

dr inż. Dorota Łozowicka<sup>1</sup>  
dr inż. Magdalena Kaup<sup>2</sup>

Przyjęty/Accepted/Принята: 18.01.2016;  
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 16.08.2016;  
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2016;

## Koncepcja bezpiecznej ewakuacji ze statków cumujących w rzeczno-morskim porcie Szczecin w przypadku zagrożenia terrorystycznego podczas trwania imprez masowych<sup>3</sup>

### The Concept of Safe Evacuation From Sea Faring Vessels at the Port of Szczecin in Circumstances Occasioned by Terrorist Threats during Mass Events

### Концепция безопасной эвакуации с судов причаливающих в речном и морском порте Щецин в случае террористической угрозы во время массовых мероприятий

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest opracowanie koncepcji bezpiecznej ewakuacji osób ze statków cumujących przy nabrzeżach pasażerskich rzeczno-morskiego portu Szczecin podczas trwania imprez masowych w przypadku zaistnienia zagrożenia terrorystycznego.

**Wprowadzenie:** Każdego roku w porcie Szczecin obsługiwanych jest około 100 jednostek pasażerskich, na których przebywają tysiące osób. Ich kumulacja następuje podczas imprez masowych odbywających się w ramach organizowanych przez miasto Szczecin Dni Morza czy Tall Ship Races. Zapewnienie komfortu oraz wysokiego poziomu bezpieczeństwa na jednostkach pasażerskich podczas rejsu oraz postoju w porcie jest działaniem priorytetowym. Nie zawsze możliwe jest całkowite wyeliminowanie zagrożeń, dlatego w artykule skupiono się na opracowaniu koncepcji bezpiecznej ewakuacji osób znajdujących się na zacumowanych jednostkach lub na nabrzeżach pasażerskich.

**Metody:** Do wyłonienia najlepszych wariantów ewakuacji osób znajdujących się w określonych sektorach na nabrzeżach pasażerskich opracowano algorytm postępowania w oparciu o teorię grafów i algorytmy genetyczne. Obliczenia wykonano w programie MATLAB z wykorzystaniem pakietu Optimization Toolbox. Opracowano oryginalną metodę kodowania rozpatrywanego problemu do postaci, która może być przetwarzana przez algorytm genetyczny (funkcja przystosowania, chromosomy, dobór pokolenia początkowego).

**Wyniki:** W oparciu o plan nabrzeży i okolic wytypowano obiekty, będące bezpiecznymi miejscami, do których można skierować grupy osób. Uwzględniono pojemność i odpowiednie zaplecze higieniczno-sanitarne tych obiektów. Nabrzeże podzielono na sektory i wyznaczono z każdego z nich trasy ewakuacyjne do bezpiecznych miejsc. Opracowana metoda z wykorzystaniem algorytmów genetycznych umożliwiła wyłonienie najkorzystniejszych wariantów ewakuacji, zatem ustalono ile osób powinno podążać daną trasą tak, aby czas całkowity ewakuacji był jak najkrótszy.

**Wnioski:** Usytuowanie nabrzeży pasażerskich w porcie Szczecin pozwala na organizowanie na ich terenie imprez masowych. Podczas takich imprez na ich terenie może przebywać jednocześnie kilka tysięcy osób, co stanowi wyzwanie dla służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo uczestników imprez.

Zastosowane metody poszukiwania najlepszych wariantów ewakuacji oraz wyniki obliczeń mogą pozwolić na zwiększenie poziomu bezpieczeństwa poprzez opracowanie wytycznych do przygotowania procedur ewakuacyjnych na organizowane imprezy.

**Słowa kluczowe:** bezpieczeństwo, terroryzm, ewakuacja, algorytmy genetyczne, port rzeczno-morski, impreza masowa

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

#### ABSTRACT

**Aim:** The purpose of this article is develop the concept of safe evacuation of people from sea faring vessels, berthed at the passenger port of Szczecin during mass events, in circumstances occasioned by terrorist threats.

**Introduction:** Every year, the port of Szczecin hosts some 100 passenger vessels, which ferry thousands of people. Peak activity is achieved during mass events such as Szczecin Sea Days or Tall Ship Races. The task of providing passenger comfort and high level of security on vessels docked at the port is a priority. It is not always possible to completely eliminate risks, hence, the article concentrates on the development of safe

<sup>1</sup> Akademia Morska w Szczecinie / The Maritime University of Szczecin;

<sup>2</sup> Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie / West Pomeranian University of Technology; magdalena.kaup@zut.edu.pl;

<sup>3</sup> Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w opracowanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

evacuation procedures for people found on moored vessels or located on the quayside.

**Methods:** In order to identify the best evacuation option for people found in specific areas of the quayside, a procedure algorithm was developed, based on graph theory and genetic algorithms. Calculations were performed with the use of MATLAB software utilising an Optimization Toolbox package with a Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox (GAtoolbox) module. An original method was developed for encoding problems under investigation into a format, which could be processed by genetic algorithms (adaptive function, chromosomes, selection of the primary generation).

**Results:** Safe locations were identified from plans of the quayside and surrounding areas, where people could be evacuated, taking into account capacity and need for adequate hygiene as well as sanitary facilities. Quaysides were divided into sectors and from each an evacuation route was identified, which led to a safe location. The developed method, utilising genetic algorithms, facilitates the determination of the most suitable evacuation route permutation and identified the volume of people which should follow a given route so as to minimise the overall evacuation time.

**Conclusions:** The location of quayside and wharfs, at the port of Szczecin, allows for the running of mass events. Such circumstances lead to the presence of several thousands of people at any given time and presents a challenge to services responsible for ensuring the safety of spectators and people taking part in events. The application of methods used, in the search for optimal evacuation permutations and calculated results, may allow for the enhancement of safety levels by development of appropriate evacuation guidelines for organised events.

**Keywords:** security, terrorism, evacuation, genetic algorithms, sea-river port

**Type of article:** original scientific article

## АННОТАЦИЯ

**Цель:** Цель данной статьи заключается в разработке концепции безопасной эвакуации людей с судов, пришвартованных у пассажирских причалах речного и морского порта Щецин в случае возникновения террористической угрозы.

**Введение:** Каждый год в порту Щецин обслуживается около 100 пассажирских судов, на которых находятся тысячи людей. Их скопление наблюдается во время массовых мероприятий, организованных городом Щецин в рамках Дней моря или Tall Ship Races. Обеспечение комфорта и высокого уровня безопасности на пассажирских судах во время круиза и стоянки в порту является приоритетной задачей. Не всегда возможно устранить все угрозы, поэтому в статье особое внимание было уделено разработке концепции безопасной эвакуации людей, находящихся в судах пришвартованных у берега или у пассажирских причалов.

**Методы:** Для того, чтобы определить наилучшие варианты эвакуации людей, находящихся в конкретных секторах у пассажирских причалов был разработан алгоритм поведения основанный на теории графов и генетических алгоритмах. Расчеты проводились с помощью программы MATLAB и пакета Optimization Toolbox. Был разработан оригинальный метод кодирования рассматриваемой задачи в форму, которая может быть обработана с помощью генетического алгоритма (функция адаптации, хромосомы, подбор начального поколения).

**Результаты:** На основании плана причалов и их окрестностей были выбраны объекты, которые могут служить в качестве безопасных мест, куда могут быть направлены группы людей, принимая во внимание вместимость и соответствующие санитарно-гигиенические условия этих объектов. Причал разделен на секторы, из каждого из них были установлены пути эвакуации в безопасные места. Разработанный метод с использованием генетических алгоритмов позволил выявить наилучшие варианты эвакуации. Благодаря тому можно было определить, сколько людей должно следовать по маршруту таким образом, чтобы общее время эвакуации было как можно короче.

**Выводы:** Расположение пассажирских причалов в порту Щецин позволяет организовать не его территории массовые мероприятия. В связи с этим на данной территории может находиться несколько тысяч человек. Это вызов для служб, отвечающих за безопасность участников массовых мероприятий. Используемые в статье методы поиска лучших варианты эвакуации и результаты расчетов могут позволить повысить уровень безопасности путем разработки руководств для подготовки процедур эвакуации для организованных мероприятий.

**Ключевые слова:** безопасность, терроризм, эвакуация, генетические алгоритмы, речной и морской порт, массовое мероприятие

**Вид статьи:** оригинальная научная статья

## 1. Wstęp

Żegluga morska i śródlądowa zaliczana jest do rodzajów działalności człowieka, które cechuje wysoki poziom ryzyka. Wszelkie prace i działania prowadzone są na mniej lub bardziej skomplikowanych systemach technicznych w nieprzewidywalnym środowisku wodnym. Podczas żeglugi pod wpływem różnych czynników inicjujących może dojść do niebezpiecznych sytuacji, zagrażających życiu pasażerów i załogi, a także niebezpiecznych dla ładunków i jednostki transportowej.

