

Wytyczne doboru środków prewencji w celu ograniczania zagrożeń przy użytkowaniu urządzeń do pozyskiwania energii wiatrowej

dr inż. Mariusz Dąbrowski, dr inż. Andrzej Dąbrowski

2016 r.

1. Wstęp

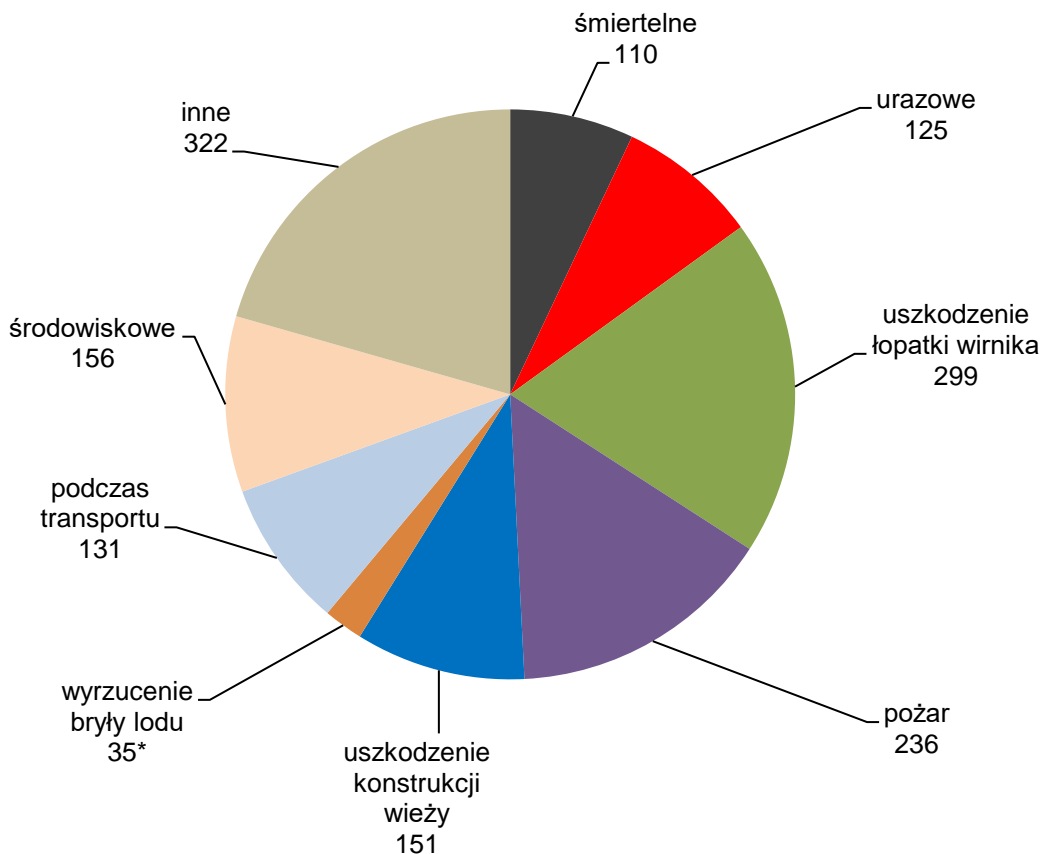
W latach 2014-2028 przedsiębiorstwa energetyczne planują oddać do eksploatacji łącznie ponad 18 GW nowych mocy wytwórczych, z czego 7,5 GW to inwestycje w energetykę wiatrową. [1]. Według danych Ministerstwa Gospodarki [2] w latach 2005-2010 moc zainstalowana elektrowni wiatrowych w Polsce zwiększyła się czternastokrotnie, a prognozy wskazują zwiększenie udziału elektrowni wiatrowych w produkcji energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii do 47% w 2020 r.

Na świecie notuje się stały wzrost liczby wypadków w elektrowniach wiatrowych zwanych również turbogeneratorami wiatrowymi [3]. W tematycznej bazie Caithness Windfarm [4] zarejestrowano ponad 1,5 tys. zdarzeń wypadkowych i różnego typu awarii związanych z elektrowniami wiatrowymi. Dotyczą one m.in. wypadków podczas prac transportowych, upadków, przygnieceń, przypadków uderzenia oderwaną z wirnika bryłą lodu, uszkodzeń konstrukcji (złamania wieży lub łopatki turbiny) oraz innych uszkodzeń mechanicznych, pożarów i eksplozji, przekroczeń dopuszczalnego hałasu oraz awarii elektrycznych (rys.1).

Wypadki związane z elektrowniami wiatrowymi w Polsce zgłaszane są do bazy danych Państwowej Inspekcji Pracy [5] od 2009 roku. Związane były one z pracami na etapie budowy elektrowni (montaż stalowych klinów do szalunku podstawy turbiny wiatrowej, prace spawalnicze prowadzone ok. 2 m poniżej poziomu posadowienia turbiny, szlifowanie spoiny wykonywanej podstawy wieży wiatrowej na wysokości ponad 3 m oraz ręczne malowanie płyty betonowej ustawionej ukośnie do pionu w specjalnym stojaku. Trzy z pośród tych wypadków było ciężkich (poparzenie płonąca benzyna, złamanie kręgosłupa po upadku z wysokości, amputacja pourazowa obu nóg po ich przygnieceniu betonową płytą, a jeden był śmiertelny (zmiżdżenie głowy w szczelinie na klin do szalunku podstawy turbiny wiatrowej).

W Sprawozdaniu Głównego Inspektora Pracy [6] wskazane zostały istotne nieprawidłowości podczas użytkowania elektrowni wiatrowych w Polsce wynikające często z niedostatecznej świadomości zagrożeń zarówno wśród pracodawców jak i

pracowników. Dotyczą one zarówno stosowania ochronnych środków technicznych (np.: dojść do stanowisk pracy, dróg ewakuacyjnych, środków ochrony indywidualnej) jak i organizacyjnych (wydawania pisemnych poleceń, wykonywania prac, opracowania instrukcji wykonywania prac itp.). Wnioskiem z tego raportu jest postulat wzmocnienia działań prewencyjnych adresowanych do obu ww. grup.



* Nie uwzględniono wypadków powodowanych wyrzuceniem brył lodu powodujących urazy lub śmierć

Rys. 1. Wypadki i inne incydenty związane z elektrowniami wiatrowymi wg danych Caithness Windfarm [5]

1.1. Terminologia związana z pozyskiwaniem energii wiatrowej

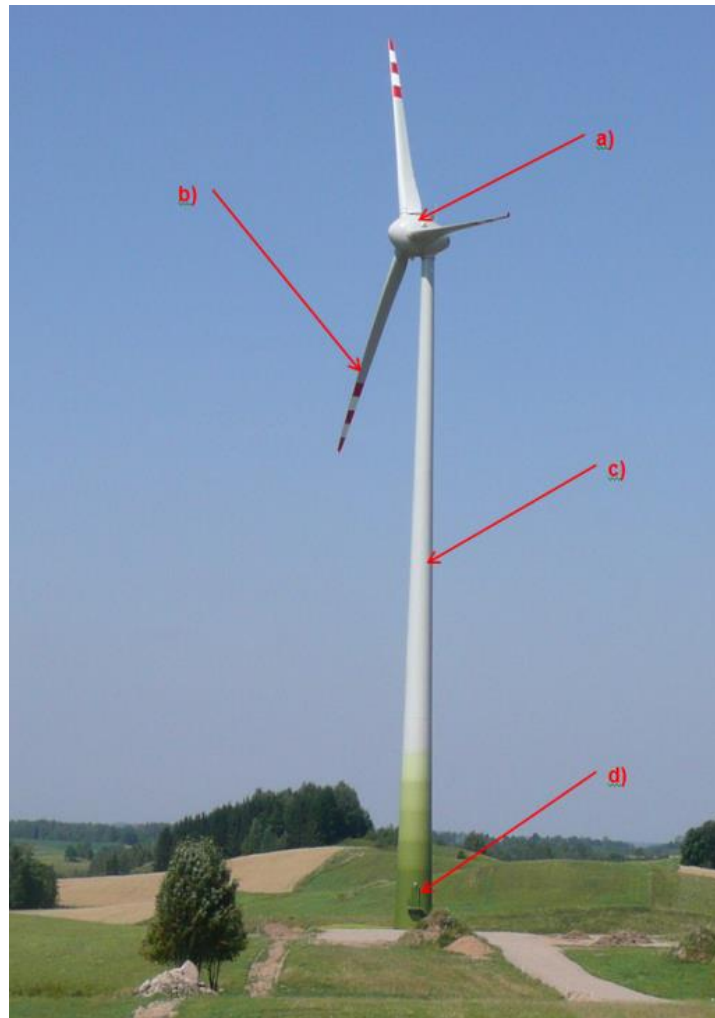
- odnawialne źródło energii – odnawialne, niekopalne źródła energii obejmujące energię wiatru, energię promieniowania słonecznego, energię aerotermalną, energię geotermalną, energię hydrotermalną, hydroenergię, energię fal, prądów i pływów morskich, energię otrzymywaną z biomasy, biogazu, biogazu rolniczego oraz z biopłynów [7]

