



Joanna Szczykowska • Anna Siemieniuk • Józefa Wiater

PROBLEMY EKOLOGICZNE ZBIORNIKÓW MAŁEJ RETENCJI NA PODLASIU

Anna Siemieniuk, dr inż. – Politechnika Białostocka

Joanna Szczykowska, dr – Politechnika Białostocka

Józefa Wiater, prof. dr hab. inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Katedra Technologii w Inżynierii i Ochronie Środowiska

ul. Wiejska 45B, 15-351 Białystok

e-mail: j.szczykowska@pb.edu.pl

ECOLOGICAL PROBLEMS OF SMALL RETENTION RESERVOIRS IN PODLASIE REGION

SUMMARY: Accumulation of water in low-retention reservoirs is an important element for water conditions especially in countries with small water resources. The study included three low-retention reservoirs in Korycin, Otapy-Kiersnówek and Jasionówka (typically agricultural catchment) localized fully in Podlasie region. This article applies to results of physical-chemical researches with particular regard to biogenic compounds. Water quality surveys took place during the period of time from November 2011 to October 2012. The analysis of achieved results revealed that organic nitrogen was dominating form among nitrogen compounds in water from all reservoirs. During the research it is found that storage reservoirs characterized by a quite small area and storage cubic content are much more exposed on eutrophication than larger reservoirs. Agricultural use of the area and quality of the soils in drainage area affect on deterioration of the trophic state of small retention reservoirs.

KEY WORDS: water quality, low-retention reservoirs, biogenic compounds, eutrophication

Wstęp

Jednym z podstawowych elementów infrastruktury związanej z właściwą regulacją stosunków wodnych są zbiorniki małej retencji. Większość z nich budowana jest jako obiekty wielofunkcyjne łączące szereg zadań - od zapewnienia niezbędnej ilości wody na potrzeby gospodarcze i hodowlę ryb, przez ochronę przeciwpowodziową, do wzrostu atrakcyjności przylegających terenów¹. Na Podlasiu zbiorniki małej retencji wykonuje się jako podpiętrzenia cieków wodnych, przy czym obszar spiętrzenia obejmuje jak największą część naturalnego terenu zalewowego cieków. Powstaniu zbiornika towarzyszą istotne zmiany w krajobrazie, funkcjonowaniu biosfery oraz wzrost zainteresowania działalnością usługową i rozwojem infrastruktury rekreacyjno-turystycznej. Utworzone zbiorniki, niekiedy o znacznej powierzchni w stosunku do niewielkiej głębokości, są zazwyczaj przez większą część roku niestratyfikowane. Prowadzi to do zakłócenia ekologicznego znaczenia akwenów, z których większość przyjmuje wody ze zlewni zagospodarowanych rolniczo². Wielu autorów wskazuje, że stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych na polach uprawnych w celu zwiększenia produkcji rolniczej powoduje niekontrolowane przedostawanie się do wód niewykorzystanych składników pokarmowych³. Długotrwała eksploatacja wielofunkcyjnych zbiorników przepływowych, nadmiernie obciążonych dopływającymi ze zlewni związkami biogennymi, może wpływać negatywnie na jakość cieków zasilającego na odcinkach poniżej zbiorników⁴. Jednak najważniejszym problemem ekologicznym omawianych zbiorników jest ich podatność na eutrofizację powodującą degradację walorów użytkowych. Wśród sposobów oceny stopnia zeutrofizowania wód w zbiornikach małej retencji znane i stosowane są indeksy stanu troficznego: TSI (*Trophic State Index*) Carlsona i TSI Walkera. Każdy z nich składa się z trzech odrębnie obliczanych elementów, z których jeden opiera się na stężeniu fosforu ogólnego TSI (TP), drugi na stężeniu chlorofilu a TSI (chl.a), a trzeci na przezroczystości mierzonej krążkiem Secchiego TSI (SD)⁵. Stosuje się także

¹ W. Mioduszewski, *Małe zbiorniki wodne*, Wyd. Imuz, Falenty 2006; J. Wiater, A. Siemieniuk, J. Szczakowska, *Rola zbiornika małej retencji w kształtowaniu jakości wód powierzchniowych*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna” 2012, s. 279-282.

