

Zmiany misy jeziora Bobięcińskiego Wielkiego z wykorzystaniem narzędzi GIS

Changes of the Bobięcińskie Wielkie Lake basin using GIS tools

*Adam Piasecki**, *Paweł Krąż***

* Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
e-mail: piasecki@doktorant.umk.pl

** Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
e-mail: pawel.kraz@uj.edu.pl

Zarys treści: Narzędzia GIS dają możliwość rozwiązania problemów badawczych w wielu dziedzinach nauk. W pracy wykorzystano je do analizy zmian misy jeziora Bobięcińskiego Wielkiego (Pojezierze Bytowskie), na podstawie planów batymetrycznych z końca XIX w. i z lat 60. XX w. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono zmniejszenie powierzchni i objętości jeziora, a także istotne zmiany wybranych parametrów morfometrycznych niecki jeziornej. Wskazano przy tym na trudności w analizie i interpretacji uzyskanych wyników, wynikające z różnej metodyki badawczej zastosowanej przy sporządzaniu planów batymetrycznych. Jednocześnie podkreślono potrzebę tego typu analiz celem pogłównego rozpoznania problemu zmian parametrów morfometrycznych mis jeziornych. Niewątpliwą korzyścią zastosowanej metody jest możliwość porównywania różnowiekowej dokumentacji kartograficznej, co umożliwi modelowanie i wizualizację dalszych zmian parametrów misy jeziornej.

Słowa kluczowe: jeziora, parametry morfometryczne, system informacji geograficznej

Abstract: GIS tools provide an opportunity to solve a number of problems which originate in many fields of science. In this paper, they were applied to conduct an analysis of changes in the Lake Bobięcińskie Wielkie basin (the Bytowskie lake district) based on bathymetric plans from the turn of the 19th and 20th centuries, and the 1960s. The performed analysis has shown that not only the area, but also the volume of Lake Bobięcińskie Wielkie has diminished. What is more, significant changes of selected morphometric parameters and the basin itself have been observed. Furthermore, difficulties (resulting from the different research methodology adopted for bathymetric plans) which appear when it comes to the analysis and interpretation of results were highlighted. The need for such an analysis was emphasized even if only to identify the problem of changes of morphometric parameters of the lake basin. The unquestionable advantage of the method applied is a possibility to compare cartographic records varying in age, which enables the process of modeling and visualization of future variations in the lake basin.

Keywords: lake, morphometric parameters, geographical information system

Wstęp

Rozpoznanie morfometryczne mis jeziornych jest jednym z podstawowych zadań badawczych limnologii. Kształt i wielkość zbiornika wpływają w zasadniczy sposób na przebieg wielu zjawisk i procesów w jeziorach. Znajomość morfometrii jezior oraz dynamiki jej zmian jest niezwykle przydatna w rozwiązywaniu różnorodnych zagadnień limnologicznych. Dlatego też podstawowym źródłem informacji o jeziorach są plany batymetryczne. W przypadku natomiast jezior posiadających przynajmniej dwa plany batymetryczne, wykonane w znacznym odstępstwie czasu (co najmniej kilkadziesiąt lat), istnieje możliwość przeprowadzenia studiów porównawczych (Choiński i Ptak 2009; Ptak 2013).

Ewolucja jezior jest jednym z głównych tematów badań limnologicznych prowadzonych na całym świecie (Benson i Paillet 1989; Woodsworth i Advisor 1995; Lei i in. 1998; Peng i in. 2005; Smith i in. 2005), jak i również w Polsce (Marszelewski i in. 2011). W niewielu pracach odnoszących się do jezior polskich przeprowadzono jednak kompleksową analizę zmian parametrów morfometrycznych jezior (m.in. Borowiak 2002; Choiński 2003, Kunz i in. 2010).

Interesujące wyniki analizy wybranych parametrów morfometrycznych (objętości, powierzchni i głębokości maksymalnej) dla okresu około 100 lat uzyskali A. Choiński (2002), B. Wiśniewski i T. Wolski (2005), A. Choiński i M. Ptak

