

WPLYW UŻYTKOWANIA ZLEWNI NA JAKOŚĆ WÓD STAWU WIEJSKIEGO NA PRZYKŁADZIE ZBIORNIKA ZELKÓW

THE IMPACT OF LAND USE ON WATER QUALITY IN RURAL POND ON THE EXAMPLE OF THE POND ZELKÓW

Dawid Bedla, Karol Król

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Celem pracy jest ocena wpływu użytkowania zlewni stawu wiejskiego na jakość jego wód. Przedmiotem badań był niewielki zbiornik wodny w miejscowości Zelków. W pracy przedstawiono wyniki badań terenowych prowadzonych w latach 2008–2011. Podstawą badań były próby wody pobierane regularnie, w odstępach miesięcznych z głębokości do 30 cm, w wyznaczonych punktach pomiarowo-kontrolnych znajdujących się w strefie brzegowej stawu. Zebrany materiał poddano badaniom laboratoryjnym z wykorzystaniem ogólnie przyjętych metod analitycznych. Wyniki poddano analizom statystycznym. Uzyskane wyniki badań pozwalają wnioskować, że użytkowanie terenu zlewni jest jednym z kluczowych czynników kształtujących jakość wód. Bezodpływowe, nieduże zbiorniki wodne zlokalizowane na zabudowanych terenach wiejskich bywają w największym stopniu zanieczyszczone, zwłaszcza pod względem stężeń fosforanów czy azotu amonowego.

Abstract. The main aim of this study was the analysis of land use of (uwaga dodatkowa: spacja) pond's basin on the quality water in pond. The subject of the study was the small reservoir in Zelków. The paper presents the results of field studies carried out in 2008–2011. The basis for research water samples were collected regularly, at monthly intervals. The collected material was subjected to laboratory tests using generally common analytical methods. The collected data were subjected to statistical analysis. The obtained results allow to conclude that the land use of catchment is one of the key factors influencing

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Dawid Bedla, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, dr inż. Karol Król, Katedra Gospodarki Przestrzennej i Architektury Krajobrazu, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, p. 201A, 30-059 Kraków, e-mail: d.bedla@ur.krakow.pl, k.krol@ur.krakow.pl.

water quality. Small water reservoirs located in rural areas are often highly contaminated, especially in terms of the concentrations of phosphate and ammonium nitrogen or salinity.

Słowa kluczowe: użytkowanie zlewni, jakość wód, stawy wiejskie

Key words: catchment, water quality, protection of water resources, water pond

WSTĘP

Dbłość o zachowanie jakości zasobów wodnych jest jednym z ważniejszych zadań, jakie stoją przed współczesnym społeczeństwem [RDW 2000, Pulikowski i in. 2011]. W świetle nasilających się przekształceń oraz działalności gospodarczej ochrona zasobów wodnych nabiera szczególnego znaczenia. Urbanizacja, intensywne produkcje rolna oraz działalność przemysłowa na obszarze zlewni akwenów, czy cieków wodnych w znaczący sposób wpływają na jakość wód [Kubiak i Tórz 2005]. W ocenach stanu chemicznego małych zbiorników wodnych stawy wiejskie często klasyfikowane są jako silnie zagrożone degradacją [Koc 2010]. Ponadto gdy bada się drobne akwenty w pobliżu terenów osadniczych, zaobserwować można wyraźnie wyższy stopień ogólnej mineralizacji wód [Drwal i Lange 1985, Jeppesen i in. 2003, Acosta i in. 2011].

Zbiorniki wodne pełnią liczne funkcje. Mogą mieć znaczenie gospodarcze (energetyka, ujęcie wody pitnej, nawodnienia, turystyka), retencyjne, a także ekologiczne (biocenotyczne, fizjocentyczne). Wpływają na poprawę uwilgotnienia gleb oraz zwiększenie produkcji biomasy roślinnej na terenach sąsiednich [Fiedler 2000, Bedla i Kuczera 2007, Kosturkiewicz i in. 1996].

Funkcjonowanie zbiornika wodnego jest wypadkową wielu procesów, w tym wewnętrznych oraz zachodzących na obszarze zlewni. Akwen wraz ze zlewnią tworzy dynamiczny układ ekologiczny. Dostawa materii z obszaru zlewni bezpośredniej jest jedną z form wzbogacania zbiornika w pierwiastki i związki chemiczne [Zykubek 2005].

