

## Obserwacje i pomiary opadów atmosferycznych w Gdańsku w XVIII wieku

---

The Gdańsk instrumental record of precipitation  
in the 18<sup>th</sup> century

Janusz Filipiak<sup>1</sup>

**Zarys treści:** Gdańsk jest miejscem, gdzie już od połowy XVII w. prowadzono obserwacje zjawisk pogodowych. W pracy przedstawiono wybrane rezultaty analizy historycznych danych meteorologicznych i metadanych z Gdańska, dotyczące XVIII w. Na podstawie wyników analizy serii opadowej z Gdańska z okresu 1739-1770 ustalono najważniejsze cechy rocznego przebiegu i wieloletniej zmienności opadów atmosferycznych.

**Słowa kluczowe:** Gdańsk, historia pomiarów meteorologicznych, zmienność opadów

**Key words:** Gdansk, history of meteorological observations, variability of precipitation

### Wprowadzenie

Niewiele jest miejsc na świecie, w których pomiary meteorologiczne wykonywano wcześniej niż w XIX w.; za istotne należy uznać, że kilka spośród nich znajduje się na ziemiach polskich. W Warszawie już w 1779 r. J.F. Bończa-Bystrzycki trzykrotnie w ciągu dnia na Zamku Królewskim mierzył temperaturę powietrza (Lorenc 2000), we Wrocławiu pomiary takie zapoczątkowano w 1791 r. Rok później rozpoczęła działalność stacja meteorologiczna w Krakowie, w założonym przez Jana Śniadeckiego Obserwatorium Krakowskim. Podstawą prowadzenia pomiarów była przez długie lata starannie przygotowana przez Śniadeckiego instrukcja. Po dziś dzień dokument ten stanowi dowód rzetelności wykonywanych wówczas pomiarów, posłużył też jako cenny materiał pomocny przy homogenizacji krakowskiej serii pomiarowej (Trepieńska 1997).

---

<sup>1</sup> Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Gdański, ul. Dmowskiego 16a, 80-264 Gdańsk,  
e-mail: filipiak@univ.gda.pl

## Najwcześniejsze obserwacje pogody w Gdańsku

Bardzo ważnym miejscem wczesnych obserwacji elementów pogody było Wybrzeże. Najwcześniejsze udokumentowane obserwacje pogody zaczęto tam już w XVII w. Ważną rolę na wskazanym terenie odgrywał Gdańsk. Tam, według A. Mombera (1906) i F. Klemma (1976), obserwacje pogody rozpoczął w 1655 r. Friedrich Büthner, rektor i nauczyciel matematyki w Gimnazjum Św. Jana. Opis bogatej działalności naukowej i wydawniczej Büthnera przedstawił szczegółowo M. Miętus i in. (1994). Godne podkreślenia są liczne kontakty naukowe Büthnera, m.in. z gdańskim astronomem Janem Heweliuszem, czy też matematykiem Laurentiusem Eichstadtem, prowadzącym w latach 1635-1638 obserwacje pogody w Szczecinie. Ciąg obserwacji Büthnera trwał wyjątkowo długo, bo aż do 1699 r.

W XVIII w. Gdańsk, dzięki swej niezależności i bogactwu mieszkańców, powstałemu wskutek ożywionej działalności handlowej, stał się centrum naukowym i kulturalnym w basenie Morza Bałtyckiego. W mieście zamieszkałym przez około 50 tysięcy mieszkańców (Klemm 1976) w dniu 7 listopada 1742 r. powstało z inicjatywy burmistrza Daniela Gralatha Gdańskie Towarzystwo Przyrodnicze (Naturforschende Gesellschaft in Danzig). Wokół niego koncentrowała się grupa naukowców i nauczycieli, dla których celem stała się wymiana poglądów naukowych, doskonalenie metod badawczych i popularyzacja wiedzy. Ważną rolę w Towarzystwie odgrywali jego współzałożyciele – Michael Christian Hanow, Gottfried Reyger i Johann Eilhard Reinick, których łączyła wspólna pasja – meteorologia. W swoich rozważaniach naukowych często odwoływali się do autorytetu gdańszczanina Daniela Fahrenheita, fizyka i wynalazcy w 1713 r. termometru rtęciowego z własną skalą pomiarową (opracowaną rok później). Jest prawdopodobne, że w początku XVIII w. przez pewien czas w Gdańsku mierzono temperaturę powietrza, wykorzystując przyrząd pomysłu Fahrenheita (Januszajtis 2001).

