الفصل الرابع

المناخ والدورة الهيدرولوجية – مخاطر تساقط الثلوج

توطئة

إن مختلف تغيرات وانتقال المياه في أي من أشكالها الثلاثة فوق سطح الأرض ، يمكن حصرها في الدورة الهيدرولوجية . وتتميز دراسة هذه الدورة بأنها معقدة ومتداخلة بين عدد من المجالات الفيزيائية والاجتماعية والاقتصادية. وفيما يتعلق بالدور الذي يسهم فيه علماء الفيزياء والدراسات الجوية التطبيقية ، فإن المناخيين هم عامل مشترك وأساسي في كل تلك المجالات . وهذه المساهمة للمناخيين هي محل دراسة هذا الفصل الذي يتناول تساقط الثلوج ، كأحد مفاهيم هذه الدورة التي غالباً ما يتم إلقاء نظرة سريعة عليها في مقدمات هذه الدراسات .

مقدمة

يتميز التساقط من السحب بعدة أشكال ، إذ قد يسقط على هيئة مطر حينما يكون الماء في حالته السائلة ، أو قد يسقط بعدة أشكال حينما يكون في حالته الصلبة . ويرتبط بالتساقط في الحالة الصلبة عدة أشكال لكل منها خصائصه . ويتضمن ذلك

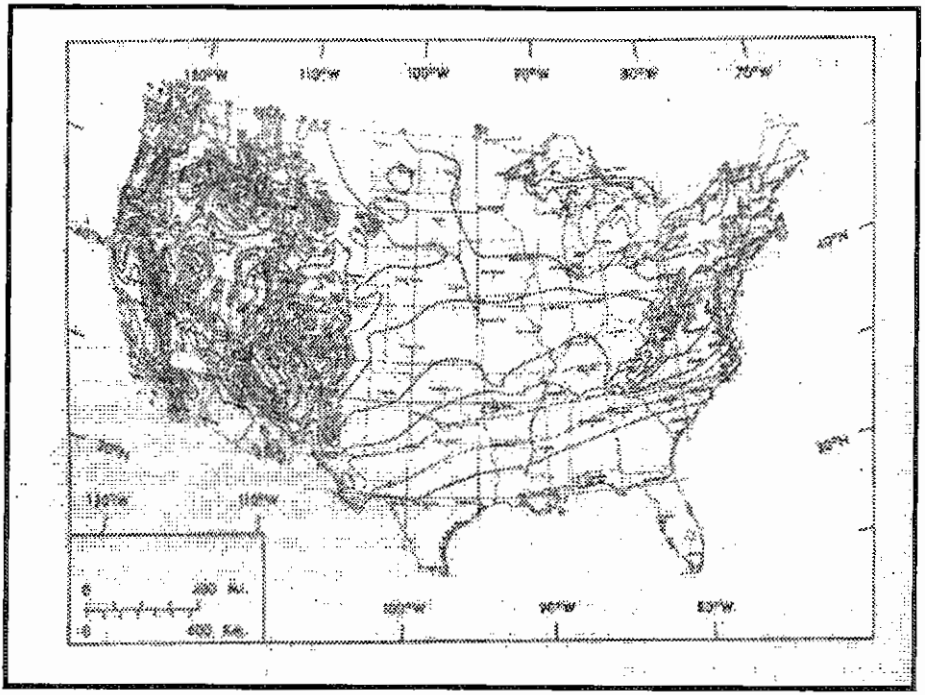
- كرات الجليد Ice Pellets: ويطلق عليها القطقط " أي جمد المطر أو مطر نصف متجمد ، والقطقطية هي طبقة جليدية رقيقة كالتي تتكون على الأشجار والأسلاك عند هطول جمد المطر " ، وهو عبارة عن كرات ثلجية صغيرة وتتكون حينما يتجمد المطر الساقط في أثناء مروره بهواء درجة حرارته أقل من مستوى الهواء البارد .
- الثلج Snow: ويتكون الثلج من حبات كريستالية تأخذ في النمو مباشرة حينما يتكاثف بخار الماء في السحب التي ينخفض درجة حرارتها إلى ما دون مستوى التجمدbelow freezing
- البرد Hail: وهو عبارة عن قطع دائرية من الجليد تتكون من الداخل من طبقات تشبه البصل Onion، ولها مركز يشبه الذرة . أما

الظروف المناسبة لتساقط البرد نجدها في السحب الركامية Cumulonimbus.

وبينما كل من هذه الأشكال يتم تصنيفها في الدراسات التطبيقية للمناخ، فإن الثلج هو الأكثر شيوعاً والأوسع انتشاراً وهو أحد الأشكال ذات التأثير الواسع في حياه كثير من الناس، سواء إن كانوا يعيشون في بيئات حضرية أو ريفية. ويؤدي امتداد الولايات المتحدة الأمريكية المتسع على مستوى دوائر العرض إلى وجود اختلاف واسع في كمية الثلوج المتساقطة في أنحاء البلاد . ويظهر شكل (٤-١) المتوسط السنوي لإجمالي الثلوج ويشير إلى أن النموذج الأساسي يتسم بالتوزيع المركب والمعقد لتساقط الثلوج في النطاقات الجبلية في الغرب الأمريكي ، بالإضافة إلى بعض المناطق التي يسقط عليها كمية من الثلوج قد تتجاوز ٤٠٠ بوصة/سنوياً (١٠١٦سم / سنوياً) . أما في المناطق الوسطى والشرقية فينعكس النموذج النطاقي لخطوط التساوي المتقاربة بشدة كنتيجة لتأثرها بالموقع بالنسبة لدوائر العرض . هذا وهناك بعض التعديلات المحلية التي ترتبط بنمط التوزيع النطاقي في جبال الأبلاش وفي المناطق الواقعة حول البحيرات العظمى . حيث يعد تساقط الثلوج على جبال الأبلاش نتيجة ارتفاع المناسيب ، أما بالنسبة للتساقط الثلجي في نطاق سهول البحيرات العظمى ، فيرجع إلى بعض التعديلات التي تطرأ على كتل الهواء عند عبورها البحيرات العظمى كما يتضح في شكل (٤-٢) .

ويمكن أن نستنتج من شكل (٤-١) معدل كمية تساقط الثلوج بطريقة جيدة. وينبغي الإشارة إلى كون خطوط تساوي الثلوج " أيزونيف Isonifs " تعتمد على بيانات لمحطات ترصد الثلوج كأحد أشكال التساقط ، وتمثل هذه المحطات نقط على الخريطة ، وتصل خطوط التساوي بين هذه النقط ، مما قد يوحي بأن جميع المناطق المحصورة بين المحطات قد تم فيها الرصد فعلياً ، وهذا ليس صحيحاً ، وهذا مما يمكن أن نعتبره أحد المشكلات المرتبطة بقياس الثلوج .

