

**Zbigniew Talaśka**

**dr inż. Zbigniew Talaśka**

Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte  
81-103 Gdynia 3, ul. Śmidowicza 69  
Zakład Technologii Prac Podwodnych  
tel. + 58 626 27 46, fax. +58 625 38 82  
e-mail: zbigniew\_talaska@wp.pl

**ANALIZA EUROPEJSKIEGO RYNKU AUTONOMICZNYCH POJAZDÓW  
PODWODNYCH  
część 1**

*W artykule przedstawiono analizę produktów i producentów autonomicznych pojazdów podwodnych na terenie Europy.*

**Słowa kluczowe:** *technologia prac podwodnych, autonomiczny pojazd podwodny (AUV).*

**AN ANALYSIS OF THE EUROPEAN MARKET OF AUTONOMOUS  
UNDERWATER VEHICLES  
PART 1**

*The article presents an analysis of products and manufacturers of autonomous underwater vehicles in Europe.*

**Keywords:** *underwater works technology, autonomous underwater vehicle (AUV).*

## WSTĘP

Automatyzacja i robotyzacja procesów technologicznych oraz usługowych, jest nieodłącznym elementem współczesnej techniki. Pojawia się coraz więcej rozwiązań i ich zastosowań praktycznie w każdej dziedzinie działalności człowieka. Podstawowym celem jest eliminowanie udziału i wpływu ludzi na pracę skomplikowanych systemów technicznych, wykorzystujących różne maszyny i urządzenia, aby zwiększyć dokładność, powtarzalność, efektywność i bezpieczeństwo ich działania. Jednym z obszarów, w którym obserwuje się dynamiczny rozwój i postęp konstrukcyjno-technologiczny jest technika podwodna. Poprzez zastosowanie nowych rozwiązań, możliwa jest eksploracja dotychczas niedostępnych akwenów wodnych. Jej wynikiem jest eksploatacja morskich i oceanicznych bogactw naturalnych, jak również gospodarcze wykorzystanie flory i fauny. Jedną z grup urządzeń, wspomagających m.in.: prace naukowo-badawcze z zakresu hydrografii, kartografii, biologii, monitorowania środowiska, a także techniczne operacje wydobywcze, militarne i szereg innych, są autonomiczne pojazdy podwodne. Liczba produkowanych tego typu urządzeń oraz liczne zastosowania wskazują na znaczny ich rozwój. Stąd też wynika potrzeba stałego śledzenia tendencji i kierunków, za którymi podążają producenci. Istotny wpływ na nie mają potrzeby potencjalnych klientów. Oni stanowią rynek nabywców, stwarzając warunki popytu. Ważnym jest zatem, aby znali podaż konkurujących firm, w postaci oferowanych produktów, ich możliwości wykorzystania do własnych celów oraz parametrów techniczno-użytkowych. Dlatego też w artykule przedstawiono analizę produktów z grupy autonomicznych pojazdów podwodnych, ograniczając rynek producentów do obszaru Europy.

## ANALIZA PRODUKTU

Autonomiczne Pojazdy Podwodne (ang. Autonomous Underwater Vehicle - AUV) stanowią część dużej grupy systemów podwodnych, znanych jako bezzałogowe pojazdy podwodne (ang. Unmanned Underwater Vehicles - UUV). Konstrukcyjnie i funkcjonalnie, stanowią one programowalne roboty. Komputery umieszczone w kadłubach pojazdów, po zaaplikowaniu odpowiedniego programu, są zdolne do samodzielnego prowadzenia i sterowania pojazdem, zgodnie z wprowadzonym zadaniem. W oparciu o wewnętrzne źródła zasilania, poruszają się w wodzie w czasie rzeczywistym, bez ingerencji operatora z powierzchni, tak, jak jest to w przypadku pojazdów sterowanych ręcznie typu ROV (ang. Remotely Operated Vehicles). Komunikacja z pojazdem odbywa się okresowo lub w sposób ciągły, poprzez sygnały satelitarne albo sygnały akustyczne, emitowane pod wodą przez np. stawy lub statki nawodne. Do niedawna AUV używano w stosunkowo ograniczonym zakresie. Wynikało to m.in. z niedostępnych w tym czasie i ograniczonych możliwości technicznych. Jednak wraz ze znacznym i szybkim rozwojem zaawansowanych technologii, w tym szczególnie źródeł zasilania, AUV zostały wprowadzone do szerokiego stosowania. W obecnym czasie, autonomiczne pojazdy podwodne mają liczne i zróżnicowane w sposobie zastosowania. Wiele źródeł informacji, w przedmiotowym zakresie wskazuje, że rynek pojazdów AUV podzielony jest zasadniczo na trzy podstawowe obszary projektowo-produkcyjne i aplikacji. Są to:

- a) komercja podmorska związana z przedsięwzięciami eksploracji i eksploatacji dna morskiego,
- b) zastosowania militarne związane z działaniami obronnymi, bezpieczeństwa i ochrony portów oraz granic państwa,
- c) zastosowania naukowo-badawcze zarówno w sektorach cywilnych i wojskowych, włączając w to uniwersytety i agencje badawcze.

## **INTRODUCTION**

Automation and robotization of technological and operational processes has come to be an inseparable element of modern technology. We are faced with more and more solutions and their applications in practically any domain of human activity. Their basic goal is to eliminate the participation and impact of people on the functioning of complicated technical systems using various types of machines and devices in order to enhance the accuracy, repetitiveness, efficiency and safety of their operation. Underwater technology is one of such areas where a dynamic development and constructional-technological progress may be observed. Application of new solutions enables the exploration of previously unavailable bodies of water. The result is exploitation of marine and oceanic natural resources as well as economic use of the flora and fauna. One of the groups of devices supporting, among others, the scientific-research works within hydrography, cartography, biology, environmental monitoring, as well as technological mining, military and other kinds of operations is the group of autonomous underwater vehicles. The number of these types of devices being manufactured, as well as the vast scope of their application, indicate the significance of their development. Hence, there is a need for constant observance of the tendencies and directions followed by their producers, but it must not be forgotten that the needs of potential clients are of crucial importance. It is the clients that constitute the market and create the conditions for demand on such products. Thus, it is important that they know the supply of products offered by competing companies, their possibilities of use within the clients' needs and their technical parameters. For this purpose, this article presents an analysis of products belonging to the group of autonomous underwater vehicles, with the limitation to manufacturers operating in Europe.

## **PRODUCT ANALYSIS**

Autonomous Underwater Vehicles (AUVs) make up a large group of underwater systems known as Unmanned Underwater Vehicles (UUVs). They have the construction and functions of programmable robots. After the application of a suitable programme the computers placed in vehicles' bodies are capable of an independent control and operation of the vehicle in accordance with an assigned task. They move in water in real time based on internal power supply sources without the interference of an operator on the surface, as it is the case with manually controlled vehicles of the ROV (Remotely Operated Vehicles) type. Communication with the vehicle is maintained periodically or continuously with satellite or acoustic signals emitted under water by e.g. surface vessels. Until recently, AUVs were used in a relatively limited scope. This resulted from the unavailable and limited technical possibilities. However, due to significant and rapid development of advanced technologies, including power supply systems, AUVs have been introduced into broad use. At present, autonomous underwater vehicles are characterised by numerous and diversified applications. Many sources of information indicate that the AUV market is divided into the three following basic design and application areas:

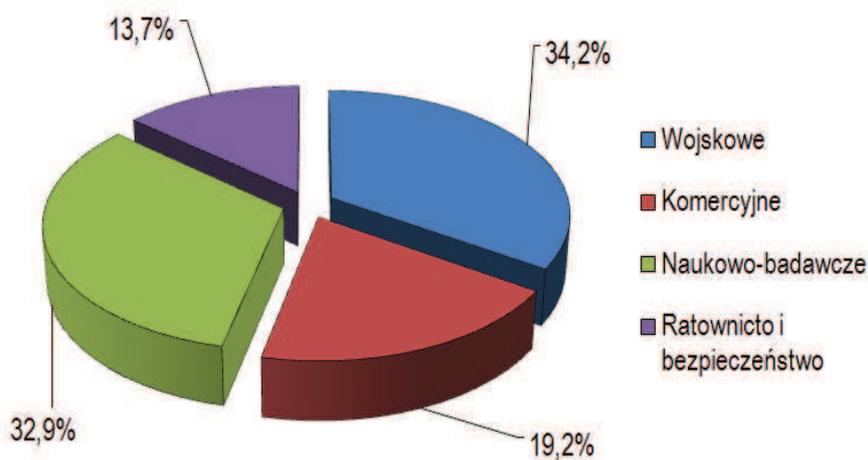
- a) seawater commerce connected with enterprises dealing with the exploration and exploitation of the sea bottom,
- b) military applications connected with defence actions, port and country borders safety and protection,
- c) scientific-research applications both in civil and military sectors including universities and research agencies.

Komercyjne użycie pojazdów AUV występuje szczególnie w przemyśle wydobywczym ropy oraz gazu ziemnego. Znajdują one zastosowanie przede wszystkim do wykonywania dokładnych map dna morskiego, przed rozpoczęciem budowy podwodnej infrastruktury. Kolejne z licznych zastosowań to m.in. nadzory, inspekcje, przeglądy, ekspertyzy różnych obiektów podwodnych, w tym położonych na dnie rurociągów i ich zakończeń wydobywczych. AUV umożliwiają prowadzenie bardzo precyzyjnych pomiarów na obszarach, gdzie tradycyjne pomiary batymetryczne (pomiar głębokości) byłyby najmniej efektywne lub zbyt kosztowne. Istotnym jest też fakt, że wykorzystanie autonomicznych pojazdów zmniejsza koszty prac podwodnych i zapewnia minimalne zakłócenia środowiska morskiego. Część modeli jest przystosowana i wykorzystywana, jako wspomaganie akcji ratowniczych, poszukiwawczych oraz wydobywczych.