M.C. Hanow (1695-1773) był jednym z najwybitniejszych naukowców XVIII-wiecznego Gdańska. W latach 1727-1771 był profesorem matematyki w znanym Gimnazjum Akademickim, władającym biegle ośmioma językami (Januszajtis 2001). Opublikował ponad 100 rozpraw z dziedziny fizyki, astronomii, meteorologii i matematyki, a nawet demografii. G. Reyger zajmował się przede wszystkim medycyną i przyrodą, a J.E. Reinick fizyką procesów atmosferycznych (Wermke 1933). Naukowcy współredagowali pierwsze w Polsce periodyki naukowe. Łączy ich ponadto fakt, że teorię meteorologii połączyli z praktyką. Każdy z nich prowadził pomiary meteorologiczne, zajmując się niekiedy analizą ich wyników. Momber (1906), autor najpełniejszego opisu historii pomiarów meteorologicznych w Gdańsku do początku XX w., poprzestał jedynie na wskazaniu najważniejszych faktów. Jak cytowali Miętus i in. (1994), wzmianki dotyczyły jedynie rozpoczęcia przez Hanowa pomiarów temperatury, Reinick został jedynie wymieniony jako kontynuator jego prac.

## Archiwalne dane meteorologiczne z Gdańska

W 2005 r. rozpoczęto działania w celu poszerzenia zakresu historycznych danych meteorologicznych i metadanych z Gdańska, chcąc dokładniej rozpoznać zmiany klimatu

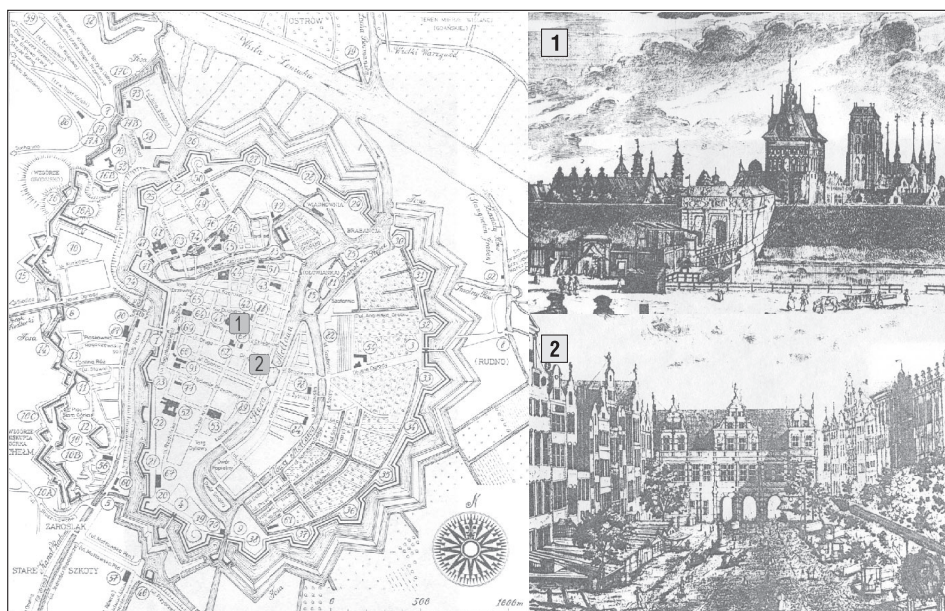
miasta i okolic w okresie pomiarów instrumentalnych. Zamierzono identyfikację jak największej liczby źródeł danych, ich digitalizację i interpretację. Wyniki wielomiesięcznej analizy materiałów zawartych w licznych archiwach okazały się bardzo zadowalające. Nie sposób w niniejszej pracy opisać wszystkie odszukane źródła, skoncentrowano się więc jedynie na dokumentach, których treść w największym stopniu przybliży szczegóły sposobów wykonywania pomiarów meteorologicznych w Gdańsku w XVIII stuleciu.