Ponieważ uzyskanie absolutnej niezawodności systemów technicznych oraz wyeliminowanie wszystkich czynników zagrażających funkcjonowaniu jednostki nie jest możliwe, ważne aby wcześniej określić i zbadać zarówno źródła zdarzeń niepożądanych, jak i warunki ich kształtowania oraz możliwe skutki. W przypadku jednostek pasażerskich utrzymanie standardów bezpieczeństwa jest zadaniem priorytetowym. Dlatego bardzo ważna jest dbałość o doskonały stan techniczny statków, a także staranna praca wszystkich członków załogi, która pozwoli uniknąć sytuacji nadzwyczajnych, które mogłyby spowodować negatywne skutki podczas rejsu oraz postoju w porcie.

Obecnie wyróżnia się trzy formy żeglugi pasażerskiej: wycieczkową, pasażerską liniową i promową [1]. Są to zarówno stałe regularne połączenia pomiędzy tymi samymi portami

zgodnie z rozkładem rejsów, jak i tygodniowe czy miesięczne rejsy, w których statki zawijają do kilku lub kilkunastu portów, a pasażerowie mają zapewnione zwiedzanie czy wypoczynek w miastach-portach i okolicy. Statkami pasażerskimi, o różnym tonażu i standardzie wyposażenia, podróżują setki lub tysiące pasażerów w różnych rejonach świata. Zgromadzenie tak dużej liczby osób w jednym miejscu stwarza możliwości do zaistnienia ryzyka nieprzewidzianych zdarzeń.

Do portu w Szczecinie około 80-100 razy w roku zawijają śródlądowe jednostki pasażerskie, a kilka lub kilkanaście razy rocznie także pełnomorskie wycieczkowce. Ograniczenia akwenów portowych i nabrzeży powodują, że nie są to jednak duże jednostki, tak jak w przypadku Portu Gdynia czy Portu Gdańsk. Organizacja w mieście masowych imprez takich jak Dni Morza, czy The Tall Ship Races sprawia, że przy nabrzeżach cumuje wiele jednostek, a na nabrzeżach i w okolicy przebywają tysiące osób. Do chwili obecnej nie miało miejsca zdarzenie, które mogło zagrażać bezpieczeństwu pasażerów statków będących w porcie i innych osób podczas imprez organizowanych na Wałach Chrobrego. Istnieje jednak pewien poziom prawdopodobieństwa że zdarzenie niepożądane wystąpi i będzie wymagało podjęcia natychmiastowych reakcji w wyniku określonych relacji przyczynowo-skutkowych.

## 2. Charakterystyka i rodzaje zagrożeń statków pasażerskich

Bezpieczeństwo jednostki pływającej to stan, w którym załoga oraz pasażerowie nie są narażeni na utratę zdrowia lub życia, a ładunek i sama jednostka nie są narażone na uszkodzenie lub zniszczenie. Według M. Hanna i innych bezpieczeństwo jest własnością makrosystemu, polegającą na zdolności funkcjonowania w określonych warunkach i w określonym czasie bez zajścia wypadku [2]. Jednak ze względu na istnienie bardzo wielu czynników zagrażających, których nie można całkowicie wyeliminować, zapewnienie takiego stanu eksploatacji przez długi okres, jest praktycznie niemożliwe.

Zgodnie z definicją R. Krystka zagrożeniem nazywamy źródło zdarzenia niepożądanego, które może spowodować szkodę, czyli utratę życia, uraz fizyczny, utratę mienia lub zniszczenia. Źródłami tych zagrożeń są m.in. czynniki fizyczne, chemiczne, organizacyjne, osobowe, których obecność, stan czy właściwości są powodem wystąpienia niepożądanych zdarzeń. Stan, w którym występują zagrożenia, nazywany jest niebezpieczeństwem [3].

Wyróżnia się zagrożenia wewnętrzne i zewnętrzne. Biorąc pod uwagę statek jako element analizy, do zagrożeń zewnętrznych należy zaliczyć wszystkie czynniki znajdujące się poza statkiem, które mają wpływ na jego bezpieczeństwo, a których źródłem są: przyroda, wytwory ludzkiej cywilizacji czy inny człowiek [4], natężenie ruchu, warunki żegluga w danym akwenu. Pomimo że są to zagrożenia tradycyjnie wpisane w historię doświadczeń człowieka, ciągle brakuje wystarczająco skutecznych środków ograniczających ich negatywne skutki. Natomiast zagrożeniami wewnętrznymi nazywamy zagrożenia, które mogą zaistnieć na danym statku i są wynikiem realizowanych przez załogę czynności i pełnionych przez nią funkcji [4].

Analizy statystyczne oparte na pierwotnych skutkach zaistniałych awarii, wypadków czy katastrof wykazują, że istnieje kilka rodzajów zagrożeń. Spośród nich należy wyróżnić zagrożenia nawigacyjne, spowodowane błędami w nawigowaniu jednostką, bądź awarią urządzeń nawigacyjnych. Ich skutkiem są np. zderzenia, osiadanie statków na mieliźnie czy uszkodzenia lodowe i sztormowe.

Inną grupę stanowią zagrożenia termiczne, powodujące powstanie pożarów na statku i mogące doprowadzić w konsekwencji do zatonięcia jednostki.

Wyróżnić należy również zagrożenia eksploatacyjne, związane z okresem eksploatacji statku, zmęczeniem i zużyciem poszczególnych urządzeń i mechanizmów. Mogą one

prowadzić np. do uszkodzeń korozyjnych, pęknięcia kadłuba czy utraty wytrzymałości statku.

Następnym rodzajem zagrożenia jest zagrożenie techniczne, będące skutkiem błędów projektowych i konstrukcyjnych czy też naruszenia reżimów i warunków eksploatacji. Najczęściej zagrożenia te dotyczą systemów napędowych statków czy też konstrukcji kadłuba, jednak dokonujący się postęp techniczny w znacznym stopniu pozwala obniżyć awaryjność statku.

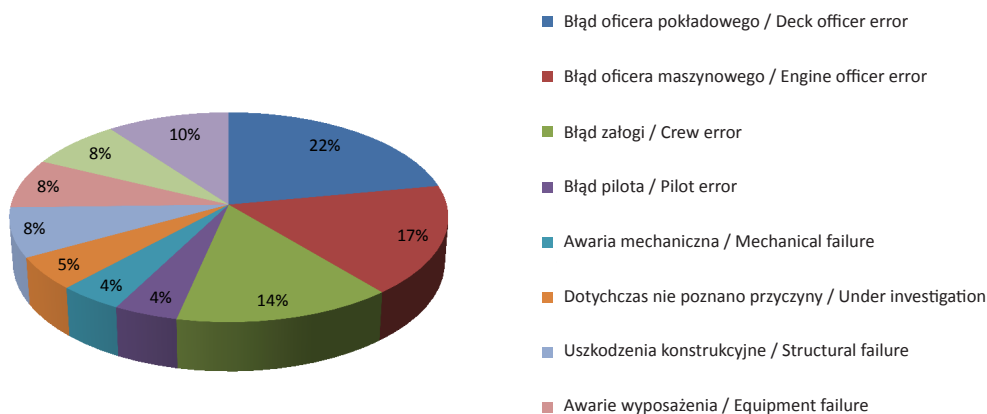
Podczas omawiania zagrożeń należy również wziąć pod uwagę czynnik ludzki, który jest najczęstszą przyczyną wypadków. Badania statystyczne wykazują, że około 80% wszystkich wypadków i awarii było spowodowanych przez błędy ludzkie. Na rycinie 1 przedstawiono procentowy udział poszczególnych błędów ludzkich, które przyczyniają się do zajścia niepożądanego zdarzenia.

Najczęściej błędy te wynikały z niewykonania lub nieprawidłowego wykonania wymaganych procedurą operacji, czy też wykonania czynności niezgodnych z procedurą. Mogą one być spowodowane działaniem jednej lub kilku osób, stąd też mogą mieć charakter indywidualny lub zespołowy. W ogólności praca człowieka na statku ulega silnym wpływom środowiska zewnętrznego. Zależy też od parametrów techniczno-eksploatacyjnych statku. Ludzki błąd odgrywa znaczącą rolę w wystąpieniu wypadku w żegludze.

Zagrożenia są nieodłącznym elementem żegluga na statkach pasażerskich. Trudno jest je przewidzieć i oceniać ich przebieg. Można jednak, poprzez właściwe i zgodne z procedurą postępowanie, wyeliminować pewne czynniki zagrażające i zapobiec lub zminimalizować ewentualne skutki, które na statkach pasażerskich będą miały zupełnie inny (dużo większy) wymiar i charakter niż na statkach towarowych.

