
A N N A L E S
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LI, 5

SECTIO H

2017

* Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach. Filia w Piotrkowie Trybunalskim. Wydział Nauk Społecznych

** Uniwersytet Łódzki. Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny

*STANISŁAW WIETESKA, **ANNA SZYMAŃSKA

sekubez@uni.lodz.pl, szymanska@uni.lodz.pl

*Ocena ryzyka eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych
w Polsce dla potrzeb ich ubezpieczenia od wybranych zdarzeń
losowych*

The Risk Assessment of the Operation of Offshore Wind Farms in Poland for Needs of Their Insurance
Against Some Random Events

Słowa kluczowe: morskie elektrownie wiatrowe; ubezpieczenia majątkowe

Keywords: marine wind farms; offshore wind power farms; non-life insurance

Kod JEL: Q42; O13; G22

Wstęp

Ciągle rosnące zapotrzebowanie na energię, konieczność zapewnienia bezpieczeństwa jej dostaw oraz postępujące zmiany klimatyczne związane z emisją dwutlenku węgla i innych zanieczyszczeń powodują, że w ostatnich latach obserwujemy wzrost zainteresowania pozyskiwaniem energii ze źródeł odnawialnych. Jednym z nich jest energia wiatru. Morska energetyka wiatrowa jest jednym z najszybciej rozwijających się rynków energetycznych na świecie. Również zalecenia Komisji Europejskiej są ukierunkowane na wspieranie rozwoju pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

W literaturze przedmiotu spotykamy wiele artykułów na temat wykorzystania energii wiatru na terenach lądowych [Ogonowska, 2014]. Wprowadzenie licznych

ograniczeń dotyczących lokalizacji lądowych elektrowni wiatrowych [Biliński, 2016] powoduje zwiększenie zainteresowania inwestycjami w morskie elektrownie wiatrowe (MEW). Są one znacznie bezpieczniejsze od elektrowni atomowych, energia z nich pozyskiwana jest dużo tańsza, a ich lokalizacja jest mniej kłopotliwa dla skupisk ludzkich. W Polsce do 2020 r. przewiduje się uruchomienie kilku turbin wiatrowych. Według analizy resortu gospodarki rozwój morskiej energetyki wiatrowej pozwoli na inwestycje do 2020 r. o wartości około 2,25 mld euro, a do 2030 r. o wartości 7,5 mld euro. W związku z inwestycjami prognozuje się powstanie około 8 tys. nowych miejsc pracy oraz ożywienie portów i przemysłu stoczniowego. Szacuje się, że w 2030 r. rynek usług serwisowych tylko na polskich wodach Bałtyku będzie wart 500 mln zł rocznie. Znaczące zainteresowanie inwestorów, wśród których są największe międzynarodowe i krajowe koncerny energetyczne, polskim rynkiem morskich farm wiatrowych pozwala przewidywać, że morska energetyka wiatrowa może w latach 2025–2050 stanowić istotny element krajowego systemu elektroenergetycznego. W latach 2000–2003 w Polsce wprowadzono przepisy dotyczące realizacji budowli morskich¹ wykorzystujących tzw. turbiny *offshore*.

Jak każde urządzenia, tak i siłownie wiatrowe mogą podlegać uszkodzeniom oraz awariom, bardzo często losowym, których skutkiem są z reguły straty finansowe. Częściową rekompensatą takich strat może być ubezpieczenie morskich elektrowni wiatrowych od wybranych zdarzeń losowych. Ponieważ w Polsce pozyskiwanie energii z morskich farm wiatrowych jest w fazie planowania, na rynku nie pojawiły się jeszcze tego typu produkty ubezpieczeniowe.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wad i zalet wiatrowych elektrowni morskich oraz wskazanie zagrożeń związanych z ich funkcjonowaniem w kontekście przygotowania produktów ubezpieczeniowych, zwłaszcza że na świecie rynek pozyskiwania energii z tych źródeł rozwija się bardzo dynamicznie, a nowe technologie dają coraz lepsze możliwości. Artykuł napisano w oparciu o załączoną literaturę przedmiotu.

1. Perspektywy i uwarunkowania powstania morskich elektrowni wiatrowych w Polsce

Według statystyk Europejskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej EWEA na dzień 1 lipca 2014 r. w 73 farmach europejskich 11 państw UE pracowały 2304 morskie turbiny wiatrowe o łącznej mocy 7,3 tys. MW. Najwięcej morskich turbin wiatrowych eksploatowanych było w Zjednoczonym Królestwie, Danii, Belgii i Niemczech [Majchrzak, 2014].

¹ W dniu 20 maja 2016 r. wprowadzono ustawę o inwestycjach z zakresu elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016, poz. 961). Ustawy tej nie stosuje się do inwestycji realizowanych i użytkowanych na obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej.

W Europie według danych EWEA na dzień 2 czerwca 2016 r. było zainstalowanych 3230 turbin morskich o łącznej mocy 11 027 MW, zgrupowanych w 84 farmach położonych na wodach 11 państw. Należy zauważyć, że 69% inwestycji zlokalizowanych jest na Morzu Północnym, 18% – na Morzu Irlandzkim, a tylko 13% – na Morzu Bałtyckim. Nadal niekwestionowanym liderem w Europie pod względem zainstalowanej mocy jest Wielka Brytania – 5066,5 MW (1454 turbiny wiatrowe). Z roku na rok rośnie nie tylko liczba instalowanych turbin, ale również wydajność i efektywność wiatrowych technologii *offshore*. Pierwsze morskie elektrownie wiatrowe miały moc 2 MW. Współcześnie największe instalowane generatory charakteryzują się mocą znamionową rzędu 7 MW, a w fazie testowej są turbiny o mocy rzędu 10 MW. Przewiduje się, że w niedalekiej przyszłości moc turbin będzie jeszcze większa i może sięgać 15 MW. Oznacza to, że np. morska farma wiatrowa o mocy 315 MW zaspokoi zapotrzebowanie na energię elektryczną ponad 83 tys. gospodarstw domowych.

