



PRZEPISY
PUBLIKACJA 130/P

MORSKIE FARMY WIATROWE

sierpień
2021

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.

GDAŃSK

Publikacja 130/P – Morskie farmy wiatrowe – sierpień 2021 została zatwierdzona przez Zarząd Polskiego Rejestru Statków S.A. w dniu 16 sierpnia 2021 r. i wchodzi w życie z dniem 16 sierpnia 2021 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2022

PRS/RP, 10/2023

SPIS TREŚCI

	Str.
CZĘŚĆ I – INFORMACJE I WYMAGANIA OGÓLNE	7
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE	9
1.1 Cel publikacji.....	9
1.2 Hierarchia przepisów odniesienia	10
1.3 Skróty, określenia i definicje	14
2 HIERARCHIA CERTYFIKACJI I WYMAGANIA NADZORU	17
2.1 Dokumenty wystawiane.....	17
2.2 Nadzór i certyfikacja według niniejszej Publikacji.....	19
3 MORSKA FARMA WIATROWA	20
3.1 Proces rozwoju projektu morskiej farmy wiatrowej	20
3.2 Infrastruktura morskiej farmy wiatrowej – elementy punktowe i liniowe	21
3.3 Jednostki pływające	24
CZĘŚĆ II– WARUNKI ŚRODOWISKOWE I LOKALIZACYJNE	25
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE	27
1.1 Przepisy i normy odniesienia	27
1.2 Nadzór i certyfikacja.....	27
2 METODYKA ETAPU BADAŃ	27
2.1 Badania onshore.....	27
2.2 Badania offshore.....	27
3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH I LOKALIZACYJNYCH	28
3.1 Badania geologiczne	28
4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH RODZAJÓW BADAŃ	30
4.1 Wiatr	30
4.2 Falowanie wody	31
4.3 Prądy morskie	32
4.4 Pływy i zmiany poziomu wody.....	33
CZĘŚĆ III – PROJEKTOWANIE	34
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE	37
1.1 Przepisy i normy odniesienia	38
1.2 Nadzór i certyfikacja.....	39
2 METODYKA ETAPU PROJEKTOWANIA TECHNICZNEGO	39
2.1 Zastosowane metody stanów granicznych. Uwzględnione stany graniczne	40
2.2 Procesy etapu projektowania technicznego.....	41
3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU PROJEKTOWANIA TECHNICZNEGO	42
3.1 Projekt wstępny.....	42
3.2 Projekt szczegółowy	45
4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI PROJEKTOWEJ WYBRANYCH KONSTRUKCJI	50
4.1 Warunki ogólne.....	50
4.2 Dobór rodzaju fundamentu	52
4.3 Platforma transformatorowa	52

5 KONSTRUKCJE STALOWE	52
5.1 Materiał.....	53
5.2 Ochrona przed korozją.....	53
5.3 Stosowane połączenia.....	54
5.4 Wytrzymałość konstrukcji w warunkach transportu i montażu	55
6 KONSTRUKCJE BETONOWE.....	55
6.1 Materiały.....	55
6.2 Łączenia na bazie cementu w betonowej konstrukcji wsporczej turbiny.....	56
6.3 Szczegóły konstrukcyjne.....	57
CZĘŚĆ IV – PREFABRYKACJA.....	59
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE.....	61
1.1 Przepisy i normy odniesienia	61
1.2 Nadzór i certyfikacja.....	62
2 METODYKA ETAPU PREFABRYKACJI.....	63
2.1 Kontrola jakości.....	63
2.2 Procesy etapu prefabrykacji.....	63
3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU PREFABRYKACJI.....	64
3.1 Materiał.....	64
3.2 Prefabrykacja	65
3.3 Kontrola jakości.....	66
3.4 Wyposażenie.....	68
4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI PRODUKCYJNEJ WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ	70
4.1 Konstrukcje przestrzenne.....	70
4.2 Konstrukcje rurowe.....	71
4.3 Gondola z wirnikiem.....	71
CZĘŚĆ V– TRANSPORT I INSTALACJA	73
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE.....	75
1.1 Przepisy i normy odniesienia	75
1.2 Nadzór i certyfikacja.....	75
2 METODYKA ETAPU TRANSPORTU I INSTALACJI.....	75
2.1 Dokumentacja techniczna	76
2.2 Procesy etapu transportu i instalacji.....	76
3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU TRANSPORTU I INSTALACJI ...	77
3.1 Załadunek.....	77
3.2 Transport.....	78
3.3 Instalacja	78
4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI INSTALACJI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ	79
4.1 Fundament	79
4.2 Kable.....	79
CZĘŚĆ VI– DOPUSZCZENIE DO RUCHU I EKSPLOATACJA	81
1 POSTANOWIENIA OGÓLNE.....	83
1.1 Przepisy i normy odniesienia	83
1.2 Nadzór i certyfikacja.....	84

2	METODYKA ETAPU DOPUSZCZENIA DO RUCHU I EKSPLOATACJI	84
2.1	Procesy etapu dopuszczenia do ruchu i eksploatacji.....	85
3	CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU	86
3.1	Rozruch.....	86
3.2	Dopuszczenie do ruchu	87
3.3	Eksploatacja.....	91
4	CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ	95
4.1	Rozruch.....	95
4.2	Nadzór nad eksploatacją	96
4.3	Serwis i konserwacja.....	100
	CZEŚĆ VII– WYCOFANIE Z EKSPLOATACJI I UTYLIZACJA	104
1	POSTANOWIENIA OGÓLNE.....	107
1.1	Przepisy i normy odniesienia	107
1.2	Nadzór i certyfikacja.....	107
2	METODYKA ETAPU WYCOFANIA Z EKSPLOATACJI I UTYLIZACJI.....	107
2.1	Procesy etapu wycofania z eksploatacji i utylizacji	107
3	CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU	108
3.1	Zatrzymanie pracy	108
4	CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ	108
4.1	Demontaż infrastruktury	108
	ZAŁĄCZNIKI.....	110
	ZAŁĄCZNIK 1 – ODNIESIENIA WŁAŚCIWE DLA PRAWA KRAJOWEGO	113
1	CZEŚĆ I – INFORMACJE I WYMAGANIA OGÓLNE.....	113
1.1	Akty prawne właściwe dla odpowiednich działań	113
1.2	Skróty, określenia i definicje	114
2	CZEŚĆ II – WARUNKI ŚRODOWISKOWE I LOKALIZACYJNE.....	114
2.1	Prace geologiczne	114
2.2	Warunki lodowe.....	115
2.3	Prądy morskie	115
3	CZEŚĆ III – PROJEKTOWANIE	115
3.1	Charakterystyka wybranych rodzajów obciążeń.....	115
	ZAŁĄCZNIK 2 – MATERIAŁY NIEBEZPIECZNE	116

CZĘŚĆ I

Informacje i wymagania ogólne

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

PRS zidentyfikował branżę morskiej energetyki wiatrowej jako dynamicznie rozwijającą się gałąź przemysłu w wielu jego aspektach. Dalszy rozwój niniejszej publikacji we współpracy z różnymi interesariuszami powinien umożliwić ciągłe doskonalenie we wdrażaniu i dopuszczaniu najnowszych technologii na wymaganym poziomie jakościowym, przy zachowaniu akceptowalnego poziomu ryzyka oraz w podnoszeniu bezpieczeństwa w całym cyklu życia projektów morskich farm wiatrowych.

PRS partycypuje w procesie rozwoju wymagań technicznych na rynkach międzynarodowych, między innymi poprzez udział w pracach grup roboczych IACS i współpracę z sekcjami IMO, a także poprzez realizację innowacyjnych projektów badawczo-rozwojowych. PRS dzieli się zdobytą wiedzą i doświadczeniem poprzez organizację seminariów i szkoleń dla różnych sektorów przemysłu, administracji, szkolnictwa wyższego.

Polski Rejestr Statków jest instytucją klasyfikacyjną prowadzącą niezależną działalność nadzorczą na zasadach określonych w *Statucie Polskiego Rejestru Statków S.A., Zasadach działalności nadzorczej* i Przepisach.

Działalność PRS oparta jest na systemie nadzorów, przy czym PRS w swojej działalności opiera się na założeniu, że inne strony uczestniczące w tej działalności (producenci podzespołów i materiałów, wykonawcy prac itp.) wykonują prawidłowo swoje obowiązki.

Wykonywanie przez PRS czynności nadzorczych i wydawanie dokumentów nie zwalnia konstruktorów, wykonawców prac, właścicieli, producentów, dostawców, eksploatorów lub innych stron z ich obowiązków i odpowiedzialności za niewykonanie lub nieodpowiednie wykonane podjętych zobowiązań.

Wydany przez PRS dokument, świadectwo, sprawozdanie, zalecenie lub inna informacja oznaczają wyłącznie stwierdzenie spełnienia odpowiednich wymagań przewidzianych w przepisach lub innych dokumentach przyjętych przez PRS i Zleceniodawcę za podstawę działalności PRS i nie zastępują świadectw, zaświadczeń i gwarancji wystawianych przez producentów.

1.1 Cel publikacji

1.1.1 Zorientowanie na niezawodność i bezpieczeństwo

Celem PRS jest zapewnienie niezawodności i bezpieczeństwa stosowanych w przemyśle i wdrażanych na rynek nowych technologii i innowacyjnych rozwiązań. Realizowany jest on poprzez aktualizację wymagań technicznych. PRS rozwija Przepisy, nowelizuje już istniejące i wprowadza nowe wymagania, które mają na celu efektywne i bezpieczne przeprowadzenie poszczególnych etapów procesu realizacji Morskiej Farmy Wiatrowej.

Wytyczne i procedury obliczeniowe mogą być zastępowane innymi metodykami pod warunkiem udowodnienia, iż są one efektywne w praktyce i bezpieczne. Istotne znaczenie ma zarządzanie ciągłością działania w cyklu życia. Zagadnienie to przedstawiono w normie [PN-EN ISO 22301 Bezpieczeństwo powszechne – Systemy zarządzania ciągłością działania - Wymagania](#), w której zaproponowano podejście holistyczne do identyfikacji potencjalnych zagrożeń w organizacji oraz kształtowania jej odporności w celu poprawy efektywności biznesowej.

1.1.2 Zorientowanie na zarządzanie ryzykiem w procesie kształtowania efektywności i bezpieczeństwa

Ryzyko jest nieodzownym elementem towarzyszącym realizacji projektów, dlatego aby móc je bezpiecznie realizować, należy nim odpowiednio zarządzać. Zarządzanie ryzykiem jest procesem ciągłym lub etapowym, mającym miejsce w każdym etapie projektu wykorzystując odpowiednie

metody jego identyfikowania i zmniejszania do akceptowalnego poziomu np. w ramach analizy ALARP. Wytyczne dotyczące zarządzania ryzykiem znajdują się w normie [PN ISO 31000 Zarządzanie ryzykiem – Wytyczne](#). Zastosowanie tych wytycznych można dostosować do każdej organizacji i jej kontekstu. W normie tej przedstawiono wspólne podejście do zarządzania każdym rodzajem ryzyka i nie jest ono ograniczone do specyficznej branży lub sektora. Może być ono stosowane przez cały cykl życia organizacji i każdej jej działalności, w tym podejmowania decyzji na wszystkich poziomach hierarchii z uwzględnieniem uwarunkowań wewnętrznych i zewnętrznych.

1.1.3 Zorientowanie na jakość

Zapewnienie jakości powinno być integralną częścią procedur projektowania, kontroli, wytwarzania, instalowania, eksploatacji i remontów elementów infrastruktury MFW. PRS nieustannie podnosi kwalifikacje własnych inspektorów, rozszerzając zakres ich kompetencji.

Pełna identyfikacja i śledzenie zasobów (materiałowych, sprzętowych, ludzkich) zaangażowanych i wykorzystywanych na poszczególnych etapach poprzez odpowiednią ich dokumentację, pozwala na zarządzanie procesami jakościowymi oraz ich ciągłe doskonalenie.

1.1.4 Zorientowanie na zarządzanie projektowe

Zarządzanie projektowe poprzez udokumentowane usystematyzowanie procesów, identyfikację zasobów i informacji niezbędnych do wykonania zadania, dobór zespołów wykonawczych pod kątem kompetencji i przypisanie im odpowiednich ról i odpowiedzialności, pozwala na skuteczne dostarczanie produktów i zarządzanie punktami styku pomiędzy różnymi obszarami, będąc istotnym elementem systematyki działań jakościowych.

1.1.5 Zorientowanie na zmiany

Dynamiczny rozwój technologii i związane z tym powstające nowe wyzwania techniczne i systemowe są podstawą do rozwoju Organizacji i ich Produktów. Nieustanna analiza procesów daje możliwość ich ciągłego doskonalenia poprzez podnoszenie standardów jakościowych oraz minimalizację prawdopodobieństwa wystąpienia określonych ryzyk, skutkujących negatywnymi konsekwencjami. PRS, dopuszcza możliwość zastosowania alternatywnych, innowacyjnych rozwiązań technicznych i proceduralnych po osobnym po odrębnym rozpatrzeniu.

1.2 Hierarchia przepisów odniesienia

W niniejszej Publikacji występują bezpośrednie odwołania do następujących przepisów i norm:

1. Przepisy krajowe,
2. Przepisy PRS (w pierwszej kolejności zastosowanie mają przepisy dot. jednostek górnictwa morskiego),
3. Konwencje IMO,
4. Normy międzynarodowe ISO i normy europejskie (EN),
5. Normy IEC,
6. NORSOK,
7. Amerykańskie standardy (w tym Offshore),
8. Specyfikacje projektu klienta,
9. Inne dokumenty.

PRS może uznać procesy, produkty i usługi dostarczane z zastosowaniem innych przepisów za zgodne z wymaganiami bezpieczeństwa i jakości po odrębnym rozpatrzeniu.

PRS dopuszcza stosowanie zapisów publikacji PRS dotyczących jednostek górnictwa morskiego w zakresach odpowiadających analogicznym zagadnieniom technicznym.

1.2.1 Przepisy i normy odniesienia

- Zasady działalności nadzorczej,
- **Publikacja 105/P** – Jednostki morskie. Stacjonarne jednostki i urządzenia górnictwa morskiego. Przepisy budowy i nadzoru,
- **Publikacja 11/P** – Próby środowiskowe wyposażenia statków,
- **Publikacja 2/P** – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych,
- **Publikacja 9/P** – Requirements for computer based systems,
- **Publikacja 23/P** – Prefabrykacja rurociągów,
- **Publikacja 30/P** – Zasady certyfikowania spawaczy,
- **Publikacja 34/P** – Kontrola połączeń spawanych pod wodą,
- **Publikacja 40/P** – Materiały i wyroby niemetalowe,
- **Publikacja 49/P** – Requirements concerning mobile offshore drilling units,
- **Publikacja 51/P** – Zasady uznawania firm serwisowych,
- **Publikacja 52/P** – Przegląd części podwodnej ruchomych jednostek górnictwa morskiego bez ich dokowania,
- **Publikacja 54/P** – Alternatywne systemy nadzoru kadłuba,
- **Publikacja 55/P** – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i systemami przeciwpiorostowymi,
- **Publikacja 56/P** – Zasady uznawania laboratoriów,
- **Publikacja 74/P** – Zasady kwalifikowania technologii spawania,
- **Publikacja 80/P** – Badania nieniszczące,
- **Publikacja 108/P** – Egzaminowanie i certyfikacja personelu spawającego i zgrzewającego tworzywa sztuczne,
- **Publikacja 17/I** – Nadzory przemysłowe na podstawie uznanego systemu planowego utrzymania urządzeń,
- **Publikacja 18/I** – Wytyczne prowadzenia badań nieniszczących podwodnej części ruchomych jednostek górnictwa morskiego,
- Przepisy klasyfikacji i budowy ruchomych jednostek górnictwa morskiego,
- **PN-EN ISO 22301** Bezpieczeństwo powszechne – Systemy zarządzania ciągłością działania – Wymagania,
- **PN-EN ISO 9001** Systemy zarządzania jakością,
- **PN-EN ISO 14001** Systemy zarządzania środowiskowego,
- **PN-EN IEC 60721** Klasyfikacja warunków środowiskowych,
- **PN-EN ISO 14040** Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura,
- **PN ISO 31000** Zarządzanie ryzykiem – Wytyczne,
- **PN-EN ISO/IEC 27000** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Przegląd i terminologia
- **PN-EN ISO/IEC 27001** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Wymagania
- **PN-ISO/IEC 27005** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie informacji
- **PN-EN IEC 62443** Bezpieczeństwo w systemach sterowania i automatyki przemysłowej
- **PN-EN 61508** Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/ elektronicznych/ programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem – Część 1: Wymagania ogólne
- **PN-EN 61511** Bezpieczeństwo funkcjonalne – Przynrządowe systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego
- **PN-EN 62061** Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem

- **PN-EN ISO 13849** Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem
- **PN-EN ISO/IEC 17020** Ocena zgodności – Wymagania dotyczące działania różnych rodzajów jednostek przeprowadzających inspekcję (*Conformity assessment – Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection*),
- **PN-EN ISO 22475-1** Rozpoznanie i badania geotechniczne – Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych – Część 1: Techniczne zasady wykonania (*Geotechnical investigation and testing – Sampling methods and groundwater measurements – Part 1: Technical principles for execution*),
- **PN-EN ISO 19900-03** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Wymagania ogólne dotyczące konstrukcji morskich,
- **PN-EN ISO 19901-1** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Specyficzne wymagania dla konstrukcji przybrzeżnych. Część 1: Wymagania dotyczące projektowania i działania,
- **PN-EN ISO 19901-2** Przemysł naftowy i gazowniczy – Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich – Część 2: Sejsmiczne procedury projektowania i kryteria (*Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 2: Seismic design procedures and criteria*),
- **PN-EN ISO 19901-4** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich. Część 4: Uwarunkowania geotechniczne i konstrukcyjne fundamentu,
- **PN-EN ISO 19901-5** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Specyficzne wymagania dla konstrukcji przybrzeżnych. Część 5: Kontrola wagi podczas montażu,
- **PN-EN ISO 19902** Przemysł naftowy i gazowniczy – Stałe stalowe konstrukcje przybrzeżne (*Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 19906** Przemysł naftowy i gazowniczy – Arktyczne konstrukcje morskie (*Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures*),
- **NACE SP0176** Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production,
- **NACE TPC 3** Microbiologically Influenced Corrosion and Biofouling in Oilfield Equipment,
- **API RP 2N** Planning, Designing, and Constructing Structures and Pipelines for Arctic Conditions,
- **API RP 2A-LRFD** Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design,
- **PN-EN IEC 61400-1** Turbozespoły wiatrowe – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa (*Wind Turbines – Part 1: Design Requirements*),
- **PN-EN IEC 61400-3** Turbozespoły wiatrowe – Część 3: Wymagania projektowe dla przybrzeżnych turbozespołów wiatrowych (*Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbine*),
- **PN-EN IEC 61400-22** Turbozespoły wiatrowe – Część 22: Wymagania zgodności i certyfikacja turbozespołów wiatrowych (*Wind turbines – Part 22: Conformity testing and certification*),
- **PN-EN 50308** Turbozespoły wiatrowe – Zabezpieczenia – Wymagania dotyczące konstrukcji, eksploatacji i utrzymania ruchu (*Wind turbines. Protective measures. Requirements for design, operation and maintenance*),
- **PN-EN 1990** Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji,
- **PN-EN 1997-1** Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne (*Eurocode 7. Geotechnical design. General rules*),
- **PN-EN 1997-2** Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego (*Eurocode 7. Geotechnical design. Ground investigation and testing*),
- **PN-EN 1090-1+A1** Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych (*Execution of steel structures and aluminium structures. Requirements for conformity assessment of structural components*),

- **PN-EN 1090-2** Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych,
- **PN-EN ISO 3834-2** Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych – Część 2: Pełne wymagania jakości,
- **PN-EN ISO 14732** Personel spawalniczy – Egzaminowanie operatorów spawania oraz nastawiaczy zgrzewania dla zmechanizowanego i automatycznego spawania/zgrzewania metali,
- **PN-EN 1991-1-4** Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru (*Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Wind actions*),
- **PN-EN 1992-1-1** Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (*Eurocode 2. Design of concrete structures. General rules and rules for buildings*),
- **PN-EN 1993-1-1** Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (*Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings*),
- **PN-EN 1993-1-6** Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych (*Eurocode 3. Design of steel structures. Strength and Stability of Shell Structures*),
- **PN-EN 10204** Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli (*Metallic products – Types of inspection documents*),
- **PN-EN 10225** Stale konstrukcyjne spawalne na nieruchome konstrukcje przybrzeżno-morskie – Warunki techniczne dostawy (*Weldable structural steels for fixed offshore structures. Technical delivery conditions*),
- **PN-EN 10025-1** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy (*Hot rolled products of non-alloy structural steels*),
- **PN-EN 10025-2** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*),
- **PN-EN 10025-3** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 3: Warunki techniczne dostawy spawalnych stali konstrukcyjnych drobnoziarnistych po normalizowaniu lub walcowaniu normalizującym (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels*),
- **PN-EN 10025-4** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 4: Warunki techniczne dostawy spawalnych stali konstrukcyjnych drobnoziarnistych po walcowaniu termomechanicznym (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels*),
- **PN-EN 10025-6+A1** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 6: Warunki techniczne dostawy wyrobów płaskich o podwyższonej granicy plastyczności w stanie ulepszonym cieplnie (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in quenched and tempered conditions*),
- **PN-EN 12495** Ochrona katodowa stałych stalowych konstrukcji przybrzeżnych (*Cathodic protection for fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 12944** Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych (*Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*),
- **ISO 20340** Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures,
- **PN-EN ISO 1461** Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową – Wymagania i metody badań (*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*),

- **PN-EN 62305** Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne (*Protection against lightning*),
- **PN-EN 196-1** Metody badania cementu – Część 1: Oznaczenie wytrzymałości (*Methods of testing cement – Part 1: Determination of strength*),
- **PN-EN 206** Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność,
- **ISO 6934** Steel for the prestressing of concrete,
- **PN-ISO 6935** Stal do zbrojenia betonu (*Steel for the reinforcement of concrete*),
- **PN-EN 13670** Wykonywanie konstrukcji z betonu (*Execution of concrete structures*),
- **PN-EN 12350** Badania mieszanki betonowej,
- **PN-EN 1015** Metody badań zapraw do murów,
- **PN-EN 445** Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych – Metody badań,
- **ASTM A775 / A775M** Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars,
- **ASTM A934 / A934M** Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars,
- **ASTM D3963 / D3963M** Standard Specification for Fabrication and Jobsite Handling of Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars,
- **ASTM C1437** Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar,
- **ASTM C940** Standard Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory,
- **ASTM C953** Standard Test Method for Time of Setting of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory,
- **ASTM C1741** Standard Test Method for Bleed Stability of Cementitious Post-Tensioning Tendon Grout,
- **IEC 60502** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV,
- **IEC 60840** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV up to 150 kV,
- **IEC 62067** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV up to 500 kV,
- **E-Cigre B1.43** Recommendations for mechanical testing of submarine cables,
- **E-Cigre B1.27** Recommendations for testing of long ac submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30 to 500 kV,
- **E-Cigre B1.32** Recommendations for testing HVDC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV,
- **ITU G.Sup41** Design guidelines for optical fibre submarine cable systems,
- Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych,
- Akty prawne właściwe dla działań budowlanych,
- Akty prawne właściwe dla obszarów morskich i administracji morskiej,
- Akty prawne właściwe dla obszaru recyklingu materiałów,
- **DNVGL-ST-N001** Marine operations and marine warranty.

1.3 Skróty, określenia i definicje

1.3.1 Skróty

ALARP – *As Low as Reasonably Practicable* – tak niskie jak rozsądnie możliwe – poziom akceptacji ryzyka.

CLV – *Cable Laying Vessel* – kablowiec.

CTV – *Crew Transfer Vessel* – pływająca jednostka do transferu osób.

FAT – *Factory Acceptance Test* – próby zdawczo-odbiorcze po procesie produkcji.

FEED – Front End Engineering and Design – etap cyklu projektowania technicznego – projektowanie wstępne.

FMEA – Failure Mode and Effect Analysis – analiza rodzajów i skutków uszkodzenia, metoda stosowana przy analizie ryzyka.

FMECA – Failure Mode, Effect and Criticality Analysis – analiza rodzajów, skutków i krytyczności uszkodzenia; metoda stosowana przy analizie ryzyka.

HAT – Harbour Acceptance Test – próby zdawczo-odbiorcze przed instalacją na morzu.

HLV – Heavy Lift Vessel – ciężarowiec.

HVAC – High Voltage Alternating Current – prąd zmienny wysokiego napięcia.

HVDC – High Voltage Direct Current – prąd stały wysokiego napięcia.

IACS – International Association of Classification Societies – Międzynarodowe Zrzeszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych.

IMO – International Maritime Organization – Międzynarodowa Organizacja Morska.

ITP – Inspection Test Plan – Plan kontroli jakości.

LEMP – Lightning Electromagnetic Pulse – impuls elektromagnetyczny pochodzący od wyładowania atmosferycznego.

LPZ – Lightning Protection Zones – strefy ochrony odgromowej.

MEW – morska elektrownia wiatrowa – zlokalizowany na obszarze zespół konstrukcji i urządzeń, w ramach jednej instalacji, zamieniających energię wiatru na energię elektryczną.

MFW – morska farma wiatrowa – zespół MEW wraz z infrastrukturą towarzyszącą, umożliwiającą przesył wygenerowanej energii elektrycznej, zlokalizowany w obszarze morskim w ramach jednego pozwolenia licencyjnego.

NDT – Nondestructive Testing – badania nieniszczące.

PMS – Planned Maintenance System – system planowego utrzymania w ruchu.

PRS – Polski Rejestr Statków S.A.

RNA – Rotor Nacelle Assembly – wyposażona gondola wraz z wirnikiem.

SAT – Site Acceptance Test – próby zdawczo-odbiorcze po instalacji na morzu.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition – System Nadzoru Kontroli i Pozyskiwania Danych.

SOV – Service Operation Vessel – pływająca jednostka serwisowa.

SZJ – system zarządzania jakością.

UXO – Unexploded Ordnance – niewybuchy – należy rozumieć jako wszelkie militarne pozostałości na dnie morskim, jak również broń chemiczną, czy amunicję.

WN – wysokie napięcie.

WPQR – Welding Procedure Qualification Record – Technologia spawania.

WPS – Welding Procedure Specification – Instrukcja technologiczna spawania.

1.3.2 Określenia i definicje

Administracja Morska – na potrzeby tej Publikacji – właściwy terenowy organ administracji publicznej, sprawujący jurysdykcję wykonawczą na obszarach morskich.

Bęben instalacyjny – Service Reel – cylindryczny bęben, typowo stalowy, z kołnierzami, używany do instalowania rurociągu z rur dostarczonych w zwoju (może służyć również do przechowania i transportu). Bęben instalacyjny jest zwykle wyposażony we własny napęd hydrauliczny, umożliwiający kontrolę obrotu i hamowania bębna.

Bęben transportowy – Shipping Reel, Transport Reel – cylindryczny bęben lub kołowrót, umożliwiający transport rury dostarczonej w zwoju.

Certyfikacja – certyfikacją nazywamy procedurę, w wyniku której strona trzecia udziela pisemnego zapewnienia, że wyrób, proces lub usługa są zgodne z wyspecyfikowanymi wymaganiami. Dokument potwierdzający pozytywną certyfikację może być wystawiony w formie np. Świadectwa uznania, Świadectwa uznania typu wyrobu, Metryki, Świadectwa odbioru itp.

Certyfikat zgodności – dokument wydany zgodnie z zasadami Systemu Certyfikacji potwierdzający, iż należycie zidentyfikowany wyrób, proces lub usługa wykazują zgodność z określoną normą lub innymi dokumentami normatywnymi.

Cykl certyfikacyjny – powtarzający się cyklicznie okres liczony od daty zakończenia przeglądu zasadniczego przyjęcia *obiektu* pod nadzór lub od daty przeglądu odnowienia świadectwa, równy okresowi ważności świadectwa i obejmujący wszystkie należne przeglądy okresowe.

Dostawca – firma dostarczająca produkty, producent, sprzedawca, dystrybutor.

Ekologiczna gospodarka odpadami – podejmowanie wszystkich możliwych działań w celu zapewnienia zagospodarowania odpadów i materiałów niebezpiecznych tak, aby odbywało się to w sposób, który chroni zdrowie ludzkie i środowisko przed możliwym niepożądanym oddziaływaniem takich materiałów i odpadów.

Instalacja obiektu – całość zagadnień i procesów technicznych, związanych z umieszczeniem obiektu w wyznaczonym miejscu.

Jack-up – pływająca jednostka samopodnośna.

Jednostka certyfikująca – zaakceptowana przez PRS organizacja przeprowadzająca certyfikację.

Łańcuch dostaw – seria podmiotów zaangażowanych w proces wytwarzania produktów od momentu pozyskania surowców do wytworzenia produktu końcowego.

Materiał niebezpieczny – materiał lub substancja, które mogłyby stanowić zagrożenie dla zdrowia ludzkiego lub środowiska. Zgodnie z Rozporządzeniem REACH: substancja w postaci własnej, jako składnik mieszaniny lub w wyrobie, w stosunku do której zostało określone ograniczenie, nie może być produkowana, wprowadzana do obrotu lub stosowana, chyba że spełnione są warunki tego ograniczenia.

Powłoki ochronne – powłoki zapewniające ochronę przed korozją.

Przebudowa obiektu – prace mające na celu zmianę wymiarów lub/i przeznaczenia obiektu.

Przeгляд – realizowany przez PRS w określonym czasie zespół czynności nadzorczych/ /kontrolnych, realizowany poprzez sprawdzenie zgodności z dokumentacją techniczną oraz przeprowadzenie odpowiednich oględzin, pomiarów i prób.

Przeгляд zasadniczy – komplet przeglądów obiektu, po zakończeniu których PRS wystawia świadectwo zgodności.

Recykling – działalność polegająca na całkowitym lub częściowym demontażu, przeprowadzana w odpowiednim zakładzie recyklingu w celu odzyskania elementów i materiałów do ponownego ich przetworzenia, przygotowania do ponownego ich użycia lub ich ponownego użycia, z zapewnieniem zagospodarowania niebezpiecznych i innych materiałów, oraz obejmująca związane działania, takie jak składowanie i przetwarzanie elementów i materiałów na miejscu, ale bez dalszego ich przetwarzania lub unieszkodliwiania w innych zakładach.

Strefa zalewania – splash zone – strefa, w której konstrukcja jest cyklicznie zalewana i/lub spryskiwana wodą oraz odsłaniana, skutkiem falowania i zmian poziomu morza.

System certyfikacji – system o własnych zasadach postępowania i zarządzania dotyczących przeprowadzania oceny prowadzącej do wydania dokumentu certyfikacji i późniejszego utrzymania jego ważności.

Sztuczna wyspa – budowla morska – obiekt zainstalowany na dnie na stałe, inaczej – morska budowla hydrotechniczna.

Urządzenie techniczne – obiekt zainstalowany na fundamencie np. platforma transformatorowa lub nadwodna konstrukcja wsporcza wraz z RNA.

Uznany producent – producent posiadający SZJ zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO 9001, którego zgodność potwierdzono certyfikatem jednostki certyfikującej.

Wytwórca – (zamiennie – Producent) podmiot, który ma siedzibę lub miejsce zamieszkania na terytorium państwa członkowskiego Unii Europejskiej, Konfederacji Szwajcarskiej lub państwa członkowskiego Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA) – strony umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym, wytwarzający energię elektryczną lub ciepło z odnawialnych źródeł energii lub wytwarzający biogaz rolniczy w instalacjach odnawialnego źródła energii znajdujących się na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej lub w wyłącznej strefie ekonomicznej (podlega wymogom Ustawy o odnawialnych źródłach energii).

2 HIERARCHIA CERTYFIKACJI I WYMAGANIA NADZORU

Zhierarchizowane podejście do certyfikacji umożliwia sprawną weryfikację spełnienia wymagań produktów i zasobów wykorzystywanych w różnych obszarach i na różnych etapach rozwoju projektu MFW. Ponadto możliwa jest również certyfikacja przez PRS Etapu oraz Projektu na bazie realizacji założonych celów oraz uzyskania odpowiednich zasobów końcowych.

2.1 Dokumenty wystawiane

Po wykonaniu, z wynikiem pozytywnym, odpowiednich przeglądów i przeprowadzeniu stosownych prób, PRS wystawia odpowiednie świadectwa (certyfikaty) i dokumenty.

PRS może wystawić świadectwo zgodności wykonania lub przeprowadzenia procesu według zastosowanych przepisów.

PRS akceptuje świadectwa i certyfikaty wystawione przez inne jednostki certyfikujące po odrębnym rozpatrzeniu.

- Certyfikat zgodności dla MFW – dokument potwierdzający zgodność wykonanego obiektu z dokumentacją techniczną, wymaganiami odnośnych norm technicznych, niniejszych przepisów, wymaganiami przyłączenia do sieci oraz obowiązującego prawa,
- Certyfikat bezpieczeństwa dla MFW – dokument potwierdzający uzyskanie zdolności wykonanego obiektu do bezpiecznej eksploatacji przy zachowaniu zakładanych parametrów pracy, z punktu widzenia przyjętych norm konstrukcyjnych, doboru materiałów, jakości wykonania prac instalacyjnych oraz przeprowadzonych badań i testów. Certyfikat bezpieczeństwa dla MFW może być wydany po wystawieniu przez PRS Certyfikatu zgodności dla poszczególnych MEW.

2.1.1 Certyfikacja morskiej farmy wiatrowej

- 1 Zatwierdzanie dokumentacji technicznej pod kątem spełnienia wymagań kolejnych części niniejszej Publikacji,
- 2 Nadzór nad produkcją,
- 3 Nadzór w czasie transportu i podczas instalacji na miejscu przeznaczenia,
- 4 Nadzór nad rozruchem,
- 5 Próby zdawczo-odbiorcze.

Certyfikaty będą wystawiane dla tych instalacji, dla których wszystkie wyżej wymienione czynności były potwierdzone przez wystawienie odpowiedniego sprawozdania potwierdzającego spełnienie wymagań PRS.

2.1.2 Hierarchia certyfikacji

Poniżej przedstawiono hierarchię w różnych obszarach certyfikacji. Certyfikacja potwierdza zgodność realizowanych zadań bądź wyrobów z wytycznymi przedstawianymi w odpowiednich przepisach jak np. normy, standardy, dyrektywy itp.

2.1.2.1 Certyfikacja wyrobów z sektora Morskiej Energetyki Wiatrowej

Proces certyfikacji wyrobów dla sektora Morskiej Energetyki Wiatrowej obejmuje następujące grupy wyrobów:

- a) turbiny wiatrowe, ich komponenty i systemy,
- b) konstrukcje i instalacje morskie, oraz
- c) urządzenia służące do pracy, instalacji i obsługi morskich farm wiatrowych.

Ścieżkę postępowania przy procesie certyfikacji wyżej wymienionych wyrobów określają odpowiednie procedury i instrukcje oraz programy certyfikacji obowiązujące w PRS.

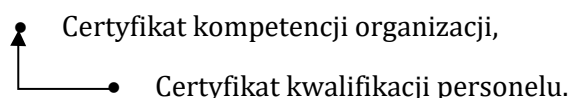
2.1.2.2 Certyfikat kompetencji

Podczas inspekcji organizacji PRS sprawdza przygotowanie techniczno-organizacyjne przedsiębiorstwa. Organizacja powinna wykazać się doświadczeniem w wykonywaniu określonych typów operacji oraz powinna:

- stosować instrukcje technologiczne dotyczące procesów,
- stosować wypracowane zasady nadzoru i kontroli prac,
- stosować aktualne normy i wymagania dotyczące wykonania i kontroli,
- dysponować urządzeniami umożliwiającymi wykonanie procesu,
- dysponować personelem posiadającym aktualne i stosowne do wykonywanych prac uprawnienia,
- dysponować personelem nadzorującym procesy oraz prowadzącym ich kontrolę.

Personel nadzorujący powinien posiadać stosowne przygotowanie teoretyczne oraz odpowiednią praktykę. Przygotowanie to powinno być udokumentowane i przedstawione do zweryfikowania.

Personel wykonawczy powinien posiadać odpowiednie przeszkolenie stosowne do wykonywanych prac, potwierdzone aktualnym świadectwem.



2.1.2.3 Certyfikat procesu

Certyfikacja procesu opiera się na sprawdzeniu ustalonego w organizacji sposobu postępowania zawierającego podział na role, zadania i odpowiedzialności występujące w odpowiednich etapach i przypadkach, aby skutecznie otrzymywać założone efekty powstałe z przetworzenia zasobów bazowych. W przypadku procesu technologicznego obejmuje ona m.in. kontrolę jakości surowców, procedur procesu oraz kontroli jakości gotowych wyrobów.