- instalacja odnawialnego źródła energii - instalacja stanowiąca wyodrębniony zespół:
 - a) urządzeń służących do wytwarzania energii i wyprowadzania mocy, w których energia elektryczna lub ciepło są wytwarzane z odnawialnych źródeł energii lub
 - b) obiektów budowlanych i urządzeń stanowiących całość techniczno-użytkową służący do wytwarzania biogazu rolniczego- a także połączony z tym zespołem magazyn energii, w tym magazyn biogazu rolniczego; [7]
- farma wiatrowa (park wiatrowy) - zespół urządzeń produkujących energię elektryczną wykorzystujących do tego turbiny wiatrowe lub inaczej: zespół elektrowni wiatrowych wraz z infrastrukturą towarzyszącą.
- elektrownia wiatrowa (turbogenerator wiatrowy, wiatrak) - autonomiczna jednostka wytwórcza składająca się z:
 - wieży nośnej z fundamentem;
 - gondoli;
 - turbiny wiatrowej;
 - kabli wyprowadzających energię;
 - układów sterowania elektrownią wiatrową wraz z układami pomiarowymi oraz systemami telekomunikacji. [3]
- wieża nośna - zadaniem wieży jest umieszczenie wirnika turbiny na odpowiedniej wysokości nad poziomem gruntu w celu lepszego wykorzystania wiatru. Wieże mogą być rurowe, kratownicowe lub betonowe. Wieże elektrowni wiatrowych montuje się na trwałym fundamencie. Najczęściej obecnie stosowanymi wieżami są wieże wykonane z rur ze stali nierdzewnej. Wieżę składa się na miejscu budowy z elementów, co ułatwia znacznie transport i montaż.
- gondola - część elektrowni wiatrowej łącząca turbinę wiatrową z wieżą nośną, zawierająca generator, przekładnię, (jeżeli w danym typie elektrowni występuje), łożyska, przekształtnik energoelektroniczny, układy smarowania, chłodzenia, hamowania, transformator blokowy (w większych elektrowniach) oraz układy sterowania położeniem turbiny względem wiatru; [3]

- turbina wiatrowa - urządzenie zawierające wirnik turbiny, składający się z łopaty z łopatom oraz układami sterowania ich położeniem, zamieniające energię kinetyczną wiatru na pracę mechaniczną w postaci ruchu obrotowego wirnika. Zasadnicza część elektrowni wiatrowej, czasem z nią utożsamiana.
- koło wiatrowe - powierzchnia utworzona przez ruch łopat wirnika.

1.2. Typowe technologie stosowane do pozyskiwania energii wiatrowej

Budowane aktualnie elektrownie (turbozespoły) wiatrowe mają zazwyczaj poziomą oś obrotu turbiny z trzema łopatom (rys. 2).



Rys. 2. Typowa elektrownia wiatrowa z poziomą osią obrotu: a) gondola; b) łopata turbiny; c) wieża; d) wejście do wieży.

W większości przypadków główny element wyposażenia elektrycznego elektrowni wiatrowych podłączonych do systemu elektroenergetycznego (zwykle sieci średniego napięcia) stanowią generatory asynchroniczne lub synchroniczne. W celu dostosowania prędkości wirowania wirnika generatora do prędkości turbin wiatrowych wykorzystuje się przekładnie mechaniczne, jednak w wielu współczesnych turbozespołach wiatrowych stosuje się rozwiązania z bezpośrednim połączeniem generatora z turbiną, dzięki czemu osiągnięta jest większa sprawność energetyczna.

Drugim istotnym elementem w układzie elektrycznym elektrowni wiatrowej jest transformator blokowy, który może być umieszczony wewnątrz gondoli (w przypadku turbozespołów o większej mocy znamionowej), w dolnej części wieży (u jej podstawy, pod posadzką na poziomie wejścia) lub w osobnym kontenerze, obok wieży.

Obecnie trwają intensywne prace rozwojowe nad konstrukcjami turbozespołów wiatrowych o pionowej osi obrotu.

Rozwiązanie to jest korzystniejsze z następujących względów:

- działa niezależnie od kierunku wiatru (bez potrzeby obracania gondoli z turbiną, jak to ma miejsce z elektrowniach z poziomą osią obrotu);
- ma znacznie większą sprawność energetyczną;
- uruchamia się przy mniejszej prędkości wiatru niezbędnej do działania turbozespołu (ok. 0,8 m/s, podczas gdy w turbozespołach z pionową osią obrotu wymagane jest min. 2 ÷ 3 m/s);
- ma mniejsze rozmiary i umożliwia lepsze wykorzystanie miejsca (możliwe jest bliższe rozmieszczenie poszczególnych turbozespołów w parku wiatrowym);
- nie występuje w tym przypadku efekt stroboskopowy;
- wytwarza znacznie mniejszy hałas.

Wadą tego rozwiązania są jednak nieduże jak na razie moce uzyskiwane z tego typu turbozespołów.

1.3. Wymagania prawne i normatywne dotyczące energetyki wiatrowej

Regulacje prawa krajowego w zakresie budowy i eksploatacji farm wiatrowych obejmują jeszcze więcej aktów prawnych w randze ustawy, niż w przypadku farm

fotowoltaicznych. Zgodnie z opracowaniem Instytutu Sobieskiego [9] do najistotniejszych należą przepisy ustawy:

- o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym [10],
- Prawo budowlane [11],
- Prawo energetyczne [12],
- o ochronie gruntów rolnych i leśnych [13],
- Prawo ochrony środowiska [14],
- o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko [15],
- o ochronie przyrody [16],
- Prawo lotnicze [17],
- Prawo wodne [18].

Do najważniejszych aktów wykonawczych dotyczących urządzeń do pozyskiwania energii wiatrowej należy zaliczyć rozporządzenia w sprawie:

- zasadniczych wymagań dla maszyn [19], oraz adresowane do użytkowników
- minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy [20],
- ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [21],
- dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku [22],
- dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów [23],
- rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko [24],
- bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych [25].

Oprócz dokumentów prawnych, istnieje również wiele norm bezpieczeństwa odnoszących się do turbozespołów wiatrowych [26-43]. Zawierają one jednak wymagania odnoszące się do samych urządzeń, a nie do bezpieczeństwa ich użytkowania, które związane jest m.in. ze szkoleniami operatorów elektrowni wiatrowych do prac na wieży, turbinie i w gondoli oraz uciezkowych technikach alpinistycznych. Pierwsze oficjalne opracowanie specjalistyczne na temat bezpieczeństwa użytkowania elektrowni wiatrowych powstało dopiero w 2014 roku w Niemczech [44].

2. Zagrożenia przy użytkowaniu urządzeń do pozyskiwania energii wiatrowej

Zagrożenia występujące podczas użytkowania urządzeń do pozyskiwania energii wiatrowej można rozpatrywać w kontekście wykonywanych prac i czynności, jak to przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Główne zagrożenia związane z pracami i czynnościami oraz stosowanym wyposażeniem pracy podczas użytkowania elektrowni wiatrowych

Prace/ Czynności	Strefa	Metody/ Narzędzia	Źródło/ charakter Zagrożenia
Obsługa bieżąca odczyty	Mobilne miejsce pracy (z komputerem) lub sterownia w wieży	Komputer lub bezpośrednio z panela sterowania w sterowni	Bez zagrożeń lub zagrożenia elektryczne (porażenie, łuk elektryczny,) pożar, pola elektromagnetyczne
Sterowanie – włączanie, wyłączanie, zmiany ustawień	Automatyczne lub ręczne - sterownia w wieży	Sterownik w trybie automatycznym lub bezpośrednio z panela sterowania	Bez zagrożeń lub zagrożenia elektryczne (porażenie, łuk elektryczny,) pożar, pola elektro-magnetyczne
Przeglądy i konserwacja Przegląd czystości Sprawdzenie elementów złącznych (dokręcenia) na zewnątrz i wewnątrz wieży Przegląd, jakości spawów Przegląd drzewi Przegląd powłok malarskich Sprawdzenie działania windy Przegląd wyposażenia ochronnego do pracy na wysokości (w wieży i w windzie) Przegląd oświetlenia (normalnego i awaryjnego) Przegląd gaśnic Przegląd apteczki pierwszej pomocy Przegląd stanu technicznego drabin (sprawdzenie połączeń)	Wieża turbiny wiatrowej	Oględziny, próby działania, maszyny do podnoszenia osób i ładunków lub specjalistyczny sprzęt wspinaczkowy Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby	Bez zagrożeń lub zagrożenia elektryczne (porażenie, łuk elektryczny,) pożar, pole Zagrożenie upadkiem z wysokości. Poślizgnięcia potknięcia Elementy spadające z wysokości Wyrzucane kawałki lodu Warunki środowiskowe, hałas
Przegląd przewodów elektrycznych Sprawdzenie położenia gondoli Przegląd wyposażenia ochronnego do pracy na wysokości	Górny podest wieży	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby	Zagrożenie upadkiem z wysokości. Poślizgnięcia potknięcia zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk elektryczny)
Sprawdzenie działania komputera Przegląd czystości	Gondola	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby	Poślizgnięcia potknięcia zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk

Prace/ Czynności	Strefa	Metody/ Narzędzia	Źródło/ charakter Zagrożenia
Przeгляд kanałów kablowych Sprawdzenie elementów złącznych (dokręcenia) Przeгляд oświetlenia (normalnego i awaryjnego) Przeгляд gaśnic Sprawdzenie pomiarów skręcenia kabla		Praca wykonywana przy małym wietrze	elektryczny), upadek z wysokości, zagrożenia związane polami elektromagnetycznymi i instalacjami hydraulicznymi
Smarowanie łożysk Sprawdzenie poziomu oleju Badanie stanu technicznego silnika Przeгляд okładzin hamulcowych Przeгляд przekładni zębatych i zużycia łożysk Przeгляд pod kątem wycieków oleju	System ustawiania wirnika do kierunku wiatru	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze	Poślizgnięcia potknięcia Wciągnięcia, pochwycenia, zmiżdżenia od ruchomych elementów
Sprawdzenie połączenia telefonicznego Przeгляд czujnika przyspieszenia Sprawdzenie wejściowych sygnałów analogowych Przeгляд światłowodów Sprawdzenie urządzeń Przeгляд urządzeń grzewczych Przeгляд przewodów elektrycznych Sprawdzenie zasilania	Skrzynka sterownicza gondoli	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze	Poślizgnięcia potknięcia zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk elektryczny, poparzenie
Przeгляд czystości Sprawdzenie mechanizmu podnoszenia Przeгляд przewodów do podnoszenia Przeгляд certyfikatów mechanizmu podnoszenia Przeгляд apteczki pierwszej pomocy Przeгляд i sprawdzenie oświetlenia awaryjnego Przeгляд wyposażenia do smarowania ułożyskowania Wymiana filtra hydraulicznego Przeгляд i sprawdzenie jednostki zasilania hydraulicznego Przeгляд pod kątem wycieków oleju Sprawdzenie elementów złącznych (dokręcenia) Przeгляд klocków hamulcowych Przeгляд przewodów elektrycznych	Wnętrze gondoli	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze Rożładowanie akumulatorów ciśnieniowych	Potknięcia zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk elektryczny), wytrysk cieczy pod ciśnieniem pochwycenia, zmiżdżenia od ruchomych elementów poparzenie, zagrożenia związane polami elektromagnetycznymi

Prace/ Czynności	Strefa	Metody/ Narzędzia	Źródło/ charakter Zagrożenia
Przeгляд czujników temperatury łożysk Przeгляд urządzeń blokujących (zawleczek) Przeгляд i sprawdzenie „chorągiewki wiatrowej „ i anemometru			
Przeгляд i usunięcie luźnych elementów wewnątrz wirnika Przeгляд czystości piasty Przeгляд przewodów elektrycznych Sprawdzenie elementów złącznych (dokręcenia) Przeгляд pod kątem wycieków oleju Sprawdzenie oleju wewnątrz łożysk Sprawdzenie oleju w przekładniach zębatych Przeгляд i sprawdzenie czujnika prędkości dopuszczalnej Przeгляд ochrony przed wyładowaniem atmosferycznym Przeгляд łożyskowań	Wirnik i łopatki wirnika	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze	Pochwycenia, zmiżdżenia od ruchomych elementów poparzenie upadek z wysokości
Przeгляд przewodów elektrycznych Przeгляд elementów wyposażenia Sprawdzenie ładowarki akumulatorów Wymiana awaryjnych akumulatorów Przeгляд urządzeń grzewczych	Skrzynka sterownicza rotora	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze	Zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk elektryczny), potknięcie, poślizgnięcie
Przeгляд i sprawdzenie połączeń niskonapięciowych Przeгляд i sprawdzenie połączeń wysokonapięciowych Przeгляд przewodów elektrycznych Przeгляд uszczelnień Przeгляд wentylatorów Przeгляд osłon ochronnych Przeгляд cewek Przeгляд ciśnienia płynów	Konwerter	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze Rozładowanie akumulatorów ciśnieniowych	Zagrożenia elektryczne (porażenie prądem, łuk elektryczny), potknięcie, poślizgnięcie pochwycenia, zmiżdżenia od ruchomych elementów zagrożenia związane polami elektromagnetycznymi i instalacjami hydraulicznymi
Przeгляд połączeń Sprawdzenie elementów złącznych (dokręcenia) Przeгляд powierzchni zewnętrznych Przeгляд kanałów wentylacyjnych	Generator	Praca wykonywana przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze	Zagrożenia elektryczne poślizgnięcie, pochwycenia, zmiżdżenia od ruchomych elementów zagrożenia związane polami

Prace/ Czynności	Strefa	Metody/ Narzędzia	Źródło/ charakter Zagrożenia
Przegląd elementów złącznych Przegląd i sprawdzenie połączeń uzwojenia stojana Przegląd i sprawdzenie funkcjonalności RTD Przegląd luzów, dyslokacji, stanu izolacji elektrycznej,			elektromagnetycznymi i instalacjami hydraulicznymi
Przegląd wizualny	Łopatkki wirnika	Praca wykonywana, przez co najmniej dwie osoby Praca wykonywana przy małym wietrze Stosowanie wind serwisowych lub innego sprzętu do podnoszenia osób lub dronów	Upadek z wysokości + warunki atmosferyczne
Naprawy i wymiana (demontaż i montaż) uszkodzonych podzespołów i części	Gondola i wirnik turbiny Pozostałe elementy turbosespołu wiatrowego	Bezpośrednio po odłączeniu układu elektrycznego+ wciągarka + żurawik hydrauliczny + narzędzia montażowe	Zagrożenia elektryczne (porażenie) + pola elektro-magnetyczne + wytrysk cieczy pod ciśnieniem + pochwylenia, zmiżdżenia + poparzenie + upadek z wysokości + warunki atmosferyczne
Mechaniczne, np. konstrukcji wsporczej, ogrodzenia	Teren parku wiatrowego	Bezpośrednio	Zagrożenia mechaniczne (uderzenie, zgniecenie, skaleczenie), zagrożenia elektryczne (porażenie)
Inne prawdopodobne prace (spawanie, lutowanie)	Teren parku wiatrowego	Bezpośrednio	Zagrożenia mechaniczne (uderzenie, zgniecenie, skaleczenie), zagrożenia elektryczne (porażenie)
Prace porządkowe Koszenie trawy	Teren parku wiatrowego	Czynność niewymagana ze względów technologicznych/ kosiarka	Warunki atmosferyczne
Odkurzanie	Sterownia	Sucha szmatka	Zagrożenia elektryczne (porażenie prądem)
Odśnieżanie dróg i ścieżek	Teren parku wiatrowego	Pług śnieżny, łopata	Warunki atmosferyczne (niskie temperatury)
Ochrona i nadzorowanie Pilnowanie	Teren parku wiatrowego	Kamery i obserwacja oraz System alarmowy uruchamiany przez bariery świetlne i zamki kodowe	Warunki atmosferyczne + zagrożenia biologiczne – od ugryzienia kleszczy (borelioza),
Reagowanie na nieuprawnione wtargnięcie	Teren parku wiatrowego	Kamery oraz system alarmowy uruchamiany przez bariery świetlne i zamki kodowe	Zagrożenia biologiczne – od ugryzienia kleszczy (borelioza), lisów (wścieklizna) agresja ludzi lub zwierząt

3. Wymagania zdrowotne, kwalifikacje i uprawnienia

Użytkownicy elektrowni wiatrowych wykonują między innymi prace zaliczane do szczególnie niebezpiecznych oraz wymagające od nich nie tylko odpowiednich kwalifikacji i uprawnień, lecz również predyspozycji zdrowotnych.

W związku z pracą przy lub pobliżu urządzeń elektrycznych pracownicy elektrowni powinni mieć świadectwa kwalifikacyjne SEP w zakresie eksploatacji i dozoru sieci, urządzeń i instalacji energetycznych wytwarzających, przesyłających i zużywających energię elektryczną (1 grupa uprawnień energetycznych). Obsługujący wciągarki i żurawiki umieszczone w gondoli elektrowni wiatrowej, powinni posiadać ponadto świadectwa kwalifikacyjne UDT w zakresie ich obsługi i konserwacji.

Wiele prac w elektrowniach wiatrowych wykonywanych jest na wysokości i w związku z tym pracownicy powinni mieć zaświadczenia lekarskie o braku przeciwwskazań do wykonywania tych prac.

Pracownicy w elektrowni wiatrowej są narażeni zarówno na niskie jak wysokie temperatury i w związku z tym powinni mieć również zaświadczenia lekarskie o braku przeciwwskazań do wykonywania prac w warunkach mikroklimatu zimnego oraz gorącego. Pracownicy ponadto powinni mieć stwierdzony brak przeciwwskazań do pracy w strefie działania pola elektromagnetycznego (nie mogą to być np. osoby z rozrusznikiem serca).

4. Techniczne środki ochronne

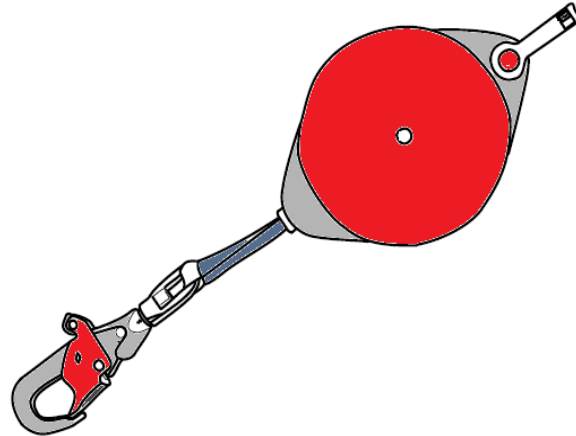
4.1. Środki ochrony zbiorowej

W elektrowniach wiatrowych stosuje się wiele typowych rozwiązań technicznych środków ochrony zbiorowej, do których należą zwłaszcza osłony ruchomych elementów mechanicznych w gondoli (piasty, wału, przekładni i generatora itp.), a także środki ochrony przed upadkiem z wysokości (barierki przy schodkach do wejścia na dolnym poziomie wieży oraz na dachu gondoli).

Dla zapewnienie bezpieczeństwa podczas wykonywania prac na dachu gondoli na turbinie lub na wieży rozmieszcza się tam punkty zakotwiczenia, a gdzie to możliwe również prowadnice dla przesuwanych wózków, do których przypina się pracownik.

