Sadra Med. Sci. J. 2024; 12(2): 151-160.

Sadra Medical Sciences Journal

https://smsj.sums.ac.ir/

Original Article

Investigating Parameters Affecting Indoor Air Quality Across Multiple Healthcare Facilities

Forough Farhadi[1], MSc; Mehdi Khakzand[1*], PhD; Zahra Barzegar[2], PhD; MohammadAli Khanmohammadi[1], PhD

[1]School of Architecture and Environmental Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[2]Department of Art and Architecture, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Article Information

Article History:
Received: April 13, 2023
Accepted: Aug. 14, 2023

***Corresponding Author:**
Mehdi Khakzand, PhD;
School of Architecture and Urban Design, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
Email: mkhakzand@iust.ac.ir

Abstract

Introduction: The importance of providing a healthy environment, which significantly impacts a patient's health, renders indoor air quality (IAQ) a vital concern in medical settings. In particular, it is crucial to monitor and assess the air quality inside the building regularly. This study, conducted at Namazi Hospital, investigated parameters affecting air quality and measured them in the facility's indoor air.

Methods: In this research, the acceptable limit of carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen dioxide, and PM2.5 and PM10 (particular matter) parameters were reviewed based on indoor air quality standards in medical environments.

Results: The measurements revealed that outdoor and indoor levels of carbon dioxide and carbon monoxide were below the acceptable limit set by international indoor air quality guidelines. Indoor levels of nitrogen dioxide were also below the acceptable limit, but outdoor levels exceeded it. Furthermore, indoor and outdoor levels of PM2.5 and PM10 exceeded the acceptable limit.

Conclusion: The traffic issue on the access routes to this hospital has directly impacted the air quality. Altering the arrangement of indoor furniture, using air purifiers in conjunction with ventilation devices, and renovating, especially replacing old windows and modifying the heating system, can enhance the air quality. Implementing environmental feedback strategies can also contribute to this improvement.

Keywords: Indoor air quality (IAQ), Air pollution, Public health, Health care sector

Please cite this article as:
Farhadi F, Khakzand M, Barzegar Z, Khanmohammadi MA. Investigating Parameters Affecting Indoor Air Quality Across Multiple Healthcare Facilities. Sadra Med. Sci. J. 2024; 12(2): 151-160.

Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License.

دوره ۱۲ ، شماره ۲، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۵۱-۱۶۰

مجله علوم پزشکی صدرا

https://smsj.sums.ac.ir/

مقاله پژوهشی

بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوای داخلی در فضاهای درمانی

فروغ فرهادی[۱]، مهدی خاکزند[۱*]، زهرا برزگر[۲]، محمدعلی خانمحمدی[۱]

[۱]دانشکده معماری و طراحی شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
[۲]گروه هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۳

***نویسنده مسئول:**
مهدی خاکزند،
دانشیار، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
پست الکترونیکی: mkhakzand@iust.ac.ir

چکیده

مقدمه: کیفیت هوای داخلی (IAQ) محیط‌های درمانی بر سلامت بیماران تأثیر مستقیم می‌گذارد. پایش و تحلیل متناوب کیفیت هوا در محیط داخلی ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مطالعه با هدف بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوا و سنجش آن‌ها در کیفیت هوای داخلی بیمارستان نمازی شیراز، انجام شده است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، میزان حد مجاز پارامترهای کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، و ذرات معلق PM2.5 و particular matter (PM10) بر اساس استانداردهای کیفیت هوا در محیط‌های درمانی بررسی شده است.

یافته‌ها: اندازه‌گیری‌ها نشان دادند، پارامترهای دی‌اکسید کربن و کربن مونوکسید، در محوطه و فضای داخلی بیمارستان نمازی شیراز، کمتر از حد مجاز قابل‌قبول است. پارامتر نیتروژن دی‌اکسید در فضای داخلی کمتر از حد مجاز و در محوطه بیمارستان بالاتر از حد مجاز است. همچنین، میزان ذرات معلق PM2.5 و PM10 در محوطه و فضای اتاق ۶ بخش مراقبت‌های ویژه بالاتر از حد مجاز قابل‌قبول است.

نتیجه‌گیری: معضل ترافیک و رفت‌وآمدهای بسیار در مسیرهای دسترسی به بیمارستان نمازی شیراز، روی کیفیت هوا تأثیر مستقیم دارد. تغییر چیدمان مبلمان فضای داخلی، استفاده از دستگاه‌های تصفیه‌کننده هوا در کنار دستگاه‌های تهویه، نوسازی و تعویض پنجره‌های قدیمی، تغییر سیستم گرمایشی و اجرای استراتژی‌های بازخورد زیست‌محیطی می‌تواند در بهبود کیفیت هوا مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: کیفیت هوای داخلی، آلودگی هوا، بهداشت عمومی، بخش مراقبت‌های بهداشتی

لطفاً این مقاله را به این صورت استناد کنید:
فرهادی ف، خاکزند م، برزگر ز، خانمحمدی م ع. بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوای داخلی در فضاهای درمانی. مجله علوم پزشکی صدرا. دوره ۱۲، شماره ۲، بهار ۱۴۰۳، صفحات ۱۵۱-۱۶۰.

