

Dariusz POPIELARCZYK¹
Tomasz TEMPLIN²

OPRACOWANIE NUMERYCZNEGO MODELU TERENU DNA JEZIORA DARGIN NA PODSTAWIE AKTUALNEGO SONDAŻU HYDROAKUSTYCZNEGO

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki najnowszych, pierwszych w historii tak szczegółowych pomiarów batymetrycznych jeziora Dargin, leżącego na szlaku Wielkich Jezior Mazurskich. Sondaż hydroakustyczny wykonano z wykorzystaniem echosondy hydrograficznej Simrad EA501P zintegrowanej z satelitarnymi technikami pozycjonowania GPS/RTK/DGPS. Opracowane przy pomocy autorskich programów dane hydrograficzne pokazują urozmaiconą rzeźbę terenu dna badanego jeziora. Dodatkowo wykonano lokalizację miejsc niebezpiecznych dla żeglugi i uprawiania sportów wodnych: kamiennych raf i płycizn. Na podstawie aktualnych pomiarów opracowano numeryczny model terenu dna i wizualizacje przestrzenne. Dokładny model terenu dna wykorzystany został do oznakowania miejsc niebezpiecznych znakami kardynalnymi a także do opracowania batymetrycznej mapy żeglarskiej. W artykule przedstawiono także wyniki kontrolnych pomiarów hydroakustycznych, wykonanych niezależnym systemem Reson NS 515. Pomiar kontrolny oraz późniejsze analizy miały na celu sprawdzenie poprawności wykonanych prac batymetrycznych. Potwierdzono także wysoki poziom dokładności opracowanego numerycznego modelu terenu dna.

Słowa kluczowe: batymetria, GNSS, numeryczny model terenu dna

1. Wstęp

Zdecydowana większość śródlądowych zbiorników wodnych w Polsce posiada nieaktualne mapy batymetryczne. Wiele z nich nigdy nie było badanych pod kątem ukształtowania dna. Największe polskie jeziora leżą na pojezierzu mazurskim tworząc Szlak Wielkich Jezior Mazurskich. Dotychczasowe mapy turystyczne, przewodniki żeglarskie i wędkarskie, zawierają treść batymetryczną na podstawie pomiarów wykonanych w połowie zeszłego stulecia metodami klasycznymi. Wyjątek stanowi tu jezioro Śniardwy, które zostało szczegółowo pomierzone współczesnymi technikami satelitarnego pozycjonowania GNSS zintegrowanymi z hydroakustycznymi metodami pomiaru głębokości. Pomiary zostały wykonane przez zespół badawczy Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w roku 2005. Rok później wydano najnowszą mapę batymetryczną jeziora Śniardwy [1]. Mapa ta została bardzo dobrze przyjęta przez środowisko żeglarskie i wędkarskie. Dostępna jest także wersja elektroniczna mapy (ENC - Electronic Navigation Chart), wykorzystywana między innymi przez Mazurskie Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe.

Mając na uwadze ogromne zainteresowanie aktualnymi, dokładnymi mapami batymetrycznymi największych polskich jezior autorzy tego artykułu zaplanowali i wykonali pomiary batymetryczne jeziora Dargin z wykorzystaniem technik satelitarnych i hydroakustycznych.

¹ dr inż., Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

² dr inż., Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Artykuł przedstawia opis kampanii pomiarowej przeprowadzonej na jeziorze Dargin oraz wyniki opracowanego numerycznego modelu terenu dna na podstawie najnowszego pomiaru hydrograficznego. Przedstawiono także wyniki niezależnych pomiarów kontrolnych i wykonanych na ich podstawie analiz dokładności opracowanego modelu terenu dna.

2. Jezioro Dargin - charakterystyka

Dargin jest jednym z większych akwenów leżących na północ od Giżycka na Szlaku Wielkich Jezior Mazurskich. Średnia głębokość akwenu wynosi ok. 10.6 m. Na jeziorze znajdują się cztery małe wyspy. Największa z nich, Ilma znajduje się we wschodniej części, na pograniczu z jeziorem Łabap. Pozostałe, o nazwie Kępy Poganackie leżą u południowo – wschodnich brzegów. Powierzchnia jeziora zajmuje 3030.0 ha, z czego 3.5 ha to powierzchnie wyżej wymienionych wysp. Jezioro Dargin cechuje się bardzo urozmaiconą rzeźbą piaszczystego, miejscami kamienistego dna, z wieloma głęboczkami i górkami podwodnymi.

Przed przystąpieniem do prac pomiarowych przeanalizowano dostępne materiały i mapy dotyczące jeziora Dargin. Analizując mapę Instytutu Rybactwa Śródlądowego z lat 50-60-tych zeszłego stulecia można stwierdzić, iż zbiornik jeziora Dargin posiada trzy podstawowe rejony o znacznych głębokościach [2].