Najcenniejsze materiały odnaleziono w Bibliotece Głównej Politechniki Gdańskiej (BG PG) oraz w Bibliotece Gdańskiej PAN (BG PAN). Szczególna pozycja BG PG wynika z faktu, że biblioteka ta została w latach 20. XX w. spadkobierczynią księgozbioru Towarzystwa Przyrodniczego w Gdańsku. Najcenniejsze książki z przejętego zbioru wywieziono pod koniec wojny do Bremy. Odzyskanie ich okazało się tak skomplikowane, że wiele wywiezionych dzieł z pieczęcią „Bibliothek der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig” wróciło do Gdańska dopiero w XXI w. Wśród zbiorów znalazła się znaczna liczba rękopisów gdańszczan z zapisem wyników wykonywanych niejednokrotnie przez całe dziesięciolecia pomiarów meteorologicznych oraz kolekcja ukazującego się corocznie w latach 1743-1760 nakładem Towarzystwa wydawnictwa *Acta Societatis Physicae Experimentalis*, w którym opublikowano wiele prac z dziedziny meteorologii.

Zebrane informacje potwierdzają ogromny wkład M.C. Hanowa w życie naukowo-badawcze Gdańska. Wśród ogromnych zbiorów BG PAN, powstałej pod koniec XVI w. jako Biblioteka Rady Miejskiej, natrafiono na wydawany nakładem wspomnianego Towarzystwa periodyk *Danziger Erfahrungen*. Ukazujące się w latach 1739-1748 roczniki zawierają wyniki codziennych pomiarów i obserwacji meteorologicznych Hanowa. Znalezione w archiwach BG PG trzy tomy rękopisów Hanowa prezentują natomiast kompletny materiał z okresu 1739-1772. Zgromadzone dane obejmują wyniki sumiennie wykonywanych cztery razy w ciągu doby pomiarów temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego, sumy opadów atmosferycznych, wilgotności powietrza oraz kierunku wiatru. Hanow dołączał też codzienną informację o przebiegu pogody i występujących zjawiskach, wzbogacając niekiedy zapiski o opis zjawisk astronomicznych (Hanow 1772). Rano obserwacje wykonywane były o godzinie 7 lub 8, terminy południowy i wieczorny przypadły niezmiennie na godziny 12 i 18. Termin nocnego pomiaru przypadł na godziny od 22 do 1, przy czym były to zmiany przypadkowe, nie wynikające ze zmian zasad praktyki obserwacyjnej.

Pomiary dokonywane były przez Hanowa w dwóch miejscach: na wieży Kościoła Mariackiego i na dachu Zielonej Bramy (ryc. 1), przy czym pierwsze z miejsc wykorzystywane było częściej do obserwacji ciekawych zjawisk meteorologicznych niż do ekspozycji przyrządów meteorologicznych. Odczytów porównawczych w obydwu miejscach dokonywano jedynie okazjonalnie (Hanow 1746a,b). Zielona Brama (ryc. 1), miejsce posiedzeń Towarzystwa, to budynek położony w gęsto zabudowanym centrum Gdańska, nad Motławą. Dach budynku położony jest na wysokości około 10 m n.p.g. Wysokość wieży Kościoła Mariackiego sięga 85 m. Jak dotąd nie znaleziono podczas analizy materiału wskazówek świadczących o zmianie miejsca pomiarów.

Ciśnienie atmosferyczne (*Schwere*) mierzono za pomocą barometru wyskalowanego w calach i liniach paryskich. Do pomiaru temperatury powietrza (*Wärme/Kälte*) używano dwóch termometrów alkoholowych, wyskalowanych w unikalny sposób.



