

Andrzej KRÓLIKOWSKI¹
Tadeusz STUPAK²
Ryszard WAWRUCH³

ZASADY OCENY RYZYKA STWARZANEGO PRZEZ FARMY ELEKTROWNI WIATROWYCH NA MORZU

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono zasady oceny poziomu ryzyka dla bezpieczeństwa żeglugi i ochrony czystości środowiska morskiego stwarzanego przez farmy elektrowni wiatrowych budowanych na morzu. Poziom ryzyka zależy od usytuowania farmy w stosunku do torów wodnych i struktury ruchu statków oraz wrażliwości środowiska. Wprowadzone problemy i metody są podobne jak w przypadku Kodeksu Ochrony Bezpieczeństwa Statku i obiektu Portowego (Kodeks ISPS). Proces oceny ryzyka stwarzanego przez farmy wiatrowe zawiera identyfikację wszystkich zagrożeń i ich opis jako łańcuch zdarzeń. Techniki analizy składają się identyfikacji ryzyka, studia operacyjne, ocenę wad i skutków i wyniki analizy oraz przyjęty poziom bezpieczeństwa. Analizy wszystkich elementów łańcucha w stosunku do listy zagrożeń środowiska morskiego celem uzupełnienia listy łańcucha zdarzeń i oceny poziomu ryzyka. Metody oceny wymagają przyjęcia wartości kategorii zdarzeń, aktywności nawigacyjnej, budowy konstrukcji farmy, typów statków, warunków pogodowych i zachowań ludzkich.

Słowa kluczowe: nawigacja morska, analiza ryzyka kolizji, elektrownie wiatrowe

WSTĘP

Kraje rozwinięte wymusiły konieczność produkcji droższej energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych zamiast tańszej z węgla czy gazu. Dlatego Polska planuje budowę elektrowni wiatrowych na morzu, prawdopodobnie w rejonie Ławicy Słupskiej. Elektrownie wiatrowe są stosunkowo nowymi konstrukcjami powstałymi na morzu i stwarzają nowe niebezpieczeństwa dla żeglugi, dlatego należy przeprowadzić analizę wpływu projektowanej farmy tych elektrowni na działania ludzi na morzu

¹ Andrzej KRÓLIKOWSKI, dr inż., Urząd Morski w Gdyni.

² Tadeusz STUPAK, dr inż., Akademia Morska w Gdyni.

³ Ryszard WAWRUCH, dr inż., prof. nadzw. AM w Gdyni, Akademia Morska w Gdyni.

i środowisko oraz opracować metody obniżenia ryzyka związanego z tą działalnością. Do tego celu można adoptować już istniejące programy i procedury postępowania w sytuacjach zagrożeń.

1. MIĘDZYNARODOWY KODEKS OCHRONY STATKU I OBIEKTU PORTOWEGO

Jednym z dokumentów, który może być pomocny do opracowania wpływu zagrożeń stwarzanych dla żeglugi przez farmę elektrowni wiatrowych może być Międzynarodowy kodeks ochrony statku i obiektu portowego. Dotyczy on postępowania w sytuacjach zagrożenia atakami pirackimi i terrorystycznymi, jednak podejście do zagadnień jest podobne i może być wykorzystane dla wyznaczenia metod postępowania podczas żeglugi w pobliżu farmy. Międzynarodowy kodeks ochrony statku i obiektu portowego (International Code for the Security of Ships and of Port Facilities – ISPS) zawiera między innymi deklarację ochrony, która jest dokumentem ustanawiającym wymogi bezpieczeństwa, za które odpowiedzialne są obiekty portowe oraz statek lub statki względem siebie. Deklaracja ta precyzuje zakres odpowiedzialności, szacuje ryzyko, jakie niesie zależność statek – port dla ludzi, środowiska i majątku. [1]

W kodeksie ISPS są przedstawione trzy poziomy ochrony dla statku, według których statek będzie działał. Stan ochrony statku podlega ocenie według ISPS w zakresie: [2]

- identyfikacji zagrożeń, które są kluczowe dla procesów na statku, jakie określają prawdopodobieństwo występowania ich i ustalania priorytetów;
- identyfikacja istniejących środków ochrony i ich działań oraz procedur;
- identyfikacja głównych procesów na statku;
- identyfikacja niedociągnięć w słabych punktach infrastruktury oraz procedur z uwzględnieniem czynnika ludzkiego.

Ocenę stopnia ochrony statku przeprowadza personel armatora, który ma w tym zakresie odpowiednie doświadczenie.

