

Original article

Assessment and Feasibility Study of Improving the Artificial Lighting System in a Repair Workshop

Haniye Ghasemi¹
Hesam Elahi^{1*}
Seyed Ehsan Samaei²

1. Master's student in Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Occupational Health, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

*Corresponding author: Hesam Elahi,
Department of Occupational Health
Engineering, Faculty of Health, Mazandaran
University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: Elahi.hes@gmail.com

Received: 29 July 2024

Accepted: 14 October 2024

ABSTRACT

Introduction and purpose: Given that optimal workplace lighting plays a crucial role in mitigating visual strain, enhancing productivity, and improving overall employee performance, the present study sought to evaluate the current lighting system within a repair workshop. Additionally, it aimed to explore the feasibility of proposing tailored strategies for achieving optimal lighting conditions through specialized tools, such as DIALux software.

Methods: In this cross-sectional study, the work environment was examined, and lighting measurements were carried out at 35 stations. According to national standards, various executable solutions considering the existing lighting system and fixtures were evaluated to achieve an illumination intensity of 300 lux and a uniformity index of 0.6 in the workhouse. Moreover, the software's capabilities were used to predict the impact of each solution on improving illumination intensity and uniformity index.

Results: The average illumination intensity in the repair workhouse was 290 lux with a uniformity index of 0.3. According to these results, the workhouse's lighting system needed improvement. The results indicated that software-provided solutions could increase illumination intensity to between 300 and 804 lux and improve the uniformity index to between 0.32 and 0.58.

Conclusion: The results revealed that significant changes and improvements in the workhouse's lighting can be achieved by implementing simple and low-cost solutions. In addition, the use of specialized lighting software by experts can lead to reliable and feasible solutions for enhancing lighting systems.

Keywords: Artificial lighting, DIALux, Lighting calculations, Workplace lighting

► **Citation:** Ghasemi H, Elahi H, Samaei SE. Assessment and Feasibility Study of Improving the Artificial Lighting System in a Repair Workshop. Journal of Health Research in Community. Autumn 2024;10(3):19-29.

مقاله پژوهشی

ارزیابی و امکان‌سنجی بهبود سامانه روشنایی مصنوعی در یک کارگاه تعمیراتی

چکیده

حانیه قاسمی^۱
حسام الهی^{۲*}
سید احسان سمایی^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: حسام الهی، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: Elahi.hes@gmail.com

تاریخ دریافت: -----

تاریخ پذیرش: -----

مقدمه و هدف: از آن جا که روشنایی مطلوب در محیط کار تاثیر بسزایی بر کاهش عوارض بینایی و بهره‌وری و بهبود کار کارکنان دارد، این مطالعه با هدف ارزیابی سامانه روشنایی موجود در یک کارگاه تعمیراتی و امکان‌سنجی ارائه طرح‌های پیشنهادی جهت تامین روشنایی مطلوب با استفاده از ابزارهای تخصصی (نرم‌افزار DIALux) صورت گرفته است.

روش کار: در این مطالعه مقطعی، پس از بررسی محیط کار و جمع‌آوری اطلاعات، اندازه‌گیری روشنایی در ۳۵ ایستگاه انجام شد. با توجه به حدود مجاز کشوری، برای دستیابی به شدت روشنایی ۳۰۰ لوکس و شاخص یکدستی ۰/۶ در کارگاه، با در نظر گرفتن سیستم روشنایی و چراغ‌های موجود، راهکارهای مختلف امکان‌سنجی شد. همچنین تاثیر هر راهکار در بهبود شدت روشنایی پیش‌بینی شد.

یافته‌ها: میانگین شدت روشنایی در کارگاه تعمیرات ۲۹۰ لوکس و شاخص یکدستی ۰/۳ به دست آمد. با توجه به این نتایج سیستم روشنایی کارگاه نیازمند بهبود تشخیص داده شد. نتایج نشان می‌دهند با استفاده از راهکارهای ارائه‌شده با نرم‌افزار DIALux می‌توان شدت روشنایی را حداقل ۳۰۰ و حداکثر تا ۸۰۴ لوکس و شاخص یکدستی را حداقل به ۰/۳۲ و حداکثر به ۰/۵۸ افزایش داد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد که با اجرای راهکارهای ساده و کم‌هزینه می‌توان تغییر قابل توجهی در روشنایی کارگاه ایجاد کرد. همچنین استفاده از نرم‌افزارهای تخصصی روشنایی می‌تواند منجر به ارائه راه حل‌های قابل اعتماد و قابل اجرا جهت بهبود سامانه‌های روشنایی شود.

کلمات کلیدی: روشنایی مصنوعی، روشنایی محیط کار، DIALux، محاسبات روشنایی

◀ **استناد:** قاسمی، حانیه؛ الهی، حسام؛ سمایی، سید احسان. ارزیابی و امکان‌سنجی بهبود سامانه روشنایی مصنوعی در یک کارگاه تعمیراتی. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، پاییز ۱۴۰۳؛ ۱۰(۳): ۱۹-۲۹

مقدمه

مهم‌ترین و حیاتی‌ترین حس انسان، بینایی است [۱]. از طرفی دید واضح، نیازمند روشنایی مطلوب است [۲]. روشنایی مناسب در

