

## Ocena stężeń związków azotu i fosforu w wodach środkowego basenu rzeki Biebrza

Małgorzata Rauba<sup>1\*</sup>, Diana Dembowska<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok

\* Autor do korespondencji: [m.rauba@pb.edu.pl](mailto:m.rauba@pb.edu.pl)

### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono ocenę jakości wód środkowego basenu rzeki Biebrzy pod względem stężeń azotu azotanowego(V), azotu amonowego, fosforu fosforanowego(V) w odniesieniu do obowiązujących w polskim prawie norm jakości wód powierzchniowych. Pobór wody zostały wykonane w 7 punktach w okresie listopad 2014 roku, oraz od stycznia do czerwca 2015 roku. Basen środkowy rzeki Biebrzy charakteryzuje się dużą zmiennością użytkowania terenu co wpływa na jej jakość. Jak wykazały badania stężenia azotu azotanowego(V) mieściły się w II klasie, zaś stężenia azotu azotanowego(III), azotu amonowego i fosforu fosforanowego(V) przekraczały wartości graniczne klasy II jakości wód.

**Słowa kluczowe:** rzeka Biebrza, azot azotanowy(III), azot azotanowy(V), azot amonowy, fosfor fosforanowy(V), użytkowanie gruntu

## Evaluation of concentrations of nitrogen and phosphorus compounds in the middle basin of Biebrza River

### ABSTRACT

The paper presents the assessment of concentrations of nitrogen and phosphorus compounds. The results was compared with surface water Polish norms. Samples of water were taken from 7 sampling points in November 2014 and January – June 2015. The concentrations of nitrate(III) and (V) nitrogen, ammonium nitrogen, phosphate phosphorus(V) were tested in the samples. Research indicates that concentrations of nitrate nitrogen(V) were in class II, while concentrations of nitrate nitrogen(III), ammonium nitrogen and phosphate phosphorus(V) exceeded limit values of water quality class II. The results of the analysis show that the forms of land use development near the river is influencing on water quality.

**Keywords:** Biebrza river, nitrate nitrogen(III), nitrate nitrogen(V), ammonium nitrogen, phosphate phosphorus(V), land use

### WSTĘP

Jedną z głównych przyczyn zanieczyszczenia wód powierzchniowych jest działalność człowieka. Składa się na nią przede wszystkim nadmierne obciążenie związkami biogennymi pochodzącymi z rolnictwa oraz brak prawidłowego systemu odprowadzania ścieków, zwłaszcza na terenach wiejskich. Zawartość różnych form azotu i fosforu w wodach powierzchniowych zwiększa się przez intensywność spływów powierzchniowych, które są uwarunkowane sposobem zagospodarowania zlewni oraz rodzajem gleb. Doty-

czy to szczególnie rzek nizinnych obciążonych zanieczyszczeniami z dużej powierzchni zlewni i nawet przy dobrym systemie oczyszczania ścieków, dobrych praktykach rolniczych dostaje się do wód pewna ilość biogenów, która stanowi zagrożenie dla ich jakości [Dąbrowska 2008]. Dlatego bardzo ważne jest monitorowanie jakości wód powierzchniowych pod kątem zawartości związków biogennych, szukanie ich źródeł i próba ich eliminacji. Szczególnie istotne jest to na obszarach objętych różnymi formami ochrony przyrody. Jednym z takich obiektów jest dolina rzeki Biebrzy. Mimo, że teren ten jest uznawa-

