تغير مستوى سطح البحر

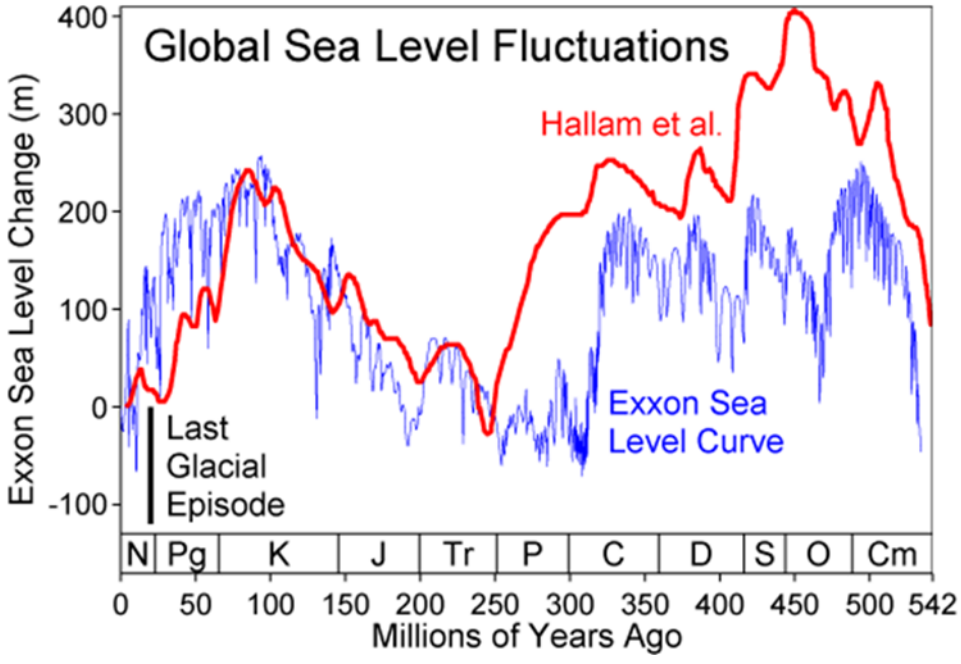
تغير مستوى سطح البحر

إن فهم تغير مستوى سطح البحر وأسبابه وتأثيراته أمر بالغ الأهمية في علم الآثار البحرية. يمكن العثور على مواقع التراث البحري فوق أو تحت مستوى سطح البحر الحالي، اعتمادًا على المنطقة قيد التحقيق. ولكن لماذا؟

في البداية، ستتناول هذه المحاضرة تغير المناخ العالمي، لأنه يؤثر بشكل كبير على تقلبات مستوى سطح البحر. ينصب تركيزنا على الفترة الرباعية، التي امتدت من 2.5 مليون سنة مضت إلى يومنا هذا.

خلال الفترة الرباعية، خضع مناخ الأرض لتغيرات كبيرة. تكشف بيانات المناخ القديم عن ظروف دافئة وباردة متناوبة. في البداية، كانت هناك دورات أقصر مع اختلافات أقل وضوحًا في درجات الحرارة، واستمرت حوالي 40.000 عام. منذ حوالي 700.000 عام، تحولت هذه الدورات إلى دورات أكثر شمولاً لمدة 100.000 عام، تميزت بفترات باردة مطولة تتخللها فترات دافئة قصيرة. وهذا يعني أننا نستطيع أن نلاحظ أنماطًا دورية من المراحل الدافئة والباردة، والانتقال من دورات مدتها 41000 عام إلى دورات مدتها 100000 عام. وفي معظم هذا الوقت، شهدت الأرض درجات حرارة أبرد من اليوم، مع فترات دافئة نادرة مماثلة لمناخنا الحالي.

تثبت الأدلة وجود علاقة واضحة بين تغير المناخ وتقلبات مستوى سطح البحر العالمي. فقد توافق ارتفاع مستوى سطح البحر مع فترات أكثر دفئًا، في حين شهدت العصور الأكثر برودة انخفاض مستوى سطح البحر.



