

Rajmund Skowron¹ • Artur Zieliński² • Tomasz Jaszczczyk³¹ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej² Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Instytut Geografii i Nauk o Środowisku³ University of Toronto, Faculty of Chemical and Physical Sciences, ON, CanadaE-mail: rskowron@umk.pl; artur.zielinski.kielce@gmail.com; tomasz.adrian.jaszczczyk@gmail.com

Zarastanie i zanikanie najmniejszych jezior na Niziu Polskim

Disappearance and overgrowth of the smallest lakes in Poland

Zarys treści

Praca jest kontynuacją badań autorów nad procesami zarastania oraz zmian powierzchni jezior położonych na obszarze Niziu Polskiego. Analizą objęto 590 jezior o powierzchni do 100 ha, dla których sporządzono dane dotyczące zarastania i zanikania, oparte o materiały przedstawione przez Instytut Rybactwa Śródlądowego (IRŚ) w Olsztynie za lata 1958–1968 oraz dane zawarte w Katalogu jezior Polski (Choiński 2006) i zbiorach Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej Kartograficznej (CODGiK), w postaci ortofotomap pochodzących z lat 2010–2012. Porównanie danych zawartych w wyżej wymienionych źródłach wskazuje na zmiany powierzchni oraz stopnia zarastania roślinnością wynurzoną w grupie badanych jezior. Celem pracy było określenie stopnia przeobrażeń akwenów, jakie zaszły w okresie ostatniego półwiecza. Rezultaty obliczeń wykazują, że powierzchnia 590 jezior zmniejszyła się aż o 6,3 km², czyli aż o 11,6%, natomiast współczynnik zarastania podwyższył się o 0,6%.

Słowa kluczowe

Jeziora, wskaźnik zarastania, współczynnik zarastania linii brzegowej Niz Polski.

Abstract

The study continues the authors' research on the processes of surface reduction and overgrowth in lakes located in the Polish Lowlands. The analysis encompassed 590 lakes with a surface area of up to 100 hectares. Data on the disappearance and overgrowth of these lakes were derived from materials provided by the Inland Fisheries Institute in Olsztyn for the years 1958–1968, as well as orthophotomaps from 2010–2012 obtained from the Central Center for Geodetic and Cartographic Documentation. The objective of this study was to compare the data from these two sources to assess changes in lake surface area and the degree of overgrowth by emergent vegetation among Poland's smallest lakes over the past 50 years. The results revealed that the total surface area of the 590 lakes decreased by 634.8 hectares, equivalent to 11.62%. Additionally, the overgrowth coefficient increased by 0.6%.

Keywords

Lakes in Poland, lake surface area changes, vegetation overgrowth index, shoreline overgrowth coefficient.

1. Wprowadzenie

Krajobraz Polski Północnej charakteryzuje się występowaniem dużej liczby jezior o zróżnicowanej powierzchni, kształcie i głębokości. Jeziora występujące na obszarach pojeziernych Niziu Polskiego zlokalizowane są na powierzchni obejmującej ok. 110 tys. km², co stanowi około 35% obszaru Polski. Występuje na nich 6 793 jezior (o powierzchni powyżej 1 ha), które zajmują około 2,77 tys. km² (Choiński 2006).

Badania paleomorfologiczne ewolucji mis jeziornych oraz współczesne procesy morfologiczne, a także wzmożony wpływ zabiegów antropogenicznych wraz z sedentacją, doprowadziły do stopniowego ich zanikania (Galon 1954; Szukalski 1956; Kalinowska 1961; Błaszczewicz 2007; Choiński i Ptak 2008; Skowron i Jaworski 2017; Choiński i Skowron 2022a, 2022b; Choiński i in. 2023).

Przeobrażenia jezior najczęściej utożsamiane są na ogół z zarastaniem, ze zmniejszaniem się ich powierzchni i objętości. Wymiernym efektem zmian w misach jezior-

nych jest poza obniżeniem zwierciadła wody, najczęściej przesunięcie izobat od brzegów ku środkowi jezior, powstawanie nowych półwyspów, powiększanie się półwyspów już wcześniej istniejących, powstawanie nowych wysp, a w niektórych przypadkach podział pierwotnego jeziora na kilka akwenów (Niewiarowski 1978; Marszelewski 2005; Kunz i in. 2010).

Generalnie za procesy zanikania jezior odpowiedzialne są trzy główne czynniki, tj. systematyczne obniżanie się poziomu wód jeziornych, przyrost osadów w obrębie niecki jeziornej oraz procesy związane z zarastaniem akwenów. Wielu badaczy wskazuje na ogromne znaczenie strefy brzegowej jako strefy troficznej, która pełni swoistą funkcję bariery dla materiałów spływających ze zlewni, prowadzących do eutrofizacji ich wód (Kolada i Ciecierska 2008; Ptak i Ławniczak 2012; Jusik i Macioł 2014).

Procesy zarastania jezior odgrywają współcześnie bardzo istotną rolę w funkcjonowaniu większości akwenów. Dlatego są przedmiotem zainteresowania również wielu badaczy, a nawet zespołów międzynarodowych



(Valta-Hulkkonen i in. 2004; Partanen i Hellstenm 2005; Linkevičienė 2009; Brižs 2011; Vlasov i in. 2004; Choński i in. 2023). Ponadto Skowron i Jaworski (2017) zauważyli, że nawet nieznaczne obniżenie poziomu wody o 0,5–0,7 m powoduje wyraźne zmniejszenie się powierzchni jezior, niekiedy nawet aż o 25–30%.

2. Obszar, obiekty, metody i cel badań

Analiza obszaru Niżu Polskiego (Pojezierze Pomorskie, Pojezierze Mazurskie i Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie) przy pomocy zdjęć lotniczych z ortofotomapy wykazała występowanie 590 jezior o powierzchni do 100 ha. Na Pojezierzu Pomorskim położone były 214 obiekty, na Pojezierzu Mazurskim – 200, zaś na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim – 176 jezior (rys. 1, tab. 1). Górną granicę powierzchni analizowanych akwenów ograniczono do 100 ha włącznie. Słuszność wyboru takiej wielkości jezior potwierdzają wcześniejsze opracowania odnoszące się do jezior większych (Skowron i Piasecki 2014, 2015; Choiński i Skowron 2022a).

W pracy wykorzystano dane z ortofotomapy z lat 2010–2012 pozyskane z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGIK). Przy ich obróbce posłużono się programem graficznym ArcGIS pozwalającym na wektoryzację podkładu rastrowego. Podstawą było stworzenie plików wektorowych (.shp), do których w tabeli atrybutów wprowadzono już ręcznie identyfikatory w postaci powierzchni warstw tematycznych za pomocą funkcji „Oblicz Geometrię...” (Gotlib i in. 2007; Hildebrandt-Radke i Przybycin 2011).

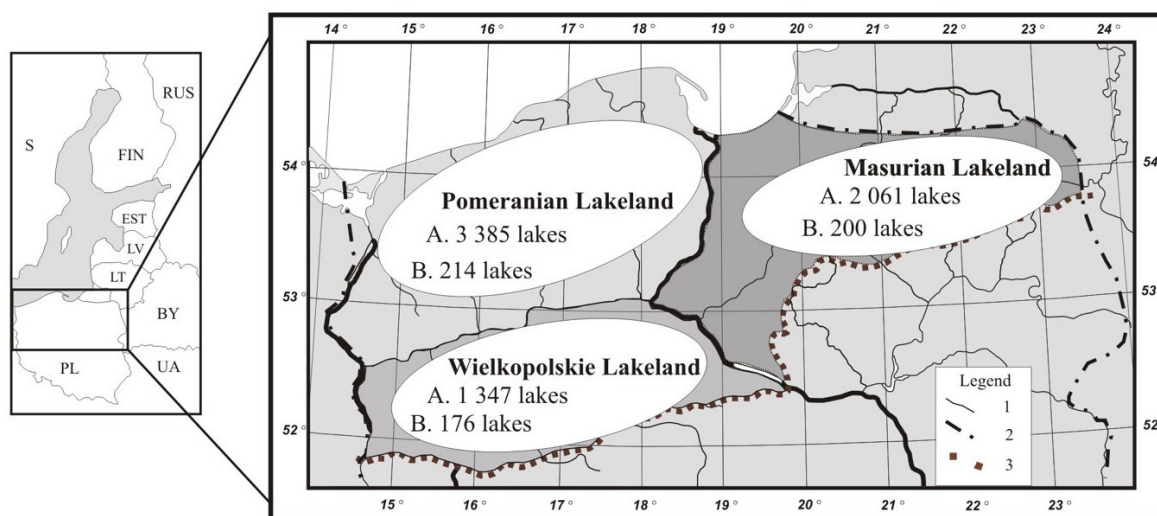
Podkład rastrowy, na którym wykonane były pomiary (w skali nie mniejszej niż 1:1000), utworzony został z połączenia zdjęć satelitarnych o dokładności piksela wynoszącego najczęściej 0,5 m. Prace kameralne weryfikowano poprzez badania terenowe (fot. 1 i 2).

Szczególną uwagę podczas wektoryzacji zwrócono na strefę przybrzeżną, wyraźnie odróżniającą się na ortofotomapach i prezentującą stan faktyczny roślinności makrofitowej w jeziorach. W pracach kameralnych wypreparowano zarysy linii brzegowej jezior, zasięg roślinności wynurzanej oraz wysp w obrębie mis jeziornych. Pozwoliło to na uchwycenie ich szczegółowych zarysów. Do nich zaliczyć należy: wszystkie pojedyncze wyspy roślinności, wszystkie wycinki trzin w pasie przybrzeżnym, uwzględnienie zabudowy pomostów i betonowych nadbrzeży itp. (Skowron i Piasecki 2014; Skowron i Jaworski 2017).

Dane z ortofotomapy porównano z morfometrią jezior opracowaną przez Instytut Rybactwa Śródlądowego (IRŚ) w Olsztynie. Plany batymetryczne z IRŚ powstały w latach 1958–1968. Uzyskano je na podstawie pomiarów przeprowadzonych z lodu, gdzie sondowania wykonywane były głównie w węzłach siatki kwadratów o boku 50 m. Były one podstawą obliczenia podstawowych parametrów morfometrycznych oraz określenia zasobów wodnych. Liczba jezior objętych takimi badaniami przekroczyła 2 100 (Choiński 2007).

Celem badań jest określenie stopnia przeobrażeń jezior na podstawie analizy i porównań informacji i obliczeń uzyskanych z ww. źródeł.

Autorzy szczególną uwagę skupili m.in. na zmianach powierzchni roślinności wynurzanej, bowiem już Kijowski (1978) wykazał wyraźną sukcesję roślinności brzegowej i pływającej, szczególnie w strefach, w których wpływ zlewni jest najwyraźniejszy. W pracy oznaczono wskaźnik zarastania jezior (*lake overgrowth index*) (%), rozumiany jako procentowy udział powierzchni roślinności wynurzanej w stosunku do całkowitej powierzchni jeziora. Określono także współczynnik zarastania linii brzegowej (*shoreline overgrowth coefficient*), który jest ilorazem powierzchni roślinności wynurzanej (bez powierzchni wysp) do długości linii brzegowej i wyrażony jest w ha/km^{-1} .



Rys. 1. Główne obszary pojezierne na Niżu Polskim: A – wg Katalogu jezior Polski (Choiński 2006), B – wybranych i analizowanych jezior o powierzchni powyżej 1 do 100 ha włącznie oznaczonych na podstawie ortofotomapy; 1 – rzeki, 2 – granice państw, 3 – maksymalny zasięg ostatniego zlodowacenia

Fig. 1. Main lakelands in the Polish Lowlands: A – the total number of lakes (according to the Catalog of Polish Lakes, Choiński 2006), B – selected and analyzed lakes with a surface area between 1 and 100 hectares, identified based on orthophotomaps; 1 – rivers, 2 – national borders, 3 – maximum extent of the last glaciation

Ponadto starano się uchwycić przeobrażenia jezior związane ze zmianami ich powierzchni. Na ten problem wcześniej już zwracali uwagę m.in. Skowron i Jaworski (2017) oraz Choiński i Skowron (2022a, 2022b).



Fot. 1. Strefa zarastania jeziora Tobellus na Pojezierzu Suwalskim (fot. R. Skowron)

Photo 1. Overgrowth zone of Lake Tobellus in the Suwałki Lake District (photo by R. Skowron)

Autorzy niniejszego opracowania zdają sobie sprawę z pewnej ułomności podjętego opracowania, wynikającej z wykorzystania różnorodnych źródeł, opartych na odmiennych metodach badań oraz zróżnicowanego czasu pozyskiwania danych (Choiński i Zieliński 2023; Zieliński i in. 2023).



Fot. 2. Jezioro Chalińskie na Pojezierzu Dobrzyńskim (fot. R. Skowron, 2012)

Photo 2. Lake Chalińskie in the Dobrzyńskie Lakeland (photo by R. Skowron, 2012)

Tabela 1. Zróżnicowanie powierzchni badanych jezior w klasach wielkości (w ha) w obrębie poszczególnych pojezierzy według: A – Katalogu jezior Polski, B – ortofotomapy

Table 1. Variation in the surface area of the studied lakes by size classes (in hectares) within individual lake districts according to: A – the Catalog of Polish Lakes, B – orthophotomaps

Pojezierze <i>Lakeland</i>	Źródło danych <i>Data source</i>	Powierzchnia jezior w ha (liczba jezior) <i>Lake surface area in ha (number of lakes)</i>			Razem <i>Total</i>
		1–10,0	10,1–50,0	50,1–100,0	
Pomorskie <i>Pomeranian</i>	A	104,8 (18)	4 002,5 (137)	3 958,9 (59)	8 066,2 (214)
	B	104,2 (17)	3 994,0 (138)	4 040,4 (59)	8 138,5 (214)
Mazurskie <i>Mazurian</i>	A	151,6 (22)	3 291,8 (115)	4 529,0 (65)	7 972,4 (202)
	B	132,6 (18)	3 317,0 (115)	4 705,6 (67)	8 155,2 (200)
Wielkopolsko-Kujawskie <i>Greater Poland-Kuyavian</i>	A	53,6 (9)	3 441,4 (117)	3 602,6 (51)	7 097,6 (177)
	B	63,9 (10)	3 256,9 (109)	4 118,9 (57)	7 439,7 (176)

Analizowane jeziora pod względem głębokości są zbiornikami płytkimi, o średniej głębokości 4,4 m. Maksymalna głębokość zawarta jest między 1,1 m (Jez. Kały) a 47 m (Jez. Wielickie). Dla 7 jezior głębokość maksymalna jest większa od 40 m, zaś dla 17 jezior jest mniejsza od 2 m.

W pracy posłużono się dwoma wskaźnikami. Najważniejszym z nich jest wskaźnik zarastania jezior (*lake overgrowth index*) (%), rozumiany jako procentowy udział powierzchni roślinności wynurzonej w stosunku do całkowitej powierzchni jeziora. Drugi wskaźnik, nazwany współczynnikiem zarastania linii brzegowej (*shoreline overgrowth coefficient*), jest ilorazem powierzchni roślinności wynurzonej (bez powierzchni wysp) do długości linii brzegowej i wyrażony w ha/km⁻¹.

3. Rezultaty

A. Choiński (2007) zwraca uwagę, że do roku 1965 (w ciągu prawie 50 lat), powierzchnia jezior w obrębie Niżu Polskiego zmniejszyła się o 11,62%, zaś na Pojezierzu Pomorskim o 9,69%, na Pojezierzu Mazurskim o 9,98%, natomiast na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim aż o 15,21%.

Analiza powierzchni 590 jezior wykazała, że 13 jezior cechuje się powierzchnią mniejszą niż 5 ha (tab. 2). Powierzchnia 116 zbiorników na ogół mieści się w przedziale od 5 do 20 ha, zaś 64 jezior jest większa niż 80 ha. Zatem najwięcej badanych jezior mieści się w przedziale wielkości od 20 do 80 ha (400 jezior).

Zauważono, że poszczególne jeziora miały największe powierzchnie obliczone według pomiarów przeprowadzonych przez Instytut Rybactwa Śródlądowego (IRŚ) w Olsztynie (tab. 2). Znacznie mniejsze powierzchnie tych jezior oznaczono na podstawie ortofotomap, co dokumentuje jednoznacznie proces zmniejszania się powierzchni akwenów.

Najmniejsze powierzchnie jezior określono według Katalogu jezior Polski. Przeciętnie najmniejsze różnice po-

wierzchni według różnych źródeł stwierdzono między danymi IRŚ i ortofotomapami, natomiast największe między danymi IRŚ i Katalogiem jezior Polski. Potwierdzają to dane standardowe odchylenia różnic między poszczególnymi danymi (tab. 3).

Możliwość prześledzenia zmian sukcesji roślinności w jeziorach, bez względu na kierunek zmian, dają dwa wskaźniki: współczynnik zarastania jeziora (%) i współczynnik zarastania linii brzegowej (ha/km^{-1}) (Skowron, Jaworski 2017).

Tabela 2. Powierzchnie najmniejszych analizowanych jezior (w ha) według różnych źródeł

Table 2. The smallest lake surface areas (in ha) in the Polish Lowlands according to various sources

Jezioro Lake	Numeracja zgodna z Katalogiem jezior Polski za: Choiński (2006) <i>Lake numbering according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomap (2010–2012) <i>According to orthophotomaps (2010–2012)</i>	Według Instytutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>According to Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>	Według Katalogu jezior Polski za: Choiński (2006) <i>According to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>
bez nazwy	I-19-78	1,6	2,2	1,4
Mały Pełcz	I-79-59	2,5	2,6	2,0
bez nazwy	III-22-05	2,9	2,9	1,7
Mnilonka	I-28-92	3,1	4,8	2,6
bez nazwy	II-18-30	3,2	7,7	6,0
bez nazwy	I-37-11	3,4	3,1	2,5
bez nazwy	II-16-54	3,7	1,8	2,7
bez nazwy	III-10-09	3,9	3,7	2,7
Bułczak	I-36-78	4,0	4,3	3,8
bez nazwy	II-58-07	4,4	5,3	3,8
Kłonek	II-19-19	4,7	4,5	3,6
Mozguć	II-19-17	4,9	4,8	3,9
Wykowo	I-28-125	4,9	5,3	3,8
Kały	I-28-11	5,5	7,6	6,4
bez nazwy	III-22-71	5,6	10,3	11,0

Tabela 3. Cechy statystyczne różnic powierzchni jezior między danymi z różnych źródeł: A – między danymi IRŚ i Katalogiem jezior Polski, B – między danymi IRŚ i ortofotomapami, C – między Katalogiem jezior Polski i ortofotomapami

Table 3. Statistical characteristics of the differences in lake surface areas between data from various sources: A – between IRŚ data and the Catalogue of Lakes in Poland, B – between IRŚ data and orthophotomaps, C – between the Catalogue of Lakes in Poland and orthophotomaps

Parametr / Parameter	A	B	C
Wartość średnia <i>Mean value</i>	2,5	1,2	-1,3
Wartość maksymalna <i>Maximum value</i>	61,3	59,8	53,7
Wartość minimalna <i>Minimum value</i>	-41,0	-38,1	-42,2
Odchylenie standardowe <i>Standard deviation</i>	6,88	6,36	6,09

Spostrzeżono, że powierzchnia zarastania 3 jezior wynosi powyżej 21 ha. Natomiast 5 zbiorników cechuje się zarastaniem poniżej 0,3 ha (tab. 4). Z kolei najniższy współczynnik zarastania, wynoszący poniżej 3%, charakterystyczny jest dla 8 jezior, a najwyższy powyżej 40% cechuje 5 jezior (tab. 5).

W przypadku współczynnika zarastania linii brzegowej, najwyższe wartości charakteryzują jeziora: Świerczyńskie (Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie), jezioro bez nazwy, Trzebieckie, Strokowskie, Włoska i Tomickie, osiągając wartości powyżej 4 ha/km^{-1} . Najniższe wartości są mniejsze od 0,3 ha/km^{-1} (tab. 6).

Według danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego, sumaryczna powierzchnia zajęta przez roślinność wynurzona dla wszystkich jezior na Niżu Polskim wynosi 112 219 ha (powierzchnia jezior 141 251 ha), natomiast według ortofotomap 10 637 ha (powierzchnia jezior 138 274 ha), przy średnim współczynniku zarastania jezior odpowiednio: 8,0 i 7,7%. W przypadku danych z ortofotomap najwyższe współczynniki sięgały powyżej 30% dla 35 jezior i były charakterystyczne dla jezior o powierzchni do 50 ha. Z kolei najmniejsze wartości odnosiły się do zbiorników znacznie większych i wynosiły dla 10 jezior poniżej 3% (np. Niegocin – 1,8%, Miedwie – 1,7%, Żarnowieckie – 1,1%).

V. Kowalczyk (1993) zarastanie jezior obliczyła dla 900 zbiorników. Wykazała, że średni współczynnik roślinności wynurzonej wyniósł 4,1% powierzchni jezior, czyli 9920 km^2 . W obrębie Poj. Pomorskiego wynosił 2,8%, Poj. Mazurskiego – 4,0%, a Poj. Wielkopolsko-Kujawskiego aż 7,3%.

Tabela 4. Najmniejsze i największe powierzchnie roślinności wynurzonej (w ha) w jeziorach według ortofotomap i danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego**Table 4.** The smallest and largest values of the surface area of emergent vegetation (in ha; in lakes with an area of up to 100 ha) in the Polish lakes according to data obtained from orthophotomaps and Inland Fisheries Institute

Jezioro Lake	Numeracja zgodna z Kata- logiem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Numbering of lakes according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomap (2010–2012) <i>According to ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>According to Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>	Jezioro Lake	Numeracja zgodna z Kata- logiem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Numbering of lakes according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomapy (2010–2012) <i>According to ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>According to Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>
Najmniejsze powierzchnie / <i>Smallest surface areas</i>				Największe powierzchnie / <i>Largest surface areas</i>			
Purwin	II-16-54	0,18	0,04	Świerczyńskie	III-56-10	23,59	10,5
Suszewskie	III-34-20	0,18	13,2	Sejny	II-19-56	21,62	19,0
Petcz Mały	I-79-59	0,20	0,4	Wioska	III-41-15	21,44	14,3
Klonek	II-19-19	0,23	0,8	Mąkolno	III-35-20	19,60	6,2
bez nazwy	II-38-19	0,30	1,2	Żubrowo	II-19-22	18,83	16,7
Golęczewskie	III-18-77	0,34	0,3	Tomickie	III-42-02	17,48	6,2
bez nazwy	I-37-11	0,41	0,02	Ostrowin	II-42-17	16,75	14,3
bez nazwy	I-18-69	0,45	0,2	Łęgowskie	III-10-13	15,19	18,4
Puc	I-19-70	0,45	0,5	Regielskie	II-38-36	15,19	18,0
bez nazwy	II-58-07	0,51	0,2	Mlewickie	II-57-04	15,14	18,5
Zamkowe	I-16-28	0,51	0,4	Brzeźno	I-53-44	14,78	10,9
bez nazwy	I-19-78	0,52	1,4	Wilczkowo	I-45-45	14,76	6,0
Moczydło	III-47-06	0,56	1,7	Trzebidzkie	III-50-03	14,66	2,5
Wołogoszcz Mała	I-80-88	0,57	1,0	Obrzańskie	III-49-07	13,96	12,6
Bragant	III-18-80	0,58	0,7	Grzymowskie I	II-32-02	13,62	9,4

Tabela 5. Najmniejsze i największe współczynniki zarastania (%) w jeziorach według ortofotomap i danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego**Table 5.** The smallest and largest overgrowth coefficients (%) in lakes up to 100 ha according to orthophotomaps and data from the Inland Fisheries Institute

Jezioro Lake	Numeracja zgodna z Kata- logiem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Numbering of lakes according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomap (2010–2012) <i>According to ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>According to Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>	Jezioro Lake	Numeracja zgodna z Kata- logiem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Numbering of lakes according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomapy (2010–2012) <i>According to ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>According to Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>
Najniższe współczynniki / <i>Lowest coefficients</i>				Najwyższe współczynniki / <i>Largest coefficients</i>			
Suszewskie	III-34-20	0,3	14,4	bez nazwy	II-43-48	59,3	7,6
Kubek	III-08-13	2,2	7,8	Wioska	III-41-15	59,1	39,6
Janikowe	III-18-43	2,3	4,2	bez nazwy	II-43-47	51,0	0,9
Sopień	II-49-76	2,5	7,0	Klasztorne	I-78-40	45,64	25,7
Jeleń	I-18-37	2,76	0,3	Świerczyńskie	III-56-10	40,5	20,5
Czarne	III-10-03	2,9	11,6	Trzebidzkie	III-50-03	37,3	9,3
Zamkowe	I-16-28	2,95	2,2	Czólnów	I-78-71	34,23	30,9
Dębno	II-49-53	3,0	1,7	Sejny	II-19-56	33,5	29,5
bez nazwy	II-38-19	3,1	12,6	Korytowo Małe	I-71-27	32,86	13,1
Wielkie	I-83-25	3,1	15,3	bez nazwy	I-19-78	31,61	53,5
Skrzynka	III-11-37	3,2	3,2	Tomickie	III-42-02	31,1	13,1
Słowa	I-80-49	3,31	4,7	Strokowskie	I-53-27	29,26	12,4
Czarne Dąbrówno	I-18-72	3,32	0,2	Leszczewo	II-18-24	29,0	17,5
Powidzkie Małe	III-34-06	3,4	8,6	Małe	III-50-02	28,6	28,5
Ławickie	III-18-46	3,5	5,2	Płocice	I-28-25	28,46	24,5

Tabela 6. Maksymalne i minimalne współczynniki zarastania linii brzegowej (ha/km^{-1}) w jeziorach według danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego i ortofotomap**Table 6.** The highest and lowest coefficients of shoreline overgrowth (ha/km^{-1}) in lakes up to 100 ha in the Polish Lowlands according to the ortho-photomaps and the Inland Fisheries Institute

Jezioro <i>Lake</i>	Numeracja zgodna z Katalo- giem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Lake numbers according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomapy (2010–2012) <i>After ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>After Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>	Jezioro <i>Lake</i>	Numeracja zgodna z Kata- logiem jezior Polski według: Choiński (2006) <i>Lake numbers according to the Catalogue of Lakes of Poland after Choiński (2006)</i>	Według ortofotomapy (2010–2012) <i>After ortho- photomaps (2010–2012)</i>	Według Insty- tutu Rybactwa Śródlądowego (1958–1968) <i>After Inland Fisheries Institute (1958–1968)</i>
Wartości najniższe / <i>Lowest values</i>				Wartości najwyższe / <i>Highest values</i>			
Kubek	III-08-13	0,02	0,78	Świerczyńskie	III-56-10	5,50	2,64
Sopień	II-49-76	0,20	0,83	bez nazwy	II-43-48	4,75	0,61
Głębozec Duży	I-66-32	0,21	0,36	Trzebidzkie	III-50-03	4,66	1,10
Czarne	III-10-03	0,23	1,39	Strokowskie	I-53-27	4,29	2,45
Jeleń	I-18-37	0,24	0,05	Wioska	III-41-15	4,07	2,80
Długie	III-29-10	0,27	2,27	Tomickie	III-42-02	4,02	1,75
bez nazwy	II-38-19	0,29	1,10	Runowskie Duże	I-66-35	3,93	2,74
Janikowe	III-18-43	0,31	0,59	Ostrowin	II-42-17	3,61	2,65
Kruszyn	II-30-12	0,31	1,92	Mąkolno	III-35-20	3,44	1,42
Zbyszewickie	III-03-18	0,31	1,01	Czółnow	I-78-71	3,26	3,38
Skrzynka	III-11-37	0,32	0,36	bez nazwy	II-43-47	3,12	0,67
Suszewskie	III-34-20	0,33	1,64	Sejny	II-19-56	3,10	3,14
Ławickie	III-18-46	0,33	0,96	Małe	III-50-02	3,05	3,03
Pożarowskie	III-08-29	0,34	0,86	Klasztorne	I-78-40	2,95	1,83
Wisetka	I-21-06	0,34	0,30	Węgój	II-25-24	2,88	1,37

4. Dyskusja wyników

Przedstawione studia dokumentują i opisują przeobrażenia jezior na obszarze prawie 35% powierzchni Polski. Chociaż w pozostałej części Rzeczypospolitej Polskiej jest znacznie mniej akwenów (Choiński 2006), to „dotykają” je podobne problemy. Jednak warto też zauważyć, że można znaleźć obszary, na których liczba zbiorników może się powiększać zarówno w wyniku skutków antropopresji (np. Rzętała i Jaguś 2012), jak również naturalnych procesów (np. Zieliński 2013).

Zanikanie jezior utożsamiane jest najczęściej z zarastaniem i ze zmniejszaniem się ich powierzchni i objętości. Wynika to z faktu, że jeziora w Polsce są na ogół małe i w większości przypadków płytkie. Za proces zaniku jezior odpowiedzialne są dwa główne czynniki: wahania poziomu wód jeziornych oraz przyrost osadów w obrębie niecki jeziornej. Wielu badaczy wskazuje na znaczenie strefy brzegowej jako strefy troficznej, która pełni swoistą funkcję bariery dla materiałów spływających ze zlewni (Kolada i Ciecierska 2008; Heinsalu i Alliksaar 2009).

Na przestrzeni zwłaszcza ostatnich stuleci, na znacznych obszarach Europy mieliśmy do czynienia z silną deforestacją. Proces ten przyczynił się również do obniżenia się poziomu wód powierzchniowych i podziemnych. Duży wpływ na zmniejszenie się zasobów wodnych w jeziorach miała szeroko rozumiana antropopresja. W niektórych przypadkach doprowadziła ona do znaczącej degradacji jezior (Choiński i Zieliński 2021; Gałek 2022).

W wyniku zabiegów hydrotechnicznych i melioracji przeprowadzanych od połowy XIX wieku, obniżony został poziom wody w wielu jeziorach w Polsce (Niewiarowski 1978; Kaniecki 1997; Kubiak-Wójcicka i Golba 2011; Skowron i Piasecki 2012). Jednym z przykładów dużego wpływu człowieka na poziom wody i jego powierzchnię jest jezioro Gopło. Przeprowadzone w latach 1775–1878 prace regulacyjne w korycie Noteci i zabiegi melioracyjne w górnym jej odcinku, spowodowały obniżenie poziomu wody w jeziorze o ok. 3,0–3,2 m. Tak znaczące obniżenie rzędnej zwierciadła wody do poziomu 77,0 m n.p.m. ukształtowało całkowicie inny zasięg i kształt niecki tego jeziora. Rozpad dawnego Gopła spowodował, że współczesne jezioro stanowi tylko 19,2% jego dawnej powierzchni i 28,1% jego objętości (Dorożyński i Skowron 2002). Podobne przykłady obserwowano także na innych jeziorach Pojezierza Wielkopolskiego (Kaniecki 1997).

Melioracje łąk między Pakością i Łabiszynom spowodowały wyraźne obniżenie zwierciadła wody w wielu jeziorach. W Jez. Sadłogoszcz obniżono poziom wody o 130 cm, w Jez. Mielno o 116 cm. W okolicach Międzyrzecza 16 jezior zmniejszyło wyraźnie swoją powierzchnię. Najbardziej dotknięto to jezior: Paklicko Małe o 35% (27 ha), Grasige o 30%, Paklicko Duże o 24%, Chłop o 22%. Prace regulacyjne w zlewni Wełny spowodowały obniżenie wód gruntowych w okolicach Wągrowca. Od końca XIX w. do dzisiaj na 14 jezior, aż 11 zmniejszyło swoją powierzchnię: Rgielskie o 50 ha, czyli 16%, Łeknieńskie o 12 ha, czyli o 12%, Wiatrowskie o 25%,

Łęgowskie o 25%, Kobyleckie o 23% (Kaniecki 1997). Olbrzymie zmiany zaszyły w przypadku Jeziora Rzęcińskiego położonym na terenie Puszczy Noteckiej i Kotliny Gorzowskiej. Jego powierzchnia między rokiem 1895 (35,66 ha) a 2003 (19,4 ha) zmniejszyła się o 73,6% (Barabach 2012), przy obecnej średniej głębokości jeziora 0,9 m i maksymalnej 1,3 m.

Na podstawie zdjęć lotniczych, map satelitarnych oraz pomiarów GPS w latach 1961–2008, zbadano zarastanie dwóch eutroficznych jezior (Niepruszewskie i Tomickie) w Wielkopolsce. Zaobserwowano znaczne różnice między badanymi jeziorami położonymi w zlewniach rolniczych. W porównaniu z danymi z 1961 r., strefa roślinności w jeziorze Niepruszewskim zwiększyła się prawie trzykrotnie, natomiast w jeziorze Tomickim ponad pięciokrotnie (Ławniczak 2010). Prawdopodobnie obniżenie poziomu wody w jeziorze Niepruszewskim i wysoka eutrofizacja w jeziorze Tomickim zostały uznane za główne czynniki powodujące intensywne zarastanie jezior.

Na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim współczynnik zarastania jezior wynosi 7,3%, na Pojezierzu Pomorskim 2,8%, zaś na Pojezierzu Mazurskim 4,0%. Zatem można wnioskować, że procesy zarastania rozwinęły się najintensywniej w misach jezior Pojezierza Wielkopolsko-Kujawskiego, ponieważ jest ono najstarsze (Nowacka i Ptak 2007).

Choiński i Madalińska (2002) analizując plany batymetryczne jezior na Pojezierzu Mazurskim i Pomorskim doszli do wniosku, że w ciągu 60–70 lat XX wieku nastąpiło zmniejszenie powierzchni jezior o kilka procent, natomiast objętości nawet o kilkadziesiąt procent. W ciągu prawie 50 lat (do roku 1965), powierzchnia jezior w obrębie Niżu Polskiego zmniejszyła się o 11,62%. Na Poj. Pomorskim powierzchnia jezior skurczyła się o 9,69%, a na Poj. Mazurskim o 9,98%, natomiast na Poj. Wielkopolsko-Kujawskim aż o 15,21%.

Wzrost zarastania jezior obserwowany jest w wielu miejscach w Europie, np. w jeziorze Luupuvesi (środkowa Finlandia) zasięg makrofitów powiększył się z 96 ha w 1953 r. do 355 ha w 1996 r. (Valta-Hulkonen i in. 2004). Natomiast porównanie zdjęć lotniczych z lat 1947–1963 i 1996–2000 dla 7 małych jezior (południowa Finlandia) pokazało zróżnicowane tempo rozwoju makrofitów, od wyraźnej regresji (31–93%) do dużej sukcesji roślin (49–73%) (Partanen i Hellstenm 2005). Również badania przeprowadzone na płytkich jeziorach: Engure (Łotwa) i Võrtsjärv (południowa Estonia) potwierdzają wzrost zasięgu makrofitów w drugiej połowie XX wieku (Brižs 2011). Badanie zarastania jezior Naroczańskiego Parku Narodowego (północna Białoruś) przeprowadzone przy pomocy analizy obrazów satelitarnych, wykazały wyraźne zróżnicowanie tego procesu w tej części Białorusi (Vlasov i in. 2004). Współczynnik zarastania jezior wynosi od 7,3% (jez. Miastro) do 14,3% (jez. Batarino). Z kolei na pojezierzach Litwy R. Linkevičienė (2009) stwierdza, że zanik jezior również jest procesem powszechnym, obejmującym różne typy jezior.

5. Wnioski

Współczesne bardzo głębokie przeobrażenia środowiska, zainicjowane intensywną i wieloletnią antropopresją, negatywnie oddziałują na ekosystemy jezior, które uważa się za cenne geoarchiwa i wrażliwe indykatory stanu środowiska. Niestety zmiany klimatyczne odbijają się istotnie na termice jezior (Skowron i in. 2024), a wydłużające się okresy susz atmosferycznych, agrarnych i hydrologicznych potęgują negatywne przeobrażenia akwenów.

Zarastanie i zanikanie jezior jest naturalnym procesem dla większości akwenów, niezależnie od ich pochodzenia. Badania wykazały, że wskaźnik głębokości (C_R) na Niżu Polskim wynosi średnio zaledwie ok. 16. Do akwenów o dużej odporności na zarastanie i zanikanie ($C_R = 30–50$) należą jeziora: Błękitne (Pojezierze Mazurskie), Boczne (Pojezierze Mazurskie), Użewo (Pojezierze Mazurskie) i Steklin (Pojezierze Pomorskie) (Skowron 2004). Za to niską odpornością cechuje się ponad 37% analizowanych zbiorników, np. jeziora: Łęgowskie (Pojezierze Mazurskie), Laskowskie (Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie) oraz Resko i Ostrów z Pojezierza Pomorskiego.

Powierzchnia analizowanych jezior, obliczona na podstawie źródeł z przełomu lat 50. i 60. XX wieku (IRŚ), okazała się większa (21 827 ha) od powierzchni tych samych obiektów oznaczonych na podstawie ortofotomap (21 192 ha). Okazało się, że powierzchnia łączna analizowanych jezior zmniejszyła się o 635 ha, co stanowi aż 11,6%.

Powierzchnia roślinności wynurzanej według IRŚ wynosiła 2 238 ha, zaś według ortofotomap zmniejszyła się do 2 196 ha. Z kolei współczynnik zarastania oznaczony na podstawie ortofotomap zwiększył się dla tej grupy jezior zaledwie o 34 ha, natomiast współczynnik zarastania linii brzegowej uległ zmniejszeniu o 1,9%.

Zachodzące we współczesnym świecie przeobrażenia środowiska i ich negatywne oddziaływanie na jeziora podkreślają znaczenie powyższych studiów i konieczność ich dalszego prowadzenia.

6. Literatura

- Barabach J. 2012. The history of Lake Rzecin and its surroundings drawn on maps as a background to palaeoecological reconstruction. *Limnological Review* 12(3): 103–114.
- Błaszkiwicz M. 2007. Geneza i ewolucja mis jeziornych na młodo-glacialnym obszarze Polski – wybrane problemy. *Studia Limnologica et Telmatologica* 1: 5–16.
- Brižs J. 2011. Dynamics of emergent macrophytes for 50 years in the coastal Lake Engure, Latvia. *Proceeding of the Latvian Academy of Sciences* 65: 170–177. <https://doi.org/10.2478/v10046-011-0033-1>
- Choiński A. 2006. Katalog jezior Polski [Catalogue of Polish Lakes]. Adam Mickiewicz University Press, Poznań: 1–600.
- Choiński A. 2007. *Limnologia fizyczna Polski*. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań: 1–547.

- Choiński A., Madalińska K. 2002. Changes in lake percentage in Pomeranian Lakeland catchments adjacent to the Baltic since the close of the 19th century. *Limnological Review* 2: 63–68.
- Choiński A., Ptak M. 2008. Zanikanie jezior w Wielkopolsce na tle Polski. *Roczniki Gleboznawcze* 59(2): 25–31.
- Choiński A., Skowron R. 2022a. Słownik limnologiczny. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań: 1–173.
- Choiński A., Skowron R. 2022b. Zmiany powierzchni i zarastanie jezior w Polsce. *Badania Fizjograficzne, Seria A: Geografia Fizyczna XII*: 123–140. <https://doi.org/10.14746/bfg.2021.12.7>
- Choiński A., Zieliński A. 2021. Transformation of the morphology of Lake Osieckie – largest lake in the Świętokrzyskie region. *Limnological Review* 21(4): 181–187.
- Choiński A., Zieliński A. 2023. Changes of the surface area of Morskie Oko and Wielki Staw in the Tatra Mountains. *Quaestiones Geographicae* 42(1): 15–27. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Choiński A., Ilyin L., Pasichnyk M., Skowron R., Zieliński A. 2023. Przykłady zarastania i zanikania jezior Niżu Polskiego i Polesia Wołyńskiego Ukrainy. *Geograficzne Czasopismo Wołyńskiego Uniwersytetu Narodowego im. Lesi Ukrainki* 1(1): 8–24. Wydawnictwo Helvetica, Odessa.
- Dorożyński R., Skowron R. 2002. Changes of the basin of Lake Gopło caused by melioration work in the 18th and 19th centuries. *Limnological Review* 2: 93–102.
- Galon R. 1954. Wstępna wiadomość o opracowaniu dotyczącym zanikania jezior w Polsce. *Przegląd Geograficzny* 26(2): 12–16.
- Gałek K. 2022. Zanik Jeziora Aralskiego jako skutek antropopresji. *Zeszyty Studenckiego Ruchu Naukowego UJK w Kielcach* 31(2): 13–22.
- Gotlib D., Iwanicki A., Olszewski R. 2007. GIS, areas of application. Polish Scientific Publisher, Warsaw.
- Heinsalu A., Alliksaar T. 2009. Palaeolimnological assessment of environmental change over the last two centuries in oligotrophic Lake Nohipalu Valgjärv, southern Estonia. *Estonian Journal of Earth Sciences* 58: 124–132. <https://doi.org/10.3176/earth.2009.2.03>
- Hildebrandt-Radke I., Przybycin J. 2011. Zmiany sieci hydrograficznej i zalesienia a melioracje regionu środkowej Obry (centralna Wielkopolska) w świetle danych historycznych i materiału kartograficznego [Changes in the hydrographic network and area under forest in the context of the Middle Obra melioration (central Wielkopolska region), in the light of historical data and cartographic material]. *Przegląd Geograficzny* 83: 323–342 [in Polish].
- Jusik S., Macioł A. 2014. The influence of hydromorphological modifications of the littoral zone in lakes on macrophytes. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 43: 66–76. <https://doi.org/10.2478/s13545-014-0119-x>
- Kalinowska K. 1961. Zanikanie jezior polodowcowych w Polsce [Disappearance of glacial lakes in Poland]. *Przegląd Geograficzny* 33(3): 511–518.
- Kaniecki A. 1997. Influence of XIXth centuries – the meliorations on change of level of waters. In *Influence of human impact on lake* (Choiński A., ed.): 67–71. Adam Mickiewicz University Press, Poznań.
- Kijowski A. 1978. Analiza zbiorników wodnych na podstawie zdjęć lotniczych [Analysis of water reservoirs on the basis of aerial photographs]. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Geografia Fizyczna* 31: 93–101 [in Polish].
- Kolada A., Ciecierska H. 2008. Methods for lake macrophyte surveying in the light of biological monitoring required by Water Framework Directive. *Environmental Protection and Natural Resources* 37: 9–24.
- Kowalczyk V. 1993. Differentiation overgrowth lakes in catchments within the specified Lakeland. Unpublished PhD Thesis, Adam Mickiewicz University, Poznań.
- Kubiak-Wójcicka K., Golba R. 2011. Zmiany powierzchni Jeziora Kuchnia w świetle materiałów kartograficznych [Changes on the area of Kuchnia Lake in the light of the cartographic materials], [w:] *Anthropogenic and natural transformations of lakes*. Vol. 5 (ed. W. Marszelewski). Polish Limnological Society, Toruń: 97–104.
- Kunz M., Skowron R., Skowroński S. 2010. Morphometry changes of Lake Ostrowskie (the Gniezno Lakeland) on the basis of cartographic, remote sensing and geodetic surveying. *Limnological Review* 10: 77–85.
- Linkevičienė R. 2009. Impact of river capture on hydrography and water resources: Case study of Ula and Katra catchments, south Lithuania. *The Holocene* 19: 1233–1240. <https://doi.org/10.1177/0959683615612586>
- Ławniczak A. 2010. Overgrowing of two polymictic lakes in Central-Western Poland. *Limnological Review* 10(3–4): 147–156.
- Marszelewski W. 2005. Zmiany warunków abiotycznych w jeziorach Polski Północno-Wschodniej [Changes of the abiotic conditions in the lakes of North-East Poland]. Nicolaus Copernicus University Press, Toruń: 1–288 [in Polish, English summary].
- Niewiarowski W. 1978. Fluctuations of water-level in the Gopło lake their reasons. *Polish Archives of Hydrobiology* 25: 301–306.
- Nowacka A., Ptak M. 2007. Zmiany powierzchni jezior na powierzchni Wielkopolsko-Kujawskim w XX wieku [Changes in the surface of lakes in the Wielkopolsko-Kujawskie Lakeland in the twentieth century]. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią, Geografia Fizyczna* 58: 149–157 [in Polish].
- Partanen S., Hellsten S. 2005. Changes of emergent aquatic macrophyte cover in seven large boreal lakes in Finland with special reference to water level regulation. *Fennia* 183: 57–79.
- Ptak M., Ławniczak A. 2012. Changes in water resources in selected lakes in the middle and lower catchment of the River Warta. *Limnological Review*, 12: 35–44.
- Rzętała M., Jaguś A. 2012. New lake district in Europe: Origin and hydrochemical characteristics. *Water and Environment Journal* 26(1): 108–117. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.2011.00269.x>
- Skowron R. 2004. Description of lake basin in the light of selected morphometric indicators, [w:] Machowski R., Rzętała M. (eds.), *Limnological Review* 4, Katowice: 233–240.
- Skowron R., Jaworski T. 2017. Changes in lake area as a consequence of plant overgrowth in the South Baltic Lakelands (N Poland) resulting from natural and anthropogenic factors. *Bulletin of Geography, Physical Geography Series*, Toruń, 7: 19–30.

- Skowron R., Piasecki A. 2012. Changes of water resources and lake floor geometry of Gopło and Ostrowskie Lakes as the result of anthropopressure, [w:] Grzeškowiak A., Nowak B., (eds.). Anthropogenic and natural transformations of lakes: 95–97. Institute of Meteorology and Water Management – National Research Institute Press, Poznań.
- Skowron R., Piasecki A. 2014. Plant overgrowth as an indicator of lake disappearance – the case of northwestern Poland, [w:] Gastescu P., Marszelwski W., Bretcan P. (eds.). Water resources and wetlands. Transversal Publishing House, Targoviste: 94–101.
- Skowron R., Piasecki A. 2015. The spatial analysis of overgrowing the lakes – on example of the Wielkopolska Lake District, [w:] Doganovsky A.M., Naumenko M.A., Isaev D.I., Grześ M., Glazik R., Skowron R. (eds.). Modern problems of Hydrology. Sankt Petersburg, RSHU: 58–68.
- Skowron R., Kirvel P., Zieliński A., Choiński A., Kirvel I. 2024. Tendencje zmian temperatury wody i zlodzenia jezior na Pojezierzu Pomorskim w warunkach ocieplającego się klimatu [Trends of change in temperature and iacing of lakes in the Pomeranian lake in the conditions of a warming climate], [w:] Biotyczne i abiotyczne zasoby Pomorza Środkowego, t. II (red. A. Jaroszewicz, H. Tkaczenko), Słupsk: 113–139.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K. 1976. Hydrobiologia, PWN, Warszawa: 1–621.
- Szukalski J. 1956. O zaniku jezior w Polsce. Geografia w Szkole, IX, Warszawa.
- Valta-Hulkkonen K., Kanninen A., Pellikka P. 2004. Remote sensing and GIS for detecting changes in the aquatic vegetation of rehabilitated lake. International Journal of Remote Sensing 25: 5745–5758. <https://doi.org/10.1080/01431160412331291170>
- Vlasov B.P., Yakushko O.F., Gigevich G.S., Rachevskij A.N., Loginova E.V. 2004. Oziora Belarusi: Spravochnik [Lakes of Belarus: Handbook]. RUP Minsktipproekt: Minsk, Belarus: 1–284 (in Russian).
- Zieliński A. 2013. Rozwój jezior krasowych w Niece Połanieckiej [Development of karst lakes in Połaniec Basin]. Wydawnictwo Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce: 1–186.
- Zieliński A., Stachura M., Jarzyna K., Zagórski P., Wieczorek D. 2023. Wahania poziomu wody w wybranych jeziorach Nieceki Nidziańskiej [Water level fluctuations in selected lakes of the Nida Basin]. Acta Universitatis Lodziensis. Folia Geographica Physica 22: 49–63. <https://doi.org/10.18778/1427-9711.22.04>

Źródła:

Zasoby CODGIK – Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.