Journal of Health

Vol. 9, No. 3, Summer 2018, Pages 302-313

Effect of Heat Stress on Productivity Loss of Outdoor Workers: A Case Study in a Hot and Dry Climate

Hajizadeh R[1], Farhang Dehghan S [2] , Mehri A [3], Jafari S.M[4], Golbabaei F*[5], Haghighat jou H[6]

1. Ph.D. Candidate of Occupational Health Engineering, Work Health Research Center , Qom University of medical sciences, Qom, Iran
2. Assistant Professor, Department of Occupational Health, School Of Public Health, Shahid Beheshti University Of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. MSc of Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health, School of Public Health, Iranshahr University of Medical Sciences, Sistan and Baluchestan, Iran.
4. MSc of Occupational Health Engineering, Faculty of Medicine, Khatam Al-Nabieen University, Kabul, Afghanistan.
5. Professor, Department of Occupational Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
6. MSc, Head of Engineering and Meteorological Equipment Qom, Qom, Iran

**** Corresponding author.*** Tel: +982188951390, Fax: +982188954781, E-mail: fgolbabaei@sina.tums.ac.ir

Received: Jul 10, 2017 Accepted: Nov 8, 2017

ABSTRACT

Background & objectives: Heat stress at workplaces can cause several problems including decreased thermal comfort and increased heat strain; moreover, it can effect negatively on worker performance and productivity. The present study aims to investigate the effect of heat stress on performance loss among outdoor workers in a hot and dry climate.

Methods: An analytic study was conducted during four months from June to September 2013, in one of the provinces of Iran (Qom). Environmental parameters including dry temperature, surface temperature of soil , solar radiation, relative humidity and air velocity were measured in weather stations every ten minutes between 7 am and 7 pm (in total, 8598 measurements). Potential labor performance losses based on WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) heat stress index provided by Australian Bureau of Meteorology were determined using a graph presented by Kjellstrom. SPSS 16 was applied for all statistical analysis.

Results: The total average of WBGT was 27±2.57 °C. The maximum WBGT (28.59°C) was obtained between 3 and 4 pm. The average performance loss in jobs with power of 200, 300, 400 and 500 watts was 1.6%±0.43, 9.6±1.94, 19.65±2.68, 65.53±2.68 and 29.1±2.5 respectively. A statistically significant relationship was found between WBGT values and percentage of performance loss.

Conclusion: Outdoor workers in warm seasons with hot-dry climate experience the loss of performance, which can effect adversely on labor health and economy growth of country.

Keywords: Loss of Performance; Heat Stress; WBGT; Outdoor Works

بررسی اثر استرس گرمایی بر افت بهره‌وری کارگران مشاغل روباز: مطالعه موردی در یک اقلیم گرم و خشک

روح اله حاجی زاده[۱]، سمیه فرهنگ دهقان[۲]، احمد مهری[۳]، سید محمد جعفری[٤]، فریده گلبابایی[۵]*، حسن حقیقت جو[۶]

۱. دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت حرفه ای، مرکز تحقیقات سلامت کار، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۲. استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشکده علوم پزشکی ایرانشهر ، سیستان و بلوچستان ایران ٤. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده علوم طبی، دانشگاه خاتم النبیین (ص)، کابل، افغانستان
۵. استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۶. کارشناسی ارشد، مهندسی ارتباطات و فناوری اطلاعات، رئیس اداره مهندسی و تجهیزات هواشناسی استان قم، قم، ایران
* نویسنده مسئول. شماره تلفن: ۰۲۱۸۸۹۵۱۳۹۰ فکس: ۰۲۱۸۸۹۵٤۷۸۱ ایمیل: fgolbabaei@sina.tums.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: استرس گرمایی در محیط های کار علاوه بر ایجاد ناراحتی‌های متعدد مانند کاهش آسایش حرارتی و ایجاد تنش‌های گرمایی می‌تواند عملکرد و بهره وری کارگران را تحت تاثیر قرار دهد. هدف از این پژوهش بررسی اثر استرس گرمایی بر روی افت بهره وری کارگران مشاغل روباز در یک اقلیم گرم و خشک می‌باشد.

روش کار: این مطالعه به صورت توصیفی- تحلیلی در چهار ماه خرداد، تیر، مرداد و شهریور سال۱۳۹۲ در یکی از استان‌های کشور(قم) با اقلیم گرم و خشک انجام شد. پارامترهای محیطی مانند دمای خشک، دمای سطح خاک، تابش خورشید، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی در هر ۱۰ دقیقه از ساعت ۷ صبح تا ۷ بعد از ظهر در ایستگاه‌های هواشناسی و در مجموع ۸۵۹۸ بار اندازه گیری شد. افت بهره وری بر اساس نمودار مبتنی بر شاخص استرس گرمایی WBGT ارائه شده توسط سازمان هواشناسی استرالیا محاسبه گردید. در نهایت با استفاده از نرم افزار SPSS-16 تجزیه و تحلیل آماری صورت گرفت.

یافته ها: میانگین WBGT در چهار ماه بررسی ۲/۵۷ ±۲۷ درجه سانتی گراد بود. بیشترین مقدار WBGT (۲۸/۵۹ °C) در فاصله زمانی ساعت ۱۵ تا ۱۶ بدست آمد. میانگین افت بهره وری در مشاغل با توان ۲۰۰ وات، ۳۰۰ وات، ٤۰۰ وات و ۵۰۰ وات به ترتیب ۰/٤۳±۱/۶، ۱/۹٤±۹/۶، ۲/۶۸± ۱۹/۶۵ و ۲/۵±۲۹/۱ درصد محاسبه گردید. رابطه بین درصد افت بهره وری و شاخص دمای تر گوی سان از نظر آماری معنی دار بود.

نتیجه گیری: کارگران مشاغل روباز اقلیم گرم و خشک در فصل تابستان افت بهره وری قابل ملاحظه ای دارند که می‌تواند بر اقتصاد و سلامت نیروی کار تاثیر زیادی داشته باشد.

