مجله مهندسی بهداشت محیط، تابستان ۱۴۰۲، سال ۱۰، شماره ۴ : ۴۱۲-۴۳۳

بررسی کیفیت آب باران شهر اصفهان تحت تأثیر غلظت آلودگی هوا در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

سیدعلی شاهرضائی[۱]، مهدی رادفر[۲]، رسول میرعباسی نجف آبادی[۳]، مهرداد مقدس[۴]، نفیسه سادات شاهرضائی[۵] ، شراره محمودی[۶]

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران

[۲] استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه شهرکرد، ایران

[۳] دانشیار، مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران

[۴] دانش‌آموخته دکتری، سازه‌های آبی، دانشگاه تهران، شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ایران

[۵] دانشجوی کارشناسی، مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه ملایر، ایران

[۶] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد محیط زیست گرایش مهندسی آلودگی هوا، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴ ، تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۷/۲۴

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی آب و هوا یکی از مهمترین مشکلاتی است که مردم امروزه در سرتاسر جهان به ویژه در شهرهای بزرگ با آن رو به رو هستند. رشد روزافزون جمعیت و همچنین افزایش وسایل نقلیه و تعداد کارخانه‌های صنعتی در شهر اصفهان موجب شده این شهر نیز به عنوان یکی از بزرگترین شهرهای صنعتی ایران محسوب گردد. اصفهان پس از تهران به عنوان دومین شهر آلوده ایران بشمار می‌آید. شهرستان اصفهان در بسیاری از روزهای سال با بحران آلودگی هوا مواجه می‌باشد که این آلودگی به صورت مستقیم و غیرمستقیم اثرات نامطلوبی برتمامی ابعاد زندگی مردم این شهر دارد. از جمله این تاثیرگذاری‌ها می‌توان به کیفیت آب باران این منطقه اشاره نمود که به آب‌های سطحی و زیرزمینی موجود در منطقه می‌پیوندد و بر کیفیت آن‌ها نیز اثر می‌گذارد. این چرخه ادامه خواهد داشت و آلودگی هوا بر کیفیت آب شرب، کشاورزی، افزایش بیماری‌های تنفسی و در یک کلام بر سلامت جامعه آن منطقه تاثیر می‌گذارد.

مواد و روش ها: در تحقیق حاضر به بررسی اثرگذاری میزان آلودگی هوای اصفهان بر کیفیت آب باران منطقه ۱۰ شهرداری اصفهان پرداخته شده است. کیفیت آب باران بر اساس استاندارد ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی به منظور استفاده در شرب، استاندارد ارائه شده توسط APHA برای آب‌های جاری، استاندارد کشور چین برای مصارف کشاورزی، استاندارد ایران برای مصارف آشامیدنی و کشاورزی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین به منظور ارزیابی کیفیت هوای منطقه، آمار ایستگاه سازمان هواشناسی اصفهان مورد استفاده قرار گرفته و پارامترهای هواشناسی بر اساس استانداردهای ارائه شده توسط آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا مورد تحلیل قرار گرفته است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که میزان EC آب باران حساسیت بیشتری نسبت به میزان pH برای بررسی مقدار آن در آب باران دارد، بطوری‌که در بسیاری از نمونه‌ها با مد نظر قرار دادن میزان pH کیفیت مطلوب داشته، اما با در نظر گرفتن میزان EC همان نمونه کیفیت نامطلوبی را داشته است. نتایج پایش کیفیت هوا بر اساس میزان $PM_{2.5}$ در روزهای بارش نشان داد که ۵ روز در حالت پاک، ۱۳ روز در سطح قابل قبول و ۶ روز غیربهداشتی برای گروه‌های حساس بوده است.

نتیجه‌گیری: رواناب شهری اصفهان برای شرب نیازمند تصفیه است، ولی کیفیت آن برای کشاورزی مناسب است. نتایج نشان داد که

* دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ایران
نویسنده مسئول: **sayyed.ali.shahrezaie@gmail.com** ، شماره تماس: ۰۹۱۳۷۹۴۰۹۴۱

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

EC آب باران همبستگی بالایی با ارتفاع بارش دارد، در حالیکه pH آب باران با ارتفاع بارش همبستگی ندارد. نتایج حاکی از آن است که بارش‌ها با ارتفاع نسبتاً کم موجب افزایش چشمگیر EC آب باران شده است. این کاهش میزان ارتفاع بارش، موجب افزایش میزان CO و $PM_{2.5}$ در هوای موجود نیز شده است. ارتفاع بارش بر روی میزان pH آب باران بی تاثیر بوده است، در حالیکه با افزایش ارتفاع بارش، میزان EC آن به شدت کاهش یافته است. بطور کلی ارتفاع بارش تاثیر قابل توجهی بر غلظت EC آب باران دارد. نتایج نشان داد که در تمام روزهای بارندگی، میزان آلاینده‌های CO، SO_2 و O_3 در حالت پاک قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب باران، ذرات معلق، آلودگی هوا، شهر اصفهان

مقدمه

یکی از اساسی‌ترین مسائل مورد بررسی توسط برنامه‌ریزان و مدیران منابع آب، تأمین آب سالم به منظور مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت در مناطق مختلف بخصوص مناطق خشک که با بحران کم آبی مواجه‌اند، می‌باشد. لذا جمع‌آوری و استفاده از آب باران با کیفیت در بسیاری از موارد کمک شایانی به تامین آب در آن منطقه می‌نماید. رشد روز افزون جمعیت و همچنین گسترش نیاز آن‌ها بهره‌برداری از منابع آبی مختلف را تحت الشعاع قرار داده و به دنبال آن مصرف بی‌رویه آب باعث بروز مشکلاتی مانند کاهش سطح آب زیرزمینی، نشست زمین و همچنین کاهش کیفیت آب سطحی شده است[1]. به منظور تامین بخشی از نیاز آبی می‌توان از سیستم‌های استحصال آب باران استفاده نمود. این سیستم‌ها می‌توانند به طور چشمگیری تقاضا را از منابع آب عمومی کاهش دهند و راه حل مناسبی به منظور مقابله با کمبود آب باشند و از لحاظ اقتصادی مزایا و منافع بسیاری برای کشور دارند[2]. امروزه آلودگی هوا یکی از مهمترین مسائل شهرهای بزرگ جهان محسوب می‌شود و به عنوان یک چالش اصلی در بحث مدیریت کشورها تبدیل شده است. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی در هر سال ۳ میلیون نفر بر اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند و افراد زیادی از بیماری‌های ناشی از آن رنج می‌برند[3]. در طی سال‌های أخیر آلودگی هوا در کلان‌شهر اصفهان به بحران جدی تبدیل شده است و این شهر به عنوان یکی از بزرگترین شهرهای ایران و یکی از کلان شهرهای آلوده دنیا می‌باشد که بعد از شهر تهران مقام دوم آلودگی را در کشور ایران به خود اختصاص داده است[4]. بر اساس مطالعات انجام شده در محدوده اصفهان از مجموع کل آلاینده‌های روزانه در اصفهان، ۱۳ درصد مربوط به صنایع شهری، ۱۱ درصد متعلق به منابع خانگی و ۷۶ درصد مربوط به منابع آلوده‌کننده ناشی از ترافیک می‌باشند. خودروهای بنزینی و موتورسیکلت‌ها، مهم‌ترین عامل آلودگی هوا در اصفهان به شمار می‌روند[5]. معمولاً پیش‌بینی می‌شود آب باران به طور کامل خالص باشد، این در حالیست که با توجه به تماس آن با گازهای مخلوط در هوا، گرد و خاک، ذرات معلق، مقادیر قابل چشم‌گیری از آن‌ها را در خود حل نموده و به زمین می‌آورد. گازهائی مانند ازت، اکسیژن و گاز کربنیک در آب باران وجود خواهند داشت و بنابراین کیفیت آن را تغییر می‌دهند[6]. بر اساس مطالعات انجام شده در طی خشکسالی‌های زیادی که در استرالیا اتفاق افتاده است، تأثیر باران اسیدی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان داد در اماکنی که ساختمان‌سازی و گرد و خاک بیشتر باشد، مقدار غلظت یون‌های موجود در باران اسیدی بیشتر بوده و باران اسیدی‌تر می‌باشد[7]. بیشترین آلاینده‌های شهری شامل منوکسید کربن، اکسیدهای گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، ازن و غبار می‌باشند. در تشکیل مه دود، عناصر آب و هوایی مانند دما، رطوبت، تابش، پایداری جو، وارونگی دما و سمت و سرعت باد مؤثر می‌باشند. اگر هوا پایدار باشد و ارتفاع لایه وارونگی دما پایین باشد، آلاینده‌ها متراکم شده و غلظت آلودگی در نزدیکی سطح