² B.C. Braskerud, *Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution*, „Ecological Engineering” 2001 nr 18, s. 352-370; J. Szczakowska, *Occurrence of elements contaminating the low-retention reservoirs on agricultural areas*, „Polish Journal of Environmental Studies – Series of Monographs” 2009 nr 3, s. 75-80.

³ Ibidem; J. Wiater, A. Siemieniuk, J. Szczakowska, *Rola zbiornika małej...*, op. cit.; P. Ilnicki, *Przyuczyny, źródła i przebieg eutrofizacji wód powierzchniowych*, „Przegląd Komunalny” 2005 nr 2, t. 125, s. 488-494; J.A. Camargo, A. Alonso, M. de la Puente, *Eutrophication downstream from small reservoirs in mountain rivers of Central Spain*, „Water Research” 2005 nr 39, s. 3376-3384.

⁴ J. Wiater, A. Siemieniuk, J. Szczakowska, *Rola zbiornika małej...*, op. cit.; J.A. Camargo, A. Alonso, M. de la Puente, *Eutrophication downstream...*, op. cit.

⁵ R.E. Carlson, *A trophic state index for lakes*, „Limnology and Oceanography” 1977 nr 22(2), s. 361-369.

indeks TSI (TN)⁶. Nieodpowiednia jakość retencjonowanej wody utrudnia właściwą eksploatację zbiorników, prowadząc do nadmiernego wzrostu fitoplanktonu, wystąpienia deficytu tlenowego, rozwoju organizmów stwarzających niebezpieczeństwo dla kąpiących się ludzi. Obserwuje się znaczne pogorszenie cech organoleptycznych wody, szybki postęp zamulania, co w dalszej perspektywie może prowadzić do zmniejszenia pojemności retencyjnej zbiornika. W związku z tym niezbędna jest kontrola jakości wody w zbiornikach małej retencji ze szczególnym uwzględnieniem oznaczania stężeń związków azotu i fosforu.

Badania miały na celu porównanie problemów ekologicznych związanych z zagrożeniem procesami eutrofizacji trzech zbiorników małej retencji charakteryzujących się rolniczym zagospodarowaniem zlewni lecz zróżnicowaną powierzchnią (od 2,03 ha do 6,0 ha) i pojemnością retencyjną (od 41,6 tys.m³ do 81 tys.m³).

Obszar i metodyka badań

Badaniami objęto trzy zbiorniki małej retencji: Korycin (K), Otapy-Kiersnówek (O) i Jasionówka (J) znajdujące się na terenie gmin odpowiednio: Korycin, Brańsk i Jasionówka w woj. podlaskim. Ogólne parametry morfometryczne analizowanych zbiorników zestawiono w tabeli 1. Na terenie zlewni wszystkich analizowanych zbiorników dominują użytki rolne stanowiące 84,9% gminy Korycin, 78,1% gminy Brańsk oraz 64,8% gminy Jasionówka. W zlewni wszystkich zbiorników przeważają gleby mineralne. Zbiornik w Korycinie, którego najważniejszym obiektem jest stopień wodny ze spustem dennym i kładką roboczą, zlokalizowany jest na prawym brzegu rzeki Kumiałki. Największą powierzchnię zlewni zbiornika pod względem typologicznym zajmują gleby brunatne, gleby pseudobielicowe, oraz czarne ziemie i mady w dolinach rzecznych. Podczas prac przy budowie (lata 2001-2002) wykopano i przemieszczono około 115,7 tys. m³ ziemi. Średnia głębokość wykopu wyniosła 2,3 m, szerokość 145 m, a długość 440 m. Ziemia z wykopu posłużyła jako ograniczenie czaszy zbiornika o kształcie zwartym, lecz nieregularnym. Wraz ze zbiornikiem oddano do użytku 20 ha terenów przyległych, przeznaczonych na obiekty rekreacyjno-sportowe, turystyczne i hotelarsko-gastronomiczne.