Ryc. 1. Plan Gdańska z 1730 r. (Cieślak 1993), 1-Kościół Mariacki, 2-Zielona Brama, miejsca wykonywania pomiarów przez Hanowa. Ryciny M. Deischa z 1765 r. (Simson 1913)

Fig. 1. The map of Gdansk, 1730 (Cieślak 1993), 1-St. Mary's Church, 2-The Green Thor, where Hanow conducted measurements. The paintings by M. Deisch, 1765 (Simson 1913)

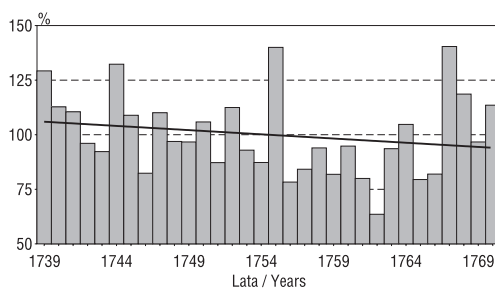
Termometr, który odczytywano rano i wieczorem, wskazywał  $0^{\circ}$  przy temperaturze  $48^{\circ}\text{F}$ ,  $90^{\circ}$  ciepła przy  $96^{\circ}\text{F}$  i  $90^{\circ}$  chłodu przy  $0^{\circ}\text{F}$ . Drugi z instrumentów, przeznaczony do użytku w terminach południowym i nocnym, wskazywał  $0^{\circ}$  przy  $0^{\circ}\text{F}$  i  $90^{\circ}$  przy  $96^{\circ}\text{F}$ . Z czasem Hanow dokonał jednak modyfikacji skali, uwzględniając surowość ówczesnych zim (obniżając  $0^{\circ}$  o  $10^{\circ}\text{F}$ ) (Westphal 1820). Wilgotność (*Feuchtigkeit*) mierzono w skali 100-stopniowej, a opad (*Regen*) w Granach, sumując go w miesiącu w cale i linie paryskie (jeden cal równy 12 liniom i 432 *Granom*). Kierunek wiatru (*Winde*) określano za pomocą 16-kierunkowej róży wiatrów.

Wyniki pomiarów z lat 1752-1789 zawiera pisany łaciną manuskrypt J.E. Reinicka (1789). Prowadzone one były dwa razy (niekiedy trzy razy) dziennie. Zapiski badacza dotyczą trzech elementów meteorologicznych. Ciśnienie atmosferyczne (*Barometer*) mierzono było za pomocą barometru wyskalowanego w calach i liniach paryskich. Temperatura powietrza, mierzona za pomocą termometru alkoholowego, wyrażana była w stopniach Fahrenheita. Kierunek wiatru (*Vent*) określano za pomocą 16-kierunkowej róży. Dodatkowo zamieszczano informacje o wyglądzie nieba oraz występujących zjawiskach (*Coeli Constitution*), jak np. burzy (*turbio*), chmurach (*nubes*), deszczu (*pluviola*), zawieci śnieżnej (*mixt*). Niestety, prawdopodobnie zapiski tego autora zaginęły.

Trzeci z naukowców – G. Reyger, również osobiście prowadził pomiary (manuskryptu nie znaleziono), korzystał też z wyników pracy Hanowa. W efekcie analizy przedstawił obszerną charakterystykę warunków pogodowych w Gdańsku w kilkudziesięcioletnim okresie. Opisał lokalizację przyrządów i sposoby wykonywania pomiarów, przeprowadzał analizy porównawcze warunków pogodowych sezonów i lat, porównywał też klimat Gdańska z innymi miastami Europy, takimi jak Halle, Paryż, Berlin czy Uppsala (Reyger 1772, 1788).

Omówione zbiory stanowią tylko część zidentyfikowanych w trakcie badań materiałów, dających podstawę do rekonstrukcji unikatowych w tej części Europy serii elementów meteorologicznych. Zważywszy jednak rozmiary odnalezionych zbiorów i trudności związane z ich odczytywaniem (rękopisy pisane najczęściej po niemiecku gotykiem) trzeba założyć, że pełna digitalizacja materiału potrwa dłuższy czas.

