بررسی غلظت ترکیبات آلی فرار و گازهای آلاینده در مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد در سال ۱۳۹۴

رجب رشیدی*[1]، محمد الماسیان[2]

۱- استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

۲- مربی، گروه زبان انگلیسی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم آباد، ایران.

یافته / دوره هجدهم / شماره ۳ / پاییز ۹۵ / مسلسل ۶۹

چکیده

دریافت مقاله: ۹۵/۶/۱۰ پذیرش مقاله: ۹۵/۷/۳

مقدمه: با توجه به تولید آلاینده های گازی و آیروسولی فراوان توسط صنعت چاپ و تکثیر، ارزیابی کیفیت هوا در داخل و خارج این مراکز در سطح شهر خرم آباد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در یک مطالعه توصیفی، پنج آلاینده گازی از آلاینده های معیار(CO، NO، NO_2، SO_2 و O_3) و ترکیبات آلی فرار مورد سنجش قرار گرفت. در کل ۳۶۰ نمونه از هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر در دو فصل تابستان و زمستان گرفته شد. نمونه برداری به دو روش قرائت مستقیم و نمونه برداری محیطی انجام گرفت. در روش قرائت مستقیم از دستگاه آنالایزر محیطی برای سنجش آلاینده های معیار گازی و از دستگاه phochek5000 برای اندازه گیری VOCs استفاده گردید. در نمونه برداری محیطی از پمپ های محیطی و لوله های جاذب کربن فعال SKC به صورت تصادفی-مداوم استفاده گردید. نمونه ها با حلال دی سولفید کربن آماده سازی شدند و با دستگاه کروماتوگراف گازی مورد تجزیه قرار گرفتند. از آزمون آماری t برای آنالیز نتایج استفاده گردید.

یافته‌ها: نتایج پژوهش نشان داد که در بین آلاینده های شاخص بجز گاز CO و در بین ترکیبات آلی فرار غلظت آلاینده های بنزن و تولوئن در هوای مراکز چاپ و تکثیر بیشتر از استاندارد EPA برای اماکن بسته می باشد. همچنین بین غلظت بنزن و تولوئن در فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی داری وجود داشت ($P<۰/۰۵$). در همه اندازگیری ها در فصول تابستان و زمستان میزان گاز O_3 در داخل مراکز چاپ و تکثیر به صورت معناداری بیشتر از فضای آزاد بود ($P<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری: هر چند مراکز چاپ و تکثیر نمی توانند بعنوان یک کانون جدی انتشار آلاینده ها برای سایر اماکن عمومی اطراف خود باشند، اما آلاینده های حاصل از آنها بخصوص آلاینده O_3 می تواند سلامت کارکنان این مراکز را تهدید نماید.

واژه‌های کلیدی: چاپ و تکثیر، آلاینده های شاخص، ترکیبات آلی فرار.

*آدرس مکاتبه : خرم آباد، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای.

پست الکترونیک: rashidi.r@lums.ac.ir

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

مقدمه

آلودگی هوا یکی از ره آوردهایی است که امروزه با توسعه شهرنشینی، افزایش وسایل نقلیه موتوری و صنعتی شدن جامعه در بسیاری از نقاط جهان توجه دانشمندان و مسئولین مرتبط با سلامتی انسان و محیط زیست را به خود معطوف کرده است (۱).

رشد فن آوری، کشف و کاربرد ده ها هزار نوع ماده شیمیایی با خواص مختلف فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی نه تنها موجب آلودگی هوای محیط های کاری شده، بلکه به تهدید جدی برای هوای شهرها تبدیل شده است (۲). در این میان صنعت چاپ و تکثیر علیرغم دستاوردهای مثبتی که برای بشریت به ارمغان آورده است، سبب تولید آلاینده های گازی و آیروسولی زیادی در مقیاس وسیعی شده، که به طور مستقیم و غیر مستقیم می تواند اثرات مخربی بر محیط زیست و زندگی انسان داشته باشد (۳).