Polska posiada bardzo duży potencjał w zakresie budowy morskich elektrowni wiatrowych. Wynika to głównie ze znakomitych warunków naturalnych – obszar polskiej strefy ekonomicznej charakteryzuje się jednym z największych potencjałów wiatru na Morzu Bałtyckim.

W 1991 r. powołano ustawę o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej. Określono w niej położenie prawne obszarów morskich RP i pasa nadmorskiego oraz wskazano organy administracji morskiej i ich kompetencje.

Polskie obszary obejmują około 9 tys. km², z czego 2 tys. km² to powierzchnia do lokalizacji farm wiatrowych [Sokołowski, 2012]. Polska Wyłączna Strefa Ekonomiczna (obszar o powierzchni 22 500 km² i szerokości około 12 mil morskich) charakteryzuje się stabilnymi, pod względem prędkości wiatru (9–9,5 m/sek.), warunkami do produkcji energii elektrycznej [Sokołowski, 2012]. Elektrownie wiatrowe najefektywniej wykorzystują moc wiatru przy jego prędkościach od 4 do 25 m/sek. Przy prędkości wiatru do 4 m/sek. produkcja energii jest nieopłacalna, natomiast przy wietrze o prędkości powyżej 25 m/sek. elektrownia jest zatrzymywana.

Zasoby energetyczne możliwe do wykorzystania do 2030 r. w polskiej części Bałtyku szacuje się na około 10 GW. Pierwsza polska morska farma wiatrowa ma powstać około 2020 r. [Wójcik, Stryjecki, 2014].

Instytut Morski w Gdańsku przygotował 109 miejsc [Europa buduje..., 2013] o powierzchni 2503,45 km². Są to:

- okolice Ławicy Odrzańskiej: 25 miejsc – 637,98 km²,
- Ławica Środkowa: 22 miejsca – 501,61 km²,
- Żarnowiec: 12 miejsc – 284,22 km²,
- Ławica Słupska: 50 miejsc – 1079,64 km².

Dotychczas przeprowadzone analizy możliwości rozwoju morskich farm wiatrowych wskazują obszary położone w rejonie Ławicy Słupskiej, wzdłuż zachodniego i południowego stoku Ławicy Środkowej oraz na wysokości Kołobrzegu (koncepcja B. Gutowskiego i J. Stawickiego) [Parys, Joeck, 2011] jako najdogodniejsze do lokalizacji elektrowni.

Morska energetyka wiatrowa w Polsce wciąż pozostaje na etapie planowania. Chociaż obserwowany jest wzrost zainteresowania inwestorów rozwojem energetyki morskiej na terenie Bałtyku Południowego, to jak dotychczas brakuje jasnych przepisów prawnych i stabilnego systemu finansowania produkcji takiej energii. W maju 2009 r. powstało Polskie Konsorcjum Sieci Morskich, w skład którego weszły takie firmy energetyczne, jak AOS Energoprojekt Kraków czy Konsorcjum Instytutu Morskiego w Gdańsku ELTEL (Networks z Olsztyna).

Zgodnie z informacjami udostępnionymi przez Ministerstwo Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej na dzień 4 maja 2016 r. w Polsce złożono około 70 wniosków lokalizacyjnych dla morskich farm wiatrowych na łączną wartość około 300 mld zł oraz wydano 13 pozwoleń na wznoszenie morskich farm wiatrowych, z czego 9 zostało już opłaconych. Biorąc pod uwagę uwarunkowania systemowe, środowiskowe, lokalizacyjne i ekonomiczne, tylko niektóre z tych projektów mają realną szansę na realizację [*Morska energetyka w liczbach*].

Stabilna praca morskiej elektrowni wiatrowej może dostarczać dobrej jakości energii elektrycznej. Pod pojęciem jakości energii elektrycznej rozumiemy zbiór parametrów opisujących właściwości procesu dostarczania energii do użytkownika w normalnych warunkach pracy, charakteryzujących napięcie zasilające i określających ciągłość zasilania [Skliński, 2016].

Budowa morskich farm wiatrowych wymaga zaangażowania potencjału produkcyjnego wielu przedsiębiorstw. Równocześnie wymagana jest infrastruktura techniczna na wybrzeżu Bałtyku w celu przejęcia energii produkowanej przez te farmy [Gutkowski, Barmański, Witoński, 2009].

Projektuje się system sieci przesyłowych zlokalizowanych na polskich obszarach morskich (tzw. Polska Szyna Bałtycka). Koncepcja ta ma się stać kluczowym elementem kompleksowego rozwiązania systemowego na Bałtyku, łączącym układy przesyłowe w zachodniej części akwenu, począwszy od niemiecko-duńskiego węzła Kriegers Fląg ze szwedzko-litewskim łączem NordBalt, a nawet dalej – na północ [Gutkowski, Witoński, Joeck, 2012].

Postęp technologiczny pozwala przewidywać, że dalsze perspektywy rozwoju to lokalizowanie morskich elektrowni wiatrowych na większych głębokościach (tj. do 60 m) oraz pływające platformy typu Windflout [Chejran, 2011]. Podejmowane są poza tym próby konstrukcji elektrowni wiatrowych z możliwością gromadzenia energii w zasobnikach [Kłos, Paska, 2008].

2. Wady i zalety morskich elektrowni wiatrowych

Rynek pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych rozwija się bardzo dynamicznie i jest przedmiotem dużego zainteresowania ze strony inwestorów. Pozyskiwanie energii z takich źródeł posiada szereg zalet, ale także sporo wad. Wspólną zaletą tych źródeł energii jest ich odnawialność i niewyczerpywalność. Wzrasta

poziom bezpieczeństwa energetycznego kraju i ograniczana jest emisja gazów cieplarnianych.

Turbiny wiatrowe nie powodują zanieczyszczenia środowiska naturalnego, a wytwarzanie energii w turbinie wiatrowej nie skutkuje emisją do atmosfery jakichkolwiek trujących związków, nie zostają też żadne odpady. Energia z elektrowni wiatrowych ma stały koszt, a jej konkurencyjność ekonomiczna względem konwencjonalnych źródeł energii stale wzrasta.

Do zalet morskich elektrowni wiatrowych można na pewno zaliczyć: powstanie większej liczby miejsc pracy w porównaniu z inwestycjami lądowymi, aktywizację wielu branż produkcyjnych oraz wzrost infrastruktury przesyłowej. Przede wszystkim w pierwszej fazie realizacji inwestycji morskiej energetyki wiatrowej generuje ona więcej miejsc pracy niż lądowa i wywiera silniejszy wpływ na rozwój regionów oraz wybranych sektorów przemysłu. W Polsce szczególnie istotną zaletą budowy takich farm będzie wzrost znaczenia portów i rozwój przemysłu stoczniowego.

Zalety lokalizacji turbin wiatrowych na otwartym morzu [Grochowski, 2005]:

- większa niż na lądzie stabilność siły wiatru oraz większa prędkość wiatru, co pozwala na bardziej efektywne pozyskiwanie energii i stałe, większe zyski finansowe,
- możliwość zainstalowania wież niższych niż na lądzie ze względu na większą siłę wiatru na niższej wysokości,
- siła wiatru rośnie w miarę oddalania się od brzegu,
- brak przeszkód naturalnych i sztucznych,
- łatwiejsze połączenia między turbinami,
- większe możliwości lokalizacji,
- znikome oddziaływanie na krajobraz oraz ograniczenie problemu nadmiernej hałasu w pobliżu budynków mieszkalnych,
- przy lokalizacji farm ponad 20 km od linii brzegowej znikoma uciążliwość dla lokalnych społeczności i – co jest z tym związane – brak protestów mieszkańców przeciwko farmom wiatrowym².

Morskie farmy wiatrowe mogą również szczególnie korzystnie oddziaływać na niektóre gatunki organizmów wodnych. Ponieważ w obszarze takich farm zabronione jest holowanie sieci rybackich przez statki, to mogą one stanowić schronienie dla ryb i zapobiegać niszczeniu dna morskiego.

Instalacja morskich farm wiatrowych może jednak sprawić wiele różnorodnych problemów technicznych, związanych m.in. z posadowieniem turbin czy przeprowadzeniem kabli podmorskich. Odrębnym zagadnieniem są utrudnienia natury geologicznej oraz związane z ochroną środowiska, co może się wiązać z przeprowadzeniem wielu specjalistycznych badań geotechnicznych i środowiskowych. Podczas budowy farmy niezwykle ważne jest zapobieganie zaburzeniom ekosystemu

² Są one klasycznym przykładem syndromu NIMBY (*not in my backyard*). Tworzy się często zorganizowany ruch społeczny przeciw lokalizacji farm wiatrowych.

wodnego w miejscu inwestycji oraz uwzględnienie w jej lokalizacji tras przelotów ptaków wędrownych.

Konieczność przeprowadzania badań geotechnicznych powoduje, że koszty budowy morskich farm wiatrowych są dwukrotnie wyższe niż lądowych farm wiatrowych [Gutkowski, Barmański, Witoński, 2009].

Większe są poza tym koszty konserwacji turbin w elektrowniach morskich, w stosunku do lądowych, ze względu na znacznie utrudniony do nich dostęp. Dla przykładu każda turbina wiatrowa składa się m.in. z następujących podzespołów: wirnik, generator, łożyska, układ hamowania, układ sterowania, łopaty, gondola, przekładnia. Każdy z tych podzespołów może ulec awarii lub uszkodzeniu. W segmencie urządzeń o mocy większej od 1 MW przekładnia jest najsłabszym ogniwem [*Jakość zasilania – poradnik...*], wymagającym częstej obsługi (remontów lub wymiany). Sprawia to, że w MFW trzeba używać dużo odporniejszych i droższych materiałów, aby maksymalnie ograniczyć konieczność konserwacji części lub ich wymiany w razie awarii. Dlatego w tego typu elektrowniach stosuje się teoretycznie niezawodne i dużo droższe turbiny. Powoduje to wzrost jednostkowych kosztów produkcji energii elektrycznej. Obecnie zbyt małe jest również doświadczenie technologiczne w zakresie budowy farm morskich. Konieczne jest także wyhamowywanie mocy w okresie sztormów.

Zarówno farmy wiatrowe lądowe, jak i morskie wymagają oznakowań dla żeglugi powietrznej. W połowie 2003 r. ukazało się rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2003 r. w sprawie sposobu zgłaszania oraz oznakowania przeszkód lotniczych. Nałożyło ono szereg obowiązków na posiadaczy nieruchomości, na terenie których znajdują się obiekty mogące stanowić przeszkodę lotniczą [Strzyżewski, 2003], co zwiększa koszty budowy takich urządzeń. Każda elektrownia wiatrowa powinna posiadać zasilanie bezprzerwowe (UPS), które jest potrzebne w przypadku awarii [Kreiling-Rittal, 2011] (np. w celu włączenia hamulców, świateł dla potrzeb żeglugi powietrznej i morskiej).

Należy podkreślić, że mimo generowania większych zysków, koszty eksploatacyjne morskich elektrowni wiatrowych są wyższe niż w przypadku farm lądowych ze względu na utrudniony dostęp do takich elektrowni.

3. Zagrożenia w eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych

Morskie farmy wiatrowe mogą być narażone na różnego rodzaju zagrożenia. Do najczęściej występujących należy zaliczyć awarie elektrowni wiatrowych spowodowane uszkodzeniami mechanicznymi turbin wiatrowych (np. przekładni, płatów, śmigieł) lub systemów sterowania.

Jedną z przyczyn uszkodzeń turbin wiatrowych może być uderzenie pioruna. Prowadzone w Niemczech, Danii i Hiszpanii statystyki wykazały [Sowa, Wincencik, 2008], że od 4 do 8 uszkodzeń na 100 elektrowni było spowodowanych przez

pioruny, na terenach górzystych i podgórskich było to około 14 uszkodzeń na 100 elektrowni. Najczęściej uszkodzenia dotyczą systemu sterowania (48–51%), systemu elektroenergetycznego (20–23%) oraz łopat wirników (7–10%). Często skutkiem uderzenia pioruna jest pożar. W latach 2001–2009 zarejestrowano 133 pożary [Sowa, 2011] turbin wiatrowych. W 90% przypadków pożar prowadził do utraty turbiny lub znaczącej przerwy w jej pracy.

