

Indoor and Outdoor Air Pollutants at Residential Houses in Khorramabad, 2012

Nasrin Rashno Tai¹,
Ghodratolla Shams Khoramabadi²,
Hatam Godini³,
Rajab Rashidi⁴,
Abdolrahim Yusefzadeh^{5,6}

¹ Msc Student in Environmental Health Engineering, Students Scientific Research Center, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

² Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Nutritional Health Research Center, Faculty of Health Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

³ Professor, Department of Environmental Health Engineering, Nutritional Health Research Center, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences, Khorramabad, Iran

⁵ Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University, Sardasht Branch, Sardasht, Iran

⁶ Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University, Uromyeh Branch, Uromyeh, Iran

(Received September 15, 2014 ; Accepted February 4, 2015)

Abstract

Background and purpose: Indoor air pollution in developing countries is considered as one of the main problems in healthcare. This study aimed at investigating the levels of indoor/outdoor air pollutants in Khorramabad during autumn and winter 2012.

Materials and methods: In a cross-sectional study, nine gas concentrations and particulate pollutants were measured using air pollution measuring instruments including TSI (BABUC/A) and PHOCHECK 5000. Results were calculated using SPSS software and were expressed as mean and standard deviation.

Results: According to limit values recommended by National Ambient Air Quality Standards for indoor pollutants, levels of CO were found within this limit, while NO₂ were observed at higher concentrations recommended by the guideline. Outdoor pollutants except NO₂ met the standard levels. Outdoor concentrations of NO₂ and SO₂ were higher than their indoor concentrations. The levels of indoor O₃, VOCs and PM concentrations (depending on house features) were slightly higher than those of the outdoor levels.

Conclusion: Indoor air is associated with outside air through ventilation. Sometimes, breaking down, absorbing and sedimentation of influencing pollutants will improve the air quality indices. However, activities such as smoking and using chemicals, heating without proper ventilation, cooking, improper cleaning of house, and lack of ventilation could worsen the indoor air quality.

Keywords: Indoor air pollution (IAP), indoor pollutant, outdoor pollutant

بررسی آلاینده های شاخص هوای داخل و خارج منازل مسکونی شهری

نسرین رشنو طائی^۱

قدرت اله شمس خرم آبادی^۲

حاتم گودینی^۳

رجب رشیدی^۴

عبدالرحیم یوسف زاده^{۵و۶}

چکیده

سابقه و هدف: آلودگی هوای محیط بسته در کشورهای در حال توسعه، مشکل اساسی در حیطه سلامت در ابعاد جهانی محسوب می گردد. هدف از این مطالعه بررسی وضعیت آلاینده های هوای داخل و خارج منازل مسکونی شهر خرم آباد در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۱ بوده است.

مواد و روش ها: در این مطالعه توصیفی- مقطعی، غلظت ۹ آلاینده گازی و ذره ای توسط دستگاه های مخصوص سنجش آلاینده های هوا (PHOCHEK 5000، BABUC/A، TSI) اندازه گیری شد. نتایج با استفاده از آزمون های آماری و آنالیز واریانس در سطح ۵ درصد محاسبه و نتایج به صورت میانگین و انحراف از استاندارد بیان گردید.

یافته ها: از میان دو آلاینده داخلی که برای آن ها رهنمود تعیین گردیده است CO همواره در حدود رهنمود و NO₂ بیش از رهنمود گزارش گردید. آلاینده های بیرونی نیز غیر از NO₂ که از حد مجاز فراتر رفته بود، همگی در حد استاندارد بودند. غلظت های بیرونی NO₂ و SO₂ بیش از مقادیر داخلی این گازها بود در حالی که مقادیر داخلی گاز O₃ و بسته به ویژگی های منزل VOC_s و PM در حدود بالاتری از غلظت های هوای آزاد بوده است.

استنتاج: هوای داخل منزل از طریق تهویه بسیار مرتبط با هوای بیرون منزل بوده و گاهی با تجزیه، جذب و ته نشینی آلاینده های نفوذی، از کیفیت بهتری برخوردار می شود اما با وجود فعالیت هایی چون استعمال دخانیات و مواد شیمیایی، استفاده از وسایل گرمای بدون تهویه، آشپزی، گردگیری نامناسب و عدم تهویه، کیفیت هوای درون بدتر از هوای بیرون می گردد.

واژه های کلیدی: آلودگی هوای محیط بسته (IAP)، آلاینده داخلی، آلاینده بیرونی

مقدمه

آلودگی هوای محیط های بسته در کشورهای در حال توسعه، مشکل اساسی در حیطه سلامت در ابعاد جهانی محسوب می گردد. طبق گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۲، سالانه ۱/۶ میلیون مرگ نابهنگام

مؤلف مسئول: عبدالرحیم یوسف زاده - سردشت: دانشگاه آزاد اسلامی، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، سردشت، ایران E-mail: r.yusefzadeh@gmail.com

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه (NHRC)، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۳. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه (NHRC)، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۴. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات بهداشت تغذیه (NHRC)، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران
۵. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سردشت، سردشت، ایران
۶. باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۲۴ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۳/۹/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۱/۱۵

در اثر آلودگی هوا در محیط‌های بسته اتفاق می‌افتد (۱). تخمین زده شده است که سهم خانه در وقت صرف شده در محیط‌های بسته ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد (۳،۲) که خود نشانه مواجهات زیادی است که می‌تواند در منزل اتفاق بیفتد (۴). آلودگی هوای محیط‌های بسته یا Indoor Air Pollutants (IAP) سهم مهمی در امراض و مرگ و میر ناشی از بیماری‌های تنفسی در کودکان دارد (۵). این موضوع بیانگر اهمیت توجه به مبحث آلودگی هوا در محیط‌های بسته و نقش تأثیرگذار آن بر سلامت افراد است (۶). بالغ بر ۹۰ درصد از کل NO_x انسان ساخت که وارد اتمسفر می‌شود ناشی از احتراق سوخت‌های مختلف می‌باشد (۷). منابع ذرات معلق در محیط‌های داخل شامل دود سیگار، ذرات ناشی از تجهیزات احتراق بدون تهویه و یا تهویه نامناسب (اجاق گاز و بخاری نفتی)، ویروس‌ها، قارچ‌ها، کپک‌ها و بقیه آلاینده‌های بیولوژیکی، رنگ‌ها، خوردنده‌ها، تمیزکننده‌ها، آفت‌کش‌ها، بوگیرها، مواد و تجهیزات ساختمانی است (۶).

پاشایی‌فر و همکاران دریافتند که به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی و عدم رعایت بهداشت محیط و استفاده از تنورهای سنتی در داخل منازل روستایی، سوخت‌های جامد، اجاق‌های روباز و فاقد دودکش در داخل منازل و وجود کارگاه قالببافی در محل سکونت افراد، میزان غلظت آلاینده‌های هوا در منازل روستایی بالا می‌باشد (۸). در مواجهه با ذرات اثرات زیادی مشاهده می‌گردد اما غالباً بیشترین اثرات آن روی دستگاه تنفسی و قلب و عروق می‌باشد (۹). غیاث‌الدین و همکاران، افت کیفیت هوای داخل منازل مسکونی یک منطقه در شهر تهران را از نظر ذرات معلق هوا در مقایسه با منطقه‌ای دیگر، به تردد بیش‌تر خودروها، تهویه نامناسب، تعداد بیش‌تر افراد ساکن و وجود فضای سبز کم‌تر در منطقه با ذرات معلق بیش‌تر نسبت داده‌اند (۶). منابع اصلی ورود SO_2 به هوا، منابع طبیعی (آتشفشان‌ها و اکسید شدن سولفید هیدروژن) و فعالیت‌های

انسان نظیر احتراق سوخت‌های فسیلی گوگرددار از جمله گاز، نفت و زغال سنگ می‌باشد (۱۰). ازن هوای آزاد به وسیله عمل نور خورشید روی اکسیدهای نیتروژن و واکنش‌های هیدروکربن‌ها شکل می‌گیرد که هر دو از طریق وسایل نقلیه موتوری و منابع طبیعی منتشر می‌شوند (۱۰). منابع اولیه مواد آلی فرار یا Volatile organic compounds (VOCs) در هوای محیط‌های بسته شامل: هوای بیرون، دود تنباکوی Environmental tobacco smoke (ETS)، احتراق سوخت، مواد ساختمانی، مبلمان، چسب موکت، رنگ‌ها و حلال‌ها، مواد شوینده، خوشبوکننده هوا و مواد آرایشی می‌باشد (۱۱). مطالعه He و همکاران نشان داد که در اثر کشیدن سیگار، کباب کردن و سرخ کردن در منزل، غلظت ذرات کوچک‌تر از $2/5$ میکرون به ترتیب به ۳، ۳۰ و ۹۰ برابر بیش از غلظت‌های زمینه‌ای افزایش می‌یابد (۱۲). شهر خرم‌آباد در راستای شمال-جنوبی در حال گسترش بوده و موقعیت توپوگرافی و جغرافیایی و تراکم بخش‌های مختلف مسکونی و تجاری این شهر، زمینه تشدید آلودگی‌های داخل و بیرون منازل را باعث شده است. لذا هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری آلاینده‌های هوای داخل منازل شهر خرم‌آباد در پاییز و زمستان ۱۳۹۱ و مقایسه آن با استاندارد هوای آزاد بوده است.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-مقطعی بوده کهدر آن پنج نوع آلاینده گازی از آلاینده‌های شاخص (CO ، NO ، NO_2 ، SO_2 ، O_3) و ذرات معلق هوا (PM_{10} ، $PM_{2.5}$ ، PM_1) و مواد آلی فرار (VOCs) مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای تعیین ایستگاه‌های نمونه‌گیری و سنجش آلاینده‌های هوا در منازل مسکونی شهر خرم‌آباد، از تلفیق نمونه‌گیری طبقه‌ای و خوشه‌ای چند مرحله‌ای استفاده گردید. بدین ترتیب بر اساس نقشه شهر خرم‌آباد، مناطق شهری از نظر موقعیت جغرافیایی به چند طبقه

آنالایزر محیطی آلاینده‌های گازی (BABUC/A) ساخت ایتالیا مدل 2004 (۱۷۸) و جهت اندازه‌گیری VOCs نیز از دستگاه قرائت مستقیم PHOCHEK 5000 ساخت کشور انگلستان استفاده گردید. هنگام سنجش آلاینده‌ها، دستگاه در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین (ارتفاع تنفسی) و مکانی که بیش‌ترین ساکنین در آن قرار گرفته و بیش‌ترین مدت زمان را در آن به سر می‌برند (اتاق نشیمن)، قرار گرفت. حد تشخیصی دستگاه مورد استفاده در این مطالعه مطابق با جدول شماره ۲ می‌باشد.

مدت زمان نمونه‌برداری یک ساعت بوده و مقادیر اندازه‌گیری بر اساس میانگین ساعتی به دست آمد. سنجش آلاینده‌ها چهار روز در هفته، در روزهایی با شرایط جوی یکسان و هوای صاف انجام گردید (۶). ساعات نمونه‌برداری در منازل از ساعت ۱۷ تا ۲۰ روزهای اشاره شده بود. این مطالعه در ماه‌های سرد سال یعنی در نیمه دوم آبان‌ماه تا نیمه دوم اسفندماه که فعالیت‌های گرمایشی زیاد و تهویه طبیعی کم‌تر بوده، انجام گردید. اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS 18 و آزمون‌های آماری و آنالیز واریانس در سطح ۵ درصد محاسبه و نتایج به صورت میانگین همراه با میزان انحراف از استاندارد بیان گردید.

اولیه تقسیم‌بندی شد. از بین این طبقات، چند طبقه واقع در شمال، چند طبقه واقع در مناطق مرکزی و چند طبقه واقع در مناطق جنوب شهر انتخاب گردید. در هر طبقه تعدادی خوشه انتخاب و از هر خوشه تعدادی منازل مسکونی به تصادف انتخاب گردید. جهت محاسبه تعداد منازل با استفاده از فرمول‌های آماری تعداد ۲۸۲ منزل مسکونی واقع در سه ایستگاه انتخاب و از هر ایستگاه ۹۲ نمونه گرفته شد، هم‌چنین جهت آنالیز هوای خارج منازل از هر ایستگاه تعداد ۲۰ نمونه برداشت شد و نتایج حاصل از نمونه‌برداری مورد آنالیز قرار گرفت. بر حسب فواصل بین منازل و با توجه به روش کار مطالعات مشابه، فاصله ۲ متر از دیوار منزل جهت اندازه‌گیری آلاینده‌های داخل منزل و فاصله کم‌تر از ۳۰ متر از منزل برای اندازه‌گیری آلاینده‌های بیرونی مناسب معرفی شده است (۱۳). میانگین‌هایی از حجم آلاینده‌ها در هوای بیرون منازل نیز اندازه‌گیری گردید. رهنمودها و استانداردهای تعیین شده برای آلاینده‌های هوای آزاد و هوای محیط بسته در جدول شماره ۱ آورده شده است (۱۴، ۱۵).

به‌منظور سنجش آلاینده‌های ذره‌ای هوا از دستگاه سنجش ذرات معلق TSI مدل Dust-Trak monitor 8520-1 ساخت کشور ایتالیا (۱۶۸)، برای سنجش آلاینده‌های گازی از دستگاه

جدول شماره ۱: استانداردهای ملی کیفیت هوای آزاد یا (NAAQSs) National Ambient Air Quality Standards و استاندارد هوای پاک در ایران (۱۴)

آلاینده	زمان متوسط	استاندارد اولیه (NAAQSs)	استاندارد اولیه هوای پاک ایران
مونوکسید کربن (CO)	۸ ساعته	۱۰ mg/m ³ (۹ppm)	۱۰ mg/m ³ (۹ppm)
دی‌اکسید نیتروژن (NO ₂)	متوسط سالانه ۱ ساعته *	۴۰ μg/m ³ (۳۵ppm) ۱۰۰ μg/m ³ (۰/۰۵ppm)	۴۰ μg/m ³ (۳۵ppm) ۱۰۰ μg/m ³ (۰/۰۵ppm)
دی‌اکسید گوگرد (SO ₂)	متوسط سالانه ۲۴ ساعته	۸۰ μg/m ³ (۰/۰۳ppm) ۳۶۵ μg/m ³ (۰/۱۴ppm)	۸۰ μg/m ³ (۰/۰۳ppm) ۳۶۵ μg/m ³ (۰/۱۴ppm)
	۳ ساعته	ندارد	-
PM ₁₀	میانگین حسابی سالانه ۲۴ ساعته	۵۰ μg/m ³ ۱۵۰ μg/m ³	۷۵ μg/m ³ متوسط سالانه ذرات معلق ۲۶۰ μg/m ³ حداکثر غلظت ۲۴ ساعته
PM _{2.5}	میانگین حسابی سالانه ۲۴ ساعته	۱۵ μg/m ³ ۶۵ μg/m ³	ذرات معلق
اوزن (O ₃)	۱ ساعته ۸ ساعته	۲۴۰ μg/m ³ (۰/۱۲ppm) ۱۶۰ μg/m ³ (۰/۰۸ppm)	۱۶۰ μg/m ³ (۰/۰۸ppm) حداکثر غلظت یک ساعته اکسیدان‌های فوتوشیمیایی
سرب	۳ ماهه	۱/۵ μg/m ³	-

* رهنمود کیفیت هوای آزاد (AAQ)

با توجه به جدول شماره ۴ و مقادیر استاندارد موجود در جدول شماره ۱، مشاهده می گردد که در محیط بیرون منازل نیز غیر از آلاینده NO₂ که از حد رهنمود تجاوز کرده است، آلاینده های دیگر در حد استانداردهای ارائه شده می باشد.

غلظت آلاینده هایی مثل NO₂ و SO₂ در هوای آزاد و بیرون منازل بیش از مقادیر آن در هوای بسته و داخل منازل بوده و غلظت آلاینده هایی چون O₃، VOC_s و PM در هوای داخل منازل بیش از مقادیر بیرونی آن می باشد (جدول شماره ۳ و ۴).
در این مطالعه غلظت آلاینده های هوای داخل خانه

جدول شماره ۲: مشخصات دستگاه BABUC/A

نام دستگاه	آلاینده مورد سنجش	قدرت تحلیک (ppm)	محدوده اندازه گیری (ppm)	کشور سازنده
آتالیزر محیطی آلاینده های گازی (BABUC/A)	CO	±۰/۵	۰-۱۰۰۰	ایتالی
	NO ₂	±۰/۱	۰-۲۰	
	SO ₂	±۰/۱	۰-۲۰	
	NO	±۰/۱	۰-۲۰	
	O ₃	±۰/۱	۰-۳	

یافته ها و بحث

با توجه به جدول شماره ۳ و با عنایت به رهنمودهای تعیین شده برای دو آلاینده CO و NO₂ در محیط های بسته (جدول شماره ۱)، آلاینده CO همواره در حد رهنمود و آلاینده NO₂ همواره بیش از حدود رهنمود بوده است.

جدول شماره ۳: میانگین و انحراف معیار آلاینده های هوای داخل منازل خرم آباد در ایستگاه های مورد مطالعه

آلاینده *	CO (mg/m ³)	NO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	VOC _s (ppm)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
ایستگاه مرکزی	۷/۸۵	۱/۰۴	۵۳۲/۵۸	۳۱۱/۱۲	۶۶۹/۹۹	۰/۱۵۸	۵۴/۲۳۰	۵۳/۱۴	۵۷/۸۴
میانگین									
انحراف معیار	۵/۲۳	۰/۱۵۳	۲۷۱/۹۸	۱۰۴/۸۵	۱۰۴/۸۳	۰/۷۵۰	۱۰۸/۵۰	۹۱/۳۱۴	۸۵/۸۵۹
ایستگاه شمالی	۷/۱۷	۱/۰۶	۵۵۵/۱۰	۳۱۱/۶۳	۶۵۱/۰۲	۰/۰۲۲	۲۸/۴۷	۳۲/۱۵	۴۳/۸۳
میانگین									
انحراف معیار	۴/۶۶	۰/۱۴۰	۲۹۴/۴۶	۱۱۱/۵۵	۱۰۹/۴۱	۰/۱۰۹	۱۷/۴۳	۲۲/۱۹۲	۴۰/۰۰
ایستگاه جنوبی	۶/۲۳۰	۱/۰۰۸	۵۵۴/۹۴	۳۲۴/۹۲	۶۶۸/۰۱	۰/۰۰۹	۲۷/۱۶	۳۱/۶۶	۳۷/۴۸
میانگین									
انحراف معیار	۴/۲۲۷	۰/۱۲۹	۲۸۵/۰۳	۱۱۵/۴۲	۱۰۸/۵۷	۰/۰۶۳	۲۷/۴۴۷	۳۴/۳۴	۴۱/۰۶۴
جمع کل	۷/۱۱۴	۱/۰۳۶	۵۵۴/۹۴	۳۱۵/۹۳	۶۶۳/۱۳۵	۰/۰۶۳	۳۶/۷۱	۳۹/۰۶	۴۶/۴۱
میانگین									
انحراف معیار	۴/۷۶	۰/۱۴۲	۲۸۵/۰۳۴	۱۱۰/۴۷	۱۰۷/۵۵۶	۰/۴۴۵	۶۶/۶۷	۵۸/۶۹	۶۰/۱۸۰
مقادیر حداقل	۱/۵	۰/۶	۱۸/۷۸	۴۳/۱۰	۵۲۲/۴۵	۰/۰۰۰	۱۰	۱۰	۱۱
مقادیر حداکثر	۱۵/۱	۱/۲	۱۳۱۴/۲۹	۶۲۶/۹۴	۱۰۴۴/۸۹	۰/۰۴	۲۲۰	۳۱۰	۳۵۰

* هر یک از آلاینده ها از واحد قسمت در میلیون (ppm) به واحد استاندارد موجود همان آلاینده، جهت مقایسه با استانداردهای ذکر شده تبدیل گردیده و همگی بر حسب زمان اندازه گیری استاندارد یک ساعته (1hr) می باشند.

جدول شماره ۴: میانگین و انحراف معیار آلاینده های هوای خارج منازل در ایستگاه های مورد مطالعه

آلاینده *	CO (mg/m ³)	NO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	VOC _s (ppm)	PM ₁ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
ایستگاه مرکزی	۸/۱۰۲	۱/۰۱۰	۶۵۷/۱۴	۱۴۴/۵۷	۲۹۲/۸۹	۰/۰۱۱	۲۴/۲۰	۲۷/۸۰	۳۳/۷۰
میانگین									
انحراف معیار	۴/۷۱۱	۰/۰۹۹	۱۸۲/۴۷	۵۰/۸۸	۲۳/۷۴۹	۰/۰۱۶	۵/۹۴۰	۷/۲۳۹	۴/۹۹۰
ایستگاه شمالی	۶/۴۴۵	۱/۰۰۰	۶۹۴/۶۹	۱۷۴/۶۱	۳۰۰/۴۱	۰/۰۰۳	۲۷/۲۰	۳۲/۲۰	۳۸/۴۰
میانگین									
انحراف معیار	۳/۵۵۷	۰/۱۱۵	۱۲۶/۷۳	۱۹/۸۸۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۵	۷/۸۲۹	۸/۸۹۲	۱۳/۴۹۲
ایستگاه جنوبی	۶/۴۰	۰/۹۶۰	۵۶۳/۲۷	۱۶۱/۴۷	۳۰۰/۴۱	۰/۰۰۳	۲۷/۴۰	۵۴/۲۰	۶۹/۳۰
میانگین									
انحراف معیار	۴/۳۵۰	۰/۱۶۵	۱۵۳/۳۰	۲۶/۸۴۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۷	۱۴/۲۷	۸۶/۸۷۹	۱۰۰/۰۰۷
جمع کل	۶/۹۸۲	۰/۹۹۰	۶۳۸/۳۶۷	۱۶۰/۲۲	۲۹۷/۹۰	۰/۰۰۶	۲۶/۲۷	۳۸/۰۷	۴۷/۱۳
میانگین									
انحراف معیار	۴/۱۶۴	۰/۱۲۷	۱۶۰/۵۳	۳۶/۱۴۳	۱۳/۷۱	۰/۰۱۰	۹/۷۷۰	۵۰/۲۱۲	۵۸/۵۶
مقادیر حداقل	۱/۵	۰/۷	۰/۰۱	۱۹/۵۹	۷۸۳/۶۷	۰/۰۰۰	۶	۶	۵
مقادیر حداکثر	۳۰/۴	۱/۴	۰/۷	۱۹۵/۹۱	۱۰۴۴/۸۲	۵/۱	۸۰۰	۷۴۰	۶۰۰

* غلظت گاز SO₂ با توجه به استانداردهای موجود، بر حسب زمان اندازه گیری ۲۴ ساعته می باشد.

ذرات ته‌نشین شده در محیط‌های مسکونی بیش از مقادیر بیرونی این آلاینده‌ها می‌باشد که نتایج مطالعه Nakai و همکاران (۲۴)، محمدیان و همکاران (۲۵)، He و همکاران (۱۲) و محمودیان و همکاران (۲۶) تایید کننده موضوع فوق می‌باشد. نتایج حاصل از مطالعه حاضر مطابق با نتایج به دست آمده از مطالعه محمودیان و همکاران (۲۷)، غلظت $PM_{2.5}$ در محیط‌های مسقف همانند منازل، اتومبیل و قطار به دلیل فعالیت و حضور افراد بیش تر از محیط‌های باز همانند مرکز شهر می‌باشد. بیش‌ترین میزان داخلی آلاینده‌های CO ، VOC_s و PM مربوط به آن دسته از منازل مسکونی بود که علاوه بر مصرف دخانیات، از تهویه مناسبی برخوردار نبوده‌اند. با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه، پیشنهادات ذیل ضروری به نظر می‌رسد: افزایش سطح آگاهی شهروندان در خصوص خطرات مرتبط با آلودگی هوا در داخل منازل و اصلاح سیستم تهویه و استفاده از پنجره‌های دوجداره و چندجداره در داخل منازل، اصلاح سیستم گرمایشی منازل، کنترل تردد خودروها در مناطق پرتراکم و پرتراфик شهر، پایش شاخص‌های آلودگی هوا در سطح شهر، شناسایی عوامل آلاینده هوا و اصلاح آن، افزایش سطح فضای سبز شهر و سایر اقدامات کنترلی و مدیریتی از طرف مسئولین و افراد ذیصلاح.

سپاسگزاری

این مطالعه بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی بهداشت محیط خانم نسرین رشنو طائی می‌باشد. لذا بدینوسیله از حمایت‌های مادی و معنوی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی لرستان تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Mestl HE, Edwards R. Global burden of disease as a result of indoor air pollution in

با غلظت‌های محیط خارج از خانه مرتبط می‌باشد. به علت وجود منابع تولیدکننده آلاینده در داخل منازل و فعالیت‌هایی چون استفاده از وسایل گرمایشی، پخت و پز، مصرف دخانیات و غیره آلاینده‌های بیش‌تری به هوای داخل منزل افزوده می‌شود و هوای داخل توسط آلاینده‌های تولیدی از این منابع داخلی آلوده‌تر از هوای بیرون می‌گردد که با نتایج مطالعه Weaver و همکاران (۱۸) و Baumbach و همکاران در لاگوس نیجریه (۱۹) هم خوانی دارد. غلظت میانگین یک‌ساعته گاز NO_2 در هوای داخل منازل مسکونی ($554/94 \mu g/m^3$) و مقادیر متوسط بیرونی این آلاینده ($638/367 \mu g/m^3$) ثبت گردید که با نتایج حاصل از غلظت‌های سالانه در شهرهای آسیایی چون کلکته و دهلی نو و هم‌چنین در مناطق شهری چون پاریس، مناطقی از مکزیکوسیتی و تعدادی از شهرهای ایالات متحده مطابقت دارد (۲۱،۲۰). میانگین یک‌ساعته گاز O_3 در هوای داخل منازل مسکونی در مطالعه حاضر $315/93 \mu g/m^3$ و مقادیر متوسط بیرونی این آلاینده $160/22 \mu g/m^3$ بوده است که نتایج Haq و همکاران (۲۲) نیز در این محدوده قرار دارد. دلیل غلظت‌های زیاد SO_2 بیرون نسبت به داخل، استفاده خودروها از سوخت‌های فسیلی (بنزین و گازوئیل) با مقادیر متفاوتی سولفور در سوخت مورد استفاده می‌باشد که با مطالعه Strangera و همکارانش (۲۳) نیز هم‌خوانی دارد. مقادیر داخلی ترکیبات آلی فرار به دلیل تعدد منابع داخلی بیش از مقادیر خارجی آن ثبت گردید که مطالعات مشابه نیز احتراق سوخت و تنباکو، مواد ساختمانی و مواد مصرفی در مبلمان و آشپزی را عنوان نموده‌اند (۷). مقادیر داخلی مواد ذره‌ای به دلیل آشپزی، مصرف دخانیات، احتراق سوخت، گردگیری و نظافت نامناسب، ورود ذرات بیرونی و معلق شدن مجدد

Shaanxi, Hubei and Zhejiang, China. Sci Total Environ 2011; 409(8): 1391-1398.

2. Thatcher TL, Layton DW. Deposition, resuspension, and penetration of particles within a residence. *Atmos Environ* 1995; 29(13): 1487-1497.
3. Hinwood AL, Berko HN, Runnion T, Galbally IE, Weeks IA, et al. BTEX personal exposure monitoring in four Australian cities. Technical Report. No.6. Canberra: Environment Australia, 2003.
4. Harrison R, Thornton C, Lawrence RG, Mark D, Kinnersley RP, Ayres JG. Personal exposure monitoring of particulate matter, nitrogen dioxide, and carbon monoxide, including susceptible groups. *Occup Environ Med* 2002; 59(10): 671-679.
5. Franklin PJ. Indoor air quality and respiratory health of children. *Paediatr Respir Rev* 2007; 8(4): 281-286.
6. Ghissodin M, Hesami Z, Atabi F, Mahmoodi M. Study of indoor air quality in residential areas of 1 and 5 in tehran Particulate Air (pm_{10}). *Environmental Studies* 2006; 32(40): 1-8 (Persian).
7. Air quality guidelines; global update 2005; particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. World Health Organ Tech Rep Ser. ISBN 92 890 2192 6. 2006.
8. Pashaeifar MR, Atabi F, Karimae M, Karami MA. Determination of Nitrogen Dioxide (NO_2) and Carbon Monoxide (CO) Concentration in Rural Residential Houses of Ajabshir, the City of Eastern Azerbaijan. *TB*. 2012; 10(3): 31-39 (Persian).
9. W.H.O. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005. World Health Organization. 2006.
10. Ejlali f. Air pollution, Tehran: Agriculture Education; 2007. (Persian).
11. Jurvelin JA, Jantunen M, Pasanen P. Personal exposure to volatile organic compounds and carbonyls: Relationship to microenvironment concentrations and analysis of sources. Helsinki, National Public Health Institute, 2003.
12. He C, Morawska L, Hitchins J, Gilbert D. Contribution from indoor sources to particle number and mass concentrations in residential houses. *Atmos Environ* 2004; 38(21): 3405-3415.
13. Fischer PH, Hoek G, van Reeuwijk H, Briggs DJ, Lebret E, van Wijnen JH, et al. Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atmos Environ* 2000; 34(22): 3713-3722.
14. Wark K, Warner CF, Davis WT. Air pollution: its origin and control: Addison-Wesley; California, Melano Park. 1998.
15. W.H.O. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Regional office for Europe. 2010
16. Yassin MF, AlThaqeb BEY, Al-Mutiri EAE. Assessment of indoor $PM_{2.5}$ in different residential environments. *Atmos Environ* 2012, 56: 65-68.
17. Atabi F, Shariat SM, Monavari SM, Rezai AM. Presentation Of Environmental Management Planof Brick Kilns In City Of Qom. *Environmental Science and Technology* 2010; 12(4): 29-40 (Persian).
18. Weaver LK, HopkinsRO, Chan KJ, Churchill S, Elliott CG, Clemmer TP, et al. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N Engl J Med* 2002; 347(14): 1057-1067.
19. Baumbach G, Hein KRG, Oluwole AF, Ogunsola OJ, Olaniyi HB, Akeredolu FA, et al. Air pollution in a large tropical city with a high traffic density results of measurements

- in Lagos, Nigeria. *Sci Total Environ* 1995; 169(1-3): 25-31.
20. Environment and Social Development Unit. For a breath of fresh air. Ten years of progress and challenges in urban air quality management in India; New Delhi: World Bank. 2005.
21. Second calendar of data and trends in air quality in six Mexican cities. National Institute of Ecology; 2003; Mexico City: Available from: <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/new.consultaPublicacion.php>. Accessed August 20, 2006.
22. Haq G HW-J. Urban air pollution management and practice in major and megacities of Asia. Korea Environment Institute, 613-2 Bulgwang-dong, Eunpyeong-gu122-706, Seoul Republic of Korea, APMA Seoul workshop report: 2003.
23. Strangera M, Van Grieken R, Potgieter-Vermaak SS. Particulate matter and gaseous pollutants in residences in Antwerp, Belgium. *Sci Total Environ* 2009; 407(3): 1182-1192.
24. Nakai S, Tamura K. Relationship between indoor and outdoor particulate matter concentrations in Japan. *Asian Journal of Atmospheric Environment* 2008; 2(1): 68-74.
25. Mohammadyan M, Ashmore M, Shabankhani B. Indoor PM_{2.5} concentrations in the office, café, and home. *International Journal of Occupation Hygiene* 2008; 2(2): 57-62 (Persian).
26. Mohammadian M, Sojod L, Etemadinejad S. Survey of Concentrations of PM_{2.5} inside and outside of Shops in Sari's City Centre. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2011; 21(84): 72-79 (Persian).
27. Mohammadian M, Ashmore M R. Assessment of exposure to respirable particles (PM_{2.5}) concentrations in public transportation. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2006; 16(54): 67-74 (Persian).