

Wpływ lokalizacji morskich elektrowni wiatrowych na bezpieczeństwo żeglugi

Lucjan GUCMA Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie Wały Chrobrego 1/2 70-500 Szczecin		Marek MATERAC Urząd Morski w Szczecinie Plac Batorego 4 70-207 Szczecin
--	--	--

(www.elektrownie-wiatrowe.org.pl)

Streszczenie

W referacie przedstawiono analizę wpływu elektrowni wiatrowych lokalizowanych na akwenach morskich na bezpieczeństwo żeglugi. Przeanalizowano trzy główne problemy związane z lokalizacją pól elektrowni wiatrowych na morzu. Są one związane z ryzykiem kolizji przechodzącego statku z elektrownią wiatrową, nawigacyjnymi utrudnieniami, jakie spowoduje lokalizacja pola elektrowni oraz wpływem elektrowni na oznakowanie nawigacyjne w badanym rejonie. W referacie przedstawiono wytyczne do lokalizacji morskich elektrowni wiatrowych ze względu na bezpieczeństwo nawigacji.

Wstęp

Rozwijająca się gwałtownie w ostatnich latach energetyka wiatrowa może powodować konflikt interesów z żeglugą i rybołówstwem wynikający z chęci usytuowania parków elektrowni na otwartym morzu i akwenach przyległych. Chęć umiejscowienia elektrowni wiatrowych na akwenach morskich jest oczywiście uzasadniona ze względów ekonomicznych. Zarówno koszty inwestycyjne jak i późniejsze warunki eksploatacji tak usytuowanych obiektów będą mniejsze, lecz planowanie lokalizacji parków elektrowni wiatrowych na akwenach morskich powinno być poprzedzone wnikliwą analizą oddziaływania takiej inwestycji na bezpieczeństwo żeglugi i nawigacji.

Priorytetem przy podejmowaniu jakichkolwiek zamierzeń inwestycyjnych na akwenach morskich musi być szeroko pojęte kryterium bezpieczeństwa żeglugi. Mając to na uwadze, w poniższych rozważaniach przyjęto, że obszar, na którym zlokalizowane byłoby pole elektrowni wiatrowych będzie, ze względu na bezpieczeństwo żeglugi, akwenem zamkniętym dla normalnej nawigacji (za wyjątkiem statków zajmujących się eksploatacją, serwisem i konserwacją obiektów i urządzeń elektrowni). Fakt ten będzie rzutował na prowadzenie bezpiecznej nawigacji na akwenach przyległych.

Jako, że akwen przeznaczony pod instalacje elektrowni wiatrowych będzie zamknięty dla żeglugi, stanowić on będzie przeszkodę nawigacyjną. Fakt ten sam w sobie powoduje ograniczenia, gdyż statki będą zmuszone omijać w odpowiedniej odległości pole elektrowni wiatrowych. Właściwa lokalizacja pola elektrowni wiatrowych sprawi, że zmiana poziomu bezpieczeństwa nawigacji w porównaniu ze stanem obecnym będzie możliwie najmniejsza,

Chcąc określić wpływ usytuowania morskich parków elektrowni wiatrowych na bezpieczeństwo nawigacji w rejonach sąsiadujących należy przeanalizować trzy aspekty:

1. określenie wpływu lokalizacji parku elektrowni wiatrowych na prowadzenie nawigacji na wodach sąsiednich z uwagi na fakt, że akwen na którym znajdować się będzie park elektrowni wiatrowych będzie akwenem zamkniętym dla żeglugi (z wyjątkiem statków zajmujących się obsługą i konserwacją obiektów i urządzeń elektrowni wiatrowych),
2. określenie wpływu proponowanej lokalizacji parku elektrowni wiatrowych na możliwość pogorszenia się parametrów pracy i pojawienia się błędów w interpretacji istniejącego oznakowania nawigacyjnego, co w konsekwencji mogłoby zmniejszyć bezpieczeństwo nawigacji na przyległych akwenach,
3. ryzyko nawigacyjne związane z usytuowaniem pola elektrowni wiatrowych w aspekcie możliwości przypadkowego wejścia statków w obszar parku elektrowni i spowodowania wypadku, którego skutkiem może być zarówno uszkodzenie statku jak również elektrowni.

