

## OCENA JAKOŚCI WÓD W LATERALNYCH ZBIORNIKACH JUTROSIN I PAKOSŁAW W PIERWSZYCH LATACH FUNKCJONOWANIA

Czesław Przybyła<sup>1</sup>, Piotr Kozdrój<sup>2</sup>, Mariusz Sojka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, e-mail: czprzybyla@up.poznan.pl; masojka@up.poznan.pl

<sup>2</sup> Wielkopolski Zarząd Melioracji i Urządzeń Wodnych w Poznaniu Rejonowy Oddział w Lesznie

### Streszczenie

W pracy szczegółowo przeanalizowano jakość wód lateralnych zbiorników retencyjnych Jutrosin i Pakosław w pierwszych latach ich funkcjonowania na tle jakości wód rzek Orli i Radęcy. Zbiornik Pakosław i Jutrosin zostały oddane do eksploatacji odpowiednio w latach 2007 i 2011. Ze względu na wysokie zanieczyszczenie wód rzek Orli i Radęcy związkami biogennymi, podczas opracowania koncepcji ich budowy zastosowano innowacyjne podejście, w którym założono wybudowanie zbiorników na terenach bezpośrednio przyległych do rzeki. Niniejsze badania miały na celu weryfikację gospodarki wodnej prowadzonej na zbiornikach oraz udzielić odpowiedzi na pytanie czy możliwa jest jej optymalizacja w aspekcie ochrony jakości wody w nich retencjonowanych. Przeprowadzone badania wykazały, że ustalony schemat gospodarowania wodą w zbiornikach w pierwszych latach ich funkcjonowania pozwolił na ograniczenie ich zanieczyszczenia. Niższe zawartości związków biogennych w wodach zbiorników niż w wodach zasilających ich rzek wynika z ich pobierania przez producentów pierwotnych (fitoplankton i makrofity) oraz deponowaniu ich w osadach dennych.

**Słowa kluczowe:** zlewnia rzeki Orli, zbiornik lateralny, jakość wody.

### Abstract

Jutrosin and Pakoslaw off-channel reservoirs have been investigated. The water quality in the first years of their usage has been analyzed in connection with the water quality of Orla and Radeca rivers. Pakoslaw and Jutrosin reservoirs were brought into operation in 2007 and 2011. Because of high biogenic pollution in Orla and Radeca rivers, Jutrosin and Pakoslaw reservoirs were based on an innovative concept in which the reservoirs were built on areas directly adjacent to rivers. The scope of this research was to verify the reservoirs' water management and find out whether any further optimization and advancement in water quality is possible. The results have proven that the current water management scheme allowed to minimize their pollution. Nutrients are absorbed by primary producers (phytoplankton, macrophytes) and deposited in sediments.

**Keywords:** Orla watershed, off-channel reservoir, water quality.

## WSTĘP

Polska zaliczana jest do krajów ubogich w zasoby wód powierzchniowych. Ponadto zasoby te cechuje duża zmienność czasowa i przestrzenna, co powoduje okresowe powodzie i susze. W celu retencjonowania wód do celów bytowych i gospodarczych budowane są zbiorniki retencyjne, które najczęściej są obiektami wielozadaniowymi. Najważniejsze ich funkcje to przede wszystkim gromadzenie wody do celów komunalnych i rolniczych. Zbiorniki te pełnią też funkcję przeciwpowodziową oraz są wykorzystywane do celów rekreacyjnych. W ostatnich latach spiętrzone w zbiornikach wody wykorzystywane są także do celów hydroenergetycznych oraz prowadzenia gospodarki rybackiej.

Zbiorniki retencyjne w Polsce lokalizowane są w zlewniach, które charakteryzują się rolniczym sposobem użytkowania, najczęściej w dolnym lub środkowym biegu rzeki. Wiąże się to jednak z pewnymi problemami związanymi z ich funkcjonowaniem i eksploatacją. Zbiorniki narażone są na nadmierną kumulację związków biogenych przede wszystkim organicznych i nieorganicznych związków azotu i fosforu. W konsekwencji powoduje to pogorszenie jakości wód retencjonowanych w zbiornikach oraz eutrofizację.

Od wielu lat prowadzone są działania w celu ograniczenia dopływu substancji użyźniających do zbiorników retencyjnych oraz spowolnienia procesu zamulania zbiorników. Odchodzi się od projektowania klasycznych zbiorników zaporowych na rzecz nowych rozwiązań, które charakteryzują się różnym stopniem skuteczności. Jednym ze sposobów jest stosowanie zbiornika wstępnego, którego zadaniem jest przede wszystkim ochrona zbiornika głównego przed zamulaniem oraz nadmierną kumulacją zanieczyszczeń. Rozwiązania takie dobrze sprawdzają się w praktyce bowiem chronią zbiornik główny przed zamulaniem, ważna jest też ich rola w ochronie przed zanieczyszczeniami. Jednak wraz z upływem lat gromadzone w nich związki mogą być uwalniane z osadów dennych i prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia. Zbiorniki zaporowe zarówno te klasyczne jak i te poprzedzone zbiornikiem wstępnym wpływają na reżim hydrologiczny rzeki, przerywają ciągłość rzeki oraz modyfikują proces samooczyszczania wód, prowadzą też do zmian morfologicznych koryta rzeki powyżej i poniżej zbiornika. Można znaleźć bogatą literaturę na temat jakości wód retencjonowanych w zbiornikach ich wpływu na jakość wód rzecznych oraz wód gruntowych na terenach do nich przyległych [Dąbrowska i Markowska 2012, Pęczuła i Suchora 2011, Przybyła i Kozłowski 2004, Przybyła i in. 2009, Przybyła i in. 2007, Szczykowska i Siemieniuk 2011, Wiatkowski i in. 2013, Wiatkowski 2010a, Wiatkowski 2010b, Wiatkowski 2013]. Innym rozwiązaniem są budowane w ostatnich latach w Polsce zbiorniki lateralne, które budowane są na terenach przyległych do rzeki [Król et al. 2010, Przybyła i Kozdrój 2013]. Rozwiązania tego typu umożliwiają ograniczenie wpływu punktowych i obszarowych źródeł zanieczyszczeń na stan wód retencjonowanych w zbiornikach retencyjnych oraz ich zamulanie. Rozwiązania tego typu nie powodują drastycznych zmian w rzece szczególnie jeśli chodzi o bytowanie

