

WARUNKI STREFOWEGO PRZEPLYWU POWIETRZA W ŚRODKOWEJ TROPOSFERZE NAD EUROPA A ZMIENNOŚĆ WSKAŹNIKÓW INTENSYWNOŚCI PRZENOSU ZACHODNIEGO

Michał Marosz

Uniwersytet Gdański, Katedra Klimatologii i Kształtowania Środowiska

NAO (Oscylacja Północnego Atlantyku) jest jednym z silniejszych mechanizmów telekoneksji dla obszaru Europy. Jego wartości obliczane są jako standaryzowane różnice ciśnienia na poziomie morza między wybranymi punktami. Będąc syntetycznym wyrazem intensywności splywu zachodniego, nie pozostaje on bez związku z charakterystykami przepływu powietrza w środkowej troposferze. Wiele przykładów z literatury potwierdza istnienie tego typu zależności jak również między NAO, a innymi zmiennymi klimatologicznymi (Marsz 1999, Marsz i Żmudzka 1999, Wibig 1999a i b, 2000 i wielu innych). NAO stanowi immanentną część bardziej ogólnego mechanizmu, znanego pod nazwą: Oscylacja Arktyczna (AO), charakterystycznego dla całej północnej hemisfery i pozostaje w ścisłym związku z cyrkulacją oceaniczną Atlantyku (Marshall i in. 2001) Można zadać pytanie, czy związki te równie silnie będą ujawniały się dla obszaru Europy dla szczegółowej skali czasowej. Niniejsze opracowanie stawia sobie za cel próbę odpowiedzi na to pytanie.

Metody opracowania i materiał źródłowy

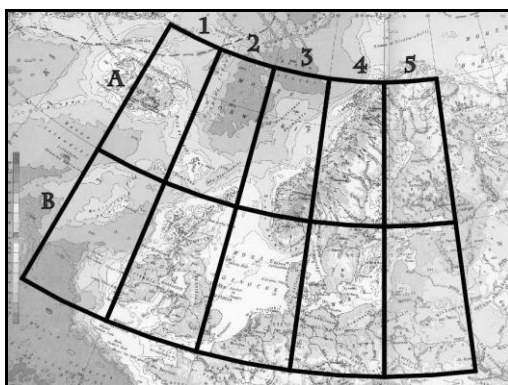
Podstawę opracowania stanowiły dane z NCEP/NCAR Reanalysis (Kanlay i in. 1996), a zakres czasowy badań obejmował trzydziestolecie 1961-1990. Oprócz tego, skorzystano z danych (SLP – Sea Level Pressure) udostępnionych na serwerze CRU (Climatic Research Unit, Norwich, UK). W analizie zależności wykorzystano następujące wskaźniki:

- średnie obszarowe składowej równoleżnikowej (U) wektora wiatru (500hPa) dla wszystkich podobszarów (U A1, U A2 itd.) zaznaczonych na rysunku 1;
- średnie obszarowe wartości dywergencji (DIV A1, DIV A2, itd.) na poziomie 500hPa, obliczone metodą różnic skończonych wg następującej formuły (Bary i Carleton 2001):

$$DIV = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}$$

gdzie: DIV – wartość dywergencji ruchu powietrza, u i v – składowe wektora wiatru oraz x i y – osie układu odniesienia;

- $\Delta p_{(PID-S)}$ – wskaźnik obliczony jako różnica średnich dobowych wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (SLP) dla punktów gridowych najbliższych stacjom Ponta Delgada i Stykissholmuir, które wykorzystywane są do obliczania wskaźników NAO;
- maksymalna różnica ciśnienia (Δp_{max}) między obszarami ograniczonymi równoleżnikami 55-70°N i 20-50°N oraz południkami 60°W i 0°;
- zmodyfikowany wskaźnik Rossby'ego (WC_{ST}) – różnica między średnią wysokością geopotencjalną powierzchni izobarycznej 500 hPa na równoleżnikach 40°N i 65°N, między południkami 30°W i 30°E.



Rys. 1. Obszar badań

Średnie obszarowe oraz WC_{ST} zostały obliczone dla danych z krokiem czasowym 6h, a następnie przeliczone na średnie dobowe. W celu analizy stabilności przepływu względem zmian indeksów, obliczono również wartości międzydobowych zmian ($\Delta 24h$) wszystkich wyżej opisanych wskaźników.

