

**Katarzyna ROZPONDEK, Rafał ROZPONDEK**

Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska  
ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa  
e-mail: krozpondek.pcz@gmail.com, r.rozpondek@is.pcz.pl

## Zastosowanie modelowania przestrzennego do analizy zawartości substancji biogennych w osadach dennych zbiornika wodnego Dzierżno Duże

### Spatial Modeling in Analysis of Biogenic Substances in the Bottom Sediments of Dzierżno Duże Water Reservoir

The specific of water management in the urbanized areas (regulation of watercourses, discharges of municipal and industrial effluents etc.) have resulted in the transformation of the natural drainage system of the basin of Klodnica, in which Dzierżno Duże water reservoir is located. The main goal of this study was to designate the content of total phosphorus and total nitrogen, and relations between these elements and organic matter, level of depth, aluminum and iron in the bottom sediments of the Dzierżno Duże water reservoir. Bottom sediments samplings consisted of grid measurement network planning, on which bottom sediments samples were collected. The collected samples were analyzed in laboratory in terms of content of chosen elements. Values of these elements are in range: total phosphorus 0.08÷6.02 g/kg, total nitrogen 0.15÷9.03 g/kg, organic matter 0.20÷50.90% of solid content, aluminum 0.48÷39.32 g/kg and iron 0.82÷25.42 g/kg. To improve quality of performed analysis, by using Geographic Information System the spatial distributions (the Inverse Distance Method was used) of studied elements were generated. Generated spatial distributions enabled to determine sites with highest and lowest values. Bottom sediments of Dzierżno Duże water reservoir have greater values of total phosphorus, total nitrogen and organic matter in central regions than in coastal zone. The study also included calculation of correlation between: organic matter and total nitrogen ( $R^2 = 0.6$ ), total nitrogen and Fe ( $R^2 = 0.44$ ), total nitrogen and Al ( $R^2 = 0.5$ ), organic matter and Fe ( $R^2 = 0.39$ ), organic matter and Al ( $R^2 = 0.55$ ), total phosphorus and Fe ( $R^2 = 0.57$ ), total phosphorus and Al ( $R^2 = 0.56$ ). The presented pilot studies may provide a basis for identifying harmful human activities and planning methods of counters measures. Dzierżno Duże water reservoir, among other functions, is a spot (mainly for local residents), therefore it should be monitored constantly.

**Keywords:** bottom sediments, spatial distribution, biogenic substances

## Wprowadzenie

Głównymi pierwiastkami biogennymi, które w znacznej mierze przyczyniają się do zwiększenia żyzności zbiorników wodnych i szybkiego postępu eutrofizacji, są azot i fosfor. Wspomniane substancje biogenne stanowią podstawę prawidłowego egzystowania flory i fauny, jednak ich nadmierna ilość w środowisku wodnym

może powodować również szkody w postaci znacznego rozwoju glonów i roślinności wodnej. Azot i fosfor przedostają się do wód powierzchniowych głównie ze źródeł punktowych (np. zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych) oraz ze źródeł obszarowych (np. spływy powierzchniowe z nawożonych pól uprawnych, opady atmosferyczne) [1-3]. W Polsce przeważająca ilość związków azotu i fosforu migrujących do wód powierzchniowych i gruntowych pochodzi z rolnictwa. Szacuje się, że około 50÷60% azotu i fosforu dopływającego do Morza Bałtyckiego pochodzi z rolniczych źródeł obszarowych [4].

Substancje biogenne (azot, fosfor) po przedostaniu się do zbiorników wodnych kumulowane są w głównej mierze w osadach dennych, a nie toni wodnej. Osady denne posiadają wysoką zdolność magazynowania biogenów dostających się do zbiornika ze zlewni, jak również znajdujących się już w toni wodnej. Tylko w 10 cm warstwie osadów może znajdować się ponad 90% fosforu zawartego w zbiorniku. W przeważającej części przypadków w sprzyjających warunkach substancje biogenne mogą ponownie zostać uwolnione do toni, stanowiąc potencjalne źródło zagrożenia dla całego ekosystemu [5-7].

