

تقييم تأثير الوميض الظلي التخطيطات المحدثة

مشروع مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر
بقدرّة 200 ميغاوات في مصر

سجل اعتماد ومراجعة التقرير

رمز النموذج	J - UK - 50783	رقم مراجعة النموذج	المراجعة الأولى
المراجعة	التاريخ	الوصف	أعدّ بواسطة
المراجعة 0	27/11/2024	مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر	إيكو كونسلت
المراجعة الأولى	13/2/2025	مزرعة رياح مصر للهيدروجين الأخضر	إيكو كونسلت

إخلاء مسؤولية

لا ينبغي الاعتماد على هذا التقرير أو استخدامه لأي مشروع آخر دون إجراء فحص مستقل للتأكد من ملاءمته والحصول على موافقة خطية مسبقة من المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. لا تتحمل شركة إيكو كونسلت أي مسؤولية أو تبعات لاستخدام هذه الوثيقة لأي غرض بخلاف الأغراض التي تم تكليفها من أجلها.

هذا التقرير سري وخاص بالمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، ولا تتحمل الشركة الاستشارية أي مسؤولية من أي نوع تجاه الأطراف الثالثة الذين يتم اطلاعهم على هذا التقرير، أو أي جزء منه. يتحمل أي طرف من هذا القبيل مسؤولية الاعتماد على هذا التقرير على مسؤوليته الخاصة.

1. المقدمة

1.1 المقدمة

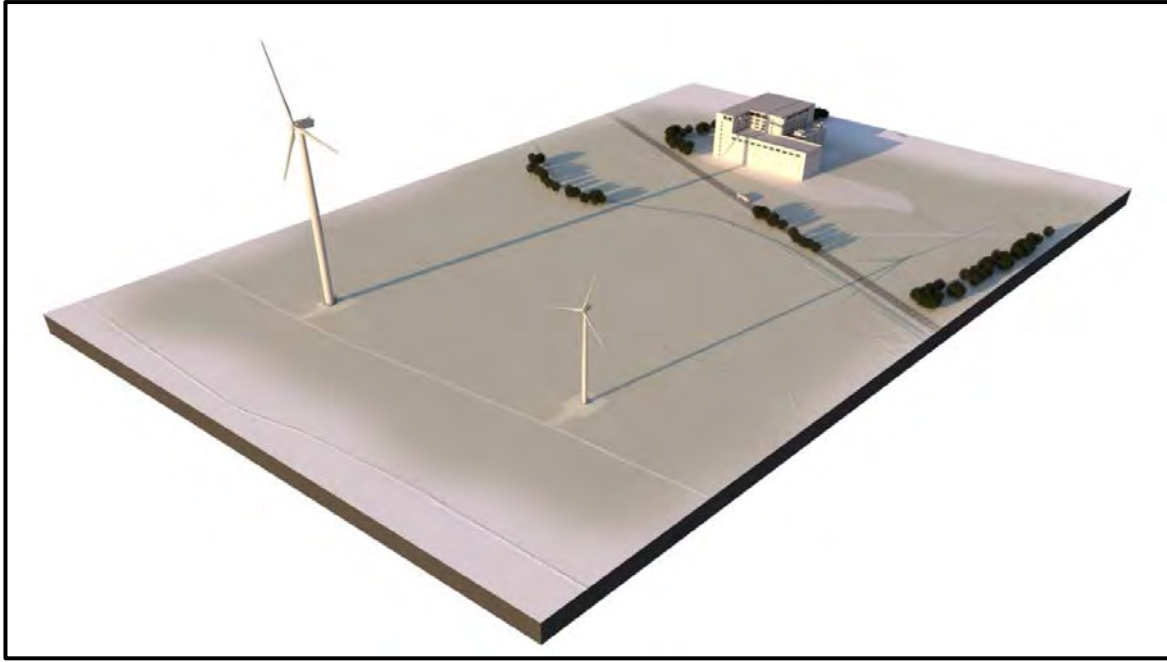
يهدف هذا المستند إلى تحديد تأثيرات الوميض الظلي الناتج عن مولدات توربينات الرياح على المستقبلات المحتملة من خلال تقييم التوقعات الخاصة بالوميض الظلي. وقد تم تقييم نتائج هذه التوقعات وفقاً لأفضل الممارسات الدولية الخاصة بالوميض الظلي.

1.1.1 الوميض الظلي

يُعرف الوميض الظلي بأنه التأثير البصري المتقطع الناتج عن دوران شفرات توربينات الرياح، والتي تلقي بظلالها بشكل دوري عبر فتحات محدودة (مثل النوافذ) على العقارات المجاورة لمواقع توربينات الرياح. هناك ثلاثة شروط يجب أن تتحقق لحدوث الوميض الظلي:

- يجب أن تكون الشمس مشرقة دون غطاء سحابي؛
- يجب أن يكون توربينات الرياح بين الشمس والمراقب؛
- يجب أن يكون المراقب داخل ظل توربينات الرياح.

يعتمد طول الظل الذي يُلقيه أي جسم على زاوية الشمس، والتي بدورها تختلف وفقاً للوقت من العام والوقت من اليوم. يوضح الشكل 1 مثالاً على الوميض الظلي على أحد المستقبلات.



الشكل 1: وصف مرئي للوميض الظلي

1.2 الأهداف

كجزء من هذه الدراسة، تم تحديد الأهداف الرئيسية التالية كنتائج لهذا التقرير:

- حساب تكرار حدوث الوميض الظلي وفقاً لتقييم أسوأ الحالات، مع تشغيل جميع توربينات الرياح.
- تقييم المستقبلات الواقعة ضمن "منطقة التأثير" المحتملة للوميض الظلي.

1.3 البيانات المُدخلة

استندت هذه الدراسة إلى المعلومات التالية:

- المخططات العامة والتخطيطية لمزرعة الرياح، بما في ذلك الطبوغرافيا.
- بيانات المورد الخاص بتوربينات الرياح – الأبعاد الهندسية، قطر الدوار، وارتفاع المحور.
- البيانات الفلكية والأرصادية – حركة الشمس، مراحل سطوع الضوء، اتجاه الرياح، وتكرار حدوثها في موقع المستقبل.

2. تفاصيل المشروع

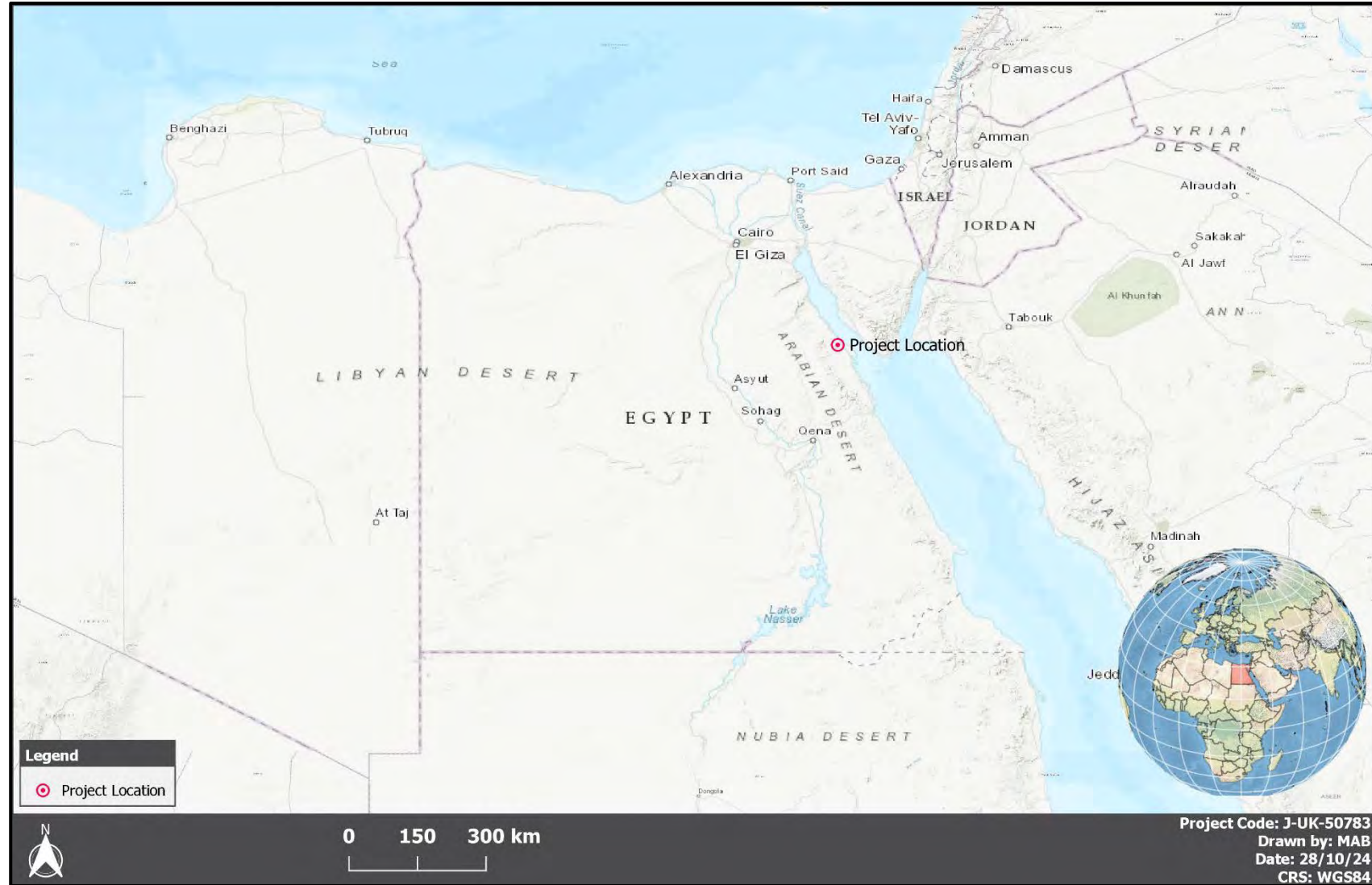
2.1 خلفية المشروع

يقع المشروع بالقرب من خليج السويس، في الجزء الشرقي من مصر، على بُعد حوالي 300 كم جنوب شرق العاصمة القاهرة. وقد تم النظر في تخطيطين مختلفين لمولدات توربينات الرياح ضمن تقييم الوميض الظلي لمزرعة الرياح سكاتك.

- التخطيط الأول يتكوّن من 27 توربينة رياح.
- التخطيط الثاني يتكوّن من 25 توربينة رياح.

يغطي كل من التخطيطين مساحة تبلغ حوالي 25 كم².

