إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة لطاقة الرياح

مقدمة

١. الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة **(EHS)** هي وثائق مرجعية فنّية تقدم أمثلة عامة وأمثلة من مجالات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في هذه المجالات **(GIIP)** .[١] وحين تكون هناك مؤسسة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي مُنخرطة في العمل في أحد المشروعات، ينبغي تطبيق الإرشادات المعنية بالبيئة والصحة والسلامة حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وقد صُممت هذه الإرشادات القطاعية لتُستخدم جنباً إلى جنب مع وثيقة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، التي ترشد من يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والتي يمكن تطبيقها في جميع القطاعات. أما في المشروعات المُعقّدة، فقد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد القطاعات المعنيّة. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع التالي: www.ifc.org/ehsguidelines.

٢. تتضمّن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يتوجب أن تلتزم بها المرافق الجديدة و من الممكن تحققها بتكلفة معقولة و من خلال التقنيات المتاحة عادة. وقد ينطوي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة في المرافق الجديدة على وضع أهداف خاصة بموقع أو بمواقع المشروع تحديدا، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

٣. ينبغي تصميم طرق تطبيق إرشادات البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب مع الأخطار والمخاطر المُحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات الموقع المحدد ومنها: الوضع في البلد المُضيف المعني، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنيّة، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع المعني. كما يجب أن يستند تطبيق التوصيات الفنّية المحددة إلى الرأي المهني المتخصّص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية فى المجال.

٤. حين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف للمشروع عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، من المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من التي تنص عليها تلك الإرشادات ملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية ووقاية لصحة البشر والبيئة.

التطبيق

٥. تشمل الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة لطاقة الرياح معلومات تتعلق بجوانب البيئة والصحة والسلامة لمرافق طاقة الرياح البرية والبحرية. وينبغي تطبيقها على مرافق طاقة الرياح بداية من تقييمات الجدوى المبكرة، وكذلك بداية من وقت تقييم الأثر البيئي، ويستمر تطبيقها طوال مرحلتي الإنشاء والتشغيل. ويحتوي الملحق (أ) على وصف كامل للأنشطة الصناعية في هذا القطاع. وتتناول **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة في نقل وتوزيع الكهرباء** قضايا البيئة والصحة السلامة المرتبطة بإنشاء خطوط نقل الكهرباء وتشغيلها.

[١] تُعرف بأنها ممارسة المهارة والعناية الواجبة والحيطة والحذر المُتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة عالمياً. أما الظروف التي قد يواجهها المهنيون ذوو الخبرات والمهارات عند تقييم مجموعة الأساليب الخاصة بمنع التلوث والسيطرة عليه فتشتمل، على سبيل المثال لا الحصر، على مستويات متفاوتة لتدهور البيئة وطاقتها الاستيعابية بالإضافة إلى مستويات مختلفة للجدوى الفنية والمالية.

وهذه الوثيقة منظمة على النحو التالي:

١. الآثار المرتبطة بمرافق طاقة الرياح تحديدا والتعامل معها ٢
١,١ البيئة ٢
١,٢ الصحة والسلامة المهنية ١٢
١,٣ صحة وسلامة المجتمع ١٤
٢. مؤشرات رصد الأداء ١٩
٢,١ البيئة ١٩
٢,٢ الصحة والسلامة المهنية ٢٠
أ-١ المرافق والأنشطة المشتركة بين مرافق طاقة الرياح البرية والبحرية ٢٩
أ-٢ المرافق الفريدة من نوعها الخاصة بمرافق طاقة الرياح البحرية ٣٢

١. الآثار المرتبطة بصناعة محددة والتعامل معها

٦. يقدم القسم التالي موجزاً لقضايا البيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمرافق طاقة الرياح، مع تقديم توصيات حول كيفية التعامل معها. وعلى النحو المبين في مقدمة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، ينبغي أن يراعي النهج العام في التعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة الآثار المحتملة في مرحلة مبكرة بقدر الإمكان من دورة المشروع، بما في ذلك تضمين اعتبارات البيئة والصحة والسلامة في اختيار الموقع، وذلك من أجل تعظيم نطاق الخيارات المتاحة لتفادي الآثار السلبية المحتملة وتقليلها. والأمر المهم هو أن كثيراً من الآثار على البيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمرافق طاقة الرياح يمكن تفاديها بتوخي الحرص في اختيار الموقع.

١,١ البيئة

٧. تشمل أنشطة الإنشاء في مرافق طاقة الرياح عادةً تهيئة الأرض لإعداد الموقع وإنشاء الطرق المؤدية الى داخل الموقع، والحفر والتفجير والردم، ونقل المستلزمات والوقود، وإنشاء الأساسات بما في ذلك الحفر وصب الخرسانة، وتشغيل الروافع لتشوين المعدات وتركيبها، وإنشاء البنية التحتية المرتبطة وتركيبها،[٢] وتركيب موصلات علوية أو مسارات كابلات (فوق الأرض وتحت الأرض)، وبدء تشغيل المعدات الجديدة. وتشمل أنشطة إنهاء الخدمة إزالة البنية الأساسية للمشروع وإعادة تأهيل الموقع.

٨. قد تشمل الآثار البيئية المرتبطة بأنشطة إنشاء مرافق طاقة الرياح وتشغيلها وإنهاء خدمتها من بين ما تشمل الآثار على البيئة المادية (مثل الضوضاء أو التأثير البصري) والتنوع البيولوجي (التأثير على الطيور والخفافيش مثلاً). ونظراً لبعد مواقع مرافق طاقة الرياح فى الأغلب، قد يشكل نقل المعدات والمواد أثناء الإنشاء وإنهاء الخدمة تحديات لوجستية (مثلاً، نقل هياكل طويلة صلبة كالشفرات ومقاطع الأبراج الثقيلة). القسم الخاص بعمليات الإنشاء وإنهاء الخدمة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** يقدم توصيات بشأن التعامل مع هذه القضايا المتعلقة بالبيئة والصحة والسلامة. وقد يؤدي إنشاء الطرق المؤدية لإقامة مرافق الرياح في مواقع نائية إلى مخاطر إضافية من ضمنها الآثار السلبية على التنوع البيولوجي والوصول الاضطراري إلى مناطق يتعذر الوصول إليها نسبياً. وتقدم الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالطرق التي بها محطات تحصيل رسوم إرشادات إضافية بشأن الوقاية من الآثار المرتبطة بإنشاء وتشغيل البنية التحتية للطرق ومكافحتها والسيطرة عليها.

٩. تشمل القضايا البيئية المتعلقة بإنشاء مشروعات ومرافق طاقة الرياح وتشغيلها وإنهاء خدمتها ما يلي على وجه التحديد:

- المناظر الطبيعية والمشهد البحري والآثار البصرية

[٢] على النحو الموضح في المرفق (أ).

- الضوضاء
- التنوع البيولوجي
- الظلال المتقطعة
- نوعية المياه

١٠. نظراً لطبيعة مرافق طاقة الرياح، ربما يكون هذا القطاع مرتبطاً بشكل خاص بالآثار البيئية والاجتماعية التراكمية. وفي حالة عدم توافر إرشادات معنية خاصة ببلد معين فيما يخص تقييم الآثار التراكمية (Cumulative Impact Assessment) ، ينبغي الرجوع إلى المصادر الدولية لإرشادات الممارسة الجيدة في هذا الموضوع.[٣] ويجب إجراء تقييمات للآثار التراكمية عندما يتم تحديد موقع لمرافق طاقة رياح متعددة بالقرب من مستقبلات حساسة كالمناطق ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي.

١,١,١ الآثار على المناظر الطبيعية والمشهد البحري والآثار البصرية

١١. على حسب الموقع، ربما يكون لمرفق طاقة الرياح أثر على المشاهد البصرية وخصوصاً إذا كانت واضحة للعيان من المناطق السكنية أو المواقع السياحية أو تقع قريباً منها. وتتعلق الآثار البصرية المرتبطة بمشروعات طاقة الرياح غالباً بالتوربينات المركبة والعاملة ذاتها (مثلاً، اللون، الارتفاع، عدد التوربينات).

١٢. قد تنشأ هذه الآثار أيضاً فيما يخص تفاعل مرافق الرياح العاملة مع طبيعة المنظر الطبيعي و/أو المشهد البحري. كما أن الآثار على المناطق المحمية قانوناً والمعترف بها دولياً ذات الأهمية بالنسبة للتنوع الحيوي[٤] ومظاهر التراث الثقافي[٥] هي أيضاً موضع اعتبار. ويوصى بإعداد منطقة خرائط التأثيرات البصرية وإعداد صور الهيكل التصفحي وصور مركّبة من زوايا رؤية أساسية لكي يستنير بها التقييم وعمليات التشاور.

١٣. تتعلق تدابير التفادي وتقليل الآثار للتصدي للآثار على المناظر الطبيعية والمشهد البحري والآثار البصرية إلى حد كبير باختيار موقع توربينات الرياح والبنية التحتية المرتبطة (كأبراج الأرصاد الجوية وطرق الوصول البرية والمحطات الفرعية) وتخطيطها.

١٤. ينبغي توخي الحرص في تخطيط التوربينات وحجمها ونطاقها بالنسبة إلى طابع المنظر الطبيعي أو المشهد البحري المحيط والمستقبلات البصرية المحيطة (مثلاً، عقارات سكنية، ومستخدمو المسارات/المناطق الترويحية).

١٥. ينبغي أيضاً توخي الحرص في قرب التوربينات من المستوطنات والمناطق السكنية والمستقبلات البصرية الأخرى لتقليل الآثار البصرية والآثار على الراحة السكنية، حيثما أمكن. ينبغي أخذ كل زوايا الرؤية ذات العلاقة في الاعتبار عند النظر في مواقع التوربينات بما في ذلك زوايا الرؤية من المستوطنات القريبة.

١٦. هناك عوامل أخرى يمكن مراعاتها لتقليل الآثار البصرية:

- تضمين آراء ومدخلات المجتمع المحلي في تخطيط مرفق طاقة الرياح واختيار موقعه.
- الحفاظ على تماثل التوربينات في الحجم والتصميم (كنوع التوربين والبرج وارتفاعهما).
- التقيد بالمعايير الخاصة بكل بلد لوضع العلامات على التوربينات، بما في ذلك متطلبات الطيران والملاحة والبيئة (انظر قسم صحة وسلامة المجتمع أدناه)، حيثما كان هذا متاحاً.
- تقليل وجود الهياكل المساعدة في الموقع بتقليل بنية الموقع التحتية، بما في ذلك عدد الطرق، وكذلك بدفن خطوط الكهرباء، وتجنب تكديس ناتج الحفر أو مخلفات البناء، وإزالة التوربينات غير العاملة.

[٣] تشمل الوثائق الإرشادية ما يلي: مؤسسة التمويل الدولية، دليل الممارسة الجيدة بشأن تقييم الآثار التراكمية والتعامل معها: إرشادات للقطاع الخاص في الأسواق الناشئة (٢٠١٣)، الرابطة الكندية لطاقة الرياح، مقدمة لتطوير طاقة الرياح في كندا (٢٠١١)، التراث الطبيعي الاسكتلندي، تقييم الآثار التراكمية لعمليات تطوير طاقة الرياح على البر (٢٠١٢).

[٤] انظر الفقرة ٢٠ في معيار أداء مؤسسة التمويل الدولية رقم ٦ (مؤسسة التمويل الدولية، ٢٠١٢) للاطلاع على تعريف "المناطق المحمية قانوناً والمعترف بها دوليا".

[٥] المواقع ذات القيمة الأثرية والحفرية والتاريخية والثقافية والفنية والدينية.

- ينبغي تنفيذ تدابير التآكل وإعادة تخضير الأرض التي أزيل غطاؤها النباتي ببذور محلية لأنواع أصلية.

١,١,٢ الضوضاء

ضوضاء الإنشاء

١٧. ينبغي الحد من الضوضاء الناتجة عن الإنشاء على البر لحماية من يعيشون قريباً من الموقع. وتشمل الأنشطة المسببة للضوضاء التفجير ودق الخوازيق وإنشاء الطرق وأساسات التوربينات وتركيب التوربينات ذاتها. ويمكن الاطلاع على إرشادات حول المستويات المقبولة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

١٨. قد تؤثر الضوضاء تحت الماء والاهتزازات الناجمة عن عملية الإنشاء في البحر (مثلاً، نتيجة نشاط دق الخوازيق) بالسلب على الأحياء البحرية، بما فيها الأسماك والثدييات البحرية والسلاحف البحرية. والعوامل البيئية التي تحكم انتشار الصوت في البحر تخص كل موقع على حدة، ويمكن أن تتأثر الأنواع البحرية بشكل مختلف على حسب حساسيتها للترددات الصوتية تحت الماء. وينبغي إجراء تقييمات للتعرف على أين و متى يكون من الممكن أن تؤثر الضوضاء تحت الماء على الحياة البحرية بدرجة كبيرة وللتعرف على تدابير التخفيف الملائمة.

ضوضاء التشغيل

١٩. تصدر توربينات الرياح ضوضاء من خلال آليات مختلفة يمكن تصنيفها عموماً إلى مصادر ميكانيكية ومصادر ديناميكية هوائية.[٦] وتشمل المكونات الميكانيكية الرئيسية صندوق التروس والمولد ومحركات ياو "yaw motors"، ولكل منها صوته المميز. ويمكن أيضاً أن تساهم الأنظمة الميكانيكية الأخرى، كالمراوح والمحركات الهيدروليكية، في الانبعاثات الصوتية الكلية. وتنتشر الضوضاء الميكانيكية عن طريق سطح التوربين والفتحات الموجودة في حاوية التوربين. وينتج التفاعل بين الهواء وشفرات التوربين ضوضاء ديناميكية هوائية من خلال مجموعة متنوعة من العمليات مع مرور الهواء فوق الشفرات وبجوارها.[٧]

٢٠. ينبغي تقييم أثر الضوضاء وفقاً للمبادئ التالية:

- ينبغي اختيار المستقبلات وفقاً لحساسيتها البيئية (البشر أو الماشية أو الحياة البرية).
- ينبغي إجراء نمذجة أولية لتقرير ما إذا كان هناك ما يستدعي إجراء استقصاء مفصل. يمكن أن تكون النمذجة الأولية بسيطة كافتراض انتشار نصف كروي (بمعنى انتشار الصوت في كل الاتجاهات انطلاقاً من نقطة المصدر). ينبغي أن تركز النمذجة الأولية على المستقبلات الحساسة في حدود ٢٠٠٠ متر من أي توربين في مرفق لطاقة الرياح.
- إذا أظهر النموذج الأولي أن ضوضاء التوربين على كل المستقبلات الحساسة ستكون على الأرجح دون LA 90[٨] (خلفية مستوى الصوت) بمقدار ٣٥ ديسبل (A) عند سرعة رياح مقدارها ١٠ أمتار/ثانية على ارتفاع ١٠ أمتار أثناء ساعات النهار والليل، فهذه النمذجة الأولية كافية على الأرجح لتقييم أثر الضوضاء[٩]، وإلا فإنه يوصى بتنفيذ نمذجة أكثر تفصيلاً، وهو إجراء قد يشمل قياسات الضوضاء الخلفية بالبيئة المحيطة.
- ينبغي أن تراعي كل عمليات النمذجة الضوضاء التراكمية المنبعثة من كل مرافق طاقة الرياح في الجوار التي لها إمكانية زيادة مستوى الضوضاء.
- فى حالة استخدام معايير الضوضاء استناداً إلى الضوضاء المحيطة، فمن الضروري قياس الضوضاء الخلفية في غياب أي توربينات رياح. وينبغي أن يتم هذا عند واحد أو أكثر من المستقبلات الحساسة للضوضاء. وغالباً ما تكون المستقبلات الحرجة هي الأقرب إلى مرفق طاقة الرياح، لكن إذا كان المستقبِل الأقرب قريباً أيضاً من مصادر ضوضاء كبيرة أخرى، فقد يلزم اختيار مستقبل آخر.

[٦] تنشر التوربينات بوجه عام المزيد من الضوضاء كلما ازدادت سرعة الريح.
[٧] بي. هاو وآخرون، توربينات الرياح والصوت: مراجعة وإرشادات بشأن أفضل الممارسات (٢٠٠٧).
[٨] مستوى الضوضاء الذي يتم تجاوزه على مدى ٩٠ في المائة من فترة القياس، مرجح A.
[٩] وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة، Report ETSU-R-97، "تقييم وتصنيف الضوضاء المنبعثة من مزارع الرياح" (١٩٩٧).

- ينبغي قياس الضوضاء الخلفية على ارتفاع ١٠ م على مدى سلسلة فترات متقطعة مدتها ١٠ دقائق باستخدام مصدات رياح مناسبة. وينبغي أخذ خمسة على الأقل من تلك القياسات التي مدتها ١٠ دقائق فيما يخص كل رقم سرعة ريح صحيح من سرعة انطلاق التوربينة إلى ١٢ م/ث.[١٠,١١]

تدابير تخفيف آثار الضوضاء

٢١. ترتبط التدابير الرامية إلى منع ومكافحة الضوضاء بصفة أساسية بمعايير التصميم الهندسي واختيار مواقع التوربينات. ومع التوربينات الحديثة، تكون الضوضاء الميكانيكية عادة أقل كثيراً من الضوضاء الديناميكية الهوائية، وهذه الأخيرة بدأت تقل بفعل التحسين المستمر في تصميم الشفرات.[١٢]

٢٢. قد تشمل التدابير الإضافية الموصى بها للتعامل مع الضوضاء ما يلي:

- تشغيل التوربينات في وضع تشغيل الضوضاء المنخفضة.
- بناء جدران/حواجز ضوضاء ملائمة حول المباني التي يحتمل تأثرها (لا يكون هذا خياراً إلا في الأراضي ذات التلال والتضاريس نظراً لارتفاع التوربينات).
- الحد من تشغيل التوربينات فوق سرعة الرياح التي تصير عندها ضوضاء التوربين غير مقبولة في ظروف المشروع المحددة.

٢٣. انظر القسم التالي للاطلاع على خيارات تخفيف آثار الضوضاء فيما يخص المستقبلات الإيكولوجية البحرية.