واژه های کلیدی: مشاغل روباز، استرس گرمایی، شاخص WBGT، افت بهره وری

دریافت: ۹۶/٤/۱۹ **پذیرش:** ۹۶/۸/۱۷

مقدمه

گرمایش جهانی زمین با افزایش بار حرارتی محیط‌های روباز و سرپوشیده علاوه بر تهدید سلامت افراد جامعه، می‌تواند سلامت، راحتی و آسایش کارگران شاغل در محیط‌های گرم، به‌ویژه شاغلین محیط‌های روباز را مختل نماید. در محیط‌های کاری روباز، مواجهه با تابش مستقیم نور خورشید علاوه بر اثرات سوءِ بهداشتی و سلامتی،

باعث افت عملکرد انسان در شرایط کاری مختلف می‌شود (۳-۱)، زیرا کاهش فعالیت فیزیکی، واکنش طبیعی انسان در مقابله با گرما از طریق کاهش تولید گرمای داخلی بدن انسان است (۶-٤).

بخش زیادی از نیروی کاری شاغل در کشور از جمله کشاورزان، معدن کاران و ماهیگیران در معرض مواجهه مستقیم نور خورشید قرار دارند. در این مشاغل ضمن مواجهه با گرمای بیرون به خصوص در فصول گرم در اقلیم‌های گرم و خشک، در داخل بدن نیز گرما در حین انجام اعمال فیزیکی تولید می‌شود که این امر منجر به افزایش دمای داخلی بدن و در نتیجه اثر بر سلامت، بازدهی و عملکرد انسان می‌گردد (۹-۷). کاهش بازدهی در فعالیت فیزیکی و ذهنی انسان در مواجهه با گرما امری اثبات شده است (۱۲-۱۰). بطور کلی دیده شده است با افزایش دهیدراسیون و شرایطی که به طور غیرطبیعی آب کل بدن به میزان ۱۰ درصد کاهش می‌یابد عملکرد بدن بطور فزاینده ای کاهش خواهد یافت (۱۳).

در کشورهای با درآمد کم و متوسط به دلیل ضعف در فراهم کردن محیط مناسب برای کار اماکن روباز و سرپوشیده، انتظار می‌رود کاهش بهره‌وری بیشتر باشد (۱،۱٤،۱۵). تخمین افت تولید ناشی ازمواجهه با گرما مخصوصاً در مشاغل روباز کاری مشکل است (۱۶و۱۷). مطالعه جلستروم[1] و همکاران نشان داد که در کشورهای دارای فصول گرم، افزایش دمای داخلی بدن ناشی از مواجهه با گرما در کارگران بیش از آن است که مکانیسم فیزیولوژیکی بدن بتواند با آن مقابله کند. بر اساس نتایج این مطالعه ظرفیت کاری با افزایش شاخص استرس گرمایی WBGT[2] از ۲۶ تا ۳۰ °C به شدت کاهش می‌یابد (۱۸).

مطالعه دیگر نشان داد که تا سال ۲۰۸۰ میلادی در صورت عدم تطابق با گرما، در اکثر کشورهای آسیای جنوب شرقی، امریکای مرکزی و کارائیب تولید از ۱۰ تا ۲۷ درصد افت خواهد داشت (۱). نمودار توزیع مفهومی بازدهی عملکرد انسان در مواجهه با مقادیر متفاوت WBGT (۱۹) حاکی از آن است که در WBGT بالاتر از ۲۵ °C ظرفیت کاری انسان شروع به کاهش می‌کند و در WBGT بالاتر از ٤۰°C انجام اعمال فیزیکی برای تمام افراد بسیار مشکل خواهد بود (٤).

در مطالعه ای که هوبلر[3] و همکاران جهت برآورد اثرات ناشی از تغییرات جوی در آلمان انجام دادند، با مراجعه به مطالعات تجربی در مورد اثرات سلامتی ناشی از گرما، بطور میانگین افزایش تلفات ناشی از گرما را ۳ برابر و افزایش هزینه‌های درمانی مربوط به گرما را به میزان ۶ برابر تخمین زدند (۲۰). آنها نشان دادند که در دمای بیش از ۲۰°C عملکرد انسان افتی به میزان ۳ تا ۵۰ درصد دارد که این کاهش در دمای بالاتر از تر از ۳۵ °C تا ۳۷ به ۷۵ درصد می‌رسد. به عنوان مثال کارمندان اداری در دمای ۲۳ °C به حداکثر عملکرد و در دمای ۳۰ °C حداکثر به ۷۰ درصد ظرفیت کاری خود می‌رسند (۲۰). مطالعه متی[4] و همکاران در آفریقای جنوبی بیانگر آن بود که در مناطقی که دمای هوا به بیش از ٤۰°C می‌رسد کارگران طیف وسیعی از اثرات سوء ناشی از مواجهه با گرمای تابشی شامل آفتاب سوختگی، بی خوابی، تحریک پذیری و خستگی را نشان می‌دهند که این می‌تواند منجر به بروز مشکل در حفظ بازدهی کار و باعث افت شدید تولید گردد (۲۱)، نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که در کارگران شاغل در فضای باز به دلیل مواجهه با تابش مستقیم خورشیدی، عملکرد فرد و تولید به شدت کاهش می‌یابد (۲۱). مطالعه دیگری توسط لانگ‌کولسن[5] و همکاران در مورد تاثیر شرایط جوی بر سلامت و میزان تولید در تایلند انجام شد. نتایج نشان داد که

[1] Kjellstrom
[2] Wet Bulb Globe Temperature
[3] Hübler
[4] Mathee
[5] Langkulsen

تغییرات جوی و گرمایش زمین بطور بالقوه سلامت انسان و میزان تولید، هر دو را کاهش می‌دهد. میزان افت تولید برای کارگران ساختمانی بیش از ۶۰ درصد و در کل میزان افت تولید از ۱۰ تا ۶۶/۷ درصد برآورد گردید (۲۲).