Rys. 1. Jezioro Dargin - wykaz rejonów o zróżnicowanych głębokościach

Największe głębokości występują we wschodniej i północnej części jeziora. Maksymalna głębokość wynosi 37.5 m. Ponadto akwen zawiera wiele miejsc, w których głębokość zmienia się nagle z wielkości ponad 20 m do nawet 1.5 m.

3. Przygotowania do pomiarów batymetrycznych

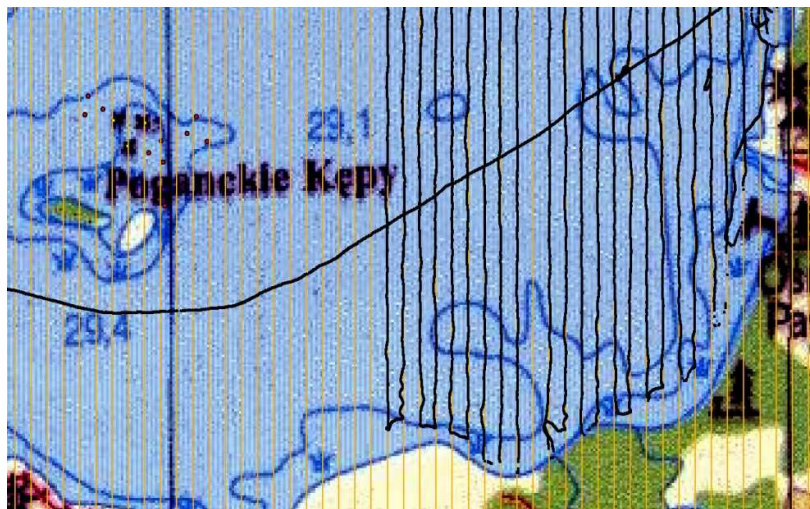
Przed przystąpieniem do prac terenowych skonfigurowano aparaturę pomiarową oraz zaprojektowano główne profile pomiarowe. Prace sondażowe planowano wykonać z wykorzystaniem Zintegrowanego Systemu Batymetrycznego, opracowanego i wdrożonego przez zespół naukowo-badawczy Katedry Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w

Olsztynie. W skład systemu wchodzi zestaw geodezyjnych odbiorników satelitarnych do pracy techniką DGPS (Differential GPS) oraz specjalistyczna echosonda hydrograficzna do pomiaru głębokości (Simrad EA 501P 200 kHz). Powyższa aparatura umożliwia wykonywanie sondażu hydroakustycznego zgodnie z wymaganiami dokładnościowymi standardu S-44 5th Edition, Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej (IHO) [3]. Projekt profili pomiarowych ma na celu systematyczne pokrycie jeziora na całej jego powierzchni systemem linii w taki sposób, aby zebrane w czasie prac dane pomiarowe zapewniły zobrazowanie zmian ukształtowania dna zbiornika, wykrycie przeszkód podwodnych i miejsc niebezpiecznych. W przypadku jeziora Dargin profile pomiarowe zaprojektowano w kierunkach północ – południe, w odległościach 40 m jeden od drugiego.

Aby osiągnąć wysoką dokładność pomiaru głębokości za pomocą jednoczęstotliwościowej sondy ultradźwiękowej niezbędne jest przeprowadzenie kalibracji systemu pomiarowego. Pomiar hydrograficzny prowadzone są na różnych zbiornikach wodnych w różnych warunkach atmosferycznych i hydrologicznych. Rozkład pionowy temperatury wody może być inny w poszczególnych częściach akwenu, oraz może być zmienny w czasie. Dlatego też przed rozpoczęciem pomiarów batymetrycznych, oraz w ich trakcie, należy badać rozkład prędkości propagacji fal dźwiękowych w wodzie, w zależności od głębokości. Na stosunkowo płytkich wodach o stałej temperaturze, można uśrednić pomierzoną prędkość dźwięku z różnych głębokości, i po wprowadzeniu do systemu pomiarowego przystąpić do prac sondażowych. Jeśli mamy do czynienia z głębokim zbiornikiem wodnym o zdecydowanej zróżnicowanej temperaturze wody na różnych głębokościach, należy pomierzyć pionowy rozkład prędkości fal akustycznych i policzyć poprawki korekcyjne dla poszczególnych głębokości. Pionowy rozkład prędkości fal ultradźwiękowych w wodzie można pomierzyć przy pomocy sondy kalibracyjnej lub za pomocą tzw. płyty kalibracyjnej (deski kalibracyjnej). W pierwszym dniu każdego z etapów pomiaru, przed rozpoczęciem sondażu wykonywano badania parametrów wody w celu ustalenia prędkości rozchodzenia się dźwięku w wodzie. Prędkość dźwięku w wodzie ma zasadniczy wpływ na dokładność pomiaru głębokości metodami hydroakustycznymi.

