

## ***Relationship between CO<sub>2</sub> Concentration and Environmental Parameters with Sick Building Syndrome in School and House Settings in Babol, Iran***

Zahra Aghalari<sup>1</sup>,  
Abdoliman Amouei<sup>2,3</sup>,  
Ahmad Zarei<sup>4</sup>,  
Mojtaba Afsharnia<sup>5</sup>,  
Zahra Graili<sup>6</sup>,  
Mehdi Qasemi<sup>7</sup>

<sup>1</sup> MSc Student of Environmental Health Engineering, Student Research Committee, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

<sup>3</sup> Environmental Health Research Center (EHRC), Health Research Institute, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

<sup>5</sup> Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

<sup>6</sup> Ph.D. Student of Biostatistics, Biostatistics & Epidemiology Department, Babol University of Medical Science, Babol, Iran

<sup>7</sup> Lecturer, Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran

(Received June 19, 2018 ; Accepted September 30, 2018)

### ***Abstract***

**Background and purpose:** Lack of healthy air in classrooms and homes will reduce the level of health and disrupts students' learning. The aim of this study was to determine the relationship between CO<sub>2</sub> concentration and other environmental parameters with sick building syndrome in schools and homes in Babol, north of Iran, 2018.

**Materials and methods:** To measure carbon dioxide, temperature, and humidity, the TES 1370 was used. This study was conducted among 85 students in five primary, secondary, and high schools. Selection of schools, classrooms, and students was performed using a multistage random sampling. Data were collected through interviews using MM040EA questionnaire. Chi-square, ANOVA, and T-test were used to determine the relationship between sick building syndrome and environmental parameters.

**Results:** The most common symptoms of building syndrome were fatigue (45.8%) in winter and headache (35.3%) in spring. T-test showed significant relationships between carbon dioxide and building syndrome signs in winter (P= 0.02) and spring (P= 0.01) in classrooms and homes. But there was no significant relationship between the syndrome and moisture and temperature. Among the risk factors investigated in winter and spring, noise was reported as an annoying risk factor.

**Conclusion:** The study showed that concentration of carbon dioxide has a significant relationship with development of sick building syndrome in students. The symptoms of sick building syndrome were found to be mild in our samples, but due to poor physical conditions in some schools and even in home settings, optimization of these spaces should be done.

**Keywords:** air pollution, carbon dioxide, sick building syndrome, schools, houses

**J Mazandaran Univ Med Sci 2019; 29 (171): 31-44 (Persian).**

\* **Corresponding Author:** Abdoliman Amouei- Faculty of Health, Babol University of Medical Sciences, Babol, Iran  
(E-mail: iamouei1966@gmail.com)

# ارتباط غلظت دی اکسیدکربن و پارامترهای محیطی با علائم سندرم ساختمان بیمار در مدارس و منازل دانش آموزان شهرستان بابل

زهرا آقایی<sup>۱</sup> عبدالایمان عمویی<sup>۲،۳</sup> احمد زارعی<sup>۴</sup> مجتبی افشارنیا<sup>۵</sup> زهرا گرائیلی<sup>۶</sup> مهدی قاسمی<sup>۷</sup>

## چکیده

**سابقه و هدف:** عدم وجود هوای سالم در کلاس ها و منازل، سبب کاهش سطح سلامت و اختلال در یادگیری دانش آموزان خواهد شد. این مطالعه با هدف تعیین ارتباط غلظت دی اکسیدکربن و سایر پارامترهای محیطی با علائم سندرم ساختمان بیمار در مدارس و منازل دانش آموزان شهرستان بابل انجام شد.

**مواد و روش ها:** جهت سنجش دی اکسیدکربن، دما و رطوبت از دستگاه استاندارد TES 1370 استفاده شد. گردآوری اطلاعات توسط پرسشنامه استاندارد "MM040EA" و به صورت مصاحبه انجام شد. پژوهش حاضر در ۵ مدرسه در مقاطع ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان و ۲۰ کلاس به روش نمونه گیری تصادفی خوشه ای انجام شد. روش نمونه برداری دانش آموزان در هر کلاس به صورت تصادفی و پرسشنامه ها به صورت مصاحبه ای تکمیل شدند. برای تعیین ارتباط بین سندرم بیماری ساختمان و پارامترهای محیطی، از آزمون های آماری کای دو، ANOVA و T-test استفاده شد.

**یافته ها:** در زمستان بیشترین علائم سندرم ساختمان بیمار، مربوط به خستگی (۴۵/۸ درصد) و در فصل بهار مربوط به سردرد (۳۵/۳ درصد) بود. آزمون T-test نشان داد که در زمستان ( $P=0/02$ ) و بهار ( $P=0/01$ ) در کلاس های درس و منازل دانش آموزان، بین دی اکسیدکربن با علائم سندرم مزبور، ارتباط معنی داری وجود داشت. اما بین رطوبت و دما با این سندرم، ارتباط معنی داری مشاهده نشد. از میان ریسک فاکتورهای مورد بررسی در زمستان و بهار، سرو صدا به عنوان ریسک فاکتور آزاردهنده گزارش شد.

**استنتاج:** نتایج نشان داد که غلظت دی اکسیدکربن با ایجاد علائم سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان ارتباط معنی داری دارد. هرچند علائم سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان خفیف بوده، اما با توجه به شرایط نامناسب فیزیکی در بعضی مدارس و حتی منازل، باید بهینه سازی در این فضاها انجام شود.

**واژه های کلیدی:** آلودگی هوا، دی اکسیدکربن، سندرم ساختمان بیمار، مدارس، منازل

## مقدمه

آلودگی هوا براساس نوع محیط، به دو دسته آلودگی هوا در محیط های باز و آلودگی هوا در محیط های بسته تقسیم می شود. آلودگی هوا در محیط های بسته نسبت به محیط های باز از اهمیت بیشتری برخوردار است (۱)

E-mail: iamouei1966@gmail.com

**مولف مسئول:** عبدالایمان عمویی - بابل: دانشگاه علوم پزشکی بابل، دانشکده بهداشت

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۲. استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۳. مرکز تحقیقات بهداشت محیط، پژوهشکده سلامت، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۴. استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۵. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

۶. دانشجوی دکتری آمار زیستی، گروه آمار و اپیدمیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی بابل، بابل، ایران

۷. مربی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۲۹ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات: ۱۳۹۷/۳/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۸

چرا که امروزه انسان‌ها ۹۰ درصد از طول روز خود را در محیط‌های بسته می‌گذرانند، به همین دلیل افراد در معرض انواع آلاینده‌ها از قبیل انواع آلرژن‌ها، انواع عوامل بیولوژیکی بیماری‌زا شامل کپک‌ها و قارچ‌ها، ترکیبات شیمیایی سمی نظیر ترکیبات آلی فرار (VOCs)، آزیستوز، رادن، فرمالدئید و سرب با غلظت بیش‌تر از حد مجاز در خانه‌ها و فضاهای بسته قرار می‌گیرند (۲،۳). بر پایه نظر پزشکان و پژوهشگران مرتبط با آلودگی هوا، ۱۷ درصد از بیماری‌های مربوط به انسان، ناشی از آلودگی هوا در داخل خانه‌ها و مکان‌های سرپوشیده است (۲). براساس گزارش سال ۲۰۰۹ سازمان بهداشت جهانی، تعداد تخمینی مرگ و میر سالیانه منتسب به آلودگی هوای داخل ساختمان در ایران، ۳۰۰ نفر می‌باشد (۴). تجمع آلاینده‌های هوا در محیط بسته باعث بروز بیماری‌هایی همچون سندرم ساختمان بیمار می‌شود (۵). سندرم ساختمان بیمار، مجموعه‌ای از علائمی است که باعث احساس کسالت می‌شوند که گاهی اوقات با ترک محیط بسته علائم بیماری بهبود می‌یابد (۶). محققان پارامترهای محیطی از جمله دما، رطوبت، دی‌اکسید کربن و فاکتورهای فردی و فاکتورهای ساختمانی را از عوامل مؤثر بر سندرم ساختمان بیمار معرفی کردند (۸،۷). دی‌اکسید کربن از گازهای موجود در هوا و یکی از فاکتورهای محیطی است که می‌تواند منجر به افزایش علائم سندرم ساختمان بیمار شود (۹). انتشار گاز دی‌اکسید کربن که یکی از گازهای گلخانه‌ای است، به عنوان یکی از عوامل آلودگی هوا با پیشرفت صنایع در حال افزایش است (۱۰). دی‌اکسید کربن در هوا یک ترکیب بسیار پایدار و غیرقابل اشتعال می‌باشد. این ترکیب به صورت محلول در آب به شکل اسید کربنیک وجود دارد و به‌طور گسترده در صنایع مختلف، به ویژه در نگهداری، انجماد و کنسرو کردن محصولات کشاورزی و پزشکی کاربرد دارد، البته این گاز به صورت طبیعی در تمامی محیط‌های بسته وجود دارد (۱۱). دی‌اکسید کربن از فرآیندهای احتراق، تخمیر