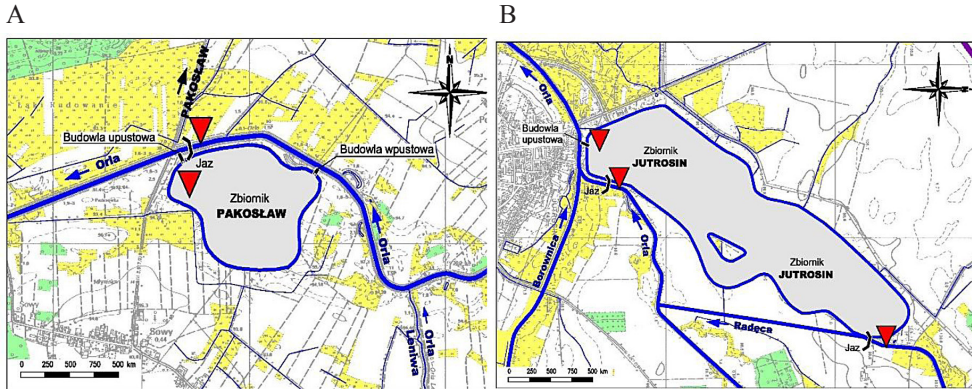
organizmów żywych, wpływają też w ograniczonym zakresie na stan hydromorfologiczny rzeki. Woda z rzeki pobierana w krótkim czasie a piętrzenie wody tylko w ograniczonym czasie wpływa na przerwanie ciągłości rzeki, oraz proces samooczyszczania. W literaturze światowej jest niewiele wyników badań na temat zbiorników lateralnych. Ważne jest więc szczegółowe poznanie funkcjonowania tego typu zbiorników, szczególnie w relacji jaka występuje pomiędzy stanem zanieczyszczenia wód rzecznych a stanem jakości wód retencjonowanych w zbiornikach. Badania takie pozwolą przede wszystkim na wskazanie optymalnego harmonogramu poboru wód z rzeki w celu zminimalizowania wpływu zanieczyszczenia rzeki na wody retencjonowane w zbiorniku. Aby ocenić wpływ zanieczyszczenia wód rzecznych, na jakość wód gromadzonych w zbiornikach niezbędne są wyniki pomiarów monitoringowych wód z długiego okresu czasu.

Celem pracy była ocena jakości wody retencjonowanej w zbiornikach Jutrosin i Pakosław w pierwszych latach ich funkcjonowania na tle jakości wody rzek Orli i Radęcy. Woda z rzek Orli i Radęcy pobierana jest w celu napełniania zbiorników retencyjnych i utrzymywania w zbiornikach określonego w instrukcji gospodarowania wodą poziomu piętrzenia. Ze względu na to, że wody analizowanych rzek charakteryzują się silnym zanieczyszczeniem szczególnie związkami azotu i fosforu prowadzone badania mają na celu weryfikację gospodarki wodnej prowadzonej na zbiornikach oraz udzielić odpowiedzi na pytanie czy możliwa jest jej optymalizacja w aspekcie ochrony jakości wody w nich retencjonowanych.