W analizie zależności między zmiennymi wykorzystano korelację liniową oraz regresję wielokrotną. Poziom istotności równań regresji testowano za pomocą testu F-Snedecora, natomiast do obliczenia poziomu istotności poszczególnych współczynników kierunkowych wykorzystano test t. Obliczono błąd standardowy estymacji (BSE) dla modeli regresji oraz wyrazu wolnego w modelu. Wykorzystano również współczynnik determinacji (R^2), określający wariancję zmiennej zależnej wyjaśnianą przez model, oraz współczynniki korelacji cząstkowej, jako miarę współzmienności między predyktorem a predyktantą, przy uwzględnieniu wpływu pozostałych zmiennych niezależnych w modelu regresyjnym (Wilks 1995).

Należy również nadmienić iż w trakcie badań wykryto błędy w pliku hgt.1976.nc (NCEP/NCAR Reanalysis), dlatego też w niektórych procedurach statystycznych nie wykorzystywano okresu od 21.04 do 31.12.1976.

Wyniki

W tabeli 1 przedstawiono wartości współczynników korelacji między składową równoleżnikową (U) oraz dywergencją (DIV) a powyżej zdefiniowanymi wskaźnikami cyrkulacji. Wyniki ukazują bardzo

dużą rozbieżność między północną (A), a południową częścią obszaru (B). Wartości korelacji w obszarze A nie przekraczają w żadnym przypadku 0.2, a większość z nich oscyluje wokół zera. Jedynie dla obszarów A2 i A3 przekraczają one 0.15. Dla obszaru B przepływ strefowy w środkowej troposferze jest najsilniej związany z WC_{ST} i to w całym obszarze. Dla wartości rocznych nie spadają one poniżej 0.50, a w większości obszarów przekraczają 0.75. Wskaźnik $\Delta p_{(PID-S)}$ koreluje wysoko jedynie w przypadku obszaru B1 wysuniętego najdalej na zachód. Następnie wraz z przesuwaniem się ku wschodowi wartości współczynników korelacji gwałtownie spadają aż do wartości ujemnych w obszarach B4 i B5. Wskaźnik Δp_{max} również koreluje wysoko jedynie dla obszaru B1. Analiza korelacyjna dywergencji wykazała znikomą korelację z obliczonymi wskaźnikami. Wartości współczynnika korelacji oscylują w pobliżu zera i rzadko tylko przekraczają +/- 0.1.

Tabela 1

Wartości współczynników korelacji między $\Delta p_{(PID-S)}$, Δp_{max} i WC_{ST} a U i DIV (objaśnienia w tekście).
R – rok, Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień

Obszar	$\Delta p_{(PID-S)}$					Δp_{max}					WC_{ST}				
	R	Z	W	L	J	R	Z	W	L	J	R	Z	W	L	J
U A1	0.00	0.05	-0.02	-0.07	-0.10	0.08	0.00	0.04	-0.01	-0.05	0.07	0.07	0.10	-0.09	0.00
U A2	0.08	0.13	0.07	-0.01	-0.01	0.14	0.08	0.10	0.01	-0.01	0.10	0.11	0.13	-0.09	0.00
U A3	0.13	0.18	0.10	0.01	0.03	0.18	0.15	0.12	0.02	0.02	0.14	0.16	0.16	-0.07	0.03
U A4	0.12	0.19	0.08	0.00	0.04	0.17	0.18	0.10	0.04	0.04	0.15	0.18	0.16	-0.04	0.05
U A5	0.07	0.15	0.03	-0.02	0.01	0.14	0.15	0.04	0.05	0.05	0.14	0.16	0.14	0.00	0.06
U B1	0.66	0.71	0.64	0.63	0.59	0.46	0.52	0.53	0.41	0.41	0.76	0.79	0.75	0.67	0.77
U B2	0.46	0.55	0.43	0.39	0.35	0.38	0.46	0.43	0.30	0.32	0.83	0.86	0.83	0.77	0.85
U B3	0.25	0.35	0.22	0.16	0.14	0.27	0.34	0.29	0.19	0.20	0.83	0.86	0.82	0.79	0.84
U B4	0.11	0.20	0.06	0.03	0.02	0.18	0.22	0.15	0.10	0.09	0.76	0.79	0.73	0.73	0.76
U B5	0.02	0.07	-0.04	-0.04	-0.06	0.11	0.09	0.05	0.02	0.01	0.61	0.63	0.55	0.58	0.59
DIV A1	0.22	0.16	0.25	0.26	0.28	0.09	0.05	0.10	0.10	0.10	0.09	0.10	0.09	0.10	0.03
DIV A2	0.14	0.12	0.14	0.21	0.15	0.09	0.09	0.11	0.09	0.09	0.11	0.10	0.11	0.12	0.12
DIV A3	0.09	0.08	0.07	0.11	0.05	0.13	0.10	0.10	0.08	0.09	0.18	0.17	0.18	0.10	0.17
DIV A4	-0.01	-0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	-0.03	0.02	0.04	-0.01	0.04	0.00	0.08	0.12	0.06
DIV A5	-0.02	0.01	-0.04	-0.02	0.00	-0.05	0.02	-0.04	-0.01	0.03	0.03	0.02	0.04	0.13	0.08
DIV B1	0.01	0.05	0.01	-0.04	-0.03	0.05	0.08	0.04	-0.02	0.00	0.03	0.04	0.01	0.06	0.01
DIV B2	-0.03	0.00	-0.04	-0.09	-0.06	-0.02	0.00	-0.04	-0.06	-0.03	0.00	-0.01	0.00	0.05	-0.05
DIV B3	0.00	-0.03	0.01	-0.04	-0.01	0.06	-0.01	0.05	-0.02	0.02	0.14	0.13	0.14	0.07	0.14
DIV B4	-0.04	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	-0.06	-0.04	-0.02	-0.06	-0.01	0.02	-0.05	-0.03	-0.01
DIV B5	-0.03	-0.02	-0.06	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.05	-0.03	0.00	0.00	0.02	-0.02	-0.07	-0.01

W tabeli 2 zebrano wyniki analizy korelacyjnej między dobowymi zmianami wartości ($\Delta 24h$) poszczególnych wskaźników. Korelacje te są miarą tego na ile zmiana wartości wskaźnika jest stowarzyszona ze zmianą wartości U i DIV. Analiza zebranych informacji wskazuje na znikomą współzależność przepływu w środkowej troposferze z wartościami wskaźnika $\Delta p_{(PID-S)}$ w tej skali czasowej. Jedynie dla wskaźnika WC_{ST} (obszar B) wartości przekraczają 0.5, a wartość maksymalna wynosi 0.64. Jest to również jedyny wskaźnik, dla którego charakter zależności pozostaje dodatni dla

całego obszaru i wszystkich pór roku. W przypadku wskaźnika $\Delta p_{(PID-S)}$ oraz Δp_{max} korelacje są niewielkie, a wraz z przesuwaniem się ku wschodowi, charakter zależności zmienia się na negatywny. Ponieważ, również w tym przypadku, dla dywergencji ruchu powietrza wartości współczynników korelacji były zbliżone do zera podjęto decyzję o zrezygnowaniu w dalszych etapach badań z dywergencji ruchu powietrza jako predyktanty w modelach regresyjnych.

Tabela 2

Wartości współczynników korelacji między dobowymi ($\Delta(24h)$) zmianami $\Delta p_{(PID-S)}$, Δp_{max} i WC_{ST} a U i DIV (objaśnienia w tekście). R – rok, Z – zima, W – wiosna, L – lato, J – jesień

