

dr hab. inż. Mirosław Kazimierz Gerigk¹

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa,
Politechnika Gdańska, Polska

WIELOFUNKCYJNE ZAŁOGOWE I BEZZAŁOGOWE POJAZDY I PLATFORMY PŁYWAJĄCE WOJNY PRZYSZŁOŚCI NA MORZU

MULTIFUNCTIONAL MANNED AND UNMANNED MARITIME VEHICLES AND PLATFORMS FOR FUTURE NAVAL WARFARE

Abstrakt: Trwająca od ponad 3 lat pełnoskalowa agresja Rosji na Ukrainę oraz wojna w cyberprzestrzeni Rosji w stosunku do państw Europy Środkowej stanowią jawne dowody na działania o charakterze konfrontacyjnym. Chodzi o destabilizację europejskiego systemu bezpieczeństwa, a także sytuacji politycznej i gospodarczej poszczególnych państw regionu i całej Europy. Chodzi wreszcie o destabilizację NATO. W artykule przedstawiono wybrane elementy wiedzy na temat wojny przyszłości na morzu w kontekście sytuacji na Morzu Bałtyckim. Opisano koncepcję wykorzystania wielofunkcyjnych platform załogowych i bezzałogowych jako elementu sił szybkiego reagowania Rzeczypospolitej w rejonie Południowego Bałtyku. Przedstawiono przykłady koncepcji wielofunkcyjnych platform oraz możliwości ich wykorzystania. Opierając dalsze rozważania o wyzwania, które są motorem napędowym rozwoju technologii i wdrożeń dla obronności, opisano system ochrony morskiej infrastruktury krytycznej. Wyzwania technologiczne związane z opracowaniem systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej wskazują na istniejące w Polsce realne możliwości stworzenia innowacyjnego i efektywnego systemu sił szybkiego reagowania zintegrowanego z istniejącym systemem bezpieczeństwa państwa.

¹  <https://orcid.org/0000-0002-4889-9380>,  mger@pg.edu.pl

Słowa kluczowe: wojna przyszłości na morzu, marynarka wojenna, morskie oddziały wojsk specjalnych, siły szybkiego reagowania na morzu, wielofunkcyjne małe okręty załogowe, pojazdy i platformy bezzałogowe, bezzałogowe pojazdy nawodne, autonomiczne pojazdy podwodne

Abstract: Russia's full-scale aggression against Ukraine, which has been ongoing for over 3 years, and Russia's cyber war against Central European countries, are clear evidence of confrontational actions. This concerns the destabilization of the European security system by destabilizing the political and economic situation of individual countries in the Region and the whole of Europe. Finally, it concerns the destabilization of NATO. The article presents selected elements of knowledge on the subject of future warfare at sea in the context of the situation in the Baltic Sea. The concept of using multifunctional manned and unmanned platforms as an element of the Republic's rapid reaction forces in the South Baltic region is described. Examples of multifunctional platform concepts and the possibilities of their use are presented. Basing further considerations on the challenges that are the driving force of the development of technologies and implementations for defense, the critical maritime infrastructure protection system is described. The technological challenges related to the development of a critical maritime infrastructure protection system indicate the real possibilities existing in Poland for creating an innovative and effective rapid reaction force system integrated with the existing state security system.

Keywords: future war at sea, navy, naval special forces, rapid response forces at sea, multifunctional small manned navy ships, unmanned vehicles and platforms, unmanned surface vehicles, autonomous underwater vehicles

Wstęp

Trwająca od ponad trzech lat pełnoskalowa agresja Rosji na Ukrainę oraz wojna w cyberprzestrzeni Rosji w stosunku do państw Europy Środkowej stanowią jawne dowody na działania o charakterze konfrontacyjnym. O co toczy się ta niebezpieczna „gra”? Dziś jest to już oczywiste – chodzi o destabilizację europejskiego systemu

bezpieczeństwa poprzez rozstrój sytuacji politycznej i gospodarczej poszczególnych państw regionu i całej Europy. Chodzi wreszcie o destabilizację samego NATO. W związku z tym wyzwania, przed którymi stoi Polska i Europa, są najwyższej wagi. W przypadku braku reakcji w wielu obszarach konsekwencje zaplanowanej przez Rosję destabilizacji mogą okazać się tragiczne, gdyż w grę wchodzi także zmiana granic w Europie. Z tego powodu staje się jasne, że pierwszoplanową reakcją na pojawiające się zagrożenia powinno być stałe i szybkie podnoszenie zdolności obronnych NATO i Rzeczypospolitej Polskiej. Dotyczy to zdolności typowo militarnych oraz w obszarach porządku wewnętrznego, szeroko pojętej gospodarki, ochrony zdrowia i edukacji. W przypadku pojawienia się zagrożeń o skutkach, które trudno dzisiaj przewidzieć, do reakcji powinno być gotowe całe społeczeństwo, wszyscy obywatele Rzeczypospolitej. Warto sobie w tym miejscu przypomnieć liczbę pogroźek, które Moskwa formułowała w stosunku do Polski w ciągu ostatnich kilku lat z uwagi na naszą pomoc Ukrainie, łącznie z groźbami o nuklearnym unicestwieniu Warszawy. Czy nie jest to cyberatak o charakterze działań podprogowych, z którym obywatele Rzeczypospolitej mają do czynienia po raz pierwszy od II wojny światowej?

Należy się spodziewać, że w najbliższych latach tego typu działania będą się nasilały, co stanowi bezpośrednie zagrożenie bezpieczeństwa nie tylko dla Rzeczypospolitej, lecz także dla całej Europy, a w szczególności Europy Środkowo-Wschodniej.

Jak już wcześniej wspomniano, obrona Rzeczypospolitej dotyczy wszystkich obywateli i należy się do niej należycie przygotować w powietrzu, na lądzie i na morzu. Historycznie utrata połączenia Rzeczypospolitej z Morzem Bałtyckim zawsze zwiastowała dalsze problemy. Bałtyk był, jest i będzie morzem, które zapewnia naszemu państwu okno na świat i dlatego należy stale o nie dbać. Zapewnienie bezpieczeństwa, szczególnie w rejonie Bałtyku Południowego, ale i całego Morza Bałtyckiego, jest jednym ze strategicznych celów Rzeczypospolitej Polskiej.

Poniższy artykuł dotyczy wybranych elementów obronności na morzu z ukierunkowaniem na rejon Bałtyku Południowego. Wnioski

wynikające z wojny w Ukrainie, a w szczególności z działań na Morzu Czarnym, stanowią doskonałą podpowiedź, co i jak należy zrobić, by zdolności obronne RP na Morzu Bałtyckim uległy znacznemu wzmocnieniu. Konfrontacja pomiędzy Rosją a jej europejskimi sąsiadami, tocząca się od dłuższego czasu w cyberprzestrzeni i w formie działań poniżej progu wojny na akwenach Morza Bałtyckiego, świadczy o tym, że konflikt może się w sposób niekontrolowany rozwinąć na zasadzie działań znanych już z przykładu „zielonych ludzików” w Donbasie i na Krymie². To jeden ze scenariuszy, który jest wystarczającym dowodem, by podjąć zdecydowane i realne działania w celu zapewnienia bezpieczeństwa Polsce i Europie na obszarze Morza Bałtyckiego. Wszystko jasno wskazuje na to, że chodzi o nowy podział wpływów, w tym także o zmianę granic w Europie, z czym mamy do czynienia już obecnie.

