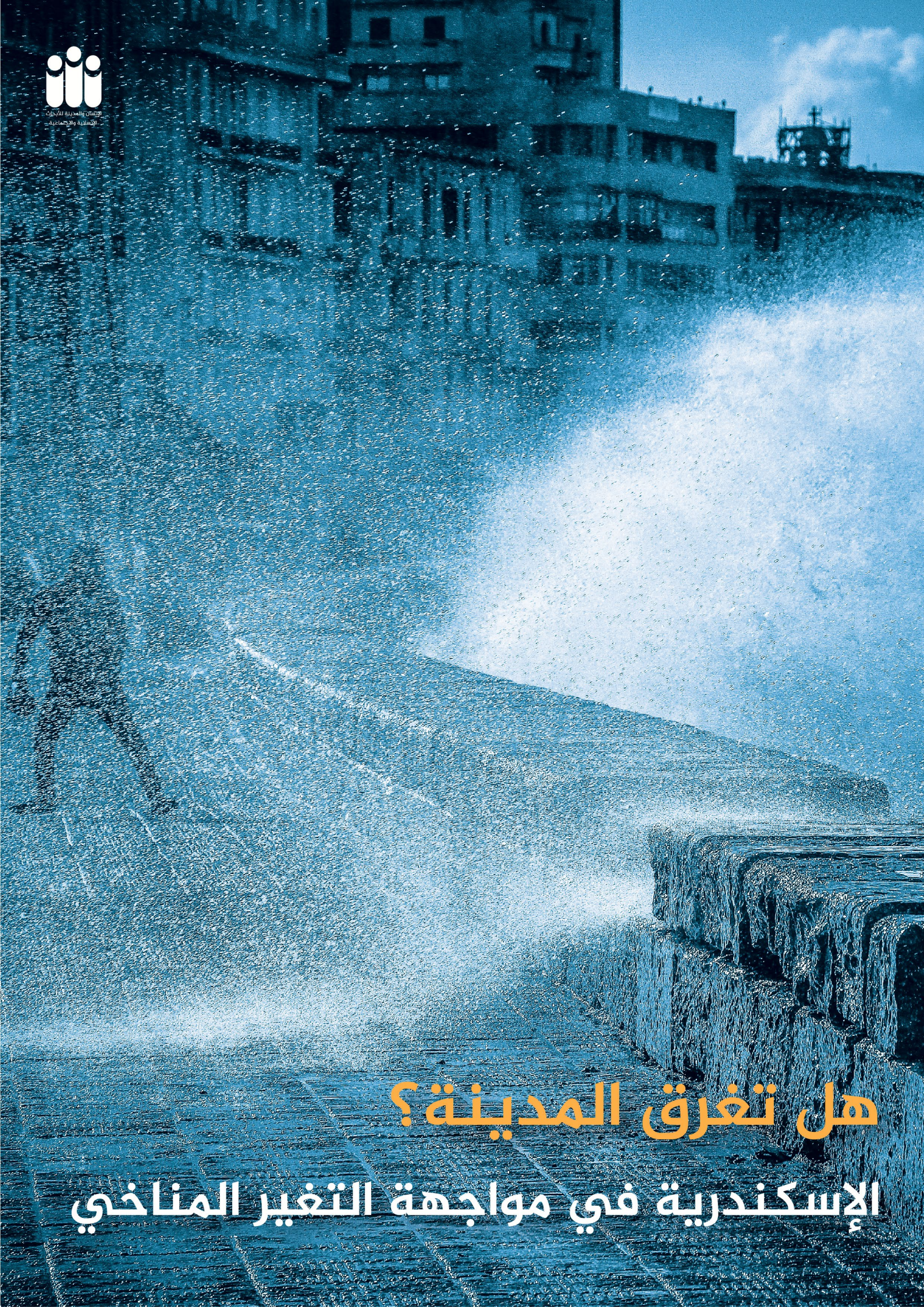


هل تغرق المدينة؟

الإسكندرية في مواجهة التغير المناخي

هل تغرق المدينة؟

الإسكندرية في مواجهة التغير المناخي

صادر عن الإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والاجتماعية 2022
الحقوق محفوظة بموجب رخصة المشاع الإبداعي: نسب المصنف غير تجاري
-منع الاشتقاق / الإصدارة 4,0

www.hcsr-eg.org

أصبحت التغيرات المناخية وتأثيرها على مستوى سطح البحر مرئية ومحسوسة عالميًا، ولم تعد هذه التغيرات احتمالا بعيدًا.. بل واقعًا حاليًا وأحد التحديات ذات الأولوية القصوى.

وقد صار خطر ارتفاع مستوى سطح البحر على السواحل الشمالية لمصر، خاصةً دلتا النيل والإسكندرية، مصدر قلق كبير للسكان والجهات المعنية تزامنًا مع التحذيرات الواردة بناءً على دراسات دولية ومحلية والتي أثارت حالة من اليقظة لخطورة تغير مستوى سطح البحر. شهدت قمة المناخ (مؤتمر الأطراف COP 26) التي استضافتها مدينة جلاسكو الإسكتلندية في 2021 تصريحًا لافتًا لرئيس الوزراء البريطاني آنذاك؛ بوريس جونسون، حذَّر خلاله من اختفاء ثلاث مدن بسبب ارتفاع درجة حرارة الأرض من بينها مدينة الإسكندرية في مصر. وأوضح جونسون أنه في حالة ارتفاع درجات حرارة الأرض أربع درجات «وداعًا لمدن بأكملها: ميامي، الإسكندرية، شنغهاي، ستختفي كلها تحت أمواج البحر».

محمد غانم، المتحدث باسم وزارة الري في مصر، عقّب على تصريحات جونسون في مداخلة هاتفية على قناة صدى البلد حينها: «بالفعل في تيارات مناخية يكون لها تأثير واضح على ارتفاع منسوب مياه سطح البحر، وحتى الآن في دراسات مختلفة ومتنوعة بتحدد بشكل تقريبي الزيادة ستكون قد ايه. ولكن نحن نتكلم عن حدود متر وهذا يختلف من دراسة إلى أخرى»[1].

أثارت تلك التصريحات تفاعلاً واسعًا على النطاقين المحلي والدولي، وسلطت الضوء على مدينة الإسكندرية في مواجهة تحدي التغيرات المناخية. وقد أثبتت الدراسات والأبحاث أن أكثر المدن عرضة للتهديد هي تلك المبنية في المناطق الساحلية المنخفضة، حيث يتمثل هذا التهديد في غمر هذه المناطق، وتآكل السواحل، وتسرب المياه المالحة إلى طبقات المياه الجوفية، وفقدان الأراضي الرطبة الساحلية وتأثيرها على التنوع البيولوجي. ويؤدي إلى أضرار في الأنظمة الاقتصادية والاجتماعية والبيولوجية.

يختلف مدى التأثير من موقع جغرافي إلى آخر اعتمادًا على شكل الساحل والنشاط الإنساني الواقع عليه وطبيعة الموقع وخصائصه. لذا اختلف المجتمع الأكاديمي حول غمر الدلتا ومدينة الإسكندرية. ومع ذلك، فإن الافتراضات المتعلقة بتلك المنطقة تظل خاضعة للمراجعة لاستنادها في الأغلب إلى المعلومات المتاحة المحدودة بسبب قلة الدراسات التي خضعت لها تلك المنطقة تحديدًا، وغياب سيناريوهات التنبؤ بالتغيرات المناخية المحلية، بالإضافة إلى تناول ساحل البحر المتوسط بأكمله كوحدة واحدة تخضع لتأثير زيادة منسوب مياه البحر.

تستند هذه الورقة إلى المصادر القديمة والحديثة والتعرف على خصائص المنطقة ومقوماتها الطبيعية لمحاولة الإجابة على الأسئلة التي تطرح نفسها بقوة مؤخرًا: هل من المحتمل أن تتعرض مدينة الإسكندرية للغرق بسبب التغير المناخي كما حدث وغرقت أجزاء منها خلال العصور التاريخية؟ ما هي طرق التكيف مع واقع التغير المناخي الذي تعيشه المدينة؟ ماهي المشروعات المرتبطة بحماية المدينة التي يشاهدها المواطن السكندري وفي أغلب الأوقات لا يدرك الغرض منها؟

1- مصر ترد بعد التفاعل على تصريح جونسون عن «اختفاء الإسكندرية» إذا ارتفعت الحرارة 4 درجات، تاريخ الدخول 03/10/2022 https://rb.gy/z5bxnd

في الجزء الأول نستعرض موقع المدينة في الساحل المصري والخصائص الطبيعية للإسكندرية وتاريخ غمر وغرق بعض أجزاء المدينة في الماضي، لتوضيح السياق العام والظروف التي يترتب عليها مدى التأثر بالتغير المناخي. ويبدأ الجزء الثاني بعرض أسباب ارتفاع مستوى سطح البحر وسيناريوهات التغيرات المناخية، والتغيرات الواقعة والمتوقعة لمستوى سطح البحر وفقًا لهذه المفاهيم، ثم تهديدات الفيضانات المستقبلية وتأثير التغيرات المناخية على هطول الأمطار ودرجة الحرارة في مدينة الإسكندرية، وظاهرة الهبوط الأرضي الذي تتعرض له، ثم استعراض تأثير النشاط الإنساني على الشواطئ. ويأتي الجزء الثالث لعرض تدابير التكيف ووسائل الحماية المتبعة والمشروعات التي تعمل عليها الدولة في المدينة. وتختتم الورقة البحثية بتوصيات للحفاظ على المدينة والتأقلم والتكيف مع التغيرات المناخية التي تعيشها.

1. موقع الإسكندرية وتاريخها وخصائصها

• الموقع

تقع مدينة الإسكندرية شمال غرب مصر، وتمتد من خليج أبي قير شرقًا حتى برج العرب غربًا، وتقع بين خطي طول 30° و25َ 29° شرقًا، وبين دائرتي عرض 15َ 31° و10َ 30° شمالاً. وهي تمتد كشريط ساحلي بطول 90 كم غرب دلتا النيل يحده شاطئ البحر المتوسط شمالاً وبحيرة مريوط جنوبًا وخليج أبي قير وإدكو شرقًا. وتمتد حدودها الغربية حتى الكيلو 61 على الطريق الساحلي الدولي؛ وحدودها الجنوبية حتى الكيلو 71 على طريق القاهرة الإسكندرية الصحراوي. وقد أهّلها هذا الموقع الجغرافي الفريد لتكون نقطة التقاء الحضارات القديمة وأحد أهم موانئ البحر المتوسط على طول تاريخها. ولكن هل يكتب هذا الموقع المتميز للمدينة آخر سطر في حياتها كما نعرف؟ لنصل لإجابة هذا السؤال علينا أولًا التعرف على بعض الأساسيات والمفاهيم الرئيسية التي توضح طبيعة هذا الموقع وخصائصه وعلاقة الإسكندرية في الماضي والحاضر بالبحر المتوسط، حتى نستطيع فهم السياق العام الذي يُؤثّر على مدى الضرر الذي يقع بسبب التغيرات المناخية استنادًا على أسس علمية.

الأساسيات والمفاهيم الرئيسية

- ساحل البحر المتوسط في مصر

يمتد الخط الساحلي المصري نحو 1500 كيلومتر، منها حوالي 1000 كم ساحل رئيسي (أي متأثرًا بالأمواج) من السلوم غربًا إلى رفح شرقًا، بينما يتكون الجزء المتبقي من شواطئ البحيرات الساحلية.

من حيث الجغرافيا الطبيعية، ينقسم ساحل البحر المتوسط المصري إلى أربع قطاعات مختلفة في الطبيعة الجغرافية لكل منطقة:

- الساحل الشمالي الغربي

يمتد من السلوم إلى العلمين لمسافة 550 كم، ويتميز بأعلى ارتفاع فوق متوسط مستوى سطح البحر على طول الساحل.

- ساحل الإسكندرية

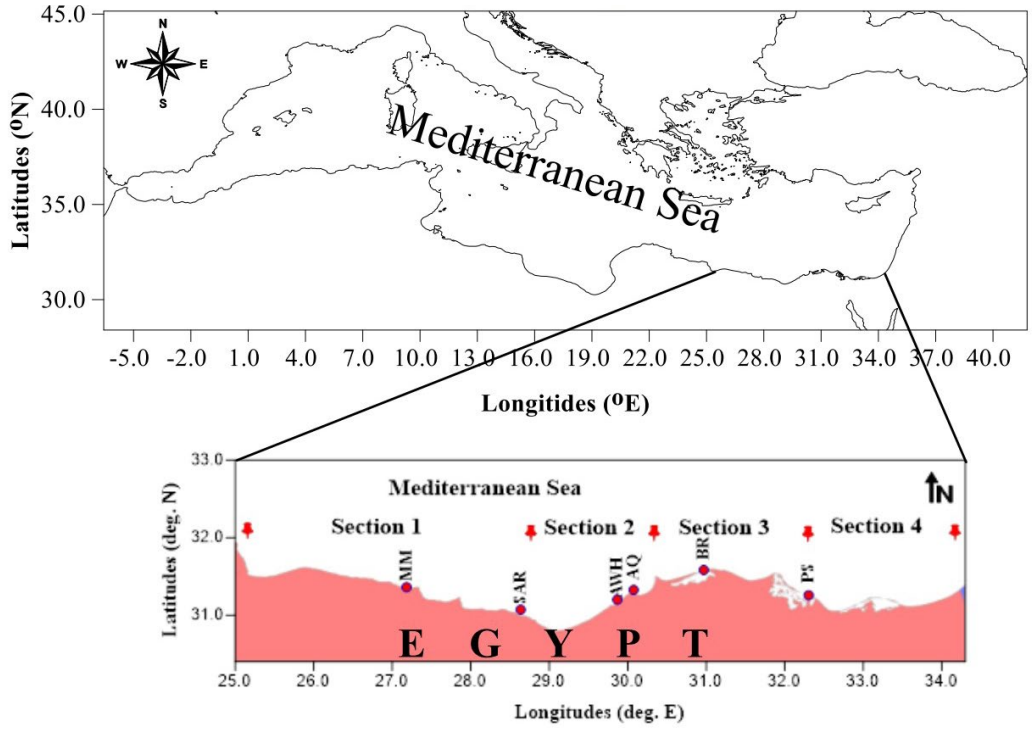
يمتد من أبي قير شرقًا إلى الحمَّام غربًا لمسافة حوالي 70 كم. تمثل الواجهة البحرية للإسكندرية بشريط ساحلي ضيق. وهي تقع على «حاجز» مرتفع من الحجر الجيري (بين 2.5 و11م ومتوسط 4م فوق متوسط مستوى سطح البحر). ومع ذلك، هناك بعض المناطق المنخفضة بما في ذلك الشواطئ وبحيرة مريوط والمنخفض الجنوبي الشرقي المجاور ومنطقة الطرح.

- ساحل دلتا النيل

يمتد من الإسكندرية غربًا إلى بورسعيد شرقًا لمسافة 240 كم، ويتميز بأكبر كثافة سكانية في مصر. تدعم شواطئ الدلتا الواسعة جزئيًا الكثبان الرملية والأراضي المزروعة والمراكز الحضرية والأراضي الرطبة الساحلية التي تُشكِّل البحيرات الطبيعية ومزارع الأسماك المستصلحة. ثلاث بحيرات ساحلية معتدلة الملوحة؛ هي إدكو والبرلس والمنزلة، مفصولة عن البحر بواسطة حواجز رملية. وأصبحت هذه الحواجز المنخفضة والضيقة عرضة للتآكل والهبوط.

-ساحل شمال سيناء

يمتد من بورسعيد غربًا إلى رفح شرقًا لمسافة 180 كم. يتألف من منطقة الأنشطة الصناعية والتجارية المصرية الرئيسية، بما في ذلك قناة السويس. في هذا القطاع، يتميز الساحل الممتد من سهل التينة إلى العريش بوجود كثبان رملية ساحلية، بعرض 10 إلى15 كم، والتي ترتفع إلى حوالي 25م فوق متوسط مستوى سطح البحر. المناطق المنخفضة هي الشواطئ وبحيرة البردويل وسهل التينة. إلى الغرب، تم تطوير شواطئ تراكمية ملحوظة بمعدل متوسط 10 م/ سنة، على طول سهل تينة الساحلي.[2]



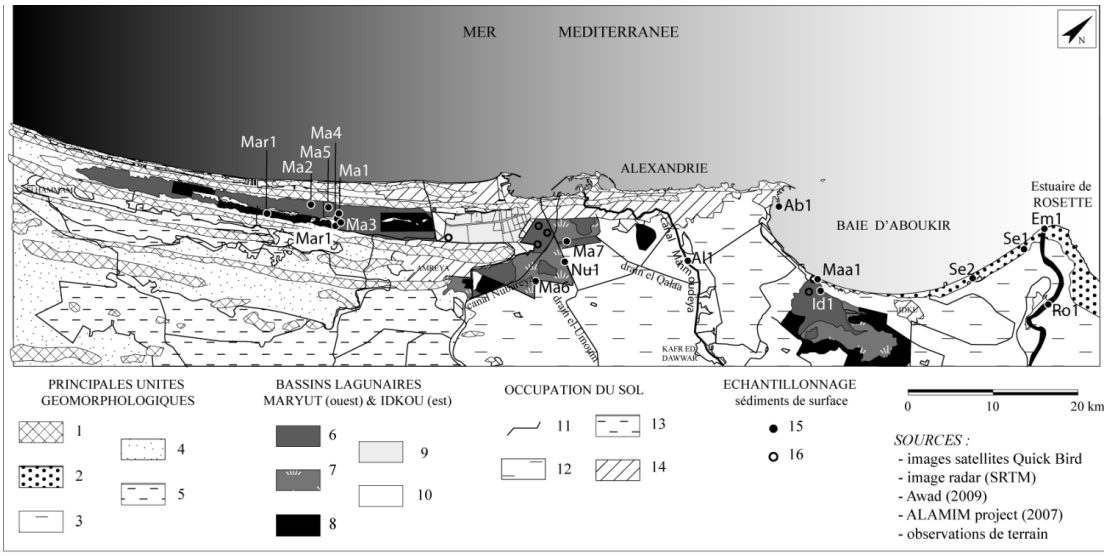
شكل1. حوض البحر المتوسط مع الأقسام الجغرافية للساحل المصري ومواقع مقاييس المد والجزر. المصدر: دراسة لطارق الجزيري 2020

2-El-Geziry, T., 2020.

• خصائص المدينة

تتعدد الخصائص الطبوغرافية والجيومورفولوجية والجيولوجية لمدينة الإسكندرية. نستعرض بعض هذه الخصائص باختصار حتى تتضح الصورة أكثر عن وضع المدينة.

