

Jan JARMUSZ, Łukasz MARZANTOWICZ

# Efektywność energetyczna użytkowania produktu jako przesłanka rozwoju producentów łodzi motorowych w Polsce

## Energy efficiency of the product use as a premise for the development of motorboat producers in Poland

**Streszczenie:** Głównym celem artykułu jest ocena wpływu zmiennej, jaką jest poziom efektywności energetycznej oraz aspektu finansowego nabycia i eksploatacji łodzi motorowych o zeroemisyjnym napędzie elektrycznym na tle ich substytutów rynkowych w postaci łodzi o napędzie konwencjonalnym wobec zjawiska rozwoju i dalszej ekspansji rynkowej producentów łodzi motorowych w Polsce w warunkach spełnienia współczesnych postulatów środowiskowych zrównoważonego rozwoju. Cel ten został osiągnięty z uwzględnieniem efektów badania opartego na analizie deskryptywnej i komparatywnej uwarunkowań energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych rozwoju projektu badawczo-rozwojowego prowadzonego w latach 2018–2019 przez firmę VT-Sport dotyczącego opracowania nowego modelu łodzi motorowej wraz z przygotowaniem do wdrożenia do produkcji. Wskazano potrzeby rynkowe w zakresie dalszego rozwoju i ekspansji krajowych producentów łodzi motorowych w Polsce. Efekty badania mogą stanowić istotny przyczynek pogłębionych badań i dyskusji na temat spełniania warunków i postulatów ekologicznych, ekonomicznych oraz społecznych zrównoważonego rozwoju w rozważanym sektorze gospodarki.

**Słowa kluczowe:** zrównoważony rozwój, napęd elektryczny, projekt B+R, efektywność ekonomiczna, efektywność ekologiczna

**Abstract:** The main objective of the article is to assess the impact of the variable, which is the level of energy efficiency and the financial aspect of the acquisition and operation of zero-emission electric motor boats against the background of their market substitutes in the form of conventionally powered boats in the face of the phenomenon

of development and further market expansion of producers of electric motor boats in Poland in conditions for meeting contemporary environmental demands for sustainable development. This goal was achieved taking into account the results of the study carried out taking into account the descriptive and comparative analysis of energy, environmental and economic conditions for the development of a research and development project conducted in 2018–2019 by VT-Sport, concerning the development of a new model of a motorboat along with preparation for implementation into production. The result of the study was an indication of market needs in the scope of further development and expansion of domestic producers of electric drives for motor boats in Poland. The results of the research may constitute a significant contribution to in-depth research and discussions in the field of meeting the conditions and postulates of ecological, economic and social sustainable development in the considered sector of the economy.

**Keywords:** sustainable development, electric drive, R&D project, economic efficiency, ecological efficiency

**JEL:** O18, M21, M15

---

Przemysł to sektor gospodarki, który zgodnie ze statystką IPPC (dane za rok 2019, przywołane przez OECD [www 1, 2022]) odpowiada za największą część bezpośredniej emisji gazów cieplarnianych. Zaraz za energetyką i rolnictwem. Równocześnie, zgodnie z Programem Środowiskowym ONZ (UN Environmental Programme) [www 2, 2022] to właśnie sektor przemysłu należy uznać za posiadający drugi pod względem skali potencjał ograniczenia emisji. Jego źródłem są ograniczenia własnej energo- i zasobochłonności, ale również potencjalny wpływ bardziej wydajnych i niskoemisyjnych produktów na inne sektory. Specyfiką sektora przemysłowego jest też obecność licznych strategii dekarbonizacji, tworzonych dla poszczególnych gałęzi, a nawet branż. Swoistą branżą w sektorze przemysłowym jest produkcja łodzi motorowych, dla której w 2021 r. przedstawiono mapę drogową dekarbonizacji europejskiego sektora łodzi rekreacyjnych (Roadmap for the Decarbonisation of the European Recreational Marine Craft Sector) [www 3, 2022]. Zawarta w niej diagnoza oraz rekomendacje działań stanowią drogowskaz dla transformacji branży w kierunku zrównoważonego rozwoju i ograniczenia emisji. Prezentowane ustalenia zostały dokonane z wykorzystaniem metody analizy deskryptywnej. Zastosowano również analizę komparatywną na przykładzie studium przypadku.

Podstawowym celem opracowania jest analiza wyników zrealizowanego projektu badawczo-rozwojowego jako przesłanek oceny potencjału dalszego rozwoju i ekspansji rynkowej łodzi motorowych z napędem elektrycznym. W tym celu dokonano oceny poziomu efektywności energetycznej oraz wybranych wydatków eksploatacyjnych

ponoszonych przez potencjalnego nabywcę łodzi motorowych o napędzie konwencjonalnym i zeroemisyjnym w warunkach spełnienia postulatów środowiskowych zrównoważonego rozwoju.

Dofinansowanie realizacji projektów badawczo-rozwojowych stanowi wsparcie polskich przedsiębiorstw zwłaszcza w zakresie realizacji postulatów zrównoważonego rozwoju. Opisywany problem i przykład przedsiębiorstwa są ukierunkowane na wskazanie efektywności ekologicznej i ekonomicznej produktu, w tym przypadku łodzi motorowej możliwej do wyposażenia zarówno w napęd elektryczny, jak i spalinowy, której opracowanie oraz wdrożenie jest wynikiem realizacji projektu badawczo-rozwojowego. Wyboru projektu badawczo-rozwojowego, referencyjnego dla analizy zagadnienia, dokonano z uwagą na:

- dominujący udział w sprzedaży krajowej i eksporcie łodzi o długości do 7,5 m [ICOMIA, 2020];
- fakt, że łodzie VTS 31 były projektowane z myślą o napędzie elektrycznym, który jest bardzo wrażliwy na opory hydrodynamiczne;
- VT-Sport Sp. z o.o. posiada doświadczenie w budowie łodzi z napędem spalinowym oraz elektrycznym.

Stanowi to o realizacji jednego z podstawowych postulatów ekologicznych zrównoważonego rozwoju w zakresie projektowania przyjaznych środowisku rozwiązań.