Z gondoli powinna być zapewniona możliwość ewakuacji pracowników po zewnętrznej stronie wieży za pomocą systemu zjazdu awaryjnego (rys.3).

Elektrownia wiatrowa powinna być wyposażona w urządzenia do awaryjnego zatrzymywania w szafach sterowniczych na dolnym poziomie wieży (rys.4) oraz w gondoli, a także w wyłączniki główne obwodów oraz odłącznik od sieci energetycznej. Przy urządzeniach odłączających powinny być umieszczone kłódki do ich zamknięcia w położeniu odłączenia.



Rys. 3: Przykład systemu zjazdu awaryjnego



Rys. 4: Szafka z wyłącznikiem głównym na dolnym poziomie wieży

W miejscach, gdzie są wykonywane czynności przeglądowe i konserwacyjne powinno być zapewnione oświetlenie robocze, a dla potrzeb ewakuacyjnych oświetlenie awaryjne.

W elektrowni wiatrowej, zgodnie z ogólnymi przepisami bezpieczeństwa, powinien być dostępny sprzęt ppoż. a także właściwe znaki bezpieczeństwa, np. znak zakazu wstępu przy wejściu do wieży (rys.5) albo oznakowanie ostrzegawcze sygnalizujące strefę zagrożenia upadkiem przedmiotów.



Rys. 5: Znak zakazu wstępu przy wejściu do wieży elektrowni wiatrowej

4.1.1 Instalacja systemu asekuracji

Przed rozpoczęciem instalacji należy oznakować strefę prac, informując o zakazie wstępu osobom nieupoważnionym i ryzyku upadku zawieszonych ładunków. Wszystkie prace muszą być wykonywane przy zatrzymanej maszynie. Należy zablokować mechanicznie wirnik. Należy również zablokować – przy pomocy kłódki - główny wyłącznik w pozycji "rozłączony".

Pierwszą czynnością, jaką należy wykonać w ramach przewidzianych prac w gondoli, powinno być wciągnięcie na górę systemu zjazdu awaryjnego przy pomocy wciągnika w gondoli. Ekwipunek (liny, lonże, absorbery, karabińczyki itp.) powinien

stanowiąc specjalistyczny atestowany sprzęt używany w ratownictwie górskim i wysokościowym.

Następnie należy zamontować po 2 liny (o długości większej o ok. 5 m od wysokości wieży oraz nośności pozwalającej bezpiecznie unieść obciążenie dynamiczne dwóch pracowników z ekwipunkiem) na każdego pracownika wykonującego prace w koszu. Upewnić się, że dotykają one bez problemu podłoża. Funkcją jednej z nich jest zatrzymanie upadku pracownika w razie wypadku, zaś druga umożliwi zejście operatora z kosza. Obie liny, w jakie wyposażony jest każdy pracownik, muszą być różnych kolorów tak, aby móc szybko zidentyfikować linę asekuracyjną.

Punktami kotwiczenia służącymi do zamocowania liny asekuracyjnej powinny być atestowane śruby oczkowe do podnoszenia ładunków. Należy używać zawsze, co najmniej 2 mocowań na linę tak, aby jedno z nich działało wyłącznie w razie usterki elementu głównego. Należy również upewnić się, że sprzęt roboczy, liny i karabińczyki znajdują się w dobrym stanie.

Po spięciu i zamocowaniu należy wysunąć liny na zewnątrz gondoli i umieścić je w miejscu, w jakim będzie się z nich korzystać, oraz sprawdzić, czy dosięgają ziemi. Należy też w miejscach narażenia, np. na styku z łopatami, balustradą czy pokrywą wjazdu gondoli, zamieścić elementy chroniące liny przed przecięciem lub przetarciem. Liny używane, jako podnoszące lub opuszczające należy zakotwiczyć do ziemi lub umieścić na ich końcach balast. Sprawdzić wszystkie zamocowania.

4.2. Środki ochrony indywidualnej i wyposażenie pracowników

Pracownicy podejmujący działania w elektrowni wiatrowej powinni być ubrani w odzież roboczą lub ochronną z dobrze widocznymi w nocy elementami odblaskowymi dostosowaną do wykonywanej pracy i warunków atmosferycznych.

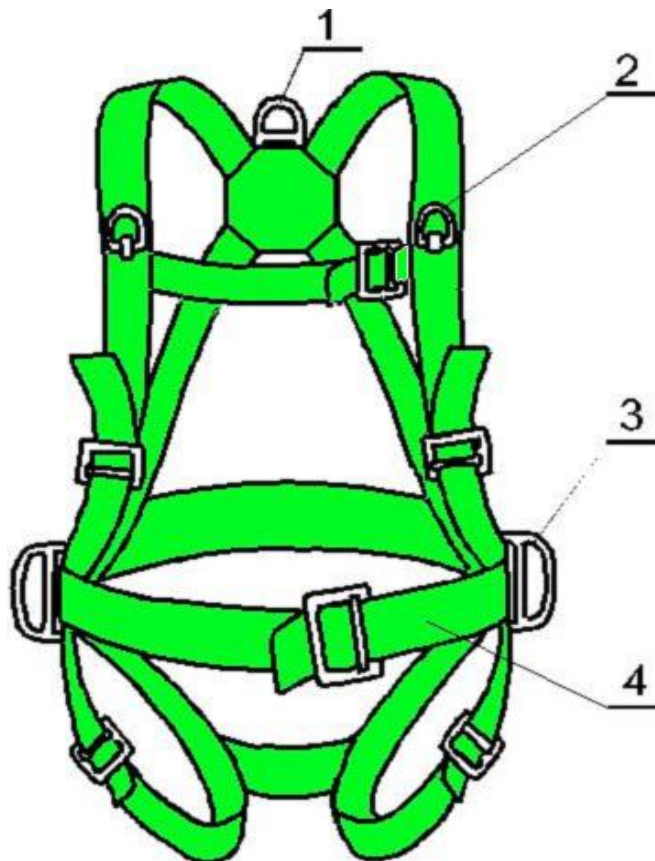
Zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz elektrowni wiatrowej pracownicy powinni nosić hełm ochronny z osłoną podbródka.

Do najczęściej używanych środków ochrony indywidualnej należą też:

- obuwie ochronne z podeszwą przeciwpoślizgową

- rękawice chroniące przed zagrożeniami mechanicznymi (oraz w zależności od wykonywanych prac, chroniące przed innymi zagrożeniami lub czynnikami, np. rękawice elektroizolacyjne, odporne na czynniki termiczne lub chemiczne)
- okulary ochronne
- ochronniki słuchu - w zależności od rodzaju wykonywanych prac (przeгляdu lub konserwacji pracującej turbiny wiatrowej)
- pasy krzyżowo-lędźwiowe przydatne do ręcznych prac transportowych

Pracownicy powinni mieć do dyspozycji szelki bezpieczeństwa (rys.6) oraz po dwie elastyczne linki bezpieczeństwa z absorberem energii, hakiem o dużym rozwarciu na jednym końcu i karabińczykiem na drugim, a także urządzenie samozaciskowe przesuwne chroniące przed upadkiem z wysokości.



Rys. 6. Przykład konstrukcji szelek bezpieczeństwa: 1- grzbietowa kłamra, zaczepowa, 2- piersiowa kłamra zaczepowa, 3- kłamra pasa biodrowego, 4- pas biodrowy

Pracownicy powinni być również wyposażeni w przenośne wiatromierze, latarki zwykłe i czołowe oraz środki łączności bezprzewodowej.

5. Zasady postępowania podczas prowadzenia prac związanych z użytkowaniem urządzeń do pozyskiwania energii wiatrowej

Zasady postępowania podczas użytkowania urządzenia energetycznego powinny być opisane w ramowej instrukcji eksploatacji. Instrukcja powinna być sporządzona zgodnie z wymaganiami formalnymi określonymi w §4 ust. 1 rozporządzenia w sprawie bhp przy urządzeniach energetycznych [25]. Wszelkie prace eksploatacyjne powinny być realizowane zgodnie z tą instrukcją.

5.1 Przestrzeganie ogólnych zasad i przepisów bhp

Wiele z prac wykonywanych w elektrowniach wiatrowych zaliczanych jest do szczególnie niebezpiecznych. Są to zwłaszcza prace na wysokości a także prace wewnątrz urządzeń technicznych, takich jak gondola, czy wieża. Wymagają one stosowania środków zabezpieczających, nadzoru oraz przeprowadzenia specjalnego instruktażu obejmującego imienny podział pracy, kolejność wykonywania zadań, oraz wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy poszczególnych czynnościach. Ponadto zgodnie z przepisami podjęcie pracy we wnętrzach urządzeń technicznych powinno być poprzedzone wydaniem pisemnego pozwolenia. Pracownicy wykonujący pracę wewnątrz powinni być asekurowani, co najmniej przez jedną osobę znajdującą się na zewnątrz będącą z nimi w stałym kontakcie.

Przy pracach szczególnie niebezpiecznych należy postępować z opracowanymi w przedsiębiorstwie procedurami (w tym po uprzednim przeprowadzeniu instruktażu i określeniu zasad nadzoru). Konieczne jest też ustalenie procedur szybkiej ewakuacji pracowników z miejsc pracy na wysokości w sytuacjach awaryjnych.

W warunkach szczególnego zagrożenia, np. przy pracach wykonywanych przy urządzeniach energetycznych, wewnątrz gondoli, oprócz pisemnego pozwolenia wymagane jest wykonywanie ich przez dwie osoby wewnątrz obiektu przy asekuracji trzeciej osoby znajdującej się na zewnątrz.

Przystępując do realizacji i podczas prac w różnych miejscach turbiny wiatrowej należy przestrzegać dopuszczalnych prędkości wiatru, a gdy prędkość wiatru przekroczy te wartości należy natychmiast przerwać prace i opuścić elektrownię. Wartości dopuszczalne prędkości wiatru podczas różnych prac podawane są przez producentów elektrowni wiatrowych. Przykładowo przy wchodzeniu na dolny podest

prędkość wiatru nie może przekraczać 25 m/s, a do gondoli 20 m/s. Prace pionowe na zewnątrz i wewnątrz turbiny, większość prac konserwacyjnych i wymiany elementów powinny być wykonywane przy prędkościach maksymalnie od 12 do 20 m/s, a przy korzystaniu z wciągnika prędkość wiatru powinna być mniejsza, niż 10 m/s. Nawet, jeśli prędkość wiatru jest niższa od wartości granicznych, ale odczuwalne są silne drgania na skutek wiatru tak, że wystąpi problem z utrzymaniem równowagi, prace powinny zostać natychmiast przerwane i należy opuścić elektrownię. Nie należy również wykonywać prac podczas burzy panującej zarówno na terenie farmy, jak i w jej okolicy.

5.2 Zapewnienie stanu technicznego i użytkowanie wyposażenia pracy

Należy na bieżąco sprawdzać oraz prowadzić przeglądy maszyn i narzędzi, aby w porę wykryć wszelkie usterki, uszkodzeń oraz nieprawidłowości w ich działaniu.

W przypadku narzędzi ręcznych należy zwrócić uwagę, czy ich rękojeści nie są uszkodzone, pęknięte, pobrudzone olejem lub smarem i czy są solidnie połączone z głowicą. Należy przenosić je w torbach lub pasach narzędziowych, a podczas ich używania nosić obcisłe ubranie i związane włosy.

W przypadku stosowania narzędzi przy wykonywaniu prac na wysokości należy je przytwierdzić linką do nadgarstka, aby uniknąć ich upadku na ziemię.

Sprzęt zasilany sprężonym powietrzem należy stosować w bezpiecznej odległości, co najmniej 10 m od sprężarki.

W przypadku konieczności zastosowania drabin lub podestów roboczych w strefach, w których przemieszczają się pojazdy lub maszyny mobilne albo za drzwiami, należy umieścić odpowiednią sygnalizację lub barierki, aby zapobiec kolizjom oraz upadkom przedmiotów na przechodzących przez wspomnianą strefę pracowników.

5.3 Prace pod napięciem

Prace przy wyposażeniu elektrycznym powinny być wykonywane w zespołowo lub co najmniej przez dwie przeszkolone osoby. Podczas tych prac nie należy używać narzędzi metalowych, zegarków, biżuterii ani innych przewodzących rzeczy osobistych oraz należy usunąć metalowe części ubrania, gdyż wyładowania łukowe mogą doprowadzić do poważnych oparzeń.

Nie wolno podejmować jakichkolwiek prac pod podestem dolnej szafy rozdzielczej, jeśli przy wchodzeniu do turbiny wiatrowej zauważy się obecność wody pod podestem. Należy sprawdzić, czy kable elektryczne utrzymane są w dobrym stanie i zachowują swoje zdolności izolacyjne.

5.4 Prace transportowe

5.4.1 Przewożenie towarów niebezpiecznych

Wszelkie ładowane i przewożone produkty chemiczne muszą mieć wymagane atesty zaakceptowane przez dział BHP. Należy przestrzegać zaleceń i znaków podanych na etykietach opakowań oraz sprawdzić, czy opakowania są w dobrym stanie i nie widać na nich wycieków.

Podczas załadunku i rozładunku towarów niebezpiecznych silnik nie może pracować, a pojazd musi być nieruchomy. Nie wolno używać otwartego ognia, ani palić tytoniu w pobliżu pojazdów lub kontenerów i w ich wnętrzu.

Opakowania towarów niebezpiecznych, zwłaszcza butle z gazem nie mogą się przewracać ani uderzać o siebie, a więc powinny być układane w pojeździe w taki sposób, aby nie mogły przewrócić się ani spaść. Leżące butle należy zaklinować, podeprzeć lub w sposób bezpieczny i właściwy przymocować, aby nie mogły się poruszać. Butle mogą być też przewożone w pozycji pionowej w odpowiednich uchwytach zabezpieczających je przed upadkiem. Pojemniki najlepiej jest przewozić otwartymi lub wentylowanymi pojazdami. Jeśli jest to niemożliwe, na drzwiach ładowni zamkniętych i niewyposażonych w system wentylacji pojazdów należy wykonać widoczny napis informujący o braku wentylacji i konieczności ich ostrożnego otwierania. W przypadku zakrytych pojazdów należy zapewnić kierowcy i pasażerom odpowiednią wentylację. Jeśli nastąpi wyciek substancji wewnątrz pojazdu, można go będzie ponownie użyć dopiero po umyciu jego podłogi oraz, zależnie od danego przypadku, po przeprowadzeniu jego dezynfekcji lub odkażeniu. Należy sprawdzić, czy przewożone tym samym pojazdem towary i przedmioty nie zostały skażone.

5.4.2 Transport ładunków

Przy przenoszeniu ładunków za pomocą żurawi należy oznakować obszar, w jakim czynność ta będzie wykonywana, wyznaczając strefę zagrożenia przy pomocy np. barierek i tablic ostrzegawczych, plastikowych taśm, łańcuchów lub pachołków.

Należy przestrzegać zakazu przebywania pod zawieszonymi ciężarami.

Pracownicy muszą stale utrzymywać między sobą łączność przy pomocy krótkofalówek bądź innego systemu zapewniającego utrzymanie między nimi komunikacji. Również koordynator wykonywanej pracy powinien systematycznie kontaktować się z poszczególnymi pracownikami, aby sprawdzić, czy prace przebiegają prawidłowo i zgodnie z ustaleniami.

5.4.3 Transport ręczny

Należy unikać transportowania ładunków ręcznie. Zwłaszcza nie należy obsługiwać ładunku ręcznie na niestabilnych lub śliskich powierzchniach. Należy unikać przenoszenia ciężarów podczas wchodzenia po zboczach, schodach lub drabinach. Podczas przenoszenia ładunków należy także uwzględniać warunki zewnętrzne. Unikać przeciągów i porywów wiatru, a w przypadku niskiej temperatury być odpowiednio ciepło ubranym i nie wykonywać żadnych gwałtownych ruchów, dopóki się nie rozgrzeje i nie rozrusza mięśni. Należy również sprawdzić, czy dysponuje się dostatecznym oświetleniem.

Przy transporcie ręcznym należy stosować ochronny pas krzyżowo-łędźwiowy. Podczas podnoszenia ładunków należy umieścić stopy możliwie najbliżej ładunku lekko je rozstawiając w taki sposób, by jedna ze stóp była wysunięta w stosunku do drugiej. Podnieść ciężar z wyprostowanymi plecami, używając do tego mięśni nóg i uginając je w kolanach. Unieść ładunek, angażując do tego spodnią część dłoni wraz z nasadą palców, a nie ich końce. Ładunek należy utrzymywać blisko ciała, podpierając go wyciągniętymi ramionami. Ciężar należy przenosić w taki sposób, by nie zasłaniał pracownikowi pola widzenia, mocno przytrzymując go rękami i zawsze z przodu ciała. W trakcie obsługi ciężaru należy unikać gwałtownych ruchów tułowia. W razie konieczności wykonania obrotu podczas jego przenoszenia należy tego dokonać przesuwając stopy i obracając się całym ciałem.

Przy obsłudze ładunku należy go w miarę możliwości popychać, unikając jego ciągnięcia. Do pchania lub ciągnięcia ciężaru należy starać się wykorzystać ciężar własnego ciała.

5.5 Prace wewnątrz wieży

5.5.1 Użytkowanie drabin wewnętrznych

Podczas wchodzenia lub schodzenia po drabinie, do jednej liny asekuracyjnej mogą być przymocowane maksymalnie dwie osoby, które nigdy nie mogą równocześnie przebywać na tym samym odcinku drabiny. Pracownik przenoszący ładunek powinien ostatni podczas wchodzenia i pierwszy podczas schodzenia. W miarę przemieszczania się po drabinie należy zamykać za sobą kolejne napotymane pokrywy włazów (rys.7).



Rys. 7: Pokrywa włazu i fragment drabiny wewnętrznej elektrowni wiatrowej

Czynność schodzenia z drabiny na ostatni podest należy wykonywać bez odczepiania urządzenia samozaciskowego (rys.8).



Rys.8: Urządzenie samozaciskowe do bezpiecznego przemieszczania się po drabinie wieży turbozespołu.

5.5.2 Użytkowanie wind (dźwigów osobowych lub osobowo-towarowych)

Bezwzględnie zabrania się korzystania z dźwigu nieposiadającego certyfikatu dostawcy, zablokowanego przez konserwatorów lub takiego, w stosunku, do którego - po wstępnym przeglądzie - nie będzie można zagwarantować prawidłowości jego funkcjonowania. Zabrania się również korzystania z dźwigu przez nieprzeszkolony w zakresie jego obsługi personel. Przed użyciem windy należy zatrzymać turbinę wiatrową.

Przemieszczanie ładunków zainstalowanymi w turbinach wiatrowych windami jest dozwolone tylko w przypadku modeli z prowadnicami linowymi, pod warunkiem, że łączny ciężar nie przekroczy parametrów maksymalnego dopuszczalnego udźwigu, a siła wiatru nie przekracza dopuszczalnych przez producenta wartości.

