

**Anna MAKSYMIUK¹, Konrad FURMAŃCZYK², Stefan IGNAR¹,
Jan KRUPA², Tomasz OKRUSZKO¹**

¹Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji Środowiska SGGW

²Katedra Zastosowań Matematyki SGGW

¹Department of Water and Environmental Restoration WULS

²Department of Applied Mathematics WULS

Analiza zmienności parametrów klimatycznych i hydrologicznych w dolinie rzeki Biebrzy Analysis of climatic and hydrologic parameters variability in the Biebrza River basin

Słowa kluczowe: zmiany klimatyczne, ekosystemy wodno-błotne, test Manna-Kendalla

Key words: climatic changes, wetlands, Mann-Kendall test

Wprowadzenie

W skali Europy zasoby przyrodnicze Polski odznaczają się dużą różnorodnością biologiczną, wynikającą zarówno z jej geograficznego położenia na styku klimatów atlantyckiego i kontynentalnego, jak i ze stosunkowo niewielkiej antropopresji, szczególnie na terenach niezurbanizowanych. Jednym z najcenniejszych przyrodniczo ekosystemów, związanych z terenami rolniczymi, są łąki bagienne i podmokłe, graniczące z terenami bagien, mokradeł czy wód otwartych, ogólnie określane jako obszary wodno-błotne (Okruszko i in. 2005).

Mokradła są ekosystemami zagrożonymi. Szacuje się, iż w centralnej i zachodniej części kontynentu europejskiego ponad 80% (Borger 1992, Smits i in. 2001), a w skali światowej ponad połowa (Strategia ochrony..., 2006) terenów mokradłowych została osuszona lub przekształcona w takim stopniu, że przestała pełnić swoje pierwotne funkcje w krajobrazie, jako miejsce bytowania specyficznych gatunków roślin i zwierząt. Co więcej, przestała także pełnić funkcje obszarów retencji wód wezbraniowych, miejsc zasilania wód podziemnych, akumulacji zasobów organicznego węgla czy też miejsc retencjonowania substancji biogennej, a więc funkcji, których efekty znacznie przekraczają obszar geograficzny mokradeł.

Głównymi, najpoważniejszymi obserwowanymi i prognozowanymi zagrożeniami dla obszarów wodno-błotnych są: globalne zmiany klimatu, kontynen-

talizacja obszarów wodno-błotnych, a także zanik małych obiektów wodno-błotnych wskutek osuszania i postępującego deficytu wody oraz związanego z tym obniżania się poziomu wód gruntowych.

W ostatnich latach niemal w lawinowym tempie rośnie zainteresowanie klimatem i jego zmiennością. Niewątpliwie przysłużyła się do tego rosnąca wśród klimatologów i badaczy z pokrewnych dyscyplin świadomość, że w ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwuje się wyraźnie postępujące ocieplenie klimatu globalnego. Zaczęto poszukiwać aktualnych trendów klimatycznych, dzięki którym można będzie znaleźć potwierdzenie przypuszczeń o zbliżającej się zasadniczej przemianie systemu klimatycznego, który staje się istotny dla funkcjonowania m.in. ekosystemów.

Scenariusze prognoz na globalnych modelach klimatycznych wykazały, że w XXI wieku temperatura powietrza na świecie wzrośnie od 1,8 do 4°C (IPCC 2006, 2007). Jak podają Karczmarek (1997), Liszewska i Osuch (1999, 2000), do 2050 roku średnia temperatura może być wyższa od obecnej o 1,7–3,6°C.

Widoczne zmiany zachodzące na obszarach wodno-błotnych – osuszanie, są wynikiem zmian klimatycznych, przede wszystkim z powodu zwiększonej ewapotranspiracji i coraz mniejszych opadów śniegu (IPCC 2006, 2007). Obserwuje się również powolne obniżanie zwierciadła wód gruntowych, które silnie koreluje z czynnikami klimatycznymi.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie analizy zmienności parametrów klimatycznych oraz hydrologicznych oddziałujących na ekosystemy wodno-błotne w dolinie Biebrzy.

