

Dariusz POPIELARCZYK<sup>1</sup>

### **ZASTOSOWANIE NAWIGACYJNEGO ODBIORNIKA GPS W LOKALIZACJI OBIEKTÓW NA DNIĘ ŚRÓDLĄDOWYCH ZBIORNIKÓW WODNYCH**

*Artykuł przedstawia zastosowanie nawigacyjnego odbiornika satelitarnego GPS - Thales Mobile Mapper do lokalizowania obiektów znajdujących się na dnie śródlądowych zbiorników wodnych oraz do prowadzenia bezpośredniej inwentaryzacji podwodnej.*

*Przedstawiono opis budowy zestawu pomiarowego, składającego się z ręcznego odbiornika GPS/GIS, specjalistycznej wodoszczelnej obudowy z klawiszami funkcyjnymi oraz pływającej anteny GPS. Zbadano możliwość użycia zestawu bezpośrednio w podwodnej nawigacji, prowadzonej przez pływacza na niewielkiej głębokości. Opiszano wyniki poszukiwań przeszkód zlokalizowanych wcześniej za pomocą metod hydroakustycznych: echosondy jednowiązkowej SBES oraz sonaru holowanego SSS. Wykonano także analizę dokładności podwodnej nawigacji GPS.*

### **APPLICATION OF HAND-HELD GPS RECEIVER TO INLAND UNDERWATER MEASUREMENTS**

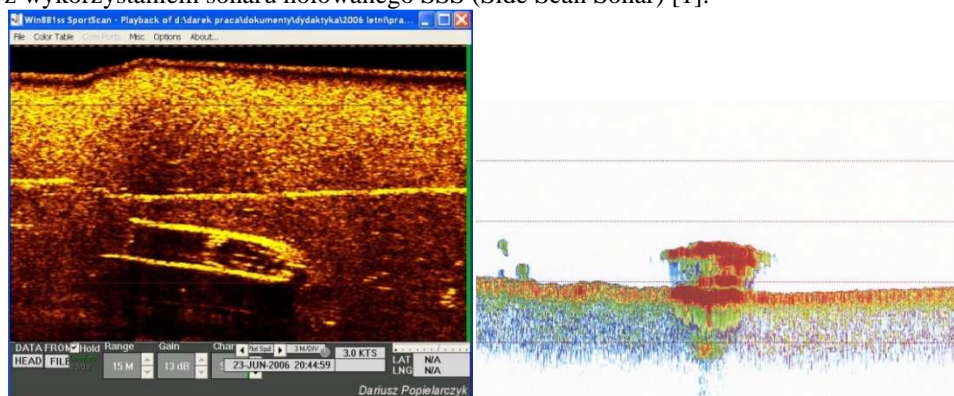
*The paper presents the innovative technique called underwater GIS. Preliminary found under water objects (during hydroacoustic measurements), can be directly investigated. Having approximate wreck coordinates the diver can navigate to the object with the use of GIS - GPS receiver (Thales Mobile Mapper). The GPS unit is placed in special waterproof housing. The satellite signals are delivered via GPS floating antenna connected to the receiver with the 10 meters long strong cable. This simple system gives the operator possibility to dive with the GPS receiver up to 10 meters of depth. It allows the diver to navigate to the object in order to confirm localization and prepare photo and video documentation. The diver can see his trajectory on the screen and the GPS positions can be stored in the unit.*

---

<sup>1</sup>Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie; Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej; Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji; ul. Heweliusza 5; 10-724 Olsztyn; e-mail: [dariusz.popielarczyk@uni.olsztyn.pl](mailto:dariusz.popielarczyk@uni.olsztyn.pl)

## 1. WPROWADZENIE

W trakcie prowadzenia śródlądowych pomiarów batymetrycznych często odnajduje się różne obiekty na dnie, wraki, przeszkody, duże głazy itp. Zazwyczaj odkrycia te, dokonane są z wykorzystaniem echosondy jednowiązkowej SBES (Single Beam EchoSounder), systemu hydrograficznego najczęściej stosowanego na płytkich wodach śródlądowych, oraz z wykorzystaniem sonaru holowanego SSS (Side Scan Sonar) [1].



Rys. 1. Wrak łodzi motorowej na jeziorze Krzywe. Sonogram i echogram.

Analizując obraz na echogramie, w większości przypadków trudno jest zdefiniować prezentowany przedmiot. Zdecydowanie łatwiej jest zinterpretować obiekt wykorzystując dodatkowo obrazy sonarowe. Nie mniej jednak, najlepszym sposobem na jednoznaczną identyfikację przedmiotu odnalezionej na dnie, jest jego bezpośrednia, podwodna inwentaryzacja.

W artykule pokazano zastosowanie nawigacyjnego odbiornika satelitarnego GPS/GIS - Thales Mobile Mapper do lokalizowania obiektów znajdujących się na dnie śródlądowych zbiorników wodnych. Opisano zastosowanie tej metody jako wsparcie dla pomiarów batymetrycznych w celu jednoznacznej identyfikacji obiektów widocznych na echogramach. Metodę tą można także zastosować do nawigacji pod wodą, w kierunku wcześniej ustalonych punktów lub po określonej trasie. Badania podwodne wykonano na jeziorach Narty i Łęsk w województwie warmińsko-mazurskim, w powiecie szczycieńskim oraz na jeziorze Krzywe na terenie miasta Olsztyn. W czasie badań wykonano pomiary trajektorii nurkowania a także pomiary charakterystycznych obiektów podwodnych. Sporządzono także dokumentację fotograficzną. Po opracowaniu wyników obserwacji satelitarnych w trybie DGPS post processing, z wykorzystaniem danych z sieci ASG-EUPOS, porównano wyniki otrzymane z pomiaru bezpośredniego metodą autonomiczną.

## 2. OBIEKTY DO BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Jako podstawowy obszar badań wybrano fragment jeziora Świętajno (potocznie nazywanego Narty), położonego w województwie warmińsko-mazurskim, w powiecie szczycieńskim, w gminie Jedwabno. Jezioro to ma powierzchnię ok. 175 ha, głębokość maksymalną 30,5 m, głębokość średnią 11 m, długość 2,2 km, szerokość 1,2 km, wysokość

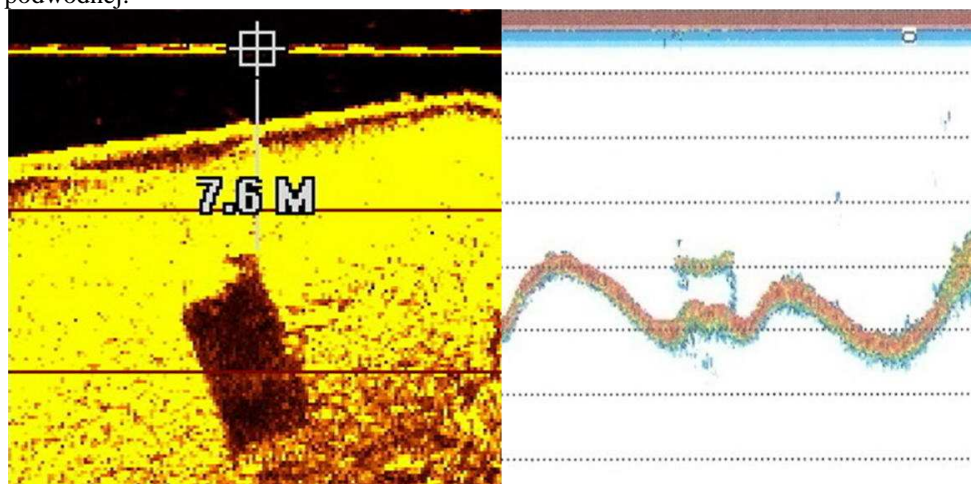
tafli wody 138,8 m n.p.m.). Akwen ten wybrano jako pole testowe z dwóch podstawowych powodów. Po pierwsze w okolicach wsi Narty zlokalizowana jest baza nurkowa, na terenie której zatopiono wiele różnej wielkości obiektów, takich jak drzewa, platformy nurkowe, samochody, łodzie itp. Dzięki temu możliwe było wykonanie pomiarów wielu interesujących obiektów na stosunkowo małej powierzchni. Po drugie jezioro to jest dosyć dobrym miejscem do podwodnej inwentaryzacji ze względu na dobrą widoczność, która dochodzi do 4-6 metrów. Ma to kluczowe znaczenie przy wykonywaniu prac podwodnych, w szczególności przy nawigacji i wykonywaniu fotografii. Dno jeziora jest piaszczyste, wolno opadające, a roślinność rozwinięta w niewielkim stopniu, co również ułatwia prowadzenie prac badawczych.