Cel główny wspiera hipoteza w brzmieniu: napęd elektryczny łodzi motorowych stanowi atrakcyjną alternatywę dla napędu konwencjonalnego pod względem kosztów użytkowania oraz efektywności energetycznej łodzi motorowych, jednakże przy obecnych cenach napędów zeroemisyjnych zrównanie efektywności ekonomicznej w cyklu życia produktu nie stanie się możliwe bez dalszego wzrostu i rozwoju sektora ich produkcji, a w konsekwencji obniżki poziomu kosztów produkcji akumulatorów, co stanowi długotrwały proces sprzyjający osiągnięciu warunków zrównoważonego rozwoju pod warunkiem wystąpienia sprzyjających temu zmian cenowych na rynkach energii.

W opracowaniu dokonano analizy wielowymiarowej (za pomocą narzędzi wskazanych w części metodycznej), ponieważ wykorzystano wskaźniki efektywności energetycznej nośników energii, parametry z analiz z etapu prac konceptualnych łodzi, wyniki testów łodzi z napędami klasycznymi i napędem elektrycznym, w tym prędkość, zasięgi, czas pływania.

Należy przyjąć, że analizowane studium przypadku firmy produkującej łodzie motorowe z napędem elektrycznym stanowi głos w rozpoczynającej się dyskusji na temat zelektryfikowania, w tym ekologizacji, sfery czy też rynku rekreacji. Analizowane przedsiębiorstwo zalicza się do dominującej w branży grupy MŚP [ECSIP, 2015], których przedmiotem działalności jest produkcja łodzi. Podmioty te działają jako niezależne od producentów napędów spalinowych i elektrycznych, w większości będących przedsiębiorstwami o zasięgu globalnym (np. Suzuki, Honda, Mercury Marine, Torqeedo).

## Stan wiedzy

Analiza popularnych naukowych baz, zawierających opracowania (Ebsco, Emerald, Web of Science) wykazują lukę w zakresie rynku elektrycznych łodzi motorowych. Pojawiają się opracowania natury problemów środowiskowych w aspekcie wykorzystywania napędów elektrycznych w ogóle, ale w kontekście elektrycznych łodzi motorowych i rynku z tym związanego w Polsce i w Europie są rzadkością.

Niemniej jednak należy wskazać aspekt ekologiczny rynku łodzi motorowych. Najciekawszym, choć rzadko wspomnianym w literaturze, jest problem rynku i produkcji łodzi motorowych w Europie, w tym w Polsce. Rynek łodzi motorowych w Europie to sektor małego przemysłu. Stąd literatura na ten temat, zwłaszcza naukowa, jest stosunkowo niewielka. Większość rozważań w literaturze przedmiotu dotyczy ekologii czy perspektywy elektromobilności [Łapko, 2019], ale częściej o wpływie na środowisko naturalne (w tym głównie wpływ na zbiorniki wodne, takie jak jeziora i rzeki) [Symmank, Profeta, Niens, 2021]. Mimo to podjęto próby zdefiniowania stanu techniki w dziedzinie produkcji łodzi motorowych z naukowego punktu widzenia. Literatura dotycząca rekreacyjnych łodzi motorowych traktuje o problemie głównie z punktu widzenia rozwoju regionów pod względem turystycznym przy jednoczesnym uwzględnieniu aspektów ekonomicznych [Łopaciński, Żółtowski, 2018]. Istnieją również rozważania dotyczące rozwoju rynku z perspektywy cyklu życia łodzi motorowych [Zhang i in., 2021]. Co więcej, rozpatrywany jako całość rynek produkcji łodzi w Europie charakteryzuje się różnym poziomem dokładności danych i metodami agregacji statystycznej, w zależności od źródła raportu. Biorąc pod uwagę analizy rynkowe, które zostały opracowane dla projektu B+R opisanego w artykule oraz projektu wdrożeniowego wykorzystującego jego wyniki, wybrano trzy źródła:

- *Badanie konkurencyjności sektora łodzi rekreacyjnych* [ECSIP, 2015] zlecone przez Dyрекcję ds. Rynku Wewnętrzznego, Przemysłu, Przedsiębiorczości i MŚP;
- *Monitorowanie rynku żeglarskiego. Wgląd w rynek międzynarodowej branży żeglarstwa rekreacyjnego*, Deloitte na zlecenie Nautica Italiana [Delloite, 2018];
- *Statystyki branży żeglarskiej rekreacyjnej* (Międzynarodowa Rada Stowarzyszeń Przemysłu Morskiego – ICOMIA), [ICOMIA, 2021].

Najdokładniejszą bazą wiedzy na temat rynku łodzi motorowych jest raport ICOMIA, który przedstawia rynek pod względem geograficznym, wartości i segmentów. Jest rozwijany corocznie z kwartalnymi aktualizacjami. Koncentruje się na rynku produktowym i nie zapewnia przeglądu samej gałęzi gospodarki. Systematycznym źródłem wiedzy o funkcjonowaniu rynku jest stosunkowo stare *Badanie konkurencyjności sektora łodzi rekreacyjnych* [ECSIP, 2015]. Już w momencie powstania sygnalizowało wysoki poziom koncentracji rynku (10–20 dużych podmiotów), w tym sześciu liderów pod względem obrotów i skali (w raporcie wskazanym nazwą). Zdecydowana większość

przedsiębiorstw to MŚP, które stanowią 95% rynku [ECSIP, 2015]. Można przypuszczać, że analogiczny podział występuje również w Polsce. Wybrany obraz rynku prowadzi do rozróżnienia kategorii łodzi rekreacyjnych w następujący sposób:

- łodzie żaglowe,
- łodzie motorowe z zabudowanym napędem,
- inne łodzie kadłubowe, w tym z silnikiem zewnętrznym,
- łodzie pneumatyczne.

Według raportu *Study on the competitiveness of the recreational boating sector* [ECSIP, 2015] większość respondentów przeznaczają na badania i rozwój do 10% swoich rocznych obrotów. Jednocześnie, jak wynika z raportu, małe firmy mają problem z zaangażowaniem kapitału w prace B+R. W związku z tym fundusze europejskie odgrywają ważną rolę.

## Metodyka

Formuła realizacji projektu B+R została opracowana przez VT-Sport Sp. z o.o. oraz zespół przygotowujący na zlecenie spółki wnioski o dofinansowanie projektu ze środków UE. Kolejne fazy projektu były związane z osiąganiem wyższych poziomów gotowości technologicznej aż do gotowości do wdrożenia. Przedsięwzięcie było realizowane w latach 2018–2019.