## MATERIAŁ I METODY BADAŃ

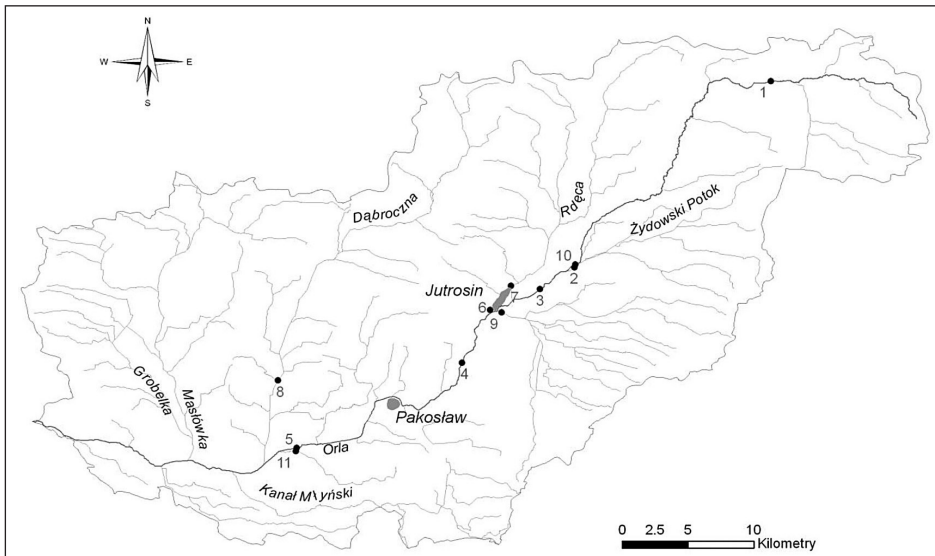
Analizę jakości wody retencjonowanej w zbiornikach Jutrosin i Pakosław dokonano na podstawie własnych pomiarów prowadzonych w okresie od czerwca 2010 r. do października 2013 r. Pomiary obejmowały okresowy pobór próbek wody z rzek Orli i Radęcy, a także obu zbiorników retencyjnych z częstotliwością sezonową 3-4 razy w roku. Próbkę wody z rzek pobierano powyżej jazów, które mają za zadanie piętrzenie wody w rzekach w celu umożliwienia napełnienia zbiorników retencyjnych. Natomiast próbki wody ze zbiorników Jutrosin i Pakosław pobierano w pobliżu urządzeń upustowych odpowiednio od czerwca 2010 i od kwietnia 2012 tuż po napełnieniu zbiorników (rys. 1). Dodatkowo w punktach poboru próbek wody prowadzono stały monitoring stanów wody w rzekach i zbiornikach retencyjnych.

Analizy laboratoryjne próbek wody obejmowały oznaczenia 14 wskaźników charakteryzujących: warunki tlenowe (tlen rozpuszczony i BZT<sub>5</sub>), zasolenie (przewodność, siarczany, chlorki, wapń, magnez i twardość ogólną) zakwaszenie (odczyn) oraz zawartość związków biogenych (azot amonowy, azotynowy i azotanowy oraz fosforany). Analizy fizykochemiczne zostały wykonane w laboratorium Instytutu Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji (IMKŚiG) Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu zgodnie z obowiązującymi normami.



**Rys. 1.** Lokalizację punktów pomiarowo kontrolnych stanu fizykochemicznego wód powierzchniowych dla zbiornika Pakosław (A) i zbiornika Jutrosin (B)

Ocenę stanu fizykochemicznego wód rzek Orli i Radęcy oraz wód zretencjonowanych w zbiornikach Pakosław i Jutrosin dokonano na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. Uzyskane wyniki własnych badań zostały szczegółowo przeanalizowane na tle wyników uzyskanych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ). Lokalizację punktów pomiarowo-kontrolnych WIOŚ przedstawiono na rysunku 2.



**Rys. 2.** Lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych (PPK) monitoringu wód powierzchniowych WIOŚ (numeracja PPK zgodna z wykazem w tabeli 3)

W celu zbadania różnic pomiędzy jakością wody w rzekach Orli i Radęcy a wodami retencjonowanymi w zbiornikach Jutrosin i Pakosław zastosowano test t-Studenta dla prób niezależnych, na poziomie istotności  $p < 0,05$ . W celu zobrazowania różnic pomiędzy wodami retencjonowanymi w zbiornikach a wodami rzeczными wartości charakterystyczne wybranych wskaźników jakości przedstawiono za pomocą wykresów ramka-wąsy. Linia w środku ramki reprezentuje medianę, szerokość ramki określona została poprzez kwartale, a wąsy to wartość minimalna oraz maksymalna.

## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Zbiorniki Pakosław i Jutrosin wybudowane zostały w zlewni rzeki Orli, która jest rzeką III rzędu, prawym dopływem rzeki Baryczy. Sumaryczna powierzchnia zlewni wynosi 1601,32 km<sup>2</sup>. Według podziału Polski na regiony fizycznogeograficzne zlewnia rzeki Orli położona jest na Nizinie Środkowopolskiej (318), na skraju południowo-zachodniej części Wysoczyzny Kaliskiej (318.12), która z kolei stanowi część Niziny Południowowielkopolskiej (318.1) (Kondracki 2000). Natomiast na południowej stronie znajduje się Kotlina Żmigrodzka (318.33) wchodząca w skład Obniżenia Milicko-Głogowskiego (318.3).

Źródło rzeki znajduje się około 13 km na wschód od Koźmina Wlkp., a uchodzi ona do Baryczy w miejscowości Wąsosz w km 34,6. Całkowita długość rzeki wynosi 95,11 km. Największymi dopływami Orli są rzeki: Masłówka, Dąbrocznia (Dąbroczna), Radęca (Rdęca), Żydowski Potok, Stara Orla, Borownica i Rów Graniczny. Do celów monitoringu w zlewni rzeki Orli wyznaczono 15 jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), które zaklasyfikowano do 3 typów: „0” – typ nieokreślony, „17” – potok nizinny piaszczysty oraz „19” – rzeka nizinna piaszczysto-gliniasta. Według typologii abiotycznej rzeka Orla na odcinku od źródła do ujścia rzeki Radęcy oraz Radęca to potok nizinny piaszczysty. Natomiast poniżej dopływu Radęcy do ujścia do Baryczy Orla została uznana za rzekę niziną piaszczysto-gliniastą. Ze względu na gospodarowanie wodami JCWP w zlewni Orli połączono w 4 scalone części wód (SCWP) (tab. 1).