١,١,٣ التنوع البيولوجي

٢٤. يمكن أن تكون لمرافق طاقة الرياح آثار سلبية مباشرة وغير مباشرة على التنوع الحيوي البري والبحري أثناء الإنشاء والتشغيل والصيانة وإنهاء الخدمة١٣,١٤. وتشمل الأمثلة على هذه الآثار نفوق الطيور والخفافيش نتيجة التصادم، ونفوق الخفافيش نتيجة التأثير المحتمل لصدمة رئوية ضغط جوية (pulmonary barotrauma)١٥ وتهجير الحياة البرية، وتحويل/تدهور الموائل١٦,١٧,١٨ والضوضاء التي تصيب التذييات البحرية في حال المرافق البحرية. في البيئات البحرية، قد يؤثر إحداث خلل في قاع البحر والإنشاءات الجديدة أيضاً على الموائل القائمة ويجتذب أنواعاً جديدة من الأنواع التي تبني موائلها مثل المحاريات والشعب المرجانية والنباتات المغمورة١٩. وقد يُحدث موقع التوربينات العاملة خللاً في التحركات اليومية للخفافيش والطيور (مثلاً، من أماكن التغذيةإلى المجاثم أو مواقع التكاثر)، ويحتمل أن تمثل عقبة أمام أنماط هجرة أنواع معينة من الحياة البرية٢٠,٢١ . ويمكن أن تنشأ الآثار السلبية أيضاً عن البنية التحتية ذات الصلة وخصوصاً خطوط نقل الكهرباء العلوية وصواري الأرصاد الجوية والمحطات الفرعية

---

[١٠] معهد الصوتيات، "دليل الممارسة الجيدة لتطبيق ETSU-R-97 لتقييم وتصنيف ضوضاء توربينات الرياح" (٢٠١٣).

[١١] دي. ماكلافلين، "التغير الحاد في اتجاه الريح وسرعتها وأثره على تقييم ضوضاء توربينات الرياح"، نشرة الصوتيات، يوليو/تموز-أغسطس/آب ٢٠١٢، ٣٩-٤٢ (٢٠١٢).

[١٢] المرجع ذاته.

[١٣] دي. ستريكلاند وآخرون، دليل شامل لدراسة تفاعلات طاقة الرياح/الحياة البرية"، (واشنطن العاصمة: الجمعية التعاونية الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، ٢٠١١).

[١٤] جي. سي. ليديك وآخرون، تخضير الرياح: الاعتبارات البيئية والاجتماعية لتطوير طاقة الرياح، واشنطن العاصمة: البنك الدولي، ٢٠١١).

[١٥] يلاحَظ أن الشواهد تشير إلى أن الآثار السلبية على الخفافيش نتيجة الرضح الضغطي ربما يكون مبالغاً فيها. ينبغي النظر كما ينبغي في الدراسات التالية وغيرها: إي. إف. بايروالد وآخرون، "الرضح الضغطي سبب رئيسي لنفوق الخفافيش عند التوربينات الهوائية"، البيولوجيا الحالية ١٨:R٦٩٥-R٦٩٦ (٢٠٠٨)؛ دي. هوك وآخرون، "دراسة حوسبية وتحليلية للخفافيش الطائرة بالقرب من توربينات الرياح: الآثار فيما يخص الرضح الضغطي" عرض تقديمي شفهي أمام اللجنة الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، اجتماع أبحاث الرياح والحياة البرية التاسع، ٢٧–٣٠ نوفمبر/تشرين الثاني ٢٠١٢، دينفر، كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية (٢٠١٢)؛ كيه. إي. رولينز وآخرون، تحريات عن أسباب نفوق الخفافيش في مزرعة رياح: رضح ضغطي أم إصابة رضحية؟" الباثولوجيا البيطرية ٣٦٢:٤٩-٣٧١ (٢٠١٢).

[١٦] هوتكر وآخرون، "آثار استغلال مصادر الطاقة المتجددة على التنوع البيولوجي: مثال الطيور والخفافيش - حقائق وفجوات في المعرفة ومطالبات بمزيد من البحث وإرشادات من علم الطيور لتطوير استغلال الطاقة المتجددة" (بيرغنهاوزن: معهد ميشائيل أوتو في نابو، ٢٠٠٦).

[١٧] جيه. إم. بيرس-هيغنز، "توزيع الطيور المتكاثرة حول مزارع الرياح المقامة في المرتفعات"، مجلة الإيكولوجيا التطبيقية (٢٠٠٩).

[١٨] نظراً لتأثير مرافق طاقة الرياح المحدود، يكون تحويل/تدهور الموائل على الأرجح موضع اعتبار في الموائل عالية القيمة، وخصوصاً الموائل الحراجية التي يزداد احتمال تعرضها لتأثيرات تتعلق بتجزئة الموئل.

[١٩] جيه. كولر وآخرون (محررون)، طاقة الرياح البحرية: بحث حول الآثار البيئية، (برلين، ٢٠٠٦).

[٢٠] أيه. إل. درويت، وإتش. دبليو. لانغستون، "تقييم آثار مزارع الرياح على الطيور "المرجع ذاته، ١٤٨، (٢٠٠٦): ٢٩–٤٢.

[٢١] ماسدين وآخرون، "العوائق أمام التحركات: آثار مزارع الرياح على الطيور المهاجرة"، مجلة العلوم البحرية للمجلس الدولي لاستكشاف البحار ٦٦ (٢٠٠٩): ٧٤٦–٧٥٣.

والكابلات البحرية والطرق والإضاءة والحركة المرورية لأغراض الصيانة التي تستخدم فيها القوارب.

٢٥. اختيار الموقع حاسم الأهمية لتجنب وتقليل الآثار السلبية المحتملة على التنوع البيولوجي. ينبغي أن يتضمن اختيار الموقع ما يلي:

- النظر في قرب مرفق طاقة الرياح المقترح من المواقع ذات القيمة العالمية من حيث التنوع البيولوجي في المنطقة (بما في ذلك الواقعة على الجهة الأخرى من الحدود الوطنية). يمكن للفحص المبكر أن يحسّن اختيار موقع المشروع على المستوى الكلي وبحث الأولويات للمزيد من التقييم، وبالتالي تقليل الآثار غيرالضرورية على التنوع البيولوجي والتكاليف في المستقبل. قد تشمل المواقع ذات الأهمية المحلية والإقليمية والدولية المناطق المحمية الوطنية والدولية (بما في ذلك المناطق المحمية البحرية) والمناطق المهمة للطيور ومناطق التنوع البيولوجي الأساسية ومواقع التحالف من أجل منع الانقراض بصورة مطلقةِ (AZE) ومواقع رامسار للأراضي الرطبة ذات الأهمية الدولية (RAMSAR) ومواقع التجمع المعروفة والأنظمة البيئية الفريدة من نوعها أو المهددة. ربما يكون معروفاً أن هذه المواقع مهمة لمسارات الهجرة أو الأراضي الرطبة أو مناطق التزاوج أو التغذية أو التكاثر، وقد تضم مناطق سبات (بيات) ومجاثم للخفافيش، أو قد تحتوي على معالم تضاريس مهمة بما في ذلك سلاسل التلال وأودية الأنهار والسواحل والمناطق النهرية. ومن بين الأدوات المفيدة لاختيار المواقع ما يلي: (١) التقييمات البيئية الإستراتيجية التي تقارن التنوع البيولوجي والحساسية البيئية الأخرى لمختلف مناطق موارد الرياح. (٢) والخرائط المسجلة عليها معلومات الحساسية[٢٢].(٣) والموارد الرقمية التي تظهر المناطق عالية القيمة من حيث التنوع البيولوجي[٢٣,٢٤,٢٥] . (٤) وخرائط تقسيم المناطق.
- سوف يشمل اختيار الموقع - فيما يخص المرافق البحرية - استعراض المناطق ذات الأهمية لتاريخ الحياة البحرية وأبرزها الأسماك والثدييات البحرية والسلاحف البحرية (مثلاً، مناطق التغذية والتكاثر والولادة والتفريخ) أو الموائل الأخرى، كموائل الصغار أو مناطق بلح البحر/المحار أو مناطق وضع البيض أوالشعاب أو والأعشاب البحرية وطبقات الحشائش البحرية. كما سيشمل اختيار الموقع أيضاً استعراضاً لمناطق صيد السمك المنتجة.
- يساعد التشاورمع المنظمات الوطنية والدولية المعنية بالحماية أيضاً على تقديم المعلومات اللازمة في عملية اختيار موقع المرافق البرية والبحرية على السواء.

تقييمات ما قبل الإنشاء

٢٦. بعد الاستكشاف والدراسة المكتبية، ربما تكون هناك حاجة إلى معلومات مرجعية خاصة بالموقع عن التنوع البيولوجي لإثراء المعلومات اللازمة عند تقييم الآثار الاجتماعية والبيئية. وينبغي أن تجرى استقصاءات التنوع البيولوجي المرجعية، حيثما كانت مطلوبة، في وقت مبكر قدر المستطاع (مثلاً، عندما يتم نصب صواري قياس سرعة الرياح) وينبغي أن تراعي المواسم ذات الصلة. ومن الممكن أن يكون النهج

[٢٢] على سبيل المثال، مشروع الطيور المحلقة المهاجرة متاح على http://migratorysoaringbirds.undp.birdlife.org/en
[٢٣] يمكن أن تساعد بعض الأدوات، مثل أداة التقييم المتكامل للتنوع الحيوي، في تسهيل الوصول إلى مجموعات بيانات دولية أساسية. انظر www.ibat-alliance.org.
[٢٤] انظر http://www.protectedplanet.net/
[٢٥] وثيقة إرشادات المفوضية الأوروبية "عمليات تطوير طاقة الرياح وشبكة ناتشورا ٢٠٠٠" (٢٠١١).

المتدرج في استقصاءات التنوع البيولوجي مفيداً من حيث تصميم الاستقصاء ليتناسب مع مرحلة تطوير المشروع، مع مراعاة قيمة التنوع البيولوجي الحالية للمنطقة أيضاً.[٢٦,٢٧]

٢٧. هناك إرشادات تفصّل نطاق ومدى استقصاءات التنوع البيولوجي لمرافق طاقة الرياح البرية[٢٨,٢٩,٣٠,٣١] والبحرية[٣٢,٣٣,٣٤,٣٥,٣٦,٣٧]. وفي حالة عدم وجود إرشادات قوية داخل البلد المعني، ينبغي استخدام الإرشادات الدولية على أن تراعى دائماً ضرورة أن تكون الاستقصاءات محددة وخاصة بالموقع أو بالأنواع الحية أو بالموسم. فمن المستبعد أن تكون تقييمات المخاطر وخطط تخفيف الآثار غير المحددة مفيدة أو قابلة للنقل بسهولة بين الأنواع والمواقع. وينبغي أن تراعي الاستقصاءات ما يلي:

- قضايا خاصة بمواقع محددة: مراعاة الموائل والموقع الجغرافي وقرب مرفق طاقة الرياح من المواقع ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي.
- قضايا خاصة بأنواع محددة: ينبغي أن تستهدف المسوح الاستقصائية الأنواع النباتية والحيوانية ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي والأنواع التي تتمتع بوضع صون دولي أو وطني خاص والأنواع المعرضة لمخاطر عالية للتأثر من مرافق طاقة الرياح. على سبيل المثال، تشمل الأنواع التي تواجه مخاطر تصادم عالية نسبياً أصنافاً معينة من الطيور المحلقة والطيور التي تتميز بالاستعراضات الجوية و/أو المهاجرة والطيور المتجمعة فضلاً عن الطيور الجارحة، والخفافيش المهاجرة والجاثمة فوق الأشجار وآكلة الحشرات. وتشمل الأنواع المعرضة لمخاطر عالية نسبياً من اضطرابات الإبصار الأنواع المرتبطة بالريف المفتوح التي تتجنب بالغريزة الإنشاءات العالية.[٣٨] وقد تنجذب بعض الأنواع الحية إلى مرافق طاقة الرياح كمجاثم أو مناطق تغذية، مما قد يزيد من احتمال التصادم. وتشمل الأنواع الحية المعرضة لخطر التصادم بخطوط نقل الكهرباء ذات الصلة بالمشروع الطيور ثقيلة الجسم نسبياً ذات القدرة المحدودة على المناورة (كأنواع النسور والحبارى وطيور الماء والكركي واللقلق والبجع والبلشون والبشروس/النحام) فضلاً عن أنواع الطيور السربية. وتشمل الأنواع المعرضة لخطر الصعق الكهربائي بفعل خطوط نقل الكهرباء ذات الصلة مختلف الطيور الجارحة والنسور والبوم وأنواعاً معينة من اللقالق والطيور الأخرى ذات مدى اجنحة طويل والتي تميل كثيراً إلى الجثوم على خطوط الكهرباء والإنشاءات ذات الصلة. تشمل الأنواع الحية التي تواجه خطراً عالياً نسبياً للتعرض للاضطراب نتيجة الضوضاء تحت المائية (في مرافق الرياح البحرية) الثدييات البحرية (وخصوصاً الحيتانيات) وأنواعاً معينة من الأسماك البحرية (المحيطية) التي تسير في أسراب (مثل الرنجة). وينبغي تقييم هذه الآثار وخيارات الهجرة المحتملة على أساس كل نوع على حدة.
- القضايا الخاصة بموسم معين: ينبغي أن تراعي المسوح الاستقصائية فترات معينة من السنة ربما يكون فيها لموقع المشروع وظيفة أو قيمة إيكولوجية أكبر أو مختلفة (كالهجرة أو موسم التكاثر أو مواسم الشتاء). وينبغي إجراء المسوح عادة لمدة سنة على الأقل عندما يتم تحديد

[٢٦] أيه. آر. جنكينز وآخرون، إرشادات بشأن أفضل الممارسات لرصد الطيور وتخفيف الآثار في المواقع المقترحة لتطوير طاقة الرياح في جنوب أفريقيا (٢٠١١).
[٢٧] مصلحة الأسماك والحياة البرية (الفطرية) الأمريكية، "إرشادات بشأن طاقة الرياح في المناطق البرية" (٢٠١٢).
[٢٨] التراث الطبيعي الاسكتلندي، تقييم بصري لمزارع الرياح: أفضل الممارسات (٢٠١٤).
[٢٩] مصلحة الأسماك والحياة البرية (الفطرية) الأمريكية ٢٠١٢.
[٣٠] إل. رودريغز وآخرون، "إرشادات لمراعاة الخفافيش في مشروعات مزارع الرياح"، سلسلة منشورات اتفاق حفظ الخفافيش في أوروبا رقم ٦ (بون: برنامج الأمم المتحدة للبيئة/اتفاق حفظ الخفافيش في أوروبا، ٢٠١٤).
[٣١] إل. هونت، استقصاءات الخفافيش: إرشادات بشأن أفضل الممارسات، الصندوق الاستئماني لحفظ الخفافيش، ٢٠١٢).
[٣٢] كيه. كامفويسين، نحو أساليب إحصاء بحري موحدة للطيور البحرية فيما يتصل بتقييمات الآثار البيئية لمزارع الرياح البحرية في المملكة المتحدة (الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة، ٢٠٠٤).
[٣٣] آر. جيه. وولز وآخرون، "إرشادات منقحة بشأن أفضل الممارسات لاستخدام التقنيات عن بعد لرصد الطيور في مزارع الرياح البحرية"، (الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة، ٢٠٠٩).
[٣٤] آي. إم. دي. ماكلين وآخرون، "استعراض منهجيات التقييم لمزارع الرياح البحرية"، (تقرير الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور، بتكليف من الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة، ٢٠٠٩).
[٣٥] سي. بي. ثاكستر، وإن. إتش. كيه. بيرتون، "صور عالية الدقة لمسح طيور البحر والثدييات البحرية: استعراض للتجارب الأخيرة وإعداد البروتوكولات"، (تقرير الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور، بتكليف من الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة، ٢٠٠٩).
[٣٦] آي. إم. دي. ماكلين وآخرون، "استخدام المسوح الجوية لاكتشاف تشريد الطيور بفعل مزارع الرياح البحرية"، تقرير الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور رقم ٤٤٦ للجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة (ثيتفورد: الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور).
[٣٧] دي. جاكسون، وبي. وايتفيلد، "إرشادات حول المسح والرصد فيما يخص استغلال الطاقات المتجددة البحرية في أسكتلندا"، الطيور، الجزء ٤. (٢٠١١).
[٣٨] ستريكلاند وآخرون ٢٠١١.

الحياة البرية المعرضة للخطر. وأحياناً قد تكون هناك حاجة إلى مسوح أطول زمناً في المناطق التي تضم تجمعات غير عادية من الطيور المهاجرة وفي الأحوال التي تكون فيها بيانات التنوع البيولوجي محدودة. وسيتحدد هذا على أساس كل مشروع على حدة.

٢٨. . ينبغي تصميم المسوح الاستقصائية وتنفيذها لكي يسترشد بها في الاختيار الدقيق لموضع التوربينات (واختيار التوربينات) لتقليل مخاطر التصادم التي تواجه الطيور والخفافيش. ويُتوقع عادة أن ينطوي هذا على جمع معلومات دقيقة نسبياً عن الأنماط المكانية لاستخدام الموقع من جانب أنواع الحياة البرية المعرضة للخطر وكذلك مراعاة مواقع ملامح طبوغرافية أو إيكولوجية أو ملامح نسق طبيعية قد تجتذب، نشاط الحياة البرية الطائرة داخل منطقة المشروع والنسق الطبيعي المحيط بها.[٣٩] ينبغي اختيار طرق معينة لجمع البيانات وتصميمات معينة للدراسات استناداً إلى اعتبارات خاصة بالموقع وبالأنواع الحية على أن يسترشد هذا بالخبراء الفنيين وقد يشمل مسوح زاوية الرؤية [٤٠,٤١] ومسوح إحصاء (عد) الطيور وطرق استخدام الموجات فوق الصوتية وأساليب جمع البيانات بالاستشعار عن بعد و الأساليب الأخرى لفهم أنماط الحركة، وذلك حسب الاقتضاء. وينبغي أن يتناسب مدى جمع البيانات مع المخاطر التي تواجه التنوع البيولوجي في مرفق طاقة الرياح.