محیط کار به دید بهتر اشیا می انجامد و کم یا زیاد بودن آن منجر به ایجاد ناراحتی های گوناگونی همچون خستگی چشم، سردرد، نقص بینایی، خیرگی، خستگی جسمی و آثار روانی می شود. افزون بر آن، آثار دیگر روشنایی بر روی انسان شامل اثر بر میزان هوشیاری، دمای بدن و الگوهای خواب است [۳، ۴]. روشنایی مناسب همچنین بر مسائل راحتی، رفتاری، اقتصادی و زیست محیطی اثرگذار است [۵، ۶]. عوامل موثر بر ایجاد روشنایی مطلوب شامل مناسب بودن تعداد و نوع منابع روشنایی، مقدار درخشندگی، چیدمان مناسب لامپ ها شامل فاصله بین منابع روشنایی، مناسب بودن تعداد و نوع پنجره ها، رنگ مناسب دیوارها و توزیع یکنواخت روشنایی، دمای رنگ منبع، رنگ نور، نبود سطوح انعکاسی و خیره کننده است [۱۳-۷]. تامین روشنایی مطلوب سبب عملکرد بهینه سیستم بینایی انسان و افزایش ایمنی، بهداشت و رفاه کارکنان می شود و در کاهش خطاهای انسانی، نرخ حوادث و غیبت کارکنان تاثیر بسزایی دارد. به طور کلی روشنایی مطلوب باعث افزایش بهره وری می شود [۱۴]. مطالعه ای نشان داده است که بهبود روشنایی محیط کار می تواند تا ۳ درصد کارایی افراد را بهبود بخشد [۱۵]. نبود اطلاعات کمی و کیفی از روشنایی و عوارض ناشی از آن در صنایع، انجام ارزیابی سیستم های روشنایی را در صنایع ضروری می سازد.

مطالعات متعددی درباره وضعیت سامانه روشنایی مصنوعی و آثار آن انجام گرفته است. مطالعه ای را Sokhibi و همکاران در سال ۲۰۲۰ در دانشکده فنی دانشگاه Muria Kudus انجام داده اند که نشان می دهد کمبود میزان روشنایی در محیط مد نظر سبب خستگی و اختلال در بینایی شده است و رفع آن سبب آسایش بینایی و افزایش بهره وری می شود [۱۶]. در مطالعه دیگری که در سال ۲۰۰۸ بر روی کارگاه های نجاری در کلمبیا انجام شده است، نیمی از کارگاه ها به علت کمبود روشنایی کارایی نداشتند [۱۷]. همچنین مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی سامانه روشنایی مصنوعی و امکان سنجی بهبود آن با استفاده از ابزار تخصصی انجام گرفته است

[۱۸، ۱۹]. مجیدی و همکاران (۱۳۹۵) مطالعه ای با هدف ارزیابی توزیع شدت روشنایی با استفاده از ابزارهای تخصصی (فناوری GIS) انجام داده اند. نتایج به دست آمده نشان می دهد که میزان شدت و توزیع روشنایی در هر بخش به چه صورتی است و با توجه به آن می توان با اصلاحات مورد نیاز در سیستم روشنایی مصنوعی نواقص را رفع کرد تا در تمام سالن روشنایی به طور یکنواخت وجود داشته باشد. این پژوهش، سودمندی ابزارهای تخصصی (فناوری GIS) را برای تعیین نقاط دقیق نیازمند اصلاح روشنایی نشان می دهد [۲۰]. شفیع مطلق و همکاران (۱۳۹۴) مطالعه ای با هدف ارزیابی سامانه روشنایی و امکان سنجی بهبود آن با استفاده از ابزار تخصصی (نرم افزار محاسبات روشنایی DIALux) جهت تامین روشنایی مطلوب انجام داده اند. در این مطالعه بر اساس نتایج به دست آمده، سیستم روشنایی مصنوعی معیوب و نیازمند اصلاح تشخیص داده شد و راهکارهای پیشنهادی مناسب بر مبنای پیش بینی نرم افزار ارائه و اجرا شد. نتایج این مطالعه نشان داد اجرای راهکارهای ساده و کم هزینه می تواند تاثیر قابل ملاحظه ای را در بهبود و تامین روشنایی مطلوب در کارگاه ها ایجاد کند. همچنین استفاده از ابزارهای تخصصی محاسباتی با کارشناسان و طراحان می تواند انجام امکان سنجی های قابل اطمینان را تسهیل کند [۲۱]. بنا به گزارش Muñoz-Muñoz و همکاران (۲۰۲۰) در کارگاه تعمیراتی مورد بررسی در این مطالعه فعالیت های مختلفی مانند برش، جوشکاری، تراش، مته کاری و سنباده زنی انجام می شود. فعالیت هایی که در این واحد انجام می گیرد از حساسیت و دقت بالایی برخوردار است. در این واحد قطعات و ابزارآلات، با فعالیت های پیش گفته، تعمیر شده و یا طی فرایندهای دیگری دچار تغییر می شوند. در بعضی از موارد حساسیت انجام کارها در حد بسیار بالایی است و خطا در این مقیاس می تواند باعث کارکرد نامناسب قطعه در یک دستگاه و یا به کار نبردن دوباره ابزارآلات شود که به دنبال آن ممکن است در واحدهای دیگر فعالیت اجرایی متوقف شود. افزون بر آن، کارکنانی که در کارگاه

روی قطعات کوچک کار می‌کنند، باید به منظور کاهش خطا و کاهش خستگی چشم و بدن از روشنایی مطلوب بهره‌مند باشند. این موضوع همچنین باعث افزایش بهره‌وری کارکنان می‌شود. اهمیت تامین روشنایی مطلوب در این نوع واحدها سبب شده است که میزان روشنایی در آنها اندازه‌گیری شده و با حدود استاندارد تعیین شده مقایسه شود و در صورت نیاز سامانه روشنایی، متناسب با محیط و شرایط کار اصلاح شود. با توجه به اهمیت موضوع، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی سامانه روشنایی موجود و امکان‌سنجی ارائه طرح‌های پیشنهادی متناسب با محیط مربوطه جهت تامین روشنایی مطلوب با استفاده از ابزارهای تخصصی (نرم‌افزار DIALux) در یک کارگاه تعمیراتی صورت گرفته است.