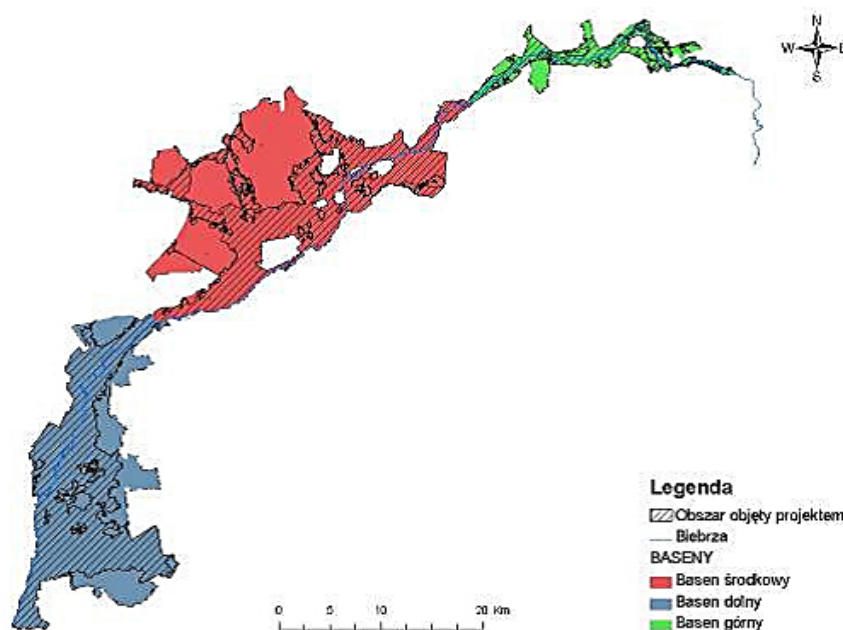
ny za czysty, coraz więcej badań jakości wód wskazuje, że wody Biebrzy okresowo zawierają podwyższone stężenia związków azotowych i fosforowych, które pochodzą zarówno ze źródeł naturalnych (torfowiska), jak i ze źródeł antropogenicznych (spływy powierzchniowe z obszarów rolniczych) [Frąk 2010]. Obszary położone w sąsiedztwie rzeki Biebrzy, z uwagi na jej długość ok. 165 km, są użytkowane w różny sposób. Głównie są to łąki, pastwiska, w mniejszym stopniu uprawy. Nie bez znaczenia dla jakości wód rzeki jest osadnictwo, które zlokalizowane jest w bezpośrednim jej sąsiedztwie.

Celem artykułu jest ocena jakości wód środkowego basenu rzeki Biebrzy pod względem stężeń azotu azotanowego(V), azotu amonowego, fosforu fosforanowego(V) w odniesieniu do obowiązujących w polskim prawie norm jakości wód powierzchniowych.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Zlewnia rzeki Biebrzy położona jest w północno-wschodniej części Polski. Swoje źródła Biebrza ma w rejonie Nowego Dworu, uchodzi do Narwi w rejonie wsi Ruś. Długość rzeki wynosi ok. 165 km, natomiast powierzchnia zlewni wynosi ok. 7051 km<sup>2</sup>. Rzeka Biebrza niemal w całości znajduje się na terenie Biebrzańskiego

Parku Narodowego ok. 155 km. Ponad 1,6% Parku pokrywa woda. Obszary leśne zajmują 26%, grunty rolne 31%, a nieużytki 43% [Jekatierynczuk-Rudczyk 2006, Budka i in. 2013]. Dolina rzeki Biebrzy dzieli się dwoma przewężeniami na trzy części które są nazywane basenami (rys. 1). Pierwsze przewężenie na odcinku między Sztabinem a Krasnymborem oddziela część górną zwaną basenem północnym, od obszernej części środkowej zwanej basenem środkowym. Drugie przewężenie znajdujące się w rejonie Osowca, rozdziela basen środkowy od południowego [Pałczyński 1988]. Basen górny obejmuje wąską dolinę o długości 40 km i powierzchni 10 681 ha. Zasilany jest on dwoma typami hydrologicznymi: soligenicznym i fluwiogenicznym. Przeważające formy użytkowania gruntów, przyległych do wód rzeki, to nieużytki i grunty leśne. W basenie środkowym powstał kompleks torfowy o powierzchni 45 874 ha. Charakteryzuje się najbardziej zróżnicowanymi formami użytkowania gruntów. Występują tu grunty leśne, nieużytki rolne, pastwiska, łąki kośne i zabudowa wiejska. Obszar przyległy do rzeki w basenie dolnym Biebrzy zajmują nieużytki. Wzdłuż prawego brzegu, w pasie około 2 km, oraz w ujściowych odcinkach Jegrzni i Brzozówki rzeka zasilana jest fluwiogenicznie. Centralna część basenu zasilana jest topogenicznie, zaś przykrawędziowe części basenu wodami gruntowymi [Maksymiuk i in. 2008].