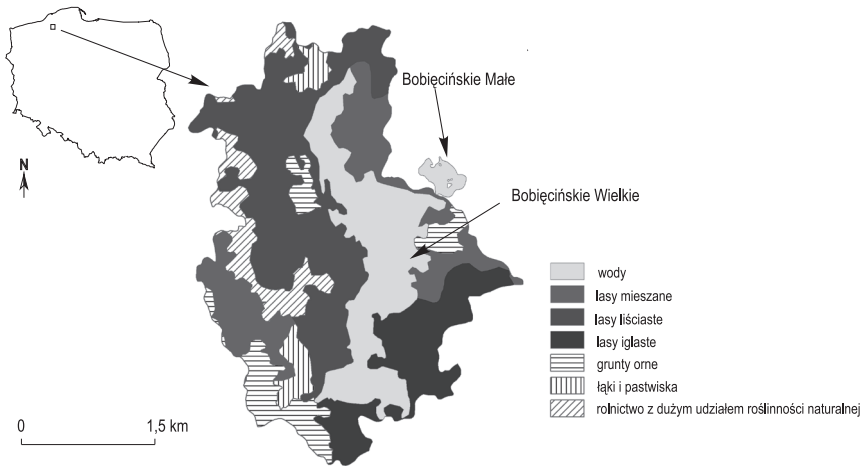
(2009), A. Choiński i in. (2014) oraz M. Ptak (2013a, b). Najczęściej jednak tematyka badawcza skupiała się jedynie na określaniu zmian powierzchni jezior, m.in. R. Galon (1954), K. Kalinowska (1961), P. Churski (1983), A. Kaniecki (1997), A. Choiński (1997), W. Marszelewski i A. Adamczyk (2004), A. Nowacka i M. Ptak (2007). W pracach wymienionych autorów nie uwzględniano zmian, jakie zaszły w geometrii mis jezior.

Celem artykułu jest analiza zmian parametrów morfometrycznych misy jeziora Bobięcińskiego Wielkiego (Pojezierze Bytowskie). Badanie przeprowadzono przy użyciu oprogramowania GIS na podstawie planów batymetrycznych pochodzących z końca XIX w. i z lat 60. XX w.

Obszar i obiekt badań

Jezioro Bobięcińskie Wielkie leży na skraju województwa zachodniopomorskiego i pomorskiego w mezoregionie fizycznogeograficznym Pojezierze Bytowskie (ryc. 1). Jezioro to uważa się za największe i najgłębsze jezioro lobeliowe w Polsce. Jest to jezioro oligotroficzne (jak większość jezior lobeliowych), posiadające wodę miękką o niskiej zawartości wapnia i odczynie kwaśnym. Jego woda jest dobrze natleniona i charakteryzuje się dużą przezroczystością (Lange i Maślanka 2004; WIOS 2005, 2013).

Badane jezioro przyjmuje kilka niewielkich dopływów, zlokalizowanych w części północnej. Odpływ z jeziora następuje niewielkim ciekim znajdującym się w południowej jego części oraz kanałem łączącym go z jeziorem Bobięcińskim Małym. Jezioro jest ubogie w roślinność wynurzoną i zanurzoną. Zagrożeniem dla dobrej jakości wód jeziora staje się w coraz większym stopniu wykorzystywanie go w celach rekreacyjnych (Załupka 1998). Powierzchnia zlewni całkowitej jeziora Bobięcińskie Wielkie wynosi 36,7 km², a zlewni bezpośredniej 25,7 km². Ponad 75% pokrycia terenu zlewni bezpośredniej stanowią lasy, a 23% to tereny rolnicze (w tym ponad 10% grunty orne) (ryc. 1). Znaczna powierzchnia leśna tworzy swego rodzaju naturalną osłonę dla badanego ekosystemu jeziornego. W obszarze zlewni bezpośredniej brak jest większych skupisk ludzkich mogących negatywnie oddziaływać na jakość wód w jeziorze, z wyjątkiem niewielkiej wsi Cybulin.