4. Wykonanie sondażu hydroakustycznego

Prace pomiarowe na jeziorze Dargin prowadzone były w czterech etapach w ramach realizacji projektu badawczego rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”. W roku 2007 i 2008 przeprowadzono pomiary podstawowe oraz uzupełniające. W roku 2009 przeprowadzono pomiary testowe oraz kontrolne. W roku 2010 wykonano także pomiary uzupełniające oraz kontrolne [4]. Podczas prac zebrano surowe dane batymetryczne. Zarejestrowano także echogramy w postaci cyfrowej do dalszego opracowania. Nawigacja łodzią po profilach pomiarowych odbywała się z wykorzystaniem odbiornika satelitarnego Ashtech Z-Xtreme pracującego w trybie DGPS.



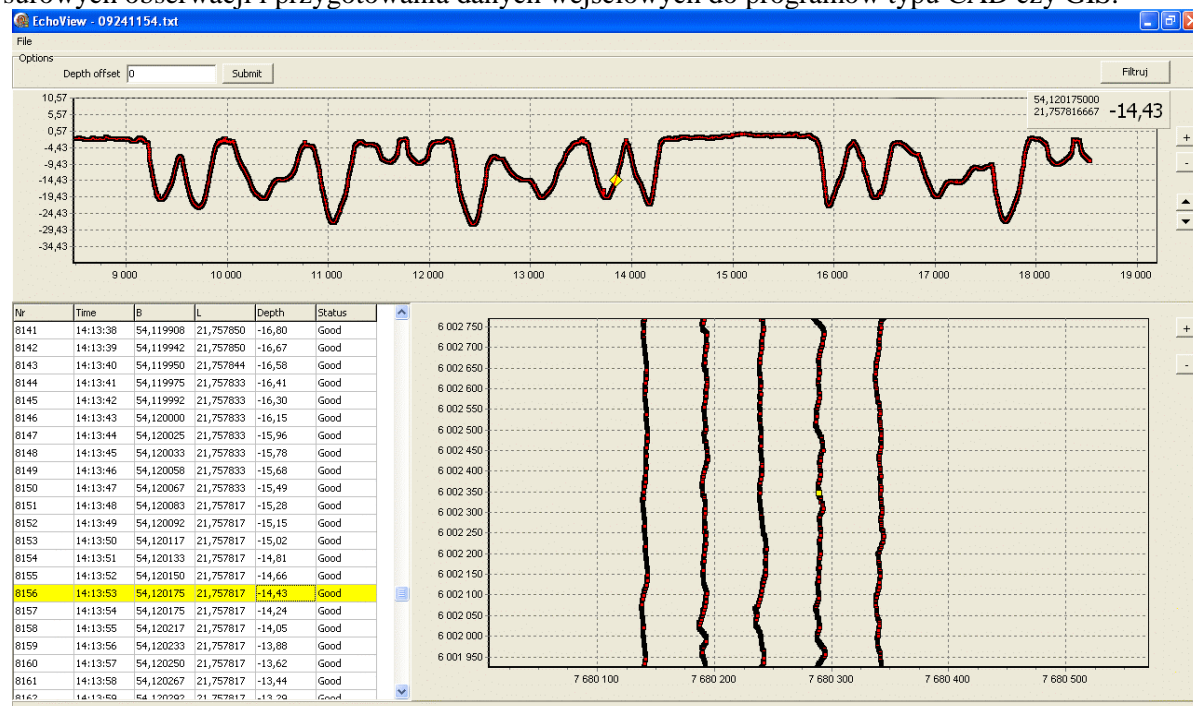
Rys. 2. Nawigacja satelitarna w oparciu o podstawowe profile pomiarowe

Poprawki korekcyjne generowane były w oparciu o własną, lokalną stację referencyjną. W roku 2010 korzystano także ze stacji referencyjnej Giżycko (GIZY) w oparciu o serwisy DGPS systemu ASG-EUPOS. Poprawki wysyłane były z wykorzystaniem pakietowej transmisji danych GPRS. Na jednostce pływającej korzystano także z odbiornika odbierającego poprawki EGNOS. Jednocześnie zbierano surowe dane do obliczeń w trybie post-processing i do wykonania analiz dokładności satelitarnego pozycjonowania. Surowe obserwacje satelitarne wykorzystane były także do obliczenia poziomu lustra wody na każdy dzień pomiaru. Wyniki te kontrolnie porównano ze wskazaniami poziomu lustra wody mareografu Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Przystani (kanał Mazurski) oraz w Giżycku.

5. Opracowanie surowych danych batymetrycznych

Rezultatem sondażu hydroakustycznego jest zbiór echogramów przedstawiających profil dna oraz pliki zawierające pomierzone głębokości i pozycje. Echogram w sposób graficzny przedstawia dane pomiarowe: głębokość, ustawienia echosondy oraz pozycję.

