

Studenci z AM w Szczecinie wykorzystali techniki akustyczne do inspekcji nabrzeża

# Odkrywanie dna akwenu

Precyzyjny pomiar podwodnej części nabrzeża jest niezwykle istotny zarówno dla realizacji wszelkiego rodzaju prac inżynierskich związanych z budowlami hydrotechnicznymi, jak i dla bezpieczeństwa nawigacji.

**Aleksander Kulbacki,  
Kacper Bielecki**

**P**rojekt realizowany przez nas w Kole Naukowym Hydrografii Morskiej AM w Szczecinie obejmował proces akwizycji, przetwarzania oraz wizualizacji danych hydrograficznych bazujący na pomiarze echosondą wielowiązkową (MBES – Multibeam Echosounder System). Dane pozyskiwaliśmy z łodzi badawczej Akademii Morskiej „Hydrograf XXI”. W artykule skupiamy się na etapach tworzenia numerycznego modelu dna i powiązanego z nim nabrzeża.

## • Planowanie i przygotowanie pomiarów

Dokładność pozyskiwanych danych w głównej mierze zależy od odpowied-



1. Schemat budowy systemu pomiarowego



2. Opuszczanie sensora SVP na dno zbiornika w celu stworzenia profilu rozchodzenia się dźwięku przez różne warstwy wody



3. Planowanie linii pomiarowych na łodzi badawczej Akademii Morskiej „Hydrograf XXI”

niej współpracy elementów systemu pomiarowego. System MBES składa się z echosondy wielowiązkowej, odbiornika GNSS, czujnika ruchów kątowych (MRU – Motion Reference Units), systemu lub sensora dostarczającego informację o kursie jednostki pomiarowej, sensorów rozchodzenia się prędkości dźwięku w wodzie (SVS – Sound Velocity Sensor, SVP – Sound Velocity Profiler), a także komputera z odpowiednim oprogramowaniem. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów należy skompletować sprzęt pomiarowy na statku i wykonać pomiar offsetów (wyznaczyć tachimetrem współrzędne poszczególnych elementów systemu względem punktu referencyjnego). Następnie przeprowadza się kalibrację systemu echosondy (tzw. *patch test*), określając poprawki na opóźnienie czasowe (*latency*), a także na kąty ustawienia echosondy – *pitch* (wzdłużny), *roll* (poprzeczny), *yaw* (odchylenia od kursu).

Kolejnym etapem przygotowań jest wyznaczenie profili pomiarowych, czyli linii, po których jednostka będzie się poruszała w trakcie pozyskiwania danych. Uwzględnia się przy tym geomorfologiczne właściwości badanego akwenu, jego znaczenie pod względem nawigacyjnym, a także potrzebne dla konkretnych celów pokrycie. W przypadku badań konstrukcji hydrotechnicznych z użyciem MBES profile podstawowe projektu je równoległe do przebiegu budowli, natomiast profile kontrolne – prostopadłe.

Ważną kwestią jest też określenie parametrów pracy echosondy (częstotliwość, długość impulsu oraz liczba impulsów na sekundę) związanych bezpośrednio z estymowaną głębokością. W naszych pomiarach wykorzystaliśmy wysoką częstotliwość 400 kHz wiązki hydroakustycznej. Z kolei liczbę wiązek odbieranych na jeden impuls (tzw. *ping*) określiliśmy na 512 oraz 1024 punkty.

