

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 66, 2014: 360–375
(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 66, 2014)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 66, 2014: 360–375
(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 66, 2014)

Rajmund PRZYBYLAK¹, Janusz FILIPIAK², Piotr OLIŃSKI³

¹Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Department of Meteorology and Climatology, Nicolaus Copernicus University in Toruń

²Instytut Geografii, Uniwersytet Gdański
Institute of Geography, University of Gdańsk

³Instytut Historii i Archiwistyki, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Institute of History and Archival Science, Nicolaus Copernicus University in Toruń

Obserwacje meteorologiczne Gottfrieda Reygera w Gdańsku w latach 1722–1769 i ich przydatność do badań zmian klimatu*

Meteorological observations of Gottfried Reyger in Gdańsk from 1722 to 1769 and their applicability to climate change analysis

Słowa kluczowe: temperatura powietrza, opady atmosferyczne, Polska, Gdańsk, klimatologia historyczna

Key words: air temperature, atmospheric precipitation, Poland, Gdańsk, historical climatology

Wprowadzenie

Gottfried Reyger (1704–1788) pochodził z gdańskiej rodziny kupieckiej. Jego zainteresowania naukowe dotyczyły nie tylko obserwacji meteorolo-

gicznych, zajmował się również różnymi dziedzinami naukowymi, w tym zwłaszcza naukami przyrodniczymi, geografiami, a także astronomią. Jest znany przede wszystkim jako autor opracowań na temat flory okolic Gdańska. Był też członkiem powstałego w 1742 roku Naturforschende Gesellschaft in Danzig, pierwszego gdańskiego towarzystwa naukowego zajmującego się naukami przyrodniczymi.

Gottfried Reyger zaczął prowadzić swoje obserwacje meteorologiczne

*Opracowanie powstało w ramach realizacji projektów badawczych „Climate of northern Poland during the last 1000 years: Constraining the future with the past (CLIMPOL)” (Polsko-Szwajcarski Program Badawczy PSPB-086/2010) i „Rekonstrukcja warunków klimatycznych w Gdańsku w okresie pomiarów instrumentalnych, 1739–2010” (projekt NCN 2012/07/B/ST10/04214).

w Gdańsku od grudnia 1721 roku. W latach 1720–1722 uczył się w znamiennym Gimnazjum Akademickim w Gdańsku, następnie według dotychczasowych ustaleń miał w latach 1722–1726 studiować prawo na uniwersytecie w Halle (Aleksandrowicz, 1988, Drygas, 1997). W tym samym czasie jednak prowadził już systematyczne obserwacje pogody w Gdańsku. W dziele *Die Beschaffenheit der Witterung in Danzig* Reyger stwierdził, że poza Gdańskiem przebywał dopiero w latach 1726–1729. Z tego właśnie powodu opisy pogody w tych latach są mniej dokładne, gdyż zostały opracowane na podstawie otrzymywanych z Gdańska listów. Można rozważać, czy w okresie 1722–1726 mógł także korzystać z pomocy współpracownika w Gdańsku w prowadzeniu zapisków dotyczących tamtejszej pogody. Przepuszczenie takie nie znajduje co prawda potwierdzenia w zapiskach Reygera, jednak znana jest jego podróż po Rzeczypospolitej w 1735 roku, która nie spowodowała luk w prowadzonych obserwacjach w Gdańsku. Mało prawdopodobne jest natomiast, aby mógł wykorzystać jakies nieznanie obecnie opisy pogody z lat 1722–1726. W każdym razie rozpoczęte jeszcze w 1721 roku systematyczne obserwacje pogodowe w Gdańsku były prowadzone aż do połowy 1786 roku. Służyły mu przede wszystkim do badań nad wpływem klimatu na rozwój roślin.

Material i metody

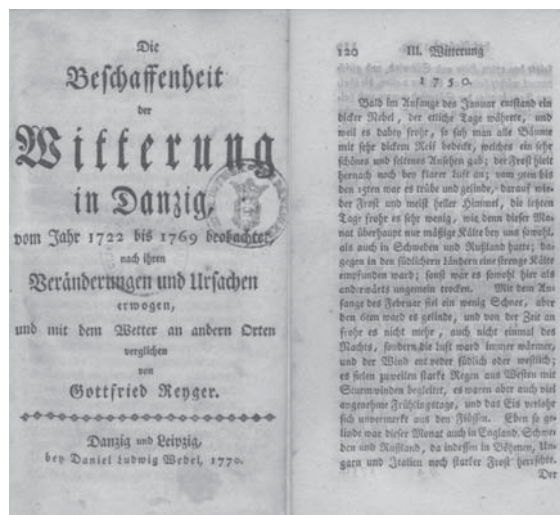
Opisy Gottfrieda Reygera (rys. 1) zawierają zwykle ogólną charakterystykę pogody, w tym uwagi na temat opadów, temperatury powietrza oraz kierunku

i siły wiatru. Reyger opisywał miesiące w sposób sumaryczny, zwracając uwagę na ważne zjawiska meteorologiczne w konkretnych dniach (silne deszcze, zmiany kierunku wiatru czy temperatury powietrza). Przy okazji odnotowywania kierunku wiatru określał jego wpływ na zachmurzenie i zmianę pogody. W jego obserwacjach istniały luki. Okres podróży po Europie w latach 1726–1729 cechuje mniejsza szczegółowość opisów.

W niniejszej pracy zdecydowano się wykorzystać dokładne zapiski Gottfrieda Reygera do rekonstrukcji przebiegu temperatury i opadów atmosferycznych w okresie 1722–1769 za pomocą indeksacji danych termicznych i opadowych miesięcy, sezonów i lat.

W pierwszym etapie rekonstrukcji wykonano 3-stopniową (–1, 0, +1) indeksację warunków termicznych i opadowych poszczególnych miesięcy. Informacje o nadzwyczajnych warunkach pogodowych (chłodnych lub ciepłych oraz suchych lub wilgotnych), przeważających w ciągu danego miesiąca, stanowiły podstawę do jego zaklasyfikowania jako anomalnego termicznie i/lub opadowo (odpowiednio symbole „–1” lub „+1”). Brak takich danych lub wzmianka o stosunkowo normalnych warunkach pogodowych powodowały uznanie miesiąca za normalny (symbol „0”). Indeksacja została wykonana niezależnie przez trzech badaczy (dwóch klimatologów i historyka). Za współczesny okres referencyjny przyjęto wielolecie 1961–1990. Rozbieżności w przedyskutowanej i uzgodnionej, ostatecznej, jednolitej wersji indeksacji dotyczyły nie więcej niż 10% przypadków.