Do opracowania surowych danych batymetrycznych z pomiarów jeziora Dargin wykorzystano autorskie aplikacje Echo Konwerter oraz Echo View. Aplikacje te umożliwiają korelowanie w czasie danych z systemu pozycjonowania i systemu pomiaru głębokości. Ułatwiają także proces opracowania surowych obserwacji i przygotowania danych wejściowych do programów typu CAD czy GIS.

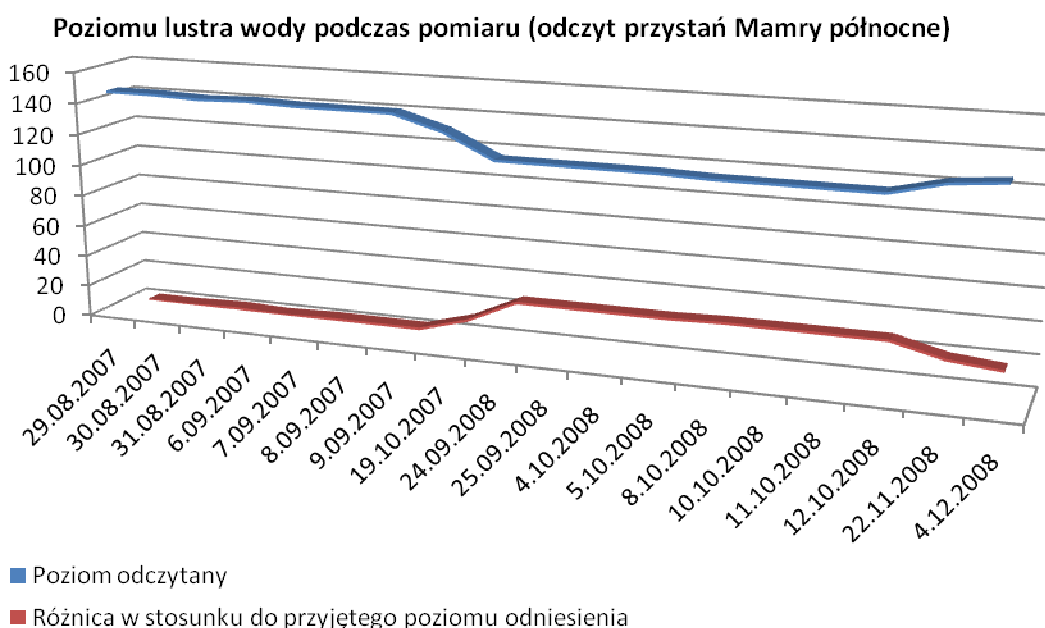


Rys. 3. Kontrola danych. Aplikacja Echo View

Pomiary na jeziorze Dargin prowadzone były w różnych kampaniach pomiarowych w różnych porach roku. Poszczególne etapy prac wykonywane były przy różnych poziomach lustra wody. Opracowanie danych do tworzenia przestrzennych baz danych wymaga wyrównania wszystkich danych do wspólnego, referencyjnego poziomu. Założono najniższy poziom lustra wody w trakcie trwania wszystkich etapów pomiaru. Dla pomiarów przeprowadzonych na jeziorze Dargin źródłem informacji o poziomie wody były odczyty wykonane na wodowskazie znajdującym się na przystani Mamry Północne. Poziom "0" wodowskazu wynosi 114.39 m w układzie wysokości Kronsztad'86. Dzięki odczytom wykonywanym w każdym dniu pomiaru określono poziom wody w poszczególnych dniach pomiarowych i wyznaczono poprawki dla danych uzyskanych w tym dniu. Zestawienie wyników przedstawiono w (tab.1) i na (rys.4).

Tablica 1. Zestawienie odczytanych poziomów wody na przystani Mamry Północne

Data pomiaru	Poziom odczytany	Data pomiaru	Poziom odczytany
29.08.2007	147	24.09.2008	122
30.08.2007	147	25.09.2008	122
31.08.2007	146	04.10.2008	122
06.09.2007	147	05.10.2008	122
07.09.2007	146	08.10.2008	121
08.09.2007	146	10.10.2008	121
09.09.2007	146	11.10.2008	121
19.10.2007	137	12.10.2008	121
		22.11.2008	129
		04.12.2008	132



Rys. 4. Zestawienie odczytów wodowskazu na przystani Mamry Północne wraz z poprawką dla poszczególnych dni pomiarowych

Wszystkie surowe dane batymetryczne zredukowano do jednolitego, najniższego poziomu lustra wody wynoszącego 114.60 m n.p.m. Kronsztadt'86 (odczyt 121 cm).