1.1. PLAN OCHRONY STATKU

Główną pozycją w Międzynarodowym kodeksie ochrony statku i obiektu portowego (ISPS) jest plan ochrony statku, który zostaje zatwierdzony przez administrację morską i jest przygotowany na wypadek wystąpienia trzech poziomów ochrony:

- I poziom ochrony (Security Level 1) – określa nam stan, w którym powinny być utrzymane minimalne środki ochrony przed zagrożeniem.
- II poziom ochrony (Security Level 2) – ukazuje nam stan w wyniku, którego w czasie zwiększonego ryzyka zagrożenia, należy utrzymać dodatkowe środki ochrony przez cały czas trwania tego stanu.
- III poziom ochrony (Security Level 3) – to okres, w którym zostają postawione wszystkie środki ochrony w stan gotowości na cały ten czas, w jakim jest duże prawdopodobieństwo nasilenia się zagrożenia lub jego nieuchronnego wystąpienia.

Określono metody współdziałania pomiędzy statkiem a służbami lądowymi, określono kompetencje i obowiązki statku i służb. Analogiczne metody postępowania powinny być opracowane i wdrożone dla potrzeb budowy i eksploatacji farm elektrowni wiatrowych na morzu i ich wzajemnego oddziaływania z żeglugą.

1.2. POSTANOWIENIA KODEKSU ISPS

Część B Kodeksu ISPS odnosi się głównie do zaleceń, a nie tak jak w części A norm prawnych, które obowiązują statki i porty. Przedstawione są zalecenia związane z pracą na statku oraz w porcie, oraz wiele rozwiązań, które bezpośrednio chronią życie, mienie w sytuacjach zagrożenia.

Ship Security Plan (SSP), czyli Plan ochrony statku musi zawierać procedury, które należy użyć w momencie wprowadzenia drugiego lub trzeciego poziomu ochrony. 12 grudnia 2002 roku w Konwencji Solas 1974 [3] dodano dodatkowe obowiązki, jakim jest wyposażenie statków w urządzenia takie jak:

- uniwersalny statkowy system identyfikujący, inaczej automatycznym systemem identyfikacyjnym AIS (Automatic Identification System);
- (Ship Security Alert System) system alarmowy o zagrożeniu statku.

Ship Security Alert System to system alarmowy informujący o zagrożeniu statku, który w momencie aktywacji emituje sygnał alarmu tzw. alert do odpowiednich władz. O alarmie nie wie żaden statek, ani ktokolwiek inny poza wyznaczonymi władzami. Podobnie można rozpatrzyć celowość wprowadzenia dodatkowych procedur łączności, np. z wykorzystaniem AIS, podczas żeglugi w pobliżu farmy elektrowni wiatrowych.

2. RYZYKO STWARZANE PRZEZ FARMY WIATROWE

Dostępne dane wykorzystywane do walidacji ryzyka stwarzanego przez farmę elektrowni wiatrowych powinny zawierać dane empiryczne dotyczące wypadków, awarii, kolizji statków z infrastrukturą morską i należy porównywać je z szacunkami ryzyka przeprowadzanymi dla innych pól turbin wiatrowych. Dane te nie były w Polsce archiwizowane w wymaganym zakresie. Poniżej przeprowadzono dyskusję niepewności modelu analizy ryzyka i jego walidację. [7]

W trakcie opracowywania modeli szacowania ryzyka wprowadza się do nich wiele nieokreśloności i uproszczeń. Ta nieokreśloność będzie w różnym stopniu dotyczyła następujących obszarów i współczynników: [8]

- Statystyki natężenia ruchu statków – zebrane dane z systemów AIS są wysokiej dokładności, ale dla celów modelowania muszą zostać uproszczone;
- Przyjęte modele szacowania zagrożeń – mogą nastąpić wypadki, które nie zostały przewidziane lub pociągnęły za sobą dodatkowe/pośrednie konsekwencje;
- Założenia i oceny inżynierskie dotyczące głównych parametrów oceny prawdopodobieństwa;
- Założenia odnośnie konsekwencji kolizji w zakresie ofiar śmiertelnych, wpływu na środowisko i strat ekonomicznych;
- Zebrane dane statystyczne i empiryczne – dane dotyczące prawdopodobieństwa kolizji są nie pełne i odzwierciedlają historyczny poziom bezpieczeństwa i standardów technicznych.

Jeżeli zakres nieokreśloności dla każdego z parametrów zostanie oszacowany może powstać potrzeba przeprowadzenia dalszych analiz. Analiza czułości modeli może zostać przeprowadzona przez systematyczne zmienianie kluczowych parametrów i obserwację ostatecznych wyników.

2.1. AKCEPTACJA RYZYKA I KRYTERIA AKCEPTACJI RYZYKA

Nie istnieją międzynarodowe standardy akceptacji zagrożeń bezpieczeństwa żeglugi, które miałyby zastosowanie przy analizie wpływu elektrowni wiatrowych na nawigację.

