

## WSPÓŁCZYNNIKI KORELACJI MIĘDZY WYBRANYMI WSKAŹNIKAMI CYRKULACJI ATMOSFERYCZNEJ A TEMPERATURĄ POWIETRZA W ARKTYCE KANADYJSKIEJ W LATACH 1951-2010

COEFFICIENTS OF CORRELATION BETWEEN SELECTED INDICES  
OF ATMOSPHERIC CIRCULATION AND AIR TEMPERATURE  
IN THE CANADIAN ARCTIC IN THE PERIOD 1951-2010

Rafał Maszewski

Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Geografii, Zakład Klimatologii  
87-100 Toruń, ul. Gagarina 9  
rafmasz@umk.pl

**Zarys treści.** W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu cyrkulacji atmosferycznej na warunki termiczne w Arktyce Kanadyjskiej w latach 1951-2010. Do analizy wykorzystano średnie dobowe wartości temperatury powietrza z 12 stacji meteorologicznych położonych w badanym obszarze. Cyrkulację atmosferyczną scharakteryzowano na podstawie czterech wybranych wskaźników cyrkulacyjnych (NAO – North Atlantic Oscillation – Oscylacja Północnego Atlantyku, AO – Arctic Oscillation – Oscylacja Arktyczna, EP/NP – East Pacific/ North Pacific Pattern – wskaźnik wschodnio/północno pacyficzny, PNA – Pacific/North American Pattern – wskaźnik pacyficzno-północnoamerykański).

Cyrkulacja atmosferyczna wyrażona za pomocą wybranych wskaźników cyrkulacyjnych w większości miesięcy nie wykazała istotnych trendów w okresie 1951-2010. Jesienią i zimą wykryto dość silne istotne statystycznie współczynniki korelacji wskaźnika NAO oraz AO z temperaturą powietrza głównie na wschodzie i częściowo w centrum Arktyki Kanadyjskiej. Najsilniejsze związki korelacyjne dla wskaźnika cyrkulacji EP/NP stwierdzono w październiku i listopadzie na stacjach położonych na południu i częściowo w centrum badanego obszaru. Wskaźnik PNA najsilniej korelował z temperaturą powietrza w marcu i kwietniu na wschodzie i południu Arktyki Kanadyjskiej.

**Słowa kluczowe:** cyrkulacja atmosferyczna, Arktyka Kanadyjska, korelacja, temperatura powietrza.

### 1. Wstęp

Według scenariuszy uzyskanych z wielu modeli klimatycznych w XXI wieku najwcześniej i największe zmiany warunków klimatycznych spowodowanych przez narastający efekt cieplarniany powinny wystąpić w obszarach polarnych (Weller 1982, Jager i Kellogg 1983 oraz inni). Badania wskazują, że aż 95% ciepła do obszaru Arktyki z niższych szerokości geograficznych dostaje się drogą adwekcji (Aleksiejew i in. 1991). W zmianach i zmienności większości elementów klimatu bardzo dużą rolę odgrywa cyrkulacja atmosferyczna (Przybylak 2003). Będzie ona w decydujący sposób kształtować zmiany klimatu Arktyki a tym samym całego systemu klimatycznego. Z uwagi na dużą wrażliwość klimatu obszarów polarnych i ważną rolę w kształtowaniu klimatu kuli ziemskiej wydaje się bardzo

ważne dokładne poznanie zmienności cyrkulacji atmosferycznej tam panującej i jej wpływu na klimat, a przede wszystkim temperaturę powietrza.

Dotychczas w obszarze Arktyki Kanadyjskiej badania nad cyrkulacją atmosferyczną i jej wpływem na warunki termiczne wykorzystywały głównie wybrane wskaźniki cyrkulacji (np. NAO, AO – Wettstein i Mearns 2002, Shabbar 2006). Wskaźnik cyrkulacji NAO odgrywa ważną rolę w kształtowaniu pogody i zmianach klimatycznych we wschodniej części Ameryki Północnej, na północnym Atlantyku i w Eurazji (van Loon i Rogers 1978, Wallach i Gutzler 1981, Hurrell 1995, 1996; Kushnir 1999). Wskaźnik NAO dobrze charakteryzuje zmiany nasilenia przenosu strefowego i jego skutków w postaci kształtowania się pola temperatury powietrza we wschodniej części Ameryki Północnej oraz w Europie Zachodniej i Środkowej Hurrell (1995) oraz Hurrell i van Loon (1997). Nasilenie lub osłabienie przenosu strefowego powoduje zmiany temperatury powietrza i w mniejszym stopniu opadów atmosferycznych na tych obszarach. Wpływ wskaźników NAO, PDO (Dekadowa Oscylacja Pacyfiku), ENSO (Oscylacja Południowa El-Nino) na temperatury powietrza w Kanadzie w okresie 1900-1995 przedstawił Bonsal i in. (2001). Autorzy ci stwierdzili, że we wschodniej części Kanady dominującą rolę w przestrzennym rozkładzie i zmienności temperatury powietrza odgrywają wskaźniki NAO i AO. Próbę ustalenia roli cyrkulacji atmosferycznej na obszarze Subarktyki i Arktyki Kanadyjskiej podjęli również Zblewski i Marsz (2010). Autorzy ci wykazali wpływ NAO na zmiany temperatury powietrza i powierzchni morza oraz koncentrację lodów morskich. Układ telekonekcyjny PNA jest w dużej mierze odpowiedzialny za zmiany temperatury powietrza na zachód od linii Cambridge Bay – Baker Lake (Zblewski i Marsz 2010).