Rys. 1. Baseny rzeki Biebrza [Plan zarządzania dla obszaru Biebrzański Park Narodowy [http://www.otop.org.pl/uploads/media/wodniczka/plan\\_zarzadzania\\_i\\_ochrony\\_bpn.pdf](http://www.otop.org.pl/uploads/media/wodniczka/plan_zarzadzania_i_ochrony_bpn.pdf), stan na 27.01.2018]

Fig. 1. Basins of Biebrza River [Management plan for the Biebrza National Park area. [http://www.otop.org.pl/uploads/media/wodniczka/plan\\_zarzadzania\\_i\\_ochrony\\_bpn.pdf](http://www.otop.org.pl/uploads/media/wodniczka/plan_zarzadzania_i_ochrony_bpn.pdf), date 27.01.2018]

## METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w środkowym basenie rzeki ze względu na zróżnicowanie struktury użytkowania gruntów przyległych do rzeki, a co za tym idzie potencjalne zanieczyszczenia obszarowe i punktowe mogące wpływać na jakość wód. Próbkę wody pobierano w 7 punktach pomiarowo-kontrolnych zgodnie z normą PN-EN ISO 5667-6 „Jakość wody. Pobieranie próbek. Wytyczne dotyczące pobierania próbek z rzek i strumieni” (tab. 1, rys. 2). Analizy laboratoryjne wykonano do 12 godzin po pobraniu prób. Próbkę pobierano raz w miesiącu od listopada 2014 roku do czerwca 2015 roku. W badaniach pomi-

nięto miesiąc grudzień ze względu na warunki atmosferyczne.

W próbkach zbadano stężenia:  $N-NO_3^-$  i  $N-NO_2^-$ ;  $N-NH_4^+$ ,  $P-PO_4^{3-}$ . Wskaźniki zbadano spektrofotometrem firmy HACH DR/2000 za pomocą metod i odczynników rekomendowanych przez tę firmę.

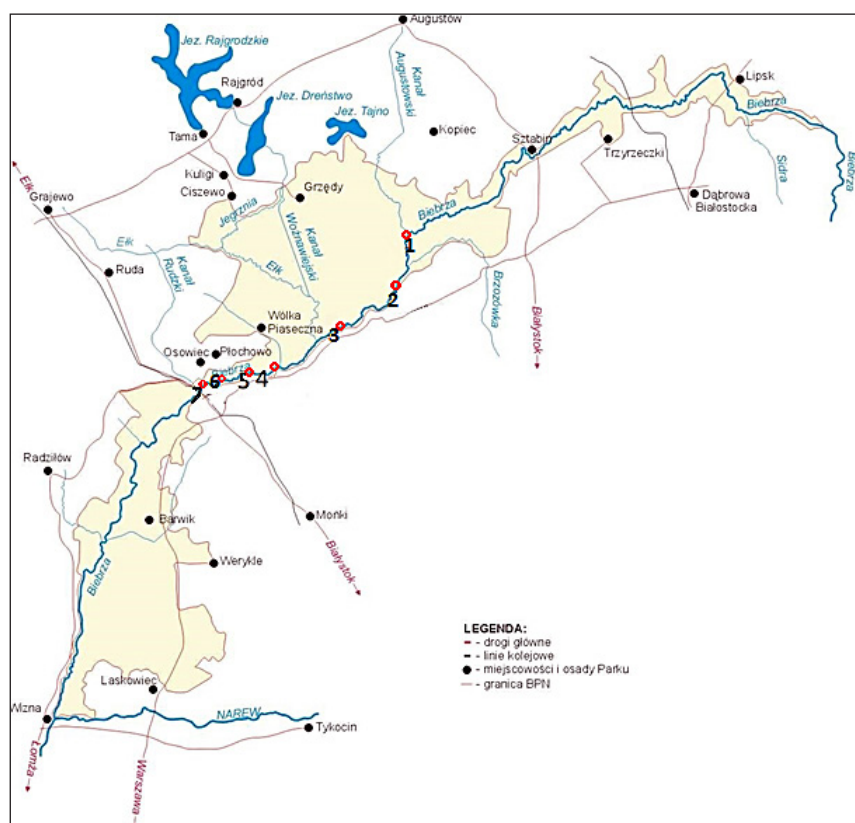
## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm

Tabela 1. Punkty pomiarowo-kontrolne i formy użytkowania gruntu

Table 1. Sampling points and land use

Punkt poboru	Miejscowość	Forma użytkowania
1	Jasionowo Dębowskie	łąki kośne, gruntu orne, pastwiska
2	Dolistowo Nowe	łąki kośne
3	Wroceń	zabudowa wiejska, nieużytki
4	Goniądz	zabudowa wiejska
5	Szafranki	łąki kośne, pastwiska
6	Osowiec Twierdza 2	zabudowa wiejska
7	Osowiec Twierdza 1	nieużytki



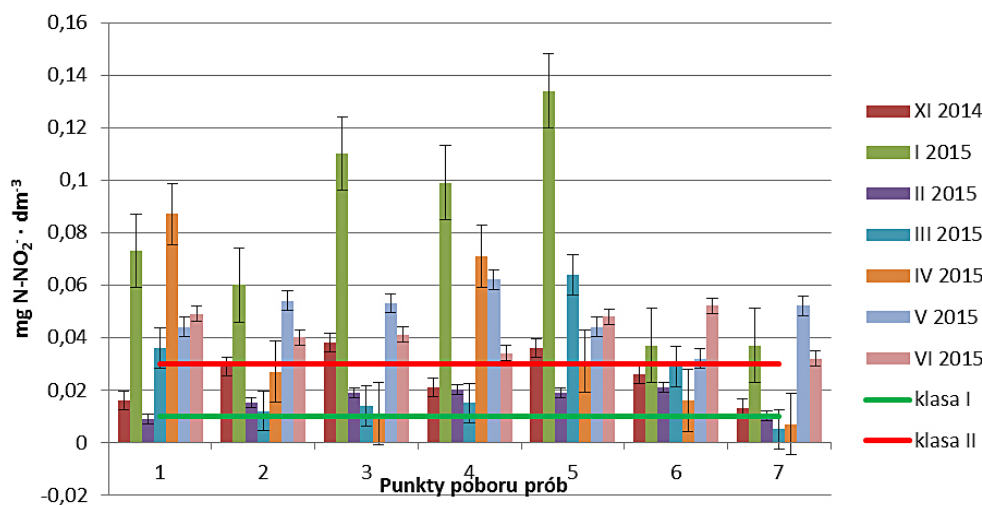
Rys. 2. Miejsca poboru próbek na rzece Biebrzy [na podstawie [www.biebrza.org.pl](http://www.biebrza.org.pl)]  
 Fig. 2. Sampling point location on Biebrza River [based on [www.biebrza.org.pl](http://www.biebrza.org.pl)]

jakości dla substancji priorytetowych na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, rzekę Biebrzę przypisano do typu małych i średnich rzek na obszarze będącym pod wpływem procesów torfotwórczych (kod typu 24). Na tej podstawie dokonano oceny jakości wód rzeki, przypisując poszczególne parametry do klas czystości.

Stężenie azotu azotanowego(III) w wodach analizowanej rzeki mieściło się w granicach od 0,005 do 0,134 mg N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>·dm<sup>-3</sup>, co oznacza, że stężenia tego parametru mieszczą się w II klasie czystości wód lub są pozaklasowe. Najwyższe stężenia tej formy azotu odnotowano w okresie zimowym w styczniu w punkcie 5, użytkowanym jako łąki i pastwiska, co potwierdza tezę postawioną przez KOCA i in. [1999], że największe stężenie N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> pochodzi ze spływu powierzchniowego i podpowierzchniowego z obszarów użytkowanych rolniczo w sezonie poza wegetacyjnym. Duże stężenie N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> stwierdzono również w punkcie poboru 4 znajdującym się w miejscowości Goniądz. Podwyższenie tego parametru mogło mieć związek z odprowadzaniem ścieków z oczyszczalni ścieków w Goniądzu. Na podstawie zawartości poszczególnych form azotowych w wodzie można w przybliżeniu określić czas i źródło jej zanieczyszczeń. Równoczesna obecność N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> i N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> świadczy o tym, że od chwili zanieczyszczenia wody upłynął już pewien okres, a źródłem zanieczyszczeń może być

sposób użytkowania przyległych do wód obszarów [Jachimowski 2017]. Analiza stężeń tych dwóch form azotu w rzece Biebrza wykazała, że są one podwyższone (rys. 3, rys. 4). Fleisher [1991] stwierdził, że poszczególne formy azotu migrują do wód powierzchniowych w wyniku spływu gruntowego, a także powierzchniowego podczas użytkowania rolniczego gruntów.

Azot amonowy pochodzi głównie z biochemicznego rozkładu organicznych związków roślinnych i zwierzęcych lub redukcji azotanów(III) i (V). Jego stężenia w rzece Biebrza mieszczą się w głównie w II klasie czystości wód. Stężenia oscylują w granicach od 0,09 do 1,62 mg N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>·dm<sup>-3</sup>. Wysokie pozaklasowe stężenia zanotowano w miesiącach zimowych listopad 2014 i styczeń 2015 roku niemal we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych (rys. 4). Jest to związane z sezonowym wahaniem stężeń tej formy azotu w ciągu roku. Stężenia amoniaku są niskie latem, gdy amoniak jest zużywany przez rośliny i równocześnie podlega nityfikacji. Ta forma azotu jest łatwo przyswajalna przez autotrofy, stąd stanowi podstawowe źródło pokarmowe fitoplanktonu. Natomiast zimą, przy niskich temperaturach, gdy zanika życie biologiczne a nityfikacja jest zahamowana, stężenia amoniaku uzyskują wysokie wartości [Jachimowski 2017]. Nie bez zaznaczenia jest tu również forma użytkowania terenów sąsiadujących z rzeką. Wszystkie punkty, w których odnotowano podwyższone stężenie amoniaku, użytkowane są w sposób rolniczy (łąki i pastwiska) oraz zlokalizowane są w pobliżu zabudowy wiejskiej. Najczęstszą na



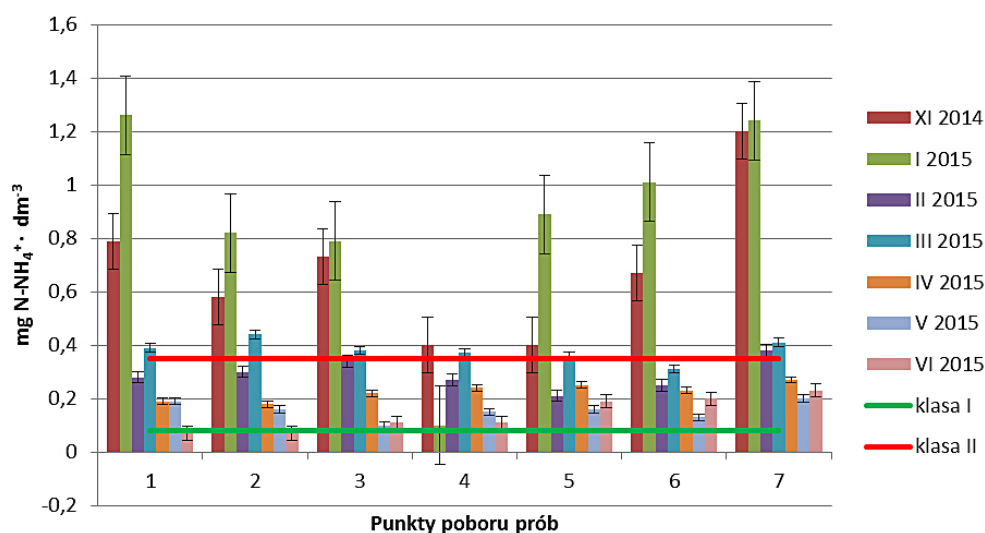
Rys. 3. Stężenia azotu azotanowego(III) w wodach rzeki Biebrza w wybranych punktach pomiarowo-kontrolnych

Fig. 3. Concentrations of nitrate nitrogen(III) in Biebrza River waters in selected sampling points

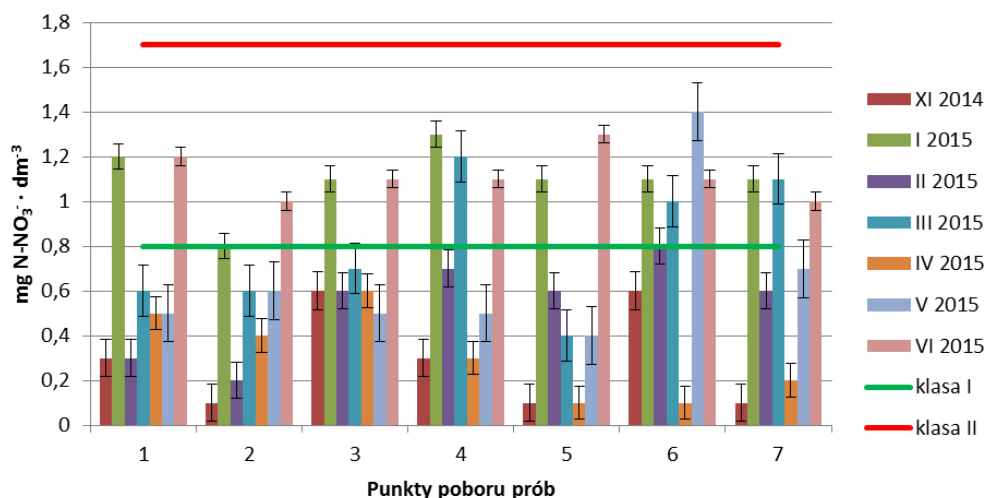
tym obszarze formą nawożenia użytków zielonych jest stosowanie gnojowicy, która jest zasobna w tę formę azotu. Biorąc pod uwagę warunki meteorologiczne w okresie zimowym – częste odwilże, dodatnie temperatury i opady deszczu, część azotu w postaci amonowej na skutek zwiększonej infiltracji i wymywania mogła przedostać się do wód powodziennych [Mosiej i in. 1993].

Azot azotanowy(V) stanowi najwyższy poziom utlenienia nieorganicznych, jak również organicznych związków [Jachimowski 2017]. Najwyższe stężenia azotu azotanowego(V) w wodach rzeki Biebrzy odnotowano w punktach 1, 4 i 6 w miesiącach styczeń i czerwiec 2015 r. Najniższe zaś w listopadzie 2014 r. i kwietniu 2015 r (rys. 5). Woda pod względem wyżej wymienionego parametru zalicza się do I i II kla-

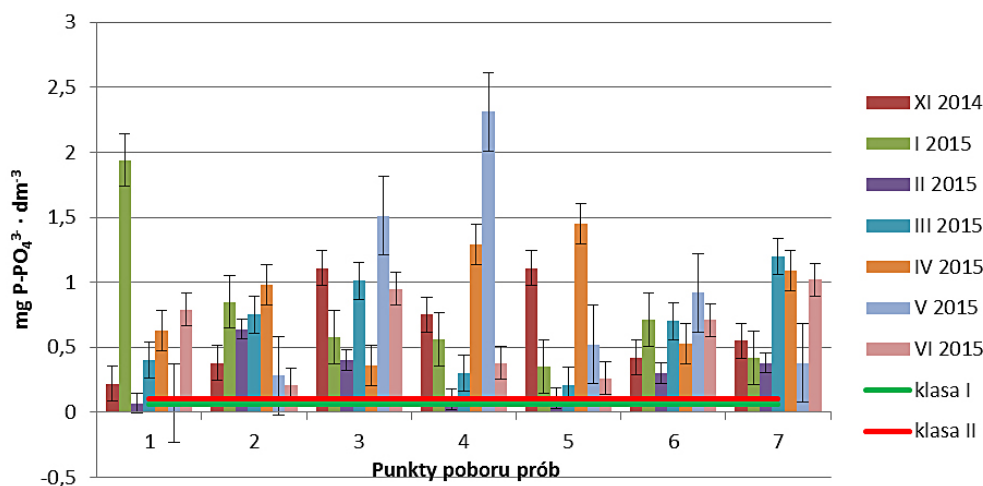
sy czystości [Rozporządzenie...2016]. Wysokie stężenia zimą są wynikiem zasilania przez płytkie wody gruntowe i odpływ rzeczny [Banaszuk 2007]. Na podwyższenie stężeń ma bez wątpienia rodzaj użytkowania gruntów. Punkty pomiarowo-kontrolne zlokalizowano w sąsiedztwie użytków rolnych, czyli łąk, pastwisk, gruntów ornych oraz zabudowy wiejskiej. Azot azotanowy(V) jest formą łatwo przyswajalną przez rośliny. W krajobrazie rolniczym do wód powierzchniowych przedostaje się najczęściej ze ściekami bytowymi oraz wskutek spływu wody z pól zasobnych w azot z nawozów mineralnych i stymulatorów wzrostu roślin. Stężenie  $N-NO_3^-$ , jako substancji pożywkowych organizmów wodnych, maleje wraz ze wzrostem biomasy roślin w zbiorniku wodnym. Wzrost stężeń wynika z



Rys. 4. Stężenia azotu amonowego w wodach rzeki Biebrza w wybranych punktach pomiarowo-kontrolnych  
 Fig. 4. Concentrations of ammonium nitrogen in Biebrza River waters in selected sampling points



Rys. 5. Stężenia azotu azotanowego(V) w wodach rzeki Biebrza w wybranych punktach pomiarowo-kontrolnych  
 Fig. 5. Concentrations of nitrate nitrogen(V) in Biebrza River waters in selected sampling points



Rys. 6. Stężenia fosforu fosforanowego(V) w wodach rzeki Biebrza w wybranych punktach pomiarowo-kontrolnych

Fig. 6. Concentrations of phosphorus in Biebrza River waters in selected sampling points

faktu, że w glebie  $N-NO_3^-$  nie podlega sorpcji wymiennej, a więc jest podatny na wymywanie przez wody opadowe w głąb profilu glebowego, a następnie przedostaje się do zbiorników wodnych [Adamczyk, Jachimowski 2013].

Spośród analizowanych parametrów jakości wód Biebrzy, w całym sezonie badawczym, najwyższymi stężeniami we wszystkich punktach pomiarowo-kontrolnych odznaczał się fosfor fosforanowy(V). Zawartość  $P-PO_4$  wahała się w przedziale od 0,07 do 2,31  $mg \cdot dm^{-3}$ , przez co wody pod względem tego parametru przekraczały wartości graniczne dla II klasy jakości wód (rys. 6).

Fosfor jest mniej ruchliwy niż azot i w mniejszym stopniu przemieszcza się w glebie, ma też możliwość kumulowania się po rozkładzie związków organicznych [Wiśniowska-Kielian, Murzyn 2008]. Ilość fosforu jest uzależniona od rodzaju użytków rolnych, rodzaju gleb oraz wielkości opadów atmosferycznych. Największe stężenia związków fosforu można zaobserwować na glebach organicznych, jakimi charakteryzuje się dolina rzeki Biebrzy. Część z tych związków przedostaje się do wód rzeki wraz z opadami atmosferycznymi i spływami. W okresie wegetacyjnym fosfor pobierany jest przez rośliny wodne (w tym fitoplankton), przez co jego stężenie jest niższe. W okresie zimowym obumarła biomasa opada na dno, gdzie następuje jej rozkład i zwiększenie zawartości fosforu w strefie przydennej, co przedkłada się na podwyższone stężenia tego parametru w wodzie [Bezak-Mazur, Stoińska 2013]. Nie bez znaczenia jest również forma zagospodarowania terenów sąsiadujących z rzeką. Szczególnie wysokie stężenia odnoto-

wano w punktach z zabudową wiejską, łąkami i pastwiskami, generującymi powstawanie związków fosforów (nawozy naturalne, ścieki bytowe), czyli w punktach 1, 4 i 5.

## WNIOSKI

1. Stężenia związków azotu w wodach rzeki Biebrzy, jako rzeki z wpływami procesów torfotwórczych, najwyższe były w okresie zimowym, kiedy związki te nie są pobierane przez rośliny.
2. Stężenia azotu azotanowego(III) osiągały wartość pozaklasową w okresie zimowym. Lepszą jakość wody, w zakresie tego parametru, odnotowano w miesiącach letnich. Podobnie sytuacja wygląda w odniesieniu do azotu amonowego.
3. Stężenia azotu azotanowego(V) mieściły się w I lub II klasie czystości.
4. Zawartość fosforu była pozaklasowa we wszystkich punktach pomiarowych oraz wszystkich okresach badawczych.
5. Wyraźny wpływ na pogorszenie jakości wód zaobserwowano w rejonach zabudowy wiejskiej, co świadczy o złym systemie gospodarki ściekowej oraz zagospodarowania nawozów naturalnych.

## Podziękowania

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/ZWL/1/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

## LITERATURA

1. Adamczyk W., Jachimowski A. 2013. Wpływ składników biogennych na jakość i eutrofizację powierzchniowych wód płynących, stanowiących źródło wody pitnej Krakowa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6 (91), 175-190.
2. Banaszuk P. 2007. Wodna migracja składników rozpuszczonych do wód powierzchniowych w zlewni górnej Narwi. Białystok. Wydaw. Pol. Biał.
3. Bezak-Mazur E., Stoińska R. 2013. The importance of phosphorus in the environment- review article, *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 15(3), 33-42.
4. Budka M., Marczakiewicz P., Lachmann L., Krogulec J. 2013. Plan zarządzania dla obszaru Biebrzański Park Narodowy, W ramach projektu: „Ochrona wodniczki w Polsce i w Niemczech”.
5. Dąbrowska J. 2008. Ocena zawartości związków azotu i fosforu w wodach rzeki Trzemny, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, nr 7, 57-68.
6. Fleisher S. Stibe L. 1991. Drainage basin management reducing river transported nitrogen-Vern. *Int. Ver. Limnot.* 24, 1753-1755.
7. Frąk M. 2010. Zanieczyszczenia bakteriologiczne w ocenie jakości wód Biebrzy. *Woda-Środowisko- Obszary Wiejskie*, t.10 z. 2 (30), 73-82.
8. Jachimowski A. 2017. Efektywność usuwania związków biogennych w procesie uzdatniania wody, *Inżynieria Ekologiczna*, 18(4), 97-106.
9. Jekatierynczuk-Rudczyk E. 2006. Wody w parkach narodowych. Biebrzański Park Narodowy. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, s. 45.
10. Maksymiuk A., Furmańczyk K., Ignar S., Krupa J., Okruszko T. 2008. Analiza zmienności parametrów klimatycznych i hydrologicznych w dolinie rzeki Biebrzy. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 3 (41), 59-68
11. Wesołowski P, Brysiewicz A, Gałczyńska M. 2014. Zmiany stężenia tlenu i temperatury w warunkach Różnych głębokości wody w śródpolnym oczku wodnym. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 2014 (X–XII), t. 14. z. 4 (48), 135–144.
12. Koc J., Szymczyk S., Procyk Z. 1999. Czynniki kształtujące wymywanie azotu, fosforu i potasu gleb uprawnych. *Zeszyt Prob. Post. Nauk Rol.* 467, 119-125.
13. Mosiej J., Tusiński J. 1993. Wstępna ocena migracji azotu mineralnego w glebach użytków zielonych nawadnianych Ściekami komunalnymi, *Roczniki Gleboznawcze t. XLIV nr 1/2 Warszawa*, 73-80.
14. Pałczyński A. 1988. Bagna Biebrzańskie. Liga Ochrony przyrody, Warszawa.
15. PN-EN ISO 5667-6 „Jakość wody. Pobieranie próbek. Wytyczne dotyczące pobierania próbek z rzek i strumieni”.
16. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, *Poz.* 1187.
17. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego jednolitych części wód powierzchniowych, *Poz.* 1549.
18. Wesołowski P., Brysiewicz A., Gałczyńska M. 2014. Zmiany stężenia tlenu i temperatury w warunkach różnych głębokości wody w śródpolnym oczku wodnym, *Woda-Środowisko-Obszary- Wiejskie*, t. 14, z. 4(48), 135-144.
19. Wiśniowska-Kielian B., Murzyn M. 2008. Ocena jakości wody z ujęć wody pitnej w gminie Wiśniowa, *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 35/36*, 123-131.