مطالعات انجام شده حاکی از تاثیر عمده استرس گرمایی بر افت عملکرد انسان و بالطبع آن افت تولید و بهره‌وری است (۲۳). نتایج برآورد جمعیت کارگران شاغل در فضای باز کشور ایران بر اساس جستجوی اینترنتی از سایت مرکز آمار ایران، سازمان تامین اجتماعی و مراکز مرتبط بیانگر این موضوع است که حدوداً ۱٤۰۰۰۰۰۰ نیروی شاغل بکار در کشور ایران وجود دارد که ۸۵۵۰۰۵۰ نفر در شغل‌های مختلف در فضای باز مشغول بکار بوده و در معرض تابش مستقیم خورشید و عوارض ناشی از پدیده گرمایش زمین قرار دارند. با توجه به وضعیت اقلیمی و آب و هوائی کشور و سهم قابل ملاحظه شاغلین مشاغل روباز، این مطالعه با هدف بررسی اثر استرس گرمایی بر روی افت عملکرد و بهره‌وری کارگران مشاغل روباز در استان قم با اقلیم گرم و خشک انجام گردید.

این مطالعه توصیفی- تحلیلی در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور سال۱۳۹۲ در یک ایستگاه مرکزی استان قم به عنوان یک نمونه از اقلیم گرم- خشک انجام شد.

سنجش پارامترهای محیطی

دمای خشک، دمای سطح خاک، سرعت جریان هوا، رطوبت نسبی و تابش خورشید در هر ۱۰ دقیقه در ایستگاه‌های هواشناسی از ساعت ۷ صبح تا ۷ بعد از ظهر جمع‌آوری شد و در مجموع، ۸۵۹۸ بار اندازه‌گیری صورت گرفت. اندازه‌گیری کلیه پارامترها به طور همزمان انجام گردید و ۲۷۵ مورد داده گم شده مربوط به عدم اندازه‌گیری دمای سطح خاک در ماه تیر بود.

محاسبه شاخص WBGT

شاخص‌های بسیاری برای ارزیابی میزان استرس گرمایی ایجاد شده اند که بعضی از آنها مانند شاخص WBGT توسط سازمان بین المللی استاندارد تایید شده اند. WBGT یا شاخص دمای تر گوی‌سان پرکاربردترین شاخص و تخمین گر میزان استرس گرمایی در محیط‌های شغلی است که طبق مطالعات رابطه قوی با پارامترهای محیطی دارد (۱). در این پژوهش میزان WBGT برای ایستگاه‌های کاری مختلف بر اساس فرمولی محاسبه شد که سازمان هواشناسی استرالیا ارائه داده است.

$$WBGT = 0.567 \times T_a + 3.94 + 0.393 \times p \quad \text{(فرمول۱)}$$

(فرمول ۲)

$$p = RH/100 \times 6.105 \times \exp\left(17.27 \times T_a / (237.7+Ta)\right)$$

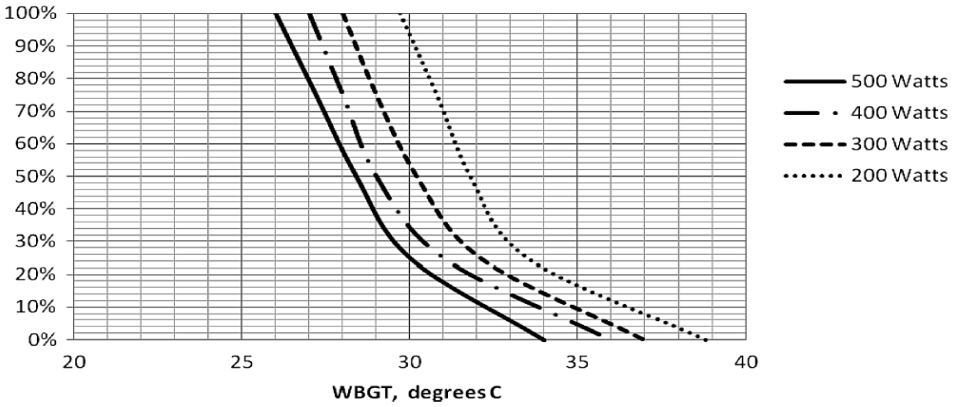
که در آنWBGT شاخص دمای تر گوی‌سان بر حسب درجه سانتیگراد، T_a دمای خشک بر حسب درجه سانتیگراد، p فشار بخار آب بر حسب هکتوپاسکال، RH درصد رطوبت نسبی می‌باشد.

محاسبه افت تولید

از نمودار ارائه شده توسط جلستروم و همکاران (۱) که بر اساس WBGT توصیه شده توسط سازمان هواشناسی استرالیا می‌باشد درصد ظرفیت کاری افراد محاسبه گردید (شکل ۱). چهار منحنی نشان‌داده‌شده در این نمودار نشانگر بار کاری‌های مختلف است. در این مطالعه درصد افت بهره‌وری، برای مشاغل با بارکاری مختلف بدست آمد.

جهت محاسبه افت تولید از هر ٤ منحنی استفاده شد تا تمام مشاغل با میزان فعالیت‌های مختلف را پوشش دهد. جهت برآورد شاخص‌های مرکزی و پراکندگی متغیرهای مستقل (دمای خشک، دمای سطح خاک، تابش خورشید، سرعت جریان هوا و رطوبت نسبی) و متغیر وابسته WBGT از نرم افزار SPSS-16 و همچنین برای بررسی ارتباط معناداری بین شاخص WBGT و پارامترهای محیطی از ضریب همبستگی

پیرسون و در جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS-16 استفاده شد. سطح معنی‌داری ۵٪ تعیین گردید.



