

Wpływ ocieplenia klimatu na zużycie paliw na ogrzewanie w Warszawie

The Impact Of Global Warming On The Fuel Consumption For Heating In Warsaw

Józef Dopke

Słowa kluczowe: globalne ocieplenie, ocieplenie klimatu, pomiary instrumentalne, średnia temperatura powietrza, seria warszawska, stopniodni grzania, liczba stopniodni grzania, temperatura bazowa, zużycie paliw

Streszczenie: Omówiono historię instrumentalnych pomiarów temperatury w Rzeczypospolitej Obojga Narodów w tym „serię warszawską” pomiarów temperatury powietrza w latach 1779-2006 na Zamku Królewskim w Warszawie rozpoczętą przez jezuitę ks. Jowina Fryderyka Bończę-Bystrzyckiego i ujednoliconej przez klimatologów: prof. Jerzego Michalczewskiego i prof. Halinę Lorenc.

W okresie 1779-2006 tempo wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie wynosiło $0,6^{\circ}\text{C}/100$ lat. Tempo zmian temperatury w poszczególnych miesiącach różni się istotnie. Największe tempo wzrostu temperatury wystąpiło w: grudniu $1,35^{\circ}\text{C}/100$ lat, styczniu $1,27^{\circ}\text{C}/100$ lat, marcu $1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat, lipcu $1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat, listopadzie $0,89^{\circ}\text{C}/100$ lat, lutym $0,77^{\circ}\text{C}/100$ lat, kwietniu $0,76^{\circ}\text{C}/100$ lat. Jedynie w sierpniu występuje spadek temperatury w tempie $-0,09^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Największe tempo wzrostu średnich temperatur występuje w sezonie grzewczym w: zimie (grudzień, styczeń i luty) o wartości $1,14^{\circ}\text{C}/100$ lat, wiosnie $0,78^{\circ}\text{C}/100$ lat i jesieni $0,45^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najmniejsze tempo ocieplania występuje w lecie o wartości $0,01^{\circ}\text{C}/100$ lat. W ostatnich latach 1980-2006 największe tempo wzrostu średnich temperatur występuje w: lecie $5,75^{\circ}\text{C}/100$ lat, w jesieni $2,47^{\circ}\text{C}/100$ lat, w zimie $1,65^{\circ}\text{C}/100$ lat i najmniej w miesiącach wiosennych $1,55^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Zmiany klimatyczne powodują zmniejszenie liczby stopniodni grzania w sezonie grzewczym i spadek zużycia paliw na ogrzewanie budynków w Polsce. Oszacowano spadek względny procentowy i sumę spadków zużycia paliw na ogrzewanie budynków w Warszawie

Historia instrumentalnych pomiarów temperatury w Rzeczypospolitej Obojga Narodów

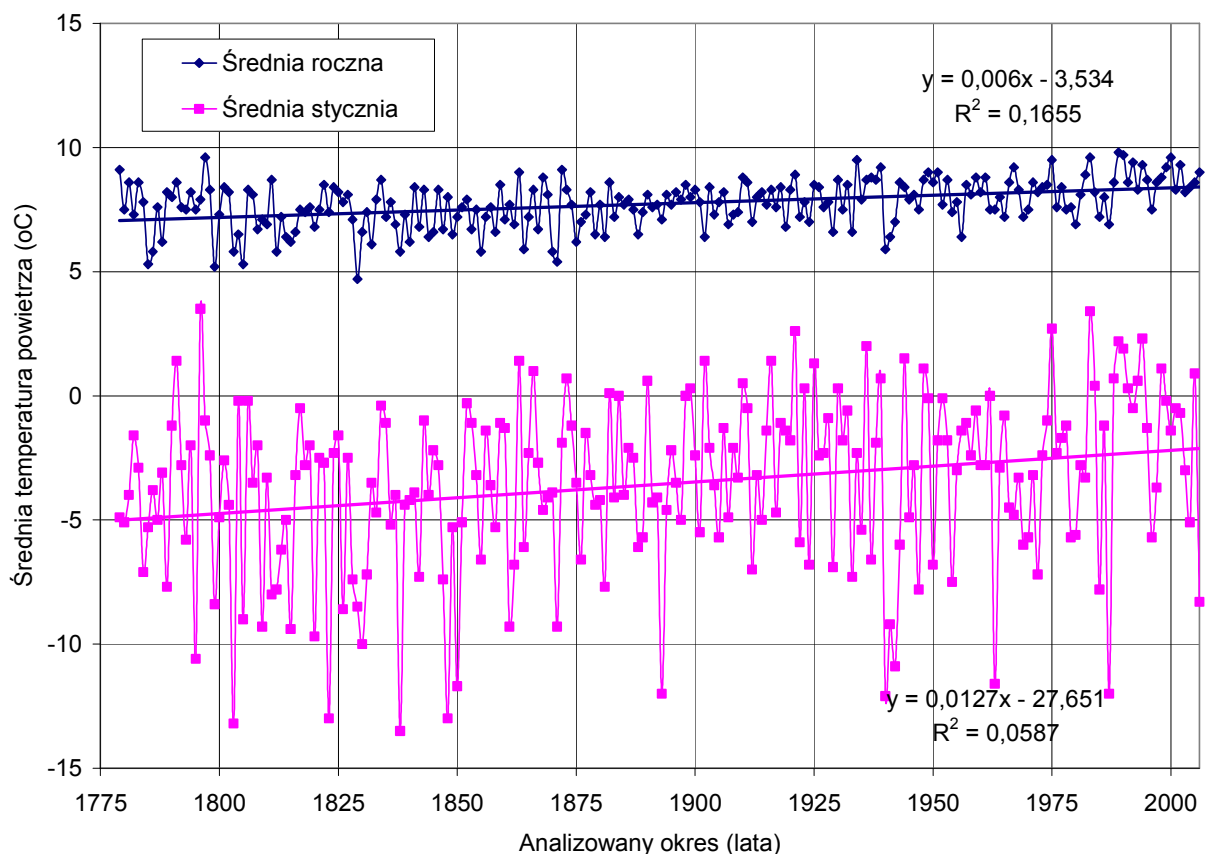
W 1655 r. rozpoczęły się pierwsze instrumentalne obserwacje temperatury [1] i stanu nieba w Warszawie w ramach sieci florentyńskiej. Obserwacje prowadzono najdłużej do 1667 r. Zachował się fragment od 10.05.1655 r. do 15.05.1655, który jest najstarszym – poza Włochami – dokumentem obserwacji meteorologicznych na świecie.

Od 1655 do 1699 r. F. Buthner prowadził serię pierwszych instrumentalnych obserwacji meteorologicznych w Gdańsku. W latach 1740-1759 prowadzono pierwsze instrumentalne obserwacje temperatury w Toruniu wznowione w latach 1760-1767. Od 1.07.1760 do 31.03.1763 r. w Warszawie prowadzili instrumentalne obserwacje temperatury dwaj Francuzi J. E. Guettard członek Królewskiej Akademii Nauk w Paryżu (do 5.05.1762 r.) i ks. J. Delsuc (od 6.05.1762 r.).

Serię pierwszych instrumentalnych obserwacji temperatury w Wilnie prowadził jezuita ks. Marcin Poczobutt-Odlanicki herbu Pogonia [2] przy utworzonym w 1770 r. Obserwatorium Astronomicznym. Był on od 1764 r. profesorem matematyki i astronomii a w latach 1780-1799 rektorem Uniwersytetu Wileńskiego. Dokończył budowę Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie rozpoczętą przez Tomasza Żebrowskiego w roku 1753. Ks. Marcin Poczobutt-Odlanicki prowadził regularne obserwacje astronomiczne, z których najważniejsze to wyznaczenie 60 pozycji Merkurego, które posłużyły francuskiemu astronomowi Jérôme Lalande do obliczenia orbit planet i stworzenia tablic ruchu planet. Przed powrotem do jezuitów biało-

ruskich przekazał w 1807 r. kierownictwo Obserwatorium Janowi Śniadeckiemu. Tytuł astronoma królewskiego otrzymał w 1766 r.

Uczniem ks. Marcina Poczobutta-Odlanickiego był Jowin Fryderyk Bończa-Bystrzycki. W młodym wieku wstąpił do zakonu jezuitów i w tym zgromadzeniu kształcił się w zakresie filozofii, matematyki, astronomii i teologii. W Akademii Wileńskiej po 4 latach nauki teologii uzyskał tytuł magistra a potem doktora teologii. **W 1773 r. ks. Jowin Fryderyk Bończa-Bystrzycki (1737-1821) dostał się na służbę króla Stanisława Augusta na urząd nadwornego astronoma. W okresie od 01.01.1779 do 31.12.1799 r. [3] prowadził on serię systematycznych instrumentalnych obserwacji temperatury i ciśnienia w Warszawie przy Królewskim Obserwatorium na Zamku. Obserwacji dokonywał 3 razy w ciągu dnia – o wschodzie Słońca, po południu i pod wieczór na tarasie Zamku Królewskiego. Pomiar temperatury powietrza wykonał on za pomocą termometrum ze skalą Reaumura. Te pomiary są kontynuowane nieprzerwanie do dzisiaj. Ujednolicenie serii warszawskiej (rys. 1), bo takie miano nosi ów zbiór, zawdzięczmy klimatologom: prof. Jerzemu Michalczewskiemu i prof. Halinie Lorenc.**



Rys. 1. Średnia roczna i średnia styczniowa temperatura powietrza zewnętrznego w Warszawie oraz ich proste regresji w latach 1779-2006 wg „serii warszawskiej” pogol.chilan.com/Z-12375-T-SR.htm [4]

Fig. 1. Annual average and January average air temperature for Warsaw and regression lines for the period 1779-2006 according to “Warsaw series” the air temperature monitoring pogol.chilan.com/Z-12375-T-SR.htm [4]

Tabela 1. Średnie temperatury najcieplejszych i najzimniejszych miesięcy oraz rok ich wystąpienia dla Warszawy dla lat 1779-2006 wg pogol.chilan.com/Z-12375-T-SR.htm [4]

Table 1. Average temperature for warmest and coldest months and year for Warsaw for the period 1779-2006 according to pogol.chilan.com/Z-12375-T-SR.htm [4]

Miesiąc	Najcieplejszy miesiąc		Najzimniejszy miesiąc	
	Średnia temperatura (°C)	Rok	Średnia temperatura (°C)	Rok
Styczeń	3,5	1976	-13,5	1838
Luty	5,1	1990	-13,7	1929
Marzec	7,4	1836	6,9	1845
Kwiecień	13,2	1918	2,4	1817
Maj	18,2	1937	7,9	1864
Czerwiec	22,4	1811	13,0	1923
Lipiec	23,5	2006	14,6	1823
Sierpień	23,8	1807	14,0	1833
Wrzesień	16,8	1942	9,1	1912
Październik	12,6	1907	1,8	1805
Listopad	7,6	1926	-3,4	1919
Grudzień	3,9	2006	-14,8	1788