Copyright: This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License.

مقدمه

کیفیت هوای داخلی[1] هر ساختمان با سلامت و رفاه ساکنان آن ارتباط دارد. بسیاری از مطالعات علمی ارتباط بین مواجهه با ذرات معلق (PM2.5) با انواع مسائل مربوط به سلامت انسان از جمله مشکلات تنفسی، بیماری‌های قلبی عروقی و حتی مرگ زودرس را بررسی نموده‌اند. مجاهد و قنیم[2] (۱) در تحقیق خود با موضوع کیفیت هوای داخلی، آورده‌اند که کیفیت هوای منطقه بر نحوه زندگی و تنفس ما تأثیر می‌گذارد. تغییر آب‌وهوا می‌تواند منجر به یک زندگی سالم یا ناسالم شود. کیفیت هوا به دو دسته داخل و خارج تقسیم می‌شود. کیفیت هوای داخلی وضعیتی را تعریف می‌کند که نگرانی در مورد کیفیت هوا، بیشتر در داخل ساختمان ایجاد می‌شود و در انواع مختلف مسکونی، اداری، پزشکی، تجاری، ورزشی و ساختمان‌های آموزشی قابل بررسی است.

تحقیقات پیشین از اهمیت اندازه‌گیری متناوب پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوای داخلی گزارش داده‌اند. به عنوان مثال آریونسایخان[3] و همکاران (۲۰۲۰) اهمیت توجه به کیفیت هوای داخلی ساختمان‌ها در مناطق پر رفت‌وآمد را بررسی کرده‌اند. (۲) همچنین، کانها[4] و همکاران (۲۰۲۰)، در تحقیقی با هدف ارائه یک توصیف جامع از کیفیت هوای داخل، نشان می‌دهند که کیفیت خوب هوای داخلی قابل تضمین نیست، اما اندازه‌گیری‌های متناوب کیفیت هوای داخلی ساختمان منجر به بهبود وضعیت آن خواهد شد و زمانی که ساختمان در محیطی شلوغ و پر رفت‌وآمد قرار دارد، این مسئله اهمیت بیشتری می‌یابد. (۳)

همچنین تحقیقاتی پیرامون بررسی تأثیر کیفیت هوای داخلی نامناسبِ ساختمان بر سلامتی انسان انجام شده است. مثلاً با توجه به تحقیقات مینگ[5] و همکاران (۲۰۲۰)، کیفیت پایین هوای داخلی ساختمان، باعث ایجاد یا تشدید علائم تنفسی و آسم در افراد آلرژیک می‌شود. (۴) در تحقیق دیگری، برانکو[6] و همکاران (۲۰۲۰) با توجه به کیفیت هوای داخلی، گزارش خس‌خس سینه فعال، گزارش و تشخیص آسم و عملکرد ریه، و قرار گرفتن افراد در معرض استنشاق آلاینده‌های اصلی هوای داخل ساختمان (CO_2، CO، NO_2، PM2.5، PM10) را برآورد کرده‌اند. این یافته‌ها نیاز مبرم به اقدامات برای کاهش آلودگی‌ها و کاهش بار آن بر سلامت افراد جامعه را تأیید می‌کند. (۵)

هدف یک مرکز مراقبت‌های بهداشتی بازگرداندن سلامتی به افراد است و توجه به این نکته ضروری است که کیفیت پایین هوا خود می‌تواند شرایط بیماران را بدتر کند. با توجه به این تأثیرات منفی و به دلیل آسیب‌پذیر بودن افرادی که از امکانات مراقبت‌های بهداشتی استفاده می‌کنند، کیفیت هوای داخلی در فضاهای درمانی بسیار مهم است . نیر[7] و همکاران (۶) در تحقیق خود دریافتند که آلودگی‌هایی همچون ذرات معلق[8] PM2.5 و PM10، نیتروژن دی‌اکسید[9]، گوگرد دی‌اکسید[10]، کربن مونوکسید[11]، ازن[12]، کربن دی‌اکسید[13]، می‌تواند امکان انتقال ویروس کووید-۱۹ را تا ساعت‌ها افزایش دهد. بنابراین، نیاز به اندازه‌گیری این پارامترها و تحلیل آن بر اساس استانداردهای موجود ضروری است.

