

## POŁOŻENIE, POWIERZCHNIA I KSZTAŁT WYBRANYCH JEZIOR POJEZIERZA MIĘDZYCHÓDZKO-SIERAKOWSKIEGO NA MAPACH TOPOGRAFICZNYCH

JAROSŁAW KUBIAK, RADZYM ŁAWNICZAK

Zakład Kartografii i Geomatyki, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,  
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

**Abstract:** The objective of research concerned verifying the accuracy of the location and shape of selected lakes presented on topographical maps from various periods, drawn up on different scales. The area of research covered lakes situated in North-Western Poland on the Międzychód-Sieraków Lakeland. An analysis was performed of vector maps available in both analogue and digital format. The shape and location of lakes have been verified directly by means of field measurements performed using the GPS technology with an accuracy class of RTK.

A compilation of cartographic and field data formed the basis for a comparison of the actual area and the length of the shoreline of the studied lakes. Cartographic analyses made it possible to single out the most reliable cartographic sources, which could be used for the purposes of hydrographical analyses. The field measurements performed have also disclosed the potential for using differential GPS measurements for updating and verifying existing cartographic materials, including those pertaining to the hydrographic grid. Furthermore, they have made it possible to obtain very precise quantitative data.

**Keywords:** topographic maps, GPS, lakes geometry

### WSTĘP

Dokumentacja kartograficzna w formie mapy topograficznej, zarówno analogowej, jak i numerycznej, znajduje coraz szersze zastosowanie. Mapy te powszechnie wykorzystuje się między innymi do inwentaryzacji zasobów przyrodniczych, w tym wodnych, oceny warunków przyrodniczych, a także w pracach projektowych i planistycznych. Są one również narzędziem wspomagającym działalność o charakterze administracyjnym. W związku z tym istotną kwestią staje się dokładność geometryczna prezentowanych na mapie obiektów. Dotyczy to zarówno infrastruktury technicznej, jak i elementów naturalnych, między innymi sieci hydrograficznej, form terenu i innych. Oczywiście należy zdawać sobie sprawę z tego, że dokładność geometryczna mapy topograficznej jest zawsze wypadkową skali, jakości druku, stanu nośnika, warunków przechowywania, wreszcie rzetelności topografa i kartografa. Dokładność geometryczna prezentowanych na mapie topograficznej obiektów wpływa bezpośrednio na wyniki pomiarów kartometrycznych przeprowadzanych metodami graficznymi

i mechanicznymi, które to wyniki są często punktem wyjścia do wykonywania obliczeń pochodnych, których celem jest uzyskanie szerszego zakresu informacji o terenie. Dokładność map numerycznych będzie wpływała na wyniki analiz przeprowadzanych z wykorzystaniem narzędzi GIS.

## CEL I OBSZAR BADAŃ

W ramach prowadzonych badań podjęto próbę skonfrontowania obiektów prezentowanych na mapach topograficznych z ich terenowymi odpowiednikami. Obiektami topograficznymi, które badano, były jeziora położone w północno-zachodniej Polsce, na północ od miejscowości Międzychód. Zwyczajowo tereny te nazywane są Pojezierzem Międzychodzko-Sierakowskim. Przeprowadzono pomiar położenia linii brzegowej następujących jezior: Mierzyńskiego, Radgoskiego, Młyńskiego, Szenińskiego oraz Głęboček. Jeziora wytypowane do badań charakteryzują się stosunkowo dobrze dostępną i wyraźną linią brzegową. Linia brzegowa jezior oraz tereny bezpośrednio z nimi sąsiadujące nie wykazują większych zmian antropogenicznych. Wyjątek stanowią okolice Jeziora Mierzyńskiego, które stały się rejonem intensywnej zabudowy o charakterze letniskowym. Położenie badanych jezior przedstawiono na rycinie 1.

## MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Dla regionu objętego badaniami istnieją niezwykle bogate zasoby map topograficznych w różnych skalach (z lat 1907–2013). Porównano także dane hydrometryczne pochodzące z innych publikacji. Uwzględniono następujące materiały źródłowe:

- *Topographische Karte* w skali 1 : 25 000, ark. 3361 Birnbaum z 1940 r.,
- mapę topograficzną w skali 1 : 25 000 (powiat Międzychód) z 1964 r.,
- mapę topograficzną w skali 1 : 10 000, ark. 411.422, 411.424, 412.311, 412.313 z lat 1981 i 1991,
- mapę topograficzną w skali 1 : 50 000, ark. 411.4 i 412.3 z 1977 r.,
- mapę topograficzną w skali 1 : 50 000, ark. z N-33-128-B Międzychód z 1998 r.

Korzystano też z mapy topograficznej w skali 1 : 100 000, ark. 38–22 Międzychód z 1934 r., jednakże z uwagi na skalę mapy w dalszych pracach porównawczych nie była ona wykorzystywana.

Skonfrontowano dane pochodzące z następujących map numerycznych:

- VMapLevel2,
- numerycznej mapy hydrograficznej,



Ryc. 1. Położenie jezior objętych badaniami w zachodniej części Pojezierza Międzychódzko-Sierakowskiego

Podkład: *Mapa topograficzna Polski* 1 : 50 000, PUWG 1992, ark. N-33-128-B Międzychód, Główny Geodeta Kraju, 1998

Fig. 1. The location of the studied lakes in the western part of the Międzychód-Sieraków Lakeland  
 Base-map: *Mapa topograficzna Polski (Topographical Map of Poland)* 1 : 50 000, PUWG 1992, sheet N-33-128-B Międzychód, Surveyor General of Poland, 1998

- numerycznej mapy sozologicznej,
- *Mapy podziału hydrograficznego Polski* (MPHP),
- Bazy danych obiektów topograficznych (BDOT).

Szczegółowość tych opracowań odpowiada dokładności mapy topograficznej w skali 1 : 50 000, natomiast Bazy danych obiektów topograficznych (BDOT) – 1 : 10 000.

Uwzględniono dane hydrometryczne pochodzące z *Katalogu jezior Polski* Choińskiego (2006) i *Atlasu jezior Polski* pod redakcją Jańczaka (1996). Do celów porównawczych wykorzystano wyniki bezpośrednich pomiarów terenowych wykonane przez autorów w latach 2011–2013.

## METODY BADAŃ

Pierwszym etapem pracy było zebranie źródłowych materiałów kartograficznych obejmujących badany obszar na nośnikach tradycyjnych i elektronicznych. Mapy analogowe zostały zeskanowane i skalibrowane w celu uniknięcia zniekształceń wynikających ze stanu podkładu kartograficznego. Aby było możliwe porównywanie cech ilościowych badanych obiektów, wszystkim mapom nadano georeferencje układu współrzędnych geodezyjnych (PUWG, 1992). Do badań wykorzystano jeden z szeroko stosowanych pakietów należący do grupy oprogramowania GIS – *MapInfo Professional v11*.

Kolejnym etapem były prace terenowe, polegające na bezpośrednim pomiarze badanych akwenów. Zastosowano pomiar GPS metodą różnicową z zachowaniem poziomu dokładności klasy RTK (*Real Time Kinematic*). Jest to najbardziej dokładna technika kinematyczna dająca dokładność centymetrową, a przy sprzyjających warunkach – milimetrową. Jednak wadą tej technologii jest utrudniony pomiar w terenie gęsto zalesionym (Rogowski, Kłęk 2009).

