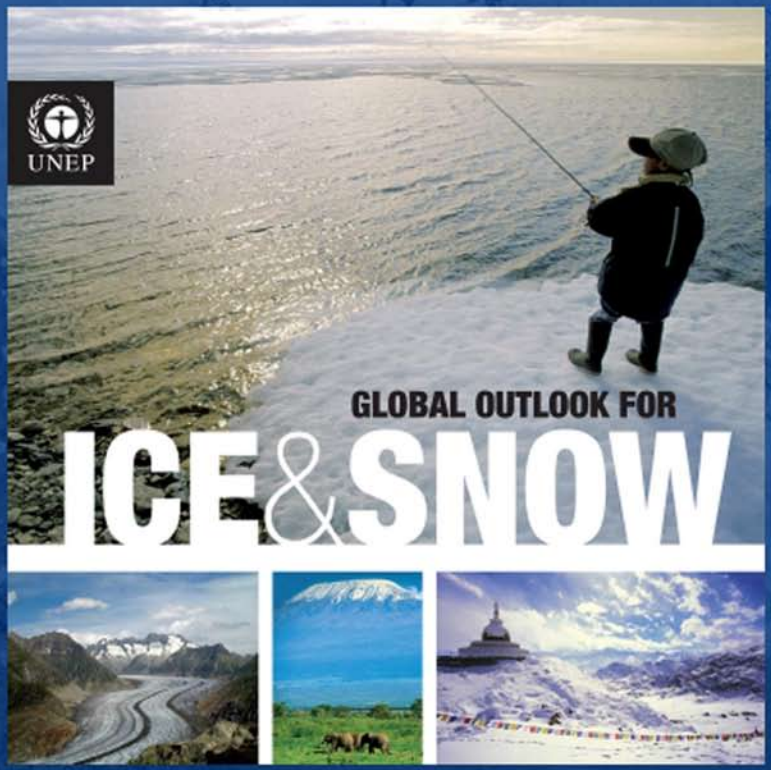

أبرز التطورات

أبرز التطورات

الجليد والثلج من المكونات الهامة للنظام المناخي للأرض وحساسان على وجه الخصوص للاحترار العالمي. وقد تناقصت كمية الجليد والثلج على مدار العقود القليلة الماضية، وبخاصة في نصف الكرة الشمالي، تناقصاً كبيراً بسبب الاحترار العالمي الناجم عن النشاط البشري. والتغييرات التي تحدث في كل من حجم الثلج والجليد ومداهما لها تأثيرها عالمياً ومحلياً على المناخ والنظم الإيكولوجية ورفاه البشر.

ويقوم الثلج وشتى أشكال الجليد بأدوار مختلفة في نظام المناخ. وتؤثر طبقتا الغطاء الجليدي القاريتان الخاصتان بالقطب الجنوبي وغرينلاند على المناخ العالمي بنشاط على مدار جداول زمنية من آلاف إلى ملايين السنين، ولكن قد يكون لهما أيضاً آثار أسرع على مستوى سطح البحر على سبيل المثال. والثلج وجليد البحر، بمساحتهما الكبيرة، وإن تكن أحجامهما صغيرة نسبياً، متصلان بالتفاعلات والمرجوعيات الرئيسية على الصعد العالمية، بما في ذلك قابلية الأشعة الشمسية للانعكاس ودوران المحيطات. وتؤثر الأرض المتجمدة على مدار السنة (الأرض الدائمة التجمد) على المحتوى المائي للتربة والنباتات على المناطق الشمالية على الصعيد القاري وتعتبر واحدة من أكثر مكونات الغلاف الجليدي حساسية لاتجاهات احترار الطقس. ومع احترار الأرض الدائمة التجمد، قد تطلق المواد العضوية المخزنة في الأرض الدائمة التجمد غازات الاحتباس الحراري إلى الغلاف الجوي وتزيد من معدل الاحترار العالمي. وتتفاعل الأنهار الجليدية والقلنسوات الجليدية، علاوة على جليد الأنهار والبحيرات بما له من مساحات وأحجام أصغر، بسرعة نسبية مع الآثار المناخية، فتؤثر على النظم الإيكولوجية والأنشطة البشرية على الصعيد المحلي؛ وتعتبر مؤشرات جيدة على تغير المناخ.