اما تحقیقات اخیر برای بهبود وضعیت کیفیت هوای داخلی، به اندازه‌گیری‌های میدانی روی آورده‌اند. به عنوان نمونه پیکسوتو[14] و همکاران (۷)، میزان کربن دی‌اکسید و کربن مونوکسید را به‌صورت میدانی در یک مجتمع ورزشی اندازه‌گیری کردند. از طرف دیگر، فعالیت‌های خاص مراکز درمانی آلودگی‌هایی تولید می‌کند که با افزایش بیش‌ازحد مجاز تعیین‌شده آن‌ها، امکان انتقال انواع ویروس را فراهم می‌کند. مندس[15] و همکاران (۲۰۱۵) (۸)، در رابطه با اندازه‌گیری کربن دی‌اکسید در مراکز مراقبت از سالمندان در کشور پرتقال و زو[16] و همکاران (۲۰۱۵) (۹) ، در تحقیقی در رابطه با اندازه‌گیری سطح کربن دی‌اکسید در بخش‌های بیمارستان عمومی در نانجینگ[17] چین، اندازه‌گیری طولانی‌مدت از سطح این گاز را انجام دادند. گرولکس[18] و همکاران (۲۰۱۹) (۱۰)، در محیط درمانی در کانادا، با بررسی مونوکسیدکربن، به این نتیجه رسیدند که برخی از گازهای شیمیایی توسط سیستم هوای پزشکی به‌خوبی فیلتر نشده‌اند. کوباها و تونگجی[19] (۲۰۱۷) (۱۱) در تحقیقی در رابطه با ارزیابی کیفیت هوای داخلی اتاق ایزوله در بیمارستان‌های

1. Indoor Air Quality (IAQ)
2. Megahed and Ghoneim
3. Ariunsaikhan
4. Canha
5. Ming
6. Branco
7. Nair
8. Particular Matter (PM)
9. Nitrogen dioxide (NO_2)
10. Sulfur dioxide (SO2)
11. Carbon monoxide (CO)
12. Ozone (O_3)
13. Carbon dioxide (CO_2)
14. Peixoto
15. Mendes
16. Zhou
17. Nanjing
18. Groulx
19. Kubaha &Tungjai

دولتی با ۲۵۰ تخت یا بیشتر در ۱۱ بیمارستان در شمال شرقی تایلند، با تجزیه‌وتحلیل مونوکسید کربن نشان دادند که غلظت این گاز بیش‌ازحد استاندارد ASHRAE است. استامپ[20] و همکاران (۲۰۲۰) (۱۲)، در رابطه با نظارت طولانی‌مدت و مداوم بر کیفیت هوا در سه ساختمان غیرمسکونی در بریتانیا، در یک مطالعه موردی از بیمارستان، مدرسه و ساختمان اداری، به این نتیجه رسیدند میزان تهویه بالا، همراه با عدم وجود فیلتراسیون نیتروژن دی‌اکسید، سبب شد که بیمارستان بالاترین غلظت NO_2 در محیط داخلی و بالاترین نسبت داخلی و خارجی را تجربه کند. آنگ[21] و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی که در شهر یانگون و میانمار اجرا شد، نشان دادند که با اندازه‌گیری نیتروژن دی‌اکسید، کیفیت هوای داخلی با مشخصات داخلی ساختمان‌ها متفاوت است (۱۳). همچنین، جونگ[22] و همکاران (۲۰۲۱) و لیو[23] و همکاران (۲۰۲۰)، در ارتباط با غلظت PM2.5 در محیط داخلی تحقیق کردند. (۱۴) بنابراین ارزیابی کیفیت هوای داخلی در محیط‌های درمانی از اهمیت بالایی برخوردار است و پایش و سنجش آلودگی‌ها از موارد مهمی است که به‌طور منظم باید انجام شود.

علاوه بر پارامترهای بررسی شده در کیفیت هوای داخلی محیط‌های درمانی، شامل دی‌اکسید کربن، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید و ذرات معلق PM2.5 و PM10، ممکن است برخی پارامترهای دیگر نیز توسط سیستم‌های تصفیه هوا به‌خوبی فیلتر نشوند و این مسئله خطر انتقال بیماری‌های واگیردار را افزایش می‌دهد. (۱۵و ۱۶) پایش و کنترل کیفیت میکروبیولوژیکی هوای داخل بیمارستان در حال حاضر بخش اساسی و کلیدی راهبردهای پیشگیری از عفونت‌های اکتسابی در بیمارستان‌ها است (۱۷-۱۹).

طبق بررسی مقالات مذکور، اطلاع از استانداردهای کیفیت هوا و سنجش نوع پارامترهای مؤثر بر آن اهمیت ویژه‌ای دارد. در این قسمت پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوا شامل دی‌اکسید کربن، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، ذرات معلق PM2.5 و PM10 تحت استانداردهای،[25] LEED ،[24] EPA ،[29] ACGIH ،[28] WHO ،[27] OSHA ،[26] NIOSH و Canadian[30] بررسی شده است. در جدول ۱، میزان حد مجاز پارامترهای کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید و ذرات معلق PM2.5 و PM10، برحسب استانداردهای مختلف خلاصه شده است. طبق این جدول استاندارد:

- کمترین میزان در نظر گرفته شده استاندارد Canadian و بیشترین آن مربوط به استانداردهای NIOSH، ACGIH، OSHA بوده است.
- بیشترین میزان حد مجاز مربوط به OSHA و NIOSH و کمترین آن مربوط به استاندارد EPA و LEED است.
- بیشترین میزان حد مجاز مربوط به EPA و کمترین آن مربوط به استاندارد WHO است.
- بیشترین میزان حد مجاز PM2.5 مربوط به EPA و کمترین آن مربوط به استاندارد Canadian است.
- بیشترین میزان حد مجاز PM10 مربوط به EPA و کمترین آن مربوط به استاندارد ACGIH است.