Zastosowane metody jakościowe szacowania zagrożeń, jakie mogą stanowić dla bezpieczeństwa nawigacji farmy wiatrowe skupiają się na prawdopodobieństwie kolizji statek – turbina i wyrażone są w prawdopodobieństwem zajścia zderzenia na rok lub spodziewanym

okresem występowania w latach. Konsekwencje kolizji nie są szczegółowo modelowane ilościowo i nie przeprowadzono oceny możliwych kryteriów akceptacji poziomu ryzyka.

Ryzyko indywidualne i społeczne

Gdy analizuje się prawdopodobieństwo i potencjalne skutki wypadków, wspólne wyniki ilościowe są przedstawiane w formie spodziewanych ofiar. Następnie formułuje się kryteria akceptacji ryzyka oparte na ryzyku indywidualnym lub społecznym.

Dla poszczególnych zawodów, lokacji i aktywności, indywidualne kryteria akceptacji mogą być wyrażone roczną liczbą zdarzeń śmiertelnych. W dużych systemach, gdzie duża liczba osób jest wystawiona na ryzyko i gdzie duża liczba osób może być dotknięta potencjalnym wypadkiem, bardziej adekwatną oceną akceptacji poziomu ryzyka jest rozważanie w aspekcie społecznym. Polega ono na przeciwstawieniu sobie częstotliwości i liczby ofiar śmiertelnych. Dwoma najbardziej popularnymi metodami przedstawiania takich ryzyk są macierze ryzyka lub krzywe FN. Obydwie te metody również wskazują, jakie poziomy ryzyka są dopuszczalne. PLL (Potential Loss of Lives) potencjalna utrata życia jest kolejnym miernikiem ryzyka społecznego dla definiowanego systemu lub czynności.

Tabela 1.

Przykład macierzy ryzyka [4]

Matryca przedstawiająca ryzyko i poziomy akceptacji.					
Współczynnik częstotliwości		Współczynnik dotkliwości			
		Mały	Znaczący	Duży	Katastroficzn y
		1	2	3	4
Częsty	7	8	9	10	11
Prawdopodobny	6	7	8	9	10
Rozsądnie prawdopodobny	5	6	7	8	9
Nikły	3	4	5	6	7
Skrajnie nikły	1	2	3	4	5

Obszar pomiędzy czerwonym, nieakceptowanym a zielonym akceptowalnym poziomem nazwany jest ALARP (As Low As Reasonably Practical - tak nisko jak to tylko możliwe w granicach rozsądku) wskazuje konieczność podjęcia środków ograniczenia ryzyka. Zaprezentowana tabela 1 może zostać przekształcona w kategorie dotyczące np. konsekwencje dla środowiska naturalnego lub strat ekonomicznych.

Poziom akceptacji ryzyka indywidualnego w żegludze

W żegludze morskiej obowiązują powszechnie zaakceptowane standardy dotyczące poziomu akceptacji ryzyka, kryteria zostały przyjęte w dyrektywie MSC 72/16 (Komitet Bezpieczeństwa Morskiego przy IMO). Tabela 2 przedstawia poziomy dopuszczalnego ryzyka, na jakie mogą być narażeni członkowie załóg statków morskich.

Tabela 2.

Indywidualne poziomy ryzyka dla członków załóg [6]

Poziomy indywidualnego ryzyka, na które mogą zostać narażeni członkowie załóg statków morskich	
Poziom ryzyka	Ryzyko wypadku śmiertelnego na 1 rok
Maksymalny dopuszczalny poziom ryzyka	10^{-3}
Pomijalny poziom ryzyka	10^{-6}

Istnieje wiele poglądów na wybór kryterium akceptacji ryzyka i są one formułowane w zależności kontekstu. W przedstawionym opracowaniu głównym obszarem zainteresowania jest bezpieczeństwo nawigacji, stąd też kryteria oparto na ocenie względnego ryzyka. Czyli kryterium bezpieczeństwa mogłoby brzmieć następująco: powstanie elektrowni wiatrowej nie zwiększy prawdopodobieństwa zderzenia statku z instalacją, innym statkiem lub wejścia na mieliznę na danym akwenu. Jeżeli kryteria akceptacji zostałyby sformułowane w liczbach absolutnych (np. ALARP) to nadal powinny być odniesione i porównane do wartości podstawowych, które występowały przed wzniesieniem elektrowni. W wielu przypadkach będzie również celowym przeprowadzenie odpowiednich studiów z punktu widzenia bezpieczeństwa farmy wiatrowej.

3. METODY OCENY RYZYKA NAWIGACYJNEGO

Analiza oceny wpływu morskich elektrowni wiatrowych na bezpieczeństwo żeglugi zawiera identyfikację zagrożeń, ocenę prawdopodobieństwa kolizji, jej konsekwencje oraz dyskusję niepewności i wrażliwość modeli przyjętych na potrzeby analizy. Przeprowadzono także analizę akceptowalnych poziomów ryzyka.