Ogólna charakterystyka badanego obszaru

Pradolina Biebrzy położona jest w północno-wschodniej części Polski i wyróżnia się spośród innych pradolin niżowych występowaniem największego kompleksu torfowego w Europie Środkowej. Wyjątkowość tego obszaru polega nie tylko na jego rozległości (o powierzchni ponad 2 tys. km²), ale także występowaniu unikalnej podłużnej i poprzecznej strefowości roślinnej, która obrazuje współzależność występowania warunków glebowo-wodnych i typowych dla poszczególnych siedlisk zbiorowisk roślinnych.

Dolina Biebrzańska nie jest formą jednolitą pod względem przyrodniczym, co pozwala podzielić ją na: basen górnej Biebrzy, zajmujący 36% całej doliny, basen środkowej Biebrzy – 40,6% oraz basen dolnej Biebrzy – 23,4%.

Kompleks torfowy na terenie basenu górnej Biebrzy zajmuje powierzchnię 10 681 ha (Banaszuk 2004). Zasilany jest on dwoma typami hydrologicznymi – soligenicznym i fluwiogenicznym.

W basenie środkowej Biebrzy powstał największy kompleks torfowy, charakteryzujący się dużą bioróżnorodnością, o powierzchni 45 847 ha. Związany jest on z trzema typami zasilania hydrologicznego. Wzdłuż prawego brzegu Biebrzy, w pasie około 2 km, oraz w ujściowych odcinkach Jegrzni i Brzozówki znajdują się siedliska typowe dla terenów o zasilaniu fluwiogenicznym, reprezentowane przez mułowiska i torfowiska zalewane. Centralna część basenu stanowi płaską nieckę o topogenicznym typie zasilania, natomiast w przykrawędziowych częściach basenu duży do-

plyw wód gruntowych doprowadził do powstania mokradeł soligenicznych.

W basenie dolnej Biebrzy łączna powierzchnia torfowisk wynosi 25 090 ha. Największy kompleks wykształcił się w zachodniej i południowej części omawianego obszaru, mniejsze torfowiska występują w okolicach Osowca – Kolonia Nowa Wieś. Budowa złóż torfowych w tym basenie jest zróżnicowana ze względu na dwa podstawowe typy zasilania – fluwiogeniczne, obejmujące pas około 2–4 km wzdłuż rzeki, oraz soligeniczne, alimentujące południowo-wschodnią część basenu wodami z Wysoczyzny Goniądzkiej (Okruszko 2005). Zasilanie fluwiogeniczne dominuje w północnej części basenu – występuje praktycznie na całym obszarze poza przykrawędziową częścią przy wschodnich krańcach doliny.

Metodyka badań

W niniejszej pracy do analizy zmienności klimatu i reżimu odpływu w dolinie Biebrzy wykorzystano dane dobowe pochodzące z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Podstawowy materiał obliczeń statystycznych stanowią dane klimatyczne: opad, temperatura i grubość pokrywy śnieżnej dla stacji klimatycznej Różanystok, położonej w obrębie zlewni Biebrzy, oraz dane hydrologiczne: przepływy i stany wody, zaobserwowane w profilach Sztabin i Burzyn. Wodowskaz Burzyn jest położony w pobliżu największej równiny zalewowej, dlatego też ze względu na czas trwania zalewu dane z tego profilu zostały uznane za najbardziej miarodajne.

Analizie statystycznej poddano dane klimatyczne: sumę opadu, średnią tem-

peraturę powietrza i grubość pokrywy śnieżnej, oraz dane hydrologiczne: przepływy i stany wody, pochodzące z tego samego okresu badawczego 1966–2003. Materiał pomiarowy opracowano w podziale hydrologicznym: rok 1 XI – 31 X, zima 1 XI – 30 IV, lato 1 V – 31 X.

W celu zbadania tendencji zmienności parametrów klimatycznych w wieloleciu (sumy opadu, średniej temperatury powietrza i pokrywy śnieżnej), jak również do oceny kształtowania się przepływów i stanów wód powierzchniowych maksymalnych rocznych oraz maksymalnych z półrocza letniego i zimowego w rozpatrywanej zlewni zastosowano metodę trendu.

Do badań wybrano nieparametryczny test statystyczny Manna-Kandalla, polegający na weryfikacji hipotezy o braku trendu w danych na podstawie nieparametrycznego współczynnika korelacji. Do obliczeń zastosowano pakiet statystyczny R w wersji 2.4.1.