Ryc. 1. Położenie obszaru badań oraz formy pokrycia terenu wg. CLC 2006

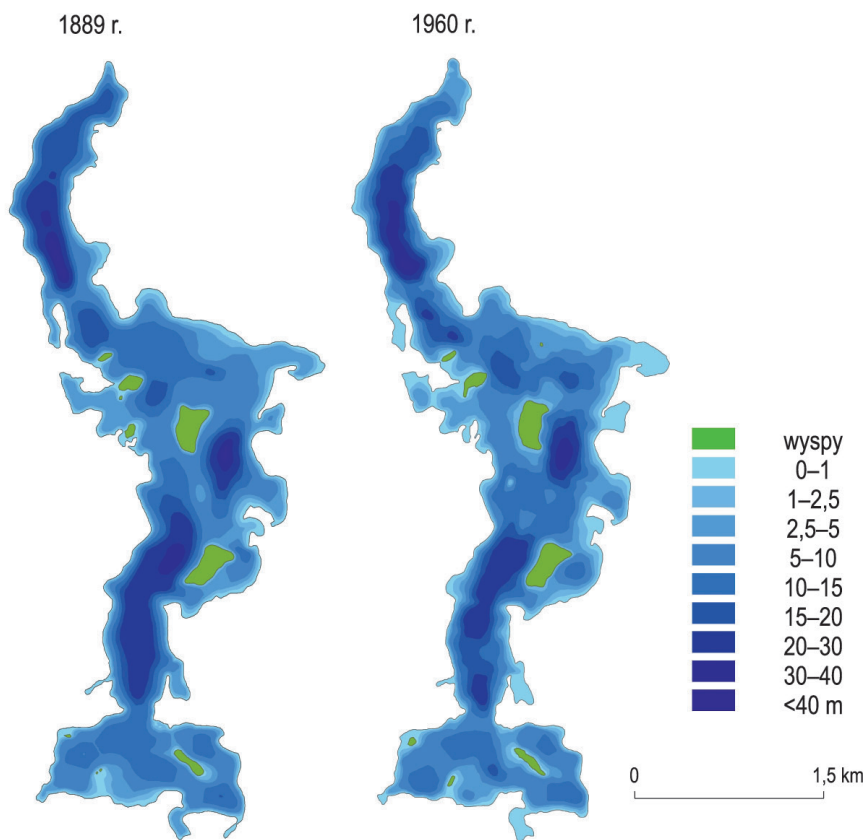
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych CLC 2006.

Fig. 1 Location of the research area and the type of land cover by CLC 2006

Source: own work based on data from the CLC 2006.

Metody badań

W celu analizy zmian parametrów morfometrycznych misy jeziornej stworzono dwa numeryczne modele terenu, wykorzystując w tym celu oprogramowanie Arcgis 9.3. Pierwszy numeryczny model powstał na podstawie planu batymetrycznego z końca XIX w., zamieszczonego na niemieckiej mapie geologicznej (geognostisch-agronomische). Do stworzenia drugiego numerycznego modelu wykorzystano plany batymetryczne wykonane w latach 60. XX w. przez Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie (IRŚ), rejestrując wspomniane plany batymetryczne względem linii brzegowej, ukazanej na mapie topograficznej w skali 1:10 000 (z początku lat 80. XX w.). Ze względu na to, że linia brzegowa na planie batymetrycznym IRŚ-u charakteryzuje się mniejszą szczegółowością, przyjęto jej przebieg z mapy topograficznej (w skali 1:10 000). Przy założeniu, że położenie izobat względem linii brzegowej na planie batymetrycznym jest odwzorowane prawidłowo, dokonano ich digitalizacji. Do obliczeń charakterystyk morfometrycznych



Ryc. 2. Batymetria jeziora Bobięcińskie Wielkie w roku 1889 i 1960

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 2. Bathymetry of Lake Bobięcińskie Wielkie in 1889 and 1960

Source: author's own work.

misy jeziora wykorzystano wspomniane numeryczne modele terenu, sporządzone dla obu badanych okresów.

Wyniki

Na rycinie 2 zestawiono plany batymetryczne jeziora Bobięcińskie Wielkie z lat 1889 i 1960. Zarys linii brzegowej uległ na nich nieznacznym zmianom. Widoczne są one w obrębie niewielkich zatok i półwyspów, zlokalizowanych głównie w południowej i środkowej części jeziora.

Rozmieszczenie poszczególnych głębokości w jeziorze na obu planach batymetrycznych jest zbliżone. Zaledwie w kilku miejscach występują dość znaczące różnice, które najczęściej wskazują na pewne wypłylenia. Najwyraźniej zaznaczyły się one w południowej i środkowej części jeziora.

Znaczące zmiany w planie batymetrycznym z lat 60. XX w. w stosunku do wcześniejszego opracowania nastąpiły w przypadku wysp. Dwie niewielkie wyspy, znajdujące się w południowej części jeziora, pod koniec XIX w. połączyły się w jedną większą wyspę. Podobna sytuacja wystąpiła w środkowo-zachodniej części jeziora, gdzie również połączyły się dwie wyspy. W tej samej części badanego akwenu w wyniku obniżenia poziomu wody jedna z wysp połączyła się z lądem, tworząc niewielki półwysep. Ponadto zaobserwowano pojawienie się niewielkiej wyspy w środkowo-wschodniej części jeziora.

Wyznaczone wartości parametrów morfometrycznych dla dwóch badanych okresów umożliwiły określenie ich zmian. Spadek rzędnej zwierciadła wody o 30 cm i naturalny proces zarastania jeziora spowodowały zmniejszenie jego powierzchni o 10 ha. Jak już wspomniano, zmniejszeniu uległa liczba wysp, przy jednoczesnym wzroście ich łącznej powierzchni o ponad 1 ha. Zasoby wodne jeziora zmniejszyły się o ponad 4,2 mln m³, jednak w odniesieniu do całkowitej objętości jeziora jest to spadek o niemal 8%. Długość i szerokość maksymalna oraz wskaźnik wydłużenia nie zmieniły się w sposób istotny. Skróceniu o ok. 0,5 km uległa za to długość linii brzegowej. Spowodowane było to głównie zanikiem kilku niewielkich zatok. Niestety niemożliwe było w pełni porównanie głębokości maksymalnej w obu okrasach. Wynikało to z faktu niezaznaczenia na planie pruskim punktu najgłębszego (głęбочka), a jedynie wykreślenia izobaty o wartości 40 m.

Znacznie obniżył się wskaźnik trwałości basenu jeziornego, wskazując na postępujący proces zaniku jeziora. Wskaźnik głębokości jeziora również zmniejszył swoją wartość. Może to świadczyć o nieco mniejszym wpływie czynników zewnętrznych (w tym głównie temperatury powietrza, nasłonecznienia, wiatru) na badane jezioro. Szczegółowe wyniki dotyczące wybranych parametrów morfometrycznych i batyelementów zawarto w tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane parametry morfometryczne jeziora Bobięcińskie Wielkie w roku 1889 i 1960

Table 1. Selected morphometric parameters of the Lake Bobięcińskie Wielkie in 1889 and 1960

Parametry/Morphogenic parameters	Jezioro Bobięcińskie Wielkie		Różnica/ Difference	Zmiana/ Change [%]
	1889 r. (wg pruskiego planu batym- trycznego)	1960 r. (wg IRŚ w Olsztynie)		
Rzędna zwierciadła wody	176,7	176,4	0,30	–
Powierzchnia w ha (P)	534,8	524,8	10,0	1,87
Liczba wysp	10	8	2,0	20,00
Powierzchnia wysp w ha	14,05	15,28	–1,23	–8,75
Objętość w tys. m ³ (V)	53 208	48 985	4222,8	7,94
Długość maksymalna w km (L_{max})	7,52	7,48	0,04	0,53
Szerokość maksymalna w km (W_{max})	1,51	1,49	0,02	1,32
Wydłużenie (λ)	4,98	5,02	–0,04	–0,80
Szerokość średnia w m (W_{mean})	711,17	701,60	9,57	1,35
Długość linii brzegowej – ogółem w km (L)	26,99	26,5	0,49	1,82
Rozwinięcie linii brzegowej (K)	3,29	3,26	0,03	0,88
Głębokość maksymalna w m (H_{max})	40*	48	–	–
Głębokość średnia w m (H_{mean})	9,95	9,33	0,62	6,18
Wskaźnik trwałości basenu jeziornego wg Kerekesa (T)	1971,4	1848,5	122,90	6,23
Wskaźnik odślonienia jeziora (W_o)	53,7	56,2	–2,47	–4,60

*nie określono punktu najgłębszego (głęбочka), w tabeli podano wartość najgłębszej izobaty.

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own study.

Dyskusja

Przeprowadzona analiza zmian misy jeziornej jeziora Bobięcińskiego Wielkiego wraz z określeniem wybranych parametrów morfometrycznych dała interesujące wyniki. Wykorzystanie w pracy narzędzi GIS umożliwiło precyzyjne określenie zmian i ich wizualizację.

Stwierdzono obniżenie poziomu wody w jeziorze Bobięcińskim Wielkim od końca XIX w. do początku lat 60. XX w. o 30 cm. Wymiernym tego efektem była zmiana powierzchni oraz parametrów niecki jeziornej (m.in. głębokości, długości i szerokości niecki). Analiza numerycznego modelu terenu dla strefy epilitoralu wraz z planami batymetrycznymi wykazała znaczne zmiany zarówno powierzchni, jak i pojemności. Uzyskane wyniki pozwoliły również dostrzec znaczące zmiany w długości linii brzegowej, szerokości średniej i liczbie oraz powierzchni wysp. Wymienione zmiany, w tym zwłaszcza wzrost powierzchni wysp, związane są z naturalnymi procesami wypłykania, jakie zachodzą z różną intensywnością w każdym jeziorze. Istotną kwestią był w tym przypadku także wspomniany spadek rzędnej zwierciadła wody, jak również proces zarastania jeziora. Należy zauważyć, że analizowane jezioro jest dość odporne na degradację (II kategoria podatności), głównie ze względu na wysoką jakość wód i dobre warunki naturalne (w 2004). Wskazano, że lasy otaczające jezioro i stanowiące dominującą część pokrycia terenu jego zlewni są swego rodzaju naturalną osłoną dla analizowanego ekosystemu jeziornego. Powoduje to, że opisane przekształcenia, jakie wystąpiły w jeziorze Bobięcińskim Wielkim, są mniejsze niż te zaobserwowane w innych jeziorach (Choiński i in. 2009; Ptak 2013).

Istotnym elementem przeprowadzonych badań okazała się wizualna analiza porównawcza planów batymetrycznych. Dzięki niej możliwe było określenie przestrzennych różnic pomiędzy oboma planami. Zaobserwowane rozbieżności wynikały zapewne głównie z zastosowania różnej techniki pomiarowej i sprzętu. Pruskie plany batymetryczne wykonywane były z łodzi w odcinkach mierzonych określoną ilością uderzeń wiosel (Schütze 1920). Pomiaru wykonano przez IRŚ prowadzone były zimą, z lodu, w siatce kwadratów, co 50 metrów (zagęszczanych w miejscach o większym spadku i w głębozłkach). Z tych względów wydaje się, że pomiary prowadzone przez IRŚ były bardziej dokładne, co przełożyło się na stworzone w ich wyniku plany.

Badanie oparto na wynikach analizy porównawczej różnowiekowej dokumentacji kartograficznej z wykorzystaniem programu ArcGis. Metoda ta niesie ze sobą pewne ograniczenia, o których wspomniano, a które wynikają głównie z różnej dokładności danych źródłowych. Wydaje się ona jednak pewną alternatywą dla paleolimnologicznych metod badawczych, na co wskazali A. Choiński i M. Ptak (2009). Niewątpliwie metoda ta powinna być uwzględniona na jednym z wstępnych etapów badawczych do szczegółowej analizy i planowanych pomiarów w terenie.

Podsumowanie

W pracy omówiono wyniki badań dotyczących zmian morfometrii jeziora Bobięcińskiego Wielkiego o znaczącej wielkości w skali jezior polskich. Przeprowadzona analiza planów batymetrycznych pochodzących z różnych okresów czasu dostarczyła istotnych informacji, dotyczących zmian zachodzących w obszarze dna jeziora. Stwierdzono zmniejszenie powierzchni jeziora i jego objętości oraz najważniejszych parametrów morfometrycznych. Przy porównywaniu tego typu planów należy mieć zawsze na uwadze fakt wykorzystania przy ich tworzeniu różnej techniki pomiarowej. Niemniej wydaje się, że tego typu analizy są potrzebne w celu choćby pogładowego rozpoznania problemu zmian parametrów morfometrycznych mis jeziornych. Zastosowanie narzędzi GIS ułatwia przeprowadzenie tego typu analiz, dając dodatkowo możliwość wizualizacji i modelowania późniejszych zmian misy jeziornej.

Literatura

- Benson L. V., Paillet F.L., 1989, *The use of total lake-surface area as an indicator of climatic change: examples from the Lahontan Basin*, Quaternary Research, 32 (3), 262–275.
- Borowiak D., 2002, *Changes in the morphometry of the basin of Lake Czerwony Staw Gąsienicowy Zachodni caused by derbis flow*, Limnological Review, 2, 39–44.
- Choiński A., 1997, *Zmiany ilości i powierzchni jezior w dorzeczu Parsęty od schyłku XIX wieku* [w:] A. Choiński (red.), *Wpływ antropopresji na jeziora*, Wyd. Homini, Poznań–Bydgoszcz, 18–22.