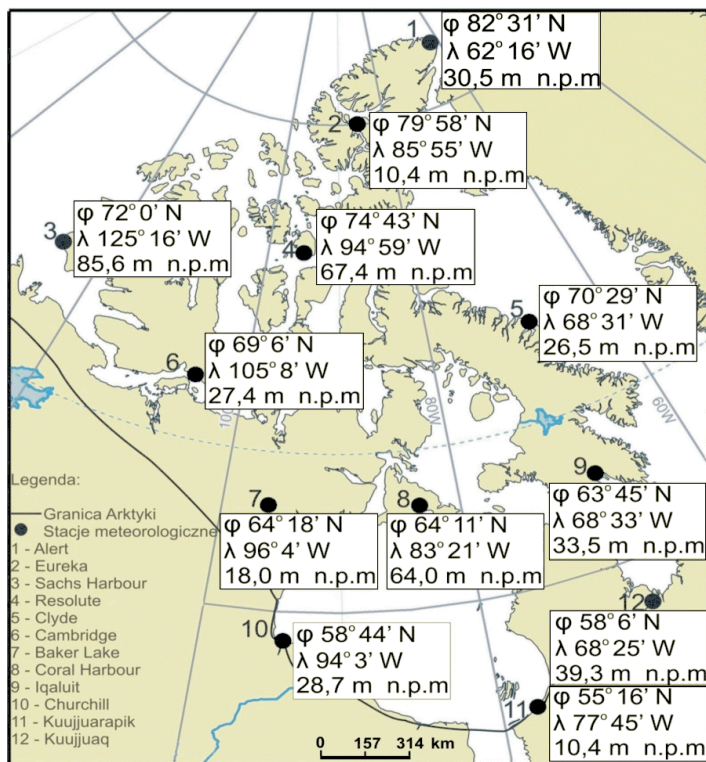
Analizowane były również warunki synoptyczne w Arktyce Kanadyjskiej (Keegan 1958). Natomiast dla całej półkuli północnej, w tym także dla Arktyki, Ustrnul (1997) opracował obiektywną klasyfikację cyrkulacji atmosfery za lata 1901-1995. Niestety klasyfikacja ta nie nadaje się do analizowania cyrkulacji atmosferycznej w obszarach okołobiegunowych. Charakterystyki cyrkulacji atmosferycznej w Arktyce podjęła się Dydina (1958, 1982) wydzielając grupy procesów synoptycznych oraz Vangengejm (1952, 1961) wydzielając formy cyrkulacji atmosferycznej na poziomie środkowej troposfery.

Celem pracy jest charakterystyka wybranych wskaźników cyrkulacyjnych (NAO, AO, EP/NP, PNA) i zbadanie ich wpływu na temperaturę powietrza w Arktyce Kanadyjskiej w nawiązaniu do wcześniejszych opracowań. Dodatkowo ważnym aspektem niniejszej pracy jest synteza dotychczasowej wiedzy i jej zweryfikowanie na podstawie najnowszych danych.

## **2. Obszar badań, źródła danych i metody badawcze**

W pracy wykorzystano średnie dobowe wartości temperatury powietrza z 12 stacji meteorologicznych (Alert, Eureka, Resolute, Sachs Harbour, Clyde, Cambridge Bay, Baker Lake, Coral Harbour, Iqaluit, Churchill, Kuujuaq, Kuujuarapik) w latach 1951-2010 w Arktyce Kanadyjskiej (ryc. 1). Dane te pobrano ze strony internetowej Kanadyjskiej Służby Meteorologicznej: [http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome\\_e.html](http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/Welcome_e.html).

Na ich podstawie obliczono średnie miesięczne wartości temperatury powietrza. Ponadto podzielono okres badawczy 1951-2010 na dwa trzydziestolecia: 1951-1980 i 1981-2010 mając na celu wykrycie zmian wpływu cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w okresie największego ocieplenia. Cyrkulację atmosferyczną w badanym regionie dobrze opisują wskaźniki NAO (Barnston i Livezey 1987) i AO (Thompson i Wallace 1998). Wzorce cyrkulacyjne EP/NP (Bell i Janowiak 1995) oraz PNA – Pacific/North American Pattern – wskaźnik pacyficzno-północnoamerykański (Wallach



Ryc. 1. Położenie geograficzne i wysokość nad poziomem morza stacji meteorologicznych w Arktyce Kanadyjskiej wykorzystanych w opracowaniu

Fig. 1. The location and altitude above sea level of meteorological stations in the Canadian Arctic used in the study

i Gutzler 1981) są czynnikami sterującymi temperaturą powietrza głównie w południowej i zachodniej części badanego obszaru. Wartości miesięczne wybranych wskaźników cyrkulacji pobrano ze strony internetowej National Weather Center: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/nao.html>.

Obliczono współczynniki korelacji pomiędzy wybranymi wskaźnikami a średnią miesięczną temperaturą powietrza na 12 wybranych stacjach meteorologicznych (korelacje uznawano za istotne statystycznie przy poziomie ufności 95% ( $p=0.05$ ). Ponadto określono trendy wskaźników cyrkulacyjnych w okresie 1951-2010. Opracowując materiał badawczy korzystano z programów statystycznych (Microsoft Excel, Statistica). Granice Arktyki przyjęto wg propozycji przedstawionej w Atlasie Arktiki (1985).

### 3. Wyniki

#### 3.1. Trendy zmian wskaźników cyrkulacyjnych

Analiza miesięcznych wartości wskaźnika NAO wykazała występowanie istotnych statystycznie trendów wzrostowych (0.02/rok) od stycznia do marca oraz istotnego statystycznie trendu spadkowego (-0.02/rok) w październiku (tab.1). W pozostałych miesiącach trendy były nieistotne statystycznie.

Tabela 1 – Table 1

Trendy miesięcznych wartości wskaźników cyrkulacji NAO, AO, EP-NP, PNA (wartość indeksu/rok) w latach 1951-2010. Współczynniki trendu istotne na poziomie  $p < 0.05$  pogrubiono

Table 1 Trends of monthly NAO, AO, EP-NP, PNA (index value/year) indexes in the years 1951-2010. The coefficients of this trend statistically significant at the level  $p < 0.05$  are in bold

Wskaźnik Index	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
NAO	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	<b>0.02</b>	0.00	0.00	-0.01	-0.01	0.01	0.00	<b>-0.02</b>	0.00	0.00
AO	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	-0.01	0.01	0.00
EP-NP	-0.01	<b>0.02</b>	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	<b>-0.03</b>	<b>-0.02</b>	0.00	0.01	-
PNA	<b>0.02</b>	0.01	0.01	0.01	-0.01	-0.01	<b>0.02</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01

Ta sama analiza wykazała brak istotnych statystycznie trendów wskaźnika AO. Od stycznia do marca wystąpiły jednak nieistotne statystycznie trendy wzrostowe (0.02/rok).

W przypadku wskaźnika cyrkulacji EP-NP analiza statystyczna wykazała silny istotny statystycznie trend spadkowy (-0.03/rok) w sierpniu i nieco słabszy we wrześniu (-0.02/rok). Trend wzrostowy istotny statystycznie (0.02/rok) wystąpił w lutym. Analiza trendów miesięcznych wskaźnika PNA z temperaturą powietrza ujawnia istotne statystycznie trendy wzrostowe (0.02/rok) w styczniu i lipcu (tab. 1).

Stwierdzono istotne statystycznie korelacje wskaźnika NAO i AO podczas całego roku. Szczególnie silne korelacje wystąpiły w okresie od grudnia do marca z maksimum w lutym (0.82). Z pozostałymi wskaźnikami cyrkulacyjnymi nie stwierdzono istotnych statystycznie korelacji wskaźnika NAO. Wskaźnik AO oprócz silnej korelacji ze wskaźnikiem NAO istotnie korelował ze wskaźnikiem EP-NP w styczniu i od lipca do października. Ujemne korelacje nie przekraczały jednak wartości -0.43. Również ujemne korelacje istotne statystycznie wystąpiły ze wskaźnikiem PNA od kwietnia do lipca oraz we wrześniu i listopadzie. Stwierdzono brak istotnych statystycznie korelacji pomiędzy wskaźnikami EP-NP i PNA.

