

ZWIĄZKI KORELACYJNE MIĘDZY WSKAŹNIKAMI NAO WEDŁUG
JONESA I HURRELLA A WARUNKAMI TERMICZNYMI I OPADOWYMI
DLA POLSKI PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ

Monika Panfil, Ewa Dragańska

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. Prawocheńskiego 21, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Streszczenie. Celem niniejszej pracy było zaakcentowanie związków korelacyjnych zachodzących między liczbową postacią wskaźnika NAO wg Jonesa oraz Hurrella a warunkami termicznymi i opadowymi dla Polski północno – wschodniej. Podstawę obliczeń poszczególnych wielkości meteorologicznych stanowiły dane dobowe za okres 1951–2000 pochodzące z czterech stacji. Zanalizowano temperaturę powietrza (śr, max, min) oraz opady atmosferyczne (sumy i liczba dni w przedziale $\geq 0,1$; $\geq 1,0$; $\geq 10,0$). W latach 1951-2000 większość zimowych indeksów NAO naśladowała przebieg wielkości rocznych. Analiza dowiodła ścisłych związków między zmianami cyrkulacyjnymi i rozpatrywanymi parametrami termicznymi, zwłaszcza w okresie od grudnia do marca. Wysokość opadów nie ujawniła tak silnych korelacji z pozytywną lub negatywną fazą NAO. Porównanie indeksów z lat o odchyleniu standardowym $\geq 1,5$ wyróżniło wpływ Oscylacji Północnego Atlantyku, wyrażonej indeksem Hurrella na termikę wybranych stacji jako ocieplający, w stosunku do wartości uzyskanych metodą Jonesa. Sumy opadów atmosferycznych w czasie fazy dodatniej (wg Hurrella) charakteryzowały się mniejszymi wartościami w poszczególnych punktach obserwacyjnych w porównaniu do indeksu Jonesa, a fazy ujemne pokrywały się ze wzrostem sum opadów.

Słowa kluczowe: Oscylacja Północnego Atlantyku, temperatura powietrza, opady atmosferyczne, Polska północno-wschodnia

WSTĘP

Cyrkulacja atmosferyczna jest jednym z głównych czynników wpływających na odchylenia elementów klimatycznych od średniej wieloletniej na danym obszarze. Z uwagi na dużą zmienność cyrkulacji w czasie powstało kilka metod pozwalających scharakteryzować stopień jej oddziaływania na klimat [5]. Jedną z nich jest wykorzystanie do tego celu wskaźników Oscylacji Północnego Atlantyku (NAO-North Atlantic Oscillation).

Wskaźniki stanowią wartości obliczone z normalizowanej średniej różnicy ciśnień między Wyżem Azorskim a Niżem Islandzkim w kilku odmianach [2,3]. Postać indeksu, wyrażonego ujemną bądź dodatnią wartością, nie oddaje wprawdzie w całości skomplikowanych oddziaływań, bowiem ogromne układy niżowe i wyżowe kształtują pogodę w sposób ciągły i nie do końca przewidywalny. Niemniej zmiany klimatu na kontynentach półkuli północnej w obrębie średnich szerokości geograficznych wyraźnie korelują z tymi wartościami. Wyniki wielu porównań stanowią więc dość radykalny przykład na istnienie wyraźnego związku NAO z warunkami termicznymi i wilgotnościowymi w obszarach Europy i Ameryki Północnej.

W literaturze polskiej analizy przyczyn określonych modeli cyrkulacji atmosferycznej dokonali tylko nieliczni autorzy publikacji. Stanowi to o dokuczliwej luce informacyjnej zwarzywszy jej przemożny wpływ na pogodę i klimat. Typy cyrkulacji dla Polski, przyjmując za kryterium ich liczbę, scharakteryzował Lityński [7]. Występowanie poszczególnych rodzajów cyrkulacji w Polsce opisała Osuchowska-Klein [11]. Fluktuacje klimatu Polski z cyrkulacją powiązali Kożuchowski i Marciniak [6], a także Miętus [9], a próby wydzielenia naturalnych okresów synoptycznych dokonał Kaszewski [4].

