

Monitoring stężeń biogenów w wodzie powierzchniowej małego śródpolnego zbiornika wodnego położonego w zlewni rolniczej

Katarzyna Ligocka¹

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Ekologii, Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin
e-mail: lk42559@zut.edu.pl

STRESZCZENIE

Badaniom poddano wodę powierzchniową śródpolnego oczka wodnego położonego w zlewni rolniczej. Celem podjętych badań był wstępny monitoring stężeń azotu amonowego i azotanowego oraz fosforu fosforanowego w wodzie powierzchniowej. Badania prowadzono w okresie od marca do października (2015–2017). Najwyższe średnie stężenie fosforanów stwierdzono w 2017 roku, natomiast najwyższe stężenia fosforanów wystąpiły we wszystkich latach badawczych w czerwcu. Najniższe średnie stężenie fosforanów stwierdzono w pierwszym roku badawczym (2015 roku), natomiast w kolejnych latach obserwowano wzrost średnich stężeń fosforanów. Stężenia fosforanów we wszystkich latach badawczych wzrastały od marca do czerwca, po czym ich koncentracja w wodzie się zmniejszała. Wykonane badania potwierdziły zależność, że w okresach niższych temperatur stwierdzano niższe stężenia azotu amonowego, niż w miesiącach o wyższej średniej miesięcznej temperaturze powietrza. Najwyższe średnie stężenie azotu amonowego stwierdzono w pierwszym roku badań (2015), wynoszące $0,29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Średnie stężenia azotu azotanowego wahały się w zakresie $0,15\text{--}0,24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Najwyższe stężenia azotanów stwierdzono we wszystkich latach badawczych w miesiącu czerwiec. Natomiast najniższe stężenia azotanów w 2015 i 2016 roku wystąpiły w sierpniu oraz w 2017 roku w lipcu.

Słowa kluczowe: oczka wodne, azot, fosforany, woda powierzchniowa, zlewnia rolnicza

Monitoring of nutrients concentration in surface waters of small mid-field water bodies in agricultural watershed

ABSTRACT

Studies were conducted on the surface waters of mid-field ponds in an agricultural watershed. The research aimed to perform introductory assessment of the concentrations of ammoniacal nitrogen, and nitric nitrogen as well as phosphates in the surface waters. The studies have been performed from March to October, 2015 to 2017. The highest concentrations of phosphates were detected in year 2017, whereas the highest concentrations of these compounds were experienced in June in every year. The lowest concentrations of phosphates were detected in the first year of studies (2015). The average concentration of phosphate increased every year. The concentrations of phosphates increased from March to October; however, the decline was experienced in the later period. The conducted research confirmed the dependence, that the concentrations of ammoniacal nitrogen in lower temperatures were generally lower than in the months with higher average temperature. The highest average concentration of ammoniacal nitrogen ($0.29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) was detected in the first year of studies (2015). The average concentrations of nitric nitrogen's fluctuate from 0.15 to $0.24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. In every year, the concentrations of nitrates were highest in June. The lowest concentrations of nitrates were experienced in August of 2015 and 2016, as well as in July of 2017.

Keywords: ponds, nitrogen, phosphates, surface waters, agricultural watershed

WSTĘP

Małe zbiorniki wodne zlokalizowane w obszarze rolniczym wpływają na poprawę wielu funkcji tj.: biocenotycznych, fizjocenotycznych,

klimatycznych oraz krajobrazowych. Wpływają one również na warunki mikroklimatyczne, poprzez podwyższenie wilgotności powietrza czy zmniejszanie wahań temperatury [Skwierawski i Szyperek 2002; Kochanowska i Raniszewska

