

REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE WPŁYWU OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ NA REŻIM RZEK

Oscylacja Północnoatlantycka (NAO; the North Atlantic Oscillation) stanowi efekt współdziałania Wyżu Azorskiego oraz Niżu Islandzkiego i jest jednym z podstawowych regionalnych systemów sterujących, którego wpływ na klimat zaznacza się zarówno w Europie, północnej Afryce, na Grenlandii, jak również w Ameryce Północnej, w tym także w Arktyce Kanadyjskiej (Bonsal i in. 2001; Cullen i in. 2002; Hurrell 1995; Hurrell, van Loon 1997; Marshall i in. 2002; Marsz 2001, 2005; Wanner i in. 2001; Wibig 1999a, b, c; Wibig 2000; Wilby i in. 1997; www.cgd.ucar.edu). Mechanizm tego zjawiska został wyjaśniony i opisany m. in. przez H. Wannera i in. (2001) oraz J.W. Hurrella i in. (2002), a także wielu innych badaczy w opracowaniach poświęconych poszczególnym regionom i wybranym elementom meteorologicznym. Zainteresowanie związkiem Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) z warunkami hydrologicznymi datuje się od czasu, kiedy został udokumentowany wpływ NAO na zjawiska klimatyczne. Szczególnie duże znaczenie miały badania i prace, w wyniku których stwierdzono wpływ NAO na opady oraz temperaturę powietrza (np. Baldi i in. 2003; Chen, Hellstrom 1999; Fowler, Kilsby 2002; García i in. 2005; Hartley 1999; Kettlewell i in. 2003; Kożuchowski, Degirmendźić 2002; Marsz 2001; Przybylak i in. 2003; Rodó i in. 1997; Styszyńska 2001; Wibig 2001). Opady i temperatura powietrza są bowiem dwoma najważniejszymi czynnikami meteorologicznymi warunkującymi wielkość odpływu oraz ewapotranspiracji, czyli dwóch podstawowych elementów bilansu wodnego. W systemie dynamicznym zlewni opad jest tym elementem, który ulega transformacji w odpływ, zaś temperatura powietrza decyduje o wielkości strat na parowanie. Okresem szczególnie silnego wpływu NAO na warunki meteorologiczne jest zima. Charakter tego wpływu jest zróżnicowany na poszczególnych obszarach;

określają go tzw. telekoneksje, czyli współmienność elementów meteorologicznych na odległych obszarach kuli ziemskiej. Na przykład, w latach o szczególnie niskim NAO nad północną Europę napływają suche i chłodne masy powietrza, podczas gdy w tym samym czasie nad Arktykę Kanadyjską, Grenlandię, północną Afrykę, Półwysp Iberyjski wędrują wilgotne masy powietrza, co objawia się podwyższonymi opadami (Almerza, Lopez 1996).

Celem artykułu jest przegląd dotychczasowego dorobku naukowego dotyczącego wpływu NAO na reżim rzek ze szczególnym uwzględnieniem regionalnego zróżnicowania zasięgu wpływu NAO na odpływ oraz charakteru zależności między NAO i odpływem rzek. Wiedza w tym zakresie pozwala na wykorzystanie wyników badań do szacowania wielkości odpływu w różnych porach roku.

Przegląd wyników badań

W dotychczasowych badaniach wpływu NAO na odpływ skupiano się głównie na poszukiwaniu zależności pomiędzy wskaźnikiem zimowym NAO (indeks NAO Hurrella) i wielkością przepływów charakterystycznych: średniego rocznego, średnich sezonowych oraz średnich miesięcznych. W niektórych opracowaniach uwzględniano także sezonowe przepływy ekstremalne. W większości badań stosowano mierniki korelacji liniowej. Wielkość analizowanych dorzeczy była bardzo zróżnicowana.