### 3.2. Korelacje wskaźnika cyrkulacji NAO ze średnią miesięczną temperaturą powietrza

Oscylacja Północnego Atlantyku (NAO) definiowana jest przez różnicę ciśnienia atmosferycznego mierzonego na poziomie morza między stacjami znajdującymi się w obszarze Niżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego. Faza pozytywna NAO wiąże się z niższym niż normalnie ciśnieniem atmosferycznym w wysokich szerokościach geograficznych północnego Atlantyku i wyższym w obszarze Wyżu Azorskiego. Ujemna faza NAO występuje przy odwrotnym rozkładzie anomalii ciśnienia atmosferycznego na tych samych obszarach. Silna pozytywna faza NAO wpływa na niższe temperatury we wschodniej Kanadzie i Grenlandii, natomiast negatywna faza NAO przyczynia się do częstszych napływów ciepłego powietrza nad Grenlandię i wschodnią Kanadę.

Ujemne istotne statystycznie współczynniki korelacji między wskaźnikiem NAO a temperaturą powietrza obejmujące zdecydowaną większość badanych stacji występowały od września do listopada (wyjątek stanowią stacje Sachs Harbour i Churchill). Podobna sytuacja wystąpiła również w maju, kiedy to tylko na stacji Churchill korelacja była nieistotna statystycznie. Najsilniejsze korelacje (-0.7) w tym okresie stwierdzono na stacjach położonych na wschodzie i częściowo w centrum Arktyki Kanadyjskiej – Resolute, Coral Harbour, Iqaluit (X) oraz Clyde (XI) – tab. 2. Na wschodzie badanego obszaru najsilniejsze istotne statystycznie ujemne korelacje występowały zimą (XII-II), osiągając

najwyższą wartość na stacji Iqaluit -0.8 (w styczniu). Jednocześnie stwierdzono brak wpływu wskaźnika NAO na temperaturę powietrza na stacjach w zachodniej części Arktyki Kanadyjskiej (Sachs Harbour, Cambridge Bay, Baker Lake i Churchill). Najsłabszy wpływ wskaźnika NAO na warunki termiczne (głównie na stacjach położonych w pasie centralnym) wystąpił w lipcu, kiedy to na siedmiu z dwunastu badanych stacji współczynnik korelacji utrzymywał się w przedziale od -0.2 do 0.1 i był nie istotny statystycznie (tab. 2).

Tabela 2 – Table 2

Współczynniki korelacji między wskaźnikiem cyrkulacji NAO a średnią miesięczną temperaturą powietrza na wybranych stacjach w Arctyce Kanadyjskiej w latach 1951-2010 oraz na stacji Iqaluit w okresach 1951-1980 i 1981-2010. Korelacje istotne statystycznie na poziomie  $p < 0.05$  pogrubiono

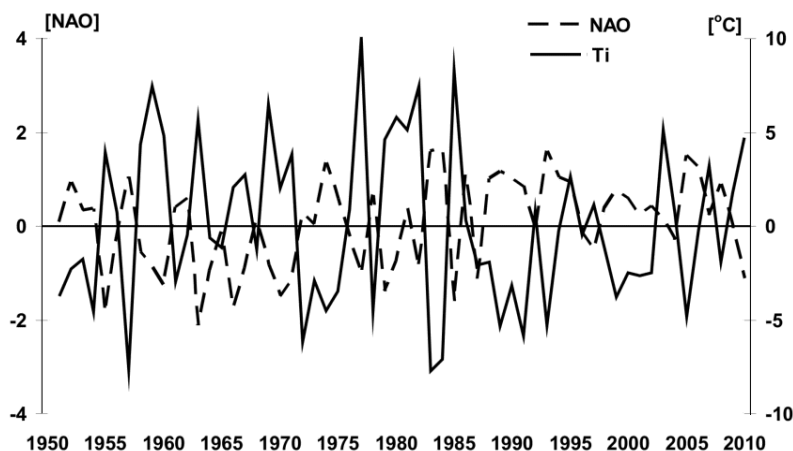
Coefficients of correlation between NAO and monthly average air temperature at the selected meteorological stations in the Canadian Arctic in the years 1951-2010 and in the Iqaluit station in the periods 1951-1980 and 1981-2010. The coefficients of this correlations statistically significant at the level  $p < 0.05$  are in bold

Stacje – Stations	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Alert	<b>-0.3</b>	-0.2	-0.1	-0.2	<b>-0.5</b>	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.2</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>
Eureka	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>
Sachs Harbour	0.1	0.0	-0.3	-0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	-0.1
Resolute	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>
Clyde	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	-0.1	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>
Cambridge Bay	0.0	0.0	-0.1	-0.3	<b>-0.4</b>	-0.2	-0.1	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	-0.1
Baker Lake	-0.1	-0.1	<b>-0.3</b>	-0.3	<b>-0.4</b>	-0.2	0.0	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.1
Coral Harbour	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>
Iqaluit	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	0.1	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>
Churchill	-0.1	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	0.1	0.0	0.1	<b>-0.3</b>	-0.1	<b>-0.3</b>	0.1
Kuujuarapik	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	0.1	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	0.0
Kuujuaq	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>
Iqaluit												
1951-1980	<b>-0.8</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	0.2	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.5</b>
1981-2010	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.8</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>	0.1	-0.3	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>

Analiza porównawcza zmian wartości korelacji wskaźnika NAO i temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach na stacji Iqaluit w dwóch trzydziestoleciach 1951-1980 i 1981-2010 uwidacznia silne powiązanie temperatury powietrza ze wskaźnikiem NAO (tab. 2). Wyjątek stanowi lipiec w okresie 1951-1980 oraz dodatkowo sierpień w okresie 1981-2010. W pozostałych miesiącach nie stwierdzono istotnych zmian wartości korelacji w badanych trzydziestoleciach. Przebieg wieloletni wskaźnika NAO i anomalii średniej dobowej temperatury powietrza w styczniu na stacji Iqaluit uwidacznia znaczny wpływ wybranego wskaźnika (wartość korelacji na poziomie -0.8) na temperaturę powietrza (ryc. 2).