Pomiary wykonano, wykorzystując odbiornik GPS RTK Hyper Pro firmy Topcon. Przy pomiarze antena odbiornika była ustawiana na linii brzegowej badanych jezior w punktach odległych od siebie od 3 do 5 m. Usytuowanie anteny często było uwarunkowane roślinnością porastającą brzegi. Pomiar wykonywano w standardzie dokładności położenia poziomego *fixe*, który charakteryzuje się najwyższymi dokładnościami. Pomiar w trybie RTK oznacza metodę fazowych pomiarów satelitarnych, w których pozycja wyznaczana przez odbiornik mobilny poprawiana jest w czasie rzeczywistym, z wykorzystaniem danych obserwacyjnych wysyłanych ze stacji bazowej, co pozwala na dokładności centymetrowe. Chcąc uzyskać ten poziom dokładności, korzystano z poprawek georeferencyjnych udostępnianych przez Aktywną Sieć Geodezyjną EUPOS (ASG EUPOS). System ten w Polsce składa się z 98 stacji permanentnych, rozmieszczonych równomiernie na obszarze kraju (Banasik i in. 2011). W trakcie badań



wykorzystywano zarówno poprawki pochodzące z pojedynczej stacji, jak i poprawki VRS (Virtual Reference Station). VRS jest zintegrowanym systemem, którego komponenty są używane do modelowania błędów w konkretnym rejonie, a następnie do utworzenia wirtualnej stacji permanentnej zlokalizowanej w miejscu zainteresowania, która nadawać będzie poprawki pomiarów w czasie rzeczywistym do odbiornika ruchomego (Rogowski, Kłęk 2009).

Badany obszar znajduje się na skraju zasięgu stacji georeferencyjnych systemu ASG EUPOS (zasięg stacji georeferencyjnej do 40 km). Ten fakt niejednokrotnie był przyczyną utrudnień w odbiorze poprawek georeferencyjnych, na które dodatkowo wpływały ukształtowanie powierzchni terenu oraz gęsta i wysoka roślinność drzewiasta w bezpośrednim sąsiedztwie brzegów jezior. W takich warunkach zakładano własne stacje georeferencyjne, położone w punktach o znanych współrzędnych. Zasięg takiej stacji emitującej poprawkę wynosił 2–3 km i był w pełni wystarczający w trakcie prowadzonych pomiarów.

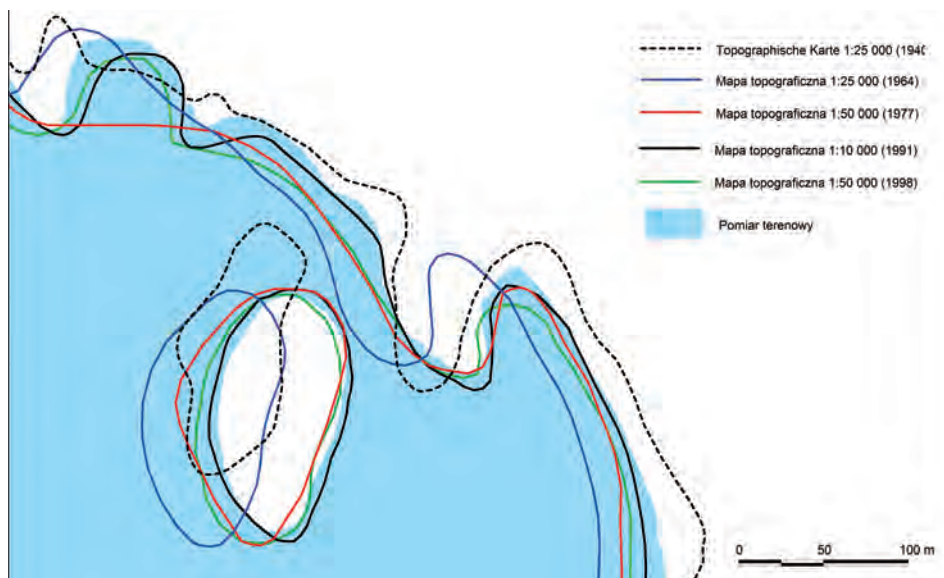
## WYNIKI BADAŃ

Dane dotyczące powierzchni rzeczywistej i długości linii brzegowej jezior, pochodzące z różnych opracowań, zamieszczono w tabelach 1 i 2. Informacje te uzupełniono wynikami bezpośrednich pomiarów terenowych, prowadzonych przy użyciu precyzyjnych satelitarnych urządzeń geodezyjnych.

