

# POTENCJAŁ TERMINALU LNG W ŚWINOUJŚCIU W ASPEKTCIE REDYSTRYBUCJI LNG DO CELÓW TRANSPORTU MORSKIEGO

Andrzej Adamkiewicz, Anna Anczykowska

**Słowa kluczowe:** terminal LNG w Świnoujściu, bunkrowanie, redystrybucja LNG, zbiornikowiec

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono przyczyny i uwarunkowania, ekologiczne i prawne wykorzystania LNG w transporcie morskim. Oceniono stan obecnej floty jednostek zasilanych skroplonym gazem ziemnym, ze szczególnym uwzględnieniem basenów Morza Północnego i Bałtyckiego. Przeanalizowano ruch statków na akwenie Południowego Bałtyku w kontekście wykorzystania terminalu LNG w Świnoujściu. Oceniono perspektywy rozwoju terminalu LNG w Świnoujściu jako redystrybutora skroplonego gazu ziemnego w aspekcie bunkrowania jednostek zasilanych LNG.

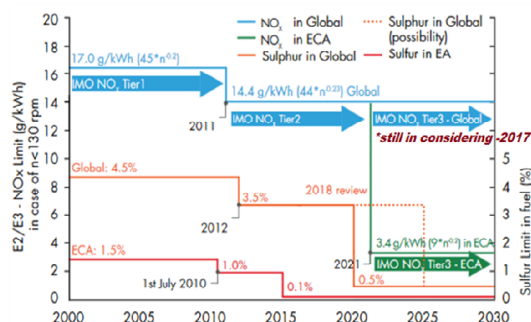
## 1. WSTĘP

Gaz ziemny jest paliwem naturalnym, które wydobywa się ze złóż znajdujących się w skorupie ziemskiej. Jest mieszaniną gazów – metanu, innych gazów palnych i związków niepalnych. Uzyskanie skroplonego gazu ziemnego (LNG) jest możliwe dzięki obniżeniu jego temperatury poniżej  $-162^{\circ}\text{C}$ . Proces ten pozwala zmniejszyć objętość substancji około 600 razy. LNG jest transportowane w postaci ciekłej. Procesowi skraplania towarzyszy wzbogacanie gazu ziemnego, podczas którego z jego składu eliminowane są: dwutlenek węgla, para wodna, cząstki stałe, związki siarki, azotu i inne substancje niepożądane. Gazem ziemnym zasilanych jest coraz więcej środków transportu morskiego i naziemnego. Podczas procesu spalania powstaje niewiele substancji szkodliwych i odpowiadających za tzw. efekt cieplarniany. Kolejnym etapem łańcucha transportu jest przechowywanie, transport, np. drogą morską z wykorzystaniem zbiornikowców LNG, odbiór ze środka transportu, regazyfikacja i dostarczenie do użytkownika końcowego lub dalsza redystrybucja w postaci skroplonej.

## 2. EKOLOGICZNE UWARUNKOWANIA ZASTOSOWANIA LNG W TRANSPORCIE MORSKIM

Komitet Ochrony Środowiska (ang. MEPC – Marine Environment Protection Committee) działający przy Międzynarodowej Organizacji Morskiej (ang. IMO – International Maritime Organization) zajmuje się wdrażaniem rozwiązań, których celem jest minimalizacja zanieczyszczeń środowiska, powstających podczas przewozu środkami transportu drogą morską. Transport ten jest normowany przez międzynarodową konwencję o zapobieganiu zanieczyszczeniu morza przez statki (ang. MARPOL – International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) z 1973 r., zmodyfikowaną przynależnym do niej Protokółem z 1978 r.

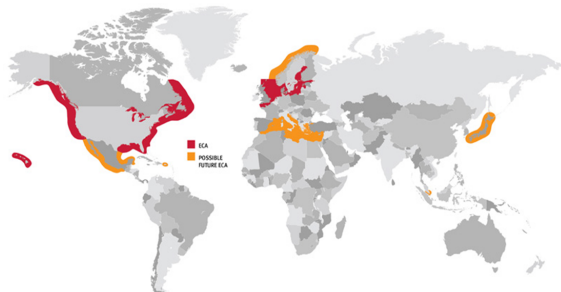
Konwencja składa się z sześciu aneksów. Zapisy załącznika VI uchwalono w 1997 r., które zaczęły obowiązywać 19. maja 2005 r. i dotyczą przepisów o zapobieganiu zanieczyszczeniu powietrza przez statki. Załącznik VI wprowadził m.in. ograniczenia związane z emisją tlenków azotu ( $\text{NO}_x$ ) oraz zawartością siarki w paliwie używanym przez statki [8]. Tlenki azotu i siarki powstają na statkach jako produktów spalania ciekłych paliw żeglugowych. Na rysunku 1. Przedstawiono obowiązujące ograniczenia zawartości siarki w paliwie i emisji  $\text{NO}_x$ .



