مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۴۰۱، سال ۹، شماره ٤ : ۵۱۳- ۵۲٤

بررسی آلودگی رواناب سطحی مناطق پر ترافیک شهر ملایر به عناصر آهن، سرب و کادمیم

محبوبه یزدان‌فر[۱]، سهیل سبحان اردکانی[۲]*، لیما طیبی[۳]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[۲] استاد علوم محیط‌زیست، گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
[۳] استادیار شیلات، گروه شیلات، دانشکده منابع‌طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

تاریخ دریافت مقاله : ۱۴۰۱/۰۸/۱۲؛ تاریخ پذیرش : ۱۴۰۱/۰۹/۱۹

چکیده

زمینه و هدف: امروزه افزایش سطوح غیرقابل نفوذ در شهرها به جاری شدن سیلاب و آلودگی رواناب منجر شده است. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی آلودگی عناصر آهن، سرب و کادمیم در رواناب سطحی نقاط پر ترافیک شهر ملایر انجام یافت.

مواد و روش‌ها : در این پژوهش توصیفی- مقطعی، ۱۵ نمونه رواناب سطحی از پنج ایستگاه منتخب در سطح شهر ملایر برداشت و به بطری‌های پلی‌اتیلنی منتقل شدند. به هر بطری چند قطره اسید نیتریک به‌منظور رساندن pH نمونه‌ها به ۲ افزوده شد. بعد از طی مراحل آماده‌سازی آزمایشگاهی، غلظت عناصر در نمونه‌ها به‌روش طیف‌سنج نشری پلاسمای جفت‌شده القایی خوانده شد. پردازش آماری داده‌ها نیز توسط نرم‌افزار SPSS انجام یافت.

یافته ها: نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌ها به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲۰، ۰/۳۲۰ و ۰/۱۵۰ میکروگرم در لیتر بوده که برای عناصر سرب و کادمیم از رهنمود WHO و برای عنصر کادمیم نیز از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای تخلیه به منابع آب سطحی و پذیرنده بیش‌تر بوده است.

نتیجه گیری: از آن‌جا که آلودگی رواناب به فلزات سنگین به‌ویژه بر اثر آلاینده‌های انتشاریافته از حمل و نقل می‌تواند منجر به تهدید منابع پذیرنده و به‌تبع آن بروز مخاطرات محیط‌زیستی و بهداشتی شود، لذا، نسبت به جمع‌آوری و تصفیه رواناب ناشی از نزولات جوی قبل از تخلیه به منابع پذیرنده توصیه می‌شود.

کلید واژه: رواناب سطحی، عناصر بالقوه سمی، طیف‌سنجی نشر اتمی، شدت ترافیک، ملایر

* دکترای تخصصی علوم محیط‌زیست، استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
ایمیل: s_sobhan@iauh.ac.ir – شماره تماس: ۰۸۱۳۴۴۸۱۶۶۳

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

مقدمه

همگام با افـزایش نـرخ رشـد جمعیـت و بـه‌تبع آن رشـد شهرنشینی و گسترش فعالیت‌های صنعتی، معدنی و کشاورزی که به تولید انواع مختلف ترکیبات و مواد شیمیایی برای رفاه و آسایش بشر منجر شده است، به‌طور ناخواسـته مـوادی چـون انواع فلزات سنگین و سمی در محیط تخلیـه شـده کـه بـرای سلامت محیط و زیست‌مندان عوارض و خطـرات جـدی بـه‌همراه دارند[۱،۲].

رواناب سطحی، ناشی از انواع ریزش‌های جوی هم‌چون بارندگی و یا ذوب یخ و برف مناطق مرتفع است که یا در سطح زمین جاری و یا به رودخانه‌ها و دریاها وارد می‌شود. توسعه شهری به دو دلیل عمده باعث افزایش مقدار آلاینده‌های موجود در رواناب‌های شهری و به‌دنبال آن منابع آب پذیرنده می‌شود. اول این‌که در شهرها تبدیل زمین‌های آزاد به خیابان، ساختمان و غیره، سطوح نفوذناپذیر را افزایش داده و در نتیجه حجم زیادی از بارندگی، امکان و فرصت نفوذ در خاک را نمی‌یابد[۳]. دلیل دوم نیز مربوط به نوع کاربری اراضی در نواحی شهری و رهاسازی مقدار زیادی از مواد آلاینده گوناگون در محیط‌زیست بر اساس شدت فعالیت‌های انسانی است. بنابراین، امروزه رواناب‌های شهری از مهم‌ترین منابع آلاینده غیرنقطه‌ای منابع آب سطحی به‌شمار می‌آیند[۴،۵].