و پوسیدگی مواد آلی تولید می‌شود. در غلظت‌های بالا، دی‌اکسید کربن اثرات تحریک‌کننده بر سیستم عصبی مرکزی می‌گذارد، در حالی که سطوح بیش از حد آن باعث افسردگی می‌شود (۱۰). NIOSH گزارش نمود که قرار گرفتن در معرض ۱۰ درصد دی‌اکسید کربن به مدت ۹۰ ثانیه موجب ایجاد علائم عصبی از جمله سوسو شدن چشم، تحریک روان و انقباض عضلانی کنترل نشده می‌شود. همچنین سبب افزایش شدت انقباض عضلات، شدت تنفس، سرخوش شدن و بی‌حوصلگی نیز می‌شود، همچنین غلظت ۳۰ درصد دی‌اکسید کربن منجر به از دست دادن هوشیاری می‌شود (۱۲). Abolhassani و همکاران گزارش نمودند که استنشاق دی‌اکسید کربن بیش از ۵ درصد، به مدت یک ساعت باعث التهاب ریه می‌شود. در مطالعه آنها التهاب گسترده ریه با نفوذ پارانشیم توسط لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها مشاهده شد (۱۳). دانش‌آموزان بیش از یک سوم از اوقات روز را در مدارس به سر می‌برند. به عبارتی دیگر حدود ۷۰ درصد از طول روز خود را داخل کلاس‌های درس می‌گذرانند (۱۴). توجه به بهداشت مدارس، نوعی سرمایه‌گذاری و برنامه‌ریزی برای حفظ سلامتی دانش‌آموزان است (۱۵) و برای رعایت بهداشت مدارس استانداردهایی همچون میزان تهویه (۱۵ تا ۲۰ فوت مکعب بر دقیقه تهویه به ازای هر دانش‌آموز)، میزان روشنایی (وسعت پنجره‌ها حداقل ۱۵ تا ۲۰ درصد سطح کف اتاق) و فضای لازم برای هر دانش‌آموز (۱۴ تا ۱۵ مترمربع) ضرورت دارد (۱۶). عدم دسترسی به کیفیت هوای مطلوب، می‌تواند منجر به کاهش آسایش و افزایش احتمال ابتلا به بیماری‌هایی همچون سندرم ساختمان بیمار در دانش‌آموزان شود و بر میزان یادگیری و بهره‌وری آن‌ها اثر بگذارد. Shauhnessy و همکاران در مطالعه خود بیان کردند که آلودگی هوا در کلاس‌های درس مدارس تاثیر منفی بر حضور دانش‌آموزان، یادگیری و عملکرد آن‌ها می‌گذارد (۱۷). شهرستان بابل با ۵۳۱۹۳۰ نفر جمعیت، پرجمعیت‌ترین شهر استان مازندران می‌باشد که در شمال

ایران واقع شده است. براساس آمار معاونت بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی بابل، شهرستان بابل دارای ۵۵۲ مدرسه می باشد که از این تعداد ۱۹۰ مدرسه در شهر واقع شده اند. همچنین تعداد دانش آموزان ساکن در شهر بابل ۴۱۶۴۳ نفر می باشد. دانش آموزان باید از محیط آموزشی مناسب در مدارس و محیط آسایش و راحتی در منازل برخوردار باشند تا با سلامت و آرامش زندگی کنند. لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی ارتباط غلظت دی اکسیدکربن و پارامترهای محیطی با علائم سندرم ساختمانی بیمار در مدارس و منازل دانش آموزان در زمستان و بهار سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد.

## مواد و روش ها

مطالعه توصیفی - تحلیلی و مقطعی حاضر در دو فصل زمستان و بهار سال ۹۷-۱۳۹۶ در مدارس و منازل دانش آموزان شهرستان بابل در شمال ایران انجام شد.

مرحله اول: در مرحله اول جهت سنجش دی اکسید کربن، دما و رطوبت به عنوان پارامترهای آلودگی هوا و فاکتورهای محیطی، ۵ مدرسه (۲ مدرسه پسرانه و ۳ مدرسه دخترانه) در سه مقطع ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان و ۲۰ کلاس به روش نمونه گیری تصادفی خوشه ای انتخاب شدند. سنجش دی اکسیدکربن، دما و رطوبت با استفاده از دستگاه TES 1370 انجام شد. هنگام اندازه گیری دی اکسیدکربن، دستگاه در ارتفاع یک متر و ۲۰ سانتی متری از سطح زمین و با فاصله ۰/۵ متری از پنجره ها، دیوارها و سطوح قرار گرفت (۱۸). جهت تعیین عوامل موثر بر میزان دی اکسیدکربن، اطلاعاتی از قبیل (نوع منطقه شهری یا روستایی، ساختمان مدارس از نظر قدمت ساخت و آپارتمانی یا ویلایی بودن، نوع تهویه، سیستم های گرمایشی و سرمایشی، تعداد دانش آموزان در کلاس) جمع آوری شد. به منظور یکسان سازی شرایط اندازه گیری دی اکسیدکربن، اندازه گیری غلظت دی اکسیدکربن در هر کلاس پس از گذشت یک ساعت از کلاس درس انجام شد. جهت تعیین فراوانی

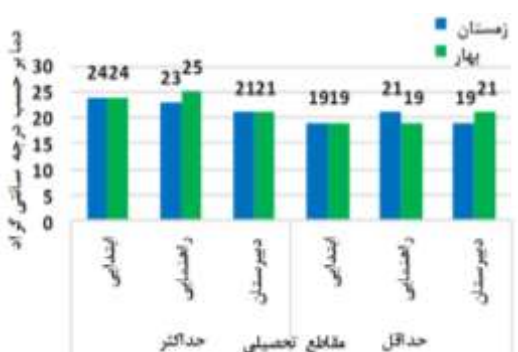
علائم سندرم ساختمانی بیمار در دانش آموزان، با توجه به ساختار فیزیولوژی کودکان و نوجوانان از هر سه مقطع ابتدایی، راهنمایی و دبیرستانی، نمونه برداری انجام شد. ۳۵ نفر از دانش آموزان ابتدایی، ۲۰ نفر راهنمایی و ۳۰ نفر دبیرستانی در این مطالعه شرکت داشتند. روش نمونه برداری دانش آموزان در هر کلاس به صورت تصادفی و با توجه به تمایل آن ها به شرکت در مطالعه بود و پرسشنامه ها به صورت مصاحبه ای تکمیل شدند. جهت گردآوری اطلاعات در خصوص علائم سندرم ساختمانی بیمار، از پرسشنامه استاندارد MM040EA (Miljomedicine040) استفاده شد که پایایی و روایی نسخه فارسی MM040EA توسط محققین ایرانی تایید شده است. در برخی مقالات ایرانی پایایی آن با آزمون آلفا کرونباخ ۰/۷۵ محاسبه شد (۱۹). این پرسشنامه حاوی اطلاعات مختلف در خصوص وضعیت فردی، وضعیت محیط کلاس ها و مدارس، بیماری ها و عوارض آن در گذشته و حال و همچنین در زمینه سندرم ساختمانی بیمار می باشد. سندرم ساختمانی بیمار در ۱۲ قسمت به تفکیک آورده شده و شامل مشکلات چشمی (خارش و تحریک چشم ها)، مشکلات بینی (آبریزش بینی یا گرفتگی بینی و عطسه)، خشکی گلو، سرفه، قرمزی یا خشکی پوست صورت، خارش یا پوسته پوسته شدن در ناحیه پوست سر یا گوش ها، قرمزی یا خارش دست ها، خستگی، سنگینی سر، سردرد، حالت تهوع یا سرگیجه و مشکلات تمرکز (عدم تمرکز) می باشد. دانش آموزان نظرات خود را پیرامون علائم در قالب گزینه های "اغلب"، "گاهی اوقات" و "هرگز" بیان کردند. علائمی در دسته "اغلب" قرار گرفتند که بیش از ۳ بار در هفته تکرار شدند و علائمی که یک یا دو بار در هفته اتفاق افتادند، در گزینه "گاهی اوقات" قرار گرفتند. براساس فراوانی سندرم ساختمانی بیمار دانش آموزان به ۴ گروه تقسیم شدند. گروه اول "فاقد هر گونه علائم"، گروه دوم دانش آموزانی که بین ۱ تا ۴ نشانه را داشتند، افراد "با علائم خفیف" بودند و گروه سوم دانش آموزانی که

و مقطع ابتدایی به میزان ۳۱۴۶ppm و کمترین مقدار آن در مقطع راهنمایی و فصل بهار ۸۱۷ ppm بود (نمودار شماره ۱). آزمون آماری ANOVA ارتباط معنی داری میان دی اکسید کربن در مقاطع مختلف تحصیلی در فصل بهار ( $P=0/05$ ) نشان داد، اما این ارتباط در فصل زمستان معنی دار نبود ( $P=0/38$ ).