آلاینده های مختلف از جمله ذرات خیلی ریز، گازهای سمی همچون ازن، دی اکسید نیتروژن، VOCs و ذرات کاغذ می تواند در اثر این فرایند صنعتی وارد هوا شوند.

به همین خاطر EPA (سازمان محیط زیست آمریکا) پیشنهاد نموده است که تحقیقاتی در زمینه وضعیت انتشار این آلاینده ها در محیط های اداری و مراکز چاپ و تکثیر صورت گیرد (۴). تحقیقات آزمایشگاهی نشان داده است که حدود ۶۰٪ از انتشار VOCs در مراکز چاپ و تکثیر در حین کار با دستگاه فتوکپی منتشر می شود (۴-۸). با توجه به اینکه دستگاه های فتوکپی یکی از ملزومات اصلی کارهای اداری و تجاری به حساب می آیند، در نتیجه شمار کسانی که در سراسر دنیا با این تجهیزات خدمات ارائه داده یا در ارتباط با فضای کاری این تجهیزات هستند، بالغ بر میلیون ها نفر می باشد. در مطالعه ای که در تایوان توسط Chia-wei Lee و همکاران در مراکز فتوکپی انجام شد، فاکتور خطر نسبی برای ایجاد سرطان مزمن در این اماکن را بالاتر از رنج مواجهه ی بی خطر اعلام کرده است (۳-۴). نتایج مطالعه ای که در سال ۲۰۱۳ بر روی کیفیت هوای شاغلین مراکز فتوکپی در هندوستان انجام گرفت نشان داده شد که غلظت ذرات معلق pm_{10} و $pm_{2/5}$ دراین مراکز بالاتر از استاندارد تعیین شده بوده، اما گازهایی مثل مونواکسیدکربن، دی اکسید ازت، دی اکسید سولفور، سرب و نیکل در محدوده کیفیت هوای ملی هندوستان می باشد (۹).

نتایج مطالعه ای که توسط سرخوش و همکاران در برخی از مراکز چاپ و تکثیر شهر تهران انجام گرفت نشان داد که در تمام این مراکز غلظت تولوئن در محیط داخل بیشتر از محیط خارج است. همچنین غلظت ترکیبات آلی فرار در فصل زمستان بیشتر از فصل بهار بوده است (۱۰).

از آنجائیکه مراکز چاپ و تکثیر در ایران اغلب در زیرزمین ها و مکان هایی که معمولاً کوچک و دارای تهویه ضعیف هستند قرار دارند، بنابراین آلاینده های ساطع شده از آنها می تواند بالاتر از استاندارد های موجود باشد. در نتیجه، مطالعه حاضر به منظور پایش دقیق آلاینده های این مراکز جهت اعمال تغییرات در فرایند کاری، تجهیزاتی و مکانی برای حذف یا به حداقل رساندن آنها انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی کیفیت هوا در داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد در قالب یک مطالعه مقطعی، پنج آلاینده گازی از آلاینده های معیار (CO، NO، NO_2 ، SO_2، O_3) و مواد آلی فرار (VOCs) مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به اهمیت فصل، نمونه برداری در دو فصل تابستان و زمستان انجام شد. اندازه گیری غلظت آلاینده های هوا به صورت ماهانه و یک بار نمونه برداری از هر مکان در ساعات کاری صورت گرفت. با توجه به وجود ۱۵ مرکز چاپ و تکثیر در شهر خرم آباد، به صورت سرشماری برای هر فصل ۹۰ نمونه و با در نظر گرفتن دو فصل تعداد نمونه‌ها ۱۸۰ نمونه در نظر گرفته شد. در مکان های مذکور با در نظر گرفتن منابع انتشار آلاینده ها یک نقطه در ارتفاع تنفسی

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

انسان انتخاب گردید. مراحل نمونه برداری برای مکان های خارج از مراکز نیز مشابه با داخل در نظرگرفته شد.

روش نمونه برداری

برای سنجش آلاینده های معیار گازی در هوای داخل و بیرون مراکز از دستگاه قرائت مستقیم آنالایزر محیطی آلاینده های گازی (BABUC/A) ساخت ایتالیا مدل ۲۰۰۴ استفاده گردید. همچنین به منظور اندازه گیری میزان VOCs در هوای داخل و بیرون مراکز چاپ و تکثیر از دستگاه phochek5000 ساخت انگلستان استفاده شد. این دستگاه های قابل حمل جهت اندازه گیری هیدروکربن ها و آلاینده های هوا می باشند که نتایج را به صورت آنی نشان می دهند و از درجه اعتبار قابل قبولی برخوردارند (۱۱). نحوه کار به این صورت است که پس از کالیبره کردن دستگاه ها و قراردادن آنها در محل مورد نظر، غلظت آلاینده ها بر روی صفحه نمایش قرائت می گردد. از جمله مزایای آنها می توان به سادگی استفاده، آنی بودن نتایج، قابلیت حمل و قابل اطمینان بودن نتایج به دست آمده اشاره کرد.

به منظور مقایسه نتایج حاصل از روش قرائت مستقیم، تعداد ۳۰ نمونه برای هر فصل با استفاده از پمپ های نمونه برداری محیطی گرفته شد. در این مطالعه با استفاده پمپ های نمونه برداری محیطی مدل NR346 ساخت شرکت Negretti و لوله های جاذب کربن فعال SKC از هوای مراکز چاپ و تکثیر، نمونه برداری انجام گرفت (۱۲). روش نمونه برداری به صورت تصادفی، مداوم در طول شیفت کاری و بطور متوالی برای کلیه مراکز بود.

برای تنظیم میزان جریان هوای عبوری از لوله های جاذب، از یک اورفیس در شرایط بحرانی استفاده شد و دبی عبوری روی ۲۰۰ml/min تنظیم شد. برای هر بار استفاده از لوله های جاذب، دو انتهای آن شکسته شده و با توجه به علامت فلشی که جهت جریان هوا را نشان می دهد، لوله جاذب به ورودی پمپ وصل گردید. پس از پایان هر بار نمونه برداری، دو انتهای لوله جاذب توسط درپوش پلاستیکی کاملاً بسته شد و تا قبل از آنالیز در دمای زیر صفر درجه سانتی گراد نگهداری گردید.

بازیافت نمونه ها از جاذب

برای بازیافت آلاینده ها از جاذب بر اساس پیشنهاد NIOSH از حلال دی سولفید کربن استفاده گردید (۱۳). برای این کار ماده جاذب درون لوله، به داخل یک ویال حاوی یک میلی متر CS_2 تخلیه شده و به مدت ۵ دقیقه در ویبراتور قرار گرفت تا ماده جذب شده از سطح جاذب جدا و وارد حلال شود. سپس از حلال بدست آمده، نمونه تزریق تهیه و به دستگاه کروماتوگراف گازی تزریق گردید.

آنالیز نمونه ها

جهت تجزیه نمونه ها از دستگاه کروماتوگراف گازی طیف سنجی جرمی مدل Varian CP-۳۸۰۰استفاده گردید. ستون مویین استفاده شده از نوع factor-four, VF-5ms با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت لایه ۲۵۰ میکرومتر بود. محفظه تزریق split/splitless با دمای ۲۸۰ °C آماده و تزریق با نسبت split۱:۲۵ انجام شد. گاز حامل هلیوم با جریان ۱/۵ میلی لیتر بر دقیقه و دمای آون برنامه ریزی شده از ۳۵ °C و زمان توقف دمای اولیه ۴ دقیقه شروع و سرانجام دما تا ۲۸۰ °C با سرعت ۲۰ درجه بر دقیقه، افزایش یافت. از کروماتوگرافی خروجی از دستگاه GC-MS مقادیر سطح پیک هر ماده به دست آورده شد. مقایسه بین مقادیر آلاینده های یافته شده در هوای مراکز چاپ و تکثیر سطح شهر با استفاده از میانگین، انحراف معیار و آزمون آماری t انجام شد.

یافته‌ها

در جدول ۱ تفاوت مقادیر میانگین آلاینده های داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر در فصل تابستان مشخص شده است. همانطور که از جدول ۱ پیدا است به جز دو آلاینده ازن و دی اکسید گوگرد بین سایر آلاینده ها در هوای خارج و داخل مراکز چاپ و تکثیر رابطه معنی داری وجود ندارد.

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

در جدول ۲ تفاوت مقادیر میانگین آلاینده های داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر در فصل زمستان مشخص شده است. داده های جدول ۲ نشان می دهد که بین میانگین مقادیر گازهای O_3، NO، CO و VOCs در هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر تفاوت معنی داری وجود دارد.

در جدول شماره ۳ غلظت VOC های اندازه گیری شده در هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر در دو فصل تابستان و زمستان نشان داده شده است. داده های جدول ۳ نشان می دهد که غلظت تمامی VOCهای اندازه گیری شده در هوای داخل مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بوده و در فضای بیرونی مراکز چاپ و تکثیر هم به جز بنزن و تولوئن، غلظت سایر ترکیبات آلی فرار نیز در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بوده است. در مقایسه غلظت ترکیبات آلی فرار در فضای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر نیز بجز دو آلاینده بنزن و تولوئن که اختلاف آنها معنی دار بود ($P<۰/۰۵$)، در سایر ترکیبات اختلاف معنی داری بدست نیامد.

جدول ۱. مقایسه آلاینده های هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد در فصل تابستان برحسب ppm

	آلاینده	CO	NO	NO_2	O_3	SO_2	VOC_s
محل سنجش							
داخل	میانگین	۷/۰۹۴	۱/۰۵	۰/۴۰	۰/۱۷۰	۰/۳۵۴	۰/۱۱۰
	انحراف معیار	۴/۵۶	۰/۱۴۸	۰/۱۶۴	۰/۰۶۱	۰/۰۶۰	۰/۵۷۶
خارج	میانگین	۷/۹۴	۱/۲۵	۰/۴۷۵	۰/۰۹	۰/۴۱۵	۰/۰۹
	انحراف معیار	۳/۴۷	۰/۱۴۳	۰/۰۸۷	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۱۴
	P –value	۰/۵۲۵	۰/۴۱۹	۰/۱۲۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	۰/۴۹۸

جدول ۲. مقایسه آلاینده های هوای داخل و خارج مراکز چاپ وتکثیر شهر خرم آباد در فصل زمستان برحسب ppm

	آلاینده	CO	NO	NO_2	O_3	SO_2	VOC_S
محل سنجش							
داخل	میانگین	۵/۴۸۳	۱/۸۳	۰/۳۸۲	۰/۱۷۲	۰/۳۹۶	۰/۰۰۹
	انحراف معیار	۳/۳۷	۰/۱۷۹	۰/۲۳۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۷	۰/۰۰۷
خارج	میانگین	۳/۸۷	۰/۹۷	۰/۴۳۵	۰/۰۷۵	۰/۴۲۵	۰/۰۰۰
	انحراف معیار	۱/۱۲۵	۰/۰۷۵	۰/۱۷۵	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
	P –value	۰/۰۳۱	۰/۰۵۰	۰/۶۲۵	۰/۰۰۰	۰/۹۳۰	۰/۰۰۰

جدول۳. غلظت VOC های اندازه گیری شده در هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد در دو فصل تابستان و زمستان بر حسب ppm

		فصل سال	تابستان		زمستان	
نوع voc			میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	P-value
هوای داخل	N- هگزان		۰/۱۷۳	۰/۲۸۷	۰/۰۹۶	۰/۱۸۲	۰/۶۵
	بنزن		۰/۳۴۲	۰/۴۱۱	۰/۱۷۶	۰/۲۳۶	۰/۰۱
	تولوئن		۰/۴۷۸	۰/۵۹۵	۰/۳۰۲	۰/۵۲۱	۰/۰۳
	اتیل بنزن		۰/۱۸۶	۰/۲۹۳	۰/۱۳۹	۰/۲۱۳	۰/۶۶
	M و P گزیلن		۰/۱۵۳	۰/۲۵۱	۰/۰۹۵	۰/۱۸۷	۰/۴۶
	O -گزیلن		۰/۰۹	۰/۱۱۵	۰/۰۸	۰/۱۳۲	۰/۸۴
هوای خارج	N- هگزان		۰/۱۵۷	۰/۲۴۱	/۰۸۹	۰/۱۷۵	۰/۵۶
	بنزن		۰/۲۳۴	۰/۳۲۵	۰/۲۰۲	۰/۲۸۶	۰/۴۹۹
	تولوئن		۰/۴۱۲	۰/۵۲۱	۰/۳۷۹	۰/۴۸۵	۰/۵۷
	اتیل بنزن		۰/۱۰۶	۰/۲۱۱	۰/۰۹۷	۰/۱۸۷	۰/۶۶۵
	M و P تریلن		۰/۰۹۵	۰/۱۳۴	۰/۰۸۳	۰/۱۰۷	۰/۸
	O -گزیلن		۰/۰۶۵	۰/۱۰۳	۰/۰۵۹	۰/۰۸۴	۰/۸۵

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

بحث و نتیجه گیری

براساس اندازه گیری های انجام شده در این تحقیق، غلظت آلاینده های هوا در داخل مراکز چاپ و تکثیر با غلظت آنها در فضای بیرون این مراکز متفاوت می باشد. با توجه به اندازه گیری های بعمل آمده (جداول۱و۲)، در هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر بجز در مورد گاز CO غلظت سایر آلاینده های شاخص بیشتر از استاندارد پیشنهاد شده از سوی EPA برای اماکن بسته می باشد. EPA مقادیر استاندارد را برای آلاینده های CO، NO_2، SO_2 و O_3 به ترتیب ۹، ۰/۰۸، ۰/۰۱۵ و ۰/۰۵ ppm اعلام کرده است.

یافته های تحقیق در جدول ۳ بیانگر آن بود که در بین ترکیبات آلی فرار، غلظت آلاینده های بنزن و تولوئن در محیط داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر بیشتر از حد مجاز استاندارد EPA برای هوای تنفسی است. EPA مقدار مجاز بنزن و تولوئن را برای هوای تنفسی به ترتیب ppm ۰/۰۰۳ و ppm ۰/۱ اعلام کرده است. همچنین بین غلظت این دو آلاینده در فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی داری وجود دارد ($P<0/05$). اما برای سایر VOC های اندازه گیری شده ، مقادیر بدست آمده کمتر از حد استاندارد مجاز بوده و بین میانگین غلظت آنها در فصل زمستان و تابستان اختلاف معنی داری وجود نداشت. هر چند که برای این گونه آلاینده ها نیز غلظت آنها در فضای داخل و خارج اماکن مورد نظر در فصل تابستان بیشتر از فصل زمستان بود.

در مطالعات مشابه انجام شده در این زمینه از جمله مطالعه صورت گرفته در شهر همدان بر روی آلاینده های هوا (۱۴)، همچنین مطالعه بعمل آمده در مناطق شهری اسپانیا (۱۵) و پژوهش صورت گرفته توسط بهرامی در تهران (۱۶) و مطالعه انجام شده توسط محققین بر روی ترکیبات آلی فرار هوای شهر خرم آباد (۱۷) با نتایج حاصل از مطالعه حاضر همخوانی دارد و فقط به دلیل موقعیت شهری، جغرافیایی، ترافیکی و جمعیتی این مناطق در مقدار غلظت‌های آلاینده ها اختلاف وجود دارد. در تحقیقی که در مناطقی از کشور ترکیه بر روی آلاینده ها صورت گرفته است نیز غلظت ترکیبات آلی فرار را در تابستان بیشتر از زمستان اعلام کرده اند (۱۸). در این خصوص علاوه بر تأثیر ماهیت کار در مراکز چاپ وتکثیر و نقش این فرایند کار در تولید آلاینده، می توان گفت که درجه حرارت و جزء مولی این ترکیبات در افزایش غلظت آنها در تابستان مؤثر است (۲۰،۱۹). مقایسه مقادیر سنجش شده آلاینده های شاخص در هوای داخل و بیرون مراکز چاپ و تکثیر حاکی از آن بود که در خصوص آلاینده های NO_2 و SO_2 برای فصول تابستان و زمستان غلظت این دو آلاینده در هوای بیرون مراکز چاپ و تکثیر بیشتر بود، که می توان علت آن را مصرف سوخت های گوگرد دار (بنزین و گازوئیل) در فضای بیرون دانست. علاوه بر این در صورت وجود منابعی که از سوخت های فسیلی در داخل اماکن استفاده می کنند، از طریق دودکش گاز آلاینده آن به فضای بیرون منتقل می‌گردد. همچنین در مقایسه مقادیر بدست آمده برای آلاینده های NO_2 و SO_2 برای هوای داخل و خارج مراکز چاپ و تکثیر شهر خرم آباد با استانداردهای ارائه شده از سوی EPA و WHO نتایج حاکی از آن بود که در هر دو فصل سال، مقادیر بیشتر از حد آستانه مجاز ارائه شده از سوی این دو سازمان می باشد. در همه اندازه گیری های انجام شده در فصول تابستان و زمستان میزان گاز O_3 در داخل مراکز چاپ و تکثیر بیشتر از فضای آزاد بوده است و ارتباط معنی داری بین غلظت این گاز در داخل و بیرون مراکز وجود داشت ($P=0/0001$). این امر حکایت از وجود منابع داخلی یا پیش سازهای گاز ازن در محیط های داخل مراکز چاپ و تکثیر دارد. سازمان محیط زیست آمریکا (EPA) نیز اعلام کرده است که در محیط های اداری و مراکز چاپ و تکثیر، ملزومات کاری نظیر کامپیوتر، دستگاههای کپی، زیراکس و پرینترها می توانند از پیش زمینه های انتشار آلاینده ها از جمله گاز ازن در فضا باشند (۳).

در اندازه گیری های انجام شده در غلظت های بیرونی و درونی برای گاز NO تفاوت چشم گیر و معنی داری برای

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

این گاز مشاهده نگردید. بطوری که در دو فصل مقادیر نسبتاً یکسانی درحد آستانه مجاز از آن در هوا وجود داشت. البته دلیل این امر را می توان بخاطر ناپایداری گاز NO در هوا دانست، که پس از تولید در حضور اکسیژن هوا به NO_2 تبدیل می شود.

در نهایت می توان چنین نتیجه گیری کرد که مراکز چاپ و تکثیر هر چند نمی توانند به عنوان یک کانون جدی انتشار آلاینده ها برای سایر اماکن عمومی اطراف خود در سطح شهر باشند، اما آلاینده های آنها بخصوص آلاینده O_3 می توانند سلامت کارکنان این مراکز را تهدید نماید.

تشکر و قدردانی

از معاونت محترم تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی لرستان به خاطر فراهم کردن تسهیلات مالی و فضای لازم برای انجام آزمایشات و همچنین کلیه افرادی که ما را در مراحل مختلف کار این پروژه یاری نموده اند کمال تشکر را داریم.

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

References

1. NIOSH. Pocket Guide to Chemical Hazards. 2nd ed. New York; 2002.
2. Yamada E, Hosokawa Y, Furuya Y, Matsushita K, Fuse Y. Simple analysis of Volatile Organic Compounds (VOCs) in the atmosphere using passive samplers. Anal Sci. 2004; 20(1): 107-112.
3. Lee CW, Dai YT, Chien CH, Hsu DJ. Characteristics and health impacts of volatile organic compounds in photocopy centers. Environ Res. 2006; 100(2): 139-149.
4. Lee CW, Hsu DJ, Measurements of fine and ultrafine particles formation in photocopy centers in Taiwan. Atmos Environ. 2007; 41(31): 6598-6609.
5. Lee S, Lam S, Kin Fai H. Characterization of VOCs, ozone, and PM10 emissions from office equipment in an environmental chamber. Build Environ. 2001; 36(7): 837-842.
6. Hsu DJ, Huang HL, Chien CH, Lin TS. Potential exposure to VOCs caused by dry process photocopiers: Results from a chamber study. Bull Environ Contam Toxicol. 2005; 75(6): 1150-1155.
7. Hsu DJ, Huang HL, Lin HY, Lin TS. Potential volatile organic compound exposure from dry process photocopiers in operation-idle mode. Bull Environ Contam Toxicol. 2006; 76(6): 922-929.
8. USEPA. National oil and hazardous substances pollution contingency plan-final rule. Fed. Reg. 55 CFR Part; 1990.
9. Elango N, Kasi V, Vembhu B, Poornima JG. Chronic exposure to emissions from photocopiers in copy shops causes oxidative stress and systematic inflammation among photocopier operators in India. Environ Health. 2013; 12(1): 78-90.
10. Sarkhosh M, Mahvi A, Zare MR, Shamsolahi HR. Indoor contaminants from Hardcopy Devices: Characteristics of VOCs in photocopy centers. Atmos Environ. 2012.
11. McDermott HJ. Air Monitoring for Toxic Exposures. 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons Inc.; 2004.
12. National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH Manual of Analytical Methods [Internet]. 2008: Available from: URL:http://www.cdc.gov.
13. NIOSH. Manual of Analytical Methods. 3rd ed. Cincinnati; 2004.
14. Joneidi A, Assari MJ. Examining the concentration of some hydrocarbons present in the air of Hamedan, Iran, during the summer and fall of 2001. Improv (Behbood) J. 2003; 7(2):45-53. (In Persian).
15. Lopez-Mahia P, Muniategal-Lorenz S, Lopez-Moure MP, Oineiro-Iglesias M, Prarada-Rodriguez D. Determination of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particulate samples of Acoruna City (Spain). Int J Environ Sci Pall Res. 2003; 10(2): 98-102.
16. Bahrami AR. Distribution of volatile organic compounds in ambient air of Tehran. Arch Environ Health. 2001; 56(4): 380-382.
17. Rashidi R, Almasian M, The measurement of volatile organic compounds in the ambient air of Khorramabad city and its

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]

comparison with current standards. Yafte. 2015; 16 (4): 54-61. (In Persian)
18. Bozlaker A, Muezzinoglu A, Odabasi M. Atmospheric concentrations, dry deposition and air-soil exchange of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in an industrial region in Turkey. J Hazard Mater. 2008; 153: 1093-1102.
19. Moussavi G, Rashidi R, Khavanin A, The efficacy of GAC/MgO composite for destructive adsorption of benzene from waste air stream. Chem Engin J. 2013; 228: 741-747.
20. Rashidi R, Godini H, Almasian M. Removal of toluene from the airflow using catalytic ozonation. J Health Sys Res. 2014; 9(12): 1346-1356.

[Downloaded from yafteh.lums.ac.ir on 2026-11-08]