مواد و روش‌ها

طراحی مطالعه

پژوهش حاضر از نوع مطالعات میدانی و با روش توصیفی-تحلیلی در سال ۱۳۹۹، در بیمارستان نمازی شیراز انجام شد. این بیمارستان در یکی از پر رفت‌وآمدترین مناطق شهر شیراز قرار دارد. در این تحقیق، میزان حد مجاز پارامترهای کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید و ذرات معلق PM2.5 و PM10 اندازه‌گیری شد. با مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده هر پارامتر با محدوده قابل‌قبول آن‌ها، در استانداردهای EPA ،ASHRAE، LEED، BREEAM، NIOSH،OSHA،WHO، ACGIH و Canadian، ناسازگاری‌های زیادی یافت شد. این پارامترها برای سلامتی انسان مضر است و فعالیت‌های روزانه را مختل می‌کند (۲۰). به‌عنوان‌مثال، دی‌اکسید کربن بر سیستم عصبی مرکزی تأثیر می‌گذارد (۲۴و ۲۷)؛ مونوکسید کربن در سطوح بسیار بالا می‌تواند باعث سرگیجه، بیهوشی و مرگ شود (۲۸)؛ تنفس هوا با غلظت بالای نیتروژن دی‌اکسید می‌تواند مجاری تنفسی انسان را تحریک کند (۲۵و ۳۰)؛ دی‌اکسید گوگرد پوست و غشاهای مخاطی چشم، بینی، گلو و ریه‌ها را تحریک می‌کند (۳۱و ۳۲) و ذرات معلق (PM)

20. Stamp
21. Aung
22. Jeong
23. Liu
24. Environment Protection Agency (EPA)
25. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED)
26. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)
27. Occupational Safety and Health Administration (OSHA)
28. World Health Organization (WHO)
29. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)
30. Canadian indoor air quality guidelines

جدول ۱. حد مجاز پارامتر کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، PM۲٫۵ و PM۱۰، برحسب استانداردهای مختلف (۲۰-۲۶)

آلودگیها	ACGIH	NIOSH	WHO/Europe	Canadian	OSHA	LEED	EPA
کربن دی اکسید	۵۰۰۰ ppm ۳۰۰۰۰ ppm [۱۵ min]	۵۰۰۰ ppm ۳۰۰۰۰ ppm [۱۵ min]	-	۳۵۰۰ ppm [L]	۵۰۰۰ ppm	-	-
کربن مونو اکسید	۲۵ ppm	۳۵ ppm ۲۰۰ ppm [C]	۹۰ ppm [۱۵ min] ۵۰ ppm [۳۰ min] ۲۵ ppm [۱ h] ۱۰ ppm [۸ h]	۱۱ ppm [۸ h] ۲۵ ppm [۱ h]	۵۰ ppm	۹ ppm	۹ ppm [۸ h] ۳۵ ppm [۱h]
نیتروژن دی اکسید	۳ ppm ۵ ppm [۱۵ min]	۱ ppm [۱۵ min]	۰/۱ ppm [۱ h] ۰/۰۲ ppm [۱ yr]	۰/۰۵ ppm [L] ۰/۲۵ ppm [L]	۵ ppm [C]	-	۱۰۰ ppm [۱h] ۵۳ ppm [۱yr]
PM2.5	۰/۰۰۳ µg/m³ [C]	-	-	۰/۱ µg/m³ [۱ h] ۰/۰۴۰ µg/m³ [۱ h]	۵ µg/m³	۰/۱۲ µg/m³	۳۵/۰ µg/m³ ۲۴[h]
PM10	۰/۰۱۰ µg/m³ [C]	-	-	-	-	۲۰/۰ µg/m³	۱۵۰/۰ µg/m³ ۲۴[h]

Particular Matter (PM), Nitrogen dioxide (NO_2), Carbon monoxide (CO), Carbon dioxide (CO_2), Environment Protection Agency (EPA), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Administration (OSHA), World Health Organization (WHO), American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Canadian indoor air quality guidelines

در مراکز پزشکی به‌طور قابل‌توجهی بر محیط داخلی تأثیر می‌گذارد (۳۳و ۳۴).