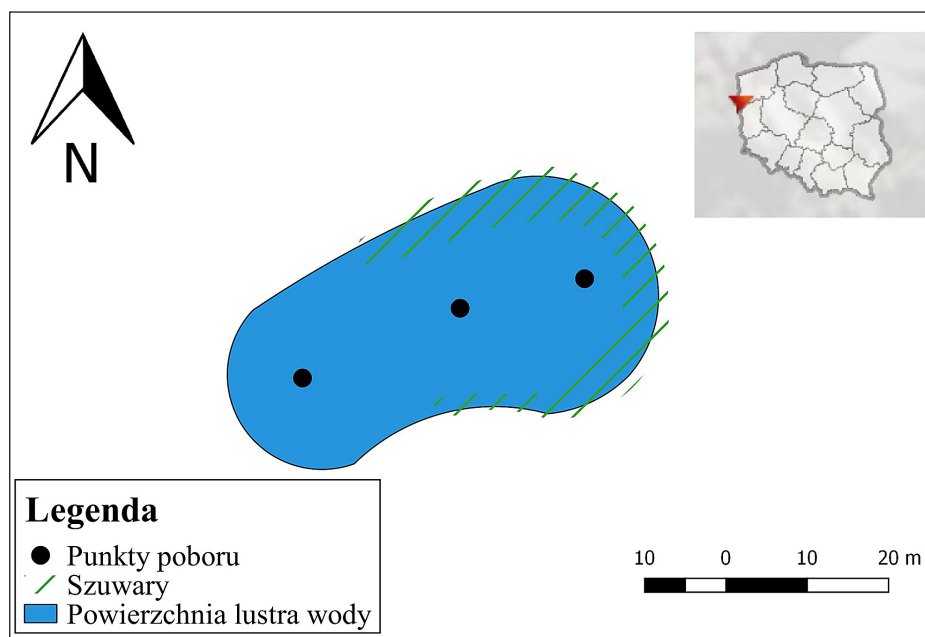
1999; Koc i in. 2011; Ożgo 2010; Wesołowski i Brysiewicz 2014; Szydłowski i in. 2017]. W zlewniach, w których zbiorniki wodne i mokradła zajmują około 40%, zatrzymywanych jest około 90% zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego, głównie dotyczy to związków biogenicznych, ale również innych zanieczyszczeń tj.: pestycydy oraz metale ciężkie [Nyc 2004; Mioduszewski 2003; Mioduszewski 2006; Szczykowska i Siemieniuk 2011]. Rolnictwo, ze względu na swój duży obszar działań, przyczynia się do zmiany jakości środowiska wodnego. Prowadzenie nieprawidłowych zabiegów nawozowych i agrotechnicznych w zlewniach bezpośrednich, przyczyniają się do większej degradacji jakości wód powierzchniowych, w szczególności małych zbiorników wodnych. Rozpoznanie ilości stężeń fosforu i azotu w wodzie powierzchniowej pozwala określić ilość substancji dopływającej ze zlewni do zbiorników wodnych [Szydłowski i in. 2017; Mielczarek i Szydłowski 2017]. Na wielość stężeń azotu i fosforu w wodzie małych zbiorników wodnych wpływ mają m.in.: wahania wód, wielkość spływów powierzchniowych oraz dopływ substancji wraz z wodami podziemnymi do zbiorników wodnych [Marcinkowski 2014; Wesołowski i in. 2014; Wesołowski i in. 2011].

Celem podjętych badań był wstępny monitoring stężeń $P-PO_4^{3-}$ oraz $N-NH_4^+$ i NO_3^- w wodzie powierzchniowej małego śródpolnego zbiornika wodnego w zlewni rolniczej.

METODY I METODYKA BADAŃ

W zlewni typowo rolniczej wytypowano oczko wodne, z którego z częstotliwością miesięczną od 2015 do 2017 roku pobierano próbki zbiorcze (z trzech punktów, rys. 1) wód powierzchniowych, w których oznaczano stężenia $P-PO_4^{3-}$ oraz $N-NH_4^+$ i NO_3^- . Oczka wodne przylegają do terenów, gdzie prowadzona jest gospodarka rolna z wykorzystaniem racjonalnego nawożenia mineralnego (NPK).

Metodą potencjo-metryczną za pomocą elektrody jonoselektywnej badano stężenia $N-NH_4^+$ oraz $N-NO_3^-$, natomiast do oznaczenia $P-PO_4^{3-}$ wykorzystano metodą Molibdenową (metoda kolorymetryczna). Wyniki przedstawiono w tabeli 1. Badane wody poddano klasyfikacji na podstawie kryteriów określonych w Rozporządzeniu 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. 2011, Nr 257, poz. 1545), którą przedstawiono w tabeli 3. Obiekt badań wyróżnia się mało zróżnicowanym dnem oraz posiada podobne głębokości wypełniającej go wody. Zbiorniki te pełnią również wiele funkcji przyrodniczych, m.in. umożliwiają bytowanie ptactwa wodnego, płazów oraz stanowią miejsce wodopoju dla dzikiej zwierzyny leśnej oraz występującej na użytkach rolnych.



