



ریاست جمهوری
سازمان برنامه و بودجه کشور

شماره نامه: ۵۹۶۴۲۷
تاریخ نامه: ۱۳۹۷/۱۰/۲۹
پیوست: دارد

باسمه تعالی

به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران
موضوع: دستورالعمل محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی نیروگاه‌های بادی- ضابطه شماره ۷۶۲

بسلام و احترام؛

به استناد بخشنامه شماره ۹۷/۴۷۰۹۴ مورخ ۱۳۹۷/۰۲/۰۸ بدین وسیله اصلاحات ضابطه شماره ۷۶۲ این سازمان با عنوان «دستورالعمل محیط‌زیست، بهداشت و ایمنی نیروگاه‌های بادی» به پیوست اعلام می‌شود. لازم به ذکر است عبارات تغییر یافته با خط زیرین (Underline) مشخص شده‌است و شماره صفحه‌هایی که نسبت به ویرایش قبل تغییر کرده‌است، عبارتند از: ۱-۵-۷-۱۳-۱۷-۲۴-۲۹-۳۰-۳۱-۳۲-۳۵-۳۶-۳۷-۴۱-۴۳-۴۴

سیدحاجاد قانع فرهم
رئیس امور نظام فنی اجرایی، مشاورین
و پیمانکاران



omooorepeyman.ir

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی و اجرایی معاونت فنی، امور زیربنایی و تولیدی سازمان برنامه و بودجه کشور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این ضابطه کرده و آن را برای استفاده به جامعه‌ی مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده‌ی گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هر گونه ایراد و اشکال فنی، مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- در سامانه مدیریت دانش اسناد فنی و اجرایی (سما) ثبت‌نام فرمایید: sama.nezamfanni.ir
 - ۲- پس از ورود به سامانه سما و برای تماس احتمالی، نشانی خود را در بخش پروفایل کاربری تکمیل فرمایید.
 - ۳- به بخش نظرخواهی این ضابطه مراجعه فرمایید.
 - ۴- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
 - ۵- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.
 - ۶- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال کنید.
- کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

عبارات تغییر یافته با خط زیرین (Underline) مشخص شده‌است. شماره صفحه‌هایی که نسبت به ویرایش قبل تغییر کرده‌است:

۴۴-۴۳-۴۱-۳۷-۳۶-۳۵-۳۲-۳۱-۳۰-۲۹-۲۴-۱۷-۱۳-۷-۵-۱

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علی‌شاه - مرکز تلفن ۳۳۲۷۱
سازمان برنامه و بودجه کشور، امور نظام فنی و اجرایی
Email: nezamfanni@mporg.ir web: nezamfanni.ir

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۴	فصل اول - کلیات
۵	۱-۱- تعاریف
۷	۲-۱- مسوولیت‌ها
۹	فصل دوم - اثرات نیروگاه‌های بادی و راهکارهای مدیریتی
۱۱	۱-۲- محیط‌زیست
۱۲	۲-۱-۱-۱- منظر و تاثیرات بصری
۱۳	۲-۱-۲- صدا
۱۴	۲-۱-۳- تنوع زیستی
۱۸	۲-۱-۴- اثر سایه روشن/ سوسو زدن سایه
۱۹	۲-۱-۵- کیفیت آب
۲۰	۲-۲- بهداشت و ایمنی شغلی
۲۰	۲-۲-۱- کار در ارتفاع و جلوگیری از سقوط اشیا
۲۱	۲-۲-۲- کار روی آب
۲۲	۲-۲-۳- کار در مناطق دورافتاده
۲۳	۲-۲-۴- عملیات بار برداری
۲۴	۲-۲-۵- آسانسور
۲۴	۲-۳- الزامات عمومی
۲۴	۲-۳-۱- چارت سازمانی
۲۴	۲-۳-۲- الزامات آموزشی
۲۵	۲-۳-۳- ارزیابی ریسک
۲۶	۲-۳-۴- سیستم‌های اعلام و اطفای حریق
۲۶	۲-۳-۵- مقاوم‌سازی در برابر زلزله
۲۷	۲-۳-۶- سیستم اتصال به زمین و حفاظت در برابر صاعقه
۲۷	۲-۳-۷- پروانه کار
۲۷	۲-۳-۸- تعمیر و نگهداری



مقدمه

براساس سیاست‌های وزارت نیرو برای نصب و توسعه نیروگاه‌های بادی (نصب ۵۰۰۰ مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر در طول برنامه ششم توسعه)، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) با توجه به وظیفه حاکمیتی برای نظارت بر احداث و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر اقدام به تهیه این دستورالعمل برای به حداقل رساندن حوادث و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی، بهداشتی و ایمنی ناشی از تولید انرژی در نیروگاه‌های بادی نمود. گرچه انرژی باد در زمره انرژی‌های پاک و بدون انتشار آلودگی^۱ (در مرحله بهره‌برداری) محسوب می‌شوند ولی مانند هر صنعت دیگری بر روی محیط‌زیست اثر گذار است. البته این اثرات نسبت به روش تولید برق حرارتی بسیار کم‌تر است. اما لازم است در مرحله برنامه‌ریزی جهت احداث این نوع نیروگاه‌ها، اثرات آن به ویژه بر روی گونه‌های خاص جانوری مورد توجه قرار گیرد و برای کاهش اثرات تصمیم‌گیری شود. همچنین در طول مراحل ساخت و بهره‌برداری از این نوع نیروگاه، امکان بروز حوادث و شبه حوادث و آسیب به کارکنان وجود دارد. در این دستورالعمل سعی شده است تا با ارائه راهکارهای مدیریتی، آمار حوادث و شبه حوادث را تا حد ممکن کاهش داد.

- هدف

هدف از تدوین این دستورالعمل به حداقل رساندن حوادث و پیامدهای نامطلوب زیست‌محیطی، بهداشتی و ایمنی ناشی از تولید انرژی در نیروگاه‌های بادی می‌باشد.

- دامنه کاربرد

این دستورالعمل، اطلاعات مرتبط با جنبه‌های محیط‌زیستی، بهداشتی و ایمنی نیروگاه‌های بادی واقع در خشکی و دریا را شامل می‌شود. این دستورالعمل باید از مرحله امکان‌سنجی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و همچنین در طول مراحل ساخت و ساز و عملیات بهره‌برداری برای تاسیسات انرژی باد مورد استفاده قرار گیرد. پیوست شماره یک حاوی شرح کامل فعالیت‌های صنعتی برای این بخش است. مسایل مربوط به EHS ساخت و بهره‌برداری خطوط انتقال در "راهنمای ایمنی، بهداشت و محیط زیست انتقال و توزیع نیروی برق" ارائه گردیده است.



۱-۱- تعاریف

حادثه

accident

رویدادی است که منجر به مصدومیت، بیماری، مرگ و یا خسارت به اموال شود.

طرف ذینفع

Beneficiary party

فرد یا گروهی که به عملکرد EHS مرتبط می‌شود یا از آن تاثیر می‌پذیرد.

محیط زیست

Environment

محیطی شامل هوا، آب، خاک، منابع طبیعی، گیاهان، جانوران، انسان‌ها و روابط متقابل بین آن‌ها که سازمان بهره‌بردار نیروگاه در آن فعالیت می‌کند. این محیط، از سازمان تا کل دنیا را شامل می‌شود.

صلاحیت

Competence

توانایی انجام یک کار مشخص مطابق با استانداردهای کاری

طرح اقتضایی

Contingency plan

یک طرح از پیش برقرار شده برای کاهش اثرات ناشی از بروز یک وضعیت غیرمعمول که پتانسیل ایجاد آسیب را داشته باشد.

اقدام اصلاحی

Corrective Action

اقدامی که به منظور حذف یک عدم انطباق کشف شده صورت می‌پذیرد.

اثرات تجمعی

Cumulative effects

اثراتی که در نتیجه اضافه شدن یک فعالیت در ترکیب و تقابل با اثر دیگر فعالیت‌ها و پروژه‌های منطقه در گذشته، حال و پروژه‌های توسعه جدید و آینده به وجود می‌آید.

جنبه محیط زیستی

Environmental Aspect

بخشی از فعالیت‌ها یا محصولات یا خدمات یک سازمان که بتواند با محیط زیست تاثیر متقابل داشته باشد.

پیامد محیط زیستی

Environmental Consequences

هر تغییری در محیط زیست اعم از مطلوب یا نامطلوب، که تمام یا بخشی از آن ناشی از جنبه‌های محیط زیستی یک سازمان باشد.

Occupational Disease**بیماری شغلی**

شرایط قابل تشخیص و نامطلوب جسمی یا ذهنی (روحي) که از یک فعالیت کاری و یا محیط کار ناشی می شود و یا بر اثر آن فعالیت محیط کار/ شرایط جسمی یا ذهنی فرد بدتر می شود.

Preventive action**اقدام پیشگیرانه**

اقدامی که برای حذف علت یک عدم انطباق بالقوه انجام می پذیرد.

Personal Protective Equipment (PPE)**تجهیزات حفاظت فردی**

وسایلی که شخص با استفاده از آنها خود را در برابر خطرهای گوناگون تا حدی محافظت می نماید. لباس کار، کلاه سربند، انواع ماسک ها، انواع دستکش ها، انواع کفش ها و غیره در زمره این وسایل هستند.

Safety**ایمنی**

درجه دوری از خطر

Water Pollution**آلودگی آب**

تغییر مواد محلول یا معلق یا تغییر درجه حرارت و دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی آب در حدی که آن را برای مصرفی که برای آن مقرر است مضر یا غیرمفید سازد.

Work Permit**پروانه کار**

فرم مخصوصی است که به وسیله مقام مسوول صادر می گردد. این فرم نشان می دهد که آزمایش های مخصوص انجام و اقدامات احتیاطی لازم به عمل آمده است و تایید می نماید که کار در محل قید شده تحت شرایط و زمان معین بلامانع و بی خطر است. درضمن در این فرم اقدامات ایمنی تکمیلی نیز که بایستی توسط کارکنان انجام گردد، ذکر و تصریح می شود. پیمانکار EPC: پیمانکاری که مسوولیت احداث (طراحی، تامین و تجهیز، نصب و راه اندازی) نیروگاه بادی را بر عهده دارد. مالک یا سرمایه گذار: فردی است حقیقی / حقوقی که تامین اعتبار و بودجه لازم برای ساخت نیروگاه بادی را بر عهده داشته و از نظر حقوقی مالک نیروگاه شناخته می شود.

۱-۲- مسوولیت ها

- پیمانکار EPC: رعایت الزامات و استانداردهای EHS در زمان طراحی، تامین و تجهیز، احداث و راه اندازی
- پیمانکار بهره بردار: مسوولیت رعایت الزامات و استانداردهای EHS در زمان بهره برداری، نگهداری، بازدیدهای دوره ای و تعمیرات اساسی



۲-۱-۲- صدا

۲-۱-۲-۱- صدا در مرحله ساخت

برای محافظت از ساکنان محلی باید سر و صدای مرحله ساخت محدود و کنترل شود. فعالیت‌هایی که سبب تولید سر و صدا می‌شوند عبارتند از: عملیات انفجار، حفاری، ساخت جاده‌ها و حمل و نصب توربین‌ها. در محیط‌های دریایی سر و صدا و ارتعاش ناشی از ساخت و سازهای دریایی، مانند عملیات اجرای فوندانسیون، می‌تواند بر زندگی جانوران دریایی تاثیر بگذارد. تاثیرات زیست‌محیطی حاصل از انتشار صدا در زیر دریا بسته به ویژگی ساحل و حساسیت گونه‌های دریایی می‌تواند متفاوت باشند. بنابراین باید با ارزیابی مشخص شود کجا و چه زمانی سر و صدای زیر آب بر زندگی جانوران دریایی تاثیر می‌گذارد و اقدامات مناسب برای مقابله با آن تعیین و اجرا گردد.

۲-۲-۱-۲- صدا در مرحله بهره‌برداری

توربین‌های بادی با مکانیزم‌های مختلفی صدا تولید می‌کنند که می‌توانند تقریباً به منابع مکانیکی و آیرودینامیکی تقسیم‌بندی شوند. مکانیسم‌های اصلی عبارتند از:

گیربکس، ژنراتور و موتورهای گردشی^۱، که هر کدام صداها را تولید می‌کنند. سایر سیستم‌های مکانیکی، مانند فن‌ها و موتورهای هیدرولیک، نیز می‌توانند منجر به انتشار صدا شوند. صدای مکانیکی توسط سطح توربو و توسط حفره‌ها در موتورخانه^۲ منتشر می‌شود. تلاقی هوا با پره‌های توربین موجب ایجاد سر و صدای آیرودینامیکی از طریق فرآیندهای مختلف می‌شود، زیرا هوا از بین پره‌ها عبور می‌کند.