## 3. Terroryzm jako szczególny rodzaj zagrożenia na statkach pasażerskich

W ostatnich latach zaobserwowano nowe zjawisko przemocy różniące się od piractwa i rozboju morskiego oraz niegenerowane z pobudek kryminalnych. Jest nim terroryzm i przemoc wynikająca z motywów politycznych, religijnych i ideologicznych. Zorganizowane akcje terrorystyczne ukierunkowane są na naruszenie porządku prawnego. Mają na celu wymuszenie na władzach państwowych i społeczeństwach określonych zachowań lub świadczeń. Akty przemocy polegają na zabójstwach, groźeniu śmiercią, mordach politycznych, wzięciu zakładników, uprowadzaniu jednostek transportowych i stosowaniu innych form nacisku wyróżniających się bezwzględnością i okrucieństwem.



Ryc. 1. Rodzaje błędów ludzkich będących przyczyną zdarzenia niepożądanego w żegludze [5]

Fig. 1. Human errors resulting in adverse incidents involving shipping [5]



Po zaistniałych wydarzeniach na przestrzeni ostatnich lat, a w szczególności po zamachach terrorystycznych we wrześniu 2001 roku, stwierdzono, że statki również mogą być użyte jako cel lub narzędzie terrorystów [6].

Ogólnie terroryzm morski kojarzy się z uprowadzeniem statków. Liczba tych aktów nie jest duża, dlatego nie wywołuje większego lęku i grozy, tak jak w przypadku terroryzmu w transporcie lądowym i lotniczym.

W klasyfikacji stopnia zagrożenia atakiem terrorystycznym w aspekcie rodzaju jednostki, najbardziej narażone na ataki są promy pasażerskie i pasażersko-towarowe oraz wycieczkowce. Wynika to ze względu na dużą efektywność działań terrorystycznych, szczególnie dotyczących możliwości wzięcia zakładników, szkania rozgłosu, wywierania nacisku społecznego na władze administracyjne i rządowe w celu realizacji żądań terrorystów.

Trzeba zwrócić uwagę na to, że tzw. statki turystyczne mogą zaokrętować ok. 3000 pasażerów i posiadają ok. 1200-1400 członków załogi. Co więcej ich szlaki wycieczkowe są powszechnie znane, a terminy zawinięcia do portów i czas postoju ściśle określone w programach rejsowych, co ułatwia terrorystom przygotowanie akcji.

Statki pasażerskie są atrakcyjne z punktu widzenia sprawców, ponieważ stwarzają one możliwość pojęcia i nadzorowania dużej liczby osób, z zamiarem użycia ich w charakterze zakładników lub pozbawienia życia (w przypadku uprowadzenia włoskiego statku pasażerskiego MS Achille Lauro czterech terrorystów sprawowało pełną kontrolę nad ponad tysiącem pasażerów i członków załogi) [7]. Ponadto statek morski, a zwłaszcza wycieczkowiec, dysponuje znaczną autonomizacją uniezależniającą sprawców od zaopatrzenia z zewnątrz i wyposażony jest w środki łączności o zasięgu globalnym.

Analiza dotychczasowych ataków terrorystycznych ukierunkowanych na zawładnięcie statkami pasażerskimi pozwoliła na określenie miejsc (sytuacji), umożliwiających sprawcy przedostanie się na jednostkę pływającą [7]:

1. W porcie:

- w sposób skryty, z zamiarem rozpoczęcia akcji po wyjściu jednostki w morze;
- jawnie i legalnie z zakupem biletu, z zamysłem przeprowadzenia akcji po opuszczeniu portu;
- z użyciem przemocy, z zamiarem opanowania jednostki podczas postoju i późniejszego zmuszenia załogi do jej wyprowadzenia na morze.

2. Podczas postoju na redzie lub kotwiczowisku;

3. Podczas przejścia morzem:

- skryte przeniknięcie na pokład manewrującej jednostki i rozpoczęcie działań ukierunkowanych na jej opanowanie dopiero po przedostaniu się grupy szturmowej na pokład, co umożliwia uzyskanie pełnego zaskoczenia i uniemożliwia załodze wezwanie pomocy;
- wymuszenie zatrzymania statku ogniem broni maszynowej prowadzonej z szybkich łodzi motorowych, a następnie obsadzenie jednostki przez grupę abordażową (sposób ten nie daje uzyskania pełnego zaskoczenia, zaatakowana jednostka może wezwać pomoc).

Atak podczas ruchu promu jest dość trudny, wymaga bowiem użycia odpowiednich, szybkich jednostek, wyposażonych w broń raketową lub działka konwencjonalne do wymuszenia zatrzymania jednostki, albo posiadania oddziałów, wyszkolonych do abordażu w warunkach uzyskania pełnego zaskoczenia i uniemożliwienia wezwania pomocy. Również na kotwicy sytuacja jest podobna, chociaż łatwiej jest podplłynąć po cichu na pontonach, tratwach lub szalupach i zaskoczyć wachtę kotwiczną wejściem na pokład za pomocą zarzucanych na burtę lin z hakami lub po łańcuchu kotwicznym. Natomiast port jest miejscem umożliwiającym zastosowanie różnych wariantów ataku. W przypadku promów terroryści

z wykupionymi biletami mogą legalnie zaokrętować się i opanować jednostkę na morzu.

Czynnikiem decydującym o ataku terrorystów jest często narodowość i obywatelstwo pasażerów, zwłaszcza państw pozostających w konflikcie z grupą przestępczą lub zaokrętowanie ważnej osobistości, mogącej być kartą przetargową w spełnieniu żądań sprawców ataku. Atak na prom może odbywać się w sposób skryty lub z wykorzystaniem przemocy. W ataku mogą uczestniczyć zorganizowane oddziały terrorystów przygotowanych do tego rodzaju akcji. Zaskoczenie jest często stosowaną formą ataków terrorystycznych. Dzięki skrytemu i cichemu podejściu napastnicy obezwładniają załogę przy pomocy broni białej. Działania terrorystów nie ograniczają się do wspomnianych wyżej metod i środków, coraz częściej bowiem przygotowują oni ataki z użyciem bardziej wyrafinowanych rodzajów broni, takich jak bakteriologiczna, chemiczna, nuklearna oraz torpedowa oraz wykorzystują okręty podwodne.

Istnieje duże prawdopodobieństwo, że terroryści opracowują nowe sposoby wykorzystania statków w działaniach terrorystycznych. W celu rozszerzenia obszaru ataków na rejony odległe od brzegu możliwa jest adaptacja statku-bazy dla szybkich łodzi motorowych, co daje operacjom na pełnym morzu możliwość zabezpieczenia logistycznego. Terroryści posiadają uzbrojone morskie jednostki uderzeniowe w postaci zamaskowanych kutrów i statków rybackich oraz upozorowanych jachtów sportowo-turystycznych lub pułapki z materiałem wybuchowym zdalnie sterowane na wytypowany cel morski.

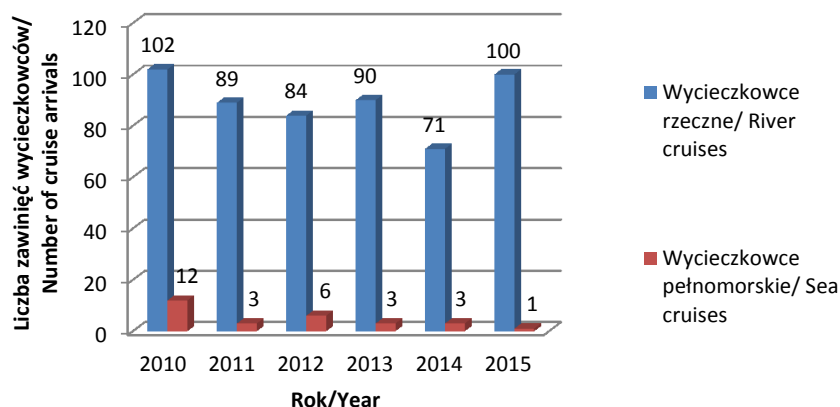
Przy analizowaniu zagrożenia jednostek pływających i obiektów portowych wywołanego działaniami terrorystycznymi należy zwrócić szczególną uwagę na możliwość napadu na statek pasażerski, ponieważ na wszystkie działania przemocy narażona jest ludność cywilna. Należałoby rozważyć ewentualność ataku terrorystycznego na jednostkę pasażerską, która zacumowana jest w porcie w celu uczestnictwa w imprezie masowej. Zagrożenie może być poważniejsze ze względu na obecność innych statków przy kei oraz osób, które są zgromadzone na nabrzeżu. W związku z tym należy przewidzieć sprawną ewakuację ludzi z otoczenia opanowanego przez terrorystów, zakładając, że mają oni możliwość detonacji ładunków wybuchowych o dużej sile rażenia.