٢٩. ينبغي تقييم استخدام وفعالية الرادار و/أو تقنيات الاستشعار عن بعد الأخرى في الدراسات السابقة لأعمال الإنشاءات على أساس كل مشروع على حدة، وقد يكون من الملائم إدخال إضافات على المسوح الاستقصائية المنفذة بنظام الملاحظة، وذلك وفقاً للظروف.[٤٢] وتعتبر تقنيات الاستشعار عن بعد مفيدة بوجه خاص في مرافق الرياح البحرية، حيث تكون الدراسات المنفذة بنظام الملاحظة أصعب وأكثر تكلفةفي البيئة البحرية.

٣٠. يمكن أن تشمل المسوح التي تخص الخفافيش تقييماً لموائل التغذية و/أو الجثوم داخل منطقة المشروع وفي محيطها على السواء، ومسوح أنشطة (القطاعات الطولية) باستخدام مكتشفات الخفافيش بالموجات فوق الصوتية المحمولة يدوياً، ومسوح الإمساك والإطلاق، ونشر أجهزة كشف بالموجات فوق الصوتية (وخصوصاً في مواقع التوربينات). ويفضل وضع أجهزة الكشف الثابتة على ارتفاعات ويمكن تثبيتها في صواري الأرصاد الجوية.

٣١. على حسب موقع مرفق طاقة الرياح وعلى أساس الاعتبارات الخاصة بكل نوع من الأنواع الحية على حدة، يجوز أيضاً استخدام نمذجة مخاطر التصادم (CRM)وخصوصاً عندما يكون موقع مرافق طاقة الرياح بالقرب من المناطق ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي.[٤٣,٤٤] ويتولى خبراء مؤهلون تقييم منفعة نمذجة مخاطر التصادم على أساس كل مشروع على حدة. وتعد نمذجة مخاطر التصادم مفيدة على الخصوص في مرافق مزارع الرياح البحرية حيث تكون الأدوات التجريبية محدودة.[٤٥]

٣٢. عندما تكون هناك مرافق مزارع رياح متعددة موجودة في منطقة جغرافية واحدة وبالقرب من مناطق ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي، يوصى بأن ينفذ مطورو مشروعات طاقة الرياح نهجاً منسقاً في المسوح والرصد. وهذا النهج فعال من حيث التكلفة، حيث يمكن تخطيط المسوح وتنفيذها بشكل مشترك مع تقاسم التكاليف بين المطورين. كما تتناسب منهجية ونهج المسوح المشتركة أيضاً مع تقييم الآثار التراكمية حيث يمكن توحيد طرق جمع البيانات ومستوى المجهود. وينبغي إجراء تقييمات الآثار التراكمية عندما تكون هناك مزارع رياح متعددة موجودة بالقرب من مناطق ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي.

تدابير تخفيف الآثار (براً)

٣٣. ينبغي أن يقلل التأني في اختيار الموقع وتخطيطه الآثار السلبية على التنوع البيولوجي. وستحتاج أية آثار سلبية متبقية كبيرة إلى تخفيف ملائم،[٤٦] وقد يتضمن هذا ما يلي:

- تعديل عدد التوربينات وحجمها وتخطيطها وفقاً للمخاطر والآثار المعينة ذات الصلة بالموقع والأنواع الحية والموسم. استخدام أبراج أقل عدداً وأطول قد يقلل خطر التصادم بالنسبة لمعظم الطيور ويقلل إزالة الغطاء النبتي لأغراض الإنشاء. ينبغي أيضاً أن تعمل تقييمات

[٣٩] جي. دي. جونسون وآخرون، دراسات رصد الحياة البرية، محطة سيويست لطاقة الرياح، كاربون كاونتي، وايومنغ، ١٩٩٥-١٩٩٩. تقرير نهائي معدّ لصالح شركة سي ويست للطاقة، سان دييغو، كاليفورنيا، ومكتب إدارة الأراضي، رولينز، وايومنغ، (شايان: ويسترن إيكوسيستمز تكنولوجي إنك، ٢٠٠٠).
[٤٠] التراث الطبيعي الاسكتلندي، ٢٠١٤.
[٤١] ستريكلاند وآخرون ٢٠١١.
[٤٢] وولز وآخرون ٢٠٠٩.
[٤٣] التراث الطبيعي الاسكتلندي، "إرشادات: مزارع الرياح والطيور - حساب مخاطر التصادم النظرية بافتراض عدم اتخاذ إجراءات للتفادي"، (٢٠٠٠).
[٤٤] بي. باند، "استخدام مخاطر التصادم لتقييم مخاطر تصادم الطيور في مزارع الرياح البحرية"، (الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور، ٢٠١٢).
[٤٥] التراث الطبيعي الاسكتلندي (٢٠٠٠).
[٤٦] الجمعية التعاونية الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، مجموعة أدوات تخفيف الآثار، (٢٠٠٧).

المخاطر والآثار على التنوع البيولوجي على إثراء المعلومات ذات الصلة بموقع البنية التحتية المعني، مثل خطوط نقل الكهرباء والمحطات الفرعية وطرق الوصول.

- إذا كان مرفق طاقة الرياح موجوداً بالقرب من مناطق ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي، ينبغي النظر في إدارة التوربينات النشطة، على سبيل المثال إجراءات التخفيض والإيقاف عند الطلب في إطار إستراتيجية تخفيف الآثار وأن تؤخذ في الحسبان في النمذجة المالية والحساسيات في مرحلة مبكرة. كذلك ينبغي أن تكون هذه الطريقة من طرق التخفيف قابلة للتكييف وأن تسترشد ببرنامج رصد ومراقبة معد بشكل جيد بعد أعمال الإنشاء. وينبغي أولاً تنفيذ تدابير التخفيض والإيقاف عند الطلب على سبيل التجربة، وذلك باستخدام توربينات ضابطة ليست مخفضة على أن يتم رصد كلتا المجموعتين بدقة، وذلك لتحديد ما إذا كان التخفيض يؤدي إلى الخفض المنشود في معدلات الوفيات والنفوق أم لا. كما ينبغي النظر في إغلاق التوربينات باستخدام التقنية اللازمة في حالات معينة، وذلك على الرغم من أن أي نظام على هذا النحو ينبغي أن يخضع لفترة تقييم وتحقق على أرض الواقع من خلال الملاحظة والرصد وفي إطار عملية إدارة تتسم بالقدرة على التكيف.
- تجنب استحداث معالم اصطناعية في البيئة من شأنها اجتذاب الطيور والخفافيش إلى مرفق طاقة الرياح،[٤٧] كالمسطحات المائية ومناطق الجثوم والتعشيش، ومناطق التغذية الجديد، وموائل التزاوج أو الجثوم. تساعد تغطية أو إصلاح أية تجويفات في الجدران أو المباني على إزالة أيةمواقع محتملة لجثوم الخفافيش.
- تجنب جذب الطيور إلى مصادر الغذاء المتوقعة كمناطق التخلص من النفايات في الموقع أو خارجه أو مكبات (مقالب) النفايات، ويكون لهذا أهمية خاصة عند وجود نسور أو طيور أخرى آكلة للجيف. وقد يلزم أيضاً تنفيذ هذه الأنواع من تدابير التخفيف في المناطق المحيطة بمرفق طاقة الرياح لكي تكون فعالة.
- مراعاة إجراء تعديلات في سرعات الانطلاق لتقليص احتمال التصادم مع الخفافيش. وينبغي أن تعمل البيانات الخاصة بالأنواع الحية المعينة وبالموقع المحدد على إثراء المعلومات اللازمة لتحديد جدوى هذه الإجراءات والتدابير. وربما يكون بإمكان الزيادة الطفيفة في سرعة الانطلاق تحقيق تخفيضات كبيرة في معدلات نفوق الخفافيش،[٤٨,٤٩] في مقابل انخفاض لا يذكر في توليد الطاقة أو العوائد المالية.
- منع "الدوران الحر"، وهو دوران الدوارات بفعل الرياح عند عدم تشغيل التوربينات لتوليد الكهرباء.
- تجنب مصادر الإضاءة الصناعية حيثما أمكن. فالأضواء البيضاء الثابتة تحديداً تجتذب الفرائس (مثل الحشرات) التي تجتذب بدورها المفترسات. إذا استخدمت أضواء، فالأفضل الأضواء الحمراء أو البيضاء الواماضة.[٥٠,٥١] يجب تجنب الأضواء الثابتة أو بطيئة الوميض. يساعد استخدام أدوات ضبط الوقت ومستشعرات الحركة وأغطية المصابيح المتجهة لأسفل على تقليل التلوث الضوئي.
- خطوط نقل الكهرباء التي تدفن في الموقع.
- تركيب مبعدات للطيور (أدوات إبعاد الطيور) على خطوط نقل الكهرباء وشدادات من صواري الأرصاد الجوية لتقليل تصادمات الطيور عند وجودها في المناطق ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي أو بالقرب منها و/أو في الأماكن التي تكون فيها الطيور ذات القيمة العالية من حيث التنوع البيولوجي عرضة لخطر التصادم.[٥٢,٥٣]
- استخدام تصميمات "آمنة مع الطيور الجارحة" لأعمدة الكهرباء لتقليل مخاطر الصعق الكهربائي.[٥٤]
- تقييم أحدث تكنولوجيا حالية لردع الطيور والخفافيش، والنظر في تنفيذ أي تكنولوجيات ثبتت فعاليتها حيثما كان ملائماً.

تدابير تخفيف الآثار (بحراً)

[٤٧] ومن المعلوم أن التوربينات ذاتها تعتبر عناصر جذب في حالة الخفافيش.
[٤٨] إي. بي. أرنيت، "تغيير سرعة التوربين يقلص معدلات نفوق الخفافيش في مرافق طاقة الرياح"، مجلة المنتهى في الإيكولوجيا والبيئة ٩(٤): ٢٠٩–٢١٤، (٢٠١١).
[٤٩] آر. إي. غود وآخرون، "دراسات رصد الخفافيش في مزرعة رياح فاولر ريدج بمقاطعة بينتون بولاية إنديانا"، تقرير نهائي: ١ إبريل/نيسان –٣١ أكتوبر/تشرين الأول ٢٠١١، أعد لصالح مزرعة رياح فاولر ريدج (بلومنغتون: ويسترن إيكوسيستمز تكنولوجي إنك، ٢٠١٢).
[٥٠] جيه. إل. غيرنغ وآخرون، "أبراج الاتصالات والمصابيح والطيور: طرق ناجحة للحد من تكرار تصادم الطيور"، تطبيقات إيكولوجية ١٩: ٥٠٥–٥١٤ (٢٠٠٩).
[٥١] بي. كيرلنغر وآخرون، "معدلات نفوق الطيور المهاجرة ليلاً والإضاءة الحاجزة عند توربينات الرياح في أمريكا الشمالية"، مجلة ويلسون لعلم الطيور ١٢٢: ٧٤٤–٧٥٤ (٢٠١٠).
[٥٢] لجنة التفاعل بين الطيور وخطوط الكهرباء، تقليل حوادث اصطدام الطيور بخطوط الكهرباء: أحدث التقنيات في ٢٠١٢، (واشنطن العاصمة: معهد إديسون للكهرباء ولجنة التفاعل بين الطيور وخطوط الكهرباء، ٢٠١٢).
[٥٣] لجنة التفاعل بين الطيور وخطوط الكهرباء ٢٠١٢.
[٥٤] المرجع ذاته.

٣٤. قد تشمل تدابير تخفيف آثار المرافق البحرية المتعلقة بالتنوع البيولوجي، بما في ذلك تخفيف الآثار المتعلقة بالضوضاء، ما يلي:

- إذا كانت هناك أنواع حية ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي مرتبطة بالموقع، يجب تخطيط أنشطة الإنشاء لكي تتفادى الأوقات الحساسة من السنة (كموسمي الهجرة والتكاثر) ولكي تتزامن مع الأوقات الأقل إنتاجاً في السنة بالنسبة للأسماك.
- استخدام إجراء "بدء التشغيل الهادئ" في أنشطة دق الخوازيق للمساعدة على منع تعرض الحياة البحرية إلى مستويات ضارة من الضوضاء وإتاحة فرصة لها للرحيل عن المنطقة. كما يوصى أيضاً باستخدام ستائر الفقاعات أثناء دق الخوازيق.[٥٥]
- استخدام دق الخوازيق بالبريمة أو وسيلة أخرى لتثبيت مولدات توربينات الرياح لتقليص الاضطرابات الناجمة عن الدق التقليدي للخوازيق.
- استخدام عمود أحادي كأساس للتوربينات في المياه قليلة العمق مما يتمخض عن قدر أقل من الاختلال لقاع البحر مقارنة بأنواع الأساسات الأخرى.[٥٦] في المياه الأكثر عمقاً، ربما يكون الأنسب استخدام أساسات بديلة كالتي من نوع الغلاف.
- استخدام أجهزة الردع الصوتي التي تبعث أصواتاً تردع الأحياء البحرية عن المنطقة أثناء أنشطة الإنشاء.
- إذا كان يُتوقع وجود أنواع حية ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي، كالثدييات البحرية أو السلاحف البحرية، في المنطقة، يجب تعيين مراقبين قبل الشروع في الإنشاء. ينبغي أن يحدث الإنشاء على مسافة تبعد ٥٠٠ متر على الأقل.
- استخدام تكنولوجيا الحرث النفاث الهيدروليكي أو تكنولوجيات أخرى أقل ضرراً بالبيئة لتركيب الكابلات.
- في حالة وجود أنواع حية حساسة كهربائياً أو مغناطيسياً داخل منطقة الدراسة، تشمل تدابير التخفيف اختيار أنواع الكابلات الملائمة وفصلها وأعماق دفنها.

١,١,٤ الظلال المتقطعة

٣٥. يحدث الظلال المتقطعة عندما تمر الشمس خلف توربين الرياح فتلقي ظلالاً. وبدوران شفرات الدوار، تمر الظلال فوق نفس النقطة مما يحدث تأثيراً يسمى الظلال المتقطعة. وقد تصبح الظلال المتقطعة مشكلة عندما تكون هناك مستقبلات محتملة الحساسية (كالعقارات السكنية وأماكن العمل ومنشآت التعليم و/أو الرعاية الصحية) موجودة بالقرب، أو تقع في جهة معينة من مرفق الرياح.

٣٦. في العادة لا تعتبر الظلال المتقطعة مشكلة كبيرة فيما يخص مرافق طاقة الرياح البحرية، نظراً للمسافات التي تفصل بين توربينات الرياح والمستقبلات المحتملة الموجودة على الشاطئ.

٣٧. قد تكون مشكلات الظلال المتقطعة المحتملة أكثر أهمية عند خطوط العرض الأعلى، حيث تكون الشمس في موضع أدنى في السماء وبالتالي تلقي بظلال أطول تعمل على تمديد النطاق الذي يحتمل أن تحدث فيه آثار كبيرة لالظلال المتقطعة.

٣٨. عندما تكون هناك مستقبلات قريبة، يمكن استخدام برمجيات متاحة تجارياً لنمذجة تعاقبالظل من أجل التعرف على المسافة التي قد تمتد إليها آثار الظلال المتقطعة. وعادة من الممكن استخدام هذه البرمجيات ذاتها أيضاً للتنبؤ بمدة وتوقيت حدوث الظلال المتقطعة في ظل ظروف الطقس العادية عند مستقبلات معينة توجد في منطقة التأثير المحتمل لالظلال المتقطعة.

٣٩. إذا لم يكن بالإمكان اختيار موضع لمرفق/توربينات طاقة الرياح بحيث لا تتعرض المستقبلات المجاورة لآثار الظلال المتقطعة، يوصى بألا تتجاوز المدة المتوقعة لآثار الظلال المتقطعة التي يتم التعرض لها عن مستقبل حساس ٣٠ ساعة سنوياً و٣٠ دقيقة يومياً في أسوأ يوم متأثر، وذلك على

[٥٥] جيه. نيدويل وآخرون، "تقييم الضوضاء الصوتية تحت سطح البحر والاهتزازات الناتجة عن توربينات الرياح البحرية وأثرها على الحياة البرية (الفطرية) البحرية، قياسات أولية للضوضاء تحت المائية أثناء إنشاء مزرعة رياح بحرية ومقارنتها بالضوضاء الخلفية"، تقرير الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة ٥٤٤ R 0424، (ساوثهامبتون، المملكة المتحدة: شركة ساباكوستيك، ٢٠٠٣).
[٥٦] شركة كيب ويند أسوسيتس، "مسودة بيان الآثار البيئية لمشروع كيب ويند لطاقة الرياح" (٢٠٠٤).

ساس أسوأ السيناريوهات المحتملة.[٥٧،٥٨،٥٩،٦٠]

٤٠. تشمل تدابير المنع والمكافحة لتجنب آثار الظلال المتقطعة الكبيرة ما يلي:

- وضع توربينات الرياح في الموضع المناسب لتجنب التعرض للظلال المتقطعة أو لاستيفاء الحدود المفروضة على مدة حدوث الظلال المتقطعة على النحو المبين في الفقرة السابقة.
- يمكن برمجة توربينات الرياح لتتوقف عن العمل في الأوقات التي يتم فيها تجاوز حدود الظلال المتقطعة.

٤١. فيما سبق كان يُعتبر أن للمعان الشفرات أو البرج، الذي يمكن أن يحدث عندما تنعكس الشمس من على شفرة الدوار أو البرج في اتجاه معين، أثراً محتملاً على المجتمعات المحلية. لكن هذا اللمعان لم يعد يعتبر مشكلة كبيرة شريطة أن تطلى توربينات الرياح بطلاء مطفأ غير عاكس، كما هو الحال مع توربينات الرياح الحديثة.

١,١,٥ نوعية المياه

براً

٤٢. قد يؤدي تركيب أساسات التوربينات، والكابلات تحت الأرضية، وإنشاء طرق الوصول وغير ذلك من البنية التحتية المساعدة إلى ازدياد التعرية وانضغاط التربة وازدياد الجريان السطحي وترسب في المياه السطحية. وتناقَش تدابير منع ومكافحة المشكلات في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** وفي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة للطرق التي بها محطات تحصيل رسوم.