Zagospodarowanie i użytkowanie zlewni może mieć istotny wpływ na objętość i jakość wód powierzchniowych i podziemnych [Lipski i in. 2005, Kornaś i Grześkowiak 2011]. Zmiany struktury użytkowania gruntów obserwowane w strefie przybrzeżnej cieków czy zbiorników wodnych są szczególnie ważne w przypadku małych zlewni, często bowiem cały ich obszar przyczynia się do obciążenia wód substancjami allochtonicznymi [Bedla i Misztal 2014]. Dopływ tych substancji ma duże znaczenie dla rozwoju i funkcjonowania ekosystemu oraz dla ludzi zamieszkujących dane tereny [Húska i in. 2013]. Sposób zagospodarowania zlewni może być pochodną m.in. ukształtowania terenu i wiąże się ściśle z warunkami klimatyczno-edaficznymi.

Celem pracy jest ocena wpływu użytkowania zlewni na jakość wód stawu wiejskiego na przykładzie akwenu Zelków.

CHARAKTERYSTYKA BADANEGO OBIEKTU

Zbiornik wodny Zelków zlokalizowany jest na wapiennej wierzchołku pociętej głębokimi wąwozami, będącej fragmentem Płaskowyzu Ojcowskiego (400 m n.p.m.). Umiejscowiony jest w centrum miejscowości Zelków, położonej w gminie Zabierzów

(woj. małopolskie). Bezodpływowe zagłębienie zbiornika powstało w wyniku procesów krasowych (sufozji) oraz działalności człowieka. Powierzchnia akwenu wynosi 0,23 ha. Głębokość jest mało zróżnicowana i szacowana na 1–1,5 m. Wokół zbiornika wykształcił się wąski pas obudowy biologicznej szerokości 1–1,5 m. Stanowią go ubogie w gatunki nasadzenia tworzące grupy zadrzewień). Wśród flory makrofitowej wyróżnić można kilka gatunków, w tym tatarak zwyczajny (*Acorus calamus*), pałkę szerokolistną (*Typha latifolia*) oraz kosaćca żółtego (*Iris pseudacorus*).

Rozpatrując obszar sąsiadujący ze stawem pod względem użytkowania, stwierdzono, że na użytki rolne przypada 38% powierzchni, z czego 33% to grunty orne, a znacznie mniej łąki (3%) i sady (niepełna 2%). Tereny leśne i zadrzewienia (w tym występujące w pasie brzegowym) zajmują ponad 14%. Do utworzenia mapy użytkowania badanej zlewni oraz do wyznaczenia jej granic wykorzystano program komputerowy QuantumGIS (QGIS) v.2.2 Valmiera. QGIS jest bezpłatnym oprogramowaniem z rodziny „desktop GIS”, udostępnianym na licencji GPL (ang. GNU – *General Public License*). Wyróżnia się dużą elastycznością i komfortem pracy [Król i in. 2013]. Obszar zabudowany stanowi 48% zlewni akwenu. Od 1996 roku na terenie miejscowości funkcjonuje oczyszczalnia ścieków o wydajności 150 m³ na dobę, która gwarantuje skuteczny odbiór nieczystości płynnych. Sam obszar gminy należy do najlepiej uzbrojonych w sieć kanalizacyjną w Małopolsce (76,3%). Zelków to zbiornik leżący w otoczeniu silnie przekształconym przez człowieka. Budynki gospodarstw domowych i drogi (wyłączając wąski pas roślinności brzegowej), bezpośrednio graniczą z lustrem wody zbiornika.

W otoczeniu zbiornika dominują gleby brunatne właściwe, wytworzone na lessach oraz rędziny o niewykształconym profilu, najczęstsze zaś kompleksy przydatności rolnej to: pszenno-dobry i wadliwy [Łabędź 2011].