2.1.2.4 Certyfikat systemu zarządzania

Systemy zarządzania mogą być certyfikowane w różnych obszarach funkcyjnych np. jakości, bezpieczeństwa, środowiska, ryzyka, zmiany, rozwoju itp. System zarządzania może prezentować podejście procesowe, które zwiększa skuteczność działania organizacji. Certyfikacja systemu

zarządzania świadczy o ukierunkowaniu na cele i wdrożeniu udokumentowanych sposobów nadzoru ich realizacji. Jeżeli organizacja posiada wdrożone systemy zarządzania w różnych obszarach funkcyjnych, zaleca się ich połączenie w ramach jednego Zintegrowanego Systemu Zarządzania, prowadzącego do harmonizacji różnych procesów wpływających na te same zasoby.

2.1.3 Dokumentacja techniczna morskiej farmy wiatrowej

W zależności od zakresu zatwierdzenia dokumentacja techniczna MFW powinna zawierać:

- nazwę i siedzibę wnioskodawcy,
- planowaną lokalizację,
- ogólny opis,
- listę głównych komponentów jakie będą użyte,
- opis koncepcji kontroli i bezpieczeństwa,
- opis systemu bezpieczeństwa i ochrony,
- opis instalacji,
- założenia, dane wsadowe i obliczenia – jeżeli PRS uzna za wymagane,
- główne rysunki i schematy,
- karty danych głównych komponentów,
- opis systemu monitorowania stanu,
- rysunki i specyfikacje systemów utrzymania ruchu i konserwacji,
- plan i opis transportu i instalacji – jeżeli ma zastosowanie,
- Deklarację ECO/REC dla typu wyrobu.

2.2 Nadzór i certyfikacja według niniejszej Publikacji

Przedmiotem nadzoru według niniejszej Publikacji są morskie farmy wiatrowe (MFW), zespół generatorów do wytwarzania energii elektrycznej z wiatru, przystosowany do instalacji na obszarze morskim.

Wymagania Publikacji mają zastosowanie do wszystkich etapów planowania i realizacji MFW w stanach przejściowych i docelowych, jak również do wycofania z eksploatacji i utylizacji.

Publikacja ustala zasady nadzoru technicznego pełnionego przez Polski Rejestr Statków.

Celem nadzoru sprawowanego przez PRS jest zapewnienie bezpiecznej eksploatacji MFW przez sprawdzenie i potwierdzenie zgodności infrastruktury i stanu technicznego z wymaganiami tej Publikacji i mającymi zastosowanie wymaganiami prawnymi, które mają zastosowanie na danym obszarze.

Publikacja określa wymagania, po spełnieniu których dla MFW, jako całości oraz jej elementów składowych, mogą być wydane przez PRS odpowiednie świadectwa (certyfikaty) zgodności.

Nadzór PRS obejmuje procesy występujące na różnych etapach rozwoju projektu MFW. Dodatkowo może on obejmować część konstrukcyjną oraz części branżowe (np. mechaniczną) na zasadach Certyfikacji Typu Wyrobu.

Wszystkie elementy MFW, które są niezbędne do jej prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania, dostarczane na miejsce instalacji muszą posiadać certyfikaty zgodności wydane przez PRS lub jednostki certyfikujące (certyfikaty zgodności wykonania zgodnie z wymaganiami tych instytucji), lub świadectwa (deklaracje producenta) zgodności wykonania z prototypem, na który zostało wydane świadectwo typu przez PRS lub jednostkę certyfikującą.

PRS uzna producenta ważnych elementów MFW na podstawie ważnego certyfikatu wydanego dla SZJ przez jednostki certyfikujące.

W przypadku, gdy producent nie posiada takiego certyfikatu, SZJ oceni PRS. Będzie to wymagało spełnienia wymagań Biura Certyfikacji PRS ujętych w *Procedurze certyfikacji systemu zarządzania jakością*. Po pozytywnym zakończeniu procesu certyfikacji PRS wydaje producentowi *Certyfikat systemu zarządzania jakością* ważny przez trzy lata. Ważność ta jest uwarunkowana pozytywnymi wynikami corocznych auditów przeprowadzanych przez PRS.

2.2.1 Zakres nadzoru i certyfikacji

Zgodnie z *Zasadami działalności nadzorczej* „Nadzór techniczny PRS prowadzony jest w celu potwierdzenia, że przedmiot nadzoru odpowiada wymaganiom określonym w odpowiednich Przepisach i innych mających zastosowanie zbiorach wymagań oraz zatwierdzonej i/lub przyjętej do wiadomości i uzgodnionej dokumentacji technicznej oraz/lub wymaganiom określonym w umowie”. Nadzorem Polskiego Rejestru Statków, na zasadach i w oparciu o wymagania określone w niniejszej Publikacji, objęte mogą być między innymi:

- materiały i spawanie w zastosowaniu do budowy, przebudowy i napraw konstrukcji wchodzących w skład MFW,
- wytrzymałość konstrukcji,
- stateczność konstrukcji transportowanych na miejsce instalacji w stanie nieuszkodzonym, jak i stateczność awaryjna w stanie uszkodzonym,
- wodoszczelność i zabezpieczenie przed wpływami atmosferycznymi,
- instalacja konstrukcji na obszarze morskim,
- urządzenia i instalacje technologiczne nadwodne i podwodne,
- urządzenia i instalacje zasilania w energię,
- analizy bezpieczeństwa, ryzyka,
- inspekcje ds. gwarancji morskich.

W każdej części Publikacji w punktach dotyczących nadzoru i certyfikacji podawane są przykładowe działania i produkty, które podlegają nadzorowi i certyfikacji przez PRS.

3 MORSKA FARMA WIATROWA

3.1 Proces rozwoju projektu morskiej farmy wiatrowej

Projekt MFW jest to zespół działań, których celem jest bezpieczne wprowadzenie energii elektrycznej wyprodukowanej przez MFW do krajowej sieci energetycznej, zaczynający się od podjęcia decyzji rozpoczęcia analiz dot. warunków i opłacalności przedsięwzięcia przez potencjalnego właściciela MFW, a kończący się w momencie doprowadzenia zajętego przez MFW obszaru do akceptowalnego stanu sprzed jej instalacji. PRS może uczestniczyć w każdym etapie administracyjnym, czy też technicznym, w zakresie, który zostanie uzgodniony. W celu sprecyzowania możliwości realizacji różnorodnych działań, poniżej przedstawiono szereg etapów rozwoju projektu MFW, które powinny być wykonane w celu jego bezpiecznej realizacji.

Każdy projekt MFW należy traktować indywidualnie, dlatego też PRS po wcześniejszym uzgodnieniu może zaakceptować proponowaną metodykę jego rozwoju.

3.1.1 Badania lokalizacyjne i środowiskowe

Etap, który dostarcza informacji nt. parametrów analizowanego obszaru pod projektowaną MFW, zwłaszcza w zakresie wykonalności i ekonomicznego uzasadnienia projektu, a także jego oddziaływania na środowisko i warunków brzegowych jego realizacji.

Każdą analizowaną lokalizację należy traktować indywidualnie i w ten sposób należy planować działania badawcze do przeprowadzenia dotyczące m.in. warunków atmosferycznych (m.in. meteorologicznych) i oceanograficznych (m.in. geofizycznych, geologicznych, biologicznych i hydrologicznych).

Dane pozyskane w tym etapie muszą charakteryzować się odpowiednią jakością tj. wiarygodnością i dokładnością, ponieważ na ich podstawie podejmowane są decyzje dot. przejścia do kolejnych etapów projektu oraz stanowią dane wsadowe do innych procesów.

3.1.2 Projektowanie

Na podstawie określonych parametrów analizowanego obszaru można przeprowadzić wariantowe prace koncepcyjne dotyczące opcji realizacji projektu MFW jak np. koncepcje doboru konstrukcji, lokalizacji MEW czy koncepcje eksploatacji.

Elementem etapu projektowania jest stworzenie koncepcji planu rozmieszczenia infrastruktury MFW wraz z jej parametrami, co pozwala na podjęcie decyzji dotyczącej realizacji optymalnego wariantu. Skutkiem tego jest rozpoczęcie procesu projektowania technicznego elementów wchodzących w skład MFW jak np. konstrukcje wsporcze, czy urządzenia techniczne. Zgodnie z obraną metodyką procesu projektowania technicznego, efektem jest zestaw dokumentacji, która pozwala na realizację kolejnych etapów.

3.1.3 Prefabrykacja

Na podstawie dokumentacji wytworzonej w trakcie etapu projektowania można przejść do fazy wytwórczej projektu MFW. Prefabrykacja dotyczy wyrobów, które mogą być komponentami lub systemami o różnym poziomie złożoności i kompletności. Zakończeniem tego etapu jest odbiór prefabrykatów na podstawie określonych parametrów jakościowych, będących w gotowości do transportu, a docelowo do instalacji na obszarze MFW.

3.1.4 Transport i instalacja

Etap transportu i instalacji przenika się z etapem wcześniejszym tj. prefabrykacją, ponieważ zalicza się tu również międzyoperacyjny transport komponentów, aż do uzyskania kompletnego systemu. Planowanie i nadzór nad przeprowadzaniem procesów w tym etapie powinien minimalizować ryzyko strat i maksymalizować prawdopodobieństwo ich bezpiecznej realizacji do poziomu akceptowalnego przez wszystkich interesariuszy danego zadania.

3.1.5 Dopuszczenie do ruchu i eksploatacja

Zrealizowany zestaw prób, testów i analiz, które potwierdzają gotowość techniczną i organizacyjną do bezpiecznej pracy MFW, upoważnia do uzyskania świadectw umożliwiających przejście do fazy operacyjnej projektu MFW.

Podczas eksploatacji należy zadbać o odpowiednie zabezpieczenie ciągłości pracy infrastruktury w sposób bezpieczny dla serwisujących je osób i maszyn.

Po upływie projektowanego czasu eksploatacji infrastruktury, PRS dopuszcza przedłużenie ważności świadectw potwierdzających możliwość dalszej pracy MFW, pod warunkiem rozpatrzenia dostarczonej odpowiednio argumentującej to dokumentacji.

3.1.6 Wycofanie z eksploatacji i utylizacja

Po zakończeniu fazy operacyjnej właściciel MFW jest obowiązany doprowadzić obszar MFW do ustalonego wcześniej stanu sprzed instalacji, poprzez demontaż infrastruktury i jej utylizację w sposób minimalizujący szkodliwy wpływ na środowisko.

3.2 Infrastruktura morskiej farmy wiatrowej – elementy punktowe i liniowe

Infrastruktura morskiej farmy wiatrowej składa się z elementów liniowych i punktowych. Poniższy podział ma na celu usystematyzowanie nazewnictwa oraz przedstawienie typowych rozwiązań inżynierskich wykorzystywanych w realizowanych projektach MFW.

3.2.1 Morska elektrownia wiatrowa

Morska elektrownia wiatrowa jest podstawowym elementem składowym morskiej farmy wiatrowej. W jej skład wchodzi RNA i konstrukcja wsporcza.

3.2.1.1 Gondola z wirnikiem

3.2.1.1.1 Przekładniowa

Tradycyjny typ elementu turbiny, w której wirnik jest osadzony na wale, który poprzez system przekładniowy napędza generator.

3.2.1.1.2 Bezprzekładniowa

Typ elementu turbiny, w której wirnik osadzony jest na wale generatora.

3.2.1.2 Konstrukcja wsporcza

Konstrukcja znajdująca się pomiędzy elementami roboczymi, jak gondola MEW, a podłożem gruntowym. W przypadku MEW może zostać wyszczególniona część nadwodna (wieża), przejściowa (o ile uwzględniona w projekcie) oraz podwodna (fundament). W platformach transformatorowych konstrukcją wsporczą jest tylko fundament.

3.2.1.2.1 Wieża

Konstrukcja, najczęściej stalowa, w formie ściętego stożka, przenosząca obciążenia z RNA na fundament.

3.2.1.2.2 Fundament

Konstrukcja (zespół konstrukcji) przenosząca obciążenia od wieży na podłoże gruntowe i podlegająca obciążeniom hydrodynamicznym. Fundament jest konstrukcją znajdującą się pod powierzchnią wody, w dnie lub bezpośrednio nad dnem, wraz z elementami znajdującymi się nad jej powierzchnią do miejsca, w którym fundament przyjmuje obciążenia charakterystyczne dla strefy zalewania oraz założonego najwyższego grzbietu poziomu fal. Niżej wymienione główne typy fundamentów mają również zastosowanie dla platform transformatorowych.

- grawitacyjne – konstrukcja w kształcie bryły foremnej lub obrotowej, stosowany na najmniejszych głębokościach, nie jest na stałe powiązana z dnem morskim.
- monopale (monopile) – konstrukcja w kształcie walca kończącego się cylindrycznym stożkiem wraz z konstrukcją elementu przejściowego tworzy fundament. Funkcją elementu przejściowego jest funkcja łączenia fundamentu z wieżą, a także funkcja cumownicza.
- kratownicowe (jacket) – konstrukcja podobna do konstrukcji słupów kratowych linii wysokiego napięcia, w porównaniu do monopala mniej materiałochłonny oraz możliwy do zastosowania na większych głębokościach. Elementy utwierdzające w dnie morskim mogą być w postaci np. pali lub kesonów.
- pływające – konstrukcje posiadające zdolność do utrzymywania się na powierzchni wody, nie instalowane na/w dnie morskim, jednakże połączone z nim poprzez systemy kotwiące.

3.2.1.2.3 Wyposażenie dodatkowe

Jest to zbiór konstrukcji i systemów umożliwiających instalację, bezpieczną eksploatację oraz monitoring pracy. W jego skład możemy zaliczyć systemy pomiaru warunków meteorologicznych, systemy pomiaru parametrów pracy, konstrukcje odbojowo-cumownicze, konstrukcje przyłączeniowe, urządzenia dźwigowe i tym podobne.

3.2.2 System elektroenergetyczny

Na system elektroenergetyczny MFW składają się elementy infrastruktury liniowej tj. okablowanie oraz punktowej w postaci morskich stacji transformatorowych oraz MEW.

Projekt systemu elektroenergetycznego powinien zapewniać maksymalne bezpieczeństwo ludzi, jak również minimalne potencjalne uszkodzenie infrastruktury MFW i zewnętrznego układu elektrycznego podczas pracy i zabiegów utrzymania ruchu we wszystkich normalnych i ekstremalnych warunkach zewnętrznych.

3.2.2.1 Morska platforma transformatorowa

Elementami składowymi morskiej stacji transformatorowej jest fundament oraz platforma. Jest to punktowy element systemu elektroenergetycznego mającego za zadanie zmianę parametrów prądu elektrycznego.

3.2.2.1.1 Platforma prądu stałego DC

Występowanie tego rodzaju platformy zależne jest od zaplanowanego systemu przyłączeniowego Morskiej Farmy Wiatrowej do krajowego systemu elektroenergetycznego. Kluczowym parametrem przy analizie możliwych rozwiązań jest odległość MFW do punktu przyłączeniowego systemu. Platformy prądu stałego są konstrukcjami bardziej złożonymi i kosztocłonnyymi od platform prądu przemiennego – pełnią funkcję konwerterową (eksportową).

3.2.2.1.2 Platforma prądu przemiennego AC

3.2.2.1.2.1 Platforma kolektorowa

Platformy kolektorowe pełnią funkcję elementu pośredniego w systemie elektroenergetycznym MFW – połączone są tylko z częścią wszystkich MEW.

3.2.2.1.2.2 Platforma konwerterowa

Platformy typu konwerterowego pełnią funkcję eksportową tj. stanowią punktowy element systemu elektroenergetycznego łączący MFW z krajowym systemem elektroenergetycznym.

3.2.2.2 Lądowa stacja transformatorowa

Tradycyjna stacja transformatorowa przyłączająca MFW do krajowego systemu elektroenergetycznego.

3.2.2.3 Kable

Liniowe elementy systemu elektroenergetycznego MFW, spełniające funkcje przesyłowe prądu oraz informacji.

3.2.2.3.1 Kable sieci wewnętrznej

Część liniowa systemu elektroenergetycznego łącząca MEW z platformami transformatorowymi.

3.2.2.3.2 Kabel eksportowy

Część liniowa systemu elektroenergetycznego łącząca MFW (z platformy eksportowej) z punktem przyłączeniowym (np. lądową stacją transformatorową).

3.2.2.4 Stacje pomiarowe

Stacje pomiarowe dostarczają informacji o warunkach panujących na obszarze MFW.

3.2.2.4.1 Stacja pomiarowo-badawcza

Stacje pomiarowo-badawcze instalowane są w początkowych fazach rozwoju projektu MFW mając za zadanie dostarczanie danych nt. warunków panujących na wyznaczonym akwenie tj. m.in. parametrów wiatru i parametrów stanu morza. Stacje te najczęściej realizowane są w postaci pływających lidar lub zainstalowanych masztów meteorologicznych.

3.2.2.4.2 Stacja kontrolno-pomiarowa

Stacje kontrolno-pomiarowe mają za zadanie prowadzenie w czasie rzeczywistym monitoringu warunków i parametrów pracy MFW, przy pomocy systemów np. typu SCADA, jak np. pozycja łopat wirników danej MEW, aktualne parametry prądu w morskiej stacji transformatorowej, stan systemów i instalacji bezpieczeństwa itp.

3.3 Jednostki pływające

Jednostki pływające nie są elementami MFW, jednakże ich udział jest niezbędny na każdym etapie rozwoju projektu.

3.3.1 Jednostki badawcze

Jednostki, wykorzystywane do zbierania danych i informacji na temat uwarunkowań środowiskowych obszaru planowanej farmy wiatrowej m.in. jego biologii (np. występowanie ssaków morskich i ryb), geofizyki i geologii dna akwenu.

3.3.2 Jednostki instalacyjne

Główny podział jednostek instalacyjnych dotyczy ich przeznaczenia tj. instalacji infrastruktury liniowej (kablownce) oraz infrastruktury punktowej (MEW, morskie stacje transformatorowe). W zależności od typu i gabarytów elementów infrastruktury punktowej wykorzystywane są jednostki w postaci dźwigów pływających, jednostek samopodnośnych (*jack-up*), jednostek półzanurzalnych (*semi-submersible*) lub udźwigowionych ciężarowców (HLV). Po zastosowaniu odpowiedniego oprzyrządowania, ta sama jednostka może być wykorzystywana w procesach instalacyjnych różnych komponentów np. fundamentów typu monopala, a także RNA.

3.3.3 Jednostki utrzymania ruchu

Jednostki utrzymania ruchu obecne są na etapie rozruchu i eksploatacji MFW. W zależności od zakresu prac utrzymaniowych, wykorzystywane są różne jednostki, gdzie podstawowym parametrem ich doboru jest ich wielkość. Głównymi typami tych jednostek są jednostki CTV oraz jednostki SOV.

CZĘŚĆ II

Warunki środowiskowe i lokalizacyjne

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

W tej części Publikacji opisany jest zakres badań środowiskowych wykonywanych na obszarze przeznaczonym pod MFW i w jego rejonie. Badania dotyczą pozyskania danych meteorologicznych, biologicznych, geologicznych i innych wymaganych do rozwoju projektu.

Zbiory pozyskanych danych będą wykorzystywane minimum dwutorowo – w drodze pozyskiwania decyzji administracyjnych oraz w dalszych etapach rozwoju projektu MFW. Należy tak planować kampanie pomiarowo-badawcze, aby maksymalizować wykorzystanie zasobów ludzkich i sprzętowych, a tym samym mieć jak najmniejszy wpływ na środowisko poprzez np. zużycie paliw.

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- **PN-EN ISO 14040** Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura,
- **PN-EN ISO 22475-1** Rozpoznanie i badania geotechniczne – Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych – Część 1: Techniczne zasady wykonania (*Geotechnical investigation and testing – Sampling methods and groundwater measurements – Part 1: Technical principles for execution*),
- **PN-EN 1997-2** Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego (*Eurocode 7. Geotechnical design. Ground investigation and testing*),
- **PN-EN IEC 60721** Klasyfikacja warunków środowiskowych,
- **PN-EN IEC 61400-3** Turbozespoły wiatrowe – Część 3: Wymagania projektowe dla przybrzeżnych turbozespołów wiatrowych (*Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbine*),
- Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych.

1.2 Nadzór i certyfikacja

Nadzór i certyfikacja może obejmować poniższe aspekty:

- jakość i wiarygodność danych,
- metody pobierania i analizy próbek,
- metody analizy danych,
- raporty z prac badawczych.

2 METODYKA ETAPU BADAŃ

2.1 Badania onshore

Wybrana do zastosowania metodyka powinna determinować tryb przeprowadzenia badań środowiskowych i uwzględniać odpowiednie przepisy właściwe dla danego obszaru oraz wymagania dotyczące danych wsadowych kolejnych etapów rozwoju projektu MFW m.in. etapu projektowania.

2.2 Badania offshore

2.2.1 Badania meteorologiczne

Wynik przeprowadzonych badań powinien być efektem zaplanowanej kampanii pomiarowej obejmującej swoim zakresem czasowym min. 1 rok, pozwalając tym samym na obserwację charakterystycznych wartości ekstremalnych występujących w określonych czasookresach. Celem badań meteorologicznych jest pozyskanie danych dotyczących specyfiki warunków klimatycznych panujących na analizowanym obszarze. Najistotniejszymi danymi są parametry wiatru, które pozwolą określić roczny potencjał produkcji energii elektrycznej. Cechy mikroklimatu dostarczą również informacji nt. warunków brzegowych w wymaganiach projektowych dla infrastruktury MFW, np. obserwowana średnia temperatura zawęzi możliwości doboru materiałów

konstrukcyjnych; wilgotność może mieć wpływ na dobór odpowiednich systemów antykorozyjnych; natężenie słoneczne może informować o rozwoju organizmów żywych, a tym samym definiować tempo porostania konstrukcji.

2.2.2 Badania oceanograficzne

2.2.2.1 Batymetryczne

Badania batymetryczne wykorzystują zjawisko rozchodzenia się fal w wodzie. Pozwalają z dużą dokładnością określać głębokości oraz tworzyć trójwymiarowy obraz powierzchni dna stanowiący bazę do projektowania.

2.2.2.2 Geologiczne i geotechniczne

Badania geologiczne i geotechniczne dostarczą niezbędnych danych nt. miąższości i układu warstw dna morskiego oraz ich parametrów wytrzymałościowych, co pozwala zaprojektować konstrukcje wsporcze oraz odpowiednio zaplanować proces instalacyjny. Zaplanowana kampania pomiarowa powinna przewidywać odpowiednią ilość punktów pomiarów, które po analizie, dostarczą mapę o odpowiedniej rozdzielczości, pozwalającą na planowanie rozmieszczenia infrastruktury MFW z zakładaną na tym etapie dokładnością.

2.2.2.3 Geofizyczne

Badania geofizyczne obejmują szeroki zakres pomiarów wykorzystujących zjawiska fizyczne do obrazowania układu warstw podłoża. Należą do nich m.in. badania sonarowe, magnetometryczne, sejsmoakustyczne oraz sejsmiczne.

W trakcie badań geofizycznych sprawdza się również m.in. warunki hydrologiczne i hydrochemiczne (np. jakość wody, prądy i falowanie morskie, zmętnienie i zasolenie oraz przewodność elektryczną wody itd.). Istotnymi parametrami są również występujące warunki lodowe oraz warunki sejsmiczne. Kampania pomiarowa badań hydrologicznych i hydrochemicznych powinna trwać min. 1 rok, pozwalając na obserwację trendów sezonowych oraz ekstremów badanych parametrów.

2.2.2.4 Biologiczne

Należy odpowiednio zaplanować i przeprowadzić kampanie pomiarowe, aby otrzymać zgodny z wymaganiami obraz biosfery, w skład której wchodzi m.in. ssaki morskie, nietoperze, ptaki, ryby oraz organizmy bentosowe. W celu dokonania pomiaru liczebności ssaków morskich można posłużyć się metodą pomiaru i analizy tła akustycznego.

2.2.3 Badania antropogeniczne

Należy przeanalizować aktualną oraz potencjalną presję antropogeniczną, a także inne typy czynników będących efektem działań człowieka. W obszarze prac badawczych powinno się znaleźć rybołówstwo, dziedzictwo kulturowe, ruch statków, a także pozostawione UXO.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU BADAŃ ŚRODOWISKOWYCH I LOKALIZACYJNYCH

3.1 Badania geologiczne

Wyniki badań geologiczno-inżynierskich muszą dostarczać dostatecznej informacji, aby zapewnić rozwiązanie następujących zagadnień: osiadania, przemieszczeń cyklicznych, nośności granicznej, dynamiki konstrukcji, rozkładu naprężeń pod fundamentem, podmywania i erozji dna, upłynnienia gruntu, palowania, przebiccia warstwy mocnej.

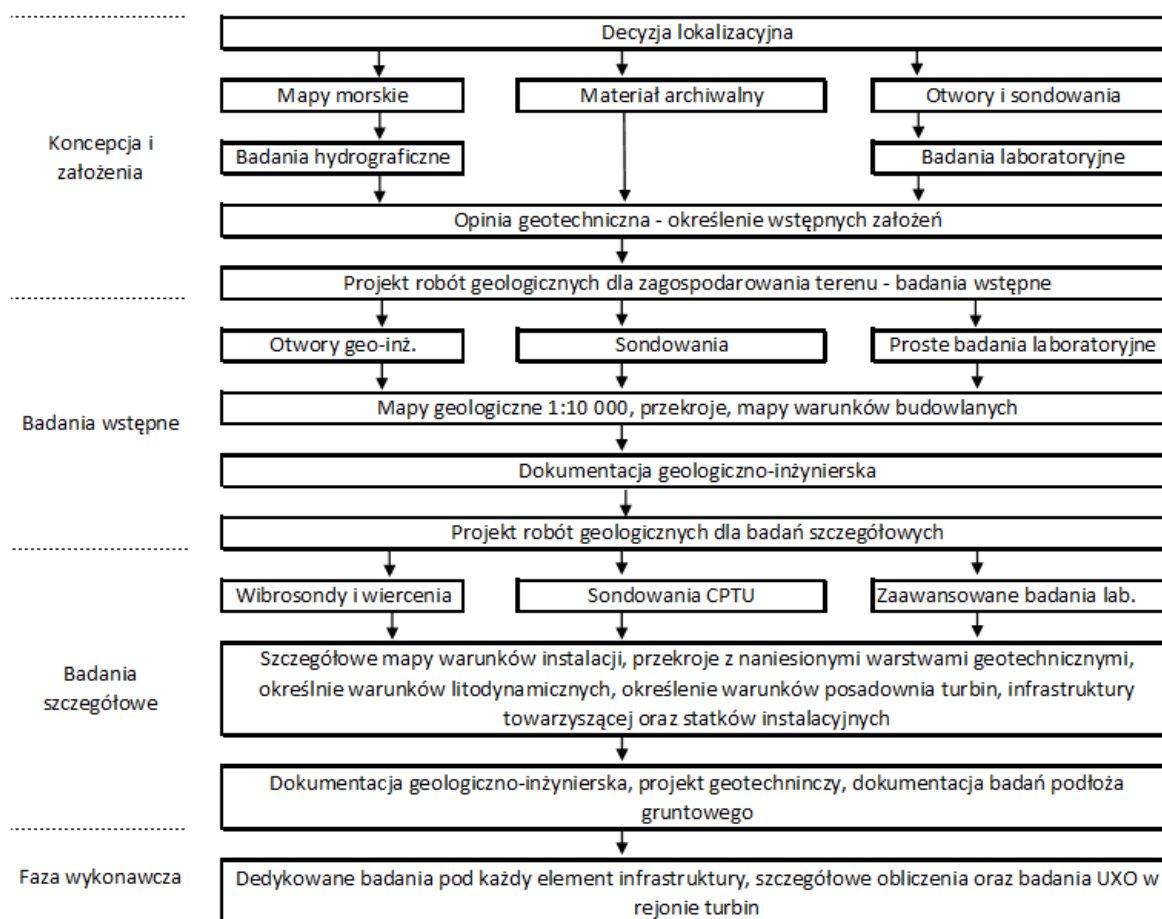
Szczegółowe badania dna morskiego powinny być poprzedzone dokumentacją projektową w zakresie prac geologicznych, spełniającą wymogi prawa krajowego.

Do wstępnych badań geologicznych należą m.in. pomiary batymetryczne, badania sonarowe, płytkie profilowanie sejsmoakustyczne, których celem jest sporządzenie szczegółowych map batymetrycznych dna morskiego oraz wstępnych przekrojów geologicznych, jak również zlokalizowanie przeszkód na dnie, takich jak głazy czy wraki statków.

Szczegółowe badania geologiczno-inżynierskie dna morskiego dla instalacji infrastruktury wykonywane są za pomocą wierceń oraz wgłębnych sondowań. Badania te powinny odpowiedzieć na następujące pytania:

- jaki jest układ warstw podłoża w miejscu projektowanej budowli,
- jakie są właściwości podłoża,
- jakie są właściwości poszczególnych warstw podłoża, znajdujących się w zasięgu wpływu projektowanej budowli,
- jakie mogą być konsekwencje wykonania budowli i w jaki sposób można im przeciwdziałać, jeżeli są szkodliwe.

Metodyka prowadzenia prac geologicznych dopuszcza podział prac na etapy zależne od stopnia szczegółowości danych wejściowych. Poniżej zaprezentowany przykładowy schemat działania:



Rys. 1 Przykładowy schemat realizacji prac geologicznych

3.1.1 Prace geologiczne

Wszystkie prace geologiczne realizowane w ramach rozpoznania warunków geotechnicznych dla potrzeb MEW należy prowadzić po spełnieniu wszelkich wymogów prawa krajowego oraz uzyskaniu wszelkich niezbędnych zgód i uzgodnień. Dotyczy to w szczególności zatwierdzenia dokumentacji projektowej i uprawnień osób wykonujących prace i roboty geologiczne. Prace geologiczne należy poprzedzić szczegółową analizą materiałów archiwalnych i dostępnej literatury. Wstępne założenia projektowe dotyczące posadowienia konstrukcji oraz procedur instalacji powinny być wykorzystane przy doborze liczby i rodzaju badań terenowych (*in-situ*) i laboratoryjnych, a także warunków ich przeprowadzenia.

Przed rozpoczęciem badań terenowych, poboru próbek i badań laboratoryjnych powinna zostać opracowana spójna koncepcja (strategia) badań podłoża, której realizacja zapewni osiągnięcie odpowiedniego stopnia rozpoznania warunków gruntowych.

PRS dopuszcza wykonywanie w ramach prac geologicznych dla poszczególnych konstrukcji różnej liczby badawczych otworów wiertniczych z wykorzystaniem jednej technologii lub kilku nawzajem się uzupełniających. Informacje te powinny znaleźć się w dokumentacji projektowej w zakresie prac geologicznych z odpowiednim uzasadnieniem ewentualnych odstępstw od aktów prawnych i norm wyższego rzędu.

3.1.2 Dokumentacja geologiczna

Wyniki prac geologicznych wraz z ich interpretacją, określeniem stopnia osiągnięcia zamierzonego celu wraz z uzasadnieniem przedstawia się w dokumentacji. W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby instalacji konstrukcji MFW należy sporządzić dokumentację geologiczno-inżynierską spełniającą wymogi prawa krajowego.

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH RODZAJÓW BADAŃ

4.1 Wiatr

Warunki wietrzne należy określać na podstawie pomiarów monitorujących na miejscu instalacji według rejestracji długookresowych. Zależnie od okoliczności, warunki miejscowe należy korelować z długookresowymi danymi z lokalnych stacji meteorologicznych.

Okres monitorowania powinien być dostatecznie długi, by uzyskać wiarygodne dane za okres przynajmniej dwunastu miesięcy. W przypadku gdy zmiany pór roku istotnie wpływają na warunki wietrzne, okres monitorowania powinien obejmować wymienione efekty.

4.1.1 Dane statystyczne dotyczące wiatru

W procesie projektowania konstrukcji wsporczej turbiny wiatrowej obciążenia od wiatru należy przyjmować na podstawie danych statystycznych dotyczących parametrów wiatru w rejonie instalacji turbiny.

Wspomniane dane statystyczne powinny być opracowane na podstawie pomiarów prędkości i kierunku wiatru. Należy przedstawić informację o czasie trwania pomiarów i usytuowaniu przyrządów pomiarowych nad poziomem morza oraz długości przedziałów czasu, w których uśredniono prędkość wiatru.

Rozkład prędkości wiatru w miejscu instalacji ma istotne znaczenie w procesie projektowania, gdyż określa on częstość występowania poszczególnych warunków obciążenia. Do obliczeń projektowych obciążeń należy przyjmować, że prędkość wiatru uśredniana w przedziałach 10-minutowych wykazuje rozkład Rayleigha.

Dane statystyczne dotyczące warunków środowiskowych (w szczególności wiatru) powinny być opracowane zgodnie z wymaganiami normy [IEC 61400-3, rozdział 12](#).

4.1.2 Parametry wiatru

Prognozowanie długoterminowe średniej i ekstremalnych (podmuchów) prędkości wiatru powinno być wykonywane z zastosowaniem wiarygodnych metod, a wyniki powinny być wyczerpująco przedstawione w dokumentacji dostarczonej do PRS.

Zalecane jest, aby dane statystyczne wykorzystywane do prognozowania długoterminowego prędkości wiatru bazowały na tej samej długości przedziału czasu uśredniania, który dotyczy obciążeń obliczeniowych.

Warunki wietrzne stosowane do wyznaczenia obciążeń obliczeniowych na konstrukcje wspanocze morskich turbin wiatrowych są charakteryzowane przez wartość średniej prędkości i turbulencji wiatru.

Zaleca się zwrócenie uwagi na fakt, że w przypadku, gdy w danych dotyczących prędkości wiatru występują trendy niskoczęstotliwościowe, to ocena intensywności turbulencji i innych parametrów wymaga szczególnej ostrożności.

W przypadku gdy ukształtowanie dna morskiego lub inne uwarunkowania lokalne (np. obecność obiektów pochodzenia antropogenicznego) mogą wpływać na intensywność turbulencji, to efekty te powinny znaleźć odzwierciedlenie w danych.

Na ocenę intensywności turbulencji może wywierać wpływ charakterystyka anemometru, prędkość próbkowania i czas uśredniania. Efekty te należy brać pod uwagę przewidując intensywność turbulencji na podstawie danych pomiarowych. Ponadto należy wziąć pod uwagę wpływ śladu aerodynamicznego sąsiednich MEW.

Warunki wietrzne stosowane w niniejszej Publikacji dzielą się na:

- normalne warunki wietrzne, które występują częściej niż jeden raz w roku,
- ekstremalne warunki wietrzne o wartościach dotyczących stosunkowo długich okresów powtarzalności.

Ekstremalne warunki wietrzne wykorzystuje się do określenia szczytowych obciążeń wywieranych przez wiatr. Warunki te obejmują szczytowe prędkości wiatru występujące podczas burzy i gwałtowne zmiany prędkości i kierunku wiatru. Warunki te uwzględniają potencjalne skutki turbulencji wiatru, w związku z czym w obliczeniach projektowych wystarczy brać pod uwagę tylko efekty deterministyczne.

4.2 Falowanie wody

4.2.1 Postanowienia ogólne

Sformułowano ogólne zasady, które należy stosować do wyznaczania parametrów falowania wody. Na podstawie tych parametrów wyznacza się tzw. fale obliczeniowe, które, wraz z innymi składnikami obciążeń środowiskowych, są stosowane do sformułowania obliczeniowych wariantów obciążeń – do wykonania analiz wytrzymałości konstrukcji.

Należy stosować się do wskazanych niżej rozdziałów/punktów normy [IEC 61400-3](#). Szczegółowe metody analiz i obliczeń powinny bazować na uznanych standardach. Powinny one być opisane i przedstawione PRS.

Opis falowania morza jest potrzebny do następnych analiz, które mają potwierdzić wystarczający poziom bezpieczeństwa konstrukcji:

- wartość ekstremalnych naprężeń w poszczególnych elementach konstrukcji,
- analiza drgań konstrukcji,
- analiza wytrzymałości zmęczeniowej,
- obciążenia udarowe lokalnych fragmentów konstrukcji,

- siła ścinająca i moment zginający (przewracający) w rejonie połączenia konstrukcji wsporczej z fundamentem,
- prześwit pomiędzy powierzchnią pofalowanej wody a usytuowanym wyżej fragmentem konstrukcji znacząco rozszerzonym w stosunku do zasadniczej części konstrukcji wsporczej, zanurzonej w wodzie (tzw. *air gap*) – jeśli ma zastosowanie.

Opis falowania wody powinien odzwierciedlać warunki środowiskowe w miejscu lokalizacji konstrukcji i być odpowiedni dla analizowanego typu konstrukcji wsporczej.

Należy wykorzystać dostępne dane statystyczne dotyczące prawdopodobieństwa wystąpienia falowania o określonych parametrach, takich jak wysokość znacząca fali (H_s), średni okres falowania (T_0) lub okres odpowiadający ekstremalnej wartości tzw. funkcji gęstości widmowej falowania (T_p) oraz kierunek przemieszczenia się fal.

4.2.2 Fale załamujące się

W przypadku fal na wodzie głębokiej może dochodzić do załamywania się grzbietów fal (zjawisko *breaking waves*), gdy stromizna fal (iloraz wysokości do długości fali) przekracza wartość ok. 1/7.