3.1. WSTĘPNA OCENA JAKOŚCIOWA

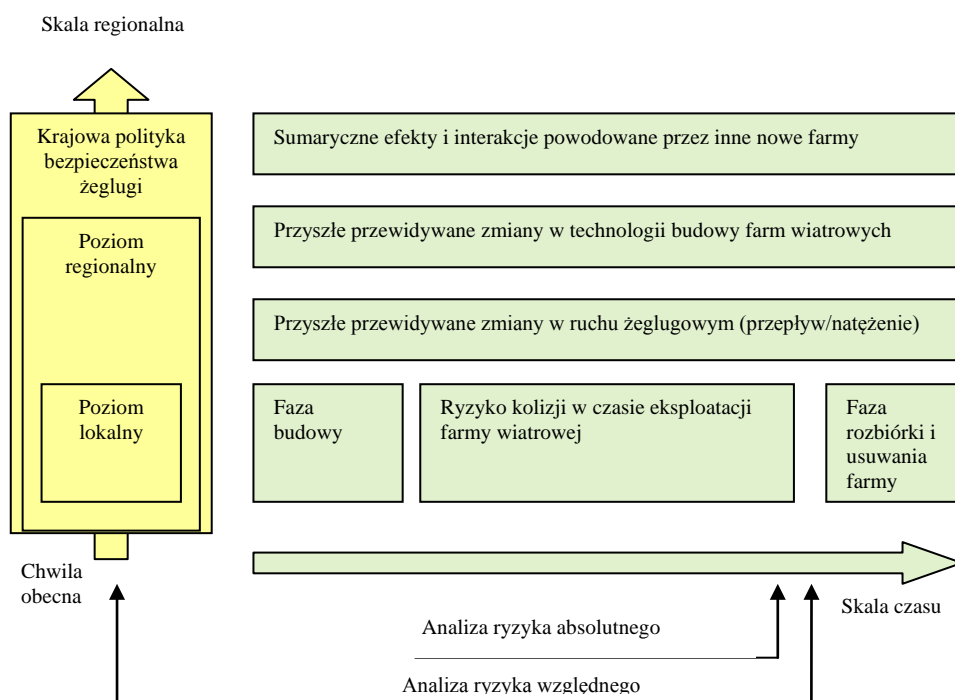
We wstępnym etapie oceny zagrożenia bezpieczeństwa nawigacji, jakie mogą stwarzać planowane lub już wybudowane morskie elektrownie wiatrowe, należy przeprowadzić jakościową identyfikację zagrożeń. Wszystkie zainteresowane projektem strony powinny wyrazić swoje opinie odnośnie potencjalnych zagrożeń związanych z powstaniem i eksploatacją farmy wiatrowej. Proces ten może mieć charakter wysłuchań publicznych, dyskusji, debat, sesji, itp. W rezultacie tego etapu powinien powstać katalog możliwych zagrożeń i scenariuszy wydarzeń. Następnie, w oparciu o metody jakościowe, należy wybrać z tego katalogu scenariusze i zagrożenia prawdopodobne i takie, których konsekwencje mogą być znaczące. Wynikiem tego etapu prac powinien być katalog możliwych zagrożeń, który należy poddać wstępnej analizie. Rozważając lokalizację planowanej farmy wiatrowej i wyniki wstępnych szacunków zagrożeń, należy zdecydować jak szerokie studium należy przeprowadzić nad poszczególnymi scenariuszami możliwych zdarzeń.

3.2. RODZAJE RYZYKA

Budowa i rozwój farm wiatrowych niesie wiele rodzajów zagrożeń dla bezpieczeństwa ruchu morskiego jednostek pływających operujących w ich pobliżu. Zagrożenia te mogą być nowe dla danego akwenu bądź instalacja farmy może zwiększyć i uwypuklić niebezpieczeństwa już istniejące. Mogą one obejmować m.in.: [5]

- ryzyko zderzenia lub kontaktu statku z turbiną wiatrową lub wieżą,
- ryzyko zderzenia statków wynikające z konieczności zmiany kursu jednego z nich w celu ominięcia farmy wiatrowej,
- ryzyko wejścia na mieliznę,
- ryzyka wynikające z wpływu obecności farm wiatrowych na urządzenia nawigacyjne (np. radar).

