



مصر الهيدروجين الأخضر  
S.A.E

# مزرعة رياح EGH بقدرة 200 ميجاوات في مصر

## تقييم أخطار تغير المناخ

مارس 2025

تم تقديمه إلى:



Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency  
المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة

مقدم من:



## تاريخ الوثيقة

التاريخ	الإصدار	صادر عن	وصف المراجعة	تمت مراجعته من قبل	تمت الموافقة عليه من قبل
	1.0		إصدار لمراجعة العميل	ماري محارب	
	2.0		نسخة منقحة	ماري محارب	
6 مارس 2025	3.0		نسخة منقحة	ماري محارب	

### إخلاء مسؤولية:

لا يجوز الاعتماد على هذا التقرير أو استخدامه في أي مشروع آخر دون إجراء فحص مستقل لملاءمته والحصول على موافقة خطية مسبقة من المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة (RCREEE). لا تتحمل EcoConServ و ECO Consult أي مسؤولية عن عواقب استخدام هذه الوثيقة لغرض غير الأغراض التي أعدت من أجلها.

هذا التقرير سريٌّ للمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة، ولا يتحمل الاستشاري أي مسؤولية مهما كانت تجاه أي طرف ثالث يُطلع على هذا التقرير، أو أي جزء منه. ويعتمد أي طرف على هذا التقرير على مسؤوليته الخاصة.

## 1. تقييم مخاطر تغير المناخ

### 1.1 الخلفية

يقع موقع المشروع في محافظة البحر الأحمر، ضمن نطاق مدينة رأس غارب، وتحت ولاية مجلس مدينة رأس غارب.

### 1.2 المنهجية

على مدار عمر المشروع، يُتوقع حدوث درجة معينة من التغير المناخي بسبب الانبعاثات التاريخية لغازات الاحتباس الحراري والاستجابة المتأخرة للنظام المناخي، مما قد يشكل مخاطر طويلة الأجل على المشروع.

لضمان استمرارية تشغيل المشروع وسلامته وأمنه وموثوقيته، من الضروري تحديد وفهم المخاطر ونقاط الضعف التي قد يواجهها نتيجة تطور الظروف المناخية. يُعد التخطيط الفعال والإدارة والتكيف مع التأثيرات المناخية المحددة، وحالات عدم اليقين، والمخاطر المحتملة، أمورًا حيوية لتعزيز القدرة على الصمود على المدى الطويل.

تم إجراء تقييم مخاطر تغير المناخ لضمان الامتثال لمبادئ الإكوادور الإصدار الرابع، وتحديدًا وفقًا لـ "المذكرة التوجيهية لتقييم مخاطر تغير المناخ" الصادرة عن مبادئ الإكوادور لعام 2020.

يبحث التقييم في المخاطر المناخية المادية ذات الصلة، والتي تُعرف بالمخاطر الناجمة عن تغير المناخ، سواء كانت حادة (ناجمة عن أحداث مفاجئة) أو مزمنة (تحولات طويلة الأجل في أنماط المناخ). تشمل المخاطر المناخية المادية الحادة زيادة حدة وتكرار موجات الجفاف والعواصف والفيضانات وموجات الحر وحرائق الغابات. أما المخاطر المناخية المادية المزمنة فتشمل ارتفاع مستوى سطح البحر وزيادة التدرجية في درجات الحرارة.

لن يتضمن التقييم تحليلًا لمخاطر "التحول" كما هو مذكور في المذكرة التوجيهية، حيث لا يُطلب هذا التحليل إلا للمشايخ التي تتجاوز انبعاثاتها المجمعة في النطاق الأول (الانبعاثات المباشرة من المصادر المملوكة أو التي تخضع لسيطرة المشروع) والنطاق الثاني (الانبعاثات غير المباشرة من استهلاك الكهرباء المشتراة) أكثر من 100,000 طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون سنويًا، وهو ما لا ينطبق على هذا المشروع. وتشمل هذه المخاطر العوامل المرتبطة بالسياسات والقوانين والتكنولوجيا والسمعة والتغيرات السوقية.

سيتم التحقيق في المخاطر المادية الرئيسية كجزء من تقييم مخاطر تغير المناخ، والتي ترتبط بتطوير المشروع وتشمل ما يلي:

#### 1. الظروف المناخية القاسية:

- الرياح
- ارتفاع درجات الحرارة وموجات الحر
- الجفاف
- ارتفاع مستوى سطح البحر
- الفيضانات المفاجئة

#### 2. المشكلات الصحية المرتبطة، مثل الأمراض المعدية

يقوم التقييم بتحليل الآثار السلبية المحتملة المرتبطة بالاحترار العالمي وتغير المناخ. وقد تم تحديد نطاق التقييم وفقًا للمذكرة التوجيهية لمبادئ الإكوادور بشأن تقييم مخاطر تغير المناخ. وبناءً على هذه التوجيهات، يتناول التقييم المخاطر المناخية "المادية" كما حددتها "فرقة العمل المعنية بالإفصاحات المالية المتعلقة بالمناخ". يحدد التقييم المخاطر المناخية القائمة والمتوقعة—سواء كانت مادية، أو مرتبطة بالتحول، أو كليهما—والتي قد تؤثر على المشروع خلال فترة العقد. كما يستعرض الاستراتيجيات والتدخلات والعمليات المصممة لإدارة هذه المخاطر بفعالية. حيث تشمل الخطوات الرئيسية في تقييم مخاطر تغير المناخ ما يلي:



### 1.3 نطاق التقييم

يتم تلخيص نطاق مكونات المشروع التي تم تقييمها حتى تاريخه في الجدول التالي:

المدة	الوصف	مكون المشروع
حوالي 24 شهرًا	تشمل هذه المعدات الحفارات، والرافعات، والجرافات، و ما إلى ذلك.	مرحلة البناء
	مرافق العمال، ومناطق التخزين، و ما إلى ذلك.	الألات الإنشائية
	سيتم استخدام محطة خلط خرسانة متنقلة / مؤقتة للخلط المركز للخرسانة المطلوبة لإنشاء بنية الموقع التحتية والتي تشمل، ولكن لا تقتصر على، الأساسات، والمباني، وغيرها.	المرافق المؤقتة
		محطة الخلط
وفقًا لاتفاقية شراء الطاقة، من المتوقع أن يكون المشروع قيد التشغيل لمدة 25 عامًا.	مرافق العمال، مناطق التخزين، وما إلى ذلك.	مرحلة التشغيل
	الأساس، البرج، الهيكل العلوي (ناسل)، شفرات الدوار، محور الدوار، التروس، المولد والمحولات	العمال
	سيتم ربط توربينات الرياح من خلال الكابلات ذات الجهد المتوسط (22 كيلو فولت أو 33 كيلو فولت) إلى محطة تحويل كهربائية في الموقع (المناقشة أدناه). سيتم الربط بين التوربينات ومحطة التحويل باستخدام كابلات نقل تحت الأرض مدفونة في الأرض بواسطة خنادق.	توربينات الرياح
	سيحتوي المشروع على نظام التحكم والإشراف وجمع البيانات (سكادا) للتشغيل عن بُعد للمرافق. سيتم تركيب شبكة اتصالات مكونة من كابلات الألياف البصرية لربط التوربينات ببعضها البعض إلى نظام سكادا في محطة التحويل. سيتم تركيب نظام	الكابلات ذات الجهد المتوسط
		شبكة الاتصالات

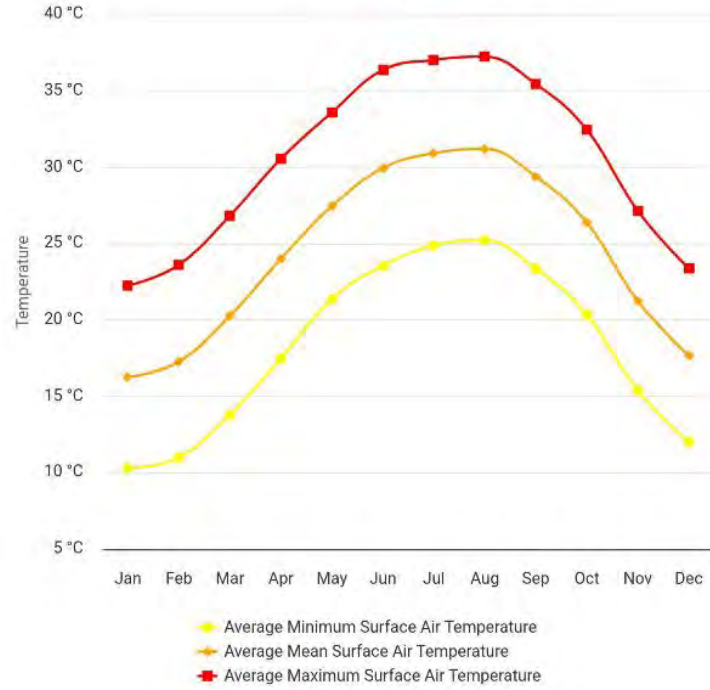
	الاتصالات في نفس الخنادق التي تم فيها تركيب الكابلات ذات الجهد المتوسط التي تم مناقشتها أعلاه.	
محطة التحويل	محطة التحويل هي وحدة محول جهد عالي تقوم بجمع وتحويل الخرج من التوربينات إلى جهد أعلى (من 22 كيلو فولت أو 33 كيلو فولت إلى 220 كيلو فولت) وهو الجهد المناسب للاتصال بشبكة الكهرباء الوطنية ذات الجهد العالي (220 كيلو فولت). كما تشمل المحطة جميع معدات التحكم والحماية، مثل القواطع الكهربائية، والفصل الكهربائي، ومثبتات الحماية من الصواعق، وما إلى ذلك.	
البنية التحتية للمباني	سيتم الحاجة إلى بنية تحتية للمباني في الموقع لتشغيل المشروع بشكل يومي. قد تشمل هذه المباني مبنى إداري (مكاتب) يستخدم للعمل اليومي المعتاد المرتبط بالتشغيل، وغرفة التحكم، وورشة عمل، ومستودع لتخزين المعدات والآلات مثل قطع الغيار، وخراطيش الزيت، والوقود، وزيت التشحيم، وما إلى ذلك.	
شبكة الطرق	سنكون هناك حاجة إلى شبكة طرق لتركيب التوربينات خلال عملية البناء ولتسهيل الوصول إلى التوربينات لأغراض الصيانة أثناء التشغيل.	
خطوط النقل الهوائية	خط النقل الهوائي الذي سيمتد من موقع المشروع (من منطقة المحطة الفرعية) إلى نقطة الاتصال بشبكة الكهرباء الوطنية.	

## 1.4 الأساس

### 1.4.1 درجة الحرارة 1

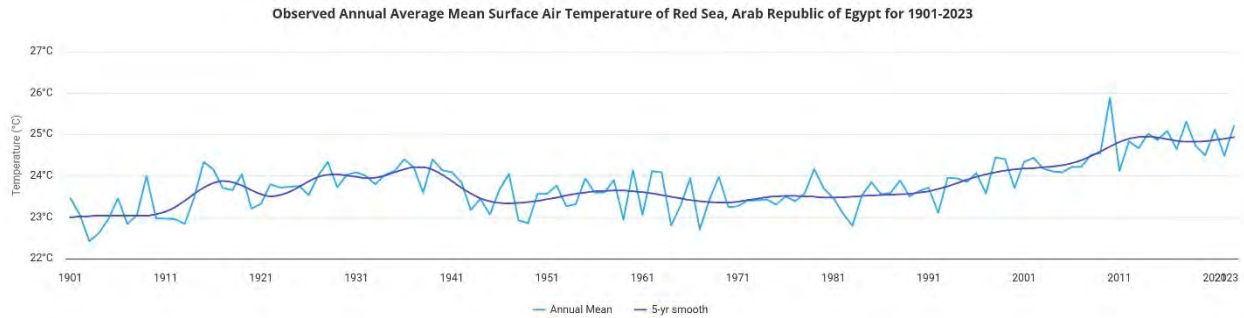
يشهد مناخ البحر الأحمر تقلبات موسمية كبيرة في درجات الحرارة. يبلغ متوسط أعلى درجة حرارة يومية 34 درجة مئوية خلال شهري يوليو وأغسطس، مما يجعلهما الشهرين الأكثر حرارة، بينما تنخفض إلى 19 درجة مئوية في يناير، وهو الشهر الأكثر برودة. تصل أعلى درجات الحرارة إلى حوالي 40 درجة مئوية خلال أشهر الصيف قبل أن تبدأ في الانخفاض تدريجياً بعد سبتمبر. وبالمثل، يصل متوسط أدنى درجة حرارة يومية إلى أعلى مستوى لها عند 26 درجة مئوية في يوليو وأغسطس، وأدنى مستوى لها عند 10 درجة مئوية في يناير. في المقابل، تُعد الليالي الباردة، التي تتميز بدرجات حرارة أقل من المتوسط، أكثر شيوعاً في فصل الشتاء، حيث تنخفض القيم إلى ما يقرب من 10 درجة مئوية، وتقل تدريجياً خلال فصلي الربيع والصيف. يوضح الشكل أدناه متوسط درجة حرارة الهواء السطحية الشهرية من عام 1991 إلى 2020 في أشهر السنة المختلفة.



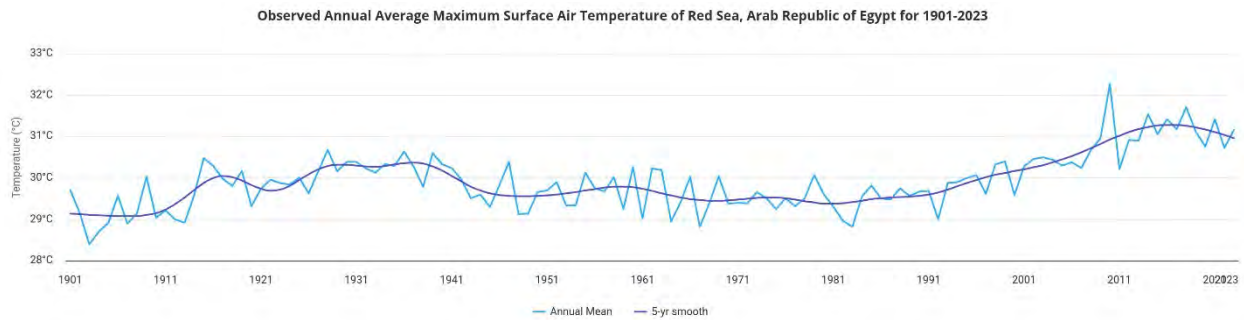


### الشكل 1-1: متوسط درجة حرارة الهواء السطحية الشهرية

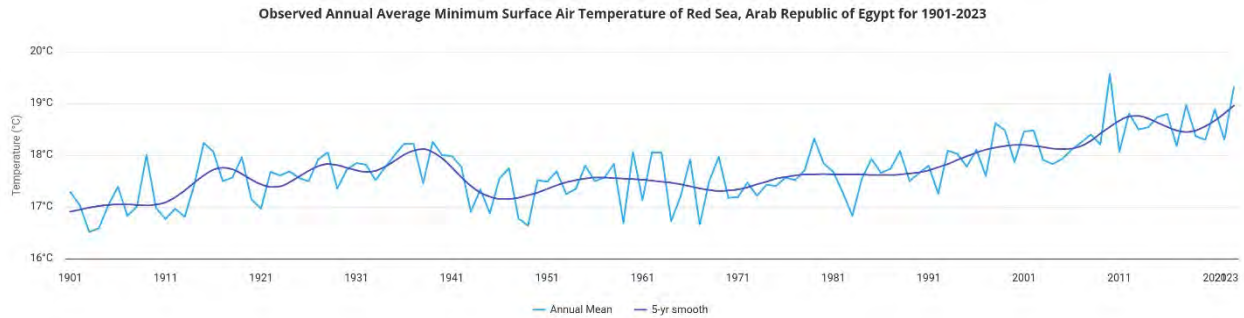
كما هو موضح في الأشكال أدناه، تشير الاتجاهات المتوسطة الملحوظة في درجة حرارة الهواء السطحية في منطقة البحر الأحمر في مصر خلال الفترة من عام 1901 إلى 2023 إلى زيادة مستمرة في درجات الحرارة المتوسطة والعظمى والصغرى. فقد ارتفع متوسط درجة الحرارة السنوية من حوالي 23 درجة مئوية في أوائل القرن العشرين إلى نحو 25 درجة مئوية في السنوات الأخيرة. وتتبع درجة الحرارة العظمى اتجاهًا تصاعديًا مماثلًا، حيث ارتفعت من حوالي 29 درجة مئوية إلى أكثر من 31 درجة مئوية، في حين ارتفعت درجة الحرارة الصغرى من ما يقرب من 17 درجة مئوية إلى أكثر من 19 درجة مئوية.



### الشكل 1-2: متوسط درجة حرارة الهواء السطحية



### الشكل 3-1: متوسط الحد الأقصى لدرجة حرارة الهواء السطحية



### الشكل 4-1: متوسط الحد الأدنى لدرجة حرارة الهواء السطحية

تم تسجيل متوسط درجات الحرارة الموسمية والحد الأدنى والحد الأقصى لمنطقة البحر الأحمر على مدى أربعة فترات زمنية: 1930-1901، 1960-1931، 1990-1961، و2020-1991، حيث أظهرت جميعها اتجاهًا تصاعديًا بمرور الوقت.

ارتفع متوسط درجة الحرارة الموسمية، حيث سجلت الفترة الأخيرة (1991-2020) أعلى القيم. فعلى سبيل المثال، ارتفع متوسط درجة الحرارة خلال أشهر ديسمبر ويناير وفبراير من 16.45 درجة مئوية (1901-1930) إلى 17.07 درجة مئوية (1991-2020)، بينما ارتفع خلال أشهر يونيو ويوليو وأغسطس من 29.38 درجة مئوية إلى 30.7 درجة مئوية خلال نفس الفترة.

كما ارتفعت درجة الحرارة الدنيا، لا سيما في أشهر ديسمبر ويناير وفبراير، حيث زادت من 10.6 درجة مئوية (1901-1930) إلى 11.12 درجة مئوية (1991-2020)، وفي أشهر يونيو ويوليو وأغسطس، حيث ارتفعت من 23.15 درجة مئوية إلى 24.56 درجة مئوية.

كما يُظهر الحد الأقصى لدرجة الحرارة اتجاهًا مشابهًا، حيث سجلت أشهر يونيو ويوليو وأغسطس أعلى القيم، حيث ارتفعت من 35.66 درجة مئوية (1901-1930) إلى 36.88 درجة مئوية (1991-2020).

### الجدول 1 1: متوسط درجات الحرارة الموسمية، الحد الأدنى والحد الأقصى (درجة مئوية) المسجلة لمنطقة البحر الأحمر عبر فترات زمنية مختلفة (1901-2020)

1901-1930				1931-1960				1961-1990				1991-2020				الوحدات: درجة مئوية
سبتمبر	يونيو - مير - أكتوبر	مارس - يوليو - أغسطس	ديسمبر - ر - يناير	سبتمبر	يونيو - يوليو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	سبتمبر	يونيو - يوليو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	سبتمبر	يونيو - يوليو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	
24.87	29.38	23.04	16.45	25.09	29.54	23.3	16.78	24.65	29.55	23.2	16.42	25.68	30.7	23.91	17.07	متوسط درجة الحرارة الموسمية المرصودة
18.96	23.15	16.63	10.6	19.19	23.29	16.85	10.84	18.9	23.52	16.97	10.6	19.72	24.56	17.55	11.12	أدنى درجة حرارة موسمية مرصودة
30.83	35.66	29.5	22.35	31.04	35.85	29.8	22.77	30.46	35.63	29.48	22.3	31.7	36.88	30.33	23.06	أعلى درجة حرارة موسمية مرصودة

### 1.4.2 الرياح

تحليل سرعة الرياح في رأس غارب يكشف عن اتجاهات موسمية واضحة وتوزيع متنوع لسرعات الرياح طوال العام. خلال أشهر الشتاء (ديسمبر إلى فبراير)، تقع سرعات الرياح بشكل رئيسي ضمن النطاقات المنخفضة 5-20 كم/ساعة.

مع تقدم العام إلى الربيع والصيف (مارس إلى أغسطس)، يحدث زيادة ملحوظة في سرعات الرياح المتوسطة بين 20-40 كم/ساعة، مع تسجيل يونيو ويوليو وأغسطس أعلى تكرار لهذه الرياح الأقوى. في بعض الأحيان، تُلاحظ سرعات رياح أعلى تتجاوز 40 كم/ساعة خلال أشهر الصيف، ولكنها تبقى نادرة.

أما خلال فصل الخريف (سبتمبر إلى نوفمبر)، فإن سرعات الرياح تبدأ بالتناقص تدريجيًا من ذروتها في منتصف العام. وخصوصًا في أكتوبر ونوفمبر، يظهر تركيز أعلى من سرعات الرياح المنخفضة (5-20 كم/ساعة)، مما يعكس العودة إلى ظروف أكثر هدوءًا مشابهة لتلك التي تكون في فصل الشتاء.