Pakiet R jest zarówno językiem programowania, jak i środowiskiem programistycznym dostępnym jako Free Software Foundation's GNU General Public License, w środowisku UNIX/Linux, Windows i MacOS. Język oprogramowania R został stworzony przez Ross Ihaka i Robert Gentleman z University of Auckland w Nowej Zelandii w 1997 roku.

Pakiet R jest powszechnie stosowany do analiz danych statystycznych, zawiera narzędzia do analiz i obliczeń danych środowiskowych, jak dane hydrologiczne, klimatyczne, biologiczne i chemiczne. Obecnie język R staje się powszechnym standardem statystycznym wykorzystywanym zarówno do obliczeń, jak i symulacji stochastycznych.

Weryfikację hipotezy przeprowadza się według statystyki Manna-Kendalla zdefiniowanej:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

gdzie:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{dla } x > 0 \\ 0 & \text{dla } x = 0 \\ -1 & \text{dla } x < 0 \end{cases}$$

$\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – zbiór danych w postaci szeregu czasowego.

Aby wyrazić współzależność pomiędzy dwiema zmiennymi, oblicza się zazwyczaj współczynnik korelacji. Odpowiednikiem nieparametrycznym współczynnika korelacji użytym w teście Manna-Kendalla jest współczynnik korelacji rangowej ciągu danych $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ oraz ciągu odpowiadających im momentów czasowych $\{1, 2, \dots, n\}$, zwany jako współczynnik *tau Kendalla*. Wartości wokół wartości zerowej tego współczynnika świadczą za hipotezą o braku trendu, duże wartości dodatnie współczynnika przemawiają na korzyść występowania trendu rosnącego, duże zaś ujemne wartości przemawiają za występowaniem trendu malejącego. Współczynnik *tau Kendalla* opiera się na różnicy między liczbą zgodnych (w tym samym porządku) i niezgodnych par w obrębie obserwowanych danych.

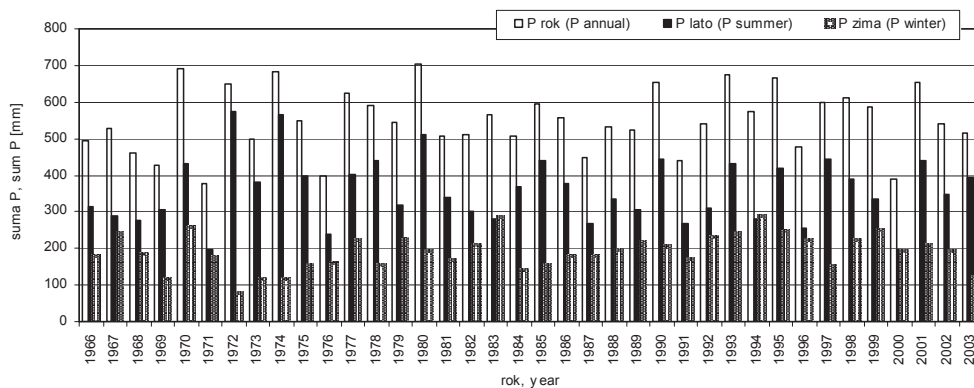
Dla każdego testu dobrano poziom istotności na podstawie obliczonej w programie R tzw. p-wartości (p-value). Dzięki p-wartości można precyzyjnie dobrać poziom istotności. Metoda ta została rozpowszechniona po wprowadzeniu do użytkowania komputerowych pakietów statystycznych (Storey 2003).

Analiza zmienności czasowej charakterystyk klimatycznych

Analizę zmienności czasowej charakterystyk klimatycznych, takich jak: roczne sumy opadów (P), zimowe i letnie sumy opadów (P), średnia temperatura powietrza (T) w roku oraz w okresie letnim i zimowym, jak również pokrywy śnieżnej, przeprowadzono na podstawie analizy statystycznej ciągów chronologicznych, pochodzących ze stacji klimatycznej Różanystok z okresu pomiarowego 1966–2003. Przedstawienie tendencji zmian charakterystyk klimatycznych pozwoli odpowiedzieć na pytanie, jak istotne mogą być dla rozwoju ekosystemów wodno-błotnych.