Ze względu na wysokie zanieczyszczenie wód rzek Orli i Radęcy związkami biogennymi, podczas opracowania koncepcji budowy zbiorników retencyjnych w analizowanej zlewni zastosowano innowacyjne podejście, w którym założono wybudowanie zbiorników na terenach bezpośrednio przyległych do rzeki. Zbiorniki Pakosław i Jutrosin są zatem zbiornikami lateralnymi. Zbiornik Pakosław położony jest na wysokości 32 km biegu rzeki Orli a Jutrosin w km 46 (Rys. 1), które zostały oddane do eksploatacji odpowiednio w latach 2007 i 2011.

Pod względem administracyjnym badane zbiorniki położone są w powiecie rawickim, w województwie wielkopolskim. Powierzchnia zalewu przy normalnym poziomie piętrzenia wynosi dla zbiornika Pakosław 26,6 ha, a dla zbiornika Jutrosin

**Tabela 1.** Wykaz jednolitych części wód w zlewni rzeki Orli

Lp.	Nazwa JCWP	Kod JCWP	Kod SCWP	Pow. [km <sup>2</sup> ]	Typ ciek
1	Orla od źródła do Radęcy	RW60001714639	SO0207	500.81	17
2	Radęca	RW600017146499	SO0207	196.82	17
3	Dopływ spod Domaradź	RW600017146512	SO0208	10.21	17
4	Dopływ Spod Góreczek Żabich	RW600017146532	SO0208	11.99	17
5	Orla od Radęcy do Baryczy	RW60001914699	SO0208	117.22	19
6	Orla Leniwa	RW600017146529	SO0208	23.6	17
7	Dopływ spod Białego Kału	RW60001714654	SO0208	11.32	17
8	Kanał Wilczyna	RW60001714658	SO0208	23.06	17
9	Stara Orla	RW600017146569	SO0208	56.75	17
10	Kanał Młyński	RW60000146729	SO0204	47.67	0
11	Kanał Książęcy	RW600017146929	SO0204	40.8	17
12	Kanał Bachorzec	RW6000171467269	SO0204	24.25	17
13	Wąsowska Struga	RW60001714696	SO0208	12.62	17
14	Masłówka	RW60001714689	SO0208	286.56	17
15	Dąbroczna	RW600017146699	SO0209	236.6	17

90,5 ha. Podstawowe parametry morfometryczne zbiorników oraz charakterystyczne poziomy piętrzenia przedstawiono w tabeli 2.

Po kilku latach eksploatacji lateralnych zbiorników Pakosław i Jutrosin można już określić w miarę stały schemat gospodarowania wodą na tych obiektach. Zasadniczo napełnianie zbiorników odbywa się każdorazowo w pierwszym kwartale roku kalendarzowego po wiosennych roztopach i wezbraniach w rzekach. Nie wprowadza się natomiast wód spiętrzonych dzięki jazom w ich obrębie w okresach niżówek. Niedobory wód w obu zbiornikach uzupełniane są po gwałtownych opadach deszczu, które pojawiają się na przestrzeni całego roku. Dzięki systemowi jazów oraz wpustów do nawodnień na rzece Orli można było zretencjonowaną wodę w zbiornikach wykorzystać do pokrycia deficytów wód w zlewni. Potwierdzono więc przydatność zbiorników zarówno do celów przeciwpowodziowych, jak i wykorzystanie ich zasobów w okresach niedoborów opadów atmosferycznych. Zbiorniki retencyjne, wpływają korzystnie na bilans wodny rzeki Orli. Niezależnie od tych celów obiekty te należą do zakresu przedsięwzięć melioracji podstawowych i z punktu widzenia zadań gospodarki wodnej, retencjonują one nie tylko wodę dla potrzeb rolnictwa, ale także przyczyniają się do poprawienia warunków wodnych w glebie w ich obrębie. Stwarzają także warunki rozwoju flory i fauny związanej z ekosystemem jeziornym.

**Tabela 2.** Podstawowe parametry lateralnych zbiorników retencyjnych Jutrosin i Pakosław

Parametr	Jednostka	Jutrosin	Pakosław
Powierzchnia zlewni	km <sup>2</sup>	504,6	792,40
Klasa budowli	–	IV	IV
Rzędna MPP	m n.p.m.	99,00	94,45
Rzędna NPP	m n.p.m.	98,75	92,40
Poj. przy MPP	mln m <sup>3</sup>	2,10	1,01
Poj. przy NPP	mln m <sup>3</sup>	1,90	0,33
Poj. przeciwpowodziowa stała	mln m <sup>3</sup>	0,20	0,68
Pow. zalewu przy MPP	ha	91,40	29,80
Pow. zalewu przy NPP	ha	90,50	26,60
Średnia głębokość przy MPP	m	2,35	3,40
Średnia głębokość przy NPP	m	2,10	1,30
Długość zbiornika	m	2160	720

Zlewnia rzeki Orli w latach 2004-2013 była objęta monitoringiem stanu jakości wód powierzchniowych przez WIOŚ w Poznaniu (tab. 3). Badania prowadzone były w zakresie przydatności wód rzeki Orli i jej dopływów do bytowania ryb w warunkach naturalnych, w aspekcie ich wrażliwości na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych i podatności na eutrofizację. Od 2010 roku w zlewni wykonywana jest ocena potencjału ekologicznego.

Badania potencjału ekologicznego WIOŚ w Poznaniu prowadził w obrębie dwóch jednolitych części wód (JCWP) rzeki Orli: od źródła do Radęcy i od Radęcy do Baryczy oraz dodatkowo na rzece Radęcy. Rzeki Orla i Radęca ze względu na to, że ich charakter został w znacznym stopniu zmieniony w następstwie fizycznych przeobrażeń, będących wynikiem działalności człowieka, zostały uznane jako cieki silnie zmienione. Wody rzeki Orli od źródła do ujścia do Baryczy zostały określone jako wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych. W zlewni rzeki Orli wyznaczono obszar szczególnie narażony na zanieczyszczenie związkami azotu pochodzącymi ze źródeł rolniczych OSN o powierzchni 1165,61 km<sup>2</sup>. Szczegółowy wykaz obrębów geodezyjnych został przedstawiony w Rozporządzeniu 4/2012 dyrektora RZGW we Wrocławiu w sprawie określenia wód powierzchniowych i podziemnych wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych oraz obszarów szczególnie narażonych, z których odpływ azotu ze źródeł rolniczych do wód należy ograniczyć. W warunkach korzystania z wód zlewni Baryczy wskazano, że osiągnięcie we wszystkich JCWP wyznaczonych w zlewni rzeki Orli do roku 2015 nie będzie możliwe. Dla rzek Radęcy, Dopływu z Domaradzic, Orli Leniwej, Dopływu z Góreczek Żabich, Dopływu spod Białego Kału, Starej Orli, Kanału Wilczyzna, Masłówki i Dąbroczni zaproponowano

**Tabela 3.** Lokalizacja punktów pomiarowo-kontrolnych WIOŚ w Poznaniu stanu wód w zlewni rzeki Orli w latach 2004-2013

Rzeka	Nr	Nazwa PPK	km	Nazwa JCW	Kod JCW	Rok
Orla	1	Koźmin	84,0	Orla od źródła do Rdęcy	PLRW60001714639	2005
	2	Baszków	52,6	Orla od źródła do Rdęcy	PLRW60001714639	2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010,
	3	Lila	49,0	Orla od źródła do Rdęcy	PLRW60001714639	2004, 2013
	4	Dubin	39,4	Orla od Rdęcy do Baryczy	PLRW60001914699	2004, 2005, 2006, 2007, 2010, 2013
	5	Wydawy	22,1	Orla od Rdęcy do Baryczy	PLRW60001914699	2007, 2009, 2010,
Radęca	6	Jutrosin	0,6	Radęca	PLRW600017146499	2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010,
	7	Ochłoda	2,4	Radęca	PLRW600017146499	2013
Dąbroczna	8	Sikorzyn	7,0 (18,9)	Dąbroczna	PLRW600017146699	2007, 2009, 2010, 2013
Borownica	9	Jutrosin	0,6	Orla od źródła do Rdęcy	PLRW60001714639	2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010,
Żydowski Potok	10	Baszków	1,2	Orla od źródła do Rdęcy	PLRW60001714639	2004, 2005, 2006, 2007, 2010,
Kanał Wilczyna	11	Wydawy	0,6	Kanał Wilczyna	PLRW60001714658	2007, 2008, 2010,

przesunięcie osiągnięcia celów środowiskowych. Jako przyczynę wskazano fakt, że stopień zanieczyszczenia wód spowodowany rodzajem użytkowania gruntów w zlewni, uniemożliwia osiągnięcie celów określonych w RDW.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Ocena ich stanu wykonana na podstawie rozporządzenia MŚ z 2011 roku wykazała, że potencjał ekologiczny rzek Orli i Radęcy był poniżej dobrego. Pod względem grupy pierwiastków charakteryzujących warunki tlenowe wody badanych rzek miały dobry potencjał. Zawartość tlenu rozpuszczonego była na wysokim poziomie, jego średnie stężenia w wodach rzek Orli i Radęcy w profilu Jutrosin były wyższe od wartości dopuszczalnych dla II klasy jakości i wynosiły odpowiednio 6,95 i 6,0 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Pod względem zawartości tlenu rozpuszczonego jeszcze lepsze warunki występowały w punkcie pomiarowo-kontrolnym zlokalizowanym na Orli w miejscowości Pakośław, gdzie jego średnie stężenie było wyższe od wartości dopuszczalnych dla I klasy jakości wód. W rozpatrywanym okresie obciążenie wód związkami organicznymi wpływającymi na zużycie tlenu w procesie samooczyszczania było na niskim poziomie, świadczą o tym niskie wartości BZT<sub>5</sub>, które nie przekraczały wartości dopuszczalnych



dla I klasy jakości wód. Pod względem zasolenia potencjał wód rzek Orli i Radęcy był dobry. Przewodności oraz stężenia siarczanów, chlorków, magnezu odpowiadały normom I klasy jakości natomiast stężenia wapnia i twardość ogólna normom II klasy jakości. W rzekach obserwowano podwyższone stężenia azotu amonowego oraz bardzo wysokie stężenia azotu azotanowego i fosforanów, które najczęściej przekraczały wartości graniczne dla II klasy jakości.