Kolejną przyczyną awarii może być oblodzenie łopatek wirnika [Bakoń, 2015], które wiąże się z koniecznością przeprowadzenia akcji przeciwlodowych zgodnie z obowiązującymi przepisami [Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 17 lutego 2012 r.]. Jak wiadomo elektrownie wiatrowe mogą pracować w temperaturze do -40°C . W przypadku nagłego spadku temperatury może jednak dojść do oblodzenia śmigieł. W latach 1990–2005 w Europie Zachodniej stwierdzono 880 takich przypadków. Zgromadzony lód na śmigłach może powodować ich uszkodzenie, a kawałki lodu mogą być wyrzucane w czasie pracy śmigieł nawet na kilkaset metrów. Do innych skutków oblodzenia należy zaliczyć m.in.:

- stratę mocy, okresowe zatrzymanie siłowni,
- błędy wskazań przyrządów,
- zwiększenie masy łopat i nierównomierny na nich rozkład lodu,
- wzrost hałasu i kosztów eksploatacji, wibracje.

W celu odlodzenia łopat mogą być zastosowane metody termiczne, chemiczne lub mechaniczne.

Kolejnym obszarem zagrożenia są kolizje ptaków z łopatami wirników, które mogą trwale uszkodzić turbinę. Jak jednak wynika z przeprowadzonych statystyk, kolizje ptaków z łopatkami rotorów są sporadyczne [Dudek, 2014].

Do innych przyczyn awarii morskich elektrowni wiatrowych należy zaliczyć:

- przepięcia z sieci,
- kolizje ze statkami powietrznymi (często bezzałogowymi),
- wady materiałowe łopat, turbin,
- kolizje z jednostkami pływającymi. Warto zwrócić uwagę, że eksploatacja morskich elektrowni wiatrowych wiąże się z koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa morskiego dla żeglugi morskiej [Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie morskim],
- wezbrania sztormowe w okresie listopad–luty³,
- uszkodzenie kabli na dnie morza przez sieci rybackie lub kotwice okrętowe,
- drgania sejsmiczne. W świetle obserwacji Pomorskiego Państwowego Instytutu Geologicznego w Szczecinie trzeba wskazać, że w ciągu ostatnich 12 000 lat odnotowano kilkadziesiąt trzęsień ziemi na terenie Skandynawii, przy czym 15 wywołało falę tsunami o wysokości spiętrzenia do około 20 m [Kłoskowski, 2009]. Również z badań prowadzonych na Uniwersytecie Sztok-

³ Według *Międzynarodowego słownika hydrologicznego* wezbranie sztormowe jest definiowane jako wzrost poziomu morza wywołany przejściem układu niskiego ciśnienia atmosferycznego.

holmskim wynika, że istnieje możliwość wystąpienia trzęsień ziemi na terenie Skandynawii o sile 6–8,5 stopnia w skali Richtera. Może to być odczuwalne w Polsce Północnej i wywołać falę tsunami na Bałtyku.

Stały napływ wiatru na otwartym morzu może powodować, że turbina z wyżej wymienionymi elementami może pracować cały rok bez przerwy. Wiadomo, że w turbinach wiatrowych mamy do czynienia z takimi pracującymi elementami technicznymi, jak: przekładnie zębate, łożyska, hamulce, wały pracujące w środowisku smarującym. Jeśli weźmiemy pod uwagę pracę tych elementów, to spotkamy się ze zjawiskiem zużycia tribologicznego. W przypadku braku konserwacji może dojść do awarii technicznej, tj. uszkodzenia losowego lub niesprawności. W konsekwencji uszkodzenia losowego element techniczny przechodzi w stan niezdatności, zaś w przypadku niesprawności (to także zdarzenie losowe) element nie traci zdatności eksploatacyjnej. W skrajnym przypadku może dojść do zatarcia całego układu lub do pożaru⁴.

Dla potrzeb oceny ryzyka ubezpieczeniowego (MEW) wydaje się uzasadnione analizowanie przyczyn katastrof morskich platform wiertniczych [por. m.in. Mazurkiewicz, 1982; Olszewski, 1980], które w pewnym stopniu są narażone na podobne zagrożenia do morskich elektrowni wiatrowych.

Zmiany technologiczne zmierzają także do produkcji bezprzekładniowych (*direct drive*) turbin morskich, co powinno z jednej strony zmniejszyć ich awaryjność, a z drugiej przyczynić się do znacznego obniżenia masy generatora. Większość współczesnych elektrowni wiatrowych wyposażona jest w generatory asynchroniczne o stałej prędkości obrotowej. Ich wadą jest konieczność używania przekładni o dużym stopniu przełożenia, ponieważ największą moc użyteczną generatory asynchroniczne wytwarzają przy prędkości obrotowej znacznie przekraczającej prędkość obrotową wirnika. Fakt ten powoduje, że przekładnie o dużym stopniu przełożenia stanowią najbardziej awaryjny i hałaśliwy zespół siłowni wiatrowej [Szyjko, 2013].

4. Przedmiot i zakres ubezpieczenia morskich elektrowni wiatrowych

Morskie farmy wiatrowe składają się z grup turbin wiatrowych. Wszystkie wymienione elementy elektrowni wiatrowej mogą ulec uszkodzeniu w wyniku różnych zdarzeń losowych, zatem powinny być objęte ochroną ubezpieczeniową.

Ubezpieczenie morskich farm wiatrowych powinno być zaliczane do VIII grupy ryzyka (załącznik do ustawy ubezpieczeniowej) od ognia i innych zdarzeń losowych. Przedmiotem tego ubezpieczenia może być wszelkie mienie ruchome i nieruchome stanowiące własność ubezpieczającego, w tym m.in. budowle, maszyny i urządzenia produkcyjne oraz instalacje elektryczne. W przypadku morskich farm wiatrowych przedmiotem ubezpieczenia powinna być elektrownia wiatrowa stanowiąca zespół

⁴ Tematem zużycia, tarcia, niezawodności i trwałości smarowniczej kół zębatach zajmuje się nauka zwana trybologią [por. m.in. Nadolny, 1999].

urządzeń, począwszy od fundamentu, przez wieżę i gondolę wraz z mechanizmem wirnika z łopatomy, przekładnią i generatorem, okablowaniem, a skończywszy na podstacjach, rozdzielniach i transformatorach wraz z całym oprzyrządowaniem i systemami sterowania oraz kontroli pracy turbin. W przedmiocie ubezpieczenia ważne miejsce zajmuje identyfikacja techniczna turbin, ich liczba i części (łopaty, gondole), za które ubezpieczyciel powinien ponosić odpowiedzialność. Powinno być również zdefiniowane pojęcie awarii elektrowni wiatrowej, budowli (wieży) oraz systemu nadążnego. W umowie ubezpieczenia mienia z reguły dzieli się przedmiot ubezpieczenia na budynki i budowle oraz maszyny i urządzenia. Elektrownia wiatrowa jest szczególnym obiektem budowlanym i pod względem przepisów prawa budowlanego ma charakter niejednorodny. Według orzecznictwa sądów administracyjnych w Polsce budowlą w przypadku elektrowni wiatrowej jest fundament z wieżą, pozostałe elementy stanowią urządzenie. Jest to szczególnie ważne przy konstruowaniu umowy ubezpieczenia. Analiza procesów likwidacji szkód w przypadku lądowych elektrowni wiatrowych w Polsce pozwala wnioskować, że przedmiot ubezpieczenia nie zawsze był prawidłowo określony [Jankowski, 2014].

Ubezpieczenie od ognia i innych zdarzeń losowych obejmuje szkody polegające na bezpośredniej utracie, zniszczeniu lub uszkodzeniu ubezpieczonego mienia na skutek zaistnienia takich zdarzeń losowych, jak pożar, uderzenie pioruna, wybuch, upadek statku powietrznego, uderzenia pojazdu (tutaj statku). Rozszerzenie ochrony ubezpieczeniowej mogą stanowić takie zdarzenia losowe, jak: huragan, sztorm, grad, lód, fala uderzeniowa, szkody powstałe wskutek akcji ratowniczej.

Zakres ubezpieczenia morskich farm wiatrowych powinien być sformułowany według standardu „od wszystkich ryzyk”. Takie ubezpieczenie oferuje dla lądowych farm wiatrowych zakład ubezpieczeń Gothaer, a obejmuje ono:

[...] zaistniałe w okresie ubezpieczenia nagle i niespodziewane, niezależne od woli ubezpieczającego szkody polegające na utracie lub zniszczeniu ubezpieczonych przedmiotów wskutek zdarzenia losowego, powodujące konieczność restytucji poprzez odbudowę, naprawę lub wymianę albo ponowny zakup tych przedmiotów. Ubezpieczenie obejmuje uszkodzenia pochodzące z zewnątrz, czyli: wyładowania atmosferyczne, huragan, pożar, powódź, osunięcia i zapadanie ziemi, kradzież, dewastację i inne nienazwane, wyraźnie niewyłączone przyczyny, a także szkody wewnętrzne, czyli awarie mechanizmów wynikające z dostania się ciała obcego, działania siły odśrodkowej, niewłaściwej obsługi, brak czynnika smarującego, wadliwe działanie lub niezadziałanie aparatury pomiarowej lub regulacyjnej lub urządzeń bezpieczeństwa, zwarcie, przepięcie, cały szereg innych przyczyn, nieujętych w katalogu wyłączeń [*Ubezpieczenie elektrowni wiatrowych*].

Ponadto w przypadku morskich farm wiatrowych przedmiotem ochrony ubezpieczeniowej powinny być straty pośrednie stanowiące finansowe skutki przerwy w pracy elektrowni, spowodowanej zdarzeniem losowym. Ubezpieczenie utraty zysku w wyniku ognia i innych zdarzeń losowych związane jest z utratą korzyści, jakie

ubezpieczający mógłby osiągnąć, gdyby szkoda nie wystąpiła. Wyróżnia się tutaj szkody ogólne i dwa rodzaje szkód szczegółowych: poniesione wydatki i utracone korzyści. W odniesieniu do ubezpieczenia od utraty przychodów z produkcji energii elektrycznej zakres jest analogiczny, jak dla szkód w urządzeniach, tzn. ochrona obejmuje przychód niezyskany wskutek szkody w elementach elektrowni wiatrowej.

Z zakresu odpowiedzialności ubezpieczyciela często wyłącza się wpływ sąsiedztwa elektrowni wiatrowych na wartość okolicznych nieruchomości [Andrzejewski, 2015]. W przypadku morskich elektrowni wiatrowych oddalonych od brzegu o około 20 km problem ten jest zniwelowany.

Jak każdy obiekt budowlany, tak i morskie elektrownie wiatrowe powinny spełniać określone warunki, które powinny być spełnione, aby farmy mogły być objęte ochroną ubezpieczeniową. Do najważniejszych warunków należy tutaj zaliczyć m.in.:

- tablice informacyjne o zagrożeniach, sprzęt przeciwpożarowy i przeciwporażeniowy, sprzęt ochrony osobistej, sprzęt ewakuacyjny, dokumentację elektrowni wiatrowych,
- techniczne przeglądy okresowe co 2 lata. Ten cykliczny przegląd przyczynia się do zapewnienia bezpieczeństwa funkcjonowania morskich elektrowni wiatrowych. W szczególności ważne są raporty napraw w całym okresie eksploatacji [Wysoczański, 2015],
- systematyczne konserwacje turbin wiatrowych przez operatora serwisowego [Krampitz, Schmitz, 2014]. Brak takiej konserwacji może być źródłem zagrożenia pożarowego z powodu np. zbyt małej ilości smarów czy mechanicznego uszkodzenia łożysk,
- profesjonalnie wykonaną instalację zabezpieczenia przeciwpożarowego turbin wiatrowych [Cieślak, 2012],
- podporządkowanie morskich elektrowni wiatrowych ich zarządowi technicznemu [August, 2013], który sprawuje nadzór nad stanem technicznym farmy wiatrowej wraz z całą jej infrastrukturą oraz prowadzeniem dokumentacji technicznej. Zadaniem zarządu technicznego jest ograniczenie do minimum roli inwestora w razie awarii elektrowni wiatrowej i konieczności kontaktu z producentem podzespołów [*Elektrownie wiatrowe – kompleksowy zarząd techniczny*, 2013]. Zarząd techniczny powinien zbierać wszelkie informacje o szkodach powstałych w czasie eksploatacji elektrowni, co jest szczególnie ważne dla zakładów ubezpieczeń z punktu widzenia oceny ryzyka ubezpieczeniowego, kalkulacji stóp składek, systemu zwyczaj i zniżek składek, a także likwidacji szkód,
- stały monitoring funkcjonowania elektrowni wiatrowej, która z technicznego punktu widzenia jest maszyną o wymaganiach przemysłowych dotyczących eksploatacji. Podejmowane są próby sterowania systemem jej urządzeń przez komputer [Szczerba, 2013]. Takie rozwiązania są już stosowane przez tzw. *Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)*. Zadaniem SCADA jest [*Elektrownie wiatrowe – systemy elektronicznego nadzorowania pracy*,

2013] zbieranie wszelkich informacji o funkcjonowaniu wiatraków i przesyłanie energii elektrycznej oraz alarmowanie centrum diagnostycznego, obsługowego i kontroli serwisowej o wystąpieniu w MEW zdarzeń niepożądanych lub wymagających interwencji operatora. Poza tym stały monitoring farm wiatrowych pozwala na tzw. *due diligence* [Szkłarska, Seweryn, 2012], polegające na poddaniu szczegółowej analizie kluczowych czynników wpływających na efektywność ich funkcjonowania. Są to czynniki ekonomiczne, techniczne, prawne i środowiskowe. Począwszy od 2011 r., na świecie coraz częściej obserwowany jest proces wycofywania starych turbin wiatrowych i zamiany ich na technologie nowych generacji, a zjawisko to nazywa się repoweringiem [Bakoń, Krzemińska, 2012],

- MEW powinny posiadać odpowiednie oświetlenie nocą, żeby były widoczne dla statków powietrznych [Karliński, Maksymiuk, 2005] i żeglugi morskiej.

Nie ma danych o odszkodowaniach wypłacanych z tytułu zdarzeń dotyczących samych morskich elektrowni wiatrowych. Technologicznie turbiny wiatrowe stosowane na morzu nie różnią się jednak znacząco od tych wykorzystywanych na lądzie [Piasecka, 2016]. Dodatkowym zagrożeniem w przypadku morskich farm wiatrowych są przede wszystkim sztormy i kolizje z jednostkami pływającymi.

Według danych na temat roszczeń związanych z ubezpieczeniami elektrowni wiatrowych [Appleyard, 2013] w 2012 r. w USA 41% wszystkich roszczeń stanowiły straty z tytułu uszkodzenia łopat turbin, 35,1% – z tytułu awarii skrzyni biegów, 10,2% – uszkodzenia generatorów, 5,1% – uszkodzenia transformatorów. Większość uszkodzeń łopat turbin jest spowodowana uderzeniem pioruna, a w następnej kolejności niewykwalfikowanym montażem. W przypadku awarii skrzyni biegów główną przyczyną awarii jest zła konserwacja lub wada projektowa.

Koszty awarii skrzyni biegów średnio na roszczenie wynosiły około 380 tys. dolarów, zaś łopatek turbin – 240 tys. dolarów. Dużo większe wysokości odszkodowań wypłacano w przypadku awarii związanych z fundamentem turbin wiatrowych – średnio 1300 tys. dolarów, ale odnotowano rekordową wypłatę na kwotę 2500 tys. dolarów.

Według raportu przyczyną zdarzeń losowych generujących wypłatę odszkodowań związanych z ubezpieczeniem farm wiatrowych w USA w 2012 r. były w: 24,5% zła konserwacja, 23,4% – wyładowania atmosferyczne, 11,5% – wady konstrukcyjne, 9,3% – zużycie, 6,2% – usterki mechaniczne innego typu.

5. Suma ubezpieczenia morskich elektrowni wiatrowych

Ważnym elementem w ogólnych warunkach ubezpieczenia jest wartość sumy ubezpieczenia. Suma ubezpieczenia uzgodniona pomiędzy klientem i zakładem ubezpieczeń jest wielkością wyczerpywalną i stanowi górną granicę odpowiedzialności zakładu ubezpieczeń. Można wyróżnić trzy metody ustalania sumy ubezpieczenia

środków trwałych i wyposażenia, a mianowicie na podstawie: nowej wartości odtworzeniowej, wartości rzeczywistej oraz wartości księgowej brutto [Monkiewicz (red.), 2001]. Nowa wartość odtworzeniowa jest rozumiana jako wartość pozwalająca w przypadku szkody całkowitej na odtworzenie elektrowni wiatrowej o tych samych lub możliwie najbardziej zbliżonych parametrach i jakości, powiększona o koszty transportu i montażu oraz wszelkie dodatkowe opłaty (w tym celne).

Sumę ubezpieczenia w ubezpieczeniu utraty zysku oblicza się przez pomnożenie wskaźnika mocy i wskaźnika ceny skupu energii.

W 1997 r. prognozowano w RFN koszty budowy elektrowni *offshore* na około 1,7 mln USD/MW. W 2011 r. były one szacowane na 3,3–3,8 mln EUR/MW [Kotowski, Konopka, 2012].