Obszarami, na których zaznacza się bardzo silny wpływ NAO zarówno na klimat jak i odpływ są Półwysp Iberyjski oraz Islandia. Na Półwyspie Iberyjskim pozytywna faza NAO zimą powoduje zazwyczaj niższe niż przeciętne odpływy rzek nie tylko zimą, ale również wiosną i latem (Rodriguez-Puebla i in. 1998; Stahl i in. 2001; Trigo i in. 2004). Natomiast na Islandii, w latach, kiedy zimą występuje pozytywna faza NAO, przepływ średni roczny rzek jest wyższy niż przeciętny; odnosi się to zwłaszcza do rzek położonych w zachodniej części wyspy (Jónsdóttir i in. 2004; Snorrason 1990).

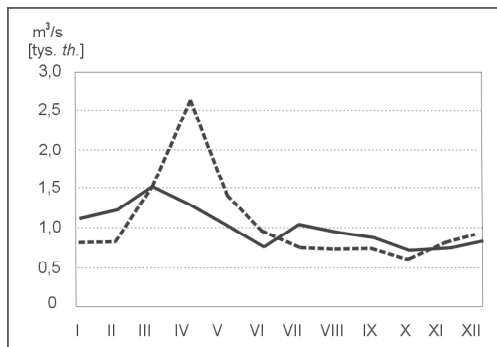
Na Wyspach Brytyjskich także został stwierdzony wpływ NAO na warunki hydrometeorologiczne. Stwierdzono istotną, odwrotnie proporcjonalną zależność między zimowym wskaźnikiem NAO i sumą opadów od czerwca do sierpnia. Najsilniejsza zależność odnosi się do wschodniej części Szkocji ($r = -0,54$) oraz Walii ($r = -0,46$): im wyższy zimowy wskaźnik NAO, tym suchsze lato (Kettlewell i in. 2003). Zjawisko to znajduje odzwierciedlenie w reżimie hydrologicznym w postaci głębokich niżówek latem, zwłaszcza rzek na obszarze Anglii i Walii (Wedgebrow i in. 2002; Wilby, Dawson 2000; Wilby i in. 1997). W następstwie zim zdominowanych negatywną fazą NAO odpływ rzek jesienią jest bardzo niski. Udało się określić zależności pozwalające z kilkumiesięcznym wyprzedzeniem przewidzieć wielkość przepływów rzek odwadniających regiony Anglii i Walii (Wedgebrow i in. 2002; Wilby 2001; Wilby i in. 2004). W Szkocji nasilenie pozytywnej fazy NAO objawia się znacznymi przepływami rzek w półroczu zimowym (Stahl i in. 2001). Na obszarze Irlandii natomiast, po 1975 r. zanotowano znaczny wzrost opadów w marcu i październiku, zwłaszcza w zachodniej części kraju. Zjawisku temu towarzyszy także wzrost odpływu rzek.

Zmiany te spowodowane są nasiloną cyrkulacją zachodnią powietrza, która znajduje swoje odzwierciedlenie we wzroście zimowego indeksu NAO (Kiely 1999).

W północnej Europie przepływy rzek w sezonie zimowym są skorelowane dodatnio z zimowym wskaźnikiem NAO, co wiąże się z występowaniem w tym czasie znacznych opadów (Hurrell 1995; Shorthouse, Arnell 1997; Wibig 1999c). Ponadto, jeśli zimą zaznacza się pozytywna faza NAO, dopływ wód rzecznych do Bałtyku z obszaru północnej części Półwyspu Skandynawskiego w skali roku jest wyższy niż zwykle; zaś w części południowej zazwyczaj nie występują susze ani zimą, ani jesienią (Cyberski 2002; Cyberski, Wróblewski 2000; Kettlewell i in. 2003; Stahl i in. 2001).