Na przykładzie sum opadów atmosferycznych mierzonych przez Hanowa w okresie 1739-1770 przedstawiono zmienność warunków klimatycznych w Gdańsku w XVIII w. Z uwagi na niezakończony proces pełnej analizy metadanych, dotyczących m.in. kształtu i wielkości deszczomierza używanego w trakcie pomiarów, sumy opadów zmierzone w jednostkach stosowanych przez Hanowa nie zostały przeliczone na milimetry, lecz wyrażono je w postaci procentowych odchyleń od rocznych i miesięcznych norm z okresu 1739-1770, które przyjęto za 100%. Rezultaty wstępnego testowania potwierdziły homogeniczność analizo-



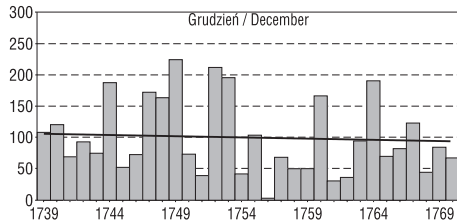
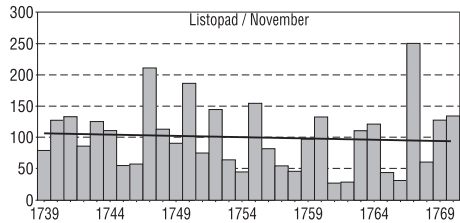
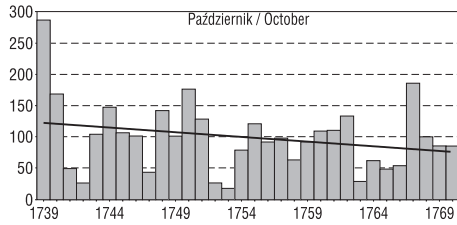
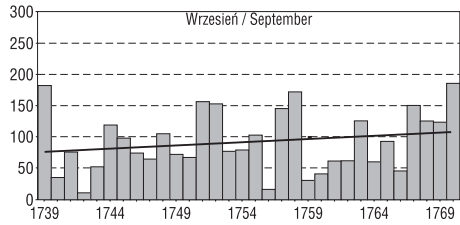
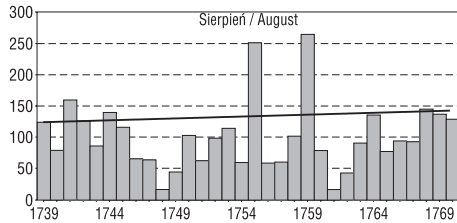
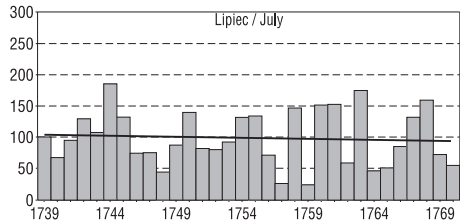
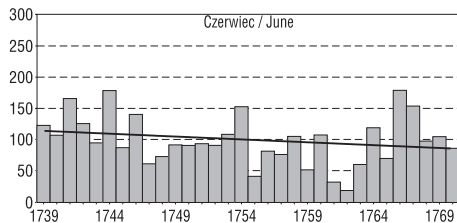
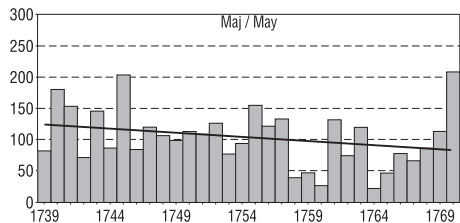
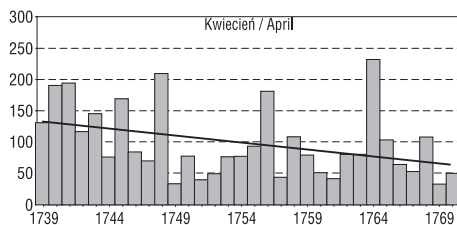
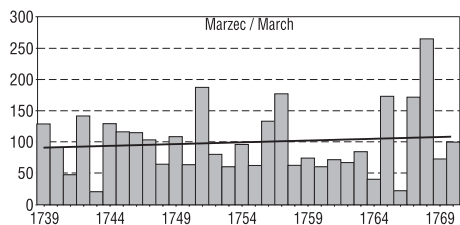
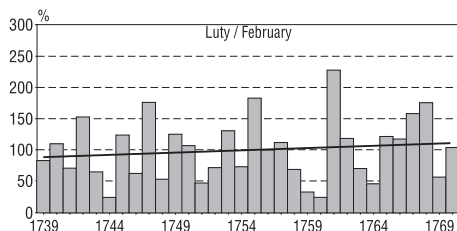
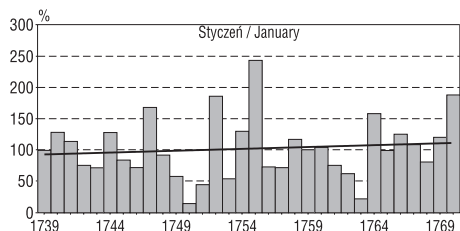
Ryc. 2. Odchylenia rocznych sum opadów atmosferycznych (w %) od średniej 1739-1770 wraz z linią trendu