Ujemna faza wskaźnika NAO w większości lat skutkowałą dodatnimi anomaliami temperatury powietrza w Iqaluit w styczniu, zwłaszcza w latach: 1977 (NAO = -1.04;  $T_i = 10^\circ\text{C}$ ) i 1985 (NAO = -1.61,  $T_i = 8.3^\circ\text{C}$ ). Dodatnia faza NAO najczęściej wpływała na pojawienie się temperatury powietrza poniżej normy w styczniu, zwłaszcza w latach: 1983 (NAO = 1.59,  $T_i = -7.7^\circ\text{C}$ ), 1984 (NAO = 1.66,  $T_i = -7.1^\circ\text{C}$ ) oraz w 1993 (NAO = 1.60,  $T_i = -5.3^\circ\text{C}$ ) – ryc. 2. W przyszłości, w związku z trendem wzrostowym wartości NAO od stycznia do marca (tab. 1) należy się spodziewać coraz silniejszych i częściej występujących anomalii ujemnych temperatury powietrza od stycznia do marca z jednoczesnym zmniejszeniem przypadków anomalii dodatnich. Dotyczy to oczywiście stacji z ujemnym istotnym statystycznie współczynnikiem korelacji. Podobny wpływ na temperaturę powietrza ma wskaźnik NAO na innych

stacjach w miesiącach z silnym ujemnym współczynnikiem korelacji. W październiku, w związku z istotnym statystycznie trendem spadkowym wartości NAO (tab. 1) w przyszłości należy oczekiwać częstszych i silniejszych anomalii dodatnich temperatury powietrza w tym miesiącu, z jednoczesnym zmniejszeniem przypadków anomalii ujemnych. Podobny wpływ wskaźnika NAO na temperaturę powietrza, głównie we wschodniej części Kanady, przedstawił Qian i in. (2008).



Ryc. 2. Przebieg wieloletni anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza (Ti) i wskaźnika NAO w styczniu na stacji Iqaluit w latach 1951-2010

Fig. 2. Long-term course anomalies of monthly mean air temperature (Ti) and the NAO index in January at the Iqaluit station in the years 1951-2010

### 3.3. Korelacje wskaźnika AO ze średnią miesięczną temperaturą powietrza

Oscylacja Arktyczna (AO) jako wielkoskalowy wzorzec cyrkulacji atmosferycznej definiowany jest jako pierwszy EOF pola geopotencjału 1000 hPa w strefie od 20 do 90°N (Thompson i Wallace 1998). Faza pozytywna (AO) wiąże się z niższym ciśnieniem nad Arktyką i wyższym w średnich szerokościach geograficznych (45°N). Powietrze arktyczne nie napływa w tym czasie do szerokości umiarkowanych. Faza ujemna (AO) wiąże się z wyższym niż normalnie ciśnieniem w Arktyce i niższym w szerokościach umiarkowanych. Występują wtedy częstsze napływy powietrza arktycznego na południe.

Wpływ wskaźnika AO na średnie temperatury miesięczne w Arktyce Kanadyjskiej był w badanym okresie nieco słabszy niż wskaźnika NAO. Najsilniej wpływ ten widoczny był zimą na wschodzie, południu i częściowo w centrum badanego obszaru (tab. 3). Podobnie jak w przypadku wskaźnika NAO największe istotne statystycznie ujemne wartości współczynnika korelacji stwierdzono w miesiącach zimowych na stacji Iqaluit (-0.7) oraz w marcu na stacji Kuujuaq. Od lipca do września na większości stacji nie stwierdzono istotnego wpływu wskaźnika AO na temperaturę powietrza. W tym okresie na stacji Churchill pojawiają się istotne statystycznie dodatnie współczynniki korelacji. We wrześniu na wszystkich stacjach wskaźniki korelacji były niskie (od -0.2 do 0.1) i nieistotne statystycznie (tab. 3).

Zarówno w latach 1951-1980 jak i w latach 1981-2010 na stacji Iqaluit wpływ wskaźnika AO na temperaturę powietrza był zbliżony. Najwyższe wskaźniki korelacji (od -0,5 do -0,8) występowały od listopada do maja a najmniejsze latem i wczesną jesienią (tab. 3). Przebieg wieloletni wskaźnika AO

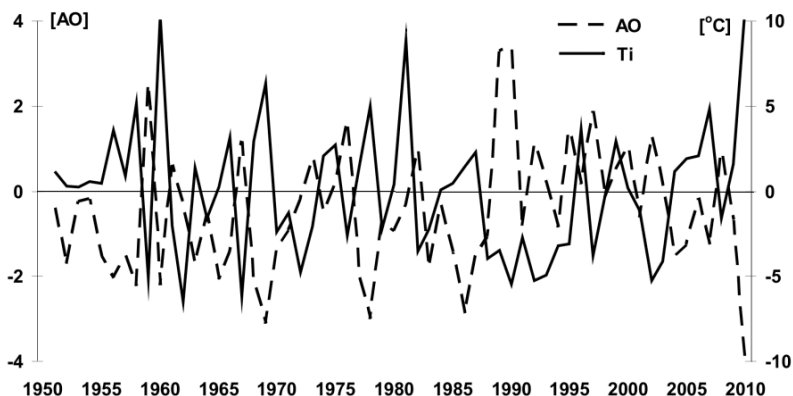
i anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza w lutym na stacji Kuujuaq uwidacznia znaczny wpływ wybranego wskaźnika (wartość korelacji na poziomie -0.7) na temperaturę powietrza (ryc. 3).

Tabela 3 – Table 3

Współczynniki korelacji między wskaźnikiem cyrkulacji AO a średnią miesięczną temperaturą powietrza na wybranych stacjach w Arktyce Kanadyjskiej w latach 1951-2010 oraz na stacji Iqaluit w okresach 1951-1980 i 1981-2010. Korelacje istotne statystycznie na poziomie  $p < 0.05$  pogrubiono

Coefficients of correlation between AO and monthly average air temperature at the selected meteorological stations in the Canadian Arctic in the years 1951-2010 and in the Iqaluit station in the periods 1951-1980 and 1981-2010. The coefficients of this correlations statistically significant at the level  $p < 0.05$  are in bold

Stacje – Stations	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Alert	<b>-0.3</b>	-0.2	-0.2	-0.1	<b>-0.3</b>	0.0	-0.1	-0.1	0.0	-0.2	-0.1	<b>-0.6</b>
Eureka	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	-0.2	-0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.3</b>	-0.1	-0.2	-0.1	<b>-0.5</b>
Sachs Harbour	0.0	0.0	-0.2	0.0	-0.1	-0.2	<b>-0.3</b>	0.0	0.0	-0.1	0.0	-0.2
Resolute	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	-0.2	<b>-0.3</b>	-0.2	<b>-0.5</b>
Clyde	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	0.0	0.1	-0.1	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>
Cambridge Bay	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	<b>-0.3</b>
Baker Lake	-0.1	-0.1	<b>-0.3</b>	-0.1	<b>-0.3</b>	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.2	<b>-0.4</b>
Coral Harbour	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	0.1	0.0	-0.1	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.6</b>
Iqaluit	<b>-0.7</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	0.2	0.1	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.7</b>
Churchill	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	0.1	0.3	0.0	-0.1
Kuujuarapik	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	-0.2	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.2
Kuujuaq	<b>-0.6</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	<b>-0.5</b>
Iqaluit												
1951-1980	<b>-0.8</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	-0.5	-0.3	0.4	-0.1	-0.2	-0.3	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>
1981-2010	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	-0.2	-0.1	0.1	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.7</b>