W Europie Centralnej zaznacza się wpływ zimowego wskaźnika NAO na rozkład przepływów w ciągu roku, głównie zaś na intensywność wezbrań wiosennych (Niemen, Bug, Wisła, Warta, Łaba). Przy ekstremalnie niskich wskaźnikach NAO zimą, możliwość wystąpienia intensywnych wezbrań roztopowych wzrasta (Kaczmarek 2002, 2003). Na przykład, znaczne wezbrania roztopowe Wisły i Odry występują w następstwie zim charakteryzujących się niskimi wartościami wskaźnika NAO (ryc. 1). Wpływ ten maleje ku zachodowi (Kaczmarek 2002, 2003; Stahl i in. 2001). Zachodzi związek NAO z przepływami Warty w kwietniu oraz sierpniu i wrześniu (Styszyńska 2002). Istnieje także asynchroniczna zależność między wskaźnikiem NAO w miesiącach zimowych a przepływami niektórych rzek karpacckich i Wisły (Sandomierz) w późniejszych miesiącach roku. Jeśli w grudniu i styczniu występuje silna pozytywna faza NAO, przepływy Skawy i Dunajca w maju oraz Wisły w sierpniu i wrześniu są niskie. Następstwem pozytywnej fazy NAO zimą jest zatem niżówka pod koniec lata i na początku jesieni (Limanówka i in. 2002; Pociask-Karteczka i in. 2002-2003). Daje się także zauważyć związek przepływów minimalnych Wisłoka i Sanu w półroczu zimowym z zimowym wskaźnikiem NAO oraz wskaźnikiem SCAND (Pociask-Karteczka i in. 2003).

Na obszarze Europy południowej długotrwałe susze występują wówczas, jeśli zima zdominowana jest pozytywną fazą NAO, co uwidacznia się w dorzeczach na terenie Rumunii (Stefan i in. 2004). W przypadku Dunaju istnieje silny związek między indeksem zimowym NAO oraz średnimi przepływami rocznymi, a także średnimi przepływami kolejnych miesięcy w roku



Ryc. 1. Wielkość średnich przepływów miesięcznych Wisły w zależności od wysokich (>1,25; linia ciągła) oraz niskich (<-0,27; linia przerywana) wartości zimowego wskaźnika NAO (Kaczmarek 2002; zmienione)
 Fig. 1. Mean monthly river discharges of the Vistula River after highest (>1,25; solid line) and lowest (<-0,27; dashed line) winter NAO years (according to Kaczmarek 2002; changed)

(korelacja asynchroniczna). Zauważono również związek przepływów Dunaju z ENSO (Rimbu i in. 2002, 2004). Obserwuje się także wyraźny związek pomiędzy NAO a średnim odpływem rocznym rzeki Arno na Półwyspie Apenińskim. Stwierdzono, iż w ciągu ostatnich 30 lat XX wieku odpływ Arno zmalał o 30%, przy jednoczesnym wzroście indeksu NAO. Spadek przepływów średnich sezonu letniego oraz jesiennego wynosił odpowiednio 30 i 20%. Pozytywnej fazie NAO zimą towarzyszą niskie przepływy Arno (Menduni i in. 2004).

W przypadku rzek alpejskich dominacja pozytywnej fazy NAO zimą powoduje, iż możliwości wystąpienia przepływów niższych niż przeciętnie w półroczu zimowym są niewielkie (Stahl i in. 2001).

