

**Andrzej Kola, Adam Olejnik, Małgorzata Samborska**

prof. dr hab. Andrzej Kola  
mgr Małgorzata Samborska

Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
Wydział Nauk Historycznych  
Instytut Archeologii i Etnologii  
ul. Szosa Bydgoska 44/48  
87 – 100 Toruń  
tel. +56 611 39 76  
akola@his.uni.torun.pl  
samborska.malgorzata@gmail.com

kmdr por. dr inż. Adam Olejnik  
Akademia Marynarki Wojennej  
Zakład Technologii Prac Podwodnych  
ul. Śmidowicza 69  
81 – 103 Gdynia 3  
tel. +58 626 27 46  
aolej@wp.pl

**WSPÓŁCZESNE METODY LOKALIZACJI I EKSPLOKACJI  
WRAKÓW BAŁTYKU**

*Celem niniejszej pracy jest przedstawienie obecnie stosowanych metod oraz urządzeń w lokalizowaniu i eksploracji podwodnego stanowiska archeologicznego, bazujących na nowoczesnych technologiach.*

**Słowa kluczowe:** *archeologia, archeologia podwodna, technologia prac podwodnych*

**THE BALTIC SEA WRECKS THE LOCATION AND THE  
EXPLORATION PRESENT METHODS**

*The article presents underwater archeological site the location and the exploration methods, based on modern technologies*

**Keywords:** *archaeology, underwater archaeology, underwater work technology*

## WSTĘP

Archeologia podwodna jest dziedziną stosunkowo młodą lecz intensywnie rozwijającą się. Stałe ulepszenie technik nurkowych oraz badawczych prowadzonych na stanowiskach podwodnych doprowadziły do pogłębienia wiedzy o kontaktach ludzi z morzem w przeszłości. Rozwój aparatury do swobodnego nurkowania otworzył ten tajemniczy i niedostępny świat, który intryguje swą niepowtarzalnością od czasów antycznych oraz uczynił możliwą podwodną eksplorację zarówno dla miłośników nurkowania jak i dla naukowców. Techniki prowadzenia badań przez lata ewoluowały, dzięki czemu obecnie archeologia podwodna może poszczycić się wieloma spektakularnymi odkryciami, mającymi niewymierne znaczenie dla historii. Począwszy od czasów antycznych aż do obecnych, eksploracja środowiska wodnego przeszła wielkie przeobrażenia, co ma swoje uzasadnienie w gwałtownym rozwoju urządzeń technicznych, wykorzystywanych przez współczesnego człowieka.

Praca przedstawia w sposób przekrojowy większość obecnie stosowanych metod do lokalizowania oraz eksplorowania stanowisk wrakowych. Opisano metody najczęściej wykorzystywane, które stosuje np. Marynarka Wojenna Rzeczypospolitej Polskiej (MW RP) i inne instytucje działające na akwenach morskich. Niniejsze opracowanie stanowi także rozważanie nad przyszłością archeologii podwodnej w środowisku morskim w świetle wykorzystywanego sprzętu.

## METODY I URZĄDZENIA LOKALIZACYJNE

Poszukiwanie zatopionych obiektów w środowisku morskim zależne jest od panujących na akwencie warunków meteorologicznych oraz hydrograficznych : prądy, silne falowanie, przejrzystość wody, głębokość oraz ukształtowanie dna, na którym zalega obiekt, to wszystko ma wpływ na jakość i efektywność prowadzonych badań. Dotychczas stosowane metody poszukiwań stanowisk podwodnych jak trałowanie lub poszukiwanie „okręgami” w obecnych czasach mają zastosowanie raczej pomocnicze, co związane jest z szybkim postępem technicznym, adaptowanym także na polu archeologii podwodnej. Dlatego też współcześnie największe zastosowanie posiadają urządzenia akustyczne.

Zastosowanie hydroakustyki w badaniach podwodnych polega na wykorzystywaniu efektu odbijania się fali akustycznej od przeszkody znajdującej się na drodze. Metoda pomiaru polega na obliczeniu czasu od momentu wysłania wiązki akustycznej z przetwornika znajdującego się na pokładzie jednostki pływającej do momentu jej powrotu do przetwornika, która zmieniona na energię elektryczną i przetworzona daje obraz na ekranie lub papierze w postaci ciągu jaśniejszych i ciemniejszych punktów (w zależności od siły odbicia się echa od dna lub obiektu). Następnie na podstawie uzyskanych informacji oraz znajomości prędkości rozchodzenia się dźwięku w wodzie oblicza się odległość dzielącą przetwornik od miejsca odbicia się sygnału [1]. Odległość ta włącznie z określeniem kierunku skąd nadszedł wysłany dźwięk może być dalej wykorzystana między innymi do kreowania obrazów dwu- i trójwymiarowych przedstawiających badane obiekty, jego elementy oraz otoczenie. Wśród urządzeń akustycznych w badaniach podwodnych największe zastosowanie ma echosonda jedno- i wielowiązkowa oraz sonary.

#### ECHOSONDA

Służy do obliczenia głębokości na podstawie odległości od wysłanej wiązki akustycznej z przetwornika do powierzchni, od której się odbiła. Technika operowania polega na tym, iż jednostka przemieszczająca się nad dnem dokonuje kolejnych odczytów głębokości, których ciąg tworzy profile głębokości. Wiele takich profili w równych od siebie odległościach tworzą tzw. siatkę profili, stanowiącą materiał wyjściowy do opracowania mapy batymetrycznej dna. Spośród tych urządzeń można wyróżnić echosondy jednowiązkowe (SBES - Single Beam Echo Sounder) oraz wielowiązkowe (MBES - Multi Beam Echo Sounder).

Echosonda jednowiązkowa, nazywana także „pionową”<sup>1</sup> wysyła pojedynczą wiązkę akustyczną, której kształt przypomina stożek z podstawą stanowiącą dno badanego obszaru. Na podstawie takich pomiarów można dość precyzyjnie określić głębokość. Mankamentem jest fakt, że w momencie natrafienia na duży obiekt mamy zobrazowany zaledwie jego wycinek, a podczas intensywnego falowania występują błędy pomiarów przy dużych przechyłach bocznych jednostki [1]. Dodatkowym utrudnieniem jest brak informacji o głębokości między profilami. Ciągły i nieprzerwalny zapis głębokości na echogramie umożliwia zbadanie dna i wykrycie obiektów podwodnych, ale tylko w granicach „śladu”, jaki zostawia na dnie wiązka akustyczna echosondy jednowiązkowej. Jeżeli na drodze wyznaczonego profilu, znajduje się wrak lub inny obiekt podwodny, to echosonda zarejestruje zmianę głębokości, które na zapisie echogramu tworzyć będzie anomalię [2].

Zupełnie inaczej sytuacja przedstawia się z użyciem echosondy wielowiązkowej, gdzie przetwornik emituje wiele wiązek akustycznych, których liczba może wynosić od 130 do 180. Są one wysyłane z przetwornika promieniście, co tworzy stożek o dość szerokiej podstawie na dnie, poszerzając tym samym obszar poszukiwań. W sytuacji natrafienia na duży obiekt podwodny możliwe jest uzyskanie jego obrazu w całości lub dużej części [3]. Stosowanie echosondy wielowiązkowej dostarcza informacji o minimalnej głębokości wody nad wrakiem, a zaletą jej stosowania jest tzw. pełne pokrycie dna pomiarami głębokościowymi. Wadą jest dość wysoki koszt zakupu oraz skomplikowana obsługa, co wpływa negatywnie na powszechne stosowanie tych urządzeń w pracach podwodnych. Użycie takiego systemu pozwala na generowanie trójwymiarowych obrazów dna morskiego, które służą do analizy cech dna i tworzenia zarysów głębokości. Wiele akcji poszukiwania wraków na morzu było przeprowadzane z wykorzystaniem echosond („Itzhoë” niedaleko Łeby czy wraki Zatoki Gdańskiej i Ławicy Słupskiej) [4].

#### SONAR

Jest kolejnym urządzeniem hydroakustycznym mającym szerokie zastosowanie w pracach podwodnych. To zmodyfikowana echosonda, w której płaszczyzna przetwornika odchylona została od linii pionu o około 70 - 80 stopni i skierowana niejako na boki, dlatego też występuje pod nazwą SSS (Side Scan Sonar). Przetwornik w kształcie wydłużonego prostopadłościanu emituje wiązkę akustyczną wąską w płaszczyźnie poziomej i szeroką w płaszczyźnie pionowej [5]. Działanie jej polega na emitowaniu wiązki „oświetlającej” przeszukiwany pas dna morskiego. Efektem jest uzyskanie obrazu dna lub obiektu podwodnego (jego „oświetlonych” elementów). Możliwe jest także wykrycie cienia obiektu, który pozwala na określenie kształtu i wysokości zalegania nad dnem. W większości instalowane są na jednostkach pływających (okręty, kutry), a także można montować je na bezałogowych jednostkach podwodnych (autonomus underwater vehicle (AUV) czy remotely underwater vehicle (ROV)).

---

<sup>1</sup> Nazwa echosondy pionowej bierze się od pionowego do dna kierunku emisji wiązki hydroakustycznej

Ze względu na miejsce zamontowania przetwornika sonaru, można je podzielić na: kadłubowe, holowane i opuszczane.

1. Kadłubowe (HMS - Hull Mounted Sonar) montowane są na kadłubie jednostki pływającej (w części podwodzia) lub na jej burtach poniżej linii wodnej,
2. Sonary holowane (tzw. "towfish") są holowane w pewnej odległości za jednostką, na określonej głębokości. Z okrętem połączone są kabloliną, przy pomocy której holuje się sonar, a także służy ona do transmisji danych przekazywanych do urządzenia jak i w drugą stronę tj. dane z urządzenia do jego operatora. Przetworniki umieszczone są po obu stronach holowanej „ryby”, której wiązki promieniują po obu stronach dostarczając dwukierunkowy obraz [1].

Techniki sonarowe mają wielkie znaczenie podczas prowadzenia badań podwodnych. Już w latach 60-tych przy pomocy Side Scan Sonar został zlokalizowany antyczny wrak niedaleko Yalikavak w Turcji na głębokości 85 metrów, który w latach 90-tych badany był równie przy użyciu jednoosobowego pojazdu podwodnego oraz kamery video umieszczonej na pojeździe ROV [6]. Aktualnie wszelkie przedsięwzięcia związane ze środowiskiem morskim cechuje użycie powyższego sprzętu, służące zlokalizowaniu i zobrazowaniu dna morskiego oraz obiektów na nim zalegających.

#### PROFILOMIERZ OSADÓW DENNYCH

Znany jest także pod nazwą subbotom profiler. Jest to sonda służąca do penetracji sedymentów dennych, w celu odkrycia obiektów przykrytych mułem, piaskiem. Działa na tych samych zasadach jak echosonda, zazwyczaj na częstotliwościach 1 - 7 kHz. Z tak niską częstotliwością można penetrować w głąb dna nawet do 60 metrów. W sytuacji powiązania z sonarem bocznym, informacje z obu urządzeń mogą być pokazywane jednocześnie. Podobnie jak sonda i echosonda, profilomierz holowany jest za łodzią [7]. Urządzeniem tym posłużono się między innymi w poszukiwaniach wraków „Amsterdam” i „Mary Rose” jednak nie przyniosły one jednoznacznej odpowiedzi o miejscu ich zalegania [8].

Wykorzystanie tego urządzenia pozwala także na zbadanie warstw geologicznych oraz określenia ich wieku. W badaniach archeologicznych służy to przede wszystkim przyporządkowaniu każdej warstwie odpowiedniej głębokości oraz penetrowaniu sedymentów w poszukiwaniu obiektów w nich zalegających.

#### MAGNETOMETR

Nie jest urządzeniem akustycznym, jednakże nadal posiada szerokie zastosowanie w badaniach morskich jako instrument wspomagający systemy akustyczne. Nie daje on możliwości określenia kształtu ani wyglądu badanego poszukiwanego lub badanego obiektu. Służy do wykrywania anomalii pola magnetycznego Ziemi powodowanymi zaleganiem obiektów ferromagnetycznych. Wynikiem pomiaru jest różnica między anomalią, a tłem pola magnetycznego Ziemi. Precyzja określania pozycji obiektu zależy od wielkości i odległości urządzenia pomiarowego od niego.

Magnetometr jest rozwiniętym typem wykrywacza metali [1]. Instrument ten świetnie nadaje się do lokalizacji wraków o żelaznej konstrukcji, wywołujące anomalie pola magnetycznego. Istnieje bardzo małe prawdopodobieństwo wykrycia drewnianych wraków, gdyż nie powodują one anomalii; jednakże często zawierają znaczne ilości żelaznych opraw, kotwice, kule armatnie mogące stanowić ich źródło. Wiele wraków antycznych, drewnianych zostało odkrytych dzięki znajdującym się na nich wyrobach glinianych jak np. amfory. Dzieje się tak, ponieważ często glina była zanieczyszczana tlenkami żelaza, które wytwarzają pole cieplne, co wpływa na wytwarzanie anomalii magnetycznych.

## **TECHNIKI EKSPLOKACYJNE W ŚRODOWISKU MORSKIM**

Od początku wszelkich badań archeologicznych prowadzonych pod powierzchnią wody, technika eksploracyjna polegała na niezgrabnym usuwaniu mułu oraz stałego szukania i udoskonalania istniejących metod, a brak wyszkolonego personelu, korzystającego z usług nurków profesjonalistów, nie mających pojęcia o archeologii powodował niszczenie stanowiska. Warunkiem podstawowym w archeologii podwodnej było wprowadzenie takich samych założeń dokumentacyjnych i eksploracyjnych jakie stosuje się w badaniach lądowych [7].

Główna trudność w archeologii podwodnej leży w konieczności (jak również na lądzie) dokładnego określenia pozycji każdego obiektu oraz elementów, a także przygotowanie odpowiedniej metodyki działań, biorąc pod uwagę każdy aspekt stanowiska (wielkość, położenie, ilość personelu itd.). Dlatego też w planowaniu badań, należy przewidzieć problemy, jakie mogą wystąpić podczas pracy i jakie będą wynikały z podjętych działań [9].