Przykładowy opis miesiąca uznanego za normalny termicznie (0) i anomalnie



RYSUNEK 1. Strona tytułowa pracy Reygera „Charakterystyka pogody obserwowanej w Gdańsku w latach 1722–1769, rozważana według jej zmian i przyczyn, porównana z pogodą innych miejscowości” oraz przykład zapisków o pogodzie w styczniu i lutym 1750 roku [Przekład: *Wkrótce w początku stycznia powstała gęsta mgła, która panowała kilka dni, i ponieważ przy tym mroziło, to widziano wszystkie drzewa z bardzo grubym szronem, który dawał bardzo piękny i rzadki widok; mróz trzymał potem jeszcze przy klarownym powietrzu; od 9. do 15. było pochmurno i łagodnie, potem znowu mróz i przeważnie jasne niebo, ostatnie dni mroziło bardzo mało, ten miesiąc bowiem miał w ogóle tylko umiarkowane zimno zarówno u nas, jak i w Szwecji i w Rosji; natomiast w krajach południowych było odczuwalne silne zimno; poza tym zarówno tutaj, jak i gdzie indziej niezwykle sucho. Z początkiem lutego spadło trochę śniegu, ale 6. zrobiło się łagodnie, i od tego czasu nie mroziło, również ani razu w nocy, lecz powietrze robiło się coraz cieplejsze, i wiatr ani południowy, ani zachodni; padały czasami silne deszcze z zachodu, którym towarzyszyły wiatry sztormowe, ale było również dużo przyjemnych dni wiosennych i lód zniknął niezauważenie z rzek. Tak samo łagodny był ten miesiąc również w Anglii, Szwecji i Rosji, a natomiast w Czechach, na Węgrzech i we Włoszech panował jeszcze silniejszy mróz.]*

FIGURE 1. The title page of Reyger’s paper “Die Beschaffenheit der Witterung in Danzig vom Jahre 1722–1769 beobachtet, nach ihren Veränderungen und Ursachen erwogen, und mit dem Wetter anderer Orten verglichen” and exemplary descriptions of weather in January and February 1750

suchy (–1) brzmiał: „...Pierwsze cztery dni w sierpniu [1731] był wiatr północny, zimne i chmurne powietrze, cztery następne natomiast upał i deszcz. Od 9. do 16. było jasno i gorąco przy wietrze południowo-wschodnim, po czym burza ten upał znowu stłumiła i nastąpiło kilka umiarkowanych dni. Ale od 23. do końca przy wiatrach północnych i wschodnich było wprawdzie znowu ciepłej, jednak

[i tak] dosyć chłodno i w ogóle cały miesiąc bardzo suchy”.

W drugim etapie dokonano oceny warunków pogodowych sezonów (w skali 7-stopniowej) i lat (w skali 25-stopniowej) według propozycji Pfistera i innych (1994). Za zimę przyjęto miesiące od grudnia do lutego, kolejne sezony zdefiniowano analogicznie. Sposób określania ich cech termicznych i opadowych przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1. Sposób indeksowania warunków termicznych i opadowych sezonów i lat w Gdańsku w latach 1722–1769

TABLE 1. The indexation key of thermal and pluvial conditions of seasons and years in Gdańsk in the period 1722–1769

Wartość indeksu sezonowego Seasonal index value	Klasa/Class		Wartość indeksu rocznego Annual index value
	termiczna/thermal	opadowa/pluvial	
+3	skrajnie ciepły extremely warm	skrajnie wilgotny extremely humid	(+10)–(+12)
+2	bardzo ciepły very warm	bardzo wilgotny very humid	(+7)–(+9)
+1	ciepły warm	wilgotny humid	(+4)–(+6)
0	normalny normal	normalny normal	(–3)–(+3)
–1	chłodny cold	suchy dry	(–4)–(–6)
–2	bardzo chłodny very cold	bardzo suchy very dry	(–7)–(–9)
–3	skrajnie chłodny extremely cold	skrajnie suchy extremely dry	(–10)–(–12)

Zrekonstruowane na podstawie obserwacji pogodowych Reygera indeksowane serie warunków termicznych i opadowych dla poszczególnych lat i sezonów porównano z wartościami rocznych i sezonowych średnich wartości temperatury powietrza oraz sum opadów atmosferycznych uzyskanych z zapisu obserwacji instrumentalnych prowadzonych od 1739 roku przez Michała Christiana Hanova. Hanov (1695–1773) był jednym z najwybitniejszych naukowców XVIII-wiecznego Gdańska. Profesor matematyki we wspomnianym wcześniej Gimnazjum Akademickim, władający biegle ośmioma językami, publikował rozprawy z dziedziny fizyki, astronomii, meteorologii i matematyki, a nawet demografii, współredagował także pierwsze w Polsce naukowe periodyki (Filipiak, 2007). Przedstawiony w manuskryptach Hanova materiał obej-

muje wyniki skrupulatnie wykonywanych w okresie 1739–1772 (nawet cztery razy na dobę) pomiarów temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego, sumy opadów, wilgotności powietrza i kierunku wiatru. Dane te, po zakończeniu żmudnego etapu digitalizacji i weryfikacji, są obecnie homogenizowane i na ich podstawie rekonstruowany jest klimat Gdańska w okresie pomiarów instrumentalnych 1739–2010 (Filipiak, inf. ustna).

Do analizy warunków klimatycznych w Gdańsku w badanym okresie wykorzystano standardowe metody opracowań stosowane w klimatologii. Zbadano rozkład populacji i jego asymetrię. Dokonano analizy rozrzutu wartości serii indeksowanych i obserwacyjnych, określono również stopień współzależności między nimi, wykorzystując współczynnik korelacji rangowej Spearmana, adekwatny

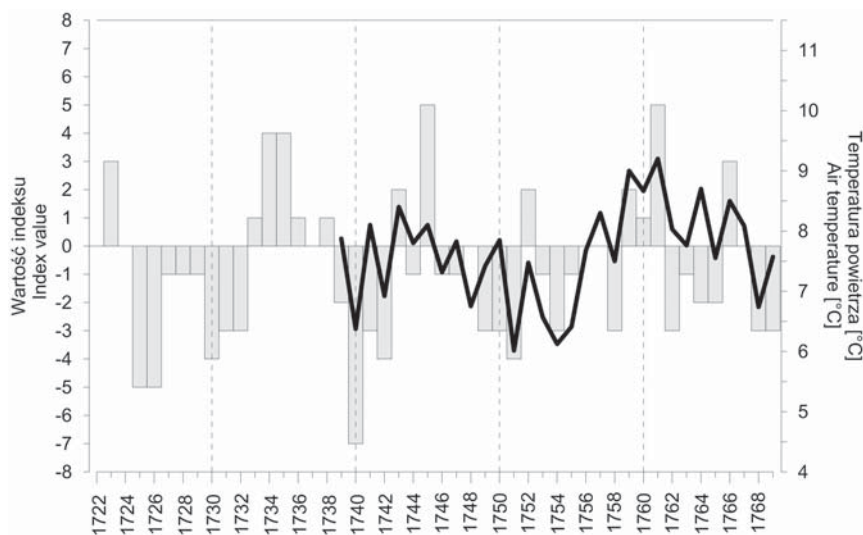
do populacji o rozkładzie cech innym niż normalny, którego istotność statystyczną zweryfikowano testem t-Studenta na poziomie $1 - \alpha = 0,95$. Przeanalizowano również długookresowe zmiany i fluktuacje warunków termicznych i opadowych w Gdańsku za pomocą analizy przebiegu kumulowanych wartości indeksów.