ارزیابی تاثیرات صدا باید طبق اصول زیر انجام شود:

- گیرنده با توجه به حساسیت محیطی (انسان، دام و یا حیات وحش) انتخاب شود.
- مدل‌سازی مقدماتی باید برای میزان تحقیقات مورد نیاز پروژه انجام شود. مدل‌سازی مقدماتی می‌تواند به صورت ساده (به عنوان مثال، انتشار صدا از نقطه منبع در تمام جهات یکسان فرض شود) انجام شود. مدل‌سازی مقدماتی نیروگاه‌های بادی باید بر روی گیرنده‌های حساس در فاصله ۲۰۰۰ متری از این تاسیسات متمرکز شود.
- اگر مدل اولیه مشخص کند که سر و صدای توربین در طول روز و شب با سرعت ۱۰ متر در ثانیه (m/s) در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین برای ۹۰ درصد اندازه‌گیری‌ها (LA90) بر تمام گیرنده‌های حساس ۳۵



1- Yaw Motors

2- Nacelle Housing

- در صورت امکان از منابع نور مصنوعی اجتناب شود. چراغ سفید دائمی باعث جذب طعمه (به عنوان مثال، حشرات) می‌شود، که به نوبه خود شکارچیان را جذب می‌کند. اگر از چراغ استفاده می‌شود، چراغ‌های قرمز یا سفید چشمک‌زن بهترین هستند. از چراغ‌های با نور ثابت و یا آهسته چشمک‌زن باید اجتناب شود. لامپ‌های تایمردار، سنسورهای حرکتی یا چراغ‌های کم نور باعث کاهش آلودگی نور می‌شوند.
- خطوط انتقال در محل را دفن کنید / نصب خطوط انتقال زیرزمینی.
- نصب انتقال‌دهنده پرواز پرنده در خطوط انتقال و سیم‌های نگهدارنده دکل‌های هواشناسی برای کاهش برخورد پرندگان در مناطقی که دارای ارزش تنوع زیستی بالایی است.
- استفاده از طراحی لرزاننده ایمنی برای قطب‌های خطوط برق برای کاهش خطر برق گرفتگی.
- ارزیابی وضعیت فعلی تکنولوژی‌های بازدارنده پرندگان و خفاش‌ها و به کارگیری تکنولوژی‌های موثر در صورت لزوم.

۲-۱-۳- اقدامات اصلاحی (در دریا)

- اقدامات مربوط به کاهش اثرات بر تنوع زیستی برای تاسیسات دریایی، از جمله کاهش موارد مرتبط با سر و صدا، می‌تواند شامل موارد زیر باشد:
- اگر گونه‌هایی با ارزش تنوع زیستی بالا در سایت باشند، برای جلوگیری از فعالیت‌های ساختمانی در زمان‌های حساس سال (به عنوان مثال، فصل‌های مهاجرت و تولید مثل) و همچنین برای زمان زادآوری ماهیان برنامه‌ریزی شود.
 - برای جلوگیری از در معرض صدا و ارتعاش قرار گرفتن موجودات دریایی بهتر است استفاده از روش «شروع نرم»^۱ برای فعالیت‌های تیرکوبی صورت گیرد تا فرصت کافی برای ترک منطقه به موجودات آبدی داده شود. استفاده از پرده‌های حباب^۲ در هنگام شمع‌کوبی نیز توصیه می‌شود.
 - استفاده از سنگ‌شکن ضربه‌ای و یا سایر روش‌های ثابت کردن ژنراتورهای توربین باد برای کاهش اختلال فعالیت شمع‌کوبی.
 - استفاده از پایه توربین تک‌محور در آب‌های کم‌عمق، منجر به اختلال کم‌تر در بستر دریا نسبت به سایر انواع پایه می‌شود. در آب‌های عمیق، پایه‌های جایگزین مانند نوع ژاکت^۳ (در این پایه‌ها اغلب از سه شمع کوچک به جای پایه استفاده می‌کنند) ممکن است مناسب‌تر باشد.

1- Soft Starter

۲- پرده حباب (bubble curtains) سیستمی است که در آب حباب تولید می‌کند. این تکنیک براساس تولید حباب‌های هوا (گاز) در زیر سطح آب می‌باشد و از نزدیک شدن موجودات به محل فعالیت جلوگیری می‌کند.

3- Jacket Type



باید یک جلسه برای برنامه‌ریزی در جابه‌جایی (باربرداری) بین طرف‌های درگیر برگزار شود که شامل موارد زیر باشد: جزییات جابه‌جایی (باربرداری)، نقش هر یک از طرفین درگیر در جابه‌جایی و روش‌هایی که برای برقراری ارتباط بین طرفین استفاده می‌شود. برای اطلاعات بیش‌تر به آیین‌نامه ایمنی جرثقیل موبایل مراجعه شود.

۲-۲-۵- آسانسور

با توجه به نصب آسانسور در نیروگاه‌های بادی جدید، لازم است که به نکات زیر در نصب و استفاده از این تجهیزات دقت گردد:

- کارفرما موظف است گواهی سلامت آسانسور را از سازمان ملی استاندارد یا از اداره کار اخذ و تحویل پیمانکار بهره‌بردار دهد.
- بازدیدهای دوره‌ای و سرویس و نگهداری آسانسور صرفاً توسط شرکت‌های بازرسی فنی ذی صلاح مورد تایید اداره استاندارد/کار انجام شود.
- اخذ و تمدید گواهی‌نامه سلامت و ایمنی آسانسور از شرکت‌های ذی صلاح بازرسی فنی مورد تایید اداره کار/استاندارد الزامی است.
- استفاده از بالابر تجهیزات برای جابجایی نفرات ممنوع است.

۲-۳- الزامات عمومی

۲-۳-۱- چارت سازمانی

به منظور نظارت بر عملکرد ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست و شناسایی مخاطرات ناشی از فعالیت‌ها و پیش‌گیری از حوادث و تلفات نیروی انسانی در نیروگاه‌های بادی، باید حداقل یک کارشناس EHS ذی‌صلاح در چارت سازمانی پیش‌بینی شود.

۲-۳-۲- الزامات آموزشی

تمام کارکنان مرتبط با این دستورالعمل باید آموزش‌های مقدماتی EHS را قبل از شروع به کار، سپری نمایند و این آموزش‌ها به صورت سالیانه بازآموزی گردد. آموزش باید توسط مراجع ذی‌صلاح آموزشی انجام شده و کارکنان گواهی‌نامه دریافت نمایند. این آموزش‌ها عبارتند از:

- ایمنی کار در ارتفاع
- صعود ایمن از برج
- ایمنی برق



برای افزایش ایمنی و سلامت عملیات بهره‌برداری در هوای سرد، مهم است که توربین‌ها از مشخصات مناسب برای دستیابی به عملکرد قابل اعتماد و طولانی مدت برخوردار باشند.