Związki organiczne i nieorganiczne formy fosforu ulegają w osadach dennych przekształceniu w ortofosforany, a związki azotu w jon amonowy, azotanowy(III) i azotanowy(V). Ich wymiana z wodą zbiornika może zachodzić na drodze chemicznej lub mikrobiologicznej. W osadach istnieje cienka warstwa (od kilku milimetrów do kilku centymetrów), w której dominują procesy beztlenowe z udziałem bakterii. Rozkład materii organicznej przez bakterie jest zwykle podstawowym mechanizmem zasilania wewnętrznego zbiornika w substancje pokarmowe. Po przekroczeniu dopuszczalnego dla określonego zbiornika ładunku nutrientów uruchamiany jest tzw. proces zasilania albo importu wewnętrznego, polegający na uwalnianiu nutrientów, zwłaszcza fosforanów zgromadzonych w osadach dennych [3, 5]. Przemiany fosforu w środowisku wodnym zależą od wielu czynników, między innymi takich jak: pH, potencjał redoks, zawartość Fe, Al, Ca [8]. Najważniejszymi procesami w retencji fosforu w osadach dennych są sorpcja i wiązanie tego pierwiastka przez wodorotlenki żelaza, przyłączanie przez węglany wapnia i autogeniczne formowanie minerałów. Zasilenie wód biogenami zawartymi w osadach dennych odgrywa najistotniejszą rolę w czasie stagnacji letniej, głównie za sprawą bakterii oraz uwalniania w warunkach beztlenowych do roztworu połączeń Fe-P oraz Al-P [3, 9].

Zróznicowanie akumulacji substancji biogenych w osadach dennych zależy od warunków środowiskowych, morfologii i hydrologii zbiornika (przepływ, wahania i stały poziom wody). Jednak największe ilości substancji biogenych kumulowane są w osadach dennych w najgłębszych częściach zbiorników wodnych, w strefach stagnacji wody, terenach przyległych do gruntów rolnych oraz miejsc, gdzie drobnoziarniste frakcje przeważają w składzie deponowanego materiału [8].

Celem badań było określenie zawartości fosforu i azotu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże wraz ze zdefiniowaniem ich przestrzennego rozkładu oraz określenie zależności między tymi elementami a substancją organiczną,

glinem i żelazem. Zastosowana metodyka w pracy została wykorzystana w prowadzonych wcześniej badaniach zbiornika Poraj [3].

## 1. Metodyka i obszar badań

Pobór próbek osadów dennych zbiornika Dzierżno Duże przeprowadzono we wrześniu 2017 roku. Zlewnia analizowanego zbiornika, stanowiącego część zlewni Kłodnicy (między 32,2 km a 38,1 km biegu Kłodnicy [10]) o powierzchni wynoszącej blisko 530 km<sup>2</sup>, prawie w całości znajduje się na obszarze Wyżyny Katowickiej [10, 11]. Pod względem administracyjnym zbiornik Dzierżno Duże znajduje się w zachodniej części województwa śląskiego i wchodzi w skład następujących jednostek administracyjnych: miasta Gliwice, miasta Pyskowice, gminy Rudziniec oraz gminy Zabrosławice. Powierzchnia zbiornika to blisko 615 ha - jest to jeden z większych zbiorników na terenie Polski. Od strony południowej i wschodniej misa zbiornika ma charakter naturalny, a od zachodu ogranicza ją zapora ziemna, od północy wał. Zbiornik zasilany jest w głównej mierze mocno zanieczyszczonymi wodami Kłodnicy [10].

Specyfika gospodarki wodnej prowadzonej na obszarze uprzemysłowionym i zurbanizowanym (regulacja cieków, przerzuty wód i wykorzystanie wód obcych pochodzących spoza terenu zlewni, zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych, wprowadzenie do rzek wód dołowych kopalń, budowa i powstawanie licznych zbiorników wodnych) oraz w mniejszym stopniu zmiany klimatyczne spowodowały przekształcenia w naturalnym reżimie odpływu cieków zlewni Kłodnicy [10, 12-14]. Ponadto proces antropogenizacji stosunków wodnych w zlewni Kłodnicy obrazują zmiany jakościowe wody [10, 15, 16], które wyrażają się przede wszystkim transformacją struktury chemicznej wody oraz związaną z tym zmianą jej walorów użytkowych [17]. Obecnie w konsekwencji wielkoobszarowej emisji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych cieki omawianego obszaru są klasyfikowane jako nieodpowiadające normom, ponieważ charakteryzują się niedostatecznym natlenieniem, wysoką zawartością substancji biogennych, obecnością znacznych ilości metali ciężkich i zanieczyszczeń bakteryjnych [16, 18].