**Tabela 1** Zestawienie kluczowych etapów projektu badawczo-rozwojowego nr RPZP.01.01.00-32-0021/17

TRL	Opis prac badawczych planowanych do przeprowadzenia, niezbędnych dla osiągnięcia danego poziomu gotowości technologicznej	Efekt etapu prac / osiągnięty kamień milowy
IV	Opracowanie komputerowych modeli koncepcyjnych pokładów Capri i Bowrider dla łodzi VTS 31. Integracja z opracowanym wcześniej modelem kadłuba wspólnym dla wszystkich wersji pokładu łodzi VTS 31	Koncepcyjne komputerowe modele łodzi w wersji Capri i Bowrider – nabyte w formie licencji. Proces integracji modeli z kadłubem zakończony pozytywnie. Zintegrowane z kadłubem modele zostały komputerowo zwalidowane.
V	Symulacja komputerowa zintegrowanych, koncepcyjnych wersji modelu łodzi VTS 31 w wersjach pokładowych Capri i Bowrider	Wyniki wykorzystane na etapie opracowania projektu wykonawczego
VI	Opracowanie projektu wykonawczego dla prototypów służących testom w warunkach rzeczywistych – wersje Capri i Bowrider	Projekt wykonawczy wersji Capri i Bowrider – nabyty w formie licencji

cd. tabeli 1

TRL	Opis prac badawczych planowanych do przeprowadzenia, niezbędnych dla osiągnięcia danego poziomu gotowości technologicznej	Efekt etapu prac / osiągnięty kamień milowy
VII	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wykonanie modeli kadłuba i wszystkich trzech wersji pokładu</li> <li>▪ Zakup form testowych</li> <li>▪ Wykonanie poszyc z laminatu</li> <li>▪ Zakup jednostek napędowych do prototypów</li> <li>▪ Montaż prototypów</li> </ul>	trzy prototypy łodzi VTS31 – prototyp wersji podstawowej, prototyp wersji Capri, prototyp wersji Bowrider
VIII-IX	Próby i testy w warunkach rzeczywistych	Raport z badań – uzyskano pozytywne wyniki prób w warunkach rzeczywistych. Potwierdzono osiągi łodzi zdefiniowane w założeniach projektowych

Źródło: Agenda badawcza projektu nr RPZP.01.01.00–32–0021/17, wersja po zmianach, Szczecin 2019.

Zgodnie z agendą badawczą projektu przewidziano pięć etapów jego realizacji, zakładających osiągnięcie kolejnych poziomów gotowości technologicznej (TRL). Po szczególne etapy kończyło osiągnięcie założonego kamienia milowego. Końcowymi rezultatami projektu są:

- przetestowana i gotowa do wdrożenia rodzina łodzi VTS 31;
- dokonane zgłoszenie wzorów przemysłowych.

**Tabela 2** Zestawienie założeń projektowych wspólnych opracowanej łodzi długości 5,7 m

Parametr	Założenie projektu B+R	Wynik końcowy osiągnięty w ramach projektu
Długość	5,70 m (z platformą kąpielową)	5,71 m
Szerokość	2,02 m	2,05 m
Kategoria stateczności CE	C – wody przybrzeżne	C – wody przybrzeżne
Typ silnika	Zaburtowy, spalinowy lub elektryczny	Zaburtowy, spalinowy lub elektryczny
Moc maks.	90 KM	90 KM – napęd spalinowy, 50 kW napęd elektryczny
Załoga	5–6 osób	6–7 osób w zależności o wersji pokładu
Typ łodzi	Runabout	Runabout
Przeznaczenie	Rekreacyjne	Rekreacyjne
Kabina	Brak	Brak

Źródło: opracowanie na podstawie Agenda badawcza projektu nr RPZP.01.01.00–32–0021/17, wersja po zmianach, Szczecin, 2019, dane techniczne udostępnione przez VT-Sport Sp. z o.o.

W 2017 r. projekt uzyskał dofinansowanie ze środków Unii Europejskiej (EFRR, w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Zachodniopomorskiego 2014–2020) i został skierowany do realizacji. Istotnym elementem założeń projektu było opracowanie i przygotowanie do wdrożenia projektu łodzi dostosowanych zarówno do napędu elektrycznego, jak i konwencjonalnego przy równoczesnym dopuszczeniu możliwości zmiany źródła napędu na dowolnym etapie cyklu życia wyrobu.

Wynikiem projektu było przygotowanie do wdrożenia nowego modelu łodzi długości 5,7 m w trzech wersjach pokładu. W formie tabeli przedstawiono założenia projektowe wspólne dla całej rodziny łodzi, a w kolejnej tabeli podstawowe dane techniczne trzech prototypów wytworzonych w ramach prac badawczo-rozwojowych (tabela 3).

**Tabela 3** Zestawienie kluczowych parametrów technicznych prototypów opracowanej łodzi o długości 5,7 m

Parametr	FlyingShark	Capri	Bowrider
pokład	klasyczny	z pokładem słonecznym	z miejscami siedzącymi w części dziobowej
długość [m]	5,71		
szerokość [m]	2,05		
masa zestawu [kg]	680	735	820
rodzaj napędu	spalinowy (konwencjonalny)	elektryczny	spalinowy (konwencjonalny)
moc napędu [kW]	44,2 kW	10 kW	66,2 kW
pojemność zbiornika paliwa [l] / pojemność baterii [kWh]	60 l	10 kWh	90 l
materiał poszycia kadłuba	laminaty poliestrowo-szklane		

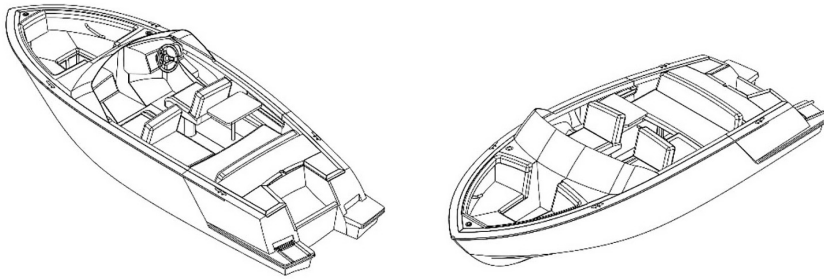
Źródło: opracowanie na podstawie danych projektu VT-Sport Sp. z o.o.

Kluczowymi etapami opisywanego projektu badawczo-rozwojowego były prace nad wykonaniem trzech prototypów łodzi (w wersji klasycznej, z pokładem słonecznym oraz typu bowrider), a także ich testy w warunkach rzeczywistych. Celem było potwierdzenie parametrów i cech eksploatacyjnych opracowanej łodzi zdefiniowanych na etapach koncepcyjnym i projektowym.