Przy projektowaniu lokalizacji pól elektrowni wiatrowych pod kątem bezpieczeństwa nawigacji należy przede wszystkim zwrócić uwagę na następujące wytyczne:

1. lokalizacja pól elektrowni wiatrowych nie może w żaden sposób ograniczać żeglugi przybrzeżnej ani żeglugi pełnomorskiej;
2. lokalizacja pól elektrowni wiatrowych nie może ograniczać dostępu statków do portów morskich;
3. niedopuszczalne jest lokalizowanie farm elektrowni wiatrowych w obrębie stref ochronnych innych budowli hydrotechnicznych (np. przewodów podwodnych, platform wiertniczych itp.) lub niebezpieczeństw nawigacyjnych (np. wraków lub miejsc, w których znajdują się zatopione niebezpieczne odpady lub amunicja), a także na akwenach czasowo zamykanych dla żeglugi i rybołówstwa (np. morskie poligony wojskowe);
4. lokalizacja pól elektrowni wiatrowych nie może powodować pogorszenia się parametrów pracy i pojawienia się błędów w interpretacji istniejącego oznakowania nawigacyjnego, gdyż w konsekwencji skutkowałoby to zmniejszeniem bezpieczeństwa nawigacji na przyległych akwenach;
5. pola elektrowni wiatrowych, jak wspomniano powyżej, powinny być uważane za przeszkodę nawigacyjną i z tego powodu muszą być oznakowane zgodnie z międzynarodowymi zaleceniami dotyczącymi sposobu oznakowania nawigacyjnego tego typu obiektów.

1. Analiza wpływu lokalizacji pól elektrowni wiatrowych na warunki prowadzenie nawigacji

Zwykle obszar, na którym zlokalizowane jest pole elektrowni wiatrowych jest, ze względu na bezpieczeństwo nawigacji, akwenem zamkniętym dla normalnej nawigacji (za wyjątkiem statków zajmujących się eksploatacją, serwisem i konserwacją obiektów i urządzeń elektrowni). Fakt ten rzutuje na prowadzenie bezpiecznej nawigacji na akwenach przyległych. Zwykle wokół elektrowni wiatrowych ustanawiany jest obszar ochronny (zamknięty dla nawigacji). W celu oceny wpływu lokalizacji pola elektrowni wiatrowych na akweny przyległe należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- rodzaj żeglugi uprawiany w rejonie planowanej lokalizacji (zorganizowana, swobodna),
- trasy żeglugowe przebiegające w pobliżu planowanej lokalizacji,
- głębokości w okolicy parku elektrowni,
- wielkość i typ statków przechodzących w pobliżu planowanej lokalizacji.
- ładunek przewożony przez statki..
- rodzaj i technika rybołówstwa uprawiane w pobliżu lokalizacji.
- wpływ lokalizacji na tory podejściowe do portów.
- warunki hydrometeorologiczne w tym wiatr, prąd i zalodzenie,
- parametry ruchu statków (intensywność, gęstość, struktura).
- przebieg kabla energetycznego,
- sąsiedztwo innych rejonów zamykanych dla żeglugi.

Chociaż zwykle względy ekonomiczno - eksploatacyjne przemawiają za umiejscowieniem pól w bezpośredniej bliskości wybrzeża (np. niewielki dystans do pokonania dla serwisowych jednostek pływających w przypadku awarii generatorów wiatrowych, krótszy kabel łączący pole z brzegiem), jednak kierując się wspomnianymi wcześniej wytycznymi nawigacyjnymi, należy umieszczać pole elektrowni wiatrowych pomiędzy akwenem żeglugi przybrzeżnej a akwenem żeglugi pełnomorskiej. W ten sposób uniknie się powodowania zakłóceń żeglugi na tych akwenach, a ponadto znacząco ograniczy się możliwość kolizji nawigujących tymi często uczęszczanymi trasami statków z obiektami usytuowanymi na obszarze pól elektrowni wiatrowych. Szerokość korytarza żeglugi przybrzeżnej powinna być tak dobrana, aby umożliwić dowolnym statkom bezpieczne przejście w każdych warunkach meteorologicznych w ruchu jedno- lub dwukierunkowym. W warunkach wybrzeża polskiego jej szerokość może przyjąć na około 5Mm.