المزارع البحرية

٤٣. ربما يؤدي تركيب أساسات التوربينات وتمديد الكابلات تحت السطحية إلى إحداث خلل في قاع البحر مما يؤدي إلى زيادة مؤقتة في الرسابة في عمود الماء، ومن ثم يقلل من نوعية المياه ومن الممكن أن يؤثر على الأنواع البحرية والمصائد التجارية والترفيهية. علاوة على ذلك فإن إقامة الإنشاءات البحرية قد يؤدي إلى تآكل موضعي في قاع البحر بسبب التغيرات في حركات المياه. وتتضمن **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافئ والمحطات** إرشادات إضافية في هذا الشأن.

٤٤. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة الأخرى للتصدي للآثار على جودة المياه ما يلي:

- إجراء عملية لاختيار الموقع تراعي احتمالات تداخل المكونات الإنشائية للمشروع مع مصائد الأسماك التجارية والترفيهية وموائل الأنواع البحرية.

---

[٥٧] لتقييم الامتثال للحدود الموصى بها، ينبغي نمذجة اهتزاز الظل والتنبؤ به على أساس أسوأ السيناريوهات الفلكية المحتملة، والذي نعرّفه كما يلي:
- توجد أشعة شمس باستمرار والسماء صافية على الدوام من شروق الشمس إلى غروبها.
- توجد رياح كافية لتدوير شفرات التوربينات باستمرار.
- الدوار في وضع عمودي على اتجاه سقوط أشعة الشمس.
- زوايا الشمس أقل من ٣ درجات فوق مستوى الأفق لا تؤخذ في الاعتبار (نظراً لاحتمال الحجب بفعل الأبنية والغطاء النباتي).
- المسافات بين مسطح الدوار ومحور البرج ضئيلة للغاية.
- انكسار الضوء في الجو لا يؤخذ في الاعتبار.

[٥٨] لجنة الولايات الفيدرالية الألمانية للقضاء على التلوث، معلومات حول تحديد وتقييم الانبعاثات البصرية من توربينات الرياح، (٢٠٠٢).

[٥٩] المرسوم الفرنسي المؤرخ ٢٦ أغسطس/آب ٢٠١١ بخصوص مرافق إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح الميكانيكية (المرفق قيد الترخيص) (المرسوم الفرنسي المؤرخ ٢٦ أغسطس/آب ٢٠١١ بخصوص مرافق إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح الميكانيكية في مرفق قيد الترخيص بموجب العنوان ٢٩٨٠ من تشريع الإنشاءات المصنفة لحماية البيئة).

[٦٠] الرابطة الكندية لطاقة الرياح، "مقدمة لتطوير طاقة الرياح في كندا" (٢٠١١).

- تخطيط إنشاء وتركيب وإزالة المكونات الإنشائية مع الأخذ في الاعتبارالتزامن مع فترات معينة تعتبر حساسة فى دورات الحياة لبعض الأنواع البحرية.
- التحكم في استخدام نفث المياه والستائر الفقاعية وحواجز الرواسب، وتنفيذ هذه الأنشطة في مياه راكدة بين مد وجزر (أو أثناء مد يحرك المواد بعيداً عن الموقع الحساس).

١,٢ الصحة والسلامة المهنية

٤٥. بصفة عامة تتشابه مخاطر الصحة والسلامة المهنية التي تحدث أثناء إنشاء مرافق طاقة الرياح البرية والبحرية، وتشغيلها، وإنهاء خدمتها مع تلك التي تحدث في المنشآت الصناعية الكبيرة ومشروعات البنى التحتية. وقد تشمل المخاطر المادية كالعمل في المناطق المرتفعة، والعمل في أماكن محصورة، والعمل مع آلات دوارة، والأشياء المتساقطة. وتناقش **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الوقاية من تلك المخاطر وغيرها من المخاطر الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والإشعاعية ومكافحة هذه المخاطر.

٤٦. تشمل مخاطر الصحة والسلامة المهنية الخاصة تحديداً بمرافق طاقة الرياح وأنشطتها بصفة أساسية ما يلي:[٦١]

- العمل في المناطق المرتفعة
- العمل فوق سطح الماء
- العمل في مواقع نائية
- عمليات الرفع

١,٢,١ العمل في المناطق المرتفعة والحماية من الأشياء المتساقطة

٤٧. يحدث العمل في المناطق المرتفعة كثيراً طوال مراحل التشغيل في أي مرفق لطاقة الرياح وهو يرتبط خصوصاً بأغراض الصيانة. و ينبغي أن يكون محور التركيز الرئيسي عند إدارة العمل في المناطق المرتفعة هو منع السقوط. لكن الأخطار الأخرى التي ينبغي أيضاً أخذها بعين الاعتبار تشمل الأشياء المتساقطة وسوء الأحوال الجوية (سرعة الرياح ودرجات الحرارة المتطرفة والرطوبة والبلل). تتطلب إدارة أنشطة العمل في المناطق المرتفعة تخطيطاً مناسباً وتخصيص موارد كافية. وقد تشمل طرق التخفيف المفضلة ما يلي بهذا الترتيب:

- إلغاء أو تقليل الحاجة إلى العمل في المناطق المرتفعة. خلال مرحلتي تخطيط وتصميم أعمال تركيبات ما، ينبغي تقييم مهام معينة بهدف إلغاء الحاجة إلى العمل في المناطق المرتفعة إذا كان هذا ممكناً عملياً. تشمل الأمثلة على هذا تجميع الهياكل وتنفيذ الأعمال المعاونة على مستوى الأرض، ثم رفع الهيكل كاملاً إلى موقعه بقدر ما يكون هذا مجدياً وفعالاً من حيث التكلفة.
- إذا تعذر إلغاء الحاجة إلى العمل في المناطق المرتفعة، يتم استخدام معدات عمل أو طرق أخرى لمنع السقوط. ينبغي تنفيذ أنظمة للحماية الشاملة، كحواجز حماية الحواف أو الحواجز الوقائية، قبل اللجوء إلى معدات منع سقوط الأفراد. علاوة على ذلك، يمكن استخدام شبكات أمان أو وسائد هوائية لتقليل آثار السقوط إذا حدث.

٤٨. بالإضافة إلى التسلسل السابق، ينبغي أخذ النقاط التالية في الاعتبار كطرق لمنع حوادث العمل في والمناطق المرتفعة والأشياء المتساقطة.

- التأكد من أن كل الهياكل مصممة ومنشأة وفقاً للمعايير الملائمة،[٦٢] وأن الوسائل الملائمة للعمل في المناطق المرتفعة متاحة.
- ينبغي إقامة مناطق حظر مناسبة والاحتفاظ بها أسفل أي أنشطة عمل في المناطق المرتفعة حيثما أمكن لحماية العمال من الأشياء المتساقطة.
- التأكد من أن كل العمال الذين يعملون في المناطق المرتفعة مدربون وأكفاء في استخدام أنظمة العمل في هذه المناطق وأنظمة الإنقاذ المطبقة.

[٦١] هناك مجموعة شاملة من الإرشادات بشأن إجراءات العمل الآمن أثناء إنشاء وتشغيل وصيانة توربينات الرياح الهوائية البحرية متاحة من الرابطة البريطانية لطاقة الرياح، " الإعلامية للرابطة البريطانية لطاقة الرياح: الرياح البحرية"، (c٢٠٠٥).

[٦٢] على سبيل المثال، اللجنة الكهروكيميائية الدولية "اللجنة الكهروكيميائية الدولية ٦١٤٠٠".

- تزويد العاملين بجهاز مناسب لتحديد موضع العمل، وكذلك التأكد من أن الموصلات في أنظمة تحديد الموضع متوافقة مع مكونات البرج الملحقة به.
- ضمان تحديد حالات معدات الرفع وصيانتها بشكل سليم، وحصول مشغّلي الروافع على التدريب المناسب.
- عند العمل في المناطق المرتفعة، ينبغي تزويد كل الأدوات والمعدات بشريط تعليق، حيثما أمكن، مع استخدام شبكة التقاط حيثما كان هذا ممكناً عملياً.
- يجب إزالة أية لافتات أو أي معوقات أخرى من الأعمدة أو الهياكل قبل الشروع في العمل.
- يجب استخدام حقيبة أدوات معتمدة لرفع أو خفض الأدوات أو المواد إلى العمال الذي يعملون على الإنشاءات المرتفعة.
- تجنب نصب الأبراج أو إجراء أعمال الصيانة في الأحوال الجوية السيئة خاصة عند وجود مخاطر الصواعق.
- يجب وضع خطة إنقاذ طارئة تحدد تفصيلاً الأساليب التي تستخدم لإنقاذ العمال في حالة علوقهم أو عدم قدرتهم على التصرف وهم في المناطق المرتفعة.

١,٢,٢ العمل فوق سطح الماء

٤٩. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة والرقابة ذات الصلة بالعمل فوق سطح المياه المفتوحة المبادئ الأساسية الموصوفة للعمل في المناطق المترفعة، كما سبق، بالإضافة إلى ما يلي:

- إجراء تقييم للمخاطر لتطوير نظام عمل آمن لكل مهام العمل فوق سطح الماء وتخصيص الموارد المناسبة لتخفيف الأخطار.
- التأكد من أن جميع العمال مدربون وأكفاء في جميع المهام المتوقع منهم القيام بها وفي استخدام جميع المعدات بما في ذلك معدات الوقاية الشخصية التي يُتوقع منهم تشغيلها.
- بالإضافة إلى معدات الوقاية الشخصية الاعتيادية كما سبق وبيّنّا، استخدام معدات الطفو المعتمدة[٦٣] (مثل سترات النجاة، والصدريات، وأحبال الطفو، والعوامات الحلقية) عند وجود العمال فوق سطح المياه، أو بالقرب منها، في حالة وجود مخاطر غرق.
- عند احتمال أن يؤدي التعرض لدرجات حرارة مياه منخفضة إلى حدوث انخفاض في حرارة الجسم، يجب تنفيذ تدابير وقائية مثل سترات النجاة.
- عند استخدام معدات الطفو مع معدات منع السقوط عند العمل في المناطق المرتفعة، ينبغي أن تكون هذه الأنظمة متوافقة.
- تدريب العمال على تجنب التعرض إلى الرشاش الملحي والتعرض للأمواج.
- السماح بتوفير قوارب الإنقاذ الملائمة مع الأفراد المؤهلين وفرق الطوارئ إذا دعت الحاجة.

١,٢,٣ العمل في مواقع نائية

٥٠. التخطيط عنصر حيوي في ضمان سلامة العمال وصحتهم ورفاهيتهم أثناء عملهم في مواقع نائية وخصوصاً في المواقع البحرية. تشمل المجالات الواجب مراعاتها عند التخطيط للعمل في مواقع نائية ما يلي:

- ملائمة أجهزة الاتصال المتاحة لطاقم العمل.
- تدريب وكفاءة الأفراد العاملين في المناطق النائية وجاهزية جميع معدات السلامة اللازمة في الموقع.
- الإشراف من قبل أفراد أكفاء لديهم صلاحية اتخاذ القرار حسب الأحداث والظروف في موقع العمل.
- وسائل للمديرين لتتبع موقع طاقم العمل بدقة.
- وجود خطة طوارئ محلية.

[٦٣] مثلاً، معدات التعويم الشخصية ISO 12402.

- توفير أفراد مدربين على الإسعافات الأولية ومؤهلين كما ينبغي ضمن طاقم العمل.

٥١. يمكن الاطلاع على معلومات إضافية حول العمال المنفردين أو المنعزلين في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

١,٢,٤ عمليات الرفع

٥٢. عمليات الرفع جزء لا يتجزأ من إنشاء أي مرفق لطاقة الرياح. وخلال مرحلة الإنشاء، جرت العادة أن يتم تجميع المكونات ونقلها إلى الموقع الذي سيتم فيه التجميع. ويشتمل هذا على استخدام معدات رفع كبيرة ومعقدة لرفع أحمال مختلفة الأبعاد والأوزان عدة مرات.

٥٣. تتماثل متطلبات الرفع أثناء إنشاء مرفق رياح بري مع متطلبات الرفع في أي مشروع إنشائي، لكن عندما تكون هناك حاجة إلى عمليات رفع في بيئة بحرية، يمكن أن يكون الرفع عملية شديدة التعقيد تتطلب عدة قوارب ورافعات. ويمكن أن يسفر هذا عن عدد من المخاطر الإضافية بما في ذلك أحوال البحر التي يمكن أن تؤثر على استقرار منصات الرفع، والبيئة البحرية التي يمكن أن تسرّع تدهور نقاط الرفع في المكونات، ومشكلات الاتصال بين طواقم متعددة الجنسيات في قوارب منفصلة تنفذ عملية الرفع.

٥٤. تتطلب إدارة عمليات الرفع استخدام أفراد أكفاء وتخطيطاً دقيقاً واتصالاً فعالاً ومستوى عالياً من الإشراف عند تنفيذ عملية رفع. وينبغي مراعاة الجوانب التالية:

- التأكد من معرفة جمع المعلومات ذات العلاقة عن الحمولة، كالحجم والوزن وطريقة التعليق ونقاط الربط.
- التأكد من ملائمة جميع معدات الرفع (بما في ذلك نقاط الربط بالحمولة) وقدرتها على دعم الحمولة وأنها في حالة جيدة وخضعت لأي تفتيش إلزامي بموجب اللوائح التنظيمية.
- التأكد من أن جميع المشرفين ومشغلي المعدات ومشغلي الروافع مدربون وأكفاء في معدات الرفع وأساليب الرفع المزمع استخدامها.
- ينبغي حيثما أمكن إنشاء مناطق حظر والحفاظ عليها لمنع أي وصول دون إذن إلى مناطق الرفع.
- عند رفع أحمال كبيرة، يجب التأكد من أن الأحوال الجوية مناسبة للمهمة. وعادة ما يكون لمعدات الرفع الثقيلة حدود تشغيل آمنة متضمنة في أدلة تشغيلها وينبغي عدم تجاوز هذه الحدود في أي وقت. ويمكن الاطلاع على معلومات إضافية حول الأحوال الجوية القاسية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

٥٥. ينبغي عقد اجتماع تخطيطي بين كل الأطراف المشاركة في عملية الرفع وينبغي أن يتضمن تفاصيل عملية الرفع ودور كل طرف مشارك في العملية والطرق المستخدمة لتبليغ التعليمات بين الأطراف.

١,٣ صحة وسلامة المجتمع

٥٦. مخاطر صحة وسلامة المجتمع التي تحدث أثناء إنشاء مرافق طاقة الرياح البرية والبحرية، وتشغيلها، وإنهاء خدمتها، تماثل بصفة عامة تلك التي تحدث في المنشآت الصناعية الكبيرة ومشروعات البنى التحتية. وقد تنطبق هذه الأخطار على السلامة الهيكلية للبنية التحتية للمشروع والأرواح والسلامة من الحرائق وإمكانية وصول الجمهور والمواقف الطارئة. وتناقش **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** كيفية التعامل معها.

٥٧. وتشمل مخاطر صحة وسلامة المجتمع الخاصة تحديداً بمرافق طاقة الرياح وأنشطتها بصفة أساسية ما يلي:

- تطاير الشفرات والجليد
- الطيران (الملاحة الجوية)
- الملاحة البحرية والسلامة
- التشويش والإشعاع الكهرومغناطيسي
- وصول الجمهور
- نقل أحمال غير عادية

١,٣,١ تطاير الجليد

٥٨. يمكن لتعطل الدوار أن يتسبب في تطاير الشفرة أو جزء منها مما قد يؤثر على السلامة العامة. ومخاطر تطاير الشفرات عموماً بالغة الانخفاض.[٦٤] وإذا تراكم الثلج (الجليد) على الشفرات، وهو ما يمكن أن يحدث في ظروف جوية معينة في المناخات الباردة، يمكن أن تنتطاير قطع من الثلج من على الدوار أثناء التشغيل أو تسقط من عليه في حالة توقفه عن العمل.

٥٩. يجب اختيار مكان التوربينات بحيث تكون هناك مسافة ("ارتداد") مقبولة بين توربينات الرياح والمستقبلات الحساسة المجاورة حفاظاً على السلامة العامة في حالة حدوث تطاير للجليد أو انهيار الشفرات.

٦٠. تشمل استراتيجيات التعامل مع تطاير الشفرات ما يلي:[٦٥]

- تحديد مسافات الارتداد بين التوربينات والمناطق المأهولة. الحد الأدنى لمسافة الارتداد هو ١,٥ × ارتفاع التوربين (البرج + نصف قطر الدوار)، وإن كانت النمذجة تقترح إمكانية تفاوت مسافة التطاير حسب حجم الشفرات وشكلها ووزنها وسرعتها وارتفاع التوربين.[٦٦] وبالتالي يوصى بأن يتم الحفاظ على الحد الأدنى لمسافات الارتداد لاستيفاء حدود الضوضاء والظلال المتقطعة فيما يتعلق بالمستقبلات السكنية الحساسة لتوفير المزيد من الحماية.
- تقليل احتمال انهيار الشفرات باختيار توربينات الرياح التي خضعت لتحقق/اعتماد لتصميمها من جهة مستقلة (مثلاً، IEC 61400-1) والرقابة على جودة التصنيع.
- التأكد من تركيب أنظمة الحماية من البرق وصيانتها كما ينبغي.
- إجراء أعمال فحص وتفتيش دورية وإصلاح أية أعطال يمكنها أن تؤثر على سلامة الشفرات.
- تزويد التوربينات الهوائية بحساسات للاهتزاز يمكنها التفاعل مع أي اختلال في اتزان شفرات الدوار وإيقاف تشغيل التوربين عند الضرورة.