الشكل يُقارن بين إعادة بناء مستوى سطح البحر العالمي لـ Hallam et al. (1983) والمُنتجة من قبل Exxon لعصر الحياة الظاهرة .(Phanerozoic Eon) يعتمد منحنى مستوى البحر لـ Exxon على العديد من عمليات إعادة البناء التي نشرها باحثو Exxon (Haq et al. 1987؛ Ross & Ross ، 1987؛ Ross & Ross ، 1988. (تمت محاذاة كلا إعادة البناء مع المقياس الزمني الجيولوجي للجنة الدولية للطبقات (ICS) لعام 2004. أعد هذا الشكل *Robert A. Rohde* باستخدام بيانات متاحة للجمهور، وهو جزء من مشروع فن الاحتباس الحراري العالمي.

ويكشف فحص الخمسمائة ألف عام الماضية عن فترات قصيرة قليلة فقط عندما تطابق مستوى سطح البحر مع الارتفاعات الحالية. وفي معظم الوقت، كان مستوى سطح البحر أقل، بمتوسط يتراوح بين -50 إلى -60 مترًا. ووصل الانخفاض الأكثر شدة إلى ما بين -120 إلى -130 مترًا.

بعض المصطلحات:

فيما يلي تعريفان مهمان يتعلقان بمستوى سطح البحر.

متوسط مستوى سطح البحر: متوسط ارتفاع سطح المحيط (عادة بين المد والجزر)

مستوى سطح البحر النسبي: عمق/ارتفاع سطح المحيط نسبة إلى نقطة مرجعية محلية على الأرض (على سبيل المثال 10 أمتار نسبة إلى نقطة مرجعية). يمكن أن يتغير هذا من خلال الحركة الرأسية لسطح المحيط أو الحركة الرأسية للأرض. لذلك، فإن النقطة المرجعية ليست ثابتة ولديها القدرة على التحرك. وفي الواقع، يختبر الأفراد تأثيرات ارتفاع مستوى سطح البحر النسبي.

يظهر مما سبق أن تقييم تغييرات مستوى سطح البحر معقد بسبب تأثير كل من حركة الأرض والمياه. وبالتالي، عند مناقشة مستوى سطح البحر، فإننا نشير عادةً إلى مستوى سطح البحر النسبي. ويعتبر نسبيًا لأن القياسات تُجرى فيما يتعلق بنقطة مرجعية أو نقطة مرجعية محددة.

عوامل تغيير مستوى سطح البحر: القمم الجليدية

ما الذي يحرك التغيرات في مستوى سطح البحر في جميع أنحاء العالم؟ تشير التغيرات الجليدية إلى التغيرات في حجم المحيط الناجمة عن توسع أو تقلص الجليد الأرضي. ترتبط هذه التقلبات بتغير المناخ، الذي يؤثر على نمو أو ذوبان الصفائح الجليدية. وهذا يعني أنه عندما تتمدد الصفائح الجليدية، فإنها تستخرج الماء من المحيطات، مما يؤدي إلى انخفاض مستوى سطح البحر. وعلى العكس من ذلك، عندما تذوب الصفائح الجليدية، فإنها تضيف الماء إلى المحيطات، مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر.

بحيرة الجليد يوكولسارلون عند سفح نهر فاتناجوكول الجليدي، أيسلندا. (DCheretovich).

في العصر الرباعي، أدت التقلبات بين الفترات الدافئة والباردة إلى توسع أو تقلص الصفائح الجليدية الضخمة، مثل تلك الموجودة في جرينلاند أو القارة

القطبية الجنوبية. ومع توسع هذه الصفائح الجليدية، أزالت المياه من المحيطات. وعلى العكس من ذلك، عندما ذابت، عادت المياه إلى المحيطات.

يصف مصطلح "الإيستاتيكي" التغيرات في كمية وتوزيع المياه. على سبيل المثال، تؤدي زيادة مياه المحيط إلى ارتفاع مستويات سطح البحر، في حين يؤدي تحول المياه إلى جانب واحد إلى ارتفاع مستويات سطح البحر على هذا الجانب المعين.