Wyniki i dyskusja

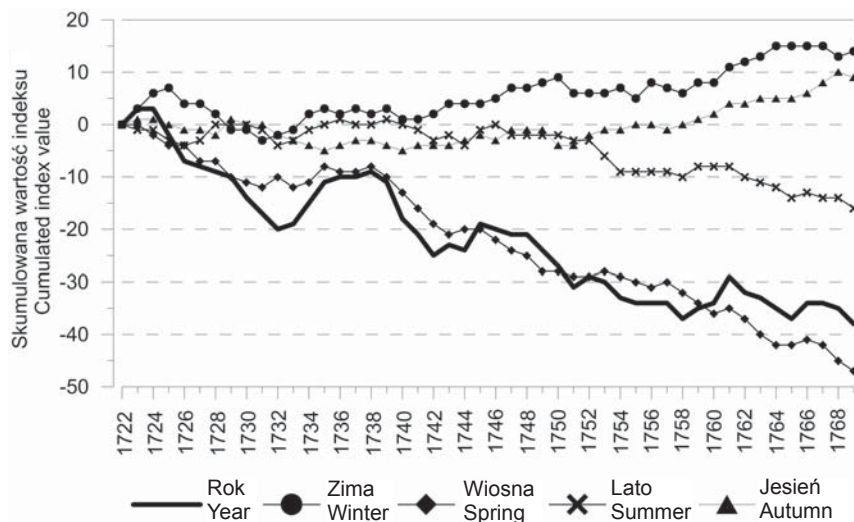
Temperatura powietrza

W badanym okresie 1722–1769 obejmującym 49 pełnych lat, aż 28 z nich było chłodniejszych od współczesnej wartości średniej temperatury rocznej w Gdańsku, która tutaj jest reprezentowana w przybliżeniu przez indeks „0”, 13 było cieplejszych (rys. 2).

W przebiegu krzywej kumulowanej wartości indeksu termicznego lat (rys. 3) dają się wyróżnić 4 dłuższe okresy chłodu: 1725–1732, 1739–1742, 1749–1751 oraz 1762–1765. Według przyjętej klasyfikacji, 5 lat należy zaliczyć do chłodnych (1725, 1726, 1730, 1742 i 1751), a jeden rok do bardzo chłodnych (1740, o wartości indeksu równej „-7”). Nie stwierdzono w analizowanym okresie ani jednego bardzo ciepłego roku, wystąpiły natomiast 4 ciepłe lata (1734, 1735, 1745 i 1761). W rezultacie w okresie 1722–1769 dominowały lata z normalnymi warunkami termicznymi (38 przypadków), jakie są charakterystyczne dla Gdańska we współczesnym okresie. Suma indeksów w analizowanym okresie jest jednak ujemna i wynosi -38, co wskazuje generalnie na występo-



RYSUNEK 2. Klasyfikacja termiczna lat w Gdańsku w latach 1722–1769 w świetle rezultatów indeksacji (słupki) oraz instrumentalna seria temperatury powietrza w okresie 1739–1769 (linia ciągła). Wartość indeksu „0” odpowiada średniej rocznej temperaturze powietrza w Gdańsku w latach 1961–1990
 FIGURE 2. Thermal indices of years in Gdańsk from 1722 to 1769 (bars) vs. instrumental air temperature series in the period 1739–1769 (solid line). Value of index “0” is corresponding with mean annual air temperature in Gdańsk in the period 1961–1990



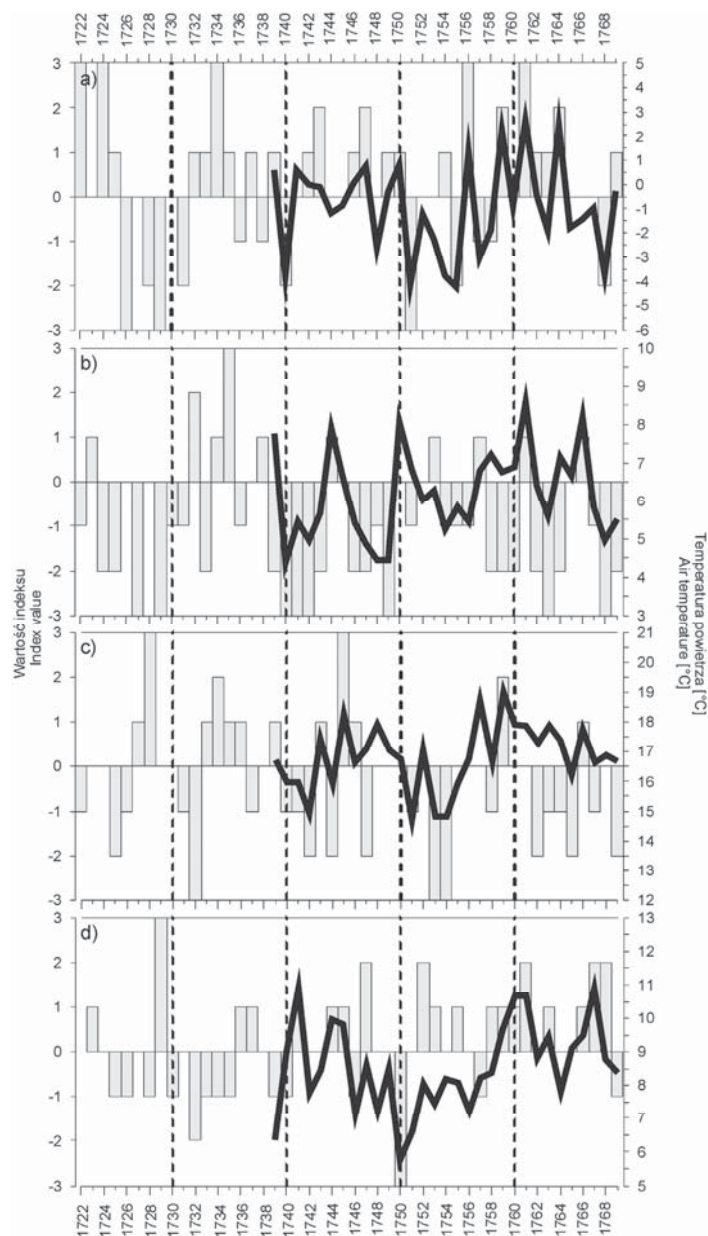
RYSUNEK 3. Kumulowane wartości indeksów termicznych w Gdańsku w latach 1722–1769
 FIGURE 3. Cumulative values of thermal indices in Gdańsk from 1722 to 1769

wanie w XVIII wieku bardziej surowych warunków termicznych niż obecnie.