Ocena potencjału ekologicznego rzeki Orli została przeprowadzona również przez WIOŚ w 2013 roku w dwóch punktach pomiarowo-kontrolnych Dubin i Lila oraz na rzece Radęcy w punkcie pomiarowo-kontrolnym Ochłoda. Lokalizację punktów pomiarowo-kontrolnych WIOŚ na tle własnych punktów pomiarowo-kontrolnych przedstawiono na rysunku 1. Wyniki badań przeprowadzonych przez WIOŚ wykazały, że potencjał ekologiczny rzek Orli i Radęcy był umiarkowany. Potencjał rzek Orli od źródła do Radęcy oraz Radęcy oceniony na podstawie elementu biologicznego – Multimetrycznego Indeksu Okrzymkowego (IO) był dobry. Wartości IO wynosiły odpowiednio 0,494 oraz 0,528. Poniżej dopływu Radęcy potencjał rzeki Orli został oceniony jako umiarkowany. Wartość IO, była niższa od wartości dopuszczalnych dla II klasy – dobrego potencjału. Natomiast potencjał rzek Orli i Radęcy oceniony na podstawie elementów hydromorfologicznych był dobry. Zdecydowanie gorsze warunki panowały pod względem elementów fizykochemicznych. Szczególnie wysokie były stężenia związków biogenych, które przekraczały wartości graniczne określone dla II klasy jakości. Pod względem pozostałych wskaźników charakteryzujących właściwości fizyczne, warunki tlenowe, zakwaszenie i zasolenie stan rzek Orli i Radęcy oceniono jako dobry.

Nieco inny stanem fizykochemicznym charakteryzowały się wody retencjonowane w badanych zbiornikach. Wody te miały naturalny lekko alkaiczny odczyn, średnie wartości pH wynosiły odpowiednio 8,27 i 8,66. W zbiorniku Pakosław w latach 2012 i 2013 zaobserwowano, że odczyn wody był lekko zasadowy, wartości pH był zbliżone do 9,0. Podobnie jak wody rzek Orli i Radęcy wody zretencjonowane w zbiornikach Jutrosin i Pakosław charakteryzowały się wysoką zawartością tlenu rozpuszczonego, średnio w okresie badań wynosiły odpowiednio 8,27 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup> i 7,4 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Obciążenie wód związkami organicznymi wpływającymi na zużycie tlenu w procesie samooczyszczania było na niskim poziomie. Wartości BZT<sub>5</sub> nie przekraczały 4,0 mg O<sub>2</sub>·dm<sup>-3</sup>. Przewodność wód zretencjonowanych w zbiorniku Jutrosin była na podwyższonym poziomie. Na ogół wartości te były wyższe od 600 mS·cm<sup>-1</sup> tj. wartości dopuszczalnej do I i II klasy jakości określonej dla naturalnych i sztucznych zbiorników wodnych. Wody zretencjonowane w zbiorniku Pakosław charakteryzowały się niższą przewodnością niż w zbiorniku Jutrosin, były na niskim oraz średnim poziomie i wynosiły od 416 do 561 mS·cm<sup>-1</sup> przy wartości średniej 499 mS·cm<sup>-1</sup>. Zawartości azotu amonowego i azotu azotanowego w badanych zbiornikach były na zbliżonym poziomie. Zawartość azotu amonowego w wodach zretencjonowanych w zbiornikach była niewielka, a stężenia wynosiły od 0,01 do 0,27 mg·dm<sup>-3</sup> przy wartościach średnich 0,09 i 0,13 mg·dm<sup>-3</sup> odpowiednio w zbiorniku Jutrosin i Pakosław. Stężenia

azotu azotynowego były nieco niższe i nie przekraczały  $0,16 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Odmianą sytuację zaobserwowano w przypadku zawartości azotu azotanowego. Zawartości azotu azotanowego w zbiorniku Jutrosin były na bardzo wysokim poziomie natomiast w zbiorniku Pakosław na średnim poziomie. Średnia zawartość azotu azotanowego w zbiorniku Jutrosin wynosiła  $10,12 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  i była ponad 5-krotnie wyższa niż w zbiorniku Pakosław. Zawartość fosforanów w obu zbiornikach wynosiła od  $0,10$  do  $0,20 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  przy wartości średniej wynoszącej  $0,15 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