رواناب‌های سطحی در منشاء جریان، به‌طور معمول فاقد آلودگی هستند. ولی به‌علت جاری شدن در سطح زمین، به مواد و ترکیبات آلی و معدنی آلوده می‌شوند. از آن‌جا که رواناب‌های شهری اهمیت زیادی در تأمین مصارف مختلف کشاورزی، خانگی و صنعتی دارند، به‌همین علت آلودگی آن‌ها به انواع آلاینده‌های معدنی و آلی پیامدهای محیط‌زیستی و بهداشتی فراوانی به‌همراه خواهد داشت. از این‌رو، آگاهی از خصوصیات رواناب‌ها از نظر میزان و شدت آلودگی و ظرفیت پذیرش آلاینده‌ها نقش شایانی در کنترل آلودگی آن‌ها و به‌دنبال آن حفظ محیط‌زیست شهری خواهد داشت[۶].

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیست محسوب می‌شوند که به‌صورت محلول و جذب‌شده به‌مواد معلق در سیلاب‌های شهری وجود دارند. قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض این عناصر و یا مواجهه با غلظت‌های غیر مجاز آن‌ها می‌تواند سبب بروز انواع بیماری‌ها و عوارض غیرقابل جبران برای انسان و سایر زیست‌مندان شود[۹]. از مهم‌ترین وظایف آهن در بدن می‌توان به انتقال اکسیژن توسط گلبول‌های قرمز، تولید هموگلوبین خون، مقاومت در برابر تنش و ناخوشی، عمل‌کرد صحیح آنزیم‌ها و تقویت سیستم ایمنی اشاره کرد. اما همین عنصر در غلظت‌های بالا می‌تواند باعث ایجاد مسمومیت شود[۷،۸].

سرب یکی از چهار فلزی است که بیش‌ترین عوارض سوء را بر سلامت انسان دارد. اختلال در بیوسنتز هموگلوبین و کم‌خونی، افزایش فشار خون، آسیب به کلیه، سقط جنین و نارسی نوزاد، اختلال سیستم عصبی، آسیب به مغز، ناباروری مردان، کاهش قدرت یادگیری و اختلالات رفتاری در کودکان از عوارض منفی افزایش غلظت سرب در بدن است[۹]. هم‌چنین، مختل شدن عمل‌کرد فیتوپلانکتون‌ها به‌عنوان یکی از منابع مهم تولید اکسیژن در دریاها و در نتیجه بر هم خوردن تعادل جهانی موجودات آب‌زی از مهم‌ترین عوارض نامطلوب حضور سرب در بوم‌سازگان‌های آبی هستند[۱۰].

کادمیم به‌طور عمده در کلیه تجمع می‌یابد. از عوارض نامطلوب قرار گرفتن در معرض این عنصر می‌توان به اسهال، شکم درد و استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، اختلال سیستم ایمنی، ناهنجاری‌های روانی و آسیب احتمالی به DNA و ابتلا به سرطان اشاره کرد[۱۱].

عوامل مختلفی مانند اقلیم، کاربری زمین و سایر شرایط محیطی بر تجمع آلاینده‌ها در سطوح نفوذناپذیر اثر می‌گذارند. لذا، شناخت خصوصیات آلاینده‌های سطوح و تأثیر نوع کاربری بر کیفیت رواناب‌ها می‌تواند به انتخاب راه‌بردهای

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

مناسب برای کاهش تخلیه آلاینده‌ها به آب‌های سطحی و بهبود کیفی رواناب‌های جاری در سطح شهر کمک شایان توجهی کند[۱۲].

تاکنون چندین مطالعه در مورد بررسی کیفیت رواناب سطحی در ایران و سایر نقاط جهان انجام یافته است. نتایج پژوهشی که با هدف بررسی غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیوم در رواناب سطحی شهر همدان انجام یافت نشان داد که میانگین غلظت همه عناصر مورد ارزیابی در نمونه‌ها بیش-تر از رهنمود WHO بوده است[٦]. بررسی تاثیر آلاینده‌های مناطق شهری، صنعتی و تجاری بر کیفیت رواناب مناطق شهری حاره نشان داد که میانگین غلظت عنصر روی در نمونه‌ها برابر با ۰/۰٤۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است[۱۳]. در پژوهشی میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب بزرگراه‌های پرتقال به‌ترتیب برابر با ۹/۵۰ و ۱/۰۰ میکروگرم در لیتر گزارش شدند[۱٤]. از طرفی، نتایج بررسی غلظت فلزات سنگین در رواناب در گدانسک لهستان نشان داد که میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیم در نمونه‌ها (میکروگرم در لیتر) به‌ترتیب برابر با ۳۱۹ و ۱٦/٦ بوده است[۱۵]. این در حالی است که زو و همکاران (۲۰۲۰) آلودگی رواناب سطحی جاده‌ای منطقه شهری نانجینگ در شرق چین به عناصر سرب و کادمیم را نگران‌کننده گزارش کردند[۱٦]. قدیری و همکاران (۲۰۲۱) نیز محتوی عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب جمع‌آوری شده از حوزه آبخیز مناطق شمال و شرق تهران را قابل توجه گزارش کردند[۱۷]. هم‌چنین، سلطانی‌نیا و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند که محتوی عناصر سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب سطحی برداشت‌شده از مناطق صنعتی شهر تهران به‌ترتیب با ۰/٦۱۷ و ۰/۰۱۱ میلی‌گرم در لیتر از محتوی این عناصر در نمونه‌های مربوط به مناطق مسکونی، تجاری و ترافیکی بیش‌تر بوده است[۱۸]. از آن‌جا که رواناب‌ها به‌عنوان عامل اصلی آلودگی آب‌های سطحی شناخته شده‌اند، و این‌که تاکنون مطالعه‌ای در مورد بررسی خصوصیات شیمیایی رواناب سطحی خیابانی شهر ملایر به‌عنوان یک منبع خطی انتشار آلودگی با قابلیت تخلیه در محیط‌زیست انجام نیافته است، این پژوهش با هدف بررسی محتوی عناصر آهن، سرب و کادمیم در رواناب سطحی مناطق پرترافیک شهر ملایر انجام یافت.