نمودار شماره ۱: مقایسه غلظت دی اکسید کربن در دو فصل زمستان و بهار و مقاطع مختلف تحصیلی در مدارس شهرستان بابل

سنجش دما در دو فصل زمستان و بهار در مدارس نشان داد که بیشترین میزان دما مربوط به فصل بهار و مقطع راهنمایی به میزان ۲۵ درجه سانتی گراد بود (نمودار شماره ۲). آزمون آماری ANOVA ارتباط معنی داری میان دما در مقاطع مختلف تحصیلی در فصل زمستان نشان داد ( $P=0/05$ )، اما میان دما در مقاطع مختلف تحصیلی در فصل بهار ارتباط معنی داری مشاهده نشد ( $P=0/57$ ).



نمودار شماره ۲: مقایسه میزان دما در دو فصل زمستان و بهار و مقاطع مختلف تحصیلی در مدارس شهرستان بابل

بین ۵ تا ۹ نشانه را داشتند، افراد "با علائم متوسط" و گروه چهارم دانش آموزانی که بیش تر از ۱۰ نشانه را داشتند در دسته‌ی افراد "با علائم شدید" طبقه‌بندی شدند.

مرحله دوم: در مرحله دوم از طریق مدیران و معاونین مدارس با والدین ۸۵ دانش آموز صحبت شد و نظر آن‌ها برای بررسی بهداشت مسکن و سنجش پارامترهای محیطی در منزلشان جلب شد. از طریق هماهنگی با والدین دانش آموزان زمان و روز مشخص در هر دو فصل زمستان و بهار تعیین و به منزل هر یک از ۸۵ دانش آموز مراجعه شد و سنجش دی اکسید کربن، دما و رطوبت انجام و فاکتورهای محیطی مرتبط با بهداشت ساختمان در چک لیست تکمیل شد. همچنین پرسشنامه سندرم ساختمان بیمار برای دومین بار از طریق مصاحبه برای دانش آموزان در منزلشان تکمیل شد و بدین گونه علائم سندرم ساختمان بیمار که مرتبط با ساختمان و محیط منزل بود، توسط دانش آموزان گزارش شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها با کدگذاری هر یک از آن‌ها اطلاعات هر پرسشنامه وارد نرم‌افزار SPSS22 شد. از شاخص‌های توصیفی نظیر میانگین برای متغیرهای کمی و از جداول فراوانی برای بیان نتایج حاصل از آنالیز متغیرهای کیفی استفاده شد. آنالیز داده‌ها از طریق آزمون‌های آماری همچون کای دو، ANOVA و T-test انجام شد. سطح معنی داری داده‌ها ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

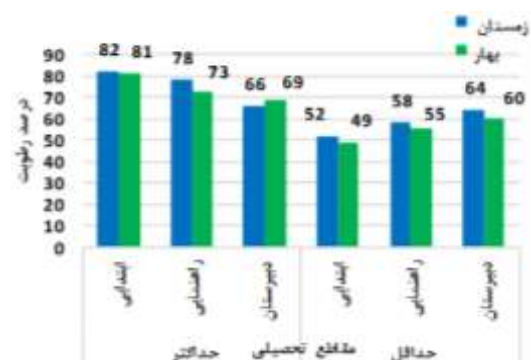
از میان دانش آموزان مورد بررسی ۷۴/۱ درصد دختر و ۲۵/۹ درصد پسر بودند. بیشترین تعداد دانش آموزان (۴۱/۲ درصد) در سنین ۷ تا ۱۲ سال و در مقطع ابتدایی و به ترتیب ۲۳/۵ درصد و ۳۵/۳ درصد در مقاطع راهنمایی و دبیرستان مشغول به تحصیل بودند. سنجش دی اکسید کربن در کلاس‌های مدارس سه مقطع ابتدایی، راهنمایی و دبیرستان در دو فصل متوالی زمستان و بهار در ۲۰ کلاس مربوط به ۵ مدرسه نشان داد بیشترین میزان دی اکسید کربن مربوط به فصل زمستان

مقایسه غلظت دی اکسید کربن، دما و رطوبت در دو فصل زمستان و بهار در دو مکان کلاس‌های درس و منازل ۸۵ دانش آموز نشان داد که میان دی اکسید کربن در هر دو فصل هم در کلاس‌های درس مدارس و هم در منازل ارتباط معنی‌داری وجود داشت ( $P=0/01$ )، به طوری که در هر دو فصل میزان دی اکسید کربن در مدارس بیشتر از منازل بود (جدول شماره ۱).

در فصل زمستان از میان ۱۲ نشانه سندرم بیماری ساختمان، بیشترین علائم مربوط به خستگی با فراوانی ۳۹ نفر (۴۵/۸ درصد)، و در فصل بهار، بیشترین علائم مربوط به سردرد با فراوانی ۳۰ نفر (۳۵/۳ درصد) بود (نمودار شماره ۴).

علائم سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان به ۴ گروه تقسیم شدند که مشخص شد، بیش‌ترین تعداد دانش آموزان در دسته ۱ تا ۴ نشانه یعنی افراد با علائم خفیف قرار گرفتند. در فصل زمستان ۷۷ نفر (۹۰/۵ درصد) و در فصل بهار ۵۶ نفر (۶۵/۸ درصد)، علائم سندرم

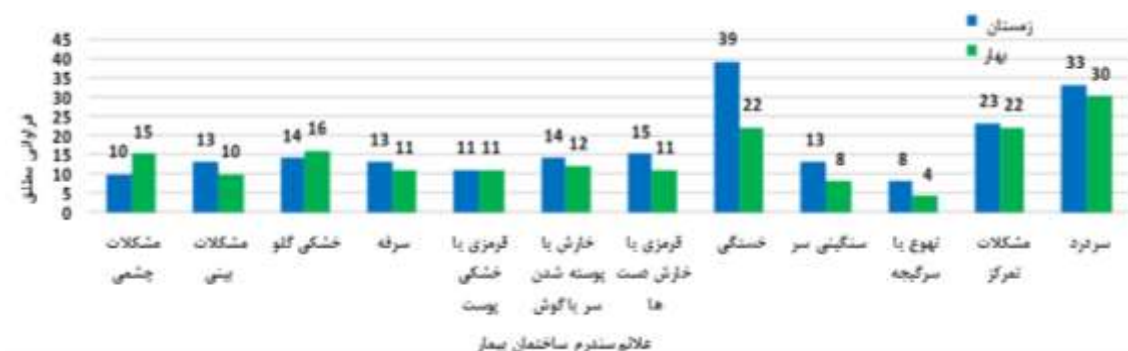
سنجش رطوبت به عنوان پارامتر محیطی و اثرگذار بر روی کیفیت هوای محیط داخل کلاس‌ها در دو فصل زمستان و بهار نشان داد که بیش‌ترین میزان رطوبت مربوط به فصل زمستان و مقطع ابتدایی به میزان ۸۲ درصد و کم‌ترین مقدار آن در مقطع ابتدایی و فصل بهار ۴۹ درصد بود (نمودار شماره ۳). آزمون آماری ANOVA ارتباط معنی‌داری میان رطوبت در مقاطع مختلف تحصیلی در دو فصل زمستان ( $P=0/49$ ) و بهار ( $P=0/33$ ) نشان نداد.



نمودار شماره ۳: مقایسه درصد رطوبت در دو فصل زمستان و بهار و مقاطع مختلف تحصیلی در مدارس شهرستان بابل

جدول شماره ۱: میزان پارامترهای محیطی در کلاس‌های مدارس و منازل دانش آموزان مورد مطالعه در شهرستان بابل

| متغیر         | مقادیر       | زمستان  |                | سطح معنی داری | بهار   |                | سطح معنی داری |
|---------------|--------------|---------|----------------|---------------|--------|----------------|---------------|
|               |              | منازل   | کلاس‌های مدارس |               | منازل  | کلاس‌های مدارس |               |
| دی اکسید کربن | حداکثر       | ۲۰۱۴    | ۳۱۴۶           | ۰/۰۱          | ۱۹۶۶   | ۲۹۶۴           | ۰/۰۱          |
|               | حداقل        | ۵۴۹     | ۸۹۱            |               | ۵۳۳    | ۸۱۷            |               |
|               | میانگین      | ۱۰۹۰/۰۱ | ۱۶۶۱/۰۲        |               | ۹۲۶/۷۸ | ۱۶۹۰/۰۵        |               |
|               | انحراف معیار | ۳۱۳/۰۵  | ۶۴۰/۰۸         |               | ۲۷۸/۰۴ | ۶۰۰/۱۸         |               |
| دما           | حداکثر       | ۲۵      | ۲۴             | ۰/۰۱          | ۲۵     | ۲۵             | ۰/۰۱          |
|               | حداقل        | ۱۹      | ۱۹             |               | ۱۹     | ۱۹             |               |
|               | میانگین      | ۲۲/۲۸   | ۲۰/۸۴          |               | ۲۱/۹۷  | ۲۱/۱۵          |               |
|               | انحراف معیار | ۱/۲۵    | ۱/۳۹           |               | ۱/۳۷   | ۱/۳۰           |               |
| رطوبت         | حداکثر       | ۷۶      | ۸۲             | ۰/۰۲          | ۷۴     | ۸۱             | ۰/۰۲          |
|               | حداقل        | ۵۹      | ۵۲             |               | ۴۳     | ۴۹             |               |
|               | میانگین      | ۶۸/۷۶   | ۶۵/۶۲          |               | ۶۲/۸۵  | ۶۳/۷۴          |               |
|               | انحراف معیار | ۴/۶۱    | ۸/۲۱           |               | ۶/۲۷   | ۸/۶۵           |               |



نمودار شماره ۴: فراوانی علائم سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان مورد مطالعه شهرستان بابل در زمستان و بهار

ساختمان بیمار داشتند. بیشترین تعداد دانش آموزان در هر دو فصل در دسته علائم متوسط قرار گرفتند و هیچ یک از افراد علائم شدید سندرم ساختمان بیمار را گزارش نکردند (جدول شماره ۲).

آزمون آماری T-test نشان داد که در فصل زمستان ( $P=0/02$ ) و بهار ( $P=0/01$ ) در کلاس های درس و منازل دانش آموزان، میان دی اکسید کربن با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی داری وجود داشت. به طوری که در کلاس ها و منازل که میزان دی اکسید کربن بیش تر بود، دانش آموزان بیش تری از علائم سندرم ساختمان بیمار شکایت داشتند. اما میان رطوبت و دما با سندرم بیماری ساختمان ارتباط معنی داری مشاهده نشد (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۲: رده بندی علائم سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان مورد مطالعه شهرستان بابل

| رده بندی     | فصول مختلف | تعداد | درصد |
|--------------|------------|-------|------|
| فاقد علائم   | زمستان     | ۱۸    | ۲۱/۱ |
|              | بهار       | ۲۹    | ۳۴/۱ |
| ۱ تا ۴ علائم | زمستان     | ۵۵    | ۶۴/۷ |
|              | بهار       | ۴۶    | ۵۴/۱ |
| ۵ تا ۹ علائم | زمستان     | ۱۲    | ۱۴/۲ |
|              | بهار       | ۱۰    | ۱۱/۸ |

براساس آزمون آماری کای دو مشخص شد که در هر دو فصل زمستان و بهار میان نوع تهویه در کلاس های درس با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی دار وجود داشت ( $P=0/01$ ). همچنین بین نوع ساختمان منازل در فصل زمستان با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط

معنی دار مشاهده شد ( $p=0/01$ ). به طوری که ساختمان منزلی که بیش از ۱۰ سال قدمت داشتند، سندرم ساختمان بیمار بیش تر گزارش شد (جدول شماره ۴). از میان ریسک فاکتورهای مورد بررسی در فصل زمستان و بهار، بیشترین تعداد دانش آموزان از سرو صدا به عنوان ریسک فاکتور آزار دهنده در مدرسه و کلاس درس شکایت داشتند. آزمون آماری کای دو در فصل بهار، میان سرو صدا در کلاس های درس با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی داری نشان داد ( $P=0/04$ ). ریسک فاکتورهای مورد بررسی در منازل دانش آموزان نشان داد که در فصل زمستان، میان روشنایی کم ( $P=0/02$ )، هوای خیلی سرد ( $P=0/04$ ) و هوای خیلی گرم ( $P=0/02$ ) با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی داری وجود داشت. در فصل بهار، در منازل دانش آموزان، میان سرو صدا ( $P=0/04$ )، روشنایی زیاد ( $P=0/04$ )، هوای خیلی گرم ( $P=0/01$ ) و بوهای ناخوشایند ( $P=0/01$ ) با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنادار مشاهده شد (جدول شماره ۵).

## بحث

در مطالعه حاضر، سنجش دی اکسید کربن در دو فصل متوالی زمستان و بهار در ۲۰ کلاس مربوط به ۵ مدرسه نشان داد که بیشترین میزان دی اکسید کربن مربوط به فصل زمستان و در مقطع ابتدایی به میزان

جدول شماره ۳: آنالیز آماری فاکتورهای مرتبط با علائم سندرم ساختمان بیمار در مدارس و منازل دانش آموزان مورد مطالعه در شهرستان بابل

| متغیرها                   | سندرم ساختمان بیمار                | زمستان             | بهار               |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                           |                                    | منازل              | کلاس درس           |
| CO <sub>2</sub>           | دارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین)  | $1076/3 \pm 309/8$ | $1828/2 \pm 657/6$ |
|                           | ندارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین) | $1145/1 \pm 328/1$ | $1424/6 \pm 346/4$ |
|                           | سطح معنی داری                      | ۰/۸۵               | ۰/۰۱               |
| دما                       | دارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین)  | $22/1 \pm 2/8$     | $21/1 \pm 1/2$     |
|                           | ندارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین) | $22/1 \pm 1/4$     | $21/1 \pm 1/3$     |
|                           | سطح معنی داری                      | ۰/۴۵               | ۰/۵۳               |
| رطوبت                     | دارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین)  | $66/6 \pm 8/1$     | $64/4 \pm 9/1$     |
|                           | ندارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین) | $67/6 \pm 4/2$     | $62/4 \pm 7/5$     |
|                           | سطح معنی داری                      | ۰/۵۶               | ۰/۲۷               |
| سن                        | دارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین)  | $13/7 \pm 3/5$     | $13/3 \pm 3/5$     |
|                           | ندارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین) | $10/6 \pm 3/2$     | $12/6 \pm 4/1$     |
|                           | سطح معنی داری                      | ۰/۲۸               | ۰/۲۴               |
| تعداد دانش آموزان در کلاس | دارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین)  | $27/6 \pm 10/9$    | $28/4 \pm 11/3$    |
|                           | ندارد (انحراف معیار $\pm$ میانگین) | $23/2 \pm 10/1$    | $23/4 \pm 9/3$     |
|                           | سطح معنی داری                      | ۰/۸۹               | ۰/۳۳               |

جدول شماره ۴: نتایج آنالیز آماری مشخصات فیزیکی کلاس ها و منازل و برخی خصوصیات جمعیت شناختی دانش آموزان با علائم سندرم

