

بررسی اثرات محیط‌زیستی نمک‌پاشی معابر شهری (مطالعه موردی شهر کرج)

سید حسن موسوی^{۱*}، سمیه حیدری^۱

*^۱- معاونت خدمات شهری شهرداری کرج، مرکز پژوهش و مطالعات راهبردی شورای اسلامی کرج، کرج، ایران.

چکیده

در این مطالعه مقدار ماسه و نمک مصرفی شهر کرج با توجه به آمار گردآوری شده از سازمان مدیریت پسماند شهرداری کرج بررسی گردید. بررسی‌ها نشان داد که طی ۳ سال گذشته (۹۶-۱۳۹۴) در مجموع ۱۸۸۱۰ تن مخلوط ماسه و نمک مصرف شده است. عملیات برف و یخ‌زدایی معابر نیز به دو شیوه سنتی (۸۳ درصد) و مکانیزه (۱۷ درصد) صورت می‌گیرد و رعایت نکردن نسبت استاندارد ماسه و نمک و دستی بودن روش نمک‌پاشی باعث تحمیل اثرات سوء بسیاری بر روی منابع محیط‌زیستی شهر شده است. سپس در ادامه اثرات سوء نمک‌پاشی معابر با محوریت اثر بر زیرساخت‌های شهری (آسفالت، جداول و ...) و پارامترهای محیطی (پوشش گیاهی، آب‌های سطحی و زیرزمینی، خاک، هوا) و ارائه راهکارهای تقلیل این اثرات با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مرور منابع مرتبط در اینترنت مورد توجه قرار گرفت. در حقیقت، نمک‌پاشی برای یخ‌زدایی معابر هم اکنون آخرین گزینه اجرایی در کشورهای پیشرفته به شمار می‌رود و مسئولان شهری تلاش می‌کنند ضمن حذف تدریجی نمک سدیم (NaCl)، با بکارگیری شیوه‌های جدیدتر هم‌چون آموزش شهروندان برای مواجهه با شرایط یخبندان، استفاده از مواد یخ‌زدا با ترکیبات آلی (CaMg₄(COO₃CH) یا همان (C.M.A)، آموزش پیمانکاران در خصوص نحوه اصولی استفاده از مواد یخ‌زدا، لوله‌گذاری آب گرم در زیر مسیر پیاده‌راه‌ها، کشیدن یک لایه سیلیکون محافظ روی سنگفرش معابر و پیاده‌راه‌ها، اثرات مخرب نمک‌پاشی را به حداقل برسانند. هرچند این روش‌ها پرهزینه‌تر است، اما عملی است و هزینه‌های آن در درازمدت در مقابل اثرات و هزینه‌های ناشی از انباشت نمک در محیط بسیار ناچیز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: ماسه، نمک، نمک‌پاشی، یخ‌زدایی، اثرات محیط‌زیستی، کرج.

مقدمه

بارش برف یک نعمت خدادادی است. هر ساله برف و یخبندان مشکلات زیادی را برای شهر و شهروندان و نهادهای شهری ایجاد می‌کند. اما اگر برنامه جامع و مدون برای مقابله با آن موجود نباشد، همین نعمت ممکن است به یک بحران تبدیل شود (اوجاقی، ۱۳۹۲). سالیان زیادی است که نمک‌ها برای جلوگیری از یخزدگی و بحران به عنوان بخشی از عملیات نگهداری زمستانی در معابر درون شهری و بین شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. نمک‌ها از طریق پایین آوردن نقطه انجماد آب، سبب ذوب شدن برف و لایه نازک یخ (که پس از بارندگی تشکیل می‌شود) می‌گردند (شیخ‌اسلامی و همکاران، ۱۳۹۰). نمک‌ها یا کلرید سدیم به دلیل ارزان بودن در مقایسه با بسیاری از فرآورده‌های دیگر تا به حال ابتدایی‌ترین و کم هزینه‌ترین ماده یخ‌زدا بوده و استفاده از این ماده در پاکسازی معابر پوشیده از برف در فصل زمستان روز به روز افزایش می‌یابد. خاصیت استفاده از نمک در این است که نمک نقطه انجماد آب را پایین می‌آورد. این ماهیت باعث می‌شود نمک و کلرات کلسیم هر دو، در زمستان مورد استفاده قرار گیرند (سلیمانی، ۱۳۸۷).

امروزه اغلب جهت افزایش کارایی نمک‌ها در یخ‌زدایی، این مواد با ذرات شن و ماسه مخلوط شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت این امر نیز این است که دانه‌های شن و ماسه، اصطکاک وسایل نقلیه را با سطح افزایش می‌دهند و هم‌چنین به شکستن پیوندهای یخ کمک می‌کند. مواد شیمیایی مورد استفاده نیز با جذب آب به صورت محلول در آمده و در میان برف و شیارهای یخ و زیر آن جریان می‌یابند و با پایین آوردن دمای انجماد در محیط، برف و یخ را ذوب می‌کنند و موجب جدا شدن قطعات یخ از سطح جاده می‌شوند. جریان ترافیک عبوری به اضافه ذرات شن و ماسه که در این مرحله نیز اثر دارند به خردتر شدن و ذوب کامل برف آب و قطعات یخ جدا شده کمک می‌کنند. نتیجه فراهم آمدن سطحی بدون یخ‌زدگی و با اصطکاک بیشتر است که ضریب ایمنی بیشتری را برای تردد در فصل زمستان فراهم می‌آورد (شیخ‌اسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).

نسبت استاندارد مخلوط ماسه و نمک که می‌بایستی توسط شهرداری‌های مناطق برای رفع یخ‌زدایی و جلوگیری از لغزندگی معابر استفاده شود، نسبت ۷۰ (ماسه) به ۳۰ (نمک) می‌باشد که این نسبت خسارت ناشی از روش نمک‌پاشی را به حداقل می‌رساند (شیخ‌اسلامی و همکاران، ۱۳۹۰). هم‌چنین اگر مواد یخ‌زدا قبل از بروز یخ‌زدگی پاشیده شود، موجب صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در مصرف نمک و کاهش ۸۰ درصدی در مجموع هزینه‌ها می‌گردد (اوجاقی، ۱۳۹۲).

استفاده از مخلوط ماسه و نمک در سطح معابر شهری در کنار فواید کوتاه مدت، معایب زیاد بلند مدتی را نیز در پی دارد. بخشی از دانه‌های شن و ماسه و مواد شیمیایی به کار رفته در جریان راه‌داری زمستانی، در ساعات و روزهای بعدی روی سطح باقی مانده، بخشی به صورت ذرات ریز وارد هوا شده و باقی به صورت محلول به جریان آب زیر زمینی و خلل و فرج خاک راه می‌یابند و موجب اثرات منفی و زیان‌های محیط‌زیستی و فنی می‌شوند (شیخ‌اسلامی و همکاران، ۱۳۹۰). طبق آمار رسمی کشور سالانه میزان بیست میلیون تن نمک برای یخ‌زدایی معابر و جاده‌ها در کشور استفاده می‌شود، این میزان می‌تواند حدود ۳۳ میلیارد مترمکعب آب را در کشور آلوده سازد. لذا جایگزینی نمک با موادی که علاوه بر قدرت یخ‌زدایی و ایجاد خاصیت ضد لغزندگی بالا با محیط زیست نیز سازگار باشد همواره مورد نیاز و توجه بوده است (فیضی و همکاران، ۱۳۹۲). از این رو در این مطالعه سعی شده است به اثرات کاربرد ماسه و نمک در معابر اصلی و فرعی شهر کرج پرداخته شود و در ادامه راهکارهای برطرف شدن این معضل ارائه گردد.

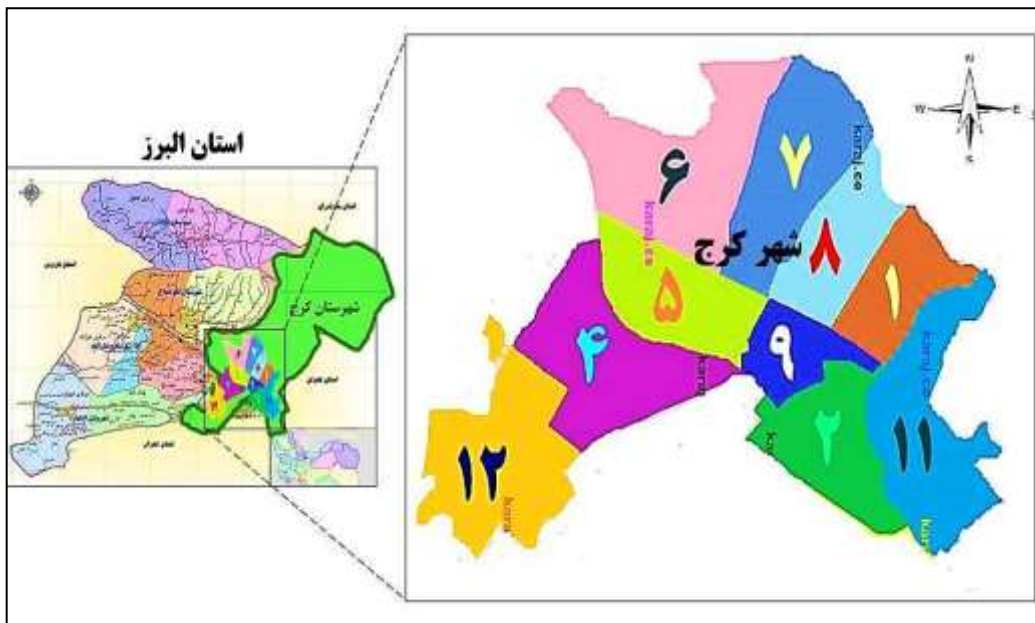
مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

کرج یکی از شهرهای کوهپایه‌ای ایران می‌باشد که در دامنه رشته کوه‌های البرز و در موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه خاوری و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی، در ارتفاع ۱۲۹۷ متر از سطح دریا، در فاصله ۴۸ کیلومتری غرب شمالی

نسبت معتدل می‌باشد. تیر ماه با میانگین (حداکثرها) $34/6$ درجه سیلسیوس گرمترین ماه و بهمن ماه با میانگین (حداقلها) $9/2$ - درجه سیلسیوس سردترین ماه سال می‌باشد. در شهر کرج میانگین تعداد روزهای یخبندان با آستانه‌های صفر، ۵- و ۱۰- به ترتیب ۲۴، ۷۶، ۷ روز می‌باشد. بررسی آماری نشان می‌دهد که افت دما در این شهرستان از آبان ماه شروع و در اکثر روزهای ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند ماه مشاهده می‌گردد که البته این وضعیت تا اواسط فروردین ماه ادامه می‌یابد (سالنامه آماری البرز، ۱۳۹۶).

تهران واقع شده است. کرج با مساحتی بالغ بر $175/4$ کیلومتر مربع به عنوان یکی از کلانشهرهای کشور به شمار می‌رود که در حدود ۱۹ میلیون متر مربع مساحت معابر اصلی و فرعی آن می‌باشد (شکل ۱). بررسی آمار و اطلاعات ماهانه و سالانه ایستگاه هواشناسی شهر کرج نشان می‌دهد که میانگین بارندگی سالانه برابر $247/3$ میلی‌متر، میانگین سالانه دما برابر $14/4$ درجه سلسیوس، میانگین رطوبت نسبی ۵۳ درصد و تبخیر سالانه ۲۱۸۴ میلی‌متر می‌باشد و در مجموع شهر کرج دارای اقلیم نیمه خشک با زمستان سرد و تابستان به



شکل ۱- محدوده مطالعاتی

مرور منابع مرتبط در فضای اینترنت بهره گرفته شده است.

نحوه نمک‌پاشی معابر در شهر کرج

کلانشهر کرج نیز هم‌چون بسیاری از کلانشهرها و مناطق کشور در فصول سرد سال با بارش برف بر سطح معابر و خیابان‌های شهری درگیر مشکلات و معضلاتی می‌گردد که برای رفع این مشکل، از طرف شهرداری اقدام تهیه و ذخیره ماسه، نمک صنعتی و نمک کریستال می‌گردد و در مواقع بحرانی مورد نیاز استفاده قرار می‌گیرد.