**Rys. 1.** Ograniczenia emisji  $\text{NO}_x$  oraz zawartości siarki w paliwach żeglugowych wprowadzane przez kolejne poprawki do załączników konwencji MARPOL [4]

Znowelizowany Załącznik VI Konwencji MARPOL '73 od 1 stycznia 2010 r. wprowadził obszary kontroli emisji  $\text{SO}_x$  – SECA (ang.  $\text{SO}_x$  Emission Control Area) oraz stopniowe ograniczanie maksymalnej dopuszczalnej zawartości siarki w paliwach żeglugowych na poziomie globalnym. Aktualnie wyznaczonymi obszarami SECA w Europie jest Morze Bałtyckie i Morze Północne oraz kanał La Manche. Od 01 stycznia 2021 roku Morze Północne i Morze Bałtyckie będą obszarami NECA (ang.  $\text{NO}_x$  Emission Control Area), ograniczonej emisji związków azotu. Oznacza to, że statki budowane po 2021 roku będą musiały spełniać wymóg redukcji emisji  $\text{NO}_x$  o 80% w stosunku do aktualnego poziomu, czyli sprostać wymaganiom Tier III [5]. Istniejące i planowane strefy ECA przedstawiono na rysunku 2.

Rygorystyczne wymagania konwencji międzynarodowych i przepisów Towarzystw Klasyfikacyjnych wymuszają, na producentach układów energetycznych, a w tym układów napędowych zbiornikowców LNG, tworzenie innowacyjnych i nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych.



Rys. 2. Mapa świata z naniesionymi istniejącymi i planowanymi strefami ECA [7]

Najczęstszym sposobem rozwiązania problemu projektowego układu napędowego jest zastosowanie turbinowych siłowni parowych z dwupaliwowymi kotłami parowymi (ang. CSM – Conventional Steam Marine), produkowanymi jako jedyne rozwiązanie do roku 2004, a następnie dwupaliwowych silników o zapłonie samoczynnym w układach z przekładnią elektryczną DFDE (ang. Dual-Fuel Diesel Electric), wolnoobrotowych jednopaliwowych silników o zapłonie samoczynnym z ponownym skraplaniem gazu DRL (ang. Diesel with Reliquefaction Plant) oraz układów napędowych z dwupaliwowymi wolnoobrotowymi silnikami głównymi. Okrętowe silniki dwupaliwowe są zasilane ciekłym paliwem żeglugowym (ang. MDO – Marine Diesel Oil) oraz LNG.

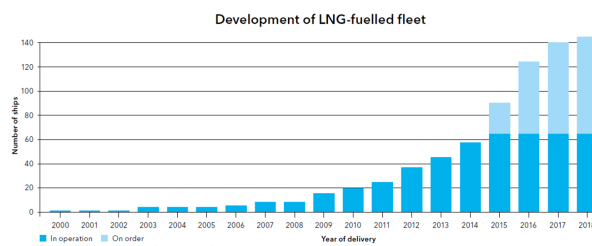
Aspekt ekologiczny jest istotnym czynnikiem determinującym wprowadzanie LNG jako paliwa okrętowego, ale nie jedynym. Przyczyną stosowania układów napędowych z silnikami dwupaliwowymi, jest czynnik ekonomiczny, np. zmniejszenie cen LNG na rynku światowym, spowodowało modernizację układów napędowych zbiornikowców typu DRL na układy z wolnoobrotowymi silnikami dwupaliwowymi. Ceny i ich prognozy dla LNG stały się porównywalne z cenami żeglugowych paliw niskosiarkowych (ang. LS – Low Sulphur) [7]. Budowa statku wyposażonego w układ napędowy zasilany gazem ziemnym, wymaga większych inwestycyjnych nakładów finansowych. Jednak inwestycja traktowana jako długoterminowa, w długiej skali czasowej budowy i eksploatacji zbiornikowca LNG okazuje się konkurencyjnie atrakcyjna finansowo [10].