Na wodzie płytkiej zjawisko załamywania się fal występuje, gdy ich wysokość przekracza ok. 78% głębokości wody, przy czym duży wpływ na to zjawisko ma pochylenie dna akwenu w stosunku do poziomu. Zjawisko możliwego załamywania się fal powinno być uwzględnione przy wyznaczaniu obciążeń od falowania wody, szczególnie w przypadku wody płytkiej.

Szczegółowy opis zjawiska załamywania się fal, zawierający wiele użytecznych wzorów matematycznych, znajduje się w załączniku C normy [IEC 61400-3](#).

4.3 Prądy morskie

4.3.1 Postanowienia ogólne

Poniżej podano ogólne zasady, które należy stosować do określania rozkładu prędkości prądu morskiego, stosowanego do sformułowania obliczeniowych wariantów obciążeń.

Obciążenia te są następnie stosowane w analizie wytrzymałości konstrukcji i są spójne z wymaganiami rozdziału 6 normy [IEC 61400-3](#).

4.3.2 Składowe prędkości prądu i sposób ustalenia ich wartości obliczeniowych

Prąd morski może mieć istotny wpływ na wartości obciążeń działających na podwodną część konstrukcji oraz może wywoływać zmiany konfiguracji dna akwenu, wpływając w ten sposób na oddziaływanie dna akwenu na fundament.

Kierunek prądu morskiego wpływa także na rozmieszczenie na konstrukcji pomostów do cumowania statków/łodzi oraz rozmieszczenie odbojnic.

Rozkłady prędkości i kierunku prądu powinny być opracowane dla rejonu instalacji, z uwzględnieniem podziału prądu na składowe będące wynikiem [pływów księżycowych](#), pływów sztormowych oraz prądów w okolicy powierzchni wody, związanych z falowaniem wody i prędkością wiatru.

Na podstawie dostępnych danych statystycznych dla rejonu instalacji należy oszacować wartości ekstremalne prędkości prądu, przy powierzchni wody, o okresie powtarzalności 1 roku. Nie jest przy tym wymagane określenie rozkładu prędkości prądu w funkcji odległości od powierzchni wody, jeżeli nie są dostępne wyniki pomiarów (dane statystyczne) dotyczące tego parametru. Wystarczy zastosować standardowe zależności prędkości prądu w funkcji głębokości wody.

4.3.3 Założenia dotyczące prędkości prądu

Wyznaczając obciążenia obliczeniowe konstrukcji z uwzględnieniem oddziaływań prądu morskigo pomija się wahania prędkości prądu w czasie i w przestrzeni.

Zakłada się, że prędkość prądu ma ustalony kierunek, jest niezmienna w czasie, ale jej wartość zależy od współrzędnej pionowej (od odległości od powierzchni wody spokojnej).

Uwzględnia się następujące składowe prędkości prądu:

- prędkość podpowierzchniowa wynikająca z [pływów księżycowych](#) i sztormowych, zmienności ciśnienia atmosferycznego itp.,
- prędkość prądu w pobliżu powierzchni wody, wywołana oddziaływaniem wiatru,
- prędkość prądu w pobliżu brzegu akwenu, wywołana falowaniem wody, równoległe do brzegu.

Całkowita prędkość prądu jest sumą powyższych trzech składowych.

Ustalając obciążenia obliczeniowe zakłada się, że prędkość prądu i prędkości cząstek falującej wody są sumowane geometrycznie (wektorowo). Pomija się niewielki w rzeczywistości wpływ prędkości prądu na długość lub okresy fal.

Wpływ prędkości prądu na obciążenie konstrukcji o charakterze zmęczeniowym jest pomijalny w sytuacjach, gdy prędkość prądu jest znacznie mniejsza od ekstremalnych prędkości cząstek w falującej wodzie oraz gdy nie są wzbudzone istotne drgania konstrukcji wskutek wirów w wodzie opływającej elementy konstrukcji (*vortex shading*) lub oddziaływanie kry lodowej.

Decyzję o możliwości pominięcia wpływu prędkości prądu na zmęczenie konstrukcji podejmuje konstruktor, za zgodą PRS, w wyniku analiz statystycznych danych środowiskowych dotyczących miejsca instalacji.

4.4 Pływy i zmiany poziomu wody

Pływy morskie można podzielić na:

- pływy astronomiczne (księżycowe),
- pływy sztormowe (spowodowane działaniem wiatru i zmianami ciśnienia atmosferycznego).

Chwilowy poziom wody w miejscu usytuowania MEW zmienia się (wzrasta lub maleje) z powodu wymienionych wyżej pływów oraz przemieszczających się fal. Charakterystyczne poziomy wody w miejscu instalacji turbiny wiatrowej opisywane są poprzez poniższe parametry zgodne z [IEC 61400-3](#):

- najwyższy poziom wody spokojnej,
- najwyższy przyptyw astronomiczny,
- średni poziom wody,
- najniższy przyptyw astronomiczny,
- najniższy poziom wody,
- przyptyw sztormowy dodatni,
- zakres pływów astronomicznych,
- przyptyw sztormowy ujemny,
- najwyższy poziom grzbietów fal,
- najwyższy poziom dolin fal.

Poziom wody wymagany do sprawdzenia kryterium odpowiedniej wartości prześwitu pod dnem (pokładem) rozszerzonej części konstrukcji wsporczej (nad wodą) to HSWL. Zakres zmienności poziomu wody powinien być uwzględniony przy projektowaniu usytuowania pomostów komunikacyjnych i odbijaczy dla cumujących jednostek pływających oraz systemu ochrony przeciwkorozyjnej konstrukcji (w rejonie strefy zalewania). Charakterystyczne poziomy wody przyjęte w analizie wytrzymałości konstrukcji powinny być wyraźnie podane w dokumentacji przedstawionej PRS do akceptacji.

CZĘŚĆ III

Projektowanie

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

W tej części Publikacji można wyróżnić dwa zasadnicze elementy:

- projektowanie procesów
- projektowanie techniczne.

Projektowanie procesów dotyczy opracowania opcji działań, które będą prowadzone, aby zrealizować wybrany optymalny wariant realizacji projektu MFW.

Projektowanie procesów na tym etapie rozwoju projektu rozumiemy jako projektowanie koncepcyjne, pozwalające uzyskać parametry charakterystyczne analizowanych czynności umożliwiające wybór rozwiązania, które będzie realizowane w późniejszych etapach i których szczegółowe programowanie opisane zostało w dalszych częściach Publikacji. Poniżej przykładowe procesy, dla których można stworzyć koncepcje:

- koncepcje logistyczne – transportowe i instalacyjne,
- koncepcje utrzymania ruchu.

Specyficzna realizacja powyższych procesów jest związana z efektami projektowania technicznego, dlatego przy analizach prowadzących do np. wyboru typu konstrukcji wsporczej, należy brać je pod uwagę, w myśl zasady analizy całego cyklu życia produktu.

Niżej wymienione etapy procesu projektowania technicznego mają w odpowiednim zakresie zastosowanie do każdego typu prac projektowych.

W części dotyczącej projektowania technicznego określono warianty obciążeń, które należy uwzględnić w analizie wytrzymałości doraźnej i wytrzymałości zmęczeniowej konstrukcji wsporczej.

Obciążenia te dotyczą wszelkich etapów funkcjonowania konstrukcji, tzn. uwzględniają:

- załadunek na statek (na barkę, ponton, itp.),
- transport drogą morską do miejsca przeznaczenia,
- proces instalacji,
- uruchamianie (próby),
- eksploatacja,
- przeglądy, konserwacja, naprawy.

Obciążenia są klasycznie podzielone na kilka rodzajów (składowych).

Te składowe obciążenia działające jednocześnie powinny być tak dobierane, aby wywoływać najbardziej niekorzystne rozkłady naprężeń lokalnych i globalnych w konstrukcji wsporczej. Dotyczy to obciążeń działających jednocześnie z obciążeniami środowiskowymi. Przypadki obciążenia należy określać poprzez kombinację szczególnych sytuacji wynikających z montażu, instalacji, zabiegów związanych z utrzymaniem ruchu oraz eksploatacji lub projektowych stanów ruchu z warunkami zewnętrznymi. Rozważyć należy wszystkie wskazane na tej podstawie i prawdopodobne przypadki obciążeń, uwzględniając zachowanie się układu sterowania i zabezpieczeń.

Wymagania mają zastosowanie do konstrukcji wsporczych i platform wchodzących w skład MFW, zbudowanych ze stali lub betonu zbrojonego. Dotyczą one budowy oraz kryteriów oceny ich wytrzymałości i trwałości.

Celem obliczeń projektowych jest utrzymanie prawdopodobieństwa osiągnięcia stanu granicznego poniżej pewnej wartości przypisanej rozważanemu rodzajowi konstrukcji.

Niniejsza Publikacja dopuszcza dla m.in. etapu projektowania podział konstrukcji MEW i platformy transformatorowej na część podwodną oraz część nadwodną dla celów zastosowania odpowiednich przepisów. Dla części podwodnej tj. fundamentów mogą mieć zastosowanie odpowiednie akty prawne i przepisy właściwe dla działań budowlanych. Część nadwodna tj. wieża z RNA oraz

platforma transformatorowa może być traktowana jako pojedyncza maszyna/urządzenie, przy zastosowaniu odpowiednich przepisów dotyczących maszyn i urządzeń pracujących w warunkach morskich.

Wymagania dotyczące wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej konstrukcji wsporczej mają charakter ogólnikowy.

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- **Publikacja 105/P** – Jednostki morskie. Stacjonarne jednostki i urządzenia górnictwa morskiego. Przepisy budowy i nadzoru,
- **Publikacja 40/P** – Materiały i wyroby niemetalowe,
- **Publikacja 49/P** – Requirements concerning mobile offshore drilling units,
- **PN-EN ISO 19900-03** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Wymagania ogólne dotyczące konstrukcji morskich,
- **PN-EN ISO 19901-1** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Specyficzne wymagania dla konstrukcji przybrzeżnych. Część 1: Wymagania dotyczące projektowania i działania,
- **PN-EN ISO 19901-2** Przemysł naftowy i gazowniczy – Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich – Część 2: Sejsmiczne procedury projektowania i kryteria (*Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 2: Seismic design procedures and criteria*),
- **PN-EN ISO 19901-4** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich. Część 4: Uwarunkowania geotechniczne i konstrukcyjne fundamentu,
- **PN-EN ISO 19902** Przemysł naftowy i gazowniczy – Stałe stalowe konstrukcje przybrzeżne (*Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 19906** Przemysł naftowy i gazowniczy – Arktyczne konstrukcje morskie (*Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures*),
- **NACE SP0176** Corrosion Control of Submerged Areas of Permanently Installed Steel Offshore Structures Associated with Petroleum Production,
- **API RP 2N** Planning, Designing, and Constructing Structures and Pipelines for Arctic Conditions,
- **API RP 2A-WSD** Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design,
- **API RP 2A-LRFD** Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Load and Resistance Factor Design,
- **PN-EN IEC 61400-1** Turbozespoły wiatrowe – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa (*Wind Turbines – Part 1: Design Requirements*),
- **PN-EN IEC 61400-3** Turbozespoły wiatrowe – Część 3: Wymagania projektowe dla przybrzeżnych turbozespołów wiatrowych (*Wind turbines – Part 3: Design requirements for offshore wind turbine*),
- **PN-EN 1990** Eurokod – Podstawy projektowania konstrukcji,
- **PN-EN 1991-1-4** Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru (*Eurocode 1. Actions on structures. General actions. Wind actions*),
- **PN-EN 1992-1-1** Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (*Eurocode 2. Design of concrete structures. General rules and rules for buildings*),
- **PN-EN 1993-1-1** Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-1: Reguły ogólne i reguły dla budynków (*Eurocode 3. Design of steel structures. General rules and rules for buildings*),
- **PN-EN 1993-1-6** Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych – Część 1-6: Wytrzymałość i stateczność konstrukcji powłokowych (*Eurocode 3. Design of steel structures. Strength and Stability of Shell Structures*),

- **PN-EN 12495** Ochrona katodowa stałych stalowych konstrukcji przybrzeżnych (*Cathodic protection for fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 12944** Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych (*Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*),
- **PN-EN ISO 1461** Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową – Wymagania i metody badań (*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*),
- **ISO 20340** Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures,
- **PN-EN 196-1** Metody badania cementu – Część 1: Oznaczanie wytrzymałości (*Methods of testing cement – Part 1: Determination of strength*),
- **PN-EN 206** Beton – Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność,
- **ISO 6934** Steel for the prestressing of concrete,
- **PN-ISO 6935** Stal do zbrojenia betonu (*Steel for the reinforcement of concrete*),
- **PN-EN 12350** Badania mieszanki betonowej,
- **PN-EN 1015** Metody badań zapraw do murów,
- **PN-EN 445** Zaczyn iniekcyjny do kanałów kablowych – Metody badań,
- **ASTM C1741** Standard Test Method for Bleed Stability of Cementitious Post-Tensioning Tendon Grout,
- **ASTM C940** Standard Test Method for Expansion and Bleeding of Freshly Mixed Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory,
- **ASTM A775 / A775M** Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars,
- **ASTM A934 / A934M** Standard Specification for Epoxy-Coated Prefabricated Steel Reinforcing Bars,
- **ASTM C1437** Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar,
- **ASTM C953** Standard Test Method for Time of Setting of Grouts for Preplaced-Aggregate Concrete in the Laboratory,
- Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych,
- Akty prawne właściwe dla działań budowlanych.

1.2 Nadzór i certyfikacja

- certyfikacja projektów elementów i podzespołów wchodzących w skład MFW,
- weryfikacja projektu wieży,
- weryfikacja projektu fundamentów,
- weryfikacja obliczeń stanów dynamicznych konstrukcji,
- weryfikacja układu bezpieczeństwa,
- weryfikacja systemów sterowania, monitorowania, kontroli dostępu,
- weryfikacja systemów elektrycznych,
- weryfikacja systemów bezpieczeństwa np. ochrony przed skutkami uderzenia pioruna.

2 METODYKA ETAPU PROJEKTOWANIA TECHNICZNEGO

Niniejsze przepisy wymagają, by projektowe obciążenia dynamiczne przewidywać w oparciu o model dynamiki konstrukcji. Model ten należy stosować celem określenia obciążeń w całym zakresie prędkości wiatru, uwzględniając warunki związane z turbulencją oraz inne ekstremalne warunki, a także projektowe stany ruchu. Przeanalizować należy wszystkie odpowiednie kombinacje warunków zewnętrznych i projektowych stanów ruchu. Należy zakładać, że ekstremalne warunki środowiskowe mogą wystąpić jednocześnie z normalnymi warunkami np. wietrznymi, falowania i prądu morskiego. Minimalny zestaw takich kombinacji określono w niniejszych przepisach jako stany obciążeń.

Celem zwiększenia zaufania do przyjętych wartości projektowych oraz weryfikacji modeli dynamiki konstrukcji i projektowych stanów ruchu można posłużyć się wynikami badań prototypów.

Weryfikacje trafności projektu należy wykonywać metodą obliczeniową i/lub poprzez badania doświadczalne. Jeśli podczas weryfikacji korzysta się z wyników doświadczalnych, to celem odzwierciedlenia wskazanych wartości charakterystycznych i projektowych stanów ruchu należy wskazać warunki zewnętrzne podczas badań. Dobór warunków badań, w tym prób obciążenia, powinien uwzględniać odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa.

Należy określić warunki wiatrowe i projektowe stany ruchu podczas transportu, instalacji, a także prowadzenie prac konserwacyjnych i remontowych. W projekcie powinny być rozpatrzone maksymalnie dopuszczalne warunki wiatrowe, mogące spowodować znaczące obciążenia.

2.1 Zastosowane metody stanów granicznych. Uwzględnione stany graniczne

Naprężenia zwykle są określane modelami matematycznymi. Upraszcza się i aproksymuje w nich zachowanie się konstrukcji lub jej elementów składowych oraz rodzaj obciążeń jakim podlegają. Model i typ wybranej aproksymacji musi być odpowiedni do badanych stanów granicznych. Wymiarowanie modelu jest możliwe po uzyskaniu wyników testów. Jako uzupełnieniem do ogólnego modelu obliczeniowego może okazać się konieczne zbadanie wytrzymałości lokalnych (np. w strefach skoncentrowanego obciążenia).

Uwzględnia się następujące stany graniczne:

- ULS (*ultimate limit state*) – stan nośności granicznej; dotyczy odporności na uplastycznienie materiału i wyboczenie (konstrukcje stalowe) lub zdolności przenoszenia momentów zginających i sił osiowych (konstrukcje betonowe); efektem przekroczenia może być np.:
 - utrata równowagi konstrukcji lub jej części uważanej za ciało sztywne (np. upadek),
 - rozerwanie krytycznych odcinków konstrukcji wskutek przekroczenia granicy wytrzymałości (w niektórych przypadkach obniżonej wskutek wielokrotnych obciążeń lub graniczne odkształcenie materiału),
 - przekształcenie konstrukcji w dynamiczny układ mechaniczny (np. zapadnięcie się), utrata stateczności (wyboczenie, itp.).
- SLS (*serviceability limit state*) – stan graniczny użyteczności (w przypadku konstrukcji stalowych dotyczy poziomu odkształceń konstrukcji, a w przypadku konstrukcji betonowych – dopuszczalnej wielkości szczelin w betonie); efektem przekroczenia mogą być np.:
 - odkształcenia, które naruszają możliwość efektywnego wykorzystania lub estetykę elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych,
 - nadmierne drgania, uciążliwe dla otoczenia lub uszkadzające elementy niekonstrukcyjne i wyposażenie (szczególnie w przypadku rezonansu),
 - uszkodzenia miejscowe (w tym pęknięcia) obniżające trwałość konstrukcji lub wpływające niekorzystnie na sprawność lub wygląd elementów konstrukcyjnych i niekonstrukcyjnych.
- FLS (*fatigue limit state*) – stan graniczny zmęczenia.

W przypadku powyższych stanów granicznych obowiązują kryteria oceny wytrzymałości lub sztywności konstrukcji z zastosowaniem cząstkowych współczynników bezpieczeństwa (LRFD – *Load and Resistance Factor Design*).

Cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa zależą od niepewności (dokładności) oraz niejednorodności obciążeń i materiałów, dokładności metod analizy, a także od ważności elementów konstrukcyjnych ze względu na skutki awarii.

Cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa ze względu na obciążenia powinny uwzględniać:

- możliwość niekorzystnych odchyłeń obciążenia od wartości charakterystycznej,
- niedokładność związaną z przyjętym modelem obciążenia.

Cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa ze względu na materiał powinny uwzględniać:

- możliwość niekorzystnych odchyień wytrzymałości materiału od wartości charakterystycznej,
- możliwość niedokładnej oceny odporności lub nośności elementów konstrukcji,
- niepewność parametrów geometrycznych,
- niepewność związku między własnościami materiału w konstrukcji a własnościami wyznaczonymi na podstawie badań próbek kontrolnych, tj. niepewność konwersji.

Przeprowadzając ocenę zgodności konstrukcyjnej można posługiwać się odpowiednimi międzynarodowymi i krajowymi normami materiałowymi. Szczególną ostrożność należy zachować, stosując cząstkowe współczynniki bezpieczeństwa z norm krajowych lub międzynarodowych wraz ze współczynnikami z niniejszych przepisów. Należy upewnić się, czy ostateczny poziom bezpieczeństwa nie jest mniejszy niż poziom bezpieczeństwa przewidywanego przez niniejsze przepisy.

2.1.1 Cechy dynamiczne konstrukcji

Do oceny bezpieczeństwa konstrukcji należy porównać wartość częstości drgań własnych systemu złożonego z konstrukcji wsporczej z częstościami wymuszeń dynamicznych wynikających z prędkości obrotowej rotora, częstości drgań własnych płatów rotora i innych elementów turbiny lub platformy oraz częstościami wymuszeń od falowania wody.

Należy oszacować wpływ na częstość drgań własnych tłumienia aerodynamicznego i hydrodynamicznego, tłumienia materiałowego konstrukcji oraz tłumienia od strony gruntu i fundamentu.

Należy uwzględnić także wymuszenia od wirów (*Vortex-induced vibrations*) tworzonych w powietrzu (wiatr) i w wodzie (fale morskie i prąd).

Należy ocenić wpływ możliwych przemieszczeń gruntu dna, podmywania fundamentu, itp. na częstości drgań własnych konstrukcji.

2.1.2 Okres eksploatacji konstrukcji

Niniejsze wytyczne PRS do projektowania konstrukcji wsporczych turbin wiatrowych opierają się na założeniu, że turbina jest eksploatowana przez minimum 20 lat.

Możliwość eksploatacji konstrukcji w dłuższym okresie niż 20 lat będzie oceniana przez PRS na podstawie oceny projektu m.in. pod kątem zastosowanych współczynników bezpieczeństwa.

2.2 Procesy etapu projektowania technicznego

2.2.1 Projekt koncepcyjny

Elementem projektu koncepcyjnego może być wykonanie studium wykonalności, będącego podstawą do podjęcia decyzji o rozpoczęciu prac projektowych. Projekt koncepcyjny jest wstępnym zobrazowaniem (np. w postaci modeli i szkiców) funkcjonalności i ich zdolności (np. możliwe procesy technologiczne) na bazie przyjętych założeń dot. strategicznych celów danego elementu infrastruktury. Należy brać pod uwagę zebrane informacje o danej lokalizacji, w tym uwarunkowania środowiskowe, uwzględniające współczynniki bezpieczeństwa wynikające z warunków geologicznych i geotechnicznych.

2.2.2 Projekt wstępny – techniczny

Projekt wstępny (FEED) skupia się na stworzeniu wymagań technicznych w ramach specyfikacji funkcjonalności. W zakres projektu wstępnego należy ująć dobór technologii procesowych, plan rozmieszczenia i konfiguracji obiektów, a także dokonać wstępnej optymalizacji rozwiązań, przedstawianych w formie schematów i diagramów. Prace wykonywane w ramach projektu wstępnego bazują na zidentyfikowanych i skwantyfikowanych obciążeniach, które są podstawą doboru metod obliczeniowych, pozwalających określić wymagane wytrzymałości oraz wstępnie zwymiarować projektowany element MFV.

2.2.3 Projekt szczegółowy – wykonawczy

Zawartość i stopień szczegółowości tego etapu projektowania technicznego powinien umożliwić uzyskanie wymaganych prawem pozwoleń, a także umożliwić dokonanie przez PRS oceny bezpieczeństwa projektowanych rozwiązań. W zależności od typu i zakresu projektowanego elementu wymagane może być przedstawienie technologii wykonania, użytych materiałów, a także charakterystyk elementów procesowych poszczególnych systemów.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU PROJEKTOWANIA TECHNICZNEGO

3.1 Projekt wstępny

3.1.1 Rodzaje obciążeń

W analizie wytrzymałości konstrukcji wsporczej należy uwzględnić następujące rodzaje obciążeń:

- obciążenia statyczne,
- obciążenia robocze,
- obciążenia wynikające z różnych odkształceń (temperaturowych, odkształceń gruntu w rejonie fundamentu, itp.),
- obciążenia wynikające z warunków środowiskowych (pozyskanych w trakcie działań omówionych w [części II](#)),
- obciążenia w warunkach ruchów konstrukcji (drgań).

3.1.1.1 Obciążenia statyczne

Podstawowe składowe obciążeń statycznych to:

- ciężar własny RNA (uwzględniający wszystkie elementy wewnątrz gondoli, takie jak generator prądu, przekładnia, system kontrolny, kable, itp.),
- ciężar własny kompletnej konstrukcji wsporczej poniżej RNA wraz z elementami wyposażenia, takimi jak pokład komunikacyjny, odbijacze, drabiny, system ochrony przed korozją, kable, itp.,
- ciężar fundamentu,
- ciśnienie hydrostatyczne o wartościach stosownych do usytuowania elementów konstrukcji wsporczej w stosunku do powierzchni swobodnej wody,
- statyczne oddziaływanie gruntu na fundament.

3.1.1.2 Obciążenia robocze

Obciążenia robocze występują w normalnych warunkach eksploatacyjnych konstrukcji. Ich wartości nie są stałe. Wynikają one z różnych operacji niezbędnych do funkcjonowania urządzeń technicznych.

Typowe obciążenia robocze to:

- ciężar własny personelu i zapasów niezbędnych do funkcjonowania urządzeń technicznych,
- siły od kontaktu ze statkiem zaopatrzeniowym zacumowanym do konstrukcji wsporczej,
- siły oddziaływania urządzeń dźwignicowych w procesach montażu i obsługi urządzenia technicznego,
- obciążenie od lądującego śmigłowca (może dotyczyć konstrukcji zawierających lądowisko śmigłowców),
- obciążenia przekazywane na konstrukcję wsporczą przez pracujące urządzenie techniczne.

Oddziaływanie RNA na konstrukcję wsporczą zależy od parametrów sieci elektrycznej, której elementem jest generator prądu turbiny wiatrowej. Normalne wartości parametrów sieci lub dopuszczalny zakres ich zmienności określono w normie [IEC 61400-3](#). Wpływ tych parametrów sieci na obciążenie przekazywane przez RNA na konstrukcję wsporczą należy przyjmować wg normy [IEC 61400-1](#).

W procesie projektowania konstrukcji wsporczej należy uwzględnić dynamiczny charakter oddziaływań obciążeń roboczych, jeżeli ma to zastosowanie.

Należy także rozważyć obciążenia należące do kategorii roboczych, występujące w procesie załadunku konstrukcji na statek, transportu morskiego oraz procesu instalacji konstrukcji.

3.1.1.3 Obciążenia wynikające z różnych odkształceń

Różnice temperatury w różnych rejonach konstrukcji wsporczej mogą wywołać naprężenia o istotnych wartościach.

Konieczność uwzględnienia takich naprężeń w ocenie wytrzymałości konstrukcji powinna być przeanalizowana przez konstruktorów i uzgodniona z PRS.

Należy także przeanalizować wpływ teoretycznie możliwych przemieszczeń i odkształceń gruntu w rejonie fundamentu i ich wpływ na poziom naprężeń w konstrukcji wsporczej.

3.1.1.4 Obciążenia środowiskowe

Konstrukcje MFW powinny być projektowane z uwzględnieniem oddziaływania środowiska (wiatr, falowanie wody, oddziaływanie gruntu dna morza, itp.) o parametrach wynikających z miejsca instalacji.

Oddziaływanie środowiska należy uwzględnić przy planowaniu procesów transportu, montażu konstrukcji, eksploatacji, a następnie jej demontażu. Uwzględnia się przy tym tzw. obliczeniowe (charakterystyczne) wartości oddziaływania środowiska.

Należy wykorzystać dostępne dane statystyczne dotyczące parametrów oddziaływania środowiska oraz wiarygodne modele matematyczne do oszacowania ekstremalnych wartości tych parametrów. Powyższe dane statystyczne i zastosowane modele matematyczne powinny być opisane i przedstawione PRS do wglądu.

Warunki wietrzne stosowane w rozważaniach dotyczących obciążenia i bezpieczeństwa dzieli się na normalne warunki wietrzne występujące często podczas normalnej pracy oraz warunki ekstremalne, które określa się dla rocznego lub 50-letniego okresu rekurencyjnego.

Przy projektowaniu konstrukcji należy uwzględnić następujące rodzaje (typy) obciążeń i parametry środowiska:

- wiatr,
- fale morskie,
- prąd morski,
- przyływy/odływy mórz i zmiany poziomu wody, sezonowe oraz w warunkach sztormowych,
- temperatura powietrza i wody morskiej,
- zasolenie,
- gęstość powietrza,
- akumulacja lodu i śniegu na konstrukcji,
- porosty morskie na powierzchni elementów konstrukcji,
- lód na powierzchni wody,
- warunki sejsmiczne oraz geologiczne.

3.1.2 Charakterystyka wybranych rodzajów obciążeń

3.1.2.1 Obliczanie obciążeń środowiskowych

Do wyznaczenia obciążeń środowiskowych PRS zaakceptuje zastosowanie dobrze udokumentowanych metod obliczeniowych, o potwierdzonej w praktyce wystarczającej dokładności i odpowiednich do proponowanego typu konstrukcji i warunków środowiskowych w miejscu instalacji.

Metody wyznaczania oddziaływania warunków środowiskowych na konstrukcje mogą bazować na odpowiednich badaniach modelowych lub pomiarach w warunkach rzeczywistych, dotyczących podobnych konstrukcji do projektowanej.

3.1.2.1.1 Trzęsienie ziemi

W przypadku konstrukcji zainstalowanych w rejonach aktywnych sejsmicznie należy uwzględnić wpływ zmiennych w czasie przemieszczeń gruntu, w którym zainstalowana jest konstrukcja, na poziom naprężeń w niej występujących.

Wymuszenia działające na konstrukcję od strony dna morskiego, w formie zadanych przemieszczeń pionowych i poziomych zmiennych w czasie, będących wynikiem trzęsienia ziemi, należy przyjmować na podstawie dostępnych zarejestrowanych przebiegów zdarzeń tego typu. Alternatywnie można stosować standardowe funkcje gęstości widmowej przemieszczeń gruntu podczas trzęsienia ziemi, zalecane w standardzie [API RP 2A-WSD](#).

W analizie wytrzymałości konstrukcji w warunkach trzęsienia ziemi należy uwzględnić także takie efekty towarzyszące temu zjawisku, jak upłynnienie gruntu w rejonie fundamentu, możliwe przekroczenie wytrzymałości gruntu na ścinanie, masy wody towarzyszące drgającej konstrukcji, generowane fale morskie (tsunami), itp.

3.1.2.1.2 Uwzględnienie porostania konstrukcji

Porastanie konstrukcji (małże, wodorosty, itp. na elementach konstrukcji zwilżonych wodą) powoduje wzrost ciężaru konstrukcji, wzrost średnicy elementów powodujących wzrost obciążeń hydrodynamicznych od fal i prądu oraz wzrost szorstkości powierzchni skutkujący wzrostem współczynnika C_d .

Zjawisko to ma wpływ na obciążenia hydrodynamiczne, cechy dynamiczne (np. zmiana częstości drgań własnych), dostępność konstrukcji do przeglądów oraz intensywność korozji.

Proces porostania konstrukcji na ogół rozpoczyna się intensywnie zaraz po ustawieniu konstrukcji w sporczej na dnie morza, ale z biegiem czasu intensywność porostania (przyrost grubości warstwy porostów) staje się coraz mniejsza.

Intensywność porostania elementów konstrukcji i rodzaj gromadzenia się porostów zależy głównie od położenia elementu konstrukcji względem powierzchni wody, jego usytuowania względem dominujących kierunków prądu i fal, ale także od zasolenia, temperatury i zawartości tlenu w wodzie.

Porosty wpływają na intensywność korozji, szczególnie w strefie zmiennego zanurzenia (wskutek pływów astronomicznych i fal) oraz w rejonach stosunkowo mało oddalonych od średniego poziomu powierzchni wody spokojnej. Porosty mogą zaburzyć system ochrony konstrukcji przed korozją (powłoki malarskie, ochrona katodowa).

Konstruktor powinien oszacować grubość porostów na powierzchni konstrukcji, w zależności od czasu eksploatacji konstrukcji i współrzędnej pionowej (od odległości od średniego poziomu wody) – na podstawie dostępnych danych z pomiarów dotyczących innych konstrukcji usytuowanych wcześniej w pobliżu planowanej lokalizacji turbiny wiatrowej.

W projekcie konstrukcji w sporczej można założyć, że porosty są usuwane po przekroczeniu pewnej zadanej wartości grubości.

W takiej sytuacji należy zaplanować odpowiedni zakres i harmonogram przeglądów oraz prac konserwacyjnych (usuwanie porostów) – aby nie dopuścić do wystąpienia obciążeń środowiskowych o wartościach większych od założonych w projekcie.

3.1.2.1.3 Obciążenia od lodu

Obciążenie o charakterze udarowym (symetryczne lub asymetryczne) powinno być uwzględnione, gdy jest spowodowane przemieszczaniem się kry lodowej lub większych mas lodu (bryły lodu wieloletniego, góry lodowe) wskutek prądu morskiego, falowania wody i oddziaływania wiatru.

Dane statystyczne dotyczące lodu na powierzchni wody powinny być wykorzystane do oszacowania takich istotnych parametrów lodu i zagadnień związanych z lodem jak:

- grubość tafli lodowej o okresie powtarzalności 50 lat (H),
- wytrzymałość lodu na kruszenie (σ_c),
- zagrożenie przemieszczaniem się kry lodowej wskutek prądu morskiego lub falowania wody,
- obciążenie konstrukcji od lodu wskutek zmian poziomu wody,
- koncentracja (gromadzenie się) lodu w sąsiedztwie konstrukcji.

Wytyczne dotyczące obliczenia obciążeń od lodu podano w normie IEC 61400-3, załącznik E.

Wielkość obciążeń od lodu zależy od lokalnych warunków klimatycznych, poziomu wody, możliwych przemieszczeń oraz od wielkości i kształtu konstrukcji.

Należy uwzględnić następujące formy obciążeń od lodu:

- obciążenie poziome od stałej pokrywy lodowej w rejonie konstrukcji wsporczej, wywołane zmianami temperatury,
- obciążenie poziome od stałej pokrywy lodowej, wywołane wahaniem poziomu wody i tzw. efektem „rozporowym” (*arch effect*),
- obciążenie poziome od przemieszczających się tafli lodu,
- obciążenie pionowe od stałej pokrywy lodowej, wywołane zmianami poziomu wody,
- ciśnienie od lodu spiętrzonego nad i pod wodą (*inmocked ice, ice ridges*).

Raport opisujący zastosowany sposób wyznaczania obciążeń od lodu i ich zastosowanie w modelu obliczeniowym do analizy wytrzymałości konstrukcji należy przedłożyć PRS, do wglądu.

Należy założyć, że obciążenia od lodu mogą obciążać konstrukcję w zakresie normalnego zakresu zmian poziomu wody (NWLRL).

Zakłada się, że falowanie wody ma pomijalny wpływ na obciążenia od lodu (tzn. jest pomijane). W wielu przypadkach wymagane jest wykonanie analizy dynamicznej odzewu konstrukcji na obciążenia od lodu, z uwzględnieniem możliwości wystąpienia pulsacji obciążeń wywołujących zjawiska rezonansowe. Celowe może być wykonanie badań modelowych do oszacowania obciążeń od lodu.

3.2 Projekt szczegółowy

3.2.1 Systemy

Wyposażenie definiujemy jako zespół instalacji i systemów urządzeń technicznych współpracujących ze sobą w konkretnych celach funkcjonalnych.

PRS jako najważniejsze traktuje systemy bezpieczeństwa oraz systemy produkcyjne – w przypadku MFW są to systemy elektryczne (m.in. energoelektryczne).

Należy przedstawić do rozpatrzenia dokumentację zawierającą:

- opis układu sterowania i zabezpieczeń elementów MFW,
- szczegółową listę ostrzeżeń, alarmów i blokad dla układów sterowania i bezpieczeństwa z podaniem zakresów pracy poszczególnych układów i progów nastaw elementów kontroli i zabezpieczeń.

W przypadku całego wyposażenia zainstalowanego na zewnątrz należy określić warunki środowiskowe miejsca zainstalowania zgodnie z [Publikacji 11/P](#). Szczegóły procedury prób włącznie z kryteriami akceptacji i określeniami eksploatacyjnymi powinny być przedstawione PRS.

Należy wykazać, że całe wyposażenie zainstalowane na zewnątrz jest zdolne wytrzymać takie warunki, jak określono. Wykonać to należy poprzez zastosowanie procedur prób środowiskowych.

3.2.1.1 Systemy bezpieczeństwa

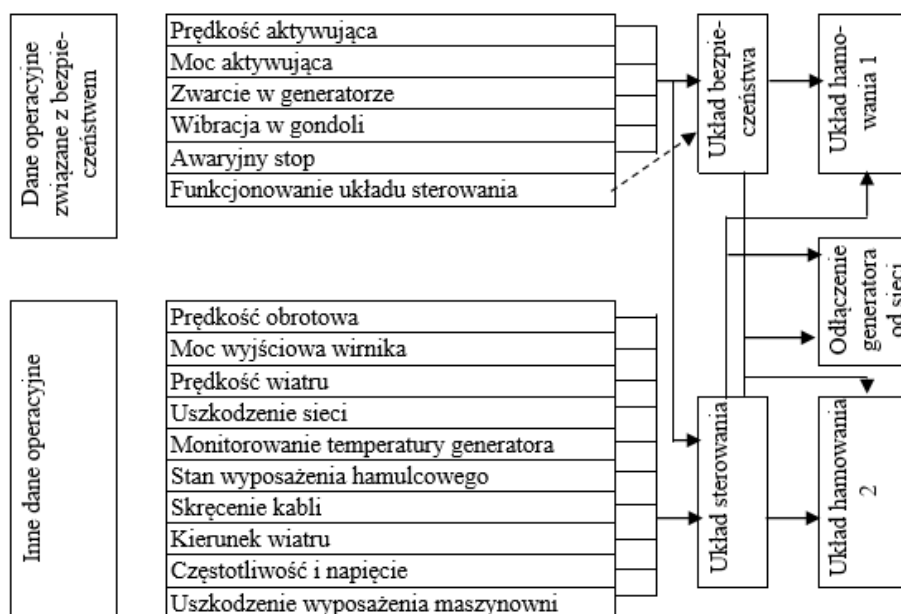
Jako najważniejsze systemy bezpieczeństwa PRS traktuje systemy ochrony przeciwpożarowej, przeciwybuchowej, przeciwporażeniowej oraz ochrony środowiska – w odpowiednim zakresie [Publikacji 105/P, część V i część VIII](#).