۲-۴-۲- هواپیمایی

۲-۴-۲-۱- ایمنی هواپیما

نصب نشانگر پره‌های توربین بادی در بالاترین نقطه، که ممکن است با پیشرفت فن آوری ارتفاع توربین تا ۲۰۰ متر هم برسد. اگر در نزدیکی فرودگاه‌ها، مناطق پرواز کم ارتفاع نظامی و یا مسیرهای پرواز شناخته شده باشد، یک مزرعه انرژی باد ممکن است به طور مستقیم از طریق برخورد بالقوه یا تغییر مسیرهای پرواز تأثیر مستقیمی بر ایمنی هواپیما داشته باشد. اقدامات پیشگیرانه و کنترل برای مقابله با این تأثیرات عبارتند از:

- قبل از نصب، مطابق با مقررات ایمنی حمل و نقل هوایی، با سازمان‌های مرتبط با حمل و نقل هوایی تماس گرفته شود.
- در صورت امکان از قرار دادن نیروگاه‌های بادی در نزدیکی فرودگاه‌ها، مناطق پرواز کم ارتفاع نظامی و یا مسیرهای پرواز شناخته شده اجتناب گردد. اثرات تجمعی مربوط به محل توربین‌های انرژی باد در داخل یا در نزدیکی مسیرهای پرواز و به خصوص مناطق پرواز کم ارتفاع باید در نظر گرفته شود.
- استفاده از چراغ‌های چشمک زن^۱ و علامت‌گذاری بر روی برج‌ها / پره‌های توربین، مشورت با مسوولین مربوطه و آشنا به زمینه‌های مربوط به حمل و نقل هوایی تا الزامات نورپردازی مناسب و علامت‌گذاری‌ها مطابق با استانداردهای ملی انجام شود. در صورت نبودن استانداردهای ملی، به راهنماهای مناسب و دستورالعمل‌های بین‌المللی مراجعه شود.

۲-۴-۲-۲- رادار هواپیمایی

- وجود تاسیسات نیروگاه‌های بادی در نزدیکی مراکز رادار، ممکن است بر عملکرد رادار تأثیر بگذارد و به دلایل مختلف نویز ایجاد کند و عملکرد رادار را با اختلال مواجه نماید. به همین دلیل باید اثرات نیروگاه‌های بادی بر عملکرد رادار مورد توجه قرار گیرد. اقدامات پیش‌گیری و کنترلی برای مقابله با این تأثیرات عبارتند از:
- در جانمایی و طراحی تاسیسات نیروگاه‌های بادی، طراحی هندسی، محل توربین‌ها و تغییرات در مسیرهای ترافیکی هوایی در نظر گرفته شود.



چراغ یا لامپ چشمک زنی که در بالای سکان عمودی یا زیر هواپیما به منظور افزایش قابلیت دیده شدن نصب می‌گردد 1- Anti-Collision Lighting

- اعمال تغییرات در طراحی رادار، از جمله جابجایی و یا انتقال راداری که تحت تاثیر قرار می‌گیرد، استفاده از سیستم‌های رادار جایگزین برای پوشش منطقه.
- برای پیش‌گیری و تعیین اقدامات کنترلی باید با مقامات مربوطه حمل و نقل هوایی مشورت شود.

۲-۴-۳- ایمنی و دریانوردی

۲-۴-۳-۱- ایمنی دریایی

نصب توربین‌های بادی خشکی یا دریایی در نزدیکی بنادر یا خطوط شناور شناخته شده می‌تواند مخاطرات جدی ناشی از برخورد یا تغییر ترافیک کشتی را ایجاد کند که ایمنی حمل و نقل را تحت تاثیر قرار می‌دهد. ایجاد ترافیک اضافی در هنگام ساخت و ساز نیز می‌تواند این خطرات را افزایش دهد.

مسیرهای کابلی و سایر زیرساخت‌های مرتبط به توربین‌های دریایی، نیاز به بررسی دقیق محل و ساختگاه نصب دارند تا فاکتورها و عوامل مختلفی مانند شرایط خشکی، بناهای تاریخی، مسیرهای خطوط انتقال نیرو (کابل‌های دریایی) موجود و خطوط لوله و زمینه‌های ماهیگیری را جهت به حداقل رساندن اثرات و خطرات شناسایی و پیش‌گیری کند.

توربین‌های بادی خشکی نیز به دلایل مطرح شده در ایجاد اختلال امواج در عملیات راداری و کنترلی خطوط ناوبری و حمل و نقل دریایی می‌تواند باعث اختلال و مانع از شناسایی کشتی‌ها و همچنین امکان عملیات عادی و حمل و نقل شوند (همانند مواردی که در رادار خطوط هوایی ذکر گردید). اقدامات پیش‌گیری و کنترل برای مقابله با این تاثیرات عبارتند از:

- در مرحله امکان‌سنجی طرح و نیز پیش از نصب، مطالعات لازم با توجه به قوانین ایمنی حمل و نقل دریایی انجام شود و با مقامات نظارتی دریایی مشورت شود.
- در صورت امکان از نصب توربین‌های بادی و تاسیسات بادی در نزدیکی بنادر و خطوط شناور شناخته شده، اجتناب شود.
- از چراغ‌های چشمک زن و علامت‌گذاری بر روی برج‌ها / پره‌های توربین، برای روشنایی و علامت‌گذاری استفاده شود. با تعامل با مقامات دریایی، مقررات و قوانین مربوطه مشخص شود. همچنین باید از کشتی‌های نگهبانی استفاده کرد. به منظور کاهش اختلال برای دیگر کاربران دریایی در طول فاز ساخت و ساز در اطراف هر توربین و واحدهای ساخت و ساز باید از علائم هشدار دهنده ایمنی استفاده نمود.
- برای کمک به ناوبری از علائم و یا پرچم‌های شناور استفاده کنید.

۲-۴-۴- تداخل الکترومغناطیسی

توربین‌های بادی به طور بالقوه می‌توانند با سیستم‌های مخابراتی تداخل الکترومغناطیسی ایجاد کنند (به عنوان مثال، ایستگاه‌های مایکروویو، تلویزیون و رادیو). این تداخل می‌تواند ناشی از انسداد مسیر، ایجاد سایه و انعکاس، پراکندگی یا باز



تابش نور باشد. طبیعتا تاثیرات بالقوه به موقعیت قرارگیری توربین بادی نسبت به فرستنده و گیرنده، ویژگی‌های تیغه روتور، ویژگی‌های سیگنال ارسالی، ویژگی‌های گیرنده فرکانس و ویژگی‌های انتشار موج رادیویی در فضای محلی بستگی دارد.

۲-۴-۴-۱- سیستم‌های مخابراتی

تاثیر بر سیستم‌های مخابراتی می‌تواند شامل مواردی باشد که در سیستم‌های پخش رادیویی و سیستم‌های نقطه به نقطه هستند. اقدامات پیشگیرانه و کنترلی برای رسیدگی به تاثیرات بر سیستم‌های مخابراتی عبارتند از:

- اصلاح موقعیت و محل قرار دادن توربین‌های بادی برای جلوگیری از تداخل مستقیم فیزیکی با سیستم‌های ارتباطی نقطه به نقطه؛ انجام مطالعات لازم و اخذ مشاوره با اپراتورهای مربوطه که می‌تواند در تعیین موقعیت ارتباطات مخابراتی و حریم‌های آن که برای به حداقل رساندن اثرات استفاده می‌شود، کمک کند.
- نصب آنتن چرخشی.
- اصلاح آنتن موجود.
- نصب تقویت کننده برای تقویت سیگنال.

۲-۴-۴-۲- تلویزیون

اقدامات پیش‌گیری و کنترل برای رسیدگی به تاثیرات بر روی پخش تلویزیونی عبارتند از:

- توربین بادی دور از آنتن و فرستنده تلویزیونی نصب شود.
- اگر تداخل در حین عملیات تشخیص داده شد، آنتن با کیفیت بالاتر یا آنتن جهت‌دار نصب شود.
- آنتن به سمت یک فرستنده پخش جایگزین، هدایت شود.
- تقویت کننده نصب شود.
- آنتن جابجا شود.

۲-۴-۵- دسترسی عمومی

با توجه به امکان دسترسی عمومی به مجموعه توربین‌های بادی و یا تاسیسات الکتریکی نیروگاه‌های بادی (به عنوان مثال، صعود غیر مجاز از توربین)، قبل از احداث و راه اندازی باید به منظور اطمینان از ایمنی و جلوگیری از حادثه، نسبت به شناسایی مواردی که ممکن است لازم باشد، اقدام نمود. اقدامات پیش‌گیری و کنترل برای مدیریت مسایل دسترسی عمومی عبارتند از:

- در جاده‌های دسترسی از درب کنترل ورود و خروج (گیت ورود و خروج) استفاده شود.
- از آنجا که دسترسی عمومی به ساختگاه نیروگاه بادی توصیه نمی‌شود، پیشنهاد می‌گردد برای ممنوعیت از دسترسی عمومی مجوز تردد در محوطه صادر شود.



- حصارکشی و محصور نمودن ساختگاه نیروگاه و محل پست مطابق با استاندارد انجام شود و همچنین از علائم هشدار دهنده (به طور مثال برای عدم صعود) نیز استفاده شود.
- جلوگیری از دسترسی عموم به نردبان برج توربین
- نصب تابلوها و اطلاعیه در مورد خطرات امنیتی عمومی و اطلاعات تماس اضطراری

۲-۴-۶- حمل بار غیرعادی (حمل و انتقال تجهیزات)

مسایل مربوط به حمل و نقل بار ترافیکی در جاده‌ها دستورالعمل و شرایط ویژه‌ای دارد، حمل و نقل تجهیزات مربوط به احداث نیروگاه‌های بادی نیز می‌بایست از این موارد تبعیت کند. باتوجه به تجهیزات نیروگاه‌های بادی، چالش اصلی، حمل و نقل قطعات توربین بادی (تیغه، برج توربین، نایسل و ترانسفورماتور) و جرثقیل به محل احداث نیروگاه است. مطالعات لجستیک، ترافیکی و حمل و نقل باید موارد مربوطه را در جاده‌های دسترسی (عبوری)، پل‌ها، محورها، گذرگاه‌ها/ زیر گذرها، پیچ‌های تند و خدمات عمومی، ایستگاه‌های تخلیه و بارگیری مجدد (در صورت نیاز) یا اسکان مجدد، ارزیابی کند. برای کاهش اثرات جانبی از جمله ترافیک و یا تاخیر برای دیگر کاربران جاده و احتمال تأثیرات دیگر بر جوامع محلی در مجاورت مسیر پیشنهادی، می‌بایست برنامه‌ریزی‌های لازم و مدیریت ترافیک جهت حمل و تحویل بار خارج از ساعات پیک و استفاده از مسیرهای مناسب تایید شده، انجام شود. گاهی جهت حمل و نقل تجهیزات نیاز است مجوز عبور کسب شود و یا با همراهی اسکورت تایید شده (نیروی پلیس)، انجام شود.

برای اطلاعات بیش‌تر به «دستورالعمل جابجایی محموله ترافیکی در راه‌های کشور» مراجعه شود.

استفاده از چراغ‌های چشمک زن و علامت‌گذاری بر روی برج‌ها/ پره‌های توربین تا الزامات نورپردازی مناسب، با مشورت مسئولین مربوطه و آشنا به زمینه‌های مربوط به حمل و نقل هوایی مطابق با استانداردهای ملی انجام شود.



۳-۱- محیط‌زیست

۳-۱-۱- دستورالعمل‌های انتشار آلاینده‌ها (پساب‌ها و آلاینده‌های آب و خاک)

معمولا بهره‌برداری از نیروگاه‌های بادی، انتشار گازهای گلخانه‌ای و فاضلاب ندارند. مقادیر انتشار گاز و پساب‌ها در این بخش نشان از عملکرد خوب این صنعت دارد.

۳-۱-۲- پایش صدا

افزایش سرعت باد ممکن است سر و صدایی که توسط تجهیزات انرژی باد به وجود می‌آید را پنهان کند، سرعت و جهت باد می‌تواند جهت و میزان انتشار صوت را تحت تاثیر قرار دهد. برنامه‌ریزی برای کاهش آلودگی صوتی مخصوصا در مواقعی که بالاتر از حد استاندارد باشد، الزامی است. برای بهبود فاکتورهای مزاحمت ناشی از سر و صدای منتشر شده، باید تنظیم تاسیسات نیروگاه‌های بادی مورد توجه قرار گیرد. سر و صدا نباید بیش از مقادیر ارائه شده در استانداردهای سازمان حفاظت محیط‌زیست باشد.

۳-۱-۳- پایش محیط‌زیست

برای تمام فعالیت‌هایی که تاثیرات قابل توجهی بر محیط‌زیست دارند، در طی عملیات عادی و شرایط اضطراری باید برنامه‌های پایش محیط‌زیست اجرا شود. نظارت بر فعالیت‌های پروژه باید بر اساس شاخص‌های مستقیم یا غیرمستقیم انتشار آلاینده‌ها در هوا، آب و منابع مورد استفاده، انجام شود. نظارت باید توسط افراد واجد شرایط و با استفاده از تجهیزاتی که به روش صحیح کالیبره شده‌اند، انجام شود و اطلاعات بدست آمده مطابق روش اجرایی ثبت و نگهداری شود.

۳-۱-۴- پایش تنوع زیستی در مرحله بهره‌برداری

پایش تنوع زیستی (نظارت پس از ساخت و ساز) برای تایید مرگ و میر پیش‌بینی شده پرندگان یا خفاش‌ها و ثبت مرگ و میر غیرمنتظره، ضروری است. یک برنامه مدیریتی مناسب ممکن است باعث کاهش یا حذف مسایل زیست‌محیطی شود. برنامه‌های نظارت باید بر روی گونه‌هایی که در ارزیابی پیش از ساخت نگرانی برای از بین رفتنشان وجود داشت، متمرکز شود.

بررسی تاثیرات و آمار مربوط به برخورد خفاش‌ها و پرندگان با تاسیسات نیروگاه‌های بادی، با جستجو برای یافتن لاشه روی زمین انجام می‌شود. بسته به نوع و میزان خطر برای تنوع زیستی، چنین جستجو‌هایی باید حداقل یک تا سه سال پس از شروع عملیات مزرعه بادی انجام شود و ممکن است در محیط‌های با خطر بالای برخورد پرندگان، جستجو به مدت طولانی ادامه یابد.

جستجو و ارزیابی لاشه پس از ساخت و ساز باید براساس اصول علمی انجام شود تا اطمینان حاصل شود که برآوردهای حاصل از مرگ و میر پرندگان و خفاش‌ها در این مرکز دقیق و معتبر هستند، مانند موارد زیر:

- ۱- بهبود عملکرد جستجوگری (تشخیص لاشه)؛
 - ۲- توجه به تخریب لاشه توسط خرابکارها؛
 - ۳- اصلاح برای مناطق مورد مطالعه؛
 - ۴- انتخاب دوره مناسب برای جستجوی لاشه، براساس میزان مرگ و میر مورد انتظار و میزان تخلیه لاشه؛
 - ۵- انتخاب تعداد توربین نمونه برای بررسی، تعداد توربین به اندازه پروژه و میزان مرگ و میر مورد انتظار بستگی دارد؛
 - ۶- انتخاب اندازه منطقه جستجو و پیکربندی توربین‌های بسته به قابلیت جستجو در بستر و ملاحظات تحلیلی. در شرایط خاص، پایش مرحله ساخت و ساز ممکن است شامل بررسی دقیق‌تر الگوهای حرکات پرندگان و خفاش‌ها در منطقه پروژه نیز باشد.
- در صورتی که چندین مزرعه بادی در یک منطقه جغرافیایی و نزدیک به حوزه‌های با ارزش تنوع زیستی بالا قرار دارند، توسعه دهندگان پروژه‌های بادی تشویق می‌شوند که روش‌های نظارتی مشترک پس از ساخت را به کار گیرند تا بتوانند به طور کامل ارزیابی نمایند. توسعه دهندگان نیروگاه‌های بادی نیز تشویق می‌شوند که نتایج نظارت‌های پس از ساخت و ساز را در اختیار ذینفعان مربوطه قرار دهند.
- پایش تاسیسات انرژی باد دریایی باید به لحاظ زمانی و مکانی برای پارامترهایی از جمله موجودات زنده، پستانداران و ماهی‌ها انجام شود. این پارامترها عبارتند از: رسوبات و جوامع کفزی؛ ماهی؛ شن و ماسه (شاخص تغییرات در ویژگی‌های رسوب)؛ پرندگان و خفاش‌ها و پستانداران دریایی.

۲-۳- بهداشت و ایمنی شغلی

۱-۲-۳- دستورالعمل‌های بهداشت و ایمنی شغلی

- آمار و ارقام مربوط به بهداشت و ایمنی شغلی باید با آمار مربوط به وقایع منتشر شده بین‌المللی ارزیابی شود (در صورتی که در دسترس باشد). روش‌های معمول برای ارزیابی عملکرد عبارتند از:
- ثبت تمام حوادثی که طی دوره اجرای پروژه رخ می‌دهد. ثبت اطلاعات شبه حادثه در طول پروژه به منظور شناسایی روند و بهبود کارایی اجرا.
 - انجام ارزیابی کارکنان و بررسی محل کار به منظور تعیین اثربخشی سیستم‌های مدیریت ریسک و فرهنگ ایمنی.
 - انجام مشاوره و ارزیابی کارگران از طریق پرسشنامه یا جلسات دوره‌ای ایمنی.
 - مقایسه داده‌های سازمانی با داده‌های منتشر شده مربوط به صنعت خاص (در صورتی که وجود داشته باشد).



۳-۲-۳- نرخ حوادث و مرگ و میر

مدیریت پروژه باید با هدف کاهش تعداد حوادث در میان کارکنان پروژه (کارکنان سازمان بهره‌بردار نیروگاه و پیمانکاران) برنامه‌ریزی نمایند. به ویژه حوادثی که ممکن است منجر به از دست رفتن زمان کار، ایجاد سطوح مختلف ناتوانی و معلولیت یا حتی مرگ و میر شود. می‌توان از نرخ حوادث به عنوان یک معیار برای مقایسه با کشورهای توسعه یافته در بخش‌های مشابه، استفاده کرد.

۳-۲-۳- پایش ایمنی و بهداشت حرفه‌ای

محیط کار باید مستقیماً برای خطرات شغلی مرتبط با پروژه خاص پایش شود. پایش باید توسط کارشناسان صاحب صلاحیت به عنوان بخشی از یک برنامه نظارت بر سلامت و ایمنی شغلی طراحی و اجرا شود. سازمان بهره‌بردار نیروگاه همچنین بایستی سابقه‌ای از حوادث و بیماری‌های شغلی و وقایع خطرناک و حوادث را ثبت نمایند. کلیه کارکنان نیروگاه‌های بادی باید حداقل سالی یکبار در مراکز بهداشتی و درمانی معاینه شده و آزمایش‌های لازم به عمل آید و نتایج در پرونده پزشکی کارکنان نگهداری شود. برای اطلاعات بیشتر به ماده ۹۲ قانون کار مراجعه شود.