Na podstawie analizy obowiązujących i wprowadzanych w przyszłości przepisów o dalszych ograniczeniach związanych z emisją i zawartością NOx i SOx oraz porównania kosztów eksploatacji statków wykorzystujących LNG jako paliwo w rozwiązaniach jed-

no- i dwupaliwowych, skroplony gaz ziemny można uznać za rozwiązanie kompleksowe [1, 2, 3].

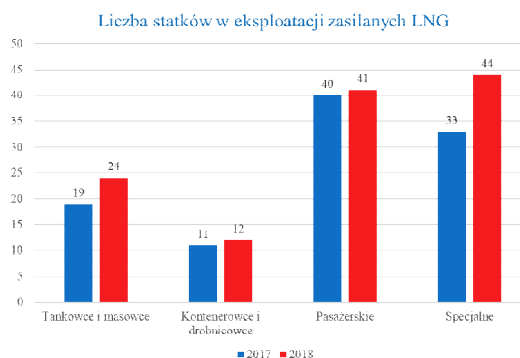
### 3. STAN OBECNY I PROGNOZY BUDOWY STATKÓW ZASILANYCH LNG

Zwiększające się ograniczenia wynikające z obowiązywania załącznika VI konwencji MARPOL, zmniejszenie cen LNG oraz rozwój technologii kriogenicznych dla potrzeb okrętownictwa sprawia, że coraz więcej nowobudowanych statków jest zasilanych skroplonym gazem ziemnym. Na rysunku 3. przedstawiono rozwój liczby statków w eksploatacji oraz w budowie zasilanych LNG, na podstawie raportu towarzystwa klasyfikacyjnego DNV GL z 2015 r. [9]. Przedstawiony wykres słupkowy wskazuje na silną tendencję zwiększania się liczby jednostek zasilanych LNG, szczególnie planowanych po roku 2014. W roku 2018, przewidywano, że w eksploatacji będzie 65 statków, a około 80 jednostek będzie w budowie [9].



Rys. 3. Liczba statków zasilanych LNG do 2018 r. [9]

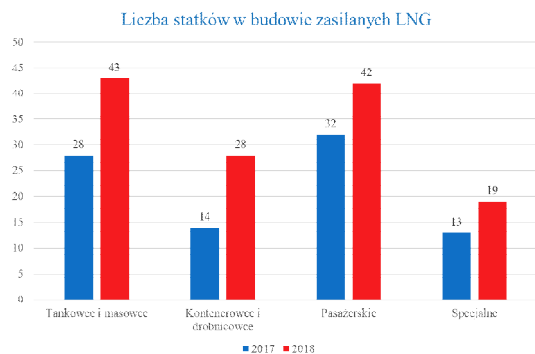
1. maja 2017 roku eksploatowano 103 jednostki zasilane LNG, natomiast 1. maja 2018 r., liczba tych statków wynosiła 131. Największy wzrost liczby statków widoczny jest w grupie statków specjalnych. Na rysunku 4. przedstawiono liczbę eksploatowanych statków zasilanych LNG, z podziałem na rodzaje, a na rysunku 5. liczbę statków w budowie zasilanych skroplonym gazem ziemnym, opracowane na podstawie [1]. Porównanie danych na rysunkach 4 i 5 ujawniają dynamikę wzrostu liczby statków od 1. maja 2017 r. do 1. maja 2018 r.



Rys. 4. Liczba statków w eksploatacji zasilanych LNG

W 2017 r. w budowie było 87 statków zasilanych LNG, a w 2018 roku już 132 statki. Porównanie danych z rys. 3. z danymi na rys. 4. i 5. wykazuje bar-

dziej dynamiczny, rozwój statków zasilanych skroplonym gazem ziemnym, niż prognozowany w latach poprzednich.



Rys. 5. Liczba statków w budowie zasilanych LNG

Statki zasilane LNG stają się coraz bardziej powszechne, a armatorzy i konstruktorzy, podejmują się nowych wyzwań. Przykładem może być norweska firma Liegruppen, która zakontaktowała budowę pierwszego na świecie statku rybackiego zasilanego LNG. Długość jednostki 86 m, 17,8 m szerokości oraz zbiornik na LNG o pojemności 350 m<sup>3</sup> [2].