Na podstawie analizy uzyskanych wyników nie można jednoznacznie wskazać „najlepszej” analogowej mapy topograficznej. Wszystkie powierzchnie i długości linii brzegowej, określone na ich podstawie, wykazują różnicę wartości w stosunku do otrzymanych w wyniku bezpośredniego pomiaru terenowego. Na mapach analogowych powierzchnię poszczególnych jezior najwierniej oddają: *Topographische Karte* (1940) – Jez. Mierzyńskie, Jez. Młyńskie, mapa topograficzna 1 : 10 000 (1991) – Jez. Radgoskie. W przypadku długości linii brzegowej najwyższe dokładności wykazuje mapa topograficzna 1 : 10 000 (1991) – Jez. Radgoskie, Jez. Młyńskie oraz *Topographische Karte* (1940) – Jez. Mierzyńskie, Jez. Szenińskie.

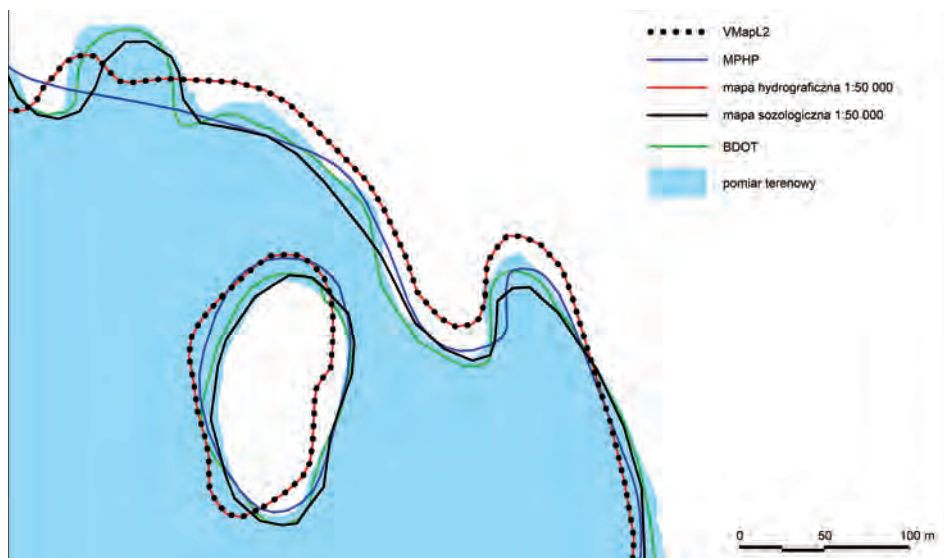
Spośród map numerycznych najdokładniejsze parametry zasięgu powierzchni wodnej i długości linii brzegowej oraz położenia, kształtu samego obiektu uzyskano na BDOT (2013). Pozostałe materiały cyfrowe charakteryzowały się dokładnością mniejszą w porównaniu do map analogowych.

Zauważalne wyraźnie różnice wybranych charakterystyk ilościowych mają również swoje odzwierciedlenie w kształcie obiektów prezentowanych na poszczególnych mapach. Na rycinach 2 i 3 przedstawiono przykład przebiegu fragmentu linii brzegowej Jeziora Mierzyńskiego wygenerowany na podstawie wszystkich dostępnych materiałów kartograficznych, z podziałem na źródła analogowe i numeryczne (ryc. 2 – materiały analogowe, ryc. 3 – materiały



Ryc. 2. Linia brzegowa Jeziora Mierzyńskiego  
Opracowania analogowe

Fig. 2. Shoreline of Lake Mierzyńskie  
Analogue versions



Ryc. 3. Linia brzegowa Jeziora Mierzyńskiego  
Opracowania cyfrowe

Fig. 3. Shoreline of Lake Mierzyńskie  
Digital versions

numeryczne). Zostały one nałożone na powierzchnię jeziora otrzymaną w wyniku bezpośrednich pomiarów terenowych, realizowanych przyrządami o dokładności RTK, a więc przy założeniu wysokiej precyzji tych badań.