Metodologia oceny zagrożeń powinna zawierać ocenę prawdopodobieństwa zajścia każdego z tych zdarzeń, z uwzględnieniem różnego ich nasilenia na poszczególnych etapach budowy i eksploatacji. Należy także rozważyć przyszłe możliwe scenariusze. Analizy zagrożeń kolizjami statek – statek oraz wejść na mieliznę należy porównać z sytuacją z okresu przed rozpoczęciem projektu („base case” - stan przed budową). Dodatkowa analiza powinna zawierać przewidywane przyszłe zagrożenia wynikające ze zwiększenia prędkości statków, ich tonażu, zanurzenia jak i większego nasilenia ruchu. Część analizy musi zostać poświęcona możliwości zmiany poziomu ryzyka wynikającej z przyszłej przebudowy farmy, zmiany konstrukcji turbin bądź ich rozbudowy. W analizie należy także rozważyć możliwość kumulacji oraz wzajemnej interakcji zagrożeń dla nawigacji wynikających z wybudowania kilku farm wiatrowych wzdłuż tras żeglugowych. Na rys. 1 przedstawiono aspekty zmiany ryzyka w czasie z perspektywy regionalnej.



Rys. 1. Różne aspekty ryzyka rozważane z perspektywy regionalnej w aspekcie czasu [9]

Ilościowe metody szacowania zagrożeń rozwinięte i przedstawione w tym opracowaniu są w głównej mierze nakierowane na określenie absolutnych wartości ryzyka stwarzanego przez morskie farmy wiatrowe dla bezpieczeństwa nawigacji, ale jak przedstawiono na rysunku, dla całościowej oceny, analiza ryzyka względnego jest bardziej efektywna i wnosi większy wkład w proces decyzyjny. Analizy dokonane w oparciu o szacowanie ryzyka względnego są także mniej wrażliwe na niedokładności ważnych parametrów liczbowych i uproszczenia wynikające z przyjmowania pewnych założeń.

3.3. DANE ŹRÓDŁOWE I WEJŚCIOWE DO ANALIZY

Dla oszacowania prawdopodobieństwa kolizji między statkiem a turbiną wiatrową wymagane są następujące dane wejściowe: [5]

1. Dane dotyczące farmy wiatrowej:
 - pozycja każdej turbiny wiatrowej,
 - odległości pomiędzy turbinami,
 - średnice wież turbin,
 - wysokość umieszczenia piasty,
 - średnica rotora turbiny,
 - oznakowanie nawigacyjne farmy (pławy, światła na wieżach, etc).
2. Informacje odnośnie ruchu statków na akwenach otaczających proponowaną lokalizację farm wiatrowych:
 - przebieg tras żeglugowych w oparciu o dane z systemu AIS i innych dostępnych źródeł,
 - natężenie ruchu na tych trasach (dane z AIS i innych źródeł),
 - typy statków (dane z AIS i ogólnych statystyk dla Morza Bałtyckiego),
 - parametry charakteryzujące statki: długość, szerokość, zanurzenie, prędkość (dane z AIS i ogólnych statystyk),
 - sezonowe zmiany natężenia ruchu,
 - dobowe zmiany natężenia ruchu,
 - prognoza natężenia ruchu (dane z systemu monitorowania AIS HELCOM, VTS),
 - odległości tras żeglugowych od farm wiatrowych (szacunkowe dane z AIS, szacunki dla tras, które będą przesunięte),
 - odchylenie standardowe i średnie rozłożenie natężenia ruchu w osi poprzecznej torów wodnych (histogramy na podstawie AIS lub ogólne szacunki),

- rozkład statystyczny odchyłek kursów statków, np.: odchylenia standardowe i wartość oczekiwana dla rozkładu normalnego Gaussa w osi poprzecznej toru (dane z AIS lub dane statystyczne).
3. Dane hydrometeorologiczne:
 - rozkład prędkości i kierunku wiatru (dla wysokości 10m nad poziomem morza),
 - rozkład falowania,
 - rozkład i przebieg prądów morskich,
 - informacja o zalodzeniu,
 - informacja o występowaniu warunków ograniczonej widzialności.
 4. Dane dotyczące lokalizacji farmy:
 - Przebieg i ukształtowanie linii brzegowej
 - głębokość akwenu, batymetria dna i zmiany poziomu morza,
 - rodzaj dna morskiego.
 5. Dane na temat częstotliwości występowania awarii skutkujących utratą napędu statku.
 6. Czas trwania stanu utraty manewrowości statku (czas realizacji naprawy awarii przez załogę).
 7. Prawdopodobieństwo nieudanego manewru awaryjnego rzucania kotwicy.
 8. Dane dotyczące możliwości asysty holownika ratowniczego:
 - odległość pomiędzy pozycją bazowania holownika ratowniczego a pozycją statku, który utracił napęd,
 - prędkość podróżna holownika ratowniczego w zależności od warunków pogodowych,
 - czas potrzebny na zadysponowanie holownika ratowniczego, podanie holu i zatrzymanie dryfu statku.
 9. Prawdopodobieństwa:
 - prawdopodobieństwo wystąpienia błędu ludzkiego w trakcie planowania i wykonania podróży morskiej,
 - prawdopodobieństwo wystąpienia awarii sprzętu nawigacyjnego lub błędów obsady mostka nawigacyjnego wynikających z niedokładnej obserwacji lub ograniczonej widzialności,
 - prawdopodobieństwo nie zadziałania w porę systemów bezpieczeństwa na farmie wiatrowej lub statku dozoruującego i nie powiadomienie statku o istnieniu ryzyka kolizji,
 - prawdopodobieństwo niemożności korekty błędu nawigacyjnego przez załogę statku na kursie kolizyjnym (w funkcji odległości statku od farmy wiatrowej).