Obszar	$\Delta p_{(PID-S)}$					Δp_{max}					WC_{ST}				
	R	Z	W	L	J	R	Z	W	L	J	R	Z	W	L	J
U A1	-0.13	-0.13	-0.11	-0.16	-0.14	-0.06	-0.05	-0.07	-0.10	-0.05	-0.06	-0.07	-0.05	-0.05	-0.06
U A2	0.06	0.06	0.08	0.04	0.07	0.01	0.02	0.02	-0.03	0.01	-0.03	-0.06	-0.02	0.00	-0.02
U A3	0.11	0.13	0.08	0.08	0.12	0.06	0.10	0.06	0.01	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03
U A4	0.04	0.06	0.01	0.03	0.03	0.06	0.12	0.05	0.02	0.01	0.07	0.10	0.05	0.03	0.06
U A5	-0.04	-0.03	-0.03	-0.01	-0.06	0.03	0.08	0.01	0.01	-0.02	0.08	0.12	0.05	0.05	0.08
U B1	0.37	0.36	0.33	0.42	0.40	0.19	0.20	0.20	0.16	0.17	0.53	0.53	0.52	0.47	0.56
U B2	0.09	0.11	0.09	0.09	0.08	0.15	0.17	0.17	0.12	0.14	0.59	0.61	0.58	0.50	0.64
U B3	-0.11	-0.10	-0.07	-0.13	-0.15	0.07	0.09	0.07	0.06	0.05	0.57	0.60	0.56	0.47	0.60
U B4	-0.15	-0.17	-0.10	-0.14	-0.17	-0.02	-0.02	-0.01	0.02	-0.04	0.49	0.51	0.48	0.43	0.51
U B5	-0.08	-0.10	-0.05	-0.02	-0.09	-0.05	-0.07	-0.02	0.00	-0.07	0.34	0.34	0.35	0.33	0.35
DIV A1	0.28	0.28	0.29	0.24	0.29	0.04	0.06	0.05	0.04	0.01	-0.02	-0.02	-0.03	0.01	-0.04
DIV A2	0.15	0.13	0.14	0.17	0.16	0.05	0.06	0.09	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.05
DIV A3	0.02	0.02	0.00	0.05	0.02	0.06	0.08	0.03	0.03	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.08
DIV A4	-0.03	-0.01	-0.05	-0.03	-0.03	0.00	0.02	-0.02	0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.01	0.01	-0.03
DIV A5	-0.05	-0.05	-0.05	-0.04	-0.05	0.00	0.01	-0.03	0.00	0.03	0.02	0.02	0.01	0.04	0.01
DIV B1	-0.04	-0.03	-0.01	-0.05	-0.05	0.00	0.01	0.02	-0.01	-0.04	0.00	0.01	0.01	0.01	-0.02
DIV B2	-0.01	-0.01	0.00	-0.06	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	-0.02	0.03	0.02	-0.02
DIV B3	-0.04	-0.04	-0.05	-0.01	-0.05	-0.02	-0.02	0.00	-0.05	-0.02	0.04	0.06	0.04	0.01	0.02
DIV B4	0.00	0.01	-0.04	0.01	0.01	-0.02	-0.03	0.00	0.00	-0.03	0.00	0.00	-0.01	-0.03	0.02
DIV B5	-0.01	0.01	-0.03	0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.04	-0.03	0.00	0.01	0.03	0.00	-0.02	-0.01

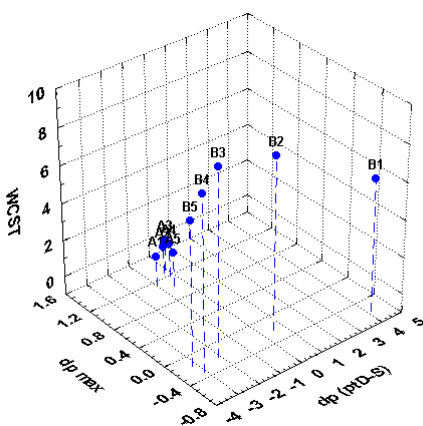
Tabele 3 i 4 oraz rysunki 2 i 3 przedstawiają wyniki regresji wielokrotnej, gdzie jako predyktory wykorzystano wskaźniki cyrkulacji ($\Delta p_{(PID-S)}$, Δp_{max} oraz WC_{ST}) natomiast predyktantami były średnie obszarowe wartości U (druga część tabeli prezentuje wyniki modelu regresyjnego tychże zmiennych dla zmian międzydobowych ($\Delta 24h$))

Wszystkie modele regresji są istotne na poziomie 0.0000, jakkolwiek tak wysoki poziom istotności jest z pewnością wynikiem dużej liczebności próby (powyżej 10000 przypadków). Poziom istotności dla poszczególnych współczynników kierunkowych równania regresji jest również wysoki, z wyjątkiem obszaru A3. Również dla modeli zmian międzydobowych istotność równań jest wysoka, jakkolwiek bardzo niski poziom istotności wyrazu wolnego we wszystkich modelach implikuje poważne wątpliwości odnośnie jakości tych modeli. BSE (błąd standardowy estymacji) jest stosunkowo duży i osiąga maksymalnie 9.26 (A1).