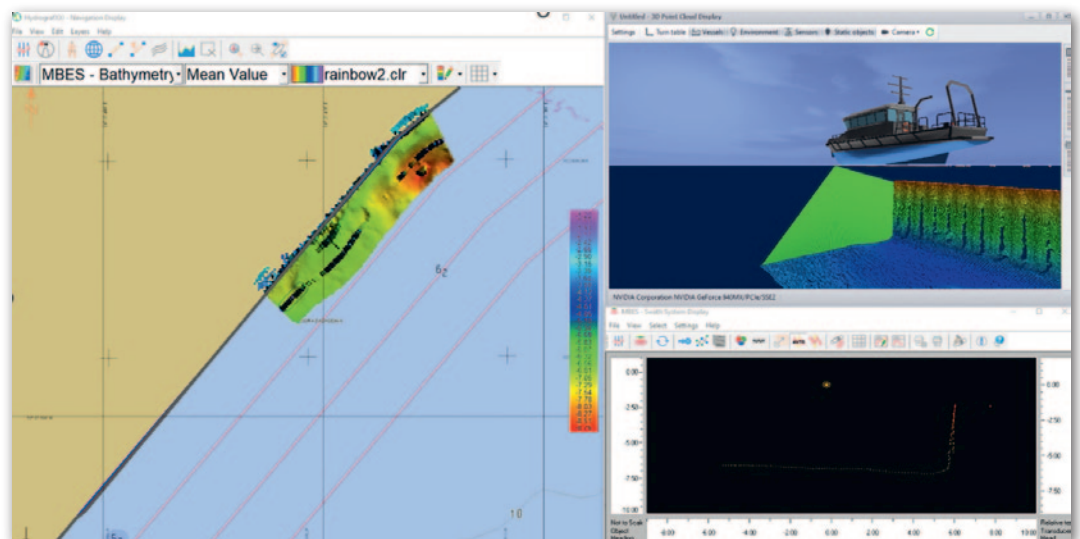
### • Pozyskiwanie danych

Pomiarami objęliśmy fragment nabrzeża Portu Szczecin. Po dotarciu na akwen prace rozpoczęliśmy od wykorzystania sensora SVP do stworzenia profilu rozchodzenia się dźwięku przez różne warstwy wody. Parametr ten zależny jest od temperatury, zasolenia i głębokości, stanowi zatem zmienną dla każdego akwenu. Rozkład szybkości wiązki hydroakustycznej poruszającej się

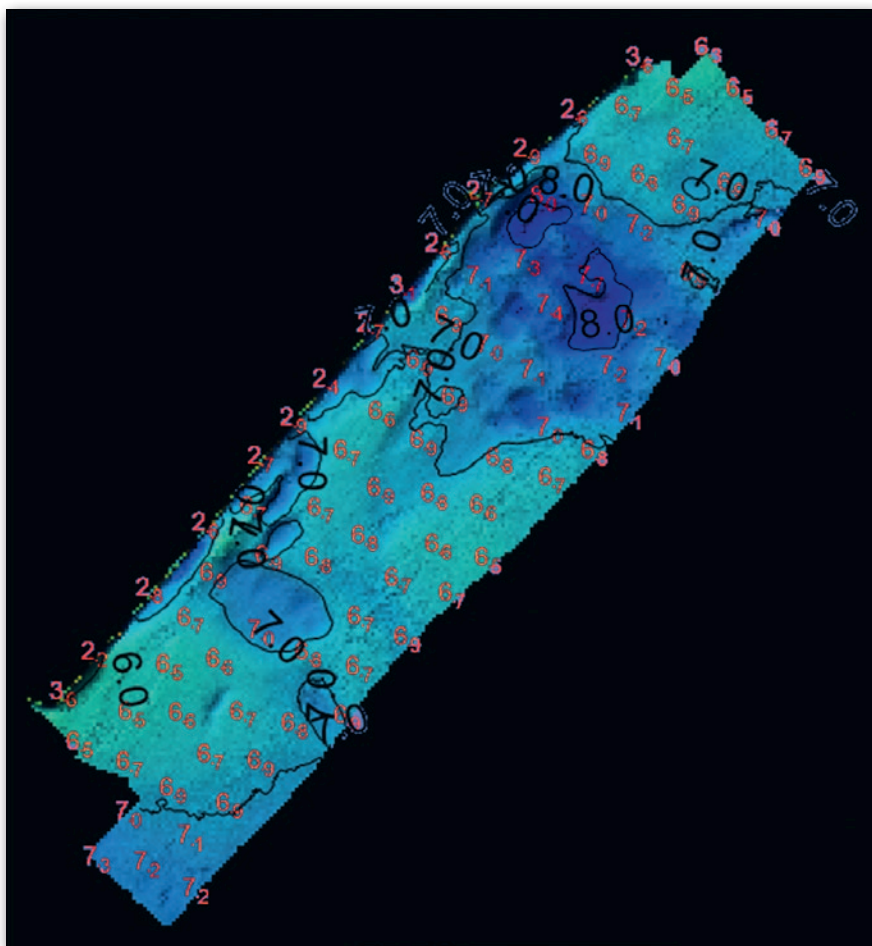
w poszczególnych warstwach określa się, opuszczając sensor SVP na dno za pomocą liny. Urządzenie ma wbudowany czujnik ciśnieniowy do pomiaru głębokości, przetwornik generujący sygnał akustyczny i element odbijający – twardy hydroakustycznie. Wyniki badania profilu prędkości dźwięku w wodzie wprowadziliśmy do oprogramowania do akwizycji danych Qinsy.