Szczegółowe współrzędne terenu, na którym znajduje się zbiornik Otapy-Kiersnówek, to 52°43'53.81" N 22°53'3.04" E. Tereny zajęte pod inwestycję stanowiły pastwiska kl. V oraz niewielkie powierzchnie użytków rolnych kl. III i IV. Zbiornik powstał w obniżeniu terenowym przyległym bezpośrednio do rzeki Nurzec, odgradzonym od koryta rzeki groblą boczną. W dolinie Nurca występują głównie warstwy namulów osadzonych przez wody w okresie wylewów rzeki oraz na niewielkiej powierzchni gleby torfowe i murszowo-torfowe. Zwierciadło

⁶ C.R. Kratzer, P.L. Brezonik, *A Carlson-type trophic state index for nitrogen in Florida Lakes*, „Water Resources Bulletin” 1981 nr 17, s. 713-715.

Tabela 1
Ogólne parametry morfometryczne analizowanych zbiorników retencyjnych

Zbiornik	Zlewnia hydrologiczna w przekroju stopnia piętrzącego	Powierzchnia przy normalnym poziomie piętrzenia	Średnia głębokość	Normalny poziom piętrzenia	Pojemność retencyjna	Rok powstania
Korycin (K)	rzeki Kumiałki 205 km ²	6,0 ha	1,65 m	125,5 m npm	81 tys. m ³	2002
Otapy-Kiersnówek (O)	rzeki Nurzec 970,2 km ²	4,8 ha	1,6 m	127,4 m npm	62 tys m ³	2008
Jasionówka (J)	rowu R-71/2 1,05 km ²	2,03 ha	2,3 m	137,2 m npm	41,6 tys.m ³	2001

Źródło: opracowanie własne.

wody w okresie niskich przepływów jest utrzymywane na poziomie około 127,4 m npm, co wpływa korzystnie na poziom wód gruntowych wyniesionego prawego brzegu doliny. Brańsk jest gminą typowo rolniczą, gdyż znajduje się w korzystnej, jak na warunki woj. podlaskiego, strefie klimatycznej, jednocześnie charakteryzując się dobrym stanem środowiska naturalnego. Teren, na którym jest usytuowany zbiornik Jasionówka, leży w zlewni rzeki Biebrzy. Sieć hydrologiczną zlewni stanowią niewielkie cieki, z których część to kanały i rowy melioracyjne. Głównym odbiornikiem wód z omawianego obszaru jest rzeka Brzozówka, będąca lewym dopływem Biebrzy, do której uchodzi w 81 km jej biegu. Całkowita długość Brzozówki wynosi 55,8 km, a powierzchnia zlewni 696,8 km². Lewym dopływem Brzozówki jest ciek zasilany prawostronnie przez rów R-71/2, w którego dolinie został zbudowany zbiornik Jasionówka. Dno zbiornika jest mało urozmaicone, a na większości powierzchni znajdują się utwory gliniasto-piaszczyste z partiami żwirowymi. Przy czym 58,2% struktury gruntów zlewni zbiornika stanowią grunty orne, 0,3% sady, 24,7% łąki i pastwiska, a nieużytki 16,0%. Podstawowym celem omawianych budowli piętrzących jest retencjonowanie wody do prowadzenia nawodnień użytków rolnych, głównie użytków zielonych. Dodatkowym efektem jest zmniejszenie zagrożenia powodziowego przy jednocześnie ukierunkowanym przepływie wód wielkich i spłaszczenie fali powodziowej. Wszystkie przebadane zbiorniki wykorzystywane są do celów rekreacyjno-sportowych oraz ekstensywnej hodowli ryb. Badania wykonano, wykorzystując próbki wody powierzchniowej z każdego zbiornika, które pobierano systematycznie co miesiąc w okresie od listopada 2011 do października 2012 roku z trzech stanowisk badawczych. Wybór i rozmieszczenie punktów pomiarowo-kontrolnych w przekroju podłużnym zbiorników podyktowany był koniecznością uchwycenia w nich zmian badanych właściwości fizykochemicznych. We wszystkich trzech zbiornikach pierwszy punkt był usytuowany w obrębie dopływów, drugi w środkowych ich częściach, natomiast trzeci przy ujściach wody ze zbiorników. W pobranych próbkach wody oznaczano stężenia jonów amonowych, azotanów (III),