#### 4. Analiza zawinięć statków pasażerskich do portu w Szczecinie

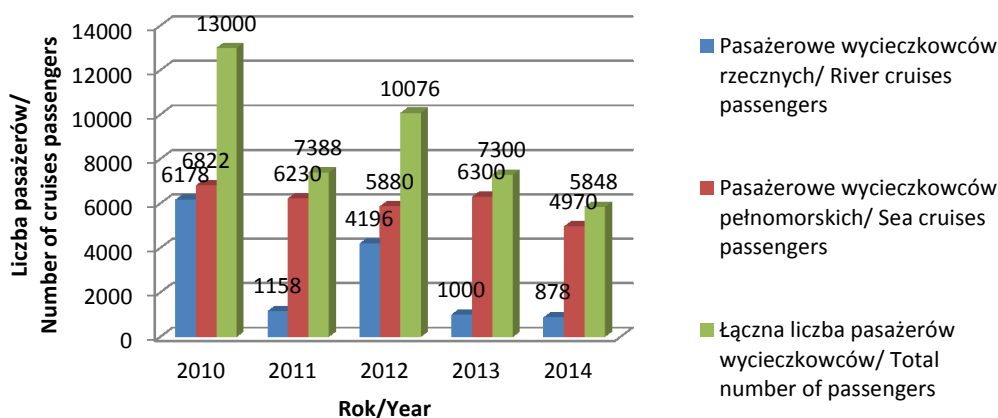
Każdego roku do portu w Szczecinie zawijają rzeczne i pełnomorskie wycieczkowce, które cumują na czterech nabrzeżach przeznaczonych dla statków pasażerskich (Bulwar Chrobrego, Nabrzeże Polskie, Nabrzeże Pasażerskie, Nabrzeże Wieleckie). W roku 2015 zarejestrowano łącznie około 100 zawinięć wycieczkowców rzecznych i 1 zawinięcie wycieczkowca pełnomorskiego. Poniżej na rycinach 2 i 3 przedstawiono zawinięcia statków pasażerskich do portu w Szczecinie, które miały miejsce w ostatnich latach oraz te, które zostały zaplanowane na rok 2015 oraz liczbę pasażerów, którzy przyplłynęli na tych jednostkach.

Najwięcej zawinięć wycieczkowców (114) zanotowano w 2010 roku. Wtedy też do portu przyplłynęło łącznie 13 000 pasażerów. W latach późniejszych nastąpił spadek liczby pasażerów, co utrzymuje się do dziś, jednak wartość ta przekracza 7000 pasażerów rocznie, poza rokiem 2014, kiedy wartość ta wynosiła jedynie 5848.

Obecnie zawijające wycieczkowce rzeczne na swoim pokładzie mogą przewozić ok. 80 pasażerów. Parametry techniczno-eksploatacyjne tych jednostek uzależnione są od ograniczeń trasy rejsów – możliwości podnośni w Niderfinow oraz ograniczeń kanału Odra–Havela. Po zmodernizowaniu szlaku wodnego Odra–Havela oraz otwarciu nowej podnośni statków w roku 2020 do Szczecina będą mogły zawijać duże wycieczkowce [8].



Ryc. 2. Liczba zawinięć wycieczkowców do portu w Szczecinie w latach 2010-2015 [8]  
 Fig. 2. The number of cruise arrivals at the port of Szczecin during the years 2010-2015 [8]



Ryc. 3. Liczba pasażerów wycieczkowców przybyłych do portu w Szczecinie w latach 2010-2014 [8]  
 Fig. 3. The number of cruise passengers at the port of Szczecin during the years 2010-2014 [8]

Najczęściej i najchętniej wybieranym nabrzeżem przez armatorów statków pasażerskich, ze względu na jego atrakcyjność i bliskość do centrum, jest Bulwar Chrobrego. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry nabrzeży, na których mogą cumować statki pasażerskie w porcie Szczecin. Więcej informacji na ich temat można znaleźć w publikacjach Kaup, Łozowickiej i Chmielewskiej-Przybylsz [9-10].

Trzy nabrzeża pasażerskie są dogodnie skomunikowane z centrum miasta. Jedynie w przypadku Nabrzeża Polskiego, które niestety jest mało reprezentatywne, pasażerowie mają do pokonania dłuższą trasę. Na rycinie 4 przedstawiono układ ulic w rejonie poszczególnych nabrzeży pasażerskich w porcie Szczecin.

Wiele imprez masowych w Szczecinie odbywa się na nabrzeżach pasażerskich i w ich okolicach. Należą do nich m.in. Finał Regat 'The Tall Ship' Races, Dni Morza, Dni Odry czy Międzynarodowy Festiwal Ognia Sztucznych Piromagic. Podczas trwania imprez masowych zamykanych jest wiele ulic, organizowany jest objazd i komunikacja zastępcza. Ustawa z dnia 20 marca 2009 r. o bezpieczeństwie imprez masowych [12] określa zasady postępowania i warunki bezpieczeństwa podczas trwania imprez masowych. W następnej części artykułu zostaną przeanalizowane możliwości ewakuacji pasażerów ze statków cumujących w porcie Szczecin w przypadku zagrożenia terrorystycznego podczas trwania imprezy masowej.

Tabela 1. Parametry nabrzeży pasażerskich w porcie Szczecin [9-10]  
 Table 1. Passenger wharf parameter at the Port Szczecin [9-10]

Lp. / No	Nabrzeże/ Wharf	Długość nabrzeża/ Length of wharf [m]	Dopuszczalne zanurzenie statków/ Permissible ship draft [m]	Odległość od centrum miasta/ Distatnce from the center of city [m]
1.	Bulwar Chrobrego	270	6,00 - 6,50	500
2.	Pasażerskie	377,5	4,10 - 5,10	600
3.	Polskie	260	9,10 - 9,15	2000
4.	Wieleckie	235	2,10 - 3,20	400



Ryc. 4. Układy ulic w sąsiedztwie nabrzeży pasażerskich w Szczecinie [11]  
 Fig. 4. Street configuration in the passenger wharves neighborhood at Szczecin [11]

## 5. Identyfikacja punktów gromadzenia pasażerów podczas wystąpienia zagrożenia terrorystycznego na statku cumującym w porcie Szczecin

Podczas trwania Dni Morza (trzy dni) w 2012 roku w Szczecinie przybywało około 75 tys. osób, a do portu przypłynęło ponad 30 jednostek. W roku 2013 podczas Finału Regat The Tall Ship` Races, zgodnie z szacunkami Komendy Wojewódzkiej Policji w Szczecinie, miasto odwiedziło ok. 2,25 mln osób, przy czym w ciągu pierwszego dnia wydarzenia teren imprezy odwiedziło około 1 mln osób (maksymalnie około 400 tys. osób równocześnie). Ponieważ jest wysoce prawdopodobne, że istotna część osób uczestniczyła w więcej niż jednym dniu imprezy, szacuje się, że uczestników Regat było pomiędzy 1 a 1,2 mln. W imprezie tej uczestniczyło ok. 3200 żeglarzy z 36 krajów, którzy przypłynęli do Szczecina na 91 żaglowcach [13]. W roku 2014 w imprezie Piknik nad Odrą wzięło udział około 40 tys. osób, a na Dniach Morza 100 tys. osób. Przypłynęło wówczas ponad 30 jednostek.

Organizacja tego typu wydarzeń wymaga zajęcia rozległych terenów w centrum Szczecina – zazwyczaj od Placu Adama Mickiewicza, poprzez Wały Chrobrego i ul. Jana z Kolna, nabrzeża i bulwary, po Łasztownię na drugim brzegu Odry [14].

Precyzyjne oszacowanie liczby uczestników imprez masowych jest niemożliwe, co wynika przede wszystkim z [13]:

- ich rozproszenia na znacznej powierzchni,
- otwartego charakteru wydarzeń i możliwości wielokrotnego opuszczania i powrotu na teren imprezy.

Na rycinie 5 przedstawione jest miejsce organizacji Dni Morza 2014.

Podczas trwania tych imprez bardzo istotne jest zapewnienie właściwego poziomu bezpieczeństwa dla osób na nich przebywających oraz ich mienia. Odpowiednie przepisy nakładają na organizatorów szereg obowiązków dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa. Ważne jest również odpowiednie przystosowanie terenu imprezy, na którym powinny znaleźć się m.in. zaplecze higieniczno-sanitarne, sprzęt ratowniczy i gaśniczy. Powinny także zostać wyznaczone drogi ewaku-

cyjne oraz drogi umożliwiające dojazd pojazdom służb ratowniczych i Policji w przypadku zagrożenia.

Przypływające na imprezy masowe jednostki pasażerskie, cumujące przy opisanych wcześniej nabrzeżach w porcie Szczecin, mogą być źródłem zagrożenia, w tym zagrożenia terrorystycznego. Dlatego poniżej zostały rozpatrzone możliwości ewakuacji pasażerów ze statków cumujących na nabrzeżu Bulwar Chrobrego w przypadku zagrożenia wynikającego z podłożonego ładunku wybuchowego na jednej z zacumowanych przy nabrzeżach jednostek.

Opierając się na uprzednich doświadczeniach przy zabezpieczeniu strefy wydobycia z Odry 1-tonowej bomby z czasów II wojny światowej, założono zasięg rażenia około 800-1500 m. Wówczas granice obszaru zagrożonego wyznaczały następujące ulice: Św. Ducha, Podgórną, Grodzką, Kuśnierską, Panieńską i Kłodną. Długość nabrzeża, przy którym obecnie cumują jednostki pasażerskie, warunkuje następujące granice obszaru ewakuacji: ulice – Szarotki, Malczewskiego, Matejki, Plac Hołdu Pruskiego, Plac Solidarności, ulice – Farna, Sołtysia i Wyszyńskiego. Na rycinie 5 rozpatrywane nabrzeże podzielono na 4 sektory, do których, w dalszej części artykułu, zostaną dopasowane bezpieczne miejsca dla przebywania w nich pasażerów statków.

Bezpieczne miejsca, do których mogłyby zostać skierowani przez odpowiednie służby pasażerowie statków cumujących przy zagrożonych nabrzeżach, powinny spełniać następujące warunki:

- niewielka odległość od nabrzeży, aby umożliwić w miarę szybkie dotarcie osób,
- lokalizacja poza strefą niebezpieczną (nie mogą znajdować się w obszarze rażenia potencjalnego ładunku wybuchowego),
- pojemność obiektów pozwalająca na zgromadzenie się dużej liczby osób,
- wyposażenie obiektów w wodę, elektryczność i toalety,
- zapewnienie łatwego dostępu dla służb medycznych.

Uwzględniając powyższe, dla rozpatrywanego przypadku wytypowano następujące objekty:

- Dom Marynarza (BM1),
- Siedzibę Zakładu Ubezpieczeń Społecznych (BM2),
- Zespół Szkół Ogólnokształcących nr 6 (BM3),
- Urząd Celny (BM4).





Ryc. 5. Schemat miejsca organizacji Dni Morza 2014 [5]  
 Fig. 5. Organisation strategy diagram for “Dni Morza 2014” event [5]

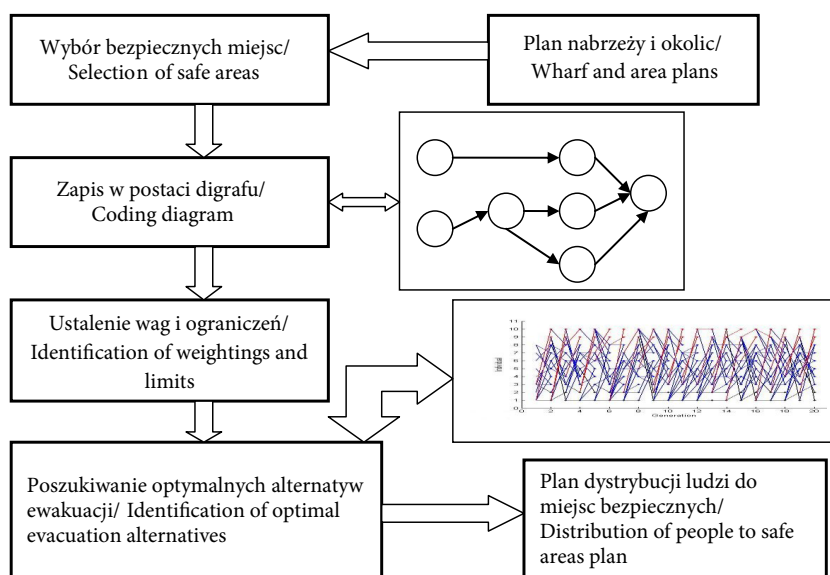
**6. Analiza wariantów ewakuacji pasażerów statków cumujących w porcie Szczecin w przypadku zagrożenia terrorystycznego podczas imprez masowych**

Procesy planowania przebiegu ewakuacji z możliwych rejonów zagrożonych trzęsieniami ziemi, powodzią, huraganami czy w ostatnim czasie aktami przemocy i atakami terrorystycznymi są przedmiotem badań wielu ośrodków naukowych na świecie, takich jak Niemcy (program TraffGo), Japonia (instytuty NM RI, SRA), Wielka Brytania (uniwersy-

tety w Greenwich i Strathclyde), USA (Coast Guard), Kanada (Transport Canada), Australia, Francja, Norwegia i Szwecja. Często w tych badaniach wykorzystywana jest optymalizacja wielokryterialna oraz metody sztucznej inteligencji [15], [16], [17], [18].

W celu analizy wariantów ewakuacji ludzi ze statków cumujących przy szczecińskich nabrzeżach ustalono następujący algorytm postępowania (ryc. 6).

W oparciu o plan nabrzeży i okolic przedstawiony w rozdziale 4 wytypowano obiekty, które stanowić mogą bezpieczne miejsca, do których skierowani zostaną ewakuowani ludzie.



Ryc. 6. Schemat analizy wariantów ewakuacji osób ze statków cumujących w porcie Szczecin  
 Fig 6. People evacuation variation analysis diagram for ships moored at the port of Szczecin

Źródło: Opracowanie własne.  
 Source: Own elaboration.

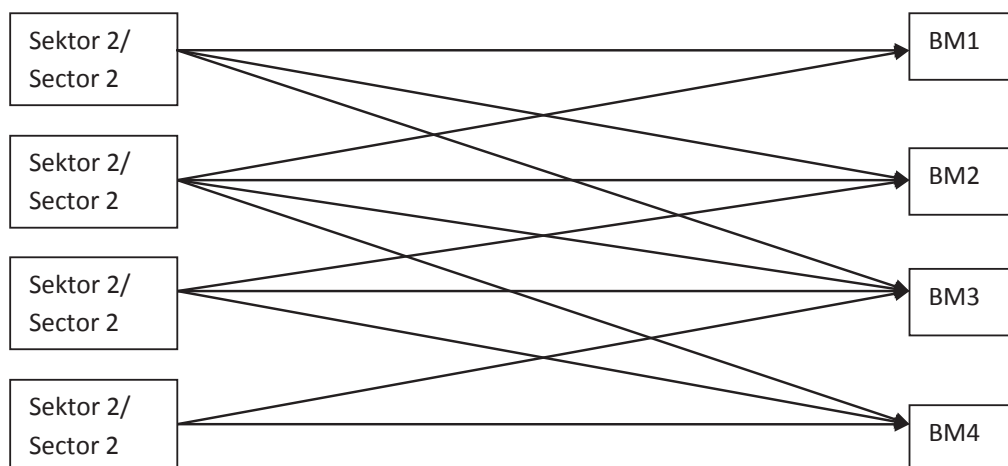
Analiza planu nabrzeży oraz okolic pozwala na przedstawienie go w postaci rysunku grafu skierowanego. Graf skierowany (digraf) składa się z dwóch zbiorów: wierzchołków grafu i krawędzi grafu oraz funkcji ze zbioru wierzchołków w zbiór krawędzi [19]. Wierzchołek grafu skierowanego nazywa się ujściem, jeśli nie jest początkiem żadnej krawędzi, natomiast wierzchołek, który nie jest końcem żadnej krawędzi nazywa się źródłem. W odniesieniu do planów nabrzeży jako ujścia możemy przyjąć wierzchołki reprezentujące bezpieczne miejsca. Źródłami zaś będą wierzchołki reprezentujące poszczególne nabrzeża. Do krawędzi grafu przypisane zostają wagi (liczby, przyporządkowane danej krawędzi) kodujące informacje o czasie przebycia z jednego do drugiego etapu ewakuacji przez daną grupę osób. Na rycinie 7 przedstawiono graf reprezentujący plan ewakuacji analizowanego nabrzeża.

W tabeli 2 wyszczególniono poszczególne trasy ewakuacyjne.

Każde przejście krawędzi w grafie skierowanym wymaga poniesienia pewnych kosztów. Takim kosztem może być dowolna wielkość, w naszym przypadku jest to miara czasu potrzebnego do przejścia przez krawędź. W grafie symbolizującym plan ewakuacji z nabrzeża raczej rzadko zaistnieje taka sytuacja, że wszystkie krawędzie będą kosztowały tyle samo (wtedy najtańsza droga byłaby najkrótszą). Zazwyczaj mamy do czynienia z różnymi stopniami trudności (np. schody), tak więc koszty krawędzi będą się różnić. Na tej podstawie można sporządzić macierz, która posłuży do zapisu czasu przejścia tras ewakuacyjnych.