Z chwilą ustawienia jednostki na kurs linii pomiarowych rozpoczęło się właściwe pozyskiwanie danych. W tym czasie na ekranie komputera kontrolowaliśmy odpowiednią prędkość pomiarową oraz parametry akwizycji danych, ich jakość, dokładność oraz spójność. Generowany

przez głowicę echosondy impuls wysyłany w kierunku dna to jedna nadawcza wiązka hydroakustyczna. Dopiero odbiornik dzieli sygnał pojedynczej wiązki na szereg punktów o określonej długości ukośnej i sektorze kątowym. Każda wiązka jest obarczona błędem związanym z nieregularnymi przechyleniami statku, które kompensowane są dzięki czujnikowi MRU. W ten sposób, uwzględniając przebytą drogę (informację o tym dostarcza odbiornik GNSS) i prędkość rozchodzenia się dźwięku w wodzie, otrzymujemy punkt definiujący głębokość. W trakcie akwizycji docelowej chmury punktów należy szczególną uwagę zwrócić na kontrolę jakości w czasie rzeczywistym z odniesieniem do przepisów Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej (IHO – International Hydrographic Organization) standard S44.



4. Obraz akwizycji danych w czasie rzeczywistym



5. Plan batymetryczny badanego akwenu

## • Postprocessing danych

Do prac kameralnych zastosowaliśmy pakiet aplikacji oferowany przez firmę QPS. W pierwszej kolejności utworzyliśmy nowy projekt w środowisku Qimera i określiliśmy odwzorowanie na WGS 84 UTM 33N. Następnie zaimportowaliśmy dane, utworzyliśmy powierzchnię dynamiczną (w tym przypadku GRID) i zdefiniowaliśmy aktualny model geoidy w celu wykorzystania wysokości GNSS RTK.

Kolejny krok stanowiło przetworzenie danych nawigacyjnych. Rejestrowane anomalie są najczęściej wynikiem zakłócenia sygnału satelitarnego. Mogą być po-

wodowane przebywaniem jednostki pomiarowej w pobliżu wysokich konstrukcji portowych, budynków czy drzew lub utratą poprawek ze stacji bazowej RTK. Równie ważnym aspektem jest kontrola innych systemów – MRU oraz kompasu. W razie potrzeby możliwa jest edycja lub filtracja zarejestrowanych danych.

Opracowanie danych batymetrycznych składa się natomiast z dwóch procesów: automatycznej filtracji powierzchni dna i manualnego usuwanie fałszywych ech. Powstanie tych ech spowodowane jest najczęściej odbiciem się wiązki akustycznej od ryb, pęcherzy powietrza, uno-

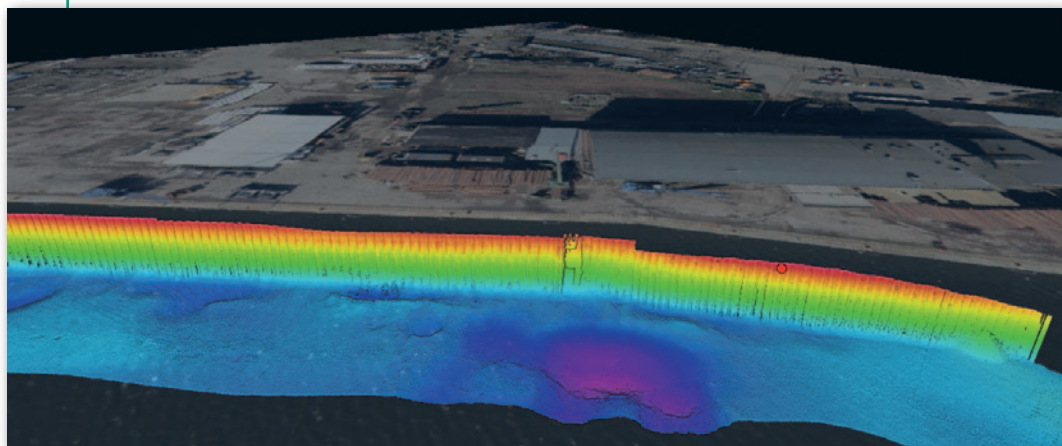
szących się w toni wodnej roślin i mułu oraz wielokrotnego odbicia się wiązki od powierzchni wody, konstrukcji lub obiektów. Interpretowanie tego typu niepoprawnych odczytów polega na analizie chmury punktów i danych, z których ręcznie usuwane są wyraźne odchylenia od średnich wartości nad danym obszarem. Z kolei filtracja automatyczna wykorzystuje różne metody statystyczne bazujące na analizie chmury punktów, których celem jest ujednoczenie powierzchni dna i pozbycie się błędnych odczytów.

Po edycji danych batymetrycznych z poprawnej już powierzchni możliwe jest wygenerowanie produktów końcowych, takich jak profile poprzeczne czy podłużne, izobaty lub punkty głębokości. Możliwe jest również eksportowanie danych do innych formatów, np. ASCII, KML czy GEOTIFF.

## • Efekt końcowy

Oprócz wizualizacji w formie planszetu batymetrycznego 2D uzyskane przez nas dane można wyświetlić w postaci 3D jako model TIN czy chmurę punktów. Korzystając z programu Fledermause firmy QPS, zyskujemy natomiast opcję nałożenia podkładu mapowego i przedstawiania powierzchni 3D w formie prostej animacji, co może stanowić niezwykle efektywny i efektowny produkt dla zamawiającego. Chmura punktów pozwala na szczegółową analizę konstrukcji hydrotechnicznych. Tego typu dane można eksportować i łączyć z wynikami skanowania laserowego, aby utworzyć pełny model topograficzny obszaru portowego. Oprogramowanie QPS pozwala również przedstawić obraz w formie mozaiki intensywności odbicia sygnału akustycznego (*backscatter*), a co za tym idzie – uzyskać wstępną interpretację i klasyfikację rodzaju dna.

**Aleksander Kulbacki, Kacper Bielecki**  
Koło Naukowe Hydrografii Morskiej  
Akademii Morskiej w Szczecinie



6. Wizualizacja podwodnej części nabrzeża w programie Fledermause

Niniejszy artykuł powstał na podstawie prezentacji, która zajęła III miejsce w konkursie referatów XVI Ogólnopolskiej Konferencji Studentów Geodezji [GEODETA 6/2022 - red.]. Autorzy artykułu dziękują firmie Gispro SA za udostępnienie systemu echosondy wielowiązkowej, firmie QPS za możliwość wykorzystania oprogramowania, a mgr. inż. Grzegorzowi Zaniewiczowi za opiekę nad projektem i wsparcie merytoryczne