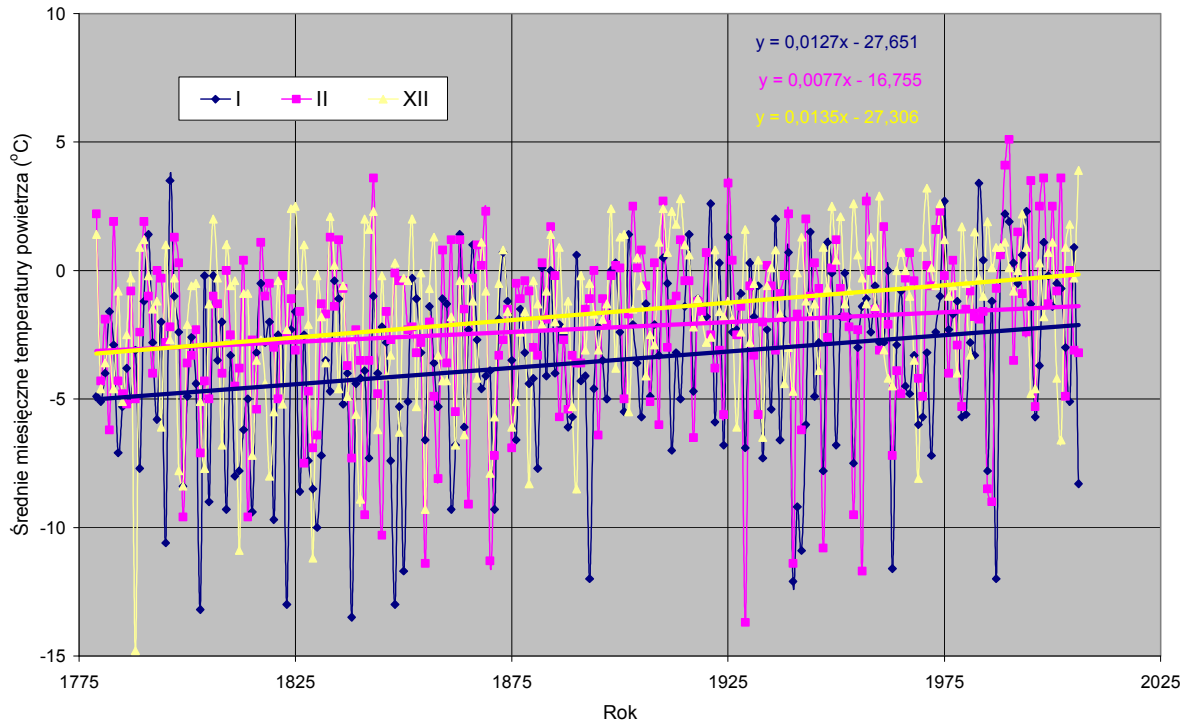
Analiza średnich miesięcznych i rocznych temperatur w latach 1779-2006

Analizę regresji średnich miesięcznych temperatur powietrza w Warszawie w latach 1779-2006 podano **tabeli 2** i na **rys. 2-5**. W latach 1779-2006 największe tempo wzrostu temperatury wystąpiło w: grudniu 1,35°C/100 lat, styczniu 1,27°C/100 lat, marcu 1,1°C/100 lat, lipcu 1,1°C/100 lat, listopadzie 0,89°C/100 lat, lutym 0,77°C/100 lat, kwietniu 0,76°C/100 lat. Jedynie w sierpniu występuje spadek temperatury w latach 1779-2006 w tempie -0,09°C/100 lat.

Tabela 2. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej miesięcznej i rocznej temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1779-2006, gdzie x od 1779 r. do 2006 r.

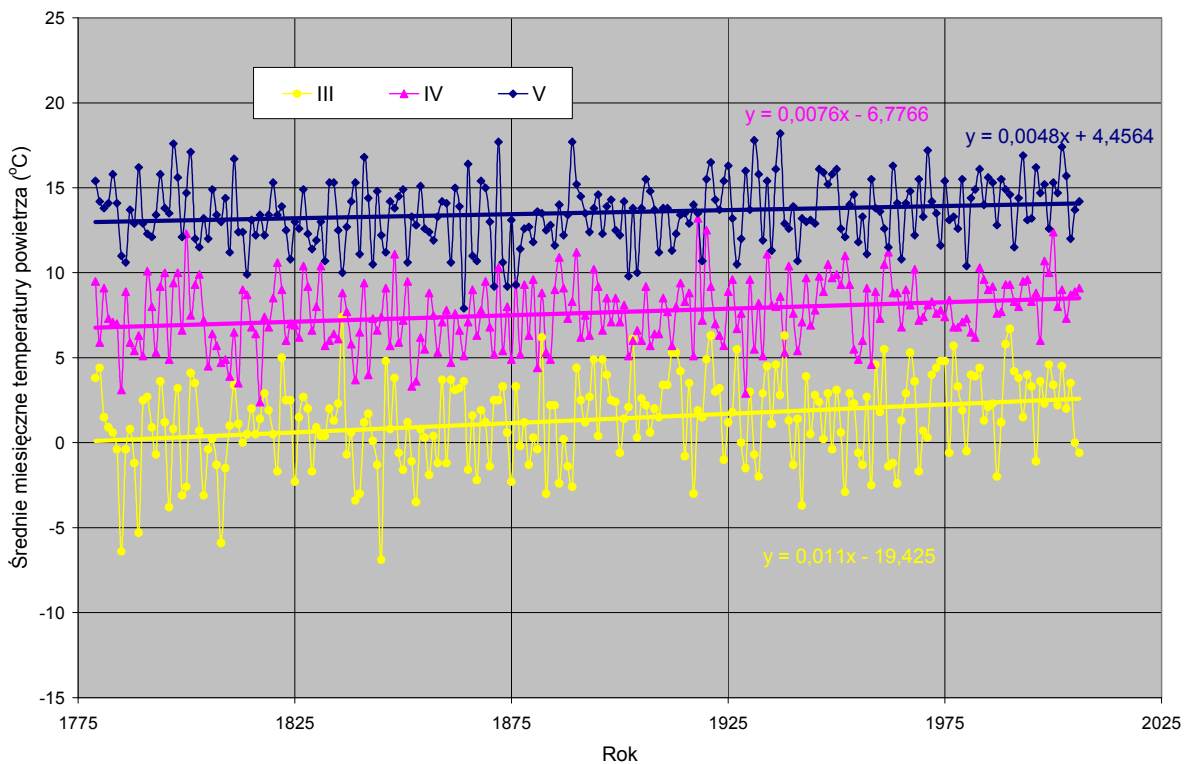
Table 2. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for annual and monthly average air temperature in Warsaw for the period 1779-2006, where x from 1779 to 2006

Okres czasu	p	q
---	°C/rok	°C
Styczeń	0,0127	-27,651
Luty	0,00077	-16,755
Marzec	0,0110	-19,425
Kwiecień	0,0076	-6,7766
Maj	0,0048	4,4564
Czerwiec	0,0002	16,621
Lipiec	0,0011	16,735
Sierpień	-0,0009	19,609
Wrzesień	0,0005	12,545
Październik	0,0042	0,2068
Listopad	0,0089	-14,484
Grudzień	0,0135	-27,306
Rok	0,0060	-3,5340



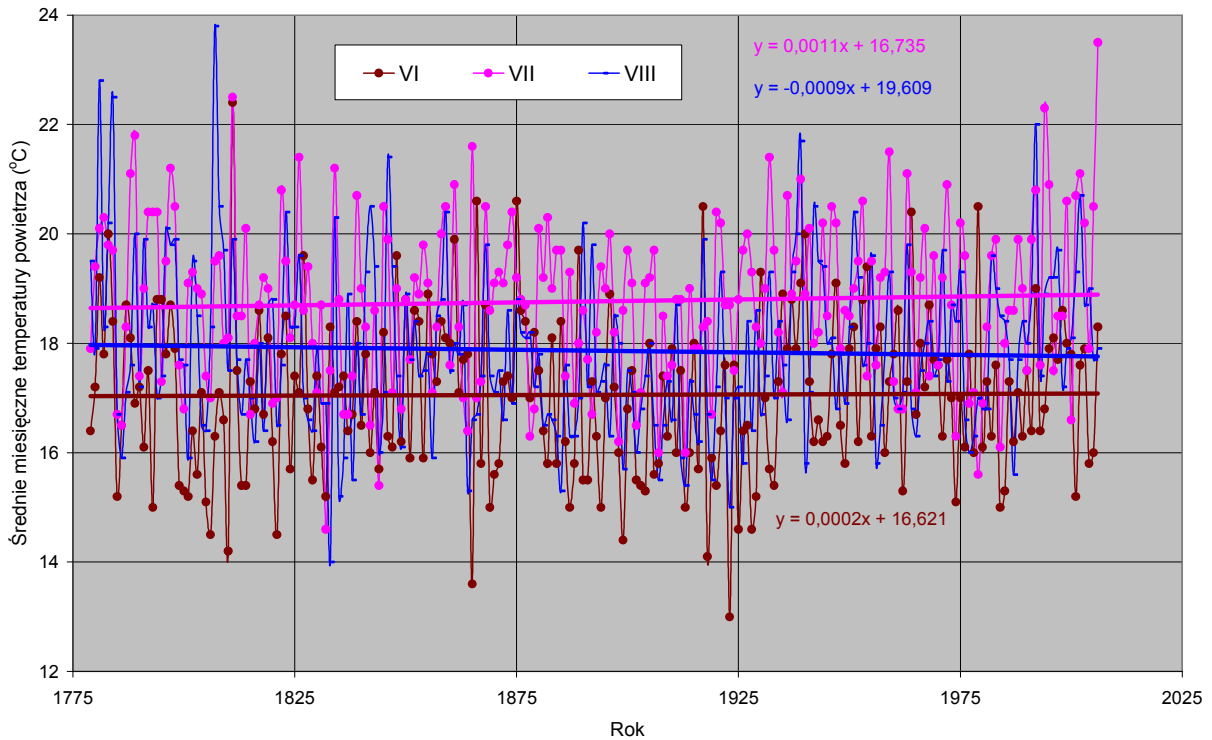
Rys. 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego w styczniu, lutym i grudniu w Warszawie w latach 1779-2006 oraz ich proste regresji (tabela 2) wg [4]

Fig. 2. Average monthly air temperatures for January, February and December in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines (table 2) according to [4]