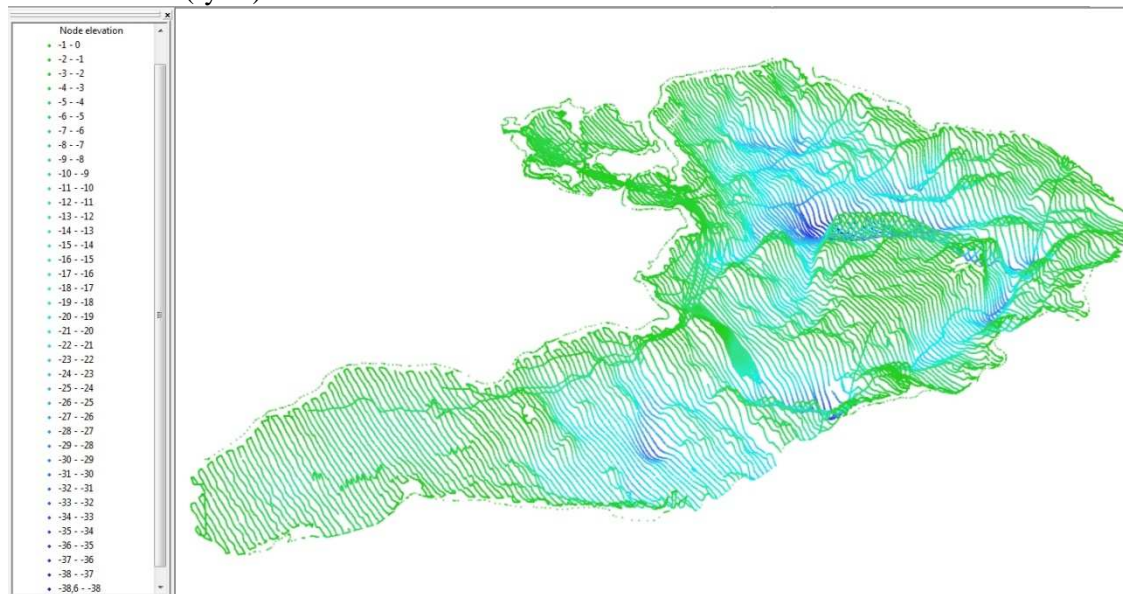
6. Wykonanie numerycznego modelu terenu dna

Istnieje kilka sposobów modelowania danych trójwymiarowych, takich jak modele terenu. Najpopularniejszymi sposobami są regularne siatki kwadratów (ang. grid) oraz nieregularne sieci trójkątów (TIN - ang. Triangulated Irregular Network). Obie są powszechnie wykorzystywane do tworzenia i reprezentacji powierzchni w systemach geoinformacyjnych. Struktury TIN wykorzystywane są najczęściej do wizualizacji niejednorodnych powierzchni, bardziej zróżnicowanych w wybranych częściach mierzonego terenu. Pozwalają na różnicowanie liczby punktów opisujących powierzchnię w zależności od urozniczenia danego terenu. W modelu tym przestrzeń przedstawiana jest w postaci siatki przylegających do siebie trójkątów, powstałej wskutek połączenia nieregularnie rozmieszczonych punktów o współrzędnych x, y, z. Taka konstrukcja zapewnia możliwość dostosowania rozkładu przestrzennego trójkątów, w sposób najlepiej odzwierciedlający zmienność rzeźby modelowanego terenu [5].

Do opracowania numerycznego modelu terenu dna jeziora Dargin wykorzystano pakiet oprogramowania ArcGIS firmy ESRI z rozszerzeniami - 3D Analyst oraz Spatial Analyst. Zbiór podstawowych pikiet pomiarowych stanowił tzw. punkty masowe (ang. *mass points*), czyli pikiety

wysokościowe równomiernie rozłożone na badanym obszarze. Punkty te to podstawowy element tworzonego modelu TIN – węzły (*ang. nodes*). Modele TIN są efektywnym sposobem analizowania pomierzonej powierzchni.

Model terenu dna opracowano i poddano analizie wewnątrz warstwy linii brzegowej dla ustalonego poziomu referencyjnego wody. Wynikowy numeryczny model terenu dna badanego zbiornika wodnego w postaci modelu TIN z uwzględnieniem węzłów użytych do jego powstania przedstawiono na (rys.5).

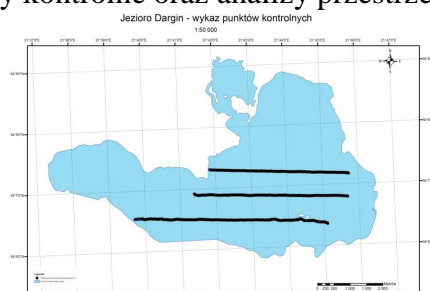


Rys. 5. Wizualizacja siatki węzłów modelu TIN jezior Dargin, Kirsajty, Łabap

Korzystając z narzędzi ArcGIS można analizować charakterystykę modelu TIN. Zawiera ona między innymi informacje o ilości oraz cechach punktów pomiarowych (w tym wielkość minimalną i maksymalną) oraz dodatkowe parametry charakteryzujące istniejącą strukturę tworzonego modelu, tj. liczbę węzłów, krawędzi, powstałych trójkątów itp. Informacje te można przeglądać z wykorzystaniem aplikacji ArcCatalog, pozwalającej na dostęp do metadanych dotyczących powstałej struktury modelu TIN.

7. Analiza dokładności uzyskanego modelu

Każdy numeryczny model terenu charakteryzuje się określonym poziomem dokładności. Zazwyczaj jest on definiowany jako wierność aproksymacji modelowej powierzchni terenu. O stopniu aproksymacji NMT decydują przede wszystkim trzy czynniki: dokładność danych źródłowych, struktura modelu i zastosowane metody aproksymacji. W celu sprawdzenia poprawności odwzorowania powierzchni dna pomierzonego zbiornika wykonano dodatkowe pomiary kontrolne oraz analizy przestrzenne.

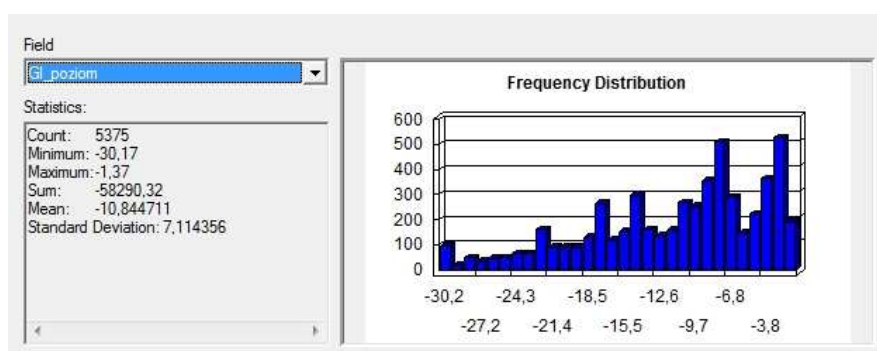


Rys. 6. Przestrzenna lokalizacja punktów pomiarowych uzyskanych w trakcie pomiarów kontrolnych - jezioro Dargin, Łabap

W dniu 15.06.2010r. przeprowadzono pomiary kontrolne na jeziorze Dargin oraz Łabap. Sondaż hydroakustyczny wykonano wzdłuż zaprojektowanych linii, prostopadłych do pierwotnych, podstawowych profili pomiarowych. Pomiary głębokości wykonano niezależnym systemem pomiarowym Reson NS 515. System ten wykorzystuje przetwornik dwuczęstotliwościowy 33/200kHz.

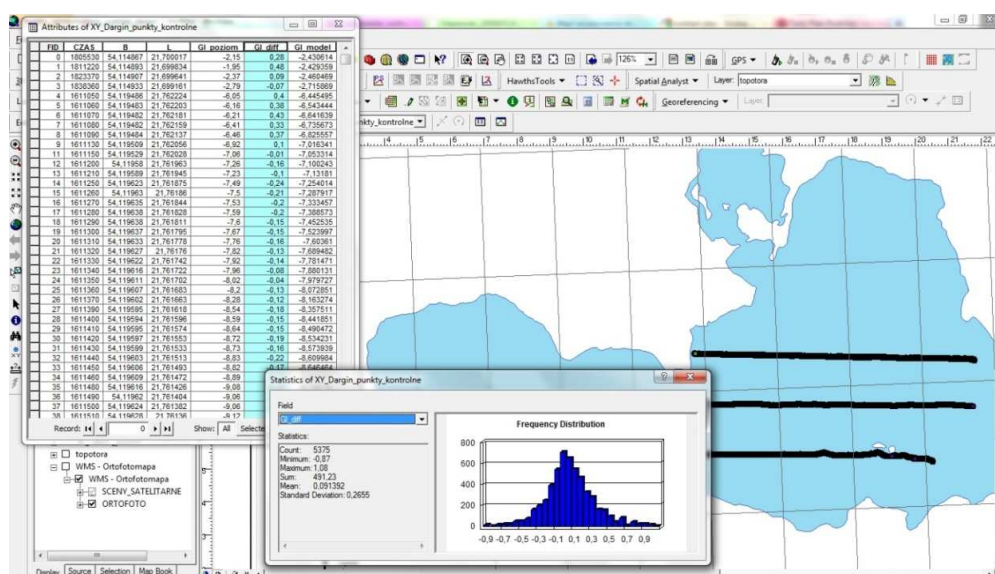
Zbiór pozyskanych punktów z wyznaczonymi głębokościami porównano z wartościami wyinterpolowanymi dokładnie w miejscach pomiarów kontrolnych z modelu TIN. W wyniku tych prac uzyskano zbiór danych odzwierciedlających wielkości różnic między pomiarami terenowymi a przygotowanym modelem powierzchni dna jeziora. Wyniki obrazują wierność aproksymacji modelowej wykonanego modelu TIN. Przestrzenną lokalizację punktów kontrolnych pomierzonych wzdłuż trzech zaprojektowanych profili poprzecznych przedstawiono na (rys.6).