روش پژوهش

این تحقیق از نوع توصیفی- کاربردی و از نظر گردآوری داده‌ها از نوع تحقیقات کتابخانه‌ای- میدانی به شمار می‌رود. در این مطالعه مقدار ماسه و نمک مصرف شده طی سالیان گذشته در سطح شهر کرج، از معاونت خدمات شهری و سازمان مدیریت پسماند شهرداری کرج گردآوری و تجزیه و تحلیل شد. هم‌چنین جهت شناخت اثرات سوء ماسه و نمک مصرفی بر روی زیرساخت‌های شهری و پارامترهای محیطی از مطالعات کتابخانه‌ای و

جدول ۱ مقدار ماسه، نمک صنعتی و نمک کریستال مصرف شده طی سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۶ ارائه شده است.

جدول ۱- ماسه، نمک صنعتی و نمک کریستال مصرف شده طی سال‌های ۱۳۹۴ الی ۱۳۹۶- تن

سال ۱۳۹۴	سال ۱۳۹۵	سال ۱۳۹۶	مجموع (تن)	سهم درصد
۱۵۰۰	۲۵۷۰	۳۸۰۰	۷۸۷۰	۸۳ درصد
۲۰۸۰	۲۱۴۰	۳۴۵۰	۷۶۷۰	(۱۵۵۴۰ تن)
۶۸۰	۹۶۰	۱۶۳۰	۳۲۷۰	۱۷ درصد (۳۲۷۰ تن)
۴۲۶۰	۵۶۷۰	۸۸۸۰	۱۸۸۱۰	۱۰۰ درصد
-	٪۳۳	٪۵۶	-	درصد افزایش نسبت به سال قبل

نکته قابل تأمل مصرف تقریباً برابر ماسه (۷۸۷۰ تن) و نمک صنعتی (۷۶۷۰ تن) در مجموع ۳ سال گذشته می‌باشد که نشان از عدم رعایت نسبت استاندارد ترکیب ماسه و نمک یعنی نسبت ۳ (ماسه) به ۱ (نمک صنعتی) توسط شهرداری کرج می‌باشد. این در حالی است که با وجود تقریباً ثابت بودن مساحت معابر شهری طی ۳ سال گذشته، مدیران خدمات شهری می‌بایست سیاستی اتخاذ نمایند که به دلیل اثرات سوء نمک بر زیرساخت‌های شهری و همچنین منابع محیط‌زیستی شهر، هر ساله مقدار کمتری نمک در مقایسه با حجم ماسه مورد استفاده قرار گیرد. در این روش علاوه بر رعایت نکردن نسبت استاندارد ماسه و نمک، نحوه غیراصولی نمک‌پاشی (توزیع فله‌ای و غیر یکنواخت) نیز باعث شده است تا اثرات سوء استفاده از ماسه و نمک دو چندان گردد (شکل ۲). همچنین در این روش نمک‌پاشی از آغاز بارش برف تا اتمام آن صورت می‌گیرد، در حالی که این روند علمی نیست و مطابق آیین‌نامه بعد از اتمام برف باید اقدام به نمک‌پاشی نمود. از سوی دیگر برخی مدیران شهری با حرکت‌های نمایشی و ذخیره‌سازی بیش از نیاز نمک، ضربات سهمگین و بلندمدتی را بر فضای سبز و محیط‌زیست شهری وارد می‌کنند.

امروزه نمک‌پاشی معابر در شهر کرج به دو شیوه سنتی (مخلوط ماسه و نمک) و مکانیزه (استفاده از نمک کریستال توسط دستگاه نمک‌پاش) صورت می‌گیرد. روش سنتی: مطابق جدول شماره ۱، حدود ۸۳ درصد نمک‌پاشی معابر در شهر کرج به شیوه سنتی (مخلوط ماسه و شن با نمک صنعتی) و توسط نیروی انسانی صورت می‌پذیرد. طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ به ترتیب مقدار ۴۲۶۰ و ۵۶۷۰ تن توسط شهرداری کرج تهیه و در مواقع بحرانی و بارش برف در سطح معابر شهری تخلیه گردید. این مقدار در سال ۱۳۹۶ به شدت روندی افزایشی داشته و با حدود ۵۶ درصد افزایش نسبت به مقدار سال ۱۳۹۵، به بیش از ۸۸۸۰ تن رسیده است. البته بروز کولاک و یخبندان در ابتدای سال ۱۳۹۷ باعث گردید تا مصرف ماسه و نمک به مراتب نسبت به سالیان گذشته افزایش یابد (سازمان خدمات موتوری، ۱۳۹۶). با توجه به جداسدن مناطق ۳ و ۱۰ از مجموعه شهرداری کرج در سال ۱۳۹۷ و کاهش سطح معابر تحت پوشش شهرداری کرج و با توجه به عدم تغییر سیاست‌ها و نگرش مدیران خدمات شهری شهرداری کرج، پیش‌بینی می‌شود در زمستان ۱۳۹۷ مقدار ماسه و نمک مصرفی شهرداری کرج هم‌چنان نسبت به سال قبل از مقدار بیشتری برخوردار گشته و به بیش از ۱۰ هزار تن برسد.



شکل ۲- نحوه نمک‌پاشی سنتی معابر در شهر کرج

ویژگی پاشش هم‌زمان جامد و محلول آب نمک و مزیت کنترل میزان چگالی پاشش و نیز عرض پاشش در معابر شهری در جهت کنترل نمک مصرفی و مدیریت عملیات زمستانی می‌باشند. با گسترش این روش، علی‌رغم باقی ماندن اثرات سوء استفاده از نمک در سطح شهر، به دلیل نحوه توزیع یکنواخت و نیاز به حجم نمک کمتر در واحد سطح می‌توان گامی مؤثر در تخریب کمتر زیرساخت‌های شهری و منابع محیط زیستی برداشت و با توجه به عملکرد بهتر نمک کریستال در مقایسه با مخلوط ماسه و نمک، کمک شایانی به مدیریت بحران‌های شهری در روزهای برفی و یخبندان نمود.

روش مکانیزه: در حال حاضر در خوشبینانه‌ترین حالت ممکن حدود ۱۷ درصد از فرایند نمک‌پاشی و یخ‌زدایی معابر در سطح شهر کرج به شیوه مکانیزه صورت می‌گیرد. این شیوه شامل پاشیدن نمک کریستال توسط خودروهای مجهز به دستگاه نمک‌پاش می‌باشد (شکل ۳). به‌عنوان مثال در ۳ سال گذشته حدود ۳۲۷۰ تن نمک کریستال توسط ۹ دستگاه خودروی نیسان و کامیون مجهز به دستگاه نمک‌پاش در سطح معابر اصلی شهر توزیع گردید (سازمان خدمات موتوری، ۱۳۹۶). در روش مکانیزه در مقایسه با روش سنتی (دستی) مقدار نمک کمتری در مسیرها پاشیده می‌شود. این دستگاه‌های مکانیزه دارای



ب

الف

شکل ۳- خودروهای مکانیزه مجهز به دستگاه نمک‌پاش: الف) پلاگین، ب) کششی

اثرات نمک‌پاشی خیابان‌ها و معابر شهری کرج

۱- اثر بر فضای سبز

میزان صدمات وارده از نمک به گیاهان نسبت به گونه‌های مختلف متفاوت است. متأسفانه درختان بیشترین آسیب‌پذیری را نسبت به سایر گونه‌ها در محیط زیست در برابر نمک دارند. نمک هم از شاخه‌ها و برگ‌ها و هم از ریشه‌ها جذب درختان می‌شود (شکل ۴). وجود نمک در خاک باعث تغییر فشار اسمزی محلول خاک شده و با زیاد شدن این فشار، ریشه گیاهان به سختی قادر خواهد بود که آب و مواد غذایی را جذب کنند. افزایش نمک باعث اختلال در فعالیت‌های متابولیکی گیاهان می‌شود. البته تأثیر سمی، یون کلر بر روی گیاهان هنوز کاملاً مشخص نیست و نظرات مختلفی وجود دارد. برخی معتقدند که تجمع کلراید مانع متابولیسم آمینو اسیدها و کربو هیدرات‌ها می‌شود ولی وجود سدیم در خاک در صورت تجاوز از حد معینی باعث اختلالاتی در فعالیت‌های متابولیکی گیاهان می‌شود. با این ترتیب که تعادل بین یون سدیم داخل غشا و پتاسیم بیرون آن بر هم خورده و از جذب پتاسیم و سایر مواد ضروری خاک از طریق ریشه و انتقال آن به گیاه جلوگیری می‌کند. هم‌چنین فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها را نیز در خاک کاهش

می‌دهد. فقط بخشی از نمک جذب شده به وسیله برگ‌ها در اثر ریزش دوباره به خاک برمی‌گردد، بخش اعظم آن در تنه و شاخه و ریشه ذخیره شده و در تابستان و به وسیله تعریق به سطح برگ‌ها انتقال می‌یابد. به عبارت دیگر نمک‌پاشی در زمستان باعث جذب نمک به وسیله ریشه‌ها در تابستان شده و به برگ‌ها منتقل می‌شود. با ریزش برگ‌ها در پاییز دوباره نمک به زمین برمی‌گردد (اوجاقی، ۱۳۹۲).

برخی از مهم‌ترین اثرات نمک‌پاشی بر فضای سبز عبارتند از:

- تأخیر در جوانه زدن برگ‌ها در ابتدای فصل رویش.
 - کوچک شدن بیش از حد متعارف برگ‌ها.
 - نکرور برگ‌ها در حاشیه و لبه برگ‌ها به صورت قهوه‌ای.
 - ریزش برگ‌ها.
 - خشک شدن جوانه‌ها.
 - خشک شدن شاخه‌ها و کل درخت و درختچه و نباتات علفی.
- تهاجم آفات و امراض (جورنت، ۱۳۹۴).



ب



الف

شکل ۴- الف) قهوه‌ای شدن سر برگ‌ها در سوزنی‌برگان، ب) سوختگی برگ در پهن‌برگان

۲- اثر بر زیر ساخت‌های شهری (آسفالت، جداول و

....)

مهم‌ترین نقش دانه‌های شن و ماسه در ترکیب با نمک ایجاد اصطکاک و کشش سطحی است. این اصطکاک تا زمانی که برف و یخ روی سطح جاده وجود دارد موجب افزایش ایمنی در جریان ترافیک می‌شود اما با گذشت ساعاتی از شروع عملیات دانه پاشی و نفوذ دانه‌ها به بافت‌های یخ و کم شدن ضخامت یخ روی سطح جاده، رفته رفته دانه‌ها با سطح آسفالت تماس پیدا می‌کنند. در این شرایط در اثر عبور جریان ترافیک دانه‌های شن روی سطح آسفالت ساییده شده و موجب کنده شدن (کچل شدن) آسفالت می‌شوند (طاهری و شهبازی، ۱۳۸۷). مطالعات متعدد (هانوور، ۱۹۹۳- استکهلم، ۱۹۹۹- شیکاگو، ۲۰۰۱) نشان داد که پدیده کچل‌شدگی چنانچه فاکتورهای دانه‌بندی از قبیل اندازه، شکل، حجم دانه پاشی بر اساس دستورالعمل‌های آزمایشگاهی رعایت شوند و دانه‌های پاشیده شده حداکثر تا ۱۲ ساعت پس از بازگشت وضع جاده به حال طبیعی از روی سطح آسفالت پاک شوند، اثر پدیده کچل‌شدگی آسفالت حداکثر تا ۵ درصد خواهد بود. این مطالعات نشان دادند حتی با وجود رعایت موازین دانه‌بندی اگر عملیات پاک‌سازی سطح آسفالت از دانه‌ها صورت نگیرد، شدت

کچل‌شدگی آسفالت نیز افزایش خواهد یافت (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).

هم‌چنین محلول آب و نمک موجود در سطح آسفالت در درزهای موجود در سطح آسفالت نفوذ کرده و به هنگام شب و سردتر شدن دمای محیط منبسط شده و باعث ایجاد ترک خوردگی در آسفالت می‌گردد (شکل ۵). مطالعاتی که در جاده‌های ایالتی ویسکانسین بین سال‌های ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۵ صورت گرفته است نشان داد: بسته به وضع اولیه جاده پس از دوره‌های متشکل از سه بار وقوع یخبندان و انجام عملیات راهداری زمستانی (پاشیدن مواد شیمیایی) روی سطح جاده، میزان ترک‌ها و خرابی روسازی بین ۲۵ تا ۳۵۰ درصد افزایش می‌یابد (صالحی و بهبهانی، ۱۳۸۱).

از سوی دیگر آب نمک حاصل از ذوب برف و نمک توسط اتومبیل‌ها به جدول‌های یخ بسته حاشیه خیابان‌ها پاشیده شده و تفاوت درجه حرارت نمک و یخ، متلاشی شدن و فرسایش جدول‌ها را به دنبال دارد که تعویض این جداول علاوه بر هزینه عمرانی زیاد، حجم عظیمی نخاله را نیز تولید خواهد کرد که مشکلات زیادی برای محیط‌زیست ایجاد می‌کند (کرمانی، ۱۳۸۷).



شکل ۵- اثر نمک بر روی آسفالت و سیمان

محصولات کشاورزی و بعد بدن انسان شود سرطان‌زا خواهد بود (کرمانی، ۱۳۸۷).



شکل ۶- شور شدن خاک در اراضی پائین دست شهر

۵- اثر بر هوا

بر اساس آیین نامه‌ای که در ایران برای انتخاب دانه‌بندی مناسب برای انجام راه‌داری زمستانی مورد استفاده قرار می‌گیرد، دانه‌ها می‌بایست قطری بین حداقل ۲/۳ تا حداکثر ۱۹ میلی‌متر داشته باشند، اما معمولاً دانه‌های شن و ماسه‌ای که روی سطح معابر پخش می‌شوند، دارای مقدار زیادی ذرات ریزتر (کوچکتر از قطر یک میلی‌متر) می‌باشند. همان‌طور که گفته شد هدف از استفاده از دانه‌ها به عنوان ساینده و جهت ایجاد اصطکاک است، که خود این امر موجب خردتر شدن دانه‌ها می‌شود، در روزهای بعد از یخبندان و هنگامی که تابش آفتاب سطح معابر را خشک می‌کند این ذرات ریز به صورت گرد درآمده و تحت اثر عبور و مرور عابران، جریان ترافیک و وزش باد به صورت غبار و ذرات معلق وارد هوا می‌شوند. در این شرایط مشاهدات زیادی به خصوص در نواحی درون شهری افزایش ذرات معلق در هوا را حتی تا چند برابر میزان استاندارد نشان داده است.

در مطالعه‌ای در سال ۱۹۹۹ آلودگی هوای شهر استکهلم سوئد توسط ذرات ماسه و نمک در دو شرایط کنترل شده و کنترل نشده مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۷ و ۸ به ترتیب نتایج مطالعه کنترل شده (که در آن ماسه و نمک پاشیده شده در زمان یخبندان از قبل و به منظور این

۳- اثر بر آب‌های سطحی و زیرزمینی

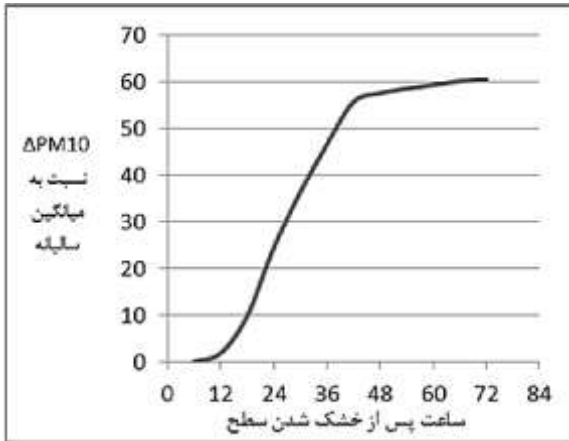
نمک باعث ذوب سریع‌تر برف موجود در سطح معابر و خیابان‌ها شده و رواناب حاصله وارد کانال‌های جمع‌آوری رواناب و فاضلاب موجود در سطح شهر کرج شده که این امر باعث افزایش شوری رواناب حاصله می‌گردد. با توجه به شیب عمومی شهر کرج (شما به جنوب)، رواناب حاصله در پائین دست شهر در اراضی بایر منطقه قزل حصار منجر به ایجاد یک پهنه آبی شور می‌گردد. در این منطقه آب‌های جاری حاصل از ذوب برف به داخل زمین نفوذ کرده و در نهایت به آب‌های زیرزمینی می‌پیوندد که باعث آلودگی این منابع می‌گردد. هم‌چنین مقدار نمک باقیمانده در سطح معابر پس از اتمام دوره یخبندان باعث تشدید معضل شوری رواناب‌ها به ویژه در فصل بارندگی و بهار می‌گردد. با توجه به نبود سیستم جمع‌آوری پساب و تصفیه خانه‌های استاندارد در کرج مساله رواناب‌های سطحی و شوری این رواناب‌ها به یک چالش محیط‌زیستی و بهداشتی برای شهر کرج تبدیل شده است.

۴- اثر بر خاک و محصولات کشاورزی

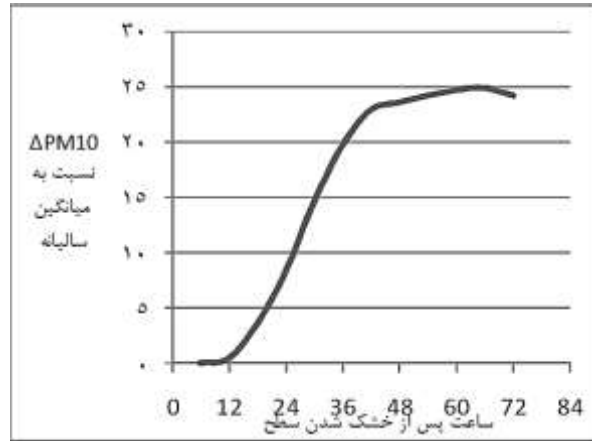
رواناب حاصل از ذوب برف و یخ توسط ماسه و نمک باعث شوری رواناب‌هایی می‌شود که از شمال کرج به سمت زمین‌های کشاورزی جنوب شهر می‌رود. این رواناب‌ها علاوه بر این که بافت خاک را از بین می‌برد، به گونه‌های گیاهی هم آسیب می‌رساند. وجود سدیم بالا سبب تخریب ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری و کاهش سرعت حرکت آب در خاک، افزایش رواناب سطحی، پایین آمدن کاربری اراضی، کم شدن تهویه و در نهایت کاهش آسیب‌پذیری و خسارت بر گیاهان و کاهش کیفیت شرایط محیط‌زیستی می‌گردد (اوجاقی، ۱۳۹۲). یون سدیم باعث متلاشی شدن ذرات خاک شده و از این طریق خاک را به سمت لجنی شدن سوق می‌دهد، بدین ترتیب حجم هوای خاک (فضای متخلخل خاک) کاهش یافته که این عمل موجب بروز اختلال در تهویه خاک و تنفس ریشه می‌گردد (شکل ۶). هم‌چنین آب‌های آلوده به نمک در تماس با خودروها حاوی مواد شیمیایی می‌شوند که در طبیعت مضر بوده و اگر به طریقی وارد

دانه‌بندی رعایت نشده نه تنها شدت آلودگی هوا ناشی از ذرات معلق بیش از دو برابر شده است بلکه سرعت شروع آلودگی و ماندگاری ذرات در هوا نیز بیشتر است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).

آزمایش دقیقا الک شده و با دانه‌بندی مناسب انتخاب شده‌اند و نتایج نمک‌پاشی بدون رعایت استاندارد دانه‌بندی روی ذرات معلق در هوا را نشان می‌دهند. مقایسه دو منحنی نشان می‌دهد در وضعیتی که استاندارد



شکل ۸- تغییرات ذرات معلق هوا در شرایط دانه‌بندی غیراستاندارد (ماخذ: شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰)



شکل ۷- سنجش تغییرات ذرات معلق در هوا در شرایط استاندارد دانه‌بندی (ماخذ: شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰)

استفاده از نمک اما علاوه بر مشکلات زیست‌محیطی باعث تخریب خودروها نیز می‌شود. در واقع نمک پس از حل شدن در آب تبدیل به الکترولیت می‌شود. زمانی که خودروی شما با آب و یخ به همراه نمک تماس پیدا کند، فرآیند انتقال الکترون بسیار سریع اتفاق می‌افتد، یا به عبارت دیگر پوسیدگی خودرو تسریع می‌شود. وقتی آهن با آب و اکسیژن تماس پیدا کند (یا اکسندهای قوی و یا اسیدهای قوی) زنگ می‌زند، وجود محلول‌های الکترولیت نیز سرعت زنگ زدن آهن را بسیار افزایش می‌دهد. نمک حل شده در آب، نقش کاتالیزور در فرآیند اکسیداسیون را ایفا می‌کند و سرعت این فرآیند را افزایش می‌دهد (شکل ۱۰).

۶- ایجاد مزاحمت برای شهروندان

روش غلط و سنتی پخش ماسه و نمک هم‌چنین باعث ریخته شدن ماسه و نمک روی خودروهای پارک شده در کنار خیابان می‌شود که نارضایتی شهروندان را به دنبال دارد (شکل ۹). از سوی دیگر دانه‌های درشت شن و ماسه هم‌چنین موجب وارد آمدن آسیب به بدنه و شیشه خودروها در اثر پرتاب شدن دانه‌ها به علت عبور وسایل نقلیه و جریان ترافیک می‌گردد، این پدیده در معابر برون شهری که سرعت جریان ترافیک در آن‌ها بیشتر است شدت بیشتری دارد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).



شکل ۱۰- پوسیدگی اجزای خودرو



شکل ۹- ریختن ماسه و نمک روی خودروهای پارک شده

- پخش مواد یخ‌زدا با کامیون و یا ماشین‌های کوچک و حداقل توسط ۲ کارگر انجام گیرد. این اقدام باعث پخش یکنواخت‌تر مواد یخ‌زدا در خیابان می‌شود.
- نمک‌پاشی قبل از شروع بارش برف و یخبندان (نمک‌پاشی بازدارنده)، این عمل موجب صرفه جویی به میزان ۳۰ درصد در مصرف و ۸۰ درصد در مجموع هزینه‌ها می‌شود (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).
- استفاده از شن و ماسه با قطر حداکثر ۱/۳ میلی‌متر جهت افزایش اصطکاک جاده بخصوص در شیب‌های تند به همراه مقدار کمی نمک با نسبت ۳۰ به یک یا ۴۰ به یک (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰).
- رعایت فاصله کاشت درختان از معابر و ایجاد شیب مناسب بسترها و رفیوژها.
- نمک‌پاشی در اطراف فضاهای سبز یا حاشیه معابر و خیابان‌ها که درختکاری شده انجام نشود.
- شناسایی و معرفی گونه‌های مقاوم به شوری از قبیل داغداغان، سرو نقره‌ای، بلوط قرمز، ارغوان درختی، سنجد، افاقیا معمولی (اوجاکی، ۱۳۹۲).
- اصلاح بافت خاک و ترکیبات آن از طریق آبخوبی و افزایش قدرت زهکش خاک.

راهکارهای تقلیل اثرات نمک بر محیط‌زیست

حل معضل نمک‌پاشی مسأله‌ای است که هم باید مسئولین به فکر آن باشند هم خود مردم، بدون همکاری آن‌ها این مشکل قابل حل نخواهد بود.

۱- وظایف مردم

آنچه مردم باید در صورت انباشته شدن برف و یخ مراعات نمایند، استفاده از لاستیک یخ‌شکن یا زنجیر چرخ و استفاده از وسایل نقلیه عمومی در روزهای یخبندان راهکاری مؤثر در زمینه افزایش امنیت و کاهش نمک‌پاشی است، اما چون همه به فکر راحتی خود هستند منتظرند تا شهرداری در اولین ساعات روز تا دم‌درب منزل آن‌ها را نمک‌پاشی نماید.

۲- وظایف شهرداری

- آموزش شهروندان برای مواجه با شرایط یخبندان.
- آموزش پیمانکاران در خصوص نحوه صحیح و اصولی نمک‌پاشی.
- حذف تدریجی نمک سدیم (NaCl) و استفاده از نمک کلسیم (کلرید کلسیم $CaCl_2$) به عنوان یخ‌زدا.
- سرمایه‌گذاری روی مواد یخ‌زدا با ترکیبات آلی ($CaMg_4(COO_3CH)$) یا همان (C.M.A)
- محاسبه مقدار مصرف بهینه نمک برای جلوگیری از افراط در بکارگیری آن.

بحث و نتیجه گیری

کشور ما منطقه سردی نیست و بیشتر مناطق کشور آب و هوای به نسبت گرم و خشک دارند. با این حال در کشور ما سالانه ۲۰ میلیون تن نمک در جاده‌ها و شهرها تخلیه می‌شود که ۱۳ برابر استفاده عادی مردم و یکی از عوامل شوری آب‌های سطحی و سفره‌های زیرزمینی است (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۰). در کلانشهر کرج نیز نمک به دلیل اینکه در دسترس است، ارزان است، ذخیره‌سازی و جابه‌جایی آسان دارد، پخش آن به راحتی انجام می‌شود، غیرسمی است، گذشت زمان بر کیفیت آن تأثیری ندارد، با سرعت بیشتری جاده را پاکسازی می‌کند، منجر به کاهش هزینه نیروی انسانی به جهت پاکسازی جاده می‌شود، هزینه پاکسازی جاده را ندارد، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو معمولاً مسئولان شهری با این پیش‌فرض که شن و ماسه به کار رفته برای یخ‌زدایی و جلوگیری از ایجاد لغزندگی، پس از پایان فصل سرما باید از سطح خیابان‌ها و معابر شهر جمع‌آوری شود و چون این کار هزینه‌بر است، به عمد و یا در اثر عدم آگاهی نسبت استاندارد ماسه (۷۰ درصد) و نمک صنعتی (۳۰ درصد) را رعایت نکرده و این دو ماده را با نسبت برابر با هم مخلوط کرده و مورد استفاده قرار می‌دهند، غافل از این که هزینه‌های محیط زیستی نمک به مراتب بیشتر از هزینه جارو کردن و جمع‌آوری شن و ماسه باقیمانده در سطح خیابان‌ها و معابر است. این شیوه نامتعارف یخ‌زدایی حتی در سردسیرترین شهرهای دنیا هم اجرا نمی‌شود. به عنوان نمونه عملیات برف‌روبی در روسیه با یاری نیروهای بازنشسته علاقه‌مند و داوطلب و به کارگیری ماشین‌آلات و یخ‌زده‌های استاندارد برای محیط زیست انجام می‌شود. در حال حاضر تمامی دستگاه‌های متولی به زیان‌های مصرف نمک واقف هستند. اما کمبود بودجه و نبود جایگزین

مناسب موجب شده سالانه حجم عظیمی نمک وارد چرخه طبیعت شود (کرمانی، ۱۳۸۷). امروزه استفاده از مخلوط شن و نمک شاید ساده‌ترین و البته کم هزینه‌ترین روش برای رفع مشکل یخ‌بندان و جلوگیری از لغزندگی معابر در فصول سرد سال باشد، اما این روش هم اکنون در بسیاری از کشورهای دنیا از رونق افتاده و مسؤولان شهری با روش‌های به‌روزتر و البته کارآمدتری خیابان‌ها و معابر یخ زده را در فصل زمستان مدیریت می‌کنند. در بسیاری از کشورهای دنیا مانند روسیه، کشورهای واقع در شمال اروپا و کشورهای مجموعه اسکاندیناوی که تقریباً بیشتر ماه‌های سال با سرمای شدید و یخ‌زدگی مواجه‌اند، بررسی‌ها نشان می‌دهد هرچند هنوز نمک برای رفع یخ‌زدایی حذف نشده، اما مسؤولان شهری تلاش کرده‌اند با بکارگیری شیوه‌های جدیدتر، اثرات مخرب نمک‌پاشی را به حداقل برسانند. در واقع، نمک‌پاشی برای رفع یخ‌زدایی هم اکنون آخرین گزینه اجرایی در کشورهای پیشرفته است، به طور مثال هم اکنون تمامی کشورهای اروپایی از مواد یخ‌زدا با ترکیبات آلی ($\text{CaMg}_4(\text{COO}3\text{CH})$) یا همان (C.M.A) استفاده می‌شود که تأثیرات مخرب به مراتب کمتری در محیط بر جا می‌گذارد. چرا که همان کلسیم و منیزیم و استات است و توسط باکتری‌ها تجزیه می‌شود. این مواد یخ‌زدا با انجام تبدلات یونی و ترکیبات ویژه به کار رفته در آن، با محیط‌زیست سازگار بوده و بدون تخریب فضای سبز، تأسیسات و ابنیه شهری، علاوه بر صرفه اقتصادی و ماندگاری بیشتر در محیط و هم‌چنین عدم نیاز به یخ‌زدایی مجدد تا ۲۴ ساعت می‌تواند نقطه‌ی انجماد آب را تا ۳۰- درجه سانتی‌گراد کاهش داده و تا ۵۰- درجه سانتی‌گراد از لغزندگی جاده‌ها و پیاده‌روها جلوگیری به عمل آورد. برخی از مهم‌ترین ویژگی‌های مواد یخ‌زدا به شرح ذیل می‌باشد.

در مقابل استفاده از این روش‌ها مقاومت وجود داشته باشد. شاید نمک به دلیل ارزان بودن و در دسترس بودن به ظاهر برای شهرداری کرج بسیار مقرون به صرفه باشد؛ اما بدون شک در بلندمدت برای شهر بسیار آسیب‌زا و گران خواهد بود؛ زیرا هزینه‌های پنهان آن بیش از هزینه‌های آشکار آن است. شهرداری کرج نیز به دلیل هزینه بر بودن استفاده از روش‌های جایگزین تاکنون حذف نمک و ماسه را عملیاتی نکرده است، اما با توجه به تأثیر مخربی که این اقدام بر درختان و خاک دارد و نیز با توجه به این که در طول سال ماه‌های کمی را با بارش و لغزندگی روبرو هستیم، پرداخت این هزینه به صرفه و عقلانی به نظر می‌رسد. هرچند شهرکرج به طور جدی فقط حدود سه ماه از سال با مشکل بارش برف و باران و یخ زدگی و لغزندگی معابر و خیابان‌ها دست به گریبان است، اما معلوم نیست تا چه زمانی باید به بهانه هزینه بر بودن صرفاً به روش نمک‌پاشی اکتفا کرده و گزینه‌های دیگر را حذف کنیم. کارشناسان مسائل شهری هم‌چنان معتقدند اگر بتدریج به سمت استفاده از روش‌های به روز، کارآمد و البته کم‌خطر برای یخ‌زدایی پیش‌نویس در آینده‌ای نه چندان دور استفاده مستمر از روش نمک‌پاشی پیامدهای مخرب خود را در محیط زیست شهری نشان خواهد داد، صدماتی که جبران آن شاید برای فعالان محیط‌زیستی و مسؤولان شهری تا سال‌ها غیرقابل جبران باشد.

منابع

۱. اوجاقی، علی‌رضا؛ ۱۳۹۲. نمک‌پاشی جهت مقابله با یخبندان و عوارض آن بر فضای سبز. کارشناس سازمان پارک‌ها و فضای سبز، شهرداری کرج.
۲. جورث، معصومه؛ ۱۳۹۴. عملیات یخ‌زدایی و برف‌روبی در سطح شهر و اثر شوری ناشی از نمک‌پاشی. ناظر عالی سازمان پارک‌ها و فضای سبز.

- عدم آسیب به آسفالت، جداول، کانال‌ها، جوی‌ها، رنگ‌ها، فضای سبز شهری و ضد شوره زدگی.
 - پس از جذب آب این محصول به لجن تبدیل نمی‌گردد و به راحتی با ماشین‌های جاروب قابل جمع‌آوری است.
 - کاهش شوری پساب‌های فاضلاب و سفره‌های آب زیر زمینی.
 - ۵۰ درصد سبک‌تر از نمک و شن.
 - پایین آوردن نقطه انجماد تا ۲۹- درجه سانتی‌گراد
 - قابلیت ضد لغزندگی تا ۵۰- درجه سانتی‌گراد
 - جلوگیری از رواناب و سیل به دلیل قابلیت جذب بالا
 - سرعت عمل در ذوب یخ در مقایسه با نمک و شن.
 - تا ۹ برابر پوشش بیشتر از نمک و شن (سهولت پخش یکنواخت)
 - عدم وجود یون کلر، عناصر سمی و فلزات سنگین
- هم‌چنین در کشورهایی که بیشترین ماه‌های سال را با سرمای سخت و یخ‌زدگی مواجه هستند، روش لوله‌گذاری آب گرم در زیر مسیر پیاده‌راه‌ها اجرا می‌شود تا مانع یخ‌زدگی معابر شوند. هم‌چنین روی سنگفرش معابر و پیاده‌راه‌ها یک لایه سیلیکون محافظ کشیده می‌شود تا جذب آب به حداقل رسیده و مانع یخ‌زدگی و ایجاد حالت لغزندگی شود. هرچند این روش هزینه‌بر است اما عملی است و هزینه‌های آن در مقابل اثرات و هزینه‌های ناشی از انباشت نمک در محیط بسیار ناچیز می‌باشد (طاهری و شهبازی، ۱۳۸۷).
- همواره یکی از چالش‌های استفاده از روش‌های بهتر در مسائلی که به نوعی به محیط‌زیست مربوط می‌شوند، هزینه تمام شده آن اقدام است. در این مورد هم هزینه تمام شده ضدیخ‌ها که به صورت محلول روی آسفالت استفاده می‌شوند، بیش از نمک و ماسه‌ای است که فراوان و ارزان‌اند (شاهی و همکاران، ۱۳۹۲). همین موضوع موجب می‌شود

۳. سالنامه آماری استان البرز، ۱۳۹۱. استان‌داری البرز، معاونت برنامه‌ریزی و اشتغال دفتر آمار و اطلاعات و GIS.
۴. سلیمانی کرمانی، محمد رضا؛ ۱۳۸۷. تأثیر نمک‌پاشی زمستانی بر مقاومت لغزشی سطح جاده‌ها. پژوهشنامه حمل و نقل، سال ۵، شماره ۲، ص ۸۷-۹۳.
۵. شیخ الاسلامی، عبدالرضا؛ محمدعلی، آرمان؛ حسن، خاکسار؛ ۱۳۹۰. مقایسه تطبیقی مواد مورد استفاده برای یخ‌زدایی جاده‌ها در زمستان و پیشنهاد مواد مناسب برای راه‌های ایران. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۶ و ۷ اردیبهشت، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
۶. صالحی، ساسان؛ حمید، بهبهانی؛ ۱۳۸۱. روش‌های ایمن سازی جاده‌ها در مقابل یخ و برف مناسب برای ایران، مجله جاده، شماره ۴۵، ص ۳۵ - ۶۱.
۷. طاهری، مریم، فرزاد، شه‌بازی؛ ۱۳۸۷. افزایش عملکرد خط‌کشی روسازی‌ها با روش‌های نوین پیش‌گیری از یخ‌زدگی در فصل زمستان، دومین سمینار ملی رنگ‌های ترافیکی، خط‌کشی و ایمنی راه‌ها.
۸. شاهی، فیروز، کاظمی، بابک، افرند، حمید، ۱۳۹۲. بررسی تأثیرات استفاده از نمک و شن بر سطح معابر، جاده‌ها و عوامل ایمنی راه‌ها، فصلنامه صنعت مقاوم سازی و بهسازی، شماره ۲۶.
۹. فیضی، فرزانه، کرباسی، عبدالرضا، منصور، نبی‌الله، ۱۳۹۲. جایگزینی مواد مناسب به جای نمک در یخ‌زدایی معابر شهر تهران و ارائه راهکارهای محیط‌زیستی، دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشکده فنی شهید مفتح، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، همدان.

The Study of Environmental Impacts of Salting Urban Streets (Case Study of Karaj)

Seyed Hassan Mousavi^{1*}, Somayeh Heidari¹

1* - Department of Urban Services, Municipality of Karaj, Karaj, Iran.

Abstract

In this study, the first step the amount of sands and de-icing salts consumed in Karaj passageways, was investigate according to collected data from the Karaj municipal waste management organization. Investigations show that, the amount of 18810 tons of de-icing salts and sand was consumed to de-icing roadways for the period 2015 to 2017. De-icing roadways is done in two ways: manual (83%) and automated (17%), that nonconformity of sand and de-icing salts standard ratio and hand salting method have cause many environmental impacts in the Karaj city. Therefore, in this study, the adverse effects of de-icing salting on the roads such as the impact on plants, urban infrastructure (asphalt, curbs, etc.), groundwater and surface water, soil and crops, air pollution, disturbance to citizens and subsequently, strategies for reducing the adverse effects are considered in Karaj city by library studies and searching for related resources on the internet. In fact, de-icing salt spraying to deflate the passageways is considered the latest executive option in advanced countries. Also, urban authorities are trying to minimize the negative impacts of salt spillage, by gradually removing of sodium salt (NaCl) and using new methods such as educating citizens to deal with ice conditions, correct use of anti-icing materials (CaMg₄ (COO₃CH)), install hot water pipes in pedestrians, drawing a protective silicone layer on pavement. Although these methods are more cost-effective, but in the long time, its costs will be negligible compared to the costs of environmental degradation by salt.

Key words: Sand, Salt, Salting, De-icing, Environmental Impacts, Karaj.