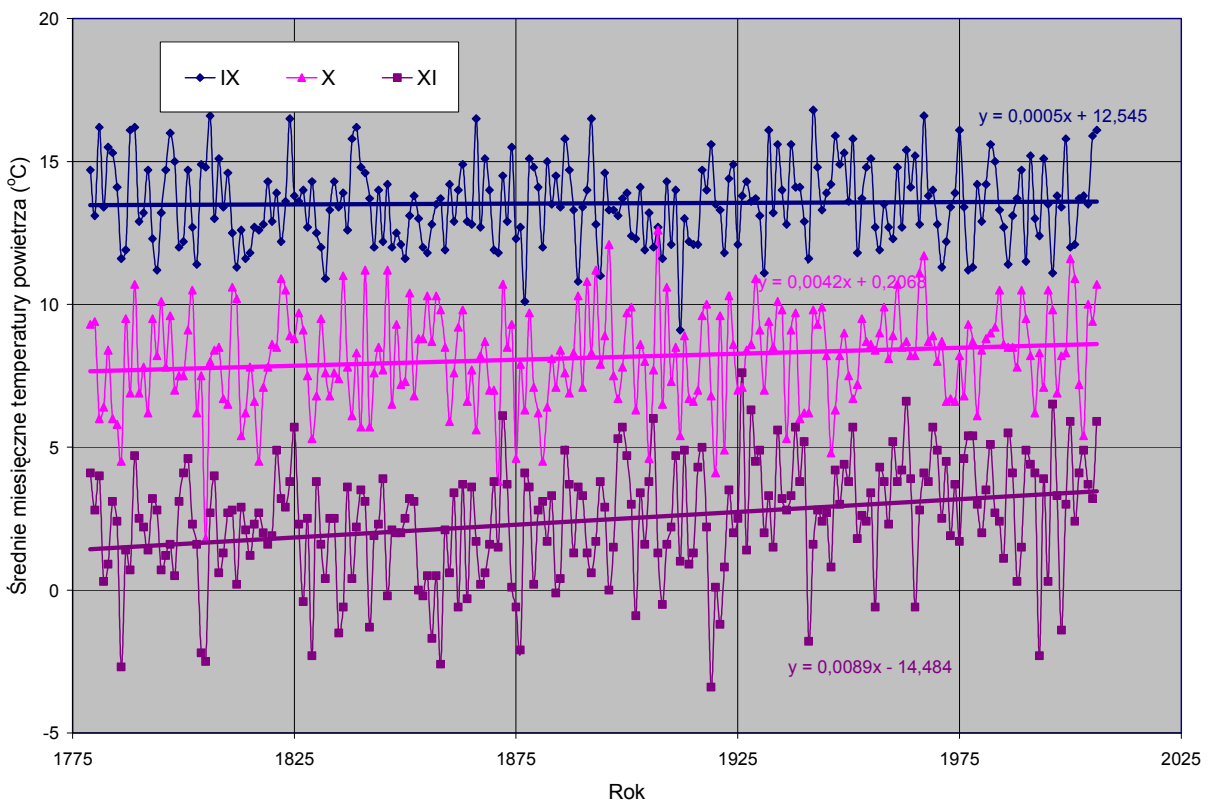
Rys. 3. Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego w marcu, kwietniu i maju w Warszawie w latach 1779-2006 oraz ich proste regresji (tabela 2) wg [4]

Fig. 3. Average monthly air temperatures for March, April and May in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines (table 2) according to [4]



Rys. 4. Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego w czerwcu, lipcu i sierpniu w Warszawie w latach 1779-2006 oraz ich proste regresji (tabela 2) wg [4]

Fig. 4. Average monthly air temperatures for June, July and August in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines (table 2) according to [4]

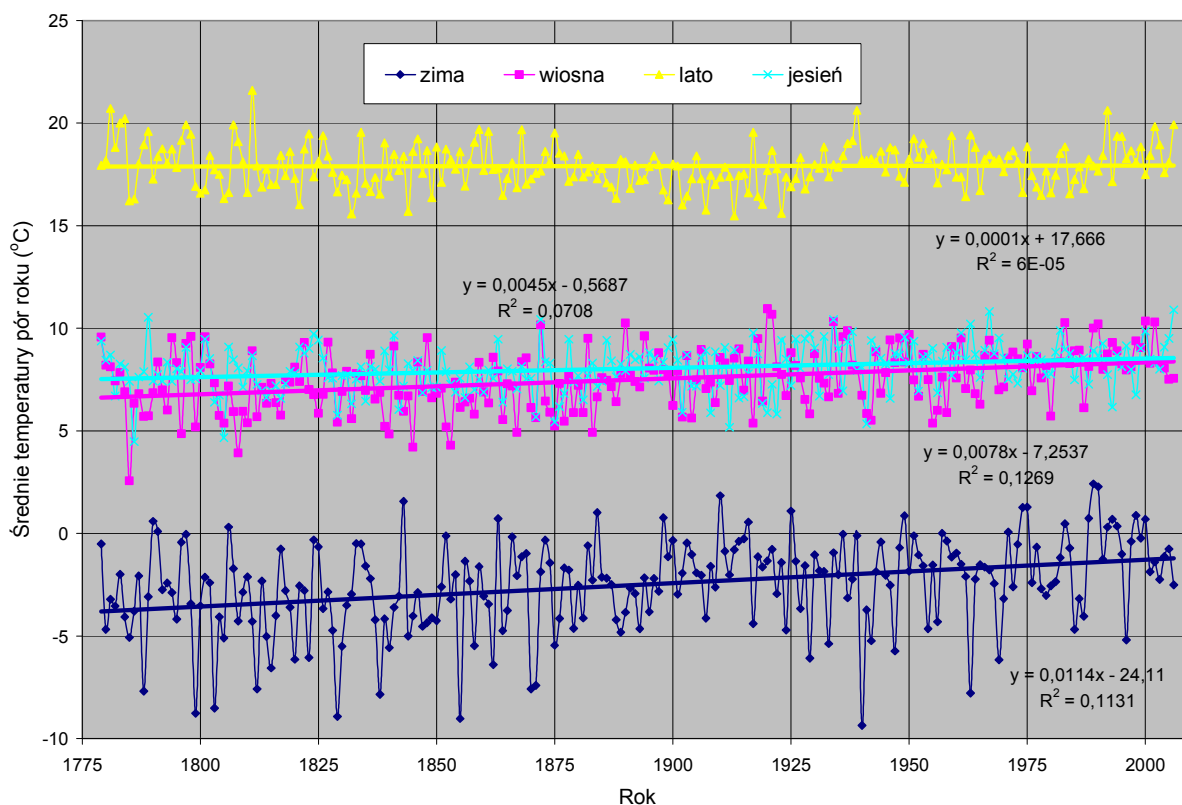


Rys. 5. Średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego w wrześniu, październiku i listopadzie w Warszawie w latach 1779-2006 oraz ich proste regresji (tabela 2) wg [4]

Fig. 5. Average monthly air temperatures for September, October and November in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines (table 2) according to [4]

Analiza średnich temperatur dla pór roku w latach 1779-2006 „serii warszawskiej”

W celu określenia wpływu zmian klimatycznych na zużycie paliw na ogrzewanie budynków zdefiniowano i obliczono średnie temperatury ważone liczbą dni miesiący. Jako jesień zdefiniowano trzy miesiące początkowe sezonu grzewczego (wrzesień, październik i listopad), jako zimę trzy miesiące o największym udziale w zużyciu rocznym paliw na ogrzewanie (styczeń, luty, grudzień) oraz jako wiosnę trzy miesiące kończące sezon grzewczy (marzec, kwiecień i maj). Jako lato przyjęto trzy miesiące czerwiec, lipiec i sierpień, w których nie ogrzewa się budynków. Wyniki analizy regresji średnich temperatur dla tak zdefiniowanych pór roku przedstawiono na rys. 6 i w tabelicy 3.



Rys. 6. Średnie ważone liczbą dni miesiący temperatury powietrza w okresie jesieni, zimy, wiosny i lata w Warszawie w latach 1779-2006 oraz ich proste regresji (tabela 3) wg [4]

Fig. 6. Average monthly air temperatures weighted by number of days for fall, winter, spring and summer in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines (table 3) according to [4]

Największe tempo wzrostu średniej temperatury w latach 1779-2006 występuje w zimie (styczeń, luty i grudzień) o wartości $1,14^{\circ}\text{C}/100$ lat oraz wiosnie $0,78^{\circ}\text{C}/100$ lat i jesieni $0,45^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najmniejsze tempo ocieplania występuje w lecie o wartości $0,01^{\circ}\text{C}/100$ lat. Największy wzrost średnich temperatur wystąpił w sezonie grzewczym.

Tabela 3. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej temperatury powietrza zewnętrznego w zimie, wiosnie, lecie i jesieni w Warszawie w latach 1779-2006, gdzie x od 1779 r. do 2006 r.

Table 3. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for average air temperature for winter, spring, summer and fall in Warsaw for the period 1779-2006, where x from 1779 to 2006

Okres czasu	p	q
---	°C/rok	°C
Zima (=styczeń + luty= grudzień)	0,0114	-24,110
Wiosna (= marzec + kwiecień + maj)	0,0078	-7,2537
Lato (= czerwiec + lipiec + sierpień)	0,0001	17,666
Jesień (= wrzesień + październik + listopad)	0,0045	-0,5687
Rok	0,0060	-3,5340

Podział „serii warszawskiej” na okresy

Halina Lorenc poza doprowadzeniem serii do jednorodności wykonała analizę statystyczną danych i wyróżniła w obrębie serii cztery okresy termiczne [3]:

- **1779-1800 optimum termiczne** (okres najcieplejszy) o średniej temperaturze powietrza $t_{sr}=7,62^{\circ}\text{C}$, wyjątkowo ciepłym 1797 r. o średniej rocznej temperaturze $9,6^{\circ}\text{C}$;
- **1801-1889 okres najchłodniejszy** o średniej temperaturze powietrza $t_{sr}=7,28^{\circ}\text{C}$, z wyjątkowo zimnym rokiem 1829 o średniej rocznej temperaturze $4,7^{\circ}\text{C}$;
- **1890-1979 okres o stałym wzroście temperatury** o średniej temperaturze powietrza $t_{sr}=7,97^{\circ}\text{C}$;
- **1980-2006 gwałtowny wzrost temperatury** o średniej temperaturze powietrza $t_{sr}=8,58^{\circ}\text{C}$, z najcieplejszym rokiem serii 1989 o średniej rocznej temperaturze $9,8^{\circ}\text{C}$ i tempem wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1980-2006 $2,88^{\circ}\text{C}/100$ lat to jest prawie 5-krotnie większym niż w okresie 1779-2006, kiedy średnie tempo wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie wynosiło $0,6^{\circ}\text{C}/100$ lat.

1779-1800 okres najcieplejszy „serii warszawskiej”

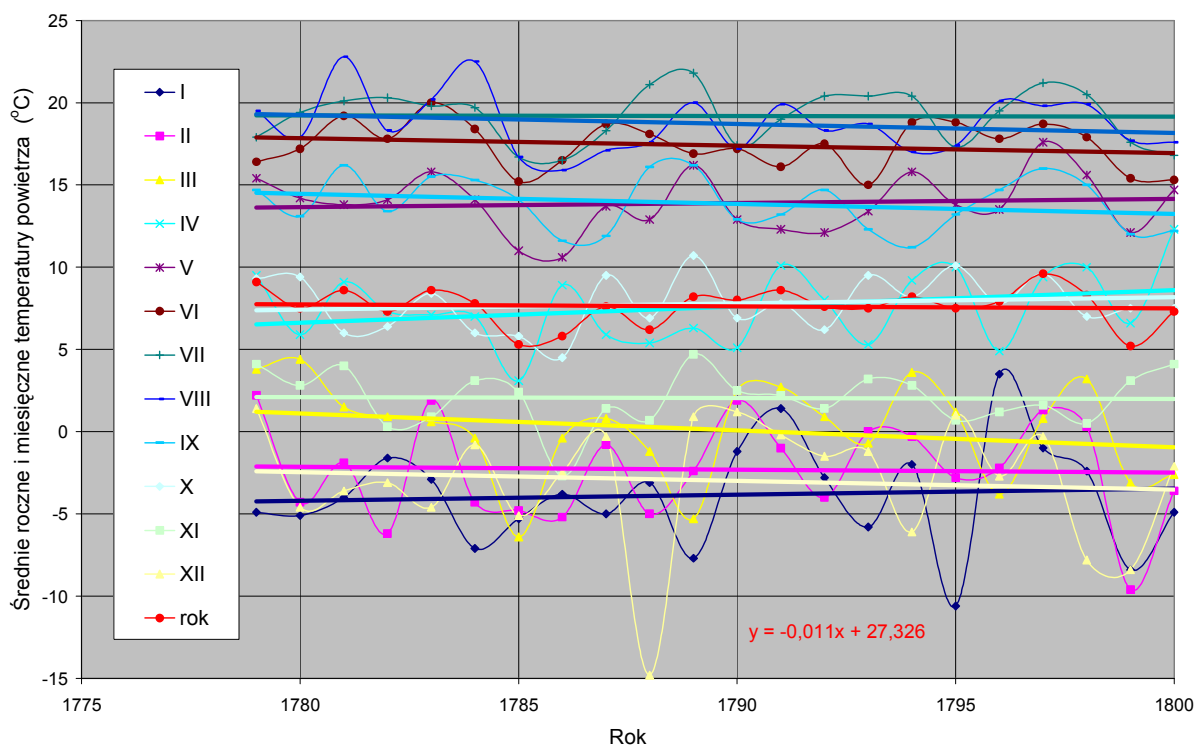
Wartości estymatorów parametrów prostych regresji średnich temperatur miesięcznych i rocznych powietrza dla Warszawy w najcieplejszym okresie lat 1779-1800 podano w tabeli 4 i na rys. 7. W latach 1779-1800 wartość średnia ze średnich temperatur rocznych wynosiła $7,62^{\circ}\text{C}$ a w latach 1779-1809 – $7,29^{\circ}\text{C}$. Tempo spadku średniej rocznej temperatury powietrza wynosiło: $-1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat w okresie 1779-1800, $-2,39^{\circ}\text{C}/100$ lat w okresie 1779-1809, $-1,23^{\circ}\text{C}/100$ lat w okresie 1779-1830 i $-0,69^{\circ}\text{C}/100$ lat w okresie 1779-1858.

