

Joanna Szczykowska\*, Anna Siemieniuk\*

## KSZTAŁTOWANIE SIĘ STĘŻEŃ ZWIĄZKÓW BIOGENNYCH W WODACH ZBIORNIKA CZAPIELÓWKA

### EVOLUTION OF THE CONCENTRATIONS OF BIOGENIC COMPOUNDS IN CZAPIELÓWKA LOW-RETENTION RESERVOIR

**Słowa kluczowe:** jakość wód, zbiornik małej retencji, związki biogenne, eutrofizacja.

**Keywords:** water quality, low- retention reservoir, biogenic compounds, eutrophication.

*This article applies to results of physico-chemical researches, which took place during the period of time from February 2007 to March 2011. The researches treat of Czapielówka reservoir's water quality. Czapielówka is a small water storage reservoir, located in northern-eastern Poland, in Podlasie region. Natural features of the reservoir, and water pollution, result in low quality of water in it. Contents of phosphates in analyzed water reservoir was always decreasing in spring time, strictly after the vegetational season, when the sunny weather conducts to dynamic growth of water organisms. During the summer, the quality of water became definitely worse, mostly because of increasing level of phosphates, at the same time, low concentration of inorganic nitrogen forms. This situation leads to growing fertility of the reservoir, and results in so-called 'water blooming', excluding functioning of the reservoirs as a resorts. Czapielówka requires protection and security against polluting influence. It also needs limiting the level of contamination, and impediments in exploiting the reservoir in a proper way.*

#### 1. WPROWADZENIE

Zlokalizowane na terenach rolniczych zbiorniki wodne umożliwiają zaspokojenie zapotrzebowania na wodę do nawodnień roślin uprawnych, do wodopojów dla zwierząt hodowlanych, do celów przeciwpożarowych, oraz podniesienie, a także ustabilizowanie, poziomu

---

\* *Dr nauk tech. Joanna Szczykowska, dr inż. Anna Siemieniuk – Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, Politechnika Białostocka; ul. Wiejska 45B, 15-351 Białystok; tel.: 85 746 96 30; e-mail: j.szczykowska@pb.edu.pl*

wód gruntowych i podziemnych oraz spowolnienie przepływu wody rzecznej [Nyc 2004]. Ze względu na charakter zagospodarowania i budowę zlewni większość wód zasilających zbiorniki małej retencji stanowi potencjalne źródło zanieczyszczeń zwiększające zagrożenie procesami eutrofizacji [Klimaszyk 2006; Szczukowska, Siemieniuk 2007]. Trofia zbiorników zależy od materii, która znajduje się wewnątrz miski jeziornej, dlatego funkcjonowanie zbiornika wodnego jest w rzeczywistości wypadkową wielu procesów wewnątrzjeziornych i zlewniowych [Jeppesen i inni 2003].

Celem prowadzonych w okresie od marca 2007 r. do lutego 2011 r. badań była analiza kształtowania się stężeń związków biogenych w wodach zbiornika retencyjnego Czapielówka, w miejscowości Czarna Białostocka.

## 2. TEREN I METODYKA BADAŃ

Zbiornik wodny Czapielówka, położony w miejsko-wiejskiej gminie Czarna Białostocka w województwie podlaskim, wybudowano w latach 1971–1981 na skutek przegrodzenia zaporą ziemną koryta rzeki Czapielówka w 7 kilometrze. Czasza zbiornika ma kształt naturalny, a poziom brzegów jest szacowany średnio na 147 m.n.p.m. (na podstawie niepublikowanych materiałów, udostępnionych w Urzędzie Gminy Czarna Białostocka).

**Tabela 1.** Podstawowe parametry zbiornika Czapielówka

**Table 1.** The main parameters of Czapielówka water reservoir

| Parametry zbiornika                             | Jednostka         | Liczba jednostek |
|---|-------------------|------------------|
| Powierzchnia zlewni w przekroju zapory czołowej | km <sup>2</sup>   | 19,27            |
| Powierzchnia zwierciadła wody                   | ha                | 16,5             |
| Szerokość                                       | m                 | 570              |
| Długość   | m                 | 800              |
| Średnia głębokość                               | m                 | 2,00             |
| Głębokość max.                                  | m                 | 3,00             |
| Pojemność                                       | m <sup>3</sup>    | 316 955          |
| Przepływ średni niski                           | m <sup>3</sup> /s | 0,029            |
| Przepływ zwyczajny                              | m <sup>3</sup> /s | 0,05             |
| Przepływ letni wielki                           | m <sup>3</sup> /s | 0,870            |
| Przepływ zimowy wielki                          | m <sup>3</sup> /s | 1,950            |
| Przepływ najwyższy wielki                       | m <sup>3</sup> /s | 8,850            |

Opracowano na podstawie materiałów udostępnionych w Urzędzie Gminy Czarna Białostocka.

Obszary wokół zbiornika zajmują bory sosnowe, zaliczane do kompleksu leśnego Puszczy Knyszyńskiej, nieużytki, łąki i pastwiska. Bory sosnowe występują na glebach ubogich i skrajnie ubogich, kwaśnych, wytworzonych z piasków luźnych lub słabo gliniastych, ale także torfowiskowych.

Zbiornik przepływowy spełnia wiele zadań, do których można zaliczyć cele przeciwo-wodziowe, przeciwpożarowe, ekstensywną hodowlę ryb oraz funkcje rekreacyjno-sportowe. Jest on wkomponowany w kompleks leśny, a doskonałe warunki klimatyczne i krajobrazowe oraz dogodny dojazd powodują, że zbiornik jest wykorzystywany do celów rekreacyjnych i sportowych. Zarówno zlewnię rzeki Czapielówka, o powierzchni 19,27 km<sup>2</sup> jak i zlewnię samego zbiornika można zaliczyć do terenów leśno-rolnych. Na terenach bezpośrednio przylegających do akwenu są usytuowane liczne pola namiotowe, wypożyczalnie sprzętu wodnego, obiekty małej gastronomii i parkingi.

W ramach cyklicznych badań monitoringowych przeprowadzonych w okresie od marca 2007 r. do lutego 2011 r., realizując pracę statutową nr S/WBiŚ/4/11, podjęto próbę określenia sezonowych zmian wskaźników fizykochemicznych ze szczególnym uwzględnieniem związków biogennych. Próbkę wody pobierano do badań co miesiąc, z przypowierzchniowej warstwy brzegowej zbiornika, w czterech wyznaczonych stanowiskach badawczych. W celu ustalenia kształtowania się stężeń analizowanych wskaźników w przestrzennym układzie zbiornika stanowiska badawcze rozmieszczono tak, aby uchwycić zmiany zachodzące w badanym obiekcie. Pierwszy punkt był usytuowany w pobliżu dopływu do zbiornika wód rzeki Czapielówka, drugi i trzeci natomiast w jego środkowej części, czwarty punkt zaś znajdował się przy ujściu wody ze zbiornika.

Zakres pracy obejmował następujące oznaczenia:

- 1) barwę pozorną,
- 2) barwę rzeczywistą,
- 3) mętność,
- 4) odczyn,
- 5) przewodność elektrolityczną właściwą (PEW),
- 6) stężenie żelaza ogólnego, manganu, jonu amonowego, azotanów (III), azotanów (V) TKN oraz fosforanów i ChZT-Mn.

Badania wykonywano zgodnie z obowiązującą metodyką [Hermanowicz i in. 1999]. W ramach podstawowych obliczeń statystycznych obliczono, na podstawie wszystkich wyników badań uzyskanych w poszczególnych latach, wartość średnią, minimalną i maksymalną oraz odchylenie standardowe i medianę, wykorzystując programy Exel i Statistica 6.0, a wyniki badań poddano ponadto również analizie statystycznej, stosując trójczynniko-wą analizę wariancji.

Obliczono wartości NIR (najmniejszej istotnej różnicy), a różnice oceniono testem Tukeya przy poziomach ufności  $\alpha=0,01$   $\alpha=0,05$ .

Wartości fizykochemicznych parametrów próbek wody pochodzących ze zbiornika Czapielówka wraz z podstawową analizą statystyczną zamieszczono w tabeli 2, a obliczone metodą Tukeya wartości NIR zaprezentowano w tabeli 3, zamieszczonych w następnym rozdziale.

### 3. WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Podczas kontaktu wody z wieloma czynnikami, do których między innymi można zaliczyć materię organiczną: liście, drewno, a także produkty ich rozkładu, glebę oraz zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego, dochodzi do wylugowania substancji barwnych i pojawienia się zabarwienia wody w zbiorniku retencyjnym. W okresie objętym badaniami wartości wskaźników barwy pozornej kształtowały się w zakresie 27–173 mg Pt/dm<sup>3</sup>, natomiast wskaźników barwy rzeczywistej 9–164 mg Pt/dm<sup>3</sup> (tab. 2). Uzyskane wyniki badań barwy rzeczywistej i pozornej w jednostkowych cyklach badawczych poszczególnych lat były istotnie zróżnicowane w zależności od terminu poboru próbek (tab. 3). Powolny wzrost natężenia barwy obserwowany w okresach wiosennych mógł być spowodowany intensywnym rozwojem mikroorganizmów, a dodatkowo w wyniku cyrkulacji wiosennej dochodziło prawdopodobnie do naruszenia warstwy osadów. Znaczne zwiększenie natężenia zarówno barwy rzeczywistej, jak i pozornej, obserwowano od czerwca do września, po czym następowało powolne zmniejszenie natężenia barwy wody do wartości minimalnych, osiąganych w okresie zimowym. Wśród substancji powodujących rzeczywistą barwę wody najistotniejszą rolę ogrywają związki humusowe, powstające w glebie na skutek biochemicznych przemian obumarłych szczątków, głównie pochodzenia roślinnego, oraz w procesie humifikacji liści [Hermanowicz i in. 1999].

Zaobserwowana duża mętność wody podczas letnich poborów próbek (czerwiec–sierpień), spowodowana cząsteczkami ilów lub glin, stanowiących roztwory koloidalne, mogła być dodatkowo wywołana intensywnym wykorzystaniem rekreacyjnym zbiornika. Stopniowa sedymentacja doprowadziła do powolnego zwiększania przezroczystości wody w późniejszym okresie. Po zakończeniu sezonu letniego stwierdzono systematyczne zmniejszanie mętności badanych próbek wody. Analiza uzyskanych wartości pH z pomiaru odczynu wody w poszczególnych punktach pomiarowo-kontrolnych podczas okresu objętego badaniami nie wykazała powtarzających się cyklicznie prawidłowości w kształtowaniu się omawianego wskaźnika. Przeprowadzona trójczynnikiowa analiza wariancji udowodniła natomiast istotne statystycznie różnice średnich wartości pH w zależności od lat, miesięcy i punktu pomiarowo-kontrolnego oraz lat i punktu pomiarowo-kontrolnego, a także miesiąca i punktu pobierania próbek (tab. 3). Nie udowodniono natomiast istotnego zróżnicowania wartości pH w zależności od lat i miesiąca pobierania próbek. Wartości przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) wody, mierzone w wytypowanych punktach pomiarowo-kontrolnych wahały się w zakresie 217–555  $\mu\text{S/cm}$  (tab. 2), przy czym wartości minimalne odnotowano w miesiącach zimowych, na ogół w styczniu i lutym. Następnie obserwowano powolny wzrost PEW do wartości maksymalnych, osiąganych w czerwcu i lipcu oraz ich niewielkie wahania, trwające do sierpnia lub września. Od października natomiast stwierdzano gwałtowne zmniejszenie tych wartości.

**Tabela 2.** Fizykochemiczne parametry próbek wody pochodzących ze zbiornika Czapielówka  
**Table 2.** Physicochemical parameters of water samples of Czapielówka Reservoir

| Badany parametr   | Jednostka miary                                   | Wyniki badań uzyskane w okresie |  |                             |  |                             |  |                             |  |  |  |
|-------------------|---|---------------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|--|--|--|
|                   |   | marzec 2007r. – luty 2008r      |  | marzec 2008r. – luty 2009r. |  | marzec 2009r. – luty 2010r. |  | marzec 2010r. – luty 2011r. |  |  |  |
|                   |   | min-max<br>średnia              | mediana /<br>odchylenie<br>standardowe | min-max<br>średnia          | mediana /<br>odchylenie<br>standardowe | min-max<br>średnia          | mediana /<br>odchylenie<br>standardowe | min-max<br>średnia          | mediana /<br>odchylenie<br>standardowe |  |  |
| Barwa pozorna     | mg P/dm <sup>3</sup>                              | 27-172<br>95,844                | 94/30,276                              | 32-173<br>109               | 103/37,854                             | 42-151<br>95,583            | 97/29,771                              | 45-167<br>97,25/            | 95/35,800                              |  |  |
| Barwa rzeczywista | mg P/dm <sup>3</sup>                              | 12-132<br>71,542                | 70/31,946                              | 20-164<br>60,989            | 55/32,35                               | 11-121<br>62,166            | 57/29,369                              | 9-122<br>60,958             | 55/30,959                              |  |  |
| Mętność           | NTU   | 0,98-31<br>10,656               | 9,057/7,816                            | 1,09-31<br>11,248           | 8,2/9,262                              | 0,41-10,1<br>3,762          | 2,49/2,868                             | 0,6-14,6<br>4,110           | 2,87/3,188                             |  |  |
| Odczyn            | pH  | 6,2-8,93<br>7,962               | 8,05/0,675                             | 6,98-8,58<br>7,730          | 7,72/0,380                             | 6,58-8,35<br>7,455          | 7,30/0,491                             | 6,58-8,52<br>7,392          | 7,32/0,499                             |  |  |
| PEW               | µS/cm   | 289-481<br>413,156              | 435/56,175                             | 217-485<br>408,208          | 422/55,516                             | 354-555<br>422,396          | 415/38,915                             | 343-505<br>420,729          | 421/40,583                             |  |  |
| Żelazo og.        | mg Fe/dm <sup>3</sup>                             | 0,01-2,01<br>0,244              | 0,115/0,461                            | 0,01-2,01<br>0,232          | 0,147/0,147                            | 0,03-1,2<br>0,360           | 0,285/0,266                            | 0,05-0,97<br>0,336          | 0,25/0,230                             |  |  |
| Mangan            | mg Mn/dm <sup>3</sup>                             | 0,012-0,311<br>0,118            | 0,072/0,101                            | 0,01-0,154<br>0,054         | 0,044/0,033                            | 0,045<br>0,045              | 0,023/0,051                            | 0,064<br>0,064              | 0,05/0,060                             |  |  |
| Jon amonowy       | mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /dm <sup>3</sup>  | 0,0-0,572<br>0,287              | 0,254/0,159                            | 0,091-0,664<br>0,337        | 0,346/0,106                            | 0,0-0,719<br>0,183          | 0,103/0,199                            | 0,01-0,78<br>0,170          | 0,12/0,168                             |  |  |
| Azotany (III)     | mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>  | 0,013-0,056<br>0,028            | 0,027/0,008                            | 0,003-0,066<br>0,019        | 0,018/0,012                            | 0,003-0,29<br>0,031         | 0,018/0,051                            | 0,001-0,155<br>0,018        | 0,015/0,022                            |  |  |
| Azotany (V)       | mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /dm <sup>3</sup>  | 0,44-8,36<br>2,164              | 1,76/1,591                             | 0,31-5,75<br>2,497          | 2,2/1,405                              | 0,1-4,53<br>1,418           | 1,17/1,013                             | 0,1-3,8<br>1,048            | 0,89/0,766                             |  |  |
| TKN               | mg N/dm <sup>3</sup>                              | 1,258-10,01<br>4,359            | 3,969/2,034                            | 0,417-19,16<br>4,374        | 3,125/4,18                             | 0,42-19,16<br>2,607         | 1,67/2,858                             | 0,42-7,63<br>2,175          | 1,67/1,586                             |  |  |
| Fosforany         | mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /dm <sup>3</sup> | 0,05-2,75<br>0,529              | 0,34/0,572                             | 0,11-2,75<br>0,459          | 0,297/0,544                            | 0,14-1,45<br>0,486          | 0,48/0,235                             | 0,13-1,45<br>0,434          | 0,329/0,267                            |  |  |
| Utlenialność      | mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup>                | 3,2-16<br>8,988                 | 9,4/3,436                              | 1,6-34<br>9,97              | 10,1/6,109                             | 1,5-14,9<br>5,148           | 3,6/3,666                              | 1,5-13<br>4,729             | 3,85/2,676                             |  |  |

**Objaśnienie:** n.w. – nie wykryto stosowaną metodą analityczną.

W wodach powierzchniowych związki żelaza występują powszechnie w formie rozpuszczonej (roztwór rzeczywisty), koloidalnej lub jako zawiesina, w zależności od zawartości w wodzie substancji organicznych, tlenu, ditlenku (dwutlenku) węgla oraz działalności mikroorganizmów oraz odczynu pH wody. Mangan w wodach naturalnych pochodzi głównie z gleb, obumarłych części roślin, a także z zanieczyszczeń przemysłowych, odprowadzanych do wód powierzchniowych [Hermanowicz i in. 1999]. Wody powierzchniowe na ogół nie zawierają dużych stężeń związków żelaza i manganu. W analizowanych próbkach stwierdzono nieregularne zróżnicowanie stężeń żelaza i manganu, wahających się odpowiednio w zakresie 0,01–2,01 mg Fe/dm<sup>3</sup> oraz od wartości niewykrywalnych stosowaną metodą analityczną do 0,311 mg Mn/dm<sup>3</sup> (tab. 2). Należy przy tym nadmienić, że żelazo jest ważnym pierwiastkiem stymulującym wzrost roślin wodnych i glonów, tym samym dodatkowo przyspiesza procesy eutrofizacji. Obecność manganu w wodzie natomiast jest znacznie mniej szkodliwa niż żelaza, jednak całkowity brak tego pierwiastka hamuje procesy fotosyntezy oraz wzrost glonów [Houben i in. 2001]. Dalsza analiza uzyskanych wyników badań wykazała bardzo zróżnicowany poziom obecności w środowisku wodnym związków biogennych. Wody akwenu w Czarnej Białostockiej charakteryzowała duża zmienność, zarówno terminu, jak i miejsca pobierania próbek wody, większości badanych form substancji biogennych. Podczas badań zaobserwowano, że stężenia azotu amonowego, który pochodzi zwykle z biochemicznego rozkładu organicznych związków azotowych – roślinnych lub zwierzęcych – znacznie wzrastały po opadach deszczu. Może to oznaczać, że omawiany kation przedostaje się do wód zbiornika w procesie infiltracji i wymywania z podłoża lub wraz ze spływami powierzchniowymi czy też nadinfiltracyjnymi. Średnie stężenia jonu amonowego w wodzie badanego zbiornika były bardzo istotnie zróżnicowane w zależności od terminu (lata, miesiące) pobierania próbek oraz istotnie zróżnicowane w zależności od punktu pobierania próbek (tab. 3).

Podwyższone stężenia azotu amonowego oznaczano w okresach zimowych i wczesnowiosennych, kiedy składnik ten nie jest jeszcze pobierany przez rośliny, a niskie temperatury ograniczają przebieg biochemicznych przemian związków azotu. W omawianych okresach grunt był zamrożony, a roztopy śniegu i opady atmosferyczne mogły zmywać z pól uprawnych resztki niewykorzystanych nawozów. Dostawa biogenów ze źródeł punktowych i obszarowych (w tym rolniczych), wywołująca antropogeniczną eutrofizację wód, jest głównym zagrożeniem dobrego stanu wód stojących w Polsce [Soszka 2009]. W wodach powierzchniowych czystych azotan (III) występują na ogół w nieznacznych ilościach, a ich obecność może świadczyć o przebiegających procesach nityfikacji i denityfikacji. Średnie roczne stężenia jonów azotanowych (III) w analizowanym akwenu wynosiły:

- 1) 0,028 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> w okresie lat marzec 2007 – luty 2008;
- 2) 0,019 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> w okresie lat marzec 2008 – luty 2009;
- 3) 0,031 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> w okresie lat marzec 2009 – luty 2010;
- 4) 0,018 mg NO<sub>2</sub><sup>-</sup>/dm<sup>3</sup> w okresie lat marzec 2010 – luty 2011 (tab. 2).

**Tabela 3.** Wartości najmniejszych istotnych różnic (NIR) obliczone metodą Tukeya**Table 3.** Values of smallest important differences calculate method Tukey

| Badany parametr   | Wartości NIR obliczone metodą Tukeya |              |              |              |             |              |
|-------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
|                   | N=192                                |              |              |              |             |              |
|                   | A (lata)                             | B (miesiące) | C (punkty)   | AB           | AC          | BC           |
| Barwa pozorna     | 13,029<br>*                          | 28,881<br>** | -            | -            | -           | 62,915<br>** |
| Barwa rzeczywista | 10,523<br>*                          | 23,329<br>** | 10,524<br>** | 50,819<br>** | -           | 50,819<br>** |
| Mętność           | 1,352<br>**                          | 2,998<br>**  | -            | 6,532<br>**  | -           | 6,532<br>**  |
| PEW               | -                                    | 56,798<br>** | -            | -            | -           | -            |
| Odczyn            | 0,169<br>**                          | 0,374<br>**  | 0,169<br>**  | -            | 0,454<br>** | 0,816<br>**  |
| Żelazo og.        | 0,131<br>*                           | 0,290<br>**  | -            | 0,632<br>**  | 0,352<br>*  | 0,632<br>**  |
| Mangan            | 0,028<br>**                          | 0,062<br>**  | -            | 0,135<br>**  | -           | 0,135<br>**  |
| Jon amonowy       | 0,64<br>**                           | 0,142<br>**  | 0,064<br>*   | 0,309<br>**  | -           | 0,309<br>*   |
| Azotany (III)     | -                                    | 0,026<br>*   | -            | -            | -           | -            |
| Azotany (V)       | 0,454<br>**                          | 1,006<br>**  | 0,454<br>**  | 2,190<br>**  | 1,220<br>** | 2,190<br>**  |
| TKN               | 1,121<br>**                          | 2,484<br>**  | 1,121<br>**  | 5,412<br>*   | 3,015<br>** | -            |
| Fosforany         | -                                    | 0,371<br>**  | 0,167<br>**  | 0,808<br>*   | 0,450<br>** | 0,808<br>**  |
| Utlenialność      | 1,729<br>**                          | 3,834<br>**  | 1,729<br>*   | 8,351<br>**  | 4,652<br>** | 8,351<br>*   |

**Objaśnienia:** - czynnik niewpływający na badaną cechę; \* czynnik istotnie wpływający na badaną cechę; \*\* czynnik bardzo istotnie wpływający na badaną cechę

Zmiany sezonowe zawartości azotu mineralnego przebiegały na ogół odpowiednio do intensywności rozwoju fitoplanktonu. Azotany (V) należą do substancji pożywkowych, niezbędnych do życia roślin wodnych, dlatego też ich ilość jest często uzależniona od rozwoju biomasy. Podczas okresów wegetacyjnych stężenia azotanów (V) w badanym akwenu na ogół ulegały obniżeniu do niskich wartości, wzrost wartości natomiast następował zimą. Trudno jednoznacznie wskazać na przyczyny znacznych różnic kształtowania się stężeń azotanów (V) w pobieranych do badań próbkach wody podczas okresu objętego badaniami. Najbardziej prawdopodobnymi przyczynami wydają się być różnice w niekontrolowanych spływach powierzchniowych, w infiltracji oraz w wymywaniu zanieczyszczeń z obszaru zlewni bezpośredniej i pośredniej zbiornika, a także zróżnicowane warunki pogodowe w latach prowadzonych badań. Na podstawie trójczynnikowej analizy wariancji wartości średnich stężeń azotanów (V) udowodniono bardzo istotne różnice zależne od terminów po-

bierania (lata, miesiące) próbek, punktu ich pobierania oraz roku i miesiąca, roku i punktu, a także miesiąca i punktu pobierania próbek (tab. 3).

Wśród form azotu wskaźnikiem najbardziej obniżającym ocenę jakościową wody w badanym zbiorniku był azot ogólny Kjeldahla (TKN). Oznaczone stężenia były zróżnicowane i mieściły się w zakresie 0,42–19,16 mg N/dm<sup>3</sup> (tab. 2). Mocznik oraz martwe szczątki roślin i zwierząt stanowią źródło azotu organicznego. Jednak wielu autorów wskazuje, że niewięcej tego typu związków biogennych dopływa do zbiornika wraz ściekami i wodami opadowymi [Soszka 2009, Gonzales i in. 2004, Koszelnik i in. 2007]. Zmniejszenie zawartości zanieczyszczeń organicznych w wodach zbiornika jest na ogół większe niż na tym samym odcinku rzeki przed spiętrzeniem. Dzieje się tak, ponieważ na skutek obniżenia prędkości przepływu wody w zbiorniku dochodzi do zwiększonej sedymentacji zawieszin, a także przedłuża się czas, w którym następuje rozkład zanieczyszczeń organicznych. Efektem może być poprawa jakości wody, ale tylko w dopływających wodach niezanieczyszczonych. Rozpatrywany zbiornik małej retencji jest płytki, co wpływa na jego dużą produktywność, dostępność światła i podwyższoną temperaturę podczas okresu wegetacyjnego. Z kolei niewielka głębokość sprzyja mieszaniu wód przez falowanie, w wyniku czego może nastąpić zasilanie wewnętrzne substancjami biogennymi z osadów dennych.

Średnie stężenia azotu Kjeldahla (TKN) w wodzie analizowanego zbiornika były bardzo istotnie zróżnicowane w zależności od terminu (lata, miesiące) i punktu pobierania próbek, a także od roku i punktu pobierania próbek (tab. 3).

Stężenie fosforu jest najważniejszą miarą jakości wód jezior i zbiorników retencyjnych, fosfor bowiem jest kluczowym pierwiastkiem decydującym o produkcji pierwotnej oraz eutrofizacji [Kisand 2005, Kaiserli i in. 2002]. Fosfor z gleby, w postaci rozpuszczalnych fosforanów i związków organicznych oraz zawiesziny materiału glebowego, przemieszcza się do wód. Bezpośrednio przyswajalny dla mikroorganizmów jest jednak głównie fosfor mineralny [Urbaniak i in. 2004]. Zawartość fosforanów w analizowanym akwenu ulegała obniżaniu wiosną, bezpośrednio po rozpoczęciu sezonu wegetacyjnego roślin, kiedy to słoneczna pogoda sprzyjała rozwojowi organizmów wodnych. W okresach letnich natomiast stwierdzano znaczne pogorszenie jakości wody w zbiorniku, głównie z powodu wzrastających ilości fosforu ogólnego, przy jednocześnie niewielkich stężeniach nieorganicznych form azotu. Prowadzi to do wzrostu żyzności zbiornika i powoduje tzw. „zakwity” wody, które uniemożliwiają czasowe korzystanie z kąpielisk. Biomasa glonów zawierająca fosfor po pewnym czasie obumiera i osadza się na dnie, gdzie najczęściej panują warunki beztlenowe [Mazurkiewicz-Bo-roń 1988]. Spowodowane jest to przyspieszonym zużyciem tlenu w wodach zanieczyszczonych, co powoduje deficyty tlenowe i związane z nimi negatywne właściwości wody. Podczas lata dochodziło do całkowitego odtlenienia warstwy przypowierzchniowej wody w badanym zbiorniku, co dodatkowo mogło powodować zwiększania zasobności wody w związki fosforu. Rzekę wypływającą ze zbiornika retencyjnego odznaczają zmienione wahania stanów wody i inne niż przed dopływem do zbiornika cechy fizyczno-chemiczne wody [Chelmicki 2001].



Obserwacje przestrzennego rozkładu związków biogenych wykazały, że zbiornik w Czarnej Białostockiej nie ma zdolności do samooczyszczania. Próbkę wody pochodzącą z punktu zlokalizowanego w pobliżu odpływu wody ze zbiornika charakteryzowały przeważnie wyższe stężenia związków biogenych niż próbki pochodzące zarówno z punktów umiejscowionych w centralnych częściach akwenu, jak i położonych w okolicy dopływu wód do zbiornika. Może to powodować niekorzystny wpływ zbiornika na jakość wód rzeki Czapielówka. Ujemny wpływ na chemizm retencjonowanej wody odgrywa także sposób eksploatacji zbiornika i związane z tym wahania stanów wody oraz niekontrolowane stosowanie nadmiernej ilości roślinnych zanęt w trakcie indywidualnych połowów wędkarskich, zwiększające obciążenie wody zbiornika materią organiczną. Stosując trójczynnikiową analizę wariancji udowodniono bardzo istotne różnice średnich wartości utlenialności w zależności od terminów pobierania (lata, miesiące), oraz roku i miesiąca, roku i punktu, a także miesiąca i punktu pobierania próbek (tab. 3).

#### 4. WNIOSKI

Podsumowując należy stwierdzić, że zbiornik Czapielówka jest typowym przykładem płytkiego, nizinnego zbiornika retencyjnego o dużym stosunku powierzchni zlewni do powierzchni zbiornika i relatywnie krótkim czasie retencji wody.

Przedstawione wyniki badań na sformułowanie następujących wniosków:

1. Naturalne cechy zbiornika i zanieczyszczenia dopływające z jego zlewni pośredniej i bezpośredniej wpływają łącznie na niską jakość wód.
2. Na ogół wraz z kierunkiem przepływu wody przez zbiornik stężenia związków biogenych rosły, co świadczy o słabych procesach samooczyszczania się wód w okresie objętym badaniami.
3. Jakość wody zbiornika pogarsza się głównie w okresach letnich.
4. Zbiornik wymaga ochrony i zabezpieczenia przed negatywnie działającymi czynnikami, a zwłaszcza ograniczenia zanieczyszczenia i związanych z tym utrudnieniach w eksploatacji zbiornika zgodnie z jego przeznaczeniem.

#### PIŚMIENNICTWO

- CHEŁMICKI W. 2001. Woda zasoby, degradacja ochrona. Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- GONZALEZ E. J., ORTAZ M., PEÑAHERRERA, AIDA DE INFANTE. 2004. Physical and chemical features of a tropical hypertrophic reservoir permanently stratified. *Hydrobiologia*. Vol. 522. Numbers 1–3: 301–310.
- HERMANOWICZ W., DOJLIDO J., DOŻAŃSKA W., KOZIOROWSKI B., ZERBE J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wyd. Arkady, Warszawa.

- HOUBEN G. J., MARTINY A., BASLER N., LANGGUTH H. R. PLUGER W. L. 2001. Assessing the reactive transport of inorganic pollutants in groundwater of the Bourtanger Moor area., *Environmental Geology* 41: 488–494.
- JEPPESEN E., JANSEN J. P., SÖNDERGAARD M. 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506–509 (1–3): 135–145.
- KAISERLI A., VOUTSA D., SAMARA C. 2002. Phosphorus fractionation in lake sediment-lakes Volvi and Koronia. N. Greece. *Chemosphere* 46: 1147–1155
- KISAND A. 2005 Distribution of sediment phosphorus fractions in hypertrophic strongly stratified Lake Verevi. *Hydrobiologia* 547: 33–39.
- KLIMASZYK P. 2006. Peatbog-Humic Water Complex in Forest Landscape: Factors Determining its Functioning. *Polish Journal of Environmental Studies* vol. 15, No. 5D, Part II: 384–388.
- KOSZELNIK P. TOMASZEK J. A. 2007. Origin and Seasonal Variability of Nutrient Loads from an Agriculture Catchment Area into Shallow Man-Made Lake. *Polish Journal of Environmental Studies* vol. 16, No. 2A: 248–251.
- MAZURKIEWICZ-BOROŃ G. 1988. Environmental characteristic of effluents of the Dobczyce Reservoir indices. *Acta Hydrobiol.*30: 287–296.
- NYC K. 2004. Mała retencja wodna – zagrożenia ogólne. *Przegląd Komunalny*: 73–77.
- SOSZKA H. 2009. Problemy metodyczne związane z oceną stopnia eutrofizacji jezior na potrzeby wyznaczania stref wrażliwych na azotany. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. t. 9, z.1 (25): 151–159.
- SZCZYKOWSKA J. SIEMIENIUK A. 2007. Concentration of biogenic compounds in water of small retention reservoir Zarzeczany. *Polish Journal of Environmental Studies* vol. 16, nr 2A: 311–315,
- URABANIAK M. SAPEK B. 2004 Zmiany we frakcjach fosforu w glebie torfowo-murszowej w zależności od poziomu wody gruntowej. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. t.4, z.2a(11) s. 493–502.