طبقًا لتقرير التوصيف البيئي لمحافظة الإسكندرية الصادر عن وزارة شئون البيئة ومحافظة الإسكندرية بالتعاون مع الوكالة الدنماركية للتعاون الدولي في 2007، تتميز الإسكندرية بقلة ارتفاع السطح وتتابع السلاسل الصخرية المتوازية التي تمتد بمحاذاة الساحل وتنحصر بينها أودية طويلة في نفس الاتجاه. ويرجع تكوين خط الساحل الحالي للدلتا لفعل الترسبات الدلتاوية عند مدخل النيل (فرع رشيد)، كما تكوَّن بفعل تأثير البحر المتوسط. والرمال المُكوِنة للكثبان هي رمال ناعمة إلى متوسطة تختلط بها نسبة من معادن الطمي. وتعاني تلك الكثبان الرملية الممتدة على طول الشريط الساحلي من اختراقات عرضية تحدثها مياه البحر نتيجة للمد والجزر تنفذ من خلال القنوات كمتنفس لها إلى المساحات المنخفضة نسبيًا خلفها. المدينة ذاتها قائمة على شريط من اليابس يحده شمالاً البحر المتوسط وجنوبًا بحيرة مريوط، كما أن شريط الأرض هذا عبارة عن سلسلة متتالية من التلال والكثبان الرملية والأودية. كما يشغل منخفض بحيرة مريوط وادي مريوط حتى يصل إلى سهول مريوط عند العامرية وكنج مريوط حيث ترتفع تلك المنطقة نحو 35 مترًا فوق سطح البحر[3]. وتمتد بحيرة مريوط إلى الجنوب من المدينة، وتعد من البحيرات المالحة الضحلة في شمال مصر، ويبلغ منسوب مستوى الماء فيها نحو ثلاثة أمتار تحت مستوى البحر.[4]



شكل 2. علاقة المدينة بالخصائص الطبوغرافية والجيومورفولوجية والجيولوجية. المصدر: Flaux 2011

الرموز الواردة بالخريطة: -1 سلسلة ساحلية، -2 كثبان رملية ساحلية، -3 سهل دلتاوى، -4 فرشات رملية، -5 أراضي مستصلحة، -6 امتداد بحيرة مريوط، -7 بحيرة مريوط، -8 أجزاء مُستغلة من البحيرة، -9 مالحة المكس، -10 سبخة، -11 قناة مائية، -12 أراضي زراعية قديمة، -13 أراضي تخوم الدلتا، -14 مناطق حضارية عمرانية وصناعية، -15 مواقع عينات الرواسب السطحية لدراسة Flaux 2011، -16 مواقع عينات الرواسب السطحية لدراسة Bernasconi & Stanley 1993.

3- وزارة البيئة ، جهاز شئون البيئة، تقرير التوصيف البيئي للمحافظات https://rb.gy/ng2uhc

4-وزارة البيئة ، جهاز شئون البيئة، البحيرات، https://rb.gy/sfbp7v

تقرير المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية)

• تاريخ غرق أجزاء من المدينة:

منذ تأسيسها على يد الإسكندر المقدوني عام 331 ق.م.، كانت الإسكندرية نقطة التقاء الثقافتين اليونانية والمصرية القديمة، ومحطًا للمهاجرين من مختلف الأصول والمهن. وحازت المدينة على أهمية كبيرة خلال العصور اليونانية والرومانية والبيزنطية، وكانت مدينة متوسطية بامتياز في الثقافة والتخطيط العمراني والشكل المعماري. ولكن بجانب هذا الجانب المشرق من تاريخ المدينة، إلا أنها عرفت سيرة تغص بالزلازل والغمر والغرق والهبوط الأرضي.

ذكر كلٌ من المؤرخ الروماني أميانوس مارسيلينوس جون، أسقف نيكيو من القرن السابع[5]، والمؤرخ جورجيوس موناتشوس في القرن التاسع، أنه بعد زلزال قوي للغاية في 21 يوليو 365م مركزه جزيرة كريت، انحسر البحر وغمرت المياه سواحل مصر، مما أسفر عن مقتل عشرات الآلاف. وفقًا لجيدوبونى وآخرون ورياض وآخرون، فإن التسونامي قد دمر أجزاءً كثيرة من شمال مصر. يصف المؤرخون الحدث في الإسكندرية بأن البحر تراجع إلى الوراء بعيدًا لدرجة أن قاع البحر العميق أصبح مرئيًا ممدودًا، ويمكن رؤية أنواع كثيرة من الكائنات البحرية في الوحل. السفن تقف على القاع كما لو كانت على اليابسة، والناس يتجولون بحرية في المياه القليلة المتبقية يجمعون الأسماك والقواقع. ولكن فجأة دوى صوت رهيب للمياه الهادرة، وارتفعت المياه عاليًا ثم تدفقت في كميات هائلة لتكتسح وتقتل عدة آلاف من الناس. وألقت الأمواج بعض السفن على أسطح المنازل[6].

وقد أكد المؤرخ والجغرافي اليوناني سترابون أن الميناء السكندري يتعرض لمشاكل بسبب الرياح العنيفة. أما المقريزي في تاريخه فقد أكد أن الإسكندرية تعرضت لزلزالين مدمرين عامي 956 و1303م. أدى الزلزال الذي وقع في 8 أغسطس 1303 إلى حدوث تسونامي كبير مرة أخرى، رأى العلماء أنه يشتمل على عناصر مشتركة مع زلزال 21 يوليو 365، والذي كان مركزه أيضًا في جزيرة كريت. كما ورد في مصادر عربية أن المياه المتدفقة دمرت أسوار المدينة و17 برجًا، وتدمير ما تبقى من منارة الإسكندرية القديمة، كما خلّفت عدد كبير من القتلى.[7]

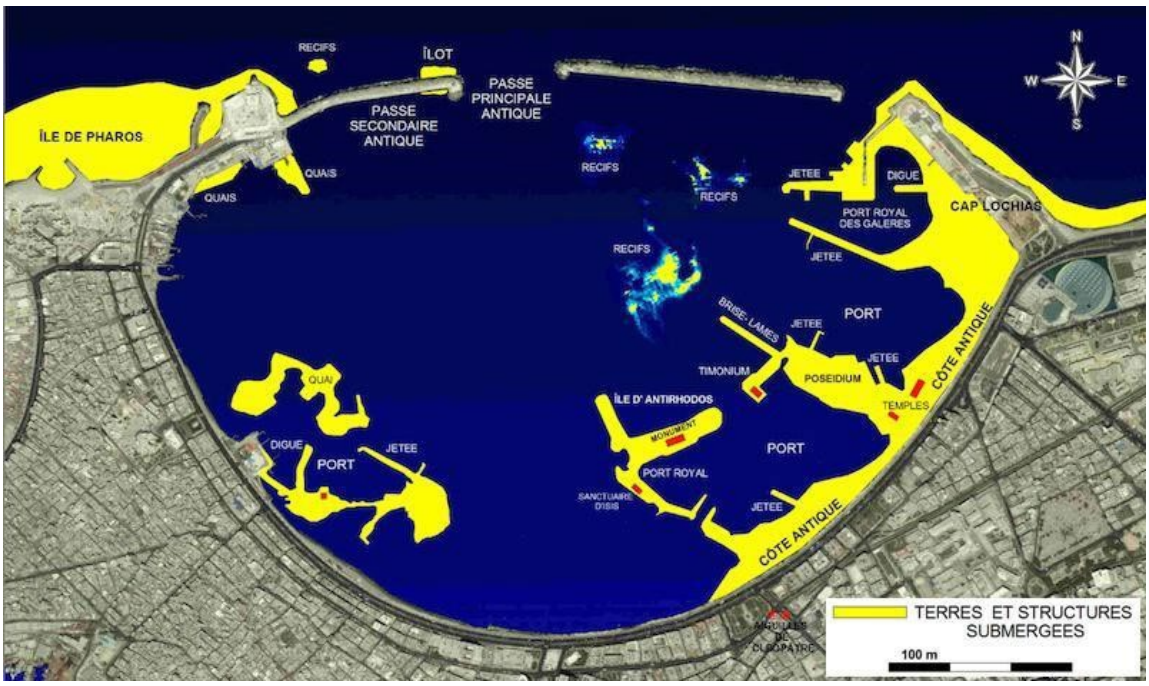
بدأت أولى محاولات تحديد الآثار الغارقة في الإسكندرية من خلال الحملة الفرنسية؛ حيث كان جراتيان لوبير أول من نبَّه لوجود آثار غارقة في الميناء الشرقي وحاول تحديد مكان جزيرة الماس الغارقة شمال قلعة قايتباي. وفي عام 1910، اكتشف مهندس الموانئ الفرنسي جونديه منشآت تحت الماء تشبه أرصفة الموانئ غرب جزيرة فاروس. اكتشف طيار من السلاح البريطاني موقع في خليج أبو قير عام 1933، وموَّل الأمير عمر طوسون عملية البحث والانتشال. وفى عام 1960، حاول الغطاس المصري الشهير كامل أبو السعادات إجراء مسح لقاع الميناء الشرقي لتحديد الآثار الغارقة ورسم خريطة للآثار الغارقة به. اهتمت منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلوم والثقافة (اليونسكو) بالمنطقة، فأرسلت الأثري البريطاني هونور فروست عام 1968لإجراء بحوث واكتشافات.

5- Lacus Curtius, Ammianus Marcellinus https://rb.gy/uuxqxj

6- Stiros, Stathis. (2020); Guidoboni, E., Comastri, A. and Traina, G. (1994); and Riad, S. *et al*, 2003.

7-Guidoboni, E. and Comastri, A.,1997.

ومع بداية التسعينيات، توالت بعثات التنقيب الأجنبية. أسَّس جان إيف إمبرور مركز الدراسات السكندرية عام 1994 تحت إشراف المعهد الفرنسي للآثار الشرقية، وأمكن انتشال عدد كبير من الآثار الغارقة. وكانت أول محاولة علمية لتحديد جزء الساحل المغمور من الإسكندرية هي بعثة فرانك جوديو الأثرية، وعملت البعثات الإيطالية والفرنسية واليونانية على طول شواطئ الإسكندرية وكانت من نتائجها اكتشاف لمواقع الآثار الغارقة في الميناء الشرقي. أكدت أعمال المسح والحفائر وجود موانئ عديدة وجزر غارقة داخل الميناء الشرقي والمدن القديمة الغارقة ثونيس-هيراكيلون، وكانوبس، ومينوثيس في خليج أبي قير.[8]



شكل 3. تُظهِر الخريطة الأجزاء المغمورة بالمياه من إسكندرية القديمة باللون الأصفر. المصدر: Goddio 2002

وفقًا للدكتور مجدي غراب، تُؤكِّد العديد من الظاهرات المورفولوجية الغارقة حدوث حركة هبوط أرضي إضافة إلى تأثير النحت البحري بالأمواج في المنطقة وارتفاع مستوى سطح البحر أهمها ما يلي:

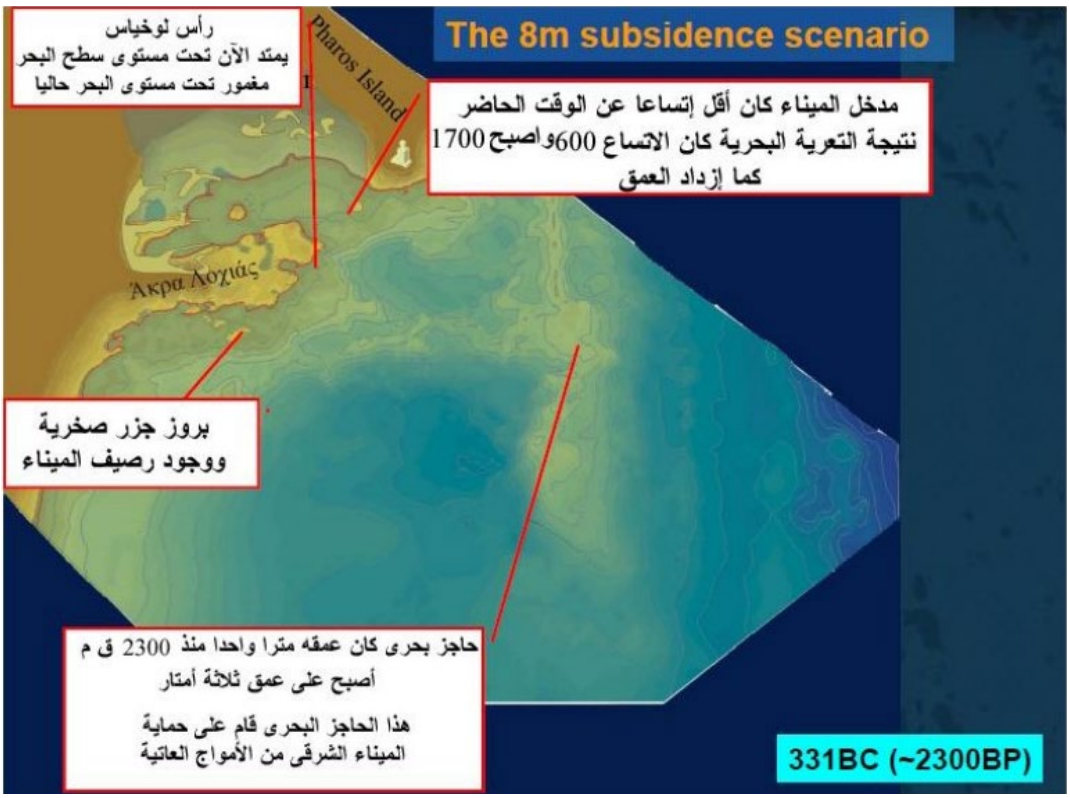
• انغمار أكثر من 90 %من مساحة رأس لوخياس تحت مستوى سطح البحر الحالي

• كان اتساع مدخل الميناء الشرقي لا يتعدى 600 مترًا، ولكن بلغ اتساعه حاليًا أكثر من 1700 مترًا بسبب تعرضه لحركة هبوط أرضي إضافة إلى تأثير النحر البحري

• بروز حاجز بحري مغمور خارج الميناء الشرقي، وهو المسئول عن حماية الميناء من هجمات الأمواج أثناء العواصف، وكان عمقه لا يتعدى مترًا واحدًا منذ 2300 سنة، إلا أنه أصبح الآن على عمق ثلاثة أمتار.[9]

8- متحف الآثار، مكتبة الإسكندرية الآثار الغارقة - المقتنيات - متحف الآثار

9- مجدي تراب، 2015



شكل 4. ظواهر جيومورفولوجية غارقة خارج الميناء الشرقي. المصدر: مجدي تراب 2015

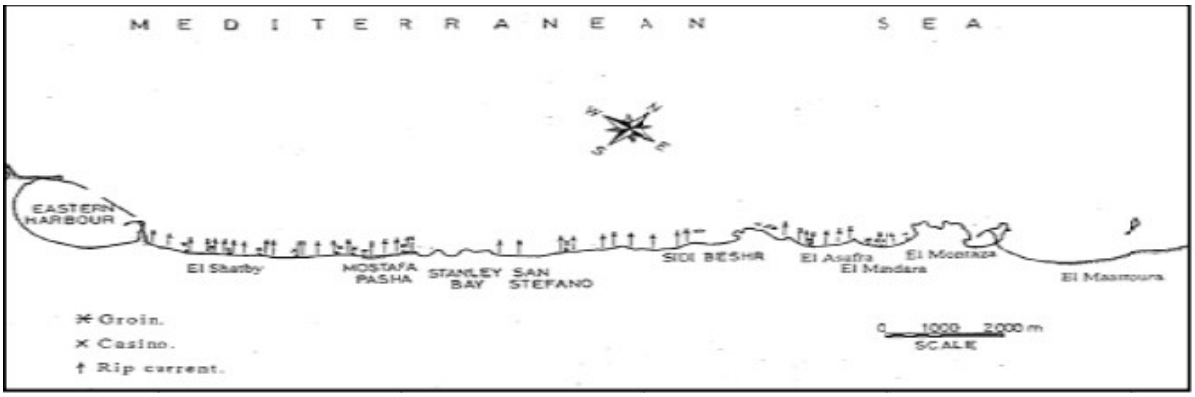
•أهم الظواهر البحرية بمدينة الإسكندرية:

يتوقف شكل الساحل على تفاعل عدد من العوامل والظواهر الطبيعية مثل الأمواج وحركة المد والجزر والتيارات البحرية. وهي جميعًا تقوم بوظائف النحت والنقل والإرساب في المنطقة الساحلية، بجانب طبيعة الساحل وارتفاع هامش اليابس الذي يتعرض لفعل تلك العمليات البحرية. يُضاف إلى ذلك خصائص تكوينه الصخري ودرجة مقاومة صخوره للتعرية، ومدى التجانس أو التفاوت في تركيبها، وأيضًا التغيرات التي انتابت وتنتاب المستوى النسبي لليابسة والماء، والتي تُعرف أحيانًا بالتغيرات الموجبة والسالبة بحسب نتائجها في رفع أو خفض مستوى البحر بالنسبة للساحل. ويمكن التنبؤ بالتغيرات المستقبلية لشكل الساحل عن طريق مقارنة التغيرات السابقة وتتبع ما قد يحدث في المستقبل واستخدام الطرق المناسبة للتعامل معه وأخذ كافة المعايير الاحترازية. ولفهم تلك التغيرات، يمكن رصد الظواهر البحرية الطبيعية بمدينة الإسكندرية بإيجاز.

o التيارات البحرية:

تتدفق المياه إلى البحر المتوسط من المحيط الأطلنطي، لتعوِّض عن كميات المياه المُتبخِرة بفعل حرارة الشمس. وبالفعل التيار المائي الأساسي يدخل عبر مضيق جبل طارق ويتحرك شرقًا على امتداد سواحل أفريقيا وصولاً إلى السواحل الشرقية للبحر المتوسط ويستأنف طريقه باتجاه الشمال. تتفرع عن هذا التيار الرئيسي تياراتٍ أخرى، ذات سرعة غير متجانسة تصل سرعتها داخل البحر إلى 2 كم في الساعة. أما في المضائق فإن المياه تجري بسرعة أكبر تصل إلى 9 كم في الساعة.