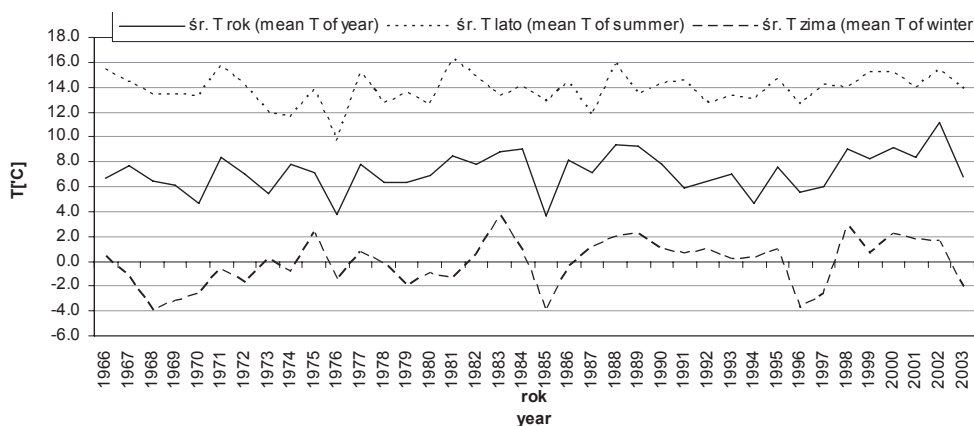
Po dokonaniu wnikliwej analizy stwierdzić można, że rozpatrywany ciąg zimowych sum opadu z okresu pomiarowego 1966–2003 wykazuje rosnący istotny statystycznie trend tej charakterystyki klimatycznej na poziomie istotności 0,06 (p-value). Natomiast w przypadku rocznych, jak również letnich sum opadu wykazały one jedynie tendencje rosnące (rys. 1).

W kształtowaniu się średniej temperatury powietrza pomierzonej na stacji Różanystok z okresu 1966–2003 zaobserwowano rosnący trend istotny statystycznie na poziomie istotności 0,01 (p-value). Natomiast zarówno w przypadku średniej rocznej, jak i średniej letniej temperatury powietrza zauważa się jedynie tendencję ich wzrostu (rys. 2). Ocieplenie w okresie zimy przyczynia się do zaniku pokrywy śnieżnej, co zostało udokumentowane w opracowaniach: Górniaka i Piekarskiego (2002), Kozuchowskiego i innych (2004).



RYSUNEK 1. Suma opadu rocznego, zimowego i letniego pomierzonego na stacji klimatycznej Różanystok w okresie 1966–2003

FIGURE 1. Sum of year, winter and summer precipitation in meteorological station Różanystok in 1966–2003



RYSUNEK 2. Przebieg średniej temperatury powietrza pomierzonej na stacji Różanystok w okresie 1966–2003

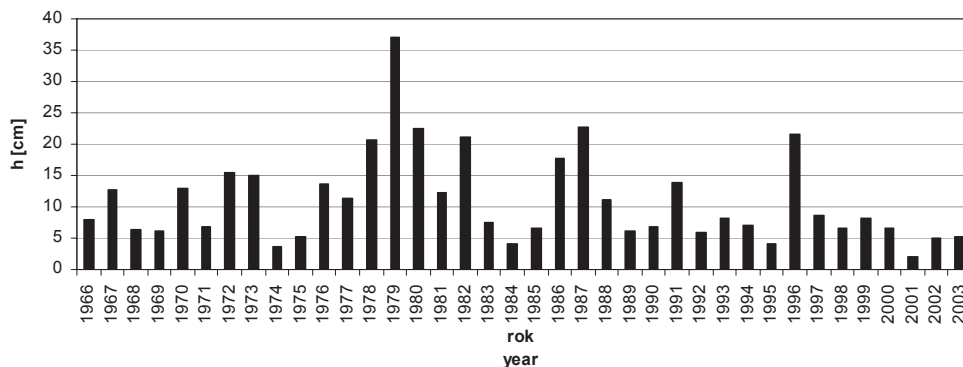
FIGURE 2. Run of the mean air temperature in meteorological station Różanystok in 1966–2003

Kolejno poddano analizie statystycznej średnią grubość pokrywy śnieżnej zanotowanej na stacji Różanystok z okresu 1966–2003 (rys. 3), która wykazała malejący trend istotny statystycznie na poziomie istotności 0,126 (p-value). Wieloletni trend zmniejszania się udziału opadów śniegu wskazuje na zmniejszenie się objętości retencjonowanej wody w zlewni Biebrzy, która może mieć istotne znaczenie w przesychnianiu

torfów biebrzańskich, jakie zauważa się w ostatnich latach.

