بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت هوای داخل در یک ساختمان اداری در شهر تهران

محمد علیایی[۱]، مهدی جهانگیری[۲]، حسین ماری اوریاد[۳]، مسعود رسیمانچیان[۴]، علی کریمی[۵]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: در سال‌های اخیر، شکایات مربوط به کیفیت هوای داخل ساختمان به علت تجمع آلاینده‌ها در محیط‌های داخل افزایش یافته است. این مطالعه با هدف، بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت هوای داخل ساختمان در یک ساختمان اداری در شهر تهران انجام شد.

روش‌ها: در سال‌های اخیر، شکایات مربوط به کیفیت هوای داخل ساختمان به علت تجمع آلاینده‌ها در محیط‌های داخل افزایش یافته است. این مطالعه با هدف، بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت هوای داخل ساختمان در یک ساختمان اداری در شهر تهران انجام شد.

یافته‌ها: ۹ درصد کارکنان مورد بررسی، شرایط محیط کار را نامناسب گزارش کردند و بیشترین شکایت آن‌ها به ترتیب مربوط به احساس سنگینی هوا، خستگی و سردرد بود. شاخص‌های مورد اندازه‌گیری شامل میزان دی‌اکسیدکربن، مونوکسیدکربن، ذرات معلق، ترکیبات آلی فرار، ازن، فرمالدئید، دما، رطوبت و صدا پایین‌تر از حدود توصیه شده بودند.

نتیجه‌گیری: با این‌که اکثر شاخص‌های کیفیت هوای اندازه‌گیری شده در مقایسه با مقادیر مرجع از وضعیت قابل قبولی برخوردار بودند، اما برخی از کارکنان از کیفیت هوای داخل ساختمان مورد بررسی شکایت داشتند. به نظر می‌رسد عوامل دیگری مانند استرس شغلی، رضایت شغلی و ... می‌تواند احساس کارکنان در مورد کیفیت هوای داخل ساختمان را تحت تأثیر قرار دهد که باید مورد بررسی قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: کیفیت هوای داخل، سندرم ساختمان بیمار، ترکیبات آلی فرار

ارجاع: علیایی محمد، جهانگیری مهدی، ماری اوریاد حسین، رسیمانچیان مسعود، کریمی علی. **بررسی عوامل مؤثر بر کیفیت هوای داخل در یک ساختمان اداری در شهر تهران.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۱؛ ۸ (۷): ۱۳۴۰-۱۳۳۱.

دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۰۹/۱۲ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹

مقدمه

تلاش برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و در نتیجه کاهش میزان ورود و خروج هوای داخل و همچنین افزایش میزان استفاده از مواد مصنوعی در ساختمان‌ها، سبب شده است در سال‌های اخیر شکایات مربوط به کیفیت هوای داخل ساختمان (Indoor air quality یا IAQ) به علت تجمع آلوده کننده‌ها، افزایش یابد. عوارض مربوط به IAQ به نام سندرم ساختمان بیمار (Sick building syndrom) معروف بوده و اکثر مردم اثرات ناشی از آن مانند خواب‌آلودگی، سردردهای مکرر، تحریک چشم و خستگی را تجربه کرده‌اند.

۱- کارشناس ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران (نویسنده مسؤول)
Email: Jahangiri_m@sums.ac.ir
۳- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی یاسوج، یاسوج، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۵- استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و تغذیه، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

این علایم پس از ترک ساختمان، کاهش یافته و یا از بین می‌روند. بیماری‌هایی از قبیل مسمومیت با مونواکسیدکربن، بیماری‌های عفونی، بیماری لژیونلا (Legionella)، آسم و آلرژی ارتباط مستقیمی با وضعیت ساختمان دارند (۱).

مهم‌ترین منابع تولید آلودگی در ساختمان‌ها عبارتند از: رنگ روغن دیوارها و دیگر سطوح داخلی، سیستم‌های گرمایش و سرمایش، هواکش‌ها، هودها و سیستم‌های تهویه مطبوع، تجهیزات اداری از قبیل دستگاه‌های تکثیر، چاپگرها، کامپیوتر، فاکس و ...، تولید مثل و پرورش قارچ و کپک‌های ناشی از چسب نشاسته ناشی از پوشش کف ساختمان یا محیط‌های نمناک، ورود هوای بیرون به داخل ساختمان که ممکن است آلوده به دود، اکسیدهای ازت، مونوکسیدکربن و ... حاصل از خروجی وسایط نقلیه باشد و پاک کننده‌هایی که برای تمیز کردن سطوح داخل ساختمان مصرف می‌گردند. همچنین افرادی که در ساختمان سکونت دارند نیز در آلودگی هوای ساختمان، نقش زیادی را به خود اختصاص می‌دهند.

در زمینه کیفیت هوای داخل ساختمان و عوارض ناشی از آن بر روی ساکنین، مطالعات زیادی صورت گرفته و در هر کدام از مطالعات شاخص‌های مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته است و بسته به شرایط ساختمان، تعداد ساکنین، نوع فعالیت و کیفیت هوای اطراف ساختمان نتایج مختلفی به دست آمده است. در مطالعه Azuma و همکاران در یک برنامه غربالگری خطر، از بین ۹۳ ماده شیمیایی موجود در هوای داخل، بیشترین خطر به ۶ ماده شیمیایی (فرمالدئید، آکرولئین، ۱ و ۴ دی‌کلروبنزن، بنزن، تتراکلرواتیلن و بنزو پیرن) اختصاص داده شد (۱). در مطالعه Higbee و همکاران میزان ذرات معلق قابل تنفس (Respirable suspended particles یا RSP) و ۲/۵ ppm در اماکن مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد، سطح آلودگی در اماکنی که افراد سیگاری حضور دارند، ۸۵ درصد بیشتر از سایر اماکن است. نتایج این مطالعه بر اهمیت ممنوع ساختن استعمال دخانیات در محیط‌های داخلی تأکید دارد (۲).

