بررسی میزان ترکیبات BTEX و میدان‌های الکترومغناطیسی در مراکز چاپ و تکثیر شهر همدان

ادریس حسین‌زاده [۱]، محمدرضا سمرقندی [۲]، محمد امین فقیه [۳]، قدرت‌الله روشنایی [٤]، زهرا هاشمی [٥*]، رضا شهیدی [٦]

چکیده

زمینه و هدف: مراکز چاپ و تکثیر یکی از منابع نشر آلودگی و تأثیرگذار در کیفیت هوای محیط‌های بسته می‌باشد. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری ترکیبات BETX و شدت میدان الکترومغناطیسی در مراکز چاپ و تکثیر موجود در سطح شهر همدان بوده است.

روش بررسی: این مطالعه‌ی توصیفی بر روی ۴۵ مرکز چاپ و تکثیر شهر همدان در سال ۹۰ صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری شدت میدان‌های الکترومغناطیسی از دستگاه HI3604, 3603 و برای سنجش میزان اشعه‌ی ماورای بنفش از رادیومتر UV (Hagner ECI-UV-A) استفاده شد. نمونه-برداری ترکیبات BTEX موجود در هوا مطابق توصیه NIOSH و OSHA با استفاده از لوله‌های کربن فعال ساخت شرکت SKC انجام شد و برای مکش هوا، از پمپ پرسنلی (SKC, 224-44EX) استفاده گردید. طبق روش NIOSH و دستورالعمل جاذب SKC، مدت‌زمان نمونه‌برداری ۸ ساعت و دبی هوای عبوری حدود ۲۰۰ml/min انتخاب گردید. پس از اتمام نمونه-برداری، دو انتهای لوله‌ی شیشه‌ای جاذب توسط درپوش پلاستیکی کاملاً بسته شد و تا قبل از بازیافت و آنالیز در دمای پایین‌تر از صفر درجه‌ی سلسیوس نگهداری شد. پس از بازیافت، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Varian CP-3800) مجهز به دتکتور FID سنجیده شدند. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۱۶مدیریت شد و ارتباط بین مقادیر شدت میدان الکترومغناطیسی با فاصله‌ی اندازه‌گیری با آزمون آماری پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که حداکثر غلظت بنزن، تولوئن و زایلن به‌ترتیب برابر با mg/m^3 ۹/۳، ۱۱/۳و ۹ بوده است و اتیل بنزن در هیچ-کدام از نمونه‌ها مشاهده نشد. نتایج حاصل از سنجش شدت مغناطیسی V/m ۳/۰۷ ±۴/۳۳ و ۰/۰۹۵ ±۰/۲۹ به‌ترتیب برای VLF وELF و میدان‌های الکتریکی mA/m ۰/۱۰۸ ±۰/۲۹۲ بوده است. میانگین مقدار به‌دست‌آمده برای UVA در حدودmW/cm^2 ۰/۰۲ ±۰/۰۲۸۱ به‌دست آمده است. نتایج تحلیل آماری بین مقادیر شدت میدان الکترومغناطیسی با فاصله‌ی اندازه‌گیری، ارتباط معناداری را نشان داد ($P\leq$۰/۰۵).

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این مطالعه، میزان ترکیبات BTEX، شدت میدان-های مغناطیسی و الکتریکی و همچنین میزان اشعه‌ی ماورای بنفش کمتر از مقادیر مجاز اعلام‌شده توسط سازمان‌های مربوطه می‌باشد.

کلید واژگان: BTEX، میدان‌های الکترومغناطیسی، پرتوی ماورای بنفش، ماشین چاپگر و فتوکپی.

۱- مربی گروه مهندسی بهداشت محیط.
۲- دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط.
۳و ۵ و٦- مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای.
٤- استادیار گروه آمار و اپیدمیولوژی.

۱- گروه مهندسی بهداشت، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی لرستان، خرم-آباد، ایران.
۲- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۳- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی هرمزگان، بندرعباس، ایران.
۴- گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۵- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
۶- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده‌ی بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

* نویسندهٔ مسؤول:
زهرا هاشمی؛ گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران.
تلفن: ۰۰۹۸۹۱۷۲٦۱۷۷۸۳
Email: *z_hashemi26@yahoo.com*

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۴/۱۷ دریافت مقاله‌ی اصلاح‌شده: ۱۳۹۱/۷/۱۰ اعلام قبولی: ۱۳۹۱/۷/۱۲

مقدمه

امروزه آلودگی هوا یکی از معضلات اساسی جامعه‌ی بشری است که سبب بروز مشکلات، بیماری‌ها و ناراحتی‌های زیادی شده است. کیفیت هوای داخل ساختمان‌ها (محیط بسته) به‌دلیل اینکه افراد بیش از ۹۰ درصد از وقت خود را در این‌گونه محیط‌ها سپری می‌کنند از اهمیت زیادی برخوردار است (۱). مطابق با مطالعات انجام‌شده، مقدار ترکیبات آلی فرار در هوای محیط‌های بسته به‌خصوص ساختمان‌های جدید بالاتر از میزان آن در هوای آزاد است (۲). ترکیبات آلی فرار از جمله پراستفاده‌ترین ترکیبات شیمیایی در صنایع و محیط‌های کاری می‌باشند؛ به‌طوری‌که این ترکیبات بعد از ذرات معلق، بیشترین فراوانی و تنوع نشر را در هوای محیط بسته دارا هستند (۳). از جمله مهم‌ترین ترکیبات آلی فراری که در صنایع و محیط‌های داخلی تولید و به‌کار برده می‌شود، ترکیبات BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes) (بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و گزیلن) است، منابع انتشار ترکیبات BTEX در محیط‌های داخلی، فعالیت‌های انسانی مانند گرمایش، پخت و پز، اسباب و اثاثیه، سیگار کشیدن، استفاده از حلال‌های مختلف و غیره می‌باشد (٤). در طی دهه‌ی گذشته، استفاده از کامپیوترهای شخصی، پرینترها و دستگاه‌های فتوکپی در دفاتر اداری رو به افزایش بوده است. کاربرد این وسایل باعث افزایش راندمان کاری، ولی تغییر کیفیت هوای محیط‌های داخلی شده است. نتایج مطالعات مختلف نشان داد که ترکیبات آلی فرار و ازن از جمله ترکیباتی هستند که ناشی از به‌کارگیری ماشین‌های فتوکپی می‌باشد (۵). در مطالعه‌ای که توسط هنس‌چلد (Henscheld) و همکارانش انجام شده است حدود ۶۱ نوع مواد آلی فرار در تونر پودر دستگاه چاپگر و فتوکپی شناسایی گردیده است که شامل هیدروکربن‌های آروماتیک، الکل‌ها، هیدروکربن‌های آلیفاتیک و آلدهیدها و ... بوده است. حجم آلاینده‌های مختلف منتشره از این دستگاه‌ها در هنگام روشن بودن، معمولاً بیش از مواقع دیگر است (۶). بنرجی (Banerjee) و همکاران، میزان VOC (Volatile Organic Compounds) های منتشره از دستگاه‌های فتوکپی را بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که دستگاه‌های فتوکپی توانایی انتشار انواع ترکیبات VOC و ازن را دارند که این دو آلاینده می‌توانند اثرات بالقوه‌ای بر سلامتی کاربران دستگاه‌های فتوکپی داشته باشند (۷). استفاده از وسایل الکترونیکی باعث به‌وجود آمدن میدان الکترومغناطیسی با شدت متفاوت در اطراف این تجهیزات می‌شود که از نقطه‌نظر بهداشتی حای‌ز اهمیت است. بر اساس مطالعات اپیدمیولوژیک صورت‌گرفته، مشاهده شده است که در اثر پرتوگیری محیطی با سطوح بالای میدان‌های مغناطیسی، سرطان خون و سرطان مغز در کودکان افزایش یافته است. همچنین تراز بالای ۰/۴ میکروتسلا، ریسک ابتلا به سرطان خون را در دوران کودکی افزایش می‌دهد (۸-۱۰). ماشین‌های فتوکپی و چاپگر از جمله وسایلی هستند که ساعات زیادی از شبانه‌روز در این اماکن در حال استفاده می‌باشند. مطالعه‌ای توسط رنجبریان و همکاران بر روی شدت میدان‌های مغناطیسی و الکتریکی اطراف رایانه‌های مورد استفاده در محیط دانشگاه انجام شد که اندازه‌گیری‌ها در سه فاصله‌ی ۳۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متری انجام گرفت. نتایج نشان داده است که شدت میدان مغناطیسی و الکتریکی در فاصله‌ی ۳۰ سانتی‌متری تقریباً بیشتر و در فاصله‌ی ۵۰ سانتی‌متری مانیتورها در تمام موارد کمتر از استاندارد ۲۰MA/m (MPRII و TCO) و ۱V/m بوده است (۷). از میان ترکیبات BTEX، بنزن دارای اهمیت زیادی می‌باشد. مهم‌ترین اثر بیماری‌زایی بنزن مربوط به سیستم خون‌ساز است (۱۱). سازمان حفاظت از محیط زیست آمریکا و مجمع دولتی متخصصین بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH)(American Conference of Industrial Hygienists) بنزن را در گروه A1 سرطانی قرار داده‌اند که مؤید سرطان‌زایی قطعی آن برای

انسان است (۱۲و ۱۳). تولوئن نیز ترکیبی خطرناک است و از جمله اثرات حاد تولوئن می‌توان به آتاکسی، لرزش، عدم حس بویایی، افت شنوایی، حسی و عصبی، جنون، اختلالات هورمونی، گیجی، حملات غش، افزایش فشار در تالاموس، اختلالات حسی بینایی و تاری اشاره کرد (۱۴). زایلن بر مغز اثر می‌گذارد و موجب صدمه به بافت کبد و کلیه، سرگیجه، عدم هماهنگی ماهیچه‌ها، سردرد، آشفتگی و بهم خوردن تعادل و همچنین باعث تحریک چشم، پوست و غشای مخاطی می‌شود (۱۵). متابولیت‌های تولوئن و زایلن به بافت کبدی و کلیوی صدمه می‌زنند. عوارض ناشی از غلظت‌های بالای اتیل بنزن، بیهوشی و اختلالات مغزی و عوارض زودگذر چشمی (سوزش و اشک) می‌باشد. همچنین تماس با این ماده‌ی سمی باعث خستگی و سردرد و تحریک ملایم چشم و دستگاه‌های تنفسی می‌شود (۱۶و ۱۷). علاوه بر ترکیبات BTEX، میدان‌های الکترومغناطیسی و اشعه‌ی ماورای بنفش نیز در اطراف ماشین‌های کپی وجود دارد. منبع وجود این پرتو را می‌توان به لامپ به‌کاررفته در دستگاه فتوکپی نسبت داد که در هنگام برداشتن پوشش دستگاه و قرار دادن صفحات کاغذ جهت گرفتن کپی، تابش آن روی می‌دهد. با توجه به استفاده از ترکیبات BTEX در مراکز چاپ به‌عنوان حلال و همچنین استفاده از دستگاه‌های الکتریکی با ولتاژ بالا در مراکز تکثیر، احتمال وجود آلاینده‌های مذکور با غلظت‌های بالاتر از حدود مجاز و راهنما در این‌گونه اماکن مشهود است. لذا این مطالعه با هدف ارزیابی ترکیبات آلی فرار، میدان‌های الکترومغناطیسی و سنجش اشعه‌ی ماورای بنفش در مراکز چاپ و تکثیر شهر همدان صورت گرفت.

روش بررسی

این مطالعه‌ی توصیفی بر روی ۴۵ مرکز چاپ و تکثیر شهر همدان صورت گرفت. نمونه‌گیری به‌صورت تصادفی، طبقه‌بندی و در مناطق چهارگانه‌ی همدان اجرا شد. برای تعیین تعداد نمونه با استفاده از فرمول حجم نمونه، اندازه‌ی نمونه‌ی مقدماتی برابر ۵۳ تعیین شد. لذا بر اساس استفاده از فرمول جامعه‌ی محدود و همچنین با توجه به محدویت بودجه‌ی اختصاص داده‌شده، اندازه‌ی نمونه تعدیل و برابر با ٤٥ نمونه لحاظ شد. برای صحت و دقت آزمایش‌ها، اندازه‌گیری‌ها ۳ بار تکرار و میانگین آنها ثبت شد. برای تعیین مقدار ترکیبات BTEX در مراکز چاپ و تکثیر، با استفاده از روش استاندارد اقدام به نمونه‌برداری شد. روش نمونه‌برداری از این ترکیبات آلی موجود در هوا، به‌ویژه هنگام مواجهه با مقادیر کم این آلاینده‌ها طبق توصیه NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) و OSHA (Occupational Safety and Health Administration) استفاده از جاذب‌ها است. سازمان NIOSH روش ۱۵۰۱ را برای اندازه‌گیری ترکیبات BTEX پیشنهاد نموده است (۱۲). در این روش برای اندازه‌گیری ترکیبات BTEX، استفاده از جاذب‌ها و به‌منظور آنالیز، روش گاز کروماتوگرافی توصیه شده است. در تحقیق حاضر از لوله‌های زغال فعال آماده در لوله‌های شیشه‌ای دربسته‌ی ساخت SKC استفاده شد. مکش هوا توسط پمپ پرسنلی (SKC, 224-44EX) صورت گرفته است. در هر بار نمونه‌برداری، دو انتهای لوله‌ی جاذب شکسته شده و با توجه به علامت فلشی که جهت جریان هوا را نشان می‌دهد، لوله‌ی جاذب به ورودی پمپ وصل شده است. نمونه‌برداری به‌مدت زمان ۸ ساعت و دبی ۲۰۰ میلی‌لیتر در دقیقه انجام شد. همچنین برای بررسی غلظت ترکیبات BTEX در مدت زمان یک شبانه‌روز اقدام به نمونه‌برداری با زمان ۲۴ ساعت هم شد که برای نمونه‌برداری از دبی ۹۰ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده گردید. پس از اتمام نمونه‌برداری، دو انتهای لوله‌ی جاذب توسط درپوش پلاستیکی کاملاً بسته و تا قبل از آنالیز در دمای پایین‌تر از صفر درجه‌ی سلسیوس نگهداری شد.

بازیافت و سنجش نمونه‌ها: به‌منظور آماده‌سازی نمونه‌ها جهت آنالیز، ابتدا با برداشتن پشم شیشه، ماده‌ی جاذب قسمت جلویی لوله‌ی شیشه‌ای زغال فعال در یک لوله‌ی

آزمایش تخلیه و سپس با برداشتن اسفنج، ماده‌ی جاذب قسمت عقبی در یک لوله‌ی آزمایش جداگانه ریخته شد. به هر لوله‌ی آزمایش حاوی نمونه و شاهد، یک میلی‌لیتر حلال CS_2 خالص اضافه و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه ویبراتور قرار داده شد تا نمونه‌ها از جاذب جدا و وارد حلال گردند (حداکثر زمان بین آماده‌سازی نمونه و آنالیز ۲۴ ساعت بوده است). پس از رسم منحنی کالیبراسیون، از دستگاه گاز کروماتوگرافی (Varian CP-3800) مجهز به آشکارساز FID (ionization flame detector) برای سنجش نمونه‌ها استفاده شد. برای اندازه‌گیری میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی در محیط کار بایستی فواصل اندازه‌گیری، مشابه با فواصل موجود در شرایط واقعی کار باشد. همچنین اندازه‌گیری در ارتفاع یک‌متری از سطح زمین انجام شود. در این مطالعه، اندازه‌گیری میدان الکتریکی و مغناطیسی در ارتفاع یک-متری از کف و سه فاصله‌ی ۳۰، ۵۰ و ۶۰ سانتی‌متری در اطراف دستگاه‌ها به روش استاندارد Svensk مؤسسه‌ی استانداردهای سوئد در محدوده‌ی ELF و VLF با استفاده از دستگاه الکترومغناطیس‌سنج مدل HI 3604 و HI 3603 انجام شد. HI 3604 نسبت به میدان‌های الکتریکی در محدوده‌ی V/m ۱ تا ۱۹۹ و میدان‌های مغناطیسی در محدوده‌ی G ۲۰ تا mG ۰/۱ حساس می-باشد (۷). همچنین برای بررسی امواج UVA از دستگاه رادیومتر UV (Hagner ECI-UV-A) استفاده شد. همزمان با نمونه‌برداری، دما و میزان رطوبت (هیگروترمومتر دیجیتال- آلمان) محیط نیز اندازه‌گیری شد. داده‌های پژوهش با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) نسخه‌ی ۱۶ مدیریت شدند. ارتباط بین مقادیر شدت میدان الکترومغناطیسی با فاصله‌ی اندازه-گیری با آزمون‌های آماری پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سطح معناداری ۰/۰۵ انتخاب گردید.

یافته‌ها

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، میانگین شدت مغناطیسی برای تجهیزات موجود در ۴۵ مرکز چاپ و تکثیر مورد بررسی V/m ۳/۰۷ ±۴/۳۳ و ۰/۰۹۵ ±۰/۲۹ به‌ترتیب برای VLFو ELFو میدان‌های الکتریکی mA/m ۰/۱۰۸ ±۰/۲۹۲ بوده است. برای هر دو میدان بررسی‌شده با افزایش فاصله از دستگاهها، میزان شدت کاهش یافته است. بر اساس نتایج اندازه‌گیری اشعه‌ی ماورای بنفش (A)، میانگین مقدار به‌دست‌آمده در حدود mW/cm^2 ۰/۰۲ ±۰/۰۲۸۱ بوده است. جزئیات بیشتر در جداول ۱ تا ۳ ارائه شده است. بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت‌گرفته در مراکز چاپ و تکثیر، میانگین دما و رطوبت به‌ترتیب ۴/۲۲ ±۲۶/۹۱ درجه‌ی سلسیوس و ۲/۲۱ ±۴۵/۱۱ درصد می‌باشد. نتایج بررسی تحلیل آماری آنالیز همبستگی برای بررسی ارتباط بین مقادیر شدت میدان الکترومغناطیسی با فاصله‌ی اندازه‌گیری، ارتباط معناداری را نشان داد ($P\leq$ ۰/۰۵)؛ همچنین میدان الکتریکی با میدان مغناطیسی، میدان-ها با فاصله اندازه‌گیری و اثر همزمان میدان و فاصله‌ی اندازه‌گیری دارای ارتباط معناداری بوده است ($P\leq$ ۰/۰۵). ارتباط گرافیکی میانگین شدت UVA و میدان مغناطیسی با فاصله‌ی اندازه‌گیری در شکل ۱ نشان داده شده است.

پس از استخراج نمونه‌ها و تهیه‌ی غلظت‌های استاندارد برای هر یک از ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن و تزریق به دستگاه گاز کروماتوگرافی، غلظت هر ترکیب با توجه به مساحت پیک‌های به‌دست‌آمده از دستگاه بر حسب میلی‌گرم در متر مکعب هوا محاسبه شد. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از این بررسی بالاترین مقدار بنزن، تولوئن و زایلن در مدت زمان ۸ ساعت به‌ترتیب برابر با mg/m^3 ۹/۸، ۱۱/۳ و ۹ بود. میانگین غلظت ترکیبات شناسایی‌شده برای نمونه‌های با زمان ۲۴ ساعته نسبت به نمونه‌های ۸ ساعته دارای مقادیر کمتری بوده است. میانگین مربوط به ترکیب تولوئن در هر دو حالت نمونه‌ی ۸ و ۲۴ ساعته از دو ترکیب دیگر بیشتر بوده است. همچنین در هیچ‌یک از نمونه‌های برداشته‌شده از هوای

مراکز چاپ و تکثیر (هر دو نمونه‌ی ۸ و ۲۴ ساعته) ترکیب اتیل بنزن شناسایی نشده است.

با استفاده از آزمون آماری پیرسون، همبستگی BTEX های شناسایی‌شده در نمونه‌های ۸ ساعته سنجیده شد. نتایج این بخش از تجزیه و تحلیل نشان داده است که بین ترکیبات BTEX رابطه‌ی معناداری وجود ندارد (جدول ۳). با استفاده از آزمون آماری پیرسون، همبستگی BTEX های شناسایی‌شده در نمونه‌های ۲۴ ساعته نیز سنجیده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، همبستگی BTEX های شناسایی‌شده با یکدیگر دارای ارتباط معناداری نمی‌باشند (P>۰/۰۵). همچنین بررسی همبستگی مقادیر به‌دست‌آمده برای BTEX های شناسایی‌شده در دو زمان ۸ و ۲۴ ساعت نمونه‌برداری نشان داده است که مقادیر آلاینده با زمان نمونه‌برداری دارای ارتباط معناداری نمی‌باشد (P>۰/۰۵). همان‌طور که از شکل ۲ قابل مشاهده است تقریباً میانگین ۸ و ۲۴ ساعته تولوئن با یکدیگر برابر است، اما میانگین به‌دست-آمده برای بنزن و زایلن در نمونه‌های ۸ ساعته بیشتر از ۲۴ ساعته بوده است.

بحث

بر اساس مقادیر اندازه‌گیری‌شده‌ی شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی ساطع‌شده از دستگاه‌های موجود در مراکز چاپ و تکثیر (جداول ۱)، نتایج حاضر در محدوده‌ی مجاز این استاندارد قرار می‌گیرد (تراز مجاز مواجهات انسانی برای عموم جامعه، در مواجهه با میدان الکتریکی ۱/۵ تا ۵۰ ولت بر متر و برای میدان مغناطیسی ۰/۰۱ تا ۰/۲ میکروتسلا می‌باشد) (۱۸). به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد وجود مقادیر مختلف میدان الکتریکی در این مراکز، به‌دلیل وجود منابع ولتاژ قوی برق دستگاه‌های کپی، کامپیوتر و خطوط جریان برق در این مکان‌ها باشد. مقادیر کم میدان مغناطیسی را نیز می‌توان به قطعات به‌کار رفته برای ایجاد میدان الکتریکی در باردارسازی ذرات تونر نسبت داد. همچنین با توجه به اصل کاهش مقادیر میدان‌های الکتریکی با افزایش فاصله (۷)، مقادیر به‌دست-آمده در فواصل مورد اندازه‌گیری (۳۰، ۵۰و ۶۰ سانتی‌متر) دارای کاهش معناداری بوده‌اند. در مورد پرتو UVA نیز مقادیر به‌دست‌آمده کمتر از حد استاندارد بوده است (۱۹). منبع این پرتو را می‌توان لامپ به‌کار رفته در دستگاه دانست که تابش آن در هنگام برداشتن پوشش دستگاه و قرار دادن صفحات کاغذ جهت گرفتن کپی نسبت داد که می‌بایست در حین انجام کار از تابش مستقیم با لامپ خودداری نمود. اگرچه UVA به‌عنوان ایمن‌ترین طیف اشعه‌ی ماورای بنفش شناخته شده است، اما تماس طولانی‌مدت با آن می‌تواند به‌طور غیر مستقیم در گسترش سرطان پوست تأثیر داشته باشد. UVA در آسیب رساندن به فیبرهای کلاژن، تسریع پیرشدگی پوست و ایجاد شوره‌ی پوست تأثیر دارد. همچنین UVA می‌تواند باعث تخریب ویتامین A در پوست شود (۱۹). به‌طور کلی، از آنجا که مقادیر به‌دست‌آمده در هر سه فاصله‌ی مورد اندازه‌گیری کمتر از مقادیر مجاز می‌باشد، می‌توان اذعان نمود که ریسک چندانی برای مواجهه‌ی شغلی کاربران دستگاه‌ها وجود ندارد؛ هرچند اظهار نظر قطعی بای‌د پس از انجام مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد. نتایج اندازه‌گیری ترکیبات BTEX نشان داد که در میان ترکیبات فوق، بالاترین غلظت مربوط به تولوئن بوده است و پس از آن بنزن و زایلن دارای بیشترین مقدار هستند. اتیل بنزن در هیچ‌کدام از نمونه‌های مورد نظر یافت نگردید. حداکثر مقدار تولوئن یافت‌شده mg/m^3 ۱۱/۳ و برای بنزن و زایلن به‌ترتیب برابر با mg/m^3 ۹/۸ و mg/m^3 ۹ بود. با توجه به اینکه برای کیفیت هوای محیط‌های بسته، مقادیر استاندارد برای همه‌ی آلاینده‌ها تهیه و تنظیم نشده است، لذا برای مقایسه‌ی مقادیر به-دست‌آمده از اندازه‌گیری BTEX در این مطالعه از مقایسه‌ی مقادیر ارائه‌شده توسط برخی سازمان‌های مهم استانداردگذاری آلاینده‌ها برای محیط‌های سربسته استفاده می‌شود. مقادیر استاندارد یا رهنمون ارائه‌شده و مجاز یا غیر مجاز بودن مقادیر به‌دست‌آمده برای BTEX در این مطالعه در جدول زیر ارائه شده است. وجود ترکیبات آلی

فرار در مراکز چاپ، موضوعی است که در چندین مطالعه به آن پرداخته شده است. ولکوف و همکاران (۲۷) در مطالعه‌ی خود ۶۱ نوع از ترکیبات آلی فرار و استفانی‌اک (Stefaniak) و همکاران (۲۸) به‌ترتیب در نمونه‌های محیطی و فردی ۵۴ و ۳۸ ترکیب آلی فرار را گزارش کرده‌اند. در مطالعات مختلف، فرایند فتوکپی خشک به‌عنوان عامل دخیل در آلودگی هوای محیط درونی نام برده شده است (۲۹). تونر مورد استفاده در دستگاه فتوکپی، دارای ترکیبات آلی است که با تابش نور لامپ در حین فرایند کپی می‌تواند سبب انتشار VOCs شود (۸). از آنجا که دستگاه‌های مورد استفاده در کشور ما نیز بر مبنای فرایند خشک هستند، انحراف پودر تونر در حین فرایند باردارسازی ذرات را می‌توان عاملی احتمالی در نشر ترکیبات BTEX در مطالعه‌ی حاضر نام برد. همچنین کاغذ در هنگام پاشیده شدن تونر داغ می‌شود و پس از خروج از دستگاه، مدت‌زمانی طول می‌کشد تا سرد شود. بخارات حاصل، خود می‌تواند یکی از دلایل وجود BTEX در این مراکز باشد. همچنین مواد آلی و حلال‌هایی که در مراکز چاپ جهت انحلال چسب در فرآیند صحافی‌ها مورد استفاده می‌گیرد یکی دیگر از منابع انتشار این نوع آلاینده‌ها در این‌گونه مراکز می‌باشد. در صورتی‌که نگهداری و تعمیر دستگاه‌های مورد استفاده در این مراکز به‌صورت روزانه و مناسب صورت نگیرد، ممکن است ترکیبات از طریق نشت به فضای بیرون راه یابند که در نتیجه، آلودگی هوای محیط را در پی خواهد داشت. از این رو، بر اساس رهنمون‌های موجود، نیاز است که محیط از تهویه‌ی کافی برخوردار باشد تا در صورت نشت بتواند غلظت مواد منتشره را کاهش دهد. در مطالعه‌ی صورت‌گرفته توسط استفانی‌اک، غلظت ترکیبات آلی فرار در مواجهات فردی پایین‌تر از حد مجاز بود. در تحقیقی که توسط وادان و همکاران صورت پذیرفت، غلظت بالای یافت‌شده در محیط به پرینت افست نسبت داده شده است (۲۸و ۲۹) که یکی از دلایل غلظت بالای تولوئن در مطالعه‌ی حاضر را می‌توان به وجود پرینت افست نسبت داد. در مطالعه‌ی لی و همکاران نیز مقادیر BTEX کمتر از مقادیر رفرنس بود، ولی شاخص خطر به‌دلیل وجود بنزن بالا گزارش شده بود (۳۰). نکته‌ی دیگری که در اینجا قابل بحث به‌نظر می‌رسد، موقعیت مکانی مراکز کپی مورد بررسی بود، مکان‌ها اغلب تجاری، دارای ۳ سطح (دیوار) و درب تمام‌شیشه‌ای و اغلب بسته بودند. بنابراین به‌نظر می‌رسد حتی وجود تهویه (که عمدتاً دمشی مورد استفاده قرار می‌گیرد) تأثیر چندانی بر کیفیت هوای داخلی مراکز مورد بررسی نداشته باشد؛ در این‌گونه موارد، استفاده از تهویه‌ی مکشی و مطبوع می‌تواند کارایی بهتری داشته باشد. وجود گرما از دستگاه کپی را می‌توان به تابش لامپ و حرارت تولیدشده جهت چسبیدن پودر تونر بر روی کاغذ نسبت داد که در حین باز کردن پوشش دستگاه و روشن بودن طولانی‌مدت دستگاه می‌تواند در محیط منتشر شود. از طرفی، به‌دلیل وجود مواد کاغذی در محیط، بالا بردن میزان رطوبت مقدور نمی‌باشد و همین سبب می‌شود که رطوبت در این‌گونه محیط‌ها پایین باشد. به‌طور کلی، وجود حرارت در این محیط‌ها امری اجتناب‌ناپذیر است (۳۱-۳۳).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که ترکیبات بنزن، زایلن و تولوئن در این مراکز وجود دارند، اما مقادیر آنها کمتر از حد مجاز می‌باشد. با این‌حال، نیاز است که اقدامات کنترلی جهت کاهش غلظت این مواد در اولویت قرار گیرد. همچنین با وجود تطابق با استانداردها، میدان الکتریکی و مغناطیسی در این مراکز وجود داشت. از نظر دمایی و رطوبت نیز این مراکز در محدوده‌ی استاندارد بهینه قرار نداشتند. استفاده از سیستم تهویه‌ی مناسب، تعمیر و نگهداری مناسب دستگاه‌ها، رعایت اصول ایمنی در حین انجام کار، استفاده از دستکش جهت جلوگیری از اثرات پوستی مواد بر جای‌مانده بر روی کاغذ، استقرار دستگاه‌ها در مکان مناسب از جمله پیشنهاداتی است که می‌تواند در بهتر شدن شرایط این مکان‌ها مؤثر باشد. با توجه به اینکه هوای محیط‌های بسته می‌تواند متأثر از

هوای بیرون باشد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی اثر آلودگی‌های بیرون بر هوای محیط‌های بسته بررسی گردد. در مطالعه‌ی حاضر، به‌دلیل عدم تخصیص بودجه، مطالعه با ۴۵ نمونه انجام شده است. لذا در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود برای قابل اعتمادتر بودن، تحقیق با تعداد نمونه‌ی بیشتری اجرا گردد.

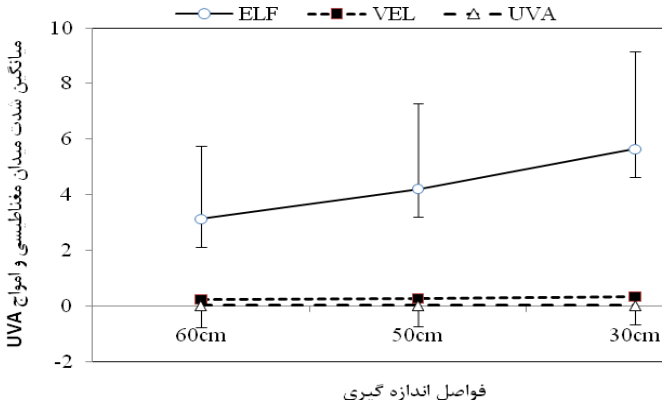
تشکر و **قدردانی**

این مقاله حاصل طرح پژوهشی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان می‌باشد. لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های مادی و معنوی این معاونت و همچنین جناب آقای مهندس شهیدی جهت آنالیز نمونه‌های مواد آلی فرار تشکر و سپاسگزاری نمایند.

جدول 1: نتایج آمار توصیفی برای اندازه گیری شدت میدانهای الکتریکی، مغناطیسی و اشعه ماوراء بنفش(A)

متغیر		فاصله اندازه گیری (cm)			
		30	50	60	جمع کل
میدان الکتریکی(V/m)		5/652±3/51	4/207± 3/07	3/132± 2/63	4/33± 3/24
میدان مغناطیسی(mA/m)	ELF	5/65± 3/5	4/21± 3/1	3/13± 2/63	4/33± 3/07
	VLF	0/354± 0/1	0/28± 0/1	0/24± 0/08	0/29± 0/095
اشعه ماوراء بنفش A(mW/cm^2)		0/028± 0/017	0/029± 0/028	0/026± 0/011	0/0281± 0/02

انحراف معیار±میانگین



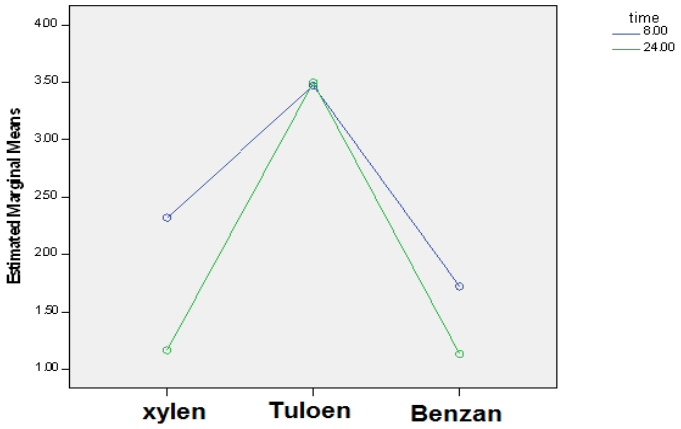
شکل 1: میانگین UVA و میدان مغناطیسی با فاصله اندازه گیری در اطراف دستگاههای چاپ و تکثیر

جدول 2: نتایج آمار توصیفی برای BTEX شناسایی شده از نمونه برداری 8 ساعته

آلاینده	تعداد	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
زایلن(mg/m^3)	24	9	0	9	2/32	2/58
تولوئن(mg/m^3)	24	11/3	0	11/3	3/47	4/15
بنزن(mg/m^3)	24	9/8	0	9/8	1/72	2/64

جدول 3: بررسی همبستگی BTEXهای شناسایی شده در نمونه‌های 24 ساعته

BTEX	زایلن		تولوئن		بنزن	
	ضریب همبستگی پیرسون	مقدار معنی‌داری	ضریب همبستگی پیرسون	مقدارمعنی‌داری	ضریب همبستگی پیرسون	مقدار معنی‌داری
زایلن	1	-	0/989	0/093	0/971	0/154
تولوئن	0/989	0/093	1	-	0/995	0/061
بنزن	0/971	0/154	0/995	0/061	1	-



شکل2: میانگین BTEX شناسایی شده در نمونه هوای برداشت شده برای دو زمان 8 و 24 ساعته

جدول 4: مقادیر راهنما و استاندارد تعیین شده برای BTEX در محیطهای بسته از سوی سازمانهای معتبر(20-25) و مقایسه نتایج این مطالعه با آنها

سازمان آلاینده (BTEX)		ACGIH,) (2004 (mg/m^3)	OSHA,) (2004 (mg/m^3)	(OEHHA, 2005) (mg/m^3)	MHLW,) (2004 (mg/m^3)	(WHO, 1999) (mg/m^3)	Hong) (Kong, 2003 (mg/m^3)
	زایلن	434	435	0/7	0/87	4/8 (24h)	1/447
نتایج	8ساعته (2/32)	کمتر	کمتر	بیشتر	بیشتر	کمتر	بیشتر
مطالعه	24ساعته(1/16)	کمتر	کمتر	بیشتر	بیشتر	کمتر	کمتر
	تولوئن	189	754	0/3	0/26	0/29 (1WK)	**1/092**
نتایج	8 ساعته (3/47)	کمتر	کمتر	بیشتر	بیشتر	بیشتر	بیشتر
مطالعه	24 ساعته(3/5)	کمتر	کمتر	بیشتر	بیشتر	بیشتر	بیشتر
اتیل بنزن		434	435	2	3/8	22(1yr)	1/447
	بنزن	2	32	0/06	-	n.v	0/0161
نتایج	8 ساعته (1/72)	کمتر	کمتر	بیشتر			بیشتر
مطالعه	24 ساعته(1/13)	کمتر	کمتر	بیشتر			بیشتر

*مقادیر داخل پرانتز بیانگر میانگین در بازه زمانی مذکور می‌باشد.
*n.v: برای این ماده شیمیایی مقدار ذکر نشده است اما مشکوک به سرطانزایی

منابع

1-Gonzalez-Flesca N, Bates MS, Delmas V, Cocheo V. Benzene Exposure assessment at indoor, outdoor and personal levels. the french contribution to the life MACBETH programme. Environ Monit Assess 2000;65(1-2):59-67.
2-Delgado-Saborit JM, Aquilina NJ, Meddings C, Baker S, Harrison RM. Relationship of personal exposure to volatile organic compounds to home, work and fixed site outdoor concentrations. Sci Total Environ 2011;409(3):478-88.
3-Ibrani M, Ahma L, Hamiti E. Comparative SAR assessment in adults and children exposed to electromagnetic fields of radio frequency devices. WSEAS T COMM 2010;9(2):105-14.
4-Hers I, Zapf-Gilje R, Li L, **Atwater** J. The use of indoor air measurements to evaluate intrusion of subsurface VOC vapors into buildings. J Air Waste Manag Assoc 2001;51(9):1318-31.
5-Jung KH, Artigas F, Shin JY. Personal, indoor, and outdoor exposure to VOCs in the immediate vicinity of a local airport. Environ Monit Assess 2011;173(1-4):555-67.
6- Henschel DB, Fortmann RC, Roache NF, Liu X. Variations in the emissions of volatile organic compounds from the toner for a specific photocopier. J Air Waste Manag Assoc 2001;51(5):708–17.

7-Ranjbarian M, Rezaee F. [Survey on severity of magnetic and electric fields around video display terminals and its association with health effects on operators]. Iran Occup Health 2009;6 (3):17-21. [In Persian]
8-Banerjee S, Wimpenny DI. Laser printing of Polymeric materials in Solid. Freeform Fabrication Proceedings, 2006; 18:366.
9- Schuz J, Ahlbom A. Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. J Radiat Prot Dosimetry 2008;132(2):202-11.
10- Otto M, von Mühlendahl KE. Electromagnetic fields (EMF): Do they play a role in children's environmental health (CEH). Int J Hyg Environ Health 2007;210(5):635–44.
11- Lee HJ, Gimm YM, Choi HD, Kim N, Kim SH, Lee YS. Chronic exposure of Sprague-Dawley rats to 20 kHz triangular magnetic fields. Int J Radiat Biol 2010;86(5):384-9.
12-Kandyala R, Raghavendra SC, Rajasekharan ST. Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. J Oral Maxillofac Pathol 2010;14(1):1-5 .
13-Król S, Zabiegała B, Namieśnik J. Monitoring VOCs in atmospheric air II Sample collection and preparation. Trac-Trend Anal Chem 2010;29(9):1101-12.
14-Charles K, Magee RJ, Won D, Lusztyk E. Indoor Air Quality Guidelines and Standards, NRC Institute for Research in Construction. Ottawa: National Research Council Canada; 2005. http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/rr/rr204/rr204.pdf
15-Liu 15-C-L, Lin Y-R, Chan M-H, Hsien Chen H. Effects of Toluene Exposure during Brain Growth Spurt on $GABA_A$Receptor–Mediated Functions in Juvenile Rats. Toxicol. Sci.2007; 95(2): 443-451
16- Watchalayann P, Soonthornchaikul N. Health risk assessment of xylene through microenvironment monitoring data: a case study of the petro-chemical industries, Thailand. J Environ Asia 2009;2(1):17-22.
17-Saillenfait AM, Gallissot F, Morel G, Bonnet P. Developmental toxicities of ethylbenzene, ortho-, meta-, para-xylene and technical xylene in rats following inhalation exposure. Food Chem Toxicol 2003;41(3):415-29.
18-IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1:static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum 2002;80:1-395.
19-Rünger TM, Kappes UP. Mechanisms of mutation formation with long-wave ultraviolet light (UVA). Photodermatol Photoimmunol Photomed 2008;24(1):2-10.
20-ACGIH. Documentation of the TLVs® and BEIs® with Other Worldwide Occupational Exposure Values CD-ROM – 2007, Single User Version 2004
21- Occupational safety&health administration. Toxic and Hazardous Substances. TABLE Z-1 Limits forAirContaminants.http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=standards&p_id=9992
22- CliffordP.Weisel . Investigation of Indoor Air Sources of VOC Contamination Environmental and Occupational Health Sciences Institut. http://www.state.nj.us/dep/dsr/air/indoor%20air%20sources-voc%20october%202006.pdf
23- Kagawa. T, Uchiyama. S, Matsushima. E, Sasaki. A, Kobayashi.H, Kobayashi.H et all. Survey of Volatile Organic Compounds found in Indoor and Outdoor Air Samples from Japan. Bull. Natl. Inst. Health Sci.2005; 123: 27-31
24- The Government of the Hong Kong Special Administrative Region Indoor Air Quality Management Group. A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places. 2003. http://www.iaq.gov.hk/cert/doc/CertGuide-eng.pdf
25- Air Toxicology and Epidemiology. OEHHA Acute, 8-hour and Chronic Reference Exposure Level (REL)s.Office Of Environmental Health Hazard Assessment(*OEHHA*). http://oehha.ca.gov/air/chronic_rels/AllChrels.html
26- Wolkof P, Nielsen G- D. Organic compounds in indoor airFtheir relevance for perceived indoor air quality?.Atmospheric Environment. 2001;35: 4407–4417.
27-Stefaniak AB, Breysse PN, Murray MP, Rooney BC, Schaefer J. An evaluation of employee exposure to volatile organic compounds in three photocopy centers. Environ Res 2000;83(2):162-73.
28-Wadden RA, Scheff PA, Franke JE, Conroy LM, Javor M, Keil CB, et al. VOC emission rates and emission factors for a sheetfed offset printing shop. Am Ind Hyg Assoc J 1995;56(4):368-76.
29-Lee SC, Lam S, Fai HK. Characterization of VOCs, ozone and PM_{10} emissions from office equipment in an environmental chamber. BuildEnviron 2001;36(7):837-42.
30- Indoor air quality, a guide for bulding owners, manager and occupants. Mailand: Worker's Compersation Board (WCB) Pub.; 2005.
31-Destaillats H, Maddalena RL, Singer BC, Hodgson AT, McKone TE. Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs. Atmos Environ 2008;42(7):1371-88.
32-He C, Morawska L, Wang H, Jayaratne R, McGarry P, Johnson GR, et al. Quantification of the relationship between fuser roller temperature and laser printer emissions. J Aerosol Sci 2010;41(6):523-30

Study of volatile organic materials concentrations (BTEX) and electromagnetic fields in printing and copying centers in Hamadan

Edris Hosinzadeh[1], Mohammad Reza Samarghandi[2], Mohammad amin Faghih[3], Ghodratollah Roshanaei[4], Zahra Hashemi[5*], Reza Shahidi[6]

1- Msc of Environmental Health Engineering
2- Associant Professor of Environmental Health Engineering
5,6,3- Msc of Occupational Health Engineering.
4- Assistant Professor of Epidemiology and Biostatistics.

1- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Lorestan University of Medical Sciences., Khorramabad, Iran
6,2- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences.
3- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Hormozgan University of Medical Sciences.
4- *Department of Epidemiology and Biostatistics, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences.*
5- *Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.*
6- *Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran.*

**Corresponding author:*
Zahra Hashemi; Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
Tel: +9891726177803
Email: z_hashemi26@yahoo.com

Abstract

Introduction: Printing and copying centers have been implicated as an emission source of pollution, and affecting air quality in closed environments. The aim of this study was to measure the BTEX compound (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes), and the intensity of electromagnetic fields and the UVA ray in photocopy centers in the Hamadan city.

Methods and Materials: This descriptive study was done on 45 printing and copying centers during 2011 to 2012. In order to measure the intensity of electromagnetic fields and UVA intensity, the HI-3603 and 3604 VLF and ELF survey meter and a radiometer (Hagner ECI-UV-A) were used, respectively. For sampling BTEX compounds in the air, using OSHA and NIOSH guidelines, activated carbon tubes manufactured by SKC was used. Air intaking was performed by a personnel pump (SKC, 224-44EX). According to NIOSH method and SKC sorbent instructions, the sampling time of 8 hours and air flow passing of ml/min200 was chosen. After sampling, two-end of the glass tube adsorbent was completely closed by a plastic cap and they were maintained at a temperature of zero degrees Celsius prior to extraction and analysis. After extracting, the samples were measured using a gas chromatography (Varian CP-3800) equipped with a FID detector. Data were managed using SPSS version 16 and the Relation between electromagnetic field intensity values and measuring distances (30, 50 and 60cm) was analyzed by Pearson statistic test.

Results: The results of the analyses showed that maximum concentrations of benzene, toluene and xylene were 9.3, 11.3 and 9 mg/m^3, respectively and ethyl benzene was not observed in any of the samples. The results of magnetic fields intensity measurements were 4.33 ± 3.07 and 0.25 ± 0.095 V/m for ELF and VLF, respectively and electrical field was 0.292 ± 0.108 mA/m. The mean value obtained for UVA was 0.0281 ± 0.02 mW/cm^2. The Statistical tests showed significant correlation between the electromagnetic field intensity values and measuring distances ($P \leq 0.05$).

Conclusion: The results of the study showed that BTEX compound concentrations, intensity electromagnetic fields and UVA ray levels were below the accepted occupational standards and guidelines.

Keyword BTEX, electromagnetic fields, UVA ray, printer and photocopymachine

Received: July 7, 2012 **Revised: Dec 21, 2012** **Accepted: Dec 23, 2012**