Militarne wykorzystanie pojazdów AUV, w większej części sprowadza się do misji sporządzania map dna morskiego, z lokalizacją rozpoznanych i nierozpoznanych min morskich, a także monitorowania ich, w tym niszczenia lub usuwania. Służą one ponadto do zabezpieczania i ochrony portów wojennych oraz cywilnych przed nowymi, niezidentyfikowanymi obiektami. Są również wykorzystywane w działaniach wojennych przeciw okrętom podwodnym, w tym przede wszystkim do ich wykrywania. Podobnie jak komercyjne część pojazdów jest przystosowana do działań ratowniczych i wydobywczych.

Naukowo-badawcze wykorzystanie AUV daje naukowcom i różnym instytucjom badawczym nieocenione narzędzie do badania akwenów wodnych oraz ich dna, jak również prowadzenia zróżnicowanych w zakresach i formach eksperymentów. Stosunkowo duża różnorodność czujników i przyrządów pomiarowych, które mogą być umieszczone na i w pojazdach, umożliwia m.in. prowadzenie badań hydrograficznych, kartograficznych, archeologicznych, mapowania dna morskiego i zasobów naturalnych, monitorowania flory oraz fauny podmorskiej i szeregu innych działań.

Na rys. 1. przedstawiono procentowy udział obszarów zastosowania modeli pojazdów AUV, zbudowanych na obszarze Europy.



Rys.1. Procentowy udział obszarów zastosowania modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.

The commercial use of AUVs is particularly visible in the oil and natural gas extraction industry. The vehicles are used most of all to produce accurate maps of the sea bottom before the commencement of works on underwater infrastructure. Numerous applications involve the supervision, inspection and assessment of various underwater objects, including those located at the bottom of pipelines and their extraction endings. AUVs enable conduction of extremely precise measurements in areas where traditional bathymetric measurements (depth measurements) would be much less effective or too costly. What is also important is the fact that the use of autonomous underwater vehicles helps reduce the costs of underwater works and ensures minimal disturbances of the marine environment. Some models are adjusted to be used as a support to rescue, search and extraction operations.

The military use of AUVs is mostly limited to missions involving drawing up maps of the sea bottom with the location of recognized and unrecognized floating mines as well as their monitoring; including their destruction or disposal. Moreover, they are used to secure and protect military and civil ports against new unidentified objects. They are also applied in military operations involving detection of submarines. Similarly to the vehicles used for commercial purposes, a group of vehicles is adjusted to perform rescue and extraction operations.

The scientific-research use of AUVs provides scientists and various research institutions with an invaluable tool to study bodies of water and their bottoms, as well as to conduct diversified experiments in terms of their scopes and forms. A relatively diversified group of sensors and measurement tools that may be placed in and on the vehicles makes it possible to carry out hydrographic, cartographic and archaeological research, create maps of the sea bottom and natural resources, monitor the sea's flora and fauna, as well as many other activities.

Fig. 1 presents a percentage share of the fields of application of AUVs constructed in Europe.

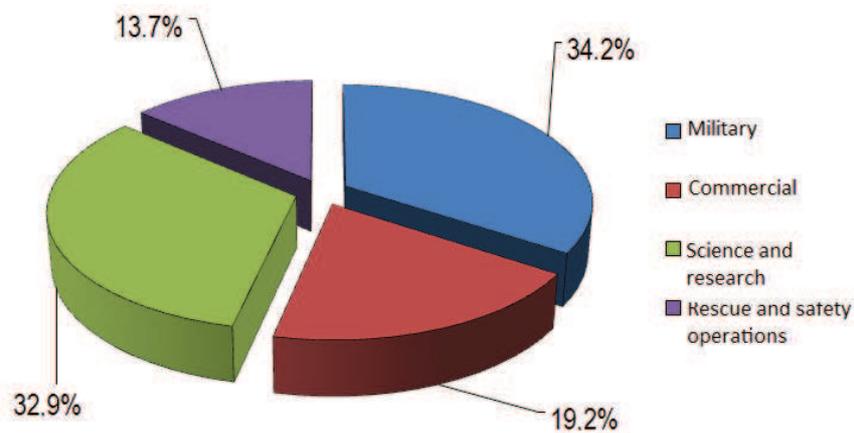


Fig. 1. Percentage share of the fields of application of AUV models constructed in Europe.

Pokazane wartości procentowe wskazują, że największe zastosowanie pojazdów AUV występuje na obszarze militarnym i naukowo-badawczym. Odzwierciedla to obecną tendencję rozwoju pojazdów AUV na świecie, prezentowaną w szeregu publikacjach, w tym [2]. Nie bez znaczenia jest też fakt, że wiele państw z dostępem do morza, wyposaża swoje siły zbrojne w tego typu sprzęt. Przykładem są: wielozadaniowy pojazd francuskiej firmy ECA SA „K-Ster Mine Killer”, „C’Inspector” produkcji Konsberg z Norwegii czy „Archerfish” produkcji BAE Systems Wielka Brytania.

W światowej praktyce i związanej z nią literaturze przedmiotu, istnieje szereg kategoryzacji i klasyfikacji AUV. Ich analiza wskazuje, że jednym z prostych i częściej stosowanych, jest podział na pojazdy: małe, średnie i duże. Cechy, które uwzględniono w nim, wg [2], zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Zestawienie cech uwzględnionych w podziale pojazdów AUV wg [2].

Lp.	Cecha Podział AUV	Ciężar pojazdu [kg]	Głębokość zanurzenia [m]	Długość pojazdu [m]	Zasięg pływania [km]
1.	Małe	do 50	do 100	do 2	20 - 40
2.	Średnie	50 - 500	500 - 3 000	2 - 4	40 - 150
3.	Duże	500 - 5 000	1 000 i powyżej	4 - 7	150 - 300

W przedmiotowej analizie podstawowy podział AUV przyjęto tak, jak pokazano w tabeli 1.

Na fot. 1 zestawiono przykładowe pojazdy AUV zgodne z przyjętym podziałem.

Autonomiczne pojazdy podwodne charakteryzują się stosunkowo złożoną budową. Zmontowane są z wielu elementów składowych, o zróżnicowanym przeznaczeniu. W ujęciu konstrukcyjnym pojazd AUV składa się z następujących, podstawowych części:

- 1) kadłuba stanowiącego konstrukcję mechaniczną, odporną na ciśnienie wody, łączącą w całość wszystkie elementy składowe urządzenia,
- 2) układu napędowego zapewniającego możliwość pływania pojazdu w toni wodnej,
- 3) źródła zasilania układów napędowych oraz elektroniki pokładowej,
- 4) urządzeń nawigacyjnych, pozycjonowania i łączności z pojazdem,
- 5) urządzeń badawczych umożliwiających prowadzenie określonych misji i działań operacyjnych oraz szeroko rozumianych pomiarów i eksperymentów naukowych.

Osobnym zagadnieniem, choć bezpośrednio związanym z AUV, są wymagania logistyczne, obejmujące operowanie pojazdami oraz sposobem ich przemieszczania.

The above values indicate the broadest use of AUVs within the military and scientific-research fields. This is a reflection of the current tendency towards the development of AUVs in the world presented in a number of publications, including [2]. What is also worth noting is that many countries with access to the sea equip their military forces with this sort of equipment. As an example we may point to a multitask vehicle manufactured by a French company ECA SA – “K-Ster Mine Killer”, “C’Inspector” manufactured by Kongsberg from Norway or “Archerfish” produced by BAE Systems in Great Britain.

In the world practice and the related literature, AUVs are categorized and classified in a number of ways. The conducted analysis indicates that one of the simplest and most commonly applied categorization divides those vehicles into: small, medium and large ones. Features taken into account by this kind of categorization, according to [2], are presented in Table 1.

Table 1.

AUV properties according to [2].

No.	Property AUV division	Vehicle mass [kg]	Depth of submersion [m]	Vehicle length [m]	Swimming range [km]
1.	Small	up to 50	up to 100	up to 2	20 – 40
2.	Medium	50 - 500	500 - 3 000	2 – 4	40 – 150
3.	Large	500 - 5 000	1 000 and above	4 – 7	150 – 300

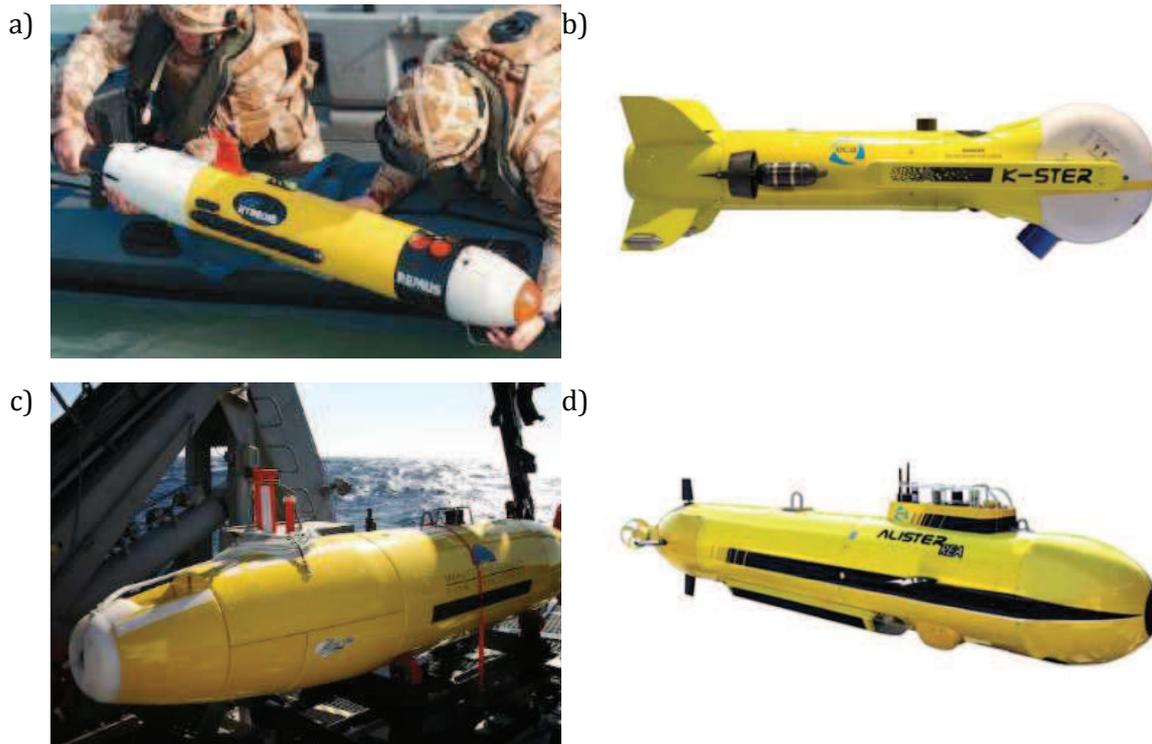
The AUV classification applied in physical analysis is identical with the classification shown in table 1.