Celem niniejszej pracy było dokonanie obliczeń związków korelacyjnych zachodzących między liczbową wartością wskaźnika NAO wg Jonesa oraz Hurrella, a warunkami termicznymi i opadowymi okresu zimowego (XII-II) oraz rocznego (I-XII), dla wybranych obszarów Polski północno-wschodniej.

MATERIAŁY I METODY

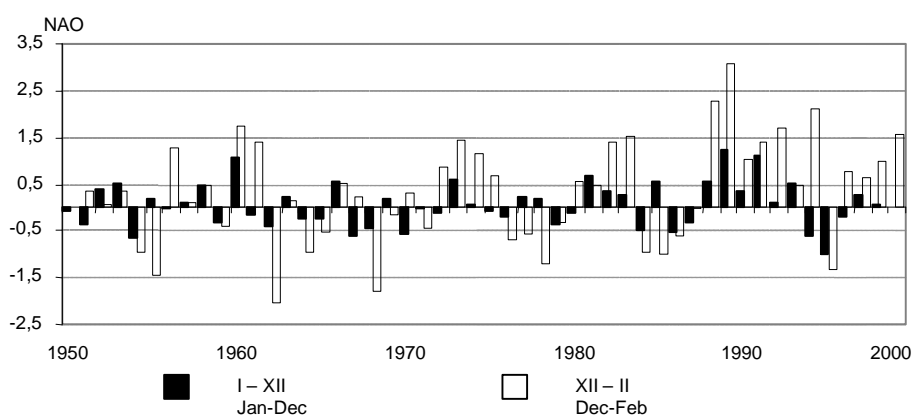
Do badań wykorzystano wartości wskaźnika NAO obliczone według Jonesa [3] uzyskane ze źródeł internetowych [10], a także dane na temat odchyłań wskaźnika według Hurrella zaczerpnięte z publikacji Dicksona i in. [1].

Podstawę obliczeń poszczególnych wielkości meteorologicznych stanowiły dane dobowe za okres 1951-2000 pochodzące ze stacji meteorologicznych w Kętrzynie, Lidzbarku Warmińskim, Myszyńcu i Olsztynie. Wykorzystano wartości dotyczące temperatury powietrza (średnia, maksymalna, minimalna) oraz wielkości i intensywności opadów atmosferycznych (suma opadów i liczba dni z opadami w przedziałach $\geq 0,1\text{mm}$; $\geq 1,0\text{mm}$; $\geq 10,0\text{ mm}$)

Wyliczono współczynniki korelacji pomiędzy wartościami indeksów NAO a wymienionymi elementami meteorologicznymi w postaci średnich rocznych oraz średnich z trzech miesięcy zimowych (XII-II). Dokonano analizy wartości poszczególnych elementów meteorologicznych, które wystąpiły w latach, gdy indeksy Jonesa oraz Hurrella były różne od średniej za wielolecie o wielkość przekraczającą odchylenie standardowe półtorakrotnie.

WYNIKI I DYSKUSJA

W całym ciągu obserwacyjnym indeks NAO wg Jonesa wykazywał podobny układ zmienności w okresie zimowym jak i rocznym (rys. 1). Wyraźne odmienności zanotowano w 14 przypadkach na 50. Dziewięć wartości za okres zimowy charakteryzowało się odchyleniem dodatnim, a pięć ujemnym (odwrotnym w stosunku do wielkości rocznych).