W trakcie pomiarów na jeziorach Dargin, Łabap wyznaczono 5 375 pikiet zlokalizowanych na trzech poprzecznych profilach pomiarowych, zaprojektowanych w losowych miejscach modelu. Maksymalna wyznaczona głębokość wyniosła 30.17 m a minimalna 1.37 m. Średnia głębokość wyniosła 10.84 m, a odchylenie standardowe 7.11 m.



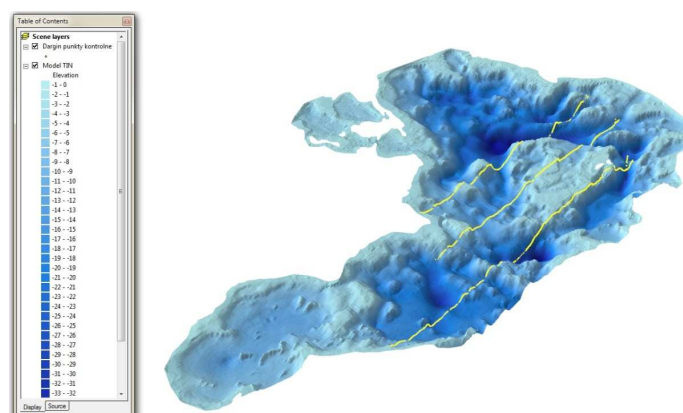
Rys. 7. Statystyczny rozkład głębokości punktów kontrolnych – jezioro Dargin, Łabap

Głębokości pomierzone w trakcie pomiarów kontrolnych zostały zredukowane do referencyjnego poziomu lustra wody, zgodnego z wcześniejszym poziomem, wyznaczonym technikami RTK i przyjętym jako wzorcowy. W kolejnym kroku zastosowano narzędzie interpolujące wysokość dla każdego punktu kontrolnego modelu TIN, wyznaczono różnicę głębokości pomierzonej dla punktu kontrolnego (Gl_poziom) oraz wyinterpolowanej z modelu TIN (Gl_model). Rezultaty poddano analizie statystycznej w wyniku czego uzyskano informacje dotyczące wierności aproksymacji wykonanego modelu TIN.



Rys. 8. Statystyczny rozkład różnicy głębokości punktu kontrolnego oraz głębokości wyinterpolowanej z modelu TIN – jeziora Dargin, Łabap

Dla jeziora Dargin i Łabap uzyskano następujące wyniki: maksymalna różnica wynosiła 1.08 m, minimalna wyniosła -0.87 m. Średnia wartość różnicy głębokości wyniosła 0.09 m przy odchyleniu standardowym równym 0.26 m.



Rys. 9. Wizualizacja kontrolnych punktów pomiarowych nałożonych na model TIN

Uzyskane wyniki pomiarów kontrolnych przeprowadzonych wzdłuż linii prostopadłych do podstawowych profili pomiarowych wskazują na dobre odwzorowanie dna przez zbudowany numeryczny model terenu dna jeziora. Ostateczna weryfikacja danych pozwoliła na przygotowanie zbioru referencyjnych punktów batymetrycznych stanowiących podstawowy element bazy danych przestrzennych. Geobaza została następnie wykorzystana przy opracowaniu map, w tym: map batymetrycznych, turystycznych oraz innych opracowań kartograficznych dotyczących badanego akwenu wodnego.

8. Podsumowanie

W przeciągu czterech lat wykonano pomiar całego jeziora Dargin (łącznie z odnogą nazywaną Łabap oraz niewielkim jeziorem Kirsajty). Sondaż hydroakustyczny zajął 21 dni pomiarowych. Pomiary wykonano przy użyciu jednowiązkowej, jednoczęstotliwościowej echosondy Simrad EA501P o częstotliwości 200 kHz. Pomiary kontrolne wykonano dwuczęstotliwościową echosondą Reson NS 515 (33/200 kHz). Pozycjonowanie satelitarne realizowano z wykorzystaniem techniki DGPS w oparciu o własną stację referencyjną zlokalizowaną na wschodnim brzegu jeziora Dargin, bądź w oparciu o stację GIZY systemu ASG-EUPOS. Surowe dane pomiarowe zostały opracowane, zweryfikowane z echogramami oraz wykorzystane do tworzenia numerycznego modelu terenu dna.

Proces pozyskiwania danych o przestrzennym ukształtowaniu dna śródlądowych zbiorników wodnych jest procesem szczególnie trudnym i złożonym. Jeziora charakteryzują się dużą zmiennością zakresu głębokości w ramach poszczególnych etapów prac, co utrudnia optymalną konfigurację systemu hydroakustycznego. Ponadto na większości jezior w Polsce występują duże obszary roślinności podwodnej, które znacznie utrudniają interpretację echogramów. Z tego powodu przygotowano i wykonano niezależne, kontrolne pomiary głębokości na kilku profilach pomiarowych, zaprojektowanych poprzecznie do profili podstawowych.

Budowa modelu TIN jest procesem czasochłonnym, wymagającym w wielu przypadkach wizualnej oceny oraz manualnej kontroli prawidłowości budowy sieci. Dane pomiarowe mogą być obciążone błędami losowymi wpływającymi na kształt modelu. Z tego powodu w trakcie opracowania modelu poddano je filtracji połączonej z analizą prawidłowości budowy sieci trójkątów w modelu TIN. Dodatkowo, w celu sprawdzenia wierności odwzorowania kształtu dna zbiornika wykonano prace pozwalające na porównanie głębokości uzyskanych w wyniku niezależnych pomiarów kontrolnych z wartościami uzyskanymi z modelu. Wynik w postaci statystycznego rozkładu wielkości różnic między pomiarami terenowymi a modelem dna jeziora wykazał dużą zgodność modelu z wartościami rzeczywistymi. Zweryfikowany numeryczny model terenu dna zbiornika wraz z referencyjnym zbiorem danych batymetrycznych jeziora Dargin, Kirsajty i Łabap posłużył

do wykonania kolejnych opracowań, w tym mapy batymetrycznej, turystycznej oraz innych produktów kartograficznych.

W trakcie badań terenowych zwrócono szczególną uwagę na niebezpieczne miejsca, płycizny i rafy kamienne. Obszar zwany Kamieniami Sztynorckimi, gdzie co roku dochodzi do uszkodzenia jachtów żaglowych, pomierzono w oparciu o profile pomiarowe oddalone od siebie co 5 metrów. W okolicy Królewskiego Rogu odnaleziono ogromny głaz, stanowiący istotne zagrożenie dla jednostek pływających. Wyniki prac posłużyły do opracowania aktualnej mapy batymetrycznej oraz do uzupełnienia baz danych przestrzennych o śródlądowych zbiornikach wodnych. Wykorzystując aktualną informację o kształcie dna i przeszkodach podwodnych zweryfikowano oznakowanie miejsc niebezpiecznych znakami kardynalnymi w systemie IALA.

Literatura

- [1] POPIELARCZYK D., OSZCZAK S., Application of Integrated Satellite DGPS/GPRS Navigation and Hydrographic Systems for Safe Sailing on Great Mazurian Lakes in Poland ION NTM 2006, 18-20 January 2006, Monterey, CA, USA, Conference proceedings: pp. 188-194
- [2] IRŚ (Instytut Rybactwa Śródlądowego), Wielkie Jeziora Mazurskie. Północ, Olsztyn 2004
- [3] IHO (International Hydrographic Organization), Standards for Hydrographic Surveys, Special Publication No 44, 5th Edition, 2008
- [4] Raport nr 6 z realizacji prac w ramach projektu badawczo rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”, Zadanie nr 6: „Testowanie metod sondu hydroakustycznego Wykonanie zintegrowanych pomiarów batymetrycznych na obszarze pilotażowym”, Olsztyn 2010
- [5] LONGLEY P. A., GOODCHILD M., MAGUIRE D. J., RHIN D. W., GIS Teoria i praktyka, Przekład pod redakcją naukową A. Magnuszewskiego, PWN Warszawa 2006

ELABORATION OF DIGITAL BOTTOM MODEL OF LAKE DARGIN ON THE BASIS OF LATEST BATHYMETRIC MEASUREMENTS

Summary

The paper presents the results of the latest, the first in the history such detailed bathymetric measurements of the lake Dargin, which is located in the Masurian Lake District in Poland. Global positioning system (GPS) techniques integrated with Single Beam Echosounder System (SBES) were used. The special software Echo Converter and Echo View (originally developed by authors) were used to elaborate raw data. These programs can import echograms from SBES binary format and export as *.txt file. Bath depth and coordinates data can be shown, filtered and stored. Surveyor can take a careful check of the records to ensure that the digital data accurately depicts the true bottom. Collected raw data were prepared to elaborate the new, up-to-date digital bottom model of lake Dargin. The bottom surface occurs to be very sophisticated. In this shallow reservoir there are many sudden big slopes and faults.

The measurements on lake Dargin included also preliminary localization of underwater stones and reefs also. Two hand held receivers with ability to achieve EGNOS corrections were used to collect coordinates of shallow areas and stones. The new bottom model combined with localized stones were used to verify positions of floating signs (cardinal buoys) indicating dangerous places (IALA system, International Association of Lighthouse Authorities).

Having actual and up-to-date chart of the lake the DGPS/GPRS system can provide reliable and precise satellite navigation service for users, as well as the precise monitoring service for sailing boats in the case of emergency, mainly due to the unexpected strong winds and storms.

The article presents also the results of control measurements, performed with the use of independent hydroacoustic system Reson NS 515. Control measurement and subsequent analyses were designed to confirm the accuracy of bathymetric raw data, and high precision of bottom digital terrain model.