Photo 1 presents exemplary AUVs in accordance with the adopted categorization.

Autonomous underwater vehicles are characterised by a relatively complex construction. They are assembled from numerous components of diversified uses. With regard to its construction, an AUV is composed of the following basic parts:

- 1) body constituting a mechanical construction resistant to water pressure, keeping all the components of the device together,
- 2) drive system enabling the vehicle to swim in the pelagic zone,
- 3) power supply sources for the drive systems and electronics,
- 4) navigational, positioning and communication devices,
- 5) research devices enabling carrying out specified missions and operations as well as broadly understood measurements and scientific experiments.

A separate issue, although directly connected with AUVs, involves logistic requirements encompassing vehicle operation and translocation.



Fot. 1. Przykładowe pojazdy AUV wg przyjętego podziału: a) AUV – mały – „Remus 100” produkcji Kongsberg Maritime AS Norwegia [Z1], b) AUV – mały – „K-Ster” produkcji ECA SA Francja [Z2], c) AUV – średni – „Remus 6000” produkcji Kongsberg Maritime AS Norwegia [Z3], d) AUV – duży – „Alister Rea” produkcji ECA SA Francja [Z4].

### KADŁUB AUV

Kadłub jest odporną na ciśnienie wody obudową AUV. Ze względu na swoją autonomiczność, która zapewnia samodzielne poruszanie się pojazdu w wodzie, większość z nich charakteryzuje się tradycyjnym kształtem torpedy. Takie rozwiązania są najlepszym kompromisem pomiędzy wymiarami, użyteczną objętością, hydrodynamiczną sprawnością i łatwą obsługą. W nielicznych modelach występują kształty zbliżone do prostopadłościennych. Najczęściej są to pojazdy o charakterze hybrydowym, łączące elementy pojazdu AUV z ROV jak np. urządzenie francuskiej firmy ECA „Swimmer” czy szwedzkiej firmy Saab „SUBROV”.

W wielu modelach istotną cechą jest modułowa budowa kadłuba. W zależności od potrzeb, poprzez rozmontowanie i zamianę określonego modułu z odpowiednim do celu wyposażeniem, można zapewnić wielozadaniowość pojazdu.

Na kolejnych rysunkach przedstawiono wybrane cechy fizyczne pojazdów AUV:

- Rys. 2 – procentowy udział w zakresach umownie przyjętej „objętość prostopadłościenną”, jaką zajmują modele pojazdów AUV wyprodukowane w Europie. Pod pojęciem tym należy rozumieć objętość uzyskaną w wyniku bezpośredniego przemnożenia podstawowych wymiarów, podanych przez producentów w układzie: długość x szerokość x wysokość (głębokość), bez uwzględnienia rzeczywistego kształtu pojazdu, wypełniającego określony prostopadłościan;

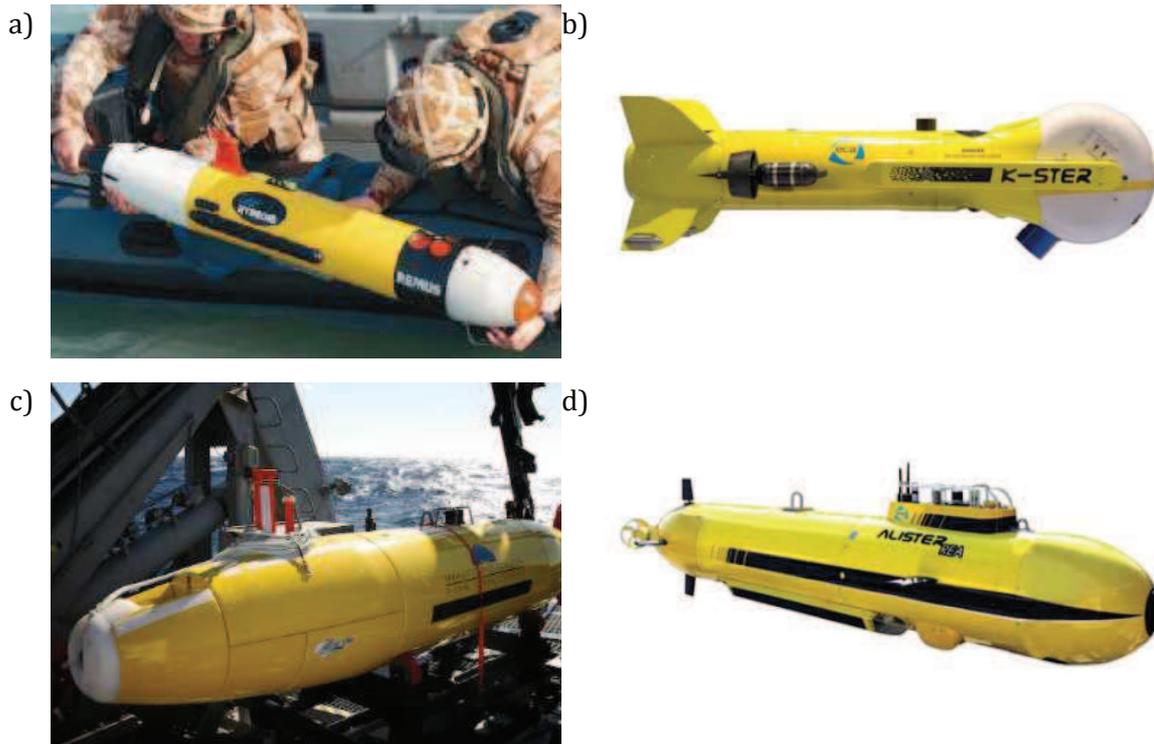


Photo 1. Exemplary AUVs according to the adopted classification: a) AUV – small – “Remus 100” manufactured by Kongsberg Maritime AS, Norway [Z1], b) AUV – small – “K-Ster” manufactured by ECA SA, France [Z2], c) AUV – medium – “Remus 6000” manufactured by Kongsberg Maritime AS, Norway [Z3], d) AUV – large – “Alister Rea” manufactured by ECA SA, France [Z4].

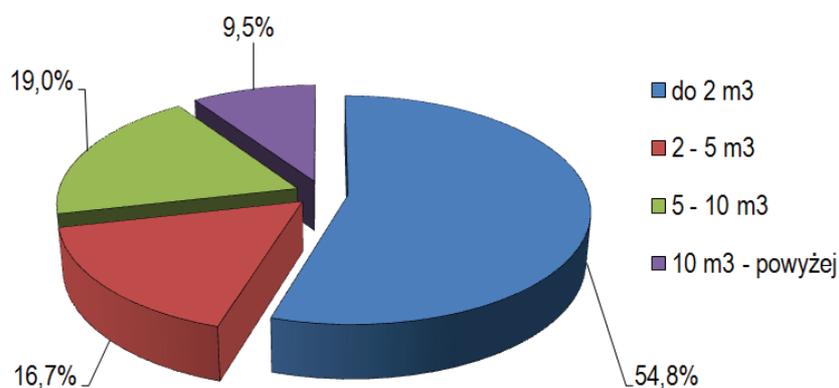
### AUV’S BODY

The body of the AUV consists of a pressure resistant casing. As the vehicles are autonomous, most of vehicles’ bodies are characteristically torpedo shaped. This kind of solutions constitutes the best compromise between the dimensions, usable volume, hydrodynamic efficiency and simplicity of operation. Some of the models adopt shapes approximated to cuboids. Usually such vehicles are of a hybrid character, combining the elements of an AUV with an ROV, such as a device manufactured by a French company ECA – “Swimmer” or a product of a Swedish company Saab – “SUBROV”.

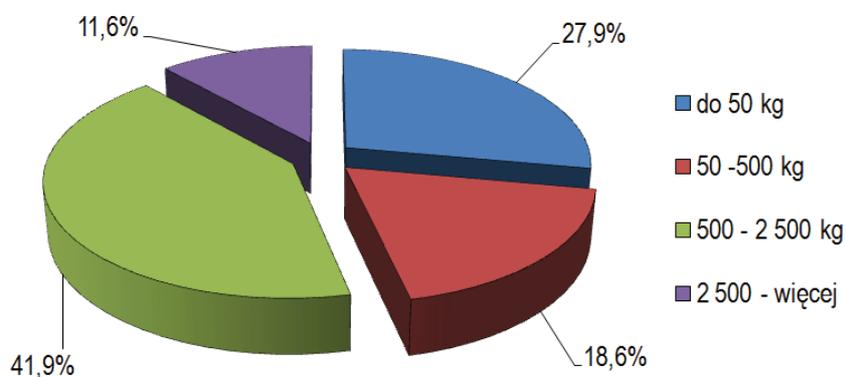
A modular body construction is a significant feature of numerous models. Depending on the purpose, by disassembling and replacing a particular module with a specialised item of equipment, it is possible to turn the vehicle into a multitask device. The following figures present selected physical properties of AUVs:

- Fig. 2 – a percentage share in the scopes of the adopted “cuboidal volume” of the AUVs manufactured in Europe. The volume in question is the one received as a result of a direct multiplication of basic dimensions provided by producers in the following system: length x width x height (depth), without the consideration of the actual shape of the vehicle filling a particular cuboid;

- Rys. 3 – procentowy udział w zakresach ciężarów modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie;
- Rys. 4 – procentowy udział w zakresach długości modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie;
- Rys. 5 – procentowy udział w zakresach głębokości operacyjnych modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.



Rys. 2. Procentowy udział w zakresach umownej „objętości prostopadłościennej” modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.



Rys. 3. Procentowy udział w zakresach ciężarów modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.

- Fig. 3 – a percentage share in the scopes of masses of the AUV models constructed in Europe;
- Fig. 4 – a percentage share in the scopes of lengths of the AUVs constructed in Europe;
- Fig. 5 – a percentage share in the scopes of operational depths of the AUV models constructed in Europe.

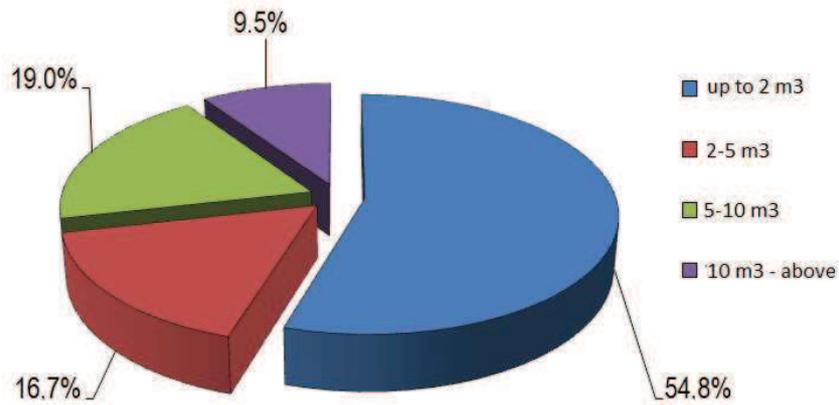


Fig. 2. A percentage share in the scopes of the adopted “cuboidal volume” of the AUVs manufactured in Europe.

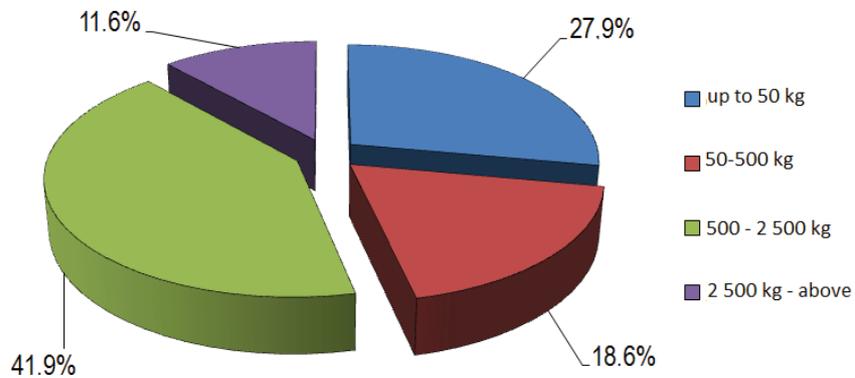
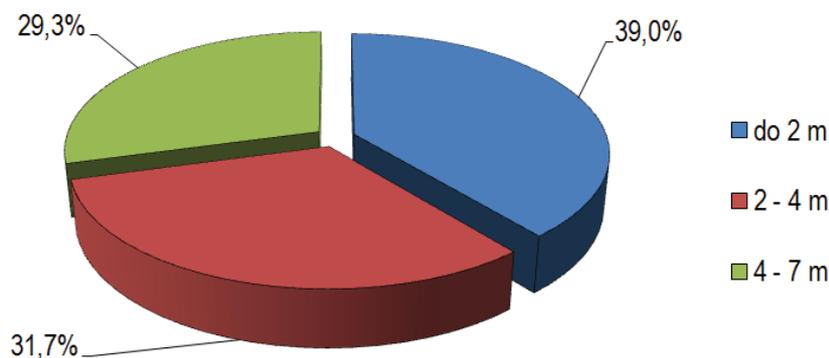
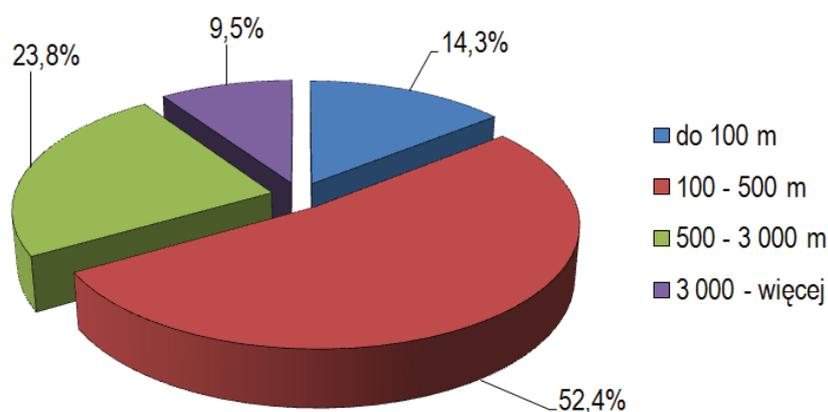


Fig. 3. A percentage share in the scopes of masses of the AUV.



Rys. 4. Procentowy udział w zakresach długości modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.



Rys. 5. Procentowy udział w zakresach głębokości operacyjnych pojazdów AUV zbudowanych w Europie.

### NAPĘD AUV

W obecnym czasie podstawowym napędem pojazdów AUV są śruby o stałym skoku, które przetwarzają ruch obrotowy na siłę naporu w środowisku wodnym. Rozróżnia się zasadniczo dwie konstrukcje: zespoły pędników oraz napęd osiowy. Pojedynczy pędnik stanowi bezpośrednie połączenie bezszczotkowego silnika elektrycznego DC ze śrubą napędową. Silnik elektryczny umieszczony jest w wodoodpornej i ciśnieniowej obudowie, a na jego wale wyjściowym osadzona jest śruba. Druga konstrukcja umieszczana jest w tylnej części pojazdu, najczęściej w osi głównej kadłuba lub w osiach równoległych do niej. Napęd składa się z zewnętrznej śruby i umieszczonej w kadłubie przekładni mechanicznej, połączonej z silnikiem elektrycznym. Na fot. 2 pokazano przykłady napędów pojazdów AUV.

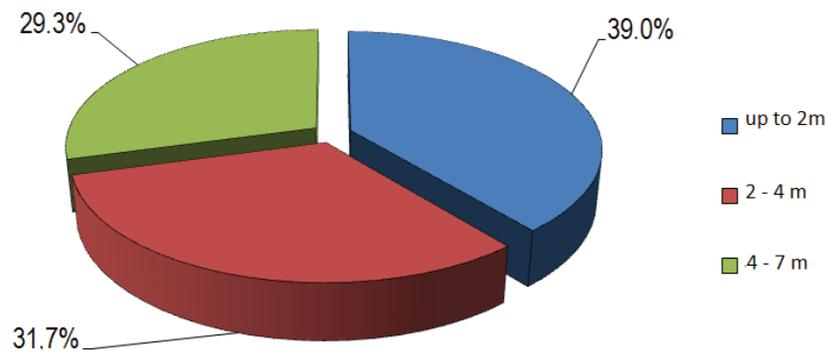


Fig. 4. A percentage share in the scopes of lengths of the AUVs constructed in Europe.

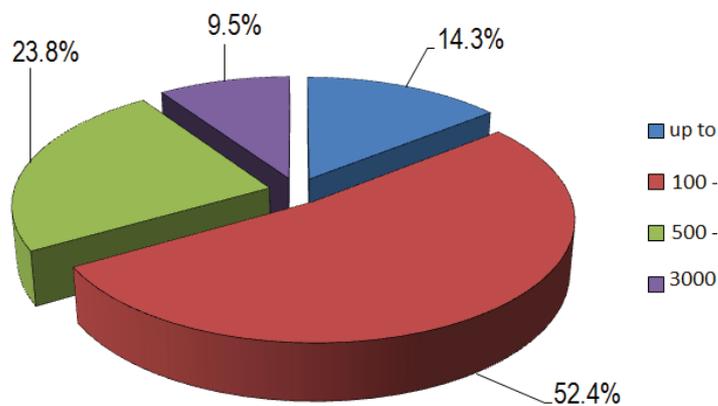
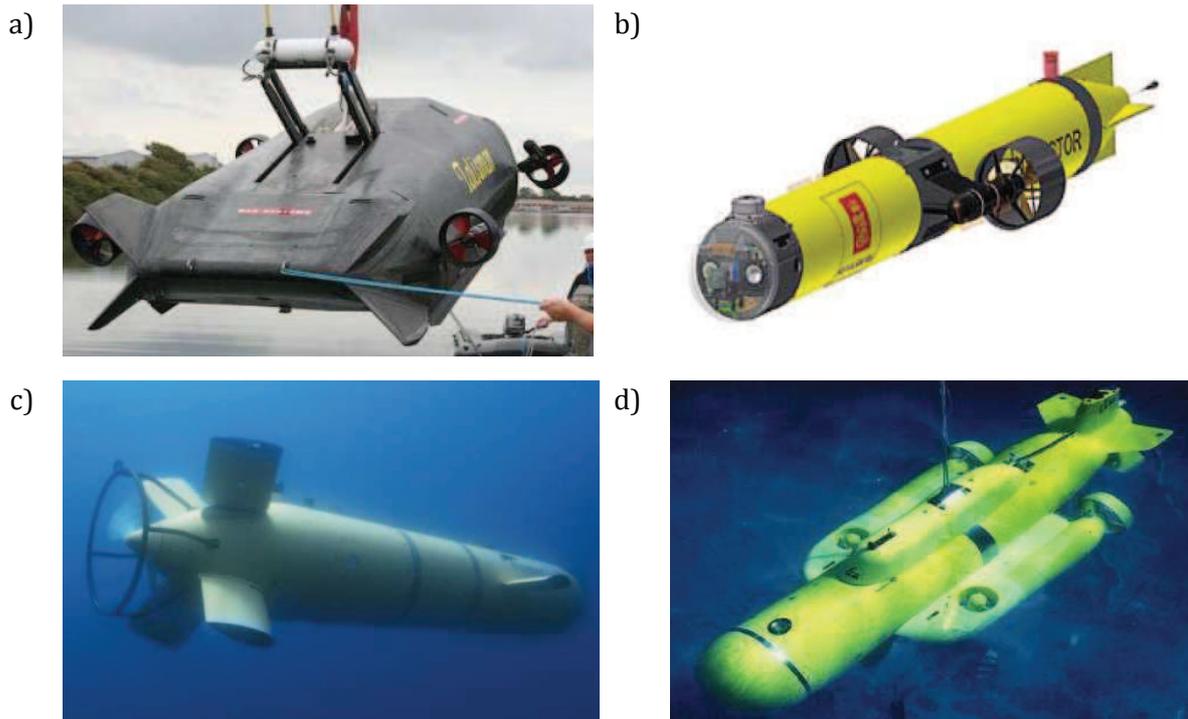


Fig. 5. A percentage share in the scopes of operational depths of the AUV models constructed in Europe.

### AUV DRIVE SYSTEM

Currently the basic drive system for AUVs is composed of fixed pitch propellers that transform the rotational movement into the impact force in the marine environment. Basically, we differentiate two constructions: propeller systems and an axial drive. A single propeller constitutes a direct connection of a brushless direct current motor with the screw propeller. An electric motor is located in a waterproof and pressure resistant casing, with the screw placed on the output shaft. The second construction is placed in the rear part of the vehicle, commonly on the hull's main axle or the parallel axles. The drive is composed of an external screw and the one placed in the body of the mechanical transmission gear, combined with the electric motor. Photo 2 shows exemplary AUV drive systems.



Fot. 2 Przykładowe napędy zastosowane w pojazdach AUV: a) b) pojazdy napędzane zespołami pędników przymocowanych w określonych miejscach do kadłuba [Z5; Z6], c) pojedynczy napęd umieszczony w osi głównej pojazdu, d) napęd złożony z dwóch silników wraz ze śrubami o stałym skoku umieszczonych symetrycznie i równoległe do osi głównej pojazdu [Z7].

W analizowanych modelach stwierdzono, że najczęstszym układem napędu, bo występującym aż w 65 %, jest układ pędników: poziom (H)/pion (V), umieszczanych w określonych miejscach pojazdu. Pozostałe 35 % stanowią układy osiowe. Ilość pędników zastosowanych w układzie i ich moc, zależą od szeregu czynników, w tym m.in. od wielkości pojazdu, realizowanych zadań, wymaganych prędkości poruszania się AUV w wodzie, oporów pływania, czasu pobytu w wodzie itp. W niektórych przypadkach zastosowano też pionowe stery kierunku. Najczęściej występującą ilością są: 2 szt. pędników poziomych i 2-4 szt. pędników pionowych. Prędkość pływania pojazdu w wodzie jest regulowana prędkością obrotową silników elektrycznych. Istotnie wpływa na sposób i możliwości wykorzystania oraz zasięg pływania. Przykładem AUV, w których zastosowano pędniki w układzie H/V jest rodzina pojazdów „Remus”, wyprodukowanych w ilości ponad 150 sztuk przez norweską firmę Kongsberg Maritime AS oraz „K-Ster Mine Killer” w ilości 350 sztuk produkcji ECA SA Francja, używanych obecnie na całym świecie. Natomiast modelem z napędem osiowym, wytworzonym w ilości co najmniej 30 sztuk, jest pojazd „Archerfish” z firmy BAE Systems w Wielkiej Brytanii oraz około 18 pojazdów z rodziny „Hugin” firmy Kongsberg Maritime AS.

Na rys. 6 pokazano procentowy udział w zakresach prędkości pod wodą modeli pojazdów zbudowanych w Europie.

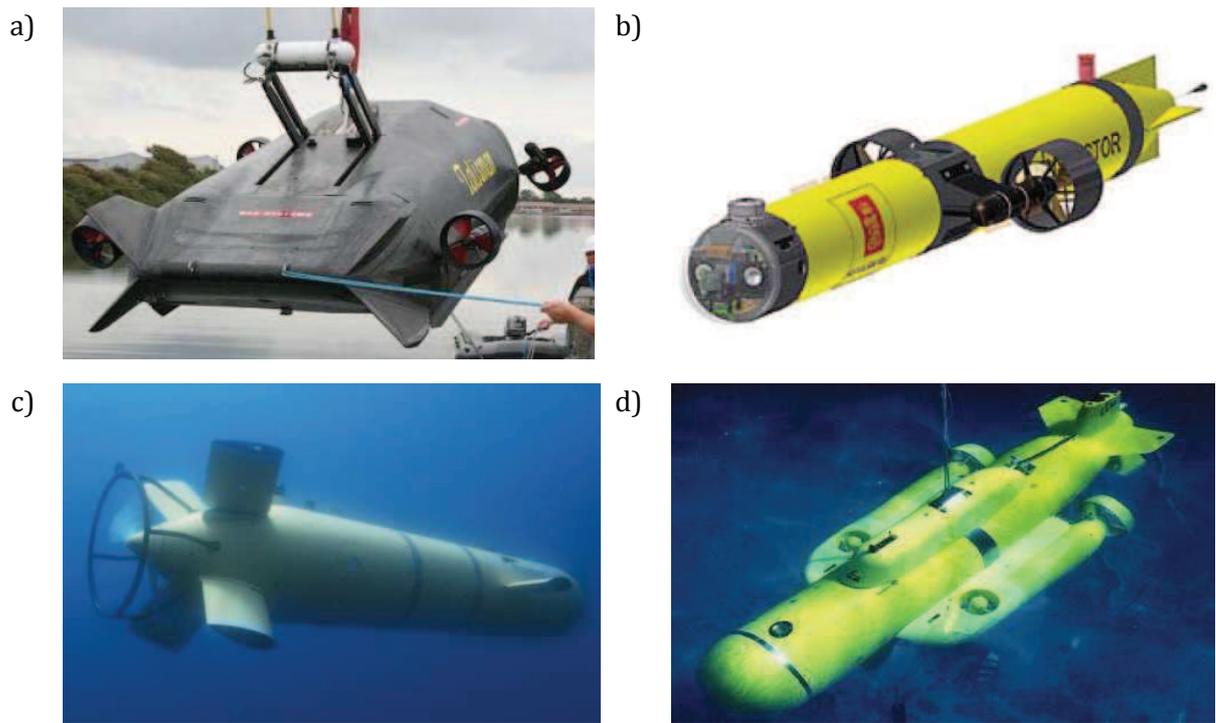
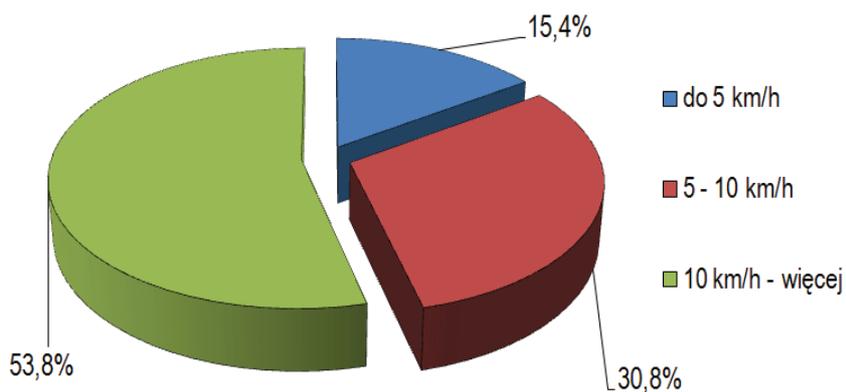


Photo 2. Exemplary drive systems used in AUVs: a) b) vehicles driven with propeller systems mounted to the body [Z5; Z6], c) a single drive placed on the main axle of the vehicle, d) a drive composed of two motors with fixed pitch propellers placed symmetrically and parallel to the vehicle's main axle [Z7].

With regard to the analysed models it was concluded that the most common drive, applied in as many as 65% of them, is the system of propellers: horizon (H)/ vertical (V), located in specified places on the vehicles. The remaining 35 % is constituted by axle systems. The number of propellers used in the system as well as their power depend on a number of factors, including vehicle size, realized tasks, the required AUV speed for moving in water, resistance, time spent in water, etc. Also, in some cases vertical steer directions were applied. The most common combination involved 2 horizontal and 2-4 vertical propellers. Vehicles' speed in water is regulated with the rotational speed of an electric motor, which has a significant impact on the manner and possibilities of use as well as the swimming range of an AUV. An example of AUVs with the H/V propeller system is the family of over 150 "Remus" vehicles manufactured by a Norwegian company Kongsberg Maritime AS and 350 "K-Ster Mine Killer" vehicles produced by ECA SA in France that are currently used all over the world. Vehicles with an axel drive, on the other hand, include the "Archerfish" vehicle produced by BAE Systems in Great Britain (at least 30 pieces), as well as the "Hugin" family (approx. 18 pieces) by Kongsberg Maritime AS.

Fig. 6 presents a percentage share in the scope of underwater speeds for the models constructed in Europe.



Rys. 6. Procentowy udział w zakresach prędkości pod wodą modeli pojazdów AUV zbudowanych w Europie.

W tabeli 2 zestawiono prędkości pływania AUV wraz z ilością i rodzajem pędników dla modeli, których wyprodukowano w ilości powyżej 10 egzemplarzy.

Tabela 2.

Zestawienie prędkości pływania pod wodą wraz z ilością i rodzajem pędników modeli AUV wyprodukowanych w ilości powyżej 10 egzemplarzy.

L.p.	Nazwa modelu	Firma	Liczba wypr. egz.	Prędkość pływania		Napęd – pędniki [szt]			
				[km/h]	[knots]	poziomy (H)	pionowy (V)	ster kierun.	osiowy
1.	Archerfish	BAE Systems – GB	30	13,0	0 – 7	?	?	?	1
2.	C'Inspector	Kongsberg Defence System – Norwegia	100	11,1	0 – 6	2	1	?	?
3.	Minesniper		110	11,1	0 – 6	2	1	1	?
4.	Double Eagle MK II	Saab Underwater System AB – Szwecja	100	11,1	0 – 6	2	4	?	?
5.	Double Eagle MK III			14,8	0 – 8	4	4	?	?
6.	Gavia	Hafmynd Ehf Gavia AUV Islandia	20	10,1	0 – 5,5	?	?	?	1
7.	K-Ster Mine Killer	ECA SA – Francja	350	11,1	0 – 6	2	2	?	?
8.	PAP Mk 5		510	11,1	0 – 6	2	2	?	?
9.	PAP Plus			10,1	0 – 5,5	2	?	?	?
10.	Remus 100	Kongsberg Maritime AS – Norwegia	150	9,3	0 – 5	1	2	1	?
11.	Remus 600			9,3	0 – 5	1	2	1	?
12.	Remus 6000			7,4	0 – 4	1	2	1	?

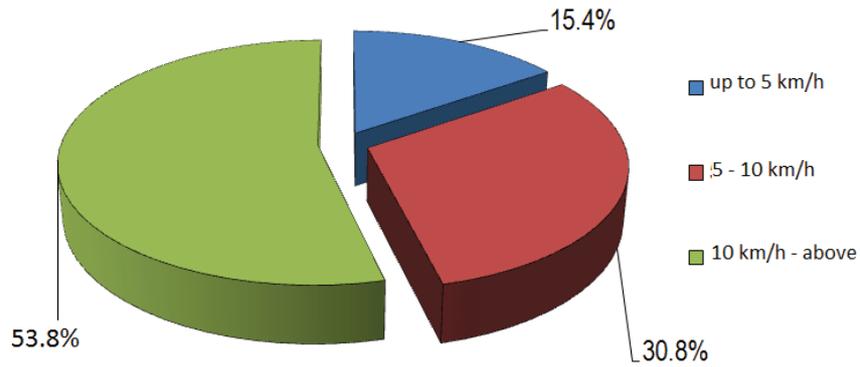


Fig. 6. A percentage share in the scope of underwater speeds for the AUV models constructed in Europe.

Table 2 presents AUV swimming speeds together with the number and type of propellers for models manufactured in the number exceeding 10 pieces.

Table 2.

Presentation of underwater swimming speeds together with the number and type of propellers for AUV models manufactured in the number exceeding 10 pieces.

No.	Model name	Company	No. of produced pcs.	Swimming speed		Drive – propellers [pcs]			
				[km/h]	[knots]	horizon (H)	vertical (V)	Direction steer	Axle
1.	Archerfish	BAE Systems – GB	30	13.0	0 – 7	–	–	–	1
2.	C’Inspector	Kongsberg Defence System – Norway	100	11.1	0 – 6	2	1	–	–
3.	Minesniper		110	11.1	0 – 6	2	1	1	–
4.	Double Eagle MK II	Saab Underwater System AB – Sweden	100	11.1	0 – 6	2	4	–	–
5.	Double Eagle MK III			14.8	0 – 8	4	4	–	–
6.	Gavia	Hafmynd Ehf Gavia AUV Iceland	20	10.1	0 – 5.5	–	–	–	1
7.	K-Ster Mine Killer	ECA SA – France	350	11.1	0 – 6	2	2	–	–
8.	PAP Mk 5		510	11.1	0 – 6	2	2	–	–
9.	PAP Plus			10.1	0 – 5.5	2	–	–	–
10.	Remus 100	Kongsberg Maritime AS – Norway	150	9.3	0 – 5	1	2	1	–
11.	Remus 600			9.3	0 – 5	1	2	1	–
12.	Remus 6000			7.4	0 – 4	1	2	1	–

## ŹRÓDŁA ZASILANIA AUV

Źródła zasilania pojazdów AUV są praktycznie najważniejszym elementem wyposażenia, ponieważ w istotny sposób decydują o możliwościach ich wykorzystania. Wynika to bezpośrednio z faktu autonomiczności tego typu urządzeń, a więc możliwości wykonania w sposób niezależny określonego i zaprogramowanego zadania (misji). Zdecydowana większość pojazdów AUV zasilana jest przez ładowalne zestawy baterii. W obecnym czasie nastąpił znaczny postęp w tej dziedzinie. Praktycznie w każdym pojeździe stosowane są akumulatory Li-Po – litowo-polimerowe, Li-Ion – litowo-jonowe oraz wycofywane już NiMH – niklowo-metalowo-wodorowe. Każde z nich ma swoje wady i zalety. Ogniwa: Li-Ion i Li-Po są bardzo wydajne, a ich gęstość energii wg [4] sięga odpowiednio: 40-70 Wh/dm<sup>3</sup> i 50-75 Wh/dm<sup>3</sup>. Np. pakiet baterii, stanowiący 25% z całkowitej objętości pojazdu AUV równej 1,2 m<sup>3</sup>, zapewnia mu wytrzymałość (czas zasilania pędników oraz urządzeń elektronicznych) na: 16-28 godzin (Li-Ion) i 23-30 godzin (Li-Po).

Zakres potrzebnej energii elektrycznej do wykonywania określonych zadań, wskazany przez producentów dla konkretnych, analizowanych modeli, wynosi od 1,0 do 75 kWh. Zastosowane ogniwa zapewniają średnio czas użycia pojazdu AUV na ok. 20-24 godzin przy prędkości 3,5 knots (6,5 km/h).

Najbliższą przyszłością dla napędów AUV są już stosowane pół i pełne ogniwa paliwowe (ang. semi-fuel cell lub fuel cell), jak m.in. alkaiczne aluminiowo-wodorowe nadtlenkowe, które oferują gęstości energii sięgające 80-100 Wh/dm<sup>3</sup>. Drugim typem są litowe baterie galwaniczne, oferujące najwyższe gęstości energii w zakresie 100-150 Wh/dm<sup>3</sup>. Oznacza to, że baterie nowej generacji w stosunku do poprzednich, zapewniają dłuższy czas działania AUV przy tej samej, fizycznej objętości załadunkowej w pojeździe. Są one jednak drogie i w końcowej fazie dopracowywania technologii wytwarzania. Jest to istotny element wyposażenia, na który bezwzględnie należy zwracać uwagę.

W analizowanym zakresie modeli, produkowanych na terenie Europy, tylko firma Kongsberg Maritime AS, w obecnym czasie, stosuje ogniwa paliwowe w dwóch modelach [3] [4]. Realnie zapewniają one dwukrotnie dłuższy czas użycia pojazdu w wodzie. W tabeli 3 zestawiono przykładowe modele ze wskazaniem wybranych parametrów zasilania.

## **AUV POWER SUPPLY SOURCES**

AUV power supply sources are practically the most important element of the equipment as they have a significant impact on the possibilities of their use. This is directly related to the autonomy of this kind of devices, and hence the possibility to independently perform a specified and programmed task (mission). The majority of AUVs are powered with rechargeable battery sets. At present we observe a significant progress in this area. Practically each vehicle is supplied with Li-Po (lithium-polymer), Li-Ion (lithium-ion) or NiMH (nickel-metal-hydrogen) batteries (with the latter being progressively withdrawn). Each of them has its pros and cons. Li-Ion and Li-Po batteries are extremely efficient and their energy density according to [4] reaches respectively: 40-70 Wh/dm<sup>3</sup> and 50-75 Wh/dm<sup>3</sup>. For instance, a battery package constituting 25% of the total AUV volume equal to 1.2 m<sup>3</sup>, guarantees its endurance (power supply time for the propellers and electronic devices) for: 16-28 hours (Li-Ion) and 23-30 hours (Li-Po).

The scope of the necessary electrical power for the performance of particular tasks indicated by manufacturers with regard to concrete analysed models ranges between 1.0 and 75 kWh. The applied batteries ensure the average time of AUV usability for ca. 20-24 hours at the speed of 3.5 knots (6.5 km/h).

It is anticipated that in the near future AUV drive systems will rely on the already used semi-fuel or fuel cells, such as alkaline aluminium-hydrogen peroxide cells offering energy density reaching 80-100 Wh/dm<sup>3</sup>. The other type is lithium galvanic batteries offering the highest energy density of 100-150 Wh/dm<sup>3</sup>. This means that the new generation batteries guarantee a longer operational time of an AUV as compared with the previous ones with the same physical loading capacity. However, they are costly and currently at the final stage of development of their manufacturing technology. This is an important equipment component that definitely deserves our attention.

In the analysed models produced in Europe, at present, only Kongsberg Maritime AS company uses fuel cells in two of its models [3] [4], which guarantee twice as long usability time of vehicles in water.

Table 3 shows exemplary models with the indication of selected power supply parameters.

Tabela 3.

## Zestawienie wybranych parametrów zasilania modeli AUV wyprodukowanych w Europie [1].

L.p.	Nazwa modelu	Firma	Wymagana energia [kWh]	Rodzaj baterii/ogniwa	Czas użycia pojazdu [godz.]	Prędkość pływania [knots]
1.	Autosub 6000	National Oceanography Center Southampton W. Brytania	75,0	Li-Po	30	3,0
2.	Gavia	Hafmynd Ehf Gavia AUV Islandia	1,2	Li-Po	ok. 6	max 5,5
3.	Hugin 1000	Kongsberg Maritime AS Norwegia	15,0	Li-Po	24	4,0
4.	Hugin 3000		45,0	Al/HP S-FC	60	4,0
5.	Hugin 4500		60,0	Al/HP S-FC	60	4,0
6.	Remus 100	Kongsberg Maritime AS Norwegia	1,0	Li-Ion	10	4,5
7.	Remus 600		5,2	Li-Ion	50	4,5
8.	Remus 6000		11,0	Li-Ion	8	4,5

**WYPOSAŻENIE ELEKTRONICZNE AUV**

W stosunku do każdego z analizowanych modeli trudno jest ilościowo i jakościowo określić zastosowane w nim wyposażenie elektroniczne. Wynika to z faktu, że na rynku wytwórców, występuje duża podaż coraz lepszych urządzeń elektronicznych i elektrotechnicznych. Istnieje zatem szeroka możliwość ich wyboru i konfiguracji. Praktycznie każdy pojazd AUV może być inaczej wyposażony w zależności od celu i potrzeb zamawiającego. Wprowadzone rozszerzenie i wzbogacenie wyposażenia AUV, ponad standardowe, stanowi opcję. W grę wchodzi już tylko określone modele i wytwórcy. Nie mniej w obszarze wyposażenia pojazdów, w zakresie urządzeń nawigacyjnych, pozycjonowania i łączności, można wskazać zestaw standardowy, który z reguły jest wmontowany w pojazd. Należy do niego najczęściej:

## I. urządzenia nawigacji:

- a) INS – zintegrowany system nawigacyjny,
- b) DVL – cyfrowy log video.

## II. urządzenia pozycjonowania:

- a) GPS – globalny system pozycjonowania (nawigacja satelitarna),
- b) głębokościomierz, czujniki głębokości.

## III. urządzenia komunikacji (łączności):

- a) komendy akustyczne niskiej i wysokiej częstotliwości (pod wodą),
- b) RF – częstotliwości radiowe.

W zakresie cywilnego wyposażenia badawczego i pomiarowego oraz wyposażenia dla typowych misji wojskowych istnieje szeroka gama urządzeń, takich jak m.in.: sonary, echosondy, skanery, magnetometry, próbniki przewodności oraz szereg innych. Ze względu na ograniczenia w pojemnościach kadłubów AUV, określone zestawy urządzeń, jako moduły, są montowane do konkretnych zastosowań.

Table 3.

Presentation of selected power supply parameters for AUV models produced in Europe [1].

No.	Model name	Company	Required power supply [kWh]	Battery/cell type	Vehicle usability time [h]	Swimming speed [knots]
1.	Autosub 6000	National Oceanography Center Southampton, Great Britain	75.0	Li-Po	30	3.0
2.	Gavia	Hafmynd Ehf Gavia AUV, Iceland	1.2	Li-Po	ca. 6	max 5.5
3.	Hugin 1000	Kongsberg Maritime AS, Norway	15.0	Li-Po	24	4.0
4.	Hugin 3000		45.0	Al/HP S-FC	60	4.0
5.	Hugin 4500		60.0	Al/HP S-FC	60	4.0
6.	Remus 100	Kongsberg Maritime AS, Norway	1.0	Li-Ion	10	4.5
7.	Remus 600		5.2	Li-Ion	50	4.5
8.	Remus 6000		11.0	Li-Ion	8	4.5

#### AUV ELECTRONIC EQUIPMENT

It is difficult to provide quantitative and qualitative evaluation of the electronic equipment used in each of the analysed models. This is due to the fact that among manufacturers there is a high supply of constantly improved electronic and electro-technical devices. Thus, there are broad possibilities as to their choice and configuration. Practically each AUV model may be characterised by different equipment depending on the goals and needs of the client. It is always an option to have the AUV's equipment enhanced and enriched beyond the standard offer, all depending on particular models and producers. Nevertheless, with regard to vehicle equipment within navigational, positioning and communication devices it is possible to specify the standard set commonly supplied in the vehicles. The set usually encompasses:

I. navigational devices:

- a) INS – integrated navigational system,
- b) DVL – digital video log.

II. positioning devices:

- a) GPS – global positioning system (satellite navigation),
- b) depth gauge, depth sensors.

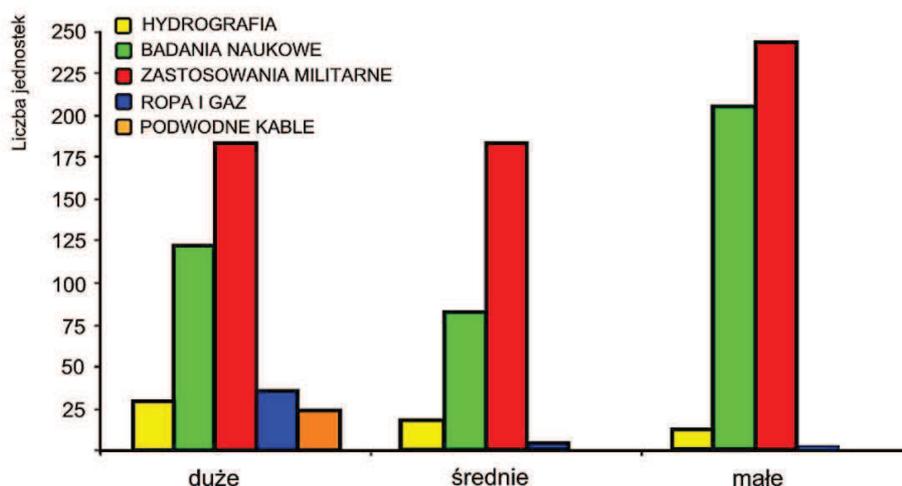
III. communication devices:

- a) high and low frequency acoustic commands (under water),
- b) RF – radio frequencies.

Civil research and measurement equipment as well as the equipment for typical military missions encompasses a broad range of devices, such as: sonars, echo sounders, scanners, magnetometers, conductivity probes and a number of others. Due to the limitations in AUV body capacities particular devices, as modules, are mounted to fulfil particular functions.

## Rozwój AUV

Analiza dostępnych materiałów, zarówno w ujęciu historycznym, jak i teraźniejszym wskazuje, że postęp robotyzacji intensywnie się rozwija. Dotyczy on wielu dziedzin działalności ludzi, w tym w obszarze morskim. Podstawą tych działań jest wspomaganie, zastępowanie i wyręczenie człowieka w poznawaniu otaczającego środowiska, jak również jego obrona. Stosowanie coraz dokładniejszych metod pomiarowych i badawczych, czyni roboty narzędziami niezbędnymi i koniecznymi. Potwierdzeniem tego jest rys. 7, który przedstawia perspektywy rozwoju światowego rynku w ilości pojazdów AUV, jakie zostaną zbudowane w latach 2010-2019 wg [2].



Rys. 7. Perspektywy rozwoju światowego rynku w ilości pojazdów AUV, które zostaną zbudowane w latach 2010-2019 wg [2].

Diagramy wskazują, że największa ilość przedmiotowych urządzeń będzie powstawała w grupie pojazdów AUV - małe. Potwierdza to ogólną, światową tendencję miniaturyzacji urządzeń technicznych. Należy również zauważyć, że we wszystkich grupach pojazdów AUV, największe zapotrzebowanie będą miały zastosowania militarne i badania naukowe. W przypadku tych drugich podstawą jest potrzeba poszukiwania nowych złóż surowców i paliw, jak również źródeł żywności oraz ochrony ekologicznej światowych mórz i oceanów.

## CENY

Ceny pojazdów AUV na światowym rynku są zróżnicowane. Możliwość ustalenia wartości zakupu określonych modeli jest praktycznie trudna do ustalenia. Wynika to m.in. z faktu, że konkurujące ze sobą firmy, na wystosowane zapytania, żądają bardzo konkretnych parametrów techniczno-użytkowych. Mając je kompilują, żądane przez kupującego, wyposażenie pojazdu i dopiero wtedy określają cenę wstępną. W opracowaniu [2] podano zakresy cen pojazdów AUV na świecie, na styczeń 2010 roku dla grup pokazanych w tabeli 1. Zmianę procentową światowych cen produkcji przemysłowej sprzedanej (tzw. PPI) oceniono na podstawie analizy dostępnych danych statystycznych. Szacunkowo przyjęto, że wartość ta realnie kształtuje się na poziomie 3,5 do 5 %. Stąd wartość procentową zmiany cen przyjęto na poziomie 4,25 %.

W tabeli 4 przedstawiono szacunkową zmianę cen pojazdów AUV na świecie w latach 2011 i 2012.

## AUV DEVELOPMENT

The analysis of available materials, including both the historical and current depiction, indicates a high development of robotization. This concerns numerous domains of human activity, including the marine area. The basis for such activities lies in supporting, replacing and relieving man in the exploration of the surrounding environment as well as ensuring human protection. The application of more and more accurate methods of measurement and research has proven robots to be necessary tools. This is confirmed by fig. 7 showing the prognosis for the development of the global market of AUVs for the years 2010-2019 according to [2].

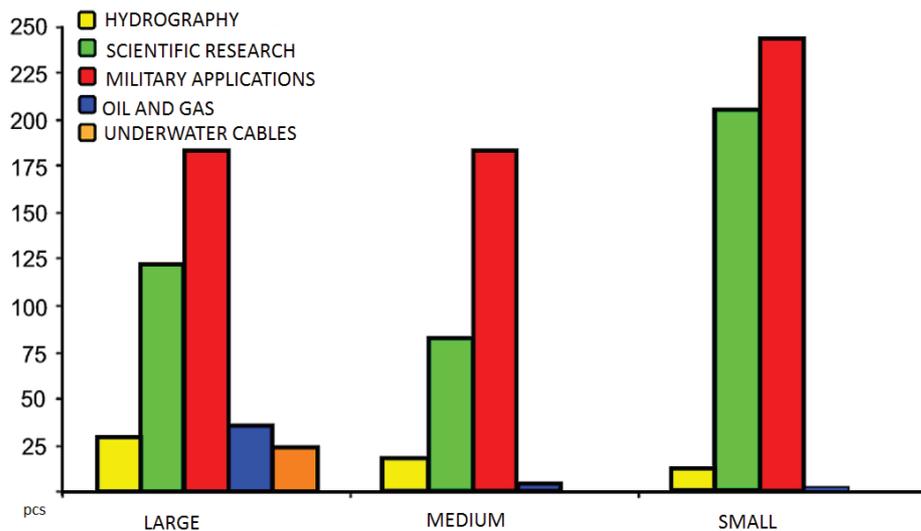


Fig. 7. Prognosis for the development of the global market of AUVs for the years 2010-2019 acc. to [2].

The diagrams indicate that the largest anticipated number of devices will be produced within the group of small AUVs. This confirms the general global tendency of miniaturization of technological devices. It should also be observed that the most common demand with regard to all AUV groups will be in the military and scientific-research areas. In the case of the latter the foundation is the need to search for new deposits of natural resources and fuels as well as food and ecological protection of the world's seas and oceans.

## PRICES

The prices of AUVs in the global market tend to vary. It is difficult to determine purchasing values of particular models. This results from the fact that the competing companies value their models according to very specific enquiries concerning their technical and utilitarian parameters. Having the necessary data they compile the required vehicle equipment and only then specify the initial prices. Item [2] in the bibliography presents the scopes of prices of AUVs in the world as of January 2010 for the groups indicated in table 1. The producer price index (PPI) was evaluated based on an analysis of the available statistical data. It has been estimated that the value reaches the level of 3.5 to 5%. Therefore the assumed average index is equal to 4.25 %.

Tabela 4.

## Szacunkowa zmiana cen pojazdów AUV na świecie.

Podział AUV \ Rok	2010	2011	2012
Małe	50 000 - 250 000 \$	52 000 - 261 000 \$	54 000 - 272 000 \$
Średnie	250 000 - 1 000 000 \$	260 600 - 1 043 000 \$	272 000 - 1 087 000 \$
Duże	1 000 000 - 5 000 000 \$	1 043 000 - 5 213 000 \$	1 087 000 - 5 430 000 \$

**WNIOSKI**

Na podstawie analizy produktów, w zakresie autonomicznych pojazdów podwodnych, można wyciągnąć następujące wnioski:

1. AUV stanowią ważną część dziedziny robotyzacji. Dzięki swoim stale wzrastającym możliwościom użytkowo-technicznym, stanowią wartościowe narzędzia pracy w różnych obszarach działalności człowieka, związanej z morzami i oceanami. Prognozy na przyszłe lata wskazują, że produkcja tego typu pojazdów, będzie się pręźnie rozwijać. Odnosi się to również do wzrostu ich zapotrzebowania, szczególnie w zastosowaniach militarnych i naukowo-badawczych.
2. Analizowane parametry techniczne pojazdów AUV wskazują, że najczęściej są to pojazdy: o objętości do 2 m<sup>3</sup> i długości do 2 m, zakresie głębokości operacyjnych 100 - 500 m oraz prędkościach pływania powyżej 10 km/h. Można więc uznać, że są to roboty kompaktowe, stosunkowo łatwe w użyciu oraz nie wymagające dużych kosztów eksploatacyjnych.
3. Popularność grupy „małe” wynika również z małych wymagań logistycznych i transportowych. Pojazdy takie mogą być przemieszczane i użyte praktycznie z dowolnej jednostki pływającej. Grupy: średnie i duże, w większości przypadków, wymagają przystosowanych, specjalistycznych jednostek pływających z odpowiednim wyposażeniem.
4. Ze względu na dużą różnorodność oferowanego na rynku wyposażenia elektronicznego, wielu producentów stosuje budowę modułową pojazdów AUV, jako tzw. opcje. Kupujący cenią sobie tego typu rozwiązania, ponieważ umożliwiają wielozadaniowe wykorzystanie posiadanych urządzeń. Wymiana modułów z jednego typu na drugi, przy tym samym kadłubie, w sposób szybki zmienia przeznaczenie pojazdu np. z naukowo-badawczego na militarne.
5. Bardzo istotnym elementem składowym pojazdów są ich źródła zasilania. One stanowią o autonomiczności AUV pod wodą oraz możliwościach operacyjnych i sposobach wykorzystania w wymaganych obszarach zastosowania. Wpływają również na koszty użytkowania i zabezpieczenia logistycznego, zwłaszcza w zakresie ich regeneracji, przywracania parametrów użytkowych lub możliwości wymiany.

Table 4 presents the estimated changes in the prices of AUVs in the world in the years 2011 and 2012.

Table 4.

Estimated AUV price variations in the world.

AUV classification \ Year	2010	2011	2012
Small	50 000 - 250 000 \$	52 000 - 261 000 \$	54 000 - 272 000 \$
Medium	250 000 - 1 000 000 \$	260 600 - 1 043 000 \$	272 000 - 1 087 000 \$
Large	1 000 000 - 5 000 000 \$	1 043 000 - 5 213 000 \$	1 087 000 - 5 430 000 \$

### CONCLUSIONS

Based on the product analysis concerned with autonomous underwater vehicles we may conclude as follows:

1. AUVs constitute a significant element in the field of robotization. Thanks to the continuous development of technical and usability parameters they have become a valuable tool in various domains of human activity related to the seas and oceans. The prognoses for future years indicate that the production of this kind of vehicles will tend to rapidly develop. This also refers to a significant growth of demand, particularly for military and scientific-research applications.
2. The analysed AUV technical parameters indicate that the main characteristics of such vehicles include: volume up to 2 m<sup>3</sup> and length up to 2 m, operational depth range of 100 - 500 m and swimming speed above 10 km/h. Thus, we may conclude that they are compact robots, relatively easy to operate, not requiring high exploitation costs.
3. The popularity of the group of "small" vehicles also stems from low logistic and transportation requirements. Such vehicles may be translocated and used from practically any vessel. The groups: medium and large, in the majority of cases require properly adjusted specialist vessels with proper equipment.
4. Due to high diversity of electronic equipment present in the market many producers offer modular AUV construction as the so-called options. Buyers appreciate this kind of solutions as they enable multitask use of the purchased devices. Module replacement in the vehicle allows to quickly alter its use, e.g. from scientific-research to military.
5. Power supply sources constitute a crucial component of the vehicles. They decide on the autonomy of AUVs under water as well as their operational possibilities and applications. They also have an important impact on exploitation costs and logistic security, mainly with regard to their regeneration, restoration of application parameters or possibilities of replacement.

## LITERATURA / BIBLIOGRAPHY

1. "Remotely Operated Vehicles of the World 2010/2011 9-ta edycja Claracson Research Services Ltd. Londyn ISBN 978-1-907060-14-4; www.crsl.com;
2. Paul Newman - "Unmanned vehicles for shallow and costal waters" Douglas-Westwood 2010 ; www.dw-1.com;
3. Oistein Hasvold, Kjell Johansen "The Alkaline Aluminium Hydrogen Peroxide Semi-Fuel Cell for the Hugin 3000 Autonomous Underwater Vehicle" FFI (Norwegian Defence Research Establishment) Norwegia 2002;
4. Oistein Hasvold, Nils j. Storkersen, Sissel Forseth, Torleif Lian "Power sources for autonomous undrwater vehicles" FFI (Norwegian Defence Research Establishment) Norwegia 2005;

### Strony internetowe [SI]:

1. www.eca.com;
2. www.kongsberg.com;
3. www.saabgroup.com;
4. www.baegroup.com;
5. www.gavia.is

### Zdjęcia [Z] :

1. [http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/shallowwater\\_auv\\_and\\_usv.pdf](http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/shallowwater_auv_and_usv.pdf);
2. [http://www.eca.fr/ftp/article/321/PACIFIC\\_2010\\_Press\\_Release.pdf](http://www.eca.fr/ftp/article/321/PACIFIC_2010_Press_Release.pdf);
3. <http://www.waittinstitute.org/gallery/the-auv-system#>;
4. [http://www.eca.fr/ftp/article/321/PACIFIC\\_2010\\_Press\\_Release.pdf](http://www.eca.fr/ftp/article/321/PACIFIC_2010_Press_Release.pdf);
5. [http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/shallowwater\\_auv\\_and\\_usv.pdf](http://www.ths.org.uk/documents/ths.org.uk/downloads/shallowwater_auv_and_usv.pdf);
6. <http://www.kongsberg.com/en/KDS/Products/NavalSystems/~ /media/KDS/Files/Products/Naval%20Systems/produktarkCInspector1.ashx>;
7. [http://www.deagel.com/Underwater-Vehicles/PAP-Mark-5\\_a002091001.aspx](http://www.deagel.com/Underwater-Vehicles/PAP-Mark-5_a002091001.aspx);

## **АНАЛИЗ ЕВРОПЕЙСКОГО РЫНКА АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ**

### **АППАРАТОВ**

### **Часть 1**

*В статье представлен анализ продуктов и производителей автономных подводных аппаратов в Европе.*

**Ключевые слова:** *Технология дноуглубительных работ, автономный подводный аппарат (АНПА, англ. autonomous underwater vehicle — AUV).*