يوضح الشكل 2 موقع المشروع في السياق الإقليمي، بينما يعرض الشكل 3 موقع المشروع في السياق المحلي بالنسبة للتخطيط الأول ، ويوضح الشكل 4 موقع المشروع في السياق المحلي بالنسبة للتخطيط الثاني



الشكل 2: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق الإقليمي



الشكل 3: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق المحلي (تخطيط سكاتك 1)



الشكل 4: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق المحلي (تخطيط سكاتك 2)

2.2 تخطيط موقع توربين الرياح

يُوضح تخطيط المشروع للتخطيط 1 في الشكل 5. يتكوّن التخطيط 1 من 27 توربينة رياح بقدرة اسمية تبلغ 7.5 ميجاوات لكل منها. يوضّح الجدول 1 المواصفات الأساسية لنوع التوربين: توربين رياح Envision EN169.5-7.5

الجدول 1: مواصفات مولد توربين الرياح Envision EN169.5-7.5 MW

Envision	الشركة المُصنعة
توربين رياح Envision EN169.5 7.5MW	نوع الطراز
7,500 كيلوواط	القدرة الاسمية
169.5 متر	قطر الدوار
100 متر	ارتفاع المحور

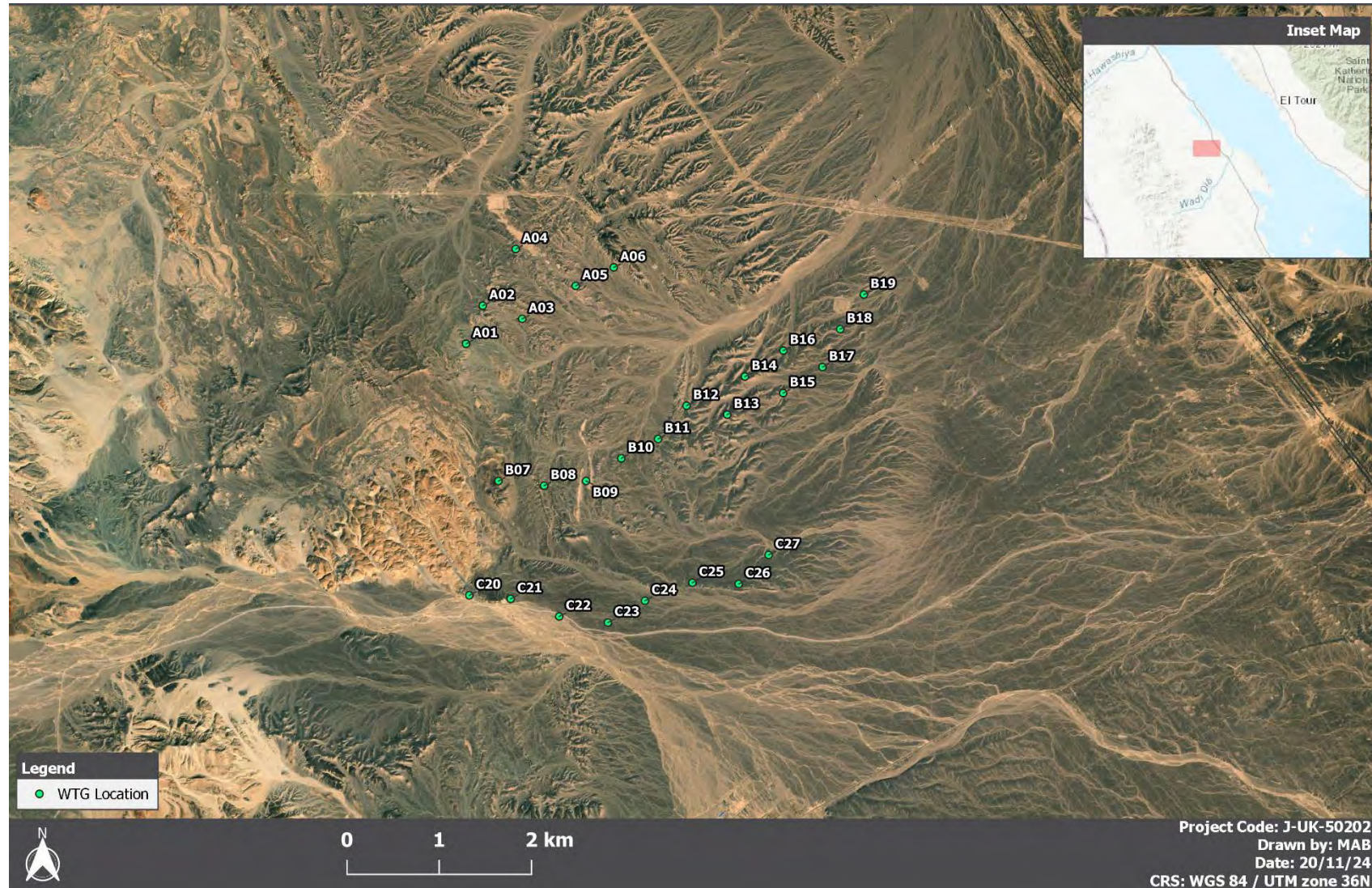
تم إدراج إحداثيات كل موقع من مواقع توربينات الرياح في الملحق A .

يُوضح تخطيط المشروع للتخطيط 2 في الشكل 6. يتكوّن التخطيط 2 من 25 توربينة رياح، كل منها بقدرة اسمية تبلغ 8.0 ميجاوات. يوضّح الجدول 2 المواصفات الأساسية لنوع التوربين: Envision EN171-8.0 MW

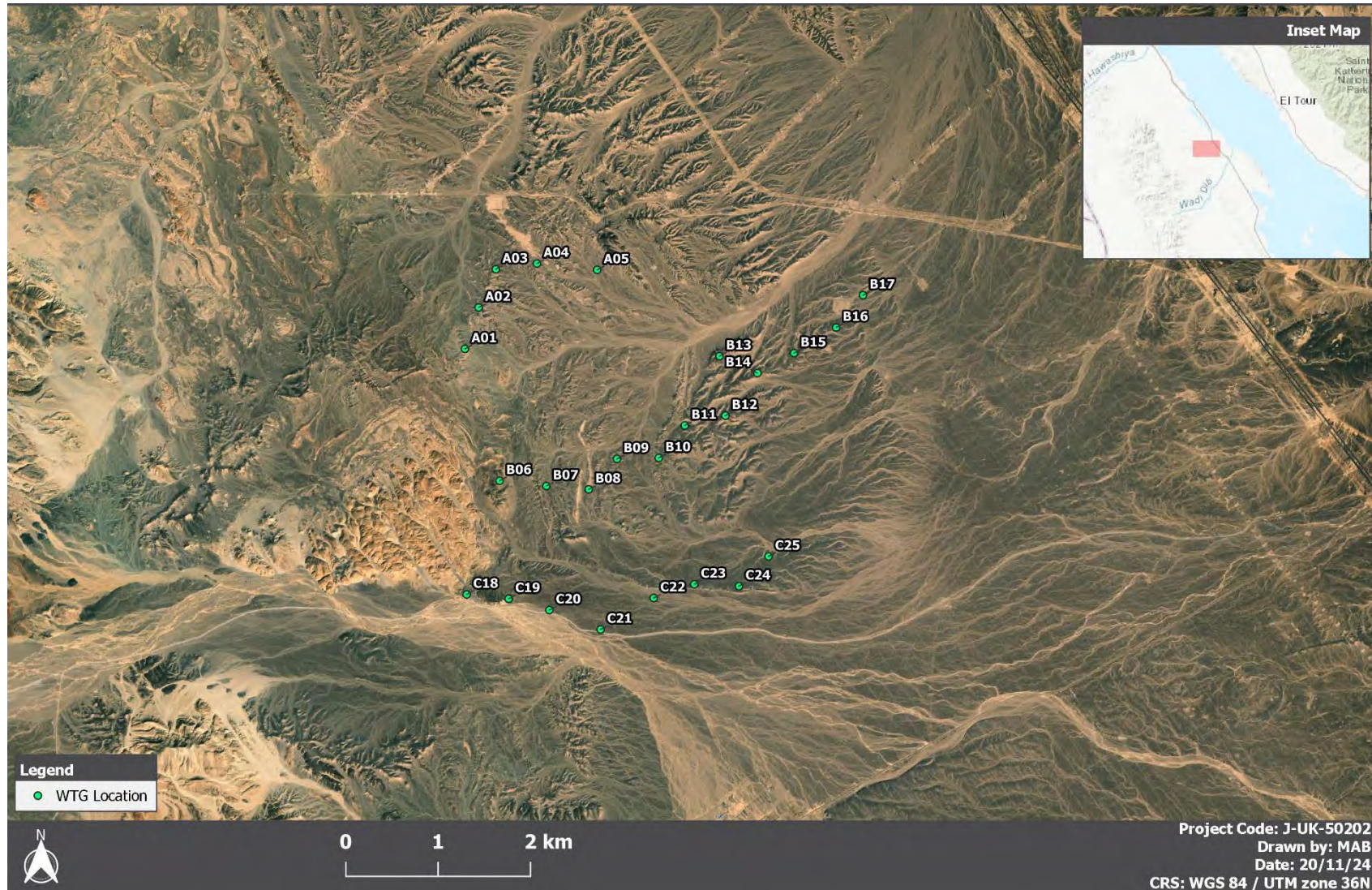
الجدول 2: مواصفات مولد توربين الرياح Envision EN171-8.0 MW

Envision	الشركة المُصنعة
توربين رياح Envision EN171- 8 MW	نوع الطراز
8000 كيلوواط	القدرة الاسمية
171 متر	قطر الدوار
100 متر	ارتفاع المحور

تم إدراج إحداثيات كل موقع من مواقع توربينات الرياح للتخطيط 2 في الملحق A.



الشكل 5: مواقع توربينات الرياح - التخطيط 1



الشكل 6: مواقع توربينات الرياح - التخطيط 2

3. تحديد وتحليل اللوائح والمعايير

3.1 الإطار التنظيمي للوميض الظلي

لا توجد حاليًا قوانين أو لوائح في مصر تنظم الوميض الظلي أو انعكاس شفرات توربينات الرياح أثناء تشغيلها. ومع ذلك، وضعت عدة دول، مثل المملكة المتحدة وألمانيا وأستراليا، إرشادات حول التأثيرات المحتملة للوميض الظلي، تتماشى مع إرشادات مجموعة البنك الدولي. وتشمل هذه الإرشادات:

- إرشادات مجموعة البنك الدولي البيئية والصحية والسلامة الخاصة بطاقة الرياح.
- إرشادات تحديد وتقييم الانبعاثات البصرية من توربينات الرياح في ألمانيا، (إرشادات الظل لتوربينات الرياح) - المعيار الألماني لتقييم الانبعاثات البصرية من توربينات الرياح". والصادرة بتاريخ 13 مارس 2002.
- إرشادات ممارسات التخطيط للطاقة المتجددة ومنخفضة الكربون لعام 2013 في المملكة المتحدة.
- كود الدولة 23 الخاص بتطوير مزارع الرياح، الصادر عن وزارة التنمية الحكومية والبنية التحتية والحكومة المحلية والتخطيط في أستراليا.