روش کار

این مطالعه توصیفی - تحلیلی به صورت مقطعی در سال ۱۴۰۲ درباره سیستم روشنایی یک کارگاه تعمیراتی انجام شد. برای بررسی سامانه روشنایی، ابتدا نقشه کارگاه تهیه و سامانه روشنایی موجود در کارگاه بر روی نقشه ترسیم شد. همچنین اطلاعاتی شامل ابعاد محیطی واحد مربوط، رنگ سقف، کف و دیوارها، نوع، تعداد و نحوه چینش منابع مصنوعی و نحوه نگهداری منابع و سطوح، توصیف و شرح نوع کار و تعداد کارکنان برای هر شغل خاص جهت مقایسه با استاندارد جمع‌آوری شد [۲۳]. با استفاده از دستگاه سنجش روشنایی (LUX METER) کالیبره شده مدل TM-۲۰۵ ساخت شرکت TENMARS که دارای دقت $\pm 3\%$ است، شدت روشنایی عمومی کارگاه به روش شبکه‌ای در ۳۵ ایستگاه در ساعت ۸-۱۰ صبح اندازه‌گیری شد. پنجره‌های واحد مورد بررسی یا رو به فضای بسته دیگری بودند یا روی آنها با گیاهان پوشانده شده بود. با وجود این، برای به حداقل رساندن تاثیر روشنایی طبیعی بر نتایج اندازه‌گیری، ساعت ۸-۱۰

برای سنجش روشنایی عمومی انتخاب شد؛ زیرا در این ساعت حداقل میزان تابش نور مستقیم خورشید به پنجره‌های جنوبی کارگاه وجود داشت و اثر روشنایی طبیعی بر روشنایی سالن در کمترین حالت خود بود. همچنین با استفاده از نرم‌افزار DIALUX ۴.۱۳ با در نظر گرفتن شرایط فعلی، شامل تعداد چراغ‌های موجود، وضعیت بازتابش سطوح دیوارها، سقف و کف کارگاه و عوامل و شرایط دیگر، شدت روشنایی کارگاه برآورد شد. طول، عرض و ارتفاع کارگاه با استفاده از داده‌های موجود تعیین شد؛ ولی ابعاد تجهیزات، ارتفاع ایستگاه‌های کاری، ارتفاع منابع روشنایی نسبت به ایستگاه کاری، فاصله منابع روشنایی و فاصله تجهیزات از یکدیگر و از دیوارهای مجاور با متر ساده اندازه‌گیری و به عنوان ورودی نرم‌افزار DIALUX ۴.۱۳ برای طراحی محیط و تهیه نقشه روشنایی استفاده شد. پس از اندازه‌گیری‌های محیطی، شاخص یکدستی روشنایی با استفاده از فاکتور نسبت یکنواختی محاسبه و با مقادیر استاندارد کشوری مقایسه شد. در نهایت سامانه روشنایی کارگاه با استفاده از نرم‌افزار پیش‌گفته، دوباره طراحی شد و با توجه به حدود توصیه‌شده استاندارد کشوری و با در نظر گرفتن چراغ‌های موجود، راهکارهای مختلف اجرایی سهل‌الوصول، زود بازده و کم‌هزینه ارائه شد.

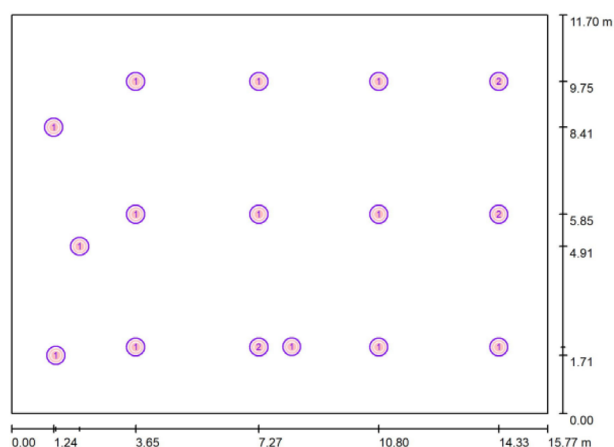
یافته‌ها

در بررسی‌های محیطی کارگاه تعمیراتی، طول آن ۱۵/۷۷ متر، عرض آن ۱۱/۷۰ متر و ارتفاع آن ۸ متر بوده است. سیستم روشنایی مصنوعی این کارگاه، متشکل از ۱۵ چراغ قاب‌دار ۴۰۰ وات گازی بخار جیوه بوده که ۱۲ چراغ آن روشن (سالم و نیمه‌سالم) و ۳ چراغ آن خاموش (سوخته) بوده‌اند. تعداد کارکنان ثابت این کارگاه ۴ نفر بوده است که در یک شیفت کاری فعالیت می‌کردند. جنس دیوارها از سیمان با رنگ خاکستری بوده است و همچنین کف و سقف کارگاه از بتن با رنگ تیره ساخته شده

روشنایی عمومی و شاخص یکدستی کارگاه، کمتر از حدود مجاز مواجهه شغلی (میانگین شدت روشنایی عمومی ۳۰۰ لوکس و شاخص یکدستی ۰/۶) است، در نتیجه سیستم روشنایی مصنوعی کارگاه، با توجه به نتایج موجود در جدول (۱)، معیوب بوده و نیازمند اقدامات اصلاحی به منظور بهبود سیستم روشنایی است [۲۳]. شکل (۳)، وضعیت روشنایی کارگاه را پیش از انجام اقدامات اصلاحی نشان می‌دهد.