Mimo że w badanym okresie ani jeden rok nie był skrajnie chłodny, ani też skrajnie ciepły, to jednak sytuacja taka już nie występuje w przypadku poszczególnych sezonów analizowanego okresu. Biorąc pod uwagę wszystkie sezony, skrajnie chłodnych było aż 15, w tym najwięcej było ich wiosną (8 przypadków). Z kolei skrajnie ciepłych sezonów było o 5 przypadków mniej niż skrajnie chłodnych, a ich maksimum odnotowano w zimie – 5 przypadków (rys. 4a). Analizując częstość występowania pozostałych kategorii termicznych w sezonach, należy podkreślić, iż temperatura powietrza wówczas w Gdańsku była niższa w porównaniu z warunkami współczesnymi w miesiącach półrocza ciepłego, a szczególnie wiosną, kiedy odnotowano 13 jej bardzo chłodnych i aż 8 wspomnianych skrajnie chłodnych przypadków (rys. 4b). Szczególnie chłodne były sezony wiosenne dekady lat 40. XVIII

wieku. Z kształtu krzywej kumulowanej wartości indeksu termicznego wiosny (rys. 3) wynika, że poza okresem 1729–1738 sezon ten był niemal stale chłodniejszy niż współcześnie. W przypadku lata ochłodzenie zaznaczyło się po 1752 roku (rys. 3 i 4c). Skumulowana wartość indeksu termicznego wiosny wyniosła aż –47, zaś lata –16. Z kolei cieplejsze niż obecnie były sezony jesienne, a w szczególności zimowe (9 skrajnie ciepłych i bardzo ciepłych zim przy tylko 7 jej bardzo chłodnych i skrajnie chłodnych przypadkach, za to aż 14 ciepłych zim wobec jedynie 4 chłodnych). W przypadku zimy, po okresach względnego chłodu 1725–1732 i późniejszej stabilizacji, nastąpił stopniowy wzrost temperatury w latach 40. i na przełomie lat 50. i 60. Jesienią, po względnie chłodnym początku lat 30., nastąpił okres względnego ciepła po 1751 roku (rys. 3 i 4a, d).

Wyniki te są inne niż uzyskiwane dla obszaru Polski, gdzie stwierdzono istnienie wyraźnie chłodniejszych zim w okre-



RYSUNEK 4. Klasyfikacja termiczna sezonów (a – zima; b – wiosna; c – lato; d – jesień) w Gdańsku w latach 1722–1769 w świetle rezultatów indeksacji (słupki) oraz instrumentalna seria temperatury powietrza w okresie 1739–1769 (linia ciągła). Wartość indeksu „0” odpowiada średniej sezonowej temperaturze powietrza w Gdańsku w latach 1961–1990

FIGURE 4. Thermal indices of seasons (a – winter; b – spring; c – summer; d – autumn) in Gdańsk from 1722 to 1769 (bars) vs. instrumental air temperature series in the period 1739–1769 (solid line). Value of index “0” is corresponding with mean seasonal air temperature in Gdańsk in the period 1961–1990

sie 1721–1750 (Przybylak i inni, 2005) oraz w pozostałych latach badanego okresu (Przybylak, 2011). Jednak dane z Gdańska są z kolei zbliżone do warunków panujących w zachodniej części Bałtyku, gdzie jak wynika ze sporządzonych indeksów lodu morskiego, w tym okresie warunki lodowe były przez cały okres XVI–XVIII wieku najłagodniejsze (Kosłowski i Glaser, 1999). Oznacza to, iż zimy też musiały być ciepłe. Bardziej zgodne są rekonstrukcje warunków termicznych w sezonie letnim w Gdańsku (rys. 4c) i nizinnej Polsce (Przybylak i inni, 2005) czy też Tatrach (Niedźwiedz, 2004), chociaż w tym ostatnim obszarze temperatura była lekko powyżej normy współczesnej. Warto dodać, iż chłodniejsze niż obecnie sezony letnie w badanym przez Przybylaka i innych (2005) okresie 1501–1840 wystąpiły tylko w latach 1731–1750, a według

zaktualizowanej i bardziej kompletnej rekonstrukcji także w dekadzie 1761–1770 (Przybylak, 2011). Wybrane źródła (Wallen, 1953, Barring i Moberg, 2002) analizujące dane instrumentalne z południowej Szwecji (Uppsala, Sztokholm) podają, że południowa część basenu Morza Bałtyckiego w lecie była w XVIII wieku, włącznie z pierwszą połową XIX wieku, obszarem relatywnie ciepłym w stosunku do XX wieku. Nie potwierdzają tego jednak źródła pośrednie (proxy) z drugiej połowy XVIII wieku, czyli kalendarze zasiewów rolników skandynawskich (Nordli, 2001). Na występowanie chłodniejszych lat w całym XVIII wieku w Fennoskandii wskazują też rezultaty analiz dendrochronologicznych (Gouirand i inni, 2008).

Analiza warunków termicznych w poszczególnych miesiącach (tab. 2) pozwala stwierdzić, iż wyraźnie chłodniej-

TABELA 2. Liczba miesięcy anomalnie ciepłych / wilgotnych (+1), normalnych (0) i anomalnie chłodnych / suchych (–1) wraz z wartością skumulowaną indeksów termicznych (ΣT) i opadowych (ΣP) w Gdańsku w latach 1722–1769

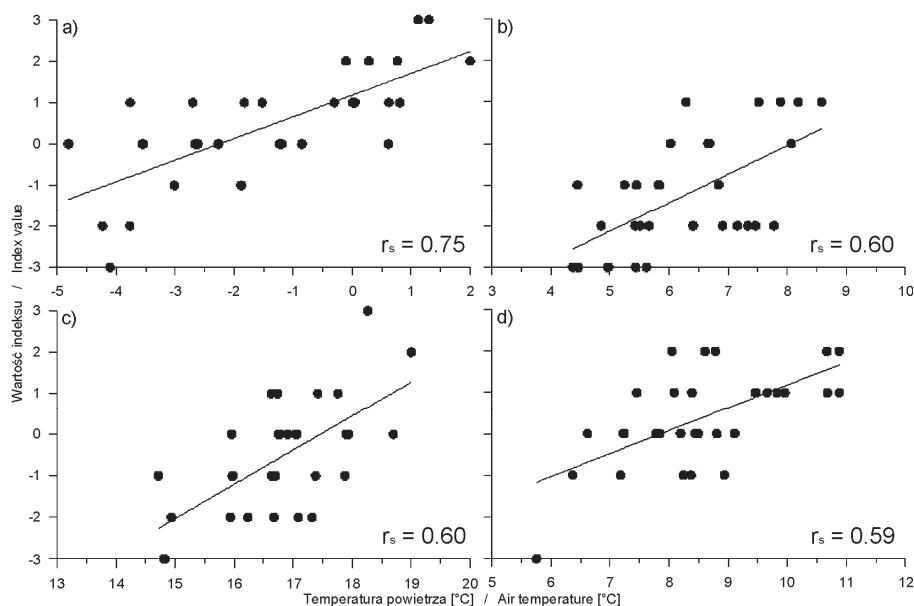
TABLE 2. The number of anomaly warm / humid, normal and anomaly cold / dry months and cumulated value of thermal (ΣT) and pluvial (ΣP) indices in Gdańsk in the period 1721–1769

Miesiąc/Month	Indeks termiczny/Thermal index				Indeks opadowy/Pluvial index			
	–1	0	+1	ΣT	–1	0	+1	ΣP
Styczeń/January	12	23	13	1	16	25	7	–9
Luty/February	10	18	20	10	9	21	18	9
Marzec/March	21	20	7	–14	11	17	20	9
Kwiecień/April	23	19	6	–17	16	19	13	–3
Maj/May	22	20	6	–16	20	20	8	–12
Czerwiec/June	16	24	8	–8	19	18	11	–8
Lipiec/July	11	27	10	–1	12	15	21	9
Sierpień/August	14	27	7	–7	12	18	18	6
Wrzesień/September	8	24	16	8	13	20	15	2
Październik/October	10	26	12	2	11	22	15	4
Listopad/November	15	19	14	–1	5	25	18	13
Grudzień/December	8	27	14	5	7	25	17	10

sze niż obecnie były wszystkie miesiące wiosenne, w tym szczególnie kwiecień. Warunki chłodniejsze niż obecnie występowały wtedy co najmniej trzykrotnie częściej niż warunki cieplejsze. Ich częstość była nawet większa niż występowania wiosen normalnych termicznie. Wyraźnie chłodniejsze były też czerwiec i sierpień (tab. 2). Z kolei cieplejsze niż obecne warunki termiczne w Gdańsku odnotowano w badanym okresie jedynie w dwóch miesiącach, w lutym i we wrześniu. W tych miesiącach warunki termiczne powyżej współczesnej normy odnotowano dokładnie dwukrotnie częściej niż analogicznych przypadków chłodnych (tab. 2).

Wszystkie populacje charakteryzują się rozkładem zbliżonym do normalne-

go, o zróżnicowanej asymetrii (rys. 5). Serie roczne oraz sezonów wiosennego i letniego cechuje prawostronna asymetria rozkładu, serie zimową i jesienną natomiast lewostronna. Porównanie warunków termicznych zrekonstruowanych na podstawie obserwacji pogodowych Reygera z obecnie homogenizowanymi seriami obserwacyjnymi Hanova (Filipiak, inf. ustna) wskazuje, że najlepsze, statystycznie istotne, dopasowanie indeksów sezonowych i rocznych temperatury w stosunku do serii obserwacyjnych elementu cechuje zimę (współczynnik korelacji równy 0,75), a następnie lato i wiosnę (0,60) – rysunek 5. W przypadku serii jesiennej korelacja jest niewiele słabsza, równa 0,59, a serii rocznej 0,57. Seria indeksów zimowych prawidłowo odzwierciedla przebieg



RYSUNEK 5. Relacja między wartościami średniej sezonowej temperatury powietrza a wartością indeksu termicznego w Gdańsku w latach 1739–1769 wraz z wartością współczynnika korelacji rangowej Spearmana. Oznaczenia sezonów jak na rysunku 4

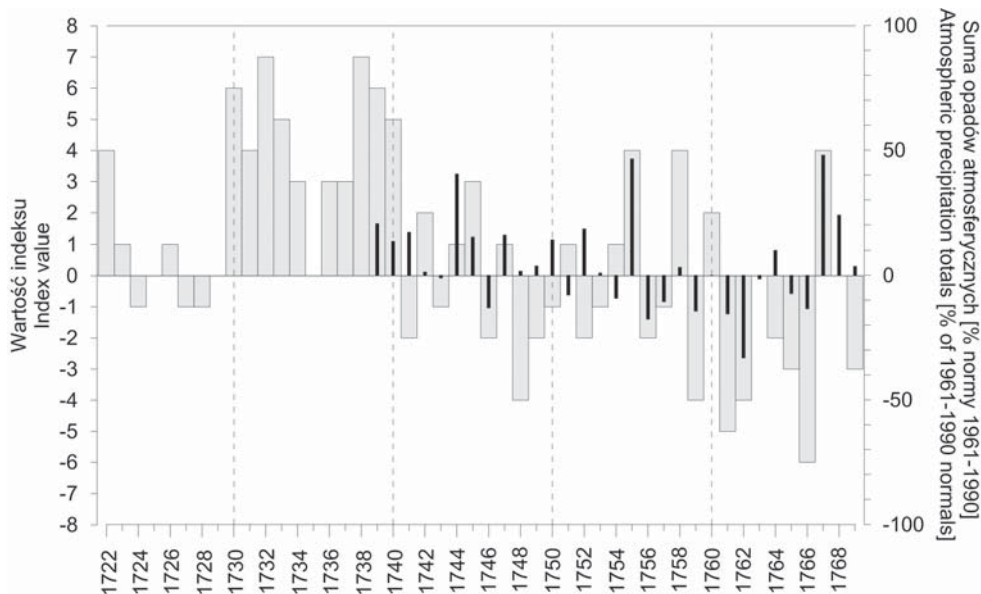
FIGURE 5. The relationship between mean seasonal air temperature and value of thermal index in Gdańsk from 1739 to 1769 with Spearman rank correlation coefficient value. The seasons are defined as in Figure 4

zwłaszcza sezonów o ekstremalnie dużych (1756, 1759 i 1761) bądź małych (1740, 1751 i 1755) wartościach temperatury. Wiosną lepsze dopasowanie indeksów do serii obserwacyjnej charakteryzuje lata 40. XVIII wieku oraz pierwszą połowę następczej dekady. Jesienią charakterystyczne jest dobre odwzorowanie wyjątkowo chłodnego sezonu 1750 roku oraz ciepłej dekady lat 60., indeksy niedoszacowują silnie skontrastowane termicznie sezony przełomu lat 30. i 40.

Opady atmosferyczne

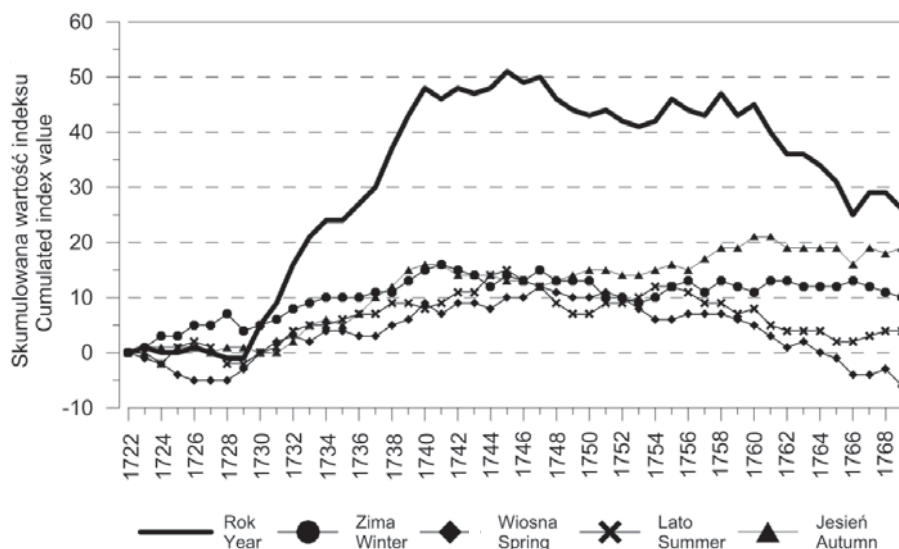
Analizując stosunki opadowe w skali roku (rys. 6 i 7), należy wyróżnić w charakteryzowanym wieloleciu kilka podokresów. W początkowych latach

półwiecza nie odnotowywano wystąpienia wyraźnych anomalii opadowych. Kolejny podokres, 1730–1740, cechował się wyraźną przewagą lat z opadami wyraźnie większymi niż obecnie. Wystąpiły wówczas 2 lata bardzo wilgotne (1732 i 1738) oraz 5 lat wilgotnych (1730, 1731, 1733, 1739 i 1740). Następne dwudziestolecie charakteryzowało się względną stabilizacją warunków opadowych, zbliżonych do okresu współczesnego. Ostatni podokres, obejmujący dekadę lat 60., był wyraźnie suchszy w stosunku do warunków współczesnych. Nie zanotowano co prawda żadnego roku bardzo suchego ani skrajnie suchego, wystąpiło natomiast 5 lat suchych (1748, 1759, 1761, 1762 i 1766) i tylko 3 wilgotne (1755, 1758 i 1767). Wyraźna jest



RYSUNEK 6. Klasyfikacja opadowa lat w Gdańsku w latach 1722–1769 w świetle rezultatów indeksacji (szerokie słupki) oraz instrumentalna seria anomalii opadów atmosferycznych w okresie 1739–1769 (wąskie słupki). Wartość indeksu „0” odpowiada średniej rocznej sumie opadów atmosferycznych w Gdańsku w latach 1961–1990

FIGURE 6. Pluvial indices of years in Gdańsk from 1722 to 1769 (wide bars) vs. instrumental precipitation anomalies series in the period 1739–1769 (narrow bars). Value of index “0” is corresponding with mean annual precipitation total in Gdańsk in the period 1961–1990

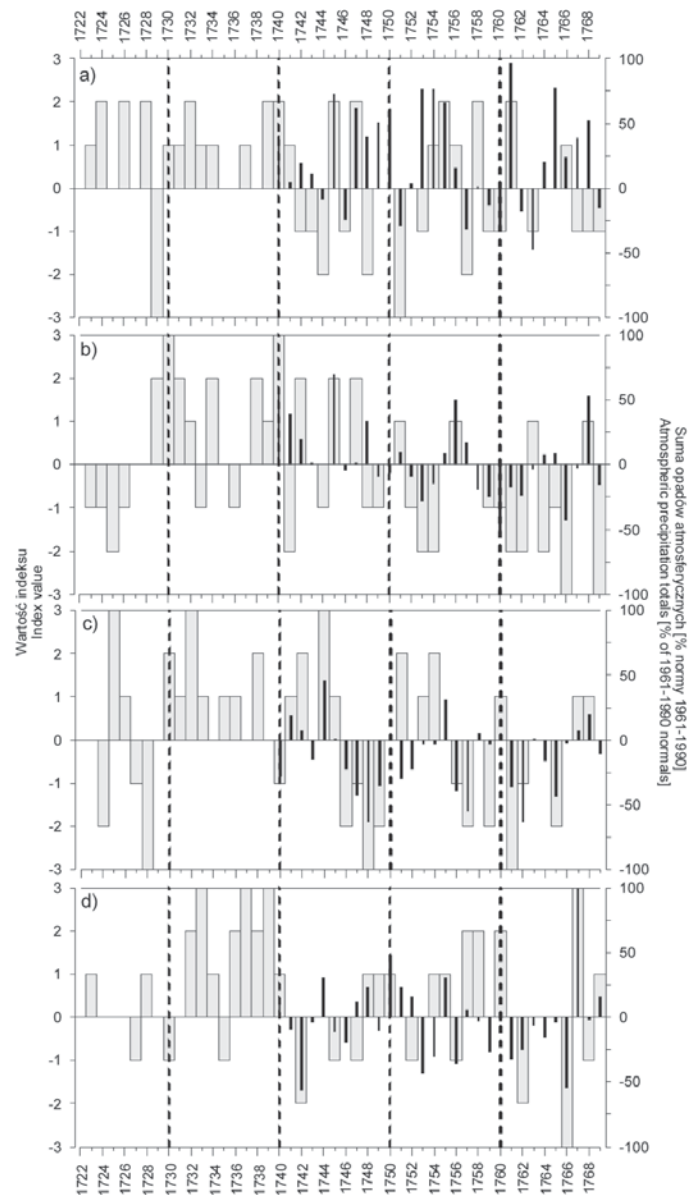


RYSUNEK 7. Kumulowane wartości indeksów opadowych w Gdańsku w latach 1722–1769
 FIGURE 7. Cumulative values of pluviometric indices in Gdańsk, 1722–1769

też przewaga częstości występowania lat uznawanych w świetle klasyfikacji za normalne, mieszczących się w dolnym zakresie (indeksy -2 i -3) w porównaniu z liczbą lat w górnym zakresie (indeksy $+2$ i $+3$) – rysunek 6. Skumulowana wartość indeksu opadowego wyniosła $+30$, co świadczy o względnie dużej zasobności opisywanego okresu XVIII wieku w opady. W badanym wieloleciu występuje jednak zauważalna spadkowa tendencja sum opadów rocznych.

Zimy były wilgotniejsze niż obecnie, chociaż nie wystąpiła ani jedna zima skrajnie wilgotna. Szczególnie dużo opadów było w okresie 1722–1741 z wykluczeniem 1729 roku, kiedy zima była skrajnie sucha (rys. 8a). Wzrost sum opadowych jest zauważalny w przebiegu krzywej kumulowanej indeksu (rys. 7). Skrajnie suchą zimą odnotowano także w 1751 roku. Wiosny w historycznym okresie były z kolei nieco suchsze niż obecnie. Odnotowano aż 12 suchych

wiosen, podczas gdy wilgotnych było tylko 6. Częstości pozostałych kategorii wilgotnościowych są identyczne. Suche były wiosny dekady lat 20., po czym do końca lat 40. następował wzrost sezonowych sum opadu. Ostatnie dwudziestolecie było ponownie suche, ze szczególnym nasileniem w ostatniej dekadzie (rys. 7 i 8b). Lato i jesień były, podobnie jak zima, wilgotniejsze niż obecnie. Bardzo wilgotne sezony letnie występowały zwłaszcza w okresie 1730–1745 (rys. 7 i 8c). W pierwszej połowie opisywanego półwiecza wystąpiły aż 4 skrajnie wilgotne sezony letnie (1722, 1725, 1732 i 1744). Co kilkanaście lat występowało także lato skrajnie suche (1728, 1748 i 1761). Druga połowa lat 40. była dość sucha, a kolejnych kilka sezonów było ponownie wilgotne. Od połowy lat 50. przez kolejną dekadę występowały lata bardziej suche niż współcześnie. W przypadku jesieni bardzo wilgotne były sezony lat 1732–1740 (rys. 7 i 8d).



RYSUNEK 8. Klasyfikacja opadowa sezonów w Gdańsku w latach 1722–1769 w świetle rezultatów indeksacji (szerokie słupki) oraz instrumentalna seria anomalii opadów atmosferycznych w okresie 1739–1769 (wąskie słupki). Oznaczenia sezonów jak w rysunku 4. Wartość indeksu „0” odpowiada średniej sezonowej sumie opadów atmosferycznych w Gdańsku w latach 1961–1990

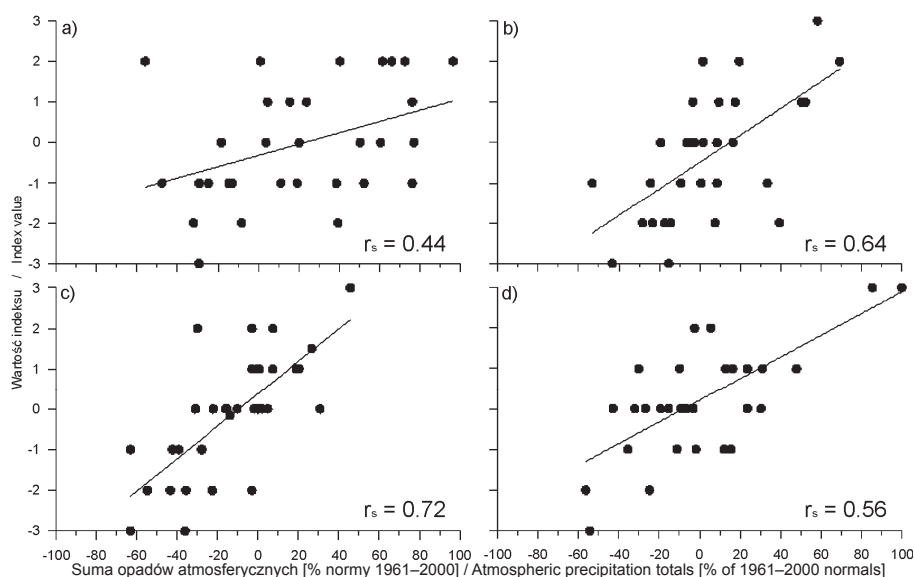
FIGURE 8. Pluvial indices of seasons in Gdańsk from 1722 to 1769 (wide bars) vs. instrumental precipitation anomalies series in the period 1739–1769 (narrow bars). The seasons are defined as in Figure 4. Value of index “0” is corresponding with mean seasonal precipitation total in Gdańsk in the period 1961–1990

Po kilkunastoletnim okresie względnej stabilizacji sum opadowych druga połowa lat 50. była ponownie bardziej wilgotna niż obecnie. Sezony jesienne lat 1766 i 1767 były bardzo silnie kontrastowe pod względem opadowym (po skrajnie suchej jesieni nastąpił sezon skrajnie wilgotny).

W całym badanym okresie częściej niż zwykle obserwowano sezony letnie i jesienne anomalne pod względem opadowym, tak wilgotne, jak i suche. W efekcie dużo mniej było sezonów z opadami normalnymi. Stąd jedynie wiosnę cechuje ujemna wartość skumulowanych indeksów opadowych (-6), największa wartość indeksu charakteryzuje jesień (+19).

Anomalnie małe opady w stosunku do warunków współczesnych występowały w styczniu, maju i czerwcu, anomalnie wilgotnymi miesiącami były luty, marzec, lipiec, listopad i grudzień (tab. 2). Liczba lat normalnych pod względem opadowym była większa od sumy lat anomalnych (suchych i wilgotnych) tylko w listopadzie, grudniu i styczniu.

Nieliczne są źródła, na podstawie których można dokonać oceny warunków opadowych w Gdańsku we wskazanym okresie na tle zmienności w regionie. Liczba serii opadowych z obszaru Europy rozpoczynających się w pierwszej połowie XVIII wieku jest bardzo mała (Jones, 2001), w obrębie basenu Morza



RYSUNEK 9. Relacja między sezonowymi sumami opadów atmosferycznych wyrażonymi w % normy 1961–1990 a wartością indeksu pluwiologicznego w Gdańsku w latach 1739–1769 wraz z wartością współczynnika korelacji rangowej Spearmana. Oznaczenia sezonów jak na rysunku 4

FIGURE 9. The relationship between seasonal atmospheric precipitation totals defined as % of normal values from the reference period 1961–1990 and value of pluviometric index in Gdańsk from the period 1739–1769 with Spearman rank correlation coefficient value. The seasons are defined as in Figure 4

Bałtyckiego pomiaru opadów atmosferycznych prowadzono od końca lat 40. wspomnianego stulecia jedynie w Lund. Przebieg sum opadów w Lund w dekadach lat 50. i 60. wskazuje, że dominowały lata stosunkowo suche, o wyraźnie mniejszych niż obecnie sumach rocznych opadów (Jones, 2001). Jest to zgodne z wynikami analiz w niniejszej pracy, z zastrzeżeniem, że w przypadku Gdańska we wskazanym dwudziestolecu bardziej sucha w odniesieniu do okresu współczesnego była dekada lat 60. W Lund nieco głębsze minima opadowe cechowały wcześniejsze dziesięciolecie.

Indeksowane serie roczna i wiosenna charakteryzują się prawostronną asymetrią rozkładu, w przypadku lata i jesieni występuje niewielka asymetria dodatnia, a zimy – ujemna (rys. 9). Zrekonstruowane stosunki opadowe w Gdańsku w latach 1722–1769 dobrze nawiązują do sum rocznych i sezonowych opadów zmierzonych przez Hanova. Współczynnik korelacji w przypadku roku i jesieni wyniósł 0,56, dla ciepłych pór roku jest nawet większy, sięgając wartości 0,72 dla lata i 0,64 dla wiosny. Wyjątek stanowi zima (0,44), trudna do odtworzenia metodyką Hanova mierzenia opadów stałych daje niepewność określenia rzeczywistych sumy opadów zimowych (Filipiak, 2007). Zbadane związki są statystycznie istotne.

Wnioski i uwagi końcowe

Podsumowując wyniki analiz przeprowadzonych w pracy, można stwierdzić, że:

1. Do okresów względnie chłodnych w porównaniu z warunkami współczesnymi należały lata 1725–1732

i 1739–1742. Ciepłe były środek dekady lat 30. XVIII wieku oraz przełom lat 50. i 60. tego stulecia.

2. W okresie 1722–1769 chłodniejsze niż obecnie były wiosny i w nieco niższym stopniu lata, natomiast jesienie i zimy były cieplejsze. Szczególnie chłodne były wszystkie miesiące wiosenne i czerwiec oraz sierpień, natomiast anomalnie ciepły był luty i wrzesień.
3. Więcej opadów niż obecnie było w latach 1730–1742, natomiast bardziej sucho było na przełomie lat 40. i 50. oraz w dekadzie lat 60.
4. Częściej niż zwykle obserwowano sezony zarówno wilgotne, jak i suche, w efekcie sezonów z opadami normalnymi było dużo mniej. Mniejsze niż obecnie opady bardzo często występowały w styczniu, maju i czerwcu, a większe z kolei w lutym, marcu, lipcu, listopadzie i grudniu.