Na obszarze południowego Bałtyku, w którym mogą zostać zlokalizowane pola elektrowni wiatrowych wyróżnia się dwie trasy żeglugowe:

1) Akwen żeglugi pełnomorskiej.

Zgodnie z powszechnie stosowaną w żegludze międzynarodowej locją □Admiralty Sailing Directions - Baltic Pilot - volume II - NP. 19" wydaną w 1998 r. przez Admiralicję Brytyjską, zalecaną trasą pełnomorską na akwenie Bałtyku Południowego jest trasa nr 8.14 wiodąca z Cieśnin Duńskich i dalej na południe od wyspy Bornhokn do portów wschodniego wybrzeża Polski (m. in. Gdyni i Gdańska) oraz do portów rosyjskich. Trasa ta ma strategiczne znaczenie dla żeglugi bałtyckiej, szczególnie dla statków o dużych gabarytach i zanurzeniu. Trasa 8.14 bywa także wykorzystywana w miesiącach zimowych, gdy na północnym Bałtyku tworzą się pola lodowe uniemożliwiające prowadzenie bezpiecznej nawigacji na trasie przebiegającej na północ od Bomholmu. Obszar lokalizacji pól elektrowni wiatrowych powinien być położony na południe od opisanej powyżej trasy pełnomorskiej i w żaden sposób nie może kolidować z prowadzoną na niej żeglugą.

2) Akwen żeglugi przybrzeżnej.

Zgodnie z podaną powyżej publikacją nawigacyjną trasą zalecaną dla żeglugi wzdłuż wybrzeża Polski jest trasa nr 8.301 przechodząca dalej w trasę 8.330. Jest ona wykorzystywana przez statki o mniejszych gabarytach, zanurzeniu i prędkości niż statki nawigujące na opisanej powyżej trasie pełnomorskiej. Do statków tych należą głównie małe statki handlowe i pasażerskie, statki rybackie, jachty itp. Trasa ta przebiega ok. 4 Mm od wybrzeża polskiego. Tak więc akwen przeznaczony na lokalizację pola elektrowni wiatrowych powinien znajdować się na północ od wspomnianej trasy, dzięki czemu umożliwi się prowadzenie bezpiecznej nawigacji statkom poruszającym się w obu kierunkach trasą w strefie przybrzeżnej.

Postulat lokalizacji pól elektrowni wiatrowych pomiędzy trasami żeglugi przybrzeżnej a pełnomorskiej jest znaczącym, ale nie jedynym kryterium.

2. Analiza wpływu lokalizacji na istniejące oznakowanie nawigacyjne w rozpatrywanym rejonie

Przed decyzją o lokalizacji w danym rejonie pola elektrowni wiatrowych należy określić wpływ lokalizacji pola elektrowni wiatrowych na parametry pracy i możliwości powstawania błędów w interpretacji istniejącego oznakowania nawigacyjnego. W tym celu konieczne jest określenie:

- które światła i znaki nawigacyjne odgrywają na opisywanym akwenie najważniejszą rolę ,
- w jaki sposób za pomocą oznakowania określana jest pozycja i identyfikacja,
- zasięgów nominalnych analizowanych światel,
- wpływu lokalizacji elektrowni wiatrowych na zasięgi światel i widoczność znaków,
- wpływu lokalizacji elektrowni na możliwość błędnej identyfikacji światel i znaków.

Lokalizacja pola elektrowni wiatrowych w rejonach morskich musi uwzględnić takie ich umiejscowienie, aby zapewnić statkom w żegludze przybrzeżnej możliwość korzystania z oznakowania nawigacyjnego używanego w nawigacji terestrycznej. Podstawowym oznakowaniem nawigacyjnym wykorzystywanym w tym celu są latarnie morskie. Statki używają ich światel przede wszystkim do określania pozycji z dwóch lub więcej namiarów. Rozmieszczenie latarni wzdłuż polskiego wybrzeża pozwala na prowadzenie takiej nawigacji. Aby jednak nawigatorzy mogli bez przeszkód korzystać z dostępnego oznakowania, musi być ono widoczne w granicach wyznaczonego zasięgu światła. Tak więc, pola elektrowni wiatrowych powinny znajdować się nie tylko pomiędzy opisanymi powyżej tarasami żeglugowymi, ale jednocześnie poza granicami zasięgów świecenia światel latarni morskich.