در مطالعه‌ای که توسط Tanaka-Kagawa و همکاران انجام شد، انتشار VOC (Volatile organic compounds) از ۵۱ محصول شامل مواد داخلی، لوازم رختخواب، لوازم‌التحریر، اسباب‌بازی‌ها و مواد چاپی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که انتشار VOC از مواد خانگی کیفیت هوای داخل ساختمان را به میزان قابل توجهی تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳). Fromme و همکاران کیفیت هوای داخل را در ۹۲ کلاس درس در زمستان و تابستان مورد اندازه‌گیری قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد، غلظت دی‌اکسیدکربن روزانه در زمستان در ۹۲ درصد کلاس‌ها و در تابستان در ۲۸ درصد کلاس‌ها بیشتر از ۱۰۰۰ppm بود (۴).

Daisey و همکاران در مدارس آمریکا میزان تهویه، غلظت دی‌اکسیدکربن و ارتباط بین مواجهه با آلودگی و سلامتی را مورد بررسی قرار دادند. مشخص گردید با توجه به پایین بودن غلظت فرمالدئید (۰/۰۵ppm >) امکان ایجاد علایم حاد غیر محتمل است، اما افزایش خطر حساسیت‌های آلرژیک، تحریک‌های مزمن و سرطان وجود دارد (۵).

در مطالعه‌ای نیز که در داخل کشور و در ساختمان اصلی وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی در مقایسه با ساختمان دیگری به عنوان ساختمان شاهد انجام شد، تراکم گرد و غبار کلی موجود در هوا، میزان تراکم سرب، میزان شدت روشنایی و میزان تراز فشار صوت و همچنین وضعیت آسایش کارکنان به کمک پرسش‌نامه مورد بررسی قرار گرفت و مشخص گردید که ساختمان مورد بررسی شاید یک ساختمان بیمار بوده و بیش از ۲۰ درصد افراد از وضعیت کیفیت هوا احساس نارضایتی دارند (۶). با توجه به موارد فوق، این مطالعه به منظور بررسی برخی از شاخص‌های کیفیت هوای داخل ساختمان و نیز میزان رضایتمندی ساکنین در یکی از ساختمان‌های اداری شهر تهران انجام شد.

روش‌ها

مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر در سال ۱۳۹۰ در یک ساختمان اداری در شهر تهران انجام شد. ساختمان مورد مطالعه ۵ سال قدمت داشت و تعداد طبقات آن به همراه ۵ طبقه زیرزمین در مجموع ۱۸ طبقه و هر طبقه دارای دو بال (شرقی و غربی) بود. طبقه منهای یک به نمازخانه و درمانگاه و سایر طبقات زیرزمین به پارکینگ خودروها (با حدود ۱۶۰ محل پارک خودرو) و

www.mui.ac.ir

همچنین به موتورخانه (طبقه منهای ۵) اختصاص داشت. سایر طبقات برای انجام فعالیت‌های اداری مورد استفاده قرار می‌گرفت. مراحل انجام این مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

بررسی نشانه‌های سندرم بیماری ساختمان

به منظور بررسی شکایات کارکنان در مورد عوارض ناشی از کیفیت هوای داخل ساختمان و همچنین نظرات آن‌ها در مورد شرایط محیطی ساختمان، پرسش‌نامه بررسی کیفیت هوای داخل ساختمان تهیه شد و بین همه کارکنان ساکن در ساختمان مورد بررسی (۷۰۰ نفر) توزیع گردید. پرسش‌نامه مورد استفاده برگرفته از ابزار کیفیت هوای داخل آلبرتا (Alberta indoor air quality toolkit) (۷) بود که پس از ترجمه به زبان فارسی و اعتبارسازی مورد استفاده قرار گرفت. این پرسش‌نامه حاوی اطلاعاتی در زمینه مشخصات فردی، اطلاعات مربوط به حضور افراد در ساختمان، عوارضی که افراد در طی مدت حضور در ساختمان تجربه کرده بودند و همچنین نظرات آن‌ها در مورد شرایط محیطی ساختمان بود.

سنجش عوامل محیطی مؤثر در کیفیت هوای داخل ساختمان

در جدول ۱ عوامل محیطی مورد سنجش، روش و تعداد نقاط اندازه‌گیری آن‌ها در ساختمان مورد بررسی نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری پس از حصول اطمینان از کالیبره بودن دستگاه‌های مورد سنجش، در هر نیم‌طبقه ۳ اندازه‌گیری (وسط نیم‌طبقه شرقی، نیم‌طبقه غربی و راهرو) میدانی و یک اندازه‌گیری به عنوان معیار غلظت آلاینده مورد نظر در هوای بیرون ساختمان (روی پله اضطراری) صورت گرفت. برای تعیین مسیر جریان هوای دمیده شده از سیستم هواساز به فضای داخلی و همچنین هوای برگشتی به هواساز تعدادی آزمون دود در برخی طبقات ساختمان صورت گرفت. جهت بررسی ارتباط بین متغیرها از نرم‌افزار SPSS و آزمون آماری Pearson استفاده شد.