Przy wykorzystaniu oprogramowania ArcGIS opracowano sieć punktów pomiarowych w postaci regularnej siatki kwadratów składającej się z 57 punktów pomiarowych. Kolejno wykorzystując system GPS, odtworzono zaplanowaną sieć i dokonano poboru próbek osadów dennych. Ze względu na warunki terenowe pobór materiału w punktach 19, 36, 55 i 57 nie był możliwy. Próbkę osadów dennych zostały pozyskane w 53 punktach pomiarowych z głębokości od 0,3 do 16,5 m poniżej zwierciadła wody. Materiał do badań pobrano, wykorzystując specjalistyczny chwytacz osadów dennych typu Van Veen firmy KC Denmark [3].

Pobrane próbki osadów dennych poddano suszeniu w warunkach powietrzno suchych, po czym przesiano wstępnie przez sito o średnicy oczek 2 mm. Kolejno wysuszono je w suszarce w temperaturze 105°C do stałej masy i zmielono w młynku wibracyjnym do frakcji osadów o średnicy cząstek < 0,2 mm. Z każdego punktu

pomiarowego przygotowano do analiz po 3 próbki. Próbkę osadów dennych zostały przebadane w celu oznaczenia zawartości fosforu ogólnego i azotu ogólnego, żelaza i glinu oraz substancji organicznej. Do oznaczenia zawartości fosforu ogólnego zastosowano mineralizację osadów oraz metodę spektrofotometryczną z molibdenianem amonu zgodnie z normą EN ISO 6878: 2004. Mineralizację przeprowadzono w temperaturze 180°C w czasie 30 minut przy zastosowaniu wysokociśnieniowego mineralizatora mikrofalowego niemieckiej firmy Berghof. Zawartość azotu ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla, stosując destylację zgodnie z Polską Normą PN-ISO11261:2002 oraz mineralizację w temperaturze 350°C ze stężonym kwasem siarkowym. Do oznaczenia zawartości substancji organicznych wykorzystano metodę wagową według normy PN-ISO 11465:1999. W osadach dennych oznaczono również całkowitą zawartość żelaza (Fe) i glinu (Al). Do ich ekstrakcji zastosowano wodę królewską (mieszanka stężonego kwasu solnego i azotowego w stosunku objętościowym 3:1).

Korzystając z programu Statistica, przeprowadzono analizę statystyczną wyników. Obejmowała ona podstawowe charakterystyki statystyczne (tab. 1) - średnią arytmetyczną, zakres zmienności (minimum, maksimum), kurtozę oraz współczynnik asymetrii (skośność). Za pomocą programu ArcGIS wyznaczono również współczynnik determinacji ( $R^2$ ) pomiędzy wyznaczoną zawartością poszczególnych elementów w osadach dennych [3].

Mapy przedstawiające rozkład przestrzenny zawartości fosforu ogólnego (rys. 2), azotu Kjeldahla (rys. 3), glinu (rys. 4), żelaza (rys. 5), procentowego udziału materii organicznej (rys. 6) oraz głębokości (rys. 7) wyinterpolowano, wykorzystując metodę wagowanej odwrotnej odległości (inverse distance weighting) [19, 20]. Analizy zostały przeprowadzone w programie ArcGIS.

## 2. Wyniki i ich omówienie

Osady denne badanego zbiornika charakteryzowały się dość wysoką zawartością fosforu ogólnego. Wahala się ona w zakresie od 0,08 do 6,02 g/kg (tab. 1). Histogram zawartości P (rys. 1) pokazuje, że jego zawartość w większości próbek mieściła się w przedziale wartości 2,46÷3,05 g/kg. Stosunkowo niska wartość współczynnika kurtozy oraz zerowy współczynnik asymetrii może wskazywać na występowanie rozkładu zbliżonego do normalnego. Średnia zawartość fosforu ogólnego wyniosła 2,39 g/kg - jest to znacznie wyższa wartość w porównaniu do innych zbiorników (np. zbiornik Chańcza [21] czy zbiornik Poraj [3]).