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

زمین بالا می‌رود. این در حالیست‌که اگر جو ناپایدار باشد و باد بوزد، مواد زاید از جـو شـهری خـارج و پس از صعـود به سمـت لایه‌های بالاتر، با هوای آن قسمت مخلوط شده و در نهایت رقیق می‌گردد[۸]. دیانتی تیلکی و همکاران، به بررسی کیفیت میکروبی آب باران ذخیره شده در آب انبارهای مناطق روستائی شهرستان گمیشان در سال ۱۳۹۲ پرداختند. آن‌ها دریافتند از مجموع ۶۰۴ نمونه آب که در آزمون‌های کلیفرم کل و گرماپای مورد ارزیابی قرار گرفتند، ۹۴ مورد یا به عبارتی ۲۳/۱۴ درصد حاوی آلودگی کلیفرم کل و ۲۸ مورد یا به عبارتی ۶/۸۹ درصد دارای آلودگی کلیفرم گرماپای بوده‌اند. در بین وضعیت بهداشتی آب انبارها و آلودگی کلیفرم کل و گرماپای در آب انبارها رابطه معنی‌داری وجود داشت. با توجه به وجود شرایط غیربهداشتی در آب انبارهای مورد بررسی، توصیه شد که تدابیری در خصوص بهداشتی‌سازی آب انبارها صورت گیرد و یا کاربری آب انبارها از شرب به غیرشرب تغییر پیدا کند[۹] ارفعـی‌نیا و همکـاران، به بررسـی مقایسه‌ای کیفیت بهداشتی هوای کلانشهرهای تهران، اصفهان و شیراز در سال ۱۳۹۰ پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند کیفیت هوای شهرهای تهران، اصفهان و شیراز به ترتیب ۳۴۱، ۳۲۲ و ۸۵ روز در سال از حد استاندارد سازمان حفـاظت محـیط زیست ایران بیشتر می‌باشد و هر سه شهر در اکثر روزهای سال ذرات معلق آلاینده بیش از حد مجاز می‌باشند. نتایج نشان داد که کیفیت هوای هر سه شهر بهداشتی نبوده و هوای دو شهر تهران و اصفهـان نسبت به شـهر شیراز از وضعیت نامطلوب‌تری برخوردار می‌باشند[۱۰]. کـرمـانی و همـکـاران، شـــاخص بهداشتی کیفیت هوا و کاربردهای آن در هفت شهر ایران را در سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند بر اساس شاخص بهداشت کیفیت هوا، میزان آلودگی در هفت کلانشهر کشور در وضعیت نامطلوبی قرار دارند و بر این اساس آلودگی هوا در شهرهای اهواز، اراک، تهران، اصفهان، شیراز، تبریز و مشهد به ترتیب در ۸۵، ۷۳، ۷۰، ۶۰، ۴۷، ۷۳ و ۲۹ درصد از روزهای سال بیش از حد مجاز می‌باشد[۱۱]. ریچاردسون و همکاران، روش‌های مختلف استحصال آب باران را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند سطوح آسفالت، آلودگی‌های نفتی، ذرات جدا حمل شده از آسفالت جاده و خیابان‌ها، حمل رسوبات به جا مانده از چرخ وسایل نقلیه و همچنین ذرات گرد و غبار موجود در سطوح آسفالت از موارد آلوده‌کننده رواناب سطوح شهری به حساب می‌آیند[۱۲]. تجریشی اصل، به بررسی کیفی آب باران به منظور استفاده در کاربری‌های مختلف در منطقه یک شهر تهران پرداخته است. وی نتیجه گرفت در تمام نمونه‌های آب باران و رواناب، متغیرهای فیزیکی و شیمیایی در محدوده مجاز تعیین شده توسط استاندارد ایران قرار دارند و فقط در ۱۶/۶۷ درصد نمونه‌های رواناب میزان یون سدیم و هدایت الکتریکی بیشتر از مقادیر استاندارد می‌باشد. غلظت فلزات نیکل، وانادیوم و روی نیز در تمام نمونه‌ها کمتر از محدوده مجاز قرار داشت[۱۳]. جونالاگدا و همکاران، به بررسی ترکیب شیمیایی آب باران و کیفیت هوا در کشور زیمباوه پرداختند. آن‌ها داده‌های مربوط به همان دوره کیفیت آب باران با تجزیه و تحلیل نمونه‌های بارش از پنج مکان انتخاب شده در زیمباوه برای سال ۱۹۹۰-۱۹۹۱ تعیین نمودند. سطوح نیترات، کلرید، سولفات، آمونیوم، پتاسیم، سدیم و یون‌های کلسیم، علاوه بر pH مقادیر هدایت الکتریکی را تعیین نمودند. در ادامه آن‌ها نسبت کاتیون به آنیون را بر اساس داده‌های تجربی برای نمونه‌های آب باران محاسبه و وضعیت کیفیت محیط جوی در زیمباوه را مورد ارزیابی قرار دادند[۱۴]. تو و همکاران، به بررسـی شاخص بهداشـت کیـفیـت هوا و عوارض آسم در تورنتو کانادا پرداختند. آن‌ها دریافتند که در یک روز مشخص با افزایش یک واحد AQHI[۱] تعداد مراجعه‌کنندگان به مراکز خدمـات درمانی مخصوص آسـم در

[۱] Air Quality Health Index (AQHI)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

آن روز مشخص ۵/۶ درصد افزایش یافته است. بر اساس مطالعات آن‌ها تعداد افراد بستری شده در بیمارستان در همان روز ۱/۲ درصد افزایش یافته است[۱۵]. چن و همکاران، از شاخص‌های سلامت کیفیت هوا به منظور بررسی رابطه بین خطرات آلودگی هوا و ارتباط آن با سلامت عموم مردم شهر شانگ‌های چین استفاده کردند. آن‌ها متوجه شدند با افزایش مقدار شاخص AQHI مرگ و میر و همچنین تعداد بیماران بستری شده در بیمارستان طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۸ میلادی نیز افزایش یافته است[۱۶]. شاهرضائی و رادفر، به بررسی کیفیت آب باران اصفهان و شهرکرد با توجه به استانداردهای موجود پرداختند. آن‌ها بیان کردند در صورت در نظر گرفتن پارامتر pH در شهرستان اصفهان در ۳ آذر ۱۳۹۷ و ۲۳ فروردین ۱۳۹۸ کیفیت آب باران با توجه به استاندارد کیفیت آب آشامیدنی ایران مناسب نیست[۱۷]. گلباز و همکاران، به بررسی کیفیت هوای شهر تهران در سال ۱۳۸۷ با تکیه بر شاخص کیفیت هوا پرداخته‌اند. آنها بیان کردند با توجه به مطالعات انجام شده در سال ۱۳۸۷، ۴۳ روز کیفیت هوا از حد استاندارد حفاظت محیط زیست آمریکا کمتر شده است و ۳۲۳ روز دیگر از حد استاندارد تجاوز نموده است[۱۸]. به منظور ارزیابی کیفیت آب هر منبع محقق می‌تواند غلظت عوامل موثر بر کیفیت آب را بسته به مصرف مورد نظر و همچنین در دسترس بودن داده‌ها ارزیابی نماید. عوامل و پارامترهای متعددی بر کیفیت آب موثر می‌باشند:

از عوامل موثر بر کیفیت آب مورد مطالعه پارامترهای فیزیکوشیمیایی می‌باشند. این پارامترها شامل هدایت الکتریکی، pH و کدورت هستند. هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج یا EC[۲] متر، pH با pH متر و کدورت نیز با استفاده از کدورت‌سنج اندازه‌گیری می‌شود. از دیگر عوامل موثر بر کیفیت آب، پارامترهای میکروبی می‌باشند که می‌توان به باکتری‌های شمارش پلیت هتروتروفی، کلیفرم مدفوعی، استرپتوکوک مدفوعی، کلیفرم‌های کل، استافیلوکوک آرئوس و سودوموناس آئروژینوزا اشاره نمود.

هدف از مطالعه حاضر، بررسی ارتباط بین آلودگی هوا و کیفیت آب باران در شهر اصفهان می‌باشد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر منطقه ۱۰ اصفهان که منطقه‌ای نسبتاً پر جمعیت می‌با شد و حدوداً در مرکز شهر ا صفهان قرار دارد و از مناطق شلوغ شهر از نظر تردد و عبور و مرور و سایل نقلیه مح سوب می شود، انتخاب شده ا ست. ا صفهان با م ساحتی حدوداً برابر ۱۰۷۰۴۴ کیلومتر مربع، م عادل ۶/۴۹ درصد مساحت کل کشور را دارا می‌باشد. این شهر در ناحیه مرکزی ایران در محدوده جغرافیایی ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است[۱۹]. استان اصفهان از سمت شمال توسط استان‌های قم، سمنان و مرکزی، از طرف شرق توسط استان‌های یزد و خراسان، از طرف جنوب توسط استان‌های کهکیلویه و بویر احمد و فارس و از سمت غرب توسط استان‌های لرستان و چهارمحال بختیاری احاطه شده و همسایه می‌باشد[۲۰]. با توجه به آخرین سرشماری رسمی انجام شده در سال ۱۳۹۵ جمعیت استان اصفهان ۵۱۲۰۸۵۰ نفر می‌باشد که از این تعداد ۴۵۰۷۳۰۹ نفر در نقاط شهری زندگی می‌کنند.

بر اساس این آمار میزان شهرنشینی در استان اصفهان معادل ۸۸ درصد برآورد شده است[۲۱]. نمائی از منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

[۲] Electrical conductivity (EC)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

روش کار

در این پژوهش، بارش‌های به وقوع پیوسته از آبان‌ماه ۱۳۹۷ تا فروردین ۱۳۹۸ توسط بشر پلاستیکی مدرج (منقح شده) از پشت‌بام مسکونی واقع در منطقه مذکور جمع‌آوری شده است. نمونه بارش‌ها پس از جمع‌آوری درون ظرفی درب‌دار در محیطی تاریک و با دمایی نسبتاً یکسان برای تمام نمونه‌ها، نگهداری شده‌اند (تمام نمونه‌ها در شرایط مشابه هم نگهداری شده‌اند). هر نمونه پس از گذشت چند روز از زمان وقوع بارش به آزمایشگاه خاکشناسی واقع در دانشگاه شهرکرد انتقال یافته و مورد آزمایش قرار گرفته است. به منظور بررسی کیفیت آب باران اصفهان دو پارامتر فیزیکوشیمیایی شامل EC و pH مورد بررسی قرار گرفته است. این دو پارامتر توسط دستگاه EC متر و pH سنج کالیبره شده واقع در آزمایشگاه مذکور مورد آنالیز قرار گرفته‌اند.

استانداردهای بسیاری برای بررسی کیفیت آب توسط محققین و دانشمندان جهان ارائه شده است. در جدول ۱ چند نمونه از شاخص‌ترین استانداردها به منظور بررسی کیفیت آب باران اصفهان انتخاب و در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار گرفته است.

به کمک رابطه ۱ و جدول ۲ امکان محاسبه میزان شاخص روزانه برای هر کدام از غلظت‌های استاندارد شده آلاینده‌ها در ایستگاه مورد نظر فراهم شده است. لذا بیشترین میزان از میان زیر شاخص‌ها به عنوان شاخص نهائی و آلاینده‌ای که نمایانگر بالاترین زیر شاخص می‌باشد، به عنوان آلاینده مسئول یا به عبارتی آلاینده‌ای که بیش از حد مجاز می‌باشد معرفی می‌گردد.

$$I_p = \frac{I_{Hi}-I_{Lo}}{BP_{Hi}-BP_{Lo}}(C_p - BP_{Hi}) + I_{Lo} \quad (۱)$$

در رابطه ۱ پارامترها بدین شرح می باشند: I_p شاخص محاسبه شده برای آلاینده مورد بررسی، C_p غلظت گرد شده آلاینده مورد بررسی، BP_{Hi} غلظت استاندارد موجود در طبقه‌ای از جدول ۲ که معادل و یا بیشتر از غلظت گرد شده آلاینده مورد بررسی می‌باشد، BP_{Lo} غلظت استاندارد موجود در طبقه‌ای از جدول ۲ که معادل و یا کمتر از غلظت گرد شده آلاینده مورد بررسی در نظر گرفته می‌شود، I_{Hi} بیشترین میزان شاخص کیفیت هوا در طبقه‌ای از جدول ۲ که غلظت آلاینده مورد بررسی در آن طبقه قرار می‌گیرد و I_{Lo} کمترین میزان شاخص کیفیت هوا در طبقه‌ای از جدول ۲ که غلظت آلاینده مورد بررسی در آن طبقه قرار می‌گیرد[۲۲].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

جدول ۱- بررسی استاندارد کیفیت آب بر اساس پارامترهای pH و EC[۱۷]

ردیف	استاندارد	پارامتر	
		EC ($\mu s/cm$)	PH
۱	WHO برای آب آشامیدنی	کمتر از ۲۵۰	۸/۵-۶/۵
۲	APHA برای آب‌های جاری	۱۵۰ تا ۵۰۰	۸/۵-۶/۵
۳	چین برای مصارف کشاورزی	-	۹-۶
۴	کیفیت آب آشامیدنی ایران	-	۹/۲-۶/۵
۵	کیفیت آب ایران برای مصارف کشاورزی	۷۵۰ تا ۲۲۵۰	۹-۶

جدول ۲- طبقات آلاینده‌ها به منظور محاسبه شاخص کیفیت هوا[۲۳]

ردیف	شاخص طبقات کیفیت هوا	CO (8hr,ppm)	PM_{10} (24hr,$\mu g/m^3$)	SO_2 (24hr,ppm)	NO_2 (1hr,ppm)	O_3 (1hr,ppm)
۱	۰-۵۰	۰/۰-۴/۴	۰-۵۴	۰/۰-۰/۰۳۴	-	-
۲	۵۱-۱۰۰	۴/۵-۹/۴	۵۵-۱۵۴	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	-	-
۳	۱۰۱-۱۵۰	۹/۵-۱۲/۵	۱۵۵-۲۵۴	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	-	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴
۴	۱۵۱-۲۰۰	۱۲/۵-۱۵/۴	۲۵۵-۳۵۴	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	-	۰/۱۶۵-/۲۰۴
۵	۲۰۱-۳۰۰	۱۵/۵-۳۰/۴	۳۵۵-۴۲۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۰/۶۵-۱/۲۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴
۶	۳۰۱-۴۰۰	۳۰/۵-۴۰/۴	۴۲۵-۵۰۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۱/۲۵-۱/۶۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴
۷	۴۰۱-۵۰۰	۴۰/۵-۵۰/۴	۵۰۵-۶۰۴	۰/۸۰۵-۱/۰۰۴	۱/۶۵-۲/۰۴	۰/۵۰۵-۰/۶۰۴

پس از مشخص نمودن طبقات آلاینده‌ها با استفاده از جدول ۲ می‌توان با استفاده از جدول ۳ دستور العمل‌های احتیاطی را برای مردم در شرایط مختلف اعلام کرد.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

جدول ۳- رنگ و توصیف‌کننده شاخص‌های کیفیت هوا[۲۴]

ردیف	شاخص طبقات کیفیت هوا	رنگ	توصیف‌کننده	دستور العمل
۱	۰-۵۰	سبز	پاک	ندارد.
۲	۵۱-۱۰۰	زرد	قابل قبول	معمولاً افراد حساس باید فعالیت‌های طولانی مدت خارج از منزل را محدود نمایند.
۳	۱۰۱-۱۵۰	نارنجی	غیربهداشی برای گروه‌های حساس	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری‌های تنفسی مانند آسم هستند، باید فعالیت‌های طولانی مدت خارج از منزل را محدود نمایند.
۴	۱۵۱-۲۰۰	قرمز	غیربهداشتی	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری‌های تنفسی مانند آسم هستند، (به خصوص کودکان) باید فعالیت‌های طولانی مدت خارج از منزل را اجتناب نمایند.
۵	۲۰۱-۳۰۰	ارغوانی	بسیار غیربهداشتی	کودکان و بزرگسالان فعال و افرادی که دچار بیماری‌های تنفسی مانند آسم هستند، (به خصوص کودکان) باید فعالیت‌های طولانی مدت خارج از منزل را حذف نمایند.
۶	۳۰۱-۵۰۰	زرشکی	خطرناک	تمامی افراد باید از هر گونه فعالیت در خارج از منزل جداً خودداری نمایند.

نتایج

بررسی نتایج حاصل از کیفیت آب باران اصفهان

درجدول ۴ نتایج حاصل از کیفیت آب باران شهر اصفهان ارائه شده است

جدول ۴- کیفیت آب باران اصفهان بر اساس پارامترهای pH و EC

ردیف	تاریخ بارش	ارتفاع بارش (mm)	pH	EC ($\mu s/cm$)	ردیف	تاریخ بارش	ارتفاع بارش (mm)	pH	EC ($\mu s/cm$)
۱	۱۳۹۷/۰۸/۰۴	۳/۲	۷/۱۴	۴۳/۵	۱۳	۱۳۹۷/۱۱/۰۷	۰/۲	۷/۱۶	۴۶۸
۲	۱۳۹۷/۰۸/۱۵	۱/۳	۷/۴۴	۱۶۹/۶	۱۴	۱۳۹۷/۱۱/۲۰	۰/۵	۷/۱۲	۳۶۶
۳	۱۳۹۷/۰۸/۲۳	۱/۶	۷/۰۹	۳۳/۲	۱۵	۱۳۹۷/۱۱/۲۶	۰/۲	۶/۸۴	۳۵۴
۴	۱۳۹۷/۰۸/۲۴	۲/۸	۷/۴۵	۳۹/۹	۱۶	۱۳۹۷/۱۲/۲۶	۰/۸	۷/۲۸	۳۵۴
۵	۱۳۹۷/۰۸/۲۵	۰/۲	۶/۷۹	۵۳/۶	۱۷	۱۳۹۸/۰۱/۰۵	۲۲/۴	۷/۸۲	۴۳/۴
۶	۱۳۹۷/۰۹/۰۲	۰/۶	۷/۶۵	۵۳۵	۱۸	۱۳۹۸/۰۱/۰۶	۲/۴	۷/۹۳	۳۱/۸
۷	۱۳۹۷/۰۹/۰۳	۱۸/۳	۶/۳۶	۳۸	۱۹	۱۳۹۸/۰۱/۱۲	۰/۳	۷/۹۸	۱۴۷/۴

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

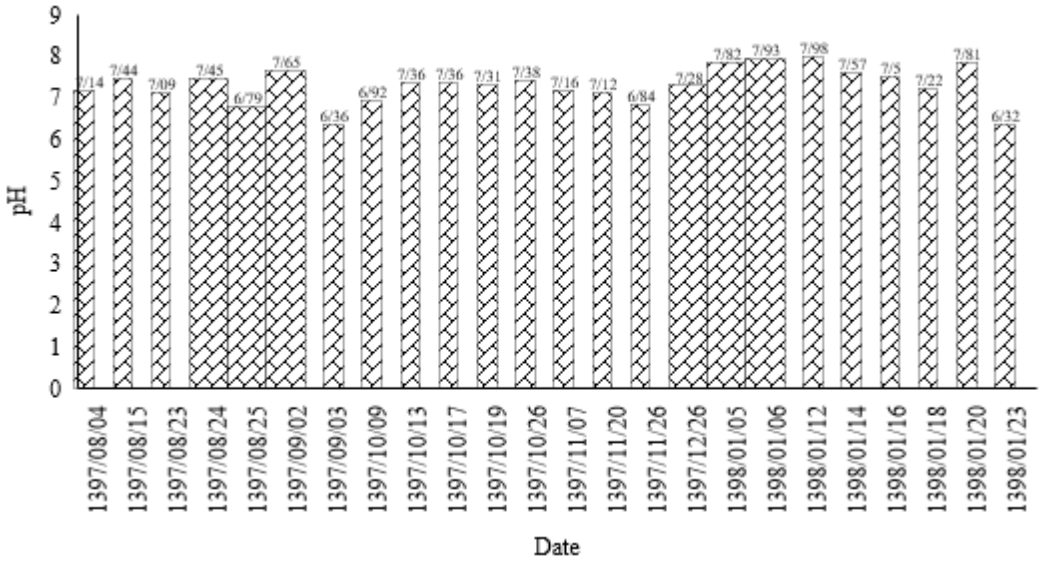
[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

۸	۱۳۹۷/۱۰/۰۹	۱/۴	۶/۹۲	۸۲۵	۲۰	۱۳۹۸/۰۱/۱۴	۱/۲	۷/۵۷	۲۰۲
۹	۱۳۹۷/۱۰/۱۳	۹/۳	۷/۳۶	۹۲	۲۱	۱۳۹۸/۰۱/۱۶	۲/۸	۷/۵	۱۱۰/۹
۱۰	۱۳۹۷/۱۰/۱۷	۰/۲	۷/۳۶	۴۵۸	۲۲	۱۳۹۸/۰۱/۱۸	۲/۹	۷/۲۲	۲۱۲
۱۱	۱۳۹۷/۱۰/۱۹	۹/۵	۷/۳۱	۳۶	۲۳	۱۳۹۸/۰۱/۲۰	۰/۸	۷/۸۱	۱۸۲/۴
۱۲	۱۳۹۷/۱۰/۲۶	۳/۴	۷/۳۸	۱۵۲	۲۴	۱۳۹۸/۰۱/۲۳	۱/۱	۶/۳۲	۱۷۵/۸

در ادامه به بررسی کیفیت آب باران اصفهان با مد نظر قرار دادن دو پارامتر EC و pH به صورت مجزا بر اساس استانداردهای ارائه شده در جدول ۱ پرداخته شده است.

بررسی کیفیت آب باران بر اساس pH

در شکل ۲ تغییرات پارامتر pH طی سال آبی ۱۳۹۷–۱۳۹۸ ارائه شده است.



شکل ۲- تغییرات **pH** آب باران شهر اصفهان طی سال ۱۳۹۷–۱۳۹۸

طبق شکل ۲ و با توجه به استانداردهای WHO[۳] (سازمان بهداشت جهانی)، استاندارد ایران برای مصارف آشامیدنی و استاندارد APHA (انجمن بهداشت عمومی آمریکا)، بارش‌های به وقوع پیوسته در ۳ آذرماه ۱۳۹۷ و ۲۳ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ از کیفیت مناسبی برای مصارف آشامیدنی برخوردار نمی‌باشند. این درحالیست که تمام بارش‌های بررسی شده در سال ۱۳۹۷–۱۳۹۸، بر اساس استانداردهای ایران و چین برای مصارف کشاورزی از کیفیت مطلوبی برخوردار می‌باشند.

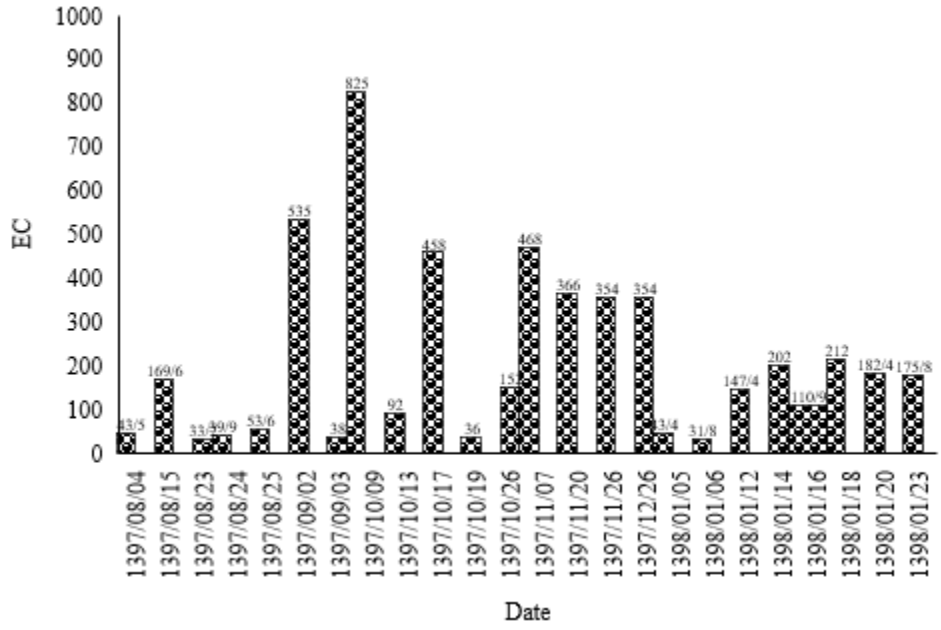
بررسی کیفیت آب باران بر اساس EC

نتایج حاصل از کیفیت آب باران با در نظر گرفتن پارامتر EC در سال آبی ۱۳۹۷–۱۳۹۸ در اصفهان مطابق شکل ۳ ارائه شده است.

[۳] World Health Organization

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]



شکل ۳- تغییرات **EC** آب باران شهر اصفهان طی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

با توجه به شکل ۳ و بر اساس استاندارد WHO بارش‌های به وقوع پیوسته در تاریخ‌های ۲ آذرماه، ۹ دی‌ماه، ۱۷ دی‌ماه، ۷ بهمن‌ماه، ۲۰ بهمن‌ماه، ۲۶ بهمن‌ماه و ۲۶ اسفندماه در سال ۱۳۹۷ از کیفیت نامطلوبی برخوردار می‌باشند. بر اساس استاندارد APHA بارش‌های به وقوع پیوسته در ۱۵ آبان‌ماه، ۲ آذرماه، ۹ دی‌ماه، ۱۷ دی‌ماه، ۲۶ دی‌ماه، ۷ بهمن‌ماه، ۲۰ بهمن‌ماه، ۲۶ بهمن‌ماه و ۲۶ اسفندماه در سال ۱۳۹۷ و همچنین بارش‌های اتفاق افتاده در ۱۴ فروردین‌ماه، ۱۸ فروردین‌ماه، ۲۰ فروردین‌ماه و ۲۳ فروردین‌ماه در سال ۱۳۹۸ به منظور مصارف شرب از کیفیت مطلوبی برخوردار نمی‌باشند. این در حالیست که تمام بارش‌های مورد بررسی در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ بر اساس استاندارد ارائه شده توسط کشور ایران، از کیفیت مناسبی برای مصارف کشاورزی برخوردار می‌باشند.

بررسی آلودگی هوای شهر اصفهان

در جدول ۵ فاکتورهای اندازه‌گیری پایش آلودگی هوای شهر اصفهان در روزهای بارانی نشان داده شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

جدول ۵- فاکتورهای اندازه‌گیری پایش آلودگی هوای شهر اصفهان در روزهای بارانی

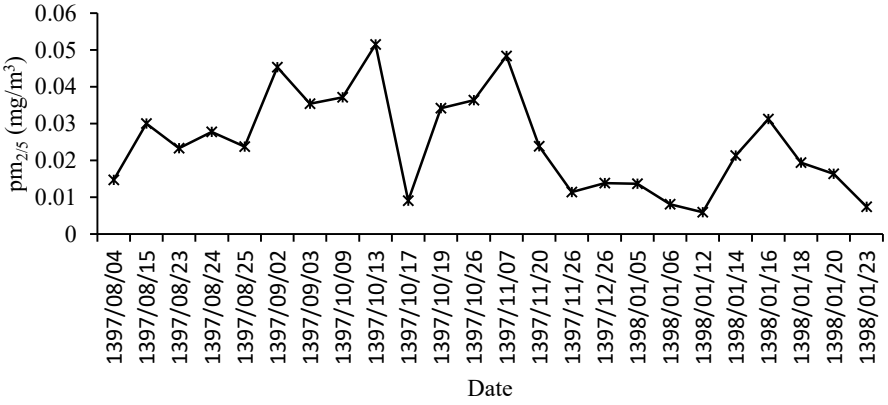
ردیف	تاریخ	CO (8hr,ppm)	O_3 (8hr,ppb)	NO_2 (1hr,ppb)	SO_2 (1hr,ppb)	$PM_{2/5}$ (24hr,mg/m^3)	AQI
۱	۱۳۹۷/۰۸/۰۴	۱/۷۴	۱۲/۷	۲۹/۶	۱۰/۲	۰/۰۱۴۷	۵۶
۲	۱۳۹۷/۰۸/۱۵	۲/۵	۳/۱۲۵	۴۲/۸۵	۷/۸	۰/۰۳	۸۹
۳	۱۳۹۷/۰۸/۲۳	۱/۹۲۵	۷/۷	۴۱/۵۶	۷/۸	۰/۰۲۳۳	۷۵
۴	۱۳۹۷/۰۸/۲۴	۱/۷۸	۶/۹۶	۳۸/۹	۵/۴	۰/۰۲۷۸	۸۴
۵	۱۳۹۷/۰۸/۲۵	۱/۹۸	۵/۶	۳۳/۸	۸/۳	۰/۰۲۳۷۳	۷۵
۶	۱۳۹۷/۰۹/۰۲	۳/۴	۳/۲	۴۴/۶	۱۲/۸	۰/۰۴۵۳۳	۱۲۰
۷	۱۳۹۷/۰۹/۰۳	۲/۳۳	۳/۹۶	۳۸	۱۰/۷	۰/۰۳۵۴	۱۰۶
۸	۱۳۹۷/۱۰/۰۹	۲/۵۵	۵/۶	۵۲/۹۷	۱۲/۲	۰/۰۳۷۱۲	۱۰۵
۹	۱۳۹۷/۱۰/۱۳	۳/۲	۳/۳	۵۳/۲	۱۵/۸	۰/۰۵۱۵	۱۴۰
۱۰	۱۳۹۷/۱۰/۱۷	۲/۸۳	۹/۳	۵۲/۲	۱۶/۱	۰/۰۰۹۱	۴۹
۱۱	۱۳۹۷/۱۰/۱۹	۲/۸	۳/۱	۴۶/۹	۸/۸	۰/۰۳۴۲	۹۷
۱۲	۱۳۹۷/۱۰/۲۶	۳/۰۱۳	۳/۳	۵۴/۶	۱۳/۳	۰/۰۳۶۳۵	۱۰۳
۱۳	۱۳۹۷/۱۱/۰۷	۲/۹	۳/۷۹	۵۵/۳	۱۲/۵	۰/۰۴۸۴	۱۳۳
۱۴	۱۳۹۷/۱۱/۲۰	۲/۱۴	۱۰/۳	۴۹/۶	۱۰/۸	۰/۰۲۳۸۱	۷۶
۱۵	۱۳۹۷/۱۱/۲۶	۲/۱	۸/۳	۴۶/۱۳	۸/۹	۰/۰۱۱۴	۴۸
۱۶	۱۳۹۷/۱۲/۲۶	۲	۱۱/۷۳	۴۷/۵	۸/۱	۰/۰۱۳۸۳	۵۵
۱۷	۱۳۹۸/۰۱/۰۵	۱/۴۵	۸/۱	۲۳/۹	۴/۷	۰/۰۱۳۷۱	۵۴
۱۸	۱۳۹۸/۰۱/۰۶	۱/۶	۱۰/۴	۲۸/۱	۴/۳	۰/۰۰۸۰۹	۳۳
۱۹	۱۳۹۸/۰۱/۱۲	۱/۷۴	۸/۴۹	۳۳/۱	۵/۹	۰/۰۰۵۹۵	۳۱
۲۰	۱۳۹۸/۰۱/۱۴	۱/۹۹	۱۵/۴۵	۴۴/۴	۶/۲	۰/۰۲۱۳	۷۰
۲۱	۱۳۹۸/۰۱/۱۶	۲/۶	۱۳/۲	۴۲/۶	۶/۹	۰/۰۳۱۲۱	۹۱
۲۲	۱۳۹۸/۰۱/۱۸	۲/۱۷	۵/۵	۳۴/۵	۶	۰/۰۱۹۴۲	۶۶
۲۳	۱۳۹۸/۰۱/۲۰	۲	۹/۶۱	۴۲/۶۵	۸/۴	۰/۰۱۶۴	۶۰
۲۴	۱۳۹۸/۰۱/۲۳	۱/۶۱۳	۱۳/۱۶	۳۲/۹۷	۵/۶	۰/۰۰۷۴	۳۱

بررسی کیفیت هوای اصفهان بر اساس ذرات معلق (PM2.5)

در شکل ۴ روند تغییرات ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{2.5}$) در روزهای بارانی طی سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ نشان داده شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

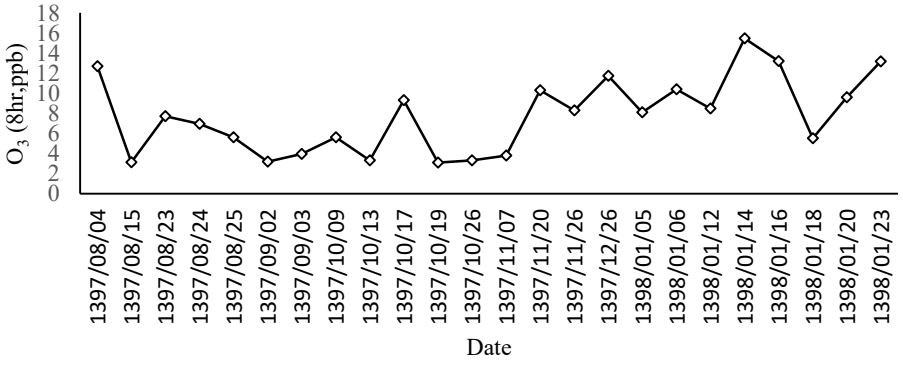


شکل ۴- تغییرات **$PM_{2.5}$** هوای شهر اصفهان طی روزهای بارانی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

طبق شکل ۴ در روزهای بارانی اصفهان طی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸، فقط هوای ۵ روز (۲۰/۸ درصد) در سطح خوب، ۱۳ روز (۵۴/۲ درصد) در حالت قابل قبول و ۶ روز (۲۵ درصد) در طبقه غیربهداشتی برای گروه‌های حساس بوده است. بیشترین و کمترین میزان $PM_{2.5}$ معادل ۰/۰۵۱۵ و ۰/۰۰۵۹۵ میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشد که به ترتیب در ۱۳ دی‌ماه ۱۳۹۷ و ۱۲ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ اتفاق افتاده است.

بررسی کیفیت هوای اصفهان براساس ازن (O_3)

در شکل ۵ روند تغییرات آلاینده O_3 در روزهای بارانی سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ نشان داده شده است.



شکل ۵- تغییرات ازن (**O_3**) هوای شهر اصفهان طی روزهای بارانی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

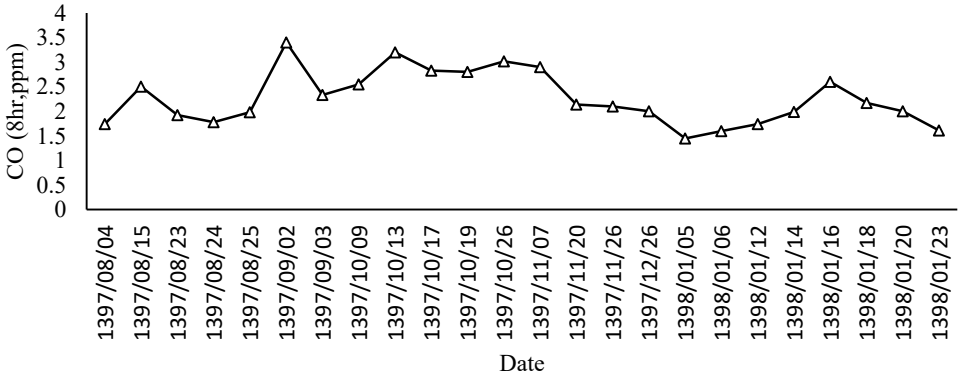
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

با توجه به شکل ۵ میزان O_3 در تمام روزهای بارندگی در حالت پاک قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان O_3 به ترتیب معادل ۱۵/۴۵ و ۳/۱ ppb بوده که به ترتیب مربوط به ۱۴ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ و ۱۹ دی‌ماه ۱۳۹۷ می‌باشد.

بررسی کیفیت هوای اصفهان بر اساس CO

در شکل ۶ روند تغییرات آلاینده مونواکسید کربن در روزهای بارانی سال ۱۳۹۷–۱۳۹۸در شهر اصفهان نشان داده شده است.



شکل ۶- تغییرات مونواکسید کربن (**CO**) هوای اصفهان طی روزهای بارانی سال ۱۳۹۷–۱۳۹۸

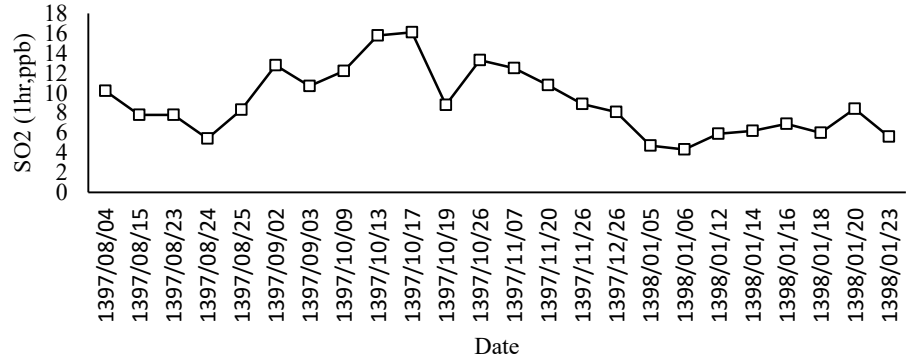
با توجه به شکل ۶ میزان CO در تمام ۲۴ روز بارندگی سال مورد بررسی (۱۰۰ درصد) در حالت پاک قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان CO به ترتیب معادل ۳/۴ و ۱/۴۵ ppm بوده که به ترتیب در ۲ آذرماه ۱۳۹۷ و ۵ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ اتفاق افتاده است.

بررسی کیفیت هوای اصفهان بر اساس دی اکسید گوگرد (SO_2)

در شکل ۷ روند تغییرات آلاینده SO_2 در روزهای بارانی در شهر اصفهان طی سال ۱۳۹۷–۱۳۹۸ نشان داده شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

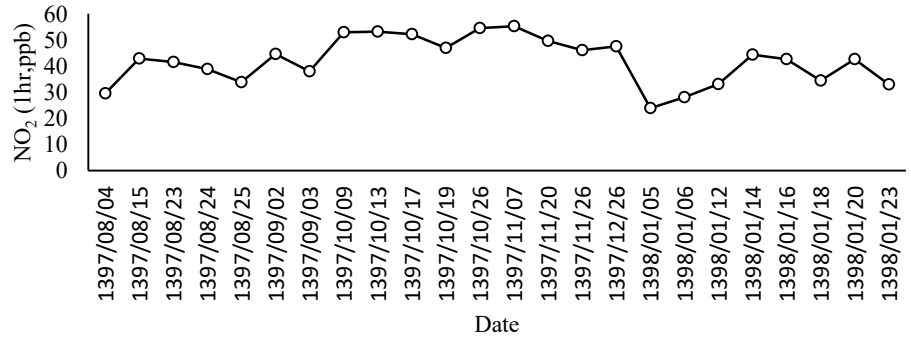


شکل۷- تغییرات دی اکسید گوگرد (**SO_2**) هوای اصفهان طی روزهای بارانی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

با توجه به شکل ۷ میزان SO_2 در تمام روزهای بارانی سال مورد بررسی (۱۰۰ درصد) در حالت پاک قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان SO_2 معادل ۱۶/۱ و ۴/۳ ppb بوده که به ترتیب در ۱۷ دی‌ماه ۱۳۹۷ و ۶ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ رخداده است.

بررسی کیفیت هوای اصفهان بر اساس دی اکسید نیتروژن (NO2)

در شکل ۸ روند تغییرات آلاینده NO_2 در روزهای بارانی نشان داده شده است.



شکل ۸- تغییرات دی اکسید نیتروژن (**NO_2**) هوای اصفهان در روزهای بارانی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

با توجه به شکل ۸ از ۲۴ روز نمونه بارندگی با در نظر گرفتن میزان NO_2 در هوا، ۲۲ روز (۹۱/۶ درصد) در سطح هوای پاک و ۲ روز (۸/۴ درصد) در طبقه قابل قبول می‌باشند. بیشترین و کمترین میزان NO_2 معادل ۵۵/۳ و ۲۳/۹ ppb بوده که به ترتیب در ۷ بهمن‌ماه ۱۳۹۷ و ۵ فروردین‌ماه ۱۳۹۸اتفاق افتاده است.

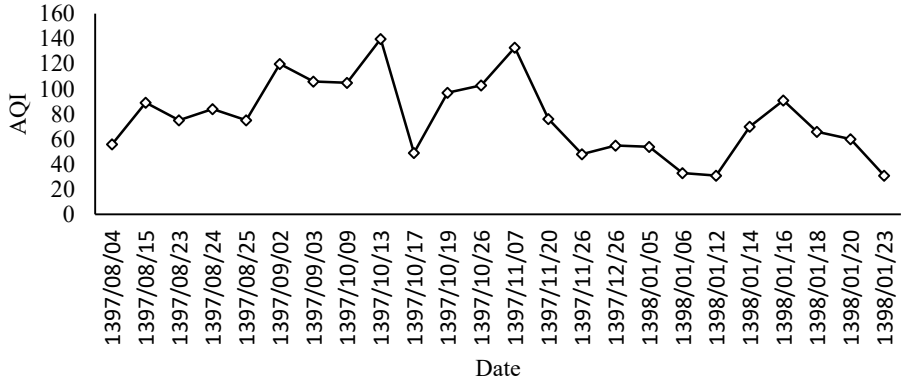
بررسی کیفیت هوای اصفهان براساس AQI

در شکل ۹ روند تغییرات آلاینده AQI[۴] در روزهای بارانی نشان داده شده است.

[۴] Air Quality Index (AQI)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]



شکل ۹- تغییرات شاخص (**AQI**) هوای اصفهان در روزهای بارانی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸

با توجه به شکل ۹ و با در نظر گرفتن میزان AQI هـوا در روزهـای بارانـی سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸، ۵ روز (۲۰/۸ درصد) در سطح خوب، ۱۳ روز (۵۴/۲ درصد) در حالت قابل قبول و ۶ روز (۲۵ درصد) در سطح غیربهداشتی برای گروه‌های حساس قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان AQI معادل ۱۴۰ و ۳۱ بوده که به ترتیب بیشترین آن مربوط به ۱۳ دی‌ماه ۱۳۹۷ و کمترین آن مربوط به ۱۲ و ۲۳ فروردین‌ماه ۱۳۹۸ می‌باشد.

بحث

تحقیـق حـاضـر نشـــان داد کـه در بررسی کیفیت آب باران، آلودگی هوا تاثیر بیشتری بر پارامتر EC موجود در آب باران نسبت به pH دارد که این موضوع حساسیت EC نسبت به آلودگی هوا را نشان می‌دهد. با در نظر داشتن میزان EC، استاندارد APHA بسیار حساس‌تر از استانداردهای کیفیت آب شرب ایران و استاندارد WHO می‌باشد. به دلیل آلودگی فضای اتمسفری بارش‌های شهر اصفهان بر اساس استانداردهای کیفیت آب شرب ایران، استاندارد WHO و APHA به لحاظ کیفی برای شرب مناسب نمی‌باشند. همچنین در کل سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ با توجه به استاندارد ارائه شده توسط کشورهای ایران و چین بارش‌ها برای مصـارف کشـاورزی مناسب می‌باشند. در تمام روزهای بارندگی، میزان آلاینده های CO، SO_2 و O_3 در حالت پاک قرار دارند. این در حالیست که با در نظر گرفتن آلاینده NO_2 موجود در هوا، دو روز از روزهای بارانی مورد بررسی، در سطح قابل قبول و در حالت زرد قرار دارند و معمولاً افراد حساس نباید فعالیتی به صورت طولانی مدت خارج از منزل داشته باشند. بر اساس شاخص کیفیت هوا و با در نظر داشتن میزان $PM_{2.5}$ در روزهای بارش، ۵ روز در حالت پاک، ۱۳ روز در سطح قابل قبول و ۶ روز در طبقه غیربهداشتی برای گروه‌های حساس قرار دارند.

بررسی روند تغییر پارامترهای کیفیت هوا

چنانچه در تصاویر ۴ تا ۹ مشاهده می‌شود نتایج حاکی از آن است که میزان آلاینده‌های $PM_{2.5}$، CO، SO_2، NO_2 و شاخص کیفیت هوا در نیمه دوم سال به اوج خود رسیده‌اند که دلیل آن فعالیت حاصل از نیروگاه اصفهان و همچنین تردد بیشتر خودروها در نیمه دوم سال به دلیل بازگشایی مدارس و افزایش استفاده مردم از خودرو بجای دوچرخه بدلیل برودت هوا می‌باشد. این در حالیست که میزان ازن (O_3) موجود در هوا با شروع سال جدید (۱۴ فروردین ۱۳۹۸) روند افزایشی داشته است که دلیل آن می‌تواند عدم وجود مه دود غلیظ موجود در

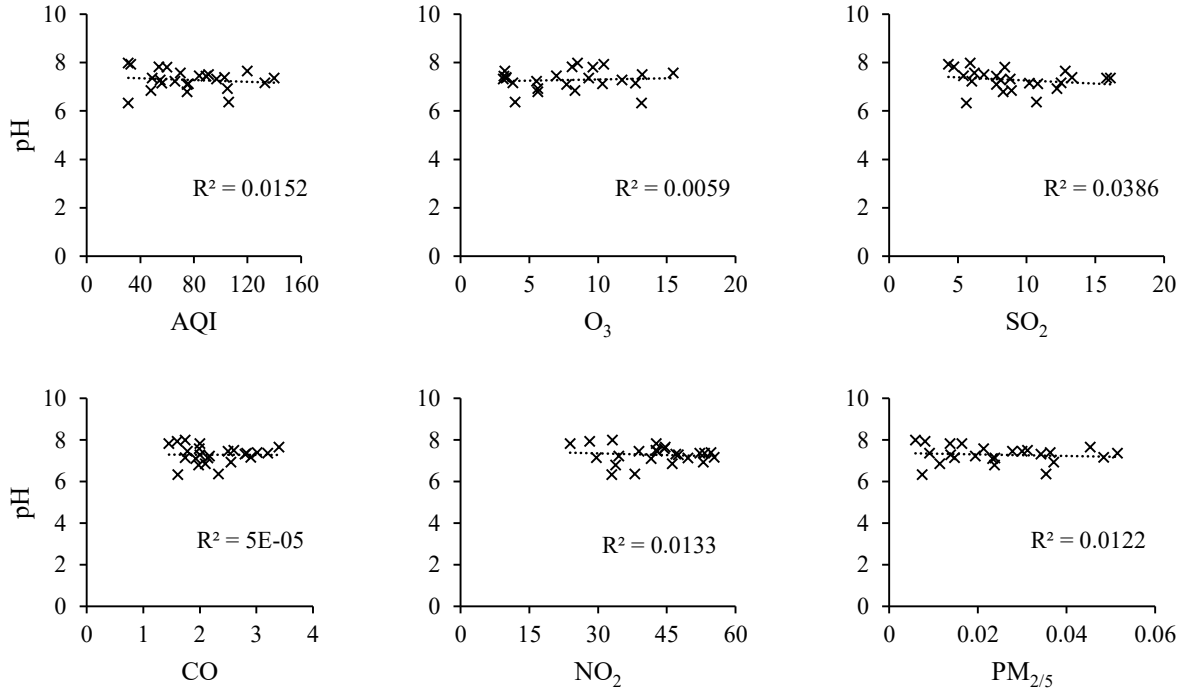
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

هوا و نفوذ سریع‌تر و راحت‌تر تابش نور خورشید به سطح زمین باشد.

همبستگی کیفیت آب باران با کیفیت هوا

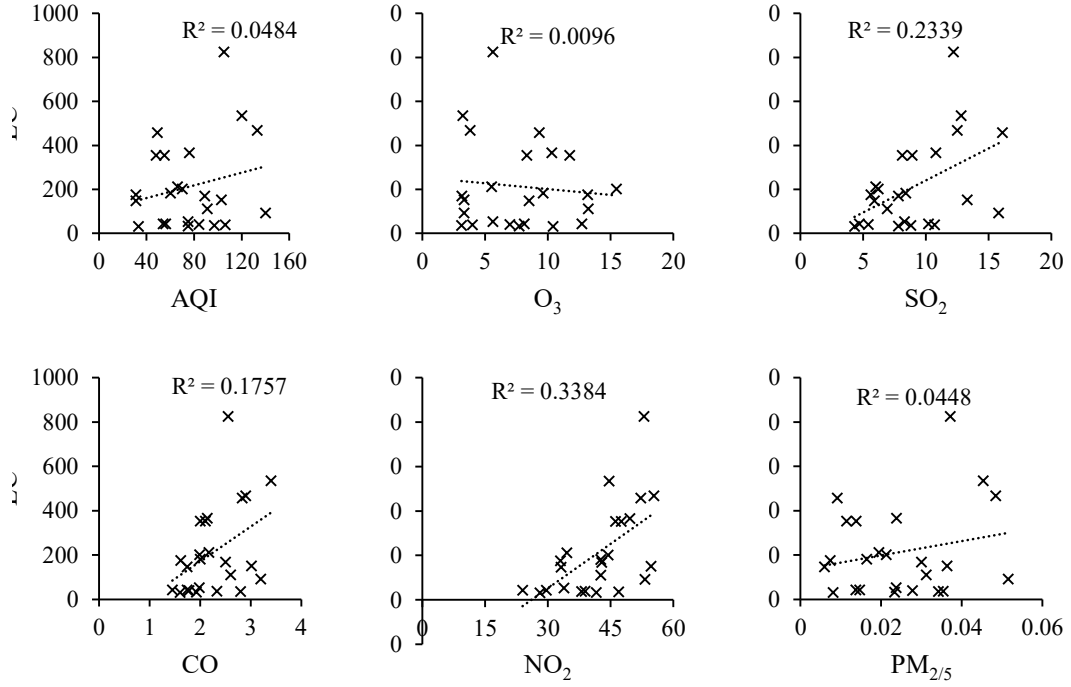
در این قسمت از تحقیـق به بررسی میزان همبستگی کیفیت آب باران با کیفیت هوای اصفهان به صورت مجزا پرداخته شده است. در شکل ۱۰ میزان همبستگی pH موجود در آب باران با پارامترهای پایش کیفیت هوا می‌باشد. بطور مشابه در شکل ۱۱ همبستگی EC موجود در آب باران با پارامترهای پایش کیفیت هوا ارائه شده است.



شکل ۱۰- همبستگی pH آب باران با پارامترهای کیفیت هوا

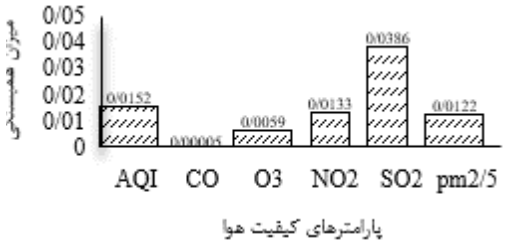
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

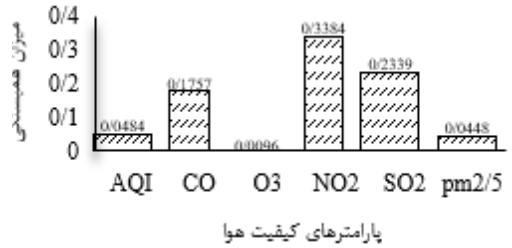


شکل ۱۱- همبستگی **EC** آب باران با پارامترهای کیفیت هوا

در شکل‌های ۱۲ و ۱۳ ضریب همبستگی پارامترهای پایش کیفیت هوا به ترتیب با pH و EC نشان شده است. با توجه به شکل ۱۲ میزان pH موجود در آب باران، با ضریبی تقریباً معادل ۳/۸ درصد، بیشترین همبستگی را با SO_2 هوا دارد و پس از آن شاخص کیفیت هوا (AQI) با ضریبی حدوداً معادل ۱/۵ درصد بیشترین همبستگی را با pH آب باران دارد. این در حالیست که میزان EC آب باران، با ضریبی تقریباً معادل ۳۳ درصد بیشترین همبستگی را با NO_2 و پس از آن با SO_2 هوا با ضریبی حدوداً معادل ۲۳ درصد دارد.



شکل ۱۲- ضریب همبستگی pH آب باران با پارامترهای کیفیت هوا

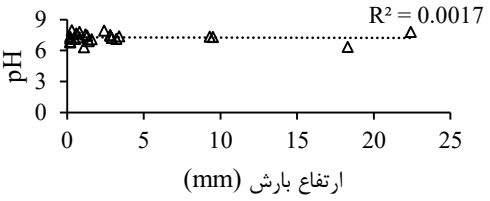


شکل ۱۳- ضریب همبستگی EC آب باران با پارامترهای کیفیت هوا

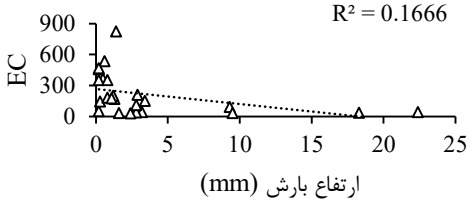
[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

در شکل‌های ۱۴ و ۱۵ به ترتیب رابطه بین ارتفاع بارش و مقدار EC و pH آب باران، نشان داده شده است. همانطور که در این شکل‌ها مشاهده می‌شود، میزان ارتفاع بارش بر روی میزان pH آب باران بی‌تاثیر بوده است. در حالی که با افزایش ارتفاع بارش، میزان EC آب باران به شدت کاهش می‌یابد.



شکل ۱۴- رابطه میزان **pH** آب باران با ارتفاع بارش



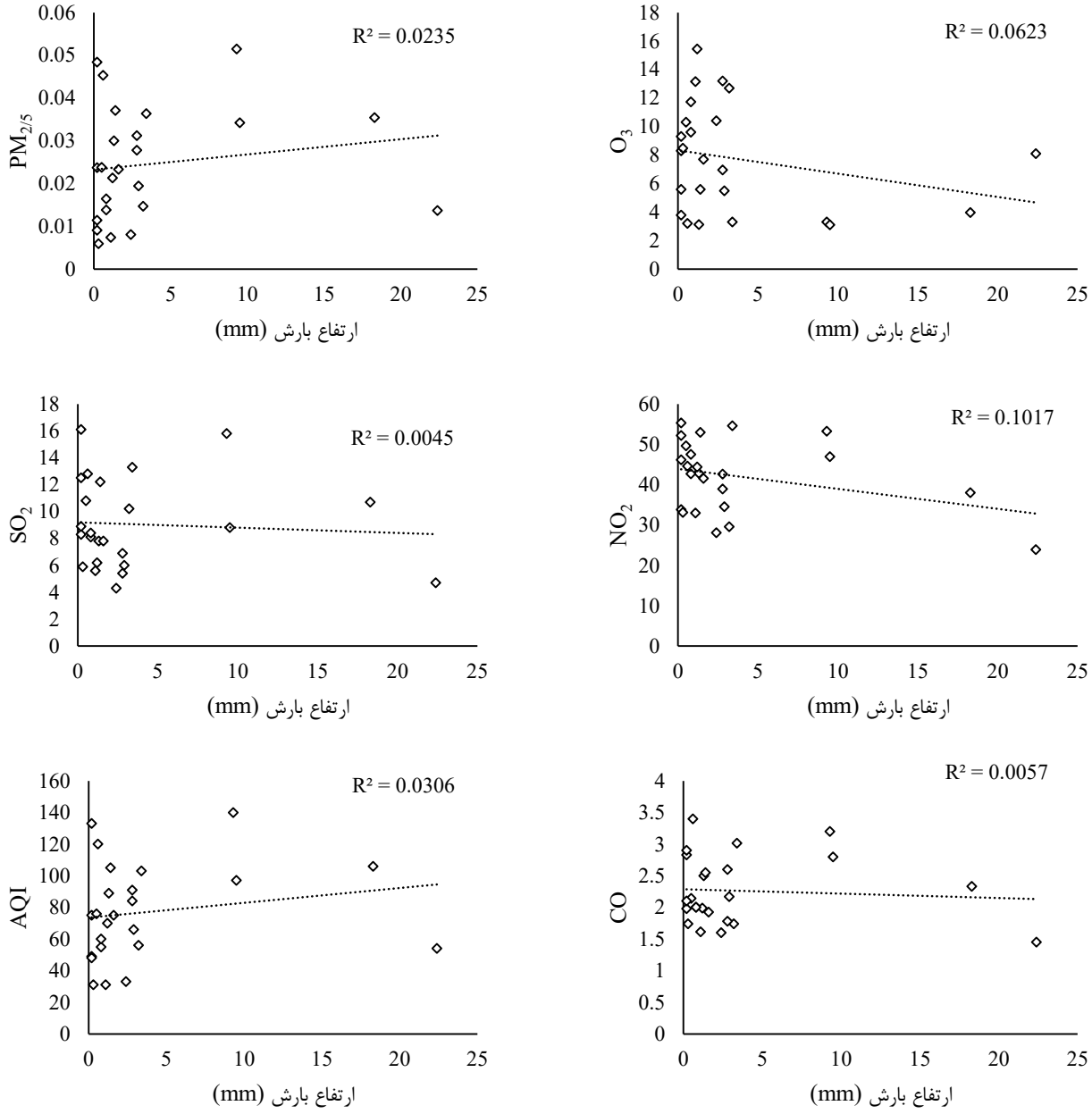
شکل ۱۵- رابطه میزان **EC** آب باران با ارتفاع بارش

همبستگی ارتفاع بارش با کیفیت هوا

در این قسمت به ارزیابی ارتباط بین ارتفاع بارش با پارامترهای کیفیت هوای اصفهان به صورت مجزا پرداخته شده است.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]



شکل ۱۶- ارتباط بین ارتفاع بارش و پارامترهای پایش کیفیت هوا

با توجه به شکل ۱۶ نتایج نشان می‌دهد که NO_2 بالاترین همبستگی را با ارتفاع بارش دارد.

مقایسه تحقیق حاضر با سایر تحقیقات انجام شده

در خصوص بررسی آلودگی هوای کلانشهر اصفهان در سال۱۴۰۰بر اساس شاخص AQIدر ایستگاه پروین که نزدیکترین ایستگاه به منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر **نیز** می‌باشد، **شواهد حاکی از آن است که** بیشترین میزان AQIدر فصل پاییز رخ داده است‌که با توجه به تحقیق حاضر با مد نظر قرار دادن شاخص کیفیت هوا در تاریخ‌های۱۳دی‌ماه،۷بهمن‌ماه و۲آذرماه۱۳۹۷که به ترتیب

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

معادل۱۳۳،۱۴۰و۱۲۰می‌باشند؛ نتایج نشان میدهد که میزان شاخص کیفیت هوا در نیمه دوم از سال در منطقه۱۰اصفهان بیشتر از نیمه ابتدایی‌سال می‌باشد. علت این امر را می‌توان به تردد و عبور و مرور وسایل نقلیه با توجه به رفت و آمد و فعالیت بیشتر مدارس در نیمه دوم از سال نسبت داد.

نتیجه‌گیری

نتایج بررسی کیفیت آب باران نشان می‌دهد که استفاده از رواناب شهری اصفهان برای مصارف شرب نیازمند تصفیه است، در حالیکه کیفیت آن برای کشاورزی مناسب است. همچنین نتایج نشان داد که EC آب باران تابع مقدار بارش بوده و با افزایش ارتفاع بارش، میزان EC آب باران کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که بارش‌های با مقدار نسبتاً کم (مانند بارش‌های به وقوع پیوسته در ۲ آذرماه، ۱۷ دی‌ماه، ۷ بهمن‌ماه و ۲۰ بهمن‌ماه در سال ۱۳۹۷) موجب افزایش چشمگیر EC آب باران شده است. ارتفاع کم بارش، موجب افزایش میزان CO و $PM_{2.5}$ در هوای موجود نیز شده است. میزان ارتفاع بارش بر روی میزان pH آب باران بی‌تاثیر بوده است و این در حالی است که با افزایش ارتفاع بارش، میزان EC آن به شدت کاهش یافته است. بنابراین مطابق ارتباط پارامترهای آلودگی هوا، میزان ارتفاع بارش تاثیر زیادی بر روی EC آب باران دارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از سازمان هواشناسی اصفهان به دلیل همکاری لازم در جهت دسترسی به آمار و اطلاعات مورد نیاز تشکر و قدردانی به عمل آید.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

References

1. 1.Lye, D.J. (2009). Rooftop runoff as a source of contamination: A review. Science of the Total Environment. 407: 5429-5434.
2. Li, Z., Boyle, F, and Reynolds, A. (2010). Rainwater harvesting and grey water treatment systems for domestic application in Ireland, Desalination, 260: 1-8.
3. Samakovlis, E. (2005). Valuing health effects of air pollution-focus on concentration response functions. Journal of Urban Economics, 58: 230-249.
4. Kiani, Gh. H., Yari, F and Amiri, H. (2014). An Estimation on Mortality Cost through Air Pollution in Isfahan City. Journal of Environmental Studies. 40: 247-254. (In Persian).
5. Zarrabi, A. Mohammadi, J. and Abdullahi, A. (2010). Investigation and evaluation of fixed and mobile sources of air pollution in Isfahan city. The scientific research quarterly of the Iranian Geography Association, 8: 151-164. (In Persian).
6. Nosrati, K., Malian, P and Derafshi, kh. (2018).Effect of roof type and harvesting time on the quality of water harvested from impervious surfaces in urban residential areas. Journal of Irrigation and Water Engineering. 9: 198-212. (In Persian).
7. Huston, R., Chan, Y.C., Chapman, H., Gardner, T, and Shaw, G. (2012). Source apportionment of heavy metals and ionic contaminants in rainwater tanks in a subtropical urban area in Australia, Water Research. 46: 1121-1132.
8. Mahboobfar M, Ramesht M, Yazdanpanah H and Azani M. (2018). Investigating the process of changes in the Air Quality Index in order to manage the air pollution crisis in the City of Isfahan. Urban Management. 17: 323-336. (In Persian).
9. Dianati Tilaki, R., Kor, Y and Firoozian, Gh. (2016). Bactriological Quality of Rainwater Samples in Cisterns in Rural Areas of Gomishan. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 25: 98-104. (In Persian).
10. Arfaeinia, H., Kermani, M., Aghaei, A., Bahrami Asl, F and Karimzadeh, S. (2014). Comparative Investigation of Health Quality of Air in Tehran, Isfahan and Shiraz Metropolises in 2011-2012. Journal of Health in the Field. 1: 37-34. (In Persian).
11. Kermani, M., Dowlati, M., Fallah Jokandan, S., Aghaei, M., Bahrami Asl, F and Karimzadeh, S. (2017). Study of Air Quality Health Index and its Application in Seven Cities of Iran in 2011. Journal of Arak University of Medical Sciences. 19: 78-88. (In Persian).
12. Richardson, L., Hairsine, P. and Ellis, T. (2004). Water Farms: A Review of the Physical Aspects of Water Harvesting and Runoff Enhancement in Rural Landscapes, Technical Report, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Australia.
13. Tajrishi Assal, M.R. (2011). Quality assessment of rain water in order to be used in different uses in one area of Tehran city. Master's thesis. University of Tehran. Iran. (In Persian).
14. Jonnalagadda, S.B., Makadho, J., Matinde, N., Karimanzira, R.P and Makarau, A. (1994). Chemical composition of rainwater and air quality in Zimbabwe, Africa. Science of the Total Environment. 144:261-271.
15. To, T., Shen, S., Atenafu, E.G., Guan, J., McLimont, S., Stocks, B and Licskai, C. (2013). The Air Quality Health Index and Asthma Morbidity: A Population-Based Study. Environmental Health Perspectives. 121: 46-52.
16. Chen, ., Wang, X., Meng, X., Hua, J., Zou, Z., Chen, B and Kan, H. (2013). Communicating air pollution-related health risks to the public: an application of the Air Quality Health Index in Shanghai, China. Environmental International. 51: 168-173.
17. Shahrezaie, S.A and Radfar, M. (2018). Investigating the quality of rainwater in Isfahan and Shahrekord according to existing standards. The 9th Scientific Research Conference on Watershed Management and Water and Soil Resources Management. Kerman. (In Persian).
18. Golbaz, S., Farzadkia, M and Kermani, M. (2010). Determination of Tehran air quality with emphasis on air quality index (AQI) 2008-2009. Iran Occupational Health. 6: 62-68. (In Persian).
19. Seidaiy, S.E., Hedayati Moghaddam, Z., Fathi, E., Jamshidi, M and Jamshidi, A. (2013). Stratification and analysis of housing indicators of rural areas of Isfahan province using factor and cluster analyses. Urban Regional Studies and Research. 4: 37-52. (In Persian).
20. Rezaiee Adaryani, S and Ahmadi, H. (2020). Analysis and Evaluation of Quantitative and Qualitative Indicators of Housing in Isfahan Province. Quarterly Journal of Environmental Based Territorial Planning. 13: 23-44. (In Persian).
21. 21.https://www.amar.org.ir/Portals/0/census/1395/results/ch_nsonvm_95.pdf
22. U.S. Environmental Protection Agency (1999). Air Quality Index Reporting; Final Rule. Part III. 40 CFR Part 58. EPA, Washington. 42530-42549.
23. U.S. Environmental Protection Agency (2012). Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality- the Air Quality Index (AQI). National Service Center for Environmental Publications (NSCEP). 29 pp.
24. U.S. Environmental Protection Agency (2009). Air Quality Index: A Guide to Air Quality and Your Health. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP). 12 pp.
25. Shahrezaie, S.A., Mirabbasi Najafabadi, R., Shahrezaie, N.S and Khosravi, M. (2022). Investigating air pollution in metropolitan Isfahan metropoltan in 2021-2022 based

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

on AQI index. Journal of Environmental Health Engineering. 9: 442-456.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]

Journal of Environmental Health Engineering, August 2023; Vol.10, No. 4: 412 - 433

Investigating the quality of Isfahan city rainwater under the influence of air pollution in 2018-2019

Sayyed Ali Shahrezaie[1], Mahdi Radfar[2], Rasoul Mirabbasi Najafabadi[3], Mehrdad Moughadas[4] ,Nafiseh Sadat Shahrezaie[5] and Sharareh Mahmoudi[6]

1. MSC Graduate of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran
2.Assistant Professor, Department of Water Engineering, Shahrekord University, Iran.
3.Associate Professor, Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Iran
4.PhD student, water structures, University of Tehran, Isfahan Regional Water Company, Iran
5.Undergraduate student, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Malayer University, Iran
6.Master's student in Environmental Engineering, Air Pollution Engineering, Faculty of Environment, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Isfahan, Iran

Email: sayyed.ali.shahrezaie@gmail.com

Received: 15 July 2023, Accepted: 16 October 2023

ABSTRACT

Background: Air pollution is one of the most important problems facing people all over the world today, especially in big cities. The ever-increasing population growth, as well as the increase in vehicles and the number of industrial factories in the city of Isfahan, have led to this city being considered one of the largest industrial cities in Iran. Therefore, this city is considered the second most polluted city in Iran after Tehran. The city of Isfahan faces the crisis of air pollution on many days of the year, which directly and indirectly affects all aspects of people's lives in this city. Among these impacts is the quality of rainwater in the area, which joins the surface and groundwater in the region and affects its quality. This cycle will continue and air pollution will affect the quality of drinking water, agriculture, respiratory diseases and, in a word, the health of the people in this region.Materials and methods: In this study, the effects of air pollution in Isfahan on the quality of rainwater in the 10th district of Isfahan city were investigated. The quality of rainwater was studied based on the World Health Organization standard for drinking water, APHA standard for running water, Chinese standard for agricultural use, and Iranian standard for drinking water and agricultural use. To evaluate the air quality of the region, the statistics of the Isfahan Meteorological Organization station were used and the meteorological parameters were analyzed based on the American Environmental Protection Agency standards.

Results: The results showed that the EC value of rainwater is more sensitive than pH to determine the suitability of rainwater quality for drinking uses, so when considering pH, many samples have favorable quality, but when considering EC value of the same sample, the quality of rainwater is unfavorable. The results of air quality monitoring based on the amount of $PM_{2.5}$ on rainy days showed that 5 days were clean, 13 days were acceptable, and 6 days were unsanitary for sensitive groups.

Conclusion: Isfahan urban runoff needs to be treated for drinking but it is suitable for agriculture. The results showed that the EC of rainwater is more dependent than pH to the rainfall depth. The results show that rainfall with a relatively small depth caused a significant increase in EC of stormwater. This decrease in the amount of precipitation has led to an increase in the amount of CO and $PM_{2.5}$ in the atmosphere. The amount of rainfall did not affect the pH of rainwater, while with the increase of rainfall depth, the EC of rainwater has decreased significantly. In general, rainfall depth has a significant effect on EC concentration of rainwater. The results showed that in all the rainy days, the amount of CO, SO_2 and O_3 pollutants are in a clean state.

Keywords: Rain water quality, Suspended particles, Air pollution, Isfahan city.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-05]

[DOI: 10.61186/jehe.10.4.412]