هناك عدة عوامل أخرى تُؤثّر في التيارات البحرية مثل شكل خط الساحل واتجاهه، وتضاريس القاع، وحركة الرياح، مما يُشكّل بعض مواقع تيارات سحب قوية وخطيرة في بعض الأحيان على امتداد الساحل السكندري.[10]



شكل 5. موقع تيارات السحب الخطرة على امتداد ساحل الاسكندرية

المصدر: المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية)

o الرياح الساحلية:

تتأثر الإسكندرية بعدة رياح أهمها:

- الرياح الشمالية الشرقية (جريجال أو جريجالي) خلال فصلي الخريف والشتاء، وهي تهب من وسط وغرب البحر المتوسط وغالبًا ما تكون باردة محملة بالأمطار وتستمر من يوم إلى خمسة أيام.
- الرياح الشمالية (ميلتمي) التي تهب خلال فصل الصيف من بحر إيجة وهي تكون مُلطِفة لدرجة الحرارة.
- رياح الخماسين التي تهب من الجنوب أو الجنوب الشرقي في الفترة بين مارس إلى مايو، وهي رياح شديدة الحرارة وجافة ومحملة بالغبار.

oالنوات

تتأثر الإسكندرية بعدة نوات، وهي عبارة عن رياح قد تتجاوز سرعتها ٥٠ كم/ ساعة وأغلبها ممطرة إلى شديدة المطر، وتختلف في مواعيد قدومها وخصائصها وصفاتها واتجاهات الرياح المصاحبة لها ومدتها. فيما يلي كشف بالنوات والرياح الموسمية التي تهب على المدينة طبقًا للهيئة العامة لميناء الإسكندرية:[11]

10- المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية)

11- كشف بالنوات والرياح الموسمية التي تهب على ميناء الإسكندرية، الهيئة العامة لميناء الإسكندرية https://rb.gy/pwo4tn

تاريخ النوة	اسمها	المدة بالأيام	اتجاه الرياح	نوعها
2 يناير	رأس السنة	4	غربية	ممطرة
12 يناير	الفيضة الكبيرة	6	جنوبية غربية	شديدة الأمطار
19 يناير	الغطاس	3	غربية	ممطرة
28 يناير	الكرم	7	غربية	غزيرة الأمطار
18 فبراير	الشمس الصغيرة	3	شمالية غربية	ممطرة
2 مارس	السلوم	2	جنوبية غربية	ممطرة
9 مارس	الحسوم	7	جنوبية غربية	غالبًا ممطرة
18 مارس	الشمس الكبيرة	2	شرقية	غالبًا ممطرة
24 مارس	العوة وبرد العجوزة	6	شرقية	غالبًا ممطرة
23 إبريل	الخماسين إلى شم النسيم	2	شرقية	ساخنة
18 يونيو	رياح النقطة	2	شرقية	ساخنة
30 سبتمبر	رياح الصليب	3	غربية	ساخنة
20 أكتوبر	رياح الصليب	3	غربية	غير ممطرة
16 نوفمبر	المكنسة	4	شمالية غربية	شديدة الأمطار
22 نوفمبر	باقي المكنسة	4	جنوبية غربية	ممطرة
4 ديسمبر	قاسم	5	جنوبية غربية	مصحوبة بعواصف
19 ديسمبر	الفيضة الصغير	5	شمالية غربية	تصحبها أمطار
28 ديسمبر	عيد الميلاد	2	غربية	شديدة الأمطار

- المد والجزر:

ينتج عن حركة المد والجزر تحرك أفقي للكتل المائية على سطح الأرض اقترابًا وابتعادًا عن خط الشاطئ، ويصل متوسط مقدار المد والجزر بموانئ الإسكندرية إلى 0.46 متر فوق المنسوب الثابت للخريطة وفقًا للهيئة العامة لميناء الإسكندرية.[12]

الخصائص الرئيسية للبحر المتوسط بشكل عام:

يتمتع البحر المتوسط بدرجة حرارة عالية وملوحة عالية ونظام ذو مدى للمد والجزر لا يتعدى عرضه عادةً 50 سم. ويوجد فقر في المواد المغذية والكتلة الحيوية للعوالق المائية، وتقل التغذية كلما اتجهنا إلى الشرق. وهو غني في التنوع البيولوجي ويعد النقل عن طريق قناة السويس هو الأكبر ولذلك نجد الكمية الأكبر من الأنواع الغريبة موجودة في الحوض الشرقي.[13]

12- نبذة عن هيئة ميناء الإسكندرية، الهيئة العامة لميناء الإسكندرية https://rb.gy/xtcggm

13- تقرير وكالة البيئة الأوروبية رقم 4 لعام 2006، القضايا البيئية ذات الأولوية في منطقة البحر المتوسط

2. تأثير التغيرات المناخية على المدينة:

تشير البيانات الواردة في تقرير أصدره البنك الدولي في 2022 إلى أنه بين عامي 1984 و2016، تآكلت السواحل الشمالية المصرية بمتوسط 0.1 متر كل عام.[14]

يتمثل خطر غرق الإسكندرية، كما يُقال، في ارتفاع مستوى سطح البحر. ولكن قبل الجزم بصحة أو ضلالية تلك المعلومة علينا أن نعرف أولًا أسباب هذا الارتفاع، وما هي سيناريوهات حدوثه، ومتى يمكن أن نرى تأثير هذا الارتفاع، حتى يمكننا معرفة مدى صحة احتمالية غرق الإسكندرية.

• أسباب ارتفاع مستوى سطح البحر

يرجع ارتفاع مستوى سطح البحر إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض بسبب زيادة نسبة الغازات الدفينة الناتجة عن عوامل غير طبيعية كالنشاط الإنساني من حرق الوقود الأحفوري وتمهيد الأراضي الزراعية والنشاط الصناعي منذ بداية الثورة الصناعية. وتعمل الغازات الدفينة على منع عودة أشعة الشمس المنعكسة إلى الفضاء، مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض. وبسبب هذه الزيادة يحدث التمدد الحراري للمياه وهو السبب الرئيسي لارتفاع مستوى سطح البحر؛ حيث تشغل المياه الدافئة حجمًا أكبر من المياه الباردة. كما يسبب ذوبان جليد اليابسة والأنهار والرفوف الجليدية زيادة في منسوب المياه. مع العلم أن ذوبان الجليد الطافي المتواجد في القطبين لا يرفع مستويات سطح البحر، لأن الجليد المعني هو جليد بحري، وهو يطفو بالفعل في المحيط المتجمد الشمالي؛ حيث أن حجم الماء السائل يعادل حجم الماء المتجمد فلا يزيد منسوب البحر بسبب ذوبان القطبين كما يظن الكثيرون. ولكن ذوبان القطبين يؤثر بالسلب على التنوع البيولوجي عن طريق تدمير بيئة الكائنات القطبية من مسكن وارتفاع درجة الحرارة مما ينتج عنه اختلال في التنوع البيولوجي وظهور أمراض جديدة واختفاء كائنات حية يؤثر على حياة الإنسان في كل مكان. ومع ذلك، فإن ذوبان الجليد على اليابسة، على الأنهار الجليدية في جرينلاند وأنتاركتيكا بالإضافة إلى سلاسل الجبال في كل مكان، يرفع مستويات سطح البحر.

• التغيرات السابقة لمستوى سطح البحر المتوسط على سواحل الإسكندرية

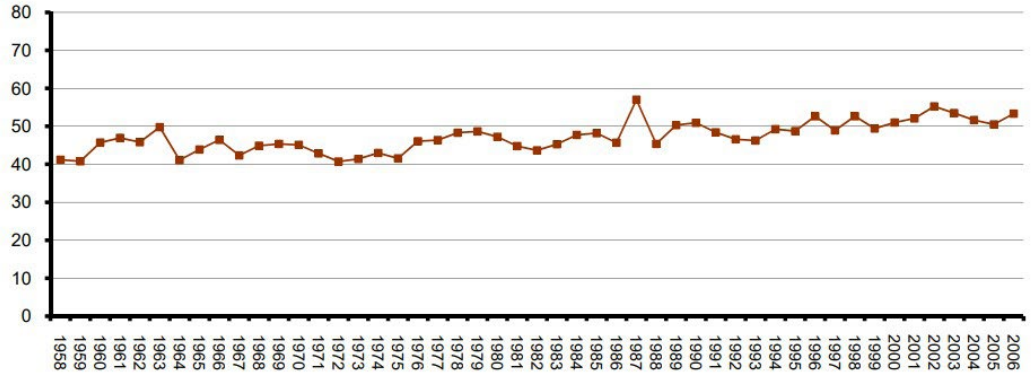
يتغير متوسط مستوى ارتفاع سطح البحر على ساحل الإسكندرية باختلاف سنوات الدراسة؛ فبلغ 2 سم من عام 1944 إلى عام 1989، [15] وبحساب من عام 1944 إلى 2001 فيبلغ متوسط ارتفاع سطح البحر 1.6 سم، [16] وبحساب من 1974 إلى 2006 بلغ متوسط الإرتفاع 3 سم.[17]

14- Heger, Martin Philipp, *et al*, 2022.

15- Frihy, O., 1992.

16- Frihy, O., 2003.

17- Said, M.A., Moursy, Z.A., Radwan, A.A., 2012.



شكل 6. التغير في المتوسطات السنوية لمنسوب سطح البحر المتوسط بالإسكندرية (1958-2006)
المصدر: المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية)

• سيناريوهات التغيرات المناخية

وفقًا للملخص الفني للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC في 2007: "تُوفِّر السيناريوهات الخاصة المختلفة لتغير المناخ أساسًا لتقييم المخاطر التي تتجاوز الحدود الطبيعية والتي يمكن تحديدها في كلٍ من التغير المادي والآثار السلبية على النظم البيولوجية والبشرية"[18]. هناك العديد من فرق النمذجة المناخية حول العالم. إذا استخدموا جميعًا مقاييس مختلفة ووضعوا افتراضات مختلفة حول خطوط الأساس ونقاط البداية، فسيكون من الصعب جدًا مقارنة دراسة بأخرى. وبالمثل، لا يمكن التحقق من صحة أيٍ من هذه النماذج مقابل نماذج أخرى مختلفة ومستقلة، وسيصبح الاتصال بين مجموعات النمذجة المناخية أعقد ويستغرق وقتًا أطول. مشكلة أخرى هي ارتفاع تكلفة عمل النماذج؛ فأجهزة الكمبيوتر القوية المطلوبة قليلة والطلب عليها كبير. كما أنه من غير العملي أن تعيد برمجة النماذج في كل مرة من نقطة الصفر. لذلك أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التعديل النهائي للسيناريوهات المستخدمة في 2007 والتي توفر إطارًا يمكن من خلالها تبسيط العمل وحل المشكلات السابقة.[19]

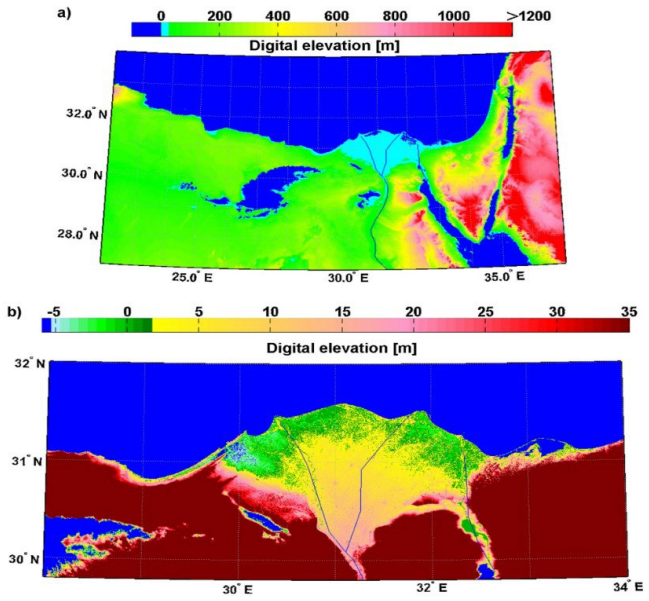
• سيناريوهات ارتفاع مستوى سطح البحر وتهديدات الفيضانات المستقبلية

يمكن دراسة المخاطر المستقبلية للفيضانات من خلال مقارنة خرائط بيانات الارتفاع الرقمية والتغيرات المتوقعة في مستوى سطح البحر. تشير التحليلات المكانية لبيانات الارتفاع الرقمي في منطقة الدراسة (الشكل 7 أ) إلى أن المنطقة الأكثر حساسية لارتفاع مستوى سطح البحر هي المنطقة الساحلية لدلتا النيل، وعلى وجه الخصوص الجانب الشمالي الغربي (الشكل 7 ب). وبالتالي، فإن حتى 10 سم زيادة في مستوى سطح البحر ستلحق أضرارًا كبيرة بالجانب الشمالي من الدلتا، والذي يشمل البحيرات الكبيرة والأراضي الزراعية الخصبة وأربع مدن مكتظة بالسكان، هي: الإسكندرية ورشيد والبرلس وبورسعيد. [20]

18- IPCC Technical Summary, 2007.

19- Wayne, 2013.

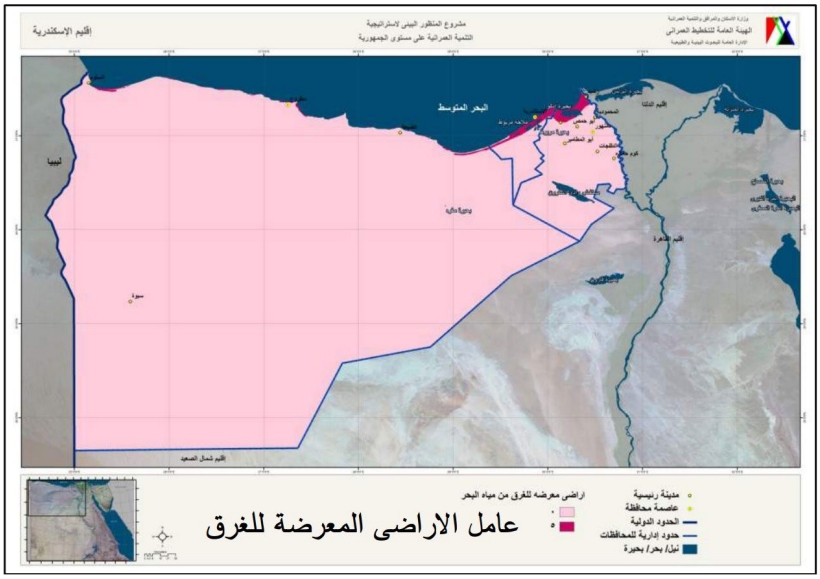
20- Shaltout, M., *et al*, 2015.



شكل 7. بيانات الارتفاع الرقمية لساحل البحر المتوسط المصري (أ)، مع تكبير منطقة دلتا النيل (ب).

المصدر: Shaltout, M., et al, 2015

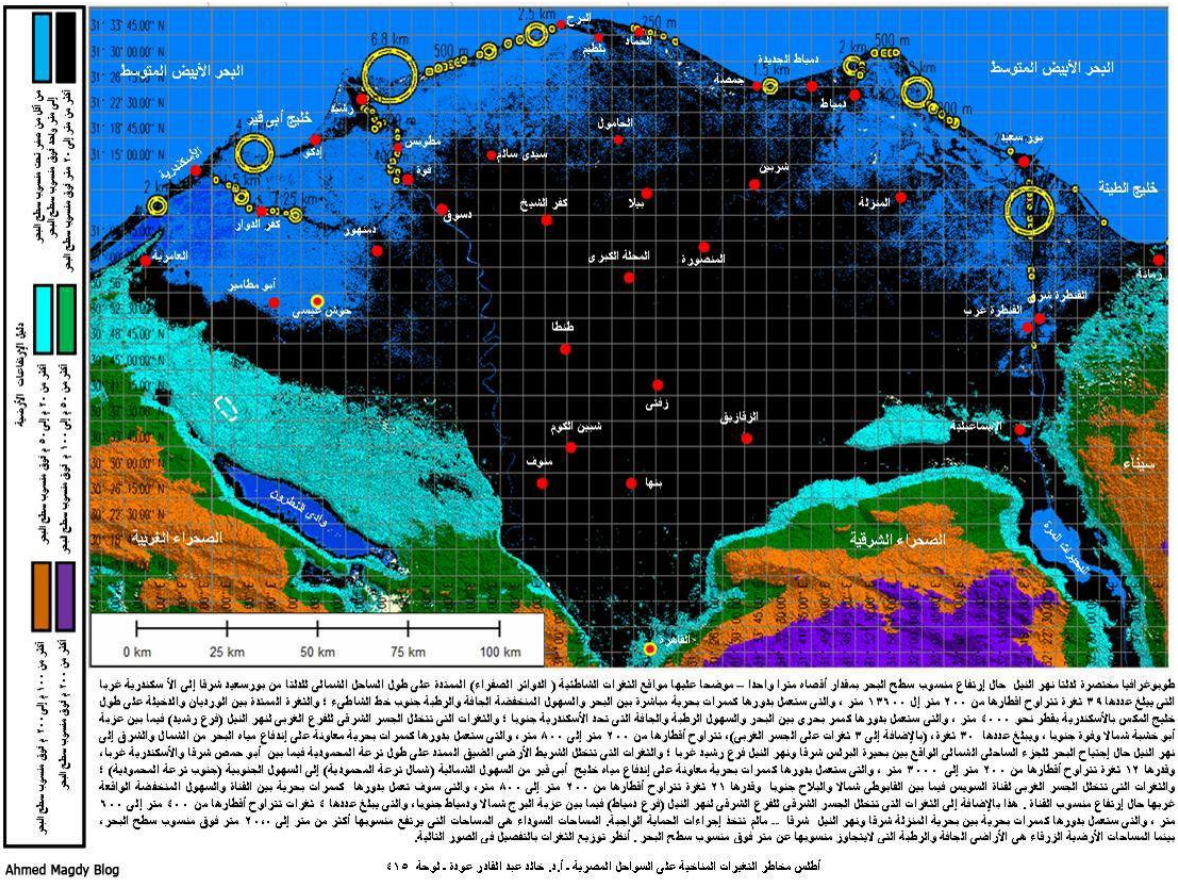
بافتراض استمرار الاتجاهات السابقة للتغير في منسوب سطح البحر على نفس الوتيرة التي تم ذكرها في المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية) لسنة 2010، فإن الزيادة المتوقعة يمكن أن تتراوح بين 2-3مم/ سنة في المتوسط. وعليه، فإن السيناريوهات المحتملة نتيجة حدوث ارتفاع في منسوب البحر يعادل 0.5 متر قد تتحقق في زمن يتراوح بين 167 و250 عامًا. بينما قد يستغرق تحقق السيناريوهات المتوقعة نتيجة ارتفاع منسوب بمقدار 1.0 متر زمنًا يتراوح بين 333 و500 عامًا، وهذا باشتراط عدم حدوث أي تغيرات إيجابية أو سلبية في المعدلات الحالية.[21] وفيما يلي خريطة الأراضي المُعرّضة للغرق وفقًا للتقرير. ويعرض التقرير أيضًا سيناريو على المدى الطويل يهدد بغرق معظم المدينة واحتمالية غرق الظهير الصحراوي أيضًا. ولكن حتى في ظل المدى البعيد لا يأخذ هذا التقرير بعين الاعتبار الالتزام بقواعد الإدارة الساحلية، والتدخل الإنساني على سواحل الإسكندرية، ومشروعات الحماية وتضافر مجهودات العديد من الجهات الدولية والقومية من أجل العمل البيئي.