Informacje do analizy przewidywanego natężenia ruchu i spodziewanych wielkości statków mogą być uzyskane m.in. z Baltic Marine Outlook (2006), który dostarcza szacunków na temat wielkości spodziewanego przyływu towarowego w basenie Morza Bałtyckiego z uwzględnieniem podziału na poszczególne trasy żeglugowe. Dodatkowe szacunki, co do wielkości i typów nowo budowanych statków można znaleźć w publikacjach Lloyds Fairpaly.

W celu analizy konsekwencji wymagane są następujące informacje:

1. Informacje o budowie turbiny wiatrowej, rodzaju fundamentu i odległości pomiędzy płatami wirnika a powierzchnią wody.
2. Informacja o rodzaju dna morskiego, na którym turbina została osadzona.
3. Informacje o środowisku naturalnym z uwzględnieniem specyficznych dla akwenu gatunków zwierząt i obszarach nadbrzeżnych o szczególnej wrażliwości ekologicznej.
4. Informacje na temat typu statku i dane charakteryzujące ilość ładunku i paliwa na statku.

3.4 METODY ANALIZY

W celu oszacowania prawdopodobieństwa i konsekwencji zajścia wypadku nawigacyjnego związanego z budową i eksploatacją morskich farm wiatrowych, stosuje się wiele różnych metod analizy. W przypadku akwenów o małym natężeniu ruchu lub skromnym zasobie danych na temat natężenia ruchu statków, stosuje się częściej metody jakościowe. Bardziej złożone modelowanie i analizę statystyczną wykonuje się dla farm wiatrowych na akwenach o dużym natężeniu ruchu oraz tam, gdzie dostępne są szersze dane z systemu AIS.

Adekwatnie analizy konsekwencji dokonuje się w oparciu o całe spektrum metod jakościowych lub ilościowych, w zależności od dostępności danych i prawdopodobieństwa zajścia zderzenia. Niezwykle istotna jest prawidłowość wprowadzanych danych w celu uzyskania wiarygodnych wyników.

Szacowania ryzyka kolizji statku z turbiną wiatrową

Dla potrzeb poszczególnych projektów opracowano różne modele szacowania prawdopodobieństwa kolizji statku z farmą wiatrową. Stworzone zostały one przez organizacje zajmujące się bezpieczeństwem żeglugi. Poniżej przedstawione zostaną najczęściej stosowane:

COLLIDE jest modelem stworzonym dla platform wiertniczych, ale w chwili obecnej jest używany także dla szacowania ryzyka związanego z farmami wiatrowymi.

MARIN wskazuje oprogramowanie SOCRA, jako przeznaczone dla analiz związanych z platformami wiertniczymi, a model SAMSON dedykowany jest analizom powiązanim z farmami wiatrowymi.

GL wydało wytyczne odnośnie analizy ryzyka związanego z rozwojem morskich farm wiatrowych (Germanischer Lloyd (2002)). Częstotliwość kolizji dla planowanych farm wiatrowych wewnątrz niemieckiej wyłącznej strefy ekonomicznej, w rejonie Kriegers Flak na Bałtyku (patrz: Otto and Petersen 2003, Povel et al. 2004). Dla tego samego akwenu analiz dokonał także MARIN (Tak and Rudolph (2003) i van der Tak (2005b).

Różne modele były już porównywane także wcześniej, np. w SAFESHIP 2006 jest porównanie COLLRISK, COLWT i SAMSON, natomiast w SAFESHIP 2005 zostały porównane modele MARIN, GL i DNV, z dużym naciskiem na zharmonizowanie założeń modeli. Te trzy firmy (Anatec UK, GL i MARIN) również tworzyły grupę ekspercką powołaną przez władzę RFN w celu ujednoczenia założeń czynionych na potrzeby analiz.

Model kolizji SSPA został rozwinięty w oparciu o ostatnie dostępne założenia i modele, w tym o model zharmonizowany, stworzony dla władz niemieckich. Struktura modeli jest podobna do innych analiz wykonywanych dla morskich farm wiatrowych i platform wiertniczych.