W większości komputerowych modeli symulujących ewakuację ludzi, czy to ze statków, czy też obiektów lądowych populacji osób bądź też indywidualnym uczestnikom przypisuje się specyficzną prędkość przemieszczania się. Taki sposób postępowania jest skuteczny w przypadku małego zagęszczenia osób na drogach ewakuacji. Problem pojawia się, jeżeli zwiększy się zagęszczenie, które skutkuje zbliżaniem się do siebie osób oraz powstawaniem zatorów. Zmniejsza się wtedy prędkość ruchu. W modelach ewakuacyjnych spowolnienie ludzi może być uwzględnione w różnoraki sposób. Sposoby obliczania prędkości ludzi w modelach ewakuacji zostały szerzej omówione w literaturze [9], [20-21]. W przypadku wyznaczania prędkości przemieszczania się osób podczas ewakuacji z wykorzystaniem programów komputerowych warunkiem koniecznym jest przeprowadzenie ich weryfikacji funkcjonalnej, jakościowej, jak i ilościowej [22].

Na prędkość przemieszczania się osób wpływa szereg parametrów, z których ważną grupę stanowią cechy fizyczne obiektu ewakuacji takie jak: kształty, wymiary i liczba pomieszczeń, liczba pokładów, liczba i wymiary wyjść, schody, przeszkody itp. Na podstawie The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [23] można założyć, że wartości prędkości przemieszczania się osób, z uwzględnieniem specyfiki dróg ewakuacyjnych, są stałe i wynoszą: 1,1 (m/s) – schody w dół, 0,88 (m/s) – schody w górę, 1,3 (m/s) – korytarze, 1,3 (m/s) – drzwi.



Ryc. 7. Digraf reprezentujący drogi ewakuacyjne z nabrzeży  
Fig. 7. Diagram representing evacuation routes from the wharfs

Źródło: Opracowanie własne.  
Source: Own elaboration.

Tabela 2. Zestawienie tras ewakuacyjnych  
Table 2. Summary of evacuation routes

Numer sektora/ Number of sector	Bezpieczne miejsca ewakuacji/ Safety areas of evacuation			
	BM1	BM2	BM3	BM4
sektor 1/ sector 1	Storrady, Kapitańska, Parkowa, Malczewskiego	Storrady, Wawelska, Plantowa	Kapitańska, Starzyńskiego, Plac Solidarności, Mariacka	-
sektor 2/ sector 2	Admiralska, Wawelska, Park Żeromskiego	Wały Chrobrego, Starego, Hotel Park	Komandorska, Małopolska, Plac Solidarności, Mariacka	Bulwar Chrobrego, Bulwar Piastowski, most Długi
sektor 3/ sector 3	-	Małopolska, Starzyńskiego, Park Żeromskiego	pod Trasą Zamkową, Plac Solidarności, Mariacka	Bulwar Piastowski, most Długi
sektor 4/ sector 4	-	-	pod Trasą Zamkową, Plac Solidarności, Mariacka	Bulwar Piastowski, most Długi

Źródło: Opracowanie własne.  
Source: Own elaboration.



**Tabela 3.** Macierz wag  $t_{xi}$  (czas przejścia w minutach)  
**Table 3.** Weightings matrix  $t_{xi}$  (relocation time in minutes)

Numer sektora/ Number of sector	Bezpieczne miejsca ewakuacji/ Evacuation safe areas			
	BM1	BM2	BM3	BM4
sektor 1 /sector 1	18	17	18	-
sektor 2/ sector 2	20	15	20	20
sektor 3/ sector 3	-	18	17	17
sektor 4/ sector 4	-	-	15	15

**Źródło:** Opracowanie własne.

**Source:** Own elaboration.

Macierz wag analizowanego grafu sporządzono w oparciu o rzeczywiste pomiary czasów przejść poszczególnymi trasami ewakuacyjnymi swobodnym marszem. Przedstawiono je w tabeli 3. Założony pomiar obejmował czas przejścia z narbrzeża do miejsca bezpiecznego. Zagadnienie czasu ewakuacji z jednostki pasażerskiej zostało przeanalizowane w odrębnym artykule [24].

Założono, że w sektorach znajdują się grupy osób ( $N_s$ ) o różnej liczebności, które należy ewakuować. Są to następujące grupy osób:  $N_{S1} = 300, N_{S2} = 400, N_{S3} = 200, N_{S4} = 200$ .

Poszczególnymi trasami ewakuacyjnymi przedstawionymi w tabeli 2 przemieszczają się następujące strumienie osób, oznaczone jako  $x_i$ :

(S1-BM1)- $x_1$ , (S1-BM2)- $x_2$ , (S1-BM3)- $x_3$ , (S2-BM1)- $x_4$ , (S2-BM2)- $x_5$ , (S2-BM3)- $x_6$ , (S2-BM4)- $x_7$ , (S3-BM2)- $x_8$ , (S3-BM3)- $x_9$ , (S3-BM4)- $x_{10}$ , (S4-BM3)- $x_{11}$ , (S4-BM4)- $x_{12}$ ,

przy czym ogólna liczba ewakuowanych osób ( $N_c$ ) wynosi 1100.

$$N_c = \sum_{i=1}^{12} x_i \quad (1.1)$$

Pojemności bezpiecznych miejsc są następujące:  $N_{BM1} = 400, N_{BM2} = 500, N_{BM3} = 400, N_{BM4} = 500$ .

Kolejnym etapem jest ustalenie ograniczeń. Dotyczą one liczebności grup ludzi tworzących strumienie osób wychodzących z danych sektorów  $x_i$ , które są ustalane z wykorzystaniem generatora liczb losowych w zadanym przedziale z uwzględnieniem poniższych ograniczeń.

$$\begin{aligned} 0 \leq x_1 \leq N_{S1} \wedge 0 \leq x_2 \leq N_{S1} \wedge 0 \leq x_3 \leq N_{S1} \wedge 0 \leq x_4 \leq N_{S2} \wedge \\ 0 \leq x_5 \leq N_{S2} \wedge 0 \leq x_6 \leq N_{S2} \wedge 0 \leq x_7 \leq N_{S2} \wedge 0 \leq x_8 \leq N_{S3} \wedge 0 \leq x_9 \leq \\ N_{S3} \wedge 0 \leq x_{10} \leq N_{S3} \wedge 0 \leq x_{11} \leq N_{S4} \wedge 0 \leq x_{12} \leq N_{S4} \end{aligned} \quad (1.2)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = N_{S1} \quad (1.3)$$

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = N_{S2} \quad (1.4)$$

$$x_8 + x_9 + x_{10} = N_{S3} \quad (1.5)$$

$$x_{11} + x_{12} = N_{S4} \quad (1.6)$$

Ponadto suma osób docierających do bezpiecznych miejsc nie może przekroczyć pojemności tych obiektów.

$$x_1 + x_4 \leq N_{BM1} \quad (1.7)$$

$$x_2 + x_5 + x_8 \leq N_{BM2} \quad (1.8)$$

$$x_3 + x_6 + x_9 + x_{11} \leq N_{BM3} \quad (1.9)$$

$$x_7 + x_{10} + x_{12} \leq N_{BM4} \quad (1.10)$$

Tworząc funkcję celu, dąży się do uzyskania jak najkrótszych czasów ewakuacji. Dlatego też obliczenia zostaną tak pokierowane, aby podział na poszczególne trasy ewakuacyjne był dokonywany z preferencją tych najkrótszych (w odniesieniu do czasu przebycia) [25].

Funkcja celu będzie miała zatem postać:

$$F(x_1, \dots, x_{12}) = \sum_{i=1}^{12} x_i \cdot t_{xi} \quad (1.11)$$

Do rozwiązania postawionego problemu proponuje się wykorzystanie metody algorytmów genetycznych. Obliczenia ewolucyjne można zaliczyć do grupy metod sztucznej inteligencji. Metody ewolucyjne, w tym algorytmy genetyczne, pozwalają na uzyskiwanie dobrych wyników (zbliżonych do optymalnych), bez konieczności przeprowadzania czasochłonnych obliczeń. Drugą ważną zaletą tej metody jest odporność na znajdowanie ekstremów lokalnych, co często cechuje ukierunkowane metody optymalizacji. W celu dokonania obliczeń proponuje się skorzystanie z programu MATLAB, który posiada wiele wbudowanych funkcji obliczeniowych, a także zestawy funkcji do wykonywania zadań specjalnych. Jednym z takich zestawów narzędziowych jest pakiet Optimization Toolbox z modułem Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox (GAtoolbox). Moduł ten był wykorzystywany m.in. przy obliczaniu czasu ewakuacji ze statków [20], zgodnie z interpretacją metody obliczeniowej zawartej w publikacji Kaup, Łozowickiej i Chmielewskiej-Przybysz [26].

