التَأثيرات الاقتصادية المُحَتَملة للتَغيرات المُناخية على المُحيطات

د/ عاصم عبد المنعم أحمد
أستاذ مساعد
المعمل المركزي للمناخ الزراعي
مركز البحوث الزراعية

مقدمة

تُعتبر المحيطات في غايةِ الأهمية للاقتصاد العالمي حيثُ تُساهم الصناعات والأنشطةِ القائمةِ عليها بمئات الملايين من الوظائف وبنحو ٢,٥ تريليون دولار أمريكي في الاقتصاد العالمي كل عام طبقاً للهيئة الدولية المَعنية بالتَغيرات المناخية، مما يَجعلها ثامن أكبر اقتصاد في العالم عند مقارنتها بإجمالي الناتج المحلى لدول العالم المختلفة (GDPs).

يَتكون اقتصاد المُحيطات من جميع الأنشطةِ البشريةِ القائمة على المحيطات والتي تُولد الإيرادات وغيرها من المنافع النقدية وغير النقدية.

تَعتمد بعض المنافع من المحيطات والموارد المُستخدمة في توليد هذه المنافع على السوق حَيثُ يتم تَداولها في الأسواق العالمية ولديها أسعار للتَداول في هذه الأسواق، ومن أمثلة هذه المنافع مَصايد الأسماك البرية وتَربية الأحياء المائية البحرية والأدوية والوقود الأحفورى مثل (النفط والغاز) وموارد الطاقة المُتَجددة مثل طاقة المد والجزر أو الرياح أو الطاقة الحرارية، بالإضافةِ إلى استخدام سطح المحيط للنقل (الشحن) والسياحة القائمة على المحيطات وأسواق الكربون الأزرق. كما أن هناك العَديد من المنافع الناشئة من المحيطات لا يتم تَداولها فى الأسواق وليس لها سعر سوقي وبالتالي فإن تَقييم قيمها في غاية الصعوبة.

وتَتَمثل خدمات النظم البيئية (الخدمات الإيكولوجية) والتي لا سعر لها في مُعظم الخدمات الثقافية للمحيطات (مثل السباحة والصيد الترفيهي ومراقبة الحياة البحرية وقيمة وجود الكائنات الحية المُتَنوعة فى المحيطات)، بالإضافة إلى بعض الخدمات التَنظيمية الأخرى مثل مُساهمة المحيطات في أنظمة المياه والطاقة ودور المحيطات في تَنظيم المناخ وامتصاص ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وحماية السواحل.

وكانت هناك عدة محاولات من قِبل الباحثين لتَقدير قيمة خدمات النظام الإيكولوجي العالمي للمحيطات ومنهم (روبرت كوستانتزا وآخرين) وقُدرت خَدمات النظام الايكولوجي للمحيطات بنحو ٥٠ تريليون دولار أمريكي في العام ٢٠١١.

اقتصاد المحيطات القائم على السوق

تُوضح بيانات مُنظمة التَعاون الإقتصادى والتَنمية بالجدول رقم (١) النسبة المئوية للصَناعات القائمة على المُحيطات التي تُساهم بأكبر قدر من حيث قيمة الإنتاج والعمالة. ويَتَضح من بيانات هذا الجدول هيمنة كل من إنتاج الطاقة والسياحة على قيم الإنتاج حيثُ تُمثل نحو ٦٠% فى حين يَعمل ما يَقرب من نصف العمالة في المحيطات من مصايد الأسماك وتَربية الأحياء المائية البحرية وعمليات تَجهيز الأسماك (المنتجات الغذائية).

جدول رقم (١) يُوضح النسب المئوية للصناعات القائمة على المحيطات
والتي تُساهم في اقتصاد المحيطات في عام ٢٠١٠

م	البنود	% من قيمة الإنتاج	% من العمالة
١	النفط والغاز البحري (إنتاج الطاقة)	٣٤	٦
٢	السياحة الساحلية والبحرية	٢٦	٢٢
٣	أنشطة الموانئ	١٣	٥
٤	المعدات البحرية	١١	٧
٥	مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية البحرية وعمليات تجهيز الأسماك	٦	٤٩
٦	النقل البحري	٥	٤
٧	عمليات بناء وإصلاح السفن	٤	٦
٨	طاقة الرياح البحرية	١	١
	الإجمالي	١٠٠	١٠٠

المصدر: منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، ٢٠١٦.