مواد و روش ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

شهر ملایر در جنوب شرقی استان همدان بین طول جغرافیایی ٤۸ درجه و ٤۵ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ٤۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ۱۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳٤ درجه و ۲۰ دقیقه و۵۰ ثانیه شمالی واقع شده است و از نظر تقسیمات اداری- سیاسی مرکز شهرستان ملایر محسوب می‌شود. این شهر در دامنه کوه‌های قصرقجر و ارتفاعات سرد کوه گسترده شده است و در دره‌ای عمیق، طولانی و مستحکم در میان کوه‌های شمالی و شرقی انتهای دربند ازناو که بر عموم راه‌های منطقه مسلط است، ساخته شده است[۱۹].

نمونه‌برداری از روناب سطحی

در این پژوهش توصیفی-مقطعی، با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی از جمله کمبود منابع مالی، پس از تعیین پنج مکان نمونه برداری شامل: چهار ایستگاه در مناطق پرترافیک شهر ملایر (خیابان‌های طلوعی، شهید رجایی، چهارراه خیام و ترمینال) و یک ایستگاه شاهد به عنوان منطقه فاقد ترافیک (میدان بهارستان)، نسبت به نمونه برداری از رواناب سطحی در فصل زمستان و هم‌چنین ثبت مختصات جغرافیایی ایستگاه ها توسط دستگاه GPS گارمین مدل ۳۲ ETRE Xاقدام شد. بدین‌صورت که از هر مکان سه نمونه ۵۰ میلی لیتری رواناب سطحی حاصل از برف یا باران و در مجموع ۱۵ نمونه از محل ورودی کانال ها و جوی های آب با استفاده از ظروف

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

پلی اتیلنی که از قبل سه بار با آب مقطر شست و شو داده شده بودند، برداشت شد. پس از تعیین pH و درجه حرارت هر نمونه در محل توسط دستگاه قابل حمل کالیبره Multi-Parameter مدل TS 606-G/2-I ساخت شرکت WTW، سه قطره اسید نیتریک ۱۰٪ به منظور تثبیت pH و جلوگیری از رسوب گذاری عناصر محلول هنگام حمل و نقل به هر نمونه اضافه شد[6] بعد از اتمام نمونه برداری، برچسبی حاوی اطلاعات مربوط به محدوده مطالعاتی، نام و شماره ایستگاه، تاریخ و ساعت برداشت، درجه حرارت و pH بر روی هر ظرف نمونه چسبانده شد. مختصات جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری و نقشه موقعیت استقرار آن ها به ترتیب در جدول ۱ و شکل ۱ آورده شده‌اند.

آماده‌سازی نمونه‌ها و تعیین محتوی عناصر در آن‌ها

بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، ۲۵ میلی‌لیتر از هر نمونه با پنج میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ به‌مدت ۳۰ دقیقه زیر هود در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شد و محلول حاصل با آب دو بار تقطیر به‌حجم ۲۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بعد از صاف‌کردن نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ٤٢، آماده کردن محلول مادر (استوک) و استاندارد نمک عناصر مورد ارزیابی و کالیبره کردن دستگاه نشر اتمی Varian (ICP-OES) مدل 710-ES، محتوی عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌ها به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۵۸/۵۸۸، ۲۲۰/۳۵۳ و ۲۲٦/۵۰۲ نانومتر در سه تکرار خوانده شدند[20،15،6].

تضمین و کنترل کیفیت (Quality Assurance/Quality Control) اندازه‌گیری‌ها نیز با استفاده از روش توصیف شده توسط دویچ و همکاران (۲۰۱٤) بررسی شدند[21].

بر این اساس، مقادیر حد تشخیص برای عناصر آهن، سرب و کادمیم به‌ترتیب برابر با ۰/۰۳۷، ۰/۰۲۱ و ۰/۰۳۹ میکروگرم در لیتر حاصل شدند. مقادیر محدودیت کمی عناصر (میکروگرم در لیتر) برای عناصر آهن، سرب و کادمیم نیز به‌ترتیب برابر با ۰/۱۱۵، ۰/۰٦۰ و ۰/۱۲۰ به‌دست آمدند.

نتایج حاصل از درصد بازیابی عناصر مورد مطالعه (بین ۹٤/۱-۱۰۲٪) نیز نشان داد که روش مورد استفاده برای تعیین محتوی عناصر مورد مطالعه از اطمینان کافی و دقت مناسب برخوردار بوده است.

پردازش آماری داده‌ها

پردازش آماری داده‌ها با استفاده از نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS انجام یافت. بدین‌صورت که از آزمون شاپیرو-ویلک (Shapiro-Wilk) برای بررسی نحوه توزیع داده‌ها استفاده شد.

آزمون‌های تی تک‌نمونه‌ای (One Sample T Test)، تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و به‌دنبال آن آزمون چنددامنه‌ای دانکن (Duncan Multiple Range Test) و ضریب هم‌بستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) نیز به‌ترتیب برای مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی با رهنمود WHO، مقایسه میانگین غلظت عناصر بین مکان‌های نمونه‌برداری و محاسبه هم‌بستگی بین pH، دما و غلظت عناصر موجود در نمونه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند.

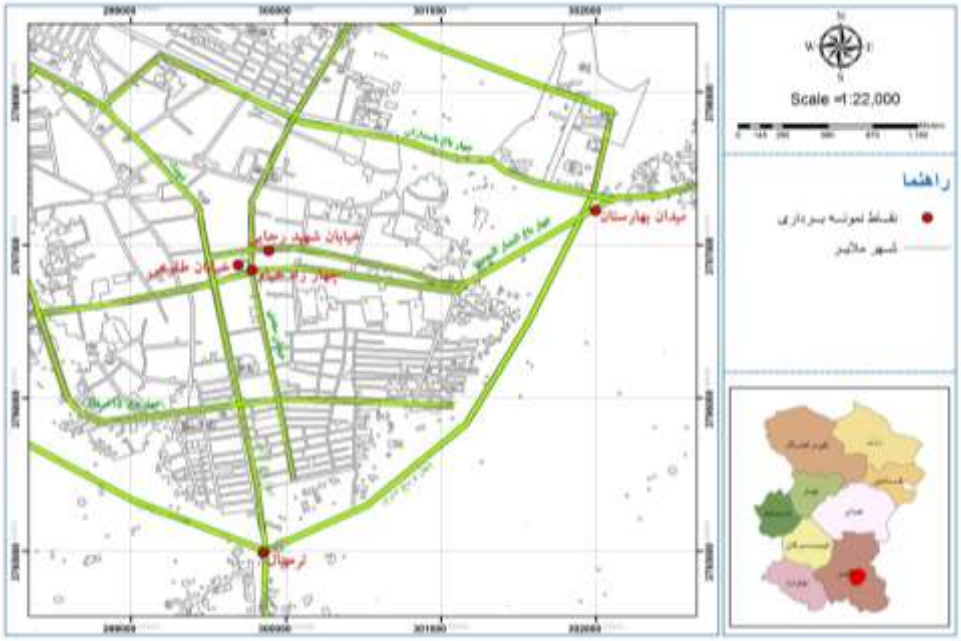
جدول ۱. مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری بر اساس سیستم UTM

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

۱	خیابان طلوعی	۰۲۹۹۶۹۱	۳۷۹۶۸۷۰
۲	خیابان شهید رجایی	۰۲۹۹۸۸۹	۳۷۹۶۹۶۲
۳	چهارراه خیام	۰۲۹۹۷۸۱	۳۷۹۶۸۳۵
٤	ترمینال	۰۲۹۹۸۵۳	۳۷۹٤۹۸۸
٥	میدان بهارستان	۰۳۰۱۹۹٦	۳۷۹۷۲۲۳



شکل ۱. نقشه موقعیت استقرار مکان‌های نمونه‌برداری

یافته‌ها

آمار توصیفی مربوط به میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب و هم‌چنین برخی ویژگی‌های فیزیکی آن‌ها به تفکیک ایستگاه در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲. میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم* بر حسب میکروگرم در لیتر و pH و دمای نمونه‌های رواناب به تفکیک ایستگاه

ردیف	نام ایستگاه	آهن (µg/l)	سرب (µg/l)	کادمیم (µg/l)	دما (°C)	pH
۱	خیابان طلوعی	۰/۱۷۰^{ab**}	۰/۳۴۰^{ab}	۰/۱۵۰^{b}	۷/۶۰	۷/۷۰
۲	خیابان شهید رجایی	۰/۰۴۰^{a}	۰/۳۴۰^{ab}	۰/۱۵۰^{b}	۷/۸۰	۷/۵۰
۳	چهار راه خیام	۰/۲۵۰^{b}	۰/۲۵۰^{a}	۰/۱۶۰^{c}	۷/۵۰	۷/۸۰
۴	ترمینال	۰/۲۷۰^{b}	۰/۴۵۰^{b}	۰/۱۳۰^{a}	۷/۵۰	۷/۱۰
۵	میدان بهارستان	۰/۳۵۰^{b}	۰/۲۲۰^{a}	۰/۱۴۰^{a}	۱۱/۰	۸/۲۰

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

انحراف معیار±میانگین غلظت	۰/۲۲۰±۰/۱۴۰	۰/۳۲۰±۰/۱۰۰	۰/۱۵۰±۰/۰۱۰	۸/۲۸±۱/۵۲	۷/۶۶±۰/۴۰۰

*داده‌ها مربوط به میانگین غلظت سه تکرار هستند.

**حروف غیر مشترک (a، b، c و...) در هر ستون بیان‌گر تفاوت معنی‌دار آماری بین مکان‌های نمونه‌برداری از حیث میانگین غلظت عناصر در نمونه‌های رواناب بر اساس نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه است ($p < ۰/۰۵$).

نتایج آزمون شاپیرو–ویلک نشان داد که با توجه به سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از ۰/۰۵۰، داده‌های مربوط به غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب سطحی از توزیع نرمال برخوردار بودند.

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که میانگین غلظت هر سه عنصر مورد ارزیابی در نمونه‌های رواناب با رهنمود سازمان بهداشت جهانی (برابر با ۰/۳۰۰، ۰/۰۱۰ و ۰/۰۰۳ میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برای عناصر آهن، سرب و کادمیم)[۲۲] و هم‌چنین با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران (برابر با ۰/۳۰۰، ۱/۰۰ و ۰/۱۰۰ میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برای عناصر آهن، سرب و کادمیم)[۲۳] اختلاف معنی‌دار آماری داشته ($p < ۰/۰۵۰$) و برای عناصر سرب و کادمیم بیش‌تر از رهنمود WHO و برای عنصر کادمیم نیز بیش‌تر از رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای تخلیه به منابع آب سطحی و پذیرنده بوده است. (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب با بیشینه رواداری WHO و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران

پیراسنجه	تعداد	تفاوت میانگین از استاندارد	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	فاصله اطمینان (۹۵٪)	
						حد پایینی	حد بالایی
مقایسه با رهنمود WHO							
آهن	۱۵	-۰/۰۸۳	-۲/۳۳	۱۴	۰/۰۳۵	-۰/۱۶۰	-۰/۰۰۷
سرب	۱۵	۰/۳۰۹	۱۱/۶	۱۴	۰/۰۰۰	۰/۲۵۲	۰/۳۶۶
کادمیوم	۱۵	۰/۱۴۵	۴۸/۹	۱۴	۰/۰۰۰	۰/۱۳۹	۰/۱۵۱
مقایسه با رهنمود سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران							
آهن	۱۵	-۰/۰۸۳۳	-۲/۳۳	۱۴	۰/۰۳۵	-۰/۱۶۰	-۰/۰۰۷
سرب	۱۵	-۰/۶۸۱	-۲/۵۵	۱۴	۰/۰۰۰	-۰/۷۳۸	-۰/۶۲۴
کادمیوم	۱۵	۰/۰۴۸۰	۱۶/۲	۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴

نتایج آزمون هم‌بستگی پیرسون نشان داد که بین میانگین مقادیر پارامتر دما و غلظت عنصر آهن با ضریب هم‌بستگی (r) برابر با ۰/۳۴۰- و $p > ۰/۰۵۰$، بین میانگین مقادیر پارامتر دما و غلظت عنصر سرب با $r = ۰/۱۵۰$ و $p > ۰/۰۵۰$ و بین میانگین مقادیر پارامتر دما و غلظت عنصر کادمیم با $r = -۰/۱۲۰$ و $p > ۰/۰۵۰$ هم‌بستگی معنی‌دار آماری وجود نداشته است.

از طرفی، مشخص شد که بین میانگین مقادیر pH و غلظت عنصر آهن با $r = ۰/۰۰۰$ و $p > ۰/۰۵۰$، بین میانگین مقادیر پارامتر pH و غلظت عنصر سرب با $r = -۰/۰۹۰$ و $p > ۰/۰۵۰$ و بین میانگین مقادیر پارامتر pH و غلظت عنصر کادمیم با $r = -۰/۱۰۰$ و $p > ۰/۰۵۰$ هم‌بستگی معنی‌دار آماری وجود نداشته است.

بحث

عوامل مختلفی از جمله اقلیم، کاربری زمین و سایر شرایط محیطی بر فرآیند آلودگی سطوح نفوذناپذیر و به‌تبع آن

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

رواناب‌ها به‌عنوان عامل آلاینده منابع آب سطحی اثر می‌گذارند[6]. تنوع و تغییر غلظت فلزات سنگین در باران و رواناب سطحی به‌عوامل بسیاری هم‌چون ویژگی‌های بارش (شدت و مدت زمان بارش)، سوابق دوره‌های خشک‌سالی، شیب جاده، مواد سازنده سطح جاده، حجم ترافیک، کل ذرات معلق، نوع زمین، دما، pH، هدایت و پتانسیل اکسید و احیا بستگی دارد[19]. در این خصوص، بررسی غلظت آهن و سرب در رواناب سطحی شهر پکن نشان داد که غلظت فلزات محلول در رواناب با شدت بارش، سابقه خشک‌سالی و به‌ویژه نوع بستری که رواناب بر سطح آن جاری می‌شود، مرتبط بوده است[24]. از طرفی، وانگ و همکاران (۲۰۱۳) پس از بررسی غلظت عناصر آهن و سرب در رواناب خیابان‌های پرتردد شهر تایپه تایوان نتیجه گرفتند که حضور فلزات سنگین در رواناب سطحی با تعداد وسایط نقلیه در حال تردد و سرعت ترافیک مرتبط بوده است[20]. در پژوهشی دیگر، بیش‌تر بودن میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های رواناب خیابان‌های پرتردد شهر گدانسک لهستان در مقایسه با نمونه‌های باران با شدت ترافیک مرتبط دانسته شد[15].

نتایج نشان داد که میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم (میکروگرم در لیتر) در نمونه‌های رواناب سطحی شهر ملایر به‌ترتیب برابر با ۰/۲۲۰، ۰/۳۲۰ و ۰/۱۵۰ بوده است. بدین‌صورت که میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیم بیش‌تر از رهنمود WHO و میانگین غلظت عنصر کادمیم نیز بیش‌تر از استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بود. نتایج سایر مطالعات تجاوز میانگین غلظت فلزات سنگین به‌ویژه سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب سطحی از بیشینه مقادیر مجاز را غالباً با تردد وسایل نقلیه در جاده‌ها و آلاینده‌های ناشی از احتراق سوخت فسیلی و فرسایش لاستیک و لنت ترمز خودروها مرتبط دانسته‌اند[6]. مرور منابع نشان داد که میانگین غلظت عناصر سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب سطحی بزرگراه‌های کالیفرنیا به‌ترتیب برابر با ۲۵/۸ و ۱/۸۰ میکروگرم در لیتر و برای عنصر سرب بیش‌تر از حد مجاز WHO بوده است[25]. به‌علاوه، در پژوهشی که به‌منظور بررسی غلظت عناصر سرب و کادمیم در رواناب سطحی شهری آمریکا انجام یافت، مشخص شد که ۹٪ نمونه‌ها به شدت سمی و ۳۲٪ آن‌ها دارای سمیت متوسط بوده‌اند[26]. این در حالی است که زو و همکاران (۲۰۲۰) میانگین محتوی عناصر سرب و کادمیم در رواناب سطحی جاده‌ای منطقه شهری نانجینگ چین را بیش‌تر از رهنمود WHO گزارش کردند[16]. سلطانی‌نیا و همکاران (۲۰۲۲) نیز محتوی عناصر سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب سطحی برداشت‌شده از مناطق مسکونی، تجاری، ترافیکی و صنعتی شهر تهران را بیش‌تر از رهنمود WHO و سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران گزارش کردند[18].

نتایج آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه به‌منظور گروه‌بندی مکان‌های نمونه‌برداری از نظر میانگین غلظت عناصر آهن، سرب و کادمیم در نمونه‌های رواناب بیان‌گر اختلاف معنی‌دار آماری ($p < ۰/۰۵$) بین برخی از ایستگاه‌ها بود (جدول ۱). به‌عنوان مثال، بین ایستگاه شهید رجایی با ایستگاه‌های چهارراه خیام، ترمینال و بهارستان از حیث میانگین محتوی عنصر آهن در نمونه‌های رواناب اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت.

سرب عنصر فلزی فوق‌العاده سمی است که واجد رسانایی پایین و خاصیت چکش‌خواری و مفتول‌پذیری است و مقاومت بالایی در برابر خوردگی دارد. این عنصر به‌طور طبیعی در محیط‌زیست وجود دارد ولی در بیش‌تر موارد به‌علت فعالیت‌های بشری از قبیل کاربرد آن برای بهسوزی بنزین به محیط وارد شده است. بدین صورت که نمک‌های سرب از راه اگزوز اتومبیل‌ها وارد محیط‌زیست شده و خاک، آب و هوا را آلوده کرده‌اند[27]. با توجه به این‌که سرب از جمله مهم‌ترین و از نظر میزان، بیش‌ترین فلز سنگین به‌جای مانده از حمل و نقل شهری است، از این‌رو، مقادیر قابل توجه این