MATERIAŁY I METODY

Badania terenowe prowadzono w ciągu trzech lat. Rozpoczęto je w listopadzie 2008 roku, a zakończono w październiku 2011 roku. Próby wody, w których oznaczono kilkanaście wskaźników fizykochemicznych, pobierano w odstępach miesięcznych z głębokości do 30 cm, w wyznaczonych punktach pomiarowo-kontrolnych znajdujących się w strefie brzegowej stawu. W trakcie pobierania prób oznaczano w wodzie pH, konduktancję oraz tlen rozpuszczony. Pomiar pH wykonywano pH-metrem typu CP-104 firmy Elektron z elektrodą kombinowaną, konduktancję zbadano z użyciem konduktometru CC 101, tlen rozpuszczony zaś tlenomierzem CO-411. Wykorzystywano do pomiarów pH-metr był kalibrowany w roztworze buforowym przed każdą serią pomiarową. Badania laboratoryjne objęły analizę i oznaczenie stężeń substancji biogennych, wskaźników zasolenia i parametrów fizycznych według ogólnie przyjętych metod analitycznych [Dojłido 1995]. Rozpuszczalne formy azotu, fosforu oraz chlorki oznaczono za pomocą przepływowej analizy kolorymetrycznej z wykorzystaniem aparatu FISTAR 5000. Analiza polegała na wywołaniu barwnej reakcji w próbce, a następnie pomiarze intensywności zabarwienia, które jest proporcjonalne do stężenia analizowanego składnika w wodzie.

Ponadto przeprowadzono analizę głównych składowych PCA (ang. *Principal Component Analysis*), uwzględniając użytkowanie zlewni i stężenia badanych substan-

cji. Celem PCA jest wygenerowanie głównych składowych, które konstruuje się jako kombinację liniową zmiennych wyjściowych [StatSoft 2006]. Każdą z wygenerowanych głównych składowych traktować należy jako ważoną kombinację zmiennych oryginalnych [Falniowski 2003]. Do analizy wybiera się te składowe, które w sposób znaczący wyjaśniały zmienność, zazwyczaj przyjmując za wartość graniczną 75%. Graficznym zilustrowaniem analizy PCA jest projekcja danych, zazwyczaj w przestrzeni dwuwymiarowej (PC1, PC2).

Badania zawartości chlorofilu „a” w glonach planktonowych przeprowadzono metodą spektrofotometryczno-monochromatyczną z poprawką na feopigmenty „a”, zgodnie z normą PN-86/C-05560/02.

WYNIKI BADAŃ TERENOWYCH

Badając rozkład zmiennych wskaźników jakości wody z wykorzystaniem testu Kołmogorowa-Smironowa, wykazano normalność rozkładu dla jonów siarczanowych, wapnia, magnezu, sodu, potasu, rozpuszczonego tlenu oraz konduktancji i pH na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dla pozostałych wskaźników jakości wód (azotanów(III), azotanów(V), jonów amonowych, fosforanów i chlorków) nie ma podstaw do przyjęcia hipotezy zerowej o rozkładzie normalnym. Skład fizykochemiczny wód zbiornika zaprezentowano w tabeli 1. Dla wód akwenu Zelków odnotowano wysoką średnią przewodność elektrolityczną właściwą na poziomie $416 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Wśród pozostałych wskaźników zasolenia stwierdzono średnią koncentrację: SO_4^{2-} na poziomie $19,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a Cl^- w granicach $89,1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (z bardzo dużym rozstępem, świadczącym o jego wahaniach), zaś Ca^{2+} i Mg^{2+} odpowiednio $41,8 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ oraz $9,13 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Wystąpiły także pewne różnice stężeń badanych substancji między półroczem zimowym i letnim (tab. 1).

Zbiornik Zelków charakteryzuje się III klasą czystości wód. Jedynie stężenia azotanów(V), fosforanów oraz siarczanów spełniały wymagania stawiane dla I klasy czystości, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska [Rozporządzenie... 2004]. Najslabiej wody akwenu Zelków wypadły pod względem odczynu pH. Wskaźnik ten determinował ich III klasę czystości (ryc. 1). Pozostała grupa wskaźników (łącznie 6) przyjmowała wartości II klasy czystości, przy ocenie uwzględniającej 90% wyników. Dla każdego z badanych wskaźników mierzonych w odstępach miesięcznych wyznaczono wartość stężenia odpowiadającą percentylowi 90. Jest to wartość, poniżej której znajduje się 90% uzyskanych wyników. Podstawą analizy wyników w niniejszej pracy była klasyfikacja wód zgodna ze wspomnianym Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 2004 roku [Rozporządzenie... 2004]. Rozporządzenia z 2009 oraz 2011 roku [Rozporządzenie... 2009, Rozporządzenie... 2011] nie zostały uwzględnione, ponieważ weszły w życie w trakcie prowadzenia badań.