W położonym w Dobrzanach (Polska, woj. zachodniopomorskie) zakładzie firmy VT-Sport zmontowano kolejno następujące jednostki:

- model klasyczny (FlyingShark) sparowany z napędem spalinowym o mocy (44,2 kW);
- model z pokładem słonecznym (Capri) sparowany z napędem elektrycznym o mocy 10,0 kW;
- model bowrider (Bowrider) sparowany z silnikiem spalinowym o mocy 66,2 kW.

## Rysunek 1 Opracowana w ramach projektu łódź VTS 31 w wersji Bowrider – widoki 3D



Źródło: VT-Sport Sp. z o.o.

Następnie przeprowadzono próby wszystkich wspomnianych łodzi. Odbyły się one na położonym w granicach Szczecina jeziorze Dąbie. Powierzchnia akwenu (czwarty pod względem wielkości w Polsce) oraz panujące warunki nawigacyjne pozwoliły na sprawdzenie wszystkich kluczowych parametrów eksploatacyjnych łodzi.

### Metodyka analizy komparatywnej

Inspiracją do przeprowadzenia zaprezentowanej w dalszej części artykułu analizy komparatywnej efektywności energetycznej napędu konwencjonalnego i spalinowego w 15-letnim okresie użytkowania zaprojektowanych łodzi motorowych było zaangażowanie autorów w przygotowanie wniosku o dofinansowanie prac badawczo-rozwojowych opisanych w poprzednim punkcie.

Podstawą analizy komparatywnej były dane z prób prototypów w warunkach rzeczywistych, w trakcie których zmierzono zużycie energii przy poszczególnych prędkościach oraz prędkości maksymalne osiągnięte przez łodzie wyposażone w poszczególne napędy. Na ich podstawie sformułowano trzy scenariusze eksploatacji łodzi, dla których zasadne było przeprowadzenie analizy komparatywnej energochłonności wraz z odniesieniem do kosztów użytkowania:

- spacerowy – eksploatacja z prędkościami ok. 5 km/h (ok. 2,7 kt);
- rekreacyjny – eksploatacja z prędkościami ok. 10 km/h (ok. 5,4 kt);
- uniwersalny – eksploatacja z prędkościami ok. 15 km/h (ok. 8,1 kt).

Przy czym referencyjny charakter dla oceny energochłonności oraz poziomu dojrzałości rynkowej napędów elektrycznych ma scenariusz uniwersalny. Przyjęta prędkość jest bliska prędkości maksymalnej łodzi z napędem elektrycznym 10 kW (akceptowalnym cenowo) i równocześnie jest zbliżona do średniej prędkości (10 kts / 18,52 km/h) eksploatacyjnej według raportu *Investigating the potential circularity of a motorboat using Life Cycle Assessment* [IVL Swedish Environmental Research Institute, 2021].



Dla każdego z wymienionych scenariuszy przeprowadzono następujące wyliczenia:

- zużycia energii w cyklu użytkowania: iloczyn zużycia energii (paliwa) przy pływaniu z daną prędkością, liczby godzin eksploatacji łodzi w ciągu roku i przewidywanej liczby lat eksploatacji łodzi;
- kosztów zużytego paliwa lub energii: iloczyn zużycia energii (paliwa) i średniej ceny jednostkowej dla kolejnego roku analizy;
- kosztów przeglądów okresowych napędu: iloczyn ceny jednostkowej przeglądu i liczby przeglądów obliczonej jako iloraz godzin eksploatacji łodzi w cyklu użytkowania i interwałów pomiędzy przeglądami.

Punktem wyjścia analizy było zdefiniowanie długości cyklu użytkowania wyrobu, dla którego będzie przeprowadzana analiza. Również w tym celu posłużono się publikacją *Investigating the potential circularity of a motorboat using Life Cycle Assessment* [IVL Swedish Environmental Research Institute, 2021]. Dla użytku rekreacyjnego autorzy raportu określają długość życia wyrobu w wariantcie bazowym na 30 lat. Przyjęty w cytowanej publikacji cykl wymiany kluczowych komponentów układu napędowego:

- dla wariantu z napędem konwencjonalnym: wymiana silnika po 15–20 latach;
- dla napędu elektrycznego: wymiana baterii po 10–15 latach.

Z uwagi na koszty wymiany wspomnianych elementów oraz ich wpływ na koszt użytkowania wyrobu w dłuższym okresie, ramy czasowe analizy ograniczono do zbieżnego interwału, tj. 15 lat. W ślad za raportem *Investigating the potential circularity of a motorboat using Life Cycle Assessment* przyjęto także czas użytkowania w ciągu roku na 126 h/rok. Przy sezonie motorowodnym, który trwa od kwietnia do września, oznaczało to intensywne wykorzystanie łodzi przez 21 z 26 weekendów w wymiarze 6 h/weekend lub 3 h/dzień.

W celu zapewnienia porównywalności zużycia energii w cyklu użytkowania łodzi zostało przeprowadzone w kWh. Dla obliczenia zapotrzebowania na energię napędu konwencjonalnego posłużono się wskaźnikiem wynoszącym 9,6 kWh/litr, w ślad za kalkulatorem Fuel Conversion Factors [www 4, dostęp 04.11.2021].

Koszty paliwa i energii przyjęto na podstawie cen obowiązujących w trakcie opracowywania artykułu. Z uwagi na relatywnie niewielką dostępność stacji paliw zlokalizowanych na przystaniach [za Łapko, 2019] w kalkulacji dla roku 2022 posłużono się średnią ceną benzyny bezołowiowej 95-oktanowej na stacjach paliw w Polsce z dnia 03.11.2022 r. udostępnioną przez portal e-petrol [www 5, dostęp 07.11.2022]. W przypadku energii elektrycznej posłużono się ceną kWh z przyłącza na przystani Marina Pogoń w Szczecinie [www 6, 2022].

Wytyczne dotyczące interwałów pomiędzy przeglądami przyjęto na podstawie:

- napędów konwencjonalnych – Suzuki: według wytycznych producenta co 100 h lub 12 miesięcy;

- napędów elektrycznych – Torqeedo: według informacji uzyskanej w jedynym autoryzowanym serwisie producenta w Polsce napędy nie wymagają przeglądów okresowych.