Na przeszkody w badaniach podwodnych składa się wiele czynników: ograniczona widoczność, zimno, prądy, luźne sedymenty w postaci np. błota, które czynią ją niebezpieczną i trudną. Taki typ pracy pociąga za sobą potrzebę doskonałego wyposażenia technicznego oraz wykształconego personelu. Badania w stosunkowo głębokich wodach, powodują konieczność specjalnych zabezpieczeń takich jak dekompresja oraz innych przygotowań do nurkowania. Prace prowadzone daleko od lądu, na otwartych wodach, wymagają posiadania odpowiedniej bazy okrętowej, transportu i jednostki badawczej, na której będą znajdowały się wszystkie niezbędne urządzenia badawcze i sprzęt do eksploracji. Jednostka taka pełni również funkcję asekuracyjną dla osób znajdujących się pod wodą. W konsekwencji praca archeologiczna na stanowisku podwodnym kosztuje więcej od tych naziemnych, z powodu potrzeby posiadania dodatkowego (drogiego) sprzętu.

Eksploracja stanowiska podwodnego w obecnych czasach polega na wykorzystaniu dwóch podstawowych sprzętów: eżektorów (wodnych i powietrznych) oraz pojazdów podwodnych typu ROV.

Eżektory stosowane w pracach archeologicznych mają zastosowanie od połowy XX wieku, kiedy to w 1950 roku zostały użyte podczas wykopaliisk prowadzonych przez Cousteau w Marsylii w Grand Congloue [7]. Obecnie są podstawowym narzędziem do eksploracji archeologicznych stanowisk podwodnych, zarówno w akwenach morskich jak i śródlądowych, usuwając praktycznie wszelkie sedymenty zalegające na dnie, począwszy do piasku, mułu aż po roślinność [10]. Wraz z postępem technicznym, poszerza się obszar eksploracyjny głębin morskich. W związku z tym dąży się do opracowywania jak najlepszych metod, służących coraz głębszej penetracji dna, jednocześnie nie stanowiących żadnego zagrożenia dla życia ludzkiego, które w dziedzinie badań podwodnych stanowi najważniejszy czynnik. Dlatego też zaczęto opracowywać technologię, pozwalającą na badania na dużych głębokościach bez konieczności narażania życia ludzkiego. Chodzi przede wszystkim o bezzałogowe pojazdy podwodne Unnamed Underwater Vehicle (UUV), a w szczególności pojazdy typu ROV (Remotely Underwater Vehicle)

Stanowią one obecnie standardowe wyposażenie wszelkich operacji dokonywanych w środowisku wodnym, zarówno w celach przemysłowych jak i naukowych. Pojazdy te nie wymagają kontaktu człowieka z wodą i pozwalają na bezpieczną penetrację mórz i oceanów. Pozwalają one na obserwację badanych obiektów podwodnych w czasie rzeczywistym. Przekaz danych jest realizowany poprzez tzw. kablolinę, umożliwiającą przekazywanie do stanowiska operatorskiego informacji zebranych przez urządzenie oraz pozwala operatorowi na kierowanie ruchem pojazdu i jego urządzeń pokładowych. Wykorzystywanie ROV w celach

badania obiektów zalegających na dnie morskim pozwala na uzyskanie obrazu stanowiącego późniejsze niezastąpione źródło w celu weryfikacji odnalezionego obiektu oraz umożliwia natychmiastową ocenę sytuacji miejsca zalegania wraku w razie inspekcji przez ekipę nurkową [11].

Podstawowym wyposażeniem wizyjnym tych pojazdów jest kamera, umożliwiająca ocenę sytuacji i identyfikację badanego obiektu. Urządzenie to jest zwykle umiejscowione z przodu pojazdu, niekiedy również z tyłu, w celu podglądu układania się kabloliny sterującej pojazdem [11]. Uzyskany obraz dzięki urządzeniu znajdującemu się w konsoli operatorskiej pojazdu, służącego do zapisu obrazu, można zachować na tradycyjnej taśmie video lub nośniku cyfrowym.

Na ekranie w konsoli operatorskiej oprócz obrazu, zwykle wyświetlane są podstawowe wartości takie jak obecna głębokość, wysokość nad dnem oraz kurs pojazdu [11]. Obecnie można zaobserwować dynamiczny rozwój technologii UUV w technologii prac nurkowych; są wykorzystywane zarówno w dziedzinie przemysłowej (np. w przemyśle naftowym), w akcjach poszukiwawczo - ratowniczych jak i w szeregu dziedzin naukowych, w tym również w archeologii.