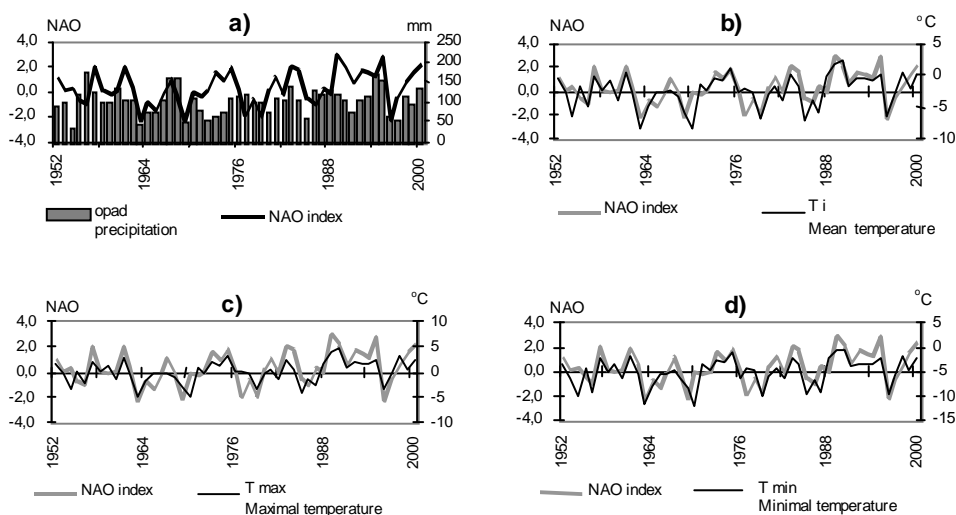


Rys. 1. Wartości wskaźnika NAO wg Jonesa w okresie zimowym (XII-II) i rocznym za lata 1951-2000

Fig. 1. Values of NAO index (from Jones) in winter (XII-II) and annual period (1951-2000)

Jest rzeczą charakterystyczną, że trzy ostatnie dziesięciolecia wykazywały ogólnie większy udział odchyleń dodatnich, z nasileniem od 1989 roku, co mocno akcentował Hurrell [2]. Wówczas faza negatywna wystąpiła tylko w jednym okresie zimowym (1996). Znalazło to swój wyraz w układzie klimatycznym analizowanego obszaru w postaci najniższej średniej temperatury powietrza okresu zimowego (rys. 2b, c, d). Zasadniczo, wszystkie wielkości charakteryzujące termikę powietrza bardzo dobrze odzwierciedlały wahania w cyrkulacji atmosferycznej opisanej wskaźnikami NAO, podkreślając jej dominujący wpływ w okresie od grudnia do marca (tab. 1).

Ponieważ średnie temperatury z wymienionych miesięcy ulegają największym wahanom, ich coroczna zmienność determinowała wielkość temperatury średniej rocznej [12]. Zatem dość dobra synchronizacja przebiegu NAO i elementów termicznych dla Pojezierza Mazurskiego, pokazuje zależności podobne do tych, które wcześniej wykazano dla Polski północno-zachodniej [8].



Rys. 2. Sumy opadów atmosferycznych (a) oraz średnie temperatury powietrza (b, c, d) w okresie zimowym w latach 1951-2000

Fig. 2. Sum of precipitation (a) and mean air temperature (b,c,d) in winter season (1951-2000)

Niejednoznacznie, wypadła analiza korelacji indeksów NAO i wielkości opadu atmosferycznego (rys. 2a). Pomimo pozornie porównywalnego przebiegu czasowego obu wielkości wyliczone współczynniki nie są tak wysokie jak w przypadku wskaźników temperatury powietrza (tab. 1). Rozpatrując po kolei wszystkie 50 lat, w części przypadków stwierdza się brak zgodności między dominacją pozytywnej fazy NAO i sumą opadów zimowych (rys. 2a). Niezgodności nie wpłynęły jednak znacząco na wartość korelacji dla wielolecia 1951-2000, która nawiązuje do wyników opisanych przez Wibig [12]. Można zatem sądzić, że nawet ta stosunkowo niewielka, ale jednak dodatnia średnia wartość indeksu NAO, wpływała na zwiększanie sum opadów.