ساختمان بیمار

| عوامل فیزیکی  | مکان         | سطوح                | زمستان              |             | سطح معنی داری | بهار                |             | سطح معنی داری |
|---------------|--------------|---------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------|-------------|---------------|
|               |              |                     | سندرم ساختمان بیمار |             |               | سندرم ساختمان بیمار |             |               |
|               |              |                     | تعداد(درصد)         | تعداد(درصد) |               | تعداد(درصد)         | تعداد(درصد) |               |
| نوع ساختمان   | کلاس های درس | قدمت بیش از ۱۰ سال  | ۳۵ (۷۹/۵)           | ۹ (۲۰/۵)    | ۰/۸۶          | ۲۸ (۶۳/۶)           | ۱۶ (۳۶/۴)   | ۰/۶۵          |
|               |              | قدمت کمتر از ۱۰ سال | ۳۲ (۷۸)             | ۹ (۲۲)      |               | ۲۸ (۶۸/۳)           | ۱۳ (۳۱/۷)   |               |
|               | منازل        | قدمت بیش از ۱۰ سال  | ۵۵ (۹۱/۷)           | ۵ (۸/۳)     | ۰/۰۱          | ۴۵ (۷۵)             | ۱۵ (۲۵)     | ۰/۰۶          |
|               |              | قدمت کمتر از ۱۰ سال | ۱۲ (۴۸)             | ۱۳ (۵۲)     |               | ۱۱ (۴۴)             | ۱۴ (۵۶)     |               |
| طبقه          | کلاس های درس | اول یا همکف         | ۲۹ (۷۲/۵)           | ۱۱ (۲۷/۵)   | ۰/۴۱          | ۱۷ (۴۲/۵)           | ۲۳ (۵۷/۵)   | ۰/۰۱          |
|               |              | دوم                 | ۲۶ (۸۳/۹)           | ۵ (۱۶/۱)    |               | ۲۷ (۸۷/۱)           | ۴ (۱۲/۹)    |               |
|               |              | سوم                 | ۱۲ (۸۵/۷)           | ۲ (۱۴/۳)    |               | ۱۲ (۸۵/۷)           | ۲ (۱۴/۳)    |               |
| تهویه مطبوع   | کلاس های درس | اول یا همکف         | ۲۸ (۷۵/۷)           | ۹ (۲۴/۳)    | ۰/۶۸          | ۲۴ (۶۶/۷)           | ۱۴ (۳۵/۱)   | ۰/۹۸          |
|               |              | دوم                 | ۳۰ (۸۳/۳)           | ۶ (۱۶/۷)    |               | ۲۴ (۶۶/۷)           | ۱۲ (۳۳/۳)   |               |
|               |              | سوم                 | ۹ (۷۵)              | ۳ (۲۵)      |               | ۸ (۶۶/۷)            | ۴ (۳۳/۳)    |               |
| سیستم سرمایشی | کلاس های درس | ندارد               | ۵۸ (۸۹/۲)           | ۷ (۱۰/۸)    | ۰/۰۱          | ۴۹ (۷۵/۴)           | ۱۶ (۲۴/۶)   | ۰/۰۱          |
|               |              | دارد                | ۹ (۴۵)              | ۱۱ (۵۵)     |               | ۷ (۳۵)              | ۱۳ (۶۵)     |               |
|               | کلاس های درس | پنکه                | ۳۹ (۸۱/۲)           | ۹ (۱۸/۸)    | ۰/۵۳          | ۳۳ (۶۸/۸)           | ۱۵ (۳۱/۲)   | ۰/۵۲          |
|               |              | اسپلیت              | ۲۸ (۷۵/۷)           | ۹ (۲۴/۳)    |               | ۲۳ (۶۲/۲)           | ۱۴ (۳۷/۸)   |               |
| سیستم گرمایشی | منازل        | پنکه                | ۲۳ (۶۶/۷)           | ۷ (۲۴/۳)    | ۰/۹۳          | ۲۰ (۶۶/۷)           | ۱۰ (۳۳/۳)   | ۰/۷۴          |
|               |              | اسپلیت              | ۳۲ (۸۰)             | ۸ (۲۰)      |               | ۲۵ (۶۲/۵)           | ۱۵ (۳۷/۵)   |               |
|               |              | هر دو               | ۱۲ (۸۰)             | ۳ (۲۰)      |               | ۱۱ (۷۳/۳)           | ۴ (۲۶/۷)    |               |
| سیستم گرمایشی | کلاس های درس | بخاری               | ۳ (۳۷/۵)            | ۵ (۶۲/۵)    | ۰/۰۳          | ۴ (۵۰)              | ۴ (۵۰)      | ۰/۳۱          |
|               |              | شوفاژ               | ۶۴ (۸۳/۱)           | ۳ (۱۶/۹)    |               | ۵۲ (۶۷/۵)           | ۲۵ (۳۲/۵)   |               |
|               |              | بخاری               | ۲۱ (۷۵)             | ۷ (۲۵)      |               | ۲۰ (۷۱/۴)           | ۸ (۲۸/۶)    |               |
| جنسیت         | کلاس های درس | شوفاژ               | ۳۲ (۸۴/۲)           | ۶ (۱۵/۸)    | ۰/۸۶          | ۲۴ (۶۲/۲)           | ۱۴ (۳۶/۸)   | ۰/۷۷          |
|               |              | شوفاژ               | ۴ (۸۰)              | ۱ (۲۰)      |               | ۴ (۸۰)              | ۱ (۲۰)      |               |
|               |              | بخاری و شوفاژ       | ۹ (۷۵)              | ۳ (۲۵)      |               | ۷ (۵۸/۳)            | ۵ (۴۱/۷)    |               |
| مقاطع تحصیلی  | کلاس های درس | بخاری و شوفاژ       | ۱ (۱۰۰)             | ۰           | ۰/۰۲          | ۱ (۱۰۰)             | ۰           | ۰/۰۲          |
|               |              | دختر                | ۵۴ (۸۵/۷)           | ۹ (۱۴/۳)    |               | ۴۶ (۷۳)             | ۱۷ (۲۳)     |               |
|               |              | پسر                 | ۱۳ (۵۹/۱)           | ۹ (۴۰/۹)    |               | ۱۰ (۴۵/۵)           | ۱۲ (۵۴/۵)   |               |
| مقاطع تحصیلی  | کلاس های درس | ابتدایی             | ۲۱ (۶۰)             | ۱۴ (۴۰)     | ۰/۰۲          | ۲۲ (۶۲/۹)           | ۱۳ (۳۷/۱)   | ۰/۸۶          |
|               |              | راهنمایی            | ۱۸ (۹۰)             | ۲ (۱۰)      |               | ۱۴ (۷۰)             | ۶ (۳۰)      |               |
|               |              | دبیرستان            | ۲۸ (۹۳/۳)           | ۲ (۶/۷)     |               | ۲۰ (۶۶/۷)           | ۱۰ (۳۳/۳)   |               |

جدول شماره ۵: نتایج آنالیز آماری بین ریسک فاکتورها در کلاس های درس و منازل دانش آموزان با علائم سندرم ساختمان بیمار