Procentowe różnice powierzchni i długości linii brzegowej jezior względem pomiaru terenowego przedstawiono w tabeli 1 i 2. Wartości pochodzące z opracowań kartograficznych w większości przypadków są mniejsze od otrzymanych w wyniku pomiarów terenowych. Różnice powierzchni wahają się od 0,3% – Jez. Szenińskie – mapa topograficzna 1 : 50 000 (1998) do 19,5% – Jez. Głębozczek (*Katalog jezior Polski*, 2006). Natomiast różnice długości linii brzegowej wynoszą od 0,03% – Jez. Radgoskie (*Atlas jezior Polski*, 1996) do 16,8% – Jez. Mierzyńskie (*Atlas jezior Polski*, 2006). Za pomocą ryciny 4 zaprezentowano otrzymane wyniki.

## PODSUMOWANIE

Wyznaczenie zasięgu lustra wody wybranych jezior na Pojezierzu Międzychodzko-Sierakowskim realizowano za pomocą odbiornika GPS RTK. Wykorzystanie tego typu urządzenia jest rozwiązaniem najbardziej przydatnym przy szczegółowych pomiarach geodezyjnych (Kosiński 2011). Wykonane pomiary posłużyły do weryfikacji dokładności dostępnych map topograficznych. Pozwoliły także na uzyskanie bardzo dokładnych danych ilościowych.

Pomiary prowadzono w okresie letnim, na przełomie czerwca i lipca, w latach 2011–2013. W ich trakcie nie odnoszono się do wówczas panującej sytuacji hydrologicznej, na badanych akwenach brak posterunków wodowskazowych i nie są prowadzone stałe obserwacje hydrologiczne.

W opisywanych pracach nie odnoszono się też do wpływu generalizacji kartograficznej zastosowanej w procesie opracowywania materiałów źródłowych na uzyskane w trakcie pomiarów terenowych parametry jakościowe i ilościowe. Według Saliszczeva (2003), w procesie generalizacji kartograficznej dochodzi do sprzeczności między uzyskaniem dokładności geometrycznego położenia obiektów a zgodnością geograficzną. Na mapach topograficznych w skalach od 1 : 10 000 do 1 : 200 000 szuka się kompromisu między poprawnością położenia obiektów na mapie a wiernością geograficzną (Medyńska-Gulij 2011).

Widoczne przesunięcia linii brzegowej i różne wartości powierzchni jezior mogą być wynikiem:

- błędów powstałych w trakcie prac terenowych przy opracowaniu danej edycji map (współcześnie stosowane narzędzia pomiarowe charakteryzują się nieporównywalnie wyższą dokładnością),
- celowych zabiegów redakcyjnych wynikających z procesu generalizacji mapy,
- wprowadzania celowych zniekształceń,

Tabela 1. Powierzchnia jezior objętych badaniami uzyskana z analizowanych map oraz różnica powierzchni wyrażona w procentach względem pomiaru terenowego

Table 1. Area of studied lakes obtained from analysed maps and the difference in area, expressed in percentage, in comparison with field measurements

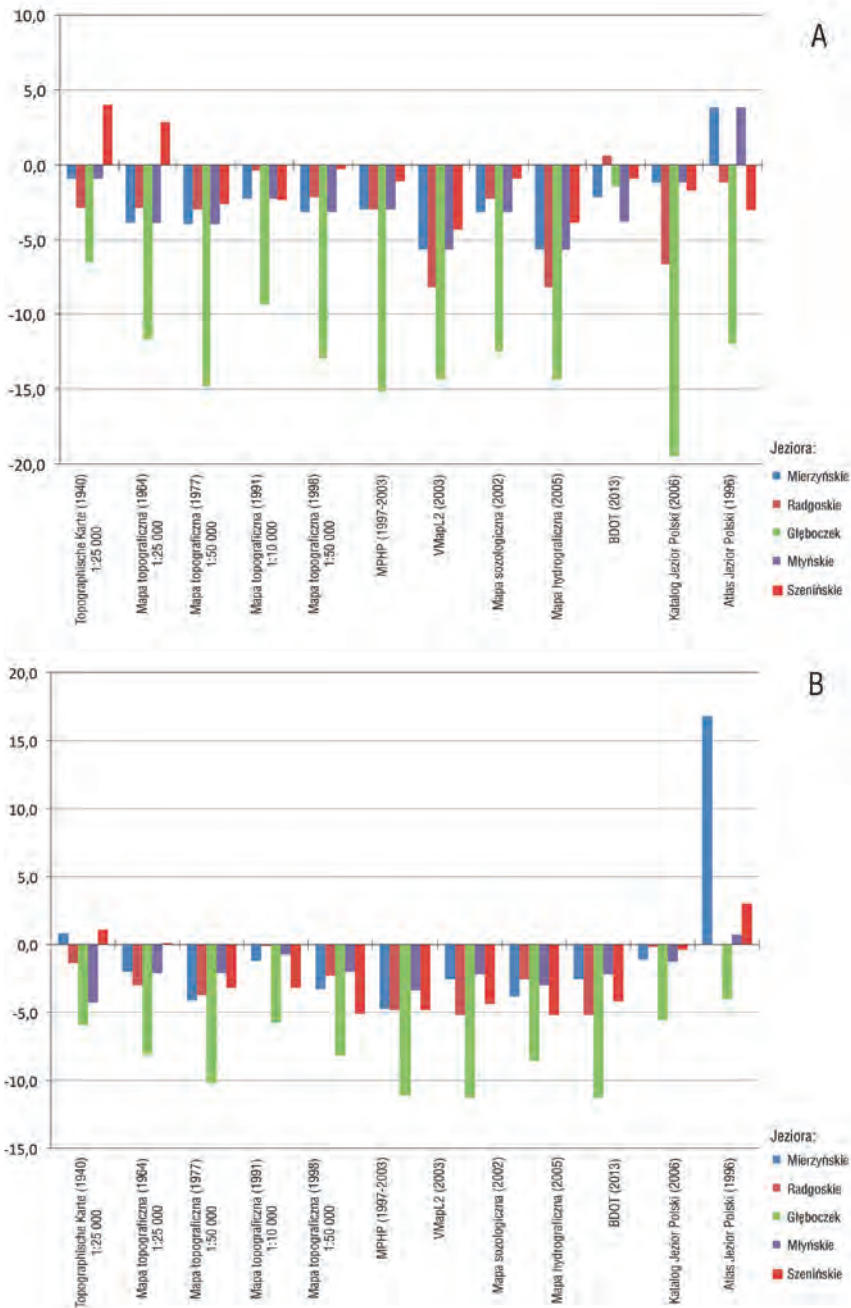
Źródło	Jezioro Mierzyńskie		Jezioro Radgoscie		Jezioro Głęboczek		Jezioro Młyńskie		Jezioro Szenińskie	
	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]
<b>Pomiar terenowyGPS RTK</b>	<b>46,0693 ha</b>		<b>46,6449 ha</b>		<b>11,8011 ha</b>		<b>34,6967 ha</b>		<b>20,3504 ha</b>	
MAPY ANALOGOWE										
Topographische Karte (1940) 1 : 25 000	45,6485	-0,9	45,2770	-2,9	11,0290	-6,5	32,6162	-0,9	21,1723	4,0
Mapa topograficzna (1934) 1 : 100 000	43,9763	-4,6	42,5751	-8,6	10,8383	-8,5	29,5188	-15,0	19,9766	-1,8
Mapa topograficzna (1964) 1 : 25 000	44,2552	-3,9	45,2987	-2,9	10,4258	-11,7	33,1093	-3,9	20,9229	2,8
Mapa topograficzna (1977) 1 : 50 000	44,2382	-4,0	45,2448	-3,0	10,0545	-14,8	34,4713	-4,0	19,8093	-2,6
Mapa topograficzna (1991) 1 : 10 000	45,0020	-2,3	46,4760	-0,4	10,6981	-9,3	34,1689	-2,3	19,8552	-2,4
Mapa topograficzna (1998) 1 : 50 000	44,6130	-3,2	45,6316	-2,2	10,2799	-12,9	33,6757	-3,2	20,2795	-0,3
MAPY NUMERYCZNE										
Mapa sozologiczna (2002) 1 : 50 000	44,5993	-3,2	45,5734	-2,3	10,3260	-12,5	33,2768	-3,2	20,1600	-0,9
VMap L2 (2003)	43,4303	-5,7	42,8336	-8,2	10,1004	-14,4	34,6581	-5,7	19,4800	-4,3
MPHP (1997-2003)	44,6679	-3,0	45,2541	-3,0	10,0129	-15,2	34,0056	-3,0	20,1228	-1,1
Mapa hydrograficzna (2005) 1 : 50 000	43,4304	-5,7	42,8331	-8,2	10,1004	-14,4	34,6505	-5,7	19,5514	-3,9
BDOT (2013)	45,0549	-2,2	46,9288	0,6	11,6273	-1,5	33,3718	-3,8	20,1719	-0,9
INNE WYDAWNICTWA										
Katalog jezior Polski (Choiński 2006)	45,5	-1,2	43,5	-6,7	9,5	-19,5	35,0	-1,2	20,0	-1,7
Atlas jezior Polski (Jańczak 1996)	47,8	3,8	46,1	-1,2	10,4	-11,9	34,4	3,8	19,7	-3,2



Tabela 2. Długość linii brzegowej jezior objętych badaniami uzyskana z analizowanych map oraz różnica długości wyrażona w procentach względem pomiaru terenowego

Table 2. Length of the shoreline of studied lakes obtained from analysed maps and the difference in length, expressed in percentage, in comparison with field measurements

Źródło	Jezioro Mierzyńskie		Jezioro Radgoscie		Jezioro Głęboczek		Jezioro Młyńskie		Jezioro Szenińskie	
	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]	pow. [ha]	różnica [%]
Pomiar terenowy										
<b>Pomiar terenowy GPS RTK</b>	<b>4,176 km</b>		<b>2,899 km</b>		<b>1,718 km</b>		<b>2,583 km</b>		<b>2,093 km</b>	
MAPY ANALOGOWE										
Topographische Karte (1940) 1 : 25 000	4,209	0,8	2,858	-1,41	1,616	-5,9	2,471	-4,3	2,115	1,1
Mapa topograficzna (1934) 1 : 100 000	4,094	-2,0	2,813	-3,0	1,578	-8,1	2,529	-2,1	2,095	0,1
Mapa topograficzna (1964) 1 : 25 000	4,004	-4,1	2,792	-3,7	1,544	-10,2	2,529	-2,1	2,025	-3,2
Mapa topograficzna (1977) 1 : 50 000	4,125	-1,2	2,897	-0,1	1,620	-5,7	2,564	-0,7	2,026	-3,2
Mapa topograficzna (1991) 1 : 10 000	4,038	-3,3	2,833	-2,3	1,577	-8,2	2,531	-2,0	1,986	-5,1
MAPY NUMERYCZNE										
Mapa sozologiczna (2002) 1 : 50 000	4,019	-3,8	2,826	-2,5	1,572	-8,5	2,505	-3,0	1,984	-4,2
VMap L2 (2003)	3,978	-4,7	2,760	-4,8	1,527	-11,1	2,496	-3,4	1,993	-4,8
MHP (1997-2003)	4,073	-2,5	2,748	-5,2	1,523	-11,3	2,527	-2,2	2,001	-4,4
Mapa hydrograficzna (2005) 1 : 50 000	4,073	-2,5	2,748	-5,2	1,523	-11,3	2,527	-2,2	2,005	-4,2
BDOT (2013)	4,130	-1,1	2,894	-0,2	1,624	-5,5	2,549	-1,3	2,085	-0,4
INNE WYDAWNICTWA										
Atlas jezior Polski (Jańczak 1996)	4,868	+16,8	2,9	0,03	1,65	-4,0	2,6	0,7	2,150	2,7



Ryc. 4. Procentowa różnica pola powierzchni (A) i długości linii brzegowej (B) badanych jezior względem pomiaru terenowego

Fig. 4. Percentage difference in areas (A) and lengths of shoreline (B) of the studied lakes in comparison with field measurements

- niedokładnej wektoryzacji przy opracowywaniu map numerycznych,
- wahań wysokości zwierciadła wody, co nie powinno mieć jednak wpływu na obraz danego jeziora na mapach w skali 1 : 10 000 i mniejszych.

Pomiary te przeprowadzono głównie z zamiarem zaprezentowania możliwości wykorzystania metody pomiarów różnicowych do aktualizacji i weryfikacji istniejących materiałów kartograficznych, w tym sieci wód powierzchniowych. Dzięki możliwości eksportu danych do różnych formatów obsługiwanych przez oprogramowanie GIS można dość szybko i łatwo dokonać wizualizacji zebranych danych oraz przygotować materiał do analizy i ewentualnego wydruku. Z uwagi na ograniczoną dostępność najaktualniejszych materiałów topograficznych pomiar może zostać wykorzystany w celu szybkiej aktualizacji mapy. Zastosowany może też być do pomiarów wysokościowych.

## LITERATURA

- Banasik P., Cichociński P., Czaja J., Góral W., Koziół K., Krzyżek R., Kudrys J., Ligas M., Skorupa B. 2011: *Podstawy geomatyki*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Choiński A. 2006: *Katalog jezior Polski*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
- Kondracki J. 1988: *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kosiński W. 2011: *Geodezja*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Medyńska-Gulij B. 2011: *Kartografia i geowizualizacja*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Rogowski J.B., Kłęk M. 2009: *Geodezja satelitarna*, Uczelnia Warszawska im. Marii Skłodowskiej-Curie, Warszawa.
- Saliszczew K.A. 2003: *Kartografia ogólna*, Horodyski B. (red.), wyd. 3., Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

## MAPY I ATLASY

- Atlas jezior Polski*, 1996: J. Jańczak (red.), IMGW, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Baza danych obiektów topograficznych*, Powiat Międzychódzki, Główny Geodeta Kraju 2013.
- Mapa topograficzna*, skala 1 : 25 000. *Powiat Międzychód*, 1964: Zarząd Topograficzny Sztabu Generalnego.
- Mapa topograficzna Polski*, skala 1 : 50 000, układ „1965”, ark.: 411.4 Skwierzyna, 1977; 412.3 Sieraków, 1977, Główny Geodeta Kraju.
- Mapa topograficzna Polski*, skala 1 : 10 000, układ „1965”, ark.: 411.422 Piłka, 1991; 411.424 Muchocin, 1991; 412.311 Zatom Nowy, 1981; 412.313 Międzychód, 1991.
- Mapa topograficzna Polski*, skala 1 : 50 000, układ „1992”, ark. N-33–128-B Międzychód, 1998, Główny Geodeta Kraju.
- Topographische Karte* 1 : 25 000, ark. 3361 Birnbaum, 1940, Reichsamt für Landesaufnahme.