Wykorzystywanie takiego typu rozwiązań przede wszystkim daje wizyjną ocenę badanego obiektu i obszaru w którym zalega. Pozwala na określenie stanu, w jakim zachowany jest wrak oraz pokazuje niebezpieczeństwa, jakie mogą czekać ekipę nurkową. Dzięki danym otrzymanym za pomocą bezzałogowych pojazdów podwodnych kierownik prac podwodnych ma możliwość pełnej oceny sytuacji na stanowisku podwodnym; może dobrać odpowiednią taktykę badań oraz zaangażować odpowiednią liczbę nurków. Użycie ROV pozwala także na wyeliminowanie tradycyjnego zwiadu nurkowego, dzięki czemu nurkowie nie są narażeni na „czyhające” na nich w odmętach toni morskiej niebezpieczeństwa, a dzięki dobraniu odpowiedniej taktyki, skraca się ich czas pracy pod wodą, co w przypadku dużych głębokości wiąże się również z krótszym czasem potrzebnym na dekompresję.

## **NUREK CZY ROBOT?**

Badania archeologiczne prowadzone przy udziale ekipy nurkowej posiadają ograniczenia ze względu na głębokość i związane z tym aspekty fizyczne i psychologiczne oraz brak wyspecjalizowanej kadry. Szybki rozwój techniki umożliwia wyeliminowanie tych elementów. Obecnie pojazdy podwodne wyposażone są w najróżniejsze urządzenia służące lokalizacji i eksploracji dna morskiego oraz obiektów na nich zalegających. Dodawane są manipulatory do podnoszenia przedmiotów, pobierania próbek dna, posiadają wysokiej klasy sprzęt fotograficzny i telewizyjny. Dodatkowo są wspomagane szeregiem urządzeń akustycznych i nawigacyjnych, które pozwalają na zebranie pełnego materiału dokumentacyjnego. Jednak czy to wystarczy, by w przyszłości zastąpiły nurków ?

Jeżeli chodzi o prace podwodne, przemysłowe czy militarne, technologia ta zmierza w kierunku, gdzie czynnik ludzki może być zastąpiony pojazdami, gdyż prowadzone one są często na znacznych głębokościach. Niezaprzeczalny jest fakt, iż obecnie przyszłość badań głębokomorskich należy do pojazdów. Przed badaczami otwierają się dotąd „zamknięte” drzwi, które pozwolą na wzbogacenie naszej wiedzy historycznej i kulturalnej. Mogą oni schodzić na duże głębokości w celu poszukiwania stanowisk i być ich odkrywcami. R. D. Ballardowi pozwoliło to odkryć „złote runo podmorskich poszukiwań” jakim jest Titanic, zalegający na głębokości prawie 4000m [12], co nie byłoby możliwe bez wykorzystania nowoczesnego sprzętu.

Na polu archeologii sprawa przedstawia się zupełnie inaczej. Na płytkich wodach, do 30 m głębokości nie jest konieczne stosowanie pojazdów, gdyż wszystkie czynności może wykonać ekipa nurkująca. Stanowią one także tańszą formę badań.

Zupełnie odrębnym zagadnieniem są obiekty położone głęboko. Owszem, zlokalizowanie stanowiska archeologicznego przy obecnie stosowanej technice nie stanowi większego problemu. Pojazdy podwodne zaopatrzone w szereg sprzętów fotograficznych i filmowych, a także w różnego rodzaju manipulatory pozwalają na wykonanie kompleksowych pomiarów, pobranie próbek sedymentów lub wyciągnięcia określonych przedmiotów celem ustalenia chronologii. Ale czy jest możliwe, by mogły one także przeprowadzić systematyczne wykopaliska, bez pomocy wyszkolonego nurka - archeologa?

Pojazdy zazwyczaj reprezentują określony ciężar, nie są przystosowane do pracy z lub nad delikatnymi artefaktami archeologicznymi; nie potrafią delikatnie „kopać” dołów czy rowów, co w podwodnej eksploracji stanowi jeden z głównych elementów badań. Czy potrafią odnaleźć pogrzebane artefakty, nie niszcząc przy tym warstw kulturowych? Bez tych wszystkich czynności, niemożliwe jest przeprowadzenie kompleksowych badań archeologicznych.

A jednak - nieosiągalne do tej pory, stało się możliwym.

Działalność taka wiąże się z dalece zaawansowaną technologią, dzięki której zaprojektowano urządzenia przeznaczone wyłącznie do prac archeologicznych.

Pozwoliło to na całkowite wyeliminowanie obecności człowieka pod wodą i zastąpienie go robotami. Miało to miejsce podczas budowy dwóch gazociągów norweskich, dla których opracowano projekt Ormen Lange, uwzględniający również prace archeologiczne. Podczas prac w sezonie 2003 - 2005 odnaleziono dwa historyczne wraki z połowy XVII wieku, a także przeprowadzono pierwsze na świecie całościowe wykopaliska archeologiczne na głębokości 170 m, posługując się wyłącznie pojazdami podwodnymi [13]. Dzięki wykorzystaniu technologii AUV wyposażonej w system nawigacyjny, echosondę wielowiązkową oraz ROV zlokalizowano dwa historyczne wraki na terenie ciągnącym się od Nyhamna - Akura Island, Bjørnsund i Bud.

Specjalnie na potrzeby archeologiczne zaprojektowano pojazdy tak, by mogły wykonać całą dokumentację, a nawet przeprowadzić samodzielnie wykopaliska. Cała akcja kierowana była przez operatorów pojazdów znajdujących się na statku, stanowiącym bazę. Dokumentacja stanowiska i przestrzeni możliwa była dzięki zastosowaniu kamery video, przy pomocy której określono całą rozpiętość stanowiska, a także posłużyła do lokalizacji obiektów luźnych wokół wraka. Dokładna inspekcja terenu wokół obiektu odsłoniła 179 artefaktów wykonanych ręką ludzką. W tym celu użyto siedem wysokiej rozdzielczości kamer, włączając emisję przekazu z ROV. Specjalnie zaprojektowane lampy gazowe dostarczyły lepszego oświetlenia niż tradycyjnie używane lampy. Inne kamery były użyte do wykonania video i fotomozaiek całego stanowiska. Fotomozaiki były wykonywane przez ROV pływającego nad stanowiskiem na stałej wysokości, z kamerą skierowaną równolegle do niego. Po kompletnej dokumentacji, całość była połączona za pomocą specjalnego oprogramowania, pozwalającego na nałożenie zdjęć tak na siebie, by niewidoczne były ich granice.

Dodatkowo w badaniach wykorzystano także profilomierz osadów dennych oraz magnetometr w celu lokalizacji obiektów całkowicie przykrytych sedymentami. Następnym etapem było przystąpienie do wykopalisk, które dzięki możliwości wykorzystania tak zaawansowanej technologii uczyniły je pierwszymi na świecie, przeprowadzonymi na takiej głębokości.

Przed rozpoczęciem badań skonstruowano stalową ramę 10 x 10 m, bezpiecznie opuszczoną nad stanowiskiem, której krawędzie spoczywały poza nim. W celu umieszczenia pojazdu ROV w najdogodniejszym miejscu do pracy, na ramie zbudowano platformę, którą operator pojazdu mógł przesuwac we wszystkie kierunki. Pozwoliło to także na eliminację szkód, które mógł spowodować pojazd. Dokładne

określenie jego pozycji było możliwe, dzięki zainstalowaniu na platformie obrotowych czujników pomiarowych [13].

Kolejnym urządzeniem specjalnie zaprojektowanym na potrzeby badań była pogłębiarka przystosowana do zdejmowania warstwowo sedymentów i odsłaniania kruchych elementów. Wysokościomierz używany był do pomiarów głębokości rowów. Zebrane sedymenty były następnie filtrowane przez specjalnie zaprojektowany koszyk, dzięki czemu odnaleziono kolejnych 250 artefaktów. Każdy artefakt wydobywany z warstwy kulturalnej był podnoszony przy pomocy manipulatora, będącego na wyposażeniu pojazdu. Wszystkie zabytki były składowane w zewnętrznym koszyku zamontowanym na ROV. Zawartość artefaktów poczynając od cienkich butelek aż po duże ceramiczne naczynia i kamienne płytki ważyły do 50 kg każdorazowo.

Wykorzystanie nowoczesnej technologii pozwoliło także na odnalezienie antycznego szlaku handlowego w centrum Morza Śródziemnego, pomiędzy starożytną Kartaginą, Ostią (port starożytnego Rzymu), Sycylią i Sycylią [14]. Użycie zaawansowanej aparatury nawigacyjnej, systemów akustycznych oraz pojazdów podwodnych załogowych oraz bezzałogowych, umożliwiło generację dokładnej mapy batymetrycznej dna, a dzięki pojazdom ROV dostarczono do badań wyselekcjonowane przedmioty, umożliwiające datowanie wraków. Holowany pojazd podwodny „Argo”, posiadał na swoim wyposażeniu czarno- białą kamerę z ciągłym światłem, kamerę kolorową, echosondę oraz sonar boczny o częstotliwości 100 kHz [14]. Pojazd pływał w wizualnym kontakcie z dnem ze średnią wysokością 15 m. Do badań wykorzystano także ROV „Jason” oraz nuklearną łódź podwodną NR-1 wypożyczoną z Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych. Wzdłuż wyznaczonej trasy przemieszczania się łodzi zrobiono serie zdjęć podwodnych, a dzięki połączeniu z obrazami dostarczonymi przez sonar skanujący otrzymano mikro - topografię stanowiska. Z otrzymanych obrazów wygenerowano także całościowy obraz wraku i jego otoczenia. Podczas trwania projektu Skerki Bank w latach 1988 - 1997, odnaleziono i zadokumentowano trzynaście wraków starożytnych, znajdujących się na głębokości ok. 900 m. Obecność ich potwierdziła istnienie szlaku łączącego starożytną Kartaginę z Ostią, Sycylią i Sycylią.

Opisane wyżej przykłady pokazują, iż na dużych głębokościach z sukcesem można przeprowadzić tak kompleksowe badania archeologiczne. Wymagało to ogromnych nakładów finansowych, rozwoju metod i sprzętu, mającego zastosowanie w tej dziedzinie nauki. Pokazało równocześnie (na przykładzie projektu Ormen Lage), że robot wykonał czynności pierwotnie czynione przez nurków w płytkich wodach. Dzięki temu archeolodzy mogą poszukiwać i prowadzić badania w wodach głębokich z taką samą precyzją jak na lądzie.

## **WNIOSKI**

### **PRZYSZŁOŚĆ PODWODNEJ METODYKI BADAWCZEJ W MORZU**

Obecne możliwości technologiczne udostępniają ogromne obszary do badań naukowych, zamkniętych do tej pory przed archeologami ze względu na głębokość zalegania zabytków. Posiadając odpowiedni sprzęt, wyposażenie, a także dysponując środkami finansowymi morskie tajemnice czekają na ich odkrycie.

Prace archeologiczne wymagają nakładu czasowego i finansowego, a prowadzone w środowisku morskim utrudniane są szeregiem czynników, niekiedy niemożliwych do pokonania (warunki hydrologiczne, meteorologiczne oraz fizyczne, związane z człowiekiem, jako „narzędziem” pracy). Dlatego niezastąpione mogą okazać się pojazdy podwodne.



Na polu archeologii systemy te są i powinny być zaadaptowane na potrzeby badań, przy pomocy których możemy w krótkim czasie przeszukać dość duży obszar, jak również dokonać inspekcji wykrytego obiektu.

Stanowiska głębokomorskie oraz badania interdyscyplinarne stanowią przyszłość dla archeologii morskiej, co potwierdza poniższy przykład.

W 1992 roku w Institute of Archeology at the Norwegian University of Science and Technology w Norwegii został opracowany program akademicki łączący archeologię morską i badania głębokomorskie ze współczesną technologią, połączoną z celami przemysłowymi [15]. Wspólnym celem działań archeologów i technologów jest rozwój archeologii podwodnej głębokomorskiej<sup>2</sup> oraz poprawienia jakości metod i technik pracy. Pierwszym projektem były prace przy porcie Kong Oystein niedaleko Agdenes, w Norwegii, wspomnianym przez wiele historycznych przekazów. Według sagi „O synach Magnusa”, port budowany był za czasów panowania króla Oystein (1103- 1123). Do badań posłużono się pojazdem ROV wyposażonym w kolorową kamerę, który na głębokości 60 - 70 metrów zadokumentował leżącą na dnie małą, żelazną kotwicę pochodzącą z niewiadomego okresu. W czasie trwania tej współpracy przeprowadzono również badania w porcie Trondheim. Podczas przeszukiwania akwenu, sonar boczny zlokalizował dwa historyczne wraki, trzy niezidentyfikowane jednostki współczesne: dwie barki oraz samolot z II Wojny Światowej. Zlokalizowano także trzy stanowiska wrakowe dzięki zastosowaniu profilomierza osadów dennych [15].

Dodatkowym aspektem mogącym decydować o przyszłości badań podmorskich jest temat tak szeroko poruszany jak ochrona podwodnego dziedzictwa kulturowego. Obecnie dąży się do pozostawienia stanowiska archeologicznego *in situ*, czyli bez naruszania jego struktury oraz kontekstu. Tradycyjne wykopaliska archeologiczne są metodą destrukcyjną, dlatego też wszelkie instytucje zajmujące się ochroną owego dziedzictwa kładą ogromny nacisk na pozostawienie ich w stanie nienaruszonym dla przyszłych pokoleń wierząc w postępujące udoskonalanie technik eksploracyjnych. Jedynie w przypadku, gdy stanowisko archeologiczne jest zagrożone różnymi czynnikami wpływającymi na jego destrukcję, należy bezzwłocznie przeprowadzić badania ratownicze, mające na celu ochronę podwodnego dziedzictwa kulturowego. Tu także podstawowymi „narzędziami” mogą okazać się roboty i pojazdy podwodne specjalnie skonstruowane na potrzeby archeologii.

Badania interdyscyplinarne pozwalają na wykorzystanie sprzętu, jakim dysponują instytucje związane z działalnością morską, na potrzeby archeologiczne. Pozwoli to na penetrację stanowisk położonych na dużych głębokościach. Badania takie jednocześnie nie naruszają pierwotnej struktury obiektu, a tym samym nie stanowią zagrożenia dla stanowisk archeologicznych znajdujących się pod powierzchnią wody. I na tych obszarach należy upatrywać przyszłego pola działań archeologów podwodnych.

## LITERATURA

1. Grabiec D, Olejnik A. „Poszukiwania i identyfikacja obiektów podwodnych” str. 81- 105, w: praca zbiorowa pod redakcją St. Poleszaka;” Wraki Bałtyku- poradnik dla nurków”, Wydawnictwo Książki Nurkowe, Gdynia 2005;
2. Grządziel A.: „Echosonda jednowiązkowa w pomiarach hydrograficznych”; Przegląd Morski, zeszyt 4 2006, str. 10- 27;

---

<sup>2</sup> W Norwegii stanowiska archeologiczne mogą być badane przez nurków tylko do głębokości 30 metrów, zgodnie z norweską regulacją prawa bezpieczeństwa pracy.

3. Grabiec D.: „Środki hydroakustycznego wykrywania obiektów podwodnych i prezentacji hydrograficznych danych pomiarowych”; Polish Hyperbaric Research nr.1 (9) 2004, str. 56-63;
4. Penkowski M.; „Zastosowanie ogólnodostępnego sprzętu do lokalizacji obiektów dennych”, Polish Hyperbaric Research nr. 3 (16), 2006, str. 27-37;
5. Grządziel A.: „Side Scan Sonar (SSS) - metoda poszukiwania i wykrywania obiektów podwodnych”, Przegląd Morski zeszyt 1 2006r., s. 48- 63;
6. Bass G.; „Shipwreck in the Bodrum Museum of Underwater Archeology”, Bodrum Museum of Underwater Archeology Publications 3, ISBN 975-17-1605-5, Turkey 1996;
7. Ekberg G.; “ Technology and Archeology” str. 42- 52 w: “Treasures of the Baltic Sea: A hidden wealth of culture”, ISSN 1400- 2582, Swedish Maritime Museum’s Report, Stockholm 2003;
8. Green J.: “Maritime archeology- a technical handbook. Second edition”, Amsterdam – Boston - London - New York – Oxford - Paris - San Diego - San Francisco – Sydney - Tokyo, 1999;
9. Dumas F.: “Problems of wreck exploration “ str. 155- 162, w: “Underwater Archeology a nascent discipline”, UNESCO, Paris 1972;
10. Dean M., Ferrari B.; „Archeology underwater – The NAS Guide to Principles and Practice, Dorchester 1992;
11. Olejnik A. : „Diagnostyka obiektów podwodnych z wykorzystaniem pojazdu typu ROV”, Diagnostyka vol. 34, 2005, ISSN 641-6414, str. 99- 104;
12. Ballard R.D.; „Poszukiwania”, ISBN 8388132865, Warszawa 2000;
13. Petter B., Jasiński E., Søreide F. ;“Ormen Lange pipelines and shipwrecks”, Universitetsforlaget, ISBN 978-82-15-01131-8, Norway 2007;
14. Ballard R.D., McCann A.M., Yoerger D., Whitcomb L., Mindell D., Oleson J., Singh H., Foley B., Piechota D., Giangrande C. : “Discovery of ancient history in the deep sea using advanced submergence technology”, Deep Sea Research nr. 41, 2000 r., str. 1591- 1620;
15. Søreide F.: “Cost- effective deep water archeology : preliminary investigations in Trondheim Harbour”, The International Journal of Nautical Archeology t. 29, 2000 r., str. 284- 293.

Materiał jest wynikiem pracy dyplomowej magisterskiej Małgorzaty Samborskiej pisanej pod kierunkiem prof. dr hab. Andrzeja Koli

Autorzy:

**prof. dr hab. Andrzej Kola** jest kierownikiem Zakładu Archeologii Podwodnej Instytutu Archeologii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika W Toruniu. Specjalizuje się w archeologicznych badaniach podwodnych średniowiecznych przepraw mostowych.

**kmdr por. dr inż. Adam Olejnik** jest pracownikiem naukowo – dydaktycznym Zakładu Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni. Brał udział w identyfikacji wraków: „Steuben”, „Graf Zeppelin”, „Fryderyk Engels” i innych, gdzie wykorzystywano m.in. materiał zdjęciowy pozyskany za pomocą pojazdu typu ROV. Specjalizuje się w diagnostyce wizyjnej obiektów podwodnych za pomocą urządzeń bezzałogowych.

**mgr Małgorzata Samborska** jest absolwentką Instytutu Archeologii i Etnologii na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, ze specjalizacją - Archeologia Podwodna.