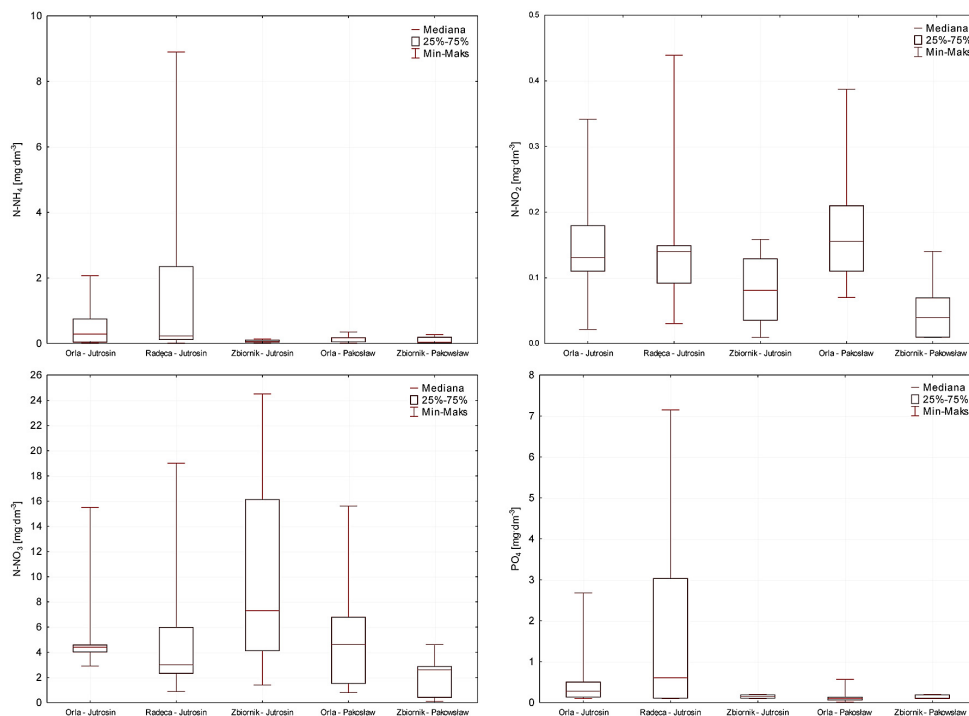
Przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, że różnice pomiędzy średnimi wartościami niektórych wskaźników jakości w wodach zretencjonowanych w zbiornikach, a wodami rzeczными wykorzystywanymi do ich zasilania były statystycznie istotne na poziomie  $p < 0,05$ . W przypadku zbiornika Jutrosin wykazano istotne różnice dla tlenu rozpuszczonego, przewodności, pH, siarczanów, azotu amonowego, azotu azotanowego, fosforanów i żelaza, oraz przewodności, pH, azotu amonowego, azotu azotanowego, fosforanów, wapnia, magnezu i żelaza odpowiednio w przypadku rzek Orli i Radęcy. Natomiast w przypadku zbiornika Pakosław wody retencjonowane w zbiorniku różniły się istotnie statystycznie pod względem przewodnictwa, twardości oraz stężeń związków azotu, fosforanów wapnia i żelaza. Pod względem pozostałych wskaźników jakości wody ich zawartość w wodach rzecznych i tych retencjonowanych w zbiornikach była na zbliżonym poziomie. Szczegółowa analiza zawartości związków biogennych w analizowanych wodach wykazała, że średnie stężenie fosforanów w

**Tabela 4.** Wartości wybranych wskaźników jakości wód rzek Orli i Radęcy oraz w zbiornikach Jutrosin i Pakosław

Wskaźnik jakości wody	PPK WIOŚ			Własne PPK				
	Orla –Dubin <sup>1</sup>	Orla – Lila <sup>1</sup>	Radęca – Ochłoda <sup>1</sup>	Orla – Jutrosin <sup>2</sup>	Radęca – Jutrosin <sup>2</sup>	Zbiornik Jutrosin <sup>2</sup>	Orla – Pakosław <sup>3</sup>	Zbiornik – Pakosław <sup>3</sup>
Tlen rozpuszczony	–	4,11 – 11,26 7,33	4,0 – 11,69 7,28	1,6 – 10,0 6,95	2,40 – 9,60 6,0	4,80 – 12,0 8,27	6,0 – 9,6 8,17	5,5 – 10,4 7,4
BZT <sub>5</sub>	0,94 – 3,66 2,49	0,82 – 5,55 3,07	1,0 – 8,33 3,27	0,4 – 2,0 1,20	0,80 – 2,20 1,40	0,8 – 2,80 2,00	1,6 – 4,4 2,56	2,0 – 4,0 2,72
Przewodność w 20 °C	–	646 – 1073 814,4	746 – 1127 929,8	597 – 1017 856	625 – 975 869,4	556 – 744 654	711 – 897 793	416 – 561 499
Twardość ogólna CaCO <sub>3</sub>	–	257,1 – 476,3 386,6	400,0 – 536,1 468,8	270 – 400 325	280 – 450 323	280 – 400 318	270 – 382 330	140 – 260 214
Odczyn pH	–	7,7 – 8,0 –	7,71 – 8,05 –	7,0 – 8,5 7,9	6,92 – 8,44 7,85	7,84 – 8,80 8,27	7,5 – 9,98 8,26	7,7 – 9,5 8,66
N-NH <sub>4</sub>	0,16 – 3,51 1,82	0,08 – 8,38 1,82	0,13 – 3,49 1,15	0,03 – 2,07 0,79	0,11 – 8,90 2,90	0,05 – 0,14 0,09	0,04 – 0,35 0,20	0,01 – 0,27 0,13
N <sub>Kjeldahla</sub>	1,33 – 2,89 2,14	1,19 – 10,41 3,43	1,11 – 7,03 2,605	–	–	–	–	–
N-NO <sub>3</sub>	0,52 – 19,29 11,02	2,13 – 18,67 10,8	4,86 – 35,12 16,86	2,91 – 15,50 6,28	0,88 – 19,0 6,24	1,40 – 24,50 10,12	0,80 – 15,60 5,58	0,10 – 4,60 2,0
N-NO <sub>2</sub>	–	–	–	0,02 – 0,34 0,16	0,03 – 0,44 0,17	0,01 – 0,16 0,08	0,07 – 0,40 0,21	0,01 – 0,14 0,05
N <sub>og</sub>	2,50 – 22,22	7,42 – 24,59 14,61	8,91 – 36,32 19,76	–	–	–	–	–
PO <sub>4</sub>	0,17 – 2,68 0,80	0,44 – 2,96 1,14	0,298 – 2,899 1,25	0,13 – 2,68 0,90	0,1 – 7,15 2,73	0,10 – 0,20 0,15	0,01 – 0,57 0,22	0,10 – 0,20 0,15
P <sub>og</sub>	0,16 – 1,09 0,51	0,22 – 1,25 0,58	0,056 – 1,323 0,56	–	–	–	–	–

<sup>1</sup> – WIOŚ Poznań 2013, <sup>2</sup> – IMKŚiG 2012–2013, <sup>3</sup> – IMKŚiG 2010–2013.

zbiorniku Jutrosin było od 6 do 18 razy niższe niż w wodach odpowiednio rzeki Orli i Radęcy. W zbiorniku Pakosław średnie stężenie fosforanów były natomiast 30% niższe niż w wodach rzeki Orli (rys. 3).