Photo: Ian Britton/FreeFoto.com

لماذا يتغير الجليد والثلج؟

- كان من بين الاستنتاجات الرئيسية الواردة في تقرير التقييم الرابع للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ، 2007، أن من المحتمل جداً أن يكون معظم الاحترار العالمي خلال الخمسين سنة الأخيرة راجعاً إلى زيادة غازات الاحتباس الحراري الناجمة عن النشاط البشري.
- حدثت أكبر الزيادات الحديثة العهد في درجات الحرارة السنوية للكرة الأرضية فوق المنطقة القطبية لأمريكا الشمالية وشمال وسط سيبريا وشبه الجزيرة القطبية الجنوبية.
- يتأثر نظام المناخ بكل من قدرة التغير الطبيعية والعوامل الخارجية مثل غازات الاحتباس الحراري والشمس.

وتتمثل أهم التأثيرات الخارجية على الثلج والجليد خلال القرن الحادي والعشرين في زيادة غازات الاحتباس الحراري.

- أخذت درجات الحرارة الشاملة في القطب الشمالي في التزايد بمقدار ضعف المعدل العالمي تقريباً. ويتوقع حسب محاكيات النموذج المناخي للقطب الشمالي حدوث زيادات كذلك في متوسط درجات الحرارة بالإضافة إلى اتجاه صوب درجات حرارة عليا ودنيا قصوى أكثر دفئا.
- ولم يكن الاحترار الحديث العهد في القطب الجنوبي واسع النطاق، ولكن الاسقاطات النماذجية بشأن نهاية القرن الحادي والعشرين تشير إلى نطاق أوسع من درجات الحرارة السطحية الأدفأ.
- التغييرات المستمرة في الجليد والثلج لها آثار ارتجاعية إيجابية غالبة ستسفر عن معدلات تغيير متسارعة.

Photo: Artis Rams/iStock

الثلج

- تناقص متوسط مدى الغطاء الثلجي الشهري في نصف الكرة الشمالي بمعدل 1.3 بالمائة في العقد الواحد على مدار 40 سنة الأخيرة، مع حدوث أكبر الخسائر في الربيع والصيف.
- يرتقب حدوث انخفاضات كبرى في الغطاء الثلجي في خطوط العرض الوسطى بحلول نهاية القرن الحالي. ومن المرتقب أن تتلقى المنطقة القطبية الكندية وسيبريا تساقطاً متزايداً من الثلوج.
- ومن المتوقع أن تستمر درجات حرارة الهواء في الزيادة في الكثير من المناطق الجبلية، وهو ما سيرفع من خطوط الثلج الدائمة ويتسبب في تغييرات أخرى في الغطاء الثلجي الجبلي.
- الثلج عامل إيكولوجي هام. وزيادة تواتر ذوبان الثلج الناجم عن الارتفاع في درجات حرارة الهواء يعمل على تغيير خصائص الغطاء الثلجي، مع ما لذلك من دلالات بالنسبة للنباتات والحيوانات التي تتفاعل مع الثلج. وستؤثر التغييرات المرتقبة في كمية الغطاء الثلجي على هيكل النظم الإيكولوجية.
- الغطاء الثلجي مؤثر رئيسي على المناخ بسبب قدرته المرتفعة على عكس ضوء الشمس وخصائصه العازلة. ويعمل النقص في مدى الغطاء الثلجي كمرجوع إيجابي للاحترار العالمي بواسطة تغيير القدرة الانعكاسية لسطح الأرض.
- والتغييرات في الغطاء الثلجي لها تأثير ملفت للنظر على موارد المياه. إذ تساهم الثلوج في المناطق الجبلية في إمدادات المياه لما يقرب من سدس سكان العالم.
- وتؤثر التغييرات في الغطاء الثلجي على رفاه البشر من خلال التأثيرات على موارد المياه، والزراعة، والبنية التحتية، ومصادر رزق سكان القطب الشمالي الأصليين، والمخاطر البيئية والاستجمام الشتوي.

Photo: Jon Aars/NPI

الجليد في البحر

- حدث نقص في العقود الثلاثة الماضية في مدى جليد البحر في المنطقة القطبية الشمالية بنسبة 8.9 بالمائة في العقد الواحد في شهر أيلول/ سبتمبر وبنسبة 2.5 بالمائة في شهر آذار/ مارس. وتراجع جليد البحر ملحوظ على وجه الخصوص على طول ساحل المنطقة الأوروبية الآسيوية. وقد تناقص سُمك جليد البحر في أجزاء من المنطقة القطبية الشمالية منذ الخمسينيات، ومن المتوقع أن يواصل كل من مدى وسُمك جليد البحر في المنطقة القطبية الشمالية تناقصهما مع إمكانية خلو المحيط المتجمد الشمالي من الجليد في الصيف بحلول عام 2100 أو ما قبله.
- ومن المرتقب أن يتناقص مدى جليد البحر في المنطقة القطبية الجنوبية بمعدل مماثل لتناقصه في المنطقة القطبية الشمالية، ولكن من غير المتوقع أن يصبح رقيقاً بنفس المقدار.
- ويعمل التناقص في مدى جليد البحر على تسارع معدل الذوبان لأن المزيد من ضوء الشمس ينعكس بواسطة السطح اللامع للثلج ولجليد البحر بأكثر مما يحدث من السطح القاتم للمياه المفتوحة. وهذه هي نفس العملية الارتجاعية الناجمة عن تناقص مدى الغطاء الثلجي على الأرض. وتؤثر هذه العملية الارتجاعية على المناخ على النطاق العالمي.
- قد يؤثر ذوبان جليد البحر على الأنماط العالمية لدوران المحيطات؛ وقد تسفر زيادة ذوبان جليد البحر بالاقتران مع زيادة تدفقات المياه العذبة الناتجة عن ذوبان الأنهار الجليدية والطبقات الجليدية عن تغييرات رئيسية في دوران المحيطات.
- وجليد البحر موئل حيوي لكائنات عضوية تتراوح من البكتريا الدقيقة والطحالب والديدان والقشريات إلى طيور البحر وطيور البطريق والفقمة وحيوان الفظ والدب القطبي والحيتان. وبعض الحيوانات المعتمدة على جليد البحر معرضة للخطر بالفعل، ومن المرتقب أن يؤدي التناقص في جليد البحر إلى انقراضها.
- وتقلص جليد البحر يجبر سكان المنطقة القطبية الشمالية الساحلية الأصليين على اتباع طرائق مختلفة للترحال وعلى تغيير استراتيجياتهم في الحصاد. ومن شأن حدوث المزيد من الخسارة في جليد البحر أن تهدد سبل اكتساب الرزق والثقافات التقليدية.
- ومن شأن تزايد مدى المياه المفتوحة في المناطق القطبية أن توفر نفاذاً أسهل إلى الأنشطة الاقتصادية مثل استكشاف موارد البترول واستغلالها، والسياحية المنقولة بالسفن، مع ما يصاحب ذلك من فوائد ومخاطر.
- والطريق البحري الشمالي على طوال الساحل القطبي الروسي صالح للملاحة في الوقت الراهن لمدة 20- 30 يوماً في السنة. وتشير التنبؤات إلى أن الفترة الصالحة للملاحة ستزيد بحلول عام 2080 إلى 80- 90 يوماً. ومن شأن ذلك، بالاقتران مع إمكانية فتح الممر الشمالي الغربي خلال المياه الكندية في المستقبل، أن يكون له تأثير رئيسي محتمل على النقل البحري العالمي.

Photo: Konrad Steffen

الجليد على الأرض: طبقات الجليد

- بلغت الخسارة الإجمالية السنوية في كتلة الطبقة الجليدية في غرينلاند أكثر من الضعف في العقد الأخير من القرن العشرين ومن الممكن أن تتضاعف مرة ثانية بحلول عام 2005. ويتصل ذلك بحدوث المزيد من الذوبان وكذلك بالتصريف المتزايد من الجليد من منافذ الأنهار الجليدية إلى المحيط. وتعمل فصول الصيف الأكثر دفئاً في غرينلاند على توسيع نطاق منطقة وكثافة الذوبان الصيفي إلى ارتفاعات أعلى. ومن شأن ذلك أن يزيد من جريان المياه الذائبة إلى المحيط وتصريف المياه الذائبة التي تزلق الجوانب المنزلقة من الأنهار الجليدية وتزيد فيما يحتمل من تصريف الجليد إلى المحيط.
- ثمة عدم تيقن بشأن التغييرات الشاملة الحديثة العهد في كتلة الجليد في الطبقات الجليدية في المنطقة القطبية الجنوبية ولكن من المحتمل أن يكون هناك تناقص شامل في الكتلة مع حدوث تقلص في الغرب وإضافة في الشرق نتيجة لزيادة سقوط الثلج. والجروف الجليدية آخذة في الترقق وبعضها يتكسر. ومن الملاحظ أن الأنهار الجليدية التي تغذى الجروف تتسارع بما يصل إلى ثمانية أمثالها، في أعقاب تكسر الجروف الجليدية.
- وتوضح الملاحظات التي جمعت على مدار السنوات الخمس الأخيرة أنه لا يمكن لنماذج الطبقة الجليدية الحالية أن تحاكي ما يحدث من ترقق الأنهار الجليدية السريع والواسع النطاق، ولا يمكن لنماذج المحيطات أن تحاكي التغييرات في المحيط التي ربما تسبب بعضاً من ترقق الجليد. وذلك يعني أنه من غير الممكن التنبؤ بأي قدر من الثقة في الوقت الحالي بمستقبل الطبقات الجليدية سواء في المدى القصير أو الطويل.
- تحتجز الطبقات الجليدية في غرينلاند والقطب الجنوبي زهاء 99 بالمائة من جليد المياه العذبة في العالم (ما يعادل 64 متراً من الارتفاع في مستوى سطح البحر)، ومن شأن التغييرات فيها أن تحدث تأثيرات مشهودة وعالمية النطاق، لا سيما على سطح البحر، وكذلك على دوران المحيطات أيضاً.