W zależności od miejsca poboru próbek wartości całkowitej zawartości azotu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże były różne. Zakres wartości wahał się od 0,15 do 9,03 g/kg (tab. 1). Analizując histogram, stwierdzono, że większość próbek przedstawia zawartość azotu w przedziale 6,37÷8,14 g/kg (rys. 1). Stwierdzono, że rozkład całkowitej zawartości azotu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże cechuje się lewostronną asymetrią (skośność = -0,8) (tab. 2).

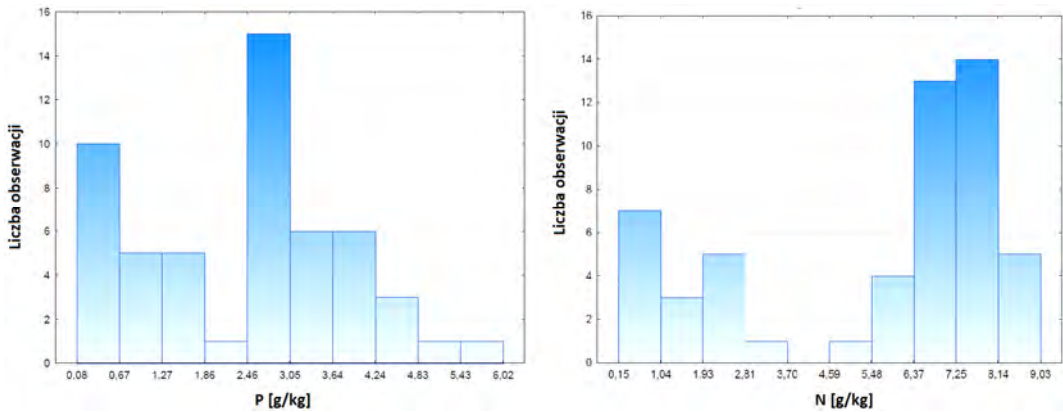
Zarówno rozpiętość wartości, jak i wartość średnia cechują się wysokimi wartościami w porównaniu do innych zbiorników [3, 21].

Rozkłady wartości zarówno fosforu, jak i azotu odbiegają od najczęściej spotykanej charakterystyki badań środowiskowych (prawostronna asymetria) [3, 8, 22].

Tabela 1. Wyniki analiz statystycznych dla zawartości fosforu ogólnego, azotu Kjeldahla, glinu, żelaza oraz materii organicznej w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Table 1. Statistics of total phosphorus, Kjeldahl nitrogen, Al, Fe and OM contents in sediments of Dzierżno Duże Reservoir

Parametr	P g/kg	N g/kg	Al g/kg	Fe g/kg	Materia organiczna %
Średnia	2,39	5,40	14,91	12,13	24,03
Odchylenie standardowe	1,47	2,81	9,12	6,54	16,15
Minimum	0,08	0,15	0,48	0,82	0,20
Maximum	6,02	9,03	39,32	25,42	50,90
Mediana	2,73	6,86	17,95	13,60	29,10
Kurtoza	-0,79	-0,97	-0,83	-1,08	-1,43
Skośność	0,04	-0,80	-0,08	-0,18	-0,26



Rys. 1. Histogram wykonany dla zawartości fosforu oraz azotu Kjeldahla w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 1. Histogram of total phosphorus and Kjeldahl nitrogen in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir

Zawartość glinu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże wahała się w granicach 0,48÷39,32 g/kg, natomiast żelaza w granicach 0,82÷25,42 g/kg. Zarówno współczynnik determinacji, jak i rozkłady przestrzenne (rys. 4 i 5) wskazują na silną relację między zawartościami tych dwóch elementów. Ich wysokie stężenia występują w części centralnej, najniższe stężenia zaobserwowano głównie w strefie przybrzeżnej. Glin oraz żelazo mogą wpływać na uwalnianie fosforu z osadów