شكل 8. عامل الأراضي المعرضة للغرق المصدر: المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية) 2010.

21- المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الاسكندرية).

وفي نفس العام 2010، صدر أطلس مخاطر التغيرات المناخية على السواحل المصرية للدكتور خالد عبد القادر جودة، ويعرض فيما يلي خريطة الأجزاء المعرضة للغرق في حال ارتفاع مستوى سطح البحر مترًا واحدًا:



طوبوغرافيا مختصرة لدلتا نهر النيل حال إرتفاع منسوب سطح البحر بمقدار أقصاه مترا واحدا – موضحا عليها مواقع الثغرات الشاطئية (الدوائر الصفراء) الممتدة على طول الساحل الشمالي للدلتا من بورسعيد شرقا إلى الأ سكندرية غربا التي يبلغ عددها ٣٩ ثغرة تتراوح أقطارها من ٢٠٠ متر إل ١٣٦٠٠ متر ، والتي ستحتل بدورها كممرات بحرية مباشرة بين البحر والسهول المنخفضة الحافة والرطبة جنوب خط الشاطيء ؛ والثغرة الممتدة بين الوردان والدخيلة على طول خليج المكس بالأسكندرية بقطر نحو ٤٠٠٠ متر ، والتي ستحتل بدورها كممر بحري بين البحر والسهول الرطبة والحافة التي تحد الأسكندرية جنوبا ؛ والثغرات التي تتخلل الجسر الشرقي للفرع الغربي لنهر النيل (فرع رشيد) فيما بين عزبة أبو حشيبة شمالا وفوة جنوبا ، ويبلغ عددها ٣٠ ثغرة، (بالإضافة إلى ٣ ثغرات على الجسر الغربي)، تتراوح أقطارها من ٢٠٠ متر إلى ٨٠٠ متر ، والتي ستحتل بدورها كممرات بحرية معاونة على إندفاع مياه البحر من الشمال والشرق إلى نهر النيل حال إجتياح البحر للجزء الساحلي الشمالي الواقع بين بحيرة البرلس شرقا ونهر النيل فرع رشيد غربا ؛ والثغرات التي تتخلل الشريط الأرضي الضيق الممتد على طول ترعة المحمودية فيما بين أبو حمص شرقا والأسكندرية غربا، وقدرها ١٢ ثغرة تتراوح أقطارها من ٢٠٠ متر إلى ٣٠٠٠ متر ، والتي ستحتل بدورها كممرات بحرية معاونة على إندفاع مياه خليج أبي قير من السهول الشمالية (شمال ترعة المحمودية) إلى السهول الجنوبية (جنوب ترعة المحمودية) ؛ والثغرات التي تتخلل الجسر الغربي لقناة السويس فيما بين الفانبوطي شمالا والبلاح جنوبا وقدرها ٢١ ثغرة تتراوح أقطارها من ٢٠٠ متر إلى ٨٠٠ متر، والتي سوف تعمل بدورها كممرات بحرية بين القناة والسهول المنخفضة الواقعة غربها حال إرتفاع منسوب القناة . هذا بالإضافة إلى الثغرات التي تتخلل الجسر الشرقي لثغرة النيل الشرقي لنهر النيل (فرع دمياط) فيما بين عزبة البرج شمالا ودمياط جنوبا، والتي يبلغ عددها ٤ ثغرات تتراوح أقطارها من ٤٠٠ متر إلى ٦٠٠ متر ، والتي ستعمل بدورها كممرات بحرية بين بحيرة المنزلة شرقا ونهر النيل شرقا ... مالم تتخذ إجراءات الحماية الواجبة. المساحات السوداء هي المساحات التي يرتفع منسوبها أكثر من متر إلى ٢٠٠٠ متر فوق منسوب سطح البحر، بينما المساحات الأرضية الزرقاء هي الأراضي الحافة والرطبة التي لايتجاوز منسوبها عن متر فوق منسوب سطح البحر . أنظر توزيع الثغرات بالتفصيل في الصور التالية.

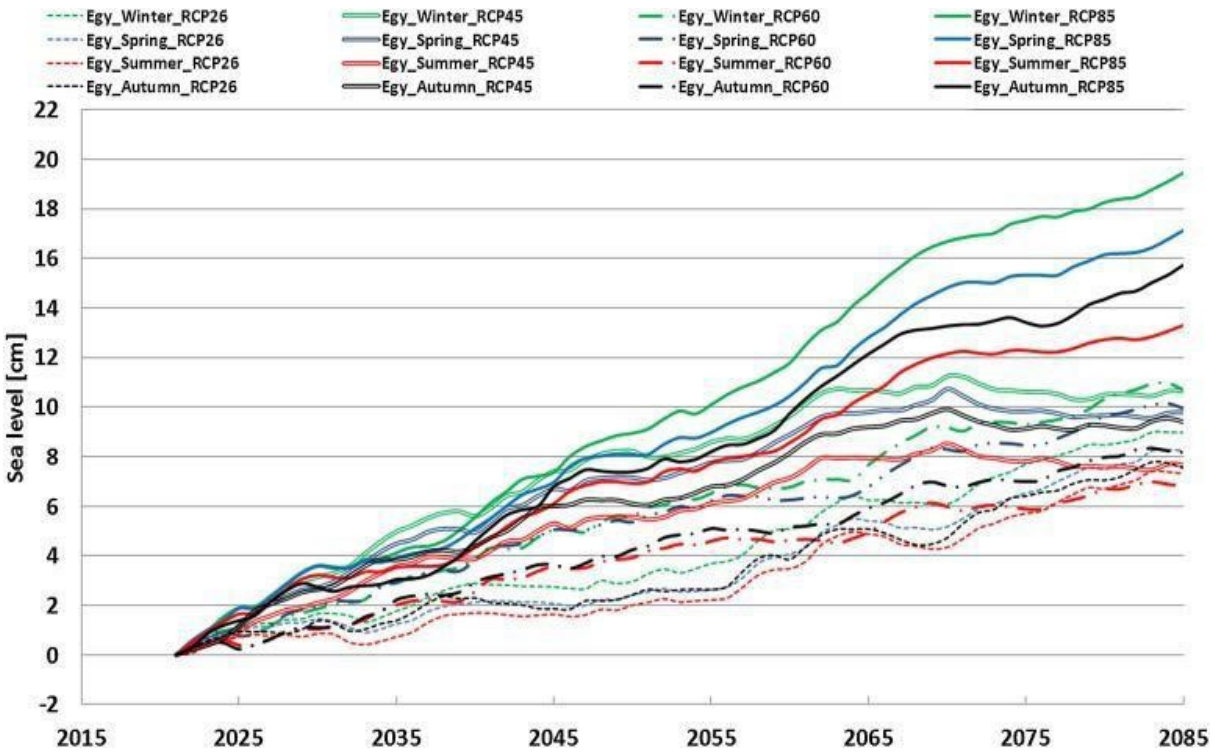
أطلس مخاطر التغيرات الساحلية على السواحل المصرية - أ.د. خالد عبد القادر عودة - لوحة ٤١٥

شكل 9. المواقع المُعّرضة للغرق وفقًا لسيناريو ارتفاع مستوى البحر متر واحد. المصدر: أطلس مخاطر التغيرات المناخية على السواحل المصرية

يذهب الباحثون إلى أن التطور الحقيقي في مجال التنبؤات المناخية أتى من المقارنة المنهجية لمخرجات عدة مجموعات من النماذج، مع تنفيذ كل محاكاة حوسبية ضمن نطاق من الظروف المناخية الممكنة. في دراسة صدرت عام 2015 لشلتوت وآخرون، تم تطبيق مقارنة التضاريس الديناميكية (DT) للفترة من 1993 إلى 2013 من بيانات قياس الارتفاع بالأقمار الصناعية في ضوء ملاحظات مقياس المد والجزر مع بيانات ديناميكيات السوائل الجيوفيزيائية (GFDL). وتشير وسائل القياس السنوية المستمرة لحسابات التغير في مستوى سطح البحر باستخدام محاكاة GFDL-2ENM إلى وجود مستوى عالٍ من الزيادة خلال الفترة الحالية. وبناءً عليه، من المتوقع أن يكون متوسط الزيادة خلال الفترة من 2071 إلى 2100 كالآتي[22]:

وفقًا لسيناريو	متوسط الزيادة سم
RCP26	8.0
RCP85	9.5
RCP60	8.8
RCP45	16.7

22- Shaltout, M., *et al*, 2015.



شكل. 10 متوسط مستويات سطح البحر السنوي للمدة 2015 - 2085 لمختلف المواسم وسيناريوهات الانبعاثات بناءً على دراسة للفترة 2006-2035 لمحاكاة GFDL-2ENM. المصدر: شلتوت 2015

نجد في المحاكاة للفترة 2015 – 2085 إن الزيادة تكون أكثر في فصل الشتاء وتقل في فصل الصيف، وأبرزها في الشتاء سيناريو RCP85 وأقلها وضوحًا في الصيف سيناريو RCP60. بالإضافة إلى ذلك، كما يذكر كوب وآخرون في دراسة نُشِرت في 2014 أن هناك عوامل مختلفة تُؤثِّر في زيادة منسوب البحر المحلي،[23] فإن النتائج الحالية تشير إلى أن ارتفاع منسوب سطح البحر أقل على طول ساحل البحر المتوسط المصري من متوسط ارتفاع منسوب سطح البحر العالمي المحسوب باستخدام نفس السيناريوهات المستقبلية.[24]

أعلن علماء في جامعة كولورادو عام 2018 أن ارتفاع مستوى سطح البحر لا يزيد بوتيرة ثابتة بل يتسارع وفقًا لتحليل بيانات الأقمار الصناعية لقياس معدل ارتفاع مستوى سطح البحر على مدار 25 سنة،[25] إذ تبيَّن أن معدل الزيادة قدره 0.08 مم سنويًّا، مما يعني أن سطح البحر قد يرتفع بمقدار 10 مم في السنة أو أكثر بحلول عام 2100. وفي حال إذا ما استمر التغير بنفس الوتيرة، فإن ارتفاع مستوى سطح البحر قد يصل إجمالاً إلى أكثر من 60 سم بحلول عام 2100 مقارنةً بالتوقعات التي تفترض ارتفاعه بمعدلات ثابتة، وتقدر إجمالًا بـ30 سم.[26]

23- Kopp *et al*, 2014.

24- Shaltout, M., *et al*, 2015.

25- Research team detects an acceleration in the 25 year satellite sea level record https://rb.gy/11dy87

26- محمود العيسوي، مستوى سطح البحر يرتفع بوتيرة أسرع مما يُعتقد، للعلم https://rb.gy/an7p1c

طرحت دراسة منشورة في مارس 2021 سيناريوهات أقل تفاؤلاً لاحتمال فقدان الأراضي وأعداد السكان المتضررين بسبب ارتفاع منسوب البحر طبقا لقياسات ارتفاع الأرض باستخدام الأقمار الصناعية كما يلي:[27]

سيناريوهات ارتفاع منسوب البحر م	مساحة الأرض المغمورة كم 2	نسبة الأرض المغمورة ٪	عدد السكان المتضررين بالمليون
ارتفاع 0.5	1800	7.5	4
ارتفاع 1.0	4500	18.9	6
ارتفاع 1.5	5700	23.9	8

يشير أحدث تقرير للبنك الدولي الصادر في 2022 أن نحو 30% من الإسكندرية سيتم غمره بالمياه حال ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 30 سم فقط، وهو سيناريو المُعدل الثابت كما ذكرنا، مما يؤدي لنزوح نحو 545 ألف شخص وفقدان 70.5 ألف وظيفة. ويقول البنك الدولي إن الفيضانات الساحلية في الإسكندرية وحدها يمكن أن تؤدي إلى خسائر سنوية تصل إلى 504- 581 مليون دولار بحلول عام 2050 [28].

من منظورٍ عام، تتأثر التقديرات الحالية لمستوى سطح البحر المتوقع بمجموعة واسعة من أوجه عدم اليقين، بعضها يتعلق بالنمذجة وبعضها يتعلق بالإدارة. وهذه النتائج تتطلب إجراءات مختلفة تتعلق بالإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية. وكل هذه النقاط يجب أن تُشكِّل اهتمامًا أكبر لدى الكوادر والمسؤولين لضمان اتخاذ أفضل القرارات للحد من وقوع أي كوارث مناخية.

- تأثير التغيرات المناخية على هطول الأمطار ودرجة الحرارة

أعلنت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في 2014 أن معظم البلدان ستتعرض لمتوسط درجات حرارة متزايدة، ومعدلات هطول أمطار متغيرة. يُمكِّن أن تُؤثِّر التغيرات المناخية في متوسط هطول الأمطار على الموائل والتنوع البيولوجي والزراعة وإمدادات المياه وتدفق الأنهار. تقترح محاكاة نماذج المناخ العالمي أن متوسط كميات الأمطار السنوية قد يزداد، ولكن الوقت المُستغرَق لإحداث هطول الأمطار الغزيرة قد ينخفض في هذه الأثناء[29]. قد يُؤدّي هذا التحول في أنماط هطول الأمطار إلى زيادة الفيضانات خلال موسم الأمطار، لا سيما في المناطق الساحلية المنخفضة.[30]

وفقًا لدراسة الجزيري، فقد كان متوسط كمية الأمطار السنوية 202.76 ملم في الفترة قيد المراجعة بين 1980 و2019، بينما كان المعدل الطبيعي المرجعي حوالي 183.83 ملم، مما يعني زيادة بنسبة 10.3٪. بلغ متوسط الاختلاف الإجمالي بين هذه الفترة والمعدل الطبيعي 19.38+ ملم، مما يشير إلى زيادة متوسط هطول الأمطار السنوي في الإسكندرية.

27- Mohammed Mahmoud Ali Ahmed, 2021.

28- Heger, Martin Philipp *et al*, 2022.

29- Lionello P., Dalan F., Elvini E., 2002.

30- Sánchez-Arcilla A. *et al*, 2011.

كما بلغ متوسط درجة حرارة الهواء السنوية في فترة الدراسة 20.8 درجة مئوية، وقد كان المتوسط المرجعي لدرجة الحرارة 20.5 درجة مئوية، مما يُوضّح متوسط زيادة بمقدار 0.3 درجة مئوية ويكشف عن اتجاه إيجابي يظهر أن متوسط درجة حرارة الهواء السنوية في الإسكندرية آخذ في الارتفاع، وهي علامة على تغير المناخ الذي يمكن أن تشهده المدينة.[31]

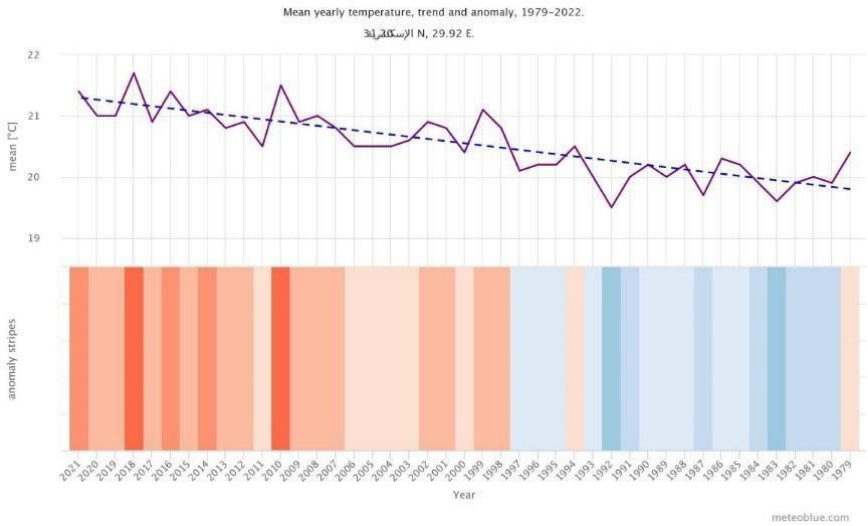
وقد شهدت الإسكندرية ما يسمى بالظواهر الجوية المتطرفة في الفترة الأخيرة بشكلٍ ملحوظ، من تغير مواعيد النوات، فقد تأتي متقدمة أو متأخرة عن موعدها لعدة أيام، واختلاف الظواهر الجوية المصاحبة من حيث كثافة كمية الأمطار وشدة الرياح وانخفاض درجات الحرارة. شهد شتاء 2021 برودة وانخفاض في درجات الحرارة أثناء تلك العواصف لم تشهده المدينة منذ سنواتٍ طويلة. كما شهدت المدينة هطول للثلوج، وأفادت هيئة الأرصاد إن سبب هذه الظاهرة هو وجود منخفض جوي متعمق في طبقات الجو العليا أثَّر على شمال البلاد بصفة عامة مع المنخفض الجوي المتمركز شرق البحر المتوسط، والذي أنشأ حالة من عدم الاستقرار وانخفاض ملحوظ في درجات الحرارة، وتكون الثلوج على بعض محافظات الجمهورية.[32]

شكل 11. الثلوج في شوارع الإسكندرية. تصوير محمد خليل المصدر: CNN Arabic 2021

31- El-Geziry, T.M., 2021.

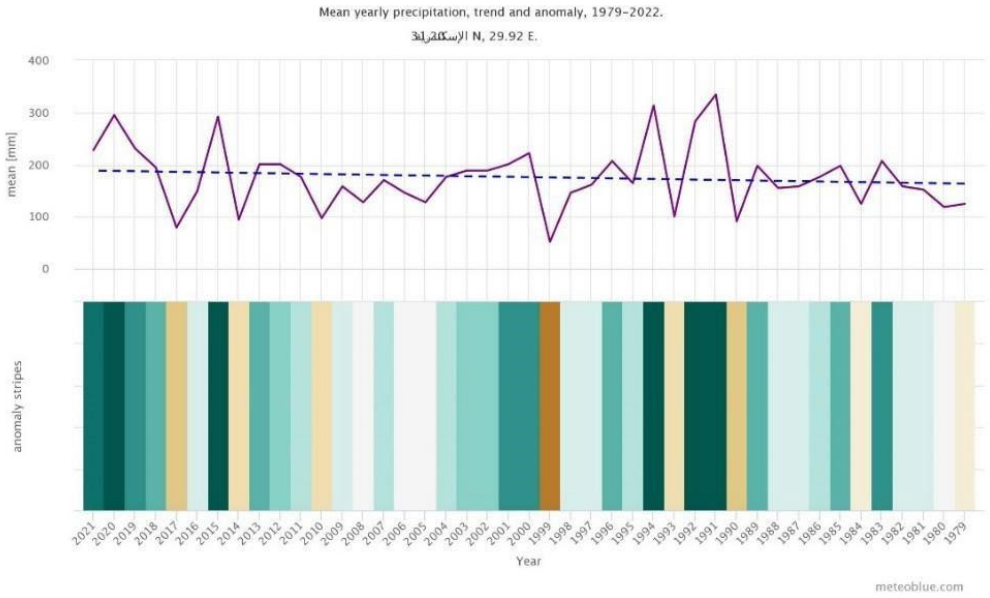
32- الأرصاد توضح حقيقة وصول ثلوج الإسكندرية إلى القاهرة، بوابة أخبار اليوم، 02/10/2022، https://bit.ly/3z9s2k2

يمكن ملاحظة تغير المناخ على الإسكندرية خلال الأربعين عامًا الماضية في الرسوم البيانية التالية. مصدر البيانات المستخدم هو ERA5، الجيل الخامس من تحليل الغلاف الجوي ECMWF للمناخ العالمي، ويُغطي النطاق الزمني من 1979 إلى 2021، بدقة مكانية تبلغ 30 كم [33].



شكل 12. التغير السنوي في درجة حرارة الإسكندرية. المصدر: meteoblue

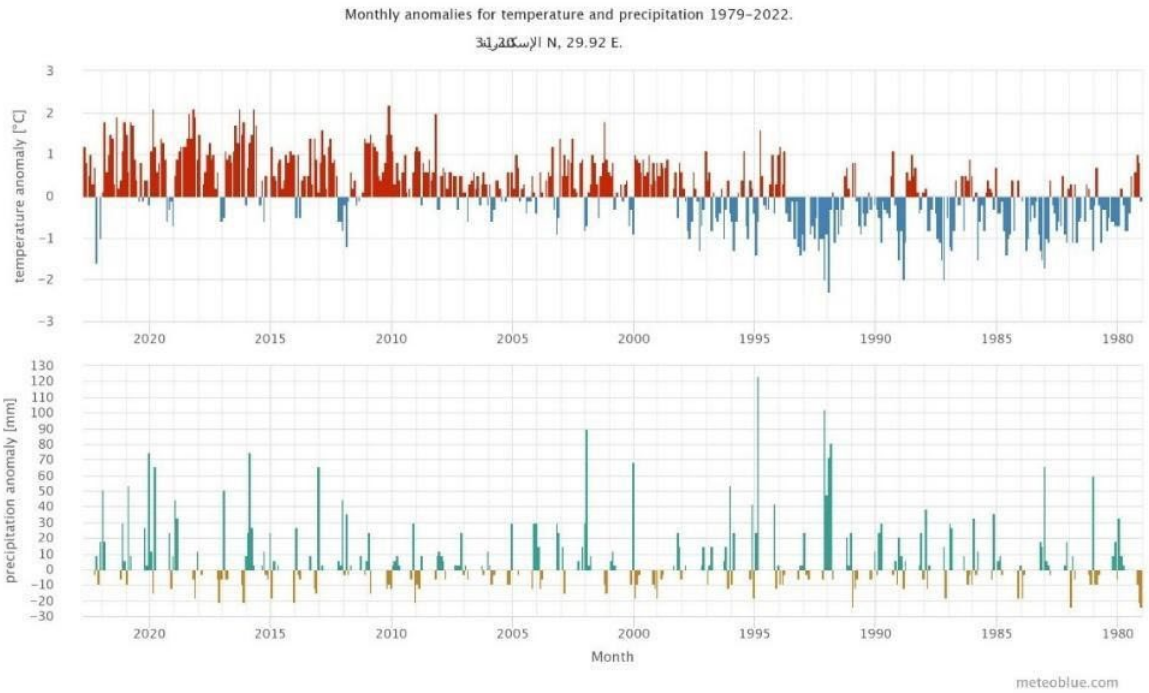
يُظهر الرسم البياني العلوي تقديرًا لمتوسط درجة الحرارة السنوية في الإسكندرية. الخط الأزرق المتقطع هو الاتجاه الخطي لتغير المناخ. بينما يُظهر الرسم البياني السفلي ما يسمى بخطوط الاحتباس الحراري. يُمثّل كل شريط ملون متوسط درجة الحرارة لمدة عام: الأزرق بالنسبة للبرودة والأحمر للسنوات الأكثر دفئًا.



شكل 13. التغير السنوي في هطول الأمطار بالإسكندرية. المصدر: meteoblue

يُظهر الرسم البياني العلوي تقديرًا لمتوسط إجمالي هطول الأمطار في الإسكندرية. الخط الأزرق المتقطع هو الاتجاه الخطي لتغير المناخ. في الجزء السفلي، يُظهر الرسم البياني ما يسمى بخطوط هطول الأمطار. يُمثّل كل شريط ملون إجمالي هطول الأمطار لمدة عام: الأخضر للأعوام الأكثر رطوبة والبني للأكثر جفافًا.

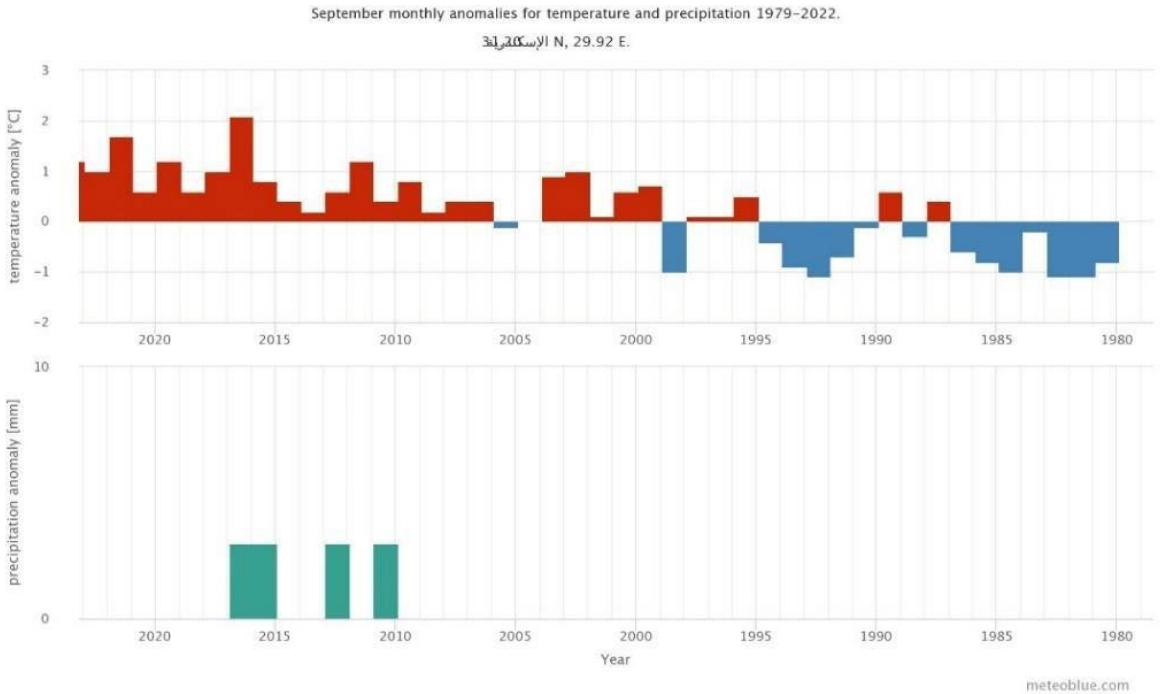
33- تغير مناخ الإسكندرية https://rb.gy/59wvvv



شكل14. الانحرافات الشهرية في درجة الحرارة وهطول الأمطار بالإسكندرية. المصدر: meteoblue

يوضح الرسم البياني العلوي الانحراف في درجة الحرارة لكل شهر منذ عام 1979 حتى الآن. كانت الأشهر الحمراء أكثر دفئًا وكانت الأشهر الزرقاء أكثر برودة من المعتاد. يوضح الرسم البياني السفلي شذوذ هطول الأمطار لكل شهر منذ عام 1979 حتى الآن. كانت الأشهر الخضراء أكثر رطوبة وكانت الأشهر البنية أكثر جفافًا من المعتاد.

كمثال توضيحي، يُبيِّن الشكل التالي شذوذ في درجة الحرارة وهطول الأمطار حسب شهر سبتمبر:



شكل 15. شذوذ في درجة الحرارة وهطول الأمطار حسب شهر سبتمبر بالإسكندرية. المصدر: meteoblue

نستطيع أن نلاحظ مما سبق تعرض الإسكندرية في العشر سنوات الأخيرة لكميات هائلة من تساقط الأمطار في وجود شبكات الصرف الصحي التقليدية غير المُجهزة لاستيعاب تلك الكميات المفاجئة والكبيرة من الأمطار، مما أدى إلى خسائر اقتصادية كبيرة والأضرار في ممتلكات للعديد من المواطنين.

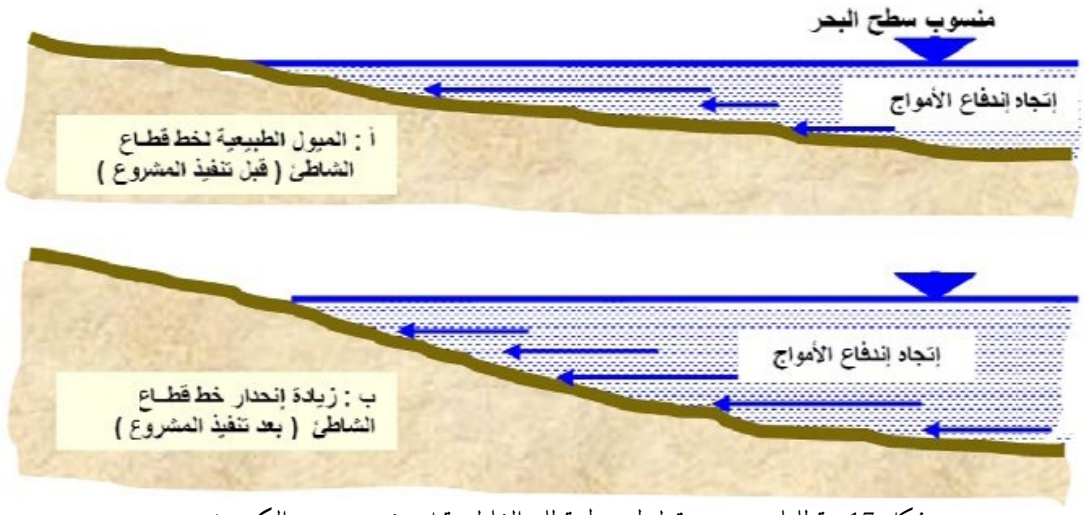
شكل 16. صور أرشيفية من مواقع التواصل الاجتماعي لغرق الشوارع في الإسكندرية عقب هطول الأمطار.

- **تأثير النشاط الإنساني على الشواطئ**

تؤدي العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر والتيارات البحرية إلى تآكل الساحل بشكل طبيعي وببطء مع مرور الوقت. لكن التنمية الصناعية والسياحية والتوسع العمراني بدون الأخذ في الاعتبار الخطر البيئي تُعطِّل عملية نقل الرواسب الطبيعية التي تساعد في تشكيل الساحل وتجعله أكثر عرضة للتآكل. كما كان لإنشاء السد العالي بأسوان تأثيرًا كبيرًا على ديناميكية الساحل. وتعد تنمية الخط الساحلي بسبب التحول إلى النمط الحضري بدون أخذ البيئة في الاعتبار أحد أهم أسباب المشكلة، إذ أن ردم الشواطئ والبناء عليها له تأثير مباشر على البيئة البحرية، كالقضاء على النباتات والحيوانات البحرية نتيجة دفنها بواسطة آليات الردم، وإتلاف أماكن حضانة ونمو وتكاثر الأحياء البحرية بالتجريف، وتلويث مياه البحر جراء النفايات التي تلقى على الساحل. أما التأثير غير المباشر فيظهر في زيادة عكارة المياه، التي تقلل من ضوء الشمس وتُضعِف قدرة النباتات والطحالب على القيام بعملية التمثيل الضوئي، بالإضافة إلى الأحداث المناخية المتطرفة وارتفاع مستوى سطح البحر الناجم عن تغير المناخ بفعل الإنسان الذي يمثل تهديدًا للمدن الساحلية المنخفضة.

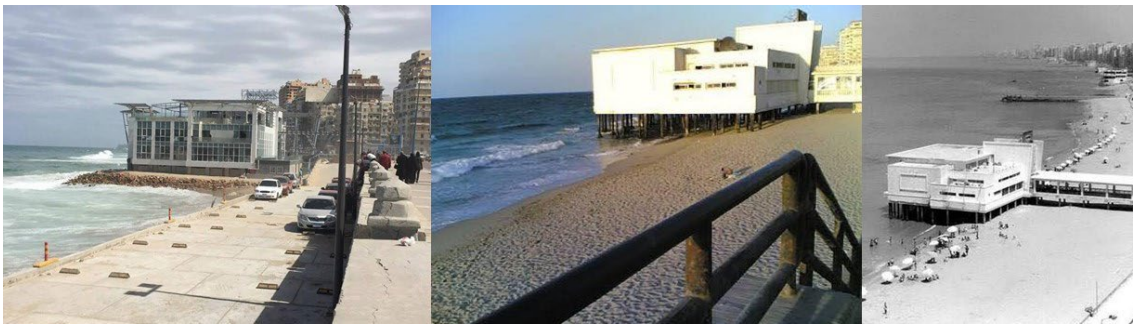
تفاقمت مشكلات تآكل الشاطئ في الإسكندرية لدرجة وصول مياه البحر في بعض المناطق إلى مقدمة الحائط الساند المُحدِد لطريق الكورنيش لتتخطى الأمواج سور الكورنيش في بعض المناطق المنخفضة. جرت عدة محاولات للسيطرة على الوضع بإتباع بعض طرق الحماية التي نتطرق إليها في الجزء التالي. وقد حققت مشروعات الحماية هذه الغرض منها ولكن ظهرت مجددًا مشاكل النحر بعد مشروع توسيع الكورنيش 2002-1998، حيث أثَّرت على الشواطئ الرملية التي كانت تحمي اليابسة خلفها وتخفف من طاقة الأمواج.[34]

34- المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية).



شكل 17. قطاعات توضيحية لميول خط قطاع الشاطئ قبل مشروع توسيع الكورنيش وبعده
المصدر: المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية)

ولكن تستمر الكافيتريات والشواطئ في إقامة منشآت بطول كورنيش الإسكندرية[35]. كانت أبرز الأزمات ما حدث في واقعة البناء على شاطئ الشاطبي، والتي لم تكن هي الأولى من نوعها[36]. عند قدوم فصلي الربيع أو الصيف، وإقامة المزيد من الكافيتريات والكازينوهات، تتوالى الأزمات نتيجة للتعديات على شواطئ المحافظة والتي ليست فقط تضر بالبيئة وتُسرِع من معدلات النحر وإيذاء البيئة البحرية، ولكن أيضًا تحجب حق الرؤية[37].



شكل 18. صور أرشيفية من مواقع التواصل الاجتماعي لتطور بناء كازينو الشاطبي منذ خمسينات القرن الماضي حتى الآن كمثال على البناء على الشاطئ

35- مركز الإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والإجتماعية، حملة "إسكندرية لا ترى البحر"، وقد قُدِّرت نسبة الكافيهات على الكورنيش بـ10.4% من طول كورنيش الإسكندرية في 2019 https://bit.ly/3NGcdao

36- جدير بالذكر رفع عدد من المواطنين دعوى بفسخ التعاقد المبرم بين محافظ الإسكندرية والمستأجر باستغلال كازينو ومطعم وكافيتريا الشاطبي، والذي كان مدته من 16/9/2016 حتى 15/9/2026 لاتهام المتعاقدين بمخالفة شروط التعاقد، من خلال تجريف رمال الشاطئ ووضع خرسانة على تلك المساحة، وردم المياه داخل البحر أسفل كازينو الشاطبي، والتعدي على الممشى الرياضي لكازينو الشاطبي من الجهة الغربية وردمه بالكامل بطول 200 متر لعمل جراج انتظار للسيارات، وإقامة طبقة خرسانية بمياه البحر، مما سيؤدي إلى تصريف مياه الصرف في البحر دون معالجة، وهو الأمر الذي يمثل جريمة بيئية طبقا للقانون رقم 12 لسنة 1984. https://bit.ly/3CNMl7x / . وقد تم رفض الدعوى.

37- ظهرت عدة حملات ومن ضمنها حملة "الإسكندرية لا ترى البحر" للتنديد بتلك الممارسات وإقامة دعوى قضائية في 01/10/2018، تم رفضها من محكمة القضاء الإداري بالاسكندرية في 29/08/2020 وقام المدّعون بالطعن على هذا الحكم أمام المحكمة الإدارية العليا بالقاهرة في سبتمبر 2020 ولم يتم تجديد جلسة لنظرها حتى صدور البحث. https://bit.ly/3UsFDep

كما أثار مؤخرًا إنشاء كوبري السادات المعروف في الإسكندرية بكوبري البوريفاج بالقرب من شاطئ البوريفاج في منطقة العصافرة استياء السكندريين على مواقع التواصل الاجتماعي؛ إذ يرون أنه تعدى على الشواطئ. بينما أكدت محافظة الإسكندرية أنه سيتم الحفاظ على الشاطئ وعودته إلى طبيعته بمجرد إنهاء أعمال التشييد، بدون أي نشر لدراسة الآثار البيئية المصاحبة للمشروع. وفي تصريحات صحفية مع بداية المشروع، قالت المهندسة إيمان الحريري، مدير عام مشروعات منطقة الإسكندرية والبحيرة بجهاز تعمير الساحل الشمالي، إن الهدف من المشروع تخفيف الاختناق المروري بنطاق شارع 45 وإقامة ممشى سياحي للترويح على المواطنين. من جانبه، أكّد اللواء جمال رشاد، رئيس الإدارة المركزية للسياحة والمصايف، إنه لن يتم المساس بأي جزء من الشاطئ ومساحته لن تنقص منها مترًا واحدًا، موضحًا في تصريحات وقت بداية المشروع أن الطريق المقام على الشاطئ الآن هو طريق "مؤقت" لحين انتهاء المشروع الأساسي. الرئيس عبد الفتاح السيسي كان قد علق بدوره على هذا الأمر، على هامش تفقده أعمال تطوير كورنيش المقطم، وطالب المواطنين بالانتظار حتى انتهاء المشروع، ثم الحكم عليه، قائلاً: "انتظروا لما الموضوع يخلص ويتشرحلكوا. وأنا ببقى مستغرب جدًا أن المسئولين على الطريق مش قادرين يقولوا إن الطريق لسة مخلصش، وأنه لسة فيه شغل، وبالتالي الحكم مش مظبوط ".[38]

شكل 19. الموقع العام لمشروع كوبري السادات. المصدر: وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية[39]

مشكلة نحر السواحل في الإسكندرية نتيجة حركة الأمواج ليست بجديدة. وتكمن الطرق السليمة لحماية الشواطئ في عدة أساليب متعارف عليها عالميًا ومستخدمة بالفعل في الإسكندرية من بناء حواجز ومصدات لحماية الشواطئ من الأمواج البحرية ووضع خرسانات أسمنتية وحواجز صخرية. لكن لابد من تقليل البناء العمراني قرب الشواطئ، والأهم من كل هذا إجبار المؤسسات الخاصة والعامة على احترام البيئة عن طريق تطبيق القوانين. كما يزيد النشاط الصناعي من آثار الاحتباس الحراري الذي بدوره يلعب دورًا مهمًا في التغيرات المناخية، فزيادة درجة حرارة الأرض تُؤثّر على توزيع المساحات المائية. فنجد أن بعض الأماكن التي تتعرض لدرجات حرارة مرتفعة مع عدم وجود اتصال مباشر أو غير مباشر مع مصدر للماء- كالبحيرات المغلقة- عرضة للجفاف بسبب زيادة نسبة التبخر نتيجة التغيرات المناخية. فأصبح توزيع مياه الأمطار وشدتها مختلف عن السنوات الماضية، مما يسبب إهدار الكثير من المياه وعدم القدرة على تخزينها أو الاستفادة منها في الزراعة.

38-كوبري البوريفاج وإلغاء مصيف الغلابة: كيف ردت الدولة على حملات تشويه إنجازات الطرق؟https://www.elbalad.news/5358422

39- إعداد الدراسات التخطيطية والتصميمية ومستندات طرح العطاء لمشروع إنشاء نفق للسيارات والمشاة عند تقاطع شارع ٤٥ مع طريق الكورنيش بالإسكندرية https://rb.gy/o1ocur

وبطبيعة الحال، تتعرض المناطق الساحلية كمدينة الإسكندرية لخطر الفيضان والغرق بسبب زيادة نسبة الأمطار في السنوات الماضية مع ضعف البنية التحتية للمحافظة. فتتعرض المدينة كلها إلى شلل في حال توالت عليها الأمطار وزيادة منسوب سطح البحر.

- ظاهرة الهبوط الأرضي وسببها

أحد نتائج التغير المناخي واختلاف شدة هطول الأمطار في ظروف هشاشة البنية التحتية مع الطبيعة الجيولوجية للمدينة والأحمال الثقيلة عليها هي ظاهرة الهبوط الأرضي. تشهد الإسكندرية حوادث هبوط أرضي متكررة، خاصةً منطقة وسط المدينة، وطريق الكورنيش، وأحياء العامرية والمنتزة، وقرى أبيس. تتراوح نسبة تلك الحوادث سنويًا بين حادثة واحدة على الأقل وقد تصل إلى خمس حوادث، وفي أحيان كثيرة يقع ضحايا. وقد نسج الوعي الشعبي الجمعي للمدينة أساطير حول تلك الحوادث تدور حول المدينة القديمة التي تبتلع المارة.

الهبوط الأرضي عبارة عن خلخلة في القشرة السطحية ينتج عنه هبوط سطح الأرض في موقع ما نتيجة تغيير خصائص التربة التحتية أسفله. وهو ينتج عن الترطيب نتيجة وجود رشح أو كسر في أحد مواسير شبكة مياه الشرب أو الصرف الصحي أو تسرب ناتج عن مياه الأمطار أو نتيجة للأحمال الترددية على سطح الأرض مثل أحمال السيارات والمقطورات. كما لاحظنا غمر المدينة بالكامل بالمياه وخاصةً عندما تصادف النوات والأمطار الشديدة وقت المد، وذلك يرجع إلى ضعف شبكة المجاري والصرف وقدم المواسير المستخدمة، مما يؤدي إلى حدوث كسر أو انفجار بها نتيجة الضغط العالي عليها، فيزيد من احتمالية حدوث الهبوط الأرضي. ومن أسباب الهبوط الأرضي بمناطق وسط البلد أيضًا الصهاريج الأثرية وهي أماكن تخزين المياه؛ حيث أن الصهاريج الأثرية المعروفة في الإسكندرية 28 من 700 صهريج مفقود.

شكل 20. هبوط أرضي بشارع 45 بمنطقة ميامي، أول في أكتوبر 2020. المصدر: جريدة الوطن [40]

40- فيديو. هبوط أرضي يوقف حركة المرور بشارع 45 بالإسكندرية https://www.elwatannews.com/news/details/5002973

3. تدابير التكيف مع التغيرات المناخية:

• تعريف وسائل الحماية المتبعة للشواطئ بالإسكندرية

هناك أربعة أنواع من الحماية الساحلية الهندسية لحماية السواحل تُستخدَم في شواطئ الإسكندرية:

1. رباعيات الأرجل

رباعيات الأرجل هي نوع من الهياكل في الهندسة الساحلية تُستخدَم لمنع التآكل الناجم عن الطقس والانجراف الطويل على الشاطئ، وذلك في المقام الأول لفرض الهياكل الساحلية مثل جدران البحر وحواجز الأمواج. وهي مصنوعة من الخرسانة، وتستخدِم شكل رباعي السطوح لتبديد قوة الموجات الواردة عن طريق السماح للمياه بالتدفق حولها بدلاً من ضدها، ولتقليل الإزاحة عن طريق التشابك.

شكل 21. الهياكل رباعية الأرجل على شواطئ الإسكندرية. صورة أرشيفية

2. الكتل المكعبة الخرسانية

هي الأكثر شيوعًا واستخدامًا على طول سواحل الإسكندرية فيمكن رؤيتها من منطقة بحري حتى منطقة كليوباترا. تم تركيب بلوكات خرسانية مكعبة بعرض 20 إلى 30 مترًا بارتفاع يصل إلى 5 متر.

شكل 22. المكعبات الخرسانية في منطقة سبورتنج. المصدر: مركز الإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والاجتماعية

3. الأرصفة البحرية والأربية

الرصيف البحري هو هيكل مبني بشكل عمودي على الشاطئ يحمي مداخل الملاحة ويوجد دائمًا في أزواج. يحبس الرمل في أعلى التيار ويسبب التآكل في اتجاه أسفل التيار. عادةً ما تكون الأرصفة أصغر من حواجز الأمواج وتكون الأربية أصغر من الأرصفة.

شكل 23. مثال للأرصفة البحرية والأربية في الإسكندرية. المصدر: موقع الإدارة المركزية للسياحة والمصايف [41]

قبل 1995 كان شاطئ جليم شاطئ مفتوح بلا حواجز. وللحفاظ على الشاطئ من التآكل تم إنشاء الأرصفة والأربية البحرية.

شكل 24. شاطئ جليم في القرن الماضي قبل أعمال الحماية وبعدها، صور أرشيفية

4. التغذية الصناعية

التغذية الاصطناعية هي أمثلة على المشروعات التي يتم فيها تغذية النظام الساحلي بالرواسب (الرمل) من المصدر (منطقة الاقتراض) على مسافة معينة من منطقة المشروع. يمكن استخدام التغذية الاصطناعية في حالات مختلفة، على سبيل المثال:

-1 توسيع الشاطئ

-2 إنشاء شواطئ جديدة كليًا

-3تعزيز سلامة البر الرئيسي أو لتعزيز سلامة الممتلكات المبنية إلى حدٍ ما بالقرب من حافة الكثبان الرملية

-4تعويض الفاقد بسبب التآكل الإنشائي

وتستمر أعمال التغذية الصناعية في شواطئ خمس مناطق على الأقل داخل المدينة، وهي: المندرة والعصافرة وسيدي بشر وستانلي والشاطبي.[42]

41- حواجز الأمواج على كورنيش الاسكندرية، 19/10/2022، https://bit.ly/3Db7Noy

42- El Raey, Mohamed *et al*, 1999.

شكل25. أحد شواطئ المندرة، المصدر: الإدارة المركزية للسياحة والمصايف

• المشروعات

قدَّمت مصر في التقرير الأول المُحدَّث كل سنتين في 2018 تدابير التكيف المستقبلية في قطاع حماية المناطق الساحلية، والاحتياجات المالية والفنية اللازمة لبناء القدرات لكل برنامج مع ميزانية تقديرية إجمالية لتدابير التكيف المقررة 9.328 مليون دولار أمريكي كما يرد في الجدول التالي:[43]

البرنامج	أصحاب المصلحة	الميزانية المقدرة (بالمليون دولار أمريكي)	الدعم اللازم			الإطار الزمني بالسنوات
			التكنولوجيا	بناء القدرات	الدعم الفني	
تطوير أدوات دعم القرار بشأن تأثير ارتفاع مستوى سطح البحر وأحداث الطقس المتطرفة	وزارة الموارد المائية والري، المركز القومي لبحوث المياه، معهد بحوث الشواطئ، معهد بحوث التغيرات المناخية وآثارها على البيئة	٧	√	√	√	غير مقدر
إنشاء الأعمال اللازمة للحماية من ارتفاع مستوى سطح البحر والأحداث الجوية القاسية في المناطق الحضرية في شرق ووسط وغرب الدلتا	وزارة الموارد المائية والري، وزارة التنمية المحلية ، وزارة الإسكان	٢٤٧	√	√	√	غير مقدر
إنشاء الأعمال اللازمة للحماية من رفع مستوى سطح البحر والأحداث الجوية القاسية للبنية التحتية في المناطق الحضرية (خطوط المجاري ومحطات الضخ والطرق)	وزارة الموارد المائية والري، وزارة الإسكان، وزارة التنمية المحلية، وزارة البيئة، الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي، وزارة النقل	٤,١٣٣	√	√	√	غير مقدر
إعادة تأهيل محطات ضخ مياه الري والصرف لاستيعاب ارتفاع مستوى سطح البحر والأحداث الجوية المتطرفة	وزارة الكهرباء، وزارة الموارد المائية والري، المركز القومي لبحوث المياه	١,٣٧٢	√	√	√	غير مقدر
إنشاء الأعمال اللازمة للحماية من ارتفاع مستوى سطح البحر، والأحداث الجوية المتطرفة، لبحيرة المنزلة وبحيرةالبرلس وبحيرة إدكو وبحيرة مريوط وبحيرة البردويل وغيرها من البحيرات الشمالية	وزارة الموارد المائية والري، وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي، جهاز شئون البيئة، المركز القومي لبحوث المياه، معهد بحوث الشواطئ، معهد بحوث التغيرات المناخية وآثارها على البيئة	١٧٧	√	√	√	غير مقدر
بناء الجدران الفاصلة أمام المدن الكبرى	وزارة التنمية المحلية، وزارة الموارد المائية والري، جهاز شئون البيئة	٩٦٤	√	√	√	غير مقدر
حماية وتأهيل أعمال الحماية وتغذية شاطئ الساحل	وزارة الموارد المائية والري، معهد بحوث الشواطئ	١,٩٧٢	√	√	√	غير مقدر
حماية الكثبان الرملية الطبيعية على طول الساحل الشمالي	وزارة الموارد المائية والري، وزارة التنمية المحلية، جهاز شئون البيئة، المركز القومي لبحوث المياه، معهد بحوث الشواطئ، معهد بحوث التغيرات المناخية وآثارها على البيئة	٣٧٦	√	√	√	غير مقدر
بناء حواجز الأمواج على طول الساحل الشمالي	وزارة الموارد المائية والري	٨٠	√	√	√	غير مقدر
الإجمالي = ٩.٣٢٨.٠٠٠ دولار أمريكي						

43-وزارة البيئة، جهاز شئون البيئة، تقارير تغير المناخ https://rb.gy/rhnvin

وافق صندوق المناخ الأخضر في الربع الأخير من 2017 على منحة لمشروع تعزيز التكيف مع تغير المناخ في مناطق الساحل الشمالي ودلتا النيل في مصرEnhancing climate change adaptation in the North coast and Nile Delta Regions in Egypt، ليبدأ من يناير 2018 وينتهي في ديسمبر 2023 بقيمة إجمالية 31.385 مليون دولار أمريكي[44] . وينقسم المشروع إلى عدة مراحل ويقع جزء كبير منها في مدينة الإسكندرية. وكان قد أشار الدكتور صابر عثمان، خبير تغير المناخ ومدير إدارة التغيرات المناخية السابق بوزارة البيئة في 26 أكتوبر 2021 لموقع القاهرة 24 أن مشروعات الحماية المقامة بمنحة من صندوق المناخ الأخضر لمواجهة آثار التغيرات المناخية السلبية في بعض المناطق وبتكلفة مالية بلغت نحو 32 مليار دولار تتم بالتعاون مع وزارات الري والهيئات التابعة لها ووزارة البيئة والمحافظات المعنية، وتستهدف وجود حلول طبقًا لطبيعة كل منطقة.[45] ووفقًا لتقرير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، يهدف المشروع إلى تطوير 69 كيلومتر من سدود الكثبان الرملية على طول دلتا النيل للحماية من ارتفاع مستويات البحر، وكذلك وضع خطة جديدة وأشمل للإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية. وتتحمل وزارة الري والموارد المائية نحو 70% من تكلفته الاجمالية البالغة 105 ملايين دولار، بينما تأتي البقية من صندوق المناخ الأخضر، ويعد برنامج الأمم المتحدة الإنمائي أيضًا شريك رئيسي. من المتوقع أن يفيد المشروع مباشرةً نحو 800 ألف من سكان دلتا النيل، وهو مشروع تجريبي مهم لخطط الإدارة المتكاملة للمناطق الساحلية في جميع أنحاء المنطقة، كما يقول التقرير.[46]

وفي ظل استضافة مصر لمؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (COP 27)في شرم الشيخ في نوفمبر 2022، تحظى مشروعات حماية شواطئ الاسكندرية بأهمية بالغة. فقد صرح المتحدث الرسمي باسم رئاسة الجمهورية في يونيو 2022 بأن السيد الرئيس اطّلع على مشروعات تطوير وحماية الشواطئ بمدينة الإسكندرية والساحل الشمالي، وقد وجه الرئيس باستكمال تنفيذ مختلف المشروعات الخاصة بحماية الشواطئ بمدن الساحل الشمالي، خاصةً الإسكندرية[47] . وفي إطار المشروع المُمول من صندوق المناخ الأخضر، يتم إنشاء مركز أرصاد تابع لمعهد بحوث الشواطئ بوزارة الموارد المائية والري للقياسات الشاطئية ومقره في منطقة أبوقير شرق الإسكندرية، ومهمته جمع البيانات الشاطئية ومن خلال أجهزة قياس الأمواج في البحر وأجهزة قياس المد والجزر وارتفاع منسوب سطح البحر وأجهزة متنقلة خاصة بالتيارات البحرية وتوزيعها، وكذلك نوعية المياه البحرية، بحيث يكون المعهد متفاعل طول الوقت مع المحطات المتصلة به إلكترونيًا[48] . كما ذكر بيان لهيئة حماية الشواطئ التابعة لوزارة الموارد المائية والري إقامة محطات إنذار مبكر على أعماق مختلفة داخل البحر المتوسط للحصول على بيانات متعلقة بموجات العواصف والأمواج والظواهر الطبيعية المفاجئ.

44- https://bit.ly/3DbRaJq

45- https://www.cairo24.com/1404141

46- https://bit.ly/3MNkOru

47- الرئيس عبد الفتاح السيسي يتابع مشروعات تطوير وحماية الشواطئ بمدينة الإسكندرية والساحل الشمالي، موقع رئاسة الجمهورية
تاريخ الدخول 15.10.2022 https://cutt.ly/vBNS9cV

48- " بحوث الشواطئ" يوضح المناطق الأكثر عرضة للغرق في مصر بسب التغيرات المناخية، المصري اليوم،
https://www.almasryalyoum.com/news/details/1252693

ويمكن تصنيف المشروعات الجاري تنفيذها في الاسكندرية بالإضافة إلى المشروعات الوطنية تحت ثلاثة عناوين رئيسية: مشروعات حماية للمناطق الأثرية والتراثية، ومشروعات حماية الشواطئ، ومشروعات صرف صحي لحماية المدينة.

-مشروع حماية قلعة قايتباي:

تتولى الهيئة العامة لحماية الشواطئ تنفيذ عملية حماية قلعة قايتباى بالإسكندرية من الأمواج العالية والنحر المستمر في الصخرة الرئيسية المُقام عليها القلعة، بالإضافة إلى إنشاء حائط أمواج بطول 520 مترًا باستخدام أوزان مختلفة تتراوح بين 3 و20طن، وبلوكات مكعبة معدلة زنة 3 طن، وإنشاء مرسى بحري بطول 100 متر، ومشاية خرسانية بطول متر وسمك 60 سم من الخرسانة المسلحة مقامة على مجموعة من الخوازيق بعمق 20م ومسافات بينية 5م، ولسان حجري بطول 30 مترًا وتغذيه بالرمال غرب القلعة حتى منسوب 2000+ متر. وتُقدَّر قيمة المشروع بنحو 235,010 مليون جنيه.[49]

شكل 26. مشروع حماية قلعة قايتباي. المصدر: الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ

49- حماية وتطوير المنطقة أمام قلعة قايتباي، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3EYedZi

- حماية وتدعيم الحائط البحري الأثري للأحواض السمكية بالمنتزة:

بالإضافة إلى حماية الحائط البحري وكوبري المنتزة حتى الفنار من الأمواج العالية وعمليات النحر المستمرة والتي تسببت في حدوث تصدعات وانهيارات جزئية للحائط البحري وأساسات الكوبري الأثري؛ وجاري إنشاء حائط بحري بطول 280 متر من الأحجار المتدرجة والكتل الخرسانية زنة 5، 8 طن وبلوكات خرسانية زنة 9 طن، وتدعيم أساسات الكوبري، وإنشاء هامة من الخرسانة العادية أعلى البلوكات، وتدعيم الحائط البحري الأثري من الداخل بطول 215 متر، وتدعيم منطقة دوران الفنار بكتل رباعية الأرجل زنة 8 طن، وتنفيذ بلاطات خرسانية أعلي الحائط الخرساني بتكلفة إجمالية 74,513 مليون جنيه.[50]

شكل 27. عملية حماية وتدعيم الحائط البحري الأثري للأحواض السمكية بالمنتزة
المصدر: الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ

50- عملية حماية وتدعيم الحائط البحري الأثري للأحواض السمكية بالمنتزة، https://www.mwri.gov.eg/spa/17775-2/

- سور الكورنيش الأثري

أعلنت الإدارة المركزية للسياحة والمصايف في 27 ديسمبر 2021 أنه جاري تنفيذ مشروع محافظة الإسكندرية بالتنسيق مع الهيئة المصرية لحماية الشواطئ لحماية سور الكورنيش الأثري وطريق الكورنيش من خلال إنشاء حائط بحري بطول 583 مترًا باستخدام كتل خرسانية زنة 5 طن وأحجار بتدرجات مختلفة بمنطقة المنشية، بهدف حماية سور الكورنيش القديم من قوة الأمواج في هذه المنطقة،[51] علاوة على أعمال ترميم وصيانة البلاطات الخرسانية المجاورة لسور الكورنيش لمسافة 350 متر،[52] بالإضافة لعمل جسات استكشافية لقاع البحر لمنسوب 4.5. وقد تكلف هذا المشروع 103,679 مليون جنيه طبقًا للهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ.[53]

شكل 27. حماية بحرية لسور الكورنيش بالإسكندرية. المصدر: الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ

ثانيًا: مشروعات حماية الشواطئ:

تهدف أعمال الحماية البحرية إلى حماية سواحل الإسكندرية وكذلك حماية طريق الكورنيش من النحر، والعمل على خلق شواطئ جديدة كانت قد اختفت مع أعمال توسعة طريق الكورنيش في عام 2004 مثل شواطئ الإبراهيمية وكليوباترا وغيرها. تتضمن الأعمال الحالية أعمال تغذية بالرمال لكافة الشواطئ التي يتم أمامها إنشاء حواجز للأمواج، مثلما حدث بعد إنشاء حواجز للأمواج في الشواطئ من المنتزه حتى ميامي بطول 3 كم.

من 2014 إلى 2018، اكتمل مشروع حماية الشواطئ وطريق الكورنيش بالمنطقة من بئر مسعود في ميامي وحتى المحروسة في سيدي بشر بطول 2 كم؛ حيث تم إنشاء حاجزين من الحواجز الغاطسة أمام المنطقة من نادى السيارات ببئر مسعود وحتى المحروسة بطول حوالي 1600 متر، وقطاع لحماية الحواجز الغاطسة من الأحجار المتدرجة وطبقة الحماية الرئيسية من الكتل رباعية الأرجل. وتمت التغذية بالرمال بمنطقة الشاطئ خلف حواجز الأمواج الغاطسة بعرض حوالي 30.0 متر بقيمة إجمالية 188,890 مليون جنيه.[54]

51- حواجز الأمواج على كورنيش الاسكندرية، الإدارة المركزية للسياحة والمصايف، https://bit.ly/3MPIkUE

52- حماية شواطئ الإسكندرية من "النحر" والتغيرات المناخية، الأهرام المسائي، https://gate.ahram.org.eg/Massai/News/3077139.aspx

53- عملية تدعيم وتطوير وحماية كورنيش الإسكندرية اتجاه المنشية ومحطة الرمل، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3Sj5UKE

54- حماية ساحل مدينة الإسكندرية (مرحلة أولى) من بئر مسعود حتى المحروسة، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3MY8JzT

عندما بدأ السكندريون في التساؤل عن تقلص المساحات الشاطئية غرب منطقة بير مسعود، أصدرت الإدارة المركزية للسياحة والمصايف بيان في 27 ديسمبر 2021 لتأكيد أن هذا التقلص نتيجة طبيعية ومؤقتة بسبب إنشاء حواجز الأمواج بمنطقة سيدي بشر، حيث تندفع التيارات البحرية وتشتد الأمواج خاصةً في فصل الشتاء بالمنطقة المحصورة بين آخر نقطة وصل إليها حاجز الأمواج ومنطقة بير مسعود، وأكدوا على اختفاء تلك الظواهر بانتهاء إنشاء تلك الحواجز.[55] وبالفعل بعد تغذية الشواطئ عادت للعمل في صيف 2022.

المرحلة الثانية تبدأ من منطقة المحروسة حتى منطقة سان ستيفانو، من خلال إنشاء لسان بحري على شكل حرف L أمام فندق المحروسة بطول حوالي 600 متر، وإنشاء رصيف بحري بطول 155 مترًا، نظرًا لتعرض المنطقة للأمواج العالية. ثم تبدأ المرحلة الثالثة من منطقة سيدي جابر حتى حاجز السلسلة بالميناء الشرقي.

كما تشرف وزارة الموارد المائية والري على تنفيذ عدد 14 عملية تم تمويلها من صندوق تحيا مصر لمواجهة أخطار السيول بمحافظتي البحيرة والإسكندرية بتكلفة إجمالية حوالي مليار جنيه منها مبلغ 210 مليون جنيه تُموَّل من خطة مصلحة الميكانيكا والكهرباء. ومن تلك العمليات إنشاء مرسى للصيادين بالمكس مُكوَّن من حواجز أمواج بطول 300م ورصيف بحري بطول 250م وعرض 7 م عند نهاية مجرى طرد المكس داخل البحر المتوسط ضمن إطار مشروعات الخطة العاجلة بغرب الدلتا لمواجهة أخطار السيول.[56]

شكل 28. مشروعات حماية الشاطئ، المصدر: الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ

55- حواجز الأمواج على كورنيش الإسكندرية، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3gDJneE

56- مشروعات الخطة العاجلة بغرب الدلتا لمواجهة أخطار السيول، وزارة الموارد المائية والري، https://www.mwri.gov.eg/west-delta-pro/

ثالثًا: مشروعات الصرف الصحي:

تشمل مشروعات الخطة العاجلة لرفع كفاءة منظومة الصرف الصحي على عدة مشروعات، هي:

إنشاء محطات الرفع وخطوط الطرد وإحلال وتجديد خطوط الطرد المتهالكة مثل خط طرد محطة رفع 6 المنتزه، وإنشاء غرفة تهدئة بشارع مصطفي كامل، بخلاف توريد طلمبات لـ91 محطة.

طبقًا للهيئة العامة للاستعلامات، تم الانتهاء من تصميم عدد 7 مشروعات كمرحلة أولى من تنفيذ الاستراتيجية المتكاملة لإدارة مياه الأمطار في الاسكندرية، والبدء في تنفيذ عدد 3 مشروعات منها من خلال بروتوكول بين شركة الصرف الصحي بالإسكندرية وإدارة المياه بالهيئة الهندسية للقوات المسلحة، وذلك بمناطق الشاطبي وكليوباترا ولوران، بتكلفة تقديرية تصل إلى 160 مليون جنيه. الاستراتيجية المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالمحافظة تتضمن العمل على الفصل الجزئي لشبكات الأمطار والصرف الصحي في بعض المناطق والصرف على أقرب سطح مائي مباشرة، وتعتبر أقل التكلفة من الفصل الكامل للشبكات الذي يحتاج إلى ميزانيات ضخمة، كما أن تنفيذ الفصل الجزئي للشبكات تستغرق وقتًا أقل.

تشير التقديرات الأولية إلى استيعاب حوالي 30 إلى 40 % من كمية الأمطار على المدينة، مما يساهم في تخفيف العبء عن شبكات الصرف الصحي، كما أنه من المتوقع المساهمة مباشرةً في حل مشكلات حوالي 45 موقعًا لتجميع مياه الأمطار داخل المدينة من إجمالي 106 مواقع طبقًا للبيان الوارد من إدارة مرور الإسكندرية.[57] وعرضت جريدة اليوم السابع تفاصيل مشروع صرف مياه الأمطار لأقرب مسطح مائي وتثبيت حركة الأمطار واعتماد آلية الحصر والتجميع لسرعة تصريف مياه الأمطار، ومراجعة وصيانة الطلمبات بكافة الأنفاق للحفاظ على السيولة المرورية بالمحافظة، وتطهير الشنايش قبل وبعد كل نوه لتفادى انسداد شبكة الصرف الصحي.[58]

شكل 29. تفاصيل مشروع فصل شبكة مياه الأمطار عن الصرف الصحي بالإسكندرية. المصدر: اليوم السابع

57- رئيس الوزراء يتابع تنفيذ الاستراتيجية المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالإسكندرية، الهيئة العامة للاستعلامات، https://bit.ly/3snoyXd

58- تفاصيل مشروع فصل شبكة مياه الأمطار عن الصرف الصحى بالإسكندرية، اليوم السابع https://bit.ly/3ESUKJI

وإلى جانب مشروعات الحماية المذكورة، جدير بالذكر استمرار الحكومة في مشروعات تنمية كبرى في الظهير الصحراوي للمدينة ضمن خطط التنمية بدون أي ذكر للربط مع مشكلة التغير المناخي وارتفاع مستوى البحر واحتمالية غرق على الأقل بعض الأجزاء من المدينة في المستقبل، واحتمالية فرض إجلاء لسكان بعض المناطق. وتشير دراسة منشورة عام 2021 عن التخطيط الإقليمي في مواجهة المخاطر المرتبطة بالتغير المناخي لأقاليم الساحل الشمالي في مصر[59] إلى أن استخدام الحواجز والحماية الخطية في أغلبها معيبة؛ حيث أنها قصيرة المدي وتكلفتها مرتفعة. وتخلص إلى أن الإجلاء المخطط هو الحل الأفضل لمنطقة الدراسة بما يتناسب مع تداعيات التغيرات المناخية المُتوقعة؛ حيث أنه في حالة ارتفاع منسوب سطح البحر 1 متر بالسواحل الشمالية لمصر سيؤدي إلى غرق الأراضي الساحلية حتى عمق 7 كيلومترات، وتوقع تهجير ما يقارب من 6 ملايين السكان من الدلتا، بحلول عام 2100. لذا كان من الضروري إعداد استراتيجية تنموية تهدف إلى إيجاد بديل تنموي للتجمعات العمرانية في الظهير الصحراوي المستجد. ويقارن الباحث محمد محمود علي بين سبل الحماية المتبعة عالمياً كما يلي:

الأسلوب	الاجراء	الفوائد	المحددات	الامثلة
الاجلاء المخطط : هو إستراتيجية تنطوي على هجر و نقل المباني القائمة والبنية التحتية إلى مناطق اخرى ويتم استخدام الاجلاء المخطط عندما تصبح التدريع الساحلي وجهود حماية الشواطئ الأخرى باهظة الثمن .	-منع التطوير في المناطق المعرضة لخطر الفيضانات عند توزيع استخدامات الأراضي او توزيع المناطق . -نقل السكان والأصول الحيوية ، بما في ذلك إزالة انشاءات الحماية الحالية.	-يقلل من المعاناة الإنسانية عن طريق نقل المباني والبنية التحتية إلى أرض أكثر أمانا قبل حدوث فيضان كارثي. -يحمي الشواطئ القائمة ويخلق شواطئ جديدة للمد والجزر ، والتي بدورها تمثل شكل طبيعي للحماية من الفيضانات -يمكن أن ينفذ المجتمعات من التكاليف المستقبلية للحماية من الفيضانات	-يطئ عملية نزع الملكيات الاراضي الحالية وتتطلب تعويضات مادية . -التكلفة المالية كبيرة إذا كان أصحاب العقارات الحاليون بحاجة إلى تعويض -فقدان قيم الممتلكات الساحلية التي لها قوام اقتصادي مرتفع مثل المنتجعات السياحية (Tam,2009).	-في امريكا تسمح اشتراطات ارتدادت البناء في معظم الولايات الساحلية وولايات البحيرات العظمى بالتنمية فقط ضمن مسافة معينة من حافة المياه. -تسمح برامج التمويل في ولاية كارولينا الشمالية ونيوجيرسي للولايات بشراء مناطق العزل الساحلي المهددة بالعواصف والفيضانات ومن ثم نزع ملكيتها بسهولة من اصحابها .
التنمية في المناطق المرتفعة : يقصد بذلك رفع منسوب المناطق القريبة من الساحل عن منسوب البحر المتوقع.	- رفع قاعدة البناء للمنطقة المطورة المقترحة . -رفع المساكن الجديدة أو الشاغلة تأهيلها في المناطق المحمية بالسدود بحوالي متر فوق مستوى سطح البحر .	-تسمح هذه الاستراتيجية ببناء المنشآت على خط ساحلي أو في منطقة معرضة للخطر ، مع انخفاض مخاطر الفيضانات. -مرنة وسهلة الدمج مع تدابير أخرى. -لا يهدده ارتفاع مستوى سطح البحر لفترة أطول. (OECD, 2019)	-على الرغم من انها قد تكون فعالة من حيث التكلفة فقط للمباني الجديدة ، لكنها أيضا استراتيجية قصيرة المدى . -تغير من خصائص الشواطئ وتحتاج إلى الحماية.	-خطة مشروع Treasure Island الرئيسية التي تقع ضمن حدود مدينة سان فرانسيسكو، والتي تم فيها رفع قاعدة البناء للمنطقة المطورة المقترحة للجزيرة وتركيز التنمية هناك.. -في نيو أورليانز تم فعليًا رفع المساكن الجديدة في المناطق المحمية بالسدود إما ثلاثة أقدام ، أو اعلى من منسوب ارتفاع الفيضان الأساسي .
التنمية العائمة : يقصد بها استخدام المنشآت التي تطفو على سطح الماء ، أو قد تطفو أحيانًا أثناء الفيضان ، يمكن ويختلف التطوير العائم عن القوارب في أنه يفتقر إلى أنظمة الدفع.	-إرساء المنازل العائمة على الشاطئ أو تثبيتها في قاع البحر.	-غير معرضة بشكل كبير لتغير المد والجزر. -التخفيف من الخسائر في الأرواح والأصول من الفيضانات الساحلية -يحافظ على مرافق الشاطئ و -الأنشطة السياحية المرتبطة بها	-غير مناسب لمناطق الأمواج العالية -من المتوقع أن تنخفض الفعالية بمرور الوقت حيث تصبح الشواطئ غير مستقرة	-هناك منازل عائمة في سوسالیتو ، حيث تم إنشاء المجتمعات العائمة الأولى في الستينيات . تحظى المنازل العائمة أيضًا بشعبية في مدن الواجهة البحرية الأخرى ذات الواجهات المائية المحمية نسبيًا مثل ريدوود سيتي وسياتل وأمستردام، كما تم بناء جسور عائمة في عدة أماكن في ولاية واشنطن.
التنمية الفيضانية : هي استراتيجية احتياطية في حالة فشل تدريع الخط الساحلي وتستخدم فيها الهياكل المصممة لتحمل الفيضانات أو للاحتفاظ بمياه الأمطار .	-تصميم المباني والبنية التحتية لمقاومة الضرر الناجم عن الفيضانات العرضية أو حتى الدورية. -إنشاء مناطق احتفاظ بهطول الأمطار الغزيرة، حيث يتم التقاط المياه ، ثم إطلاقها بعد ذلك على خطوط الصرف الصحي.	-احتمال انخفاض التكاليف المرتبطة مقارنة بالهياكل التقليدية مثل جدران البحر و حواجز -قد تكون أفضل في المناطق الحضرية مقابل المناطق الزراعية أو الريفية.	-يمكن أن تشكل كميات كبيرة من مياه العواصف الموجودة على السطح ، أو في مرافق التخزين تحت الأرض ، خطراً على الصحة العامة أثناء الفيضانات -قد لا تتناسب مع المناطق ذات أنظمة الصرف الصحي المدمجة -تحتاج الى تكاليف الصيانة بمجرد إنشاء البنية التحتية	-ولقد تم استخدام هذه الاستراتيجية على نطاق واسع في سياتل وبورتلاند وبدأت في الظهور في سان فرانسيسكو. وهي تشمل حدائق الأمطار ، والأشجار ، والأراضي الرطبة المبنية ، والأسطح الخضراء، وهي تشمل أيضًا صهاريج كبيرة لتخزين المياه لاستخدامها في المستقبل.
استخدام الحواجز : هي عبارة عن سدود كبيرة أو بوابات تعمل على التحكم في تدفقات المد والجزر .	-تثبيت الحاجز في على السواحل ومصبات الانهار والسماح بالتدفق المنظم عبر بوابة للتبادل المياه ، ووظيفة التحكم المد والجزر .	-السيطرة والتحكم في حركة المد والجزر والملاحة البحرية . -يمكن أن تحمي الحواجز مساحة كبيرة من الأرض -تحمي الحواجز أيضًا الجميع ، وبالتالي لا توجد مشكلات تتعلق بالعدالة الاجتماعية	-الحواجز مكلفة لبناء. و قدرت تكلفة الحاجز Maeslant بحوالي 4 مليارات دولار وكذلك تكلفة سد الخوانق الثلاثة الشهيرة في الصين قدرت بحوالي 25 مليار دولار -الحواجز ضارة بيئيًا. حيث انه تؤثر على ملوحة الخليج وعلى الترسيب ، مما يجعل أجزاء من الخليج أكثر ضحالة،مع زيادة تآكل السواحل.	-مثل حاجز Maeslant: وهي مجموعة من البوابات الأفقية المحورية على نهر الراين في ميناء روتردام بهولندا . - حاجز التايمز: عبارة عن سلسلة من بوابات النهر تم بناؤه في سبعينيات القرن الماضي لحماية لندن من هبوب العواصف.
الحماية الخطية (التدريع الساحلي): هي الأداء الأكثر استخدامًا اليوم لحماية الشاطئ من حركة الأمواج القوية. حواجز الأمواج البحرية.	-انشاء جدران من الصخور أو أشكال خرسانية متشابكة تمتد من بداية الشاطئ بعمق 30م بعيدا عن الشاطئ لمنع التآكل.	-انه أقدم أداة للحماية من الفيضانات. -يمكن استخدامه مع استراتيجيات أخرى لحماية التنمية الحالية من ارتفاع المياه. -يمكن أيضًا تصميمه لاستيعاب التنمية الجديدة مثل الإسكان على طول السدود القائمة	- حل قصير الأمد. -يتطلب صيانة سنوية مكلفة ومراقبة منتظمة لضمان بقائها آمنة. -يمكن لحدوث عاصفة كبيرة أن تتسبب في تمزقها مثل السدود في نيو أورليانز خلال إعصار كاترينا .	-تحمي هولندا معظم اراضيها من خلال شكل من أشكال التدريع الساحلي. كما أنها رائدة في أنواع جديدة من السدود واستخدامات جديدة لها. مثل "المد الذكي" الذي يرتبط بسلسلة من الشاشات المتصلة بالشبكة والتي يمكنها توقع حدوث خرق، كما يستخدم الهولنديون أيضًا سدودًا مزدوجة ، حيث يخلق المد الداخلي والمد الخارجي على بعد عدة مئات من الأمتار مساحة لتجميع مياه الفيضانات.و لا يسمح ببناء المساكن في هذه المساحات.