W latach 1779-1800 tempo spadku średnich temperatur rocznych wynosiło $-1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najszybciej spadała temperatura w tempie: $-10,23^{\circ}\text{C}/100$ lat w marcu, $-6,07^{\circ}\text{C}/100$ lat we wrześniu, $-5,39^{\circ}\text{C}/100$ lat w sierpniu, $-5,22^{\circ}\text{C}/100$ lat w grudniu, $-4,51^{\circ}\text{C}/100$ lat w czerwcu, $-0,54^{\circ}\text{C}/100$ lat w listopadzie i $-0,39^{\circ}\text{C}/100$ lat w lipcu. Wzrost temperatury następował w tempie: $9,96^{\circ}\text{C}/100$ lat w kwietniu, $3,81^{\circ}\text{C}/100$ lat w październiku, $3,66^{\circ}\text{C}/100$ lat w styczniu, $2,54^{\circ}\text{C}/100$ lat w maju.

Tabela 4. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej miesięcznej i rocznej temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1779-1800, 1779-1809, 1779-1830 i 1779-1858 gdzie x od dolnej do górnej granicy przedziału lat

Table 4. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for average monthly and annual air temperature in Warsaw for the period 1779-1800, 1779-1809, 1779-1830 and 1779-1858, where x from 1779 to 1800 or 1809 or 1830 or 1858

Okres czasu	Przedział analizowanych lat							
	1779-1800		1779-1809		1779-1830		1779-1858	
	p	q	p	q	p	q	p	q
---	°C/rok	°C	°C/rok	°C	°C/rok	°C	°C/rok	°C
Styczeń	0,0366	-69,428	-0,0302	50,090	-0,0506	86,494	-0,0141	20,818
Luty	-0,0182	30,227	-0,0306	52,281	-0,0351	60,534	-0,0186	30,931
Marzec	-0,1023	183,23	-0,0791	141,83	0,017	-30,183	-0,0048	9,0224
Kwiecień	0,0996	-170,68	-0,0133	31,106	0,0012	5,1182	-0,0081	21,894
Maj	0,0254	-31,579	-0,0075	27,160	-0,0297	67,044	-0,0117	34,592
Czerwiec	-0,0451	98,139	-0,0700	142,57	-0,0123	39,179	0,0019	13,622
Lipiec	-0,0039	26,158	-0,0248	63,517	-0,0134	43,101	-0,0129	42,102
Sierpień	-0,0539	115,23	-0,0046	27,067	-0,0282	69,194	-0,0168	48,734
Wrzesień	-0,0607	122,51	-0,0117	34,917	-0,0189	47,657	-0,0137	38,351
Październik	0,0381	-60,331	-0,0052	16,927	0,009	-8,4802	0,0146	-18,513
Listopad	-0,0054	11,746	-0,0321	59,361	0,006	-8,8343	-0,0137	26,653
Grudzień	-0,0522	90,402	0,0168	-32,890	0,0046	-11,042	0,0121	-24,575
Rok	-0,011	27,326	-0,0239	50,384	-0,0123	29,644	-0,0069	19,918

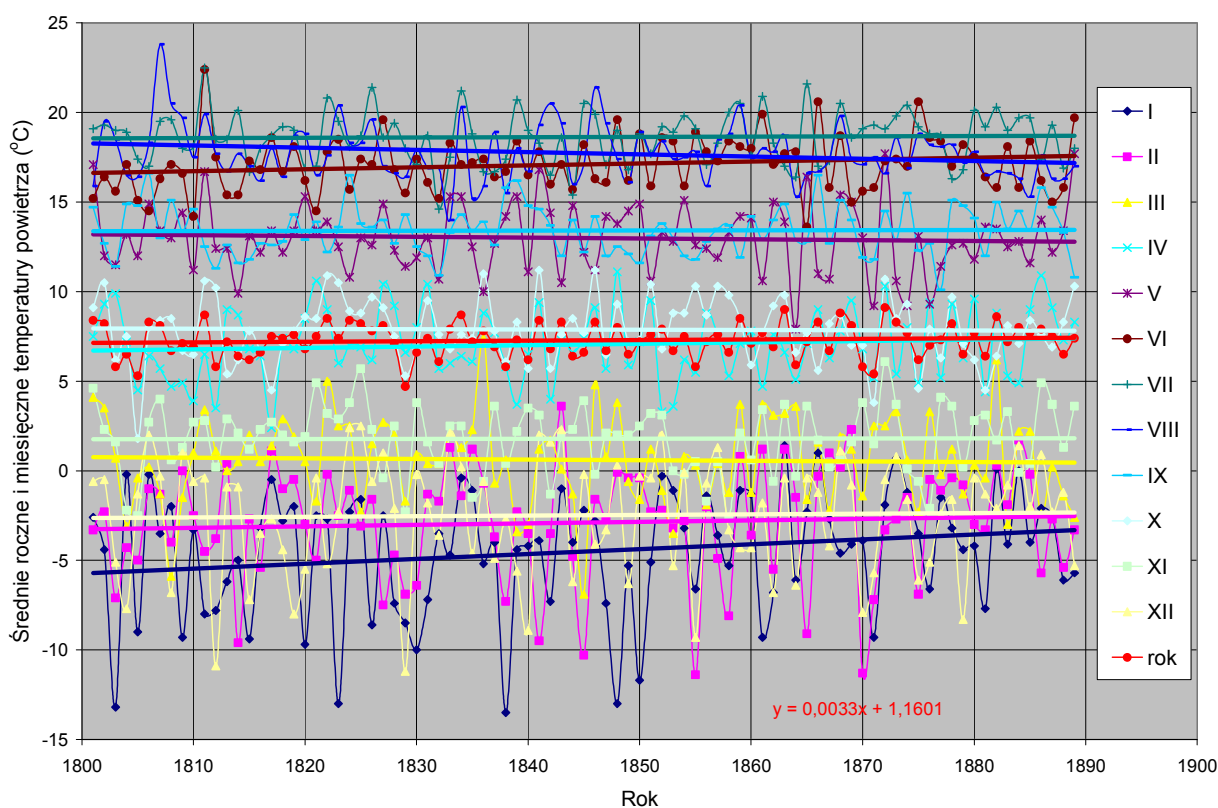


Rys. 7. Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1779-1800 oraz ich proste regresji (tabela 4) wg [4]

Fig. 7. Average monthly and annual air temperatures in Warsaw for the period 1779-1800 and regression lines (table 4) according to [4]

1801-1889 okres najzimniejszy „serii warszawskiej”

Jako okres najzimniejszy przyjęto lata 1801-1889 o wartości średniej ze średnich rocznych temperatur powietrza w tym okresie $t_{sr}=7,28^{\circ}\text{C}$, z wyjątkowo zimnym rokiem 1829 o średniej rocznej temperaturze $4,7^{\circ}\text{C}$, rokiem 1871 o średniej rocznej temperaturze $5,4^{\circ}\text{C}$ i rokiem 1870 o średniej rocznej temperaturze $5,8^{\circ}\text{C}$. Wartości estymatorów parametrów prostych regresji średnich temperatur miesięcznych i rocznych powietrza podano w tabeli 5 i na rys. 8.



Rys. 8. Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1801-1889 oraz ich proste regresji (tabela 5) wg [4]

Fig. 7. Average monthly and annual air temperatures in Warsaw for the period 1801-1889 and regression lines (table 5) according to [4]

W latach 1801-1889 tempo wzrostu średnich temperatur rocznych wynosiło $0,33^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najszybciej rosła temperatura w tempie: $2,7^{\circ}\text{C}/100$ lat w styczniu, $1,07^{\circ}\text{C}/100$ lat w czerwcu, $0,83^{\circ}\text{C}/100$ lat w lutym, $0,79^{\circ}\text{C}/100$ lat w kwietniu, $0,36^{\circ}\text{C}/100$ lat w grudniu, $0,15^{\circ}\text{C}/100$ lat w lipcu, $0,07^{\circ}\text{C}/100$ lat we wrześniu i $0,04^{\circ}\text{C}/100$ lat w listopadzie. Spadek temperatury następował w tempie: $-1,23^{\circ}\text{C}/100$ lat w sierpniu, $-0,34^{\circ}\text{C}/100$ lat w marcu i $-0,14^{\circ}\text{C}/100$ lat w październiku.

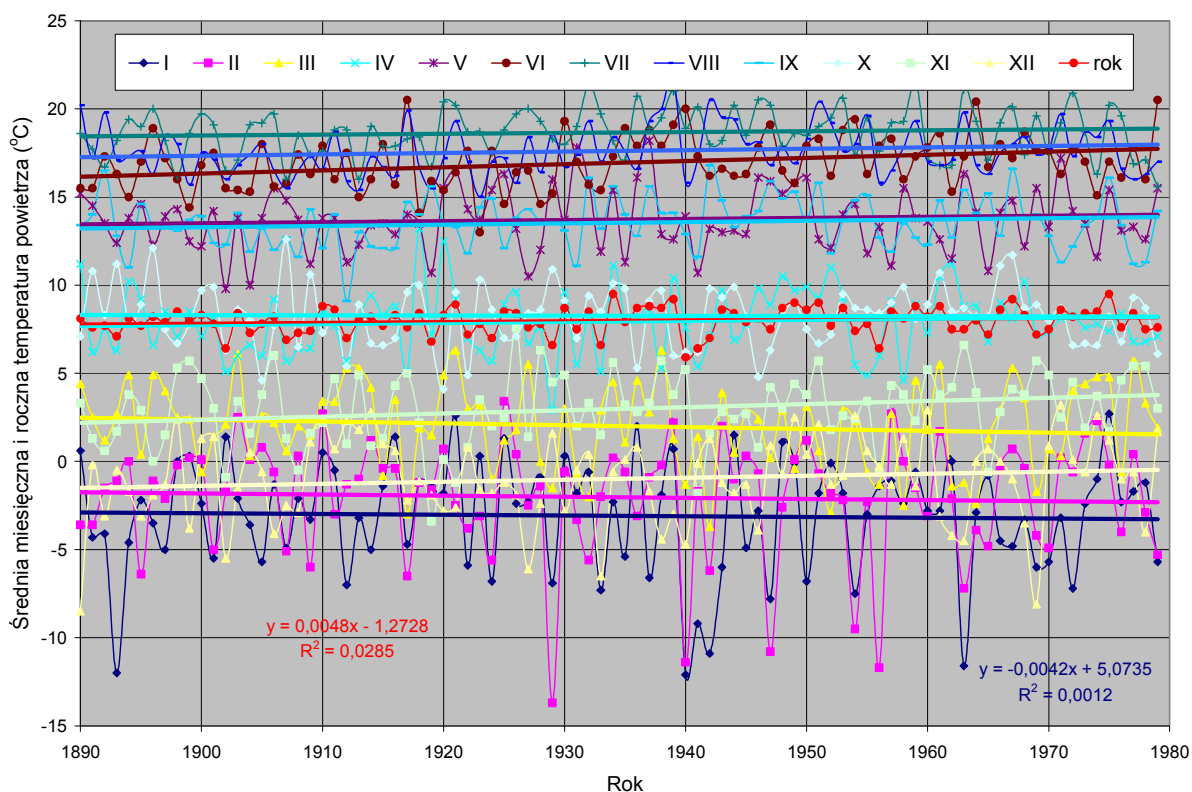
Tabela 5. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej miesięcznej i rocznej temperatury powietrza w Warszawie w latach 1801-1889 i 1810-1889, gdzie x od 1801 r. (lub 1810 r.) do 1889 r.