MARIN i GL są dwoma głównymi firmami przeprowadzającymi analizę prawdopodobieństwa zderzenia statków z farmami wiatrowymi, co wynika z dużej liczby turbin instalowanych w krajach, gdzie mają one siedzibę. Wspólnie z Duńskim Uniwersytetem Technicznym firmy te przeprowadziły studium (SAFESHIP 2005) nad częstotliwością kolizji statków w drodze i nie odpowiadających za swoje ruchy z farmami wiatrowymi. W studium porównano trzy modele szacowania prawdopodobieństwa stworzone przez: MARIN, GL i DNV. Materiał w dalszej części tego opracowania jest oparty o to porównawcze studium i analizy przeprowadzone przez van der Tak i Rudolph (2003), van der Tak (2005b), Kleissen (2006), Otto and Petersen (2003), Povel et al. (2004), Otto (2004), Heuhaus and Thrun (2003), Christensen (20007) i Bundesministerium für Verkehr-, Bau Und Wohnungswesen (2005).

Zderzenie statku poruszającego się z farmą wiatrową

Modele stosowane przez MARIN, GL i DNV, co do zasad są zbliżone. Modele GL i DNV szacują liczbę potencjalnych zderzeń i wymnażają ją przez współczynnik uwarunkowania, podczas gdy model MARIN szacuje liczbę możliwych uderzeń (kolizji) i wymnaża przez stopę błędu nawigacyjnego

(NER – Navigational Error Rate). Zasadnicza różnica pomiędzy modelami polega na innych założeniach przyjętych w celu określenia liczby potencjalnych zderzeń.

Przy szacowaniu prawdopodobieństwa kolizji statków poruszających się bardzo ważne są założenia i szacunki dotyczące natężenia ruchu wokół farm, w szczególności jego rozkład w kierunku poprzecznym do osi toru wodnego. Parametry te zależą w dużej mierze od rodzaju toru wodnego (np. strefa rozgraniczenia ruchu, tor wodny z granicami oznaczonymi pławami, etc). Wszystkie modele zakładają rozkład normalny natężenia ruchu w osi poprzecznej do kierunku toru, z tym, że GL i DNV dodają 2% rozkładu jednorodnego (o szerokości sześciokrotnego odchylenia standardowego) w celu przedstawienia ruchu nie realizującego żeglugę po torze wodnym, tworząc w ten sposób splot rozkładu normalnego i jednostajnego. W metodzie MARIN ten ruch jest analizowany osobno.

GL stosuje następujące parametry odchylenia standardowego (Tab. 3), wartości te mogą ulegać wahaniom ze względu na występowanie uwarunkowań lokalnych.

Tabela 3.

Odchylenia standardowe dla rozkładu normalnego natężeniu ruchu statków w kierunku poprzecznym do kierunku toru. [6]

Lokalizacja	Odchylenie standardowe dla rozkładu Gaussowskiego (Mm)
Wody podejściowe do portu	0,2 – 0,3
Wyraźnie widoczne punkty nawigacyjne	0,3 – 0,4
Strefy rozgraniczenia ruchu	0,5
Punkty drogi na trasach żeglugowych od dużej szerokości	0,5 – 1,0
Punkty drogi na otwartych akwenach	2,0

W metodzie MARIN rozkład poprzeczny natężenia ruchu jest dobierany w zależności od rodzaju trasy żeglugowej. Dla systemów rozgraniczenia ruchu dobiera się go zależnie od zaobserwowanego natężenia ruchu, dla szlaków nieuporządkowanych (tras przepływu nieoznakowanych systemem bocznym) stosuje się rozkład normalny z odchyleniem standardowym 1Mm.

Według metod DNV i GK szerokość pasa, w którym może dojść do kolizji przyjmuje się, jako sumę 1,2 krotności szerokości statku i szerokości obiektu w osi prostopadłej do kierunku żeglugi. Parametr 1,2 uwzględnia poprawkę na 2° kąt dryfu statku - dla porównania metoda MARIN stosuje tylko jedną szerokość statku.

DNV i GL stosują współczynnik uwarunkowania nie podjęcia akcji uniknięcia kolizji przez statek na poziomie 3.0E-4, który opisuje zarówno sytuację awarii technicznej jak i błąd ludzki. MARIN zamiast współczynnika uwarunkowania zastosował NER (Navigational Error Rate). Jest to parametr określany na drodze empirycznej, w oparciu o statystyki wypadków. Przykładowe wartości tego parametru zostały zebrane w tabeli 4.