به منظور بهبود سیستم روشنایی مصنوعی کارگاه، اقدامات اصلاحی متعددی وجود دارد؛ اما تمامی این اقدامات، به دلایل مختلفی مانند صرفه اقتصادی، تامین بودجه، میزان مصرف انرژی، کارایی داشتن و ... امکان‌پذیر نیستند. اقدامات اصلاحی از نظر جوانب مختلف، بررسی می‌شوند تا بهترین اقدام به مرحله اجرا برسد. در ادامه تعدادی از اقدامات اصلاحی، به منظور بهبود سیستم روشنایی مصنوعی کارگاه پیشنهاد شده است (جدول ۲).

همه اقدامات اصلاحی بیان‌شده در جدول (۲)، با نرم‌افزار DIALux برآورد شده‌اند. شکل (۴)، پیش‌بینی نرم‌افزار DIALux درباره میانگین شدت روشنایی عمومی کارگاه و پیش‌بینی نرم‌افزار درباره شاخص یکدستی کارگاه را بعد از انجام اقدامات اصلاحی نشان می‌دهد.



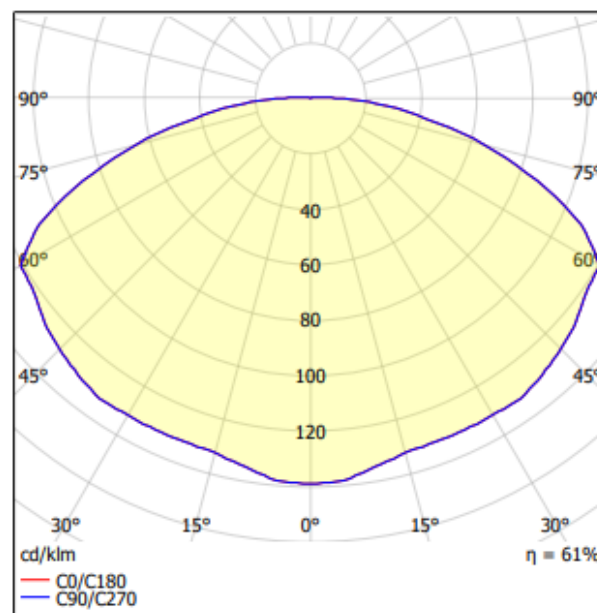
شکل ۲. چیدمان چراغ‌های کارگاه

بودند. شکل (۱)، منحنی توزیع نور چراغ استفاده‌شده در کارگاه را در زوایای مختلف نشان می‌دهد.

سیستم روشنایی مصنوعی کارگاه، بدون چیدمان منظم و مطابق با الگوهای IES بود؛ به طوری که ارتفاع نصب ۲ چراغ با چراغ‌های دیگر متفاوت بود و همچنین ۳ چراغ با سایر چراغ‌ها در ستون و ردیف یکسان قرار نداشتند. شکل (۲) چیدمان چراغ‌های کارگاه را نشان می‌دهد. در شکل (۲) چراغ‌هایی که با شماره ۱ مشخص شده‌اند، در ارتفاع ۴ متری از زمین و چراغ‌هایی که با شماره ۲ مشخص شده‌اند، در ارتفاع ۷ متری از زمین قرار دارند و همان‌طور که گفته شد چیدمان چراغ‌ها، منظم نیست.

با توجه به موارد بیان‌شده، شدت روشنایی عمومی کارگاه با استفاده از روش شبکه‌ای و در ۳۵ ایستگاه با دستگاه لوکس متر اندازه‌گیری شد. جدول (۱) نتایج اندازه‌گیری شدت روشنایی عمومی در روز و همچنین شاخص یکدستی کارگاه را نشان می‌دهد.

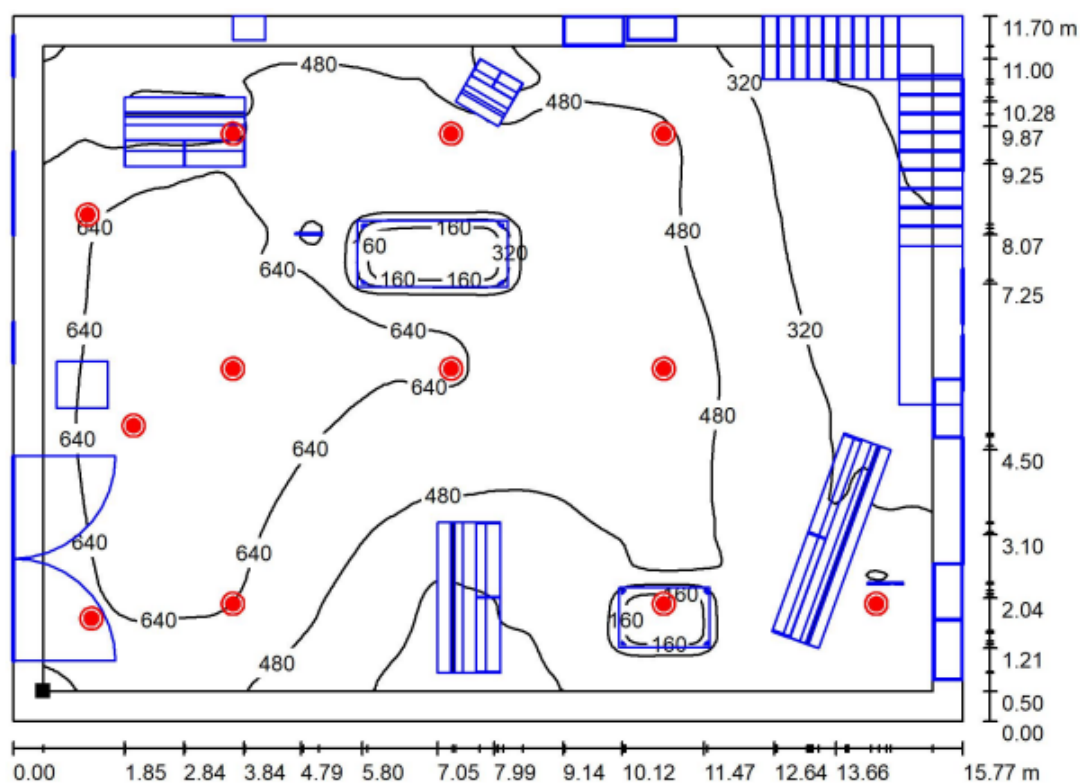
با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۱)، میانگین شدت



شکل ۱. منحنی توزیع نور چراغ استفاده‌شده در کارگاه

جدول ۱. نتایج اندازه‌گیری شدت روشنایی عمومی کارگاه

میانگین شدت روشنایی $(E_{av}) \pm$ انحراف معیار (σ)	حداقل شدت روشنایی (E_{min})	حداکثر شدت روشنایی (E_{max})	شاخص یکدستی (E_{av})
$290 \pm 150 \text{ lux}$	$50/8$	640 lux	$0/3$



شکل ۳. وضعیت روشنایی کارگاه در زمان اندازه‌گیری (تنها چراغ‌های روشن مشخص شده‌اند)

بحث و نتیجه‌گیری

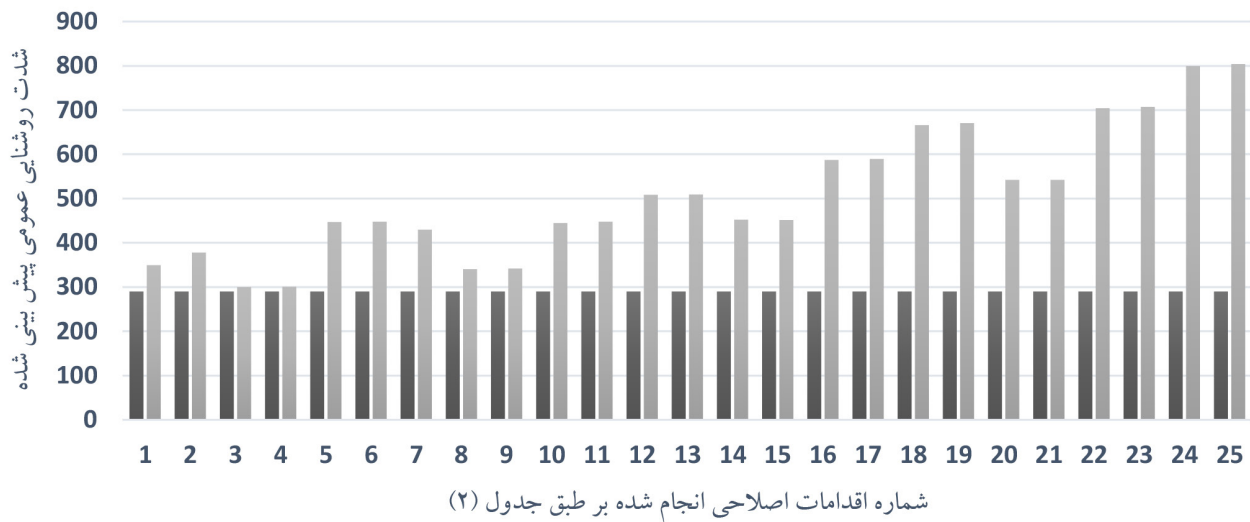
اطلاعاتی گسترده‌ای از شرکت‌های مختلف و محصولات آن‌ها در زمینه روشنایی دارد و به دلیل امکانات و ابزارهای کارآمدی که در اختیار کاربر قرار می‌دهد، در زمینه طراحی و محاسبات روشنایی استفاده زیادی دارد. افزون بر آن، اجزای داخلی محیط مانند میز و صندلی در بانک اطلاعاتی نرم‌افزار وجود دارد و می‌توان برای ترسیم دقیق محیط از آن‌ها بهره برد. یکی از قابلیت‌های منحصر به فرد DIALux این است که قادر است برای طراحی روشنایی هر فضا بازتاب اجزای درون محیط طراحی را نیز در نظر

در این مطالعه یک نمونه سامانه روشنایی مصنوعی در یک کارگاه تعمیراتی ارزیابی شد و راهکارهای اصلاحی برای بهبود روشنایی این کارگاه با استفاده از نرم‌افزار DIALux ارائه شد. در حال حاضر نرم‌افزارهای گوناگونی برای طراحی روشنایی استفاده شده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به Euclid، siLITCH، Calculux و DIALux اشاره کرد [۲۴]. DIALux بانک

جدول ۲. اقدامات اصلاحی پیشنهادی به منظور بهبود سیستم روشنایی مصنوعی کارگاه

ردیف	اقدامات اصلاحی پیشنهادی	تعداد چراغ‌های مورد نیاز	نوع چیدمان و ارتفاع نصب
۱	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو	۱۲ + ۳	همانند چیدمان موجود
۲	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب	۱۲ + ۳	همانند چیدمان موجود
۳	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۳	۵×۳ - ۲ متر
۴	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۳	۵×۳ - ۲ متر
۵	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۳	۵×۳ - ۶ متر
۶	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۳	۵×۳ - ۶ متر
۷	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود	۱۵	همانند چیدمان موجود
۸	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۲ متر
۹	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۲ متر
۱۰	تعویض تمامی چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۴ متر
۱۱	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۴ متر
۱۲	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۶ متر
۱۳	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۵	۵×۳ - ۶ متر
۱۴	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۲ متر
۱۵	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۲ متر
۱۶	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۴ متر
۱۷	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۴ متر
۱۸	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۶ متر
۱۹	تعویض چراغ‌های سوخته با چراغ نو + تمیز کردن همه سطوح چراغ و قاب + افزودن ۵ چراغ با مشخصات موجود + تغییر چیدمان و ارتفاع	۱۲ + ۵ + ۳	۵×۴ - ۶ متر
۲۰	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان	۲۰	۵×۴ - ۲ متر
۲۱	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان	۲۰	۵×۴ - ۲ متر
۲۲	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان و ارتفاع	۲۰	۵×۴ - ۴ متر
۲۳	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان و ارتفاع	۲۰	۵×۴ - ۴ متر
۲۴	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان و ارتفاع	۲۰	۵×۴ - ۶ متر
۲۵	تعویض همه چراغ‌ها (سالم، نیمه‌سالم و سوخته) با چراغ نو با مشخصات جدید + افزودن ۵ چراغ با مشخصات جدید + تغییر چیدمان و ارتفاع	۲۰	۵×۴ - ۶ متر

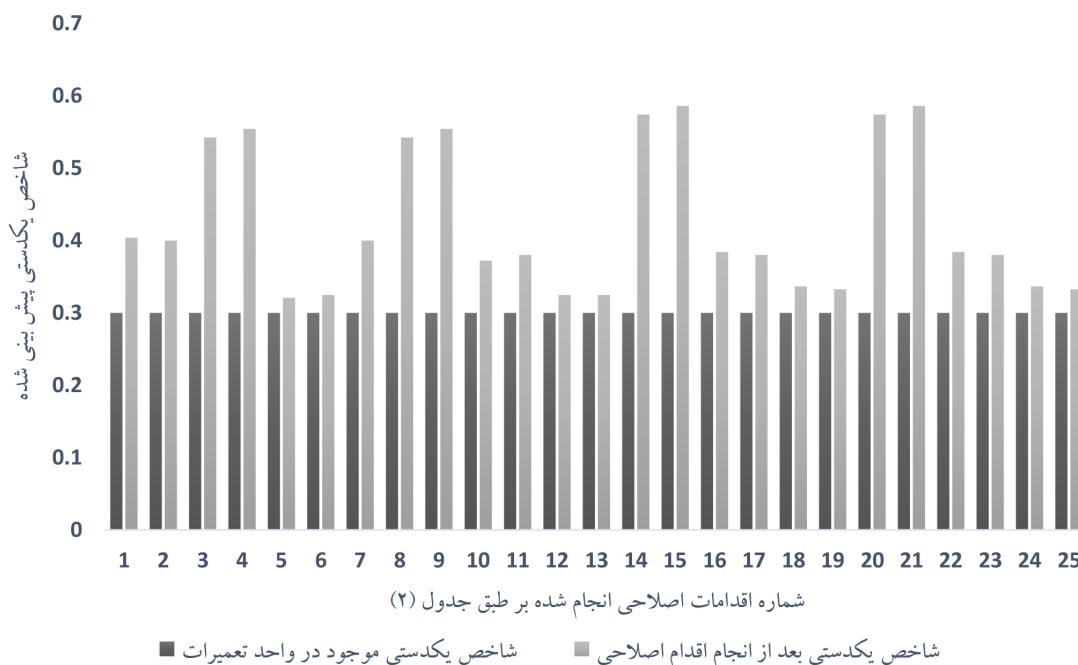
بگیرد و با توجه به همه اجزا یک طراحی بهینه را ارائه دهد [۲۴]. قابل ملاحظه‌ای افزایش داد. با توجه به شکل (۴)، اقدامات ساده و کم‌هزینه‌ای مانند تعویض لامپ‌های سوخته با لامپ‌های سالم از همان نوع و همچنین تمیز کردن سطوح چراغ و تغییر ارتفاع موجود در جدول (۲) می‌توان میانگین شدت روشنایی را به میزان



شکل ۴. پیش‌بینی نرم‌افزار DIALux درباره میانگین شدت روشنایی عمومی کارگاه

کار را با اقداماتی ساده مانند نظافت سطح چراغ‌ها و تعویض لامپ‌های سوخته بهبود بخشید و روشنایی یکنواخت‌تری در

چراغ‌ها می‌تواند میزان روشنایی محیط کار را تا حد قابل توجهی افزایش دهد. با توجه به شکل (۵) می‌توان کیفیت روشنایی محیط



شکل ۵. پیش‌بینی نرم‌افزار DIALux درباره شاخص یکدستی کارگاه

محیط کار ایجاد کرد. همچنین می‌توان با افزودن تعدادی لامپ، استفاده از لامپ‌های با مشخصات متفاوت و تغییر چیدمان و ارتفاع چراغ‌ها روشنایی باکیفیت و یکنواخت‌تری نیز ایجاد کرد و به این طریق بر بهره‌وری و کیفیت کاری کارکنان اثر مثبت گذاشت. Bommel و همکاران در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۰۲ در زمینه روشنایی در صنعت و تاثیر آن بر بهره‌وری کارکنان انجام دادند، نتیجه‌گیری کردند که افزایش روشنایی از حداقل مقدار مورد نیاز (۳۰۰ لوکس) تا میزان ۵۰۰ لوکس می‌تواند منجر به افزایش ۳ تا ۱۱ درصدی در بهره‌وری و افزایش روشنایی از ۳۰۰ لوکس به ۲۰۰۰ لوکس منجر به ۱۵ تا ۲۰ درصد بهره‌وری بیشتر شود [۲۵]. پیشنهاد می‌شود علاوه بر راهکارهای موجود، برنامه‌ریزی جهت نظافت همه چراغ‌ها و سطوح در فواصل منظم صورت پذیرد. با توجه به فعالیت‌های انجام‌شده در این کارگاه و وجود فیوم‌ها و گرد و غبار حاصل از سنگ‌زنی و سمباده‌زنی پیشنهاد می‌شود نظافت حداقل برای یک‌بار در سال و در حالت مطلوب دوبار در سال انجام شود. همچنین لامپ‌های سوخته در اسرع وقت تعویض شوند و از این طریق به افزایش ضریب بهره و افزایش عمر مفید سیستم روشنایی کمک شود. Ružena Králiková و همکاران در سال ۲۰۲۲ مطالعه‌ای درباره بهسازی روشنایی یک کلاس درس دانشگاهی با استفاده از دو نرم‌افزار DIALux و RELUX انجام دادند. در این پژوهش طراحی روشنایی کلاس درس اشاره‌شده نامناسب شناخته شد و با استفاده از دو ابزار یادشده، سیستم از نظر نوری و مصرف انرژی بهبود یافت. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد ابزارهای شبیه‌سازی روشنایی مثل DIALux و RE-LUX می‌توانند در زمینه طراحی و ارزیابی سیستم‌های روشنایی مفید باشند و برای مقایسه، بهبود و یافتن ایرادات در طراحی‌های مختلف استفاده شوند که با نتایج مطالعه حال حاضر مطابقت دارد [۲۶]. Juan Cantizani-Oliva و همکاران در سال ۲۰۲۴ مطالعه‌ای در جهت بهینه‌سازی طراحی روشنایی یک بنای تاریخی با استفاده ترکیبی از نرم‌افزار DIALux و MATLAB انجام

دادند، نتایج این مطالعه بر توزیع غیر یکنواخت نور تاکید دارد، به این صورت که روشنایی را در محل ورودی نور طبیعی کمتر و در محل‌های بدون آن بیشتر در نظر می‌گیرد تا در نهایت درک بهتری از اجسام روشن‌شده حاصل شود که نشان‌دهنده اهمیت استفاده از ابزارهای شبیه‌سازی درباره بهبود طراحی و افزایش کیفیت دیدی بصری است [۲۷]. نتایج این مطالعه از منظر صحت نهادن بر کاربرد ابزار شبیه‌سازی جهت بهبود کیفیت روشنایی با پژوهش پیش رو همسو است. با توجه به نتایج پژوهشی مروری که در سال ۲۰۱۱ حول محور استراتژی‌های روشنایی و پتانسیل ذخیره انرژی انجام شد، نگهداری مناسب سامانه روشنایی در یک صنعت می‌تواند به میزان ۵ درصد در کاهش میزان مصرف برق موثر باشد [۲۷]. همچنین تعویض بالاست چراغ‌هایی که بالاست آن‌ها دارای صدای آزاردهنده است با بالاست‌هایی با تکنولوژی بهتر از جنبه حفظ انرژی و هم از جنبه حفظ آسایش و رفاه کارکنان حائز اهمیت است [۲۷]. همچنین با توجه به اینکه می‌توان از روشنایی روز برای بهبود میزان روشنایی محیط کار بهره برد، توصیه می‌شود پنجره‌ها تمیز شوند و پنجره‌هایی که با گیاهان پوشیده شده‌اند، از گیاه زدوده شوند تا بتوان از پتانسیل نور روز برای بهبود سیستم روشنایی استفاده کرد. جهت تداوم استفاده از پتانسیل نور روز توصیه می‌شود شیشه‌های پنجره‌ها با پاک‌کننده مناسب هر سه ماه یکبار تمیز شوند. همچنین برای ایستگاه‌های کاری که جهت انجام کار در آن‌ها به روشنایی بیشتر از میزان حداقل بیان‌شده در استاندارد نیاز است، لازم است از روشنایی موضعی مناسب استفاده شود. همچنین در استفاده از روشنایی موضعی باید کیفیت روشنایی و ایجاد نشدن خیرگی با آن مورد توجه قرار گیرد.

کیفیت و بهینه بودن روشنایی طراحی‌شده با نرم‌افزار می‌تواند با فاکتورهای متعددی تحت الشعاع قرار گیرد، از جمله این فاکتورها می‌توان به فاکتور افت سامانه روشنایی (TLLF) اشاره کرد. از آن جایی که این فاکتور به صورت تجربی و با طراح برآورد می‌شود، تجربه طراح و درک او از محیط طراحی نقش بسزایی

انتخاب‌های گسترده‌ای برای بهبود شرایط بهره برد.

قدردانی

این مطالعه در قالب طرح پژوهشی با شناسه اخلاق IR.MAZUMS.REC.1402.501 در یک کارگاه تعمیراتی انجام شد. از کارکنان و مدیریت محترم این کارگاه و به ویژه دست‌اندرکاران حیطة بهداشت حرفه‌ای و ایمنی این شرکت به دلیل همکاری موثر و صمیمانه آن‌ها در مسیر اجرای این طرح قدردانی به عمل می‌آید.

تضاد در منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارضی در منافع وجود ندارد

References

1. Alizadeh A, Sorayamahabed A, Soleymani S, Yazdani Charati J. Illuminance intensity in primary schools in Sari, 2014. J Mazandaran Univ Med Sci 2016; 26(137): 196-205 (Persian).
2. Sivaji A, Shopian S, Nor ZM, Chuan NK, Bahri S. Lighting does matter: Preliminary assessment on office workers. Procedia-Social and Behavioral Sciences 2013; 97(6): 638-47.
3. Shahidi R, Golmohammadi R, Pirmoradi Rizevandi Z, Soltani A, Shirmohammadi Khoram N, Kazemi R. Study of daytime lighting at official rooms and its relation with personnel's cognitive performance, alertness, visual comfort and sleep quality. Iran J Ergon 2020; 8(1): 32-41 (Persian).
4. Shahraminia S, Safari A. Evaluate possible solutions to reduce accidents caused by driver fatigue. Proceedings of the 5th National Congress of Civil Engineering Ferdowsi University of Mashhad 2010 (Persian).
5. Knoop M, Stefani O, Bueno B, Matusiak B, Hobday R, Wirz-Justice A, et al. Daylight: What makes the difference? Lighting Research & Technology 2020; 52(3): 423-42.
6. Thompson D. Eyesight and vision in the workplace. Occupational Health & Wellbeing 2013; 65(4): 27-9.
7. Safety I. Reducing the incidence of undesirable biomedical effects caused by visual image sequences. London, UK: ISO 2005.
8. Farokhzad M, Dehdashti A, Ajik F. Lighting assessment and effects on visual fatigue and psychological status of employees in damghan velayat hospital wards. J Neyshabur Univ Med Sci 2015; 3(6): 37-48 (Persian).
9. Hoffmann G, Gufler V, Griesmacher A, Bartenbach C, Canazei M, Staggl S, et al. Effects of variable lighting intensities and colour temperatures on sulphatoxymelatonin and subjective mood in an experimental office workplace. Appl Ergon 2008; 39(6): 719-28.
10. Lin PH, Lin YT, Hwang SL, Jeng SC, Liao CC. Effects of anti-glare surface treatment, ambient illumination and bending curvature on legibility and visual fatigue

- of electronic papers. *Displays* 2008; 29(1): 25-32.
11. Lee DS, Ko YH, Shen IH, Chao CY. Effect of light source, ambient illumination, character size and interline spacing on visual performance and visual fatigue with electronic paper displays. *Displays* 2011; 32(1): 1-7.
 12. Ru T, de Kort YA, Smolders KC, Chen Q, Zhou G. Non-image forming effects of illuminance and correlated color temperature of office light on alertness, mood, and performance across cognitive domains. *Building and Environment* 2019; 149: 253-63.
 13. Yu H, Akita T, Koga T, Sano N. Effect of character contrast ratio of tablet PC and ambient device luminance ratio on readability in low ambient illuminance. *Displays* 2018; 52: 46-54.
 14. Van Bommel WJ. Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work. *Appl Ergon* 2006; 37(4): 461-6.
 15. Juslén HT, Verbosson J, Wouters MC. Appreciation of localised task lighting in shift work—A field study in the food industry. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2007; 37(5): 433-43.
 16. Sokhibi A, Alifiana MA, Vikha IA. Analysis of ergonomic lighting in the engineering faculty workspace of muria kudus university. *Spektrum Industri* 2020; 18(2): 121(Persian).
 17. Gómez ME, Sanchez JF, Cardona AM, Pioquinto JF, Torres P, Sanchez D, et al. Health and working conditions in carpenter's workshops in Armenia (Colombia). *Ind Health* 2010; 48(2): 222-30.
 18. IESNA. The iesna lighting handbook. Ninth ed. New York. the Illuminating Engineering Society of North America 2000.
 19. Nazari J, Mahmoudi N, Dianat I, Graveling R. Working conditions in carpet weaving workshops and muscu-loskeletal complaints among workers in Tabriz-Iran. *Health Promot Perspect* 2012;2(2):265.
 20. Madjidi F, Arghami S, Nadirkhanloo Z. Application of GIS to study Illuminance in Workplace. *Iran Occupational Health* 2016; 12(6): 81-8 (Persian).
 21. 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. *Journal of Occupational Hygiene Engineering* 2015; 2(3): 1-9 (Persian).
 22. Muñoz-Muñoz EA, Cornejo-Delgado WA, Moreano-Alvarado M. Mejora del alumbrado público mediante software de diseño lumínico DIALux. *Revista Científica de Educación Superior y Gobernanza Interuniversitaria Aula* 2020; 1(1): 2-8.
 23. Ahmad Jonidi Jafari YK, Farideh Golbabaee, Seyed Jamaledin Shataheri, Adolrahman Bahrami, Mehdi Jahangiri, Alireza Choobineh. Occupational exposure limits. 5th ed. Environment and Work Health Center, Ministry of Health, Treatment and Medical Education: Environment and Work Health Center, Ministry of Health, Treatment and Medical Education publication 2021(Persian).
 24. Ekren N, Dursun B, Aykut E. Lighting computer programs in lighting technology. *Gazi University Journal of Science* 2007; 21(1): 15-20.
 25. Van Bommel IW, Van Den Beld IG, Van Ooyen IM. Industrial lighting and productivity. Philips Lighting, The Netherlands 2002; 20: 8.
 26. Králiková R, Džučňová L, Lumnitzer E, Piňosová M. Simulation of Artificial Lighting Using Leading Software to Evaluate Lighting Conditions in the Absence of Daylight in a University Classroom. *Sustainability* 2022; 14(18): 11493.
 27. Dubois MC, Blomsterberg A. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. *Energy and buildings* 2011; 43(10): 2572-82.