Table 5. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for average monthly and annual air temperature in Warsaw for the period 1801-1889 and 1810-1889, where x from 1801 or 1810 to 1889

Okres czasu	Przedział analizowanych lat				
	1801-1889		1810-1889		
	p	q	t _{sr}	p	q
---	°C/rok	°C	°C	°C/rok	°C
Styczeń	0,027	-54,333	-4,5	0,0333	-65,970
Luty	0,0083	-18,213	-2,9	0,0085	-18,613
Marzec	-0,0034	6,8319	0,7	-0,013	24,706
Kwiecień	0,0079	-7,5874	7,1	0,0082	-8,1060
Maj	-0,0046	21,437	12,9	-0,0014	15,596
Czerwiec	0,0107	-2,7278	17,2	0,0042	9,4506
Lipiec	0,0015	15,909	18,6	0,0023	14,360
Sierpień	-0,0123	40,388	17,6	-0,0076	31,697
Wrzesień	0,0007	12,038	13,3	0,0070	-0,3987
Październik	-0,0014	10,413	7,9	-0,0060	19,121
Listopad	0,0004	0,9779	1,8	-0,0030	7,3639
Grudzień	0,0036	-9,1007	-2,5	0,0080	-17,395
Rok	0,0033	1,1601	7,29	0,0035	-0,8414

1890-1979 okres wzrostu temperatury „serii warszawskiej”

Lata 1890-1979 są okresem stałego wzrostu temperatury o wartości średniej ze średnich rocznych temperatur powietrza $t_{sr}=7,97^{\circ}\text{C}$. Tempo wzrostu średnich temperatur rocznych wynosiło $0,48^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najszybciej rosła temperatura w tempie (**tabela 6, rys. 9**): $1,78^{\circ}\text{C}/100$



Rys. 9. Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1890-1979 oraz ich proste regresji (**tabela 6**) wg [4]

Fig. 9. Average monthly and annual air temperatures in Warsaw for the period 1890-1979 and regression lines (**table 6**) according to [4]

lat w czerwcu i listopadzie, 1,15°C/100 lat w grudniu, 0,81°C/100 lat w sierpniu, 0,72°C/100 lat we wrześniu, 0,61°C/100 lat w maju, 0,6°C/100 lat w kwietniu 0,48°C/100 lat w lipcu. Spadek temperatury następował w tempie: -1,05°C/100 lat w marcu, -0,63°C/100 lat w lutym, -0,42°C/100 lat w styczniu i -0,1°C/100 lat w październiku.

Tabela 6. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej miesięcznej i rocznej temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1779-1800, 1801-1889, 1890-1979 i 1980-2006, gdzie x od dolnej do górnej granicy przedziału analizowanych lat

Table 6. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for average monthly and annual air temperature in Warsaw for the period 1779-1800, 1801-1889, 1890-1979 and 1980-2006, where x from 1779 or 1801 or 1890 or 1980 to 1800 or 1889 or 1979 or 2006

Okres czasu	Przedział analizowanych lat							
	1779-1800		1801-1889		1890-1979		1980-2006	
	p	q	p	q	p	q	p	q
---	°C/rok	°C	°C/rok	°C	°C/rok	°C	°C/rok	°C
Styczeń	0,0366	-69,428	0,027	-54,333	-0,0042	5,0735	-0,0009	-0,1225
Luty	-0,0182	30,227	0,0083	-18,213	-0,0063	10,196	0,0689	-138,26
Marzec	-0,1023	183,23	-0,0034	6,8319	-0,0105	22,402	-0,0178	38,014
Kwiecień	0,0996	-170,68	0,0079	-7,5874	0,0060	-3,7655	0,0458	-82,566
Maj	0,0254	-31,579	-0,0046	21,437	0,0061	1,8852	0,0195	-24,395
Czerwiec	-0,0451	98,139	0,0107	-2,7278	0,0178	-17,517	0,0385	-59,757
Lipiec	-0,0039	26,158	0,0015	15,909	0,0048	9,3064	0,095	-170,08
Sierpień	-0,0539	115,23	-0,0123	40,388	0,0081	1,9997	0,0384	-58,077
Wrzesień	-0,0607	122,51	0,0007	12,038	0,0072	-0,3943	0,0235	-33,196
Październik	0,0381	-60,331	-0,0014	10,413	-0,0010	10,277	0,0081	-7,3677
Listopad	-0,0054	11,746	0,0004	0,9779	0,0178	-31,529	0,0432	-82,875
Grudzień	-0,0522	90,402	0,0036	-9,1007	0,0115	-23,150	-0,0139	27,375
Rok	-0,011	27,326	0,0033	1,1601	0,0048	-1,2728	0,0288	-48,849

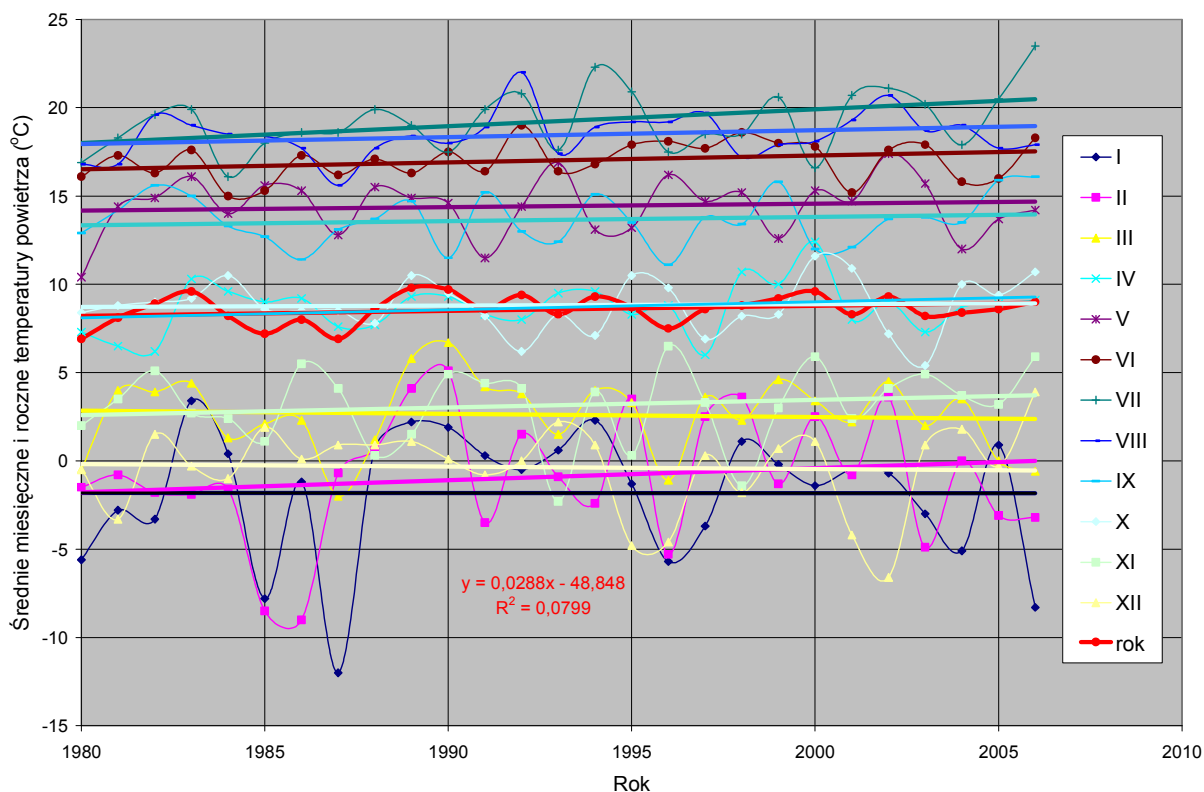
1980-2006 okres gwałtownego wzrostu temperatury „serii warszawskiej”

Po roku 1980 nastąpił gwałtowny wzrost temperatury ($t_{sr}=8,58^{\circ}\text{C}$) z najcieplejszym rokiem 1989 „serii warszawskiej” o średniej rocznej temperaturze $9,8^{\circ}\text{C}$ (tabela 6, rys. 10) i tempem wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza $2,88^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Najszybciej rosła temperatura w tempie (tabela 6, rys. 10): $9,5^{\circ}\text{C}/100$ lat w lipcu, $6,89^{\circ}\text{C}/100$ lat w lutym, $4,58^{\circ}\text{C}/100$ lat w kwietniu, $4,32^{\circ}\text{C}/100$ lat w listopadzie, $3,85^{\circ}\text{C}/100$ lat w czerwcu, $3,84^{\circ}\text{C}/100$ lat w sierpniu, $2,35^{\circ}\text{C}/100$ lat we wrześniu, $1,95^{\circ}\text{C}/100$ lat w maju i $0,81^{\circ}\text{C}/100$ lat w październiku. Spadek temperatury następował w trzech miesiącach w tempie: $-1,78^{\circ}\text{C}/100$ lat w marcu, $-1,39^{\circ}\text{C}/100$ lat w grudniu i $-0,09^{\circ}\text{C}/100$ lat w styczniu.

W tabeli 6 zestawiono wyniki analizy regresji dla wydzielonych czterech okresów w latach 1779-2006. Średnie temperatury marca we wszystkich tych okresach malały w tempie $-7,91^{\circ}\text{C}/100$ lat w latach 1779-1809, $-1,3^{\circ}\text{C}/100$ lat w latach 1810-1889, $-1,05^{\circ}\text{C}/100$ lat w latach 1890-1979 i $-1,78^{\circ}\text{C}/100$ lat w latach 1980-2006.

Największe tempo wzrostu średniej temperatury w latach 1980-2006 (tabela 7) występuje w lecie (czerwiec, lipiec, sierpień) o wartości $5,75^{\circ}\text{C}/100$ lat, w jesieni $2,47^{\circ}\text{C}/100$ lat, w zimie (styczeń, luty i grudzień) o wartości $1,65^{\circ}\text{C}/100$ lat oraz we wiośnie $1,55^{\circ}\text{C}/100$ lat. Wzrost średnich temperatur w sezonie grzewczym w latach 1980-2006 wynosi $1,89^{\circ}\text{C}/100$ lat. Należy więc oczekiwać spadku zużycia paliw na ogrzewanie budynków w Polsce.



Rys. 10. Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza zewnętrznego w Warszawie w latach 1980-2006 oraz ich proste regresje (tabela 6) wg [4]

Fig. 10. Average monthly and annual air temperatures in Warsaw for the period 1980-2006 and regression lines (table 6) according to [4]

Tabela 7. Wartości estymatorów parametrów prostej regresji $t_{sr} = p \cdot x + q$ średniej temperatury powietrza zewnętrznego w zimie, wiosnie, lecie i jesieni w Warszawie w latach 1980-2006, gdzie x od 1980 r. do 2006 r.

Table 7. Value of parameter estimators of regression lines $t_{sr} = p \cdot x + q$ for average air temperature for winter, spring, summer and fall in Warsaw for the period 1980-2006, where x from 1980 to 2006

Okres czasu	p	q
---	°C/rok	°C
Zima (= grudzień + styczeń + luty)	0,0165	-33,876
Wiosna (= marzec + kwiecień + maj)	0,0155	-22,335
Lato (= czerwiec + lipiec + sierpień)	0,0575	-96,366
Jesień (= wrzesień + październik + listopad)	0,0247	-40,775
Rok	0,0288	-48,848

Stopniodni grzania

Najprostszą metodę obliczania liczby stopniodni grzania $Sd(t_b)$ stosuje się w USA, Kanadzie i Niemczech, gdzie oblicza się ją ze średniej dziennej temperatury powietrza zewnętrznego. Metoda zakłada, że ogrzewanie jest wyłączone w dniach kiedy średnia dzienna temperatura powietrza jest większa od temperatury bazowej.

Dla temperatury bazowej t_b i średniej dziennej temperatury $t_{sr}(i)$ liczbę stopniodni grzania oblicza się ze wzoru [5-8]:

$$Sd(t_b) = \sum_{i=1}^n [t_b - t_{sr}(i)] \dots \dots \dots \text{dla } t_{sr}(i) \leq t_b \quad (1)$$

$$0 \dots \dots \dots \text{dla } t_{sr}(i) > t_b$$

W USA jako temperaturę bazową przyjmuje się 18,3°C (65°F), w Europie kontynentalnej jako temperaturę bazową przyjmuje się 18°C a w Wielkiej Brytanii również 15,5°C. Dzień ze średnią temperaturą dzienną 10°C będzie miał 8°Cdni grzania dla temperatury bazowej $t_b=18^\circ\text{C}$ i 5,5°C dla $t_b=15,5^\circ\text{C}$. Sumowanie dziennej liczby stopniodni grzania wg (1) wykonuje się dla miesiąca, kwartału lub roku.

W [9] podano dla temperatury bazowej 18,3°C (65°F=18,3°C) zależność:
- między liczbą stopniodni grzania dla całego roku a średnią roczną temperaturą powietrza

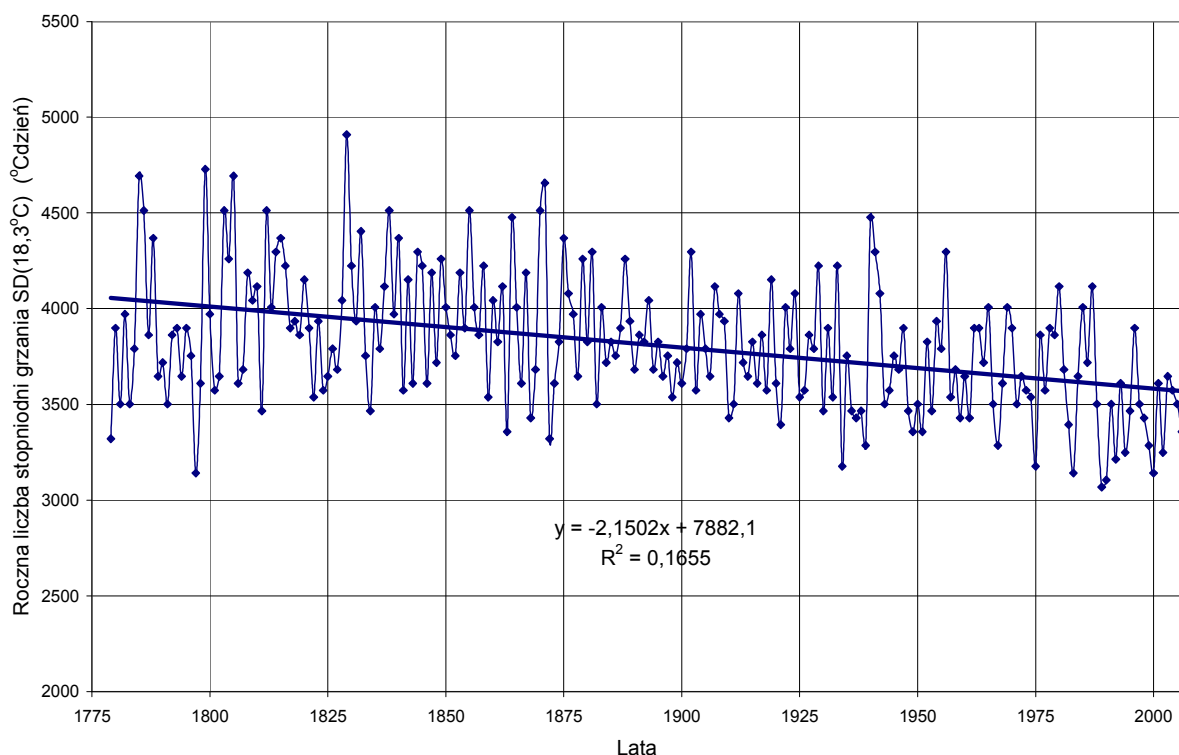
$$Sd(t_b=18,3^\circ\text{C}) \approx 361 \cdot (18,3 - t_{sr}) \quad \text{dla } t_{sr} \text{ mniejszej od } 12^\circ\text{C} \quad (2)$$

Korzystając z wyznaczonej prostej regresji średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1779-2006 można wyznaczyć analitycznie prostą regresji rocznej liczby stopniodni grzania w latach 1779-2006 (2):

$$Sd(18,3^\circ\text{C}) \approx 361(18,3 - t_{sr}) = 361 \cdot [18,3 - (0,006 \cdot x - 3,534)] = 361 \cdot [18,3 - 0,006 \cdot x + 3,534] =$$

$$= 361 \cdot [-0,006 \cdot x + 21,834] = -2,166(\text{°Cdni/rok}) \cdot x + 7882,074 \text{°Cdni}$$

Na rys. 11 przedstawiono prostą regresji rocznej liczby stopniodni grzania z wyznaczonych dla każdego roku w latach 1779-2006 $Sd(18,3^\circ\text{C})$ według wzoru (2). Niewielkie różnice w wartościach estymatorów prostej regresji wynikają ze stosowanych w trakcie obliczeń zaokrągleń.



Rys. 11. Roczne liczby stopniodni grzania $Sd(18,3^\circ\text{C})$ w Warszawie w latach 1779-2006, gdzie x od 1779 r. do 2006 r. oraz prosta regresji

Fig. 11. Annual heating degree days $Sd(18,3^\circ\text{C})$ in Warsaw for the period 1779-2006 and regression lines, where x from 1779 to 2006

Oszacowanie spadku zużycia paliw na ogrzewanie w latach 1993-2007 względem średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania $Sd(18,3^{\circ}C)_N$

W krótszym okresie lat 1993-2007 prostą regresji rocznej liczby stopniodni grzania, obliczonej wzorem Hitchin'a [7, 8, 10], można opisać równaniem:

$$Sd(18,3^{\circ}C) = -8,6261 (^{\circ}Cdzień/rok) + 20884 ^{\circ}Cdzień, \quad (3)$$

a liczbę stopniodni grzania miesięcy sezonu grzewczego (bez czerwca, lipca i sierpnia), obliczonej wzorem Hitchin'a [7, 8, 10], równaniem:

$$Sd(18,3^{\circ}C) = -6,6845 (^{\circ}Cdzień/rok) + 16882 ^{\circ}Cdzień \quad (4)$$

W krótszym okresie lat 1993-2007 tempo spadku liczby stopniodni grzania jest większe niż w latach 1980-2006.

Średnia wieloletnia (1971-2000) liczba stopniodni grzania dla Warszawy wynosi:

- $Sd(18,3^{\circ}C)_N = 3551,9^{\circ}Cdni$ dla miesięcy sezonu grzewczego,

- $Sd(18,3^{\circ}C)_N = 3698,9^{\circ}Cdni$ dla całego roku.

Spadek względny procentowy zużycia paliw na ogrzewanie określony jest wzorem:

$$ZZ(x) = \frac{Sd(18,3^{\circ}C; x) - Sd(18,3^{\circ}C)_N}{Sd(18,3^{\circ}C)_N} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie: $Sd(18,3^{\circ}C)_N$ – średnia wieloletnia liczba stopniodni grzania,

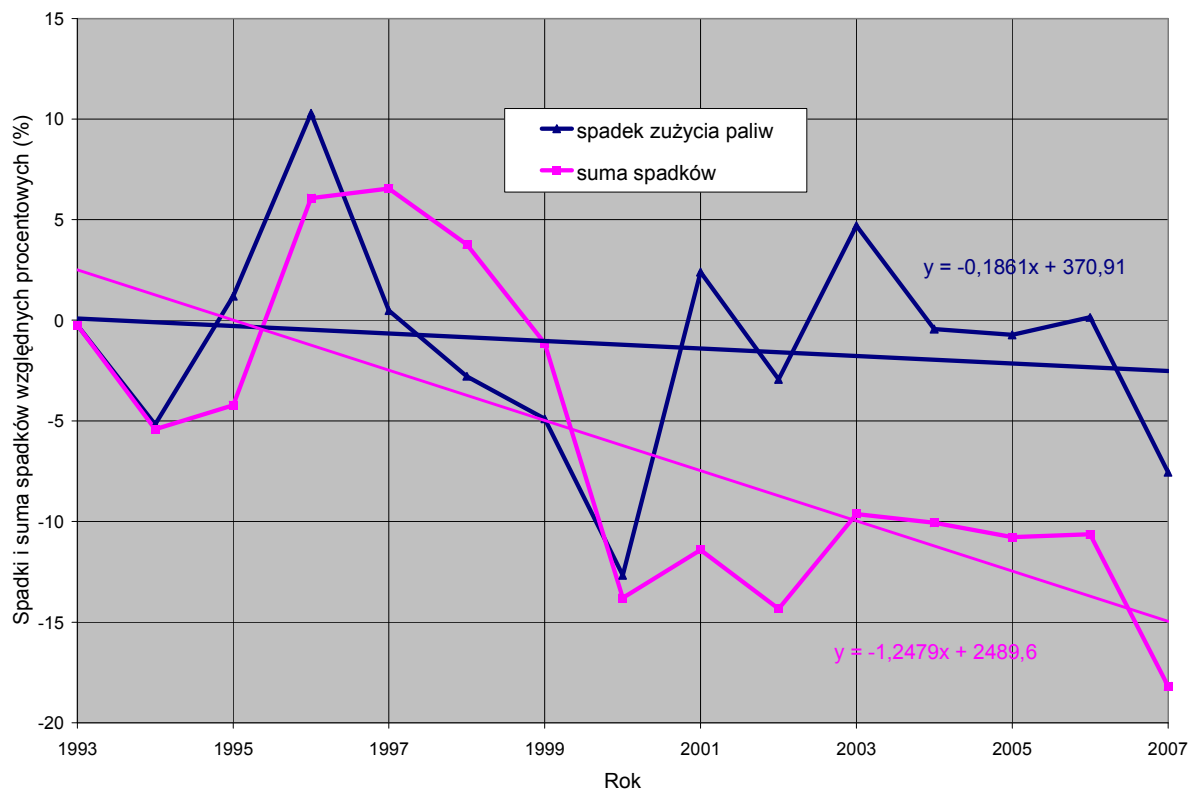
$Sd(18,3^{\circ}C; x)$ – bieżąca liczba stopniodni grzania w roku x , x od 1993 do 2007 r.