تاسیسات نیروگاه‌های بادی با استفاده از انرژی طبیعی باد، انرژی الکتریکی تولید می‌کنند. این تاسیسات هم در خشکی و هم دریا واقع شده‌اند. عامل اصلی در تعیین قابلیت و توان سایت بادی، وجود یک منبع باد خوب است. ارزیابی عملکرد انرژی، برای ارزیابی تولید انرژی پیش‌بینی شده و درآمد حاصل از آن انجام می‌گردد. سایر عوامل مهم در تعیین این که آیا یک سایت مناسب برای پروژه انرژی باد است، شامل بررسی اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی، هزینه ساخت و ساز و بهره‌برداری، توافق بر فروش برق با قیمت مناسب تجاری و دسترسی به یک شبکه انتقال برق با ظرفیت مناسب می‌باشد. همانند سایر بخش‌های صنعت، چرخه حیات یک پروژه انرژی باد نیز شامل ارزیابی منابع باد، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی، ساخت و ساز، عملیات، نگهداری و مرحله جمع‌آوری تجهیزات است. فعالیت‌هایی که معمولاً با مرحله ساخت و ساز مرتبط می‌شوند عبارتند از: ساخت و ساز یا ارتقاء جاده‌های دسترسی، آماده‌سازی محل (مانند ساخت مسیرهای دسترسی و فوندانسیون توربین) و حمل و نصب اجزای پروژه (به عنوان مثال انمومترها، توربین‌های بادی، ترانسفورماتور، ایستگاه‌های برق). فعالیت‌های جمع‌آوری سایت وابسته به پیشنهاد بعدی استفاده از سایت است، اما معمولاً شامل حذف زیرساخت‌ها (مانند توربین‌ها، پست‌ها، جاده‌ها) و بازگرداندن سایت پروژه به شرایط پیش از پروژه است. بخش زیر توضیح تاسیسات و فعالیت‌های مشترک در ساخت و ساز و بهره‌برداری از امکانات انرژی باد در خشکی و دریا را ارائه می‌دهد.

پ.۱-۱- فعالیت‌ها و تاسیسات مشترک برای نیروگاه‌های بادی خشکی و دریا

عناصر ساختاری پروژه انرژی باد عبارتند از: توربین‌های بادی، ترانسفورماتورها، کابل‌های انتقال زیر زمین و یا بین توربین‌های بادی، پست‌ها و خطوط انتقال زمینی برای اتصال به شبکه برق موجود و جاده‌های دسترسی (شکل پ.۱-۱). توربین‌های بادی برای رسیدن به حداکثر بهره‌وری انرژی با حداقل استفاده از سطح زمین طراحی می‌شوند. در نشریه شماره ۶۵۰ معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، «ضوابط اتصال و بهره‌برداری نیروگاه‌های بادی بزرگ به شبکه سراسری برق» شرایط لازم برای اتصال نیروگاه‌های بادی که توان نامی آن‌ها بالاتر از ۲۵ مگاوات است و به شبکه ۶۳ کیلوولت و بالاتر متصل می‌شوند به شبکه برق ارائه شده است. اما نیروگاه‌های بادی پایین‌تر از ۲۵ مگاوات یا متصل به زیر ۶۳ کیلوولت به عنوان تولید پراکنده محسوب می‌شوند و طبق «دستورالعمل اتصال به شبکه منابع تولید پراکنده (مولدهای مقیاس کوچک)» باید به شبکه سراسری برق متصل گردند. برای اطلاعات بیشتر در این زمینه به این دستورالعمل‌ها مراجعه گردد.

ژنراتور توربین بادی جزء اصلی پروژه انرژی باد است و مسوول استفاده از انرژی باد و تبدیل آن به انرژی الکتریکی مفید است. افزایش قطر روتور و ارتفاع برج منجر به افزایش ظرفیت تولید و بهره‌وری می‌شود. توربین شامل یک پایه، برج، موتورخانه، تیغه روتور، توپی روتور و چراغ است (شکل پ.۱-۲). برج توربین‌ها عمدتاً به شکل سیلندر مخروطی هستند و معمولاً از فولاد ساخته می‌شوند. آن‌ها معمولاً سفید هستند، اما می‌توانند براساس نیاز کشور، ترافیک هوایی و ایمنی دریایی رنگ متفاوتی نیز (به غیر از سفید) داشته باشند.

- کنترل زاویه متغیر

- کنترل زاویه فعال

با توجه به طراحی آیرودینامیکی تیغه روتور در سرعت‌های بالای باد، تیغه با قفل محدودیت قدرت، کنترل می‌شود. در کنترل زمین، لبه‌های روتور می‌تواند تا ۹۰ درجه تغییر داده شود تا حداکثر جذب باد را تغییر دهد.

مقدار انرژی تولیدی توربین متناسب با توان ۳ سرعت باد است. به عبارت دیگر، دو برابر شدن سرعت باد موجب هشت برابر شدن انرژی موجود در باد می‌شود. توربین به طور معمول ۷۰ تا ۸۵ درصد مواقع برق را تولید می‌کند. تولید انرژی توربین با همان الگو تغییر نمی‌کند، اما تقریباً با مربع سرعت باد متناسب است. برق تولید شده توسط توربین بادی معمولاً به میزان ۷۰۰ ولت است که برای انتقال نیرو مناسب نیست. بنابراین، هر توربین از یک ترانسفورماتور استفاده می‌کند تا ولتاژ را تا سطح کافی برای سیستم جمع‌آوری نیروگاه باد (به عنوان مثال ۱۱ کیلو ولت افزایش دهد. سیستم جمع‌آوری کننده برق به یک ترانسفورماتور وصل شده است که ولتاژ را به سطح مناسب برای اتصال به یک ایستگاه برق افزایش دهد. اتصال بین ترانسفورماتور توربین و پست برق از یک طرف و پست و شبکه برق از طرف دیگر، می‌تواند با استفاده از کابل‌های انتقال زیرزمینی یا روی زمین صورت گیرد.

بسته به طراحی پروژه، ترانسفورماتورهای توربین می‌توانند به طور مستقل به ایستگاه متصل شوند، یا توربین‌ها می‌توانند به یکدیگر متصل شده و سپس به یک ایستگاه متصل شوند.

طول عمر طراحی شده برای یک توربین بادی تقریباً ۲۰ سال است، اما در عمل ممکن است با نگهداری مناسب عمر توربین‌ها طولانی‌تر شود. معمولاً تعمیر و نگهداری در طول عمر توربین بادی موثر خواهد بود.

فعالیت‌های تعمیر و نگهداری ممکن است شامل نگهداری توربین و روتور، روانکاری قطعات، تعمیرات کامل ژنراتور و نگهداری قطعات الکتریکی باشد.

بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌های بادی معمولاً انتشار آلاینده‌های هوا یا پساب صنعتی ندارند. پساب و سایر مواد زائد مرتبط با فعالیت‌های تعمیر و نگهداری معمولاً در محل نیروگاه ذخیره نمی‌شوند و باید مطابق مقررات ملی و روش‌های مدیریتی مناسب امحا شوند.

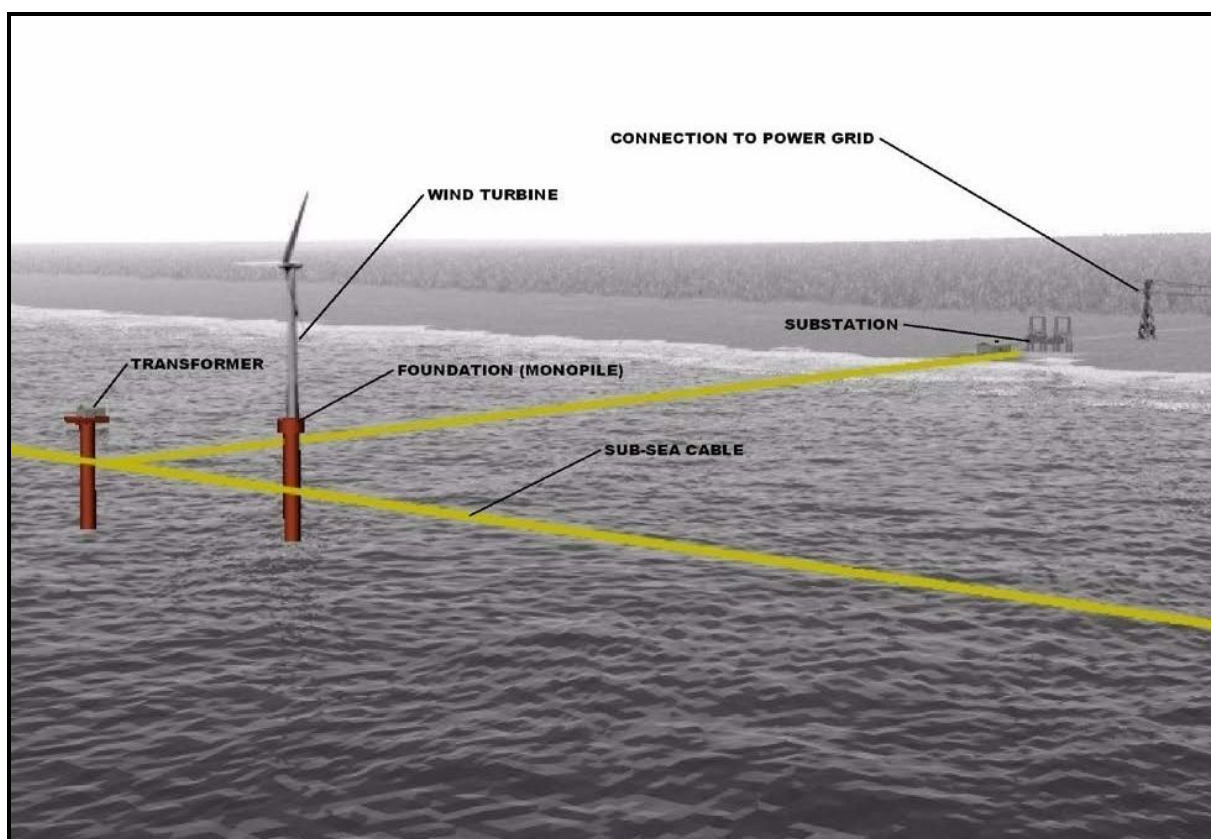
پ.۱-۲- امکانات منحصر به فرد برای تاسیسات نیروگاه‌های بادی دریایی

تاسیسات نیروگاه‌های بادی دریایی شبیه به تاسیسات نیروگاه‌های بادی در خشکی است. تفاوت اصلی بین توربین‌های دریایی و خشکی، اندازه توربین‌ها، ارتفاع برج‌های توربین و قطر تیغه‌های روتور است. یکی دیگر از این تفاوت‌ها این است که تاسیسات بادی دریایی به طور معمول از کابل‌های زیرزمینی (دریایی و زمینی) برای انتقال برق از توربین به ترانسفورماتور و از ترانسفورماتور به یک ایستگاه مستقر در زمین استفاده می‌کنند (شکل پ.۱-۳).

مواد تشکیل دهنده ساختار نیروگاه‌های بادی (مانند برج‌ها) شبیه به همتایان خشکی خود هستند، با این تفاوت که از روش‌های مختلف برای سازگاری ساختار با محیط دریایی استفاده می‌شود، از جمله به کارگیری پوشش برای محافظت

قطعات فلزی از خوردگی، استفاده از موتورخانه مهر و موم شده، طراحی متفاوت پایه‌های برج برای مقابله با باد، امواج، جزر و مد و تعاملات دریایی (شکل پ. ۱-۱)؛ و ارائه پلت فرم‌های دسترسی ویژه برای تعمیر و نگهداری. فعالیت‌های معمول برای ساخت توربین‌های بادی دریایی شامل ایجاد پایه توربین، حمل و نقل دریایی اجزای توربین، مونتاژ برج، بلند کردن موتورخانه و روتورها و نصب آن بر روی برج است. انواع پایه‌های توربین مورد استفاده برای نیروگاه‌های بادی دریایی عبارتند از:

- Monopile: مناسب برای اکثر شرایط، ترجیحاً در آب کم عمق و نه در آب‌های عمیق و مواد نرم رسوبی.
- Tripod: برای اکثر شرایط، به جز عمق زیاد و مواد نرم، مناسب برای آب با عمق بیش از ۳۰ متر.
- پایه گرانشی بتن: تقریباً برای تمام شرایط رسوبی مناسب است.
- پایه گرانشی فولادی: تقریباً برای تمام شرایط رسوبی و برای آب عمیق‌تر، از بتن استفاده می‌شود.
- caisson Monosuction: برای اراضی شن و ماسه و شرایط رس نرم.
- Multiple suction caisson: برای اراضی ماسه، شرایط رس نرم. آب عمیق‌تر از monosuction
- شناور: برای آب‌های عمیق تا ۱۰۰ متر.



شکل پ. ۱-۳- اجزای تشکیل دهنده نیروگاه‌های بادی