Dodatkowo eksperymenty wykonano na jeziorze Krzywe w Olsztynie (blisko siedziby zespołu badawczego) oraz na jeziorze Łęsk koło Szczytna (bardzo dobra przejrzystość).

### 3. POMIARY BATYMETRYCZNE

Pierwszy etap prac badawczych polegał na wykonaniu sondażu hydroakustycznego na podstawowym obszarze testowym. Wykorzystano jednowiązkową sondę ultradźwiękową Simrad EA501P oraz zestaw geodezyjnych odbiorników satelitarnych Topcon HiperPro. Na podstawie danych batymetrycznych, zgromadzonych podczas trałowania hydroakustycznego wykonano model przestrzenny dna oraz cyfrową mapę głębokości.

Na podstawie opracowanego modelu przestrzennego terenu dna oraz poszczególnych echogramów określono miejsca gdzie należy wykonać poszukiwania obiektów z wykorzystaniem sonaru holowanego (Side Scan Sonar). Pomiar wykonano z wykorzystaniem sonaru Imagenex Sportscan 881 [2]. W wyniku przeprowadzonych badań zlokalizowano wstępnie kilkanaście obiektów do dalszej, szczegółowej inwentaryzacji podwodnej.



Rys. 2. Obiekt na dnie zlokalizowany na sonogramie i echogramie.

Współrzędne poszczególnych obiektów obliczono na podstawie odczytów z sonogramów. Wykorzystano także następujące dane: odległości skośne do pierwszego echa

dna i echa obiektu, współrzędne z początku i końca sonogramu w chwili, gdy obiekt znajdował się na środku obrazu, layback (odległość przetwornika sonaru od anteny GPS). Współrzędne z sonogramów porównano ze współrzędnymi z echogramów. Następnie jednoznacznie zdefiniowano charakterystyczne obiekty znajdujące się na dnie badanego obszaru, które wymagały bezpośredniej inwentaryzacji w celu ich identyfikacji. Określone współrzędne obiektów wprowadzono ręcznie do programu Mobile Mapper Office, co pozwoliło na ich zaimportowanie do odbiornika GPS, wykorzystywanego w pracach podwodnych.

#### 4. PRZYGOTOWANIE ZESTAWU POMIAROWEGO

Przed przeprowadzeniem badań na wybranych obszarach testowych, polegających na bezpośredniej nawigacji podwodnej, przygotowano aparaturę pomiarową. Wykorzystano odbiornik GPS, specjalistyczną obudowę wodoodporną oraz pływającą antenę GPS.

Obudowę zaprojektowano specjalnie dla odbiornika Thales Mobile Mapper z opcją post-processing. Odbiornik ten ma możliwość zbierania informacji o terenie a także rejestracji surowych danych. Pozwala to na zwiększenie dokładności uzyskanych wyników poprzez dodanie w oprogramowaniu Mobile Mapper Office surowych obserwacji satelitarnych ze stacji referencyjnej. Obudowa jest zbudowana z duraluminium, zaś panel przedni z przyciskami sterującymi z tworzywa sztucznego. W obudowie znajduje się złącze wodoodporne do podłączenia zewnętrznej anteny pływającej.



Rys. 2. Zestaw GPS: Thales Mobile Mapper w obudowie do prac pod wodą. Antena GPS

Antena GPS jest zintegrowana z kabloliną, która służy jednocześnie do odbierania sygnałów satelitarnych przez odbiornik oraz do holowania platformy pływającej utrzymującej antenę GPS na powierzchni wody. Kablolina zakończona jest wodoodpornym złączem.