Ryc. 3. Przebieg wieloletni anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza (Ti) i wskaźnika AO w lutym na stacji Kuujuaq w latach 1951-2010

Fig. 3. Long-term course anomalies of monthly mean air temperature (Ti) and the AO index in February at the Kuujuaq station in the years 1951-2010

Występowanie negatywnej fazy AO w większości lat w dużym stopniu przyczyniało się do dodatnich anomalii średniej miesięcznej temperatury w lutym szczególnie w latach: 1960 (AO = -2.21, Ti = 10.3°C), 1969 (AO = -3.11, Ti = 6.4°C) oraz w 2010 (AO = -4.27, Ti = 10.9°C). Pozytywna faza AO

wpływała w większości lat na znaczące ochłodzenie w lutym szczególnie w latach: 1989 (AO = 3.28, Ti = -3.5°C), 1990 (AO = 3.40, Ti = -5.5°C) oraz w 1959 (AO = 2.50, Ti = -5.1°C) – ryc. 3. Ochładzający wpływ pozytywnej fazy AO na wschodnią i północno-wschodnią część Arktyki Kanadyjskiej udowodnił również Wu i in. (2006).

### 3.4. Korelacje wskaźnika EP-NP ze średnią miesięczną temperaturą powietrza

Wzór cyrkulacji wschodnio/północno pacyficznej (EP-NP) występuje w okresie od wiosny do jesieni. Faza pozytywna (EP-NP) wiąże się z wyższym ciśnieniem atmosferycznym nad Alaską i zachodnią Kanadą. Niższe ciśnienie atmosferyczne występuje wówczas nad środkową częścią północnego Pacyfiku i wschodnią częścią Ameryki Północnej. Dominują wówczas układy wysokiego ciśnienia nad zachodnią i północną Ameryką. Temperatura powietrza poniżej normy utrzymuje się na wschodzie Kanady, natomiast powyżej normy nad wschodnią częścią Pacyfiku.

Od lipca do września na większości stacji wykryto silne, istotne statystycznie, ujemne korelacje między wskaźnikiem EP-NP a średnią miesięczną temperaturą powietrza. Najwyższe wartości korelacji (od -0.7 do -0.5) wystąpiły na południu badanego obszaru, głównie w październiku i listopadzie (Churchill, Kuujuarapik i Kuujuaq) – tab. 4. Najmniejszy obszarowo wpływ wskaźnika EP-NP na temperaturę powietrza wystąpił od marca do czerwca. W tym okresie na wielu stacjach położonych głównie na północy i zachodzie badanego obszaru nie stwierdzono wpływu wskaźnika EP-NP na temperaturę powietrza. Wyjątek stanowią dwie stacje położone na południu Arktyki Kanadyjskiej (Churchill i Kuujuarapik), gdzie od kwietnia do listopada wykryto dość silne istotne statystycznie korelacje ujemne. Najwyższe wartości współczynnika korelacji (-0.7) na stacji Churchill wystąpiły w maju, natomiast na stacji Kuujuarapik w październiku (tab. 4).

Tabela 4 – Table 4

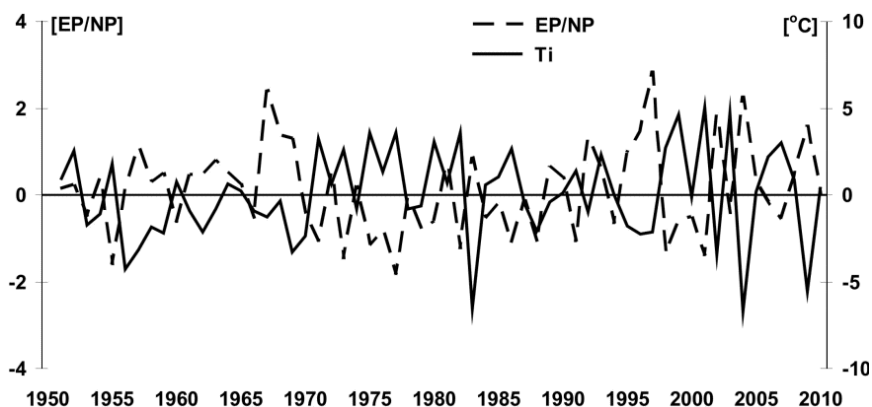
Współczynniki korelacji między wskaźnikiem cyrkulacji EP-NP a średnią miesięczną temperaturą powietrza na wybranych stacjach w Arktyce Kanadyjskiej w latach 1951-2010 oraz na stacji Churchill w okresach 1951-1980 i 1981-2010. Korelacje istotne statystycznie na poziomie  $p < 0.05$  pogrubiono

Coefficients of correlation between EP-NP and monthly average air temperature at the selected meteorological stations in the Canadian Arctic in the years 1951-2010 and in the Churchill station in the periods 1951-1980 and 1981-2010. The coefficients of this correlations statistically significant at the level  $p < 0.05$  are in bold

Stacje – Stations	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Alert	0.0	<b>0.3</b>	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	-0.1	-0.2	0.1	-0.1
Eureka	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	0.1	0.2	0.2	0.1	<b>0.3</b>	<b>-0.3</b>	-0.3	0.0	-0.1
Sachs Harbour	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	0.0	<b>-0.3</b>	-0.2	0.1	-0.2	-0.1	0.2	0.1
Resolute	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	0.2	0.0	-0.1	0.1	0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	-0.1	-0.2
Clyde	<b>0.4</b>	0.1	0.2	-0.1	0.1	0.1	-0.2	<b>-0.6</b>	-0.1	-0.2	0.0
Cambridge Bay	0.2	<b>0.4</b>	<b>0.3</b>	-0.1	<b>-0.4</b>	-0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	-0.2
Baker Lake	0.0	0.0	0.0	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>
Coral Harbour	0.2	-0.1	0.0	-0.1	-0.2	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>	-0.2
Iqaluit	<b>0.3</b>	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	0.0	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	-0.2	-0.2	0.1
Churchill	-0.2	-0.2	-0.2	<b>-0.4</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.6</b>
Kuujuarapik	-0.2	<b>-0.4</b>	-0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.5</b>
Kuujuaq	0.1	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	-0.2	0.0	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.3</b>
Churchill											
1951-1980	0.0	-0.3	-0.3	-0.3	<b>-0.6</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.5</b>	<b>-0.6</b>
1981-2010	-0.3	-0.2	-0.3	<b>-0.5</b>	<b>-0.7</b>	-0.1	<b>-0.5</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.4</b>	<b>-0.7</b>	<b>-0.6</b>



Porównując wartości korelacji wskaźnika EP/NP i temperatury powietrza na stacji Churchill w okresach 1951-1980 i 1981-2010 widoczny jest znaczny wpływ na temperaturę powietrza cyrkulacji EP/NP w miesiącu maju oraz od lipca do listopada. Pewne zmiany korelacji stwierdzono w czerwcu, gdzie w okresie 1951-1980 wystąpiła istotna statystycznie ujemna korelacja (-0.5), natomiast w okresie 1981-2010 stwierdzono brak związku (tab. 4). Przebieg wieloletni wskaźnika EP/NP i anomalii średniej dobowej temperatury powietrza w maju na stacji Churchill uwiadczenia istotny wpływ wybranego wskaźnika (wartość korelacji na poziomie -0.7) na temperaturę powietrza (ryc. 4).



Ryc. 4. Przebieg wieloletni anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza (Ti) i wskaźnika EP-NP w maju na stacji Churchill w latach 1951-2010

Fig. 4. Long-term course anomalies of monthly mean air temperature (Ti) and the EP-NP index in May at the Churchill station in the years 1951-2010

Ujemna faza EP-NP w większości lat w znacznym stopniu wpływała na pojawienie się dodatnich anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza w maju szczególnie w latach: 1977 (EP-NP = -1.86, Ti = 3.6°C), 1982 (EP-NP = -1.25, Ti = 3.6°C) oraz w 2001 (EP-NP = -1.40, Ti = 5.0°C) – ryc. 4. Dodatnia faza EP-NP w większości lat przynosiła znaczące ochłodzenie w maju, szczególnie w latach: 1997 (EP-NP = 2.87, Ti = -2.1°C), 2004 (EP-NP = 2.30, Ti = -6.7°C) oraz w 2009 (EP-NP = 1.63, Ti = -5.5°C).

Podobny wpływ na temperaturę powietrza ma wskaźnik EP-NP i na innych stacjach, w miesiącach, w których wartości współczynników korelacji osiągają istotne statystycznie ujemne wartości. Na tych stacjach, w sierpniu i we wrześniu, w związku z silnym istotnym statystycznie trendem spadkowym wartości EP-NP (szczególnie silnym w sierpniu -0.03/rok – tab. 1), możliwe jest w przyszłości coraz częstsze i silniejsze występowanie dodatnich anomalii temperatury powietrza z jednoczesnym zmniejszeniem przypadków ujemnych anomalii.

### 3.5. Korelacje wskaźnika cyrkulacji PNA ze średnią miesięczną temperaturą powietrza

Cyrkulacja pacyficzna/północnoamerykańska (PNA) występuje głównie zimą. Faza pozytywna (PNA) wiąże się z wyższym ciśnieniem atmosferycznym z centrum w okolicach wysp Hawajskich. Niższe ciśnienie atmosferyczne występuje wtedy na południe od Wysp Aleuckich i nad południowo-

wschodnią częścią USA i środkową Kanadą. W fazie pozytywnej PNA nad zachodnią częścią USA i Kanady temperatura powietrza osiąga wartości znacznie przekraczające wartości średnie. W takich przypadkach temperatura poniżej normy występuje przede wszystkim na południu i południowo-wschodzie USA. Latem PNA praktycznie nie ma wpływu na temperaturę powietrza w Ameryce Północnej. W analizowanym okresie najwyższe, istotne statystycznie współczynniki korelacji między wskaźnikiem cyrkulacji PNA a średnią miesięczną temperaturą powietrza (od 0.4 do 0.6) występowały w marcu i kwietniu na wschodzie (Sachs Harbour) i południu (Kuujuarapik) Arktyki Kanadyjskiej (tab. 5). Na północy i zachodzie badanego obszaru nie stwierdzono wpływu cyrkulacji typu PNA na temperaturę powietrza. Nieco słabsze, choć w dalszym ciągu istotne statystycznie dodatnie korelacje występują w styczniu (od 0.3 do 0.4). Obejmują one stacje leżące na północy i wschodzie Arktyki Kanadyjskiej. Od maja do grudnia oraz w lutym na większości analizowanych stacji nie stwierdzono związków cyrkulacji PNA z temperaturą powietrza. W maju i czerwcu na wszystkich stacjach korelacje były niewielkie i nieistotne statystycznie.

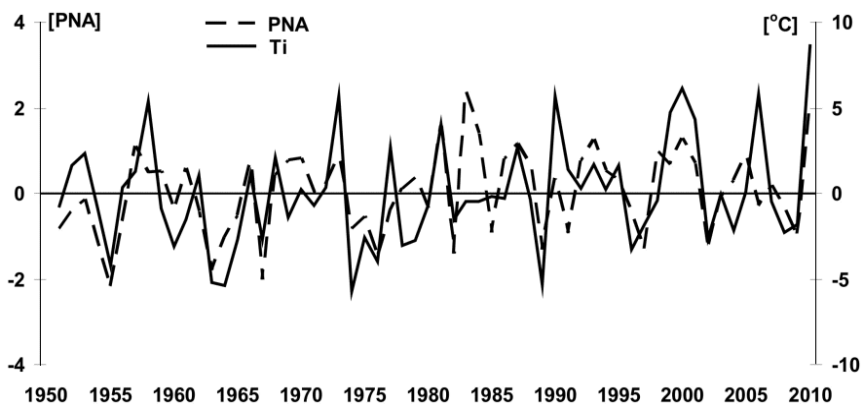
Tabela 5 – Table 5

Współczynniki korelacji między wskaźnikiem cyrkulacji PNA a średnią miesięczną temperaturą powietrza na wybranych stacjach w Arctyce Kanadyjskiej w latach 1951-2010 oraz na stacji Churchill w okresach 1951-1980 i 1981-2010. Korelacje istotne statystycznie na poziomie  $p < 0,05$  pogrubiono

Coefficients of correlations between PNA and monthly average air temperature at the selected meteorological stations in the Canadian Arctic in the years 1951-2010 and in the Churchill station in the periods 1951-1980 and 1981-2010. The coefficients of this correlations statistically significant at the level  $p < 0.05$  are in bold