#### 4. ANALIZA RUCHU STATKÓW NA AKWENIE POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Jednym z czynników wyznaczających niezbędny potencjał terminalu LNG w Świnoujściu jako redystrybutora gazu ziemnego, jest intensywność ruchu statków na akwenu Południowego Bałtyku i perspektywa jego wzrostu. Próbę graficznego przedstawienia intensywności ruchu różnych rodzajów statków: tankowców, kontenerowców i statków specjalnych podjęła Komisja Helsińska, na podstawie informacji z nadajników systemu automatycznej identyfikacji statków [11]. Jej rezultaty przedstawiono na rysunkach 6-8.

Stwierdzono, że ruch tego rodzaju statków, jest regularny i można wyznaczyć trasy żeglugowe na akwenu Morza Bałtyckiego. Trasy te pokrywają się z wyznaczonymi strefami rozgraniczenia ruchu, wprowadzanymi ze względu na bezpieczeństwo statków.

Nie dla wszystkich rodzajów statków ruch jest regularny i odbywający się po ustalonych trasach żeglugowych. Przykładem statków, których ruch jest nieregularny, to np. statki specjalne. Na rysunku 8. przedstawiono intensywność ruchu statków specjalnych na akwenu Morza Bałtyckiego w 2016 r.

Analiza intensywności ruchu statków w akwenu Morza Bałtyckiego, ze szczególnym uwzględnieniem, jego południowej części, uzasadnia funkcjonowanie terminalu LNG w Świnoujściu jako redystrybutora

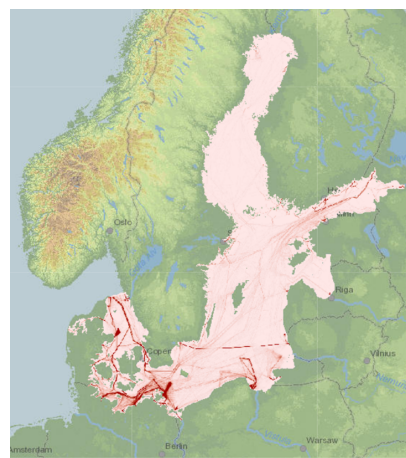
gazu ziemnego, stosowanego do zasilania silników głównych układów napędowych statków żeglujących w akwenu Bałtyku i Morza Północnego.



Rys. 6. Ruch tankowców na trasach żeglugi w akwenu Morza Bałtyckiego w 2016 r. [11]



Rys. 7. Ruch kontenerowców na trasach żeglugi w akwenu Morza Bałtyckiego w 2016 r. [11]



Rys. 8. Ruch statków specjalnych na trasach żeglugi w akwenu Morza Bałtyckiego w 2016 r. [11]

## 5. TERMINAL LNG W ŚWINOUJŚCIU JAKO POTENCJALNY REDYSTRYBUTOR LNG W TRANSPORCIE MORSKIM

Potencjałem terminala są jego właściwości i możliwości żeglugowe takie jak: głębokość toru podejściowego, dostępność akwenu manewrowego, powtarzalność umiarkowanych warunków hydrometeorologicznych oraz operacyjne możliwości urządzeń przeładunkowych, pojemności zbiorników kriogenicznych i zdolność technologiczna regazyfikacji, jak również dostępność urządzeń portowych dla autocystern. Terminal LNG w Świnoujściu, rozpoczął pracę w grudniu 2015 roku, kiedy wpłynął pierwszy zbiornikowiec LNG ze spotową dostawą gazu ziemnego. Od tego czasu terminal przyjął kolejne 33 dostawy gazu ziemnego, ostatnia miała miejsce 11. czerwca 2018 r. [6] Współcześnie terminal zapewnia:

- rozładunek LNG ze zbiornikowców LNG o pojemności od 120 000 m<sup>3</sup> do 217 000 m<sup>3</sup> LNG
- składowanie w zbiornikach o łącznej pojemności 320 000 m<sup>3</sup> LNG
- regazyfikację LNG na poziomie 5 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego rocznie (w stanie naturalnym)
- przeładunek LNG na autocysterny w ramach dwóch dedykowanych stanowisk [12]

Planowana jest rozbudowa terminalu, w celu zwiększenia zdolności regazyfikacji do poziomu 10 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego na rok, a nawet do 20 mld m<sup>3</sup>/rok. Warunkiem podwyższenia regazyfikacji do 20 mld m<sup>3</sup> rocznie jest zakończenie budowy gazociągu Baltic Pipe, który ma połączyć złoża wydobywające gaz ziemny na Morzu Północnym m.in. z Polską [6].