Wilgotne masy powietrza przemieszczające się z zachodu na wschód napływają niemalże z identyczną częstością nad obszar wszystkich badanych stacji. Mimo to najwyższy współczynnik korelacji, przy najniższej sumie opadów, charakteryzował Kętrzyn. Olsztyn zaś, z najwyższymi opadami opisywał jeden z niższych współczynników (tab. 1). Wynika z tego, iż na wielkość opadów wpływało, prócz występujących mas powietrza, także swoiste położenie geograficzne stacji.

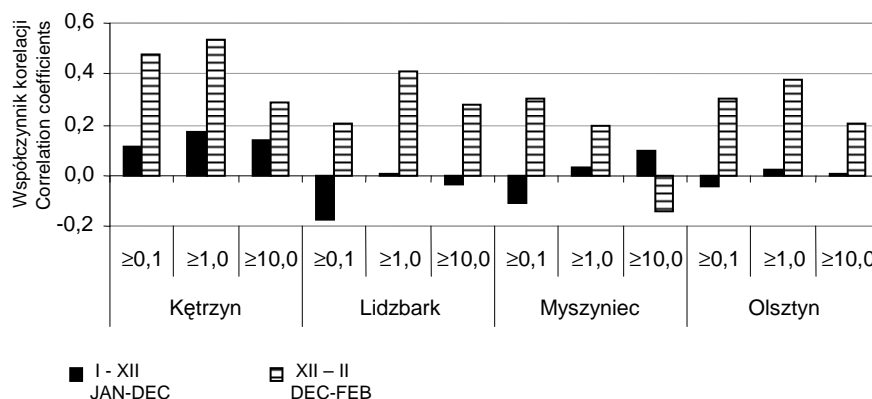
Podobnie liczba dni z opadem w okresach rocznym oraz zimowym najlepiej korelowała z indeksami NAO w Kętrzynie. Generalnie można stwierdzić, że we wszystkich trzech przedziałach klasowych o liczbie dni z opadem w miesiącach XII-II decydowała w przeważającym stopniu cyrkulacja atmosferyczna (rys. 3).

Tabela 1. Średnie wartości wybranych elementów meteorologicznych za okres zimowy 1951-2000 oraz ich współczynniki korelacji z NAO (wg Jonesa) w Kętrzynie, Lidzbarku, Myszyniu i Olsztynie
Table 1. Mean values of selected meteorological elements for winter period 1951-2000 and their correlation coefficients with NAO (from Jones) in Ketrzyn, Lidzbark, Myszyniec and Olsztyn

Parametry Parameters	Kętrzyn		Lidzbark		Myszyniec		Olsztyn					
	r		r		r		r					
	XII-II	I-XII	XII-II	I-XII	XII-II	I-XII	XII-II	I-XII				
NAO	0,350		0,350		0,350		0,350					
P	87,3*	0,133	0,463	108,6*	-0,050	0,255	100,3*	0,037	0,015	113,2*	0,106	0,205
T _i	-2,5	0,531	0,742	-2,4	0,522	0,755	-2,8	0,511	0,756	-2,3	0,496	0,773
T _{max}	-0,1	0,482	0,757	0,1	0,479	0,775	-0,1	0,441	0,752	0,2	0,480	0,806
T _{min}	-5,1	0,538	0,994	-5,2	0,468	0,733	-5,8	0,468	0,716	-5,0	0,507	0,750
A	5,0		-0,642	5,3		-0,456	5,7		-0,376	5,2		-0,415

* suma opadów; r – współczynnik korelacji z NAO; T_i – temperatura średnia; T_{max} – temperatura maksymalna; T_{min} – temperatura minimalna; A – amplituda; P – opad.

* sum of precipitation, r – correlation coefficient with NAO; T_i – mean temperature; T_{max} – maximal temperature; T_{min} – minimal temperature; A – amplitude; P – precipitation.