Analiza zmienności czasowej charakterystyk hydrologicznych

Biebrza jest główną rzeką przepływającą przez mokradła. Jej zasoby wodne i ich zmienność wzdłuż biegu rzeki decydują o warunkach kształtowania się ekosystemów wodno-błotnych. Dlatego



RYSUNEK 3. Średnia grubość pokrywy śnieżnej zanotowana na stacji Różanystok w okresie 1966–2003

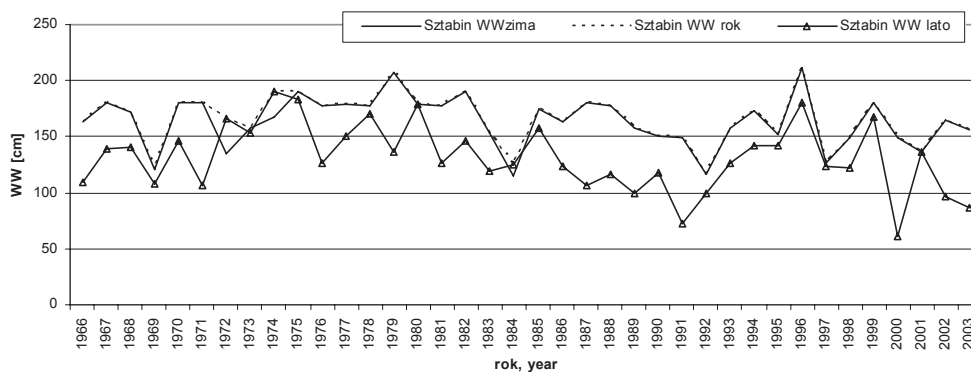
FIGURE 3. Mean snow cover in meteorological station Różanystok in 1966–2003

też przeanalizowano zmienność maksymalnych przepływów i stanów wody wzdłuż biegu rzeki na przykładzie dwóch wodowskazów – Sztabin i Burzyn.

Badania zmienności czasowej charakterystyk hydrologicznych przeprowadzono na podstawie analizy statystycznej ciągów chronologicznych dla tych wodowskazów. Analizowano zmienność stanów wód powierzchniowych: maksymalnych rocznych (WW), maksymalnych zimowych (WW_{Zima}), maksymalnych letnich (WW_{Lato}) oraz zmienność przepływów charakterystycznych: maksy-

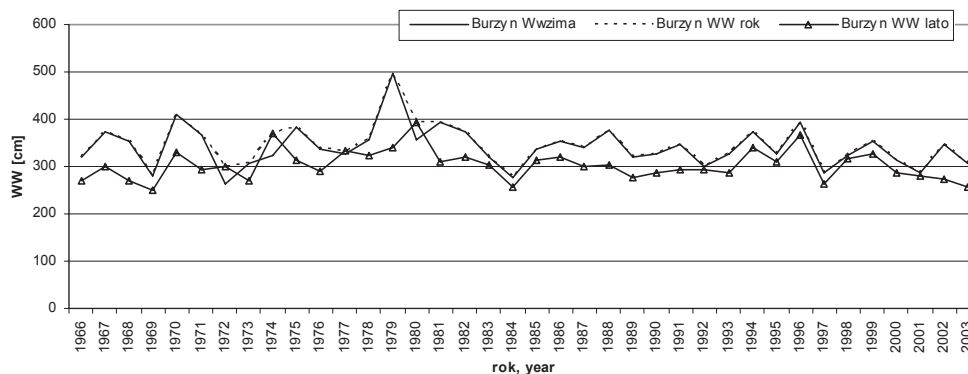
malnych rocznych (WQ), maksymalnych zimowych (WQ_{Zima}), maksymalnych letnich (WQ_{Lato}) w okresie 1966–2003.

Analiza statystyczna maksymalnych stanów wody w okresie zimowym pomierzonych w profilu wodowskazowym Sztabin w okresie 1966–2003 wykazała malejący trend istotny statystycznie (rys. 4) – na poziomie istotności 0,08 (p-value). W przypadku maksymalnych stanów wody w okresie zimowym w profilu Burzyn zauważa się jedynie tendencje malejące (rys. 5).