W celu wyeliminowania wpływu różnic cenowych związanych z modelami łodzi, na których zainstalowano poszczególne typy napędu oraz z wyposażeniem dodatkowym tych łodzi, w analizie porównawczej pominięto skalkulowane przez producenta ceny zakupu łodzi bez napędu – przyjęto jednolitą cenę zakupu łodzi w referencyjnej konfiguracji.

Koszt zakupu napędu oszacowano na podstawie skalkulowanych przez VT-Sport Sp. z o.o. cen dla klientów indywidualnych.

## Rezultaty

Pozytywne wyniki prac badawczo-rozwojowych w ramach projektu nr RPZP.01.01.00-32-0021/17 potwierdziły próby w warunkach rzeczywistych przeprowadzone w maju 2019 r. Ich rezultaty przedstawiono w tabeli 4. Uzyskane wyniki stanowiły punkt wyjścia dla dalszych analiza i rozważań w artykule.

Ponadto w trakcie prób zebrano dane dotyczące zużycia paliwa i poboru energii, wykorzystane w kolejnych krokach do analizy efektywności energetycznej oraz do oszacowania wydatków na zakup paliwa / energii elektrycznej.

Z punktu widzenia porównania napędów konwencjonalnych i elektrycznych brakującym ogniwem wymienionej palety wyrobów była łódź wyposażona w napęd elektryczny dużej mocy. Ujęcie zakupu i prób tego napędu na etapie projektu B+R nie było uzasadnione, ponieważ jego koszt byłby równy jednej czwartej budżetu przewidzianego na wszystkie prace, a ocena zachowania łodzi przy dużych prędkościach mogła zostać przeprowadzona z wykorzystaniem napędu spalinowego. Możliwość uzupełnienia luki w danych źródłowych pojawiła się w 2021 r. przy okazji prób wyposażonego w napęd Torqeedo DeepBlue 50kW egzemplarza serii pilotażowej, wykonanych z udziałem przedstawiciela producenta napędu. Wyniki przedstawiono w tabeli 5.

**Tabela 4 Zużycie energii przy zmierzonych prędkościach i wyliczony zasięg oraz czas pływania**

Model	Zmienna	Pomiary												
		4,7	6,5	7,6	9,0	11,9	14,7	19,7	27,5	34	39,8	44,7	50,1	53,7
Flying Shark	Prędkość km/h	0,9	1,1	1,5	1,9	2,2	4,5	6,4	8,8	11,8	14,9	17,2	20,8	23,1
	Zużycie l/h	313,3 (66:40)	354,5 (54:33)	304,0 (40:00)	284,2 (31:35)	324,5 (27:16)	196,0 (13:20)	184,7 (9:23)	187,5 (6:49)	172,9 (5:05)	160,3 (4:02)	155,9 (3:29)	144,5 (2:53)	139,5 (2:36)
Capri	Prędkość km/h	4,9	6,9	7,5	8,7	9,8	10,3	11,2	12,2	13,0	14,1	14,8	15,2	15,6
	Zużycie kWh	0,25	0,5	0,75	1,25	2,00	2,50	3,50	5,00	6,50	8,00	9,00	9,50	10,00
Bowrider	Zasięg km (czas pływania h)	196,0 (40:00)	138,0 (20:00)	100,0 (13:20)	69,6 (8:00)	49,0 (5:00)	41,2 (4:00)	32,0 (2:52)	24,4 (2:00)	20,0 (1:32)	17,6 (1:15)	16,4 (1:07)	16,0 (1:03)	15,6 (1:00)
	Prędkość km/h	5,2	7,4	9,7	11,2	15,4	23,2	33,6	37,3	48,2	51,0	56,0	61,5	67,8
Bowrider	Zużycie l/h	0,9	1,2	2,1	3,1	5,7	7,2	10,1	11,0	14,0	19,3	25,7	29,3	32,9
	Zasięg km (czas pływania h)	508,7 (97:50)	579,1 (78:16)	415,7 (42:51)	325,2 (29:02)	243,2 (15:47)	290,0 (12:30)	299,4 (8:55)	305,2 (8:11)	309,9 (6:25)	237,8 (4:40)	196,1 (3:30)	188,9 (3:04)	185,5 (2:44)

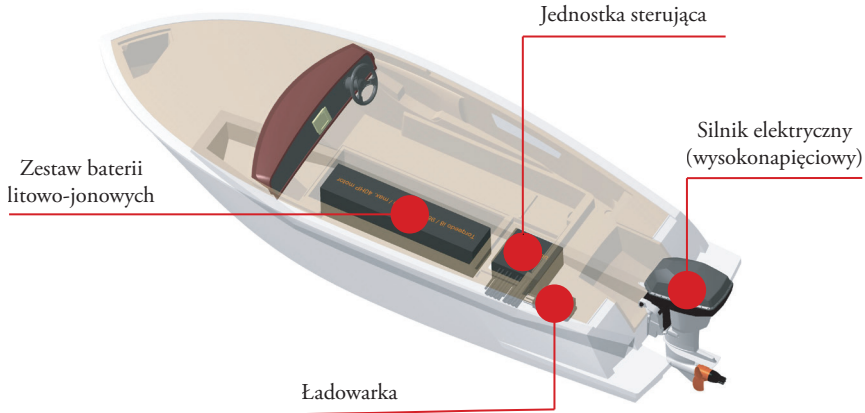
Źródło: opracowanie na podstawie wyników badania prac badawczo-rozwojowych projektu B+R VT-Sport.

**Tabela 5 Zużycie energii przy zmierzonych prędkościach i wyliczony zasięg oraz czas pływania dla napędu elektrycznego wysokiej mocy**

Model	Zmienna	Pomiary										
		2,9	6,2	8,6	9,9	11,4	12,4	18,6	23,8	31,6	36,8	43,5
FlyingShark	Prędkość	0,25	0,61	1,80	4,19	8,16	13,84	20,60	26,70	32,40	39,70	47,00
	Zużycie kWh	464,0 (160:00)	406,6 (65:34)	191,1 (22:13)	94,5 (9:32)	55,9 (4:54)	35,8 (2:53)	36,1 (1:57)	35,7 (1:30)	39,0 (1:14)	37,1 (1:00)	37,0 (0:51)

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badania prac badawczo-rozwojowych projektu B+R VT-Sport.

**Rysunek 2** Rozmieszczenie poszczególnych elementów napędu elektrycznego wysokiej mocy w kadłubie łodzi VTS 31



Źródło: VT-Sport Sp. z o.o.