٦١. تشمل استراتيجيات التعامل مع مخاطر تطاير الجليد ما يلي:

- إنشاء مسافات ارتداد.[٦٧]
- تقليل تشغيل توربينات الرياح في الأحوال الجوية التي يمكنها أن تؤدي إلى تراكم الجليد.
- تزويد التوربينات بأجهزة كشف ثلوج تغلق التوربين وتضعه على الوضع الخامل عند وجود ثلوج.
- وضع علامات تحذيرية على مسافة تساوي قطر الدوار على الأقل من توربين الرياح في جميع الاتجاهات إذا استدعى الأمر تشغيل التوربينات في ظروف جليدية وكانت في مناطق نائية يقل فيها احتمال تعرض الناس للخطر.
- تزويد التوربينات بأجهزة كشف ثلوج للتحكم في أنظمة تسخين الشفرات المصممة لإزالة الثلج من على أسطح الشفرات وبالتالي الحفاظ على كفاءة التوربين، كما أن طلاء سطح الشفرة قد يؤثر أيضاً على فعالية أنظمة التسخين.
- وضع علامات تحذيرية عند نقاط دخول مرفق طاقة الرياح.
- التأكد من أن إجراءات العمل تشمل احتياطات كإغلاق توربينات الرياح قبل دخول أفراد الصيانة إلى الموقع في الأحوال الجوية الجليدية.

٦٢. بالإضافة إلى الآثار المترتبة على الصحة والسلامة نتيجة التشغيل في مناخات باردة، من المهم أن تكون التوربينات ذات مواصفات مناسبة لتحقيق تشغيل يعتمد عليه وطويل المدى.

١,٣,٢ الطيران (الملاحة الجوية)

[٦٤] المكتب التنفيذي للصحة والسلامة "دراسة وتطوير منهجية لتقدير المخاطر والأضرار على الأشخاص من توربينات الرياح"، تقرير بحثي رقم RR968، (٢٠١٣).
[٦٥] الرابطة الكندية لطاقة الرياح ٢٠١١.
[٦٦] روجرز وآخرون ٢٠١١.
[٦٧] وكالة الطاقة الدولية، "دراسة فريق الخبراء المعنيين بطاقة الرياح بشأن الممارسات الموصى بها: ١٣"،مشروعات طاقة الرياح في المناخات الباردة، الطبعة الأولى، (٢٠١١).

سلامة الطائرات

٦٣. يمكن أن تصل أطراف شفرات توربينات الرياح، في أعلى نقطة لها، إلى ٢٠٠ متر وقد تتجاوز في المستقبل هذا الارتفاع مع تطور التكنولوجيا. وفي حالة وجودها بالقرب من المطارات أو مناطق الطيران المنخفض العسكرية أو مسارات الطيران المعروفة، يمكن أن يؤثر مرفق طاقة الرياح (بما في ذلك صاري مقياس سرعة الرياح) على سلامة الطيران بشكل مباشر عن طريق الاصطدام المحتمل أو تغير مسارات الطيران.

٦٤. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- التشاور مع سلطات الطيران المعنية قبل تركيبها، وذلك وفقاً للوائح التنظيمية بشأن سلامة الحركة الجوية.
- عندما يكون مجدياً، يجب تجنب اختيار موقع مرافق طاقة الرياح بالقرب من المطارات وداخل مناطق الطيران المنخفض أو مسارات الطيران المعروفة. ينبغي مراعاة الآثار التراكمية المرتبطة بعدد مرافق طاقة الرياح القائمة داخل أو بالقرب من مناطق الطيران المنخفض أو مسارات الطيران في اختيار مواقع التوربينات.
- استخدام أنظمة إضاءة وعلامات لمنع التصادم على الأبراج و الشفرات والتشاور مع سلطات الطيران المعنية لتقرير متطلبات الإضاءة والعلامات بما يتسق مع المعايير الوطنية. وفي عدم وجود معايير وطنية، يُرجع إلى الإرشادات بشأن الممارسات الجيدة.[٦٨]

رادار الطيران

٦٥. ربما تؤثر مرافق طاقة الرياح الواقعة بالقرب من الرادار على تشغيل رادار الطيران بتسببها في تشويه الإشارة، مما يؤدي إلى فقدان الإشارة، وإخفاء أهداف حقيقية أو ظهور إشارات خاطئة على شاشة الرادار، مما يؤدي إلى مشكلات تتعلق بسلامة الطيران.[٦٩] تنشأ هذه الآثار عن الهياكل المادية للبرج/التوربين والشفرات الدوارة.[٧٠] ينبغي أيضاً أن يؤخذ في الاعتبار القرب من مرافق طاقة الرياح القائمة فيما يخص الآثار التراكمية على الرادار.

٦٦. تشمل تدابير المنع والمكافحة للتعامل مع تلك الآثار ما يلي:

- مراعاة خيارات تصميم مرفق طاقة الرياح، بما في ذلك التخطيط الهندسي وموقع التوربينات والتغيرات في مسارات الحركة الجوية.
- مراعاة إجراء تعديلات في تصميم الرادار بما في ذلك تغيير مواقع الرادارات المتأثرة، أو إخلاء المناطق المتأثرة من الرادارات، أو استخدام أنظمة رادار بديلة لتغطية المنطقة المتأثرة.[٧١]
- ضرورة التشاور مع سلطات الطيران المعنية لتقرير تدابير الوقاية والرقابة.

١,٣,٣ الملاحة البحرية والسلامة

السلامة البحرية

٦٧. كما هو الحال مع سلامة الطيران، في حالة وجود توربينات الرياح البحرية بالقرب من الموانئ، والمرافئ، أو ممرات السفن المعروفة، فإنها قد تؤثر على سلامة السفن عن طريق الاصطدام أو تغيير حركة المراكب. ومن الممكن أن تزيد حركة مرور القوارب الإضافية من تلك المخاطر أثناء الإنشاء. وقد يسفر هذا عن تلف التوربينات أو القوارب فضلاً عن مخاطر التلوث المرتبطة بالتصادمات.

٦٨. التوربينات البحرية ومسارات الكابلات وغير ذلك من البنية التحتية المرتبطة تتطلب دراسة جيدة من حيث تحديد الموقع لمراعاة عوامل مثل

[٦٨] منظمة الطيران المدني الدولي ٢٠١٢؛ هيئة الطيران المدني ٢٠١٣؛ الرابطة الأمريكية لطاقة الرياح ٢٠٠٨؛ الرابطة الكندية لطاقة الرياح ٢٠١١.

[٦٩] المجلس الاستشاري الكندي للاتصالات اللاسلكية والرابطة الكندية لطاقة الرياح (غير مؤرخ)، "المعلومات الفنية وعملية التنسيق بين توربينات الرياح والاتصالات اللاسلكية وأنظمة الرادار".

[٧٠] المرجع ذاته.

[٧١] هيئة الطيران المدني، "سياسات وإرشادات بشأن توربينات الرياح"، (CAP 764, 2013).

مناطق الرسو وظروف قاع البحر والمواقع الأثرية ومسارات الكابلات أو خطوط الأنابيب القائمة ومناطق الصيد، وكذلك لتقليل الآثار إن أمكن.

٦٩. يمكن أن تشوش مولدات توربينات الرياح البحرية على تشغيل الرادار المستخدم في الملاحة البحرية مما يمنع اكتشاف القوارب وما لذلك من أثر على حركة السفن الطبيعية.

٧٠. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة للتعامل مع هذه الآثار ما يلي:

- التشاور مع السلطات المنظمة للحركة البحرية قبل تركيبها، وذلك وفقاً للوائح التنظيمية بشأن سلامة الحركة البحرية.
- يجب بقدر الإمكان تجنب اختيار موقع مرافق طاقة الرياح بالقرب من الموانئ وداخل الطرق البحرية المعروفة.
- استخدام أنظمة إضاءة وعلامات منع للاصطدام مع التوربينات وجميع الأخطار الأخرى. ينبغي أيضاً النظر في استخدام قوارب حراسة. ينبغي تحديد أنظمة الإضاءة والعلامات مع السلطات البحرية المعنية.
- يمكن إقامة مناطق سلامة حول كل توربين وقارب إنشاء أثناء مرحلة الإنشاء للحد من تعطيل مستخدمي البحر الآخرين.
- ويتم استخدام العوامات الإرشادية لمساعدة حركة الملاحة.

١,٣,٤ التشويش الكهرومغناطيسي

٧١. من الممكن أن تتسبب توربينات الرياح في إحداث تشويش كهرومغناطيسي مع أنظمة الاتصالات السلكية واللاسلكية (مثلاً، الميكروويف والتليفزيون والراديو). ويمكن أن يحدث هذا التشويش نتيجة إعاقة المسار أو التظليل أو الانعكاس أو التشتيت أو إعادة الإشعاع.[٧٢] وتتوقف طبيعة الآثار المحتملة بصفة أساسية على موقع التوربينات الهوائية بالنسبة للمرسل والمستقبل وخصائص شفرات الدوار وخصائص مستقبل تردد الإشارة وخصائص انتشار الموجات اللاسلكية في الجو المحلي.[٧٣]

شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية

٧٢. يمكن أن تشمل الآثار على شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية الآثار اللاحقة بأنظمة البث وبأنظمة النقل من نقطة إلى نقطة. وتشمل تدابير الوقاية والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع الآثار على شبكات الاتصالات السلكية واللاسلكية ما يلي:

- تعديل موضع التوربينات الهوائية لتجنب التشويش المادي المباشر مع أنظمة الاتصال من نقطة إلى نقطة. ومن شأن التشاور مع المشغلين المعنيين أن يساعد في تحديد موقع وصلات الاتصالات السلكية واللاسلكية واستخدام المصدات المناسبة لتقليل الآثار.
- تركيب هوائيات اتجاهية.
- تعديل الهوائي الموجود.
- تركيب مقوٍّ لتقوية الإشارة.[٧٤]

التلفزيون

٧٣. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع الآثار على البث التليفزيوني ما يلي:

- اختيار موقع التوربينات بعيداً عن خط رؤية مرسل البث.
- في حالة اكتشاف تشويش أثناء التشغيل، يتم تركيب هوائي أعلى جودة أو اتجاهي.

[٧٢] المجلس الاستشاري الكندي للاتصالات اللاسلكية والرابطة الكندية لطاقة الرياح (محدّثة).
[٧٣] دي. سنغوبتا، وتي. سنيور، دليل اختيار أماكن التوربينات الكبيرة: تقييم التشويش التلفزيوني، التقرير النهائي للتعاقد من الباطن "، (١٩٨٣).
[٧٤] شركة يو آر إس أستراليا، "بيان تقييم الآثار البيئية لمزرعة رياح وودلون"، (٢٠٠٤).

- توجيه الهوائيات ناحية مرسل بث بديل
- تركيب تلفزيون رقمي.
- تركيب مقوٍّ للإشارة.
- تغيير موضع الهوائي.

١,٣,٥ وصول الجمهور

٧٤. من الممكن أن تنشأ قضايا متعلقة بالسلامة جراء وصول الجمهور إلى توربينات الرياح (مثلاً، تسلق التوربين بصورة غير مصرح بها) أو إلى المحطة الفرعية بمرفق طاقة الرياح. ينبغي التعرف على حقوق مرور الجمهور ان وجدت داخل أو بالقرب من مرفق طاقة الرياح قبل الإنشاء في محاولة لتحديد أي تدابير قد تكون مطلوبة لضمان سلامة المستخدمين.[٧٥]

٧٥. تشمل تدابير الوقاية والمكافحة التي تهدف إلى التعامل مع القضايا الناجمة عن دخول الجمهور، ما يلي:

- وضع بوابات على طرق الوصول.
- في الأحوال التي لا يحبذ فيها وصول الجمهور إلى الموقع أو لا توجد فيها حقوق مرور حالية عبر الموقع، ينبغي النظر في تسوير موقع مرفق طاقة الرياح أو تسوير توربينات بعينها لمنع وصول الجمهور إلى التوربينات.
- إقامة سور وفقاً لمعيار مناسب حول المحطة الفرعية مع استخدام طلاء مانع للتسلق وعلامات تحذير.
- منع الوصول إلى سلالم أبراج التوربينات.
- وضع لوحات إعلامية عن المخاطر التي تواجه السلامة العامة وبيانات الاتصال في حالات الطوارئ.

١,٣,٦ نقل أحمال غير عادية

٧٦. قضايا المرور والنقل الواجب أخذها في الاعتبار عند تحديد موقع مرافق طاقة الرياح مشمولة إلى حد كبير في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** وفي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة للطرق ذات رسوم المرور. ويكمن التحدي الرئيسي فيما يخص مرافق طاقة الرياح في نقل مكونات توربينات الرياح التي يفوق حجمها المعتاد أو الثقيلة (الشفرات، ومقاطع برج التوربين، و حاوية التوربين، والمحولات) والروافع إلى الموقع. ينبغي أن تقيّم دراسة اللوجستيات وحركة المرور والنقل الآثار على الطرق الحالية خارج الموقع والجسور والمعابر فوق البرابخ والجسور العلوية/الأنفاق وزوايا الانعطاف والمرافق وما إذا كان الأمر سيتطلب إحلال أسطحها أو رفع كفاءتها أو إعادة توطين. وللحد من تأخير مستخدمي الطرق الآخرين واحتمال وقوع آثار أخرى على المجتمعات المحلية بالقرب من المسار المقترح، ينبغي جدولة إيصال الشحنات في غير ساعات الذروة والاقتصار على استخدام طرق الوصول المعتمدة وتوفير إدارة حركة مرور لوقف حركة المرور الأخرى عند الضرورة (مثلاً في مواقع الاختناقات) وتوفير أفراد حماية من الشرطة عند الضرورة.

٢. مؤشرات رصد الأداء

٢,١ البيئة

٢,١,١ إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

[٧٥] الاتحاد الأوروبي، "إرشادات أفضل الممارسات لتطوير طاقة الرياح"، (٢٠٠٢).

٧٧. لا تولد مرافق طاقة الرياح عادة انبعاثات ونفايات سائلة من عملياتها أثناء تشغيلها. وتشرح القيم الإرشادية الخاصة بالانبعاثات والنفايات السائلة الناتجة عن العمليات في هذا القطاع الممارسة الصناعية الدولية الجيدة كما هي واردة في المعايير ذات الصلة للبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. وتناقش **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الانبعاثات الهوائية وتصريفات النفايات السائلة والنفايات الصلبة ذات الصلة بأنشطة الإنشاء وإنهاء الخدمة.

٢,١,٢ رصد الضوضاء

٧٨. ينبغي ألا تتجاوز آثار الضوضاء المستويات المذكورة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

٧٩. تميل الضوضاء الناتجة عن مرافق طاقة الرياح إلى الزيادة مع ازدياد سرعة الرياح، وكذلك الضوضاء الخلفية الكلية نظراً لاحتكاك الهواء المار فوق معالم المناظر الطبيعية القائمة. ويمكن أن تؤدي سرعات الرياح الزائدة إلى حجب الضوضاء التي يصدرها مرفق طاقة الرياح ذاته، كما يمكن أن تؤثر سرعة الرياح واتجاهها على اتجاه ومدى انتشار الضوضاء. لذا ينبغي أخذ هذه العوامل في الاعتبار عند تطبيق القيم الإرشادية للضوضاء، وتقييم مستويات ضوضاء الخلفية. ويعتبر من قبيل الممارسة الجيدة أن يتم إجراء اختبار للامتثال لمعايير الضوضاء عند بدء تشغيل المشروع للتحقق من مستويات الضوضاء المنمذجة في العقارات القريبة والتأكد من ملائمة أية تدابير تخفيف مطبقة.[٧٦]

٨٠. ربما يتطلب الأمر أن يؤخذ كذلك في الاعتبار التعامل مع عامل الإزعاج المرتبط بالخصائص النبضية أو النغمية للضوضاء (صوت ذو تردد معين) المنبعثة من بعض أعمال الضبط والتهيئة لمرافق طاقة الرياح.[٧٧]

٢,١,٣ الرصد البيئي

٨١. يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاص بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم التوصل إلى أنها تحدث آثاراً كبيرة محتملة على البيئة، أثناء كل من العمليات العادية وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد.

٨٢. يجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مؤهلون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. وتتوفر إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات والنفايات السائلة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

٢,١,٤ رصد التنوع البيولوجي في مرحلة التشغيل

٨٣. من الضروري القيام بأعمال رصد التنوع البيولوجي في مرحلة التشغيل (رصد ما بعد الإنشاء) من أجل: (١) التأكد من حالات نفوق الطيور أو الخفافيش المتوقعة وتسجيل معدلات النفوق والوفيات غير المتوقعة. (٢) والتمكين من إدارة مرفق طاقة الرياح على نحو يتسم بالتكيف. (٣) والتنبؤ بشكل أفضل بآثار التوربينات الإضافية في المنطقة الجغرافية ذاتها. (٤) الارتقاء بالمعرفة العلمية من أجل عمليات تطوير طاقة الرياح المستقبلية. وينبغي أن تسترشد برامج رصد التنوع البيولوجي في مرحلة التشغيل في نطاقها وتصميمها بالمعلومات المقدمة حول المخاطر الخاصة بموقع محدد وبأنواع محددة وبموسم محدد، وذلك على النحو الذي تبين أثناء المسوح المرجعية، تقييمات الآثار و تقييمات مخاطر التصادم.

٨٤. ينبغي تصميم برامج الرصد لقياس المعدل والتكوين التصنيفي لنفوق الطيور والخفافيش التي تحدث في المرفق وفعالية تدابير التخفيف وأبرزها استراتيجيات الخفض وإجراءات الإغلاق عند الطلب وغير ذلك من تدابير التخفيف التجريبية. وباتباع نموذج إدارة يتسم بالتكيف، يجوز تعزيز تنفيذ تدابير التخفيف أو تقليصها أو إلغاؤها على حسب فعاليتها المثبتة. ينبغي أن تركز برامج الرصد على الأنواع ذات أهمية عالية على النحو المحدد في تقييم ما قبل أعمال الإنشاء[٧٨].

---

[٧٦] لإجراءات القياس، انظر اللجنة الكهروكيميائية الدولية، "اللجنة الكهروكيميائية الدولية ٦١٤٠٠-١١ توربينات الرياح - الجزء ١١: "أساليب قياس الضوضاء الصوتية"، (٢٠١٢).

[٧٧] تطبق بعض المناطق "جزءاً" مقداره ٥ ديسيبل (سمعي) يضاف إلى المستويات المتوقعة.

[٧٨] انظر النقطة الثانية من الفقرة ٢٧.