Kolejnym, nie mniej ważnym czynnikiem determinującym lokalizację pola elektrowni wiatrowych jest taki dobór akwenu, aby powstała inwestycja nie ograniczała ani nie utrudniała dostępu do portów morskich. Należy przy tym wziąć pod uwagę nie tylko obecne parametry torów podejściowych do portów, ale również perspektywy rozwoju tychże portów, a także dróg morskich zapewniających dostęp do nich.

Kwestia zakazu lokalizacji pól elektrowni wiatrowych w obrębie stref ochronnych innych obiektów hydrotechnicznych lub niebezpieczeństw nawigacyjnych jest oczywista i nie wymaga komentarza. Zgodnie z wcześniejszymi wskazówkami, pole elektrowni wiatrowych należy uważać za przeszkodę nawigacyjną i z tego powodu musi być ono oznakowane zgodnie z obowiązującymi, międzynarodowymi zaleceniami. Właściwe, zgodne z obowiązującymi przepisami, oznakowanie nawigacyjne obszaru pól elektrowni wiatrowych zarówno na etapie budowy, jak i eksploatacji, ma kluczowe znaczenie dla zachowania bezpieczeństwa żeglugi na omawianym akwenie i na akwenach przyległych.

Oznakowanie nawigacyjne i lotnicze pola elektrowni wiatrowych

Przewidywane oznakowanie lotnicze oraz morskie pola elektrowni wiatrowych musi być wykonane zgodnie z obowiązującymi przepisami (oznakowanie lotnicze tj. wg Polskiej Normy PN-65/L-49002 "Oznakowanie naziemnych przeszkód lotniczych", oznakowanie morskie wg International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) - Recommendation 0-117 - "Recommendation for Marking of Offshore Wind Farms"), w przeciwnym przypadku będzie ono mogło kolidować z istniejącym

oznakowaniem nawigacyjnym i może wpływać negatywnie na bezpieczeństwo żeglugi. Dalszym problemem będzie właściwe poinformowanie nawigatorów o pracach konstrukcyjnych w rejonie parku elektrowni oraz późniejsze umieszczenie opisu parku elektrowni na mapach i pomocach nawigacyjnych. Zasady oznakowania nawigacyjnego określają przepisy morskiej organizacji International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) [3]. Zalecenia te przedstawiają się następująco:

Przybrzeżne farmy wiatrowe powinny być oznakowane tak, aby były odróżnialne za dnia i w nocy, biorąc pod uwagę przeważające warunki widzialności i ruch statków. Uznaje się, że istnieją już wystarczające zalecenia zawarte w Morskim Systemie Oznakowania IALA, całkowicie zapewniające oznakowanie generatorów i farm wiatrowych. Tam gdzie jest to możliwe, generatory wiatrowe powinny być zgrupowane w określony blok w celu oznakowania farm wiatrowych jako zespół w następujący sposób:

1. narożniki i inne punkty zmiany kierunku granicy powinny być oznakowane poprzez odpowiednie światła błyskowe koloru żółtego o charakterze "znaku specjalnego" tak, aby były widoczne z każdego kierunku i miały zasięg nominalny co najmniej pięciu mil morskich. W przypadku rozciągniętych bloków, aby oznakować generatory wiatrowe wzdłuż obwodu lub wewnątrz bloku generatorów wiatrowych w odstępach nie większych niż dwie mile morskie, powinno być użyte światło błyskowe koloru żółtego mogące mieć inny charakter i inny zasięg;
2. światła opisane w tych zaleceniach powinny mieć gotowość operacyjną lepszą niż 99.0 %;
3. światła powinny być zamontowane na wysokości ponad Najwyższy Pływ Astronomiczny (HAT), tak, jak to określają to przepisy władz miejscowych, ale poniżej najniższego punktu łuku jaki kreślą łopaty rotora;
4. wieża generatora wiatrowego powinien być koloru żółtego od poziomu HAT do wysokości światła. Powinno się rozważyć zastosowanie materiałów odbłaskowych;
5. zaleca się rozważyć użycie rakonów, reflektorów radarowych i/lub wzmacniaczy ech radarowych ze względu na małą rozróżnialność radarową określonych pionowych, cylindrycznych obiektów;
6. zaleca się rozważyć zastosowanie sygnałów dźwiękowych, gdy będzie to stosowne, biorąc pod uwagę dominujące warunki widzialności.

Jednocześnie IALA przedstawia następujące uwagi szczegółowe dla władz miejscowych i dla projektantów oznakowania nawigacyjnego:

1. jeżeli jest budowany pojedynczy (stojący samotnie) generator wiatrowy, powinno się go oznakować stosownie do powyższych zaleceń. Jednakże, ze względu na zwiększone niebezpieczeństwo, jakie powoduje taka wyodrębniona budowla, powinna być ona oświetlona tak, jak każda inna konstrukcja przybrzeżna (tzn. światło koloru białego, o charakterystyce litery "U" kodu Morse'a);
2. podczas budowy farmy wiatrowej powinien zostać ustanowiony akwen roboczy, który powinien być oznakowany zgodnie z Morskim Systemem Oznakowania IALA (MBS);
3. przed i w trakcie budowy przybrzeżnych generatorów wiatrowych powinno zostać ogłoszone ostrzeżenie w Wiadomościach Żeglarskich i/lub Lokalnych Radiowych Ostrzeżeniach Nawigacyjnych, przypominające marynarzom, że zarówno generatory wiatrowe jak i same kable mogą powodować problemy propagacyjne i interferencję elektromagnetyczną znajdującego się na statku sprzętu;

4. kable energetyczne generatorów wiatrowych powinny być wkopane w dno, jeśli jest to możliwe;

5. pojedyncze generatory, jak i farmy elektrowni wiatrowych muszą zostać naniesione na odpowiednie mapy nawigacyjne i opisane w publikacjach morskich.

Ponadto władze miejscowe mogą rozważyć ustanowienie stref bezpieczeństwa, wykluczeń lub ograniczeń na obszarze farm wiatrowych, dla statków i małych jednostek do ruchu sporadycznego. Jeżeli będzie to konieczne, takie obszary powinny być oznakowane stosownie do Morskiego Systemu Oznakowania IALA i odpowiednio przedstawione na mapie nawigacyjnej.

3. Analiza ryzyka nawigacyjnego lokalizacji pól elektrowni wiatrowych w rejonach morskich

Metody szacowania ryzyka stosowane są obecnie powszechnie na świecie do określania stopnia wpływu inwestycji na bezpieczeństwo jej użytkowników.

Ryzyko definiowane jest z reguły jako kombinacja prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niepożądanego (wypadku) i skutków takiego zdarzenia. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest połączenie skutków i możliwości wystąpienia wypadków. Z reguły ryzyko jest definiowane jako : $R = PC$

gdzie: R- ryzyko, zagrożenie, P- prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niepożądanego, wypadku, C- skutki wypadku,

Skutki mogą i są wyrażane najczęściej za pomocą wskaźników ekonomicznych (strata na jeden wypadek), wtedy ryzyko będzie wyrażone stratami, jakich można spodziewać się w jednostce czasu (najczęściej przez rok).

W niniejszej pracy przedstawione zostaną punkty związane z szacowaniem ryzyka. Inwestycja taka jak budowa pola elektrowni wiatrowych na morzu może stwarzać zagrożenie dla odbywającej się w sąsiedztwie żeglugi. Pomimo że zwykle ustanawiane są strefy zamknięte dla żeglugi wokół parku elektrowni wiatrowych wraz z ich odpowiednim oznakowaniem to należy się liczyć również z możliwością wystąpienia sytuacji niebezpiecznych powstałych w wyniku wejścia statków w rejon parku. Szerokość stref ochronnych ustalana jest na podstawie czynników przedstawionych w punkcie 3 niniejszego opracowania i ustalana jest w granicach od 500m do 2000m. Częstość występowania sytuacji polegających na nieumyślnym wejściu statku w rejon parku elektrowni oraz skutki, jakie mogą one powodować będą wpływały na poziom ryzyka inwestycji.

Procedura szacowania ryzyka jest przeprowadzana analogicznie we wszystkich większych konstrukcjach inżynierskich zarówno ruchomych jak i stałych (budynki, mosty, samoloty itp.).

Typ wypadku

Po analizie określono, że typem wypadku może być niezamierzone wejście statku w rejon zamknięty dla żeglugi, gdzie znajdują się elektrownie wiatrowe i w następstwie tego kolizja statku z elektrownią wiatrową. Innymi typami wypadku mogą być celowe wejścia statków w rejon parku elektrowni np:

- rybackiego celem zajęcia się połowem,
- jednostek żeglugi sportowej i przyjemnościowej.

Przyczyny wypadku

Jako przyczyny badanych wypadków można wymienić:

- skrajne warunki meteorologiczne takie jak wiatr sztormowy, prąd i falowanie,
- błąd ludzki wynikający z niewłaściwego wyszkolenia, zmęczenia lub zaniedbania,
- błąd techniczny wynikły na skutek uszkodzeń urządzeń technicznych

Należy zauważyć, że wypadki najczęściej występują na skutek kombinacji wyżej wymienionych przyczyn to jest np. uszkodzenie napędu statku połączone z niekorzystną pogodą, uszkodzenie urządzeń technicznych (autopilot, systemy pozycjonowania) połączone z błędem ludzkim. Prawdopodobieństwo takiego wypadku można określić znając prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych zdarzeń inicjujących oraz intensywność ruchu statków w badanym rejonie. W rejonie badanym gdzie nie prowadzi się statystyk ruchu statków - można je określić tylko na podstawie zgrubnych szacowań uwzględniających statystyki zawinięć do poszczególnych portów. Do określenia prawdopodobieństwa wyjścia statku poza granice bezpiecznego toru można wykorzystywać dane statystyczne z akwenów analogicznych pod względem nawigacyjnym. Przykładowo przeprowadzone ostatnio badania w rejonie Cieśnin Duńskich [2] pozwoliły określić prawdopodobieństwo wejścia na mieliznę statków w kanale Drodgen na poziomie $2 \cdot 10^{-5}$. Zakładając dobową intensywność ruchu statków na pewnym poziomie można obliczyć, że ilość awarii dla danej strony toru. Uwzględniając dane producentów elektrowni wiatrowych dotyczących żywotności elektrowni wiatrowych (zwykle około 30 lat) można porównać ilość przewidywaną awarii z ich czasem eksploatacji. Do pełnego szacowania ryzyka należy wykorzystać metody dokładniejsze oparte na analizie przyczyn wypadków i tzw. "drzewa zdarzeń". Określenie prawdopodobieństwa kolizji statku z elektrownią wiatrową przedstawiono na Rys.2. Funkcję gęstości prawdopodobieństwa występowania pozycji statku określa się na podstawie obserwacji lub wykorzystuje dane istniejące.

Ustalenie strefy buforowej wokół elektrowni powoduje znaczne zmniejszenie ryzyka bezpośredniego zbliżenia się do elektrowni. Przykładowo pokonanie strefy o szerokości 2000m przez statek zajmuje od 5 do 15 minut co daje odpowiedni zapas czasowy na reakcję w sytuacjach awaryjnych i ewentualne zmniejszenie skutków wypadku.