یافته‌ها

یافته‌های مربوط به سنجش عوامل محیطی

جدول ۲ میانگین نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت هوای داخل ساختمان مورد بررسی را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقادیر اندازه‌گیری شده ترکیبات آلی فرار به ترتیب به میزان ۶۵۸ و ۲۳۷۰ قسمت در بیلیون (ppb) مربوط به طبقات

جدول ۱: عوامل محیطی مورد سنجش در ارزیابی کیفیت هوای داخل ساختمان مورد بررسی

عامل اندازه‌گیری	روش سنجش	تعداد نقاط اندازه‌گیری
دی‌اکسیدکربن	دستگاه قرائت مستقیم TESTO (با قابلیت تفکیک در حد PPM)	۲۴۷
مونوکسیدکربن	First Check (با قابلیت تفکیک در حد PPM)	۲۱۶
ذرات کلی (TSP)، ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون (PM۲/۵) و ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM۱۰)	دستگاه قرائت مستقیم GRIMM	۵۲
ترکیبات آلی فرار (VOCs)	First Check (با قابلیت تفکیک در حد PPM)	۲۰۰
فرمالدئید و ازون	لوله‌های گازیاب (Detector tube)	۳۷
دما و رطوبت	دستگاه رطوبت‌سنج EE07 ELECTRONIC و نرم‌افزار E2 Read جهت ثبت داده‌ها	۱۹۷
صدا	صداسنج مدل CEL450	۲۰۰
جهت جریان هوا	آزمون دود	-

PPM: Part per million; TSP: Total suspended particles; VOCs: Volatile organic compounds

www.mui.ac.ir

جدول ۲: میانگین نتایج اندازه‌گیری شاخص‌های کیفیت هوای داخل در ساختمان مورد بررسی

شاخص	تعداد نقاط اندازه‌گیری	حداقل مقدار اندازه‌گیری شده	حداکثر مقدار اندازه‌گیری شده	میانگین و انحراف معیار (در کل طبقات)	مقدار معیار (در پله اضطراری- هوای آزاد)	واحد
دی‌اکسیدکربن	۲۴۷	۴۰۲ (طبقه نهم)	۹۳۰ (رستوران)	۵۳۵/۸۹ ± ۶/۰۳	۳۷۹/۰ ± ۱۹/۸۰	ppm
مونواکسیدکربن	۲۱۶	۰ (طبقه ۳)	۸ (طبقه منهای ۴ و ۵)	۱/۹۲ ± ۰/۴۰	۲/۰ ± ۰/۰۰	ppm
ترکیبات آلی فرار (VOCs)	۲۱۶	۶۵۸ همکف	۲۳۷۰ (منهای ۵)	۹۳۱/۲۱ ± ۹۳/۴۹	۵۳۰/۰ ± ۱۲۹/۴۰	ppm
فرمالدئید	۳۷	*	*	*	*	ppm
ازن	۳۷	*	*	*	*	ppm
ذرات کل (TSP)	۵۲	۷/۵ (طبقه هشتم)	۱۶/۵ (طبقه دوازدهم)	۱۲/۲۷ ± ۱/۴۹	۱۵/۲ ± ۲/۱۶	میکروگرم بر مترمکعب
کمتر از ۱۰ میکرون (PM۱۰)	۵۲	۵/۳ (طبقه هفتم)	۱۱/۶ (طبقه دهم)	۷/۹۶ ± ۱/۰۶	۱۰/۴ ± ۱/۳۵	میکروگرم بر مترمکعب
کمتر از ۲/۵ میکرون (PM۲/۵)	۵۲	۳/۵ (طبقه دهم)	۱۳ (طبقه هفتم)	۵/۲۴ ± ۰/۶۳	۷/۸ ± ۱/۰۷	میکروگرم بر مترمکعب
صدا	۲۰۰	۵۲ (طبقه اول)	۶۷ (طبقه منهای یک)	۵۷/۴۷ ± ۲/۲۸	۶۲/۰ ± ۱/۶۰	دسی‌بل

PPM: Part per million

*کمتر از حد تشخیص

همکف و منهای ۵ بود که در مقایسه با میانگین غلظت ترکیبات آلی فرار در پله‌های اضطراری (به عنوان نماینده‌ای از هوای آزاد) بالاتر می‌باشد. نتایج اندازه‌گیری‌های مربوط به ازن و فرمالدئید که توسط لوله‌های گازیاب انجام گرفت، همگی مقادیر صفر را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، غلظت این دو نوع آلاینده در محیط مورد بررسی به حدی پایین بوده است که به کمک این روش تشخیص داده نشده‌اند.

بیشترین غلظت گزارش شده ذرات کلی به میزان ۱۶/۵ میکروگرم بر مترمکعب مربوط به طبقه دوازدهم و کمترین آن به میزان ۷/۵ میکروگرم بر مترمکعب در طبقه هشتم بود که در مقایسه با میانگین غلظت ذرات کلی در هوای آزاد (۱۵/۲ میکروگرم بر مترمکعب) کمتر می‌باشد. حداکثر و حداقل غلظت ذرات زیر ۱۰ میکرون ($PM_{۱۰}$) به ترتیب ۱۱/۶ در طبقه دهم و ۵/۳ در طبقه هفتم و ۱۰/۴ میکروگرم بر مترمکعب در هوای آزاد اندازه‌گیری شد. بیشترین و کمترین مقادیر اندازه‌گیری شده ذرات کمتر از ۲/۵ میکرون ($PM_{۲/۵}$) به ترتیب ۷ و ۳/۵ میکروگرم بر مترمکعب مربوط به طبقات سیزدهم و دهم بود که از میانگین غلظت این ذرات در هوای آزاد (۷/۸ میکروگرم بر مترمکعب) کمتر می‌باشد.