Celem systemów bezpieczeństwa jest zapewnienie, że (nawet w przypadku nieprawidłowego działania) infrastruktura MFW pozostanie w pozycji (warunkach) bezpiecznej. Zadaniem układu bezpieczeństwa w przypadku powstania jakiegokolwiek nieprawidłowości jest zapewnienie, by instalacja zachowała się zgodnie z założoną koncepcją bezpieczeństwa.

System bezpieczeństwa jest systemem nadrzędnym nad systemem sterowania. Zaczyna on działać w przypadku przekroczenia bezpiecznych granic parametrów, oraz jeśli system sterowania nie jest zdolny utrzymać elementów MFW wewnątrz granic normalnej pracy. System bezpieczeństwa jest przeznaczony do utrzymania instalacji w bezpiecznym stanie w spodziewanych warunkach nienormalnych lub awaryjnych, spowodowanych przyczynami wewnętrznymi i/lub zewnętrznymi.

Niżej opisano przypadki, kiedy niesprawność powinna aktywować układ bezpieczeństwa bezpośrednio i/lub jaka powinna być reakcja układu sterowania.

Poniższy przykładowy rysunek przedstawia graficznie współdziałanie układów sterowania i bezpieczeństwa.



Rys. 2 Przykład współdziałania układów sterowania i bezpieczeństwa

Uszkodzenie pojedynczego elementu, który ma wpływ na funkcjonowanie układu bezpieczeństwa, np. czujnika lub układu hamowania, nie może prowadzić do niesprawności funkcjonalnej całego systemu bezpieczeństwa (stosowanie zasady pojedynczego uszkodzenia w układzie związanym z bezpieczeństwem). Równoczesne uszkodzenie dwóch niezależnych elementów jest klasyfikowane jako zdarzenie mało prawdopodobne i dlatego może być w niektórych przypadkach pominięte w zgrubnych analizach. Tam gdzie elementy są współzależne, ich wspólne uszkodzenie może być niekiedy traktowane jako jedno uszkodzenie. Poszczególne elementy systemu bezpieczeństwa powinny być najwyższej jakości w odniesieniu do pewności funkcjonowania i powtarzalności działania.

System bezpieczeństwa powinien być całkowicie niezależny funkcjonalnie od systemu sterowania. System bezpieczeństwa musi mieć dostęp do dwóch całkowicie niezależnych układów sterowania działających jednocześnie. Przez niezależny rozumie się, że potencjalne uszkodzenia o wspólnej przyczynie, a szczególnie błędy systematyczne, muszą być rygorystycznie unikane w fazie projektowej konstruowania układu. W konsekwencji uszkodzenie pojedynczego elementu nie może spowodować niesprawności funkcjonalnej systemu sterowania i systemu bezpieczeństwa.

Wartości limitujące wyzwalające działanie systemu bezpieczeństwa powinny być zdefiniowane w taki sposób, aby nie zostały przekroczone projektowe wartości bazowe, a MFW nie była narażona na niebezpieczeństwo, ale także by ingerencja systemu bezpieczeństwa w system sterowania nie była nieuzasadniona.

System bezpieczeństwa powinien mieć wyższe (w stosunku do systemu sterowania) uprzywilejowanie dostępu do minimum dwóch systemów sterowania i wyposażenia służącego do odłączenia MFW od sieci. Po uruchomieniu (w przypadku odchylenia od normalnych granic pracy), system bezpieczeństwa musi wykonać swoje zadanie bezzwłocznie, utrzymując MFW w stanie bezpiecznym i, kiedy to możliwe, zainicjować tryb powrotu do normalnych warunków pracy z pomocą wszystkich systemów sterowania będących do dyspozycji np. poprzez obniżanie prędkości wirnika.

Aktywacja układu bezpieczeństwa nie musi powodować natychmiastowego rozłączenia od sieci. Jeśli układ bezpieczeństwa został aktywowany, w każdym wypadku konieczne jest ręczne kasowanie blokady. Kasowanie zadziałania systemu bezpieczeństwa powinno być niezależne od systemu sterowania i nie może być aktywowane automatycznie. Jeśli system bezpieczeństwa był uruchomiony przed zanikiem napięcia sieci, odblokowanie nie może być aktywowane automatycznie po powrocie napięcia sieci. Sposób kasowania danej blokady powinien być tak dobrany, aby przed skasowaniem operator miał możliwość sprawdzenia stanu układu aktywującego system bezpieczeństwa.

PRS może dopuścić do eksploatacji rozwiązanie, w którym elementy wejściowe są wspólne dla układów sterowania i bezpieczeństwa, jeśli układ będzie wykonany w konwencji 2 z 3 to znaczy:

- każdy istotny dla bezpieczeństwa parametr kontrolowany jest przez 3 niezależne układy. Szeroko rozumiane uszkodzenie obwodu jednego z układów daje tylko sygnał błędu (alarm o uszkodzeniu) bez odstawienia układu. Uszkodzenie obwodów dwóch układów powoduje zadziałanie układu bezpieczeństwa i wyłączenie elementu MFW.
- wszystkie elementy układów sterowania i bezpieczeństwa wykonane będą w podwyższonym standardzie. Wymagania dla obwodów wyjściowych pozostają bez zmian.

Jakakolwiek ręczna lub automatyczna interwencja nie może zakłócić funkcjonowania układu bezpieczeństwa. Każdy element pozwalający na ręczną interwencję powinien być wyraźnie oznaczony i opisany.

3.2.1.2 Systemy elektryczne

Systemy elektryczne powinny spełniać wymagania [Publikacji 105/P, część VI](#) oraz [Publikacji 49/P](#), a także odpowiednich norm IEC wymienionych w przepisach odniesienia, w zakresie, jaki będzie miał zastosowanie w danym projekcie.

Wszystkie komponenty elektryczne powinny być zaprojektowane tak, aby były spełniane warunki pracy przewidywane w miejscu zainstalowania. Projekt systemu elektrycznego powinien uwzględniać zmienny charakter generacji mocy w MEW, a także wpływ zakłóceń elektromagnetycznych.

Zewnętrzne warunki środowiskowe należy przyjmować zgodnie z określeniami warunków środowiskowych. Założenia dotyczące temperatury wewnętrznej w miejscach, gdzie umieszczono instalacje elektryczne należy przedstawić PRS do oceny.

Morskie farmy wiatrowe będą podłączone do lądowych sieci energetycznych wysokich napięć przy użyciu systemów prądu stałego lub przemiennego. Należy przy tym uwzględnić odpowiednie przepisy dotyczące operatorów systemów przesyłowych.

Wdrożenie przepisów może prowadzić do powstania warunków oddziałujących na obciążenia podczas pracy MEW. Należy uwzględnić jak te warunki wpływają na pracę prądnicy, przetwornicy oraz systemu sterowania i bezpieczeństwa. Należy to uwzględnić szczególnie w przypadkach następujących uszkodzeń sieci wewnętrznej:

- spadki napięcia,
- zmiany częstotliwości,
- wymagany minimalny prąd zwarcia.

Podłączenie MFW do pracy równoległej z lądowymi sieciami energetycznymi wymaga dodatkowego wyboru i zatwierdzenia przez operatora danej sieci i odpowiednich świadectw zgodności kodu sieci.

Poziom dopuszczalnych zakłóceń należy uzgodnić z operatorem sieci lądowej. Poziom zniekształceń harmonicznym nie powinien przekraczać 10%.

Ogólnie, moc elektryczna (efektywna moc) jest używana jako parametr pomiarowy. Jeśli koncepcja projektowa zawiera możliwość przekroczenia wartości mocy, moc powinna być mierzona jako parametr sterowania. Pomiar mocy powinien być rozważany jako parametr pracy i odpowiednio traktowany. Powiązany on może być z innymi parametrami fizycznymi, jednakże musi to być w sposób jasny odniesione do mocy. W tym przypadku, powiązanie pomiędzy zastępczym parametrem pracy i mocą powinno być ustalone w trakcie fazy testowej i zapisane w odpowiednio dostępnej formie (np. w formie wykresu funkcjonalnego).

3.2.1.3 Ochrona odgromowa oraz środki zabezpieczające przed przepięciami

Niniejsze wymagania dotyczą podstawowych części urządzenia piorunochronnego:

- zwodów,
- przewodów odprowadzających,
- przewodów uziemiających,
- uziomów,

a także dotyczą dodatkowych połączeń wyrównawczych i odstępów izolacyjnych z innymi instalacjami w obiekcie, oraz stosowania elementów i układów ochrony przeciwprzebiegowej.

Przestrzeń chroniona powinna być podzielona na strefy ochrony odgromowej (LPZ) w celu wyznaczenia przestrzeni o różnej intensywności prądu i pola wyładowania piorunowego jako źródła zakłócenia (LEMP). Strefy charakteryzują się zasadniczą zmianą warunków elektromagnetycznych na ich granicach. Po określeniu poziomu ochrony, należy ustalić strefy ochrony odgromowej, a następnie wymagania dla każdej strefy.

Przestrzeń chroniona powinna być podzielona na LPZ w celu wyznaczenia przestrzeni o różnej intensywności LEMP i ustalenia punktów połączeń na granicach stref. Na granicach przejść między-strefowych należy wykonać ekwipotencjalizację za pomocą:

- przewodów wyrównawczych (gdy nie jest zapewniona ciągłość galwaniczna poprzez metalową konstrukcję),
- ograniczników przepięć (gdy przewody wyrównawcze są niedozwolone).

Ekwipotencjalizacja spowoduje zasadniczą zmianę warunków elektromagnetycznych na granicach stref. Wymagania dla poszczególnych stref powinny być dopasowane do wymagań środowiska chronionych systemów. Wymogi te dla przejścia do następnej strefy zależą od eliminacji zakłócenia w wyższej strefie.

LPZ 0_A – Systemy i urządzenia elektryczne i elektroniczne znajdujące się w tej strefie narażone są na działanie bezpośredniego prądu piorunowego oraz impulsowego pola elektromagnetycznego.

Na bezpośrednie uderzenie pioruna narażone są m.in.:

- łopaty wirnika łącznie z piastą zewnętrzną,
- części pokrywy gondoli,
- czujniki wyposażenia pomiarowego wiatru,
- wszystkie urządzenia wewnętrzne gondoli, w przypadku gdy obudowa gondoli jest z materiału niemetalicznego,
- niemetalowe albo betonowe wieże nieposiadające połączenia zbrojenia zgodnie z odpowiednimi wymaganiami.

LPZ 0_B – Systemy i urządzenia pracujące w tej strefie narażone są na działanie udarów indukowanych przez prąd piorunowy lub działanie pola elektromagnetycznego, wywołanego przez ten prąd. Urządzenia pracujące w tej strefie nie są narażone na działanie bezpośredniego prądu piorunowego.

LPZ 1 – Strefa, w której elementy nie są narażone na bezpośrednie uderzenie pioruna i prądy są zredukowane w stosunku do prądu w strefie **LPZ 0_B**.

Urządzenia i systemy pracujące w tej strefie chronione są przed działaniem udarów prądowych i napięciowych poprzez ograniczniki przepięć oraz poprzez pojedynczy ekran, chroniący przed bezpośrednim działaniem pola elektromagnetycznego.

Układy i elementy ochrony przeciwprzebieciowej zamontowane w tej strefie określane są mianem ochrony podstawowej.

W MEW strefa **LPZ 1** obejmuje:

- wnętrza łopat wirnika, włączając piastę wirnika (czujniki, serwomotory itp.), pod warunkiem że zastosowano skuteczne środki ochrony (ekrany, przewody odprowadzające prąd pioruna),
- urządzenia wewnątrz gondoli całkowicie obłożone blachą, o ile są we właściwy sposób podłączone do połączeń wyrównawczych,
- kable ułożone w metalowych rurach, kanałach lub ekranowane (rury, kanały, ekrany powinny być podłączone do szyny wyrównawczej po obu stronach),
- czujniki urządzeń pomiaru wiatru znajdujące się w strefie ochronnej pionowego zwodu odgromowego połączonego przewodami odprowadzającymi i uziemiającymi,
- wnętrza wież o konstrukcji metalowej lub betonowej, której zbrojenie jest zaprojektowane zgodnie z odpowiednimi wymaganiami i połączone do uziomu odgromowego i fundamentowego.

LPZ 2 i 3 – Kolejne strefy tworzone są poprzez instalowanie na granicy stref ograniczników przepięć oraz wprowadzenie dodatkowych ekranów.

Strefa ochrony przeciwprzebieciowej **LPZ 2** obejmuje te urządzenia wewnętrzne strefy **LPZ 1**, które wymagają dodatkowej instalacji ekranującej i urządzenia ochrony przepięciowej dla dalszego zmniejszenia skutków zakłóceń.

Na każdej granicy strefy powinna być wykonana lokalna szyna wyrównawcza, do której powinny być przyłączone wszystkie przewody i kable oraz metalowe instalacje, obudowy, ekrany, zbrojenie itp.

Wszystkie przewody i kable przechodzące przez granice strefy **LPZ 0** i **LPZ 1** powinny być włączone do systemu ochrony odgromowej (wyposażone w elementy – ochronniki przepięciowe, złącza, przewody ochronne), tak aby spodziewany prąd wyładowania nie powodował uszkodzenia.

Wszystkie metalowe części urządzeń elektrycznych nieprzewodzące prądu powinny być połączone lokalnymi połączeniami wyrównawczymi. Elementy i urządzenia ochronne dla ww. połączeń muszą być dobrane przy uwzględnieniu odporności urządzeń na zakłócenia i zagrożenia w danej strefie.

Na granicy stref ochrony odgromowej **LPZ 0** z **LPZ 1** lokalne połączenia wyrównawcze powinny być połączone między sobą i z instalacją odgromową.

Urządzenia ochrony przepięciowej muszą być dobrane zgodnie z poziomem ochrony przy wzięciu pod uwagę zgodności i charakterystyki systemu. Zabezpieczenia należy projektować w ten sposób, by przepięcie przenoszone na wyposażenie elektryczne nie przekraczało granic wynikających z poziomu jego izolacji.

Dla kabli i przewodów siłowych, sterowniczych i komunikacyjnych, wchodzących ze strefy **LPZ 0** do strefy **LPZ 1** powinny być przewidziane odpowiednie przewody odprowadzające. Na granicy strefy ogromowej z **LPZ 1** do **LPZ 2** musi być zastosowana wymagana ochrona przepięciowa.

Na następnych granicach stref powinna być zastosowana ochrona przepięciowa odpowiednio stopniowana.

3.2.1.4 Pozostałe systemy

Wszystkie pozostałe systemy powinny być zgodne z wymaganiami odpowiednich części [Publikacji 105/P](#) oraz [Publikacji 49/P](#).

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI PROJEKTOWEJ WYBRANYCH KONSTRUKCJI

Projekt konstrukcji powinien opierać się na weryfikacji integralności konstrukcyjnej elementów przenoszących obciążenia. Wytrzymałość na obciążenie jednorazowe oraz wytrzymałość zmęczeniową elementów konstrukcyjnych należy zweryfikować przez badania lub obliczenia wykazujące integralność konstrukcyjną. Dopuszczalny poziom bezpieczeństwa powinien zostać potwierdzony i zweryfikowany obliczeniami lub badaniami wykazującymi, że obciążenie projektowe nie przekroczy odpowiedniej wytrzymałości projektowej. Obliczenia należy wykonywać posługując się odpowiednio dobranymi metodami. Opisy obliczeń należy zamieścić w dokumentacji projektowej. Poziom obciążenie podczas każdej próby powinien uwzględniać współczynniki bezpieczeństwa przyjęte w odpowiednich obliczeniach.

Powstawanie błędów, których popełnienie podczas prefabrykacji pewnych części mogłoby stanowić źródło zagrożenia, należy uniemożliwić poprzez odpowiednie zaprojektowanie tych części, a jeśli tego nie uczyniono, poprzez informację umieszczoną na samych częściach i/lub obudowach. Celem uniknięcia ryzyka taką samą informację należy umieszczać na częściach ruchomych i/lub ich obudowach, tam gdzie znany jest kierunek ruchu. Wszystkie informacje dodatkowe, jakie mogą okazać się potrzebne, należy podać w instrukcji obsługi i w podręcznikach dotyczących utrzymania ruchu.

W przypadku gdy błędne połączenie może być źródłem zagrożenia, powstawanie niewłaściwych połączeń należy uniemożliwić konstrukcyjnie, a jeśli tego nie uczyniono, należy przedsięwziąć kroki celem uniknięcia błędnego połączenia poprzez umieszczenie informacji na rurach, przewodach giętkich i/lub złączach.

4.1 Warunki ogólne

4.1.1 Dostęp do konstrukcji

Konstrukcja wsporcza powinna być zaprojektowana tak, że możliwy jest dostęp do jej dowolnego elementu w procesie wytwarzania, w celu wykonania inspekcji. W procesie eksploatacji turbiny wiatrowej dostęp do inspekcji powinien być zapewniony w racjonalnym zakresie, tak aby skutecznie ocenić stan techniczny rejonów mających istotny wpływ na bezpieczeństwo konstrukcji.

Osłabienie konstrukcji przez otwory komunikacyjne powinno być odpowiednio skompensowane.

4.1.2 Dojścia i przejścia do urządzeń

Dojściami i przejściami do urządzeń technicznych mogą być korytarze, pomosty, podesty, galerie, schody, drabiny i kłamry, wykonane z materiałów niepalnych.

Ogólne wymagania dotyczące dojsć i przejść należy stosować również w razie wykonania dojsć roboczych do pomieszczeń związanych z okresową obsługą maszyn i urządzeń oraz przeglądem i utrzymaniem stanu technicznego obiektu.

W projekcie należy przewidzieć bezpieczny dostęp do wszystkich elementów konstrukcyjnych celem wykonania przeglądu i zabiegów związanych z utrzymaniem ruchu.

Dojścia i przejścia, o których wyżej mowa, powinny mieć wysokość w świetle co najmniej 1,9 m i mogą być usytuowane nad stanowiskiem pracy na wysokości co najmniej 2,5 m, licząc od poziomu podłogi tego stanowiska.

Nawierzchnia podłogi w dojściach i przejściach nie może być śliska.

Podłogi ażurowe nie mogą mieć otworów o powierzchni większej niż 1700 mm² i wymiarów umożliwiających przejście przez nie kuli o średnicy większej niż 36 mm.

Poziome dojścia i przejścia od strony przestrzeni otwartej powinny być zabezpieczone balustradą o wysokości 1,1 m z poprzeczką umieszczoną w połowie jej wysokości i krawężnikiem o wysokości co najmniej 0,15 m.

Jako przejście między różnymi poziomami mogą służyć drabiny lub klamry, trwale zamocowane do konstrukcji.

Szerokość drabin lub klamer, o których tu mowa, powinna wynosić co najmniej 0,5 m, a odstępy między szczeblami nie mogą być większe niż 0,3 m. Poczynając od wysokości 3 m nad poziomem podłogi, drabiny lub klamry powinny być zaopatrzone w urządzenia zabezpieczające przed upadkiem. Warunek ten spełniają obręcze ochronne, rozmieszczone w rozstawie nie większym niż 0,8 m, z pionowymi prętami w rozstawie nie większym niż 0,3 m.

Odległość drabiny lub klamry od ściany bądź innej konstrukcji, do której są umocowane, nie może być mniejsza niż 0,15 m, a odległość obręczy ochronnej od drabiny, w miejscu najbardziej od niej oddalonym, nie może być mniejsza niż 0,7 m i większa niż 0,8 m.

Spoczniki z balustradą powinny być umieszczone co 8 – 10 m wysokości drabiny lub ciągu klamer. Górne końce podłużnic (bocznic) drabin powinny być wyprowadzone co najmniej 0,75 m nad poziom wejścia (pomostu), jeżeli nie zostały zastosowane inne zabezpieczenia przed upadkiem.

Jeśli wysokość pomiędzy kolejnymi pomostami (na które wychodzą górne końce podłużnic drabin) przekracza 10 m, należy zastosować certyfikowany system zabezpieczający ludzi przed upadkiem z wysokości typu uznanego.

4.1.3 Sprzęt do bezpiecznego wejścia

Jeśli projektuje się wejście przy pomocy niedzielonej pomostami drabiny o wysokości przekraczającej 10 m, należy przewidzieć system umożliwiający bezpieczne wejście na szczyt dla minimum 2 osób, wchodzących jedna za drugą, wyposażonych w środki ochrony indywidualnej typu uznanego i dopuszczonego do użytkowania.

4.1.4 Sprzęt do transportu osób i materiałów

W przypadku zastosowania w konstrukcji urządzeń dźwigowych, należy spełnić wymagania krajowe.

Odległość pomiędzy zamkniętymi drzwiami przystankowymi dźwigu a przeciwległą ścianą lub inną przegrodą powinna wynosić co najmniej:

- 1,6 m – dla dźwigów osobowych,
- 1,8 m – dla dźwigów towarowych małych.

Prowadzenie bezpośrednio pod szybami dźwigowymi dróg komunikacyjnych oraz sytuowanie pomieszczeń przeznaczonych na pobyt ludzi jest zabronione. Nie dotyczy to małych dźwigów towarowych o udźwigu do 250 kg, jeżeli strop pod szybem dźwigu wytrzymuje obciążenie co najmniej 5000 N/m².

W szybach dźwigowych można umieszczać wyłącznie urządzenia i przewody związane z pracą i konserwacją dźwigu.

4.2 Dobór rodzaju fundamentu

W projekcie fundamentów należy uwzględnić wpływ zmian konfiguracji dna akwenu i możliwego wypłukiwania gruntu w rejonie fundamentu na sztywność oparcia konstrukcji na dnie, wpływającą na cechy dynamiczne konstrukcji (np. częstości i postacię drgań własnych).

Wykonanie instalacji fundamentu powinno zapewniać wymagany całkowity stopień bezpieczeństwa budowli i powinno być tak realizowane, aby nie powodowało szkodliwych jej odkształceń, jakie mogą powstać wskutek zmian zachodzących w gruncie w trakcie wykonywania prac lub przekroczenia nośności gruntu.

Charakterystyka gruntu, którego parametry muszą być określone na wystarczającym poziomie przed rozpoczęciem procesu budowlanego, jest decydująca dla wyboru typu fundamentu.

Analizę zjawisk zmian konfiguracji dna i wypłukiwania gruntu oraz dobór odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych minimalizujących te zjawiska należy wykonać wg. wymagań normy [ISO 19901-4](#).

Dopuszczone do jednostkowego stosowania w obiekcie budowlanym są również wyroby wykonane według indywidualnej dokumentacji technicznej sporządzonej przez projektanta obiektu lub z nim uzgodnionej, dla których dostawca wydał oświadczenie wskazujące, że zapewniono zgodność wyrobu z tą dokumentacją oraz z przepisami i obowiązującymi normami krajowymi.

4.3 Platforma transformatorowa

Podstacja morska powinna utrzymywać stabilność napięciową w obrębie całej sieci morskiej farmy wiatrowej. Stabilność napięciowa oraz inne warunki sieci elektrycznej powinny być określone przez operatora współpracującej stacji lądowej oraz być zgodne z odpowiednimi częściami normy IEC 61400. Stabilność napięciową można zapewnić np. poprzez zastosowanie transformatorów sieciowych z podobciążeniowym przełącznikiem zaczepów.

Kablom zasilającym z morskich elektrowni wiatrowych należy zapewnić możliwość odłączenia oraz jego skutecznego uziemienia na obu końcach. W celu zwiększenia niezawodności zasilania można zastosować równoległe zasilanie w pętli zasilającej. Normalne działanie należy prowadzić przy otwartej pętli.

4.3.1 Prześwit pod dolną częścią konstrukcji

Wymagane jest zastosowanie prześwitu pomiędzy grzbietami fal o okresie powtarzalności 50 lat (przy najwyższym poziomie wody spokojnej HSWL) a wyżej położonymi fragmentami konstrukcji wsporczej, rozszerzonymi w stosunku do fragmentów omywanych wodą, o wartości nie mniejszej niż 1,5 m.

5 KONSTRUKCJE STALOWE

Wymagania niniejszego podrozdziału dotyczą konstrukcji oraz wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej stalowych konstrukcji wsporczych MEW oraz platform transformatorowych.

Ocenę wytrzymałości stalowej konstrukcji wsporczej wykonanej z elementów rurowych można wykonać np. wg. wymagań [API RP 2A-WSD](#).

5.1 Materiał

Wymagania dotyczą konstrukcji wsporczej ze stali o własnościach/parametrach określonych w [Publikacji 105/P, część II, rozdział 2](#). Możliwości zastosowania innych typów stali od określonych wyżej lub innych materiałów (oprócz betonu) będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

Dobór kategorii stali na poszczególne elementy konstrukcji nośnej zależy od tzw. klasy wytrzymałościowej elementu (klasa specjalna, klasa podstawowa i klasa drugorzędna). Przynależność poszczególnych elementów konstrukcji przeznaczonych do prefabrykacji konstrukcji wchodzących w skład MFW jest przedstawiona poniżej.

Klasa specjalna konstrukcji odnosząca się do najbardziej obciążonych części umiejscowionych na skrzyżowaniach głównych elementów konstrukcyjnych i innych miejscach połączeń wysoko obciążonych naprężeniem, gdzie wystąpienie pęknięcia może wywołać poważną awarię konstrukcji, na przykład:

- elementy konstrukcji nóg łączące się bezpośrednio ze stopami i fundamentem,
- najbardziej obciążone elementy konstrukcji wsporczej.

Klasa podstawowa konstrukcji odnosząca się do głównych elementów nośnych konstrukcji, gdzie wystąpienie pęknięcia może wywołać poważną awarię konstrukcji, na przykład:

- główne elementy konstrukcyjne (nieależące do klasy specjalnej),
- elementy wspierające elementy bardzo ciężkich urządzeń,
- elementy konstrukcyjne cumowania statków i drabin.

Klasa drugorzędna konstrukcji odnosi się do mniej krytycznych części ze względu na połączenie mniejszego obciążenia z korzystnym kształtem lub gdzie zdarzenie wystąpienia pęknięcia prawdopodobnie nie wywoła poważnej awarii konstrukcji, na przykład:

- przegrody konstrukcji,
- elementy usztywnienia konstrukcji,
- elementy osłony konstrukcji.

5.2 Ochrona przed korozją

Zastosowany system ochrony konstrukcji wsporczej przed korozją powinien spełniać wymagania analogiczne do określonych w [Publikacji 105/P, część II, rozdział 2](#).

Projekt konstrukcyjny powinien umożliwiać ograniczenie występowania korozji oraz uwzględniać zastosowanie skutecznych środków ochrony przed korozją. Powierzchnie chronione powłokami powinny być tak zaprojektowane, żeby umożliwić właściwe przygotowanie powierzchni, nałożenie powłoki, przeprowadzenie inspekcji i wykonanie konserwacji.

Ze względu na narażenia korozyjne należy zaprojektować gładkie powierzchnie. Jeżeli jest to możliwe to wszystkie usztywnienia, armatura, przewody itp. powinny być umieszczone w rejonach o niskim narażeniu korozyjnym. Otwory w elementach niedostępnych powinny być zaspawane. W miejscach, w których może gromadzić się woda lub inne czynniki korozyjne należy stosować odpowiednie rozwiązania, takie jak pochyłości, przepusty lub odpływy oraz wentylację.

W rejonach, które nie mogą być chronione powłokami malarskimi i pokryciami ochronnymi należy stosować materiały, które będą wystarczająco trwałe podczas eksploatacji w środowisku o dużym narażeniu korozyjnym.

Dopuszczalne jest zastosowanie systemu ochrony przed korozją spełniającego wymagania określone w międzynarodowych standardach dotyczących konstrukcji oceanotechnicznych (standardy ISO, normy EN itp.) jak np. norma [ISO 19902](#).

Zasady te zastosowane do konstrukcji wsporczych podsumowano w poniższych punktach:

- zewnętrzne i wewnętrzne elementy konstrukcji wsporczej położone powyżej poziomu D powinny być pokryte powłoką ochronną. W przypadku powierzchni wewnętrznych o utrudnionym dostępie do nich można nie stosować powłoki ochronnej, ale należy wówczas zastosować naddatki korozyjne.
- w strefie zalewania, tzn. w obszarze pomiędzy poziomami D i E , zastosowanie systemu ochrony katodowej (lub równoważnego) nie jest efektywne. Należy tutaj zastosować pokrycie powłoką ochronną oraz, dodatkowo, naddatki korozyjne.
- w rejonach konstrukcji stale zanurzonej (poniżej poziomu E) należy zastosować system ochrony katodowej, powłoki ochronne (takie jak w p. A) oraz naddatki korozyjne.

5.2.1 Wymagane wartości naddatków korozyjnych

W rejonie konstrukcji powyżej strefy zalewania, tam gdzie przestrzeń wewnętrzna nie są pokryte powłoką ochronną, należy zastosować naddatek korozyjny obliczany dla zakładanego okresu eksploatacji konstrukcji (minimum 20 lat), przy założeniu intensywności korozji 0,1 mm/rok. Jeżeli powierzchnie wewnętrzne są pokryte powłoką ochronną, to do obliczenia wymaganego naddatku metodą określoną wyżej można w miejsce zakładanego czasu eksploatacji konstrukcji przyjąć jego wartość pomniejszoną o czas efektywności powłoki ochronnej (maksimum 10 lat – o ile wyczerpująco udokumentowane dane od producentów nie wykazują dłuższego okresu efektywności powłoki).

W rejonie zmiennego zanurzenia należy obliczać wymagany naddatek korozyjny (tzn. z uwzględnieniem okresu efektywności powłoki antykorozyjnej), przyjmując intensywność korozji:

- 0,30 mm/rok – dla powierzchni zewnętrznych,
- 0,15 mm/rok – dla powierzchni wewnętrznych.

W przypadku elementów konstrukcji w rejonie stale zanurzonym, z obowiązkowym systemem ochrony katodowej, należy zastosować naddatki korozyjne obliczane analogicznie, ale przyjmując do obliczeń cały planowany okres eksploatacji konstrukcji i intensywności korozji 0,10 mm/rok.

5.3 Stosowane połączenia

5.3.1 Połączenia spawane elementów konstrukcji wsporczej

Odcinki elementów konstrukcji wsporczej przenoszące naprężenia o znaczących wartościach od obciążeń środowiskowych i obciążeń od rotora i gondoli powinny być spawane na pełny przetop. Należy stosować wymagania dotyczące konstrukcji wg wymagań standardu [ISO 19902](#).

W przypadku połączeń elementów konstrukcji spoinami pachwinowymi (np. połączenia usztywnień i wiązarów z poszyciem, połączenia mocników i środników wiązarów, itp.) należy w zasadzie stosować spoiny obustronne ciągłe o grubości równej 0,7 grubości elementu dostawianego. Obliczenia wytrzymałości takich spoin nie są wymagane.

Wytrzymałość dowolnych połączeń spawanych spoinami pachwinowymi może być sprawdzana w zależności od obliczonych naprężeń normalnych i stycznych w spoinie, wg wymagań [PN-EN 1993-1-1](#) i [PN-EN 1993-1-8](#), gdzie wymagane jest stosowanie współczynnika materiałowego $\gamma_m = 1,25$.

5.3.2 Połączenia śrubowe

W przypadku zastosowania w konstrukcji wsporczej turbiny wiatrowej połączeń śrubowych kołnierzowych lub ciernych, ich konstrukcja i wytrzymałość powinna spełniać wymagania określone w normie [PN-EN 1993-1-1](#).

5.3.3 Połączenia cementowe

Połączenia cementowe (*grouted connections*) to połączenia elementów rurowych, gdzie przestrzeń pomiędzy rurą zewnętrzną a rurą wewnętrzną jest wypełniona specjalnym iniektem.

Złącza takie mogą być stosowane do łączenia elementów rurowych konstrukcji wsporczej oraz rurowych słupów konstrukcji wsporczej z palami zagłębionymi w grunt dna morza.

Wytrzymałość doraźna i trwałość zmęczeniowa połączeń klejonych powinna być obliczana metodami wymaganymi w normie [ISO 19902](#) lub standardzie [API RP 2A-LRFD](#).

5.4 Wytrzymałość konstrukcji w warunkach transportu i montażu

Wymagania dotyczące załadunku elementów MFW na jednostkę pływającą, ich transport drogą wodną oraz rozładunku i montażu w miejscu przeznaczenia określone są w normie [ISO 19902](#) – w zakresie jaki ma zastosowanie do tego typu konstrukcji.

6 KONSTRUKCJE BETONOWE

Niniejszy rozdział dotyczy projektowania nadwodnej betonowej konstrukcji wsporczej morskiej turbiny wiatrowej w kontekście zachowania bezpieczeństwa struktury według obowiązujących zasad i praktyk. Nadwodną konstrukcją wsporczą (wieżę) MEW definiujemy jako część struktury całej budowli turbiny, która ma zapewniać nośność od fundamentu konstrukcji do RNA, przekazując obciążenia własne oraz z RNA na fundament poniżej. Betonowe konstrukcje omawiane w tej sekcji dotyczą jedynie części konstrukcji wsporczej wykonanej wyłącznie z betonu zbrojonego lub betonu sprężanego. Jeżeli część konstrukcji wsporczej jest wykonana z innego materiału (np. od pewnej wysokości następuje przejście na stalową konstrukcję wsporczą), tą część należy zaprojektować według odrębnych wytycznych. Sekcja ta nie dotyczy również fundamentu, przypadku zespolonej stalowo-betonowej konstrukcji wsporczej, struktur betonowych dla niegrawitacyjnych elektrowni (pływających), ani innych komponentów morskiej elektrowni wiatrowej (np. RNA), niezależnie od materiału, z którego są wykonane.

Wymagania tego podrozdziału należy stosować dla konstrukcji z betonu zbrojonego oraz wykonanych z betonu sprężanego.

6.1 Materiały

Należy stosować materiały zgodne z normą [PN-EN 1992-1-1](#) oraz [PN-EN 1990](#).

Wymagania dotyczące cementu, kruszyw, dodatków do mieszanki betonowej oraz technik i praktyk wytwarzania mieszanki betonowej powinno być zgodne z procedurami i praktykami normy [PN-EN 206-1](#). Zalecane jest stosować beton C45 lub wyższy, ze względu na kontakt betonu z wodą morską.

Stal zbrojeniowa powinna być zgodna z normą [PN-EN 1992-1-1](#) oraz [ISO 6935](#) lub odpowiednimi międzynarodowymi normami dotyczącymi stali zbrojeniowej. Stal sprężająca powinna spełniać również wymagania normy [ISO 6934](#).

Zbrojenie powinno posiadać odpowiednie właściwości pod względem wytrzymałości, ciągliwości, twardości, spawalności, właściwości wiązania (żebrowane), odporności na korozję i składu chemicznego. Należy stosować walcowane na gorąco, żebrowane pręty o dobrej jakości spawalnej i o dużej plastyczności. Wymagane jest, aby dokumenty potwierdzające te właściwości zostały dostarczone przez dostawcę do PRS.

Stal zbrojeniowa powinna być dostarczana wraz z certyfikatem. Wymóg posiadania certyfikatu może zostać zniesiony, jeżeli zbrojenie jest produkowane i testowane w ramach krajowego lub międzynarodowego systemu certyfikacji, a wszystkie wymagane dane testowe są dokumentowane na podstawie danych statystycznych od producenta. Cała dostarczona stal musi być wyraźnie rozpoznawalna.

Wzmocnienie ocynkowane można stosować w przypadkach, gdy nie będzie reakcji z cementem, który ma szkodliwy wpływ na wiązanie z ocynkowanym wzmocnieniem. Można stosować stal nierdzewną, pod warunkiem spełnienia wymagań dotyczących właściwości mechanicznych zwykłej

stali zbrojeniowej. Można zastosować wzmocnienie epoksydowe, pod warunkiem spełnienia wymagań dotyczących właściwości mechanicznych zwykłych prętów zbrojeniowych. Przy stosowaniu wzmocnień epoksydowych należy spełnić wymagania norm: [ASTM A 775/A 775M-97](#), [ASTM A 934/A 934M-97](#).

Aby zachować wymaganą trwałość betonu w środowisku morskim, ważne by beton konstrukcyjny był odpowiednio zabezpieczony na oddziaływania fizyczne i chemiczne. By zapewnić wymaganą ochronę antykorozyjną zbrojenia musi być zachowana odpowiednio mała przepuszczalność betonu. Uzyskuje się to zazwyczaj poprzez zastosowanie:

- gęstych kruszyw,
- prawidłowego sklasyfikowania kruszyw drobnych i gruboziarnistych,
- bogatych mieszanek betonowych o minimalnej zawartości cementu 300kg/m³,
- niskiego stosunku wody do cementu w mieszance betonowej, nie większego niż 0,45,
- dobrej techniki betonowania, właściwej obsługi, transportu, umieszczenia i zagęszczenia betonu oraz brak segregacji mieszanki betonowej.