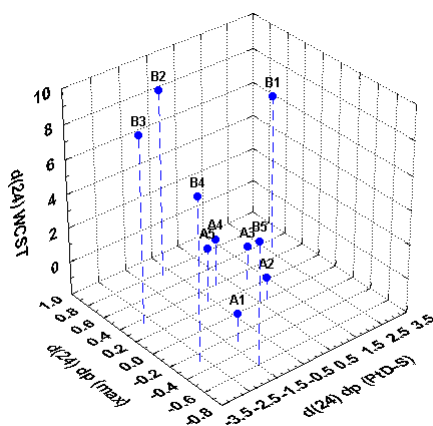
Tabela 3

Wyniki regresji wielokrotnej (objaśnienia w tekście)

Obszar	BSE wyrazu wolnego	BSE	R ²	Współczynniki równania regresji				Korelacje cząstkowe		
				wyraz wolny	Δp (Pt D-S)	Δp (max)	WC _{ST}	NAO (Hurrell)	Δp (max)	WC _{ST}
U A1	0.09	9.26	0.150	7.44	-1.01	1.12	0.68	-0.08	0.09	0.06
U A2	0.09	8.95	0.023	7.97	-0.28	1.26	0.50	-0.02	0.11	0.05
U A3	0.08	8.46	0.037	7.96	-0.08	1.30	0.66	-0.01	0.12	0.07
U A4	0.08	7.93	0.038	7.73	-0.21	1.18	0.81	-0.02	0.11	0.09
U A5	0.07	7.54	0.029	7.54	-0.52	1.01	0.86	-0.05	0.10	0.10
U B1	0.06	6.00	0.677	11.51	4.12	-0.60	6.20	0.45	-0.08	0.66
U B2	0.05	5.58	0.697	9.87	0.54	-0.23	8.29	0.07	-0.03	0.78
U B3	0.05	4.87	0.732	8.61	-2.08	-0.21	9.00	-0.30	-0.03	0.84
U B4	0.05	4.93	0.680	7.95	-3.09	-0.32	8.34	-0.42	-0.05	0.82
U B5	0.06	5.93	0.483	7.46	-3.17	-0.16	6.70	-0.37	-0.02	0.69
Δ (24h)										
U A1	0.05	5.59	0.019	0.00	-1.23	-0.27	-0.37	-0.11	-0.03	-0.02
U A2	0.05	5.46	0.006	0.00	0.77	0.00	-0.71	0.07	0.00	-0.05
U A3	0.05	5.31	0.012	0.00	0.99	0.29	-0.02	0.10	0.03	0.00
U A4	0.05	5.17	0.006	0.00	0.10	0.39	0.77	0.01	0.04	0.06
U A5	0.05	5.05	0.011	0.00	-0.63	0.26	1.21	-0.06	0.03	0.09
U B1	0.05	4.87	0.341	0.00	2.69	0.52	7.08	0.27	0.06	0.48
U B2	0.04	4.61	0.361	0.00	-0.83	0.76	8.93	-0.09	0.10	0.59
U B3	0.04	4.19	0.398	0.00	-2.76	0.35	8.88	-0.32	0.05	0.62
U B4	0.04	4.23	0.322	0.00	-2.69	-0.29	7.50	-0.31	-0.04	0.55
U B5	0.04	4.65	0.150	0.00	-1.45	-0.59	5.12	-0.16	-0.07	0.38



Rys. 2. Współczynniki kierunkowe modelu regresji liniowej objaśnienia w tekście)



Rys. 3. Współczynniki kierunkowe modelu regresji liniowej dla zmienności międzydobowej (objaśnienia w tekście)

Tablica 4

Zestawienie poziomów istotności modeli regresji (objaśnienia w tekście)

Obszar	Równanie regresji	Współczynniki równania regresji			
		wyraz wolny	$\Delta p_{(PID-S)}$	$\Delta p_{(max)}$	WC_{ST}
U A1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U A2	0.0000	0.0000	0.0176	0.0000	0.0000
U A3	0.0000	0.0000	0.4943	0.0000	0.0000
U A4	0.0000	0.0000	0.0453	0.0000	0.0000
U A5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U B1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U B2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000
U B3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
U B4	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
U B5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0303	0.0000
$\Delta 24h$					
U A1	0.0000	0.9993	0.0000	0.0031	0.0200
U A2	0.0000	0.9842	0.0000	0.9854	0.0000
U A3	0.0000	0.9854	0.0000	0.0007	0.8649
U A4	0.0000	0.9974	0.3101	0.0000	0.0000
U A5	0.0000	0.9856	0.0000	0.0016	0.0000
U B1	0.0000	0.9935	0.0000	0.0000	0.0000
U B2	0.0000	0.9986	0.0000	0.0000	0.0000
U B3	0.0000	0.9934	0.0000	0.0000	0.0000
U B4	0.0000	0.9772	0.0000	0.0000	0.0000
U B5	0.0000	0.9567	0.0000	0.0000	0.0000