azotanów (V), azot ogólny, jony fosforanowe oraz fosfor ogólny zgodnie z obowiązującą metodyką⁷. Wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym, stosując trójczynnиковą analizę wariancji. Różnice oceniono przedziałem ufności według Tukey'a przy poziomie istotności 0,005 i 0,001. Ponadto w okresie letnim oznaczono stężenie chlorofilu a zgodnie z normą PN-ISO10260:2002 metodą spektrofotometryczną o zakresie 30÷80 µg/dm³. Do oceny stanu troficznego tak małych zbiorników retencyjnych nieistotne wydawało się określanie przezroczystości wody. Podczas badań, prowadzonych w ramach realizacji pracy S/WBiŚ/4/2011, zaobserwowano bowiem, że po okresach silnych opadów atmosferycznych wody dopływające wprowadzają z reguły znaczne ilości zawieszin powodujących zmętnienie retencjonowanych mas wodnych, wpływając jednocześnie na zmniejszenie ich przezroczystości, która nie była związana z rozwojem fitoplanktonu. Dlatego w przeprowadzonych badaniach pominięto ten element indeksu TSI (SD).

Wyniki i dyskusja

Eutrofizacja jest najistotniejszym antropogenicznym czynnikiem naruszającym prawidłowe funkcjonowanie ekosystemów wodnych. Im mniejszy zbiornik, tym większe jest obciążenie substancjami pochodzącymi ze zlewni. Najwyższe stężenia jonów amonowych stwierdzono w wodach zbiornika Otapy-Kiersnówek, natomiast niższe oznaczono w próbkach wody pochodzących z pozostałych dwóch zbiorników. Zawartość jonów amonowych w okresie objętym badaniami mieściła się w granicach charakterystycznych dla pierwszej klasy jakości wód⁸. Stężenia jonów amonowych w wodach przebadanych zbiorników były istotnie statystycznie zróżnicowane w zależności od terminu pobierania próbek (rysunek 1). Najwyższe stężenia tej formy azotu oznaczano w okresie zimowym, kiedy próbki wody do badań były pobierane spod warstwy lodu, co może świadczyć o przebiegających procesach amonifikacji substancji organicznej osadów dennych.

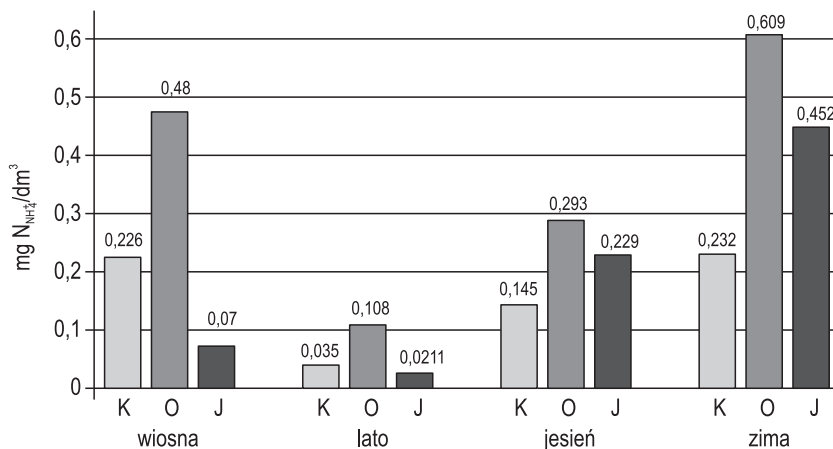
Podwyższone wiosną, podczas roztopów i intensywnych opadów atmosferycznych, wartości azotu amonowego mogą wskazywać na zmywy powierzchniowe przebiegające na terenach zlewni pośredniej i bezpośredniej zbiornika. Ponadto taka sytuacja może wskazywać, że proces rozkładu materii organicznej w okresie pozawegetacyjnym nie został zakończony, gdyż stwierdzono jednocześnie podwyższone wartości azotu ogólnego.

W okresie letnim (od IV do VIII) stężenie jonów NH_4^+ wyraźnie malało w wyniku jego intensywnego przyswajania przez fitoplankton, czemu sprzyjała pełnia sezonu wegetacyjnego. Tendencja spadkowa polegająca na obniżaniu stężenia azotu amonowego wraz z kierunkiem przepływu wody przez zbiornik była zauważalna we wszystkich badanych zbiornikach.

⁷ W. Hermanowicz, *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Wyd. Arkady, Warszawa 1999.

⁸ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych (Dz. U. nr 257 poz. 1545).