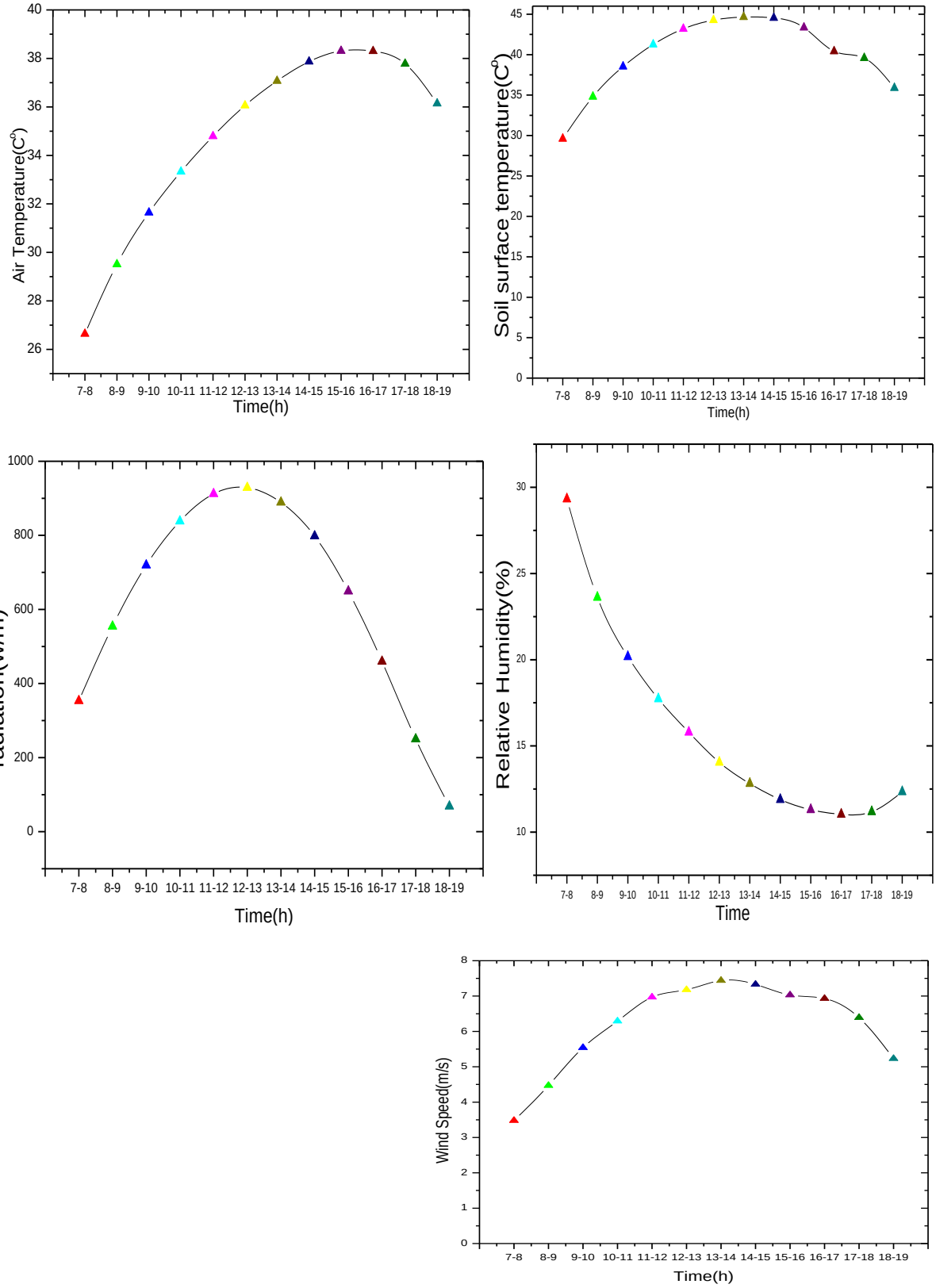
شکل ۱. ارتباط بین درصد افت بهره‌وری و WBGT °C برای ٤ شدت کاری مختلف

یافته‌ها

میانگین پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده در ماه‌های مختلف گرم سال در جدول ۱ آورده شده است. میانگین دمای خشک، دمای سطح خاک، رطوبت نسبی، تابش خورشیدی و سرعت جریان هوای اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر ۳٤/۹۶ °C، ٤۰/۰۳°C، ۱۵ درصد، ۶۱۱/۶۶ وات بر متر و ۶/۱۹ متر بر ثانیه تعیین گردید. پارامترهای اندازه‌گیری شده در ساعات مختلف روز در نمودار ۲ نشان داده شده است که حداکثر مقدار همه پارامترها به جز رطوبت نسبی در ساعات ۱۳ تا ۱۶ می‌باشد و بیشترین درصد رطوبت نسبی مربوط به ساعات ۷ تا ۸ بوده است.

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار پارامترهای محیطی اندازه‌گیری شده در ماه‌های مختلف