W obszarze północnym wartości BSE zmniejszają się ku wschodowi: 7.54 (A5), natomiast w obszarze południowym zaznacza się minimum dla B3 (4.87). BSE dla wyrazu wolnego jest niewielki i waha się od 0,09 do 0,05. Dla modeli regresji zmian międzydobowych wartości BSE mieszczą się między wartościami 4.19 i 5.59, a błąd standardowy dla wyrazu wolnego jest praktycznie stały i wynosi 0.05 (A) i 0.04 (B).

Dominującą cechą wskaźnika determinacji jest wyraźna rozbieżność między obszarami A i B. Model regresyjny w przypadku obszaru północnego tłumaczył jedynie kilka procent wariancji zmiennej zależnej (maksymalnie 3.8%). W przypadku obszaru południowego wartości parametru R^2 wynoszą nawet 0.73. Niestety, tak jak miało to miejsce w przypadku analizy korelacyjnej, dominującą rolę w wyjaśnianiu pełni również w tym przypadku WC_{ST} , natomiast rola wskaźników $\Delta p_{(PID-S)}$ i $\Delta p_{(max)}$ jest stosunkowo niewielka i co więcej w przypadku obszarów B3, 4 i 5 współczynniki kierunkowe równania regresji dla tych wskaźników mają znak ujemny. Również analiza modelu regresji dla zmienności międzydobowej nie pozwala na jednoznaczne potwierdzenie znaczącej roli $\Delta p_{(PID-S)}$. Wyraźnie widać to na rysunkach 2 i 3 gdzie na trójosiowym układzie współrzędnych wykreślono wartości współczynników kierunkowych dla poszczególnych obszarów.

Jednym z celów badań była próba analizy współzależności sekwencji zmian wskaźnika $\Delta p_{(PID-S)}$ oraz charakterystyk przepływu w środkowej troposferze. W tym celu wykorzystano model regresyjny

w którym predyktorami były kolejne wartości wskaźnika. W analizie wykorzystano 5 kolejnych dni ($\Delta p_{(PtD-S) t}$, $\Delta p_{(PtD-S) t-1}$, ..., $\Delta p_{(PtD-S) t-4}$) Liczba ta została wybrana ze względu na skalę czasową procesów synoptycznych przy powierzchni Ziemi w umiarkowanych szerokościach (3 do 7 dni) – Barry i Chorley (1989). Tabele 5 i 6 przedstawiają wartości współczynników korelacji asynchronicznej między $\Delta p_{(PtD-S)}$ a U.

Tablica 5

Współczynniki korelacji liniowej między kolejnymi krokami 5-cio dniowej sekwencji wskaźnika $\Delta p_{(PtD-S)}$

	$\Delta p_{(PtD-S) t-4}$	$\Delta p_{(PtD-S) t-3}$	$\Delta p_{(PtD-S) t-2}$	$\Delta p_{(PtD-S) t-1}$	$\Delta p_{(PtD-S)}$
$\Delta p_{(PtD-S) t-4}$	1.00	0.85	0.66	0.54	0.45
$\Delta p_{(PtD-S) t-3}$	0.85	1.00	0.85	0.67	0.54
$\Delta p_{(PtD-S) t-2}$	0.66	0.85	1.00	0.85	0.67
$\Delta p_{(PtD-S) t-1}$	0.54	0.67	0.85	1.00	0.85
$\Delta p_{(PtD-S)}$	0.45	0.54	0.67	0.85	1.00

Tablica 6

Współczynniki korelacji liniowej między kolejnymi krokami sekwencji wskaźnika $\Delta p_{(PtD-S)}$ a wartością równoleżnikowej składowej wiatru (U) dla podobszarów