Stacje – Stations	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Alert	<b>0.4</b>	0.1	0.0	0.2	0.1	-0.2	0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.1	0.2
Eureka	<b>0.3</b>	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	<b>0.6</b>	0.0	-0.1	0.0	0.1
Sachs Harbour	<b>0.3</b>	0.3	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	0.1	0.1	<b>0.3</b>	0.2	0.1	<b>0.3</b>	0.2	<b>0.4</b>
Resolute	<b>0.3</b>	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	<b>0.3</b>	<b>0.5</b>	-0.1	0.1	0.0	0.1
Clyde	0.0	0.2	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0
Cambridge Bay	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	0.1	-0.1	<b>0.3</b>	-0.1	-0.3	0.1	0.1	<b>0.3</b>
Baker Lake	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	0.2	-0.2	0.2	<b>-0.3</b>	<b>-0.3</b>	0.1	0.2	<b>0.3</b>
Coral Harbour	<b>0.3</b>	0.2	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	0.1	-0.1	0.2	-0.1	-0.2	0.0	-0.1	0.2
Iqaluit	0.2	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1	-0.2	-0.1	-0.1	<b>-0.3</b>	0.0
Churchill	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	0.0	-0.2	0.2	<b>-0.4</b>	-0.2	0.2	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>
Kuujuarapik	0.1	0.1	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	-0.1	-0.1	0.2	-0.1	-0.2	-0.1	-0.1	0.1
Kuujuaq	0.2	0.1	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	0.0	-0.1	0.2	0.0	-0.1	-0.1	-0.2	0.1
Churchill												
1951-1980	0.3	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	0.0	0.0	0.2	<b>-0.5</b>	<b>-0.5</b>	0.2	0.3	0.2
1981-2010	<b>0.5</b>	0.2	<b>0.5</b>	<b>0.5</b>	0.0	<b>-0.4</b>	0.0	-0.2	0.0	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>

Z analizy rozkładu rocznego wartości korelacji wskaźnika PNA i temperatury powietrza na stacji Churchill w dwóch trzydziestolecach (1951-1980 i 1981-2010) wynika, iż zaszły istotne zmiany w okresie 1981-2010. Dotyczą one głównie miesięcy jesiennych i zimowych. W okresie 1981-2010 od października do stycznia pojawiły się umiarkowanie silne istotne statystycznie korelacje. Najsilniejsze (od 0.5 do 0.7) i zbliżone w dwóch badanych okresach pozostają korelacje w marcu i kwietniu (tab. 5). Przebieg wieloletni wskaźnika PNA i anomalii średniej dobowej temperatury powietrza w marcu na stacji Churchill uwidacznia istotny wpływ wybranego wskaźnika (wartość korelacji na poziomie 0.6) na temperaturę powietrza (ryc. 5).



Ryc. 5. Przebieg wieloletni anomalii średniej miesięcznej temperatury powietrza (Ti) i wskaźnika PNA w marcu na stacji Churchill w latach 1951-2010

Fig. 5. Long-term course anomalies of monthly mean air temperature (Ti) and the PNA index in March at the Churchill station in the years 1951-2010

Negatywna faza PNA w większości lat badanego okresu w znacznym stopniu przyczyniała się do ujemnych anomalii temperatury powietrza występujących w marcu. Miało to miejsce szczególnie w latach: 1955 (PNA = -2.23, Ti = -4.2°C), 1964 (PNA = -1.04, Ti = -5.4°C) oraz w 1989 (PNA = -1.30, Ti = -5.3°C) – ryc. 5. W tym samym miesiącu występowanie pozytywnej fazy PNA sprzyjało ociepleniu. Takie sytuacje miały miejsce w latach: 1981 (PNA = 2.87, Ti = 2.1°C), 2000 (PNA = 1.28, Ti = 6.1°C) oraz w 2010 (PNA = 2.02, Ti = 8.7°C). Podobny wpływ na temperaturę powietrza wywiera dodatnia faza PNA i na innych stacjach i w innych miesiącach. W związku z istotnym statystycznie trendem wzrostowym wartości wskaźnika PNA w styczniu (0.02/rok – tab. 1) spodziewane jest coraz częstsze i silniejsze występowanie anomalii dodatnich temperatury średniej miesięcznej. Dotyczy to głównie stacji charakteryzujących się istotnymi, dodatnimi związkami temperatury powietrza z PNA.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

Analiza trendów miesięcznych wybranych wskaźników cyrkulacyjnych wykazała istotny statystycznie trend wzrostowy wartości wskaźnika NAO od stycznia do marca i istotny statystycznie trend spadkowy w październiku. Dla wartości wskaźnika AO stwierdzono brak istotnych statystycznie trendów we wszystkich analizowanych miesiącach. Wartości wskaźnika NP-EP charakteryzowały dość silne trendy spadkowe w sierpniu i we wrześniu oraz trend wzrostowy w lutym. Wartości wskaźnika PNA wzrastały istotnie statystycznie w styczniu i lipcu.

Zastosowanie w opracowaniu wartości indeksu NAO (Barnston i Livezey 1987) nieco różniącego się sposobem obliczania od wartości NAO CRU (Jones i in. 1997) pozwala na stwierdzenie wpływu cyrkulacji atmosferycznej opisywanej przez indeks NAO na warunki termiczne głównie wschodniej części Arktyki Kanadyjskiej niezależnie od sposobu jego obliczania.

Najsilniejsze istotne statystycznie korelacje ujemne między indeksami NAO i AO a temperaturą powietrza występują na wschodzie Arktyki Kanadyjskiej w miesiącach zimowych, a najslabsze latem. Jesienią na większości stacji wykryto istotne statystycznie korelacje ze wskaźnikiem NAO. Najwyższe

istotnie statystycznie ujemne wartości współczynnika korelacji między wskaźnikiem EP-NP a temperaturą powietrza występują w południowej części badanego obszaru od sierpnia do listopada.

Najwyższe istotnie statystycznie wartości współczynnika korelacji między wskaźnikiem PNA a temperaturą powietrza występują od listopada do kwietnia we wschodniej i południowej części Arktyki Kanadyjskiej. Pozytywna faza NAO, AO i EP/NP wiązała się z pojawieniem się ujemnych anomalii średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza, natomiast negatywna faza PNA wpływała na pojawienie się ujemnych anomalii temperatury powietrza. W okresie 1981-2010 zimą i jesienią korelacje wskaźników NAO i AO z temperaturą powietrza uległy nieznacznemu osłabieniu w stosunku do okresu 1951-1980, natomiast korelacje wskaźnika EP/NP w okresach 1951-1980 i 1981-2010 pozostały na podobnym poziomie. W okresie 1981-2010 na stacji Churchill od października do stycznia pojawiły się dość silne istotnie statystycznie korelacje wskaźnika PNA z temperaturą powietrza. Wskaźniki cyrkulacji NAO, AO i PNA i ich wpływ na różne elementy środowiska naturalnego są obszernie opisane w literaturze polskiej jak i zagranicznej. Znacznie gorzej wygląda sytuacja ze wskaźnikiem EP/NP. W niniejszym artykule udało się stwierdzić niezbyt silny wpływ tego wskaźnika na temperaturę powietrza w południowej części badanego obszaru.