Wielofunkcyjne platformy załogowe i bezzałogowe jako element sił szybkiego reagowania

Do kluczowych elementów systemu obrony na morzu należy zaliczyć nowoczesną strategię, opartą na ilościowej i jakościowej ocenie ryzyka z wykorzystaniem dynamicznych sekwencji zdarzeń. Uwzględnić trzeba także zdarzenia nagłe, których wystąpienie jest trudne do przewidzenia na etapie ćwiczeń obronnych. Z pomocą przychodzi tu

² Por.: *Militarny plan zwiększenia ochrony infrastruktury krytycznej na Morzu Bałtyckim*, Kresy24, 15 października 2023 r., <https://kresy24.pl/militarny-plan-zwiekszenia-ochrony-infrastruktury-krytycznej-na-morzu-baltyckim/> (dostęp: 9 maja 2025 r.); *Infrastruktura krytyczna pod rosyjskim „ostrzałem”*. NATO ostrzega przed zagrożeniem, Gospodarka Morska, 1 lipca 2024 r., <https://www.gospodarkamorska.pl/infrastruktura-krytyczna-pod-rosyjskim-ostrzałem-nato-ostrzega-przed-zagrożeniem-78952> (dostęp: 9 maja 2025 r.); M.K. Gerigk, M. Karwowski, *Gerigk: Polska potrzebuje nowych technologii by ochronić morską energetykę (ROZMOWA)*, Biznes Alert, 3 lipca 2024 r., <https://biznesalert.pl/ochrona-infrastruktury-krytycznej-morskiej-energetycznej-bezzałogowiec-baltyk-bezpieczenstwo/> (dostęp: 9 maja 2025 r.); Sz. Rutkowski, *NATO ćwiczy ochronę morskiej infrastruktury krytycznej*, Biznes Alert, 27 listopada 2024 r., <https://www.konflikty.pl/aktualnosci/wiadomosci/nato-ochrona-morskiej-infrastruktury-krytycznej/> (dostęp: 9 maja 2025 r.); M. Badowski, *Siły NATO chronią infrastrukturę krytyczną na Morzu Bałtyckim*, Strefa Biznesu, 27 stycznia 2025 r., <https://strefabiznesu.pl/sily-nato-chronia-infrastrukture-krytyczna-na-morzu-baltyckim/ar/c3p2-27209883> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

dynamiczny rozwój technologii symulacji komputerowych z wykorzystaniem szybkich komputerów kwantowych, zaawansowanych systemów sensorycznych i efektorowych oraz algorytmów obliczeniowych, opartych o zastosowanie sztucznej inteligencji (AI). Wchodzimy w erę, w której platformy załogowe i bezzałogowe są nie tylko nośnikami systemów sensorycznych i efektorowych, lecz także stają się coraz bardziej same w sobie podsystemami systemów.

Drugim kluczowym elementem wojny przyszłości na morzu jest nowoczesna taktyka, wymagająca dostosowania działań i środków odpowiedzi, z użyciem różnych wielofunkcyjnych systemów rozpoznania i walki (w tym platform nawodnych i podwodnych, załogowych i bezzałogowych). Szybka zmiana sytuacji na obszarze działań wymaga szybkiej analizy własnych zdolności, obejmującej zmiany zaangażowania zasobów w czasie podejmowania decyzji z wykorzystaniem złożonych systemów zarządzania polem walki.

Koncentrując się na potencjalnych zagrożeniach i scenariuszach wydarzeń, które mogą wystąpić na akwenach Morza Bałtyckiego, należy skonstatować, że Bałtyk stał się teatrem działań wojny w cyberprzestrzeni i działań podprogowych o charakterze konfrontacyjnym czy wręcz zaczepnym.

W związku z tym należy dążyć do jak najszybszego podniesienia poziomu zdolności obronnych Sił Zbrojnych RP w rejonie całej polskiej flanki północnej, a w szczególności na akwenach wrażliwych dla bezpieczeństwa państwa i ochrony morskiej infrastruktury krytycznej.

Abstrahując od realizowanych i planowanych inwestycji związanych z modernizacją marynarki wojennej i morskich oddziałów wojsk specjalnych, autor pragnie zwrócić uwagę gremiów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo państwa oraz otoczenia gospodarczego, w tym naukowego, badawczego i przemysłowego, że istnieją potencjalnie duże możliwości szybkiego podniesienia zdolności obronnych Rzeczypospolitej na morzu.

Jedną z takich możliwości jest stosunkowo szybkie opracowanie i wdrożenie rozwiązań dotyczących wielofunkcyjnych morskich platform załogowych i bezzałogowych, średnich i małych pod względem

wielkości. Postawienie zadań wdrożenia takich platform może przyczynić się do zwiększenia aktywności i współpracy sektora badawczego i przemysłowego, nie tylko stocznioowego i nad morzem, lecz także w głębi kraju. Potencjał do takich wdrożeń w Polsce istnieje.

Mówimy tu o platformach załogowych i bezzałogowych kolejnej generacji, które są niezbędne do prowadzenia wojny przyszłości na morzu, na wodzie i pod wodą, co pokazały wyraźnie ostatnie działania wojenne na Morzu Czarnym. Platformy nowej generacji nie będą już tylko nośnikami typowych systemów pokładowych rozpoznania i bojowych. Platformy nowej generacji to systemy, na których pokładzie będą znajdowały się systemy zdolne do automatycznej komunikacji i współpracy z systemami zewnętrznymi w powietrzu, na lądzie, na powierzchni wody i pod wodą. To platformy od zdalnie sterowanych po w pełni autonomiczne. Tak rozumiane platformy mogą stanowić element systemu szybkiego reagowania sił morskich RP i wpisują się w potrzeby wojny przyszłości na morzu. Te platformy mogą też być elementami systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej RP, nawodnej i podwodnej. Należy pamiętać o tym w kontekście rozległych inwestycji (np. w energetykę wiatrową), które zostaną przeprowadzone na Bałtyku Południowym w polskiej strefie ekonomicznej na przestrzeni kilku następnych dekad.

Rozważając zdolności marynarki wojennej i morskich oddziałów wojsk specjalnych oraz w pełni akceptując realizowane i planowane programy wdrożeń okrętów nawodnych i podwodnych, można i należy podjąć działania ukierunkowane na opracowanie i wdrożenie proponowanych rozwiązań platform załogowych i bezzałogowych różnych typów, które mogą w sposób istotny wpłynąć na wzrost zdolności obronnych państwa na morzu. Pomyślnie wdrożenie proponowanych rozwiązań skutkowałoby wzrostem potencjału obronnego i prestiżem Rzeczypospolitej oraz Sił Zbrojnych RP. Pomyślnie wdrożenia mogą zaowocować także tym, że w relatywnie krótkim czasie siły morskie z poziomu stanu wyjściowego sił własnych rozwiną swoje zasoby do poziomu szeroko rozumianego stanu docelowego, z wykorzystaniem wielofunkcyjnych platform załogowych i bezzałogowych, w tym sił natychmiastowej odpowiedzi. Na poniższym

rysunku przedstawiono wizualizację hipotetycznego, ale zdefiniowanego „docelowego” stanu sił morskich RP, o dużych zdolnościach natychmiastowej odpowiedzi z punktu widzenia wojny przyszłości na morzu³.

Rys. 1. Wizualizacja hipotetycznego zdefiniowanego stanu „docelowego” sił morskich RP o dużych zdolnościach z punktu widzenia wojny przyszłości na morzu.



Źródło: oprac. własne.

³ Por.: M.K. Gerigk, *Modeling of combined phenomena affecting an AUV stealth vehicle*, "TransNav. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation" 2016, t. 10, nr 4; M.K. Gerigk, *Challenges associated with the design of a small unmanned autonomous maritime vehicle*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie” 2016, nr 46 (118), 46 (118), s. 22–28; M.K. Gerigk, *Konstrukcje bliskiej przyszłości*, „PRE-ZENTUJ BRONŃ”, 14. Bałtyckie Targi Militarne „Balt-Military-Expo”, Gdańsk, 20–22 czerwca 2016 r.; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako elementu systemu walki podwodnej Sił Zbrojnych RP – badania, projektowanie, budowa (RTL VII) i wdrożenie (RTL IX)*, XIII Międzynarodowa Konferencja i Wystawa „Nowoczesne Technologie dla Bezpieczeństwa Kraju i Jego Granic”, Warszawa, 11 maja 2017 r.; M.K. Gerigk, *Modelowanie cech hydromechanicznych dwustanowych bezzałogowych obiektów pływających*, w: (red.) K.J. Kaliński, K. Lipiński, *Od metody elementów skończonych do mechatroniki – monografia naukowa z okazji 70 rocznicy urodzin Profesora Edmunda Wittbrodta*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2017; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako element systemu walki podwodnej sił zbrojnych RP*, The Manual, XII Międzynarodowa Konferencja i Wystawa „Nowoczesne technologie dla bezpieczeństwa kraju i jego granic”, Warszawa, maj 2017 r.; M.K. Gerigk, *Zastosowane obiekty pływające dla komponentu morskiego sił zbrojnych RP*, „Raport MPSO”, dod. do „Wojsko, Technika, Obronność” 2017.

Przykłady koncepcji wielofunkcyjnych platform i ich wykorzystania

W ciągu ostatnich kilku lat autor i zespół współpracujących naukowców-badaczy opublikował kilkakrotnie informacje na temat wielofunkcyjnych platform załogowych, głównie nawodnych. Informowano o możliwym zastosowaniu małych katamaranów logistycznych do dyslokacji powietrznych i morskich systemów/platform bezzałogowych. Debatowano też o koncepcji małej półzanurzalnej korwety oraz o dopracowanej koncepcji szybkiej nawodnej załogowo-bezzałogowej platformy typu trimaran. Na rysunku nr 2 przedstawiono wizualizacje powyższych platform. Z uwagi na swoją specyfikę wszystkie koncepcje platform, które nie stanowią rozwiązań finalnych, zostały przyjęte przez grono specjalistów w Polsce z zainteresowaniem.

Z uwagi na zdolności oraz dużą liczbę zalet w stosunku do wad największe zainteresowanie wśród potencjalnych użytkowników zyskała platforma trimaran, będąca w istocie rzeczy trójkadłubową nawodną jednostką pływającą o specjalnym przeznaczeniu. Wyrażano często opinie, że właśnie takie rozwiązania powinny być stosunkowo szybko wdrażane w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej. Wynika to z kilku powodów, ale za najbardziej istotny należy uznać potrzebę posiadania morskich oddziałów sił szybkiego reagowania, dysponujących szybkimi platformami rozpoznania i neutralizacji zagrożeń.

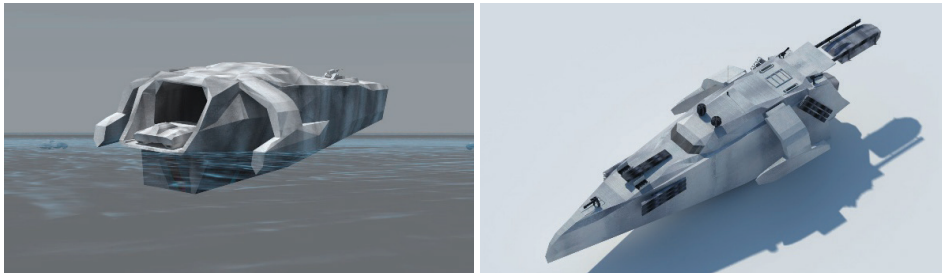
Za potrzebą posiadania takich platform przemawia stale pogarszająca się sytuacja z punktu widzenia bezpieczeństwa oraz ochrony infrastruktury krytycznej na akwenach Bałtyku Południowego. Z uwagi na istniejące zagrożenia, proponowane rozwiązanie platformy trimaran zostało wysoko ocenione przez potencjalnych użytkowników. Na rysunku nr 3 przedstawiono wizualizację platformy trimaran w jej podstawowej formie.

Rys 2. Wizualizacje wybranych koncepcji katamaranu logistycznego, półzanurzalnej korwety oraz szybkiej załogowo-bezzałogowej platformy typu trimaran.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Rys 3. Wizualizacja jednej z koncepcji platformy typu trimaran w jej podstawowej formie.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Koncepcja platformy typu trimaran jest koncepcją obiektu wielofunkcyjnego, który może być wykorzystany do realizacji działań monitoringu obiektów hydrotechnicznych i instalacji podwodnych własnych oraz potencjalnego przeciwnika, wsparcia działań operatorów bojowych, w tym abordażowych, działań typowo bojowych oraz skrytych działań dywersyjno-rozpoznawczych. Platforma może

być wyposażona w zaawansowane systemy rozpoznania, oparte o zastosowanie innowacyjnych systemów sensorycznych, w tym w sensoryczne głowice podwodne. Platforma może być wyposażona w uzbrojenie typu pasywnego i aktywnego, do rażenia obiektów morskich, w tym przy użyciu broni szybkostrzelnej i rakietowej. Platforma umożliwia przenoszenie platform bezzałogowych powietrznych, nawodnych i podwodnych. Prace nad opracowaniem koncepcji platformy są prowadzone w zespole kierowanym przez autora, przy współpracy z polskimi partnerami z sektora naukowo-badawczego i przemysłowego.

Platformy typu trimaran były budowane w różnych krajach na świecie do celów komercyjnych, ale do najbardziej znanych z uwagi na zastosowania militarne należy zaliczyć projekty brytyjskie i amerykańskie. Niektóre z nich uznano za nieudane, gdyż sprawiają dużo problemów o charakterze eksploatacyjnym.

Platforma proponowana przez zespół autora jest trimaranem znacznie różniącym się od wspomnianych głównie z uwagi na zastosowane rozwiązania konstrukcyjne, które czynią omawianą platformę trimaran jednostką bardzo funkcjonalną, o znakomitych osiągnięciach eksploatacyjnych oraz zapewniającą wysokie standardy bezpieczeństwa. Taka jest opinia o tej platformie potencjalnych użytkowników spośród zainteresowanych jednostek SZ RP.

Platforma typu trimaran może być innowacją produktową i procesową na skalę europejską. O innowacyjności platformy decydują:

- kształt kadłuba (trudno wykrywalna sylwetka typu „stealth”, kształt kadłuba tnący fale, ruchome kadłuby boczne);
- napęd główny i elektryczny napęd pomocniczy;
- układ napędowy wyposażony w strumieniowy napęd wodny.

Do najistotniejszych zastosowanych rozwiązań technologicznych można zaliczyć:

- innowacyjne rozwiązania w zakresie doboru materiałów konstrukcyjnych i pokryć;
- innowacyjne rozwiązania w zakresie źródeł zasilania, napędu i systemów pokładowych;

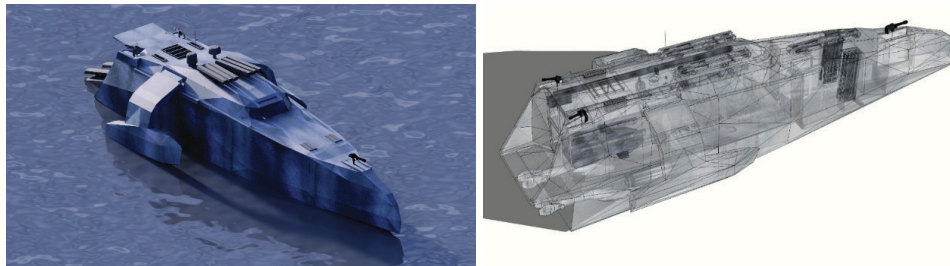
- innowacyjne rozwiązania w zakresie technologii systemów sensorycznych i efektorowych;
- innowacyjne rozwiązania w zakresie sterowania, nawigacji i komunikacji;
- kombinacja kilku technologii stealth.

Do podstawowych charakterystyk platformy można zaliczyć:

- zmienne gabaryty;
- konstrukcję modułową;
- krótki czas przygotowania do misji, możliwość przystosowania dla różnych misji;
- możliwość dyslokacji drogą lądową, morską i powietrzną;
- platforma może być nośnikiem systemów rozpoznawczych i/ lub bojowych, w tym broni pokładowej szybkostrzelnej i rakietowej, pojazdów bezzałogowych UAV, USV, UUV i AUV-Stealth, małokalibrowych szybkich torped;
- platforma może rozwijać dużą prędkość, odporność na szybkie wykrycie i bezpośrednie trafienie (pokrycia kevlarowe, powierzchnie stealth) oraz możliwość wykonywania różnych operacji specjalnych.

Powyższe charakterystyki można uzyskać poprzez zmianę konfiguracji platformy, która – jak wspomniano – ma konstrukcję modułową o modułach wymiennych. Na rysunku nr 4 przedstawiono wizualizację platformy trimaran w konfiguracji udoskonalonej, zawierającej także elementy systemów rozpoznania i systemów bojowych. Jest to bardziej dopracowana koncepcja w stosunku do prezentowanej na rysunku 3.

Rys. 4. Wizualizacje platformy typu trimaran w konfiguracji rozpoznania i bojowej, z możliwością wykorzystania pojazdów typu AUV-S.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Jeśli chodzi o zastosowanie platformy, można ją wykorzystać do celów patrolowych i inspekcyjnych, dowodzenia, transportu jednostek specjalnych, działań przeciwminowych, zwalczania okrętów podwodnych, działań specjalnych, w tym skrytych. Powyższe cechy platformy czynią proponowaną konstrukcję bardzo cenną, jeśli chodzi o jej potencjalne zastosowanie w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej.

Z uwagi na zakres wdrożenia platformy stwarza ona możliwość powstania pododdziału szybkich wielofunkcyjnych nawodnych platform do zadań specjalnych. Oprócz stałej dyslokacji platformy na akwenach wodnych może być ona dyslokowana z użyciem kontenera logistycznego przewożonego koleją, drogą lądową lub przy użyciu statku powietrznego. Przewiduje się użycie platformy w sposób zdalny – z wykorzystaniem kodowanych sygnałów zabezpieczających. Istnieją znaczne możliwości rozwoju platformy. Na rysunku nr 5 przedstawiono wizualizację platformy trimaran w konfiguracji przygotowanej do dyslokacji z użyciem kontenera logistycznego.

Proponowana koncepcja platformy trimaran może stanowić element systemu stworzonego na podstawie nowoczesnej strategii obrony na morzu w oparciu o jakościową i ilościową ocenę ryzyka oraz o dostosowywanie taktyki działań na morzu do zmieniającej się sytuacji i przy wykorzystaniu wielofunkcyjnych platform nawodnych i podwodnych, w tym platform załogowych i bezzałogowych.

Rys. 5. Wizualizacja platformy typu trimaran w konfiguracji przygotowanej do dyslokacji z użyciem kontenera logistycznego.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Propozycja platformy dotyczy wielofunkcyjnego obiektu pływającego, którego zalety i możliwości użycia w wojnie przyszłości na morzu mogą mieć szczególne znaczenie dla bezpieczeństwa państwa⁴.

Wyzwania motorem napędowym rozwoju technologii i wdrożeń dla obronności

We współczesnym świecie potrzeby państwa i jego obywateli odnoszą się do wielu dziedzin. W dobie sytuacji kryzysowych, działań podprogowych i tych o znamionach otwartego konfliktu do najistotniejszych należy jednak zaliczyć działania państwa, które są związane z zapewnieniem surowców niezbędnych do nieprzerwanego procesu produkcji oraz szeroko pojętej komunikacji.

⁴ Por.: M.K. Gerigk, *Konstrukcje bliskiej przyszłości...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowane obiekty pływające...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Application of unmanned USV surface and AUV underwater maritime platforms for the monitoring of offshore structures at sea*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie” 2023; M.K. Gerigk, *Obrona na morzu w oparciu o wielofunkcyjne obiekty pływające*, VIII Forum Bezpieczeństwa Morskiego Państwa FBM, Warszawa, 15 czerwca 2023 r.; M.K. Gerigk, *Rozwój nowej generacji bezzałogowych pojazdów nawodnych i podwodnych z wykorzystaniem zaawansowanych technologii i osiągnięć w zakresie zastosowania systemów sterowania przez sztuczną inteligencję AI*, w: *Przedwiośnie ery sztucznej inteligencji, technologia – zarządzanie – prawo*, t. 1: *Czy algorytmy uratują naszą planetę?*, Warszawa-Gdańsk 2024.

Znacząca liczba tych potrzeb jest realizowana poprzez systemy transportu surowców energetycznych i przekazywania informacji poprzez kable transmisyjne pod wodą. W tym drugim przypadku chodzi głównie o linie telekomunikacyjne w technologii światłowodowej. Przy czym wiele z tych potrzeb jest realizowanych przy użyciu położonych na dnie mórz i oceanów instalacji rurociągów, które transportują ropę naftową i gaz, i są wydobywane na coraz większych głębokościach przy użyciu morskich platform wydobywczych oraz instalacji kabli energetycznych i komunikacyjnych. Zakłócenie funkcjonowania jakiegokolwiek z powyższych instalacji skutkuje nie tylko poważnymi utrudnieniami dla dużej liczby odbiorców instytucjonalnych (jak państwa, firmy i przedsiębiorstwa), lecz także dla użytkowników końcowych tych dóbr. Uszkodzenie lub zniszczenie nawet jednego istotnego elementu takiej infrastruktury może przyczynić się do zakłóceń funkcjonowania całej gałęzi gospodarki lub struktury bezpieczeństwa państwa. Między innymi z tego powodu powyższe instalacje należy traktować jako morską infrastrukturę krytyczną. Znaczenie i bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej, o której mowa, rośnie znacząco w dobie sytuacji kryzysowych, działań podprogowych oraz w sytuacji otwartego konfliktu.

Umiejscowienie instalacji morskiej infrastruktury krytycznej, także tej położonej na dnie morza, jest przedstawiane na morskich mapach nawigacyjnych za pomocą odpowiednich kartograficznych symboli graficznych. Celem takiego działania jest informowanie użytkowników jednostek pływających nawodnych i podwodnych o położeniu elementów omawianej infrastruktury. Zapobiega to uszkodzeniom elementów infrastruktury przez np. kotwicę wleczoną nieświadomie po dnie morskim w rejonie posadowienia kabla czy rurociągu.

Okazuje się, że podwodną morską infrastrukturę krytyczną można stosunkowo łatwo uszkodzić na skutek świadomych działań, czego jesteśmy świadkami w ostatnim okresie na akwenie Morza Bałtyckiego. Mamy do czynienia z licznymi sytuacjami „nieświadomego” i „świadomego” uszkodzenia elementów morskiej infrastruktury podwodnej. Jak pokazują ostatnie wydarzenia, wiedza o lokalizacji

podwodnych instalacji morskich może być i jest wykorzystywana do realizacji działań o charakterze sabotażowym lub do działań dywersyjnych, prowadzonych poniżej tak zwanego progu wojny.

Oczywiście omawiane sytuacje powodują, że podejmowane są działania na różnych poziomach odpowiedzialności. Mają one na celu minimalizację ryzyka wystąpienia zagrożeń dla morskiej infrastruktury krytycznej, w tym działania ukierunkowane na stworzenie zintegrowanego, ale przede wszystkim skutecznego systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej⁵.

System ochrony morskiej infrastruktury krytycznej

Projekt każdego systemu ochrony, w tym monitoringu oraz rozpoznania i neutralizacji zagrożeń morskiej infrastruktury krytycznej, powinien w pierwszej kolejności uwzględniać cel funkcjonowania takiego systemu oraz scenariusze zdarzeń, a także przyczyny potencjalnych zagrożeń, mogące prowadzić do określonych konsekwencji, z uwzględnieniem realnych możliwości spełnienia zadań ochrony infrastruktury.

Zamysłem powinno być zapewnienie możliwości sprawnego i nieprzerwanego funkcjonowania całej infrastruktury krytycznej zlokalizowanej w danym obszarze zainteresowania. Realizacja tego celu wymaga w pierwszej kolejności posiadania technicznych środków prowadzenia ochrony infrastruktury. Pod pojęciem środków technicznych należy rozumieć platformy nawodne i podwodne jako nośniki systemów pokładowych, które powinny być wyposażone w zaawansowane programowane systemy monitoringu i rozpoznania zagrożeń infrastruktury krytycznej. Powyższe środki powinny umożliwić m.in. realizację takich zadań jak:

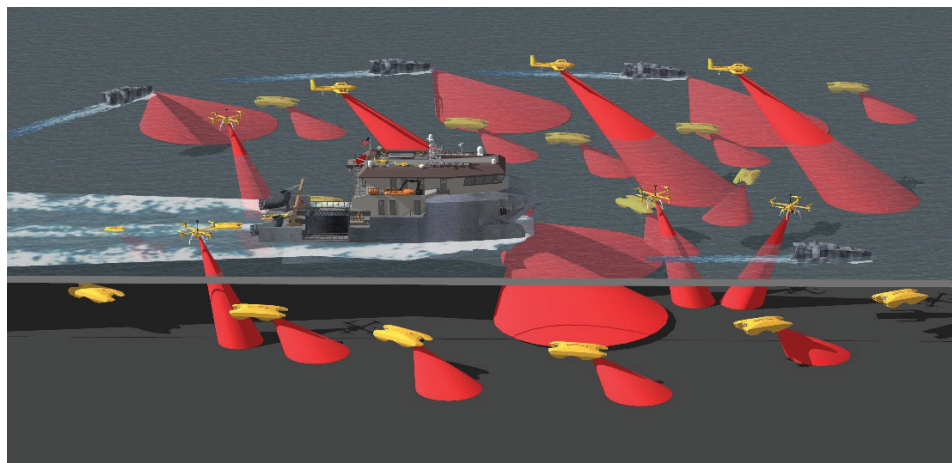
⁵ Por.: M.K. Gerigk, *Modeling of combined phenomena...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Challenges associated with the design...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Konstrukcje bliskiej przyszłości...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako elementu systemu walki podwodnej Sił Zbrojnych RP...*, op. cit.; Gerigk M.K., *Modelowanie cech hydromechanicznych...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako element systemu...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowane obiekty pływające...*, op. cit.

- prowadzenie stałego monitorowania sytuacji podwodnej w rejonie występowania infrastruktury krytycznej w celu uzyskania pełnej świadomości sytuacyjnej;
- realizowanie działań rozpoznania w sytuacjach wykrycia prób naruszenia przez siły i środki nawodne oraz podwodne obszarów podlegających ochronie.

W dalszej perspektywie będzie to także dysponowanie środkami i siłami pozwalającymi na przeciwdziałanie zagrożeniom oraz na fizyczną eliminację takich zagrożeń. W sytuacji bezpośrednio zagrażającej bezpieczeństwu infrastruktury krytycznej powyższe środki techniczne będą musiały obejmować systemy walki podwodnej.

Poniżej na rysunku nr 6 przedstawiono wizualizację rozwiązania w zakresie metody dyslokacji systemu monitoringu i rozpoznania zagrożeń związanych z ochroną infrastruktury krytycznej na morzu oraz rozwinięcie systemu monitoringu i rozpoznania do poziomu rozpoznania i neutralizacji zagrożeń infrastruktury krytycznej.

Rys. 6. Wizualizacja rozwinięcia systemu monitoringu oraz rozpoznania i neutralizacji zagrożeń ochrony infrastruktury krytycznej na morzu.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Istotnym problemem jest specyfika środowiska morskiego, obejmująca takie cechy tego środowiska, jak zmienność warunków

hydrometeorologicznych akwenu, wzrost ciśnienia hydrostatycznego wraz ze wzrostem głębokości, ograniczenia w zakresie pozycjonowania środków technicznych pod wodą, problemy z łącznością pod powierzchnią wody oraz ograniczenia związane z zasięgami detekcji pod wodą, w zależności od zjawiska i narzędzi używanych do prowadzenia detekcji. Znaczna wielkość obszarowa i liniowa rejonów posadowienia elementów infrastruktury objętych ochroną oraz często duża odległość od linii brzegowej stanowią dodatkowe utrudnienie.

W związku z tym koncepcja systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej musi zostać wzbogacona o elementy systemów bezzałogowych, w tym autonomicznych, a tam, gdzie to możliwe, o wykorzystanie szybkich systemów przetwarzania danych opartych o sztuczną inteligencję. Systemy bezzałogowe powinny obejmować zarówno systemy stacjonarne, umiejscowione na dnie lub w toni wodnej, jak i systemy mobilne, mogące operować w przestrzeni toni wodnej – pod wodą, na niej i nad powierzchnią. Wyposażenie tych systemów powinno obejmować szeroki zakres sensorów pozwalających na pewne i ciągle dostarczanie informacji niezbędnej do całościowego opisu świadomości sytuacyjnej w rejonie ochrony. Należy tu wspomnieć zarówno o sensorach pasywnych (hydrofony, mierniki zmian pola magnetycznego), jak i aktywnych (sonary, echosondy wielowiązkowe). Końcowe miejsce, łączące wszystkie elementy systemu ochrony, powinni obsługiwać dyspozytorzy centrum zarządzania ochroną. Ten punkt musi zostać wyposażony w zintegrowane systemy transmisji i analizy danych, wspierane najnowszymi rozwiązaniami programowymi związanymi z AI. Prowadzone są też prace nad opracowaniem takiego centrum zarządzania ochroną, bazującego na obiekcie bezzałogowym, wyposażonym w system podejmowania decyzji.

Z perspektywy osiągnięć technologicznych najbardziej predysponowanymi do ochrony infrastruktury morskiej są bezzałogowe mobilne systemy podwodne typu AUV (*Autonomous Underwater Vehicle* – autonomiczny pojazd podwodny). O skuteczności zastosowania systemów AUV świadczą liczne przykłady ich wykorzystywania przez komercyjne firmy z branży offshore, zarówno w procesie

przygotowania projektowej inwestycji podmorskich, co wiąże się z opracowaniem numerycznego modelu dna oraz poszukiwaniem i lokalizacją przeszkód na dnie, jak i prowadzeniem kontroli stanu morskich instalacji podwodnych. Systemy AUV są także używane na świecie do różnych zadań przez marynarki wojenne.

Należy zaznaczyć, że wykorzystywanie typowych cywilnych wersji pojazdów/systemów typu AUV w systemie ochrony morskiej infrastruktury krytycznej może być nie do końca efektywne. Stąd też obserwuje się dążenie wielu interesariuszy do opracowania raczej wyspecjalizowanych systemów AUV, które oprócz zadań związanych z ochroną infrastruktury krytycznej będą mogły wypełniać także bardziej skomplikowane zadania, jak np. te związane z wywiadem, pozycjonowaniem celów i działalnością rozpoznawczą (ISTAR, *Intelligence, Surveillance, Target Acquisition & Reconnaissance*). Przy tego typu misjach kluczowe znaczenie ma zagwarantowanie skrytości i długotrwałości działania wraz ze zdolnością pozyskiwania, przetwarzania i wykorzystania danych w miejscu pracy⁶.

⁶ Por.: M.K. Gerigk, *Modeling of combined phenomena...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Challenges associated...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Konstrukcje bliskiej przyszłości...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako elementu...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Modelowanie cech hydromechanicznych...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako element systemu...*, op. cit.; M.K. Gerigk, *Zastosowane obiekty pływające...*, op. cit.; K. Dudzińska,

Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej w regionie Morza Bałtyckiego, Polska Zbrojna, 31 stycznia 2025 r., <https://www.polska-zbrojna.pl/home/articleshow/43179> (dostęp: 9 maja 2025 r.); *Czy kable i rury na dnie Bałtyku są bezpieczne? Trwa operacja „Zatoka”*, Rzeczpospolita, 12 kwietnia 2025 r., <https://www.rp.pl/wojsko/art42107591-czy-kable-i-rury-na-dnie-baltyku-sa-bezpieczne-trwa-operacja-zatoka> (dostęp: 9 maja 2025 r.); *Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej*, portal gov.pl, 13 listopada 2023 r., <https://www.gov.pl/web/rcb/narodowy-program-ochrony-infrastruktury-krytycznej> (dostęp: 9 maja 2025 r.); *WAGS – elementem systemu ochrony morskiej podwodnej infrastruktury krytycznej*, Defence24, 14 kwietnia 2025 r., <https://defence24.pl/technologie/wags-elementem-systemu-ochrony-morskiej-podwodnej-infrastruktury-krytycznej> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

Wyzwania technologiczne związane z opracowaniem systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej

Nieustanny i dynamiczny rozwój różnych technologii w ostatnich latach, w tym technologii systemów sensorycznych i efektorowych oraz tych wykorzystujących sztuczną inteligencję, powoduje, że możliwe staje się opracowanie coraz bardziej zrobotyzowanych, zautomatyzowanych i wręcz autonomicznych pływających platform nawodnych i podwodnych. Z uwagi na fakt, że pojazdy morskie, o których mowa, stają się nośnikami coraz bardziej zaawansowanych systemów technicznych typu hardware i software, bardziej odpowiednią dla nich nazwą jest określenie „platforma”, a nie pojazd. Poza tym pojęcie „platforma” obejmuje nie tylko coś, co do tej pory było określane jako pojazd nawodny czy podwodny. Obejmuje ono także elementy wspierające pracę pojazdów typu AUV, tj. np. stację dokowania, pełniącą szeroki zakres wsparcia w uzupełnianiu energii baterii w warunkach operacyjnych, stację transferu i szybkiej analizy danych, a także zmian parametrów misji.

Nad bezzałogowymi autonomicznymi pojazdami, platformami i okrętami podwodnymi pracują firmy z całego świata. Eksperci znający specyfikę i niedoskonałości poszczególnych technologii studzą oczekiwania. Zdaniem specjalistów Politechniki Gdańskiej oraz byłych i obecnych praktyków Sił Zbrojnych RP przed tego typu rozwiązaniami stoi jeszcze wiele wyzwań, zanim powstaną w pełni funkcjonalne, niezawodne i autonomiczne platformy. Klucz do sukcesu to pokonanie jednocześnie wszystkich barier technologicznych w zakresie doboru materiałów konstrukcyjnych, systemów autonomicznych, systemów sensorycznych i efektorowych, systemów napędowych i źródeł zasilania w energię oraz systemów sterowania, nawigacji i kodowanej komunikacji podwodnej. Nie bez znaczenia jest też opanowanie praktyczne tajników technologii stealth, w tym związanych z osłoną batymetryczną platformy.

Przyjmując, że programowana lub w pełni autonomiczna bezzałogowa platforma pływająca będzie wyposażona w system sterowania oparty o wykorzystanie elementów sztucznej inteligencji AI

z wykorzystaniem bardzo zaawansowanych systemów sensorycznych, to pojawiają się kolejne problemy do rozwiązania, np. konieczność szybkiej zmiany decyzji w sytuacjach zagrażających bezpieczeństwu infrastruktury krytycznej. System sterowania bazuje najczęściej o zaplanowane i oprogramowane procesy decyzyjne. W trakcie trwającej misji podwodnej nie uda się jednak wszystkiego przewidzieć. Kluczowym elementem decyzyjnym będzie uzyskanie odpowiedzi na pytanie: w jaki sposób nauczyć platformę podwodną, a właściwie jej autonomiczny system sterowania, podejmowania decyzji przy braku kontaktu z centrum misji? Jeśli praca platformy będzie się odbywała często w sposób skryty, bez możliwości wynurzenia się i kontaktu z systemami nawodnymi, powietrznymi i lądowymi, problemy ogólnie pojętego sterowania bezzałogową autonomiczną platformą podwodną urastają do zagadnień pilnych do rozwiązania.

Docelowo bezzałogowa autonomiczna platforma podwodna do ochrony morskiej infrastruktury krytycznej nie będzie rozwiązaniem podobnym do obecnie znanych pojazdów typu AUV. Autonomiczne platformy do monitoringu i rozpoznania zagrożeń morskiej podwodnej infrastruktury krytycznej, a tym bardziej platformy do neutralizacji tych zagrożeń, będą jednymi z najbardziej zaawansowanych platform, które kiedykolwiek używał człowiek w działaniach na morzu. Opracowywane platformy nie będą przypominać pojazdów znanych z przeszłości. Staną się platformami-systemami zdolnymi do wykorzystania zakodowanych danych, zaprogramowanych i udostępnionych online, bazujących na rozpoznaniu kilku pól fizycznych, w tym hydroakustycznych, z wykorzystaniem systemów sensorycznych i efektorowych w trójwymiarowej przestrzeni podwodnej. Te platformy umożliwią wymianę informacji z platformami znajdującymi się w przestrzeni nawodno-powietrznej⁷.

⁷ Por.: M.K. Gerigk, *Modelling of performance of an AUV stealth vehicle. Design for operation*, 17th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, Lizbona, 9–11 października 2017 r., t. 1; M.K. Gerigk, *Modeling of performance of a AUV vehicle towards limiting the hydro-acoustic field*, "TransNav. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation" 2018, t. 12, nr 4; M.K. Gerigk, *Zintegrowany system walki podwodnej w oparciu o innowacyjne 2-stanowe pojazdy pływające typu AUV-S*, „Raport MPSO”, dod. do „Wojsko, Technika, Obronność”

Przykłady koncepcji wielofunkcyjnych platform typu AUV

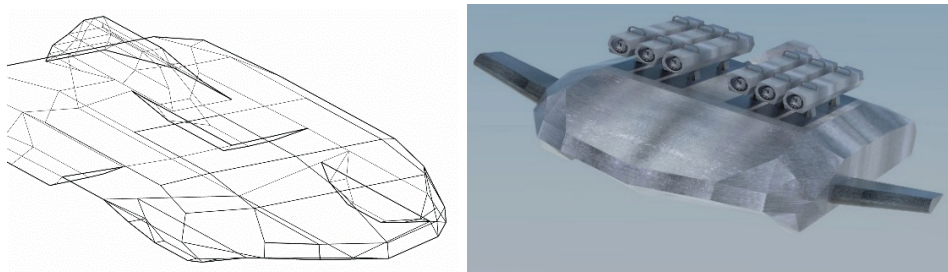
Na Politechnice Gdańskiej w latach 2015–2025 zespół kierowany przez autora podjął działania mające na celu opracowanie platformy nawodno–podwodnej bazującej na koncepcji obiektu typu AUV-Stealth, mogącej być propozycją elementu systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej. Proponowane rozwiązanie może łączyć cechy i zalety pojazdu AUV z szeroko rozumianym procesem robotyzacji i automatyzacji działań, również tych związanych z bieżącym pozyskiwaniem, analizą i przetwarzaniem danych w trybie autonomicznym, z użyciem pokładowych systemów sensorycznych. Taka platforma będzie uwzględniać specyficzne potrzeby zachowania skrytości działań. Umożliwią to obniżony poziom zakłóceń własnych generowanych przez platformę oraz obniżona wykrywalność jej obecności w odniesieniu do aktywnych środków hydroakustycznych.

System może zostać w całości oparty o platformy nawodne, nawodno–podwodne i podwodne o różnym stopniu autonomiczności oraz o zaawansowany, kodowany system sterowania, nawigacji i komunikacji. Z operacyjnego punktu widzenia praca z całością systemu będzie związana z wykorzystaniem dynamicznej bazy wiedzy pracującej w trybie online i bazującej na klastrze komputerowym.

Rozwiązaniem innowacyjnym w przypadku takich platform będzie z pewnością uwzględnienie potrzeby zachowania skrytości działań. Umożliwi to unikatowa konstrukcja platformy AUV-Stealth, która w istotny sposób powinna obniżyć poziom jej wykrywalności przez systemy hydroakustyczne. Dodatkowo konstrukcja platformy będzie modułowa i skalowalna, co może ułatwić dobór wyposażenia pokładowego w zależności od rodzaju misji i sposobu jej realizacji. Na rysunku nr 7 przedstawiono wizualizację koncepcji platformy AUV-Stealth.

2018; M.K. Gerigk, *Innowacyjne dwustanowe pojazdy pływające AUV-S*, „Wojsko i Technika” 2018, nr 9; K. Wilewski, *Niewidzialne drony*, „Polska Zbrojna” 2018, nr 5; M.K. Gerigk, *Challenges associated with development of AUV – unmanned autonomous underwater vehicles to be operated using the AI-based control systems*, w: *Per mare ad astra. Space technology, governance and law*, Gdańsk 2021; M.K. Gerigk, *Application of unmanned...*, *op. cit.*

Rys. 7. Wizualizacje platformy AUV-Stealth wraz z elementami kierunku prototypowania.



Źródło: oprac. własne, wizualizacja, 2024–2025.

Zespół opracowujący platformę AUV-Stealth i system ochrony morskiej infrastruktury krytycznej założył, że platforma będzie przeznaczona do realizacji przedsięwzięć związanych z następującymi pierwszoplanowymi obszarami zadań:

- monitoring stanu morskich budowli i instalacji hydrotechnicznych, takich jak gazociągi i ropociągi, kable energetyczne i telekomunikacyjne, wieże wiertniczne i wydobywcze oraz farmy wiatrowe wraz z ich infrastrukturą techniczną znajdującą się szczególnie pod swobodną powierzchnią wody i na dnie morskim na obszarach morskich RP, zaliczanych do morskiej infrastruktury krytycznej (MIK);
- prowadzenie rozpoznania podwodnego w rejonach występowania MIK na akwenach Bałtyku Południowego;
- wykrywanie działalności podwodnej obcej na akwenach Bałtyku Południowego wraz z możliwością neutralizacji tych zagrożeń.

Wspomniane obszary zadań będą mogły być w przyszłości rozszerzone w zależności od potrzeb o elementy rozpoznania podwodnego, prowadzonego w sposób skryty, wraz z elementami neutralizacji zagrożeń metodami fizycznie nieinwazyjnymi oraz w dalszej kolejności metodami typowo bojowymi. Główną funkcją platform typu AUV-Stealth będzie zapewnienie możliwości uzyskiwania danych pomiarowych o wysokiej dokładności i jakości, które po zakończeniu misji podwodnej zostaną odpowiednio przetworzone

z wykorzystaniem oprogramowania, w oparciu o odpowiednio przeszkolone oraz wyposażone ośrodki przetwarzania i analizy danych MIK. Uzyskane w ten sposób dane posłużą następnie do aktualizacji online dynamicznej bazy wiedzy posiadającej warstwy aktywne i archiwalne.

Realizacja przez platformę AUV-Stealth wymienionych obszarów zadań będzie sprowadzać się w praktyce do wykonywania zaprogramowanych misji podwodnych. Symulacje pomogą szczegółowo zaplanować misje i zadania przed ich rozpoczęciem w warunkach operacyjnych. Jednocześnie umożliwią analizę takich zadań szczegółowych, jak np. kontrola stanu infrastruktury krytycznej. Dotyczy to m.in. kontroli stanu rurociągów lub kabli znajdujących się na dnie morza, kontroli i nadzoru elementów posadowienia platform wydobywczych, kontroli i nadzoru elementów zakotwiczenia oraz instalacji przesyłowej w rejonie posadowienia boi przeładowniczej. Symulacje komputerowe pozwolą także na szczegółową analizę misji i zadań związanych z wykrywaniem i lokalizowaniem śladów obecności obcych pojazdów i nurków, ze szczególnym uwzględnieniem nurków z zamkniętym obiegiem czynnika oddechowego. Ten obszar wykorzystania symulacji będzie ukierunkowany na wykrywanie i lokalizowanie obecności pojazdów podwodnych. Symulacja przebiegu z wykorzystaniem zasobów archiwalnych i aktualnych online dynamicznej bazy wiedzy systemu ochrony morskiej infrastruktury krytycznej.

Zasadniczym celem prac badawczych, projektowych oraz przygotowań do budowy platform typu AUV-Stealth jest opracowanie systemu wielozdaniowych autonomicznych platform tego typu, które będą umożliwiały prowadzenie w trójwymiarowej sferze nawodno-podwodnej programowalnych lub/i w pełni autonomicznych misji związanych z ochroną morskiej infrastruktury krytycznej. Te platformy umożliwią prowadzenie misji jako platformy towarzyszące w chmurze jednostkom załogowym albo będą w stanie je zastępować w różnych scenariuszach misji.

Informacje wrażliwe na temat proponowanego rozwiązania platformy AUV-Stealth nie są publikowane. Celem prac jest stworzenie

rodziny programowalnych platform typu AUV-Stealth, przeznaczonych na obecnym etapie działań do wykonywania skrytych misji monitoringu oraz rozpoznania morskiej infrastruktury krytycznej własnej i obcej na obszarze Bałtyku Południowego. W dalszej kolejności zaplanowano opracowanie platform typu AUV-Stealth do neutralizacji zagrożeń⁸.

Podsumowanie

Przedstawione w artykule zagadnienia wynikają z przeprowadzonej analizy obecnych zdolności i wyzwań związanych z wojną przyszłości na morzu. Zagadnienia dotyczą analizy oraz koncepcji przedstawionych wielofunkcyjnych załogowych i bezzałogowych, nawodnych i podwodnych platform, które wpisują się w proces wojny przyszłości na morzu w kontekście taktyki i środków obronnych. Propozycje stanowią też sugestie co do tworzenia narodowych zdolności zabezpieczenia morskiej infrastruktury krytycznej (energetycznej i telekomunikacyjnej).

Niektóre z przedstawionych rozwiązań mogą mieć znaczenie dla bezpieczeństwa państwa z uwagi na możliwość dalszego rozwoju koncepcji jako elementu systemu sił szybkiego reagowania, tak jak w przypadku platformy typu trimaran oraz jako platformy rozpoznania i działań skrytych, jeśli chodzi o platformy typu AUV-Stealth. Z uwagi na zwiększenie zdolności obronnych marynarki wojennej i oddziałów morskich wojsk specjalnych warto rozważyć dalszy rozwój proponowanych koncepcji.

⁸ Por.: M.K. Gerigk, *Obrona na morzu...*, *op. cit.*; M.K. Gerigk, *Rozwój nowej...*, *op. cit.*; K. Wilewski, *Podwodna rewolucja*, „Polska Zbrojna” 2025, nr 1 (945); *WAGS – elementem...*, *op. cit.*

Piśmiennictwo

- Badowski M., *Siły NATO chronią infrastrukturę krytyczną na Morzu Bałtyckim*, Strefa Biznesu, 27 stycznia 2025 r. <https://strefabiznesu.pl/sily-nato-chronia-infrastruktura-krytyczna-na-morzu-baltyckim/ar/c3p2-27209883> (dostęp: 9 maja 2025 r.).
- Czy kable i rury na dnie Bałtyku są bezpieczne? Trwa operacja „Zatoka”*, Rzeczpospolita, 12 kwietnia 2025 r., <https://www.rp.pl/wojsko/art-42107591-czy-kable-i-rury-na-dnie-baltyku-sa-bezpieczne-trwa-operacja-zatoka> (dostęp: 9 maja 2025 r.).
- Dudzińska K., *Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej w regionie Morza Bałtyckiego*, Polska Zbrojna, 31 stycznia 2025 r., <https://www.polska-zbrojna.pl/home/articleshow/43179> (dostęp: 9 maja 2025 r.).
- Gerigk M.K., *Application of unmanned USV surface and AUV underwater maritime platforms for the monitoring of offshore structures at sea*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie” 2023.
- Gerigk M.K., *Challenges associated with the design of a small unmanned autonomous maritime vehicle*, „Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie” 2016, nr 46 (118), 46 (118).
- Gerigk M.K., *Challenges associated with development of AUV – unmanned autonomous underwater vehicles to be operated using the AI-based control systems*, w: *Per mare ad astra. Space technology, governance and law*, Gdańsk 2021.
- Gerigk M.K., *Innowacyjne dwustanowe pojazdy pływające AUV-S*, „Wojsko i Technika” 2018, nr 9.
- Gerigk M.K., *Konstrukcje bliskiej przyszłości*, „PREZENTUJ BROŃ”, 14. Bałtyckie Targi Militarne “Balt-Military-Expo”, Gdańsk, 20–22 czerwca 2016 r.
- Gerigk M.K., *Modeling of combined phenomena affecting an AUV stealth vehicle*, „TransNav. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation” 2016, t. 10, nr 4.
- Gerigk M.K., *Modelling of performance of an AUV stealth vehicle. Design for operation*, 17th International Congress of the International Maritime Association of the Mediterranean, Lizbona, 9–11 października 2017 r., t. 1.

- Gerigk M.K., *Modeling of performance of a AUV vehicle towards limiting the hydro-acoustic field*, "TransNav. The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation" 2018, t. 12, nr 4.
- Gerigk M.K., *Modelowanie cech hydromechanicznych dwustanowych bezzałogowych obiektów pływających*, w: (red.) Kaliński K.J., Lipiński K., *Od metody elementów skończonych do mechatroniki – monografia naukowa z okazji 70 rocznicy urodzin Profesora Edmunda Wittbrodta*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2017.
- Gerigk M.K., *Obrona na morzu w oparciu o wielofunkcyjne obiekty pływające*, VIII Forum Bezpieczeństwa Morskiego Państwa FBM, Warszawa, 15 czerwca 2023 r.
- Gerigk M.K., *Rozwój nowej generacji bezzałogowych pojazdów nawodnych i podwodnych z wykorzystaniem zaawansowanych technologii i osiągnięć w zakresie zastosowania systemów sterowania przez sztuczną inteligencję AI*, w: *Przedwiośnie ery sztucznej inteligencji, technologia – zarządzanie – prawo*, t. 1: *Czy algorytmy uratują naszą planetę?*, Warszawa-Gdańsk 2024.
- Gerigk M.K., *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako element systemu walki podwodnej Sił Zbrojnych RP*, The Manual, XII Międzynarodowa Konferencja i Wystawa „Nowoczesne technologie dla bezpieczeństwa kraju i jego granic”, Warszawa, maj 2017 r.
- Gerigk M.K., *Zastosowanie małych szybkich torped ASFT jako elementu systemu walki podwodnej Sił Zbrojnych RP – badania, projektowanie, budowa (RTL VII) i wdrożenie (RTL IX)*, XIII Międzynarodowa Konferencja i Wystawa „Nowoczesne Technologie dla Bezpieczeństwa Kraju i Jego Granic”, Warszawa, 11 maja 2017 r.
- Gerigk M.K., *Zastosowane obiekty pływające dla komponentu morskiego sił zbrojnych RP*, „Raport MPSO”, dod. do „Wojsko, Technika, Obronność” 2017.
- Gerigk M.K., *Zintegrowany system walki podwodnej w oparciu o innowacyjne 2-stanowe pojazdy pływające typu AUV-S*, „Raport MPSO”, dod. do „Wojsko, Technika, Obronność” 2018.

Gerigk M.K., Karwowski M., *Gerigk: Polska potrzebuje nowych technologii by ochronić morską energetykę (ROZMOWA)*, Biznes Alert, 3 lipca 2024 r., <https://biznesalert.pl/ochrona-infrastruktury-krytycznej-morskiej-energetycznej-bezzałogowiec-baltyk-bezpieczenstwo/> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

Infrastruktura krytyczna pod rosyjskim „ostrzałem”. NATO ostrzega przed zagrożeniem, Gospodarka Morska, 1 lipca 2024 r., <https://www.gospodarkamorska.pl/infrastruktura-krytyczna-pod-rosyjskim-ostrzałem-nato-ostrzega-przed-zagrozeniem-78952> (dostęp: 9 maja 2025 r.)

Militarny plan zwiększenia ochrony infrastruktury krytycznej na Morzu Bałtyckim, Kresy24, 15 października 2023 r., <https://kresy24.pl/militarny-plan-zwiekszenia-ochrony-infrastruktury-krytycznej-na-morzu-baltyckim/> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej, portal gov.pl, 13 listopada 2023 r., <https://www.gov.pl/web/rcb/narodowy-program-ochrony-infrastruktury-krytycznej> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

Rutkowski Sz., *NATO ćwiczy ochronę morskiej infrastruktury krytycznej*, Biznes Alert, 27 listopada 2024 r., <https://www.konflikty.pl/aktualnosci/wiadomosci/nato-ochrona-morskiej-infrastruktury-krytycznej/> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

WAGS – elementem systemu ochrony morskiej podwodnej infrastruktury krytycznej, Defence24, 14 kwietnia 2025 r., <https://defence24.pl/technologie/wags-elementem-systemu-ochrony-morskiej-podwodnej-infrastruktury-krytycznej> (dostęp: 9 maja 2025 r.).

Wilewski K., *Niewidzialne drony*, „Polska Zbrojna” 2018, nr 5.

Wilewski K., *Podwodna rewolucja*, „Polska Zbrojna” 2025, nr 1 (945).

Copyright (c) 2025 Mirosław Kazimierz Gerigk.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