Dodatkowo trzeba uwzględnić zagrożenia dla trwałości betonu w fazie eksploatacji wynikające z zamrażania i rozmrażania, abrazyj betonu i zagrożeń pożarowych.

Czynnikiem mającym istotny wpływ na trwałość jest pielęgnacja młodego betonu. Pielęgnacja betonu powinna być zgodna z wytycznymi normy [PN-EN 206-1](#) i powinna mieć na celu:

- ochronę młodego betonu przed niekorzystnym wpływem wiatru, promieni słonecznych i opadów atmosferycznych,
- utrzymanie prawidłowej temperatury i wilgotności dojrzewającej mieszanki betonowej,
- minimalizowanie skurczu świeżego betonu spowodowanego jego wysychaniem,
- dbanie, aby różnica temperatur w środku betonu i na jego zewnętrznej krawędzi była jak najmniejsza,
- zapobieganie zamarzaniu wody zarobowej oraz prawidłowy rozwój wytrzymałości betonu w niskich temperaturach.

Mieszanki testowe należy przygotować i poddawać próbom w fazie projektowania konstrukcji betonowej, aby upewnić się co do uzyskania wymaganych wartości wytrzymałości, peźzania, odporności na warunki środowiskowe, itp. Pojęcie mieszanki testowej oznacza wykonane próbki betonu (w kształcie cylindra o średnicy 150 mm i wysokości 300 mm lub kostki o wymiarach 100 x 100 mm) o parametrach mieszanki betonowej przyjętych w projekcie (np. klasa betonu, stosunek wody do cementu w mieszance, dodatki, domieszki, zawartość cementu w mieszance betonowej, itp.).

6.2 Łączenia na bazie cementu w betonowej konstrukcji wsporczej turbiny

Niniejszy podrozdział dotyczy łączy cementowych zespalaających elementy betonowej konstrukcji wsporczej ze sobą (łączenie elementów beton-beton), bądź ze stalowymi elementami konstrukcyjnymi turbiny (łączenie elementów beton-stal). Opisano materiał i jego wymagania do wykonania łączy oraz przedstawiono zalecenia dotyczące projektowania i wykonywania łączy.

Ze względu na wpływ środowiska morskiego (m.in na skurcz betonu i zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej) zaleca się unikać projektowania połączeń cementowych w strefie wpływu wody morskiej.

Wstępnie zmieszana zaprawa do spoinowania jest badana i dostarczana zgodnie z zaleceniami norm ASTM, ISO lub EN. Zalecane badania dla świeżych i utwardzonych spoin:

- badanie płynności spoiwa wg. [ASTM C1437](#),
- gęstości spoiwa konstrukcyjnego wg. [EN 12350-6](#) lub [EN 1015-6](#),
- segregację wg. [ASTM C940](#),
- zawartość powietrza w spoinie konstrukcyjnej wg. [EN 12350-7](#) lub [EN 1015-7](#),
- czas utwardzania spoiny konstrukcyjnej wg. [ASTM C 953](#) lub [EN 196-3](#).

Wyniki badań wstępnie zmieszanej zaprawy cementowej spoiny konstrukcyjnej dostarczane są wraz z certyfikatem do PRS.

W celu poprawy właściwości do mieszanki cementowej można dodać włókna stalowe. Taka zaprawa nazywana jest zaprawą wzmocnioną lub zbrojoną włóknami. Długość włókien powinna zapewniać wiązanie między zaprawą cementową a włóknem.

6.3 Szczegóły konstrukcyjne

Należy przygotować i przedłożyć PRS procedurę spoinowania. Zalecane jest, aby procedura zawierała przynajmniej poniższe informacje:

- wymagania dotyczące właściwości świeżej spoiny (np. gęstość, płynność, segregacja itp.),
- wymagania dotyczące utwardzonej spoiny (np. wytrzymałość na ściskanie, wytrzymałość na rozciąganie, moduł sprężystości, objętość spoiny, itp.),
- wymagania dotyczące składu mieszanki i sposobu mieszania,
- sposób transportowania świeżej mieszanki cementowej,
- wymagania dotyczące pomp i innych urządzeń,
- ciśnienie spoinowania,
- ograniczenia dotyczące prędkości spoinowania.

Procedury spoinowania oraz wstępna mieszanka cementowa muszą być udokumentowane przed zastosowaniem w konstrukcji. W tym celu należy przeprowadzić próby na wstępnej mieszance cementowej na lądzie.

Przed rozpoczęciem eksploatacji należy upewnić się, że spoina łącząca betonową konstrukcję wsporczą z innym elementem betonowym lub stalowym słupem nie jest uszkodzona oraz że powietrze i nadwyżka zaprawy mogą być usuwane z szybkością przekraczającą szybkość napełniania.

Zalecane jest wykonywanie spoiny, gdy temperatura konstrukcji bezpośrednio do niej przylegającej wynosi między +5°C a +30°C i będzie się utrzymywać co najmniej przez 72 h po zakończeniu spoinowania. Można spoinować w temperaturach niższych od +5°C lub wyższych od +30°C, pod warunkiem przeprowadzenia odpowiednich testów dla mieszanki cementowej. Wyniki tych testów muszą być przedłożone do PRS i muszą wykazać, że nie dojdzie do pogorszenia właściwości spoiny. Testy należy przeprowadzić dla świeżej mieszanki cementowej oraz utwardzonej spoiny. W przypadku, gdy planowane jest wykonanie połączenia między betonową konstrukcją wsporczą a innym elementem betonowym lub stalowym w temperaturze niższej od +5°C, należy zapewnić, aby powierzchnia, na którą nałożona zostanie spoina była wolna od szronu i lodu.

W normach [ASTM C1741](#), [ASTM C940](#) oraz [EN445](#) przedstawione są metody badań dla świeżej mieszanki cementowej.

Spoinowanie należy przeprowadzić w sposób ciągły i stały, zaczynając od najniższego wlotu. Powierzchnia, na której układana będzie spoina powinna być oczyszczona od wszelkich olejów i smarów oraz osuszona przed spoinowaniem.

Podczas procesu spoinowania należy na bieżąco uzupełniać dokumentację o istotne informacje, takie jak np. identyfikacja mieszanki, materiały składowe, masa mieszanki cementowej, czas mieszania, data i godzina mieszania, objętość spoiny, pobór próbek mieszanki do badań sprawdzających itp.

CZĘŚĆ IV

Prefabrykacja

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- **Publikacja 105/P** – Jednostki morskie stacjonarne. Jednostki i urządzenia górnictwa morskiego. Przepisy budowy i nadzoru,
- **Publikacja 11/P** – Próby środowiskowe wyposażenia statków,
- **Publikacja 23/P** – Prefabrykacja rurociągów,
- **Publikacja 30/P** – Zasady certyfikowania spawaczy,
- **Publikacja 40/P** – Materiały i wyroby niemetalowe,
- **Publikacja 49/P** – Requirements concerning mobile offshore drilling units,
- **Publikacja 74/P** – Zasady kwalifikowania technologii spawania,
- **Publikacja 80/P** – Badania nieniszczące,
- **Publikacja 108/P** – Egzaminowanie i certyfikacja personelu spawającego i zgrzewającego tworzywa sztuczne,
- Przepisy klasyfikacji i budowy ruchomych jednostek górnictwa morskiego,
- **PN-EN ISO 9001** Systemy zarządzania jakością,
- **PN-EN ISO 14001** Systemy zarządzania środowiskowego,
- **PN-EN ISO 19900-03** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Wymagania ogólne dotyczące konstrukcji morskich,
- **PN-EN ISO 19902** Przemysł naftowy i gazowniczy – Stałe stalowe konstrukcje przybrzeżne (*Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 19906** Przemysł naftowy i gazowniczy – Arktyczne konstrukcje morskie (*Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures*),
- **API RP 2N** Planning, Designing, and Constructing Structures and Pipelines for Arctic Conditions,
- **PN-EN 1090-1+A1** Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 1: Zasady oceny zgodności elementów konstrukcyjnych (*Execution of steel structures and aluminium structures. Requirements for conformity assessment of structural components*),
- **PN-EN 1090-2** Wykonanie konstrukcji stalowych i aluminiowych – Część 2: Wymagania techniczne dotyczące konstrukcji stalowych,
- **PN-EN ISO 3834-2** Wymagania jakości dotyczące spawania materiałów metalowych – Część 2: Pełne wymagania jakości,
- **PN-EN ISO 14732** Personel spawalniczy – Egzaminowanie operatorów spawania oraz nastawiaczy zgrzewania dla zmechanizowanego i automatycznego spawania/zgrzewania metali,
- **PN-EN 10204** Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli (*Metallic products – Types of inspection documents*),
- **PN-EN 10225** Stale konstrukcyjne spawalne na nieruchome konstrukcje przybrzeżno-morskie – Warunki techniczne dostawy (*Weldable structural steels for fixed offshore structures. Technical delivery conditions*),
- **PN-EN 10025-1** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 1: Ogólne warunki techniczne dostawy (*Hot rolled products of non-alloy structural steels*),
- **PN-EN 10025-2** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 2: Warunki techniczne dostawy stali konstrukcyjnych niestopowych (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for non-alloy structural steels*),
- **PN-EN 10025-3** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 3: Warunki techniczne dostawy spawalnych stali konstrukcyjnych drobnoziarnistych po normalizowaniu lub walcowaniu normalizującym (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels*),

- **PN-EN 10025-4** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 4: Warunki techniczne dostawy spawalnych stali konstrukcyjnych drobnoziarnistych po walcowaniu termomechanicznym (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditons for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels*),
- **PN-EN 10025-6+A1** Wyroby walcowane na gorąco ze stali konstrukcyjnych – Część 6: Warunki techniczne dostawy wyrobów płaskich o podwyższonej granicy plastyczności w stanie ulepszonym cieplnie (*Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditons for flat products of high yield strength structural steels in quenched and tempered conditions*),
- **PN-EN 12495** Ochrona katodowa stałych stalowych konstrukcji przybrzeżnych (*Cathodic protection for fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 12944** Farby i lakiery – Ochrona przed korozją konstrukcji stalowych za pomocą ochronnych systemów powłokowych (*Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems*),
- **ISO 20340** Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures,
- **PN-EN ISO 1461** Powłoki cynkowe nanoszone na wyroby stalowe i żeliwne metodą zanurzeniową – Wymagania i metody badań (*Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods*),
- **PN-EN 62305** Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne (*Protection against lightning*),
- **PN-EN 13670** Wykonywanie konstrukcji z betonu (*Execution of concrete structures*),
- **IEC 60502** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV up to 30 kV,
- **IEC 60840** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV up to 150 kV,
- **IEC 62067** Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV up to 500 kV,
- **E-Cigre B1.43** Recommendations for mechanical testing of submarine cables,
- **E-Cigre B1.27** Recommendations for testing of long ac submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30 to 500 kV,
- **E-Cigre B1.32** Recommendations for testing HVDC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV,
- **ITU G.Sup41** Design guidelines for optical fibre submarine cable systems.

1.2 Nadzór i certyfikacja

Dla elementów dostarczanych przez uznanego producenta obowiązuje weryfikacja certyfikatów wydanych przez jednostki certyfikujące.

Dla rozpoczęcia nadzoru nad produkcją, ich wykonawcy muszą uzyskać status uznanego producenta.

Zakres nadzoru zarządzania jakością organizacji w czasie produkcji zależy od zakresu działalności producenta objętej certyfikatem SZJ zgodnym z wymaganiami normy [PN-EN ISO 9001](#) i powinien być uzgodniony z PRS. Działania przeprowadzane przez PRS:

- weryfikacja i próby materiałów i podzespołów, których certyfikaty nie zostały zaakceptowane,
- analiza zapisów jakości takich jak: dokumentacja z prób, zapisy z przebiegu produkcji, raporty,
- analiza procesów produkcji, włącznie z warunkami magazynowania i postępowania z wyrobami,
- sprawdzanie zabezpieczenia antykorozyjnego wyrobów,
- udział w próbach zdawczo-odbiorczych połączony z ich nadzorowaniem,
- nadzór w czasie transportu i podczas montażu,
- identyfikacja podzespołów,
- sprawdzenie i weryfikacja procedur prowadzenia prac,

- sprawdzenie jakości prefabrykowanych elementów sekcji i podzespołów przeznaczonych do montażu i instalacji,
- nadzór nad kluczowymi węzłami prefabrykacji,
- sprawdzanie połączeń nitowanych,
- nadzorowanie NDT,
- sprawdzenie instalacji elektrycznej wewnętrznej (np. prowadzenie kabli, uziemienia wyposażenia, systemu uziemiającego),
- sprawdzenie instalacji zewnętrznych (np. elektrycznej, ochrony odgromowej, bezpieczeństwa, sterowania, kontroli dostępu).

2 METODYKA ETAPU PREFABRYKACJI

2.1 Kontrola jakości

Zorientowanie na jakość to jeden z celów PRS, dlatego też kontrola tej jakości jest elementem występującym w każdym procesie etapu prefabrykacji. Wymagania jakościowe muszą być sprecyzowane poprzez ich opis oraz mierzalne, aby można było ocenić ich spełnienie.

Aby możliwą była weryfikacja wymagań jakościowych stawianych w każdym procesie produkcyjnym, celem zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji, należy prowadzić dokumentację umożliwiającą śledzenie postępów procesu produkcyjnego oraz wykorzystywanych w nim środków. Operacje produkcyjne powinny być opisane, a zasoby i ich cechy identyfikowalne. Jako zasoby traktujemy m.in. zasoby ludzkie, narzędzia, czy materiał.

2.2 Procesy etapu prefabrykacji

Na rysunkach wykonawczych (montażowych i poszczególnych części) elementów MFW, wykonanych w formie znormalizowanej, należy zapewnić czytelną identyfikację (części, przeznaczenie, nr rysunku, indeks zmian). Na rysunkach mają być dane o wykończeniu powierzchni, obróbce cieplnej, ochronie antykorozyjnej i innych operacjach niezbędnych do prawidłowego wykonania elementu.

2.2.1 Materiał

Należy prowadzić kontrolę surowców pod kątem ich przydatności w procesie produkcji oraz kontrolę wyrobów gotowych potwierdzającą ich parametry charakterystyczne, właściwości mechaniczne i spełnienie wymagań.

Procesy związane z obiegiem materiału dotyczą jego dostaw, magazynowania, przetwarzania i kontroli. Znakowanie materiałów powinno umożliwić identyfikację wydanych certyfikatów materiałowych z wyrobami.

2.2.2 Prefabrykacja

W zależności od typu produkcji można wyróżnić podprocesy: prefabrykacji wstępnej, prefabrykacji zasadniczej oraz montażu. Prefabrykacja wstępna dotyczy operacji, których produktem są komponenty płaskie (dwuwymiarowe w rozumieniu niewielkiego jednego z wymiarów w porównaniu do dwóch pozostałych). W procesie prefabrykacji zasadniczej komponenty płaskie łączone są w elementy przestrzenne, które w procesie montażu łączone są w kompletny wyrób/konstrukcję.

2.2.3 Zabezpieczenie antykorozyjne

Ogół procesów prowadzących do zapewnienia ochrony przed korozją.

2.2.4 Wyposażenie

Procesy związane z wyposażeniem dotyczą wszystkich operacji, które zapewnią, iż zainstalowane maszyny, urządzenia i instalacje będą poprawnie działały w systemach, do których zostały przypisane oraz osiągały założone parametry.

2.2.5 Próby zdawczo-odbiorcze

pozytywnie zakończone próby zdawczo-odbiorcze kwalifikują produkt do przejścia do kolejnego etapu w jego rozwoju oraz w rozwoju projektu MFW. Możemy wydzielić trzy rodzaje testów w kolejności chronologicznej ich przeprowadzenia – FAT, HAT oraz SAT. Do przeprowadzenia kolejnych typów prób należy posiadać zaakceptowane wyniki prób poprzedzających.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU PREFABRYKACJI

3.1 Materiał

Materiały powinny być tak dobrane podczas projektowania, aby uwzględniały rodzaj obciążenia (obciążenia statyczne i dynamiczne) i warunki eksploatacji.

Materiały, z których wykonuje się części urządzeń maszynowych takich jak przekładnie, łożyska, hamulce, sprzęgła itp. powinny spełniać wymagania jakościowe i warunki prób przewidziane w odpowiednich normach przedmiotowych, chyba że uzgodniono inaczej.

Materiały powinny spełniać wymagania [Publikacji 49/P](#), [Publikacji 105/P, część II](#) i [Publikacji 40/P](#). Materiały użyte poprzez proces dostosowania lub przebudowy muszą być oddzielnie rozpatrzone przez PRS.

Materiały zastosowane na poszczególne elementy w prefabrykacji konstrukcji stalowych powinny być zgodne z kategoriami bezpieczeństwa. Kategorie zależą od ważności elementów zastosowanych na konstrukcji dla jej bezpieczeństwa. Znakowanie materiałów powinno umożliwić identyfikację wydanych certyfikatów materiałowych z wyrobami

Materiały, które ze względu na skład chemiczny, własności mechaniczne i warunki zastosowania nie odpowiadają postanowieniom zawartym w przywołanych publikacjach, podlegają w każdym przypadku odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Rozdział obejmuje specyfikacje dotyczące materiałów używanych do prefabrykacji konstrukcji stalowych. Wszystkie użyte materiały muszą spełniać kryteria standardów, według których zostały wykonane. Wymaga się, aby zastosowane materiały posiadały odpowiednie własności plastyczne oraz dobrą spawalność. Należy przedstawić dokumentację uzasadniającą zastosowanie proponowanej stali dla PRS.

W uzasadnionych technicznie przypadkach PRS może wymagać przeprowadzenia badań kontrolnych materiałów objętych certyfikacją.

Wszystkie materiały stosowane do produkcji tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknami powinny być uznane przez PRS. PRS może zaakceptować certyfikaty wydane przez inne instytucje po odrębnym rozpatrzeniu.

Przed rozpoczęciem produkcji elementów należy przedstawić PRS *Świadectwa uznania typu wyrobu* materiałów. W wyjątkowych przypadkach PRS może zaakceptować materiał bez uznania na podstawie pozytywnych wyników z badań jego własności.

Badania niszczące materiałów mogą prowadzić tylko laboratoria posiadające uznanie PRS do prowadzenia takich badań.

3.2 Prefabrykacja

Jako przykładowy proces w prefabrykacji opisano proces spawania zastosowanego w produkcji elementów MFW, jako jednego z głównych procesów produkcyjnych. Specyfikacja posiada punkty odnośnie inspekcji, testów i przygotowania produkcji. Proces spawania został opisany w [Publikacji 105/P, część II, Publikacji 23/P, Publikacji 30/P i Publikacji 74/P](#).

Zakład przed przystąpieniem do spawania powinien uzyskać uznanie PRS do wykonywania konstrukcji spawanych. PRS może zaakceptować ww. uznanie wydane przez inne jednostki certyfikujące na podstawie innych norm niż przywołane w powyższych publikacjach (np. [PN-EN ISO 3834-2](#) lub [PN-EN 1090-2](#)) po odrębnym rozpatrzeniu.

3.2.1 Plany i specyfikacje

Przedłożone rysunki lub specyfikacje mają wyraźnie wskazać zakres spawania dla głównych części konstrukcji. Proces spawania, materiały dodatkowe i połączenia powinny być wskazane na rysunkach lub w osobnych specyfikacjach (książka spawalnicza) przedstawionych do zatwierdzenia. Inspektor powinien zostać poinformowany o planowanych sekwencjach i procedurach, jakie należy stosować przy wznoszeniu i spawaniu głównych elementów konstrukcyjnych. We wszystkich przypadkach należy stosować procedury spawania i materiały dodatkowe, właściwe do wykonania spoiny o wytrzymałości i twardości porównywalnej z materiałem podstawowym. Materiał dodatkowy również powinien być uznany przez PRS. Akceptacja materiału dodatkowego uznanego przez inną jednostkę certyfikującą podlega osobnemu rozpatrzeniu.

Podział konstrukcji na zespoły wykonawcze oraz podział połączeń spawanych na wykonywane podczas prefabrykacji konstrukcji i na wykonywane podczas jej montażu należy tak zaprojektować, aby jak najmniejszą ilość spoin wykonywać podczas montażu oraz w pozycjach przymusowych.

Powinna być opracowana kolejność montażu poszczególnych elementów oraz podział konstrukcji na zespoły wykonawcze tzw. *Plan montażu* oraz wynikająca z niego kolejność spawania – *Plan spawania*. Odpowiednia kolejność spawania pozwala na minimalizację naprężeń pozostających oraz trwałych odkształceń. Należy unikać skoncentrowania spoin oraz zbyt małych odległości między spoinami.

3.2.2 Nadzór

Należy wykazać, że wszyscy spawacze i operatorzy spawania, którzy mają być zatrudnieni przy konstrukcji, są odpowiednio wykwalifikowani (zgodnie z [Publikacją 30/P](#)) i posiadają doświadczenie w rodzaju proponowanej pracy i we właściwym stosowaniu procesów spawania (zgodnie z [Publikacją 74/P](#)). Wszystkie zmiany podczas trwania projektu podlegają akceptacji inspektora PRS, mają być udokumentowane i dołączone do dokumentacji powykonawczej. Kwalifikacje personelu spawającego potwierdzone przez inną jednostkę certyfikującą mogą być uznane po odrębnym rozpatrzeniu.

3.2.3 Procedury spawania

Procedury spawania (WPS i WPQR) dla wszystkich spoin, zawierające typy materiałów dodatkowych, kąt ukosowania, metodę spawania i proponowaną pozycję mają zostać uzgodnione i zaakceptowane przez PRS przed rozpoczęciem budowy konstrukcji.

Specjalne środki ostrożności trzeba zachować przy przygotowaniu spawania, podgrzewaniu wstępnym, kolejności spawania, temperaturze dostarczonego ciepła i temperaturze międzyścigowej przy spawaniu grubych sekcji.

Pozostałości spawalnicze takie jak żużel, odpryski spawalnicze lub krople oraz zadziory należy usunąć, a ostre krawędzie szfować lub zaokrąglić.

3.2.4 Przygotowanie spawania

W przypadku spawania elementów konstrukcji ze stali o zwykłej lub podwyższonej wytrzymałości lub aluminium należy spełnić wymagania dotyczące:

- materiałów spawanych,
- materiałów dodatkowych do spawania (np. [PN-EN ISO 14171](#)),
- technologii spawania,
- kwalifikacji spawaczy,
- kontroli jakości spoin,
- przygotowania złącza do spawania ([PN-EN ISO 9692-1:2014](#)).

Istotnym czynnikiem w przygotowaniu złącza do spawania jest brak zanieczyszczeń złącza. Powierzchnia spawana i jej najbliższa okolica powinna być wolna od oleju, zgorzeli, rdzy, farb itp.

Procedury spawania elementów konstrukcji ze stali o wysokiej wytrzymałości będą rozpatrywane przez PRS odrębnie.

Prostowanie konstrukcji po spawaniu można przeprowadzać w ograniczonym zakresie po uzgodnieniu z PRS technologii prostowania.

3.3 Kontrola jakości

Składową procesów kontroli jakości są procesy NDT zastosowane w produkcji elementów MFW, które zostały opisane poniżej oraz w [Publikacji 80/P](#) i [Publikacji 23/P](#).

Rysunki lub specyfikacje mają wskazywać na zakres NDT spoiny. Przygotowując plan kontroli inspekcji (ITP) przedstawiający wszystkie etapy kontroli w procesie produkcyjnym konstrukcji stalowej, ITP musi być uzgodniony z PRS przed rozpoczęciem produkcji.

Badania nieniszczące powinny być przeprowadzone zgodnie z ITP. Plan powinien zawierać wszystkie etapy inspekcji podczas trwania budowy konstrukcji. Plan powinien być przygotowany przez wykonawcę, a zatwierdzony przez klienta oraz PRS. Procedury badań nieniszczących powinny być zatwierdzone przez PRS.

Metody badań nieniszczących powinny zostać dostosowane wg. zakresu badań i możliwości na podstawie wybranych materiałów i rodzajów połączeń.

Kiedy obróbka cieplna jest wymagana, badania nieniszczące powinny zostać wykonane po zakończonym procesie PWHT.

Raporty z badań powinny być zgodne z zatwierdzonymi wcześniej procedurami badań nieniszczących. Wszystkie badania powinny być udokumentowane w taki sposób, aby możliwe było odtworzenie warunków badania. Raporty powinny być identyfikowalne i zawierać rodzaj niezgodności i ich lokalizację razem z kryteriami akceptacji. Wszystkie naprawiane spoiny powinny zostać udokumentowane i oznakowane.

3.3.1 Zakres badań nieniszczących

Zakres badań nieniszczących określany jest poprzez projektową istotność elementu ze względu na kategorię wytrzymałościową wykonania. Spoiny łączące elementy klasy wytrzymałościowej wyższej z niższą powinny być badane zgodnie z wymaganiami dla klasy wyższej. Klasa wytrzymałości wykonania elementu powinna być podana na rysunku; na podstawie tej klasy określana jest kategoria inspekcji i zakres NDT. Szczegółowy opis zakresów NDT znajduje się w [Publikacjach 23/P, 49/P i 80/P](#).

Wszystkie spoiny powinny być przebadane w 100% metodą wizualną (VT).

Tabela 1
Minimalny zakres NDT dla elementów spawanych

Kategoria elementu	Kategoria inspekcji	Typ połączenia	Metoda badania			
			Wizualne	Magnetyczne ¹⁾	Radiograficzne ²⁾	Ultradźwiękowe ³⁾
Klasa specjalna	I	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	100%	100%	100% - - -	- - - 100%
Klasa pierwszorzędna	II	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	100%	20%	10% - - -	- - - 20%
Klasa drugorzędna	III	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	100%	Spot ⁴⁾	Spot ⁴⁾ - - -)	- - - Spot ⁴⁾

1) Badania penetracyjne powinny być zastosowane tylko dla materiałów nieferromagnetycznych.
2) Badania mogą być częściowo lub całkowicie zastąpione badaniami ultradźwiękowymi po uzgodnieniu.
3) Badania ultradźwiękowe mogą być stosowane do materiałów o grubości ≥ 10 mm. Badanie UT materiałów o grubościach od 8 do 10 mm wymaga wcześniejszego uzgodnienia z PRS.
4) W przybliżeniu około 2% do 5%.

Wymagane poziomy akceptacji złączy spawanych wraz z odniesieniami do właściwych norm, w zależności od klasy elementu i metody badania, podane są w tabeli poniżej. W przypadku łączenia elementów różnych klas należy przyjąć poziom akceptacji klasy wyższej.

Tabela 2
Poziomy akceptacji w zależności od klasy konstrukcji

Kategoria elementu	Kategoria inspekcji	Typ połączenia	Metoda badania				
			Wizualne EN ISO 5817	Penetracyjne EN ISO 23277	Magnetyczne ¹⁾ EN ISO 23278	Radiograficzne ²⁾ PN ISO 10675-1 i -2	Ultradźwiękowe ³⁾ EN ISO 11666, 15626, 22825, 23279
Klasa specjalna	I	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	B	2x	2x	1	2
Klasa pierwszorzędna	II	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	B	2x	2x	1	2
Klasa drugorzędna	III	złącza doczołowe złącza kątowe złącza obwodowe złącza krzyżowe	C	2x	2x	2	3

1) Badania penetracyjne powinny być zastosowane tylko dla materiałów nieferromagnetycznych.
2) Badania mogą być częściowo lub całkowicie zastąpione badaniami ultradźwiękowymi po uzgodnieniu.
3) Badania ultradźwiękowe mogą być stosowane do materiałów o grubości ≥ 10 mm. Badanie UT materiałów o grubościach od 8 do 10 mm wymaga wcześniejszego uzgodnienia z PRS.

3.3.2 Naprawa spoin

Wykryte niezgodności poprzez badania wizualne lub inne badania nieniszczące lub inne testy powinny zostać naprawione. Naprawie powinna podlegać przestrzeń wystąpienia wady spawalniczej, którą trzeba usunąć i wykonać zgodnie z kwalifikowaną technologią spawania. Technologia naprawy powinna być uzgodniona z PRS. Miejsce naprawy powinno być odpowiednio przygotowane i po naprawie ponownie przebadane. Wszystkie naprawy należy udokumentować w dzienniku spawania.

3.4 Wyposażenie

W przypadku, gdy systemy pomocnicze są zasilane energią hydrauliczną lub pneumatyczną, układy należy wykonywać tak, aby uniknąć potencjalnych zagrożeń związanych z tymi rodzajami energii. Należy przewidzieć środki izolowania lub rozładowania zakumulowanej energii.

Wszystkie przewody i/lub węże giętkie, przenoszące olej hydrauliczny lub sprężone powietrze oraz ich przyłącza, powinny zostać wykonane w taki sposób, aby mogły wytrzymać przewidywane naprężenia wewnętrzne i aby były chronione przed przewidywanymi oddziaływaniami zewnętrznymi.

Należy podjąć kroki zmierzające do zmniejszenia ryzyka obrażeń ciała w wyniku rozerwania układów.

3.4.1 Systemy elektryczne

Wytrzymałość na warunki środowiska morskiego można poprawić stosując powlekanie materiałów. W przypadku instalacji elektrycznych należy brać pod uwagę poniższe czynniki:

- kontrola warunków klimatycznych, oraz
- systemy powlekania lub inne zabezpieczenia antykorozyjne, odpowiednio do zastosowanych materiałów (metale, tworzywa sztuczne, włókna szklane i inne).

Elektroniczne przekształtniki mocy powinny być tak zaprojektowane, aby poziom zakłóceń harmonicznych generowanego prądu przemiennego nie wpływał negatywnie na pracę urządzeń elektrycznych sieci lądowej, powodując uszkodzenia i nieprawidłową pracę tej aparatury.

3.4.1.1 Kable energetyczne i ich akcesoria

Konstrukcja oraz próby typu podmorskich kabli energetycznych oraz ich akcesoriów powinny w zależności od napięcia znamionowego spełniać wymagania norm [IEC 60502](#), [IEC 60840](#) i [IEC 62067](#).

Kryteria doboru kabli oraz deklaracje producentów należy podać w zatwierdzonej dokumentacji.

Do montażu mogą być także zastosowane przewody i kable, których parametry spełniają warunki odpowiednich norm i ich przydatność jest sprawdzona w praktyce.

3.4.1.2 Systemy energetyczne prądu zmiennego

Podmorskie systemy kabli zasilających należy poddać próbom typu:

- sprawdzenie właściwości mechanicznych z zastosowaniem odpowiednich procedur zawartych w publikacji [E-Cigre B1.43 Recommendations for mechanical testing of submarine cables](#). Zakres prób powinien obejmować co najmniej próbę zwijania oraz próbę rozciągania ze zginaniem,
- próba wnikania wody w oparciu o zalecenia zawarte w [E-Cigre B1.27 Recommendations for testing of long ac submarine cables with extruded insulation for system voltage above 30 to 500 kV](#),
- próba wysokiego napięcia,
- próba rezystancji izolacji,
- pomiar wyładowań niezupełnych.

3.4.1.3 Systemy energetyczne prądu stałego

- kable zastosowane do podłączenia farm wiatrowych z lądem z pomocą linii wysokiego napięcia prądu stałego HVDC powinny spełniać wymagania dotyczące prób kabli określone w zaleceniach [*E-Cigre B1.32 Recommendations for testing HVDC extruded cable systems for power transmission at a rated voltage up to 500 kV*](#),
- próby mechaniczne kabli podmorskich prądu stałego.

3.4.2 Ochrona odgromowa oraz środki zabezpieczające przed przepięciami

Wymagania niniejsze dotyczą wykonania i odbioru instalacji zabezpieczenia odgromowego obiektu MFW.

Jako uziom instalacji odgromowej należy wykorzystać przede wszystkim metalowe podziemne części nieizolowane od ziemi.

Nieizolowane żelbetowe fundamenty odpowiednio wykonane stanowią uziom. Pokrycie betonu warstwą przeciwwilgociową za pomocą malowania nie należy uważać za warstwę izolacyjną. Fundament betonowy może być wykorzystywany jako uziom, pod warunkiem że w czasie jego budowy zbrojenie zostało galwanicznie połączone w możliwie największej ilości miejsc przy pomocy specjalnych zacisków, drutów wiązałkowych lub poprzez spawanie. Od uziomu fundamentowego do stalowej konstrukcji dla podstawy o średnicy większej od 3 m połączenie musi być wykonane w co najmniej czterech punktach.

W przypadku niezyskania rezystancji uziomu mniejszej od 10 Ω niezbędne jest wykonanie uziomu sztucznego. Typ uziomu otokowy, promieniowy czy pogrążony (pionowe głębokie) zależy od lokalizacji i rezystancji gruntu.

Rezystancja uziomu mierzona przy każdym złączu kontrolnym (wyprowadzeń końców uziomu) winna być mniejsza od 10 Ω . Wyprowadzenie końca uziomu od uziomu otokowego czy fundamentowego winno być wprowadzone do środka konstrukcji i podłączone do szyny wyrównawczej.

Konstrukcje wsporcze MEW są wykonane ze stalowych rur, kratownic lub żelbetu. Brak więc potrzeby wykonywania sztucznych przewodów odprowadzających, jeśli spełnione zostaną wymagania określone w dalszej części tego punktu.

Dla uzyskania strefy ochrony LPZ 1 dla wnętrza konstrukcji wsporczej MEW wykonanej z żelbetu lub stalowych zamkniętych konstrukcji, należy zapewnić zachowanie ciągłości uziemienia od fundamentu do pierścienia obrotowego RNA.

Aby żelbetowa konstrukcja mogła spełniać wymagane parametry, koniecznym jest, aby w czasie prefabrykacji zbrojenia zostało ono, w możliwie jak największej ilości miejsc, galwanicznie połączone (np. przy pomocy zacisków). Wyprowadzenie połączenia z betonu do wnętrza wieży należy wykonać w dwóch lub kilku miejscach jako punkt odniesienia. Ponadto przy fundamencie i na wierzchołku wieży metalowe kołnierze muszą być połączone ze zbrojeniem.

Przy określaniu stref ochrony dla konstrukcji wykonanych z kratownic, należy przyjąć założenie, że wewnątrz swojej konstrukcji spełniają one tylko warunki strefy ochrony LPZ 0_B.

Instalacja piorunochronna dla czujników pomiaru wiatru powinna być wykonana osłaniającymi zwodami z odpowiednimi przewodami odprowadzającymi, zdolnymi do bezpiecznego odprowadzenia wyładowania piorunowego.

3.4.3 Ochrona przeciwpożarowa

Należy umieścić w miejscach widocznych instrukcje postępowania na wypadek pożaru oraz oznakować lokalizacje podręcznego sprzętu gaśniczego i przeciwpożarowego wyłącznika prądu.

Należy przewidzieć przeciwpożarowy wyłącznik prądu, który powinien być umieszczony w pobliżu głównego wejścia do obiektu lub głównego przyłącza sieciowego i odpowiednio oznakowany. Jako przeciwpożarowy wyłącznik prądu uznaje się odpowiednio oznaczony główny wyłącznik umieszczony w rozdzielni lub przycisk awaryjnego wyłączenia umożliwiający odłączenie elementów infrastruktury MFW od sieci, a tym samym jego zatrzymanie.

Należy oznakować drogi ewakuacyjne i zapewnić ich właściwe oświetlenie, również w przypadku wyłączenia głównego wyłącznika prądu.

Należy zapewnić awaryjną drogę ucieczki w przypadku odcięcia przez pożar głównej drogi komunikacyjnej.

Należy wyposażyć elementy infrastruktury MFW w podręczny sprzęt gaśniczy dostosowany do gaszenia pożarów urządzeń elektrycznych o masie środka gaśniczego minimum 2 kg (lub 2 dm³).

Sprzęt należy umieścić w miejscach łatwo dostępnych (o szerokości co najmniej 1 m), widocznych, nienarażonych na uszkodzenia mechaniczne oraz działanie źródeł ciepła (grzejniki).

Sprzęt powinien być poddawany badaniom technicznym i czynnościom konserwacyjnym zgodnie z zasadami określonymi w odrębnych przepisach i instrukcjach obsługi sprzętu.

Czynności konserwacyjne powinny być prowadzone nie rzadziej niż raz na rok, a ich zakres powinien być zgodny z instrukcją obsługi ustaloną przez producenta.

Szczegółowe wymagania dotyczące systemów ochrony przeciwpożarowej znajdują się w [Publikacji 105/P, część V](#).

3.4.4 Pozostałe systemy

Projekt i próby reflektometryczne światłowodów należy wykonać zgodnie z postanowieniami [Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej G.Sup41](#).

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI PRODUKCYJNEJ WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ

4.1 Konstrukcje przestrzenne

Należy przedstawić do zatwierdzenia PRS rysunki z głównymi wymiarami i wykazami mas, momentami bezwładności i środkami ciężkości.

4.1.1 Kubaturowe

Technologia produkcji podobna jest *per analogiam* do procesu prefabrykacji nadbudówki jednostki pływającej. Po prefabrykacji sekcji płaskich stanowiących pokłady i ściany następuje ich montaż w sekcje i moduły, które następnie są zabezpieczane antykorozyjnie i wyposażane. Prefabrykacja konstrukcji kubaturowych w postaci platform została opisana w [Publikacji 105/P](#).