Suma spadków względnych procentowych (ujemnych spadków i dodatnich wzrostów) zużycia paliw na ogrzewanie w latach od x_1 (1993) do x_2 (2007) zdefiniowany jest wzorem:

$$Suma.ZZ(x_1, x_2) = \sum_{x=x_1}^{x=x_2} \frac{Sd(18,3^{\circ}C; x) - Sd(18,3^{\circ}C)_N}{Sd(18,3^{\circ}C)_N} \cdot 100\% \quad (6)$$

i przedstawiona jest dla Warszawy dla lat od 1993 do 2007 i średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania $Sd(18,3^{\circ}C)_N = 3551,9^{\circ}Cdni$ dla miesięcy sezonu grzewczego na **rys. 12**.

W latach 1993-2007 wskutek ocieplenia klimatu zużycie paliw w Warszawie na ogrzewanie budynków spadło sumarycznie o około -18% względem średniego rocznego zużycia paliw w latach 1971-2000. Przyjęcie do porównań zużycia paliw na ogrzewanie wcześniejszych zimniejszych okresów wieloletnich o większej liczbie stopniodni grzania powoduje wzrost spadków i sumarycznych spadków zużycia paliw na ogrzewanie.



Rys. 12. Spadki i suma spadków względnych procentowych zużycia paliw na ogrzewanie budynków w latach 1993-2007 w Warszawie oraz ich proste regresji dla średniej wieloletniej (1971-2000) liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3551,9^{\circ}\text{Cdni}$ (bez czerwca, lipca sierpnia)
 Fig. 12. Relative proportional decrease and cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating for the period 1993-2007 in Warsaw and regression lines for normal (1971-2000) annual heating degree days $S_d(18,3^{\circ}\text{C})_N = 3551,9^{\circ}\text{Cday}$ (without June, July and September)

Oszacowanie spadku zużycia paliw na ogrzewanie w latach 1993-2007 względem średniej wieloletniej (1951-1980) liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})_N$

Oszacujemy obecnie spadek zużycia paliw na ogrzewanie budynków w latach 1993-2007 względem wielolecia 1951-1980, a więc ostatniego trzydziestolecia przed gwałtownym wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza jakie miało miejsce w latach 1980-2006.

Średnia wieloletnia (1951-1980) liczba stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ dla Warszawy obliczona przy pomocy wzoru Hitchin'a [7, 8, 10] wynosi:

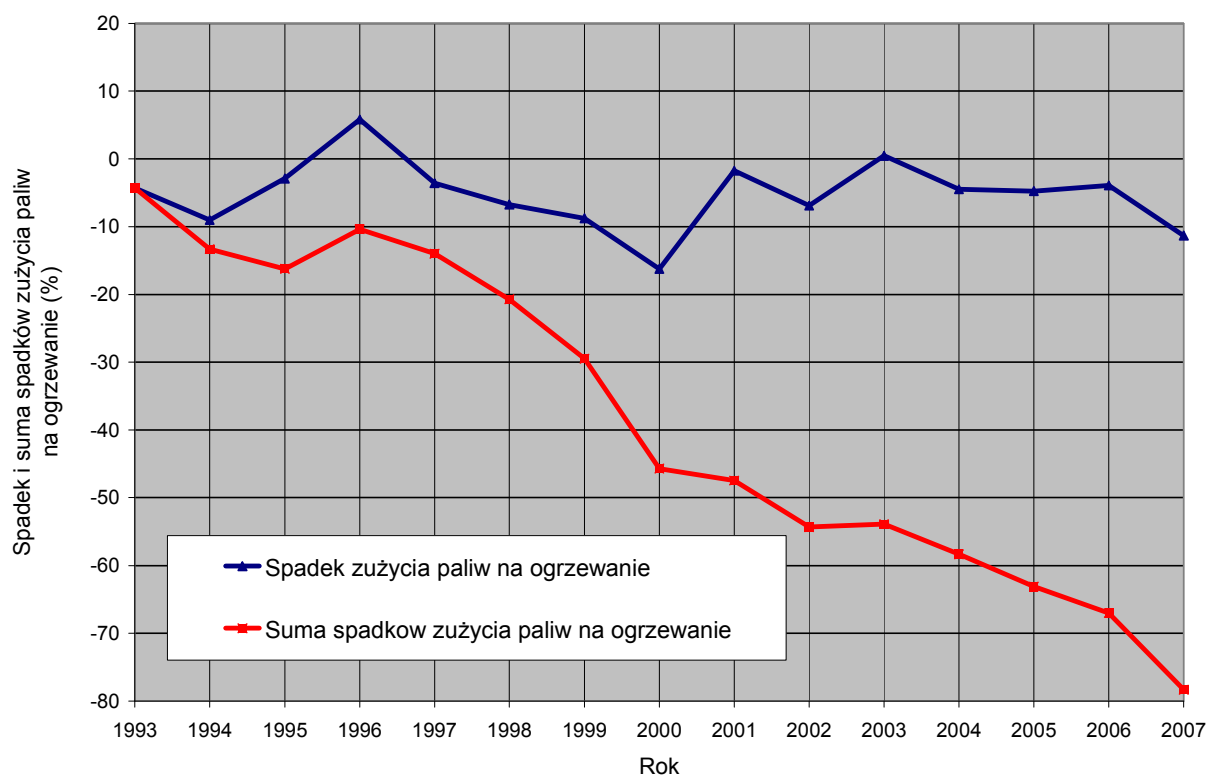
- roczna $S_d(18,3^{\circ}\text{C}) = 3848,5^{\circ}\text{Cdni}$;

- w miesiącach sezonu grzewczego (bez czerwca, lipca i sierpnia) $S_d(18,3^{\circ}\text{C}) = 3702,1^{\circ}\text{Cdni}$.

Na rys. 13 i w tabeli 8 przedstawiono spadek względny procentowy i sumę spadków względnych procentowych (ujemnych spadków i dodatnich wzrostów) zużycia paliw na ogrzewanie w latach od $x_1=1993$ do $x_2=2007$, jeżeli za średnią wieloletnią liczbę stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})$ (bez czerwca, lipca i sierpnia) przyjąć wartość dla lat 1951-1980.

W 1993 r. miesiące sezonu grzewczego miały liczbę stopniodni grzania równą $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3543,3^{\circ}\text{Cdni}$ mniejszą od wieloletniej (1951-1980) liczby stopniodni grzania równej $3702,1^{\circ}\text{Cdni}$, dlatego zużycie paliw na ogrzewanie było mniejsze o -4,29% niż średnie roczne zużycie paliw w wieloleciu 1951-1980. W następnym 1994 r. miesiące sezonu grzewczego miały liczbę stopniodni grzania równą $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3368^{\circ}\text{Cdni}$ mniejszą od wieloletniej (1951-1980), dlatego zużycie paliw na ogrzewanie było mniejsze o -9,02% niż śred-

nie roczne zużycie paliw w wieloleciu 1951-1980. W latach 1993-1994 suma spadków zużycia paliw wynosiła więc -13,31%. W 1995 r. spadek zużycia paliw wyniósł -2,9% a suma spadków w latach 1993-1995 -16,22%.



Rys. 13. Spadki względne procentowe i suma spadków względnych procentowych zużycia paliw na ogrzewanie budynków w latach 1993-2007 w Warszawie dla średniej wieloletniej (1951-1980) liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3702,1^{\circ}\text{Cdni}$ (bez czerwca, lipca sierpnia)
 Fig. 13. Relative proportional decrease and cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating for the period 1993-2007 in Warsaw for normal (1951-1980) annual heating degree days $S_d(18,3^{\circ}\text{C})_N=3702,1^{\circ}\text{Cday}$ (without June, July and September)

W 1996 r. miesiące sezonu grzewczego były zimniejsze od wielolecia 1951-1980 i miały liczbę stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})=3917,3^{\circ}\text{Cdni}$ większą od wieloletniej (1951-1980) liczby stopniodni grzania $3702,1^{\circ}\text{Cdni}$, dlatego zużycie paliw na ogrzewanie było większe o 5,81% niż średnie roczne zużycie paliw w wieloleciu 1951-1980. Suma spadków zużycia paliw w latach 1993-1996 zmalała do $-16,22\%+5,81\%=-10,41\%$.

W najcieplejszym roku 2000 spadek zużycia paliw na ogrzewanie wynosił -16,22% a w 2007 r. -11,31% średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1951-1980. Ponieważ okres porównawczy 1951-1980 był zimniejszy niż okres 1971-2000 więc suma spadków względnych procentowych zużycia paliw na ogrzewanie jest większa i wynosiła -78,3254%.

W latach 1993-2007 wskutek ocieplenia klimatu zużycie paliw w Warszawie na ogrzewanie budynków spadło sumarycznie o około -18% względem średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1971-2000. Przyjęcie do porównań zużycia paliw na ogrzewanie wcześniejszych zimniejszych okresów wieloletnich o większej liczbie stopniodni grzania powoduje wzrost spadków i sumarycznych spadków zużycia paliw na ogrzewanie (tabela 9, rys. 14). I tak w latach 1993-2007 wskutek ocieplenia klimatu zużycie paliw w Warszawie na ogrzewanie budynków spadło sumarycznie o około: -47,59% względem średniego rocznego zużycia paliw w

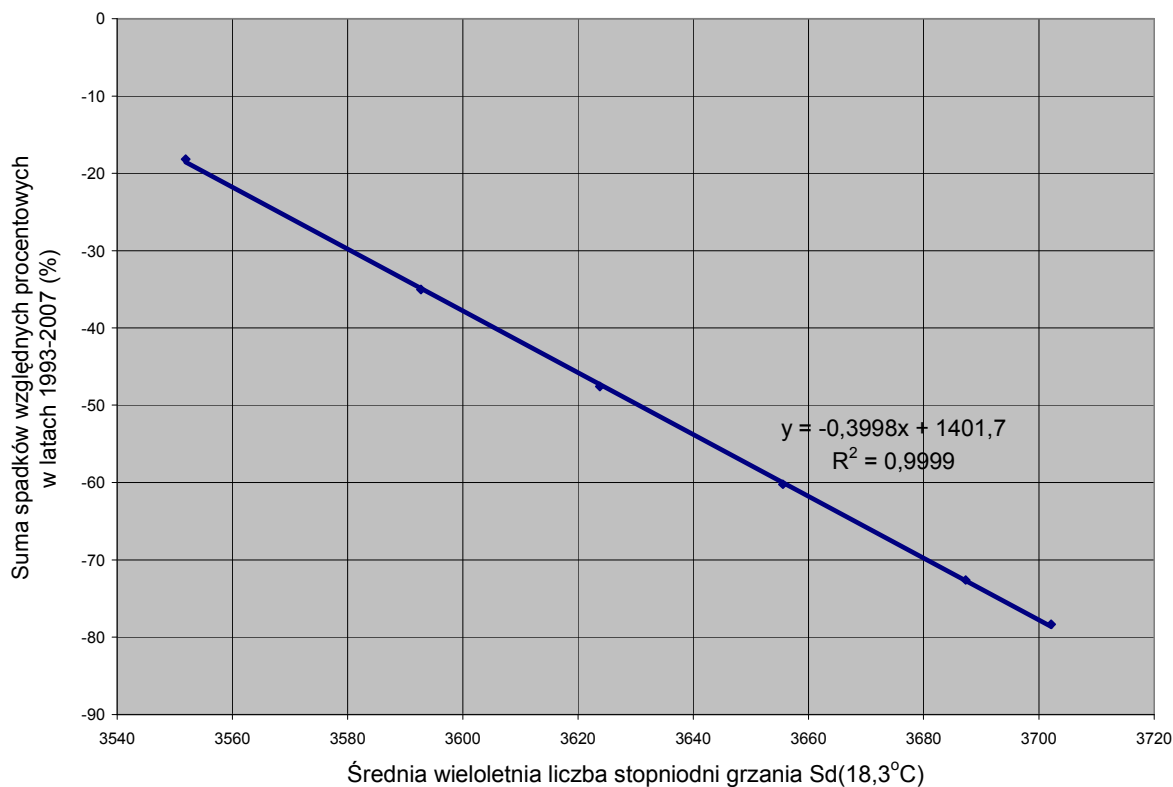
wieloleciu 1951-2000, -72,61% względem średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1961-1980, -78,33% względem średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1951-1980 ostatnim trzydziestoleciu przed gwałtownym ociepleniem klimatu w latach 1980-2006.

Tabela 8. Spadek względnego procentowego i suma spadków zużycia względnego procentowego (ujemnych i dodatnich) zużycia paliw na ogrzewanie w latach 1993-2007 oraz bieżąca i wieloletnia (1951-1980) liczba stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}C)$ (bez czerwca, lipca i sierpnia)
Table 8. Relative proportional decrease and cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating for the period 1993-2007 in Warsaw and normal (1951-1980) annual heating degree days $S_d(18,3^{\circ}C)_N$ (without June, July and September)

Rok	$S_d(18,3)$ dla miesięcy sezonu grzewczego	Średnia wieloletnia $S_d(18,3)$ dla 1951-1980	Spadek zużycia paliw na ogrzewanie	Suma spadków zużycia paliw na ogrzewanie
---	$^{\circ}Cdn$	$^{\circ}Cdn$	%	%
1993	3543,3	3702,1	-4,29	-4,29
1994	3368,0	3702,1	-9,02	-13,31
1995	3594,6	3702,1	-2,90	-16,22
1996	3917,3	3702,1	5,81	-10,41
1997	3569,0	3702,1	-3,60	-14,00
1998	3453,1	3702,1	-6,73	-20,73
1999	3377,9	3702,1	-8,76	-29,49
2000	3101,8	3702,1	-16,22	-45,70
2001	3637,1	3702,1	-1,76	-47,46
2002	3447,6	3702,1	-6,87	-54,34
2003	3719,1	3702,1	0,46	-53,88
2004	3536,5	3702,1	-4,47	-58,35
2005	3526,2	3702,1	-4,75	-63,10
2006	3557,1	3702,1	-3,92	-67,02
2007	3283,5	3702,1	-11,31	-78,33

Tabela 9. Suma spadków zużycia względnego procentowego (ujemnych i dodatnich) zużycia paliw na ogrzewanie w latach 1993-2007 w Warszawie oraz wieloletnia liczba stopniodni grzania (bez czerwca, lipca i sierpnia)
Table 9. Cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating for the period 1993-2007 in Warsaw and normal annual heating degree days $S_d(18,3^{\circ}C)_N$ (without June, July and September)

Średnia wieloletnia liczba stopniodni grzania $S_d(18,3)_N$	Okres dla średniej wieloletniej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3)_N$	Suma spadków zużycia paliw na ogrzewanie
$^{\circ}Cdn$	---	%
3702,1	1951-1980	-78,33
3655,6	1951-1990	-60,22
3623,8	1951-2000	-47,59
3687,3	1961-1980	-72,61
3630,2	1961-1990	-50,14
3592,7	1961-2006	-35,03
3551,9	1971-2000	-18,19



Rys. 14. Prosta regresji sumy spadków względnych procentowych zużycia paliw na ogrzewanie budynków w latach 1993-2007 w Warszawie względem założonej średniej wieloletniej liczby stopniodni grzania $S_d(18,3^{\circ}\text{C})_N$ (bez czerwca, lipca sierpnia)

Fig. 14. Regression lines between cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating for the period 1993-2007 in Warsaw and normal annual heating degree days $S_d(18,3^{\circ}\text{C})_N$ (without June, July and September)

Wnioski

W okresie 1779-2006 tempo wzrostu średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie wynosiło $0,6^{\circ}\text{C}/100$ lat. Tempo zmian temperatury w poszczególnych miesiącach różniło się istotnie. Największe tempo wzrostu temperatury wystąpiło w: grudniu $1,35^{\circ}\text{C}/100$ lat, styczniu $1,27^{\circ}\text{C}/100$ lat, marcu $1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat, lipcu $1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat, listopadzie $0,89^{\circ}\text{C}/100$ lat, lutym $0,77^{\circ}\text{C}/100$ lat, kwietniu $0,76^{\circ}\text{C}/100$ lat. W sierpniu występował spadek temperatury w tempie $-0,09^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Okres 1779-2006 można podzielić na najcieplejszy w latach 1779-1800 o tempie spadku średniej rocznej temperatury $-1,1^{\circ}\text{C}/100$ lat, najzimniejszy w latach 1801-1889 o tempie wzrostu temperatury $0,33^{\circ}\text{C}/100$ lat, wzrostu temperatury w latach 1890-1979 o tempie wzrostu $0,48^{\circ}\text{C}/100$ lat i gwałtownego wzrostu temperatury w latach 1980-2006 o tempie wzrostu $2,88^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Największe tempo wzrostu średnich temperatur w latach 1779-2006 występowało w miesiącach sezonu grzewczego w: zimie (grudzień, styczeń i luty) o wartości $1,14^{\circ}\text{C}/100$ lat, wiosnie $0,78^{\circ}\text{C}/100$ lat i jesieni $0,45^{\circ}\text{C}/100$ lat. Najmniejsze tempo ocieplenia występowało w lecie o wartości $0,01^{\circ}\text{C}/100$ lat. W ostatnich latach 1980-2006 największe tempo wzrostu średnich temperatur występowało w: lecie $5,75^{\circ}\text{C}/100$ lat, w jesieni $2,47^{\circ}\text{C}/100$ lat, w zimie $1,65^{\circ}\text{C}/100$ lat i najmniejsze w miesiącach wiosennych $1,55^{\circ}\text{C}/100$ lat.

Zmiany klimatyczne, które powodują spadek temperatury powietrza zewnętrznego i zmniejszenie liczby stopniodni grzania w sezonie grzewczym, powodują spadek zużycia paliw na ogrzewanie budynków.

Jeżeli porównuje się zużycie paliw w okresie lat 1993-2007 z ostatnimi trzydziestoma latami 1951-1980 poprzedzającymi okres gwałtownych wzrostów temperatury, to suma spadków względnych procentowych zużycia paliw na ogrzewanie wynosiła -78,3254%. W ciągu 15 lat zaoszczędzono 78,3254% średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1951-1980. W najcieplejszym roku 2000 spadek zużycia paliw na ogrzewanie wynosił -16,22% a w 2007 r. -11,31% średniego rocznego zużycia paliw w wieloleciu 1951-1980. Oszacowany spadek i suma spadków zużycia paliw na ogrzewanie budynków w Warszawie są reprezentatywne dla całej Polski. Liczba stopniodni grzania dla Warszawy jest zbliżona dla średniej ważonej za ludnością liczby stopniodni dla całej Polski.

Literatura

- [1] IMGW- O klimacie. Najstarsze obserwacje meteorologiczne w Polsce. www.imgw.pl/wl/internet/zz/klimat/0302_polska.html
- [2] Grzebień L. i inni (red.): Encyklopedia wiedzy o jezuitach na ziemiach Polski i Litwy, 1564-1995. Wydział Filozoficzny Towarzystwa Jezusowego, Kraków 1996
- [3] Mirosław Rutkowski : Zwariowana pogoda. Wiedza i Życie nr 10/2001
- [4] „Seria warszawska”. pogol.chilan.com/Z-12375-T-SR.htm
- [5] Dopke J.: Zależność zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych od liczby stopniodni grzania. Rynek Energii 2006 nr 5.
- [6] Dopke J.: Zależność zużycia gazu ziemnego w gospodarstwach domowych od liczby stopniodni grzania. Gaz Woda i Technika Sanitarna 2007 nr 3.
- [7] Dopke J.: Obliczanie miesięcznej liczby stopniodni grzania. WWW.cire.pl 24.03.2009 r.
- [8] Dopke J.: Obliczanie miesięcznej liczby stopniodni grzania. WWW.ogrzewnictwo.pl 26.03.2009 r.
- [9] McKay G.A., Allsoppt: The role of climate in effecting energy demand/supply w Bach W., Pankrath J., Williams J.: Interactions of Energy and Climate. pp 53-72. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland.
- [10] Degree-days: theory and application TM41:2006. The Chartered Institution of Building Services Engineers 222 Balham High Road, London SW129BS.

The Impact Of Global Warming On The Fuel Consumption For Heating In Warsaw

Józef Dopke

Key words: global warming, climate warming, instrumental measurement, temperature monitoring, Warsaw series 1779-2006, average air temperature, heating degree days, base temperature, fuel consumption

Summary: This paper describes the history of temperature instrumental measurement in Polish-Lithuanian Commonwealth and “Warsaw series” the air temperature monitoring in years 1779-2006 on King’s Castle by Jesuit Jowin Fryderyk Bończa-Bystrzycki and standardized by prof. Jerzy Michalczewski and prof. Halina Lorenc.

In years 1779-2006 the speed of the average annual air temperature rise in Warsaw was 0,6°C/100 years. The speed of the monthly air temperature rise was different for different months. The speed of the monthly air temperature rise was in: December 1,35°C/100 years, January 1,27°C/100 years, March 1,1°C/100 years, July 1,1°C/100 years, November 0,89°C/100 years, February 0,77°C/100 years, April 0,76°C/100 years. Only in August the monthly air temperature was decreased -0,09°C/100 years. The greatest speed of air temperature rise was in the heating season in : winter (December, January and February) with value 1,14°C/100 years, spring 0,78°C/100 years and fall 0,45°C/100

years. The least speed of air temperature rise was in summer with value $0,01^{\circ}\text{C}/100$ years. In the last years 1980-2006 the greatest speed of air temperature rise was in: summer with value $5,75^{\circ}\text{C}/100$ years, fall with the value $2,47^{\circ}\text{C}/100$ years, winter with the value $1,65^{\circ}\text{C}/100$ years and spring with the value $1,55^{\circ}\text{C}/100$ years.

These climate changes decrease of heating degree days in heating season and decrease fuel consumption for building heating in Poland. Author estimates relative proportional decrease and cumulative relative proportional decrease of fuel consumption for building heating in Warsaw.



Józef Dopke
jozefdopke@wp.pl
04.01.2010 r.