Wody zbiornika Zelków odznaczały się częstym zakwitom, co obserwowano wielokrotnie podczas wizji terenowych i pobierania prób wody. Zakwit ten pojawiał się wczesnym latem i trwał aż do końca jesieni każdego roku w okresie prowadzonych badań. Wyniki zamieszczone w tabeli 2 obrazują obfitość oraz rozwój masy glonów i sinic w wodach zbiornika, zwłaszcza na przełomie zimy i wiosny. Szczególnie wysokie wartości chlorofilu „a” odnotowano z końcem lutego 2011 roku.

Tabela 1. Podstawowe statystyki dla wybranych parametrów wód stawu w Zelkowie w trzyletnim okresie badań

Table 1. Basic statistics for the selected parameters of the pond water in Zelków during three years investigation period

Wskaźnik Indicator	Odchylenie standardowe Standard deviation	Max	Min	Rozstęp Interval	Średnia* Average*	Zima* Winter*	Lato* Summer*
NO ₃ ⁻	0,321	1,654	0,010	1,644	0,196	0,284	0,106
NO ₂ ⁻	0,024	0,105	0,005	0,100	0,024	0,025	0,024
NH ₄ ⁺	0,644	2,225	0,010	2,215	0,386	0,678	0,094
PO ₄ ³⁻	0,048	0,221	0,010	0,211	0,066	0,074	0,058
SO ₄ ²⁻	7,07	39,50	8,60	30,90	19,10	18,08	20,13
Cl ⁻	42,99	248,5	43,1	205,4	89,1	89,48	87,73
Ca ²⁺	15,89	79,70	20,50	59,20	41,8	51,54	31,68
Mg ²⁺	1,67	12,26	5,31	6,96	9,13	9,31	6,2
K ⁺	5,002	37,817	19,200	18,617	26,25	24,40	28,31
O ₂	1,91	13,79	4,18	9,61	9,16	9,81	8,49
Konduktancja Conductance mS · cm ⁻¹	0,115	0,709	0,229	0,480	0,416	0,464	0,366
pH	0,834	9,2	4,43	4,77	7,84	7,72	7,97

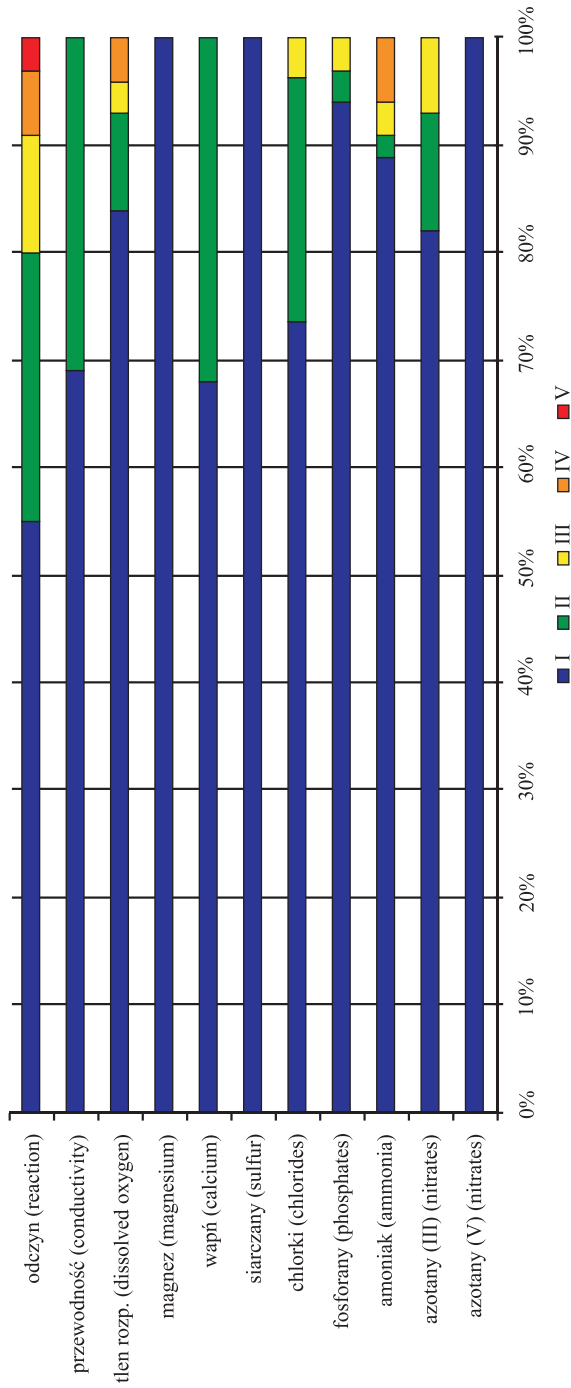
* średnia arytmetyczna – arithmetic average

Tabela 2. Koncentracja chlorofilu „a” dla zbiornika Zelków

Table 2. The concentration of chlorophyll „a” for the tank Zelków

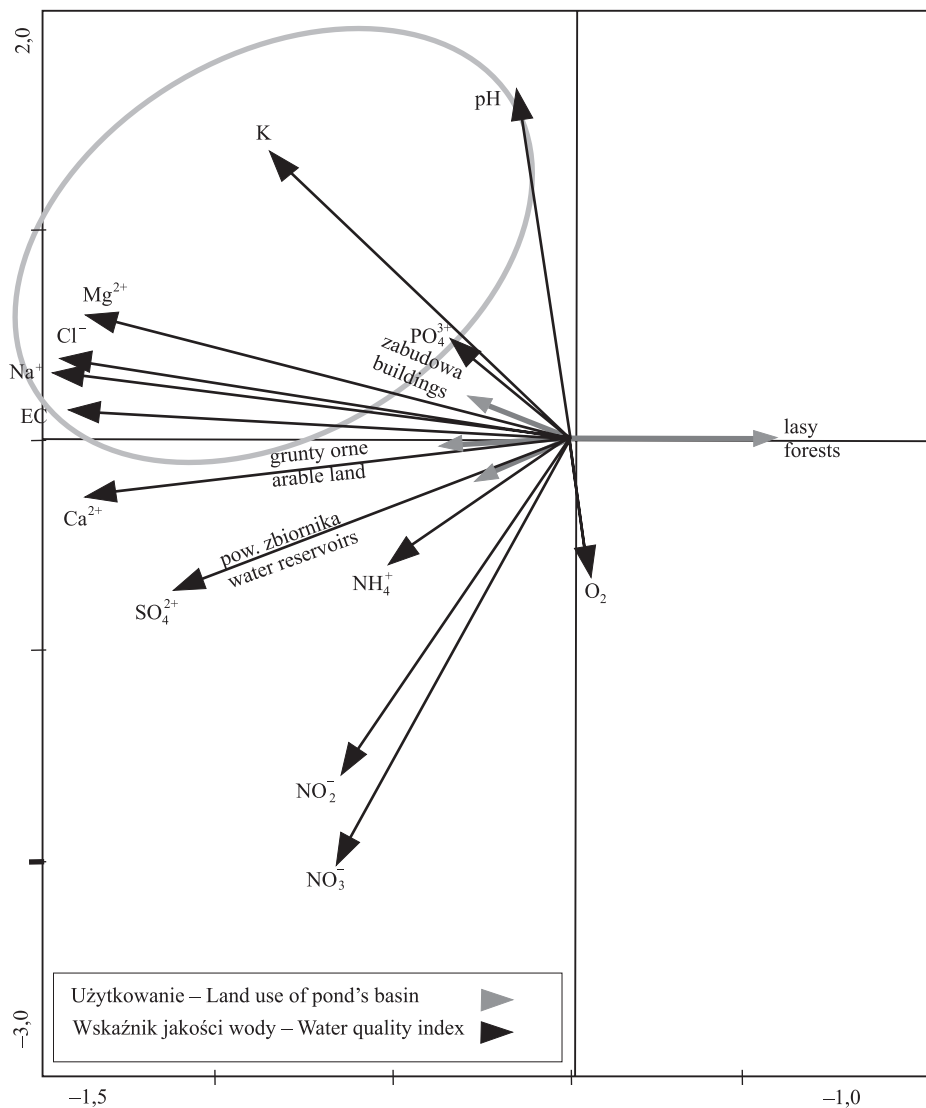
Rodzaj badania Type of indicator	Termin Term	Jednostka Unit	Wyniki badań Test results
Chlorofil „a” Chlorophyll „a”	10.2011	µg · dm ⁻³	25,4
	02.2011	µg · dm ⁻³	220,7

Obok koncentracji biogennych związków azotu czy fosforu także odczyn wód zbiornika Zelków odbiegał od wartości dopuszczalnych (ryc. 1) dla wód powierzchniowych [Rozporządzenie... 2004]. Wskaźnikiem determinującym klasę czystości wód badanego zbiornika, obok stężenia jonów amonowych, jest właśnie wartość odczynu pH. Mimo że średnia pH z trzyletniego okresu badań kształtuje się na poziomie 7,72 i jest zbliżona do pH obojętnego, to wskaźnik ten wykazywał szeroki zakres wahań od kwaśnego do zasadowego na poziomie 9,2.



Ryc. 1. Ocena jakości wód zbiornika Zelków
 Fig. 1. Quality of water rating of Zelków reservoir

Pełniejsze zobrazowanie zależności pomiędzy użytkowaniem zlewni a jakością wód umożliwiła analiza PCA (ryc. 2). Wynika z niej, że w wodach zbiornika Zelków (zlewnia zurbanizowana, obszar zaznaczony elipsą) występują wyższe koncentracje fosforanów i jonów potasu, a także magnezu, sodu i chlorków.



Ryc. 2. Analiza głównych składowych PCA
Fig. 2. Principal Component Analysis, PCA

PODSUMOWANIE

Zanieczyszczenie zbiorników wodnych na obszarach zurbanizowanych jest dowodem zagrożenia, jakie dla wód stanowią mogą tereny zabudowy rozproszonej. W ocenie stanu chemicznego niedużych zbiorników wodnych stawy wiejskie są często klasyfikowane jako silnie zagrożone zanieczyszczeniami. Uzyskane wyniki badań wskazują na wpływ czynnika antropogenicznego na jakość wód.

Przy ocenie jakości wód wskaźnikiem determinującym klasę czystości okazał się odczyn. Występująca okresowo niska wartość pH przy jednoczesnej wysokiej konduktancji wskazuje, że zasolenie ma związek z takimi czynnikami jak topografia i użytkowanie zlewni. Dla badanego zbiornika dominującą formą użytkowania stanowią tereny zurbanizowane. Także koncentracje chlorofilu „a” są przejawem zaburzeń, jakie pojawiają się w wodach zbiornika Zelków. W efekcie ich eutrofizacji przy ocenie makroskopowej wielokrotnie zaobserwowano zjawisko „zakwitania wód” występujące od początku lata do późnej jesieni.

Użytkowanie terenu zlewni jest jednym z kluczowych czynników kształtujących jakość wód. Bezodpływowe, nieduże zbiorniki wodne zlokalizowane na zabudowanych terenach mogą być zanieczyszczone, zwłaszcza pod względem stężeń fosforanów czy azotu amonowego, a także wskaźników zasolenia.

PIŚMIENICTWO

- Acosta J.A., Faz A., Martínez S., Zornoza R., Carmona D.M., Kabas S., 2011. Multivariate statistical and GIS-based approach to evaluate heavy metals behavior in mine sites for future reclamation. *J. Geochem. Explor.* 109, 8–17.
- Bedla D., Kuczera M., 2007. Funkcje oczek wodnych w kształtowaniu różnorodności biologicznej środowiska przyrodniczego. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 444, Sesja Naukowa 93, 31–38.
- Bedla D., Misztal A., 2014. Zmienność chemizmu wód małych zbiorników wodnych o zróżnicowanej strukturze użytkowania terenów przyległych. *Środkowo-Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska. Roczn. Ochr. Środ.* 16, 421–439.
- Dojlido J., 1995. *Chemia wód powierzchniowych*. Wyd. Środowisko i Ekonomia Białystok, ss. 388.
- Drwal J., Lange W., 1985. Niektóre limnologiczne odrębności oczek. *Ogól. Konf. Kom. Hydr. PTG Gdańsk. Red. J. Drwal. Zesz. Nauk. UG, Geografia* 14, 69–84.
- Falniowski A., 2003. *Metody numeryczne w taksonomii*. Wydawnictwo UJ Kraków, ss. 233.
- Fiedler M., Szafranski Cz., Bykowski J., 2000. Możliwość zwiększania retencji oczek wodnych w zdrenowanej mikrozelewni rolniczej. *Inżyn. Ekol.* 1, 120–128.
- Húska D., Krupová K., Halaj P., Mandalová K., 2013. Ocena wody powierzchniowej w zlewni Žitava w kontekście oddziaływania antropogenicznego. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus* 12(3), 41–51.
- Jeppesen E., Jensen J.P., Søndergaard M., 2003. Role of sediment and internal loading of phosphorus in shallow lakes. *Hydrobiologia* 506–509(1–3), 135–145.
- Koc J., 2010. *Ochrona zasobów i jakości wody w krajobrazie wiejskim. Współczesne problemy kształtowania i ochrony środowiska. PTIE Olsztyn*, t. 1, 253–272.
- Kornaś M., Grześkowiak A., 2011. Wpływ użytkowania zlewni na kształtowanie jakości wody w zbiornikach wodnych zlewni rzeki Drwa. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 11, 1(33), 125–137.
- Kosturkiewicz A., Fiedler M., 1996. Retencja odpływów drenarskich w bilansie wodnym śródpolnego oczka wodnego i jakość retencjonowanych wód. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Konferencje* 11, 3–89.

- Król K., Gawroński K., Gawrońska G., 2013. Zastosowanie aplikacji multimedialnych w zarządzaniu gminną ewidencją zabytków. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 4(1), 31–43.
- Kubiak J., Tórz A., 2005. Eutrofizacja. Podstawowe problemy ochrony wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim. *Słupskie Prace Biol.* 2, 17–36.
- Lipski C., Kostuch R., Ryczek M., 2005. Charakterystyka hydrologiczna górnej części zlewni Soły na tle warunków fizjograficznych, klimatu i użytkowania. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 2, 75–82.
- Łabędź A., 2011. Program usuwania wyrobów zawierających azbest z terenu Gminy Zabierzów na lata 2011–2032. Gmina Zabierzów, s. 10.
- PN-86/C-05560/02. Badania zawartości chlorofilu w wodach powierzchniowych: oznaczanie chlorofilu a w glonach planktonowych metodą spektrofotometryczną monochromatyczną z poprawką na feopigmenty a. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości Warszawa.
- Pulikowski K., Czyżyk F., Pawęska K., Strzelczyk M., 2011. Sezonowe zmiany wielkości ładunku azotu odpływającego z mikrozewni użytkowanych rolniczo. *Infrastr. Ekol. Ter. Wiej.* 10, 161–171.
- RDW 2000. Ramowa Dyrektywa Wodna 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. *Dz.U.* z 2004 r. Nr 32, poz. 284.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2009 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych. *Dz.U.* z 2009 r. Nr 81, poz. 685.
- 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.* z 2011 r. Nr 257, poz. 1545.
- StatSoft, 2006. Internetowy Podręcznik Statystyki PL. Kraków [a] <http://www.statsoft.pl/text-book/stathome.html> [dostęp: 01.09.2014].
- Zykubek A., 2005. Obciążenie fosforem jezior Polesia Lubelskiego. [W:] B. Bis, J. Bocian (red.). *ECOSTATUS. I Ogólnopol. Konf. Nauk. „Wdrażanie Ramowej Dyrektywy Wodnej. Ocena stanu ekologicznego wód w Polsce”*, Łódź, 7–9 grudnia 2005 r. Uniwersytet Łódzki – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska – Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne Łódź, 66–67.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 10.12.2014