Przedstawione dane potwierdzają występowanie barier ograniczających konkurencyjność napędów elektrycznych, wskazanych przez Truls Tveitdal w publikacji *Market barriers towards electric boats*. Zalicza się do nich:

- ograniczony zasięg wynikający z dostępnej gęstości energetycznej baterii – zgodnie z zebranymi danymi napęd elektryczny niskiej mocy zapewnia realizację pożądanego czasu pływania (3–4 h/dzień) jedynie przy prędkościach spacerowych. Z uwagi na gęstość energetyczną paliwa napęd konwencjonalny charakteryzuje się znacznie niższą wrażliwością zużycia paliwa i tym samym zasięgu na wzrost prędkości pływania;
- niskie zapotrzebowanie na energię oraz osiąganie niższych prędkości – tylko napędy elektryczne wysokiej mocy są w stanie zapewnić osiągi zbliżone do tych charakterystycznych dla łodzi z napędem konwencjonalnym;
- wysoki koszt łodzi z napędem elektrycznym dużej mocy.

Wymienione bariery w adekwatnie dostosowanej formie są wspólne dla elektromobilności nie tylko na wodzie, lecz również na lądzie. Odpowiadają one przynajmniej w części barierom rozwoju rynku samochodów elektrycznych, do których zalicza się również:

- zjawisko lęku przed brakiem zasięgu;
- brak kontaktu, doświadczenia lub znajomości technologii, a przez to brak zaufania do niej;
- tradycyjne wzorce użytkowania, bazujące na odmiennych ograniczeniach napędów konwencjonalnych [Krishna, 2021].

Jak pokazuje przywołany przykład rozwoju rynku samochodów elektrycznych, co podkreślono w *Market barriers towards electric boats*, są to bariery możliwe do pokonania z wykorzystaniem odpowiedniej strategii rynkowej, np. strategii przyczółka.

Na podstawie powyższych danych o zużyciu energii przez napędy klasyczne i elektryczne określono jej zużycie w skali roku oraz cyklu użytkowania wyrobu. Dane przedstawiono w podziale na napędy i scenariusze.

W kolejnym kroku dokonano oszacowania cen benzyny bezołowiowej 95 i energii elektrycznej w przyszłych okresach, z wykorzystaniem trendów zmian określonych w Polityce energetycznej Polski do 2040 r. (PEP 2040) [www 7, 2022].

**Tabela 6** Zużycie energii przez poszczególne rodzaje napędów w horyzoncie analizy

Opcja napędu	Parametr	Scenariusz		
		Spacerowy	Rekreacyjny	Uniwersalny
Napęd konwencjonalny 44,2 kW	Zużycie jednostkowe paliwa w l/h	0,9	1,9	4,5
	Zużycie jednostkowe w kWh/h	8,64	18,24	43,20
	Zużycie energii w kWh w skali roku	1 088,64	2 298,24	5 443,20
	Zużycie energii w kWh przez 15 lat	16 329,60	34 473,60	81 648,00
Napęd konwencjonalny 66,2 kW	Zużycie jednostkowe paliwa w l/h	0,9	2,1	5,7
	Zużycie jednostkowe w kWh/h	8,64	20,16	54,72
	Zużycie energii w kWh w skali roku	1 088,64	2 540,16	6 894,72
	Zużycie energii w kWh przez 15 lat	16 329,60	38 102,40	103 420,80
Napęd elektryczny 10 kW	Zużycie jednostkowe w kWh/h	0,25	2,00	9,00
	Zużycie energii w kWh w skali roku	31,50	252,00	1 134,00
	Zużycie energii w kWh przez 15 lat	472,50	3 780,00	17 010,00
Napęd elektryczny 50 kW	Zużycie jednostkowe w kWh/h	0,61	4,19	20,60
	Zużycie energii w kWh w skali roku	76,86	527,94	2 595,60
	Zużycie energii w kWh przez 15 lat	1 152,90	7 919,10	38 934,00

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badania prac badawczo-rozwojowych projektu B+R VT-Sport.

**Tabela 7** Szacowana zmiana cen benzyny bezołowiowej 95 na podstawie trendów dotyczących cen paliw w imporcie do UE, zawartych w PEP 2040

Lp.	Zmienna	Jednostka	2022	2025	2030	2035	2040
1.	Prognoza cen paliw w imporcie do UE na bazie PEP 2040	EUR'2016/GJ	9,08	10,70	12,10	13,30	14,30
2.	Cena benzyny bezołowiowej prognozowana wg średniej ceny na 03.11.2022	PLN/litr	6,60	7,77	8,77	9,62	10,32
3.	Koszt 1 kWh z benzyny bezołowiowej 95	PLN	0,69	0,81	0,91	1,00	1,08

Źródło: opracowanie na podstawie PEP 2040 oraz <https://www.e-petrol.pl/> (dostęp 07.11.2022).

**Tabela 8** Zmiana cen energii elektrycznej na przystaniach na podstawie trendów dotyczących cen energii elektrycznej dla sektora usług zawartych w PEP 2040

Lp.	Zmienna	Jednostka	2022	2025	2030	2035	2040
1.	Prognoza cen energii elektrycznej dla usług na bazie PEP 2040	PLN/kWh	0,682	0,755	0,767	0,783	0,784
2.	Cena benzyny bezołowiowej prognozowana wg ceny 1 kWh pobranej na przystani	PLN/kWh	0,79	0,88	0,88	0,88	0,88

Źródło: opracowanie na podstawie PEP 2040 oraz <http://marinapogon.pl/marina/uslugi/uslugi-przystaniowe/> (dostęp 07.11.2022).