Struktura kosztów inwestycyjnych dla typowej morskiej farmy wiatrowej [Kotowska, 2010] jest następująca:

- turbiny wiatrowe (49%),
- stacje transformatorowe z kablem łączącym z lądem (5%),
- projektowanie i zarządzanie (6%),
- wewnętrzna sieć elektryczna (5%),
- projekty i zarządzanie (6%),
- analizy środowiskowe (3%),
- pozostałe (22)%.

Przeciętna moc lądowej farmy to 20–30 MW, zaś tej morskiej jest 10-krotnie większa. To powoduje, że koszty budowy elektrowni morskich są większe niż w przypadku lądowych [Sofuł, 2016]. Szacuje się, że koszt 1 MW w elektrowni morskiej może wynosić około 3–4 mln euro, tj. dwa razy więcej niż dla lądowych.

Ubezpieczenie takich nieruchomości jest możliwe, o ile uwzględni się udział reasekuratora, rozkładając ryzyko na dwa lub więcej zakłady ubezpieczeń. Biorąc pod uwagę możliwe (hipotetyczne według stanu wiedzy) szkody, jakie mogą powstać w czasie eksploatacji tych nieruchomości, należy stosować nieproporcjonalną reasekurację nadwyżki.

Podsumowanie

Obserwując dynamiczny rozwój rynku energii odnawialnej na świecie i w Europie, trzeba oczekiwać, że już w najbliższej przyszłości na terenie Bałtyku Południowego pojawią się morskie elektrownie wiatrowe. Podobnie, jak lądowe elektrownie wiatrowe, będą one narażone na różnego rodzaju zagrożenia losowe. Z dotychczasowych rozważań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Morskie elektrownie wiatrowe powinny być objęte ochroną ubezpieczeniową pozwalającą rekompensować inwestorom potencjalne straty spowodowane zdarzeniami losowymi. Sugeruje się ubezpieczenie osobowo-majątkowe od ognia i innych zdarzeń losowych oraz od utraty zysku.

2. Zachodzi konieczność przygotowania wcześniej produktu pozwalającego na kompleksowe ubezpieczenie morskich farm wiatrowych, chociaż brak jest danych na temat roszczeń z rynku polskiego.
3. Przy określaniu przedmiotu ubezpieczenia, w świetle przepisów prawa budowlanego, konstrukcja ubezpieczenia morskiej elektrowni wiatrowej powinna uwzględniać dwupodział elektrowni na budowlę i maszynę. Ubezpieczenie takie powinno dokładnie określać, jakie elementy elektrowni stanowią jego przedmiot.
4. Ocena ryzyka może być przeprowadzona na podstawie danych z rynku europejskiego i amerykańskiego.

Ograniczone ramy artykułu spowodowały, że podjęta tematyka nie została wyczerpana, lecz jedynie zasygnalizowana. Konieczne są dalsze badania.

Bibliografia

- Andrzejewski W., *Kto płaci za spadek wartości nieruchomości*, „Czysta Energia” 2015, nr 3.
- Appleyard D., *Wind Insurance Clair Analysis Reveals Need for Monitoring*, „Renewable Energy World” 2013, www.renewableenergyworld.com/articles/2013/08/wind-insurance-claim-analysis-reveals-monitoring-need.html [dostęp: 10.10.2017].
- August M., *Elektrownie wiatrowe – kompleksowy zarząd techniczny*, „Czysta Energia” 2013, nr 9.
- Bakoń T., *Zapobieganie i usuwanie oblodzenia w elektrowniach wiatrowych*, „Elektro Info” 2015, nr 9.
- Bakoń T., Krzemińska A., *Repowering w energetyce wiatrowej*, „Elektro Info” 2012, nr 12.
- Biliński S., *Ustawa o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych – niebezpieczne rozwiązania*, „BGK” 2016, nr 8.
- Chejran M., *Pierwsza na świecie pływająca turbina wiatrowa*, „Globenergia” 2011, nr 3.
- Cieślak M., *Koncepcja ochrony przeciwpożarowej oraz certyfikacji systemów przeciwpożarowych elektrowni wiatrowych*, Certyfikacja, Aprobaty i Rekomendacje, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, CNBOP-PIB, Józefów 2012.
- Dudek K., *Czy naprawdę wiatraki są szkodliwe dla ptaków?*, „Czysta Energia” 2014, nr 11.
- Elektrownie wiatrowe – kompleksowy zarząd techniczny*, „Czysta Energia” 2013, nr 9.
- Elektrownie wiatrowe – systemy elektronicznego nadzorowania pracy*, „Czysta Energia” 2013, nr 5.
- Europa buduje, Polska planuje*, „Agroenergetyka” 2013, nr 4.
- Grochowski G., *Energia wiatrowa czy rzeczywiście jest ekologiczna i darmowa?*, „Nowa Elektronika” 2005 (listopad).
- Gutkowski B., Barmański M., Witoński M., *Możliwości rozwoju energetyki morskiej na Bałtyku*, „Czysta Energia” 2009, nr 1.
- Gutkowski B., Witoński M., Joeck R., *Koncepcja rozwoju sieci morskich na Morzu Bałtyckim*, „Czysta Energia” 2012, nr 6.
- Jakość zasilania – poradnik. Generacja rozproszona i odnawialne źródła energii*, http://copperalliance.eu/docs/librariesprovider3/8_1_generacja-rozproszona-i-odnawialne-%C5%BAr%C3%B3d%C5%82a-energii_wprowadzenie-pdf.pdf?Status=Master&sfvrsn=0 [dostęp: 10.10.2017].
- Jankowski S., *Elektrownia wiatrowa*, „Miesięcznik Ubezpieczeniowy” 2014 (maj).
- Karliński L., Maksymiuk M., *Przeszkody lotnicze*, „Elektro Info” 2005, nr 6.
- Kłoskowski D., *Tsunami na Bałtyku*, „Przegląd Morski” 2009, nr 7.
- Kłos M., Paska J., *Elektrownia wiatrowa z zasobnikiem energii*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2008, nr 2.
- Kotkowska I., *Morska energetyka wiatrowa szansą dla polskiego przemysłu*, „Czysta Energia” 2010, nr 7–8.

- Kotowski W., Konopka E., *Śmigła na morze*, „Energia” 2012, nr 9–10.
- Krampitz I., Schmitz L., *Dłuższa eksploatacja turbiny wiatrowej*, „Czysta Energia” 2014, nr 10.
- Kreiling-Rittal J., *Bezpieczne zasilanie elektrowni wiatrowych*, „Elektro Info” 2011, nr 12.
- Majchrzak H., *Perspektywy rozwoju morskich farm*, „Czysta Energia” 2014, nr 11.
- Mazurkiewicz B., *Analiza katastrofy platformy półzanurzonej*, „Inżynieria Morska” 1982, nr 4.
- Monkiewicz J. (red.), *Podstawy ubezpieczeń*, t. 3: *Produkty*, Poltext, Warszawa 2001.
- Morska energetyka w liczbach*, <http://morskiefarmywiatrowe.pl/mew-w-liczbach> [dostęp: 10.10.2017].
- Nadolny K., *Tribologia kół zębatych. Zagadnienie trwałości i niezawodności*, Zakład Poligrafii Instytutu Technologii i Eksploatacji, Radom 1999.
- Ogonowska A., *Farmy wiatrowe na morzu*, „Czysta Energia” 2008, nr 3.
- Olszewski R., *Ubezpieczenie morskich platform wiertniczych*, „TGM” 1980, nr 1.
- Parys S., Joeck R., *Możliwości wprowadzenia do KSE mocy z MFW na Bałtyku*, „Czysta Energia” 2011, nr 9.
- Piasecka I., *Perspektywy rozwoju morskich (offshore) farm wiatrowych*, 2016, http://naszaenergia.kujawsko-pomorskie.pl/fileadmin/doc/artykuly/nowe/PERSPEKTYWY_ROZWOJU_MORSKICH_OFFSHORE_FARM_WIATROWYCH.pdf [dostęp: 12.09.2017].
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2003 r. w sprawie sposobu zgłaszania oraz oznakowania przeszkód lotniczych (Dz.U. 2003, nr 130, poz. 1193 z późn. zm.).
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 17 lutego 2012 r. w sprawie warunków prowadzenia akcji przeciwlodowych na wodach morskich (Dz.U. 2012, poz. 215 z późn. zm.).
- Skliński R., *Jakość energii elektrycznej w wybranej elektrowni wiatrowej na podstawie wyników badań jej parametrów i standardów*, „Wiadomości Elektroniczne” 2016, nr 4.
- Sofuł A., *Wiatraki na pełne morze*, „Dziennik Gazeta Prawna”, 13 września 2016 r.
- Sokołowski J., *Kolejna szansa na OZE inwestycje offshore*, „Czysta Energia” 2012, nr 5.
- Sowa A., Wincencik K., *Ochrona przed zagrożeniami stwarzanymi przez prądy udarowe podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w elektrowniach wiatrowych*, „Energetyka” 2008 (marzec).
- Sowa T., *Podstawowe aspekty ochrony przepięciowej elektrowni wiatrowych*, „Elektro Info” 2011, nr 5.
- Strzyżewski J., *Oznakowanie przeszkód lotniczych*, „Elektro Info” 2003, nr 7–8.
- Szczerba T., *Elektrownie wiatrowe – systemy elektronicznego nadzoru pracy*, „Czysta Energia” 2013, nr 5.
- Szklarska K., Seweryn B., *Due diligence farm wiatrowych*, „Czysta Energia” 2012, nr 2.
- Szyjko C.T., *Bałtyk szansą polskiej energetyki*, „Przedsiębiorstwo Przyszłości” 2013, nr 2.
- Ubezpieczenie elektrowni wiatrowych*, www.gothaer.pl/pl-dla-firm-produkt/1008/ubezpieczenia-dla-sektora-energii-odnawialnej/ubezpieczenie-elektrowni-wiatrowych [dostęp: 09.10.2017].
- Ustawa z dnia 21 maja 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (Dz.U. nr 153, poz. 1502 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie morskim (Dz.U. 2012, nr 228, poz. 1368 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach z zakresu elektrowni wiatrowych (Dz.U. 2016, poz. 961).
- Wójcik M., Stryjecki M., *Kiedy powstanie pierwsza polska farma wiatrowa na morzu*, „Czysta Energia” 2014, nr 5.
- Wysocki T., *Przeglądy techniczne elektrowni wiatrowych*, „Czysta Energia” 2015, nr 4.

The Risk Assessment of the Operation of Offshore Wind Farms in Poland for Needs of Their Insurance Against Some Random Events

Starting in the late 20th century, we are seeing increased interest in obtaining energy from renewable sources. One of those sources is wind energy and its use. Increased interest in offshore wind farms in Poland is caused by the introduction of numerous restrictions on the construction of terrestrial power plants. The purpose of this article is to assess the operational risk of offshore wind farms from the point of view of their ability to be covered by insurance. The article discusses the principles of their functioning, the

accompanying natural hazards as well as the general conditions of their coverage by indicating the subject of insurance, the scope of insurance and the sum insured. General conditions of operation of offshore wind farms were discussed.

Ocena ryzyka eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych w Polsce dla potrzeb ich ubezpieczenia od wybranych zdarzeń losowych

Począwszy od końca XX w., obserwuje się wzrost zainteresowania pozyskaniem energii z odnawialnych źródeł. Jednym z nich jest energia wiatru. Wprowadzenie licznych ograniczeń dotyczących budowy lądowych elektrowni wiatrowych powoduje, nie tylko w Polsce, wzrost zainteresowania morskimi elektrowniami wiatrowymi. Celem artykułu jest ocena ryzyka eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych z punktu widzenia możliwości objęcia ich ochroną ubezpieczeniową. W opracowaniu omawiamy zasady ich funkcjonowania, towarzyszące im zagrożenia naturalne, a także ogólne warunki objęcia ich ochroną ubezpieczeniową, wskazując na przedmiot ubezpieczenia, zakres ubezpieczenia oraz sumę ubezpieczenia. Ponadto omawiamy w sposób ogólny warunki eksploatacji morskich elektrowni wiatrowych.