Rysunek 1
Średnia zawartość jonu amonowego w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)



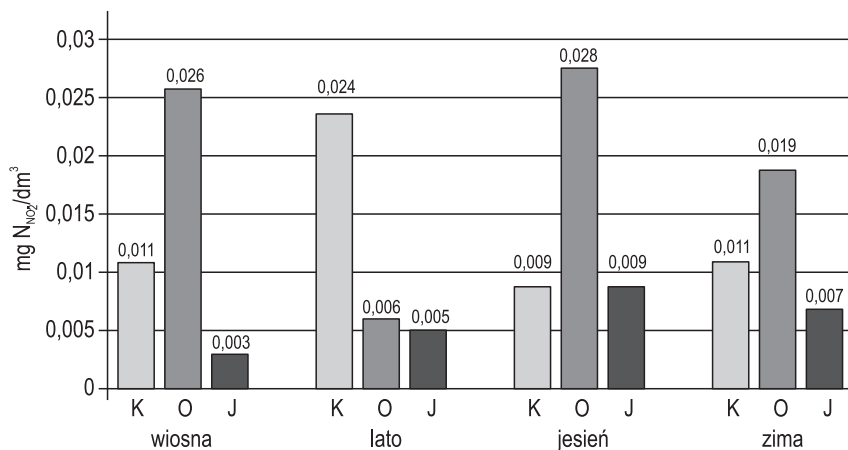
NIR** – zbiornik 0,038;

NIR** – termin 0,109; NIR – punkt n.i.;

NIR** – zbiornik i termin** 0,208.

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 2
Średnia zawartość azotanów (III) w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)



NIR** – zbiornik 0,003;

NIR** – termin 0,007;

NIR* – punkt 0,003;

NIR** – zbiornik i termin** 0,014.

Źródło: opracowanie własne.

Biorąc pod uwagę oznaczone stężenia jonów azotanowych (III), zaobserwowano stosunkowo niewielkie wahania ich wartości w poszczególnych zbiornikach. Obecność omawianych jonów przy jednocześnie występujących pozostałych nieorganicznych formach azotu świadczy o trwałym zanieczyszczeniu organicznym wody i zachodzących procesach przemiany. Istotnie najwyższe stężenie azotanów (III) podczas okresu objętego badaniami oznaczono w zbiorniku Otapy-Kiersnówek, nieco niższą w próbkach pochodzących ze zbiornika Korycin, a najniższą charakteryzowały się próbki ze zbiornika Jasionówka (rysunek 2).

Oznaczone stężenia jonów azotanowych (V) we wszystkich analizowanych zbiornikach małej retencji podlegały wyraźnie zmianom sezonowym (rysunek 3). W okresie późnowiosennym (V) i letnim (VI-VII) dochodziło do istotnego obniżenia stężenia azotanów związanego z pobieraniem tej formy azotu przez rośliny, co potwierdzają badania wielu autorów⁹. We wszystkich akwenach stężenia azotanów (V) można było zaliczyć do I klasy jakości wody, jedynie w styczniu podczas kilkudniowego wzrostu temperatury przy jednoczesnych opadach atmosferycznych doszło do zwiększenia stężenia omawianego parametru powyżej 2,2 mg NNO_3/dm^3 w próbkach pobieranych ze zbiornika w Korycinie¹⁰. Odpływ azotanów z gruntów użytkowanych rolniczo ma ścisły związek z wielkością opadów atmosferycznych w tym okresie, co znalazło potwierdzenie w pozostałych zbiornikach i badaniach Solan i Dmoch¹¹.

Analiza przestrzennego rozkładu stężeń azotanów (V) pozwala stwierdzić, że wszystkie zbiorniki nie wykazywały jednoznacznie zdolności do samooczyszczania. Próbki wody pochodzące z punktów pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych na odpływie w większości przypadków charakteryzowały się wyższymi stężeniami niż na dopływie wody do zbiorników. Jednak retencionowanie wody we wszystkich zbiornikach podczas okresu prowadzenia badań nie wpływało istotnie negatywnie na stężenia nieorganicznych form azotu w wodach odpływających.