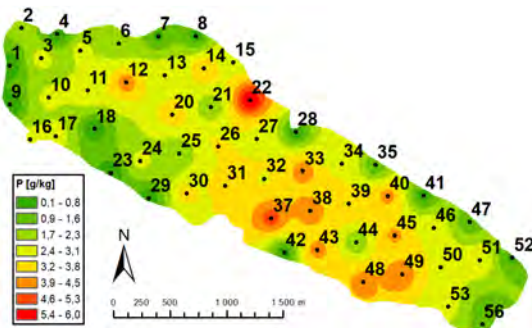
dennych, co powoduje akumulację fosforu w osadach dennych lub jego uwalnianie do wody [23].

Tabela 2. Współczynnik determinacji między głębokością zbiornika, zawartościami fosforu ogólnego, azotu Kjeldahla, materii organicznej, glinu oraz żelaza w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Table 2. Correlation coefficient between total phosphorus, total nitrogen, Al, Fe, reservoir depth and SOM contents in sediments of Dzierżno Duże Reservoir

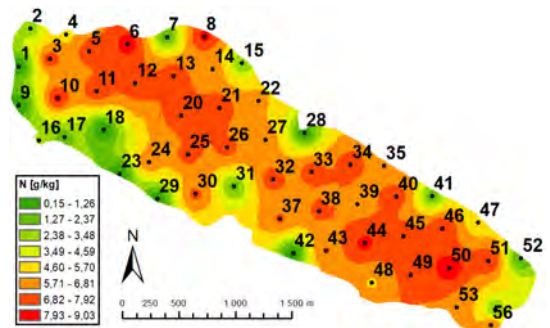
	N	Materia organiczna	Al	Fe	Głębokość
Materia organiczna	0,60				
Al	0,50	0,55			
Fe	0,44	0,39	0,75		
H	0,33	0,25	0,45	0,36	
P	0,34	0,44	0,56	0,57	0,29

Obliczono współczynniki determinacji między badanymi parametrami osadów dennych (tab. 2). Uzyskane wartości wskazują na istotną relację między zawartością azotu a zawartością materii organicznej oraz silną relację między zawartością glinu i żelaza. Wykazano także zależności między zawartością glinu i żelaza a fosforem i azotem. Dla pozostałych czynników nie stwierdzono istotnych zależności. Uzyskane wartości współczynnika determinacji są znacznie niższe w porównaniu do badań dotyczących zbiornika Poraj [3].



Rys. 2. Rozkład przestrzenny zawartości fosforu ogólnego w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 2. Spatial distribution of total phosphorus in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir

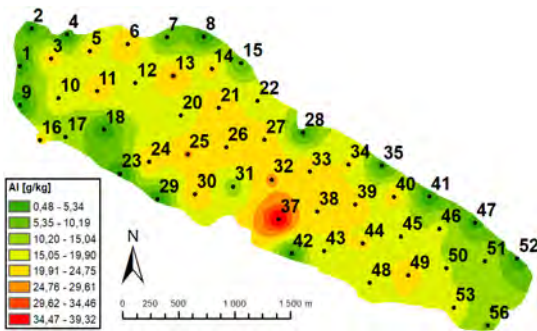


Rys. 3. Rozkład przestrzenny zawartości azotu Kjeldahla w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 3. Spatial distribution of total nitrogen in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir

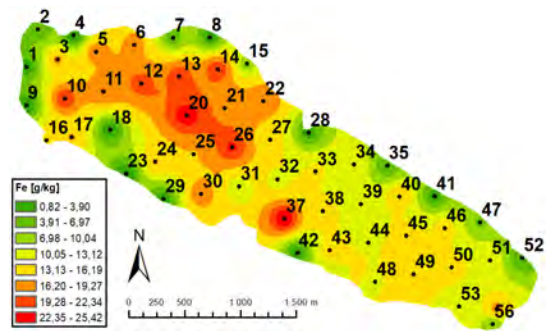
Rozkład fosforu ogólnego i azotu całkowitego uzależniony był również od rozkładu przestrzennego Al i Fe (rys. 2-5), czyli metali, które posiadają zdolności do wiązania fosforu. Potwierdzeniem tego stwierdzenia jest zauważalna korelacja