| ریسک فاکتورها    | مکان         | سطوح  | زمستان              |             | سطح معنی داری | بهار                |             | سطح معنی داری |
|------------------|--------------|-------|---------------------|-------------|---------------|---------------------|-------------|---------------|
|                  |              |       | سندرم ساختمان بیمار |             |               | سندرم ساختمان بیمار |             |               |
|                  |              |       | ندارد               | دارد        |               | ندارد               | دارد        |               |
|                  |              |       | تعداد(درصد)         | تعداد(درصد) |               | تعداد(درصد)         | تعداد(درصد) |               |
| سرو صدا          | کلاس های درس | دارد  | ۴۰ (۸۳/۳)           | ۸ (۱۶/۷)    | ۰/۲۴          | ۴۱ (۷۷/۴)           | ۱۲ (۲۲/۶)   | ۰/۰۴          |
|                  |              | ندارد | ۲۷ (۷۳)             | ۱۰ (۲۷)     |               | ۱۵ (۴۶/۹)           | ۱۷ (۵۳/۱)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۴ (۱۰۰)             | ۰           | ۰/۲۸          | ۴ (۶۶/۷)            | ۲ (۳۳/۳)    | ۰/۹۶          |
|                  |              | ندارد | ۶۳ (۷۷/۸)           | ۱۸ (۲۲/۲)   |               | ۵۲ (۶۵/۸)           | ۲۷ (۳۴/۲)   |               |
| روشنایی کم       | کلاس های درس | دارد  | ۸ (۸۸/۹)            | ۱ (۱۱/۱)    | ۰/۴۳          | ۱۱ (۷۸/۶)           | ۳ (۲۱/۴)    | ۰/۲۷          |
|                  |              | ندارد | ۵۹ (۷۷/۶)           | ۱۷ (۲۲/۴)   |               | ۴۵ (۶۳/۴)           | ۲۶ (۳۶/۶)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۵ (۵۰)              | ۵ (۵۰)      | ۰/۰۲          | ۶ (۷۵)              | ۲ (۲۵)      | ۰/۵۶          |
|                  |              | ندارد | ۶۲ (۸۲/۷)           | ۱۳ (۱۷/۳)   |               | ۵۰ (۶۴/۹)           | ۲۷ (۳۵/۱)   |               |
| روشنایی زیاد     | کلاس های درس | دارد  | ۴ (۱۰۰)             | ۰           | ۰/۲۸          | ۴ (۶۳/۳)            | ۰           | ۰/۰۶          |
|                  |              | ندارد | ۶۳ (۷۷/۸)           | ۱۸ (۲۲/۲)   |               | ۵۰ (۶۳/۳)           | ۲۹ (۳۶/۷)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۵ (۷۱/۴)            | ۲ (۲۸/۶)    | ۰/۶۱          | ۷ (۱۰۰)             | ۰           | ۰/۰۴          |
|                  |              | ندارد | ۶۲ (۷۹/۵)           | ۱۶ (۲۰/۵)   |               | ۴۹ (۶۲/۸)           | ۲۹ (۳۷/۲)   |               |
| هوای خیلی سرد    | کلاس های درس | دارد  | ۲۶ (۸۱/۲)           | ۶ (۱۸/۸)    | ۰/۶۷          | ۱۸ (۶۴/۳)           | ۱۰ (۳۵/۷)   | ۰/۸۲          |
|                  |              | ندارد | ۴۱ (۷/۴)            | ۱۲ (۲۲/۶)   |               | ۳۸ (۶۶/۷)           | ۱۹ (۳۳/۳)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۲۸ (۹۶/۶)           | ۱ (۳/۴)     | ۰/۰۴          | ۷ (۷۷/۸)            | ۲ (۲۲/۲)    | ۰/۴۲          |
|                  |              | ندارد | ۳۹ (۶۹/۶)           | ۱۷ (۳۰/۴)   |               | ۴۹ (۶۴/۵)           | ۲۷ (۳۵/۵)   |               |
| هوای خیلی گرم    | کلاس های درس | دارد  | ۱۲ (۶۶/۷)           | ۶ (۳۳/۳)    | ۰/۱۵          | ۳۳ (۸۲/۱)           | ۵ (۱۷/۹)    | ۰/۰۲          |
|                  |              | ندارد | ۵۵ (۸۲/۱)           | ۱۲ (۱۷/۹)   |               | ۳۳ (۵۷/۹)           | ۲۴ (۴۲/۱)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۲۱ (۹۵/۵)           | ۱ (۴/۵)     | ۰/۰۲          | ۲۴ (۹۲/۳)           | ۲ (۷/۷)     | ۰/۰۱          |
|                  |              | ندارد | ۴۶ (۷۳)             | ۱۷ (۲۷)     |               | ۳۲ (۵۴/۲)           | ۲۷ (۴۵/۸)   |               |
| هوای خشک         | کلاس های درس | دارد  | ۹ (۹۰)              | ۱ (۱۰)      | ۰/۳۵          | ۹ (۶۹/۲)            | ۴ (۳۰/۸)    | ۰/۷۸          |
|                  |              | ندارد | ۵۸ (۷۷/۳)           | ۱۷ (۲۲/۷)   |               | ۴۷ (۶۵/۳)           | ۲۵ (۳۴/۷)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۵ (۷۱/۴)            | ۲ (۲۸/۶)    | ۰/۶۱          | ۶ (۶۶/۷)            | ۳ (۳۳/۳)    | ۰/۹۵          |
|                  |              | ندارد | ۶۲ (۷۲/۵)           | ۱۶ (۲۰/۵)   |               | ۵۰ (۶۵/۸)           | ۲۶ (۳۴/۲)   |               |
| هوای مرطوب       | کلاس های درس | دارد  | ۲۸ (۹۶/۶)           | ۱ (۳/۴)     | ۰/۰۴          | ۱۹ (۶۷/۹)           | ۹ (۳۲/۱)    | ۰/۷۸          |
|                  |              | ندارد | ۳۹ (۶۹/۶)           | ۱۷ (۳۰/۴)   |               | ۳۷ (۶۴/۹)           | ۲۰ (۳۵/۱)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۸ (۸۸/۹)            | ۱ (۱۱/۱)    | ۰/۴۳          | ۵ (۶۲/۵)            | ۳ (۳۷/۵)    | ۰/۸۳          |
|                  |              | ندارد | ۵۹ (۷۷/۶)           | ۱۷ (۲۲/۴)   |               | ۵۱ (۶۶/۲)           | ۲۶ (۳۳/۸)   |               |
| بویهای ناخوشایند | کلاس های درس | دارد  | ۲۴ (۹۶)             | ۱ (۴)       | ۰/۰۱          | ۲۰ (۶۹)             | ۹ (۳۱)      | ۰/۶۶          |
|                  |              | ندارد | ۴۳ (۷۱/۷)           | ۱۷ (۲۸/۳)   |               | ۳۶ (۶۴/۳)           | ۲۰ (۳۵/۷)   |               |
|                  | منازل        | دارد  | ۱۸ (۷۸/۳)           | ۵ (۲۱/۷)    | ۰/۹۳          | ۱۷ (۸۹/۵)           | ۲ (۱۰/۵)    | ۰/۰۱          |
|                  |              | ندارد | ۴۹ (۷۹)             | ۱۳ (۲۱)     |               | ۳۹ (۵۹/۱)           | ۲۷ (۴۰/۹)   |               |

۳۱۴۶ ppm و کمترین مقدار آن در مقطع راهنمایی و فصل بهار ۸۱۷ ppm بود. در منازل بیشترین غلظت دی اکسید کربن مربوط به فصل زمستان با غلظت ppm ۲۰۱۴ و کمترین غلظت مربوط به فصل بهار با غلظت ppm ۵۳۳ بود. مطالعه انجام شده توسط Ferreira و همکارانش در خصوص بررسی کیفیت هوای کلاس‌های ۵۱ مدرسه در شهر Coimbra در پرتغال نشان داد که در ۴۷ مدرسه، میانگین دی اکسید کربن بالاتر از حداکثر غلظت مجاز در قوانین پرتغال یعنی بیش از ۹۸۴ ppm بود که میانگین دی اکسید کربن در فصول پاییز و زمستان ۵۳۲۰ ppm گزارش شد (۲۰).

مطالعه انجام شده توسط Fromme و همکاران روی مدارس برلین آلمان نشان داد که متوسط غلظت دی اکسید کربن در کلاس‌های درس در فصل زمستان و تابستان از ۵۹۸ به ۴۱۷۲ ppm و ۴۸۰ تا ۱۸۷۵ ppm رسیده است. در حالی که در دوره زمستان در ۹۲ درصد کلاس‌های درس، متوسط روزانه غلظت دی اکسید کربن بیش از ۱۰۰۰ ppm بود (۲۱).

مطالعه انجام شده توسط Datta و همکارانش در خصوص بررسی کیفیت هوای سه ساختمان اداری و آموزشی در دهلی نشان داد که میزان دی اکسید کربن در ساختمان‌های اداری بین ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ ppm و در ساختمان‌های آموزشی ۶۷۲ ppm بود (۲۲). از آنجا که مطالعات مختلف نشان دادند که غلظت بالاتر از ۶۰۰ ppm دی اکسید کربن منجر به سردرد، خواب آلودگی و عدم تمرکز در افراد می شود و همچنین استاندارد غلظت دی اکسید کربن بر طبق گزارش‌های سازمان بهداشت و ایمنی شغلی ۳۵۰ تا ۱۰۰۰ ppm می باشد (۲۳، ۲۴) و با توجه به نتایج مطالعه حاضر باید برای جلوگیری از انباشته شدن غلظت زیاد دی اکسید کربن و تعداد زیاد دانش آموزان در کلاس‌ها، از تهویه مناسب استفاده شود. در منازل نیز به دلیل سبک ساخت و ساز نوین ساختمان‌ها به خصوص ساختمان‌های آپارتمانی، افراد بیش تر در معرض انواع آلاینده‌ها قرار گرفته و غلظت

دی اکسید کربن هم بالاتر بوده است. به همین دلیل باید از تهویه مناسب و یا حداقل از تهویه طبیعی با طراحی دقیق مهندسی و مطابق با استاندارد استفاده شود. در مطالعه حاضر در هر دو فصل زمستان و بهار بین نوع تهویه با غلظت دی اکسید کربن و علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی دار مشاهده شد ( $P=0/01$ ). به طوری که در کلاس‌هایی که تهویه مطبوع داشتند، میزان علائم سندرم ساختمان بیمار و غلظت دی اکسید کربن کم تر گزارش شد. آزمون آماری T-test نشان داد که در فصل زمستان و بهار در کلاس‌هایی که تهویه مطبوع داشتند، با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی داری وجود داشت ( $P=0/01$ ), به طوری که در کلاس‌های دارای تهویه مطبوع، میزان دی اکسید کربن و علائم سندرم بیماری ساختمان کم تر گزارش شد. مطالعه انجام شده توسط Canha و همکاران در مدارس پرتغال با تهویه طبیعی و مدارس فنلاند با تهویه مطبوع نشان داد که غلظت دی اکسید کربن در مدارس با تهویه طبیعی بیش تر بوده است و تهویه مطبوع باعث کاهش غلظت دی اکسید کربن در کلاس‌های درس شد (۲۵).

در مطالعه‌ای که بر روی ۳۰ هزار نفر گروه هدف که در بیش از ۴۰۰ ساختمان در شهرهای آمریکای شمالی، اروپا و آسیا انجام شد، مشخص شد که نشانه‌های سندرم ساختمان بیمار با تهویه و غلظت دی اکسید کربن مرتبط می باشد (۲۶). در اکثر مدارس شهرستان بابل از تهویه طبیعی و باز کردن در و پنجره‌ها به عنوان راهی برای کنترل کیفیت هوای داخل کلاس‌ها استفاده می شد. در واقع تنها راه ورود هوای تازه به کلاس‌های درس، باز کردن پنجره‌ها و درها بوده که بدین طریق، ذرات و دیگر آلاینده‌های هوا به راحتی وارد کلاس درس می شدند. علاوه بر این، در فصل زمستان به منظور حفظ گرمای کلاس‌ها، درب‌ها و پنجره‌ها اغلب بسته بوده که منجر به عدم تامین هوای مناسب و افزایش آلودگی هوای داخل ساختمان می شد. بنابراین مجهز نمودن کلاس‌های درس به تهویه مطبوع حائز اهمیت می باشد.

در مطالعه حاضر، بیشترین میزان رطوبت در کلاس‌های درس مربوط به فصل زمستان و مقطع ابتدایی به میزان ۸۲ درصد و کمترین مقدار آن در مقطع ابتدایی و فصل بهار به مقدار ۴۹ درصد بود. در منازل دانش آموزان، بیشترین میزان رطوبت ۷۶ درصد و مربوط به فصل زمستان و کمترین آن ۴۳ درصد و مربوط به فصل بهار بود. میان رطوبت با علائم سندرم ساختمانی بیمار ارتباط معنی‌داری مشاهده نشد. در مطالعه انجام شده توسط Jurado و همکاران، در ارتباط با بررسی آلودگی هوا در دانشگاه‌های برزیل، مشخص شد که در کلاس‌های واجد رطوبت استاندارد، عملکرد تحصیلی دانشجویان بهتر بود (۲۷). از آنجا که رطوبت بیش از حد، بر روی سلامتی افراد اثر نامطلوب می‌گذارد و عملکرد تحصیلی دانش آموزان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و همچنین یکی از عوامل بروز سندرم ساختمانی بیمار می‌باشد، باید ساز و کارهای اساسی برای ایجاد رطوبت استاندارد در محیط‌های بسته و تنظیم رطوبت به خصوص در مناطق مرطوب همچون شمال ایران، به کار گرفته شود.

مطالعه حاضر نشان داد، از ۸۵ دانش آموز مورد بررسی در فصل زمستان، ۹۰/۵ درصد و در فصل بهار ۶۵/۸ درصد از علائم سندرم ساختمانی بیمار رنج می‌بردند. بیشترین تعداد دانش آموزان در هر دو فصل، در دسته علائم متوسط قرار گرفتند و هیچ یک از افراد علائم شدید نداشتند. مطالعه انجام شده توسط Smedje و همکاران، بر روی ساکنین منازل در سوئد نشان داد که شیوع سندرم ساختمانی بیمار در افراد ۲۳ درصد بود که بروز علائم سندرم ساختمانی بیمار با میزان رطوبت ارتباط معنی‌داری داشت (۲۸). احتمالاً بخشی از دلایل شیوع بالای سندرم ساختمانی بیمار در دانش آموزان مورد بررسی، به محیط کلاس‌های مدارس مربوط می‌شود و بخشی دیگر به محیط منازل که باید علاوه بر بهداشت هوا، به فاکتورهای محیطی، همچون بهداشت مسکن نیز توجه کافی شود.

مطالعه حاضر نشان داد، از میان ۱۲ علائم سندرم

ساختمانی بیمار در فصل زمستان، بیشترین علائم سندرم ساختمانی بیمار، مربوط به خستگی (۴۵/۸ درصد) و در فصل بهار مربوط به سردرد (۳۵/۳ درصد) بود. در مطالعه انجام شده توسط Norbäck، روی دانش آموزان کشورهای مختلف در حال تحصیل در مدارس مالزی مشخص شد که دانش آموزان مورد مطالعه، ۲۲/۱ درصد خستگی و ۲۰/۶ درصد سردرد را مهم‌ترین علائم سندرم ساختمانی بیمار بیان کردند. در مطالعه مذکور دانش آموزان چینی، سردرد کم‌تری نسبت به مالایی‌ها و هندوها، خستگی کم‌تری از مالایی‌ها داشتند (۲۹). خستگی و سردرد از علائم عمومی سندرم ساختمانی بیمار به شمار می‌آیند که در اکثر مطالعات بر روی گروه‌های هدف مختلف، بالاترین نشانه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. آزمون‌های آماری نشان داد که در هر دو فصل، میان جنسیت و علائم سندرم ساختمانی بیمار ارتباط معنی‌دار مشاهده شد، به طوری که میزان علائم سندرم ساختمانی بیمار در دختران بیش از پسران بود. همچنین در فصل زمستان میان مقطع تحصیلی با علائم سندرم ساختمانی بیمار ارتباط معنی‌دار مشاهده شد. به طوری که سندرم ساختمانی بیمار در دانش آموزان ابتدایی بیش‌تر گزارش شد.

مطالعه Runeson-Broberg و همکاران در رابطه با بررسی ارتباط بین سندرم ساختمانی بیمار با استرس روحی اجتماعی در نیروی کار سوئد نشان داد که ابتلا به سندرم بیماری ساختمانی با سن، جنس و شاخص توده بدنی ارتباط دارد (۳۰). در اکثر مطالعات، بر روی دو گروه مرد و زن، زنان به عنوان گروه‌های آسیب‌پذیر معرفی می‌شوند که سلامتی‌شان باید بیش‌تر تحت نظارت بهداشت و درمان قرار گیرد.

در رابطه با ریسک فاکتورهای اثرگذار بر روی سندرم ساختمانی بیمار، نتایج نشان داد که در فصل زمستان و بهار، بیشترین تعداد دانش آموزان از سرو صدا به عنوان ریسک فاکتور آزار دهنده در مدرسه و کلاس درس شکایت داشتند. آزمون آماری کای دو

نشان دهنده ارتباط معنی دار بود ( $P=0/04$ ). ریسک فاکتورهای مورد بررسی در منازل همین دانش آموزان نشان داد که در فصل زمستان میان روشنایی کم ( $P=0/02$ )، هوای خیلی سرد ( $P=0/04$ ) و هوای خیلی گرم ( $P=0/02$ ) با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی داری وجود داشت. در فصل بهار هم، میان سرو صدا ( $P=0/04$ )، روشنایی زیاد ( $P=0/04$ )، هوای خیلی گرم ( $P=0/01$ ) و بوهای ناخوشایند ( $P=0/01$ )، با علائم سندرم ساختمان بیمار ارتباط معنی دار مشاهده شد. در مطالعه انجام شده بر روی پرستاران بخش های مراقبت ویژه بیمارستان های کرمان، مهم ترین ریسک فاکتورهای بروز سندرم ساختمان بیمار، سرو صدا و بوهای نامطبوع ذکر شد (۳۱). وجود سرو صدا در مدرسه و کلاس درس با توجه به تعداد دانش آموزان امری طبیعی است. اما سرو صدای بیش از حد منجر به سردرد، عدم تمرکز و کاهش آسایش و یادگیری آموزشی دانش آموزان می شود. بنابراین ریسک فاکتور سرو صدا باید در مدارس تحت کنترل قرار گرفته و از موانع صوتی جهت جلوگیری از انتقال سر و صدا از یک کلاس به کلاس دیگر استفاده شود. در منازل، یکی از ریسک فاکتورهای بروز سندرم ساختمان بیمار، هوای خیلی گرم بود. گرما یکی از مهم ترین عوامل مخاطره آمیز محیط های کاری محسوب می شود که بر عملکردهای شناختی افراد تأثیرگذار است (۳۲). بنابراین فاکتورهای محیطی از جمله میزان گرما و سرما نیز باید متناسب با محیط تنظیم شود تا سطح آسایش مطلوب را برای افراد فراهم آورد.

مطالعه حاضر نشان داد که غلظت دی اکسید کربن در کلاس های درس و منازل دانش آموزان ارتباط معنی داری با ایجاد علائم سندرم ساختمان بیمار دارد. هرچند سندرم ساختمان بیمار در دانش آموزان علائم خفیفی داشت، اما با توجه به شرایط نامناسب فیزیکی در بعضی مدارس و حتی منازل، باید بهینه سازی این اماکن از طریق همکاری مسئولین آموزش و پرورش و مراجع بهداشتی انجام شود. میزان غلظت دی اکسید

کربن و به تعبیری آلودگی هوای داخل منازل از ترکیب اثرات عوامل فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و تهویه نامناسب نشأت می گیرد. سیستم های گرمایش، نوع تهویه، تجهیزات ساختمان، مبلمان و فعالیت های انسانی بر روی غلظت دی اکسید کربن اثر می گذارند. بنابراین پیشنهاد می شود که با نظارت اداره آموزش و پرورش و مسئولین مدارس و از طریق همکاری با کارشناسان بهداشت محیط، حداقل سالی یک بار وضعیت بهداشت محیط مدارس برحسب جنبه های مختلف بهداشتی، به خصوص کیفیت هوای داخل ساختمان بررسی شود و در صورت مغایرت با استانداردهای ملی و بین المللی موارد به مراجع ذی صلاح گزارش شود. همچنین در خصوص بهداشت محیط اماکن مسکونی و نقش کیفیت مناسب هوا در اتاق های مسکونی بر سلامت ساکنان خانه، از طریق آموزش های همگانی به والدین اطلاع رسانی شود. از نقاط قوت و نوآورانه مطالعه حاضر می توان به پرداختن و برجسته نمودن نقش سلامت محیط کلاس ها و اتاق های مسکونی و ارتباط مستقیم آنها با سلامت دانش آموزان در محیط مدرسه و خانه اشاره نمود. همچنین از نقاط ضعف مطالعه حاضر عدم همکاری والدین دانش آموزان و مدیران برخی مدارس بود.