## 5. PODWODNY GIS

Do wykonania bezpośredniej nawigacji podwodnej wykorzystano autorską metodę prowadzenia podwodnego GIS. Zastosowano odbiornik satelitarny Thales Mobile Mapper z opcją post processing oraz specjalnie zaprojektowaną i wykonaną obudowę wodoodporną do tego odbiornika. Sygnały satelitarne były dostarczane do odbiornika za pomocą pływającej anteny oraz 10 metrowej kabloliny. Współrzędne obiektów zostały wprowadzone do odbiornika jako warstwa tematyczna. Umożliwiło to nawigację podwodną i bezproblemowe dotarcie do przeszkód na dnie.

### 5.1 Eksperyment: jezioro Krzywe

Celem zaplanowanego eksperymentu było odnalezienie obiektu znalezionej wraku na dnie jeziora Krzywe w okolicy Olsztyna (wrak przedstawiono na Rys. 1). Obiekt znajduje się na głębokości 8,2m. Dno w tym miejscu charakteryzuje się lekkim spadkiem w kierunku zachodnim. Pomiar z wykorzystaniem sonaru holowanego został zaplanowany w okolicy przewidywanego miejsca zatonięcia i obejmował obszar około 26 800m<sup>2</sup>.

Sonogramy uzyskane ze wstępnego sondażu pozwoliły jednoznacznie zidentyfikować wrak leżący na głębokości 8,2m. o wymiarach około 9m na 3m. Sonar współpracował z odbiornikiem GPS zapewniającym określenie pozycji w globalnym układzie współrzędnych dla każdego piksela na sonogramie [3].

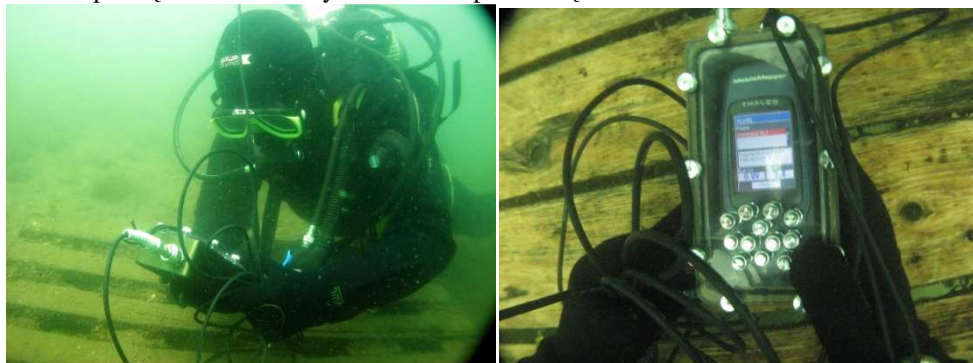
Wykorzystując przybliżone współrzędne i zaproponowaną przez autora metodę podwodnej nawigacji przeprowadzono bezpośrednią inwentaryzację wraku z wykorzystaniem nurków. Wrak oznaczono boją, a następnie wyznaczono dokładne współrzędne obiektu metodą OTF w trybie post-processing.

Wykonano także analizę dokładności wyznaczenia położenia obiektu zarejestrowanego na sonogramie z wykorzystaniem pozycji autonomicznej GPS. Dokładność wyznaczenia pozycji wraku na podstawie sonogramu wyniosła około 7m. Pozwala to wystarczająco dokładnie zlokalizować obiekt podczas sondażu hydroakustycznego znajdujący się pod powierzchnią wody, biorąc pod uwagę przesunięcie sonaru bocznego względem anteny odbiornika, znajdującej się na jednostce pływającej. Różnice pomiędzy pozycją obiektu wyznaczoną na podstawie sonogramów i rzeczywistością nie przekraczają 9,02m, co stanowi satysfakcjonującą dokładność. Biorąc pod uwagę dokładność mierzonych wielkości potrzebnych do obliczenia skorygowanej pozycji, takich jak długość kabloliny, zanurzenie sonaru bocznego, odległość skośną między obiektem, a sonarem czy też sam pomiar pozycji, możemy uznać ten wynik za bardzo dobry. Podczas bezpośredniej inwentaryzacji, korzystając z przybliżonych współrzędnych, nurek nie miał większych problemów z odnalezieniem wraku, pomimo słabej przejrzystości wody.

### 5.2 Eksperyment: jezioro Świętajno

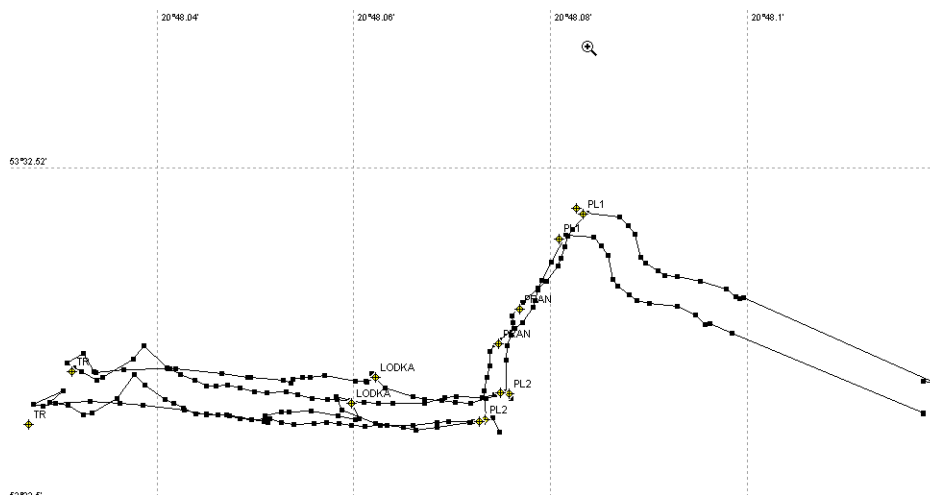
Celem prac badawczych na jeziorze Świętajno (inaczej nazywanym Narty) była bezpośrednia lokalizacja obiektów na dnie jeziora, wcześniej zdefiniowanych na podstawie sondażu hydroakustycznego z wykorzystaniem systemu sondy jednowiązkowej SBES oraz sonaru holowanego (prace batymetryczne opisano w punkcie 3 artykułu). Po przygotowaniu aparatury nurkowie przeprowadzili badania pod wodą. Prace były

wykonywane przez dwie osoby. Jeden pletwonurek obsługiwał odbiornik satelitalny pod wodą, drugi asekurował bezpieczeństwo prowadzonego eksperymentu oraz wykonywał dokumentację fotograficzną. Po zejściu nurków pod wodę antena GPS poruszała się za nurkami, utrzymywana na powierzchni wody. W trakcie eksperymentu odbiornik satelitalny Thales Mobile Mapper zarejestrował trajektorię płynięcia nurka. Zarejestrowano także współrzędne odnalezionych obiektów pod wodą.



Rys. 3. Obsługa odbiornika pod wodą. fot. Dariusz Popielarczyk, fot. Michał Bancewicz[4].

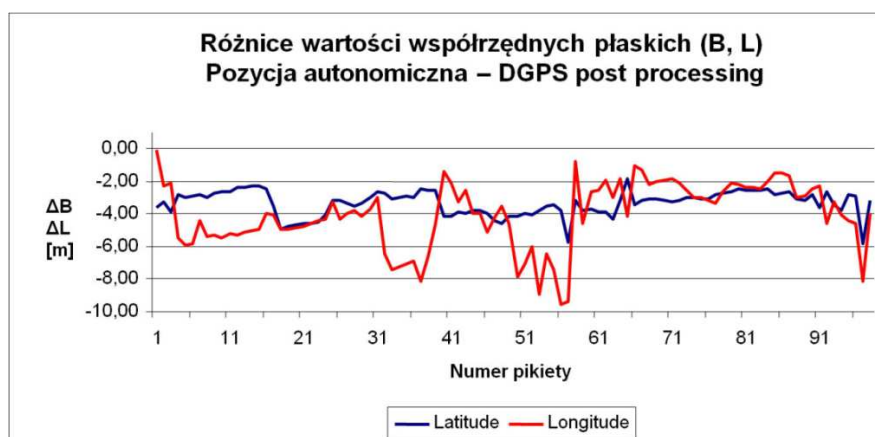
Podczas nurkowania operator zapisywał w odbiorniku GPS trasę pokonywaną pod wodą oraz wykonywał pomiary wcześniej odnalezionych i wprowadzonych punktów. Poniższy rysunek przedstawia zarejestrowaną przez odbiornik trasę wraz z pomierzonymi charakterystycznymi obiektami: drewniane platformy szkoleniowe 1 m nad dnem (oznaczonymi jako PL1 i PL2), łódź wiosłowa (LODKA), oraz zatopiony samochód osobowym Trabant (TR). Trajektorię przedstawiono w programie Mobile Mapper Office v. 3.20.



Rys. 4. Trasy nurkowania i pomiarów przed i po wykonaniu postprocessingu



W trakcie pomiaru zarejestrowano także surowe obserwacje satelitarne do późniejszych obliczeń w programie Mobile Mapper Office v. 3.20. Wykorzystano dane ze stacji referencyjnej OLST (Olsztyn) pozyskane za pośrednictwem systemu ASG-EUPOS. Na podstawie współrzędnych autonomicznych trajektorii przemieszczania się pływaka oraz współrzędnych DGPS post processing obliczono różnice długości i szerokości geograficznej. Różnice współrzędnych horyzontalnych (Latitude i Longitude) charakteryzowały się dużą zmiennością – od 0 do prawie 10 metrów. Średnia różnica szerokości geograficznej wyniosła prawie 3,5 m, a długości geograficznej nieco ponad 4 m. Linia trasy po obliczeniach w trybie DGPS post processing została przesunięta w kierunku południowym i zachodnim. Powyższe wyniki pokazują, iż w przypadku wykonywania podwodnej inwentaryzacji przeszkód i różnych obiektów położonych na dnie, lub w przypadku pomiaru obiektów powierzchniowych (badanie występowania raf kamiennych, roślinności itp.) możliwość policzenia zarejestrowanych obserwacji satelitarnych w trybie DGPS post processing znacząco wpływa na zwiększenie dokładności wyznaczenia położenia. Jest to istotne szczególnie w przypadku konieczności wykonania kolejnej inspekcji wcześniej znalezionej lokalizacji.



Rys. 5. Różnice współrzędnych: pozycja autonomiczna – DGPS post processing

W Tabeli nr 1 przedstawiono minimalne, maksymalne oraz średnie wartości różnic pomiędzy współrzędnymi autonomicznymi (Thales Mobile Mapper) oraz współrzędnymi otrzymanymi w wyniku obliczeń DGPS post processing w programie Mobile Mapper Office.

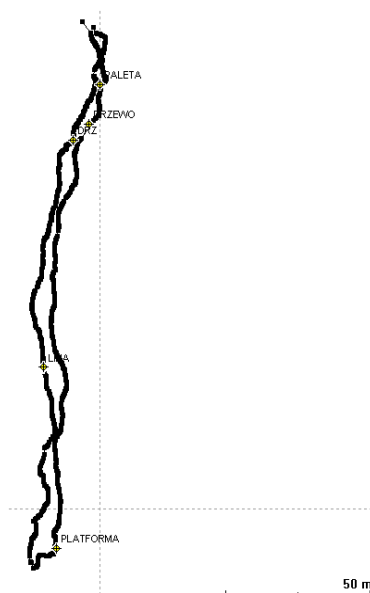
Tab. 1. Różnice współrzędnych B, L

	Latitude (m)	Longitude (m)	Altitude (m)
Max	<b>5,83</b>	<b>9,60</b>	<b>23,15</b>
Min	<b>1,85</b>	<b>0,05</b>	<b>18,74</b>
Średnia	<b>3,34</b>	<b>4,09</b>	<b>20,29</b>

Zaproponowana technika pomiaru obiektów na dnie, z wykorzystaniem odbiornika satelitarnego GPS Thales Mobile Mapper z opcją post processing, daje możliwość bezpośredniej i jednoznacznej inwentaryzacji obiektów wcześniej zlokalizowanych na echogramie lub sonogramie. Podwodna nawigacja umożliwia także prowadzenie bezpośrednich pomiarów i tworzenie mapy w czasie rzeczywistym, bezpośrednio podczas wykonywania nurkowania (podwodny GIS). Funkcje wykorzystanego odbiornika satelitarnego umożliwiają wcześniejsze stworzenie biblioteki obiektów, wgranie jej do odbiornika a następnie używanie bezpośrednio w trakcie wykonywania pomiaru na dnie. Dzięki temu operator odbiornika tworzy mapę bezpośrednio w terenie. W trakcie lokalizacji obiektów i przeszkód podwodnych prowadzona jest dokumentacja fotograficzna za pomocą aparatu cyfrowego umieszczonego w specjalnej obudowie wodoszczelnej.

### 5.3 Eksperyment: jezioro Łęsk

Kolejny eksperyment podwodnej nawigacji GPS przeprowadzono na jeziorze Łęsk koło Szczytna. Wykorzystano wcześniej opisany zestaw pomiarowy: odbiornik GPS/GIS Thales Mobile Mapper wraz z obudową wodoszczelną oraz antenę GPS umieszczoną na pływaku, połączoną z odbiornikiem poprzez 10 metrową kablolinę i wodoszczelne złącze. Celem pomiaru było prowadzenie świadomej nawigacji przez dwóch płetwonurków wzdłuż stromego stoku dna jeziora na stałej głębokości 5-6 m. Jednocześnie należało zapisać współrzędne charakterystycznych obiektów, napotkanych na dnie. Wykonano także dokumentację zdjęciową. W trakcie eksperymentu rejestrowano w pamięci odbiornika trajektorię płynięcia. Ślad trasy przemieszczania się był stale monitorowany na ekranie odbiornika, co pozwoliło zespołowi powrócić do punktu początkowego pomiaru.



Rys. 6. Trasa nurkowania oraz charakterystyczne obiekty na dnie jeziora Łęsk.



Podczas eksperymentu pomierzono 982 punkty trasy oraz 6 charakterystycznych obiektów: drewnianą paletę o wymiarach ok. 1,2 x 0,8 m (oznaczenie na rysunku PALETA), zatopiony pień drzewa o średnicy około 0,6 m i długości ok. 10 m (oznaczony jako DRZEWO i DRZ – pomiar tego samego obiektu z różnych stron), lina poręczowa, prowadząca od brzegu prostopadle w kierunku jeziora (pomierzona tylko w jednym punkcie – oznaczenie LINA) oraz drewniana platforma do ćwiczeń dla płetwonurków o wymiarach ok. 2 x 2 m (PLATFORMA). Ostatni z wymienionych obiektów stanowił jednocześnie połowę trasy nurkowania. Po jego pomierzeniu i wykonaniu fotografii wykonano powrót w kierunku miejsca startu.



Rys. 7. Zatopione drzewo. Jezioro Łęsk. Fot. Dariusz Popielarczyk

## 6. WNIOSKI

W niniejszym artykule autor proponuje wykorzystanie współczesnych technik satelitarnego pozycjonowania GNSS do bezpośredniego badania dna, lokalizowania obiektów, oraz do inwentaryzacji płytkich, śródlądowych zbiorników wodnych. Zbudowano zestaw pomiarowy, bazujący na ręcznym odbiorniku GPS/GIS Thales Mobile Mapper z opcją post processing. Do odbiornika zaprojektowano oraz zlecono wykonanie specjalistycznej obudowy wodoodpornej. Obudowa została wykonana z duraluminium oraz tworzywa sztucznego. Zamontowano specjalne wodoodporne przyciski, umożliwiające kontrolowanie pracy odbiornika pod wodą. Sygnał satelitarny doprowadzony jest do urządzenia poprzez pływającą antenę GPS oraz kablolinę (długość 10 m), zakończoną wodoodpornym złączem. Zestaw umożliwia bezpośrednią nawigację podwodną, rejestrowanie trajektorii nurków oraz zapisywanie współrzędnych obiektów odnalezionych na dnie.

Wyniki przeprowadzonych doświadczeń potwierdzają wysoką przydatność zaproponowanej technologii zbierania geodanych przestrzennych na dnie śródlądowych zbiorników wodnych. Wykorzystując przybliżone współrzędne obiektów, odczytane z sonogramów i echogramów, można zaplanować trasę inwentaryzacji podwodnej a

następnie precyzyjnie ją zrealizować nawigując pod wodą za pomocą odbiornika GPS. Technologia ta może być także wykorzystana do badania występowania obiektów powierzchniowych pod wodą takich jak rafy kamienne, obszary pokryte roślinnością itp.

Zauważono także pewne „niedogodności“ opracowanej technologii pomiarowej. Przy niewielkiej widoczności w czasie nurkowania (poniżej 1 m), jednoznaczna identyfikacja poszczególnych obiektów jest dość trudna, ponieważ mimo dotarcia do przybliżonej pozycji danego obiektu, nie można go odnaleźć i wykonać odpowiedniej dokumentacji fotograficznej. Dokładność wyznaczenia pozycji rzędu kilku metrów ma tutaj zdecydowany, negatywny wpływ. Dodatkowym ograniczeniem jest długość kabloliny, która pozwalała na wykonywanie pomiarów jedynie do głębokości 10 metrów. Ten problem mógłby być jednak rozwiązany przez zastosowanie dłuższej kabloliny. Zwiększona długość utrudniałaby jednak manewrowanie pletwonurka pod wodą, który i tak wyposażony jest w dużą ilość sprzętu. Po nabyciu pewnej wprawy w posługiwaniu się tą aparaturą wykonywanie pomiarów nie stanowiło by większego problemu nawet przy dwukrotnie dłuższym kablu. Większa długość nie pozostałaby jednak bez wpływu na dokładność pomiaru z uwagi na jej skręcenia oraz nieprecyzyjne ustawienie pływaka pionowo nad obserwowanym punktem.

Nie mniej jednak „podwodny GIS”, może być z powodzeniem wykorzystywany do wykonywania prac podwodnych z użyciem ręcznego odbiornika GPS. Przedstawiona technologia zapewnia możliwość nawigowania po ustalonej trasie lub do ustalonego punktu pod wodą, wykonanie bezpośredniego pomiaru odnalezionych obiektów oraz inwentaryzację przeszkód o przybliżonych współrzędnych. Zastosowanie metody wydaje się bardzo szerokie, począwszy od wspomaganie pomiarów batymetrycznych poprzez lokalizowanie i identyfikowanie przeszkód podwodnych, głazów i wraków. Wykonywanie dokumentacji fotograficznej ciekawych obiektów. Świadoma inwentaryzacja wszelkich celów na dnie: wraków, budowli hydrotechnicznych. Zestaw umożliwia także badanie zasięgu występowania roślinności podwodnej i organizmów, bezpośrednie tworzenie bazy obiektów na dnie, wspomaganie prac poszukiwawczych, prace archeologiczne. Wspomaga turystykę podwodną, uatrakcyjnia bazy nurkowe.

W ocenie autora, opisana powyżej technologia pomiarowa – „podwodny GIS” może znaleźć szerokie zastosowania w wielu współczesnych dziedzinach nauki i życia.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Popielarczyk, D.: *Zastosowanie zintegrowanych technik pomiarowych GPS oraz echosondy cyfrowej do tworzenia map batymetrycznych cieków i śródlądowych zbiorników wodnych*. Rozprawa doktorska, Olsztyn, 2002.
- [2] Dobrowolska W.: *Wykorzystanie sonaru holowanego i satelitarnego systemu GPS do badania struktury dna i lokalizacji obiektów podwodnych*, praca magisterska, Olsztyn, 2009.
- [3] Popielarczyk D., Templin T. Gryszko M.: *Tworzenie Interaktywnej Bazy Śródlądowych Przeszkód Podwodnych w oparciu o dynamiczne pomiary DGPS/EGNOS/RTK/GPRS oraz bezpośredni sondaż hydroakustyczny*, Raport z projektu badawczego własnego MNISW, 2007.
- [4] Sokołowski K.: *Bezpośrednia inwentaryzacja obiektów podwodnych z użyciem ręcznego odbiornika GPS*, praca magisterska, Olsztyn, 2009.