Rys. 1. Mapa lokalizacji badanych punktów poboru próbek
Fig. 1. Localisation of studied ponds

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem oprogramowania Statistica 12.0. Dla uzyskanych wyników zastosowano test normalności Shapiro-Wilka ($p \leq 0,05$), który potwierdził normalność rozkładów wyników. W celu określenia istotności różnic pomiędzy punktami pomiarowymi wykonano analizę testem Tukey'a oraz wyliczono współczynnik korelacji liniowej Pearsona. Wszystkie wartości NIR oraz R istotne na poziomie istotności $p \leq 0,05$ wyrażono bezpośrednio w tekście.

WYNIKI I DISKUSJA

Woda powierzchniowa analizowanego oczka wodnego w latach 2015–2017 charakteryzowała się zróżnicowanymi stężeniami badanych parametrów. Stwierdzone średnie stężenia fosforu w okresie badań wynosiły od 0,16 mg do 0,34 mg·kg⁻¹ (tab. 1). Najwyższe średnie stężenie fosforanów wystąpiły w 2017 roku. Najwyższe stężenia fosforanów stwierdzono dla wszystkich lat badawczych w czerwcu. Najmniejsze średnie stężenie fosforanów stwierdzono w pierwszym roku badawczym (2015 roku), natomiast w kolejnych latach obserwowano wzrost średnich stężeń fosforanów. Stężenia fosforanów we wszystkich latach badawczych wzrastały od marca do czerwca, po czym ich koncentracja w wodzie się zmniejszała. Najwyższe stężenie w badaniach własnych wynoszące 0,88 mg·kg⁻¹ było niższe, niż najwyższe stężenie fosforanów w wodzie oczka śródpolnego położonego również w zlewni typowo rolniczej [Szydłowski i Podlasińska 2015]. Największe średnie stężenie fosforanów w

pracy własnej uzyskane w 2017 roku było ponad dwukrotnie niższe, niż w pracy Szydłowskiego i Podlasińskiej [2015].

Najwyższe koncentracje fosforanów w badanych miesiącach, za wyjątkiem września stwierdzono w 2017 roku. Największe stężenie w czerwcu 2017 roku było ponad trzykrotnie wyższe, niż najwyższe stężenie w 2015 roku oraz ponad dwukrotnie wyższe, niż w 2016 roku. Zbliżone średnie stężenie fosforanów, jak w pracy własnej stwierdzono w wodzie powierzchniowej zbiornika Młyny, który pełni funkcje rekreacyjną oraz stanowi rezerwuuar wody na potrzeby rolnictwa [Witkowski 2008]. Również podobne średnie stężenia omawianego parametru, stwierdzono w wodzie powierzchniowej rzeki Białej, która jest rzeką IV rzędu położonej w zlewni zurbanizowanej [Wysocka-Czubaszek i Wojno 2014].

Azot amonowy obecny w wodzie pochodzi przede wszystkim z biochemicznego rozkładu organicznych związków azotowych, zwierzęcych i roślinnych. Stężenia jonów amonowych w ciągu roku ulegają wahaniom. W okresach występowania wyższych temperatur stężenia jonów amonowych osiągają mniejsze wartości, spowodowane jest to procesem nityfikacji oraz zużywaniem azotu amonowego przez rośliny. Natomiast w okresie występowania niższych temperatur stężenie jonów amonowych wzrasta [Szydłowski i Podlasińska 2014; Gałczyńska i in. 2009]. Wykonane badania potwierdziły zależność, jaką stwierdzono w badaniach Szydłowskiego i Podlasińskiej [2014], że w okresach występowania niższych temperatur stwierdzano niższe stężenia azotu amonowego, niż w miesiącach o wyższej średniej miesięcznej temperaturze powietrza. Najwyższe

Tabela 1. Stężenia wybranych parametrów w analizowanych próbkach wód powierzchniowych w małym śródpolnym zbiorniku wodnym [mg·kg⁻¹]

Table 1. Concentrations of chosen parameters in analyses samples of surface waters of the mid-field water body [mg·kg⁻¹]