## سپاسگزاری

مقاله حاضر بخشی از پایان نامه خانم زهره آقاری دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی گناباد (با کد اخلاق IR.GMU.REC.1396.148) می باشد. از آنجا که بخشی از این پایان نامه به صورت طرح تحقیقاتی مشترک بین دپارتمان مهندسی بهداشت محیط دانشگاه های علوم پزشکی بابل و گناباد، در دانشگاه علوم پزشکی بابل به تصویب رسیده است لذا نگارندگان مقاله بر خود لازم می دانند تا از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی بابل که حمایت مالی از این تحقیق را به عهده داشته اند (طرح شماره 9705422)

انجام شده از سوی اداره آموزش و پرورش شهرستان بابل از مسئولین آن اداره قدردانی می شود.

و کد اخلاق (IR.MUBABOL.REC.1397.157)،  
قدردانی نمایند. همچنین به سبب همکاری و هماهنگی های

## References

1. Sarigiannis DA, Karakitsios SP, Gotti A, Liakos IL, Katsoyiannis A. Exposure to major volatile organic compounds and carbonyls in European indoor environments and associated health risk. *Environ Int* 2011; 37(4):743-765.
2. Sahlberg B. Indoor Environment in Dwellings and Sick Building Syndrome (SBS): Longitudinal Studies. Doctoral thesis. Uppsala; Acta Universitatis Upsaliensis; 2012.
3. Dehghanzadeh R, Ansarian K, Aslani H. Concentrations of carbon monoxide in indoor and outdoor air of residential buildings. *J Health* 2013; 3(4): 29-40 (Persian).
4. Jafarian S, Aghalari Z, Najar M. Evaluating the Knowledge and Attitude of Air Pollution Control in Tehran from the Elderly and Pregnant Women -2017. *J Saf Promot Inj Prev*. 2018; 6(2):73-80 (Persian).
5. Kinman G, Griffin M. Psychosocial factors and gender as predictors of symptoms associated with sick building syndrome. *Stress & Health* 2008; 24(2): 165-1671.
6. Al Momani HM, Ali HH. Sick building syndrome in apartment buildings in Jordan. *Jordan J Civ Eng* 2008; 2(4): 391-403.
7. Takigawa T, Wang B-L, Sakano N, Wang D-H, Ogino K, Kishi R. A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. *Sci Total Environ* 2009; 407(19): 5223-5228.
8. Norhidayah A, Chia-Kuang L, Azhar M, Nurulwahida S. Indoor air quality and sick building syndrome in three selected buildings. *Procedia Eng* 2013; 53: 93-98.
9. Zarei A, Amouie A, Afsharnia M, Qasemi M, Feyzimoghadam A, Geraili Z, Aghalari Z. Evaluation of Carbon Dioxide Concentration in Classrooms in Babol and Gonabad Cities in 2018 and Its Relationship with Classroom Ventilation And Temperature: A Short Report. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2018; 17(8): 789-98 (Persian).
10. Velayatzadeh M, Davazdah ES, Naserzadeh Z. Correlation analysis of Carbon Dioxide, Oxygen, Temperature and Humidity of Yadavaran Oil field in Khuzestan province. *J Research in Environmental Health* 2018; 3(4): 288-299 (Persian).
11. Guais A, Brand G, Jacquot L, Karrer M, Dukan S, Grévillet G, et al. Toxicity of carbon dioxide: a review. *Chem Res Toxicol* 2011; 24(12): 2061-2070.
12. Seo J, Choi Y. Estimation of the air quality of a vehicle interior: The effect of the ratio of fresh air to recirculated air from a heating, ventilation and air-conditioning system. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 2013; 227(8): 1162-1172.
13. Abolhassani M, Guais A, Chaumet-Riffaud P, Sasco AJ, Schwartz L. Carbon dioxide inhalation causes pulmonary inflammation. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol* 2009; 296(4): L657-L665.
14. Aghalari Z, Ashrafian H, Jafarian S. Investigating the Environmental Health and Safety among Babols schools in 2015. *RSJ*. 2018; 3(3): 11-19 (Persian).

15. Aghalari Z, Ashrafian Amiri H, Mirzaei M, Lalehi D, Jafarian S. The Survey of Environmental Health in Public Places of Babol in 2015-2016: A Short Report. *Rafsanjan Univ Med Sci & Health Services* 2018; 17(4): 377-384 (Persian).
16. Salvato AJ. *Environmental Engineering and Sanitation, (Environmental Science and Technology: A Wiley-Interscience Series of Texts and Monographs)*. 4<sup>th</sup> Ed. New Jersey: John Wiley; 1992
17. Shaughnessy R, HaverinenShaughnessy U, Nevalainen A, Moschandreas D. A preliminary study on the association between ventilation rates in classrooms and student performance. *Indoor Air* 2006; 16(6): 465-468.
18. Health DoOSA. *Industry Code of Practice on Indoor Air Quality 2010*. Malaysia, Department of occupational safety & health JKPP DP(S). 127/379/4-39. 2010
19. Vafaeenasab MR, Morowatisharifabad MA, Ghaneian MT, Hajhosseini M, Ehrampoush MH. Assessment of Sick Building Syndrome and Its Associating Factors Among Nurses in the Educational Hospitals of Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran. *Glob J Health Sci* 2015; 7(2): 247-253
20. Ferreira AMC, Cardoso SM. Exploratory study of air quality in elementary schools, Coimbra, Portugal. *Rev Saude Publica* 2013; 47(6): 1059-1068.
21. Fromme H, Heitmann D, Dietrich S, Schierl R, Körner W, Kiranoglu M, et al. Air quality in schools-classroom levels of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), volatile organic compounds (VOC), aldehydes, endotoxins and cat allergen. *Gesundheitsdienstes* 2008; 70(2): 88-97.
22. Datta A, Suresh R, Gupta A, Singh D, Kulshrestha P. Indoor air quality of non-residential urban buildings in Delhi, India. *International Journal of Sustainable Built Environment* 2017; 6(2): 412-420.
23. Chiu C-F, Chen M-H, Chang F-H. Carbon dioxide concentrations and temperatures within tour buses under real-time traffic conditions. *PloS One* 2015; 10(4): e0125117.
24. Occupational Health & Safety. Carbon Dioxide Detection and Indoor Air Quality Control. Available at: <https://ohsonline.com/Articles/2016/04/01/Carbon-Dioxide-Detection-and-Indoor-Air-Quality-Control.aspx?Page=1>.
25. Canha N, Almeida S, Freitas M, Täubel M, Hänninen O. Winter ventilation rates at primary schools: comparison between Portugal and Finland. *J Toxicol Environ Health A* 2013; 76(6): 400-408.
26. Bourbeau JB C, Allaire S. Prevalence of the sick building syndrome symptoms in office workers before and six months and three years after being exposed to a building with an improved ventilation system. *Occup Environ Med* 1997; 54(1): 49-53.
27. Jurado SR, Bankoff AD, Sanchez A. Indoor air quality in Brazilian universities. *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11(7): 7081-7093.
28. Smedje G, Wang J, Norbäck D, Nilsson H, Engvall K. SBS symptoms in relation to dampness and ventilation in inspected single-family houses in Sweden. *Int Arch Occup Environ Health* 2017; 90(7): 703-711.
29. Norbäck D, Hashim JH, Markowicz P, Cai G-H, Hashim Z, Ali F, Larsson L. Endotoxin, ergosterol, muramic acid and fungal DNA in dust from schools in Johor Bahru, Malaysia—Associations with rhinitis and sick building syndrome (SBS) in junior high school students. *Sci Total Environ* 2016; 545: 95-103.
30. Runeson-Broberg R, Norbäck D. Sick building syndrome (SBS) and sick house

- syndrome (SHS) in relation to psychosocial stress at work in the Swedish workforce. *Int Arch Occup Environ Health* 2013; 86(8): 915-922.
31. Ghaneian M, Morovvati Sharif Abad M, Ehrampoosh M, Haj Hosseini M. Prevalence of symptoms of sick building syndrome and its associated factors in intensive care nurses in Kerman University of medical sciences educational hospitals. *TKJ* 2013; 5(3): 49-57 (Persian).
32. Jafari MJ, Naserpour M, Monazzam MR, Saremi M, Shahneshtin HRP, Sang SJB. Evaluation of Students' Cognitive Performance while Exposed to Heat using Continues Performance Test. *J Occup Hygiene* 2014; 1(2): 1-9 (Persian).