آثار ارتفاع نسبة غازات الاحتباس الحراري على المحيطات

أدَت التَغيرات المُناخية إلى تَغيرات في مناخ المحيطات والكيمياء وحركة دوران المحيطات ومستوى سطح البحر وتَوزيع الجليد. وبشكلٍ عام فإن هذه التغييرات المناخية لها تَأثيرات حاسمة على الموائل والأنواع المُختلفة.

أولاً: التَغييرات الحادثة في درجات حرارة المحيطات

زَادت قوة امتصاص المحيطات للحرارة بنحو ٩٣% عما كَانت عليه في عام ١٩٨٠ مما أدى إلى ارتفاع درجة حرارة الجزء العلوي من المحيط (أعلى من ٧٠٠ م) بالإضافةِ إلى ارتفاع درجة حرارة المياه العميقة (٧٠٠-٢٠٠٠ م). كما زَادت درجات حرارة سطح البحر بمتوسط ٠,٧ درجة مئوية على مستوى العالم منذ ١٩٠٠، وبحلول عام ٢١٠٠ من المُرجح أن يَزداد احترار المحيطات ككل من مرتين إلى أربع مرات في السيناريو (RCP 2.6) وإلى خمس إلى سبع مرات فى السيناريو (RCP 8.5) عما كان عليه الاحترار فى عام ١٩٧٠.

ومع تَصاعد موجات الاحترار هذه فمن المُتَوقع أن تَتَحول نطاقات التَوزيع المُناسبة للعديد من الأنواع البحرية إلى القطب وبشكلٍ عام فإن الأنواع التي يُمكنها الانتقال إلى مياه أكثر برودة ولديها موائل مناسبة للانتقال إليها ستقوم بذلك، أما الكائنات والموائل التي لا يُمكن أن تَنتقل سَتقوم بالتكيف مع الظروف الجديدة الناجمة عن تغير المناخ أو تَنقرض ما لم يَتم تَنفيذ مبادرات لمنع انقراضها.

ثانياً: ارتفاع مستوى سطح البحر والتوزيع المُتغير للجليد

شَهِدت المناطق القطبية تَغيرات جذرية بما في ذلك التغيرات فى توقيت مواسم ذوبان الجليد السنوية والتغيرات في الغطاء الجليدي وكتلة الأنهار الجليدية وهو ما أدَى إلى ارتفاع مستوى سطح البحر.

فعلى الصعيد العالمي ارتفع متوسط مستوى سطح البحر بمقدار ٠,١٦ متراً خلال الفترة من ١٩٠٢ حتى ٢٠١٥، وتُشير التَقديرات إلى أنه بحلول عام ٢١٠٠ سَيرتفع متوسط مستوى سطح البحر العالمي ما مقداره ٠,٢٩ متراً حتى ٠,٥٩ متراً تحت سيناريو (RCP 2.6) وما مقداره ٠,٦١ متراً حتى ١,١ متراً تحت سيناريو (RCP 8.5).

ويَختلف مُعدل الزيادة فى مستوى سطح البحر باختلاف المناطق- ففي غرب المحيط الهادئ يَرتفع مستوى سطح البحر بمعدل ثلاثة أمثال المتوسط العالمي، بينما ليس هناك معدل زيادة فى شرق المحيط الهادئ أو يكون سالباً.

وبالتالي فإن العَواقب الاقتصادية لارتفاع مستوى سطح البحر العالمي سَتكون أيضاً مُختلفة باختلاف المناطق وكذلك خلال القطاعات المُتنوعة للاقتصاد مع انخفاض الإنتاجية الساحلية وتَزايد كبير في الفيضانات.

انخفض الامتداد السنوي للجليد البحري في القطب الشمالي بمعدل ٣,٥-٤,١% كل عِقد ووصل الانخفاض إلى نحو ١٣% في شهر سبتمبر وهو الشهر الخاتم لموسم ذوبان الجليد. ويُصاحب هذا الانخفاض السريع في الامتداد السنوي للجليد فقدان تدريجي للجليد البحري مُتَعدد السنوات مع فقدان أكثر من ٥٠% من مساحته خلال الفترة (١٩٩٩-٢٠١٧).