وفقًا للإرشادات الألمانية، يتم تحديد تأثير الوميض الظلي بناءً على عاملين أساسيين:

- يجب أن تكون زاوية الشمس فوق الأفق لا تقل عن 3 درجات.
- يجب أن تغطي شفرة التوربين الرياح ما لا يقل عن 20% من قرص الشمس.
- وفقًا لهذه الإرشادات، يتم تحديد الحدود القصوى لتأثير الوميض الظلي على المناطق المجاورة لمزارع الرياح كما يلي:
- حد أقصى يبلغ 30 ساعة سنويًا من الظل الفلكي الأقصى (أسوأ سيناريو محتمل).
- حد أقصى يبلغ 30 دقيقة يوميًا من الظل الفلكي الأقصى (أسوأ سيناريو محتمل).

إذا تجاوز تأثير الوميض الظلي هذه الحدود، ينبغي تنفيذ تدابير تخفيفية، مثل استراتيجيات الحد من التشغيل، والتي تهدف إلى منع حدوث الوميض الظلي، على سبيل المثال إيقاف تشغيل بعض التوربينات خلال الفترات والظروف التي قد يحدث فيها الوميض الظلي.

يؤخذ تأثير الوميض الظلي في الاعتبار فقط للمساكن، وأماكن العمل، ومرافق / مساحات التعلم و / أو الرعاية الصحية التي تحتوي على نافذة واحدة أو أكثر / فتحات تواجه اتجاه توربينات الرياح / مزرعة الرياح المعنية، أو التي تقع على مقربة منها. ولا تؤخذ المناطق غير المستخدمة لإشغال البشر في هذا التقييم (مثل المرائب ومساحات التخزين).

¹ مجموعة البنك الدولي، "الإرشادات البيئية والصحية والسلامة لطاقة الرياح"، 2015.

² إرشادات تحديد وتقييم الانبعاثات البصرية من توربينات الرياح"، 2002.

³ وزارة المجتمعات والحكم المحلي البريطانية، "إرشادات الممارسات التخطيطية للطاقة المتجددة ومنخفضة الكربون"، لندن، 2013.

⁴ وزارة التنمية الحكومية والبنية التحتية والحكم المحلي الأسترالية، "إرشادات التخطيط: الكود الحكومي رقم 23 - تطوير مزارع الرياح"، بريزبين، 2022.

4. نمذجة وحساب الوميض الظلي

4.1 نموذج الوميض الظلي

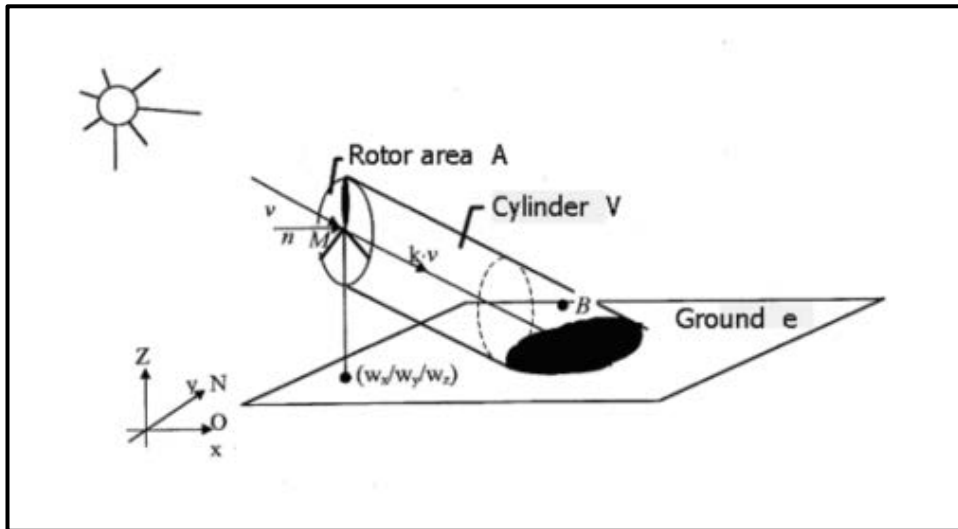
تم نمذجة الوميض الظلي للمشروع باستخدام برنامج ويند برو إصدار 3.6، والذي يُعتبر برنامجًا معياريًا في الصناعة لحسابات توربينات الرياح. يقوم البرنامج بمحاكاة حركة الشمس على مدار العام وتقييم الوميض الظلي المحتمل في موقع معين (المساكن المحلية)، استنادًا إلى مواقع مولدات توربينات الرياح والبيئة المحيطة بها.

يوفر البرنامج تقديرًا متحفظًا لعدد الساعات السنوية التي يمكن أن تُلقى فيها الظلال بسبب دوران شفرات التوربينات.

4.2 منهجية حساب الوميض الظلي

تم في هذه الدراسة تطبيق المبادئ التوجيهية الألمانية² التي تتضمن منهجية لحساب الوميض الظلي، تأخذ في الاعتبار العوامل التالية:

- موقع توربينات الرياح - إحداثيات x, y, z ؛
 - ارتفاع المحور وقطر الدوار؛
 - موقع الجسم المتأثر بالظل - إحداثيات x, y, z ؛
 - حجم النافذة واتجاهها، سواء الاتجاهي (بالنسبة للجنوب) أو زاوية الميل (زاوية المستوى الأفقي)؛
 - الموقع الجغرافي (خط العرض وخط الطول)؛
 - معلومات المنطقة الزمنية والتوقيت الصيفي؛
 - نموذج محاكاة يتضمن بيانات حول مدار الأرض ودورانها بالنسبة إلى الشمس.
- يُوضح الشكل 7 مثالًا استشرافيًا لحساب الوميض الظلي.



الشكل 7: التنبؤ بحساب الوميض الظلي

يتم نمذجة الشمس كمصدر ضوئي نقطي واحد، في حين أن الشمس في الواقع ليست مصدرًا نقطيًا وإنما هي كرة. وبسبب الشكل الكروي للشمس، توجد مناطق ظل حيث يتم حجب أشعة الشمس أو جزء منها بواسطة الأجسام. يفترض النموذج أيضًا وجود سماء صافية بنسبة 100% طوال العام (وهو ما لا يحدث في الواقع). لذلك، ينتج النموذج سيناريو الحالة الأسوأ، بما يتماشى مع منهجية التقييم التحفظية. يعتمد نموذج الحساب المستخدم في برنامج ويندبرو على المعايير الموضحة في الجدول 3 أدناه لتحديد زاوية انتشار الظل خلف قرص الدوار.

الجدول 3: معايير زاوية انتشار الظل

قطر الشمس (د)	1,390,000 كم
المسافة إلى الشمس (د)	150,000,000 كم
زاوية الهجوم	0.531 درجة

4.3 الفرضيات والإعدادات لحسابات الظل

تم استخدام الفرضيات والإعدادات التالية في حسابات برنامج ويند برو:

- يتم إجراء الحسابات فقط عندما يتم حجب أكثر من 20% من الشمس بواسطة شفرة التوربين.
- الحد الأدنى لارتفاع الشمس فوق الأفق المؤثر: 3°
- خطوة الحساب اليومية: يوم واحد.
- خطوة الحساب الزمنية: دقيقة واحدة.
- يتم إجراء حساب (مناطق التأثير البصري) قبل حساب الوميض، بحيث لا تساهم التوربينات غير المرئية في القيم المحسوبة للوميض.

⁵ الشركة الأوروبية الدولية ايه/اس، دليل مستخدم برنامج ويند برو 3.1، 2016.

- سيكون مولد توربينات الرياح مرئيًا إذا كان يمكن رؤيته من أي جزء من نافذة المستقبل.
- يتم تصميم المستقبلات الحساسة باستخدام وضع البيت الزجاجي، مما يعني أن كل مستقبل حساس يكون مواجهًا لجميع الاتجاهات مع رؤية بزاوية 360 درجة.
- تم نمذجة جميع المستقبلات الحساسة وفقًا للاعتبارات التالية:
- تُعتبر مباني مكونة من طابق واحد، وبالتالي يتم حساب تأثير الظل المتقطع على ارتفاع 1 متر فوق مستوى سطح الأرض (أي ما يعادل نوافذ الطابق الأول).
- ارتفاع النافذة: 1 متر.
- عرض النافذة: 1 متر.
- ميل النافذة: 90 درجة.
- يتم محاكاة المستقبلات المحددة كنقاط ثابتة مع إمكانية الرؤية بزاوية 360 درجة، وهو سيناريو غير واقعي، حيث إن النوافذ الحقيقية تكون موجهة في اتجاه محدد فقط.

■ حساب مناطق التأثير البصري يعتمد على الافتراضات التالية:

- استخدام منحنيات الارتفاع في الحسابات.
- ارتفاع مستوى الرؤية 1.5 متر.
- دقة الشبكة 10.0 متر.

تم تحديد أوقات التأثير وفقًا "لأسوأ السيناريوهات" بناءً على الافتراضات التالية:

- الشمس تشرق وتسطع بشكل مستمر طوال النهار، من الشروق حتى الغروب.
- مستوى دوران شفرات التوربين يكون دائمًا عموديًا على الخط الواصل بين التوربين الشمسي والشمس.
- جميع مولدات توربينات الرياح تعمل دون انقطاع.

