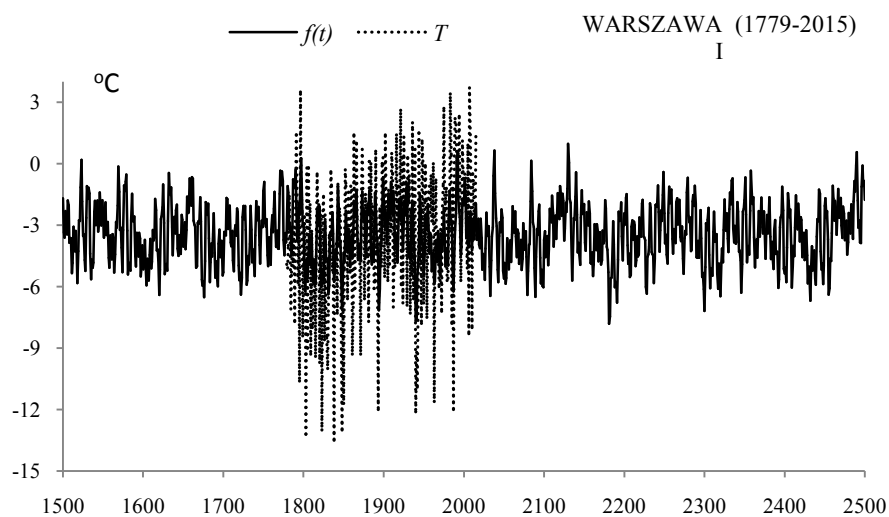
Rys. 2a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1950-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 2a. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



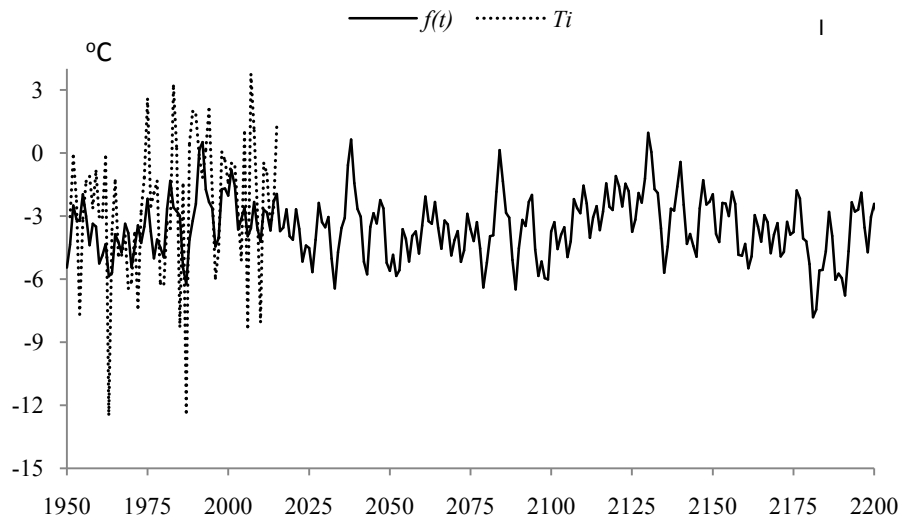
Rys. 2b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 2015-2215 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 2b. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



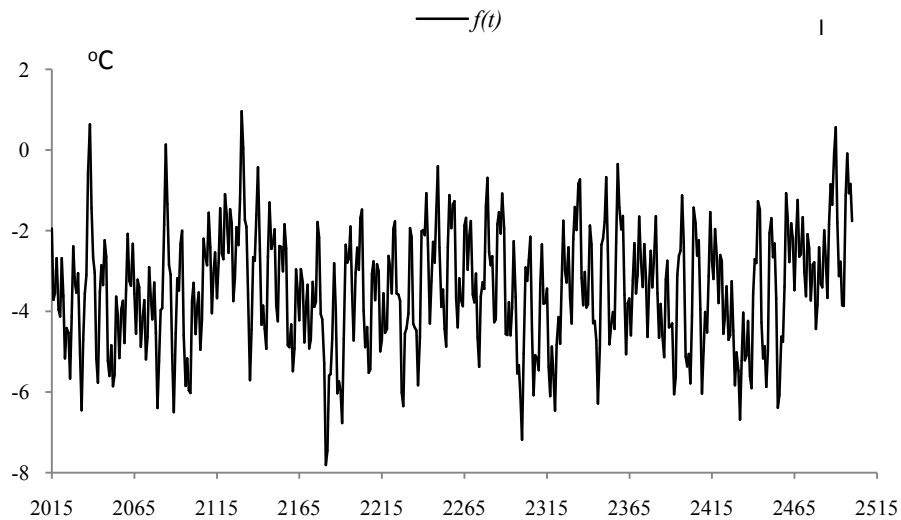
Rys. 3. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 3. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 3a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1950-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 3a. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



Rys. 3b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

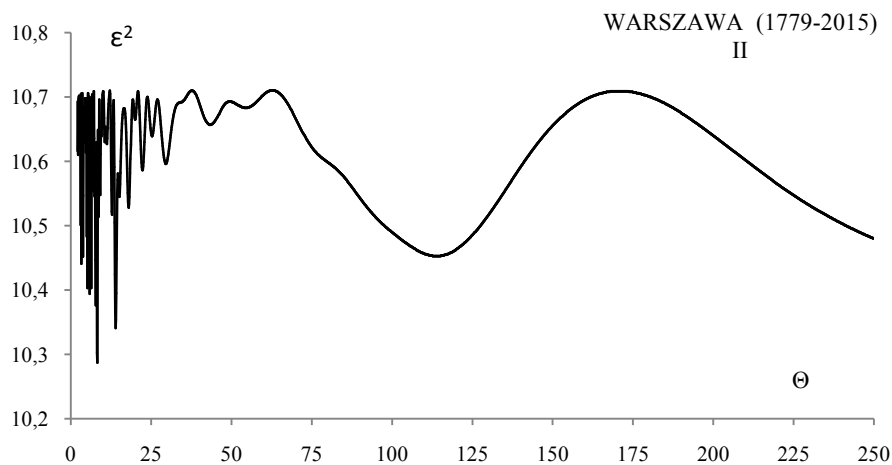
Fig. 3b. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

LUTY (II)

Tabela 2. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w lutym, w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

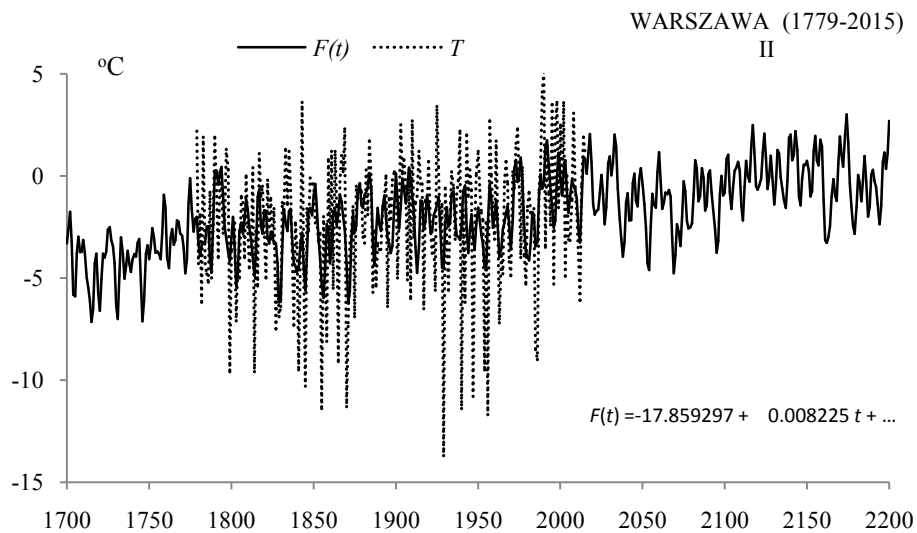
Table 2. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in February in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -17.859297 + 0.008225 t + \dots ; R = 0.475100$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,8	0,709653	1,380982	10,452	0,154	2,880
5,2	0,772345	-0,084968	10,403	0,168	3,451
8,3	0,940401	1,915582	10,287	0,198	4,826
14,0	0,845309	0,836635	10,341	0,185	4,182
15,2	0,545009	-2,984844	10,545	0,123	1,809
18,1	0,545568	0,938818	10,528	0,129	2,003
22,3	0,402748	-1,080805	10,586	0,106	1,343
29,6	0,447472	-1,468656	10,596	0,101	1,230
113,9	0,728428	-2,581096	10,453	0,154	2,868
178,9	0,190156	0,711293	10,702	0,019	0,044



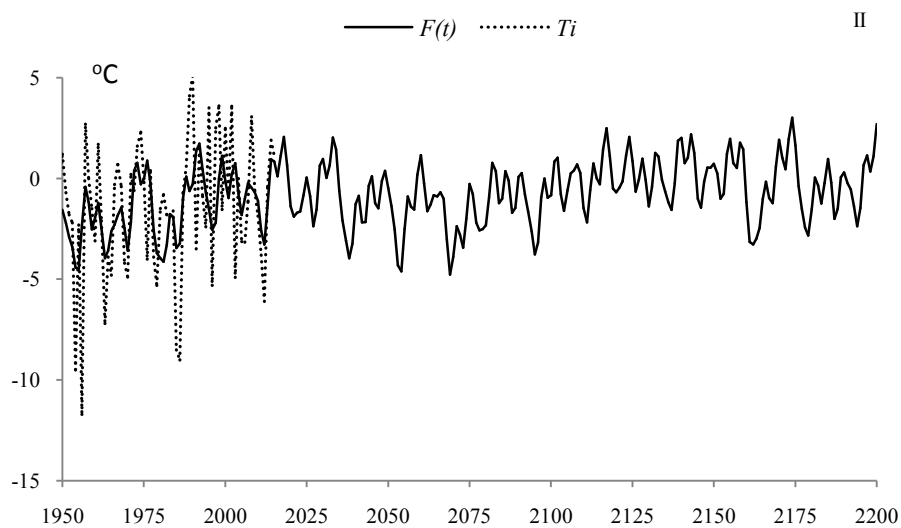
Rys. 4. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 4. Spectrum of air temperature in Warsaw in February in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



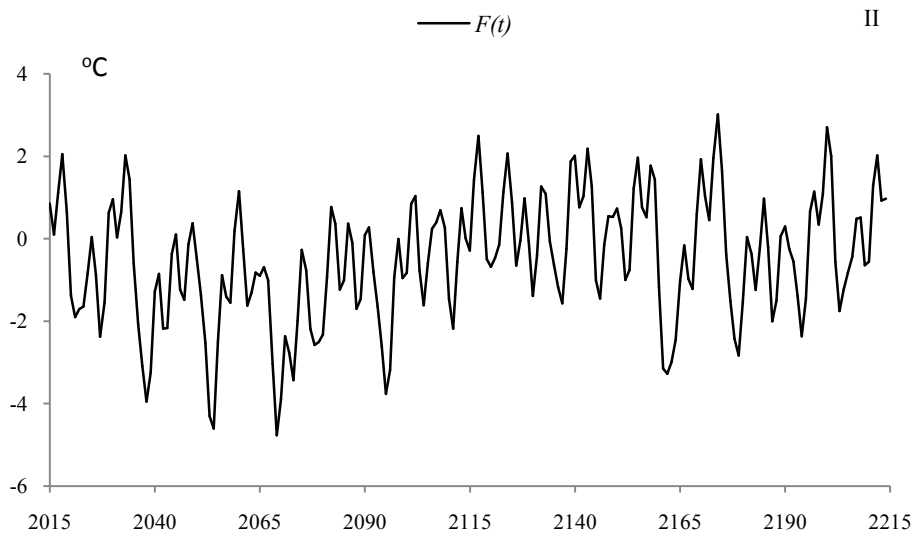
Rys. 5. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1700-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 5. Air temperature changes in Warsaw in February in the years 1700-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



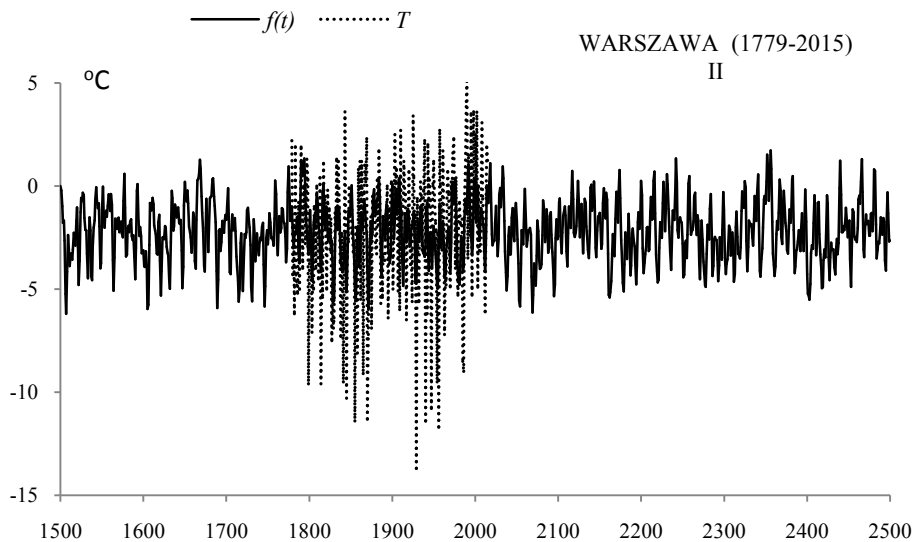
Rys. 5a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1950-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); Ti – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 5a. Air temperature changes in Warsaw in February in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), Ti – values measured in Okęcie (1951-2015)



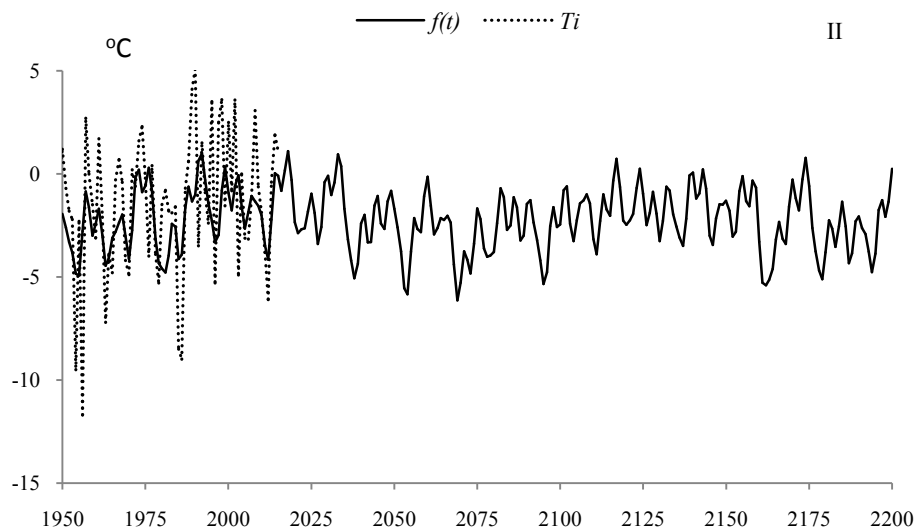
Rys. 5b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 2015-2215 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 5b. Air temperature changes in Warsaw in February in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



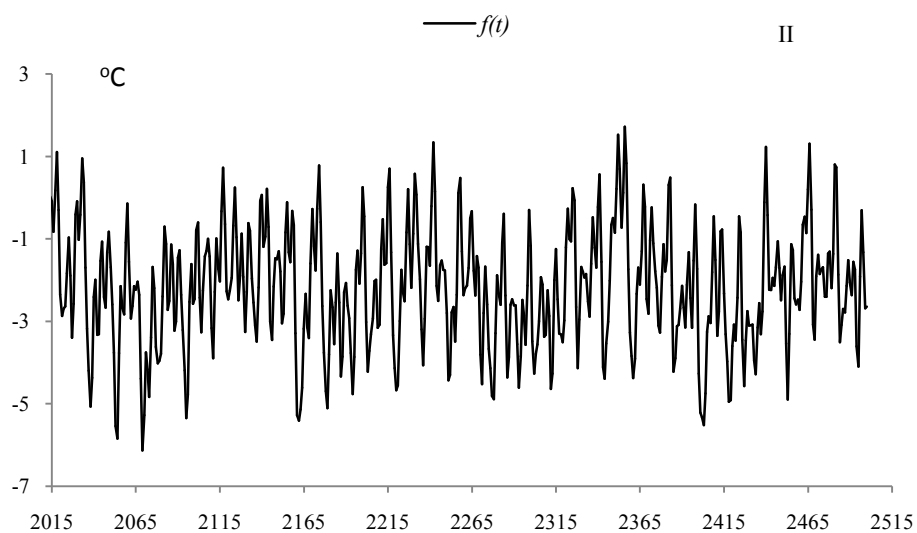
Rys. 6. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 6. Air temperature changes in Warsaw in February in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 6a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w styczniu w latach 1950-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 6a. Air temperature changes in Warsaw in January in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



Rys. 6b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lutym w latach 2015-2515 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

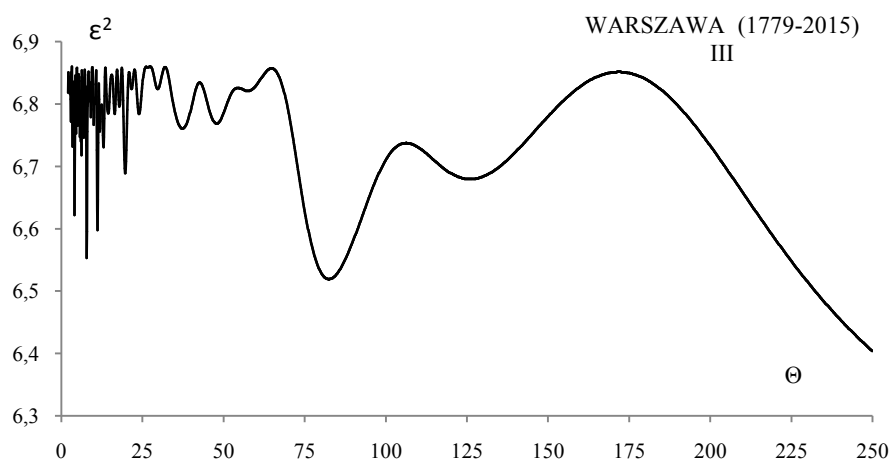
Fig. 6b. Air temperature changes in Warsaw in February in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

MARZEC (III)

Tabela 3. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w marcu, w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

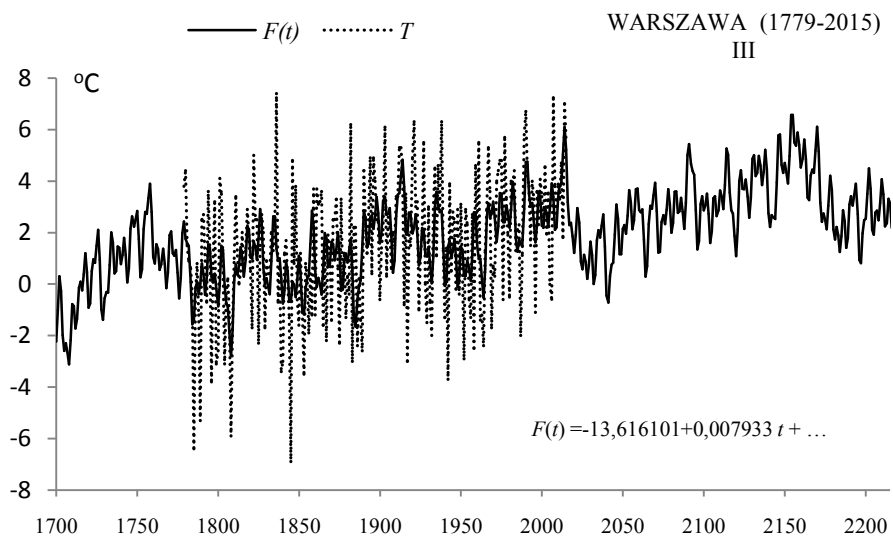
Table 3. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in March in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -13,616101 + 0,007933 t + \dots ; R = 0,554855$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,0	0,675738	-2,031860	6,622	0,188	4,338
7,8	0,753499	0,316330	6,553	0,213	5,631
11,1	0,679574	-0,936097	6,598	0,197	4,785
19,7	0,501169	0,099611	6,689	0,160	3,107
24,0	0,285052	2,235386	6,784	0,108	1,404
37,3	0,471306	1,636125	6,761	0,123	1,812
47,8	0,309835	1,129106	6,769	0,118	1,670
82,5	0,748354	0,511209	6,519	0,224	6,279
126,0	0,520667	1,893466	6,680	0,164	3,271
178,9	0,471861	2,411035	6,843	0,056	0,371



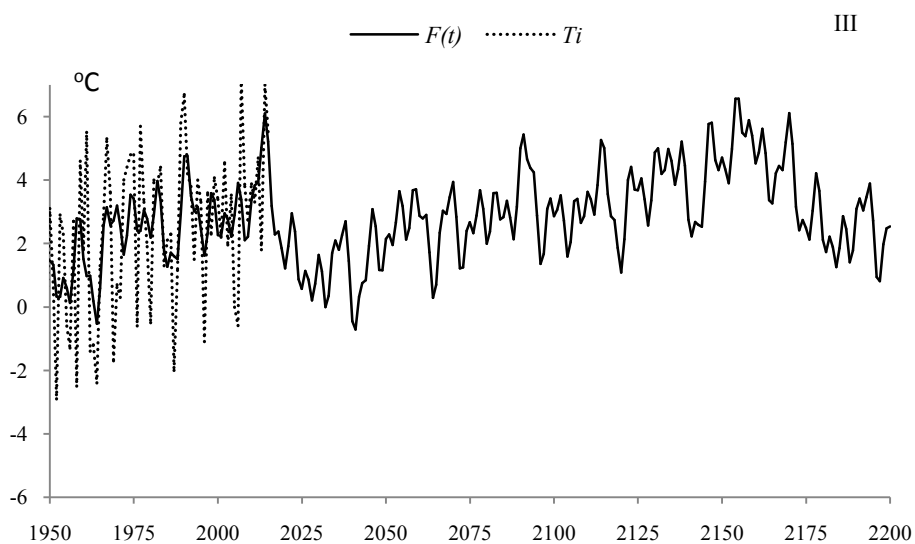
Rys. 7. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 7. Spectrum of air temperature in Warsaw in March in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



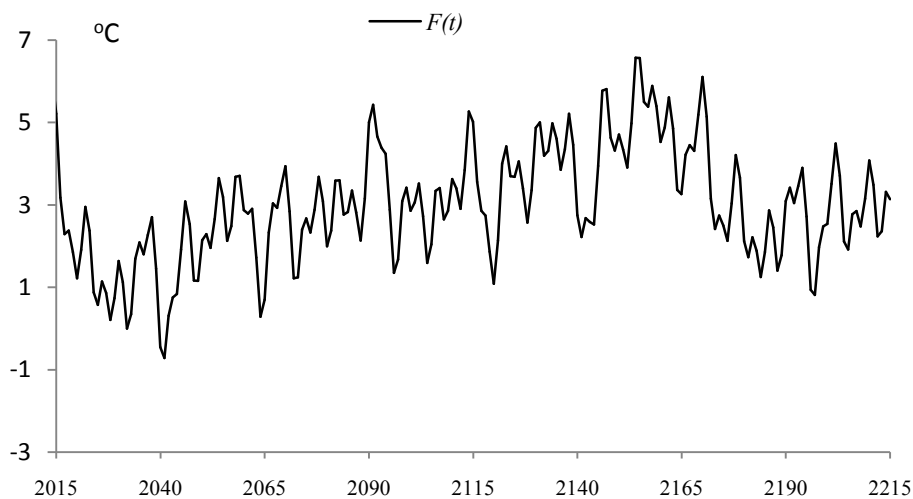
Rys. 8. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1700-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 8. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 1700-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



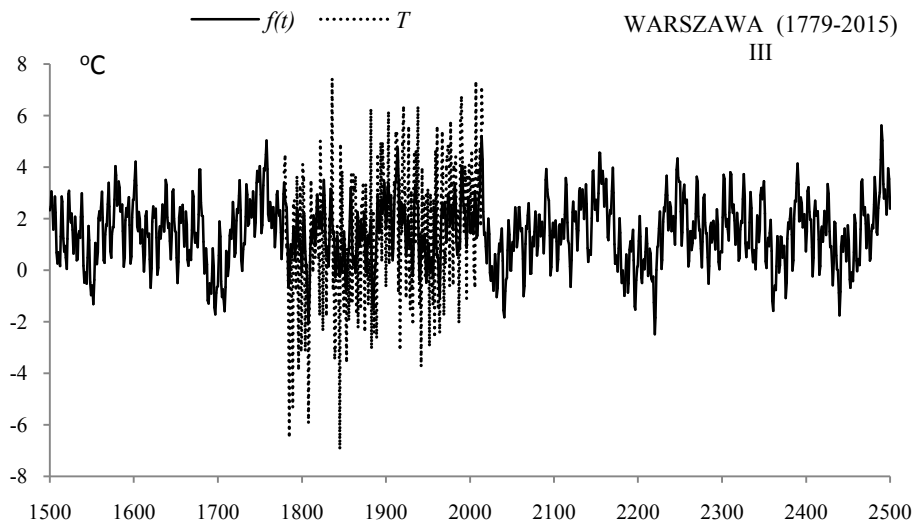
Rys. 8a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1950-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 8a. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



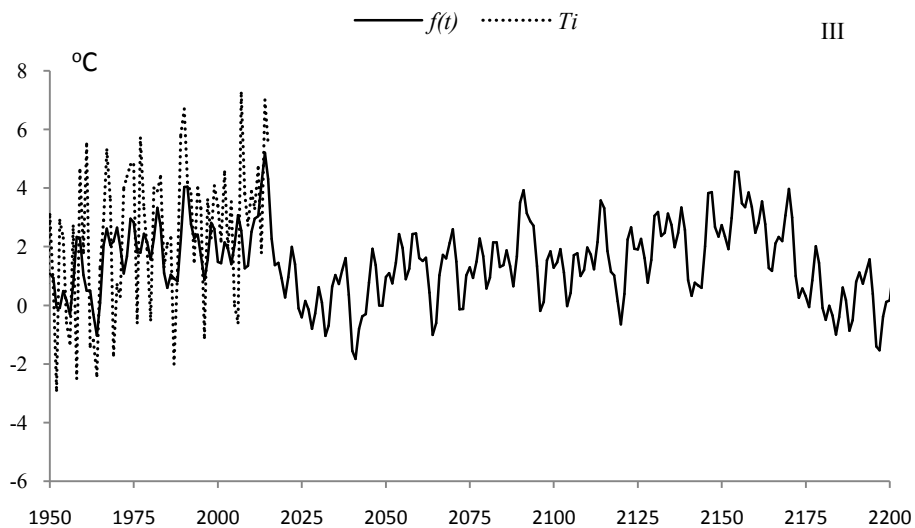
Rys. 8b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 8b. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



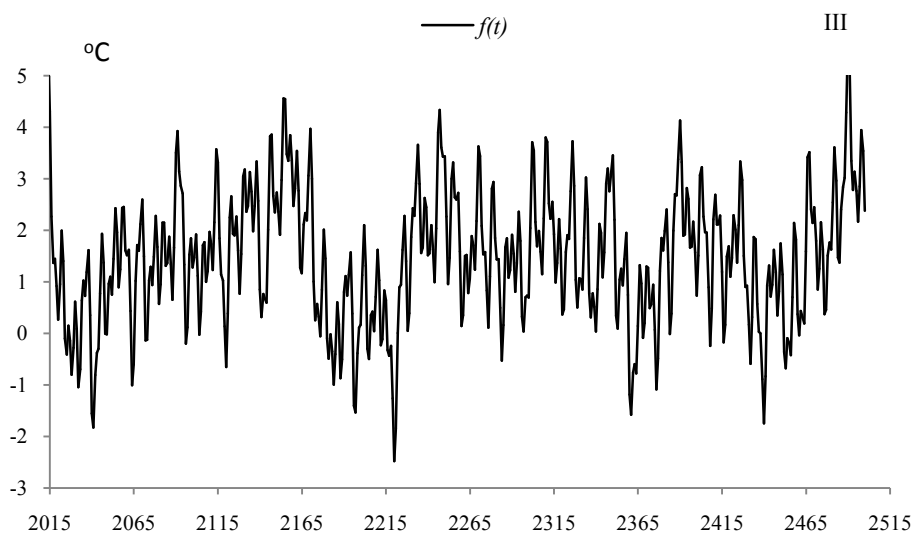
Rys. 9. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 9. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 9a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 1950-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 9a. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 9b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w marcu w latach 2015-2515 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

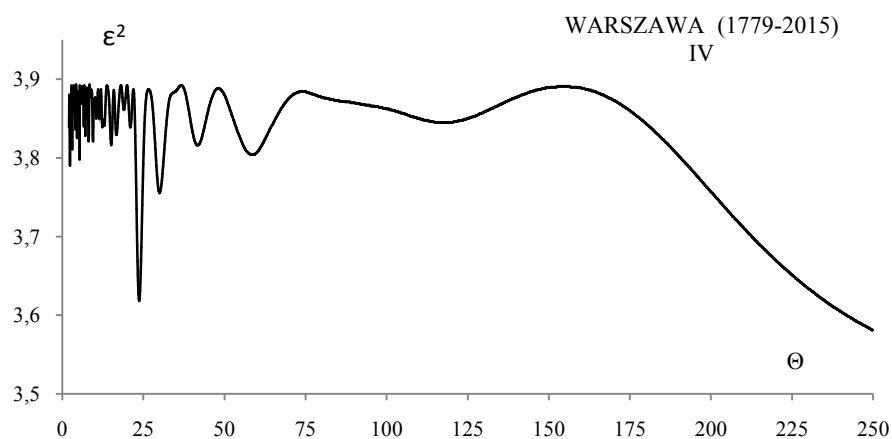
Fig. 9b. Air temperature changes in Warsaw in March in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

KWIECIEŃ (IV)

Tabela 4. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu, w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

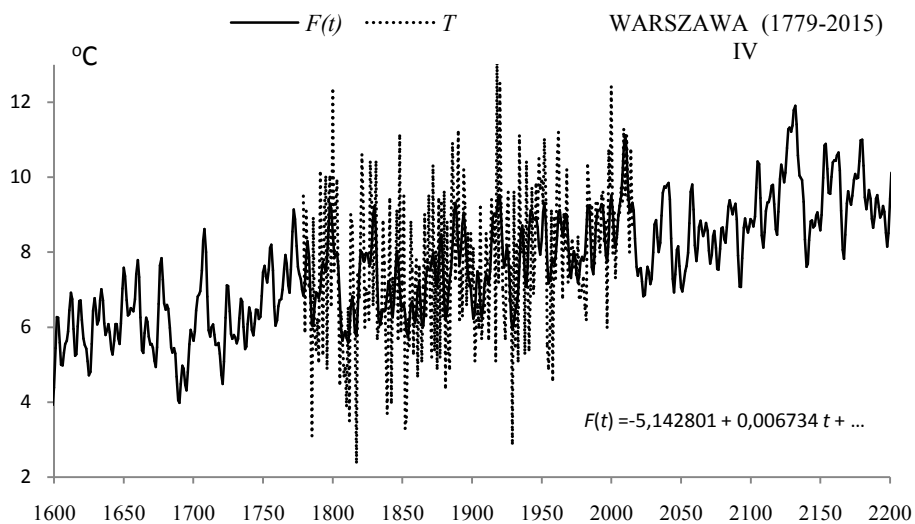
Table 4. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in April in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -5,142801 + 0,006734 t + \dots ; R = 0,551846$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,3	0,428979	-0,278024	3,798	0,156	2,956
8,1	0,388023	2,169138	3,821	0,136	2,225
9,5	0,369097	-2,313739	3,821	0,136	2,225
15,1	0,354810	0,668963	3,816	0,140	2,383
23,7	0,704965	2,088525	3,618	0,266	8,998
30,0	0,464994	2,012326	3,755	0,188	4,346
41,7	0,330939	1,601704	3,816	0,140	2,383
58,6	0,324090	0,286687	3,804	0,151	2,764
117,6	0,276110	0,930817	3,845	0,111	1,471
178,9	0,352233	1,722310	3,847	0,108	1,409



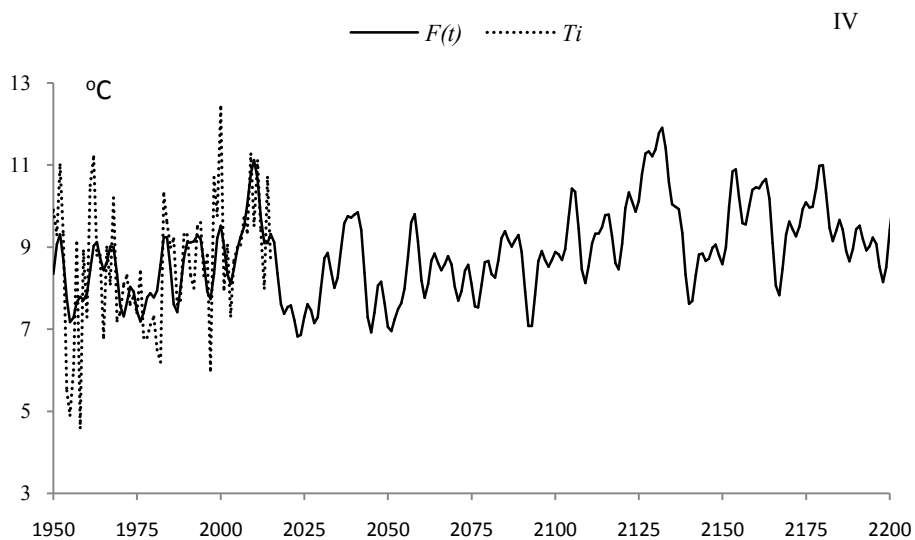
Rys. 10. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 10. Spectrum of air temperature in Warsaw in April in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



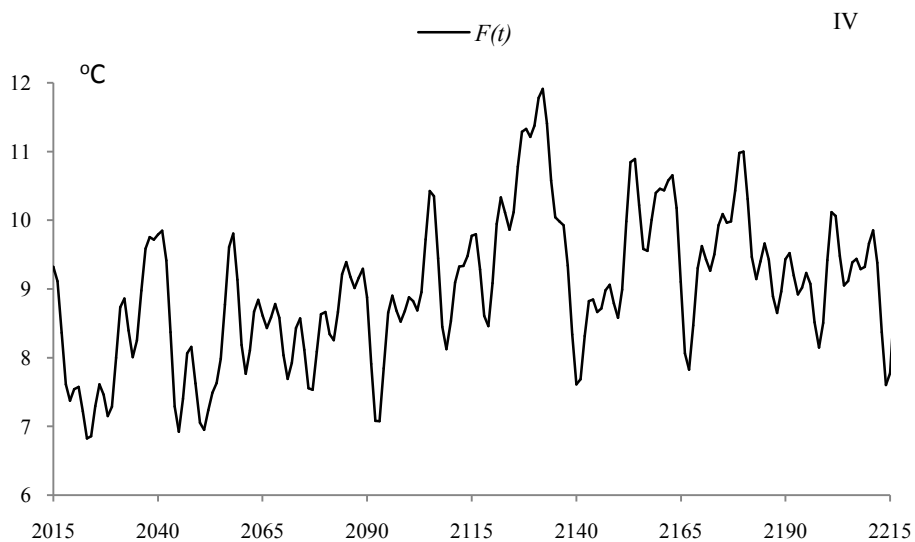
Rys. 11. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1600-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 11. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



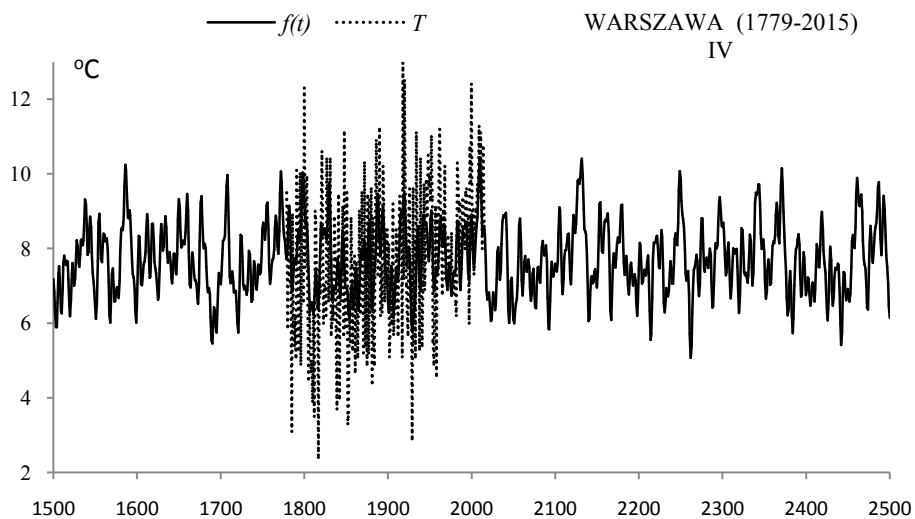
Rys. 11a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1950-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 11a. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



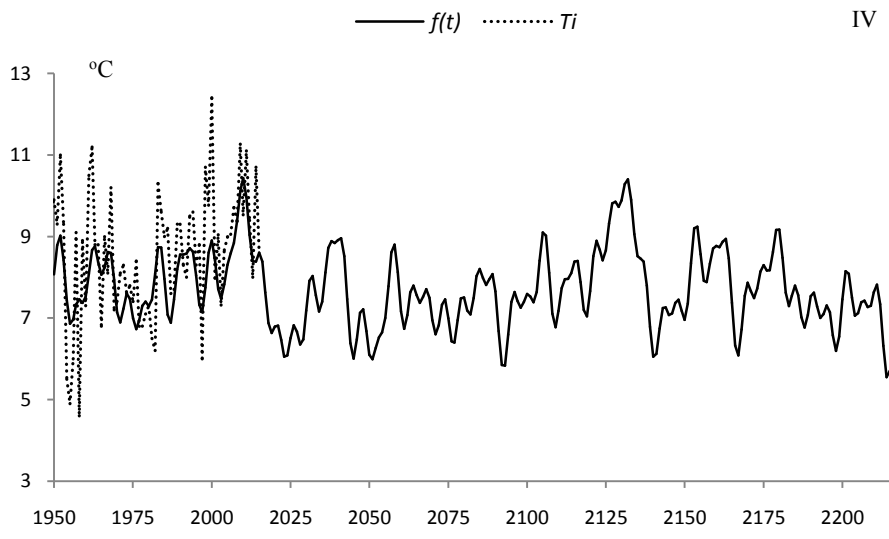
Rys. 11b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 2015-2215 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 11b. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



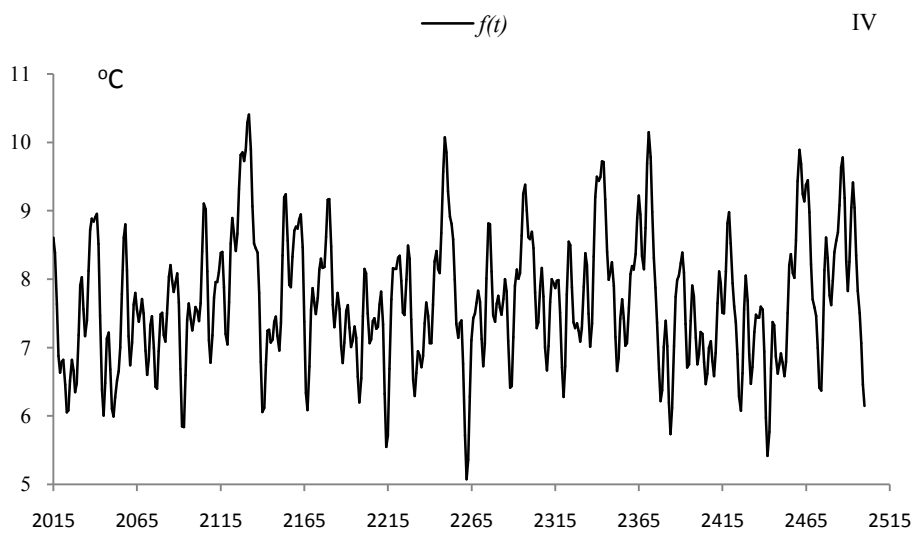
Rys. 12. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 12. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 12a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 1950-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 12a. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 12b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w kwietniu w latach 2015-2515 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

Fig. 12b. Air temperature changes in Warsaw in April in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

MAJ (V)

Tabela 5. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

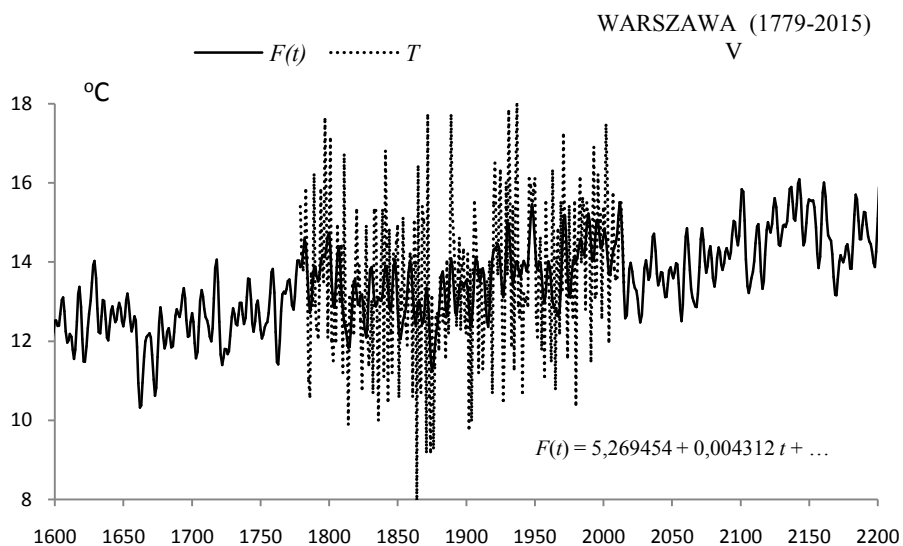
Table 5. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in May in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 5,269454 + 0,004312 t + \dots$; $R = 0,440632$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,9	0,380966	0,411954	3,331	0,146	2,598
8,2	0,294853	-1,024626	3,356	0,119	1,696
10,1	0,366561	0,837486	3,34	0,137	2,272
12,7	0,402362	-0,354113	3,316	0,161	3,146
21,3	0,293088	-1,670283	3,353	0,122	1,803
29,6	0,238985	2,354023	3,372	0,097	1,125
50,2	0,293490	-2,846691	3,348	0,128	1,983
72,1	0,275945	-2,944678	3,338	0,139	2,344
103,7	0,170569	-0,857423	3,382	0,080	0,772
178,9	0,428489	1,757493	3,284	0,188	4,331



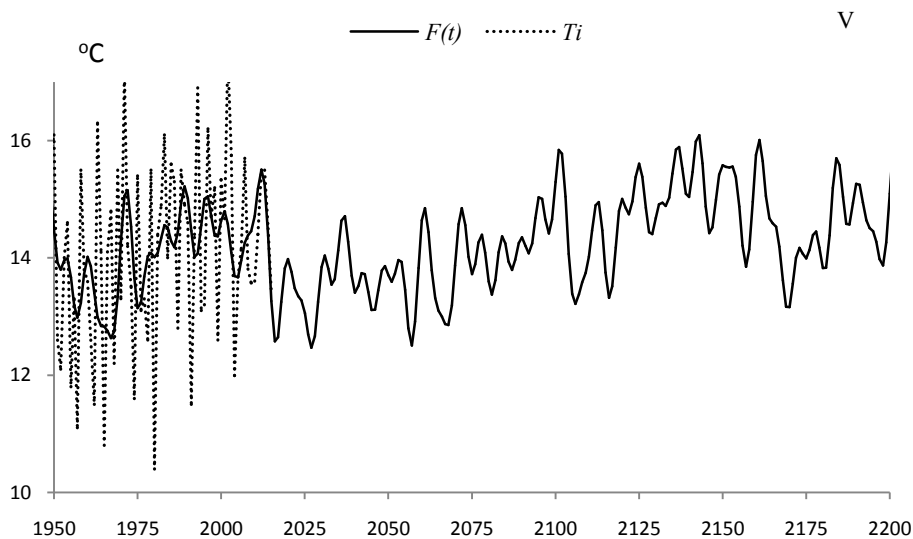
Rys. 13. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 13. Spectrum of air temperature in Warsaw in May in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



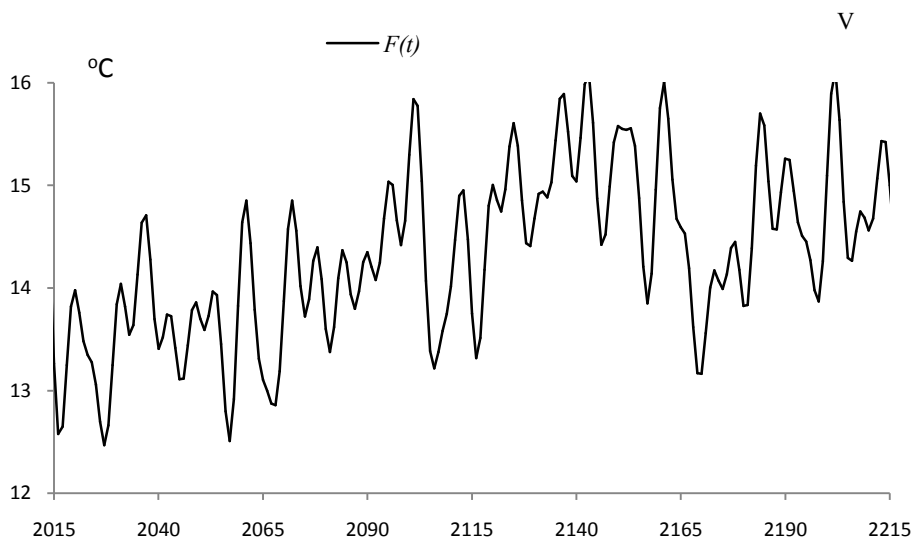
Rys. 14. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1600-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 14. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



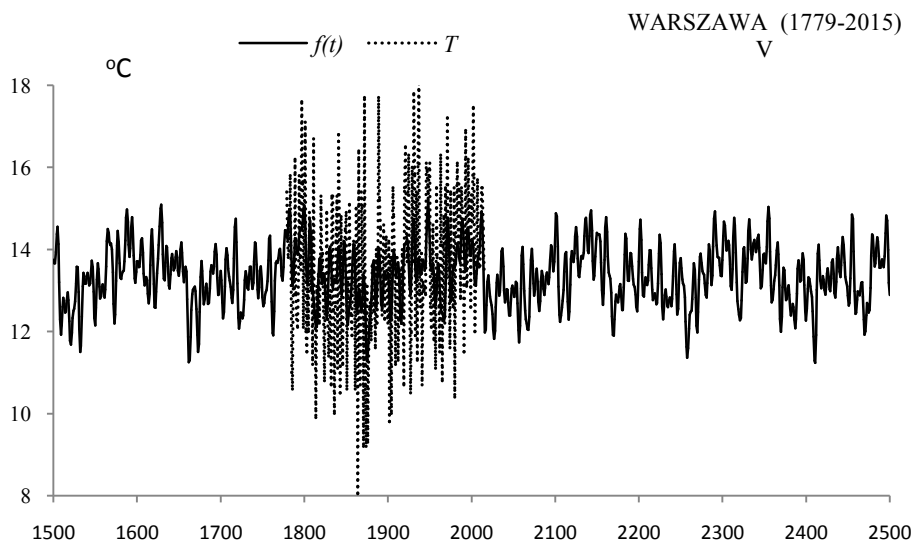
Rys. 14a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1950-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 14a. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



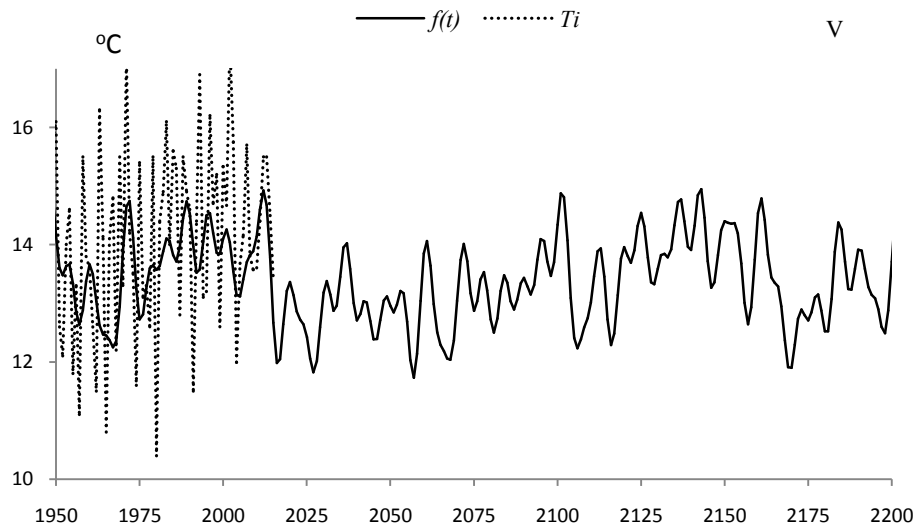
Rys. 14b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 14b. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



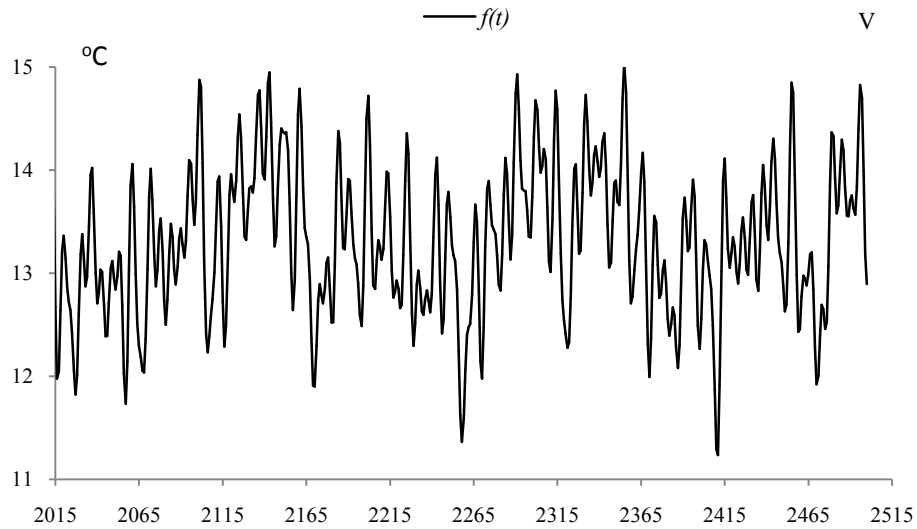
Rys. 15. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 15. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 15a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 15a. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 1950-2200, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 15b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w maju w latach 2015-2515, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

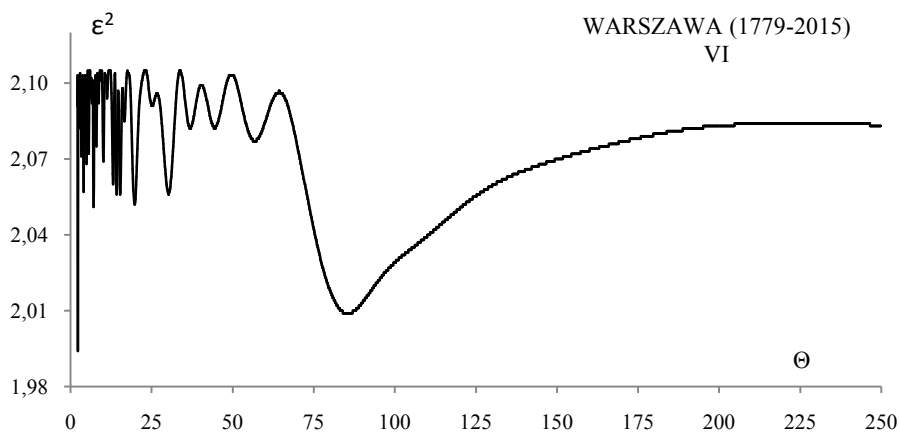
Fig. 15b. Air temperature changes in Warsaw in May in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

CZERWIEC (VI)

Tabela 6. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

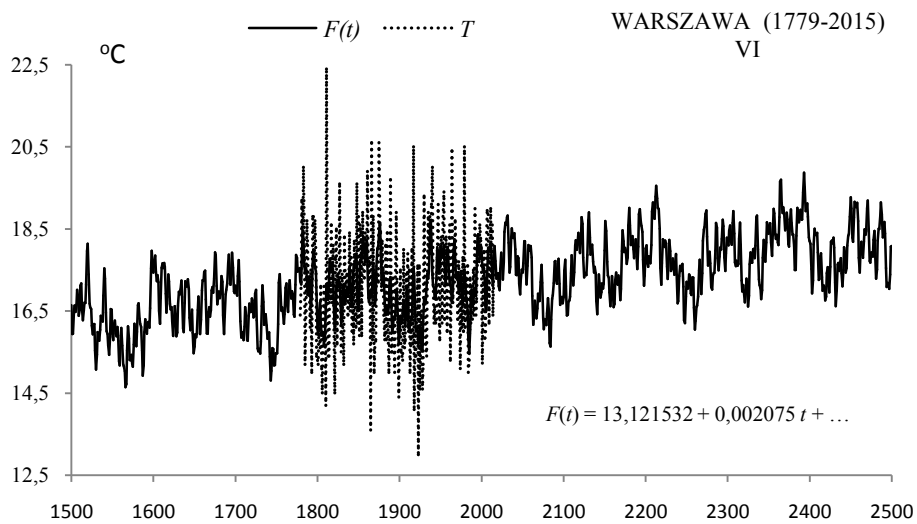
Table 6. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in June in years 1779-2015 (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 13,121532 + 0,002075 t + \dots$; $R = 0,473511$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,1	0,311594	-2,595117	2,057	0,147	2,621
7,1	0,330904	1,489130	2,051	0,157	2,975
10,2	0,269768	1,674155	2,069	0,126	1,919
15,3	0,268398	-1,552697	2,056	0,149	2,680
19,8	0,326115	-3,093194	2,052	0,155	2,916
30,3	0,295230	1,423828	2,056	0,149	2,680
44,4	0,159316	1,485652	2,082	0,099	1,167
56,8	0,143804	-0,248260	2,077	0,110	1,455
85,5	0,526650	2,836182	2,009	0,211	5,515
178,9	0,349450	0,217507	2,079	0,106	1,339



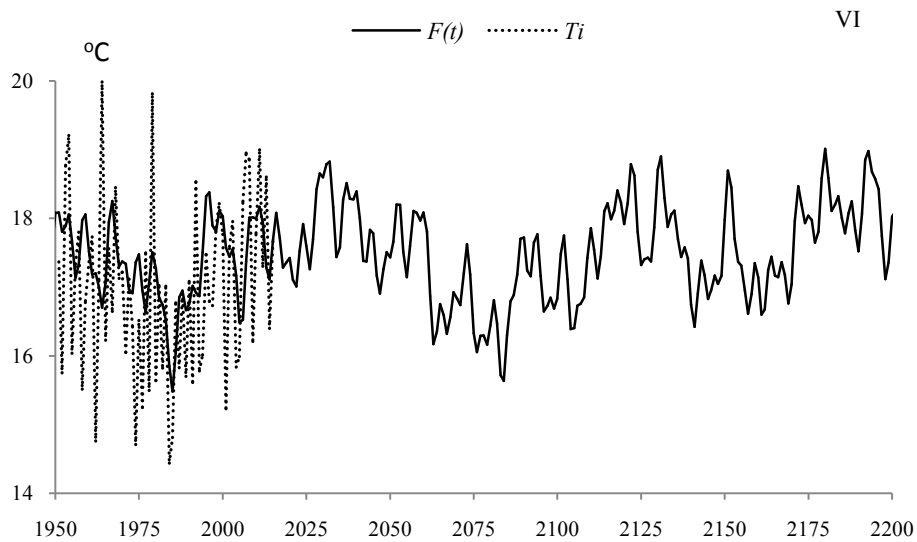
Rys. 16. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 16. Spectrum of air temperature in Warsaw in June in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



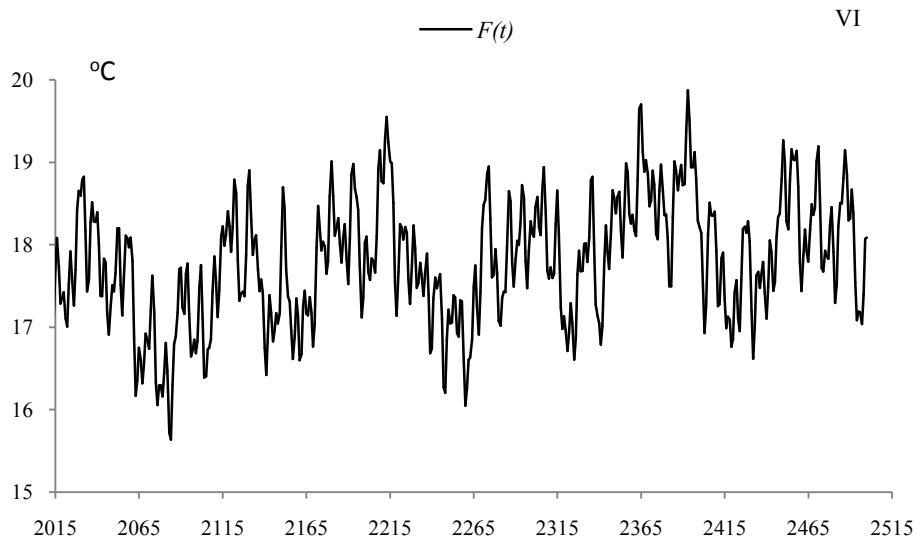
Rys. 17. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 17. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



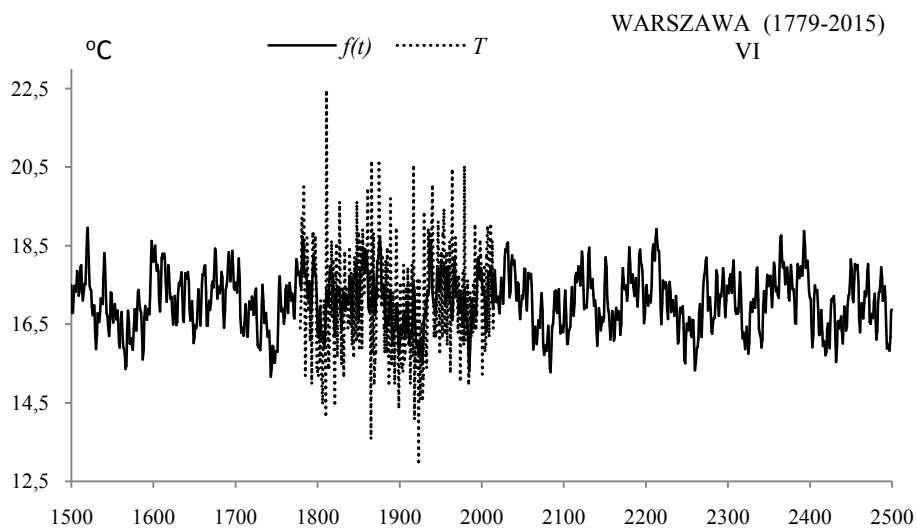
Rys. 17a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 17a. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



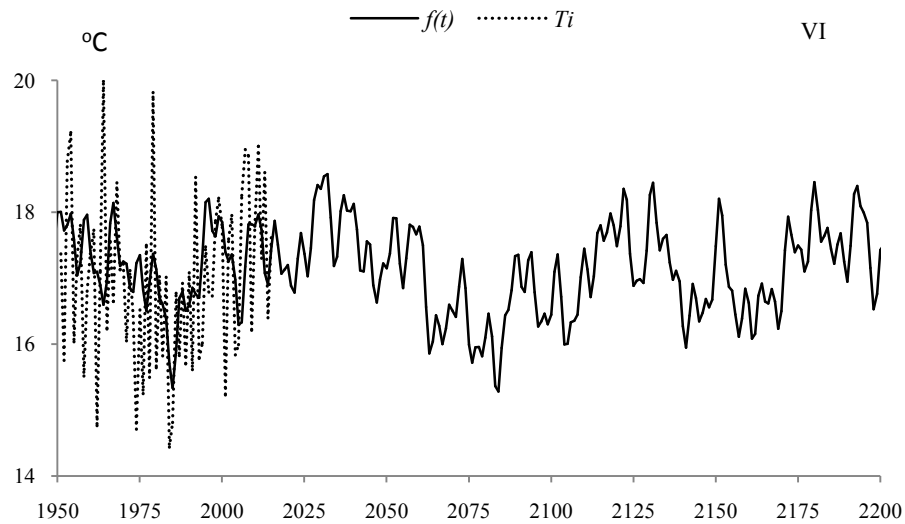
Rys. 17b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 17b. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



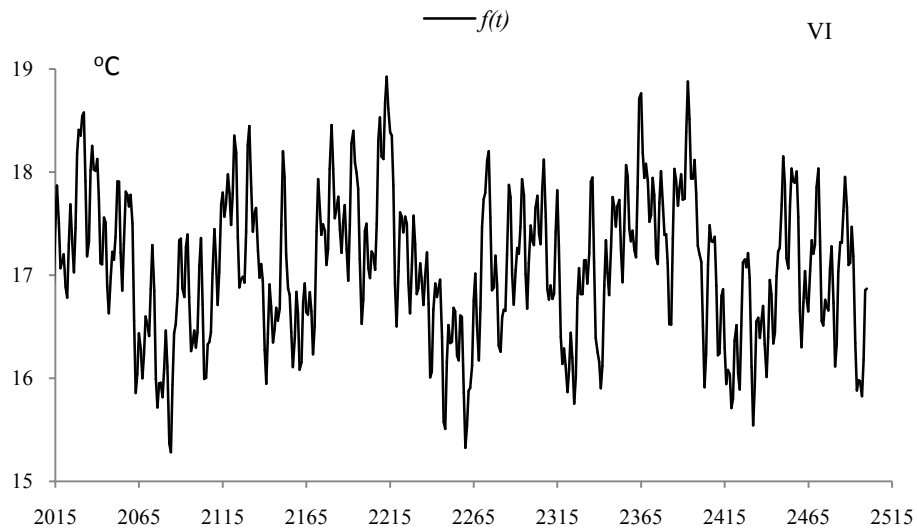
Rys. 18. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 18. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 18a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 18a. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 1950-2200, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 18b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w czerwcu w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

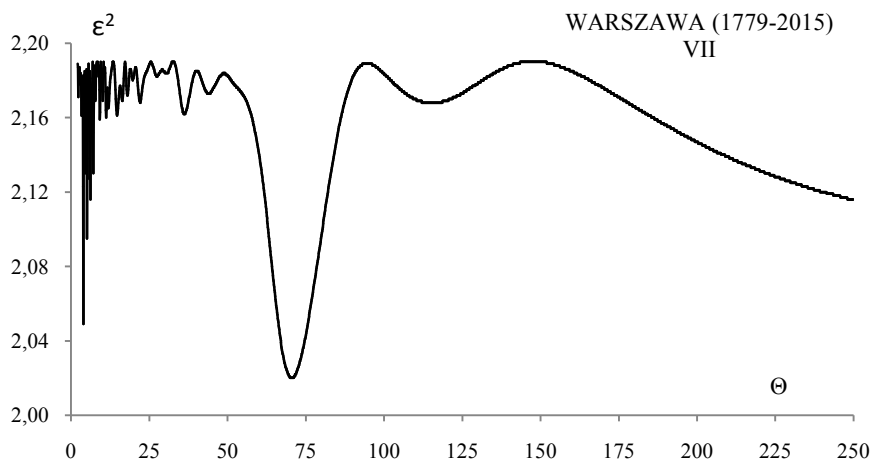
Fig. 18b. Air temperature changes in Warsaw in June in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

LIPIEC (VII)

Tabela 7. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

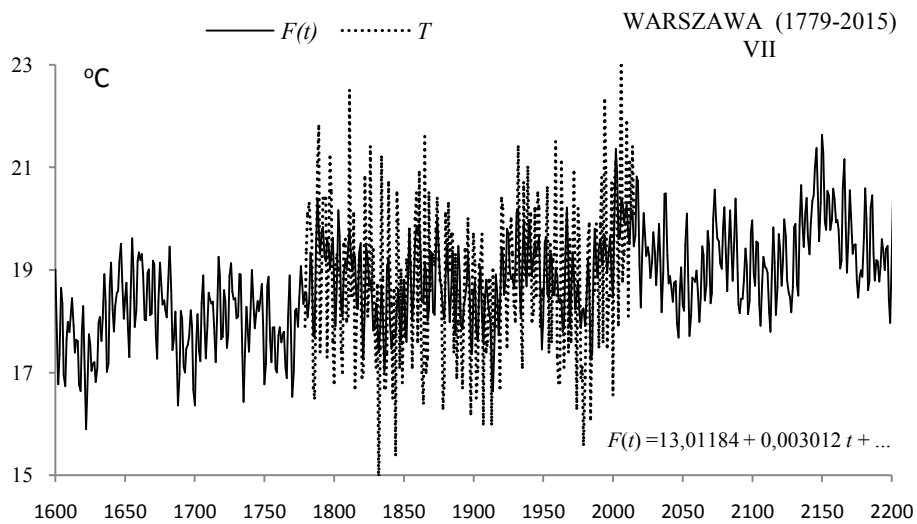
Table 7. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in July in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 13,01184 + 0,003012 t + \dots ; R = 0,531311$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,53423	-0,65613	2,049	0,254	8,178
5,1	0,44177	-2,23140	2,095	0,209	5,396
7,1	0,36442	1,46789	2,130	0,166	3,360
11,9	0,22417	-0,65347	2,165	0,108	1,390
16,3	0,21178	1,63563	2,169	0,099	1,169
22,0	0,16333	-1,33312	2,168	0,101	1,224
36,2	0,20441	-0,52013	2,162	0,114	1,557
70,5	0,54538	-1,65330	2,020	0,279	9,996
115,3	0,19164	-1,94130	2,168	0,101	1,224
178,9	0,24163	0,60784	2,167	0,103	1,280



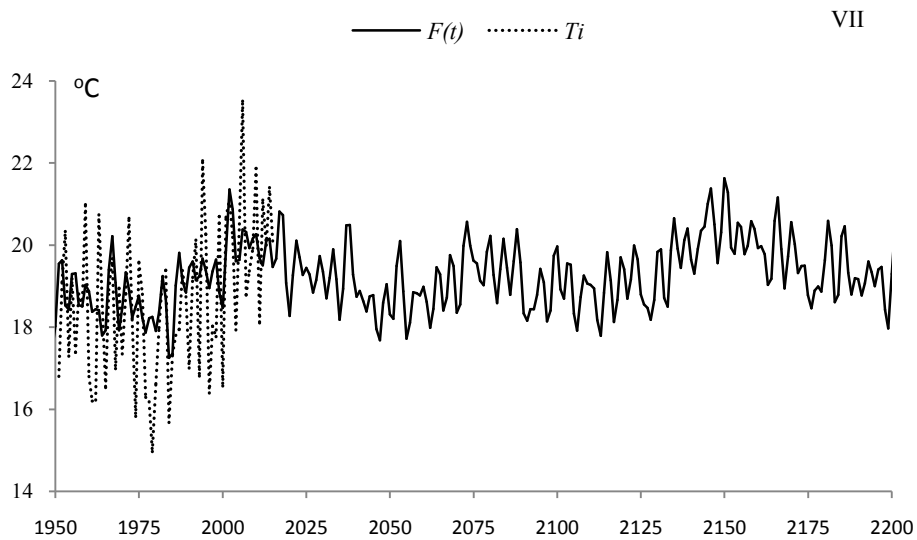
Rys. 19. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 19. Spectrum of air temperature in Warsaw in July the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



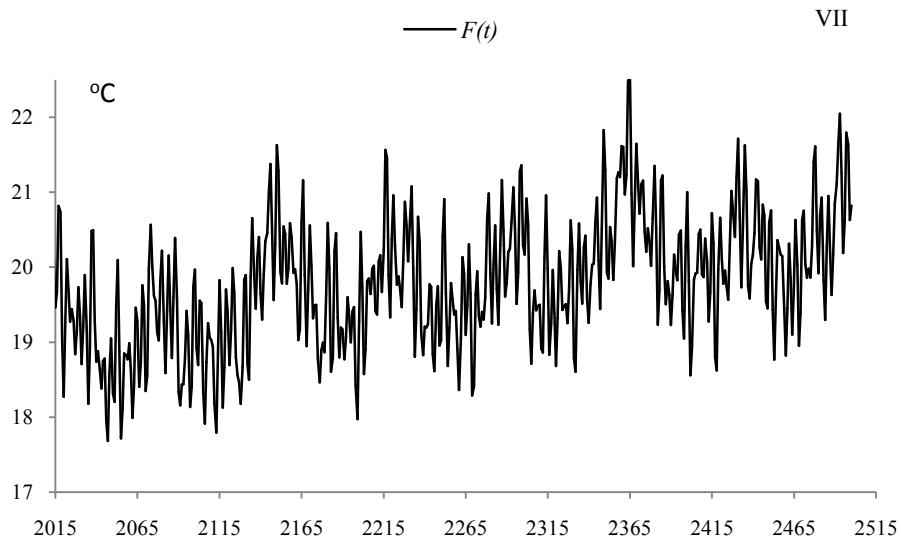
Rys. 20. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 20. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



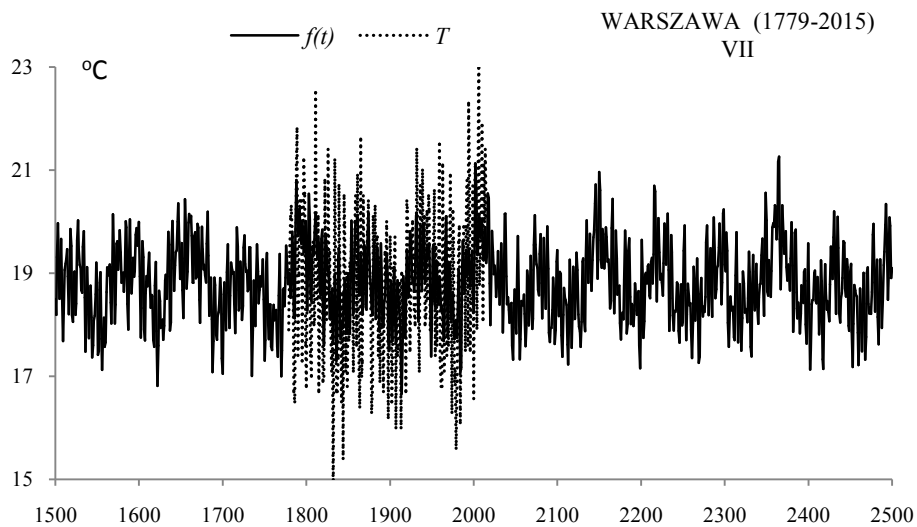
Rys. 20a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 20a. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



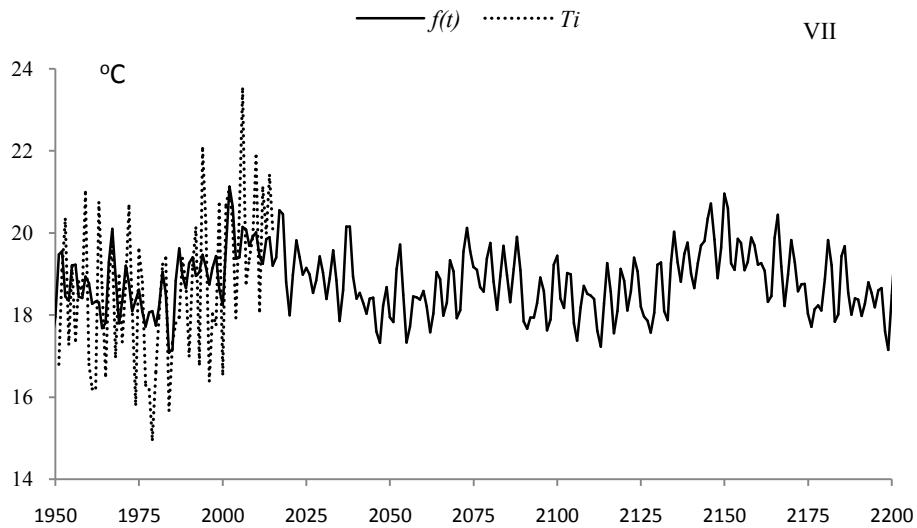
Rys. 20b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 2015-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 20b. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 2015-2500, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



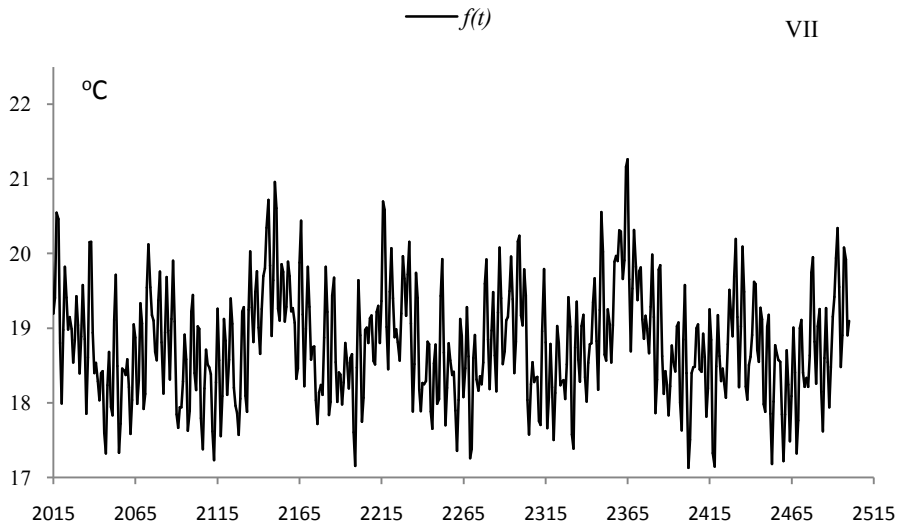
Rys. 21. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 21. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 1500-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 21a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 21a. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 1950-2200, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 21b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lipcu w latach 2015-2515, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

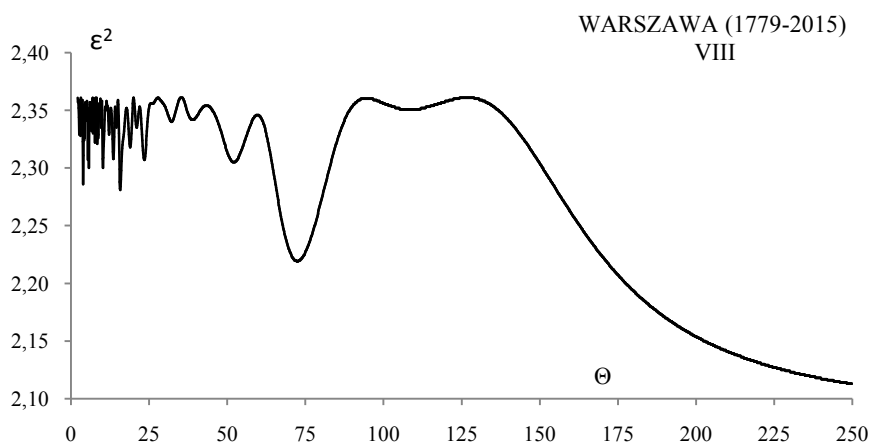
Fig. 21b. Air temperature changes in Warsaw in July in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

SIERPIEŃ (VIII)

Tabela 8. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

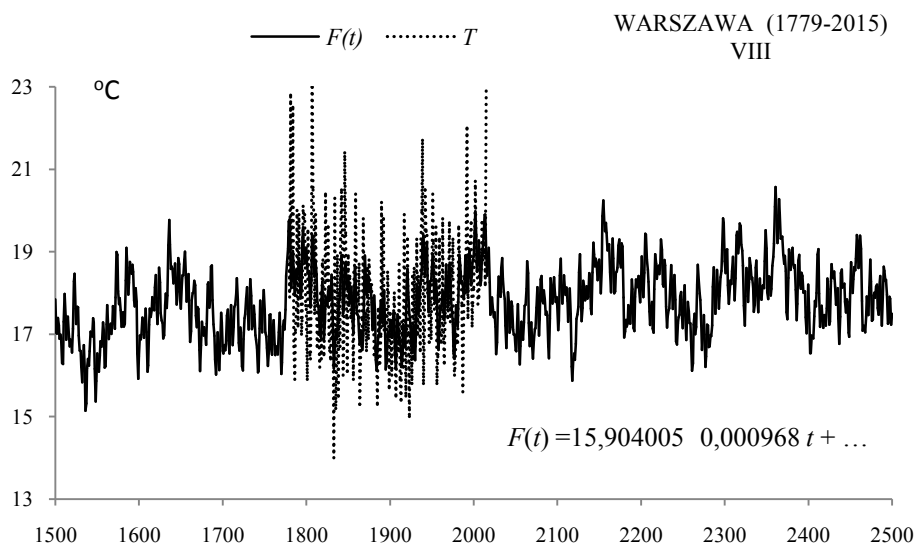
Table 8. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in August in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 15,904005 + 0,000968 t + \dots \quad R = 0,541064$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,377678	-0,932283	2,286	0,180	3,959
5,7	0,344937	1,119649	2,300	0,162	3,213
10,2	0,328463	-0,578129	2,300	0,162	3,213
15,8	0,413317	-2,256306	2,281	0,186	4,227
23,4	0,344036	1,358768	2,307	0,153	2,844
32,2	0,212982	-0,281279	2,340	0,097	1,133
52,1	0,245417	-0,766350	2,305	0,156	2,949
72,4	0,473534	2,959457	2,219	0,246	7,656
108,4	0,092564	-1,634453	2,351	0,069	0,573
178,9	0,557612	0,870403	2,196	0,265	8,978



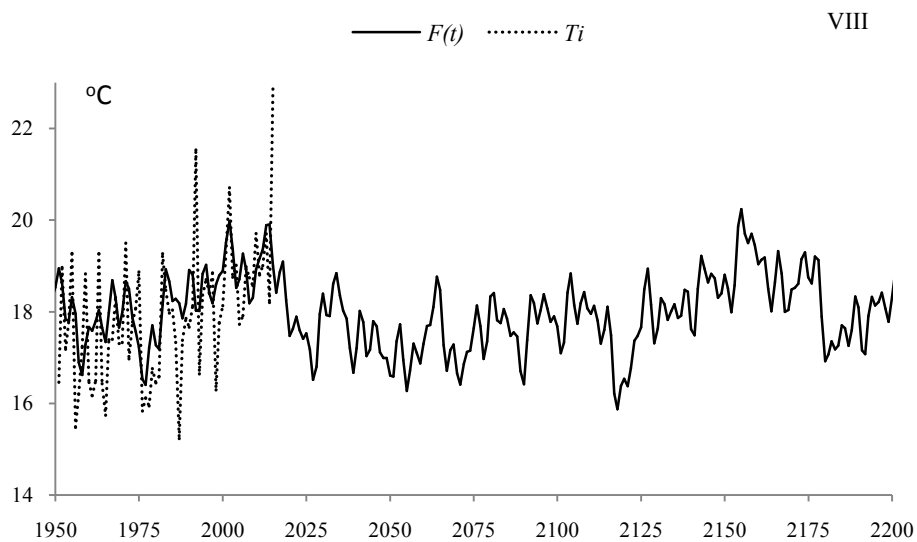
Rys. 22. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 22. Spectrum of air temperature in Warsaw in August in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



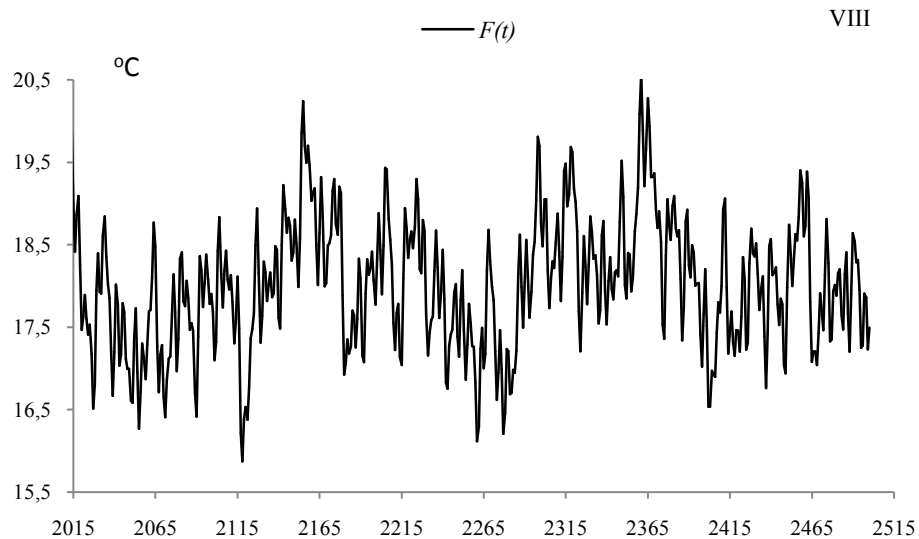
Rys. 23. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 23. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)

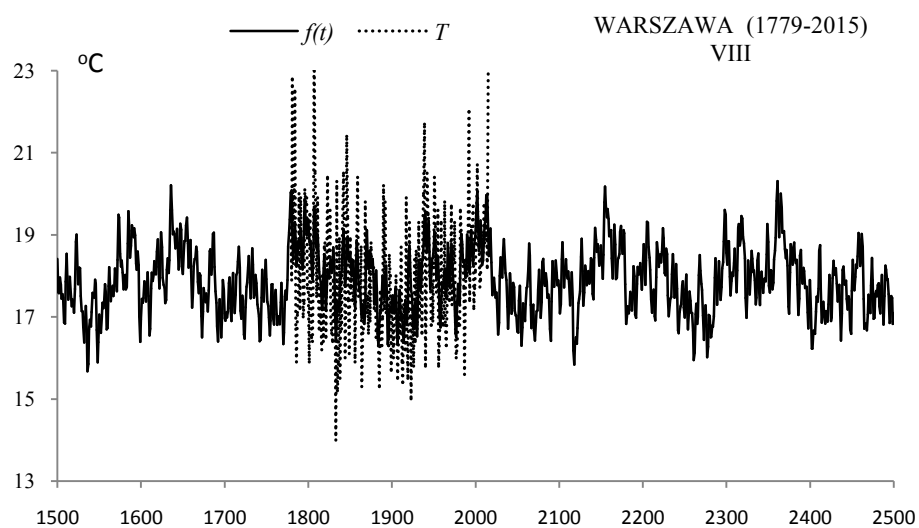


Rys. 23a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

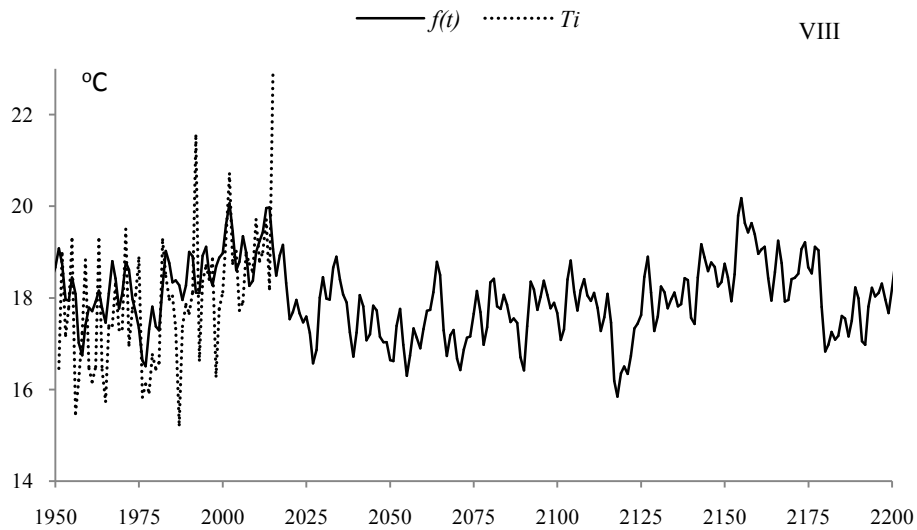
Fig. 23a. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



Rys. 23b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 2015-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)
Fig. 23b. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 2015-2500, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

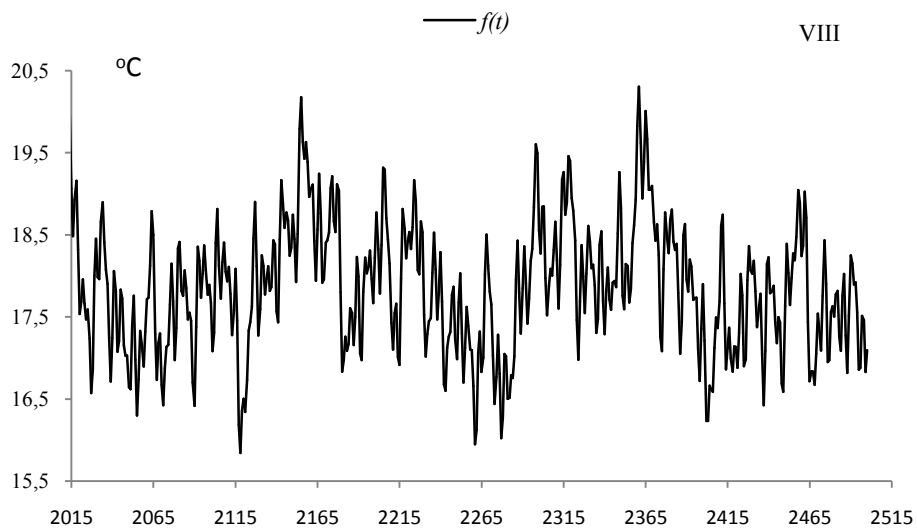


Rys. 24. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).
Fig. 24. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 24a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 24a. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 24b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w sierpniu w latach 2015-2515, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2515)

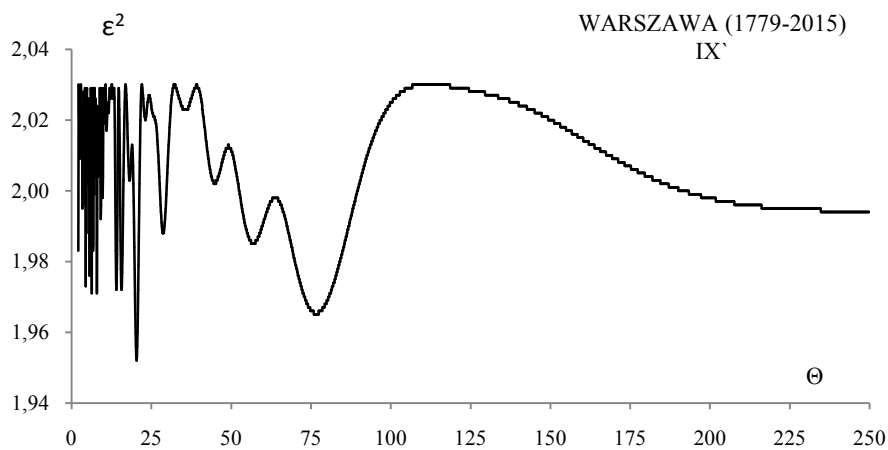
Fig. 24b. Air temperature changes in Warsaw in August in the years 2015-2515, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2515)

WRZESIEŃ (IX)

Tabela 9. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1779-2015 (ϵ^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

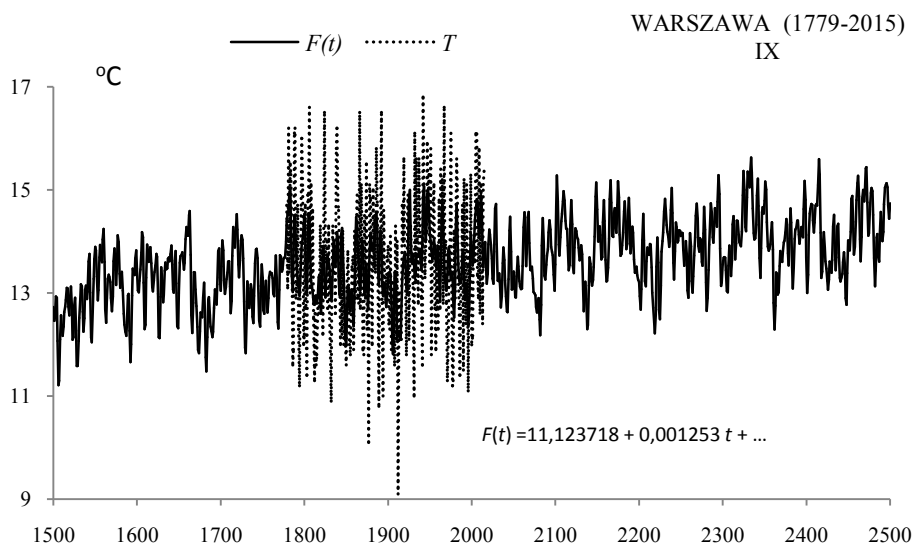
Table 9. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in September in years 1779-2015, (ϵ^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 11,123718 + 0,001253 t + \dots$; $R = 0,466054$					
Θ	b	c	ϵ^2	R	F_{obl}
4,3	0,256312	2,870359	1,996	0,131	2,056
5,7	0,330394	2,925937	1,976	0,164	3,276
8,0	0,336231	-2,972869	1,971	0,171	3,585
9,2	0,263188	-1,606922	1,992	0,138	2,298
20,4	0,358774	-0,557564	1,952	0,197	4,773
28,7	0,238150	1,895769	1,988	0,145	2,541
44,9	0,218028	2,041009	2,002	0,119	1,694
56,9	0,275780	0,471847	1,985	0,150	2,724
76,7	0,345555	-0,730818	1,965	0,180	3,958
178,9	0,192190	1,586445	2,005	0,112	1,514



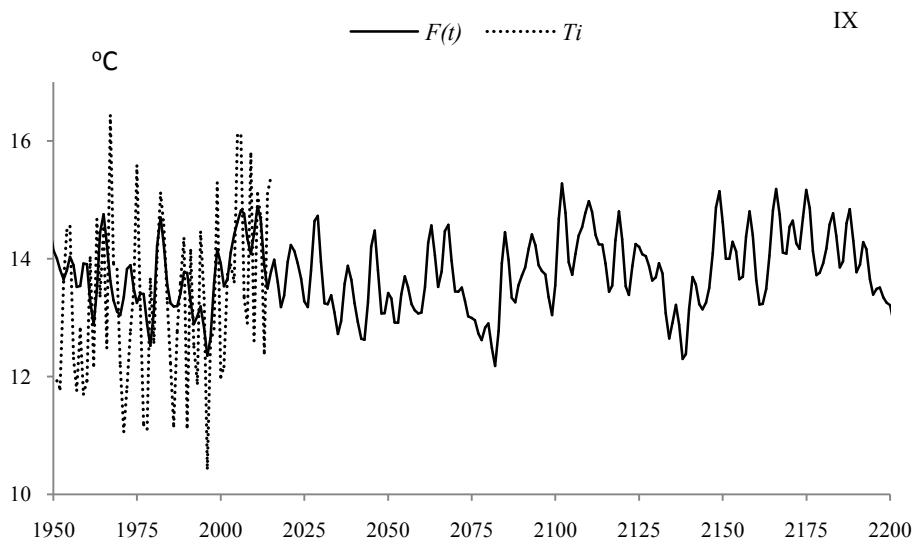
Rys. 25. Widmo temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 25. Spectrum of air temperature in Warsaw in September in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



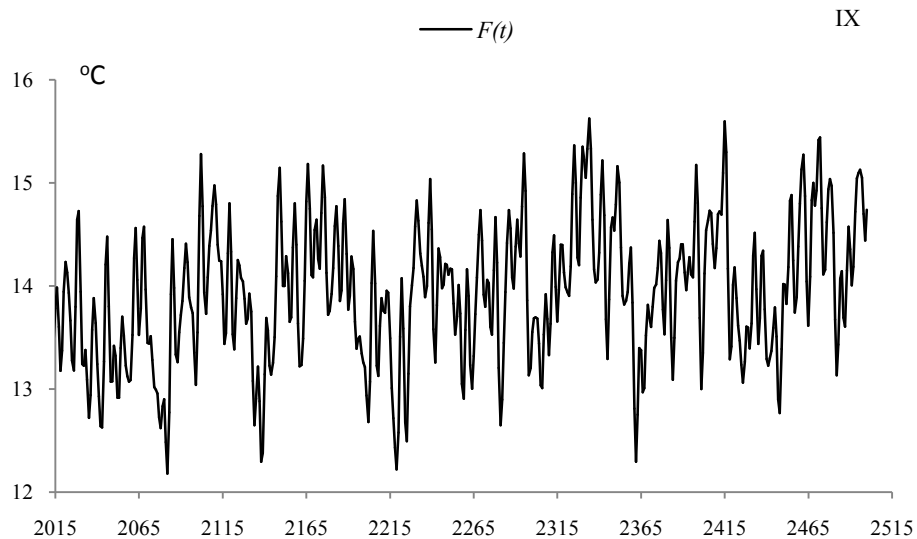
Rys. 26. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 26. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



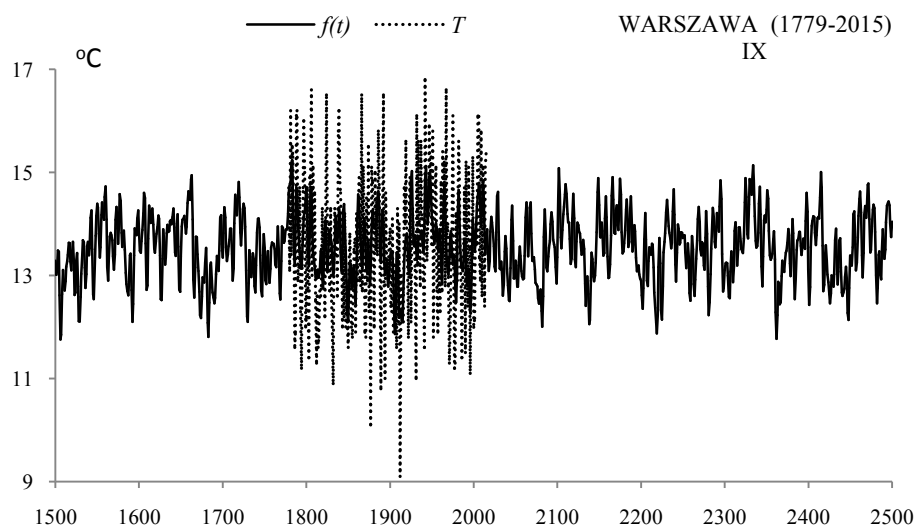
Rys. 26a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 26a. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



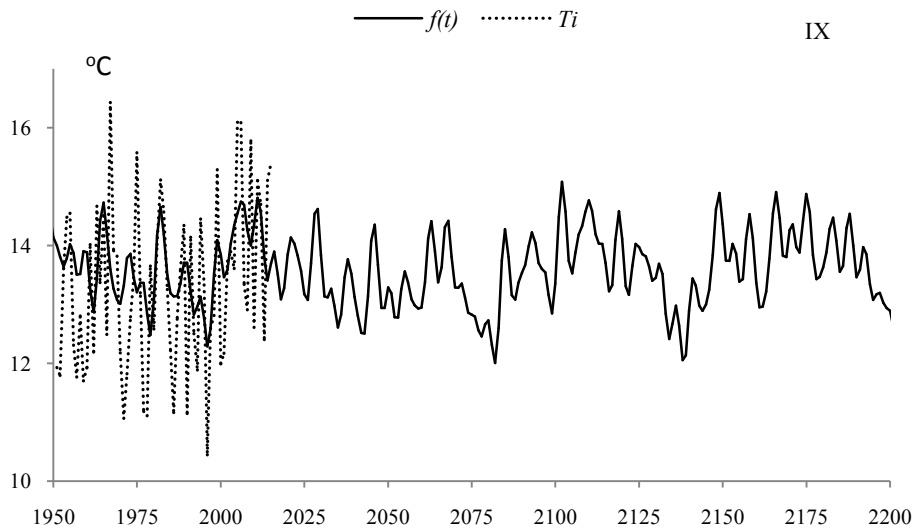
Rys. 26b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 2015-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 26b. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)



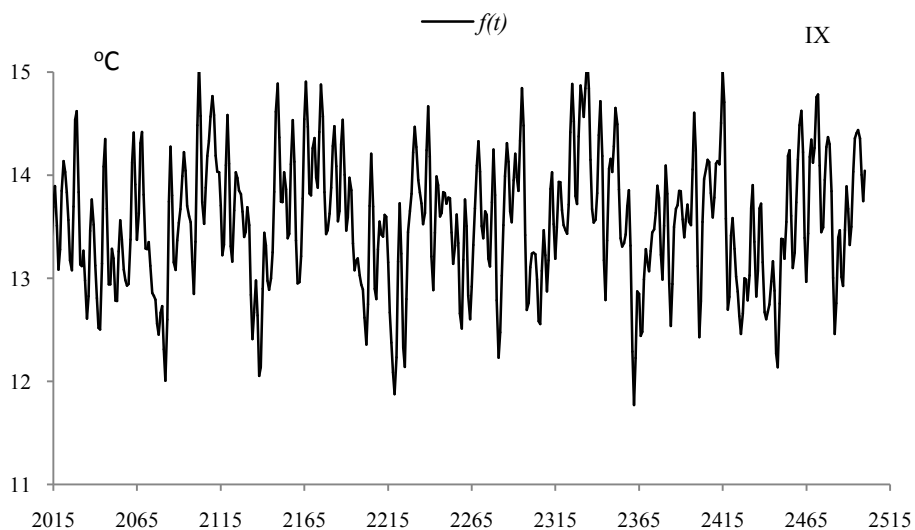
Rys. 27. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 27. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 27a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie we wrześniu w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 27a. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 27b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w wrześniu w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 27b. Air temperature changes in Warsaw in September in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

PAŹDZIERNIK (X)

Tabela 10. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

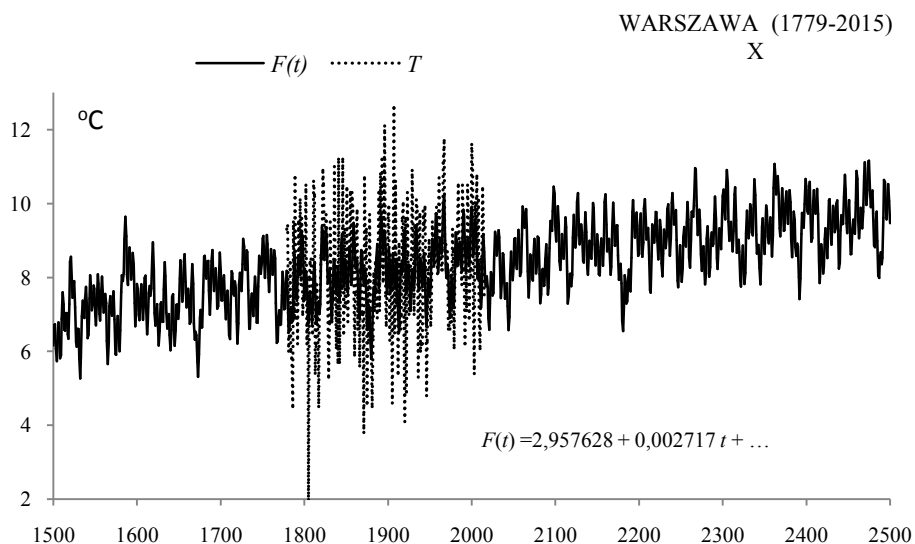
Table 10. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in October in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

	$F(t) = 2,957628 + 0,002717 t + \dots$		$R = 0,460439$		
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,7	0,592788	-1,444912	2,790	0,248	7,738
8,1	0,277770	-3,067112	2,928	0,122	1,788
12,0	0,352056	1,955035	2,902	0,154	2,866
15,9	0,331373	2,910631	2,911	0,143	2,490
23,3	0,336502	0,336559	2,913	0,141	2,407
34,0	0,497551	-2,841881	2,852	0,201	4,993
51,0	0,257225	-0,179574	2,938	0,107	1,378
77,5	0,170726	-2,439727	2,946	0,094	1,053
130,9	0,186343	0,766904	2,938	0,107	1,378
178,9	0,091061	2,384405	2,962	0,059	0,407



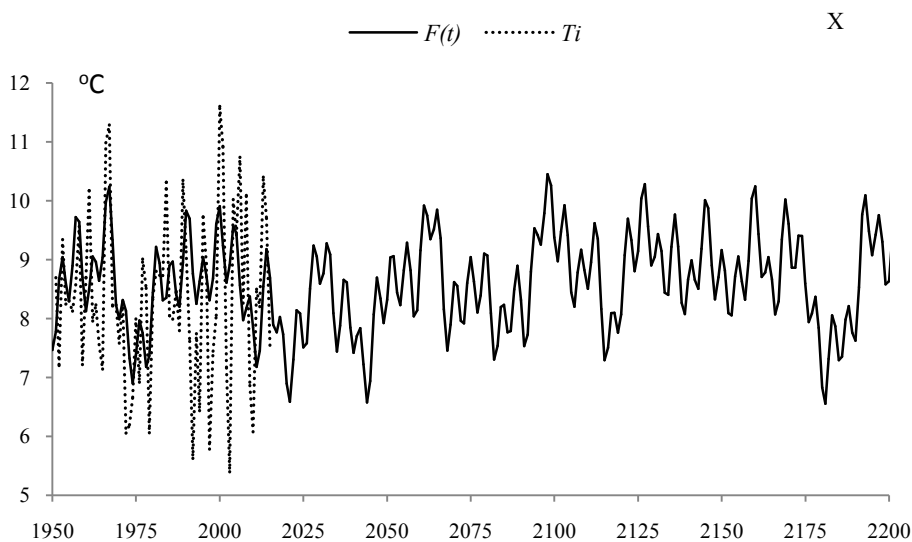
Rys. 28. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 28. Spectrum of air temperature in Warsaw in October in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



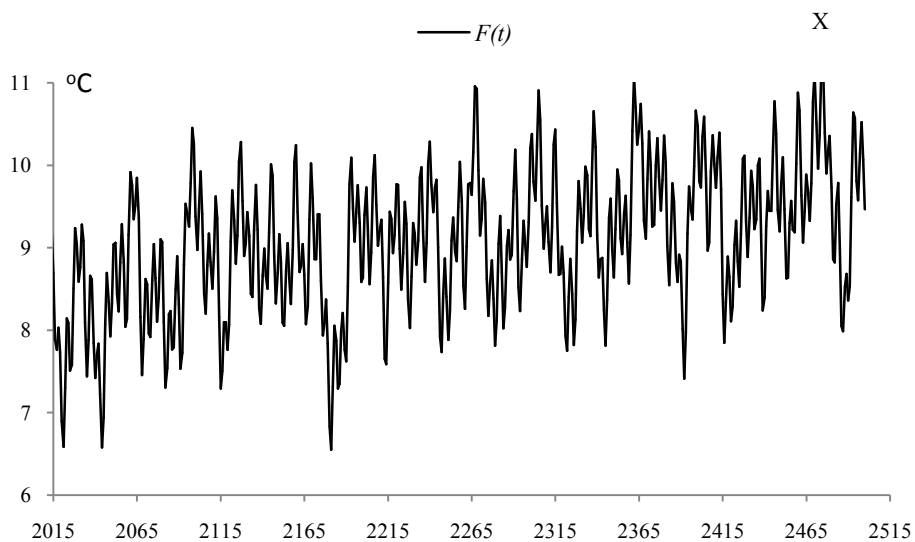
Rys. 29. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 29. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



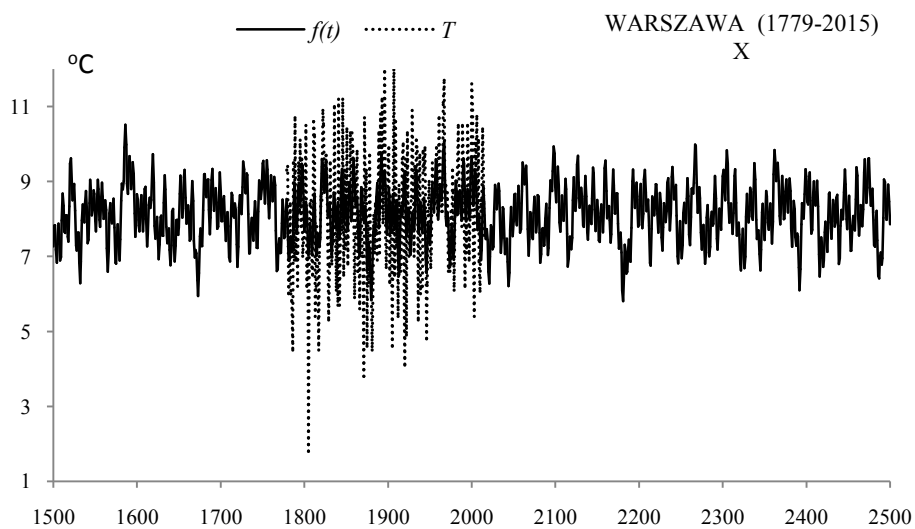
Rys. 29a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 29a. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



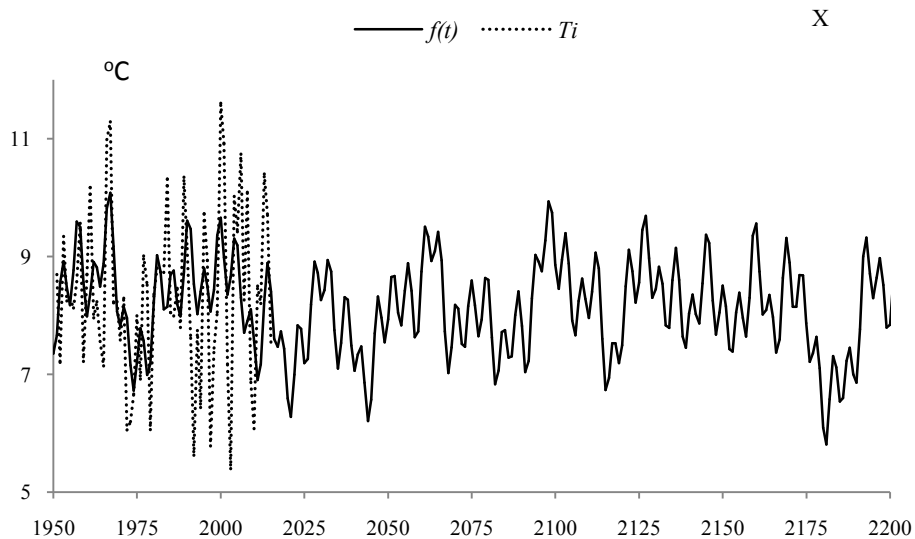
Rys. 29b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 2015-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 29b. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 2015-2500, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)



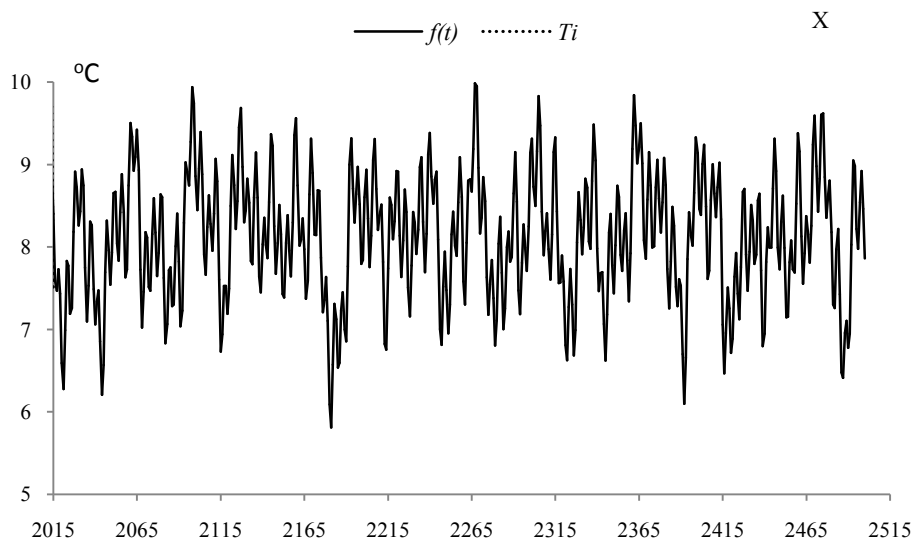
Rys. 30. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 30. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 30a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 30a. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



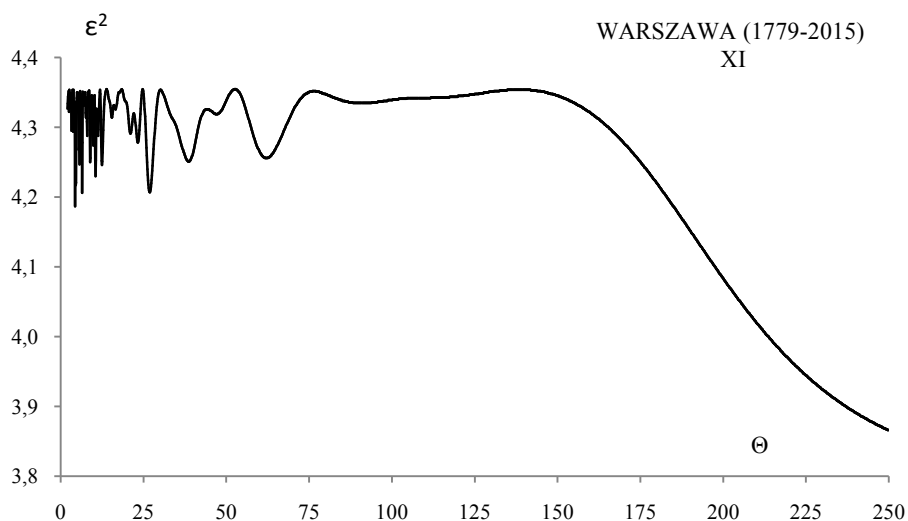
Rys. 30b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w październiku w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 30b. Air temperature changes in Warsaw in October in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

LISTOPAD (XI)

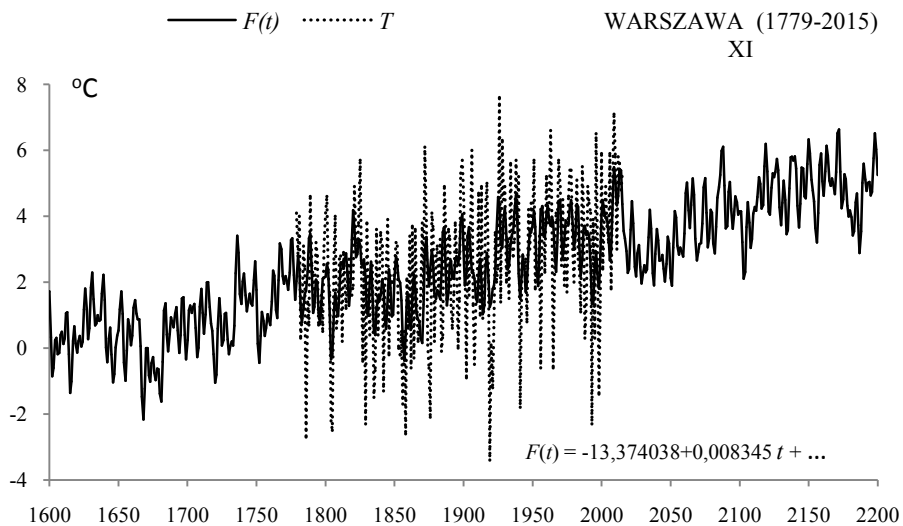
Tabela 11. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)
Table 11. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in November in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -13,374038 + 0,008345 t + \dots ; R = 0,558577$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,4	0,578513	-2,082499	4,187	0,197	4,771
6,5	0,550711	1,419779	4,206	0,185	4,214
10,6	0,444053	2,845683	4,230	0,170	3,518
12,5	0,405461	1,485269	4,246	0,159	3,058
26,9	0,479891	-2,903350	4,207	0,185	4,185
38,7	0,380676	1,877239	4,251	0,155	2,915
47,1	0,215306	2,530411	4,319	0,092	1,003
62,1	0,331020	-1,107531	4,256	0,151	2,772
90,9	0,164445	2,212001	4,335	0,069	0,562
178,9	0,454592	1,963825	4,226	0,172	3,633



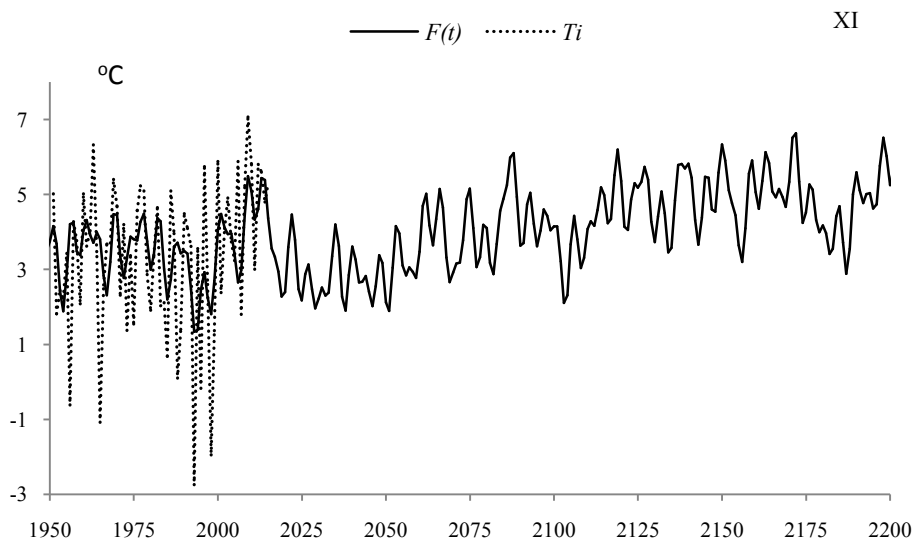
Rys. 31. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 31. Spectrum of air temperature in Warsaw in November in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



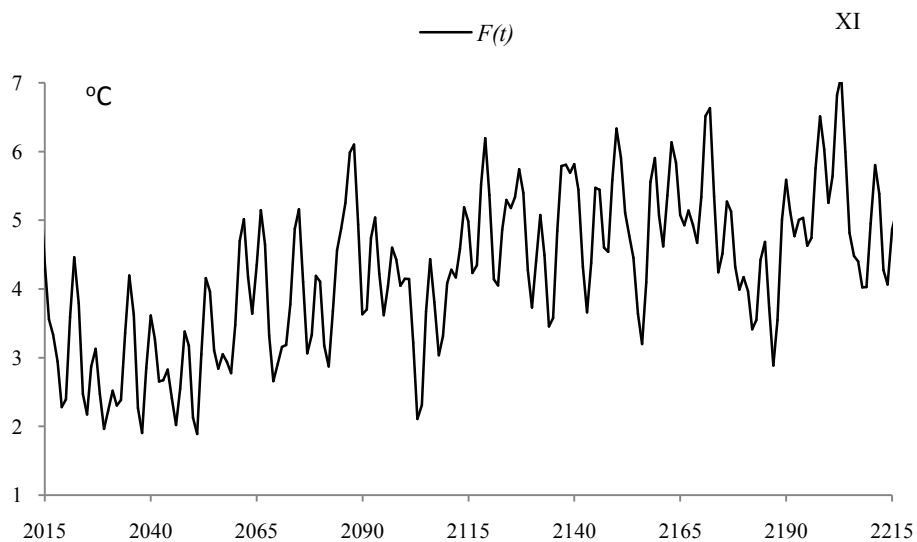
Rys. 32. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 32. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



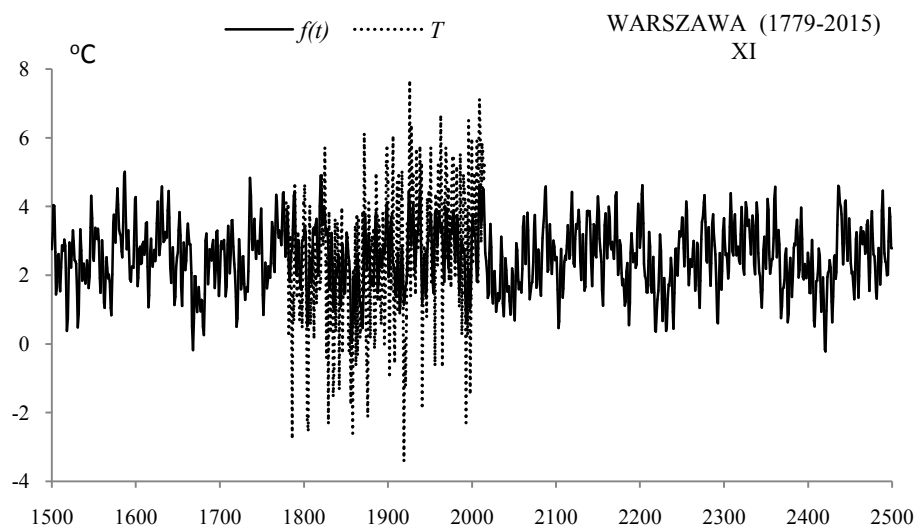
Rys. 32a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 32a. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



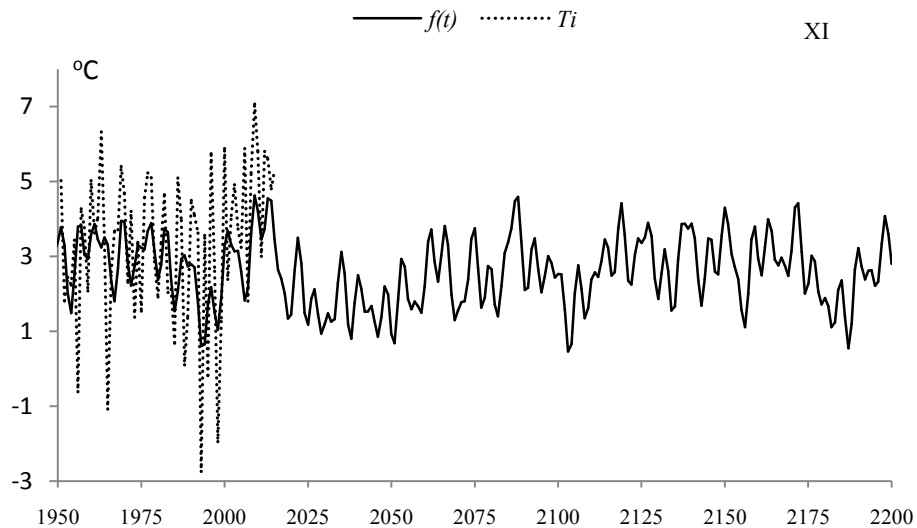
Rys. 32b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 32b. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



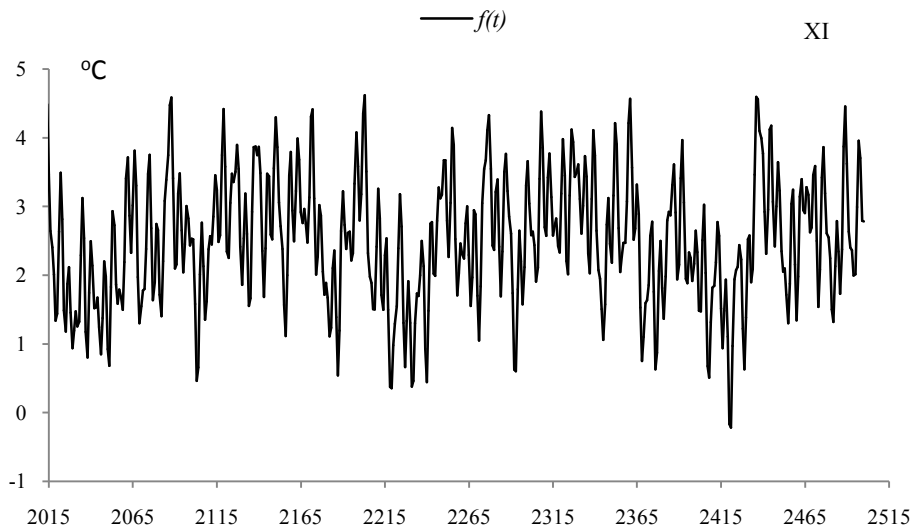
Rys. 33. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 33. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 33a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 33a. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 33b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w listopadzie w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

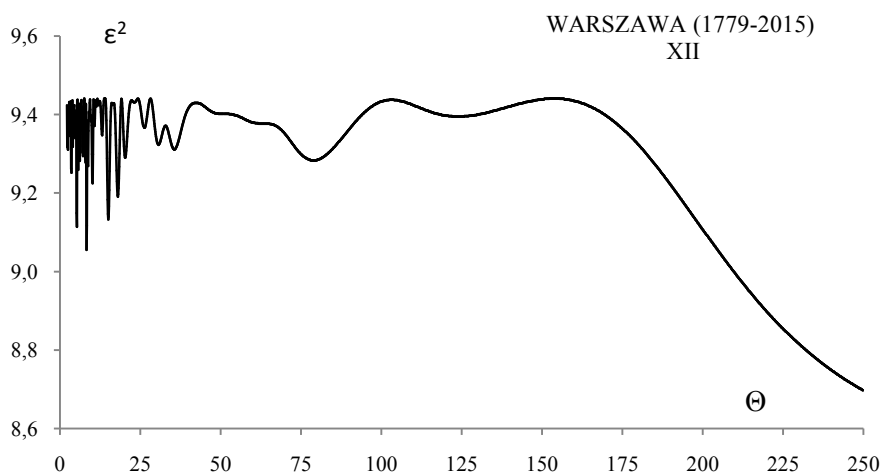
Fig. 33b. Air temperature changes in Warsaw in November in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

GRUDZIEŃ (XII)

Tabela 12. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1779-2015 (ϵ^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

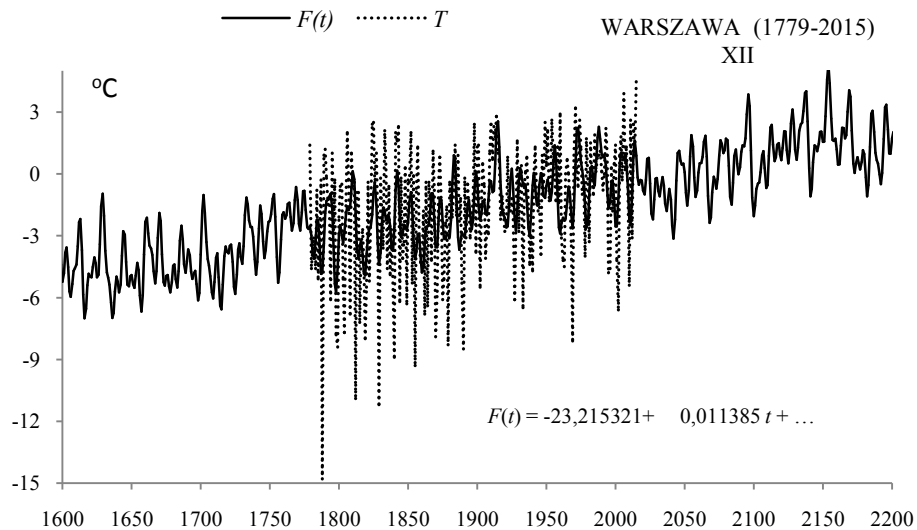
Table 12. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in December in n years 1779-2015, (ϵ^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -23,215321 + 0,011385 t + \dots ; R = 0,521181$					
Θ	b	c	ϵ^2	R	F_{obl}
5,2	0,798205	0,257902	9,114	0,187	4,282
8,2	0,816046	-2,432625	9,055	0,203	5,082
10,1	0,614164	-1,560694	9,225	0,152	2,805
15,0	0,740751	-1,924443	9,133	0,181	4,026
18,0	0,542572	-1,510890	9,191	0,163	3,253
20,3	0,428702	0,857632	9,29	0,127	1,956
35,5	0,497382	2,459926	9,311	0,118	1,684
78,8	0,374445	-0,214951	9,283	0,130	2,047
123,9	0,178003	-0,042004	9,395	0,072	0,610
178,9	0,447598	2,214386	9,332	0,109	1,414



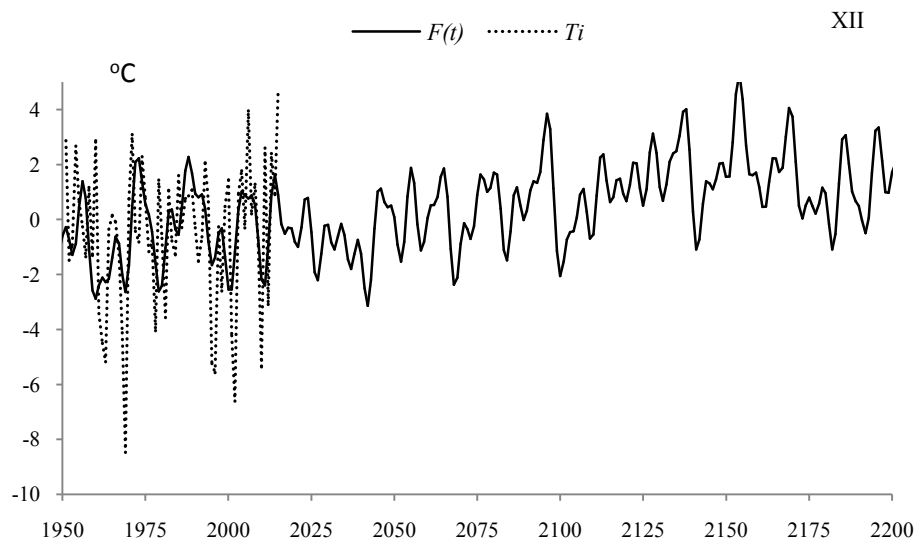
Rys. 34. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 34. Spectrum of air temperature in Warsaw in December in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



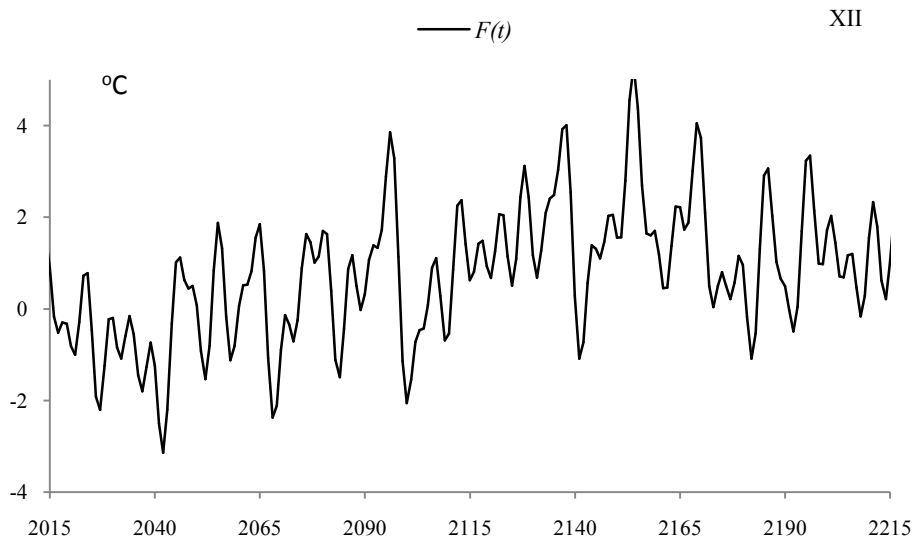
Rys. 35. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 35. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



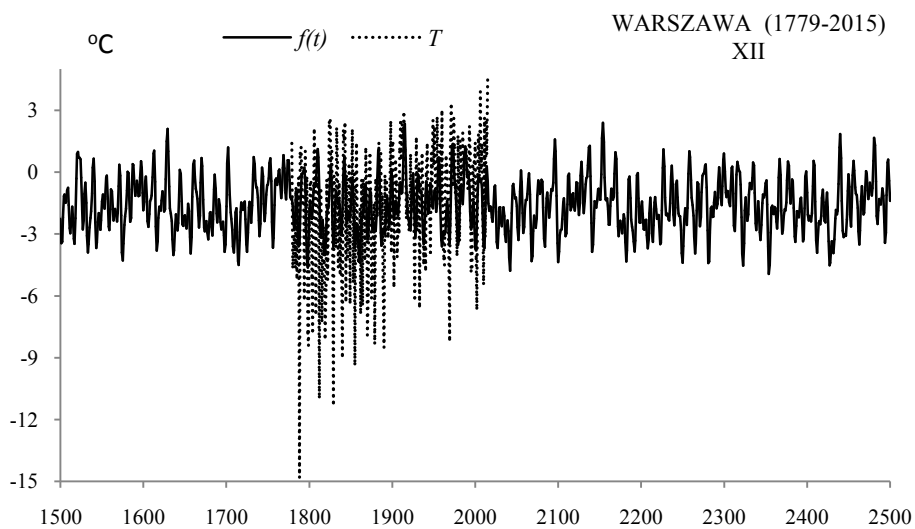
Rys. 35a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 35a. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



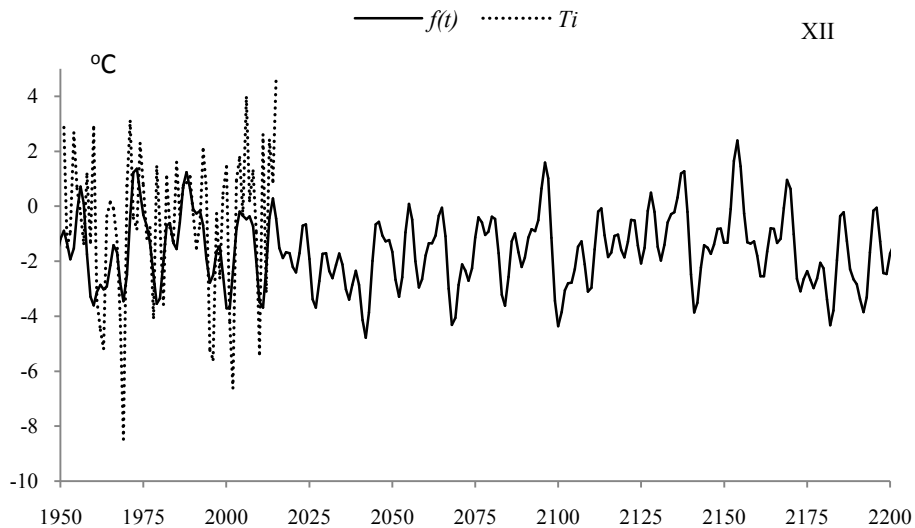
Rys. 35b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 35b. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



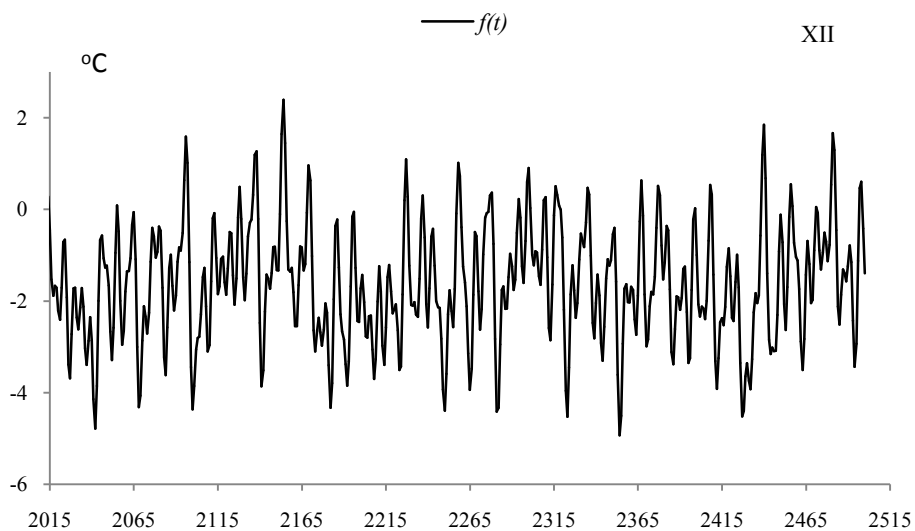
Rys. 36. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 36. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 36a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 36a. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 36b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w grudniu w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 36b. Air temperature changes in Warsaw in December in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

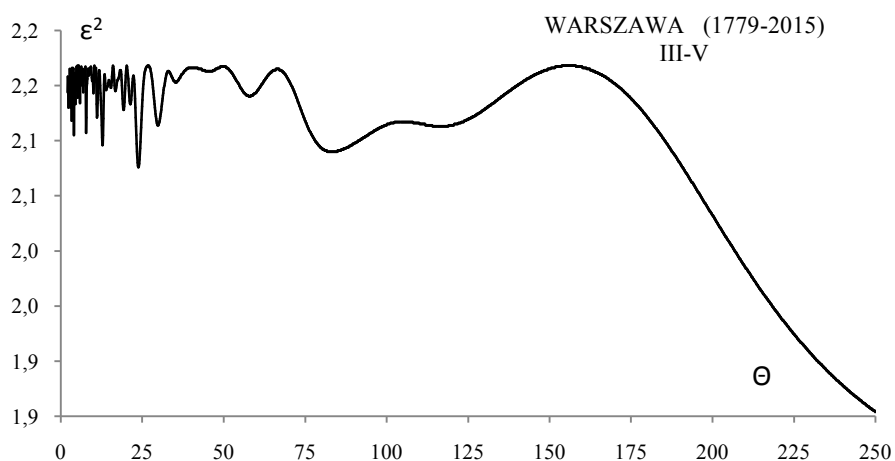
Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w tysiącleciu 1500-2500 (pory roku, rok)

WIOSNA (III-V)

Tabela 13. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

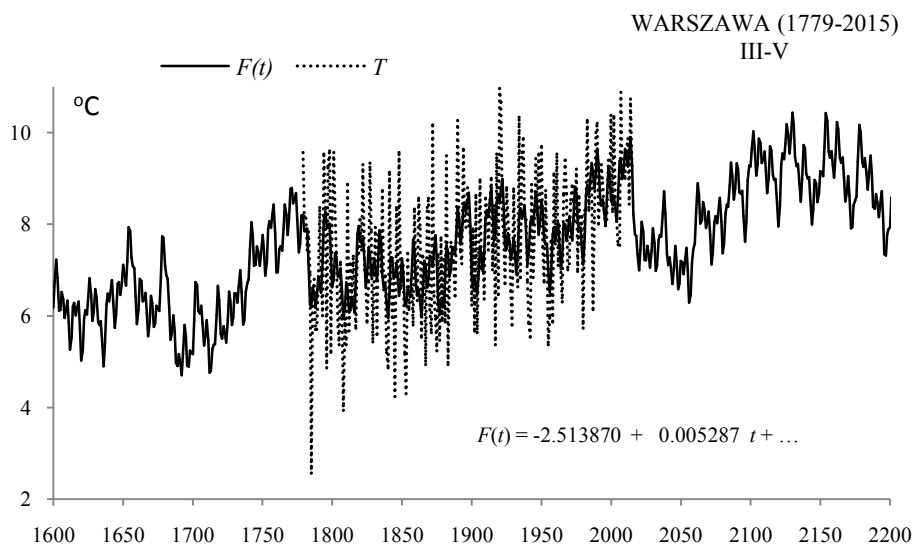
Table 13. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in spring in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -2.513870 + 0.005287 t + \dots ; R=0.602645$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,0	0,348527	-1,901137	2,105	0,169	3,478
7,8	0,338290	0,003243	2,107	0,166	3,362
12,8	0,350094	0,324643	2,096	0,181	4,002
19,3	0,191380	0,844771	2,128	0,134	2,160
23,9	0,382931	0,118414	2,076	0,205	5,182
29,9	0,295576	0,424110	2,114	0,156	2,959
58,0	0,150863	-1,619033	2,140	0,111	1,483
83,2	0,352335	1,163469	2,090	0,188	4,354
116,6	0,410779	0,428254	2,113	0,158	3,016
178,9	0,496662	2,026630	2,125	0,139	2,330



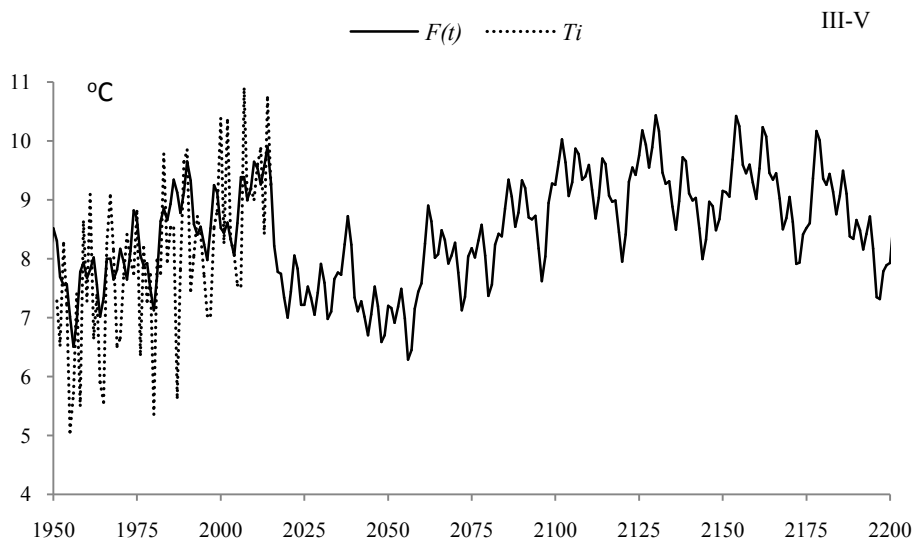
Rys. 37. Widmo temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 37. Spectrum of air temperature in Warsaw in spring in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



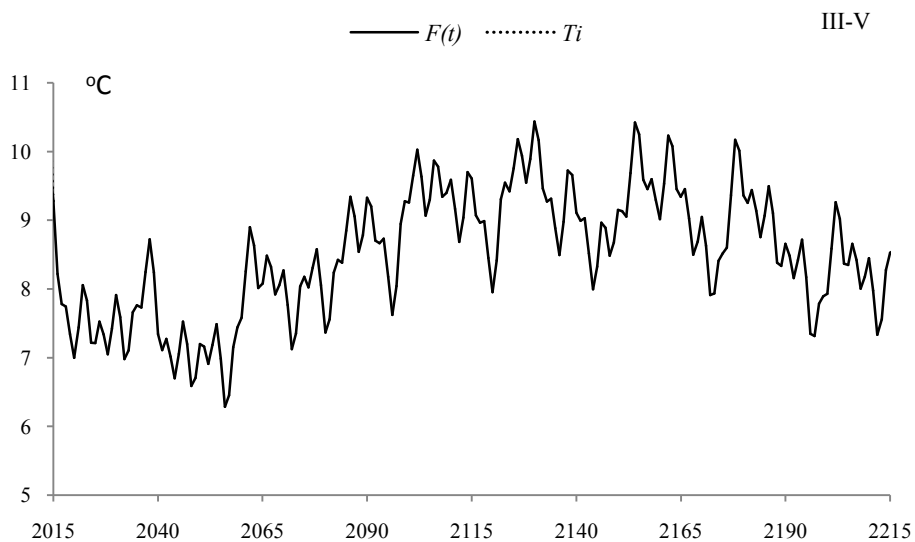
Rys. 38. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 38. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



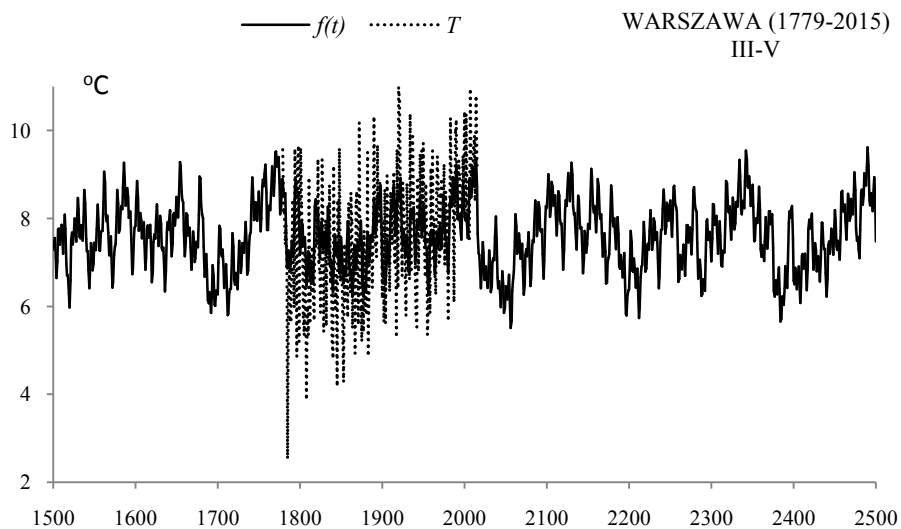
Rys. 38a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 38a. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



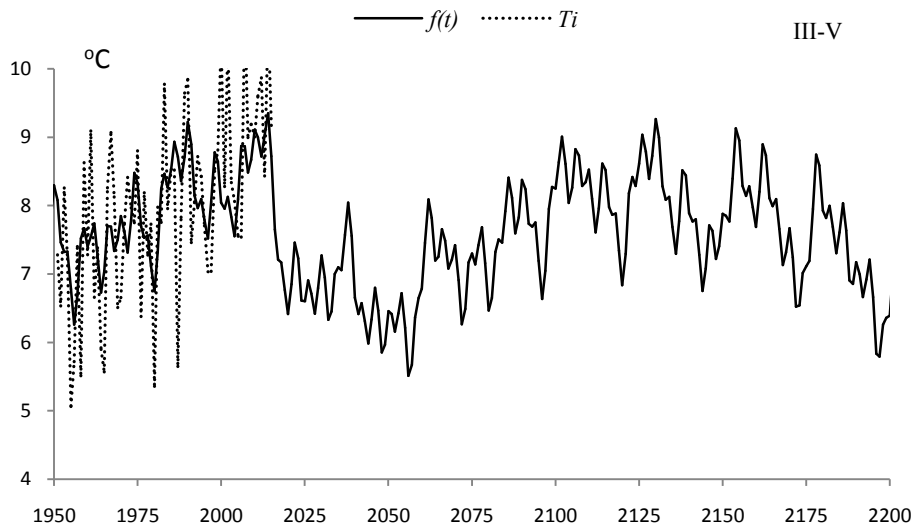
Rys. 38b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 38b. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



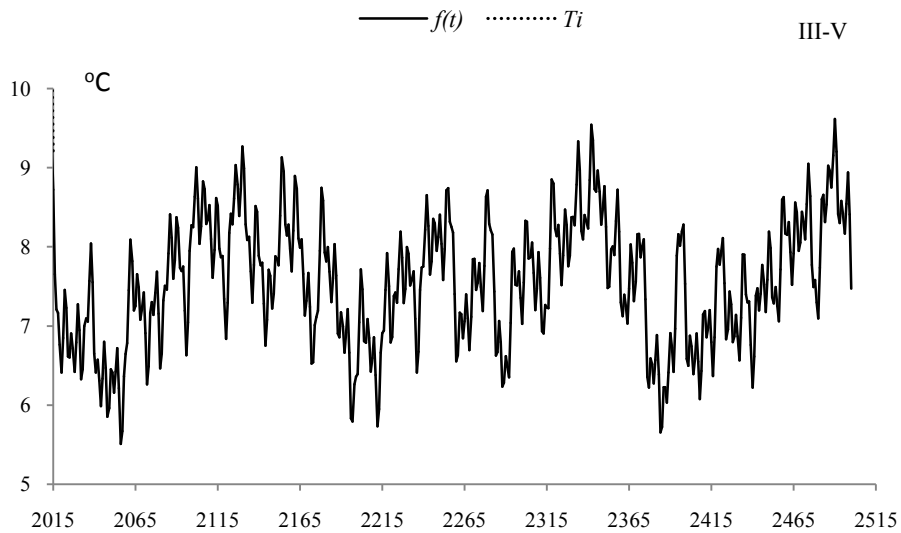
Rys. 39. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 39. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 39a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 39a. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



Rys. 39b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie wiosną w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

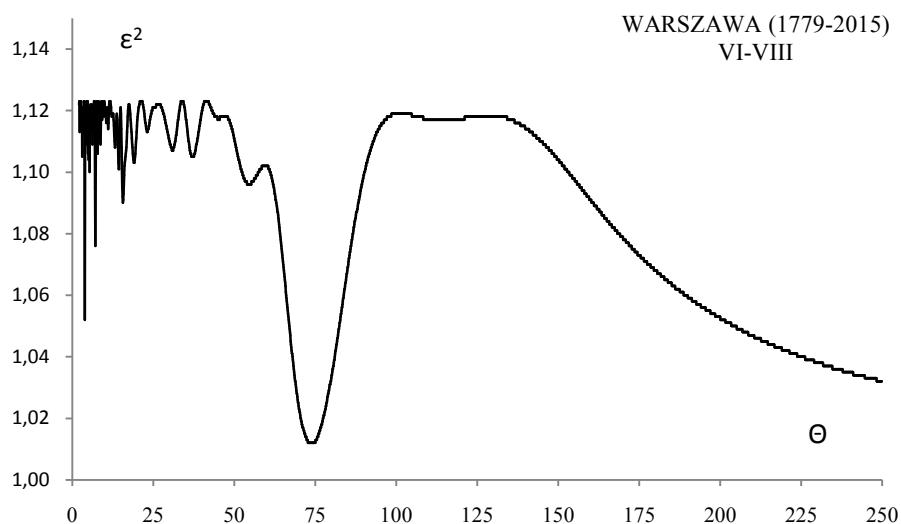
Fig. 39b. Air temperature changes in Warsaw in spring in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

LATO (VI-VIII)

Tabela 14. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

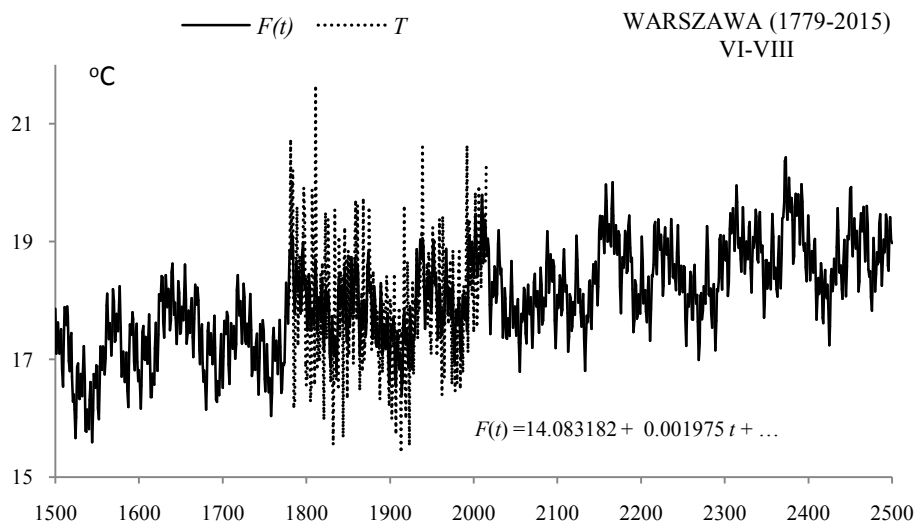
Table 14. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in summer in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)=14.083182 + 0.001975 t + \dots \quad R=0.590157$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,374460	-0,815061	1,052	0,252	8,065
7,1	0,318813	1,395583	1,076	0,206	5,242
15,6	0,264537	0,934225	1,090	0,173	3,653
19,1	0,198072	-0,341803	1,103	0,135	2,213
30,9	0,149828	3,102266	1,107	0,122	1,777
37,2	0,124163	1,852935	1,105	0,129	1,995
54,6	0,152919	-2,669620	1,096	0,157	2,984
73,8	0,462745	-0,331330	1,012	0,315	13,068
114,3	0,011213	-1,987361	1,117	0,077	0,700
178,9	0,336280	0,633517	1,069	0,220	6,052



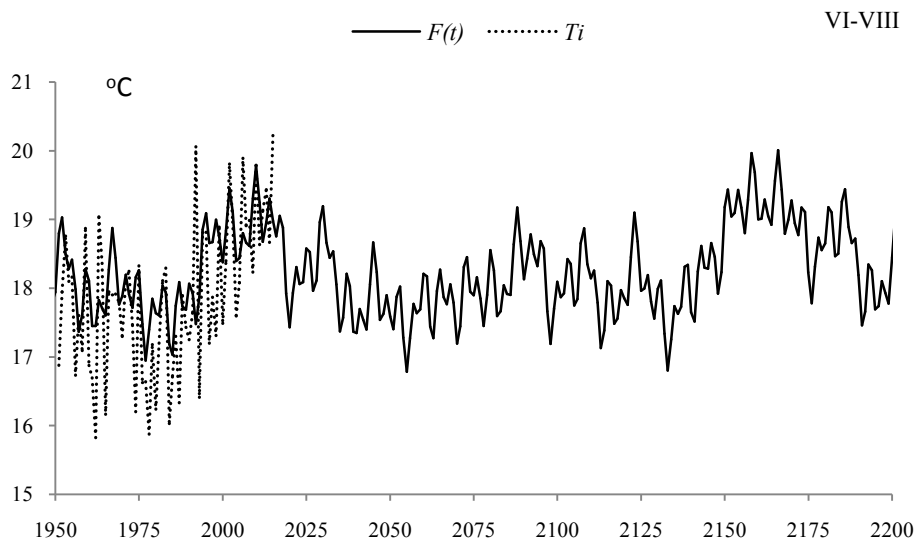
Rys. 40. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 40. Spectrum of air temperature in Warsaw in summer in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



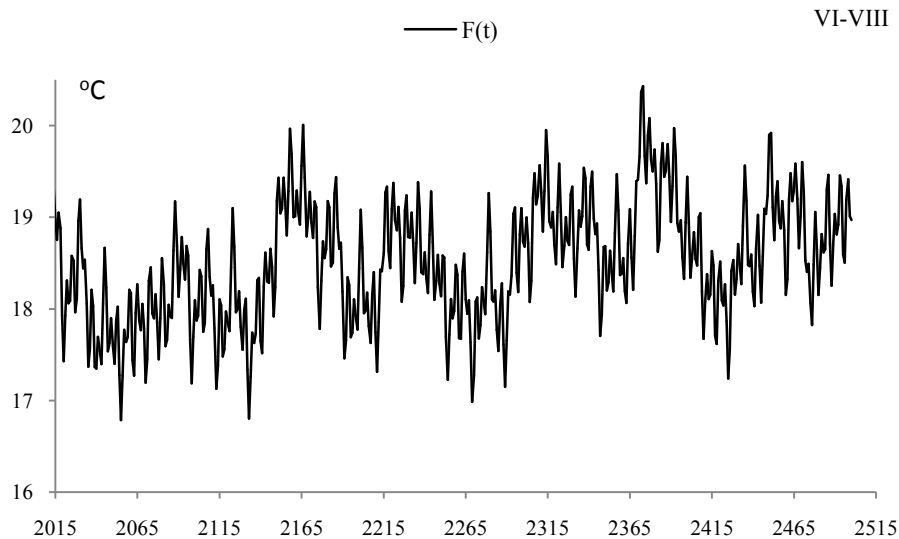
Rys. 41. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 41. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



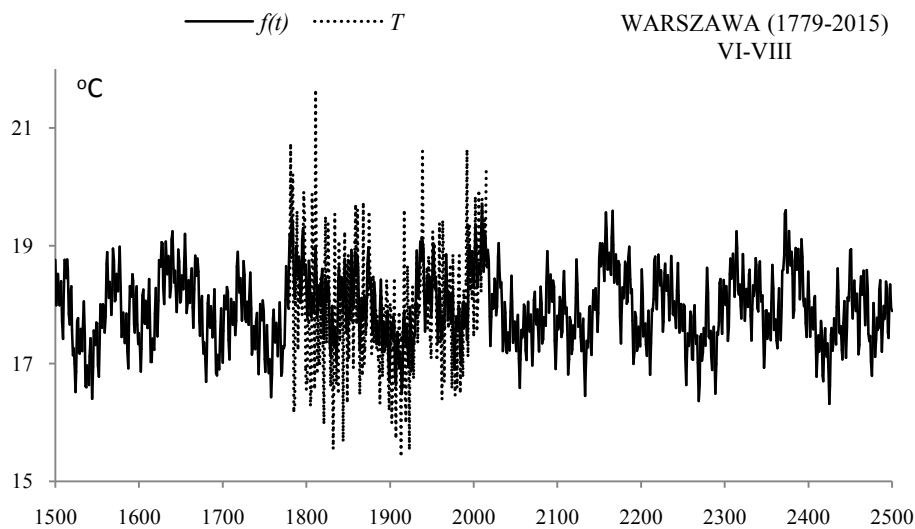
Rys. 41a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 41a. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



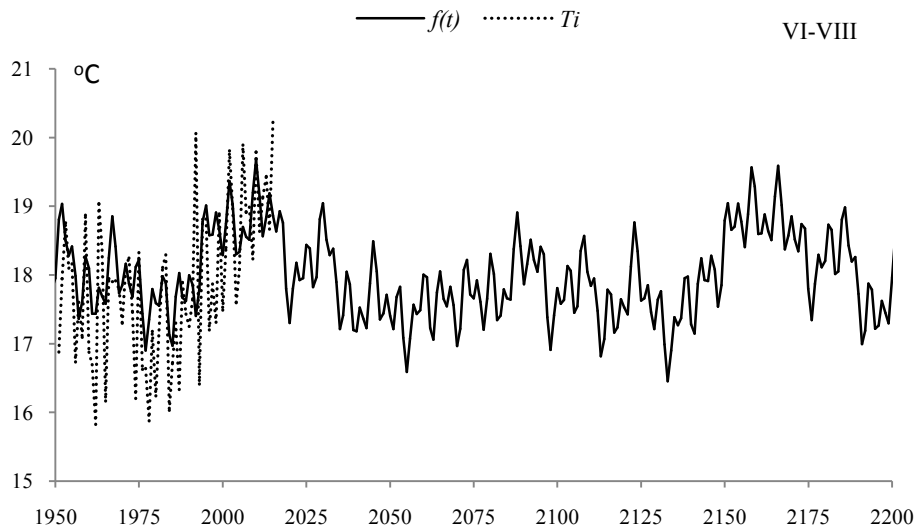
Rys. 41b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 2015-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 41b. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 2015-2500, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)



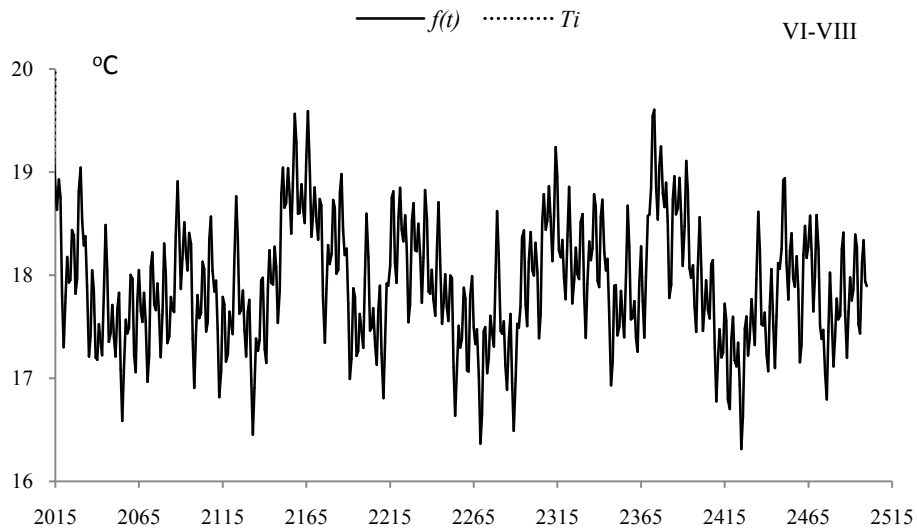
Rys. 42. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 42. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 42a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 42a. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 42b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

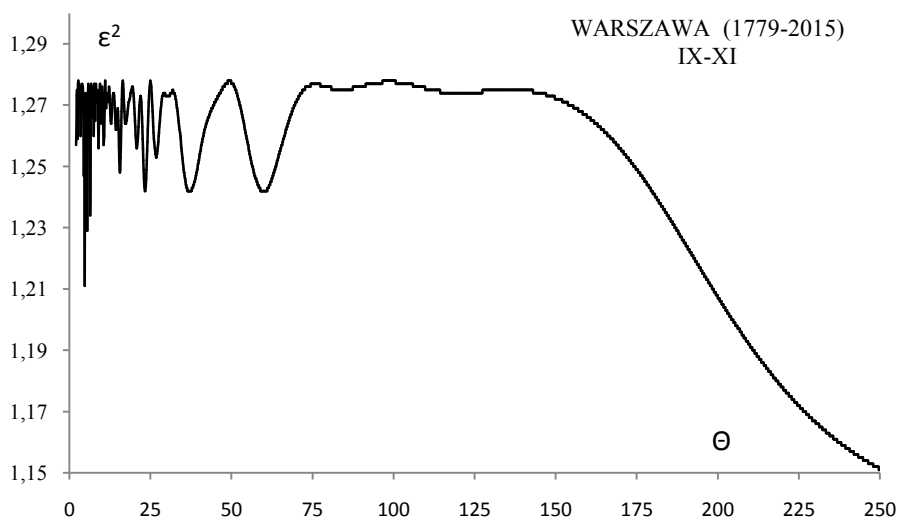
Fig. 42b. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

JESIEŃ (IX-XI)

Tabela 15. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie jesienią w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

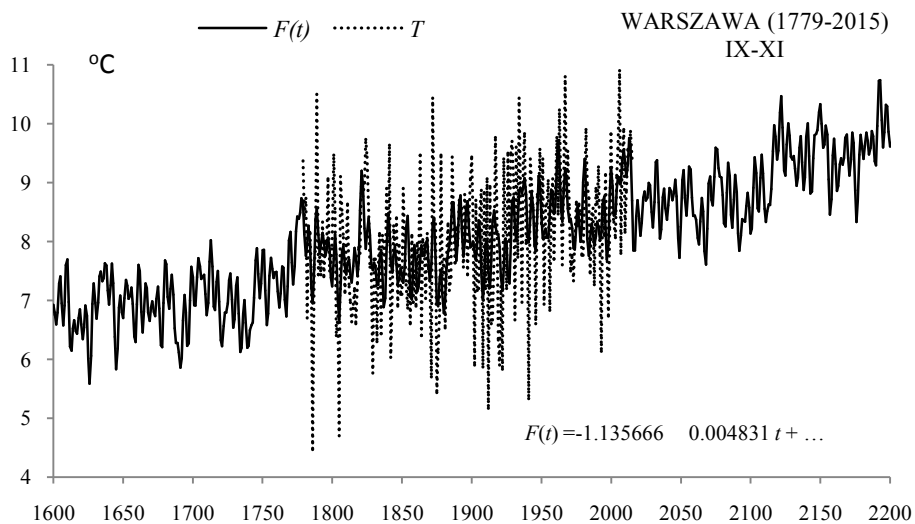
Table 15. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in autumn n years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} . – F-test)

$F(t) = -1.135666 - 0.004831 t + \dots \quad R = 0.546270$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,7	0,360353	-1,431111	1,211	0,227	6,449
6,4	0,293835	-1,935058	1,234	0,183	4,120
10,6	0,188804	2,713540	1,257	0,125	1,876
15,6	0,228174	2,179851	1,248	0,150	2,744
23,3	0,251999	0,503913	1,242	0,165	3,330
37,0	0,225785	0,123858	1,242	0,165	3,330
59,9	0,194540	-2,125116	1,242	0,165	3,330
84,0	0,100544	0,019486	1,275	0,039	0,177
120,2	0,098142	2,109809	1,274	0,048	0,270
178,9	0,220692	1,383849	1,243	0,163	3,232



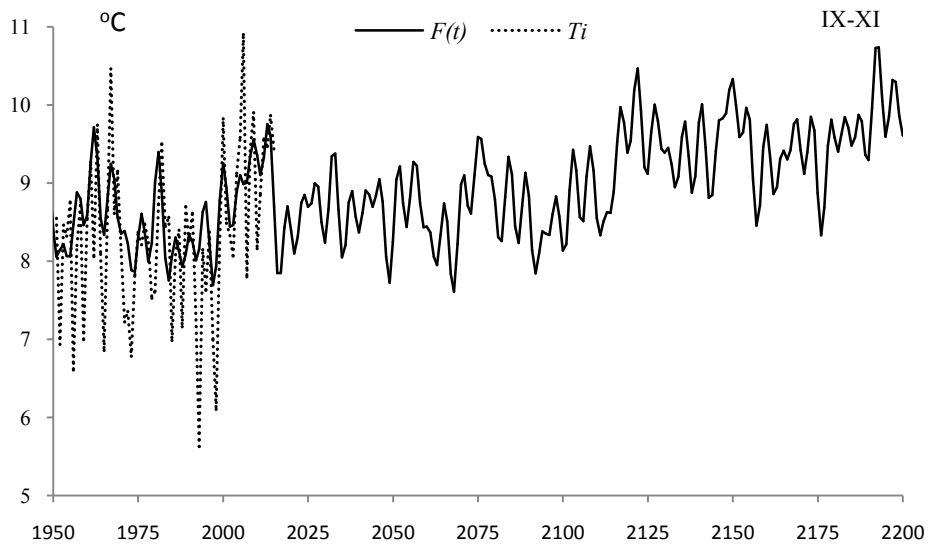
Rys. 43. Widmo temperatury powietrza w Warszawie jesienią w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 43. Spectrum of air temperature in Warsaw in autumn in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



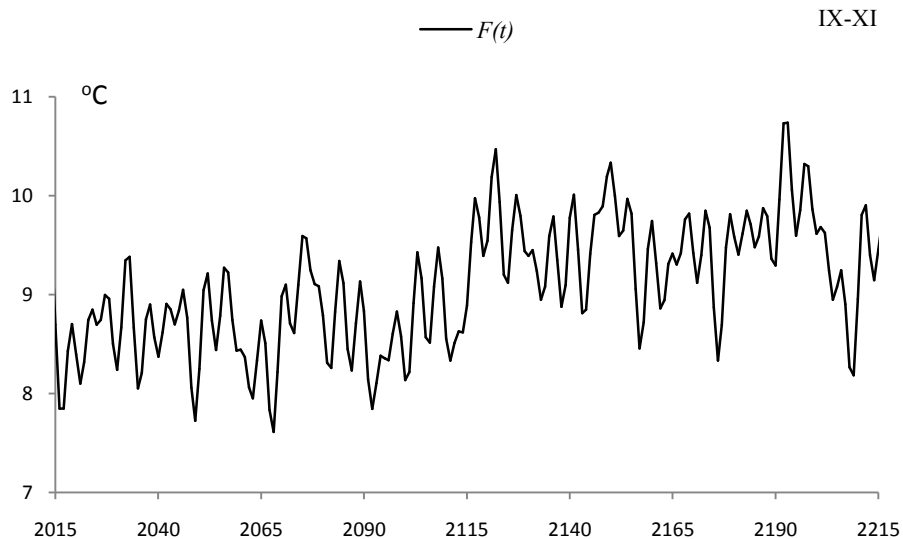
Rys. 44. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 44. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



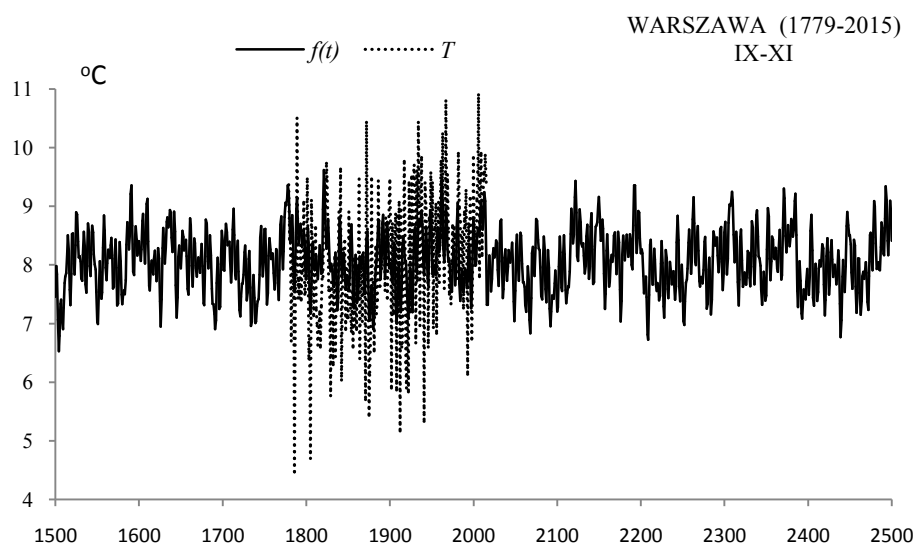
Rys. 44a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 44a. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



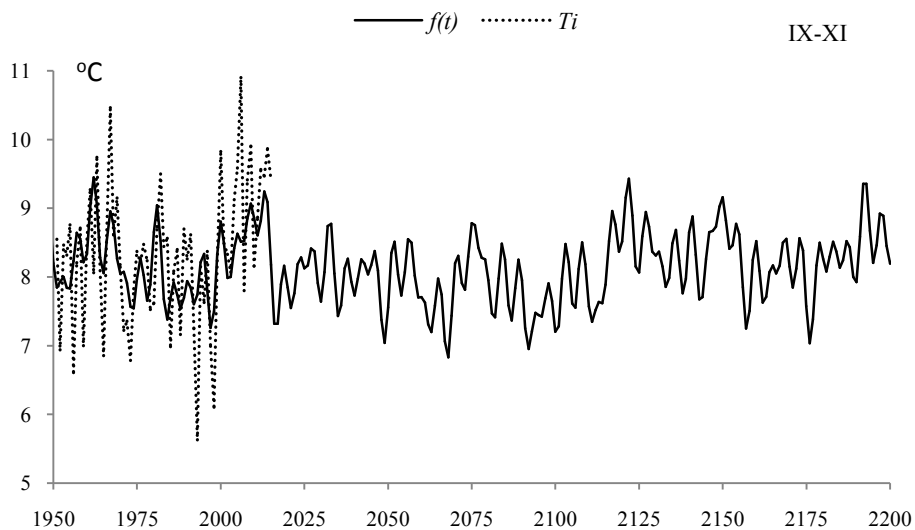
Rys. 44b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 44b. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



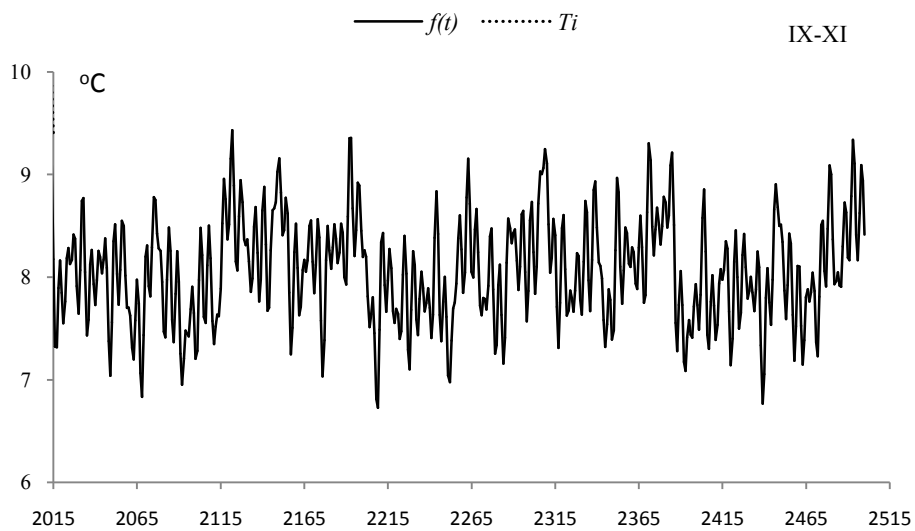
Rys. 45. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 45. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 45a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni latach 1950-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 45a. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 1950-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 45b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w jesieni w latach 2015-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

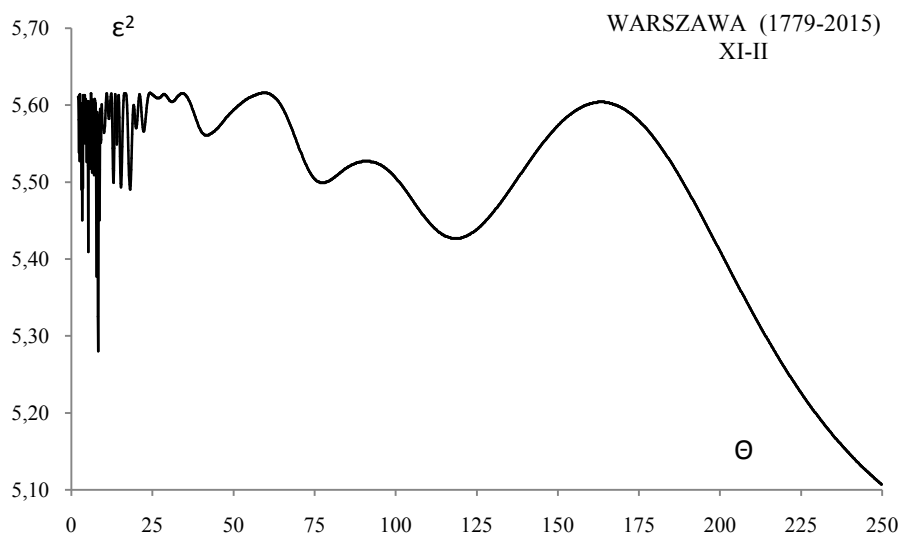
Fig. 45b. Air temperature changes in Warsaw in Autumn in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

ZIMA (XII-II)

Tabela 16. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

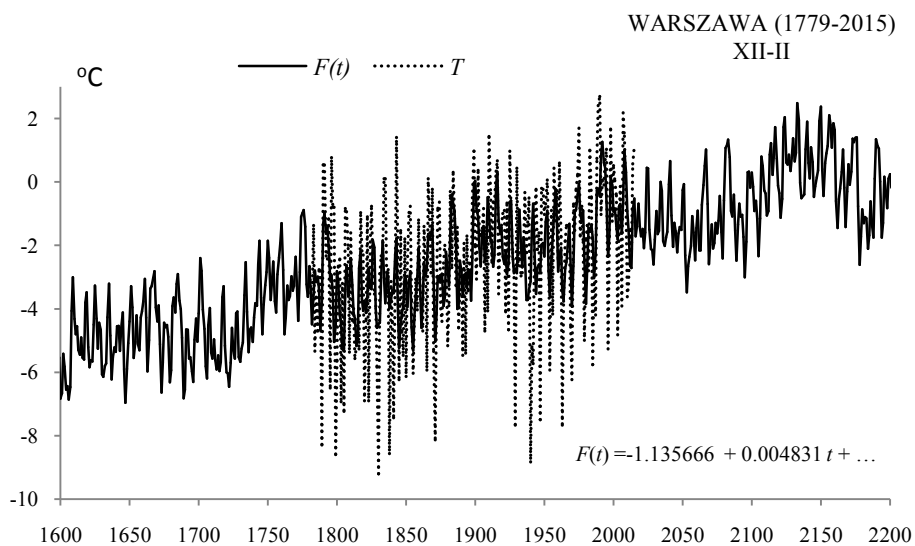
Table 16. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in winter in n years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -1.135666 + 0.004831 t + \dots \quad R=0.546270$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,572119	-1,333062	5,450	0,172	3,629
5,2	0,632682	-0,658662	5,409	0,192	4,555
8,3	0,830451	1,932767	5,280	0,245	7,561
15,3	0,463434	0,873822	5,493	0,149	2,673
18,1	0,421194	1,416745	5,490	0,150	2,739
22,3	0,306717	-1,492471	5,566	0,095	1,084
41,6	0,313256	1,783268	5,561	0,100	1,191
77,4	0,285585	-3,046547	5,499	0,145	2,541
118,5	0,532814	1,734579	5,427	0,184	4,147
178,9	0,290397	2,146905	5,561	0,100	1,191



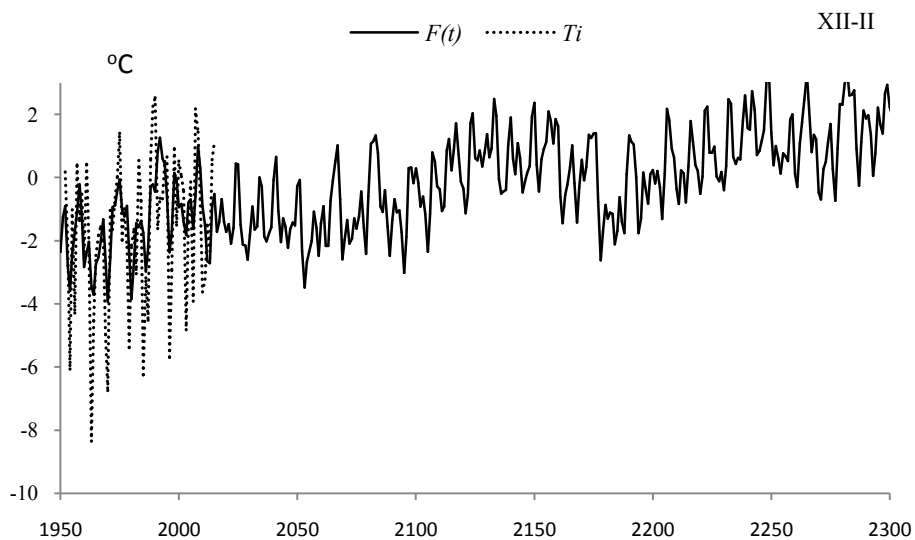
Rys. 46. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 46. Spectrum of air temperature in Warsaw in winter in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



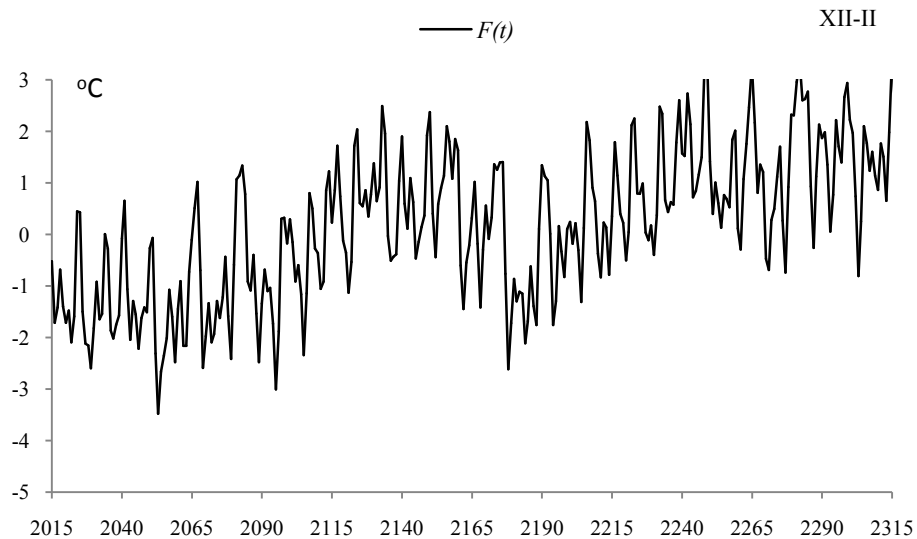
Rys. 47. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 47. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



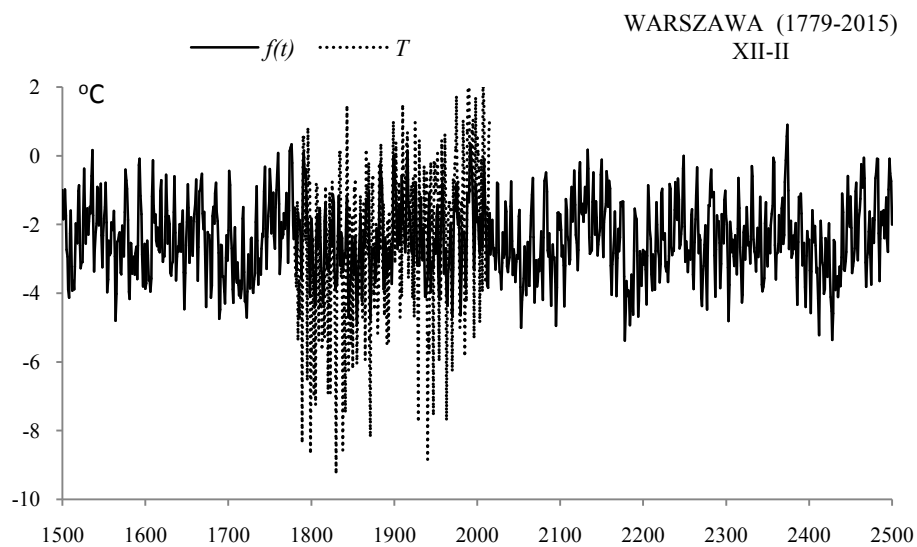
Rys. 47a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1950-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2300); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 47a. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1950-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2300); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



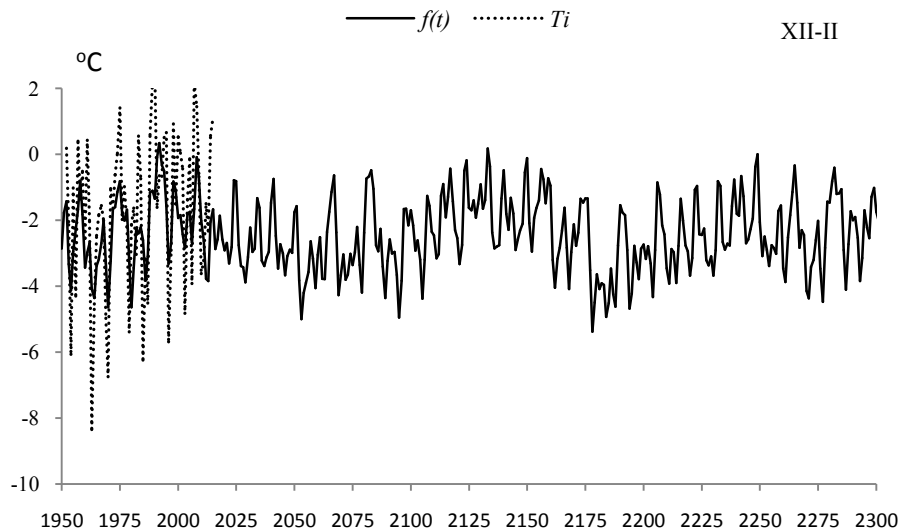
Rys. 47b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 2015-2315, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2315)

Fig. 47b. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 2015-2315, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2315)



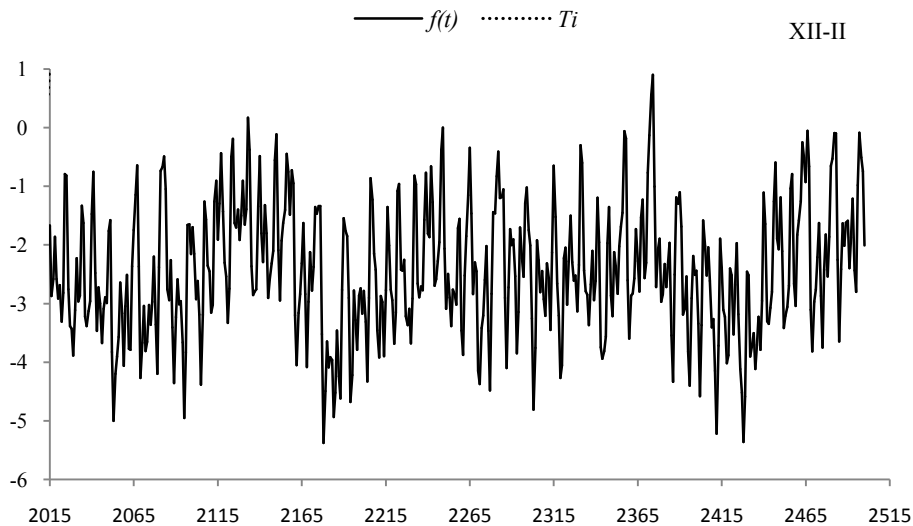
Rys. 48. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 48. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 48a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1950-2300 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2300); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 48a. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1950-2300. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2300), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 48b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 2015-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

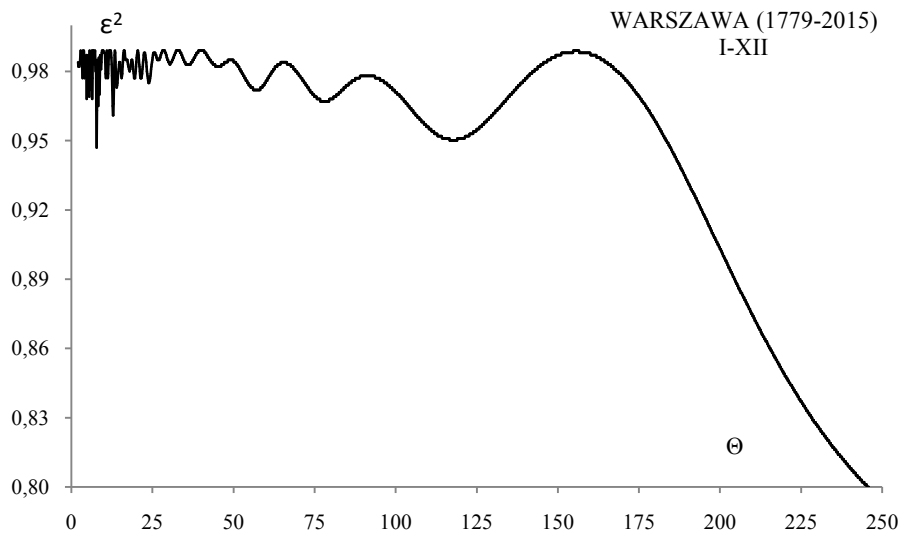
Fig. 48b. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

ROK (I-XII)

Tabela 17. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1779-2015 (ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora)

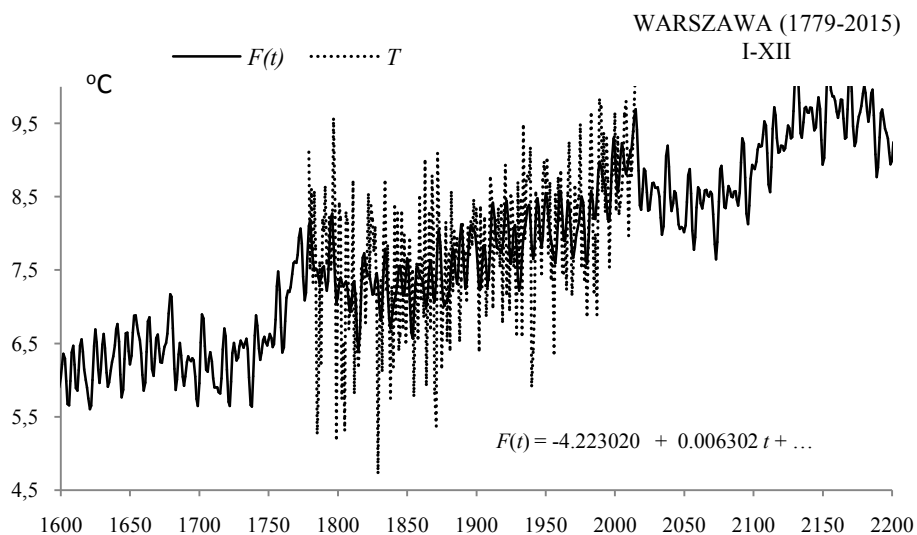
Table 17. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Warsaw in year in years 1779-2015, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -4.223020 + 0.006302 t + \dots ; R=0.615894$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,5	0,209272	-1,444850	0,969	0,146	2,571
7,8	0,280994	0,151764	0,947	0,208	5,384
12,9	0,223930	0,721688	0,961	0,171	3,579
23,9	0,138482	0,100674	0,975	0,123	1,826
30,4	0,067132	0,777781	0,983	0,084	0,847
45,3	0,051816	0,142821	0,982	0,090	0,968
57,1	0,102075	0,632669	0,972	0,135	2,197
78,1	0,112232	-3,067728	0,967	0,153	2,822
117,7	0,259512	0,763756	0,950	0,201	4,993
178,9	0,246319	1,315612	0,961	0,171	3,579



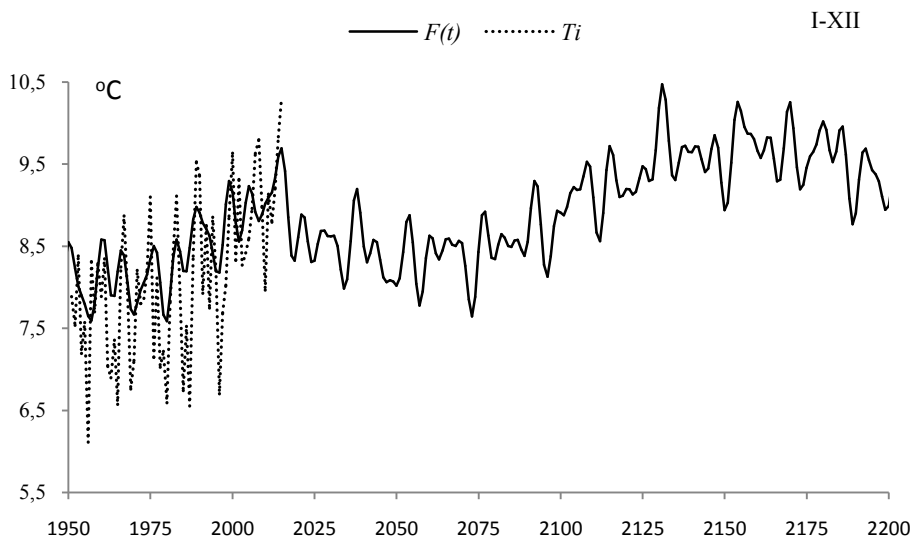
Rys. 49. Widmo temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1779-2015 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 49. Spectrum of air temperature in Warsaw in year in the years 1779-2015 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



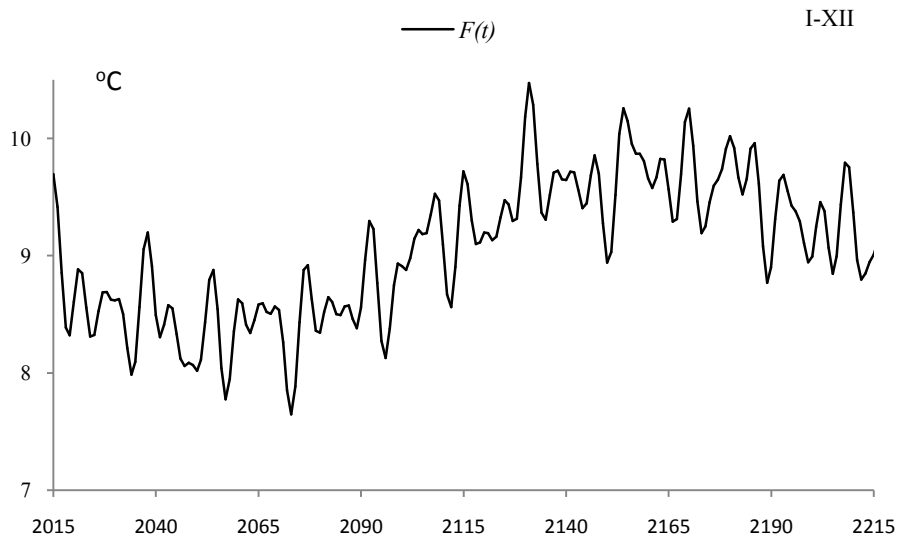
Rys. 50. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 50. Air temperature changes in Warsaw in year in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)



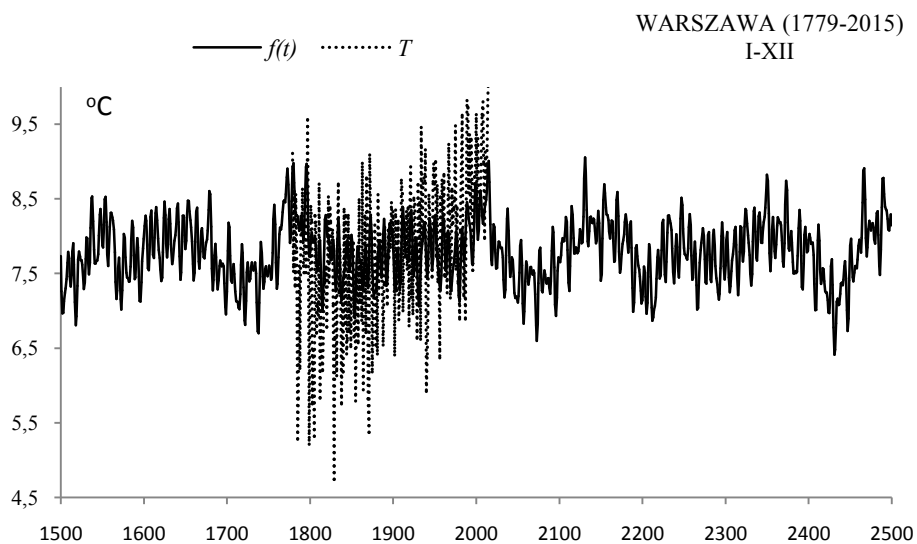
Rys. 50a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1950-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 50a. Air temperature changes in Warsaw in year in the years 1950-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)



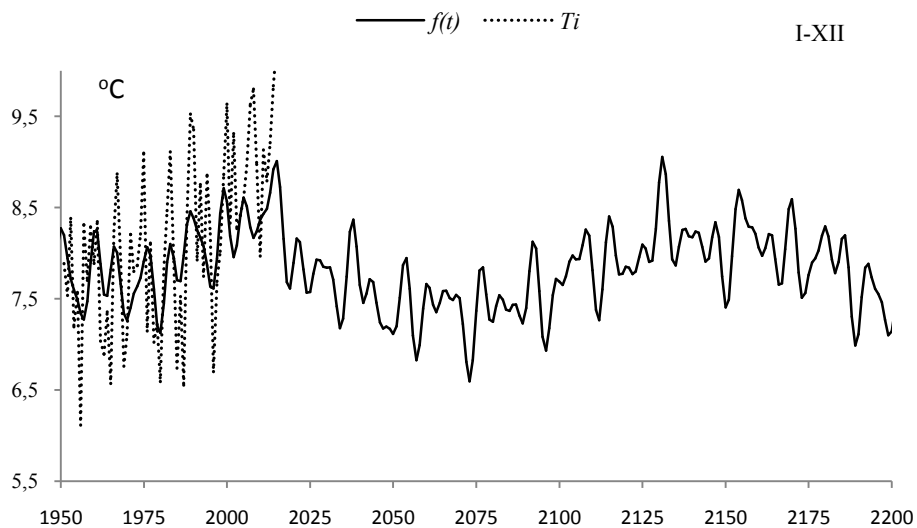
Rys. 50b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 2015-2215, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2215)

Fig. 50b. Air temperature changes in Warsaw in Year in the years 2015-2215, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2215)



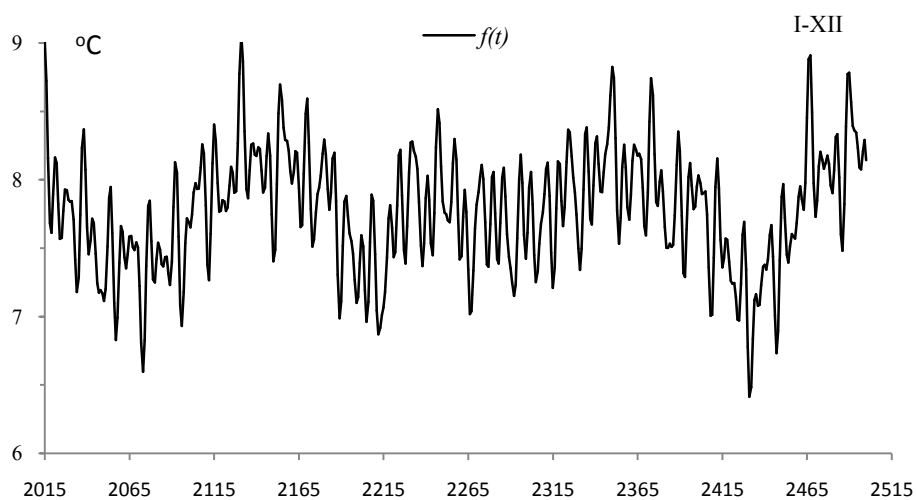
Rys. 51. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 51. Air temperature changes in Warsaw in year in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 51a. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 1950-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 51a. Air temperature changes in Warsaw in year in the years 1950-2200, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)



Rys. 51b. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w roku w latach 2015-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500)

Fig. 51b. Air temperature changes in Warsaw in year in the years 2015-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500)

6.2. Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza w Krakowie w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1826-2017

Uwzględniono okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza gdzie ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora (tab. 18-34, rys. 52-136)

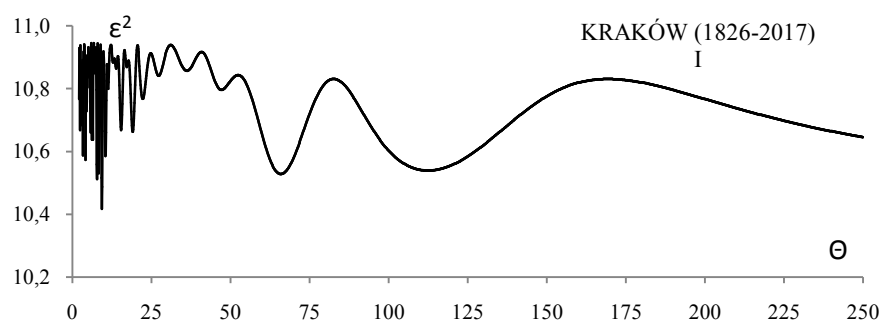
Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w tysiącleciu 1500-2500 (miesiące I, II, ..., XII)

STYCZEŃ (I)

Tabela 18. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w styczniu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

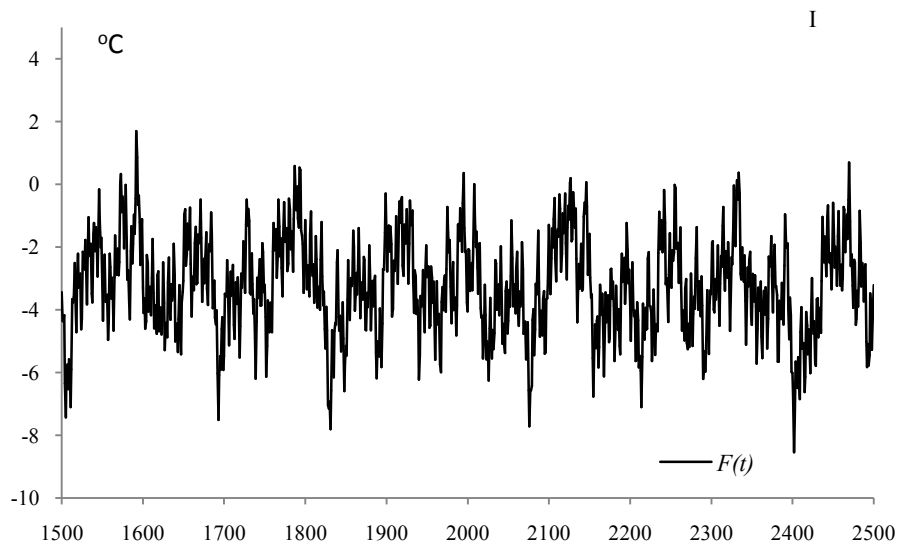
Table 18. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in January in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -2,130176 - 0,000557t + \dots ; R = 0,468025$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,849309	-1,360922	10,587	0,1809	3,198
6,5	0,793508	1,559537	10,637	0,1678	2,738
15,4	0,614959	-0,799769	10,668	0,1592	2,456
19,0	0,535928	2,275664	10,662	0,1609	2,510
22,3	0,564687	-0,950479	10,767	0,1276	1,564
27,3	0,465981	-1,859454	10,841	0,0976	0,909
47,1	0,450730	-2,080188	10,796	0,1168	1,306
65,9	0,897146	0,299702	10,528	0,1952	3,745
112,4	0,863756	2,253402	10,539	0,1927	3,643
178,9	0,695095	2,263880	10,821	0,1065	1,085



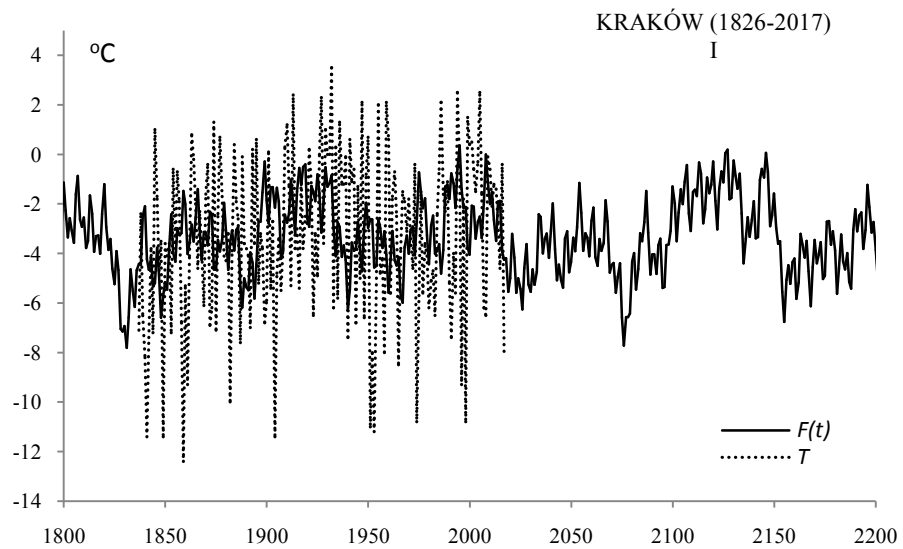
Rys. 52. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 52. Spectrum of air temperature in Cracow in January in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



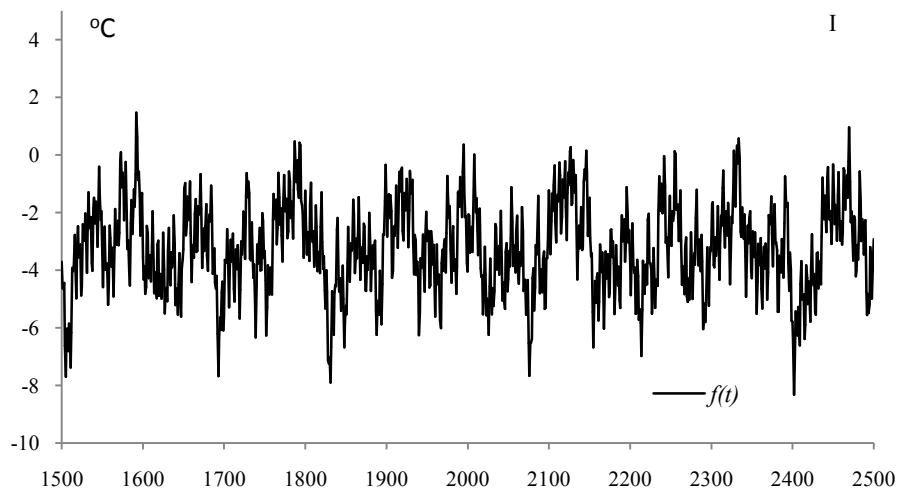
Rys. 53. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 53. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

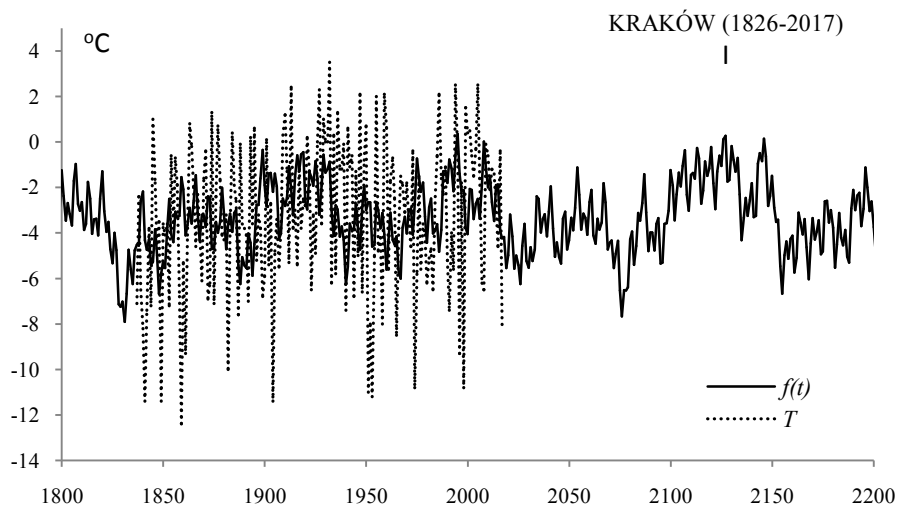


Rys. 54. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 54. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 55. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 55. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

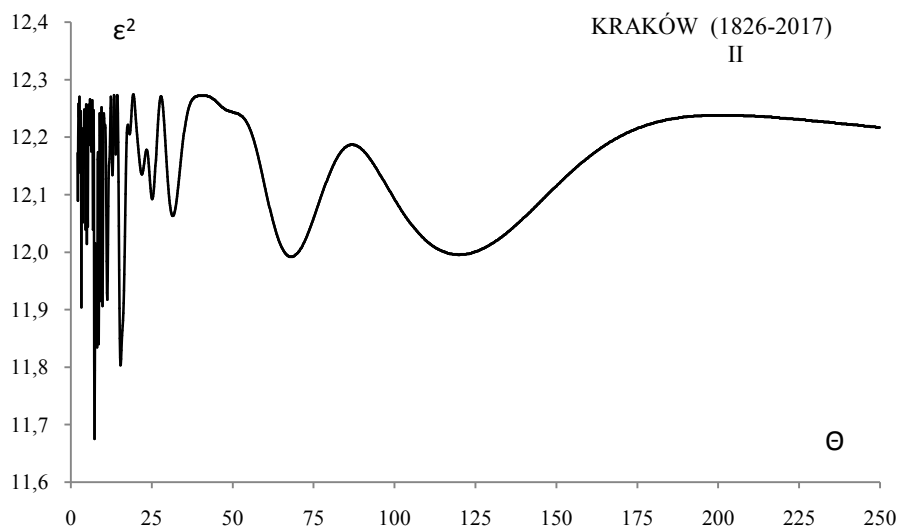


Rys. 56. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 56. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

LUTY (II)

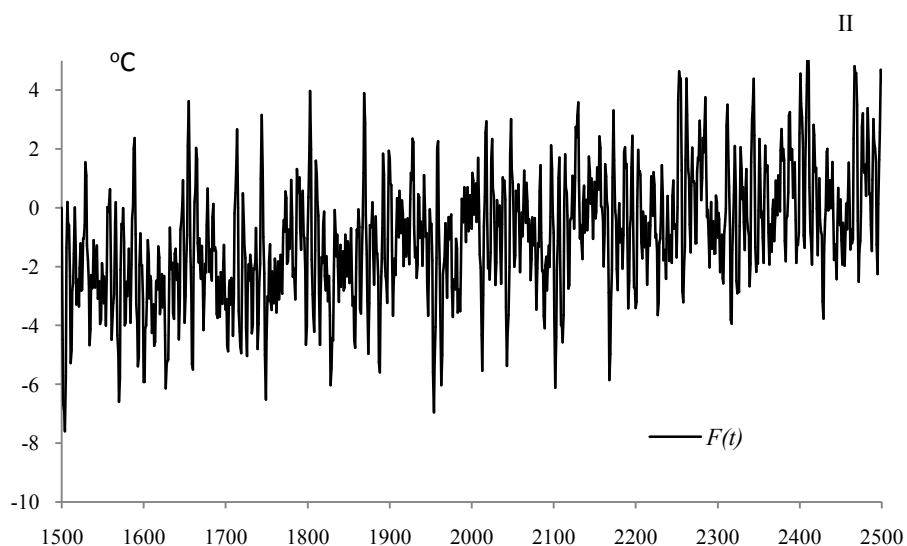
Tabela 19. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w lutym, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 19. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in February in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -8,014259 + 0,003498t + \dots ; R = 0,533521$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,885563	-1,289689	11,904	0,1740	2,949
7,4	1,171609	-2,499243	11,675	0,2212	4,861
8,2	1,054450	2,438171	11,834	0,1896	3,526
9,8	0,880685	2,225692	11,906	0,1735	2,933
11,3	0,818548	-0,994164	11,917	0,1709	2,843
15,4	0,858414	0,387686	11,803	0,1962	3,783
25,8	0,404694	-1,276523	12,114	0,1147	1,260
31,6	0,558525	0,197942	12,063	0,1316	1,665
68,1	0,611271	-0,535940	11,992	0,1520	2,234
120,0	0,707559	2,209387	11,995	0,1512	2,210

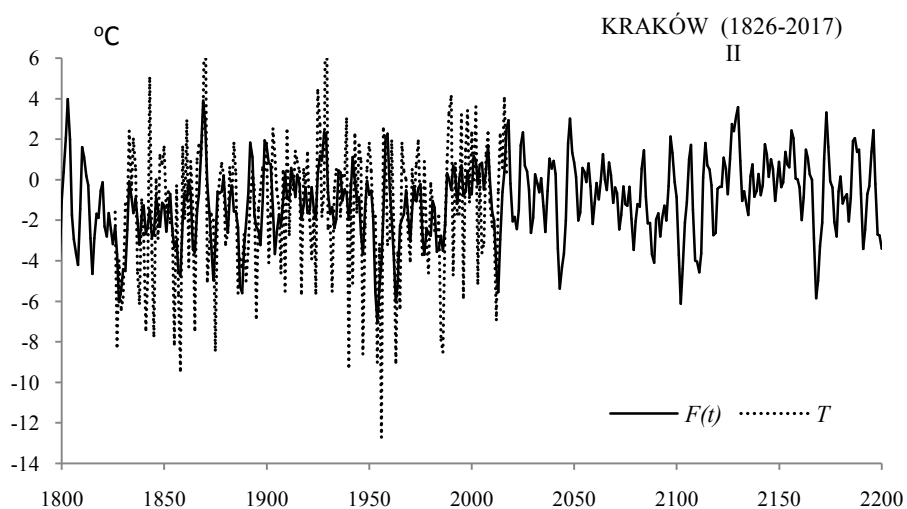


Rys. 57. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w lutym w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

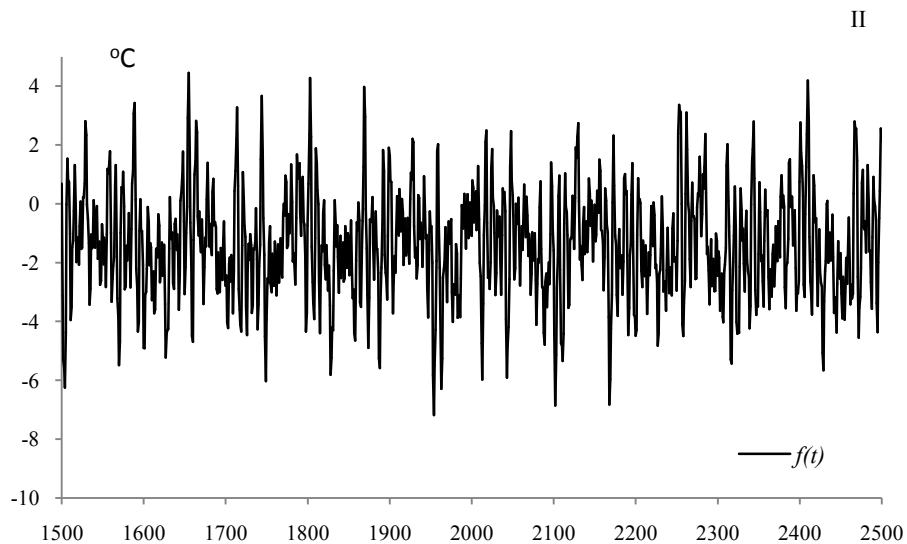
Fig. 57. Spectrum of air temperature in Cracow in february in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



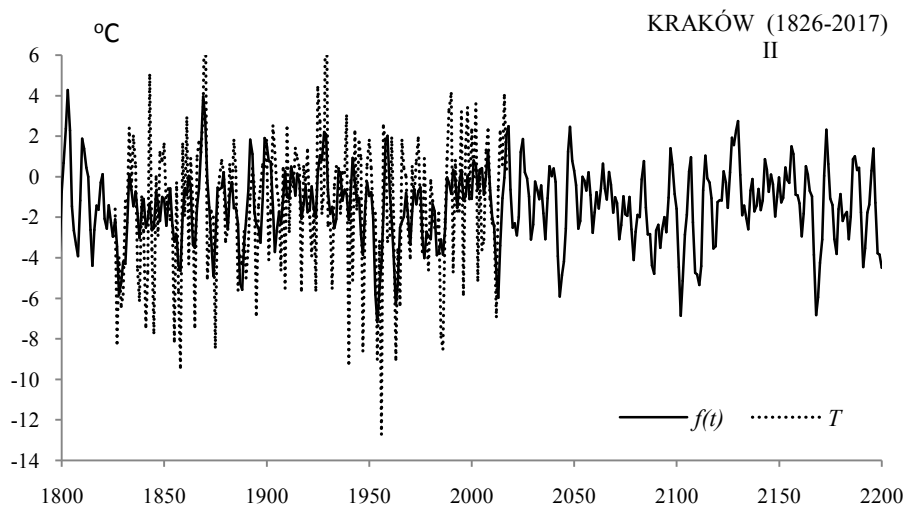
Rys. 58. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lutym w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 58. Air temperature changes in Cracow in JFebruary in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 59. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 59. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 60. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lutym w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 60. Air temperature changes in Cracow in February in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

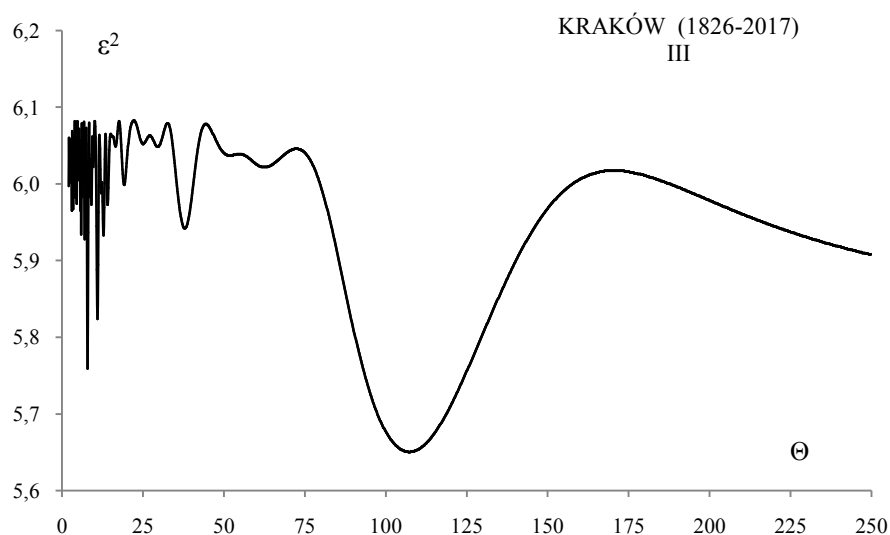


Rys. 61. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w styczniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 61. Air temperature changes in Cracow in January in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

MARZEC (III)

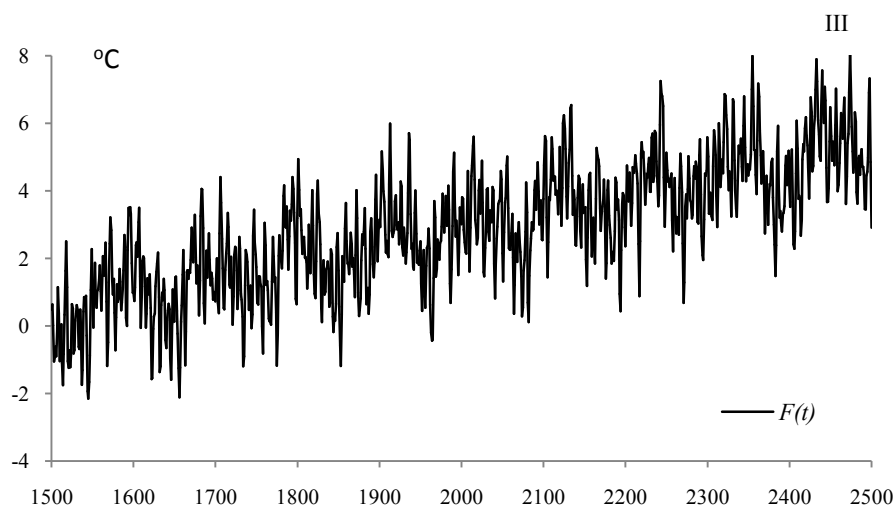
Tabela 20. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w marcu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 20. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in March in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -6,893591 + 0,004882t + \dots ; R = 0,532751$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,4	0,493735	-2,339901	5,967	0,1380	1,835
4,5	0,462814	0,693303	5,974	0,1338	1,722
5,9	0,557473	-0,412743	5,934	0,1564	2,370
7,9	0,801777	1,129070	5,759	0,2307	5,314
11,0	0,711036	1,476951	5,824	0,2063	4,200
19,2	0,334753	1,993230	5,999	0,1174	1,321
37,9	0,481284	0,272768	5,942	0,1522	2,240
62,5	0,320496	2,920428	6,022	0,1000	0,955
107,3	0,806173	2,875426	5,650	0,2668	7,240
178,9	0,151734	2,463154	6,014	0,1064	1,082



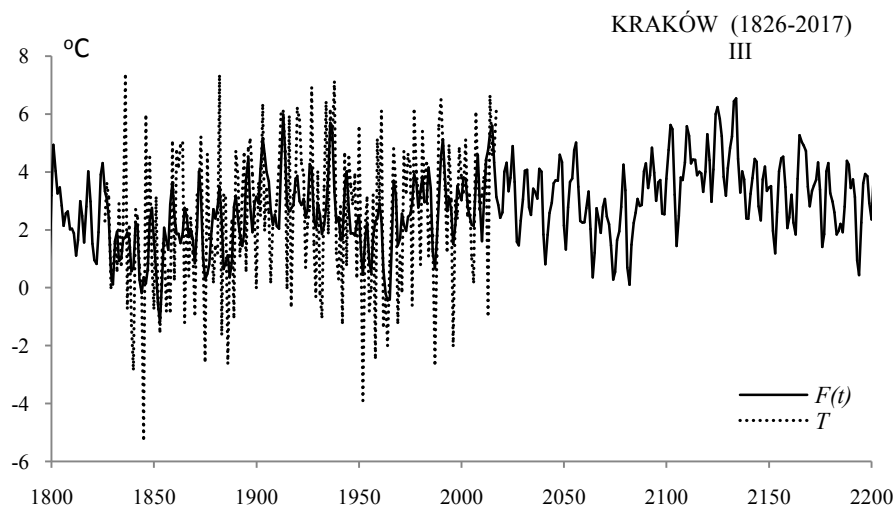
Rys. 62. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 62. Spectrum of air temperature in Cracow in March in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



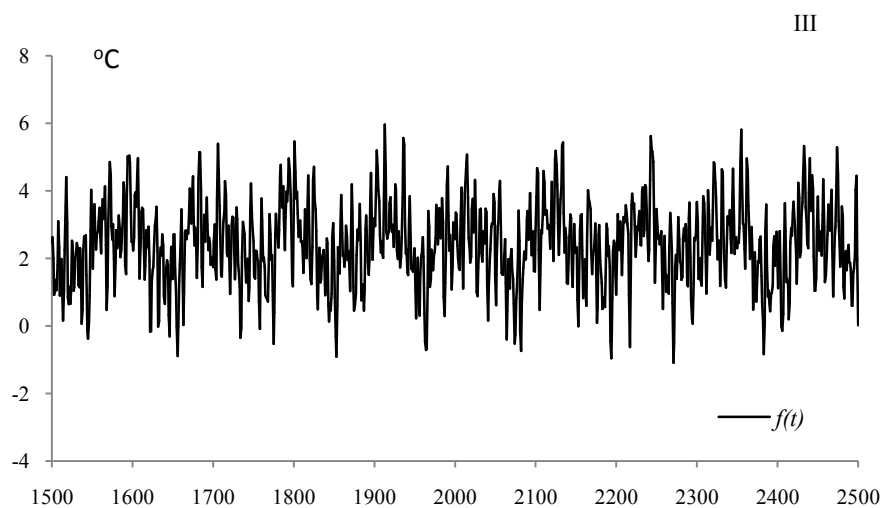
Rys. 63. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 63. Air temperature changes in Cracow in March in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

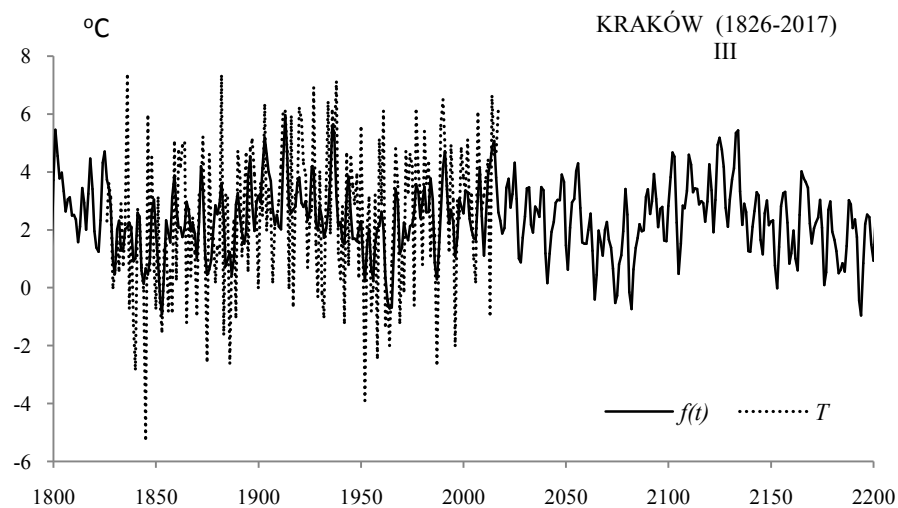


Rys. 64. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 64. Air temperature changes in Cracow in March in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 65. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 65. Air temperature changes in Cracow in March in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

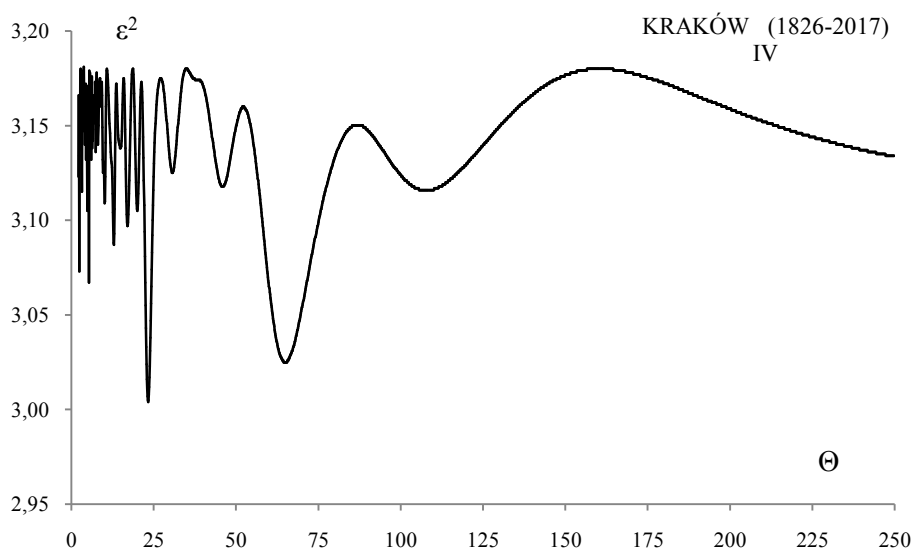


Rys. 66. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w marcu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 66. Air temperature changes in Cracow in March in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

KWIECIEŃ (IV)

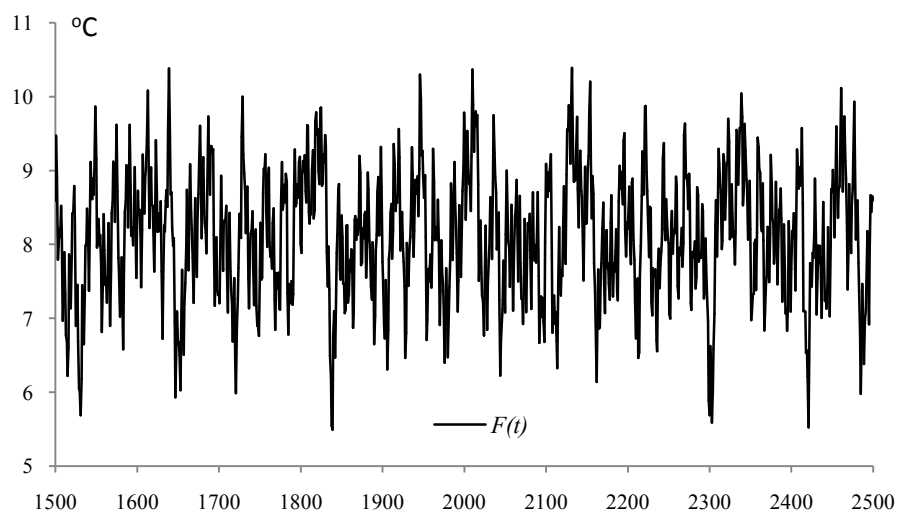
Tabela 21. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 21. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in April in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 8,1338 - 0,000003t + \dots ; R = 0,498314$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,2	0,371154	0,600473	3,115	0,1436	1,9884
5,3	0,486461	-0,083130	3,067	0,1889	3,4985
12,9	0,394695	1,395295	3,087	0,1715	2,8636
17,1	0,347494	1,671427	3,097	0,1621	2,5492
23,3	0,558260	-0,647183	3,004	0,2356	5,5537
30,7	0,303727	-0,801928	3,125	0,1322	1,6797
45,9	0,269647	-2,355620	3,118	0,1402	1,8956
64,9	0,457201	2,006496	3,025	0,2211	4,8591
107,8	0,307093	3,011809	3,116	0,1425	1,9575
178,9	0,219715	1,188155	3,173	0,0487	0,2247



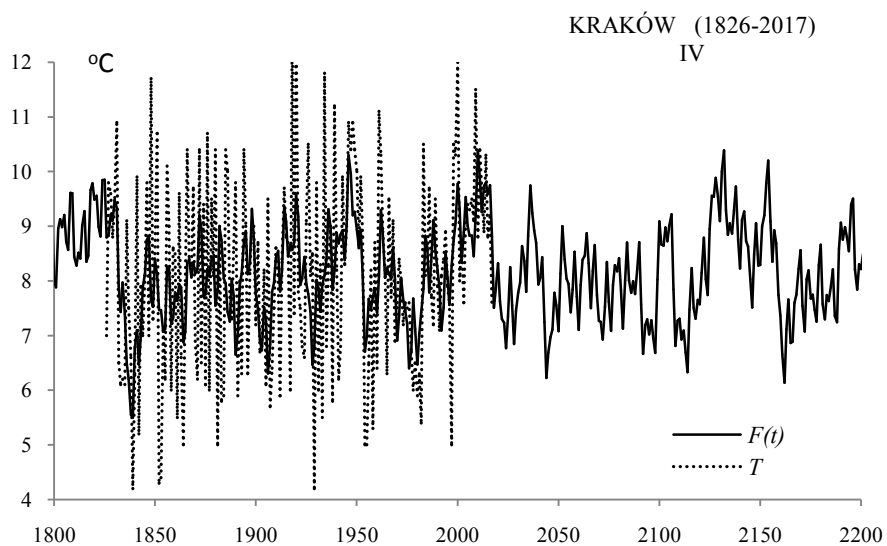
Rys. 67. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 67. Spectrum of air temperature in Cracow in April in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



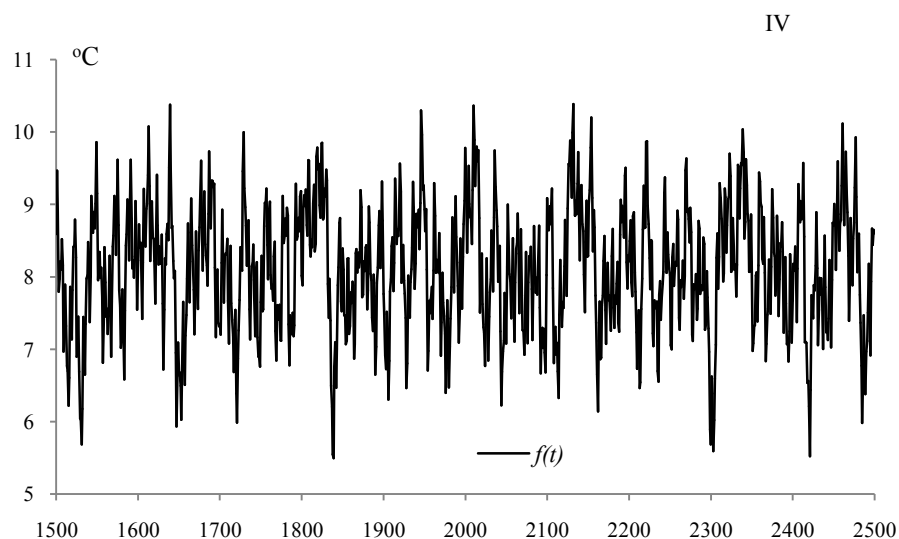
Rys. 68. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 68. Air temperature changes in Cracow in April in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



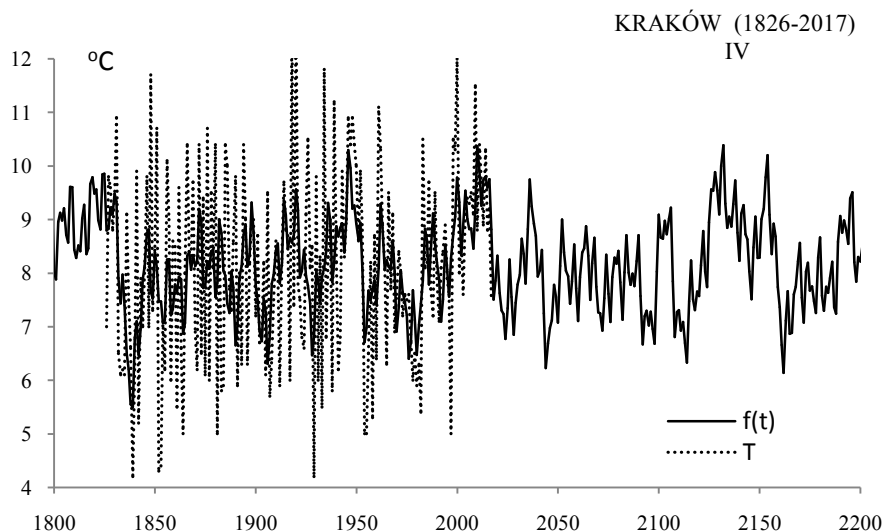
Rys. 69. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 69. Air temperature changes in Cracow in April in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 70. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 70. Air temperature changes in Cracow in April in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



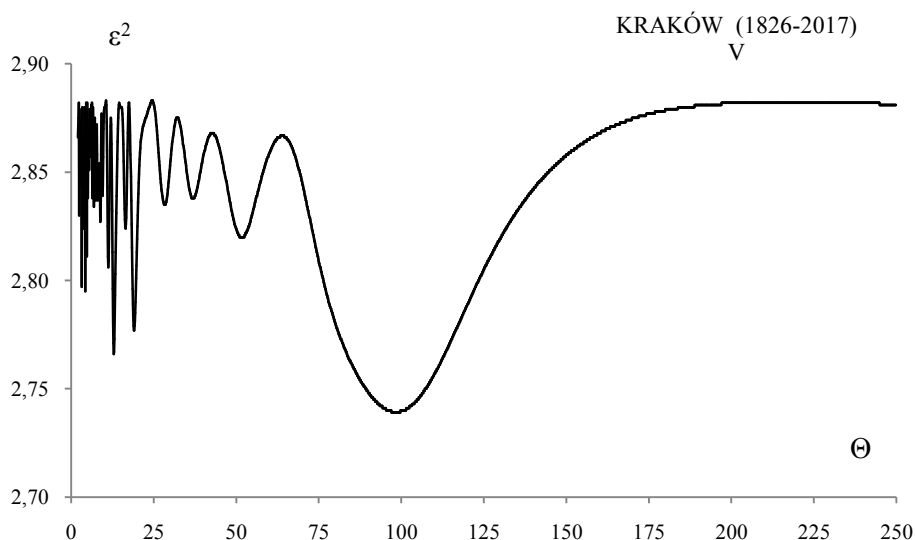
Rys. 71. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w kwietniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 71. Air temperature changes in Cracow in April in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

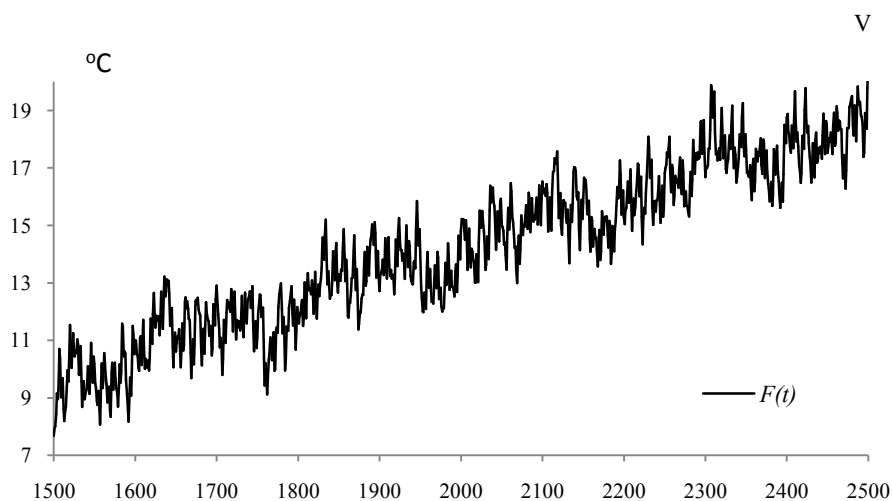
MAJ (V)

Tabela 22. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w maju, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 22. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in May in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} . – F-test)

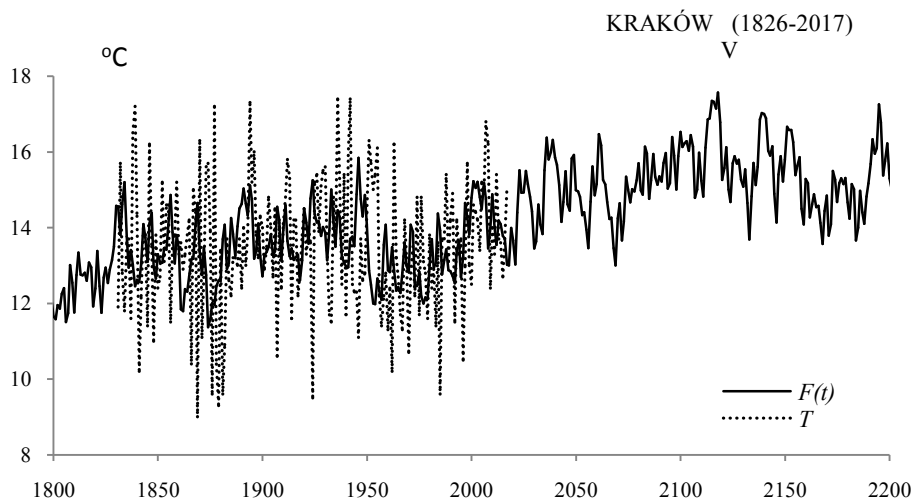
$F(t) = -4,035985 + 0,009116 t + \dots ; R = 0,510934$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,2	0,418939	1,096434	2,797	0,1726	2,9003
4,3	0,423403	-1,579751	2,795	0,1746	2,9700
11,3	0,387430	-0,507176	2,806	0,1633	2,5879
12,9	0,494920	2,083651	2,766	0,2013	3,9920
19,1	0,466765	2,159113	2,777	0,1916	3,6018
28,3	0,278279	2,865587	2,835	0,1288	1,5948
36,9	0,240837	-0,299213	2,838	0,1247	1,4932
51,7	0,319754	-2,125308	2,820	0,1476	2,1059
98,4	0,467317	-1,944333	2,739	0,2234	4,9629
214,8	0,576208	-2,956098	2,882	0,0171	0,0277



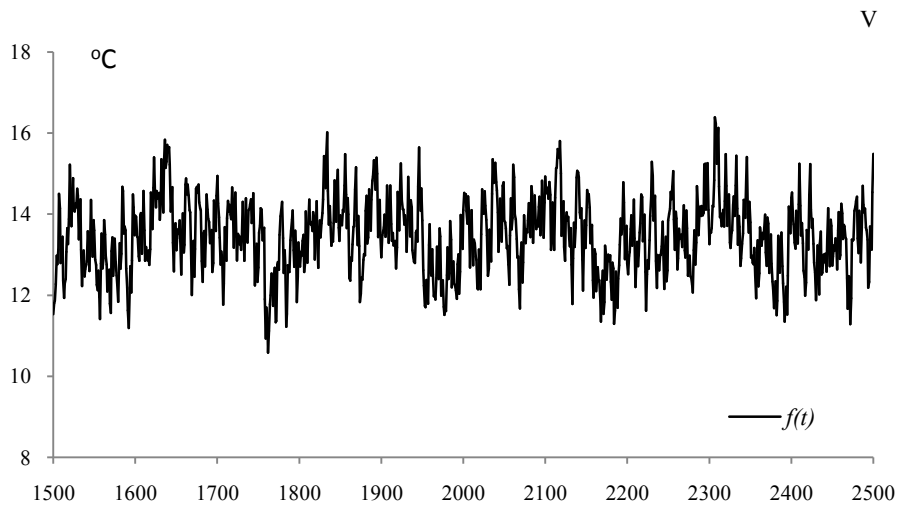
Rys. 72. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)
Fig. 72. Spectrum of air temperature in Cracow in May in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



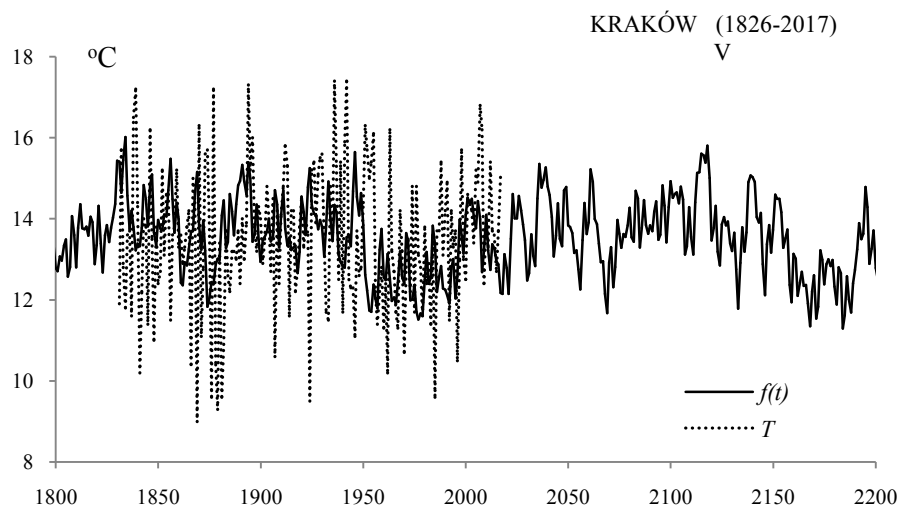
Rys. 73. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 73. Air temperature changes in Cracow in May in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 74. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 74. Air temperature changes in Cracow in May in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 75. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 75. Air temperature changes in Cracow in May in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 76. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w maju w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 76. Air temperature changes in Cracow in May in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

CZERWIEC (VI)

Tabela 23. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

Table 23. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in June in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

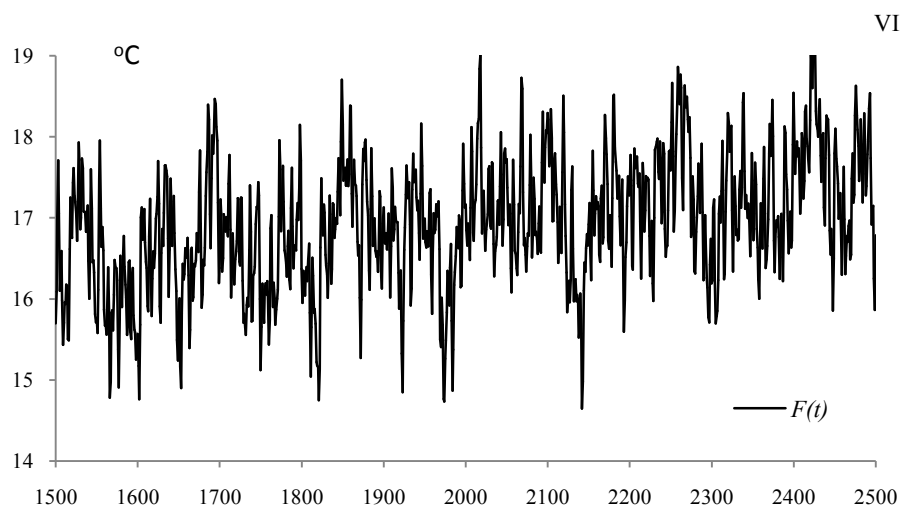
$F(t) = 14,680781 + 0,00112 t + \dots ; R = 0,536325$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,6	0,316508	-2,026792	1,794	0,1557	2,349
5,1	0,360049	-2,204639	1,778	0,1815	3,220
8,7	0,287033	-2,728179	1,794	0,1557	2,349
10,1	0,286483	2,685436	1,803	0,1391	1,865
12,8	0,289392	-2,114943	1,802	0,1411	1,919
17,0	0,292685	-1,699618	1,799	0,1467	2,080
27,2	0,305190	0,427062	1,796	0,1522	2,241
52,9	0,303486	2,333250	1,781	0,1770	3,056
79,9	0,462968	-0,117136	1,705	0,2696	7,404
185,3	0,334804	0,986805	1,776	0,1845	3,331

\

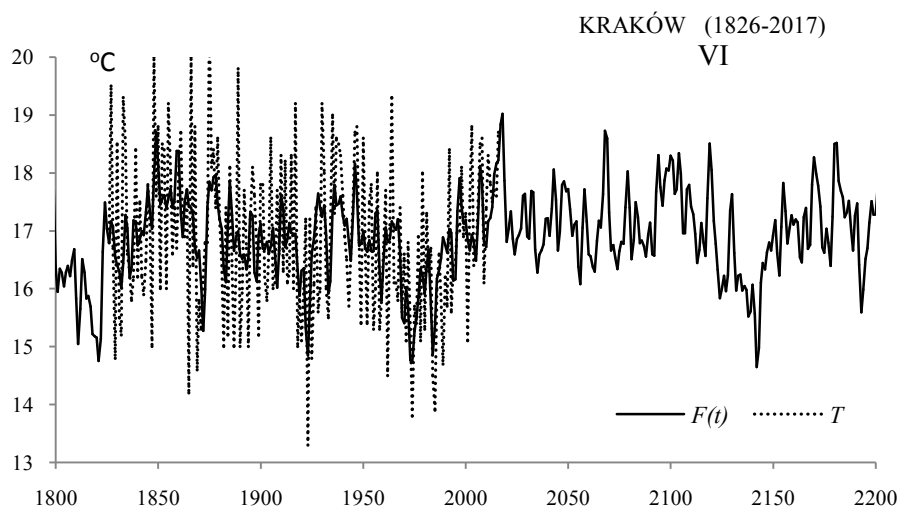


Rys. 77. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

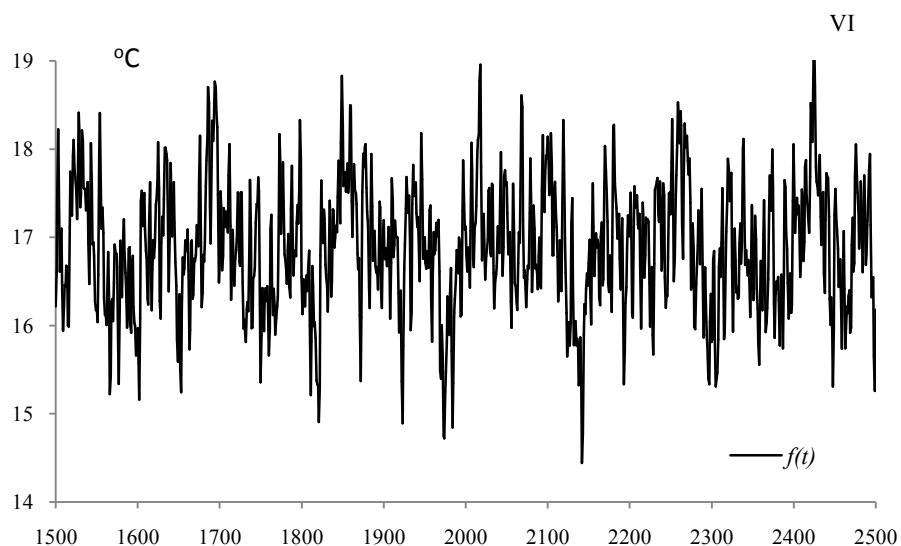
Fig. 77. Spectrum of air temperature in Cracow in June in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



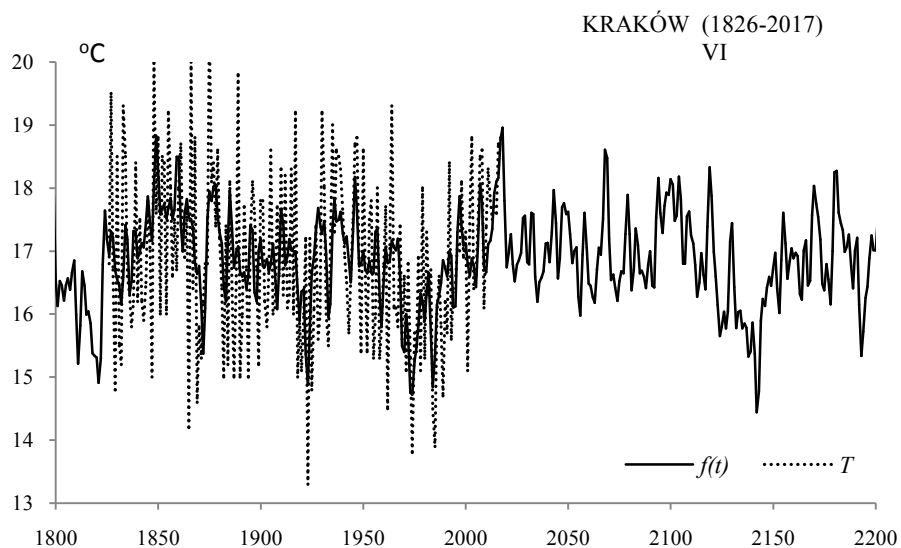
Rys. 78. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 78. Air temperature changes in Cracow in June in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 79. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 79 Air temperature changes in Cracow in June in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 80. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 80. Air temperature changes in Cracow in June in the years 1500-2500, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

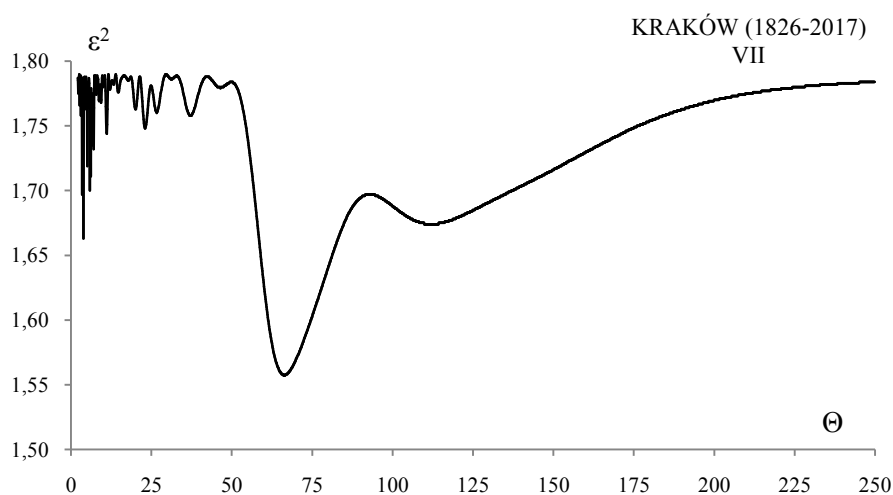


Rys. 81. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w czerwcu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 81. Air temperature changes in Cracow in June in the years 1800-2200, $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

LIPIEC (VII)

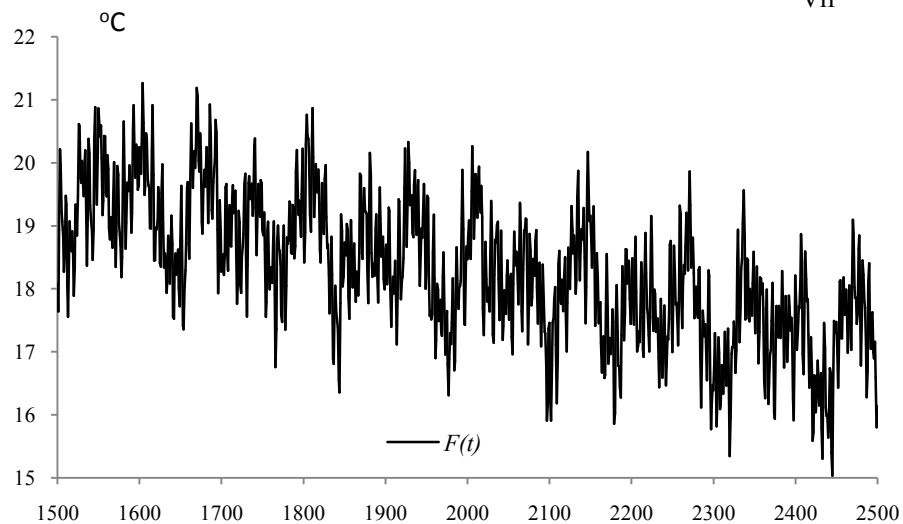
Tabela 24. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w lipcu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 24. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in July in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} . – F-test)

$F(t) = 23,683022 - 0,002685 t + \dots ; R = 0,638518$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,503461	-0,595693	1,663	0,2661	7,200
5,9	0,437968	2,213663	1,700	0,2239	4,986
7,0	0,332954	2,653916	1,732	0,1796	3,148
11,1	0,281771	-1,935410	1,744	0,1598	2,476
20,1	0,157252	1,401889	1,763	0,1221	1,431
23,1	0,214785	0,348256	1,748	0,1526	2,254
26,7	0,177358	-0,107561	1,760	0,1288	1,595
37,2	0,192922	2,257126	1,758	0,1331	1,704
66,4	0,658896	0,218832	1,557	0,3606	14,123
112	0,433236	0,847122	1,674	0,2543	6,531



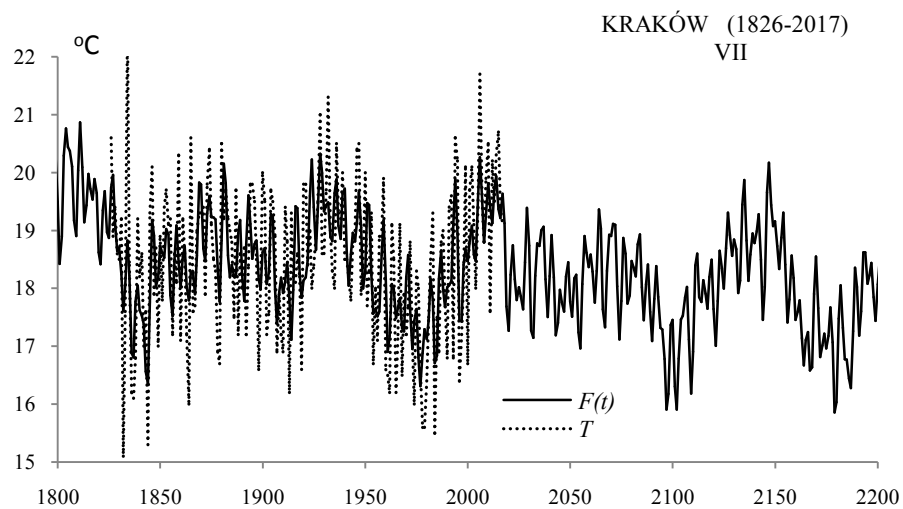
Rys. 82. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 82. Spectrum of air temperature in Cracow in July in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



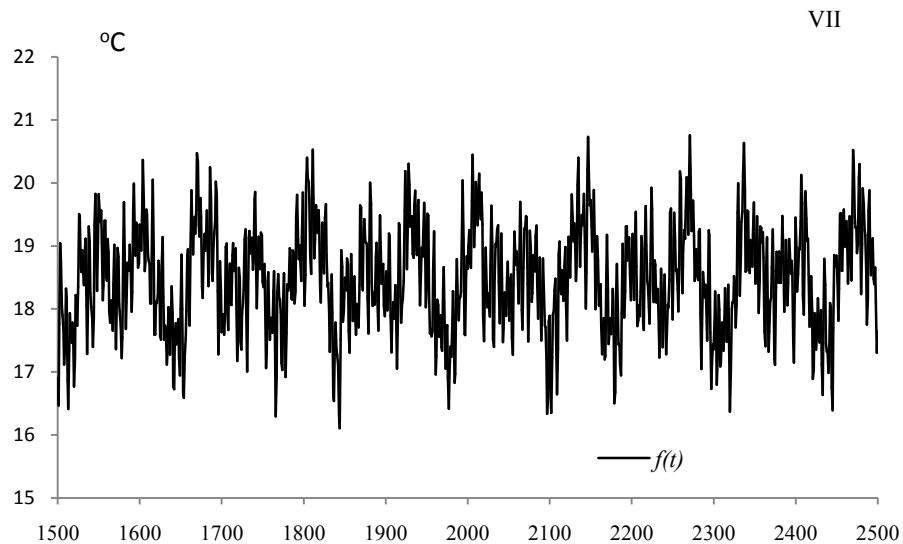
Rys. 83. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 83. Air temperature changes in Cracow in July in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

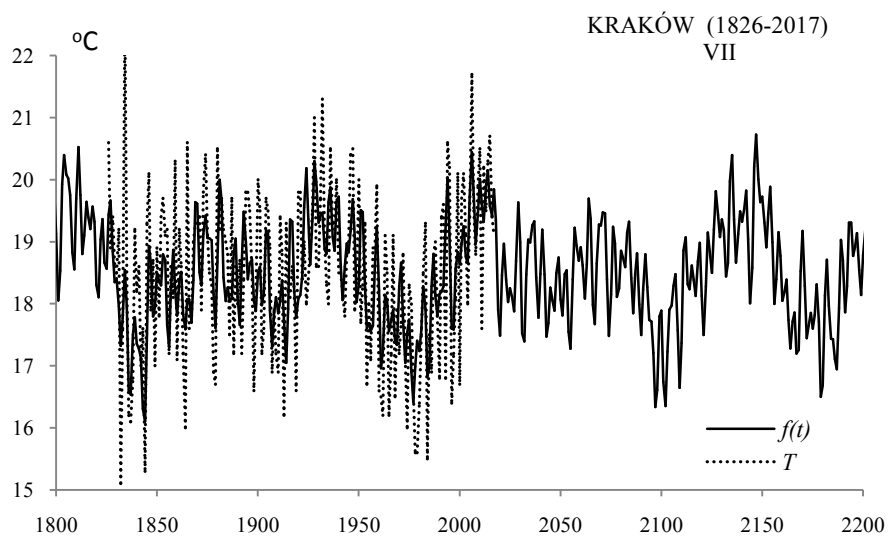


Rys. 84. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 84. Air temperature changes in Cracow in July in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 85. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 85. Air temperature changes in Cracow in July in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



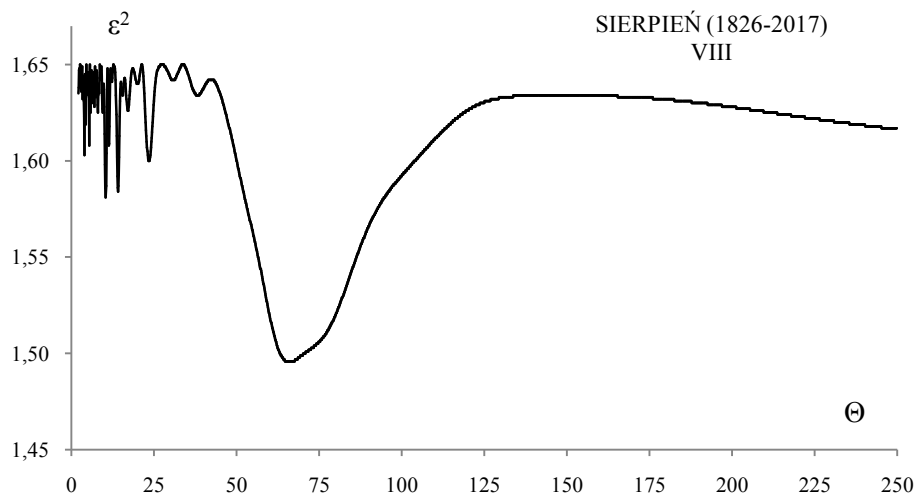
Rys. 86. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lipcu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 86. Air temperature changes in Cracow in July in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

SIERPIEŃ (VIII)

Tabela 25. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

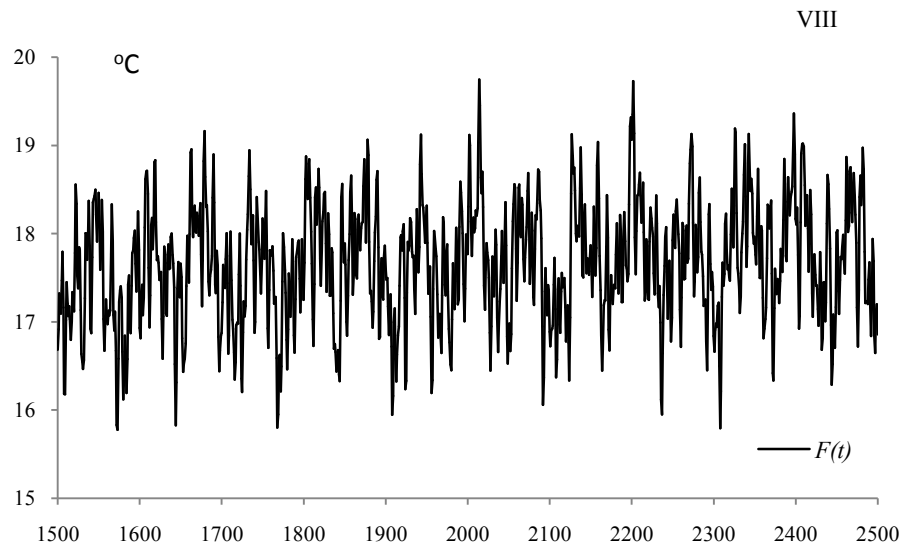
Table 25. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in August in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 16,907189 + 0,000382 t + \dots ; R = 0,537028$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,0	0,304094	-2,097802	1,603	0,1693	2,790
5,4	0,300230	2,290551	1,608	0,1601	2,487
8,0	0,238353	1,395276	1,625	0,1239	1,472
10,4	0,359641	-2,169710	1,581	0,2049	4,143
14,1	0,345997	1,705297	1,584	0,2005	3,957
23,5	0,289417	-3,137119	1,600	0,1746	2,972
30,8	0,076680	-0,078654	1,642	0,0710	0,479
38,2	0,122255	-2,764696	1,634	0,0994	0,944
66,0	0,524381	-0,988431	1,496	0,3058	9,748
178,9	0,172561	-0,194380	1,632	0,1054	1,061



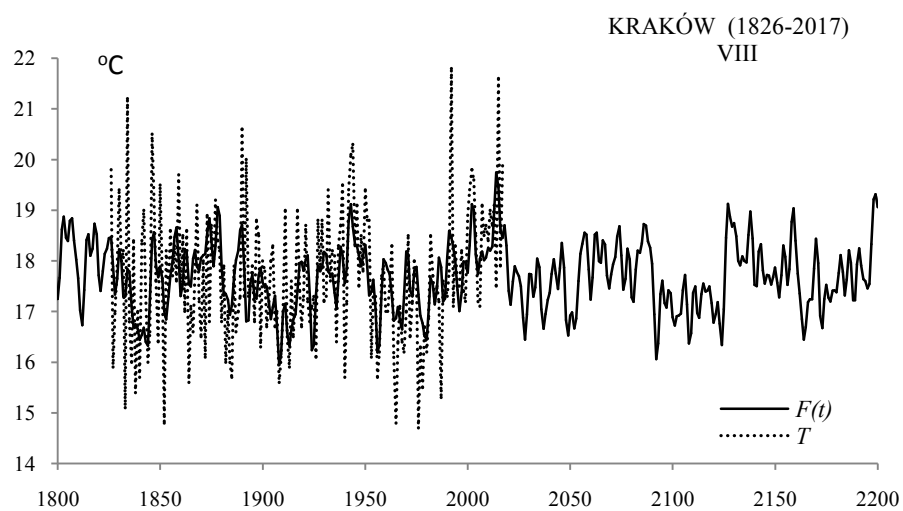
Rys. 87. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 87. Spectrum of air temperature in Cracow in August in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



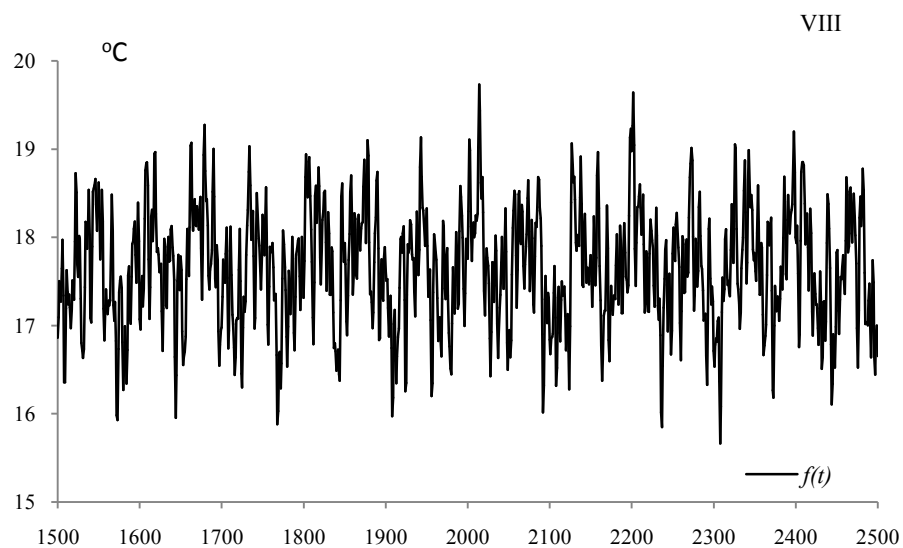
Rys. 88. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 88. Air temperature changes in Cracow in August in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



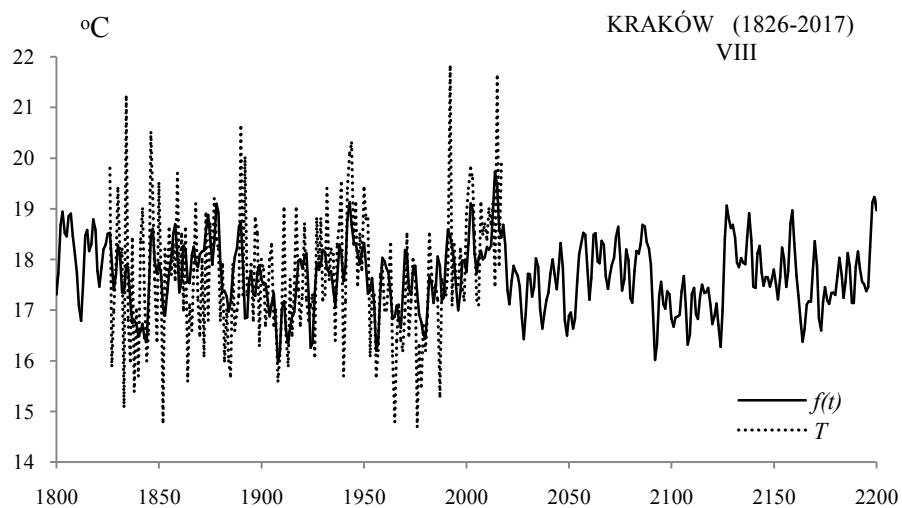
Rys. 89. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 89. Air temperature changes in Cracow in August in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 90. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 90. Air temperature changes in Cracow in August in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 91. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w sierpniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 91. Air temperature changes in Cracow in August in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

WRZESIEŃ (IX)

Tabela 26. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

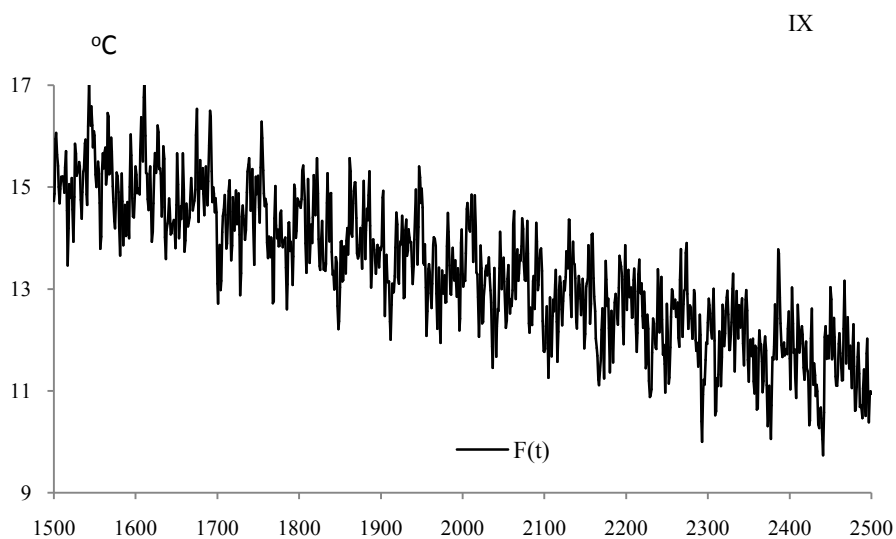
Table 26. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in September in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 21,667902 - 0,004149t + \dots ; R = 0,519965$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,4	0,282886	-2,80367	1,959	0,1453	2,039
4,0	0,299776	-2,57816	1,957	0,1487	2,138
5,7	0,439894	-3,12312	1,908	0,2159	4,619
8,1	0,313686	-3,08959	1,953	0,1553	2,336
14,1	0,147415	0,23825	1,990	0,0750	0,535
16,1	0,298293	1,16661	1,968	0,1289	1,598
21,0	0,375112	-2,40081	1,937	0,1792	3,135
29,2	0,241367	2,67516	1,946	0,1662	2,684
36,9	0,156425	-2,12231	1,972	0,1209	1,403
65,3	0,499974	-3,08433	1,900	0,2249	5,037



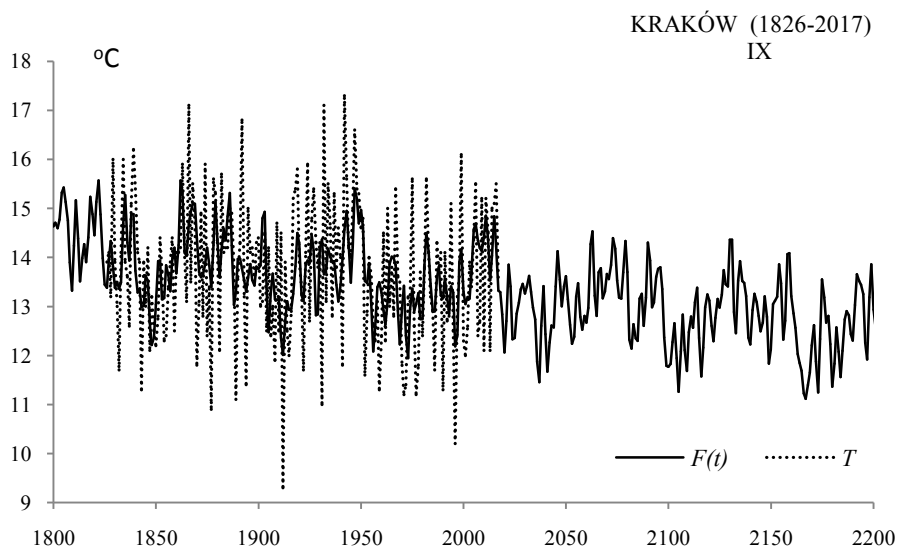
Rys. 92. Widmo temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 92. Spectrum of air temperature in Cracow in September in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



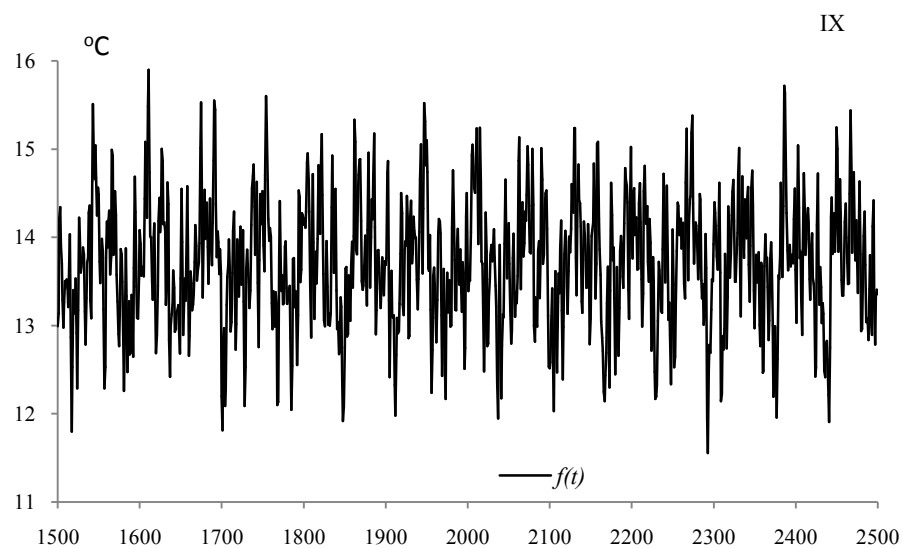
Rys. 93. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 93. Air temperature changes in Cracow in September in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

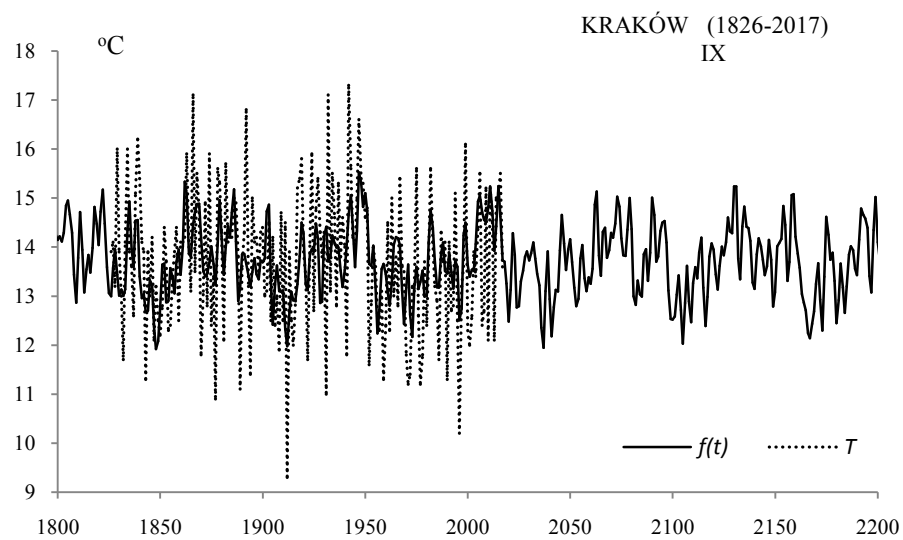


Rys. 94. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1800-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 94. Air temperature changes in Cracow in September in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 95. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 95. Air temperature changes in Cracow in September in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

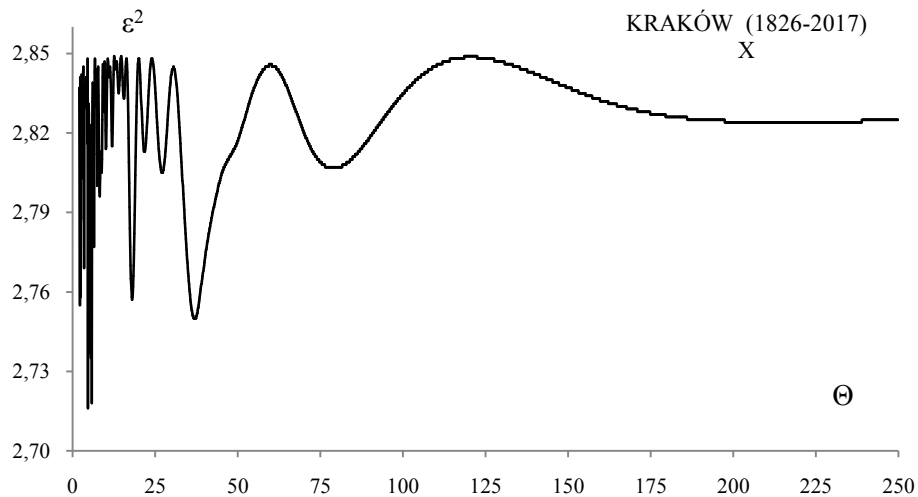


Rys. 96. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie we wrześniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 96. Air temperature changes in Cracow in September in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

PAŹDZIERNIK (X)

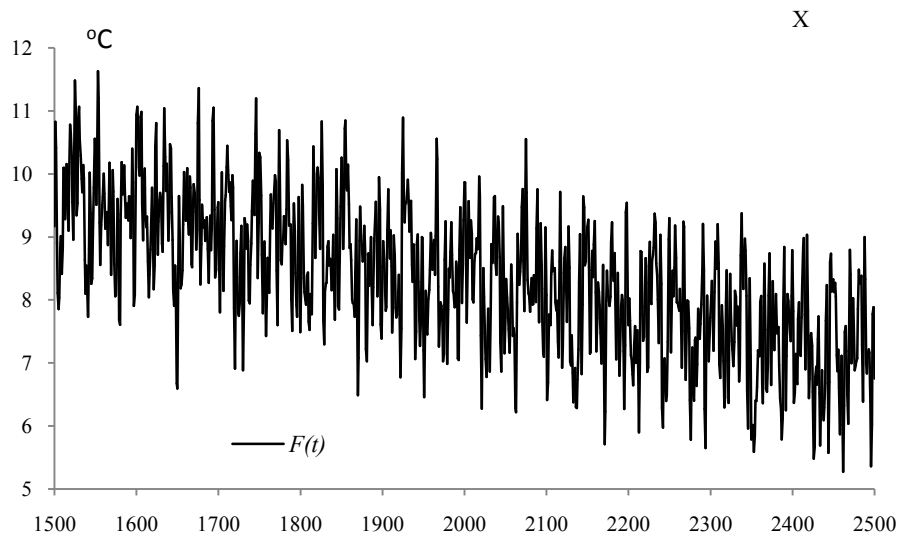
Tabela 27. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w październiku, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 27. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in October in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)=13,510177-0,00258t + \dots ; R= 0,511651$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,5	0,391117	2,646859	2,769	0,1672	2,718
4,7	0,528927	-1,503931	2,716	0,2158	4,615
5,8	0,522344	1,979619	2,718	0,2142	4,542
8,3	0,305028	1,854522	2,796	0,1359	1,779
10,1	0,248722	-2,681308	2,814	0,1103	1,163
18,0	0,475678	0,810735	2,757	0,1794	3,141
27,1	0,356184	-0,411177	2,805	0,1238	1,470
37,0	0,483742	0,570996	2,750	0,1861	3,390
79,0	0,255097	-0,746983	2,807	0,1209	1,402
214,8	0,048201	-1,901330	2,824	0,0930	0,825

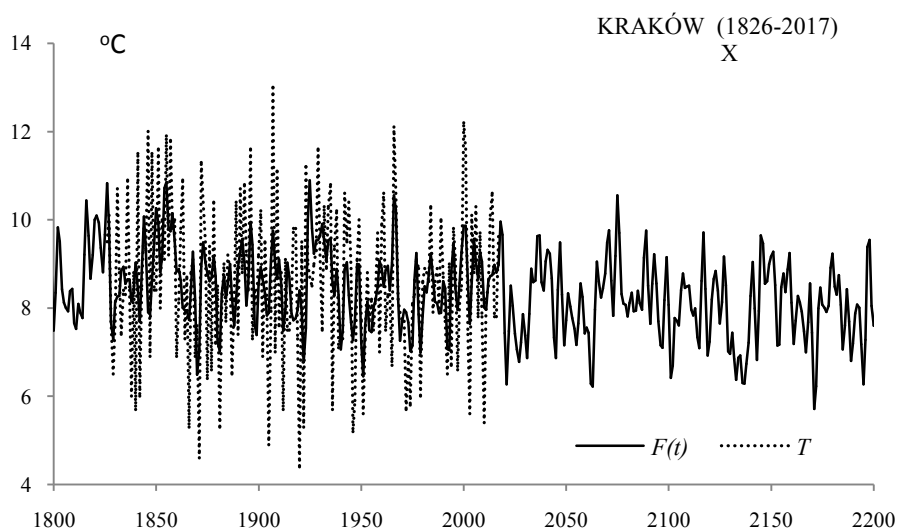


Rys. 97. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

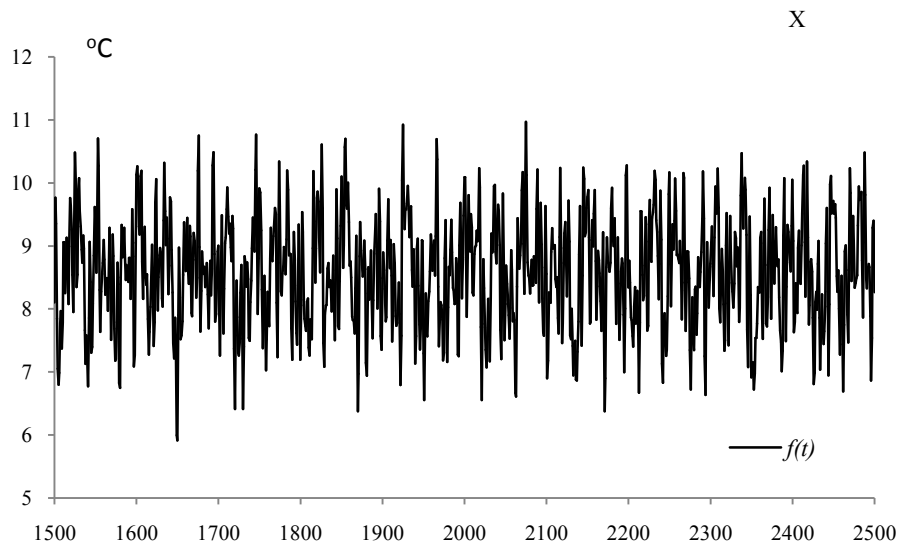
Fig. 97. Spectrum of air temperature in Cracow in October in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



Rys. 98. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 98. Air temperature changes in Cracow in October in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

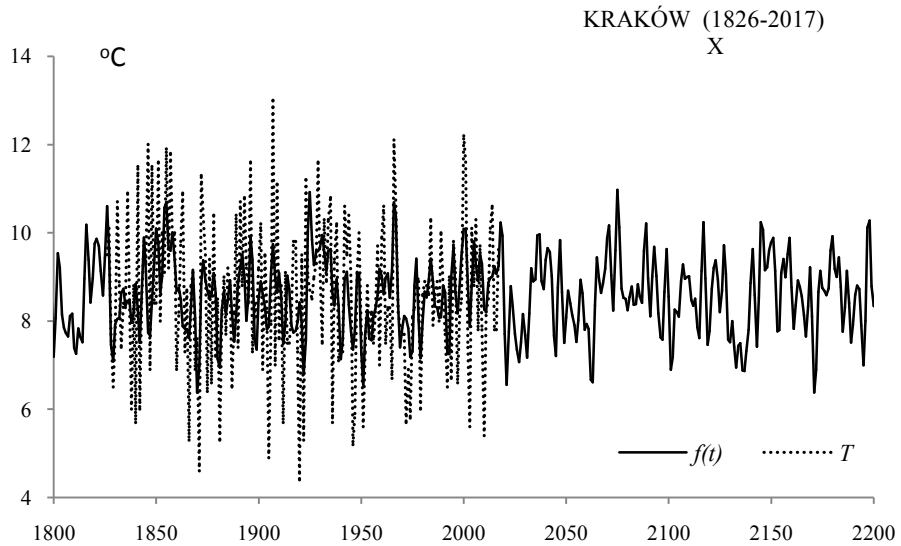


Rys. 99. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 99. Air temperature changes in Cracow in October in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 100. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 100. Air temperature changes in Cracow in October in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



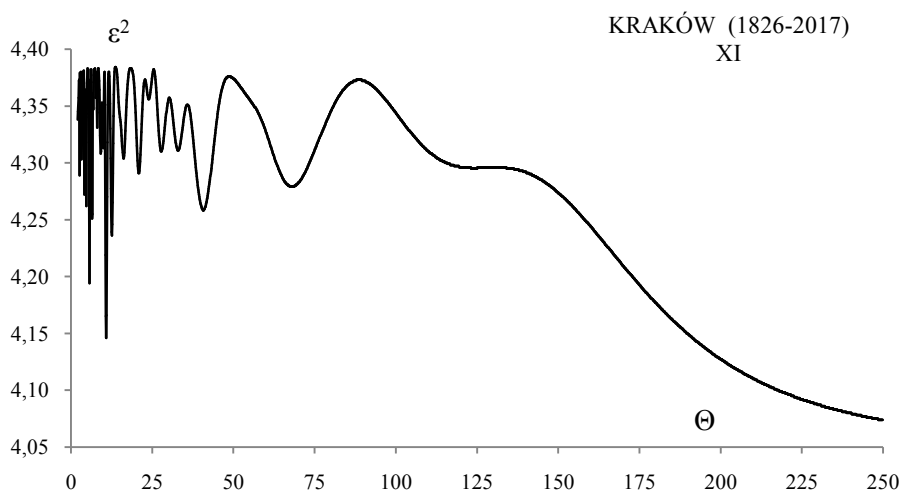
Rys. 101. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w październiku w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 101. Air temperature changes in Cracow in October in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

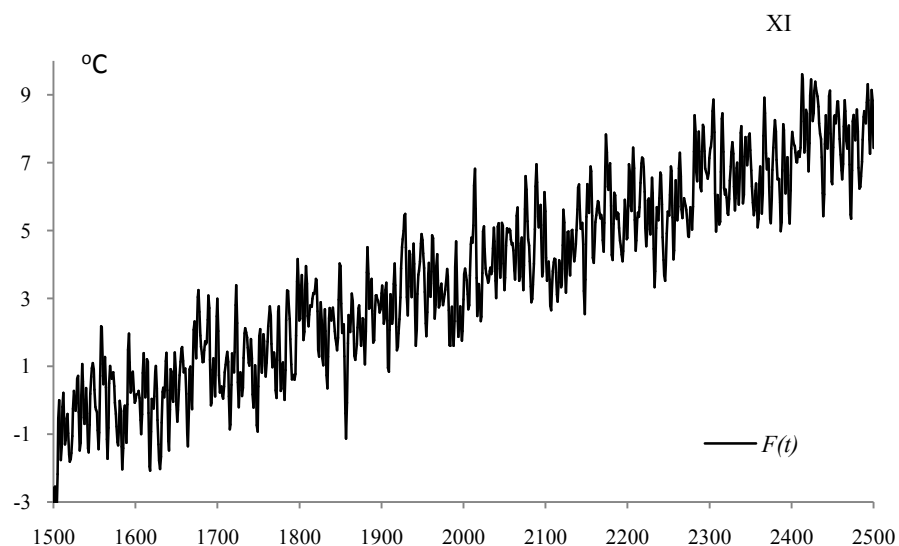
LISTOPAD (XI)

Tabela 27. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 27. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in November in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -14,30584 - 0,008984t + \dots ; R = 0,561762$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,7	0,484125	-2,076830	4,262	0,1671	2,715
5,7	0,602231	-0,320388	4,194	0,2084	4,291
10,8	0,663522	-0,937896	4,146	0,2332	5,435
12,6	0,453849	2,656339	4,236	0,1840	3,311
16,1	0,398471	2,148645	4,304	0,1354	1,766
20,9	0,325255	0,040280	4,291	0,1460	2,058
27,8	0,243995	-0,544564	4,310	0,1303	1,632
40,8	0,386812	-0,214229	4,258	0,1698	2,806
68,0	0,310652	-2,555170	4,279	0,1551	2,328
124,1	0,474431	-1,992397	4,295	0,1428	1,968

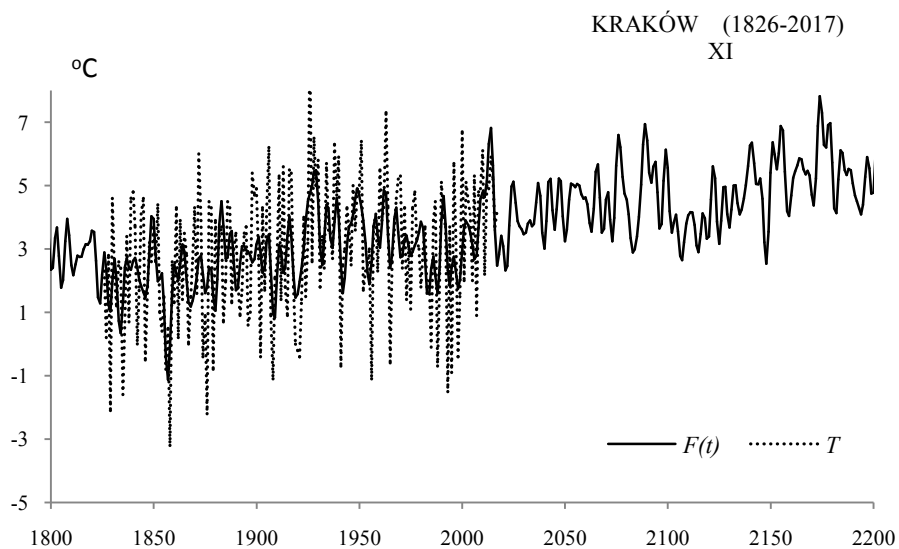


Rys. 102. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)
Fig. 102. Spectrum of air temperature in Cracow in November in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



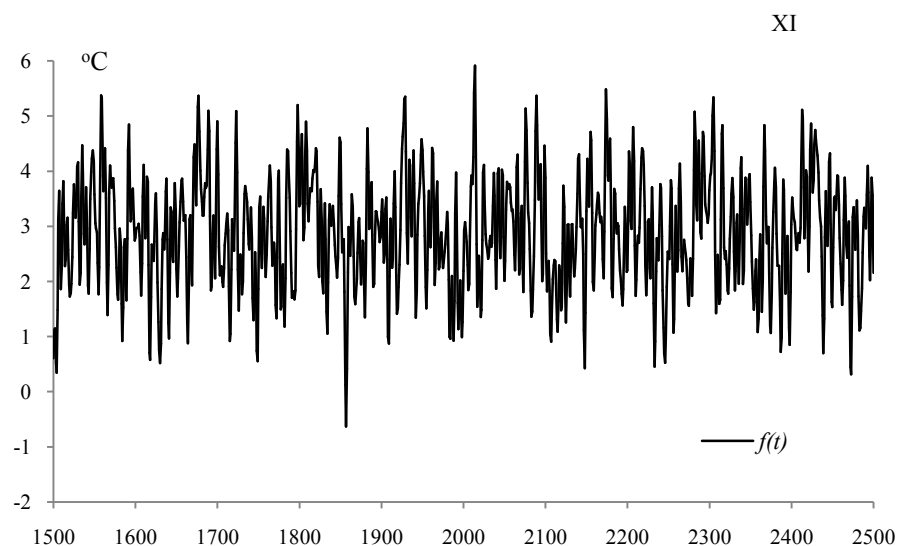
Rys. 103. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 103. Air temperature changes in Cracow in November in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



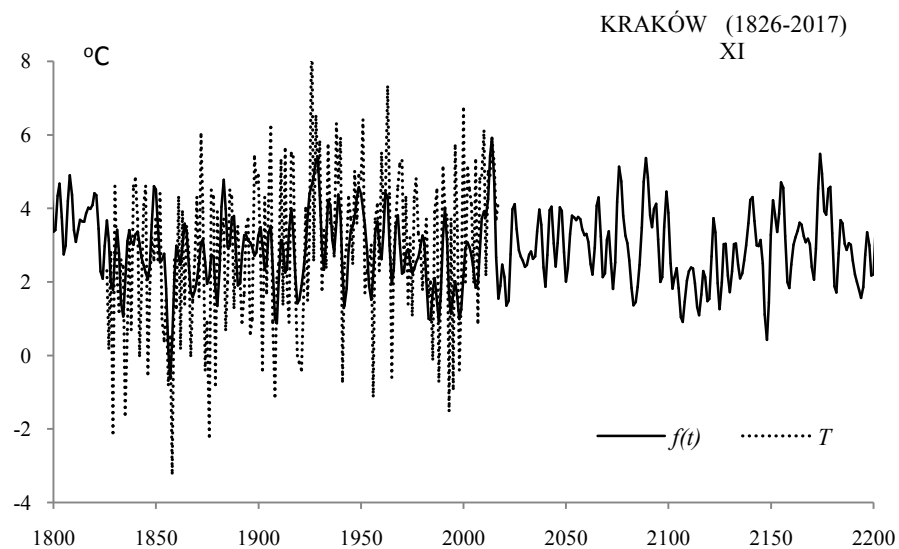
Rys. 104. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 104. Air temperature changes in Cracow in November in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 105. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 105. Air temperature changes in Cracow in November in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



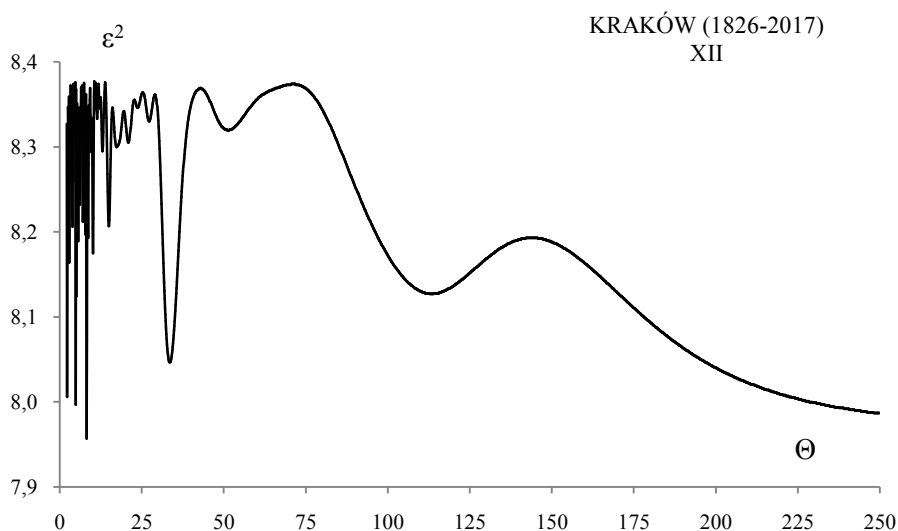
Rys. 106. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w listopadzie w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 106. Air temperature changes in Cracow in November in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

GRUDZIEŃ (XII)

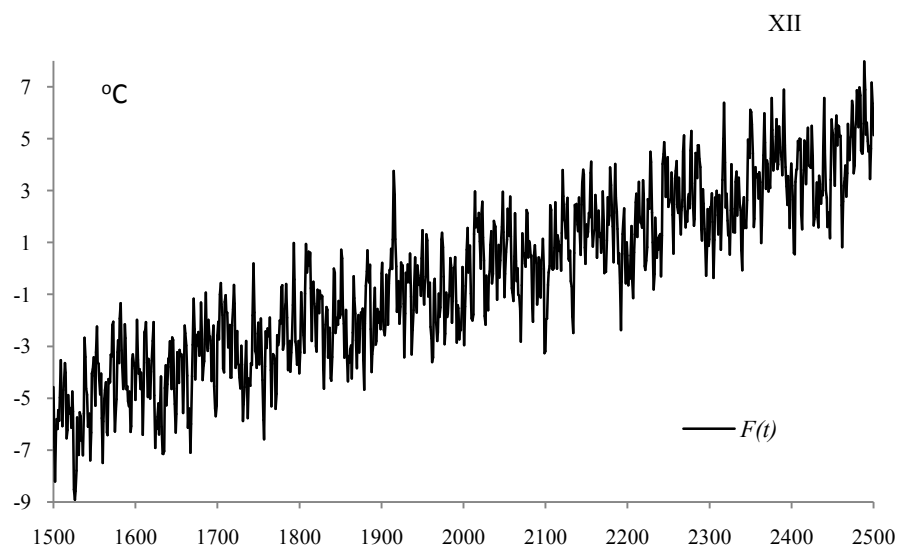
Tabela 29. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w grudniu, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 29. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in December in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -20,548811 + 0,010088 t + \dots ; R = 0,532502$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
2,9	0,640882	-0,653989	8,164	0,1597	2,472
4,9	0,890491	1,941571	7,997	0,2131	4,498
8,2	0,839630	-2,715998	7,957	0,2241	4,995
10,1	0,526972	-1,693518	8,175	0,1555	2,342
15,0	0,578164	-2,056436	8,207	0,1427	1,964
17,4	0,508735	0,519675	8,300	0,0962	0,884
20,9	0,365779	-1,436576	8,305	0,0931	0,826
33,5	0,751863	0,546687	8,047	0,1987	3,882
51,3	0,236701	-0,293096	8,319	0,0836	0,666
113,4	0,717424	1,870378	8,127	0,1730	2,914



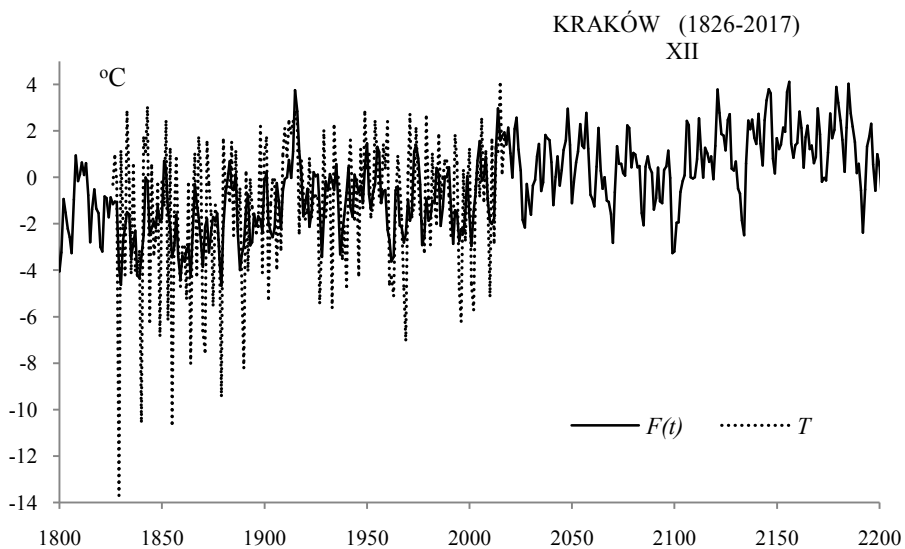
Rys. 107. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 107. Spectrum of air temperature in Cracow in December in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



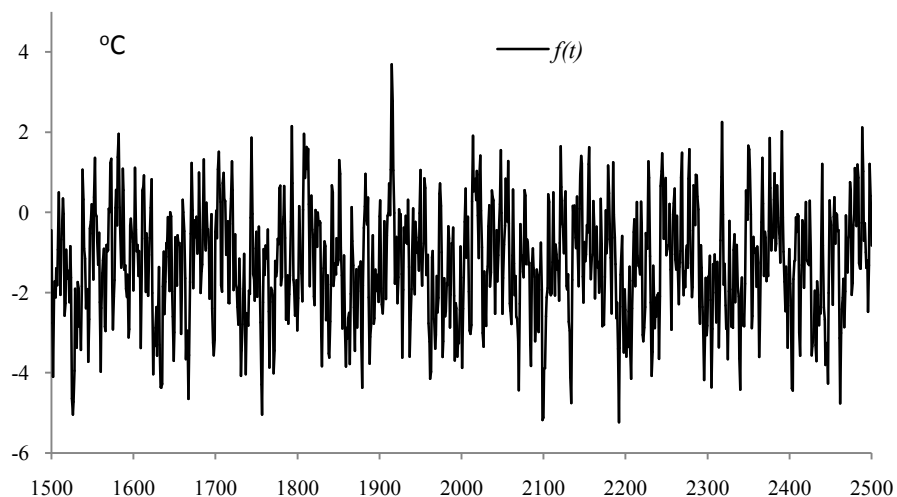
Rys. 108. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 108. Air temperature changes in Cracow in December in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



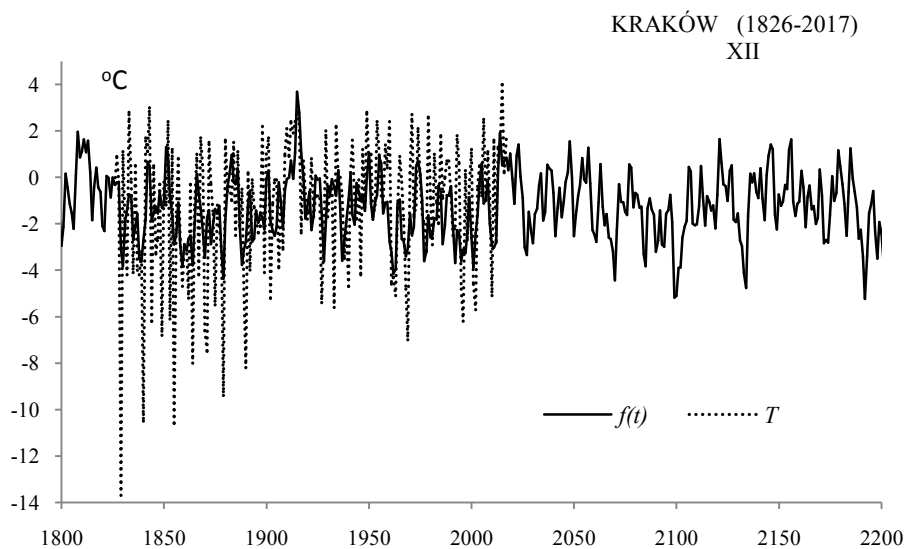
Rys. 109 Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 109. Air temperature changes in Cracow in December in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 110. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 110. Air temperature changes in Cracow in December in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 111. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w grudniu w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

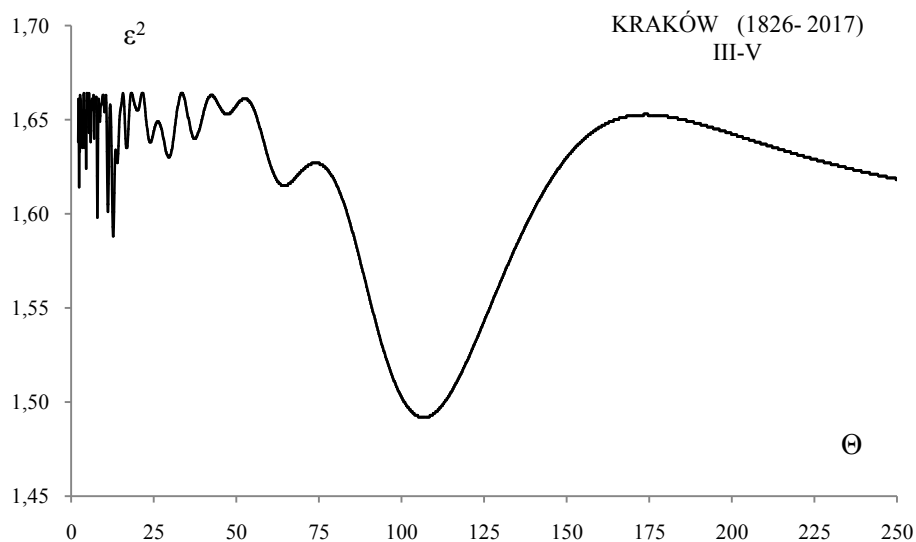
Fig. 111. Air temperature changes in Cracow in December in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w tysiącleciu 1500-2500 (pory roku, rok)

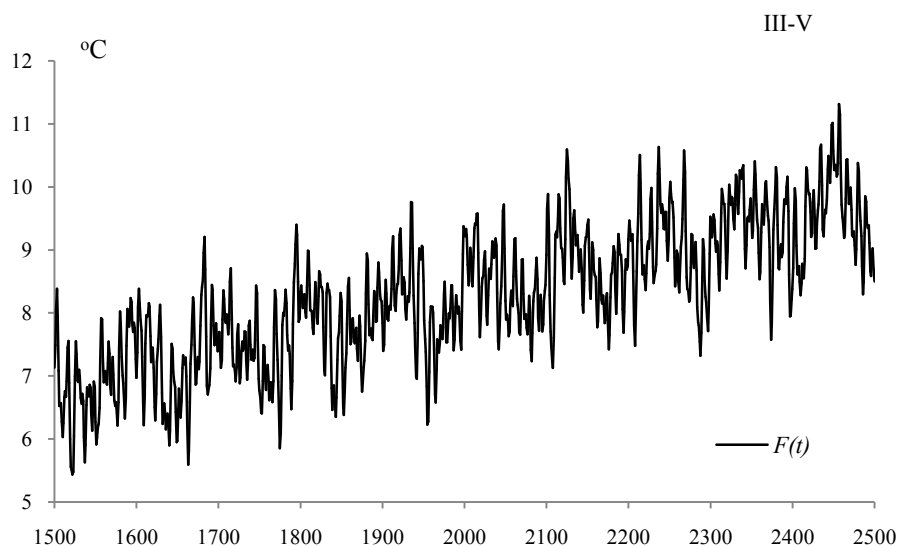
WIOSNA (III-V)

Tabela 30. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie wiosną, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 30. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in spring in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)=2,364113+0,002958t + \dots ; R= 0,575904$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,5	0,279805	1,061668	1,624	0,1564	2,368
7,9	0,349808	0,945376	1,598	0,2002	3,944
11,1	0,327167	-1,193224	1,601	0,1956	3,760
12,7	0,401368	-0,781101	1,588	0,2146	4,564
13,9	0,259585	0,693924	1,627	0,1505	2,189
16,8	0,203073	1,732391	1,635	0,1336	1,716
29,6	0,220200	2,933388	1,630	0,1444	2,011
37,4	0,109042	3,134442	1,640	0,1218	1,423
64,5	0,206776	1,602568	1,615	0,1728	2,908
106,7	0,504615	1,937576	1,492	0,3221	10,938

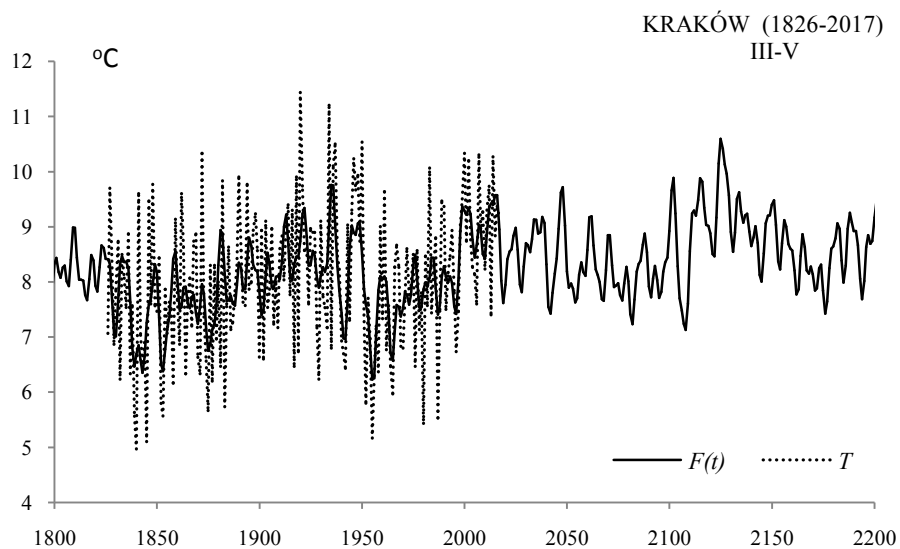


Rys. 112. Widmo temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)
Fig. 112. Spectrum of air temperature in Cracow in spring in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



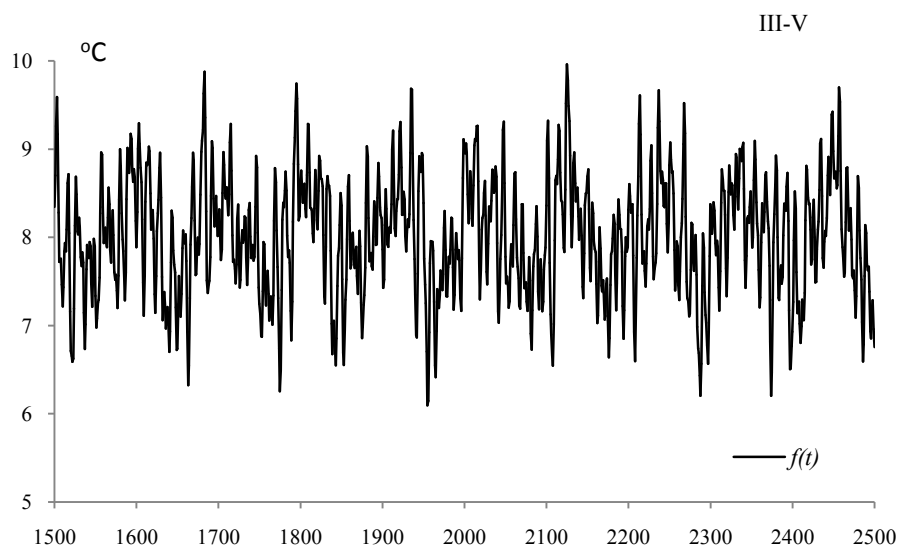
Rys. 113. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 113. Air temperature changes in Cracow in spring in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



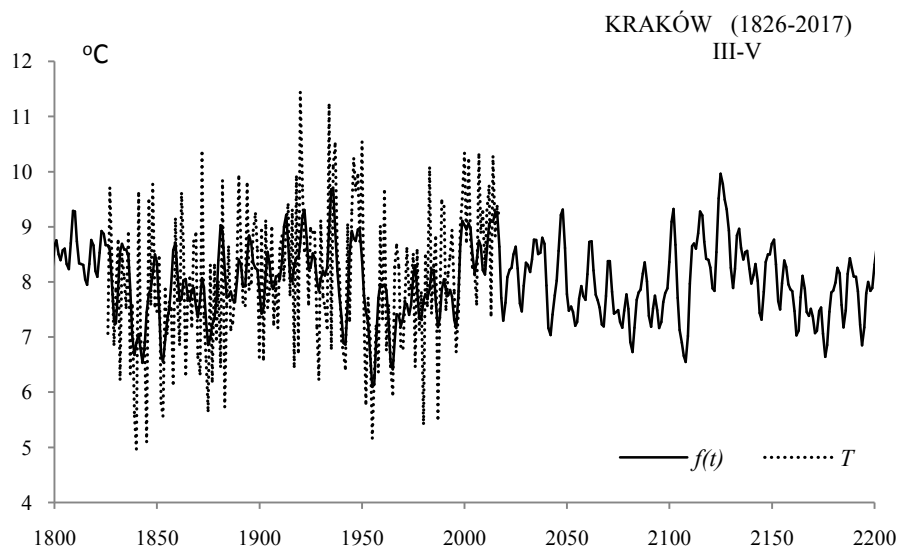
Rys. 114. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 114. Air temperature changes in Cracow in spring in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 115. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 115. Air temperature changes in Cracow in spring in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 116. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie wiosną w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 116. Air temperature changes in Cracow in spring in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

LATO (VI-VIII)

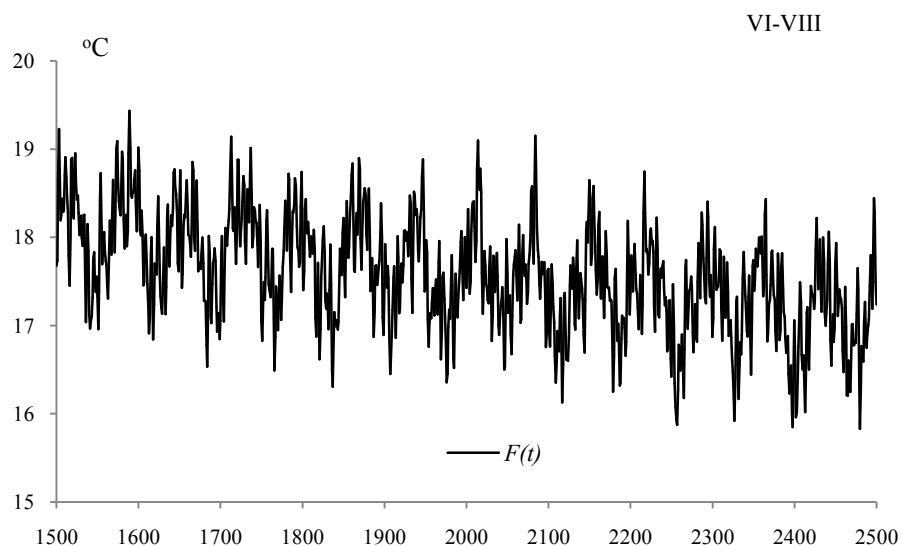
Tabela 31. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w lecie, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 31. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in summer in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 19,701879 - 0,001062 t + \dots ; R = 0,619207$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,250263	-0,532923	0,821	0,1914	3,594
5,1	0,249476	-2,734142	0,825	0,1787	3,118
7,0	0,246313	2,365907	0,818	0,2004	3,953
8,7	0,158121	3,114074	0,838	0,1292	1,604
11,2	0,167680	1,991765	0,837	0,1336	1,719
17,0	0,145121	-1,678501	0,841	0,1147	1,261
23,1	0,217861	0,471836	0,827	0,1720	2,882
37,6	0,128753	-1,467220	0,832	0,1540	2,297
70,9	0,507654	-0,615775	0,702	0,4198	20,222
148,7	0,117057	-2,842072	0,818	0,2004	3,953



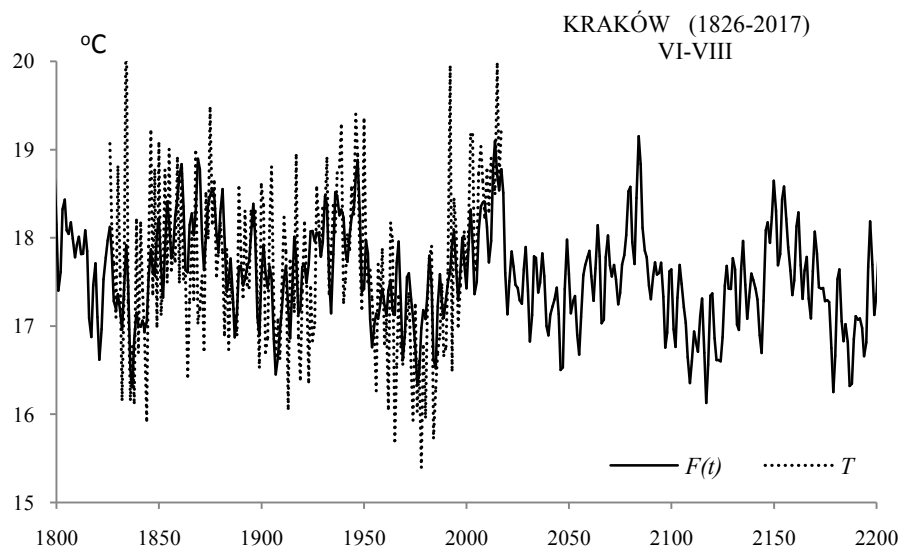
Rys. 117. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 117. Spectrum of air temperature in Cracow in summer in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



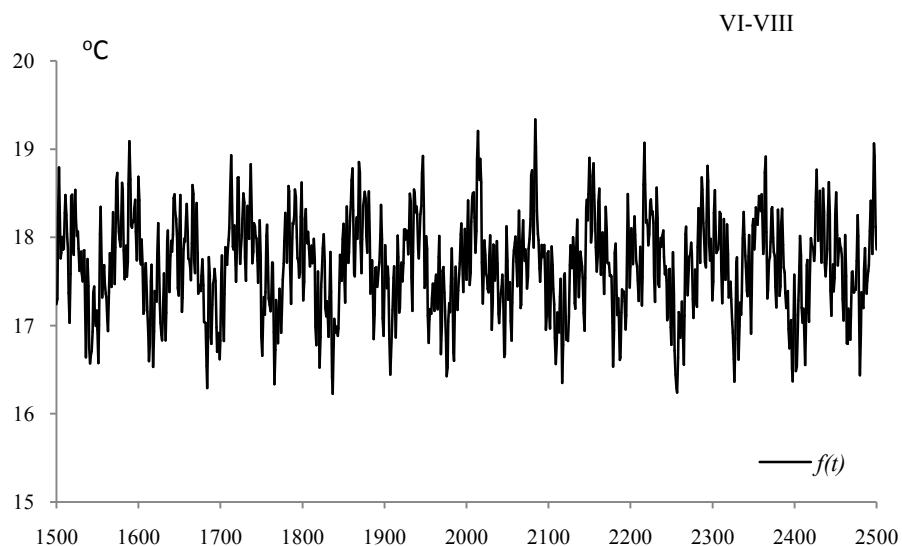
Rys. 118. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 118. Air temperature changes in Cracow in summer in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



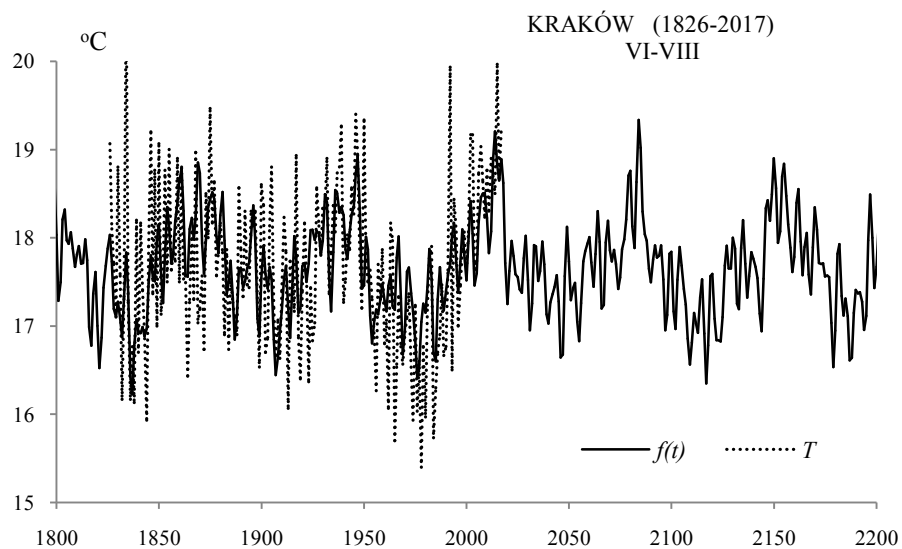
Rys. 119. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1800-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 119. Air temperature changes in Cracow in summer in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 120. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 120. Air temperature changes in Cracow in summer in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 121. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w lecie w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 121. Air temperature changes in Cracow in summer in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

JESIEŃ (IX-XI)

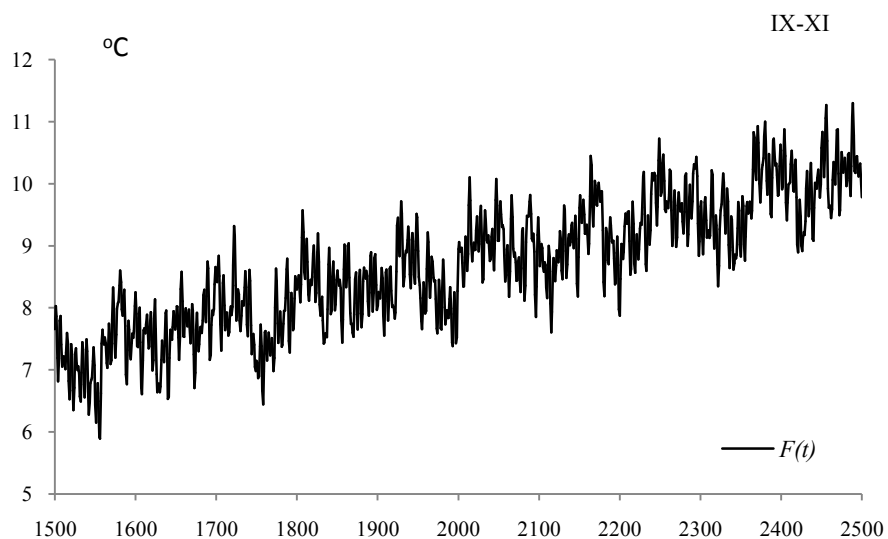
Tabela 32. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie jesienią, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 32. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in autumn in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)= 2,665003+0,003007t + \dots ; R= 0,495106$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,7	0,330651	-1,459015	1,102	0,2170	4,670
6,5	0,282240	2,016702	1,114	0,1916	3,602
10,8	0,219770	-0,987358	1,128	0,1569	2,384
12,6	0,146645	2,638058	1,138	0,1263	1,533
17,4	0,192160	2,170410	1,132	0,1454	2,042
20,3	0,165263	2,506234	1,142	0,1118	1,196
39,7	0,232462	-2,691445	1,114	0,1916	3,602
73,1	0,227295	-2,310873	1,115	0,1893	3,514
113,0	0,336912	1,092517	1,129	0,1541	2,298
189,5	0,132140	2,714736	1,147	0,0904	0,779

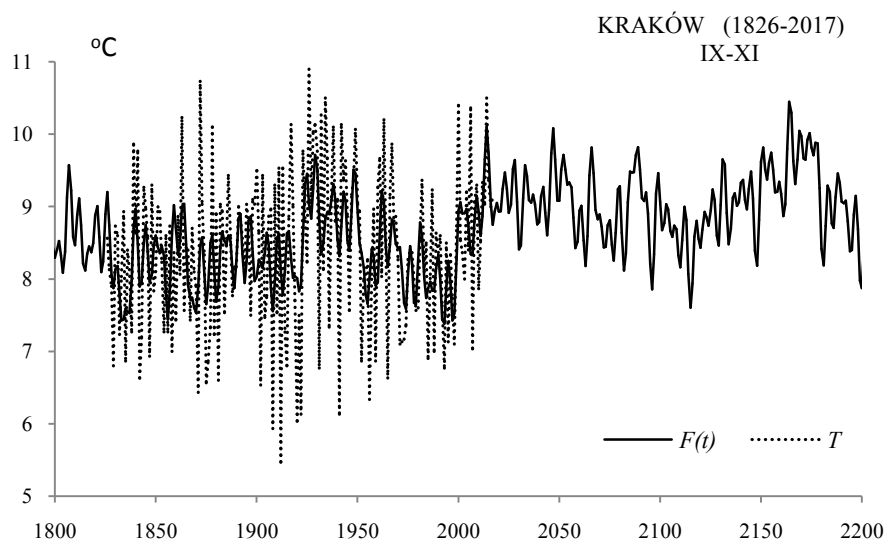


Rys. 122. Widmo temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

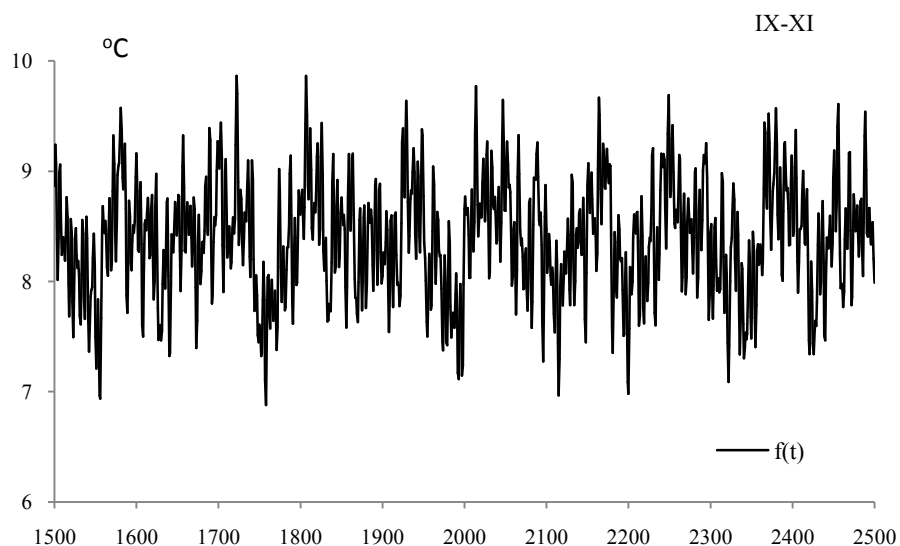
Fig. 122. Spectrum of air temperature in Cracow in autumn in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



Rys. 123. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1500-2500, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 123. Air temperature changes in Cracow in autumn in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

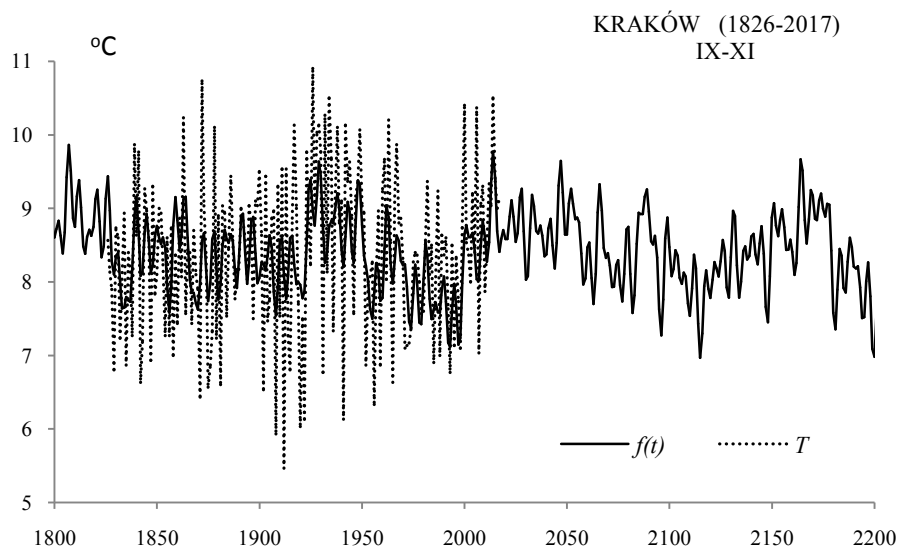


Rys. 124. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1800-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 124. Air temperature changes in Cracow in autumn in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 125. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 125. Air temperature changes in Cracow in autumn in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



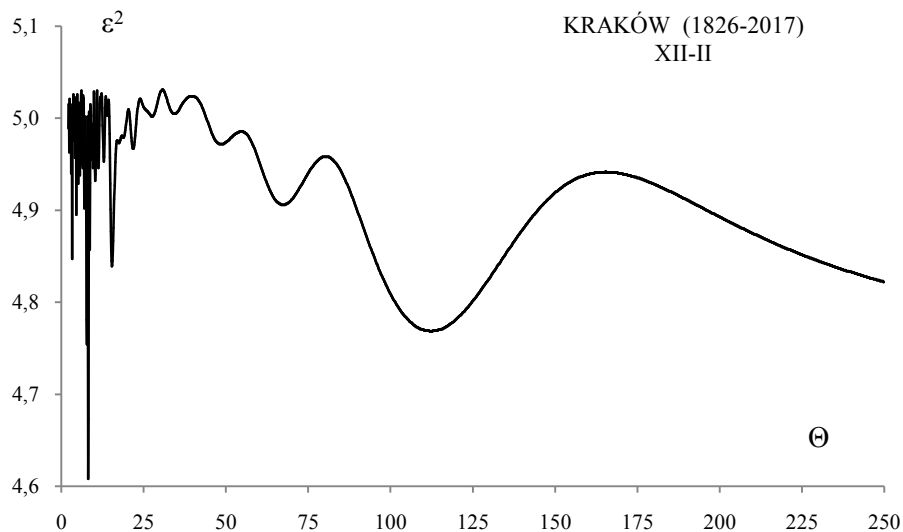
Rys. 126. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie jesienią w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 126. Air temperature changes in Cracow in autumn in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

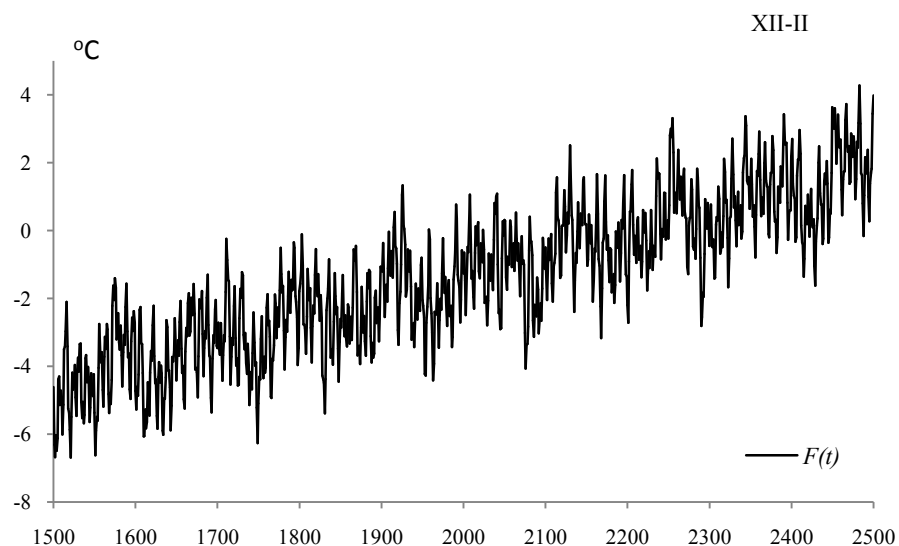
ZIMA (XII-II)

Tabela 33. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w zimie, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 33. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in winter in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

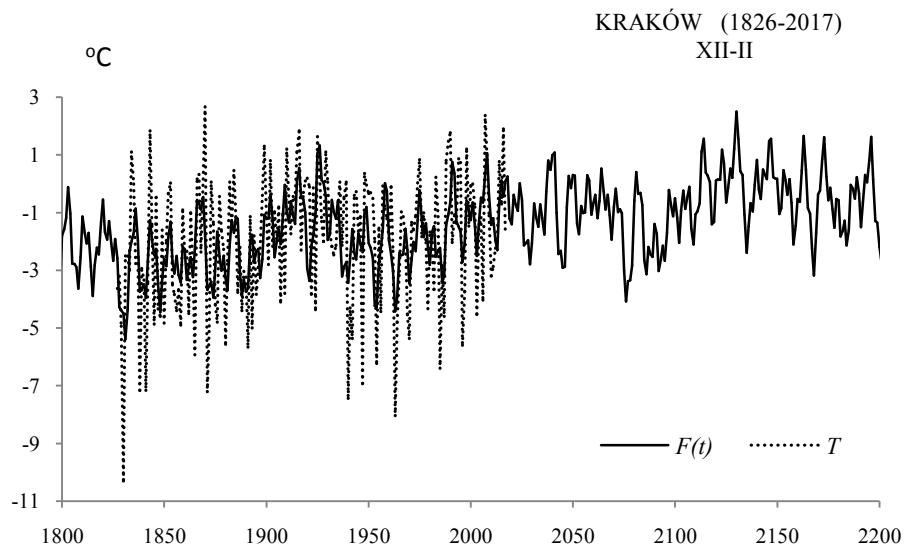
$F(t) = -14,110953 + 0,006357t + \dots ; R = 0,554668$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,613838	-1,331166	4,847	0,1916	3,600
8,2	0,875970	2,686597	4,608	0,2902	8,689
10,3	0,417054	1,218793	4,932	0,1407	1,910
11,3	0,365563	-0,573257	4,946	0,1305	1,637
15,4	0,627703	-0,177311	4,839	0,1957	3,763
21,9	0,350737	0,928007	4,967	0,1134	1,230
27,6	0,164064	2,537018	5,002	0,0768	0,561
48,6	0,239626	-1,035149	4,972	0,1089	1,134
67,4	0,413755	-1,843615	4,906	0,1580	2,421
112,3	0,628979	1,348878	4,768	0,2289	5,226



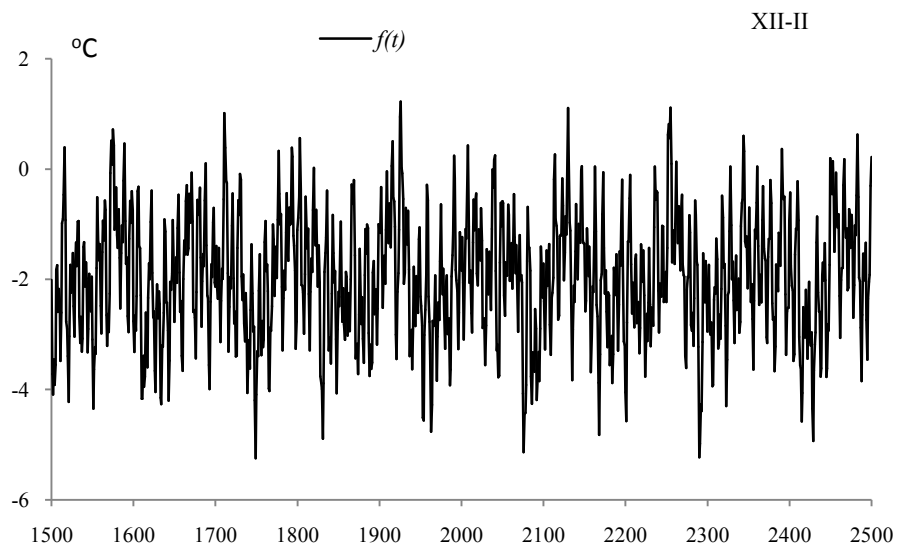
Rys. 127. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)
Fig. 127. Spectrum of air temperature in Cracow in winter in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



Rys. 128. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 128. Air temperature changes in Cracow in winter in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

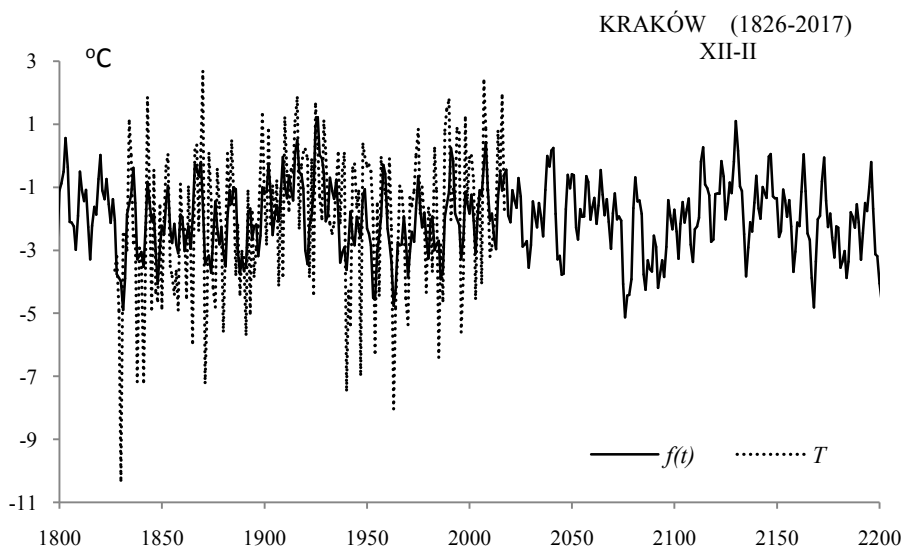


Rys. 129. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)
Fig. 129. Air temperature changes in Cracow in winter in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 130. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 130. Air temperature changes in Cracow in winter in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



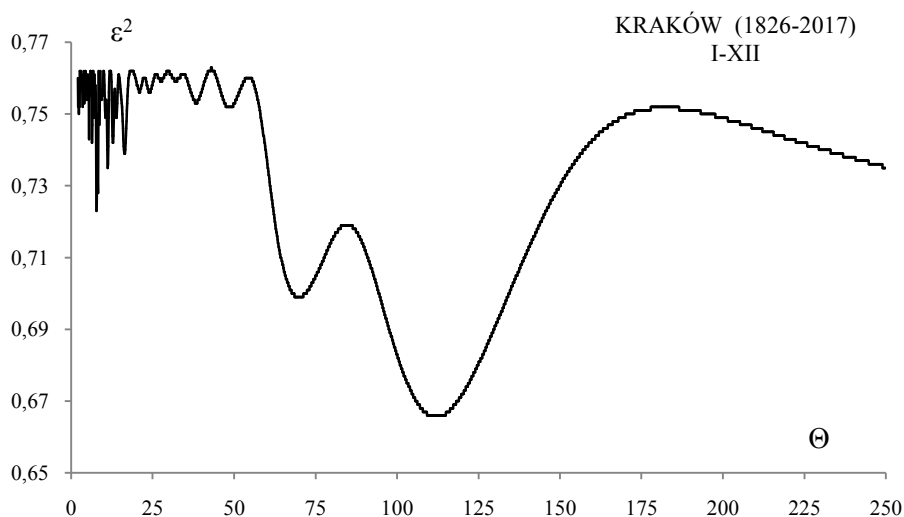
Rys. 131. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w zimie w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 131. Air temperature changes in Cracow in winter in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

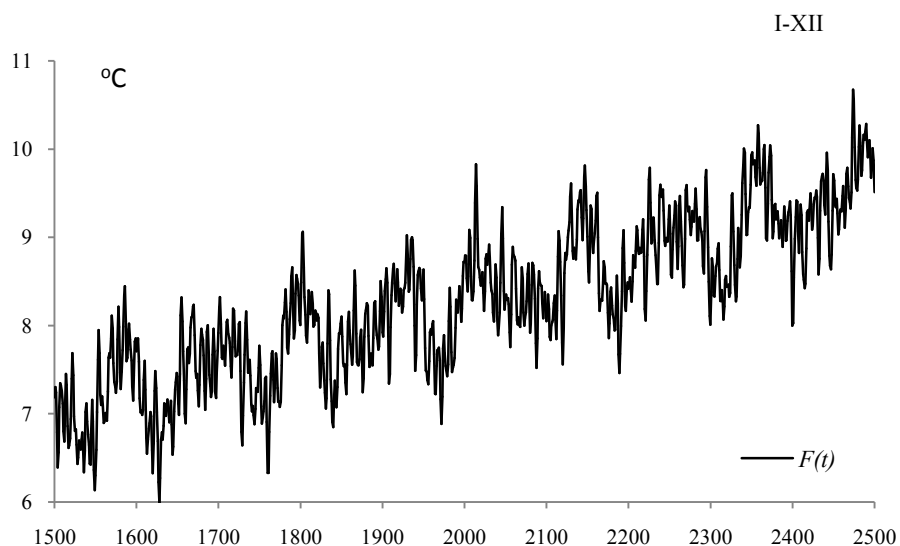
ROK (I-XII)

Tabela 34. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza w Krakowie w roku, w latach 1826-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 34. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Cracow in year in years 1826-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)= 3,241169+0,002511t + \dots ; R= 0,618837$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,0	0,142319	-1,832401	0,753	0,1121	1,202
6,4	0,196564	-2,379574	0,742	0,1643	2,620
7,8	0,263744	0,075178	0,723	0,2278	5,173
11,2	0,184887	2,239694	0,735	0,1902	3,545
14,0	0,137667	1,213731	0,749	0,1334	1,713
16,4	0,201785	2,985765	0,739	0,1758	3,015
38,3	0,059848	-1,929863	0,753	0,1121	1,202
48,6	0,055455	0,679981	0,752	0,1178	1,329
69,9	0,275573	-2,811482	0,699	0,2887	8,595
112,0	0,398775	0,942363	0,666	0,3559	13,703

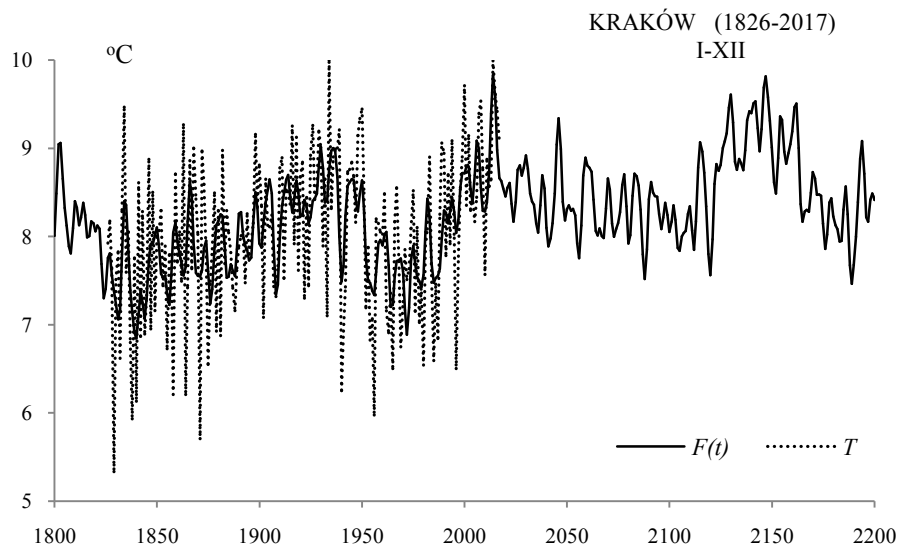


Rys. 132. Widmo temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1826-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)
Fig. 132. Spectrum of air temperature in Cracow in year in the years 1826-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



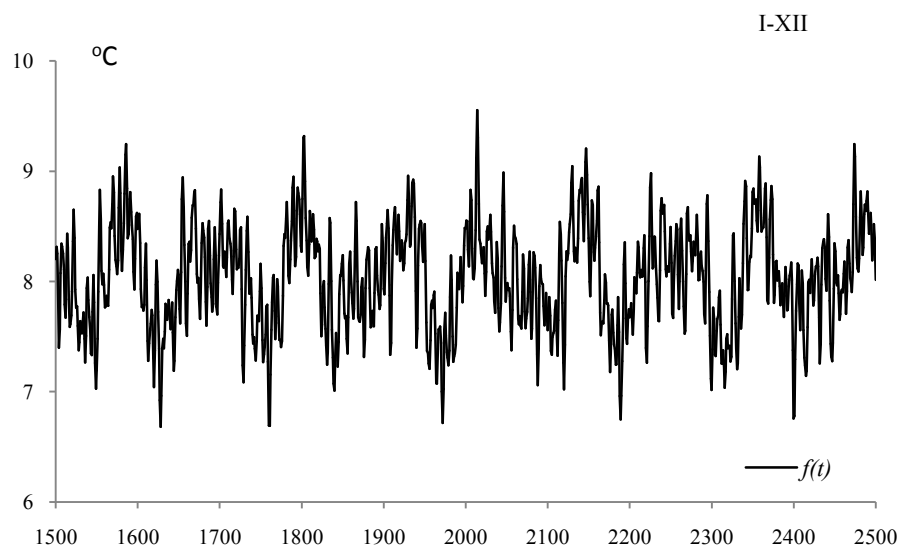
Rys. 133. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1500-2500 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 133. Air temperature changes in Cracow in year in the years 1500-2500. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



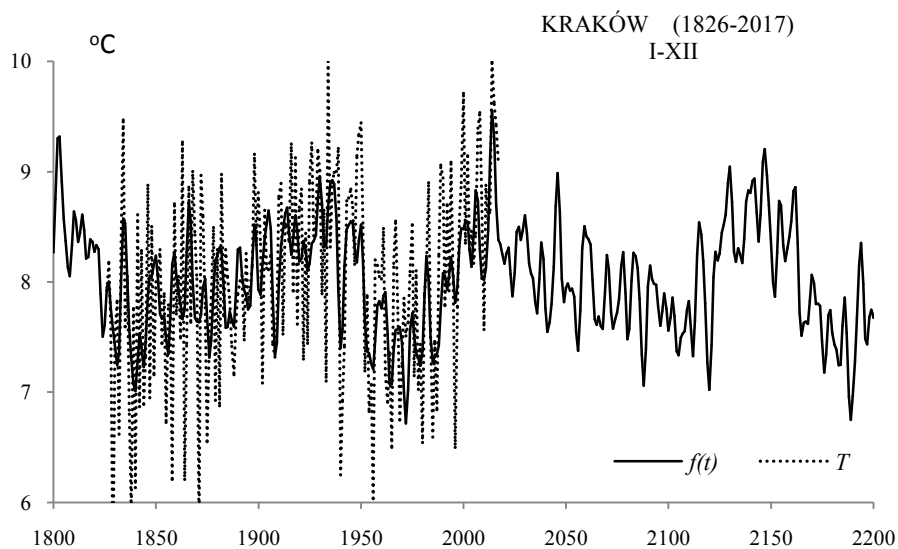
Rys. 134. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1800-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 134. Air temperature changes in Cracow in year in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1826-2017)



Rys. 135. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 135. Air temperature changes in Cracow in year in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 136. Zmiany temperatury powietrza w Krakowie w roku w latach 1800-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1826-2017)

Fig. 136. Air temperature changes in Cracow in year in the years 1800-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1826-2017)

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

MARIA STOPA-BORYCZKA , JERZY BORYCZKA

**XXXV. BADANIA KLIMATU EUROPY
W RÓŻNYCH SKALACH PRZESTRZENNYCH
(W PUBLIKACJACH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UW, 1951-2016)**

atlas

**WSPÓŁZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

**TOM Z OKAZJI:
200 LAT UNIWERSYTETU WARSZAWSKEGO
100 LAT GEOGRAFII WARSZAWSKIEJ
40 LAT WYDZIAŁU GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

Warszawa 2016

6.3. Rekonstrukcja i prognozy zmian temperatury powietrza we Wrocławiu w tysiącleciu 1500-2500 według pomiarów z lat 1792-2017

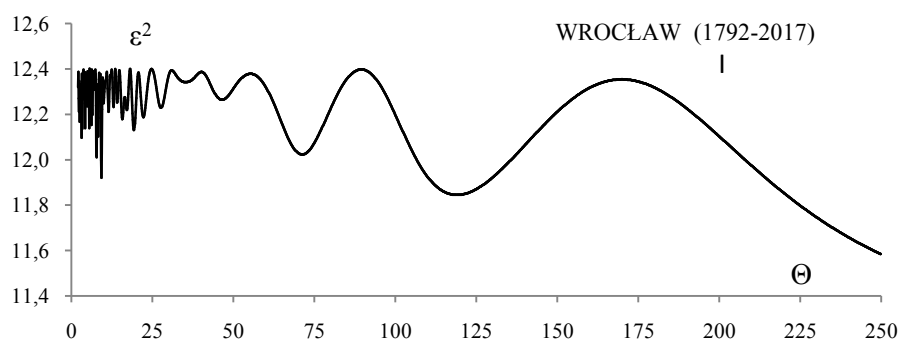
Uwzględniono okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza gdzie ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora (tab. 35-51, rys. 137-221).

Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w tysiącleciu 1500-2500 (miesiące I, II, ..., XII)

STYCZEŃ (I)

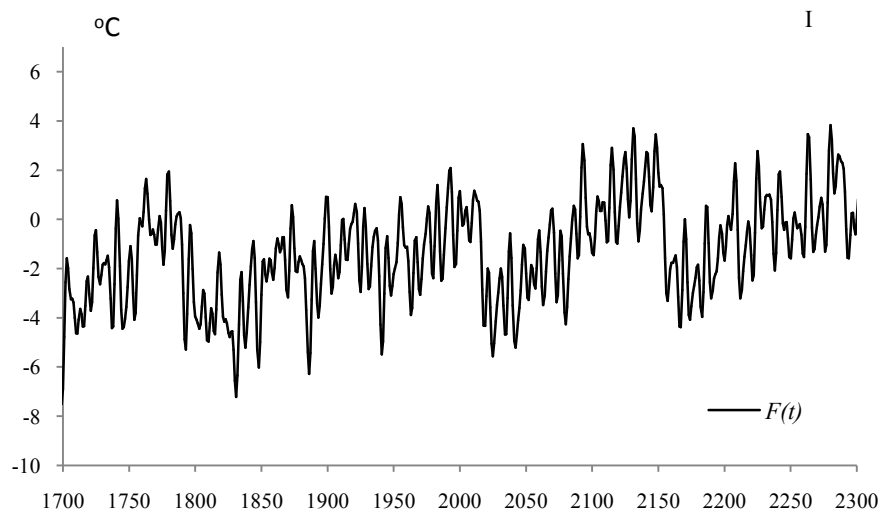
Tabela 35. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 35. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in January in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -12,201878 + 0,005403t + \dots ; R = 0,521153$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,5	0,712574	-1,598991	12,139	0,146	2,995
7,8	0,907605	-0,108491	12,010	0,178	4,509
9,3	0,973350	-0,178367	11,920	0,197	5,585
11,4	0,538689	-2,489657	12,210	0,125	2,175
19,3	0,732559	-0,300343	12,130	0,148	3,099
27,7	0,597064	-1,872472	12,229	0,118	1,957
46,5	0,583877	0,815997	12,264	0,106	1,558
71,2	0,813162	1,360913	12,023	0,175	4,355
119,0	1,084048	2,865876	11,845	0,212	6,494
178,9	0,988997	2,432070	12,325	0,079	0,867



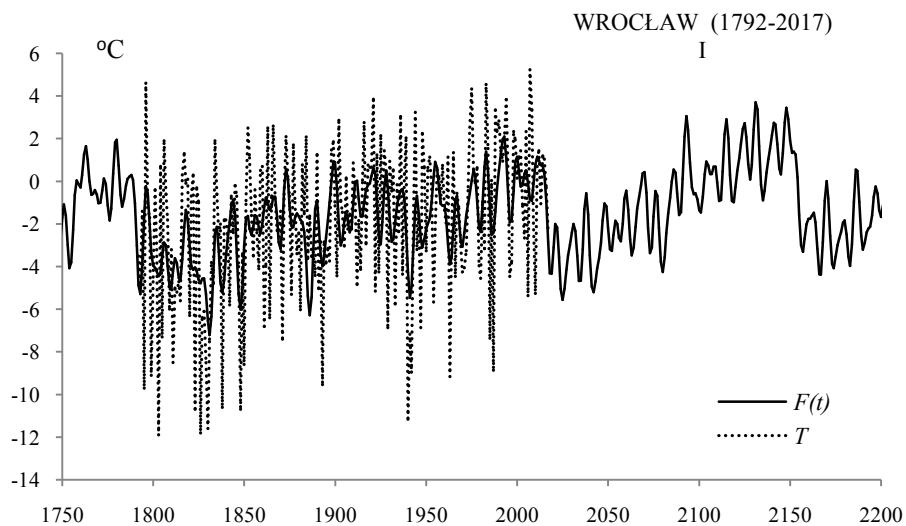
Rys. 137. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 137. Spectrum of air temperature in Wrocław in January in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



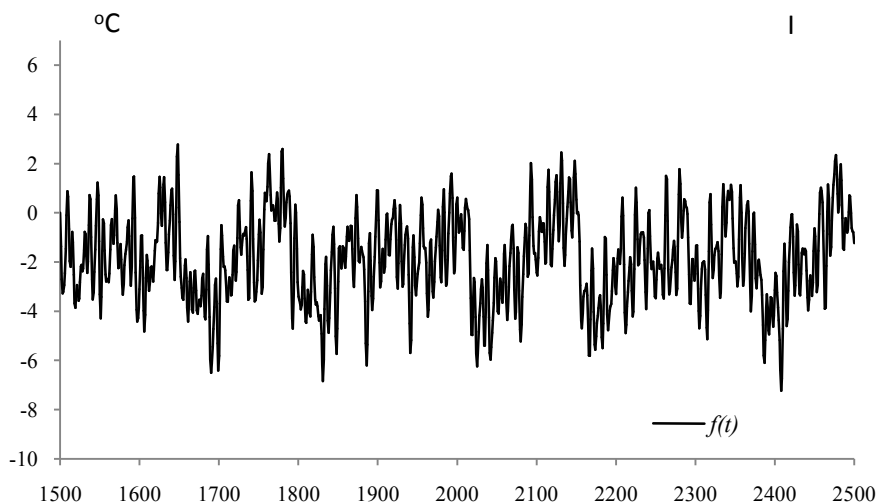
Rys. 138. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 138. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



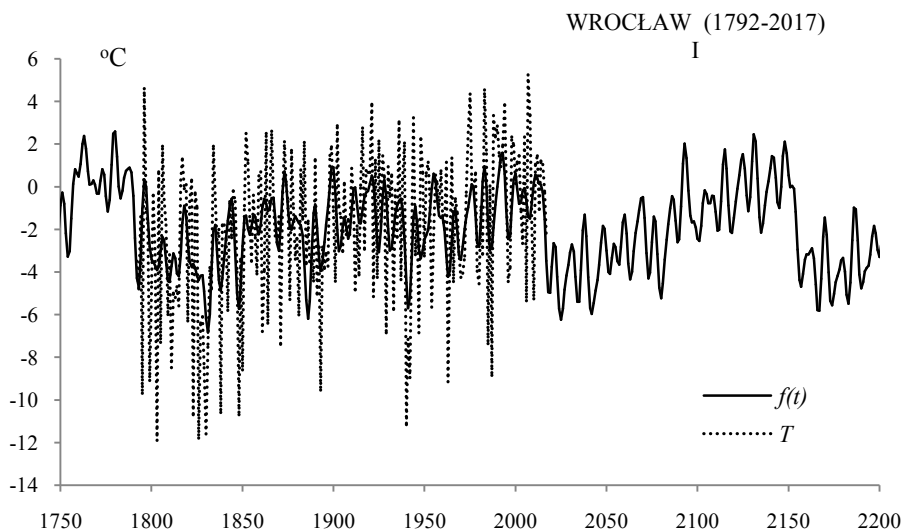
Rys. 139. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 139. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T_i – values measured (1792-2017)



Rys. 140. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 140. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



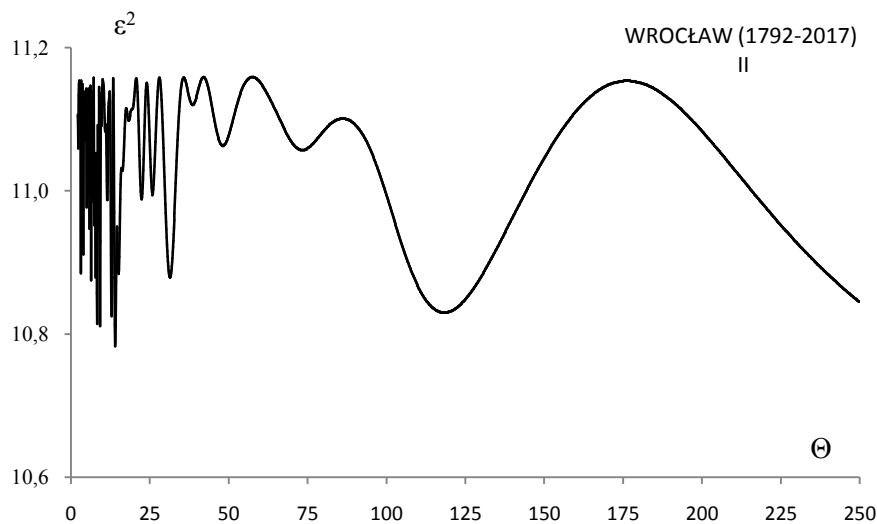
Rys. 141. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 141. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

LUTY (II)

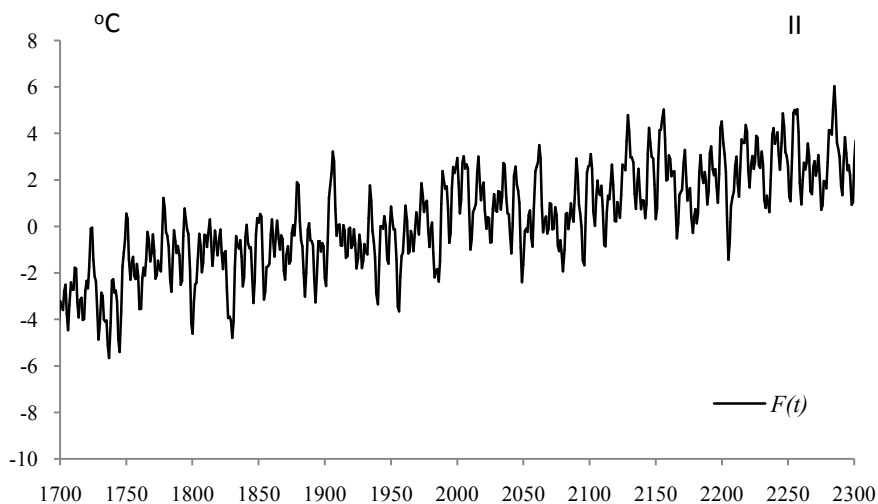
Tabela 36. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 36. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in February in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -18,849825 + 0,009588 t + \dots ; R = 0,462792$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,690634	2,227995	10,911	0,149	3,134
7,8	0,718326	0,514115	10,879	0,158	3,549
9,2	0,774404	0,292567	10,811	0,177	4,440
14,0	0,845837	0,724912	10,783	0,184	4,810
22,4	0,551091	1,164989	10,988	0,124	2,145
31,3	0,672552	1,825836	10,879	0,158	3,549
48,2	0,291166	-2,341879	11,063	0,093	1,195
73,3	0,197584	-0,075242	11,057	0,096	1,271
118,3	0,572756	1,418207	10,83	0,172	4,190
178,9	0,281901	0,365336	11,153	0,023	0,072



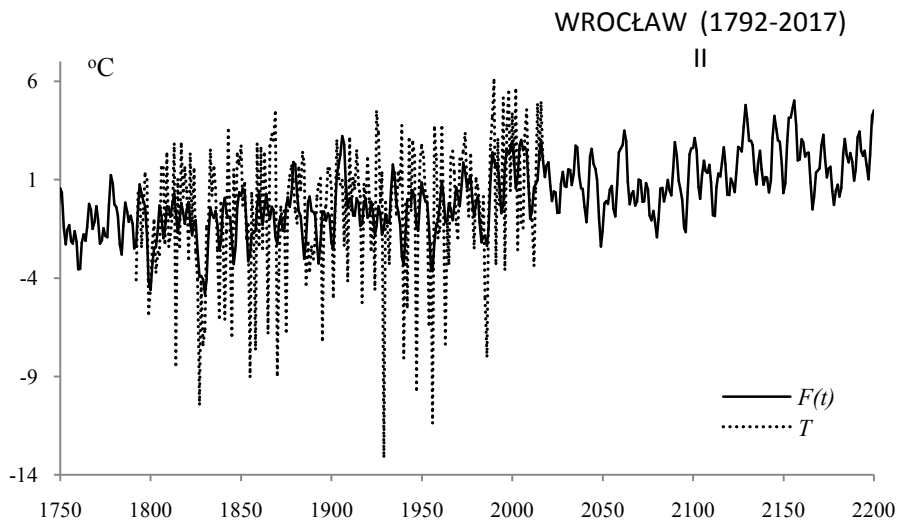
Rys. 142. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 142. Spectrum of air temperature in Wrocław in february in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



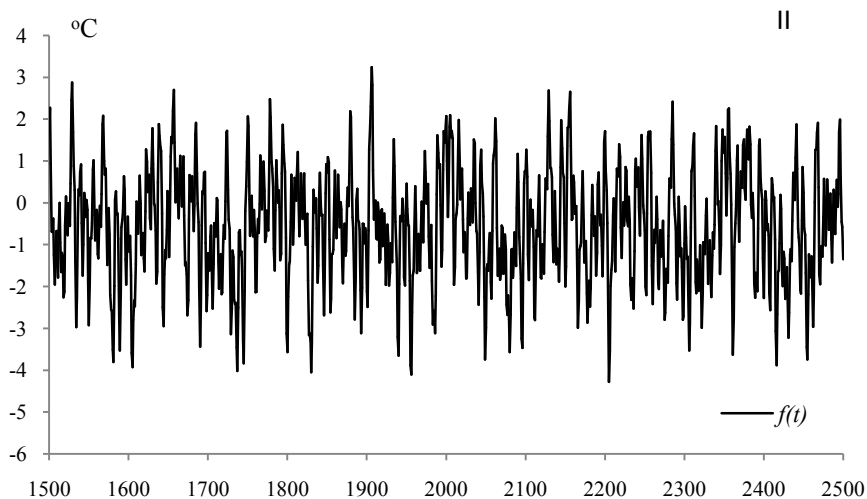
Rys. 143. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 143. Air temperature changes in Wrocław in JFebruary in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



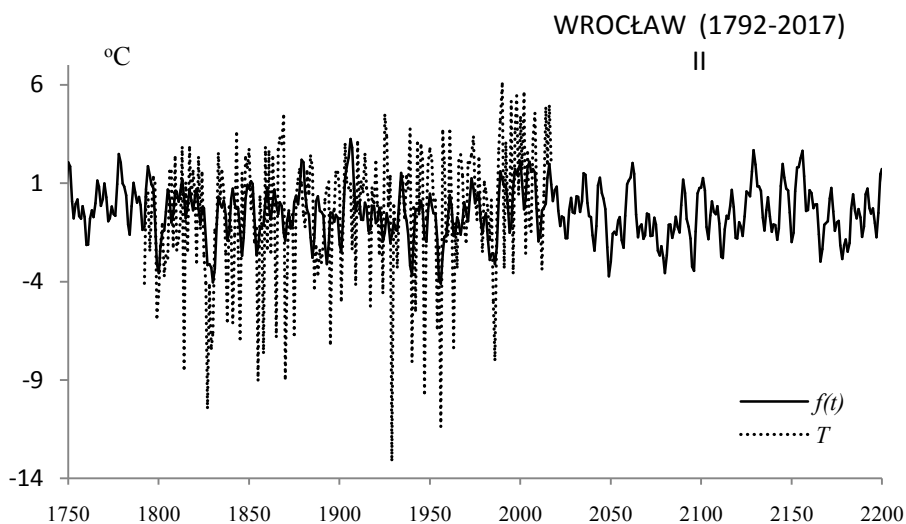
Rys. 144. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 144. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 145. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lutym w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 145. Air temperature changes in Wrocław in JFebruary in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 146. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w styczniu w latach 1750-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 146. Air temperature changes in Wrocław in January in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

MARZEC (III)

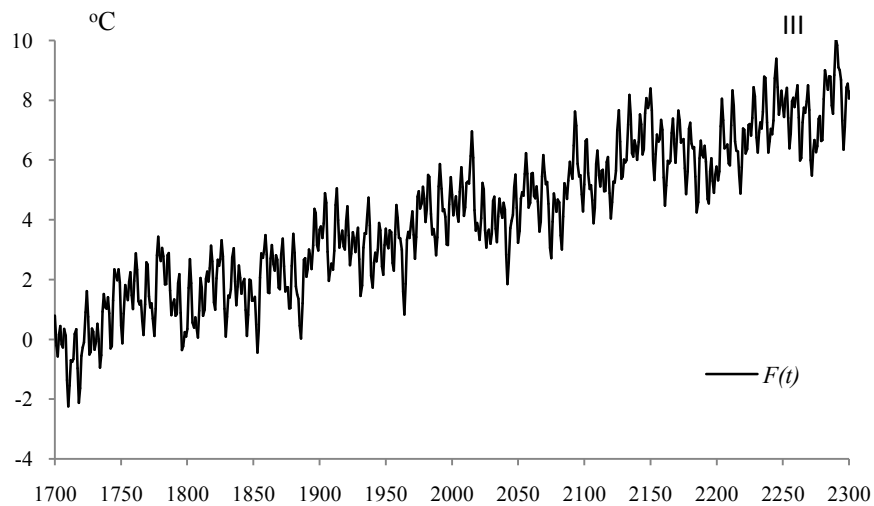
Tabela 37. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 37. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in March in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 22,217991 + 0,013142t + \dots ; R = 0,562023$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,1	0,621337	-1,706749	6,238	0,175	4,385
7,9	0,713432	1,120942	6,172	0,203	5,908
11,1	0,486892	-1,071560	6,296	0,148	3,073
19,4	0,363637	2,641492	6,363	0,107	1,588
28,1	0,291733	-1,322473	6,353	0,114	1,808
38,9	0,395409	2,276283	6,314	0,138	2,671
46,6	0,246075	1,085830	6,342	0,121	2,050
79,4	0,368407	0,865194	6,242	0,174	4,294
120,8	0,338315	-2,568553	6,217	0,185	4,866
178,9	0,241491	1,879576	6,323	0,133	2,471



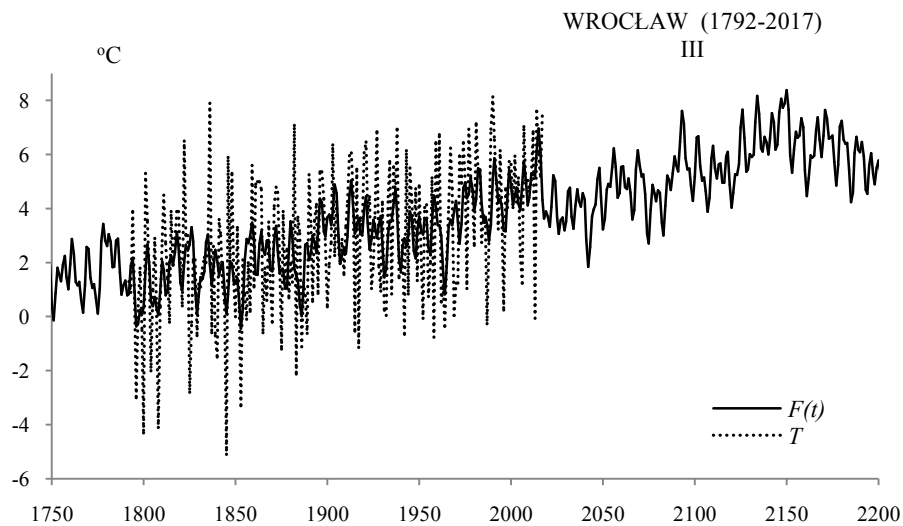
Rys. 147. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 147. Spectrum of air temperature in Wrocław in March in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



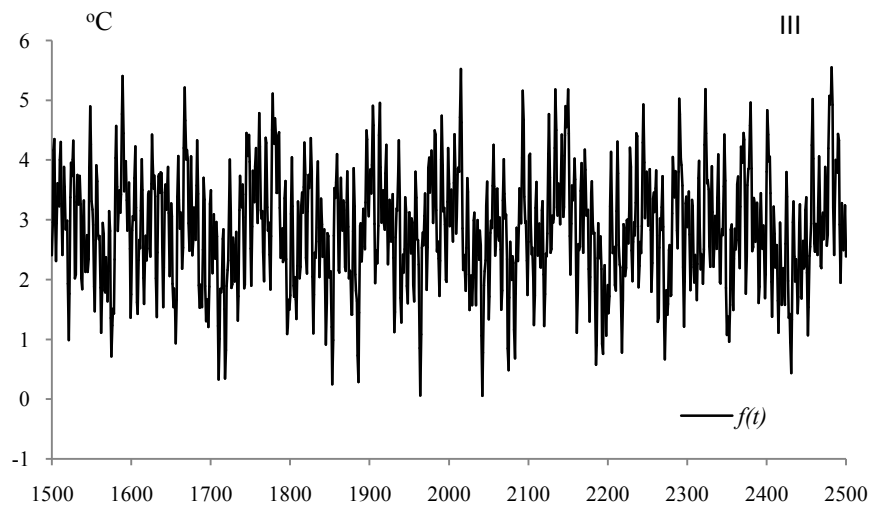
Rys. 148. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2300)

Fig. 148. Air temperature changes in Wrocław in March in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2300)

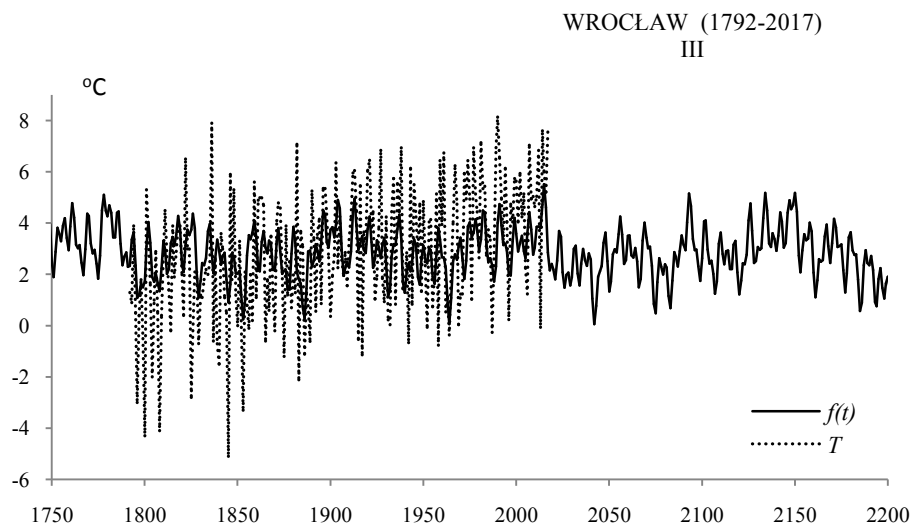


Rys. 149. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 149. Air temperature changes in Wrocław in March in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 150. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 150. Air temperature changes in Wrocław in March in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

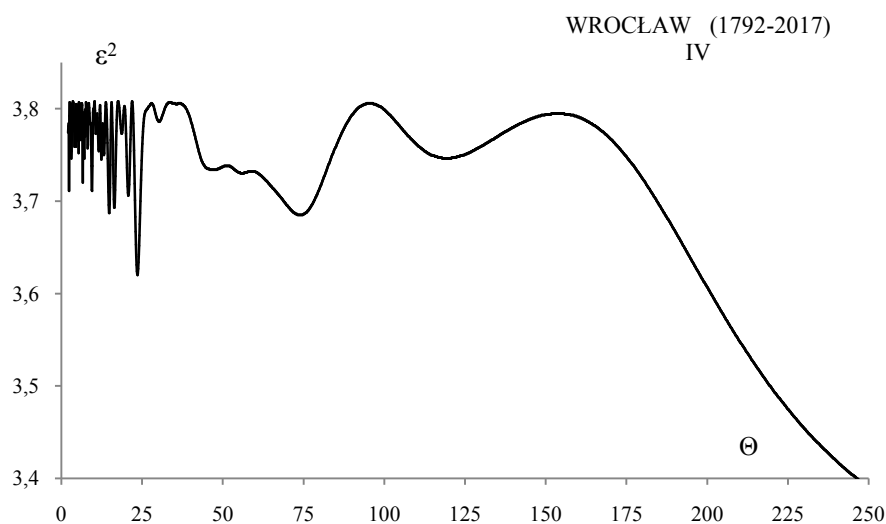


Rys. 151. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w marcu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 151. Air temperature changes in Wrocław in March in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

KWIECIEŃ (IV)

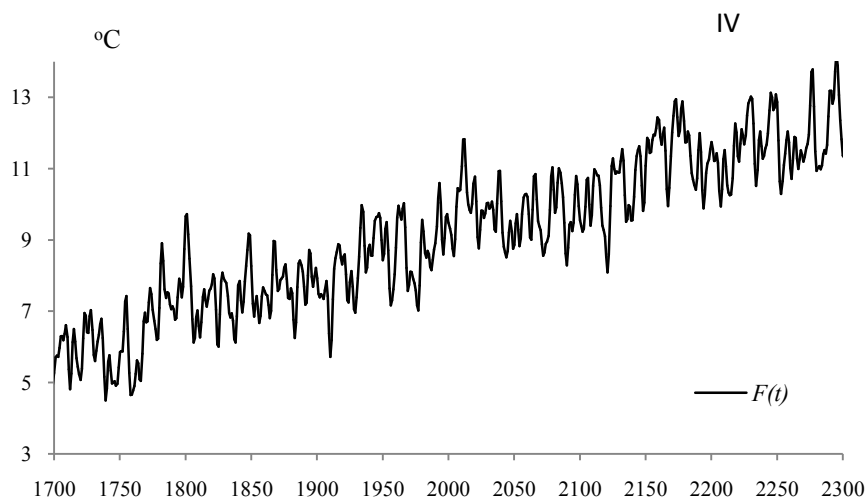
Tabela 38. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 38. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in April in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -12,990437 + 0,011066 t + \dots ; R = 0,573939$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,5	0,299718	1,879471	3,759	0,114	1,817
6,6	0,436803	1,937102	3,720	0,152	3,283
9,5	0,471602	-2,251077	3,711	0,160	3,626
14,9	0,419808	2,755993	3,687	0,179	4,547
16,4	0,360793	2,837771	3,693	0,174	4,316
23,6	0,52611	-0,116681	3,620	0,222	7,186
56,0	0,221127	2,538530	3,730	0,144	2,904
73,9	0,409591	-0,127625	3,685	0,180	4,625
119,3	0,209326	1,202650	3,746	0,128	2,302
178,9	0,333374	0,459934	3,730	0,144	2,904



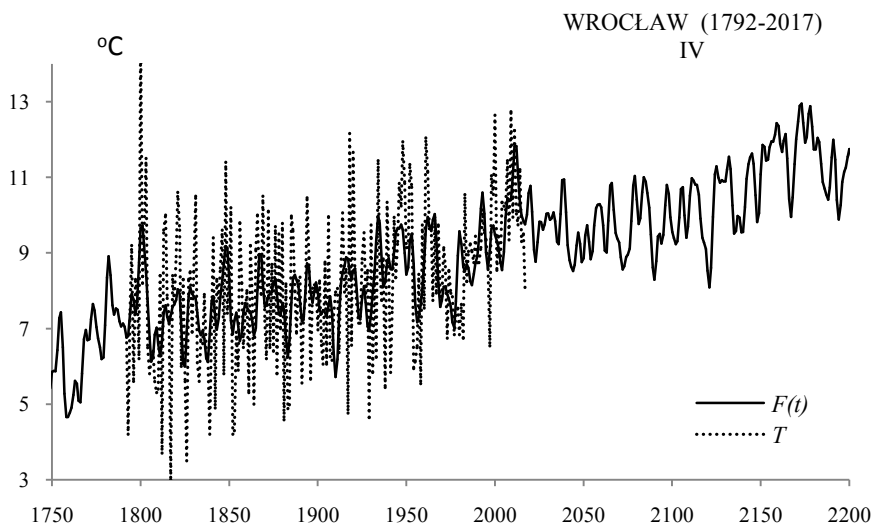
Rys. 152. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 152. Spectrum of air temperature in Wrocław in April in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



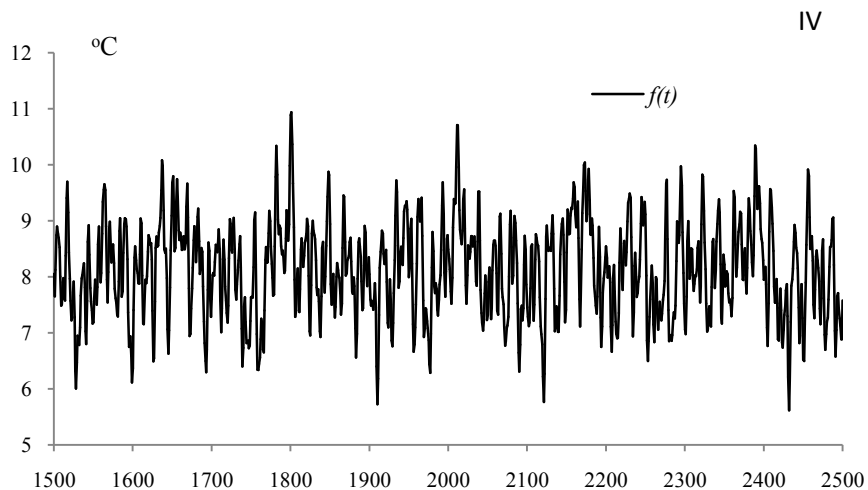
Rys. 153. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 153. Air temperature changes in Wrocław in April in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



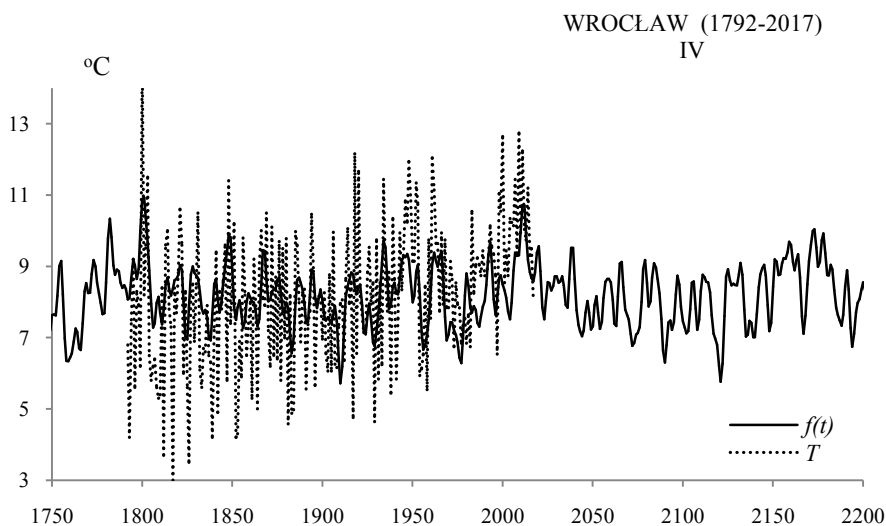
Rys. 154. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 154. Air temperature changes in Wrocław in April in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 155. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 155. Air temperature changes in Wrocław in April in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 156. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w kwietniu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

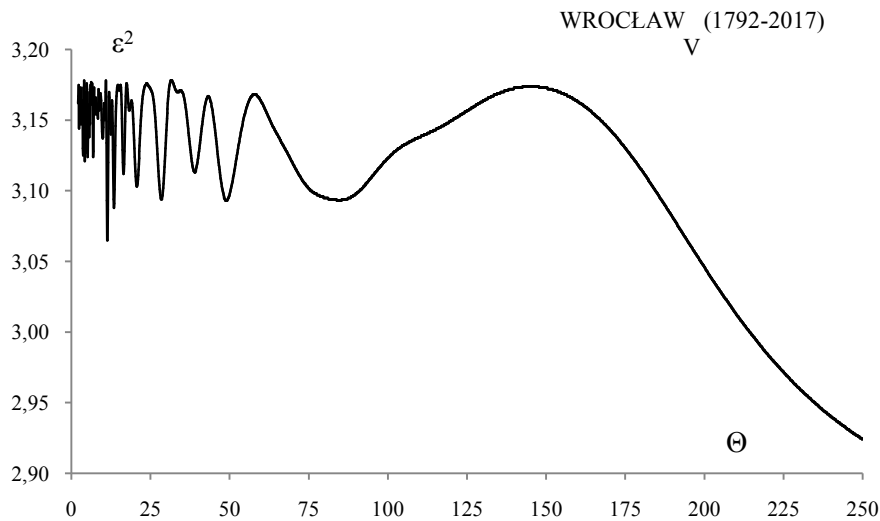
Fig. 156. Air temperature changes in Wrocław in April in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

MAJ (V)

Tabela 39. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w maju, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R – współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

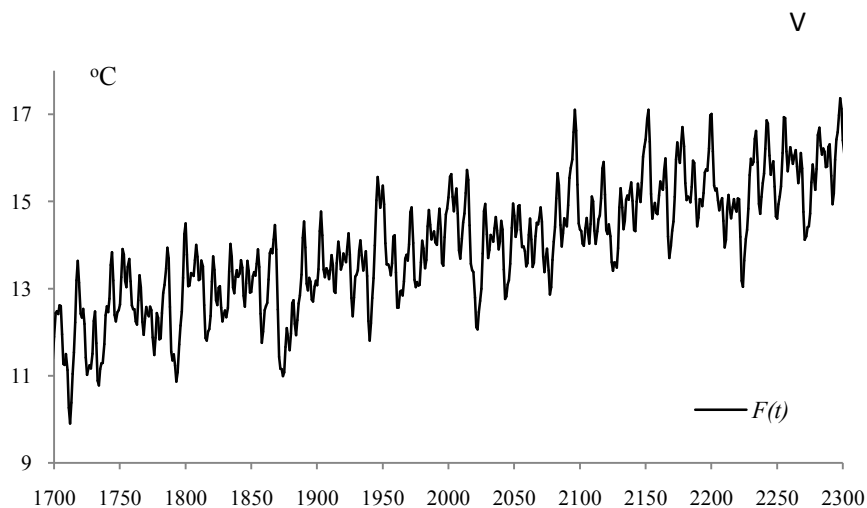
Table 39. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in May in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 0,796521 + 0,006584t + \dots ; R = 0,541141$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,3	0,329199	-1,810188	3,121	0,134	2,540
6,9	0,346133	2,836773	3,124	0,131	2,405
11,4	0,440577	2,999801	3,065	0,189	5,108
13,5	0,420521	0,449699	3,088	0,169	4,042
16,5	0,338159	0,112464	3,112	0,145	2,947
20,7	0,376859	0,593622	3,103	0,154	3,355
28,4	0,378043	-2,392102	3,094	0,163	3,767
49,0	0,417015	2,776303	3,093	0,164	3,812
84,6	0,298772	-2,668909	3,093	0,164	3,812
178,9	0,222436	1,402079	3,119	0,137	2,630



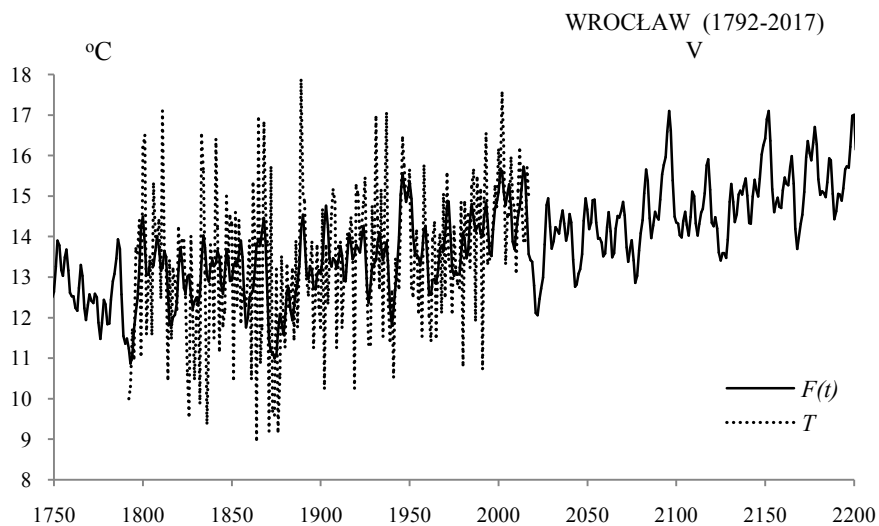
Rys. 157. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 157. Spectrum of air temperature in Wrocław in May in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



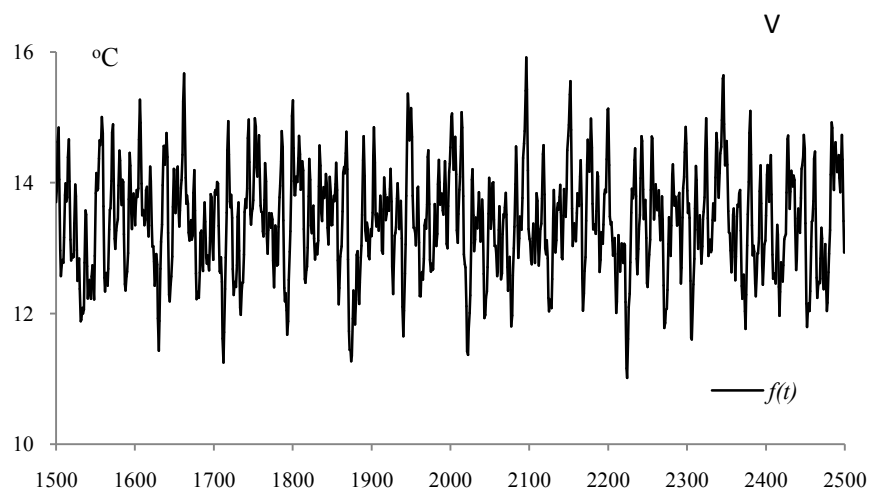
Rys. 158. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 158. Air temperature changes in Wrocław in May in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

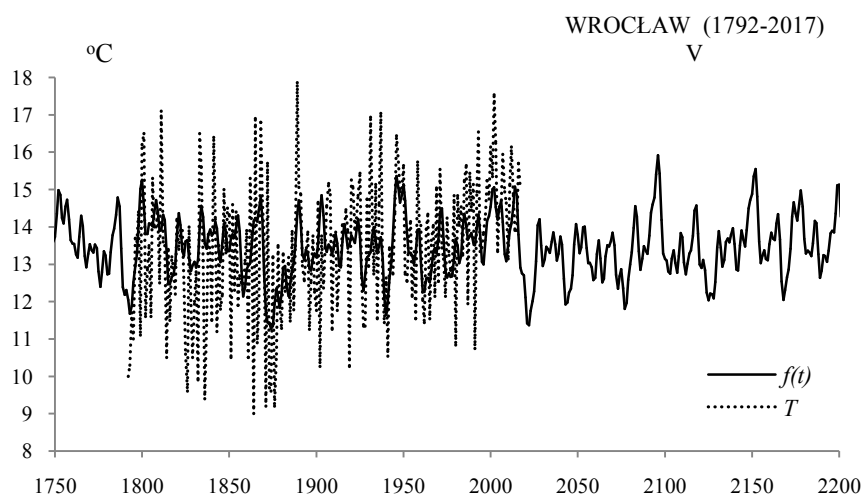


Rys. 159. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 159. Air temperature changes in Wrocław in May in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 160. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 160. Air temperature changes in Wrocław in May in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

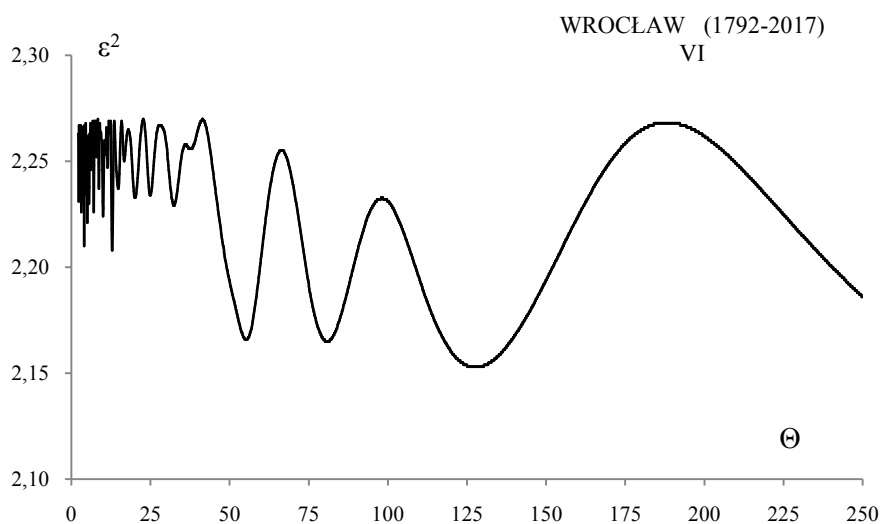


Rys. 161. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w maju w latach 1750-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 161. Air temperature changes in Wrocław in May in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

CZERWIEC (VI)

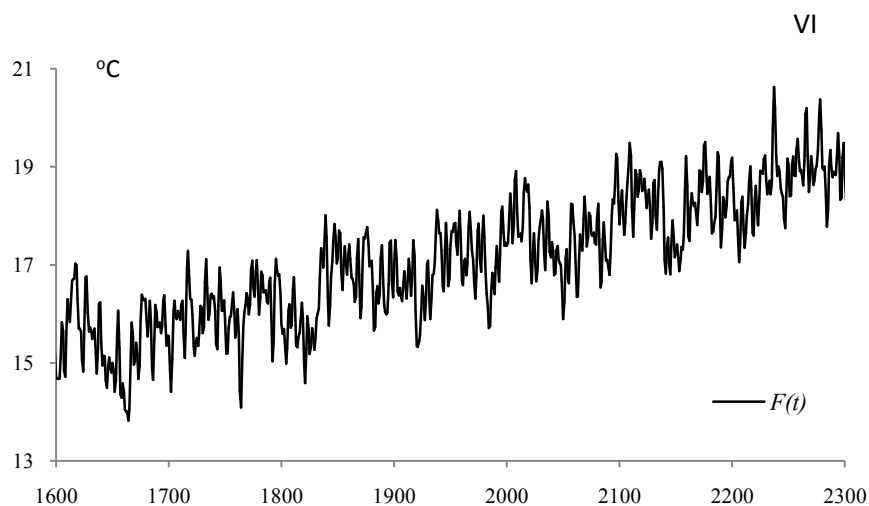
Tabela 40. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 40. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in June in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)= 6,403935+0,005458 t + \dots ; R= 0,551553$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,1	0,333522	-2,329877	2,21	0,162	3,720
5,6	0,295772	-1,799983	2,23	0,132	2,449
7,1	0,263849	1,581989	2,226	0,139	2,701
10	0,279471	-3,123428	2,224	0,142	2,828
13	0,346065	0,070009	2,208	0,165	3,848
20,1	0,278160	-0,326570	2,233	0,127	2,260
32,5	0,255512	-2,709710	2,229	0,134	2,512
55,2	0,331589	-1,059208	2,166	0,214	6,599
80,8	0,337424	1,318177	2,165	0,215	6,666
127,7	0,273543	-2,122985	2,153	0,227	7,472



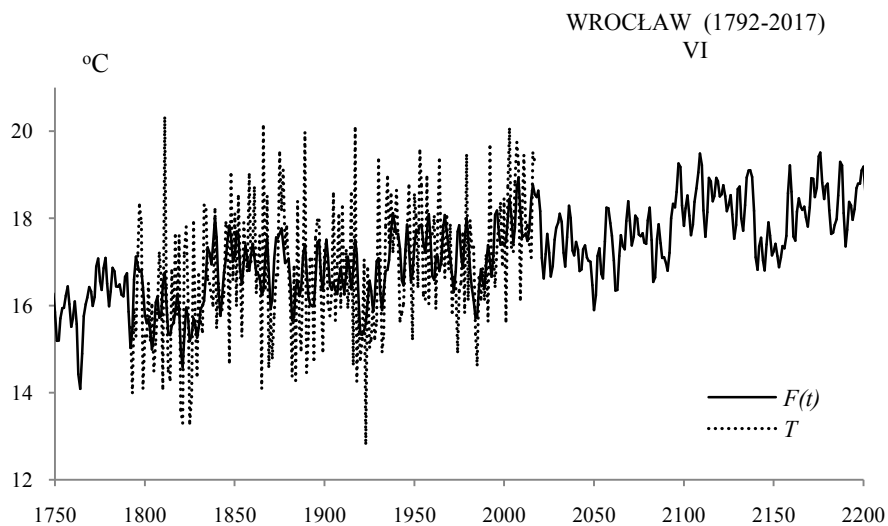
Rys. 162. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 162. Spectrum of air temperature in Wrocław in June in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



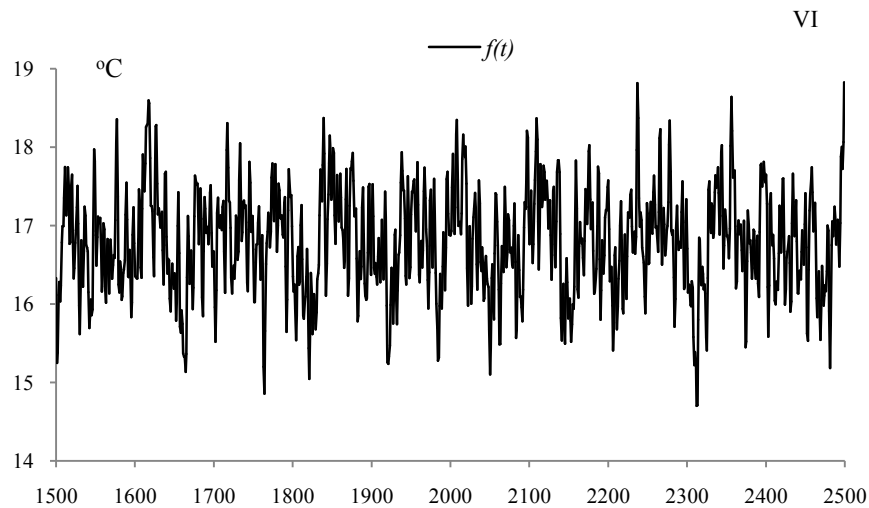
Rys. 163. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1600-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 163. Air temperature changes in Wrocław in June in the years 1600-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



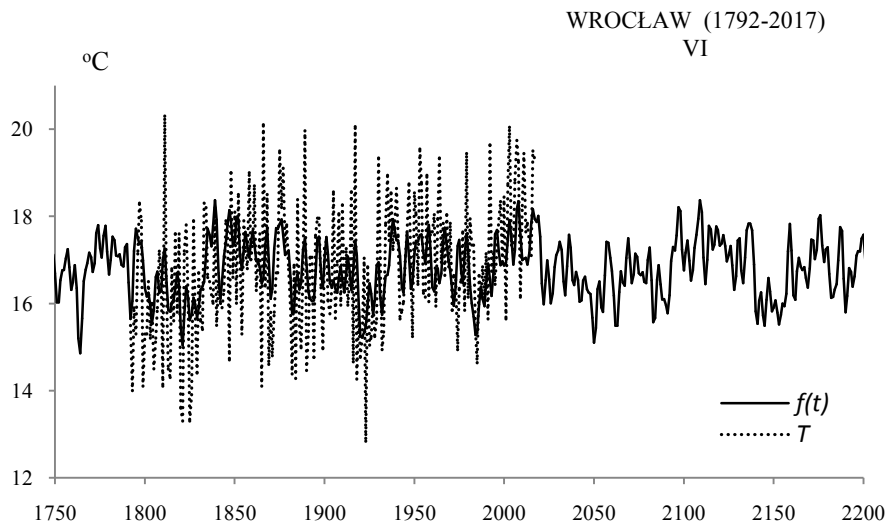
Rys. 164. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 164. Air temperature changes in Wrocław in June in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 165. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 165. Air temperature changes in Wrocław in June in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 166. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w czerwcu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 166. Air temperature changes in Wrocław in June in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

LIPIEC (VII)

Tabela 41. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

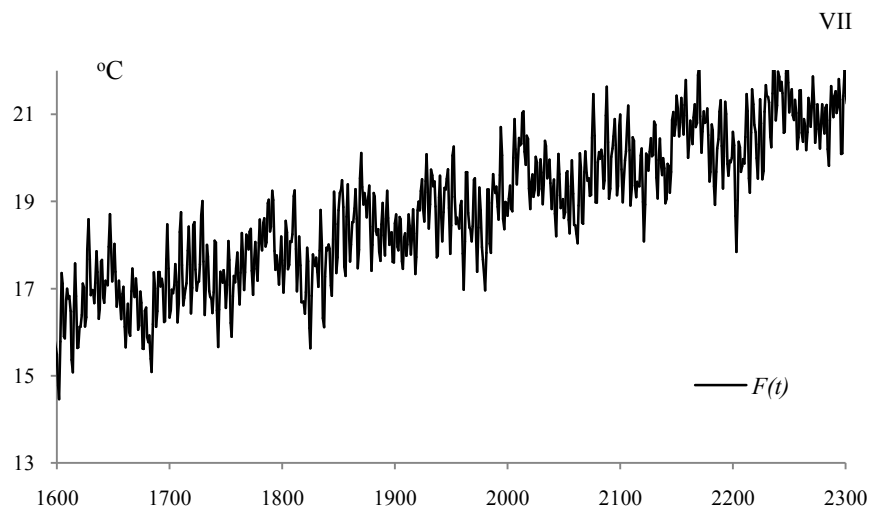
Table 41. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in July in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 23,683022 - 0,002685 t + \dots ; R = 0,638518$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,520782	-0,572127	2,168	0,241	8,482
5,9	0,453680	2,300719	2,185	0,225	7,343
6,2	0,386175	3,067188	2,215	0,194	5,374
10,2	0,271938	-1,848858	2,257	0,139	2,706
20,1	0,288347	1,360435	2,229	0,177	4,474
22,7	0,216838	-2,772813	2,245	0,156	3,458
28,8	0,148588	1,919424	2,272	0,113	1,777
39,2	0,093498	0,728223	2,282	0,091	1,165
75,0	0,524600	2,463926	2,109	0,289	12,580
126,7	0,188713	2,086814	2,191	0,219	6,945



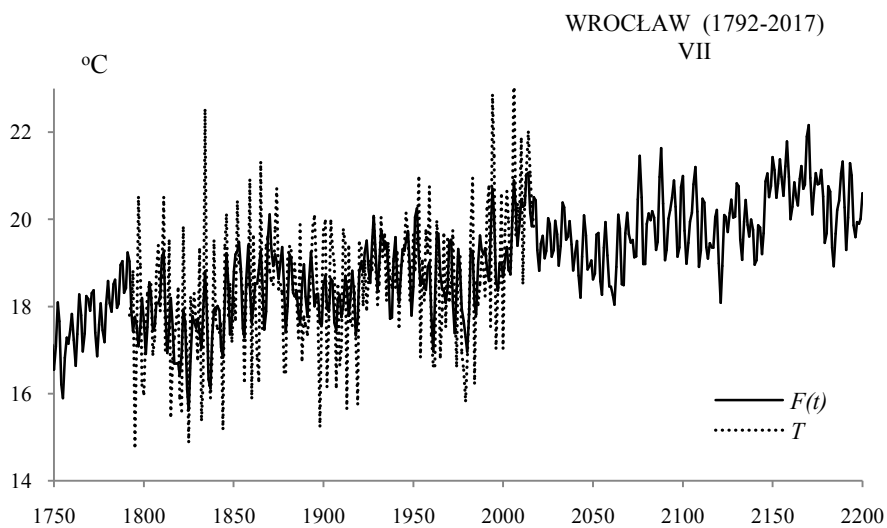
Rys. 167. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 167. Spectrum of air temperature in Wrocław in July in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



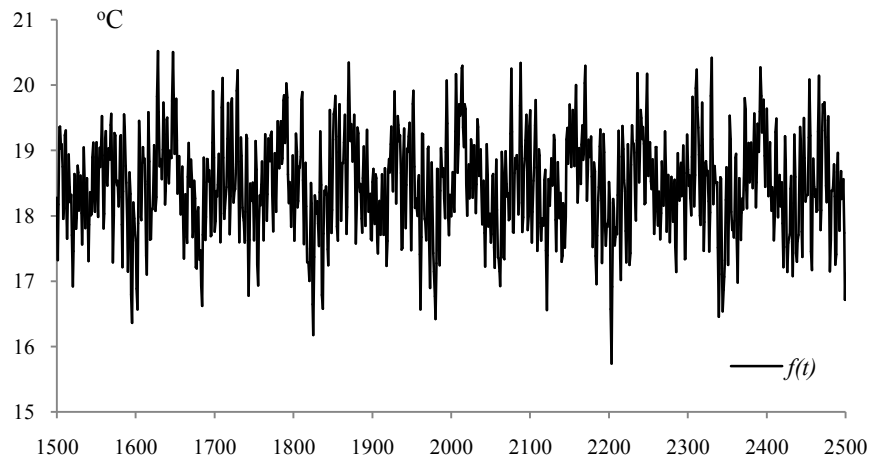
Rys. 168. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1600-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 168. Air temperature changes in Wrocław in July in the years 1600-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



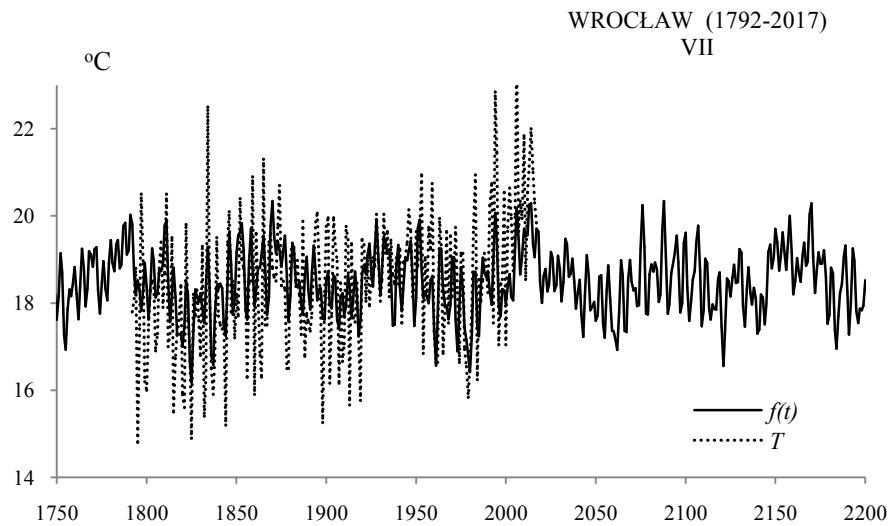
Rys. 169. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 169. Air temperature changes in Wrocław in July in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 170. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 170. Air temperature changes in Wrocław in July in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 171. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lipcu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 171. Air temperature changes in Wrocław in July in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

SIERPIEŃ (VIII)

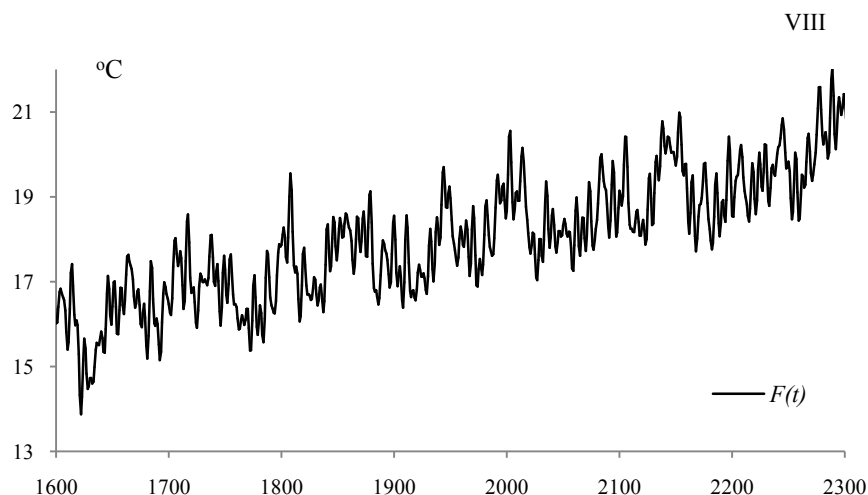
Tabela 44. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 44. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in August in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 6,957622 + 0,005657 t + \dots ; R = 0,591914$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,4	0,374379	2,520025	2,284	0,166	3,908
6,5	0,316555	0,901008	2,300	0,144	2,921
10,2	0,345717	-0,481657	2,268	0,185	4,909
11,4	0,319521	3,141236	2,276	0,176	4,407
17,5	0,276758	0,240144	2,302	0,141	2,798
23,3	0,246106	-1,173096	2,304	0,138	2,676
33,3	0,216046	-0,333127	2,306	0,135	2,554
48,8	0,426358	1,829354	2,230	0,225	7,344
69,6	0,477668	2,378988	2,199	0,252	9,393
141,8	0,389958	1,298444	2,252	0,203	5,924



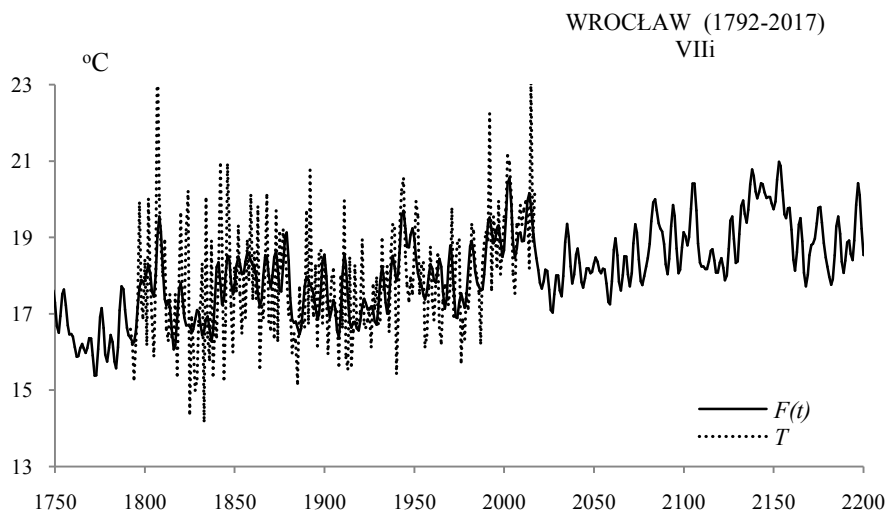
Rys. 172. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 172. Spectrum of air temperature in Wrocław in August in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



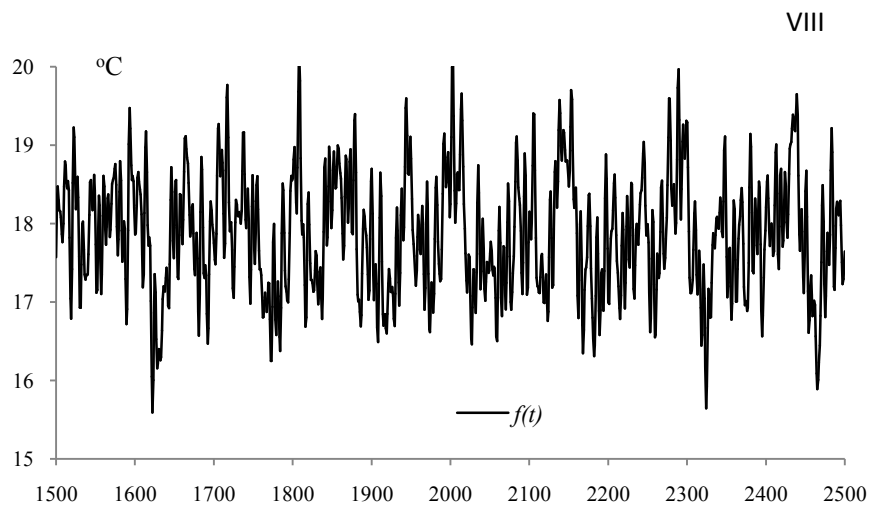
Rys. 173. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1600-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 173. Air temperature changes in Wrocław in August in the years 1600-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



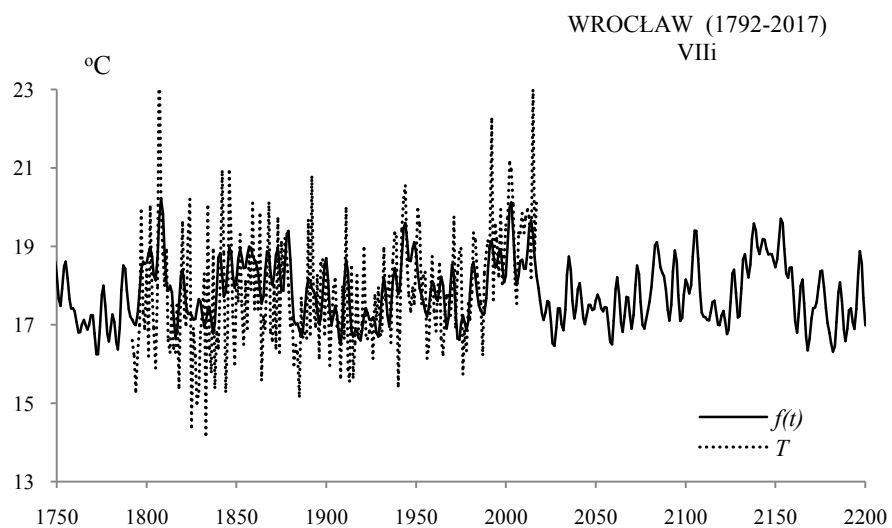
Rys. 174. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 174. Air temperature changes in Wrocław in August in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 175. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 175. Air temperature changes in Wrocław in August in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 176. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w sierpniu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 176. Air temperature changes in Wrocław in August in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

WRZESIEŃ (IX)

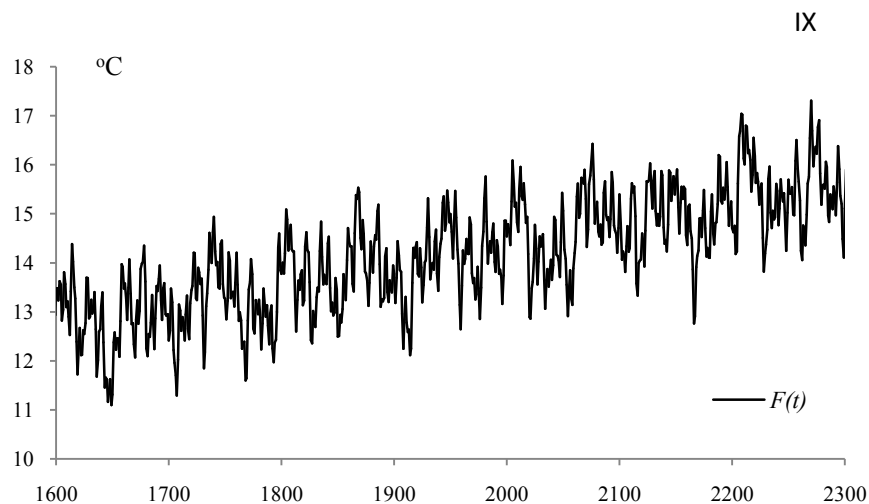
Tabela 43. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 43. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in September in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)=5,701608+0,004326t + \dots ; R= 0,54617$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,4	0,350644	-2,641398	2,206	0,165	3,854
6,3	0,408710	-0,415781	2,187	0,189	5,087
8,7	0,265730	-2,520363	2,222	0,142	2,833
12,1	0,326095	-1,892711	2,213	0,155	3,406
16,1	0,328780	0,873532	2,206	0,165	3,854
20,6	0,318492	-1,096095	2,211	0,158	3,534
29,1	0,343534	0,966238	2,176	0,201	5,810
34,3	0,171020	-2,054898	2,235	0,120	2,014
66,6	0,516230	0,610930	2,142	0,235	8,093
123,3	0,193472	1,489692	2,242	0,106	1,577



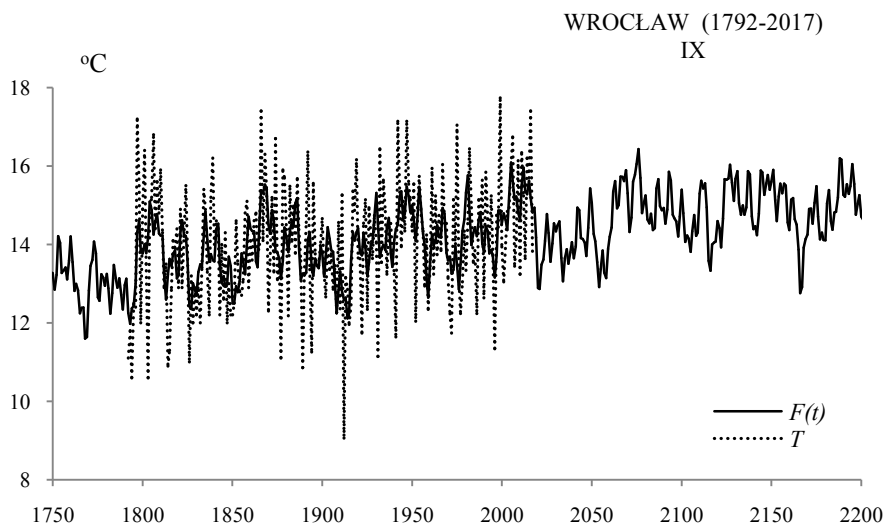
Rys. 177. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 177. Spectrum of air temperature in Wrocław in September in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



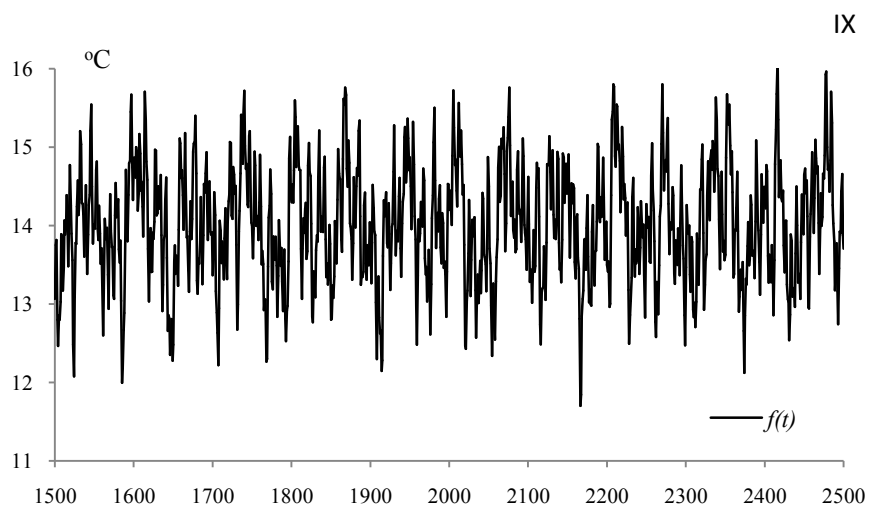
Rys. 178. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1600-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 178. Air temperature changes in Wrocław in September in the years 1600-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

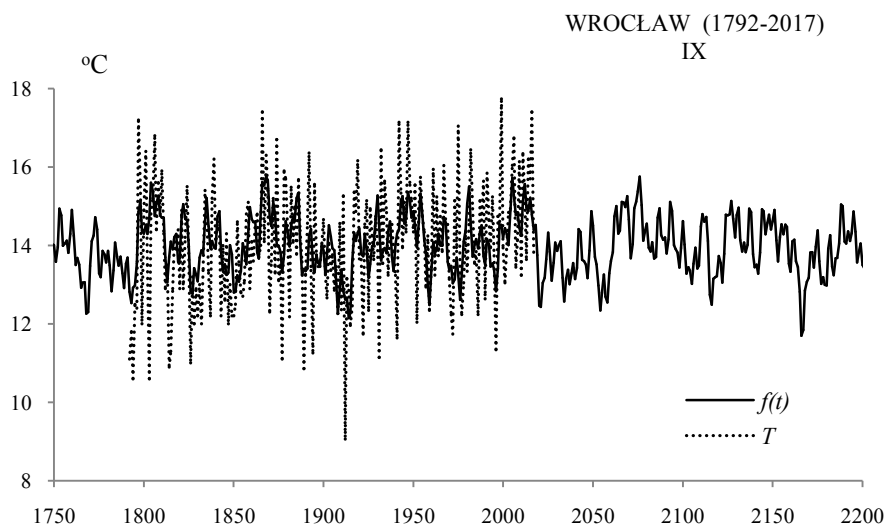


Rys. 179. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 179. Air temperature changes in Wrocław in September in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 180. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 180. Air temperature changes in Wrocław in September in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



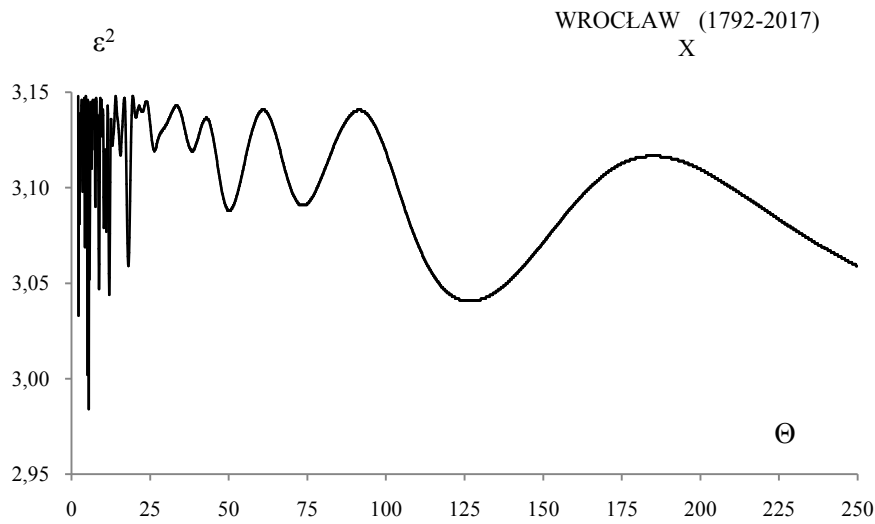
Rys. 181. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu we wrześniu w latach 1750-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 181. Air temperature changes in Wrocław in September in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

PAŹDZIERNIK (X)

Tabela 44. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

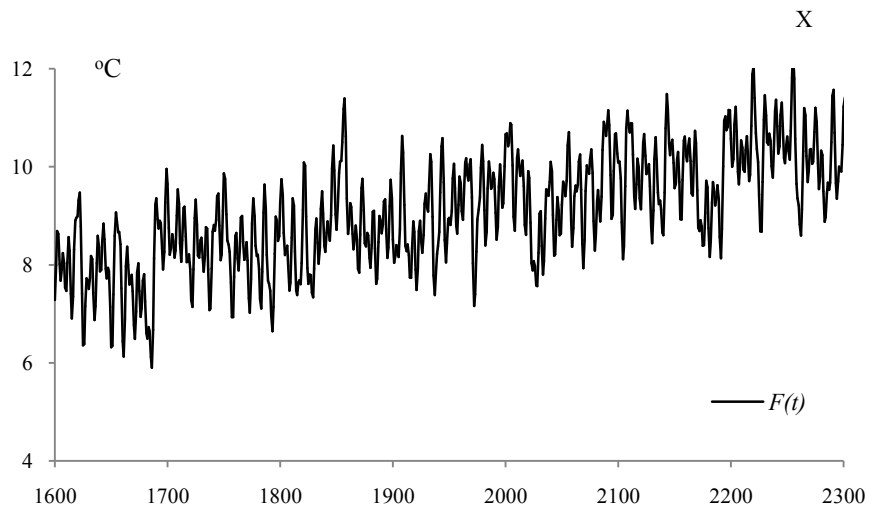
Table 44. . Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in October in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = 1,472423 - 0,00390 t + \dots ; R = 0,505457$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,1	0,528949	0,597656	3,002	0,215	6,716
8,7	0,482252	-0,365354	3,047	0,179	4,579
11,1	0,335120	1,006233	3,077	0,150	3,189
12,0	0,390913	2,124532	3,044	0,182	4,720
18,1	0,413831	-1,791681	3,059	0,168	4,020
26,3	0,245990	-1,379011	3,119	0,096	1,288
38,4	0,200937	-0,181211	3,119	0,096	1,288
50,2	0,352462	2,211264	3,088	0,138	2,686
73,6	0,201895	0,381106	3,091	0,135	2,549
126,6	0,359806	-2,486234	3,041	0,184	4,860

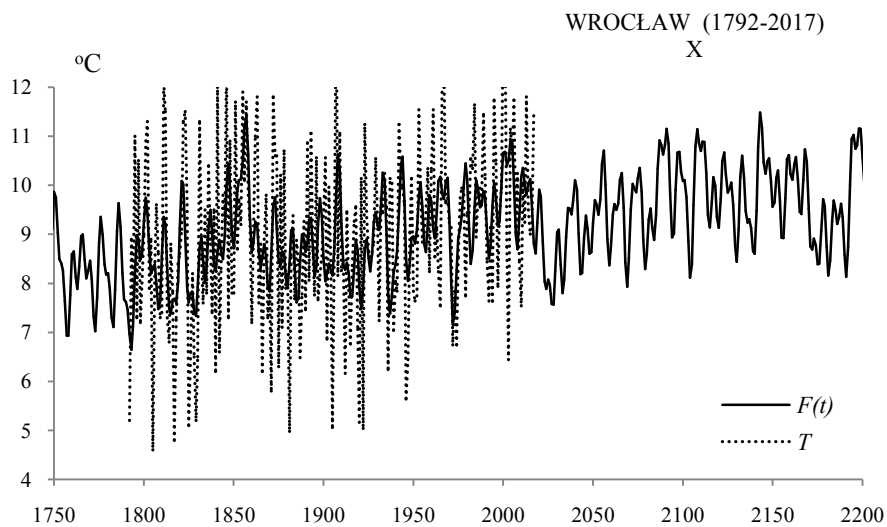


Rys. 182. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

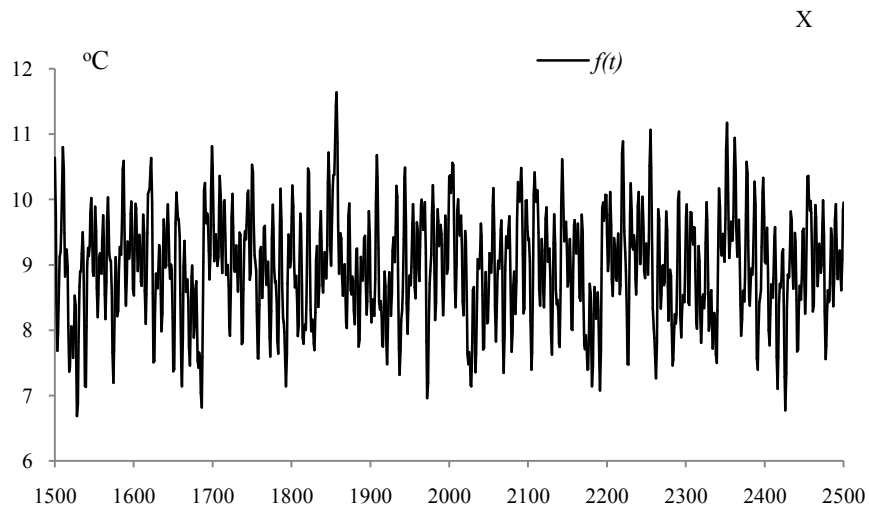
Fig. 182. Spectrum of air temperature in Wrocław in October in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



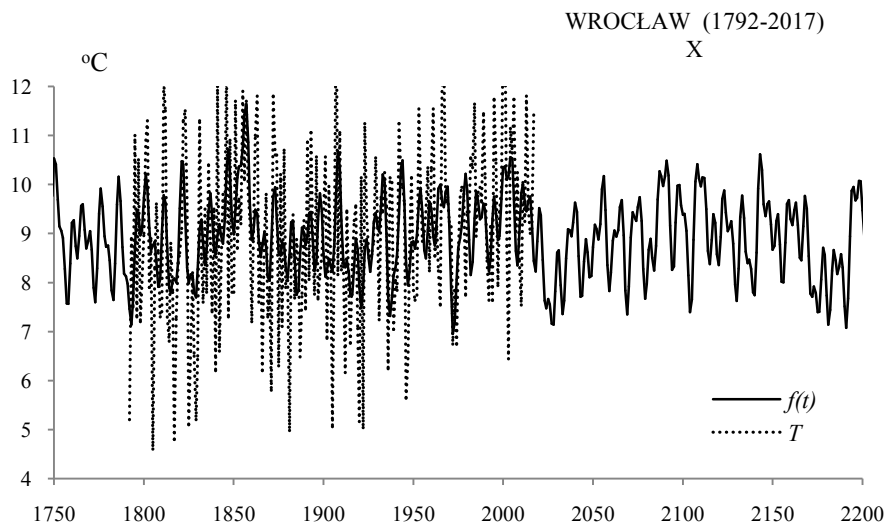
Rys. 183. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1600-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 183. Air temperature changes in Wrocław in October in the years 1600-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 184. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 184. Air temperature changes in Wrocław in October in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 185. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 185. Air temperature changes in Wrocław in October in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 186. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w październiku w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 186. Air temperature changes in Wrocław in October in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

LISTOPAD (XI)

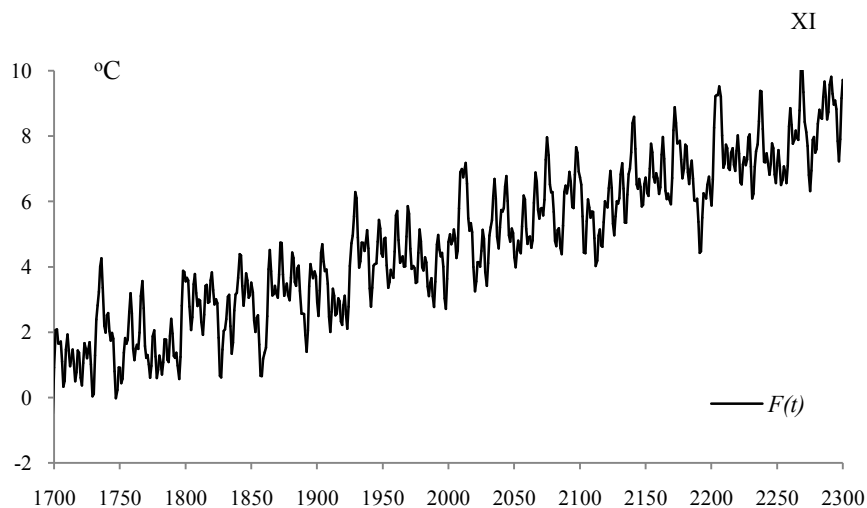
Tabela 45. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 45. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in November in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -19,7506 + 0,012222t + \dots ; R = 0,587692$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,4	0,489860	-1,988704	4,378	0,159	3,564
8,1	0,463278	0,827510	4,379	0,158	3,531
10,7	0,554870	0,797840	4,300	0,206	6,131
16,1	0,374284	2,002169	4,374	0,161	3,693
21,1	0,375585	-0,765870	4,380	0,157	3,499
27,8	0,487695	-0,887189	4,361	0,170	4,115
33,3	0,456659	0,212484	4,348	0,178	4,540
40,9	0,310567	0,783626	4,397	0,145	2,952
68,2	0,390959	-1,837804	4,412	0,133	2,473
112,7	0,193769	0,018159	4,463	0,079	0,867

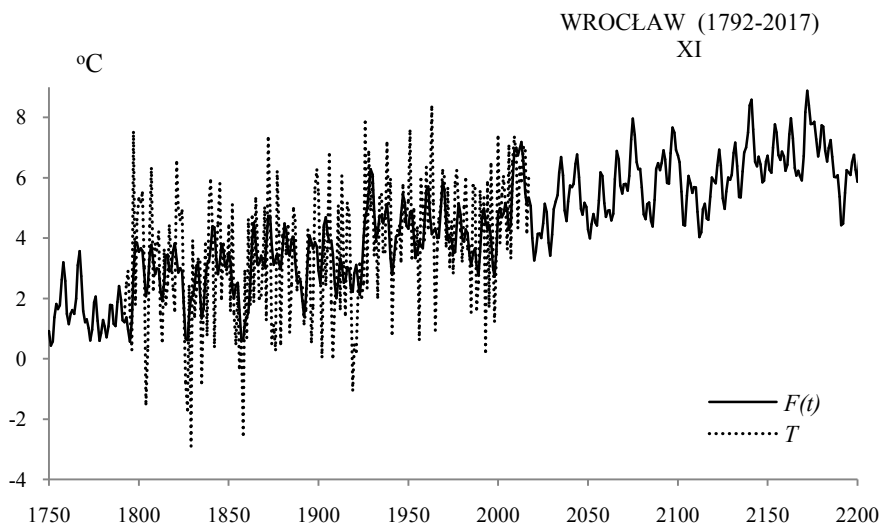


Rys. 187. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

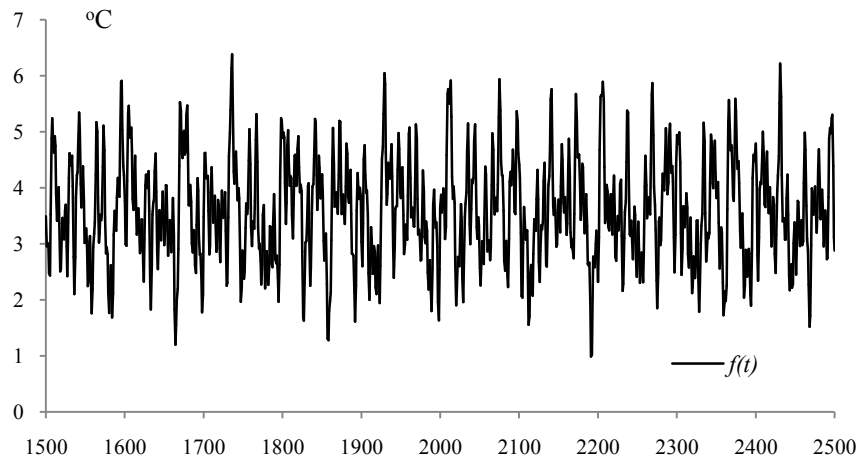
Fig. 187. Spectrum of air temperature in Wrocław in November in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



Rys. 188. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)
Fig. 188. Air temperature changes in Wrocław in November in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)

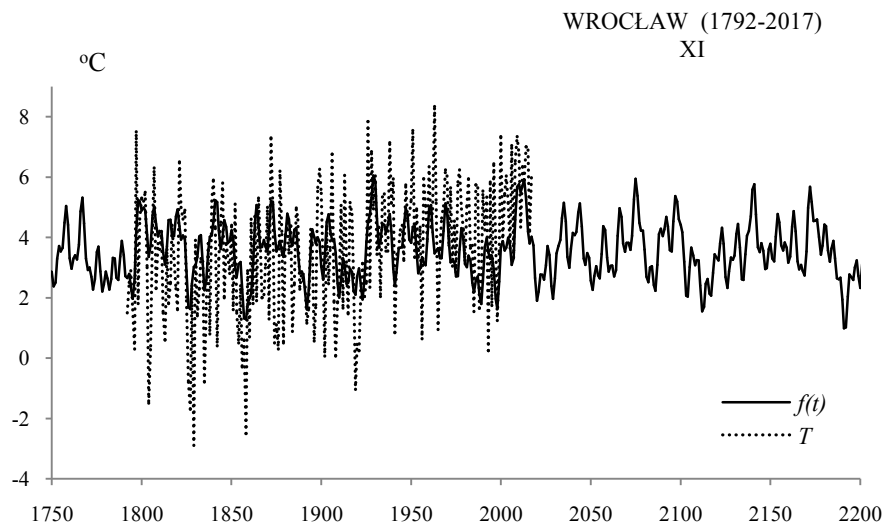


Rys. 189. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)
Fig. 189. Air temperature changes in Wrocław in November in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 190. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 190. Air temperature changes in Wrocław in November in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 191. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w listopadzie w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 191. Air temperature changes in Wrocław in November in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

GRUDZIEŃ (XII)

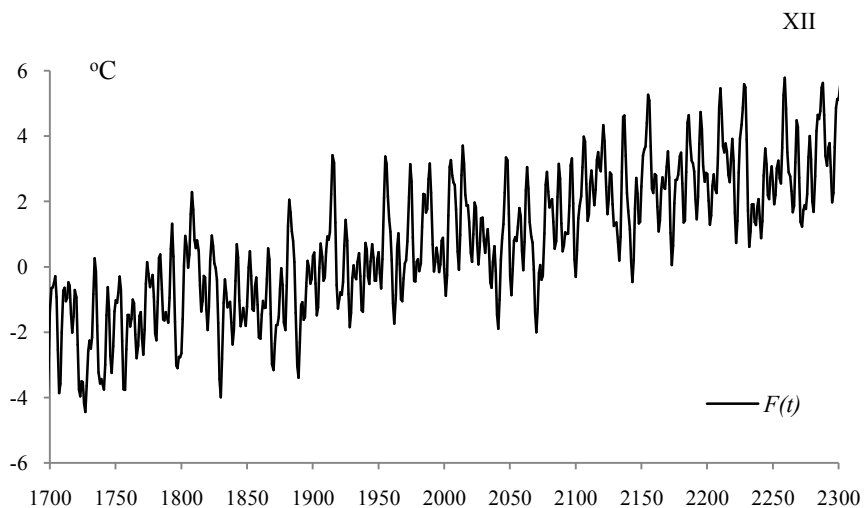
Tabela 46. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 46. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in December in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -19,2651 + 0,010017t + \dots ; R = 0,51074$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
4,9	0,724505	1,925506	8,414	0,172	4,212
8,2	0,700565	-2,425696	8,392	0,179	4,584
10,1	0,707604	-2,015618	8,380	0,183	4,789
15,0	0,727943	-1,586974	8,361	0,189	5,113
18,3	0,557290	3,079028	8,452	0,159	3,572
25,0	0,319466	-0,442457	8,554	0,116	1,884
34,1	0,566573	0,566934	8,464	0,154	3,372
49,9	0,325612	-0,267327	8,583	0,101	1,411
100,8	0,395594	2,159263	8,568	0,109	1,656
178,9	0,387455	1,367993	8,489	0,145	2,955



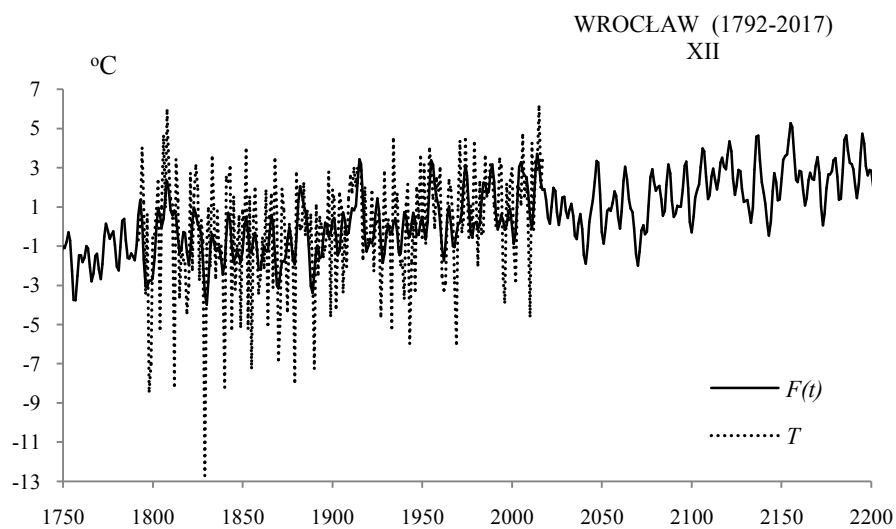
Rys. 192. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 192. Spectrum of air temperature in Wrocław in December in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



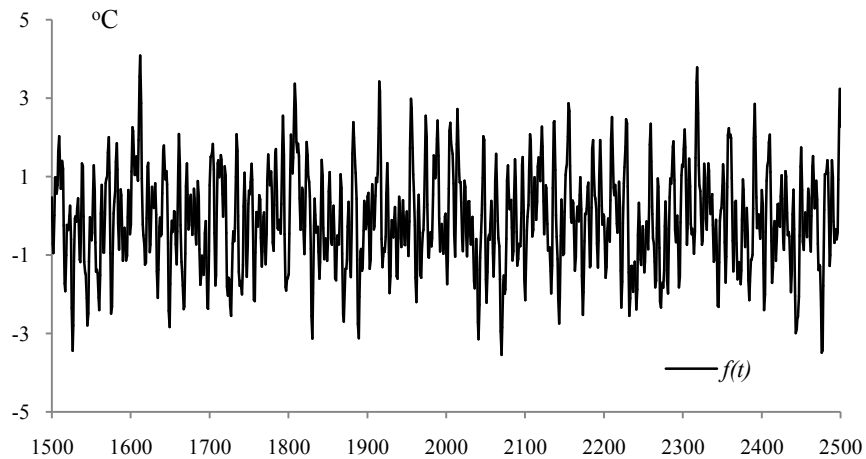
Rys. 193. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 193. Air temperature changes in Wrocław in December in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



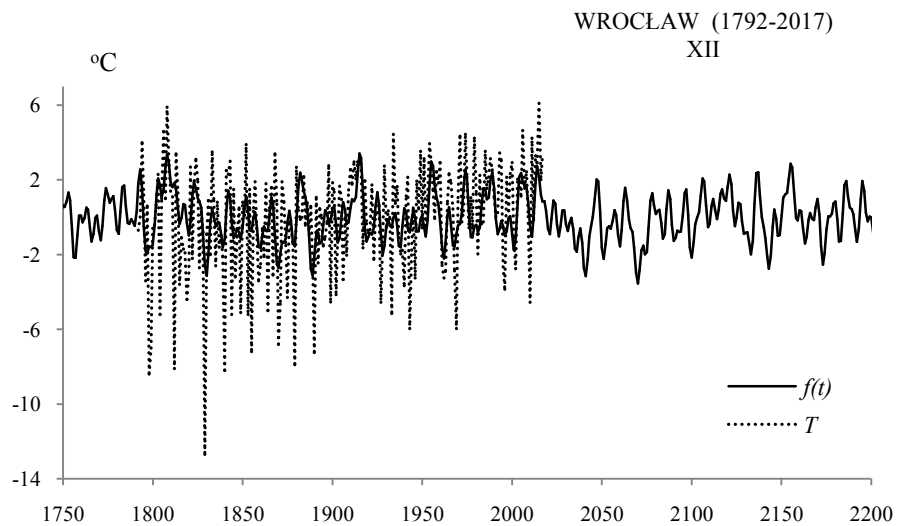
Rys. 194. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 194. Air temperature changes in Wrocław in December in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 195. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 195. Air temperature changes in Wrocław in December in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 196. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w grudniu w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 196. Air temperature changes in Wrocław in December in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w tysiącleciu 1500-2500 (pory roku, rok)

WIOSNA (III-V)

Tabela 47. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

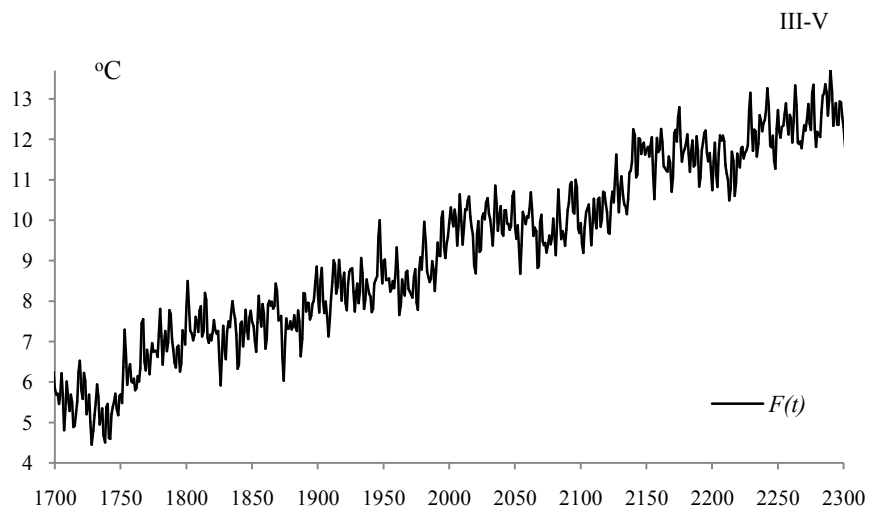
Table 47. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in spring in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -14,9852 + 0,012111t + \dots$; $R = 0,646573$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,4	0,296748	-2,195253	2,171	0,141	2,784
4,4	0,274636	-1,159754	2,180	0,125	2,203
6,9	0,281416	1,458971	2,175	0,134	2,525
11,3	0,289423	-0,329778	2,157	0,162	3,698
16,3	0,246601	-1,516856	2,169	0,144	2,914
28,2	0,207025	0,681183	2,173	0,137	2,655
47,4	0,193610	0,346551	2,167	0,147	3,044
77,3	0,145561	1,603026	2,122	0,205	6,035
119,0	0,314320	1,162919	2,122	0,205	6,035
178,9	0,257396	0,384695	2,155	0,164	3,829



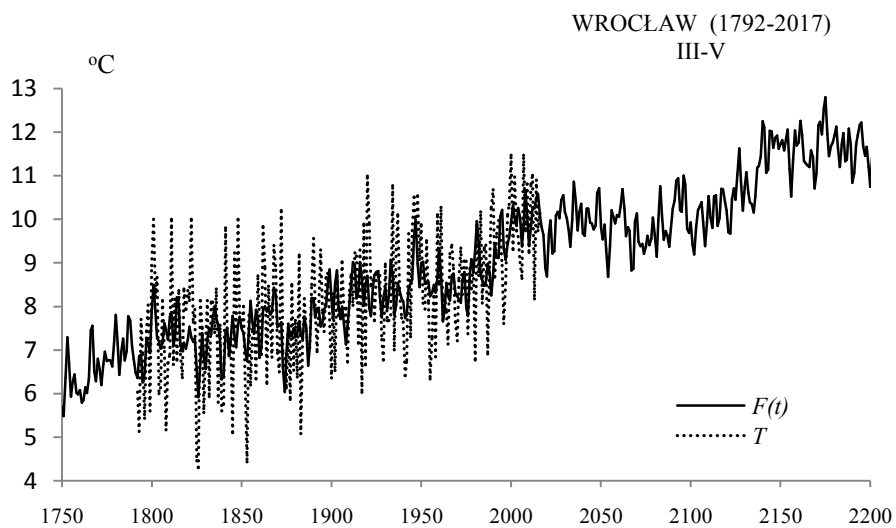
Rys. 197. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 197. Spectrum of air temperature in Wrocław in spring in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



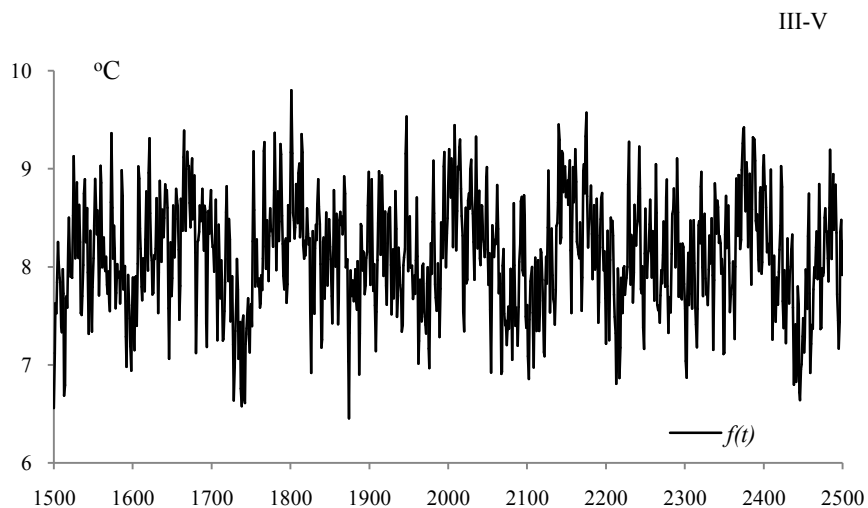
Rys. 198. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 198. Air temperature changes in Wrocław in spring in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



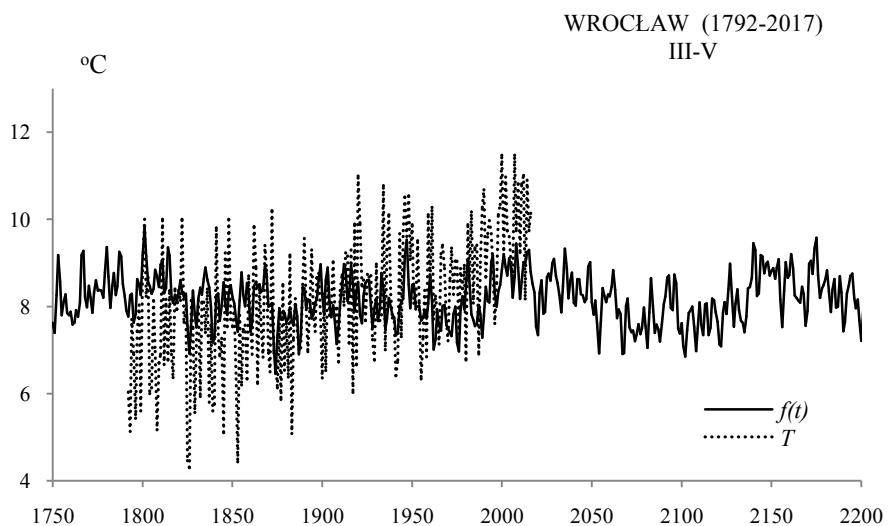
Rys. 199. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 199. Air temperature changes in Wrocław in spring in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 200. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 200. Air temperature changes in Wrocław in spring in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



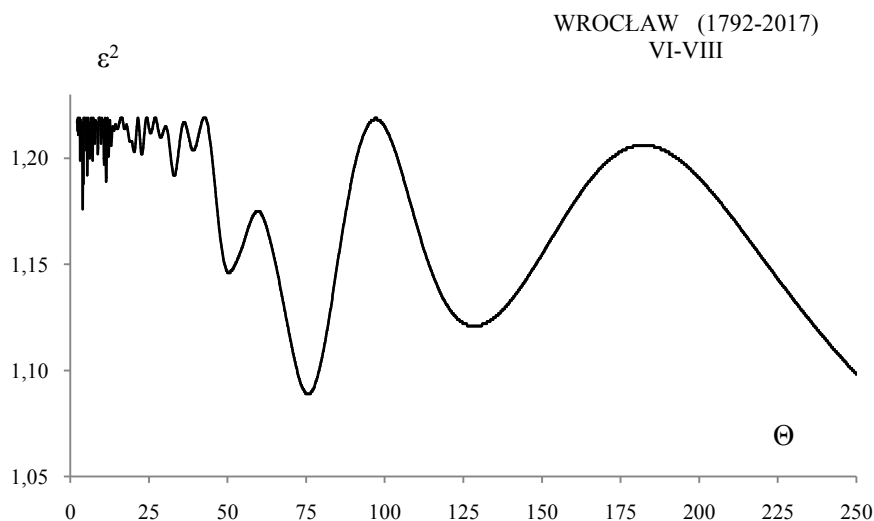
Rys. 201. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu wiosną w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 201. Air temperature changes in Wrocław in spring in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

LATO (VI-VIII)

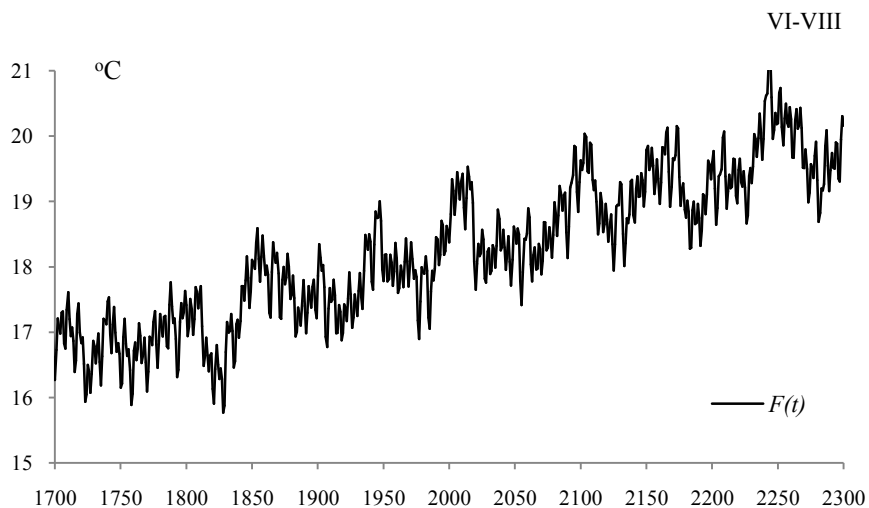
Tabela 48. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 48. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in summer in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t)= 6,328367+0,005959t + \dots ; R= 0,654795$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,9	0,299124	-0,764675	1,176	0,189	5,102
7,1	0,191259	1,730512	1,199	0,130	2,357
8,7	0,165001	-2,912413	1,202	0,120	2,007
11,4	0,220558	3,014931	1,189	0,158	3,537
22,8	0,139021	-0,304433	1,202	0,120	2,007
33,1	0,162682	-2,299672	1,192	0,150	3,181
39,1	0,091121	-1,264010	1,204	0,113	1,774
50,5	0,296613	-2,565415	1,146	0,245	8,848
75,6	0,372552	-2,597726	1,089	0,327	16,534
128,5	0,207419	-1,676261	1,121	0,284	12,123



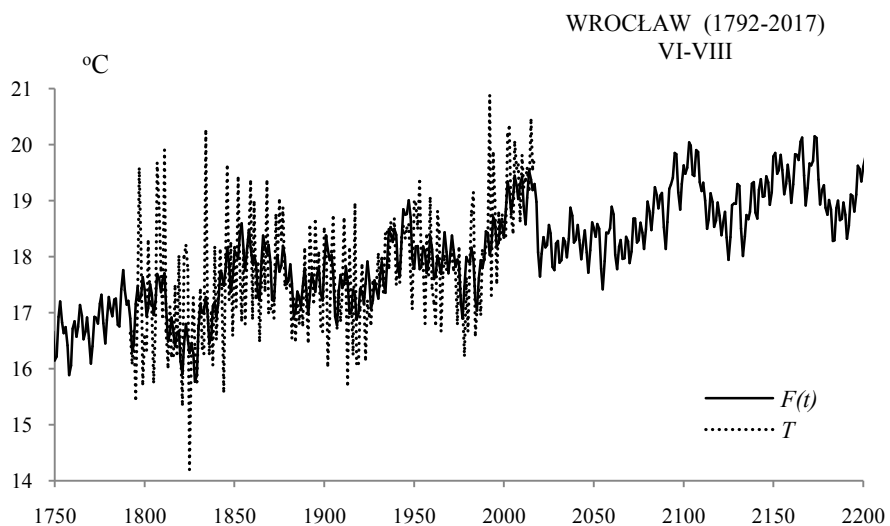
Rys. 202. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 202. Spectrum of air temperature in Wrocław in summer in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



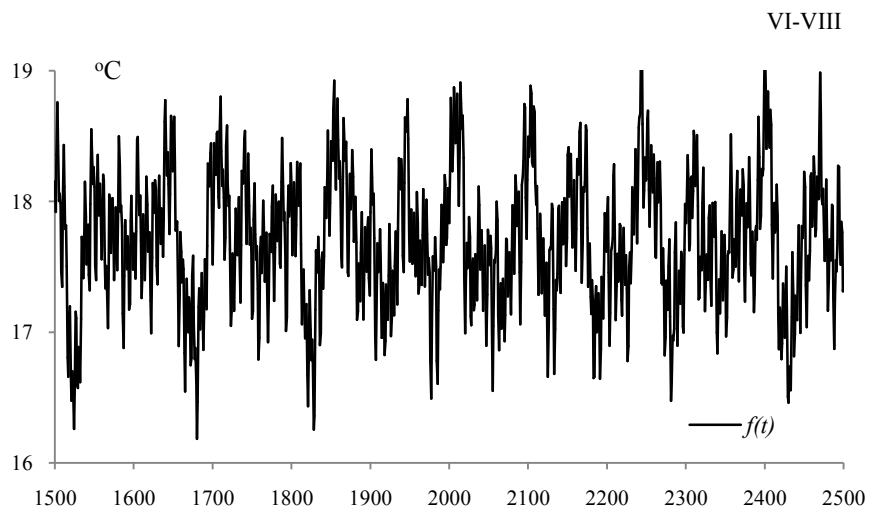
Rys. 203. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2300)

Fig. 203. Air temperature changes in Wrocław in summer in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2300)



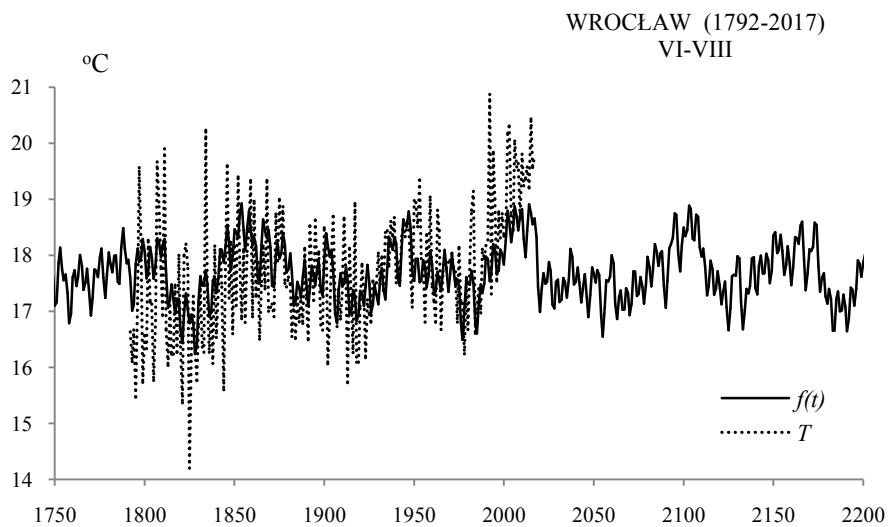
Rys. 204. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1800-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 204. Air temperature changes in Wrocław in summer in the years 1800-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 205. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 205. Air temperature changes in Wrocław in summer in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 206. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w lecie w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

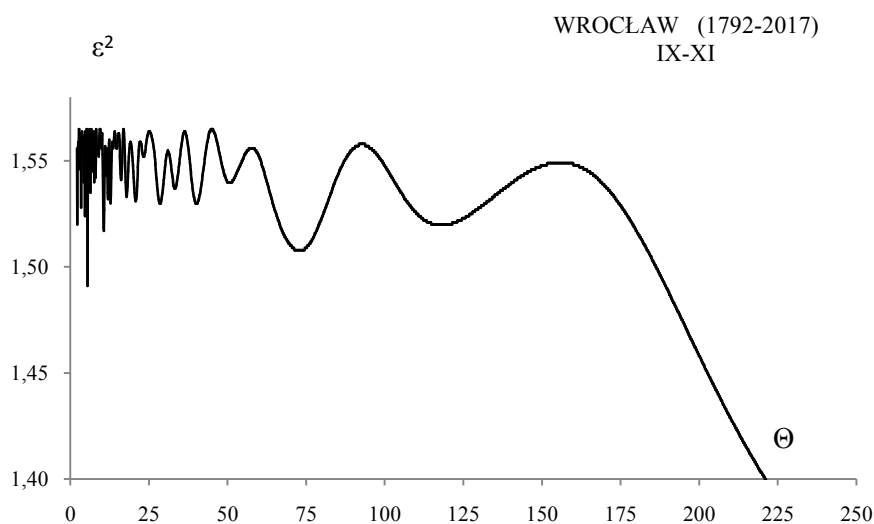
Fig. 206. Air temperature changes in Wrocław in summer in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

JESIEŃ (IX-XI)

Tabela 49. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

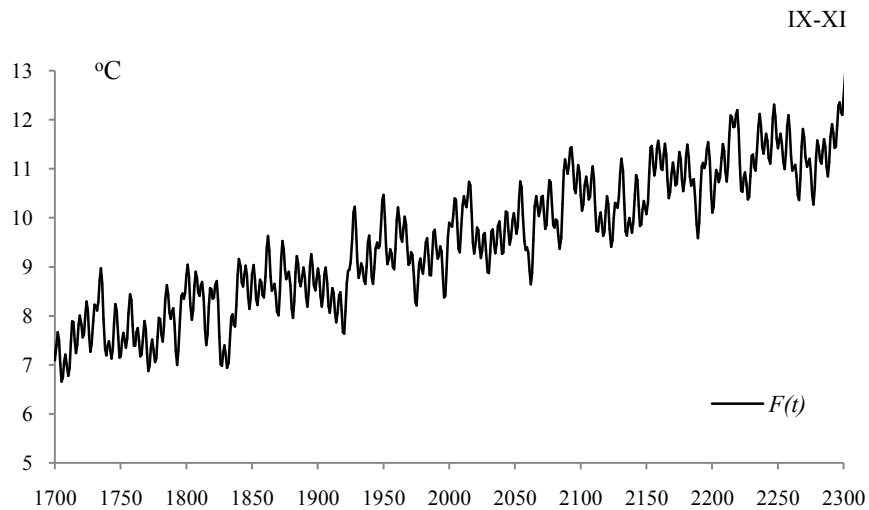
Table 49. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in autumn in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -5,29583 + 0,007406 t + \dots ; R = 0,602043$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
5,5	0,366148	-1,646496	1,491	0,218	6,872
10,7	0,263064	0,712128	1,517	0,176	4,389
12,8	0,222401	-1,135922	1,53	0,150	3,180
17,9	0,225316	3,036215	1,533	0,144	2,903
20,8	0,220869	-2,074835	1,531	0,148	3,087
28,6	0,209356	-1,117680	1,53	0,150	3,180
40,2	0,174521	1,625886	1,53	0,150	3,180
50,7	0,170575	-1,635737	1,54	0,127	2,263
72,9	0,312990	-2,696093	1,508	0,191	5,239
118,0	0,128423	-2,703660	1,52	0,170	4,108



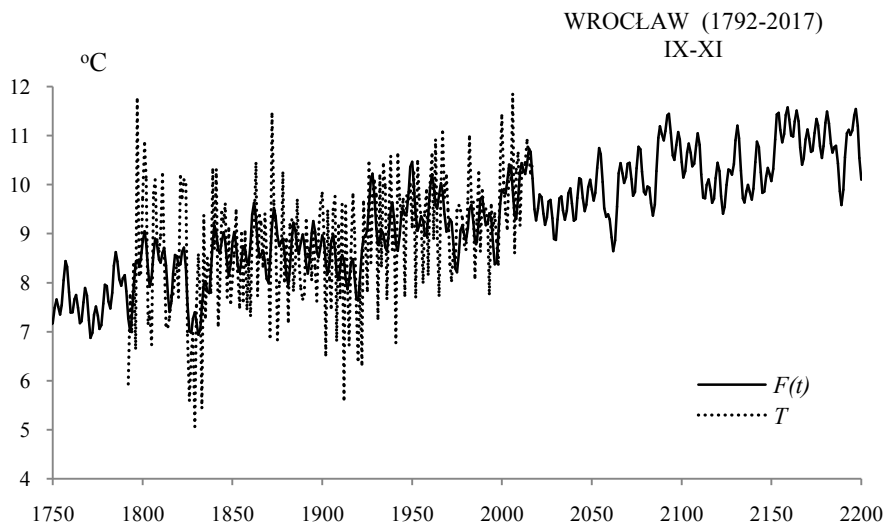
Rys. 207. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 207. Spectrum of air temperature in Wrocław in autumn in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



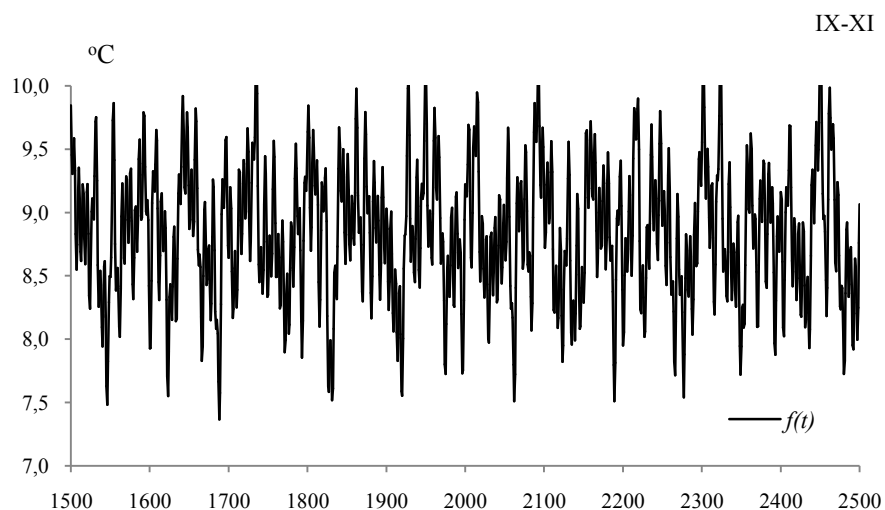
Rys. 208. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1700-2300, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2300)

Fig. 208. Air temperature changes in Wrocław in autumn in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2300)



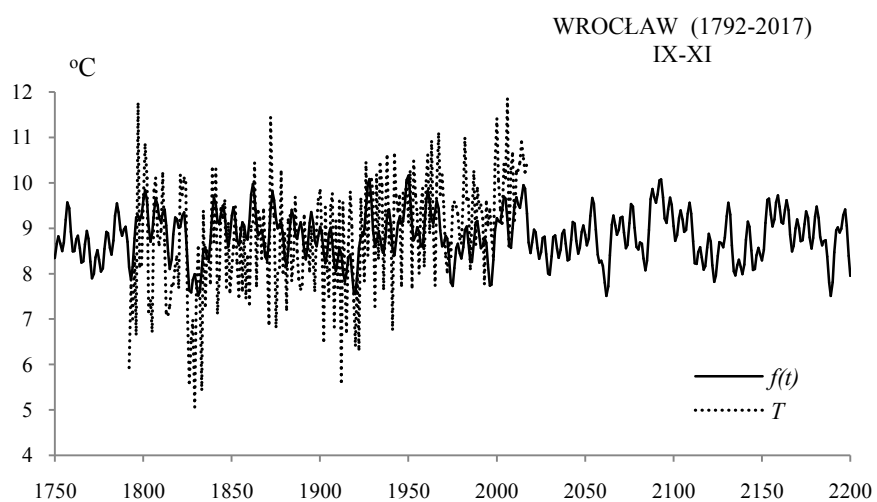
Rys. 209. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1750-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 209. Air temperature changes in Wrocław in autumn in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 210. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 210. Air temperature changes in Wrocław in autumn in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



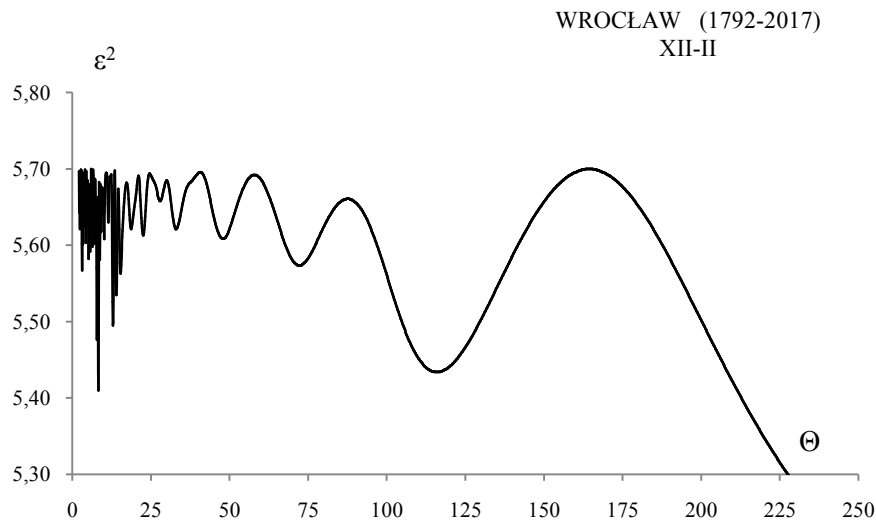
Rys. 211. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu jesienią w latach 1750-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 211. Air temperature changes in Wrocław in autumn in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

ZIMA (XII-II)

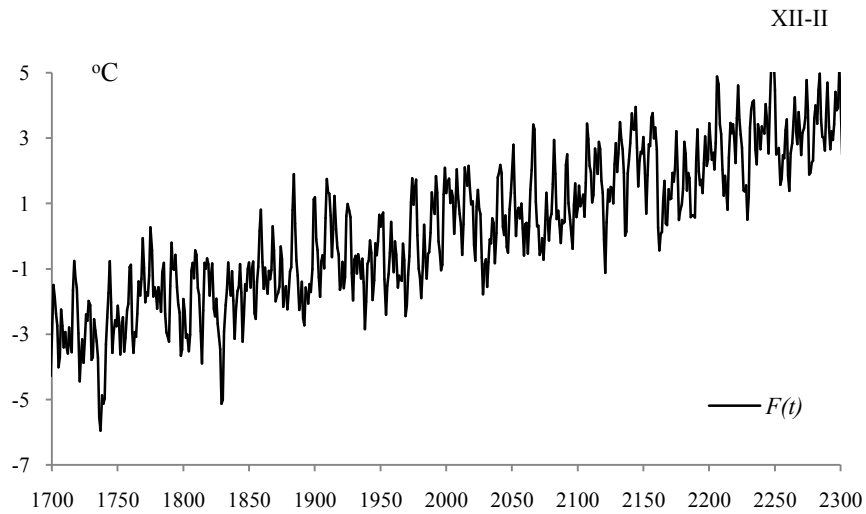
Tabela 50. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora
Table 50. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in winter in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -21,7853 + 0,010985t + \dots ; R = 0,574823$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,1	0,506221	-2,665826	5,567	0,153	3,289
5,2	0,508600	-0,473602	5,582	0,144	2,909
8,3	0,752201	1,881296	5,41	0,225	7,389
12,9	0,583630	0,602526	5,495	0,190	5,140
15,3	0,516862	1,076941	5,563	0,155	3,391
22,6	0,444088	-0,608553	5,613	0,123	2,131
33,0	0,295871	1,714726	5,621	0,117	1,932
47,9	0,365291	2,331388	5,609	0,126	2,231
72,2	0,292205	-2,444433	5,574	0,148	3,112
115,9	0,391004	-0,681304	5,434	0,216	6,747



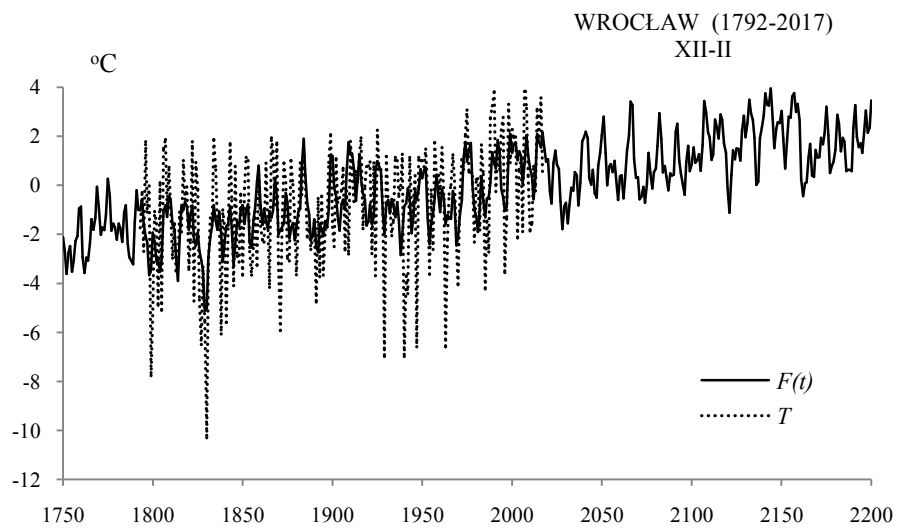
Rys. 212. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 212. Spectrum of air temperature in Wrocław in winter in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



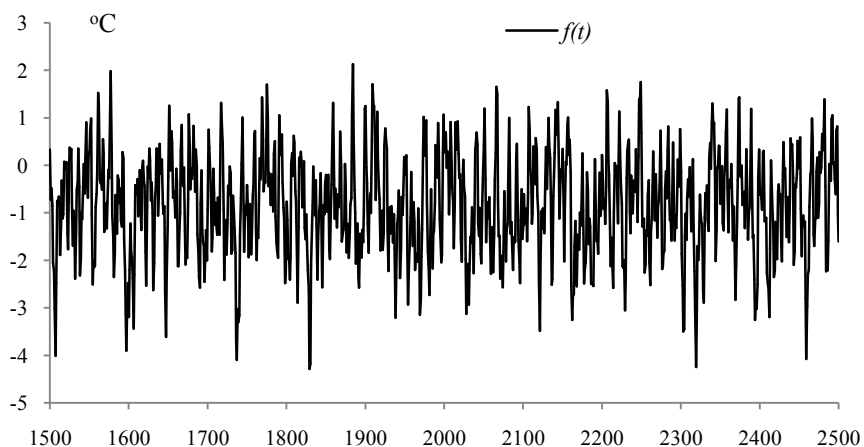
Rys. 213. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2530)

Fig. 213. Air temperature changes in Wrocław in winter in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2300)



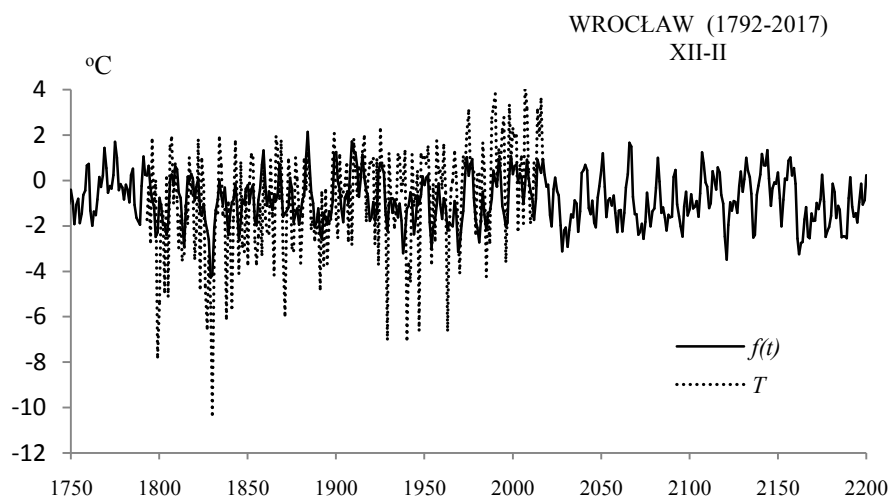
Rys. 214. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 214. Air temperature changes in Wrocław in winter in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 215. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 215. Air temperature changes in Wrocław in winter in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 216. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w zimie w latach 1750-2200, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

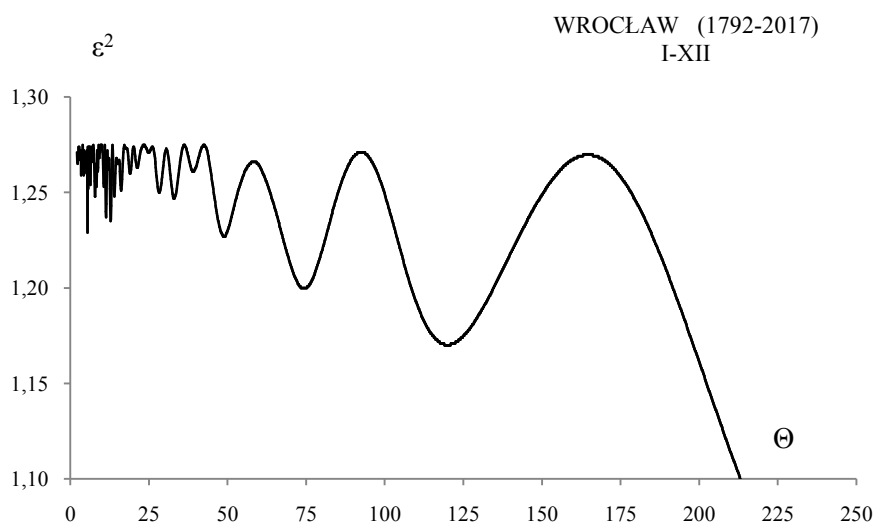
Fig. 216. Air temperature changes in Wrocław in winter in the years 1750-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

ROK (I-XII)

Tabela 51. Okresy Θ , amplitudy b i fazy c cykli temperatury powietrza we Wrocławiu w roku, w latach 1792-2017, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora

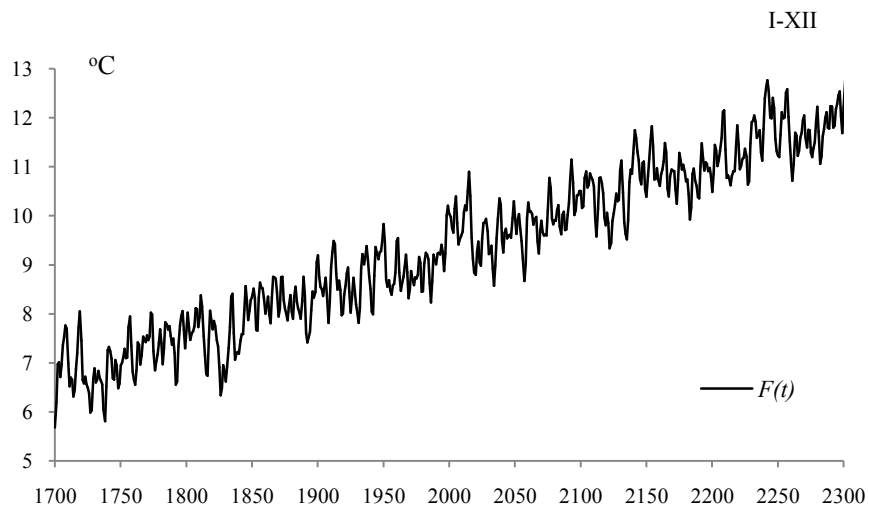
Table 51. Periods Θ , amplitudes b and phases c of air temperature in Wrocław in year in years 1792-2017, (ε^2 – rest variance, R – multiple correlation coefficient, F_{obl} – F-test)

$F(t) = -9,009284 + 0,009160 t + \dots ; R = 0,727732$					
Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,4	0,171014	-2,577188	1,259	0,112	1,752
5,5	0,280737	-1,535092	1,229	0,190	5,163
7,8	0,209389	0,164314	1,248	0,145	2,983
11,4	0,236914	2,928128	1,237	0,173	4,237
12,8	0,271017	-0,328886	1,235	0,177	4,467
16,2	0,171878	-0,205831	1,251	0,137	2,645
33,0	0,140835	2,478637	1,247	0,148	3,096
48,9	0,234877	1,739462	1,227	0,194	5,396
74,3	0,197071	1,166802	1,200	0,243	8,623
120,0	0,110501	3,113485	1,170	0,287	12,382



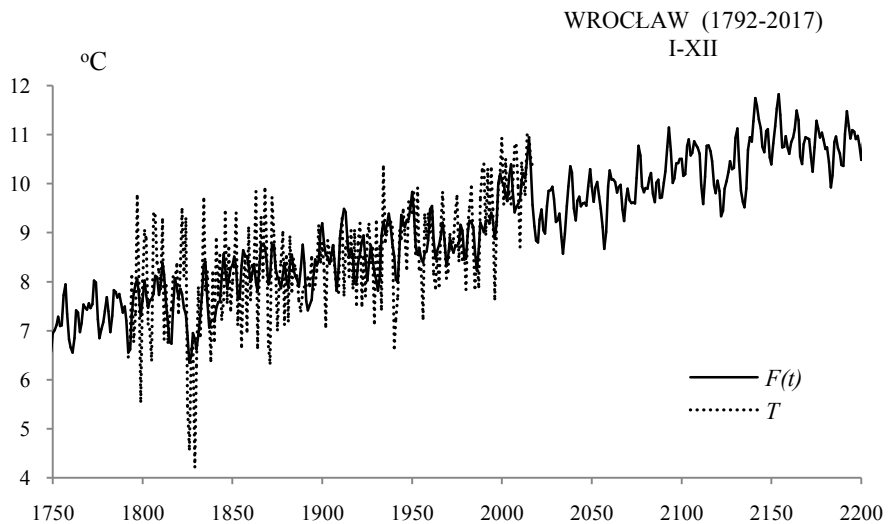
Rys. 217. Widmo temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1792-2017 (w paśmie 2,0-250 lat, $\Delta\Theta = 0,1$ roku)

Fig. 217. Spectrum of air temperature in Wrocław in year in the years 1792-2017 (in the strip 2,0-250 years, $\Delta\Theta = 0,1$ year)



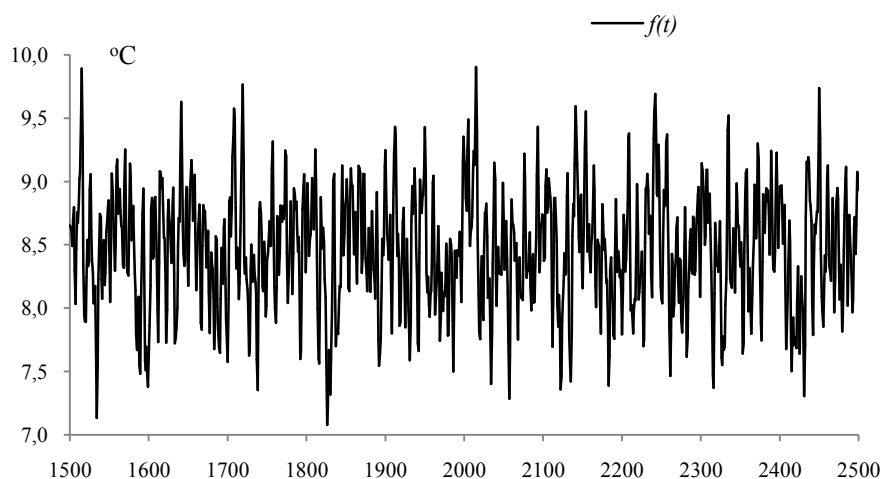
Rys. 218. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1700-2300 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2300)

Fig. 218. Air temperature changes in Wrocław in year in the years 1700-2300. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2300)



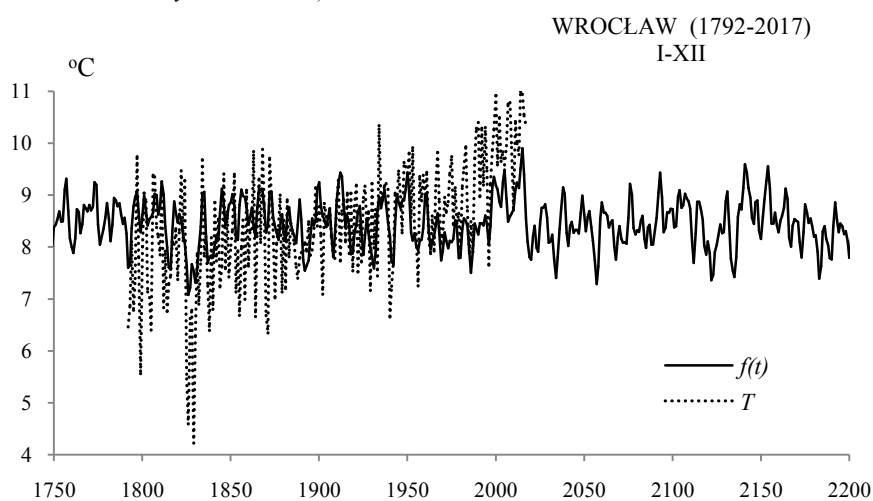
Rys. 219. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1750-2200 , $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 219. Air temperature changes in Wrocław in year in the years 1750-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200); T – values measured (1792-2017)



Rys. 220. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1500-2500 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2500)

Fig. 220. Air temperature changes in Wrocław in year in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2500)



Rys. 221. Zmiany temperatury powietrza we Wrocławiu w roku w latach 1750-2200 , $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2018-2200); T – wartości zmierzone (1792-2017)

Fig. 221. Air temperature changes in Wrocław in year in the years 175-2200. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2018-2200), T – values measured (1792-2017)

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

MARIA STOPA-BORYCZKA , JERZY BORYCZKA

**XXXVIII-XXXIX. POSTĘP BADAŃ ZMIAN KLIMATU
WARSZAWY W OSTATNICH STULECIACH
(XVIII-XXI)**

atlas

**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

**68 LAT
KLIMATOLOGII
W UNIWERSYTECIE WARSZAWSKIM**

Warszawa 2018

c

420

VII. PROBLEMY BADAŃ WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU ZIEMI

Współczesne zmiany klimatu są jednym z ważniejszych problemów badawczych nauk przyrodniczych i społeczno-ekonomicznych. Istotne znaczenie dla ochrony życia na Ziemi ma znajomość tendencji zarówno naturalnych, jak też antropogenicznych zmian klimatu.

Na naturalną zmienność klimatu, wynikającą z przyczyn zewnętrznych (astronomicznych) i wewnętrznych (geologicznych) systemu Ziemia- atmosfera, nakładają się efekty oddziaływań antropogenicznych.

W ostatnich latach w publikacjach o zmianach klimatu zwraca się uwagę, że zagrożeniem życia na naszej planecie może być zbyt duża emisja do atmosfery: dwutlenku węgla (CO_2), podtlenku azotu (N_2O), freonów (CCl_2F_2 , CCl_3F) i innych gazów, tzw. szklarniowych, wywołujących efekt cieplarniany – ocieplenie klimatu półkuli północnej w ostatnich dwóch stuleciach. Globalne ocieplenie w różnych strefach kuli ziemskiej są przypisywane przede wszystkim antropogenicznej części efektu cieplarnianego atmosfery. Powstał Światowy Program Klimatyczny na lata 1980-2000 badań i prognoz klimatu. W roku 1990 na zlecenie Organizacji Narodów Zjednoczonych powstał Międzynarodowy Zespół ds. Zmian Klimatu IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change).

Postępującemu globalnemu ociepleniu klimatu przypisywany jest zwykle wzrost efektu cieplarnianego, wywołanego przez gazy szklarniowe – głównie dwutlenek węgla (CO_2). W modelach wg scenariuszy $2\times\text{CO}_2$ ocenia się, że po podwojeniu stężenia CO_2 w atmosferze (względem stanu początkowego 280 ppm) nastąpi wzrost temperatury powietrza o 0,1-4,0°C, w zależności od szerokości geograficznej.

W raporcie IPCC (1990) przewidywano wzrost temperatury powietrza na Ziemi w roku 2030 o 1,5-4,5 °C, a w IPCC (1995) prognozowano o połowę mniejsze przyrosty antropogeniczne temperatury powietrza o 1-3,5 °C w roku 2100 (po uwzględnieniu rozpraszania promieniowania słonecznego przez aerozole siarczanowe, pochodzące z emisji do atmosfery SO_2).

W raportach IPCC: 2001, 2007 i 2012 stwierdza się coraz większą liczbę ekstremalnych (katastroficznych) zjawisk pogodowych (susze, huraganów, powodzi). Prognozowane jest ocieplenie klimatu (w raportach: 2001 – o 1,4-5,8 °C, 2007 – o 1,1-6,4 °C), a następnie o 3,2-5,4 °C pod koniec XXI wieku (w odniesieniu do lat 1850-1900) lub o 0,9-2,3 °C, gdy zawartość CO_2 przy redukcji spalania węgla wyniesie 430-480 ppm.

Mało znane są jednak tendencje koncentracji w atmosferze naturalnych gazów śladowych (pary wodnej, naturalnego CO_2), które powodują zasadniczą część naturalną efektu cieplarnianego – w latach przedindustrialnych + 33 °C (różnica między temperaturą ówczesną, a planetarną).

O istnieniu efektu cieplarnianego w atmosferze (wywołanego głównie przez parę wodną i CO_2) świadczy równanie bilansu promieniowania słonecznego padającego na oświetloną powierzchnię Ziemi (πR^2) i długofalowego Ziemi ($4\pi R^2$):

$$0,25(1-A)s = aT \quad (1)$$

gdzie: s – stała słoneczna, A – albedo Ziemi, a – stała Stefana-Boltzmana.

Temperatura planetarna Ziemi $T = 254^\circ\text{K}$ jest znacznie mniejsza (o 2-4°C) od średniej temperatury wynikającej z pomiarów.

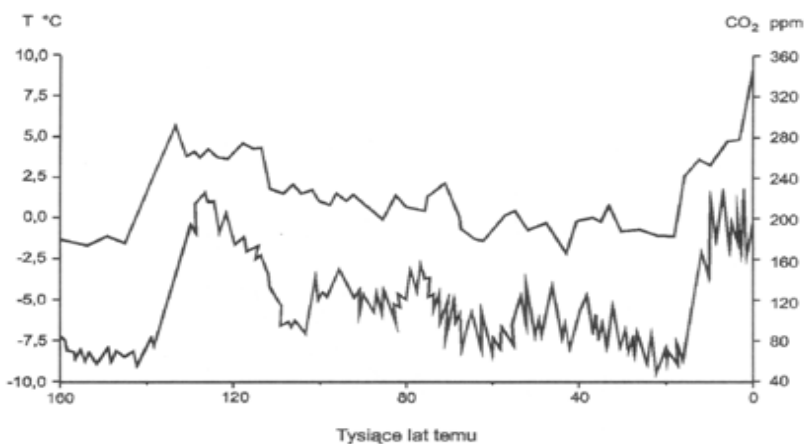
Ze względu na sprzężenie zwrotne między efektem cieplarnianym pary wodnej i temperatury powietrza wzrost stałej słonecznej powoduje dwukrotny przyrost tempera-

tury (Wetherald i Manabe 1975). Zmiany ilości energii słonecznej dochodzącej do powierzchni Ziemi wynikają zarówno z długookresowych zmian parametrów orbity Ziemi (Milankovič 1938), jak też zmiennej aktywności Słońca (Kondratiev i Nikolski 1974).

Interesujące są wyniki badań stężenia CO₂ i temperatury (wg izotopu deuteru) w ciągu ostatnich 160 000 lat na podstawie rdzeni lodowych na stacji Vostok (WMO 1990, rys. 1). Zgodność dat dwóch głównych maksimum stężenia CO₂ i temperatury (współczesnych i odległych 125 000 lat temu) świadczy, że zawartość dwutlenku węgla w atmosferze może wynikać ze wzrostu temperatury powietrza.

Ocieplenie klimatu 125 000 lat temu było prawdopodobnie spowodowane znacznym wzrostem promieniowania słonecznego (maksimum krzywej Milankoviča ok. 125 000 lat temu). Tak więc było to naturalne ocieplenie, wynikające z nałożenia się trzech okresów zmian parametrów orbity Ziemi (92 000, 40 000, 21 000 lat). Regulatorem zawartości CO₂ w atmosferze (skorelowanej z temperatura powietrza) są prawdopodobnie wody oceanów. Wzrostowi temperatury powietrza na Ziemi na ogół przypisywane jest podnoszenie się poziomu oceanów – średnio o 10-25 cm w ciągu ostatniego stulecia. Poziom Morza Bałtyckiego w latach 1811-1990 (w Świnoujściu) wzrasta średnio o 5,7 cm/100 lat (najszybciej jesienią – o 6,8 cm i zimą – o 5,7 cm/100 lat).

W prognozach przewidywany jest dalszy wzrost poziomu oceanów – ekspansja oceanów (objętości wód) ze wzrostem temperatury i topnieniem lodowców. Według scenariusza emisji (IPCC 1995) poziom oceanów w roku 2100 podniesie się o prawie 50 cm (wg prognoz IPCC 1990 – o ponad 65 cm). Prognozuje się, że poziom oceanów podniesie się w roku 2100 o 15 cm – przy minimalnej emisji CO₂ i o 95 cm – przy emisji maksymalnej.



Rys. 1. Zmiany stężenia CO₂ w atmosferze (krzywa górna) i paleotemperatury (izotopu tlenu ¹⁸O, krzywa dolna) w ciągu ostatnich 160 000 lat na podstawie rdzeni lodowych na stacji Vostok (WMO, 1990)
Fig. 1. Changes of CO₂ concentration in the atmosphere (upper curve) and of the palaeotemperature (oxygen isotope ¹⁸O, lower curve) during the last 160,000 years on the basis of the ice cores from the Vostok station (WMO, 1990, *The atmosphere of the planet Earth*, No 735).

Istnieje też ujemne sprzężenie zwrotne wywołane wzrostem zawartości CO₂ w atmosferze (efektem cieplarnianym). Ze wzrostem temperatury powietrza wzrasta parowanie wód oceanów, powodując większe zachmurzenie. Zachmurzenie ogranicza dopływ promieniowania słonecznego (bezpośredniego) do powierzchni Ziemi, przeciwdziałając globalnemu ociepleniu.

Dopływ promieniowania słonecznego (bezpośredniego) do powierzchni Ziemi ograniczają pyły emitowane do atmosfery – pochodzenia antropogenicznego i naturalnego (z erupcji wulkanicznych). Pyły zmieniają istotnie bilans radiacyjny, powodując lokalne obniżenia temperatury powietrza.

Ochłodzenia klimatu wystąpiły podczas wiekowych minimów plam słonecznych: Maundera (1640-1710) i Daltona (1780-1830). Zauważono (Charvatova, Jestlik 1996), że podczas minimów wiekowych aktywności Słońca (co 179 lat) ruch środka masy Układu Słonecznego odbywa się po innych orbitach (chaotycznych) niż podczas maksimumów (po orbitach uporządkowanych). Podobne minimum wiekowe aktywności Słońca (i ochłodzenie klimatu) autorzy prognozują w połowie stulecia. XXI.

Podobnie Sezanow i Malkentin (1996) sugerują, że anomalne ciepłe zimy są wywołane specyficznym układem największych planet (Saturn, Neptun, Uran, które znajdują się w koniunkcji ze Słońcem i Ziemią) deformujących heliosferę własnymi polami grawitacyjnymi.

Znamienne jest, że minimum absolutne trendu czasowego temperatury powietrza w Europie w ostatnich dwóch stuleciach (1779-1990) przypada na minimum absolutne aktywności Słońca (na najsłabszy cykl 13-letni plam słonecznych 1811-1823) i jednocześnie na maksimum wiekowe aktywności wulkanicznej. Na początku XIX w. wystąpiły wybuchy wulkanów o największym wskaźniku zapylenia atmosfery *DVI* (dust veil index H. Lamba, 1974): Tambora – o *DVI* = 3000 w 1815 r., Coseguina – o *DVI* = 4000 w 1835 r.

Postępujące globalne ocieplenie może też wynikać z tendencji malejącej wskaźnika *DVI* w latach 1680-1980 i z większych odstępów czasu między kolejnymi wybuchami wulkanów. Na stałą słoneczną ma niewątpliwie wpływ drobny pył, pozostający w stratosferze przez wiele lat.

Okresowość zbliżoną do wiekowej (120 lat) i dwuwiekowej (190 lat), która najbardziej kształtuje współczesne wahania klimatu, występuje również w ciągach czasowych substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziornych sprzed 10 000 lat (w holocenie).

Te długie okresy: temperatury; aktywności Słońca i erupcji wulkanicznych (wiekowy i dwuwiekowy) powtarzają się wielokrotnie w przypadku akumulacji substancji organicznych.

W prognozach zmian klimatu w XXI wieku można pominąć bardzo powolne zmiany, spowodowane długimi okresami wahań parametrów orbity Ziemi (90 000, 40 000, 21 000 lat; Milanković, 1938). Można również pominąć najdłuższe holocenijskie cykle klimatu (powyżej 1000 lat), wykryte w ciągach czasowych substancji organicznych zdeponowanych w osadach jezior – Wikaryjskie, Gościąż, Święte (Boryczka, Wicik 1994). Ich ekstrema (ochłodzenia i ocieplenia) prawdopodobnie będą się powtarzać, gdyż analogicznej okresowości ulegają parametry Układu Słonecznego. W prognozach nie można jednak zaniedbać paruset letnich holocenijskich okresów, które kształtowały klimat Ziemi w ostatnich tysiącletniach. Być może, że współczesne ocieplenie jest efektem nałożenia się bardzo długiego holocenijskiego cyklu klimatu (jego fazy rosnącej) i zmienności antropogenicznej.

*) *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC (1990), IPCC (1995), IPCC (2001), IPCC (2007) i IPCC (2012).

7.1. Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja

Zmiany wiekowe klimatu Europy, rekonstrukcję i prognozy oraz ich sprawdzalność, ze szczególnym uwzględnieniem Polski (Warszawy) przedstawiono w tomie 33 *Atlasu*:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2015, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 444.

Niepokojące jest systematyczne ocieplenie klimatu Ziemi w ostatnich dwóch stuleciach. Średnia globalna temperatura powietrza w dwudziestym wieku wzrosła o 0,3-0,6°C. Na przykład w Europie przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze: w Warszawie (1779-2017) ($T=0,0121t-25,3674$, $R=0,349$) – co 1,2 °C/100 lat, Pradze (1771-1980) – co 0,25°C/100 lat, Genewie (1768-1980) – co 0,5°C/100 lat, Anglii środkowej (1859-1973) o 0,3°C/100 lat. Tendencja rosnąca temperatury powietrza w XIX-XX wieku może częściowo wynikać z tzw. miejskich wysp ciepła – z coraz większej akumulacji ciepła przez zabudowę i inne powierzchnie sztuczne o małym albedo. Po prostu szare miasta pochłaniają więcej energii słonecznej w dzień niż ich otoczenie (szczególnie w zimie). Miasta, w których znajdują się stacje meteorologiczne, są znacznie cieplejsze (przede wszystkim w nocy) od otaczających terenów. Na przykład różnica temperatury powietrza między śródmieściem Warszawy i peryferiami może osiągać nawet 9,1°C (jak 30.07 i 17.08.1992 r.).

Ciągi czasowe temperatury powietrza w ostatnich stuleciach w Europie świadczą, że współczesne ocieplenie klimatu może w dużym stopniu wynikać z przyczyn naturalnych. Tendencja rosnąca temperatury powietrza zwłaszcza zimą jest po prostu wypadkową nakładających się cykli naturalnych. Na przykład coraz cieplejsze zimy w Warszawie w latach 1779-2017 – o 1,21°C/100 lat są efektem nałożenia się kilku okresów. Na przykład wypadkowa (prosta regresji) interferencji okresów temperatury w latach 1779-1990: 3,5; 5,5; 8,3; 12,9; 18,0; 38,3; 66,7; 113,1; 218,3 lat. Wyjaśnia wzrost temperatury powietrza podczas zim o 0,93°C/100 lat. Na zmienność antropogeniczną przypada zaledwie 0,1°C/100 lat. Analogicznie, coraz cieplejsze zimy w Genewie – o 0,5°C/100 lat, Pradze – o 0,25°C/100 lat są efektem nakładania się cyklicznych wahań temperatury powietrza.

Globalne ocieplenie klimatu (w Warszawie w latach 1779-1990 – średnio o 0,67°C/100 lat) może być wywołane wzrostem aktywności Słońca. Aktywność Słońca (liczby Wolfa) w latach 1779-1993 wzrasta średnio o 17,2/100 lat. Wzrosła ona w ostatnich dwóch stuleciach średnio o 34,5, tj. o ponad 50% w stosunku do średniej wartości liczb Wolfa.

Okresowe wahania klimatu (ocieplenia i ochłodzenia) są analogiczne do okresów zmian aktywności Słońca – zbliżonych do okresów planetarnych P_j (obiegu czterech największych planet i ich wzajemnego położenia): 11,7; 1,8; 13,8; 19,9; 29,5; 35,9; 45,4; 84,0; 164,0; 171,4 lat. Interesujący jest eksperyment polegający na wyznaczeniu trendu czasowego liczb Wolfa

$$W = a_0 + b_j \sin\left(\frac{2\pi}{P_j} t + c_j\right) \quad (2)$$

przy założeniu okresowości planetarnej P_j , z uwzględnieniem modulacji najkrótszego okresu 11,7 lat przez okresy najdłuższe 84 lat i 171,4 lat.

Wypadkowa okresów planetarnych dobrze opisuje zmienność aktywności Słońca (wyniki obserwacji) w latach 1700-1993 (współczynnik korelacji $R = 0,8$).

Okresowe wahania temperatury powietrza skorelowane z okresami aktywności Słońca i okresami planetarnymi implikują tezę o chłodzeniu klimatu w przyszłym – XXI stuleciu. Wypadkowa okresów temperatury powietrza w Warszawie podczas zim cechuje się głębokim minimum w latach 2000-2100, kiedy to prognozowane jest kolejne wiekowe minimum aktywności Słońca.

Naturalne wahania klimatu są wywołane głównie zmiennością stałej słonecznej. Zmienia się ona w ciągu roku o $\pm 3,3\%$ w wyniku różnej odległości Ziemi od Słońca: styczeń (147 mm km) – $2,01 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$, lipiec (152 mm km) – $1,94 \text{ cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$. Stała słoneczna s ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) zależy od aktywności Słońca. Maksymalna jej wartość przypada na przedział 80-100 liczb Wolfa (Kondratiev 1965). Z wzoru K. Kondratieva i G. Nikolskiego (1970):

$$s = 1,903 + 0,011W^{0,5} - 0,0006W \quad (3)$$

wynika, iż w cyklu 11-letnim stała słoneczna waha się o 2,5%. Ciąg czasowy stałej słonecznej w latach 1700-1993 (otrzymany wg powyższego wzoru) cechuje się średnią okresowością: 11,1; 34,2; 102,0; 187,8 lat (minima wariancji resztkowej, metoda sinusoid regresji).

Tendencja stałej słonecznej w latach 1700-1993 jest rosnąca i może być przyczyną postępującego ocieplenia klimatu Ziemi.

Zmiany zachodzące na Słońcu są przenoszone na Ziemię nie tylko poprzez stałą słoneczną, ale także przez jonosferę (cyrkulację atmosferyczną).

Prognozy zmian klimatu i ich sprawdzalność

Problemem badań rozwiązywanym nadal jest weryfikacja prognoz zmian klimatu Ziemi, które powstały w Zakładzie Klimatologii UW, podejmowane kilkakrotnie (przez J. Boryczkę ze współautorami) na podstawie najdłuższej w danym czasie serii obserwacyjnych temperatury powietrza z Warszawy (Okęcie), tj. od 1779 roku i opadów atmosferycznych od 1813 – do roku 1979. Zweryfikowano najwcześniejsze prognozy zmian wartości średnich miesięcznych, sezonowych lub rocznych temperatury powietrza w Warszawie – 1779-1979 (Boryczka, 1984, Boryczka i in., 1992) i 1779-1990 (Boryczka i in., 2000)

Weryfikacja tych prognoz polega zatem na zbadaniu synchroniczności przebiegów (koincydencji ekstremów) wartości temperatury zmierzonych T i prognozowanych $f(t)$, z zastosowaniem odpowiednich testów statystycznych.

Porównano zmierzone wartości temperatury powietrza w Warszawie-Okęciu w latach 1951-2010 z prognozowanymi z wyprzedzeniem 31 lat i 20 lat. Dobrą sprawdzalnością cechują się prognozy temperatury powietrza w Warszawie na lata 1980-2010 i 1991-2010 z 1984 i 2000 roku, według cykli wykrytych metodą „sinusoid regresji” w seriach wyników pomiarów w Warszawie-Observatorium Astronomiczne w latach 1779-1979.

Porównano też zmierzone sumy opadów atmosferycznych w Warszawie (Okęcie) w latach 1951-2010 z prognozowanymi z wyprzedzeniem 31 lat i 20 lat. Dobrą sprawdzalnością cechują się prognozy opadów w Warszawie na lata 1980-2010 i 1991-2010 z 1993 i 2000 roku, według cykli wykrytych metodą „sinusoid regresji” w seriach wyników pomiarów.

Zweryfikowano również prognozy zmian temperatury powietrza w innych miejscach Europy, wybierając niektóre spośród 40 miast Europy, opublikowane w 3 tomach *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*: zima i lato – t. XVII (Boryczka i in., 2003), styczeń i lipiec – t. XIX (Boryczka i in., 2005) oraz rok – t. XX-XXI (Stopa-Boryczka i in., 2007). Do wybranych miejsc należą: środkowa Anglia (1659-1993), Greenwich (1659-1969), Paryż (1767-1995), Berlin (1769-1990), Moskwa (1780-2002), Sztokholm (1756-1994) i Rzym (1811-1989).

Szczególną uwagę zwrócono na prognozy zmian temperatury powietrza w zimie i styczniu, ze względu na postępujące ocieplenie klimatu Europy. Do weryfikacji wykorzystano późniejsze wyniki pomiarów na stacjach: Warszawa (Okęcie, 1951-2015), Londyn (Gatwick, 1951-2012), Paryż (Montsouris, 1951-2011), Berlin (1951-2012), Moskwa (1951-2012), Sztokholm (1951-2012) i Rzym (1951-2012).

Ta pozytywna ocena prognoz wynika z synchronicznych przebiegów wieloletnich zmierzonych i obliczonych wartości temperatury (wypadkowa interferencji cykli), a także z istotnych statystycznie związków korelacyjnych (na poziomie ufności 95%).



atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

JERZY BORYCZKA, MARIA STOPA-BORYCZKA

**XXXIII. ZMIANY WIEKOWE KLIMATU EUROPY
Z UGLĘDNIENIEM PROGNOZ W XXI WIEKU
I ICH WERYFIKACJA**

atlas

**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

Warszawa 2015

SPIS TREŚCI (33)

I.	WPROWADZENIE	5
II.	PROBLEMY BADAN WSPÓŁCZESNYCH ZMIAN KLIMATU ZIEMI	7
III.	NATURALNE I ANTROPOGENICZNE ZMIANY KLIMATU EUROPY Z WYODRĘBNIENIEM POLSKI (WAŻNIEJSZE WYNIKI BADAŃ)	17
3.1.	Zmiany wiekowe klimatu Polski	17
3.2.	Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy	38
3.3.	Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie	64
3.4.	Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie	80
3.5.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu miast w Europie	94
3.5.1.	Tendencje temperatury powietrza miast w Europie w XVII-XX wieku	94
3.5.2.	Cykliczność jako cecha pola temperatury powietrza w Europie	97
3.6.	Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie	114
3.6.1.	Synchroniczność krótkich cykli klimatu miast w Europie	114
3.7.	Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku	133
3.7.1.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Warszawy i ich uwarunkowania	133
3.7.2.	Okresowa zmienność opadów atmosferycznych w Warszawie	137
3.7.3.	Tendencje zmian klimatu Warszawy	140
3.7.4.	Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku	141
3.8.	Prognozy zmian klimatu miast Europy	149
3.8.1.	Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na klimat Europy	149
3.8.2.	Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na klimat Polski	152
3.8.3.	Ochłodzenie i ocieplenie klimatu Europy Środkowej kształtowane przez Niż Islandzki i Wyż Azorski	160
3.8.4.	Prognozy temperatury powietrza w miastach Europy Środkowej (Warszawa, Kraków, Praga, Genewa) w XXI wieku	163
IV.	POSTĘP BADAŃ NATURALNYCH ZMIAN KLIMATU EUROPY W PIERWSZEJ DEKADZIE XXI WIEKU W ODNIESIENIU DO DRUGIEJ POŁOWY XX WIEKU	179
4.1.	Mroźne zimy i upalne lata w Polsce	179
4.1.1.	Przeszłość i teraźniejszość klimatu Ziemi	179
4.1.2.	Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu klimatu Europy	186
4.1.3.	Mroźne zimy i upalne lata w Europie w XVIII-XXI wieku ze szczególnym uwzględnieniem Polski	191
4.1.4.	Widma temperatury powietrza w Europie	196
4.1.5.	Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Rekonstrukcja i prognoza po rok 2100	206
4.2.	Cechy termiczne klimatu Europy	223
4.2.1.	Okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie	226
4.2.2.	Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XXI wieku. Prognozy po rok 2100	234
4.3.	Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych	258
4.3.1.	Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na temperaturę powietrza w Europie	258
4.3.2.	Synchroniczność cykli klimatycznych i dendrologicznych w Europie	263
4.3.3.	Prognozy zmian klimatu Europy w XXI wieku według szerokości słoju drzew	286
4.4.	Zmiany klimatu Warszawy i innych miast Europy w XVII-XXI wieku	296
4.4.1.	Wiekowe zmiany klimatu miast nizinnych Europy (Londyn, Warszawa, Moskwa)	297
4.4.2.	Wiekowe zmiany klimatu miast górskich Europy (Genewa, Zurych, Saentis, Sonnenblick)	298
4.4.3.	Solarne i cyrkulacyjne uwarunkowania klimatu miast Europy (liczby Wolfa, NAO, typy Wangenheima i Osuchowskiej-Klein)	299
4.4.4.	Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na zróżnicowanie cech termicznych klimatu miast Europy (Paryż, Marsylia, Wrocław, Kraków, Warszawa)	300
4.4.5.	Wpływ NAO na zróżnicowanie cech opadowych klimatu miast środkowej Europy (Wrocław, Warszawa)	303
		429

4.4.6.	Badanie cykliczności i tendencji zmian temperatury powietrza w Europie na profilach : południkowym (Sztokholm, Warszawa, Ateny) i równoleżnikowym (Paryż, Warszawa, Moskwa)	305
4.4.7.	Badanie cykliczności i tendencji zmian temperatury powietrza w Europie (Szwecja) na podstawie danych dendrologicznych	306
V.	Z BADAŃ ZMIAN KLIMATU MIAST EUROPY W XXI WIEKU	310
5.1.	Weryfikacja prognoz okresowych zmian temperatury powietrza w Europie w XX-XXI wieku(Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U. , Wawer J.)	310
5.1.1.	Prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie (z 1984 r. i inne)	311
5.1.2.	Prognozy zmian temperatury powietrza w innych miastach Europy	319
5.2.	Weryfikacja prognoz okresowych zmian opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1813-2010 (Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J.)	341
5.2.1.	Wpływ aktywności Słońca na opady atmosferyczne	343
5.2.2.	Sprawdzalność prognoz opadów atmosferycznych we Wrocławiu według pomiarów w latach 1859-1979	348
5.2.3.	Sprawdzalność prognoz opadów atmosferycznych w Warszawie według pomiarów w latach 1813-1979 i 1813-1990	353
VI.	FALE CIEPŁA I CHŁODU W PRZEBIEGU ROCZNYM TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE (1951-2010)	363
6.1.	Zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od aktywności Słońca (na przykładzie Warszawy, 1951-2010) (Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U. , Wawer J.)	363
6.1.1.	Fale chłodu i ciepła w cyklu rocznym temperatury powietrza	364
6.1.2.	Cyrkulacyjne uwarunkowania fal chłodu i ciepła	367
6.1.3.	Wpływ aktywności Słońca na fale chłodu i ciepła	369
6.2.	The dependency between annual air temperature and solar activity. A case study of Warsaw in 1951-2010(Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U. , Wawer J.)	376
6.2.1.	Annual profiles of air temperature in cold and hot waves	377
6.2.2.	The impact of circulation on warm and cool waves	380
6.2.3.	The influence of solar activity on warm and cool waves	382
VII.	REKONSTRUKCJA I PROGNOZA ZMIAN KLIMATU ZIEMI W CZASIE OD -1 000 000 BP DO 1 000 000 AD	389
7.1.	Zmiany klimatu Ziemi (od -1 000 000 BP do 1 000 000 AD) według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}\text{N}$	389
7.2.	Zmiany klimatu Ziemi (od - 500 000 BP do 500 000AD) według izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym wyspy Devon (Arktyka Kanadyjska)	394
7.3.	Zmiany klimatu Ziemi (od -25 000 BP do 25 000 AD) według substancji organicznych zdeponowanych w osadach jeziora Gościąg	397
7.4.	Zależność aktywność Słońca i erupcji wulkanów od koncentracji masy planet w Układzie Słonecznym	400
VIII.	ZAKOŃCZENIE	403
IX.	LITERATURA	409
	ZAŁĄCZNIK 1. SPIS PUBLIKACJI (1960-2015) – Maria Stopa-Boryczka	417
	ZAŁĄCZNIK 2. SPIS PUBLIKACJI (1961-2015) – Jerzy Boryczka	431

Wprowadzenie

Tom XXXIII *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* pt. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* stanowi podsumowanie ważniejszych wyników badań w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Europy.

Szczególne znaczenie mają cykliczne zmiany klimatu i ich przyczyny, tendencje wiekowe, rekonstrukcja i prognoza zmian w XXI wieku oraz ich sprawdzalność (weryfikacja).

W rozdziale II pt. *Problemy badań współczesnych zmian klimatu Ziemi* zwrócono uwagę na naturalną zmienność klimatu, wynikającą z przyczyn zewnętrznych (astronomicznych) i wewnętrznych (geologicznych) systemu Ziemia-atmosfera, na które nakładają się efekty oddziaływań antropogenicznych. Ten problemowy przegląd literatury stanowi ogólne tło do aktualnych własnych badań naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Europy (i Polski).

W rozdziale III pt. *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Europy z wyodrębnieniem Polski (ważniejsze wyniki badań)* przedstawiono niektóre wyniki badań zawarte w tomach VII i IX-XV *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*:

- Tom VII. *Zmiany wiekowe klimatu Polski*, 1992
- Tom IX. *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*, 1995
- Tom X. *Cykliczne zmiany aktywności Słońca i cyrkulacji atmosferycznej w Europie*, 1997
- Tom XI. *Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*, 1998
- Tom XII. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu miast w Europie*, 1999
- Tom XIII. *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, 1999
- Tom XIV. *Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku*, 2000
- Tom XV. *Prognozy zmian klimatu miast Europy*, 2001

Na przykład celem tomu X *Atlasu* jest określenie cykliczności i tendencji klimatu Europy i ich naturalnych przyczyn – wpływu aktywności Słońca i erupcji wulkanów.

Z kolei tom XI jest znacznym rozszerzeniem badań podjętych w tomie VII, dotyczącym wiekowej tendencji klimatu Warszawy (Boryczka, Stopa-Boryczka i in., 1992). Rozwiązano w nim problemy *Naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu miast Europy w XVI-XXI wieku*, zawarte w tomie IX *Atlasu* (1995). Przedstawiono więcej dowodów dotyczących naturalnych przyczyn globalnego ocieplenia niż w książce pt. *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku* (Boryczka 1993).

Istotne znaczenie poznawcze mają wyniki badań w zakresie cykliczności i tendencji zmian klimatu Europy przedstawione w 7 kolejnych tomach *Atlasu IX-XV* opublikowanych w latach 1995-2001.

Rozdział IV pt. *Postęp badań naturalnych zmian klimatu w pierwszej dekadzie XX wieku w odniesieniu do ostatniej dekady XX wieku* zawiera informacje o aktualnie rozwiązywanych problemach badawczych, a świadectwem tego są tomy XVII, XIX, XX-XXI i XXV *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* opublikowane w latach 2003-2010:

- Tom XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, 2003
- Tom XIX. *Cechy termiczne klimatu Europy*, 2005
- Tom XX-XXI. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, 2007
- Tom XXV. *Zmiany klimatu Warszawy i innych miast Europy w XVII-XXI wieku*, 2010

W tomach XVII, XIX i XX-XXI przedstawiono wykresy zmian temperatury powietrza w XVIII-XXI wieku w 40 miejscowościach europejskich podczas zimy i lata (XVII), w styczniu i lipcu (XIX) oraz roku (XX-XXI). Szczególne znaczenie mają prognozy klimatu do roku 2100 na podstawie interferencji silniejszych cykli zawartych w widmach temperatury powietrza – w wybranych 9 miejscowościach. Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy (i Polski) w połowie XXI wieku, które częściowo może być złagodzone przez czynniki antropogeniczne (efekt cieplarniany i miejską wyspę ciepła).

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle: 102- i 187-letnie aktywności Słońca, które są obecne w widmach temperatury powietrza.

Nowość stanowią cykle klimatu określone pośrednio na podstawie danych dendrologicznych z Europy (i Polski) w ostatnim 1000-leciu oraz prognozy po rok 2100.

Ciągi chronologiczne szerokości pierścieni drzew: sosny, świerka i modrzewia w Europie cechują się również podobnymi okresami około 100- i 180-letnim.

Na uwagę zasługują prognozy po rok 2100 przyrostów rocznych 30 drzew, rosnących w Europie. Przebiegi czasowe ich rocznych przyrostów cechują się głównymi minimami w połowie XXI wieku. Słoję np. świerka *Picea abies* z Falkenstein (1540-1995) cechują się „silnymi” cyklami: 110, 189 i 429 lat.

Tom XXV pt. *Zmiany klimatu Warszawy i innych miast Europy w XVII-XXI wieku* zawiera oryginalne wyniki badań studenckich, przedstawione w rozdziale *Współczesne zmiany klimatu miast Europy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*. Z kilkunastu prac magisterskich dotyczących wiekowych zmian klimatu Europy Zachodniej, Środkowej i Wschodniej (cykliczności, tendencji i prognoz klimatu) podano najważniejsze wyniki badań w odniesieniu do literatury klimatologicznej. Każdy problem badawczy scharakteryzowano wybierając 1 lub 3 prace magisterskie.

W rozdziale V. *Z badań zmian klimatu miast Europy w XXI wieku* sprawdzono prognozy klimatu powstałe w Zakładzie Klimatologii UW, na podstawie najdłuższych w danym czasie serii obserwacyjnych w Europie: Anglia środkowa, Paryż, Genewa, Berlin, Warszawa, Praga, Rzym, Sztokholm i Moskwa. Porównano zmierzone wartości temperatury powietrza (T) w latach 1951-2012 z prognozowanymi $f(t)$ z wyprzedzeniem wieloletnim (w Warszawie o 35 lat, 1951-2014).

W rozdziale VI. *Fale ciepła i chłodu w przebiegu rocznym temperatury powietrza w Warszawie (1951-2010)* zbadano zależność cyklu rocznego temperatury powietrza w Warszawie (Okęcie) od cyklu rocznego aktywności Słońca, wynikającego z ruchu obrotowego Słońca (25-31 dni) wokół jego osi, nachylonej pod kątem $82^{\circ}45'$ do ekliptyki. Fale chłodu ($\Delta T < 0$) i ciepła ($\Delta T \geq 0$) zdefiniowano jako odchylenia ΔT średnich dobowych zmierzonych wartości temperatury (T) od sinusoidy regresji $f(t)$ o okresie 365,25 dni.

W rozdziale VII. *Rekonstrukcja i prognoza zmian klimatu Ziemi w czasie od -1 000 000 BP do 1 000 000 AD* przedstawiono zmiany wiekowe klimatu Ziemi według zmian promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}$, izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowych wyspy Devon (od -500 000 BP do 500 000 AD) i zawartości substancji organicznych (%) w Jez. Gościąż. (od -25 000 BP do 25 000 AD).

Do ostatnich rozdziałów należą: VIII. *Zakończenie* i IX. *Literatura* oraz *Załącznik 1* i *Załącznik 2*.

7.2. Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)

Zmiany klimatu Ziemi i ich przyczyny według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$, izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon, substancji organicznych w polskich jeziorach, danych dendrologicznych, meteorologicznych, astronomicznych i historycznych określono w tomie 36 *Atlasu*:

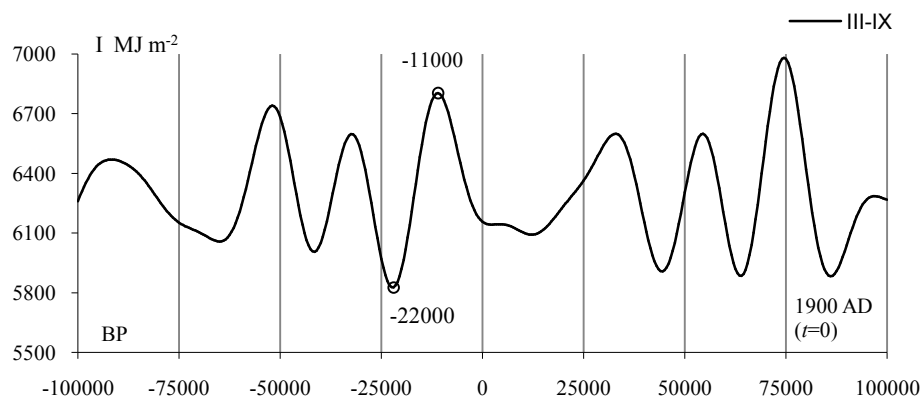
- Boryczka J, Stopa-Boryczka M., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXVI. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)*, (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 408.

Dużo miejsca poświęcono weryfikacji dotychczasowych prognoz zmian klimatu Europy i nowym prognozom temperatury powietrza.

Na początku przedstawiono *Zmiany klimatu Ziemi według cykli parametrów orbity eliptycznej (rekonstrukcja od 1 miliona lat temu i prognoza na przyszły 1 milion lat)* (rozdz. II) według wyznaczonych dobowych sum promieniowania słonecznego I ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) w lecie (VI-VIII) i w miesiącach marzec-wrzesień (III-IX) na górnej granicy atmosfery, wzdłuż równoleżnika $\varphi = 65^\circ \text{N}$. W obliczeniach sum promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$ posłużono się teorią M. Milankoviča (1930). Przyjęto zakres zmian i długości cykli: mimośrodowi orbity Ziemi ($0 \leq e \leq 0,066$) – 100 000 lat (zamiast 92 000 lat), nachylenia osi Ziemi do płaszczyzny ekliptyki ($21^\circ 58' \leq \varepsilon \leq 24^\circ 36'$) – 40 000 lat oraz długości ekliptycznej peryhelium względem punktu równonocy wiosennej (Ω) – 21 000 lat.

Okresy zbliżone, tj. 23 000, 42 000 i 100 000 lat, wykryto w zmianach izotopu tlenu ^{18}O zawartego w węglanach wapnia osadów głębokomorskich (Hays i in., 1976).

Obliczenia sum promieniowania słonecznego w poszczególnych miesiącach w przedziale czasu $-100\,000 \leq t \leq 100\,000$ (jednostką czasu t jest 100 lat) wykonano z zastosowaniem programu Excel 2007 (rys. 1).



Rys. 1. Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień (III-IX) na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{N}$ w ciągu ostatnich -100 000 lat, z prognozą do 100 000 lat (1900 AD, $t = 0$) (Boryczka, 2015)

Fig. 1. Changes in the sums of solar radiation in the period March-September (III-IX) at the parallel $\varphi = 65^\circ \text{N}$ in the last -100,000 years, with a forecast up to 100,000 years (1900 AD, $t = 0$) (Boryczka, 2015)

Ostatnie zlodowacenie Ziemi wystąpiło podczas ostatniego głębokiego minimum ($t_{\min} = -22000$ lat temu, $I_{\min} = 5784,871 \text{ MJm}^{-2}$) sum promieniowania słonecznego w miesiącach marzec-wrzesień. Natomiast holocenijskie ocieplenie (optimum klimatu) przypada na ostatnie lokalne „rozległe” maksimum ($t_{\max} = -11000$ lat BP, $I_{\max} = 6815,937 \text{ MJm}^{-2}$) sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień.

Zmiany sum promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$ w lecie (VI-VIII) i w okresach maj-lipiec (V-VII) oraz marzec-wrzesień (III-IX) w przedziale czasu: $-1000000 \leq t \leq 1000000$ lat i $-100000 \leq t \leq 100000$ lat przedstawiono na wykresach.

Zmianom klimatu Ziemi poświęcono również kolejny rozdz. III. *Rekonstrukcja (od -500000 lat temu) i prognoza (do 500000 lat AD) zmian klimatu Ziemi według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniach lodowych z wyspy Devon i Grenlandii środkowej.*

W widmie oscylacji wskaźnika izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon w przedziałach $0 < \Theta < 40000$ i $40000 < \Theta < 120000$ lat zawiera 11 „najsilniejszych” (istotnych na poziomie 0,01, $F_{obl} > 7,020$) cykli: 4500, 4700, 6200, 7300, 8700, 11300, 16700, 24700, 45900, 58700 i 86100 lat. Trzy okresy: 24700 lat, 45900 lat i 86400 lat są zbliżone do okresów zmian długości ekliptycznej perihelium, nachylenia płaszczyzny orbity (ϵ) i mimośrodowości eliptycznej orbity Ziemi (e).

Wypadkową nakładania się tych 11 cykli w przedziale czasu t od -500000 BP do 500000 AD i od -200000 BP do 100000 AD ilustrują odpowiednie rysunki.

Interesujące jest porównanie zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon otrzymanych z interferencji najsilniejszych 11 cykli Θ z sumami promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{ N}$ w okresie III-IX. Synchroniczność zmian promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{ N}$ i zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon można stwierdzić głównie w przedziale czasu t od -120000 BP do 35000 AD.

W rekonstrukcji klimatu w ostatnich dwóch tysiącleciach (w latach 0-1986) i w prognozach wykorzystano zawartość izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w części 0-1986 rdzenia lodowego z wyspy Devon. Zmiany klimatu Półkuli Północnej określa Interferencja 10 „najsilniejszych” ($F_{obl} > 1,553$) cykli izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$: 13,0, 18,0, 31,5, 39,5, 67,0, 168,0, 233,0, 316,5, 510,0 i 921,5 lat (ze składnikiem liniowym).

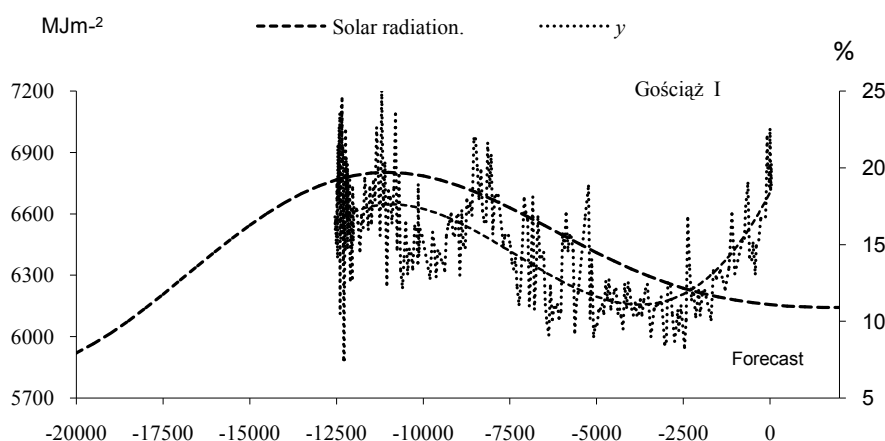
Opracowano też prognozy zmian klimatu w XXI-XXII wieku na podstawie zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w ośmiu rdzeniach lodowych pobranych z Grenlandii środkowej.

Duże znaczenie poznawcze ma rozdział IV. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w holocenie i ich przyczyny według substancji organicznych, węglanów wapnia i tlenków żelaza zdeponowanych w sadach jeziornych.*

W jego podrozdziale 4.5. Holocenijskie ochłodzenia i ocieplenia klimatu i ich przyczyny według izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon oraz składu chemicznego osadów w Jez. Wikaryjskim i Jez. Gościąż wykazano, że przyczyną holocenijskiego ocieplenia klimatu był wzrost sum promieniowania słonecznego w miesiącach marzec-wrzesień, wywołany zmianami orbity Ziemi.

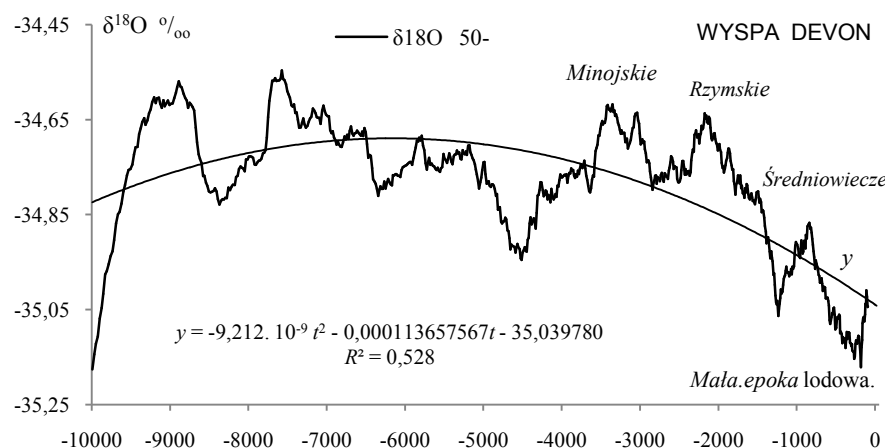
Należy zauważyć „równoległość” przebiegów wiekowych (od -12000 lat temu): substancji organicznych (%), węglanów wapnia (CaCO_3) i tlenków żelaza (Fe_2O_3), zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż, z sumami promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$ w okresie marzec-wrzesień. (rys. 2).

Maksima wykresów wielomianów regresji 3-go stopnia względem czasu t pokrywają się z „rozległym” maksimum sum promieniowania słonecznego w miesiącach III-IX.



Rys 2. Zmiany zawartości substancji organicznych w jeziorze Gościąg I w czasie $-12750 \leq t \leq 0$ w odniesieniu do sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{N}$
Fig. 2. The change of the organic substance content in Lake Gościąg during $-12750 \leq t \leq 0$ in reference to the sums of solar radiation in the period March-September at the parallel $\varphi = 65^\circ \text{N}$

Daty holocentrycznych ociepleń klimatu według izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ 50- (średnich konsekwentnych 50-warstwowych) w rdzeniu lodowym z wyspy Devon w przedziale czasu: $-10\,000 \leq t \leq 0$ lat BP (rys. 3) są przesunięte (późniejsze) względem maksimum temperatury w Grenlandii w holocenie określonej przez R.B. Alley'a (2000) na podstawie stosunku izotopu tlenu (δ^{18}) w rdzeniu lodowym GISP2.



Rys. 3 Zmiany izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ 50- (wyspa Devon) w przedziale czasu: $-10\,000 < t < 0$ lat BP
Fig. 3. Changes of isotope $\delta^{18}\text{O}$ 50-(Devon Island) in the time frame: $-10\,000 < t < 0$ years BP

Teoria M. Milankoviča (1930) nie wyjaśnia jednak przyczyn holocentrycznych ochłodeń i ociepleń klimatu (od 11 700 lat temu), ze względu na bardzo długie cykle zmian parametrów orbity Ziemi (21 000, 40 000, 92 000 lat (lub 100 000 lat).

Istotne znaczenie dla wyjaśnienia przyczyn ochłodzeń i ociepleń klimatu w holoce- nie ma wykrycie w widmach zmiennych sedimentologicznych takich samych okresów, które są obecne w widmach parametrów Układu słonecznego. Świadczy to, że okresowe zmiany substancji organicznych (%) zdeponowanych w osadach Jez. Wikaryjskiego i Jez. Gościąż oraz węglanów wapnia (C_aCO_3) i tlenków żelaza (Fe_2O_3) w osadach Jez. Gościąż (od 10 000 lat temu) są spowodowane ruchem największych planet wokół Słońca. Podobnie okresy (krótkie) izotopu tlenu $\delta^{18}O$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon także świadczą o astronomicznych przyczynach holoceńskich wahań klimatu

Holoceńskie ochłodzenia i ocieplenia od -10 380 lat temu do teraźniejszości (do $t=0$ BP czyli do roku 1950 AD) określono także według zmian średnich konsekwentnych 10- warstwowych substancji organicznych w Jez. Gościąż.

O dużych ochłodzeniach i ociepleniach klimatu w Europie w okresie 0 n.e - XX wieku świadczą roczne przyrosty drzew rosnących w Europie. W rozdziale V *Rekonstrukcja zmian klimatu Europy w dwóch ostatnich tysiącleciach (0-XX) i prognoza w XXI-XXV według danych dendrologicznych* przedstawiono zmiany klimatu Europy na podstawie szerokości słoików 13 drzew z obszaru Europy (3 sosny, 3 świerki, 1 modrzew, 1 jodła i 5 dębów) według interferencji cykli. Za wyjątkowy pod względem termicznym uznano ten rok, w którym grubość słoika danego drzewa (d) różni się od średniej wszystkich jego słoików (d_{sr}) (od średniej wieloletniej) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ) zgodnie z definicją: $d \leq d_{sr} - 2\sigma$ – wyjątkowo zimny (WZ), $d \geq d_{sr} + 2\sigma$ – wyjątkowo ciepły (WC).

Przedstawiono też wahania klimatu według interferencji cykli $F(t)$ średniej grubości słoików 3 sosen (*Pinus sylvestris*): Forfjorddalen (877-1994, Norwegia), Karhunsakivi (1398-1993, Finlandia), Kola (1577-1997, Rosja) i 4 dębów (*Quercus petraea*): Ardeny (1118-1986, Belgia), Bodensee (1275-1986, Holandia), Bourgogne (681-1991, Francja), Pomorze wschodnie (966-1985, Polska) rosnących w Europie w ostatnich dwóch tysiącleciach z prognozą do roku 2500 (0 n.e.-2500).

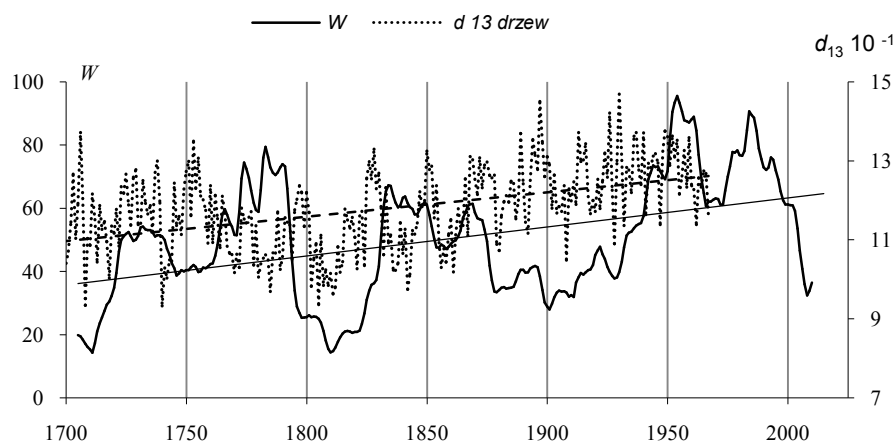
O wahaniami klimatu Europy świadczą również zmiany średniej grubości słoików z 11 drzew (3 sosny, 2 świerki, 1 modrzew, 1 jodła, 4 dęby) w latach 0-2500 według interferencji cykli $F(t)$.

Interesujące są także daty minimów wiekowych (t_{min}) rocznych przyrostów najstarszych drzew rosnących w Europie: sosna *Pinus sylvestris* – Forfjorddalen (877-1994, Norwegia), dąb *Quercus petraea* – Bourgogne (681-1991, Francja), dąb *Quercus petraea* – Ardeny (1118-1986, Belgia) i modrzew *Larix decidua* – Les Merveilles 2 (988-1974, Francja). Są to minima szerokości słoików $d_{min} \leq d_{sr} - 2\sigma$ mniejsze od średniej arytmetycznej (d_{sr}) o 2 odchylenia standardowe (σ), które wskazują bardzo mroźne zimy.

W rozdziale VI *Anomalie termiczne w Europie według danych meteorologicznych, dendrologicznych i źródeł historycznych w dwóch tysiącleciach (0 n.e. – XXI)* stwierdzono m.in., że w Warszawie w latach 1779-2015) wystąpiło 39 mroźnych zim, jednaście bardzo mroźnych zim i 4 najbardziej mroźne zimy w latach: 1799 (-8,6), 1830(-9,2), 1838 (-8,6), 1940 (-8,8 °C), według definicji: $T \leq T_{sr} - \sigma$ – mroźne zimy, $T \leq T_{sr} - 2\sigma$ – bardzo mroźne zimy, $T \leq T_{sr} - 2,5\sigma$ – najbardziej mroźne zimy, gdzie średnia temperatura $T_{sr} = -2,454$ °C, a odchylenie standardowe $\sigma = 2,368$ °C.

O wpływie aktywności Słońca na klimat Europy świadczą np. proste regresji średniej grubości słoików (d) z 13 drzew (3 sosny, 3 świerki, 1 modrzew, 1 jodła, 5 dębów i liczb Wolfa (W) o tendencji rosnącej (rys. 4):

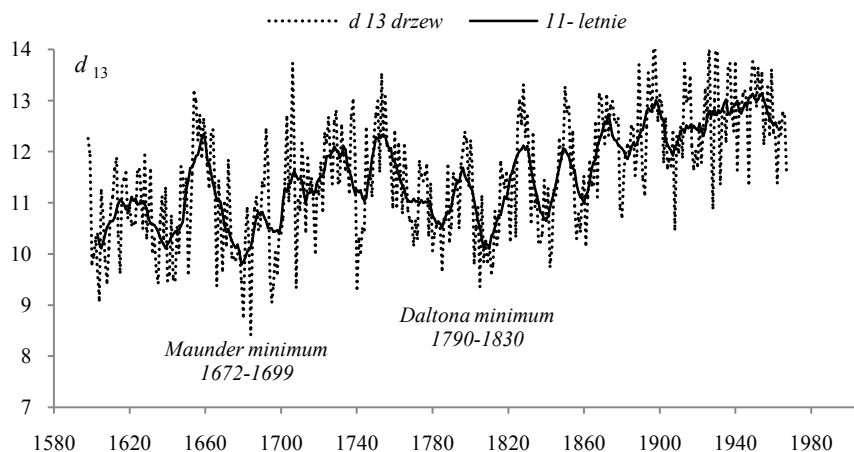
$$\begin{aligned}
 d &= 0,006174t + 0,4794, & R^2 &= 0,203 \\
 W &= 0,091793t - 120,312, & R^2 &= 0,188
 \end{aligned}
 \tag{4}$$



Rys. 4. Synchroniczne wahania średniej szerokości słoików 13 drzew rosnących w Europie (d) i liczb Wolfa (W) w latach 1700-2015 (średnie konsekwentne 11-letnie)

Fig. 4. Synchronous fluctuations of the average tree ring widths of 13 of trees growing in Europe (d) and Wolf numbers (W) in the years 1700-2015 (11-year moving average)

O wpływie aktywności Słońca na klimat Europy świadczy również koincydencja głównych minimów średniej grubości słoików z 13 drzew rosnących w Europie z minimami wiekowymi liczb Wolfa: Maunder minimum (1672-1699) i Daltona minimum (1790-1830) (rys. 5).



Rys. 5. Zmiany średniej szerokości słoików 13 drzew rosnących w Europie i (liczb Wolfa)w latach 1598-1967 (11- – średnie konsekwentne 11-letnie)

Fig. 5. Changes of the average tree ring widths of 13 (B)trees growing in Europe (and Wolf numbers)in the years 1598-1967 (11- year moving average)

Kolejne cztery rozdziały poświęcono ocenie sprawdzalności dotychczasowych prognoz na podstawie wyników pomiarów: Oscylacji Północnoatlantyckiej (*NAO*) – z lat 1951-2015 (rozd. VII), temperatury powietrza w Warszawie (rozd. VIII) – 1951-2015, temperatury powietrza w innych miejscowości Europy (rozd. IX) –1951-2010 i opadów atmosferycznych w Warszawie (rozd. X) –1951-2010

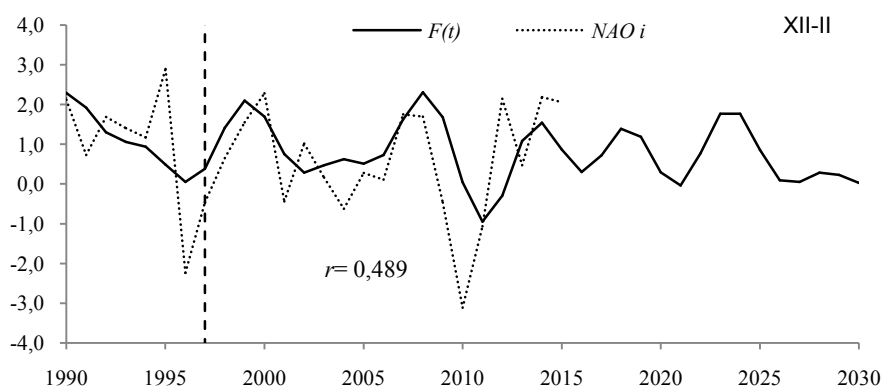
W rozdziale VII. *Weryfikacja prognoz zmian Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1998-2100 według pomiarów z lat 1825-1997 (Atlas, t. XV, 2001)* zweryfikowano prognozy zmian wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w latach 1998-2100 opracowanych w tomie 15 Atlasu:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Błażek E., Skrzypczuk J., 2001, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XV, *Prognozy zmian klimatu miast Europy* (rozd. III. *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na klimat Europy*) s. 39-46. Wyd. UW, ss. 249

Prognozy wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w poszczególnych miesiącach, porach roku i roku otrzymano według wypadkowej $F(t)$ interferencji cykli. Najlepsza zgodność zmierzonych wartości wskaźnika *NAO* w latach 1998-2015 z prognozowanymi $F(t)$ według danych 1825-1997 występuje w zimie (rys. 6). Funkcja aproksymująca $F(t)$ – to wypadkowa interferencji 12 cykli (od 4,7 do 105,2 lat obecnych w widmie oscylacji) ze składnikiem liniowym $F(t) = 1,482773 - 0,000494 t + \dots$ o współczynniku korelacji wielokrotnej $R = 0,606$:

©	4,7	5,0	5,8	7,8	8,3	8,8	11,3	12,5	15,5	37,1	71,5	105,2
R	0,170	0,220	0,180	0,272	0,237	0,195	0,134	0,136	0,165	0,158	0,170	0,158

Na uwagę zasługują synchroniczne wahania zmierzonych wartości wskaźnika NAO_i i prognozowanych $F(t)$ na lata 1998-2015. Współczynnik korelacji między wartościami zmierzonymi NAO_i i w latach 1998-2015 i prognozowanymi $F(t)$ wynosi $r = 0,489$ (rys. 6).



Rys. 6. Zmiany y wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej *NAO* w zimie (XII-II) w latach 1990-2025; $F(t)$ – obliczone (ze składnikiem liniowym) z prognozą na lata 1998-2015, NAO_i – wartości zmierzone w latach 1998-2015,

Fig. 6. Secular changes of North Atlantic Oscillation index (*NAO*) in winter (XII-II) in the years 1990-2025; $F(t)$ – calculated values (including the linear component), with a forecast for the years 1998-2015, NAO_i – values measured in the years 1998-2015

Jeszcze większa koincydencja ekstremów występuje w przypadku 3-letnich średnich konsekwentnych NAO₃. Współczynnik korelacji między wartościami zmierzonymi NAO₃ i prognozowanymi $F(t)$ wynosi $r_3 = 0,601$.

W rozdziale VIII. *Weryfikacja prognoz temperatury powietrza w Warszawie w miesiącach, porach roku i roku w 35-leciu 1981-2015 (1984) i 25-leciu 1991-2015 (2000)* zweryfikowano dwojakiemu rodzajowi prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie z 1984 i 2000 roku.

Najpierw w podrozdziale 8.1. *Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego temperatury powietrza w Warszawie w latach 1980-2100 wg modelu rekonstrukcyjno-prognostycznego (w 30-leciu 1981-2015)* zweryfikowano prognozy temperatury powietrza w Warszawie na lata 1980-2100 według danych z lat 1779-1979 (Obserwatorium Astronomiczne), opracowane po raz pierwszy na podstawie tzw. modelu rekonstrukcyjno-prognostycznego wieloletnich zmian temperatury powietrza (Boryczka 1984, wzór 133):

- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*, Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, Nr 234, Wyd. UW, Warszawa, ss. 272.

Weryfikacja obecna tego modelu polega przede wszystkim na porównaniu 35-letniej serii wyników pomiarów temperatury powietrza (średnich konsekwentnych 3-letnich w styczniu i lipcu) w Warszawie-Okęcie (T) z wartościami obliczonymi $f(t)$ – na lata 1980-2015 (rys. 6). Na ogół jest dobra zgodność między minimami i maksimami temperatury powietrza w 35-leciu 1981-2015, według pomiarów i prognoz. Współczynnik korelacji $r=0,262$ w styczniu jest zbliżony do wartości krytycznej $r_{0,05} = 0,324$, natomiast w lipcu, współczynnik korelacji $r = 0,367$ jest istotny na poziomie 0.05 ($r_{0,05} > 0,324$).

W podrozdziale 8.2. *Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego temperatury powietrza w Warszawie w latach 1991-2100 (w miesiącach, sezonach i roku) (w 25-leciu 1991-2015)* sprawdzono prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie na lata 1991-2100 opracowane na podstawie danych z Obserwatorium Astronomicznego z lat 1779-1990 (Atlas, t. XIV; wzory s. 110-119, wykresy s. 129-147):

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błazek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIV *Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku*, ss. 209

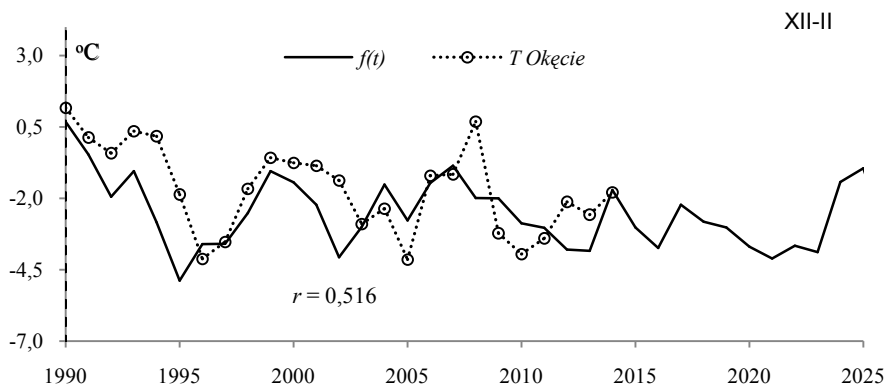
Porównano średnie wartości temperatury powietrza w różnych przedziałach czasu (miesiące, pory roku, rok) zmierzone w Warszawie na Okęciu (T) z prognozowanymi $f(t)$ na lata 1990-2015.

Na przykład w zimie, trendy czasowe temperatury powietrza w Warszawie $T = f(t)$ są wypadkową nakładania się 12 cykli obecnych w widmie temperatury, w tym najdłuższych 113.1 lat i 218.3 lat:

$$\begin{aligned}
 f(t) = & -2,634 + \\
 & +0,5148 \sin(2\pi/2,6-1,327) + 0,5715 \sin(2\pi/3,5+0,5523) + 0,6238 \sin(2\pi/5,2 + 0,05656) + \\
 & +0,4422 \sin(2\pi/5,7 + 2,486) + 0,7067 \sin(2\pi/7,7-0,7303) + 0,7349 \sin(2\pi/8,3 - 2,370) + \\
 & +0,4829 \sin(2\pi/8,7 - 0,3237) + 0,4078 \sin(2\pi/12,9+0,1328) + 0,456 \sin(2\pi/15,2+2,318) + \\
 & +0,4940 \sin(2\pi/18,0-3,058) + 0,3645 \sin(2\pi/113,1+2,040) + 0,8946 \sin(2\pi/218,3+3,073) \quad (5)
 \end{aligned}$$

O dobrej zgodności wyników pomiarów (T) na Okęciu z prognozowanymi zmianami temperatury powietrza w zimie na lata 1991-2015 według interferencji cykli $f(t)$ świadczy współczynnik korelacji $r = 0,456$ większy od wartości krytycznej $r_{0,05} = 0,380$ na poziomie istotności 0.05. W przypadku średnich konsekwentnych 3-letnich współ-

czynnik korelacji $r = 0.516$ jest znacznie większy i istotny na poziomie 0,01 ($r_{0,01} = 0,487$). Synchroniczne są wahania zmierzonych wartości temperatury powietrza w Warszawie-Okęcie w zimie (średnich konsekwentnych 3-letnie w 25-leciu 1991-2015 i prognozowanych $f(t)$ (rys. 7).



Rys. 7. Porównanie zmierzonych wartości temperatury powietrza w Warszawie-Okęcie w zimie, T – średnich konsekwentnych 3-letnich w 25-leciu 1991-2015 z prognozowanymi $f(t)$

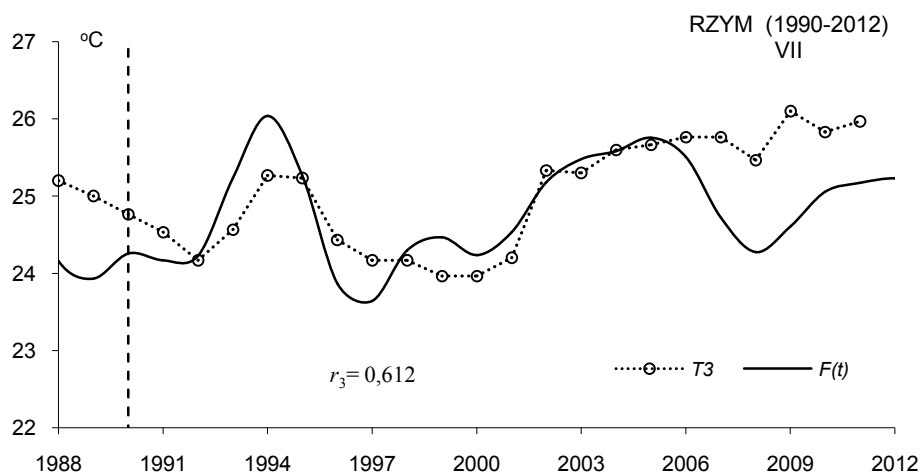
Fig. 7. Comparison of measured air temperature values in Warsaw-Okęcie in Winter (T – 3-year moving average) during the 25-year period 1991-2015, with predicted values $f(t)$

Celem rozdziału IX. *Weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza w Europie w latach 1970- 2100 opublikowanych w Atlasie t. XVII (2003), t. XIX (2005), t. XX-XXI (2007)* jest weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza do roku 2100 w różnych miejscach Europy, opublikowanych w trzech tomach czasopisma *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, dotyczących zimy i lata (t. XVII), miesiący styczeń i lipiec (t. XIX) oraz średniej rocznej (t. XX-XXI):

- tom XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, 2003, Wyd. UW, ss.297; rozdz. V *Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Prognozy po rok 2100*, str. 31-171) (Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirchenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J)
- tom XIX. *Cechy termiczne klimatu Europy*, 2005, Wyd. UW, ss.184; rozdz. IV. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w ostatnich stuleciach*, str.. 35-131 (Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Pietras K., Bijak S., J., Błażek E., Skrzypczuk J)
- tom XX-XXI. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, 2007, Wyd. UW, ss. 226; rozdz. III. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XIX-XXI wieku*, str. 97-126 (Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak S., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J.)

Zweryfikowano prognozy zmian temperatury powietrza (do roku 2100) w 10 miastach wybranych spośród 40 miejsc Europy: Anglia środkowa (1659-1993) – Greenwich (1659-1969), Paryż (1767-1995) , Berlin (1769-1990), Warszawa (1779-1998 i 1779-2002), Moskwa (1780-2002), Sztokholm (1756-1994) , Zurych (1864-1970), Rzym (1811-1989) , Wiedeń (1775-2002) i Kijów (1812- 2002).

Najbardziej wiarygodne okazały się prognozy zmian temperatury powietrza w Rzymie w lipcu według interferencji 8 cykli: Θ lat 3,9 4,4 5,9 8,2 9,2 10,9 20,2 30,7 64,1 ze składnikiem liniowym $F(t) = 24,40522 + 0,00004 t_+$... , $R=0,605$. Koincydencja ekstremów występuje przede wszystkim w przypadku zmierzonych wartości temperatury powietrza (średnich 3-letnich konsekwentnych T_3) i prognozowanych $F(t)$ (rys. 8)



Rys. 8 Zmiany średniej temperatury powietrza w lipcu w Rzymie (1990-2012); T_3 – wartości zmierzone, średnie konsekwentne 3-letnie; $F(t)$ – wartości obliczone, z prognozą na lata 1991-2012

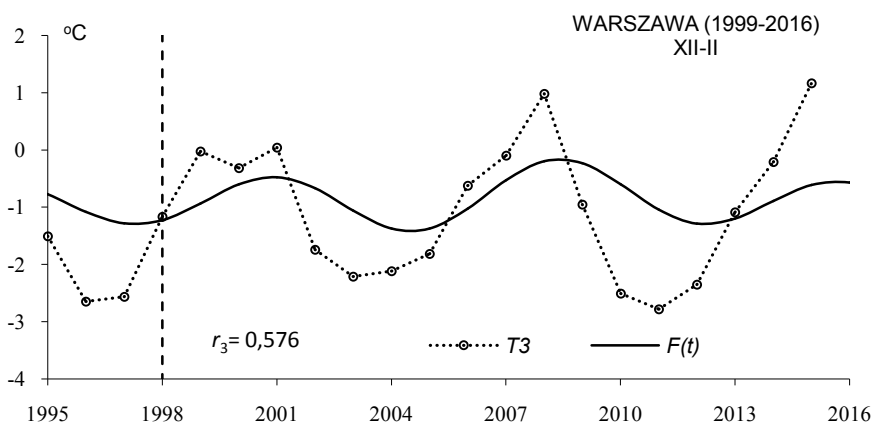
Fig. 8 Changes of mean air temperature in July in Rome (1990-2012); T_3 – measured values, 3-year moving average, $F(t)$ – calculated values, with forecasts for the years 1991-2012

Współczynnik korelacji $r = 0,578$ wartości zmierzonych T i prognozowanych $F(t)$ jest większy od wartości krytycznej $r_{0,01} = 0,537$ na poziomie 0,01). Jeszcze większa jest koincydencja ekstremów między średnimi konsekwentnymi 3-letnimi wartościami temperatury powietrza w lipcu w Rzymie w latach 1990-2012 i prognozowanymi $F(t)$. Współczynnik korelacji między T_3 i $F(t)$ wynosi $r = 0,612$ i jest istotny prawie na poziomie 0,001 ($r_{0,001} = 0,640$)

Synchroniczne są wahania średnich zmierzonych wartości temperatury powietrza w Warszawie (Okęcie) w zimie (XII-II) i lecie (VI-VIII) w 18-leciu 1999-2016 z prognozowanymi np. w zimie według interferencji cykli $f(t)$ i $F(t)$; ze składnikiem liniowym $F(t) = -25,9473 t + 0,01187 t + \dots$, $R = 0,480$:

Θ lat	7,1	10,3	12,9	15,3	18,1	20,1	22,5	25,2	28,1	32,5	39,3	73,8	113,4
b °C	0,418	0,300	0,489	0,442	0,442	0,163	0,233	0,084	0,015	0,109	0,313	0,223	0,520
c	2,452	1,711	1,177	1,194	1,933	0,385	-2,565	-1,320	0,127	1,675	-2,512	1,941	3,139

W zimie współczynnik korelacji $r = 0,494$ między średnimi wartościami zmierzonymi T_i i prognozowanymi $f(t)$ jest większy od wartości krytycznej poziomu istotności 0,05 ($r_{0,05} = 0,444$, $n=18$). Natomiast w zimie współczynnik korelacji $r_3 = 0,576$ między średnimi konsekwentnymi 3-letnimi wartościami zmierzonymi T_3 i prognozowanymi $f(t)$ na lata 1999-2016 jest istotny na poziomie 0,01 ($r_{0,01} = 0,561$) (rys. 9).



Rys. 9 Zmiany średniej temperatury powietrza w zimie w Warszawie (Okęcie, 1999-2016); T_3 – wartości zmierzone, średnie konsekwentne 3-letnie, $F(t)$ – wartości obliczone (Obserwatorium Astronomiczne, z prognozą na lata 1999-2016)

Fig. 9. Changes of mean air temperature in winter in Warsaw (Okęcie, 1999-2016); T_3 – measured values, 3-year moving average, $F(t)$ – calculated values (Astronomical Observatory, 1779-1998), with forecast for the years 1999-2016

W Moskwie, ze względu na małą liczebność ($n=10$) o poprawności prognoz temperatury powietrza w Moskwie świadczy przede wszystkim sprawdzenie czy wahania są synchroniczne – czy występuje koincydencja ekstremów (minimów i maksimów) w przebiegu wieloletnim (2003-2012).

W przypadku zimy, lata i średniej rocznej temperatury w Moskwie, współczynniki korelacji są ujemne (zima $r=-0,354$, $r=-0,288$, rok $r=-0,016$. W styczniu współczynniki korelacji $r=0,335$ między T_i i $f(t)$ nie jest istotny na poziomie 0,10 ($n=10$). Natomiast w lipcu współczynnik korelacji $r=0,753$ jest istotny na poziomie 0,01, a $r_3=0,907$ między T_3 i $f(t)$ jest istotny na poziomie 0,001 (rys. 10).

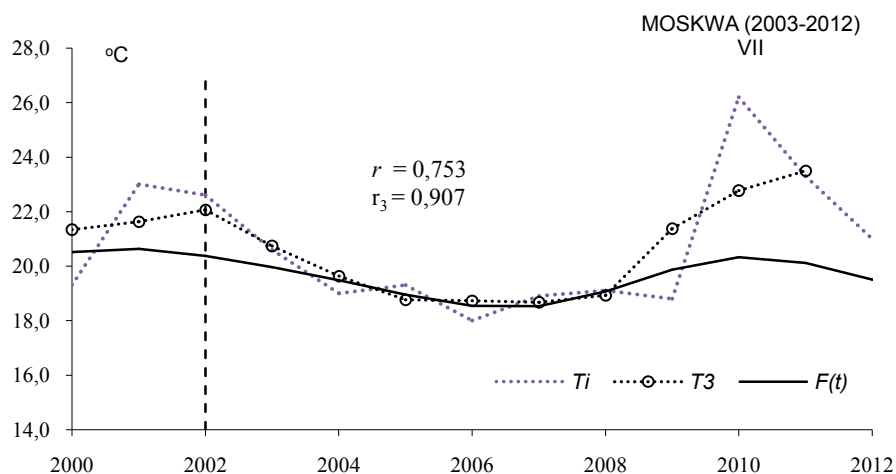
W Moskwie w lipcu prognozowano według interferencji cykli ze składnikiem liniowym $F(t) = 12,53531 + 0,003175 t + \dots$, $R=0,602$ i bez składnika liniowego $f(t)$:

Θ lat	5,7	6,2	7,0	10,1	13,2	21,1	51,6	84,7	169,1
b °C	0,5373	0,2873	0,378	0,4691	0,2894	0,4044	0,3227	0,8211	0,9591
c	-3,0983	2,2778	1,4603	1,078	-1,8974	2,6927	-1,8953	1,9748	1,846

Celem rozdziału X. *Weryfikacja prognoz opadów atmosferycznych w Warszawie w 30-leciu 1981-2010 (1993) i 20-leciu 1991-2010 (2000) (rozdz. X)* jest weryfikacja prognoz zmian sum opadów atmosferycznych w Warszawie opracowanych w Zakładzie Klimatologii UW (Boryczka 1993, Boryczka i in. 2000).

W podrozdziale 10.1. *Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1980-2100 według pomiarów z lat 1813-1979* sprawdzono prognozy zmian sum opadów atmosferycznych w Warszawie w 30-leciu 1981-2010, opublikowane w książce:

- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd.. Wyd. UW, Warszawa, ss. 400.



Rys. 10. Zmiany średniej temperatury powietrza w lipcu w Moskwie (2003-2012), T_3 – wartości zmierzone, T_3 – średnie konsekwentne 3-letnie (2003-2012); $F(t)$ – wartości obliczone, z prognozą na lata 2003-2100
Fig. 10. Changes of mean air temperature in July in Moscow (2003-2012); T_i – measured values, T_3 – 3-year moving average (2003-2012); $F(t)$ – calculated values, with forecasts for the years 2003-2012

Trend czasowy $F(t)$ (wzór 22', str. 300 i.306) opisuje zmiany miesięcznych sum opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813-1980. Na przykład wzór empiryczny $F(t)$ (ze składnikiem liniowym $at = 0,00336t$) uwzględnia interferencję 15 cykli opadów: 0,50, 1,00, 1,25, 1,75, 2,50, 2,83, 3,50, 4,25, 5,33, 6,00, 11,67, 16,33, 19,17, 57,33 i 114,0 lat, wyznaczonych na podstawie wyników pomiarów w latach 1813-1979.

Oceniono synchroniczność przebiegów zmierzonych sum opadów w Warszawie i prognozowanych z wyprzedzeniem 30 lat (1980-2010).

Prognozy zmian sum opadów i ich weryfikację opracowano na podstawie wyników pomiarów w Warszawie: Obserwatorium (1813-1979) i Okęcie (1951-2010).

Weryfikacja obecna modelu empirycznego polega przede wszystkim na porównaniu 30-letniej serii wyników pomiarów opadów w Warszawie (sum miesięcznych (P)) z prognozowanymi $F(t)$ na lata 1980-2010. Na ogół minima i maksima roczne miesięcznych sum opadów zmierzonych P i prognozowanych $F(t)$ pokrywają się.

Wiarygodne są też prognozy zmian opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1991-2100 sprawdzone w podrozdziale 10.2. Weryfikacja prognoz opadów atmosferycznych w Warszawie na lata 1990-2100 – w 20-leciu 1990-2010 (z 2000 r.), opracowane na podstawie danych z Obserwatorium Astronomicznego z lat 1813-1990 i opublikowane w t. VIV Atlasu (wzory s. 110-119, wykresy s. 129-147):

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błażek E., Skrzypczuk J., 2000, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIV *Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku*, ss. 209

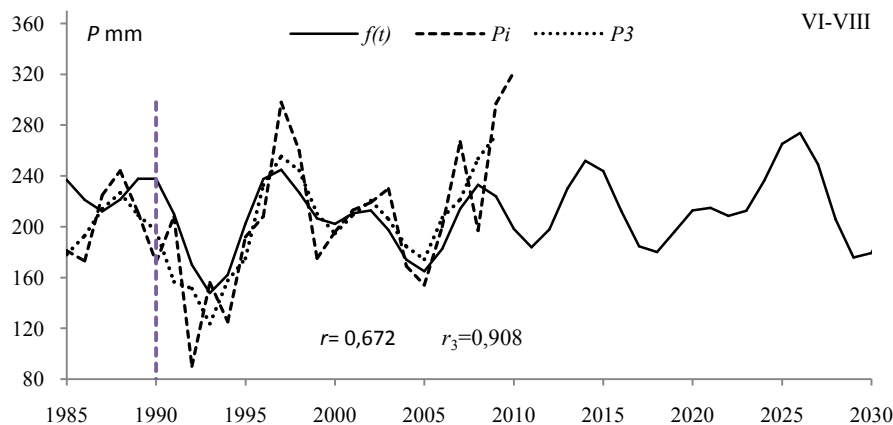
Trend czasowy $f(t)$ sum opadów atmosferycznych w Warszawie np. w lecie (bez składnika liniowego a_t) w latach 1813-1990 jest wypadkową nakładania się 5 cykli, w tym najdłuższych 54 i 122 lat.

$$f(t) = 218,0 + 25,224 \sin(-1,741 + \frac{2\pi}{6}t) + 15,89 \sin(-1,716 + \frac{2\pi}{9}t) + 19,14 \sin(-0,3370 + \frac{2\pi}{13}t) + 8,843 \sin(1,717 + \frac{2\pi}{54}t) + 7,5885 \sin(1,003 + \frac{2\pi}{122}t) \quad (6)$$

Równania opisujące interferencję cykli opadów otrzymano przyjmując rok 1813 jako początek osi czasu $t=0$ ($t = -113$ – rok 1700, $t = 287$ – rok 2100)..

Porównano sumy opadów w różnych przedziałach czasu (miesiące, pory roku, rok) zmierzone w Warszawie na Okęciu (P) z prognozowanymi $f(t)$ na lata 1990-2010.

Wahania zmierzonych sum opadów atmosferycznych w Warszawie-Okęcie (średnich konsekwentnych 3-letnich) i prognozowanych sum opadów na lata 1991-2010, według modeli $f(t)$ przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Porównanie zmierzonych w lecie sum (P_i i średnich konsekwentnych 3-letnich P_3) opadów atmosferycznych w Warszawie (Okęcie) z prognozami (1990-2030) według modelu $f(t)$

Fig. 11. Comparison of measured summer precipitation totals at Warsaw (Okęcie) (P_i and 3-year running average P_3) with forecasts (1990-2030) prognostic model $f(t)$

W lecie, współczynniki korelacji $r = 0,672$ i $r_3 = 0,908$ sum letnich opadów atmosferycznych i średnich konsekwentnych 3-letnich sum w Warszawie (Okęcie) z prognozami (1990-2010) według modelu $f(t)$ są wyjątkowo duże (istotne na poziomie 0.01 według testu t-Studenta..

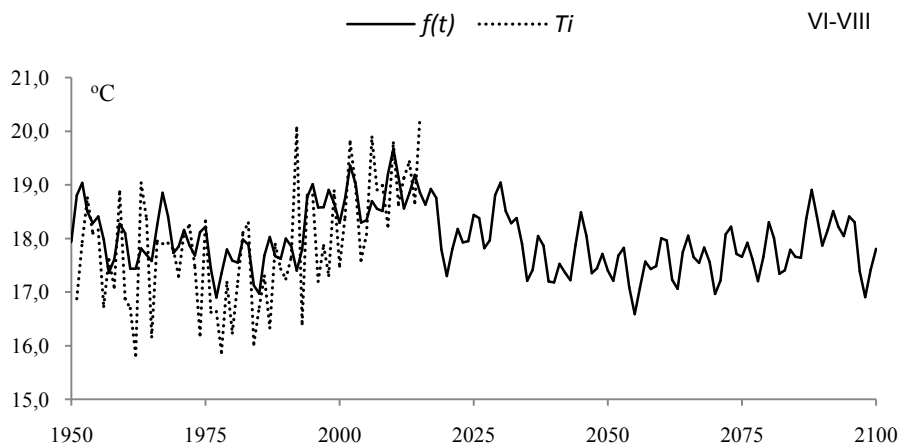
W rozdziale XI. *Nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w XXI wieku według pomiarów z lat 1779-2015* opracowano rekonstrukcje (1700-1778) i nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w poszczególnych miesiącach, sezonach i roku w latach 2016-2100 na podstawie danych z lat 1779-2015.

Jeżeli minimum lokalne widma oscylacji temperatury powietrza było poza przedziałem $2.1 \leq \Theta \leq 250$ lat to w rekonstrukcji i prognozach na podstawie interferencji cykli (ze składnikiem liniowym $F(t)$ i bez składnika liniowego $f(t)$) uwzględniono dodatkowo najdłuższy cykl $\Theta = 179$ lat (astronomiczny).

W lecie uwzględniono 10 cykli o długości Θ lat, amplitudzie b °C i fazie c ze składnikiem liniowym $F(t) = 14.083182 + 0.001975 t + \dots$ $R=0.590157$:

Θ	3,9	7,1	15,6	19,1	30,9	37,2	54,6	73,8	114,3	179,0
b	0,3745	0,3188	0,2645	0,1981	0,1498	0,1242	0,1529	0,4627	0,0112	0,3363
c	-0,8151	1,3956	0,9342	-0,3418	3,1023	1,8529	-2,6696	-0,3313	-1,9874	0,6335

Prognozowane zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 2016-2100 przedstawiono na rys. 12.



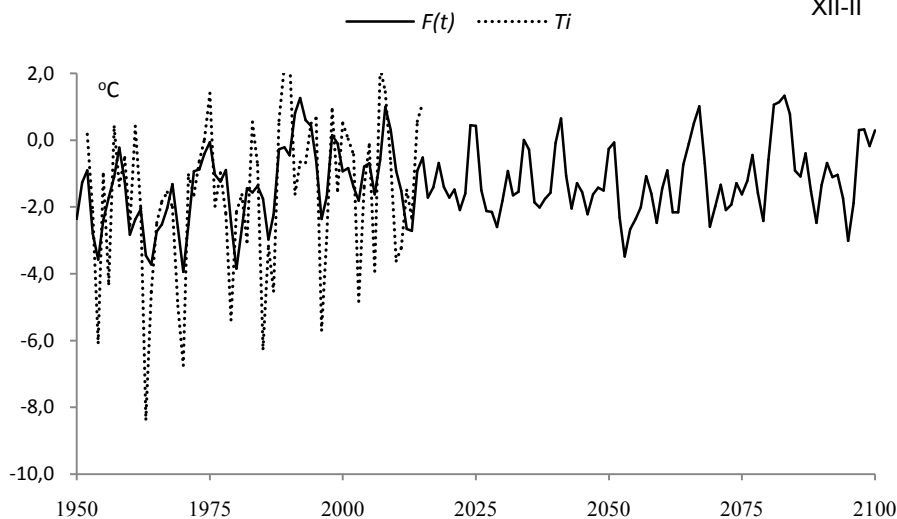
Rys. 12. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w lecie w latach 1951-2100, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2100), T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 12. Air temperature changes in Warsaw in summer in the years 1951-2100. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2100), T_i – values measured in Okęcie (1950-2015)

W zimie w rekonstrukcji (1700- 1778) i prognozach zmian temperatury powietrza w latach 2016-2100 uwzględniono także 10 cykli obecnych w widmie oscylacji ze składnikiem liniowym $F(t) = -1.135666 - 0.004831 t + \dots$ $R=0.546270$

Θ	3,3	5,2	8,3	15,3	18,1	22,3	41,6	77,4	118,5	179,0
b	0,5721	0,6327	0,8305	0,4634	0,4212	0,3067	0,3133	0,2856	0,5328	0,2904
c	-1,3331	-0,6587	1,9328	0,8738	1,4167	-1,4925	1,7833	-3,0465	1,7346	2,1469

Prognozowane zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 2016-2100 przedstawiono na rys. 13.



Rys. 13. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1951-2100, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2100), T_i – zmierzone na Okęciu (1951-2015)

Fig. 13. Air temperature changes in Warsaw in winter in the years 1951-2100, $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2100), T_i – values measured in Okęcie (1951-2015)

Wyniki pomiarów temperatury powietrza w Warszawie (1779-1979 – Obserwatorium Astronomiczne, 1951-2015 – Okęcie) pochodzą z archiwum Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Średnie miesięczne wartości z pozostałych stacji z lat 1951-2012 (tylko z Paryża do 2011) wzięto z bazy danych ze strony internetowej European Climate Assessment and Dataset (ECA&D): Londyn (Gatwick) (1951-2012), Paryż (1951-2011), Berlin (Dahlem)(1951-2012), Warszawa (Okęcie)(1951-2016), Moskwa (1951-2012), Sztokholm (1951-2012), Zurych (1951-2012) Rzym (1951-2012), Wiedeń (1951-2012) i Kijów (1951-2012).

Niektóre dane zebrane do *Atlasu* pochodzą ze strony internetowej National Climatic Data Center stanowiącego część sieci GHCN. pod adresem: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2/v2.mean> (notatnik).

Natomiast niektóre dane z lat wcześniejszych pobrano ze strony http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data/.

W weryfikacji prognoz zmian temperatury powietrza w Europie (zima, lato, styczeń, lipiec, rok) wykorzystano późniejsze wyniki pomiarów – średnie miesięczne wartości temperatury powietrza w 10 miejscowościach z lat 1951-2016.

Zmiany aktywności Słońca w latach 1700-2010 określono na podstawie średnich miesięcznych liczb Wolfa w latach 1749-2010 (Royal Observatory of Belgium, 2011) i rocznych liczb Wolfa z lat 1700-1748 (Reznikov, 1982).

Dane o zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniach lodowych z półkuli północnej pochodzą z odwiertów: Greenland Ice Sheet Project, GISP, rdzeń B i D, Devon Ice Cap, National Climatic Data oraz Center National Snow and Ice Data Center. Dane dendrologiczne pochodzą ze strony internetowej: <http://www.noaa.gov/paleo/treering.htm>.

W weryfikacji prognoz temperatury powietrza w Warszawie w zimie wzięto także po uwagę modele globalnego ocieplenia w XXI wieku (ENSEMBLE, 2012).



**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

**UNIWERSYTET WARSZAWSKI
WYDZIAŁ GEOGRAFII I STUDIÓW REGIONALNYCH**

JERZY BORYCZKA, MARIA STOPA-BORYCZKA

**XXXVI. POSTĘP BADAŃ ZMIAN KLIMATU ZIEMI
W OSTATNIM TYSIĄCLECIU (XI-XXI)**

atlas

**WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE**

Warszawa 2017

SPIS TREŚCI (36)

I.	WPROWADZENIE	5
II.	ZMIANY KLIMATU ZIEMI WEDŁUG CYKLI PARAMETRÓW ORBITY ELIP- TYCZNEJ (REKONSTRUKCJA OD 1 MILIONA LAT TEMU I PROGNOZA NA PRZYSZŁY 1 MILION LAT)	9
2.1.	Ważniejsze zdarzenia na Ziemi – sprzed 3 miliardów lat	9
2.2.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Ziemi (od -1 mln temu) według teorii M. Milankoviča	11
2.3.	Rekonstrukcja (od -1 mln lat temu) i prognoza (do 1 mln lat AD) zmian klimatu Ziemi według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^{\circ}$ N	13
2.4.	Zmiany sum promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi=65^{\circ}$ N w kolejnych miesiącach marzec, ..., wrzesień	23
III.	REKONSTRUKCJA (OD -500 000 LAT TEMU) I PROGNOZA (DO 500 000 LAT AD) ZMIAN KLIMATU ZIEMI WEDŁUG IZOTOPU TLENU $\delta^{18}\text{O}$ W RDZENIACH LADOWYCH Z WYSPI DEVON I GRENLANDII ŚRODKOWEJ	31
3.1.	Rekonstrukcja (od -500 000 lat temu) i prognoza (do 500 000 lat AD) klimatu Półkuli Północnej według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon	31
3.2.	Zmiany klimatu w ostatnich dwu tysiącleciach, z prognozą do roku 2500 według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon	35
3.3.	Prognozy zmian klimatu w XXI-XXII wieku według zawartości izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniach lodowych z Grenlandii środkowej (1772-1986)	38
IV.	OCHŁODZENIA I OCIEPLENIA KLIMATU EUROPY W HOLOCENIE I ICH PRZYCZYNY WEDŁUG SUBSTANCJI ORGANICZNYCH, WĘGLANÓW WAPNIA I TLENKÓW ŻELAZA ZDEPONOWANYCH W OSADACH JEZIOROBYCH	45
4.1.	Rekonstrukcja (od -25 000 BP) i prognoza (do 25 000 AD) klimatu Europy – według substancji organicznych zdeponowanych w osadach Jez. Wikaryjskiego	45
4.2.	Rekonstrukcja (od -25 000 bp) i prognoza (do 25 000 ad) klimatu Europy – według substancji organicznych zdeponowanych w osadach Jez. Gościąż	49
4.3.	Rekonstrukcja (od -25 000 BP) i prognoza (do 25 000 AD) klimatu Europy – według zawartości węglanu wapnia (CaCO_3) w osadach Jez. Gościąż (od -12 750 lat temu)	52
4.4.	Rekonstrukcja (od -25 000 BP) i prognoza (do 25 000 AD) klimatu Europy – według zawartości i tlenku żelaza (Fe_2O_3) w osadach Jez. Gościąż (od -12 750 lat temu)	55
4.5.	Holocenijskie ochłodzenia i ocieplenia klimatu i ich przyczyny według izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon oraz składu chemicznego osadów w Jez. Wikaryjskim i Jez. Gościąż	58
V.	REKONSTRUKCJA ZMIAN KLIMATU EUROPY W DWÓCH OSTATNICH TYSIĄCLECIACH (0-XX) I PROGNOZA W XXI-XXV WEDŁUG DANYCH DENDROLOGICZNYCH	75
5.1.	Rekonstrukcja (od 0 n.e.) i prognoza (do roku 2 500) zmian klimatu Europy według przyrostów rocznych sosny <i>Pinus sylvestris</i> (3 drzew)	77
5.2.	Rekonstrukcja (od 0 n.e.) i prognoza (do roku 2 500) zmian klimatu Europy według przyrostów rocznych świerka <i>Picea abies</i> (3 drzew)	83
5.3.	Rekonstrukcja (od 0 n.e.) i prognoza (do roku 2 500) zmian klimatu Europy według przyrostów rocznych modrzewia <i>Larix decidua</i> i jodły <i>Abies alba</i>	89
5.4.	Rekonstrukcja (od 0 n.e.) i prognoza (do roku 2 500) zmian klimatu Europy według przyrostów rocznych 5 dębów <i>Quercus petraea</i> (4) i <i>Quercus robur</i> (1)	93
5.5.	Mroźne zimy w Europie w latach 681-2000 według minimów (d_{\min}) grubości stojów drzew rosnących w Europie	103
5.6.	<i>Zależność szerokości stojów dębów w Polsce od temperatury powietrza i opadów atmosferycznych</i>	105
VI.	ANOMALIE TERMICZNE W EUROPIE WEDŁUG DANYCH METEOROLO- GICZNYCH, DENDROLOGICZNYCH I ŹRÓDEŁ HISTORYCZNYCH W DWÓCH TYSIĄCLECIACH (0 n.e. – XXI)	107
6.1.	Cykle 11, 100 i 180 lat temperatury powietrza, szerokości stojów drzew i aktywności Słońca	107
6.2.	.Synchroniczne wahania temperatury powietrza, NAO, szerokości stojów drzew w Europie i aktywność Słońca	111

6.3	Synchroniczne wahania grubości słoju drzew w Europie, aktywności Słońca i momentu bezwładności B_z planet Układu Słonecznego względem płaszczyzny ekliptyki	114
6.4.	Mroźne zimy w Warszawie w latach 1779-2015	119
6.5.	Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych	120
VII.	WERYFIKACJA PROGNOZ ZMIAN OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ (NAO) W LATACH 1998-2100 WEDŁUG POMIARÓW Z LAT 1825-1997 (ATLAS, T. XV, 2001)	125
7.1.	Kierunki adwekcji mas powietrza w Europie (typy cyrkulacji wg Wangenheima i Osuchowskiej-Klein)	125
7.2.	Zjawisko El Niño	129
7.3	Prognozy zmian Oscylacji Północnoatlantycznej (NAO) w XXI wieku według pomiarów z lat 1825-1997	130
7.4.	Weryfikacja prognoz zmian Oscylacji Północnoatlantycznej (NAO) w latach 1998-2100 według pomiarów z lat 1998-2015	134
VIII.	WERYFIKACJA PROGNOZ TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W MIESIĄCACH, PORACH ROKU I ROKU W 35-LECIU 1981-2015 (1984) I 25-LECIE 1991-2015 (2000).	173
8.1.	Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego temperatury powietrza w Warszawie w latach 1980-2100 wg modelu rekonstrukcyjno-prognostycznego (w 30-leciu 1981-2015)	173
8.2.	Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego temperatury powietrza w Warszawie w latach 1991-2100 (w miesiącach, sezonach i roku) (w 25-leciu 1991-2015)	175
IX.	WERYFIKACJA PROGNOZ ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA W EUROPIE W LATACH 1970- 2100 OPUBLIKOWANYCH W ATLASIE T. XVII (2003), T. XIX (2005), T. XX-XXI (2007)	199
9.1.	Weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza w: Anglii środkowej (1659-1993), Greenwich (1659-1969), Paryżu (1767-1995), Berlinie (1769-1990) i Warszawie (1779-1998, 1779-2002)	201
9.2.	Weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza w: Moskwie (1780-2002), Sztokholmie (1756-1994) i Zurychu (1864-1970)	241
9.3	Weryfikacja prognoz zmian temperatury powietrza w: Rzymie (1811-1989), Wiedniu (1775-2002) i Kijowie (1812- 2002)	266
X.	WERYFIKACJA PROGNOZ OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W WARSZAWIE W 30-LECIE 1981-2010 (1993) I 20- LECIE 1991-2010 (2000)	291
10.1.	Weryfikacja prognoz przebiegu rocznego opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1980-2100 według pomiarów z lat 1813-1979	291
10.2.	Weryfikacja prognoz opadów atmosferycznych w Warszawie na lata 1990-2100 – w 20-leciu 1990-2010 (z 2000)	297
XI.	NOWE PROGNOZY ZMIAN TEMPERATURY POWIETRZA W WARSZAWIE W XXI WIEKU WEDŁUG POMIARÓW Z LAT 1779-2015	321
11.1.	Nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w kolejnych miesiącach w latach 2016-2100	322
11.2.	Nowe prognozy zmian temperatury powietrza w Warszawie w porach roku i roku w latach 2016-2100	358
XII.	ZAKOŃCZENIE	371
XIII.	LITERATURA	385
	ZJAWISKA POGODOWE W X-XVI WIEKU WEDŁUG KRONIK HISTORYCZNYCH	387
	WYKAZ PRAC MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII DOTYCZĄCYCH CYKLICZNOŚCI I TENDENCJI ZMIAN KLIMATU W EUROPIE (1984-2015)	393
	ZAŁĄCZNIK (SPIS PUBLIKACJI)	395

7.3. Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych

Tendencje zmian cech termicznych klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według pomiarów temperatury powietrza i rocznych przyrostów drzew (ze szczególnym uwzględnieniem stuleci XVIII-XXI z wyeksponowaniem ich naturalnych przyczyn) określono w tomie XX-XXI *Atlasu*:

- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak S., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, t. XX-XXI. Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych* (red. M. Stopa-Boryczka, redakcja W. Zakowski), Wyd. UW, s. 226

Najpierw (rozdz. II) przedstawiono cechy termiczne klimatu Europy, wynikające z jej położenia w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Badania przeprowadzono na podstawie średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w 30-letnich latach 1931-1960 i 1961-1990. Pole temperatury powietrza opisano empirycznymi modelami – wielomianami regresji pierwszego, drugiego, trzeciego i czwartego stopnia $T = f(\varphi, \lambda, H)$ względem trzech współrzędnych: szerokości φ i długości geograficznej λ oraz wysokości nad poziomem morza H . Symulują one zarówno zmienność strefową temperatury powietrza (uwarunkowaną dopływem promieniowania słonecznego), jak też oddziaływanie Oceanu Atlantyckiego i wpływ wysokości nad poziomem morza.

Oryginalną część pracy stanowi rozdział III pt. *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XIX-XXI wieku*. Zawiera on wykresy widm i przebiegów wieloletnich temperatury powietrza wraz z prostymi regresjami na przykładzie średnich rocznych w 40 miejscowościach europejskich. Widma (i okresy) temperatury powietrza wyznaczono metodą J. Boryczki „sinusoid regresji” (1998), a tendencje zmian określono równaniami prostych regresji. Szczególne znaczenie mają jednak prognozy temperatury powietrza do 2100 roku na podstawie interferencji silniejszych cykli zawartych w widmach. Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy w XXI wieku. Według tych prognoz w XXI wieku można oczekiwać ochłodzenia, które częściowo może być złagodzone przez czynniki antropogeniczne (efekt cieplarniany i miejskie wyspy ciepła). W prognozach przyjęto założenia, że ekstrema wykrytych cykli (obecnych w widmach temperatury powietrza) o dość dużych amplitudach (istotnych statystycznie) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku.

W tabelach zestawiono po 10 najchłodniejszych lat i po 10 najcieplejszych lat w XVIII-XX wieku. W kolejnych tabelach zestawiono krótkie, średnie i długie cykle temperatury powietrza w 40 miejscowościach europejskich reprezentujących prawie wszystkie jednostki fizycznogeograficzne.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniem dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od aktywności Słońca (stałej słonecznej) i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne.

Temperatura powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. cechuje się cyklicznością około 8., 11., 100. i 180-letnią. W zimie dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużym zakresie wahań: w Warszawie – 8,3 (1,6°C), Krakowie – 8,3 (1,9), Sztokholmie – 7,8 (1,3), Moskwie – 7,9 (0,8). W widmach temperatury powietrza są obecne także cykle około 11-letnie np. w zimie: Warszawa – 11,6 (0,5°C), Kraków – 11,3 (0,8), Moskwa – 11,4 (1,6)

Nowość stanowią cykle klimatu określone na podstawie danych dendrologicznych z Europy (i Polski) w ostatnim 1000-leciu oraz prognozy po rok 2100 (rozdz. IV i V).

Zbliżone okresy są obecne w dendrologicznych ciągach szerokości pierścieni (słojów) dębów rosnących w Polsce (tab. 1).

Tabela 1. Okresy (Θ lat) około 8. i 11-letnie szerokości pierścieni dębów rosnących w Polsce (XVIII-XX w.)

R – współczynnik korelacji

Table 1. 8-year and 11-year cycles (Θ years) of ring widths of oaks growing in Poland (18th-20th c.)

R – correlation coefficient

Miejsce		Θ	R	Θ	R	Miejsce		Θ	R	Θ	R
Gdańsk	1762-1985	8,0	0,127	11,6	0,219	Roztocze	1872-1988	7,6	0,147	11,2	0,194
Gołdap	1871-198	7,8	0,154	10,8	0,130	Suwałki	1861-1986	7,5	0,278	11,8	0,172
Hajnówka	1720-1984	7,9	0,144	11,2	0,258	Toruń	1713-1986	7,7	0,161	11,4	0,181
Koszalin	1782-1986	8,6	0,193	11,1	0,127	Warszawa	1690-1984	7,7	0,175	11,1	0,124
Kraków	1792-1985	7,7	0,235	11,5	0,137	Wrocław	1727-1986	8,3	0,206	11,6	0,162

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle około 100. i 180-letni aktywności Słońca. Warunkują one okresy około 100. i 180-letni temperatury powietrza w Europie. Okresy prawie dwuwiekowe są zbliżone do okresu planetarnego 178,9 lat, po upływie którego powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego (tab. 2).

Tabela 2. Okresy około 100. i 180-letnie temperatury powietrza w Europie

Table 2. Approximately 100-year and 180-year cycles of air temperature in Europe

Miejscowość		Zima		Lato		Zima		Lato	
		Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	1779-1998	113,4	1,22	75,0	0,88	179,0	0,44	208,2	0,66
Bazylea	1755-1980	85,5	0,14	87,6	0,64	–	–	227,4	0,26
Kopenhaga	1768-1991	80,5	0,22	89,6	0,27	–	–	211,6	1,19
Anglia	1660-1973	99,3	0,44	102,5	0,20	166,9	0,48	204,6	0,34
Sztokholm	1756-1994	86,3	0,55	89,4	0,51	184,6	0,49	–	–
Uppsala	1739-1970	102,7	1,48	94,0	0,79	182,3	2,50	192,8	0,39
Innsbruck	1777-2000	69,9	0,80	84,6	0,50	169,8	1,45	–	–

Zbliżonymi okresami około 100. i 180-letnimi cechują się ciągi chronologiczne szerokości pierścieni drzew: sosny, świerka i modrzewia w Europie (tab.3).

Tabela 3. Okresy (Θ lat) około 100. i 180-letnie szerokości pierścieni drzew (sosna, świerk, modrzew) rosnących w Europie

Table 3. Approximately 100-year and 180-year cycles (Θ years) of ring widths of trees growing in Europe (pine, spruce and larch)

Drzewo	Przedział czasu	Θ	R	Θ	R	Θ	R
Sosna							
Forfiordalen (Norwegia)	877-1994	112	0,178	189	0,121	–	–
Kola (Rosja)	1577-1997	109	0,394	186	0,277	–	–
Świerk							
Stonnggrandes (Norwegia)	1403-1997	114	0,191	201	0,243	–	–
Falkenstein (Niemcy)	1540-1995	110	0,298	189	0,414	429	0,399
Fodara Vedla (Włochy)	1578-1990	99	0,083	191	0,718	–	–
Modrzew							
Pinega 1 (Rosja)	1598-1990	103	0,184	217	0,286	–	–

Prognozy otrzymano na podstawie interferencji wykrytych cykli metodą „sinusoid regresji” J. Boryczki (1998):

$$y = f(t) = a_o + \sum_{j=1}^k b_j \sin \left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j \right) \quad (7)$$

gdzie: Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe. Wykresy funkcji prognozy $y = f(t)$ rocznych przyrostów niektórych drzew cechują się głównymi minimumami w połowie XXI wieku. W przypadku np. świerka z Falkenstein (1540-1995) prognozy uwzględniają silne cykle: 110, 189 i 429 lat (o współczynnikach korelacji $R = 0,30, 0,42$ i $0,40$).

Na klimat Europy dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niż Islandzki i Wyż Azorski. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane. O wpływie aktywności Słońca na cyrkulację atmosfery (na dystrybucję ciepła na Ziemi) świadczą analogiczne cykle cyrkulacji atmosfery i liczb Wolfa, a także temperatury powietrza.

Wskaźnik *NAO* w latach 1825-2000 cechuje się okresowością 8-letnią, kilkunastoletnią i 106,3-letnią, a temperatura powietrza w Europie cechuje się okresowością 8-, 11-, 100- i 180-letnią.

Istotny jest również ostatni rozdział VI – autoreferat pracy doktorskiej R. Cebulskiego pt. *Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu opadów atmosferycznych i stanów wody rzeki górskiej*. Dużą wartość poznawczą mają zbliżone widma i okresy, wyznaczone metodą „sinusoid regresji”, badanych zmiennych tj. stanów wody w rzece górskiej, opadów atmosferycznych, wskaźników cyrkulacji atmosferycznej i aktywności Słońca.



atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

MARIA STOPA-BORYCZKA
JERZY BORYCZKA
SZYMON BIJAK
ROBERT CEBULSKI
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XX-XXI CYKLICZNE ZMIANY KLIMATU EUROPY
W OSTATNIM TYSIĄCLECIU WEDŁUG
DANYCH DENDROLOGICZNYCH

atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

Warszawa 2007

SPIS TREŚCI (20-21)

DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA I DYDAKTYCZNA PROF. DR HAB. JERZEGO BORYCZKI	7
ACADEMIC AND RESEARCH ACTIVITY OF PROFESSOR JERZY BORYCZKA	25
I. WPROWADZENIE	33
II. CECHY TERMICZNE KLIMATU EUROPY	37
1. Zmiany roczne gradientów temperatury powietrza	37
2. Profile gradientów rocznej amplitudy temperatury powietrza	41
3. Przestrzenny rozkład gradientów temperatury powietrza	43
4. Gradienty horyzontalne temperatury powietrza w °C/100 km	45
5. Deformacja pola temperatury powietrza przez czynniki lokalne	48
III. OCIEPLENIA I OCIEPLENIA KLIMATU EUROPY W XIX-XXI WIEKU	67
1. Wpływ aktywności Słońca na temperaturę powietrza w Europie	67
2. Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na temperaturę powietrza w Europie	69
3. Mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata w Europie	71
4. Okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie	72
5. Tendencje zmian temperatury powietrza w Europie w XIX-XX wieku. Prognozy do roku 2100	74
IV. CYKLICZNE ZMIANY KLIMATU EUROPY W OSTATNIM TYSIĄCLECIU WEDŁUG CIĄGÓW DENDROLOGICZNYCH	127
1. Zarys badań dendroklimatycznych	127
2. Synchroniczność cykli klimatycznych i dendrologicznych w Europie	129
2.1. Cykl 4-letni temperatury powietrza, opadów i cyrkulacji atmosferycznej	130
2.2. Cykl 8-letni temperatury, cyrkulacji atmosferycznej, aktywności Słońca i rocznych przyrostów drzew	131
2.3. Cykl 11-letni temperatury powietrza, opadów, aktywności Słońca i rocznych przyrostów drzew	133
2.4. Cykle 100. i 180-letni temperatury powietrza, aktywności Słońca i rocznych przyrostów drzew	135
3. Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na klimat Europy	137
4. Prognozy zmian klimatu Europy w XXI wieku	138
V. ZMIANY KLIMATU POLSKI W OSTATNICH STULECIACH WEDŁUG ROCZNYCH PRZYROSTÓW DĘBÓW	177
1. Największe ochłodzenia i ocieplenia w kronikach z X-XVI wieku nawiązujące do osobliwości rocznych przyrostów dębów w Polsce	177
2. Zależność szerokości słoje dębów od miesięcznych wartości temperatury i sum opadów atmosferycznych w Polsce	183
3. Lata wskaźnikowe dębów w Polsce	197
4. Widma i parametry cykli rocznych przyrostów dębów w Polsce	200
5. Prognozy zmian rocznych przyrostów dębów w Polsce w XXI wieku	211
VI. ROLA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W KSZTAŁTOWANIU OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH I STANÓW WODY RZEKI GÓRSKIEJ	219
1. Cel, tezy i zakres pracy	219
2. Cechy fizyczno-geograficzne badanej zlewni karpackiej	220
2.1. Położenie geograficzne zlewni, układ dorzecza	220
2.2. Warunki klimatyczne zlewni	221
2.3. Dane empiryczne	222
3. Empiryczne i teoretyczne rozkłady prawdopodobieństwa opadów atmosferycznych i stanów wody w rzece karpackiej	223
3.1. Wybór teoretycznych rozkładów prawdopodobieństwa	223
3.2. Porównanie dystrybuant empirycznych i teoretycznych	223
3.3. Wyznaczenie sum opadów o prawdopodobieństwie przewyższenia	224
456	

4.	Ekstrema i tendencje zmian opadów atmosferycznych i stanów wody w przekrojach wodowskazowych oraz ich uwarunkowania	225
4.1.	Przyczyny tendencji malejącej zmian stanów wody w rzece Skawie	225
5.0.	Okresowe zmiany opadów atmosferycznych i stanów wody w rzece górskiej oraz ich przyczyny	228
5.1.	Metoda badania okresowości ciągów chronologicznych	228
5.2.	Wyniki analizy okresowej zmienności elementów klimatologicznych i hydrologicznych	230
5.3.	Synchroniczność cykli badanych zmiennych	233
6.	Zależność opadów atmosferycznych oraz średnich i ekstremalnych stanów wody w rzece górskiej od cyrkulacji atmosferycznej	234
6.1.	Wybór metod analizy regresji	234
6.2.	Próba uwzględnienia zmian koryta rzeki w ciągach chronologicznych stanów wody	234
6.3.	Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na pole opadów w zlewni Skawy	235
6.4.	Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stany wody w przekrojach wodowskazowych Skawy	236
6.5.	Zależność stanów wody Skawy od opadów atmosferycznych	236
6.6.	Zależność częstości ekstremalnych stanów wody w przekrojach wodowskazowych zlewni karpackiej od cyrkulacji atmosferycznej	240
7.0.	Prognoza zmian opadów atmosferycznych oraz średnich i ekstremalnych stanów wody w rzece karpackiej do roku 2025	242
7.1.	Przyjęte metody prognozowania oraz jego statystycznej oceny	242
7.2.	Prognoza sum rocznych opadów atmosferycznych do roku 2025	243
7.3.	Prognoza rocznych wartości stanów wody do roku 2025	243
8.	Podsumowanie	247
VII.	ZAKOŃCZENIE. .	251
	SUMMARY	255
	LITERATURA	259
	WYKAZ PRAC MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII DOTYCZĄCYCH CYKLICZNOŚCI I TENDENCJI ZMIAN KLIMATU W EUROPIE	265

WARSAW UNIVERSITY
FACULTY OF GEOGRAPHY AND REGIONAL STUDIES

STUDIES ON THE CLIMATE OF WARSAW

Editor: Maria Stopa-Boryczka



CONTENTS

Maria STOPA-BORYCZKA , Studies on the climate of Warsaw in the second half of the 20th century	7
Urszula KOSSOWSKA-CEZAK, Jolanta WAWER, The contribution of the Department of Climatology to the study of the climate of Warsaw	13
Jerzy BORYCZKA – Changes in the climate of Warsaw from 18th to 21th century	25
Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA , The cyclic changes of the climate of Warsaw and their conditioning	35
Urszula KOSSOWSKA-CEZAK , The abrupt temperature increases and decreases in Warsaw in the second half of the 20th century	51
Elwira ŻMUDZKA , The variability of the growing season in Warsaw in the second half of the 20th century	61
Katarzyna GRABOWSKA, Storms in Warsaw against the background of other Polish towns	73
Jolanta WAWER, Dependence of the urban heat island on the atmospheric circulation types	91
Maria STOPA-BORYCZKA, Jerzy BORYCZKA, The influence of the manmade factors on the local climate of Warsaw	95
Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Urszula KOSSOWSKA-CEZAK Danuta MARTYN, Krzysztof OLSZEWSKI, The influence of urban greenery on local climate	111
Bożena KICIŃSKA – The aerosanitary conditions in the towns of Poland	131
Krzysztof OLSZEWSKI – The acidity of precipitation in Warsaw	147
Magdalena KUCHCIK – The influence of aerosanitary and bio-meteorological conditions on the health and mortality of the inhabitants of Warsaw	155
Maria STOPA-BORYCZKA, Maria KOPACZ-LEMBOWICZ, Jolanta WAWER – The findings of the research on the climate of Warsaw conducted at the Department of Climatology of Warsaw University	167
Maria KOPACZ-LEMBOWICZ – The application-oriented character of the reports elaborated at the Department of Climatology concerning urban climate .	177
The list of publications of the Department of Climatology concerning the climate of Warsaw	187
The list of Ph.D. dissertations and M.A. theses concerning the climate of Warsaw	199

Directions of research of the Department of Climatology of the Warsaw University 1951-2009

Summary

The fundamental research conducted within the Department of Climatology of the Faculty of Geography and Regional Studies (previously Institute of Geography) at the Warsaw University concerns primarily the climate of Poland. This theme is contained in the research plans of the department since 1952. The theme would only undergo modifications as to its more precise formulation, referring frequently to the fresh currents in climatology.

The research in the domain of climate of Poland was initiated by Professor Romuald Gumiński, the first head of the Department of Climatology of the Institute of Geography at the Warsaw University (1951-1952).

The main research directions taken up at the Department of Climatology under the leadership of Professor Wincenty Okołowicz (the head of the Department in the years 1953-1973), with considerable assistance from Ass. Professor Zofia Kaczorowska (who worked at the Department between 1951 and 1972), include:

- The structure and regionalisation of the climate of Poland,
- The climate of the north-eastern Poland,
- The climate and bio-climate of towns.

The primary object of research at the Department is nowadays constituted by the problem of natural and anthropogenic changes in the climate of Europe, with special consideration of Poland. Within this domain attention should be paid to such subjects

- Empirical models of spatial and temporal variability of climate,
- Periodical changes of climate and their causes,
- Secular trends in climate changes,
- Anthropogenic climate changes,
- Forecasts of changes in the climate of Poland in the 21st century.

All of these research problems are being approached through both individual and team projects. The most important results of the teamwork include, first of all, the 14 volumes of the *Atlas of interdependencies of the meteorological and geographic parameters in Poland* (in Polish), published in the years 1974-2000. A *sui generis* synthesis of the individual work on the climate of Poland is constituted by the two issues of "Prace i Studia Geograficzne", published (in Polish) under the titles of *New methods of inquiry into the climate of Poland* (1997) and *From the study of the climate of Poland* (1998). The first of these issues was published on the occasion of the 45th anniversary of the establishment of the Department, while the second – to commemorate the 100th anniversary of birth of Professor Romuald Gumiński.

Among significant advances in the comparative study of natural and anthropogenic changes in Poland's climate in the first decade of the 21st century and the second half of the 20th century, are the postdoctoral dissertation of E. Żmudzka (2007), *Zmienność zachmurzenia w Polsce i jej uwarunkowania cyrkulacyjne (1951-2000)* [Cloud cover variability and circulation factors in Poland (1951-2000)] and the doctoral dissertation of K. Grabowska (2002), *Burze w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1990)* [Thunderstorms and their preconditions in Poland (1951-1990)].

Substantial contributions to knowledge have also been made by studies whose results are presented in the following 6 volumes of *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* [Meteorological and Geographical Parameter Interdependence in Poland: an Atlas], published in 2002-2008. Volumes 20-21 and 22 are of particular importance.

7.4. Postęp badań naturalnych zmian klimatu Europy w pierwszej dekadzie XXI wieku w odniesieniu do drugiej połowy XX wieku

Do nowych problemów rozwiązywanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu warszawskiego można zaliczyć następujące tematy:

- Wykrycie cykliczności zmiennych dendrologicznych – rocznych przyrostów (słojów) drzew rosnących w Europie – około 100-, 180- i kilkusetletnich, umożliwiającej rekonstrukcję i prognozy zmian klimatu w ostatnim tysiącleciu (tom XX-XXI).
- Badanie cykliczności, tendencji i prognoz zmian klimatu Europy w ostatnich stuleciach (XVII-XXI wieku) według pomiarów temperatury powietrza w 40 miejscowościach, reprezentujących całą Europę.
- Zmiany temperatury powietrza w porach roku: zima, lato (tom XVII), najchłodniejsze i najcieplejsze miesiące I i VII (tom XIX) oraz rok I-XII (tom XX-XXI).

W badaniach czasowych zmian klimatu Europy znaczący jest udział studentów specjalizacji klimatologicznej w ramach prac magisterskich (tom. XXV), na przykładach kilkunastu miast: nizinnych (Londyn, Warszawa, Moskwa), miast górskich (Genewa, Zurych, Saentis, Sonnblick). Ponadto zbadano wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na temperaturę powietrza w Europie (Paryż, Marsylia, Wrocław, Kraków, Warszawa).

Określono też zmiany temperatury powietrza w profilach południkowym (Sztokholm, Warszawa, Ateny) i równoleżnikowym (Paryż, Warszawa, Moskwa)

W prognozach ogromne znaczenie ma wykazanie, zbliżonych okresów krótkich i długich temperatury powietrza i rocznych przyrostów drzew, zwłaszcza okresów 8-, 11- oraz 100- i 180-letnich. Należy zauważyć, że najpierw stwierdzono cykl 11-letni szerokości pierścieni (słojów) drzew, a później znaleziono jego przyczynę, tj. cykliczność 11-letnią plam słonecznych (aktywności Słońca).

Mroźne zimy i upalne lata w Polsce

Przeszłość i teraźniejszość klimatu Ziemi scharakteryzowano w tomie XVII *Atlasu*:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirhenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*, red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, (red. W. Zakowski), Wyd. UW, ss. 297

Zarys klimatu minionych epok geologicznych

Historię klimatu Ziemi można podzielić na części, wynikające ze skali czasu i stosowanych metod badań. Są to przedziały czasu: 1. – od 3,5 miliarda lat, 2. – od 2 milionów lat (czwartorzęd), 3. – od 10 000 lat (Holocen), 4. – od kilkuset lat (dane historyczne, dendrometryczne i instrumentalne).

O najstarszej historii Ziemi informują formy rzeźby powierzchni polodowcowych, dawne linie brzegowe mórz i oceanów, jezior, rafy koralowe i znalezione relikty pierwszych form życia na Ziemi.

„Księgami”, gdzie zapisana jest historia klimatu Ziemi, są: osady głębokomorskie, osady jeziorne, a przede wszystkim lody Antarktydy, Arktyki i lodowce wysokogórskie.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu określane są na podstawie tzw. paleotemperatury – tj. zawartości izotopów: tlenu ^{18}O i wodoru ^2H (deuteru) w substancjach organicznych, zdeponowanych w osadach i rdzeniach lodowych.

Parowanie „ciężkiej wody” H_2O (^2H , ^{18}O) w oceanach w określonej temperaturze jest mniejsze niż zwykłej wody H_2O (^1H , ^{16}O). Duża zawartość izotopów tlenu ^{18}O i

wodoru ^2H w szkieletach dawno żyjących w oceanach organizmów świadczy o chłodnym klimacie (o chłodnej wodzie oceanu), a mała – o ciepłym (cieplej wodzie). Natomiast w rdzeniach lodu, powstałego z kondensacji pary wodnej, pochodzącej z oceanów jest przeciwnie. Duża zawartość tych izotopów w lodzie wskazuje na klimat ciepły, a mała – na klimat chłodny.

W rekonstrukcji dawnego klimatu fundamentalne znaczenie ma ustalenie wieku skał, osadów i rdzeni lodowych. W „datowaniach” wykorzystuje się czas połowicznego rozpadu pierwiastków promieniotwórczych. Są to izotop węgla ^{14}C (5730 lat) i izotopy pochodzące z rozpadu uranu: protaktyn ^{231}Pa , tor ^{230}Th , izotop uranu ^{234}U i inne – o okresie połowicznego rozpadu kilkaset tysięcy lat.

Około 2,3 miliarda lat temu aktywność wulkaniczna była mała, a temperatura Ziemi znacznie się obniżyła. Nastąpiła pierwsza (archaiczna) epoka lodowa na Ziemi. Świadczą o tym charakterystyczne moreny polodowcowe. Ich wiek określa się na 2,2-2,4 miliarda lat temu. Ślady tego archaicznego zlodowacenia spotkać można w Kanadzie, na Alasce, w Indiach i Australii. Zlodowacenie archaiczne doprowadziło do powstania pokryw lodowych w obszarach podbiegunowych obu półkul.

W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło 6 wielkich epok lodowych: 950, 750, 620, 440, 280, 3-2 (zlodowacenie czwartorzędowe) – średnio co 190 milionów lat. Są to tzw. „zimy kosmiczne”, których przyczyną może być obieg Układu Słonecznego dookoła środka naszej galaktyki (Drogi Mlecznej). Rok galaktyczny jest równy około 226 milionów lat

Obecnie żyjemy w epoce lodowej (czwartorzędu), która rozpoczęła się 2 miliony lat temu i trwa nadal, z pokrywą lodową znajdującą się na obu biegunach (na Antarktydzie i w Arktyce)

Zlodowacenia Ziemi, które wystąpiły w ciągu ostatniego miliona lat, wynikają ze zmian kształtu orbity Ziemi (Milanković, 1930). Według tej teorii zmiany okresowe parametrów eliptycznej orbity Ziemi spowodowały znaczące spadki promieniowania słonecznego w dużych szerokościach geograficznych, zwłaszcza w obszarach okołobiegunowych. Daty kolejnych głównych minimów promieniowania słonecznego w szerokości geograficznej 65° pokrywają się z datami kolejnych zlodowaceń Ziemi, określonymi przez geologów.

Cztery ostatnie zlodowacenia Ziemi (obejmujące obszar Polski) były efektem nakładania się trzech długich cykli: 92 000 lat – mimośrod (ekscentryczności) orbity, 40 000 lat – nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika 21 000 lat – położenia peryhelium względem punktu równonocy wiosennej.

Analogiczne cykle stwierdzono w badaniach osadów głębokomorskich (Hays i inni, 1976). Okazało się, że izotop tlenu ^{18}O zawarty w węglanach wapnia cechuje się zbliżoną okresowością: 100 000 lat, 42 000 lat, 23 000 lat.

W ciągu ostatniego miliona lat wystąpiło 10 głównych ochłodzeń i 10 ociepleń klimatu. Średni odstęp między ochłodzeniami (zlodowaczeniami Ziemi) wynosi około 100 000 lat. Jedno z ostatnich minimów lokalnych sum rocznych promieniowania słonecznego ($1196 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) wystąpiło około 22 000 lat temu przy nachyleniu ekliptyki $\varepsilon = 22^\circ,56$ i mimośrodku $e = 0,061$ (ostatnia faza zlodowacenia Würm).

Zlodowacenia Ziemi występowały przy największym spłaszczeniu orbity Ziemi ($e = 0,066$), gdy w lecie odległość Ziemi od Słońca była największa, a nachylenie ekliptyki małe.

Prawdopodobnie kolejne zlodowacenie Ziemi nastąpi za około 62 000 lat ($I_{\min} = 1189 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$) przy ekscentryczności orbity Ziemi $e = 0,066$.

Chronologiczne ciągi czasowe substancji organicznych zdeponowanych w osadach polskich jezior: Wikaryjskie, Święte, Gościąż informują o holocenijskich wahanach klimatu Polski. W datowaniach osadów zastosowano metodę radioaktywnego izotopu ^{14}C węgla lub (w przypadku Jez. Gościąż) zliczono 10-letnie przyrosty warstwy osadów. Akumulowane substancje organiczne w osadach tych jezior są dodatnio skorelowane z temperaturą atmosfery. Daty ochłodzeń i ociepleń klimatu Polski – to minima i maksima koncentracji substancji organicznych.

Według zawartości substancji organicznych w osadach wymienionych jezior za datę holocenijskiego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć 12000 BP (Wikaryjskie), 11450-9000 BP (Święte), 11000-9000 (Gościąż).

Największe holocenijskie ocieplenia klimatu Polski – według osadów jez. Gościąż, są datowane 13 000-11 000 BP i 9 000-8500 BP.

W przedziale czasu od 20 000 do 12 540 lat temu rekonstruowano zawartość substancji organicznych w osadach na podstawie interferencji cykli: 50, 230, 360, 390, 540, 590, 1120, 1380, 1770, 2970, 6080, 12 380 lat.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu w ostatnich stuleciach

Rekonstrukcje temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu (wg redukcji lodowców, szerokości pierścieni drzew i pomiarów bezpośrednich) wskazują trzy zasadnicze przedziały czasu: „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku. Należy zauważyć, że serie dendrometryczne (grubości słoje drzew) uwzględniają głównie temperaturę i opady okresu wegetacyjnego.

W ostatnich 400 latach wystąpiły trzy główne ochłodzenia klimatu Ziemi, o najmniejszej średniej globalnej temperaturze powietrza na półkuli północnej w pobliżu dat: 1600, 1700, 1830. Najbardziej poznane (na podstawie danych instrumentalnych) jest to ostatnie, największe ochłodzenie w Europie i Polsce (wg serii warszawskiej i krakowskiej). Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas trzech najsłabszych, wydłużonych (12-13-letnich) cykli aktywności Słońca (1798-1833). Ochłodzenie to pojawiło się w czasie najsłabszego 13-letniego cyklu plam słonecznych (1811-1823), podczas absolutnego minimum wiekowego (od 1700 r.).

Rok 1811 był szczególny pod względem stanu Układu Słonecznego, kiedy to odległość Słońca od środka masy Układu była najmniejsza (0,14 część promienia Słońca), a przyspieszenie Słońca – największe. To ostatnie globalne ochłodzenie klimatu (także w Polsce) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych wybuchach wulkanów: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Coseguina.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniami dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od stałej słonecznej i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne.

Na Słońcu obserwuje się wiele zjawisk o natężeniu okresowym, m.in. plamy słoneczne od których zależy dopływ energii słonecznej do Ziemi.

Ciągi chronologiczne liczb Wolfa (liczb plam słonecznych) i temperatury powietrza wskazują, że podczas maksimów aktywności Słońca w cyklu 11-letnim jest cieplej niż w czasie minimów (większe są również przyrosty drewna w lasach – grubsze słoje drzew). Jest to wynikiem zależności dystrybucji ciepła na powierzchni Ziemi od aktywności Słońca.

Cyrkulacja atmosferyczna warunkuje transport magazynowanej głównie w strefie międzyzwrotnikowej energii słonecznej w stronę biegunów.

Temperatura powietrza w Europie (i Polsce) cechuje się cyklicznością około 8-, 11-, 100- i 180-letnią. Cykle wyznaczono metodą „sinusoid regresji” :

$$T = a_0 + b \sin\left(\frac{2\pi}{\Theta} t + c\right) \quad (8)$$

gdzie: Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe).

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$ (tab. 4)

Tabela 4. Okresy około 8-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 4. The close-to-8-year long periods of air temperature in Europe

Miejscowość		Zima		Lato		Miejscowość		Zima		Lato	
		Θ	ΔT	Θ	ΔT			Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	1779-2002	8,3	1,59	7,1	0,66	Genewa	1768-1980	7,7	0,62	7,8	0,40
Kraków	1826-2000	8,3	1,87	7,8	0,33	Wiedeń	1775-2002	8,3	0,87	8,4	0,38
Wrocław	1782-2002	8,3	1,53	7,8	0,27	Rzym	1811-1989	7,9	0,30	8,4	0,32
Lwów	1824-2002	8,3	1,30	7,9	0,56	Sztokholm	1758-1994	7,8	1,33	7,8	0,40
Praga	1772-2002	8,3	1,06	7,8	0,44	Kopenhaga	1768-1990	7,8	1,24	8,3	0,51
Berlin	1769-1990	7,7	1,54	7,8	0,55	Moskwa	1780-2002	7,9	0,76	8,3	0,60

Zakres wahań temperatury powietrza np. w Warszawie w zimie w cyklu 8,3-letnim wynosi $\Delta T = 1,5^\circ\text{C}$, a średniej rocznej (okres 7,7 lat) – $0,6^\circ\text{C}$.

Od dawna znana jest cykliczność około 11-letnia temperatury powietrza, związana z cyklem 11-letnim plam słonecznych. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza i amplitudy ΔT ($^\circ\text{C}$) w wybranych miejscowościach w zimie, lecie i roku zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Okresy około 11-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 5. The close-to-11-year long periods of air temperature in Europe

Miejscowość		Zima		Lato		Miejscowość		Zima		Lato	
		Θ	ΔT	Θ	ΔT			Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	1779-2002	11,6	0,53	11,3	0,22	Genewa	1768-1980	11,0	0,40	11,3	0,28
Kraków	1826-2000	11,3	0,84	11,4	0,26	Wiedeń	1775-2002	11,0	0,44	11,0	0,12
Wrocław	1782-2002	11,4	0,74	11,5	0,42	Rzym	1811-1989	11,8	0,44	10,7	0,39
Lwów	1824-2002	11,2	1,11	10,7	0,06	Sztokholm	1758-1994	11,3	0,29	11,6	0,38
Praga	1772-2002	11,0	0,42	11,1	0,19	Kopenhaga	1768-1990	11,1	0,26	11,5	0,48
Berlin	1769-1990	11,0	0,42	11,6	0,18	Moskwa	1780-2002	11,4	1,62	11,3	0,30

Zakres wahań temperatury powietrza w tym około 11-letnim cyklu jest na ogół ponad dwukrotnie większy w zimie niż w lecie.

Krótkookresowe zmiany aktywności Słońca (stałej słonecznej) nie odgrywają istotnej roli w kształtowaniu klimatu Ziemi, ze względu na bardzo powolne przenikanie ciepła do głębszych warstw Ziemi. Większą rolę odgrywają długie cykle: 102-letni i 187-letni aktywności Słońca (tab. 6). W otoczeniu maksimów plam słonecznych w tych cyklach kumulowane są duże ilości energii w głębszych warstwach lądów i oceanów. Energia magazynowana w oceanach wywiera wpływ na cyrkulację atmosferyczną.

Tabela 6. Okresy około 100- i 180- letnie: aktywności Słońca, stałej słonecznej i erupcji wulkanicznych
Table 6. The close-to-100 and 200-year long periods of solar activity, solar constant and volcanic eruptions

Zmienna	Okres Θ	Okres Θ
Aktywność Słońca (1700-2000)	102,0	187,3
Stała słoneczna (1700-2000)	102,0	187,0
$DVI/\Delta t$	91,5	206,0

Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza (tab. 7 i 8, $\Delta T = 2b$ – amplituda).

Tabela 7. Okresy około 100-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 7. The close-to-100-year long periods of air temperature in Europe

Miejscowość		Zima		Lato		Miejscowość		Zima		Lato	
		Θ	ΔT	Θ	ΔT			Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	1779-2002	113,4	1,22	75,0	0,88	Bazylea	1755-1980	85,5	0,14	87,6	0,64
Kraków	1826-2000	90,0	0,48	88,0	0,67	Kopenhaga	1768-1990	80,5	0,22	89,6	0,27
Wrocław	1782-2002	123,3	1,66	75,0	0,50	Anglia	1660-1973	99,3	0,44	102,5	0,20
Lwów	1824-2002	108,8	1,30	74,1	1,33	Sztokholm	1758-1994	86,3	0,55	89,4	0,51
Praga	1772-2002	116,3	1,44	118,3	0,68	Uppsala	1739-1990	102,7	1,48	94,0	0,79
Wiedeń	1775-2002	89,8	0,79	96,1	0,58	Innsbruck	1777-1999	69,9	0,80	84,6	0,50

Tabela 8. Okresy około 180-letnie temperatury powietrza w Europie
Table 8. The close-to-180-year long periods of air temperature in Europe

Miejscowość		Zima		Lato		Miejscowość		Zima		Lato	
		Θ	ΔT	Θ	ΔT			Θ	ΔT	Θ	ΔT
Warszawa	1779-2002	218,3	0,44	208,2	0,66	Bazylea	1755-1980	-	-	227,4	0,26
Kraków	1826-2000	168,3	0,43	-	-	Kopenhaga	1768-1990	-	-	211,6	1,19
Lwów	1824-2002	-	-	195,3	1,00	Anglia	1660-1973	166,9	0,48	204,6	0,34
Genewa	1768-1980	144,1	-	248,3	1,09	Sztokholm	1758-1994	184,6	0,49	-	-
Berlin	1769-1990	212,8	1,18	-	-	Uppsala	1739-1990	182,3	2,50	192,8	0,39
Rzym	1811-1989	-	-	224,9	1,40	Innsbruck	1777-1999	169,8	1,45	-	-

Dominujący wpływ na klimat ma pył wulkaniczny, absorbujący i rozpraszający promienie słoneczne. Promieniowanie słoneczne bezpośrednie po wybuchu wulkanu może zmniejszyć się przez kilka miesięcy o 10-20% (Katmai na Alasce w 1912 r.). Spadek promieniowania bezpośredniego po wybuchach wulkanów: Krakatau (Indonezja, 1883), Hekla (Islandia, 1970) miał charakter zmian planetarnych (globalnych). Po wybuchu wulkanu Tambora (Indonezja, 1815) pył osiągnął wysokość 60-70 km.

Wulkany typu eksplozywnego wyrzucają do atmosfery duże ilości pyłów i gazów (HCL, SO₂, CO₂, H₂, S i inne). Drobny pył wyrzucany do stratosfery może pozostawać w niej nawet przez kilkanaście lat.

Szczególne znaczenie w badaniach zmian klimatu mają gazy wulkaniczne wyrzucające do stratosfery, które w ciągu kilku miesięcy ulegają przemianom chemicznym i są rozprzestrzenione wokół całej Ziemi. Największy wpływ na rozproszenie promieniowania krótkofalowego słonecznego mają cząsteczki siarczanów (aerozole siarczanowe), które powstają z gazów zawierających siarkę (np. SO₂). Cząstki siarczanów absorbują i rozpraszają promieniowanie słoneczne. Powodują one ogrzanie się stratosfery, gdy w dolnych warstwach troposfery występuje ochłodzenie, wywołane spadkiem promieniowania dochodzącego do powierzchni Ziemi.

Pył wulkaniczny powoduje znaczny spadek promieniowania bezpośredniego i zwiększa promieniowanie rozproszone dochodzące do Ziemi.

Gdy w atmosferze znajduje się warstwa pyłów wulkanicznych, to spadki promieniowania bezpośredniego są większe przy mniejszych wysokościach Słońca (wyższych szerokościach geograficznych). Ten spadek jest jeszcze większy w przypadku promieniowania całkowitego. Maleje ono bardziej ze wzrostem szerokości geograficznej niż promieniowanie bezpośrednie. Ten stosunek na biegunie osiąga wartość 24%.

Spadek promieniowania całkowitego o 1,5-1,6% może doprowadzić do całkowitego zlodowacenia Ziemi – od biegunów do równika.

Tendencje zmian klimatu w XVII-XX wieku

Niepokojące jest systematyczne ocieplenie się klimatu Ziemi w XIX-XX wieku. Średnia globalna temperatura powietrza w latach 1890-1985 wzrosła od 0,2°C w strefie okołorównikowej do 5°C w strefie polarnej, podczas zim. Wzrost średniej globalnej temperatury, obliczonej na podstawie pomiarów temperatury powietrza i powierzchni mórz w latach 1861-1991 wynosi średnio 0,5°C.

Tendencje temperatury powietrza w Europie określone według równań prostych regresji $T = A_0 + At$ (współczynniki kierunkowe A w °C/100 lat) podano w tab. 9. Charakteryzują one średnie przyrosty temperatury powietrza na 100 lat w odpowiednich przedziałach czasowych. Na ogół tendencje temperatury powietrza w miastach europejskich w zimie są rosnące ($A > 0$), a w lecie malejące ($A < 0$).

Tabela 9. Tendencje zmian temperatury powietrza w niektórych miastach Europy (°C/100 lat)
Table 9. The secular tendencies of air temperature in Europe (°C/100 lat)

Miejscowość	Okres	Zima	Lato	Rok
Warszawa	1779-1998	1,12	-0,06	0,58
Kraków	1827-1997	1,48	0,31	0,82
Wrocław	1792-2002	0,69	0,25	0,52
Lwów	1824-2002	0,53	-0,22	0,20
Praga	1771-1990	0,25	-0,25	-0,02
Berlin	1769-1990	0,32	-0,39	0,13
Genewa	1769-1980	0,51	-0,40	0,51
Wiedeń	1775-2002	0,69	-0,08	0,27
Rzym	1811-1989	0,04	-0,10	0,09
Sztokholm	1756-1994	0,86	-0,08	0,46
Kopenhaga	1768-1991	0,94	0,05	0,55
Moskwa	1779-2002	1,65	-0,15	0,68

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie w latach 1779-1998 zimy są coraz cieplejsze – o 1,1°C na 100 lat, a lata chłodniejsze prawie o 0,1°C. Jeszcze większy wzrost temperatury powietrza podczas zimy występuje w Krakowie – 1,5°C/100lat i Moskwie – 1,6°C/100lat. Średnia roczna temperatura powietrza wzrasta w: Warszawie – o 0,6; Krakowie – o 0,8; Moskwie – o 0,7°C na 100 lat.

Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka – czynników antropogenicznych.

Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi.

Nie wiadomo jednak, jaki w tym jest udział zmian aktywności Słońca (stałej słonecznej), pyłów wulkanicznych ograniczających dopływ energii słonecznej do powierzchni Ziemi i antropogenicznego efektu cieplarnianego atmosfery.

Wraz z postępującym ociepleniem klimatu podnosi się poziom mórz i oceanów. Rekonstrukcje dawnych linii brzegowych wskazują, iż poziom mórz i oceanów podczas

ocieplenia klimatu jest znacznie wyższy niż w czasie ochłodzenia (złodowacenia Ziemi). W czasie ostatniej fazy złodowacenia Würm 18 000 lat temu poziom Atlantyku obniżył się około 135 m wraz z przyrostem pokrywy lodowej (Lamb, 1972-1977).

Ekwiwalentem obecnej pokrywy lodowej jest różnica poziomu oceanów 59,1-83,3 m. A więc obecna pokrywa lodowa na Ziemi (lody Arktyki, Antarktydy i lodowce górskie) stanowi 43,8-61,7% masy lodu sprzed 18 000 lat. Średnie tempo wzrostu poziomu oceanów w ciągu tych 18 000 lat wynosi zatem 75 cm/100 lat.

Wraz ze wzrostem średniej globalnej temperatury powietrza obserwuje się podnoszenie się poziomu oceanów – średnio o 10-25 cm w ostatnim stuleciu.

Poziom Morza Bałtyckiego wg stanów wody w Świnoujściu w latach 1811-1990 podnosi się średnio o 4,5 cm/100 lat.

Podnoszenie się poziomu mórz i oceanów w XIX-XX wieku wynika prawdopodobnie z rozszerzalności objętościowej wody. Objętość wód oceanów (bez mórz) obecnie wynosi 1370,4 mln km³, a średnia głębokość 3704 m. Wzrostowi temperatury wody o 1°C (od 4 do 5°C) odpowiada przyrost poziomu oceanów o 18 cm.



atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

JERZY BORYCZKA
MARIA STOPA-BORYCZKA
DARIUSZ BARANOWSKI
MAŁGORZATA KIRSCHENSTEIN
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XVII. MROŻNE ZIMY I UPALNE LATA W POLSCE

atlas

WSPÓLZALEŻNOŚCI
PARAMETRÓW
METEOROLOGICZNYCH
I GEOGRAFICZNYCH
W POLSCE

 WYDAWNICTWA UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO
WARSZAWA 2003

SPIS TREŚCI (17)

I	WPROWADZENIE	7
II	EKSTREMALNE ZJAWISKA POGODOWE W X-XVI WIEKU (wg kronik)	9
III	PRZESZŁOŚĆ I TERAŻNIEJSZOŚĆ KLIMATU ZIEMI	15
1.	Zarys klimatu minionych epok geologicznych	15
2.	Ochłodzenia i ocieplenia klimatu w ostatnich stuleciach	17
3.	Tendencje zmian klimatu w XVII-XX wieku	20
IV.	ROLA CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ W KSZTAŁTOWANIU KLIMATU EUROPY	23
1.	Wpływ Niżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego na klimat Europy	23
2.	Kierunki adwekcji mas powietrza przy różnych typach cyrkulacji	24
3.	Dominujące kierunki i prędkości wiatru w Polsce	26
V.	MROŻNE ZIMY I UPALNE LATA W EUROPIE W XVIII-XXI WIEKU ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM POLSKI.	29
1.	Mroźne i łagodne zimy oraz ciepłe i chłodne lata	30
2.	Widma temperatury powietrza w Europie	31
3.	Zmiany temperatury powietrza w Europie w XVIII-XX wieku. Prognozy po rok 2100	31
VI	DOBOWE AMPLITUDY TEMPERATURY POWIETRZA W POLSCE I ICH ZALEŻNOŚĆ OD TYPÓW CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ (1971-1995)	171
1.	Dobowe wahania temperatury powietrza na obszarze Polski	178
2.	Zależność dobowej amplitudy temperatury od typów cyrkulacji atmosferycznej	181
3.	Zmienność dobowej amplitudy temperatury powietrza w przebiegu rocznym	182
VII	ZMIANY ROCZNE POLA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE I ICH UWARUNKOWANIA (1951-1995)	237
1.	Roczne sumy opadów w Polsce	239
2.	Miesięczne sumy opadów	245
3.	Maksima i minima roczne sum opadów	246
4.	Amplituda roczna opadów	247
5.	Sumy opadów w porach roku	248
6.	Iloraz sezonowych sum opadów	251
VII	ZAKOŃCZENIE	285
	LITERATURA	289
	SUMMARY	295

Wprowadzenie

Celem pracy jest określenie zakresu zmian i wahań temperatury powietrza podczas sezonów zimowych (XII, I, II) i letnich (VI, VII, VIII) w Europie, ze szczególnym uwzględnieniem Polski.

Najpierw przedstawiono opisy niebezpiecznych zjawisk pogodowych w kronikach pogody w X-XVI wieku. Trudno nie zainteresować się informacją, że „w 1219 roku w Polsce przez całe lato padał deszcz, który rzadko ustawał. Z powodu powodzi był głód, zima była bardzo ciężka, a zimą 1322/1323 było między Danią, słowiańskim krajem i Jutlandią zamrożone Morze Bałtyckie, tak że rozbójnicy, przychodząc ze słowiańskiego kraju, splądrowali niektóre okolice Danii, a pośrodku morza na lodzie były założone gospody dla przejezdnych”.

Sporo miejsca poświęcono przeszłości i terażniejszości klimatu Europy i Polski. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany klimatu minionych epok geologicznych. Obecnie żyjemy w epoce lodowej (czwartorzędu), która rozpoczęła się 2 miliony lat temu i trwa nadal z pokrywa lodową znajdującą się na obu biegunach (na Antarktydzie i Arktyce).

Według zawartości substancji organicznych w osadach polskich jezior za datę holoceńskiego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć 12 000 BP (Jez. Wikaryjskie). Największe holoceńskie ocieplenie klimatu Polski (wg osadów Jez. Gościąż) wystąpiły 13 000-11 000 i 9 000-8 500 lat temu.

Rekonstrukcja temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu (według redukcji lodowców, szerokości pierścieni drzew i pomiarów bezpośrednich) wskazuje 3 zasadnicze przedziały czasu : „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku.

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Na przykład w Warszawie zimy są coraz cieplejsze o $1^{\circ}\text{C}/100$ lat, a lata o $0,1^{\circ}\text{C}/100$ lat. Średnia roczna temperatura wzrasta o $0,7^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka czynników antropogenicznych. Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na Ziemi.

Temperaturę powietrza podczas zim w Warszawie i wskaźnik NAO cechuje analogiczna cykliczność z dominującym okresem 7,8-letnim. Podobieństwo tych cykli świadczy, iż zimy w Warszawie są kształtowane przez okresowe wahania wskaźnika NAO (cyrkulacji strefowej).

Najważniejszą część pracy stanowi rozdział V. *Mroźne zimy i upalne lata w Europie w XVIII-XXI wieku, ze szczególnym uwzględnieniem Polski*. Zawiera on wykresy zmian temperatury powietrza podczas zimy i lata w XVIII-XXI wieku w 40 miejscowościach europejskich. Widma temperatury powietrza i tendencje zmian, określone równaniami prostych regresji omówiono wcześniej – w rozdziale III. *Przeszłość i terażniejszość klimatu Ziemi*. Szczególne znaczenie mają jednak prognozy klimatu do roku 2100 na podstawie interferencji silniejszych cykli zawartych w widmach. Prognozy wskazują na naturalne ochłodzenie klimatu Europy (i Polski) w XXI wieku, które częściowo może być złagodzone przez czynniki antropogeniczne (efekt cieplarniany i miejskie wyspy ciepła).

W tabelkach zestawiono po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych zim i po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lat.

Istotny jest również kolejny rozdział VI. *Dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce i ich zależność od typów cyrkulacji atmosferycznej (1971-1995)*, opracowany przez D. Baranowskiego. Szczególne znaczenie mają mapy izarytm średnich miesięcznych wartości dobowej amplitudy temperatury powietrza przy różnych kierunkach adwekcji mas powietrza i typach cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej (wg klasyfikacji Osuchowskiej-Klein). Rozdział ten jest rozszerzeniem badań autora rozpoczętych w pracy doktorskiej (2001). Innym ważnym elementem jest pole opadów atmosferycznych w Polsce (jego zmienność czasowa i przestrzenna) przedstawione w rozdziale VII – *Zmiany roczne pola opadów atmosferycznych w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1995)*, opracowanym przez autorów D. Baranowskiego i M. Kirschenstein. Zagadnienie to zostało częściowo rozwiązane wcześniej w pracy doktorskiej M. Kirschenstein pt. *Wysokie dobowe sumy opadów atmosferycznych na obszarze północno-zachodniej Polski i ich uwarunkowania* (2000). Interesujące są mapy izarytm wskaźników (ilorazów), które wyróżniają obszary o cechach oceanicznych (kontynentalnych) klimatu Polski.

Ważniejsze wyniki badań zawarte w tomie XVII. *Atlasu* przedstawiono graficznie na licznych wykresach, tabelach i mapach.

Zakończenie

W ciągu ostatniego miliarda lat wystąpiło 6 wielkich epok lodowych: 950, 750, 620, 44, 280, 3-2 (zlodowacenie czwartorzędowe) – średnio co 190 milionów lat. Są to tzw. „zimny kosmiczne”, których przyczyną może być obieg Układu Słonecznego dookoła środka naszej galaktyki (rok galaktyczny jest równy około 226 milionów lat).

Zlodowacenia Ziemi były efektem nakładania się trzech długich cykli: 100 000 lat – mimośrodowość (ekscentryczności) orbity, 42 000 lat – nachylenia płaszczyzny ekliptyki do równika 21 000 lat – położenia perihelium względem punktu równonocy wiosennej (według teorii Milankovicia, 1930) W ciągu ostatniego miliona lat wystąpiło 10 głównych ochłodzeń i 10 ociepleń klimatu.

Chronologiczne ciągi czasowe substancji organicznych zdeponowanych w osadach polskich jezior informują o holocenijskich wahanach klimatu. Za datę holocenijskiego ochłodzenia klimatu Polski można przyjąć minimum substancji organicznej 11 000-9 000 w Jez. Gościąż. W przedziale czasu od -20 000 do -12 540 lat temu rekonstruowano zawartość substancji organicznych w osadach na podstawie interferencji cykli: 50, 230, 360, 390, 540, 590, 1 120, 1 380, 1 770, 2 970, 6 080, 12 380 lat

Rekonstrukcje temperatury powietrza w warstwie przyziemnej w różnych miejscach Ziemi w ostatnim tysiącleciu wskazuje trzy zasadnicze przedziały czasu: „optimum średniowieczne” – 800-1200, „mała epoka lodowa” – 1400-1900 i współczesne ocieplenie – od 1900 roku W ostatnich 400 latach wystąpiły trzy główne ochłodzenia klimatu Ziemi, o najmniejszej średniej globalnej temperaturze powietrza na półkuli północnej w pobliżu dat: 1600, 1700, 1830. Najbardziej poznane (na podstawie danych instrumentalnych) jest to ostatnie, największe ochłodzenie w Europie i Polsce (wg serii warszawskiej i krakowskiej). Trzeba zauważyć, że wystąpiło ono podczas trzech najsłabszych, wydłużonych (12-13-letnich) cykli aktywności Słońca (1798-1833). Ochłodzenie to pojawiło się w czasie najsłabszego 13-letniego cyklu plam słonecznych (1811-1823), podczas absolutnego minimum wiekowego (od 1700 r.) To ostatnie globalne ochłodzenie klimatu (także w Polsce) wystąpiło podczas wzmożonej aktywności wulkanicznej, po największych wybuchach wulkanów: 1803 – Cotopaxi, 1815 – Tambora, 1835 – Cosequina.

Ochłodzenia i ocieplenia klimatu są kształtowane wahaniem dopływu energii słonecznej do powierzchni Ziemi, zależnej od stałej słonecznej i zawartości pyłów wulkanicznych w atmosferze – pochłaniających i rozpraszających promieniowanie słoneczne.

Cyrkulacja atmosferyczna warunkuje transport magazynowanej głównie w strefie międzyzwrotnikowej, energii słonecznej w stronę biegunów.

Temperatura powietrza w Europie (i Polsce) cechuje się cyklicznością około 8-, 11-, 100- i 180-letnią. Cykle wyznaczono metodą „sinusoid regresji” J. Boryczki:

$$T = a_0 + b \sin \left(\frac{2\pi}{\Theta} t + c \right) \quad (9)$$

gdzie: Θ – okres, b – amplituda, c – przesunięcie fazowe).

W Europie (i w Polsce) dominują około 8-letnie okresy temperatury powietrza o dużych amplitudach $\Delta T = 2b = T_{\max} - T_{\min}$ (°C). Na przykład w zimie wynoszą one: Warszawa – 8,3 (1,59°C), Kraków – 8,3 (1,87°C), Wrocław – 8,3 (1,53°C), Lwów – 8,3 (1,30°C), Praga – 8,3 (1,06°C), Berlin – 7,7 (1,54°C), Genewa – 7,7 (0,62°C), Wiedeń – 8,3 (0,87°C), Rzym – 7,9 (0,30°C), Sztokholm – 7,8 (1,33°C), Kopenhaga – 7,8 (1,24°C), Moskwa – 7,9 lat (0,76°C). W lecie okresowość jest zbliżona, lecz amplitudy są prawie o połowę mniejsze.

Dużą rolę w kształtowaniu klimatu odgrywają długie cykle: 102- i 187-letni aktywności Słońca. Analogiczne okresy są obecne w seriach pomiarowych temperatury powietrza: Oto zimowe okresy około 100-letnie temperatury powietrza w Europie: Warszawa – 113,4, Kraków – 90,0, Wrocław – 123,3, Lwów – 108,8, Praga – 116,3, Wiedeń – 89,8, Bazylea – 85,5, Kopenhaga – 80,5, Anglia – 99,3, Sztokholm – 86,3, Uppsala – 102,7, Zbliżona okresowość około 100-letnia występuje również w lecie: Kraków – 88,0, Wrocław – 75,0, Lwów – 74,1, Praga – 118,3, Wiedeń – 96,1, Bazylea – 87,6, Kopenhaga – 89,6, Anglia – 102,5, Sztokholm – 89,4, Uppsala – 94,0, Innsbruck – 84,6.

W najdłuższych seriach pomiarowych są obecne także okresy prawie dwuwiekowe, zbliżone do okresu planetarnego 178,9 lat, po upływie którego powtarzają się wartości parametrów Układu Słonecznego. Na przykład: Warszawa (zima – 218,3, lato – 208,2), Kraków (zima – 168,3), Lwów (lato – 195,3), Berlin (zima – 218,8), Kopenhaga (lato – 211,6), Anglia środkowa (zima – 166,9, lato – 204,6), Sztokholm (zima – 184,2), Uppsala (zima – 182,3, lato – 192,8), Innsbruck (zima – 169,9).

Tendencje temperatury powietrza (a), określone równaniami prostych regresji $T = a_0 + at$ w zimie są na ogół rosnące: Warszawa (1779-1998) – zima (1,12°C/100 lat), lato (-0,06°C/100 lat), Kraków (1827-1997) – zima (1,48°C), lato (0,31°C), Lwów (1824-2002) – zima (0,53°C), lato (-0,22°C), Praga (1771-1990) – zima (0,25°C), lato (-0,25°C), Berlin (1769-1990) – zima (0,32°C), lato (-0,39°C), Genewa – zima (0,51°C), lato (-0,40°C), Wiedeń – zima (0,69°C), lato (-0,08°C), Rzym (1811-1969) – zima (0,04°C), lato (-0,10°C), Sztokholm (1756-1994) – zima (0,86°C), lato (-0,08°C), Kopenhaga – zima (0,94°C), lato (0,05°C), Moskwa – zima (1,65°C), lato (-0,15°C).

W Europie (i Polsce) przede wszystkim zimy są coraz cieplejsze. Nie wiadomo, jaka część postępującego ocieplenia klimatu jest efektem oddziaływania czynników naturalnych, a jaka – czynników antropogenicznych. Ocieplenie klimatu w XIX-XX wieku może być wywołane wzrostem aktywności Słońca i spadkiem aktywności wulkanicznej na ziemi.

Na klimat Europy (i Polski) dominujący wpływ mają dwa główne centra pola ciśnienia atmosferycznego: Niż Islandzki i Wyż Azorski. Te dwa centra ciśnienia związane z różnicą temperatury między wodą Atlantyku Północnego i lądem są w ciągu roku ze sobą ujemnie skorelowane (North Atlantic Oscillation, NAO). Wskaźnik NAO w latach 1825-2000 cechuje się okresowością 8-letnią, kilkunastoletnią i 106,3-letnią.

Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na klimat Polski, także na dobową amplitudę temperatury powietrza (1971-1995), dobrze charakteryzuje częstość typów cyrkulacji według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein.

Typy cyrkulacji o charakterze cyklonalnym charakteryzują się przeważnie mniejszymi dobowymi wahaniami temperatury powietrza niż antycyklonalne. Największe dobowe amplitudy temperatury powietrza w ciągu całego roku występują w antycyklonalnych typach cyrkulacji: G, D₂C. Najmniejsze dobowe amplitudy temperatury powietrza w Polsce obserwuje się najczęściej przy napływie do Polski powietrza z północy w typach: E, CB, E₂C oraz E.

Zmienność wiekową zim i lat w 40 miejscowościach europejskich scharakteryzowano, zestawiając po 10 najmroźniejszych i najłagodniejszych zim (średnich z XII, I, II) oraz po 10 najcieplejszych i najchłodniejszych lat (średnich z VI, VII, VIII).

Najmroźniejsza zima w Polsce wystąpiła w roku 1830 (Warszawa – -9,8°C, Kraków – -10,3; Wrocław – -10,3). Do mroźnych można zaliczyć także zimy: 1963 (Warszawa – -9,5; Kraków – -6,9; Wrocław – -8,4), 1929 (Warszawa – -7,9; Kraków – -7,7; Wrocław – -7,1) i 1940 (Warszawa – -8,8; Kraków – -7,4; Wrocław – -7,1). Najłagodniejsze zimy wystąpiły w ostatniej dekadzie XX wieku: Warszawa – 1990 (2,3°C), 1989 (1,9°C), Kraków – 1975 (2,2°C), 1990 (1,9°C), Wrocław – 1990 (3,2°C), 1998 (2,8°C). Najcieplejsze pory letnie wystąpiły: w 1811 r. – 21,4°C, 1992 r. – 20,0°C i 2002 r. – 19,8°C

Rekonstrukcje i prognozy otrzymano na podstawie interferencji wykrytych cykli temperatury powietrza

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^k b_j \sin \left(\frac{2\pi}{\Theta_j} t + c_j \right) \quad (10)$$

gdzie: Θ_j , b_j , c_j – to parametry silnych cykli (istotnych na poziomie istotności 0,05).

W prognozach przyjęto założenie, że ekstrema wyznaczonych cykli o dość dużych amplitudach (istotnych) będą się powtarzać nadal, tak jak w XVIII-XX wieku. Według tych prognoz, w XXI wieku można oczekiwać ochłodzenia – zwłaszcza więcej mroźnych zim.

VIII. PROMOCJA METODY SINUSOID REGRESJI J. BORYCZKI W PUBLIKACJACH KATEDRY INŻYNIERII LEŚNEJ AKADEMII ROLNICZEJ W POZNANIU

Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach

W monografii Prof. dr hab. inż., Antoniego T. Milera:

- Miler A. T., 2013, *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań, ISBN 978-83-7160-696-0. ss. 135

zamieszczono rozdział 4.7. *Metody obliczania trendów i okresowości zmian klimatycznych* (str. 67-76, wzory 58-63) w którym omówiono 4 metody statystyczne, w tym metodę sinusoid regresji J. Boryczki (s. 74-76):

- *Metoda szeregu Fouriera*
- *Rangowa metoda oceny trendu Mann-Kendalla*
- *Test Lombarda*
- *Metoda sinusoid regresji J. Boryczki* (s. 74-76)

(PDF) Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach. A ...

https://www.researchgate.net/.../288835868_Kompleksowa_metodyka_oceny_stosunko...

Metoda sinusoid regresji J. Boryczki

Metoda J. Boryczki (1984) pozwala na wykrywanie rzeczywistych (optymalnych) okresów. Te optymalne okresy T zmian sekularnych wyznacza się przez eliminację sinusoid regresji:

$$y = a_0 + b \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + c \right) \quad (58)$$

spośród $T = 1, 2, \dots, n$, gdzie n - liczba pomiarów.

Poszukiwane okresy optymalne T_j to minima lokalne wariancji resztkowej ε^2 odpowiadające maksimum współczynnika korelacji wielokrotnej, odpowiadające maksimum

współczynnika korelacji wielokrotnej $R = \left(1 - \frac{\varepsilon^2}{s^2} \right)^{\frac{1}{2}}$, gdzie s jest odchyleniem standardowym zmiennej y . Model wykrywania optymalnych okresów jest weryfikowany za pomocą ostrego testu Fishera-Snedecora $F_{obl} = \frac{n-3}{2} \frac{R^2}{(1-R^2)}$ o 2 i $n-3$ stopniach swobody (Zieliński, 1972).

Znalezienie ukrytego okresu $T_j - t_j$ optymalnej sinusoidy regresji sprowadza się do wyznaczenia równania płaszczyzny regresji:

$$y = a_0 + \alpha x_1 + \beta x_2 \quad (59)$$

względem zmiennych $x_1 = \sin \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$, $x_2 = \cos \left(\frac{2\pi}{T} t \right)$. Amplituda (b) elementu hydroklimatycznego i przesunięcie fazowe (c) określone są wzorami:

$$b = (\alpha^2 + \beta^2)^{\frac{1}{2}}, \quad \operatorname{tg} c = \frac{\beta}{\alpha} \quad (60)$$

gdzie kąt spełnia warunki $\alpha = b \operatorname{sinc}$, $\beta = b \operatorname{cosec}$

Metodą optymalnych okresów można wyznaczyć odcinek sinusoidy regresji o okresie dłuższym niż długość ciągu pomiarowego ($T > n$). Można ją także stosować w przypadku niekompletnych ciągów chronologicznych (braku danych obserwacyjnych w niektórych latach). Metoda ta jednak zakłada liniowość systemu (tylko wtedy można

dokonywać stosownej superpozycji, czyli składania), co nie zawsze jest prawdziwe. Znając optymalne okresy T_j możemy wyznaczyć trend czasowy elementu hydroklimatycznego według równania:

$$y = f(t) = a_0 + \sum_{j=1}^k b_j \sin \left(\frac{2\pi}{T_j} t + c_j \right) \quad (61)$$

minimalizując wariancję resztkową:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [y_i - f(t_i)]^2 \quad (62)$$

gdyż okresy T_j są niewspółmierne.

Przez ekstrapolację funkcji trendu czasowego $f(t)$ analizowanych zmiennych można dokonać ich rekonstrukcji ($t < 0$), bądź uzyskać prognozę ($t > 0$) z dowolnym wyprzedzeniem czasowym. Jeżeli do funkcji $y = f(t)$, aproksymującej okresowe (naturalne) zmiany wynikające z nakładania się rzeczywistych cykli, dodamy składnik liniowy $\Delta y = a\Delta t$, to model trendu czasowego $F(t)$ rozdzielimy na dwa składniki:

$$y = F(t) = a_0 + at + \sum_{j=1}^k b_j \sin \left(\frac{2\pi}{T_j} t + c_j \right) \quad (63)$$

$a_0 + at$ – odpowiada za zmiany antropogeniczne,

$\sum_{j=1}^k b_j \sin \left(\frac{2\pi}{T_j} t + c_j \right)$ – odpowiada za zmiany naturalne wynikające z cykli rzeczywistych T_j .

Składnik liniowy o stałej tendencji $a = \text{constans}$ może wykazywać wpływ sukcesywnie postępujących zmian pochodzenia antropogenicznego. Jeżeli współczynnik regresji $a > 0$, to zmiany antropogeniczne mają tendencję wzrostową a gdy zaś $a < 0$ – tendencję spadkową.

Cytowana literatura *)

- Boryczka J. (1984): *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu*. Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego, nr 234, Warszawa.
- Boryczka J. (1993): *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych.
- Gutry-Korycka M., Boryczka J. (1990): *Długookresowe zmiany elementów bilansu wodnego w Polsce i w zlewisku Bałtyku*. Przegląd Geofizyczny, zeszyt 3-4.
- Kożuchowski K., Żmudzka E. (2001): *Ocieplenie w Polsce. Skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geofizyczny, zeszyt 1-2.
- . . .
- Żmudzka E. (1995): *Tendencje i cykle zmian temperatury powietrza w Polsce w latach 1951-1990*. Przegląd Geofizyczny, (rocznik 40) zeszyt 2
- . . .
- Michalska A. (1998): *Długookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce (maszynopis rozprawy doktorskiej)*, Warszawa.

*) Zastosowano metodę „sinusoid regresji” w badaniach cykliczności zmiennych meteorologicznych i w prognozach.

Antoni T. Miler

**Kompleksowa metodyka oceny
stosunków wodnych w lasach**

Poznań 2013

Opracowanie strategii ochrony obszarów mokradłowych na terenie leśnych kompleksów ...

Praca wykonana przez Zespół Pracowników Katedry Inżynierii Leśnej Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu (kierownik tematu prof. dr hab. inż. Antoni T. Miler):

– *Opracowanie strategii ochrony obszarów mokradłowych na terenie leśnych kompleksów promocyjnych na przykładzie LKP Lasy Rychtałskie*, ss. 150, Poznań 2007 zawiera rozdział 4. (str. 23-34), w którym omówiono trzy metody statystyczne

- *Metoda szeregu Fouriera*
- *Rangowa metoda oceny trendu Mann-Kendalla*
- *Metoda sinusoid regresji J. Boryczki* (str. 31-34)

W rozdziale 4. *Metody obliczania trendów i okresowości zmian klimatycznych (temperatur powietrza, opadów atmosferycznych)* (Str. 31-34, wzory 4.22 -27) przedstawiono opis metody „sinusoid regresji” J. Boryczki.

SPRAWOZDANIE KOŃCOWE - PDF - DocPlayer.pl

<https://docplayer.pl/14657669-Sprawozdanie-koncowe.html>



Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego,
60-637 Poznań, ul. Wojska Polskiego 28,
Katedra Inżynierii Leśnej, 60-623 Poznań, ul. Mazowiecka 41
Tel./Fax. 061 848-7366, NIP 777-00-04-960



SPRAWOZDANIE KOŃCOWE

Nr zadania: 18

Tytuł: **OPRACOWANIE STRATEGII OCHRONY
OBSZARÓW MOKRADŁOWYCH NA TERENIE
LEŚNYCH KOMPLEKSÓW PROMOCYJNYCH
NA PRZYKŁADZIE LKP LASY RYCHTAŁSKIE**

Opracowanie wykonane dla
**DYREKCJI GENERALNEJ LASÓW
PAŃSTWOWYCH**
ul. WAWELSKA 52/54
00-922 WARSZAWA

Autorzy:

Prof. dr hab. inż. ANTONI T. MILER – kierownik tematu
Prof. nadzw. dr hab. inż. BOGUSŁAW KAMIŃSKI
Dr hab. inż. ANDRZEJ CZERŃIAK
Dr inż. SYLWESTER GRAJEWSKI
Dr inż. BERNARD OKOŃSKI
Mgr inż. ANNA KRYSZTOFIK
Mgr inż. MAŁGORZATA SOBALAK
Inż. KAMIŁA PRZYSIECKA
MACIEJ KAMIŃSKI

Poznań 2007

IX. ZAKOŃCZENIE

Prezentowany 40 tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* pt. *Anomalie klimatu w Europie w ostatnim tysiącleciu (X-XXI)* poświęcono głównie wahaniom temperatury powietrza i rocznym przyrostom drzew rosnących w Europie. Interesujące są też nowe rekonstrukcje i prognozy zmian temperatury powietrza w Polsce w latach 1500-2500.

W rozdziale II. *Anomalie temperatury powietrza w Polsce w XVIII-XXI wieku* – ekstrema temperatury powietrza w Polsce (minima i maksima) określono na podstawie wyników pomiarów wykonanych w trzech miastach: w Warszawie – w latach 1779-2017, Krakowie – 1826-2017 i Wrocławiu – 1792-2017.

Bardzo mroźne zimy o temperaturze $T_{\text{inf}} \leq T_{\text{sr.}} - 2\sigma$ (BMZ) w tych trzech miastach w Polsce wystąpiły w latach:

1. Warszawa ($T_{\text{inf}} \leq -7,18$ °C)

1830 1940 1799 1838 1789 1871 1929 1963 1947 1841 1805
-9,20 -8,83 -8,60 -8,57 -8,30 -8,13 -7,67 -7,67 -7,50 -7,43 -7,23

2. Kraków ($T \leq -6,46$ °C)

1830 1963 1940 1871 1838 1841 1947
-10,30 -8,03 -7,43 -7,20 -7,17 -7,17 -6,93

3. Wrocław ($T \leq -5,63$ °C)

1830 1799 1929 1940 1947 1963 1827 1838 1871
-10,30 -7,77 -6,99 -6,99 -6,59 -6,59 -6,5 -6,07 -5,93

Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2017 przedstawiono na (rys. 1-2).

W rozdziale III. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w miastach w profilu południkowym (XVIII-XXI)* określono ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) na podstawie wyników pomiarów w trzech miastach: w Paryżu – w latach 1757-2011, Berlinie – 1769-2017 i Moskwie – 1780-2017.

Za wyjątkowe pod względem termicznym uznano te miesiące, pory roku i rok, w których średnia temperatura (T) różni się od średniej wieloletniej (T_{sr}) co najmniej o 2 odchylenia standardowe (σ): $T_{\text{inf}} \leq T_{\text{sr.}} - 2\sigma$, $T_{\text{sup}} \geq T_{\text{sr.}} + 2\sigma$.

O anomaliami termicznych klimatu (największych ochłodzeniach i ociepleniach) informują daty wieloletnich minimów (t_{inf} , T_{inf}) i maksimów (t_{sup} , T_{sup}).

Bardzo mroźne zimy o temperaturze $T_{\text{inf}} \leq T_{\text{sr.}} - 2\sigma$ (BMZ) w tych trzech miastach wystąpiły w latach:

1. Paryż ($T_{\text{inf}} \leq 0,251$ °C)

1830 1880 1963 1795 1784 1891 1789
-1,60 -1,43 -1,13 -0,80 -0,57 -0,53 0,10

2. Berlin ($T_{\text{inf}} \leq -3,959$ °C)

1830 1940 1947 1823 1838 1799 1963 1805 1929 1800 1784
-6,63 -6,00 -5,20 -5,10 -5,00 -4,97 -4,93 -4,53 -4,33 -4,20 -4,00

3. Moskwa ($T_{\text{inf}} \leq -14,21$ °C)

1893 1942 1956
-16,83 -15,03 -14,53

W rozdziale IV. *Anomalie temperatury powietrza w Europie w miastach w profilu równoleżnikowym (XVIII-XXI)* – ekstrema temperatury powietrza (lokalne minima i maksima) wyznaczono na podstawie wyników pomiarów w czterech miastach: w Sztokholmie – w latach 1756-2012, Tallinie – 1779-2017, Wiedniu – 1775-2012 i Rzymie – 1811-2012.

Bardzo mroźne zimy o temperaturze $T_{\text{inf}} \leq T_{\text{sr}} - 2\sigma$ (BMZ) w tych czterech miastach w Europie wystąpiły w latach:

1. Sztokholm ($T_{\text{inf}} \leq -7,183$ °C)

1809 1814 1871 1942 1789 1893 1805 1767
-8,67 -8,23 -8,17 -7,83 -7,70 -7,40 -7,27 -7,23

2. Tallin ($T_{\text{inf}} \leq -9,805$ °C)

1829 1942 1871 1809 1820 1893 1789 1838
-11,83 -11,80 -11,17 -10,97 -10,53 -10,53 -10,33 -10,07

3. Wiedeń ($T_{\text{inf}} \leq -0,44$ °C)

1929 1940 1838 1942 1830 1963 1858
-2,30 -1,97 -1,93 -1,82 -1,59 -0,83 -0,76

4. Rzym ($T_{\text{inf}} \leq 5,96$ °C)

1929 1858 1880 1942 1901 1891 1905
5,20 5,47 5,47 5,70 5,87 5,97 5,97

Najbardziej mroźne zimy – o najniższych wartościach temperatury T_{min} (°C) w profilach południkowym $T(\lambda)$ i równoleżnikowym $T(\varphi)$ wystąpiły w latach:

Profil $T(\lambda)$	t_{min}	T_{min}	Profil $T(\varphi)$	t_{min}	T_{min}
Paryż	1830	-1,60	Sztokholm	1809	-8,67
Berlin	1830	-6,63	Tallin	1829	-11,83
Warszawa	1830	-9,20	Wiedeń	1929	-2,30
Kraków	1830	-10,30	Wrocław	1830	-10,30
Moskwa	1893	-16,83	Rzym	1929	5,20

Porównano histogramy i dystrybuanty empiryczne temperatury powietrza w zimie, w Warszawie, Paryżu i Tallinie z rozkładem normalnym (Gaussa) i dystrybuantą.

W rozdziale X. *Zakończenie* dodatkowo przedstawiono po 10 najchłodniejszych i 10 najcieplejszych: miesięcy styczeń i lipiec, lat i zim oraz roku w 8 miastach w Europie w profilach południkowym i równoleżnikowym. Ponadto porównano na wykresach (T °C, t – czas) najchłodniejsze (t_{min} , T_{min}) i najcieplejsze (t_{max} , T_{max}) zimy i rok – w profilu południkowym: Paryż, Berlin, Warszawa i Moskwa (tab.1-10, rys. 3-6) i równoleżnikowym; Sztokholm, Tallin, Wiedeń i Rzym) (tab.11-20, rys. 7-10).

W przypadku zim jest też porównanie na wykresach z mroźnymi zimami według kronik historycznych.

Ponadto, uaktualniono niektóre tabele, korzystając z wartości średniej temperatury powietrza w miesiącach (styczeń-sierpień) i porach roku (zima, wiosna, lato) w bieżącym roku 2018:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XII-II	III-V	VI-VIII
Warszawa	0.80	-3.20	0.90	13.77	18.30	19.70	21.50	21.10	0.03	10.99	20.77
Kraków	0.90	-3.00	0.70	13.79	17.20	18.80	19.90	20.60	-0.13	10.56	19.77
Wrocław	3.30	-1.80	1.90	13.50	17.80	19.50	20.80	22.00	1.63	11.07	20.77
Berlin	3.70	-0.80	2.00	14.00	18.00	19.60	22.10	22.20	2.27	11.33	21.30
Tallin	-1.70	-6.40	-3.10	5.60	14.40	14.90	20.20	18.20	-2.33	5.63	17.77
Moskwa	1.21	-1.26	3.07	6.95	13.82	13.89			-1.08	7.95	

Na przykład w Berlinie w okresie 1796-2018, najcieplejsze lato było w roku 2018 (spośród 223 lat). Średnia z miesięcy letnich wynosi $T_{sr} = \left(\frac{19,60+22,10+22,20}{3} \right) = 21,30$ °C

W rozdziale V. *Anomalie klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu X-XX według danych dendrologicznych* za wyjątkowy pod względem termicznym (i opadów) uznano ten rok, w którym grubość słoja danego drzewa (d_{inf}) różni się od średniej wszystkich jego słojów (d_{sr}) (średniej wieloletniej) co najmniej o dwa odchylenia standardowe (σ). Prawdopodobnie w przypadku $d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma$ – był to rok bardzo zimny (BZ), a przy $d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma$ – bardzo ciepły (BC).

W podrozdziale 5.1. *Mroźne zimy w Polsce w X-XVI wieku według źródeł historycznych* porównano minima lokalne (t_{inf} , d_{min}) szerokości słojów czterech najstarszych drzew rosnących w Europie z datami mroźnych zim od 940 roku według kronik historycznych (sosna – Forfjordalen, 877-1994, Norwegia; dąb – Pomorze wschodnie, 996-1985, Polska; dąb – Ardeny, 1118-1986, Belgia; modrzew – Les Merveilles 2, 988-1974, Francja).

W podrozdziałach 5.2. *Ekstrema szerokości słojów drzew rosnących w Europie (VII-XX)* i 6.3. *Ekstrema szerokości słojów dębów rosnących w Polsce (X-XX)* wzięto pod uwagę roczne przyrosty drzew badanych pod względem okresowości w *Atlasie*. t. XX-XXI. Analizie statystycznej poddano słoje 30 drzew – sosny, świerka, modrzewia, jodły i dębu rosnących w Europie oraz 14 dębów – z obszaru Polski.

Na przykład daty ekstremów (minimów t_{inf} , i maksimów t_{sup}) szerokości słojów sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja), gdzie $d_{sr} = 0,998$, $\sigma = 0,2290$ wynoszą (rys. 11- 12):

$$d_{inf} \leq d_{sr} - 2\sigma \leq 0,539$$

1680	1837	1543	1542	1696	1677	1547	1709	1546	1541	1681	1642	1545	1544
0,299	0,353	0,377	0,395	0,408	0,452	0,460	0,460	0,462	0,471	0,477	0,502	0,515	0,528

$$d_{sup} \geq d_{sr} + 2\sigma \geq 1,456$$

1827	1755	1575	1766	1826	1691	1537
1,458	1,484	1,502	1,540	1,561	1,571	1,804

Ponadto zamieszczono minima szerokości słojów sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjordalen (877-1994, Norwegia); $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$ (tab. 10-11, rys. 15-16) oraz minima szerokości słojów dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985); $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$, porównując je z mroźnymi zimami według kronik historycznych (tab. 21-24,, rys. 13-16).

W rozdziale VI. *Rekonstrukcja i nowe prognozy temperatury powietrza w Polsce w tysiącleciu 1500-2500* przedstawiono zmiany temperatury powietrza w Polsce w na podstawie wyników pomiarów: w Warszawie – z lat 1779-2015, Krakowie –1826-2017) i Wrocławiu – 1792-2017, według interferencji cykli wyznaczonych metodą *sinusoid regresji* J. Boryczki (1998).

Rekonstrukcje i prognoz wykonano według interferencji k najistotniejszych statystycznie („najsilniejszych”), poniżej zestawionych cykli, gdzie: Θ – okresy, b – amplitudy b , c – fazy c cykli temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2015, ε^2 – wariancja resztkowa, R - współczynnik korelacji wielokrotnej, F_{obl} – test Fishera-Snedecora:

Θ	b	c	ε^2	R	F_{obl}
3,3	0,572119	-1,333062	5,450	0,172	3,629
5,2	0,632682	-0,658662	5,409	0,192	4,555
8,3	0,830451	1,932767	5,280	0,245	7,561
15,3	0,463434	0,873822	5,493	0,149	2,673
18,1	0,421194	1,416745	5,490	0,150	2,739
22,3	0,306717	-1,492471	5,566	0,095	1,084
41,6	0,313256	1,783268	5,561	0,100	1,191
77,4	0,285585	-3,046547	5,499	0,145	2,541
118,5	0,532814	1,734579	5,427	0,184	4,147
178,9	0,290397	2,146905	5,561	0,100	1,191

.W rekonstrukcji i prognozach zmian temperatury powietrza w latach 1500-2500 uwzględniono dwa rodzaje wypadkowych interferencji cykli – ze składnikiem liniowym $F(t) = a_0 + a t + \dots$ i bez składnika liniowego $-f(t)$, ($at = 0$). Cykle weryfikowano testem Fishera-Snedecora o 2 i $n-3$ stopniach swobody (test, $F_{obl} > F_{kr}$).

Na przykład zmiany temperatury powietrza $F(t)$ w Warszawie w zimie w latach 1600-2200 według interferencji cykli $F(t)$ ($R=0,546$) – z uwzględnieniem tendencji $0,483$ °C/100 lat przedstawiono na rys. 17, a według interferencji cykli $f(t)$ – bez składnika liniowego w latach 1500-2500 na rys. 18.

$$\begin{aligned}
F(t) = & -1.135666 + 0.004831 t + \\
& + 0,5721 \sin\left(\frac{2\pi}{3,3} t - 1,3331\right) + 0,6327 \sin\left(\frac{2\pi}{5,2} t - 0,6587\right) + 0,8304 \sin\left(\frac{2\pi}{8,3} t + 1,9328\right) + \\
& + 0,463434 \sin\left(\frac{2\pi}{15,3} t + 0,8738\right) + 0,4212 \sin\left(\frac{2\pi}{18,1} t + 1,4167\right) + 0,3067 \sin\left(\frac{2\pi}{22,3} t - 1,4925\right) + \\
& + 0,3133 \sin\left(\frac{2\pi}{41,6} t + 1,7833\right) + 0,2856 \sin\left(\frac{2\pi}{77,4} t - 3,0465\right) + 0,5328 \sin\left(\frac{2\pi}{118,5} t + 1,7346\right) + \\
& + 0,2904 \sin\left(\frac{2\pi}{178,9} t + 2,1469\right) \quad (2)
\end{aligned}$$

W rozdziale VII. *Problemy badań współczesnych zmian klimatu Ziemi* najpierw omówiono przyczyny naturalne i antropogeniczne ochłodzeń i ociepleń klimatu Ziemi. Na naturalną zmienność klimatu, wynikającą z przyczyn zewnętrznych (astronomicznych) i wewnętrznych (geologicznych) systemu Ziemia-atmosfera, nakładają się efekty oddziaływań antropogenicznych.

Postępującemu globalnemu ociepleniu klimatu przypisywany jest zwykle wzrost efektu cieplarnianego, wywołanego przez gazy szklarniowe – głównie dwutlenek węgla (CO_2). W modelach wg scenariuszy $2 \times CO_2$ ocenia się, że po podwojeniu stężenia CO_2 w atmosferze (względem stanu początkowego 280 ppm) nastąpi wzrost temperatury powietrza np. w raporcie IPCC 2007 – o 1,1-6,4 °C pod koniec XXI wieku w odniesieniu do lat 1850-1900.

Interesujące są wyniki badań stężenia CO_2 i temperatury (wg izotopu tlenu ^{18}O) w ciągu ostatnich 160 000 lat na podstawie rdzeni lodowych na stacji Vostok (WMO, 1990). Zgodność dat dwóch głównych maksimów stężenia CO_2 i temperatury (współczesnych i odległych 125 000 lat temu) świadczy, że zawartość dwutlenku węgla w atmosferze może wynikać z większego parowania wód oceanów („ciężkiej wody”) ze wzrostem temperatury powietrza.

Postępujące współczesne globalne ocieplenie może też wynikać z tendencji malejącej wskaźnika DVI w latach 1680-1980 i z większych odstępów czasu między kolejnymi wybuchami wulkanów. Na stałą słoneczną ma niewątpliwie wpływ drobny pył, pozostający w stratosferze przez wiele lat.

Znamienne jest, że minimum absolutne trendu czasowego temperatury powietrza w Europie w ostatnich dwóch stuleciach (1779-1990) przypada na minimum absolutne aktywności Słońca (na najsłabszy cykl 13-letni plam słonecznych 1811-1823) i jednocześnie na maksimum wiekowe aktywności wulkanicznej (wybuchy wulkanów Tambora w 1815 r. – o $DVI = 3000$ i Coseguina w 1835 r. – o $DVI = 4000$).

W podrozdziale 7.1. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* omówiono cykliczne zmiany klimatu Europy, tendencje wiekowe, rekonstrukcję i prognozy zmian temperatury w XXI wieku oraz ich sprawdzalność (weryfikację). Rekonstrukcję i prognozy oraz ich sprawdzalność, ze szczególnym uwzględnieniem Polski (Warszawy) przedstawiono obszernie w *Atlasie* – t. XXXIII i t. XXXVI:

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2015, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 444.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXVI. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)*, red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski, Wyd. UW, Warszawa, ss. 407.

Zweryfikowano najwcześniejsze prognozy zmian wartości średnich miesięcznych, sezonowych lub rocznych temperatury powietrza w Warszawie – 1779-1979 (Boryczka, 1984, Boryczka i in., 1992) i 1779-1990 (Boryczka i in., 2000). Weryfikacja tych prognoz polega zatem na zbadaniu synchroniczności przebiegów (koincydencji ekstremów) wartości temperatury zmierzonych T i prognozowanych $F(t)$, $f(t)$, z zastosowaniem odpowiednich testów statystycznych..

Porównano zmierzone wartości temperatury powietrza w Warszawie-Okęciu w latach 1951-2010 z prognozowanymi z wyprzedzeniem 31 lat i 20 lat. Dobrą sprawdzalnością cechują się prognozy temperatury powietrza w Warszawie na lata 1980-2010 i 1991-2010 z 1984 i 2000 roku, według cykli wykrytych metodą „sinusoid regresji” w seriach wyników pomiarów w Warszawie-Observatorium Astronomiczne w latach 1779-1979.

W kolejnym podrozdziale 7.2. *Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)* omówiono zmiany klimatu Ziemi i ich przyczyny określone według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ$, izotopu tlenu $\delta^{18}\text{O}$ w rdzeniu lodowym z wyspy Devon, substancji organicznych w polskich jeziorach, danych dendrologicznych, meteorologicznych, astronomicznych i historycznych (Atlas, t. XXXVI).

Zmiany klimatu Ziemi (rekonstrukcję od 1 miliona lat temu i prognozę na przyszły 1 milion lat) scharakteryzowano według promieniowania słonecznego na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{N}$. W obliczeniach sum promieniowania słonecznego I ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$) w miesiącach marzec-wrzesień (III-IX) na górnej granicy atmosfery, wzdłuż równoleżnika $\varphi = 65^\circ \text{N}$. posłużono się teorią M. Milankoviča (1930)., wydłużając cykl mimośrodowości orbity eliptycznej: Ziemi ($0 \leq e \leq 0,066$) z 92 000 lat do 100 000 lat. Okres 100 000 lat, wykryto w zmianach izotopu tlenu ^{18}O zawartego w węglanach wapnia osadów głębokomorskich (Hays i in. 1976).

Ostatnie zlodowacenie Ziemi wystąpiło podczas ostatniego głębokiego minimum ($t_{\min} = -22000$ lat temu, $I_{\min} = 5784,871 \text{ MJm}^{-2}$) sum promieniowania słonecznego w miesiącach marzec-wrzesień. Natomiast holocenijskie ocieplenie (optimum klimatu) przypada na ostatnie lokalne „rozległe” maksimum ($t_{\max} = -11\,000$ lat BP, $I_{\max} = 6815,937 \text{ MJm}^{-2}$) sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień. (rys. 19). Istotne znaczenie mają też wyniki badań przedstawione w podrozdziałach: 7.3. *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych* i 7.4. *Postęp badań naturalnych zmian klimatu Europy w pierwszej dekadzie XXI wieku w odniesieniu do drugiej połowy XX wieku*.

Na przykład w Warszawie w zimie, trendy czasowe temperatury powietrza w latach 1779-1998 $T = f(t)$ są wypadkową nakładania się 12 cykli obecnych w widmie temperatury, w tym najdłuższych 113.1 lat i 218.3 lat:

$$\begin{aligned}
 f(t) = & -2,634 + \\
 & +0,5148 \sin\left(\frac{2\pi}{2,6} t - 1,327\right) + 0,5715 \sin\left(\frac{2\pi}{3,5} t + 0,5523\right) + 0,6238 \sin\left(\frac{2\pi}{5,2} t + 0,05656\right) + \\
 & +0,4422 \sin\left(\frac{2\pi}{5,7} t + 2,486\right) + 0,7067 \sin\left(\frac{2\pi}{7,7} t - 0,7303\right) + 0,7349 \sin\left(\frac{2\pi}{8,3} t - 2,370\right) + \\
 & +0,4829 \sin\left(\frac{2\pi}{8,7} t - 0,3237\right) + 0,4078 \sin\left(\frac{2\pi}{12,9} t + 0,1328\right) + 0,456 \sin\left(\frac{2\pi}{15,2} t + 2,318\right) + \\
 & +0,4940 \sin\left(\frac{2\pi}{18,0} t - 3,058\right) + 0,3645 \sin\left(\frac{2\pi}{113,1} t + 2,040\right) + 0,8946 \sin\left(\frac{2\pi}{218,3} t + 3,073\right)
 \end{aligned} \quad (2)$$

O dobrej zgodności wyników pomiarów (T) na Okęciu z prognozowanymi zmianami temperatury powietrza w zimie na lata 1991-2015 według interferencji cykli $f(t)$ świadczy współczynnik korelacji $r_3 = 0.516$, istotny na poziomie 0,01 ($r_{0,01} = 0,487$). (rys. 20).

Na uwagę zasługuje rozdział VIII. *Promocja metody sinusoid regresji J. Boryczki w publikacjach Katedry Inżynierii Leśnej Akademii Rolniczej w Poznaniu*. W monografii:

– Miler A. T., 2013, *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Poznań, ss. 135 (<https://www.researchgate.net/.../288835868>)

zamieszczono rozdział 4.7. *Metody obliczania trendów i okresowości zmian klimatycznych* (str. 67-76, wzory 58-63) w którym omówiono metodę sinusoid regresji na podstawie publikacji J. Boryczki (1984, 1993)

Rozdział X. *Wykaz prac magisterskich Zakładu Klimatologii UW dotyczących cykliczności i tendencji zmian klimatu w Europie (1984-2015)* zawiera prace z zakresu wahań temperatury powietrza, opadów i cyrkulacji atmosferycznej w niektórych miastach Europy.

Tabela 1. Najchłodniejszy styczeń (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

Table 1. The coldest January (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2018), Warsaw (1779-2018) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1795	-6,30	1823	-11,90	1838	-13,50	1893	-21,70
1838	-4,60	1838	-10,20	1803	-13,20	1942	-20,30
1776	-3,90	1776	-9,80	1823	-13,00	1940	-19,50
1963	-2,60	1940	-9,60	1848	-13,00	1848	-18,30
1830	-2,50	1848	-9,50	1940	-12,10	1950	-18,10
1763	-2,40	1803	-8,70	1893	-12,00	1891	-17,70
1940	-2,40	1795	-8,30	1987	-12,00	1850	-17,60
1799	-2,10	1830	-7,40	1850	-11,70	1987	-17,60
1829	-2,10	1893	-7,40	1963	-11,60	1838	-17,20
1985	-2,10	1963	-7,30	1942	-10,90	1780	-17,10

Tabela 2. Najcieplejszy styczeń (t_{\max} , T_{\max}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

Table 2. The warmest January (t_{\max} , T_{\max}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1999	6,90	2008	4,00	1944	1,50	1949	-3,90
1916	7,00	1873	4,10	1990	1,90	1975	-3,90
1921	7,00	1902	4,10	1936	2,00	1925	-3,80
1834	7,10	1916	4,10	1989	2,20	1944	-3,80
1988	7,10	1866	4,30	1994	2,30	1971	-3,70
1974	7,20	1983	4,80	1921	2,60	1994	-3,40
2008	7,30	1921	5,00	1975	2,70	1882	-3,10
1975	7,40	1975	5,00	1983	3,40	2005	-3,00
1796	7,80	2007	5,40	1796	3,50	1989	-2,20
2007	8,40	1796	6,50	2007	3,70	2007	-1,60

Tabela 3. Najchłodniejsze lipce (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Table 3. Coldest July (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1919	15,20	1979	15,10	1832	14,60	1904	14,50
1795	15,50	1954	15,40	1844	15,40	1912	14,60
1816	15,60	1815	15,50	1979	15,60	1935	15,10
1879	15,60	1962	15,50	1907	16,00	1956	15,20
1888	15,70	1898	15,60	1913	16,00	1911	15,40
1909	15,70	1832	15,70	1984	16,10	1921	15,60
1860	15,80	1965	15,80	1898	16,20	1968	15,70
1841	16,10	1974	15,80	1878	16,30	1923	15,80
1965	16,10	1844	15,90	1974	16,30	1950	15,80
1890	16,30	1812	16,20	1864	16,40	1909	16,00

Tabela 4. Najcieplejsze lipce (t_{\max} , T_{\max}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

Table 4. The warmest July (t_{\max} , T_{\max}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin ((1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1807	21,80	1995	21,70	1826	21,40	1846	22,00
1999	21,80	1778	21,80	1932	21,40	1885	22,00
1983	21,90	1865	21,80	2014	21,40	2002	22,60
1859	22,00	2014	21,90	1959	21,50	1936	22,70
		2018	22,10	2018	21,50		
1994	22,10	1794	22,20	1865	21,60	1841	22,80
2010	22,50	1826	22,50	1789	21,80	1839	22,90
1794	22,60	2010	23,30	2010	21,87	2001	23,00
1762	23,30	1994	23,40	1994	22,30	1938	23,30
1757	24,60	1834	23,60	1811	22,50	2011	23,30
2006	24,90	2006	24,30	2006	23,51	2010	26,20

Tabela 5. Najchłodniejsze lata (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Table 5. The coldest summers (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin ((1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1816	15,30	1962	15,43	1913	15,47	1904	13,60
1860	15,40	1844	15,83	1832	15,57	1928	14,57
1956	15,93	1816	16,07	1923	15,57	1976	14,67
1978	15,97	1965	16,07	1844	15,70	1899	14,70
1909	16,00	1805	16,13	1907	15,77	1923	14,73
1882	16,10	1956	16,13	1821	16,00	1825	14,77
1916	16,13	1987	16,17	1902	16,00	1962	14,77
1888	16,17	1984	16,20	1919	16,03	1950	14,90
1841	16,17	1974	16,23	1785	16,20	1888	14,97
1890	16,17	1806	16,27	1899	16,23	1916	15,10

Tabela 6. Najcieplejsze lata (t_{\max} , T_{\max}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

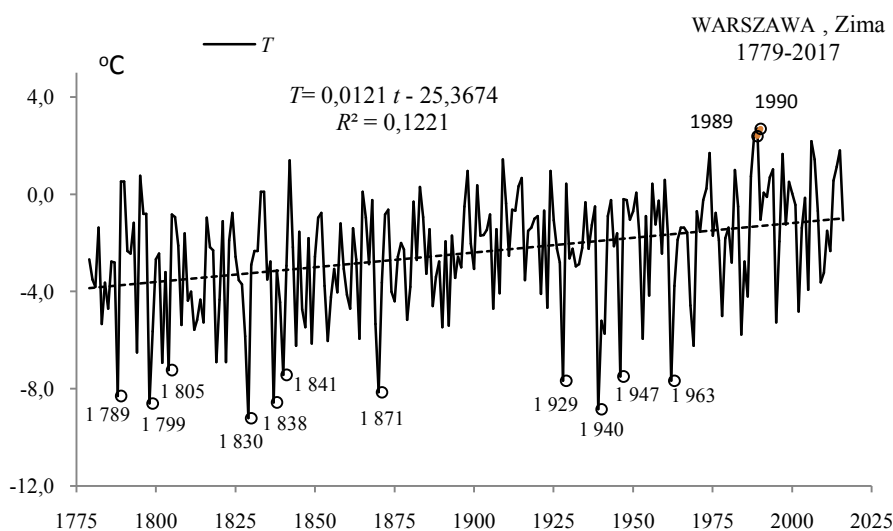
Table 6. The warmest summers (t_{\max} , T_{\max}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin ((1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1997	20,47	2006	20,20	1807	19,87	1854	19,57
1976	20,63	2010	20,20	2006	19,89	1936	19,77
2010	20,63	1868	20,27	1797	19,90	1999	19,83
1947	20,70	1819	20,37	1783	20,00	1850	20,07
1761	20,93	1992	20,47	1784	20,20	1972	20,07
1762	20,93	2003	20,47	2015	20,27	2011	20,27
2006	21,03	1775	20,53	1939	20,60	1938	20,27
1757	21,07	1781	20,90	1992	20,60	1839	20,87
1775	21,27	1826	21,00	1781	20,70	1841	21,63
2003	22,60	1834	21,23	2018	20,77	2010	22,20
		2018	21,30	1811	21,60		

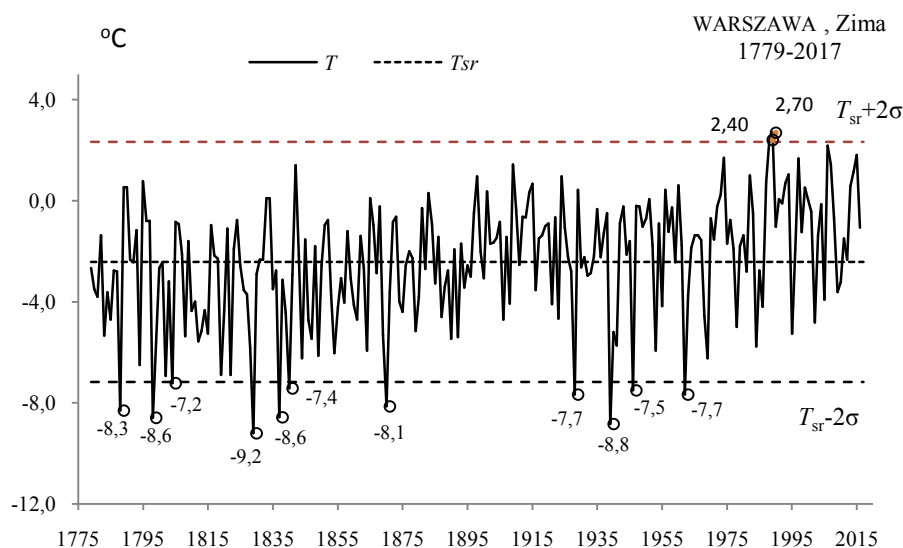
Tabela 7. Najchłodniejsze zimy (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

Table 7. The coldest winters (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2018), Warsaw (1779-2018) and Moscow (1780-2017)

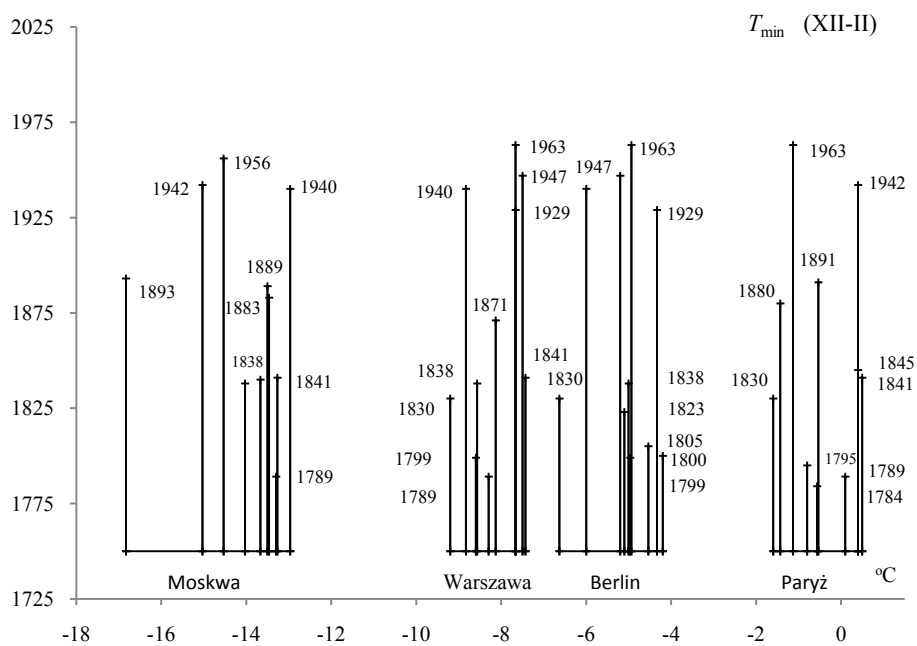
Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1830	-1,600	1830	-6,633	1830	-9,200	1893	-16,833
1880	-1,433	1940	-6,000	1940	-8,833	1942	-15,033
1963	-1,133	1947	-5,200	1799	-8,600	1956	-14,533
1795	-0,800	1823	-5,100	1838	-8,567	1838	-14,033
1784	-0,567	1838	-5,000	1789	-8,300	1840	-13,667
1891	-0,533	1799	-4,967	1871	-8,133	1889	-13,500
1789	0,100	1963	-4,933	1929	-7,667	1883	-13,467
1845	0,400	1805	-4,533	1963	-7,667	1789	-13,300
1942	0,400	1929	-4,333	1947	-7,500	1841	-13,267
1841	0,500	1800	-4,200	1841	-7,433	1940	-12,967



Rys. 1. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2017
Fig. 1. Changes of air temperature in Warsaw in Winter in the 1779-2017 years



Rys. 2. Ekstremalne wartości średniej temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1779-2017
Fig. 2. Extreme values of average air temperature in Warsaw in Winter in the 1779-2017 years.

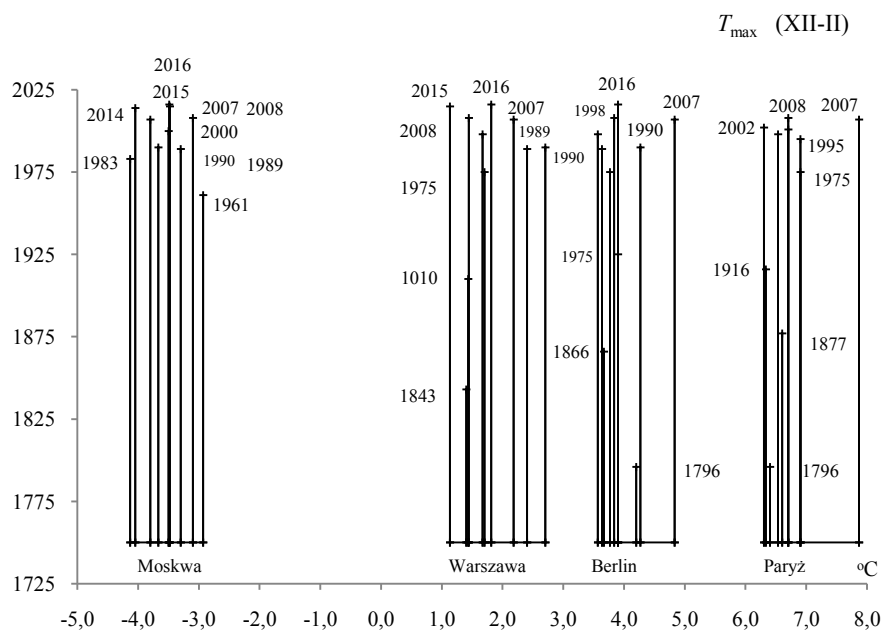


Rys 3. Najchłodniejsze zimy (t_{min} , T_{min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)
Fig. 3. The coldest winters (t_{min} , T_{min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Tabela 8. Najcieplejsze zimy (t_{\max} , T_{\max}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2018), Warszawie (1779-2018) i Moskwie (1780-2017)

Table 8. The warmest winters (t_{\max} , T_{\max}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2018), Warsaw (1779-2018) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2018)		Warszawa (1779-2018)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
2002	6,300	1998	3,567	2015	1,133	1983	-4,133
1916	6,333	1989	3,633	1843	1,400	2014	-4,047
1796	6,400	1866	3,667	1910	1,433	2007	-3,800
1998	6,533	1975	3,767	2008	1,443	1990	-3,667
1877	6,600	2008	3,833	1998	1,667	2000	-3,500
2001	6,700	1925	3,900	1975	1,700	2016	-3,490
2008	6,700	2016	3,900	2016	1,812	2015	-3,480
1975	6,900	1796	4,200	2007	2,182	1989	-3,300
1995	6,900	1990	4,267	1989	2,400	2008	-3,100
2007	7,867	2007	4,833	1990	2,700	1961	-2,933



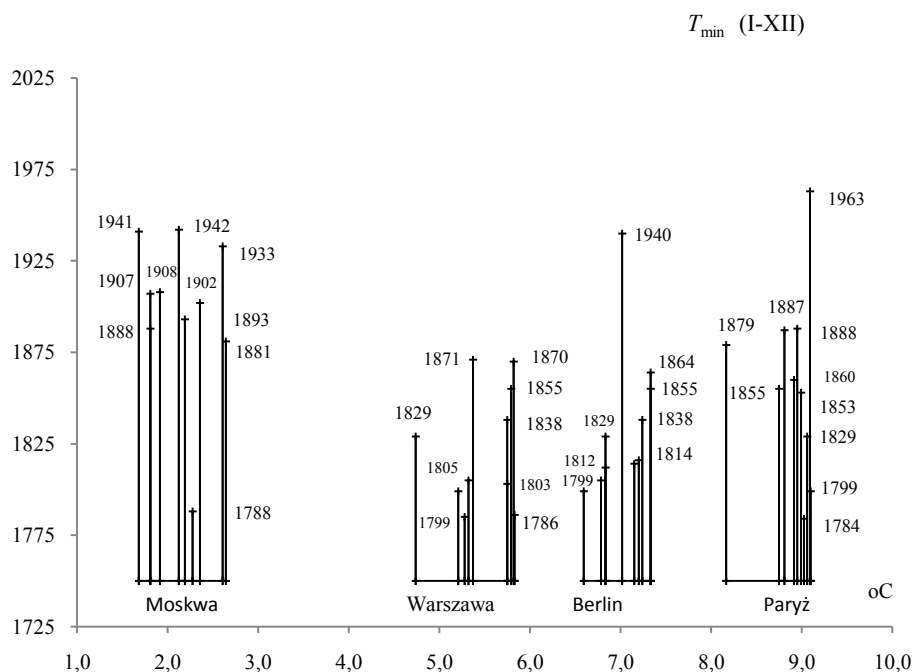
Rys. 4. Najcieplejsze zimy (t_{\max} , T_{\max}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Fig. 4. The warmest winters (t_{\max} , T_{\max}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Tabela 9. Najchłodniejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Table 9. The coldest year (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin ((1769-2017)		Warszawa (1779-2017)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\min}	T_{\max}	t_{\min}	T_{\max}	t_{\min}	T_{\max}	t_{\min}	T_{\max}
1879	8,167	1799	6,592	1829	4,740	1941	1,683
1855	8,750	1805	6,783	1799	5,210	1888	1,808
1887	8,808	1829	6,833	1785	5,280	1907	1,808
1860	8,917	1812	6,833	1805	5,320	1908	1,917
1888	8,950	1940	7,017	1871	5,370	1942	2,125
1853	8,992	1814	7,150	1803	5,750	1893	2,192
1784	9,025	1816	7,200	1838	5,750	1788	2,275
1829	9,058	1838	7,242	1855	5,790	1902	2,358
1963	9,092	1855	7,333	1870	5,820	1933	2,608
1799	9,100	1864	7,333	1786	5,830	1881	2,642



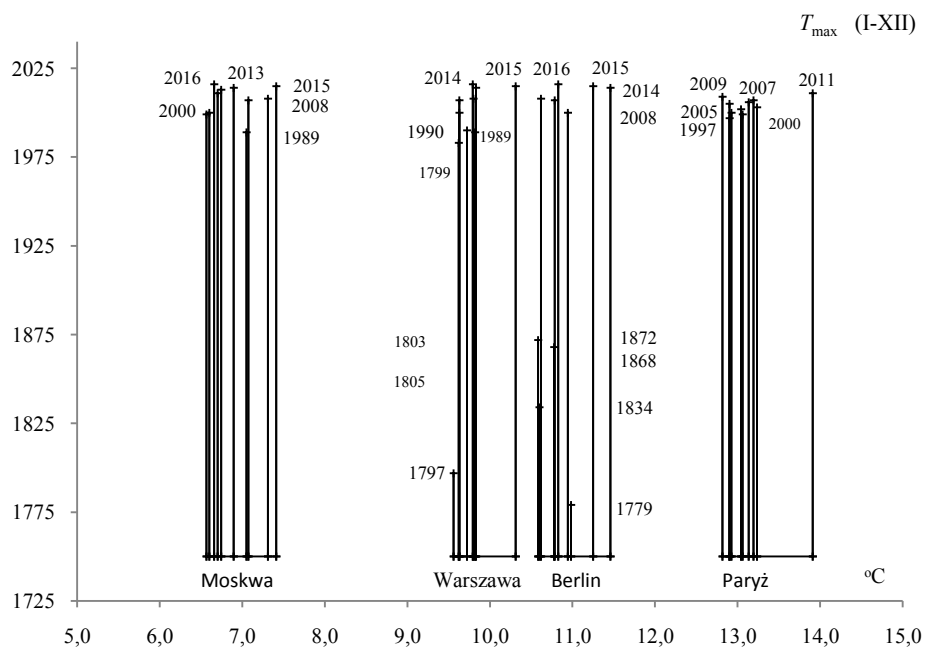
Rys. 5. Najchłodniejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Fig. 5. The coldest year (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Tabela. 10. Najcieplejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Table. 10. The warmest year (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Paryż (1757-2011)		Berlin (1769-2017)		Warszawa (1779-2017)		Moskwa (1780-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
2009	12,817	1872	10,583	1797	9,560	1999	6,567
1997	12,900	1834	10,600	1983	9,620	2000	6,600
2005	12,900	2008	10,617	2000	9,630	2016	6,659
2000	12,925	1868	10,775	2007	9,630	2011	6,700
2002	13,042	2007	10,783	1990	9,720	2013	6,746
1999	13,058	2016	10,825	2016	9,792	2014	6,895
2006	13,133	2000	10,942	2008	9,800	1989	7,050
2007	13,192	1779	10,983	1989	9,820	2007	7,075
2003	13,233	2015	11,250	2014	9,830	2008	7,308
2011	13,908	2014	11,458	2015	10,310	2015	7,411



Rys. 6. Najcieplejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Paryżu (1757-2011), Berlinie (1769-2017), Warszawie (1779-2017) i Moskwie (1780-2017)

Rys. 6. The warmest year (t_{\min} , T_{\min}) in Paris (1757-2011), Berlin (1769-2017), Warsaw (1779-2017) and Moscow (1780-2017)

Tabela 11. Najchłodniejszy (t_{\min} , T_{\min}) styczeń w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 11. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) January in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2018)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1814	-14,30	1942	-15,20	1942	-9,40	1864	1814
1987	-12,60	1803	-14,80	1830	-8,70	1880	1987
1809	-12,10	1809	-14,50	1940	-8,50	1942	1809
1774	-11,70	1838	-13,90	1838	-8,40	1858	1774
1767	-11,20	1987	-13,40	1795	-8,30	1905	1767
1942	-10,60	1861	-13,30	1848	-8,10	1850	1942
1760	-10,50	1829	-13,10	1893	-8,00	1893	1760
1941	-10,40	1850	-13,10	1823	-7,70	1859	1941
1803	-9,80	1893	-13,00	1776	-7,60	1929	1803
1867	-9,10	1848	-12,90	1799	-7,40	1891	1867

Tabela 12. Najcieplejszy (t_{\max} , T_{\max}) styczeń w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 12. The warmest (t_{\max} , T_{\max}) January in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2018)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1973	1,40	1898	-0,20	1944	3,40	1974	9,60
1983	1,40	1791	-0,10	1975	3,50	2001	9,60
1824	1,60	1932	-0,10	2008	3,50	1982	9,70
1791	1,90	1866	0,00	1834	3,80	1970	9,90
1873	1,90	1983	0,20	1994	4,40	1996	9,90
1975	1,90	1975	0,40	1796	4,60	1977	10,10
1930	2,10	1882	0,60	1916	4,70	1845	10,40
2008	2,20	1992	0,60	1921	4,70	1856	10,40
1796	2,40	1930	0,90	1983	5,10	1955	10,80
1989	3,10	1925	1,80	2007	6,30	1988	10,90

Tabela 13. Najchłodniejsze (t_{\min} , T_{\min}) lipce w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2018), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 13. Coldest (t_{\min} , T_{\min}) July in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1832	12,90	1815	12,50	1913	16,00	1980	22,00
1902	13,80	1821	12,50	1837	16,20	1909	22,10
1844	14,00	1832	12,90	1860	16,70	1843	22,20
1862	14,00	2003	12,94	1919	16,70	1913	22,20
1863	14,30	1902	13,20	1856	17,00	1966	22,30
1866	14,30	1844	13,70	1879	17,00	1910	22,40
1790	14,50	1878	13,70	1833	17,10	1948	22,40
1812	14,50	1904	13,80	1844	17,20	1815	22,50
1837	14,50	1790	13,90	1907	17,20	1833	22,50
1841	14,50	1965	13,90	1864	17,40	1816	22,70

Tabela 14. Najcieplejsze (t_{\max} , T_{\max}) lipce w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 14. The warmest (t_{\max} , T_{\max}) July in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2018)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
2003	20,60	1972	19,50	1788	22,70	2012	26,40
1818	20,80	1789	19,70	1782	22,80	1828	26,50
2006	20,80	1855	19,80	1995	22,90	1945	26,60
1783	21,10	2001	19,90	1859	23,00	2003	26,70
1826	21,10	1858	20,00	1834	23,10	1822	26,90
1914	21,10	2011	20,12	1811	23,20	2006	26,90
		2018	20,20				
1994	21,10	1826	20,30	1983	23,20	1947	27,00
1901	21,20	1927	20,30	1994	23,20	2010	27,00
2010	21,20	1914	20,80	1794	23,50	1950	27,40
1855	21,40	2010	21,52	2006	24,10	1928	27,60

Tabela 15. Najchłodniejsze (t_{\min} , T_{\min}) lata w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 15. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) summers Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1902	13,60	1821	11,73	1913	16,57	1825	21,70
1907	13,80	1902	12,13	1829	16,87	1969	21,90
1862	13,85	1836	12,73	1821	16,87	1953	21,97
1832	13,85	1928	12,73	1926	16,90	1851	22,07
1864	14,00	1904	13,07	1918	17,00	1816	22,10
1833	14,05	1815	13,10	1864	17,07	1847	22,13
1962	14,25	1962	13,10	1902	17,10	1909	22,13
1844	14,30	1923	13,13	1813	17,17	1843	22,17
1836	14,40	1892	13,20	1920	17,17	1965	22,17
1928	14,45	1832	13,33	1916	17,20	1977	22,17

Tabela 16. Najcieplejsze (t_{\max} , T_{\max}) lata w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 16. The warmest (t_{\max} , T_{\max}) summers Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

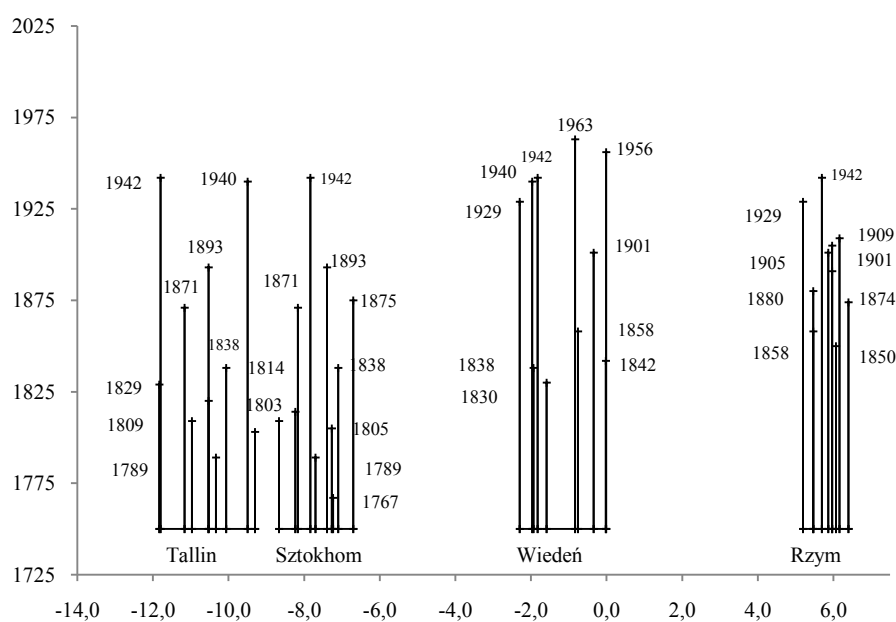
Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1858	19,55	1972	17,27	1782	21,07	1994	25,17
1834	19,60	2002	17,47	1783	21,07	1820	25,23
1901	19,60	1936	17,53	1994	21,23	2009	25,30
1955	19,60	2006	17,56	1834	21,47	1945	25,57
1826	19,75	2010	17,69	1807	21,53	1950	25,73
1789	19,95	2011	17,85	2007	21,63	1947	25,87
2006	20,00	1858	17,87	1992	21,73	1928	25,90
2002	20,25	1826	18,00	2012	21,77	2012	25,97
1819	20,35	1789	18,07	1811	22,37	1822	26,63
1997	20,45	1834	18,37	2003	23,00	2003	26,90

Tabela 17. Najchłodniejsze (t_{\min} , T_{\min}) zimy w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 17. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) winters in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1809	-8,667	1829	-11,833	1929	-2,30	1929	5,200
1814	-8,233	1942	-11,800	1940	-1,97	1858	5,467
1871	-8,167	1871	-11,167	1838	-1,93	1880	5,467
1942	-7,833	1809	-10,967	1942	-1,82	1942	5,700
1789	-7,700	1820	-10,533	1830	-1,59	1901	5,867
1893	-7,400	1893	-10,533	1963	-0,83	1891	5,967
1805	-7,267	1789	-10,333	1858	-0,76	1905	5,967
1767	-7,233	1838	-10,067	1901	-0,34	1850	6,067
1838	-7,100	1940	-9,500	1842	-0,02	1909	6,167
1875	-6,700	1803	-9,300	1956	-0,01	1874	6,400

T_{\min} (XII-II)



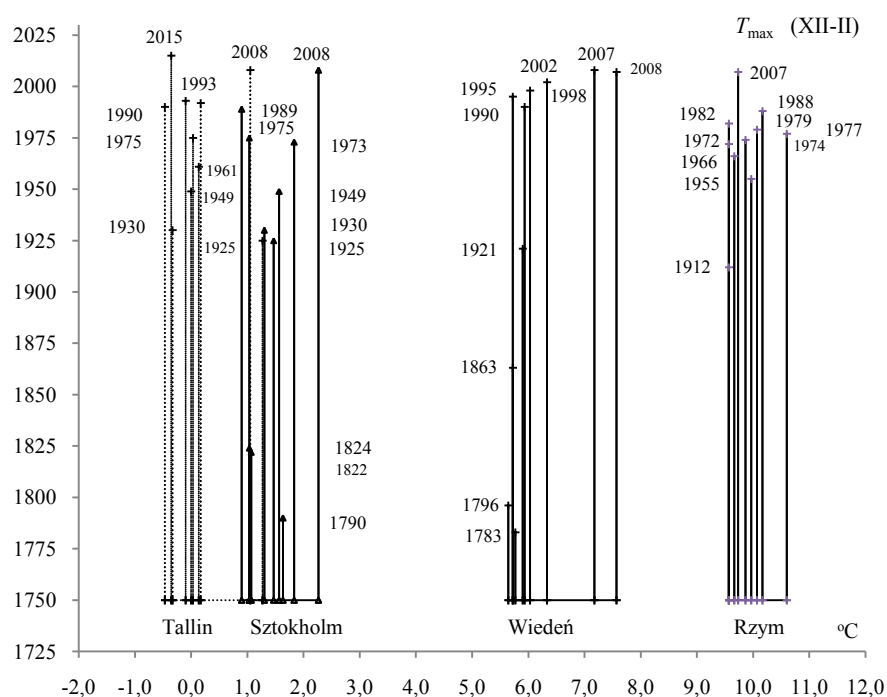
Rys. 7. Najchłodniejsze (t_{\min} , T_{\min}) zimy w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Fig. 7. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) winters in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Tabela 18. Najcieplejsze (t_{\max} , T_{\max}) zimy w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 18. The warmest (t_{\max} , T_{\max}) winters in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}	t_{\max}	T_{\max}
1989	0,900	1990	-0,467	1796	5,644	1972	9,567
1824	1,033	2015	-0,357	1863	5,722	1912	9,567
1975	1,033	1930	-0,333	1995	5,722	1982	9,567
1822	1,067	1993	-0,100	1783	5,767	1966	9,667
1930	1,300	1949	0,000	1921	5,900	2007	9,733
1925	1,467	1975	0,033	1990	5,933	1974	9,867
1949	1,567	1961	0,133	1998	6,033	1955	9,967
1790	1,633	1992	0,167	2002	6,333	1979	10,067
1973	1,833	2008	1,053	2008	7,178	1988	10,167
2008	2,267	1925	1,267	2007	7,567	1977	10,600



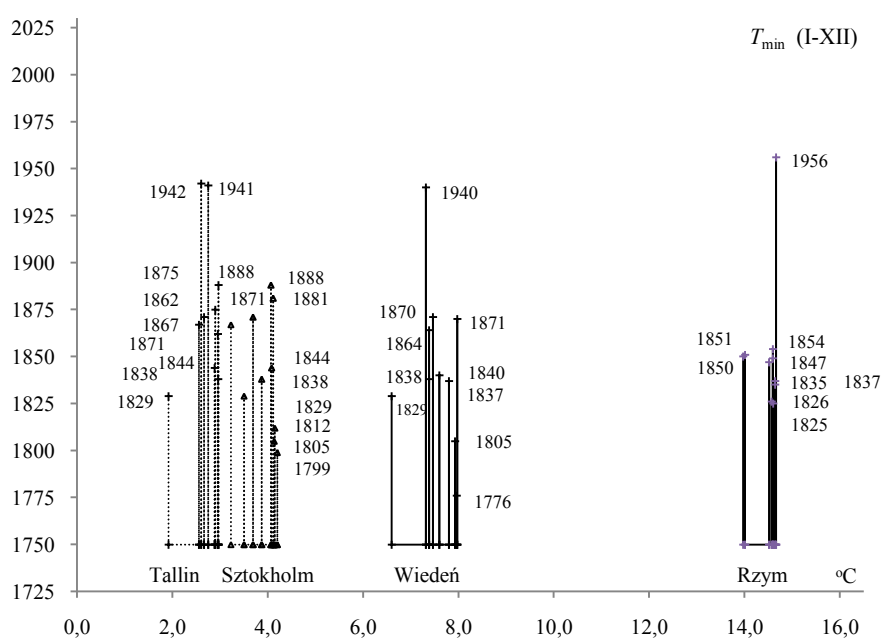
Rys. 8. Najcieplejsze (t_{\max} , T_{\max}) zimy w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Fig. 8. The warmest (t_{\max} , T_{\max}) winters in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Tabela 19. Najchłodniejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Table 19. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) year in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1867	3,225	1829	1,917	1829	6,600	1850	13,967
1829	3,500	1867	2,558	1940	7,317	1851	14,008
1871	3,692	1942	2,600	1838	7,383	1847	14,517
1838	3,875	1871	2,667	1864	7,383	1826	14,567
1888	4,067	1941	2,750	1871	7,467	1849	14,592
1844	4,083	1844	2,883	1840	7,600	1854	14,592
1881	4,117	1875	2,900	1837	7,800	1825	14,600
1805	4,133	1862	2,950	1805	7,925	1835	14,642
1812	4,150	1838	2,958	1776	7,958	1837	14,642
1799	4,200	1888	2,967	1870	7,975	1956	14,658



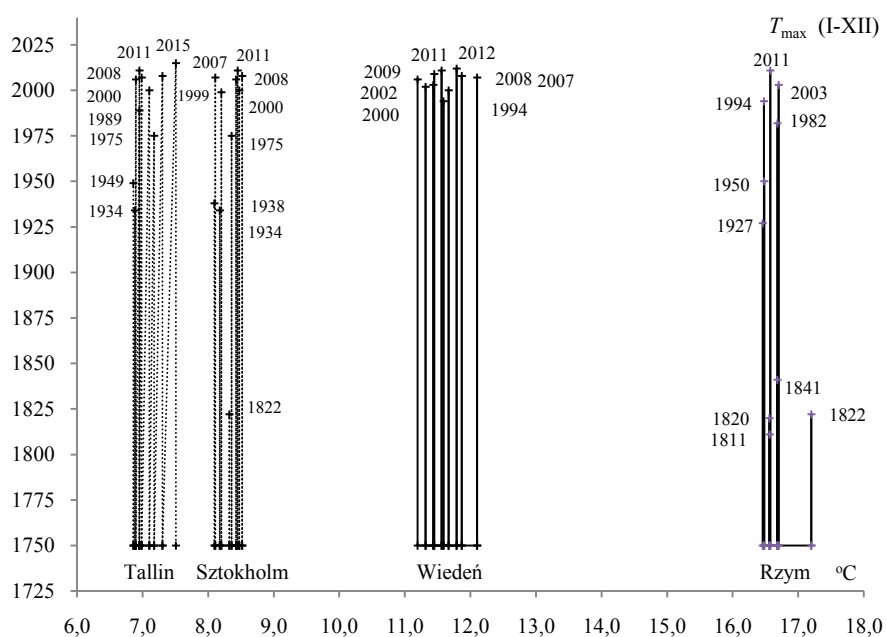
Rys. 9. Najchłodniejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Fig. 9. The coldest (t_{\min} , T_{\min}) year in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Tabela 20. Najcieplejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

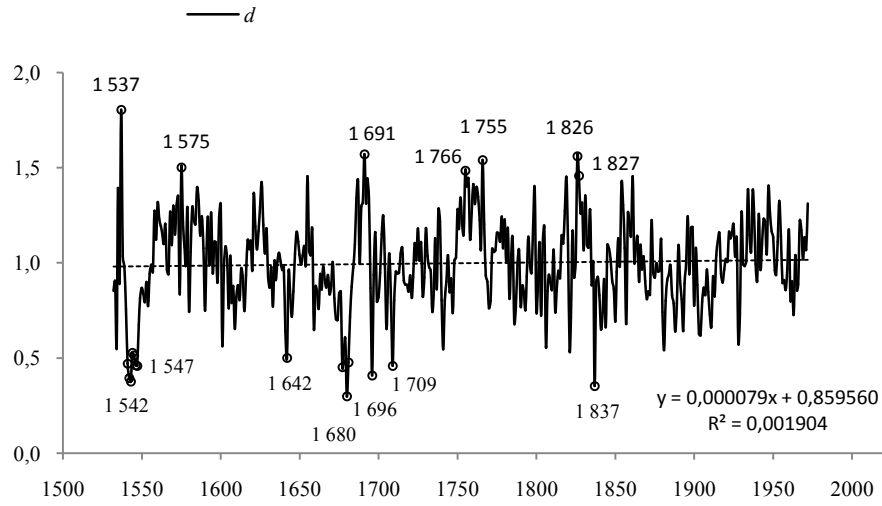
Table 20. The warmest (t_{\min} , T_{\min}) year in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)

Sztokholm (1756-2012)		Tallin (1779-2017)		Wiedeń (1775-2012)		Rzym (1811-2017)	
t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}	t_{\min}	T_{\min}
1938	8,092	1949	6,858	2006	11,192	1927	16,458
2007	8,108	1934	6,883	2002	11,317	1994	16,475
1934	8,175	2006	6,897	2003	11,433	1950	16,483
1999	8,200	1989	6,950	2009	11,450	1820	16,558
1822	8,325	2011	6,953	2011	11,558	1811	16,567
1975	8,358	2007	6,987	1994	11,592	2011	16,575
2006	8,425	2000	7,100	2000	11,667	1841	16,683
2011	8,450	1975	7,175	2012	11,792	1982	16,683
2000	8,475	2008	7,303	2008	11,867	2003	16,700
2008	8,517	2015	7,509	2007	12,100	1822	17,200

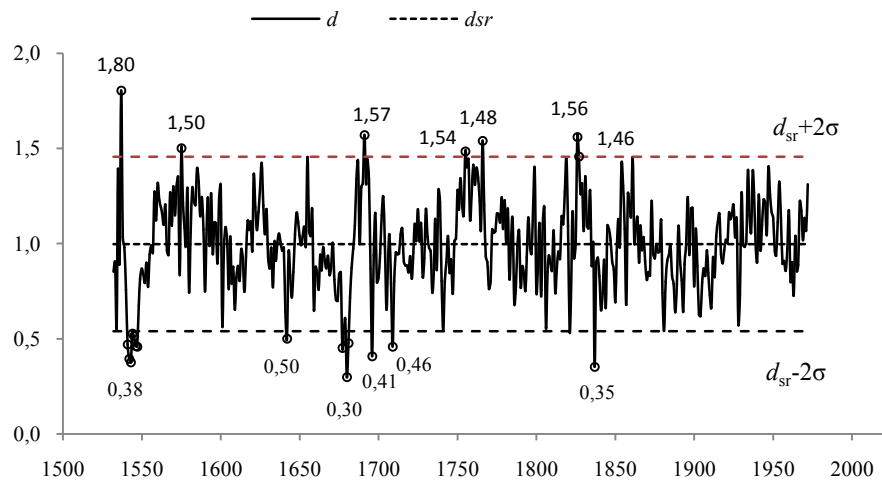


Rys. 10. Najcieplejszy rok (t_{\min} , T_{\min}) w Sztokholmie (1756-2012), Tallinie (1779-2017), Wiedniu (1775-2012) i Rzymie (1811-2012)

Fig. 10. The warmest (t_{\min} , T_{\min}) year in Stockholm (1756-2012), Tallin (1779-2017), Vienna (1775-2012) and Rome (1811-2012)



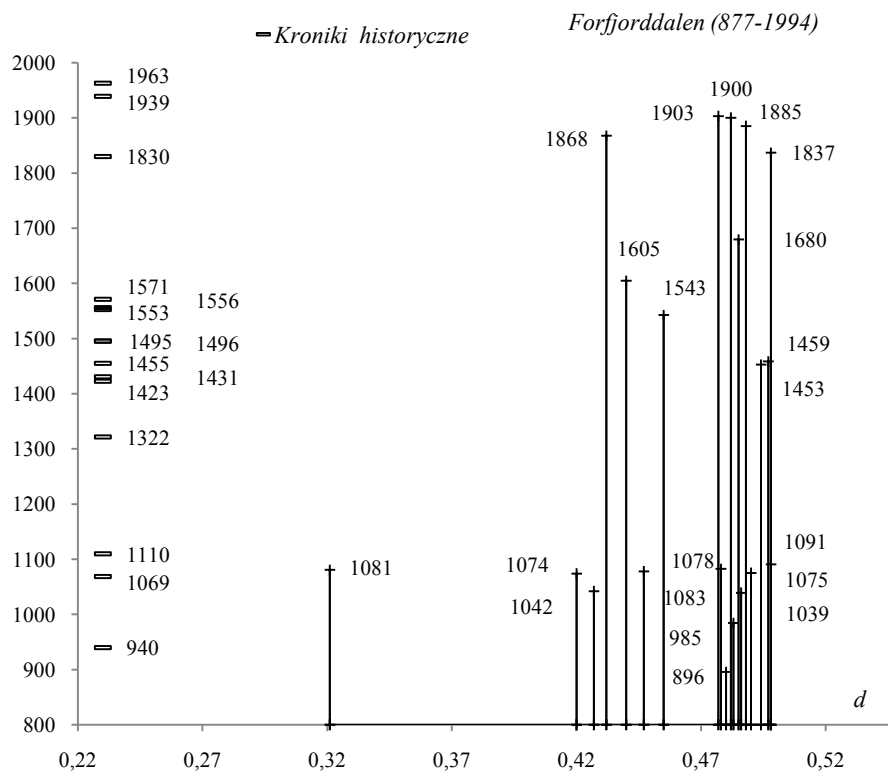
Rys. 11. Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja); $y(x)$ – równanie prostej regresji
Fig. 11. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden); $y(x)$ – the regression equation



Rys. 12. Zmiany szerokości słoju sosny (*Pinus sylvestris*) w Muddas (1532-1972, Szwecja); $d_{sr} = 0,998, \sigma = 0,2290$
Fig. 12. Changes of Scots pine (*Pinus sylvestris*) tree ring widths in Muddas (1532-1972, Sweden); $d_{sr} = 0,998, \sigma = 0,2290$

Tabela 21. Minima szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$
Table 21. Minima width grain pine (*Pinus sylvestris*) in Forfjorddalen (877-1994, Norway);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

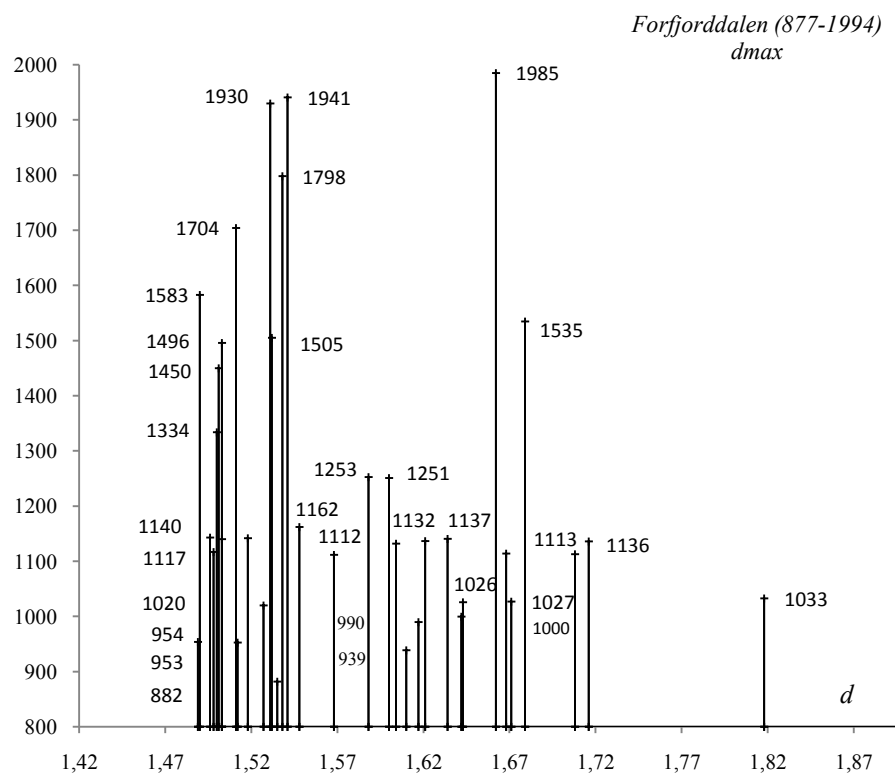
T_{inf}	d_{inf}	t_{inf}	d_{inf}
1081	0,321	1900	0,482
1074	0,420	985	0,483
1042	0,427	1680	0,485
1868	0,432	1039	0,486
1605	0,440	1885	0,488
1078	0,447	1075	0,490
1543	0,455	1453	0,494
1903	0,477	1459	0,497
1083	0,478	1091	0,498
896	0,480	1837	0,498



Rys . 13. Minima szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$
Fig. 13. Minima width grain pine (*Pinus sylvestris*) in Forfjorddalen (877-1994, Norway);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

Tabela 22. Maksima szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$
Table 22. Maxima width grain pine (*Pinus sylvestris*) in Forfjorddalen (877-1994, Norway);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

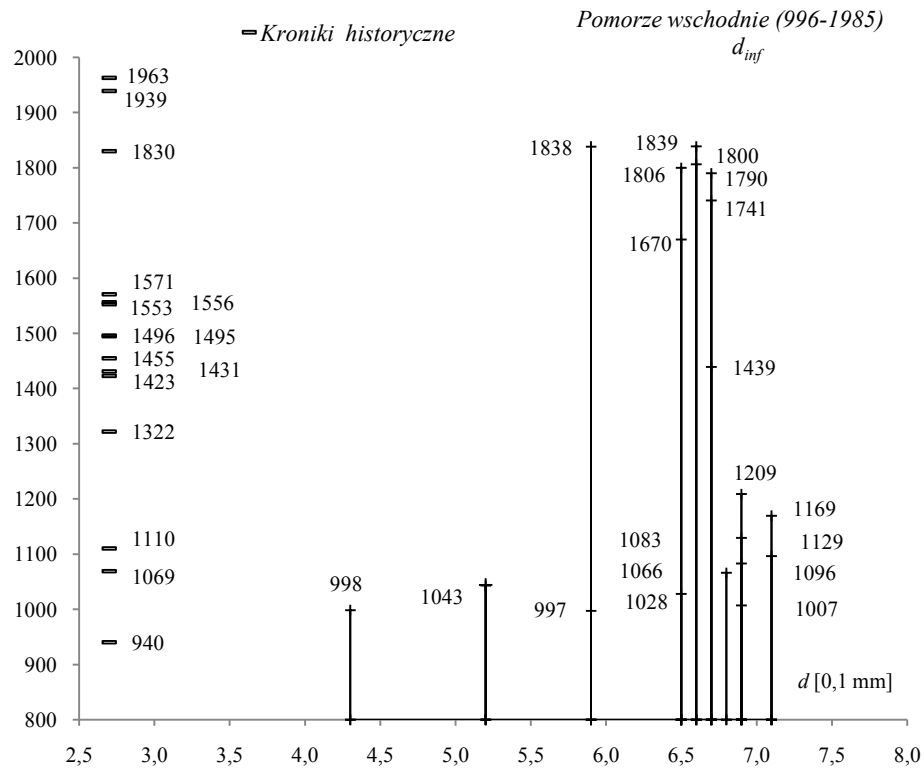
t_{sup}	d_{sup}	t_{sup}	d_{sup}	t_{sup}	d_{sup}
1020	1,527	1132	1,604	1535	1,679
1930	1,531	939	1,610	1113	1,708
1505	1,532	990	1,617	1136	1,716
882	1,535	1137	1,621	1033	1,818
1798	1,538	1141	1,634	1138	2,076
1941	1,541	1000	1,642	1135	2,397
1162	1,548	1026	1,643		
1112	1,568	1985	1,662		
1253	1,588	1114	1,668		
1251	1,600	1027	1,671		



Rys . 14. Maksima szerokości słoików sosny (*Pinus sylvestris*) w Forfjorddalen (877-1994, Norwegia);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$
Fig. 14. Maxima width grain pine (*Pinus sylvestris*) in Forfjorddalen (877-1994, Norway);
 $d_{sr} = 0,995$, $\sigma = 0,2476$

Tabela 23. Minima szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985);
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$
Table 23. Minima grain width oak (*Quercus petraea*) Eastern Pomerania (966-1985),
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

t_{inf}	d_{inf}	t_{inf}	d_{inf}
998	4,3	1439	6,7
1043	5,2	1741	6,7
1044	5,2	1790	6,7
997	5,9	1066	6,8
1838	5,9	1007	6,9
1028	6,5	1083	6,9
1670	6,5	1129	6,9
1800	6,5	1209	6,9
1806	6,6	1096	7,1
1839	6,6	1169	7,1

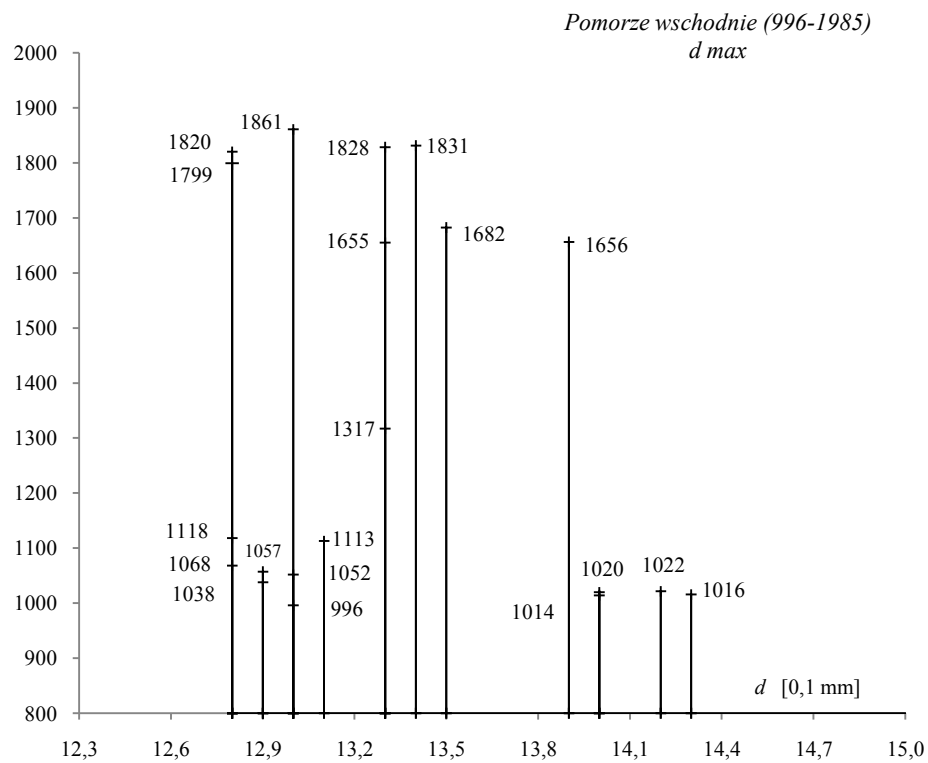


Rys. 15. Minima szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985);
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$
Fig. 15. Minima grain width oak (*Quercus petraea*) Eastern Pomerania (966-1985),
 $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

Tabela 24. Maksima szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985); $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

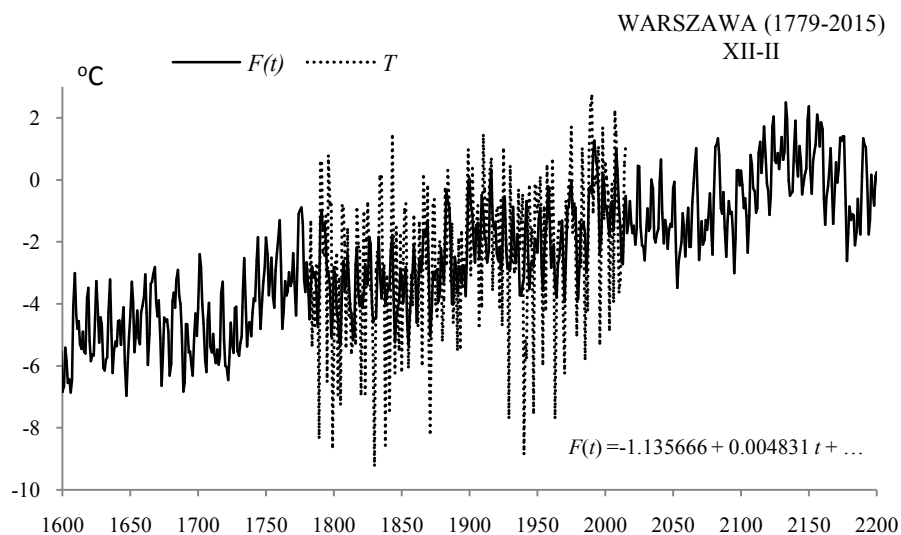
Table 24. Miixima grain width oak (*Quercus petraea*) Eastern Pomerania (966-1985), $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

t_{sup}	d_{sup}	t_{sup}	d_{sup}
1068	12,8	1655	13,3
1118	12,8	1828	13,3
1799	12,8	1831	13,4
1820	12,8	1682	13,5
1038	12,9	1656	13,9
1057	12,9	1014	14,0
996	13,0	1020	14,0
1052	13,0	1022	14,2
1861	13,0	1016	14,3
1113	13,1	1021	15,9
1317	13,3		



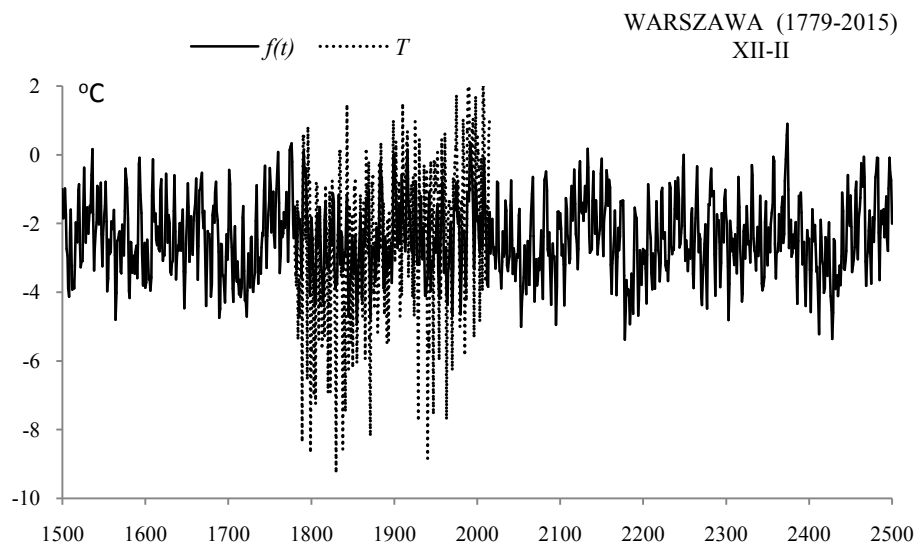
Rys. 16. Maksima szerokości słoików dębu (*Quercus petraea*) na Pomorzu Wschodnim (966-1985); $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$

Fig. 16. Miixima grain width oak (*Quercus petraea*) Eastern Pomerania (966-1985), $d_{sr} = 9,999$, $\sigma = 1,4018$



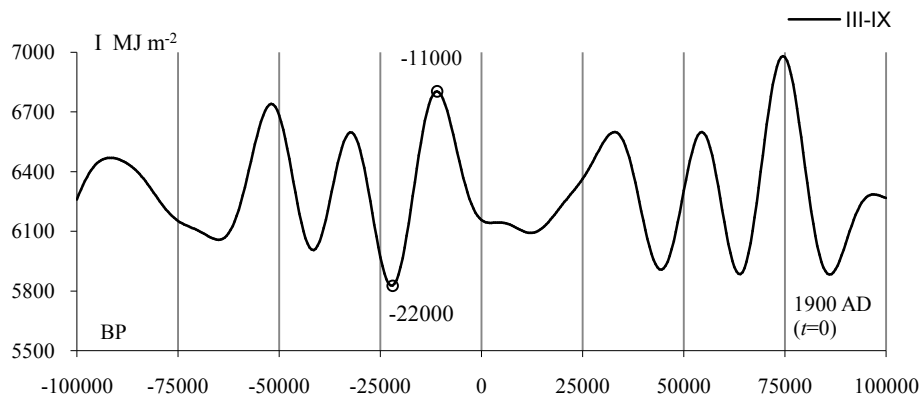
Rys. 17. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1600-2200, $F(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2200); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 17. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1600-2200. $F(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2200); T – values measured (1779-2015)

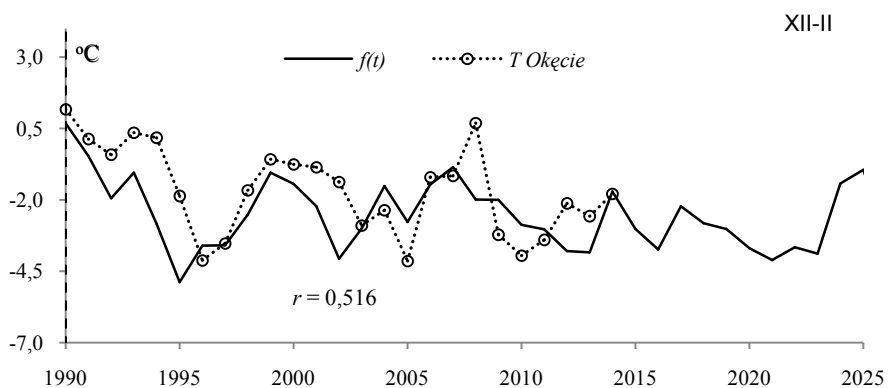


Rys. 18. Zmiany temperatury powietrza w Warszawie w zimie w latach 1500-2500, $f(t)$ – wartości obliczone (z prognozą na lata 2016-2500); T – wartości zmierzone (1779-2015).

Fig. 18. Air temperature changes in Warsaw in Winter in the years 1500-2500. $f(t)$ – calculated values (with a forecast for the years 2016-2500); T – values measured (1779-2015)



Rys. 19 Zmiany sum promieniowania słonecznego w okresie marzec-wrzesień (III-IX) na równoleżniku $\varphi = 65^\circ \text{N}$ w ciągu ostatnich -100 000 lat, z prognozą do 100 000 lat (1900 AD, $t = 0$)(Boryczka, 2015)
Fig. 19. Changes in the sums of solar radiation in the period March-September (III-IX) at the parallel $\varphi = 65^\circ \text{N}$ in the last -100,000 years, with a forecast up to 100,000 years (1900 AD, $t = 0$)(Boryczka, 2015)



Rys. 20. Porównanie zmierzonych wartości temperatury powietrza w Warszawie-Okęcie w zimie, T – średnich konsekwentnych 3-letnich w 25-leciu 1991-2015 z prognozowanymi $f(t)$
Fig. 20. Comparison of measured air temperature values in Warsaw-Okęcie in Winter (T – 3-year moving average) during the 25-year period 1991-2015, with predicted values $f(t)$

X. WYKAZ PRAC MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UW DOTYCZĄCYCH CYKLICZNOŚCI I TENDENCJI ZMIAN KLIMATU W EUROPIE (1984-2015)

1. Bogumiła Dąbrowska, 1984, *Wielookresowe zmiany temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-1979* (Jerzy Boryczka).
2. Dorota Dębska, 1986, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1813-1980* (Jerzy Boryczka).
3. Małgorzata Tomasik, 1990, *Długookresowe zmiany temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Warszawie* (Jerzy Boryczka).
4. Katarzyna Grzęda, 1990, *Wielookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Krakowie w latach 1850-1987* (Jerzy Boryczka).
5. Konrad Klechta, 1990, *Wielookresowe zmiany temperatury powietrza w Krakowie w latach 1826-1985* (Jerzy Boryczka).
6. Joanna Puczyńska, 1991, *Klimat Polski w ujęciu historycznym – druga połowa XVIII wieku* (Danuta Martyn).
7. Anna Michalska, 1992, *Trend czasowy opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1881-1980* (Jerzy Boryczka).
8. Anna Porowska, 1992, *Zmiany wiekowe temperatury powietrza w Warszawie i Pradze w latach 1779-1976* (Jerzy Boryczka).
9. Jan Skrzypczuk, 1993, *Wiekowe zmiany temperatury powietrza w Środkowej Anglii w latach 1659-1973* (Jerzy Boryczka).
10. Małgorzata Kierzkowska, 1994, *Zmiany wiekowe temperatury powietrza w Alpach (XIX-XX wiek)* (Jerzy Boryczka).
11. Edyta Olszewska, 1999, *Tendencja temperatury powietrza w Warszawie w latach 1966-1995* (Maria Stopa-Boryczka, Jerzy Boryczka).
12. Robert Duma, 1999, *Zmiany wiekowe temperatury powietrza w Polsce w zależności od erupcji wulkanicznych i aktywności Słońca* (Jerzy Boryczka).
13. Adam Piotrowski, 2001, *Zmiany roczne pola temperatury powietrza w Kanadzie* (Jerzy Boryczka, Krzysztof Olszewski).
14. Anna Szarek, 2001, *Zmiany temperatury powietrza na Helu w okresie 1851-1995* (Jolanta Wawer).
15. Janusz Kołodziejek, 2001, *Klimat Norwegii* (Danuta Martyn).
16. Mariola Górka, 2003, *Zmiany opadów atmosferycznych w Warszawie w latach 1966-1995* (Maria Stopa-Boryczka).
17. Mariusz Tomaszewski, 2003, *Synchroniczne wahania temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w XIX i XX wieku w Polsce* (Jerzy Boryczka).
18. Rafał Płażewski, 2005, *Ostrość i śnieżność zim w Warszawie w latach 1965-1995* (Urszula Kosowska-Cezak).
19. Małgorzata Maciejak, 2005, *Tendencje zmian wilgotności powietrza w Polsce w latach 1966-1995* (Maria Stopa-Boryczka).
20. Marta Maciejak, 2005, *Okresowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Warszawie i Krakowie w latach 1966-1995* (Jerzy Boryczka).
21. Przemysław Szaniawski, 2005, *Zmienność temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku* (Elwira Żmudzka).
22. Karol Styś, 2006, *Tendencje rocznych zmian zachmurzenia w Warszawie i Krakowie w latach 1966-1995* (Katarzyna Grabowska).
23. Urszula Citko, 2006, *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce* (Jolanta Wawer).
24. Andrzej Tomaszewski, 2006, *Rola Oscylacji Północnoatlantyckiej w kształtowaniu opadów atmosferycznych we Wrocławiu w XX wieku* (Elwira Żmudzka).
25. Ewa Leszczyńska, 2006, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie w XIX – XX wieku (na przykładzie Wrocławia i Marsylii)* (Jerzy Boryczka).
26. Krzysztof Baczyński, 2007, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na okresowe zmiany temperatury powietrza w Paryżu w XIX i XX wieku* (Jerzy Boryczka).
27. Kalecińska Katarzyna, 2007, *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Europy w XIX-XX wieku.* (Jerzy Boryczka)
28. Aleksandra Wojtczak, 2007, *Wpływ Oscylacji Południowej (ENSO) na wybrane elementy klimatu Australii i pacyficznych wybrzeży Ameryki Południowej* (Krzysztof Olszewski).
29. Piotr Gieszc, 2008, *Okresowość i tendencje zmian klimatu Arktyki* (Jerzy Boryczka).

30. Magdalena Gozdecka, 2008, *Tendencje zmian opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1951-1990* (Jolanta Wawer).
31. Monika Marks, 2008, *Cykliczność i tendencje zmian hydrometeorów w Warszawie* (Jolanta Wawer).
32. Hanna Gołdowska, 2008, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na okresowe zmiany temperatury powietrza w Polsce w XIX - XX wieku* (Jerzy Boryczka).
33. Michał Łopacki, 2008, *Wpływ aktywności Słońca na okresowe zmiany cyrkulacji atmosferycznej w Europie* (Jerzy Boryczka).
34. Łukasz Piech, 2009, *Zmienność cyrkulacji atmosferycznej nad środkową częścią Europy w II połowie XX wieku* (Elwira Żmudzka).
35. Katarzyna Brakoniecka, 2009, *Okresowe zmiany temperatury powietrza w Europie w XIX i XX wieku i ich przyczyny* (Jerzy Boryczka).
36. Łukasz Pawłowski, 2009, *Okresowe zmiany klimatu Szwecji w ostatnich stuleciach według danych dendrologicznych* (Jerzy Boryczka, Maria Stopa-Boryczka).
37. Grzegorz Maksymiuk, 2009, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na opady atmosferyczne w Warszawie w latach 1825 -1998* (Katarzyna Grabowska).
38. Magdalena Pawlak, 2010, *Zachmurzenie w Polsce i jego związek z typami cyrkulacji atmosferycznej (1966-1995* (Elwira Żmudzka).
39. Monika Lisowska, 2011, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na termiczne dni charakterystyczne w Warszawie w latach 1976-2005* (Krzysztof Olszewski).
40. Justyna Konopka, 2012, *Warunki opadowe w Warszawie (Okęcie) w latach 1951-2010* (Jolanta Wawer)
41. Maria Szepietowska, 2013, *Warunki termiczne w Warszawie (Okęcie) w latach 1951-2010* (Jolanta Wawer).
42. Anna Tołoczko, 2013, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na występowanie okresów posusznych w Polsce Północno-Wschodniej (1951-2010)* (Bożena Kicińska).

• • •

Błażek E., Skrzypczuk J., 2001, *Wykaz prac magisterskich wykonanych w Zakładzie Klimatologii w latach 1952-2001*, [w:] *Prace i Studia Geograficzne*, t. 28, Wyd. UW, s. 283-300.

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Wawer J., Dobrowolska M., 2011, *Prace i Studia Geograficzne, Suplement 47, 60 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów*, Wyd. UW (WGSR), Warszawa, (*Wykaz prac magisterskich : 2001-2010*, s 80-86).

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2016, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXV. *Badania klimatu Europy w różnych skalach przestrzennych (w publikacjach Zakładu Klimatologii UW, 1951-2016)* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 415, (VIII. *Wykaz prac magisterskich wykonanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego w latach 1952-2015*,s. 309-334

Prace_mgr_zk.pdf (z lat 2011-2015).

XI. LITERATURA

- Alley R.B., 2000, The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quat. Sci. Rev.*, 19, 213-226.
- Bond G., Showers W., Cheseby M., Lotti r., Almasi P., Demenoca L P., Priore P., Cullen H., Hajdas I., Bonani G., 1997 – *A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates*. *Sci.*, 278 (5341), 1257-1266
- Boryczka J., 1984, *Model deterministyczno-stochastyczny wielookresowych zmian klimatu* [Deterministic and stochastic model of multi-periodic climate changes], Wyd. UW, Warszawa
- Boryczka J., 1993, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Ziemi w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, Warszawa, ss. 400
- Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie Dialog, Warszawa, ss. 165
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirchenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2003, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XVII. *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka), Wyd. UW, ss. 297
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Pietras K., Bijak S., J., Błażek E., Skrzypczuk J., 2005, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XIX. *Cechy termiczne klimatu Europy* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka), Wyd. UW, ss.184.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wawer J., Grabowska K., Dobrowolska M., Osowiec M., Błażek E., Skrzypczuk J., 2010, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXV, *Zmiany klimatu Warszawy i innych miast Europy w XVII-XXI wieku*, Wyd. UW, ss. 417.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2010, *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu Północnej Półkuli Ziemi (na podstawie wahań izotopu tlenu $\delta^{18}O$ i danych dendrologicznych)*, [W:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXV, s. 88-98.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2010, *Cooling and Warming of Climate of the Earth's Northern Hemisphere (on the basis of fluctuations of the oxygen isotope $\delta^{18}O$ and dendrological data)*, *Miscellanea Geographica*, vol. 14, s. 47-58.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka, Unton-Pyziółek A., Gieszc P., 2011, *Zmiany klimatu Półkuli Północnej (na podstawie wahań promieniowania słonecznego i izotopu tlenu $\delta^{18}O$)*. *Prace i Studia Geogr.*, t. 47, Wyd. WGR UW, s. 25-32.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012, *Verification forecasts concerning of periodic changes in the climate of Warsaw in the period*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXVIII pt. *Stan zanieczyszczenia atmosfery w Warszawie i innych miastach Polski*, Wyd. UW, s.431-451.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012, *Verification of forecasts of periodic changes in the climate of Warsaw in the period 1779-2010*, *Miscellanea Geographica*, vol.16, 16-22.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M. Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2012 c, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian temperatury powietrza w Warszawie w latach 1779-2010*, *Prz. Geof.*, 57, 3-4, 343-362
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2013, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian opadów atmosferycznych w Polsce w latach 1813-2010*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXIX, *Ocena klimatu na potrzeby lotnictwa w Warszawie i innych miastach Polski*, s. 382-402.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2014, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXI-XXXII, *Modele empiryczne przestrzennych i czasowych zmian klimatu Europy z wyodrębnieniem Polski (ważniejsze wyniki badań)*, (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. WGR UW, ss. 422.
- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2015, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII. *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 444.
- Boryczka J., 2015, *Zmiany klimatu Ziemi* (wydanie drugie rozszerzone), Wyd. WGR UW, Warszawa, ss. 280.
- Boryczka J. Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2015, *Weryfikacja prognoz okresowych zmian temperatury powietrza w Europie w XX-XXI wieku*, *Prz. Geof.* LX 2015, 3-4, 133-161.
- Boryczka J. Stopa-Boryczka M., Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2015, *Zależność przebiegu rocznego temperatury powietrza od aktywności Słońca (na przykładzie Warszawy (1951-2010))*, [w:] *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIII, *Zmiany wiekowe klimatu Europy z uwzględnieniem prognoz w XXI wieku i ich weryfikacja*, Wyd. WGR UW, s. 363-375.

- Boryczka J., Stopa-Boryczka M., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce t. XXXVI. Postęp badań zmian klimatu Ziemi w ostatnim tysiącleciu (XI-XXI)*, red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski, Wyd. UW, Warszawa, ss. 407.
- Briiffa K., Cook E., 1990, *Methods of response function analysis* [w:] Cook E., Kairiukstis L. (red.) *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*, IIASA, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Douglass A.E., 1941, Age of Forestdale Ruins Excavated in 1939, *Tree-Ring Bulletin* Vol. 8, No. 2 (Laboratory of Tree-Ring Research, University of Arizona, 1937)
- Douglass A.E., 1944, Tree-Ring Dates from the Forestdale Valley, East-Central Arizona, *Tree-Ring Bulletin* Vol.7, No. 2
- Fritts H.C., 1976, *Tree Rings and Climate*, Academic Press, London.
- Girguś R., Strupczewski W., 1965, *Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI*, (red. A. Rojcki), Wyd. K i Ł Warszawa.
- Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 1990, *Scientific Assessment of Climate Change – Report of Working Group I*, Cambridge University Press, 365 pp
- IPCC, 1995, *Climate change 1995. The Scientific of Climate Change*, Cambridge University Press, 572 pp
- IPCC, 2001. *Climate change 2001. The Scientific Basis*, Cambridge University Press, 944 pp
- IPCC, 2007, *Climate change 2007. The physical science basis* [w:] Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M.,
- Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC (2012)
- Miller H. L. (ed.) *Contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge
- Johnsen S. J., Dansgaard W., Clausen H. B., Longway C. C., 1970, *Climatic oscillations 1200-2000 A.D.*, *Nature*, nr 227, London
- Jones P. D., Jonsson T., Wheeler D., 1997, *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*, *Int. J. Climatol.*, 17, s. 1433-1450
- Klein Tang A. M. G., Wijgard J. B. et al., 2002, *Daily data set of 20th century surface air temperature and precipitation series for European Climate Assessment (ECA)*, *Int. J. Climatology*, 22, 1441-1453
- Kondratiev K.J., Nikolski G. A. 1970, *Solar radiation and solar activity*, *Quart. J. Royal. Meteor. Soc.*, no 96
- Kossowska-Cezak U., 1995, *Lato w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat*, Materiały konferencji „Klimat i bioklimat miast”, Wyd. U. Ł.
- Kossowska-Cezak U., 2005, *Współczesne ocieplenie a codzienne wartości temperatury średniej dobowej w Warszawie* [w:] *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne* (red. E Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki) PTGeof, IMGW, Warszawa
- Kossowska-Cezak, U., Twardosz R., 2013, *Niezwykłe chłodne sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951-2010)*. *Prz. Geof.*, t. 58, nr 1-2, s. 25-39.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2017, *Anomalie termiczne w Europie (1951-2010)*. IGiGP UJ, Kraków, ss.183.
- Kożuchowski K., Boryczka J., 1997, *Cykliczne wahania i trendy czasowe zmian poziomu morza w Świnoujściu (1811-1990)*, *Przegl. Geof.* t. 42, z.1
- Lamb H. H., 1974, *Volcanic dust in the atmosphere with a chronology and assessment of meteorological*, *Phil. Transactions Roy. Soc.*, ser.A, 226
- Lorenc H., 1994, *Symptomy zmian klimatu w strefach ograniczonych wpływów antropogenicznych*, *Mat. Bad. IMGW, Meteorologia*, 19
- Lorenc H., 2000, *Studia nad 202-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*, *Mat. Bad. IMGW, Meteorologia*, 31
- Manley G., 1974, *Central England temperatures: monthly means 1659 to 1973*, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, no 100
- Marks L. 2016, *Zmiany klimatu w holocenie*, *Przegląd Geologiczny*, vol. 64, nr 1.
- Marsz AA. (ed.), 1999, *Wpływ stanu termicznego powierzchni oceanu na modyfikację cyrkulacji atmosferycznej w wymiarze klimatologicznym* [Impact of the thermal condition of the ocean's surface on the modification of atmospheric condition in the climatological dimension], *conference proceedings*, Gdynia 6 May 1999.

- Milankovich, 1930. *Mathematische Klimalehre und astronomische Theorie der Klimaschwankungen*
- Milanković M., 1938, *Matematičeskaja klimatologija i astronomičeskaja teorija kolebanij klimata*, ONTU, Moskwa
- Miler A. T., 2013, *Kompleksowa metodyka oceny stosunków wodnych w lasach*. Poznań, ss. 135, <https://www.researchgate.net/.../288835868>
- Miler A. T., Kamiński B., Czerniak A., Grajewski S., Okoński B., Krysztofiak A., Sobalak M., National Climatic Data Center, <http://www.ncdc.noaa.gov/cgi-bin/paleo/webmapper.cgi>
- Niedźwiedz T., 1994, *Charakterystyka synoptyczna klimatu* [w:] *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, Polska Akademia Nauk, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Warszawa
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991, *Klimat*, [w:] Starkel L. (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, PWN Warszawa.
- Petit J.R., Jouzel J., Raynaud D. i in., 1999, *Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core*, Antarctica, *Nature* 399, p. 429
- Przybylak R., Wójcik G., Marciniak K., Chorażyczewski W., Nowosad W., Oliński P., Syta K. 2004, *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Polsce w okresie 1501-1840 w świetle danych historycznych*, *Przegląd Geograficzny*, PAN IGPZ, Warszawa, t. 76, z.1.
- Przysiecka K., 2007, *Opracowanie strategii ochrony obszarów mokradłowych na terenie leśnych kompleksów promocyjnych na przykładzie LKP Lasy Rychalskie*, Poznań, ss. 150, <https://docplayer.pl/14657669-Sprawozdanie-koncowe.html>
- Rakipowa L. R., 1960, *O wozdziejstwie solniecznoy aktywnosci na obszczuju cirkulacju atmosfery*, *Astronom. sbornik*, III i IV
- Reznikov A. P., 1982, *Priedsказanie jestiestwiennych processow obuczajuszcziesja sistiemoj*, Nowosybirsk
- Rogers J. C., 1984, *A comparison of the mean winter pressure distribution in the extremes of the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation* [w:] H. Van Loon (red.), *Studies in Climate*, NCAR Technical Note, February 1984, Boulder, Colorado, s. 208-241
- Rojecki A., 1956, *O najdawniejszych obserwacjach meteorologicznych na ziemiach Polski*, „Przegląd Geofizyczny”, R. I, z. 3-4
- Rojecki A., 1968, *O obserwacjach meteorologicznych w Warszawie w wieku XVII-XIX*, „Przegląd Geofizyczny”, t. XIII, z. 1
- Stopa-Boryczka M. (ed.), 2003, *Studies on the Climate of Warsaw*, Warsaw University, Faculty of Geography and Regional Studies
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak Sz., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., 2007, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XX-XXI, *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*, red. M. Stopa-Boryczka, Wyd. UW, Warszawa, ss. 266.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2009, *Wpływ czynników geograficznych na klimat Europy*, *Prace i Studia Geograficzne*, T. 41, ss. 191-208
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2016, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, t. XXXIV, *Klimat Europy – Przeszłość, teraźniejszość, przyszłość (w kolejnych 33 tomach Atlasu I, 1974 – XXXIII, 2015)* (red.: K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. WGSR UW, ss. 462.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2016, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych geograficznych w Polsce*, t. XXXV, *Badania klimatu Europy w różnych skalach przestrzennych (w publikacjach Zakładu Klimatologii UW, 1951-2016)* (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 415.
- Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2017, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych geograficznych w Polsce*, t. XXXVII, *Postęp badań zmian klimatu Polski i ich znaczenie dla życia i gospodarczej działalności człowieka*, (red. M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski), Wyd. UW, Warszawa, ss. 444
- Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, *Przegl. Geofiz.*, z. 1-2
- Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, *Rozprawy Habilitacyjne* UJ, 140, Kraków
- Trepińska J., 2001, *Fluktuacje termiczne w Europie od małej epoki lodowej do końca XX wieku*, *Prace i Studia Geograficzne*, t. 29, Warszawa, s. 73-77

- Twardosz R., 2009, *Fale niezwyklejch upalów w Europie na początku XXI wieku. Extraordinary heat waves In the beginning of the 21 st century in Europe*, Przegl. Geof., r. LIV, z. 3-4, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2013, *Niezwykłe anomalie termiczne w strefie klimatu podbiegunowego obszaru Atlantycko-Europejskiego*, Problemy Klimatologii Polarnej nr 23, s. 93-105.
- Walanus A. Nalepka D. 2005, *Wiek rzeczywisty granic chronozon wyznaczonych w latach radiowęglowych*. Bot. Guidebooks, 28:313–321.
- Woś A., 2010, *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*, Wyd. Nauk. UAM, ss. 489, Poznań
- Zieliński R., 1972, *Tablice Statystyczne*, PWN, Warszawa, ss. 392
- Zielski A., Krapiec M., 2004, *Dendrochronologia*, PWN Warszawa.

Rome –Tempel (52.47N, 13.40E) 617103840000 GHCN V3 adj – homogenized
 Berlin-Tempel (52.47N, 13.40E) 617103840000 GHCN V3 adj – homogenized
 Moskwa (55.83N, 37.62E) 638276120000 GHCN V3 adj - homogenized

Station Name	Lat	Lon	ID	Pop.	Years
Warszawa-Okecie	52.2 N	21.0 E	635123750000	1,377,000	1880 - 2017
Krakow	50.1 N	19.8 E	635125660000	652,000	1951 - 2017
Wroclaw Ii	51.1 N	16.9 E	635124240000	523,000	1880 - 2017

www.giss.nasa.gov/.data/update/