Fig. 2. The deviations of annual precipitation totals (in %) from the mean in the period 1739-1770 and the corresponding trend

Tab. 1. Odchylenia standardowe i równania regresji liniowej miesięcznych i rocznych sum opadów atmosferycznych w Gdańsku w okresie 1739-1770 (%) w odniesieniu do średnich sum opadu z okresu 1739-1770. Wartości statystycznie istotne ( $1-\alpha=0,95$ ) pogrubiono

Table 1. The standard deviations and linear regression equations of monthly and annual precipitation totals in Gdansk in the period 1739-1770 (%) corresponding to the mean precipitation amounts in the period 1739-1770. The statistically significant values ( $1-\alpha = 0.95$ ) are in bold

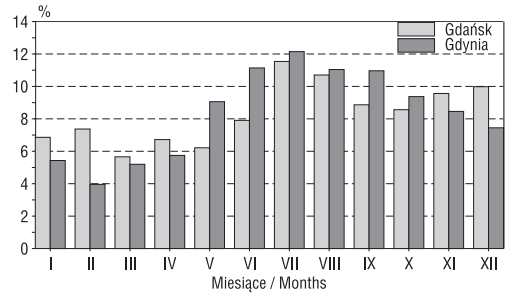
Miesiąc Month	Odchylenie standardowe Standard deviation	Równanie regresji liniowej Linear regression equation
I	49,19	$y = 0,60 (t-1739) + 93$
II	49,83	$y = 0,73 (t-1739) + 88$
III	53,08	$y = 0,57 (t-1739) + 91$
IV	55,36	$y = -2,23 (t-1739) + 135$
V	45,92	$y = -1,31 (t-1739) + 125$
VI	39,80	$y = -0,91 (t-1739) + 115$
VII	43,31	$y = -0,33 (t-1739) + 104$
VIII	54,46	$y = 0,35 (t-1739) + 95$
IX	48,23	$y = 1,02 (t-1739) + 76$
X	55,73	$y = -1,50 (t-1739) + 124$
XI	53,69	$y = -0,41 (t-1739) + 108$
XII	59,48	$y = -1,34 (t-1739) + 121$
I-XII	18,62	$y = -0,39 (t-1739) + 106$



wanej serii. Otrzymane wyniki wskazują na istnienie znacznej międzysezonowej zmienności sum opadowych (ryc. 2 i 3). Najwilgotniejszy w rozpatrywanym sezonie okazał się 1755 r., podczas którego spadło 140% średniej sumy opadów z okresu 1739-1770, najsuchszy był natomiast 1762 r., gdy roczna suma opadów sięgnęła zaledwie 63% normy wieloletniej. W miesiącach zakres zmienności jest znacznie większy. Najsilniejsze wahania miesięcznych sum opadu cechowały październik (od 287% w 1739 r. do 18% w 1753 r.), marzec (od 265% w 1768 r. do 21% w 1743 r.) i sierpień (od 263% w 1759 r. do 17% w 1761 r.). Najmniejsze wahania były natomiast w czerwcu (od 180% w 1766 r. do 19% w 1762 r.) i lipcu (skrajne wartości odchylenia wyniosły 184% w 1744 r. i 24% w 1759 r.). Skrajnie suchy był grudzień 1756 r., gdy suma opadów stanowiła zaledwie 3% średniej miesięcznej sumy opadów grudnia w okresie 1739-1770.

Miesiące półrocza ciepłego charakteryzują się, ogólnie rzecz biorąc, mniejszą zmiennością sum opadów (tab. 1). Najmniejsze wartości odchylenia standardowego charakteryzują czerwiec, lipiec i maj, największe natomiast miesiące ostatniego kwartału oraz sierpień i kwiecień. Na wartość odchylenia standardowego w sierpniu ma wpływ częste występowanie bardzo wydajnych opadów. Pięć z dziesięciu przypadków opadu o największej sumie dobowej w rozpatrywanym wieloleciu wystąpiło właśnie w sierpniu. W okresie 1739-1770 statystycznie istotnie zmieniły się jedynie sumy opadów w kwietniu, które ulegały systematycznemu zmniejszaniu się (tab. 1).

Porównanie udziału miesięcznych sum opadów atmosferycznych w ogólnej sumie rocznej w Gdańsku w okresie 1739-1770 i w Gdyni w okresie 1971-2000 (danych z Gdańska nie użyto z uwagi na trzykrotne przeniesienie stacji synoptycznej w tym okresie) wskazuje na fakt, że roczny przebieg opadów różni się w zależności od okresu. W ostatnich trzech dekadach XX w. minimum opadowe przypadało na luty, opady jesienne dominowały nad wiosennymi oraz począwszy od sierpnia sumy opadów z miesiąca na miesiąc stopniowo zmniejszały się (ryc. 4). W przebiegu rocznym opadów w Gdańsku w XVIII w. zarysowało się minimum opadowe w marcu, słabsza dominacja opadów jesiennych nad wiosennymi i zwiększenie sum opadów w listopadzie i grudniu w porównaniu z październikiem.



Ryc. 4. Roczny przebieg sum opadów atmosferycznych (w % sumy rocznej) w Gdańsku w okresie 1739-1770 i Gdyni w okresie 1971-2000

Fig. 4. The annual course of precipitation totals (in % of annual amount) in Gdansk in the period 1739-1770 and in Gdynia in the period 1971-2000

Ryc. 3. Odchylenia miesięcznych sum opadów atmosferycznych (w %) od średniej 1739-1770 wraz z linią trendu

Fig. 3. The deviations of monthly precipitation totals (in %) from the mean in the period 1730-1770 and the corresponding trend

## Podsumowanie

Postępujący od XVI w. intensywny rozwój miasta oraz towarzyszący temu wysoki poziom życia naukowego w Gdańsku legły u podstaw bardzo wczesnego, aktywnego zaangażowania gdańszczan w organizację sposobu obserwacji pogody. Odnaleziony archiwalny materiał pomiarowo-obserwacyjny z Gdańska stwarza niepowtarzalne możliwości rekonstrukcji zmienności warunków klimatycznych w okresie pomiarów instrumentalnych. Już wstępne wyniki analizy zmienności opadów atmosferycznych w wybranym okresie XVIII w. uwiaryściły zmiany w przebiegu rocznym opadów atmosferycznych w rejonie Gdańska, jakie zaszły w ciągu trzech stuleci. Pozwala to mniemać, że wyniki kolejnych, bardziej zaawansowanych analiz, uwzględniających inne elementy meteorologiczne, okażą się owocne.

## Podziękowania

Autor składa podziękowanie pracownikom Pracowni Zbiorów Zabytkowych i Starych Druków Biblioteki Głównej Politechniki Gdańskiej za życzliwą pomoc w trakcie analizy archiwaliów.

## Literatura

- Cieślak E. (red.), 1993, *Historia Gdańska. Tom III: 1656-1793 cz.1*, Gdańsk.
- Hanow M.C., 1746a, *Vom Gebrauch der Barometer in Abmeßung der Höhen*, Acta Societatis Physicae Experimentalis, Naturforschende Gesellschaft in Danzig, Bd. 4.
- Hanow M.C., 1746b, *Von Erfindungen und Verbeßerungen der Barometer*, Acta Societatis Physicae Experimentalis, Naturforschende Gesellschaft in Danzig, Bd. 4.
- Hanow M.C., 1772, *Wetterbeobachtungen von aus Jahren 1739 bis 1772*, Manuskrypt w Bibliotece Gł. Politechniki Gdańskiej.
- Januszajtis A., 2001, *From the history of science in ancient Gdansk. Scientists in old Gdansk: 17<sup>th</sup> and 18<sup>th</sup> centuries*, TASK Quarterly 5, 3, 389-399.
- Klemm F., 1976, *Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in Nord- und Mitteldeutschland bis 1700*, Annalen der Meteorologie, 10, 42-43.
- Lorenc H., 2000, *Studia nad 220-letniq (1779-1998) seriq temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji*, Mat. Bad. IMGW, Ser. Meteorologia, 31, 1-103.
- Miętus M., Wielbińska D., Owczarek M., 1994, *Historia obserwacji meteorologicznych na niektórych stacjach polskiego wybrzeża*, Wiad. IMGW, 4, 149-162.
- Momber A., 1906, *Mittlere Monatstemperaturen von Danzig*, Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Bd. 11, H. 4.
- Reinick J. E., 1789, *Wetterbeobachtungen*, Manuskrypt w Bibliotece Gł. Politechniki Gdańskiej.
- Reyger G., 1772, *Die Beschaffenheit der Witterung in Danzig. Band 1 vom Jahr 1722 bis 1769*, Danzig.
- Reyger G., 1788, *Die Beschaffenheit der Witterung in Danzig. Band 2 vom Jahr 1770 bis 1786, nebst Zusätzen zur Danziger Flora*, Danzig.
- Simson P., 1913, *Geschichte der Stadt Danzig*, Danzig.



Trepińska J. (red.), 1997, *Wahania klimatu w Krakowie (1792-1995)*, Inst. Geogr. UJ, Kraków.

Wermke E., 1933, *Bibliographie der Geschichte von Ost- und Westpreussen*, Königsberg.

Westphal J. H., 1820, *Der Mittlere Temperatur in Danzig für Jeden Tag*, Der Neueste Schriften der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig, Bd. 1, H. 2.

## Summary

The aim of the paper is to present the preliminary results of a project on the analysis of archival meteorological data. The most important goal of the project is to increase the available volume of historical meteorological data and metadata from Gdańsk in order to analyse local and regional climate change by the identification of unknown sources and data sets not yet in digital form, digitizing these data and interpreting them. The first meteorological observations in Gdańsk were carried out by Friedrich Büthner in the 17<sup>th</sup> century (Mombert 1906, Klemm 1976). In the 18<sup>th</sup> century, science in Gdansk was characterized by its high level of achievement and the diversity of the fields of interest. The first scientific society – Naturforschende Gesellschaft in Danzig was established in 1743, its aim being to practice and popularise science through, amongst other activities, the holding of weekly public demonstrations of the most interesting experiments in physics. Among the co-founders of the Society were Michael Christian Hanow, Gottfried Reyger and Johann Eilhard Reinick, scientists interested in meteorology. There are almost complete series of pressure, air temperature, precipitation, humidity and wind speed and direction readings in their numerous manuscripts and publications concerning meteorological observations and climatological conditions of Gdansk dating from the 18<sup>th</sup> century, which were found in the libraries and archives. The preliminary results of precipitation measurements made by Hanow in the period from 1739 to 1770 revealed the occurrence of a different annual cycle of mean monthly precipitation totals from that observed nowadays.