Poniżej przedstawiono kilka przykładowych propozycji wariantów ewakuacji ludzi z poszczególnych sektorów wyłonionych w toku obliczeń metodą algorytmów genetycznych, dla których czas ewakuacji wszystkich grup ludzi nie przekroczyłby 17 minut (najlepsze warianty ewakuacji). Na rycinach 8, 9 i 10 przedstawiono wartości, jakie osiągała funkcja celu w poszczególnych iteracjach algorytmu oraz sposób dystrybucji ludzi danymi trasami ewakuacyjnymi.

Dla powyższych rezultatów uzyskano następujący podział osób na poszczególne grupy ewakuacyjne:

#### 1. Przypadek pierwszy:

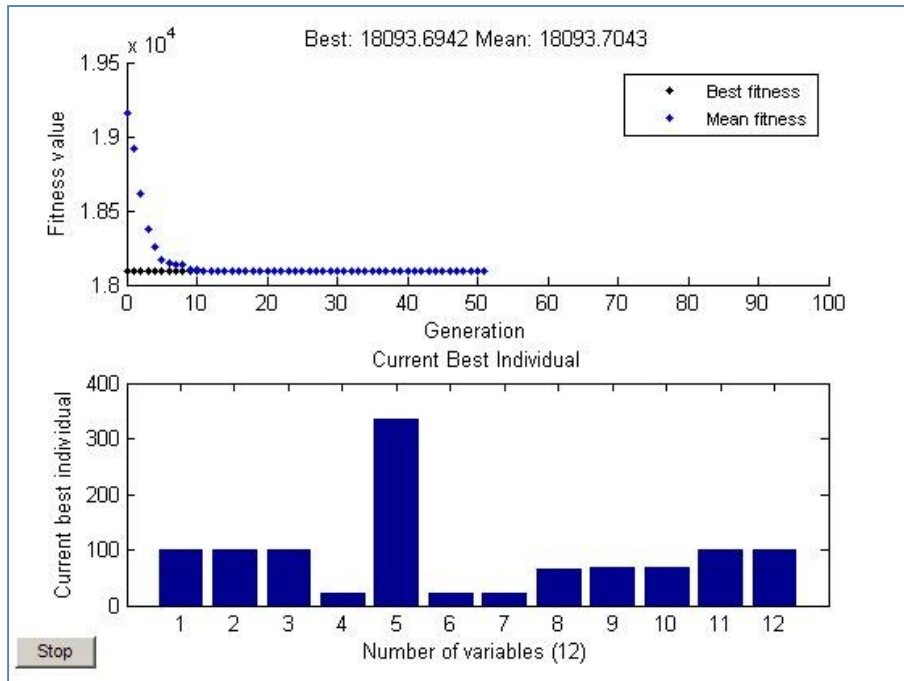
(S1-BM1)-100 osób, (S1-BM2)- 100 osób (S1-BM2)- 100 osób, (S2-BM1)- 22 osoby, (S2-BM2)- 335 osób (S2-BM3)- 22 osoby, (S2-BM4)- 22 osoby, (S3-BM2)- 67 osób (S3-BM3)- 67osób, (S3-BM4)- 67osób, (S4-BM3)- 100 osób, (S4-BM4)- 100 osób.

#### 2. Przypadek drugi:

(S1-BM1)-140 osób, (S1-BM2)- 85 osób (S1-BM2)- 75 osób, (S2-BM1)- 18 osób, (S2-BM2)- 347 osób (S2-BM3)- 16 osób, (S2-BM4)- 18 osób, (S3-BM2)- 67 osób (S3-BM3)- 66 osób, (S3-BM4)- 65 osób, (S4-BM3)- 73 osoby, (S4-BM4)- 127 osób.

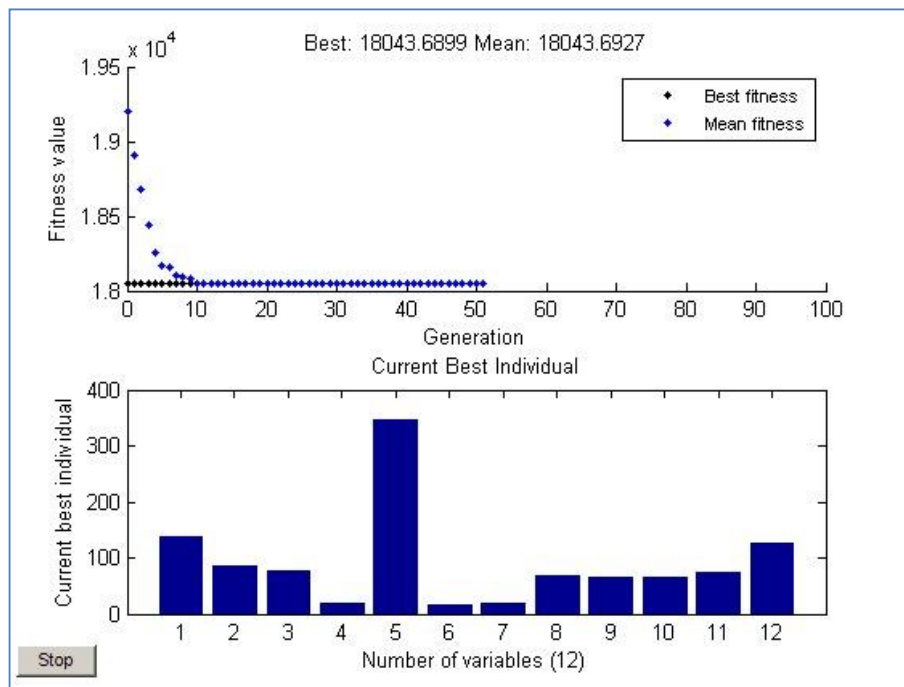
#### 3. Przypadek trzeci:

(S1-BM1)-99 osób, (S1-BM2)- 100 osób (S1-BM2)- 101 osób, (S2-BM1)- 18 osób, (S2-BM2)- 355 osób (S2-BM3)- 16 osób, (S2-BM4)- 12 osób, (S3-BM2)- 45 osób (S3-BM3)- 47 osób, (S3-BM4)- 108 osób, (S4-BM3)- 86 osób, (S4-BM4)- 113 osób.



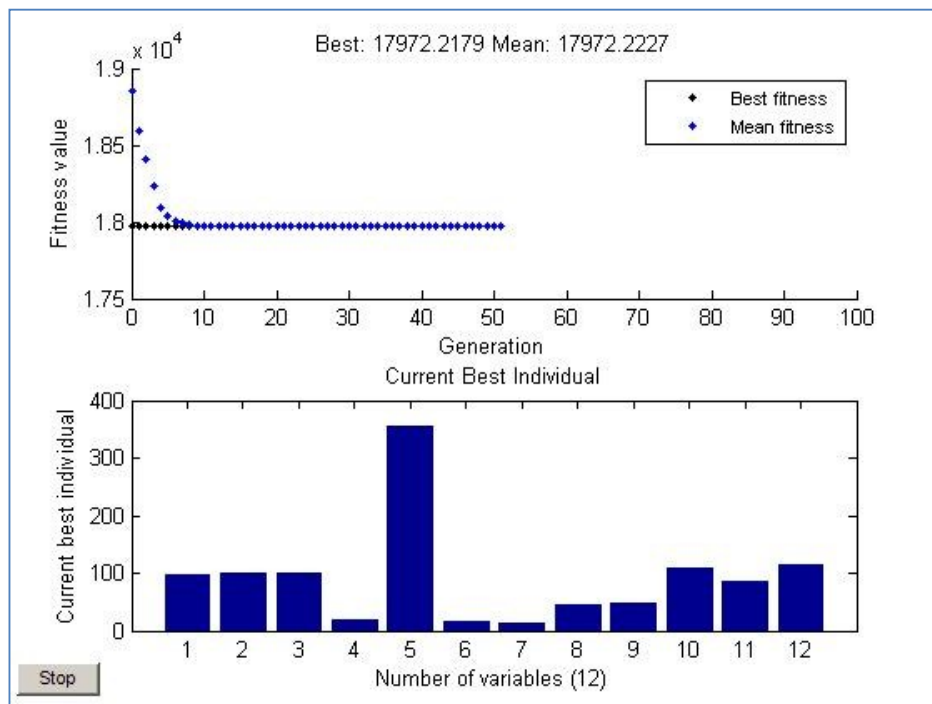
Ryc. 8. Graficzna prezentacja wyników obliczeń metodą algorytmów genetycznych dla czasu ewakuacji 16,5 min  
 Fig. 8. Graphical representation of calculation results using genetic algorithms for evacuation time of 16,5 minutes

Źródło: Opracowanie własne.  
 Source: Own elaboration.