5. نتائج خريطة شبكة الظل المتقطع

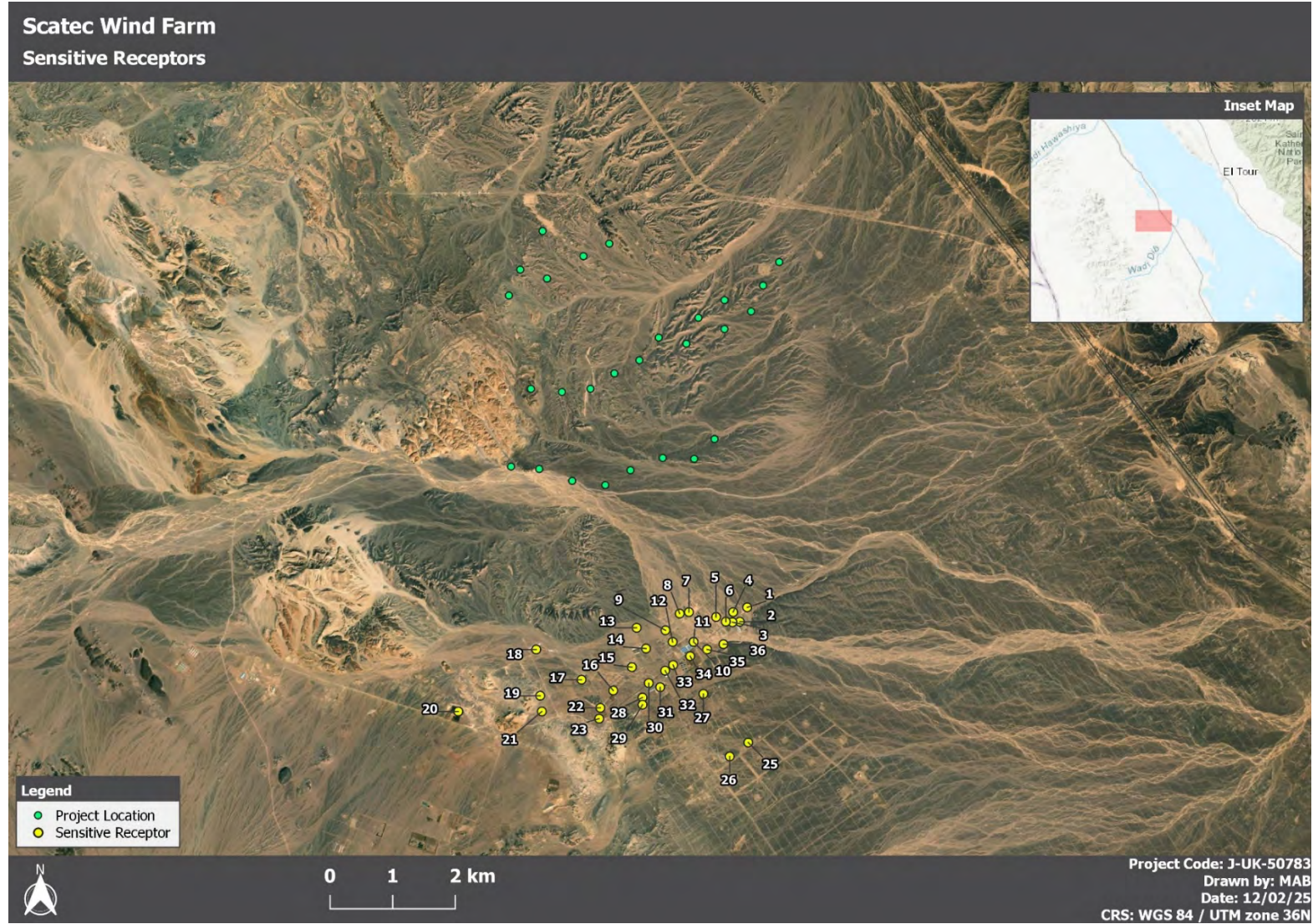
تمثل النتائج المعروضة في هذه الحسابات أسوأ سيناريو ممكن للظل المتقطع، وذلك لأن المعايير الحسابية تعتمد فقط على التنبؤ بالسيناريوهات القصوى، والتي تمثل الظروف المثلى لحدوث الظل المتقطع. يتم تحديد تأثير الظل المتقطع بناءً على حالة تشغيل التوربين، وموقع الدوار بين الشمس والمستقبل. في هذه الدراسة، تم افتراض أن جميع التوربينات في حالة تشغيل مستمر.

5.1 تحديد المستقبلات الحساسة في المناطق المحيطة

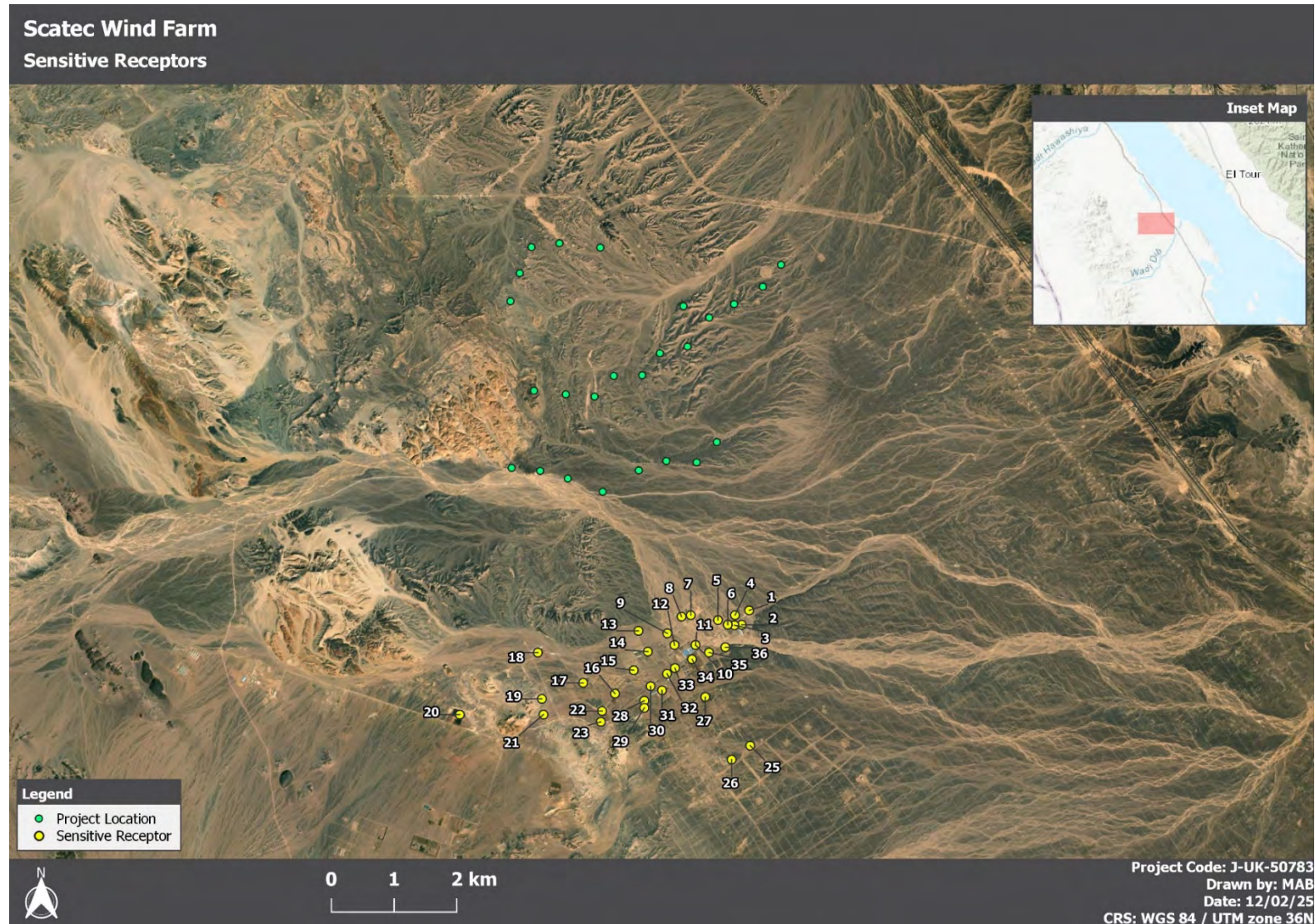
تم تحديد 35 مستقبلًا حساسًا في نطاق مزرعة رياح سكاتك. وتشمل هذه المستقبلات المباني السكنية، ولم يتم تحديد أي أنواع أخرى من المستقبلات الحساسة.

في نطاق مزرعة رياح سكاتك، تم تحديد المباني السكنية بالإضافة إلى أماكن العمل والمؤسسات التعليمية و/أو المرافق الصحية كجزء من المستقبلات الحساسة. يمكن العثور على القائمة الكاملة بالمستقبلات المحددة في الملحق B.

يوضح الشكل 8 توزيع المستقبلات الحساسة بالنسبة للتخطيط 1، بينما يوضح الشكل 9 توزيعها بالنسبة للتخطيط 2.



الشكل 8: مواقع المستقبلات الحساسة - التخطيط 1



الشكل 9: مواقع المستقبلات الحساسة - التخطيط 2

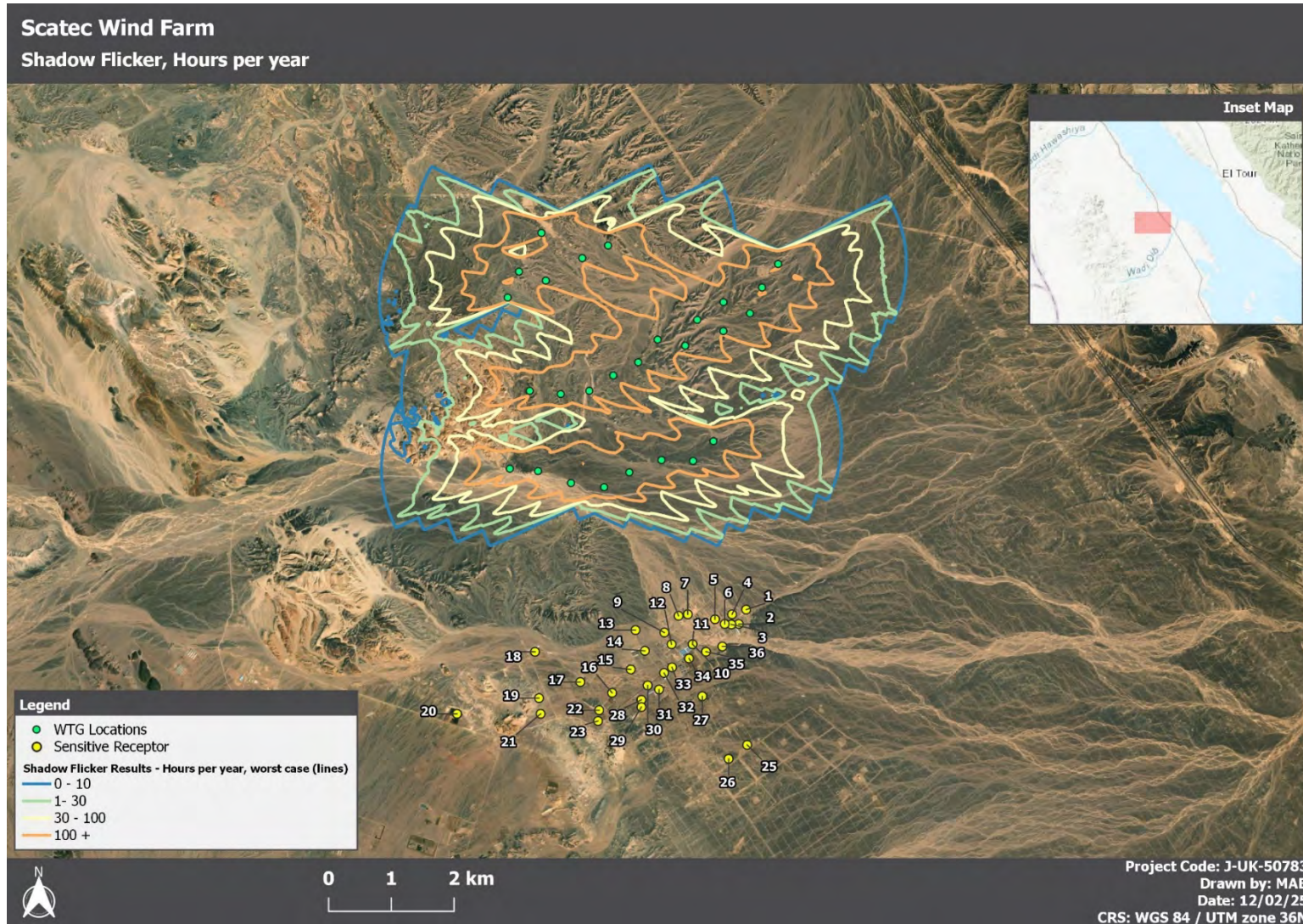
5.2 النتائج الخاصة بالوميض الظلي عند المستقبلات الحساسة

التخطيط 1:

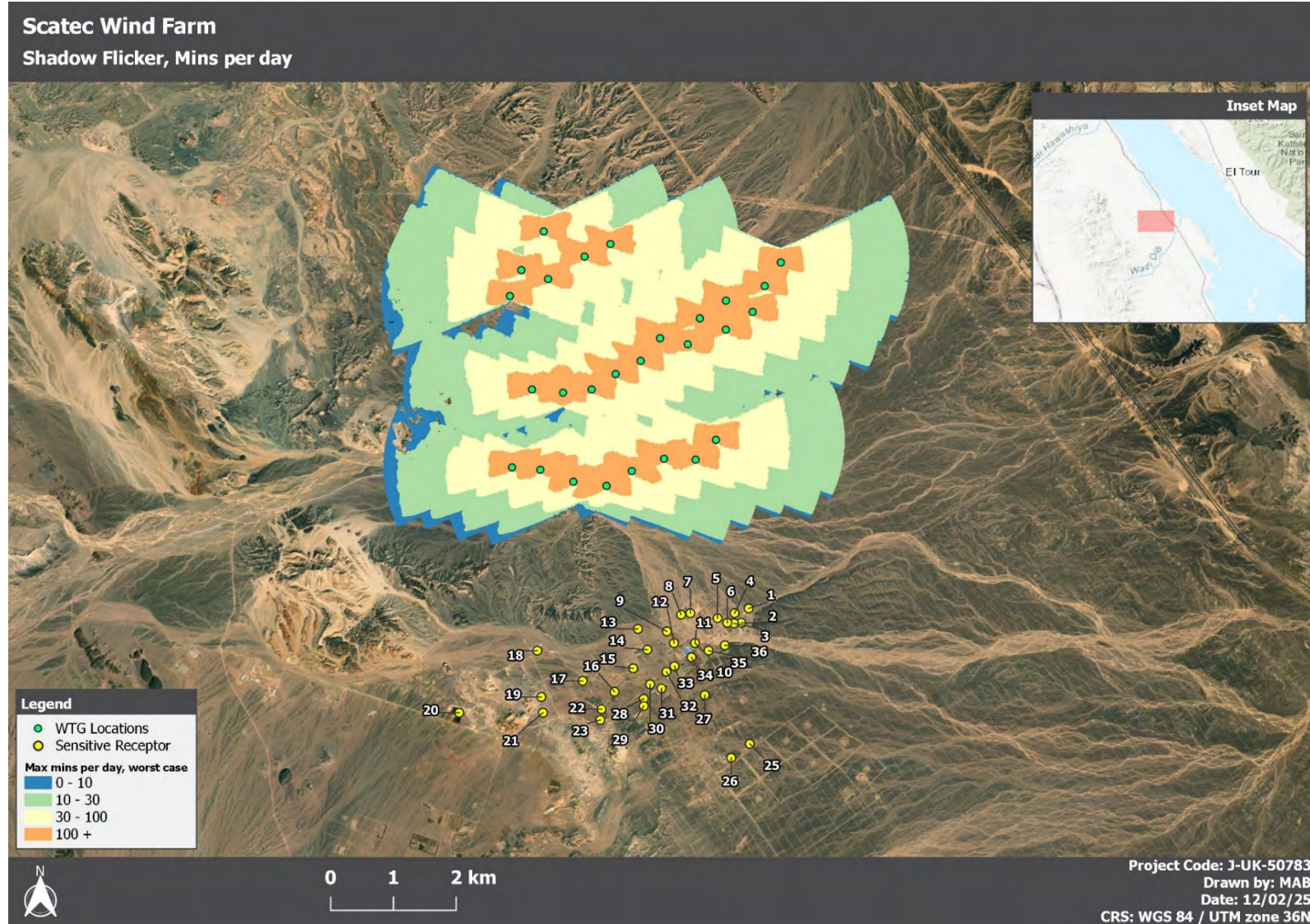
- يعرض الشكل 10 نتائج أسوأ الحالات لتقييم الوميض الظلي عند المستقبلات المحددة بوحدة الساعات الإجمالية في السنة.
- يعرض الشكل 11 نتائج أسوأ الحالات لتقييم الوميض الظلي عند المستقبلات المحددة بوحدة الحد الأقصى للدقائق في اليوم.

التخطيط 2:

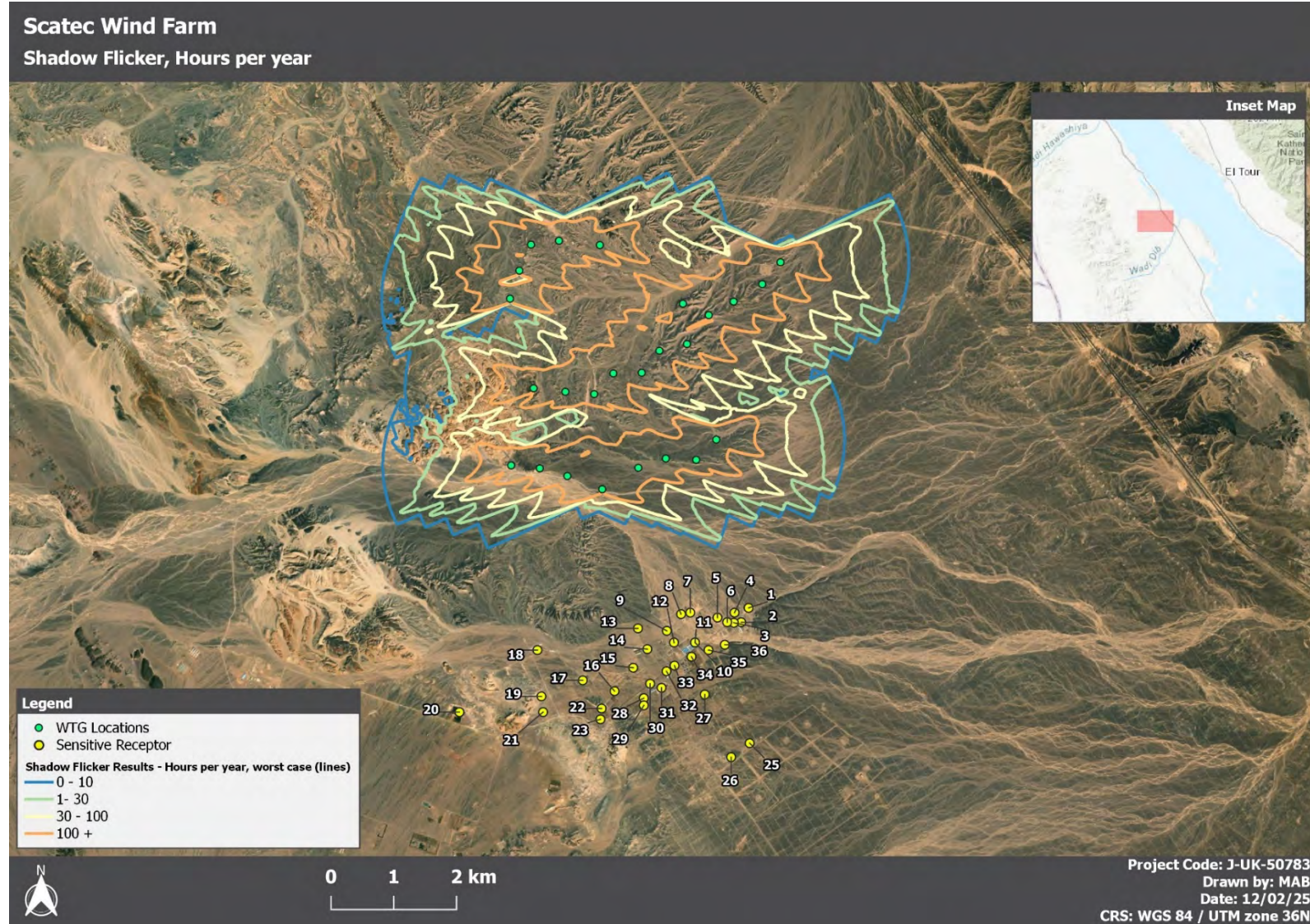
- يعرض الشكل 12 نتائج أسوأ الحالات لتقييم الوميض الظلي عند المستقبلات المحددة بوحدة الساعات الإجمالية في السنة.
- يعرض الشكل 13 نتائج أسوأ الحالات لتقييم الوميض الظلي عند المستقبلات المحددة بوحدة الحد الأقصى للدقائق في اليوم.



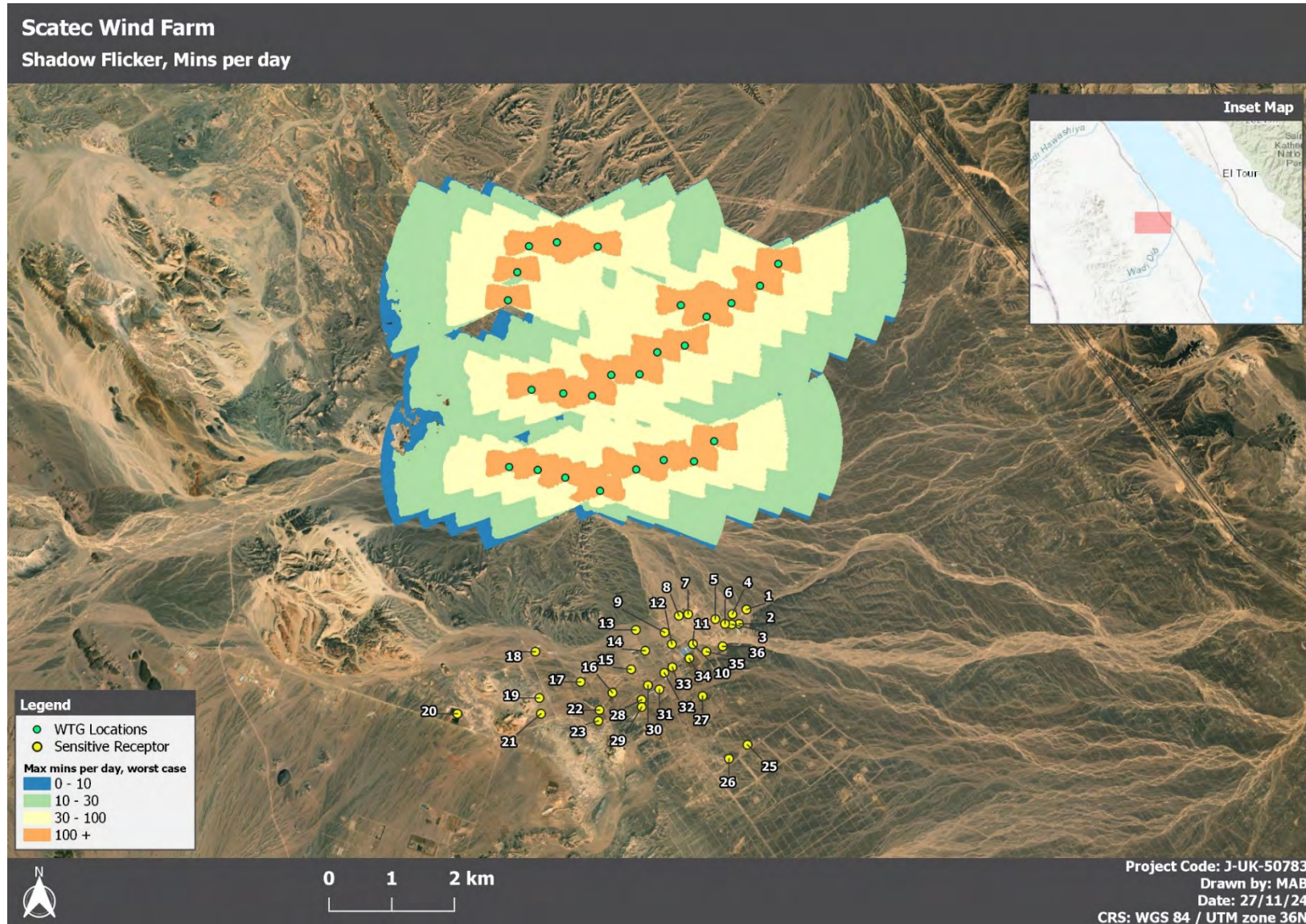
الشكل 10: خريطة الوميض الظلي لسيناريو أسوأ الحالات (بالساعات سنوياً) - التخطيط 1



الشكل 11: خريطة الوميض الظلي لسيناريو أسوأ الحالات (بالدقائق يوميًا) - التخطيط 1



الشكل 12: خريطة الوميض الظلي لسيناريو أسوأ الحالات (بالساعات سنوياً) - التخطيط 2



الشكل 13: خريطة الوميض الظلي لسيناريو أسوأ الحالات (بالدقائق يوميًا) - التخطيط 2

6. نتائج الوميض الظلي وتقييم التأثير

6.1 تقييم تأثير الوميض الظلي

تم حساب الحد الأقصى لمدة الوميض الظلي الممكنة عند أقرب المساكن التي يقطنها سكان بشكل دائم (المستقبلات الحساسة) ومقارنتها بالحدود التي وضعتها معايير المشروع للوميض الظلي وفقاً للمعايير التالية:

- يجب ألا يتجاوز التعرض التراكمي للمستقبلات الحساسة إجمالي 30 ساعة سنوياً.
- يجب ألا تتجاوز مدة التعرض للمستقبلات الحساسة 30 دقيقة يومياً.

يتم تقديم المقارنة للحدود المذكورة أعلاه في جداول التقييم التالية:

- الجدول 4: تأثيرات الوميض الظلي من حيث الساعات سنوياً للتخطيط 1.
- الجدول 5: تأثيرات الوميض الظلي من حيث الدقائق يومياً للتخطيط 1.
- الجدول 6: تأثيرات الوميض الظلي من حيث الساعات سنوياً للتخطيط 2.
- الجدول 7: تأثيرات الوميض الظلي من حيث الدقائق يومياً للتخطيط 2.

كما هو موضح في الجدول أدناه، لم يتأثر أي من المستقبلات بالوميض الظلي. في الواقع، تقع قرية وادي دارا بأكملها خارج حدود الوميض الظلي الصادر عن التوربينات.

الجدول 1: تقييم ووميض الظلي وفقاً لحد "الساعات سنوياً" للتخطيط 1

المستقبل	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى – ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR1	523397	3096856	00:00	30	لا
SR2	523279	3096627	00:00	30	لا
SR3	523162	3096619	00:00	30	لا
SR4	523172	3096781	00:00	30	لا
SR5	522900	3096702	00:00	30	لا
SR6	523055	3096628	00:00	30	لا
SR7	522467	3096781	00:00	30	لا
SR8	522320	3096757	00:00	30	لا
SR9	522093	3096490	00:00	30	لا
SR10	522542	3096304	00:00	30	لا
SR11	522542	3096304	00:00	30	لا
SR12	522207	3096304	00:00	30	لا
SR13	521633	3096530	00:00	30	لا
SR14	521782	3096199	00:00	30	لا
SR15	521557	3095902	00:00	30	لا
SR16	521259	3095529	00:00	30	لا
SR17	520753	3095702	00:00	30	لا

المستقبل	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR18	520030	3096184	00:00	30	لا
SR19	520094	3095446	00:00	30	لا
SR20	518786	3095195	00:00	30	لا
SR21	520120	3095195	00:00	30	لا
SR22	521054	3095253	00:00	30	لا
SR23	521035	3095080	00:00	30	لا
SR25	523414	3094699	00:00	30	لا
SR26	523118	3094477	00:00	30	لا
SR27	522698	3095475	00:00	30	لا
SR28	521726	3095417	00:00	30	لا
SR29	521727	3095302	00:00	30	لا
SR30	521827	3095647	00:00	30	لا
SR31	522008	3095582	00:00	30	لا
SR32	522088	3095846	00:00	30	لا
SR33	522215	3095936	00:00	30	لا
SR34	522487	3096077	00:00	30	لا
SR35	522757	3096184	00:00	30	لا

الجدول 2: تقييم وميض الظل لقيود "الدقائق في اليوم" للتخطيط 1

المستقبل	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR1	523397	3096856	00:00	30	لا
SR2	523279	3096627	00:00	30	لا
SR3	523162	3096619	00:00	30	لا
SR4	523172	3096781	00:00	30	لا
SR5	522900	3096702	00:00	30	لا
SR6	523055	3096628	00:00	30	لا
SR7	522467	3096781	00:00	30	لا
SR8	522320	3096757	00:00	30	لا
SR9	522093	3096490	00:00	30	لا
SR10	522542	3096304	00:00	30	لا
SR11	522542	3096304	00:00	30	لا
SR12	522207	3096304	00:00	30	لا
SR13	521633	3096530	00:00	30	لا

المستقبل الحساس	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR14	521782	3096199	00:00	30	لا
SR15	521557	3095902	00:00	30	لا
SR16	521259	3095529	00:00	30	لا
SR17	520753	3095702	00:00	30	لا
SR18	520030	3096184	00:00	30	لا
SR19	520094	3095446	00:00	30	لا
SR20	518786	3095195	00:00	30	لا
SR21	520120	3095195	00:00	30	لا
SR22	521054	3095253	00:00	30	لا
SR23	521035	3095080	00:00	30	لا
SR25	523414	3094699	00:00	30	لا
SR26	523118	3094477	00:00	30	لا
SR27	522698	3095475	00:00	30	لا
SR28	521726	3095417	00:00	30	لا
SR29	521727	3095302	00:00	30	لا
SR30	521827	3095647	00:00	30	لا
SR31	522008	3095582	00:00	30	لا
SR32	522088	3095846	00:00	30	لا
SR33	522215	3095936	00:00	30	لا
SR34	522487	3096077	00:00	30	لا
SR35	522757	3096184	00:00	30	لا
SR36	523017	3096269	00:00	30	لا

الجدول 6: تقييم وميض الظلي وفقاً لحد "الساعات سنوياً" للتخطيط 2

المستقبل الحساس	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR1	523397	3096856	00:00	30	لا
SR2	523279	3096627	00:00	30	لا
SR3	523162	3096619	00:00	30	لا
SR4	523172	3096781	00:00	30	لا
SR5	522900	3096702	00:00	30	لا
SR6	523055	3096628	00:00	30	لا
SR7	522467	3096781	00:00	30	لا
SR8	522320	3096757	00:00	30	لا

المستقبل الحساس	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR9	522093	3096490	00:00	30	لا
SR10	522542	3096304	00:00	30	لا
SR11	522542	3096304	00:00	30	لا
SR12	522207	3096304	00:00	30	لا
SR13	521633	3096530	00:00	30	لا
SR14	521782	3096199	00:00	30	لا
SR15	521557	3095902	00:00	30	لا
SR16	521259	3095529	00:00	30	لا
SR17	520753	3095702	00:00	30	لا
SR18	520030	3096184	00:00	30	لا
SR19	520094	3095446	00:00	30	لا
SR20	518786	3095195	00:00	30	لا
SR21	520120	3095195	00:00	30	لا
SR22	521054	3095253	00:00	30	لا
SR23	521035	3095080	00:00	30	لا
SR25	523414	3094699	00:00	30	لا
SR26	523118	3094477	00:00	30	لا
SR27	522698	3095475	00:00	30	لا
SR28	521726	3095417	00:00	30	لا
SR29	521727	3095302	00:00	30	لا
SR30	521827	3095647	00:00	30	لا
SR31	522008	3095582	00:00	30	لا
SR32	522088	3095846	00:00	30	لا
SR33	522215	3095936	00:00	30	لا
SR34	522487	3096077	00:00	30	لا
SR35	522757	3096184	00:00	30	لا
SR36	523017	3096269	00:00	30	لا

الجدول 7: تقييم الوميض الظلي وفقاً لحد "الدقائق يومياً" للتخطيط 2

المستقبل الحساس	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنوياً]	الحد الأقصى - ساعات سنوياً	تجاوز حد الوميض الظلي
SR1	523397	3096856	00:00	30	لا
SR2	523279	3096627	00:00	30	لا
SR3	523162	3096619	00:00	30	لا
SR4	523172	3096781	00:00	30	لا

المستقبل الحساس	الإحداثيات الشرقية	الإحداثيات الشمالية	الحد الأقصى الفلكي المحتمل للوميض الظلي [ساعات: دقائق سنويًا]	الحد الأقصى - ساعات سنويًا	تجاوز حد الوميض الظلي
SR5	522900	3096702	00:00	30	لا
SR6	523055	3096628	00:00	30	لا
SR7	522467	3096781	00:00	30	لا
SR8	522320	3096757	00:00	30	لا
SR9	522093	3096490	00:00	30	لا
SR10	522542	3096304	00:00	30	لا
SR11	522542	3096304	00:00	30	لا
SR12	522207	3096304	00:00	30	لا
SR13	521633	3096530	00:00	30	لا
SR14	521782	3096199	00:00	30	لا
SR15	521557	3095902	00:00	30	لا
SR16	521259	3095529	00:00	30	لا
SR17	520753	3095702	00:00	30	لا
SR18	520030	3096184	00:00	30	لا
SR19	520094	3095446	00:00	30	لا
SR20	518786	3095195	00:00	30	لا
SR21	520120	3095195	00:00	30	لا
SR22	521054	3095253	00:00	30	لا
SR23	521035	3095080	00:00	30	لا
SR25	523414	3094699	00:00	30	لا
SR26	523118	3094477	00:00	30	لا
SR27	522698	3095475	00:00	30	لا
SR28	521726	3095417	00:00	30	لا
SR29	521727	3095302	00:00	30	لا
SR30	521827	3095647	00:00	30	لا
SR31	522008	3095582	00:00	30	لا
SR32	522088	3095846	00:00	30	لا
SR33	522215	3095936	00:00	30	لا
SR34	522487	3096077	00:00	30	لا
SR35	522757	3096184	00:00	30	لا
SR36	523017	3096269	00:00	30	لا

6.2 ملخص تجاوزات الوميض الظلي

لم يتم تجاوز الحدود المحددة في معيار المشروع لـ "الساعات سنويًا" و "الدقائق يوميًا" عند أي من المستقبلات الحساسة فيما يتعلق بأي من مخططي تطوير مولدات توربينات الرياح المقترحين ضمن المنطقة المحيطة.

7. تقييم الأثر التراكمي

7.1 تقييم الأثر التراكمي

تم أخذ تأثيرات الوميض الظلي التراكمية من التخطيطات المقترحة لمزرعة رياح سكاتك ومزرعة رياح السويس المجاورة في الاعتبار. يشير تأثير الوميض الظلي التراكمي إلى تأثير الوميض الظلي المشترك من مزارع رياح متعددة على المستقبلات الحساسة المحددة. يمكن دمج تأثير الوميض الظلي من توربينة رياح واحدة أو عدة توربينات في مزرعة رياح واحدة مع تأثير الوميض الظلي الإضافي من توربينة رياح واحدة أو عدة توربينات في مزرعة رياح أخرى، وبالتالي زيادة إجمالي التعرض للوميض الظلي في مستقبل حساس معين.

تضم مزرعة رياح السويس عدد 69 توربينة رياح، كل منها بقدرة اسمية تبلغ 8 ميجاواط. يوضح الجدول 8 المواصفات الأساسية لتوربين الرياح: Envision EN171-8.0 MW

الجدول 8: مواصفات توربينة الرياح Envision EN171-8.0 ميجاواط

الشركة المصنعة	Envision
نوع الطراز	توربين رياح Envision EN171-8.0
القدرة الاسمية	8000 كيلوواط
قطر الدوار	171 متر
ارتفاع المحور	100 متر

7.2 نتائج التأثير التراكمي

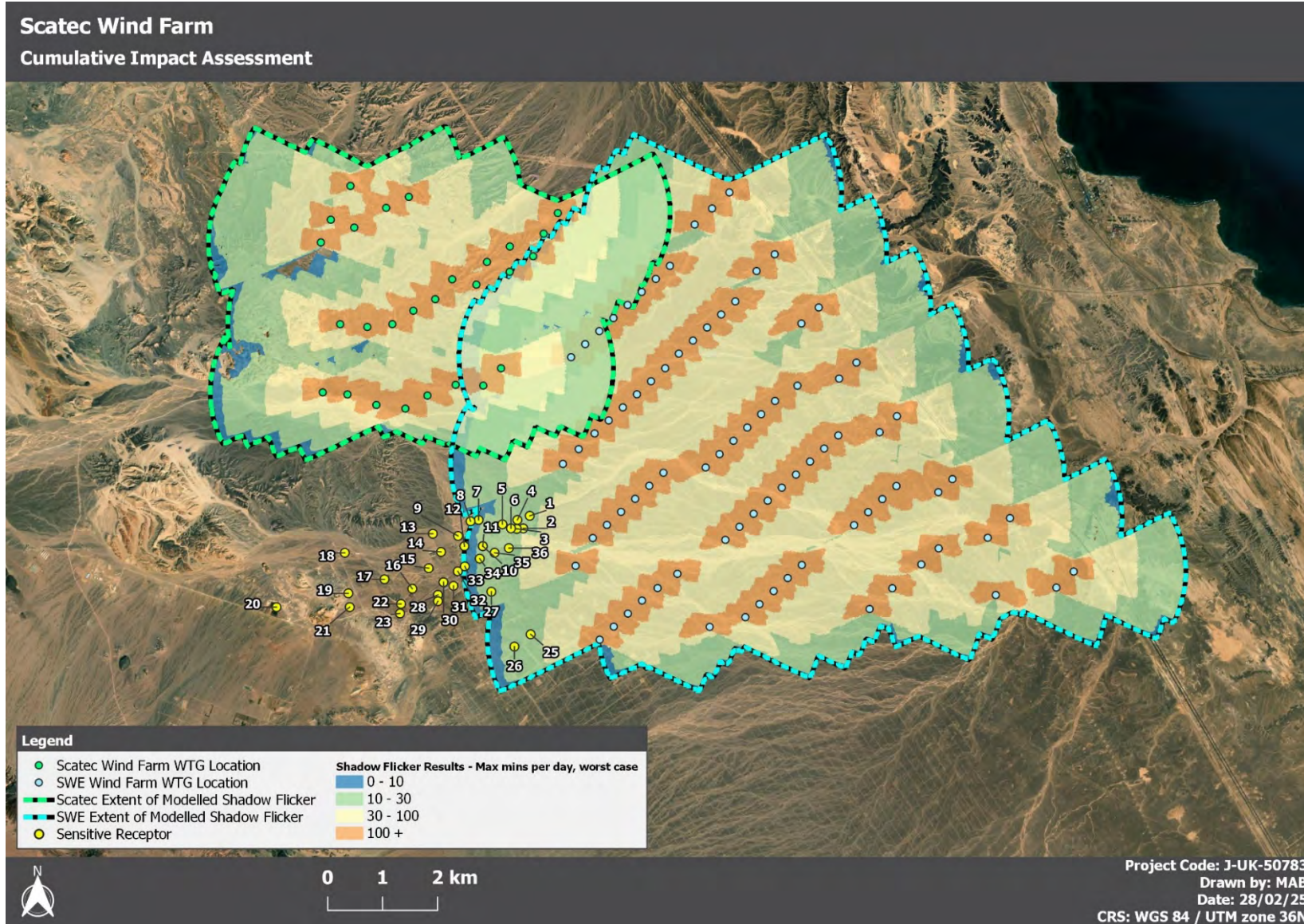
يوضح الشكل 14 والشكل 15 الحد الأقصى لامتداد تأثير الوميض الظلي من التخطيط 1 لمزرعة رياح سكاتك ومزرعة رياح السويس. يتبين أن تأثيرات الوميض الظلي بين المزرعتين لا تتداخل عند أي من المستقبلات المحددة.

كما يوضح الشكل 16 والشكل 17 الحد الأقصى لامتداد تأثير الوميض الظلي من التخطيط 2 لمزرعة رياح سكاتك ومزرعة رياح السويس. ويتضح أيضًا أن تأثيرات الوميض الظلي بين المزرعتين لا تتداخل عند أي من المستقبلات المحددة.

وبناءً على ذلك، يمكن الاستنتاج بأنه لا توجد حاجة لاتخاذ أي إجراءات إضافية فيما يتعلق بتأثير الوميض الظلي التراكمي.



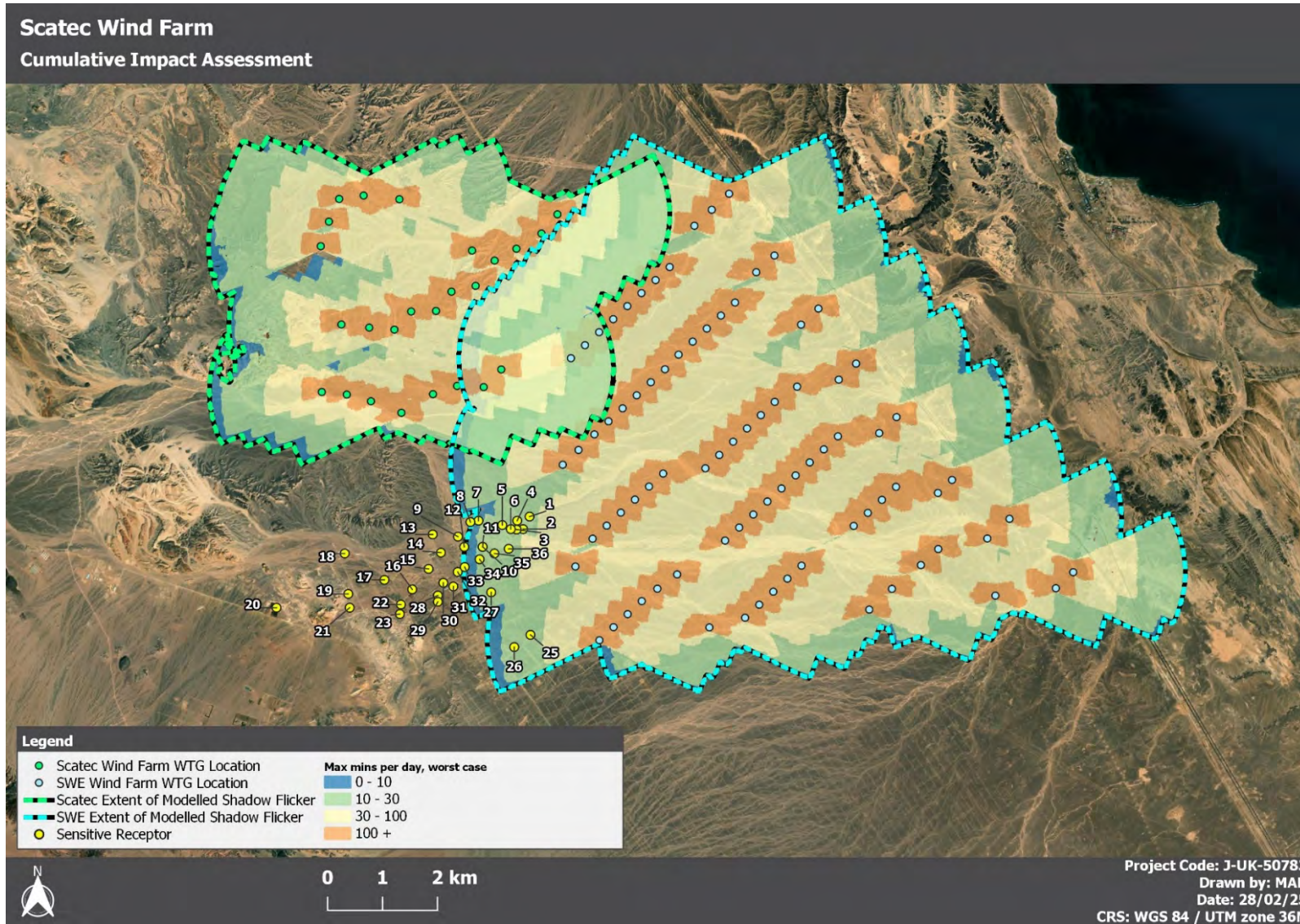
الشكل 14: تقييم التأثير التراكمي لسيناريو أسوأ الحالات (بالساعات سنوياً) - التخطيط 1



الشكل 15: تقييم التأثير التراكمي لسيناريو أسوأ الحالات (بالدقائق يومياً) - التخطيط 1



الشكل 16: تقييم التأثير التراكمي لسيناريو أسوأ الحالات (بالساعات سنوياً) - التخطيط 2



الشكل 17: تقييم التأثير التراكمي لسيناريو أسوأ الحالات (بالدقائق يومياً) - التخطيط 2

8. الاستنتاجات والتوصيات

تم إجراء تقييم للوميض الظلي لمشروع مزرعة رياح سكاتك وفقًا لمعايير التقييم المنصوص عليها في الإرشادات الألمانية الخاصة بالوميض الظلي. تم استخدام برنامج ويند برو 3.6، وهو برنامج قياسي في الصناعة، للتنبؤ بأسوأ السيناريوهات الممكنة.

أظهرت نتائج الحسابات التنبؤية أنه في ظل أسوأ الظروف لكل من التخطيط 1 والتخطيط 2 لمزرعة رياح سكاتك، لم يتجاوز الوميض الظلي الحد الأقصى الموصى به وهو 30 يومًا سنويًا و/أو 30 دقيقة يوميًا عند أي من المستقبلات الحساسة المحددة.

وبناءً على ما سبق، لا تُعتبر هناك حاجة إلى اتخاذ تدابير لتقليل التشغيل لأي من التخطيطين المقترحين.

التوصيات الخاصة بالتخفيف من التأثيرات لكلا التخطيطين المقترحين:

- إنشاء آلية لتقديم الشكاوى لمتابعة أي تظلمات متعلقة بالوميض الظلي.

في حال تجاوز القيم الحدية المنصوص عليها في معايير المشروع بسبب تشغيل المشروع، يجب اتخاذ تدابير تخفيفية يتم الاتفاق عليها مع مقدم الشكاوى، مثل: (تحسين شروط تقليل التشغيل عند المستقبل المتأثر، وتقييد ساعات تشغيل بعض توربينات الرياح خلال ساعات أو تواريخ أو مواسم معينة) يتم تحديدها بالتشاور مع صاحب الشكاوى.

الملحق أ – إحدائيات توربينات الرياح لمزرعة سكاتك

الجدول 8: إحدائيات توربينات الرياح لمزرعة سكاتك – التخطيط 1

الإحدائيات الشمالية	الإحدائيات الشرقية	توربينة الرياح
3101832.3	519593.3	A01
3102245.4	519774.8	A02
3102103	520202.1	A03
3102861	520132.4	A04
3102460.4	520782.7	A05
3102661.1	521195.5	A06
3100343.6	519945.2	B07
3100292.9	520439.6	B08
3100344.3	520895.6	B09
3100589.5	521277.5	B10
3100799.3	521676.5	B11
3101160.8	521985.1	B12
3101063.6	522425.8	B13
3101477	522618	B14
3101297.6	523033	B15
3101758.6	523034.7	B16
3101579.9	523458.7	B17
3101991.4	523650.9	B18
3102366.7	523908.1	B19
3099103.1	519628.4	C20
3099065.4	520077.7	C21

3098874.7	520604.3	C22
3098807.8	521132	C23
3099044.6	521534.1	C24
3099240.4	522048.1	C25
3099226.4	522550.8	C26
3099541.6	522874.9	C27

الجدول 9: إحداثيات توربينات الرياح لمزرعة سكاتك - التخطيط 2

الإحداثيات الشمالية	الإحداثيات الشرقية	توربينة الرياح
3101785.8	519593.1	A01
3102233.7	519741.4	A02
3102647.5	519927.8	A03
3102709.6	520373.7	A04
3102640.9	521025.1	A05
3100358.5	519968.8	A06
3100301.3	520475.1	B07
3100265	520934.2	B08
3100595.1	521240	B09
3100605.4	521692.4	B10
3100956.4	521974.3	B11
3101063.1	522414	B12
3101706.8	522350.2	B13
3101523.5	522761.1	B14
3101739.8	523157.8	B15
3102017.2	523614	B16
3102366.4	523905.2	B17
3099127.8	519611.5	C18
3099081	520066.9	C19
3098958.4	520506.9	C20
3098748.4	521062.5	C21
3099088.8	521637.9	C22
3099238.1	522077	C23
3099216.9	522561.1	C24
3099538.9	522881.4	C25

الملحق ب – تحديد المستقبلات الحساسة

الجدول 10: مواقع المستقبلات الحساسة لتقييم تأثير الوميض الظلي

إحداثيات المستقبلات الحساسة		المعرف
الإحداثيات الشمالية	الإحداثيات الشرقية	
3096856	523397	SR1
3096627	523279	SR2
3096619	523162	SR3
3096781	523172	SR4
3096702	522900	SR5
3096628	523055	SR6
3096781	522467	SR7
3096757	522320	SR8
3096490	522093	SR9
3096304	522542	SR10
3096304	522542	SR11
3096304	522207	SR12
3096530	521633	SR13
3096199	521782	SR14
3095902	521557	SR15
3095529	521259	SR16
3095702	520753	SR17
3096184	520030	SR18
3095446	520094	SR19
3095195	518786	SR20
3095195	520120	SR21
3095253	521054	SR22
3095080	521035	SR23
3094699	523414	SR25
3094477	523118	SR26
3095475	522698	SR27
3095417	521726	SR28
3095302	521727	SR29
3095647	521827	SR30
3095582	522008	SR31
3095846	522088	SR32
3095936	522215	SR33
3096077	522487	SR34
3096184	522757	SR35
3096269	523017	SR36

[لم يتم تضمين المستقبل الحساس رقم 24 (SR24) لأن المبنى لم يكن مأهولاً.]

جدول المحتويات

جدول المحتويات	Error! Bookmark not defined.....
قائمة الجداول	35.....
قائمة الأشكال	35.....
الاختصارات	Error! Bookmark not defined.
1. المقدمة	Error! Bookmark not defined.....
1.1 المقدمة	Error! Bookmark not defined.....
1.2 الأهداف	Error! Bookmark not defined.....
1.3 بيانات الإدخال	Error! Bookmark not defined.....
2. تفاصيل المشروع	Error! Bookmark not defined.....
2.1 خلفية المشروع	Error! Bookmark not defined.....
2.2 تخطيط موقع توربينات الرياح	Error! Bookmark not defined.....
3. تحديد وتحليل اللوائح والمعايير	Error! Bookmark not defined.....
3.1 الإطار التنظيمي لتأثيرات الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
4. نموذج وحساب الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
4.1 نموذج الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
4.2 منهجية حساب الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
4.3 الافتراضات والإعدادات لحسابات الظل	Error! Bookmark not defined.....
5. نتائج خريطة شبكة الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
5.1 تحديد المستقبلات الحساسة في المناطق المحيطة	Error! Bookmark not defined.....
5.2 نتائج الوميض الظلي عند المستقبلات الحساسة	Error! Bookmark not defined.....
6. نتائج الوميض الظلي وتقييم التأثير	Error! Bookmark not defined.....
6.1 تقييم تأثير الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
6.2 ملخص لتجاوزات الوميض الظلي	Error! Bookmark not defined.....
7. تقييم التأثير التراكمي	Error! Bookmark not defined.....
7.1 تقييم التأثير التراكمي	Error! Bookmark not defined.....
7.2 نتائج التأثير التراكمي	Error! Bookmark not defined.....
8. الاستنتاجات والتوصيات	Error! Bookmark not defined.....
الملحق أ - إحدائيات توربينات رياح سكاتك	Error! Bookmark not defined.....
الملحق ب - تحديد المستقبلات الحساسة	33

قائمة الجداول

الجدول 1: مواصفات توربينات الرياح Envision EN169.5-7.5 ميجاواط.....	7
الجدول 2: مواصفات توربينات الرياح Envision EN169.5-8.0 ميجاواط.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 3: معايير زاوية انتشار الظل.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 4: تقييم الوميض الظلي لحدود "ساعات في السنة" - التخطيط 1.....	21
الجدول 5: تقييم الوميض الظلي لحدود "دقائق في اليوم" - التخطيط 1.....	22
الجدول 6: تقييم الوميض الظلي لحدود "ساعات في السنة" - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 7: تقييم الوميض الظلي لحدود "دقائق في اليوم" - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 8: إحداثيات توربينات رياح سكاتك - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 9: إحداثيات توربينات رياح سكاتك - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الجدول 10: مواقع المستقبلات الحساسة لتقييم الوميض الظلي.....	33

قائمة الأشكال التوضيحية

الشكل 1: وصف مرئي للوميض الظلي.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 2: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق الإقليمي.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 3: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق المحلي - تخطيط سكاتك 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 4: منطقة مشروع مزرعة رياح سكاتك - السياق المحلي - تخطيط سكاتك 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 5: مواقع مواقع توربينات الرياح - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 6: مواقع مواقع توربينات الرياح - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 7: توقعات حساب الوميض الظلي.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 8: مواقع المستقبلات الحساسة - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 9: مواقع المستقبلات الحساسة - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 10: خريطة الوميض الظلي لسيناريو الحالة الأسوأ (ساعات سنوية) - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 11: خريطة الوميض الظلي لسيناريو الحالة الأسوأ (دقائق يومية) - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 12: خريطة الوميض الظلي لسيناريو الحالة الأسوأ (ساعات سنوية) - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 13: خريطة الوميض الظلي لسيناريو الحالة الأسوأ (دقائق يومية) - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 14: تقييم التأثير التراكمي - التخطيط 1.....	Error! Bookmark not defined.....
الشكل 15: تقييم التأثير التراكمي - التخطيط 2.....	Error! Bookmark not defined.....