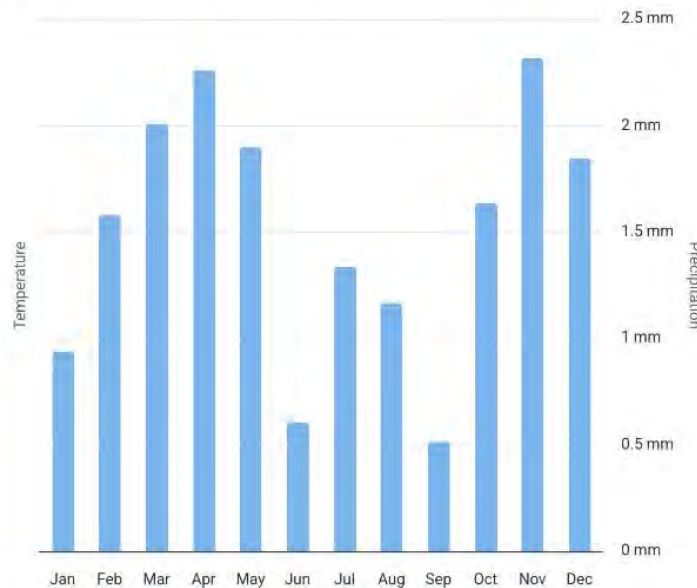
### 1.4.3 الأمطار

تتمتع منطقة المشروع بأنماط هطول أمطار مشابهة لتلك التي تُسجل في مدن البحر الأحمر الشمالية مثل الغردقة، حيث يبقى الهطول السنوي دون 100 مم بشكل كبير. تشير البيانات طويلة الأمد إلى أن الأمطار قليلة طوال العام، مع تصنيف معظم الأيام على أنها "أيام جافة". تُسجل أعلى كميات من الأمطار خلال فصلي الشتاء (ديسمبر-فبراير) والربيع (مارس-مايو)، بمتوسط حوالي 4-6 مم لكل فصل في العقود الأخيرة، في حين يشهد فصل الصيف (يونيو-أغسطس) أقل كميات من الأمطار، عادة حوالي 3 مم أو أقل.

في رأس غارب، تكون أحداث الأمطار متفرقة وعادة خفيفة، حيث نادرًا ما تتجاوز الكميات 2 مم. هذه الأحداث تكون أكثر تكرارًا قليلًا في فصل الشتاء، خاصة في شهري يناير وفبراير، ولكن مساهمتها الإجمالية تبقى ضئيلة. أما الفترة من مارس إلى نوفمبر، فتظهر غيابًا شبه تام للأمطار المهمة، مما يتماشى مع المناخ الجاف العام للمنطقة.

على الرغم من قلة الأمطار السنوية، فإن منطقة البحر الأحمر تتعرض بين الحين والآخر للفيضانات المفاجئة، التي تحدث عادة مرة كل 5 إلى 10 سنوات. وتنتج هذه الأحداث الشديدة عن اختلافات في الضغط الجوي بين الكتل الهوائية الأوروبية الأكثر برودة والظروف الأكثر دفئًا فوق آسيا، مما يؤدي إلى حدوث هطولات مطرية شديدة ولكن قصيرة العمر.

Monthly Climatology of Precipitation 1991-2020; Red Sea, Arab Republic of Egypt

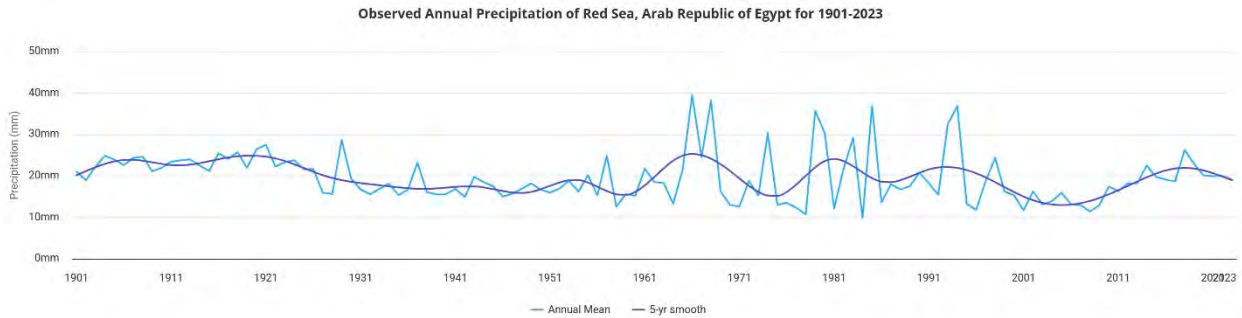


الشكل 1.5: المناخ الشهري لهطول الأمطار 2020-1991، البحر الأحمر



## الجدول 1.2: متوسط هطول الأمطار الموسمي المُلاحظ (مم) لمنطقة البحر الأحمر عبر فترات زمنية مختلفة (1901-2020)

1901-1930				1931-1960				1961-1990				1991-2020				الوحدات: مم
سبت - أكتوبر	يونيو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	سبت - أكتوبر	يونيو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	سبت - أكتوبر	يونيو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	سبت - أكتوبر	يونيو - أغسطس	مارس - أبريل	ديسمبر - يناير	
6.01	3.08	8.32	5.42	5.68	3.09	4.85	3.48	6.02	3.13	7.21	4.02	4.49	3.12	6.17	4.32	



## الرسم البياني 16: الاتجاهات السنوية لهطول الأمطار في منطقة البحر الأحمر (1901-2023)

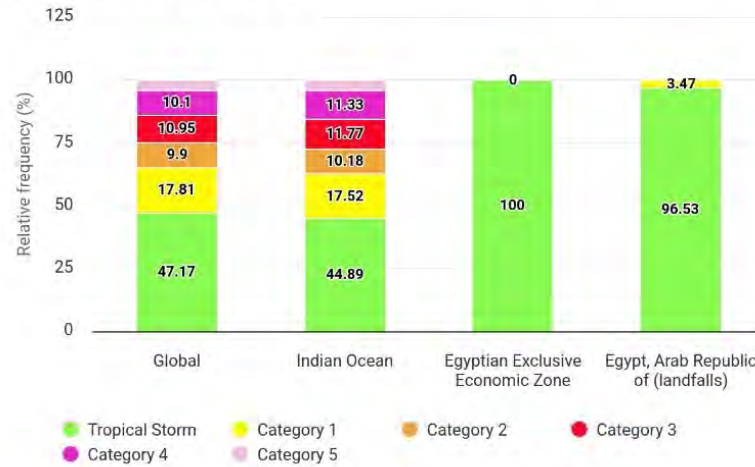
### 1.4.4 الأعاصير

تقع رأس غارب، التي تقع على ساحل البحر الأحمر المصري، ضمن التأثير المناخي والمحيطي الأوسع للمحيط الهندي ومنطقة الاقتصاد الحصري المصرية. في حين أن حوض المحيط الهندي له تاريخ موثق جيدًا من النشاط الإعصاري، تشير التحليلات التاريخية إلى عدم وجود حالات مسجلة لأعاصير رئيسية داخل المنطقة الاقتصادية الحصرية المصرية. ومع ذلك، نظرًا للأنماط الإقليمية الجوية والمحيطية، فإن أي تأثيرات متبقية للأعاصير من المحيط الهندي، مثل التغيرات في أنماط الرياح، أو ارتفاعات العواصف، أو الاضطرابات الجوية غير المباشرة، لها بعض التأثيرات الطفيفة على الظروف الساحلية لرأس غارب.

يتم عكس هذا الاتجاه بشكل أكبر في البيانات المحاكاة حول تكرار وشدة الأعاصير عبر مختلف المناطق. يوضح الرسم البياني أدناه التكرار النسبي لفئات الأعاصير المختلفة على مستوى العالم، وفي المحيط الهندي، ومنطقة الاقتصاد الحصري المصرية، ومناطق هبوط الأعاصير في مصر. من عام 1951 إلى 2014. ضمن المنطقة الاقتصادية الحصرية المصرية، تقع جميع العواصف المسجلة تحت فئة العاصفة الاستوائية (100٪)، مما يدل على أن الأعاصير ذات الشدة الأعلى (الفئات 1-5) لا تحدث في هذه المنطقة. بالنسبة لمناطق هبوط الأعاصير في مصر، يبقى 96.53٪ من العواصف المسجلة كعواصف استوائية، مع وجود جزء صغير فقط (3.47٪) يصنف كأعاصير من الفئة 1. لا تسجل أي أعاصير من الفئات 2-5 في مصر.

على العكس من ذلك، تكشف بيانات المحيط الهندي والعالمية عن حدوث أعلى بشكل ملحوظ للأعاصير الشديدة، لا سيما في المحيط الهندي، حيث تكون الأعاصير الأقوى أكثر تكرارًا. وهذا يشير إلى أنه مع اقتراب العواصف من مصر، فإنها تميل إلى الضعف بشكل كبير، حيث تصل فقط العواصف الاستوائية وأحيانًا الأعاصير من الفئة 1 إلى اليابسة. يتماشى ذلك مع النمط الأوسع لضعف شدة الأعاصير كلما تحركت العواصف من المحيط المفتوح نحو اليابسة، مما يعزز الحماية النسبية لرأس غارب من التأثيرات الأعاصرية الشديدة.

Simulated Relative Frequency (Percent) of Cyclone Types for Global, Indian Ocean, Egyptian Exclusive Economic Zone, Egypt, Arab Republic of (landfall CHAZ; Historical (1951-2014))



## الرسم البياني 1.7: السلسلة الزمنية السنوية المحاكاة لعدد الأعاصير في المحيط الهندي للفترة من 1951 إلى 2014

نتيجة لذلك، لا يُتوقع حدوث تأثيرات كبيرة من الأعاصير.

### 1.4.5 الأمطار الغزيرة

نظرًا للطبيعة الجافة لمنطقة المشروع، فإن الأحداث الممطرة الكبيرة نادرة وعادة ما تكون متباعدة على فترات طويلة. على الرغم من أنه من المتوقع حدوث هطولات مطرية قصيرة المدة ومنخفضة الشدة، فإن احتمال حدوث أمطار غزيرة يبقى ضئيلاً.

تشير التحليلات التاريخية لأكبر أحداث هطول الأمطار في يوم واحد في منطقة البحر الأحمر في مصر- إلى أن الأمطار الغزيرة نادرة. تظهر مستويات العودة أن متوسط كمية الأمطار يزداد مع زيادة فترات العودة، من 10.51 ملم لحدث مدته 5 سنوات إلى 46.23 ملم لحدث مدته 100 سنة، مما يدل على انخفاض تكرار العواصف الشديدة. كما تؤكد قيم النسبة المئوية 90 على إمكانية حدوث حالات شاذة شديدة، حيث تصل مستويات الأمطار إلى 80.43 ملم لفترة عودة مدتها 100 سنة.

في الوقت نفسه، يشير تحليل فترة العودة إلى أن أحداث الأمطار منخفضة الشدة، مثل 25 ملم، تحدث تقريبًا كل 26 عامًا، في حين أن أحداث الأمطار الأثقل، مثل 100 ملم، تحدث بمعدل متوسط يبلغ 547 عامًا، مما يجعلها نادرة جدًا. وبالتالي، فإن احتمال حدوث 200 ملم من الأمطار في يوم واحد منخفض للغاية، مع فترة عودة تقدر بأكثر من 2,600 عامًا.



**جدول 3 1: أكبر كمية أمطار في يوم واحد للبحر الأحمر، جمهورية مصر العربية، مستويات العودة، التاريخية: 1985-2014 (مم)**

مستويات العودة، التاريخية: 1985-2014 (مركز 2000) (ملم)																	الحدث	
سنة 100			سنة 50			سنة 25			سنة 20			سنوات 10			سنوات 5			
التسع ين	الوسيط	العاشر	التسع ين	الوسيط	العاشر	التسع ين	الوسيط	العا شر	التسع ين	الوسيط	العا شر	التسع ين	الوسيط	العا شر	التسع ين	الوسيط		العا شر
80.43	46.23	14.33	55.40	33.17	12.06	38.42	24.02	9.73	34.18	21.53	8.96	23.99	15.27	6.86	17.43	10.51		5.08
تاريخي																		

**الجدول 4 1: أكبر هطول للأمطار لمدة يوم واحد في البحر الأحمر، جمهورية مصر العربية - فترات العودة، تاريخية: 1985-2014 (بالسنوات)**

فترة العودة، تاريخية: 1985-2014 (مركز 2000) (بالسنوات)															
200 مم			150 مم			100 مم			50 مم			25 مم			الحدث
التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	تاريخي
10914.79	2613.45	491.03	8835.01	1402.34	299.35	6145.57	547.26	145.98	3958.61	120.82	40.09	315.13	26.23	9.87	

تحليل أكبر هطول مطري تراكمي لمدة 5 أيام في مصر، استنادًا إلى البيانات التاريخية من 1985 إلى 2014، يكشف عن اتجاه متزايد في مستويات الهطول المطري مع فترات عودة أطول. تتزايد كمية الهطول المطري مع طول فترة العودة. ففي حالة الحدث الذي يستمر 5 سنوات، يكون متوسط الهطول 16.40 ملم، بينما يرتفع إلى 24.19 ملم في حدث لمدة 10 سنوات، و33.80 ملم في حدث لمدة 20 سنة، و37.85 ملم في حدث لمدة 25 سنة. بالنسبة للأحداث الأكثر تطرفًا، يصل متوسط الهطول إلى 53.88 ملم في فترة عودة 50 سنة و74.88 ملم في حدث لمدة 100 سنة. وتكون قيم النسبة المئوية الـ90 أعلى بشكل كبير، حيث تصل إلى 131.89 ملم في حدث لمدة 100 سنة، مما يبرز إمكانية حدوث هطول مطري شديد.

توضح بيانات فترة العودة أيضًا ندرة الكميات الكبيرة من الهطول المطري. حيث يحدث حدث بمقدار 25 ملم بفترة عودة متوسطة تبلغ 10.81 سنة، بينما يكون حدث 50 ملم له فترة عودة متوسطة تبلغ 42.42 سنة. كما أن الكميات الأكبر من الهطول مثل 100 ملم تكون لها فترة عودة متوقعة تبلغ 187.51 سنة، في حين أن الأحداث المتطرفة التي تصل إلى 200 ملم نادرة بشكل استثنائي، مع تكرار متوسط يبلغ 836.06 سنة. تشير الفجوة الواسعة بين قيم النسبة المئوية الـ10 و الـ90 لفترات العودة، لا سيما للأمطار الكبيرة، إلى تباين و عدم يقين كبيرين في أحداث الهطول المطري الشديد.



**جدول 1 5: أكبر هطول مطري تراكمي لمدة 5 أيام للبحر الأحمر، جمهورية مصر العربية - مستويات العودة، تاريخية: 2014-1985 (ملم)**

جدول 1 5 أكبر هطول مطري تراكمي لمدة 5 أيام للبحر الأحمر، جمهورية مصر العربية - مستويات العودة، تاريخية: 1985-2014 (مركز 2000) (ملم)																		
100سنة			50سنة			25سنة			20سنة			10سنوات			5سنوات			الحدث
التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	
131.89	74.88	27.15	91.39	53.88	22.21	63.57	37.85	17.73	57.16	33.80	16.45	42.02	24.19	12.51	30.30	16.40	8.82	تاريخي

**جدول 1 6: أكبر هطول مطري تراكمي لمدة 5 أيام للبحر الأحمر، جمهورية مصر العربية - فترة العودة، تاريخية: 2014-1985 (سنوات)**

فترة العودة، التاريخية: 2014-1985 (مركز 2000) (بالسنوات)															
200 مم			150 مم			100 مم			50 مم			25 مم			الحدث
التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	التسعين	الوسيط	العاشر	
6818.93	836.06	212.20	4979.82	448.40	127.95	6849.59	187.51	60.68	725.46	42.42	15.75	80.00	10.81	3.04	تاريخي

## 1.5 تغير المناخ المتوقع مقارنة بالظروف الأساسية

تشير التوقعات والنماذج إلى أن بعض المناطق القريبة من منطقة المشروع، مثل الغردقة ورأس غارب، قد تظهر تأثيرات متعددة لتغير المناخ، بما في ذلك ارتفاع مستويات البحر. بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع زيادة في تكرار وشدة الأحداث الجوية المتطرفة - مثل موجات الحر، الفيضانات المفاجئة، الأمطار الغزيرة، وعواصف الرمال والغبار - مما يشكل تحديات كبيرة للبنية التحتية.

تقوم الأقسام التالية بتقييم مخاطر تغير المناخ المرتبطة بمنطقة المشروع وفقًا للتوقعات للمعايير المختلفة استنادًا إلى النماذج المنفذة.

تأخذ هذه النماذج في الاعتبار أربعة سيناريوهات مدفوعة بانبعاثات الغازات الدفيئة، وتحلل آثارها على المدى القصير والمتوسط والطويل.

هذه التوقعات تتعلق بالفترة المرجعية التاريخية (1995-2014) لكل مسار من مسارات التنمية الاجتماعية والاقتصادية المتعلقة بتغير المناخ (مسارات التنمية الاجتماعية والاقتصادية المشتركة) للتغيرات الاجتماعية والاقتصادية العالمية المتوقعة حتى عام 2100 كما هو محدد في تقرير التقييم السادس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 2021. تمثل سيناريوهات مسارات التنمية الاجتماعية والاقتصادية مسارات اقتصادية اجتماعية مختلفة، تتراوح من الانبعاثات المنخفضة (مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 1-2.6) إلى الانبعاثات المرتفعة (مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 5-8.5)، حيث يؤثر كل منها بشكل مختلف على زيادات درجة الحرارة العالمية. تمتد التوقعات عبر أربعة فترات رئيسية: القريبة (2020-2039)، والمتوسطة (2040-2059 و 2060-2079)، والطويلة (2080-2099).

### 1.5.1 درجة الحرارة<sup>1</sup>

على المدى القريب (2020-2039)، تتراوح الزيادات المتوقعة في درجة الحرارة من +1.02 درجة مئوية إلى +2.09 درجة مئوية عبر جميع السيناريوهات. يظهر سيناريو مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 1-2.6 أدنى الفروقات، بينما يظهر سيناريو مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 5-8.5، الذي يتميز بالاعتماد العالي على الوقود الأحفوري، أكبر زيادة.

على المدى المتوسط (2040-2059)، تزداد الفروقات في درجة الحرارة، حيث تتراوح من +1.43 درجة مئوية إلى +2.95 درجة مئوية، مع تسجيل مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 5-8.5 أعلى الزيادات. يستمر هذا الاتجاه في المدى المتوسط (2060-2079)، حيث تتراوح الفروقات من +1.43 درجة مئوية إلى +4.51 درجة مئوية، مع تسجيل مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 5-8.5 للتسخين السريع مقارنة بـ مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 1-2.6، الذي يبقى أكثر السيناريوهات تحكماً.

بحلول المدى الطويل (2080-2099)، تصل الفروقات في درجة الحرارة إلى ما بين +1.22 درجة مئوية و +4.51 درجة مئوية. يسجل مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 5-8.5 باستمرار أكبر الزيادات عبر جميع الفترات، مما يمثل مسارًا عالي الانبعاثات ويؤكد الحاجة الملحة لاستراتيجيات التخفيف. في المقابل، يظهر مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية 1-2.6 أصغر الزيادات في درجات الحرارة.

### الجدول 1-7: الفروقات بين متوسط درجة حرارة الهواء السطحية المتوقعة والمراجع التاريخية حسب سيناريو مسار التنمية الاجتماعية والاقتصادية

<sup>1</sup> <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/egypt/climate-data-projections>

السيناريو	الفترة القريبة، 2039–2020 (درجة مئوية)	الفترة المتوسطة، 2059–2040 (درجة مئوية)	الفترة المتوسطة، 2079–2060 (درجة مئوية)	الفترة البعيدة، 2099–2080 (درجة مئوية)
مسار التنمية المستدامة 1-2.6	1.02–1.35	1.43–1.81	1.43–1.92	1.22–1.92
مسار التنمية المستدامة 2-4.5	1.07–1.64	1.66–2.07	1.66–2.90	1.82–2.90
مسار التنمية المستدامة 3-7.0	1.04–1.67	1.84–2.32	1.84–3.71	2.22–3.71
مسار التنمية المستدامة 5-8.5	1.14–2.09	2.18–2.95	2.18–4.51	2.92–4.51

السيناريو الأكثر تطرفاً يتنبأ بزيادة في درجات الحرارة تتراوح بين 2.18 إلى 2.95 درجة مئوية فوق المستويات ما قبل الصناعية بين عامي 2040 و 2059، وقد تصل إلى 4.51 درجة مئوية بين عامي 2080 و 2099. قد يؤدي مثل هذا السيناريو إلى تأثيرات لا يمكن عكسها، مصحوبة بزيادة كبيرة في الأحداث المتطرفة الحرجة مثل الفيضانات، والجفاف، وموجات الحرارة، والأعاصير على المستويين العالمي والإقليمي.

## 1.5.2 التساقط

تُظهر بيانات التساقط من أقرب محطة طقس خلال الفترة من 2015 إلى 2024 تبايناً كبيراً في كمية الأمطار عبر السنوات والأشهر. من الجدير بالذكر أن شهر أكتوبر 2016 سجل أعلى معدل للتساقط في مجموعة البيانات بمقدار 51.3 ملم، مما جعله يشكل فيضاً مفاجئاً. كما كان عام 2015 عامًا مميّزاً حيث سجل شهر أكتوبر 5.2 ملم، وهو مقدار مرتفع نسبياً مقارنةً بالأشهر والسنوات الأخرى.

في السنوات الأخيرة، شهد عام 2022 تساقطاً معتدلاً، حيث سجل شهرا يناير وفبراير 16 و 2.1 ملم على التوالي. بالمقابل، كانت السنوات السابقة مثل 2017 و 2019 قد شهدت تساقطاً متفرقاً اقتصر على أشهر معينة مثل فبراير ومايو، وكان التساقط خلالها صغيراً حيث تراوح بين 2 ملم أو أقل.

بالإضافة إلى ذلك، تم فحص الفروق المتوقعة في التساقط مقارنةً بالفترة المرجعية التاريخية (1995–2014) لسيناريوهات المسارات الاجتماعية والاقتصادية المشتركة (التي تُعرف اختصاراً بـ SSP) المختلفة عبر أربع فترات: المدى القريب (2020–2039)، المدى المتوسط (2040–2059 و 2060–2079)، والمدى الطويل (2080–2099).

في المدى القريب، تُظهر جميع سيناريوهات SSP زيادات صغيرة في التساقط، حيث يُظهر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 1-2.6 زيادة طفيفة بمقدار +0.07 ملم/شهر، في حين يعكس سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 5-8.5 أعلى زيادة بمقدار +0.12 ملم/شهر. وتشير هذه التغييرات الطفيفة إلى تباين محدود في أنماط التساقط العالمية في المستقبل القريب.

مع الانتقال إلى المدى المتوسط (2040–2059)، تصبح الفروق أكثر وضوحاً بعض الشيء، حيث يستمر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 1-2.6 في إظهار زيادات ثابتة (+0.11 ملم/شهر)، بينما يشهد سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 5-8.5 زيادة أقل قليلاً (+0.08 ملم/شهر). ومن الجدير بالذكر أن سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 2-4.5 و سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 3-7.0 يعكسان زيادات أصغر، مما يبرز التباين مع تطور الانبعاثات والظروف الاجتماعية والاقتصادية.

في فترة المدى المتوسط (2060–2079)، يظهر تباين أكبر. يستمر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 1-2.6 في الحفاظ على زيادة ثابتة (+0.11 ملم/شهر)، بينما يسجل سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 5-8.5 أعلى زيادة عبر جميع السيناريوهات (+0.23 ملم/شهر). ومع ذلك، تشهد سيناريوهات المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 2-4.5 و المسار الاجتماعي

والاقتصادي المشترك 7.0-3 انخفاضات بمقدار -0.07 ملم/شهر و -0.16 ملم/شهر على التوالي، مما يشير إلى حدوث اضطرابات في أنماط التساقط الإقليمي.

بحلول المدى الطويل (2080-2099)، تظل الفروق متنوعة، حيث يُظهر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 2.6-1 زيادة معتدلة بمقدار +0.18 ملم/شهر، بينما يُظهر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 8.5-5 زيادة طفيفة بمقدار +0.04 ملم/شهر. ومن الملاحظ أن سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 7.0-3 يسجل أكبر زيادة (+0.39 ملم/شهر)، مما يبرز عدم القدرة على التنبؤ بأنماط التساقط تحت سيناريوهات التنمية المتفرقة.

بشكل عام، يظهر سيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 2.6-1 زيادات ثابتة ومعتدلة، مما يعكس تأثيرات الاستقرار في المسار المستدام، بينما تُظهر سيناريوهات المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 8.5-5 و المسار الاجتماعي والاقتصادي المشترك 7.0-3 تبايناً أكبر، مع زيادات أو انخفاضات كبيرة حسب الفترة الزمنية.

سيناريو	المدى القريب، 2020- 2039 (ملم/شهر)	المدى المتوسط، 2040-2059 (ملم/شهر)	المدى المتوسط، 2060-2079 (ملم/شهر)	المدى الطويل، 2080- 2099 (ملم/شهر)
SSP1-2.6 - السيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشارك 2.6-1	+0.07	+0.11	+0.11	+0.18
SSP2-4.5 - السيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشارك 4.5-2	+0.10	+0.03	-0.07	-0.03
SSP3-7.0 - السيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشارك 7.0-3	+0.02	+0.04	-0.16	+0.39
SSP5-8.5 - السيناريو المسار الاجتماعي والاقتصادي المشارك 8.5-5	+0.12	+0.08	+0.23	+0.04

### 1.5.3 الرياح<sup>2</sup>

تحت سيناريو مسار تركيزات غازات الاحتباس الحراري 8.5، تظهر التوقعات لسرعة الرياح في مصر اتجاهات متنوعة. بينما من المتوقع أن تشهد بعض المناطق، مثل المنطقة الساحلية الشمالية، انخفاضاً في سرعة الرياح، من المتوقع أن يشهد خليج السويس زيادة طفيفة في سرعة الرياح. على الرغم من هذه الزيادة، من المتوقع أن تظل التغيرات الإجمالية في سرعة الرياح عبر مصر هامشية، مع تباين نسبي ضمن  $\pm 5\%$  بحلول عام 2065 مقارنة بالفترة المرجعية 1970-2005.

<sup>2</sup> حسان، م. أ.، عبدريو، م. أ. ك. أ.، حسين، ح. أ.، غانم، أ. أ. أ.، & عبد اللطيف، ح. (2023). التأثيرات المحتملة لتغير المناخ على الطاقة المتجددة في مصر. جامعة الإسكندرية. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3558017/v1>

من حيث إمكانات طاقة الرياح، يُعتبر خليج السويس أحد المناطق التي تتمتع بإمكانات عالية حاليًا، حيث تتجاوز سرعات الرياح 4 م/ث. ومع ذلك، وفقًا لبعض التوقعات الدراسية، قد تشهد المناطق في خليج السويس التي تتمتع بإمكانات طاقة رياح تزيد عن 50 واط/م<sup>2</sup> انخفاضًا يقارب 2.5% بحلول عام 2065 تحت نفس السيناريو.

بالنسبة لمدة المشروع حتى عام 2050، تنطبق النقاط الرئيسية التالية:

- استقرار سرعة الرياح: من المتوقع أن تظل التغيرات في سرعة الرياح ضمن  $\pm 5\%$  مقارنة بالفترة المرجعية (1970–2005). بالنسبة لخليج السويس، من المحتمل أن تظل الظروف الرياحية التي تدعم توليد الطاقة قائمة.
- إمكانات طاقة الرياح: من المتوقع أن يظهر إمكانات طاقة الرياح في المناطق ذات السعة العالية الحالية (مثل خليج السويس) انخفاضًا طفيفًا، مع انخفاضات أقل أهمية مقارنة بتلك المتوقعة لعام 2065. على وجه الخصوص، من غير المرجح أن يشهد خليج السويس اضطرابات كبيرة في إنتاج طاقة الرياح خلال مدة المشروع.

## 1.6 المخاطر المناخية

### 1.6.1 المخاطر المناخية السابقة

يقع المشروع بين رأس غارب والغردقة، وكلاهما قد شهدا العديد من المخاطر المناخية نتيجة لتغير المناخ. تم إجراء بحث حول الأضرار المناخية السابقة نتيجة للظروف المناخية المتطرفة للاستفادة من الدروس المستفادة. إن التطلع إلى الأضرار السابقة يمكن أن يشير إلى حجم الأضرار التي يمكن توقعها نتيجة للعوامل المناخية. يتم تلخيص هذه الأضرار في الجدول أدناه.

تاريخ	الحدث المناخي	الموقع	التأثير
أكتوبر 2016 <sup>3</sup>	في أكتوبر 2016، تعرضت مدينة رأس غارب في محافظة البحر الأحمر لفيضانات مدمرة استمرت لمدة ست ساعات	رأس غارب	تسبب الحادث في حدوث فيضان واسع النطاق وأدى إلى خسائر بشرية ومادية كبيرة. انتشرت المياه في شوارع رأس غارب، غمرت المنازل والمباني، وجرفت السيارات، ودمرت البنية التحتية. أسفرت هذه الكارثة عن وفاة 13 شخصًا.
نوفمبر 2016 <sup>4</sup>	فيضان مفاجئ / أمطار غزيرة	الغردقة	تسبب هطول الأمطار الغزيرة في حدوث فيضانات كبيرة في الغردقة، مما أدى إلى انزلاقات طينية تعطلت على إثرها حركة النقل بين الغردقة والقاهرة. أسفر هذا الحدث عن فقدان ثلاثة أرواح.
يناير 2022 <sup>5</sup>	عاصفة برد	الغردقة	شهدت الغردقة هطول أمطار غزيرة مصحوبة بالبرد، مع برق ورعد. وقد أدى ذلك إلى تحطيم الأسطح والنوافذ.

### جدول 8-1: المخاطر المناخية الحديثة على السكك الحديدية نتيجة لتغير المناخ

### 1.6.2 المخاطر المناخية في مناطق المشروع

وفقًا للمعلومات المتاحة، تم تحديد المخاطر المناخية الرئيسية في منطقة المشروع على النحو التالي:

<sup>3</sup> <https://www.elbalad.news/2470253>

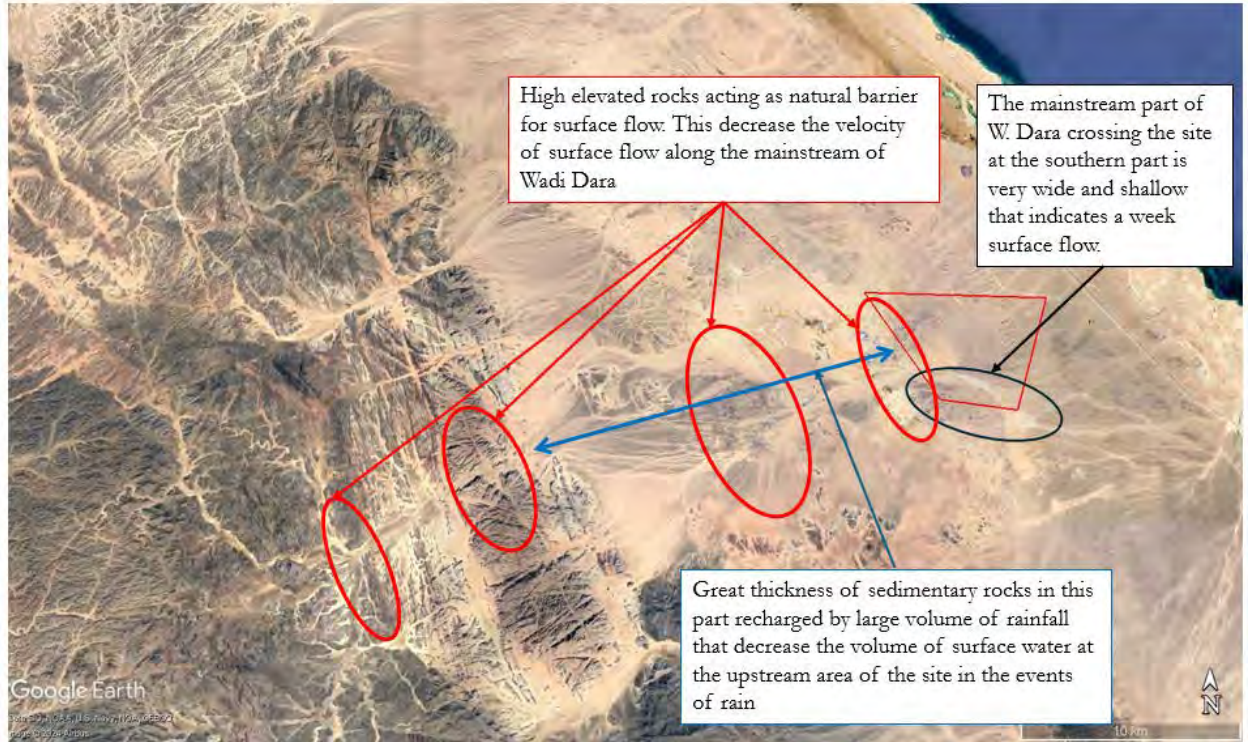
<sup>4</sup> <https://central2r.com/en/natural-disasters-in-egypt-catastrophes-of-the-past-and-risks-of-the-future.html>

<sup>5</sup> <https://watchers.news/2022/01/03/hurghada-egypt-haistorm-january-1-2022>



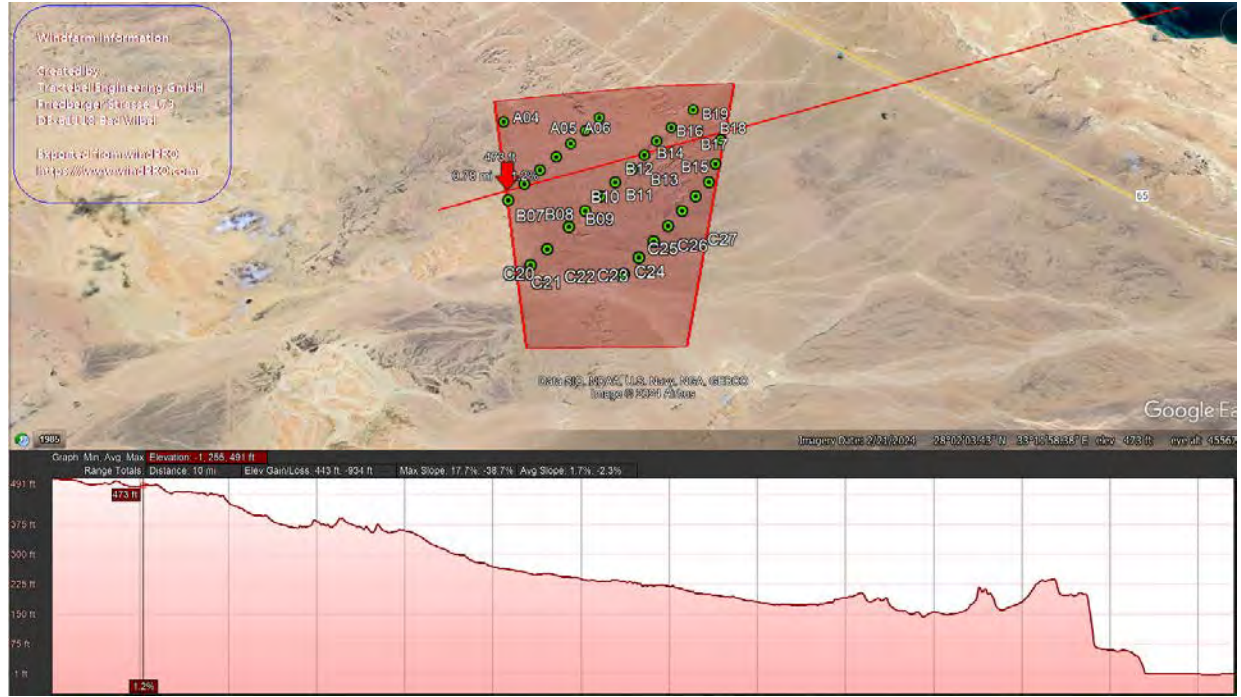
التعرض المستمر للحرارة الشديدة: وفقًا لـ "ثينك هازارد"، فإن الطقس في رأس غارب مهدد بالتعرض المستمر للحرارة الشديدة، مما قد يؤدي إلى إجهاد حراري. من المتوقع أن تحدث مثل هذه الأحداث مرة واحدة على الأقل في السنوات الخمس المقبلة<sup>6</sup>. بالإضافة إلى ذلك، تم تأكيد ذلك من خلال التوقعات على بوابة المعرفة لتغير المناخ التابعة للبنك الدولي كما تم توضيحه في القسم السابق 1.5.1.

الفيضانات المفاجئة والفيضانات: يقع المشروع بشكل استراتيجي في منطقة وادي دارا حيث يتقاطع خط الصرف الرئيسي- جنوب الموقع مع الصخور المرتفعة التي تعمل كحاجز طبيعي للتدفق السطحي، مما يقلل من سرعة مياه الفيضانات ويخلق تدفقًا سطحيًا ضعيفًا (تدفق غير مركّز). بالإضافة إلى ذلك، يتميز خط الصرف الآخر شمال الموقع بوجود حوض تصريف صغير ووادي مع مجرى رئيسي واسع وضحل، مما يساهم في تدفق سطحي ضعيف.



الفيضانات الساحلية: تتمتع طبوغرافيا الموقع بميزة، حيث تتراوح الارتفاعات من 96 إلى 140 مترًا فوق مستوى سطح البحر، مما يقلل من خطر الفيضانات الساحلية.

<sup>6</sup> <https://thinkhazard.org/en>



الشكل 1-8: الملف الشخصي للموقع بالنسبة لمستوى سطح البحر

## 1.7 تقييم القدرة على التكيف مع تغير المناخ

باستخدام الدراسة الأساسية التي تم إجراؤها، قام المستشار بتقييم المخاطر المتعلقة بتغير المناخ مثل الحرارة، والهطول، والفيضانات على مكونات المشروع، وهي المكونات المتعلقة بالأصول والعمليات.

### 1.7.1 ضعف المشروع

كخطوة أولى في التقييم، قام المستشار بإجراء تحليل الضعف لتحديد المخاطر المناخية التي يتعرض لها المشروع وتحديد المخاطر التي يجب تضمينها في تقييم المخاطر بشكل أكثر تفصيلاً. نظرًا لأن موقع المشروع قد تم تحديده بالفعل، تم أخذ المخاطر المناخية الخاصة بالموقع التي تم تحديدها في الفصول الأساسية السابقة باعتبارها ذات صلة بمكونات المشروع فقط. تضمن هذا النهج أن يركز تحليل الحساسية على المخاطر المناخية التي تم اعتبارها هامة للمشروع.

يأخذ تقييم الضعف في الاعتبار بشكل أساسي الظروف المناخية الخاصة بمنطقة المشروع ويستخدم لتحديد التأثيرات ذات الصلة.

$$\text{الضعف} = \text{الحساسية} \times \text{التعرض}$$

## جدول 9-1: تقييم الضعف

العوامل المناخية المشتركة في منطقة المشروع	التعرض	تم تضمينه/استبعاده	حساسية مكونات المشروع						
			مرحلة البناء			مرحلة التشغيل			
			توربينات الرياح	كابلات الجهد المتوسط	شبكة الاتصالات	محطة التحويل	البنية التحتية للمباني	شبكة الطرق	خط النقل الهوائي
درجات حرارة عالية 7	مرتفع	تم تضمينه	مخاطر الإجهاد الحراري للعاملين والأضرار/الانقطاع في الآلات	الأضرار المادية	الحد الأدنى من التأثيرات منذ دفن الكابلات	الحرارة المفرطة والإجهاد الحراري مما يؤدي إلى إيقاف تشغيل المعدات وانقطاع الإمدادات.	تشوه للبنية التحتية		
هطول الأمطار - التغير في المتوسط السنوي (أمطار غزيرة، ارتفاع متوسط الهطول الموسمي للأمطار والفيضانات)	منخفض	تم استبعاده	مخاطر منخفضة من التأخيرات	الأضرار المادية	التأثيرات ضئيلة لأنها مدفونة بالكابلات تحت الأرض.	الأضرار المادية	الأضرار المادية	الأضرار المادية	الأضرار المادية

<sup>7</sup> <https://www.swissre.com/institute/research/topics-and-risk-dialogues/climate-and-natural-catastrophe-risk/climate-change-wind-power.html>

هطول الأمطار - الأحداث المطرية الشديدة (الفيضانات المفاجئة)	مرتفع	تم استبعاده	قد يتسبب في تلف الآلات ويؤثر على البناء	قد تتدهور المواد الهيكلية والأساسات الخرسانية بسبب الفيضانات المفاجئة واختراق المياه، مما يتسبب في تشبع الأرض وعدم الاستقرار. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي تلف الهياكل التي تحمي المعدات الكهربائية إلى انقطاع أو تعطيل الإمدادات	تسبب الفيضانات في تلف الأسلاك الكهربائية مما يؤدي إلى انقطاع الإمدادات أو حدوث توقفات، بالإضافة إلى خطر تشبع التربة وعدم استقرارها المحتمل.		فيضانات الهياكل	خطر السلامة الهيكلية بسبب تلف المواد	عالي - صعوبة الوصول	انقطاع الطاقة وتدهور الخطوط الهوائية. قد يتسبب الفيضانات المفاجئة في تلف البنية التحتية التي تدعم الخطوط الهوائية عن طريق زعزعة استقرار أساساتها
الفيضانات (الساحلية)	غير ذي أهمية	مستبعد	عالي - تلف المعدات	تلف المواد	التأثيرات ضئيلة لأنها كابلات مدفونة تحت الأرض.		تلف المواد			
عواصف الرياح	متوسطة	مدرجة	مخاطر سلامة العمال مخاطر على استقرار الهياكل	احتمال عدم الاستقرار وإيقاف التوربينات خلال الظروف الرياحية العالية.	مدفون تحت الأرض		مخاطر الأضرار	أضرار للمبنى	أضرار في سطح الطريق	مخاطر الأضرار واحتمالية انقطاع الأسلاك

**جدول 10 1: مصفوفة تقييم الحساسية والتعرض  
المصدر: تحليل الاستشاري**





## 1.8 تقييم المخاطر

### 1.8.1 المنهجية

- تم تقييم المخاطر الرئيسية التي تم تحديدها في تحليل الحساسية بشكل أكثر تفصيلاً مقارنةً بالحالة المناخية الأساسية لفهم مستوى المخاطر على مكونات المشروع. تم تقييم المخاطر لفحص ما يلي:
- مقارنة بالمخاطر الأساسية لكل من مرحلة البناء ومرحلة التشغيل.
  - مقارنة بمخاطر المناخ المستقبلية خلال مرحلة التشغيل.
- يتم تصنيف كل خطر مناخي محتمل يؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على المشروع استناداً إلى حجم واحتمالية حدوثه وفقاً لمنهجية جاسبر. استناداً إلى هذين المعلمين، يتم تقييم أهمية المخاطر. تشمل معايير تحديد شدة المخاطر تقييم المعلومات التالية:
- مباشر/غير مباشر: يصف العلاقة بين الحالة المناخية والمخاطر.
  - المدة: طول الوقت الذي سيُختبر فيه الخطر. قد يكون الخطر موجوداً فقط أثناء الحدث المناخي النشط، أو قد يستمر لفترة طويلة بعد انتهاء الحدث المناخي، وفي هذه الحالة يمكن اعتبار المدة هي الوقت الذي يحتاجه مكون المشروع لاستعادة تأثيراته.
  - النطاق المكاني: المنطقة الجغرافية التي يتم فيها تجربة الخطر.
  - المدى: يصف درجة التأثير المحتمل للمخاطر المناخية على مكونات المشروع.

معامل الخطورة	الوصف	التعيينات
مباشر/غير مباشر	علاقة التأثير بالمشروع	مباشر – التأثيرات التي تتجم عن تفاعل مباشر بين حدث مناخي والمشروع (مثل هطول الأمطار الغزيرة التي تؤدي إلى فيضان المنشأة) غير مباشر – التأثيرات على المشروع التي لا تكون نتيجة لحدث مناخي يؤثر مباشرة على المشروع (مثل تأثير الصحة العامة على القوى العاملة)
المدة	الوقت الذي يتأثر فيه المشروع	قصير المدى – من يوم إلى أسبوع متوسط المدى – من أسبوع إلى شهر طويل المدى – تأثير يستمر لعدة سنوات وحتى طول عمر المنشأة
الامتداد المكاني	المساحة المتأثرة بالنسبة لحدود المشروع	منخفض – الخطر محدود بموقع المشروع متوسط – الخطر يشمل موقع المشروع والممتلكات المجاورة عالي – الخطر يؤثر على المجتمعات / الممتلكات على نطاق إقليمي (مع وجود آثار على المشروع)
المقياس	شدة التأثير على المشروع	منخفض – تظل وظائف المشروع و/أو عملياته دون تغيير، مثل تأثير الإجهاد الحراري على جزء من القوة العاملة متوسط – تتغير وظائف المشروع و/أو عملياته بشكل ملحوظ، مثل أن يتسبب الفيضانات في توقف لمدة يوم واحد عالي – تتغير وظائف المشروع و/أو عملياته بشكل كبير، مثل أن يتسبب الفيضانات في توقف لمدة أسبوعين

مصفوفة تقييم شدة المخاطر = الاحتمالية × الشدة

### الجدول 1.11: معايير الشدة

معامل الخطورة	الوصف	التعيينات
الاحتمالية	مقياس دورية الحدث الجوي المتطرف:	- ( $>10$ ) يحدث مرة واحدة كل عشر سنوات أو أكثر – منخفض - ( $5-10$ ) يحدث مرة واحدة كل خمس إلى عشر سنوات – متوسط - ( $<1$ ) يحدث مرة واحدة سنوياً أو أكثر – مرتفع

### الجدول 1-12: احتمالية الحدوث

## 1.8.2 تقييم مخاطر تغير المناخ

يُلخّص القسم أدناه تقييم مخاطر تغير المناخ خلال مرحلتي الإنشاء والتشغيل.

### الجدول 1-13: مخاطر تغير المناخ على المشروع خلال مرحلة الإنشاء

عوامل المناخ في منطقة المشروع	المخاطر:	مباشر/غير مباشر	المدة	المدى	المقياس	الشدة	الاحتمال	أهمية المخاطر
درجات الحرارة المرتفعة	خطر الإجهاد الحراري على العمال	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالي	عالية	متوسط	عالية
	تلف / تعطل المعدات	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالي	عالية	متوسط	عالية
	احتمالية تلف المعدات وتأثير ذلك على أعمال الإنشاء	مباشر	قصير الأجل	محلي	متوسط	متوسطة	متوسط	متوسطة
الهطول - أحداث الأمطار الغزيرة (السيول المفاجئة)	مخاطر على العمال – الانزلاق، الصعق الكهربائي، إلخ.	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالي	عالية	متوسط	متوسطة
	تأخير في جدول أعمال الإنشاءات	مباشر	قصير الأجل	محلي	منخفض	منخفضة	منخفض	منخفضة
	مخاطر عالية على سلامة العمال	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالي	عالية	متوسط	متوسطة
	تأخيرات في جداول الإنشاء	مباشر	قصير الأجل	محلي	منخفض	منخفضة	منخفض	منخفضة
العواصف الريحية								

المصدر: تحليل الاستشاري

## الجدول 1-14: تقييم مخاطر تغير المناخ خلال مرحلة التشغيل

المخاطر	المدة الزمنية	الامتداد	الدرجة	الخطورة	الاحتمالية	أهمية المخاطر
تلف مواد توربينات الرياح	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	عالية	عالية
تلف مواد الكابلات متوسطة الجهد	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	عالية	غير مهمة
ارتفاع الحرارة والإجهاد الحراري المفرط مما يؤدي إلى إيقاف معدات المحطة الفرعية وانقطاع الإمداد.	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	عالية	متوسطة
تشوه في البنية التحتية للمباني	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	متوسطة	منخفضة
تشوه في شبكة الطرق	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	متوسطة	منخفضة
تشوه في البنية التحتية لخط النقل العلوي	مباشر	مباشر	طويل الأجل	محلي	عالية	عالية
تلف المواد في توربينات الرياح	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	متوسطة	منخفضة
الزيادة في المتوسط السنوي لهطول الأمطار لها تأثيرات محدودة على الكابلات متوسطة الجهد نظرًا لكونها مدفونة تحت الأرض	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	غير مهمة	غير مهمة
الزيادة في المتوسط السنوي لهطول الأمطار قد تسبب تلفًا ماديًا للمحطة الفرعية	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة
الزيادة في المتوسط السنوي لهطول الأمطار قد تؤدي إلى تشوه في البنية التحتية للمباني.	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة
الزيادة في المتوسط السنوي لهطول الأمطار قد تؤدي إلى تشوه في البنية التحتية للطرق.	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة
الزيادة في المتوسط السنوي لهطول الأمطار قد تؤدي إلى تشوه في البنية التحتية لخط النقل العلوي.	محلي	متوسط	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة
يمكن أن تؤدي أحداث هطول الأمطار الغزيرة (الفيضانات المفاجئة) إلى تدهور المواد الإنشائية والأساسات الخرسانية بسبب الفيضانات المفاجئة وتسرب المياه، مما يزيد من خطر تشبع التربة وحدوث حركات أرضية لاحقة في توربينات الرياح والمحطة الفرعية.	مباشر	محلي	عالية	عالية	منخفضة	متوسطة
تضرر هيكل المحطة الفرعية الذي يؤوي المعدات الكهربائية، مما يؤدي إلى فقدان أو اضطراب في الإمداد.	مباشر	محلي	عالية	عالية	منخفضة	متوسطة

العوامل المناخية في منطقة المشروع	المخاطر	مباشر/غير مباشر	المدة الزمنية	الامتداد	الدرجة	الخطورة	الاحتمالية	أهمية المخاطر
العواصف الريحية	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (الفيضانات المفاجئة) على كابلات الجهد المتوسط – عالية: غمر الكابلات الكهربائية بالمياه، مما يؤدي إلى اضطرابات أو انقطاعات في الإمداد، إلى جانب خطر تشبع التربة وحدوث حركات أرضية محتملة.	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالية	عالية	غير مهمة	منخفضة
	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (الفيضانات المفاجئة) على البنية التحتية للمباني – خطر على السلامة الهيكلية بسبب تلف المواد.	مباشر	قصير الأجل	محلي	منخفضة	منخفضة	منخفضة	منخفضة
	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (الفيضانات المفاجئة) على شبكة الطرق – مرتفع: صعوبات في إمكانية الوصول.	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالية	عالية	منخفضة	متوسطة
	أحداث هطول الأمطار الغزيرة (الفيضانات المفاجئة) على خط النقل العلوي – مرتفع: فقدان الطاقة وتدهور الخطوط العلوية. قد تتسبب الفيضانات المفاجئة في إلحاق الضرر بالبنية التحتية الداعمة للخطوط العلوية من خلال زعزعة استقرار أساساتها.	مباشر	قصير الأجل	محلي	عالية	عالية	منخفضة	متوسطة
	عدم الاستقرار المحتمل وتوقف التوربينات أثناء الظروف الجوية العاصفة.	مباشر	طويل الأجل	محلي	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة
	العواصف الريحية على كابلات الجهد المتوسط – مدفونة تحت الأرض.	مباشر	طويل الأجل	محلي	متوسطة	متوسطة	منخفضة	منخفضة
	العواصف الريحية على المحطة الفرعية – خطر التلف.	مباشر	طويل الأجل	محلي	عالية	عالية	متوسطة	متوسطة
	العواصف الريحية على البنية التحتية للمباني – خطر التلف.	مباشر	طويل الأجل	الامتداد	منخفضة	منخفضة	متوسطة	منخفضة
	العواصف الريحية على شبكة الطرق – تلف سطح الطريق وقيود على إمكانية الوصول.	مباشر	طويل الأجل	محلي	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة





### 1.8.3 التدابير المحتملة للتكيف

تلخص الجداول التالية بعض العوامل المناخية المحركة، والأصول، والآثار، والتدابير الوقائية.

العامل المناخي المحرك	الأصل	الأثر	تدابير التخفيف
الهطول	مرحلة الإنشاء	<ul style="list-style-type: none"> <li>تلف المعدات ومواد البناء.</li> <li>غمر الأساسات الخرسانية بسبب الفيضانات المفاجئة.</li> </ul>	يجب دمج أنظمة الصرف في التصميم، مسترشدة بنماذج الفيضانات التي تأخذ في الاعتبار التأثيرات المتوقعة لتغير المناخ.
مرحلة الإنشاء والتشغيل	<ul style="list-style-type: none"> <li>المخاطر التي تهدد سلامة العمال في الموقع أثناء حالات هطول الأمطار الغزيرة، وتشمل : <ul style="list-style-type: none"> <li>الانزلاق والتعثر</li> <li>المخاطر الكهربائية</li> <li>مخاطر الحريق</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>يجب اتخاذ تدابير لزيادة الوعي بالمخاطر المتعلقة بالسلامة أثناء هطول الأمطار الغزيرة، بما في ذلك تقديم دورات توجيهية وتدريبية منتظمة حول السلامة والصحة المهنية للموظفين الجدد. ينبغي أن تتناول اجتماعات السلامة اليومية قواعد الموقع، والتدابير الوقائية الشخصية، وطرق منع الإصابات.</li> <li>يجب أن تشمل البرامج التدريبية التوعية الأساسية بالمخاطر، والمخاطر الخاصة بالموقع، وممارسات العمل الآمنة، وبروتوكولات الطوارئ الخاصة بالحرائق والكوارث الطبيعية، بما في ذلك الأمطار الغزيرة.</li> <li>التأكد من أن جميع الأجهزة الكهربائية النشطة والخطوط الكهربائية تحمل علامات تحذيرية مناسبة وواضحة.</li> <li>تطبيق إجراءات تأمين الطاقة وفصلها عند تنفيذ مهام الصيانة أو الإصلاح.</li> <li>إجراء فحوصات منتظمة على الأسلاك الكهربائية، والكابلات، والأدوات لاكتشاف أي علامات تلف.</li> <li>استخدام المعدات الكهربائية المعزولة مزدوجاً أو المؤرصة بشكل صحيح.</li> <li>تحديد جميع الأسلاك الكهربائية المدفونة بوضوح ووضع علامات عليها لمنع أي تماس عرضي.</li> </ul>	
توربينات الرياح والمحولات	<ul style="list-style-type: none"> <li>تلف هيكل المواد</li> <li>غمر أسس الخرسانة بالمياه</li> <li>احتمال حدوث تحركات أرضية</li> </ul>	يجب تصميم مواد التوربينات لتحمل التآكل الناتج عن تسرب مياه الأمطار.	
المحطة الفرعية	يمكن أن يؤدي غمر المكونات الكهربائية بالمياه إلى فقدان أو انقطاع الإمداد.	يجب دمج أنظمة الصرف في التصميم، مستندة إلى نمذجة الفيضانات التي تأخذ في الاعتبار الآثار المتوقعة لتغير المناخ.	

	الكابلات الأرضية	يمكن أن يؤدي غمر المكونات الكهربائية بالمياه إلى فقدان أو انقطاع الإمداد.	سيتم تأمين جميع الكابلات داخل أغلفة واقية تتوافق مع المعايير الدولية، مما يضمن أنها محكمة الإغلاق، مقاومة للماء، ومختبرة ضد تسرب المياه. ستتوافق هذه التصميمات مع المتطلبات القانونية والفنية.
	خطوط النقل الهوائية	تسرب الأمطار يمكن أن يتسبب في انقطاع التيار الكهربائي وتلف الخطوط الهوائية.	ستُجهز الخطوط الهوائية بالعزل الكهربائي، مما يجعلها مقاومة للماء.
	الطرق	تشكل الفيضانات المفاجئة خطرًا على تآكل أسطح الطرق، مما يعيق الوصول إلى الموقع ويزيد من الحاجة إلى الصيانة.	يجب إنشاء نظام مراقبة لتقييم ظروف الأرض بعد أحداث التساقط، مثل الأمطار الغزيرة أو الفيضانات المفاجئة. من المتوقع أن تكون أنظمة الصرف قد تم تركيبها بالفعل أو سيتم تركيبها في جميع أنحاء الموقع.
	المباني	فيضانات الأساسات وخطر حركة التربة.	يجب دمج أنظمة الصرف في التصميم، استنادًا إلى نمذجة الفيضانات التي تأخذ في الاعتبار تأثيرات التغيرات المناخية المتوقعة.



Climate Driver	Asset	Impact	Mitigation measure
موجات الحر	مرحلة البناء	<ul style="list-style-type: none"> <li>• سخونة الآلات تشكل خطرًا من الحريق</li> <li>• المعدات والمواد، بما في ذلك هياكل التوربينات، قد تتدهور تحت درجات الحرارة العالية</li> </ul>	يجب تنفيذ نظام مراقبة لتقييم مستويات الحرارة وحالة المعدات والآلات والمواد. يجب دمج هذا النظام في خطة إدارة البناء، مع توضيح التدابير المتخذة لتقليل المخاطر على الآلات
	العمال (مرحلة البناء والتشغيل)	يواجه العمال في الموقع مخاطر صحية محتملة بسبب الأمراض المتعلقة بالحرارة (مثل خطر الإجهاد الحراري للعمال)	<p>يجب دمج التدابير في خطة إدارة البناء، مع تحديد التدابير التخفيفية لتقليل مخاطر الإجهاد الحراري للعمال في الموقع. وتشمل هذه التدابير ما يلي:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• التدريب (التوجيهات/الدورات التكميلية وحديث الأدوات) لزيادة الوعي، بما في ذلك الإجراءات الاحترازية التالية في الأيام الحارة: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ العمل في الظل حيثما أمكن</li> <li>○ متطلبات إعادة الترطيب عن طريق شرب الماء كل ساعة</li> <li>○ أخذ استراحات منتظمة في مناطق باردة ومظللة</li> <li>○ مسح الجسم بالماء أثناء فترات الراحة أو الوجبات</li> </ul> </li> <li>• يجب تنفيذ إجراءات إدارة الإجهاد المرتبط بالحرارة، والتي تشمل: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ مراقبة توقعات الطقس للأعمال الخارجية لتوفير</li> <li>○ تحذير مسبق من الطقس القاسي وتحديد مواعيد العمل بناءً على ذلك</li> <li>○ تعديل فترات العمل والراحة وفقًا لإجراءات إدارة الإجهاد المرتبط بالحرارة المقدمة من الجمعية الأمريكية لخبراء الصحة البيئية والصناعية رقم 67، حسب درجة الحرارة وأعباء العمل</li> <li>○ توفير مأوى مؤقت للحماية من الظروف الجوية أثناء الأنشطة العملية أو لاستخدامها كمناطق راحة</li> </ul> </li> </ul>
	توربينات الرياح والمحولات	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ تتدهور المواد بشكل أسرع تحت التعرض العالي للأشعة فوق البنفسجية، مما يؤدي إلى مشكلات مثل التلاشي، والهشاشة، وتآكل الطلاءات، وتغير اللون</li> <li>○ قد تتسبب درجات الحرارة العالية في تشغيل التوربينات بكفاءة أقل أو توقفها مؤقتًا عن العمل</li> </ul>	سيتم تصميم مواد التوربينات لتحمل درجات الحرارة المرتفعة

محطة التحويل	<ul style="list-style-type: none"> <li>الحرارة المفرطة في المكونات الكهربائية يمكن أن تؤدي إلى انقطاع أو تعطل في الإمدادات</li> <li>هناك خطر متزايد من الحريق في هذه الظروف</li> </ul>	<p>سيتم تجهيز المحطة الفرعية بنظام تبريد معزول بالهواء وأجهزة استشعار لدرجة الحرارة لمنع المكونات الكهربائية من السخونة الزائدة. سيتم تركيب جميع المعدات الإلكترونية داخل المبنى، مما يحميها من التعرض المباشر للإشعاع الشمسي.</p> <p>من المستحسن إنشاء نظام مراقبة لتقييم مستويات الحرارة بشكل دوري وحالة المعدات داخل المحطة الفرعية، خاصة بعد حدوث موجات حرارة شديدة وأثناء فترات الحرارة الممتدة.</p>
الخطوط الهوائية	يمكن أن تؤدي درجات الحرارة المرتفعة إلى تمدد خطوط الكهرباء الهوائية وتؤديها، مما يزيد من خطر فصل الأسلاك.	سيتم تصميم وبناء الخطوط الهوائية باستخدام مواد قادرة على تحمل تقلبات درجات الحرارة، بما في ذلك الحرارة والبرودة.
الطرق	قد يحدث انصهار وتشوه لأسطح الطرق.	سيتم اختيار المواد بشكل محدد لتناسب التغيرات في درجات الحرارة، مما يضمن المتانة والأداء تحت ظروف مختلفة. بالإضافة إلى ذلك، يجب تنفيذ نظام مراقبة لتقييم حالة الأرض بانتظام بعد الأحداث الجوية المتطرفة، مثل الأمطار الغزيرة أو التغيرات الكبيرة في درجات الحرارة، لتقليل الآثار المحتملة بفعالية.
المباني	تسارع تدهور المواد، مما يؤدي إلى هشاشتها وتغير لونها. قد يؤدي الحرارة الزائدة أيضًا إلى سخونة المكونات الكهربائية، مما يتسبب في انقطاع الإمدادات أو الأعطال وزيادة خطر الحرائق.	
Changes in Wind Patterns	تدهور طفيف في إنتاج الطاقة	التكيفات التكنولوجية: على الرغم من أن التغيرات طفيفة، فإن اعتماد تكنولوجيا التوربينات ذات الحساسية المحسنة للتغيرات الطفيفة في الرياح قد يساعد في تحسين إنتاج الطاقة.
انخفاض الكفاءة في المناطق ذات الإمكانات العالية	قد تنخفض كفاءة التوربينات في المناطق التي تمتلك إمكانات طاقة رياح تزيد عن 50 واط/م <sup>2</sup> بشكل طفيف، مما يؤثر على الإنتاج الإجمالي.	المراقبة والصيانة المنتظمة: تنفيذ أنظمة مراقبة متقدمة لتتبع أنماط الرياح وأداء التوربينات، مما يضمن استجابة سريعة لأي كفاءات تشغيلية غير فعالة.