شكل (٤-١) المتوسط السنوي للتساقط الثلجي في الولايات المتحدة الأمريكية

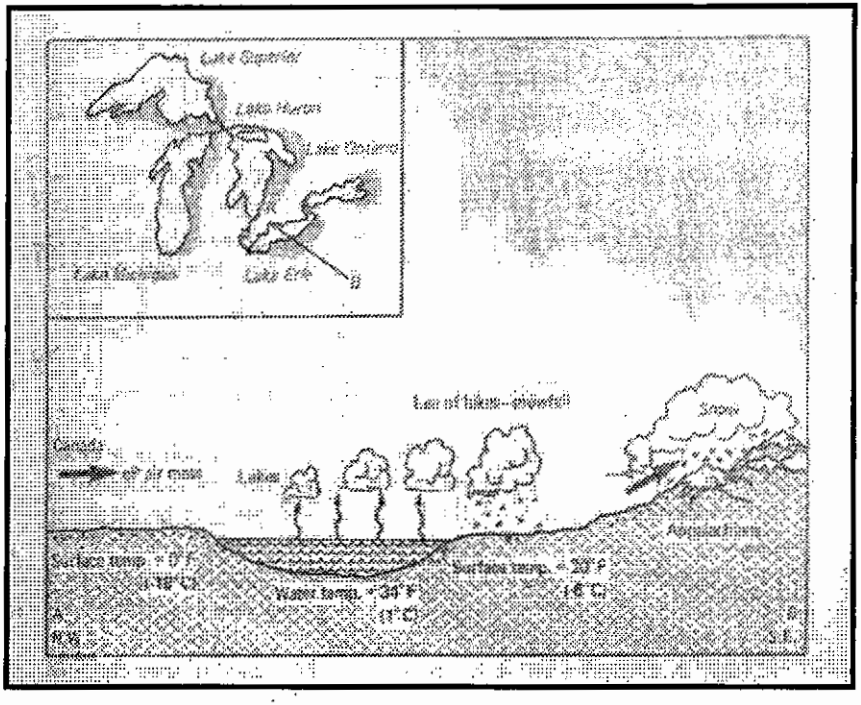


ويمكن ملاحظة شدة التعقيد في خطوط التساوي في المناطق الجبلية الغربية

المصدر: AOAA

وهناك عدد من الأساليب المستخدمة في قياس الثلوج ، وأكثرها شيوعاً هي تلك التي يتم تعديلها لما يعادل ٨ بوصات وفقاً لجهاز قياس المطر Rain Guge . أما الطريقة اليدوية ، فيجمع الثلج في وعاء المطر حتى يذوب ثم يعبر عنه بما يكافئ محتواه من الماء ، وتستخدم أيضاً طريقة وزن الوعاء Weighing Type ولكن بعد تعديلها سواء بالتسخين حتى يذوب الثلج ، أو بإضافة أحد العناصر التي تؤدي إلى سرعة ذوبان الثلوج . وهكذا فإن محتوى المياه في جميع هذه الحالات هو طريقة قياس التساقط الثلجي .

شكل (٤-٢) حزام الثلج في الولايات المتحدة الأمريكية والتأثير البحيري على هذا التوزيع : مثل حزام الثلج الذي يقع في منصرف التأثير البحيري ، ويوضح القطاع العرضي الظروف المصاحبة لتساقط الثلوج من اتجاه الشمال الغربي نحو الجنوب الشرقي



وتستخدم طريقة تقطيع الثلج Snow – Cutting لقياس محتوى الماء في الثلج فوق الأرض . وتتميز هذه الأنابيب بأنها خفيفة الوزن ولها حافة مسننة تخترق الثلج لتصل إلى مركز قطعة الثلج . وعندئذٍ يتم وزن مركز قطعة الثلج ، ومن ثم يمكن التعبير عن الثلج من خلال وحدات الماء . ويبلغ قطر هذا الأنبوب ١,٥ بوصة ، ومقسم إلى أجزاء متصلة في مجملها ومغلفة من جانب واحد . وتستخدم أنابيب تقطيع الثلج في المناطق الجبلية حيثما يصبح التساقط الثلجي هاما لكون الانهيار الثلجي محتملاً ، ولتقدير المكافئ المائي Water Equivalent الذي يمكن أن يصبح فجأة جريان سطحي . وللحصول على بيانات دقيقة في مثل هذه المناطق ، تستخدم وسائد الثلج Snow Pillows.وهذه الوسائد عبارة عن حاويات بيضاوية الشكل تختلف في أقطارها لتتراوح من ٤ إلى ١٢ قدماً . وحينما يتساقط الثلج فوق الحاوية Pillow ، فإن الإناء " الحاوية – الوسائد " تنضغط فيتغير الضغط فوق

السائل داخل الحاوية ثم يتم القياس حيث يتحرك المؤشر ليحول الضغط إلى مكافئ مائي بالبوصة . هذا وتتوزع حاويات الثلج في مناطق منعزلة ومتصلة بجهاز إرسال أوتوماتيكي حيث يمكن تسجيل بيانات الراديو في محطات تبعد عدة أميال عن تلك المواقع للحاويات. ويمكن قياس عمق الثلج فوق الأرض وتسجيله من خلال قياس محتوى الماء في الثلج . ويستخدم في هذه الحالة عمود عادي يتم غرسه في غطاء الثلج . ويعتمد استخدامه على اختيار الموقع الصحيح للقياس، وعادةً ما يتم أخذ معدل لأكثر من قراءة لتوضيح سمك الثلج فوق اليابس. ويتم تثبيت مجموعة من الأوتاد المقسمة في المناطق الجبلية حتى يمكن القراءة منها مباشرة للحصول على عمق الثلج. ويبرهن على ذلك كون رصد تساقط الثلج يعتبر مهمة صعبة لكون تسجيلاته عرضة للأخطاء البشرية، فضلاً عن أخطاء الرصد وأعطال الأجهزة. وعلى أية حال ، حينما يتساقط الثلج ، فإن الفرق بين التساقط الخفيف والغزير ينعكس بالتأكيد على الأنشطة البشرية . وتعكس الأمثلة التالية إلى أي مدى يمكن أن يصبح للتساقط الثلجي العنيف تأثيرات خطيرة مقارنة بالتساقط الثلجي العادي .

شتاء قاسي في ولاية ألينوي

يوضح شكل (٤-١٣أ) كمية الثلج الساقط في أحد فصول الشتاء في ولاية ألينوي وهي كمية عادة ما تسقط عليها . ويشير الرسم البياني إلى الزيادة التدريجية في كميته بصفة عامة من الجنوب إلى الشمال ، بمدى يتراوح بين أقل من ١٠ بوصة (٢٥,٤ سم) إلى أكثر من ٣٦ بوصة (٩١,٤ سم) . ويعكس هذا التوزيع الفرق في درجات الحرارة على المحور الشمالي الجنوبي ، وفيما يتعلق بالتساقط خلال فصل الشتاء فإن المواقع الجنوبية غالباً ما يكون هذا التساقط في صورة مطر [حيث أن متوسط درجة الحرارة لشهر يناير في مدينة كاربوندال Carbondale يبلغ ٣٦ درجة فهرنهيتية (٢,٢ م)] ، بينما في المناطق الشمالية فإن التساقط على هيئة ثلوج [حيث يبلغ متوسط درجة حرارة شهر يناير ٢٣ درجة فهرنهيتية (-٥,٠ م)] . هذا وينبغي الإشارة إلى أن كمية الثلج الساقط خلال أي من فصول الشتاء تختلف كلياً عن المتوسط الفصلي . وقد حدث ذلك بالفعل خاصة في شتاء ١٩٧٨/١٩٧٧ الذي برهن على أنه شتاءً مبكراً قد تسبب في أضرار جسيمة على الصعيد الاقتصادي والاجتماعي في هذه الولاية. إذ سجلت محطات الأرصاد أن شتاء ١٩٧٨/١٩٧٧ – على الأقل فيما يتعلق بتساقط الثلوج – يعد الأكثر قسوة وعنفاً منذ بداية الاستقرار في ولاية ألينوي أي منذ حوالي ١٨٠ سنة ماضية . وقد

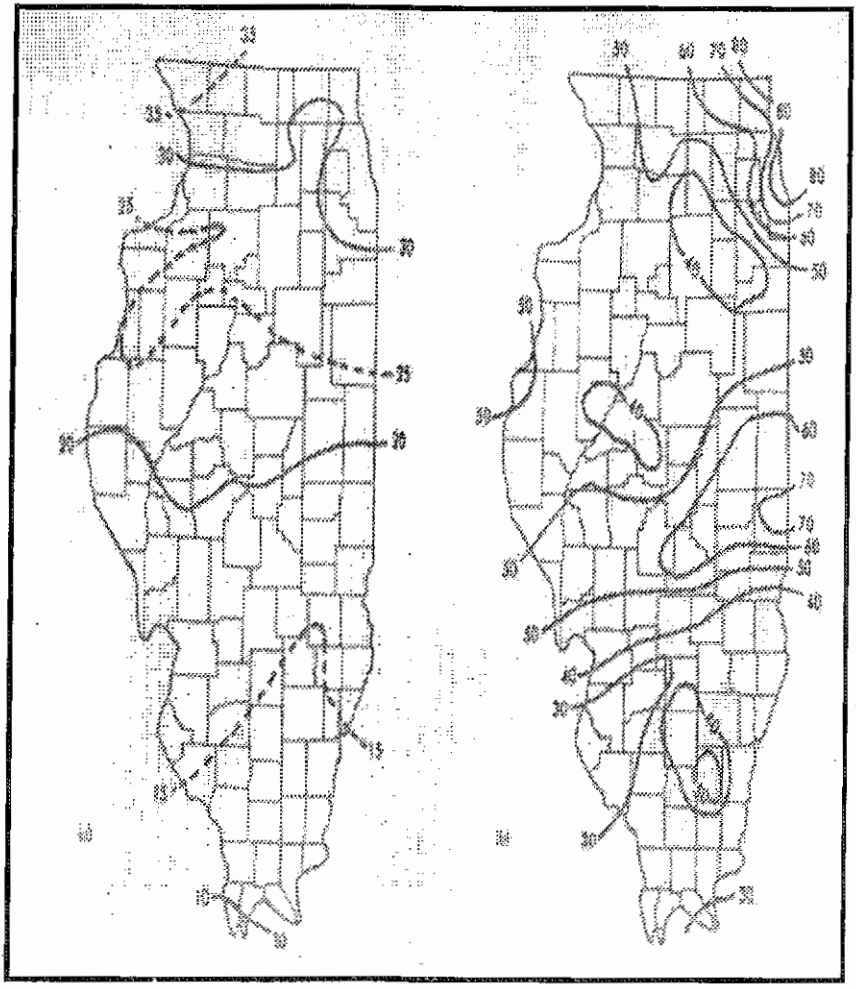
حدثت ١٨ عاصفة ثلجية عنيفة خلال هذا الشتاء. وقد تحقق عنف إحداها من خلال استمرارها لمدة ٥٠ ساعة متواصلة، بينما ظهر عنف أخرى من خلال الكمية الضخمة للثلج المتساقط. وعلى سبيل المثال، حدثت عاصفة في يومي ٢-٣ مارس ١٩٧٨، فغطت منطقة مساحتها ٤٧,٣٠٠ ميلاً مربعا بطبقة ثلجية سمكها ٣بوصة (٧,٦ سم) . ويوضح شكل (٣ب -٤) التوزيع الفصلي للثلج الساقط في ذلك الشتاء . وتستقبل غالبا الولايات الداخلية كمية من الثلج تزيد عن ٣٠ بوصة، بينما تتجاوز كميته ٧٠ بوصة (١٧٨ سم) في المناطق الأخرى. وترتبط تلك الكميات الضخمة من الثلوج بتكرار العديد من العواصف التي تؤثر سلبياً في سكان ولاية ألينوى .

الأضرار والمخاطر

لا تسمح المعلومات المتاحة بالوصول إلى تقديرات دقيقة عن اجمالي الخسائر الاقتصادية في ولاية ألينوي في شتاء ١٩٧٨/١٩٧٧ ، على الرغم من أن تلك التقديرات ترتفع كثيراً لتبلغ أكثر من ٢ بليون دولاراً . وبالرغم من نقص البيانات ، فإن البحث الذي قام به عالميين عن هذا الشتاء في ألينوي قد أسهم في تحديد عدداً لا يحصى من الأضرار ، تلك التي أحتلت عناوين الصحف التي قامت بحصر عدد تلك العواصف وآثارها الكارثية . وقد تم تصنيف تلك الأضرار على ٥ محاور في جدول (١-٤) لمحاولة فهم وتقييم درجة الضرر والخطورة . وجدير بالذكر، إنه في بعض القطاعات التي تصيبها تلك الأضرار، قد يمتد الضرر وتوابعه لفترات طويلة خاصة القطاعات الاقتصادية التي تتأثر فعليا نتيجة مثل تلك الظروف الجوية القاسية.

شكل (٤-٣) أ : المتوسط الفصلي للثلج المتساقط (بالبوصة) في ولاية إلينوي

ب : الثلج المتساقط (بالبوصة) في شتاء ١٩٧٨/١٩٧٧ في ولاية إلينوي



المصدر : Changnon & Changnon ١٩٧٩

جدول (٤-١) أضرار العواصف الشتوية العنيفة في شتاء ١٩٧٨/٧٧ في ولاية ألينوي

المحور	الأضرار
١- قطاع النقل والمركبات البرية:	أ – أتوبيسات النقل الداخلي في المدن وفيما بينها : • توقف وتأخر ، العديد من التلفيات والأعطال ، استخدام كثيف للنقل الجماعي ب – القطارات: • تأخر، أعطال مقطورات الشحن على القضبان، تغيير ٥٠% أو أكثر من وجهة المسافرين ج- المطارات: • قد أغلق مطار أوهار في مدينة شيكاغو لمدة يوما ، وقد أغلقت المطارات المركزية في وسط ولاية ألينوي لمدة ١٢ يوما ، بقاء المسافرين في صالات المطارات . د – وسائل النقل الأخرى: • عربات إزاحة الثلوج تستخدم بكثافة لإنقاذ السائقين • تستخدم طائرات الهيلكوبتر بشكل كثيف لنقل الغذاء والأدوية ، نقل الناس والمرضى إلى المستشفيات ، إنقاذ السائقين المصابين على الطرق ه- السيارات الخاصة والشاحنات: • الأعطال بالآلف • الحوادث بالمئات • إغلاق الطرق الرئيسية جزئيا أو كليا في وسط ألينوي لمدة ١٢ يوما
٢ – المنافع	• تحطم الخطوط، انقطاع التيار الكهرباء، إصلاحيات الخطوط • ارتفاع الحاد في بيع الغاز والكهرباء • انقطاع إمدادات المياه • الاستخدام الواسع للخدمات على مسافات طويلة • أبراج الإذاعة والتليفزيون تحطمت أو تحطمت أو تعرضت لأضرار
٣- المنشآت التجارية	• تناقص المبيعات • تأخر سرعة تسويق البضائع

والصناعية:	• إغلاق المتاجر بسبب نقص الطاقة • تزداد شراء الملابس الشتوية • زيادة شراء السخانات ، الأفران ، المستوقدات ، وكذلك مستوقدات الخشب • تفقد الكثير من محلات الغذاء بالمواد الغذائية • تبيع محلات الخدمة كميات كبيرة من الغاز ، وتزيد ساعات العمل كما تزيد الخدمات التي تقدمها • تبيع محلات إطارات السيارات المعدنية والمطاطية المقاومة للثلوج كميات أكبر • زيادة الأعمال الفندقية والموتيلات • تشتري سيارات الأجرة كميات أكبر من الإطارات المقاومة للثلوج • زيادة الأجازات المرضية للعمليين • تأخر، تحطم الشاحنات، فساد البضائع، فقدان العمال المرتبطة بشحن البضائع بالسفن • تأخر المواد الأساسية الحرجة في الصناعات الأساسية
٤ – الأنشطة البشرية:	• تأخر أو إلغاء كثير من الأحداث الرياضية • بقاء المسافرين بالآلف في الموتيلات ، والمراكز الصحية ، والمطارات والمنازل • ترابط وتعاون بين الجيران والآخرين • استخدام كثيف لخطوط التليفونات ، وتأخر التواصل التليفوني • تأخر كمبيالات المزارعين • السير لمسافات طويلة للوصول للمدارس والمتاجر • حرائق المنازل ، وتأخر خدمة الإطفاء في وصولها للمنازل المضارة • زيادة حالات الولادة بالمنازل والمطاعم والسيارات وغيرها • توقف أو تأخر خدمات التوصيل للمنازل • تأخر توصيل الغاز للمناطق الريفية، توقف البريد بين المدن، توقف البريد والمراسلات بين المواطنين أو

	تأخرها • تأخر إمدادات الغذاء والدواء ، تأخر نقل النفايات • تأخر سيارات الإسعاف • تأخر أو إلغاء العديد من الرحلات الترفيهية والأعمال
٥ – الأضرار المؤسسية المجتمعية:	• تأخر جلسات المحاكم • زيادة كثافة خدمات إسعاف ألينوي لتصل ٨٠ خدمة / الأسبوع خلال يناير • إغلاق المدارس لمدة ٧-١٢ يوماً وما يتبعه من تأخر المدارس صيفاً • تأخر خدمات البريد على مستوى المدن والضواحي • زيادة الضغط على الملح لإذابة الثلوج مما يؤدي إلى وجود شح في الكميات المطروحة في الأسواق • زيادة أعطال وتوقف وحجز السيارات والشاحنات على الطرق السريعة، وتأخر سيارات إزاحة الثلوج • فقدان فرص العمل في الولاية مما يؤثر في دخل الولاية • يتأخر وصول سيارات المطافئ لكثرة الحرائق • يحدث انخفاض في عدد الجرائم مقابل ارتفاع إعداد الحوادث وكثرة المشكلات الناتجة عن سقوط حبات الثلج

المصدر: After Changnon and Changnon, ١٩٧٩

ويتضح من الجدول السابق أن قطاع النقل من أكثر القطاعات المتضررة، حيث تتعطل السيارات والشاحنات، فضلاً عن تحطمها بمختلف الطرق. و تغلق الطرق السريعة التي تربط الولاية بغيرها من الولايات وكذلك الطرق الداخلية التي تتميز بكثافة الحركة والطرق المركزية في الولاية إغلاقاً تاماً لمدة تصل إلى ١٢ يوماً في أثناء الشتاء. ، وتصبح الهليكوبتر وكاسحات الثلج في بعض المواقع الأكثر نفعاً معظم الوقت، حيث تستخدم على نطاق واسع لنقل الغذاء والأدوية، وتعد أنسب الوسائل لمواجهة تعطل التواصل. أما رحلات الطيران السياحي ، على أية حال ، فإنها تتأثر بسبب إغلاق المطارات وتأخر العديد من الرحلات .وتسعى الشركات النفعية والخدمية إلى تحقيق الزيادة في الدخل والتوسع في مجالات تقديم خدماتها . وينعكس ذلك في ارتفاع المبيعات في التيار الكهربائي وخدمة الهاتف من جهة ،

وتكلفة الدمار الكثيفة على طول الخطوط من جهة أخرى . وقد ارتفعت الخسائر الاقتصادية لتبلغ تكلفة إصلاح خطوط التليفون ٣,٥ مليون دولار في أثناء عاصفة حدثت خلال يومي ٢٤-٢٥ مارس. وإجمالا، فإن خسائر الدمار الذي عانت منه شركات الخدمات والمنافع كانت أكبر بكثير مقارنة بما تحققه من مكاسب نتيجة زيادة عوائد كثافة استخدام خدماتها.أما المؤسسات التجارية فقد تعرضت إلى خليط من المخاطر والخسائر الاقتصادية . فقد كان هناك تراجعا في حجم المبيعات، وعلى نفس الدرجة من الأهمية، زيادة في عدد الغائبين من العمال. إذ سجلت المتاجر الضخمة التي تقع في قلب مجمعات سكنية ضخمة {قد يبلغ عدد سكانها ١٠٠,٠٠٠ نسمة } خسارة في المبيعات بلغت ٥٠,٠٠٠ دولار / يوم لعدة أيام متتالية. وقد أدى العجز في موارد الطاقة وتعطل وتوقف وسائل النقل داخل المدن إلى اغلاق المتاجر الكبرى أبوابها لمدة ٦ أيام في وسط وجنوب ألينوي . وقد عانت متاجر الأغذية هبوطا حادا في المبيعات نتيجة نقص إمدادات الغذاء، بينما عانت العديد من المؤسسات التجارية هي الأخرى من جراء خسائرها في الممتلكات نتيجة لزيادة سمك الثلوج والعواصف الجليدية.وعلى أية حال ، قد تحققت فعلا بعض المنافع أو المكاسب كنتيجة للزيادة في المبيعات من إطارات السيارات مثلا . وقد سجلت محطات الخدمة مكاسب هائلة وكذلك الفنادق الصغرى " الموتيلات " نتيجة زيادة أعطال المركبات الخاصة على الطرق السريعة بين المدن .وقد لوحظ وجود العديد من التأثيرات في الأنشطة البشرية في أثناء العواصف الثلجية في ولاية ألينوي كما أتضح في جدول (٤-١) . وكما هو متوقعا ، أن العديد من المصالح قد تعطلت أو تأخرت على الأقل ، وأن العديد من الناس قد أجبروا على البقاء في الموتيلات ، والمراكز الصحية ، والمطارات والمنازل الريفية لأيام وليالي متتالية حيث تجبرهم ظروف الطقس على المبيت . ونتيجة لمشكلات السفر ، فإن الأطفال يولدون في مختلف الأماكن غير المستشفيات بما في ذلك المنازل والمطاعم ووسائل النقل . وقد ارتبطت أغلب المشاكل الشخصية بتأخر أو توقف سيارات الإسعاف والمطافئ . وقد انخفضت البلاغات الخاصة بالجرائم، بينما ارتفعت الاتصالات الخاصة بحوادث الطرق.وقد تم تجميع التأثيرات السلبية للعواصف الثلجية سواء على مستوى الأفراد ، والمؤسسات التجارية، أنظمة النقل ، العديد من المنافع والخدمات التي تعرضت إلى خسائر كبيرة خاصة المؤسسات الحكومية، فضلا عن التأثيرات على مستوى التجمعات السكنية، وعلى مستوى الولاية وكذلك المعاهد الفيدرالية في جدول (٤-١). هذا، وهناك ضرورة ملحة في خضم تلك العواصف وسلبياتها، ألا وهي أن تبقى الطرق والشوارع مفتوحة أمام حركة السرور. إن فقدان العديد من أيام العمل

في أنحاء الولاية يكبدها العديد من الخسارة نتيجة انخفاض الضرائب كمصدر لدخلها. وقد تم تقدير خسائر ولاية ألينوي ب ٤ مليون دولار نتيجة انخفاض حصيلة الضرائب فقط خلال يومي ٢٦-٢٧ يناير. كما تم توضيح أعداد المصابين والوفيات بسبب ذلك الشتاء القاسي في جدول (٤-١) . وقد بلغ أعداد المصابين ٢٠٠٠ شخص وفق أفضل التقديرات بسبب حوادث السيارات بما فيها الأتوبيسات والقطارات والسيارات الخاصة في تلك الولاية. وترجع الوفاة إلى ٧ أسباب مباشرة إلى الظروف الجوية في ذلك الشتاء القاسي. وقد كان أغلبها بسبب حوادث السيارات الخاصة ، على الرغم من أن ١٦ حالة وفاة كانت نتيجة تطاير الثلوج على الطرق مما يؤدي إلى اختلال عجلة القيادة وانقلاب السيارات .

جدول (٤-٢) الأضرار والوفيات في ولاية ألينوي في شتاء ١٩٧٨/٧٧

أسباب الضرر	العدد
حوادث السيارات في يوم ٢٦ يناير	٤٠
حوادث القطارات في يوم ٢٧ يناير	٣١٧
حوادث السيارات في يوم ٨ مارس	٤٧
حوادث السيارات في يوم ٩ ديسمبر	٢٤
حوادث السيارات في يومي ٢٦-٢٨ يناير	٧٩
تقدير إجمالي عدد المصابين	٢٠٠٠
الوفيات	
بسبب العمى الثلجي بفعل القطارات	١
حوادث السيارات الخاصة	٢٨
تصادم السيارات	١٦
التجمد حتى الوفاة	٨
عدم وصول الطبيب المعالج	٣
السقوط على الجليد	١
جارفات - كاسحات الثلوج	٥
الإجمالي	٦٢

المصدر: After Changnon and Changnon,١٩٧٩

وهناك ثمانية أشخاص قد تجمدوا حتى الموت بسبب انقلاب وسقوط سياراتهم في طبقة ثلجية عميقة. وقد بلغ إجمالي الوفيات في ذلك الشتاء ٦٢ حالة وفاة وهو الأكبر على الإطلاق الذي حدث خلال فصل واحد ، إذ يبلغ المعدل العام

١٢ حالة وفاة بسبب قسوة العواصف الشتوية في ولاية أليتوي . وهكذا، فإن حالات الوفيات في ذلك الشتاء قد تجاوزت ٥ أمثال المعدل الفصلي في تلك الولاية.

وقد تكررت مثل تلك الخسائر الجسيمة التي وقعت ولاية أليتوي في أغلب ولايات غرب الوسط والأجزاء الشرقية من الولايات الأمريكية في أثناء الشتاء القاسي . وكما أتضح من الإحصاءات السابقة ، أن الخسائر الجسيمة قد تجاوزت أي مكاسب شخصية أو تجارية لبعض المؤسسات التي قد تحقق بعض الأرباح نتيجة زيادة الطلب على بعض البضائع أو بعض الخدمات .

إيجابيات الثلوج

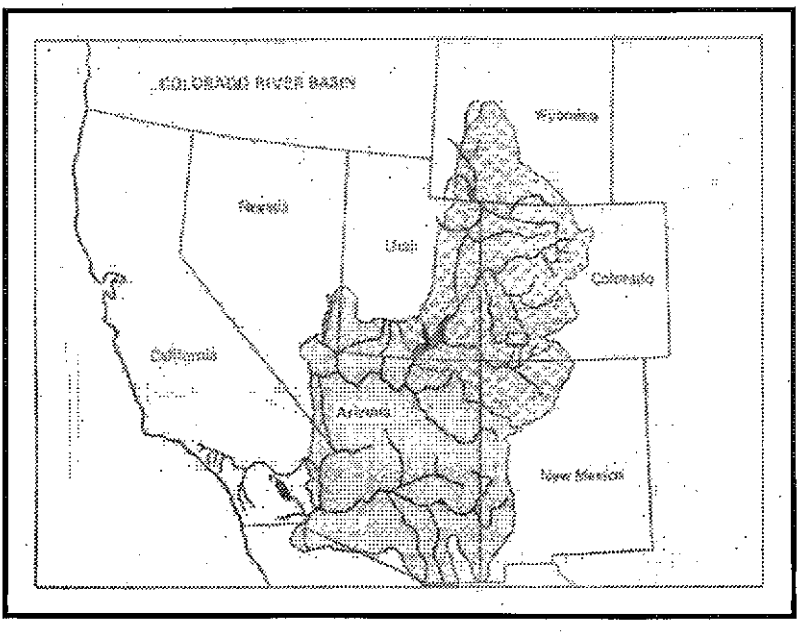
على الرغم من حقيقة كون الثلوج قد تسبب عدداً ضخماً من المشكلات في بعض الأماكن ، إلا أنها قد تصبح مصادر طبيعية قيمة في مواقع أخرى . وفيما يتعلق ببعض الفوائد أو العائدات الاقتصادية، فعلى سبيل المثال، تعتبر الثلوج عاملاً مفيداً في منتجعات التزحلق حيث تؤدي إلى اتساعها وتطورها وزيادة عمق الثلوج. هذا والأهمية الأكبر ، على أية حال ، هو الذي يلعبه التساقط الثلجي في إمدادات الجداول والأنهار بالمياه مما يدعم الجريان السطحي في غرب الولايات المتحدة الأمريكية . هذا وعلى وجه التحديد ،أهمية التساقط الثلجي في جريان نهر كلورادوا.

إن الميجر الأمريكي جون ويسلي بول Major John Wesley Powell(١٨٣٤-١٩٠٢) ، وهو عالم أمريكي جيولوجي Geologistوأنثروبولوجي Enthnologist، وهو مكتشف أجزاء واسعة من غرب الولايات المتحدة الأمريكية . فقد قام برحلة استكشافية لنهر كلورادوا ، فقد كتب قائلاً : " كل فصول الشتاء طويلة ، تتساقط الثلوج لتحول الحافات الجبلية إلى قطع كريستالية Mountain – Crested . وحينما تشرق شمس الصيف ، تذوب الثلوج وتتساقط كرات ثلجية من المنحدرات الجبلية في صورة ملايين الشلالات Cascades. وتتكسر آلاف الشلالات لتكون حوالي ٥٠ نهراً فياضاً ، وهذه الأنهار الفياضة إل ٥٠ يشكلوا معاً نهر كلورادوا ، وهو نهر هائج يكون جدولاً يصب في خليج كاليفورنيا ".

وفي وقتنا الحاضر ، يجد الميجر بول صعوبة في التعرف على نهر كلورادوا . ويبلغ طول هذا النهر ١,٤٥٠ ميلاً ، ويعد من أكثر الأنهار التي أمكن التحكم فيها واستغلالها على مستوى الولايات المتحدة عن طريق احتجاز مياهها

بالسدود وتخزينها ، وتوصيلها إلى عدة قنوات لتستخدم في ري الأراضي الزراعية والاستخدام الحضري ، فضلا عن توليد الكهرباء . ومما يذكر أن أغلب مجراه عند المنبع تغطيه طبقات ملحية فوقها أخرى رملية. وقد دفع تزايد استغلال مياه نهر كلورادوا إلى العديد من المشكلات القانونية والنزاعات بين المستفيدين الفعليين منه ، وبين هؤلاء الذين يفضلون في رؤية كمية أكبر من المياه تنساب في النهر . وفي هذا المقام ، فإن السؤال المناخي هو كيف يمكن الحفاظ على كمية كبيرة من المياه في حوض النهر ؟ ويمكن أن نستقي الإجابة من وصف الميجر بول حين يقول: " كلما كان الشتاء طويلاً ، كلما تساقطت الثلوج ..... ثم تذوب الثلوج وتنهار وتتجرف المنحدرات الجبلية " . وبوضوح ، فإن، كمية كبيرة من مياه نهر كلورادوا ترجع في أصلها إلى تساقط الثلوج شتاءً ، وكلما زادت كميتها ، تزيد بالتبعية كمية المياه المتاحة للنهر .

شكل (٤-٤) يشغل الحوض الأعلى والأدنى لنهر كلورادوا مساحة كبيرة من القطاع الجنوبي الغربي . ويوضح بداية منابع مجرى نهر كلورادوا من جبل سان جوان



وهناك دراسة متأنية لتقدير احتمالية مثل هذا التساقط الثلجي وكميته على مدى أكثر من ٥ سنوات في جبل سان جوان في ولاية كلورادوا . وتقع منطقة

الدراسة عند منابع نهر كلورادوا (شكل ٤-٤) حيث تتجمع وتتراكم كمية ضخمة من الثلج في أثناء شهور الشتاء . وفي الواقع ، وكما يتضح في شكل (٤-٥) ، فإن توزيع كمية الثلج بين ١٥ أكتوبر حتى ١٥ مايو يتوافق ويرتبط كثيراً مع الخصائص الطبوغرافية للمنطقة . وتوضح المنطقة المظللة من القطاع الطبوغرافي في الصورة مناطق الثلج المرتبطة بمنطقة حقن السحب ببعض المواد من أجل حدوث التساقط الثلجي . وقد امتدت التجربة الفعلية من شتاء ١٩٧١/٧٠ إلى شتاء ١٩٧٥/٧٤ حين تم رش بعض السحب المتفرقة بمادة يوديد الفضة Silver Iodide للمقارنة بينها وبين السحب الأخرى التي لم يتم رشها .

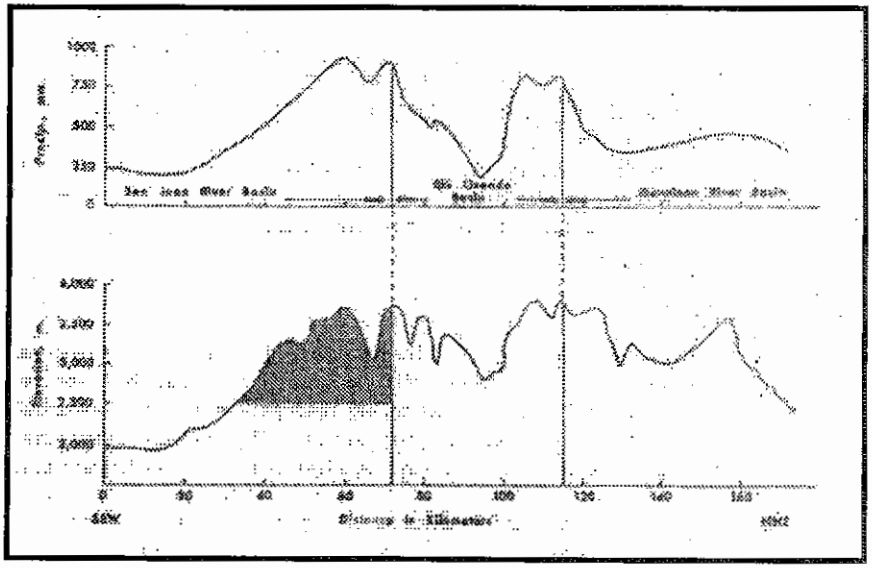
وعن طريق استخدام وسائل تكنولوجية محددة مع برنامج إيلوت Elliott وشافر Shaffer وغيرهما سنة ١٩٧٨ قد قدم لنا المؤشر الأولي كمثال للتعقيدات الفيزيائية والتحليلات الإحصائية التي تحتاج إليها هذه التجربة . وليس هنا المجال لذكر تفاصيل تلك الوسائل ، ولكن نكتفي فقط بذكر النتائج القيمة التي توصل إليها طاقم التجربة . حيث ذكر الباحثون أن " إن مشروع حوض نهر كلورادوا قد فشل في تحقيق هدف واحد ألا وهو أن معدل التساقط الثلجي من السحب على مدار ٧١ يوما التي تم خلالها حقن السحب بيوديد الفضة لم ترتفع عن كميته من السحب غير المحقونة على مدار ٧٦ يوما بسبب ظروف حالة عدم الاستقرار في أيام حقن السحب ، بالإضافة إلى أن الظروف لم تكن مواتية لحدوث التساقط . بينما تحقق الهدف الثاني الذي يتمثل في الرصد الكثيف للتساقط ، درجة الحرارة والرياح السطحية ، فضلاً عن رصد أحوال الجو في الطبقات العليا كل ٣ ساعات خلال أيام التجربة . وقد سمح هذا بتحليل كم هائل من بيانات الطقس التي تشمل ٩٧ سحابة محقونة و١١٩ سحابة غير محقونة .

ويظهر الرسم البياني بالتفاصيل ماهية الظروف المناسبة والأخرى غير المناسبة لحقن السحب بيوديد الفضة . ويرجع الإخفاق في حقن السحب المناسبة في أثناء ٢٤ ساعة تجريبية لعدم الدقة في اختيار السحب المناسبة ، فحدث تجاوز للظروف المناسبة لقمة السحاب من حيث درجة حرارتها وسرعة الرياح التي أمكن التنبوء بخصائصها خلال إل ٢٤ ساعة القادمة {بمعنى أن عملية الحقن لم تكن تناسب درجة الحرارة وسرعة الرياح المتوقعة خلال ٢٤ ساعة قادمة التي تم على أساسها اختيار السحب المناسبة لعملية الحقن } .

ومما يدعو للاهتمام، قد أظهر التحليل ضرورة حصر عملية الحقن في السحب التي تتميز بدفء قمتها (حيث تبلغ درجة حرارتها -٢٩,٠ ° م) ، وكذلك السحب السميكة " ذات امتداد رأسي كبير" الباردة والمصحوبة برياح خفيفة (من خلال تنبوء دقيق لا مجال للشك فيه) ، إذ يتبعه زيادة في كمية التساقط الثلجي بنسبة ١٠% أو أكثر من جانبي جبال سان جوان .

ويترجم ذلك في زيادة معدل التساقط في أثناء فصل تراكم الثلوج ، وكانت النتيجة النهائية لذلك أن الجريان السطحي المحتمل في نهر سان جوان (وقد تم تجميع مياه الجريان السطحي أمام سد نافاجو Navajo reserior) قد بلغت كميته ١٩٧ مليون متراً مكعباً . أما في حوض جراندريو على جانب منصرف الرياح حيث ذروة الجريان ، فإن الزيادة المتوقعة للجريان السطحي السنوي قد بلغت ١٨٦ مليون متر مكعب (عند مدينة شوشيتي Cochiti) .

شكل(٤-٥) قطاعات طبوغرافية والتساقط الثلجي على جبل سان جوان والمنطقة المظللة هي موقع التجربة لبرنامج حقن السحب بهدف زيادة كمية الثلج الساقط



المصدر: After R. D. Elliott et al. ١٩٧٨

ونخلص مما سبق أنه، بينما تظهر تلك التجربة أن جميع السحب المحقونة لا تسقط كمية أكبر من الثلوج ، فإن تصميم التجربة أدى إلى إحداث نوعاً من التشتت فيما يتعلق بالظروف المواتية لحقن السحب مما يضمن تحقيق النجاح في زيادة كمية الثلوج الساقطة وما يتبعها من الجريان السطحي حال ذوبانها .

نتائج متفرقة

ولنفترض أن نتائج مشروع بحث سان جوان يعد بمثابة وسيلة لإنشاء برنامج جديد . فإن زيادة كمية الرطوبة المتاحة لمجرى نهر كلورادوا ستحقق قيمة نفعية هائلة ولكنها تحتاج إلى الاستفهام حول ما إذا كان زيادة تساقط الثلوج قد بسبب أي مشاكل اقتصادية أو بيئية . فحينئذٍ تكون الإجابة نعم ، فإن هناك العديد من الأضرار والمخاطر ، وتتضمن :

١ – الانهيار الثلجي : إن السحب المحقونة لا تحدث عواصف ثلجية أكثر ، وإن كانت تؤدي إلى زيادة طول الفترة الزمنية التي يسقط خلالها الثلج أثناء العاصفة . ويتبع ذلك بالضرورة زيادة سمك الثلج مما يزيد من احتمالية حدوث انهيارات ثلجية . وبناءً على ذلك، فإنه خلال أي برنامج لحقن السحب، لابد من اتخاذ مجموعة من وسائل التحكم للحيلولة دون حدوث انهيارات ثلجية.

٢ – الفيضانات : يمكن أن تتحكم قنوات المجاري المائية في أغلب كمية المياه الناتجة عن ذوبان القمم والكتل الثلجية التي تتكون طبيعياً . ومن خلال تنظيم كمية الثلوج ، تزيد حجم المياه المذابة مما يؤدي إلى زيادة احتمالية حدوث فيضانات خطيرة . إن التحكم في الفيضانات وإمكانية توقعها يدعوا إلى ضرورة أخذ جميع الإحتياطات .

٣ – التلوث : في حالة ما إذا أتسع برنامج حقن السحب إلى الحد الذي يجعل تأثيره يمتد إلى منابع حوض نهر كلورادوا ، فإنه يمكن استخدام حوالي ٨٠٠٠ رطل من يوديد الفضة كل شتاء . وفي أثناء شروق الشمس ، فإن يوديد الفضة يتحلل ويتفكك ليكون فضة سائلة وعنصر اليود . وإذا ما دخلت الفضة المذابة في سلسة الغذاء ، فيمكن أن تصل إلى تركيزات خطيرة ، وسواء إن كان هذا التلوث قد حدث أو لن يحدث أبداً ، فإن ذلك صعب إدراكه ، ولكن يعد ذلك أحد العديد من الأسئلة الهامة التي ترتبط بإضافة يوديد الفضة إلى الغلاف الجوي .

٤ – النبات والحيوان : إن إضافة الكتل الثلجية يمكن أن يحدث تغيراً في المناخ التفصيلي ، وهذا التغير بالضرورة سيؤدي إلى إحداث بعض التعديلات على الأنظمة البيئية السائدة . إذ أنه من الوارد أن يحدث انتقال أو إحلال للمجموعات النباتية التي ستتزحزح نحو الارتفاعات الأقل ، مما قد ينتج عنه تزحزح النطاق الشجري (الذي يمثل الحد الذي لا ينمو الشجر بعده في الجبال والمناطق القطبية بسبب تراكم الثلوج) . وهذا التزحزح سيتبعه بالضرورة إحداث اضطراب في البيئة الحيوانية ، ولمدة عدة شهور طويلة فإن الحيوانات تبقى في ارتفاعات أقل لأنه لم يعد باستطاعتها أن تجد ما يكفيها من الغذاء بسهولة في الارتفاعات الأعلى .

٥ – عمليات التعدين : يؤدي إضافة الثلج إلى زيادة تكلفة تكسير الثلوج خلال فترة أطول من السنة حول المناجم ،كما أنه يؤدي إلى زيادة احتمالية حدود أخطار الفيضانات . وفي المناجم التي تعمل خلال فصل الصيف فقط ، فإن التساقط الكثيف للثلوج سيؤدي بالضرورة إلى قصر مدة عملها وتشغيلها .

٦ – المصالح المتعارضة : إنه من الثابت أن عمال المناجم في المنطقة لا يستحسنوا فكرة برنامج زيادة كثافة تساقط الثلوج . إذ يمثل إضافة الكتل الثلجية المزيد من الأضرار التي تتجاوز النواحي الاقتصادية . وتعتبر هذه النقطة من أكثر المحاور التي تستحوذ على الاهتمام الأكبر في برنامج تعديل الطقس، وهي مشكلة تتعلق بمدى مشروعية تعديل الغلاف الجوي. إذ قد تحقق التغيرات بعض المنافع في أحد القطاعات ، ولكنها في ذات الوقت قد تؤدي إلى مشاحنات قضائية . وفي الواقع ، يجب أن ندرك أن مستقبل تعديل الطقس والمناخ لا يقع ضمن معامل العلوم الجوية ، ولكنه يقع ضمن القانون الدولي .

قد ركز هذا الفصل على مخاطر وأضرار تساقط الثلوج . فمن ناحية ، يؤدي تساقط الثلوج إلى نتائج سلبية فيما يتعلق بارتفاع تكاليف الأنشطة البشرية ، وقد يصل الضرر إلى حد الوفاة . ومن ناحية أخرى ، فإن الاتجاه إلي حقن السحب في الغرب الأمريكي ، قد تصبح معه الثلوج مصدراً دائماً ومتجدداً . وحينما يصبح التساقط الثلجي مشكلة، فإن عدداً قليلاً قد يجد تلك الظروف متعارضة مع نشاطهم، بينما يعتبر الثلج مصدراً رئيساً وأساسياً في حياة آخرين.

إن الدراسة المناخية لتساقط الثلوج وتحديداً فيما يتعلق بمخاطرها ، يوفر القاعدة العلمية للعديد من المشروعات البحثية المستقبلية . فإذا كنت تعيش في بيئة تستقبل الثلوج ، فإن دراسة البيانات المناخية يمكن أن يوفر قاعدة معلوماتية عن مدى المخاطر التي يتعرض لها سكان ذلك المجتمع البشري في تلك المنطقة . وماهية كمية الثلوج التي تصبح خطورتها أقل على المنطقة ؟ هل الثلوج،لثلوج الساقطة متاحة في المنطقة المحلية ، وإذا كان الوضع كذلك فلماذا ؟ كيف يتعامل المجتمع البشري أو السكاني في منطقة ما مع مخاطر الثلوج، في أثناء تساقط الثلوج، وحينما تذوب ؟

وفيما يتعلق بآثار تساقط الثلوج، فإن مخاطر الثلوج تطرح العديد من التساؤلات التي تحتاج إلى إجابات تحتم القيام بمشروعات بحثية متأنية وعميقة.