ظهور سندرم حاد تنفسی ۲ (SARS-CoV-2) منجر به شیوع جهانی ویروس کرونا در سال ۲۰۱۹ (COVID-19) شد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که همبستگی زیادی بین کوید-۱۹ و میزان بالای آلودگی هوای محیط (کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، ذرات معلق PM2.5 و PM10) وجود دارد که سلامت انسان را به خطر می‌اندازد (۳۵ و ۳۶).

محیط پژوهش

در این مطالعه، کیفیت هوای داخلی بر اساس پارامترهای قابل‌قبولی که بر محیط داخلی تأثیر می‌گذارد، بررسی شد. این پژوهش به‌صورت میدانی در اتاق شماره ۶ بخش مراقبت‌های ویژه قلب بیمارستان نمازی شیراز و محوطه ساختمان اجرا گردید بر اساس مطالعات مربوط به دستورالعمل‌های کیفیت هوای داخل ساختمان، این پارامترها در سه روز متوالی در ساعات ۱۰ صبح، ۲ ظهر، ۶ عصر و ۱۰ شب اندازه‌گیری شد و کیفیت هوای داخل ساختمان، مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. شکل ۱ نشان‌دهنده محل قرارگیری دستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای دی‌اکسید کربن، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، ذرات معلق PM2.5 و PM10، در اتاق شماره ۶ طبقه دوم بیمارستان نمازی شیراز، بخش مراقبت‌های ویژه قلب است. در این اتاق دو دمنده و یک مکنده هوا وجود دارد. ابعاد اتاق ۴۴۵ در ۳۴۵ سانتی‌متر و ارتفاع آن ۳۰۰ متر است. جریان هوای ورودی ۲/۵ متر بر ثانیه و ابعاد دریچه‌های ورودی ۲۵ در ۲۵ سانتی‌متر است.

معیارهای ورود

با عنایت به مقالات معتبر منتشرشده در سال‌های اخیر، چند معیار ورود برای انجام تحقیق فعلی تعیین گردیده‌اند. این معیارها شامل منابع تولید پارامترهای آلودگی محیط بیرونی هستند که به عنوان آلودگی‌های خارجی در نظر گرفته می‌شوند و به دلیل تأثیراتی که بر محیط داخلی می‌گذارند، جهت سنجش انتخاب شده‌اند و مطالعات متعدد از طریق استفاده از استانداردها و مقررات مربوطه در حد مجاز انجام می‌شوند.

برای نمونه‌برداری از CO_2، از دستگاه دبی سنج AQ100 کالیبره شده استفاده شده است، همچنین NO_2، CO و SO2 توسط دستگاه Aero Qual کالیبره شده نمونه‌برداری شده‌اند. همچنین برای اندازه‌گیری

شکل ۱. محل اندازه‌گیری پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوا (اتاق ۶)

ذرات معلق هوا از نوع PM2.5 و PM10 از دستگاه DUSTTRACK مدل ۸۵۲۰ کالیبره‌شده ساخت کشور آمریکا بهره گرفته شده است. این دستگاه‌ها با رعایت استانداردهای تعیین‌شده از سوی شرکت سازنده قبل از هر نمونه‌برداری استانداردسازی شده‌اند.

این دستگاه‌ها در ارتفاع ۱/۵ متری بالاتر از سطح زمین در ناحیه تنفسی بیمار در کنار تخت قرار داده شد. همچنین، در زمان اندازه‌گیری پارامترهای تحقیق، اتاق شماره ۶ و محوطه بیمارستان، مورد استفاده مراجعان و کارکنان بیمارستان بود. این معیارها همگی با هدف اندازه‌گیری دقیق و استاندارد آلودگی‌ها، به منظور ارائه تحلیل دقیق‌تر و کارآمدتر از شرایط هوایی محیط داخل بیمارستان نمازی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

در شکل ۲ مقایسه پارامترهای کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید و ذرات معلق PM2.5 و PM10، اندازه‌گیری شده در اتاق شماره ۶ بیمارستان نمازی، بخش مراقبت‌های ویژه قلب و محوطه بیمارستان، به‌صورت جداگانه ارائه شده است. در هر نمودار، میزان تغییرات هر پارامتر در ساعات ۱۰ صبح، ۲ ظهر، ۶ عصر و ۱۰ شب، در سه روز متوالی قابل مشاهده است.

بحث

این مطالعه با هدف بررسی پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوا و سنجش آن‌ها در کیفیت هوای داخلی بیمارستان نمازی شیراز، انجام شد. در این تحقیق، کیفیت هوای داخلی اتاق شماره ۶ مراقبت‌های ویژه قلبی (CCU) بیمارستان نمازی و محوطه بیمارستان به‌صورت تجربی و نظری مورد مطالعه قرار گرفت. پارامترهای دی‌اکسید کربن، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، ذرات معلق PM2.5 و PM10 در سه روز متوالی از ۱۰ اسفندماه تا ۱۲ اسفندماه ۱۳۹۹ اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری‌ها نشان داد که کیفیت هوای داخل ساختمان با توجه به میزان حد مجاز استانداردهای EPA ،ASHRAE، LEED، BREEAM، NIOSH،OSHA،WHO، ACGIH و Canadian در وضعیت متغیری قرار دارد.

تحقیقات پیشین از اهمیت اندازه‌گیری متناوب پارامترهای مؤثر بر کیفیت هوای داخلی گزارش داده‌اند (۳۷-۳۹). این موضوع می‌تواند در تشخیص زودهنگام مسائل مربوط به کیفیت هوای داخلی مؤثر باشد. با توجه به نتایج اندازه‌گیری‌ها (شکل ۲)، در فضای داخل اتاق شماره ۶ بیمارستان نمازی، بخش مراقبت‌های ویژه قلب، PM2.5 و PM10 و در محوطه بیمارستان، PM2.5، NO_2 و PM10 در هر چهار ساعت منتخب در تاریخ ۱۱-۱۳ اسفندماه، نامناسب بوده است. طبق میزان حد مجاز ارائه شده توسط سازمان ACGIH، ذرات معلق PM2.5 و PM10 در محوطه و فضای اتاق ۶ در وضعیت نامطلوبی قرار دارد. طبق استاندارد Canadian، میزان نیتروژن دی‌اکسید در محوطه در شرایط نامناسبی است درحالی‌که این پارامتر در فضای داخلی مطلوب است. همچنین، پارامترهای

شکل ۲. مقایسه پارامترهای کربن دی‌اکسید، کربن مونوکسید، نیتروژن دی‌اکسید و ذرات معلق اندازه‌گیری شده PM2.5 و Particular Matter (PM10) در اتاق شماره ۶ بیمارستان نمازی، بخش مراقبت‌های ویژه قلب و محوطه بیمارستان

کربن دی‌اکسید و کربن مونوکسید، در فضای داخلی و محوطه بیمارستان متعادلی دارند.

در تحقیق کنونی، به دلیل بهره‌وری‌های فراوان در حوزه ترافیک و ترددهای بی‌شمار، تأثیرات چشمگیری در جهت افزایش آلودگی‌های هوای محیط و فضاهای داخلی بیمارستان نمازی وارد شده است. این موقعیت چالش‌برانگیز، باعث نقصان در کیفیت هوا و افزایش خطرات بهداشتی برای مراجعین و کادر درمانی شده است.

با تجزیه و تحلیل مطالعات اخیر، پیشنهادات گسترده‌ای برای بهبود شرایط هوایی داخلی مورد ارائه قرار گرفته‌اند. به عنوان مثالی از موفقیت در این حوزه، تحقیق جدید تیکول[31] و همکاران نشان می‌دهد که با تغییر در ترتیب و چیدمان مبلمان داخلی، بهبود چشمگیری در کیفیت هوای داخلی حاصل می شود. راه‌حل‌های پیشنهادی دیگر نیز به استفاده از دستگاه‌های تصفیه‌کننده هوا، به همراه بهینه‌سازی سیستم‌های تهویه و تعویض پنجره‌های کهنه برای بهبود جریان هوای طبیعی اشاره دارند. همچنین، با نوسازی کلی ساختمان و تغییرات در سیستم‌های گرمایش و سرمایش، می‌توان بهبود شگرفی در شرایط هوایی داخلی ایجاد کرد (۴۰).

اجرای استراتژی‌های بازخورد زیست‌محیطی نیز می‌تواند به عنوان یک راهکار جاری برای بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی‌های محیطی در داخل بیمارستان نمازی مطرح شود. این اقدامات نه تنها به بهبود کیفیت هوای داخلی کمک می‌کنند بلکه نقش بسزایی در حفظ سلامت و آسایش افراد ایفا می‌نمایند (۴۱-۴۳).

نتیجه‌گیری

اندازه‌گیری‌های انجام شده در این تحقیق می‌تواند عملکرد سیستم‌های تهویه موجود در مقابل منطقه بیمارستان را در ساعات شلوغی مورد بررسی قرار داد و به روشی احتمالاً مؤثر در کنترل کیفیت هوای داخل مراکز درمانی جهت برنامه‌ریزی در آینده دست یافت. تحقیقات پیشین در جهت حل این مسئله، پیشنهادهایی ارائه داده‌اند، اما نتایج این پژوهش نشان داد که کیفیت هوا تحت تأثیر میزان غیراستاندارد PM2.5 و PM10 در محیط داخلی اتاق شماره ۶ مراقبت‌های ویژه قلبی (CCU) بیمارستان نمازی و میزان بالای PM2.5، NO_2 و PM10 در محوطه بیمارستان است.

31. Tikul

طبق این مطالعه

- تغییر شکل چیدمان مبلمان واقع در فضای داخلی موجب بهبود کیفیت هوای داخلی می‌شود.
- استفاده از دستگاه‌های تصفیه‌کننده هوا در کنار دستگاه‌های تهویه به بهبود شرایط کمک می‌کند.
- نوسازی، به‌ویژه تعویض پنجره‌های قدیمی و تغییر سیستم گرمایشی نیز در بهبود کیفیت هوای داخلی مؤثر است.
- اجرای استراتژی‌های بازخورد زیست‌محیطی می‌تواند در بهبود کیفیت هوا مؤثر باشد.
- با توجه به موقعیت مکانی بیمارستان و معضل ترافیک و شلوغی، درصورتی‌که پارامترهای کیفیت هوا به‌طور منظم سنجیده شود، با اقدام به‌موقع در جهت بهبود کیفیت هوای داخلی، شانس انتقال بیماری‌های عفونی کاهش خواهد یافت.

بنابراین، توصیه می‌شود اقدامات بیشتری در راستای بهبود کیفیت هوای داخلی در فضاهای درمانی انجام شود. با توجه به اینکه کیفیت هوای داخلی با سلامت بیماران به‌طور مستقیم ارتباط دارد، این اقدامات نیازمند برنامه‌ریزی و مطالعات بیشتر است. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی مدل‌سازی حرکت پارامترهای کیفیت هوا در اتاق‌های بستری شبیه‌سازی شود و رفتار حرکتی آن‌ها در فضای اتاق بررسی گردد.

تقدیر و تشکر

با تشکر از مدیریت و مسئولان بهداشت حرفه‌ای و کادر درمانی بیمارستان نمازی که در این تحقیق با نویسندگان این مقاله همکاری داشته‌اند. بدون همکاری‌های ایشان نوشتن این مقاله میسر نبود.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

منابع

1. Megahed NA, Ghoneim EM. Indoor Air Quality: Rethinking rules of building design strategies in post-pandemic architecture. Environ Res. 2021;193:110471.
2. Ariunsaikhan A, Chonokhuu S, Matsumi Y. Mobile Measurement of PM(2.5) Based on an Individual in Ulaanbaatar City. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(8).
3. Canha N, Alves AC, Marta CS, Lage J, Belo J, Faria T, et al. Compliance of indoor air quality during sleep with legislation and guidelines - A case study of Lisbon dwellings. Environ Pollut. 2020;264:114619.
4. Ming T, Fang W, Peng C, Cai C, De Richter R, Ahmadi MH, et al. Impacts of traffic tidal flow on pollutant dispersion in a non-uniform urban street canyon. Atmosphere. 2018;9(3):82.
5. Branco P, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Ferraz C, Vaz LG, Sousa SIV. Impact of indoor air pollution in nursery and primary schools on childhood asthma. Sci Total Environ. 2020;745:140982.
6. Nair AN, Anand P, George A, Mondal N. A review of strategies and their effectiveness in reducing indoor airborne transmission and improving indoor air quality. Environ Res. 2022;213:113579.
7. Peixoto C, Slezakova K, do Carmo Pereira M, Morais S. Air quality in fitness centers: The impact of ventilation restrictions-A case study. U Porto Journal of Engineering. 2022;8(4):26-35.
8. Mendes A, Bonassi S, Aguiar L, Pereira C, Neves P, Silva S, et al. Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers. Urban Climate. 2015;14:486-501.
9. Zhou Q, Lyu Z, Qian H, Song J, Möbs VC. Field-measurement of CO2 level in general hospital wards in Nanjing. Procedia Engineering. 2015;121:52-8.
10. Groulx N, Movahhedinia H, Edwards P, Qureshi F, Yip L, Katz K, et al. Medical air in healthcare institutions: A chemical and biological study. Atmospheric environment. 2019;219:117031.
11. Tungjai A, Kubaha K. Indoor air quality evaluation of isolation room for hospital in Thailand. Energy procedia. 2017;138:858-63.
12. Stamp S, Burman E, Shrubsole C, Chatzidiakou L, Mumovic D, Davies M. Long-term, continuous air quality monitoring in a cross-sectional study of three UK non-domestic buildings. Building and Environment. 2020;180:107071.
13. Aung W-Y, Noguchi M, Yi E-EP-N, Thant Z, Uchiyama S, Win-Shwe T-T, et al. Preliminary assessment of outdoor and indoor air quality