Podczas korzystania z dźwigu drzwi powinny pozostać przez cały czas zamknięte i podczas jego funkcjonowania zabrania się wchodzenia do szybu zamkniętej instalacji.

Wchodzenie po drabinie wewnętrznej w trakcie pracy dźwigu jest zabronione. Jeśli zajdzie konieczność przemieszczenia się po drabinie wewnętrznej należy zablokować windę, wyjmując klucz z pulpitu sterowniczego windy.

W razie awarii windy należy ją odłączyć od źródła zasilania, aby uniemożliwić jej dalsze użytkowanie i nacisnąć przycisk stałego zatrzymania awaryjnego.

5.6 Prace na zewnątrz

5.6.1. Uwzględnianie warunków środowiska

Podczas podejmowania i prowadzenia prac w elektrowniach wiatrowych niezwykle ważne jest uwzględnianie panujących warunków pogodowych, zwłaszcza prędkości wiatru, która powinna być na bieżąco sprawdzana.

W pracach prowadzonych na zewnątrz, zwłaszcza podnoszenia ładunków, niezbędna jest odpowiednia widoczność obiektów i osób współpracujących przy tych operacjach, którą może pogorszyć mgła lub silny opad atmosferyczny. Jeśli istnieje ryzyko wystąpienia burzy z wyładowaniami elektrycznymi należy opuścić turbinę wiatrową, a nawet cały park wiatrowy, jeśli podstacja nie zapewnia właściwego schronienia przed burzą.

Przed przystąpieniem do realizacji prac w turbinach wiatrowych należy sprawdzić temperaturę panującą wewnątrz gondoli oraz temperaturę otoczenia, które należy uwzględnić przy stosowaniu dodatkowych środków ochronnych (np. odzieży ochronnej), z uwzględnieniem: czasu ekspozycji pracownika, pory i czasu trwania odpoczynku, stopnia fizycznego obciążenia organizmu podczas wykonywania planowanych prac, specyficznych środków zapobiegawczych zapewniających dostosowanie się do warunków pracy.

W przypadku oblodzenia nie wolno zbliżać się do elektrowni ani poruszać po drogach dojazdowych dopóki nie zostanie załączony system zdalnego sterowania umożliwiający zatrzymanie turbiny, a osadzony na łopatach lód zostanie całkowicie usunięty (spadający lód może być rozrzucony w zasięgu większym od dwukrotności wysokości wieży).

Ze względu na konieczność podejmowania działań również w nocy pracownicy powinni nosić odzież z dobrze widocznymi elementami odblaskowymi.

5.6.2. Prace z użyciem koszy oraz podestów

Przed przystąpieniem do wykonywania prac wymagających użycia koszy należy zatrzymać turbinę wiatrową, rozłączyć komunikację ze zdalnym sterowaniem, zamieścić odpowiednie znaki ostrzegawcze i bezpieczeństwa i zablokować wirnik.

Personel musi zostać wyposażony w ręczne wiatromierze, dzięki którym będzie można w dowolnym momencie określić prędkość wiatru, przy której wykonywane są prace. Jeżeli podest ruchomy lub żuraw, do których zamocowany jest kosz, wyposażony jest w wiatromierze, w razie niezgodności danych dotyczących prędkości wiatru udostępnionych przez ręczne wiatromierze z danymi anemometrów, w które wyposażone są urządzenia dźwigowe, za prawidłowe uznane zostaną wyższe dane odczytowe. Wykonanie tych operacji wymaga obecności kierującego - specjalisty ds. BHP odpowiedzialnego za dopilnowanie tego, by przez cały czas były przestrzegane procedury i środki ostrożności.

Przygotować teren, unikając nierówności i utwardzając jego powierzchnię tak, by żuraw lub ruchomy podest zostały dokładnie wypoziomowane. Przed rozpoczęciem pracy należy sprawdzić ich wypoziomowanie. Jeśli podczas wykonywania pracy zauważy się, że którakolwiek z podpór uległa zapadnięciu, należy bezzwłocznie przerwać wykonywane czynności.

Stosować podnośniki umożliwiające uniesienie sprzętu na wysokość zapewniającą całkowite oddzielenie opon od podłoża.

Polecenia należy wydawać za pośrednictwem telefonu łączności wewnętrznej. Jeśli jednak okaże się to niemożliwe, należy tego dokonywać posługując się odpowiednimi sygnałami, które musi doskonale znać zarówno osoba kierująca danym manewrem i jej współpracownicy, jak i operator dźwigu (w przypadku korzystania z zamocowanego do dźwigu kosza), który z kolei odpowiadać będzie na wydane polecenia odpowiednimi sygnałami świetlnymi lub akustycznymi. Sprzęt musi być wyposażony w system zjazdu awaryjnego.

Jeżeli wykonanie operacji z zamocowanym do żurawia koszem jest niemożliwe, można użyć kosza podwieszanego o tych samych parametrach jedynie przy prędkości wiatru wynoszącej do 5 m/s. Należy wówczas przywiązać liny podtrzymujące i prowadzące do kilku punktów kosza, aby móc kontrolować jego ruch, a czas trwania tej operacji powinien być ograniczony do minimum.

5.6.3. Prace pionowe na zewnątrz

Prace pionowe to techniki pracy na wysokości z wykorzystaniem lin, mocowań i przyrządów umożliwiających wspinanie się po obiektach naturalnych, gruncie i budynkach, wraz ze wszystkimi załączonymi do nich akcesoriami mającymi na celu

wykonanie konkretnych prac. Osoby wykonujące tego typu prace muszą być przeszkolone w technikach alpinistycznych i ratunkowych.

Przed przystąpieniem do wykonywania prac pionowych należy:

- zatrzymać turbinę wiatrową i rozłączyć komunikację ze zdalnym sterowaniem,
- zamieścić odpowiednie znaki ostrzegawcze i bezpieczeństwa,
- wejść do gondoli i wciągnąć niezbędne oprzyrządowanie, narzędzia, sprzęty oraz materiały eksploatacyjne i części zamienne,
- zablokować wirnik,
- zablokować wyłącznik główny w pozycji „wyłączony”,
- zlokalizować punkty kotwiczenia w strefie pracy i zamocować liny.

Należy dopilnować, aby liny nie ocierały się o ostre krawędzie, a w miejscach narażenia należy zamieścić odpowiednie osłony lub podkładki.

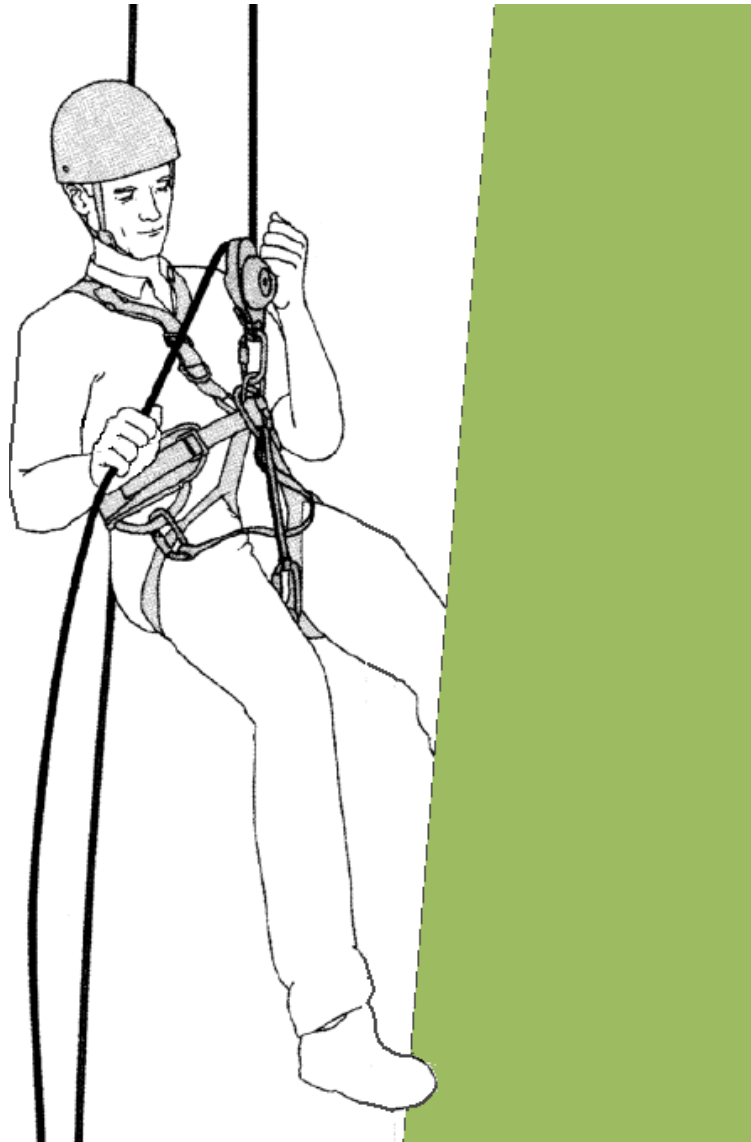
Przed wyjściem z gondoli należy połączyć własną linę kotwiczącą z uprzednio założonym głównym punktem kotwiczącym. Połączyć się z linami za pomocą urządzeń samozaciskowych i przyrządu zjazdowego. Na jednej linie powinien znajdować się przyrząd zjazdowy, a na drugiej przyrząd samozaciskowy.

Należy upewnić się, że opuszczone liny dochodzą do ziemi, a następnie przywiązać się do systemu asekuracji i rozpocząć kontrolowane schodzenie po linach.