**Tabela 9** Szacowane wydatki na nabycie i eksploatację łodzi wyposażonych w napęd konwencjonalny oraz napęd elektrycznych

Lp.	Rodzaj łodzi	Zmienna (w PLN)	Spacerowy	Rekreacyjny	Uniwersalny
1.	Łódź z napędem konwencjonalnym 44,2 kW	Cena nabycia		186 963,42	
		Wydatki na paliwo/energię w okresie eksploatacji	14 370,05	30 336,76	71 850,24
		Wydatki na przeglądy w okresie eksploatacji	28 350,00	28 350,00	28 350,00
		Łącznie	229 683,47	245 650,18	287 163,66
2.	Łódź z napędem konwencjonalnym 66,2 kW	Cena nabycia		196 335,02	
		Wydatki na paliwo/energię w okresie eksploatacji	14 370,05	33 530,12	91 010,31
		Wydatki na przeglądy w okresie eksploatacji	28 350,00	28 350,00	28 350,00
		Łącznie	239 055,07	258 215,14	315 695,33
3.	Łódź z napędem elektrycznym 10 kW	Cena nabycia		257 016,13	
		Wydatki na paliwo/energię w okresie eksploatacji	410,14	3 281,04	14 764,68
		Wydatki na przeglądy w okresie eksploatacji	0,00	0,00	0,00
		Łącznie	257 426,27	260 297,17	271 780,81
4.	Łódź z napędem elektrycznym 50 kW	Cena nabycia		455 694,05	
		Wydatki na paliwo/energię w okresie eksploatacji	1 000,76	6 873,81	33 794,73
		Wydatki na przeglądy w okresie eksploatacji	0,00	0,00	0,00
		Łącznie	456 694,81	462 567,86	489 488,78

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badania prac badawczo-rozwojowych projektu B+R VT-Sport.

Następnie, na podstawie wymienionych danych oraz założeń opisanych szerzej w punkcie „Metodologia”, zestawiono koszty paliwa (energii) i inne, powiązane z rodzajem napędu, ponoszone przez użytkownika łodzi w cyklu użytkowania wyrobu.

## Dyskusja

Zgodnie z przeprowadzoną analizą łodzie motorowe przechodzą ścieżkę rozwoju analogiczną do tej, która ma miejsce w motoryzacji. Porównując różnice cenowe pomiędzy w substytucyjnymi modelami, także różnica cen jest zbliżona do tej odnotowywanej w motoryzacji (napędy spalinowe w średnim przedziale mocy w porównaniu do napędów elektrycznych wysokiej mocy).

W przypadku samochodów elektrycznych kluczem do wyjścia z niszy był spadek cen baterii pomiędzy rokiem 2013 a 2020 z 668 USD/kWh do 137 USD/kWh [www 8, Bloomberg NEF, 2022]. W przypadku pakietów akumulatorów do łodzi ich ceny za kWh są kilkukrotnie wyższe. Dla przykładu cena baterii do napędu 10 kWh to ok. 5036 PLN/kWh. W przypadku napędu dużej mocy cena za 1 kWh to ok. 3087 PLN/kWh. Tym samym ceny pakietów akumulatorów wysokiej mocy (lito-wo-jonowych) na koniec 2022 r. są na poziomie cen akumulatorów do samochodów elektrycznych sprzed prawie dekady.

Podobnie jak w przypadku samochodów elektrycznych, jednym z warunków wyjścia z niszy jest spadek cen akumulatorów. Poniżej przedstawiono szacunkową zmianę cen łodzi z napędem elektrycznym w przypadku realizacji trendu wyznaczonego dla akumulatorów w samochodach elektrycznych. Pozostałe czynniki cenowe pozostały bez zmian.

**Tabela 10** Szacowana zmiana ceny zakupu łodzi wyposażonych w napęd elektryczny (w tys. PLN)

Lp.	Rodzaj łodzi	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
1.	Łódź z napędem elektrycznym 10 kW	241,60	241,60	240,23	238,86	236,46	236,46	235,09	234,06
2.	Łódź z napędem elektrycznym 50 kW	417,89	417,89	414,53	411,17	405,29	405,29	401,93	399,41

Źródło: opracowanie własne.

Przedstawiona zmiana cen znalazła odzwierciedlenie w oszacowanych wydatkach na nabycie i eksploatację łodzi, które określono dla sytuacji do roku 2030. Zestawienie zawiera tabela 11. Ceny paliwa i energii po 2040 r. przyjęto jako stałe z uwagi na horyzont prognoz w PEP 2040.

**Tabela 11** Szacowane wydatki na nabycie i eksploatację łodzi wyposażonej w napęd elektryczny w porównaniu do łodzi z napędem spalinowym w perspektywie do 2030 r.

Rok	Scenariusz eksploatacji	Łódź z napędem konwencjonalnym 44,2kW	Łódź z napędem konwencjonalnym 66,2kW	Łódź z napędem elektrycznym 10kW	Łódź z napędem elektrycznym 50kW
2023	Spacerowy	230 053,61	239 425,21	242 012,55	418 895,78
	Rekreacyjny	246 431,58	259 078,79	244 903,30	424 809,43
	Uniwersalny	289 014,35	318 039,53	256 466,32	451 916,44
2024	Spacerowy	230 401,97	239 773,57	242 014,44	418 900,39
	Rekreacyjny	247 167,01	259 891,64	244 918,42	424 841,11
	Uniwersalny	290 756,17	320 245,84	256 534,36	452 072,18
2025	Spacerowy	230 717,68	240 089,28	240 645,02	415 542,17
	Rekreacyjny	247 833,50	260 628,29	243 555,62	421 496,42
	Uniwersalny	292 334,70	322 245,31	255 198,02	448 789,52
2026	Spacerowy	231 011,61	240 383,21	239 274,66	412 181,64
	Rekreacyjny	248 454,03	261 314,13	242 185,26	418 135,89
	Uniwersalny	293 804,37	324 106,89	253 827,66	445 428,99
2027	Spacerowy	231 327,32	240 698,92	236 876,53	406 300,71
	Rekreacyjny	249 120,52	262 050,78	239 787,13	412 254,96
	Uniwersalny	295 382,89	326 106,36	251 429,53	439 548,06
2028	Spacerowy	231 621,26	240 992,86	236 876,53	406 300,71
	Rekreacyjny	249 741,05	262 736,62	239 787,13	412 254,96
	Uniwersalny	296 852,55	327 967,94	251 429,53	439 548,06
2029	Spacerowy	231 893,42	241 265,02	235 506,17	402 940,18
	Rekreacyjny	250 315,61	263 371,66	238 416,77	408 894,43
	Uniwersalny	298 213,35	329 691,62	250 059,17	436 187,53
2030	Spacerowy	232 143,81	241 515,41	234 478,40	400 419,78
	Rekreacyjny	250 844,21	263 955,90	237 389,00	406 374,03
	Uniwersalny	299 465,28	331 277,41	249 031,40	433 667,13

Źródło: opracowanie własne.