Z analizy przebiegu warunków termicznych w cyklu rocznym w Gdańsku wynika, iż amplituda roczna w latach 1722–1769 najprawdopodobniej była mniejsza niż obecnie, a tym samym niższy był także stopień kontynentalizmu klimatu. Dotychczasowe rekonstrukcje klimatu w odniesieniu do obszaru Polski wykazały istnienie w okresie historycznym przeważnie wyższego stopnia kontynentalizmu klimatu niż obecnie (Sadowski, 1991, Przybylak i inni, 2005), jednak w okresie tutaj badanym kontynentalizm klimatu Gdańska wykazuje tendencje do zmniejszania się. Uwagę zwraca wyjątkowo chłodna wiosna.

O spadku kontynentalizmu klimatu w Gdańsku w badanym wielolecu może też świadczyć rezultat analizy stosunków opadowych. Duża liczba anomal-

nie suchych wiosen, którym towarzyszą wilgotne sezony jesienne, wskazuje na umocnienie cech oceanicznych klimatu Gdańska w analizowanym okresie.

Przeprowadzone w odniesieniu do istniejących w części badanego okresu obserwacji instrumentalnych (1739–1769) analizy dowiodły, że przedstawiona w niniejszym opracowaniu rekonstrukcja warunków termiczno-wilgotnościowych w Gdańsku jest zgodna z rzeczywistością. Pozwoli to w przyszłości na wydłużenie serii pomiarowych temperatury i opadów do 1722 roku. Po ukończeniu tych prac ww. serie instrumentalne dla Gdańska będą najstarszymi i najdłuższymi ciągami regularnych i nieprzerwanych pomiarów meteorologicznych z obszaru Polski. Obserwacje meteorologiczne G. Reygera mogą w ten sposób okazać się cennym i przydatnym materiałem do badania klimatu i jego zmian w Polsce i Europie.

Literatura

- Aleksandrowicz, W. (1988). Reyger Gotfryd. *Polski Słownik Biograficzny*, 31, 213-215.
- Bärring, L. i Moberg, A. (2002). Daily air temperature and pressure series for Uppsala (1722–1998). *Climatic Change*, 53, 213-252.
- Drygas, A. (1997). Reyger Gotfryd. *Słownik biograficzny Pomorza Nadwiślańskiego*, 4, 57-58.
- Filipiak, J. (2007). Obserwacje i pomiary opadów atmosferycznych w Gdańsku w XVIII wieku. W K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*. Kraków: UJ, 365-373.
- Gouirand, I., Linderholm, H.W., Moberg, A. i Wohlfarth, B. (2008). On the spatiotemporal characteristics of Fennoscandian tree-ring based on summer temperature reconstructions. *Theoretical and Applied Climatology*, 91, 1-25.
- Jones, P.D. (2001). Early European Instrumental Records. W P.D. Jones, A.E.J. Ogilvie, T.D. Davies, K.R. Briffa (red.), *History and Climate. Memories of the Future?* Nowy York: Kluwer Academic, 55-77.
- Kosłowski, G. i Glaser, R. (1999). Variations in reconstructed ice winter severity in the Western Baltic from 1501 to 1995, and their implications for the North Atlantic Oscillation. *Climatic Change*, 41, 175-191.
- Niedźwiedz, T. (2004). Rekonstrukcja warunków termicznych lata w Tatrach od 1550 roku. W A. Kotarba (red.), *Rola Malej Epoki Lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr*. *Prace Geograficzne*, 197, 57-88.
- Nordli, P.Ø. (2001). *Spring and summer temperatures in south eastern Norway (1749–2000)*. DNMI report No. 01/01 Klima. Oslo: Norwegian Meteorological Institute.
- Pfister, C., Kington, J., Kleinlogel, G., Schüle, H. i Siffert, E. (1994). High resolution spatio-temporal reconstructions of past climate from direct meteorological observations and proxy-data. W B. Frenzel (red.), *Climatic Trends and Anomalies in Europe 1675–1715*. Stuttgart: G. Fischer, 329-375.
- Przybylak, R. (2011). Changes in Poland's climate over the last millennium. *Czasopismo Geograficzne*, 82, 23-48.
- Przybylak, R., Majorowicz, J., Wójcik, G., Zielski, A., Chorążyczewski, W., Marciniak, K. Nowosad, W., Oliński, P. i Syta, K. (2005). Temperature changes in Poland from the 16th to the 20th centuries. *International Journal of Climatology*, 25, 773-791.
- Sadowski, M. (1991). Variability of extreme climatic events in central Europe since the 13th century. *Zeitschrift für Meteorologie*, 41, 350-356.
- Wallen, C.C. (1953). The variability of summer temperature in Sweden and its connection with changes in the general circulation. *Tellus*, 2, 157-178.

Streszczenie

Obserwacje meteorologiczne Gottfrieda Reygera w Gdańsku w latach 1722–1769 i ich przydatność do badań zmian klimatu. Celem pracy jest rekonstrukcja przebiegu temperatury i opadów atmosferycznych w okresie 1722–1769 za pomocą indeksacji danych termicznych i opadowych miesięcy, sezonów i lat na podstawie opisów pogody gdańskiego badacza G. Reygera. W badanym okresie chłodniejsze niż obecnie były wiosny i lata, natomiast jesienie i zimy były cieplejsze. Szczególnie chłodne były miesiące wiosenne i czerwiec, anomalnie ciepłe były luty i wrzesień. Częściej niż zwykle obserwowano sezony zarówno wilgotne, jak i suche. Małe opady często występowały w maju i czerwcu, a duże w marcu i lipcu. Niezaobserwowano istotnych trendów indeksowanych serii temperatury. W roku, wiosną, zimą i latem wystąpił trend spadkowy opadów.

Summary

Meteorological observations of Gottfried Reyger in Gdańsk from 1722 to 1769 and their applicability to climate change analysis. The reconstruction of the variability of temperature and precipitation in Gdańsk in the period 1722–1769 was done on the basis of Reyger's descriptions of weather, using thermal and pluvial precipitation data indexing. A few relatively cold and

a few warmer periods were identified. The first half of period was very humid, whereas the second one quite dry. Trends of air temperature were not observed. The precipitation totals decreased significantly throughout the year, in spring, winter and autumn. The springs were much cooler than now and so were the summers, while the autumns and winters were relatively warmer. Wet and dry seasons were observed more often than nowadays. The comparison between thermal and pluvial indices with the series of observations proved satisfactory results with exception for winter precipitation.

Authors' addresses:

Rajmund Przybylak
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Wydział Nauk o Ziemi
Katedra Meteorologii i Klimatologii
ul. Lwowska 1, Toruń, Poland
e-mail: rp11@umk.pl

Janusz Filipiak
Uniwersytet Gdański
Wydział Oceanografii i Geografii
Instytut Geografii
Katedra Meteorologii i Klimatologii
ul. Bażyńskiego 4, Gdańsk, Poland
e-mail: filipiak@ug.edu.pl

Piotr Oliński
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Wydział Nauk Historycznych
Instytut Historii i Archiwistyki
Zakład Historii Średniowiecza
ul. Bojarskiego 1, Toruń, Poland
e-mail: olinskip@umk.pl