Rys. 3. Współczynniki korelacji liczby dni z opadem i wskaźnika NAO (wg Jonesa) dla okresu zimowego i rocznego w latach 1951-2000

Fig. 3. Correlation coefficients of the number of days with precipitation and index NAO (from Jones) for winter and annual period (1951-2000)

Ocena wpływu cyrkulacji północnoatlantyckiej na wielkości wybranych elementów meteorologicznych zależała od wartości indeksu, jakim się posługiwano. Wartość ciśnienia zmierzonych w różnych punktach obserwacyjnych wpłynęła na ilość odchyłeń standardowych ($\geq 1,5$) oraz ich występowanie w czasie. We wszystkich miesiącach zimowych indeks Jonesa charakteryzował się większą liczbą odchyłeń

w fazie NAO+, a indeks Hurrella w fazie NAO-. Liczba przypadków z odchyleniami wahała się od 16 w styczniu do 23 w grudniu w obu indeksach łącznie. Zbieżność lat z jednoczesnym odchyleniem w obu indeksach wyniosła odpowiednio od 6 do 9 par. W każdym miesiącu więcej przypadków odnotowano dla fazy pozytywnej. Niewielkie różnice w ilościach odchylen standardowych obu indeksów zaowocowały jednak różnymi wartościami średnimi dla wybranych wielkości meteorologicznych. Odzwierciedlają to dobrze wyniki otrzymane dla wskaźników Jonesa i Hurrella (tab. 2).

Tabela 2. Średnie wartości miesięczne w latach o odchyleniu standardowym $\geq 1,5$ (wg Hurrella oraz Jonesa) w Kętrzynie, Lidzbarku, Myszyńcu i Olsztynie, wyznaczone z okresu 1951-2000 dla pozytywnej i negatywnej fazy NAO

Table 2. Mean values of months included to the years with standard variation ≥ 1.5 (from Hurrell and Jones) in Ketrzyn, Lidzbark, Myszyniec, and Olsztyn, chosen from period 1951-2000 for negative and positive NAO phase

Stacja; Station	Indeks; Index	Faza; Phase	XII					I					II				
			P (mm)	T _i (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	A (°C)	P (mm)	T _i (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	A (°C)	P (mm)	T _i (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	A (°C)
Kętrzyn	H	+	464	0,2	2,3	-1,9	4,2	303	0,1	2,0	-2,1	4,1	184	1,0	3,5	-1,3	4,8
		-	327	-3,1	-0,6	-5,6	5,0	270	-7,3	-4,4	-10,4	6,0	146	-6,2	-3,1	-9,6	6,4
	J	+	493	-0,1	1,9	-2,2	4,1	359	0,2	2,1	-2,0	4,1	361	0,7	3,0	-2,0	4,9
		-	226	-4,2	-1,5	-6,9	5,3	132	-8,8	-5,8	-12,2	6,4	94	-7,4	-4,2	-10,8	6,6
Lidzbark	H	+	667	0,7	2,8	-1,5	4,3	338	0,2	2,2	-2,0	4,3	200	1,1	3,6	-1,4	5,0
		-	340	-3,0	-0,5	-5,7	5,2	373	-7,1	-4,2	-10,5	6,3	228	-6,1	-2,9	-10,3	7,3
	J	+	673	0,2	2,4	-2,0	4,4	406	0,3	2,4	-1,9	4,3	446	0,9	3,2	-1,9	5,2
		-	226	-4,1	-1,3	-7,0	5,7	176	-8,8	-5,4	-12,4	7,0	140	-7,2	-3,8	-11,8	8,0
Myszyniec	H	+	485	0,0	2,3	-2,5	4,9	262	-0,1	2,1	-2,6	4,7	153	0,8	3,7	-2,0	5,7
		-	358	-3,3	-0,8	-6,3	5,5	338	-7,5	-4,5	-11,2	6,7	296	-6,3	-2,9	-10,3	7,4
	J	+	574	-0,4	1,9	-2,8	4,7	306	-0,1	2,1	-2,5	4,7	335	0,6	3,2	-2,5	5,8
		-	232	-4,4	-1,7	-7,3	5,6	140	-9,2	-5,8	-13,2	7,3	212	-7,6	-4,0	-11,6	7,6
Olsztyn	H	+	624	0,5	2,6	-1,8	4,4	346	0,2	2,2	-2,0	4,2	170	1,2	3,8	-1,2	5,0
		-	380	-3,0	-0,6	-5,5	4,9	348	-6,9	-4,1	-10,1	6,0	272	-5,9	-2,8	-9,5	6,7
	J	+	659	-0,2	2,3	-2,6	4,9	413	0,3	2,3	-1,9	4,2	409	0,2	3,3	-2,7	6,0
		-	267	-4,4	-1,4	-7,0	5,6	179	-8,9	-5,3	-12,3	7,0	194	-7,0	-3,9	-10,6	6,7