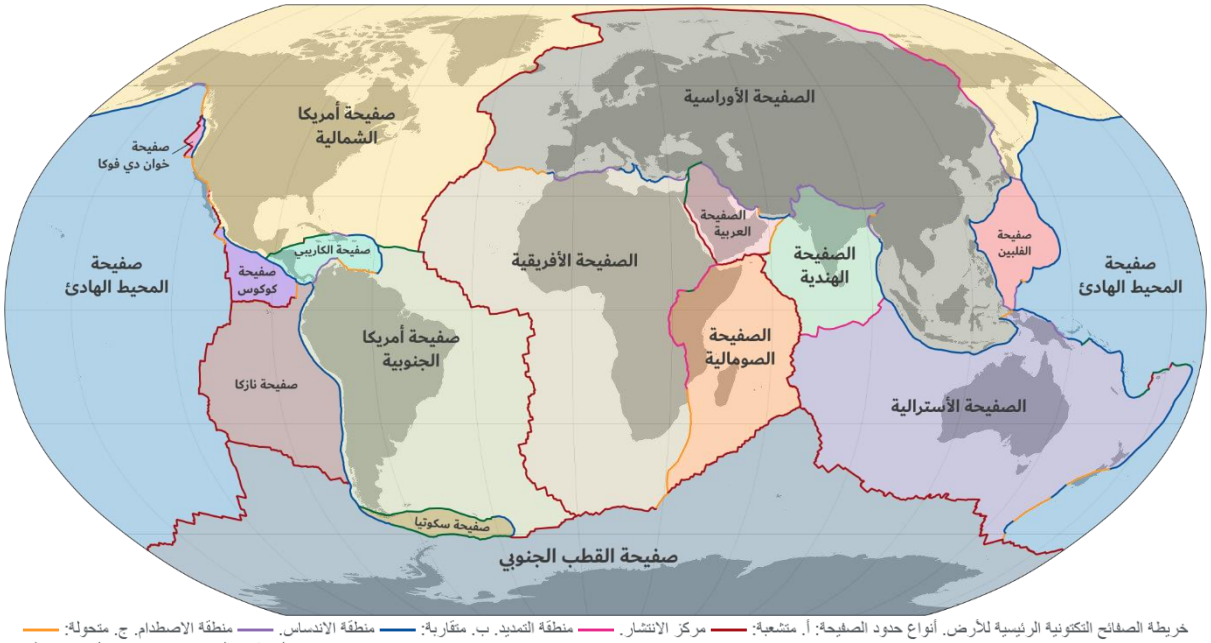
يتسبب الوزن الهائل للصفائح الجليدية في غرق سطح الأرض تحته، مما يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر في المناطق المغطاة بالجليد. وعلى العكس من ذلك، يتم دفع الأرض عند حد الجليد إلى الأعلى، مما يؤدي إلى انخفاض مستوى سطح البحر في هذه المناطق. تنعكس هذه العملية عندما يذوب الجليد. بالإضافة إلى ذلك، تتسبب التقلبات في حمل الماء، على الجرف القاري، في حركات رأسية. تُعرف هذه الظواهر بالتغيرات الجليدية المتساوية الضغط، والتي تنطوي على رفع أو هبوط القشرة بسبب تغير أحمال الجليد.

تضغط الصفائح الجليدية الضخمة على القشرة الأساسية، مما يتسبب في ارتفاع مستوى سطح البحر. فيتشكل نتوء أمامي حول حافة الغطاء الجليدي، مما يؤدي إلى انخفاض مستوى سطح البحر. عندما تتم إزالة الحمل الجليدي، ترتد القشرة على مدى آلاف السنين، مما يؤدي إلى انخفاض مستوى سطح البحر عند مركز الجليد وارتفاع مستوى سطح البحر حول النتوء الأمامي.

تشير التغيرات المائية المتساوية الضغط إلى رفع أو هبوط القشرة بسبب تغير أحمال المياه. على سبيل المثال، تؤدي الزيادة في حجم مياه المحيط، مثل ذوبان الجليد، إلى هبوط وانخفاض مستوى سطح البحر لاحقًا.

العوامل المؤثرة في تغير مستوى سطح البحر: التغيرات التكتونية

لقد لعبت الصفائح التكتونية دوراً هاماً في تشكيل المحيطات العالمية على مدار وجود الأرض. ولم يكن التكوين الحالي لمحيطات الأرض (المحيط الهادئ، والمحيط الأطلسي، والمحيط الهندي، والقطب الشمالي) دائماً كما هو عليه اليوم. فقد كان تكوين هذه المسطحات المائية مصحوباً بتغيرات كبيرة وتدريجية في مستوى سطح البحر منذ تفكك آخر قارة عظمى، وهي قارة بانجيا، والتي بدأت منذ حوالي 250 مليون سنة. وعلى الرغم من أهمية هذا التغير الطويل الأمد في مستوى سطح البحر، إلا أنه حدث بوتيرة بطيئة للغاية بحيث لا يستطيع البشر إدراكها. وكثيراً ما أدى تكوين القارات الكبيرة من خلال اندماج كتل أرضية أصغر إلى إنشاء مناطق محيطية أكثر اتساعاً بينها. ثم انقسمت هذه المسطحات المائية الشاسعة فيما بعد عندما انفصلت القارات العظمى، مما أدى إلى ظهور محيطات أصغر عن ما كان في السابق يعد مسطحات مائية هائلة.



خريطة الصفائح التكتونية الرئيسية للأرض. أنواع حدود الصفيحة: أ. متشعبة: ——— مركز الانتشار. ——— منطقة التمديد. ب. متقاربة: ——— منطقة الاندساس. ——— منطقة الاصطدام. ج. متحولة: ——— صدع محول ديكستر الي. ——— صدع محول سينيستر الي.

(الصورة بواسطة: M. Bitton https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tectonic_plates_22_AR.svg),

ولا تزال الصفائح التكتونية تتحرك اليوم، ولا تزال قادرة على دفع تقلبات مستوى سطح البحر، والمعروفة بالتغيرات التكتونية. وتشمل هذه التغيرات في شكل حوض المحيط (الحركة التكتونية) وحركات الأرض الرأسية (الارتفاع أو الهبوط) الناتجة عن النشاط التكتوني (الزلزالية). يمكن للعمليات التكتونية أن تسبب تغيرات سريعة وتدريجية في ارتفاع الأرض مع تحرك الصفائح التكتونية. على سبيل المثال، أدى الزلزال المدمر والتسونامي في 26 ديسمبر 2004 بقوة 9.3 إلى رفع بعض مناطق قاع المحيط الهندي، مما أدى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بمقدار 0.1 ملم. أي عندما ترتفع الأرض، ينخفض مستوى سطح البحر النسبي. وعلى العكس من ذلك، عندما تغرق الأرض، يرتفع مستوى سطح البحر النسبي.

محركات تغير مستوى سطح البحر: كثافة المياه

تسبب الظاهرة المعروفة باسم الفراغية، تغييرات في حجم المحيط بسبب الاختلافات في كثافة المياه. مع ارتفاع درجة حرارة الماء أو انخفاضها، تتغير كثافته، مما يؤدي إلى التمدد أو الانكماش. عندما ترتفع درجات الحرارة، يتمدد حجم الماء من خلال التمدد الحراري. وعلى العكس من ذلك، تتسبب درجات الحرارة الأكثر برودة في انخفاض حجم مياه المحيط. ويرتبط ارتفاع درجة حرارة المحيط الإجمالية بمقدار درجة مئوية واحدة، بارتفاع مستوى سطح البحر بنحو 50 سم. وفي حين يصعب تحديد هذه التغيرات الدقيقة في سجلات المناخ القديم، فإنها تشكل عوامل حاسمة في التنبؤ بارتفاع مستوى سطح البحر في المستقبل.

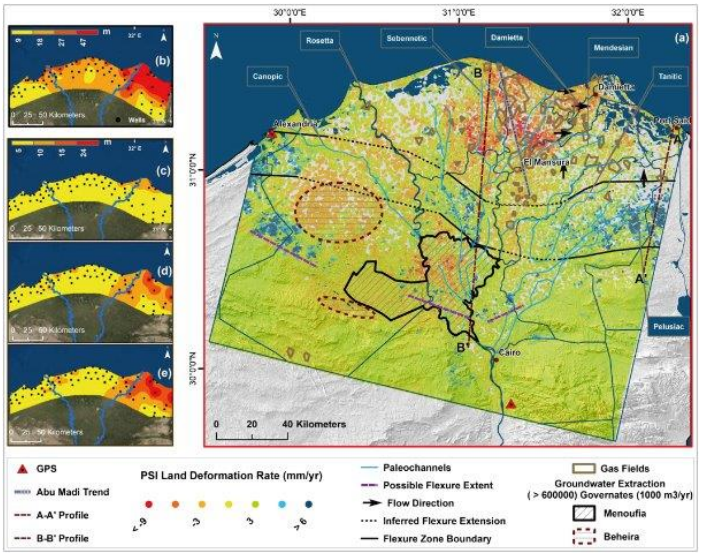
عوامل تغير مستوى سطح البحر: تغير الرواسب الساحلية

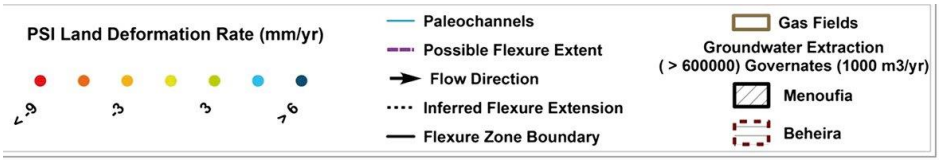
يمكن أن تلعب التغيرات في الرواسب الساحلية أيضًا دورًا مهمًا في التقلبات النسبية لمستوى سطح البحر. حيث يمكن أن يتسبب تراكم الرواسب في ارتفاع مستوى الأرض، مما يؤدي إلى انخفاض واضح في مستوى سطح البحر، في حين يمكن أن يؤدي تآكل الرواسب أو ضغطها إلى زيادة في مستوى سطح البحر النسبي. وتتجلى هذه المشكلة بشكل خاص في مناطق الدلتا، حيث يحدث تراكم كبير للرواسب، يليه ضغط تدريجي بمرور الوقت.

إن إزالة الرواسب مثل التعدين غير المنضبط للرمال جنبًا إلى جنب مع فقدان أشجار المانجروف التي تحمل التربة، أو استخراج المياه الجوفية أو الهيدروكربونات من تحت طبقة الرواسب، أو تعطيل إمدادات الرواسب يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر النسبي. وتبدو هذه التحديات واضحة حاليًا في مناطق مثل دلتا النيل، حيث يُشار إلى الهبوط بالمناطق الحمراء البرتقالية، وفي المراكز الحضرية الساحلية مثل جاكرتا.

دوافع تغير مستوى سطح البحر: التأثيرات المحلية والعالمية

يختلف تأثير هذه العوامل الدافعة لتغير مستوى سطح البحر جغرافيًا، مما يؤدي إلى تغييرات متنوعة عبر مناطق مختلفة. شهدت بعض المناطق انخفاضًا في مستوى سطح البحر النسبي منذ آخر فترة جليدية، في حين شهدت مناطق أخرى زيادات أو تقلبات سريعة. في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، على سبيل المثال، يكون تأثير التوازن ضئيلًا بسبب بعدها عن الصفائح الجليدية. بدلاً من ذلك، تلعب عملية التجمد والنشاط التكتوني المحلي أدوارًا أكثر أهمية. في الواقع، أدت القوة التكتونية إلى تغييرات معقدة للغاية في مستوى سطح البحر في جميع أنحاء منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، مع اختلافات كبيرة بين المناطق المختلفة.





التشوه الحديث لدلتا النيل (من Gebremichael et al. 2018)

- جليدية-أوستاسية (عالمية)
- جليدية-إيستوستاسية (إقليمية)
- مائية-إيستوستاسية (إقليمية)
- التكتونيات (إقليميًا-محليًا)
- الرواسب (محليًا)

باختصار، طوال فترة العصر الرباعي، كان المؤشر الأساسي لتغير المناخ هو النمو المتناوب وذوبان الجليد، مما يؤدي إلى تقلبات مستوى سطح البحر العالمي. ومع ذلك، على نطاقات أصغر تتراوح من الإقليمية إلى المحلية، يتغير النمط العالمي بواسطة عوامل التوازن والتكتونية والرسوبية. ونتيجة لذلك، يمكن اكتشاف أدلة جيولوجية وجيومورفولوجية لمستويات سطح البحر التاريخية والسواحل والمناطق الساحلية فوق وتحت مستوى سطح البحر الحالي.