Parametry	2015								Średnia
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
P-PO ₄ ³⁻	0,03	0,09	0,21	0,26	0,21	0,19	0,21	0,11	0,16
N-NH ₄ ⁺	0,52	0,85	0,12	0,16	0,14	0,17	0,17	0,21	0,29
N-NO ₃ ⁻	0,23	0,25	0,19	0,39	0,21	0,15	0,36	0,17	0,24
	2016								
P-PO ₄ ³⁻	0,08	0,09	0,13	0,33	0,23	0,17	0,23	0,09	0,17
N-NH ₄ ⁺	0,41	0,62	0,22	0,02	0,02	0,06	0,08	0,11	0,19
N-NO ₃ ⁻	0,17	0,15	0,16	0,25	0,11	0,09	0,14	0,13	0,15
	2017								
P-PO ₄ ³⁻	0,33	0,23	0,43	0,88	0,26	0,21	0,21	0,13	0,34
N-NH ₄ ⁺	0,21	0,16	0,11	0,09	0,08	0,11	0,11	0,08	0,12
N-NO ₃ ⁻	0,12	0,15	0,19	0,26	0,11	0,16	0,14	0,13	0,16

średnie stężenie azotu amonowego stwierdzono w pierwszym roku badań (2015) wynoszące $0,29 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Zbliżony zakres stężeń azotu amonowego, jaki uzyskano w badaniach własnych, stwierdzili Szydłowski i Podlasińska [2014] analizując wodę powierzchniową śródpolnego oczka wodnego położonego w zlewni rolniczej oraz w wodzie powierzchniowej zbiornika Młyn [Witkowski 2008]. Natomiast wyższe średnie stężenia azotu amonowego stwierdzili Wysocka-Czubaśzek i Wojno [2014] w wodzie powierzchniowej rzeki Białej, której koryto zlokalizowane jest w zlewni zurbanizowanej. Przeprowadzone badania wykazują, iż wyższe koncentracje azotu amonowego wystąpiły w 2015 roku, a najniższą koncentrację stwierdzono w ostatnim roku badań (2017).

Średnie stężenia azotu azotanowego wahały się w zakresie $0,15\text{--}0,24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1). Najwyższe stężenie azotanów było wyższe, niż uzyskane najwyższe stężenie azotanów w wodzie jeziora Barlineckie w okresie stagnacji letniej [Daniszewski 2012]. Znacznie wyższe średnie stężenia stwierdził Witkowski [2008] w wodzie zbiornika Młyny na rzece Julianpolka, wynoszące $10,11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, niż uzyskane w badaniach własnych. Również wyższe średnie koncentracje

azotanów stwierdzili Szydłowski i Podlasińska [2014] badając wody oczka śródpolnego położonego również w zlewni rolniczej. Najwyższe stężenie w badaniach własnych było ponad czterokrotnie niższe, niż uzyskane maksymalne stężenie azotanów w badaniach Szydłowskiego i Podlasińskiej [2014]. Najwyższe stężenia azotanów stwierdzono we wszystkich latach badawczych w czerwcu. Natomiast najniższe stężenia azotanów w 2015 i 2016 roku wystąpiły w sierpniu oraz w 2017 roku w lipcu.

Obliczenia statystyczne wykazały statystycznie istotne różnice (test Tukeya $p \leq 0,05$) stężeń pomiędzy 2015, a 2017 rokiem dla NO_3^- (tab. 2).

Opracowanie statystyczne wykazało istotnie statystycznie dodatnie korelacje (Pearsona $p \leq 0,05$) pomiędzy stężeniami P-PO_4^{3-} i N-NO_3^- w 2017 roku, dla których wartość R wynosi 0,88 (rys. 2) oraz wykazano istotnie statystyczną korelację pomiędzy stężeniami P-PO_4^{3-} i N-NH_4^+ ($R = -0,73$) dla 2015 roku.

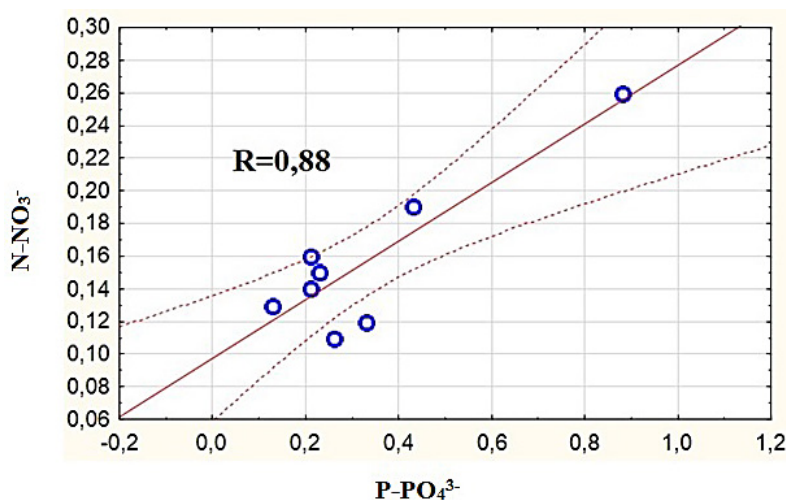
Średnie wartości stężenia N-NH_4^+ z całego okresu badań klasyfikują wody do I klasy jakości wód powierzchniowych (norma: $U 0,78 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Jednak należy zaznaczyć, że w 2017 roku w próbach stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych

Tabela 2. Istotność zróżnicowania wyników mikro- i makroskładników w wodzie powierzchniowej zbiornika wodnego
Table 2. Significance of differentiations of nutrients in surface waters of the small water body

Parametr	Rok badań		
	2015	2016	2017
P-PO_4^{3-}	n.i.	n.i.	n.i.
N-NH_4^+	n.i.	n.i.	n.i.
N-NO_3^-	*	n.i.	*

Objaśnienia: * – istotność przy poziomie $p \leq 0,05$; n.i. – nieistotne.

Explanation: * – significance at the level of $p \leq 0.05$; n.i. – not significant.



Rys. 2. Wykres korelacji liniowej Pearsona ($p \leq 0,05$) w 2017 roku pomiędzy stężeniami P-PO_4^{3-} i N-NO_3^- [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]
Fig. 2. Pearson linear correlation coefficient graph ($p \leq 0.05$) between P-PO_4^{3-} and N-NO_3^- concentrations [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]

Tabela 3. Klasyfikacja jakości wód zbiornika wodnego [Dz.U. 2011, Nr 257, poz. 1545]**Table 3.** Water quality classes of a pond

Parametr	2015	2016	2017
P-PO ₄ ³⁻	0,16/ I	0,17/ I	0,34/ *
N-NH ₄ ⁺	0,29/ I	0,19/ I	0,12/ I
N-NO ₃ ⁻	0,24/ II	0,15/ I	0,16/ I

Objaśnienie: * – poza klasą.

Explanation: * – out of class.

wartości stężenia fosforanów, co klasyfikuje te wody jako wody pozaklasowe. Stężenia azotanów klasyfikuje wody śródpolnego zbiornika w klasie I i II.

WNIOSKI

Przeprowadzone analizy chemiczne w wodzie powierzchniowej omawianego śródpolnego oczka wodnego pozwoliły stwierdzić, iż największe średnie stężenie fosforanów wystąpiły w 2017 roku. Natomiast w czerwcu dla całego okresu badań stwierdzono najwyższe koncentracje fosforanów. Najmniejsze średnie stężenie fosforanów stwierdzono w pierwszym roku badawczym (2015 roku), natomiast w kolejnych latach obserwowano wzrost średnich stężeń fosforanów. Koncentracje stężeń fosforanów w okresie 2015–2017 wzrastały od marca do czerwca, po czym ich koncentracja zmniejszała się. Analiza chemiczna potwierdziła zależność, iż w okresach niższych temperatur stwierdzano niższe stężenia azotu amonowego, niż w miesiącach o wyższej średniej miesięcznej temperaturze powietrza. Najwyższe średnie stężenie azotu amonowego wystąpiło w pierwszym roku badań (2015), wynosząc 0,29 mg·kg⁻¹. Średnie stężenia azotu azotanowego wahały się w zakresie 0,15–0,24 mg·kg⁻¹. Najwyższe stężenia azotanów stwierdzono w miesiącu czerwiec w całym okresie badań. Natomiast najniższe stężenia azotanów w 2015 i 2016 roku wystąpiły w sierpniu oraz w 2017 roku w lipcu. Wyniki analiz statystycznych wykazały dodatnią korelację pomiędzy stężeniami P-PO₄³⁻ i NO₃⁻ w 2017 roku oraz ujemną korelację pomiędzy stężeniami PO₄³⁻ i NH₄⁺ (R = -0,73) dla 2015 roku. Również wykazano, iż stężenia w 2015 i 2017 rokiem różniły się istotnie statystycznie względem NO₃⁻. Wynikać może to z zróżnicowanego nawożenia w obrębie zbiornika wodnego. W 2017 roku w próbach stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości stężenia fosforanów, co klasyfikuje te wody jako wody pozaklasowe.

LITERATURA

- Daniszewski P. 2012. Ocena jakości wód powierzchniowych jeziora Barlineckiego w okresie stagnacji letniej w 2008 roku. *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy*, 2, 35-41.
- Gałczyńska M., Burczyk P., Gamrat R. 2009. Próba określenia wpływu rodzaju uprawy na stężenie związków azotu i fosforu w wodach wybranych śródpolnych oczek wodnych na Pomorzu Zachodnim. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 9, z. 4(28), 47-57.
- Koc J., Cymes I., Skwierawski A., Szyperek U. 2001. Znaczenie ochrony małych zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Prob. Nauk Rol.* 476, 397-407.
- Kochanowska R., Raniszewska M. 1999. Jak chronić śródpolne i śródleśne oczka wodne? *Przegląd Przyrodniczy*, 3-4, 69-76.
- Marcinkowski T. 2014. Produkcja rolnicza a jakość wód na obszarach polderowych Żuław Elbląskich. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 14, z. 1(45), 41-52.
- Mielczarek M., Szydłowski K. 2017. Rola, podział oraz klasyfikacja jakości osadów dennych zbiorników wodnych. *Inżynieria Ekologiczna*, 18(3), 194-201.
- Mioduszewski W. 2003. Mała retencja: ochrona zasobów wodnych i środowiska naturalnego: Poradnik. Wydawnictwo Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych Falenty.
- Mioduszewski W. 2006. Małe zbiorniki wodne; Wydawnictwo Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty.
- Nyc K. 2004. Mała retencja wodna – zagadnienia ogólne. *Przegląd Komunalny*, 73-77.
- Ożgo M. 2010. Rola małych zbiorników wodnych Pojezierza Olsztyńskiego. *Fragmenta Agronomica*, 2(74), 236–244.
- 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. 2011, Nr 257, poz. 1545).

12. Skwierawski A., Szyperek U. 2002. Wpływ rolnictwa na jakość wody w małych zbiornikach wodnych pojezierza Olsztyńskiego. *Fragmenta Agromica*, XIX, 2(74), 236-243.
13. Szczykowska J., Siemienuk A. 2011. Znaczenie zbiorników retencyjnych na terenach rolniczych oraz jakość ich wód. *Inżynieria Ekologiczna*, 26, 103-111.
14. Szydłowski K., Brysiewicz A., Wesołowski P., Podlasińska J. 2017. Quality of bottom sediments of midfield ponds and their evaluation for the potential threat of the aquatic environment. *Journal of Ecological Engineering*, 18(1), 65-71.
15. Szydłowski K., Podlasińska J. 2017. Preliminary assessment of agriculture influence on heavy metal content in bottom sediments of small water reservoirs and in rushes. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*, 3(1), 949-962.
16. Szydłowski K., Podlasińska J. 2015. Wstępna próba klasyfikacji jakości wód powierzchniowych oczka wodnego. *Nauka w służbie przyrody*. Redakcja Monika Olszówka, Kamil Maciąg. Monografia, Lublin, 184-192.
17. Wesołowski P., Brysiewicz A. 2014. Zdolność przybrzeżnej roślinności szuwarowej śródpolnych oczek wodnych do kumulacji makro- i mikrośladników. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 14, t. 1(45), 111-119.
18. Wesołowski P., Gałczyńska M., Gamrat R., Horak A., Kot M. 2014. Związek między zanieczyszczeniem metalami ciężkimi śródpolnych oczek wodnych i stałością lustra wody a roślinnością strefy wodnej i buforowej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 576, 195-205.
19. Wesołowski P., Trzaskoś M., Brysiewicz A. 2011. Skład botaniczny i zawartość wybranych pierwiastków w roślinności szuwarowej strefy przybrzeżnej jeziora Starzyc. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 11, t. 1(33), 331-345.
20. Witkowski M. 2008. Wyniki badań jakości wody dopływającej i odpływającej z małego zbiornika wodnego młyny na rzece Julianpolka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 9, 297-318.
21. Wysocka-Czubaszek A., Wojno W. 2014. Sezonowa zmienność chemizmu wody w małej rzece w zlewni zurbanizowanej. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.*, 63, 64-76.