in Yangon city, Myanmar. Atmospheric Pollution Research. 2019;10(3):722-30.
14. Jeong S-G, Kim M, Lee T, Lee J. Application of pre-filter system for reducing indoor PM2. 5 concentrations under different relative humidity levels. Building and Environment. 2021;192:107631.
15. Achilleos S, Michanikou A, Kouis P, Papatheodorou SI, Panayiotou AG, Kinni P, et al. Improved indoor air quality during desert dust storms: The impact of the MEDEA exposure-reduction strategies. Sci Total Environ. 2023;863:160973.
16. Agarwal N, Meena CS, Raj BP, Saini L, Kumar A, Gopalakrishnan N, et al. Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic: Review. Sustain Cities Soc. 2021;70:102942.
17. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. Nature. 2020;582(7813):557-60.
18. Cansdale JH, MacPhee C. Technology Pacesetter-1922-Ashrae Guide And Data Book-1972. Ashrae Journal-American Society Of Heating Refrigerating And Air-Conditioning Engineers. 1972;14(5):35-&.
19. Caracci E, Canale L, Buonanno G, Stabile L. Effectiveness of eco-feedback in improving the indoor air quality in residential buildings: Mitigation of the exposure to airborne particles. Building and Environment. 2022;226:109706.
20. US Environmental Protection Agency [Internet]. IAQ guidelines. c2021. Available from: https://www.epa.gov/
21. LEED [Internet]. LEED_v4.1. c2017. Available from: https://www.usgbc.org/leed/v41
22. Occupational Safety and Health Administration U.S. Department of Labor [Internet]. All about OSHA. c2020. Available from: https://www.osha.gov/Publications/all_about_OSHA.pdf
23. CCM [Internet]. Canadian Standards. c2021. Available from: https://www.ccme.ca/en/resources/air/index.html
24. Organization WH. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants: World Health Organization. Regional Office for Europe; 2010.
25. NIOSH [Internet]. National Institute for Occupational Safety and Health. c2021. Available from: https://www.cdc.gov/niosh.htm
26. ACGIH [Internet]. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. c2021.; Available from: http://www.acgih.org
27. EPA [Internet]. NIOSH. Building air quality. c1991. Available from: https://www.cdc.gov/niosh/docs/91-114/default.html
28. Xu X, Zhang T. Spatial-temporal variability of PM2. 5 air quality in Beijing, China during 2013–2018. Journal of environmental management. 2020;262:110263.
29. Zhang F, Xu J, Zhang Z, Meng H, Wang L, Lu J, et al. Ambient air quality and the effects of air pollutants on otolaryngology in Beijing. Environ Monit Assess. 2015;187(8):495.
30. Ścibor M, Balcerzak B, Galbarczyk A, Targosz N, Jasienska G. Are we safe inside? Indoor air quality in relation to outdoor concentration of PM10 and PM2. 5 and to characteristics of homes. Sustainable Cities and Society. 2019;48:101537.
31. Sicard P, Talbot C, Lesne O, Mangin A, Alexandre N, Collomp R. The Aggregate Risk Index: An intuitive tool providing the health risks of air pollution to health care community and public. Atmospheric environment. 2012;46:11-6.
32. PEL O. Occupational Safety & Health Administration Permissible Exposure Limits. TWA–Time Weighted Average. 2021.
33. Amoatey P, Omidvarborna H, Baawain MS, Al-Mamun A. Impact of building ventilation systems and habitual indoor incense burning on SARS-CoV-2 virus transmissions in Middle Eastern countries. Sci Total Environ. 2020;733:139356.
34. Remmert V, Ciaburri C, Sandoval A, Stephenson C, Rojas A, Hernandez E, et al. Understanding community health needs and forging an academic global health partnership in Puebla, Mexico: a mixed methods study. The Lancet Global Health. 2020;8:S13.
35. Grimalt JO, Vilchez H, Fraile-Ribot PA, Marco E, Campins A, Orfila J, et al. Spread of SARS-CoV-2 in hospital areas. Environ Res. 2022;204(Pt B):112074.
36. Wu P, Fang Z, Luo H, Zheng Z, Zhu K, Yang Y, et al. Comparative analysis of indoor air quality in green office buildings of varying star levels based on the grey method. Building and Environment. 2021;195:107690.

37. Deng S, Lau J. Seasonal variations of indoor air quality and thermal conditions and their correlations in 220 classrooms in the Midwestern United States. Building and Environment. 2019;157:79-88.
38. Othman M, Latif MT, Yee CZ, Norshariffudin LK, Azhari A, Halim NDA, et al. PM2. 5 and ozone in office environments and their potential impact on human health. Ecotoxicology and environmental safety. 2020;194:110432.
39. Pacitto A, Amato F, Moreno T, Pandolfi M, Fonseca A, Mazaheri M, et al. Effect of ventilation strategies and air purifiers on the children's exposure to airborne particles and gaseous pollutants in school gyms. Sci Total Environ. 2020;712:135673.
40. Tikul N, Hokpunna A, Chawana P. Improving indoor air quality in primary school buildings through optimized apertures and classroom furniture layouts. Journal of Building Engineering. 2022;62:105324.
41. Vassella CC, Koch J, Henzi A, Jordan A, Waeber R, Iannaccone R, et al. From spontaneous to strategic natural window ventilation: Improving indoor air quality in Swiss schools. Int J Hyg Environ Health. 2021;234:113746.
42. Alazazmeh A, Asif M. Commercial building retrofitting: Assessment of improvements in energy performance and indoor air quality. Case Studies in Thermal Engineering. 2021;26:100946.
43. Parajuli I, Lee H, Shrestha KR. Indoor air quality and ventilation assessment of rural mountainous households of Nepal. International journal of sustainable built environment. 2016;5(2):301-11.