JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2025; 11(4): 275-288 Doi: 10.32592/joohe.11.4.275
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

Original Article

Design and Validation of Chamber to Reduce Workers' Exposure to Noise and Heat While Providing Desired Lighting in the Glass Manufacturing Industry

Masoud Shafiee Motlagh[1,2], Ali Sobhani-Dargah[2,3*], Amirali Shad[2,3], Amirreza babaei[2,3], Mohamad Dinarvand[2,3], Arman Hedayati[2,3]

1. Occupational Health and Safety Research Center, Institute of Health Sciences and Technologies, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
2. Center of Excellence for Occupational Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Article history:
Received: 28 December 2024
Revised: 11 March 2025
Accepted: 16 March 2025
ePublished: 17 March 2025

***Corresponding author:** Ali Sobhani-Dargah, Center of Excellence for Occupational Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
Student Research Committee, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Email:
Alisobhanidargah@gmail.com

Abstract

Background and Objective: Glass manufacturing factories face serious challenges, such as noise and heat, as they are one of the industries that expose employees to harmful physical factors. The present study aimed to design and validate a chamber to reduce workers' exposure to noise and heat while providing the desired lighting for the glass manufacturing industry.

Materials and Methods: In this study, the heat exposure of 16 workers was evaluated using the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index measured with a calibrated QUESTEMP 10 device, as well as the perceived stress index (PeSI). Environmental noise was measured using a calibrated Casella CEL-450 sound level meter. The chamber design included calculations of thermal loads and air conditioning inside the chamber using psychrometric charts and determination of sound transmission loss. The effectiveness of the chamber was simulated with WBGT and noise maps at 48 measurement stations using Surfer 21.6.216 software. Furthermore, an artificial lighting system was designed using DIALux software (version 13.4).

Results: The highest and lowest WBGT values were obtained at 40.36 and 17.82 degrees Celsius, respectively. The mean scores of perceived stress of the first and second-shift workers were reported as 0.86±8.41 and 0.88±7.66, respectively. The sound pressure level in the production hall was measured at 94.16 dB, which was estimated to be about 74.16 dB inside the chamber. The average illumination intensity was measured at 304 lux, with a uniformity ratio of 0.63.

Conclusion: The designed chamber effectively reduces noise and heat exposure in the glass manufacturing industry while ensuring adequate lighting for employees.

Keywords: Chamber construction, Heat stress, Lighting design, Noise control, WBGT index

Please cite this article as follows: Shafiee Motlagh M, Sobhani-Dargah A, Shad A, Babaei A, Dinarvand M, Hedayati A. Design and Validation of Chamber to Reduce Workers' Exposure to Noise and Heat While Providing Desired Lighting in the Glass Manufacturing Industry. J Occup Hyg Eng. 2025; 11(4): 275-288. DOI: 10.32592/joohe.11.4.275

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]
[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

Copyright © 2025 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

Extended Abstract

Background and Objective

Harmful physical factors, including noise, heat, and lighting in the workplace, significantly affect the physical and mental well-being of employees, as well as their productivity. Hearing loss can result from noise, particularly when it reaches levels above 85 dB. Severe heat also causes physiological disorders and even death. Combining these factors, such as simultaneous exposure to heat and noise, increases the level of discomfort and stress, followed by decreasing cognitive function. Moreover, inadequate lighting, when combined with other factors, can adversely impact health and productivity. In the glass industry, extreme temperature, industrial noise, and inadequate lighting can cause physiological and psychological damage. However, limited studies have been conducted to evaluate and control these factors. The provision and implementation of control strategies, especially building optimal chambers, can be effective in reducing employee exposure to these factors. Accordingly, the present study aimed to design, validate, and simulate such a chamber to improve working conditions in the glass industry.

Materials and Methods

The present study was conducted in the production hall of a glass factory in the west of Iran to evaluate heat, noise, and lighting stresses, followed by providing control plans and strategies. After evaluating the conditions, the molding unit was selected for intervention design due to the highest exposure to noise, heat, and lighting deficiencies. Phase one involved the assessment of noise and heat using the Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) index based on ISO 7243 and the QUESTEMP 10 device which was used to take measurements at 48 points across the production hall employing a grid-based method. Furthermore, the Perceptual Strain Index (PESI) was utilized based on ISO 10551:2019 to assess workers' perception of heat stress. Noise levels were evaluated according to ISO 9612 using a Casella CEL-450 sound level meter. It is worth mentioning that the noise map of the production hall was also generated.

The second phase included the design of a chamber with air conditioning. In total, two chambers were designed to accommodate the rest of 8 people, each with an approximate volume of 49.5 cubic meters and multi-layered wall structures (plaster, brick, rock wool, concrete). To reduce the noise of the environment, the doors and windows were fitted with proper insulation. The thermal load calculations were performed considering the conduct, radiation, and physical characteristics of the walls. Following that, the cooling load was calculated utilizing a cyclomeric chart and the ASHRAE 62.1 standard; moreover, the air condition required for ventilation was estimated at 41.3 CFM for each chamber. The cool coil capacity was also calculated using air parameters and an appropriate cooling system. To reduce the ambient noise inside the chamber, the noise pressure level reduction was calculated based on the ISO 15667 standard and material specifications. The noise in this hall was mainly in the low frequency range and the selected materials effectively reduced the sound transmission.

The third phase was dedicated to simulating the design efficiency. Using Surfer software, WBGT and noise distribution maps were prepared before and after the chamber implementation, which showed the reduction of thermal risk and loss of sound transmission. Furthermore, the artificial lighting system was designed using DIALux software to provide standard lighting and visual comfort inside the chamber. The color and material of the interior surfaces were also selected to achieve appropriate light reflection.

Results

The results of WBGT measurements at 48 stations showed the highest and lowest values at 36.40 and 17.82 °C, respectively, which is higher than the permissible limit in some stations. The average WBGT was 25.06 °C and the average dry and wet bulb temperatures were 24.55 and 23.43 °C, respectively. The PESI was also calculated between 7.66 and 8.41 in the two work shifts, indicating significant heat stress. After designing the chamber and applying the insulation materials, the heat transfer rate through conduction was estimated to be 7438.5 BTU/hr, and radiation was estimated to be 275.6 W. The final cooling capacity of the coil was calculated to be 13410.5 BTU/hr. The air conditioning system reduced the dry bulb temperature from 107 to 77 °F and the relative humidity from 60% to 40%. The average ambient noise level was 93.28 dB, and considering a transmission loss of 20 dB, the noise level inside the chamber was reduced to 73.28 dB. Moreover, by designing the lighting system with LED lamps, the lighting intensity reached an average of 304 lux and a uniformity index of 0.63, which is suitable for writing activities.

Discussion

The present study aimed to design and validate a chamber to reduce employee exposure to heat and noise, followed by providing optimal lighting in the workplace. Initial evaluation in a glass factory showed that the WBGT index and the PeSI were beyond the permissible limits, indicating high thermal stress due to molten glass radiation. The results are consistent with the findings of similar studies in glass industries, foundries, and laboratory environments. After designing the chamber and applying the insulation layers, the simulations showed that the temperature inside the chamber had decreased to the thermal comfort range. The cooling system designed using precise calculations along with the psychrometric chart were able to create favorable conditions. The acoustic performance of the chamber walls also showed an effective reduction in ambient noise with a transmission loss of 20 dB. The selection of materials, including rock wool and gypsum layer, was effective in reducing noise and heat transmission. In addition, the lighting system

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

designed with DIALux software showed that the lighting intensity and uniformity were within the desired range. The obtained results indicate the possibility of improving working conditions through simple but effective engineering measures. The main limitation of the study was the lack of actual implementation of the chamber and the lack of evaluation of its performance in an operational condition. As a result, field studies and actual implementation in similar industrial situations are recommended in the future. In total, the proposed chamber design can be used as an effective engineering solution to reduce heat and noise exposure and improve lighting conditions in high-risk industrial environments, thereby preventing occupational hazards for employees.

Conclusion

According to the evaluations conducted in the present study to determine the efficiency of the designed chamber, it seems that the design and implementation of the chamber can reduce the exposure of employees to noise and environmental heat to less than the permissible 8-hour exposure limit. Moreover, the simulation related to the design of the lighting system using DIALux software showed that the average ambient lighting intensity is desirable according to the type of use of the chamber. As a result, the designed booth can be the basis of an appropriate engineering control measure to prevent unnecessary exposure of employees working in industries to harmful physical factors.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۱۱، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳، صفحات: ۲۸۸-۲۷۵
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله اصلی

طراحی و اعتبارسنجی اتاقک جهت کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرما و تأمین روشنایی مطلوب در صنعت شیشه‌سازی

مسعود شفیعی مطلق[۱،۲]، علی سبحانی درگاه[۲،۳*]، امیرعلی شاد[۲،۳]، امیررضا بابایی[۲،۳]، محمد دیناروند[۲،۳]، آرمان هدایتی[۲،۳]

۱. مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، پژوهشکده علوم و فناوری بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. مرکز پژوهش دانشجویان، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۰۸
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۶
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* **نویسنده مسئول:** علی سبحانی درگاه، قطب علمی آموزشی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

ایمیل: Alisobhanidargah@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: کارخانه‌های تولید ظروف شیشه‌ای در جایگاه یکی از صنایع دارای عوامل زیان‌آور فیزیکی با چالش‌هایی مانند صدا و گرما مواجه هستند. هدف این مطالعه، طراحی و اعتبارسنجی اتاقک، برای کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرما و تأمین روشنایی مطلوب در صنعت شیشه‌سازی است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه، مواجهه‌ی ۱۶ کارگر با گرما ازطریق شاخص دمای تر گوی‌سان (WBGT) با استفاده از دستگاه QUESTEMP 10 و تنش ادراکی (PeSI) ارزیابی شد. صدای محیطی با صداسنج Casella CEL-450 اندازه‌گیری شد. طراحی اتاقک شامل محاسبات بارهای حرارتی و شرایط‌سازی هوای داخل اتاقک با استفاده از چارت سایکرومتریک و تعیین افت انتقال صدا انجام شد. شبیه‌سازی کارایی اتاقک با نقشه‌های WBGT و نقشه‌ی صوتی در ۴۸ ایستگاه با نرم‌افزار Surfer 21.6.216 صورت گرفت. همچنین، سامانه‌ی روشنایی مصنوعی با نرم‌افزار DIALux نسخه‌ی ۴.۱۳ طراحی شد.

یافته‌ها: بالاترین و پایین‌ترین مقادیر WBGT به‌ترتیب ۳۶/۴۰ و ۱۷/۸۲ درجه‌ی سلسیوس بودند. میانگین شاخص استرس ادراکی کارکنان (PeSI) در نوبت کاری اول و دوم به‌ترتیب ۰/۸۶ ± ۸/۴۱ و ۰/۸۸ ± ۷/۶۶ بود. تراز فشار صوت در سالن ۹۴/۱۶ دسی‌بل بود و داخل اتاقک حدود ۷۴/۱۶ دسی‌بل تخمین زده شد. شدت روشنایی میانگین ۳۰۴ لوکس و شاخص یکدستی ۰/۶۳ محاسبه شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به مواجهه‌ی بیش از حد مجاز کارکنان با عوامل زیان‌آور فیزیکی، اتاقک طراحی‌شده می‌تواند به‌مثابه‌ی یک راهکار کنترلی مهندسی مؤثر برای کاهش مواجهه با صدا و گرما در صنعت شیشه‌سازی استفاده شود و تأمین روشنایی مطلوب برای کارکنان را تسهیل کند.

واژگان کلیدی: استرس گرمایی، ساخت اتاقک، شاخص WBGT، کنترل صدا، طراحی روشنایی

استناد: شفیعی مطلق، مسعود؛ سبحانی درگاه، علی؛ شاد، امیرعلی؛ دیناروند، محمد؛ هدایتی، آرمان. طراحی و اعتبارسنجی اتاقک جهت کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرما و تأمین روشنایی مطلوب در صنعت شیشه‌سازی. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، زمستان ۱۴۰۳؛۱۱(۴): ۲۸۸-۲۷۵

مقدمه

عوامل زیان‌آور فیزیکی در محیط کار نقش بسزایی در تعیین وضعیت سلامت و ایمنی کارکنان دارد. این عوامل زیان‌آور شامل صدا، دما، رطوبت و روشنایی نه‌تنها به سلامت جسمی کارکنان آسیب می‌زنند، بلکه می‌توانند تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر سلامت روانی و بهره‌وری آنان داشته باشند [۱]. امروزه مواجهه با صدا یکی از بااهمیت‌ترین مشکلات بهداشتی صنایع است. صدا به‌صورت امواج مکانیکی تأثیر نامطلوبی بر دستگاه شنوایی افراد دارد و باعث ایجاد مشکلاتی همچون افت شنوایی می‌شود [۲]. قرار گرفتن طولانی‌مدت در معرض صدای بیش از ۸۵ دسی‌بل در یک شیفت ۸ ساعته‌ی کاری می‌تواند منجر به اختلال شنوایی شود [۳]. در سال ۲۰۱۹ افت شنوایی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]
[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

بر بیش از ۳۴ میلیون نفر در اتحادیه‌ی اروپا اثر گذاشته و هزینه‌ی ناشی از کاهش کیفیت زندگی و بهره‌وری ناشی از آن ۱۸۵ میلیارد یورو برآورد شده است [۴]. در صنایع بسیاری در کنار مواجهه با صدا، شرایط دمایی سخت و طاقت‌فرسا، فرایند سازگاری دمایی را با محیط سخت و حتی غیرممکن می‌کند و بدن تحت تنش حرارتی قرار می‌گیرد [۵]. در صورت افزایش درجه‌ی حرارت محیط، امکان مرگ‌ومیر افراد نیز وجود دارد [۶]. برای نمونه، در ایالات متحده مواجهه با گرمای شدید عامل اصلی مرگ‌ومیر در پدیده‌های هواشناسی بوده و این، عامل بیش از ۷۰۰۰ مرگ از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۰ است [۷]. مطالعات نشان داده‌اند که اثرات ترکیبی دما و صدا به‌طور قابل‌توجهی سطوح ناراحتی بیشتری را هنگام قرار گرفتن در معرض دمای بالا و محیط‌های با صدای بیش از حد به افراد القا می‌کند و این موضوع نشان می‌دهد که تعامل بین این دو عامل استرس‌زا می‌تواند احساس ناراحتی و استرس را تشدید کند [۸]. مطالعه‌ی عباسی و همکاران نشان داد که هنگام مواجهه‌ی همزمان با گرما و صدا، عملکرد شناختی، شامل حافظه‌ی کاری افراد در سطوح مختلف مواجهه با صدا و پارامترهای فیزیوژیکی افراد در مواجهه با سطوح مختلف گرما تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و باعث کاهش بهره‌وری آنان می‌شود [۹].

روشنایی محیط نیز یکی دیگر از پارامترهای مهم در بحث محیط‌های کاری بوده که می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی بر سلامت انسان داشته باشد [۱۰]. روشنایی نامطلوب در تعامل با سایر عوامل فیزیکی زیان‌آور شامل گرما و صدا می‌تواند تأثیرات منفی بیشتری بر سلامت و عملکرد افراد داشته باشد [۱۱]. یافته‌های برخی مطالعات نشان داده است که مواجهه‌ی همزمان با گرما و روشنایی نامطلوب محیط می‌تواند باعث اختلال در عملکرد شناختی افراد شود [۱۲]. مطالعه‌ی Wang و همکاران نشان داد که روشنایی نامطلوب می‌تواند احساسات را تحت‌تأثیر قرار دهد و به‌طور بالقوه منجر به احساس ناراحتی بیشتر در محیط‌های گرم شود [۱۳]؛ بنابراین توجه به میزان شدت روشنایی محیط کار و تأمین روشنایی مطلوب متناسب با نوع فعالیت شغلی و دقت کار ضروری است.

در صنایع مختلفی، وجود گرمای ناشی از فرایندهای مختلف و اثرات آن بر شاغلان ثابت شده است [۱۴]. مواجهه با گرمای شغلی در صنایعی مانند فولاد [۱۵] ، ریخته‌گری [۱۶] و شیشه‌سازی باعث اثر منفی بر پارامترهای فیزیولوژیکی شامل دمای عمقی بدن، افزایش فشارخون و ... می‌شود [۱۷]؛ همچنین وجود صدای صنعتی ناشی از تجهیزات موجود در صنایع مختلف در کنار گرما، باعث بروز مشکلات فیزیولوژیکی و روانی به مراتب بیشتری مانند افزایش ریسک ابتلا به عوارض قلبی‌عروقی خواهد شد [۱۸].

یکی از صنایع مهم که در آن خطر بالای تنش‌های حرارتی و صدای زیان‌آور وجود دارد، کارخانه‌های تولید ظروف شیشه‌ای هستند که در موارد بسیاری پیامدهای منفی فیزیولوژیک در کارکنان آن‌ها مشاهده شده است [۱۹]. همچنین با توجه به سرپوشیده بودن این صنایع و وجود آلاینده‌های چسبنده در واحدهای مختلف مانند ریخته‌گری و قالب‌گیری، در بیشتر موارد مشکلات کمّی و کیفی روشنایی در این صنایع وجود دارد. درنتیجه ایجاد یک فضای مناسب و تأمین روشنایی مطلوب به‌منظور ایجاد حس امنیت به کارکنان و افزایش عملکرد شغلی افراد ضروری به نظر می‌رسد [۲۰]. این در حالی است که تاکنون مطالعات بسیار محدودی در صنایع شیشه جهت ارزیابی و کنترل عوامل زیان‌آور صدا، گرما و روشنایی انجام شده است؛ بنابراین، با توجه به مخاطرات بهداشتی موجود در صنایع شیشه، ارزیابی عوامل زیان‌آور صدا، گرما و روشنایی و طراحی و اجرای یک طرح کنترلی بهینه و اثربخش ضروری به نظر می‌رسد [۲۱]. در برخی مطالعات جهت کاهش ریسک خطرات بهداشت و ایمنی کارکنان، بین راهکارهای کنترلی مختلف با توجه به میزان کارایی و اثربخشی طراحی و ساخت اتاقک، این راهکار جهت کنترل مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرما و همچنین تأمین روشنایی مطلوب توصیه شده است [۲۲,۲۳] ؛ بنابراین، مطالعه‌ی حاضر، با هدف طراحی و اعتبارسنجی اتاقک به‌منظور کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرما و تأمین روشنایی مطلوب در یک صنعت شیشه‌سازی بر مبنای شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار انجام شده است.