Warto również odnieść się, choćby częściowo, do ekologii. Jak pokazuje analiza, sytuacja elektrycznych łodzi motorowych jest relatywnie zbliżona do sytuacji elektrycznych napędów samochodów. To kolejny głos w stale rozwijającej się dyskusji w obszarze nieekologicznego podejścia do produkcji baterii elektrycznych (napędów elektrycznych). Analiza wykazała wzrost cen zarówno źródeł zasilania silników spalinowych (paliwo), jak i prądu. Wzrost cen jest jednak relatywnie podobny w obu przypadkach,



można więc domniemywać, że czynnikiem decydującym o wyposażeniu łodzi motorowej w napęd elektryczny lub w ogóle kryterium decydującym o zakupie elektrycznej łodzi motorowej będzie właśnie aspekt obniżonego wpływu użytkowania takiej łodzi na środowisko (ekologiczny aspekt użytkowania). Interesujący jest fakt znacząco wyższej ceny napędów o wyższej mocy. Tu zwiększona wydajność zapewne stwarza kolejny czynnik decyzyjny w zakresie wyboru, natomiast cena jest ogranicznikiem spychającym ten rodzaj napędu na dalszy plan. Tworzy to pewną niszę, z której jedynym wyjściem, jak można wnioskować z analizy, jest szukanie możliwości tańszej produkcji tego napędu, czyli w konsekwencji obniżenie jego ceny. Tu też dyskusyjny jest wówczas udział w rynku tego typu napędów (łodzi z elektrycznym napędem o wyższej mocy) w relacji do ekologicznych aspektów decyzyjnych, bowiem trudno jednoznacznie stwierdzić, że cena jest pierwszym czy też kluczowym kryterium decyzji o zakupie i użytkowaniu.

## Wnioski

Na podstawie rozważań w artykule i przeprowadzonej analizy można wysnuć następujące wnioski:

1. Projekty badawczo-rozwojowe są czynnikiem wspierającym przedsiębiorstwa w zakresie koncepcji, produkcji i użytkowania innowacyjnych rozwiązań dla produktów o niszowym z perspektywy rynku charakterze.
2. Projekt badawczo-rozwojowy wpisuje się w realizację postulatów zrównoważonego rozwoju, szczególnie w aspekcie ekologicznym, w zakresie ograniczania negatywnego wpływu produkcji i innej działalności gospodarczej na środowisko naturalne.
3. Porównanie efektywności energetycznej łodzi motorowych z silnikami spalinowymi oraz silnikami elektrycznymi jest możliwe na podstawie tego samego horyzontu czasowego i podobnej wydajności – zasięg i moc silnika.
4. Porównywanie wydajności dwóch rodzajów napędów łodzi motorowych uwarunkowane jest przyjęciem niższych mocy silników dla analizy. W takim wypadku należy wskazać zbliżony koszt (warunkowany ponadto ceną zakupu napędu).
5. Uwzględniając wyższe moce napędów, należy wskazać, że wyposażenie łodzi motorowej w napęd elektryczny obecnie będzie wiązało się ze zdecydowanie niższym kosztem zarówno zakupu.
6. Czynnikiem wpływającym na decyzje o zakupie łodzi motorowej z napędem elektrycznym, poza ceną, jest także kwestia uwzględnienia aspektów ekologicznych.
7. Warunkiem niezbędnym wyjścia ze strefy niszy modeli łodzi motorowych z napędem elektrycznym o wyższej mocy jest cena nabycia i eksploatacji łodzi.

## Bibliografia

- Deloitte (2018), *Boating market monitor. Market insight of the international recreational boating industry*, <https://www2.deloitte.com/it/it/pages/strategy-operations/monitor-deloitte/articles/boating-market-monitor-2019---deloitte-italy---monitor.html> (dostęp: 03.01.2022).
- ECSIP Consortium (2015), Study on the competitiveness of the recreational boating sector. Final report. Rotterdam, Brussels.
- ICOMIA (2018), *Recreational Boating Industry Statistics 2017*. International Council of Marine Industry Associations, London.
- Krishna, G. (2021), Understanding and identifying barriers to electric vehicle adoption through thematic analysis. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 10, 100364.
- Łapko, A. (2019), Is it time for motorboat e-mobility? *Transportation Research Procedia* 39, pp. 280–289, doi: 10.1016/j.trpro.2019.06.030.
- Łopaciński, K. & Żółtowski, P. (2018), Perspectives of the Development of Motorboat Tourism on Polish Rivers. *Kwartalnik Naukowy Uczelni Vistula* 4(58), pp. 267–285.
- Symmank, L., Profeta, A. & Niens, C. (2021), Valuation of river restoration measures – Do residential preferences depend on leisure behaviour? *European Planning Studies* 29(3), pp. 580–600, doi: 10.1080/09654313.2020.1760792.
- Zhang, Y., Harris, S., Romare, M., Hennlock, M. & Steen, B. (2021), *Investigating the potential circularity of a motorboat using Life Cycle Assessment*. Report No. C 595, IVL Swedish Environmental Research Institute, Stockholm, Sweden, Available from: <https://www.ivl.se/download/18.694ca0617a1de98f4728e7/1628413470947/FULLTEXT01.pdf>
- www 1: <https://www.oecd.org/stories/climate-action/key-sectors/>
- www 2: <https://www.unep.org/interactive/six-sector-solution-climate-change/>
- www 3: [https://www.europeanboatingindustry.eu/images/EU%20affairs/Roadmap-for-decarbonisation-vessels\\_Final.pdf](https://www.europeanboatingindustry.eu/images/EU%20affairs/Roadmap-for-decarbonisation-vessels_Final.pdf).
- www 4: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/47732/7309-cca-draft-technical-guidance-app-b.xls](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/47732/7309-cca-draft-technical-guidance-app-b.xls).
- www 5: <https://www.e-petrol.pl/notowania/rynek-krajowy/ceny-stacje-paliw>
- www 6: <http://marinapogon.pl/marina/uslugi/uslugi-przystaniowe/> (dostęp 07.11.2022).
- www 7: <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>
- www 8: <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-cited-below-100-kwh-for-the-first-time-in-2020-while-market-average-sits-at-137-kwh/> (dostęp 07.11.2022).

\* \* \*

Jan Jarmusz  
Prokurent, Archice Sp. z o.o. Sp. K.  
e-mail: j.jarmusz@archice.eu

dr Łukasz Marzantowicz  
Szkoła Główna Handlowa w Warszawie  
Kolegium Nauk o Przedsiębiorstwie  
Katedra Logistyki  
e-mail: lukasz.marzantowicz@sgh.waw.pl  
ORCID: 0000-0002-2887-2914