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

عنصر در نمونه‌های رواناب ایستگاه‌های ترمینال، خیابان طلوعی و خیابان شهید رجایی را می‌توان با تردد بالای وسایط نقلیه موتوری (فعالیت‌های ترافیکی) در این مناطق مرتبط دانست. هرچند نباید از نظر دور داشت که در سال‌های اخیر به‌دلیل حذف سرب از بنزین، ورود آن به محیط شهری به‌شدت کاهش یافته است، اما همچنان انباشت پیشین این عنصر در محیط و از جمله در خاک و رسوب و از طرفی گرد و غبار ناشی از آن‌ها قابل ردیابی است[۲۸]. از طرفی، مقادیر بیش‌تر از حد مجاز کادمیم در نمونه‌های رواناب‌سطحی را می‌توان با احتراق و نشت سوخت‌های فسیلی و روان‌کننده‌ها، استهلاک لنت ترمز وسایل نقلیه و پوشش‌های لاستیکی مرتبط دانست[۲۹]. این در حالی است که نباید از تاثیر کاربرد سموم و کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای فسفاته و استفاده از کودهای آلی همچون کمپوست در مدیریت پارک‌ها و فضای سبز حاشیه خیابان‌ها در آلودگی سطوح و به‌تبع آن رواناب سطحی به کادمیم غافل ماند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه بیان‌گر آلوده بودن رواناب سطحی مناطق پر تردد شهر ملایر به عناصر سرب و کادمیم بود که این موضوع می‌تواند به تهدید منابع آب پذیرنده و بروز مخاطرات بهداشتی برای شهروندان منجر شود. از این‌رو، شناخت خصوصیات آلاینده‌ها و تأثیر نوع کاربری بر کیفیت رواناب‌ها می‌تواند به انتخاب راهبردهای مدیریتی کارا برای کاهش ورود آلاینده‌ها به منابع آب سطحی و بهبود کیفی رواناب‌های جاری در سطح شهر کمک شایان توجهی کند. لذا، انجام پایش‌های دوره‌ای برای ارزیابی آلودگی رواناب‌های سطحی به‌ویژه در مناطق با کاربری‌های مختلف از جمله مسکونی، تجاری، صنعتی، خدماتی و ترافیکی به انواع آلاینده‌های آلی و معدنی برای حفظ سلامت و بهداشت عمومی توصیه می‌شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط‌زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹۳۲۰۴۴ است که بدین‌وسیله نویسندگان از حوزه معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه برای فراهم کردن امکانات اجرای مطالعه سپاسگزاری می‌کنند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

References

1. Sobhanardakani S. Non-carcinogenic risk assessment of heavy metals through exposure to the household dust (Case study: City of Khorramabad, Iran). Ann Milit Health Scie Res 2018;16(4):e86594.
2. Sobhanardakani S. Ecological and human health risk assessment of heavy metals content of atmospheric dry deposition, a case study: Kermanshah, Iran. Biol Trace Elem Res 2019; 187(2):602-10.
3. Ichiki A, Yamada K, Ohnishi T. Prediction of runoff pollutant load considering characteristics of river basin. Water Sci Technol 1996;33(4-5):117-26.
4. Debo TN, Reese A. Municipal Stormwater Management, Second Edition. CRC Press, 2002; pp. 973-79.
5. Baharmastian B, Sobhanardakani S, Jameh Bozorgi S. Study on heavy metals content (Fe, Pb and Cd) in atmospheric precipitation collected from the high traffic intensity regions of city of Hamedan.

J Environ Sci Technol 2020;22(9):141-51 (In Persian).

6. Farzan M, Sobhan Ardakani S. Analysis of Fe, Pb, and Cd content of surface runoff in regions with high traffic intensity in Hamedan, Iran, in 2014. Health Sys Res 2016;12(2):208-13 (In Persian).
7. Sobhanardakani S. Potential health risk assessment of heavy metals via consumption of caviar of Persian sturgeon. Mar Pollut Bull 2017;123(1-2):34-8.
8. Mohebian M, Sobhanardakani S, Taghavi L, et al. Analysis and potential ecological risk assessment of heavy metals in the surface soils collected from various land uses around Shazand Oil Refinery Complex, Arak, Iran. Arab J Geosci 2021;14(19):2019.
9. Sobhanardakani. Evaluation of the water quality pollution indices for groundwater resources of Ghahavand plain, Hamadan province, western Iran. Iran J Toxicol 2016;10(3):35-40.
10. Sobhan Ardakani S, Jafari SM. Assessment of heavy metals (Cu, Pb and Zn) in different tissues of common carp (*Cyprinus carpio*) caught from Shirinsu Wetland, Western Iran. J Chem Health Risk 2014;4(2):47-54.
11. Sobhanardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg concentrations in groundwater resources of Razan Plain. Sci J Hamadan Univ Med Sci 2015;21(4):319-29 (In Persian).
12. Parvinnia M, Rakhshandehroo Gh, Monajem P. Investigation of quality and reclamation of urban storm runoff in city of Shiraz. J Water Wastewater 2008;19(2):46-55 (In Persian).
13. Chow MF, Yusop Z, Shirazi SM. Storm runoff quality and pollutant loading from commercial, residential, and industrial catchments in the tropic. Environ Monit Assess 2013;185:8321-31.
14. Vieira R, Fernandes JN, Barbosa AE. Evaluation of the impacts of road runoff in a Mediterranean reservoir in Portugal. Environ Monit Assess 2013;185:7659-73.
15. Klimaszewska K, Polkowska Z, Namiesnik J. Influence of mobile sources on pollution of runoff waters from roads with high traffic intensity. Pol J Environ Stud 2007;16(6): 889-97.
16. Xue H, Zhao L, Liu X. Characteristics of heavy metal pollution in road runoff in the Nanjing urban area, East China. Water Sci Technol 2020;81(9):1961-71.
17. Ghadiri A, Hashemi Sh, Nasrabadi T. Investigation of major heavy metal concentration in urban runoff (case study: North and east catchment of Tehran city). Amirkabir J Civil Eng 2022;53(10):4489-4504 (In Persian).
18. Soltaninia S, Taghavi L, Hosseini SA, et al. The effect of land-use changes on the amount

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

of heavy metal pollution in urban runoff in Tehran. Arch Hyg Sci 2022;11(2):137-46.

19. Nikkhoo N, Ildoromi A, Noori H. Development of land use development of the city of Malayer using remote sensing. Environ-based Territ Plann 2015;30:63-86 (In Persian).
20. WangYJ, Chen CF, Lin JY. The measurement of dry deposition and surface runoff to quantify urban road pollution in Taipei, Taiwan. Int J Environ Res Publ Health 2013;10(10):5130-45.
21. Devic G, Djordjevic D, Sakan S. Natural and anthropogenic factors affecting the groundwater quality in Serbia. Sci Total Environ 2014;468-469:933-42.
22. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality, Fourth Edition, Geneva, 2011;p. 564.
23. Keyvani N. Environmental Criteria's and Standards in the Field of Human Environment. Department of the Environment of Iran Publication 2004;158 pp (In Persian).
24. Li W, Shen Z, Tian T, et al. Temporal variation of heavy metal pollution in urban stormwater runoff. Front Environ Sci Eng 2012;6(5):692-700.
25. Han YH, Lau SL, Kayhanian M, et al. Correlation analysis among highway stormwater pollutants and characteristics. Water Sci Technol 2006;53(2):235-43.
26. Pitt R, Field R, Lalor M, et al. Urban stormwater toxic pollutants: assessment, sources, and treatability. Water Environ Res 1995;67:260-75.
27. Sabzevari E, Sobhanardakani S. Analysis of selected heavy metals in indoor dust collected from city of Khorramabad, Iran: A case study. Jundishapur J Health Sci 2018;10(3):e67382.
28. Abbaszadeh H, Mohammadi Roozbahani M, Sobhanardakani S. Use of *Ziziphus spina-christ*i and *Prosopis cineraria* leaves as bio-indicators of environmental pollution emitted from industrial areas. Iran J Health Environ 2019;12(1):87-100 (In Persian).
29. McKenzie ER, Money JE, Green PG, Young TM. Metals associated with stormwater-relevant brake and tire samples. Sci Total Environ 2009;407:5855-60.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]

Journal of Environmental Health Engineering, May 2022; Vol. 9, No. 4: 513 - 523

Assessment of metal (Fe, Pb and Cd) pollution of surface runoff of the high traffic intensity regions in city of Malayer, Iran

Mahboubeh Yazdanfar[1], Soheil Sobhanardakani[2*], Lima Tayebi[3]

1 M.Sc. in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
2 Ph.D. in Environmental Science, Professor in Environmental Science, Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
3 3 Ph.D. in Fisheries, Assistant Professor in Fisheries, Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

Email: s_sobhan@iauh.ac.ir
Received: 3 November 2022 , Accepted: 10 December 2022

ABSTRACT

Background and Objective: Nowadays, increases in the extent of impervious surfaces in urban areas causes contributed to flooding and runoff contamination. Therefore, this study was conducted to assess Fe, Pb and Cd concentrations in surface runoff samples collected from regions with high traffic intensity in city of Malayer, west of Iran.

Materials and Methods: In the current study, a total of 15 surface runoff samples were collected from five selected stations. The samples were filtered (0.45 μm), stored in polyethylene bottles and were acidified at a pH lower than 2 by adding concentrated HNO_3 in order to avoid metal adsorption onto the inner bottle walls. Element (Fe, Pb and Cd) concentrations were determined using ICP-OES (710-ES, Varian). All statistical analyses were done using SPSS version 20.0

Results: The results showed that the mean concentrations of Fe, Pb and Cd in runoff samples were 0.220, 0.320 and 0.150 μg/l, respectively. Comparing the mean concentrations of analyzed elements with maximum permissible concentration (MPC) established by WHO and Iran DOE indicated that the mean concentrations of Pb and Cd were found to be higher than WHO permissible limits. On the other hand, the mean concentration of Cd was higher than Iran DOE permissible limits.

Conclusion: The results indicated that surface runoff from regions with high traffic intensity in city of Malayer were polluted with Pb and Cd, which could be threaten the surface water resources and health of citizens. Therefore, periodic monitoring and consequently treatment of runoff from rainfall before entering to surface water resources is recommended.

Keywords: Surface runoff, potentially toxic elements, Atomic emission spectrometry, Traffic intensity, Malayer

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-01-30]

[DOI: 10.61186/jehe.9.4.513]