## Literatura

- Aleksejev G.W., Podgornoj I.A., Swiaščennikov P.N., Khrol' W.P., 1991. Osobennosti formirovanija klimata i jego izmienčivosti v polarnoj klimatičeskoj sistemie atmosfera – morskoi l'ed – okean [w:] B. A. Krutkich (red.), Klimatičeskij režim Arktiki na rubieże XX i XXI w. Gidrometeoizdat. Sankt-Petersburg: 4–29.
- Atlas Arktiki, 1985. Glavnoje Upravlenye Geodeziji i Kartografii. Moskwa: 204 s.
- Barnston A.G., Livezey R.E., 1987. Classification, seasonality and persistence of low-frequency atmospheric circulation patterns. *Monthly Weather Review*, 115: 1083–1126.
- Bell G.D., Janowiak J.E., 1995. Atmospheric circulation associated with the midwest floods of 1993. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76 (5): 681–695.
- Bonsal B.R., Shabbar A., Higuichi K., 2001. Impact of Low frequency variability modes on Canadian winter temperature. *International Journal of Climatology*, 21 (1): 95–108.
- Dydina L.A., 1958. O principach sostavlenija dolgosročnych prognozov pogody maloj zablago vremennosti dlja Arktiki. *Trudy ANII*, 215: 269 s.
- Dydina L.A., 1982. Osobennosti razvitija sinoptičeskich processov v Arktikie i ispolzowanije v prognozach na srednije sroki. Gidrometeoizdat, Leningrad: 224 s.
- Hurrell, J.W., 1995. Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional Temperatures and Precipitation. *Science*, 269 (5224): 676–679.
- Hurrell J.W., 1996. Influence of variations in extratropical wintertime teleconnections on northern hemisphere temperature. *Geophysical Research Letters*, 23 (6): 665–668.
- Hurrell J.W., van Loon H., 1997. Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Climate Change*, 36: 301–326.
- Jager J., Kellogg W.W., 1983. Anomalies in temperature and rainfall during warm Arctic seasons. *Climatic Change*, 5: 39–60.
- Jones P.D., Jonsson T., Wheeler D., 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *International Journal of Climatology*, 17 (13): 1433–1450.
- Keegan T.J., 1958. Arctic synoptic activity in winter. *Journal of Climatology*, 15 (6): 513–521.
- Kushnir Y., 1999. Europe's winter prospects. *Nature*, 398: 289–291.

- Przybylak R., 2003. The Climate of the Arctic. Atmospheric and Oceanographic Science Library v. 26, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London: 288 s.
- Qian M., Jones C., Laprise R., Caya D., 2008. The Influences of NAO and the Hudson Bay sea-ice on the climate of eastern Canada. *Climate Dynamics*, 31 (2–3): 169–182.
- Shabbar A., 2006. The impact of El Niño-Southern Oscillation on the Canadian climate. *Advances in Geosciences*, 6: 149–153.
- Thompson D.W.J., Wallace J.M., 1998. The Arctic oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 25 (9): 1297–1300.
- Thompson D.W.J., Wallace J.M., 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part 1: Month-to-month variability. *Journal of Climate*, 13 (5): 1000–1016.
- Ustrnul Z., 1997. Zmienność cyrkulacji atmosfery na półkuli północnej w XX wieku. *Materiały Badawcze, Seria: Meteorologia*, 27, IMGW, Warszawa: 208 s.
- Vangengejm G.J., 1952. Osnovy makrocirkulacjonnoho metoda dolgrosročnych meteorologičeskich prognozov dlja Arktyki. *Trudy ANII*, 34: 314 s.
- Vangengejm G.J., 1961. O stepeni odnorodnosti atmosfernoj cirkuljacii različnych častej severnogo polušarija pri osnovnyh formach W, E i C. *Trudy AANII*, 240: 4–23.
- Van Loon H., Rogers J.C., 1978. The seesaw in winter temperatures between Greenland and northern Europe. Part I: general description. *Monthly Weather Review*, 106: 296–310.
- Wallace J.M., Gutzler D.S., 1981. Teleconnections in the geopotential height field during the Northern Hemisphere Winter. *Monthly Weather Review*, 109: 784–812.
- Weller G., 1982. Polar problems in climate research: some comparisons between the Arctic and Antarctic. *Australian Meteorological Magazine*, 30 (2): 163–168.
- Wettstein J.J., Mearns L.O., 2002. The Influence of the North Atlantic–Arctic Oscillation on Mean, Variance, and Extremes of Temperature in the Northeastern United States and Canada. *Journal of Climate*, 15 (24): 3586–3600.
- Wu A., Hsieh W.W., Shabbar A., Boer G.J., Zwiers F.W., 2006. The nonlinear association between the Arctic Oscillation and North American winter climate. *Climate Dynamics* 26: 865–879.
- Zblewski S., Marsz A., 2010. Zmiany niektórych cech klimatu w Arktyce Kanadyjskiej w ostatnim ćwierćwieczu XX i na początku XXI wieku. *Problemy Klimatologii Polarnej* 20: 45–62.

Wpłynęło: 9 września 2011, poprawiono: 18 listopada 2011

## Summary

The article presents the results of studies on selected indicators of circulation and their influence on thermal conditions in the Canadian Arctic in the years 1951-2010. The average daily temperature values in the years 1951-2010 for 12 meteorological stations located in the study area were used for the analysis (Alert, Eureka, Resolute, Sachs Harbour, Clyde, Cambridge Bay, Baker Lake, Coral Harbour, Iqaluit, Churchill, Kuujuaq, Kuujuarapik). Four selected indices of circulation were also taken under consideration: NAO (North Atlantic Oscillation), AO (Arctic Oscillation), EP / NP (EastPacific-North Pacific Pattern), PNA (Pacific-North American Pattern). These data were downloaded from the website of the Canadian Meteorological Service.

Selected indicators of circulation showed no significant trends in most months in the period 1951-2010. The NAO index was characterized by a statistically significant upward trend (0.02) from January to March, and a decreasing trend (-0.02) in October. For the EP-NP index statistical analysis showed a strong statistically significant downward trend (-0.03) in August and a slightly weaker one in September (-0.02). A statistically significant upward trend (0.02) occurred in February. The PNA index was characterized by a statistically significant growing trend (0.02) in January and July.

In autumn and winter fairly strong correlation coefficients were detected (-0.4 to -0.7) for the NAO index and the AO index with air temperature mostly in the east and partly in the central Canadian Arctic. The strongest correlation relationship (-0.5 to -0.7) for the circulation ratio EP-NP was detected at the stations located in the south and partially in the center of the study area in October and November. The PNA index correlated most strongly (from 0.5 to 0.7) with air temperature in March and April in the east and south of the Canadian Arctic.

**Key words:** atmospheric circulation, Canadian Arctic, correlation, air temperature.