Na chwilę obecną terminal dysponuje jednym nabrzeżem, wyposażonym w 4 dalby odbojowe oraz 6 dalb cumowniczych, 3 ramiona liquid i jedno powrotu BOG (vapour return). Aktualne wyposażenie, pozwala na rozładunek tylko jednego zbiornikowca LNG w tym samym czasie.

Pierwsze wpłynięcie zbiornikowca LNG do świnoujskiego terminalu poprzedza wymiana informacji i dokumentów pomiędzy armatorem zbiornikowca a operatorem terminalu. Służy ona do potwierdzenia zgodności parametrów i wyposażenia jednostki z infrastrukturą nabrzeża w terminalu. Po wymianie potrzebnych dokumentów i informacji, zbiornikowiec LNG otrzymuje pozwolenie na wpłynięcie do portu zewnętrznego w Świnoujściu, po którym otrzymuje lub nie, autoryzację terminalu LNG. Niezbędne informacje, dokumenty, sposób ich wymiany, zawarte

są w *Procedurze autoryzacji zbiornikowca zawijającego do Terminalu LNG w Świnoujściu*. Obecnie, autoryzację posiada 14 zbiornikowców LNG [12].

Redystrybucja skroplonego gazu ziemnego może odbywać się za pomocą 5 bunkierek LNG [3] oraz z wykorzystaniem autocystern. Na chwilę obecną, terminal dysponuje dwoma stanowiskami dedykowanymi przeładunkowi LNG na cysterny.

Dlatego też, należy rozważyć rozbudowę terminala, o co najmniej jedno nabrzeże, jak również o kolejne stanowiska przeładunku LNG na autocysterny. Warto również rozważyć kwestię budowy modelu redystrybucji LNG, dostarczanego oraz magazynowanego na terenie terminalu. W modelu należy zawrzeć, np. ewentualne miejsca bunkrowania na akwenie południowego Bałtyku oraz zapewnienie zaplecza logistycznego bunkierek LNG o odpowiedniej pojemności.

## 6. PODSUMOWANIE

Zastosowanie LNG w transporcie morskim do zasilania układów napędowych statków to skutek wdrażania ograniczeń emisji tlenków azotu i siarki przez Międzynarodową Organizację Morską, szczególnie na akwenach będących strefami kontroli emisji ECA. Armatorzy mają do wyboru, stosowanie drogich paliw niskosiarkowych, skroplonego gazu ziemnego do zasilania układów napędowych lub wyposażania statków w tzw. scrubbery służące do oczyszczania spalin przed ich emisją do atmosfery. Koszty użytkowania paliw niskosiarkowych lub montaż scrubberów są wysokie, komplikują instalację siłowni statku i zwiększają koszt jej eksploatacji. Ceny, technologie magazynowania LNG i przetwarzanie ciepła w energię mechaniczną wykorzystywaną do napędu statku, są konkurencyjne w stosunku do konwersji energii paliw niskosiarkowych lub scrubberów.

Zmiana paliwa żeglugowego na LNG przyczyniła się do projektowania i wdrażania nowych rozwiązań układów napędowych zasilanych częściowo lub całkowicie skroplonym gazem ziemnym. W związku z tym zauważono wzrost liczby statków zasilanych LNG będących aktualnie w eksploatacji i w budowie. Intensywność ruchu statków na akwenie Morza Bałtyckiego, a szczególnie w jego południowej części, sprzyja wykorzystaniu terminalu LNG w Świnoujściu jako redystrybutora gazu ziemnego do celów transportu morskiego. Dla potrzeb racjonalizacji redystrybucji skroplonego gazu ziemnego przez terminal LNG w Świnoujściu, istnieje potrzeba budowy modelu redystrybucji LNG na akwenie Południowego Bałtyku.



Artykuł powstał w ramach realizacji pracy badawczej pt. *Metoda integracji danych w celu zbudowania modelu szacowania ryzyka manewrowania statku w czasie rzeczywistym* nr 1/MN/INM/17 oraz pracy badawczej pt. *Modelowanie matematyczne bezpieczeństwa manewrowania zbiornikowca LNG na torze wodnym oraz w basenie portu zewnętrznego w Świnoujściu* nr 1/MN/INM/18 finansowanej z dotacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na finansowanie działalności statutowej.