statystyczna między tymi elementami (tab. 2). Podobną zależność zaobserwowano również w przypadku azotu całkowitego, gdzie współczynnik determinacji ( $R^2$ ) dla azotu i glinu wynosił 0,50, zaś dla fosforu ogólnego i żelaza wynosił 0,57 (tab. 2). Zwiększona zawartość fosforu ogólnego i azotu całkowitego w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże wskazywać może na to, że badany zbiornik, jak też obszar jego zlewni są pod wpływem szkodliwych działań antropogenicznych. Najmniejsze stężenia zarówno azotu, jak i fosforu występują w strefie przybrzeżnej. Najwyższe stężenia fosforu zaobserwowano w południowej części zbiornika, natomiast rozkład azotu całkowitego jest bardziej równomierny.



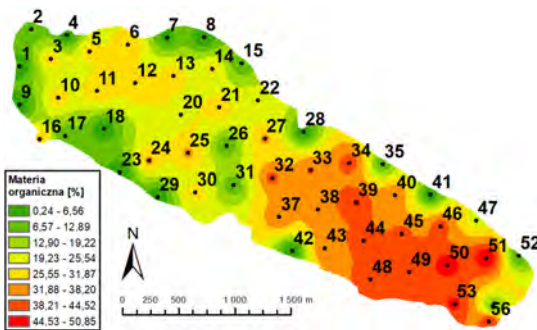
Rys. 4. Rozkład przestrzenny zawartości glinu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 4. Spatial distribution of aluminium in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir



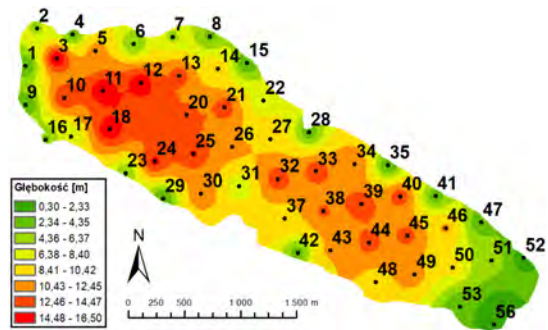
Rys. 5. Rozkład przestrzenny zawartości żelaza w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 5. Spatial distribution of iron in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir



Rys. 6. Rozkład przestrzenny procentowego udziału materii organicznej w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 6. Spatial distribution of soil organic matter in bottom sediments of Dzierżno Duże Reservoir



Rys. 7. Rozkład przestrzenny głębokości zbiornika Dzierżno Duże

Fig. 7. Spatial distribution of depth of Dzierżno Duże Reservoir

Najprawdopodobniej wysokie zawartości fosforu ogólnego, azotu całkowitego, materii organicznej, żelaza oraz glinu spowodowane są splywem zanieczyszczeń

do zlewni Kłodnicy (zrzuty ścieków komunalnych i przemysłowych, wprowadzenie do rzek wód spoza obszaru zlewni i wprowadzenie do rzeki wód dołowych kopalń, a także środków ochrony roślin i nawozów) [10, 24, 25]. Obecnie zbiornik Dzierżno Duże pełni głównie funkcję rekreacyjną - występujące w nim zanieczyszczenia mogą bezpośrednio wpływać na zdrowie ludzi, dlatego powinien on być stale monitorowany.

## Wnioski

W konsekwencji wielkoobszarowej emisji zanieczyszczeń (głównie antropogenicznych) zbiornik Dzierżno Duże charakteryzuje się wysoką zawartością fosforu ogólnego, azotu całkowitego, materii organicznej, żelaza oraz glinu. Jest on narażony na stały dopływ substancji biogenych oraz zanieczyszczających.