RYSUNEK 4. Maksymalne roczne, zimowe, letnie stany wody zanotowane w profilu Sztabin, rzeka Biebrza, w okresie 1966–2003

FIGURE 4. Maximum water level annual, in a winter half of the year, in a summer half of the year water gauge Sztabin, the Biebrza River in 1966–2003



RYSUNEK 5. Maksymalne roczne, zimowe, letnie stany wody zanotowane w profilu Burzyn, rzeka Biebrza, w okresie 1966–2003

FIGURE 5. Maximum water level annual, in a winter half of the year, in a summer half of the year water gauge Burzyn, the Biebrza River in 1966–2003

Trendy wartości maksymalnych stanów wody w okresie letnim pomierzonych w profilu wodowskazowym Sztabin, obrazujące tempo ich zmian w okresie 1966–2003, wykazały malejący trend tych wartości istotny statystycznie – na poziomie istotności 0,04 (p-value), w profilu zaś Burzyn nie wykryto istotnych trendów, a jedynie zauważa się tendencje obniżania się maksymalnych letnich stanów wody (rys. 5).

Analiza statystyczna maksymalnych rocznych stanów wody pomierzonych w profilu wodowskazowym Sztabin z okresu 1966–2003 wykazała istotny statystycznie trend malejący (rys. 4) – na poziomie istotności 0,03 (p-value), w profilu zaś Burzyn wykryto istotny trend malejący maksymalnych rocznych stanów wody (rys. 5) – na poziomie istotności 0,16 (p-value).

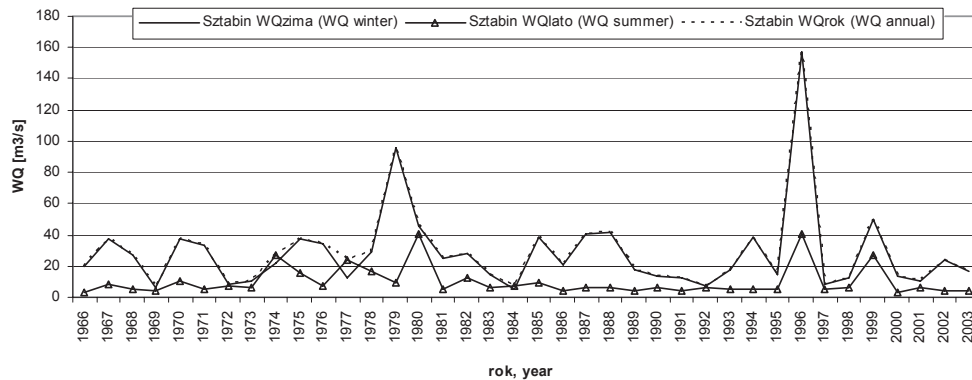
Kolejnym krokiem była analiza statystyczna przepływów maksymalnych rocznych i maksymalnych z okresu zimowego, pomierzonych w profilu wodowskazowym Sztabin i Burzyn w okresie 1966–2003, która wykazała tendencje malejące nieistotne statystycznie (rys. 6

i 7). Trendy wartości przepływów maksymalnych letnich pomierzonych w profilu wodowskazowym Sztabin, obrazujące tempo ich zmian, wykazały malejący trend tych wartości istotny statystycznie – na poziomie istotności 0,1 (p-value), w przypadku zaś profilu Burzyn nie wykryto istotnych trendów, a jedynie zauważa się tendencje malejące.

Podsumowanie

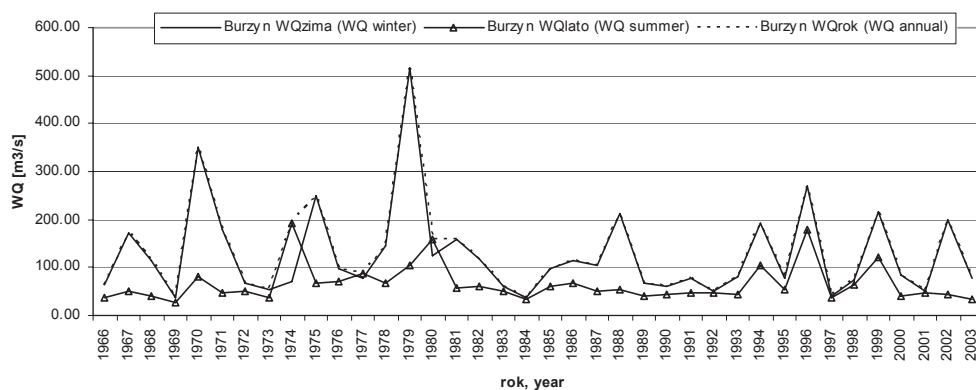
Klimat Polski w ostatnich latach XX wieku zmienił się znacznie w porównaniu z „normami” klimatycznymi, ustalonymi na podstawie danych z wcześniejszych okresów. Nastąpiło wyraźne ocieplenie, obejmujące zwłaszcza pierwszą połowę roku kalendarzowego. Zimy stały się łagodne i w większości prawie bezśnieżne, wiosny stały się cieplejsze od jesieni, pojawiły się też gorące lata (IPCC 2006, 2007).

Analiza statystyczna danych, szczególnie klimatycznych, pozwala stwierdzić, że ocieplenie klimatu jest zauważalne również w Polsce, a tym samym



RYSUNEK 6. Maksymalne roczne, zimowe, letnie przypiływy zanotowane w profilu Sztabin, rzeka Biebrza, w okresie 1966–2003

FIGURE 6. Maximum water level annual, in a winter half of the year, in a summer half of the year discharge Sztabin, the Biebrza River in 1966–2003



RYSUNEK 7. Maksymalne roczne, zimowe, letnie przypiływy zanotowane w profilu Burzyn, rzeka Biebrza, w okresie 1966–2003

FIGURE 7. Maximum water level annual, in a winter half of the year, in a summer half of the year discharge Burzyn, the Biebrza River in 1966–2003

w Kotlinie Biebrzańskiej. W przypadku analizy parametrów hydrologicznych zmiany te są w mniejszym stopniu widoczne. Niemniej jednak można mówić o początkowej fazie zmian obniżania się zarówno maksymalnych stanów wody, jak i maksymalnych przepływów, które w decydujący sposób oddziałują na ekosystemy wodno-błotne. Przeprowadzona analiza statystyczna potwierdza badania przeprowadzone przez Byczkowskiego i Mandes (2004).

Badania zmian klimatu wykazują, że coraz częściej panuje prawie w całym kraju znaczny niedobór opadów, przy utrzymującej się przez długi okres upalnej pogodzie oraz niskiej wilgotności powietrza. Wymienione elementy klimatu, a także bardzo duże osłonecznienie przyczynia się do pogłębienia niedoborów wilgoci w glebie, nadmiernego przesuszenia gruntu i do wystąpienia silnej suszy glebowej. W takich momentach zapas wody łatwo dostępnej dla

roślin zostaje całkowicie wyczerpany, a roślinność zmienia się.

Przemiany zespołów roślinnych torfowisk doliny Biebrzy następowały i nadal następują jako wynik antropopresji i naturalnych procesów zachodzących w tych zespołach. Niemniej jednak nie można wykluczyć czynnika klimatycznego, który odgrywa bardzo istotną rolę w kształtowaniu się siedlisk mokradłowych. Coraz radsze i krótsze zalewy wód roztopowych powodują zmiany stosunków wodnych, a tym samym przesuszanie i murszenie zbiorowisk torfowiskowych.

Zmniejszenie częstości występowania niskiej temperatury w zimie oznacza brak opadów śniegu i pokrywy śnieżnej, a co za tym idzie – brak zalewów wiosennych, wzrost parowania, obniżenie poziomu wód gruntowych, zmniejszenie się ilości wody zmagazynowanej w glebie oraz zmniejszenie przepływów w rzece, co spowoduje osuszenie i zanik ekosystemów najbardziej wrażliwych – obszarów bagiennych.

Literatura

- BANASZUK H. 2004: Kotlina Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. Aktualny stan, walory, zagrożenia i potrzeby czynnej ochrony środowiska. *Ekonomia i Środowisko*, Białystok.
- BORGER G.J. 1992: Draining-digging-dredging: the creation of a new landscape in the peat areas of the low countries. In: *Fens and bogs in the Netherlands*. Ed. J.T.A. Verhoeven. Kluwer, Dordrecht: 131–172.
- BYCZKOWSKI A., MANDES B. 2004: Zmiany czasowe elementów hydrologicznych Doliny Biebrzy w wieloleciu. W: *Kotlina Biebrzańska i Biebrzański Park Narodowy. Aktualny stan, walory, zagrożenia i potrzeby czynnej ochrony środowiska*. Red. H. Banaszuk. *Ekonomia i Środowisko*, Białystok: 167–178.
- GÓRNIAK A., PIEKARSKI K. 2002: Seasonal and multiannual changes of water levels in lakes of Northeastern Poland. *Polish Journal of Environmental Studies* 11, 4: 349–354.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change – WGII Fourth Assessment Report – (TGD) Draft, 2006. Chapter 3 – Freshwater Resources and their Management.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*.
- KACZMAREK Z. 1997: Zasoby wodne Polski i Europy w obliczu zmian klimatu. PAN, *Zeszyty Naukowe* nr 17, Warszawa.
- KOŻUCHOWSKI K., DEGIRMENDŽIĆ J., POPIERNIK Ź., WIBIG J. 2004: Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce. Projekt badawczy KBN nr P04E06622. Uniwersytet Łódzki, Łódź.
- LISZEWSKA M., OSUCH M. 1999: Analiza wyników globalnych modeli klimatu dla Europy Środkowej i Polski. W: *Zmiany i zmienność klimatu Polski. Ich wpływ na gospodarkę, ekosystemy i człowieka*. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej, Łódź, 4–6 listopada: 129–142.
- LISZEWSKA M., OSUCH M. 2000: Analysis of results of global climate models for Central Europe and Poland. *Geogr. Polon.* 73: 49–63.
- OKRUSZKO T. 2005: Kryteria hydrologiczne w ochronie mokradeł. *Rozprawy Naukowe i Monografie*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- OKRUSZKO T., CHORMAŃSKI J., KARDEL I., KUBRAK J., MAKSYMIAK A., MICHAŁOWSKI R., NOWAKOWSKI P., ROZBICKI T., STELMASZCZYK M. 2005: Opracowanie kryteriów hydrologicznych i analiza możliwości ich wykorzystania w ochronie ekosystemów bagiennych. *Sprawozdanie merytoryczne z projektu badawczego KBN nr 3 PO6S 064 23 (maszynopis)*. SGGW, Warszawa.
- SMITS A.J.M., CALS M.J.R., DORST H.J. 2001: Evolution of European river basin management. In: *River restoration in Europe. Practical Approaches*. Eds. H.J. Nijland, M.J.R. Cals.

Conference on River Restoration, Wageningen, The Netherlands 2000. Proceedings. RIZA report 2001.023. Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment RIZA, Arnhem, Lelystad.

STOREY J. 2003: The positive false discovery rate: A Bayesian interpretation and the p-value. *Annals of Statistics* 31: 2013–2035.

Strategia ochrony obszarów wodno-blotnych w Polsce, 2006. Ministerstwo Środowiska, Departament Ochrony Przyrody, Warszawa (http://www.mos.gov.pl/2materialy_informacyjne/raporty_opracowania/strategia_ochrony_plan_dzialan.pdf).

<http://CRAN.R-project.org>

Summary

Analysis of climatic and hydrologic parameters variability in the Biebrza River basin. Wetlands are endangered ecosystems. The main, most observe and forecast risk for the wetlands is global climate change. The paper presents the analysis of multiyear tendencies of changes of climatic and hydrolo-

gic characteristics in the Biebrza River basin in 1966–2003 with the use of Mann-Kendall test. The analysis of climatic characteristics let to state, that climate warming is noticeable in Poland and in the Biebrza River too. In case of the analysis of hydrologic characteristics the changes are less noticeable. Nevertheless we can talk about the initial phase of lowering of maximum water levels and of maximum discharges which in decisive way influence the wetlands.

Authors' addresses:

Anna Maksymiuk, Stefan Ignar,
Tomasz Okruszko

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Inżynierii Wodnej i Rekultywacji
Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland

Konrad Furmańczyk, Jan Krupa
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Katedra Zastosowań Matematyki
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland