

ZMIANY POWIERZCHNI I ZARASTANIE JEZIOR W POLSCE

ADAM CHOIŃSKI*, RAJMUND SKOWRON**

* Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań
ORCID: 0000-0001-9006-0952

** Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, ul. Lwowska 1
ORCID: 0000-0001-7411-5239

Abstract: *Surface changes and lake overgrowth in Poland.* The paper presents changes in the surface area and overgrowing of the largest Polish lakes (> 500 ha). It has been established (on the basis of 4 analyzed time sequences) that over the last 80 years there has been a gradual reduction of the lake area. At the same time, the area occupied by emerged vegetation has increased. This is confirmed by the lake overgrowth rate and the shoreline overgrowth rate.

Keywords: lakes, Northern Poland, indicator of plant overgrowth

ZARYS TREŚCI

Bazując na danych dotyczących powierzchni i zarastania jezior z różnych okresów, dokonano analizy zachodzących zmian. W pracy wykorzystano materiały archiwalne Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie, dane zawarte w katalogach jezior S. Majdanowskiego i A. Choińskiego oraz w zbiorach Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej, a także w bogatej literaturze. Praca ma na celu ukazanie niekorzystnych tendencji w ewolucji jezior, do której, niestety, w dużej mierze przyczynia się człowiek.

WPROWADZENIE

Powszechnym elementem krajobrazu Polski Północnej są jeziora. Wypełniają one obniżenia, których powstanie wiąże się głównie z działalnością erozyjną wód subglacialnych, rzadziej z egzaracyjną ostatniego zlodowacenia, ustąpiło ono bowiem z tego obszaru kilkanaście tysięcy lat temu. Powstanie jezior związane jest z powszechnym wytapianiem się brył martwego lodu, konserwującego obniżenia o różnej genezie, co miało miejsce w allerødzie. Procesy te przebiegały z różnym natężeniem i trwały w niektórych obniżeniach aż do schyłku

okresu proborealnego (Błaszkiwicz 2005). Wtedy zapewne był w Polsce największy procent jeziorności, zbliżony do współczesnej Finlandii (Niewiarowski 1990). Warto tu dodać – jak wykazują szacunkowe obliczenia – że do tej pory zanikowi uległo około 2/3 powierzchni jezior w Polsce Północnej (Kalinowska 1961).

W holocenijskiej historii jezior wyróżnić można kilka etapów (przyczyn) ewolucji ich niecek. Według Niewiarowskiego (1986; 1987), na te przemiany złożyło się kilka czynników, spośród których największą rolę odegrały: zróżnicowane tempo wytapiania się brył martwego lodu, krótko- i długookresowe zmiany klimatyczne, różny czas włączenia jezior w system odpływu powierzchniowego, deforestacja zlewni (zarówno całkowitej, jak i bezpośredniej), prowadzenie zabiegów hydrotechnicznych (od połowy XVIII w.) oraz prace melioracyjne (Kaniecki 1997). W polskiej literaturze dowody na zmiany położenia zwierciadła wody w wyniku zmian klimatycznych znajdują potwierdzenie w pracach Niewiarowskiego (1978; 1987; 1995; 1999), Choińskiego (2007) oraz Churskiego (1988).

Jednym z przejawów wpływu człowieka na jeziora było obniżenie ich poziomów wód i zmniejszanie się ich zasobów wodnych. Opierając się na materiałach kartograficznych, na Pojezierzu Pomorskim na przestrzeni lat 1960–2020 stwierdzono spadek powierzchni jezior o 1,2% (z 49 708 ha do 48 996 ha). Jednocześnie wzrosła powierzchnia zajęta przez roślinność wynurzona – także o 1,2% (Skowron, Piasecki 2014; 2015).

Zanikanie jezior jest najczęściej utożsamiane ze zmniejszaniem się ich powierzchni. Wynika to z faktu, iż 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 i przyrost osadów w obrębie niecki jeziornej. Przyczynami zmian poziomu wody w jeziorach są: zmiany klimatu, włączenie jezior do systemu odpływu powierzchniowego, wylesianie oraz różnorodne prace hydrotechniczne.

Mimo że jeziora w procesie ewolucji przeszły przez kilka etapów przemian, znajdują się w różnych fazach rozwoju swoich niecek. Historia rozwoju wielu jezior (np. Biskupińskie, Gościąż, Weneckie, Gąsawskie, Gopło) wykazała zróżnicowany poziom wody, wywołany najczęściej czynnikami klimatycznymi (Niewiarowski 1995). Były to wahania zarówno długoterminowe (trwające dziesiątki, setki i tysiące lat), jak i krótkoterminowe (sezonowe, roczne i kilkuletnie).

Obniżenie poziomu zwierciadła wody w wielu jeziorach o 0,5–0,7 m spowodowało wyraźne zmniejszenie się ich powierzchni, niekiedy nawet o 25–30%. W niektórych jeziorach poziom wody został znacznie obniżony, np. o 2,5 m w jeziorze Miedwie i o 3,4 m w Goplu, co spowodowało zmniejszenie powierzchni o ponad 50% (Kaniecki 1997; Dorożyński, Skowron 2002; Marszelewski 2005; Skowron, Piasecki 2012).

Wymiernym efektem zmian w misie jeziornej jest najczęściej przesunięcie izobat od brzegów ku środkowi jeziora oraz powstanie nowych półwyspów, wysp, a w niektórych przypadkach podział pierwotnego jeziora na kilka mniejszych (Niewiarowski 1978; Marszelewski 2005). Przykładem takim jest jezioro Jamno, w którym w okresie 1889–1960 stwierdzono zmniejszenie się powierzchni o 6,5%, a objętości wód o 22,7% (Choiński 2001). Podobne zmiany obserwowano w innych regionach Niżu Polskiego (Dąbrowski 2002; Nowacka, Ptak 2007; Choiński, Ptak 2008; Kunz i in. 2010; Ptak 2010; Ptak, Ławniczak 2012; Piasecki 2015). Linkevičienė (2009) stwierdza, iż również na pojezierzach Litwy zanik jezior jest procesem powszechnym, obejmującym różne typy jezior.

Badania prowadzone przez Choińskiego i innych (2014), oparte na materiałach kartograficznych i zdjęciach lotniczych, dotyczące przybrzeżnych jezior w Polsce (Jamno i Bukowo) wykazują, że w ciągu ponad 100 lat nastąpił znaczny spadek ich objętości odpowiednio o 5,9 i 17,5%. Te niekorzystne zmiany zaszły głównie w strefach najpłytszych do głębokości do 1 m. Z kolei analiza morfologii strefy litoralu w pięciu jeziorach w północnej Polsce pokazała istotny wpływ transformacji antropogenicznej w strefie brzegowej na występowanie i liczbę gatunków makrofitów (Jusik, Macioł 2014).

Podobne zmiany zachodzą także w jeziorach położonych na Litwie, Łotwie, Estonii i Finlandii. W jeziorze Luupuvesi (środkowa Finlandia) zasięg makrofitów powiększył się z 96 ha w 1953 do 355 ha w 1996 r. (Valta-Hulkonen et al. 2004). Porównując zdjęcia lotnicze z lat 1947–1963 i 1996–2000 siedmiu małych jezior (południowa Finlandia), można dostrzec zróżnicowane tempo rozwoju makrofitów, od wyraźnej regresji (31–93%) do dużej sukcesji roślin (49–73%) (Partanen, Hellstenm 2005). Również badania przeprowadzone na płytkich jeziorach: Engure (Łotwa) i Võrtsjärv (południowa Estonia) potwierdzają wzrost zasięgu makrofitów w drugiej połowie XX w. (Brižs 2011).

Obszar objęty analizą stanowi jeden z największych regionów pojeziernych w tej części Europy. Jego powierzchnia wynosi ponad 110 tys. km², co stanowi około 35% powierzchni Polski. Występuje na nim 6793 jezior (o powierzchni powyżej 1 ha), które zajmują około 2,77 tys. km² (Choiński 2006). Na obszarze tym wyróżnia się trzy odrębne pojezierza: Pomorskie, Mazurskie i Wielkopolsko-Kujawskie, o zróżnicowanej rzeźbie i wysokości położenia nad poziomem morza, przekraczającej 300 m n.p.m. W krajobrazie dominują jeziora małe o powierzchni poniżej 50 ha – jest ich 5820. Jezior o powierzchni w granicach 50–100 ha jest 477, natomiast powyżej 1000 ha jedynie 28 (Choiński 2007). Zróżnicowanie jezior przedstawia tab. 1. Charakterystyczną cechą jezior na Niżu Polskim jest ich stosunkowo mała średnia głębokość (7,1 m), która dla poszczególnych wyżej wymienionych pojezierzy wynosi odpowiednio: 6,84, 7,45 i 5,70 m.

Tabela 1. Zróżnicowanie pod względem liczby i powierzchni jezior w klasach wielkości na Niżu Polskim (według Choiński 2006)

Table 1. Diversity with respect to quantity and area of the lakes in the size classes in the Polish Lowland (after Choiński 2006)

Klasa wielkości [ha]	Liczba jezior	Ogólna liczba jezior [%]	Powierzchnia [ha]	Ogólna powierzchnia jezior [%]
1–5	2928	43,1	6711,7	2,4
5–10	913	13,4	6285,4	2,3
10–20	1020	15,0	13 886,4	5,0
20–50	959	14,1	30 473,0	11,0
50–100	477	7,0	32 753,5	11,8
100–1000	468	6,9	115 254,0	41,6
> 1000	28	0,4	71 791,5	25,9
Ogółem	6793	100,0	277 155,5	100,0

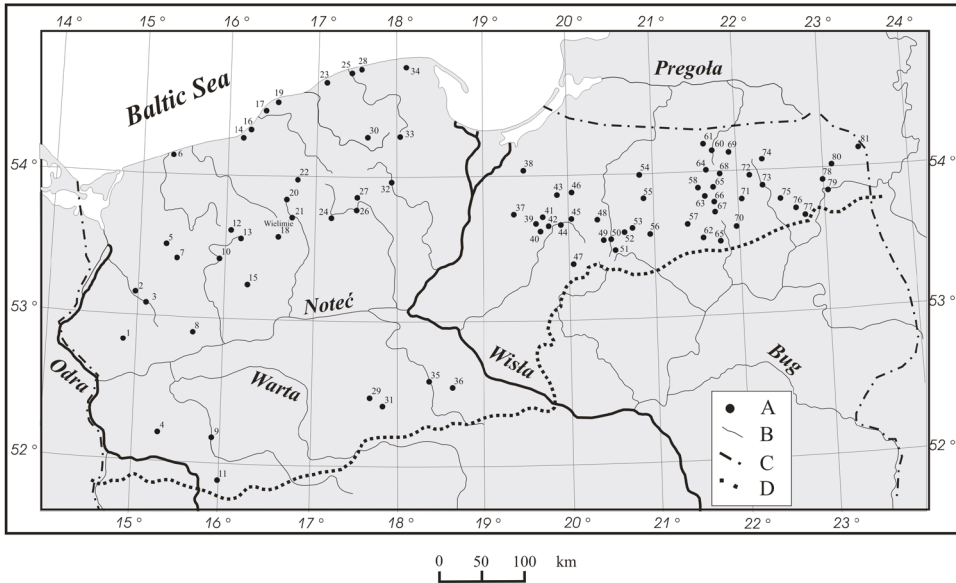
Celem pracy jest przedstawienie dynamiki zmian powierzchni największych jezior, tj. powyżej 500 ha, oraz ocena stopnia ich zarastania na podstawie dostępnych materiałów kartograficznych i zdjęć lotniczych.

W obrębie misy każdego zbiornika mamy do czynienia z bardziej rozległą bądź tylko fragmentaryczną strefą litoralu. Ta zaś, w której wpływ zlewni jest najwyraźniejszy, porośnięta jest pasem roślinności zakorzenionej (Kijowski 1978). W obrębie litoralu wyróżnić można kilka stref roślinności (wg Starmacha i in. 1976):

- strefę szuwarów – występuje na granicy lądu i wody, głównie rośliny błotne (*Carex Vesicaria*, *Carex gracilis*, *Juncus*, *Equisetum*, *Acorus calamus*),
- strefę oczerzetów – rośliny wodne wynurzone rosnące do 1–2 m głębokości (*Phragmites communis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Typha angustifolia*, *Acorus calamus*),
- strefę roślinności o pływających liściach – rośliny ukorzenione rosnące do głębokości 3 m (*Potamogeton lucens*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton crispus*),
- strefę roślinności zanurzonej kwiatowej i bezkwiatowej – rośliny ukorzenione na głębokości 3–6 m (*Characae*, *Fontinalis*).

MATERIAŁY I METODY

Spośród 6793 jezior (o powierzchni powyżej 1 ha) położonych na pojezierzach północnej Polski analizie poddano 81 jezior, których powierzchnia przekracza 500 ha. Lokalizacja owych jezior została przedstawiona na ryc. 1, a ich numeracja konsekwentnie rośnie od zachodu ku wschodowi.



Ryc. 1. Położenie badanych jezior: A – jeziora (numeracja zgodna z tab. 2), B – rzeki, C – granice państw, D – maksymalny zasięg ostatniego zlodowacenia

Fig. 1. Location of the lakes studied; A – lakes (peaceably from Table 2), B – river, C – country borders, D – maximum extent of the last glaciation

W pracy wykorzystano dane dotyczące zarastania jezior, określone przez dwa źródła. Pierwszym jest Instytut Rybactwa Śródlądowego (IRŚ) w Olsztynie, drugim zaś obliczenia autorów na podstawie aktualnej lotnicznej ortofotomapy. Wśród analizowanych jezior 10 charakteryzuje się głębokością maksymalną większą od 50 m, natomiast w 16 jeziorach jest ona mniejsza od 10 m. Głębokość średnia wskazuje na stosunkową płytkość przedstawianych jezior. Obiektów o głębokości średniej powyżej 15 m jest pięć, natomiast poniżej 5 m aż 18. Zróżnicowany jest również udział strefy litoralnej, który dobrze wyraża procentowy udział powierzchni jeziora do głębokości 2,5 m. Największe jego udziały charakteryzują jeziora płytkie, bez wyraźnie zaznaczonej strefy profundalnej. Należą do nich jeziora przybrzeżne oraz jezioro Wielimie, w których są one większe od 75% całkowitej powierzchni. Z kolei najmniejsze odnoszą się do jezior: Łańskie, Miedwie, Wulpińskie oraz Mokre i wynoszą poniżej 12,5%. Ogółem na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim zlokalizowanych jest dziewięć jezior, na Pojezierzu Pomorskim 29 i na Pojezierzu Mazurskim 41.

Przy wytyczeniu i określaniu zarysu i powierzchni jezior posłużono się oprogramowaniem ArcGIS firmy Eris, pozwalającym na wektoryzację na ekranie monitora podkładu rastrowego w postaci ortofotomapy lotnicznej pozyskanej z punktu dostępnego do krajowej infrastruktury danych przestrzennych – geoportal.gov.pl, jako usługa WMS (Web Map Services). Prace polegały na utworzeniu w pliku

wektorowym obrysów jezior, do których w tabeli atrybutów wprowadzono unikatowe identyfikatory, oraz obliczeniu automatycznym powierzchni wydzieleń (Hildebrandt-Radke, Przybycin 2011, Gotlib i in. 2007). Podkład rastrowy, na którym wykonane były pomiary (w skali nie mniejszej niż 1 : 1200), utworzony został na podstawie barwnych zdjęć lotniczych o 0,5-metrowej wielkości piksela bądź bardziej dokładnie. Aktualność lotniczych ortofotomap przypada na lata 2010–2011. Szczególną uwagę podczas wektoryzacji ekranowej zwrócono na strefę przybrzeżną, wyraźnie odróżniającą się na barwnej cyfrowej ortofotomapie i prezentującą stan faktyczny roślinności makrofitowej na jeziorach. W celu określenia stopnia zarastania jezior posłużono się dwoma wskaźnikami. Najważniejszym z nich jest współczynnik zarastania jezior, rozumiany jako procentowy udział powierzchni roślinności wynurzonej w stosunku do całkowitej powierzchni jeziora. Drugi natomiast nazwany wskaźnikiem zarastania linii brzegowej jest ilorazem powierzchni roślinności wynurzonej (bez powierzchni wysp) do długości linii brzegowej i wyrażony jest w $\text{ha} \cdot \text{km}^{-1}$. Metoda ta była zastosowana przy obliczaniu zmian powierzchni jezior wskutek zarastania na Pojezierzach Południowobałtyckich (Skowron, Jaworski 2017).

Pierwszym i syntetycznym opracowaniem dotyczącym powierzchni jezior całego kraju był *Katalog jezior Polski* w opracowaniu Majdanowskiego (1954). Katalog zawiera dane o wszystkich jeziorach w Polsce, których powierzchnia była równa lub większa od 1 ha. Dane do *Katalogu* zostały pozyskane z planimetrowania ich powierzchni na mapach w skali 1 : 25 000. Mapy wykonano w latach 1900–1920 i dotyczyły zachodniej części Polski. Z kolei pomiary jezior we wschodniej części kraju oparto na mapach w skali 1 : 100 000 oraz dodatkowo w skali 1 : 25 000 i 1 : 84 000 pochodzących głównie z roku 1930. Zatem ich szczegółowość i dokładność jest zróżnicowana (Jańczak 1996; 1997; 1999). W *Katalogu* tym uwzględniono również wcześniejsze opracowania. Ogółem przedstawiono w nim dane dla 9296 jezior, których łączna powierzchnia wynosiła 316 927 ha.

Kolejny materiał uwzględniony w tym opracowaniu dotyczy morfometrii jezior i opracowany został przez Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. Powierzchnie jezior, a także pozostałe parametry określono przy okazji wykonywania planów batymetrycznych w latach 1958–1968. Powstały one w czasie pomiarów prowadzonych z lodu, gdzie sondowania wykonywane były w węzłach siatki kwadratów o boku 50 m. Jedynie tylko w miejscach wyraźnych przegłębień lub wypłyceń pomiarów dokonywano co 10 m. Na podstawie tego materiału sporządzone zostały plany batymetryczne, które były podstawą obliczenia podstawowych parametrów morfometrycznych oraz określenia zasobów wodnych. Liczba jezior objętych takimi badaniami przekroczyła 2100 (Choiński 2007).

W latach 1996–1999 wydany został trzypiętomowy *Atlas jezior Polski* pod redakcją J. Jańczaka (1996; 1997; 1999). Zestawiono w nim jeziora w Polsce o powierzchni większej od 10 ha. To trzyczęściowe opracowanie zawiera dane do-

tyczące położenia geograficznego (długość i szerokość geograficzną), ważniejsze wskaźniki morfometryczne oraz wskaźniki fizykochemiczne. Dla zdecydowanej większości jezior dane morfometryczne są powieleniem danych Instytutu Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie. Uzupełnienie stanowią plany batymetryczne uzyskane z wykorzystaniem technik GPS i echosondy. Ogółem przedstawiono dane dla 2913 jezior.

Bez wątpienia najobszerniejszym katalogiem jezior ujmującym także wszystkie jeziora o powierzchni powyżej 1 ha jest *Katalog jezior Polski* (Choiński 2006). Katalog ten opiera się na materiale kartograficznym z około 1975 roku. Zawiera on zestawienie jezior oparte na mapach w skali 1 : 50 000. Powierzchnie jezior zmierzono planimetrem, a w przypadku małych jezior określono je za pomocą papieru milimetrowego. Jest to najpełniejsze zestawienie jezior oparte na jednolitym materiale kartograficznym. Według powyższego źródła danych, liczba jezior o powierzchni powyżej 1 ha wynosiła 7081.

Bardzo dokładny obraz zarysu linii brzegowej jezior wraz z zasięgiem roślinności wynurzonej oraz wysp roślinnych i lądowych otrzymano na podstawie interpretacji barwnych lub panchromatycznych zdjęć lotniczych, udostępnianych obecnie w postaci ortofotomapy i wykonanych w pierwszej dekadzie XXI wieku. W pracach kameralnych pozyskano zarysy linii brzegowej jezior, zasięg roślinności wynurzonej oraz zarys wysp lądowych w obrębie mis jeziornych. Pozwoliło to na określenie ich szczegółowych zarysów. Do nich zaliczyć należy: wszystkie pojedyncze wyspy roślinności, wszystkie wycinki trzcin w pasie przybrzeżnym, uwzględnienie zabudowy pomostów i betonowych nadbrzeży itp.

Spśród 6793 jezior (o powierzchni powyżej 1 ha) położonych na pojezierzach północnej Polski do analizy wytypowano 893 jeziora. Jeziora wybrano na podstawie dostępnych planów batymetrycznych oraz informacji o ich zarastaniu. W ostatnim 50-leciu dla analizowanych jezior stwierdzono spadek ich powierzchni o 1,9% (z 140 975,0 ha do 138 273,7 ha). Również zmniejszeniu w tym okresie uległa powierzchnia jezior zajęta przez roślinność wynurzoną o 0,27%. Powierzchnia jezior zajęta przez roślinność wynurzoną wynosi średnio 7,69%. W przypadku jezior małych (poniżej 80 ha) i średnich (80÷200 ha) stopień zarastania był największy i wynosił odpowiednio: 14,3 i 9,6%.

WYNIKI

Jeziora z geologicznego punktu widzenia są bardzo nietrwałym elementem krajobrazu. Dotyczy to szczególnie jezior polodowcowych wykształconych w utworach akumulacji wodno-lodowcowej. Pokazują to dobitnie dane zawarte w *Katalogach jezior Polski* wydane w 1954 i 2006 roku. Dzieli je tylko 35–50 lat, a porównanie danych wskazuje na wyraźne zmniejszenie się zarówno liczby (o 2215 jezior), jak i łącznej powierzchni jezior (o 11,22%). Dotyczy to głównie

jezior najmniejszych, najbardziej narażonych na zarastanie i ich zanik. Liczba jezior najmniejszych do 5 ha w tym czasie zmniejszyła się o 1622, a ich powierzchnia o 0,75%. Zatem jak podaje Choiński (2007), na różnice te z pewnością miała wpływ powierzchniowa kwalifikacja jezior na różnych mapach topograficznych.

Znamienne jest również porównanie liczby największych jezior w Polsce według najnowszych obliczeń, tzn. według *Katalogu jezior Polski* Choińskiego (2006) i ortofotomapy z lat 2010–2011. I tak liczba jezior o powierzchni powyżej 500 ha (przyjmując za punkt odniesienia dane IRŚ) wynosi odpowiednio: 76 i 77, a ich powierzchnie wyraźnie różnią się między sobą.

Jedną z głównych przyczyn zmniejszania się zasobów wodnych w jeziorach jest obniżanie się poziomu wody i jednocześnie zmniejszanie się ich powierzchni i pojemności. Porównanie powierzchni największych jezior w Polsce Północnej (> 500 ha) wskazuje na wyraźne różnice. Powierzchnia jezior według IRŚ wynosiła 108 728,2 ha, według *Katalogu* z 2006 roku 104 716,0 ha, natomiast według ortofotomapy 107 763,5 ha. Warto w tym miejscu zaznaczyć, iż *Katalog* z 2006 r. nie uwzględnił Jeziora Pakoskiego, traktując je jako zbiornik wodny, oraz całego jeziora Gaładuś.

Tabela 2. Zestawienie powierzchni analizowanych jezior według różnych autorów i źródeł

Table 2. Summary of the analyzed lakes surfaces according to various authors and sources

Lp.	Jezioro	Powierzchnia jezior w ha			
		Majdanowski (1954)	Instytut Rybactwa Śródlądowego	Choiński (2006)	ortofotomapa (zasoby CODGiK)
1	Myśliborskie	616	617,7	595,0	614,5
2	Miedwie	3677	3527,0	3491,0	3549,0
3	Płoń	830	790,7	738,5	733,5
4	Niesłysz	515	486,2	526,0	517,5
5	Woświn	832	809,7	767,5	742,1
6	Resko Przymorskie	620	577,1	559,0	549,4
7	Ińsko	596	589,9	529,0	569,6
8	Osiek	604	538,9	514,0	517,8
9	Zbąszyńskie	760	742,5	697,5	687,1
10	Lubie	1485	1439,0	1487,5	1452,0
11	Sławskie	874	817,3	822,5	802,0
12	Siecino	776	729,7	740,0	732,0
13	Drawsko	1862	1871,5	1797,5	1817,4
14	Jamno	2290	2239,6	2231,5	2251,1
15	Betyń (Bytyń)	823	877,1	829,0	836,0
16	Bukowo	1800	1747,4	1644,0	1628,4
17	Kopań	850	789,7	786,5	768,2
18	Pile	933	980,1	979,0	963,3
19	Wicko	1125	1058,9	1031,0	1013,4
20	Wierzchowo	772	731,0	712,5	690,4

21	Wielimie	1830	1754,6	1637,5	1671,0
22	Bobięcińskie Wielkie	535	524,6	487,5	520,2
23	Gardno	2500	2468,1	2337,5	2361,8
24	Szczytno	615	645,2	565,0	588,4
25	Łębsko	7530	7139,8	7020,0	7269,8
26	Charzykowskie	1348,4	1363,8	1336,0	1333,2
27	Karsińskie	583	688,6	671,0	679,5
28	Sarbsko	677	651,7	614,0	621,6
29	Niedźwiedź	748	637,7	602,5	626,6
30	Jasień	587	577,2	575,0	594,9
31	Powidzkie	1200	1174,7	1097,5	1070,0
32	Wdzydze	1420	1455,6	1417,0	1486,3
33	Raduńskie Dolne	671	737,2	703,5	736,4
34	Żarnowieckie	1470	1431,6	1425,0	1394,5
35	Gopło	2340	2154,5	2121,5	2085,4
36	Głuszyńskie	604	608,5	596,5	589,0
37	Dzierzgoń	884	787,9	837,5	799,1
38	Drużno	1790,1	1446,0	1147,5	1117,5
39	Płaskie	626	620,4	587,5	595,6
40	Jeziorko	3230	3219,4	3152,5	3069,9
41	Ewingi	518	490,4	491,0	481,3
42	Gil Wielki	580	538,6	540,0	527,2
43	Ruda Woda	617,7	654,1	611,0	596,8
44	Drwęckie	690	870,0	780,0	817,1
45	Szeląg Wielki	632	599,0	532,5	553,8
46	Narie	1096,7	1240,0	1225,0	1209,9
47	Dąbrowa Wielka	622	615,1	587,5	587,0
48	Wulpińskie	708	706,7	683,5	713,1
49	Pluszne	860	903,3	867,5	887,8
50	Łańskie	1110	1042,3	1070,0	1090,3
51	Omulew	530	504,0	508,8	494,4
52	Kośno	467	551,9	562,5	559,4
53	Kalwa	587	562,2	561,0	559,7
54	Luterskie	720	691,1	687,5	667,6
55	Dadaj	1 051	976,8	975,0	976,1
56	Sasek Wielki	917	869,3	866,0	794,7
57	Mokre	766	841,0	790,0	813,0
58	Tały-Ryńskie	1892	1831,2	1796,0	1782,1
59	Nidzkie	1734	1818,0	1750,0	1696,2
60	Beldany	1240	940,6	968,5	891,3
61	Rydzówka	530	490,3	500,0	509,5

62	Dejguny	836	765,3	762,5	775,7
63	Mamry	2663	10 282,4	9851,0	9633,6
64	Jagodne	910	942,7	872,5	892,7
65	Łuknajno	620	680,0	592,5	562,0
66	Śniardwy	10 660	11 340,4	11 487,5	10 746,6
67	Niegocin	2669,4	2600,0	2595,0	2585,7
68	Pogubie Wielkie	696	670,8	649,0	654,6
69	Gołdapiwo	1070	862,5	891,5	919,8
70	Roś	2212	1887,7	1808,5	1679,4
71	Orzysz	1142	1070,7	1012,5	1035,3
72	Szóstak	680	500,8	480,0	498,9
73	Łaśmiady	890	882,1	940,0	940,9
74	Łażno	560	562,4	550,0	541,3
75	Selmęt Wielki	1250	1269,5	1207,5	1229,0
76	Rajgrodzkie	1620	1503,2	1499,0	1493,4
77	Dreństwo	440	504,2	549,0	510,0
78	Necko	411	400,0	400,0	512,4
79	Sajno	526	522,5	494,0	524,6
80	Wigry	2166	2118,3	2115,0	2094,9
81	Gaładuś (całe)	736	720,6	552*	722,9

Objaśnienia: * – w granicach Polski

Powierzchnie jezior przedstawione w tab. 2 różnią się wyraźnie. Wynika to nie tylko z metody obliczeń, chociaż jest ona główną przyczyną, ale także z odmienności związanych z powierzchnią kwalifikacją jezior na różnych mapach topograficznych oraz z dokładności pomiarów. Szczególnie zauważalna jest duża różnica w ocenie powierzchni Jeziora Żarnowieckiego. O ile różnice powierzchni między tymi zawartymi w analizowanych *Katalogach* są nieznaczne, o tyle w stosunku do pomiarów z ortofotomapy bardzo duże. Dlatego nie wzięto ich pod uwagę przy analizie danych zawartych w tab. 3.

Generalnie powierzchnie analizowanych jezior ze wszystkich źródeł w stosunku do wielkości uzyskanych z ortofotomapy są nieco mniejsze. Wynika to przede wszystkim z dokładności materiałów źródłowych. Najmniejsza powierzchnia wydzielenia na mapie topograficznej w skali 1 : 50 000 wynosi około 0,25 ha, a na cyfrowych zdjęciach lotniczych (piksel 0,5 m) może wynieść kilkadziesiąt razy mniej. Najmniejsze różnice stwierdzono między danymi z ortofotomapy i danymi z *Katalogu* Choińskiego (2006), które średnio są mniejsze o 9,5 ha. Największe średnie różnice występują w porównaniu z danymi zawartymi w *Katalogu* Majdanowskiego (1954) i wynoszą 68,6 ha (tab. 3). Z kolei maksymalne dodatnie odchylenia osiągają 249,8 ha, natomiast maksymalne ujemne odchylenie powierzchni zanotowano w przypadku jeziora Druzno i wynosi ono 740,9 ha.

Tabela 3. Różnice powierzchni jezior powyżej 500 ha według różnych źródeł w stosunku do wartości z ortofotomapy

Table 3. Differences in lake areas over 500 ha according to various sources in relation to the values from the orthophotomap

Element	według <i>Katalogu</i> Majdanowskiego (1959)	według Instytutu Rybackwa Śródlądowego	według <i>Katalogu</i> Choińskiego (2006)
wartość średnia	68,8	42,7	8,2
maksymalna	127,1	130,0	249,8
minimalna	-672,6	-648,8	-740,9

Porównanie współczynnika zarastania jezior między danymi IRS i obliczonymi z ortofotomapy daje obraz zmian sukcesji roślin w ciągu około 50 lat. Według danych IRS, współczynnik ów wynosi - 6,93%, natomiast na podstawie ortofotomapy - 8,04%. Ten niewielki wzrost o 1,1% świadczy o systematycznym zarastaniu dużych jezior w Polsce.

Tabela 4. Maksymalne wielkości wskaźników zarastania jezior według ortofotomapy
Table 4. The highest values of lake overgrowth parameters according to the orthophotomap

Jeziro	Powierzchnia roślinności wynurzonej (ha)	Współczynnik zarastania jezior (%)	Wskaźnik zarastania linii brzegowej (ha·km-1)
Druzno	2159,32	69,3	47,20
Niedzięgiel	84,91	13,6	3,51
Drwęckie	107,48	13,2	2,53
Rajgrodzkie	165,17	11,1	11,26
Wigry	212,20	10,1	2,32
Niesłysz	49,02	9,7	2,19
Orzysz	99,62	9,6	1,73
Sajno	48,49	9,2	3,14
Narie	110,41	9,1	1,55
Łażno	49,22	9,1	2,45

Z kolei średni wskaźnik zarastania jezior dla ośmiu jezior powyżej 500 ha powierzchni według ortofotomapy wynosi 6,98%. Absolutnie największym wskaźnikiem charakteryzuje się jezioro Druzno 69,3%, a dla pozostałych czterech nieznacznie przekracza 10% (tab. 4). Natomiast najniższe wielkości wskaźnika charakteryzują jeziora: Żarnowieckie (1,1%), Gosławskie (1,2%) i Miedwie (1,7%).

W celu określenia skali zarastania jezior użyto także wskaźnika zarastania linii brzegowej. Jego wielkości średnie, tj. 2,8 ha·km⁻¹ dla analizowanych jezior, są również bardzo zróżnicowane. Najwyższe charakteryzują jezioro Druzno (47,2 ha·km⁻¹), Śniardwy (18,3 ha·km⁻¹), Rajgrodzkie (11,3 ha·km⁻¹), najmniejsze zaś nie przekraczają 0,3 ha·km⁻¹ (Resko Przymorskie). Ich różnice między danymi

IRŚ a ortofotomapą są również wyraźne, ale ze względu na nieporównywalne metody ich określenia nie będą w pracy interpretowane.