Uzyskane wyniki i ich analiza pozwoliły na przedstawienie następujących wniosków:

1. Koncentracja fosforu i azotu w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże cechuje się zróżnicowanym rozkładem przestrzennym. Najbardziej zanieczyszczona jest część centralna oraz południowa. Natomiast strefa przybrzeżna charakteryzuje się najniższymi zawartościami badanych elementów.
2. Przedstawione pilotażowe badania mogą stanowić pełną informację do zidentyfikowania szkodliwych działań człowieka i określenia kierunków ich zapobiegania oraz do ustalenia odpowiednich zasad zarządzania wodami.
3. Wysoka zawartość glinu i żelaza sprzyja gromadzeniu się substancji biogenych w osadach dennych badanego zbiornika. Świadczą o tym wartości współczynników determinacji dla poszczególnych elementów (na poziomie 0,5÷0,6).
4. Osady denne zbiornika Dzierżno Duże mają głównie charakter organiczny.
5. Uzyskane, za pomocą systemu GIS, rozkłady przestrzenne azotu i fosforu są niezwykle pomocne przy ocenie obecnego poziomu koncentracji substancji biogenych w osadach dennych zbiornika Dzierżno Duże.

## Podziękowania

*Badania finansowane były z wydziałowego grantu BS/MN-401-301/16 Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.*

## Literatura

- [1] Gałczyński Ł., Eutrofizacja wód - problem cywilizacji, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 2008, 12, 34-37.
- [2] Bartoszek L., Czech D., Podatność na degradację zbiornika zaporowego Solina, Czasopismo Inżynierii Łądowej, Środowiska i Architektury 2014, 31(61), 35-53.
- [3] Rozpondek K., Rozpondek R., Pachura P., Characteristics of spatial distribution of phosphorus and nitrogen in the bottom sediments of the water reservoir Poraj, Journal of Ecological Engineering 2017, 18(4), 178-184.



- [4] Kiryluk A., Rauba M., Wpływ rolnictwa na stężenie fosforu ogólnego w wodach powierzchniowych rzeki Śliny, *Inżynieria Ekologiczna* 2011, 26, 122-132.
- [5] Dąbrowska J., Lejcuś K., Charakterystyka osadów dennych zbiornika Dobromierz, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 2012, 3(6), 89-98.
- [6] Karwacka A., Niedzielski P., Staniszewski R., Ocena stanu osadów dennych wybranych jezior powiatu poznańskiego, *Rocznik Ochrona Środowiska* 2015, 17, 1684-1698.
- [7] Rozpondek R., Wancisiewicz K., Analiza rozkładu zanieczyszczeń w osadach dennych z zastosowaniem GIS w przybrzeżnej strefie zbiornika wodnego Ostrowy na rzece Biała Oksza, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 2016, 19(1), 37-49.
- [8] Smal H., Ligęza S., Baran S., Wójcikowska-Kapusta A., Obroślak R., Nitrogen and phosphorus in bottom sediments of two small dam reservoirs, *Polish Journal of Environmental Studies* 2013, 22(5), 1479-1489.
- [9] Kubiak J., Tórz A., Eutrofizacja. Podstawowe problemy ochrony wód jeziornych na Pomorzu Zachodnim, *Słupskie Prace Biologiczne* 2005, 2, 17-36.
- [10] Rzętała M., Bilans wodny oraz dynamika zmian wybranych zanieczyszczeń zbiornika Dzierżno Duże w warunkach silnej antropopresji, *Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice* 2005.
- [11] Kondracki J., *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa 1978.
- [12] Czaja S., Jankowski A.T., Zastosowanie modelu wahań w czasie do oceny antropogenicznych zmian odpływu rzek województwa katowickiego w dwudziestolecie 1961-1980, *Geographia Studia at Dissertationes*, 1990, T. 13, Red. J. Trembaczowski, Wydawnictwo UŚ, Katowice, 7-23.
- [13] Czaja S., Jankowski A.T., Udział wód kopalnianych w odpływie rzek województwa katowickiego w latach 1985-1987, [w:] *Przeobrażenia stosunków wodnych na obszarach silnej antropopresji*, red. A.T. Jankowski, *Materiały Konferencji Hydrograficznej*, Sosnowiec 1991, 145-156.
- [14] Absalon D., Kanok J., Leśniok M., Charakterystyka wybranych elementów meteorologicznych i hydrologicznych w wieloletniu 1961-1990, [w:] *Tendencje zmian obiegu wody w zlewni górnej Odry*, WNoZ UŚ, Sosnowiec 1996, 22-58.
- [15] Rzętała M., Wpływ antropopresji na charakter wykorzystania hydrowęzła Dzierżno (wycieczka terenowa), [w:] *Z badań nad wpływem antropopresji na kształtowanie warunków hydrologicznych*, *Materiały konferencyjne*, SKNG UŚ, WNoZ UŚ, Sosnowiec 1996, 86-93.
- [16] *Atlas jakości powierzchniowych wód płynących na obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach w 1994 roku*, RZGW, Katowice 1995, 30.
- [17] Żmuda S., *Antropogeniczne przeobrażenia środowiska przyrodniczego konurbacji górnośląskiej*, Śląski Instytut Naukowy, Katowice 1973, 211.
- [18] *Ochrona środowiska 1994. Informacje i opracowania statystyczne*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 1994, 206.
- [19] Uygur V., Irvem A., Karanlık S., Mapping of total nitrogen, available phosphorous and potassium in Amik Plain, Turkey, *Environmental Earth Sciences* 2010, 59(5), 1129-1138.
- [20] Xu F.L., Tao S., Dawson R.W., Li B.G., A GIS-based method of lake eutrophication assessment, *Ecological Modelling* 2001, 144, 231-244.
- [21] Tarnawski M., Baran A., Jasiewicz C., Ocena właściwości fizyczno-chemicznych osadów dennych zbiornika Chańcza, *Proceedings of ECOpole 2012*, 6(1), 305-311.
- [22] Yang X., Post W.M., Phosphorus transformations as a function of pedogenesis: A synthesis of soil phosphorus data using Hedley fractionation method, *Biogeosciences* 2011, 8, 2907-2916.
- [23] Trojanowska A., Jezierski P., Phosphorus in sediments and pore waters of selected Polish dam reservoirs, *International Journal of Oceanography and Hydrobiology* 2011, 40(2), 72-85.
- [24] Gruca-Rokosz R., Koszelnik P., Tomaszek J., Ocena stanu troficznego trzech nizinnych zbiorników zaporowych Polski południowo-wschodniej, *Inżynieria Ekologiczna* 2011, 26, 196-205.
- [25] Jachniak E., Kozak J.L., Estimating the level of water eutrophication in Poraj dam reservoir based on selected methods, *Ecological Chemistry and Engineering* 2013, 20(7-8), 779-790.