T_i – temperatura średnia; T_{max} – temperatura maksymalna; T_{min} – temperatura minimalna; A – amplituda; P – opad; H- indeks Hurrella; J- indeks Jonesa; + faza pozytywna; – faza negatywna.

T – mean temperature; T_{max} – maximal temperature; T_{min} – minimal temperature; A – amplitude; P – precipitation; H- Hurrell's index; J – Jones's index; + positive phase; – negative phase.

Dane zebrane w analizowanych miejscowościach wykazały wyższe wartości średnich miesięcznych temperatur z lat, które odpowiadały ujemnym i dodatnim odchyleniom ($\geq 1,5$) wyrażonym indeksem Hurrella. W przypadku fazy pozytywnej różnice w wynikach wyniosły dziesiątą część stopnia Celsjusza. Z fazą ujemną związana była temperatura średnia dobowa wyższa nawet o $2,2^{\circ}\text{C}$, od średniej dla indeksu Jonesa [Olsztyn – I, (T min)]. Reasumując, w latach, w których indeks Hurrella przybierał średnie wartości większe o 1,5 odchylenia standardowego, uśrednione temperatury miesięcy zimowych były wyższe w stosunku do wartości osiągniętych w analogicznej sytuacji dla indeksu Jonesa.

Wysokość opadów oraz ich rozkład w czasie odznaczały się dużo większym zróżnicowaniem. Generalnie sytuacja wyrażona dodatnimi wartościami indeksów wpływała na zwiększenie sumy opadów atmosferycznych, wartości ujemne indeksów generowały ich zmniejszenie. Wystąpiły jednak zasadnicze różnice dla każdego z indeksów. Wskaźniki Jonesa modulowały dodatkowo zwiększenie sumy opadów podczas faz dodatnich, średnio o 100 mm; natomiast fazy ujemne charakteryzowały się zmniejszeniem wysokości opadów średnio o 120 mm w porównaniu z wielkościami obliczonymi dla indeksu Hurrella.

Na podstawie rozkładów ciśnień oraz wynikających z tego typów cyrkulacyjnych, których wyrazicielami liczbowymi są indeksy NAO Hurrella i Jonesa można domniemać, że wzmożona aktywność atlantyckich ośrodków barycznych wzmagająca ilość opadów w fazach pozytywnych, podwyższając jednocześnie średnie miesięczne temperatury powietrza. Natomiast słabo wykształcone ośrodki baryczne w okolicach Islandii i Wysp Azorskich hamowały napływ wilgotnych mas powietrza w fazach negatywnych, co wiązało się z niższymi sumami opadów i obniżoną średnią temperaturą w miesiącach zimowych.

WNIOSKI

1. W latach 1951-2000 indeksy NAO wg Jonesa wyliczone dla okresu rocznego i miesięcy zimowych wykazywały w 72% zgodność fazową. Wyodrębnione trzydziestolecie 1971-2000 charakteryzowało się większym udziałem odchyleń dodatnich indeksów, ze szczególnym nasileniem tego trendu od roku 1989.

2. Typy cyrkulacji atmosferycznej określonej indeksami NAO bardzo dobrze korelowały z temperaturą powietrza na analizowanym obszarze, szczególnie istotny ich wpływ zaznaczył się w okresie od grudnia do marca.