59- Mohammed Mahmoud Ali Ahmed, 2021.

التوصيات

إذا تمّكن سكان الإسكندرية من الحصول على معلومات علمية رسمية دقيقة عن الوضع والأخطار والأسباب ومشروعات الحماية والتكيف وطرق التخفيف من الآثار، سيرفع ذلك الوعي العام وسيعمل على بناء إحساس بالمسؤولية لدى المواطنين والأطراف المعنية لتغيير السياسات وكلاهما عنصر رئيسي في الحلول الناجحة. إذ يحتاج السكان المتضررين إلى معلومات عن أسباب التآكل والنحر واحتماليات الغمر حتى يتسنى لهم قبول التغييرات على مستوى السياسات، كما يجب إجراء مناقشات مجتمعية مفتوحة وشفافة بشأن الآثار على مختلف أصحاب المصلحة والمعنيين، مثل العمالة غير المنتظمة وسكان المناطق الواقعة تحت التهديد والصيادين والمستثمرين والنساء.

توصيات للحد من خطر ارتفاع مستوى سطح البحر:

وفقًا لتقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 1990:

- حلول إنشائية

- إعادة النظر في معايير التصميم للبنية التحتية الحضرية والإقليمية في المنطقة الساحلية، بما في ذلك أنظمة الكهرباء والأنابيب والاتصالات والمرافق الأخرى.

- ضمان القدرة على التكيف وفعالية هياكل الدفاع الساحلية للحماية من ارتفاع مستوى سطح البحر من خلال التصميم المرن والصيانة طويلة المدى. وتشمل هذه الهياكل السدود، والمستنقعات، والأخدود، لا سيما عندما تحمي المناطق المتطورة بكثافة.

- تطوير تقنيات مُحسّنة لتصريف الفيضانات.

- تطوير حماية تقنية منخفضة التكلفة بما في ذلك الشعاب المرجانية الاصطناعية.

- تنفيذ شبكة عالمية موحدة لرصد مستوى سطح البحر لتوثيق التغيرات في مستوى سطح البحر وتعزيز القدرة التنبؤية.

- زيادة استخدام المنشآت الهندسية الخفيفة بدلًا من المباني التي تُسبب ضغط على الشاطئ وتشوه منظره.

-حلول غير إنشائية

- توعية الجمهور والمسؤولين الحكوميين بالتأثير المحتمل لتغير المناخ، بما في ذلك ارتفاع مستوى سطح البحر.

- تطوير وتنفيذ تخطيط المناطق الساحلية وتقنيات الإدارة، بما في ذلك الخطوط الخلفية.

- تطوير القوانين المتعلقة بالاحتلال الساحلي، بما في ذلك تصاريح الأنشطة لحماية الممتلكات الفردية واللوائح للتأكد من أن هذه الأنشطة لا تؤثر على سكان المنطقة بشكل سلبي على سبيل المثال عدم حجب رؤية البحر.

- تحسين تقنيات إدارة الرواسب على السواحل.

- تطوير سياسات وبرامج التأهب للطوارئ والكوارث.

توصيات بتدابير التأقلم مع ظواهر الطقس العنيفة والهبوط الأرضي

- أهمية الالتزام بقوانين البناء حتى لا تتسبب الإنشاءات المخالفة إلى زيادة الضغط على التربة والبنية التحتية
- إنشاء مصارف للسيول والأمطار لتصب هذه المياه في خزانات لتتيح للمحافظة الفرصة للاستفادة منها

من الأهمية بمكان تكاتف مختلف الجهات كهيئة الأرصاد والمحافظة ووزارة البيئة لوضع خطة مستقبلية لمجابهة مخاطر التغيرات المناخية باستخدام أسس علمية صحيحة كما يحدث عالمياً في المدن المشابهة للإسكندرية، كما عليها وضع خطط أيضًا للتعايش مع التغيرات المناخية بالإضافة إلى خطط التنمية التي تشمل الساحل كله والذي يزداد خطورته في وقت النوات الجوية الشديدة.

المصادر

• الأرصاد توضح حقيقة وصول ثلوج الإسكندرية إلى القاهرة، بوابة أخبار اليوم، https://bit.ly/3z9s2k2

• الرئيس عبد الفتاح السيسي يتابع مشروعات تطوير وحماية الشواطئ بمدينة الإسكندرية والساحل الشمالي، موقع رئاسة الجمهورية تاريخ الدخول 15.10.2022 https://cutt.ly/vBNS9cV

• المنظور البيئي لاستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية، تاريخ الدخول 14/5/2022 https://bit.ly/3CMimgt

• "التخطيط الإقليمي مدخل لمواجهة المخاطر المرتبطة بالتغير المناخي لأقاليم الساحل الشمالي في مصر"

Mohammed Mahmoud Ali Ahmed, *Architecture and Planning Journal* (APJ): Vol. 27: Iss. 2, Article 6. 2021. Available at: https://digitalcommons.bau.edu.lb/apj/vol27/iss2/6

• "بحوث الشواطئ" يوضح المناطق الأكثر عرضة للغرق في مصر بسب التغيرات المناخية، المصري اليوم، https://www.almasryalyoum.com/news/details/1252693

• بعد تصريحات وزير الري.. مدير إدارة التغيرات المناخية السابق يكشف إجراءات حماية الدلتا من الغرق، القاهرة 24، https://www.cairo24.com/1404141

• تغير المناخ الإسكندرية https://rb.gy/59wvvv

• تفاصيل مشروع فصل شبكة مياه الأمطار عن الصرف الصحي بالإسكندرية، اليوم السابع، https://bit.ly/3ESUKJI

• تقارير التغيرات المناخية، وزارة البيئة - جهاز شئون البيئة > موضوعات بيئية > الهواء > التغيرات المناخية > تقارير تغير المناخ (eeaa.gov.eg)

• تقرير التوصيف البيئي لمحافظة الإسكندرية الصادر عن وزارة شئون البيئة ومحافظة الإسكندرية بالتعاون مع الوكالة الدنماركية للتعاون الدولي برنامج الدعم القطاعي للبيئة، 2007 وزارة البيئة - جهاز شئون البيئة > المركز الاعلامى > التقارير > التوصيف البيئي للمحافظات (eeaa.gov.eg)

• تقرير بحيرة مريوط 2019-2020 الصادر عن جهاز شئون البيئة والمعهد القومي لعلوم البحار والمصائد ضمن برنامج للرصد الدوري للبحيرات الشمالية وزارة البيئة - جهاز شئون البيئة > موضوعات بيئية > المياه > البحيرات (eeaa.gov.eg)

• المنظور البيئي لإستراتيجية التنمية العمرانية على مستوى الجمهورية (إقليم الإسكندرية) لسنة 2010، عن وزارة الاسكان والمرافق والتنمية العمرانية الهيئة العامة للتخطيط العمراني الادارة العامة للدراسات البيئية والطبيعية.

• تقرير وكالة البيئة الأوروبية رقم 4 لعام 2006، القضايا البيئية ذات الأولوية في منطقة البحر المتوسط https://www.eea.europa.eu/ar/publications-ar/eea_report_2006_4

• الأرصاد تكشف سبب تساقط الثلوج على الإسكندرية (فيديو). https://www.elfagr.org/4351920

• حماية وتطوير المنطقة أمام قلعة قايتباي، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3EYedZi

• حماية شواطئ الإسكندرية من "النحر" والتغيرات المناخية، الأهرام المسائي، https://gate.ahram.org.eg/Massai/News/3077139.aspx

• حماية ساحل مدينة الإسكندرية (مرحلة أولى) من بئر مسعود حتى المحروسة، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3MY8JzT
• حواجز الأمواج على كورنيش الاسكندرية، الإدارة المركزية للسياحة والمصايف، https://bit.ly/3MPIkUE
• حين ابتلعت الأمواج ساحل "عروس المتوسط".. قصة البحث عن الآثار الغارقة في الإسكندرية (صور) https://gate.ahram.org.eg/News/2922395.aspx
• رئيس الوزراء يتابع تنفيذ الاستراتيجية المتكاملة لإدارة مياه الأمطار بالإسكندرية، الهيئة العامة للاستعلامات، https://bit.ly/3snoyXd
• عملية حماية وتدعيم الحائط البحري الأثري للأحواض السمكية بالمنتزة، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://www.mwri.gov.eg/spa/17775-2/
• عملية تدعيم وتطوير وحماية كورنيش الإسكندرية اتجاه المنشية ومحطة الرمل، الهيئة المصرية العامة لحماية الشواطئ، https://bit.ly/3Sj5UKE
• كشف بالنوات و الرياح الموسمية التي تهب على ميناء الإسكندرية | الهيئة العامة لميناء الإسكندرية (apa.gov.eg)
• كوبري البوريفاج وإلغاء مصيف الغلابة: كيف ردت الدولة على حملات تشويه إنجازات الطرق؟، صدى البلد، https://www.elbalad.news/5358422
• متحف الآثار، مكتبة الإسكندرية الآثار الغارقة - المقتنيات - متحف الآثار (bibalex.org)
مجدي تراب، "خريطة جيومورفولوجية قديمة لساحل منطقة الاسكندرية باستخدام دلائل الآثار الغارقة"، المجلة المصرية للتغير البيئي، المجلد السابع (2)، أكتوبر 2015، ص 96-77
• محمود العيسوي، مستوى سطح البحر يرتفع بوتيرة أسرع مما يُعتقد، 2018، مستوى سطح البحر يرتفع بوتيرة أسرع مما يُعتقد - للعلم (scientificamerican.com)
• مشروعات الخطة العاجلة بغرب الدلتا لمواجهة أخطار السيول، وزارة الموارد المائية والري، https://www.mwri.gov.eg/west-delta-pro/
• نبذة عن هيئة ميناء الإسكندرية | الهيئة العامة لميناء الإسكندرية (apa.gov.eg)
• هبوط أرضي يوقف حركة المرور بشارع 45 بالإسكندرية https://www.elwatannews.com/news/details/5002973
• هبوط أرضي ومياه مجاري.. الإسكندرية في خطر https://bit.ly/3TjJ72R
•الموقع الإلكتروني لوزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية http://www.taameer.gov.eg/Project/ProjectDetails?ProjectId=6066
• الموقع الإلكتروني لمحافظة الاسكندرية، http://www.alexandria.gov.eg/MainPage/Alexlocal_2017.aspx
• مصر ترد بعد التفاعل على تصريح جونسون عن "اختفاء الإسكندرية" إذا ارتفعت الحرارة 4 درجات، https://arabic.cnn.com/middle-east/article/2021/11/03/alexandria-egypt-global-warming

• تفاصيل مشروع فصل شبكة مياه الأمطار عن الصرف الصحي بالإسكندرية، https://bit.ly/3ESUKJI

• تآكل السواحل قد يكلف مصر مليارات الدولارات ويقضي على نصف شواطئنا هذا القرن. فهل نفعل ما يكفي للتخفيف من حدته؟ https://bit.ly/3TxKxGZ

• ارتدت الاسكندرية لون الثلج الأبيض.. فخفقت لها القلوب وعدسات المصوّرين، تاريخ الدخول 18/10/2022 https://arabic.cnn.com/travel/article/2021/12/23/snow-alexandria-streets-egypt

• تاريخ الدخول 09/10/2022 تغير المناخ الإسكندرية - meteoblue

• كوبري البوريفاج وإلغاء مصيف الغلابة: كيف ردت الدولة على حملات تشويه انجازات الطرق؟ https://bit.ly/3Dcdq4O

• الموقع الإلكتروني للإنسان والمدينة للأبحاث الإنسانية والاجتماعية https://www.hcsr-eg.org/

• Ammianus Marcellinus XXVI 10, 15–19, Loeb, LacusCurtius • Ammianus Marcellinus — Book XXVI (uchicago.edu)

• André Bernand and Franck Goddio, *L'Égypte engloutie* : *Alexandrie, Sciences et Vie*. Paris : Tania ; London : Arcperiplus, 2002.

• Badawy, A., Gaber, H., and Ibrahim, H. (2014). Earthquake risk assessment of Alexandria, Egypt. *Journal of Seismology,* 19(1), 159-170. doi: 10.1007/s10950-014-9456-x

• Chalari, A., G. Papatheodorou, M. Geraga, D. Christodoulou G. Ferentinos (2009). A marine geophysical survey illustrates Alexandria's Hellenistic past. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, vol. 53, no.1, pp. 191-212

• El-Geziry, T.M. (2020). On the Vulnerability of the Egyptian Mediterranean Coast to the Sea Level Rise. *Athens Journal of Sciences,* 7(4), 195-206. doi: 10.30958/ajs.7-4-1

• --. Analysis of long-term rainfall and air temperature patterns in Alexandria (Egypt). Arab J Geosci 14, 1199 (2021). https://doi.org/10.1007/s12517-021-07589-z

• El Raey, Mohamed; Dewidar, Khalid and El-Hattab, Mamdouh. (1999). Adaptation to the Impacts of Sea Level Rise in Egypt. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change.* 4. 343-361. 10.1023/A:1009684210570.

• Enhancing climate change adaptation in the north coast and Nile delta regions in Egypt, https://bit.ly/3U9FqgA

• Enhancing Climate Change Adaptation in the North Coast of Egypt, UNPD, https://bit.ly/3MNkOru

• Flaux, C. (2012). *Paléoenvironnements littoraux Holocène du lac Maryut, nord-ouest du delta du Nil, Egypte,* Thèse du Docteur, Université de Provence (Aix - Marseille I).

• Frihy, O.E., (1992), Sea-level rise and shoreline retreat of the Nile delta promontories, Egypt. *Natural Hazards,* 5: 65–81.

• Frihy, O. E., Dewidar, K. M. El Raey, M., (1996), Evaluation of coastal problems at Alexandria, Egypt, *Ocean and Coastal Management,* 30, n° 2-3, p 281-295.

• Frihy, O.., (2003), "The Nile delta-Alexandria coast: vulnerability to Sea-level rise, consequences and adaptation", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change,* 8: 115–138

• Guidoboni, E., Comastri, A. "The large earthquake of 8 August 1303 in Crete: seismic scenario and tsunami in the Mediterranean area". *Journal of Seismology* 1, 55–72 (1997).

• Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G. (1994). Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean up to the 10th Century. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma.

• Heger, Martin Philipp, Lukas Vashold, Anabella Palacios, Mala Alahmadi, Marjory-Anne Bromhead, and Marcelo Acerbi (2022). *Blue Skies, Blue Seas*: *Air Pollution, Marine Plastics, and Coastal Erosion in the Middle East and North Africa.* Middle East and North Africa Development Report. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-1812-7.

• Intergovernmental Panel on Climate Change. Coastal Zone Management Subgroup, Dronkers, J. J., Misdorp, R., and Spradley, J. R. (1990). *Strategies for adaptation to sea level rise*. Geneva, Switzerland: Ministry of Transport and Public Works, Rijkswaterstaat, Tidal Waters Division.

• Institut Européen d'Archéologie Sous-Marine. (2022). Retrieved 14 May 2022, from https://ieasm.institute/egypt.php

• IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change 2014

• Jondet, M.G., (1921) *Atlas Historique de la Ville et des Ports d'Alexandrie,* Imprimerie de l'Institut Français d'Archéologie Orientale, Cairo, 54 map plates.

• Jondet, M.G., (1916) 'Les Ports Submergé s de l'ancienne Île de Pharos. Cairo'. *Mémoires de l'Institut d'Egypte,* IX: 101.

• Kopp, R.E., Horton, R.M., Little, C.M., Mitrovica, J.X., Oppenheimer, M., Rasmussen, D.J., Strauss, B.H., Tebaldi, C., 2014. Probabilistic 21st and 22nd century sea-level projections at a global network of tide-gauge sites. *Earth's Future* 2, 383—406

• Lionello P, Dalan F, Elvini E (2002) Cyclones in the Mediterranean region: the present and the doubled CO2 climate scenarios. *Clim Res* 22:147–159

• Research team detects an acceleration in the 25-year satellite sea level record (phys.org)

• Riad, S., A. Tealeb, S. Hadidy, N. Basta, A. Mohamed, M.A. Aziz, and H.A. Khalil (2003), Ancient earthquakes from some Arabic sources and catalogue of Middle East historical earthquakes, UNESCO.

• Said, M.A., Moursy, Z.A., Radwan, A.A., 2012. Climate change and sea level oscillations off Alexandria, Egypt, in *Proceedings of the International Conference on Marine and Coastal Ecosystem,* Tirana, Albania, 25—28 April 2012

• Shaltout, M., et al., Sea-level change and projected future flooding along the Egyptian Mediterranean coast. *Oceanologia* (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.oceano.2015.06.004

• Sánchez-Arcilla A, Mösso C, Sierra JP, Mestres M, Harzallah A, Senouci M, El Raey M (2011) Climatic drivers of potential hazards in Mediterranean coasts. *Reg Environ Chang* 11:617–636.

• Stiros, Stathis. (2020). The AD 365 Ammianus tsunami in Alexandria, Egypt, and the Crete ca. 365 fault and tsunami. *Arabian Journal of Geosciences.*

• The Beginner's Guide to Representative Concentration Pathways. Wayne, G.p 08-2013 https://www.skepticalscience.com/docs/RCP_Guide.pdf

•Thiersch, H., 1909. *Der Pharos, Antike Islam und Occident*. Ein Beitrag zu Architekturgeschichte. B. G. Teubner, Leipzig and Berlin, 220 pp.

• Tsimplis, M.N., Marcos, M., Somot, S., 2008. 21st century Mediterranean Sea Level Rise: steric and atmospheric pressure contributions from a regional model. *Glob. Planet. Change* 63, 105—111.

• "Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies", IPCC Technical Summary, 2007, https://bit.ly/3Dkq8OS

الإنسان والمدينة للأبحاث

الإنسانية والاجتماعية

www.hcsr-eg.org
info@hcsr-eg.org