Każdy pracownik powinien dysponować jedną liną do schodzenia i drugą do asekuracji (rys.9). Liny te należy zamocować do różnych punktów kotwiczących.

Należy również przestrzegać zasady, aby dwóch pracowników nie pracowało równocześnie, wisząc na tej samej linie.

Wszystkie liny i stosowany sprzęt powinny być atestowane zgodnie z obowiązującymi przepisami i posiadać stosowne certyfikaty.



Rys. 9: Opuszczanie się na linie podczas prac pionowych

Również opuszczanie ładunku powinno odbywać się za pomocą atestowanego systemu wyposażonego w przyrządy zaciskowe i niezależnego od systemu używanego przez pracownika. Systemy te powinny być sprawdzone na terenie budowy.

5.6.4. Prace przy wciągniku gondoli

W przypadku prędkości wiatru zbliżonej do dopuszczalnej (zwykle 20 m/s), należy zawiesić ładunek o masie około 10 - 20 kg, aby zapobiec rozhuśtaniu wciągnika.

Przed wykonaniem manewrów za pomocą wciągника należy wyznaczyć strefę zagrożenia w promieniu 20 m od punktu opuszczania wciągника. Podczas podnoszenia lub opuszczania ładunku żaden pracownik nie może przebywać w tej strefie.

Pracownik obsługujący wciągник powinien pracować w szelkach bezpieczeństwa, które przed otwarciem pokrywy włazu gondoli muszą zostać zakotwiczone do punktu o odpowiedniej wytrzymałości i stabilności, jak na przykład śruba oczkowa generatora.

Podczas wykonywania manewrów unoszenia lub opuszczania ładunku operator wciągника powinien cały czas obsługując pulpit sterowniczy kontrolować prawidłowość układania się łańcucha w specjalnie do tego przeznaczonej skrzyni.

Nie wolno chwytać rękami łańcucha wciągника, aby uniknąć zmiżdżenia palców.

Przed zdjęciem z wciągника ładunku, który był nim wciągany do gondoli oraz przed wyciągnięciem go na zewnątrz w przypadku spuszczenia ładunku na ziemię należy się upewnić, że u podstawy turbiny wiatrowej, gdzie może spaść dany ładunek, nie przebywa żadna osoba. Pokrywa włazu może być otwarta podczas tych operacji jedynie w taki sposób, aby materiał nie spadł na podstawę turbiny wiatrowej.

6. Konserwowanie, sprzątanie, czyszczenie obiektu

Celem tych prac jest zapewnienie odpowiedniego stanu technicznego obiektu, jego części mechanicznych i wyposażenia elektrycznego a także utrzymanie dobrego stanu dróg wewnętrznych i dojazdowych oraz właściwego oznakowania.

6.1. Konserwacja wieży

W celu sprawdzenia momentu dokręcenia śrub połączeniowych pomiędzy fundamentem i pierwszym przęsłem należy odłączyć zasilanie z rozdzielnicy poprzedniej turbiny wiatrowej lub z podstacji, jeśli będziemy mieć do czynienia początkiem linii, i upewnić się co do braku występowania napięcia za pośrednictwem odpowiednich przyrządów w rozdzielnicy średniego napięcia turbiny wiatrowej, w

której będzie się pracować. Przy sprawdzaniu, czy z linii usunięte zostało napięcie, zablokować i oznaczyć rozdzielnicę.

Przy wykonywaniu czynności konserwacyjnych wewnątrz wieży, podczas przebywania na środkowych podestach, należy pracować w szelkach ochronnych połączonych z punktem o odpowiedniej stabilności i wytrzymałości (szczebel, wspornik drabiny itp.). Punkty przeznaczone do asekuracji przeważnie oznaczane są na żółto. Moment dokręcenia śrub między podestami należy sprawdzać przy zamkniętych pokrywach wjazdu.

Kontrole elementów oświetleniowych tę należy wykonywać z drabiny, będąc przy tym stale przymocowanym szelkami ochronnymi z urządzeniem samozaciskowym do liny zabezpieczającej przed upadkiem oraz linami z absorberem energii i hakiem o dużym rozwarciu do szczelbi drabiny.

Jeśli podczas dokonywania kontroli wzrokowej kabli uzna się za konieczne dotknięcie któregoś z nich, należy przedtem przy pomocy próbnika lub multimetru upewnić się czy zostało usunięte występujące w nim napięcie oraz czy system został uziemiony.

Przy sprawdzaniu, czy w instalacji nie występuje napięcie, należy stosować rękawice elektroizolacyjne dielektryczne przystosowane do pracy pod napięciem o wartości równej napięciu występującemu w poddawanej inspekcji strefie.

6.2. Konserwacja przekładni

Podczas prac konserwacyjnych występują zagrożenia związane z gorącym olejem przekładniowym oraz jego oparami. Przy każdym posługiwaniu się olejem przekładniowym lub w razie zajścia konieczności otwarcia którejkolwiek z pokryw, aby umożliwić ulotnienie się oparów, należy odczekać niezbędną ilość czasu, aby umożliwić schłodzenie oleju. Oprócz samego oleju zarówno korpus, jak i poszczególne elementy składowe przekładni mogą ulegać rozgrzaniu do bardzo wysokiej temperatury powyżej 50°C. Należy, więc stosować rękawice termoizolacyjne lub inne odpowiednie środki zapobiegawcze, aby zapobiec oparzeniom skóry. Podczas tych prac należy otworzyć pokrywę wjazdu umożliwiającą wyjście na zewnątrz gondoli, aby ułatwić ulotnienie się oparów.

6.3. Konserwacja generatora

Przed rozpoczęciem prac w obrębie generatora należy odłączyć napięcie i zablokować wyłącznik główny, aby zapobiec ewentualnemu przywróceniu zasilania elektrycznego. Należy również zablokować ruch urządzenia hamulcem. Sprawdzić próbnikiem napięcia lub multimetrem czy na pewno w strefie chronionej przez ten wyłącznik główny nie występuje napięcie. Po upewnieniu się, co do braku występowania napięcia w obwodzie należy go uziemić i zewrzeć oraz oznakować strefę pracy przy pomocy tabliczek ostrzegawczych, jakie należy zamieścić na otwartych wyłącznikach. Podczas prac przygotowawczych w obrębie generatora, do momentu założenia uziemiaczy należy stosować:

- rękawice dielektryczne przeznaczone do napięcia występującego w strefie planowanych prac, a także
- narzędzia izolowane i izolacyjne (w zakresie do 1 kV prądu przemiennego lub 1,5 kV prądu stałego) lub
- drążki izolacyjne i narzędzia wymienne powyżej ww. napięć.

7. Postępowanie podczas wypadków i awarii

Wśród osób wchodzących na turbinę wiatrową powinny znajdować się osoby przeszkolone w udzielaniu pierwszej pomocy, które, jak sama nazwa wskazuje, będą pierwszymi osobami ratującymi ofiary wypadków lub nagłych chorób na miejscu zdarzenia do czasu przybycia wyspecjalizowanych służb lub przewiezienia danej osoby do szpitala.

Jeśli w gondoli lub innym miejscu elektrowni wiatrowej mają być wykonywane prace powodujące iskrzenie, należy poprosić o specjalne zezwolenie na ich prowadzenie. Przed wykonaniem tych prac należy usunąć z otoczenia pozostałości oleju. Podczas ich wykonywania należy mieć do dyspozycji gaśnicę oraz, w razie potrzeby, korzystać z koców przeciwpożarowych. Jeśli w elektrowni lub jej pobliżu wybuchnie pożar, należy natychmiast zawiadomić o tym podstację w celu odłączenia od sieci energetycznej. Obszar w otoczeniu turbiny musi zostać ewakuowany i odgródzony.

Pożar należy gasić odpowiednimi gaśnicami proszkowymi lub zawierającymi dwutlenek węgla (śniegowymi). W żadnym razie nie należy używać wody. Należy

pamiętać, że gaśniczy śniegowej nie wolno używać w zamkniętym pomieszczeniu o niewielkich wymiarach, jeśli nie stosuje się odpowiedniej ochrony dróg oddechowych.

Operatorzy przebywający w gondoli muszą być wyposażeni w trójkąt ewakuacyjny (jeden na parę pracowników), którego należy użyć w razie zajścia konieczności ewakuacji pracownika, który uległ wypadkowi i któremu - z uwagi na jego stan - nie będzie można założyć standardowych, wskazanych przez firmę, szelek ochronnych

Sprzętem stosowanym do przeprowadzania procedury ewakuacji z turbiny wiatrowej w przypadku, gdy jej przeprowadzenie w standardowy sposób okaże się niemożliwe, jest system zjazdu awaryjnego. Sprzęt ten musi się znajdować w gondoli i należy się upewnić, że długość jego lin jest odpowiednio dobrana do wysokości turbiny wiatrowej.

Niezbędne jest praktyczne przeszkolenie pracowników w odpowiednim manewrowaniu, w celu zwolnienia nacisku wywieranego przez przyrząd samozaciskowy na linę po zaczepieniu liny w prawidłowym położeniu na ręcznym przyrządzie zjazdowym, aby umożliwić bezpieczny zjazd pracownika na dół. Aby przeprowadzić ewakuację należy zjechać razem z poszkodowanym przyczepionym do linki kotwiczącej osoby ratującej. Poszkodowany musi zjechać na ziemię przed asekurującą go osobą. Należy uważać na to, aby nie zjeżdżać zbyt gwałtownie.

Poszkodowany musi otrzymać możliwie jak najszybciej pomoc medyczną i podczas jej udzielania należy zachować szczególną ostrożność zwłaszcza wówczas, gdy przez kilka minut pozostał on nieruchomo zawieszony na szelkach. Wówczas należy ułożyć go w pozycji leżącej, aby zmniejszyć urazy i ból spowodowane jego zawieszeniem na szelkach bezpieczeństwa.

8. Ochrona obiektu przed nieuprawnionym dostępem

Elektrownie wiatrowe oraz teren wokół parku wiatrowego powinien być chroniony przed wtargnięciem osób nieupoważnionych, kradzieżą, włamaniem, uszkodzeniem i aktami wandalizmu (rys.10).

Wejście do elektrowni wiatrowej powinno być zamykane na zamki z kodami dostępu, umożliwiającymi identyfikację osób wchodzących (i rejestrację czasu wejść i wyjść) lub na klucz znajdujący się pod ścisłym nadzorem. Na ogrodzeniu należy umieścić tabliczki ostrzegawcze (zakaz wstępu i ostrzeżenia przed zagrożeniami).

Nieuprawnione wejście do elektrowni powinno być sygnalizowane przez systemy monitorowania i alarmowania. W szczególnych przypadkach właściciel obiektu może podjąć decyzje o zatrudnieniu służb ochrony obiektów parku wiatrowego.



Rys. 10: Ogrodzenie transformatora i sygnalizacja alarmowa w elektrowni wiatrowej

Systemy ochronne i procedury postępowania powinny być okresowo sprawdzane i ćwiczzone praktycznie przez przeprowadzenie próbnych alarmów.

9. Podsumowanie

Zagadnienia związane z zapewnieniem bezpieczeństwa pracownikom podczas użytkowania elektrowni wiatrowych oraz innych instalacji OZE w Polsce mają coraz większe znaczenie. Wynika to po pierwsze z notowanego w ostatnich latach oraz prognozowanego w następnych wzrostu udziału energii ekologicznej, wynikającego z polityki państwa zmierzającej do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Po drugie zaś, z potrzeb zapewnienia właściwego funkcjonowania parkom wiatrowym po upływie gwarancji producenta. Wiąże się to z zwłaszcza z koniecznością prowadzenia regularnych przeglądów i konserwacji infrastruktury parku wiatrowego. Wielu użytkowników elektrowni wiatrowych w Polsce nie chce być w tych działaniach zależnymi od płatnego serwisu producenta, lecz wolałoby polegać na własnych pracownikach. Wymaga to jednak nie tylko odpowiedniej wiedzy i opanowania umiejętności technicznych związanych z realizacją typowych czynności

konserwacyjnych, lecz również umiejętnego postępowania w celu zmniejszenia prawdopodobieństwa urazu.

Opracowanie i wdrożenie zasad postępowania podczas typowych prac w elektrowniach wiatrowych, uwzględniających ich specyfikę a także umiejętności i kwalifikacje pracowników umożliwi ograniczenie ryzyka zawodowego przy użytkowaniu elektrowni wiatrowych.

10. Bibliografia

- [1]. Prognozy są optymistyczne. URE zbadał plany inwestycyjne wytwórców na najbliższe 15 lat. Urząd Regulacji Energetyki, Warszawa 2014 [dostęp: 2016.10.15] <http://www.ure.gov.pl/pl/urząd/informacje-ogolne/aktualnosci/5914,Prognozy-sa-optymistyczne-URE-zbadal-plan-y-inwestycyjne-wytworcow-na-najblizsze-.html?search=79035582>
- [2]. Raport zawierający analizę realizacji celów ilościowych i osiągniętych wyników w zakresie wytwarzania energii elektrycznej w odnawialnych źródłach energii w latach 2009-2010, z uwzględnieniem szerszej perspektywy czasowej. Minister Gospodarki, Warszawa 2011.
- [3]. Lubośny Z.: Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym. WNT, Warszawa 2012
- [4]. Summary of Wind Turbine Accident data to 31 March 2016. Portal Caithness Windfarm Information Forum. <http://www.caithnesswindfarms.co.uk>
- [5]. Elektroniczna baza danych o wypadkach Państwowej Inspekcji Pracy z lat 2009-2013.
- [6]. Sprawozdanie Głównego Inspektora Pracy z działalności Państwowej Inspekcji Pracy w 2010 roku. Warszawa 2011.
- [7]. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2015 poz. 478 ze zm.)
- [8]. Proenergetyka. Pionowe elektrownie siłowe. <http://proenergetyka.pl/pionowe-silownie-wiatrowe-piskorza>
- [9]. Zajdler R.: Regulacje prawa krajowego dotyczące inwestycji w farmy wiatrowe (wybrane aspekty). Instytut Sobieskiego, Warszawa 2012

- [10]. Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (t.j. Dz.U. 2016 poz. 778 ze zm.).
- [11]. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz.U. 2016 poz. 290. ze zm.)
- [12]. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r., Prawo energetyczne (t.j. Dz.U 2017 poz. 220)
- [13]. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych (t.j. Dz.U. 2015 poz. 909 ze zm.)
- [14]. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2017 poz. 519)
- [15]. Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (t.j. 2016 poz.353 ze. zm.)
- [16]. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (t.j. 2016 poz. 2134 ze zm.)
- [17]. Ustawa z dnia 3 lipca 2002 r. Prawo lotnicze (t.j. Dz.U. 2016 poz. 605 ze zm.).
- [18]. Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (t.j. Dz.U. 2015 poz. 469 ze zm.)
- [19]. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (Dz.U. 2008 nr 199 poz.1228 ze zm.)
- [20]. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 października 2002 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy w zakresie użytkowania maszyn przez pracowników podczas pracy (Dz. U. 2002 Nr 191 poz.1596 ze zm.)
- [21]. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. (t.j. Dz.U. 2003 nr 169 poz. 1650 ze zm.)
- [22]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (t.j. Dz. U. z 2014 r. poz. 112)
- [23]. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2003 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku oraz sposobów sprawdzania dotrzymania tych poziomów (Dz.U. z 2003 r. Nr 192, poz. 1883).

- [24]. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 9 listopada 2010 r. w sprawie rodzajów przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (t.j. Dz.U. 2016 poz. 71).
- [25]. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (Dz.U. 2013 poz. 492)
- [26]. PN-EN 50308:2005 Turbozespoły wiatrowe - Zabezpieczenia - Wymagania dotyczące konstrukcji, eksploatacji i utrzymania ruchu
- [27]. PN-EN 61400-11:2013-07 Turbozespoły wiatrowe - Część 11: Procedury pomiaru hałasu
- [28]. PN-EN 61400-12-1:2006 Turbozespoły wiatrowe - Część 12-1: Pomiary własności energetycznych wiatrowych turbozespołów prądotwórczych
- [29]. PN-EN 61400-12-2:2013-12 Turbozespoły wiatrowe - Część 12-2: Pomiary własności energetycznych prądotwórczych turbozespołów wiatrowych z użyciem anemometrów mocowanych na gondoli
- [30]. PN-EN 61400-1:2006/A1:2010 Turbozespoły wiatrowe - Część 1: Wymagania dotyczące projektowania
- [31]. PN-EN 61400-1:2006 Turbozespoły wiatrowe - Część 1: Wymagania dotyczące projektowania
- [32]. PN-EN 61400-21:2009 Turbozespoły wiatrowe - Część 21: Pomiar i ocena parametrów jakości energii dostarczanej przez turbozespoły wiatrowe przyłączone do sieci elektroenergetycznej
- [33]. PN-EN 61400-22:2011 Turbozespoły wiatrowe - Część 22: Wymagania zgodności i certyfikacja turbozespołów wiatrowych
- [34]. PN-EN 61400-24:2010 Turbozespoły wiatrowe - Część 24: Ochrona odgromowa
- [35]. PN-EN 61400-25-1:2007 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-1: Komunikacja układów monitorowania i sterowania elektrowni wiatrowych - Ogólny opis zasad i modeli
- [36]. PN-EN 61400-25-2:2007 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-2: Komunikacja układów monitorowania i sterowania elektrowni wiatrowych - Modele informacyjne

- [37]. PN-EN 61400-25-3:2007 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-3: Komunikacja układów monitorowania i sterowania elektrowni wiatrowych - Modele wymiany informacji
- [38]. PN-EN 61400-25-4:2009 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-4: Komunikacja układów monitorowania i sterowania elektrowni wiatrowych - Odwzorowania profili komunikacyjnych opartych na standardzie XML
- [39]. PN-EN 61400-25-5:2007 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-5: Komunikacja układów monitorowania i sterowania elektrowni wiatrowych - Sprawdzanie zgodności
- [40]. PN-EN 61400-25-6:2011 Turbozespoły wiatrowe - Część 25-6: Łączność do monitorowania i sterowania elektrowniami wiatrowymi - Klasy węzłów logicznych i klasy danych do monitorowania stanu
- [41]. PN-EN 61400-2:2008 Turbozespoły wiatrowe - Część 2: Wymagania projektowe dotyczące małych turbozespołów wiatrowych
- [42]. PN-EN 61400-3:2009 Turbozespoły wiatrowe - Część 3: Wymagania projektowe dla przybrzeżnych turbozespołów wiatrowych
- [43]. PN-EN 61400-4:2013-07 Turbozespoły wiatrowe - Część 4: Wymagania projektowe dla skrzyń przekładniowych turbozespołów wiatrowych
- [44]. Windenergieanlagen. BGI 657, Köln 2014

Wytyczne opracowano na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy-Państwowy Instytut Badawczy. Zadanie nr 2.Z.11 pn. „Opracowanie zasad doboru i stosowania środków prewencji w celu ograniczania zagrożeń przy użytkowaniu urządzeń do pozyskiwania energii słonecznej i wiatrowej”