4.1.2 Kratownicowe

W konstrukcjach kratownicowych elementami podstawowymi są elementy rurowe oraz elementy węzłowe, które następnie są montowane w sekcje przestrzenne w postaci np. nóg, a następnie modułów (np. dolnego i górnego). W zależności od możliwości technicznych moduły przed montażem są zabezpieczane antykorozyjnie i instalowane jest wyposażenie.

4.1.3 Fundamenty grawitacyjne

W przypadku betonowego fundamentu grawitacyjnego, etapy prefabrykacji konstrukcji obejmują również m.in.:

- wykonanie szalunków i związanych z nimi rusztowań,

- wykonanie zbrojenia,
- betonowanie, zagęszczanie i pielęgnowanie betonu,
- usunięcie szalunków i związanych z nimi rusztowań.

4.2 Konstrukcje rurowe

4.2.1 Monopale/wieże

Z materiału płaskiego zwijane są elementy składowe w postaci zwijek/carg, które następnie są ze sobą zespalane. Konstrukcja jest zabezpieczana antykorozyjnie oraz wyposażana.

4.2.2 Elementy przejściowe dla monopali

Proces analogiczny do prefabrykacji monopala z dodatkowymi elementami w postaci montażu oddzielnie sprefabrykowanych platform.

4.3 Gondola z wirnikiem

4.3.1 Ochrona odgromowa

Ciągłość uziemienia od podstawy generatora do uziomu fundamentowego należy zapewnić poprzez następujące rozwiązania:

- łożyska zdolne do odprowadzenia prądu pioruna,
- pierścienie ślizgowe ze szczotkami zdolnymi do przewodzenia prądu pioruna (to urządzenie może być umieszczone w środku pierścienia obrotowego),
- iskierniki.

Ww. połączenia muszą się charakteryzować wysoką przewodnością i niską indukcyjnością.

Połączenia przewodowe bocznikujące obrotnice nie są zalecane, ponieważ długość przewodów bocznikujących przy uwzględnieniu zakresu obrotu gondoli do 720° jest znaczna. Przy dużej częstotliwości prądu uziomowego na bocznikach może powstać duża różnica potencjałów.

W przypadku, gdy podstawa ogólna (generatora i przekładni) jest połączona z pierścieniem obrotowym RNA przy pomocy elastycznych elementów tłumiących (amortyzatorów), koniecznym jest zbocznikowanie tych elementów elastycznymi płaskimi miedzianymi taśmami o wystarczającym przekroju. Natomiast, kiedy podstawa ogólna połączona jest z pierścieniem obrotowym (a tym samym z instalacją uziemiającą) za pomocą połączeń śrubowych, nie ma potrzeby wykonywać dodatkowych połączeń.

Łopaty wirnika powinny być wyposażone na całej swej długości w przewód zdolny do odprowadzenia wyładowania piorunowego. Połączenie to powinno być wykonane w taki sposób, aby ładunek pioruna był bezpiecznie (bez uszkodzeń termicznych i mechanicznych) doprowadzony poprzez konstrukcję piasty wirnika do gondoli i dalej do uziomu fundamentowego.

Układ odprowadzający prąd wyładowania piorunowego z piasty wirnika do podstawy ogólnej powinien być tak zaprojektowany, aby zapewnić bezpieczne (bez uszkodzeń termicznych i mechanicznych) przewodzenie dla wymaganego poziomu ochrony.

Zalecanymi elementami spełniającymi te warunki mogą być:

- łożyska przystosowane do przewodzenia prądu wyładowania,
- odpowiednie pierścienia ślizgowe z metalowym ślizgaczem przystosowane do odprowadzania prądu pioruna (elementy te mogą znajdować się wewnątrz pierścienia obrotowego RNA),
- ochronniki przepięciowe.

Sprzęgło pomiędzy skrzynią przekładniową a generatorem musi być odizolowane. Izolacja musi spełniać warunki, by w żadnym wypadku prąd pioruna nie przepływał przez generator i jego łożyska.

W przypadku, gdy przekładnia i generator podłączone są do swojego fundamentu przy pomocy elastycznych elementów tłumiących, niezbędne jest zmostkowanie ich płaskimi elastycznymi taśmami o wymaganym przekroju.

W przypadku, kiedy generator i przekładnia połączone są poprzez śrubowe połączenia z podstawą ogólną (fundament + maszyny) i można je uznać za wystarczające, nie ma potrzeby wykonania dodatkowych połączeń.

Urządzenia, których integralną część stanowią elektryczne elementy (aparaty, przełączniki, urządzenia sterujące itp.) muszą być połączone metalicznie między sobą i do podstawy ogólnej.

W przypadku niewykonania ww. połączeń podczas ich montażu, należy dokonać ich połączeń przewodem miedzianym (o przekroju minimum 10 mm²) z szyną wyrównawczą połączoną z podstawą ogólną. Przewody połączeniowe powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi i możliwie jak najkrótsze.

Metalowa obudowa gondoli musi być podłączona do systemu połączeń wyrównawczych. Połączenia gondoli z podstawą ogólną powinny być wykonane w kilku punktach, na całej powierzchni, stalową taśmą o odpowiednim przekroju. Ponadto wszystkie występujące zawiasy muszą być zbocznikowane elastycznymi miedzianymi taśmami o możliwie jak największym przekroju.

W przypadku zastosowania gondoli o obudowie niemetalowej należy przymocować zwody pionowe z odpowiednimi przewodami odprowadzającymi, podłączonymi do podstawy ogólnej. Wysokość i ilość zwodów pionowych wraz z przewodami odprowadzającymi zależy od gabarytów gondoli. Przy dobieraniu wysokości zwodów stożek ochronny o kącie 45° musi objąć całą gondolę. Każdy przypadek dla danego gabarytu gondoli powinien być oddzielnie rozpatrzony.

Zaleca się, aby rozdzielnice aparatury rozdzielczo-łączyeniowej były wykonane z pełnej obudowy metalowej i połączone galwanicznie z szyną wyrównawczą. Można zrezygnować z ww. obudów, jeśli międzystrefowe złącze nie jest wymagane, lub gdy aparaty wyłącznikowo-rozdziałcze są wykonane zgodnie z wymogami dla danej strefy ochronnej.

CZĘŚĆ V

Transport i instalacja

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- **PN-EN ISO 19900-03** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Wymagania ogólne dotyczące konstrukcji morskich,
- **PN-EN ISO 19901-1** – Przemysł naftowy i gazowniczy. Specyficzne wymagania dla konstrukcji przybrzeżnych. Część 1: Wymagania dotyczące projektowania i działania,
- **PN-EN ISO 19901-2** Przemysł naftowy i gazowniczy – Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich – Część 2: Sejsmiczne procedury projektowania i kryteria (*Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures – Part 2: Seismic design procedures and criteria*),
- **PN-EN ISO 19901-4** Przemysł naftowy i gazowniczy. Szczególne wymagania dotyczące konstrukcji morskich. Część 4: Uwarunkowania geotechniczne i konstrukcyjne fundamentu,
- **PN-EN ISO 19901-5** Przemysł naftowy i gazowniczy. Specyficzne wymagania dla konstrukcji przybrzeżnych. Część 5: Kontrola wagi podczas montażu,
- **PN-EN ISO 19902** Przemysł naftowy i gazowniczy – Stałe stalowe konstrukcje przybrzeżne (*Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures*),
- **PN-EN ISO 19906** Przemysł naftowy i gazowniczy – Arktyczne konstrukcje morskie (*Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures*),
- **PN-EN 1997-1** Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne (*Eurocode 7. Geotechnical design. General rules*),
- **PN-EN 1997-2** Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 2: Badania podłoża gruntowego (*Eurocode 7. Geotechnical design. Ground investigation and testing*),
- Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych,
- Akty prawne właściwe dla działań budowlanych,
- Akty prawne właściwe dla obszarów morskich i administracji morskiej,
- **DNVGL-ST-N001** Marine operations and marine warranty.

1.2 Nadzór i certyfikacja

- weryfikacja projektu i technologii wykonania instalacji,
- odbiór materiałów przeznaczonych do wbudowania przy instalacji konstrukcji na dnie morza,
- kontrola dokumentów z wytyczenia miejsca instalacji konstrukcji na dnie morza,
- kontrola wymaganych badań i sprawozdań,
- nadzór w czasie transportu i podczas montażu,
- sprawdzenie uszkodzeń transportowych,
- nadzór nad pracami związanymi z instalacją konstrukcji,
- sprawdzanie jakości wykonanych prac i ich zgodności z projektem, pozwoleniami, przepisami i zasadami wiedzy technicznej,
- udział w czynnościach odbioru końcowego i przekazywania do użytkowania,
- sprawdzenie dokumentacji powykonawczej.

2 METODYKA ETAPU TRANSPORTU I INSTALACJI

Wytrzymałość obiektów pływających i posadowionych na nich na czas transportu elementów konstrukcji MFW powinna spełniać wymagania określone w standardzie [NOBLE DENTON](#) dla operacji transportowych morskich lub równoważnym.

Transport i instalację (np. osadzanie, kotwiczenie, holowanie bądź przemieszczanie elementów MFW) prowadzi się pod nadzorem osób posiadających wymagane kwalifikacje morskie.

Technologia wykonania prac związanych z instalacją powinna być zgodna z zatwierdzonym przez PRS projektem wykonawczym, opracowanym na podstawie instrukcji producenta infrastruktury MFW. Dokumentacja dotycząca procedur transportu, instalacji i montażu powinna specyfikować graniczne dopuszczalne warunki atmosferyczne i morskie (m.in. średnią prędkość wiatru). Zatwierdzenie projektu przez inną jednostkę certyfikującą, powinno zostać uzgodnione z PRS.

Projekt wykonawczy powinien być wykonany z uwzględnieniem wymagań zawartych w niniejszych Przepisach lub na podstawie zapisów [Publikacji 105/P, część III](#) poprzez odpowiednie analogie.

PRS wyróżnia dwa zasadnicze typy transportu i instalacji ze względu na ich specyfikę – konstrukcji oraz okablowania.

2.1 Dokumentacja techniczna

2.1.1 Projekt wykonawczy

W zakres dokumentacji projektowej powinien wchodzić również projekt wykonawczy, obejmujący między innymi technologię wykonania poszczególnych prac związanych z instalacją i specyfikacje techniczne wykonania i odbioru prac z uwzględnieniem wniosków i zaleceń z przeprowadzonych analiz ryzyka, biorących pod uwagę niezawodność i możliwość konserwacji zaprojektowanych rozwiązań.

2.1.2 Dokumentacja powykonawcza

Dokumentację powykonawczą stanowią: dokumentacja budowy, w miarę potrzeby rysunki i opisy służące realizacji obiektu, operaty geodezyjne i książka obmiarów, a w przypadku realizacji obiektów metodą montażu – także dziennik montażu z naniesionymi zmianami dokonanymi w toku wykonywania prac oraz geodezyjnymi pomiarami powykonawczymi.

2.2 Procesy etapu transportu i instalacji

2.2.1 Planowanie i przygotowanie transportu

Należy zaplanować wszystkie operacje stawiając bezpieczeństwo na pierwszym miejscu. W tym procesie należy pozyskać wszystkie niezbędne wymagane prawem pozwolenia.

2.2.2 Załadunek

Proces umieszczenia ładunku na środku transportowym w zależności od jego specyfiki powinien być odpowiednio nadzorowany i zabezpieczony.

2.2.3 Transport

Proces transportu ładunku może zakończyć się w miejscu pośrednim – miejscu tymczasowym. Jako miejsce tymczasowe możemy rozumieć lokalizację jak np. wytwórnia komponentów wyższego rzędu, port pełniący rolę bazy instalacyjnej itp. Ostatnim procesem transportowym jest dostarczenie wyrobu na miejsce instalacji na terenie MFW.

2.2.4 Instalacja

PRS wyróżnia cztery zasadniczych typów instalacje ze względu na ich specyfikę. Pierwsze kryterium związane jest z poziomem morza – czy instalacja dotyczy infrastruktury podwodnej czy nadwodnej. Instalacja infrastruktury nadwodnej różni się zasadniczo ze względu na gabaryty urządzeń technicznych tj. MEW oraz platform transformatorowych. Instalacja infrastruktury podwodnej została podzielona ze względu na jej typ tj. infrastruktura punktowa (fundament i jego podwodna ochrona przed degradacją) oraz infrastruktura liniowa (okablowanie wraz z podwodną ochroną przed degradacją).

2.2.5 Odbiór

Czynności odbiorowe polegają na weryfikacji poprawności przeprowadzonych procesów instalacyjnych i montażowych oraz na potwierdzeniu gotowości do rozpoczęcia etapu dopuszczenia do ruchu i eksploatacji.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU TRANSPORTU I INSTALACJI

Operacje procesów transportu i instalacji powinien wykonywać personel wyszkolony lub osoby pouczone o związanych z nią czynnościach.

Zależnie od warunków pracy personel wykonawczy powinien stosować atestowane środki ochronne oczu, stóp, słuchu i głowy. Pracownicy wspinający się na wieże lub pracujący nad powierzchnią ziemi lub wody powinni być przeszkoleni w tego rodzaju pracy oraz stosować atestowane pasy bezpieczeństwa, osprzęt zabezpieczający wspinaczkę lub inne środki bezpieczeństwa.

Wszystkie operacje powinny być realizowane za pomocą sprzętu zatwierdzonego do tego zadania oraz zgodnie z zalecaną przez wytwórcę praktyką postępowania. Cały sprzęt powinien być utrzymywany w dobrym stanie i nadawać się do zadań, do jakich został przeznaczony. Dźwigi, podnośniki i wyposażenie podnoszące, w tym wszystkie zawiesia, haki i inne urządzenia, powinny nadawać się do bezpiecznego podnoszenia i posiadać aktualne świadectwa dopuszczenia do pracy.

Podczas planowania należy przestrzegać określonego przez wytwórcę zakresu parametrów środowiska. Przykładowe elementy, które należy wziąć pod uwagę to:

- prędkość wiatru,
- śnieg i zalodzenie,
- temperaturę otoczenia,
- uderzenia piasku unoszonego z wiatrem,
- wyładowania atmosferyczne,
- widzialność,
- deszcz.

Załadunek, transport i instalacja powinny zostać zaplanowane tak, aby praca przebiegała bezpiecznie i zgodnie z przepisami ogólnymi oraz krajowymi. Zależnie od potrzeb, podczas planowania należy wziąć pod uwagę:

- szczegółowe rysunki, wykaz prac i plan odbiorów,
- zasady właściwego obchodzenia się z osadzonymi elementami,
- zasady dotyczące dostarczania i składowania elementów,
- procedury instalacji,
- procedury zapewniania jakości.

Organizujący powinien zidentyfikować i zminimalizować istniejące i potencjalne zagrożenia zgodnie z regułą ALARP.

Producent elementów MFW obowiązany jest dostarczyć:

- dokumentację techniczno-ruchową (Instrukcję instalacji) obejmującą rysunki, specyfikacje i instrukcje montażu i instalacji jednoznacznie opisujące wymagania,
- szczegóły dotyczące wszystkich obciążeń, ciężarów, punktów podnoszenia i specjalnych narzędzi oraz sposobów postępowania niezbędnych przy przemieszczaniu i instalacji.

3.1 Załadunek

Miejsce załadunku elementów MFW powinno być przygotowane, utrzymywane, eksploatowane i zarządzane tak, by prace można było wykonywać w bezpieczny i efektywny sposób. Zależnie od okoliczności, należy przewidzieć działania zapobiegające dostępowi osób nieupoważnionych.

Środek transportowy powinien być odpowiednio dobrany do rodzaju transportowanego ładunku oraz przystosowany tj. wyposażony w środki techniczne zapewniające jego stabilność i minimalizujące ryzyko uszkodzeń i utraty transportowanych elementów.

3.2 Transport

Dostęp do miejsca rozładunku powinien być bezpieczny. W przypadku transportu drogowego pod uwagę należy wziąć następujące czynniki:

- przeszkody i drogi dojazdowe,
- ruch drogowy,
- powierzchnię dróg,
- szerokość dróg,
- odstęp między pojazdami,
- dopuszczalne obciążenie powierzchni drogi,
- przemieszczanie elementów na miejscu składowania.

Zależnie od zaleceń Producenta, w celu bezpiecznego przeprowadzenia operacji transportu każdego typu, należy stosować narzędzia specjalne, łoża montażowe, uchwyty i inne urządzenia.

3.2.1 Alternatywne metody transportu

PRS, zgodnie z zasadą zorientowania na zmiany, rozwój i ciągłe doskonalenie, dopuszcza możliwość alternatywnych metod transportu i instalacji, jednakże ich akceptacja wymaga odrębnego rozpatrzenia i analizy.

3.2.2 Holowanie konstrukcji

W zakresie wymagań niniejszego punktu mogą obowiązywać również wymagania władz administracyjnych kraju, w którym konstrukcja będzie zarejestrowana lub na którego wodach będzie holowana.

Spełnienie wymagań władz administracyjnych może być uznane przez PRS za równoważne spełnieniu wymagań niniejszego rozdziału.

Elementy infrastruktury MFW, które na miejsce przeznaczenia zostają przeholowane w warunkach pływania wypornościowego, powinny spełniać wymagania zawarte w [Publikacji 105/P, część I, rozdział 10](#).

3.3 Instalacja

Dla elementów infrastruktury MFW transportowanych i instalowanych na miejscu przeznaczenia przy użyciu specjalistycznych jednostek nie wymaga się żadnych obliczeń stateczności. Jednostka specjalistyczna jest to jednostka wykonująca prace dla sprecyzowanej gałęzi przemysłu np. offshore lub wykonująca ograniczony zakres prac np. układanie kabli, nieprzeznaczona do standardowej działalności transportowej.

Instalacja konstrukcji powinna spełniać wymagania [NOBLE DENTON](#) lub równoważne.

Instalacja okablowania powinna spełniać w odpowiednim zakresie wymagania [Publikacji 105/P per analogiam](#), Załącznik dot. instalacji systemów rurociągów podmorskich, przy zastosowaniu właściwych dla przedmiotu norm i przepisów.

Instalację powinni wykonywać pracownicy przeszkoleni i poinstruowani o sposobach prawidłowego i bezpiecznego przeprowadzania operacji.

Podczas instalacji żaden element MFW lub jego część nie może znajdować się pod napięciem, o ile nie wymaga tego sam proces wznoszenia. W tym ostatnim przypadku podłączenie napięcia powinno odbywać się zgodnie z pisemną instrukcją, dostarczoną przez wytwórcę.

Wszystkie elementy, których ruch (obrót lub przesunięcie) może spowodować potencjalne zagrożenie należy zabezpieczyć przed niepożądanym przemieszczeniem.

Łączniki gwintowe i inne urządzenia mocujące należy instalować, stosując momenty dokręcenia zalecane przez wytwórcę i stosując się do innych jego wskazówek. Należy sprawdzić łączniki uznane za krytyczne oraz ustalić i stosować procedury umożliwiające kontrolę zastosowania poprawnego momentu dokręcenia instalacyjnego oraz spełnienia innych wymagań. Używane klucze dynamometryczne powinny mieć aktualne świadectwo sprawdzenia.

W szczególności należy wykonać przeglądy celem sprawdzenia:

- prawidłowego montażu i połączenia odciągów, lin, ściągaczy, kobylic oraz innego sprzętu i urządzeń,
- prawidłowego zamocowania urządzeń podnoszących, jakie są niezbędne do bezpiecznego przeprowadzenia instalacji.

Żurawie, wyciągi i osprzęt podnoszący, łącznie ze wszystkimi zawieszami podnoszącymi, hakami i innymi urządzeniami wymaganymi dla bezpiecznej instalacji, powinny być odpowiednie do bezpiecznego podnoszenia i ostatecznego osadzenia ciężarów. Zaleca się, aby instrukcje i dokumentacja producenta, odnoszące się do instalacji i przemieszczania, zawierały informacje o oczekiwanych obciążeniach i bezpiecznych punktach podnoszenia elementów oraz zespołów. Całe wyposażenie wyciągowe, zawiesia i haki powinny być sprawdzone i atestowane na wymagane bezpieczne obciążenie.

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI INSTALACJI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ

4.1 Fundament

Procesy instalacyjne fundamentów MFW należy przeprowadzać w sposób bezpieczny oraz minimalizujący negatywny wpływ na środowisko np. w postaci wibracji i hałasu. W zależności od typu elementów fundamentu, proces instalacji będzie różny ze względu na wykorzystywane środki techniczne, np. zakotwiczenie w gruncie za pomocą kesonów wymaga innych urządzeń niż palowanie.

Wybór jednostki instalacyjnej oraz procedura procesu jest determinowana przez gabaryty i masy instalowanej konstrukcji. Należy brać również pod uwagę dokładność instalacji przy uwzględnieniu wyników badań podłoża gruntowego.

W razie konieczności, grunt na styku z zainstalowaną na dnie morskim konstrukcją powinien zostać odpowiednio zabezpieczony przed skutkami erozji i wymywania.

4.2 Kable

Proces instalacyjny kabli podmorskich powinien bazować na wytycznych zawartych w [Publikacji 105/P, załącznik A](#) w możliwym zakresie

Metoda instalacji determinuje rodzaj i wyposażenie statku instalującego kable, a także warunki hydro- i meteorologiczne, w których można prowadzić proces. Przyjęta metoda powinna zapewnić uniknięcie szkód i zapewnienie bezpieczeństwa dla ludzi, środowiska i istniejącej infrastruktury.

Przed operacją należy opracować plan komunikacji poszczególnych stanowisk związanych z układaniem kabla. Plan należy uzgodnić z PRS.

Bez względu na rodzaj jednostki układającej i metodę jej pozycjonowania, pozycjonowanie powinno zapewniać, przy ustalonych warunkach pogodowych wykonywania prac, zachowanie w granicach tolerancji przewidzianych w projekcie:

- właściwej trasy układanego kabla,
- właściwego położenia i kierunku geograficznego (heading) jednostki podczas wydawania kabla z jej pokładu, jak również podczas postoju dla celów wykonania operacji, które tego wymagają,
- właściwego naprężenia rozciągającego w wydawanym kablu,
- bezpiecznych odległości jednostki i układanego kabla od istniejącej infrastruktury.

Statek pozycjonowany dynamicznie, posiadający w znaku klasy notację DP, powinien realizować powyższe wymagania, w sposób sterowany automatycznie.

Każda jednostka instalacyjna, wykonująca inne zadania niż jednostka układająca (*Lay Vessel*) kabel, powinna być wyposażona odpowiednio do przewidywanych prac. Wyposażenie powinno zapewniać utrzymanie podczas prac, wykonywanych samodzielnie lub w zespole, wymagań bezpieczeństwa i mających dla danych prac zastosowanie wymagań technologicznych i ogólnych.

Odształcenia plastyczne, występujące w procesie instalacji kabli dostarczonych w zwoju, powodują wystąpienie degradacji zmęczeniowej po małej liczbie cykli, określonej jako LCF lub ULBCF. Degradacja może również występować przy włączaniu i wyłączaniu przepływu prądu. Można przyjąć, że odształcenia plastyczne wynikłe z procesu instalacji, w granicach dopuszczalnych, będą miały istotny wpływ na zapas wytrzymałości zmęczeniowej kabli tylko w przypadku, gdy będą podlegały, po ułożeniu, obciążeniom zmiennym o dużej ilości cykli, powodującym naprężenia nieprzekraczające granicy plastyczności, albo podlegać obciążeniom powodującym odształcenia plastyczne.

W warunkach bałtyckich kable podmorskie można w wielu przypadkach traktować jako obiekt statyczny, niepodlegający obciążeniom zmiennym. W szczególności dotyczy to kabli, których obliczenia wytrzymałości doraźnej wykonano metodą naprężeń dopuszczalnych.

W przypadku, gdy możliwe jest wystąpienie podczas eksploatacji dwukierunkowych odształceń plastycznych, przy małej liczbie cykli, jak również w każdym przypadku, gdy kabel lub jego części nie można traktować jako obiektu statycznego (patrz wyżej), zaleca się, aby producent kabla dostarczanego w zwoju przedstawił wynik komputerowego modelowania degradacji zmęczeniowej.

Odległość pomiędzy zainstalowanymi równoległymi kablami powinna być taka, by zminimalizować wzajemne oddziaływanie od płynących przez nie prądów oraz uwzględniać serwis i konserwację kabli i ich zamocowań.

CZĘŚĆ VI

Dopuszczenie do ruchu i eksploatacja

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

Procedury rozruchu, eksploatacji, przeglądów i zabiegów związanych z utrzymaniem ruchu należy planować, biorąc pod uwagę bezpieczeństwo obsługi i opisać w dokumentacji techniczno-ruchowej.

Sformułowane wymagania dotyczą również tymczasowo zainstalowanych elektrycznych urządzeń pomiarowych.

Rozruch należy przeprowadzać zgodnie z zaleceniami producenta. Instrukcje producenta powinny zawierać opis sposobu postępowania podczas pierwszego podłączenia napięcia do układu elektrycznego.

Przed rozpoczęciem rozruchu, w obecności przedstawiciela PRS, należy przedstawić do zatwierdzenia specyfikację (program prób) wraz ze wszystkimi planowanymi testami. Przed próbami wykonawca powinien przedstawić dowody, że instalacja została przeprowadzona prawidłowo i tak daleko, jak to jest konieczne, wypróbowana dla zapewnienia bezpiecznej pracy. W przypadku braku takich dowodów odpowiednie testy będą przeprowadzone przy włączaniu do ruchu.

Ocenę warunków elektrycznych, jakie powstaną po przyłączeniu MFW do istniejącej sieci elektrycznej i urządzeniami elektrycznymi między MEW a siecią, należy wykonać celem zapewnienia jej kompatybilności. Ocena ta powinna obejmować przynajmniej następujące elementy:

- znamionową wartość i dopuszczalny zakres zmian napięcia zasilającego,
- znamionową wartość i dopuszczalny zakres zmian częstotliwości,
- asymetrię fazową,
- zakłócenia symetryczne i asymetryczne,
- liczbę zaników napięcia w sieci elektrycznej,
- cykle samoczynnego ponownego załączania,
- impedancję zwarciovą,
- zewnętrzne zakłócenia harmoniczne.

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- Przepisy klasyfikacji i budowy ruchomych jednostek górnictwa morskiego,
- **Publikacja 2/P** – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych,
- **Publikacja 34/P** – Kontrola połączeń spawanych pod wodą,
- **Publikacja 51/P** – Zasady uznawania firm serwisowych,
- **Publikacja 52/P** – Przegląd części podwodnej ruchomych jednostek górnictwa morskiego bez ich dokowania,
- **Publikacja 54/P** – Alternatywne systemy nadzoru kadłuba,
- **Publikacja 55/P** – Nadzór nad systemami ochrony przed korozją i systemami przeciwporostowymi,
- **Publikacja 17/I** – Nadzory przemysłowe na podstawie uznanego systemu planowego utrzymania urządzeń,
- **Publikacja 18/I** – Wytyczne prowadzenia badań nieniszczących podwodnej części ruchomych jednostek górnictwa morskiego,
- **PN-EN ISO/IEC 17020** Ocena zgodności – Wymagania dotyczące działania różnych rodzajów jednostek przeprowadzających inspekcję (*Conformity assessment – Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection*),
- **PN-EN ISO/IEC 27000** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Przegląd i terminologia
- **PN-EN ISO/IEC 27001** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Systemy zarządzania bezpieczeństwem informacji – Wymagania

- **PN-ISO/IEC 27005** Technika informatyczna – Techniki bezpieczeństwa – Zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie informacji
- **PN-EN IEC 62443** Bezpieczeństwo w systemach sterowania i automatyki przemysłowej
- **PN-EN 61508** Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem – Część 1: Wymagania ogólne
- **PN-EN 61511** Bezpieczeństwo funkcjonalne – Przynależne systemy bezpieczeństwa do sektora przemysłu procesowego
- **PN-EN 62061** Bezpieczeństwo maszyn – Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem
- **PN-EN ISO 13849** Bezpieczeństwo maszyn – Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem
- **NACE TPC 3** Microbiologically Influenced Corrosion and Biofouling in Oilfield Equipment,
- **PN-EN 50308** Turbozespoły wiatrowe – Zabezpieczenia – Wymagania dotyczące konstrukcji, eksploatacji i utrzymania ruchu (*Wind turbines. Protective measures. Requirements for design, operation and maintenance*),
- Akty prawne właściwe dla obszarów morskich i administracji morskiej (patrz Załącznik I).

1.2 Nadzór i certyfikacja

- Certyfikat dopuszczenia do ruchu,
- Certyfikat przeglądu okresowego,
- Certyfikat kompetencji serwisu,
- Certyfikat akceptacji planu utrzymania ruchu,
- Certyfikat bezpieczeństwa.

2 METODYKA ETAPU DOPUSZCZENIA DO RUCHU I EKSPLOATACJI

Elementy wchodzące w skład infrastruktury MFW, które mogą podlegać dopuszczeniu do ruchu i serwisowaniu wymienione w poniższym rozdziale należy traktować jako przykładowe. Dynamiczny rozwój technologiczny może doprowadzić do powstania nowych rozwiązań oraz wyeliminowania istniejących, dlatego też każdy projekt MFW należy rozpatrywać indywidualnie i identyfikować elementy, które mają pośredni lub bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo w trakcie całego okresu życia projektu.

Producent powinien dostarczyć podręcznik z instrukcjami dla operatora w języku polskim. Podręcznik ten powinien być uzupełniony podczas rozruchu o informacje o szczególnych warunkach miejscowych.

Instrukcje stanowiskowe przeznaczone są dla operatora, lub jego przedstawiciela, dla zapewnienia mu właściwej wiedzy koniecznej dla prowadzenia prawidłowego nadzoru pracy MFW i jej elementów.

Podręcznik prowadzenia ruchu i instrukcje powinny być wykonane (lub przetłumaczone) w języku polskim. Powinny zawierać informacje i szczegóły umożliwiające ich zrozumienie wykwalifikowanemu pracownikowi z odpowiednim przeszkoleniem technicznym. Uwagi dotyczące bezpieczeństwa i środków dla zapobiegania wypadkom powinny być przedstawione w tekście przed opisem działania poszczególnych układów. Uwagi te powinny być jednoznacznie oznaczone jako dotyczące bezpieczeństwa.

Podręcznik prowadzenia ruchu i instrukcje powinny być wykonane z materiału (papier, folia plastikowa) odpowiedniego do warunków, w jakich są przechowywane.

Podręcznik należy udostępnić obsłudze ruchowej i personelowi zajmującemu się utrzymaniem ruchu. Podręcznik powinien być napisany w sposób zrozumiały dla operatora.

Podręcznik utrzymania ruchu i instrukcje stanowiskowe powinny zawierać następujące informacje:

- opis elementu MFW,
- uwagi dla użytkowników,
- pomoc w znajdowaniu błędów i uszkodzeń.

Opis elementu MFW powinien zawierać:

- dane Producenta,
- charakterystykę parametrów fizycznych obiektu,
- parametry pracy,
- przeznaczenie i typ poszczególnych elementów, numer seryjny lub numer wytwórcy i rok produkcji.

Uwagi dla użytkowników powinny zawierać opisy i wyjaśnienia:

- działań dla zapewnienia bezpieczeństwa i środków dla zapobieżenia wypadkom,
- układów zabezpieczeń i sterowania,
- bezpiecznego zakresu eksploatacyjnego,
- sposobów postępowania w stanach awaryjnych,
- procedur eksploatacyjnego startu i zatrzymania pracy systemu,
- wszystkich komunikatów wyświetlanych przez system (listy zdarzeń i awarii),
- wszystkich rodzajów uszkodzeń i sposobu ich naprawy,
- funkcji i działania wszystkich pracujących i wskaźnikowych elementów, takich jak wyłączniki, przyciski, lampki, instrumenty pomiarowe,
- elementów i funkcji podlegających okresowym sprawdzeniom i regulacjom wraz z danymi o wartościach poszczególnych nastaw.

Bez przeprowadzenia jakiegokolwiek naprawy własnoręcznie, operator powinien mieć możliwości rozeznania przyczyny niesprawności i (jeśli nie może być ona usunięta przez proste działanie) powiadomienia personelu naprawczego o zakresie działań niezbędnych dla usunięcia usterki.

2.1 Procesy etapu dopuszczenia do ruchu i eksploatacji

2.1.1 Rozruch

W trakcie procesu rozruchu sprawdzane jest bezpieczeństwo i parametry pracy urządzeń technicznych MFW – odbywa się to w ramach SAT.

Konstrukcje należy montować zgodnie z instrukcją producenta. W celu potwierdzenia właściwych warunków, np. smarowania i stanu gotowości do uruchomienia wszystkich elementów, należy dokonać ich wstępnego przeglądu. Dokonanie przeglądu należy potwierdzić na odpowiednich formularzach.

2.1.2 Dopuszczenie do ruchu

Zaakceptowanie wyników SAT skutkuje wydaniem zaświadczeń i certyfikatów PRS potwierdzających gotowość do bezpiecznej eksploatacji.

2.1.3 Eksploatacja

Proces eksploatacji jest najdłużej trwającym procesem w rozwoju projektu MFW – w przypadku niezastąpienia żadnych nieoczekiwanych zdarzeń skutkujących przedwczesnym zakończeniem projektu MFW, trwa on minimum 20 lat.

2.1.3.1 Serwis i konserwacja

Cała infrastruktura MFW włącznie z urządzeniami technicznymi musi przechodzić okresowe przeglądy potwierdzające ich możliwość do dalszej pracy. PRS zakłada przegląd komponentów MFW w cyklu 5-letnim wg. przedstawionego i zaakceptowanego harmonogramu przeglądów i inspekcji.

2.1.3.2 Naprawy

Proces Napraw odróżniamy od rutynowego serwisowania i konserwacji (a także drobnych napraw) ze względu na poziom skomplikowania operacji oraz wielkość i różnorodność zasobów w to zaangażowanych. Jeżeli naprawa nie może być wykonana przez 3 techników w ciągu 5 godzin, traktujemy taką operację jako nierutynową i kwalifikujemy do kategorii Napraw. Jest to związane z odpowiednimi procedurami bezpieczeństwa pracy serwisu oraz ciągłości pracy elementów systemu elektroenergetycznego MFW. Naprawy wymagają przeprowadzenia analiz dotyczących ryzyk i przestrzegania procedur operacji. Poprzez Naprawy rozumiemy również operacje wymiany urządzeń technicznych.

2.1.3.3 Przedłużenie okresu eksploatacji

Przed rozpoczęciem ostatniego cyklu przeglądów okresowych infrastruktury MFW zgodnych z zaprojektowanym cyklem życia, właściciel MFW może zwrócić się do PRS o weryfikację możliwości przedłużenia okresu eksploatacji. Okres przedłużenia zależy od stanu infrastruktury oraz możliwości przeprowadzenia jej ewentualnej modernizacji, a także od ograniczeń administracyjnych.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU

Należy przedstawić do akceptacji dla PRS spis kontrolny planowanych czynności oraz listę punktów sprawdzanych przed uruchomieniem i w trakcie uruchamiania.

3.1 Rozruch

Po zainstalowaniu MFW należy przeprowadzić jej badania celem potwierdzenia prawidłowego, bezpiecznego i funkcjonalnego działania wszystkich urządzeń, układów sterowania i aparatury. Próby należy przeprowadzić kierując się zaleceniami producenta. Program prób powinien obejmować przynajmniej:

- bezpieczne uruchomienie,
- bezpieczne odstawienie,
- bezpieczne odstawienie awaryjne,
- bezpieczne odstawienie z rozbiegu lub stanu jej reprezentatywnej symulacji,
- próby funkcjonalne układu zabezpieczeń.

3.1.1 Dokumentacja ruchowa

Dokumentacja ruchowa wraz z planem prób oraz dowodem, że MEW została wzniesiona prawidłowo i pod nadzorem PRS powinna zostać przedstawiona do oceny PRS.

Rozruch MFW przeprowadza się pod nadzorem inspektora PRS.

3.1.2 Nadzór w czasie prób zdawczych

Pomiary w czasie prób powinny zawierać następujące punkty:

- pomiar krzywej mocy,
- pomiar hałasu.

Nowo skonstruowane pod nadzorem PRS elementy MEW będą sprawdzane dodatkowo – pomiary w czasie działania, obciążenia, naprężenia i momenty w konstrukcji wsporczej.

Rezultaty pomiarów mogą być użyte jako baza do analizy naprężeń.

Do wyników pomiarów należy dołączyć:

- ocenę pomiarów,
- ocenę wiarygodności otrzymanych rezultatów,
- jeśli ma zastosowanie – porównanie z obliczeniami.

Pomiary należy wykonywać sprawnymi przyrządami mającymi aktualne świadectwo wzorcowania.

Zalecenia odnośnie systemu pomiarów i oceny powinny być uzgodnione z PRS, przed zainstalowaniem systemu pomiarowego.

3.2 Dopuszczenie do ruchu

Każdy obiekt MFW należy wyposażyć w podręcznik utrzymania ruchu, zawierający przynajmniej określone przez Wytwórcę wymagania utrzymania ruchu i procedury awaryjne. W podręczniku zaleca się opisać również nieplanowe procedury obsługi eksploatacyjnej.