3. Współczynniki korelacji indeksów NAO z sumami opadów XII-II i liczbami dni z opadem w trzech standardowych przedziałach zmniejszały się z północnego-zachodu na południowy-wschód, co wskazywało na trend przestrzenny osłabiania wpływu cyrkulacji północnoatlantyckiej na tę część Polski.

4. NAO wyrażone wskaźnikami wg Jonesa w latach z odchyleniem standardowym $\geq 1,5$ wpływało na niższe wartości temperatury średniej, maksymalnej i minimalnej. Sumy opadów były wyższe w czasie faz pozytywnych, a niższe w negatywnych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Dickson R.R., Osborn T.J., Hurrell J.W., Meincke J., Blindheim J., Adlandsvik B., Vinje T., Alekseev G., Maslowski W.:** The Arctic Ocean Response to the North Atlantic Oscillation. *Journal of Climate*, 13, 2971-2681, 2000.
2. **Hurrell J.W.:** Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, 676-679, 1995.
3. **Jones P.D., Jonsson T., Wheeler D.:** Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from the Gibraltar and South-West Iceland. *International Journal of Climate*, 17, 1433-1450, 1997.
4. **Kaszewski B.M.:** Próba wydzielenia naturalnych okresów synoptycznych na podstawie częstości typów cyrkulacji nad Polską. *Przegląd Geofizyczny*, 28, 2, 195-207, 1983.
5. **Kaszewski B.M.:** Przegląd metod typologii cyrkulacji atmosferycznej (cz. II). Typologie w makroskali. *Wiadomości IMGW*, 12(33), 3-4, 3-9, 1989.
6. **Koźuchowski K., Marciniak K.** Fluktuacje kontynentalizmu klimatu Polski na tle warunków cyrkulacyjnych i solarnych. *Przegląd Geofizyczny*, 31(39), 2, 1986.
7. **Lityński J.:** Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Prace PIHM*, 97, 3-15, 1969.
8. **Marsz A. A.:** Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku. *Przegląd Geograficzny*, 71, 3, 225-245, 1999.
9. **Miętus M.:** Zmienność temperatury i opadów w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego i jej spodziewany przebieg do roku 2030. *Materiały Badawcze IMGW, seria Meteorologia*, 26, 1996.
10. National Weather Service, Climate prediction Center – www.cpc.ncep.noaa.gov
11. **Osuchowska-Klein B.:** Katalog typów cyrkulacji atmosferycznej. IMGW, WKiŁ, Warszawa, 1978.
12. **Wibig J.:** Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu. *Przegląd Geofizyczny*, XLV, 2, 121-138, 2000.

CORRELATIONS BETWEEN NAO INDEXES (FROM JONES AND HURRELL) AND THERMAL ALSO PRECIPITATION CONDITIONS IN NORTH-EAST POLAND

Monika Panfil, Ewa Dragańska

Department of Meteorology and Climatology, Warmia and Mazury University
ul. Prawocheńskiego 21, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Abstract. The aim of presented work is to find correlation's connection between NAO index (from Jones and from Hurrell) and thermal also precipitation conditions in north-east Poland. The meteorological data were obtained from four stations and period 1951-2000 years. The air

temperature (means, max, min) and precipitation (sum and number from interval ≥ 0.1 ; ≥ 1.0 ; ≥ 10.0) were analyzed. The most winter NAO indexes corresponded with annual indexes from periods 1951-2000 years. Analysis proved that circulation's fluctuations described all air temperature parameters very well, especially during winter periods from December to March. Meanwhile precipitation not reveal so strong correlation with dominant positive or negative NAO phase. Comparing Jones and Hurrell indexes (in cases they were over 1.5 of standard deviation) stated that Hurrell's NAO index pointed air temperature higher than Jones's ones at the all stations. The sum of precipitation showed lower value during positive phase characterized by Jones's indexes.

Key words: North Atlantic Oscillation, temperature, precipitation, north-east Poland