	U A1	U A2	U A3	U A4	U A5	U B1	U B2	U B3	U B4	U B5
$\Delta p_{(PtD-S) t-4}$	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.37	0.29	0.20	0.10	0.01
$\Delta p_{(PtD-S) t-3}$	0.06	0.07	0.08	0.09	0.08	0.45	0.36	0.24	0.13	0.01
$\Delta p_{(PtD-S) t-2}$	0.04	0.07	0.09	0.11	0.09	0.55	0.44	0.29	0.15	0.01
$\Delta p_{(PtD-S) t-1}$	0.02	0.06	0.11	0.13	0.09	0.66	0.50	0.30	0.12	-0.01
$\Delta p_{(PtD-S)}$	0.00	0.08	0.12	0.12	0.07	0.66	0.46	0.25	0.11	0.02

Tablica 7

Wartości współczynnika determinacji R^2 modelu regresji $\Delta p_{(PtD-S)}$ vs. U. Wszystkie modele regresji są istotne na poziomie 0.0000 (objaśnienia w tekście)

	Sekwencja $\Delta p_{(PtD-S)}$ (5dni)	$\Delta p_{(PtD-S)}$
A1	0.0064	0.0000
A2	0.0084	0.0064
A3	0.0154	0.0148
A4	0.0163	0.0132
A5	0.0095	0.0051
B1	0.4673	0.4300
B2	0.2587	0.2088
B3	0.0955	0.0638
B4	0.0218	0.0119
B5	0.0033	0.0002

Tabela 7 umożliwia porównanie wartości R^2 dla modelu regresji z wykorzystaniem synchronicznych wartości NAO z modelem regresji wielokrotnej w którym wykorzystano sekwencję pięciu dni. Wyraźnie zaznacza się zwiększenie ilości wyjaśnianej wariancji, choć maksymalne wartości wynoszące około 0.45 trudno jest uznać za zadowalające. Również tutaj, skala rozbieżności między północnym i południowym obszarem jest uderzająca.

Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na ostrożne potwierdzenie istnienia zależności między wskaźnikami cyrkulacji strefowej, w tym $\Delta p_{(P1D-S)}$, będącym odpowiednikiem NAO dla szczegółowej skali czasowej a charakterystykami przepływu powietrza w środkowej troposferze. Niemniej jednak siła tych związków zdaje się być mniejsza niż ma to miejsce w bardziej ogólnych skalach czasowych. Wyraźnie zaznacza się zróżnicowanie przestrzenne i to zarówno między ogólnie zdefiniowanymi w tym opracowaniu północnym i południowym, jak również wewnątrz obszaru południowego, gdzie wraz z przemieszczaniem się w kierunku wschodnim siła związków niejednokrotnie gwałtownie maleje, a czasem wręcz następuje zmiana ich charakteru na przeciwny.

Literatura

- Barry R.G, Chorley R.J., 1989, Atmosphere, wheather and climate, Routledge, London & NY.
- Bary R. G., Carleton A., 2001, Synoptic and Dynamic Climatology, Routledge, London & New York.
- CRU (Climatic Research Unit), WWW site – <http://www.cru.uea.ac.uk/>
- Doty B., 1995, The Grid Analysis and Display System GrADS (manual), COLAIGES.
- Kalnay E. I in., 1996, The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project, BAMS.
- Marshall i in., 2001, North atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms, Int. J. Climatology, 21, s. 1863-1898.
- Marsz A.A., 1999, Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze północno-zachodniej Polski i na polskim wybrzeżu Bałtyku. Przegl. Geogr., 71, s. 225-245.
- Marsz A.A., Żmudzka E., 1999, Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce, Przegl. Geof., 44, s. 199-210.
- Olivier E., Fairbridge R.W., editors, 1987, Encyclopedia of Earth Sciences, The Encyclopedia of Podręcznik elektroniczny pakietu STATISTICA.
- Climatology, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Wibig J., 1999a, Cyrkulacja atmosferyczna na powierzchni izobarycznej 500hPa. Część I: Zima. Przegl. Geof., 44, s. 15-24 .
- Wibig J., 1999b, Cyrkulacja atmosferyczna na powierzchni izobarycznej 500hPa. Część II: Wiosna, lato, jesień. Przegl. Geof., 44, s. 25-38 .
- Wibig J., 2000, Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu. Przegl. Geof., 45, s. 121-137.
- Wilks D., 1995, Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Academic Press.