وفى الوقتِ ذاته ازدادت الكتلة المفقودة من الغطاء الجليدي في القارة القطبية الجنوبية ثلاث مرات بين عامي ٢٠٠٧ و ٢٠١٦ مُقارنةً بالعِقدِ السابق مما أدى إلى وصول نطاقات الجليد البحري في القطب الجنوبي إلى أدنى متوسط شهري وسنوي على الإطلاق في عام ٢٠١٧. كما وتَضاعف أيضاً فقدان كتلة الغطاء الجليدي في جرينلاند خلال نفس الفترة ومن المُتَوقع أن تَزداد مُعدلات فقدان الكتلة لكل من الجليد البحري في جرينلاند والقطب الجنوبي طوال القرن الحادي والعشرين وما بعده.

ثالثاً: تغيير كيمياء المحيطات

ارتفعت حموضة المحيطات بنسبة ٢٦% منذ بدء الثورة الصناعية مع التباين فى شدة ومعدل التغيير ما بين الأقاليم المختلفة.

وهذه الزيادة ناتجة في المقام الأول عن امتصاص المحيطات لثاني أكسيد الكربون مما يُقلل من درجة الحموضة في المحيط عن طريق (زيادة تركيزات أيونات الهيدروجين والبيكربونات وزيادة أيونات الكربونات وزيادة الضغط الجزئي لثاني أكسيد الكربون والكربون غير العضوي المذاب). ويُمكن أن تُؤثر هذه التغييرات على العديد من الكائنات البحرية خَاصةً في مراحل الحياة المبكرة لها، ولكنها تَضر بشكلٍ خاص بالشعاب المرجانية والكائنات الحية البحرية (الأصداف البحرية).

من المُتَوقع بحلول عام ٢١٠٠ أن يَنخفض الرقم الهيدروجيني (PH) للمحيطات بمقدار ٠,٠٣٦-٠,٠٤٢ تحت ظروف سيناريو (RCP 2.6) وينخفض بنحو ٠,٢٨٧-٠,٢٩ في حالة سيناريو (RCP 8.5).

وفى حالة إذا تم خفض درجات الحرارة إلى ١,٥ درجة مئوية فقط فإنه من المرجح أن تُعانى الشعاب المرجانية في المياه الدافئة من آثار سلبية كبيرة بما في ذلك التَغييرات فى تكوين المجتمع وتَنوعه والانقراض لبعض الأصناف المحلية.

كما يُمكن زيادة حموضة مياه البحر الساحلية عن طريق الكربون الإضافي من المدخلات النهرية أو من خلال تَربية الأحياء المائية وتَصريف مياه الصرف الصحي وغيرها من المصادر الثابتة.

وجه الصلة بين التَغيرات المُناخية واقتصاديات المحيطات

تم تَناول تَربية الأحياء البحرية والسياحة البحرية كمصدرين من مصادر اقتصاديات المحيطات وتأثير التغيرات المناخية عليهما مع التَطرق إلى برامج التكييف اللازمة لمُجابهة الآثار السلبية للتغيرات المناخية.

أولاً: تَربية الأحياء المائية

تُصنف تَربية الأحياء المائية البحرية كونها من ركائز اقتصاديات المحيطات، حيثُ تُعتَبر واحدة من أسرع الصناعات نمواً في العالم وتَقوم بإنتاج المأكولات البحرية أكثر من المصايد الطبيعية، وتُمثل تَربية الأحياء المائية (Mariculture) حالياً ثلث إجمالي إنتاج تَربية الأحياء المائية وما زالت هذه النسبة في تَزايد. ففي عام ٢٠١٦ بَلَغَ إنتاج الاستزراع السمكي نحو ٣٨,٦ مليون طن بقيمة ٦٧,٤ مليار دولار.

أثر التغيرات المناخية على تربية الأحياء المائية

يُعتبر الاستزراع البحري عُرضة لتَغير المناخ من خلال التَأثيرات على الكائنات الحية المُستزرعة وكذلك على التَكلفة والبنية التحتية لإجراء عمليات الاستزراع البحري. كما وتَتَأثر الأنواع البَحرية المُستَزرعة بالظروف البيئية المُتغيرة مثل الأنواع البحرية البرية، لكن على عكس الأنواع البرية يُمكن للبشر إحداث تَكيف سريع في الأنواع المُستزرعة من خلال التربية الانتقائية.