Ryc. 9. Graficzna prezentacja wyników obliczeń metodą algorytmów genetycznych dla czasu ewakuacji 16,4 min  
 Fig. 9. Graphical representation of calculation results using genetic algorithms for evacuation time of 16,4 minutes

Źródło: Opracowanie własne.  
 Source: Own elaboration.



Ryc. 10. Graficzna prezentacja wyników obliczeń metodą algorytmów genetycznych dla czasu ewakuacji 16,3 min  
 Fig. 10. Graphical representation of calculations results using genetic algorithms for evacuation time of 16,3 minutes

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Uzyskane wyniki pokazują, iż przyjęta metoda obliczeń pozwala na właściwe określenie czasu i sposobu ewakuacji pasażerów podczas trwania imprezy masowej. Wykorzystana metoda algorytmów genetycznych umożliwia osiągnięcie zadowalających wyników obliczeń w rozsądnym czasie. Zastosowanie algorytmu pozwala na znalezienie rozwiązania bliskiego optymalnemu już po około 10 iteracjach. Obliczenia zostały przeprowadzone dla stosunkowo nieskomplikowanych rozkładów tras ewakuacyjnych i dużej liczby osób. Uzyskane wyniki wskazują jednak, że opracowana metoda będzie miarodajna w przypadku planowania i organizacji ewakuacji do miejsc zbiórek dla dowolnej liczby osób przebywającej na nabrzeżach pasażerskich w rzeczno-morskim porcie Szczecin.

## 7. Wnioski

Lokalizacja i specyfika nabrzeży pasażerskich w rzeczno-morskim porcie Szczecin sprawia, że niejednokrotnie na ich terenie organizowane są imprezy masowe, na które przybywa tysiące osób, zarówno od strony wody, jak i lądu. W obecnej sytuacji geopolitycznej organizacja tego typu imprez może stanowić duże wyzwanie w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa jej uczestnikom. Pomimo iż dotychczas nie stwierdzono w porcie Szczecin zagrożenia jednostek pływających i obiektów portowych wywołanego działaniami terrorystycznymi, to jednak nie można całkowicie wyeliminować zaistnienia tego typu zdarzenia.

Ze względu na zgromadzenie dużej liczby osób w jednym miejscu, ważne, aby służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo potrafiły właściwie przeprowadzić akcję ewakuacyjną, zarówno z nabrzeży, jak i cumujących przy nich jednostkach.

Podane w artykule propozycje mogą ułatwić organizatorom planowanie ewentualnych tras ewakuacyjnych oraz właściwą dystrybucję osób podczas ewakuacji, w celu uniknięcia zbędnych zatorów oraz przeludnienia poszczególnych punktów zbornych.

W kolejnych iteracjach zgodnie z przyjętym algorytmem uzyskiwano coraz krótsze trasy ewakuacji. Jednakże głównym zadaniem optymalizacji było ustalenie odpowiedniej dystry-

bucji osób do bezpiecznych miejsc, biorąc pod uwagę ich pojemność i odpowiednie zaplecze higieniczno-sanitarne.

Rozważono nieskomplikowany do organizacji przypadek ewakuacji. Przyjęty zakres badań objął jedynie relatywnie prosty scenariusz ewakuacji. W pracach o charakterze praktycznym należałoby rozpatrzyć zdecydowanie większą liczbę bardziej złożonych scenariuszy. Analiza wówczas powinna być przeprowadzona w kontekście ograniczeń i obszaru stosowności zalecanych metod.

Na statkach zacumowanych do nabrzeży podczas obchodów Dni Morza przebywa znacznie mniej ludzi niż chociażby w przypadku imprezy typu Tall Ship Races. Wyniki symulacji zdają się jednakże wskazywać, że metoda ta będzie również skuteczna w planowaniu ewakuacji dla znacznie większej liczby osób.

## Literatura

- [1] Kujawa J. (red), *Organizacja i technika transportu morskiego*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2005.
- [2] Hann M., Semenow I., Rosochacki W., *Wybrane zagadnienia bezpieczeństwa i niezawodności obiektów górnictwa morskiego*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1998.
- [3] Krystek R., *Zintegrowany system bezpieczeństwa transportu. Tom II. Uwarunkowania rozwoju integracji systemów bezpieczeństwa transportu*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności Sp. z o. o., Gdańsk 2009.
- [4] Hołyst B. (red), *Człowiek w sytuacji trudnej*, Polskie Towarzystwo Higieny Psychicznej, Warszawa 1991.
- [5] Oficjalna strona internetowa wydarzenia Dni Morza, <http://dnimorza.szczecin.eu>, [dostęp: 30.10.2015].
- [6] Ficoń K., *Logistyka morska, Statki, Porty, Spedycja*, Bel Studio Sp. z o. o., Warszawa 2010.
- [7] Gawliczek P., Pawłowski J., *Zagrożenia asymetryczne*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2003.
- [8] Oficjalna strona internetowa portu Szczecin-Świnoujście, <http://www.port.szczecin.pl>, [dostęp: 30.10.2015].



- [9] Kaup M., Łozowicka D., Chmielewska-Przybysz M., *Turystyka wodna jako sznasa rozwoju miast nadwodnych na przykładzie Szczecina*, „Autobusy” nr 3/2013.
- [10] Kaup M., Chmielewska-Przybysz M., *Analiza funkcjonowania śródlądowych jednostek pasażerskich obsługiwanych w porcie Szczecin*, „Logistyka” 2011, 6.
- [11] <http://mapa.targeo.pl>, [dostęp: 30.10.2015].
- [12] Ustawa z dnia 20 marca 2009 r. o bezpieczeństwie imprez masowych (Dz.U. 2009 Nr 62, poz. 504).
- [13] Raport: Wpływ organizacji finału regat The Tall Ships` Races 2013 na gospodarkę miasta Szczecin. Zarzecki, Lasota i Wspólnicy Sp. z o.o., Szczecin, Listopad 2013.
- [14] Oficjalna strona internetowa Międzynarodowych targów Szczecińskich, <http://www.mts.pl>, [dostęp: 30.10.2015].
- [15] Izquierdo J., Montalvo I., Pérez R., Fuertes V. S., *Forecasting pedestrian evacuation times by using swarm intelligence*, „Physica A” 2009, 388, 1213-1220.
- [16] Johansson A., Helbing D., *Pedestrian flow with genetic algorithm based on Boolean grids*, [in:] *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, M. Schreckenberg, S. Som Deo (eds.) Springer, 2005, 267-272.
- [17] Nishinari K., Sugawara K., Kazama T., Schadschneider A., Chowdhury D., *Modelling of self-driven particles: foraging ants and pedestrians*, „Physica A” Vol. 372, 2006, pp.132-141.
- [18] Saadatseresht M., Mansourian A., Taleai M., *Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach*, “European Journal of Operational Research” 2009, 198, 305-314.
- [19] Ross K.A., *Matematyka dyskretna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
- [20] Łozowicka D., *Metody szacowania prędkości przemieszczania się ludzi w modelach ewakuacji ze szczególnym uwzględnieniem specyfiki ewakuacji ze statków pasażerskich*, „Logistyka – nauka” 2010, 6, 2031-2040.
- [21] Łozowicka D., *Symulacyjne badania ewakuacji w budownictwie lądowym oraz możliwości ich zastosowania dla statków*, „Technika Transportu Szynowego” 2012, 9.
- [22] Łozowicka D., Czyż S., *Interpretacja wymagań analizy ewakuacji statków pasażerskich*, [w:] *Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference on Marine Traffic Engineering*, Świnoujście –Szczecin 2007, 469-478
- [23] SFPE Fire Protection Engineering Handbook, 2nd edition, NFPA 1995.
- [24] Kaup M., Łozowicka D., *Analysis of the possibility of safe evacuation of passengers from a ship moored in the river- sea port Szczecin*, Polish Maritime Research [w druku].
- [25] Chen Y. L., Chin Y. H., *The quickest path problem*, “Computers and Operations Research” 1990, 17, 153-161.
- [26] Łozowicka D., Kaup M., Chmielewska-Przybysz M., *Interpretacja przepisów dotyczących analizy ewakuacji metodą uproszczoną zawartą w Msc/circ. 1238 IMO*, „Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, 3, 1203-1213.

\* \* \*

**dr inż. Dorota Łozowicka** – absolwentka Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej, adiunkt w Zakładzie Budowy i Stateczności Statku na Wydziale Nawigacyjnym Akademii Morskiej w Szczecinie. Zainteresowania naukowe dotyczą bezpieczeństwa i eksploatacji statków śródlądowych i morskich.

**dr inż. Magdalena Kaup** – absolwentka Wydziału Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej, adiunkt w Katedrze Logistyki i Ekonomiki Transportu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Zainteresowania naukowe dotyczą bezpieczeństwa i eksploatacji statków śródlądowych i morskich.