

Kancelaria Radców Prawnych
Otawski Dziura Jędrzejewski i Troszyński Sp.p.
Al. Niepodległości 221 lok 2
02-087 Warszawa
@: kancelaria@kancelariaodj.pl

RAPORT O ODDZIAŁYWANIU NA ŚRODOWISKO
dla zmiany decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach
dla przedsięwzięcia

MORSKA FARMA WIATROWA MFW BAŁTYK II

TOM II Sekcja 4

Etap realizacji farmy wiatrowej

Zamawiający:

MFW Bałtyk II Sp. z o.o.

Ul. Krucza 24/26

00-526 Warszawa

Warszawa, styczeń 2021 r.

SKŁAD AUTORSKI:

Radca prawny dr Piotr Otawski

radca prawny Andrzej Dziura

mgr inż. Magdalena Kinga Skuza

mgr inż. Mirosława Rybczyńska-Szewczyk

mgr inż. Jarosław Szewczyk

Spis treści

Skróty i definicje	5
1. Wprowadzenie	6
2. Budowa farmy wiatrowej	7
2.1. Porty budowlano – montażowe	8
2.2. Przewidywane rodzaje i ruch statków	10
2.3. Transport i montaż elementów farmy	16
2.3.1. Fundamenty monopalowe	17
2.3.2. Fundamenty typu jacket	18
2.3.3. Fundamenty typu tripod	18
2.3.4. Fundamenty grawitacyjne	19
2.3.5. Elektrownie wiatrowe	19
2.3.6. Stacje elektroenergetyczne	20
2.3.7. Kable podmorskie	21
2.3.8. Instalacja zabezpieczeń przed wymywaniem	25
2.3.8.1. Procesy wymywania osadów dennych	25
2.3.8.2. Metody zapobiegania wymywaniu	25
2.3.8.3. Instalacja zabezpieczeń przed wymywaniem	26
2.3.8.4. Spoinowanie	27
2.3.9. Ochrona przed korozją	27
2.3.9.1. Zjawisko korozji	27
2.3.9.2. Metody ochrony przed korozją	28
2.3.9.3. Wpływ emisji glinu i cynku związanej z ochroną antykorozyjną elementów Przedsięwzięcia na środowisko morskie	29
2.4. Strefy bezpieczeństwa	32
2.5. Oznakowanie przeszkodowe i systemy ostrzegania	32
3. Emisje na etapie budowy MFW	32
3.1. Produkcja elementów farmy wiatrowej	33
3.2. Transport morski elementów farmy wiatrowej do portu budowlano – montażowego	34
3.3. Składowanie elementów farmy wiatrowej w porcie budowlano – montażowym	35
3.4. Przemieszczanie się jednostek instalacyjnych i transportowych z portu do miejsca inwestycji	35
3.5. Transport morski elementów farmy i podzespołów na miejsce inwestycji	36
3.6. Praca jednostek instalacyjnych w miejscu realizacji przedsięwzięcia	36
3.7. Przygotowanie dna morskiego pod fundamenty	37
3.8. Instalacja fundamentów	37
3.9. Instalacja podzespołów elektrowni wiatrowych, stacji elektroenergetycznych	38
3.10. Transport, odzysk lub unieszkodliwianie odpadów i ścieków z jednostek pływających	38

3.11.	Układanie kabli podmorskich	39
3.12.	Przewidywany poziom emisji zanieczyszczeń do powietrza	39
3.13.	Przewidywany poziom emisji hałasu podwodnego	40
3.14.	Przewidywany poziom wzburzenia i redepozycji osadów	41
3.15.	Przewidywany poziom emisji zanieczyszczeń z osadów	42
3.16.	Przewidywany poziom emisji ilości Al uwolnionego do środowiska w przypadku posadowienia fundamentów typu monopál	44
4.	Literatura i inne źródła	46
4.1.	Akty prawne	46
4.2.	Literatura, opracowania eksperckie i decyzje administracyjne	46
5.	Spis rysunków	49
6.	Spis tabel	49
7.	Spis fotografii	50

Skróty i definicje

Decyzja Środowiskowa	decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku w dniu 27 marca 2017 r. znak RDOŚ-Gd-WOO.4211.26.2015.KSZ.20, dla przedsięwzięcia pn. „Budowa morskiej farmy wiatrowej Polenergia Bałtyk II”
DŚU	Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji przedsięwzięcia
EEZ	Wyłączna strefa ekonomiczna
KSE	Krajowy System Elektroenergetyczny
MFW BII / Przedsięwzięcie	Morska farma wiatrowa MFW Bałtyk II (pierwotnie: Bałtyk Środkowy II oraz Polenergia Bałtyk II)
MSE	Morska stacja elektroenergetyczna
MIP	Morska Infrastruktura Przesyłowa
NIS 2015	Najdalej idący scenariusz z Raportu 2015 stanowiący zestaw parametrów przedsięwzięcia powodujących najdalej idące oddziaływanie, a który był podstawą do prowadzenia oceny oddziaływania na środowisko w toku postępowania zakończonego wydaniem Decyzji Środowiskowej
OOŚ	Ocena oddziaływania na środowisko
POM	Polskie obszary morskie
PSZW	Pozwolenie na wznoszenie i wykorzystywanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich
Raport 2015	Raport oceny oddziaływania na środowisko na potrzeby postępowania zakończonego decyzją RDOŚ z dnia z dnia 27 marca 2017 r. znak: RDOŚ-Gd-WOO.4211.26.2015.KSZ.20 (zpo)
Raport/ Raport OOŚ	Raport o oddziaływaniu na środowisko dla zmiany decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach wydanej dla MFW Bałtyk II
RDOŚ	Regionalny Dyrektor Ochrony Środowiska w Gdańsku
Uooś/ustawa ooś	Ustawa z dnia 3 października 2008 r. <i>o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko</i> (t.j. Dz. U. z 2020 r. poz. 283 ze zmian.)

1. Wprowadzenie

W sekcji przedstawiony został etap realizacji Przedsięwzięcia, które polega na budowie morskiej farmy wiatrowej oznaczonej jako MFW BII II w parametrach zmodyfikowanych w stosunku do wariantu, dla którego została wydana Decyzja Środowiskowa¹. Ponieważ niniejszy Raport sporządzony jest na potrzeby postępowania w sprawie zmiany decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, tym samym Raport 2015², który był podstawą wydania Decyzji Środowiskowej stanowi punkt odniesienia zarówno w zakresie porównywania wariantów, jak również podstawą prowadzenia oceny oddziaływania na środowisko.

W przypadku wariantu wnioskowanego do realizacji na podstawie zmiany Decyzji Środowiskowej należy uznać, iż większość informacji zawartych w Raporcie 2015 dotyczących fazy realizacji przedsięwzięcia pozostaje adekwatna również w przedmiotowym postępowaniu w sprawie zmiany Decyzji Środowiskowej. Wynika to z faktu, że wprowadzenie zmian ulega część parametrów Przedsięwzięcia, w szczególności jego parametry związane z ilością elektrowni wiatrowych ulegają zmniejszeniu o 50 % względem Decyzji Środowiskowej, część parametrów ulega doprecyzowaniu lub konkretyzacji w zakresie w jakim pozwalała na to Decyzja Środowiskowa np. sposób posadowienia, jednak zdecydowana część parametrów pozostaje taka sama. W konsekwencji charakter prowadzonych prac na etapie budowy opisanych w Raporcie 2015, nie ulega zmianie, natomiast niektóre ze zmodyfikowanych parametrów Przedsięwzięcia mogą wpływać na wielkości oddziaływań ze względu na ilość planowanych elektrowni, a co wpływa także na czas konieczny do realizacji poszczególnych zadań w ramach etapu budowy.

Po przeprowadzeniu dodatkowych analiz, w wariantcie wybranym do realizacji planowane jest zastosowanie fundamentów monopolowych dla wszystkich elektrowni wiatrowych w ramach Przedsięwzięcia. W przypadku braku możliwości technicznej instalacji tego typu fundamentów dla którejś z planowanych elektrowni, przewidywane jest zastosowanie fundamentów typu jacket. W przypadku wewnętrznej morskiej stacji elektroenergetycznej na obecnym etapie nie istnieje możliwość ograniczenia rodzaju rozważanych fundamentów. W związku z tym wewnętrzna morska stacja elektroenergetyczna może zostać posadowiona na fundamencie: monopolowym, typu tripod, typu jacket (kratownicowym) lub grawitacyjnym. Ostateczna decyzja co do sposobu fundamentowania określona zostanie w projekcie budowlanym, na podstawie zweryfikowanych badań warunków geotechnicznych dostosowanych do wybranych rodzajów generatorów i stacji.

Powyższe zmiany nie wpłynęły na rodzaj zastosowanej technologii realizacji przedsięwzięcia oraz nie wpłyną na realizację całości przedsięwzięcia. Opis etapu realizacji opracowano na podstawie Raportu oceny oddziaływania na środowisko Tom II, Sekcja 3 Opis technologii, SMDI Doradztwo Inwestycyjne Sp. z o.o., listopad 2015 r.

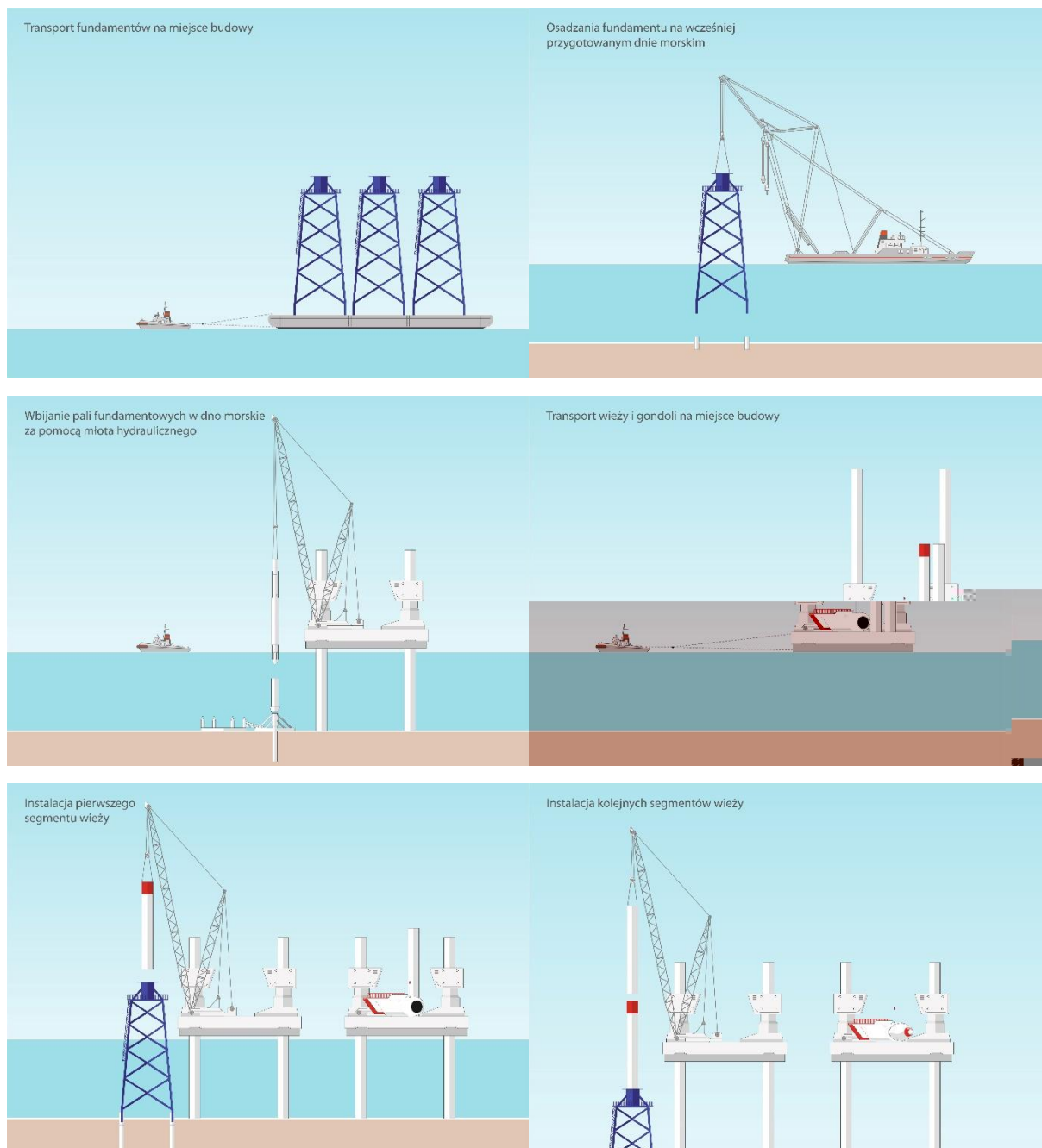
¹ Decyzja Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku RDOŚ-Gd-WOO.4211.26.2015.KSZ.20 z dnia 27 marca 2017r.

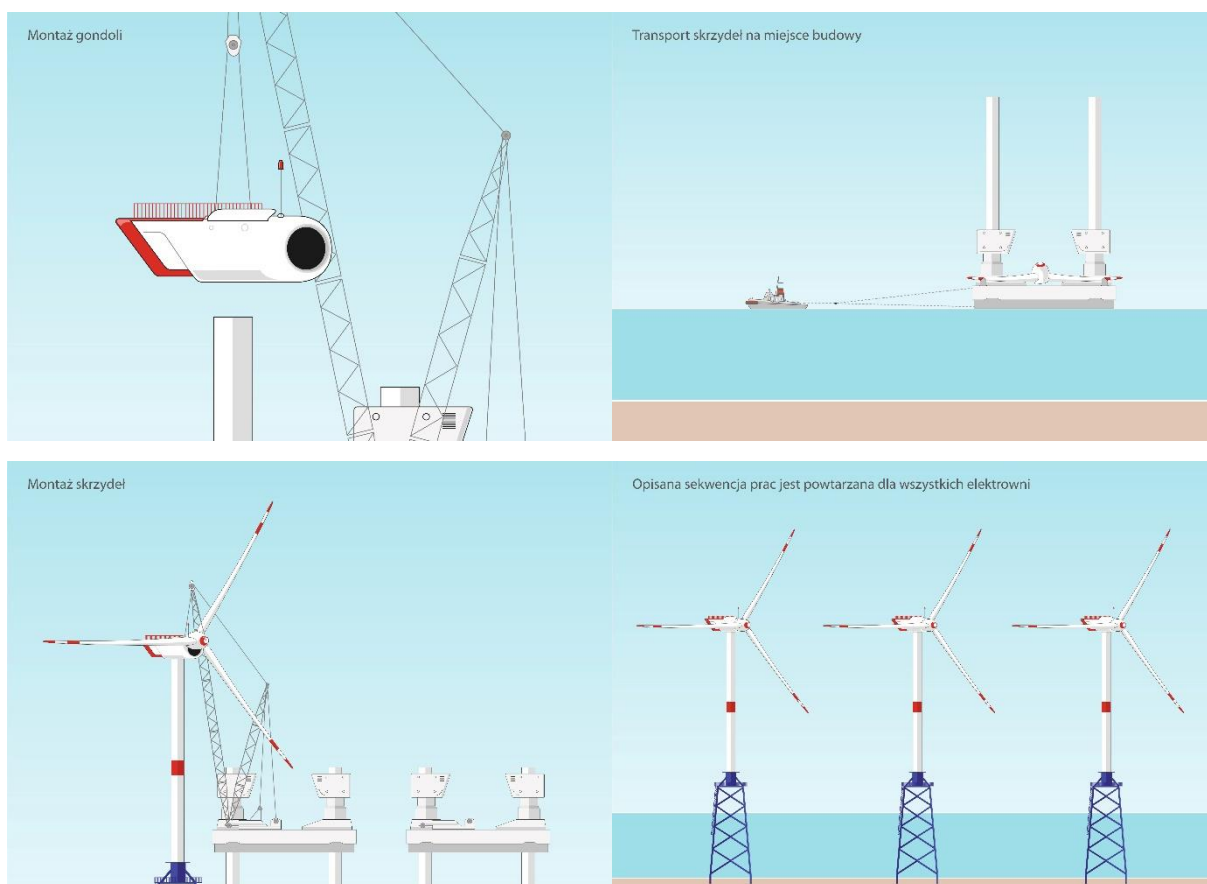
² Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy II. Raport o oddziaływaniu na środowisko, SMDI Doradztwo Inwestycyjne Sp. z o.o. 2015

2. Budowa farmy wiatrowej

Realizacja Przedsięwzięcia może przebiegać etapowo, z czego pierwszy etap będzie obejmował moc w przedziale 600-720 MW. Realizacja pierwszego etapu planowana jest w latach 2023-2026. Realizacja kolejnych etapów będzie uzależniona od decyzji inwestycyjnych podejmowanych w oparciu o aktualne warunki rynkowe. Łączny czas budowy pierwszego etapu będzie wynosił do 3,5 roku. Czas budowy kolejnych etapów będzie uzależniony od decyzji o ich wielkości (liczba elektrowni) oraz dostępnych technologii i urządzeń do budowy morskich farm wiatrowych.

Rysunek 1. Proces budowy MFW





Źródło: udostępnione przez Zamawiającego

2.1. Porty budowlano – montażowe

Przed rozpoczęciem budowy Inwestor dokona wyboru portu budowlano – montażowego. Będzie on służył przede wszystkim do następujących zadań:

- rozładunek komponentów farmy ze statków dostawczych,
- magazynowanie komponentów farmy, tak aby zapewnić ciągłość dostaw na miejsce instalacji podczas sprzyjających warunków pogodowych,
- montaż gondoli, wirników, wież,
- załadunek pojedynczych elementów lub częściowo zmontowanych komponentów na statki jack – up lub na inne jednostki instalacyjne.

Port budowlano – montażowy powinien spełniać szereg wymagań, które wskazano w tabeli poniżej.

Tabela 1. Wymagania dla portu budowlano - montażowego

Wymagania ogólne	
Typowa powierzchnia terminalu	8 – 38 ha
Długość nabrzeży	300 m
Minimalna głębokość	10 m

Wymagania ogólne	
Prześwit	> 10 m
Minimalna nośność gruntu	15-20 Mg/m ²
Biuro, stołówka, pomieszczenia socjalne	ok. 500 m ²
Wydzielone tereny dla wykonawców	+
Zakwaterowanie dla personelu, szatnie, parking	+
Dostęp od strony morza	
Dostępność dla statków serwisowych, transportowych, średnich statków jack – up	+
Dostępność dla dużych statków jack – up, kablowców, dużych statków transportowych	+
Basen portowy dostępny dla statków o odpowiednich wymiarach (długość, szerokość)	150 m, 45 m
Obiekty portowe	
Magazyn paliwa	+
Usługi holowników	+
Usługi przeładunkowe	+
Podnośnik	+
Infrastruktura portowa	
Samochody – dźwigi, żurawie gąsienicowe 1000 Mg	+
Brak wysokich przeszkód np. masztów	+

Źródło: Koncepcja techniczna RHDHV

Kierując się powyższymi kryteriami można obecnie wskazać trzy potencjalne porty budowlano – montażowe dla MFW BII. Przedstawiono je w tabeli poniżej. Nie można wykluczyć, że do czasu rozpoczęcia budowy MFW BII nastąpią zmiany np. przebudowy portów, zmiany technologii, które umożliwią wykorzystanie innych portów.

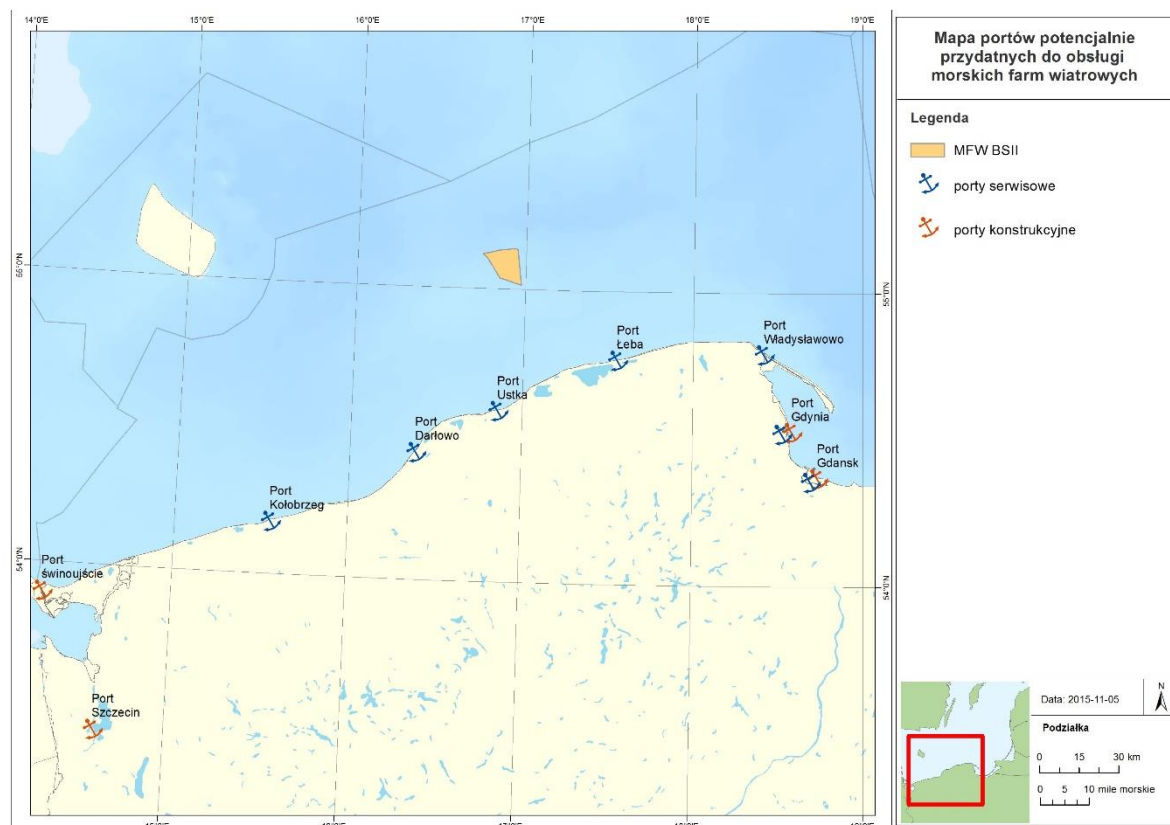
Tabela 2. Możliwe do wykorzystania porty budowlano - montażowe

Nazwa portu	Odległość od MFW BII [km]	Głębokość [m]
Gdańsk	170	15
Gdynia	170	13
Świnoujście	210	12,8

Źródło: Koncepcja techniczna RHDHV

Możliwe do wykorzystania porty konstrukcyjne oznaczono na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

Rysunek 2. Możliwe do wykorzystania porty budowlano – montażowe



Źródło: udostępnione przez Zamawiającego

2.2. Przewidywane rodzaje i ruch statków

Należy podkreślić, że rodzaje i ruch statków będzie zależny od licznych, nieznanych obecnie czynników, takich jak np. liczba, rodzaj i wielkość turbin instalowanych na danym etapie, producent, dostępność statków budowlanych i obsługowych, uwarunkowania ekonomiczne na etapie budowy itd. **Poniżej podano więc jedynie przybliżone dane, bazujące na dotychczasowych doświadczeniach, w celu zobrazowania możliwej skali przedsięwzięcia.** Ostatecznych założeń dotyczących ruchu statków dla MFW BII będzie można dokonać na późniejszym etapie, kiedy zostanie opracowany projekt budowlany oraz wypracowana zostanie ostateczna koncepcja organizacji na etapie budowy. Należy przy tym podkreślić, że redukcja liczby jednostek budowlanych i obsługowych oraz minimalizacja czasu ich przebywania w morzu, jest jednym z głównych kierunków działań mających na celu redukcję kosztów inwestycyjnych w morskiej energetyce wiatrowej. Budowane są coraz większe jednostki, mogące transportować i budować coraz większą liczbę elektrowni jednocześnie i bez wsparcia dodatkowych statków. Należy więc spodziewać się możliwości redukcji podanych poniżej wielkości, a nie ich wzrostu.

Przewiduje się, że na potrzeby budowy MFW BII będą wykorzystane jednostki pływające podobne lub nowocześniejsze od opisanych poniżej. Stan, który został przedstawiony i podlega ocenie oddziaływania w dalszej części raportu, jest najdalej idącym scenariuszem, gdyż rozwój technologii będzie pozwalał na skrócenie czasu budowy i zmniejszenie presji na środowisko, poprzez zmniejszenie liczby jednostek budowlanych. Odnosi się to również do potencjalnych oddziaływań skumulowanych z innymi tego typu

inwestycjami – przy ich realizacji będą wykorzystywane podobne technologie, mające wraz z postępem technologicznym coraz mniejszy wpływ na środowisko.

Tabela 3. Wykorzystanie statków do instalacji fundamentów jednej stacji elektroenergetycznej

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek transportowy (<i>transport vessel</i>)	5 dni roboczych	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
duży holownik (<i>large tug boat</i>)	5 dni roboczych	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
mały holownik (<i>small tug boat</i>)	5 dni roboczych	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>) do instalacji fundamentów	5 dni roboczych	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	5 dni roboczych	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	5 dni roboczych	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 4. Wykorzystanie statków do transportu i instalacji platformy roboczej jednej stacji elektroenergetycznej

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 stację	Moc silników	Zużycie paliwa
statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych (<i>heavy lift vessel</i>)	5 dni roboczych	4,5 MW	0,56 – 1,12 m ³ /h
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>) do instalacji platformy	5 dni roboczych	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	10 dni roboczych	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	5 dni roboczych	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 5. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu typu tripod

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych (<i>heavy lift vessel</i>)	1 dzień roboczy	4,5 MW	0,56 – 1,12 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 6. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu typu tripod

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych (<i>heavy lift vessel</i>)	1 dzień roboczy	4,5 MW	0,56 – 1,12 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	2 dni robocze	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	1 dzień roboczy	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 7. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu typu jacket

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek transportowy (<i>transport vessel</i>)	1 dzień roboczy	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 8. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu typu jacket

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>)	1 dzień roboczy	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	2 dni robocze	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	1 dzień roboczy	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 9. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu grawitacyjnego

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek transportowy (<i>transport vessel</i>)	1 dzień roboczy	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
duży holownik (<i>large tug boat</i>)	1 dzień roboczy	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
mały holownik (<i>small tug boat</i>)	1 dzień roboczy	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 10. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu grawitacyjnego

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>)	1 dzień roboczy	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h

statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	2 dni robocze	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	1 dzień roboczy	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 11. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu monopolowego

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek transportowy (<i>transport vessel</i>)	1 dzień roboczy	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
duży holownik (<i>large tug boat</i>)	1 dzień roboczy	10 MW	1,25 – 2,5 m ³ /h
mały holownik (<i>small tug boat</i>)	1 dzień roboczy	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 12. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu monopolowego

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>)	1 dzień roboczy	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	2 dni robocze	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h
statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	1 dzień roboczy	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 13. Wykorzystanie statków do transportu elementów jednej elektrowni (wieża, skrzydła, gondola itd.)

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych (<i>heavy lift vessel</i>)	1 dzień roboczy	4,5 MW	0,56 – 1,12 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 14. Wykorzystanie statków do instalacji elementów jednej elektrowni na fundamencie (wieża, skrzydła, gondola itd.)

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 fundament	Moc silników	Zużycie paliwa
duży statek typu jack-up (<i>large jack – up vessel</i>)	1 dzień roboczy	21 MW	2,63 – 5,25 m ³ /h
statek pomocniczy (<i>support vessel</i>)	2 dni robocze	2 MW	0,25 – 0,5 m ³ /h

statek hotelowy (<i>hotel vessel</i>)	1 dzień roboczy	14 MW	1,75 – 3,5 m ³ /h
---	-----------------	-------	------------------------------

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Tabela 15. Wykorzystanie statków do instalacji kabli

Rodzaj statku	Czas pracy / 1 sekcję kabla	Moc silników	Zużycie paliwa
kablowiec (<i>cable laying vessel</i>)	20 – 25 godzin na 1 sekcję (tj. odcinek kabla pomiędzy poszczególnymi elementami farmy)	10 MW	1 – 2,5 m ³ /h

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

Statki lub barki typu **jack – up** są rodzajem ruchomej platformy składającej się z pływającego kadłuba wyposażonego w kilka ruchomych nóg, umożliwiających podniesienie kadłuba ponad poziom morza. Statek jack – up porusza się samodzielnie, natomiast barki jack – up są transportowane na miejsce realizacji przedsięwzięcia za pomocą holowników. Po osiągnięciu żądanej lokalizacji nogi statku opuszczane są na dno morskie, co stabilizuje jego pozycję. Duże statki typu jack – up mają udźwig do 1200 Mg i 26 m oraz przeciętne wymiary 150 m (długość) x 40 z (szerokość) x 4,5 m (zanurzenie).

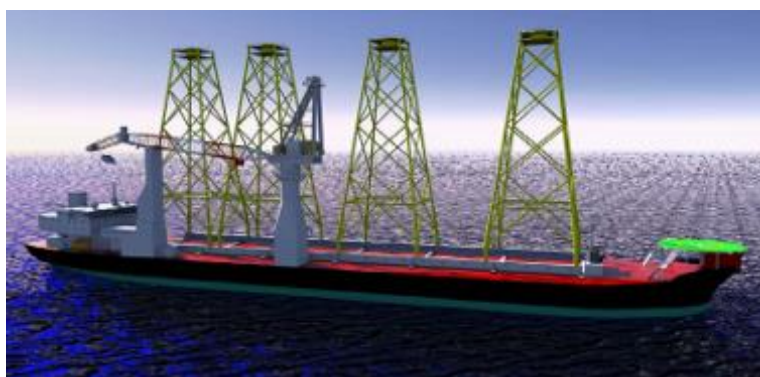
Fotografia 1. Statek typu jack - up



Źródło: www.seajacks.com [data dostępu: 09.2020 r.]

Statki do przewozu ładunków wielkogabarytowych (*heavy lift vessels*) mogą zostać wykorzystane do przewozu, a także (w zależności od wyposażenia) do instalacji niektórych elementów farmy, np. fundamentów typu jacket (na zdjęciu).

Fotografia 2. Statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych



Źródło: www.4coffshore.com [data dostępu: 09.2020 r r.]

W okresach intensywnych prac często stosowane jest zakwaterowanie załóg serwisowych na morzu. Mogą być to mniejsze statki dedykowane do prac przy farmach wiatrowych, z możliwością zakwaterowania od 30 do 100 osób, lub większe **statki hotelowe**.

Fotografia 3. Pływający hotel używany na farmie Horns Rev 2 (Dania)



Źródło: www.dongenergy.com [data dostępu: 09.2020 r r.]

Statki pomocnicze (*support vessels*) będą wykorzystywane do różnego rodzaju prac związanych z instalacją, przewozu sprzętu, załóg, narzędzi, części zamiennych itd. Są to przeważnie małe, szybkie statki (25 – 30 węzłów), o ładowności 1 – 2,5 Mg / do 12 osób i typowych wymiarach: 25 m (długość) x 6 m (szerokość) x 1,1 m (zanurzenie). W tej roli są stosowane statki jednokadłubowe, katamarany, jednostki typu SWATH.

Fotografia 4. Statek pomocniczy



Źródło: www.4coffshore.com [data dostępu: 09.2020 r.]

Oprócz podanych wyżej, podstawowych jednostek, w zależności od wybranych komponentów farmy podczas budowy farmy wiatrowej mogą zostać wykorzystane:

- pogłębiarki służące do przygotowania dna pod fundamenty grawitacyjne (przeciętna moc silnika 1,5 MW, 200 – 500 dni roboczych),
- barki służące do transportu urządzeń do przygotowania dna morskiego pod fundamenty (przeciętna moc silnika 1,5 MW, 200 – 500 dni roboczych),
- barki służące do wywiezienia wydobytego urobku (przy czym przewiduje się, że zostanie pozostawiony raczej w miejscu realizacji inwestycji) (przeciętna moc silnika 1 MW, 200 – 400 dni roboczych),
- statek do transportu kamieni / głazów służących do przygotowania dna morskiego pod fundamenty grawitacyjne (przeciętna moc silnika 6,5 MW, 200 – 500 dni roboczych),
- statek służący do zrzutu kamieni / głazów na miejscu realizacji inwestycji (przeciętna moc silnika 3,7 MW, 200 – 500 dni roboczych),
- pompa i generator służące do pompowania spoiwa cementowego np. przy instalacji monopali (przeciętna moc silnika 1 MW, 100 – 200 dni roboczych),
- barka służąca do transportu spoiwa i urządzeń do spoinowania (przeciętna moc silnika 1 MW, 100 – 200 dni roboczych),
- statek do transportu kamieni / głazów służących do wykonania ochrony przed wymywaniem (przeciętna moc silnika 6,5 MW, 300 – 600 dni roboczych),
- statek służący do zrzutu kamieni / głazów służących do ochrony przed wymywaniem (przeciętna moc silnika 3,7 MW, 300 – 600 dni roboczych).

2.3. Transport i montaż elementów farmy

Obecnie nie jest możliwe określenie producentów poszczególnych elementów, które mogą zostać zastosowane w projekcie. W zależności od miejsca produkcji będą one transportowane albo

bezpośrednio w rejon lokalizacji farmy wiatrowej, albo też zostaną zmagazynowane w wybranym porcie, który będzie obsługiwał budowę farmy, w ilości niezbędnej do wybudowania danego etapu inwestycji. Instalacja elementów farmy może odbywać się wyłącznie przy dobrych warunkach pogodowych, tj. znikomym falowaniu. W praktyce oznacza to, że prace instalacyjne powinno się planować na okres od marca do października, przy czym należy uwzględnić okresy oczekiwania na wystąpienie sprzyjających warunków pogodowych.

2.3.1. Fundamenty monopalowe

Transport i instalacja monopali stalowych obejmują następujące prace:

- 1) transport od producenta bądź z miejsca składowania na statku, barce lub przez spławianie (za pomocą holownika);
- 2) przygotowanie dna morskiego (jeśli jest konieczne);
- 3) ustawienie statku instalacyjnego w żądanej pozycji, a następnie odpowiednie zakotwiczenie lub opuszczenie nóg na dno morskie (w wypadku statku lub barki typu jack – up);
- 4) ustawienie przez statek instalacyjny pala w pozycji pionowej i opuszczenie jego na dno morskie; pal częściowo wbija się w dno pod własnym ciężarem;
- 5) umieszczenie pala na wymaganej głębokości w dnie za pomocą jednej z dostępnych metod (wbijanie za pomocą młota pneumatycznego, wiercenie lub kombinacja tych technik), w zależności od warunków lokalnych oraz technicznych i ekonomicznych;
- 6) instalacja łącznika i jego mocowanie na palu (zwykle za pomocą spoiwa cementowego, śrub lub spawania);
- 7) montaż dodatkowych elementów, jak osłony kabli (*J-tubes*), kable, miejsca kotwiczenia łodzi, platforma przejściowa, drabina itd.;
- 8) umieszczenie wokół pala warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem (operacja ta może być przeprowadzona również przed wbijaniem pala).

Czas instalacji jednego monopala stalowego szacuje się na 2 dni, z wyłączeniem złych warunków pogodowych, z czego czas aktywnego wbijania pala to maksymalnie 6 godzin (najdalej idący scenariusz). Opisany zakres prac jest powtarzany dla każdego fundamentu.

Czasami wbijanie pali w dno morskie może być utrudnione ze względu na jego budowę. W tym wypadku w pierwszej kolejności może zostać zastosowane np. wiercenie, które umożliwi dalszą instalację pala standardowymi metodami. Czas trwania wiercenia nie jest możliwy do określenia na tym etapie, będzie bowiem zależał od warunków terenowych.

W wypadku zastosowania monopali żelbetowych sekwencja prac jest podobna. Nie stosuje się jednak wbijania pala. Jest on umieszczany w pozycji pionowej na dnie i penetruje je na pewną głębokość pod własnym ciężarem. Następnie pal jest zagłębiany w dno za pomocą wiercenia, które odbywa się wewnątrz pierścieni tworzących pal. Zwierciny są najczęściej pozostawiane na obszarze inwestycji. Jak wspomniano wcześniej, ta technologia jest mało prawdopodobna do zastosowania.

2.3.2. Fundamenty typu jacket

Transport i instalacja fundamentów typu jacket obejmują następujące prace:

- 1) transport fundamentu od producenta bądź z miejsca składowania za pomocą statku lub barki; łącznik i dodatkowa infrastruktura (np. miejsce dostępu dla łodzi) są najczęściej zamontowane już w stoczni;
- 2) przygotowanie dna morskiego w miejscu instalacji – wbicie w dno pali z użyciem template'u, który pozwala na ich precyzyjne usytuowanie; pale są wbijane najczęściej za pomocą młota hydraulicznego lub wiercenia; możliwa jest też odwrotna sekwencja (tj. pale są wbijane po uprzednim ustawieniu fundamentu na dnie);
- 3) opuszczenie fundamentu na dno morskie za pomocą statku typu jack – up;
- 4) przymocowanie fundamentu do pali za pomocą zaprawy cementowej lub spęczania;
- 5) ewentualny montaż dodatkowych elementów, jak *J-tubes*, miejsca kotwiczenia łodzi, platforma przejściowa, drabina;
- 6) umieszczenie wokół fundamentu warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem.

Czas instalacji jednego fundamentu typu jacket szacuje się na 4 - 7 dni, z wyłączeniem złych warunków pogodowych, z czego czas aktywnego wbijania pali to maksymalnie 18 godzin (najdalej idący scenariusz).

2.3.3. Fundamenty typu tripod

Transport i instalacja fundamentów typu tripod obejmują następujące prace:

- 1) transport fundamentu od producenta bądź z miejsca składowania za pomocą statku lub barki; łącznik i dodatkowa infrastruktura (np. miejsce dostępu dla łodzi) są najczęściej zamontowane już w stoczni;
- 2) opuszczenie fundamentu na dno morskie za pomocą statku typu jack-up;
- 3) wbicie w dno pali przez tuleje zamocowane na nogach tripoda; pale są wbijane najczęściej za pomocą młota hydraulicznego lub wiercenia;
- 4) przymocowanie fundamentu do pali za pomocą zaprawy cementowej lub spęczania;
- 5) ewentualny montaż dodatkowych elementów, jak *J-tubes*, miejsca kotwiczenia łodzi, platforma przejściowa, drabina;
- 6) pale mogą być też umieszczone w dnie przed instalacją tripoda, za pomocą template'u; taka procedura wygląda podobnie jak przy instalacji fundamentu typu jacket;
- 7) umieszczenie wokół fundamentu warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem.

Instalacja fundamentu typu tripod trwa średnio 4 – 7 dni i może ulec wydłużeniu w zależności od warunków pogodowych, z czego czas aktywnego wbijania pali to maksymalnie 18 godzin (najdalej idący scenariusz).

2.3.4. Fundamenty grawitacyjne

Transport i instalacja fundamentów grawitacyjnych obejmują następujące prace:

- 1) transport fundamentu od producenta za pomocą barki lub spławianie (za pomocą holownika) (jeśli konstrukcja jest pływająca) na miejsce realizacji przedsięwzięcia;
- 2) przygotowanie dna morskiego, poprzez usunięcie (np. za pomocą podwodnej koparki) warstwy lekkich, ruchomych osadów o głębokości ok. 3 m i szerokości odpowiadającej podstawie fundamentu (do 50 m), powiększonej o pas służący do ułożenia warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem, wyrównaniu powierzchni za pomocą pogłębiarki ssącej, a następnie wypełnieniu tej przestrzeni kamieniami (żwirem) i betonem;
- 3) opuszczenie fundamentu na dno morskie za pomocą statku typu jack-up;
- 4) wtłoczenie poniżej podstawy fundamentu zaprawy cementowej, w celu zapewnienia stałego kontaktu fundamentu z powierzchnią nośną; zatłaczanie odbywa się najczęściej za pomocą elastycznego węża i preinstalowanego systemu rur;
- 5) wypełnienie fundamentu balastem, poprzez wpompowanie do jego wnętrza piasku, lub wyrzucenie skał / rud żelaza z barki balastowej;
- 6) umieszczenie wokół podstawy materiałów chroniących przed wymywaniem;
- 7) montaż łącznika (wieża elektrowni może być połączona z trzonem fundamentu również bezpośrednio, za pomocą kołnierza śrubowego);
- 8) ewentualny montaż dodatkowych elementów, jak *J-tubes*, miejsca kotwiczenia łodzi, platforma przejściowa, drabiny; wyposażenie dodatkowe może być zainstalowane na lądzie bądź montowane na miejscu; osłony kabli (*J-tubes*) mogą być zainstalowane na zewnątrz lub wewnątrz struktury fundamentu, w zależności od projektu i zastosowanego balastu.

W przeciwieństwie do pozostałych rodzajów fundamentów, fundamenty grawitacyjne nie wymagają palowania, a więc ich montaż nie jest źródłem istotnego hałasu podwodnego.

Czas montażu pojedynczego fundamentu grawitacyjnego ocenia się na 4 – 7 dni, wyłączając przerwy spowodowane złą pogodą.

2.3.5. Elektrownie wiatrowe

Typowa sekwencja budowy morskiej elektrowni wiatrowej została przedstawiona poniżej:

- 1) wieże i turbiny są dostarczane drogą lądową lub morską do portu, z którego prowadzona będzie budowa;
- 2) wieże i turbiny są ładowane na statek lub barkę i dostarczane na miejsce realizacji przedsięwzięcia;
- 3) ww. elementy mogą być też dostarczone bezpośrednio od producenta na miejsce realizacji przedsięwzięcia;
- 4) instalacja turbiny odbywa się zwykle z użyciem statku jack – up, ale mogą być też używane inne urządzenia;

- 5) turbiny i wieże są zwykle dostarczane na miejsce realizacji przedsięwzięcia w sekcjach i montowane na morzu, ale zdarza się też, że elementy te są montowane na lądzie i dostarczane w takiej formie na miejsce budowy MFW;
- 6) w wypadku montażu poszczególnych sekcji na morzu, pierwsza część jest montowana na fundamencie, za pomocą łącznika, a kolejne sekcje są dołączane do niej;
- 7) gondola jest montowana na najwyższej części wieży;
- 8) rotor i łopaty są podnoszone i montowane na głównym wale;
- 9) proces jest powtarzany dla każdej turbiny.

Instalacja pojedynczej turbiny trwa ok. 2 – 3 dni, wyłączając przerwy spowodowane złą pogodą.

Po zainstalowaniu wszystkich turbin i podłączeniu wewnętrznych kabli SN wykonywane są ich testy i odbiór techniczny. Testy obejmują sprawdzenie generatora, rozdzielnic, przekładni, transformatora, okablowania, urządzeń meteorologicznych, systemów kontroli turbiny, systemów bezpieczeństwa itd. Proces ten może trwać do 10 dni dla jednej elektrowni.

2.3.6. Stacje elektroenergetyczne

Stacje elektroenergetyczne będą instalowane w sposób podobny do elektrowni wiatrowych:

- 1) fundamenty stacji zostaną przetransportowane za pomocą odpowiedniego statku lub barki na miejsce jej posadowienia;
- 2) fundamenty zostaną podniesione ze statku i ustawione na dnie za pomocą dźwigu na statku typu jack – up;
- 3) fundamenty zostaną zainstalowane na dnie (metoda zależna od ich rodzaju);
- 4) na statku transportowym lub barce zostanie dostarczona platforma stacji, prawdopodobnie z zainstalowanymi już urządzeniami;
- 5) platforma zostanie umieszczona za pomocą dźwigu na fundamentach i przymocowana do nich;
- 6) zostaną podłączone kable do odpowiednich urządzeń w stacji (metoda opisana w rozdziale dotyczącym infrastruktury kablowej).

Nie planuje się natomiast budowy oddzielnej stacji pomiarowo – badawczej. Urządzenia służące do badań środowiska zostaną zamontowane najprawdopodobniej na jednej ze stacji elektroenergetycznych.

Należy dodać, że na farmie mogą zostać również zastosowane nowe rozwiązania w postaci stacji elektroenergetycznych zainstalowanych na samopodnoszącej platformie typu jack-up. Taka platforma jest spławiana na miejsce realizacji przedsięwzięcia a następnie jej nogi są opuszczane na dno i mocowane do niego.

W przypadku stacji pomiarowych LIDAR na konstrukcjach pływających proces instalacji jest zależny od rodzaju konstrukcji wsporczej, jednak najczęściej polega na odpowiednim zakotwiczeniu i nie wymaga zaangażowania dużych statków instalacyjnych, dzięki czemu jest mniej wrażliwy na warunki pogodowe.

Fotografia 5. Montaż platformy stacji elektroenergetycznej na fundamencie monopalowym



Źródło: www.4coffshore.com, dostępne na dzień 09.2020

2.3.7. Kable podmorskie

Podmorskie kable elektroenergetyczne układane są przy użyciu specjalistycznych statków (tzw. kablownic) poprzez zagłębienie w dnie morskim, zwykle na głębokość nie większą niż 3 m. Na niektórych odcinkach może okazać się konieczne ułożenie kabli na większej głębokości.

Dla kablownic charakterystyczna jest powierzchnia załadunku w formie bębna, która może pomieścić duże ilości kabli morskich. W zależności od wyposażenia statków dysponują one jednym lub kilkoma miejscami załadunku na pokładzie. Przy układaniu kabel jest spuszczaany do wody z bębna, gdzie urządzenie wleczone za statkiem układa go w dnie morskim. Możliwe jest również połączenie w systemy większej ilości kabli z różnych bębnow.

Pojemność załadunkowa powszechnie stosowanych statków kablownic wynosi kilka tysięcy ton. Przykładowo, na kablowniec Sea Spider można załadować 3900 Mg odpowiadających długości 40 do 48 km kabla podmorskiego przy założeniu 80 do 100 kilogramów na metr kabla. Statek Sea Spider ma długość 86 m i szerokość 24 m. Zanurzenie statku w zależności od załadunku wynosi 2,00 m do 4,30 m.

Fotografia 6. Kablowiec Sea Spider



Źródło: www.schottel.de dostępne na dzień 09.2020 r.

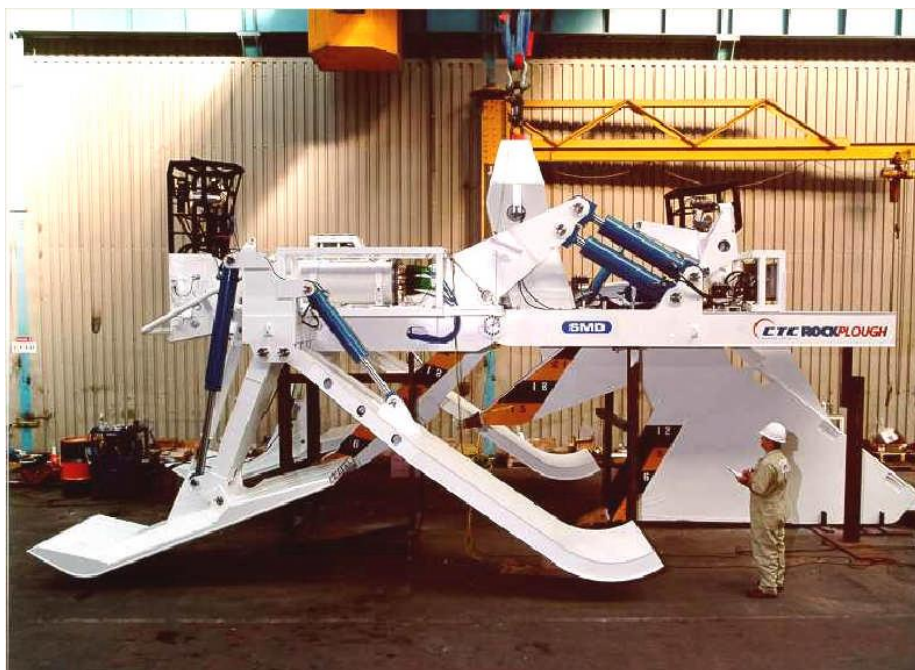
Kablowce dysponują specjalnymi systemami pozycjonowania i manewrowania umożliwiającymi układanie kabli w morzu dokładnie w żądanej pozycji. Ponadto statki tego typu dysponują odpowiednią technologią dźwigową w celu manipulowania z pokładu urządzeniami do położenia kabli, osadzenia na dnie morza i wyciągania.

Technologia i głębokość układania kabli jest uzależniona od kilku czynników, m.in. od głębokości wody, rodzaju i właściwości podłoża oraz uwarunkowań środowiskowych. Kable podmorskie mogą być układane bezpośrednio na dnie morskim lub pod dnem morskim na odpowiedniej głębokości. W tym drugim przypadku do tworzenia bruzdy w dnie morskim i zagłębiania kabla można stosować różne urządzenia m.in.:

- **pług wleczony za statkiem** – zasada działania jest podobna do zwykłego pługa rolnego. Pług jest wleczony za statkiem tworząc wąską bruzdę za pomocą lemiesza, w której układany jest kabel; wszystko jest wykonywane w ramach jednej operacji, ponieważ kabel jest poprowadzony wewnątrz konstrukcji pługa i jest układany bezpośrednio po utworzeniu bruzdy, która zasypuje się samoistnie pod wpływem sił grawitacyjnych,
- **sanie rozmywające grunt** - bruzda do układania kabli rozmywana jest w dnie morskim za pomocą strumieni wodnych pod wysokim ciśnieniem. Przyrząd do rozmywania (tak zwany miecz rozmywający) zapewnia – za pomocą dysz wodnych wysokiego ciśnienia i wypływających przez nie strumieni wodnych pod wysokim ciśnieniem – fluidyzację materiału z podłoża wzdłuż miecza rozmywającego. Optycznie nie powstaje rów, lecz podłoże staje się grząskie. Kabel zanurza się w nim pod wpływem swojego ciężaru. W ten sposób kabel można zanurzyć w dnie morskim na pożądaną głębokość. Procesy sedymentacji i zagęszczania następujące automatycznie po wykonaniu pracy przez urządzenie do układania kabli powodują natychmiastowe zamknięcie bruzdy,
- **frezarka kablowa** – stosowana jest w przypadku bardziej stałego podłoża. Bruzda do układania tworzona jest w technologii cięcia w podobny sposób jak działa piła łańcuchowa. Elementy tnące i obrabiające zapewniają odtransportowanie materiału dennego i w ten sposób wytwarzają

bruzdę w celu położenia kabli. W tym samym momencie kabel układany jest w bruzdzie na żądaną głębokość. Procesy sedymentacyjne powodują zasypywanie bruzdy po przejściu urządzenia do układania kabli. W niektórych przypadkach może zaistnieć konieczność mechanicznego zasypywania bruzdy.

Fotografia 7. Pług kablowy



Źródło: UK Department for Business Enterprise & Regulatory Reform³

Fotografia 8. Sanie rozmywające grunt



Źródło: UK Department for Business Enterprise & Regulatory Reform⁴

Urządzenia do układania kabli mogą być sterowane i zasilane w energię przez kabel łączący ze statkiem lub mogą być wyposażone we własne źródło zasilania. Specjalna technologia sonarna

³ Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry, 2008 r.

⁴ Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry, 2008 r.

i technika video, jak również systemy monitoringowe, wspomagają sterowanie układania kabli, umożliwiając również obserwację prac prowadzonych pod wodą.

W celu ułatwienia lokalizowania ułożonych kabli można umieścić sygnaturę na magnetycznym zbrojeniu kabla podczas układania w taki sposób, aby specjalne przyrządy mogły go później umiejscowić, zanalizować i dokładnie określić jego położenie.

Jeśli linia światłowodowa nie jest integralną częścią kabla, układa się ją obok kabla elektroenergetycznego. Układanie kabli wymaga zakotwiczenia statku instalacyjnego. Szacuje się, że na jednej pozycji kotwicy można ułożyć średnio ok. 100 – 200 m kabla, następnie statek musi się przemieścić i zakotwiczyć ponownie.

Zakopywanie kabli w dnie ma je chronić przed ryzykiem uszkodzenia, np. przez kotwice statków oraz przed ich przemieszczaniem się po dnie morskim. Ponadto zakopanie kabla zmniejsza potencjalne oddziaływania związane z emisją przez nie ciepła oraz pola i promieniowania elektromagnetycznego.

Standardowa sekwencja układania kabli wewnętrznych MFW została opisana poniżej:

- 1) kabel jest najczęściej ładowany na kablowiec bezpośrednio u producenta;
- 2) kabel jest magazynowany na specjalnych bębnach;
- 3) kablowiec dopływa do fundamentu pierwszej elektrowni;
- 4) kabel jest opuszczany ze statku a jego końcówka jest za pomocą barki zbliżana do konstrukcji fundamentu;
- 5) kabel jest przeciągany przez J-tubes zamontowane najczęściej na zewnątrz fundamentu (z pomocą ROV lub nurków) i instalowany na pierwszej elektrowni;
- 6) z kablowca opuszczany jest na dno morza podwodny pług lub ROV wyposażony w zespół urządzeń do układania kabla;
- 7) pług lub ROV układa kabel na dnie;
- 8) kiedy barka dopłyne do drugiej turbiny, sprzęt do układania kabla jest ładowany na statek, a następnie końcówka kabla jest opuszczana ze statku i spławiana w kierunku kolejnej turbiny (lub MSE). Połączenie drugiej turbiny jest wykonywane podobnie jak pierwszej;
- 9) procedura opisana powyżej jest powtarzana aż do momentu wykonania wszystkich połączeń.

W zależności od charakteru użytkowania obszaru morskiego, przez który będzie przechodzić trasa kabla, głębokości, na której kable zostaną ułożone, właściwości podłoża, a także od konieczności przecięcia innych istniejących już kabli bądź rurociągów, niezbędne może okazać się zastosowanie dodatkowego zabezpieczenia kabli. Obecnie stosuje się np. betonowe materace czy worki wypełnione cementem lub piaskiem, którymi przykrywa się kable, systemy dodatkowych osłon kabli (np. system Uraduct) i inne. Stanowią one m.in. ochronę przed wymywaniem warstwy osadów, którymi przykryte zostały zakopane kable, oraz dodatkowe zabezpieczenie, np. przed kotwicami czy narzędziami stosowanymi w rybołówstwie. Zabezpieczenia mogą być stosowane zarówno na etapie budowy farmy, jak i później, jeśli w wyniku kontroli kabla okaże się, że zachodzi taka potrzeba.

Na obecnym etapie inwestycji nie można wskazać ostatecznej technologii układania kabli podmorskich. Wybór jednej lub kilku metod zostanie dokonany dopiero po określeniu parametrów kabli, szczegółowym rozpoznaniu właściwości podłoża oraz innych uwarunkowań środowiskowych,

a także po wybraniu wykonawcy i zweryfikowaniu dostępności urządzeń instalacyjnych w wybranym terminie.

Ocenia się, że ułożenie jednej sekcji kabla (np. pomiędzy dwiema elektrowniami) może zająć 20 – 25 godzin. Będzie to jednak zależne od wielu czynników, których nie można przewidzieć na etapie raportu, jak warunki pogodowe.

2.3.8. Instalacja zabezpieczeń przed wymywaniem

2.3.8.1. Procesy wymywania osadów dennych

W przeważającej części powierzchnia dno zbudowane jest z glin zwałowych z niewielką pokrywą piasków różnoziarnistych (obszary P1, P2, P4, zachodnia część P5). Na pozostałym obszarze na glinach zwałowych zalega warstwa osadu różnoziarnistego o miąższości do 4 m (P3). Przeważającą część obszaru MFW BII zajmują kamieniska (ok. 66,96 % powierzchni). Są one zlokalizowane w miejscach występowania wychodni glin.

Pole MFW BII to współcześnie w przeważającej części obszar redepozycji osadów piaszczystych i piaszczysto-żwirowych. W zachodniej części MFW BII obok redepozycji osadów piaszczystych dochodzi również do erozji dna.

Dno rozmywane jest (przynajmniej okresowo) prawie na całej powierzchni pola MFW BII z wyjątkiem akumulacyjnych obszarów w granicach P5 i P6 i północnych stoków P3.

Dla oceny stanu litodynamicznego dna w obrębie pól P3, P5 i P6, może być konieczne prowadzenie monitoringu zmian powierzchni dna na obszarze przeznaczonym bezpośrednio do zabudowy. Prawdopodobne jest bowiem występowanie sztormowych przemieszczeń rumowiska dennego mogących odsłaniać fundamenty konstrukcji.

Więcej informacji na ten temat znajduje się w rozdziale prezentującym wyniki z badań dna morskiego (Tom III Sekcja 3 ROOŚ).

Należy przewidywać, że wymywanie ograniczy się na większości obszaru farmy przede wszystkim do warstwy dynamicznej osadów.

2.3.8.2. Metody zapobiegania wymywaniu

Możliwe jest zastosowanie szeregu rozwiązań chroniących przed wymywaniem osadów wokół podstaw fundamentów i kabli, w szczególności:

- wysypywanie skał i żwiru wokół podstaw fundamentów (luzem lub w workach),
- materace wypełnione piaskiem lub żwirem,
- fartuchy ochronne (np. w fundamentach grawitacyjnych),
- urządzenia do rozpraszania energii przepływu.

Ostateczny wybór metod ochrony przed wymywaniem i konieczności jej stosowania przy poszczególnych elektrowniach zostanie dokonany na etapie projektu budowlanego. Będzie uzależniony od dokładnej lokalizacji danej elektrowni i panujących w danym miejscu warunków dna morskiego.

Również decyzje o tym, skąd będzie pochodził materiał skalny i żwir wykorzystywane przy pracach montażowych będą podejmowane na etapie budowy przez wykonawcę i zależą będą, oprócz uwarunkowań środowiskowych, także od szeregu innych czynników, w tym uwarunkowań technicznych określonych w projekcie budowlanym oraz od rachunku ekonomicznego. Nie będzie to materiał pochodzący z dna morskiego i będzie on odpowiadał normalnym cechom materiałów (wyrobów) budowlanych.

W budownictwie hydrotechnicznym powszechnie stosuje się **kamień hydrotechniczny**, uzyskiwany z granitu, dolomitu, piaskowca czy skały bazaltowej. Jest on używany m.in. w budowie i modernizacji falochronów, wybrzeży, brzegów i dna kanałów wodnych, umocnień dna i skarp koryt rzecznych (jako zabezpieczeń przeciwpowodziowych), narzutów skalnych, fundamentów a także obiektów portowych, przystani jachtowych i promowych. Dobrym przykładem wykorzystania kamienia hydrotechnicznego może być także trwająca obecnie, realizowana przez Urząd Morski w Słupsku, budowa sztucznej rafy w Ustce. Inwestycja ta służy ochronie plaży w Ustce przed erozją wskutek działalności fal morskich i obejmuje budowę progów podwodnych i modułów siedliskowych, odbudowę i budowę zespołu ostróg oraz przebudowę opaski brzegowej. Więcej informacji na ten temat, w tym dokumentacja fotograficzna i filmowa znajduje się na stronie internetowej miasta Ustka⁵.

Należy zwrócić uwagę, że wszystkie elementy farmy (również kable) będą monitorowane na etapie eksploatacji farmy. W efekcie mogą się pojawić dodatkowe potrzeby ochrony przed wymywaniem, które nie zostaną przewidziane wcześniej, np. konieczność zabezpieczenia wymywanych z dna kabli elektroenergetycznych. W tym wypadku będą zastosowane takie same metody, jak opisane powyżej.

Wpływ na środowisko warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem polega przede wszystkim na zwiększeniu powierzchni dna morskiego, z której usuwane są osady denne. Używane materiały zabezpieczające są obojętne dla środowiska.

2.3.8.3. Instalacja zabezpieczeń przed wymywaniem

Do ułożenia na dnie materiałów chroniących przed wymywaniem używane są statki lub barki, wyposażone w urządzenia umożliwiające taką operację. W tym celu wykorzystywane są np. systemy rur pozwalających na wysypanie luźnego materiału na dnie (czasami z wykorzystaniem pojazdów ROV) czy dźwigi, jeśli materiał zabezpieczający jest np. w workach.

Podczas układania warstwy zabezpieczającej sprawdzana jest prawidłowość jej ułożenia, w tym grubość warstwy. Można w tym celu używać sonaru, pojazdów ROV czy nurków.

Grubość warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem to 1 – 2 m. Jej maksymalną szerokość (liczoną od obrzeża fundamentu) przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 16. Maksymalna szerokość warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem

Rodzaj fundamentu	Maksymalna szerokość warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem od obrzeża fundamentu
Monopale	20 m

⁵ Źródło: www.ustka.pl, data dostępu: 09.2020 r.

Rodzaj fundamentu	Maksymalna szerokość warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem od obrzeża fundamentu
Fundamenty typu jacket	10 m (wokół każdego pala)
Fundamenty typu tripod	10 m (wokół każdego pala)
Fundamenty grawitacyjne	15 m

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV

2.3.8.4. Spoinowanie

Przestrzenie pomiędzy niektórymi elementami konstrukcji elektrowni, w szczególności pomiędzy fundamentem a łącznikiem, pomiędzy palami a podstawą fundamentu (jacket, tripod) czy pomiędzy podstawą fundamentu grawitacyjnego a powierzchnią nośną mogą być wypełniane masami spoinującymi (spoiwo, szczeliwo). Użycie szczeliwa ma za zadanie połączenie obu struktur i uszczelnienie przestrzeni między nimi.

Do spoinowania elementów morskich elektrowni wiatrowych, ze względu na duże naprężenia powstające na połączeniach, stosuje się zwykle zaprawy cementowe o wysokiej wytrzymałości i niskiej kurczliwości, ale mogą być również stosowane inne materiały.

Zaprawa może być przewożona na miejsce realizacji przedsięwzięcia statkiem transportowym w gotowej formie z lądu bądź może być mieszana na statku, bezpośrednio przed operacją spoinowania. Następnie zaprawa jest pompowana w miejsce, gdzie wykonywane jest spoinowanie, np. w wypadku monopali – do przestrzeni pomiędzy powierzchnią pala a powierzchnią łącznika, zabezpieczonej od dołu specjalną uszczelką, zapobiegającą uwalnianiu się nadmiernych ilości spoiwa do morza. Przeciętne ilości spoiwa zużywane przy montażu morskich elektrowni wiatrowych przedstawiono poniżej.

Tabela 17. Przewidywane zużycie spoiwa przy montażu elektrowni

Rodzaj fundamentu	Zużycie spoiwa na 1 fundament
Monopale	25 m ³
Fundamenty typu jacket	50 m ³
Fundamenty typu tripod	50 m ³
Fundamenty grawitacyjne	125 m ³

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

2.3.9. Ochrona przed korozją

2.3.9.1. Zjawisko korozji

Korozja jest procesem niszczenia metali i stopów, będąca wynikiem ich reakcji z otoczeniem (środowiskiem korozyjnym). Metalowe elementy morskich elektrowni wiatrowych są narażone na korozję związaną z agresywnym działaniem wody morskiej, która jest elektrolitem (korozja wodna, elektrolityczna).

Skutkiem procesów korozyjnych jest niszczenie metalu, które obserwuje się przede wszystkim na powierzchniach w postaci nagromadzenia się stałych produktów reakcji, takich jak np. tlenki, rdza, zgorzelina. Jeżeli produkty reakcji odpadają od podłoża metalicznego wówczas obserwuje się nierówności powierzchni pierwotnie gładkiej lub wżery. Mogą tworzyć się również rozpuszczalne w środowisku korozyjnym produkty (jony metali), które zanieczyszczają to środowisko.

2.3.9.2. Metody ochrony przed korozją

W morskich elektrowniach wiatrowych stosuje się powszechnie systemy ochrony przed korozją, najczęściej za pomocą odpowiednio dobranych **powłok izolacyjnych połączonych z galwaniczną ochroną katodową**. Stosuje się je dla elementów stale zanurzonych w wodzie, a także tych narażonych na ochlapywanie wodą.

Ochrona katodowa jest jedną z metod ochrony elektrochemicznej, polegającą na zmianie potencjału elektrodowego metalu w celu zapobieżenia lub ograniczenia jego rozpuszczania.

Ochrona katodowa oznacza, że przedmiot poddany ochronie spełnia rolę katody w korozyjnym ogniwie galwanicznym. Potencjał elektrodowy chronionego metalu przesuwają się w kierunku ujemnych wartości, a więc utlenianie tego metalu jest ograniczone. Metal chroniony jest katodą, na której mogą zachodzić tylko reakcje redukcji.

Galwaniczna ochrona katodowa, zwana często protektorową, zachodzi bez użycia zewnętrznego źródła prądu. Chroniony przedmiot jest katodą ogniwa galwanicznego, którego anodę stanowi celowo tracony metal mniej szlachetny (Mg, Zn, Al) zwany protektorem. Protektor rozpuszczając się zabezpiecza chroniony przedmiot. Protektorem może być powłoka na metalu chronionym (np. cynkowana stal) lub odpowiednio rozmieszczone płyty anodowe⁶.

Płyty anodowe są mocowane na elementach konstrukcji fundamentów, najczęściej za pomocą spawania. Sposób mocowania zostanie określony w projekcie budowlanym. Przewidywana wymagana masa anod dla poszczególnych rodzajów fundamentów została wskazana w tabeli poniżej. Najczęściej raz zainstalowane anody wystarczają na okres całej eksploatacji farmy.

Tabela 18. Przewidywana wymagana masa płyt anodowych cynkowych lub aluminiowych dla poszczególnych rodzajów fundamentów

Rodzaj fundamentu	Przewidywana wymagana masa anody na 1 fundament
Monopale z dodatkową powłoką ochronną	Około 6 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn
Monopale bez dodatkowej powłoki ochronnej	Około 13 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn
Fundamenty typu jacket z dodatkową powłoką ochronną	Około 7,5 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn
Fundamenty typu jacket bez dodatkowej powłoki ochronnej	Około 22,5 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn

⁶ Źródło: Krystyna Moskwa, Bogusław Mazurkiewicz: Korozja i ochrona przed korozją. W: skrypt AGH [on-line]. www.chemia.odlew.agh.edu.pl [data dostępu: 26.01.2014 r.]

Rodzaj fundamentu	Przewidywana wymagana masa anody na 1 fundament
Fundamenty typu tripod/quadropod z dodatkową powłoką ochronną	Około 10,7 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn
Fundamenty typu tripod/quadropod bez dodatkowej powłoki ochronnej	Około 32 Mg materiału anodowego Al-In-Zn w tym 5% Zn

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kirchgeorg i in. (2018).

Powyższe ilości Zn lub Al są uwalniane stopniowo do środowiska morskiego, w trakcie całej eksploatacji elektrowni.

Fotografia 9. Fragment konstrukcji fundamentu typu jacket z przyspawanymi anodami



Źródło: http://en.wikipedia.org/wiki/Cathodic_protection [data dostępu: 09.2020 r.]

2.3.9.3. Wpływ emisji glinu i cynku związanej z ochroną antykorozyjną elementów Przedsięwzięcia na środowisko morskie

Glin należy do najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków na Ziemi, występuje w glebie, wodzie i powietrzu. Glin znajduje się we wszystkich wodach naturalnych, w których występować może w formie rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej, w związkach organicznych i związkach nieorganicznych. Jego ilość jest zróżnicowana od 0,0001 do 1 mg/dm³, w wodach kwaśnych (pH < 5) stężenie Al może przekroczyć wartość 100 mg/dm³ (Widłak, 2011 za: Langauer-Lewowicka, 2005; Szteke, 1993). Stężenia Al rozpuszczonego w wodzie morskiej są na ogół niskie i wynoszą od 0,008 do 0,68 µg/l (otwarty ocean), od 0,5 do 0,68 µg/l (wody przybrzeżne) oraz od 0,6 do 0,9 µg/l (Morze Północne) (Kirchgeorg i in., 2018 za Angel i in., 2015).

Związki glinu w środowisku wodnym wykazują zróżnicowany stopień toksyczności, zależny od odczynu wody. Małą rozpuszczalność wykazują związki glinu w zakresie pH=6-8, dlatego w wodach powierzchniowych i podskórnych stężenia glinu są bardzo niskie i klasyfikują się w przedziale 60-300 µg/l (Widłak, 2011 za Gromysz-Kałowska, Szubartowska, 1999). W zakresie pH 5,1-5,5 dominują monomeryczne toksyczne hydroksokompleksy Al(OH)²⁺, Al(OH)₂⁺, które stanowią zagrożenie dla organizmów wodnych: fitoplanktonu, raków, ślimaków i ryb. Działanie form toksycznych glinu polega na

wnikaniu do organizmu, kumulacji i zaburzeniu równowagi osmoregulacyjnej u ryb. Przy wzroście odczynu pH powyżej 6 i wysokim stężeniu glinu efekt śnięcia jest wynikiem zatykania skrzelu ryb (Widłak, 2011 za: Playe, Wood, 1990; Bezak-Mazur, 2004; Ziola i in., 2008). Duże stężenie glinu i niskie pH (4,0-4,5) jest jednym z czynników powodującym śnięcie ryb (Widłak, 2011 za: Nalewajko, Paul 1985; Kotowski i in. 1995; Frankowski i in. 2008).

Ze względu na naturalne warunki pH wody morskiej (pH=8,1), dominującą formą występowania glinu są wodorotlenki $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ i $\text{Al}(\text{OH})_3^0$ (Kirchgeorg i in., 2018 za Benezeth i in., 1997), ale może on również wiązać się z fluorem, rozpuszczoną materią organiczną lub być organicznie chelatowany. Toksyczność środowiskowa jest znana w przypadku glonów słodkowodnych i ryb w bardziej kwaśnych warunkach (Kirchgeorg i in., 2018 za Gensemer i Playe, 1999).

Na podstawie analizy stężeń inhibicyjnych lub efektywnych glinu powodujących zahamowanie wzrostu lub procesu fizjologicznego w 10% (IC10 lub EC10) oraz stężeń niewywołujących żadnego skutku określonych dla 11 gatunków morskich z różnych poziomów troficznych (w tym gatunków umiarkowanych i tropikalnych) opracowane zostały wytyczne zawartości glinu w wodach morskich na poziomie 24 $\mu\text{g Al całkowitego/l}$ (Golding i in. 2015). Wykazano, że glin w formie rozpuszczonej i/lub cząsteczkowej może przyczyniać się do wystąpienia toksyczności chronicznej (przewlekłej) w zależności od badanego gatunku. Do najbardziej wrażliwych z analizowanych gatunków należały: okrzemek *Ceratoneis closterium* (dawniej *Nitzschia closterium*; IC10 = 18 $\mu\text{g Al/L}$, 72-godzinne hamowanie tempa wzrostu), małż *Mytilus edulis planiculatus* (EC10 = 250 $\mu\text{g Al/L}$, 72-godzinny rozwój zarodka) oraz ostryga *Saccostrea echinata* (EC10 = 410 $\mu\text{g Al/L}$, 48-godzinny rozwój zarodka). Toksyczność w odniesieniu do tych gatunków wynikała z obecności rozpuszczonych form glinu ($\text{Al}(\text{OH})_4^-$) oraz wodorotlenku glinu ($\text{Al}(\text{OH})_3^0$), niemniej jednak zarówno rozpuszczone, jak i cząsteczkowe formy glinu przyczyniły się do toksyczności w stosunku do okrzemka *Minutocellus polymorphus* i zielonych glonów *Dunaliella tertiolecta*. Natomiast toksyczność glinu w stosunku do zielonych glonów *Tetraselmis sp.* powodowana była wyłącznie przez glin w formie cząsteczkowej. Cztery gatunki, brązowa makroalga *Hormosira banksii*, zarodek jeżowca morskiego *Heliocidaris tuberculata* oraz osobniki juwenilne dwóch gatunków ryb *Lates calcarifer* i *Acanthochromis polyacanthus*, nie uległy negatywnemu wpływowi w najwyższym zastosowanym stężeniu.

W odniesieniu do oddziaływania systemów ochrony antykorozyjnej, skutki emisji Al z anod galwanicznych były analizowane w ramach kilku badań, głównie w środowiskach portowych lub doświadczeniach laboratoryjnych (Kirchgeorg i in., 2018). Gabelle i in. (2012) wykazali znaczny wzrost stężenia Al w osadach w pobliżu anod w basenie portowym (Le Havre, Francja), podczas gdy stężenie Al w wodzie nie uległo zwiększeniu z powodu efektu rozcieńczenia. Eksperymenty ze zbiornikami wypełnionymi wodą morską bez osadu przeprowadzone przez Deborde i in. (2015) wykazały wysokie stężenia w osadzonych oraz zawieszonych cząstkach stałych. Przyjęli oni, że to wzbogacenie w Al materii zawieszanej może mieć znaczenie dla filtratorów. Deborde i in. (2015) podejrzewali również, że rozpuszczona frakcja Al w wodzie morskiej nie ma znaczenia w warunkach środowiskowych tych wód ze względu na efekt rozcieńczenia. Mao i in. (2011) zbadali akumulację Al w omułku *Mytilus edulis* w środowisku portowym i wykazali, że gruczoły pokarmowe są krótko- i średnioterminowymi miejscami kumulacji Al. Caplat i in. (2010) zbadali wpływ rozpuszczonych Al i Zn z anod galwanicznych i odpowiadających im soli siarczanowych za pomocą testów biologicznych z wykorzystaniem jeżowca morskiego i wskazują na mniejszy wpływ Al i Zn pochodzących z anod galwanicznych (Kirchgeorg i in., 2018). Wpływ rozpuszczonego i wytrąconego Al na różne okrzemki został zbadany przez Gillmore'a i in. (2016). Wykazali oni, że toksyczność może być spowodowana przez rozpuszczony lub wytrącony Al

w zależności od gatunku okrzemka. Z badań tych wynika również, że stężenia Al powodujące przewlekłą toksyczność u różnych gatunków okrzemków morskich różnią się w znaczący sposób.

Zgodnie z wynikami badań wód morskich w rejonie Przedsięwzięcia charakteryzują się one odczynem zasadowym: pH w zakresie 7,0-8,8 (Rozdział 2 Tom III Raportu). Nie przewiduje się więc, aby uwolnienia glinu z galwanicznej ochrony katodowej Przedsięwzięcia spowodowały znaczący wzrost stężenia toksycznych form rozpuszczonych tego pierwiastka (stanowiących szczególne zagrożenie dla organizmów wodnych) w sąsiedztwie fundamentów farmy. Biorąc pod uwagę warunki hydrodynamiczne akwenu w rejonie Przedsięwzięcia (otwarte wody morskie), pozwalające na szybki rozptył i rozcieńczenie uwalnianych substancji, oraz opisane wyżej wyniki badań (w szczególności Gabelle i in. (2012)), nie przewiduje się również, aby stężenie form cząsteczkowych Al w wodzie w sąsiedztwie chronionych przed korozją konstrukcji uległo znaczącemu zwiększeniu. Ze względu na wyżej wspomniane warunki nie przewiduje się także znaczącego wzrostu stężenia Al w osadach w sąsiedztwie fundamentów farmy. Należy przy tym zaznaczyć, że ponieważ całkowita zawartość Al w morskich osadach dennych jest wysoka, gdyż pochodzi on z minerałów ilastych, odróżnienie naturalnego tła zawartości glinu w osadach od wpływu anod galwanicznych na jego stężenie może być trudne (Kirchgeorg i in., 2018). Biorąc pod uwagę powyższe założyć można, że w wodzie wokół fundamentów planowanej farmy nie dojdzie do utworzenia stref o znacząco podwyższonych, toksycznych stężeniach związków glinu. Nie przewiduje się więc, aby uwolnienia Al z ochrony antykorozyjnej Przedsięwzięcia wpłynęły w sposób znacząco negatywny na organizmy morskie w jego sąsiedztwie, w tym również na rozwój ryb (w tym ikry i narybku) oraz organizmów poroślowych w obszarze „sztucznej rafy”.

Cynk (Zn) jest pierwiastkiem niezbędnym i wszechobecnym w systemie ziemskim, niemniej jednak w zależności od dawki może on powodować skutki toksykologiczne. Pierwiastek ten jest jednym z mikroelementów w środowisku morskim i jest w nim wszechobecny (Kirchgeorg i in., 2018 za Conway i John, 2014). Ponieważ anody Zn są często używane na statkach, w zbiornikach balastowych i ściankach szczelnych portów, ich oddziaływanie na osady i wodę morską było analizowane w różnych badaniach. Wyniki przedmiotowych badań sugerują stosunkowo niską toksyczność Zn pochodzącego z anod galwanicznych. Przeprowadzone przez Gomiero i in. (2011, 2015) analizy omułków śródziemnomorskich (*Mytilus galloprovincialis*) z morskich platform gazowych na Morzu Adriatyckim uwzględniające rozważania dotyczące anod galwanicznych jako potencjalnych źródeł akumulacji metali (Zn, Cd, Ni) w małżach, wskazały na ogólny nieznaczny poziom zaburzeń biologicznych u badanych organizmów. Badania toksyczności emisji Zn z anod galwanicznych w odniesieniu do zarodków i spermy jeżowców morskich wykonane przez Caplat i in. (2010), wykazały brak lub niewielkie uszkodzenia żadne w porównaniu z solami Zn i Al (Kirchgeorg i in., 2018). Mottin i in. (2012) przeprowadzili natomiast badania skutków uwolnienia cynku z anod w odniesieniu do ostryg z gatunku *Crassostrea gigas*. W tym celu zbadane zostały dwa rodzaje narażenia: narażenie przewlekłe, w którym ostrygi poddane były działaniu stężenia $0,53 \pm 0,04$ mg Zn/l przez 10 tygodni, oraz ostre, w którym ostrygi były narażone na stężenie $10,2 \pm 1,2$ mg Zn/l przez 1 tydzień. Pod koniec doświadczenia z ekspozycją ostrą odnotowano 81,8% śmiertelności. Po 10 tygodniach ekspozycji przewlekłej nie stwierdzono natomiast żadnej śmiertelności. Ponadto, wszystkie badane biomarkery układu odpornościowego, z wyjątkiem liczby hemocytów krążących, były stymulowane umiarkowanym poziomem cynku i hamowane wysokim poziomem. Wyniki przedmiotowych badań wskazują, że ostrygi są wrażliwe na ostrą toksyczność cynku, ale tylko w umiarkowanym stopniu wpływa na nie jego umiarkowane stężenie.

Biorąc pod uwagę powyższe, a także warunki hydrodynamiczne akwenu w rejonie Przedsięwzięcia, pozwalające na szybki rozptył i rozcieńczenie uwalnianych substancji, nie przewiduje się, aby emisja cynku związana z ochroną antykorozyjną Przedsięwzięcia mogła wpłynąć w sposób znacząco negatywny na organizmy morskie w jego sąsiedztwie.

2.4. Strefy bezpieczeństwa

Wokół elementów MFW (budowanych elektrowni, stacji elektroenergetycznych itp.) zostaną najprawdopodobniej utworzone strefy bezpieczeństwa, z ograniczonym dostępem statków nie należących do operatora farmy. Utworzenie takiej strefy ma na celu zmniejszenie ryzyka wystąpienia ich kolizji z obiektami farmy, a co za tym idzie – zagrożenia zdrowia i życia ludzi, zanieczyszczenia środowiska (w tym substancjami niebezpiecznymi) oraz poważnych strat materialnych. Zasięg ewentualnych stref bezpieczeństwa oraz zasady poruszania się w tych strefach zostaną określone na późniejszym etapie inwestycji.

Decyzja o utworzeniu strefy bezpieczeństwa na obszarze farmy wiatrowej podejmowana jest przez dyrektora właściwego urzędu morskiego, na podstawie przepisów ustawy z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (t.j.: Dz.U. z 2020 r., poz. 2135). Ewentualna konieczność wskazania w decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach ograniczeń w zakresie udostępniania obszaru farmy podczas budowy może zostać wskazana przez właściwy Urząd Morski w trakcie uzgodnień w ramach oceny oddziaływania na środowisko.

Kwestie ograniczenia dostępu dla rybaków i innych użytkowników morza obszaru MFW BII jest ponadto przedmiotem konsultacji pomiędzy Inwestorem i zainteresowanymi środowiskami oraz Urzędem Morskim.

2.5. Oznakowanie przeszkodowe i systemy ostrzegania

Budowane elektrownie wiatrowe, stacje elektroenergetyczne i ewentualnie inne obiekty farmy zostaną odpowiednio pomalowane, oświetlone oraz wyposażone w systemy ostrzegania, zgodnie z wymaganiami polskich przepisów lotniczych i morskich. Więcej informacji na ten temat zostało przedstawionych w Sekcji 11 Tomu IV z oceną oddziaływania na innych użytkowników morza, w tym żeglugę morską i lotnictwo.