وعلى عكس مُعظم مصايد الأسماك الطبيعية تَتَطلب عمليات تَربية الأحياء البحرية قَدراً كبيراً من البنية التَحتية على الشاطئ وداخل المُحيطات لتربية الأنواع البحرية خلال مراحل الحياة المُتَعددة، وهذه البنية التحتية على الشاطئ والمُحيطات عُرضةً للعَواصف التي من المُتَوقع أن تَزداد وتَيرتها وحدتها في ظل تَغير المناخ. ولهذا يَجب أن يتم نقل البنية التَحتية القائمةِ على المحيطات مثل الخطوط والأقفاص والزريعة استجابةً للظروف البيئية غير الملائمة مثل تكاثر الطحالب الضارة أو نقص الأكسجين أو تَغير الملوحة أو درجة الحرارة وهو ما يَعمل على زيادة التكاليف ومن ثم يُؤثر سلباً على المزارعين غير القادرين على إعادة التَوطين.

تَكييف تربية الأحياء المائية البحرية مع تغير المناخ

تَتَمثل برامج التَكيف لأحياء المائية مع التغيرات المناخية في الاتى:

١- تَربية انتقائية من أجل نمو سريع: حيثُ ركزت غالبية برامج التربية على زيادة معدلات النمو وتَعظيم الإنتاجية ومقاومة الأمراض. فعلى سبيل المثال زَادت برامج تربية السلمون الأطلسي من كميةِ الإنتاج بنسبة ١٢% لكل جيل مع مكاسب وراثية تَراكمية تَصل إلى ٢٠٠% تقريباً على مدى أجيال مُتَعددة.

٢- تَربية انتقائية لتحمل درجة الحرارة: حيث نَجَحت بعض برامج التربية الانتقائية فى زيادة تَحمل درجات الحرارة ولكنها غالباً ما تكون ذات تكلفةٍ باهظة.

٣- التخطيط القَائم على المخاطر وأنظمة المراقبة البيئية.

٤- سهولة الحصول على القروض بفائدةٍ منخفضة ووجود عقود تأمينية ضد المخاطر.

ثانياً: السياحة البحرية والساحلية

تُعتَبر السياحة الساحلية والبحرية من أهم ركائز اقتصاديات المحيطات فهي ثاني أكبر قطاع اقتصادي مُتَعلق بالمحيطات فى عام ٢٠١٠ بعد النفط والغاز البحري كما في الجدول رقم (١)، ومن المُتَوقع أن تكون السياحة الساحلية والبحرية المُساهم الأكبر في الصناعات البحرية بحلول عام ٢٠٣٠ من حيث قيمة الإنتاج، حيثُ سَتُشكل نحو ٢٦% من الاقتصاد المُعتَمِد على المحيطات مقارنةً بنسبة ٢١% للنفط والغاز.

وتَشمل مجموعة أنشطة السياحة البحرية والساحلية السياحة الشاطئية وصيد الأسماك الترفيهي والسباحة والغطس السطحي والغوص ومشاهدة الحيتان والرحلات البحرية وغيرها، وقُدرت القيمة المُضافة العالمية المُباشرة للسياحة البحرية بنحو ٣٩٠ مليار دولار فى عام ٢٠١٠ وهو ما يُوفر بشكلٍ مُباشرٍ سبعة ملايين وظيفة بدوامٍ كامل.

أثر التغيرات المناخية على السياحة البحرية

تُعتَبر الظروف الجوية والبيئية من العوامل الرئيسية التي تَجذب الناس إلى السياحة البحرية، ويؤثر التغير المناخي على كليهما.

ويَتَطلب فهم الآثار المُحتملة لتغير المناخ على السياحة البحرية فهم كيفية تَأثير تغير المناخ على الموارد الفيزيقية والبيئية التي تَعتمد عليها السياحة.

أثرت الموجات الحارة سَلبياً على الكائنات الحية البحرية والنظم الإيكولوجية (مثل مصايد الأسماك والشعاب المرجانية) في العقدين الماضيين ومن المُتَوقع أن تَزداد فى تَواترها وكثافتها ومدتها ومدى انتشارها. كما سيؤدى الاحتباس الحراري إلى زيادة تَواتر وشدة ومدى اِبْيضاض الشعاب المرجانية بالمحيطات.

ومن المُتَوقع أيضاً أن تَزداد حدة العواصف وشدتها وأن تَصبح أكثر تِكراراً وهو ما يتسبب في انخفاض الرغبة في التواجد بالأماكن السياحية وتَعَطيل النقل (الرحلات الجوية والعبّارات) وربما تَدمير البنية التحتية الساحلية التي تَدَعم السياحة.

برامج التكيف للسياحة البحرية

تَكييف تَربية الأحياء المائية البحرية مع تغير المناخ

١- تَعزيز مقاومة الشعاب المرجانية لتَغير المناخ.

تَطَلب الحد من الآثار السلبية لتغير المناخ واضطرابات المُحيطات المُرتبطة بالاقتصاديات الساحلية تَحسين مرونة النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية لتغير المناخ، حيثُ يُمكن أن يُساعد إنشاء المناطق البحرية المحمية في تَحسين المرونة البيئية للشعاب المرجانية.

كما أن حماية غابات المانغروف والأعشاب البحرية والتي تَنمو بها العديد من الأسماك والشعاب المرجانية يَعمل على حماية الشعاب المرجانية وتَعزيز إنتاجيتها.

٢- حماية الموائل الطبيعية وتجديدها: فالحفاظ على الموائل الساحلية الطبيعية مثل الشعاب المرجانية والشواطئ وأشجار المانغروف يُزيد من قدرةِ المناطق الساحلية على التَكيف مع تغير المناخ بالإضافةِ إلى تَوفير حماية إضافية من هبوب العواصف والفيضانات المُتكررةِ.

٣- تَنويع الأنشطة السياحية التنموية

يُساعد تَنويع الأنشطة والاستثمارات السياحية لتَشمل النظم البيئية المُرتبطة بالحفاظ على وظائف النُظم الإيكولوجية المُتنوعة وفى الوقت ذاتهِ يَجب إعطاء الأولوية للسياحة البيئية أو الأنشطة السياحية التي تَدعم الحفاظ على الطبيعة والتعليم.
٤- التَخلص من النفايات بشكلٍ صحيح وأن يتم إدراج تدوير النفايات في الخُطَط المُدرجةِ للسياحة الساحلية.
٥- تَقليل البصمة البيئية للسياحة من خلال السياحة البيئية واستثمارات الطاقة النظيفة.

آثار التخفيف من تغير المناخ على المحيطات

تَشمل الجهود العالمية للتَخفيف من تغير المناخ مجموعة متنوعة من الأساليب التي قد يكون لها فى حد ذاتها تأثيرات على النظم البيئية للمحيطات وتَجمعات الأنواع واقتصاد المحيطات، وهناك طرق عديدة للتَخفيف من الآثار السلبية للتغيرات المناخية ومنها:

١- الحفاظ على الكربون الأزرق والتَوسع فيه:

يُشير مُصطَلح "الكربون الأزرق" إلى قدرة النظم البيئية البحرية على تَخزين الكربون العضوي على مدى آلاف السنين.

ويُعتبر المحيط هو أكبر مخزن للكربون على وجهِ الأرض حيثُ امتص بالفعل أكثر من ٩٠% من الحرارة الإضافية للأرض والتقط ما يقرب من ثُلث جميع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوى منذ القرن الثامن عشر.

تَشغل النظم الإيكولوجية الساحلية النباتية ما يُعادل ٠,٢% من المساحة الكلية للمحيطات وتَتَمثل هذه النظم في (الأعشاب البحرية وغابات المانغروف ومستنقعات المد والجزر) وتَتَمتّع هذه النظم الإيكولوجية بقدرةٍ هائلة على عزل الكربون.

ومن خلال عملية تعرف باسم المضخة البيولوجية "Biological pump" تقوم الكائنات البحرية بتَحويل ثاني أكسيد الكربون إلى كتلةٍ حيويةٍ يُشار إليها باسم "تَثبيت الكربون" من خلال عملية التمثيل الضوئي. ويتم دفن جزء من هذا الكربون في قاع البحر وبالتالي إزالته من دورة الكربون في الغلاف الجوى على نطاقٍ زمني طويل بما يكفى لتَشكيل حوض كربون ويُشَار إلى هذا الكربون على أنه تم عزله "Sequestered" .

يَحدث عزل الكربون البحري في كل من المُحيطات المَفتوحة وعلى طول ساحل المحيطات، وهناك فرص لزيادة قدرة عزل الكربون والمُساهمة في التخفيف من تغير المناخ على كليهما.

٢- التوسع في مصادر الطاقة المُتجددة في المحيطات:

تَتَمتع مصادر الطاقة البحرية المُتجددة بإمكانيات كبيرة لتَقليل الطلب البشرى على الوقود الأحفورى وتَقليل غازات الاحتباس الحراري.

وتَتَعدد التقنيات القَادرة على إنتاج الطاقة من المحيطات حيثُ يَستفيد مُعظمها من الرياح أو الأمواج أو التيارات أو المد والجزر أو التَدرجات الحرارية والتي يُشار إليها مُجتمعة باسم تقنيات الطاقة المُتجددة البحرية (ORED).

ومع التَوسع في هذه التقنيات سَتُؤثر حتماً على السطحِ والأعماقِ للمحيطات من خلال قنواتٍ عديدة منها:

الوجود المادي:

سَتعمل الهياكل الثابتة مثل الركائز والكابلات الداعمة على تَغيير الموائل البحرية التي تَعيش بالسطح والتي تَعيش بالأعماق. فالهياكل غير المُعَالجَة بالمواد الكيميائية المُضادة للتآكل والصدأ سَتَخلق موائل استقرار جديدة وتُشكل أساس الشعاب الاصطناعية وأماكن تَجميع الأسماك، كما سَتَخلق أيضاً حواجز أمام هجرة الأنواع فوق وتحت الماء.

التَأثير الديناميكي:

تُشكل الهياكل ذات الأجزاء المُتحركة (مثل أجهزة طاقة الرياح والتوربينات الموجودة تحت الماء) خطورة كبيرة وبشكلٍ خاص على الطيور المهاجرة والحيتان والأسماك كما وتَعمل على تَعديل حركة المياه مما قد يُؤدى إلى تَغيير تَحركات الأنواع البحرية المُختلفة.

التأثيرات الكيميائية

من الوارد أن تَتَسرب المواد المُضادة للتأكل والصدأ والمواد الكيميائية الأخرى المُستخدمة فى تقنيات الطاقة البحرية المُتَجددة إلى مياه المحيطات. كما يُؤدى إنشاء الهياكل وصيانتها وإيقاف تشغيلها إلى زيادة مخاطر تَسرب المواد الكيميائية لمياه المحيطات.

٣- التَوسع في عمليات التَعدين في أعماق البحار لتلبية الطلب على عناصر الأرض النادرة

يتواجد في الطبيعة نحو ١٧ عنصراً من العناصر الأرضيةِ النَادرة (١٥ عنصراً من سلسلة اللانثينيدات (lanthanides) بالإضافة إلى الإيتريوم (yttrium) والسكانديوم ((scandium) وهى عناصر ضرورية لتطوير وتَشغيل مجموعة مُتنوعة من تقنيات الطاقةِ المُتجددةِ بما فى ذلك الخلايا الشمسية وتوربينات الرياح والمركبات الكهربائية. تَحتوى المناطق العميقة للبحار والمحيطات وخَاصةً المناطق المُحيطة بالفتحات الحرارية المائية (Hydrothermal vents) على كميات هائلة نسبياً من العناصر الأرضية النَادرة التى يُمكن أن تُساعد في تَلبية هذا الطلب المُتزايد وتُمنح عقود التَعدين لأعماق البحار والمحيطات بما فى ذلك التربة النادرة لعدد من البلدان والشركات ومع ذلك فإن تَكاليف استخراج هذه العناصر الأرضية النَادرة لا تَزال باهظة ولا تُوجد مناجم على نطاق تجارى قيد التشغيل حتى الآن. بالإضافةِ إلى المخاطر المُعتادة المُرتبطة بالتَعدين والصناعات الاستخراجية الأخرى في المحيط (بما في ذلك احتمال إطلاق العناصر السامة والتلوث الناتج عن عمليات التجريف وزيادة الضوضاء والتَلوث الحراري وفقدان التنوع البيولوجي).

وفى الأخير يَحمل التعدين في قاع البحار في طياته تَحديات إضافية مثل احتمال التَضَارب مع الاستخدامات البحرية الأخرى والتَعقيدات القانونية والسياسية للعمل تَحت المياه الدولية في المنطقة المفتوحة.

المراجع

- **Barange, M., M. Butenschön, A. Yool, N. Beaumont, J.A. Fernandes, A.P. Martin and J. Allen. 2017. "The Cost of Reducing the North Atlantic Ocean Biological Carbon Pump." Frontiers in Marine Science 3: 290. https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00290**
- **Barange, M., T. Bahri, M.C.M. Beveridge, K.L. Cochrane, S. Funge-Smith and F. Poulain, eds. 2018. Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.**
- **Brander, K. 2010. "Impacts of Climate Change on Fisheries." Journal of Marine Systems 79 (3–4): 389–402. https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2008.12.015.**
- **Costanza, R., R. de Groot, P. Sutton, S. van der Ploeg, S.J. Anderson, I. Kubiszewski, S. Farber, et al. 2014. "Changes in the Global Value of Ecosystem Services." Global Environmental Change 26 (May): 152–58. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.**
- **Dangendorf, S., M. Marcos, G. Wöppelmann, C.P. Conrad, T. Frederikse and R. Riva. 2017. "Reassessment of 20th Century Global Mean Sea Level Rise." Proceedings of the National Academy of Sciences 114 (23): 5946–51. https://doi.org/10.1073/pnas.1616007114.**
- **Donner, S.D., W.J. Skirving, C.M. Little, M. Oppenheimer and O. Hoegh-Guldberg. 2005. "Global Assessment of Coral Bleaching and Required Rates of Adaptation under Climate Change." Global Change Biology 11 (2): 2251–65. https://doi.org/ 10.1111/j.1365-2486.2005.01073.x.**
- **Dutta, T., K-H. Kim, M. Uchimiya, E.E. Kwon, B-H. Jeon, A. Deep and S-T. Yun. 2016."Global Demand for Rare Earth Resources and Strategies for Green Mining". Environmental Research 150 (October): 182–90. https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.05.052.**
- **Gattuso, J-P., A. Magnan, R. Billé, W.W.L. Cheung, E.L. Howes, F. Joos, D. Allemand, et al. 2015. "Contrasting Futures for Ocean and Society from Different Anthropogenic CO2Emissions Scenarios." Science 349 (6243): aac4722. https://doi.org/10.1126/science.aac4722.**

- **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/**
- **IPCC. 2019. IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (SROCC). Edited by H.O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, et al. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.**
- **Kopp, R.E., R.M. Horton, C.M. Little, J.X. Mitrovica, M. Oppen-heimer, D.J. Rasmussen, B.H. Strauss and C. Tebaldi. 2014. "Probabilistic 21st and 22nd Century Sea-Level Projections at a Global Network of Tide-Gauge Sites." Earth's Future 2 (8): 383–406. https://doi.org/10.1002/2014EF000239.**
- **Kwok, R. 2018. "Arctic Sea Ice Thickness, Volume, and Multiyear Ice Coverage: Losses and Coupled Variability (1958–2018)." Environmental Research Letters 13 (10): 105005. https://doi.org/10.1088/1748-9326/aae3ec.**
- **OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2016. The Ocean Economy in 2030. Paris: OECD Publishing.**
- **Ruiz-Ramírez, J.D., J.I. Euán-Ávila and V.H. Rivera-Monroy. 2019. "Vulnerability of Coastal Resort Cities to Mean Sea Level Rise in the Mexican Caribbean." Coastal Management 47 (1): 23–43. https://doi.org/10.1080/08920753.2019.1525260**
- **Sae-Lim, P., A. Kause, H.A. Mulder and I. Olesen. 2017. "Breeding and Genetics Symposium: Climate Change and Selective Breeding in Aquaculture." Journal of Animal Science 95 (4): 1801–12. https://doi.org/10.2527/jas.2016.1066.**
- **Weatherdon, L.V., A.K. Magnan, A.D. Rogers, U.R. Sumaila and W.W.L. Cheung. 2016. "Observed and Projected Impacts of Climate Change on Marine Fisheries, Aquaculture, Coastal Tourism, and Human Health: An Update." Frontiers in Marine Science 3. https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00048.**