Parametrem wpływającym zdecydowanie negatywnie na ocenę jakości wody wszystkich badanych zbiorników okazały się stężenia azotu ogólnego znacznie przekraczające wartość 5 mg N/dm³ ustaloną dla I klasy jakości wód¹². Przy czym oznaczone stężenia azotu ogólnego były istotnie zróżnicowane w zależności od zbiornika i terminu pobierania próbek (rysunek 4). Najwyższe stężenia omawianego parametru w okresie wiosennym zaobserwowano w próbkach pochodzących ze zbiornika Jasionówka, natomiast latem w wodach zbiornika Otapy-Kiersnówek. Wzrost stężenia azotu organicznego w tym okresie mógł być spowodowany dopływem wód z terenów bagiennych i gruntów ornych z udziałem gleb organicznych występujących w zlewniach zbiorników. Jesienią stężenia azotu

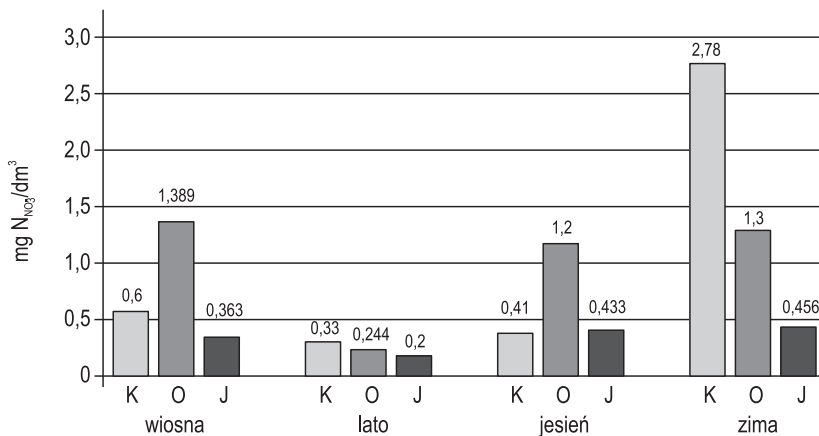
⁹ J. Wiater, A. Siemienuk, J. Szczykowska, *Rola zbiornika małej...*, op. cit.; B.C. Braskerud, *Factors affecting...*, op. cit.; J. Szczykowska, *Occurrence of elements...*, op. cit.; P. Ilnicki, *Przyczyny, źródła i przebieg...*, op. cit.; J.A. Camargo, A. Alonso, M. de la Puente, *Eutrophication downstream...*, op. cit.

¹⁰ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji..., op. cit.

¹¹ M. Solan, M. Dmoch, *Zanieczyszczenia wód...*, op. cit.

¹² Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji..., op. cit.

Rysunek 3
Średnia zawartość azotanów (V) w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku (mg-dm⁻³)



NIR** – zbiornik 0,038;

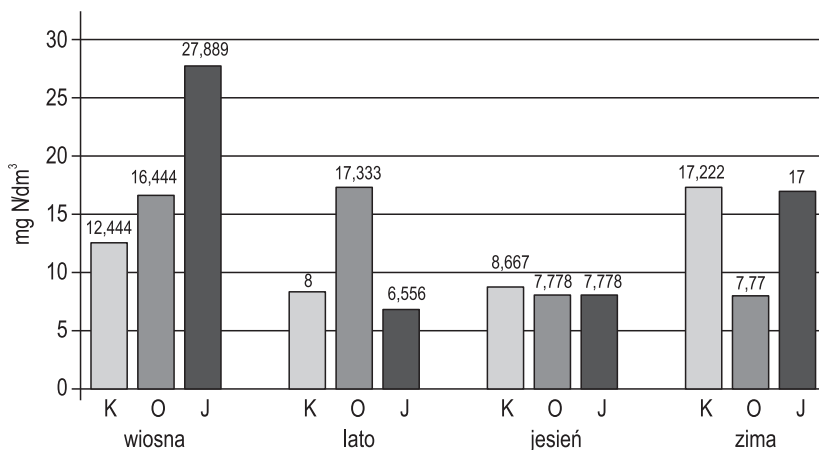
NIR* – termin 0,399;

NIR – punkt n.i.;

NIR** – zbiornik i termin** 0,757.

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4
Średnia zawartość azotu ogólnego w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku (mg-dm⁻³)



NIR** – zbiornik 2,225;

NIR** – termin 6,431;

NIR – punkt n.i.;

NIR** – zbiornik i termin** 12,2.

Źródło: opracowanie własne.

ogólnego były wyrównane we wszystkich trzech badanych zbiornikach. Podczas okresu zimowego w zbiornikach w Korycinie i Jasionówce wartości azotu ogólnego były zbliżone, natomiast woda z trzeciego zbiornika charakteryzowała się niższymi stężeniami.

Woda w zbiornikach zaporowych nie płynie jednolicie całą powierzchnią, nurt może zajmować niewielki procent powierzchni zbiornika. Podczas badań zaobserwowano, że w częściach zastoiskowych największego wśród objętych analizą zbiornika w Korycinie plankton rozwijał się obficie niż w części centralnej o zwiększonym przepływie wody. Każdy zbiornik małej retencji wykazuje różną podatność na degradację. Im większy udział pól uprawnych w zlewni przy niewielkich ilościach terenów leśnych, tym większy jest dopływ substancji biogennych i organicznych, a co za tym idzie, większe ich stężenia oznaczane w wodzie¹³. Na taki stan wskazują wyniki stężeń form azotu i fosforanów w wodzie zbiorników Korycin i Otapy-Kiersnowek. Fosfor w postaci jonów fosforanowych jest najłatwiej przyswajalną przez rośliny formą. Stężenia związków fosforu w próbkach pobieranych z objętych badaniami obiektów były istotnie zróżnicowane w zależności od zbiornika oraz od terminu pobierania próbek i znacznie przekraczały graniczne wartości, przy których dochodzi do procesu eutrofizacji.

Dopływ ze zlewni oraz powstawanie w wodzie i osadach dennych z rozkładu bakteryjnego substancji organicznych mogły być najważniejszymi przyczynami znacznych stężeń fosforanów w analizowanych zbiornikach (rysunek 5 i 6). Kumulująca zanieczyszczenia rola zbiorników prowadzi do nagromadzenia osadów dennych, które wtórnie przyczyniają się do wzbogacania wewnętrznego wody związkami biogennymi. Letnie pomiary stężeń fosforu ogólnego, azotu ogólnego oraz chlorofilu „a” posłużyły do określenia liczbowego wskaźnika stanu trofii (WST), które umożliwiają próbę określenia poziomu zaawansowania procesu eutrofizacji (tabela 2).

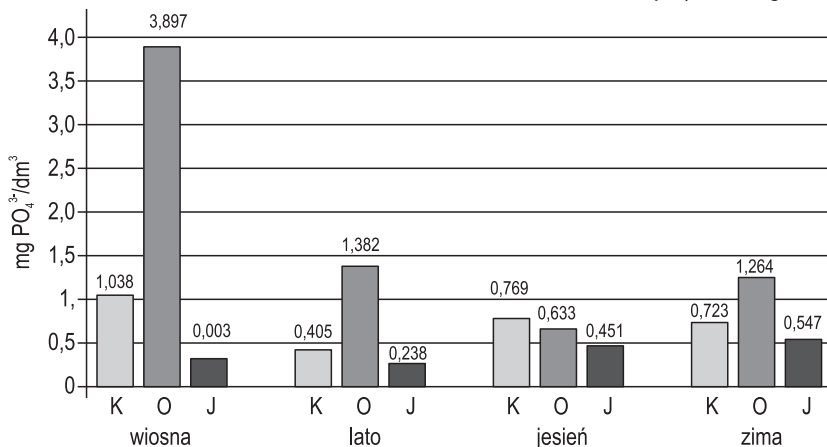
Otrzymane wyniki, na podstawie których dokonano obliczeń średniego wskaźnika stanu trofii, jednoznacznie wskazują, że najwyższy poziom zagrożenia eutrofizacją podczas okresu badań wykazywała woda zbiornika Jasionówka – o najmniejszej powierzchni i pojemności retencyjnej. Nieco mniejszy poziom zagrożenia wykazywały wody zbiornika Otapy-Kiersnowek, charakteryzującego się średnią powierzchnią i pojemnością retencyjną, natomiast najniższy poziom zagrożenia stwierdzono w największym zbiorniku w Korycinie. Zgodnie z literaturą¹⁴ przyjmuje się, że stan oligotroficzny ma miejsce, gdy wartość $TSI_{Sr} < 40$, mezotroficzny w zakresie $40 \div 60$, eutroficzny w zakresie $60 \div 80$, gdy natomiast wartość $TSI_{Sr} > 80$ wskazuje na stan hipertroficzny. Wszystkie zbiorniki charakteryzowały się niewielkim udziałem azotu nieorganicznego w całkowitej ilości tego pierwiastka. W związku z tym można przypuszczać, że przyczyną tak wysokich wartości wskaźników stanu trofii badanych akwenów była dostawa

¹³ J. Wiater, A. Siemieniuk, J. Szczykowska, *Rola zbiornika małej...*, op. cit.; E. Jeppsen, J.P. Jansen, M. Søndergaard, *Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes*, „Hydrobiologia” 2003 nr 506-509(1-3), s. 135-145.

¹⁴ R.E. Carlson, *A trophic state...*, op. cit.; C.R. Kratzer, P.L. Brezonik, *A Carlson-type...*, op. cit.

Rysunek 5

Średnia zawartość fosforanów w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku (mg-dm⁻³)



NIR** – zbiornik 0,199;

NIR** – termin 0,568;

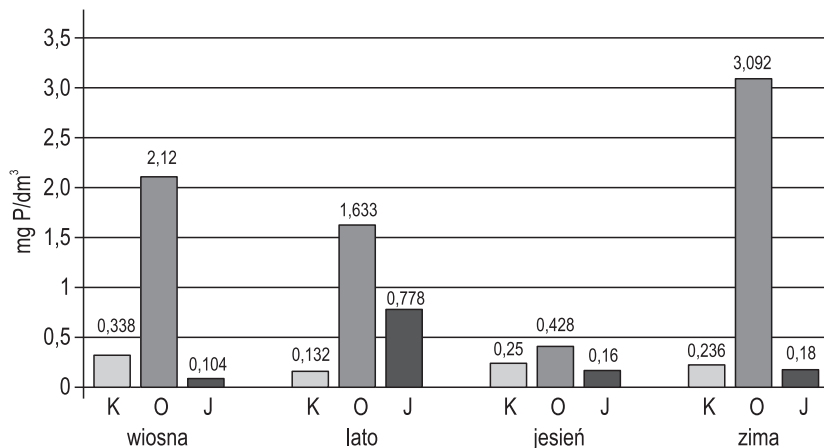
NIR – punkt n.i.;

NIR** – zbiornik i termin* 1,08.

Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6

Średnia zawartość fosforu ogólnego w wodach zbiorników Korycin (K), Otapy-Kiersnowek (O) i Jasionówka (J) w zależności od pory roku (mg-dm⁻³)



NIR** – zbiornik 0,088;

NIR** – termin 0,250;

NIR – punkt n.i.;

NIR** – zbiornik i termin** 0,474.

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2
Wskaźniki stanu trofii w poszczególnych zbiornikach

Zbiornik	Wskaźnik stanu trofii (WST)			
	T _{SI_{TN}}	T _{SI_{TP}}	T _{SI_{chl}}	T _{SI_{Srednia}}
Korycin (K)	84,456	45,403	50,830	60,230
Otapy-Kiersnówek (O)	95,611	110,895	60,841	89,116
Jasionówka (J)	81,583	133,42	58,802	91,268

Źródło: opracowanie własne.

związków biogenych ze zlewni oraz procesy wzbogacania wewnętrznego, do których dochodzi na skutek resuspensji osadów dennych i uwalniania fosforanów do wody.

Wnioski

Retencjonowanie wody we wszystkich zbiornikach podczas okresu prowadzenia badań nie wpływało istotnie negatywnie na stężenia nieorganicznych form azotu w wodach odpływających.

Dominującą formą występowania azotu i fosforu w badanych wodach okazały się związki organiczne.

Podczas badań jednoznacznie stwierdzono, że zbiorniki retencyjne charakteryzujące się niewielką powierzchnią i pojemnością retencyjną są znacznie bardziej narażone na zagrożenie procesami eutrofizacji niż zbiorniki większe.

Rolnicze użytkowanie terenu oraz jakość gleb w zlewni wpływa na pogorszenie stanu troficznego zbiorników małej retencji.

Rekultywacja zbiorników polegająca na okresowym usuwaniu osadów dennych może prowadzić do polepszenia jakości wody i obniżenia podatności na degradację.