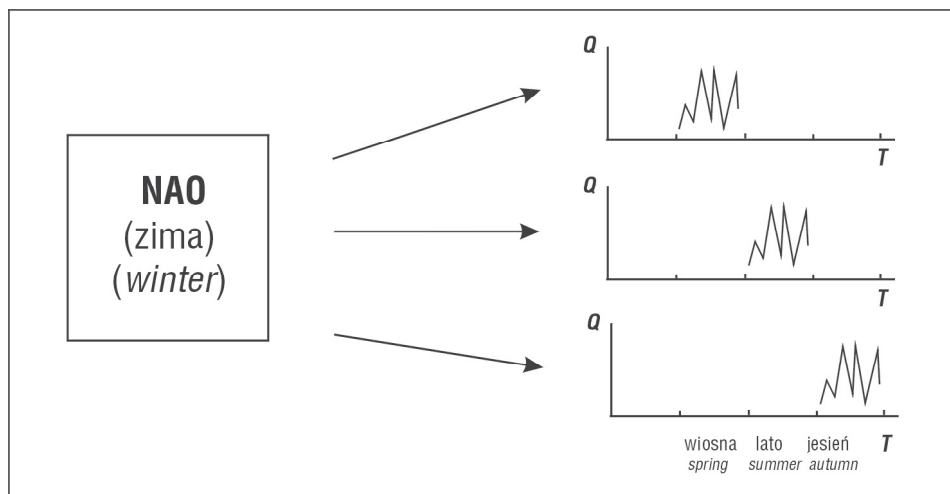
Związek NAO z odpływem stwierdzono także w przypadku Tygrysu i Eufratu. Obszar zasilania tego systemu rzecznoego leży w górach Taurus, gdzie zaznacza się wpływ NAO zarówno na rozkład jak i wielkość opadów; około 90% zasilania Tygrysu pochodzi z tego obszaru. Opady występują głównie zimą (XII-II). Podczas pozytywnej fazy NAO opady są niższe niż przeciętne, dlatego też przepływy Tygrysu i Eufratu (XII-IV), które na obszarze Mezopotamii są rzekami tranzytowymi, są niskie. Zależność między NAO oraz odpływem rzek jest szczególnie wyraźna w latach, w których występuje nasilenie pozytywnej bądź negatywnej fazy NAO (Cullen, deMenocal 2000; Heidi i in. 2002).

Wnioski

Przegląd literatury dotyczącej związku Oscylacji Północnoatlantyckiej z przepływami rzek pozwala stwierdzić, iż zasięg terytorialny wpływu NAO na warunki hydrologiczne pokrywa się w dużej mierze z zasięgiem wpływu na warunki meteorologiczne. Trzeba jednak dodać, iż w niektórych przypadkach, zasięg wpływu na reżim rzek jest znacznie szerszy. Przykładem jest system dorzecza Tygrysu i Eufratu, gdzie opady w obrębie obszaru źródłowego (góry Taurus) kształtują reżim na całej długości rzeki, tj. na obszarze, na którym – jak dotąd – nie udokumentowano wpływu NAO na klimat.

Szczególnie istotne wydaje się stwierdzenie zależności asynchronicznych, objawiających się związkiem zimowego wskaźnika NAO lub wskaźników NAO w miesiącach zimowych z przepływami rzek w sezonach następujących po zimie, tj. wiosną, latem lub jesienią (ryc. 2).

Ma to ogromne znaczenie dla prognozowania wielkości przepływów, zwłaszcza maksymalnych jak i minimalnych. Zarówno wezbrania, jak i niżówki należą do zjawisk wysokiego ryzyka z punktu widzenia bezpieczeństwa, jak również możliwości odpowiedniego gospodarowania zasobami wodnymi, dlatego też ważny jest aspekt prognostyczny tych badań. Uzyskane w niektórych opracowaniach wyniki pozwalają na przewidywanie wielkości odpływu w różnych porach roku z kilkumiesięcznym wyprzedzeniem (Pociask-Karteczka i in. 2003; Rimbu i in. 2004; Wilby 2001; Wilby i in. 2004; Wedgebrow i in. 2002). Okres ten można wydłużyć, bowiem istnieją także metody pozwalające prognozować wielkość zimowego wskaźnika NAO (Rodwell i in. 1999; Haarsma



Ryc. 2. Model związku NAO w sezonie zimowym z przepływami w kolejnych sezonach roku
 Fig. 2. Model of relationship between the winter NAO and river discharges in following seasons of the year

i in. 2000). Jest to jednak dość trudne, bowiem mechanizmy odpowiedzialne za jego zmienność są bardzo złożone, skomplikowane, wieloprzestrzenne i obejmują szeroki zakres interakcji – głównie między oceanem i atmosferą.

LITERATURA

- Almerza C., Lopez J.A., 1996, *Variability of precipitation in Spain and its relation to the North Atlantic Oscillation*, European Conference on Applied Climatology, Abstract volume, 7-10 May, Norrköping (Szwecja), 163-165.
- Baldi M., Crisci A., Dalu G.A., Maracchi G., Meneguzzo F., Pasqui M., 2003, *Mediterranean summer climate and the monsoon regimes*, Gephysical Research Abstracts, 5, 12042.
- Bonsal, B. R., Shabbar, A., Higuruchi, K., 2001, *Impact of low frequency variability modes on Canadian winter temperature*, International Journal of Climatology, 21, 95-108.
- Chen D.L., Hellstrom C., 1999, *The influence of the North Atlantic Oscillation on the regional temperature variability in Sweden: spatial and temporal variations*, Tellus series A – Dynamic Meteorology and Oceanography, 51, 4, 505-515.
- Cullen H.M., Kaplan A., Arkin P., deMenocal P.B., 2002, *Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow*, Climatic Change, 55, 315-338.
- Cullen H.M., deMenocal P.B., 2000, *North Atlantic influence on Tigris-Euphrates streamflow*, International Journal of Climatology, 20, 853-863.
- Cyberski J., 2002, *Powiązania zmienności parametrów bilansu wodnego Morza Bałtyckiego z Oscylacją Północnoatlantycką (NAO)*, [w:] Marsz A.A., Styczyńska A. (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akademia Morska, Gdynia, 181-189.

- Cyberski J., Wróblewski A., 2000, *Riverine water flows and the Baltic sea volume 1901-1999*, Hydrology and the Earth System Sciences, 4, 1-11.
- García N.O., Gimeno L., de la Torre L., Nieto R., Añel J.A., 2005, *North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain)*, *Atmosfera*, 25-32.
- Fowler H.J., Kilsby C.G., 2002, *Precipitation and the North Atlantic Oscillation: A study of climatic variability in Northern England*, *International Journal of Climatology*, 22, 843-866.
- Haarsma R.J., Drijfhout S.S., Opsteegh J.H., Selten F.M., 2000, *The impact of solar forcing on the variability in a coupled climate model*, *Space Science Reviews*, 13, 1-6.
- Hartley S., 1999, *Winter Atlantic climate and snowfall in the south and central Appalachians*, *Physical Geography*, 20, 1, 1-3.
- Heidi M., Cullen H.M., Kaplan A., Arkin P., deMenocal P.B., 2002, *Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern climate and streamflow*, *Climate Change*, 55, 315-338.
- Hurrell J.W., 1995, *Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitations*, *Science*, 269, 676-679.
- Hurrell J.W., Kushnir Y., Ottersen G., Visbeck M., 2002, *The North Atlantic Oscillation. Climatic Significance and Environmental Impact*, *Geophysical Monograph*, 134.
- Hurrell J.W., van Loon H., 1997, *Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation*, *Climatic Change*, 36, 301-306.
- Jónsdóttir J.F., Uvo C.B., Snorrason Á., 2004, *Multivariate statistical analysis of Iceland river flow series and variability in atmospheric circulation*, XXIII Nordic Hydrological Conference, Tallinn, Estonia, 8-12 August 2004, NHP report no. 48.
- Kaczmarek, Z., 2002, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek europejskich*. [w:] Marsz A.A., Styczyńska A. (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, *Akademia Morska*, Gdynia, 163-172.
- Kaczmarek Z. 2003, *The Impact Climate Variability on Flood Risk in Poland*, *Risk Analysis*, 23, 559-566.
- Kettlewell P.S., Stephenson D., Atkinson M.D., Hollins P.D., 2003, *Summer rainfall and wheat grain quality: Relationships with the North Atlantic Oscillation*, *Weather*, 58, 1-9.
- Kiely G., 1999, *Climate change in Ireland from precipitation and streamflow observations*, *Advances in Water Resources*, 23, 2, 141-151.
- Kozuchowski K., Degirmendžic J., 2002, *Wskaźniki cyrkulacji a temperatura powietrza w Polsce*, [w:] Marsz A.A., Styczyńska A. (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, *Akademia Morska*, Gdynia, 111-128.
- Limanówka D., Niecarz Z., Pociask-Karteczka J., 2002, *The North Atlantic Oscillation impact on hydrological regime in Polish Carpathians*, [w:] *Interdisciplinary Approaches in Small Catchment Hydrology: Monitoring and Research*, FRIEND International Conference, Demanovska Dolina, September 25-28, 132-135.
- Marshall J., Kushnir Y., Battisti D., Chang P., Czaja A., Dickson R., Hurrell J., McCartney M., Saravanan R., Visbeck M., 2002, *North Atlantic climate variability: phenomena, impact and mechanism*, *International Journal of Climatology*, 21, 15, 1863-1889.
- Marsz A.A., 2001, *Stan termiczny Północnego Atlantyku a reżim termiczny zim na polskim wybrzeżu Bałtyku (problem długoterminowej prognozy termiki zim)*, *Wyższa Szkoła Morska w Gdyni*, Gdynia, 107.

- Marsz A.A., 2005, *O oceanicznych uwarunkowaniach cyrkulacyjnego i termicznego charakteru zimy w Polsce i środkowej Europie*, Akademia Morska, Gdynia, 58.
- Menduni G., Baldi M., Maracchi G., Meneguzzo F., 2004, *The Arno River seasonal discharge as an index of climate variability: trends and connections to the larger scale variability*, Geophysical Research Abstracts, 6.
- Pociask-Karteczka J., Limanówka D., Nieckarz Z., 2002-2003, *Wpływ oscylacji północnoatlantycznej na przepływy rzek karpaccich (1951-2000)*, Folia Geographica, series Geographica-Physica, 33-34, 89-104.
- Pociask-Karteczka J., Nieckarz Z., Limanówka D., 2003, *Prediction of hydrological extremes by air circulation indices*, International Association of Hydrological Sciences Publ., 280, 134-141.
- Przybylak R., Wójcik G., Marciniak K., 2003, *Wpływ Oscylacji Północnoatlantycznej i Arktycznej na warunki termiczne chłodnej pory roku w Polsce w XVI-XX wiekach*, Przegląd Geofizyczny, 48, 1-2, 61-74.
- Rîmbu N., Boroneant C., Buta C., Dima M., 2002, *Decadal variability of the Danube river flow in the lower basin and its relation with the North Atlantic Oscillation*, International Journal of Climatology, 22, 10, 1169-1179.
- Rîmbu N., Dima M., Lohman G., Stefan S., 2004, *Impact of the North Atlantic Oscillation and the El Nino-Southern Oscillation on Danube river flow variability*, Geophysical Research Letters, 31, 23, 203-206.
- Rodó X., Baert E., Comin F.A., 1997, *Variations in seasonal rainfall in Southern Europe during the present century: relationship with the North Atlantic Oscillation and the El Nino-Southern Oscillation*, Climate Dynamics, 13, 275-284.
- Rodriguez-Puebla C., Encinas A.H., Nieto S., Garmendia J., 1998, *Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula*, International Journal of Climatology, 18, 299-316.
- Rodwell M.J., Rodwell D.P., Folland C.K., 1999, *Oceanic forcing of the wintertime North Atlantic Oscillation and European climate*, Nature, 398, 320-323.
- Shorthouse C.A., Arnell N.W., 1997, *Spatial and temporal variability in European river flows and the North Atlantic Oscillation*, International Association of Hydrological Sciences Publ., 246, 77-85.
- Snorrason Á., 1990, *Hydrological variability and general circulation of the atmosphere*, XVI Nordic Hydrological Conference, NHK-90, Kalmar, Sweden, 29 July - 1 August.
- Stahl K., Demuth S., Hisdal H., Santos M.J., Verissimo R., Rodrigues R., 2001, *The North Atlantic Oscillation (NAO) and the drought*, [in:] Demuth S., Stahl K. (eds.), *Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe. Final Report*, ARIDE, Institute of Hydrology, Freiburg, 106-110.
- Stefan S., Ghioca M., Rîmbu N., 2004, *Study of meteorological and hydrological drought in Southern Romania from observational data*, International Journal of Climatology, 24, 7, 871-881.
- Styszyńska A., 2001, *Oscylacja Północnego Atlantyku a opady na obszarze Polski*, Prace i Studia Geograficzne, 29, 232-241.
- Styszyńska A., 2002, *Związki między przepływem Warty w Poznaniu a zimowymi wskaźnikami NAO w okresie 1865-2000*, [w:] Marsz A.A., Styszyńska A. (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akademia Morska, Gdynia, 173-180.

- Trigo R.M., Pozo-Vazques D., Osborn T.J., Castro-Diez Y., Gámiz-Fortis G., Esteban-Parra M.J., 2004, *North Atlantic Oscillation influence on precipitation, river flow, and water resources in the Iberian Peninsula*, *International Journal of Climatology*, 24, 8, 925-944.
- Wanner H., Bronnimann S., Casty C., Gyalistras D., Luterbacher J., Schmutz C., Stephenson D., Xoplaki E., 2001, *North Atlantic Oscillation – Concepts and Studies*, *Surveys in Geophysics*, 22, 321-382.
- Wedgebrow C., Wilby R.L., Fox H.R., O'Hare G., 2002, *Prospects for seasonal forecasting of summer drought and low river flow anomalies in England and Wales*, *International Journal of Climatology*, 22, 219-236.
- Wibig J., 1999a, *Cyrkulacja atmosferyczna nad Europą na powierzchni izobarycznej 500 hPa. Część I – Zima*, *Przegląd Geofizyczny*, 44, 1-2.
- Wibig J., 1999b, *Cyrkulacja atmosferyczna nad Europą na powierzchni izobarycznej 500 hPa. Część II – Wiosna, lato, jesień*, *Przegląd Geofizyczny*, 44, 1-2.
- Wibig J., 1999c, *Precipitation in Europe in relation to circulation patterns at 500 hPa level*, *International Journal of Climatology*, 19.
- Wibig J., 2000, *Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu*, *Przegląd Geofizyczny*, 45, 2.
- Wibig J., 2001, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*, *Rozprawy Habilitacyjne Uniwersytetu Łódzkiego*, 208.
- Wilby R.L., 2001, *Seasonal forecasting of UK river flows using preceding North Atlantic pressure patterns*, *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 15, 56-63.
- Wilby R.L., Dawson C.W., 2000, *Forecasting summer rainfall and runoff in the British Isles using preceding winter atmospheric circulation patterns*, *Geophysical Research Abstracts*, 2.
- Wilby R.L., O'Hare G., Barnsley N., 1997, *The North Atlantic Oscillation and British Isles climate variability, 1865-1996*, *Weather*, 52, 266-276.
- Wilby R.L., Wedgebrow C.S., Fox H.R., 2004, *Seasonal predictability of the summer hydrometeorology of the River Thames, UK*, *Journal of Hydrology*, 295, 1-16.
- www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html (strona J. Hurrella, National Center for Atmospheric Research).

REGIONAL DIFFERENTIATION OF THE NORTH ATLANTIC OSCILLATION IMPACT ON RIVER RUNOFF

SUMMARY

The river runoff has a particular significance in the geographic environment. It is representative of both precipitation and snowmelt, thereby combines temperature and precipitation variations. On the other hand, the river runoff has direct impact on numerous anthropogenic activities; particularly the extreme river discharges have a considerable importance from the perspective of droughts and flood threats. The North Atlantic Oscillation (NAO) is one of the most important patterns controlling atmospheric circulation variability over the Northern Hemisphere (NH). While the influence of the NAO on the climatic conditions of the Atlantic basin have been substantially discussed

in many publications, relatively little attention has been paid to the NAO and river runoff indirect connections. The primary focus of this paper is to summarize present day accomplishments in research on the relationship between the NAO behavior and the river runoff. Of particular interest are:

- the regional extent of the NAO influence,
- principal results of the investigations,
- regional synthesis on river sensitivity to the variability in the NAO,
- potential possibilities in employment of the winter NAO conditions in early warning system for drought/flood.

At the end of the paper, the list of references is presented, thereby the interested reader is encouraged to pursue in details research discussed herein.

Translated by Author