روش کار

مطالعه‌ی حاضر در سالن تولید یک کارخانه‌ی شیشه در غرب کشور، به‌منظور ارزیابی تنش‌های گرمایی و مواجهه با صدا و همچنین ارائه‌ی طرح کنترلی در چند مرحله صورت گرفت. طی بررسی مستندات و مشاهدات انجام‌شده، واحد قالب‌گیری کارخانه‌ی شیشه، دارای بیشترین میزان مواجهه‌ی افراد با صدا و گرما و بیشترین مشکلات روشنایی بوده و بنابراین این بخش جهت ارزیابی و ارائه‌ی طرح مداخله‌ی کنترلی (طراحی اتاقک همراه با سیستم تهویه مطبوع) انتخاب شد.

فاز اول: ارزیابی صدا و گرما در سالن تولید

ارزیابی تنش‌های گرمایی محیط با استفاده از شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) براساس استاندارد ISO 7243 انجام شد. برای این‌کار ابتدا پارامترهای جوّی محیط و ایستگاه‌های کاری کارکنان شامل دمای تابشی، دمای خشک هوا و دمای تر در ایستگاه‌های کاری مختلف افراد با استفاده از دستگاه QUESTEMP 10 کالیبره‌شده، اندازه‌گیری شد. به‌منظور ارزیابی تنش گرمایی در کل سالن تولید، با استفاده از روش شبکه‌بندی، با توجه به اینکه مساحت سالن تولید که ۴۲۰۰ مترمربع بود، شاخص WBGT در ۴۸ نقطه اندازه‌گیری شد. برهمین‌اساس نقشه‌ی توزیع شاخص WBGT سالن تولید با استفاده از از نرم‌افزار Surfer ترسیم شد.

به‌منظور تعیین میزان استرین گرمایی درک‌شده توسط افراد از شاخص استرین ادراکی (PeSI)، برطبق استاندارد ISO 10551:2019 استفاده شد که به‌صورت پرسش‌نامه بین کارگران توزیع شد. نحوه‌ی محاسبه‌ی شاخص PeSI برطبق رابطه‌ی زیر است:

رابطه‌ی ۱

$$PeSI = 5 \times \left[\frac{(TS-1)}{4}\right] + 5 \times \left(\frac{PE}{10}\right)$$

در این رابطه، TS احساس گرمایی و PE معرف شدت فعالیت

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

اعمال‌شده است.

به‌منظور ارزیابی محیطی صدا در سالن تولید، از روش ایستگاه‌بندی براساس استاندارد ISO 9612 استفاده شد. اندازه‌گیری صدا با استفاده از صداسنج Casella CEL-450 در شبکه‌ی وزنی A و سرعت پاسخ Slow انجام شد. نقشه‌ی صوتی سالن تولید قبل و بعد از طراحی اتاقک با استفاده از نرم افزار Surfer ترسیم شد.

فاز دوم: ارائه‌ی طرح کنترلی اتاقک جهت استقرار کارگران در آن و طراحی یک سیستم تهویه‌ی مطبوع مناسب

الف) طراحی فضایی و ساختمانی اتاقک‌ها

بعد از انجام ارزیابی‌های لازم با هدف کاهش مواجهه‌ی افراد با صدا و گرما در محیط سالن تولید، طرح اتاقک جهت استقرار کارکنان در زمان‌هایی که نیازی به حضور مستقیم در کنار دستگاه وجود ندارد و در ساعات استراحت، ارائه شد. همچنین شرایط‌سازی هوای داخل اتاقک جهت تأمین آسایش حرارتی کارکنان نیز در نظر گرفته شد.

انتخاب مصالح برای دیواره‌های اتاقک و انتخاب یک سیستم سرمایشی تهویه‌ی مطبوع جهت شرایط‌سازی هوای داخل اتاقک، متناسب با شرایط و محدودیت‌های صنعت و براساس دستیابی به یک دمای معین در داخل اتاقک صورت پذیرفت. با توجه به آنکه هر فرد نیازمند ۱۲ مترمکعب فضا به‌منظور انجام فعالیت‌های روزمره یا حتی استراحت است [۲۴] و اتاقک در دست طراحی برای استراحت ۸ فرد پیش‌بینی شده است؛ بنابراین، دو اتاقک طراحی شد. درنهایت میزان فضای موردنیاز جهت طراحی هر اتاقک ۴۹/۵ مترمکعب (طول ۵/۵، عرض ۳ و ارتفاع ۳ متر) در نظر گرفته شد. جنس مصالح دیوار سازه به‌ترتیب از داخل به خارج اتاقک شامل موارد زیر است:

الف) یک لایه‌ی ۱ سانتی‌متری گچ با چگالی ۶ کیلوگرم بر مترمکعب برای نمای داخل

ب) یک لایه‌ی ۵ سانتی‌متری آجر معمولی با دانسیته‌ی ۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب

ج) یک لایه‌ی ۱۰ سانتی‌متری پشم سنگ با دانسیته‌ی ۱۲۰ کیلوگرم بر مترمکعب

د) یک لایه‌ی ۵ سانتی‌متری آجر معمولی با دانسیته‌ی ۱۳ کیلوگرم بر مترمکعب

ه) یک لایه‌ی آجر ۳ سانتی‌متر با دانسیته‌ی ۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب برای نمای بیرونی

همچنین جنس سقف از بتن با ضخامت ۲۰ سانتی‌متر تعیین شد. یک پنجره‌ی ۳ جداره به ابعاد ۱×۱ متر در دیوار اتاقک به سمت داخل سالن تولید و یک در سنگین توپر سربی (جهت کاهش عبور صدا) به ابعاد ۰/۹ در ۱/۹ متر جهت رفت‌وآمد افراد به‌صورتی‌که در معرض امواج صوتی مستقیم نباشد، جانمایی شد. در شکل ۱، شکل سه بعدی اتاقک طراحی شده نشان داده شده است

ب) محاسبه‌ی بار حرارتی اتاقک‌ها

به‌منظور تعیین بار حرارتی وارده به هر طرف سازه، ابتدا مقاومت حرارتی و سپس گرمای انتقال‌یافته از آن با استفاده از فرمول‌های رابطه‌ی ۱ و ۲ محاسبه شد [۲۴] . ضریب گسیلندگی دستگاه قالب‌گیری شیشه با توجه به جنس سطح دستگاه که آهن اکسیدنشده بود، برآورد شد. علاوه بر این عامل، شکل مؤثر در بارهای حرارتی وارد بر اتاقک از انرژی تابشی براساس شبیه‌سازی جانمایی اتاقک‌های طرح‌ریزی شده و فاصله‌ی دستگاه تا دیواره‌ی اتاقک که برابر ۴ متر بود، مشخص شد.

رابطه‌ی ۲

$$\sum R = \frac{1}{Ah_{in}} + \sum \frac{L}{AU} + \frac{1}{Ah_{out}}$$

فرمول محاسبه مقاومت حرارتی

در رابطه‌ی ۲، A مساحت مربوط به دیواره‌ها و سقف اتاقک، h معرف ضریب هدایت حرارتی محیط داخل و بیرون اتاقک و L معرف ضخامت مربوط به دیواره‌ها، سقف و شیشه‌های پنجره است.

درباره‌ی سطوح دارای در و پنجره، ازآنجایی‌که در و پنجره و سطوح احاطه‌گر آن ازنظر بار حرارتی انتقال‌یافته نسبت به یکدیگر موازی تلقی می‌شوند، به‌منظور محاسبه‌ی بار حرارتی انتقال‌یافته از آنان، ابتدا مقاومت حرارتی هرکدام جداگانه محاسبه شد و سپس گرمای انتقالی از سطح بیان‌شده تعیین شد. همچنین بار حرارتی انتقالی از سقف نیز بدین ترتیب محاسبه شد.

درنهایت به‌منظور محاسبه‌ی بار حرارتی کل ساختمان، ابتدا مقاومت حرارتی سطوح برطبق رابطه‌ی ۳ با یکدیگر جمع شد و سپس بار حرارتی کل، برطبق رابطه‌ی ۴ محاسبه شد.

رابطه‌ی ۳

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

رابطه‌ی ۴

$$Q = \frac{\Delta T}{R}$$

در رابطه‌ی ۴، ΔT معرف اختلاف دمای محیط داخل و خارج اتاقک بوده و R معرف میزان مقاومت کل، برطبق رابطه‌ی ۳ است. همچنین بار حرارتی ناشی از تابش مواد مذاب شیشه (فرایند داغ) نیز به‌مثابه‌ی بار حرارتی وارده به سازه‌ی اتاقک برطبق رابطه‌ی ۵ محاسبه شد.

$$Q = \varepsilon \sigma F A \left({T_1}^4 - {T_2}^4 \right)$$

رابطه‌ی ۵

در رابطه‌ی ۵، ε میزان ضریب گسیلندگی، σ ثابت استفان بولتزمن، F فاکتور شکل، A مساحت سطح تابشی برحسب مترمربع و T میزان دمای تابشی برحسب درجه‌ی کلوین است. درنهایت بار حرارتی کل انتقال‌یافته با جمع گرمای ناشی از رسانش و تابش جمع شد تا بار حرارتی کلی محاسبه شود.

ج) طراحی سیستم سرمایشی مناسب برای اتاقک‌ها

بارهای حرارتی وارد بر اتاقک‌های طراحی‌شده محاسبه شد و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

پس از آن سیستم تهویه‌ی مطبوع با توجه به شرایط جوی موجود در اتاقک و با استفاده از چارت سایکرومتریک طراحی شد. سیستم تهویه‌ی مطبوع جهت تأمین دمای محدوده‌ی آسایش حرارتی در اتاقک، براساس استاندارد ASHRAE 62.1 2016 طراحی شد. حداقل میزان دبی هوای مورد نیاز به‌منظور تأمین هوای مورد نیاز در اتاق‌های استراحت ازطریق رابطه‌ی ۶ محاسبه شده است:

رابطه‌ی ۶

$$V_{bz} = (R_P \times P_Z) + (R_a + A_Z)$$

در این رابطه، R_p میزان دبی هوای مورد نیاز به‌ازای هر نفر، P_z تعداد افراد حاضر در محیط به‌ازای هر مترمربع، R_a میزان جریان هوای خروجی مورد نیاز در واحد سطح و A_z مساحت کف محیط برحسب مترمربع یا فوت مربع است.

مطابق با استاندارد ASHRAE 62.1 2016، میزان R_a و R_p برای اتاق‌های استراحت به‌ترتیب برابر 0.12 cfm/ft^2 و 5 cfm/person تعیین شد. برهمین‌اساس دبی سیستم تهویه‌ی مورد نیاز هر اتاقک 41.3 cfm محاسبه شد. با استفاده از پارامترهای دمای تر و خشک، سایر پارامترهای جوّی ازقبیل رطوبت نسبی، آنتالپی و حجم مخصوص با استفاده از نرم‌افزار چارت سایکرومتریک به دست آمد. دبی جرمی با هدف تعیین ظرفیت کویل سرمایشی، با استفاده از رابطه‌ی ۷، ۱۳۶ lb/hr شد.

رابطه‌ی ۷

$$ma = \frac{Q \times 60}{V}$$

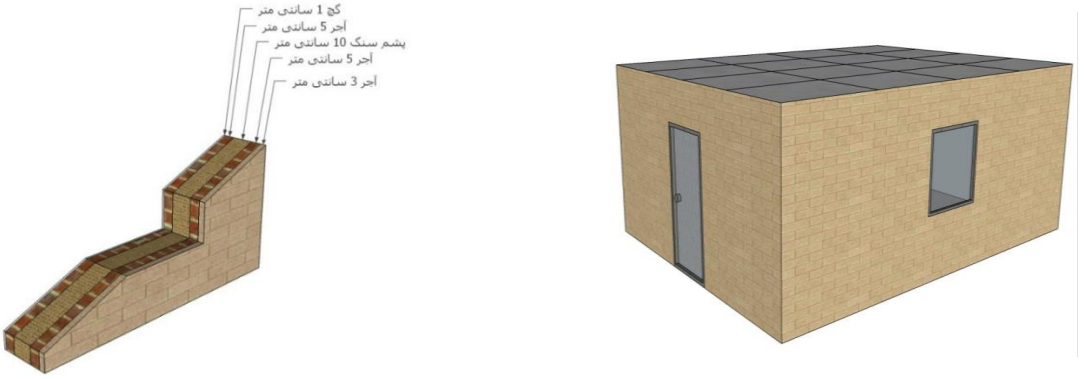
در این رابطه، Q دبی حجمی و V حجم مخصوص است.

جهت تأمین آسایش حرارتی کارکنان در اتاقک‌ها، مطابق با استاندارد ASHRAE 55 و شکل ۲، تحول سایکرومتریک سرمایش و رطوبت‌گیری مدنظر قرار گرفت و محاسبه‌ی توان کویل سرمایشی برحسب قانون بالانس جرم و انرژی برطبق رابطه‌ی ۸ انجام شد.

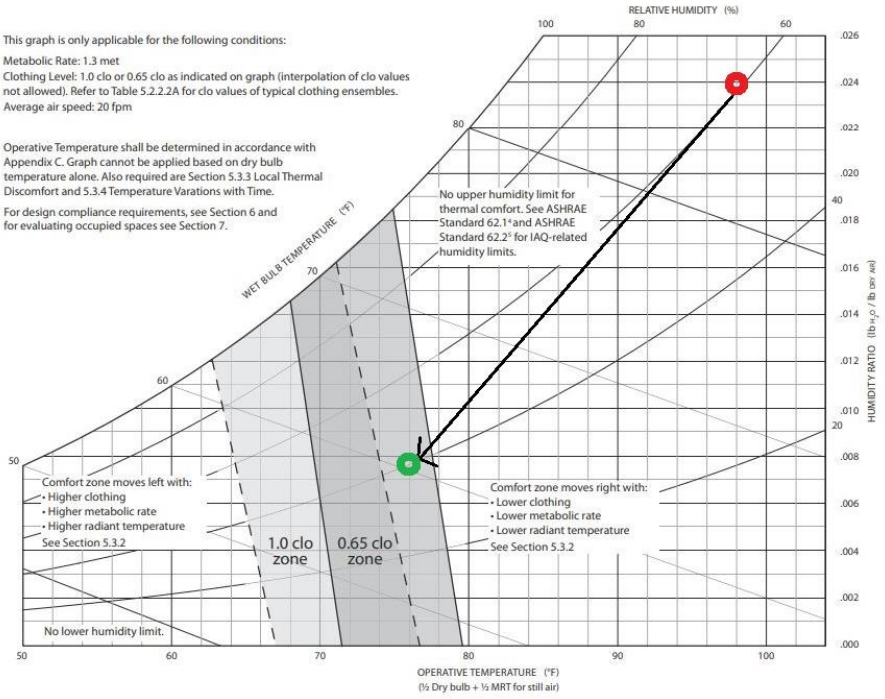
رابطه‌ی ۸

$$q = ma(i_1 - i_2) - ma(W_1 - W_2)$$

در این رابطه، i آنتالپی هوا و W معرف نم موجود در هوا قبل و بعد از تحول آب‌وهوایی است.



شکل ۱. شکل سه‌بعدی اتاقک طراحی‌شده و مواد مورد استفاده در دیواره‌ی اتاقک



شکل ۲. تحول سایکرومتریک سرمایش و رطوبت‌گیری جهت تأمین آسایش حرارتی کارکنان در اتاقک‌ها مطابق با استاندارد ASHRAE 55

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

ج) محاسبه‌ی کاهش صدا داخل اتاقک‌ها

با توجه به اینکه یکی از اهداف طرح کنترلی اتاقک‌ها، کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدای زیان‌آور در سالن تولید بود، درنتیجه ابتدا صداسنج Casella Cel 450 آن را کالیبره کرد، آنالیز فرکانس تراز فشار صدای سالن تولید انجام شد. با توجه به مواد و مصالح طراحی‌شده برای دیواره‌ها و سقف اتاقک و مطابق با رابطه‌ی ۸، براساس استاندارد ISO 15667 کاهش تراز فشار صدا در هر فرکانس محاسبه شد. صدای سالن تولید با توجه به ماهیت خط تولید شیشه، صدای فرکانس پایین پیوسته بود.

رابطه‌ی ۹

$$TL = 20\log(f.w) - 47.5\ dB$$

در فرمول مذکور f بیانگر فرکانس غالب و w چگالی سطحی دیواره است.

فاز سوم: شبیه‌سازی کارایی و اثربخشی طرح کنترلی اتاقک با استفاده از نرم‌افزار

به‌منظور ارزیابی کارایی و اثربخشی اتاقک طراحی‌شده برای کاهش مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرمای محیط سالن تولید، با استفاده از نرم‌افزار Surfer 26.1.216، نقشه‌ی توزیع شاخص WBGT و نقشه‌ی صدای محیطی قبل و بعد از طراحی اتاقک ترسیم شد و میزان کاهش ریسک تنش گرمایی و افت انتقال صدا در اتاقک نشان داده شد.

همچنین با استفاده از نرم‌افزار DIALux 4.13 یک سیستم روشنایی مصنوعی در اتاقک به‌منظور تأمین روشنایی مطلوب طراحی شد. به‌منظور تأمین ضریب انعکاس استاندارد داخل اتاقک، سقف اتاقک رنگ سفید (ضریب بازتابش ۷۰ درصد)، دیوارها کرمی (ضریب بازتابش حدود ۵۰ درصد) و کف سرامیک قهوه‌ای (ضریب بازتابش ۲۰ درصد) طراحی شد.

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری دماها و محاسبه‌ی شاخص WBGT در ۴۸ ایستگاه اندازه‌گیری در جدول ۱ آورده شده است. بیشترین میزان شاخص WBGT برابر با ۳۶/۴۰ درجه‌ی سلسیوس و کمترین مقدار آن ۱۷/۸۲ درجه‌ی سلسیوس محاسبه شد. بیشترین میزان شاخص WBGT، در ایستگاه کاری افراد و در مواجهه با گرمای ناشی از دستگاه‌های خط تولید اندازه‌گیری شد که با توجه به جدول حد مجاز شاخص WBGT در آخرین ویرایش کتابچه‌ی حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی، بیش از حد مجاز است.

نتایج مربوط به میانگین شاخص PeSI همراه با پارامترهای محاسبه‌گر آن در جدول ۲ آورده شده است. در این بخش در دو شیفت کاری، درمجموع از ۱۶ کارگر شاخص‌های استرین ادراکی تهیه شد.

جدول ۱. پارامترهای جوّی اندازه‌گیری‌شده جهت محاسبه‌ی شاخص WBGT

پارامتر جوی اندازه‌گیری‌شده	میانگین (انحراف معیار)
دمای خشک (درجه‌ی سلسیوس)	۲۴/۵۵ (۵/۰۵۶)
دمای تر (درجه‌ی سلسیوس)	۲۳/۴۳ (۴/۱۵)
میانگین دمای تابشی (درجه‌ی سلسیوس)	۳۱/۲۷ (۷/۱۵)
شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) (درجه‌ی سلسیوس)	۲۵/۰۶۱ (۴/۵۲)

جدول ۲. مقدار میانگین شاخص‌های استرین ادراکی

پارامتر	میانگین شاخص TS (انحراف معیار)		میانگین شاخص PE (انحراف معیار)		میانگین شاخص PeSi (انحراف معیار)	
شیفت اول کاری	۴/۷۵	(۰/۴۶)	۷/۴۶	(۰/۷۹)	۸/۴۱	(۰/۸۶)
شیفت دوم کاری	۴/۵	(۰/۵۳)	۶/۵۸	(۰/۷۱)	۷/۶۶	(۰/۸۸)

بعد از ارائه‌ی طراحی اتاقک و تعیین مصالح دیواره‌های آن، مقاومت حرارتی سطوح مختلف اتاقک تعیین و درنهایت میزان بار حرارتی انتقال‌یافته به‌طریق رسانش و تابش محاسبه شد. در جدول ۳ میزان مقاومت حرارتی سطوح مختلف و گرمای انتقال‌یافته به‌طریق رسانش آورده شده است. با توجه به محاسبات، میزان گرمای تابشی ساطع‌شده از دستگاه و رسیده به دیواره‌ی اتاقک برابر ۲۷۵/۶ وات (۹۳۸ BTU/hr) محاسبه شد. میزان ظرفیت سرمایشی کویل برطبق رابطه‌ی ۷ در روش کار برابر ۵۰۳۴ BTU/hr محاسبه شده و با احتساب مجموع بار حرارتی وارده به سازه‌ی اتاقک، مقدار نهایی ظرفیت کویل سرمایشی با استفاده از تبدیل واحد برابر ۱۳۴۱۰/۵ BTU/hr محاسبه شد.

در جدول ۴ نیز میزان پارامترهای جوّی ازقبیل دمای خشک، دمای تر، رطوبت نسبی و سایر پارامترهای جوّی در شرایط قبل و بعد از طراحی سیستم تهویه با استفاده از نرم‌افزار چارت سایکرومتریک برآورد شده است.

شکل ۳، نمایی از نقشه‌های شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) را قبل و بعد از طراحی اتاقک نشان می‌دهد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، محلی از نقشه که اتاقک در آن قرار دارد به رنگ سبز پررنگ نمایش داده شده است. این نقطه در محدوده‌ی دمایی ۱۸ تا ۲۳ درجه قرار دارد. محدوده‌ی مذکور همان محدوده‌ی آسایش حرارتی انسان است.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

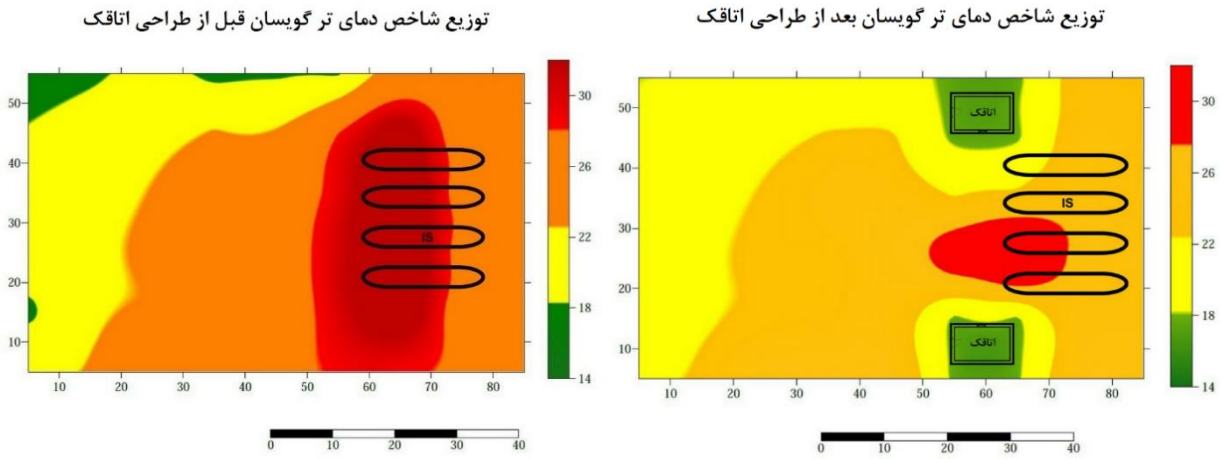
جدول ۳. مقادیر مقاومت حرارتی سطوح مختلف و گرمای کل انتقال‌یافته ازطریق رسانش

نام سطح	مقدار مقاومت حرارتی محاسبه‌شده $(\frac{^{\circ}C}{w})(\mathbf{R})$
دیواره‌ی رو به دیوار سوله	۰/۰۲۳۱
دیواره‌ی رو به دستگاه	۰/۰۳۶۷
دیوار عرضی بدون در	۰/۱۲
دیوار عرضی دارای در	۰/۰۷۰۸
سقف	۰/۰۱۵۵

میزان گرمای کل انتقال‌یافته از دیواره‌ها به طریق رسانش: BTU/hr.۷۴۳۸/۵

جدول ۴. مقدار پارامترهای استخراج‌شده از چارت سایکرومتریک قبل و بعد از طراحی سیستم تهویه‌ی مطبوع

نام پارامتر	میزان پارامتر قبل از طراحی سیستم تهویه	میزان پارامتر بعد از طراحی سیستم تهویه
دمای خشک	۱۰۷ درجه‌ی فارنهایت	۷۷ درجه‌ی فارنهایت
دمای تر	۹۲/۳ درجه‌ی فارنهایت	۶۳/۳۹ درجه‌ی فارنهایت
رطوبت نسبی	۶۰ درصد	۴۰ درصد
حجم مخصوص	۱۸/۲۲	۱۶/۵۶
آنتالپی	۶۸/۶۱	۲۸/۹۴
نقطه‌ی شبنم	۶۸/۵ درجه‌ی فارنهایت	۵۰/۸۶ درجه‌ی فارنهایت



شکل ۳. نقشه‌ی توزیع شاخص دمای تر گوی سان (WBGT) قبل و بعد از طراحی اتاقک

با توجه به ارزیابی اولیه‌ی شرایط صوتی سالن تولید مبنی بر بالا بودن تراز فشار صوت محیط و اتاقک مذکور و نتایج آنالیز فرکانس، فرکانس غالب منابع مولد صوت، در واحد ۲۵۰ هرتز است. در شکل ۴، آنالیز فرکانس صدای منابع صوتی در سالن تولید انجام شده است. با در نظر گرفتن میزان نشتی دیواره برابر ۱ درصد و تعیین چگالی سطحی دیواره و فرکانس غالب درنهایت میزان افت انتقال دیواره‌های اتاقک برابر ۲۰ دسی‌بل محاسبه شد. در شکل ۵ نیز نقشه‌ی صوتی محیط اندازه‌گیری قبل و بعد از طراحی اتاقک آمده است.

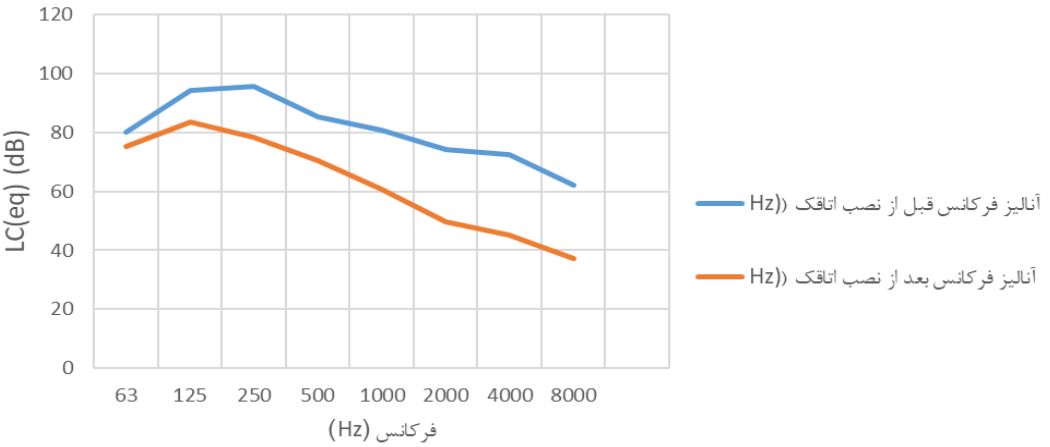
میانگین تراز فشار صوت در ۴۸ ایستگاه ۱۰/۹۷ ± ۹۳/۲۸ و بیشترین و کمترین مقدار به‌ترتیب، ۸۶/۸۰ و ۹۸/۶۰ دسی‌بل اندازه‌گیری شد. با توجه به افت انتقال ۲۰ دسی‌بل در دیواره‌های اتاقک، میزان تراز فشار صوت در اتاقک حدود ۷۳/۲۸ دسی‌بل تخمین زده می‌شود.

به‌منظور تأمین روشنایی مطلوب داخل اتاقک طراحی، روشنایی و شبیه‌سازی نتایج حاصل از آن، با استفاده از نرم‌افزار DIALux نسخه‌ی ۴.۱۳ انجام شده است و مشخصات چراغ LED طراحی‌شده و همچنین چیدمان آن‌ها همراه با محدوده‌ی رنگ‌بندی شدت روشنایی در داخل اتاقک طراحی‌شده در شکل ۶ آورده شده است. در شکل ۶، شکل شماتیکی از نحوه‌ی قرارگیری چراغ‌های روشنایی داخل اتاقک نشان داده شده است. چراغ انتخابی در مطالعه‌ی حاضر با توجه به ارتفاع جانبی اتاق، یک لامپ LED با توان الکتریکی ۲۳ وات بوده که شار نوری ۱۸۰۰ لومن را تولید می‌کند. ضریب بهره‌ی نوری لامپ انتخابی ۸۰ لومن بر وات بود. دمای رنگ لامپ ۴۰۰۰ درجه کلوین بود که با نوع فعالیت کارکنان در اتاق طراحی‌شده، مناسب است. میزان شدت روشنایی با طراحی ۶ چراغ با چیدمان منظم، میانگین حدود ۳۰۴ لوکس شده که برای یک اتاق با نوع فعالیت نوشتاری بسیار مناسب است. همچنین میزان

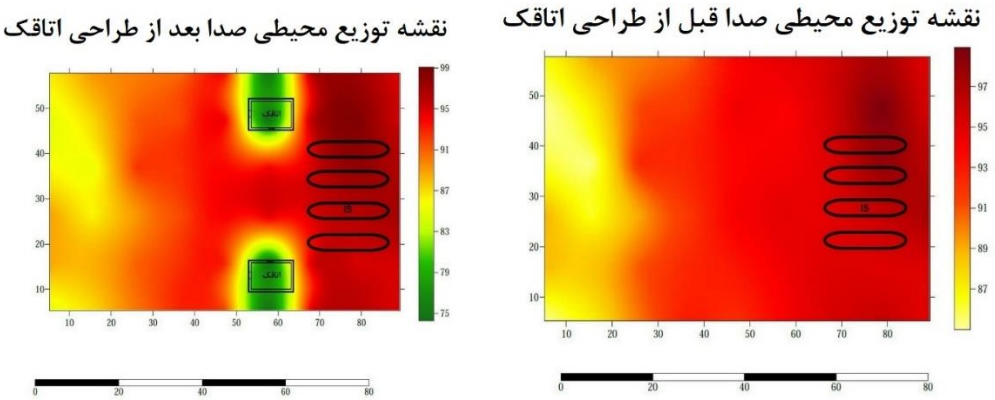
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]
[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

شاخص یکدستی روشنایی حدود ۰/۶۳ محاسبه شد که عدد مطلوبی جهت نبود سایه‌روشن‌های آزاردهنده است.

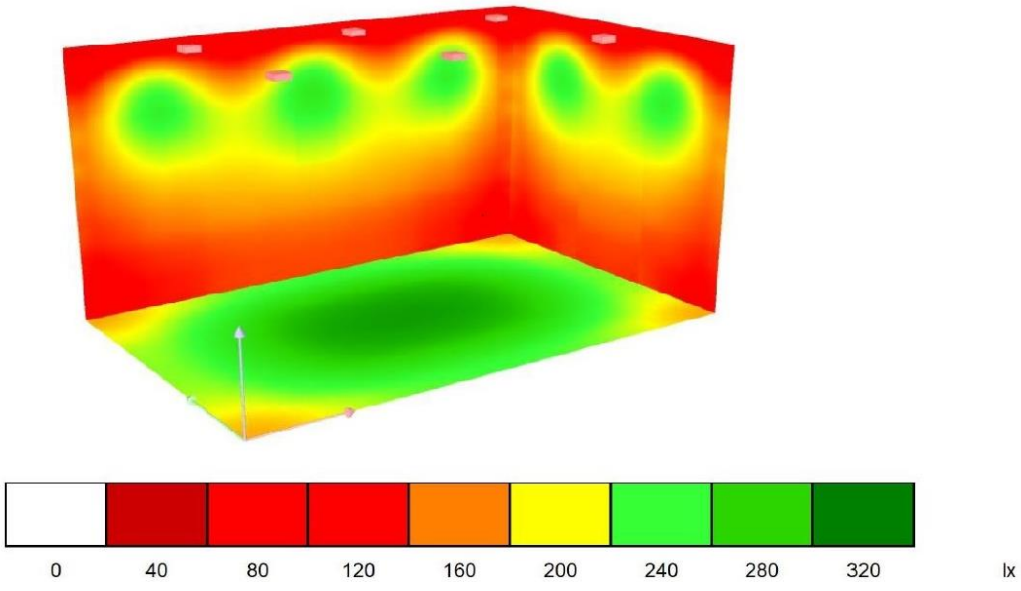
در شکل ۷، نقشه‌ی توزیع شدت روشنایی با منحنی‌های ایزولاین، جهت تعیین مقدار روشنایی نشان داده شده است.



شکل ۴. آنالیز فرکانس صدای دستگاه‌های واحد سالن تولید کارخانه‌ی شیشه‌سازی

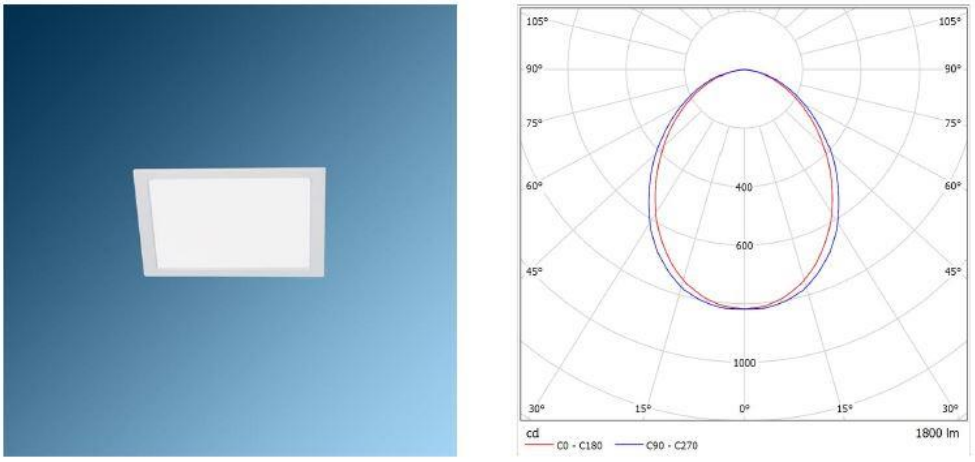


شکل ۵. نقشه‌ی صوتی واحد سالن تولید کارخانه‌ی شیشه‌سازی قبل و بعد از طراحی اتاقک

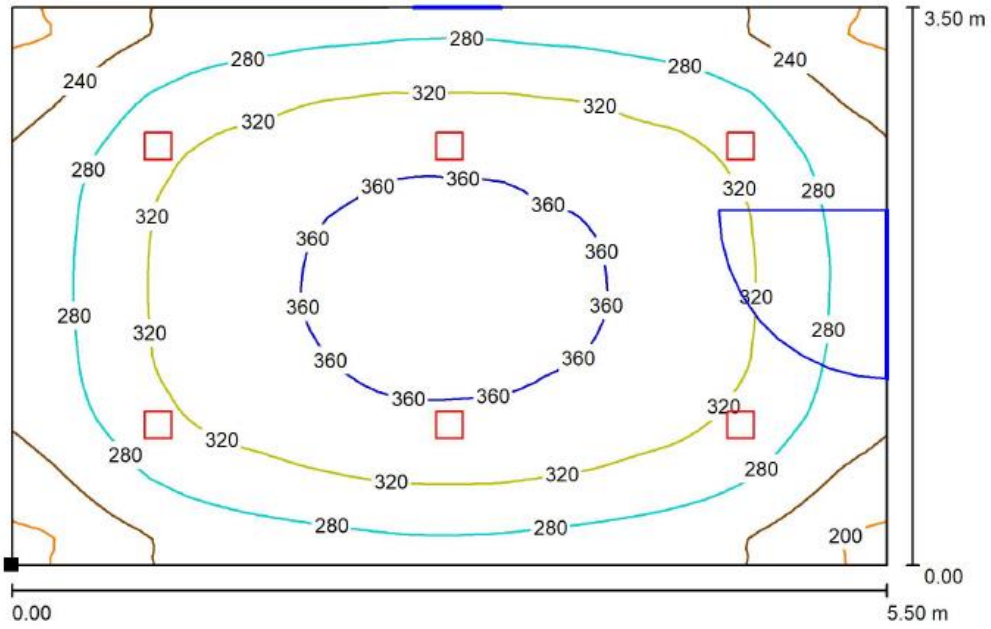


[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]



شکل ۶. شکل شماتیک نحوه‌ی قرارگیری چراغ‌های LED داخل اتاقک و محدوده‌ی رنگ‌بندی شدت روشنایی داخل اتاقک



شکل ۷. نقشه‌ی محدوده‌ی رنگی شدت روشنایی در نواحی مختلف اتاقک همراه با منحنی‌های ایزولاین مربوط به آن

بحث و نتیجه گیری

مطالعه‌ی حاضر به‌منظور طراحی و اعتباربخشی اتاقک جهت کاهش مواجهه‌ی کارکنان با گرما و صدای زیان‌آور در محیط کار و همچنین تأمین روشنایی مطلوب ارائه شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده، کارکنان سالن تولید کارخانه‌ی شیشه، با تنش حرارتی ناشی از تابش مذاب شیشه‌ی گداخته‌شده مواجهه داشتند. ارزیابی تنش حرارتی پیش از ارائه‌ی طرح با استفاده از شاخص WBGT و PeSI صورت گرفت و نشان داد که شاخص WBGT برطبق آخرین ویرایش کتابچه‌ی حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی، بالاتر از حد مجاز است. نتایج مطالعه‌ی OLIVEIRA و همکاران با هدف ارزیابی مواجهه با تنش‌های گرمایی در صنعت شیشه در پرتغال، نشان داد که در اکثر ایستگاه‌های کاری میزان شاخص WBGT بیش از حد مجاز بوده و به افزایش دمای داخلی بدن، برآوردشده با استفاده از شاخص استرین حرارتی پیش‌بینی‌شده (PHS) منجر شد [۲۱].

یافته‌های مطالعه‌ی دهقان و همکاران در صنایع ریخته‌گری نشان داد که با افزایش میزان شاخص WBGT، میزان رضایت شغلی افراد کاهش چشمگیری پیدا کرده است [۲۵] . در مطالعه‌ی Seo و همکاران نیز که در یک شرایط آزمایشگاهی با هدف ارزیابی استرس حرارتی افراد با استفاده از شاخص WBGT و PeSI انجام شده است؛ نشان داده شد که در شرایط مرطوب همراه با افزایش شاخص WBGT، افزایش معناداری در میزان شاخص PeSI با در نظر گرفتن نوع لباس پوشیده‌شده، صورت گرفته است [۲۶] . همچنین نتایج حاصل از ارزیابی، بعد از لایه‌بندی اصولی سازه‌ی اتاقک و شبیه‌سازی میزان کاهش دمای داخل آن با استفاده از نرم‌افزار Surfer نشان داد که دمای خشک، کاهش یافته و در محدوده‌ی آسایش حرارتی انسان قرار گرفته است. براساس مطالعه‌ای مشابه با مطالعه‌ی حاضر، محمدیان و همکاران، با هدف ساخت یک اتاقک خنک و تأثیر آن بر کاهش میانگین شاخص WBGT و دمای تابشی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

داخل و خارج اتاقک که با استفاده از عایق‌های دوجداره در یک کارخانه‌ی شیمی معدنی، انجام شد، نشان داده شد که اختلاف معناداری بین میانگین شاخص WBGT داخل و خارج اتاقک وجود دارد. همچنین میانگین دمای تابشی به‌طور معناداری داخل اتاقک کمتر از خارج اتاقک بوده که با نتایج حاصل از مطالعه‌ی حاضر همخوانی دارد[۲۲]. با توجه به نقشه‌های توزیع گرما در محیط، قبل و بعد از طراحی اتاقک مشاهده می‌شود که دما به کمتر از مقدار توصیه‌شده رسیده است. باید خاطرنشان کرد که طراحی سیستم سرمایشی مناسب جهت کاهش یافتن دمای اتاقک و آسایش حرارتی کارکنان داخل آن تأثیر بسزایی داشته است. یافته‌های مطالعه‌ی Sims و همکاران که دراین‌باره انجام شده است، این موضوع را تأیید می‌کند. این مطالعه بیان می‌کند که ساخت اتاقک خنک برای کارگران شاغل در صنعت شیشه که در آن از حفاظ آلومینیم و شیشه استفاده شده است، می‌تواند از انتقال گرما جلوگیری کند. جهت کاهش دمای اتاقک نیز از یک جریان هوای آرام و خنک، داخل اتاقک و پرده‌ی جریان هوا، خارج از آن استفاده شد [۲۷].

همچنین کارایی دیواره‌های اتاقک‌های طراحی‌شده ازنظر میزان افت انتقال صوت بررسی شد و برطبق محاسبات انجام‌شده نشان داده شد که اتاقک‌های طراحی‌شده به میزان ۲۰ دسی‌بل در میزان افت انتقال صوت تأثیرگذار بوده و می‌تواند از مواجهه‌ی غیرضروری کارگران با تراز فشار صوت محیط در جلوگیری کند. یافته‌های گل‌محمدی و همکاران نیز که با هدف جلوگیری از مواجهه‌ی کارکنان با صدا با اتاقک‌سازی در یک کارخانه‌ی فولاد انجام شده است، این موضوع را تأیید می‌کند [۲۳]. همچنین در مطالعه‌ی دیگری که گل‌محمدی و همکاران با هدف کنترل آلودگی صوتی با استفاده از ساخت اتاقک در یک نیروگاه برق انجام داده‌اند، نشان داده شد که تراز فشار صوت در خارج اتاقک و در فاصله‌ی ۱ متری از دیوار اتاق برابر با ۸۹/۵ دسی‌بل و داخل اتاقک برابر با ۵۰/۹ دسی‌بل بوده (افت انتقال ۴۰ دسی‌بل) و همچنین مواجهه‌ی افراد با ارتعاش تمام بدن ناشی از تجهیزات مستقر در نیروگاه کمتر از حد آسایش و برابر با ۰/۱۴۵ متر بر مجذور ثانیه شده است [۲۸].

در مطالعه‌ی حاضر، به‌منظور لایه‌بندی دیواره‌ی اتاقک با هدف کنترل عبور گرما و صدا، از یک لایه‌ی ۱۰ سانتی‌متری پشم سنگ استفاده شده است. میزان ضخامت و چگالی مورد نیاز پشم سنگ با توجه به عایق‌پذیری آن در عبور صدا و گرما تعیین شده است. همچنین از یک لایه‌ی گچ با ضخامت ۱ سانتی‌متر نیز برای کاهش عبور گرما، زیبایی نمای داخل و افزایش افت انتقال صوت استفاده شده است. در مطالعه‌ای که فروهرمجد و همکاران انجام داده‌اند، پشم سنگ را یکی از بهترین ماده‌های موجود جهت افت انتقال صدا معرفی کرده‌اند [۲۹]. همچنین مطالعه‌ی Miskinis و همکاران اذعان داشت که وجود لایه‌ی گچ در دیواره‌ی داخلی می‌تواند بین ۳ تا ۷ دسی‌بل صدا را کاهش می‌دهد. البته در میزان عبور گرما تغییر ناچیزی ایجاد می‌شود [۳۰]. در مطالعه‌ی حاضر، یک طراحی سیستم روشنایی داخل اتاقک به‌منظور تأمین شدت روشنایی مناسب با استفاده از نرم‌افزار DIALux نسخه‌ی ۴.۱۳ انجام شده است. نتایج نشان داد که میانگین شدت روشنایی داخل اتاقک با توجه به کاربرد اتاقک برای کارکنان مقدار مطلوبی است. همچنین میزان شاخص یکدستی بالای ۰/۶ تخمین زده شده که نشان‌دهنده‌ی مطلوبیت کیفی روشنایی طراحی‌شده است. در مطالعه‌ی قاسمی و همکاران نشان داده شد که با استفاده از نرم‌افزار DIALux می‌توان میانگین شدت روشنایی محیط و شاخص یکدستی محیط را تا حد مطلوبی افزایش داد [۳۱]. همچنین نتایج مطالعه‌ی شفیعی و همکاران نیز این موضوع را تأیید کرد و نشان داد که اجرای راهکارهای نسبتاً ساده می‌تواند تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر تأمین روشنایی مطلوب محیط ایجاد کند [۳۲].

ازآنجایی‌که مدیریت و کنترل تنش‌های گرمایی امری ضروری است، می‌تواند از آسیب رسیدن به تجهیزات حساس به گرما و مهم‌تر از آن سلامت و ایمنی کارگران موجود در سالن تولید کارخانه‌ی تولید ظروف شیشه‌ای جلوگیری کند. در کنار انجام کنترل‌های فنی‌مهندسی برای مواجهه با تنش‌های حرارتی محیط‌های کاری، بایستی آموزش‌های لازم جهت حفاظت از افراد در مقابل گرما نیز داده شود.

مطالعه‌ی حاضر دارای مجموعه‌ای از محدودیت‌ها نیز است. اصلی‌ترین محدودیت آن، اجرا نکردن اتاقک در سالن تولید کارخانه‌ی شیشه، ارزیابی میزان افت انتقال صوت و عایق‌پذیری دیواره‌های اتاقک در برابر عبور گرما در صورت نصب آن است. انجام یک ارزیابی واقعی جهت تعیین کارایی اتاقک‌های طراحی‌شده با استفاده از تجهیزات اندازه‌گیری در صنایع مختلف که وجود عوامل زیان‌آور صدا و گرما در آن‌ها باعث آسیب شغلی به کارکنان این واحدها شده است، در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود.

نتایج مطالعه‌ی حاضر نشان داد که مواجهه‌ی افراد با گرمای تولیدی از فرایند ذوب شیشه در سالن تولید ظروف شیشه‌ای برطبق حدود مجاز مواجهه‌ی شغلی توصیه‌شده، بیش از حد مجاز بوده است. همچنین برطبق نظرسنجی‌های انجام‌شده، کارکنان شاغل در سالن تولید بیشترین میزان استرین ادراکی را گزارش کرده‌اند. با توجه به ارزیابی‌های انجام‌شده در مطالعه‌ی حاضر به‌منظور تعیین کارایی اتاقک طراحی‌شده، به نظر می‌رسد که طراحی و اجرای اتاقک می‌تواند مواجهه‌ی کارکنان با صدا و گرمای محیط را به کمتر از حد مجاز مواجهه‌ی ۸ ساعته کاهش دهد. همچنین شبیه‌سازی مربوط به طراحی سامانه‌ی روشنایی با استفاده از نرم‌افزار DIALux نشان داد که میانگین شدت روشنایی محیط با توجه به نوع کاربری اتاقک مطلوب است. درنتیجه، اتاقک طراحی‌شده، می‌تواند مبنای یک اقدام کنترلی مهندسی مناسب جهت جلوگیری از مواجهات غیرضروری کارکنان شاغل در صنایع با عوامل زیان‌آور فیزیکی قرار بگیرد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

همدان به‌خاطر حمایت مالی این مطالعه در قالب طرح شماره‌ی ۱۴۰۳۰۵۰۲۳۳۸۴ تشکر و قدردانی می‌کنند. همچنین نویسندگان از مدیران و کارگران شاغل در کارخانه‌ی شیشه‌سازی جهت تسهیل در فرایند پژوهش، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی بین نویسندگان در این مقاله وجود ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه را کمیته‌ی اخلاق دانشگاه علوم پزشکی همدان (کد اخلاق:IR.UMSHA.REC. ۱۴۰۳.۲۴۳) تأیید کرد.

سهم نویسندگان

هرکدام از نویسندگان سهم یکسانی در پژوهش داشته‌اند.

حمایت مالی

این مطالعه بخشی از یک طرح دانشجویی با شماره‌ی ۱۴۰۳۰۵۰۲۳۳۸۴ بوده که با پشتیبانی مالی معاونت تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است.

REFERENCES

1. Yang W, Moon HJ. Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. Build Environ. 2019;148:623–33. DOI:10.1016/j.buildenv.2018.11.040
2. Gholami T, Veyseh PP, Aliabadi M, Farhadian M. Study of noise pollution and its effects on subjective fatigue of staff in the governmental banks of Hamadan city. Iran Occup Heal. 2014;11(5):65–73. Link
3. Okolugbo NE. Noise induced hearing loss in glass factory workers in delta state nigeria: an 8 year follow up. Egypt J Ear Nose, Throat Allied Sci. 2020;21(2):94–97. DOI: 10.21608/ejentas.2020.24422.1178
4. Shield B, Atherton M. Hearing loss–numbers and costs. Eval Soc Econ costs Hear Impair London Brunel Univ. 2019. Link
5. Rînjea C, Chivu OR, Darabont DC, Feier AI, Borda C, Gheorghe M, et al. Influence of the thermal environment on occupational health and safety in automotive industry: A case study. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(14):8572. PMID: 35886424 DOI: 10.3390/ijerph19148572
6. Notley SR, Flouris AD, Kenny GP. On the use of wearable physiological monitors to assess heat strain during occupational heat stress. Appl Physiol Nutr Metab. 2018;43(9):869–881. PMID: 29726698 DOI: 10.1139/apnm-2018-0173
7. Laurent JGC, Williams A, Oulhote Y, Zanobetti A, Allen JG, Spengler JD. Reduced cognitive function during a heat wave among residents of non-air-conditioned buildings: An observational study of young adults in the summer of 2016. PLoS Med. 2018;15(7):e1002605. PMID: 29990359 DOI: 10.1371/journal.pmed.1002605
8. Guan H, Hu S, Liu G, Zhang L. The combined effects of temperature and noise on the comfort perceptions of young people with a normal Body Mass Index. Sustain Cities Soc. 2020;54:101993. DOI:10.1016/j.scs.2019.101993
9. Abbasi AM, Motamedzade M, Aliabadi M, Golmohammadi R, Tapak L. Combined effects of noise and air temperature on human neurophysiological responses in a simulated indoor environment. Appl Ergon. 2020;88:103189. PMID: 32678791 DOI: 10.1016/j.apergo.2020.103189
10. Knez I. Affective and cognitive reactions to subliminal flicker from fluorescent lighting. Conscious Cogn. 2014;26(1):97–104. PMID: 24685568 DOI: 10.1016/j.concog.2014.02.006
11. Samardžić S, Mihailović A, Adamović S, Adamović D, Banjanin B, Rajs V, et al. Noise and lighting as physical stressors in a printing laboratory – a case study. Environ Eng Manag J. 2023;22(3):595–606. DOI:10.30638/eemj.2023.046
12. Habibi E, Dehghan H, Mousavi SM, Illbag P. Investigating the combined effects of heat and light color temperature on precision and speed in female students in laboratory conditions. Arch Hyg Sci. 2021;10(4):315–322. DOI:10.32598/AHS.10.4.345.1.3
13. Wang Z, Fu Y, Gao W. The crossed and interaction effects of indoor light and thermal factors on human perceptions. Dev Built Environ. 2024;17:100339. DOI:10.1016/j.dibe.2024.100339
14. Jafari M J, Norloei S, Omidi L, Khodakarim S, Bashash D, Abdollahi MB. Effects of heat stress on concentrations of thyroid hormones of workers in a foundry industry. Occup Med Q J. 2015;7(3):69–79. Link
15. karim Fahed A, Ozkaymak M, Ahmed S. Impacts of heat exposure on workers' health and performance at steel plant in Turkey. Eng Sci Technol an Int J. 2018;21(4):745–752. DOI:10.1016/j.jestch.2018.05.005
16. Jafari MJ, Pirposhteh EA, Dehghan SF, Khodakarim S, Jafari M. Relationship between heat stress exposure and some immunological parameters among foundry workers. Int J Biometeorol. 2020;64(5):853–861. PMID: 32036432 DOI: 10.1007/s00484-020-01874-4
17. Bhanarkar AD, Shrivastava A, Joseph AE, Kumar R. Air pollution and heat exposure study in the workplace in a glass manufacturing unit [2]. Int J Environ Stud. 2004;61(3):251–2. DOI: 10.1007/s10661-005-5839-3, PMID: 16240190
18. Nserat S, Al-Musa A, Khader YS, Abu Slaih A, Iblan I. Blood pressure of jordanian workers chronically exposed to noise in industrial plants. Int J Occup Environ Med. 2017;8(4):217–223. PMID: 28970596 DOI: 10.15171/ijoem.2017.1134
19. Bolaji BO, Olanipekun MU, Adekunle AA, Adeleke AE . An analysis of noise and its environmental burden on the example of Nigerian manufacturing companies. J Clean Prod. 2018;172:1800–1806. DOI:10.1016/j.jclepro.2017.12.007
20. Katunský D, Dolníková E, Doroudiani S. Integrated lighting efficiency analysis in large industrial buildings to enhance indoor environmental quality. Buildings. 2017;7(2):47. DOI:10.3390/buildings7020047
21. Oliveira AVM, Gaspar AR, Raimundo AM, Quintela DA. Assessment of thermal environments: working conditions in the portuguese glass industry. Ind Health. 2018;56(1):62–77. PMID: 28824045 DOI: 10.2486/indhealth.2017-0048
22. Mohammadyan M, Sepehr P. Design of cool spot and assessment of its effect on WBGT index among furnace workers' position in Shimi Madani industry in Hamadan. J Maz Univ Med Sci. 2010;20(76):2–7. Link
23. Golmohammadi R, Aliabadi M. Empirical feasibility of an acoustic cabin for reduction the workers' exposure to high frequency noise in typical metal industry. Int J Occup Hyg. 2016;8(1):31–38. Link
24. Çengel YA , Ghajar AJ. Fundamentals and applications: heat and mass transfer, 15th edition. John Wiley Sons, Inc. 2015;112:1–992. Link
25. Dehghan H, Mobinyzadeh V, Habibi P. The effects of heat stress on job satisfaction, job performance and occupational stress in casting workers. Jundishapur J Heal Sci. 2016;8(3): e36192. DOI:10.17795/jjhs-36192
26. Seo Y, Powell J, Strauch A, Roberge R, Kenny GP, Kim JH. Heat stress assessment during intermittent work under different environmental conditions and clothing combinations of effective wet bulb globe temperature (WBGT). J Occup Environ Hyg. 2019;16(7):467–476.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]

PMID: 31107182 DOI: 10.1080/15459624.2019.1612523
27. Sims MM, Gillies G, Drury R. Using a cool spot to improve the thermal comfort of glassmakers. Appl Ergon. 1977;8(1):2–6. PMID: 15677220 DOI: 10.1016/0003-6870(77)90109-0
28. Golmohammadi R, Aliabadi M, Shafiee Motlagh M, Goodarzi R. Efficiency assessment of acoustic cabin for providing acoustic comfort in turbine unit of a thermal power plant . J Occup Hyg Eng. 201 9; 6 (1): 1-7. DOI: 10.52547/johe.6.1.1
29. Forouhar-Majd F, Salehian J, Mohhamadi Z. The effect of acoustic chamber on noise reduction of air pump device. 9th Natl Congr Heal Saf wirk. 2015. Link
30. Miskinis K, Dikavicius V, Buska A, Banionis K. Influence of EPS, mineral wool and plaster layers on sound and thermal insulation of a wall: a case study. Appl Acoust. 2018;137:62–68. DOI:10.1016/j.apacoust.2018.03.001
31. Ghasemi H, Elahi H, Samaei SE. Assessment and feasibility study of improving the artificial lighting system in a repair workshop. J Health Res Commun. 2024;10(3):19-29 [Persian]. Link
32. Shafiee Motlagh M, Aliabadi M, Shahidi R, Kahani A. Assessment and the feasibility of improving the artificial lighting system in technical services workshop located in the Fourth South Pars Gas Refinery. J Occup Hyg Engineer. 2016; 2(3):1-9 [Persian]. Link

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-07-04]

[DOI: 10.53208/JOHE.11.4.275]