Rodzaj poniesionych strat

Straty poniesione w wyniku analizowanego typu wypadku można podzielić na:

- straty ludzkie (śmierć lub kalectwo),
- straty wynikłe z całkowitej utraty własności (całkowita utrata statku, elektrowni),
- straty ekonomiczne (materialne) wynikające z konieczności likwidacji skutków awarii
- koszty przeprowadzenia akcji i ratowniczej,
- straty wynikające z możliwości zanieczyszczenia wód przez ładunek przewożony statkiem,
- straty wynikające z konieczności wyłączenia z eksploatacji zarówno elektrowni jak i statku,
- utrata reputacji i wpływ wypadku na międzynarodową opinię

Przewidywany scenariusz wypadku będzie oczywiście zależny od wielu czynników, przez co jest trudny do opisanie. Można założyć jednak, że w większości zdarzeń wypadek nie powinien spowodować takich uszkodzeń statku, które spowodowałyby jego całkowitą utratę oraz co najistotniejsze straty ludzkie. Zderzenie z obiektem nieruchomym, do jakich należy elektrownia wiatrowa nastąpić może z reguły w okolicach dziobu statku, który jest konstrukcyjnie wzmocniony z drugiej strony statek jest przygotowany na wytrzymanie załamania przedziałów dziobowych. Pozostałe koszty wypadku można oszacować znając wartości strat poniesionych dla poszczególnych składników. Założyć należy jednak, że

wypadek tego typu spowoduje częściowe lub nawet całkowite uszkodzenie siłowni wiatrowej. Obecnie w Polsce brak jest norm prawnych dotyczących ryzyka akceptowalnego, przez co wykorzystywane są opracowania zachodnie. Można wykorzystywać tutaj opracowane wzory i formuły dotyczące ryzyka akceptowalnego przedstawione w [4].

Należy zauważyć, że właściwe oznakowanie akwenu będzie miało istotny wpływ na zmniejszenie ryzyka wypadku. Odpowiednio dobrany kształt akwenu żeglugi przybrzeżnej, uwzględniający wykonanie zwrotu podczas przejścia zmusza nawigatora do zachowania większej czujności i koncentracji. Należy tak zaplanować trasę statku, aby nawet przy niezrealizowaniu zwrotu (np. na skutek błędu ludzkiego) statek nie wszedł w rejon elektrowni (tzn. około 1.5 Mm na południe od granicy akwenu niebezpiecznego).

Wnioski

W referacie przedstawiono problemy i wytyczne związane z lokalizacją elektrowni wiatrowych na morzu i obszarach przyległych. Rozpatrzono i omówiono obszernie następujące zagadnienia:

- wpływ lokalizacji pól elektrowni wiatrowych na warunki nawigacyjne na badanym akwenu,
- wpływ lokalizacji pól elektrowni wiatrowych na oznakowanie nawigacyjne
- szacowanie ryzyka nawigacyjnego danej lokalizacji w aspekcie kolizji statku z elektrownią

Wytyczne do lokalizacji w aspekcie bezpieczeństwa żeglugi powinny zawierać:

1. w jakim stopniu wpłynie ona na prowadzenie żeglugi pełnomorskiej, przybrzeżnej i rybołówstwo,
2. w jakim stopniu wpłynie ona dostęp do portów, oraz czy spowoduje ona konieczność modyfikacji dotychczasowych tras podejściowych stosowanych przez nawigatorów (czy przy podejściu do portów z niektórych kierunków może nastąpić konieczność ominięcia pola elektrowni wiatrowych, co musi zostać uwzględnione przez nawigatorów),
3. wymiary oraz kształt akwenu wraz ze strefą buforową zamkniętych dla żeglugi przeznaczonych pod instalacje elektrowni wiatrowych wraz z określeniem w jakim stopniu będzie to wpływało na bezpieczeństwo nawigacji statków przechodzących w jego pobliżu,
4. wytyczne do oznakowania morskiego i lotniczego zgodne z wymienionymi wcześniej normami i przepisami,
5. wpływ pola elektrowni wiatrowych na wykorzystanie obecnie istniejącego oznakowania nawigacyjnego,
6. szacowanie ryzyka nawigacyjnego związanego z możliwością uderzenia statku w elementy elektrowni wiatrowych w aspekcie bezpieczeństwa analizowanej inwestycji.

Literatura

1. IALA Guidelines on Risk Management, IALA-IASM, December 2000,
2. Ship Collision Analysis, Eds. Gluver, H., Olsen, D., Balkema Rotterdam 2000,
3. Recommendations on marking of Offshore Wind Farms, IALA Recommendation 0-117,
4. Acceptable risks for major infrastructure, Eds. Heinrichs P., Fell R., Balkema Rotterdam