Dla pełnej charakterystyki zarastania jezior autorzy określili na podstawie ortofotomapy powierzchnię oraz liczbę wysp roślinnych i lądowych dla analizowanych 81 jezior. Występowanie wysp roślinnych warunkowane jest w głównej mierze małymi głębokościami jeziora. Dla ośmiu jezior brak jest występowania jakichkolwiek wysp, w 22 przypadkach liczba wysp jest równa i większa od 10. Najwięcej wysp roślinnych występuje na jeziorach: Druzno (173), Wigry i Śniardwy (po 43), Mamry (29), Narie i Łebsko (po 26) i Wielimie (25). Powierzchnia wysp na wszystkich analizowanych jeziorach wynosi 2042,2 ha. Największe powierzchnie wysp roślinnych ponad 150 ha występują na jeziorach: Mamry (429,1 ha), Jeziorak (292,5 ha), Wdzydze (159,5 ha) i Wielimie (158,4 ha).

Tabela 5. Powierzchnie największych wysp lądowych na największych jeziorach w Polsce

Table 5. Areas of the largest land islands on the largest lakes in Poland

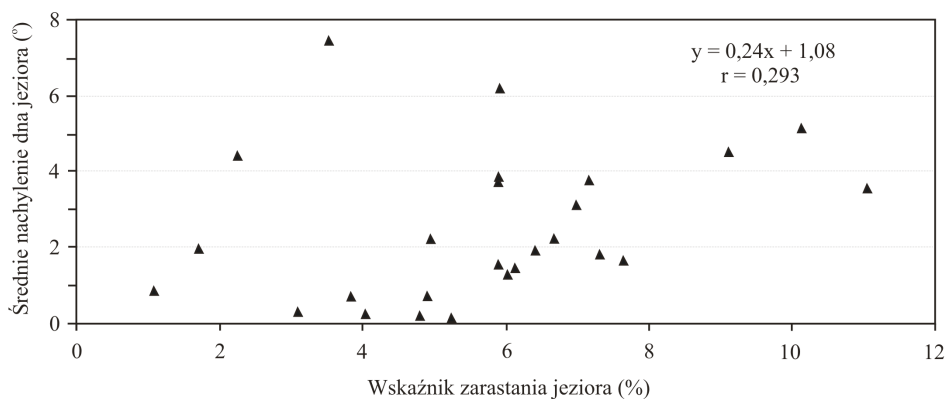
Nazwa wyspy	Nazwa jeziora	Powierzchnia wysp w ha	
		według Choińskiego (2007)	według ortofotomapy (zasoby CODGIK)
Wielimska	Wielimie	94,5	94,56
Ostrów Wielki	Wdzydze	95,0	92,46
Ostrów	Jeziorak	99,5	85,11
Duży Ostrów	Mamry	73,5	79,84
Bielawa	Drawsko	75,0	75,02
Upały	Mamry	66,5	68,34
Bukowiec	Jeziorak	54,2	66,76
Czapłak	Jeziorak	54,2	47,67
Róż	Orzysz	52,4	56,36

Wyspy lądowe stanowią istotny element na planach batymetrycznych jezior. Ich występowanie uwarunkowane jest nie tylko genezą jeziora, ale przede wszystkim ewolucją niecki jeziornej od początku holocenu. W swojej przeszłości były one niekiedy półwyspami, często zalewanymi wodą, aby potem wynurzyć się ponad powierzchnię zwierciadła wody. Są zatem nieodzowną historią i świadectwem zmian, jakie zachodziły w ewolucji misy jeziornej.

Dane przedstawione przez Żygulską (1992) wskazują, iż spośród 7081 jezior aż na 556 znajdują się wyspy lądowe, a ich łączna liczba wynosi 1115. Zajmują one powierzchnię 2395,8 ha i są wyraźnie zróżnicowane pod względem wielkości. W tab. 5 przedstawiono powierzchnię największych wysp jeziornych według różnych źródeł. Najwięcej wysp występuje na jeziorach: Mamry (23), Narie (21) i Jeziorak (17), a dla kolejnych pięciu liczba wysp lądowych jest większa od 10. Spośród 81 analizowanych jezior aż w 22 jeziorach nie występuje żadna wyspa lądowa.

DYSKUSJA

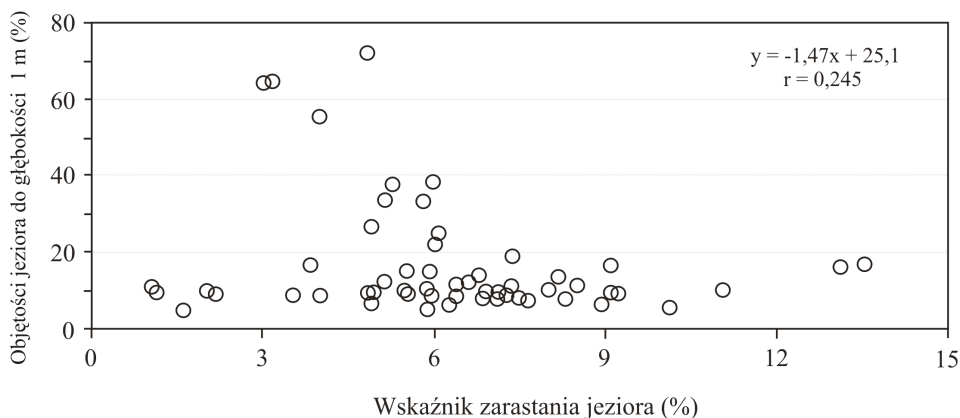
Końcowym efektem zmian zachodzących w ekosystemie jeziornym jest zanik jeziora. Jest on słusznie kojarzony także z obniżeniem poziomu zwierciadła wody, przyrostem osadów w obrębie misy jeziornej oraz z postępującą eutrofizacją (Bajkiewicz-Grabowska 2002; Choiński 2007; Skowron, Piasecki 2014, Piasecki 2015). Autorzy przeprowadzili analizę danych przez określenie zależności między różnymi elementami jeziora. Okazało się, że zależności zarówno między głównymi parametrami zarastania (współczynnik zarastania jeziora i wskaźnik zarastania linii brzegowej), jak i wskaźnikami morfometrycznymi (średnia głębokość jeziora, średnie nachylenie dna, procentowy udział powierzchni i objętości wód jeziora do głębokości 1 m) oraz wysokością położenia zwierciadła nad poziom morza nie wykazały istotnych związków statystycznych (ryc. 2 i 3).



Rycina 2. Zależność między średnim nachyleniem dna jeziora i współczynnikiem zarastania jeziora

Figure 2. Relationship between the mean slope of the lake bottom and the lake overgrowth coefficient

Wstępne wyniki wskazują także na zależność stopnia zarastania jezior od wysokości położenia ich zwierciadła wody nad poziom morza, to znaczy że im niżej położone jest jezioro, tym bardziej podatne jest na sukcesję roślin. A to z kolei stanowi o intensywnym procesie sedimentacji, która przyczynia się intensywnego łądowienia. Ponadto związek między zarastaniem jezior a wysokością zwierciadła wody w jeziorach może świadczyć o skali oddziaływania człowieka, na przykład wysokości położenia upraw rolnych i związanej z nimi denudacji antropogenicznej (Sinkiewicz 1998). Im jezioro w danej zlewni leży bowiem niżej, tym teoretycznie większa jest jego podatność na degradację i w konsekwencji na zwiększoną eutrofizację całego ekosystemu. Tak więc zwiększona eutrofizacja wód sprzyja szybszej sukcesji roślin. A im jezioro położone jest wyżej, tym otrzymuje mniej materii, mając szansę na dłuższą żywotność.



Rycina 3. Zależność między procentowym udziałem objętości jeziora do głębokości 1 m i współczynnikiem zarastania jeziora

Figure 3. Relationship between the percentage of the lake's volume up to a depth of 1 m and the lake overgrowth coefficient

Tabela 6. Wskaźniki dotyczące powierzchni, liczby i zasobów wodnych jezior w obrębie wydzielonych faz lądolodu w północnej Polsce (według A. Choiński 2017)

Table 6. Indicators on the area, number and water resources of lakes within the separated phases of the ice sheet in northern Poland (according to A. Choiński 2017)

Obszar	Powierzchnia obszaru (km ²)	Liczba jezior	Zasoby wodne (km ³)	Powierzchnia jezior (km ²)	Jeziorność (%)	Średnia głębokość (m)	Warstwa zasobów wodnych (mm)
Na północ od fazy pomorskiej	42 800	2443	8,694	1216,0	2,84	7,15	203
Między fazą poznańską i pomorską	62 470	3998	10,063	1447,0	2,32	6,95	161
Między fazą leszczyńską i poznańską	11 470	352	0,499	121,2	1,06	4,12	43

Ciekawe zjawisko zaobserwowano w zakresie cech powierzchni, zasobów wodnych i jeziorności pomiędzy poszczególnymi fazami ostatniego zlodowacenia bałtyckiego w Polsce. Choiński (2017), biorąc pod uwagę powierzchnie ograniczone poszczególnymi fazami, obliczył dla tych obszarów trzy wskaźniki: jeziorność, średnią głębokość oraz zasoby wód jeziornych. Wielkości te przedstawiono w tab. 6. Z ich analizy wynika, że im dalej na południe, tym jeziora są starsze, jeziorność zaś, średnia głębokość i warstwa zasobów wody maleją.

Autorzy zauważają, iż na tempie zarastania jezior zaważyć może wiele nakładających się czynników. Trudno jest jednoznacznie wskazać główną przyczynę

zmian zarastania. Z pewnością poza wymienionymi powodami o tempie zarastania decyduje ilość i jakość substancji biogenicznych migrujących do jeziora z obszaru zlewni, nachylenie zlewni bezpośredniej, wymiana wody w jeziorze, parametry morfometryczne niecki jeziora, udział strefy litoralnej w powierzchni jeziora (głównie głębokość 0–1 m) oraz działalność antropogeniczna. Wpływ na uzyskane wyniki mają także wykorzystane do opracowania materiały źródłowe. W przypadku map topograficznych w skali 1 : 50 000 dokładność ich sporządzenia, i w konsekwencji lokalizacji wyróżnianych wydzieleń oraz obliczanych powierzchni, wynosi co najmniej 25 metrów (0,5 mm w skali mapy). To w porównaniu z możliwościami kartowania na podkładzie cyfrowej ortofotomapy (o pikselu rzędu 0,5 m), w której lokalizacja punktów może być dokonana z dokładnością co najmniej jednego metra, a najmniejsza wydzielona powierzchnia to 1 ar lub mniej, wydaje się bardzo ograniczone i w zdecydowany sposób wpływa na uzyskane wyniki. Już w niedługim czasie, ze względu na horyzont czasowy (np. 10–30 lat), będzie istniała pełna możliwość dokonywania porównań wyłącznie na podstawie danych teledetekcyjnych, zarówno na zdjęciach lotniczych, jak i wysokorozdzielczych zobrazowaniach satelitarnych, co spowoduje porównywalność wykorzystanych źródeł i uzyskanych wyników.

WNIOSKI

Opierając się na analizie kilku źródeł danych dotyczących powierzchni oraz wielkości zarastania jezior, można przedstawić następujące wnioski:

- w przypadku czterech analizowanych źródeł danych konsekwentnie maleje sumaryczna powierzchnia 81 jezior (> 500 ha),
- w odniesieniu do wskaźnika zarastania stwierdza się różnice w wielkości obliczonej na podstawie planów batymetrycznych wykonanych przez Instytut Rybactwa Śródlądowego i ortofotomapy o 1,1%, co świadczy o systematycznym zarastaniu jezior,
- w przypadku zarastania linii brzegowych zauważa się ich duże zróżnicowanie,
- powyższa analiza dotyczy jezior o największych powierzchniach. Należy liczyć się z tym, że jeziora mniejsze i o znacznie mniejszych głębokościach średnich są zdecydowanie bardziej podatne na zmniejszenie powierzchni i objętości poprzez sedymentację i sedimentację i dlatego w przyszłości wielce zasadne wydaje się podjęcie tej problematyki dla jezior mniejszych,
- w zbiorze analizowanych 81 jezior znaleziono przypadki drastycznego zmniejszania się powierzchni (np. Druzno), względnie dużej jej stabilności (Kalwa) oraz jej nieznacznego zwiększania się powierzchni (Pile). Na powyższe sytuacje wpływa spłot warunków naturalnych i antropogenicznych.

LITERATURA

- Atlas jezior Polski, 1996: *Jeziora Pojezierza Wielkopolskiego i Pomorskiego w granicach dorzecza Odry* (pod red. J. Jańczaka), t. 1, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, s. 268.
- Atlas jezior Polski, 1997: *Jeziora zlewni rzek Przymorza i dorzecza dolnej Wisły* (pod red. J. Jańczaka), t. 2, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, s. 256.
- Atlas jezior Polski, 1999: *Jeziora Pojezierza Mazurskiego i Polski południowej* (pod red. J. Jańczaka), t. 3, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, s. 240.
- Bajkiewicz-Grabowska E., 2002: *Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych*. Wyd. UW, Warszawa, s. 274.
- Błaszczewicz M., 2005: *Late glacial and early holocene evolution of the lake basins in the Kociewskie Lakeland (Eastern part of the Pomerania Lakeland)*. Geogr. Studies of the Polish Academy of Sciences, 201, 1–192.
- Brižs, J., 2011: *Dynamics of emergent macrophytes for 50 years in the coastal Lake Engure, Latvia*. Proceed. Of the Latvian Acad. Of Scienc., 65 (5/6), 170–177.
- Choiński A., 2001: *Analysis of changes in the area and water volume of Lake Jamno*. Limnol. Rev., 1, 41–44.
- Choiński A., 2006: *Katalog jezior Polski*. Adam Mickiewicz University Press, Poznań, 600.
- Choiński A., 2007: *Limnologia fizyczna Polski*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań, 547.
- Choiński A., Ptak M., 2008: *Zanikanie jezior w Wielkopolsce na tle Polski*. Roczniki Gleboznawcze, 59 (2), 25–31.
- Choiński A., 2017: *Jeziora i zbiorniki wodne w Polsce*, [w:] Jokiel P., Marszelewski W., Pociask-Karteczka J. (red.), *Hydrologia Polski*. Wyd. Nauk. PWN, 223–229.
- 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, 178–184.
- Churski, Z., 1988: *Wybrane zagadnienia dotyczące rozwoju jezior i mokradel w Polsce*, [w:] Churski Z. (ed.), *Naturalne i antropogeniczne przemiany jezior i mokradel w Polsce*. Nicolaus Copernicus University Press: Dissertations, Toruń, 9–31.
- Dąbrowski, M., 2002: *Changes in the water level of lakes in northeastern Poland*. Limnol. Rev., 2, 85–92.
- Dorożyński, R., Skowron R., 2002: *Changes of the basin of Lake Gopło caused by melioration work in the 18th and 19th centuries*. Limnol. Rev., 2, 93–102.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2007: *GIS: obszary zastosowań*. Wyd. Nauk., PWN, Warszawa, 249.
- 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*. Przegl. Geogr., 83, 323–342.
- Jusik Sz., Macioł A., 2014: *The influence of hydromorphological modifications of the littoral zone in lakes on macrophytes*. Oceanological and Hydrobiological Studies 43: 66–76.
- Kalinowska K., 1961: *Zanikanie jezior polodowcowych w Polsce (Disappearance of glacial lakes in Poland)*. Przegl. Geogr., 33 (3), 511–518.
- Kaniecki, A., 1997: *Wpływ XIX-wiecznych melioracji na zmiany poziomu wód [Influence of XIXth centuries – the meliorations on change of level of waters]*, [w:] A. Choiński (ed.) *Wpływ antropopresji na jeziora (Influence of human impact on lake)*, Wyd. Nauk. UAM, Poznań-Bydgoszcz, 67–71.
- Katalog jezior Polski, 1954:* (red. S. Majdanowski), *Dokumentacja Geograficzna*. Instytut Geografii PAN, Warszawa.

- Kijowski A., 1978: *Analiza zbiorników wodnych na podstawie zdjęć lotniczych*. Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., Ser. A, Geografia Fizyczna, 31: 93–101.
- 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*. Limnol. Rev., 10, 77–85.
- Linkevičienė R., 2009: *Impact of river capture on hydrography and water resources: case study of Ūla and Katra catchments, south Lithuania*. The Holocene, 19 (8), 1233–1240.
- Marszelewski W., 2005: *Changes of the abiotic conditions in the lakes of North-East Poland*. Nicolaus Copernicus University Press, Toruń, 288.
- Niewiarowski W., 1978: *Fluctuations of water-level in the Gopło lake their reasons*. Polskie Archiwum Hydrobiologii 25, 301–306.
- Niewiarowski W., 1986: *The phases of transformation of subglacial channels into river valleys: A case study of the Lower Vistula region*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia, 21, 61–72.
- Niewiarowski W., 1987: *Development of Lake Strażym (Brodnica Lake District, Northern Poland) during the Late Glacial and Holocene*. Acta Paleobotanica, 27, 251–268.
- Niewiarowski W., 1990: *Hydrological changes in the light of palaeolake studies*, [in:] L. Starckel (ed.), *Evolution of the Vistula river valley during the last 15 000 years*. Geogr. Stud., Special Issue 5, 170–178.
- Niewiarowski W., 1995: *Fluctuations of water level in the Biskupin (Biskupińskie) lake and its reasons*, [in:] Niewiarowski W. (ed.), *Outline of changes of the geographical environment in the Biskupin surroundings under influence of natural and anthropogenic factors during the Late Glacial and Holocene*. Oficyna Wydawnicza Turpress, Toruń, 215–234.
- Niewiarowski W., 1999: *On the methods for determining changes and fluctuations in the level of lakes*. Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia, 29, 59–76.
- Nowacka A., Ptak M., 2007: *Zmiany powierzchni jezior na Pojezierzu Wielkopolsko-Kujawskim w XX w.* Bad. Fizjogr. nad Polską Zach., Ser. A, Geogr. Fiz., 58, 149–157.
- 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 (1), 57–79.
- Piasecki A., 2015: *Wykorzystanie wielozasobowych materiałów kartograficznych w analizie ilościowej jezior na obszarze Tucholskiego Parku Krajobrazowego*, [in:] M. Kunz (ed.), *Stan poznania środowiska przyrodniczego Tucholskiego Parku Krajobrazowego i Rezerwatu Biosfery Bory Tucholskie*, Wyd. PWR, Tuchola – Toruń, 60–67.
- Ptak M., 2010: *Percentage of the area covered by forest and change surface lakes in the middle and lower Warta River Basin from the end 19th century*, [in:] T. Ciupa and R. Suligowski (ed.), *Woda w badaniach geograficznych*, Kielce, 151–158.
- Ptak M., Ławniczak A., 2012: *Changes in water resources in selected lakes in the middle and lower catchment of the River Warta*. Limnol. Rev., 12 (1), 35–44.
- Sinkiewicz M., 1998: *Rozwój denudacji antropogenicznej w środkowej części Polski północnej [The development of anthropogenic denudation in central part of Northern Poland]*, Nicolaus Copernicus University Press, Toruń, 103.
- 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: *Zmiany zasobów wodnych oraz geometrii niecek jeziora Gopło i Ostrowskiego w wyniku wpływu antropopresji*, [in:] A. Grześkowiak and B. Nowak (eds.), *Anthropogenic and natural transformations of lakes*. Poznań, 95–97.

- Skowron R., Piasecki A., 2014: *Plant overgrowth as an indicator of lake disappearance – the case of northwestern Poland*, [w:] P. Gastescu, W. Marszelewski, P. Bretcan (red.), *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*, [in:] A.M. Doganovsky, M.A. Naumenko, D.I. Isaev, M. Grześ, R. Glazik and R. Skowron (eds.), *Modern problems of Hydrology*. Sankt Petersburg, RSHU, 58–68.
- Starmach K., Wróbel S., Pasternak K., 1976: *Hydrobiologia: limnologia*. PWN, Warszawa, 620.
- Valta-Hulkkonen K., Kanninen A., Pellikka P., 2004: *Remote sensing and GIS for detecting changes in the aquatic vegetation of rehabilitated lake*. Inter. Jour. Rem. Sensing, 25 (24), 5745–5758.
- Żygulska I., 1992: *Uwyspienie jezior polskich*, maszynopis, UAM, Poznań, 92.

Inne źródła

Zasoby CODGiK – Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.