**Rys. 3.** Charakterystyczne stężenia związków azotu i fosforu w wodach retencjonowanych w zbiornikach Jutrosin i Pakosław na tle wód rzeki Orli i Radęcy

Redukcję zawartości w fosforanów w wodach retencjonowanych w zbiornikach należy wiązać z ich pobieraniem przez producentów pierwotnych (fitoplankton i makrofitę) oraz deponowaniu ich w osadach dennych. Podobne wyniki uzyskano w przypadku zawartości azotu amonowego, gdzie jego stężenia w zbiornikach były od 9 do 30 krotnie niższe w przypadku zbiornika Jutrosin i 1,5 razy niższe w przypadku zbiornika Pakosław. Odmienną sytuację zaobserwowano w przypadku zawartości azotu azotanowego, gdzie średnie stężenie w wodach zbiornika retencyjnego Jutrosin było ponad 1,5 krotnie wyższe niż w wodach rzeki Orli i Radęcy. Wyższe stężenia azotu azotanowego w wodach zbiornika Jutrosin mogą być spowodowane procesem nityfikacji lub dopływem tych związków ze źródeł punktowych. W przypadku zbiornika Pakosław średnie stężenie azotu azotanowego było 3 krotnie niższe niż w wodach rzeki Orli.

## WNIOSKI

1. Wybudowane w zlewni rzeki Orli lateralne zbiorniki retencyjne charakteryzują się wysokim obciążeniem związkami biogennymi. Ustalony schemat gospodarowania wodą w zbiornikach pierwszych latach ich funkcjonowania pozwolił na ograniczenie ich zanieczyszczenia.
2. Niższe zawartości związków biogennych w wodach lateralnych zbiorników retencyjnych Jutrosin i Pakosław niż w wodach zasilających ich rzek wynika z ich pobierania przez producentów pierwotnych (fitoplankton i makrofity) oraz depozycji ich w osadach dennych.
3. Wyższe niż w wodach rzecznych zawartości azotu azotanowego w wodach retencjonowanych w zbiorniku Jutrosin mogą wynikać z procesu nityfikacji lub być związane z niekontrolowanym zrzutem zanieczyszczeń o charakterze punktowym lub obszarowym do zbiornika.

## LITERATURA

1. Dąbrowska J., Markowska J. 2012. Wpływ zbiornika wstępnego na jakość wód retencjonowanych w zbiorniku Mściwojów. *Nauka Przyroda Technologie*. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 6(2), 37.
2. Kondracki J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
3. Król P., Brandyk A., Dobrzelewski B. 2010. Analiza wpływu retencyjnego zbiornika lateralnego na poziom wód gruntowych terenów przyległych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* 2(48), 49–59.
4. Pęczuła W., Suchora M. 2011. Analiza przyczyn występowania złej jakości wody w zbiorniku retencyjnym w Kraśniku w pierwszych latach jego funkcjonowania. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 54, 321–332.
5. Przybyła C., Kozłowski M. 2004. Wstępne wyniki badań jakości wód gruntowych w obszarze budowanego zbiornika retencyjnego Jezewo. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Melioracje i Inżynieria Środowiska*, 25, 475–486.
6. Przybyła C., Sosinski M., Pochylska J. 2009. Zmiany jakości wód gruntowych na terenach przyległych do zbiornika retencyjnego Jezewo. *Nauka Przyroda Technologie*. Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, 3(3), 100.
7. Przybyła Cz., Mroziak K., Sosiński M. 2007. Wstępne wyniki badań jakości wód gruntowych i powierzchniowych w obszarze zbiornika retencyjnego Jezewo. *Zesz. Nauk. Wydz. Bud. i Inż. Środ. Politechniki Koszalińskiej*. *Inżynieria Środowiska*, 23, 761–773.
8. Przybyła C., Kozdrój P. 2013. Wpływ zbiornika lateralnego Pakosław na położenie zwierciadła wód gruntowych terenów przyległych. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15(2).
9. Szczykowska J., Siemieniuk A. 2011. Znaczenie zbiorników retencyjnych na terenach rolniczych oraz jakość ich wód. *Inżynieria Ekologiczna* 26, 103–111.
10. Wiatkowski M., Rosik-Dulewska C., Opolski U., Kuczewski K. and Kasperek R. 2013. Water Quality Assessment of Włodzienin reservoir in the First Year of Its Operation. *Annual Set The Environment Protection*, T. 15, 2666–2682.

11. Wiatkowski M. 2010a. Zmiany wybranych wskaźników jakości wody rzeki Proсны przepływającej przez zbiornik Psurów. *Proceedings of ECOpole*, 4(2).
12. Wiatkowski M. 2010b. Ocena jakości wody zbiornika Komorów na potoku Milikówka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 08/2, 51–64.
13. Wiatkowski M. 2013. Wstępne wyniki badań jakości wody małego zbiornika Michalice na Widawie. *Inżynieria Ekologiczna* nr 35: 117–125.