Czestochowa University of Technology, Faculty of Infrastructure and Environment  
ul. J.H. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa  
e-mail: krozpondek.pcz@gmail.com, r.rozpondek@is.pcz.pl

## Streszczenie

Przeprowadzone badania miały na celu ocenę zawartości fosforu i azotu w osadach dennych zbiornika wodnego Dzierżno Duże wraz z opracowaniem ich przestrzennego rozkładu przy wykorzystaniu modelowania przestrzennego. Podjęto również próbę wyznaczenia możliwej relacji między wymienionymi elementami a zawartością substancji organicznej, żelaza i glinu w materiale badawczym. Próbki osadów dennych pobrano na podstawie regularnej siatki pomiarowej z 53 stanowisk usytuowanych w obszarze zbiornika wodnego Dzierżno Duże. W pozyskanych próbkach wykonano następujące oznaczenia, których wartości mieściły się w przedziałach: fosfor całkowity 0,08÷6,02 g/kg, azot całkowity 0,15÷9,03 g/kg, zawartość materii organicznej 0,20÷50,90% suchej masy osadu dennego, glin 0,48÷39,32 g/kg, żelazo 0,82÷25,42 g/kg. W pracy wykorzystano system GIS, który pozwolił na usytuowanie przestrzenne miejsc poboru próbek do badań laboratoryjnych. Wykorzystując tę informację, wygenerowano mapy przestrzennego rozkładu badanych elementów (zastosowano metodę interpolacji wagowanej odwrotnej odległości). Przedstawione pilotażowe badania mogą stanowić podstawę do zidentyfikowania szkodliwych działań człowieka i określenia kierunków ich zapobiegania oraz do ustalenia odpowiednich zasad zarządzania wodami.

**Słowa kluczowe:** osady denne, rozkład przestrzenny, substancje biogenne