Photo: Igor Smichkov/iStock

الجليد على الأرض: الأنهار الجليدية والقلنسوات الجليدية

- حدث على مدار السنوات المائة الماضية، لا سيما منذ الثمانينيات، تقلص على نطاق العالم وبشكل مشهود في الأنهار الجليدية. ويتصل هذا التقلص بشكل وثيق بالاحترار العالمي.
- من شأن الزيادة المتوقعة في درجات حرارة الهواء على صعيد العالم أن تكفل استمرار تقلص الأنهار الجليدية والقلنسوات الجليدية وقد تفضي إلى اختفاء الأنهار الجليدية من الكثير من المناطق الجبلية على مدار العقود المقبلة.
- سيكون لاختفاء الأنهار الجليدية عواقب رئيسية على موارد المياه، وبخاصة في مناطق مثل كوش الهيملايا الهندية، والإنديز، والجبال الصخرية، وجبال الألب الأوروبية، حيث يعتمد تدفق الكثير من أنهار المواسم الجافة على ذوبان مياه الأنهار الجليدية.
- يفضي تقلص الأنهار الجليدية إلى ترسب الركام غير المستقر، وتكون البحيرات التي يسدها الجليد والركام، ويزيد من عدم استقرار جليد الأنهار الجليدية. وتثير هذه الظروف مخاطر متزايدة بحدوث فيضانات كارثية وتدفقات الركام والانهيارات الجليدية المفاجئة.

Photo: Bruce Richmond/USGS

الجليد والتغيير في مستوى سطح البحر

- مستوى سطح البحر آخذ في الارتفاع بمعدل متزايد متصل بالاحترار العالمي. ويبلغ معدل ارتفاع مستوى سطح البحر حالياً 3.1 مليمتر سنويا؛ وكان متوسط القرن العشرين يبلغ 1.7 مليمتر سنويا.
- يعود أكثر من ثلث الارتفاع في مستوى سطح البحر إلى المياه الذائبة من الأنهار الجليدية والطبقات الجليدية، مع كون معظم الارتفاع المتبقي راجعاً إلى التمدد الحراري للمحيطات. ويمكن أن يتوقع بأن تتواصل مساهمة المياه الذائبة في ارتفاع مستوى سطح البحر وأن تتسارع مع ذوبان المزيد من الجليد الأرضي. وعلى المدى الطويل، تملك طبقات الجليد في غرينلاند والقطب الجنوبي إمكانية تقديم أكبر مساهمة في ارتفاع مستوى سطح البحر، ولكنها تمثل أيضاً أكبر مصدر لعدم التيقن.
- وبالنسبة للعقود القليلة المقبلة، سيرتبط معدل الارتفاع في مستوى سطح البحر جزئياً بالانبعاثات الماضية ولن يعتمد بشكل قوي على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في القرن الواحد والعشرين. بيد أن اسقاطات مستوى سطح البحر حتى قرابة عام 2100 وما بعده تعتمد بشكل حرج على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في المستقبل.
- يتوقع تقرير التقييم الرابع للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ ارتفاعاً في مستوى سطح البحر على النطاق العالمي على مدار القرن الواحد العشرين في نطاق زهاء 20 إلى 80 سم. بيد أن الحد الأعلى لهذا التوقع غير متيقن إلى حد كبير.
- كما أن من المرتقب أن يزيد تغير المناخ من تواتر وحدة أحداث متطرفة لمستوى سطح البحر مثل تمور العواصف. ومن شأن ذلك أن يفاقم من آثار ارتفاع مستوى سطح البحر.
- تعتمد آثار ارتفاع مستوى سطح البحر في أي منطقة على عوامل متفاعلة كثيرة، بما في ذلك ما إن كانت المناطق الساحلية تشهد ارتفاعاً أم انخسافاً، والدرجة التي غيرت بها التنمية من الحماية الطبيعية من الفيضانات مثل النباتات الساحلية.
- من المحتمل أن تؤثر مستويات سطح البحر الآخذة في الارتفاع على ملايين كثيرة من الناس في الجزر الصغيرة وفي السواحل وبالقرب منها على نطاق العالم. وسيتطلب الأمر نطاقاً عريضاً من تدابير التواؤم والتلطيف لمساعدة الناس على مواجهة العواقب؛ وسيتطلب ذلك تعاوناً فيما بين الدول علاوة على التعاون فيما بين جميع مستويات الحكومات، والقطاع الخاص، والباحثين، والمنظمات غير الحكومية، والمجتمعات المحلية.

Photo: V. Romanovsky

الأراضي المتجمدة

- زادت درجات حرارة الأراضي الدائمة التجمد خلال 20-30 سنة الأخيرة في جميع مناطق نصف الكرة الشمالي تقريباً. كما أبلغ عن احترار للأراضي الدائمة التجمد من مناطق في الأراضي الجبلية الدائمة التجمد. ولم يسفر هذا الاحترار بعد عن ذوبان واسع النطاق للأراضي الدائمة التجمد.
- ومن المرتقب أن تسفر تغييرات المناخ عن ذوبان الأراضي الدائمة التجمد عبر المنطقة القطبية الشمالية الفرعية قبل نهاية القرن الحالي، مع حدوث معظم الذوبان ذي الشأن في أمريكا الشمالية.
- تختزن الأراضي الدائمة التجمد الكثير من الكربون، حيث يقدر بأن الطبقات العليا من الأراضي الدائمة التجمد تحتوي على كربون طبيعي بأكثر مما هو موجود في الوقت الراهن في الغلاف الجوي. ويسفر ذوبان الأراضي الدائمة التجمد عن إطلاق هذا الكربون في شكل غازات احتباس حراري تؤثر بشكل رجوعي إيجابي على الاحترار العالمي.
- ويسفر ذوبان الأراضي الدائمة التجمد الغنية بالجليد عن تكون كارستات حرارية، وهي أشكال أرضية تنخسف فيها أجزاء من سطح الأرض.وتؤثر الكارستات الحرارية على النظم الإيكولوجية والبنية التحتية ويمكن أن تسارع من ذوبان الأراضي الدائمة التجمد.
- ويمكن أن يسفر تشييد البنية التحتية القائمة واستخدامها اليومي عن ذوبان الأراضي الدائمة التجمد مع ما لذلك من تأثير لاحق على البنية التحتية. وقد تسارع الزيادات في درجات حرارة الهواء من التردي الجاري في الأراضي الدائمة التجمد المتصل بالبنية التحتية.
- ذوبان الأراضي الدائمة التجمد له آثار ذات شأن على النظم الإيكولوجية، مع إمكانية حدوث تغيير تام في الموائل، مثلاً من غابات شمالية إلى أراض رطبة.
- قد يعمل ذوبان الأراضي الدائمة التجمد في المناطق الجبلية على زيادة عدم ثبات المنحدرات، مما يرفع من مخاطر مصادر الخطر الطبيعية مثل الانهيالات الأرضية وسقوط الصخور.

Photo: Esko Kuusisto

جليد الأنهار والبحيرات

- تؤثر التغييرات التي تعكس إلى حد كبير الارتفاع الحادث في درجات حرارة الهواء على جليد الأنهار والبحيرات، التي كان ينظر إليها بالدرجة الأولى على أنها تتكسر في أوائل الربيع، وتتجمد في أواخر الخريف، بدرجة أقل.
- ومن المرتقب أن يستمر الاتجاه نحو حدوث فترات أطول خالية من الجليد. والتفاصيل غير متيقنة ولكن من المتوقع أن يحدث تنوع إقليمي قوي، مع توقف كمية التغيير على درجة الاحترار المتنبأ بها.
- يعتبر تكون الجليد على سطح الأنهار والبحيرات عاملاً رئيسياً يتحكم في الإنتاج البيولوجي، والتغييرات في طول وتوقيت الغطاء الجليدي لها آثارها على النظام الإيكولوجي.
- وتستخدم الأنهار والبحيرات المتجمدة في المناطق النائية كممرات للانتقال، وتعني الفترات الأطول الخالية من الجليد نفاذاً منقوصاً أو أكثر تكلفة إلى تنمية المجتمعات والتنمية الصناعية. ويعتمد الكثير من الشعوب الأصلية الشمالية على البحيرات والأنهار المتجمدة للوصول إلى المناطق التقليدية لصيد الحيوانات أو صيد الأسماك أو رعي قطعان حيوانات الرنة أو قنصها.
- وكثيراً ما يتسبب انكسار الجليد في الربيع في سد الأنهار بواسطة الجليد، مما يسفر عن فيضانات باهظة التكلفة. وقد تسفر تدرجات درجات الحرارة المخفضة على طول الأنهار المتدفقة صوب الشمال في نصف الكرة الشمالي عن تخفيضات في الفيضانات التي يعوقها الجليد. وهذا الأمر له إمكانية إحداث عواقب إيكولوجية سلبية بالنسبة لدلتا الأنهار حيث تمس الحاجة إلى الفيضانات السنوية للمحافظة على البرك والأراضي الرطبة.

Photo: Christian Lambrechts

السياسات والمناظير

يثير التغيير في الجليد والثلج قضايا سياسات على الصعد العالمية والإقليمية والمحلية.

على الصعيد العالمي

- الجليد والثلج وتغير المناخ متصلة ببعضها بشكل وثيق. وتلطيف حدة تغير المناخ بواسطة تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري يمثل استجابة السياسات العالمية الرئيسية لتلطيف حدة التغييرات في الجليد والثلج.
- خلص تقرير التقييم الرابع للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ إلى أنه يجب، لتجنب المزيد من الاحترار العالمي المتسارع مع ما له من عواقب سلبية رئيسية، وقف الزيادة في غازات الاحتباس الحراري والبدء في إنقاصها بما لا يتأخر عن 15 إلى 25 سنة من الآن. وتشير التقييمات الاقتصادية إلى أنه يمكن إنجاز ذلك بدون خسائر ذات شأن في الرفاه.

على الصعيد الإقليمي

- يجب تصميم سياسة التواؤم بحيث تناسب الأقاليم وتحتاج إلى معرفة علمية إقليمية وتقييم لآثار تغير المناخ.
- وتدور قضايا السياسات الرئيسية في المنطقة القطبية الشمالية على الآفاق المرتقبة لانحسار جليد البحر وآثار ذلك على النقل البحري واستغلال احتياطيات النفط والغاز. ومن شأن ذلك أن يثير قضايا الولاية الإقليمية واللوائح التنظيمية في البيئة البحرية القطبية الشمالية.
- وفي المنطقة القطبية الجنوبية، من المحتمل أن يساهم النقص المرتقب في مدى جليد البحر في ما يحدث بالفعل من توسع سريع في صناعة السياحة مع ما لذلك من آثار محتملة على البيئة وعلى قيمة المنطقة القطبية الجنوبية في الأبحاث. ويشير ذلك إلى الحاجة إلى إطار تنظيمي للسياحة في المنطقة القطبية الجنوبية.
- وفي منطقة كوش الهملايا الهندية، من المتوقع أن تعمل التغييرات المرتقبة في سقوط الثلوج وذوبان الأنهار الجليدية على زيادة مخاطر كل من الفيضانات ونقص المياه، مما يؤثر فيما يحتمل على مئات الملايين من الناس. وثمة حاجة إلى استراتيجيات لإدارة المياه وتخطيط الأراضي لتقليل إمكانية التضرر من آثار الاحترار العالمي.

على الصعيد المحلي

- تثير آثار التغييرات في الجليد والثلج بالفعل انشغالاً رئيسياً في الكثير من مجتمعات المنطقة القطبية الشمالية. ومن أمثلة الآثار المحلية ما لحق بالبنية التحتية الساحلية من أضرار من ذوبان الأراضي الدائمة التجمد وزيادة تمور العواصف، وخسارة الشعوب الأصلية للنفاذ إلى الموارد الكفافية. ومن شأن التوسع في النقل البحري وتنمية النفط والغاز أن تجلب فرصاً محلية وإمكانيات حدوث آثار اقتصادية واجتماعية سلبية. وتفتقد معظم فرادى المجتمعات في الوقت الراهن إلى القدرة على مواجهة هذه الضغوط بفعالية. ومن المحتمل أن تعكس الاستجابات لهذه التحديات ما هو قائم بين دول المنطقة القطبية الشمالية من اختلافات في النظم السياسية والقانونية.