- Choiński A., 2003, *Changes in the bathymetry of Mały Staw i Wielki Staw in the Karkonosze*, (Giant) Mountains, *Limnological Review*, 3, 41–46.
- Choiński A., Ptak M., 2009, *Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance*, *Polish Journal of Environmental Studies*, 18 (3), 347–352.
- Choiński A., Ptak M., Strzelczak A., 2014, *Present-day evolution of coastal lakes based on the example of Jamno and Bukowo (the Southern Baltic coast)*, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43 (2), 178–184.
- Choiński A., 2002, *Przykłady współczesnego zaniku jezior w Polsce* [w:] T. Ciupa, E. Kupczyk, R. Suligowski (red.), *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*, Prace Instytutu Geografii AŚ w Kielcach, 7, Kielce.
- Churski Z., 1983, *Eutrophication and the disappearance of lakes in the Brodnica Lake District, Northern Poland as a result of human interference*, *Hydrobiologia*, 103, 165–169.
- Europejska Agencja Środowiska (EEA), CORINE Land Cover 2006, <http://www.eea.europa.eu> (dostęp: 1.12.2014).
- Galon R., 1954, *Wstępne wiadomości o opracowaniu dotyczącym zanikania jezior w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 26, 81–91.
- Kalinowska K., 1961, *Zanikanie jezior polodowcowych w Polsce*, *Przegląd Geograficzny*, 33 (3), 511–518.
- Kaniecki A., 1997, *Wpływ XIX wiecznych melioracji na zmiany poziomu wód* [w:] A. Choiński (red.), *Wpływ antropopresji na jeziora*, Wyd. Homini, Poznań–Bydgoszcz, 67–71.
- Kunz M., Skowron R., Skowroński S., 2010, *Morphometry changes of Lake Ostrowskie (the Gniezno Lakeland) on the basis on cartographic, remote sensing and geodetic surveying*, *Limnological Review*, 10, 77–85.
- Lange W., Maślanka W., 2004, *Współczesne przemiany wybranych jezior Pomorza*, *Prace Geograficzne*, 200, 209–235.
- Lei J., Hu D., Yang Y., Xu Y., 1998, *Hydrological regime change in Dongting Lake area during the last forty years*, *Hydrology*, 3, 13–20.
- Marszelewski W., Adamczyk A., 2004, *Changes in the area of the mazurian lakes in the light of the cartographic materials at scale 1: 25 000*, *Limnological Review*, 4, 167–176.
- Marszelewski W., Ptak M., Skowron R., 2011, *Antropogeniczne i naturalne uwarunkowania zaniku jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim*, *Roczniki Gleboznawcze*, 62 (2), 283–294.

- Nowacka A., Ptak M., 2007, *Zmiany powierzchni jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim w XX wieku*, *Badania Fizjograficzne Nad Polską Zachodnią, Seria A – Geografia Fizyczna*, 58, 149–157.
- Peng M., Li Z., Xie Y., 2005, *Monitoring the shrinking lakes in Wuhan Municipality from 1986 to 2002 (Conference Paper)*, *Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering*, 6045 II, art. no. 604530.
- Ptak M., 2013, *Lake evolution in the Żnin region in the years 1912–1960 (Central Poland)*, *Quaestiones Geographicae*, 32, 21–26.
- Ptak M., 2013, *Zmiany powierzchni i batymetrii wybranych jezior pojezierza pomorskiego*, *Prace Geograficzne, IGiGP UJ, Kraków*, 133, 61–76.
- Raport o stanie środowiska województwa pomorskiego w 2004 roku, 2005, Inspekcja Ochrony Środowiska, WIOŚ w Gdańsku, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Gdańsk.
- Raport o stanie środowiska województwa pomorskiego w 2012 roku, 2013, Inspekcja Ochrony Środowiska, WIOŚ w Gdańsku, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Gdańsk.
- Schütze H., 1920, *Die Posener Seen*, *Verlag von J. Engelhorn's Nachf*, Stuttgart.
- Smith L.C., Sheng Y., MacDonald G.M., Hinzman L.D., 2005, *Disappearing Arctic lakes*, *Science*, 308, 1429.
- Wiśniewski B., Wolski T., 2005, *Changes in Dąbie Lake bathymetry in the period 1962–1996*, *Limnological Review*, 5, 255–262.
- Woodsworth G., Advisor E.P., 1995, *Disappearing lakes –what is to be done? A case of the tonle sap, Cambodia*, *Proceedings of the Regional Dialogue on Biodiversity and Natural Resources Management in Mainland Southeast Asian Economies*, Kunming Institute of Botany, Yunnan, China, 21–24 February 1995, 99.
- Załupka A., 1998, *Jeziora lobeliowe położone na terenie województwa śląskiego*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Śląsk.