Celem podręcznika utrzymania ruchu jest zapewnienie personelowi obsługi informacji niezbędnej dla wykonywania przeglądów planowych i pozaplanowych.

Zaleca się, aby lista czynności obsługi wykonana była w formie tabelarycznej z pogrupowanymi wg. należnego czasookresu instrukcjami przeglądów i regulacji

W podręczniku należy wskazać części ulegające zużyciu i kryteria, którymi należy się kierować przy ich wymianie.

Podręcznik utrzymania ruchu powinien zawierać:

- informacje dokumentujące powiązanie pomiędzy podręcznikiem prowadzenia ruchu i obiektem,
- uwagi dotyczące bezpieczeństwa i środków zapobiegania wypadkom, których zastosowanie jest konieczne przed rozpoczęciem danego przeglądu np.: użycie odpowiedniego sprzętu ochronnego podczas wchodzenia na wieżę,
- opis wszystkich czynności wykonywanych podczas okresowego przeglądu; opis może być wykonany z użyciem odpowiednich rysunków, rycin (piktogramów). Zagadnienia będące przedmiotem indywidualnych czynności obsługowych takich jak np.: poziom oleju, ciśnienie oleju, momenty dokręcenia śrub, regulacja hamulców, itp. powinny być jednoznacznie opisane,
- dodatkowe informacje dotyczące ilości i jakości części zapasowych i materiałów pomocniczych np. materiałów smarnych, filtrów itp.,
- plan zabiegów smarowniczych wskazujący częstość smarowania, rodzaje czynników smarujących lub innych płynów specjalnych oraz filtrów,
- okresy i procedury przeglądów związanych z utrzymaniem ruchu,
- szczegółowa lista i opis wykonania koniecznych testów dla układów sterowania i bezpieczeństwa (np. test nadobrotów, funkcje awaryjnego zatrzymywania) wraz z podaniem obowiązujących czasookresów sprawdzeń,
- instrukcja przeglądów powinna być uzupełniona dziennikiem przeglądów, w którym określone będą czasy pomiędzy poszczególnymi przeglądami i zapisywane będzie ich wykonywanie,
- kompletny schemat okablowania i wzajemnych połączeń,
- plan przeglądów i dokręcania śrub, z uwzględnieniem kontroli naprężeń i momentów dokręcających,
- procedury diagnostyczne i wskazówki dotyczące usuwania trudności eksploatacyjnych,
- zestaw rysunków dotyczących montażu w miejscu eksploatacji,
- opis procedury ponownego uruchomienia,

- wykaz zalecanych części zamiennych,
- wykaz narzędzi.

3.2.1 Deklaracja ECO-/REC

Oddając elementy infrastruktury MFW do eksploatacji jej dostawca powinien wystawić Deklarację ECO-/REC dla typu wyrobu potwierdzającą zgodność z wymogami wcześniej wymienionych dokumentów. Jeśli turbina dostarczana jest w modułach, deklaracje na poszczególne elementy wystawić powinien dostawca tych modułów, a następnie właściciel zobowiązany jest wystawić całościową Deklarację ECO-/REC, bazując na deklaracjach częściowych.

Deklaracje ECO-/REC dla typu wyrobu wystawia się w oparciu o informacje materiałowe zawarte w kartach technicznych oraz kartach charakterystyki od producentów, których wykaz wraz z nazwą wyrobów, produktów lub materiałów (opisane nazwą oraz nr CAS), datą i nazwą producenta powinien stanowić załącznik do Deklaracji.

Przy wystawianiu Deklaracji ECO-/REC Karty techniczne (*Technical Data Sheet, TDS*) powinny dostarczyć informacji na temat parametrów technicznych i właściwości fizykochemicznych wyrobów i produktów użytych do budowy poszczególnych modułów. Na podstawie informacji zawartych w TDS należy także określić zasady bezpiecznego transportu produktu na miejsce MFW.

Karty charakterystyki bezpieczeństwa produktu (*Material Safety Data Sheet, MSDS*) stanowią źródło informacji na temat substancji chemicznych zawartych w produktach wykorzystywanych do konstrukcji i pracy elektrowni wiatrowych. Struktura i zawartość kart charakterystyki bezpieczeństwa produktu powinna być zgodna z Rozporządzeniem WE 1907/2006 (REACH) oraz Rozporządzeniem Komisji Europejskiej 453/2010. W Deklaracji ECO-/REC należy uwzględnić zagrożenia opisane w sekcji 6 – dotyczącej niezamierzonego uwolnienia do środowiska (jeśli dotyczy środowiska morskiego) oraz w sekcji 14 definiującej zagrożenia wynikające z transportu drogą morską. Na podstawie numeru UN materiału należy potwierdzić możliwość transportu w wytycznych Kodeksu IMDG (dotyczy głównie smarów, olejów, materiałów wybuchowych, łatwopalnych i izolacyjnych).

Deklaracja powinna potwierdzić brak zawartości w konstrukcji oraz w stałym wyposażeniu morskich elektrowni wiatrowych substancji wymienionych w załączniku I do Konwencji z Hongkongu (tabela A i B w Wytycznych MEPC.269(68) – patrz Załącznik 2) oraz kilku innych związków (dichlorometan i in.) zabronionych do użycia przez akty prawne właściwe dla obszaru recyklingu oraz inne:

1. azbest – jego odmiany zdefiniowane w *Chemical Abstracts Service* jako: azbest aktynolitowy (CAS No. 77536-66-4), azbest amozytowy (gruneryt) (CAS No. 12172-73-5), azbest antofilitowy (CAS No. 77536-67-5), azbest chryzotylowy (CAS No. 12001-29-5), azbest krokidolitowy (CAS No. 12001-28-4), oraz azbest tremolitowy (CAS No. 77536-68-6) – zgodnie z:
 - Międzynarodową konwencją o bezpieczeństwie życia na morzu – SOLAS Prawidło II-1/3-5,
 - Wytycznymi Międzynarodowej Organizacji Morskiej dotyczącymi konserwacji i monitorowania materiałów zawierających azbest – MSC/Circ.1045: *Guidelines for maintenance and monitoring of on-board materials containing Asbestos*,
 - Rozporządzeniem UE nr 1257/2013 w sprawie recyklingu statków,
 - Rozporządzeniem WE nr 1907/2006 w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów,
 - Dyrektywą 2009/148/EC z dn. 30 listopada 2009 r. w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie azbestu w miejscu pracy (*Directive 2009/148/EC “on the protection of workers from the risks related to exposure to asbestos at work”*);

2. substancje zubożające warstwę ozonową (ODS) takie jak: CFCs, halony, CCl₄ i in. – zgodnie z:
 - Rozporządzeniem UE nr 1257/2013 w sprawie recyklingu statków,
 - Protokołem Montrealskim w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową (Dz. U. nr 98, poz. 490 z dnia 23 grudnia 1992 r.) oraz poprawkami do Protokołu Montrealskiego 1990, 1992, 1997 i 1999,
 - Rozporządzeniem WE 1005/2009 w sprawie substancji zubożających warstwę ozonową;
3. polichlorowane bifenyly (PCB) – zgodnie z wymogami Rozporządzenia WE nr 850/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady UE z dn. 29 kwietnia 2004 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych i zmieniające dyrektywę 79/117/EWG,
4. kwas perfluorooktanosulfonowy – zgodnie z rozporządzeniem (WE) nr 850/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady UE zabrania się stosowania w nowych instalacjach kwasu perfluorooktano-sulfonowego i jego pochodnych,
5. związki i systemy antyporostowe – zgodnie z wymaganiami:
 - Rozporządzenia UE nr 1257/2013 w sprawie recyklingu statków,
 - Rozporządzenia (WE) nr 782/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 kwietnia 2003 r. w sprawie zakazu stosowania związków cynoorganicznych na statkach,
 - Dyrektywy Komisji 2002/62/WE z dnia 9 lipca 2002 r. dostosowującej do postępu technicznego po raz dziewiąty Załącznik I do dyrektywy Rady UE 76/769/EWG w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do ograniczeń przy wprowadzaniu do obrotu i stosowaniu niektórych substancji i preparatów niebezpiecznych (składniki cynoorganiczne),
 - Załącznika I do Międzynarodowej konwencji o kontroli szkodliwych systemów antyporostowych stosowanych na statkach, 2001 (Konwencja AFS);
6. kadm i związki kadmu,
7. chrom sześciowartościowy (chrom VI) i jego związki,
8. ołów i jego związki,
9. rtęć i jej związki,
10. polibromowane bifenyly (PBB),
11. polibromowane etery difenylowe (PBDE),
12. heksabromocyklododekan (HBCDD), ftalan di (2-etyloheksylu), ftalan benzylu butylu i ftalan dibutylu.

Substancje wymienione w punktach 6-13 są zabronione do użytku zgodnie z:

- dyrektywą 2002/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 27 stycznia 2003 roku w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dyrektywa RoHS, zastąpiona Dyrektywą 2011/65/UE, ograniczająca użycie i składowanie Pb, Cd, Hg, Cr VI, PBB, PBDE),
 - dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym,
 - rozporządzeniem UE nr 1257/2013 w sprawie recyklingu statków,
 - rozporządzeniem (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE (Rozporządzenie REACH);
13. polichlorowane naftaleny,
 14. substancje promieniotwórcze,

15. krótkołańcuchowe chlorowane parafiny – zgodnie z:
 - Dyrektywą 2002/45/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. zmieniającą po raz dwudziesty dyrektywę Rady 76/769/EWG w zakresie ograniczeń we wprowadzaniu do obrotu i stosowaniu niektórych substancji i preparatów niebezpiecznych (krótkołańcuchowych chlorowanych parafin),
 - Rozporządzeniem UE nr 1257/2013 w sprawie recyklingu statków;
16. dichlorometanu (DMC; CAS 75-09-2) na podstawie Decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 lutego 2008 r. zmieniającej dyrektywę Rady 76/769/EWG w zakresie ograniczeń we wprowadzaniu do obrotu i stosowaniu niektórych substancji i preparatów niebezpiecznych (dichlorometan) (zmiana do dyrektywy Rady 76/769/EWG).

Deklaracje ECO-/REC wystawia się w momencie oddania elementów infrastruktury MFW do użytku, a następnie aktualizuje po każdym remoncie lub renowacji elektrowni. Na tych etapach w Deklaracji ECO/REC należy uwzględnić materiały wymienione w Tabelach A i B przedstawionych w Załączniku 2 do niniejszej części Publikacji i oznaczone znakiem „X” w kolumnie część I.

W momencie podjęcia decyzji o recyklingu, deklarację należy uzupełnić o informacje o ewentualnej obecności materiałów niebezpiecznych wymienionych w Tabeli C w Załączniku 2 do niniejszej części Publikacji i oznaczone znakiem „X” w kolumnie część II i III wraz z oszacowaniem ich ilości na moment przekazania do zakładu recyklingu. W przypadku całkowitego braku takich substancji należy odnotować informację o ich nieobecności.

Deklarację ECO / REC – jeśli wymieniono w niej materiały niebezpieczne – należy przesłać do stoczni złomowej lub zakładu utylizacji, przed rozpoczęciem recyklingu, celem potwierdzenia możliwości przeprowadzenia bezpiecznego i przyjaznego dla środowiska recyklingu ze specjalnym uwzględnieniem materiałów niebezpiecznych. Akceptując Deklarację ECO/REC stocznia/zakład recyklingu potwierdza, że posiada odpowiednio przeszkolony i wykwalifikowany personel gotowy do pracy przy utylizacji wskazanego materiału niebezpiecznego oraz że posiada wdrożone bezpieczne procedury postępowania z danym materiałem, np. składowanie materiału w odpowiednio zabezpieczonym miejscu, ma podpisane stałe umowy z firmą odbierającą i utylizującą dany materiał, posiada sprzęt i personel upoważniony do samodzielnego unieszkodliwiania lub utylizacji materiału itd.

Przedstawione w Załączniku 2 oznaczenia i podziały materiałów niebezpiecznych są zgodne z tymi przyjętymi w dokumentacji ustawodawczej związanej z recyklingiem statków. Podział materiałów między Tabelę A, B i C przedstawiono zgodnie z systematyką wprowadzoną przez Komitet Ochrony Środowiska Morskiego Międzynarodowej Organizacji Morskiej w rezolucji MEPC.197(62) i kontynuowaną w kolejnych dokumentach. Tabela A przedstawia materiały niebezpieczne opisane w załączniku 1 do Międzynarodowej konwencji z Hongkongu o bezpiecznym i ekologicznym recyklingu statków (2009), Tabela B – materiały niebezpieczne opisane w załączniku 2 do tej samej Konwencji, zaś Tabela C zbiera materiały potencjalnie niebezpieczne dla środowiska oraz ludzkiego zdrowia.

Deklaracja ECO/REC w przypadku elektrowni oddawanej do eksploatacji lub pozostającej w eksploatacji pokrywa obecność tych samych materiałów, które brane są pod uwagę w Części I Wykazu materiałów niebezpiecznych przygotowywanych dla statków i innych obiektów pracujących na morzu (oznaczone X w Tabelach A i B; Zał. 2), czyli materiałów znajdujących się w konstrukcji i stałym wyposażeniu elektrowni. Aktualizacja Deklaracji ECO/REC, wykonywana po podjęciu decyzji o złomowaniu, poszerza zakres materiałów o te przedstawione w Tabeli C: z części II (odpady poeksploatacyjne) oraz z części III (zapasy) wykazu materiałów niebezpiecznych, jaki byłby przygotowany dla innych obiektów operujących na morzu.

3.3 Eksploatacja

Ruch powinien być prowadzony przez odpowiednio wyszkoloną i poinstruowaną obsługę.

Przez proces nadzorowania pracy rozumie się procedurę ukierunkowaną na efektywną eksploatację, przy minimalnej ilości nieprawidłowości, bezpiecznie, bez zbędnych przeciążeń. Nadzór nad pracą powinien być zdefiniowany jako procedura eksploatacji w predefiniowanych warunkach. Jeśli nadzór nad pracą jest wykonywany przez układ sterowania, przejmuje on sterowanie i regulację. Zaleca się wdrożenie odpowiednich systemów PMS, maksymalizujących prawdopodobieństwo bezpiecznej eksploatacji.

Należy prowadzić książkę ruchu i utrzymania ruchu zawierającą m.in. następujące informacje:

- identyfikator elementu infrastruktury,
- godziny pracy,
- godziny odstawiania,
- datę i czas zaprotokołowanej awarii,
- datę i czas zabiegu eksploatacyjnego lub remontu,
- rodzaj awarii lub zabiegu eksploatacyjnego,
- podjęte działania,
- wymienione części.

Jeśli podręcznik lub instrukcje prowadzenia ruchu nie zalecają innego sposobu postępowania, to po każdym automatycznym odstawieniu nieplanowym spowodowanym awarią lub niewłaściwym działaniem, operator powinien zbadać przyczynę przed ponownym uruchomieniem. Zaleca się, aby wszystkie nieplanowe odstawienia automatyczne były rejestrowane w książce ruchu i utrzymania ruchu.

Zjawiska zewnętrzne zidentyfikowane jako awarie niekrytyczne dla dalszego bezpieczeństwa, takie jak np. zanik i ponowne pojawienie się obciążenia elektrycznego, mogą pozwalać na automatyczny powrót do normalnej eksploatacji po zakończeniu cyklu odstawiania.

Należy przedsięwziąć stosowne kroki celem usunięcia zasadniczej przyczyny każdego wskazania lub ostrzeżenia o zjawiskach nienormalnych lub zmniejszonej niezawodności, np. przy powtarzających się awariach (uszkodzeniach) tego samego typu.

Ruch powinien być prowadzony według opisanych w formie pisemnej procedur. Dokumentacja powinna obejmować procedury bezpiecznego prowadzenia ruchu i zawierać:

- dostarczony przez producenta podręcznik prowadzenia ruchu,
- zasady działania układów elektrycznych,
- zasady koordynacji ruchu i utrzymania ruchu,
- procedury utrzymania porządku w obiekcie,
- zalecenia dotyczące prac na wysokościach,
- procedury obchodzenia się z wyposażeniem,
- zasady postępowania podczas złej pogody,
- zasady utrzymywania łączności i plany awaryjne.

3.3.1 Nadzór nad eksploatacją – systemy kontroli i sterowania

Systemy sterowania, zabezpieczeń i kontroli powinny zostać uzgodnione i ustalone w fazie projektowania w takim zakresie, aby MFW pracowała przy optymalnych parametrach z zachowaniem odpowiedniego marginesu bezpieczeństwa. Systemy te powinny wspólnie umożliwiać sterowanie, kontrolę i utrzymanie w bezpiecznych granicach parametrów takich jak np. obroty, momenty hamujące, prądy zwarcia, wibracja itp.

Z pomocą systemu sterującego np. DCS (*Distributed Control System*), obejmującego funkcje SCADA, infrastruktura MFW jest odpowiednio sterowana, regulowana i monitorowana. Zadaniem układu sterującego jest utrzymanie instalacji w zakresie określonych normalnych granic pracy.

System sterowania powinien być tak zaprojektowany, aby utrzymywać infrastrukturę MFW wewnątrz normalnych granic pracy dla określonych warunków zewnętrznych. Nieprawidłowości takie jak przeciążenie mocą, nadobroty, przegrzanie powinny być wykryte przez ten system, który musi wykonać następnie odpowiednie sterowania korekcyjne. Układ sterowania uzyskuje tę informację z odpowiednich czujników i powinien być zdolny, w określonych warunkach wewnętrznych i zewnętrznych, do zainicjowania zadziałania systemów bezpieczeństwa.

Funkcje systemu sterującego muszą być podporządkowane wymaganiom systemu bezpieczeństwa.

Jeśli przewidziano monitorowanie komputerowego systemu sterowania (np. typu *watch dog*) i odpowie on więcej niż raz na dobę, odpowiednia procedura systemu bezpieczeństwa powinna także zostać uruchomiona.

Jeśli system bezpieczeństwa został pobudzony, system sterowania powinien zachować dane warunków ostatniej operacji, nawet jeśli kasowanie było użyte kilkakrotnie (przywrócenie do pracy może nastąpić dopiero po usunięciu uszkodzeń, które spowodowały zadziałanie systemu bezpieczeństwa).

Prowadzenie ruchu przez obsługę eksploatacyjną powinno być możliwe z wykorzystaniem oznakowanego miejscowego systemu sterowania ręcznego, nadrzędnego w stosunku do układu sterowania automatycznego/zdalnego.

Zaleca się takie wykonanie systemu sterowania i systemu bezpieczeństwa, aby była możliwość testowania i kalibracji możliwie wszystkich czujników bez ich demontażu. Należy przewidzieć testowanie możliwie dużej części czujników podczas pracy (*on-line*), chociaż utrudnione jest wówczas wykrycie uszkodzeń niebezpiecznych niewykrywalnych. Podobne wymaganie dotyczy elementów wykonawczych.

Zaleca się stosowanie w projektowaniu systemów sterowania i systemów bezpieczeństwa odpowiednich norm bezpieczeństwa funkcjonalnego, w tym normy ogólnej [PN-EN 61508](#) dotyczącej projektowania systemów E/E/PE (Elektrycznych / Elektronicznych / Programowalnych Elektronicznych) związanych z bezpieczeństwem oraz niektórych norm sektorowych, np. [PN-EN 61511](#) (przemysł procesowy), [PN-EN 62061](#) i [PN-EN ISO 13849](#) (przemysł maszynowy).

Definiowanie zbioru funkcji bezpieczeństwa obejmuje określenie wymaganego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL (*Safety Integrity Level*) lub wymaganej skuteczności działania PL (*Performance Level*) na podstawie analizy i oceny ryzyka, na przykład z uwzględnieniem odpowiednio zdefiniowanych grafów ryzyka. Funkcje bezpieczeństwa są implementowane w systemach sterowania związanych z bezpieczeństwem o odpowiedniej architekturze (redundancja lub nadmiarowość strukturalna w podsystemach: czujników, logicznym i wykonawczych).

Wymaga się następnie odpowiedniej weryfikacji i walidacji zaprojektowanej architektury, co dotyczy zarówno sprzętu (*hardware*), jak i oprogramowania (*software*), czy spełnia ona odpowiednie wymagania dotyczące poziomów SIL lub PL. Wymagania dotyczące weryfikacji i walidacji oprogramowania znajdują się w trzeciej części normy ogólnej [PN-EN 61508](#).

W komputerowych systemach automatyki i sterowania IACS (*Industrial Automation and Control System*), w których implementuje się funkcje sterowania i funkcje bezpieczeństwa, istotne znaczenie ma ochrona informacji i kształtowanie odporności na potencjalne ataki poprzez przemysłową sieć komputerową. Zaleca się, aby zagadnienia te analizować korzystając z norm serii [PN-EN](#)

[ISO/IEC 27000](#), a szczególnie z części o [PN-EN ISO/IEC 27001](#) (wymagania) i [PN-ISO/IEC 27005](#) (ocena ryzyka). Normą dedykowaną cyberbezpieczeństwu systemów IACS jest [PN-EN IEC 62443](#) (14 części). Norma ta powinna być wykorzystywana w kontekście analizy odporności powiązanych systemów IT (*Information Technology*) i OT (*Operational Technology*) w nawiązaniu do koncepcji Przemysł 4.0 i stosowania innowacyjnych technologii IIoT (*Industrial Internet of Things*).

Należy traktować jako zasadę, aby czujniki pomiarowe były zbudowane wg. tych samych wymagań, jakie obowiązują dla funkcjonowania i pewności samego wyposażenia. W szczególności założenia projektowe w zakresie odporności na uszkodzenia powinny zapewniać spełnienie takich samych wymagań.

Pomiar prędkości wiatru nie jest wymagany jako ogólne prawo. Aczkolwiek jeśli bezpieczna praca zależy od prędkości wiatru pośród innych czynników, lub jeśli prędkość wiatru jest jednym z parametrów wejściowych układu sterowania, wtedy należy zapewnić wiarygodne i odpowiednie środki pomiaru prędkości wiatru.

Dokładność czujników powinna być przystosowana do dominujących warunków. Pomiar powinien być zabezpieczony efektywnie od zewnętrznych zakłóceń włącznie z interwencją osób nieautoryzowanych. Zaleca się ustawienie czułości w trakcie pracy MFW.

3.3.1.1 Zwarcie

MFW powinna być wyposażona w odpowiednie zabezpieczenia przed prądem zwarcia w torze głównym i w urządzeniach pomocniczych, dobrane w sposób zapewniający ich selektywną pracę.

Jeśli urządzenia zabezpieczające wykryją zwarcie w głównym torze, powinny zadziałać i równolegle uruchomić układ bezpieczeństwa.

W stadium projektowym należy przewidzieć odpowiednie działanie systemu bezpieczeństwa lub sterowania w przypadku wykrycia zwarcia w urządzeniach pomocniczych w zależności od stopnia ich ważności.

3.3.1.2 Temperatura

Temperatura urządzeń powinna być monitorowana dla zapewnienia, że jest utrzymywana wewnątrz dopuszczalnego zakresu pracy. Dla osiągnięcia tego samoczynnego monitorowania pomiarów, powinien być dobrany układ o dużej pewności ruchowej funkcjonujący bez przegładów.

Wartość graniczna dla temperatury powinna być określona i podawana na podstawie klasy użytej izolacji. Jeśli dopuszczalna temperatura została przekroczona, parametry pracy powinny zostać ograniczone dla umożliwienia schłodzenia urządzenia – jest to zadanie układu sterowania.

Nawet krótkotrwałe małe przekroczenie dopuszczalnej temperatury zmniejsza żywotność urządzeń; znaczne przekroczenia prowadzą do ich zniszczenia w krótkim czasie. Przekroczenie mocy lub prądu może spowodować przeciążenie zarówno części mechanicznych, jak i elektrycznych. Krótkotrwałe przekroczenie znamionowych wartości pracy powinno być zredukowane przez urządzenia sterujące. Jeśli maksymalne dopuszczalne wartości są przekroczone, układ bezpieczeństwa powinien zadziałać.

3.3.1.3 Ręczne wyłączniki bezpieczeństwa

Jako środki ręcznej interwencji należy przewidzieć minimum po jednym wyłączniku bezpieczeństwa we wszystkich przewidzianych głównych miejscach np. w gondoli, w pobliżu urządzeń sterowania i regulacji.

Wyłączniki powinny być tak skonstruowane i wykonane, żeby mogły być używane tak, jak wymaga ich funkcja i żeby nie były przeznaczone do innych celów.

Aktywacja awaryjnego wyłączenia jest przeznaczona do zapobieżenia narażenia na niebezpieczeństwo osób lub samego elementu MFW. W zasadzie znaczy to, że układ bezpieczeństwa spowoduje wszystkie pracujące elementy MFW do bezruchu w możliwie najkrótszym czasie. Pierwotnym celem nie jest łagodne, stopniowe oddziaływanie, ale raczej najszybsze, hamowanie do bezruchu odpowiednie do wytrzymałości instalacji. Odpowiednio jakiegokolwiek opóźnienia mogące się pojawić powinny zostać pominięte pod warunkiem, że jest to uzasadnione.

Zachowanie, jeśli jakiegokolwiek ręczny awaryjny wyłącznik bezpieczeństwa został pobudzony, może być identyczne do zachowania w przypadku, gdy układ bezpieczeństwa został pobudzony z powodu nadmiernej wibracji. Po zadziałaniu ręczny awaryjny wyłącznik bezpieczeństwa powinien pozostać w pozycji pobudzonej (zazbrojonej).

3.3.1.4 Wibracje

Układ bezpieczeństwa powinien zareagować, jeśli aktualnie mierzona wartość wibracji przekroczy (pierwotnie zdefiniowaną) wartość nastawy. Jeśli wibracja jest monitorowana (mierzona) w sposób ciągły i wartość pomiaru przetwarzana jest w systemie sterowania, wtedy w przypadku, gdy znana jest przyczyna wibracji, poziom wibracji może być kontrolowany (sterowany) przez układ sterowania.

3.3.2 Serwis i konserwacja

Proces certyfikacji przeprowadzany będzie w odpowiednim zakresie, bazując na procedurach zawartych w [Publikacji 17/I](#) oraz [Publikacji 105/P, część I, rozdział 5](#).

Nadzorem PRS mogą być objęte instalacje, dla których funkcjonuje uznany system planowanego utrzymania w ruchu i istnieje ważne *Świadectwo uznania* tego systemu przez PRS.

Dla utrzymania ważności *Certyfikatu bezpieczeństwa* są prowadzone przeglądy instalacji wg. uznanego systemu planowanego utrzymania w ruchu i stanu MFW sprawdzanego okresowo przez PRS. Przeglądy mogą być wykonywane i dokumentowane przez uznaną przez PRS autoryzowaną osobę. Okres pomiędzy przeglądami wynosi dwa lata i może być zmieniony w zależności od stanu instalacji.

Każde uszkodzenie należy zgłaszać do PRS. Dla utrzymania ważności *Certyfikatu bezpieczeństwa*, każda zmiana i główne (poważne) naprawy muszą być zatwierdzone przez PRS i wykonane w określonym czasie, w przeciwnym wypadku Certyfikat może utracić ważność. Przedłużenie okresu, w którym można wykonać daną pracę musi być uzgodnione z PRS.

Zapisy z przeglądów będą sprawdzane przez PRS.

Okresowemu sprawdzeniu przez PRS podlegają następujące podzespoły:

- konstrukcja wsporcza (nadwodna, podwodna),
- gondola,
- wszystkie części układu przekazywania napędu,
- łopaty wirnika,
- układ hydrauliczny i/lub pneumatyczny,
- układ bezpieczeństwa, sterowania i kontroli dostępu (wewnętrzny i zewnętrzny),
- instalacja elektryczna (wewnętrzna i zewnętrzna).

Zakres sprawdzenia:

- działanie,
- zużycie,
- mocowanie (jeśli to możliwe – sprawdzenie naprężeń wstępnych w śrubach),
- tworzenie się pęknięć,

- uszkodzenia,
- przecieki,
- ochrona antykorozyjna,
- wytwarzanie hałasu,
- oporność izolacji, uziemienie, wyrównanie potencjałów.

Całość instalacji jest sprawdzana w zakresie bezpieczeństwa, funkcjonowania i pewności ruchowej. Układy bezpieczeństwa, sterowania i kontroli dostępu są sprawdzane w odniesieniu do utrzymania ograniczonych, przewidzianych w projekcie wartości.

W następstwie właściwego okresowego przeglądu, PRS zaleci zainteresowanemu operatorowi/właścicielowi MFW wykonanie koniecznych napraw i modyfikacji.

Podzespoły mechaniczne maszynowni powinny być monitorowane zgodnie ze sztuką inżynierską. Takie monitorowane wyposażenia powinny obejmować fizyczne parametry, które mogą być użyte jako pomiar prawidłowej pracy (np. poziom, ciśnienie, temperatura oleju przekładni, temperatura uzwojeń, łożysk itp.). Rozszerzenie zakresu monitorowania, do którego takie wyposażenie powinno być przystosowane, zależy w bardzo dużym stopniu od ogólnej koncepcji projektowej oraz standardu bezpieczeństwa, do którego się dąży. Przekroczenie wartości granicznych powinno zawsze pobudzać układ sterowania do zatrzymania i następnie zezwalać na start po usunięciu przyczyny odchylenia i potwierdzeniu przez obsługę. W założeniach układu sterowania niedopuszczenie do uszkodzenia powinno mieć pierwszeństwo przed pewnością ruchową.

Należy uniemożliwić zmiany nastaw w układach sterowania i bezpieczeństwa przez osoby nieuprawnione. Każda zmiana nastawy w trakcie eksploatacji musi być jednoznacznie odnotowana w raporcie.

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ

4.1 Rozruch

W czasie rozruchu będą sprawdzone wszystkie funkcje, zawarte w systemie operacyjnym oraz funkcje związanych instalacji zewnętrznych.

Należy przedstawić do wglądu PRS:

- dane spisane z tabliczek znamionowych wszystkich urządzeń,
- rejestr prac zakończonych i wyników tych prac,
- zapisy z prób przedrozruchowych i rozruchowych z parametrami sterującymi,
- dostarczane z urządzeniami wszystkie certyfikaty, karty katalogowe, dokumentacje techniczno-ruchowe itp.

Po zakończeniu rozruchu i ruchu przez zalecany przez wytwórcę okres docierania należy wykonać wskazane przez wytwórcę czynności specjalne. Czynności specjalne mogą obejmować (lecz nie tylko): dokręcanie śrub mocujących, wymianę płynów smarujących, sprawdzenie prawidłowego ustawienia i działania innych elementów oraz prawidłowego nastawienia parametrów sterujących.

4.1.1 Morska elektrownia wiatrowa

Należy wykonać następujące działania i testy:

- wizualna kontrola całej instalacji,
- działanie wyłączników bezpieczeństwa w układzie wewnętrznym i zewnętrznym,
- włączenie hamulców przez każdą przyczynę możliwą w trakcie pracy,

- demonstracja działania blokad (ruchu, elektrycznych) wykorzystywanych przy prowadzeniu prac obsługowych,
- sprawdzenie układu obrotu gondoli,
- zachowanie się instalacji przy zaniku obciążenia,
- zachowanie się układu kontroli nadobrotów,
- praca w systemie automatycznym,
- sprawdzenie logiki systemu wskazującego działanie układu sterowania,
- sprawdzenie sterowania i kontroli w układzie zewnętrznym,
- dodatkowo (jeśli zostanie zainstalowany) sprawdzone będą funkcje układu kontroli dostępu.

System kontroli dostępu zaleca się instalować w przypadkach wymaganych względami użytkowymi. System należy zabezpieczyć przed przepięciami. Zaleca się. Aby sygnał otwarcia drzwi do pomieszczenia chronionego rejestrowany był w systemie monitoringu pracy.

4.2 Nadzór nad eksploatacją

Zaleca się zapewnienie możliwości gromadzenia i przesyłania danych, takich jak np. moc wytwarzana, prędkość i kierunek wiatru, istotne zdarzenia, wszystkie ostrzeżenia, alarmy i blokady.

Zaleca się, aby podstawowy zakres nadzoru nad eksploatacją obejmował również oprogramowanie bazy danych umożliwiające gromadzenie danych w okresie kilkuletnim i właściwą ich obróbkę, pozwalające uzyskać czasowe charakterystyki np. wytwarzanej mocy w funkcji prędkości i kierunku wiatru.

4.2.1 Morska elektrownia wiatrowa

4.2.1.1 Moc

W przypadku MEW, moc mierzona w kombinacji z prędkością obrotową jest rozpatrywana jako pomiar średniego obciążenia całej MEW. Może to być także użyte jako zamiennik wartości mierzonej dla inicjacji działań zabezpieczających, powstających przy nadmiernej prędkości wiatru.

Wyposażenie pomiaru mocy powinno być zdolne do zmierzenia średniej wartości (około 1 do 10 minut uśredniania) i krótkotrwałych wartości szczytowych (rozdzielczość pomiaru minimum 1/sec.).

Jeśli moc przekroczy wartość przeciążenia, odpowiednie środki zabezpieczające powinny być zainicjowane automatycznie przez układ sterowania. Średnia długoterminowa aktualna moc nie powinna przekroczyć znamionowej wartości mocy, dla uniknięcia przegrzania i przeciążenia generatora. Aktualne środki zależą od projektu. W każdym przypadku przekroczenia znamionowej długoterminowej średniej mocy, MEW powinna być zatrzymana. Jako regułę należy przyjąć, że przeciążenie nie powinno wynosić więcej niż 25% i moc aktywująca nie powinna wynosić więcej niż 50% wartości znamionowej mocy (wyjściowej).

Poprzez zatrzymanie MEW należy rozumieć wstrzymanie wytwarzania mocy.

Jeśli MEW była zatrzymana z powodu przeciążenia mocą, automatyczny start może być dokonany bez kasowania, jeśli jest to przewidziane w koncepcji projektowej i nie jest to traktowane jako błąd układu.

Przekroczenie wartości wyłączającej przeciążenia z powodu ekstremalnie wysokiej prędkości wiatru jest traktowane jako wydarzenie zewnętrzne. Jeśli taka sytuacja przestaje być aktualna (ustąpiła) przyjmuje się, że MEW jest znowu dostępna (może być uruchomiona).

4.2.1.2 Wiatr

Jeśli pomiar prędkości wiatru jest konieczny, tak jak to opisano powyżej, wymagania niniejsze mogą być spełnione poprzez pomiar bezpośredni prędkości lub poprzez pomiar innego parametru z jasno sprecyzowanym i rozpoznawalnym powiązaniem z wartością prędkości wiatru. Jako podstawę należy wybrać odpowiednie punkty pomiarowe i techniki pomiarowe dla pomiarów w danym układzie sterowania. Jako odpowiedni parametr pomiarowy może być przyjęta prędkość wiatru (niezakłócona w maksymalnie możliwym stopniu) na wysokości piasty wirnika.

Należy wybrać taką metodę pomiarową, która nie doprowadzi do niebezpiecznych uchybów w stanie oblodzenia. Należy dokonywać sprawdzenia mierzonych wartości (np. przez porównanie z innym parametrem związanym z prędkością wiatru) i przewidzieć wyposażenie czujnika w odpowiedni grzejnik, który będzie aktywowany w przypadku niebezpieczeństwa oblodzenia.

Jeśli wyłączająca prędkość wiatru używana jest jako bazowa przy projektowaniu, MEW powinna być wyłączona automatycznie przez układ sterowania, jeśli wyłączająca prędkość wiatru zostanie przekroczona.

Jeśli krótkotrwała wyłączająca prędkość wiatru używana jest jako bazowa przy projektowaniu, MEW powinna być wyłączona natychmiast i automatycznie przez układ sterowania, jeśli krótkotrwała wyłączająca prędkość wiatru zostanie przekroczona.

Jeśli układ sterowania wykryje, że pomiary prędkości wiatru są błędne, MEW powinna być zatrzymana. Przy zastosowaniu systemu 3 obwodów pomiarowych pracujących wg konwencji „2 z 3” nie jest koniecznym zatrzymanie MEW po awarii jednego z obwodów.

4.2.1.3 Sieć

W przypadku, gdy MEW straci obciążenia (np. obciążenie sieci), wirnik może rozbiegać się bardzo szybko. To naraża na niebezpieczeństwo poszczególne podzespoły (łopaty wirnika, przekładnię, generator).

Uszkodzenie sieci, lub jeśli MEW pracuje niezależnie – utrata obciążenia, powinno być wykryte przez układ sterowania i układ bezpieczeństwa; MEW powinna być zatrzymana. Uszkodzenie sieci jest traktowane jako zakłócenie zewnętrzne. Z tego powodu układ sterowania może uruchomić MEW automatycznie, w momencie gdy sieć jest zdolna znowu do przyjęcia obciążenia. Warunkiem możliwości takiego działania jest odpowiednio szybka reakcja układów hamowania zapobiegająca wzrostowi prędkości obrotowej wirnika do prędkości aktywizującej.

