

Elena Neverova-Dziopak, Anna Drożdżik

Analiza porównawcza stanów fizyczno-chemicznego i troficznego wód Jeziora Czanieckiego i Jeziora Goczałkowickiego w latach 2011–2015

Jedną z podstawowych funkcji zbiorników zaporowych – oprócz retencji – jest zaopatrzenie ludności w wodę do spożycia, w związku z czym jakość zgromadzonych w nich wód powinna odpowiadać standardom zawartym w rozporządzeniu Ministra Środowiska z 27 listopada 2002 r. [1]. Z kolei technologia oczyszczania wody, która zależy od stopnia jej zanieczyszczenia, powinna gwarantować spełnienie wymagań jakościowych zawartych w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z 13 listopada 2015 r. [2]. Jednocześnie ciągle potrzeba optymalizacji procesu zaopatrzenia odbiorców w wodę o wysokiej jakości wymusza podejmowanie skoordynowanych działań w zakresie ochrony i zachowania dobrego stanu ekologicznego wód powierzchniowych, a zwłaszcza zasobów zgromadzonych w zbiornikach zaporowych, które odgrywają ważną rolę w krajowych systemach zaopatrzenia w wodę. Ekosystemy tych zbiorników są bardzo podatne na wszelkie wpływy antropogeniczne, co skutkuje zazwyczaj pogorszeniem właściwości użytkowych wód. Najczęstszym i jednocześnie najważniejszym problemem tych zbiorników jest eutrofizacja, która odgrywa podstawową rolę w kształtowaniu jakości wód. W związku z tym, że zjawisko eutrofizacji jest obecnie jednym z priorytetowych problemów w zakresie ochrony wód powierzchniowych, dlatego podstawowego znaczenia nabiera monitoring i stała kontrola ich jakości, zwłaszcza w pobliżu ujść [3–5].

Celem badań przedstawionych w niniejszym artykule była analiza dynamiki zmian w latach 2011–2015 stanów fizyczno-chemicznego oraz troficznego wód retencjonowanych w dwóch zbiornikach zaporowych na południu Polski – Jeziorze Czanieckim i Jeziorze Goczałkowickim.

Charakterystyka obiektów badań i bazy danych

Priorytetowym zadaniem obu zbiorników zaporowych jest gromadzenie wody na potrzeby zaopatrzenia 3,5 mln mieszkańców Górnego Śląska. Jezioro Goczałkowickie, powstałe na Wiśle, służy przede wszystkim do zaopatrzenia w wodę i ochrony przeciwpowodziowej, a ponadto łągodzi przepływy niżówkowe i służy także gospodarce rybnej. Niedaleko zapory zlokalizowano dwa ujęcia wody,

z których trafia ona do dwóch ciągów technologicznych Zakładu Uzdatniania Wody Goczałkowice (Go-Cza I i Go-Cza II), który zaopatruje w wodę Pszczynę, Żory, Rybnik, Wodzisław Śląski, Tychy, Katowice, Chorzów, Sosnowiec i Siemianowice Śląskie. Z kolei Jezioro Czanieckie jest najmniejszym i ostatnim w kaskadzie zbiorników zaporowych na Sole. Pełni funkcję wyrównawczą w systemie elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar oraz służy do zaopatrzenia w wodę Bielska-Białej i aglomeracji śląskiej. Woda z ujęcia lewarowego kierowana jest do stacji uzdatniania w Kobiernicach (Czaniec) oraz do stacji Goczałkowice (Go-Cza II). Ze stacji Czaniec woda trafia do Brzeszcz, Tychów, Mikołowa, Chorzowa, Rudy Śląskiej, Zabrze oraz Rybnickiego Okręgu Węglowego. Podstawowe parametry obu zbiorników zaporowych porównano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka badanych zbiorników zaporowych [6–9]
Table 1. Dam reservoirs characteristics [6–9]

Parametr	Zbiornik zaporowy	
	Jezioro Czanieckie	Jezioro Goczałkowickie
Rzeka – lokalizacja	Soła – 28,8 km	Wisła – 42,8 km
Rok rozpoczęcia eksploatacji	1967	1956
Pojemność całkowita	1,32 mln m ³	168 mln m ³
Powierzchnia przy maksymalnym piętrzeniu	54 ha	3200 ha
Powierzchnia zlewni do przekroju zapory	1095 km ²	523 km ²
Wysokość piętrzenia	7,5 m	14,0 m
Głębokość średnia	2,8 m	5,5 m
Głębokość maksymalna	6,5 m	13,0 m
Jednostka zarządzająca	RZGW w Krakowie	RZGW w Gliwicach
Administrator zbiornika	RZGW w Krakowie	GPW SA w Katowicach
Czas retencji	1 d	80 d
Typ zbiornika ze względu na czas retencji	reolimniczny (<20 d)	limniczny (>40 d)

RZGW – Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej
GPW – Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów

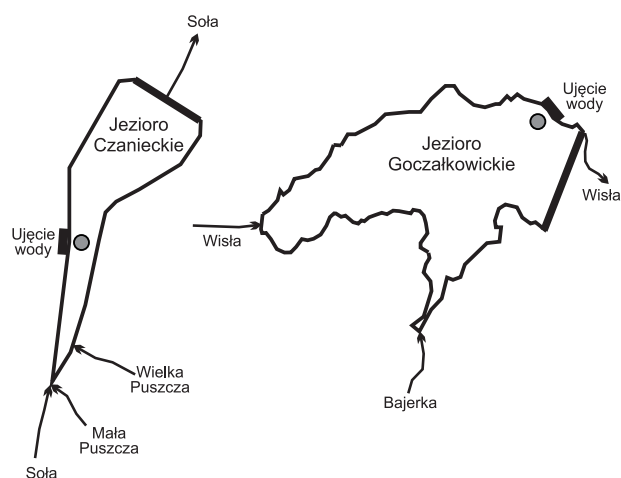
Prof. dr hab. inż. E. Neverova-Dziopak: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska, al. Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, elenad@agh.edu.pl

Mgr inż. A. Drożdżik: Uniwersytet Rolniczy imienia Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Zakład Inżynierii Leśnej, al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, a.drozdzik@ur.krakow.pl

Badane zbiorniki zaporowe różnią się wielkością i sposobem zagospodarowania zlewni, co w znacznym stopniu decyduje o stanie ich wód. Powierzchnia zlewni Jeziora Czanieckiego, zlokalizowanego na Sole, jest praktycznie dwukrotnie większa od powierzchni zlewni Jeziora Goczałkowickiego, zlokalizowanego na Wiśle, przy czym powierzchnia Jeziora Czanieckiego jest prawie 60-krotnie mniejsza od powierzchni Jeziora Goczałkowickiego, a pojemność 130-krotnie mniejsza. W zlewni Soły dominują lasy, które zajmują 47,3% jej powierzchni, następnie tereny rolne – 44,2% oraz tereny zurbanizowane – 7% [10]. Z kolei w zlewni Małej Wisły tereny rolne stanowią 51,3%, leśne – 31,9%, a zurbanizowane – 12,8% [11]. Warunki te powodują, że stan niewielkiego Jeziora Czanieckiego w dużym stopniu zależy od charakteru jego zlewni oraz jakości wody dopływającej z pierwszych dwóch zbiorników kaskady – Tresna i Międzybrodzie. Współczynnik Schindlera w przypadku Jeziora Czanieckiego wynosi aż 830, a Jeziora Goczałkowickiego tylko 3,3. Wartość tego współczynnika pokazuje, jak wielki wpływ może wywierać zlewnia Soły na wody Jeziora Czanieckiego i ich podatność na degradację. Graniczna wartość III kategorii podatności jezior na degradację, czyli najsilniejszego wpływu zlewni na zbiornik, wynosi 50. Średnia głębokość Jeziora Czanieckiego, wynosząca 2,8 m, jest dwukrotnie mniejsza od średniej głębokości Jeziora Goczałkowickiego, wynoszącej 5,5 m, co klasyfikuje te zbiorniki odpowiednio do III i II kategorii podatności na degradację [12].

Funkcje pełnione przez zbiornik zaporowy wymagają określonego czasu przetrzymania w nim wody. W Jeziorze Czanieckim woda retencjonowana jest bardzo krótko, w związku z czym jest ono zbiornikiem reolimnicznym (przepływowym). Dłuższy czas przetrzymania wody w Jeziorze Goczałkowickim oznacza jego limniczny (jeziorny) charakter. Typ zbiornika określony czasem retencji wody – limniczny lub reolimniczny – decyduje zarówno o charakterze zachodzących w nim procesów mechanicznych, jak i biochemicznych.

Bazę danych do analizy stanu obu zbiorników zaporowych stanowiły wyniki pięcioletniego monitoringu wskaźników jakości wody, realizowanego przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach w czasie od stycznia 2011 r. do grudnia 2015 r., w punktach pomiarowo-kontrolnych (ppk) zlokalizowanych w pobliżu ujść wody [13] (rys. 1).



Rys. 1. Zarys zbiorników zaporowych wraz z lokalizacją punktów pomiarowo-kontrolnych w rejonie ujść wody

Fig. 1. Outline of dam reservoirs with location of control points near water intakes

Metody badań

Ocenę jakości wody przeprowadzono na podstawie analizy wartości wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych (temperatura, przewodność elektrolityczna właściwa, zawiesiny ogólne, biochemiczne zapotrzebowanie wody na tlen, azotany i fosforany) badanych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach z częstotnością raz w miesiącu (łącznie przeanalizowano 360 wartości), natomiast stan troficzny obu zbiorników określono na podstawie wartości integralnego wskaźnika troficzności (ITS – index of trophical state), co wymagało przeprowadzenia analizy statystycznej zbioru wartości wskaźników jakości wody, które stanowiły podstawę do obliczenia wartości wybranego wskaźnika. Jakość wód określono na podstawie analizy średniorocznych wartości wskaźników fizyczno-chemicznych, natomiast, do oceny stanu troficznego zbiorników wykorzystano wartości wskaźnika ITS obliczone ze wzoru (obliczenia poprzedzono ustaleniem charakteru zależności korelacyjnej pomiędzy wartościami pH i nasyceniem wody tlenem, co było warunkiem możliwości zastosowania tego wskaźnika) [14]:

$$[ITS] = \frac{\sum[pH]}{n} + a \left(100 - \frac{\sum[O_2]}{n} \right) \quad (1)$$

w którym:

[pH] – wartość pH wody

n – liczba pomiarów

a – współczynnik empiryczny

[O₂] – nasycenie wody tlenem przy oznaczonym pH, %

Stan troficzny zbiorników określono na podstawie normatywnych wartości wskaźnika ITS przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 2. Normatywne wartości wskaźnika ITS w przypadku wód o różnym stanie trofii [14]

Table 2. ITS values for waters of various trophic status [14]

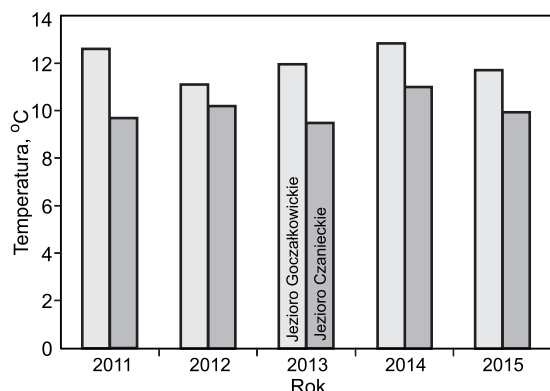
Stan trofii	ITS
Eutrofia	>8,3±0,3
Mezotrofia	7,7±0,3
Oligotrofia	7,0±0,3
Ultraoligotrofia	6,3±0,3
Dystrofia	<5,7±0,3

Dyskusja wyników

Zarówno stan ekosystemu zbiorników wodnych, jak i jakość magazynowanej w nich wody kształtują się pod wpływem charakteru procesów przebiegających w zbiornikach, a przede wszystkim procesów eutrofizacji [15, 16]. Sposób zagospodarowania i użytkowania zlewni danego akwenu ma decydujący wpływ na przebieg eutrofizacji, szczególnie w przypadku zbiorników zaporowych służących do zaopatrzenia ludności w wodę [17–19]. Analiza wieloletniej dynamiki zmian stanu troficznego danego zbiornika zaporowego oraz wartości wskaźników jakości retencjonowanej wody pozwala na określenie stopnia wpływu procesów eutrofizacji na jakość wody i tendencje zmian stanu danego zbiornika, a także ustalenie przyczyn i podstawowych czynników tych zmian.

Zmiana jakości fizyczno-chemicznej wód

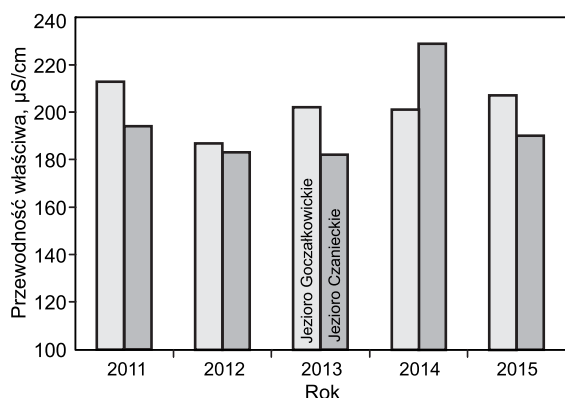
Temperatura jest jedną z podstawowych cech wody, która wpływa na jej właściwości, w tym na przebieg procesów biochemicznych oraz rozpuszczalność substancji stałych i gazów. Kształtowanie się średniorocznych wartości temperatury wody w badanych zbiornikach zaporowych w pięcioletnim czasie badań ilustruje rysunek 2. Jezioro Czanieckie odznaczało się niższymi średniorocznymi temperaturami, średnio o 2°C w poszczególnych latach, co mogło być spowodowane przede wszystkim jego przepływowym charakterem, a w związku z tym krótkim czasem retencji wody (tab. 1).



Rys. 2. Średnia temperatura wody w Jeziorze Czanieckim i Jeziorze Goczałkowickim latach 2011–2015

Fig. 2. Average water temperature for Czaniec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

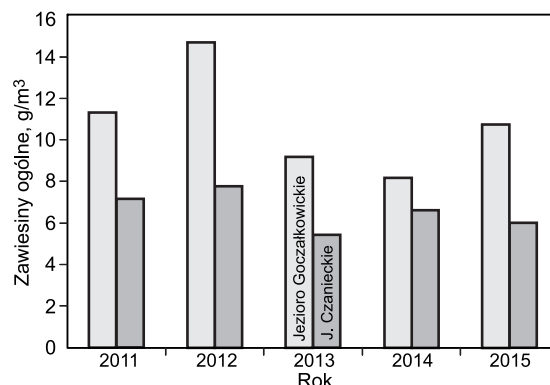
Ogólna zawartość substancji rozpuszczonych w wodzie, wyrażona przewodnością właściwą, określa mineralizację i w pewnym stopniu stan zanieczyszczenia wody. Kształtowanie się przewodności właściwej wody na przestrzeni lat w badanych zbiornikach przedstawiono na rysunku 3. Stwierdzono, że wody Jeziora Czanieckiego odznaczały się mniejszą przewodnością niż wody Jeziora Goczałkowickiego, ale wyróżniał się tu rok 2014, w którym średnia wartość tego wskaźnika wyniosła 229 $\mu\text{S}/\text{cm}$, przy średniej w badanym wieloleciu równej 196 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Maksymalna przewodność w całym czasie pomiarów wynosiła 729 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (04-02-2014), zaś minimalna – 119 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (20-04-2012). Wody Jeziora Goczałkowickiego cechował mniejszy zakres wahań przewodności właściwej w ciągu badanego pięcioletnia. Średnia wartość tego wskaźnika wynosiła 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$, maksymalna – 246 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (30-06-2011), a minimalna 126 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (19-12-2012).



Rys. 3. Średnia przewodność właściwa wody w Jeziorze Czanieckim i Jeziorze Goczałkowickim w latach 2011–2015

Fig. 3. Average water electrical conductivity for Czaniec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

Na zawiesiny ogólne składają się zarówno piaszczyste, pyłaste i ilaste cząstki mineralne, jak i drobne cząstki detrytus organicznego oraz planktonu. Średnią roczną zawartość zawiesin ogólnych w poszczególnych latach w badanych zbiornikach przedstawia rysunek 4.

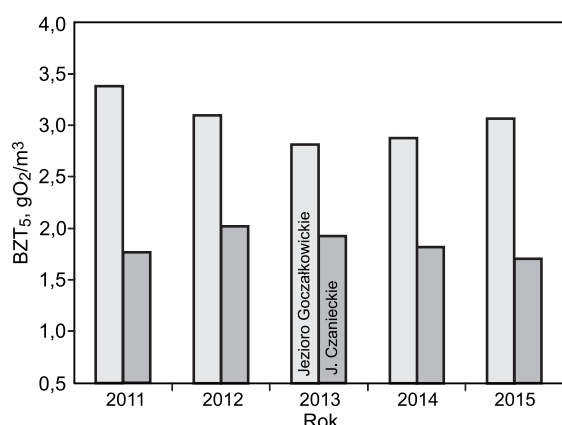


Rys. 4. Średnia zawartość zawiesin ogólnych w wodzie Jeziora Czanieckiego i Jeziora Goczałkowickiego w latach 2011–2015

Fig. 4. Average total suspended solids in water of Czaniec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

Średnia wartość tego wskaźnika w czasie badań w wodach obu zbiorników wynosiła odpowiednio 6,5 g/m^3 (Jezioro Czanieckie) i 10,8 g/m^3 (Jezioro Goczałkowickie). Maksymalną zawartość zawiesin w wodach obu zbiorników zaobserwowano w 2012 r. W przypadku Jeziora Czanieckiego maksymalna (stwierdzona dwukrotnie) ilość zawiesin wyniosła 17 g/m^3 (27-03-2012 i 22-09-2014), przy czym poniżej granicy oznaczalności wystąpiła aż w 19 pomiarach, zwłaszcza w 2015 r., – 8 pomiarów. Maksymalna zawartość zawiesin w Jeziorze Goczałkowickim wyniosła natomiast 55 g/m^3 (28-09-2012), a ich zawartość poniżej granicy oznaczalności (4 g/m^3) wystąpiła 6-krotnie. Zawiesiny wpływają na wypływanie, a więc i starzenie się zbiornika. Osady zakumulowane w czaszy Jeziora Goczałkowickiego stanowią 3,2% jego pojemności, co jest najbardziej widoczne w cofce tego zbiornika. Dominuje drobna frakcja osadów, które łatwo adsorbują zanieczyszczenia i są ruchome, a przez to oddziałują negatywnie na jakość wody. Ilość zakumulowanych osadów wskazuje na długowieczność zbiornika zaporowego [20]. Średnia intensywność przyrostu ilości osadów w Jeziorze Goczałkowickim wynosi 100÷200 tys. m^3/a [21]. W literaturze brak natomiast danych dotyczących ilości osadów w Jeziorze Czanieckim. Wiadomo jednak, że charakteryzuje się ono zwiększoną mętnością wody, którą powodują wiosenne roztopy, intensywne opady deszczu oraz uchodzące do niego dopływy Soły – Mała i Wielka Puszcza [22].

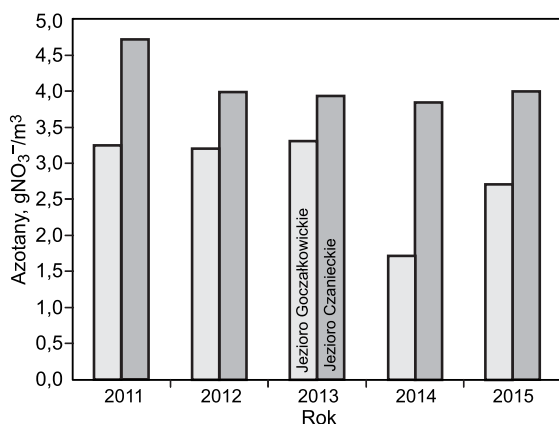
Biochemiczne zapotrzebowanie wody na tlen (BZT_5) jest miernikiem zawartości rozkładalnych biologicznie substancji organicznych, zarówno autochtonicznych, jak i allochtonicznych. Średnie roczne wartości BZT_5 w poszczególnych latach badań przedstawia rysunek 5. Średnia wartość tego wskaźnika w czasie badań wody z Jeziora Goczałkowickiego wynosiła 3,05 gO_2/m^3 , a Jeziora Czanieckiego – 1,85 gO_2/m^3 , przy czym wartości minimalne w przypadku obu zbiorników zaporowych wynosiły odpowiednio 1,2 gO_2/m^3 (19-06-2013) i 0,6 gO_2/m^3 (22-09-2015), zaś maksymalne – 9,4 gO_2/m^3 (29-09-2011) i 3,5 gO_2/m^3 (13-03-2014). Od 2013 r. wartości BZT_5 wody w Jeziorze Czanieckim malały, a w Jeziorze Goczałkowickim nieznacznie rosły. W obu zbiornikach zaporowych wahania wartości tego wskaźnika w badanym czasie były nieznaczne.



Rys. 5. Średnia wartość BZT₅ wody w Jeziorze Czańskim i Jeziorze Goczałkowickim w latach 2011–2015

Fig. 5. Average BOD₅ in water of Czańiec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

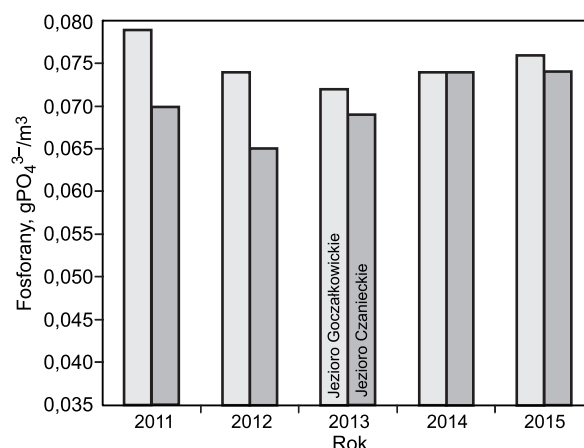
Azotany przedostają się do odbiorników wraz ze spływami obszarowymi ze zlewni, a głównie jej części rolniczych i przekształconych antropogenicznie, koncentrujących się zazwyczaj wokół zbiorników wodnych. Związki te mogą dopływać do odbiorników również wraz ze ściekami odprowadzanymi z oczyszczalni komunalnych. Na równi z fosforanami stanowią one jeden z podstawowych czynników eutrofizacji. Zawartość azotanów w wodach badanych zbiorników zaporowych przedstawia rysunek 6. W przeciwieństwie do pozostałych wskaźników, większe zawartości azotanów występowały w Jeziorze Czańskim (średnia z badanych lat wynosiła $2,84 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$ w przypadku Jeziora Goczałkowickiego i $4,10 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$ w przypadku Jeziora Czańskiego). Było to uwarunkowane znaczącym wpływem zlewni z dosyć dużym udziałem terenów rolnych, z której azotany, będące głównym zanieczyszczeniem obszarowym, są wymywane. W Jeziorze Goczałkowickim zawartość azotanów utrzymywała się do 2013 r. na zbliżonym poziomie, natomiast w latach 2014 i 2015 ich ilości były już wyraźnie mniejsze. W Jeziorze Czańskim, począwszy od 2012 r., zawartość azotanów utrzymywała się na zbliżonym poziomie. Wartość maksymalna tego wskaźnika w przypadku Jeziora Czańskiego wynosiła $7,30 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$ (27-02-2012), zaś minimalna – $0,70 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$ (25-07-2012). W wodzie Jeziora Goczałkowickiego maksymalna zawartość azotanów wynosiła $8,46 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$ (31-03-2011), a w 16 przypadkach kształtowała się poniżej granicy oznaczalności wynoszącej $0,44 \text{ gNO}_3^-/\text{m}^3$.



Rys. 6. Średnia zawartość azotanów w wodzie Jeziora Czańskiego i Jeziora Goczałkowickiego w latach 2011–2015

Fig. 6. Average nitrate content in water of Czańiec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

Podstawowym źródłem związków fosforu w wodach powierzchniowych są ścieki bytowo-gospodarcze i spływy obszarowe. Do badanych zbiorników zaporowych mogą być one doprowadzane między innymi wraz z wodami rzek zasilających zbiorniki, a także mogą pochodzić ze źródeł punktowych i rozproszonych w zlewniach. Średnioroczne ilości fosforanów w wodach obu zbiorników zaporowych ilustruje rysunek 7. Średnia zawartość fosforanów w badanych latach w przypadku Jeziora Czańskiego wynosiła $0,070 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$, a Jeziora Goczałkowickiego – $0,075 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$. W Jeziorze Czańskim maksymalna zawartość fosforanów wynosiła $0,110 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$ (19-08-2014), przy czym 31 pomiarów dało wynik poniżej granicy oznaczalności. Maksymalna zawartość fosforanów w Jeziorze Goczałkowickim wynosiła w badanym czasie $0,110 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$ (30-06-2011) i aż 26 pomiarów wykazało wartości poniżej granicy oznaczalności, wynoszącej $0,050 \text{ gPO}_4^{3-}/\text{m}^3$. W Jeziorze Czańskim już od 2012 r. zawartość fosforanów wykazuje tendencję wzrastającą. Na ogół nieco większe ilości tego biogenu występowały w Jeziorze Goczałkowickim, jednak od 2013 r. różnice nie były już tak wyraźne. W wodach Jeziora Goczałkowickiego zawartość fosforanów od 2011 r. do 2013 r. malała, a od 2013 r. stwierdzono jej wzrost.

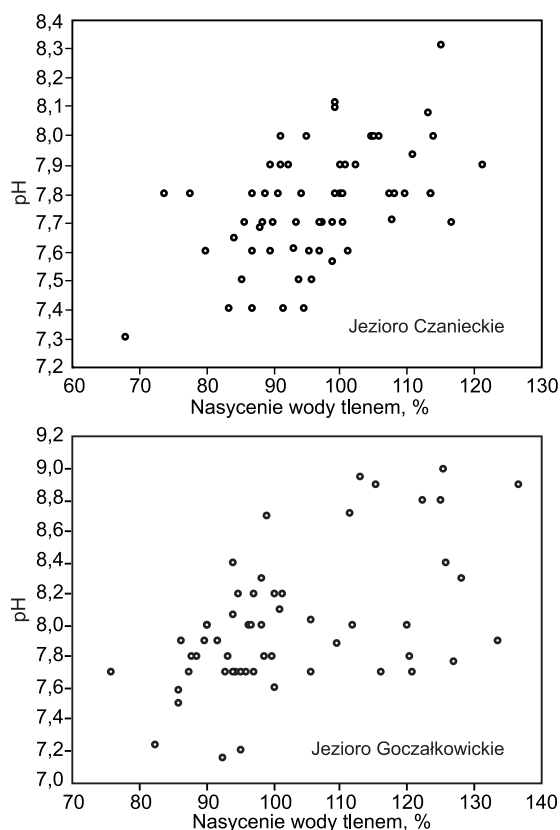


Rys. 7. Średnia zawartość fosforanów w wodzie Jeziora Czańskiego i Jeziora Goczałkowickiego w latach 2011–2015

Fig. 7. Average phosphate content in water of Czańiec and Goczałkowice dam reservoirs in the period of 2011–2015

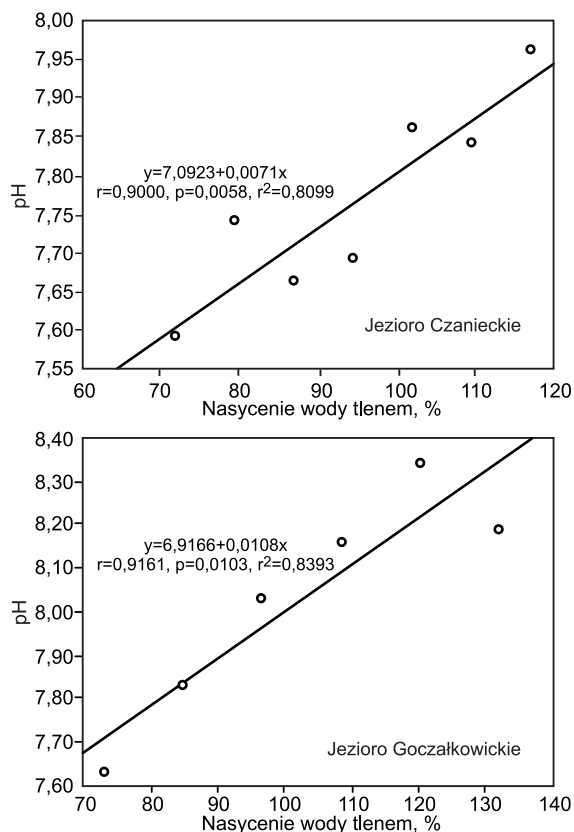
Zmiana stanu troficznego wód

Zastosowanie wskaźnika ITS do określenia stanu trofii wód zbiorników zaporowych zostało poprzedzone ustaleniem zależności między wartością pH wody a nasyceniem wody tlenem. Ogólny charakter tej zależności w przypadku każdego zbiornika obrazuje rysunek 8. Charakter zależności korelacyjnej pH od nasycenia wody tlenem ustalono po statystycznej analizie danych na podstawie średnich ważonych wartości tych wskaźników i następnie aproksymowano zależnością liniową, uzyskując wartości współczynników korelacji $r=0,90$ w przypadku Jeziora Czańskiego i $r=0,92$ w przypadku Jeziora Goczałkowickiego (rys. 9). Wyniki analizy korelacyjnej dały podstawę do stosowania wskaźnika ITS do oceny stanu troficznego wód obu zbiorników zaporowych. Stan trofii został oceniony na podstawie średniorocznych wartości ITS, a dynamikę jego zmian w badanym czasie wraz z zaznaczonymi granicami poszczególnych poziomów troficznych przedstawiono na rysunku 10.



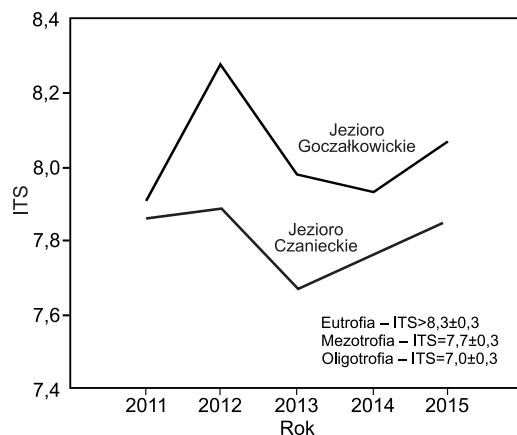
Rys. 8. Rozrzut wartości pH i stopnia nasycenia tlenem wody w Jeziorze Czańckim i Jeziorze Goczałkowickim

Fig. 8. A scatter plot of pH and oxygen saturation level for Czaniec and Goczałkowice dam reservoirs



Rys. 9. Korelacja między wartością pH i stopniem nasycenia tlenem wody w Jeziorze Czańckim i Jeziorze Goczałkowickim

Fig. 9. Correlation between pH and oxygen saturation level for Czaniec and Goczałkowice dam reservoirs



Rys. 10. Stan troficzny (ITS) Jeziora Czańckiego i Jeziora Goczałkowickiego w latach 2011–2015

Fig. 10. Trophic state (ITS) of Czaniec and Goczałkowice dam reservoir waters in the period of 2011–2015

Stwierdzono większą wartość wskaźnika ITS w przypadku Jeziora Goczałkowickiego – wartości tego wskaźnika wskazują na stan graniczny mezotrofii i eutrofii, dlatego zbiornik ten można określić jako mezoeutroficzny. W latach 2011–2013 stan troficzny tego zbiornika wzrastał, zbliżając się do zaawansowanej eutrofii, po czym gwałtownie zmalał, wracając do mezoeutrofii. Maksymalna wartość wskaźnika ITS wynosiła 9,07 (20-08-2013), minimalna – 7,25 (24-02-2011), zaś średnia – 8,04. Jezioro Czańckie charakteryzowało się mniejszymi średnimi rocznymi wartościami wskaźnika ITS, przy czym różnice te wystąpiły najwyraźniej w latach 2012 i 2013. Wartości wskaźnika ITS charakteryzują stan tego zbiornika zaporowego jako mezotroficzny (tylko kilka pojedynczych wartości przekroczyło granicę eutrofii). Maksymalna wartość ITS wynosiła 8,14 (25-10-2012), minimalna – 7,47 (15-10-2013), a średnia z badanych lat – 7,80.

Wnioski

♦ W obu zbiornikach, niezależnie od różnic w wartościach wskaźników fizyczno-chemicznych, jakość wody w pobliżu ujęć w analizowanym czasie (lata 2011–2015) była dobra. Według ocen Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach wartości badanych wskaźników fizyczno-chemicznych pod względem przydatności do zaopatrzenia w wodę do spożycia pozwalają zakwalifikować oba zbiorniki zaporowe do kategorii A1 [1]. Jedynie w latach 2011, 2012 i 2015 w przypadku Jeziora Goczałkowickiego wartość BZT₅ przekraczała wymagania kategorii A1, odpowiadając tym samym kategorii A2.

♦ Stan troficzny Jeziora Czańckiego, bez względu na niewielkie wahania wartości wskaźnika ITS (integralny wskaźnik troficzności), przez cały czas badań wykazywał mezotrofię, przy maksymalnej wartości ITS w 2012 r. Stan troficzny Jeziora Goczałkowickiego był ogólnie wyższy i został oceniony jako stan na pograniczu mezotrofii i eutrofii. Również w 2012 r. stwierdzono maksymalną wartość ITS, odpowiadającą stanowi zaawansowanej eutrofii. Jednakże dynamika zmian stanu troficznego obu zbiorników zaporowych w badanym czasie była analogiczna. Na uwagę zasługuje fakt, że Jezioro Czańckie, przy bardziej niekorzystnym stosunku powierzchni samego zbiornika do obszaru zlewni (niż w przypadku Jeziora Goczałkowickiego) oraz większej potencjalnej podatności na degradację, charakteryzuje się niższym stanem troficzności.

♦ Przy dosyć wysokich stanach troficznych obu zbiorników zaporowych, które były stabilne przez cały czas badań, użytkowe właściwości wody ocenione na podstawie wskaźników fizyczno-chemicznych wskazują na bardzo dobrą lub dobrą jakość ich wód. W mezotroficznym Jeziorze Czanieckim wartości badanych wskaźników były mniejsze niż w mezoeutroficznym Jeziorze Goczałkowickim, jednak w obu zbiornikach zaporowych przeważnie mieściły się w granicach wartości kategorii A1.

♦ Oceniając oddziaływanie eutrofizacji należy stwierdzić, że nie wpływa ona negatywnie na jakość wody w obu zbiornikach zaporowych, co mogłoby świadczyć o stabilnym stanie ekologicznym tych akwenów. Jednak ze względu na to, że punkty pomiarowo-kontrolne zlokalizowane były w pobliżu ujęć wody, wyników tych nie można odnosić do całego obszaru tych zbiorników.

LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia. *Dziennik Ustaw* 2002, nr 204, poz. 1728.
2. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dziennik Ustaw RP* 2015, poz. 1989.
3. M. STRASKRABA, J.G. TUNDISI, A. DUNCAN [Eds.]: Comparative Reservoir Limnology and Water Quality Management. Series: Developments in Hydrology, Vol. 77. Springer-Science+Business Media B.V., 1993.
4. J. BENNDORF, K. PÜTZ: Control of eutrophication of lakes and reservoirs by means of pre-dams – I. Mode of operation and calculation of the nutrient elimination capacity. *Water Research* 1987, Vol. 21, No. 7, pp. 829–838.
5. Q.-H. CAI, Z.-Y. HU: Studies on eutrophication problem and control strategy in the Three Gorges Reservoir. *Acta Hydrobiologica Sinica* 2006, Vol. 30, No. 1, pp. 7–11.
6. Dane Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Krakowie (www.krakow.rzgw.gov.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=115:zbiornik-wodny-czaniec&catid=40&Itemid=239&lang=pl).
7. J. HENNIG, I. HENNIG, A. ROSZKOWSKI: Zbiorniki retencyjne. W: I. DYNOWSKA, M. MACIEJEWSKI [red.]: Dorzecze górnej Wisły. Część II. PWN, Warszawa–Kraków 1991, ss. 121–143.
8. E. JACHNIAK, A. JAGUŚ: Uwarunkowania i nasilenie eutrofizacji zbiornika Tresna. *Nauka Przyroda Technologie* 2011, t. 5, z. 4, #56.
9. J. PICIŃSKA-FALTYNOWICZ, J. BŁACHUTA: Wytyczne metodyczne do przeprowadzenia monitoringu i oceny potencjału ekologicznego zbiorników zaporowych w Polsce. Wersja 2012. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2012.
10. K. BANASZAK [red.]: Prognoza oddziaływania na środowisko warunków korzystania z wód zlewni rzeki Soły – projekt. RZGW w Krakowie, RZGW w Gliwicach, Kraków-Gliwice 2014, s. 21.
11. K. BANASZAK [red.]: Charakterystyka zlewni Małej Wisły. RZGW w Gliwicach, Gliwice 2012, s. 38.
12. D. KUDELSKA, D. CYDZIK, H. SOSZKA: Propozycja systemu oceny jakości jezior. *Wiadomości Ekologiczne* 1981, t. XXVII, z. 2, ss. 149–173.
13. Dane Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach uzyskane w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. WIOŚ, Katowice 2016.
14. E. NEVEROVA-DZIOPAK: Podstawy zarządzania procesem eutrofizacji antropogenicznej. Wydawnictwa AGH, Kraków 2010.
15. B. BRAGA, O. ROCHA, J. TUNDISI: Dams and the environment: The Brazilian experience. *International Journal of Water Resources Development* 1998, Vol. 14, No. 2, pp. 127–140.
16. L.B. KNOLL: Phytoplankton primary production and photosynthetic parameters in reservoirs along a gradient of watershed land use. *Limnology and Oceanography* 2003, Vol. 48, No. 2, pp. 608–617.
17. K.W. THORNTON, L. KIMMEL, F.E. PAYNE: Reservoir Limnology: Ecological Perspectives. Wiley, New York 1990.
18. J.R. JONES, M.F. KNOWLTON, D.V. OBRECHT, E.A. COOK: Importance of landscape variables and morphology on nutrients in Missouri reservoirs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 2004, Vol. 61, No. 8, pp. 1503–1512.
19. D.S. MITCHELL, B.E. MARSHALL: Hydrobiological observations on three Rhodesian reservoirs. *Freshwater Biology* 1974, Vol. 4, No. 1, pp. 61–72.
20. A. BOJARSKI, S. MAZON, P. OPALIŃSKI, P. PRZECHEŃSKI, A. WOLAK: Charakterystyka czaszy zbiornika Goczałkowice do celów modelowania i oceny procesów sedimentacyjnych osadów. *Gospodarka Wodna* 2014, nr 8, ss. 282–285.
21. A. NOWACKA, M. WŁODARCZYK-MAKUŁA, D. PANASIUK: Analiza ilościowo-jakościowa wody pobieranej do uzdatniania ze zbiornika Goczałkowice w latach 1990–2013. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury* 2015, t. XXXII, z. 62 (1/15), ss. 323–337.
22. B. OLEARCZYK-SIWIK: Problem nadmiernej mętności wody surowej na przykładzie zbiornika Czaniec. *Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko* 2010, nr 2, ss. 63–74.

Neverova-Dziopak, E., Drożdżik, A. Comparative Analysis of Physico-Chemical and Trophic Water State of Czaniec and Goczałkowice Dam Reservoirs in the Period of 2011–2015. *Ochrona Środowiska* 2017, Vol. 39, No. 2, pp. 11–16.

Abstract: Analysis of changes in physico-chemical quality and trophic status of waters from the intakes of two dam reservoirs in Southern Poland, i.e. Czaniec and Goczałkowice, was performed for the period of 2011–2015. The Index of Trophic State (ITS) was used to assess trophic state of both reservoirs as well as to determine dynamics of its changes for the analyzed period. Since the main function of both reservoirs is drinking water storage for the Silesian agglomeration with about 3.5 mln population, special attention was paid to the physico-chemical indices describing the utility function of water and reflecting impact of eutrophication on water quality. Despite similar functions, the two reservoirs differ fundamentally in terms of their morphometric parameters, level of impact of the catchment area and potential vulnerability to degradation. The land utilization structure for both reservoir catchments varies

too. Water quality was determined on the basis of temperature, electrical conductivity, BOD₅, and the amount of total suspended solids, nitrates and phosphates. For both dam reservoirs, indicators values remained within the levels of very good water quality that corresponded to the A1 category of water utility for a public water supply. Only a few BOD₅ measurement results for water from Goczałkowice dam reservoir corresponded to the A2 water category. According to the trophic state assessment, the Goczałkowice dam reservoir was classified as a mesoeutrophic while Czaniec dam reservoir – as a mesotrophic water body. In the examined 5-year period, the dynamics of trophic state changes in both dam reservoirs was comparable, and their ecological status was characterized as stable. This ensures good quality of water near the discussed intakes, despite the relatively high trophic status of the reservoirs.

Keywords: Dam reservoir, water intake, water quality, autochthonic substances, allochthonic substances, inorganic compounds, biogenic compounds, the integral index of trophic state (ITS).