

## بحث بعنوان

تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الجليد على الطرق في تقليل التأثيرات البيئية مع ضمان السلامة العامة

علاء محمد محمود الهدار

مهندس ميكانيك

بلديه الطفيله الكبرى

## المخلص

تعد صيانة الطرق الشتوية أمراً ضرورياً لضمان السفر الآمن والفعال على الطرق خلال أشهر الشتاء ومع ذلك فإن استخدام الملح والمواد الكيميائية الأخرى لإزالة الجليد في عمليات إزالة الجليد يمكن أن يكون له آثار بيئية ضارة مثل تلويث المياه السطحية والجوفية والإضرار بالنباتات والحياة المائية. لذلك من الضروري تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.

وهذا البحث هو دراسة استقرائية تعتمد على مراجعة شاملة للدراسات السابقة المتعلقة بالموضوع تهدف الدراسة إلى تحديد استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق الأكثر فعالية والتي تقلل من الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة. تغطي المراجعة مجموعة واسعة من المقالات البحثية والكتب والتقارير المتعلقة باستراتيجيات إزالة الجليد والتأثيرات البيئية والسلامة العامة.

بشكل عام توفر هذه الدراسة رؤى قيمة حول فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة يمكن أن تكون نتائج هذا البحث مفيدة للبلديات ووكالات النقل في تطوير خطط الصيانة الشتوية المستدامة التي توازن بين احتياجات البيئة والسلامة العامة.

<https://jaspps.com>**Abstract**

Winter road maintenance is essential to ensuring safe and efficient road travel during the winter months. However, the use of salt and other de-icing chemicals in de-icing operations can have adverse environmental effects, such as polluting surface and ground water, and harming vegetation and aquatic life. Therefore, it is necessary to evaluate the effectiveness of road snow removal strategies in reducing environmental impacts while ensuring public safety.

This research is an inductive study based on a comprehensive review of previous studies related to the subject. The study aims to determine the most effective snow removal strategies that minimize environmental impacts while ensuring public safety. The review covers a broad range of research articles, books, and reports on de-icing strategies, environmental impacts, and public safety.

Overall, this study provides valuable insights into the effectiveness of road snow removal strategies in reducing environmental impacts while ensuring public safety. The results of this research can be useful to municipalities and transportation agencies in developing sustainable winter maintenance plans that balance environmental and public safety needs.

تخلق ظروف الطقس الشتوي بيئة مليئة بالتحديات للبنية التحتية للمواصلات وخاصة للطرق والتي تعتبر ضرورية لحركة الأشخاص والبضائع بشكل آمن وفعال و تعد صيانة الطرق الشتوية بما في ذلك إزالة الثلج والجليد أمرًا ضروريًا لضمان السفر الآمن والموثوق خلال أشهر الشتاء ومع ذلك فإن استخدام الملح والمواد الكيميائية الأخرى لإزالة الجليد في عمليات إزالة الجليد يمكن أن يكون له آثار بيئية سلبية مثل تلويث المياه السطحية والجوفية والإضرار بالنباتات والحياة المائية وتآكل البنية التحتية (مونرو 2018 ؛ Waples وآخرون 2019). لذلك من الضروري تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.

وفقًا لوكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) فإن ملح الطريق هو المادة الكيميائية الأكثر استخدامًا لإزالة الجليد في عمليات إزالة الجليد في الولايات المتحدة (وكالة حماية البيئة 2020). ومع ذلك فقد تم ربط الإفراط في استخدام ملح الطرق بالعديد من المشكلات البيئية بما في ذلك تلوث المياه وملوحة التربة والأضرار التي لحقت بالبنية التحتية والمركبات (waples et al., 2019) تقدر وكالة حماية البيئة أنه يتم استخدام ما يصل إلى 22 مليون طن من ملح الطرق في الولايات المتحدة كل عام وينتهي الأمر بكميات كبيرة في المسطحات المائية القريبة مما يشكل تهديدًا للحياة المائية والصحة العامة (وكالة حماية البيئة 2020).

وأدت الآثار البيئية الضارة لملاح الطرق والمواد الكيميائية الأخرى لإزالة الجليد إلى زيادة الاهتمام بتطوير استراتيجيات إزالة الجليد المستدامة التي تقلل هذه الآثار مع ضمان السلامة العامة ومع ذلك لا يوجد حل

<https://jasps.com>

واحد يناسب الجميع للصيانة الشتوية حيث تعتمد فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج على عدة عوامل بما في ذلك الظروف الجوية وحجم حركة المرور وأنواع الطرق (مونرو 2018). لذلك من الضروري تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج المختلفة في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة في سياقات مختلفة.

يهدف هذا البحث إلى تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة. تركز الدراسة على مراجعة شاملة للدراسات السابقة المتعلقة بالموضوع وتغطي مجموعة واسعة من المقالات البحثية والكتب والتقارير المتعلقة باستراتيجيات إزالة الجليد والتأثيرات البيئية والسلامة العامة. يمكن أن تكون نتائج هذا البحث مفيدة للبلديات ووكالات النقل في تطوير خطط الصيانة الشتوية المستدامة التي توازن بين احتياجات البيئة والسلامة العامة.

#### ❖ مشكلة البحث:

تعتبر عمليات إزالة الثلج والجليد ضرورية لضمان السفر الآمن والفعال على الطرق خلال أشهر الشتاء ومع ذلك فإن استخدام الملح والمواد الكيميائية الأخرى لإزالة الجليد في عمليات إزالة الجليد يمكن أن يكون له آثار بيئية ضارة مثل تلويث المياه السطحية والجوفية والإضرار بالنباتات والحياة المائية و تتمثل مشكلة البحث في تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الثلج المختلفة في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.

#### ❖ أسئلة البحث:

أ. ما هي أكثر استراتيجيات إزالة الثلوج على الطرق فعالية في الحد من الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة؟

ب. ما هي العوامل التي تؤثر على فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج في سياقات مختلفة؟

ج. كيف يمكن للبلديات ووكالات النقل تطوير خطط صيانة مستدامة للشتاء توازن بين احتياجات البيئة والسلامة العامة؟

#### ❖ أهمية البحث:

هذا البحث ضروري لمعالجة الآثار البيئية السلبية لعمليات إزالة الثلوج وتعزيز ممارسات الصيانة الشتوية المستدامة. يمكن أن تساعد نتائج هذا البحث البلديات ووكالات النقل على تطوير استراتيجيات فعالة ومستدامة لإزالة الثلوج تقلل من الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.

#### ❖ أهداف البحث:

- أ. لمراجعة الدراسات السابقة المتعلقة باستراتيجيات إزالة الثلوج والآثار البيئية والسلامة العامة.
- ب. لتحديد استراتيجيات إزالة الثلوج الأكثر فعالية التي تقلل من الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.
- ج. لتحديد العوامل التي تؤثر على فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج في سياقات مختلفة.
- د. تقديم توصيات لتطوير خطط الصيانة الشتوية المستدامة التي توازن بين احتياجات البيئة والسلامة العامة.

## ❖ الدراسات السابقة

1. دراسة Zhang et al لعام (2020) بعنوان: "مراجعة للتلوث الملحي لإزالة الجليد في النظم

الإيكولوجية للمياه العذبة".

استعرضت هذه الدراسة آثار ملح الطريق على النظم الإيكولوجية للمياه العذبة وقيمت استراتيجيات التخفيف المختلفة. وجد المؤلفون أنه في حين أن ملح الطريق فعال في الحد من الحوادث وضمان السلامة العامة إلا أنه يمكن أن يكون له آثار سلبية على النظم البيئية للمياه العذبة. وأوصوا باستخدام استراتيجيات بديلة لإزالة الجليد مثل الأرصفة الساخنة لتقليل كمية الملح اللازمة على الطرق.

2. دراسة Wang, Y., Zhang, Q., & Xu, M لعام (2017) بعنوان: "تقييم استراتيجيات إزالة

الجليد البديلة باستخدام نهج تقييم دورة الحياة".

استخدمت هذه الدراسة نهج تقييم دورة الحياة لمقارنة الآثار البيئية لاستراتيجيات إزالة الجليد المختلفة بما في ذلك استخدام الملح التقليدي والكالسيوم خلات المغنيسيوم وعصير البنجر. وجد المؤلفون أن استخدام عصير البنجر كمزيل الجليد كان الخيار الأكثر صداقة للبيئة حيث أنه يحتوي على أقل احتمالية للاحتباس الحراري وإمكانية التخثث.

<https://jasps.com>

3. دراسة Baird, J., Dauer, J., & Banks, M. K لعام (2019) بعنوان: "مقارنة التأثيرات

### البيئية لملاح الطرق ومزيلات الجليد البديلة في بيئة حضرية "

قارنت هذه الدراسة الآثار البيئية لملاح الطريق مع ثلاثة مزيلات تجمد بديلة (كلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم وخلات البوتاسيوم) في البيئة الحضرية. وجد المؤلفون أنه على الرغم من أن ملاح الطريق كان أكثر مزيل الجليد فاعلية من حيث ضمان السلامة العامة إلا أنه كان له أيضًا أكبر تأثير على البيئة. وأوصوا باستخدام مزيلات الجليد البديلة التي لها تأثيرات بيئية أقل.

4. دراسة Dijkema, K. S., Gielens, T., & Delmelle, P لعام (2018) بعنوان: "التحقيق

### في آثار أملاح إزالة الجليد على الغطاء النباتي على جانب الطريق "

قيمت هذه الدراسة آثار ملاح الطريق على الغطاء النباتي على جانب الطريق والاستراتيجيات الموصى بها للتخفيف من هذه الآثار. وجد المؤلفون أن استخدام تركيز أقل من الملاح وتطبيقه بشكل استراتيجي يمكن أن يقلل من الآثار السلبية على الغطاء النباتي مع ضمان السلامة العامة. كما أوصوا باستخدام مزيلات الجليد البديلة مثل أسيتات البوتاسيوم أو أسيتات الكالسيوم والمغنيسيوم في المناطق ذات الغطاء النباتي الحساس.

### تعريف وأنواع استراتيجيات إزالة الجليد:

تُستخدم استراتيجيات إزالة الجليد على الطرق لإزالة الجليد والثلوج وضمان ظروف قيادة آمنة خلال أشهر الشتاء و هناك عدة أنواع من استراتيجيات إزالة الجليد التي يمكن استخدامها بما في ذلك مزيلات الجليد الكيميائية والمواد الكاشطة والحرث (Heggie,2016) .

وتعتبر مزيلات الجليد الكيميائية أحد أكثر أنواع استراتيجيات إزالة الجليد شيوعًا المستخدمة على الطرق إنها تعمل على خفض درجة تجمد الماء مما يتسبب في ذوبان الجليد والثلج و المواد الكيميائية الأكثر استخدامًا لإزالة الجليد هي كلوريد الصوديوم (الملح) وكلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم و في حين أنه فعال في إذابة الجليد فإن استخدام مزيلات الجليد الكيميائية يمكن أن يكون له آثار بيئية سلبية و على سبيل المثال يمكن أن يتسرب الملح الزائد إلى المياه الجوفية والمياه السطحية مما يؤدي إلى زيادة مستويات الملوحة وإلحاق ضرر محتمل بالحياة المائية (Heggie, 2016).

يمكن أيضًا استخدام المواد الكاشطة مثل الرمل والحصى لإزالة الجليد و توفر هذه المواد قوة دفع على الطرق الجليدية مما يسمح للمركبات بالقيادة بأمان على عكس مزيلات الجليد الكيميائية فإن المواد الكاشطة ليس لها آثار بيئية سلبية ومع ذلك يمكن أن تسبب أضرارًا لأسطح الطرق وتسبب تلوثًا بالغبار (Munoz carpena at el.,2012) و الكشط هو إستراتيجية أخرى شائعة الاستخدام لإزالة الجليد و يتضمن إزالة الثلج والجليد من الطرق باستخدام مكشط الثلج و بالرغم من فعاليته في إزالة الثلج والجليد إلا

أن الكشط يمكن أن يكون مستهلكًا للوقت ومكلفًا. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن تخلق أكوامًا كبيرة من الثلوج التي يمكن أن تعوق الرؤية وتخلق مخاطر للسائقين (بوكانان وآخرون 2011).

ويعد استخدام استراتيجيات إزالة الجليد ضروريًا لضمان ظروف القيادة الآمنة على الطرق خلال أشهر الشتاء. ومع ذلك من المهم فهم الآثار المحتملة لهذه الاستراتيجيات على البيئة والسلامة العامة. من خلال استكشاف الأنواع المختلفة لاستراتيجيات إزالة الجليد وتأثيراتها المحتملة يمكن للباحثين وصانعي السياسات اتخاذ قرارات مستنيرة حول كيفية الموازنة بين الحاجة إلى ظروف القيادة الآمنة وحماية البيئة. (munoz carpena at el.,2012)

بالإضافة إلى أنواع استراتيجيات إزالة الجليد يجب أن يعالج الإطار النظري أيضًا فعالية كل استراتيجية في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة و على سبيل المثال في حين أن مزيلات الجليد الكيميائية فعالة في إذابة الجليد فإنها يمكن أن تضر أيضًا بالنباتات والحياة البرية و أظهرت الدراسات أن بعض المواد الكيميائية مثل كلوريد المغنيسيوم قد تكون أقل ضررًا بالبيئة من الملح التقليدي (munoz carpena at el.,2012)

من ناحية أخرى تعتبر المواد الكاشطة أقل ضررًا بالبيئة ولكنها قد لا تكون فعالة في إذابة الجليد مثل مزيلات الجليد الكيميائية لذلك قد يكون من الضروري الجمع بين استراتيجيات إزالة الجليد لتحقيق التوازن بين حماية البيئة والسلامة العامة. (Heggie,2016).

يجب أن يعالج الإطار النظري أيضًا العوامل التي تؤثر على فعالية استراتيجيات إزالة الجليد مثل الظروف الجوية وحجم حركة المرور ودرجة حرارة سطح الطريق و يمكن أن يساعد فهم هذه العوامل الباحثين وصناع

<https://jaspps.com>

السياسات على تحديد استراتيجيات إزالة الجليد الأكثر ملاءمة لاستخدامها في المواقف المختلفة (Heggie,2016) و جانب آخر مهم للإطار النظري هو التكلفة المحتملة لاستراتيجيات إزالة الجليد و يمكن أن تكون عملية إزالة الجليد عملية مكلفة خاصة بالنسبة للبلديات الأصغر ذات الموارد المحدودة لذلك من المهم النظر في الفعالية من حيث التكلفة لاستراتيجيات إزالة الجليد المختلفة واستكشاف طرق لخفض التكاليف دون المساس بالسلامة العامة أو حماية البيئة.(Heggie,2016)أخيراً يجب أن يأخذ الإطار النظري بعين الاعتبار إمكانات التقنيات والابتكارات الجديدة لتحسين استراتيجيات إزالة الجليد و على سبيل المثال تقوم بعض البلديات بتجربة استخدام عصير البنجر أو محلول ملحي للجبين كبديل أكثر صداقة للبيئة من الملح التقليدي (Heggie,2016) قد يكون للتقنيات الأخرى مثل الطرق الساخنة القدرة أيضاً على تقليل الحاجة إلى استراتيجيات إزالة الجليد تماماً.

#### ❖ الآثار البيئية لاستراتيجيات إزالة الجليد:

يمكن أن يكون لاستراتيجيات إزالة الجليد المستخدمة على الطرق خلال أشهر الشتاء آثار بيئية كبيرة و يجب أن يعالج الإطار النظري للبحث حول تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الجليد على الطرق هذه التأثيرات واستكشاف طرق لتقليلها أو تخفيفها.

يعد تلوث المياه أحد أهم الآثار البيئية لاستراتيجيات إزالة الجليد لأنه عندما تذوب مزيلات الجليد وتتسرب إلى المسطحات المائية القريبة يمكنها زيادة مستويات الملوحة والمغذيات في الماء مما يؤدي إلى تكاثر الطحالب وإلحاق الضرر بالحياة المائية (Munoz carpena at el.,2012) يجب أن يعالج الإطار النظري كيفية تأثير المواد الكيميائية لإزالة الجليد على جودة المياه والعوامل التي تؤثر على شدة ومدى هذا

<https://jasps.com>

التأثير و على سبيل المثال يمكن لعوامل مثل هطول الأمطار ودرجة الحرارة وخصائص التربة أن تؤثر على معدل تسرب مزيلات الجليد إلى البيئة المحيطة.

التأثير البيئي المحتمل الآخر لاستراتيجيات إزالة الجليد هو تلوث التربة و يمكن أن تخترق المواد الكيميائية لإزالة الجليد التربة ومن المحتمل أن تلوث موارد المياه الجوفية مما قد يؤدي إلى أضرار بيئية طويلة المدى. بالإضافة إلى تلوث المياه وتلوث التربة يمكن أن تضر استراتيجيات إزالة الجليد أيضًا بالنباتات والحياة البرية. يجب أن يعالج الإطار النظري التأثيرات المحتملة لمزيلات الجليد على النظم البيئية المحلية والعوامل التي تؤثر على هذه التأثيرات. على سبيل المثال يمكن لمزيلات الجليد التي تحتوي على أيونات الكلوريد أن تلحق الضرر بالنباتات وتقلل من جودة موائل الحياة البرية (munoz carpena at el.,2012)

أخيرًا يجب أن يستكشف الإطار النظري الحلول المحتملة لتقليل الآثار البيئية لاستراتيجيات إزالة الجليد. على سبيل المثال يمكن للبلديات التفكير في استخدام مواد كيميائية بديلة لإزالة الجليد أو تنفيذ أفضل ممارسات الإدارة لتقليل كمية مزيل الجليد المستخدم و بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يساعد استخدام الأرصفة القابلة للنفوذ والبنية التحتية الخضراء في التخفيف من آثار مزيلات الجليد على التربة وجودة المياه

ويجب أن يعالج الإطار النظري لتقييم فعالية استراتيجيات إزالة الجليد على الطرق الآثار البيئية المحتملة لاستراتيجيات إزالة الجليد. يجب أن يستكشف طرق التخفيف من هذه التأثيرات وتحديد العوامل التي تؤثر على شدة ومدى التأثيرات ومن خلال النظر في هذه العوامل يمكن للباحثين وصانعي السياسات اتخاذ قرارات مستنيرة بشأن استراتيجيات إزالة الجليد الأكثر ملاءمة لاستخدامها في المواقع المختلفة (Heggie,2016)

## ❖ اعتبارات السلامة العامة:

في سياق استراتيجيات إزالة الجليد تعتبر اعتبارات السلامة العامة ذات أهمية قصوى يمكن أن تشكل ظروف الطريق الجليدية مخاطر كبيرة على سائقي السيارات والمشاة ومستخدمي الطريق الآخرين مما يجعل من الضروري التأكد من أن استراتيجيات إزالة الجليد تقلل بشكل فعال من هذه المخاطر وفقاً للإدارة الوطنية لسلامة المرور على الطرق السريعة (NHTSA) فإن ما يقرب من 24% من الحوادث المرتبطة بالطقس تحدث بسبب الثلج أو الطين أو الجليد على الرصيف (NHTSA,2019)

أحد الأهداف الأساسية لاستراتيجيات إزالة الجليد هو منع أو تقليل وقوع الحوادث التي تسببها ظروف الطرق الجليدية. يمكن أن تساعد الاستراتيجيات مثل استخدام الملح أو الرمل أو عوامل إزالة الجليد الأخرى والكشط في إزالة الجليد من الطرق أو إذابته ومع ذلك فإن هذه الاستراتيجيات لا تخلو من عيوبها و على سبيل المثال يمكن أن يؤدي الاستخدام المفرط للملح والمواد الكيميائية الأخرى إلى تلوث البيئة في حين أن الاعتماد المفرط على الكشط يمكن أن يؤدي إلى تراكم الثلوج على جانب الطريق مما يؤدي إلى تقليل الرؤية ومخاطر السلامة. (NHTSA,2019)

لضمان السلامة العامة يجب أن تأخذ استراتيجيات إزالة الجليد في الاعتبار عدة عوامل بما في ذلك نوع وشدة الجليد على الطريق وحجم حركة المرور وظروف الطقس و يجب استخدام الملح أو عوامل إزالة الجليد الأخرى بمعدلات وأوقات مناسبة لمنع الإفراط في الاستخدام وتقليل الآثار البيئية. وبالمثل يجب إجراء الكشط بانتظام لمنع تراكم الثلوج وتقليل مخاطر وقوع الحوادث (NHTSA,2019).

<https://jasps.com>

بالإضافة إلى هذه التدابير يجب أيضًا مراعاة اعتبارات السلامة الأخرى مثل حدود السرعة والتحكم في حركة المرور واستخدام إشارات التحذير لضمان السلامة العامة. علاوة على ذلك يجب مراعاة مستخدمي الطريق المعرضين للخطر مثل المشاة وراكبي الدراجات عند وضع استراتيجيات إزالة الجليد لضمان سلامتهم.

بشكل عام يجب موازنة فعالية استراتيجيات إزالة الجليد في تقليل الآثار البيئية مع أهمية ضمان السلامة العامة على الطرق. يجب أن تأخذ استراتيجيات إزالة الجليد المصممة جيدًا في الاعتبار المقايضة بين الآثار البيئية ومخاوف السلامة العامة لتحقيق نظام نقل مستدام وآمن (NHTSA, 2019).

#### ❖ تدابير للحد من الآثار البيئية:

يمكن أن يكون لاستراتيجيات إزالة الجليد المستخدمة للحفاظ على السلامة على الطرق خلال أشهر الشتاء آثار بيئية كبيرة. يمكن أن يساهم استخدام مزيلات الجليد والمواد الكاشطة والكشط الكيماوية في تلوث التربة وتلوث المياه وإلحاق الضرر بالحياة المائية. للحد من هذه الآثار يمكن اتخاذ تدابير لتقليل استخدام المواد الكيماوية الضارة وضمان التخلص السليم منها. (Dowdall, J., 2014)

يتمثل أحد الأساليب لتقليل الآثار البيئية في استخدام استراتيجيات بديلة لإزالة الجليد تكون أقل ضررًا. على سبيل المثال يمكن استخدام عصير البنجر والدبس كبديل أكثر صداقة للبيئة لمزيل الجليد عن المواد الكيماوية التقليدية القائمة على الملح لا تتمتع مزيلات الجليد الطبيعية بتأثير بيئي أقل فحسب بل يمكنها أيضًا أن تكون أكثر فاعلية في منع تراكم الجليد على الطرق. بالإضافة إلى ذلك يمكن أن يؤدي ترطيب الملح أو مزيلات الجليد الكيماوية بمحلول ملحي إلى تقليل كمية المنتج المطلوبة وبالتالي تقليل التأثير البيئي الإجمالي. (Dowdall, J., 2014)

<https://jaspps.com>

إجراء آخر يمكن اتخاذه لتقليل الآثار البيئية هو التخلص من نفايات إزالة الجليد بشكل صحيح. وهذا يشمل تجنب استخدام مصارف العواصف والتأكد من احتواء النفايات ونقلها بشكل صحيح إلى مواقع التخلص من النفايات المعتمدة. علاوة على ذلك يمكن استكشاف إعادة استخدام نفايات إزالة الجليد في مشاريع إنشاء الطرق أو المناظر الطبيعية كنهج أكثر استدامة لإدارة النفايات. (Dowdall, J., 2014)

ويتطلب الحد من الآثار البيئية المرتبطة باستراتيجيات إزالة الجليد تنفيذ تدابير مثل استخدام مزيلات الجليد البديلة والإدارة السليمة للنفايات. من خلال اتخاذ هذه الخطوات من الممكن ضمان السلامة العامة مع تقليل الآثار السلبية على البيئة. (Dowdall, J., 2014)

#### ❖ معايير التقييم

من أجل تقييم فعالية استراتيجيات إزالة الجليد في تقليل الآثار البيئية وضمان السلامة العامة يمكن استخدام مجموعة من المعايير و هذه المعايير ضرورية لإجراء تقييم موضوعي وشامل. (FHWA, 2021)

إن أحد المعايير التي يمكن استخدامها هو الفعالية من حيث التكلفة وهذا يشمل التكلفة الأولية لتنفيذ استراتيجية إزالة الجليد فضلا عن تكلفة الصيانة والاستبدال و يمكن إجراء تحليل التكلفة والعائد لتحديد ما إذا كانت فوائد استراتيجية إزالة الجليد تفوق التكاليف. (FHWA, 2021)

معيار مهم آخر هو الأثر البيئي لاستراتيجية إزالة الجليد وهذا يشمل التأثير على المياه والتربة والحياة البرية في المناطق المحيطة. يمكن إجراء تقييم للأثر البيئي لتحديد ما إذا كانت استراتيجية إزالة الجليد لها آثار سلبية على البيئة وإلى أي مدى. (FHWA, 2021)

<https://jasps.com>

تعد فعالية استراتيجية إزالة الجليد في منع الحوادث معيارًا مهمًا أيضًا يجب تقييم الإستراتيجية بناءً على مدى نجاحها في تقليل مخاطر الحوادث على الطرق الجليدية تشمل العوامل التي يمكن أخذها في الاعتبار انخفاض الحوادث مقارنة بالسنوات السابقة وخطورة الحوادث التي لا تزال تحدث. (EPA, 2021)

يجب أيضًا تقييم كفاءة وسرعة استراتيجية إزالة الجليد و يتضمن ذلك مدى سرعة تنفيذ الاستراتيجية ومدى نجاحها في ظل الظروف الجوية المختلفة و يجب أن تكون الإستراتيجية قادرة على تنظيف الطريق بشكل فعال من الجليد والثلج مما يضمن سلامة السائقين ويعد توافر الموارد المطلوبة وإمكانية الوصول إليها من أجل استراتيجية إزالة الجليد معيارًا مهمًا أيضًا و يمكن أن تشمل الموارد المعدات والمواد والأفراد. يمكن أن يؤثر توافر هذه الموارد وإمكانية الوصول إليها على فعالية وكفاءة الاستراتيجية. (EPA, 2021)

أخيرًا يجب تقييم مستوى رضا الجمهور وقبوله لاستراتيجية إزالة الجليد. ويشمل ذلك التعليقات الواردة من الجمهور حول فعالية الاستراتيجية في ضمان سلامتهم بالإضافة إلى رأيهم في التأثير البيئي للاستراتيجية. في الختام يمكن استخدام المعايير المذكورة أعلاه لتقييم فعالية استراتيجيات إزالة الجليد في تقليل الآثار البيئية وضمان السلامة العامة. من خلال تقييم استراتيجيات إزالة الجليد باستخدام هذه المعايير يمكن إجراء تقييم موضوعي وشامل مما يؤدي إلى اتخاذ قرارات أفضل وتحسين النتائج. (EPA, 2021)

#### ❖ منهج البحث:

هذا البحث دراسة استقرائية تعتمد على مراجعة شاملة للدراسات السابقة المتعلقة بالموضوع. ستشمل الدراسة مراجعة منهجية للمقالات البحثية والكتب والتقارير المتعلقة باستراتيجيات إزالة الجليد والتأثيرات البيئية

<https://jaspps.com>

والسلامة العامة. سيركز التحليل على تحديد الموضوعات والاتجاهات والأنماط المشتركة في الأدبيات لاستخلاص استنتاجات حول فعالية استراتيجيات إزالة الثلوج المختلفة في تقليل الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة.

### ❖ نتائج البحث:

أظهرت نتائج البحث أن هناك العديد من استراتيجيات إزالة الجليد التي يمكن أن تقلل بشكل فعال الآثار البيئية مع ضمان السلامة العامة بما في ذلك تقليل كمية الملح المستخدمة واستخدام عوامل إزالة الجليد البديلة وتنفيذ استراتيجيات مكافحة الجليد. ومع ذلك فإن فعالية هذه الاستراتيجيات تختلف باختلاف عوامل مثل الأحوال الجوية وأنواع الطرق وحجم حركة المرور.

### ❖ التوصيات:

أ. تطوير خطط الصيانة الشتوية المستدامة التي توازن بين احتياجات البيئة والسلامة العامة.

ب. استخدم عوامل إزالة الجليد البديلة الأقل ضرراً بالبيئة والصحة العامة.

ج. راقب الآثار البيئية لعمليات إزالة الثلج واضبط الاستراتيجيات وفقاً لذلك.

## ❖ المراجع و المصادر

- Environmental Protection Agency (2020). Road Salt. Retrieved from <https://www.epa.gov/npdes/road-salt>.
- Munro, N. (2018). Winter maintenance operations for highways and airports. Elsevier.
- Waples, J. T., DiMaggio, C., & Hauer, F. R. (2019). Road salt impacts on lake ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 244, 912–920.
- Buchanan, K. L., Kuby, M. J., & Lathrop, R. G. (2011). Snowplow routing and scheduling for a reduced carbon footprint. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(8), 613–619.
- Heggie, T. W. (2016). Impacts of road salt on urban watersheds in Canada: A review. *Water*, 8(4), 134.
- Munoz–Carpena, R., Parsons, J. E., & Smoak, J. M. (2012). An overview of road salt applied in the United States and its environmental considerations. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1001–1015.
- National Highway Traffic Safety Administration (2019). Traffic safety facts: 2017 data. Retrieved from <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812700>
- Dowdall, J. (2014). Reducing the environmental impacts of winter maintenance. Transportation Association of Canada. [https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf\\_papers/dowdall\\_reducing\\_environmental\\_impacts\\_of\\_winter\\_maintenance.pdf](https://www.tac-atc.ca/sites/default/files/conf_papers/dowdall_reducing_environmental_impacts_of_winter_maintenance.pdf)

<https://jasps.com>

- Environmental Protection Agency (EPA). (2021). Deicing.  
<https://www.epa.gov/npdes/deicing>
- Federal Highway Administration (FHWA). (2021). Snow and ice control.  
<https://www.fhwa.dot.gov/mtguide/snowice.ht>
- Zhang, L., Gao, B., Qian, Y., Wu, Y., Liu, Y., & Yang, H. (2020). A review of de-icing salt contamination in freshwater ecosystems: Impacts and mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120858.
- Wang, Y., Zhang, Q., & Xu, M. (2017). Evaluation of alternative de-icing strategies using a life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1865–1874.
- Baird, J., Dauer, J., & Banks, M. K. (2019). Comparison of the environmental impacts of road salt and alternative de-icers in an urban environment. *Journal of Environmental Management*, 248, 109246.
- Dijkema, K. S., Gielens, T., & Delmelle, P. (2018). Investigating the impacts of de-icing salts on roadside vegetation. *Environmental Pollution*, 234, 886–895.