تراز فشار صوت در کلیه نقاط مورد اندازه‌گیری بیش از ۵۰ دسی‌بل بود؛ به نحوی که بیشترین تراز فشار صوت در طبقه منهای یک (۶۷ دسی‌بل) و کمترین آن در طبقه اول (۵۲ دسی‌بل) به دست آمد. میانگین تراز فشار صوت هوای آزاد نیز ۶۲ دسی‌بل اندازه گیری شد. علاوه بر تراز لحظه‌ای فشار صوت، تراز معادل در زمانی حدود ۱۰ دقیقه نیز اندازه‌گیری گردید که بیشترین و کمترین آن به میزان ۶۶/۴ و ۵۳/۴ دسی‌بل به ترتیب مربوط به طبقات منهای یک و اول بود.

بررسی جهت و چگونگی حرکت جریان هوا در طبقات مختلف ساختمان با استفاده از آزمون دود نشان داد که در برخی نقاط (در حدود یک سوم موارد)، جهت و یا توزیع جریان دود از دریچه‌ها و یا شکاف‌ها به سمت دریچه‌های هوای برگشتی مناسب نمی‌باشد.

بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده در این بررسی، حداقل دما ۱۳/۸ درجه سانتی‌گراد مربوط به طبقه دهم غربی و حداکثر

www.mui.ac.ir

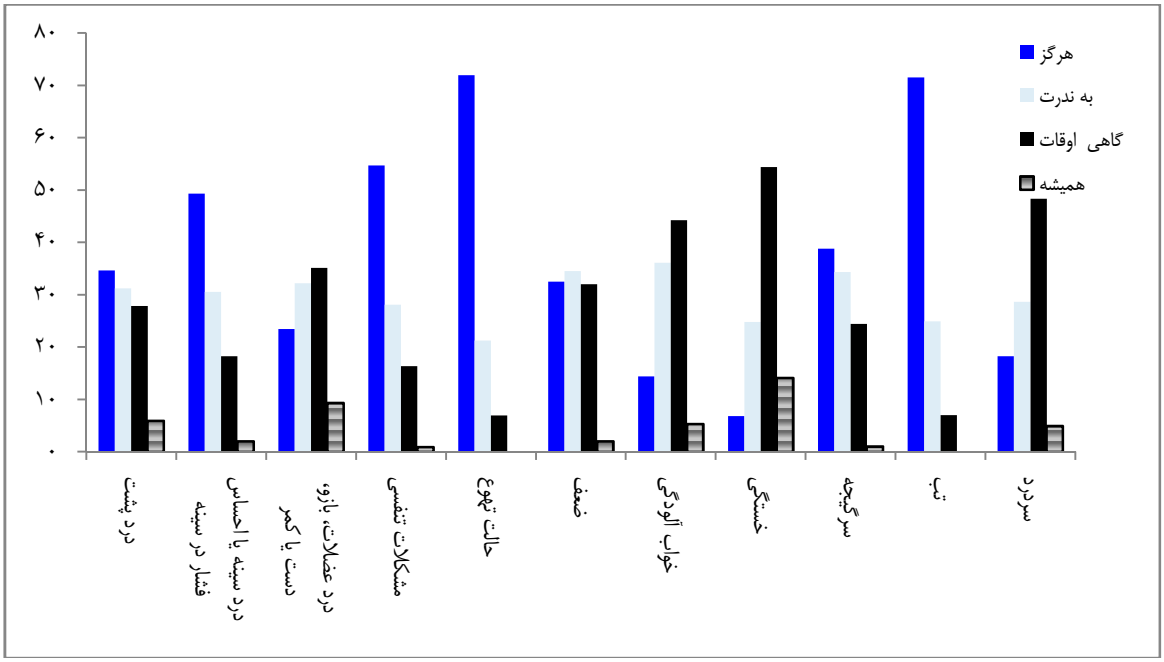
دما ۲۸/۳ درجه سانتی‌گراد مربوط به طبقه ششم غربی بود. بیشترین مقدار رطوبت نسبی مربوط به طبقه دهم شرقی و هشتم غربی (۲۸/۴ درصد) و کمترین آن در طبقات منهای ۵ و سیزدهم (به ترتیب ۲۳ و ۲۵/۳ درصد) اندازه‌گیری شد.

یافته‌های مربوط به بررسی نشانه‌های سندرم بیماری ساختمان

از بین ۷۰۰ پرسش‌نامه توزیع شده در بین کارکنان، ۲۱۲ نفر با میانگین سنی ۴۰/۲۳ سال و انحراف معیار ۸/۴۳ سال پرسش‌نامه را تکمیل نمودند. ۹۵ نفر (۴۵ درصد) از این کارکنان زن، ۱۱۶ نفر (۵۵ درصد) مرد، ۱۷۲ نفر (۸۲/۳ درصد) متأهل و ۳۷ نفر (۱۷/۷ درصد) مجرد بودند. ۸۰ درصد پرسنل مورد بررسی بیش از ۸ ساعت در ساختمان حضور داشتند، ۴۰ درصد کارکنان قبل از ساعت ۷/۳۰′ وارد ساختمان می‌شدند و ۳۲ درصد بعد از ساعت ۱۸/۳۰′ ساختمان را ترک می‌کردند. ۲۲ نفر (۱۰/۵ درصد) سیگاری بودند که از بین آن‌ها ۷ نفر در حین کار در ساختمان سیگار مصرف می‌کردند. از طرف دیگر، ۹۵ نفر (۴۷درصد) کارکنان اعلام کردند که همکارانشان در محل کار اقدام به استعمال دخانیات می‌کنند و در مجموع حدود ۳۱ درصد کارکنان وضعیت ساختمان را از نظر بوی سیگار نامناسب دانسته و از این موضوع شکایت داشتند.

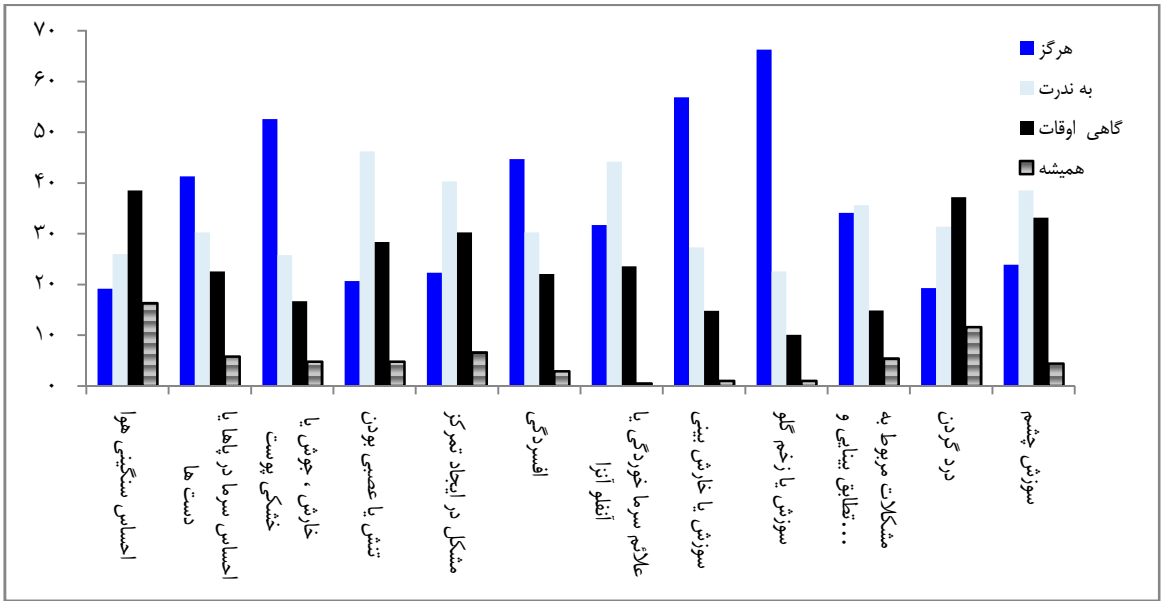
در نمودار ۱ فراوانی عوارض بهداشتی ناشی از کیفیت هوای داخل گزارش شده توسط کارکنان در هنگام کار در ساختمان آمده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌گردد، احساس سنگینی هوا، خستگی و سردرد به ترتیب بیشترین عوارضی هستند که کارکنان از آن‌ها شکایت دارند. در جدول ۳ فراوانی نظرات کلی کارکنان در مورد عوارض بهداشتی هنگام کار آمده است. همان طور که مشاهده می‌شود، در مجموع ۳۸/۲ درصد کارکنان مورد بررسی اعلام نمودند که گاهی اوقات و یا همیشه عوارض ذکر شده را تجربه کرده‌اند.

در نمودار ۲ فراوانی نظرات کلی کارکنان در مورد شرایط محیطی محل کار در هنگام کار آمده است. همان طور که در این نمودار مشاهده می‌شود، بیشترین نارضایتی کارکنان از شرایط محیط کار خود مربوط به صدا، سیستم تهویه، جهت جریان هوا، فضای کاری و موقعیت استقرار میزهای کار نسبت به پنجره و همکاران می‌باشد. در جدول ۴ فراوانی نظرات کلی کارکنان در مورد عوامل محیطی محل کار آمده است. در این جدول نیز مشاهده می‌گردد که در مجموع ۹ درصد کارکنان مورد بررسی شرایط محیط کار را نامناسب دانسته‌اند.



نمودار ۱: عوارض بهداشتی گزارش شده از سوی کارکنان شاغل در ساختمان مورد بررسی

www.mui.ac.ir

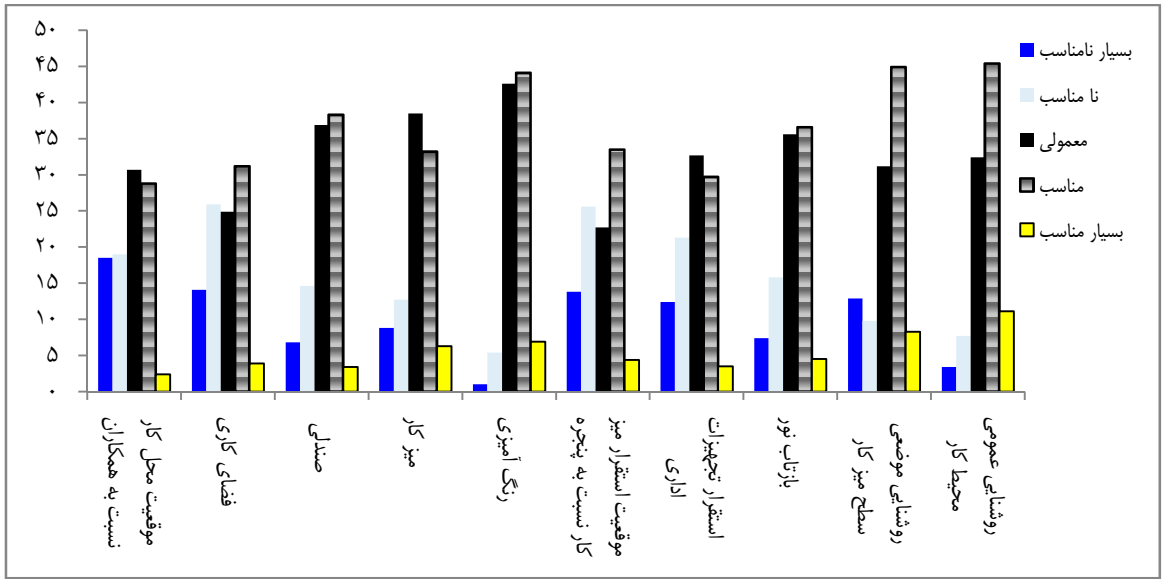


نمودار ۱: عوارض بهداشتی گزارش شده از سوی کارکنان شاغل در ساختمان مورد بررسی (ادامه)

جدول ۳: فراوانی نظرات کلی کارکنان در مورد عوارض بهداشتی ناشی از کیفیت هوای داخل در ساختمان مورد بررسی

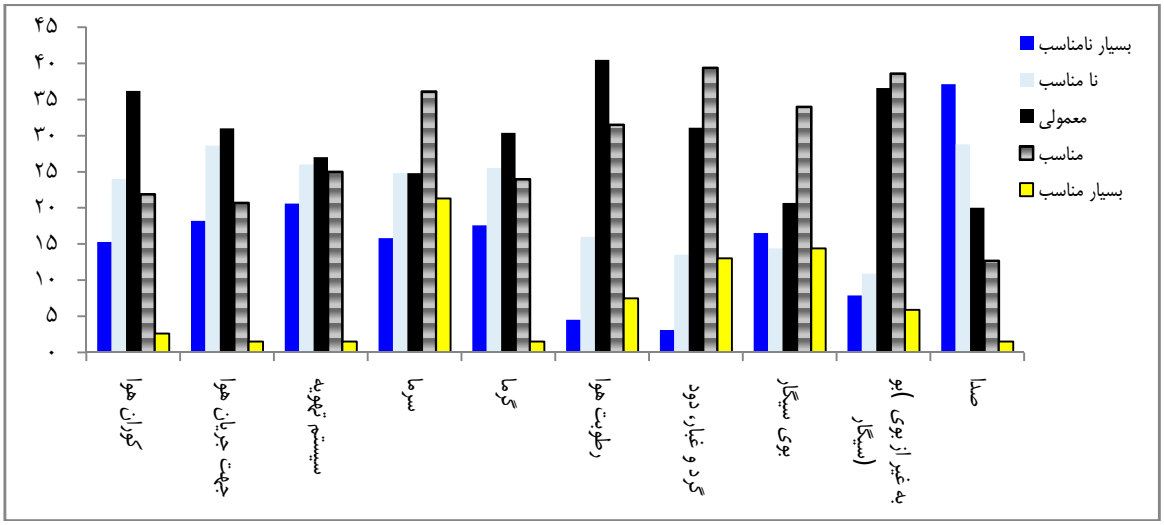
آزردگی از عوارض هنگام کار در ساختمان	تعداد	درصد
به ندرت	۹۳	۴۳/۹
گاهی اوقات	۷۵	۳۵/۴
همیشه	۶	۲/۸
بدون پاسخ	۳۸	۱۷/۹
جمع	۲۱۲	۱۰۰

۲۵- ۱: هرگز، ۵۰- ۲۶: به ندرت، ۷۵- ۵۱: گاهی اوقات، ۱۰۰- ۷۶: همیشه



نمودار ۲: نظرات کارکنان در مورد عوامل محیطی داخل در ساختمان مورد بررسی

www.mui.ac.ir



نمودار ۲: نظرات کارکنان در مورد عوامل محیطی داخل در ساختمان مورد بررسی (ادامه)

جدول ۴: فراوانی نظرات کلی کارکنان در مورد عوامل محیطی هوای داخل در ساختمان مورد بررسی

وضعیت	تعداد	درصد
بسیار نامناسب	۰	۰/۰
نامناسب	۱۴	۹/۰
معمولی	۶۵	۴۱/۹
مناسب	۶۸	۴۳/۹
بسیار مناسب	۸	۵/۲
جمع	۱۵۵	۱۰۰/۰

بسیار نامناسب: ۲۰- ۱، نامناسب: ۴۰- ۲۱، معمولی: ۶۰- ۴۱، مناسب: ۸۰- ۶۱، بسیار مناسب: ۱۰۰- ۸۱

آزمون‌های آماری ارتباط معنی‌داری را بین نظرات کارکنان در مورد عوامل محیطی داخل ساختمان و همچنین عوارض بهداشتی گزارش شده از سوی کارکنان با طبقه محل اشتغال آن‌ها نشان نداد ($P > ۰/۰۵$).

بحث

با توجه به نتایج پرسش‌نامه‌های فردی کیفیت هوای داخل ساختمان مشاهده می‌گردد که احساس سنگینی هوا، خستگی و درد گردن به ترتیب با ۱۶/۳، ۱۴/۱ و ۱۱/۶ درصد بیشترین عوارض گزارش شده در کارکنان می‌باشد. بیشترین شکایات از سنگینی هوا و خستگی توسط کارکنان طبقه اول (نیم‌طبقه شرقی) گزارش شد که می‌توان این موضوع را به عدم وجود سامانه تهویه مطبوع مستقل و همچنین نبود پنجره در این قسمت نسبت داد. البته باید اشاره نمود که غلظت آلاینده‌های محیطی به خصوص دی‌اکسیدکربن که در بروز چنین علایمی نقش اساسی دارند، در قسمت‌های مختلف ساختمان کمتر از مقادیر توصیه شده (۱۰۵۰ppm) بود. هیچ یک از کارکنان، عوامل محیطی محل کار را در وضعیت «بسیار نامناسب» گزارش نکردند و تنها ۹ درصد آنان شرایط را «نامناسب» اعلام کردند. این موضوع می‌تواند مؤید این موضوع باشد که در مجموع، ساختمان مورد نظر از شرایط قابل قبولی برخوردار است.

غلظت گاز دی‌اکسیدکربن در هوای آزاد در حدود ۰/۰۳ درصد (۳۵۰ppm) گزارش شد. از آن‌جایی که فعالیت‌های حیاتی در فضاهای محصور مستلزم مصرف اکسیژن و در نتیجه تولید دی‌اکسیدکربن است، بنابراین می‌توان انتظار

www.mui.ac.ir

داشت که در مکان‌های مسکونی و اداری غلظت دی‌اکسیدکربن بیشتر از هوای آزاد باشد. نتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده نشان داد که در هیچ یک از طبقات، غلظت گاز دی‌اکسیدکربن از مقادیر توصیه شده فراتر نرفته است، اما مقایسه این نتایج با میانگین گاز دی‌اکسیدکربن در هوای آزاد حاکی از افزایش چشمگیر غلظت این آلاینده در برخی طبقات می‌باشد که این موضوع با یافته‌های Lee و Chang (۸) مطابقت دارد.

طبقه ششم ساختمان که غذاخوری ساختمان واقع شده است، حداکثر غلظت دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص داده و این موضوع ناشی از حضور قابل توجه کارکنان در این محل هنگام صرف غذا (زمان اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن) بوده است. با وجود غلظت حداکثری دی‌اکسیدکربن در این طبقه (نسبت به سایر طبقات)، به دلیل زمان حضور به نسبت کوتاه کارکنان در این شرایط (۳۰-۲۰ دقیقه) مشکلی را در پی نخواهد داشت. البته مهم‌ترین منبع ممکن این گاز در هوای داخل ساختمان مربوط به پارکینگ خودروها است که اگر تهویه هوا در این قسمت از ساختمان به خوبی صورت نگیرد، امکان افزایش غلظت گاز مونوکسیدکربن در طبقات اداری دور از ذهن نخواهد بود. نتایج اندازه‌گیری ذرات معلق نشان می‌دهد، غلظت این ذرات در هوای داخل ساختمان در حد توصیه شده بود که علت آن را می‌توان به مطلوب بودن کیفیت هوای بیرون در زمان اندازه‌گیری‌ها (با توجه به غلظت ذرات در هوای آزاد) و همچنین شرایط قابل قبول نگهداری سامانه تهویه مطبوع نسبت داد.

مقایسه تراز فشار صوت طبقات مختلف ساختمان مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را بین طبقات نشان نداد، اما به نسبت هوای آزاد، تراز فشار صوت در داخل ساختمان ۷-۲ دسی‌بل کمتر بود، اما باید توجه داشت که در مقایسه با مقادیر توصیه شده تراز فشار صوت اماکن اداری، میزان صدا در ساختمان بیش از حد پیشنهاد شده می‌باشد. نتایج حاصل از ارزیابی پرسش‌نامه‌ای نیز نشان داد که بیش از ۶۵ درصد کارکنان از صدای محیط کار خود ابراز نارضایتی نموده‌اند. هر چند تراز فشار صوت در مکان‌های مسکونی و اداری به حدی نیست که انتظار افت شنوایی را در این مکان‌ها داشت، اما می‌تواند کاهش قدرت تمرکز افراد و خستگی را در پی داشته باشد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ازن و فرمالدئید نشان داد، غلظت این دو گاز در ساختمان مورد بررسی به حدی پایین بود که تشخیص مقادیر جزیی آن‌ها با استفاده از لوله‌های گازیاب امکان‌پذیر نبوده است. قابل ذکر است که هر چند استفاده از لوله‌های گازیاب [با صحت ۱۹ درصد (۹)]، روش مناسبی در ارزیابی کیفیت هوای داخل ساختمان می‌باشد، اما باید توجه داشت که حساسیت این روش ممکن است جوابگوی تعیین و ارزیابی غلظت‌های پایین گازها و بخارات نباشد.

ترکیبات آلی فرار دامنه وسیعی از ترکیبات را به خود اختصاص می‌دهند که اصلی‌ترین جز تشکیل دهنده آن‌ها کربن می‌باشد. اگرچه در صورت وجود امکانات، ارزیابی مجزای هر یک از این ترکیبات که هر کدام دارای استاندارد خاص خود می‌باشند ایده‌آل است، ولی در ارزیابی کیفیت هوای داخل ساختمان به طور معمول مجموع این ترکیبات اندازه‌گیری می‌شود. البته در صورت اندازه‌گیری جداگانه هر یک از این ترکیبات، میزان ۱۰ درصد استاندارد شغلی به عنوان معیار کیفیت هوای داخل پذیرفته شده است (۷). یکی از منابع بالقوه آلودگی در ساختمان مورد بررسی، وجود تعداد زیاد ملزومات و تجهیزات اداری شامل رایانه، دستگاه‌های چاپگر لیزری، دستگاه‌های کپی و ... بود. آزمون آماری Pearson بین غلظت ترکیبات آلی فرار و تعداد تونر مصرفی و نیز تعداد چاپگرهای لیزری و تعداد دستگاه‌های تکثیر در نیم‌طبقه‌های مختلف رابطه معنی‌داری را نشان نداد ($P > ۰/۰۵$). میزان رطوبت نسبی در ساختمان مورد بررسی در محدوده ۲۰ تا ۳۰ درصد بود و توزیع آن نیز در تمامی نقاط شش‌گانه اندازه‌گیری در هر طبقه یکسان بود که دلیل آن به باز بودن برخی از پنجره‌ها و ورود هوای بیرون به داخل ساختمان نسبت داده می‌شود.

نتایج این بررسی نشان داد، بیشتر شاخص‌های کیفیت هوای داخل در ساختمان مورد بررسی به غیر از جهت و نحوه توزیع جریان هوا در مقایسه با مقادیر مرجع از وضعیت مناسبی برخوردار است و اکثر کارکنان شرایط محیطی ساختمان را به

www.mui.ac.ir

نسبت قابل قبول ارزیابی کردند. با توجه به این‌که احساس نارضایتی در کیفیت هوای داخل علاوه بر عوامل محیطی می‌تواند ناشی از عواملی مانند رضایت شغلی، استرس و روابط شغلی نیز باشد (۱۰)، پیشنهاد می‌شود نقش این عوامل در ارزیابی کیفیت هوای داخل مورد بررسی قرار گیرد.

References

1. Azuma K, Uchiyama I, Ikeda K. The risk screening for indoor air pollution chemicals in Japan. Risk Anal 2007; 27(6): 1623-38.
2. Higbee C, Travers M, Hyland A, Cummings KM, Dresler C. Global air monitoring study: a multi-country comparison of levels of indoor air pollution in different workplaces results from Tunisia. Tunis Med 2007; 85(9): 793-7.
3. Tanaka-Kagawa T, Jinno H, Obama T, Miyagawa M, Yoshikawa J, Komatsu K, et al. Evaluation of volatile organic compounds (VOCs) emitted from household products by small chamber test method. Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyusho Hokoku 2007; (125): 79-85.
4. Fromme H, Lahrz T, Hainsch A, Oddoy A, Piloty M, Ruden H. Elemental carbon and respirable particulate matter in the indoor air of apartments and nursery schools and ambient air in Berlin (Germany). Indoor Air 2005; 15(5): 335-41.
5. Daisey JM, Angell WJ, Apte MG. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air 2003; 13(1): 53-64.
6. Zamanian Z. Quality of indoor air, Ministry of Health and Medical Education and its relationship with employee comfort [MS Thesis]. Tehran, Iran: Tehran University of Medical Sciences; 1995. [In Persian].
7. Governmant of Alberta. Indoor Air Quality Toolkit [Online]. 2009; Available from: URL: http://humanservices.alberta.ca/documents/WHS-PUB_gh015.pdf/
8. Lee SC, Chang M. Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong. Chemosphere 2000; 41(1-2): 109-13.
9. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) [Online]. 2006; Available from: URL: wwwn.cdc.gov/pubs/niosh.aspx/
10. Kerbez J, Davies N. Ecology. Trans. Vahabzadeh A. Mashhad, Iran: Iranian Student Book Agency; 2003. p. 694. [In Persian].

www.mui.ac.ir

Effective Factors on Indoor Air Quality in an Office Building in Tehran, Iran

Mohammad Oliaei[1], Mehdi Jahangiri[2], Hossein Mari Oriyad[3], Masoud Rismanchiyan[4], Ali Karimi[5]

Original Article

Abstract

Background: Due to the accumulation of pollutants in indoor environment, complaints about the indoor air quality has been increased in recent years. This study conducted in order to investigate the effective factors on indoor air quality in an office building in Tehran, Iran.

Methods: In this cross-sectional descriptive study, environmental factors effective on indoor air quality was measured using direct reading instruments. Symptoms of sick building syndrome were investigated using Indoor Air Quality questionnaire.

Findings: Nine percent of employees complained about their poor work conditions. The most complaints were related to air heaviness, fatigue and headache. Parameters measured included carbon dioxide, carbon monoxide, particulate matter, volatile organic compounds, ozone, formaldehyde, temperature, humidity, and noise were lower than the recommended limits.

Conclusion: While most of air quality indices were below the reference values, only some of employees complained about quality of indoor air in the studied building. It seems that some other factors such as job stress and job satisfaction influence the employees' perception of indoor air quality which should be considered.

Key words: Indoor Air Quality, Sick Building Syndrome, Volatile Organic Compounds

Citation: Oliaei M, Jahangiri M, Mari Oriyad H, Rismanchiyan M, Karimi A. **Effective Factors On Indoor Air Quality In An Office Building In Tehran.** J Health Syst Res 2013; 8(7): 1331-40.

Received date: 02/12/2012 Accept date: 08/01/2013

1- Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran
2- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran (corresponding author) Email: Jahangiri_m@sums.ac.ir
3- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Yasuj University of Medical Sciences, Yasouj, Iran
4- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Nutrition Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran
5- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Nutrition, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran