

ROLA ZBIORNIKÓW MAŁEJ RETENCJI W KSZTAŁTOWANIU JAKOŚCI WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA PODLASIU

Anna Siemieniuk¹, Joanna Szczykowska¹, Józefa Wiater¹

¹ Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska, ul. Wiejska 45 E, 15-351 Białystok, e-mail: a.siemieniuk@pb.edu.pl

STRESZCZENIE

Celem badań była ocena jakości wody w dwóch małych zbiornikach retencyjnych oraz oszacowanie ilości zatrzymanych zanieczyszczeń przez oba zbiorniki. Badania zmian jakości wody oraz analizę czynników ją determinujących prowadzono na dwóch zbiornikach małej retencji położonych w województwie podlaskim: Ciechanowiec, zlokalizowanym na rzece Nurzec oraz Bobra Wielka umiejscowionym na rzece Biebrza. Podstawowe parametry fizyko-chemiczne wód zbiorników oraz wód je zasilających w większości nie wykraczają poza wartości dopuszczalne dla klas I-II. Jedynie wysokie stężenia fosforanów, dopływające bezpośrednio do rzek zasilających zbiorniki, wielokrotnie przekraczają ilości dopuszczalne i mogą być potencjalnym źródłem zanieczyszczenia badanych akwenów. Coroczne zwiększanie się ilości dopływających zanieczyszczeń wskazuje na powolny wzrost poziomu degradacji zalewów. Badane zbiorniki należy poddać zabiegom rekultywacyjnym ponieważ nie spełniają roli w ograniczaniu zanieczyszczeń dopływających ze zlewni.

Słowa kluczowe: zbiorniki małej retencji, jakość wody, ładunek zanieczyszczeń

THE PURPOSE OF SMALL RETENTION RESERVIOR FOR SURFACE WATER QUALITY CONTROL IN PODLASKIE VOIVODESHIP

SUMMARY

The purpose of the research was to evaluate the water quality in two small retention reservoirs, as well as assessing the amount of quality indicators retained by both of them. Water quality studies and the analysis of factors determining it were conducted on two small retention reservoirs situated in the Podlaskie Voivodeship: Ciechanowiec, located on the Nurzec River and Bobra Wielka situated on the Biebrza River. The basic physicochemical parameters of the water reservoirs and of the water supplying them mostly do not exceed the limits for classes I-II. High concentration of phosphates, which flow directly into the river supplying the reservoirs, exceed the permissible amounts by many times and may be a potential source of contamination of the examined water reservoirs. The yearly increase of the considered contaminants indicates a slow degradation of reservoirs. The reservoirs should be subjected to reclamation as they are inefficient in limiting pollution from the catchment area.

Keywords: small retention reservoirs, water quality, pollutant load

WPROWADZENIE

Pobór wód w województwie podlaskim stale wzrasta, w wyniku czego zasoby wód województwa zmniejszają się. Związane jest to z postępującym rozwojem zarówno gospodarczym, jak i społecznym [Kowalewski 2003]. Wzrost powierzchni nieprzepuszczalnych, spowodowanych zabudowaniami (parkingi, chodniki, szosy, dachy domów, czy lotniska) powodują, że woda

nie ma możliwości infiltracji w głąb ziemi i musi odpływać do rzek, a poprzez zmianę użytkowania terenu odbywa się to w coraz szybszy sposób, czego efektem jest pojawienie się ekstremalnych zjawisk przyrodniczych. [Kundzewicz 2000] Dlatego też bardzo wzrasta rola zbiorników małej retencji, które w znacznym stopniu umożliwią właściwą gospodarkę wodną w obrębie zlewni hydrologicznych. Za korzystną formę małej retencji można uznać budowę zbiorników małej

retencji w dolinach rzek nizinnych usytuowanych na terenach użytkowanych rolniczo.

Jednak charakter zlewni bezpośredniej, jak i pośredniej zbiorników oraz sposób jej zagospodarowania wyznaczają kształtowanie się składu chemicznego ich wód, a także ilość pojawiających się zanieczyszczeń [Friedl, Wuest 2002, Gromiec, Dojlido 2006] Przemiany jakości wód powierzchniowych są szczególnie widoczne w małych i łatwo ulegających eutrofizacji zbiornikach wodnych [Gałczyńska, Wybieralski 2004]. Zależne jest to od bardzo wielu czynników, zarówno środowiskowych, jak i antropogenicznych. Do składników warunkujących jakość wód w zbiornikach należą m.in.: warunki klimatyczne, funkcja zbiornika, jego lokalizacja, zanieczyszczenie środowiska w zlewni bezpośredniej i pośredniej akwenu, a także fauna i flora.

Celem badań była ocena jakości wody w dwóch małych zbiornikach retencyjnych oraz oszacowanie ilości zatrzymanych zanieczyszczeń przez oba zbiorniki.

OBSZAR BADAŃ I METODYKA

Badania zmian jakości wody oraz analizę czynników ją determinujących prowadzono na dwóch zbiornikach małej retencji położonych w województwie podlaskim: Ciechanowiec, zlokalizowanym na rzece Nurzec oraz Bobra Wielka umiejscowionym na rzece Biebrza. Objęte badaniami akwenu zlokalizowane są na terenach gmin wiejskich lub miejsko-wiejskich, a ich zlewnie należy zaliczyć do typowo rolniczych.

Zbiornik wodny Ciechanowiec powstał w latach 1966–1970 w wyniku budowy jazu, który spiętrzył wodę na cieku rzeki Nurzec (średni przepływ 5,27 m³/s). Jest to zbiornik przepływowy, spełniający rolę retencyjną. Jaz zbudowany jest z filarów żelbetowych, za którymi znajduje się niecka wypadowa z progiem dolnym i z ścianami oporowymi o długości 10 m [Projekt wykonawczy 2014]. Powierzchnia zbiornika wynosi 6,3 ha, objętość magazynowanej wody 83 tys. m³, a średnia głębokość to 1,8 m. Teren gminy Ciechanowiec zajmują obszary o szczególnych walorach przyrodniczych, prawnie chronionych zajmują one 2069,5 ha w tym 1010 ha użytków rolnych, 740 ha lasów i 34 ha wód, stanowi to 10,3% ogólnej powierzchni gminy. Zbiornik wodny w Ciechanowcu otaczają gleby piaszczyste o składzie piasku słabo gliniastego oraz piasku gliniastego lekkiego pylastego, dlatego też

ciek wodny, na którym znajduje się akwen, został zakwalifikowany jako rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta. W związku z wykazaniem przez Wojewódzki Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych znacznego stopnia zamulenia zbiornika w Ciechanowcu pod koniec roku 2014 przeprowadzono prace związane z odmuleniem części zbiornika. Warto też zaznaczyć, że takie prace miały miejsce w roku 2009.

Zbiornik Bobra Wielka został oddany do użytku w 2015 roku, ale jego początki sięgają 1918 roku, kiedy to na Biebrzy powstały stawy. Akwen zlokalizowany jest w północno-wschodniej części Polski, w województwie podlaskim, w powiecie sokólskim, w gminie Nowy Dwór, na terenie miejscowości Bobra Wielka. Wybudowany jest na rzece Biebrza (średni przepływ 34,9 m³/s) w górnym jej biegu, gdzie jej przepływ wynosi 5,6 m³/s. Całkowita powierzchnia zbiornika to 14 ha, zaś maksymalna pojemność wodna zbiornika 250 tys. m³, a średnia głębokość 2,4 m. Funkcje jakie spełnia zbiornik w Bobrze Wielkiej to przede wszystkim: przeciwpożarowa, zneutralizowanie fali wód roztopowych i magazynowanie jej w zbiorniku, a następnie uzupełniania braków w stosunkach wodnych w okresach zachwiania stanów wód, funkcja rekreacyjno – wędkarska. Zlewnia zbiornika w przeważającej części to obszary pól uprawnych, jednak w bezpośrednim sąsiedztwie badanego obiektu od południowo-zachodniej strony znajduje się około 290 hektarów gęstego lasu. Oprócz tego w zlewni znajdują się mniejsze lasy. Zlewnię zbiornika budują piaski i żwiry z małymi płatami gliny, dlatego też ciek wodny, na którym znajduje się akwen, został zakwalifikowany jako rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta Ponadto na podmokłych dolinach dopływów zlokalizowane są torfy o różnych miąższościach. W zlewni dominują kompleksy trwałych użytków zielonych jak pastwiska i łąki, używane ekstensywnie. W znajdujących się w zlewni gruntach ornych dominują kompleksy glebowe żytne na glebach brunatnych kwaśnych, rdzawych. Według obowiązującej typologii wód płynących w Polsce rzekę niziną piaszczysto gliniastą (nr 19) charakteryzuje spadek koryta 0,2 – 2‰, spokojna i wolna prędkość przepływu oraz dno zbudowane przeważnie z piasków różnej wielkości lub gliny, często dodatkowo występuje żwir, niekiedy ły i margle [Rozporządzenie 2016].

Badania wody obu zbiorników przeprowadzono w latach 2015 i 2016. Analizy próbek wody, pobieranych z warstwy przypowierzchniowej strefy brzegowej wykonywano raz w miesią-

cu, zgodnie z obowiązującą metodyką badawczą podaną przez Hermanowicza [1999]. Wykonano następujące oznaczenia: barwa, mętność, tlen rozpuszczony, przewodność elektrolityczna właściwa, odczyn, jon amonowy, azotany (V), fosforany, ChZT_{Mn}, wapń, magnez, twardość ogólna, żelazo i mangan. W celu ustalenia przebiegu zmian średnich wartości analizowanych wskaźników, punkty pomiarowo-kontrolne dobrano tak, aby uchwycić zmiany zachodzące w przekrojach podłużnych zbiorników. Do badań wybrano po 5 punktów, usytuowanych w każdym ze zbiorników. Przy czym, w obu przypadkach, pierwszy punkt pobierania próbek zlokalizowany był przed zbiornikiem, co pozwalało na określenie wartości wskaźników wody dopływającej do zalewu. Drugi punkt znajdował się w początkowej, trzeciej w centralnej, czwarty w końcowej części zbiornika. Piąty punkt pobierania próbek znajdował się za akwenem, co pozwalało na analizę zmian jakości wody rzeki i wpływu samego zbiornika. Ze wszystkich wyników otrzymanych w ciągu całego roku badawczego oraz wszystkich punk-

tów pomiarowo – kontrolnych wyliczono średnią, podano także wartości minimalne i maksymalne (tab. 1) Ładunki dopływających i odpływających zanieczyszczeń wyliczono na podstawie wartości średnich z całego roku uzyskanych w punkcie pierwszym (dopływ) oraz punkcie piątym (odpływ), a także średnich przepływów dla rzek, które przyjęto dla Nurca 5,27 m³/s, zaś dla Biebrzy 5,6 m³/s. Jakość wody oceniono zgodnie z obowiązującymi aktami prawnymi. Podstawę stanowi 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 na podstawie art. 38a ust. 3 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2015 r. poz. 469, 1590, 1642 i 2295 oraz z 2016 r. poz. 352), zmieniające Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 22 października 2014 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. z 2014 r., poz. 1482).

Tabela 1. Wyniki uzyskane podczas badań w zbiorniku Ciecchanowiec i Bobra Wielka.

Table 1. Results obtained during research in the reservoir Ciecchanowiec and Bobra Wielka

Oznaczenie	Jednostka	Ciecchanowiec		Bobra Wielka	
		2015	2016	2015	2016
		<u>min-max</u> śr	<u>min-max</u> śr	<u>min-max</u> śr	<u>min-max</u> śr
Barwa	mg Pt/dm ³	<u>45–81</u> 61,85	<u>45–85</u> 60,81	<u>24–78</u> 43,30	<u>28–83</u> 62,88
Mętność	NTU	<u>2–6</u> 4,14	<u>1–10</u> 2,64	<u>2–12</u> 5,93	<u>3–11</u> 7,46
Tlen rozpuszczony	mg O ₂ /dm ³	<u>7,82–10,56</u> 9,31	<u>8,05–10,64</u> 9,14	<u>7,12–11,27</u> 9,23	<u>8,14–10,63</u> 9,45
Przewodność	µS/cm	<u>421–514</u> 478,83	<u>477–540</u> 512,06	<u>290–550</u> 400,43	<u>389–567</u> 473,21
Odczyn	pH	<u>6,67–7,11</u> 6,90	<u>6–7,14</u> 6,88	<u>7,48–8,8</u> 8,12	<u>7,78–8,32</u> 8,06
Jon amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	<u>0,07–0,11</u> 0,09	<u>0,03–0,27</u> 0,13	<u>0,02–0,19</u> 0,10	<u>0,11–0,25</u> 0,16
Azotany V	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	<u>2,6–5,3</u> 3,63	<u>2,9–6,2</u> 3,86	<u>0,1–4,1</u> 1,64	<u>1,2–4,3</u> 2,40
Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	<u>1,1–2,9</u> 1,66	<u>1,4–6</u> 2,96	<u>0,3–8,7</u> 1,58	<u>1,2–3,8</u> 1,92
Chzt – Mn	mg O ₂ /dm ³	<u>4,3–5</u> 4,75	<u>4–5,5</u> 4,71	<u>3,5–10,4</u> 6,02	<u>5,3–6,9</u> 6,04
Wapń	mg Ca/dm ³	<u>9,4–16,5</u> 12,42	<u>9,4–17,4</u> 13,83	<u>40–102,4</u> 68,41	<u>31,6–96,8</u> 55,11
Magnez	mg Mg/dm ³	<u>4,1–10,3</u> 6,46	<u>4,06–10,3</u> 7,01	<u>9–87,7</u> 32,84	<u>9,6–59,4</u> 28,92
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ /dm ³	<u>156,2–236,9</u> 196,6	<u>156,2–236,9</u> 200,5	<u>126,1–340,3</u> 248,1	<u>138,1–302,3</u> 224,9
Fe	mg Fe/ dm ³	<u>0,031–0,079</u> 0,06	<u>0,044–0,08</u> 0,06	<u>0,025–0,817</u> 0,29	<u>0,027–0,867</u> 0,34
Mn	mg Mn/ dm ³	<u>0,001–0,004</u> 0,003	<u>0,001–0,004</u> 0,002	<u>0,001–0,091</u> 0,032	<u>0,021–0,063</u> 0,040

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

Jednym z parametrów określających jakość wody jest barwa. Jest to cecha fizyczna wywołana obecnością w wodzie barwnych związków organicznych lub mineralnych. O barwie często decydują odpady organiczne, substancje humusowe, cząsteczki glin na skutek erozji, a także dopływające niedoczyszczone ścieki. Barwa ma głównie znaczenie organoleptyczne, gdyż nieprzyjemnie korzysta się z wody, która jest barwna. Zmiany rozporządzeń dotyczących właściwości fizyko – chemicznych wody powierzchniowej spowodowały, iż nie podaje się obecnie określonej wartości barwy, lecz tylko obliguje, aby była bez nieprawidłowych zmian. W Polsce przyjmuje się, że powinna to być barwa naturalna. W badanych akwenach barwa wody osiągała dosyć wysoką wartość i mieściła się w zbliżonych w granicach dla obu zbiorników od 25 do 85 mg Pt/dm³ w Ciechanowcu oraz od 24 do 83 mg Pt/dm³ w Bobrze Wielkiej.

Mętność jest również jednym z podstawowych wskaźników oceny jakości wody. Uwarunkowana jest obecnością zawieszin o różnym stopniu dyspersji oraz koloidów pochodzenia organicznego i mineralnego, które pogarszają estetykę wody, co ma odzwierciedlenie w tzw. estetycznym wskaźniku jakości wody. [Hermanowicz 1999, Nawrocki (red.) 2002] Wskaźnik ten charakteryzuje oddziaływanie mętności i barwy oraz smaku i zapachu na zmysły człowieka [Rczek i in. 2002] Mętność wody w analizowanych akwenach zawierała się w przedziałach: od 1 do 10 NTU w Ciechanowcu oraz od 2 do 12 NTU w Bobrze Wielkiej.

Tlen rozpuszczony ma podstawowe znaczenie dla wszelkich procesów chemicznych i biochemicznych w wodach naturalnych. Zawartość tlenu rozpuszczonego w wodach powierzchniowych może być różna w zależności od stopnia zanieczyszczenia wód, jest często również czynnikiem limitującym procesy samooczyszczania zachodzące w zbiornikach wodnych. Ilość tlenu rozpuszczonego w badanych rezerwarach mieściła się w zakresie od 7,82 do 10,64 mg O₂/dm³ w Ciechanowcu oraz od 7,12 do 11,27 mg O₂/dm³ w Bobrze Wielkiej i klasyfikowała je do I klasy jakości wód. Stężenie tlenu w wodach powierzchniowych jest zwykle mniejsze latem, a większe zimą [Dojlido 1995], miało to miejsce również w przypadku ilości tlenu w wodzie badanych zbiorników.

Przewodność elektryczna właściwa to przybliżony wskaźnik ogólnej ilości rozpuszczonych jonów w wodzie, może on świadczyć o mineralnym zanieczyszczeniu wody. Średnia przewodność elektryczna właściwa w wodach badanych akwenów wahała się od 478,8 do 512,1 μS/cm w Ciechanowcu oraz od 400,4 do 473,2 μS/cm w Bobrze Wielkiej, klasyfikując ich wody do I-II klasy jakości. Należy jednak dodać, iż średnie wartości przewodności uzyskane w poszczególnych porach roku i kolejnych latach badawczych wykazują tendencję wzrostową.

Odczyn wody ma istotne znaczenie dla organizmów żywych i dla gospodarczego użytkowania wody. W wodach zbyt kwaśnych lub zbyt alkalicznych zamiera życie biologiczne. [Dojlido 1995] W przypadku badanych akwenów odczyn ich wód znacznie się różnił i wynosił średnio 6,9 pH dla Ciechanowca oraz 8,0 – 8,1 pH dla Bobry Wielkiej. Powodem tej dysproporcji może być: rodzaj podłoża akwenu, rodzaj gleb w zlewni, którą odwadnia zbiornik wodny, a także ilość i jakość doprowadzanych zanieczyszczeń.

Kiedy mówimy o odporności zbiorników na zanieczyszczenie, charakteryzujemy procesy samooczyszczania oraz potencjał ekosystemu. Zatrzymanie wody w zbiorniku sprzyja intensyfikacji procesów przemiany materii, czyli zdolności do odkładania zmineralizowanych zanieczyszczeń w osadach dennych. [Ripl, Wolter 2005]. Wtedy, gdy w zbiorniku panują odpowiednie stosunki termiczno-tlenowe, następuje kumulacja powstającej w wodzie biomasy. Trzeba jednak dodać, iż jakość wody zbiornika zależy od sposobu i intensywności użytkowania zlewni. Warunkiem dobrego stanu jakości wody akwenu jest ograniczenie doprowadzania do ekosystemu zanieczyszczeń.

Średnie stężenie amoniaku w wodzie zbiornika w Ciechanowcu w roku 2015 nie przekraczało 0,1 mg NH₄⁺/dm³, a w roku następnym było wyższe i wynosiło 1,27 mg NH₄⁺/dm³. Podobnie stężenie amoniaku układało się w wodzie zbiornika Bobra Wielka. Jednak pomimo stopniowego wzrostu ilości amoniaku w badanych wodach możemy je zaklasyfikować, na podstawie wartości średnich, do I klasy jakości wód (<0,17 mg NH₄⁺/dm³) w obu analizowanych zalewach.

Średnie stężenie azotanów (V) w wodzie pierwszego zbiornika przekraczały 3 mg NO₃⁻/dm³ i przekraczały dopuszczalne stężenie dla kl.II (2,5 mg NO₃⁻/dm³). Nieco inną sytuację obserwujemy w zbiorniku Bobra Wielka, gdzie średnie warto-

ści omawianego zanieczyszczenia były niższe niż $2,5 \text{ mg NO}_3^-/\text{dm}^3$, co pozwala zaliczyć jego wodę do II klasy jakości.

Wartości średniego stężenia fosforanów w zbiorniku Ciechanowiec wahały się w granicach od 1,661 do $2,963 \text{ mg PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, zaś w zbiorniku Bobra Wielka od 1,579 do $1,921 \text{ PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$, co klasyfikowało wodę obu akwenów do pozaklasowych, gdyż graniczną wartością dla II klasy jest wartość $>0,101 \text{ PO}_4^{3-}/\text{dm}^3$.

Wszystkie uzyskane wartości ChZT_{Mn} klasyfikowały wodę obu zbiorników do I klasy jakości. W przypadku wód zbiornika w Ciechanowcu stężenie Ca, Mg oraz twardość ogólna klasyfikowały wodę do I klasy jakości, natomiast w wodzie akwenu Bobra Wielka stężenie Ca mieściło się w I klasie, zaś średnie stężenia Mg i twardości ogólnej wskazują na I-II klasę.

W tabelach 2 i 3 podano wyniki zatrzymania przez zbiornik poszczególnych zanieczyszczeń

dopływających z wodą Nurca. Największe % zatrzymanie w zbiorniku Ciechanowiec w 2015 roku zaobserwowano w przypadku jonu amonowego oraz magnezu i twardości ogólnej, zaś w 2016 roku jonu amonowego, fosforanów i żelaza. Można przypuszczać, że w przypadku tych zanieczyszczeń osady denne wysyciły się już i może rozpocząć się proces tzw. wzbogacania wewnętrznej wody w zbiorniku [Nurnberg 1995]

Wartości badanych wskaźników fizykochemicznych, w wodach zasilających zbiornik Ciechanowiec były najczęściej mniejsze niż wartości wód opuszczające akwen, dlatego też jakość rzeki poniżej zbiornika uległa pogorszeniu. Obserwacje przestrzennego rozkładu badanych wskaźników wykazały, że woda w zbiorniku w Ciechanowcu nie ma zdolności do samooczyszczania.

W przypadku zbiornika Bobra Wielka największe zatrzymanie w (tab. 4 i 5) w 2015 roku zaobserwowano w przypadku: jonu amonowego,

Tabela 2. Ładunek zanieczyszczeń dopływających i odpływających w 2015 roku w zbiorniku Ciechanowiec
Table 2. Inflow and outflow pollution loads in 2015 in Ciechanowiec reservoir

Parametr		Stężenie 2015		Ładunek			Procent zatrzymania
		Dopływ [g/m ³]	Odpływ [g/m ³]	Dopływ [Mg]	Odpływ [Mg]	Obciążenie [g/m ²]	
Jon amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	0,10	0,09	16,79	15,21	25,06	9,4%
Azotany V	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	3,25	4,33	540,1	718,8	-2835,9	-33,1%
Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	1,50	1,65	249,3	274,2	-395,7	-10,0%
Chzt – Mn	mg O ₂ /dm ³	4,53	4,75	752,0	789,4	-593,6	-5,0%
Ca	mg Ca/dm ³	13,08	13,63	2173,0	2264,4	-1450,9	-4,2%
Mg	mg Mg/dm ³	7,11	6,69	1182,1	1112,3	1108,0	5,9%
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	205,4	171,3	34128,9	28475,0	89745,2	16,6%
Fe	mg Fe/ dm ³	0,05	0,06	8,23	9,31	-17,15	-13,1%
Mn	mg Mn/ dm ³	0,00	0,00	0,42	0,62	-3,30	-50,0%

Tabela 3. Ładunek zanieczyszczeń dopływających i odpływających w 2016 roku w zbiorniku Ciechanowiec
Table 3. Inflow and outflow pollution loads in 2016 in Ciechanowiec reservoir

Parametr		Stężenie 2016		Ładunek			Procent zatrzymania
		Dopływ [g/m ³]	Odpływ [g/m ³]	Dopływ [Mg]	Odpływ [Mg]	Obciążenie [g/m ²]	
Jon amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	0,11	0,08	18,24	12,92	84,42	29,2%
Azotany V	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	3,13	4,28	519,4	710,5	-3033,7	-36,8%
Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	2,55	2,53	423,8	419,6	66,0	1,0%
Chzt – Mn	mg O ₂ /dm ³	4,48	4,78	743,7	793,6	-791,4	-6,7%
Wapń	mg Ca/dm ³	14,55	15,25	2418,1	2534,5	-1846,6	-4,8%
Magnez	mg Mg/dm ³	7,48	8,75	1242,3	1454,2	-3363,5	-17,1%
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	205,4	229,3	34128,9	38111,8	-63219,9	-11,7%
Fe	mg Fe/ dm ³	0,06	0,06	9,72	9,27	7,25	4,7%
Mn	mg Mn/ dm ³	0,00	0,00	0,21	0,21	0,00	0,0%

Tabela 4. Ładunek zanieczyszczeń dopływających i odpływających w 2015 roku w zbiorniku Bobra Wielka
Table 4. Inflow and outflow pollution loads in 2015 in Bobra Wielka reservoir

Parametr		Stężenie 2015		Ładunek			Procent zatrzymania
		Dopływ [g/m ³]	Odpływ [g/m ³]	Dopływ [Mg]	Odpływ [Mg]	Obciążenie [g/m ²]	
Jon amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	0,11	0,09	18,57	15,37	50,78	0,17
Azotany V	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	1,90	0,90	314,9	148,7	2638,0	0,53
Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	1,21	1,60	201,5	265,9	-1022,2	-0,32
Chzt – Mn	mg O ₂ /dm ³	4,53	4,75	752,0	789,4	-593,6	-0,05
Wapń	mg Ca/dm ³	82,40	71,2	13694,4	11833,1	29545,7	0,14
Magnez	mg Mg/dm ³	39,50	23,51	6564,7	3907,2	42181,8	0,40
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	270,2	244,2	44907,5	40583,1	68641,1	0,10
Fe	mg Fe/ dm ³	0,26	0,27	42,9	44,4	-23,7	-0,03
Mn	mg Mn/ dm ³	0,03	0,02	5,5	3,9	25,7	0,30

Tabela 5. Ładunek zanieczyszczeń dopływających i odpływających w 2016 roku w zbiorniku Bobra Wielka
Table 5. Inflow and outflow pollution loads in 2016 in Bobra Wielka reservoir

Parametr		Stężenie 2016		Ładunek			Procent zatrzymania
		Dopływ [g/m ³]	Odpływ [g/m ³]	Dopływ [Mg]	Odpływ [Mg]	Obciążenie [g/m ²]	
Jon amonowy	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	0,14	0,18	22,64	29,58	-110,14	-0,31
Azotany V	mg NO ₃ ⁻ /dm ³	2,49	1,99	413,0	329,9	1319,0	0,20
Fosforany	mg PO ₄ ³⁻ /dm ³	1,79	1,94	297,1	322,0	-395,7	-0,08
Chzt – Mn	mg O ₂ /dm ³	4,48	4,78	743,7	793,6	-791,4	-0,07
Wapń	mg Ca/dm ³	62,67	47,86	10415,8	7953,3	39088,7	0,24
Magnez	mg Mg/dm ³	21,81	33,49	3624,7	5566,3	-30818,6	-0,54
Twardość ogólna	mg CaCO ₃ / dm ³	204,08	243,67	33917,4	40495,8	-104419,1	-0,19
Fe	mg Fe/ dm ³	0,28	0,37	47,0	62,2	-242,0	-0,32
Mn	mg Mn/ dm ³	0,04	0,04	6,7	6,6	2,6	0,02

azotanów V, wapnia, magnezu, twardości ogólnej oraz manganu, a w roku 2016 to tylko azotany V, wapń i mangan. Również i w tym zbiorniku zaczyna się proces wzbogacania wewnętrznego toni wodnej, poprzez wymywanie z osadów dennych niektórych zanieczyszczeń. Należałoby tu nadmienić, iż zbiornik Bobra Wielka jest akwenem młodym (2015 r.), zaś w zalewie Ciechanowiec przeprowadzono częściowy proces rekultywacji w 2014 r., a więc powinny w nich zachodzić prawidłowe procesy samooczyszczania, czyli zmniejszenie stężenia poszczególnych zanieczyszczeń w przekroju podłużnym zbiornika. To zjawisko zachodzi w wodach dobrze natlenionych, a badane zbiorniki właśnie do takich należą.

Wody zasilające zbiornik w Bobrze Wielkiej w roku 2015 charakteryzowały najczęściej większe wartości analizowanych parametrów, jednak wody opuszczające zalew miały często mniej zanieczyszczeń, co wskazuje na zdolność tego zbior-

nika do samooczyszczania. Inny przypadek zaobserwowano w 2016 roku, kiedy to wody zasilające akwen miały wartości najczęściej mniejsze niż wartości wód opuszczające rezerwar, co świadczyć może o braku procesu samooczyszczania.

Wśród wielu przebadanych przepływowych zbiorników małej retencji, które mogą przyjąć znaczne ilości zanieczyszczeń, często stwierdzano poprawę jakości wody po opuszczeniu zbiornika. Założyć można, iż w takich sytuacjach zbiorniki takie pełnią niezaplanowaną funkcję oczyszczalni biologicznej. Jednak w wyniku sztucznego spiętrzenia wody, stanowią ekosystemy podatne na degradację. Zatrzymanie wody w zbiorniku sprzyja intensyfikacji procesów przemiany materii, a w szczególności w warunkach doprowadzania do zbiornika nadmiernych ładunków azotu i fosforu. [Dunalska 2003] Zbiorniki małej retencji, utworzone na terenach rolniczych, mogą pełnić wiele funkcji, które nie powinny kolidować ze

sobą podczas ich eksploatacji. Jednak ich wielofunkcyjność często prowadzi do zanieczyszczenia środowiska wodnego. O jakości wody w zbiorniku przeważnie decydują dopływające wody ciekłe, na którym wybudowano obiekt hydrotechniczny [Szczykowska, Siemieniuk 2011]. Cieki te niosą ze sobą zanieczyszczenia, zarówno ze zlewni bezpośredniej, jak i pośredniej, związanej z charakterem użytkowania terenu, rolnictwem, a także innego rodzaju działalnością gospodarczą. Wśród zbiorników małej retencji występują także takie, które przeznaczone są do hodowli ryb lub jako kąpieliska. W przypadku intensywnego wykorzystywania również w takich celach pojawić się mogą symptomy zanieczyszczenia wody. I jeżeli dołączymy do tego zagrożenia dopływające z obszaru zlewniowego, to wytwarza się istotna bariera kształtująca jakość wody w zbiorniku małej retencji. Obiekt taki może się stać uciążliwym dla środowiska, jak również w utrzymaniu przez samorząd. Pod wieloma względami obiekt ten będzie pełnił funkcje biologicznej oczyszczalni, o mocno ograniczonych możliwościach kontroli procesu. Należałoby podkreślić tu problem, zagrożenia wody takich zbiorników eutrofizacją, niejednokrotnie szybkie wypełnianie osadami dennymi oraz często obserwowana niemożność utrzymania funkcji, dla których zostały zbudowane.

WNIOSKI

1. Podstawowe parametry fizyko-chemiczne wód zbiorników Ciechanowiec oraz Bobra Wielka oraz wód je zasilających w większości nie wykraczają poza wartości dopuszczalne dla klas I-II.
2. Wysokie stężenia fosforanów, dopływające bezpośrednio do rzek zasilających zbiorniki, wielokrotnie przekraczają ilości dopuszczalne, co doprowadziło do wysycenia osadów dennych tym biogenem i spowodowało wtórne zanieczyszczenie wód zbiorników.
3. Coroczne zwiększanie się wartości badanych wskaźników fizyko-chemicznych wody w zbiornikach wskazuje na powolny wzrost poziomu ich degradacji.
4. Badane zbiorniki należy poddać zabiegom rekultywacyjnym ponieważ nie spełniają roli w ograniczaniu zanieczyszczeń dopływających ze zlewni.

LITERATURA

1. Dojlido J.R. 1995, Chemia wód powierzchniowych, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok
2. Dunalska J. 2003: Impact of Limited Water Flow in a Pipeline on the Thermal and Oxygen Conditions in a Lake Restored by Hypolimnetic Withdrawal Method. Polish Journal of Environmental Studies, vol 12, 4, 409–415.
3. Friedl G., Wuest A. 2002, Disrupting biogeochemical cycles – Consequences of damming., Aquat. Sci. 64: 55–65.
4. Gałczyńska M., Wybieralski J. 2004, Changes of N and P compounds content in water-eyelets in Western Pomerania. W: Górecki H. (red.) i in. Chemistry for agriculture. New agrochemicals and their safe use for health and environment 5. Jeseník, Czech Republic: 439–444.
5. Gromiec M., Dojlido J. 2006, Zmiany jakości wody wybranych zbiorników wodnych. IMiGW, Warszawa.
6. Hermanowicz W, Dojlido J., Dożańska W., 1999, Fizykochemiczne badanie wody i ścieków, Arkady, Warszawa
7. Kowalewski Z. 2003, Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych, IMUZ, Falenty.
8. Kundzewicz Z. W. 2000, Gdyby mała wody miarka... Zasoby wodne dla trwałego rozwoju, PWN, Warszawa.
9. Nawrocki J.(red.), Biłozora S., 2002, Uzdatnianie wody. Procesy fizyczne i biologiczne. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań.
10. Nurnberg G.K., 1995, Quantifying anoxia in lakes, Limnol. Oceanogr. 40, 1100.
11. Projekt wykonawczy na odmulenie zbiornika wodnego zlokalizowanego na rzece Nurzec (km 15+566) w miejscowości Ciechanowiec na działkach nr 343 i 1971/4 obręb Ciechanowiec, gm. Ciechanowiec, Ciechanowiec, 2014.
12. Reczek L., Siwiec T., Skiba I. 2002: Ocena korelacji wzajemnej podstawowych jednostek mętności. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 6, ss. 211–215
13. Rippl W., Wolter K. D. 2005: The assault on the quality and value of lakes. In: O'Sullivan, P.E. & Reynolds, C.S. (eds.): The Lakes Handbook. Volume 2. Part I – General Issues. Chapter 2. Blackwell, Oxford: 25–61.
14. 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 Na podstawie art. 38a ust. 3 ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. z 2015 r. poz. 469, 1590, 1642 i 2295 oraz z 2016 r. poz. 352)
15. Szczykowska J., Siemieniuk A., 2011. Znaczenie zbiorników retencyjnych na terenach rolniczych oraz jakość ich wód. Inżynieria Ekologiczna, 26, 103–111.