Dla Południowego Bałtyku, gdzie ma być zlokalizowana nasza farma, dane przyjmowane w prezentowanych modelach dopiero należy oszacować lub przyjąć na podstawie doświadczenia innych, w pierwszej kolejności należy rozpocząć gromadzenie danych wejściowych szczególnie dotyczących awarii statków i czasów ich usunięcia, ponieważ pozostałe informacje przynajmniej częściowo mogą być dostępne i dopiero wówczas można przystąpić do oszacowania poziomów ryzyka, co jak wynika z powyższych informacji nie jest sprawą łatwą.

Tabela 4.

Wielkości parametru NER dla różnych przeszkód nawigacyjnych odniesione do platformy wiertniczej [6]

Typ przeszkody nawigacyjnej	Platforma	Wyspa	Turbina wiatrowa
NER	1	6	2,5

WNIOSKI

Należy opracować procedury bezpiecznej obsługi farmy przez statki zaopatrzenia, wyznaczyć trasy zaopatrzenia uwzględniając ich interakcję z istniejącymi drogami i torami statków oraz zabezpieczenie samej farmy. Właściwe służby kontroli ruchu statków (VTS) i farmy powinny posiadać procedury postępowania w sytuacjach awaryjnych. Lokalizacja farmy powinna być wyznaczona w oparciu o minimalizację szacunkowych prawdopodobieństw zagrożeń.

Poziomy ryzyka mogą być szacowane na podstawie danych statystycznych o ruchu statków, występujących awariach, czasach potrzebnych do ich usunięcia, wypadkach i kolizjach morskich na rozpatrywanym akwenie. Są one również zależne od batymetrii i warunków

hydro meteorologicznych i są różne na różnych akwenach, z tych względów nie można adoptować danych z jednego obszaru do innego. Na polskich wodach dane te nie były zbierane, dlatego istnieją trudności w szacowaniu zagrożeń.

Z istniejącej sieci AIS-PL można uzyskać o typach, statków, natężeniu ruchu i z danych portowych o rodzajach przewożonych ładunków niebezpiecznych. Dane te mogą posłużyć do oceny, w jakim stopniu istniejące modele szacowania ryzyka mogą być adoptowane do naszych warunków i wartości przyjmowane w innych krajach mogą być stosowane dla naszych warunków.

LITERATURA

1. Girtler J., Kuszmidler S., Plewiński L., *Wybrane zagadnienia eksploatacji statków morskich w aspekcie bezpieczeństwa żeglugi*, Wyższa Szkoła Morska w Szczecinie 2003r.
2. *ISPS Code, International Ship and Port Facility Security Code*, International Maritime Organization, London, XII 2002r.
3. *SOLAS, The International Convention for the Safety of Life at Sea*, Międzynarodowa Konwencja o Bezpieczeństwie Życia na Morzu, SOLAS - 74 International Maritime Organization, Wydawca Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2002r.
4. Pyman M. A. F., Austin J. S., Lyon P. R., *Ship/Platform Collision Risk in the U.K. Sector*, IABSE Colloquium, Copenhagen, 1983.
5. *Guidance on Environmental Consideration for Offshore Wind Farm Development*, OSPAR Commission, London, 2008.
6. *Marine Guidance Note MGN 371 (M+F) Offshore Renewable Energy Installations (OREIs): Guidance on UK Navigational Practice, Safety and Emergency Response Issues*, Maritime and Coastguard Agency, Southampton, 2008.
7. *Marine Guidance Note MGN 372 (M+F) Offshore Renewable Energy Installations (OREIs): Guidance to Mariners Operating in the Vicinity of UK OREIs*, Maritime and Coastguard Agency, Southampton, 2008.
8. *Marine Guidance Note MGN (M) Proposed UK Offshore Renewable Energy Installations (OREI) - Guidance on Navigational Safety Issues*, London, 2007
9. *Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms. VINDPILOT-Report to Vattenfall AB and Swedish Energy Agency, SSPA Sweden AB*, 2008.

RULES OF RISK MANAGEMENT CREATED BY WIND ELECTRIC GENERATOR FARMS ON THE SEA

ABSTRACT

In the article the rules of risk level evaluation for navigational safety and environment protection created by wind electric generators farm built on the sea will be presented. The risk level depends on farm location in the relation of waterways and ship movement tension and also impact to environmental sensitivity. The methods of risk evaluation were presented similarly to International Code for the Security of Ships and of Port Facilities – ISPS. Process for creating a hazard log created by wind farm including identify all relevant hazards and describe them as causal chains. Techniques for this include hazard identification, operability studies, failure modes and effects analysis and formal safety assessment. Analyses each causal chain against marine environment list to understand it in detail and allow it to be risk assessed, adding extra causal chains as required. Marine environment list are: accident category, navigation activity, wind farm structures, phase of development, structures and features, vessel types, conditions and human actions.