3. Emisje na etapie budowy MFW

Przewidywany czas niezbędny do wybudowania MFW BII to około 3,5 roku, przy czym farma będzie budowana w co najmniej 2 etapach oddzielonych od siebie o kilka lat. Jednostkowy czas budowy dla każdego z etapów będzie więc krótszy i nie będzie najprawdopodobniej przekraczał 2 lat. Czas budowy, a zwłaszcza nieprzerwana aktywność jednostek budowlanych na obszarze farmy, będzie zależny od wielu czynników, przede wszystkim od zaplanowania i sprawnego zarządzania łańcuchem dostaw poszczególnych elementów farmy, harmonogramu finansowania, terminów dostawy urządzeń, dostępności specjalistycznego sprzętu służącego do ich budowy, a przede wszystkim warunków pogodowych itp. Na czas budowy mogą mieć też wpływ uwarunkowania wskazane w decyzji środowiskowej. Trzeba więc wziąć pod uwagę, że opisane w tej sekcji emisje będą rozłożone w czasie,

a na obecnym etapie nie ma możliwości określenia dokładnego czasu występowania poszczególnych emisji.

W wariantcie będącym przedmiotem niniejszego Raportu wybudowanych zostanie o ok. 70% mniej elektrowni, niż przewidziano w zestawie parametrów stanowiących najdalej idący scenariusz NIS 2015, i dwukrotnie mniej niż określono w Decyzji Środowiskowej.

Poszczególne etapy realizacji Przedsięwzięcia będą wykonywane, w krótszych okresach niż było to przyjęte w Raporcie 2015, tym samym należy uznać, że Przedsięwzięcie będzie powodowało w fazie realizacji mniejsze oddziaływania zarówno od tych stanowiących podstawę prowadzenia oceny oddziaływania w Raporcie 2015 a opisanych przez zestaw parametrów stanowiących najdalej idący scenariusz - NIS 2015, jak i od wariantu zatwierdzonego Decyzją Środowiskową.

3.1. Produkcja elementów farmy wiatrowej

Produkcja elementów oraz podzespołów na tym etapie będzie się odbywać w stocznich produkcyjnych i innych zakładach zlokalizowanych na lądzie.

Emisje powstające w procesach produkcji elementów farmy wiatrowej nie są oceniane w niniejszym raporcie. Produkcja elementów farmy wiatrowej prowadzona jest w zakładach produkcyjnych, których budowa i procesy produkcyjne podlegają odrębnym procedurom oceny oddziaływania na środowisko i właściwym przepisom ochrony środowiska, odpowiednim dla lokalizacji danego zakładu.

Tabela 19. Emisje związane z produkcją elementów farmy wiatrowej

Emisje związane z produkcją elementów farmy wiatrowej	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none">wykorzystanie zasobów środowiska naturalnego na potrzeby produkcji (wzrost zapotrzebowania na energię, surowce i materiały konstrukcyjne)emisja hałasuemisja zanieczyszczeń do atmosferypobór wodywytwarzanie ściekówwytwarzanie odpadów
Źródła emisji	Maszyny i urządzenia produkcyjne Środki transportu
Zasięg emisji	Teren danej stoczni produkcyjnej, ewentualnie tereny sąsiednie
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalne (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy i ok. 1 rok przed jej rozpoczęciem
Odwracalność emisji	Odwracalna
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże

Emisje związane z produkcją elementów farmy wiatrowej	
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zakłady produkcyjne muszą prowadzić i prowadzą swoją działalność zgodnie z obowiązującymi przepisami ochrony środowiska. Produkcja powinna się odbywać zgodnie z obowiązującymi normami środowiskowymi (np. emisji zanieczyszczeń do atmosfery czy wód, składowania odpadów, itp.). Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące będą podejmowane w zależności od występujących potrzeb w tym zakresie.
Dodatkowe uwagi	Emisje powstające w procesach produkcji elementów farmy wiatrowej nie są oceniane w niniejszym raporcie. Odpowiadają za nie producenci, nie Inwestor MFW BII

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.2. Transport morski elementów farmy wiatrowej do portu budowlano – montażowego

Inwestor dokona wyboru producentów poszczególnych elementów MFW dopiero na etapie projektu budowlanego. W związku z tym na etapie przygotowywania raportu OOŚ nie jest możliwe podanie jakichkolwiek informacji na temat tego transportu. W najdalej idącym scenariuszu komponenty większości obiektów farmy wiatrowej zostaną przewiezione drogą morską. Jest to scenariusz najbardziej prawdopodobny.

Tabela 20. Emisje związane z transportem morskim elementów farmy wiatrowej do portu budowlano - montażowego

Emisje związane z transportem morskim elementów farmy wiatrowej do portu budowlano - montażowego	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none"> • zwiększony ruch jednostek pływających • emisja hałasu • emisja zanieczyszczeń do atmosfery • wytwarzanie ścieków • wytwarzanie odpadów
Źródła emisji	Jednostki pływające (statki, barki itd.)
Zasięg emisji	Trasa transportu elementów farmy
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalne (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalna
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Nie przewiduje się
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.3. Składowanie elementów farmy wiatrowej w porcie budowlano – montażowym

Tabela 21. Emisje związane ze składowaniem elementów farmy wiatrowej w porcie budowlano – montażowym

Emisje związane ze składowaniem elementów farmy wiatrowej w porcie budowlano – montażowym	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	Zakłócenie krajobrazu
Źródła emisji	Elementy farmy składowane w porcie budowlano – montażowym
Skala emisji	Lokalna (przemysłowy teren portowy, ewentualnie jego najbliższe okolice)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Nie przewiduje się
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.4. Przemieszczanie się jednostek instalacyjnych i transportowych z portu do miejsca inwestycji

Tabela 22. Emisje związane z przemieszczaniem się jednostek instalacyjnych i transportowych z portu do miejsca inwestycji

Emisje związane z przemieszczaniem się jednostek instalacyjnych i transportowych z portu do miejsca inwestycji	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none"> • zwiększony ruch statków • emisja hałasu • emisja zanieczyszczeń do atmosfery • wytwarzanie ścieków • wytwarzanie odpadów
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy
Skala emisji	Lokalna (przemysłowy teren portowy, trasa transportu, miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.5. Transport morski elementów farmy i podzespołów na miejsce inwestycji

Tabela 23. Emisje związane z transportem morskim elementów farmy i podzespołów na miejsce inwestycji

Emisje związane z transportem elementów farmy i podzespołów na miejsce inwestycji	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none">emisja hałasuemisja zanieczyszczeń do atmosferywytwarzanie ściekówwytwarzanie odpadów
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy
Skala emisji	Lokalna (przemysłowy teren portowy, trasa transportu, miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.6. Praca jednostek instalacyjnych w miejscu realizacji przedsięwzięcia

Tabela 24. Emisje związane z pracą jednostek instalacyjnych w miejscu realizacji przedsięwzięcia

Emisje związane z pracą jednostek instalacyjnych w miejscu realizacji przedsięwzięcia	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none">emisja hałasuemisja zanieczyszczeń do atmosferywytwarzanie ściekówwytwarzanie odpadów
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy
Skala emisji	Lokalna (miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.7. Przygotowanie dna morskiego pod fundamenty

Tabela 25. Emisje związane z przygotowaniem dna morskiego pod fundamenty

Emisje związane z przygotowaniem dna morskiego pod fundamenty	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none">emisja hałasuemisja zanieczyszczeń do atmosferywytwarzanie ściekówwytwarzanie odpadówwzrost mętności wody wskutek naruszenia warstwy osadów dennych
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy, pogłębiarki
Skala emisji	Lokalna (miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.8. Instalacja fundamentów

Tabela 26. Emisje związane z instalacją fundamentów

Emisje związane z instalacją fundamentów	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none">emisja hałasu , zwłaszcza podczas wbijania pali fundamentowychemisja zanieczyszczeń do atmosferywytwarzanie ściekówwytwarzanie odpadówwzrost mętności wody wskutek naruszenia warstwy osadów dennych
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy
Skala emisji	Lokalna (miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże

Emisje związane z instalacją fundamentów	
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.9. Instalacja podzespołów elektrowni wiatrowych, stacji elektroenergetycznych

Tabela 27. Emisje związane z instalacją podzespołów elektrowni wiatrowych, stacji elektroenergetycznych

Emisje związane z instalacją podzespołów elektrowni wiatrowych, stacji elektroenergetycznych	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none"> emisja hałasu nawodnego emisja zanieczyszczeń do atmosfery wytwarzanie ścieków wytwarzanie odpadów zaburzenie krajobrazu (poprzez pojawienie się w nich nowych elementów)
Źródła emisji	Statki i helikoptery używane w trakcie budowy Nowo wybudowane obiekty farmy
Skala emisji	Lokalna (miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.10. Transport, odzysk lub unieszkodliwianie odpadów i ścieków z jednostek pływających

Tabela 28. Emisje związane z transportem, odzyskiem lub unieszkodliwianiem odpadów i ścieków z jednostek pływających

Emisje związane z transportem, odzyskiem lub unieszkodliwianiem odpadów i ścieków z jednostek pływających	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none"> potencjalne nieprawidłowości związane z transportem, odzyskiem lub unieszkodliwianiem odpadów i ścieków
Źródła emisji	Statki używane w trakcie budowy, pojazdy używane do transportu odpadów, miejsca ich odzysku lub unieszkodliwiania
Skala emisji	Lokalna
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)

Emisje związane z transportem, odzyskiem lub unieszkodliwianiem odpadów i ścieków z jednostek pływających	
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Małe
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Nie przewiduje się
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.11. Układanie kabli podmorskich

Tabela 29. Emisje związane z układaniem kabli podmorskich

Emisje związane z układaniem kabli podmorskich	
Potencjalne emisje i zakłócenia stanu środowiska	<ul style="list-style-type: none"> emisja hałasu nawodnego emisja zanieczyszczeń do atmosfery wytwarzanie ścieków wytwarzanie odpadów zanieczyszczenie wody podczas normalnej eksploatacji statków wzrost mętności wody wskutek naruszenia warstwy osadów dennych
Źródła emisji	Statki używane w trakcie budowy, pojazdy podwodne (ROV), sanie do układania kabli itp.
Skala emisji	Lokalna (miejsce realizacji przedsięwzięcia)
Częstotliwość występowania emisji	Powtarzalna (w okresie trwania budowy)
Czas trwania emisji	Czas trwania budowy
Odwracalność emisji	Odwracalne
Prawdopodobieństwo wystąpienia	Bardzo duże
Działania zapobiegawcze, minimalizujące lub łagodzące	Zostały opisane w dalszej części raportu, zawierającej ocenę oddziaływania na środowisko
Dodatkowe uwagi	Brak

Źródło: koncepcja techniczna RHDHV, materiały własne

3.12. Przewidywany poziom emisji zanieczyszczeń do powietrza

Ruch statków (na każdym z etapów inwestycji) będzie wiązał się z emisją zanieczyszczeń do powietrza, o przeciętnych poziomach:

- NO_x: 20-50 kg / m³ paliwa,
- PM₁₀: 1-2,6 kg / m³ paliwa,
- SO₂: 1,7-17 kg / m³ paliwa.

3.13. Przewidywany poziom emisji hałasu podwodnego

Dźwięk może być generowany podczas wszystkich etapów związanych z konstrukcją, funkcjonowaniem i likwidacją morskiej farmy wiatrowej. Największe obawy wiąże się, jednakże z hałasem podwodnym emitowanym podczas konstrukcji, ze względu z wysokimi poziomami dźwięku generowanymi podczas wbijania pali w dno morskie (palowanie). Formy życia w morzu, takie jak ryby czy ssaki morskie są wrażliwe na dźwięk, stąd hałas towarzyszący czynnościom związanym z konstrukcją farm wiatrowych może na nie oddziaływać na znacznych odległościach. Metody konstrukcji farm wiatrowych różnią się dla konkretnych projektów a co za tym idzie generują do środowiska morskiego dźwięki o różnej charakterystyce.

Obecnie, na podstawie przeprowadzonych dotychczas prac projektowych mających na celu doprecyzowanie parametrów Przedsięwzięcia ograniczono średnicę fundamentów monopalowych do 10 m. Aktualnie zakłada się możliwość wykorzystania do instalacji fundamentów młotów pneumatycznych o mocy 4500 kJ, a więc większej niż założono w modelowaniu z 2015 roku, co ma związek z dynamicznym rozwojem technologii stosowanych na potrzeby budowy morskich farm wiatrowych.

Celem weryfikacji wpływu przedmiotowych zmian na przewidywane zasięgi oddziaływań hałasu podwodnego na organizmy morskie, w szczególności w odniesieniu do najbliższego obszaru Natura 2000 chroniącego ssaki morskie, tj. obszaru Ostoja Słowińska (PLH220023), przeprowadzona została symulacja propagacji hałasu podwodnego z palowania fundamentu monopalowego o średnicy 10 m z zastosowaniem młota pneumatycznego o mocy 4500 kJ. Lokalizacja fundamentu w obszarze zabudowy MFW BII na potrzeby modelowania została dobrana w taki sposób, aby znajdowała się w jak najmniejszej odległości od granicy wyżej wspomnianego obszaru Natura 2000. Należy nadmienić, że w związku z rozwojem wiedzy na temat wrażliwości organizmów morskich na oddziaływanie hałasu podwodnego jaki nastąpił od 2015 r. (wartości progowych oddziaływań i funkcji ważenia), wyniki przedmiotowego modelowania nie są możliwe do porównania z wynikami modelowania wykonanego na potrzeby Raportu 2015.

W Tomie II sekcja 9 – Charakterystyka środowiska-propagacja hałasu w modelowaniu wykonanym dla MFW BII przeprowadzonym w roku 2020 uwzględniono 2 warianty propagacji hałasu:

- bez zastosowania działań łagodzących
- z zastosowaniem kurtyny bąbelkowej mającej na celu ograniczenie rozprzestrzeniania się dźwięku, co pozwala na określenie przewidywanej skuteczności tego rozwiązania w zakresie minimalizacji propagacji hałasu podwodnego.

W wariantcie bez zastosowania działań łagodzących wartości progowe dla SPL_{peak} są przekraczane mniej niż 1000 m od źródła. Tym samym żadne z kryteriów progowych na granicy obszaru Natura 2000 Ostoja Słowińska nie zostało przekroczone.

Wartości progowe dla TTS u waleni o bardzo wysokiej częstotliwości zostały przekroczone dla SEL_{cum24} na granicy obszaru Natura 2000, ale nie został przekroczony poziom progowy dla PTS. Wartość progowa dla TTS dla SEL_{cum24} u fokowatych została osiągnięta bardzo blisko granicy obszaru Natura 2000.

Wprowadzenie efektu tłumiącego w postaci jednej kurtyny bąbelkowej i odpowiednie obniżenie wartości SEL i SPL u źródła doprowadziło do sytuacji, w której żadna z wartości progowych nie została

przekroczona na granicy obszaru Natura 2000 Ostoja Słowińska. Do oceny posłużono się wartościami progowymi oddziaływania na morświny i foki, a odległości te odniesiono do obszaru Natura 2000 leżącego na południe od MFW BII (gdzie ssaki te są przedmiotem ochrony).

Strefy oddziaływania TTS o maksymalnej odległości 46 km od MFW BII w przypadku morświnów i 34 km od MFW BII w przypadku fok wyraźnie przekraczały odległości do obszaru Natura 2000. Efekt złagodzenia modelowano przy założeniu jednej kurtyny bąbelkowej zmniejszającej wartości SEL o 11dB i wartości SPLpeak o 14dB. Przy zastosowaniu tego środka łagodzącego żaden z progów nie został przekroczony na granicy obszaru Natura2000 Ostoja Słowińska.

Szczegółowe informacje dotyczące propagacji hałasu są zawarte w Tomie II Sekcja 9.

3.14. Przewidywany poziom wzburzenia i redepozycji osadów

Najdalej idącym scenariuszem stanowiącym podstawę prowadzenia oceny oddziaływania w Raporcie 2015 tj. NIS 2015 w kontekście oddziaływań związanych ze wzburzeniem osadów dennych oraz ich rozplywem i redepozycją była instalacja 200 fundamentów grawitacyjnych w racjonalnym wariantcie alternatywnym. Przyjęcie takiego scenariusza jako najdalej idący było związane z koniecznością poprzedzenia instalacji tego typu fundamentów wykonaniem prac pogłębiarskich. W Raporcie 2015 założono, że na potrzeby instalacji jednego fundamentu grawitacyjnego dno morskie wymaga pogłębienia na średnicy do 70 m oraz głębokości do 3 m, co spowoduje znaczące wzburzenie osadów dennych. Przewidywane zasięgi oraz poziom wzburzenia osadów i ich późniejszej redepozycji w związku z budową MFW BII w najdalej idącym scenariuszu przedstawione zostały w załączniku A do Raportu.

W obecnie wnioskowanym wariantcie wybranym do realizacji w odniesieniu do elektrowni wiatrowych wykluczone zostało zastosowanie fundamentów grawitacyjnych, przy czym ten rodzaj fundamentu może zostać wykorzystany na potrzeby budowy wewnętrznej morskiej stacji elektroenergetycznej. W wariantcie wskazanym do realizacji w niniejszym postępowaniu elektrownie wiatrowe mogą zostać posadowione w obszarze zabudowy MFW BII wyłącznie na fundamentach monopalcowych i fundamentach typu jacket. Instalacja tych rodzajów fundamentów nie wymaga uprzedniego przygotowania dna morskiego (jego pogłębienia), co jest konieczne w przypadku fundamentów grawitacyjnych. Związane z nią naruszenie dna morskiego wystąpi przede wszystkim podczas zagłębienia (wbijania) pali fundamentowych, posadowienia konstrukcji kratownicowych oraz układania warstw ochronnych przed wymywaniem. Działania te mogą powodować wzburzenie osadów dennych w bezpośrednim sąsiedztwie miejsca prowadzenia prac, przy czym ilości wyniesionych osadów będą nieporównywalnie mniejsze niż w przypadku pogłębienia dna na potrzeby instalacji fundamentów grawitacyjnych. To z kolei przełoży się na diametralne zmniejszenie potencjalnych emisji zanieczyszczeń i substancji biogenicznych mogących uwolnić się ze wzburzonych osadów.

Na etapie budowy, podczas układania w dnie morskim kabli pomiędzy turbinami wiatrowymi oraz podczas przygotowania dna pod instalację fundamentów (w przypadku zastosowania fundamentów grawitacyjnych) będzie dochodzić do wzburzenia osadów zalegających na dnie. Wynoszenie osadów do toni morskiej będzie miało również miejsce podczas układania kabla eksportowego od miejsca lokalizacji morskiej stacji elektroenergetycznej. Wzburzony osad będzie tworzył przez pewien czas zawiesinę w toni wodnej, która będzie przemieszczać się zgodnie z prądami morskimi na niewielkie odległości, po czym osad osiadzie ponownie na dnie, w innym miejscu (redepozycja osadu).

Powstanie zawiesiny w toni wodnej będzie powodować zmiany w jakości wód, a tym samym wtórne oddziaływania na organizmy wodne. Opad osadu może natomiast oddziaływać na organizmy denne oraz ikrę i larwy ryb. Potencjalne oddziaływania na organizmy żywe oraz strukturę osadów i jakość wód zostały opisane w Tomie IV Raportu.

Wynoszenie osadów podczas budowy farmy wiatrowej zależy przede wszystkim od objętości osadów poruszanych w czasie robót (np. fundamenty jednopalowe nie wymagają żadnych robót pogłębieniowych). Wybór fundamentów grawitacyjnych powoduje zwiększenie objętości osadów usuwanych w ramach pogłębiania, a tym samym zwiększenie tempa wynoszenia osadów. W wariantcie będącym przedmiotem niniejszego Raportu wybudowanych zostanie o ok. 70% mniej fundamentów, niż przewidziano w przypadku zestawu parametrów Przedsięwzięcia stanowiących najdalej idący scenariusz - NIS 2015, i dwukrotnie mniej niż określono w Decyzji Środowiskowej, wykluczono też zastosowanie fundamentów grawitacyjnych pod elektrowniami, tak więc zaburzenia struktury osadów dennych nastąpią na odpowiednio mniejszej powierzchni.

W związku z powyższym, oddziaływania związane ze wzburzeniem i późniejszą redepozycją osadów związane z instalacją fundamentów pod elektrownie wiatrowe w wariantcie zatwierdzonym Decyzją Środowiskową, zarówno bezpośrednio (jak wzrost zawartości zawiesiny w wodzie skutkujący zmniejszeniem jej przejrzystości), jak i pośrednio (jak zmiana warunków bytowania organizmów morskich, np. zasypianie organizmów bentosowych), wystąpią wyłącznie w skali lokalnej. Intensywność oraz wielkość przewidywanych oddziaływań będzie nieporównywalnie mniejsza niż w przypadku instalacji fundamentów grawitacyjnych. Oddziaływania związane z instalacją fundamentu grawitacyjnego wystąpić mogą wyłącznie w odniesieniu do wewnętrznej stacji elektroenergetycznej (w przypadku wyboru tego rodzaju fundamentu). Ze względu na planowane umiejscowienie przedmiotowej stacji w centralnej części obszaru MFW, nie przewiduje się, aby mogły one wykroczyć poza ten obszar.

Ze względu na zmniejszenie w wariantcie wybranym do realizacji liczby planowanych do instalacji fundamentów, ograniczeniu ulegnie również liczba lokalizacji, w których nastąpi wzburzenie osadów dennych związane z kotwiczeniem jednostek zaangażowanych w budowę farmy. Ponieważ przewidywana maksymalna długość infrastruktury kablowej w wariantcie wybranym do realizacji nie uległa zmianie, opisana w Raporcie skala wzburzenia osadów związana z jej instalacją pozostaje niezmieniona.

3.15. Przewidywany poziom emisji zanieczyszczeń z osadów

Wzburzenie (naruszenie) osadu dennego związane z budową (posadowieniem) fundamentów pod obiekty farmy, kotwiczeniem statków czy zakopywaniem kabla jest procesem, który sprzyja przechodzeniu zanieczyszczeń z osadów do toni wodnej (Uścińowicz, 2011; Bojakowska, 2001; Frostner, 1980; Bourg i Loch, 1995; Dembska, 2003).

W ten sposób mogą się do niej dostać:

- zanieczyszczenia, w tym metale ciężkie oraz WWA i PCB;
- pierwiastki biogenne - azot i fosfor.

Zjawisko zubożenia powierzchniowej warstwy osadów w miejscach wzburzania osadu potwierdzają badania naukowe. Proces ten obserwowali Bolałek i Pustelnikovas (1995) w Porcie Kłajpedzkim miejscu

zawracania wodolotów i statków, jak również Protasowicki i in. (1992), badając osady denne toru wodnego na Zalewie Szczecińskim.

Najbardziej niekorzystna sytuacja może występować w przypadku osadu charakteryzującego się podwyższoną zawartością substancji szkodliwych i biogenów oraz dużą ilością frakcji drobnych (frakcji ilastych i mulistych). W tym przypadku może nastąpić znaczne pogorszenie jakości wody na skutek wzrostu stężenia substancji szkodliwych i biogenicznych (na skutek przechodzenia z osadu do toni wodnej w wyniku procesów wzruszania osadów). Osady te będą też sprzyjały powstaniu większej ilości zawiesiny, która będzie długo utrzymywała się w toni wodnej. Intensywna resuspensja może powodować uwalnianie unieruchomionych w osadzie biogenów i przyczyniać się do eutrofizacji.

W przypadku osadów piaszczystych o małej zawartości materii organicznej (np. osady piaszczyste gruboziarniste), opisane procesy będą przebiegały mniej intensywnie. Osady te charakteryzują się na ogół niewielką ilością frakcji drobnych oraz niskim stężeniem metali i trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Najdalej idącym scenariuszem stanowiącym podstawę prowadzenia oceny oddziaływania w Raporcie 2015 tj. NIS 2015 w kontekście uwalniania metali, zanieczyszczeń i biogenów z osadu do toni wodnej, stanowiło użycie przy realizacji Przedsięwzięcia fundamentów grawitacyjnych o średnicy 50 m. Ich budowa wymaga przygotowania dna, co wiąże się z usunięciem warstwy osadów dennych, nie tylko w miejscu posadowienia fundamentu, ale również w jego bezpośrednim sąsiedztwie. W związku z powyższym w Raporcie 2015 założono, że w najdalej idącym scenariuszu usunięta zostanie warstwa osadu o głębokości 3 m i średnicy 70 m (50 m średnicy fundamentu + 20 m pas jego warstwy ochronnej), co daje 11 545 m³ wzruszonego osadu na 1 fundament. W wariantcie będącym przedmiotem niniejszego Raportu wybudowanych zostanie o ok. 70% mniej fundamentów, niż przewidziano w NIS 2015, i dwukrotnie mniej niż określono w Decyzji Środowiskowej, wykluczono też zastosowanie fundamentów grawitacyjnych pod elektrowniami, tak więc zaburzenia struktury osadów dennych nastąpią na odpowiednio mniejszej powierzchni.

W wypadku pozostałych rozpatrywanych technologii (monopal, tripod, jacket) objętość naruszonego osadu będzie wielokrotnie mniejsza, co wiąże się z tym, że nie wymagają one w większości wypadków przygotowania dna, a także z tego, że średnica wbijanych pali fundamentowych będzie wielokrotnie mniejsza od średnicy fundamentu grawitacyjnego. Osad wokół wbijanych pali ulegnie upłynnieniu na skutek drgań powodowanych przez pracę młota pneumatycznego.

Dodatkowo, niezależnie od rodzaju wybranego fundamentu, osad zostanie wzruszony podczas układania kabla. Szerokość rowu kablowego to ok. 1,5 m, przeciętną głębokość - do 1,5 m a długość – do 200 km, co daje łącznie 450 000 m³ wzruszonego osadu (na całą wewnętrzną sieć kablową).

Ponadto w czasie posadowienia fundamentów oraz instalacji wież będzie obserwowane wzruszenie osadu dennego związane z kotwiczeniem statków. Sam proces zakotwiczenia ma charakter krótkotrwały, na małym obszarze (punktowy), na głębokość ok. 3 m, tak więc objętość naruszonego osadu też będzie niewielka. Również w tym przypadku z uwagi na zmniejszoną ilość elektrowni tj. o 50% w stosunku do Decyzji Środowiskowej oraz 70% w stosunku do NIS 2015 istotnie zostanie zredukowana liczba koniecznych kotwiczeń statków.

3.16. Przewidywany poziom emisji ilości Al uwolnionego do środowiska w przypadku posadowienia fundamentów typu monopál

W przypadku konstrukcji morskich do galwanicznej ochrony katodowej stosowane są głównie anody na bazie Al, które, w zależności od konkretnego stopu, producenta i zastosowanej normy, zawierają również Zn (2,5-5,75%) i In (0,015-0,04%). Ilość materiału anodowego niezbędnego do ochrony konstrukcji stalowych morskich farm wiatrowych przed korozją zależy przede wszystkim od rodzaju fundamentów (ich powierzchni), planowanego okresu eksploatacji (np. co najmniej 25 lat), warunków wody morskiej, rozmieszczania anod oraz ewentualnego zastosowania dodatkowych metod ochrony antykorozyjnej, np. powłok na bazie żywic epoksydowych lub poliuretanów. Emisje chemiczne są zbliżone do ilości zastosowanego materiału anodowego, przy założeniu, że jego przeważająca część zostanie „zużyta” w ciągu 25 lat eksploatacji i przedostanie się do środowiska morskiego (Kirchgeorg i in., 2018). Do oszacowania potencjalnych emisji Al i Zn związanych z Przedsięwzięciem dla różnych konstrukcji fundamentów stosowanych w morskich farmach wiatrowych, w wariantach z i bez dodatkowej powłoki, wykorzystano uproszczone obliczenia niezbędnych ilości materiału anodowego Al-Zn-In wykonane na podstawie normy DNVGL-RP-B401 (2017) przez Kirchgeorg i in. (2018). Zgodnie z tymi obliczeniami dla fundamentów bez dodatkowej powłoki wymagana ilość materiału anodowego mieści się w przedziale od 13,0 Mg (monopál) do 32,0 Mg (tripod), natomiast dodatkowa powłoka powoduje jej znaczące zmniejszenie odpowiednio do 6,0 i 10,7 Mg. Należy zaznaczyć, że wskazane obliczenia nie uwzględniają dodatkowych czynników, takich jak rozkład anod na całej konstrukcji, które muszą zostać wzięte pod uwagę podczas projektowania ochrony antykorozyjnej i które mogą zmienić całkowitą wymaganą ilość anod. Wyniki oszacowania przewidywanych emisji z ochrony antykorozyjnej dla Przedsięwzięcia przedstawione zostały w tabeli poniżej.

Tabela 30 Ilość Al i Zn, jakie mogą potencjalnie zostać uwolnione do środowiska w ciągu 25 lat eksploatacji Przedsięwzięcia w wyniku zastosowania galwanicznej ochrony katodowej przed korozją, przy założeniu 5% zawartości Zn w materiale anodowym Al-Zn-In w najdalej idącym scenariuszu.

Rodzaj fundamentu	Dodatkowa powłoka ochronna	Masa materiału anodowego Al-In-Zn, w tym 5% Zn [Mg]	Ilość uwolnionego Al i Zn	
			1 fundament, ilość uwolnionego pierwiastka w ciągu całej eksploatacji farmy (25 lat)	Najdalej idący scenariusz (200 fundamentów), ilość uwolnionego pierwiastka rocznie przez całą farmę
Monopál	nie	ok. 13,0	ok. 12,35 Mg Al ok. 0,65 Mg Zn	ok. 98,8 Mg Al ok. 5,2 Mg Zn
	tak	ok. 6,0	ok. 5,70 Mg Al ok. 0,30 Mg Zn	ok. 45,6 Mg Al ok. 2,4 Mg Zn
Jacket	nie	ok. 22,5	ok. 21,38 Mg Al ok. 1,13 Mg Zn	ok. 171,04 Mg Al ok. 9,04 Mg Zn
	tak	ok. 7,5	ok. 7,13 Mg Al ok. 0,38 Mg Zn	ok. 57,04 Mg Al ok. 3,04 Mg Zn
Tripod	nie	ok. 32,0	ok. 30,40 Mg Al ok. 1,60 Mg Zn	ok. 243,2 Mg Al ok. 12,8 Mg Zn
	tak	ok. 10,7	ok. 10,17 Mg Al ok. 0,54 Mg Zn	ok. 81,36 Mg Al ok. 4,32 Mg Zn

Źródło: opracowanie własne na podstawie Kirchgeorg i in. (2018).

Z wykonanego oszacowania wynika, że największe roczne emisje Al i Zn wynikające z realizacji Przedsięwzięcia będą miały miejsce w przypadku zastosowania fundamentów typu tripod.

Szacowana emisja Zn związana z Przedsięwzięciem, wynosząca w najdalej idącym scenariuszu (bez dodatkowej powłoki) ok. 9,79 Mg/rok, jest pomijalna w stosunku do ładunku tego pierwiastka przedostającego się corocznie do wód Morza Bałtyckiego z rzekami. W 2006 r. do Bałtyku z wodami odprowadzonych zostało w sumie 3 157,3 Mg Zn, z czego 256,65 Mg pochodziło z terenu Polski (HELCOM, 2011). Przewidywana emisja Zn w najdalej idącym scenariuszu stanowi więc jedynie ok. 0,3% tego ładunku.

Zastosowanie na potrzeby Przedsięwzięcia anod na bazie Zn zwiększyłoby całkowitą roczną emisję z ochrony antykorozyjnej, ze względu na ich mniejszą pojemność prądową w porównaniu z anodami na bazie Al, a co za tym idzie konieczność użycia większej ilości materiału anodowego. W przypadku tego typu anod 99% emisji stanowią emisje Zn. Pomimo, że anody Zn są pod względem technicznym odpowiednie dla morskich farm wiatrowych, ich większa wymagana liczba powoduje utrudnienia natury konstrukcyjnej. Dlatego też anody Zn nie są obecnie stosowane w morskich farmach wiatrowych w niemieckiej wyłącznej strefie ekonomicznej (Kirchgeorg i in., 2018).

Warto wspomnieć, że w ostatnim czasie pojawiła się informacja o zastosowaniu powłoki metalicznej (Al, 350 µm) nakładanej metodą natryskiwania cieplnego w połączeniu z powłokami organicznymi dla farmy wiatrowej na Morzu Bałtyckim jako alternatywnej techniki pozwalającej na uniknięcie stosowania anod i tym samym redukcję emisji metali (Kirchgeorg i in., 2018).

Biorąc pod uwagę powyższe pragnę podkreślić, że Wnioskodawca w przypadku podjęcia decyzji o zastosowaniu na potrzeby Przedsięwzięcia galwanicznej ochrony katodowej planuje uwzględnienie w jej projekcie dodatkowych powłok ochronnych lub innych analogicznych rozwiązań mających na celu ograniczenie niezbędnej ilości materiału anodowego, a co za tym idzie również emisji pochodzących z tej ochrony. Szczegółowe rozwiązania w przedmiotowym zakresie zostaną określone na etapie projektowania ochrony antykorozyjnej Przedsięwzięcia.

W obecnie wnioskowanym wariantcie wybranym do realizacji nastąpiło ograniczenie całkowitej liczby fundamentów oraz rodzajów fundamentów, na których mogą zostać posadowione elektrownie wiatrowe. W wariantcie tym w ramach Przedsięwzięcia na potrzeby instalacji elektrowni wiatrowych mogą zostać wykorzystane wyłącznie fundamenty monopalowe oraz typu jacket. W przypadku zastosowania galwanicznej ochrony katodowej zmniejszenie liczby fundamentów MFW BII, jak również wykluczenie z dalszych rozważań dotyczących posadowienia elektrowni wiatrowych fundamentów typu tripod (wymagających potencjalnie największej liczby anod), pozwoli na ograniczenie całkowitej niezbędnej ilości materiału anodowego, a co za tym idzie – emisji do środowiska morskiego. Oddziaływanie w tym zakresie pozostanie więc na poziomie nieznaczącym.

4. Literatura i inne źródła

4.1. Akty prawne

1. Ustawa z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (tekst jednolity Dz.U.2019 poz.2169)
2. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tekst jednolity Dz.U. z 2020 r. poz.283)
3. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz. U.2019, poz. 1839)

4.2. Literatura, opracowania eksperckie i decyzje administracyjne

1. Raport oceny oddziaływania na środowisko Tom II, Sekcja 4 Proces budowy, Grupa doradcza SMDI, listopad 2015
2. Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach realizacji wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku w dniu 27 marca 2017 r. znak RDOŚ-Gd-WOO.4211.26.2015.KSZ.20, dla przedsięwzięcia pn. „Budowa morskiej farmy wiatrowej Polenergia Bałtyk II”
3. Decyzja o środowiskowych uwarunkowaniach z dnia 2 marca 2019 r., znak: RDOŚ-Gd-WOO.4211.12.2016.KSZ/AJ.29 wydana przez Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Gdańsku dla przedsięwzięcia polegającego na budowie morskiej infrastruktury przesyłowej energii elektrycznej
4. Pozwolenie na wznoszenie i wykorzystywanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w polskich obszarach morskich dla przedsięwzięcia pn. “Morska Farma Wiatrowa Bałtyk Środkowy II” (Decyzja nr MFW/2/2013 z dn. 15.01.2013 r., zmieniona decyzją nr MFW/2a/13 z dn. 29.04.2013 r.)
5. Decyzja nr MFWK/1/13 z dnia 19 lipca 2013 r. sygn. GT7pb/62/14823/decyzja/2013
6. Polenergia offshore wind developments for projects Middle Baltic II and Middle Baltic III. High level technical design options study. Wersja 1, wraz z uzupełnieniami. Royal Haskoning DHV Nederland B.V., 2013
7. Bojakowska I., Kryteria zanieczyszczenia osadów wodnych, Przegląd Geologiczny, vol. 49, nr 3, 2001
8. Bourg A, Loch J., Mobilization of heavy metals as a affected by pH and redox conditions. [in:] Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments. Springer: 87-102, 1995
9. Dembska G. i in., Raport Oddziaływania na środowisko – Badania warunków fizyczno-chemicznych osadów na obszarze MFW BS III
10. Edrén S. M. C., Andersen S.M., Teilmann J., Carstensen J., Harders P.B., Dietz R., Miller L.A., 2010. The effect of a large danish offshore wind farm on harbor and gray seal haul-out behavior, Marine Mammal Science, 26:614-634
11. Fröstner U, Inorganic pollutants, particularly heavy metals in estuaries, Chemistry and biochemistry of Estuaries, 10:307-348, 1980
12. Grupa Doradcza SMDI (SMDI), Raport o oddziaływaniu na środowisko „Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy III”, Warszawa, 2015a

13. SMDI Doradztwo Inwestycyjne Sp. z o.o. (SMDI), Raport o oddziaływaniu na środowisko „Morska farma wiatrowa Bałtyk Środkowy II”, Warszawa, 2015b
14. Hastie, Gordon D., et al., **2014**. Behavioral responses by grey seals (*Halichoerus grypus*) to high frequency sonar, *Marine pollution bulletin* 79.1-2, 205-210
15. Instytut Morski w Gdańsku (IMG), MEWO S.A., Raport o oddziaływaniu na środowisko Morskiej Farmy Wiatrowej Baltica, 2017
16. Kastelein R.A., Gransier R., Hoek L., Macleod A., Terhune J.M., 2012a. Hearing threshold shifts and recovery in harbor seals (*phocavitulina*) after octave-band noise exposure at 4 khz, *Journal of the Acoustical Society of America*, 132:2745–2761
17. Plan przeciwdziałania zagrożeniom i zanieczyszczeniom w trakcie budowy i likwidacji morskiej farmy wiatrowej MFW Bałtyk Środkowy III, ECG Orbital Sp. z o.o., 2013
18. Polenergia offshore wind developments for projects Middle Baltic II and Middle Baltic III. High level technical design options study. Wersja 1, wraz z uzupełnieniami. Royal Haskoning DHV Nederland B.V., 2013
19. Pozwolenie na wznoszenie i wykorzystywanie sztucznych wysp, konstrukcji i urządzeń w obszarach morskich dla przedsięwzięcia MFW Bałtyk Środkowy III, decyzja Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 30 marca 2012 r., sygn. GT7/62/1170069/decyzja/2012
20. Review of cabling techniques and environmental effects applicable to the offshore wind farm industry, 2008
21. Southall, B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Jr. Greene, D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas, and P. Tyack. 2007. 'Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations', *Aquatic Mammals*, 33: 411-521
22. Southall BL, Finneran JJ, Reichmuth C, Nachtigall PE, Ketten DR, Bowles AE, Ellison WT, Nowacek DP, Tyack PL Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual rearing effects. *Aquatic Mammals* 45: 125-232, 2019
23. Uścińowicz Sz., Geochemia osadów powierzchniowych Morza Bałtyckiego, Państw. Inst. Geol.-Państw. Inst. Badawczy, Warszawa, 2011
24. Angel, B.M., Apte, S.C., Batley, G.E., Golding, L.A., 2015, Geochemical controls on aluminium concentrations in coastal waters, *Environ. Chem.* 13, 111–118
25. Benezeth, P., Palmer, D.A., Wesolowski, D.J., 1997, The aqueous chemistry of aluminum. A new approach to high-temperature solubility measurements, *Geothermics* 26, 465–481
26. Bezak-Mazur E., 2004, Specjacja w ochronie i inżynierii środowiska, PAN, Kielce
27. Caplat, C., Oral, R., Mahaut, M.-L., Mao, A., Barillier, D., Guida, M., Della Rocca, C., Pagano, G., 2010, Comparative toxicities of aluminum and zinc from sacrificial anodes or from sulfate salt in sea urchin embryos and sperm, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 73, 1138–1143
28. Conway, T.M., John, S.G., 2014, The biogeochemical cycling of Zn and Zn isotopes in the North Atlantic Ocean, *Glob. Biogeochem. Cycles Res.* 1111–1128
29. Deborde, J., Refait, P., Bustamante, P., Caplat, C., Basuyaux, O., Grolleau, A.-M., Mahaut, M.-L., Brach-Papa, C., Gonzalez, J.-L., Pineau, S., 2015, Impact of galvanic anode dissolution on metal trace element concentrations in marine waters, *Water Air Soil Pollut.* 226 (423)
30. Frankowski M., Ziōła A., Siepak J., 2008, Źródło i formy występowania glinu w środowisku, *Ochrona Środowiska*, 7–8: 62–66

31. Gabelle, C., Baraud, F., Biree, L., Gouali, S., Hamdoun, H., Rousseau, C., van Veen, E., Leleyter, L., 2012, The impact of aluminium sacrificial anodes on the marine environment: a case study, *Appl. Geochem.* 27, 2088–2095
32. Gensemer, R.W., Playle, R.C., 1999, The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 29, 315–450
33. Gillmore, M.L., Golding, L.A., Angel, B.M., Adams, M.S., Jolley, D.F., 2016, Toxicity of dissolved and precipitated aluminium to marine diatoms, *Aquat. Toxicol.* 174, 82–91
34. Golding, L.A., Angel, B.M., Batley, G.E., Apte, S.C., Krassoi, R., Doyle, C.J., 2015, Derivation of a water quality guideline for aluminium in marine waters, *Environ. Toxicol. Chem.* 34, 141–151
35. Gomiero, A., da Ros, L., Nasci, C., Meneghetti, F., Spagnolo, A., Fabi, G., 2011, Integrated use of biomarkers in the mussel *Mytilus galloprovincialis* for assessing off-shore gas platforms in the Adriatic Sea: results of a two-year biomonitoring program, *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2483–2495
36. Gomiero, A., Volpato, E., Nasci, C., Perra, G., Viarengo, A., Dagnino, A., Spagnolo, A., Fabi, G., 2015, Use of multiple cell and tissue-level biomarkers in mussels collected along two gas fields in the northern Adriatic Sea as a tool for long term environmental monitoring, *Mar. Pollut. Bull.* 93, 228–244
37. Gromysz-Kałowska K., Szubartowska E., 1999, Glin. Występowanie w przyrodzie oraz wpływ na organizmy roślin, zwierząt i człowieka, UMCS, Lublin
38. HELCOM, 2011, The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5) *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 128
39. Kirchgeorg T., Weinberg I., Hörnig M., Baier R., Schmid M.J., Brockmeyer B., 2018, Review, Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: Evaluation of the potential impact on the marine environment, *Marine Pollution Bulletin* 136 (2018) 257–268
40. Kotowski M., Pawłowski L., Zhu X., 1995, Glin w środowisku, Komitet Badań Naukowych, Lublin
41. Langauer-Lewowicka H., 2005, Glin – zagrożenia środowiskowe, *Medycyna Środowiska*, 1: 59-64
42. Mao, A., Mahaut, M.-L., Pineau, S., Barillier, D., Caplat, C., 2011, Assessment of sacrificial anode impact by aluminum accumulation in mussel *Mytilus edulis*: a large-scale laboratory test, *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2707–2713
43. Mottin, E., Caplat, C., Latire, T., Mottier, A., Mahaut, M.-L., Costil, K., Barillier, D., Lebel, J.-M., Serpentine, A., 2012, Effect of zinc sacrificial anode degradation on the defence system of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: chronic and acute exposures, *Mar. Pollut. Bull.* 64, 1911–1920
44. Nalewajko C., Paul B., 1985, *Can J. Fish. Aquat. Sci.* 42
45. Playe R.C., Wood C.M., 1990, Is precipitation of aluminum fast enough to explain aluminium deposition on fish gills? *Can. J. Fish. Aqu. Sci.* 47: 1558–1561
46. Szteke B., 1993, Glin w żywności, Chrom, nikiel i glin w środowisku, *Problemy ekologiczne i metodyczne. PAN „Człowiek i środowisko”, Zeszyty Naukowe, Ossolineum*, 5: 197-203
47. Wiślak M., 2011, Toksyczność glinu wyzwaniem środowiskowym (przegląd literatury), *Rocznik Świętokrzyski. Ser. B – Nauki Przyr.* 32: 131-140, Polska Akademia Nauk – Oddział w Krakowie, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach
48. Ziola A., Frankowski M., Siepak J., 2008, Toksyczność glinu – fakt czy mit?, *Ochrona Środowiska*, 3: 56–59

5. Spis rysunków

Rysunek 1. Proces budowy MFW	7
Rysunek 2. Możliwe do wykorzystania porty budowlano – montażowe.....	10

6. Spis tabel

Tabela 1. Wymagania dla portu budowlano - montażowego.....	8
Tabela 2. Możliwe do wykorzystania porty budowlano - montażowe.....	9
Tabela 3. Wykorzystanie statków do instalacji fundamentów jednej stacji elektroenergetycznej	11
Tabela 4. Wykorzystanie statków do transportu i instalacji platformy roboczej jednej stacji elektroenergetycznej..	11
Tabela 5. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu typu tripod	11
Tabela 6. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu typu tripod	12
Tabela 7. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu typu jacket	12
Tabela 8. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu typu jacket	12
Tabela 9. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu grawitacyjnego.....	12
Tabela 10. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu grawitacyjnego	12
Tabela 11. Wykorzystanie statków do transportu jednego fundamentu monopolowego	13
Tabela 12. Wykorzystanie statków do instalacji jednego fundamentu monopolowego	13
Tabela 13. Wykorzystanie statków do transportu elementów jednej elektrowni (wieża, skrzydła, gondola itd.)	13
Tabela 14. Wykorzystanie statków do instalacji elementów jednej elektrowni na fundamencie (wieża, skrzydła, gondola itd.).....	13
Tabela 15. Wykorzystanie statków do instalacji kabli	14
Tabela 16. Maksymalna szerokość warstwy zabezpieczającej przed wymywaniem.....	26
Tabela 17. Przewidywane zużycie spoiwa przy montażu elektrowni.....	27
Tabela 18. Przewidywana wymagana masa płyt anodowych cynkowych lub aluminiowych dla poszczególnych rodzajów fundamentów	28
Tabela 19. Emisje związane z produkcją elementów farmy wiatrowej	33
Tabela 20. Emisje związane z transportem morskim elementów farmy wiatrowej do portu budowlano - montażowego	34
Tabela 21. Emisje związane ze składowaniem elementów farmy wiatrowej w porcie budowlano – montażowym ..	35
Tabela 22. Emisje związane z przemieszczaniem się jednostek instalacyjnych i transportowych z portu do miejsca inwestycji	35
Tabela 23. Emisje związane z transportem morskim elementów farmy i podzespołów na miejsce inwestycji	36
Tabela 24. Emisje związane z pracą jednostek instalacyjnych w miejscu realizacji przedsięwzięcia	36
Tabela 25. Emisje związane z przygotowaniem dna morskiego pod fundamenty	37
Tabela 26. Emisje związane z instalacją fundamentów	37
Tabela 27. Emisje związane z instalacją podzespołów elektrowni wiatrowych, stacji elektroenergetycznych	38
Tabela 28. Emisje związane z transportem, odzyskiem lub unieszkodliwianiem odpadów i ścieków z jednostek pływających	38
Tabela 29. Emisje związane z układaniem kabli podmorskich	39
Tabela 31 Ilość Al i Zn, jakie mogą potencjalnie zostać uwolnione do środowiska w ciągu 25 lat eksploatacji Przedsięwzięcia w wyniku zastosowania galwanicznej ochrony katodowej przed korozją, przy założeniu 5% zawartości Zn w materiale anodowym Al-Zn-In w najdalej idącym scenariuszu.	44

7. Spis fotografii

<i>Fotografia 1. Statek typu jack - up.....</i>	<i>14</i>
<i>Fotografia 2. Statek do przewozu ładunków wielkogabarytowych.....</i>	<i>15</i>
<i>Fotografia 3. Pływający hotel używany na farmie Horns Rev 2 (Dania).....</i>	<i>15</i>
<i>Fotografia 4. Statek pomocniczy</i>	<i>16</i>
<i>Fotografia 5. Montaż platformy stacji elektroenergetycznej na fundamencie monopalowym.....</i>	<i>21</i>
<i>Fotografia 6. Kablowiec Sea Spider.....</i>	<i>22</i>
<i>Fotografia 7. Pług kablowy.....</i>	<i>23</i>
<i>Fotografia 8. Sanie rozmywające grunt</i>	<i>23</i>
<i>Fotografia 9. Fragment konstrukcji fundamentu typu jacket z przyspawanymi anodami</i>	<i>29</i>