		خرداد	تیر	مرداد	شهریور	کل
WBGT(ċ)	میانگین	۲۵/٤٤	۲۸/۲۷	۲۸/۱۶	۲۶/۰۶	۲۷
	انحراف معیار	۲/۲	۲	۲/٤٤	۲/۲۸	۲/۵۷
	ضریب تغییرات	۱۱/٤۱	۹/۷۹	۱۳/۹۷	۱۳/۶۹	۱۶/۲۳
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۲۰۰ وات (٪)	میانگین	۰	۰/۶۳	۵/۵۸	۰	۱/۶
	انحراف معیار	۰	۲/۲	۱۱/۷	۰	0/٤۳
	ضریب تغییرات	۰	۱۱	٤۰	۰	٤۰
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۳۰۰ وات (٪)	میانگین	۰	۱۶/۳۳	۲۱/۰۳	۰/۳۵	۹/۶
	انحراف معیار	۰	۱۷/۹٤	۲٤/۶۵	۱/۸۸	۱/۹٤
	ضریب تغییرات	۰	۵۰	۶۸	۱۰	۶۸
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ٤۰۰ وات (٪)	میانگین	۱/٤۱	۳۶/۶۶	۳۵/۳۵	٤/۲۱	۱۹/۶۵
	انحراف معیار	٤/۵۶	۲۰/۲۸	۲۸/۶۹	۸/٤۳	۲/۶۸
	ضریب تغییرات	۲۰	۶۸	۷۷	۳٤	۷۷
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۵۰۰ وات (٪)	میانگین	۷/۶۷	٤۹/۷۶	٤۶/۱۹	۱۱/۷۸	۲۹/۱
	انحراف معیار	۱۱/۳۶	۱۹/۰۳	۲۸/۸۷	۱۵/۰۷	۲/۵
	ضریب تغییرات	۳۸	۷۷	۸۵	۵۰	۸۵



نمودار ۲. میانگین روند تغییرات پارامترهای محیطی در ساعات مختلف روز در چهار ماه مطالعه

نتایج برآورد شاخص WBGT و افت بهره‌وری بر اساس بار کاری مختلف در ماه‌های مختلف اندازه‌گیری در جدول ۲ بیان شده است. بیشترین WBGT مربوط به ماه مرداد می‌باشد و بالاترین درصد افت بهره‌وری برای مشاغلی با انرژی مصرفی ۵۰۰ وات و در تیر ماه دیده شد. طبق جدول ۲ میانگین افت بهره‌وری در مشاغل با توان ۲۰۰ وات، ۳۰۰ وات، ٤۰۰ وات و ۵۰۰ وات به ترتیب ۱/۶، ۹/۶، ۱۹/۶۵ و ۲۹/۱ درصد بدست آمد.

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار شاخص WBGT و افت بهره‌وری بر اساس بار کاری مختلف در ماه‌های مختلف اندازه‌گیری

		خرداد	تیر	مرداد	شهریور	کل
WBGT(ċ)	میانگین	۲۵/٤٤	۲۸/۲۷	۲۸/۱۶	۲۶/۰۶	۲۷
	انحراف معیار	۲/۲	۲	۲/٤٤	۲/۲۸	۲/۵۷
	ضریب تغییرات	۱۱/٤۱	۹/۷۹	۱۳/۹۷	۱۳/۶۹	۱۶/۲۳
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۲۰۰ وات (٪)	میانگین	۰	۰/۶۳	۵/۵۸	۰	۱/۶
	انحراف معیار	۰	۲/۲	۱۱/۷	۰	0/٤۳
	ضریب تغییرات	۰	۱۱	٤۰	۰	٤۰
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۳۰۰ وات (٪)	میانگین	۰	۱۶/۳۳	۲۱/۰۳	۰/۳۵	۹/۶
	انحراف معیار	۰	۱۷/۹٤	۲٤/۶۵	۱/۸۸	۱/۹٤
	ضریب تغییرات	۰	۵۰	۶۸	۱۰	۶۸
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ٤۰۰ وات (٪)	میانگین	۱/٤۱	۳۶/۶۶	۳۵/۳۵	٤/۲۱	۱۹/۶۵
	انحراف معیار	٤/۵۶	۲۰/۲۸	۲۸/۶۹	۸/٤۳	۲/۶۸
	ضریب تغییرات	۲۰	۶۸	۷۷	۳٤	۷۷
افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی ۵۰۰ وات (٪)	میانگین	۷/۶۷	٤۹/۷۶	٤۶/۱۹	۱۱/۷۸	۲۹/۱
	انحراف معیار	۱۱/۳۶	۱۹/۰۳	۲۸/۸۷	۱۵/۰۷	۲/۵
	ضریب تغییرات	۳۸	۷۷	۸۵	۵۰	۸۵

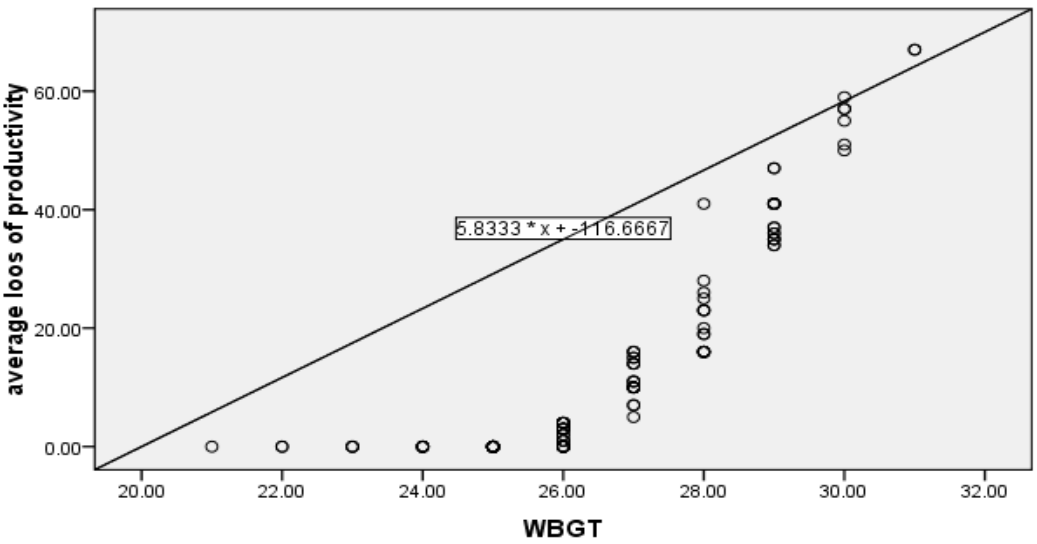
نتایج برآورد ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی، شاخص WBGT و افت بهره‌وری در مشاغل با بارکاری مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. WBGT قویترین میزان همبستگی را با دمای هوا نشان داد (r=۰/۹۳۳)[1] و اختلاف میانگین این شاخص در تمام پارامترهای محیطی از نظر آماری معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). برای درصد افت بهره‌وری در مشاغل با توان ۵۰۰ وات نیز بیشترین همبستگی با دمای هوا دیده شد (r=۰/۷۹۵). اختلاف میانگین درصد افت بهره‌وری در مشاغل ۵۰۰ وات برای پارامترهای محیطی دمای هوا و دمای سطح خاک از نظر آماری معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). قویترین ارتباط مثبت بین شاخص WBGT و درصد افت بهره‌وری در مشاغل ۵۰۰ وات یافت شد (r=۰/۹۳٤).

نمودار ۳ ارتباط مستقیم و خطی بین میزان WBGT و میانگین افت بهره‌وری در تمامی مشاغل را نشان می‌دهد (r=۰/۸۹٤).

[1] Pearson's R Correlation Test

جدول ۳. ضریب همبستگی بین پارامترهای محیطی، شاخص WBGT و افت بهره‌وری در مشاغل با بارکاری مختلف

	متغیرهای آماری	دمای خشک (°C)	دمای سطح خاک (°C)	تابش خورشید (وات بر متر)	رطوبت نسبی (٪)	سرعت جریان هوا (متر بر ثانیه)	WBGT (°C)
WBGT (°C)	ضریب همبستگی	۰/۹۳۳	۰/۷۹۵	۰/۱۲۱	۰/٤۸۶	۰/۲۶۶	۱
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
درصد افت بهره‌وری در مشاغل ۲۰۰ وات	ضریب همبستگی	۰/٤۹۱	۰/۳۵۷	/۰۰۳	-۰/۱۲۱	-۰/۰۸	۰/٤۹۱
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۹۷۳	۰/۱۸۹	۰/۳۸۸	<۰/۰۰۱
درصد افت بهره‌وری در مشاغل ۳۰۰ وات	ضریب همبستگی	۰/۷۰۷	۰/۵۷۹	۰/۰۷۸.	-۰/۰۷۵	۰/۰٤	۰/۷۶۸
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۳۹۸	۰/٤۱٤	۰/۶۶۱	<۰/۰۰۱
درصد افت بهره‌وری در مشاغل ٤۰۰ وات	ضریب همبستگی	۰/۷۶۷	۰/۶۷۳	۰/۱۳۶	۰/۰۰۶	۰/۰۸۹	۰/۸۸۱
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۳۸	۰/۹٤۷	۰/۳۳۳	<۰/۰۰۱
درصد افت بهره‌وری در مشاغل ۵۰۰ وات	ضریب همبستگی	۰/۷۹۵	۰/۷۲۱	۰/۱٤۷	-۰/۰۵	۰/۱۰۶	۰/۹۳٤
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	۰/۱۰۸	۰/۵۸۵	۰/۲۵	<۰/۰۰۱



نمودار۳. همبستگی میان شاخص WBGT و میانگین افت بهره‌وری

ضریب همبستگی شاخص دمای تر گوی‌سان و بهره‌وری در فعالیت‌های مختلف در چهار ماه مطالعه در جدول ٤ خلاصه شده است. همان طور که مشخص است به طور میانگین در ماه مرداد بیشترین همبستگی بین شاخص تر گوی‌سان و افت بهره‌وری دیده می‌شود (r=۰/۹). طبق تجزیه و تحلیل‌های آماری مشخص گردید که در WBGT بزرگتر از ۳۲ درجه سانتیگراد، قویترین رابطه بین شاخص دمای تر گوی‌سان و درصد افت بهره‌وری در مشاغل با انرژی مصرفی مختلف وجود دارد (r=۰/۹۹). روابط این WBGT با درصد افت بهره‌وری بین تمامی مشاغل از لحاظ آماری معنی‌دار بود (p<۰/۰۵).

جدول ٤. ضریب همبستگی شاخص تر گوی‌سان و بهره‌وری در فعالیت‌های مختلف در چهار ماه مورد مطالعه

WBGT	متغیرهای آماری	میزان انرژی مصرفی			
		۲۰۰ وات	۳۰۰ وات	٤۰۰ وات	۵۰۰ وات
خرداد	ضریب همبستگی	-	-	۰/٤٤۹	۰/۷٤۶
	P-value	-	-	۰/۰۱	<۰/۰۰۱
تیر	ضریب همبستگی	۰/۳۲۲	۰/۶۷۳	۰/۸٤۹	۰/۹۲۱
	P-value	۰/۰۶	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
مرداد	ضریب همبستگی	۰/۷۳	۰/۹۳۷	۰/۹۸۵	۰/۹۸۵
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
شهریور	ضریب همبستگی	-	۰/۳۹۶	۰/۷۵۸	۰/۸۹۸
	P-value	-	۰/۰۳۷	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱
کل	ضریب همبستگی	۰/٤۹۱	۰/۷۶۸	۰/۸۸۱	۰/۹۳٤
	P-value	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱

بحث

فاکتورهای مختلف محیطی بر افت بهره‌وری کارگران در محیط‌های کاری تاثیر می‌گذارند. یکی از این فاکتورهای تاثیرگذار، استرس گرمایی می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات گذشته، گرمای محیط می‌تواند اثرات منفی بر روی سلامتی و بهره‌وری کارگران محیط‌های شغلی مختلف داشته باشد. ولی این اثرات در محیط‌های کاری روباز به دلیل تابش مستقیم نور خورشید و همچنین مشکل بودن اعمال کنترل‌های مهندسی از اهمیت خاصی برخوردار است. در اکثر مشاغل روباز مثل کشاورزی، پیک کاری در فصول گرم سال می‌باشد که اهمیت بررسی اثر گرما بر روی افت بهره‌وری این مشاغل را نشان می‌دهد. این مطالعه به بررسی اثر استرس گرمایی بر روی افت بهره‌وری مشاغل روباز در استان قم پرداخته است. این استان بر اساس اطلاعات هواشناسی با حداکثر دمای $37^{o}C$، رطوبت نسبی٤٤ درصد به عنوان یک اقلیم گرم و خشک طبقه بندی شده است. در این استان کارگران در مشاغل مختلفی نظیر کشاورزی، راه سازی، معدن و غیره در محیط‌های روباز با بارهای کاری مختلف مشغول به کار می‌باشند.

طبق نتایج مطالعه حاضر، میانگین شاخص استرس گرمایی WBGT، $27^{o}C$ با انحراف معیار ۲/۵۷ بدست آمد. مطالعات قبلی نشان می‌دهند اکثر کارگران مشاغل روباز با بار کاری بالا فعالیت می‌کنند (٢٤)، در نتیجه میزان WBGT حاصله در اکثر مشاغل روباز بیش از حد مجازتوصیه شده سازمان ACGIH (انجمن دولتی بهداشت صنعتی امریکا) به طور مثال ٢٤/٢ برای بار کاری سنگین (۵۰ تا ۷۵ درصد کار) می‌باشد (۲۵). مطالعه ای که لانگ‌کولسن و همکاران در تایلند بر روی چهار صنعت مختلف انجام دادند نشان داد که میانگین WBGTدر محیط‌های کشاورزی به عنوان یک شغل روباز $30/7^{o}C$ است و کار در محیط‌های روباز و انرژی خورشیدی را علل اصلی استرس گرمایی نسبت به شاغلین دیگر صنایع دانستند (۲۲). این نتایج نشان داد که عامل استرس گرمایی، باعث از دست رفتن زمان کاری و در نهایت افزایش افت بهره‌وری می‌شود. اثر گرما بر روی افت بهره‌وری در مشاغل با بارکاری مختلف متفاوت می‌باشد. طبق نتایج این مطالعه در مشاغلی که بارکاری بالایی دارند و مقدار زیادی انرژی برای انجام کار نیاز دارند میزان افت بهره‌وری ۲۹/۱ درصد بدست آمد. طبق این مطالعه، کارگران صنعت ساختمان سازی افت بهره‌وری ۶۰ درصد دارند که نسبت به صنایع دیگر افت تولید زیادتری دارند. از دلایل اختلاف افت بهره‌وری بین این مطالعه و مطالعه

حاضر می‌توان به میانگین WBGT بالا در مطالعه لانگ‌کولسن و همکاران اشاره کرد.

مطالعات نشان می‌دهند که گرما بر روی عملکرد کارگران مشاغلی که بارکار بالایی دارند و به صورت روباز فعالیت می‌کنند، تاثیر منفی بیشتری نسبت به صنایع دیگر دارد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعه حاضر، مقایسه میانگین شاخص WBGT در ٤ ماه مختلف نشان داد که میانگین WBGT در ماه تیر ($۲۸/۲۷^{o}C$) با انحراف معیار ۲) بیشتر از ماه‌های دیگر می‌باشد و همچنین میانگین افت بهره‌وری در ماه تیر (۲۵/۸۵٪) بیشتر از ماه‌های دیگر می‌باشد. مطالعه جلستروم و همکاران (۱۸) نشان داد که با افزایش میزان WBGT افت بهره‌وری به شدت افزایش می‌یابد که این نتایج با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی دارد.

نتایج حاصل از مطالعه بیانگر آن است که ضریب همبستگی بین افت بهره‌وری و شاخص WBGT در مشاغل با بار کاری ۵۰۰ وات (۰/۹۳٤) و بیشتر از افت بهره‌وری در بار کاری پایین (۰/٤۹۱) می‌باشد. همچنین میزان همبستگی بین WBGT و افت بهره‌وری در ماه‌های تیر و مرداد نسبت به ماه‌های خرداد و شهریور بیشتر است. این امر می‌تواند به این علت باشد که افت بهره‌وری با افزایش بارکاری در WBGTهای پایین شروع می‌شود، در حالی که در بار کاری‌های پایین افت بهره‌وری در WBGTهای پایین صفر می‌باشد.طبق نتایج با افزایش WBGT، میزان همبستگی بین WBGT و افت بهره‌وری زیاد می‌شود که میزان WBGT در ماه‌های تیر و مرداد بیشتر است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود میانگین افت بهره‌وری مشاغل با بارکاری مختلف بین ۰ تا ۸۵ درصد بدست آمد. طیف وسیع میزان افت با توجه به میزان همبستگی میان WBGT و افت بهره‌وری ($r=۰/٤۹$ در مشاغل ۲۰۰ وات و $r=۰/۹۲$ در مشاغل ۵۰۰ وات) می‌تواند ناشی از مواجهه کارگران با سطوح مختلف گرمائی باشد. در مطالعه ای که توسط لانگ‌کولسن و همکاران در تایلند انجام شد میانگین افت بهره‌وری در صنعت ساختمان‌سازی را ۱۰ تا ۶۰ درصد بدست آوردند (۲۲). اختلاف نتایج می‌تواند ناشی از تفاوت میزان مواجهه با گرما، میزان رطوبت، شرایط اجتماعی، اقتصادی جوامع کارگری مورد مطالعه باشد. همچنین این مطالعات نشان می‌دهند مشاغلی که به صورت روباز فعالیت می‌کنند افت بهره‌وری قابل ملاحظه ای دارد.

نتیجه گیری

کارگران مشاغل روباز اقلیم گرم و خشک در فصل تابستان افت بهره‌وری قابل ملاحظه ای دارند که می‌تواند بر اقتصاد و سلامت نیروی کار تاثیر زیادی داشته باشد. در مجموع، با توجه به متوسط افت بهره‌وری حاصله و در نظر گرفتن افت ناشی از گرمایش زمین در سال‌های آینده، لزوم توجه به این موضوع در مبحث بهداشت شغلی کارگران روباز به‌ویژه در مناطق گرم و خشک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به منظور کنترل اثرات مخرب استرس گرمایی بر کارگران مشاغل روباز اتخاذ تدابیر مدیریتی و مهندسی مانند نصب موانع تابشی، تهیه اتاق‌های استراحت با تهویه مناسب و یک برنامه زمان‌بندی شده دریافت مایعات می‌تواند کمک‌کننده باشد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۹۳ به کد ۲۲۸۸۷ می‌باشد که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است. در ضمن نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری صمیمانه سازمان هواشناسی استان قم در تامین اطلاعات هواشناسی و پارامترهای جوی مورد نیاز ابراز می‌دارند.

References

1-Kjellstrom T, Kovats RS, Lloyd SJ, Holt T, Tol RS. The direct impact of climate change on regional labor productivity. Archives of Environmental & Occupational Health. 2009;64(4):217-27.
2-Nassiri P, Monazzam M, Golbabaei F, Dehghan S, Rafieepour A, Mortezapour A, et al. Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for assessment of occupational heat stress in open-pit mines. Industrial Health ; http://doiorg/102486/indhealth2017-0018. 2017;55(5):437-43.
3-VATANI J, GOLBABAEI F, DEHGHAN SF, YOUSEFI A. Applicability of Universal Thermal Climate Index (UTCI) in occupational heat stress assessment: a case study in Brick industries. Industrial health. 2016;54:14-9.
4-Kjellstrom T, Gabrysch S, Lemke B, Dear K. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. Global Health Action. 2009;2.
5-Golbabaei F, Mazloumi A, Mahmood Khani S, Hosseini M, Abbasi M, Farhang Dehghan S. The Effects of Heat Stress on Selective Attention and Reaction Time among Workers of a Hot Industry: Application of Computerized Version of Stroop Test. Journal of Health and Safety at Work. 2015;5(1).
6-Golbabaei F, Monazzam MR, Hematjo R, Hosseini M, Dehghan SF. The Assessment of Heat Stress and Heat Strain in Pardis Petrochemical Complex, Tehran, Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2013;5(1):6-11.
7-Hajizadeh R GF, Dehghan SF, Beheshti MH, Jafari SM, Taheri F. Validating the Heat Stress Indices for Using In Heavy Work Activities in Hot and Dry Climates. Journal of Research in Health Sciences. 2016;16(2):90-5.
8-Mazlomi A, Golbabaei F, Dehghan SF, Abbasinia M, Khani SM, Ansari M, et al. The influence of occupational heat exposure on cognitive performance and blood level of stress hormones: A field study report. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics; DOI: 101080/1080354820161251137. 2016;23(3):431–9.
9-Kerslake D. The Stress of Hot EnvironmentsCambridge University Press. London; 1972.
10-MONAZZAM M, GOLBABAEI F, HEMATJO R, HOSSEINI M, NASSIRI P, FAHANG-DEHGHAN S. Evaluation of DI, WBGT, and SWreq/PHS Heat Stress Indices for Estimating the Heat Load on the Employees of a Petrochemical Industry. International Journal of Occupational Hygiene. 2014;6(1):6-10.
11-Parvari RA, Aghaei HA, Dehghan H, Khademi A, Maracy MR, Dehghan SF. The effect of fabric type of common iranian working clothes on the induced cardiac and physiological strain under heat stress. Archives of environmental & occupational health. 2015;70(5):272-8.
12-Argami SH, Poya M. Principles of Safety for Industry and Services. nd, editor. Hamedan: Fanavaran publications 2008.
13-Sharma V, Sridharan K, Pichan G, Panwar M. Influence of heat-stress induced dehydration on mental functions. Ergonomics. 1986;29(6):791-9.
14-Hajizadeh R, Farhang Dehghan S, Mehri A, Golbabaei F, Beheshti MH. Heat Stress Assessment in Outdoor Workplaces of a Hot Arid Climate Based on Meteorological Data: A Case Study in Qom, Iran. Journal Mil Med. 2015;17(2):89-95.
15-Hajizadeh R, Golbabaei F, Monazzam M, Farhang-Dehghan S, Ezadi-Navan E. Productivity loss from occupational exposure to heat stress: A case study in Brick Workshops/Qom-Iran. International Journal of Occupational Hygiene. 2015;6(3):143-8.
16-Hajizadeh R, Dehghan S, Golbabaei F, Jafari S, Karajizadeh M. Offering a Model for Estimating Black Globe Temperature according to Meteorological Measurements. Meteorological Applications. 2017;24:303–7.
17-Lin R-T, Chan C-C. Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. Global Health Action. 2009;2.
18-Kjellstrom T, Holmer I, Lemke B. Workplace heat stress, health and productivity–an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. Global Health Action. 2009;2.

19-Parsons K. Heat stress standard ISO 7243 and its global application. Industrial health. 2006;44(3):368-79.
20-Hübler M, Klepper G, Peterson S. Costs of climate change: the effects of rising temperatures on health and productivity in Germany. Ecological Economics. 2008;68(1):381-93.
21-Mathee A, Oba J, Rose A. Climate change impacts on working people (the HOTHAPS initiative): findings of the South African pilot study. Global Health Action. 2010;3.
22-Langkulsen U, Vichit-Vadakan N, Taptagaporn S. Health Impact of Climate Change on Occupational Health and Productivity in Thailand. Epidemiology. 2011;22(1):S17.
23-Mackworth N. Researches on the measurement of human performance. London: His Majesty's Stationery Office, 1950 Contract No.: 268.
24-Kines P. Construction workers' falls through roofs:: Fatal versus serious injuries. Journal of Safety Research. 2002;33(2):195-208.
25-American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH®). TLVs and BEIs. Ohio: ACGIH; 2015.