#### LITERATURA

- [1] Corkhill M., *Big boys join the LNG-fuelled fleet*, <http://lngworldshipping.com> (dostęp dn. 02.06.2018 r.)
- [2] Corkhill M., *First LNG-powered fishing vessel features MAN propulsion and fuel gas systems*, dostępny: <http://lngworldshipping.com> (dostęp dn. 01.06.2018 r.)
- [3] Corkhill M., *LNG bunker vessel fleet hits 15 mark*, dostępny: <http://lngworldshipping.com> (dostęp dn. 05.06.2018 r.)
- [4] *Engines with NOx and Tier I, II, III status*, dostępny: <https://amarineblog.wordpress.com/> (dostęp dn. 06.06.2018 r.)
- [5] *IMO Designes North Sea, Baltic Sea as NECA*, dostępny: <https://worldmaritimenews.com/> (dostęp dn. 02.06.2018 r.)
- [6] *Kolejna dostawa LNG do Polski*, dostępny: <http://gazownictwo.wnp.pl/> [dostęp dn. 13.06.2018r.]
- [7] *Low sulphur bunker fuels to meet 2015 ECA requirements*, dostępny: <http://ft-maritime.com/> (dostęp dn. 30.05.2018 r.)
- [8] Revised MARPOL Annex VI: Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code 2008, International Maritime Organization.
- [9] *Vessels in operation summary*, DNV GL, 2015, str. 42-43, dostępny: <https://www.dnvgl.com/> (dostęp dn. 05.06.2018 r.)
- [10] Wold M. Ch., Aalbu K., *LNG as fuel on a new build MR tanker, LNG as ship fuel*, DNV GL, 2015, str. 16- 17, dostępny: <https://www.dnvgl.com/> (dostęp dn. 05.06.2018 r.)
- [11] <http://maps.helcom.fi/website/mapservice/> (dostęp dn. 05.06.2018 r.)
- [12] <http://polskielng.pl> (dostęp dn. 03.06.2018 r.)

#### THE POTENTIAL OF THE LNG TERMINAL IN ŚWINOUJŚCIE IN THE ASPECT OF LNG REDISTRIBUTION FOR THE PURPOSES OF SEA TRANSPORT

**Key words:** terminal LNG in Swinoujscie, bunkering, redistribution of LNG, tanker ship

**Summary.** The article presents the causes and the ecological and legal conditions of LNG's use in maritime transport. The status of the current fleet of vessels fuelled by liquefied natural gas has been assessed, with a particular focus on the North Sea and Baltic Sea basins. Vessel traffic in the South Baltic area was analysed in the context of using the LNG terminal in Świnoujście. Prospects for the development of the LNG terminal have been assessed in Świnoujście as a redistributor of liquefied natural gas in terms of bunkering LNG fuelled vessels.

**Andrzej Adamkiewicz**, dr hab. inż., prof. nadzw. na Wydziale Mechanicznym Akademii Morskiej w Szczecinie, kierownik Katedry Diagnostyki i Remontów Maszyn, oficer mechanik okrętowy. Reprezentowane specjalności: ciepłe maszyny wirnikowe, siłownie okrętowe i diagnostyka maszyn. Pracę naukową i dydaktyczną realizuje w zakresie okrętowych turbin spalinowych i parowych, układów napędowych i gospodarki energetycznej statków morskich, utrzymania elementów okrętowych układów energetycznych oraz metodologii badań. Przewodniczący Komisji Eksploatacji Obiektów Oceanotechnicznych i Portów Morskich Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego, członek Rady Technicznej Polskiego Rejestru Statków. E-mail: [a.adamkiewicz@am.szczecin.pl](mailto:a.adamkiewicz@am.szczecin.pl)

**Anna Anczykowska**, mgr inż. asystent naukowo-dydaktyczny w Centrum Naukowo-Badawczym Analizy Ryzyka Eksploatacji Statków na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Szczecinie, oficer nawigator, uczestniczka III roku studiów doktoranckich na Wydziale Mechanicznym AMS, w dyscyplinie Budowa i eksploatacja maszyn. Reprezentowane specjalności: analiza ryzyka eksploatacji statków, układy napędowe zbiornikowców LNG. Pracę naukową i dydaktyczną realizuje w zakresie nawigacji terestrycznej, przewozów morskich, analizy ryzyka układów napędowych zbiornikowców LNG. Reprezentuje środowisko doktorantów AMS na zjazdach Porozumienia Doktorantów Uczelni Technicznych. E-mail: [a.anczykowska@am.szczecin.pl](mailto:a.anczykowska@am.szczecin.pl)