4.2.1.4 Kable i przewody

Jeśli praca RNA może doprowadzić do skręcenia giętkich kabli, w szczególności kabli łączących pomiędzy obrotowymi częściami (gondolą) i częściami zamocowanymi na stałe (wieża lub fundament), środki techniczne powinny być przewidziane dla zapobieżenia uszkodzeniom tych kabli poprzez nadmierne skręcenie. Jako wystarczające przyjmuje się pomiary skręcenia giętkich (ruchomych) kabli licznikiem zależnym od kierunku obrotu lub podobną procedurę przyjętą dla określenia całkowitej liczby obrotów gondoli. W fazie projektowej producent lub dostawca powinien określić:

- akceptowalny stopień skręcenia dla ruchomych kabli,
- akceptowalną długość zwisu i sposób zamocowania i uchwycenia kabla.

Wyposażenie monitorujące skręcenie powinno zawsze zareagować przed osiągnięciem maksymalnie dopuszczalnego stopnia skręcenia.

W przypadku RNA z aktywnym układem naprowadzania gondoli, odkręcenie kabli może być podjęte automatycznie poprzez odpowiednią pracę napędu naprowadzania gondoli. Jeśli konieczne,

MEW powinna zostać zatrzymana. Jeśli skrócone kable były odkręcone automatycznie, MEW może wystartować bez potrzeby kasowania (alarmu).

W przypadku instalacji bez aktywnego układu naprowadzania gondoli, dalsza rotacja gondoli po osiągnięciu maksymalnie dopuszczalnego skręcenia kabli powinna być uniemożliwiona. RNA powinna być ustawiona w pozycję (warunki) bezpieczną(e).

Jeśli do sterowania MEW konieczny jest pomiar kierunku wiatru, wyposażenie pomiarowe (np. wiatromierz) powinno być stale monitorowane (dla potwierdzenia prawidłowości wskazań) i wyposażone w odpowiednie ogrzewanie. Ogrzewanie to powinno być włączane w przypadku niebezpieczeństwa oblodzenia.

Jeśli układ sterowania wykryje, że pomiar kierunku wiatru daje błędne wyniki, MEW powinna zostać zatrzymana.

W przypadku RNA z aktywnym naprowadzaniem powinno być zapewnione, że nawet w przypadku błędnie zadanego kierunku obrotu, nie powstaną warunki, które narażą całość MEW na ryzyko uszkodzenia w rezultacie powstania naprężeń nieprzewidzianych w obliczeniach. Napęd gondoli z aktywnym układem naprowadzania musi być typu układu samoblokującego. Kombinacja sprężynowych hamulców azymutalnych i nieblokowanych samoczynnie napędów spełnia te wymagania. Przed rozruchem musi być jednoznacznie ustalone, że zmiany kierunku wiatru spełniają założenia projektu, tzn. kierunek obrotu RNA będzie zgodny ze zmianą kierunku wiatru. Jest to szczególnie ważne, gdy np. w trakcie długiej przerwy w pracy, w czasie której wiatr zmienił się o ok. 180°, MEW pozostawało w bezruchu (nie podążało za zmianami kierunku wiatru).

W przypadku pasywnego układu naprowadzania musi być zapewnione przed uruchomieniem, że błąd naprowadzenia konsoli jest mniejszy niż wartość określona w projekcie.

4.2.1.5 Układy hamowania

Muszą być minimum dwa układy hamowania, przy pomocy których prędkość wirnika będzie obniżona lub wirnik zostanie zatrzymany w każdym przypadku.

W przypadku utraty obciążenia i uszkodzenia jednego z układów hamujących w tym samym czasie, inny(e) układ(y) muszą być zdolne do utrzymania wirnika poniżej maksymalnych nadobrotów, szczególnie w przypadku zaniku napięcia/obciążenia w sieci i uszkodzenia w odpowiednim układzie hamowania. Prędkość ta musi zostać określona w trakcie procesu projektowania przy rozpatrywaniu naturalnych częstotliwości i możliwości destabilizacji układu. Musi być możliwość sprowadzenia obrotów wirnika do 0.

W przypadku RNA z wirnikiem o łopatach ze zmiennym skokiem, gdy zmiana kąta ustawienia łopaty jest jednym z układów hamowania oraz jeśli mechanizm ustawiania łopaty jest monitorowany przez odpowiednie urządzenie sterujące, zatrzymujące MEW, jeśli praca mechanizmu nastawy nie jest poprawna i łopaty wirnika i mechanizm ich nastawy są tak zaprojektowane, że w przypadku zatrzymania lub przecieku w układzie hydraulicznym mechanizmu nastawy, łopaty nie są zdolne do wytworzenia momentu, który mógłby przyspieszyć wirnik ponad maksymalną prędkość obrotową, można przyjąć, że uszkodzenie tego układu objawi się tylko w zakresie prędkości wiatru poniżej znamionowej prędkości wiatru.

Powinna być również rozważona zmienność wiatru (porywy). Należy przyjąć, że łopaty wirnika mogą być ustawione w pozycji aktywnej (skoku), w której wskutek niekorzystnego kąta natarcia mogą generować moment przekraczający maksymalny moment hamowania hamulca mechanicznego. W tym przypadku hamulec nie może stać się przyczyną zagrożenia pożarowego w RNA.

Minimum jeden układ hamowania powinien pracować na zasadzie aerodynamicznej i oddziaływać bezpośrednio na wirnik. Jeśli wymaganie to nie jest spełnione, minimum jeden przewidziany układ hamowania powinien działać na części (piastę, wał) wirujące z prędkością wirnika (strona niskoobrotowa). Urządzenie pomiarowe wyłącznika nadobrotów powinno być umieszczone w części niskoobrotowej.

Awaryjne i eksploatacyjne hamulce powinny być tak zaprojektowane, aby działały prawidłowo przy zaniku zewnętrznego zasilania. Jeśli zasilanie z akumulatora energii (np. hydraulicznego lub elektrycznego) jest konieczne dla funkcjonowania hamulców, musi ono być automatycznie monitorowane, tak by wystarczająca ilość energii była dostępna na minimum jedno awaryjne hamowanie. Jeśli to monitorowanie nie może być prowadzone ciągle, należy przeprowadzać sprawdzenia zgodnie z ustalonym i zaakceptowanym harmonogramem. MEW powinno być natychmiastowo zatrzymane, jeśli monitoring lub sprawdzenie da rezultat negatywny. Wymaganie to jest spełnione, jeśli hamulec aerodynamiczny na końcach płatów wirnika jest aktywowany przez siłę odśrodkową.

Jeśli jest przewidziane wyposażenie limitujące moment, każdy z mechanicznych hamulców powinien być usytuowany pomiędzy urządzeniem ograniczającym moment a piastą wirnika.

Układy hamowania MEW wymagają szczególnego rozpatrzenia w odniesieniu do wymagań bezpieczeństwa. Mechaniczny układ hamowania podlega zużyciu. Z tego powodu hamulec roboczy powinien (w maksymalnie możliwym stopniu) pracować na zasadzie małego zużycia lub bez zużycia. Jeśli projekt MEW przewiduje możliwość zwiększonego, niekontrolowanego zużycia w rezultacie odpowiedzi na uszkodzenia, wymagane jest monitorowanie stanu wyposażenia układu hamulcowego.

Graniczna grubość hamulca i/lub hamulcowy luz w hamulcach mechanicznych, a także, w zależności od projektu, czas efektu hamowania lub zużycie energii, to współczynniki, które mogą być użyte jako odpowiednie parametry dla monitorowania stanu hamulców.

Jeśli monitorowanie stanu układu hamowania jest przewidziane jako zamiennik rozwiązania niezawodnie trwałego (*fail-safe*), to powinno spełniać te same wymagania (standardy) bezpieczeństwa jak sam układ hamowania (np. jeśli monitorowanie ulegnie uszkodzeniu, hamulec musi zadziałać). Odpowiedź wyposażenia monitorującego powinna być taka, że narastające uszkodzenia są wykrywane wcześniej (przed stanem, gdy potrzebna moc hamowania nie może być już osiągnięta) i zostają podjęte działania zaradcze. Jeśli monitorowanie stanu wykryje zwiększone zużycie (wytarcie) hamulca roboczego i/lub awaryjnego(nych) hamulca(ów), MEW powinno być zatrzymane przez układ sterowania. Powinien zostać wygenerowany przez układ jednoznaczny raport o wykrytym uszkodzeniu.

4.2.1.6 Wibracje

Przez wibracje należy rozumieć drgania wymuszone, spowodowane przez niewyważenie i przez pracę w pobliżu naturalnej częstotliwości drgań. Niewyważenie może prowadzić do uszkodzeń. Nie-sprawności to np. asymetryczne ustawienie łopat wirnika lub inne zewnętrzne zakłócenia np. oblodzenie łopat wirnika. Źródłem wibracji mogą być również uszkodzenia elementów wirujących.

Wibracje powinny być mierzone ciągle, a ich wielkość porównywana z wartością nastawy. Czujnik powinien być ulokowany w gondoli, mimośrodowo do osi wieży. Jako wibracje generalnie należy mierzyć ruchy całej gondoli, używając odpowiednich technik pomiaru. Jeśli ruchy gondoli nie są przekazywane do wieży, odpowiedni powiązany z tym ruch może być mierzony jako zamiennik.

Monitorowanie wibracji pozwala w ogólności na generowanie oceny kwalifikacyjnej kondycji MEW. Jeśli obserwowany poziom wibracji jest zbyt duży, można przypuszczać, że praca jest nie-normalna.

4.3 Serwis i konserwacja

Celem zapewnienia bezpieczeństwa obsłudze wykonującej przeglądy i zabiegi związane z utrzymaniem ruchu należy uwzględnić:

- bezpieczny dostęp i miejsce pracy podczas przeglądu i zabiegów eksploatacyjnych,
- odpowiednie środki chroniące obsługę przed przypadkowym zetknięciem się z elementami wirującymi lub częściami w ruchu,
- możliwość posługiwania się linami i pasami bezpieczeństwa oraz innymi atestowanymi urządzeniami zabezpieczającymi podczas wspinaczki lub pracy na wysokości,
- możliwość zablokowania ruchu obrotowego wirnika i mechanizmu orientacji lub innego ruchu mechanicznego podczas prac serwisowych, jak również możliwość ich bezpiecznego odblokowania,
- oznakowanie ostrzegawcze przewodów pod napięciem,
- odpowiednie urządzenia do rozładowania zakumulowanej energii elektrycznej, pneumatycznej lub hydraulicznej,
- odpowiednią ochronę przeciwporażeniową obsługi,
- alternatywną drogę ewakuacji z każdej zamkniętej przestrzeni roboczej.

Należy zapewnić eksploatacyjną możliwość odłączenia systemu elektrycznego elementów MFW od wszystkich źródeł energii elektrycznej, stosownie do potrzeb utrzymania ruchu oraz badań. W charakterze urządzeń odłączających nie należy stosować jedynie urządzeń półprzewodnikowych.

Jeśli do zapewnienia bezpieczeństwa podczas zabiegów związanych z utrzymaniem ruchu niezbędne jest oświetlenie lub praca innych układów elektrycznych, należy zapewnić zasilanie obwodów pomocniczych z własnymi urządzeniami odłączającymi w taki sposób, aby obwody te pozostawały pod napięciem, podczas gdy od wszystkich innych obwodów napięcie jest odłączone.

Jeśli równolegle do podłączonego do sieci elementu MFW (tzn. celem poprawy współczynnika mocy) włączony jest system magazynowania energii, to niezbędny jest odpowiedni, automatycznie działający przełącznik pozwalający odłączyć ten system, celem uniknięcia samowzbudzenia w przypadku zaniku napięcia w sieci. W przypadku, gdy system jest odpowiednio dobrany, wystarczy wykazać, że nie jest on w stanie spowodować samowzbudzenia.

4.3.1 Morska elektrownia wiatrowa

4.3.1.1 Wyposażenie bezpieczeństwa dla wykonywania czynności obsługowych

MEW powinno być wyposażone w minimum po jednej blokadzie lub jej zamienniku zarówno dla wirnika, jak i dla gondoli, z funkcją blokowania ich obrotu. Automatyczna aktywacja (automatyczne załączenie przy dochodzeniu do bezruchu) nie jest konieczne. Wyposażenie hamulcowe nie może, jako zasada, w tym samym czasie być uważane za urządzenie blokujące. W wyjątkowych przypadkach odstępstwo od tej zasady jest możliwe, przewidujące w projekcie instalacji zapewnienie, że praca na każdej części układu hamulcowego może być bezpiecznie prowadzona. Praca układu hamulcowego może być wykonywana bezpiecznie, jeśli wszystkie wirujące części MEW, które układ powinien zahamować, mogą być rzeczywiście zabezpieczone.

Urządzenia blokujące powinny być tak zaprojektowane, aby nawet przy zwolnieniu hamulców mogły bezpiecznie zapobiegać jakimkolwiek obrotowi wirnika lub gondoli. Blokada wirnika MEW powinna być tak wykonana, aby oddziaływała na układ napędowy blisko piasty i była dopasowana do całości konstrukcji. Blokada gondoli konieczna jest dla zabezpieczenia jej przed ruchem w poziomie.

Projekt urządzeń blokujących opiera się na założeniu, że ludzie celowo wchodzący, pozostający w pracy w niebezpiecznej strefie mają wiedzę na temat funkcjonowania urządzenia. Szczególnie wysokie wymagania należy postawić dla bezpieczeństwa działania, jakości i dostępności urządzenia oraz jego powiązanie z częściami MEW podlegającymi blokowaniu (np. płyty wirnika, piasta, wał).

Urządzenie blokujące musi być zawsze użyte, jeśli są prowadzone roboty na tych częściach MEW, które wirują podczas pracy. Musi być także użyte nawet w przypadku, gdy instalacja jest zatrzymana przez hamulec zdolny do spowolnienia wirnika do bezruchu lub jakiegokolwiek azymutalny hamulec, który może być przewidziany. Operator jest zobowiązany do przestrzegania tych środków bezpieczeństwa. Odpowiednia uwaga powinna być umieszczona w dokumentacji ruchowej.

4.3.1.2 Przegląd wirnika

W ramach przeglądu wirnika należy sprawdzić drogą oględzin, jak również przy zastosowaniu innych dostępnych metod:

- powierzchnię łopat wirnika, zwracając uwagę na możliwe pęknięcia, wgniecenia, przebarwienia,
- elementy mechanizmu zmiany skoku łopat,
- sprawdzić dokręcenie i zabezpieczenie śrub i sworzni łączących elementy wirnika, w tym elementy mechanizmu zmiany skoku łopat,
- sprawdzić poosiowe i promieniowe luzy łożyskowania wirnika i luzy mechanizmu zmiany skoku łopat,
- sprawdzić stan zabezpieczenia odgromowego.

4.3.1.3 Przegląd przekładni

Podczas pracy przekładni pod obciążeniem należy sprawdzić głośność przekładni i oszacować poziom drgań liniowych oraz sprawdzić dokręcenie śrub mocujących kadłub przekładni. Jeżeli konstrukcja przekładni na to pozwala, należy dokonać oględzin kół zębatach i wyrywkowego sprawdzenia luzu międzyzębnego.

Należy sprawdzić próbkę oleju smarowego na obecność wody i obcych ciał oraz zapisać o wymianie oleju.

4.3.1.4 Przegląd wałów i łożysk

Podczas przeglądu wałów i ich łożyskowania należy zwrócić uwagę na drgania liniowe podczas pracy pod obciążeniem, na możliwe ogniska korozji i na stan ochrony przeciwkorozyjnej. W głównych łożyskach ślizgowych, jeżeli takie zastosowano, należy sprawdzić luz i stan oleju smarowego. Ponadto należy sprawdzić kołnierze sprzęgieł stałych na obecność pęknięć oraz w razie wątpliwości zastosować odpowiednią metodę defektoskopii.

W przypadku stwierdzenia nadmiernych drgań liniowych lub nadmiernego grzania się łożysk należy sprawdzić prawidłowość ułożenia wału na łożyskach i prawidłowość połączenia odcinków wału (osiowanie), stan łożysk, ich zamocowanie do konstrukcji stałej. W krańcowych przypadkach należy sprawdzać geometrię odcinków wałów.

4.3.1.5 Przegląd hamulców mechanicznych i urządzeń blokujących

Przez oględziny należy sprawdzić, czy w konstrukcji mechanicznej nie ma pęknięć i innych niebezpiecznych uszkodzeń mechanicznych. Należy sprawdzić, w szczególności w przypadku hamulców i urządzeń przeznaczonych do użytku w sytuacjach awaryjnych, możliwość łatwego i natychmiastowego uruchomienia, zdalnego lub/i ręcznego.

Hamulce powinny być sprawdzone w działaniu w warunkach odpowiadających warunkom rzeczywistym, odpowiednio do przeznaczenia hamulca (zastosowanie w sytuacji awaryjnej lub w eksploatacji). Należy zademonstrować sprawność urządzeń blokujących.

4.3.1.6 Przegląd sprzęgieł rozłącznych, podatnych i innych

Należy sprawdzić działanie sprzęgieł rozłącznych pod obciążeniem, jeżeli w eksploatacji ma to zastosowanie.

Należy poddać szczegółowym oględzinom niemetalowe elementy sprzęgieł elastycznych.

Sprzęgła Cardana podlegają oględzinom. W razie podejrzenia mikropęknięć sworzni lub ich zamocowania należy wykorzystać odpowiednią metodę defektoskopii.

4.3.1.7 Przegląd układu hydraulicznego

Należy dokonać oględzin zewnętrznych zbiorników, przewodów, złączek i elementów hydrauliki oraz sprawdzić brak przecieków, pęknięć, korozji (w szczególności korozji wewnętrznej powierzchni zbiorników cieczy hydraulicznej).

Należy sprawdzić próbkę oleju hydraulicznego na obecność zanieczyszczeń metalicznych (w instalacjach pracujących w sposób ciągły) i wody, a także poddać próbkę oleju pełnej analizie, jeżeli tak przewiduje Instrukcja przeglądów i konserwacji.

Ponadto należy przeprowadzić próbę działania. W szczególności dotyczy to układu zmiany skoku łopat wirnika i układu zmiany ustawienia kierunkowego RNA. Jeżeli zaakceptowana przez PRS instrukcja przeglądów i konserwacji nie przewiduje odpowiedniego testu ruchowego dla ww. układów, to próbę działania należy przeprowadzić w takich warunkach pogodowych (wiatr), aby możliwe było sprawdzenie układu przy znacznym zakresie zmiany skoku łopat wirnika i przy zmianach ustawienia kierunkowego gondoli.

4.3.2 Ochrona odgromowa oraz środki zabezpieczające przed przepięciami

Badania okresowe należy wykonywać nie rzadziej niż co 4 lata, po każdej przebudowie i remoncie oraz po każdym zidentyfikowanym wyładowaniu piorunowym w urządzenia piorunochronne.

Podczas badania należy wykonać:

- szczegółowe oględziny,
- sprawdzić ciągłość połączeń,
- sprawdzić urządzenia ograniczające przepięcia,
- sprawdzić zagrożenie życia od napięcia krokowego,
- sprawdzić zagrożenie życia od napięcia dotykowego.

Każda czynność związana z urządzeniem piorunochronnym powinna być odnotowana, zmiany muszą być dodatkowo naniesione w dokumentacji technicznej.

Okresy badań i oględzin muszą być określone w instrukcji obsługi urządzenia piorunochronnego – nie mogą być jednak dłuższe od podanych wyżej.

4.3.3 Ochrona przeciwporażeniowa

Sprawdzanie i próby okresowe ochrony przeciwporażeniowej należy wykonać po każdej przebudowie i remoncie.

Ww. czynności powinny obejmować co najmniej:

- oględziny dotyczące ochrony przed dotykiem bezpośrednim,
- badania ciągłości przewodów ochronnych,

- badania ochrony przed dotykiem pośrednim (pomiar: impedancji pętli zwarciowej, rezystancji uziomu, rezystancji izolacji, rezystancji przewodów ochronnych),
- próby działania urządzeń różnicowoprądowych,
- pomiar napięć dotykowych i krokowych rażenia (przy uziemieniach ochronnych urządzeń powyżej 1 kV).

Każda czynność związana z ochroną przeciwporażeniową musi być odnotowana, a dodatkowo zmiany powinny być naniesione w dokumentacji technicznej.

CZĘŚĆ VII

Wycofanie z eksploatacji i utylizacja

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

Wymagania przedstawione w Publikacji dotyczące wycofania z eksploatacji i utylizacji mają zastosowanie do infrastruktury morskich farm wiatrowych i jej elementów instalowanych na Bałtyku po 1 stycznia 2019 r.

1.1 Przepisy i normy odniesienia

- Konwencje IMO,
- **Publikacja 105/P** – Jednostki morskie stacjonarne. Jednostki i urządzenia górnictwa morskiego. Przepisy budowy i nadzoru,
- Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych,
- Akty prawne właściwe dla działań budowlanych,
- **DNVGL-ST-N001** Marine operations and marine warranty.

1.2 Nadzór i certyfikacja

- Certyfikat kompetencji niezbędnych do realizacji zadań,
- nadzór nad zatrzymaniem ruchu,
- nadzór w czasie demontażu i transportu,
- sprawdzenie stanu zdemontowanych elementów infrastruktury MFW,
- weryfikacja technologii wykonania demontażu,
- zatwierdzenie projektu przywrócenia stanu środowiska,
- weryfikacja procesu utylizacji,
- sprawdzanie jakości wykonanych prac i ich zgodności z projektem, pozwoleniami, przepisami i zasadami wiedzy technicznej,
- sprawdzenie dokumentacji powykonawczej,
- Certyfikat zakończenia projektu MFW.

2 METODYKA ETAPU WYCOFANIA Z EKSPLOATACJI I UTYLIZACJI

Przepisy dotyczące recyklingu infrastruktury MFW powinny opierać się na tych samych wytycznych co zasady nadrzędne względem pracujących w tym samym środowisku statków, wywodzących się z postanowień Konwencji z Hongkongu, Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1257/13 z 2013 roku oraz wytycznych opracowanych przez Komitet Ochrony Środowiska przy IMO (MEPC 67/INF.8, MEPC 67/3, MEPC 67/3/4, MEPC67/3/3, MEPC 67/3/2, MEPC 67/3/1, MEPC 67/INF.2).

2.1 Procesy etapu wycofania z eksploatacji i utylizacji

Standardowym rozwiązaniem akceptowanym przez PRS jest zaimplementowanie etapu [Instalacji i transportu](#) w chronologicznie odwrotnej kolejności.

PRS dopuszcza możliwość częściowego zatrzymania pracy i demontażu infrastruktury ze względu na możliwość *repoweringu* tj. wykorzystania elementów MFW jako elementów bazowych do instalacji i eksploatacji innych urządzeń technicznych, jak np. RNA, czy Platforma, które zmieniają charakterystyki produkcji energii elektrycznej przez MFW. Takie działanie wymaga odrębnych ustaleń i uwarunkowane jest kwestiami bezpieczeństwa oraz pozyskanymi zgodami administracyjnymi.

2.1.1 Zatrzymanie pracy

Jest to proces odwrotny do procesu [Rozruchu w etapie Dopuszczenia do ruchu i eksploatacji](#). Jego celem jest bezpieczne zatrzymanie pracy urządzeń technicznych.

2.1.2 Demontaż infrastruktury

W trakcie procesu deinstalacji podlegają wszystkie elementy MFW, chyba że na wstępnych etapach rozwoju projektu MFW zaplanowano inaczej i uzyskano na to zgodę. Usunięte elementy muszą zostać bezpiecznie przetransportowane do miejsca składowania, a następnie poddane utylizacji. PRS dopuszcza możliwość powtórnego wykorzystania zdemontowanych elementów – w zależności od ich kondycji i nowego przeznaczenia, podlega to odrębnym analizom i uzgodnieniom.

2.1.3 Przywrócenie stanu środowiska

Przywrócenie stanu środowiska do istniejącego przed rozpoczęciem rozwoju projektu MFW jest ostatnim etapem cyklu życia tego procesu.

3 CHARAKTERYSTYKA WYBRANYCH PROCESÓW ETAPU

3.1 Zatrzymanie pracy

Przed przystąpieniem do Demontażu należy dokonać zatrzymania pracy wszystkich urządzeń oraz zabezpieczyć je przed możliwością uruchomienia. Należy dokonać analizy ryzyka możliwego do wystąpienia pod kątem zagrożenia dla osób wykonujących prace (np. elementy infrastruktury MFW są pod napięciem) oraz dla środowiska (np. wyciek oleju z zatrzymanych generatorów) oraz przedsięwziąć działania minimalizujące prawdopodobieństwo zmaterializowania się danego ryzyka zgodnie z metodyką ALARP.

Zasady zatrzymania pracy elementów MFW mogą bazować na [Publikacji 105/P](#), załącznik A w części zatytułowanej „Czasowe wyłączenie z eksploatacji (DE-COMMISSIONING)”.

4 CHARAKTERYSTYKA SPECYFIKI WYBRANYCH ELEMENTÓW MORSKIEJ FARMY WIATROWEJ

4.1 Demontaż infrastruktury

4.1.1 Demontaż fundamentów

W zależności od ograniczeń wynikających z planu Projektu MFW oraz regulacji krajowych, można wyróżnić dwie zasadnicze możliwości usunięcia fundamentów z obszarów morskich – wersję uproszczoną oraz wersję złożoną (ze względu na ilość operacji do wykonania).

Wersja uproszczona zakłada całkowite usunięcie fundamentu, co skutkuje koniecznością przeprowadzenia prac polegających na zasypaniu otworów powstałych w dnie morskim.

Wersja złożona zakłada częściowe pozostawienie fragmentów fundamentu *in-situ*.

Poniżej przedstawiono przykładową listę operacji technicznych, które muszą zostać przeprowadzone dla wersji złożonej demontażu fundamentu:

- usunięcie środków technicznych zabezpieczających przed erozją dna morskiego celem uzyskania dostępu do konstrukcji,
- zrobienie miejscowych wykopów w dnie morskim celem odsłonięcia elementów fundamentu,
- cięcie konstrukcji na elementy – zasadniczo powinny powstać minimum dwa elementy – usuwany oraz pozostający. Element usuwany ze względu na gabaryty i ograniczenia techniczne jednostek pływających może zostać pocięty na mniejsze elementy,
- wyciąganie konstrukcji – w zależności od gabarytów i ciężaru należy zastosować odpowiednie procedury podnoszenia i załadunku na jednostkę transportową,
- zabezpieczenie elementów konstrukcji pozostawianych w dnie morskim.

Należy brać pod uwagę, iż wyciąganie wszystkich zainstalowanych elementów fundamentu generuje m.in. hałas i wibracje mające wpływ na środowisko morskie.

Powyżej wymieniono przykładowe operacje techniczne, jednakże nie jest to lista zamknięta, gdyż będzie się ona zmieniała w szczegółach w zależności od typu usuwanego fundamentu. Ponadto w etapie demontażu wszystkie operacje techniczne muszą być poprzedzone odpowiednimi operacjami analitycznymi i przygotowawczymi.

ZAŁĄCZNIKI

ZAŁĄCZNIK 1

ODNIESIENIA WŁAŚCIWE DLA PRAWA KRAJOWEGO

A. RZECZPOSPOLITA POLSKA

Lista dokumentów odniesienia i organów administracji publicznej, a także innych terminów właściwych do zastosowania w granicach Rzeczypospolitej Polskiej.

1 CZĘŚĆ I – INFORMACJE I WYMAGANIA OGÓLNE

1.1 Akty prawne właściwe dla odpowiednich działań

1.1.1 Akty prawne właściwe dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych:

- Prawo geologiczne i górnicze – Ustawa z dnia 9 czerwca 2011, Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2019 poz. 868 ze zm.),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. 2011, nr 288, poz. 1696),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016 poz. 2033),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 grudnia 2016 r. w sprawie innych dokumentacji geologicznych (Dz.U. 2016 poz. 2023),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie korzystania z informacji geologicznej za wynagrodzeniem (Dz.U. 2011, nr 292, poz. 1724),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz.U. 2015 poz. 903),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz.U. 2017 poz. 2075),
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. 2012, poz. 463),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 kwietnia 2014 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz.U. 2014, poz.812),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 grudnia 2017 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz.U. 2017 poz. 2293),
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz.U. 2015 poz. 964);

1.1.2 Akty prawne właściwe dla działań budowlanych:

- Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r., Prawo budowlane (Dz.U. 2019 poz. 1186),
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle techniczne i ich usytuowanie (Dz.U. 1998, nr 101, poz. 645),
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2012, poz. 462),

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz.U. 2013, nr 202, poz. 1129);

1.1.3 Akty prawne właściwe dla obszarów morskich i administracji morskiej:

- Ustawa z dnia 21 marca 1991 r. o obszarach morskich Rzeczypospolitej Polskiej i administracji morskiej (Dz.U. 2018 poz. 2214),
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz.U. 1998 nr 101 poz. 645),
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Morskiej z dnia 23 października 2006 r. w sprawie warunków technicznych użytkowania oraz szczegółowego zakresu kontroli morskich budowli hydrotechnicznych (Dz.U. 2006, nr 206, poz.1516);

1.1.4 Akty prawne właściwe dla obszaru recyklingu:

- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1257/2013 z dnia 20 listopada 2013 r. w sprawie recyklingu statków oraz zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1013/2006 i dyrektywę 2009/16/WE,
- 33/I Recykling statków – marzec 2017, Publikacja informacyjna PRS. Rezolucja IMO MEPC.269(68) przyjęta 15 maja 2015 r.: Wytyczne 2015 do sporządzania Wykazu materiałów niebezpiecznych, European Maritime Safety Agency,
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478),
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym,
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U. 2019 poz. 1396),
- Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH) i utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE (Rozporządzenie REACH),
- Rozporządzenie (WE) nr 850/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. dotyczące trwałych zanieczyszczeń organicznych i zmieniające dyrektywę 79/117/EWG,
- Ustawa z dn. 19 czerwca 1997 r. o zakazie stosowania wyrobów zawierających azbest (Dz. U. 2017 poz. 2119).

1.2 Skróty, określenia i definicje

- Administracja morską – urzędy morskie.

2 CZĘŚĆ II – WARUNKI ŚRODOWISKOWE I LOKALIZACYJNE

2.1 Prace geologiczne

Jako dokumentację projektową w zakresie prac geologicznych należy rozumieć *Projekt robót geologicznych* opracowany zgodnie z odpowiednimi aktami prawnymi właściwymi dla działań geotechnicznych, górniczych i geologicznych.

W przypadku prac wykonywanych w granicach obszarów morskich Rzeczypospolitej Polskiej organem takim jest minister właściwy do spraw środowiska, działający w porozumieniu z ministrem właściwym do spraw gospodarki morskiej (ustawa z dnia 9 czerwca 2011, Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2019 poz. 868 ze zm.)).

2.2 Warunki lodowe

Na polskich wodach terytorialnych Morza Bałtyckiego można nie uwzględniać obciążeń od lodu.

2.3 [Prądy morskie](#)

2.3.1 Lód na powierzchni wody

W polskiej strefie Morza Bałtyckiego można pominąć obciążenie wg punktu „lód na powierzchni wody”, a obciążenie typu „porosty morskie” uwzględnić tylko w przypadku konstrukcji ulokowanych w pobliżu brzegu morza. Konieczność uwzględnienia obciążeń od lodu na powierzchni wody będzie rozważane przez PRS odrębnie – w zależności od planowanego miejsca instalacji konstrukcji.

2.3.2 Pływy

Zgodnie z dokumentem wymienionym w Zał. 1 Część I 1.1 Akty prawne właściwe dla obszarów morskich i administracji morskiej tj. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 1 czerwca 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać morskie budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie” 1§13. „Polskie obszary morskie traktuje się jako morze bezpływowe”.

3 CZĘŚĆ III – PROJEKTOWANIE

3.1 [Charakterystyka wybranych rodzajów obciążeń](#)

3.1.2 Trzęsienie ziemi

W przypadku konstrukcji zainstalowanych na polskich wodach terytorialnych Bałtyku nie uwzględnia się obciążeń od trzęsienia ziemi w procesie projektowania ich konstrukcji.

ZAŁĄCZNIK 2

MATERIAŁY NIEBEZPIECZNE

Materiały niebezpieczne, których obecność lub brak są przedmiotem deklaracji ECO / REC – systematyka zgodnie z załącznikiem I do Konwencji z Hongkongu (*IMO Guidelines*, Tabela A i B (MEPC.269(68))).

Materiały, które należy wymienić w *Wykazie materiałów niebezpiecznych*

Tabela A

Nr	Materiał		Wykaz			Wartość graniczna
			Część I	Część II	Część III	
A-1	Azbest		X			0.1%
A-2	Polichlorowane bifenyle (PCB)		X			50 mg/kg
A-3	Substancje zubożające warstwę ozonową	CFCs	X			nie określono
		Halony	X			
		Inne całkowicie halogenowane CFC	X			
		Czterochlorek węgla	X			
		1,1,1-Trichloroetan (Metylochloform)	X			
		Hydrochlorofluorowęglany	X			
		Hydrobromofluorowęglany	X			
		Bromek metylu	X			
		Bromochlorometan	X			
A-4	Systemy przeciwporostowe zawierające związki cyno-organiczne jako związki biobójcze		X			2,500 mg total tin/kg

Tabela B

Nr	Materiał		Wykaz			Wartość graniczna
			Część I	Część II	Część III	
B-1	Kadm i związki kadmu		X			100 mg/kg
B-2	Chrom sześciowartościowy i związki chromu (VI)		X			1,000 mg/kg
B-3	Ołów i związki ołowiu		X			1,000 mg/kg
B-4	Rtęć i związki rtęci		X			1,000 mg/kg
B-5	Polibromowane bifenyle (PBB)		X			50 mg/kg
B-6	Polibromowane etery difenylove (PBDE)		X			1,000 mg/kg
B-7	Polichlorowane naftaleny (zawierające więcej niż 3 atomy chloru w cząsteczce)		X			50mg/kg
B-8	Substancje promieniotwórcze		X			nie określono
B-9	Niektóre krótkołańcuchowe chlorowane parafiny (alkany, C10-C13)		X			1%

Tabela C

Nr	Właściwości		Materiały	Wykaz		
				Część I	Część II	Część III
C-1	Ciecz	Smarność	Nafta			X
C-2			Benzyna lakiernicza			X
C-3			Olej smarowny			X
C-4			Olej hydrauliczny			X
C-5			Związki zapobiegające zapieczeniu			X
C-6			Dodatki do paliw			X
C-7			Dodatki do płynu chłodzącego			X
C-8			Płyny zapobiegające zamarzaniu			X
C-9			Odczynniki do uzdatniania wody i testów			X
C-10			Odczynniki do regeneracji dejonizera			X
C-11			Kwasy do parownika oraz do odkamieniania			X
C-12			Stabilizatory farb / rdzy			X
C-13			Rozpuszczalniki/ rozcieńczalniki			X
C-14			Farby			X
C-15			Czynniki chłodzące			X
C-16			Elektrolity			X
C-17			Alkohol, denaturat			X
C-18	Gaz	Wybuchowość/ palność	Acetylen			X
C-19			Propan			X
C-20			Butan			X
C-21			Tlen			X
C-22		Cieplarniane	CO ₂			X
C-23			Perfluorowęglowodory (PFC)			X
C-24			Metan			X
C-25			Hydrofluorowęglowodory (HFC)			X
					X	
C-27	Tlenek azotu (N ₂ O)				X	
C-28	Sześćfluorek siarki(SF ₆)				X	
C-29	Ciecz	Smarność	Paliwa: oleje napędowe			X
C-30			Smary stałe			X
C-31			Przepracowane oleje		X	
C-32			Wody zęzowe i ścieki powstałe w systemach oczyszczania urządzeń maszynowych		X	
C-33			Zaolejone pozostałości ciekłego ładunku		X	
C-34			Wody balastowe		X	
C-35			Ścieki nieczyszczone		X	
C-36			Ścieki oczyszczone		X	
C-37			Niezaolejone pozostałości ładunku ciekłego		X	
C-38	Gaz	Wybuchowość/ palność	Paliwo gazowe			X

Nr	Właściwości	Materiały	Wykaz		
			Część I	Część II	Część III
C-39	Ciała stałe	Pozostałości ładunków suchych		X	
C-40		Odpady medyczne/zakażone		X	
C-41		Popiół ze spalarek		X	
C-42		Śmieci		X	
C-43		Pozostałości paliwa w zbiornikach		X	
C-44		Zaolejone pozostałości ładunków stałych		X	
C-45		Czyściwo maszynowe (szmaty) zanieczyszczane olejami lub substancjami chemicznymi		X	
C-46		Akumulatory (w tym akumulatory ołowio-kwasowe)			X
C-47		Pestycydy/środki owadobójcze			X
C-48		Gaśnice			X
C-49		Środki czyszczące (chemiczne, m.in. do sprzętu elektrycznego, usuwania sadzy itd.)			X
C-50		Detergenty / wybielacze			X
C-51		Różne leki			X
C-52		Elementy osobistej ochrony przeciwpożarowej oraz ubrania ognioodporne			X
C-53		Suche pozostałości w zbiornikach		X	
C-54		Różne resztki ładunków		X	
C-55		Części zamienne maszyn i urządzeń zawierające materiały wymienione w tabeli A lub B			X

Wykaz zmian obowiązujących od 16 sierpnia 2021 r.

Pozycja	Tytuł/Temat	Źródło
2.1.2.1	Wdrożenie nowego programu certyfikacji PCW-03-MFW	PRS