٨٥. تقييم الآثار المرتبطة بالتصادم على الخفافيش والطيور في مرافق طاقة الرياح البرية يتوقع عادة أن يشمل عمليات البحث عن الجيف فيما بعد الإنشاء. على حسب نوع ومدى الخطر الذي يواجه التنوع البيولوجي في مرفق طاقة الرياح، ينبغي إجراء عمليات البحث المذكورة لمدة سنة إلى ثلاث سنوات كحد أدنى فيما بعد بدء تشغيل مزرعة الرياح، وقد تمدد إلى فترات أطول في البيئات عالية المخاطر إذا لزم الأمر.

٨٦. ينبغي أن تتضمن عمليات البحث عن الجيف بعد أعمال الإنشاء وتقييمها عناصر التصميم العلمي الحالية[٧٩،٨٠،٨١] لضمان دقة وسلامة تقديرات معدلات ونفوق الطيور والخفافيش في المرفق، وذلك كما يلي: (١) تصحيح انحياز كفاءة الباحث (في اكتشاف الجيف). (٢) تصحيح إزالة الجيف بواسطة آكلي الجيف. (٣) اختيار معدل تكرار مناسب للبحث عن الجيف استناداً إلى معدلات الوفيات والنفوق المتوقعة ومعدلات أكل الجيف.[٨٢] (٥) اختيار عينة فرعية من التوربينات ليتم البحث عندها، إذا اقتضى الأمر، على حسب حجم المشروع ومعدلات الوفيات والنفوق المتوقعة. (٦) اختيار مساحة منطقة البحث وهيئتها عند التوربينات التي سيتم البحث عندها على حسب إمكانية البحث في أرضية الموقع والاعتبارات التحليلية.

٨٧. في ظروف معينة، قد تشمل أعمال الرصد والمراقبة بعد أعمال الإنشاء أيضاً المزيد من المسوح الاستقصائية لاستخدامات الطيور والخفافيش وأنماط حركاتها ضمن منطقة المشروع لإكمال البيانات المجمعة من خلال عمليات البحث عن الجيف.

٨٨. عندما تكون هناك مرافق مزارع رياح متعددة موجودة في منطقة جغرافية واحدة وبالقرب من مناطق ذات قيمة عالية من حيث التنوع البيولوجي، يوصى مطورو مشروعات طاقة الرياح بتنفيذ إجراءات مشتركة لأعمال الرصد والرقابة والمتابعة بعد أعمال الإنشاء بحيث يمكن تقييم النتائج تراكمياً. و كذلك استخدام آلية مشتركة لتبادل البيانات ورفع التقارير من شأنه أن يساعد في تيسير هذه العملية.

٨٩. كما يوصى مطورو مشروعات طاقة الرياح بتوفير نتائج أعمال الرصد والرقابة والمتابعة بعد أعمال الإنشاء لأصحاب المصلحة المعنيين.

٩٠. ينبغي رصد مرافق طاقة الرياح البحرية زمنياً ومكانياً على السواء من حيث المعالم القياسية، بما فيها المتعلقة بالكائنات القاعية والثدييات والأسماك. ويمكن أن تشمل المعالم القياسية الحيوانات القاعية (الرسابة والمجتمعات القاعية)، وموائل المواد التحتية الصلبة، والأسماك، وأسماك الأنقليس الرملية (أنواع تعد مؤشراً على التغيرات في خصائص الرسابة)، والطيور والخفافيش، والثدييات البحرية.

٢,٢ الصحة والسلامة المهنية

٢,٢,١ إرشادات الصحة والسلامة المهنية

٩١. ينبغي تقييم الأداء من حيث الصحة والسلامة المهنية قياساً على إحصائيات الحوادث المنشورة دولياً إذا كانت متاحة. وتشمل الطرق النمطية لتقييم أداء منظمة ما:

- تسجيل جميع الوقائع التي تقع طوال فترة تنفيذ المشروع.
- تسجيل بيانات الحوادث التي كادت تقع أثناء المشروع للتعرف على الاتجاهات وتنفيذ تحسينات.
- تنفيذ أعمال مراجعة لمكان العمل والعمال لتقييم فعالية أنظمة إدارة المخاطر وثقافة السلامة في مكان العمل.
- التشاور مع العمال والحصول على ملاحظاتهم التقييمية عن طريق الاستبيانات أو لقاءات السلامة الدورية.
- مقارنة البيانات التنظيمية مع البيانات المنشورة الخاصة بالصناعة إذا كانت متاحة.

[٧٩] انظر ليديك (٢٠١١)، المرفق د.

[٨٠] إف. كورنر-نيفرغيلت وآخرون، "تقدير معدلات نفوق الخفافيش الحادثة عند توربينات طاقة الرياح من واقع المتغيرات المشتركة والبحث عن الجيف باستخدام النماذج الخليطة"، بلوس ون .(2013) 8(7): e67997.doi:10.1371/journal.pone.0067997،

[٨١] إم. إم. بي. هوسو، ودي. دالثورب، "أخذ المناطق التي لم يتم البحث فيها في الاعتبار عند تقدير معدلات الوفيات والنفوق الناجمة عن توربينات الرياح"، مجلة إدارة الحياة البرية 78:347-358 (٢٠١٤).

[٨٢] أيه. كامينا، "نفوق الخفافيش في مزارع الرياح في شمال أسبانيا - دروس مستفادة"، متحف ومعهد علم الحيوان، مجلة أكتا كيروبتيرولوجيكا ١٤(١): ٢٠٥-٢١٢ (٢٠١٢).

٢,٢,٢ معدلات الحوادث والوفيات

٩٢. ينبغي أن تستهدف إدارة المشروع خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواءً المعينون مباشرة أو المتعاقد معهم من الباطن) إلى الصفر، لا سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويجوز مقارنة معدلات الحوادث بأداء المرافق الأخرى في هذا القطاع في البلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة.

٢,٢,٣ أعمال الرصد والمتابعة الخاصة بالصحة والسلامة المهنية

٩٣. ينبغي رصد بيئة العمل باستمرار للتعرف على الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين[٨٣] في إطار برنامج لرصد الصحة والسلامة المهنية. كما ينبغي أن تحتفظ المرافق أيضاً بسجل للحوادث والأمراض المهنية بالإضافة إلى الوقائع والحوادث الخطرة. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

[٨٣] يمكن أن يكون من بين المهنيين المعتمدين خبراء الصحة الصناعية المعتمدون، أو الخبراء المسجلون المعنيون بممارسة المهن، أو المهنيون المعتمدون المعنيون بالسلامة، أو الأفراد المماثلون.

٣. المراجع

الرابطة الأمريكية لطاقة الرياح. ٢٠٠٨. دليل اختيار مواقع مزارع الرياح.

———. ٢٠١٠، المجال الجوي والرادار وطاقة الرياح.

أرنيت، إي. بي، ٢٠١١. "تغيير سرعة التوربين يقلص معدلات نفوق الخفافيش في مرافق طاقة الرياح". مجلة المنتهى في الإيكولوجيا والبيئة ٩(٤): ٢٠٩-٢١٤.

المرسوم المؤرخ ٢٦ أغسطس/آب ٢٠١١ بخصوص مرافق إنتاج الكهرباء باستخدام طاقة الرياح الميكانيكية في مرفق قيد الترخيص بموجب العنوان ٢٩٨٠ من تشريع الإنشاءات المصنفة لحماية البيئة.

المجلس الوطني للبحوث الصحية والطبية التابع للحكومة الأسترالية. ٢٠١٠. توربينات الرياح والصحة. www.nhmrc.gov.au/guidelines-publications/eh57

الرابطة الأسترالية لطاقة الرياح. ٢٠٠٢. إرشادات أفضل الممارسات لتنفيذ مشروعات طاقة الرياح في أستراليا.

———. ٢٠٠٤a. سلامة مزارع الرياح في أستراليا. صحيفة وقائع.

———. ٢٠٠٤b. المطابقة الكهرومغناطيسية وآثار المجال الكهرومغناطيسي بالنسبة لمزارع الرياح في أستراليا. صحيفة وقائع. لجنة التفاعل بين الطيور وخطوط الكهرباء. ٢٠١٢. "تقليل حوادث اصطدام الطيور بخطوط الكهرباء: أحدث التقنيات في ٢٠١٢". معهد إديسون للكهرباء ولجنة التفاعل بين الطيور وخطوط الكهرباء. واشنطن العاصمة

بايروالد، إي. إف.، وجي. إتش. دامور، وبي. جيه. كلوغ، وآر. إم. آر. باركلاي. ٢٠٠٨. "الرضح الضغطي سبب رئيسي لنفوق الخفافيش عند التوربينات الهوائية". البيولوجيا الحالية 18:R695–R696.

باند، بي. ٢٠١٢. استخدام مخاطر التصادم لتقييم مخاطر تصادم الطيور لمزارع الرياح البحرية. الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور.

بومبيس، جي. ١٩٩٧. "حماية الموائل البيولوجية بالشعاب الاصطناعية." في جنسن، أيه. سي. (محرر) وقائع بحوث الشعاب الاصطناعية الأوروبية. المؤتمر الأول لشبكة بحوث الشعاب الاصطناعية الأوروبية، أنكونا، إيطاليا. مارس/آذار ١٩٩٦.

باودلر، دي.، وجي. ليفنتال، (محرران). ٢٠١١. ضوضاء توربينات الرياح. بريتوود، إسيكس: شركة ملتي ساينس ببلشنغ.

بريت لين أند أسوسييتس. ٢٠٠٥. معايير مرحلية لتقييم المخاطر التي تواجه الطيور نتيجة مزارع الرياح في أستراليا. الرابطة الأسترالية لطاقة الرياح.

الرابطة البريطانية لطاقة الرياح. ١٩٩٤. إرشادات أفضل الممارسات لتطوير طاقة الرياح.

———. ٢٠٠٥a. إرشادات للصحة والسلامة في صناعة طاقة الرياح.

———. ٢٠٠٥b. صحيفة إعلامية للرابطة البريطانية لطاقة الرياح: "تكنولوجيا توربينات الرياح".

———. ٢٠٠٥c. الصحيفة الإعلامية للرابطة البريطانية لطاقة الرياح: الرياح البحرية.

———. ٢٠٠٥d. الصحيفة الإعلامية للرابطة البريطانية لطاقة الرياح: "طاقة الرياح والتقطّع: الحقائق".

كامينا، أيه. ٢٠١٢. "نفوق الخفافيش في مزارع الرياح في شمال إسبانيا - دروس مستفادة". متحف ومعهد علم الحيوان. مجلة أكتا كيروبتيرولوجيكا ١٤(١): ٢٠٥–٢١٢.

كامفويسين، كيه. ٢٠٠٤. نحو أساليب إحصاء بحري موحدة للطيور البحرية فيما يتصل بتقييمات الآثار البيئية لمزارع الرياح البحرية في المملكة المتحدة. الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة.

الرابطة الكندية لطاقة الرياح. ٢٠١١. "مقدمة لتطوير طاقة الرياح في كندا". www.canwea.ca/pdf/canwea-sitingreport-e.pdf

شركة كيب ويند أسوسيتس. ٢٠٠٤. "مسودة بيان الآثار البيئية لمشروع كيب لطاقة الرياح".

هيئة الطيران المدني. ٢٠١٣. "سياسات وإرشادات بشأن توربينات الرياح" (CAP 764).

———. ٢٠١٢. "إنارة وتأشير مزارع الرياح وصواري الأرصاد الجوية".

قانون الصحة العامة الباب الثالث: حماية الصحة والبيئة، العنوان الثالث: الوقاية من المخاطر الصحية المرتبطة بالبيئة والعمل، الفصل الرابع: مكافحة وجود الرصاص أو الأسبستوس والضوضاء، المادة R1334-30 وما يلي: منشأة بالمرسوم رقم ٢٠٠٦-١٠٩٩ بتاريخ ٣١ أغسطس/آب ٢٠٠٦ بشأن مكافحة الضوضاء في الأحياء السكنية وتعديل قانون الصحة العامة لسنة ٢٠٠٦. الجريدة الرسمية بتاريخ ١ سبتمبر/أيلول ٢٠٠٦.

مقاطعة كونترا كوستا (كاليفورنيا). ١٩٩٦. قانون البلديات (أنظمة تحويل طاقة الرياح) المادة ٨٨-٣ القسم ٦١٢.

الاتفاقية المعنية بحفظ التنوع البيولوجي. البحث عن الاستراتيجيات وخطط العمل الوطنية للتنوع البيولوجي http://www.cbd.int/nbsap/search/default.shtml.

درويت، أيه. إل.، وإتش. دبليو. لانغستون. ٢٠٠٦. "تقييم آثار مزارع الرياح على الطيور". المرجع ذاته ١٤٨ ٢٩–٤٢.

داف، كيه.، وإم. ستيوارد. ٢٠٠٨. "طرق البحث عن الجيف عند التوربينات وتجارب إزالة الجيف في مزرعة رياح برايس أف دون". مذكرة المعلومات الفنية البحثية الطبيعية رقم ٤.

شركة إلسام إنجنيرنغ. ٢٠٠٥. "توربينات رياح إلسام البحرية—تقرير الحالة السنوي لمزرعة رياح هورنز ريف لبرنامج الرصد البيئي" ١ يناير/كانون الثاني – ديسمبر/كانون الأول ٢٠٠٤.

وكالة البيئة الكندية. ٢٠٠٥. "توربينات الرياح والطيور—وثيقة إرشادية للتقييم البيئي"، مسودة نهائية. مصلحة الحياة البرية الكندية.

وكالة حماية البيئة. ٢٠١٠. "وثيقة إرشادية حول تقييم ضوضاء تشغيل توربينات الرياح في المواقع المرخصة من وكالة حماية البيئة" (NG3).

إريكسون، دبليو. بي. ٢٠٠٩. "خطة رصد الطيور والخفافيش لمزرعة رياح مارتينزديل". ويسترن إيكوسيستمز تكنولوجي إنك.

وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة لصالح وزارة التجارة والصناعة. المملكة المتحدة. ١٩٩٧. تقرير وحدة دعم تكنولوجيا الطاقة ETSU-R-97، "تقييم وتصنيف الضوضاء الصادرة من مزارع الرياح".

المنظمة الأوروبية لسلامة الملاحة الجوية. ٢٠١٠. إرشادات المنظمة الأوروبية لسلامة الملاحة الجوية بشأن كيفية تقييم الأثر المحتمل لتوربينات الرياح على مستشعرات المراقبة.

وثيقة إرشادات المفوضية الأوروبية. ٢٠١١. "عمليات تطوير طاقة الرياح وشبكة ناتشورا ٢٠٠٠" المفوضية الأوروبية.

الاتحاد الأوروبي. ٢٠٠٢. "إرشادات بشأن أفضل الممارسات الأوروبية لتطوير طاقة الرياح".

الرابطة الأوروبية لطاقة الرياح. ٢٠٠٢. "إرشادات بشأن أفضل الممارسات الأوروبية لتطوير طاقة الرياح".

———. ٢٠٠٩. "محيطات الفرص: تسخير أكبر مورد طاقة محلي في أوروبا".

لجنة الولايات الفيدرالية للقضاء على التلوث (ألمانيا). ٢٠٠٢. معلومات حول تحديد وتقييم الانبعاثات البصرية من توربينات الرياح. www.gewerbeaufsicht.niedersachsen.de/

غاردنر، بي.، وجيه. فيليب، وأوه. فيتش-روي، وبي. رينولدز. ٢٠١٣. دليل الرياح البحرية في المملكة المتحدة.

غيرنغ، جيه. إل.، وبي. كيرلنغر، وأيه. إم. مانفيل الثاني. ٢٠٠٩. "أبراج الاتصالات والأضواء والطيور: طرق ناجحة للحد من تكرار تصادم الطيور". تطبيقات إيكولوجية ١٩: ٥٠٥–٥١٤.

جنرال إلكتريك للطاقة ٢٠٠٦. "نفض الجليد وتطاير الجليد - المخاطر وتخفيف آثارها".

غايب، بي. بي. ١٩٩٥. نضج طاقة الرياح. نيويورك: جون وايلي أند سنز.

غود، آر. إي.، وأيه. ميريل، وإس. سايمون، وكيه. إل. موراي، وكيه. باي. ٢٠١٢. "دراسات رصد الخفافيش في مزرعة رياح فاولر ريدج بمقاطعة بينتون بولاية إنديانا". التقرير النهائي: ١ إبريل/نيسان –٣١ أكتوبر/تشرين الأول ٢٠١١. أعد لصالح مزرعة رياح فاولر ريدج، فاولر، إنديانا. إعداد ويسترن إيكوسيستمز تكنولوجي إنك، بلومنغتون، إنديانا.

المكتب التنفيذي للصحة والسلامة. ٢٠١٣. "دراسة وتطوير منهجية لتقدير المخاطر والأضرار على الأشخاص من توربينات الرياح". تقرير بحثي رقم RR٩٦٨.

هوتكر، إتش.، وكيه. إم. طومسون، وإتش. جيرومين. ٢٠٠٦. "آثار استغلال مصادر الطاقة المتجددة على التنوع البيولوجي: مثال الطيور والخفافيش - حقائق وفجوات في المعرفة ومطالبات بمزيد من البحث وإرشادات من علم الطيور لتطوير استغلال الطاقة المتجددة". معهد ميشائيل أوتو في نابو، بيرغنهاوزن.

هاوك، دي. آر.، وإم. جيه. لوسون، وآر. دبليو. ثريشر. ٢٠١٢. "دراسة حوسبية وتحليلية للخفافيش الطائرة بالقرب من توربينات الرياح: الآثار فيما يخص الرضح الضغطي". عرض تقديمي شفهي أمام اللجنة الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، اجتماع أبحاث الرياح والحياة البرية التاسع، ٢٧–٣٠ نوفمبر/تشرين الثاني ٢٠١٢، دينفر، كولورادو، الولايات المتحدة الأمريكية.

هاو، بي.، وبي. غاستمبير، وإن. ماكاب. ٢٠٠٧. "توربينات الرياح والصوت: مراجعة وإرشادات بشأن أفضل الممارسات". إتش جي سي إنجينيرنغ: ميسيسوغا، أونتاريو.

هونت، إل. ٢٠١٢. مسوح الخفافيش: إرشادات بشأن أفضل الممارسات، الطبعة الثانية، الصندوق الاستئماني لحفظ الخفافيش.

هوسو، إم. إم، ودي. دالثورب. ٢٠١٤. أخذ المناطق التي لم يتم البحث فيها في الاعتبار عند تقدير الوفيات الناجمة عن توربينات الرياح. مجلة إدارة الحياة البرية 78:347-358.

الرابطة الدولية لمساعدات الملاحة البحرية وسلطات المنارات. ٢٠٠٤. توصية الرابطة الدولية لمساعدات الملاحة البحرية وسلطات المنارات O-١١٧ بشأن وضع علامات على مزارع الرياح البحرية الطبعة الثانية.

المنظمة الدولية للطيران المدني. المرفق ١٤، المجلد ١.

اللجنة الكهروكيميائية الدولية. ٢٠١٢. اللجنة الكهروكيميائية الدولية IEC 61400-11 "توربينات الرياح – الجزء ١١: "أساليب قياس الضوضاء الصوتية".

وكالة الطاقة الدولية. ٢٠١١. "دراسة فريق الخبراء المعنيين بطاقة الرياح بشأن الممارسات الموصى بها: ١٣"،مشروعات طاقة الرياح في المناخات الباردة، الطبعة الأولى. https://ieawind.org / index_page_postings/June%207%20posts/task%2019%20cold_climate_%20rp_approved05.12.pdf.

مؤسسة التمويل الدولية (IFC) . ٢٠١٢. "معيار الأداء رقم ٦".

_____. ٢٠١٢. "معيار الأداء رقم ٨ التراث الثقافي".

_____. ٢٠١٣. "دليل الممارسة الجيدة بشأن تقييم الآثار التراكمية وإدارتها: إرشادات للقطاع الخاص في الأسواق الصاعدة".

معهد الصوتيات. ٢٠١٣. "دليل الممارسة الجيدة لتطبيق معيار ETSU-R-97 لتقييم وتصنيف ضوضاء توربينات الرياح".

معهد الإدارة والتقييم البيئيين ومعهد المناظر الطبيعية. ٢٠١٣. "إرشادات لتقييم الآثار على المناظر الطبيعية والآثار البصرية"، الطبعة الثالثة.

الرابطة الايرلندية لطاقة الرياح. ٢٠١٢. "إرشادات بشأن أفضل الممارسات لتطوير طاقة الرياح".

جاكسون، دي.، وبي. وايتفيلد. ٢٠١١. "إرشادات حول المسح والرصد فيما يخص استغلال الطاقات المتجددة البحرية في إسكتلندا". مجلة الطيور، المجلد ٤. http://www.snh.gov.uk/docs/A585081.pdf

جنكينز، أيه. آر.، وسي. إس. فان روين، وجيه. جيه. سمالي، وجيه. أيه. هاريسون، وإم. دايموند، وإتش. أيه. سميت. ٢٠١٣. "إرشادات بشأن أفضل الممارسات لرصد الطيور وتخفيف الآثار في المواقع المقترحة لتطوير طاقة الرياح في جنوب أفريقيا".

جونسون، جي. دي.، ودي. بي. يانغ، ودبليو. بي. إريكسون، وسي. إي. ديربي، وإم. دي. ستريكلاند، وآر. إي. غود، وجيه. دبليو. كيرن. ٢٠٠٠. "دراسات رصد الحياة البرية". محطة سيويست لطاقة الرياح، كاربون كاونتي، وايومنغ، ١٩٩٥-١٩٩٩. تقرير نهائي معدّ لصالح شركة سيويست للطاقة، سان دييغو، كاليفورنيا، ومكتب إدارة الأراضي، رولينز، وايومنغ، إعداد ويسترن إيكوسيستمز تكنولوجي إنك. شايان، وايومنغ".

اللجنة المشتركة لحفظ الطبيعة. ٢٠١٠. "حماية الأنواع المحمية البحرية الأوروبية من الإصابة والاضطراب". أكتوبر/تشرين الأول ٢٠١٠.

كيرلنغر، بي.، وجيه. إل. غيرنغ، ودبليو. بي. إريكسون، وآر. كوري، وأيه. جين، وجيه. غوارناتشا. ٢٠١٠. "معدلات نفوق الطيور المهاجرة ليلاً والإضاءة الحاجزة عند توربينات الرياح في أمريكا الشمالية". مجلة ويلسون لعلم الطيور ١٢٢: ٧٤٤–٧٥٤.

كولر، جيه.، وجيه. كوبيل، ودبليو. بيترز (محررون). ٢٠٠٦. طاقة الرياح البحرية: بحث على الآثار البيئية. برلين.

كورنر-نيفرغيلت، إف.، وآر. برينكمان، وآي. نيرمين، وأوه. بير. ٢٠١٣. تقدير معدلات نفوق الخفافيش الحادثة عند توربينات طاقة الرياح من واقع المتغيرات المشتركة والبحث عن الجيف باستخدام النماذج الخليطة. بلوس ون ٨(٧): e67997.doi:10.1371/journal.pone.0067997.

معهد المناظر الطبيعية. ٢٠١١. "مذكرة مشورة: التصوير الفوتوغرافي والمونتاج في المناظر الطبيعية والتقييم البصري".

لاكسو، تي.، وآي. بارنغ-غولد، وإم. دورستفيتس، وآر. هورباتي، وأيه. لاكرويكس، وإي. بيلتولا، وآر. رونستين، وإل. تولهاوغ، وتي. وولينيوس. ٢٠٠٣. أحدث تكنولوجيات طاقة الرياح في المناخات الباردة. مركز في تي الفنلندي للبحوث الفنية.

ليديك، جي. سي.، وكيه. دبليو. راب، وآر. جي. أيبلو. ٢٠١١. تخضير الرياح: الاعتبارات البيئية والاجتماعية لتطوير طاقة الرياح. البنك الدولي. http://elibrary.worldbank.org/content/book/9780821389263

لوثر، إس. ٢٠٠٠. "المنظور الأوروبي: بعض الدروس من دراسات الحالة". وقائع الاجتماع الوطني الثالث حول الطيور وتخطيط طاقة الرياح، سان دييغو، كاليفورنيا، مايو/أيار ١٩٩٨. اللجنة الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، واشنطن العاصمة.

ماكلين، آي. إم. دي.، وإل. جيه. رايت، ودي. أيه. شاولر، وإم. إم. ريهفيش. ٢٠٠٩. "استعراض منهجيات التقييم لمزارع الرياح البحرية". الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور، بتكليف من الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة. http://www.thecrownestate.co.uk/media/5884/ei-km-ex-pc-method-052009-a-review-of-assessment-methodologies-for-offshore-windfarms.pdf

ماكلين، آي. إم. دي.، وإتش. سكوف، وإم. إم. ريهفيش، ودبليو. بايير. ٢٠٠٦. "استخدام المسوح الجوية لاكتشاف تشريد الطيور بفعل مزارع الرياح البحرية". تقرير الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور رقم ٤٤٦ للجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة. الصندوق الاستئماني البريطاني لعلم الطيور، ثيتفورد.

وكالة الشؤون البحرية وخفر السواحل. ٢٠٠٨. "إنشاءات الطاقة المتجددة البحرية: إرشادات بشأن الممارسات الملاحية وقضايا السلامة والاستجابة للطوارئ في المملكة المتحدة".

———. ٢٠١٢. "إنشاءات الطاقة المتجددة البحرية: الآثار على حركة الملاحة".

ماسدين ، إي. أيه.، ودي. تي. هايدون، وأيه. دي. فوكس، وآر. دبليو. فورنيس، وآر. بلومان، وإم. ديسهولم. "العوائق أمام التحركات: آثار مزارع الرياح على الطيور المهاجرة". مجلة العلوم البحرية للمجلس الدولي لاستكشاف البحار (2009) 66، 753–746.

ماسدين ، إي. أيه.، ودي. تي. هايدون، وأيه. دي. فوكس، وآر. دبليو. فورنيس. ٢٠١٠. "العوائق أمام التحركات: نمذجة تكاليف الطاقة المترتبة على تجنب مزارع الرياح البحرية بين طيور البحر المتكاثرة". نشرة التلوث البحري. 1091–1085 :60.

ماكلافلين، دي. ٢٠١٢. "التغير الحاد في اتجاه الريح أو سرعتها وأثره على تقييم ضوضاء توربينات الرياح". نشرة الصوتيات، يوليو/تموز-أغسطس/آب ٢٠١٢، ٣٩-٤٢.

وزارة التجارة بمينيسوتا: إصدار تصاريح مرافق الطاقة. ٢٠١١. "مراجعة دولية للسياسات والتوصيات لمسافات ارتداد توربينات الرياح عن المساكن: الارتدادات والضوضاء والظلال المتقطعة والشواغل الأخرى".

الرابطة الوطنية لمفوضي أجهزة تنظيم المرافق. ٢٠١١. "إرشادات بشأن أفضل الممارسات لتقييم الانبعاثات الصوتية من مزارع الرياح المقترحة وقياس أداء المشروعات المكتملة".

الجمعية التعاونية الوطنية لتنسيق طاقة الرياح. ١٩٩٩. طرق لدراسة تفاعلات الطاقة/الطيور. وثيقة إرشادات.

———. لجنة اختيار المواقع. ٢٠٠٢. إصدار التصاريح لمرافق طاقة الرياح. دليل.

———. ٢٠٠٧. مجموعة أدوات تخفيف الآثار.

وزارة الموارد الطبيعية الكندية. ٢٠٠٣. إرشادات بيان التأثير البيئي لتقييمات مزارع الرياح البرية بموجب قانون التقييمات البيئية الكندي".

نيدويل، جيه.، وجيه. لانغويرذي، ودي. هاويل. ٢٠٠٣. "تقييم الضوضاء الصوتية تحت سطح البحر والاهتزازات الناتجة عن توربينات الرياح البحرية وأثرها على الحياة البرية/(الفطرية) البحرية، قياسات أولية للضوضاء تحت المائية أثناء إنشاء مزرعة رياح بحرية ومقارنتها بالضوضاء الخلفية". تقرير الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة ٥٤٤ R ٠٤٢٤، (مايو/أيار ٢٠٠٣). شركة ساباكوستيك ليميتد: ساوثهامبتون، المملكة المتحدة.

أونتاريو، وزارة البيئة. ٢٠٠٤. "تفسير لتطبيق منشور وزارة البيئة الفني على مولدات توربينات الرياح".

لجنة أوسبار. ٢٠٠٨. "إرشادات بشأن الاعتبارات البيئية لتطوير طاقة الرياح البحرية".

بيرس-هيغنز، جيه. إم. ٢٠٠٩. "توزيع الطيور المتكاثرة حول مزارع الرياح المقامة في المرتفعات". مجلة الإيكولوجيا التطبيقية:

المجلس الاستشاري الكندي للاتصالات اللاسلكية والرابطة الكندية لطاقة الرياح. "المعلومات الفنية وعملية التنسيق بين توربينات الرياح والاتصالات اللاسلكية وأنظمة الرادار".

رابطة الطاقة المتجددة بالمملكة المتحدة ٢٠١٣. "إرشادات حول الطائرات التي تطير على علو منخفض والإنشاءات البرية العالية بما فيها صواري قياس سرعة الرياح وتوربينات الرياح".

رودريغز، إل، وإل. باخ، وإم. جيه. دوبورغ-سافاج، وجيه. غودوين، وسي. هاربوخ. ٢٠١٤. "إرشادات لمراعاة الخفافيش في مشروعات مزارع الرياح". سلسلة منشورات اتفاق حفظ الخفافيش في أوروبا رقم ٦ (النسخة الإنجليزية). أمانة برنامج الأمم المتحدة للبيئة/اتفاق حفظ الخفافيش في أوروبا، بون، ألمانيا.
http://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf

روليز، كيه. إي.، ودي. كيه. مايرهولتز، وجي. دي. جونسون، وأيه. بي. كاباريلا، وإس. إس. لاو. ٢٠١٢. "تحريات أسباب وفيات الخفافيش في مزرعة رياح: رضح ضغطي أم إصابة رضحية؟" الباثولوجيا البيطرية ٣٦٢:٤٩-٣٧١.

مؤسسة سكوتيش إنتربرايز ومؤسسة أملاك التاج. "دليل تشغيل وصيانة مرافق الرياح البحرية بالمملكة المتحدة" (٢٠١٣). http://www.scottish-enterprise.com/knowledge-hub/articles/guide/offshore-wind-operations-and-maintenance-opportunities

التراث الطبيعي الاسكتلندي. ٢٠٠٠. "إرشادات: مزارع الرياح والطيور - حساب مخاطر التصادم النظرية افتراض عدم اتخاذ إجراءات تفادٍ".

———. ٢٠٠٢. تقييم بصري لمزارع الرياح: أفضل الممارسات".

———. ٢٠٠٩. "تحديد مواقع وتصميم مزارع الرياح في المناظر الطبيعية".

———. ٢٠١٢. "تقييم الآثار التراكمية لعمليات تطوير طاقة الرياح على البر". http://www.snh.gov.uk/docs/A675503.pdf

———. ٢٠١٤. مذكرة إرشادية - طرق مسوح الطيور الموصى بها لإثراء المعلومات حول تقييم آثار مزارع الرياح البرية".

سنغوبتا، دي.، وتي. سنيور. ١٩٨٣. "دليل اختيار أماكن التوربينات الكبيرة: تقييم التشويش التلفزيوني، التقرير النهائي للتعاقد من الباطن ".

سمولوود، كيه. إس.، ودي. أيه. بيل، وإس. أيه. سنايدر، وجيه. إي. ديدوناتو. ٢٠١٠. تجارب جديدة حول إزالة الجيف بواسطة آكلات الجيف تزيد معدلات تقدير نفوق الطيور الناجمة عن توربينات الرياح". مجلة إدارة الحياة البرية1097–1089 :(5)74. DOI: 10.2193/2009-266

ولاية ويسكونسين. ٢٠٠٣. مسودة قانون نموذجي لطاقة الرياح لولاية ويسكونسين.

ستريكلاند، دي.، وإي. أرنيت، ودبليو. إريكسون، ودي. جونسون، وجي. جونسون، وإم. موريسون، وجيه. شافر، ودبليو. وارين-هيكس. ٢٠١١. دليل شامل لدراسة تفاعلات طاقة الرياح/الحياة البرية. معد للجمعية التعاونية الوطنية لتنسيق طاقة الرياح، واشنطن العاصمة.

تقرير ساباكوستيك 534R1231. أكتوبر/تشرين الأول ٢٠٠٧.

وزارة مؤسسات الأعمال والإصلاح التنظيمي بالمملكة المتحدة. ٢٠٠٨. "استعراض أساليب مد الكابلات والآثار البيئية ذات الصلة بصناعة مزارع الرياح البحرية". تقرير فني.

برنامج الأمم المتحدة الإنمائي (صربيا). ٢٠١٠. "الإرشادات بشأن تقييم الآثار البيئية لمزارع الرياح".

مصلحة الأسماك والحياة البرية الأمريكية. ٢٠١٢. "إرشادات بشأن طاقة الرياح في البر".

شركة يو آر إس أستراليا. ٢٠٠٤. "بيان تقييم الآثار البيئية لمزرعة رياح وودلون".

وولز، آر.، سي. بندلبيري، آر. بادجي، وكيه. بروكس، وبي. طومسون. ٢٠٠٩. "إرشادات منقحة بشأن أفضل الممارسات لاستخدام التقنيات عن بعد لتقييم الطيور في مزارع الرياح البحرية". الجمعية التعاونية لبحوث الرياح البحرية في البيئة.

وستربرغ، إتش. ١٩٩٩. "دراسات على آثار طاقة الرياح البحرية في السويد". التدخلات الفنية في الموائل البحرية.

ونكلمان، جيه. إي. ١٩٩٥. "استقصاءات الطيور/توربينات الرياح في أوروبا". وقائع الاجتماع الوطني حول الطيور وتخطيط طاقة الرياح، دينفر، كولورادو، يوليو/تموز ١٩٩٤.

الملحق (أ): وصف عام لأنشطة الصناعة

٩٤. تقوم مرافق طاقة الرياح على تسخير الرياح الطبيعية وتحويلها إلى طاقة كهربائية. وتوجد هذه المرافق في مواقع برية وبحرية. والعامل الرئيسي الذي يحدد جدوى الموقع وقابليته للنجاح كمرفق طاقة رياح مقترح هو وجود مورد جيد للرياح. ويجرى تقييم مردود الطاقة لتقييم توليد الطاقة المتوقع والإيرادات المترتبة عليه. وهناك عوامل أخرى مهمة في تحديد مدى ملائمة أو عدم ملامة موقع ما لمشروع طاقة الرياح تشمل الآثار البيئية والاجتماعية وتكلفة الإنشاء والتشغيل والتوصل إلى اتفاق على بيع الكهرباء بسعر مناسب تجارياً والوصول إلى وصلة بشبكة الكهرباء ذات سعة كافية.

٩٥. كما هو الحال في القطاعات الصناعية الأخرى، تتألف دورة حياة مشروع تحويل طاقة الرياح من مراحل إجراء تقييم لمدى الاستفادة من مورد الرياح، والإنشاء، والتشغيل، والصيانة، وإنهاء خدمة المشروع. وتشمل الأنشطة المرتبطة في العادة بمرحلة الإنشاء أعمال إنشاء طرق الوصول أو تطوير الموجود منها، وإعداد الموقع (مثل إنشاء مدقات الوصول وأساسات التوربينات)، ونقل وتركيب مكونات المشروع (مثل مقاييس سرعة الرياح، توربينات الرياح، المحولات، المحطات الفرعية). وتتوقف أنشطة إنهاء الخدمة على الاستخدام اللاحق المقترح للموقع، لكنها تتضمن في العادة إزالة البنية التحتية (مثلاً، التوربينات، والمحطات الفرعية، والطرق) وإعادة موقع المشروع إلى سابق عهده. ويقدم القسم التالي وصفاً للمرافق والأنشطة المشتركة بين كل من مشروعات إنشاء وتشغيل مرافق طاقة الرياح البرية والبحرية.

أ-١ المرافق والأنشطة المشتركة بين مرافق طاقة الرياح البرية والبحرية

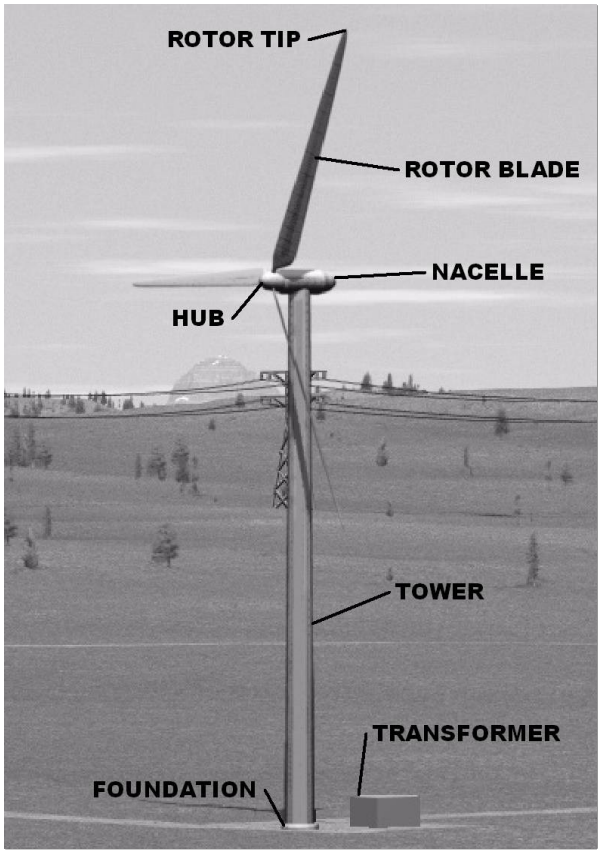
٩٦. تشمل العناصر الإنشائية لمشروع طاقة الرياح: توربينات الرياح، والمحولات، وكابلات نقل لنظام التجميع تحت الأرض أو فوق الأرض بين توربينات الرياح، والمحطات الفرعية، وخطوط النقل فوق الأرض للاتصال بشبكة كهرباء قائمة، وطرق الوصول (الشكل أ-٢). ويباعَد بين توربينات الرياح لتعظيم مردود الطاقة وفي الوقت نفسه تقليل مساحة الأرض المستخدمة.

٩٧. يعد مولد توربين الرياح المكون الأساسي في مشروع طاقة الرياح وهو المسؤول عن تسخير طاقة الرياح وتحويلها إلى طاقة كهربائية نافعة. وقد أدت الزيادات في قطر الدوار وارتفاع البرج إلى زيادة في قدرة التوليد والكفاءة.

٩٨. يتكون التوربين من أساس (قاعدة) وبرج وحاوية (كنة) وشفرات الدوار وصرة الدوار ومصابيح (الشكل أ-١).

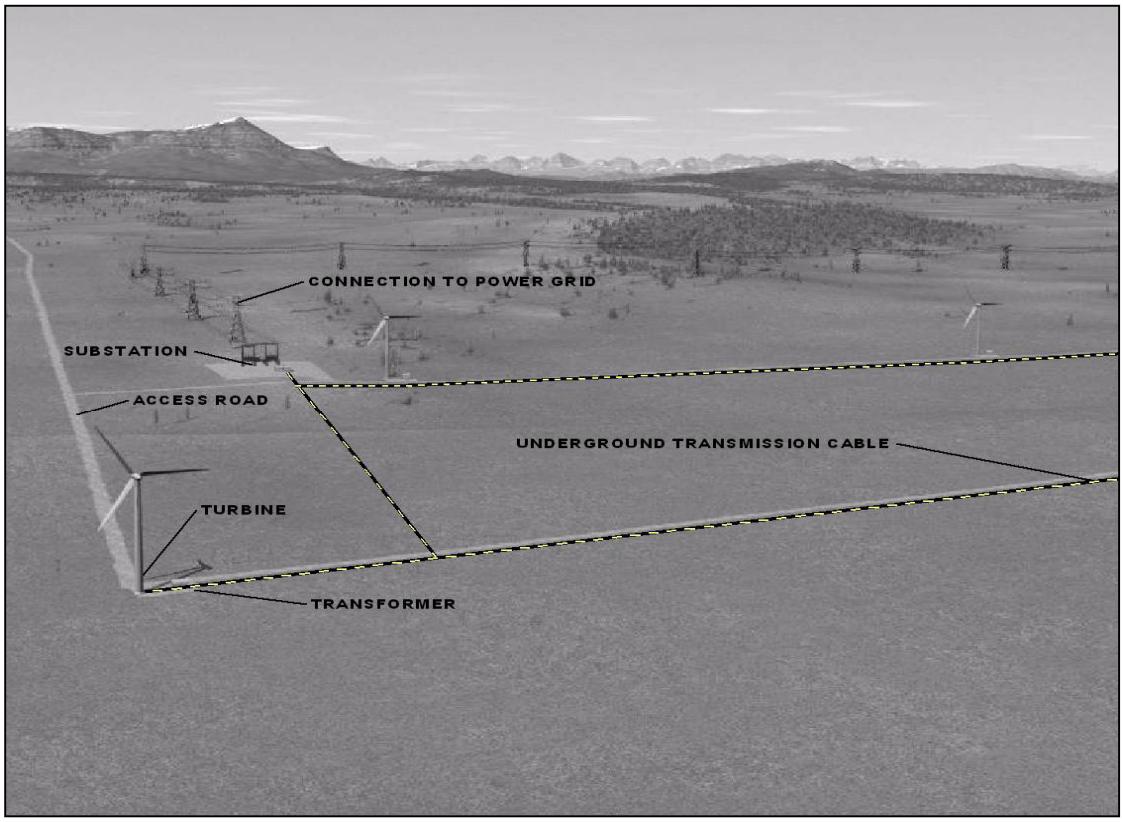
٩٩. أبراج التوربينات هي بالدرجة الأولى عبارة عن شكل أسطواني مستدق وتصنع عادة من الصلب. وتطلى في العادة باللون الأبيض أو الأبيض المصفر، لكنها يمكن أن تحمل علامات مطلية مختلفة من أجل سلامة الحركة الجوية والبحرية (في حالة التوربينات البحرية)، وذلك وفقاً لاشتراطات كل بلد بعينه.

الشكل أ-١: المكونات الإنشائية المعتادة لتوربين الرياح



Rotor Tip	طرف الدوار
Rotor Blade	ريشة الدوار
Nacelle	الكنة
Hub	محور الارتكاز
Foundation	الأساس/القاعدة
Transformer	المحوّل
tower	البرج

الشكل أ-٢: المكونات المعتادة لمرفق طاقة الرياح البري



Connection to power grid	الربط مع شبكة الكهرباء
Substation	المحطة الفرعية
Access road	طريق الوصول
Turbine	التوربين
Transformer	المحوّل
Underground transmission cable	كابلات النقل تحت الأرض

١٠٠. مع زيادة سرعة الرياح، تبدأ شفرات الدوار في الدوران، فتدير المولد داخل الكنة، مما يحول بعض طاقة الرياح إلى كهرباء. وتبدأ معظم توربينات الرياح في توليد الكهرباء عند سرعات رياح نحو ٣ إلى ٤ متر في الثانية (م/ث) (١٠،٨ إلى ١٤،٤ كيلو متر في الساعة (كم/س))، وتولد أقصى طاقة كهربية عند سرعات رياح نحو ١٢ م/ث (٤٣ كم/س)، وتتوقف عن التشغيل منعاً للتلف عند نحو ٢٥ م/ث (٩٠ كم/س).[٨٤] وتبلغ أقصى سرعة لطرف الشفرة ٩٠ م/ث أو ٣٢٠ كم/س تقريباً. وعند سرعات الرياح العالية، يمكن الحد من قدرة الدوار بإحدى ثلاث طرق: التحكم بالإيقاف، والتحكم المتغير بالميل، والتحكم الإيجابي بالإيقاف. وفي التحكم بالإيقاف، ينظم التصميم الديناميكي الهوائي لشفرة الدوار قدرة الدوار. فعند سرعات الرياح العالية، تبدأ الشفرة التي يتم التحكم فيها بالإيقاف في التوقف عندما تتجاوز حداً مقرراً سلفاً للقدرة، وذلك وفقاً للتصميم الديناميكي الهوائي لشفرة الدوار. وأما في طريقة التحكم بالميل، فيمكن تغيير ميل شفرات الدوار حتى ٩٠° لزيادة التقاط الرياح. وعند بلوغ حد القدرة، يتم تغيير الميل للبدء في تحرير الدوار من طاقة الريح. أما التحكم الإيجابي بالإيقاف فيجمع بين التحكم بالإيقاف والتحكم بالميل، حيث تكون الشفرات مصممة على غرار الشفرات المستخدمة في التحكم بالإيقاف مع تزويدها بإمكانية تعديل ميلها. وحتى تسعينيات القرن الماضي، كان التنظيم السلبي الخاص بالإيقاف هو الإستراتيجية المفضلة، إلا أن تنظيم الميل هو الآن الوسيلة المفضلة للحد من قدرة الدوار في التوربينات الكبيرة.

١٠١. تتناسب الطاقة الموجودة في الرياح مع مكعب سرعة الريح. وبمعنى آخر، تؤدي مضاعفة سرعة الرياح إلى مضاعفة محتواها من الطاقة ثمانية أضعاف. ويولد التوربين في العادة الكهرباء بمعدل ٧٠ إلى ٨٥ في المائة من الوقت.[٨٥] ولا يتغير إنتاج التوربين من الطاقة بالنسبة ذاتها، لكن يتغير مع مربع سرعة الرياح تقريباً. ويبلغ جهد الكهرباء المولدة من توربين الرياح عامة ٧٠٠ فولت، مما لا يتناسب مع نقل الكهرباء.[٨٦] وبالتالي يستخدم كل توربين محولاً لزيادة الجهد إلى مستوى كاف لنظام تجميع مزرعة الرياح (مثلاً، ١١ ك ف). ويتصل نظام التجميع بمحول يزيد الجهد الكهربائي إلى مستوى مناسب للتوصيل بمحطة فرعية تابعة لمرفق كهرباء. ويمكن الربط بين محول التوربين والمحطة الفرعية من ناحية وبين المحطة الفرعية وشبكة الكهرباء من ناحية أخرى بواسطة كابلات نقل تحت الأرض وفوق الأرض. وتبعاً لتخطيط المشروع، يمكن ربط محولات التوربينات بشكل مستقل بالمحطة الفرعية، أو يمكن ربط التوربينات ببعضها بعضاً ثم ربطها بالمحطة الفرعية.

١٠٢. يبلغ العمر التصميمي لتوربينات الرياح ٢٠ عاماً تقريباً، لكن على أرض الواقع يمكن أن تعيش التوربينات مدة أطول بالصيانة المناسبة.

١٠٣. تجرى أعمال الصيانة الروتينية طوال عمر توربينات الرياح. وقد تشمل أنشطة الصيانة صيانة التوربين والدوار، وتزليق (تزييت) الأجزاء، والتجديد الكامل للمولد، وصيانة المكونات الكهربائية حسب الحاجة.

١٠٤. لا يتسبب تشغيل مرافق طاقة الرياح وصيانتها في العادة في أية انبعاثات هوائية أو تصريف أية نفايات سائلة. فالسوائل والنفايات الأخرى التي تصاحب أنشطة الصيانة المعتادة لا تخزن عادة في الموقع ويجري التخلص منها وفقاً للوائح التنظيمية الإقليمية أو الوطنية و أفضل ممارسات إدارة النفايات.

أ-٢ المرافق الفريدة من نوعها الخاصة بمرافق طاقة الرياح البحرية

١٠٥. تتماثل العناصر الهيكلية وأعمال تشغيل مرافق طاقة الرياح البحرية مع مرافق طاقة الرياح البرية. وتكمن الفوارق الرئيسية بين التوربينات البحرية والبرية في حجم التوربين وارتفاع الأبراج وقطر شفرات الدوار. وثمة فارق آخر يتمثل في أن مرافق طاقة الرياح البحرية تستخدم عادة كابلات تحت السطح (بحرية وأرضية) لنقل الكهرباء من التوربينات إلى المحولات ومن المحولات إلى المحطة الفرعية الموجودة على البر (الشكل أ-٣).

١٠٦. تماثل مواد المكونات الهيكلية (مثل الأبراج) نظيرتها البرية، غير أن بعض الطرق المختلفة تُستخدم لتكييف الهيكل مع البيئة البحرية، بما في ذلك طلاء الأجزاء المعدنية لحمايتها من التآكل، واستخدام الكنات محكمة الغلق، وتصميم أساسات/ أبراج مختلفة للتعامل مع الرياح والأمواج والتيار والمد والجزر وتفاعلات قاع البحر (انظر الشكل أ-٢)، وتوفير منصات وصول خاصة لتنفيذ الصيانة.

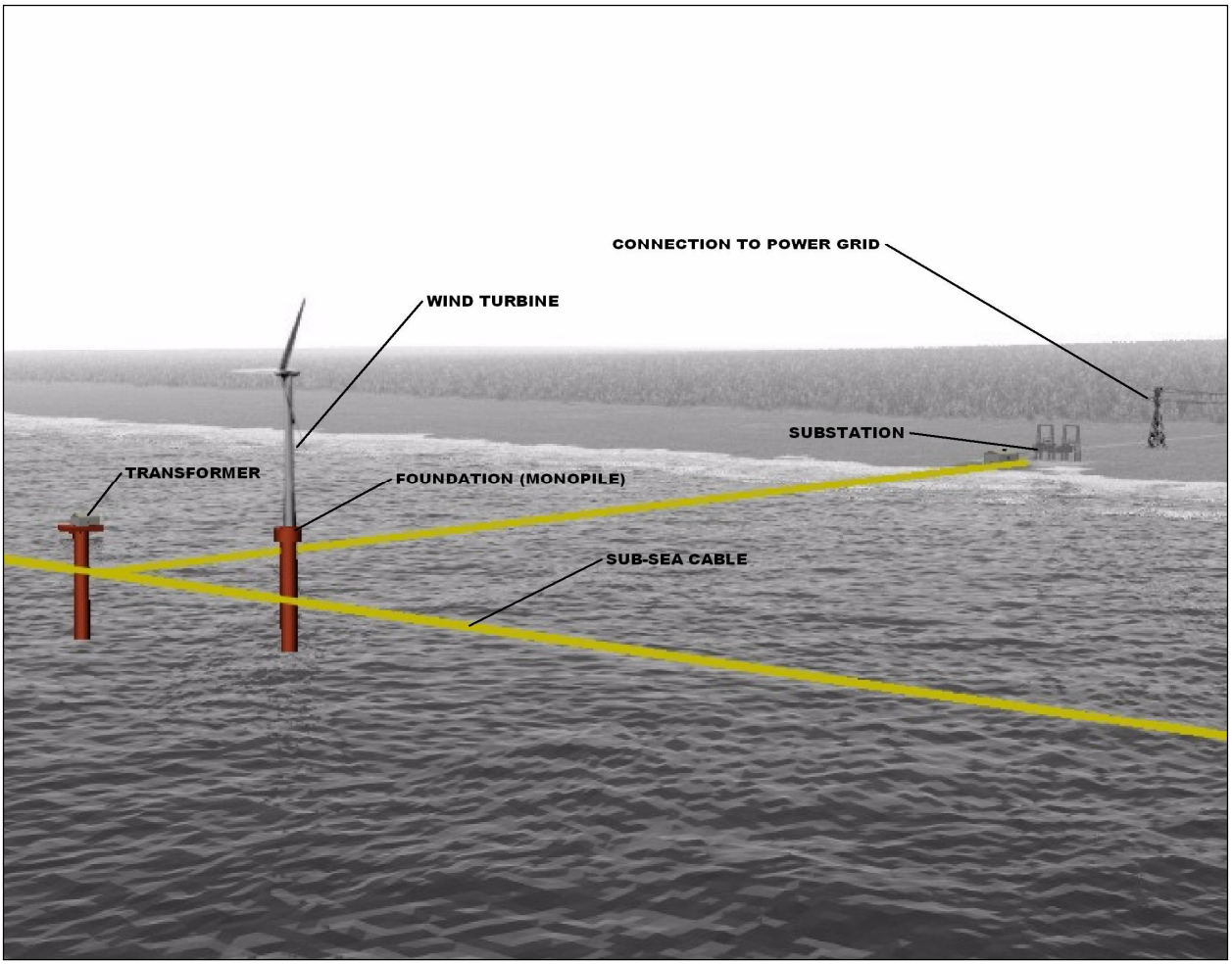
[٨٤] الرابطة البريطانية لطاقة الرياح 2005b.
[٨٥] الرابطة البريطانية لطاقة الرياح 2005d.
[٨٦] الرابطة البريطانية لطاقة الرياح 2005b.

١٠٧. تشمل الأنشطة التقليدية لإنشاء توربينات الرياح البحرية إقامة أساس التوربين، والنقل البحري لمكونات التوربين، وتجميع البرج، ورفع الكنة والدوارات على البرج، وتجميع الدوار/ الكنة.

١٠٨. تشمل أنواع الأساسات والتطبيقات ذات الصلة التي يمكن استخدامها مع التوربينات الهوائية البرية ما يلي:

- الخازوق الأحادي: يستخدم في أغلب الظروف، ويفضل في المياه الضحلة وليس في المادة اللينة العميقة.
- الحامل الثلاثي: في معظم الأحوال، لكن يفضل ألا يكون ذلك في مادة لينة عميقة، وهو مناسب لأعماق المياه التي تزيد على ٣٠ متراً.
- القاعدة الثقالية الخرسانية: في جميع أحوال الترسيب تقريباً.
- القاعدة الثقالية الفولاذية: في جميع أحوال الترسيب تقريباً، وفي مياه أعمق من النوع الخرساني.
- قيسون أحادي الشفط: في أحوال الرمال والطمي اللين.
- قيسون متعدد الشفط: في أحوال الرمال والطمي اللين، وذلك على أعماق أكبر من النوع أحادي الشفط.
- العوامة: المياه العميقة حتى ١٠٠ متر.

الشكل أ-٣: المكونات المعتادة لمرفق طاقة الرياح البحري



Connection to power grid	الربط مع شبكة الكهرباء
Transformer	المحوّل
Foundation (monopile)	الأساس/القاعدة (خازوق أحادي)
Sub-sea cable	كبل تحت الأرض
Wind turbine	توربينات الرياح
substation	المحطة الفرعية