Journal of Environmental Research
Vol. 16, No. 32, Autumn & Winter 2026

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 **Online ISSN 2008-9590**

Developing the Energy Performance Label for Office Buildings in Iran (Case Study: Tehran Municipality)

Document Type
Research Paper

Zohre Hesami[1], Masoume Mollaei*[2]

1. PhD in Environment, Environmental Engineering, Islamic Azad University, Research Sciences Unit, Tehran, Iran.
2. Corresponding Author, PhD in Environment, Environmental Pollution, Islamic Azad University, Research Sciences Unit, Tehran, Iran. Email: mmollaei5@gmail.com

Received
2025/03/06
Accepted
2025/10/12

Abstract

In this article, the consumption performance of 496 buildings owned by Tehran Municipality in the areas of water, electricity, and gas has been examined in order to determine the per capita changes in energy and water consumption compared to the previous year. The consumption amount was collected based on the consumption bill information during 1402 and 1401 and finally the energy labels of buildings in each region were calculated based on the 14254 standard. Of the total 496 buildings examined in 1402, 97 buildings were assigned energy label C, 94 buildings were assigned energy label D, 92 buildings were assigned energy label E, 103 buildings were assigned energy label F, 61 buildings were assigned energy label G, and 49 buildings were not assigned energy label, while in 1401, 45 buildings were assigned energy label D, 131 buildings were assigned energy label E, 144 buildings were assigned energy label F, 134 buildings were assigned energy label G, and 42 buildings were not assigned energy label. The executive measures and plans that have been implemented include equipping 226 buildings with an intelligent heating control system, 32 buildings with an intelligent cooling control system, and 21 buildings with a radio control system for fan terminals, and 400 buildings with a technical inspection certificate for the engine room, conducting a detailed energy audit of 253 buildings, and taking steps to implement a green management system in 48 municipal buildings in 22 regions. These technical measures have led to a reduction of 10,313,992 kWh in energy consumption in 1402, which has resulted in a reduction of 7,838 tons of CO2 and a cost reduction equivalent to 8,013,971,784 Tomeans for the Tehran Municipality.

Key words: Buildings owned by Tehran Municipality, Consumption of energy carriers and water, Per capita consumption, Utility bills, reduction of CO2 emissions, Building energy label

Cite this article: Hesami, Z., & Mollaei, M. (2026). Developing the Energy Performance Label for Office Buildings in Iran (Case Study: Tehran Municipality). *Journal of Environmental Research*, *16* (32), 65-81. https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246803

© The Author(s).

Publisher: Iranian Association for Environmental Assessment

DOI: https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246803

Introduction

During the past years, various standards related to some components of energy consumption in buildings have been compiled in our country. The most important of these standards is the 19th topic of the country's national building regulations, which fully includes the instructions related to the outer shell of the building as the most important and significant part of the reference buildings. Also, energy standards and labels related to some accessories of cooling and heating systems and administrative and non-administrative equipment of buildings have been prepared and updated in the past years for conventional equipment in the country. In addition, energy labels for lamps and lighting ballasts have been prepared and used. The most important advantage of energy standards and labels compiled at the level of the country is their compatibility with the equipment and materials consumed inside the country and their reality for the mentioned conditions.

There are practical differences between energy labeling of electrical and gas appliances and buildings. There are limitations in the energy labeling of buildings in terms of their effectiveness, which causes the energy labeling of buildings to be done by experts with experience in the field of energy and using portable laboratory equipment and building simulation software. Due to the fact that each building is unique, the production of accurate labels requires detailed checks that are expensive, while for products, due to mass production, the checks are only done for one product and extended to the rest. The first edition of the building energy label standard was compiled and published in 2013 in two sections, the energy label standard for residential buildings under the number ISIRI 14253 and the energy label standard for non-residential buildings under the number ISIRI 14254. This standard included both existing buildings and new buildings . After that, in 1401, the building energy label standard was revised again and its scope is only existing buildings and newly constructed buildings based on the classification in topic 19 of the National Building Regulations into three groups consisting of buildings that comply with the criteria of the topic. 19. They are divided by the abbreviation EC, low consumption buildings $^{+}$ EC and very low consumption buildings $^{++}$ EC.

Methodology / Experimental Design

The functional information of buildings under the jurisdiction of Tehran Municipality has been examined in this study in two parts: buildings under the jurisdiction of 22 districts and headquarters buildings of Tehran Municipality. Accordingly, 458 office buildings in 22 districts and 38 headquarters buildings with an average age of over 15 years have been examined. In order to examine the amount of consumption and determine the per capita consumption, the required information was obtained through electricity and gas bills from all buildings introduced by 22 districts and headquarters buildings in two consecutive years 1401 and 1402, and the performance of the regions in the field of energy and water consumption in the aforementioned two years was analyzed (Egwunatum, et.al., 2016). Then, the energy rating of the buildings was calculated based on the 14254 standard, and finally the overall energy consumption performance in the two years 1402 and 1401 was evaluated. The existing maps are designed based on the performance results of all buildings located in each region and express the final status of all buildings located in each region in terms of energy consumption and energy label.

Results and Discussion

In this research, functional information has been examined in two parts of the buildings covered by the 22 districts and the headquarters buildings of Tehran Municipality. Based on this, 458 administrative

buildings in 22 regions and 38 headquarters buildings have been examined. In order to check the amount of expenses and determine the consumption per capita, the required information was obtained through electricity and gas bills from all the buildings introduced by the 22 regions and headquarters buildings in two consecutive years 1401 and 1402 and the performance of the regions in the field of carrier consumption and energy consumption in the mentioned two years were analyzed. Then, based on the 14254 standard, the energy rating of the buildings was calculated, and finally, the overall performance of energy consumption in the years 1402 and 1401 was evaluated.

Based on this, per capita changes in electricity consumption in 1402 compared to 1401 have increased by 4% and gas consumption per capita has decreased by 12%, which has led to a 5% decrease in energy consumption per capita.

The amount of 10,313,992 KWh reduction leads to a reduction of 7838 tons of CO_2 gas emissions from the achievements of energy consumption optimization in Tehran municipality buildings and in addition, the amount of cost reduction in 496 covered buildings in the area of energy carriers was equal to 8,013,971,784 Tomans.

In total 38 headquarters buildings of Tehran municipality, a decreasing trend in per capita consumption of electricity and gas has been observed in 1402 compared to 1401. In other words, a 3% reduction in per capita electricity consumption and a 7% reduction in per capita gas consumption have been achieved in the mentioned period. The measures taken have resulted in a positive effect and upgrading the energy rating of buildings from G rating in 1401 to D energy rating in 1402.

The results obtained from the comparison of the per capita consumption of energy carriers in 458 buildings covered by 22 regions show that electricity consumption has increased by 5% per capita and in the area of gas consumption, a per capita decrease of 13%. Regions 9, 20 and 8 have the lowest per capita electricity consumption and regions 12, 15 and 4 have the lowest per capita gas consumption in 1402. On the other hand, region 19 had the highest per capita consumption in the electricity sector and region 22 had the highest per capita consumption of gas in 1402. Regions 4, 9, 15 and 20 have a C rating in the energy consumption classification, regions 8, 10, 17, 18 and 21 have a D rating in the energy consumption classification, regions 1, 2, 11 and 12 have an E rating, regions 5, 6, 7, 14, and 16 are rated F, buildings in regions 3 and 19 are rated G, and areas 13 and 22 have not been assigned an energy label. In other words, out of the total of 496 buildings examined in 1402, 97 buildings were awarded C energy label, 94 D energy label buildings, 92 E energy label buildings, 103 F energy label buildings, 61 G energy label buildings and 49 The building was not awarded an energy label, while in 1401, 45 buildings were awarded energy label D, 131 buildings were awarded energy label E, 144 buildings were awarded energy label F, 134 buildings were awarded energy label G, and 42 buildings were not awarded energy label. The main technical reasons for the increase in the consumption of energy carriers (electricity and gas) in the total number of buildings covered by the project of reforming the consumption pattern in the buildings of Tehran municipality can be attributed to the old age of the buildings, Inadequate attention to environmental issues, especially issues related to the use of energy carriers and resources among the organization's personnel, was pointed to the weakness in interdepartmental interaction in the discussion of maintenance of building optimization equipment and engine houses. In this direction and in order to adjust the above conditions, measures have been taken. Among these measures, equipping 226 buildings with intelligent heating control system, 32 buildings with intelligent cooling control system, and 21 buildings with radio control system of blower terminals, and 400 buildings with engine house technical

inspection certificate, conducting detailed energy audit of 253 buildings and taking action in line with establishment the green management system is in 48 municipal buildings of 22 regions.

Conclusion

According to the investigations, the main reason for the increase in gas consumption in 1402 compared to the previous year is the wear and tear of engine room equipment and the piping of these buildings. Considering this issue, it is suggested to improve the energy rating of buildings such as strictness and monitoring the optimal implementation of extra-organizational notices, consumption management during peak times, use of optimization solutions in order to reduce energy consumption, and finally use the method the new ways of building intelligence should be prioritized in planning and implementation.

پژوهش‌های محیط‌زیست

سال ۱۶، شماره ۳۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴

Journal Homepage: www.iraneiap.ir
Print ISSN: 2008-9597 Online ISSN 2008-9590

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

ارتقا برچسب انرژی در ساختمان‌های اداری در ایران (مطالعه موردی: شهرداری تهران)

زهره حسامی[۱]، معصومه ملایی*[۲]

۱. دکترا محیط‌زیست، مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.
۲. نویسنده مسئول، دکترا محیط‌زیست، آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.
رایانامه: mmollaei5@gmail.com

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۱۲/۱۶
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۷/۲۰

چکیده

در مقاله حاضر عملکرد مصرفی ۴۹۶ ساختمان تحت تملک شهرداری تهران در حوزه آب، برق و گاز به منظور تعیین تغییرات سرانه مصارف و انرژی و آب با سال قبل مورد بررسی قرار گرفته است. میزان مصارف بر اساس اطلاعات قبوض مصرفی طی سال ۱۴۰۲ جمع آوری شد و در نهایت بر اساس استاندارد ۱۴۲۵۴ برچسب انرژی ساختمان‌های هر منطقه محاسبه شد. از مجموع ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی در سال ۱۴۰۲ به ۹۷ ساختمان برچسب انرژی C، ۹۴ ساختمان بر چسب انرژی D، ۹۲ ساختمان بر چسب انرژی E، ۱۰۳ ساختمان بر چسب انرژی F، ۶۱ ساختمان برچسب انرژی G تعلق گرفته است و به ۴۹ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفته است در حالی که در سال ۱۴۰۱ به ۴۵ ساختمان بر چسب انرژی D، ۱۳۱ ساختمان بر چسب انرژی E، ۱۴۴ ساختمان بر چسب انرژی F، ۱۳۴ ساختمان برچسب انرژی G تعلق گرفته است و به ۴۲ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفته است. اقدامات اجرایی و طرح‌هایی که اجرا شده است، می‌توان به تجهیز ۲۲۶ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند گرمایشی، ۳۲ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند سرمایشی و ۲۱ ساختمان به سیستم کنترل رادیویی پایانه‌های دمنده‌دار و ۴۰۰ ساختمان دارای گواهی معاینه فنی موتورخانه، انجام ممیزی تفصیلی انرژی ۲۵۳ ساختمان و اقدام در راستای پیاده‌سازی نظام مدیریت سبز در ۴۸ ساختمان شهرداری مناطق ۲۲ گانه است. این اقدامات فنی منجر به کاهش ۱۰.۳۱۳.۹۹۲ کیلووات ساعت کاهش در مصرف انرژی در سال ۱۴۰۲ گردیده که دستاورد آن کاهش ۷۸۳۸ تن گاز CO_2 و کاهش هزینه ای معادل ۸.۰۱۳.۹۷۱.۷۸۴ تومان برای شهرداری تهران بوده است.

کلید واژه‌ها: ساختمان‌های تحت تملک شهرداری تهران، میزان مصرف حامل‌های انرژی و آب، سرانه مصرف، قبوض مصرفی، کاهش انتشار گاز Co_2، برچسب انرژی ساختمان

استناد: حسامی، زهره و ملایی، معصومه (۱۴۰۵). ارتقا برچسب انرژی در ساختمان‌های اداری در ایران (مطالعه موردی: شهرداری تهران). *نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱۶ (۳۲)، ۶۵-۸۱. https://doi.org/10.22034/eiap.2026.246803

ناشر: انجمن ارزیابی محیط‌زیست ایران.

© نویسندگان.

سرآغاز

در سال‌های اخیر به‌دلیل هدررفت بی‌مورد انرژی الکتریکی در ساختمان‌ها، نیاز بهینه‌سازی انرژی و آسایش کاربران اهمیت حیاتی یافته است. تکنیک‌های مختلفی برای پرداختن به مسئله بهینه‌سازی انرژی پیشنهاد شده است. هدف هر تکنیک حفظ تعادل بین راحتی کاربر و نیازهای انرژی است، به طوری که کاربر بتواند با حداقل میزان مصرف انرژی به سطح راحتی مطلوب دست یابد (Ninozade, 2019). پیش‌بینی مصرف برق به‌دلیل افزایش تقاضا برای انرژی ناشی از افزایش سریع جمعیت جهان، همچنان یک نگرانی برای شرکت‌های تولید برق ایجاد کرده است. دانشمندان بر این باورند که اگر مصرف انرژی کنترل نشود، ممکن است پس از چند سال منجر به کمبود انرژی شود. دو گزینه برای مقابله با کمبود انرژی وجود دارد: (۱) تولید انرژی بیشتر، یا (۲) به حداقل رساندن مصرف منابع انرژی موجود و کاهش هدر رفت. (Elenanicolae et al., 2021). تولید انرژی یک راه‌حل بسیار پرهزینه برای حل مشکل است که مستلزم صرف زمان و منابع زیادی است، اما از طرف دیگر با انجام برخی اقدامات پیشگیرانه می‌توان به حداقل رساندن مصرف انرژی دست یافت. از چند دهه اخیر، تحقیقات زیادی توسط محققان در زمینه پیش‌بینی و بهینه‌سازی مصرف انرژی انجام شده است (Schito & Lucei, 2023). پیش‌بینی انرژی اولین قدم برای بهینه‌سازی مصرف انرژی است. بر اساس انرژی مصرف شده قبلی، باید میزان مصرف انرژی ساعت، ماه یا سال آینده را پیش‌بینی کنیم. محققان با کمک الگوریتم‌های بهینه‌سازی مختلف و تغییرات در پارامترها برای کاهش مصرف انرژی به این موضوع پرداخته‌اند. اولین اقدام در راستای شناسایی وضعیت مصرف انرژی در ساختمان‌ها تعیین معیار مصرف انرژی برای آنها است (Vandenbogaerde et al., 2023).

تدوین معیار مصرف انرژی، یکی از مهمترین اقدامات مدیریت مصرف جهت تعیین چارچوب مناسب برای اعمال قوانین و دستورالعمل‌ها و پیش‌بینی‌های مربوط به تقاضا و برنامه‌ریزی جهت تولید انرژی متناسب با آن می‌باشد (Hesse, 2024). بررسی تجربیات کشورهای پیشرفته جهان نشان می‌دهد که طی سالیان گذشته، معیارها و دستورالعمل‌های متعددی برای مصرف انرژی در بخش‌های مختلف صنعتی، خانگی، تجاری و عمومی به منظور برنامه‌ریزی در راستای برآورده شدن سیاست‌ها و رشد اقتصادی آنها، تدوین گردیده است (Dulian, 2024). نتایج حاصل از این مطالعات نشان می‌دهند که نخستین گام در راستای بهینه‌سازی مصرف انرژی برای هر مجموعه از مصرف‌کنندگان انرژی، شناخت وضعیت موجود آنها و بررسی پتانسیل‌های قابل حصول جهت بهبود وضعیت از طریق تهیه دستورالعمل‌ها، استانداردها و یا برچسب‌های انرژی می‌باشد. بر این اساس طی سالیان اخیر تقریبا در تمامی کشورهای پیشرفته جهان، استانداردها و برچسب‌های مصرف انرژی برای بسیاری از تجهیزات انرژی‌بر و ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف تدوین و مورد بهره‌برداری قرار گرفته است. اثرات تدوین این استانداردها و برچسب‌های مصرف انرژی بر کاهش مصرف گروه‌های مختلف در سطح جهان، به اندازه‌ای قابل‌توجه بوده که روند استانداردسازی در این زمینه با سرعت چشمگیری در حال رشد و توسعه می‌باشد (Merini et al., 2020).

بر این اساس طی سال‌های گذشته در کشورمان نیز برچسب‌های مصرف انرژی برای بسیاری از تجهیزات انرژی‌بر تدوین گردیده که در حال حاضر در حال اجرا می‌باشند. هر چند که نتایج تدوین استاندارد و برچسب‌های مصرف انرژی در کشور تا حدودی قابل قبول بوده است، اما هنوز پتانسیل‌های بسیار بالایی جهت کاهش مصرف انرژی در سطح گروه‌های مختلف مشترکین وجود دارند که لزوم تداوم و افزایش ظرفیت استانداردسازی را در سطح کشور کاملا روشن می‌نمایند. بررسی وضعیت مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری کشورمان و مقایسه آن با کمّیت‌های مربوط به ساختمان‌های مسکونی نیز تفاوت‌های قابل‌توجهی را میان این ساختمان‌ها نمایش می‌دهد (Shihgar, 2016). بر اساس نتایج مربوط به متوسط وزنی مصرف انرژی الکتریکی در جامعه نمونه گسترده‌ای از ساختمان‌های اداری کشور در اقلیم‌های مختلف آب‌وهوایی، شاخص متوسط مصرف سالیانه انرژی الکتریکی برای این ساختمان‌ها برابر با ۵۹ کیلووات ساعت بر مترمربع تعیین گردیده است. این در حالی است که بر اساس اطلاعات آمار تفصیلی صنعت برق در سال ۱۴۰۲، متوسط مصرف برق مشترکین خانگی کشور برابر با ۲۸۴۳ کیلووات ساعت بوده که با فرض متوسط زیربنای واحدهای مسکونی در محدوده ۸۰ تا ۱۰۰ مترمربع، شاخص مربوطه در محدوده ۴۳/۲۸ تا ۳۵/۸۴ کیلووات ساعت بر مترمربع تغییر خواهد نمود. بدین‌ترتیب متوسط مصرف برق مشترکین اداری کشور نزدیک به دو برابر متوسط مصرف برق مشترکین خانگی می‌باشد که لزوم تدوین معیار مصرف و برچسب انرژی مجزا را برای آنها کاملا روشن می‌نماید. این اختلاف در خصوص مصرف سایر حامله‌ای انرژی (سوخت‌های فسیلی) نیز برقرار می‌باشد. علاوه‌بر آن شرایط بهره‌برداری از

ساختمان‌های اداری و مسکونی و پروفایل کاری آنها بسیار متفاوت بوده و به‌دلیل تضاد در ماهیت مالکیت‌های آنها (مالکیت شخصی در ساختمان‌های مسکونی و مالکیت غیرشخصی در ساختمان‌های اداری) رفتار مصرفی افراد حاضر در آنها نیز بسیار متفاوت می‌باشند. بدین‌ترتیب لزوم مجزا بودن فرآیندهای تدوین معیار مصرف و برچسب انرژی برای ساختمان‌های با کاربری‌های مختلف کاملا بدیهی به نظر می‌رسد. با توجه به وضعیت نابسامان مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری کشور و امکان کنترل راحت‌تر این ساختمان‌ها از طریق اعمال قوانین و دستورالعمل‌های دولتی، اعمال این مهم در این دسته از ساختمان‌ها در اولویت تدوین معیار مصرف و برچسب انرژی قرار دارد (Nikfitrat et al., 2018).

میزان واقعی سرانه مصرف ایران در مقایسه با سایر کشورهای جهان بالا است و این میزان بالاتر از حد استاندارد تعیین شده برای کشور گزارش شده است. شهر تهران به عنوان پایتخت ایران به‌دلیل داشتن موقعیت سیاسی، اقتصادی، اجتماعی خاص و دارا بودن جمعیت بیشتر از سایر کلان‌شهرهای کشور سهم زیادی در مصرف انرژی و اتلاف آن در ساختمان‌های اداری را به خود اختصاص داده است (Ninozade, 2019).

شهرداری تهران به عنوان اصلی‌ترین ارگان مدیریت شهری، ساختمان‌های فراوانی را در اختیار دارد و مصرف انرژی در این ساختمان‌ها، علاوه بر تاثیر بر افزایش آلاینده‌های محیطزیستی، هزینه‌های هنگفتی را به این مجموعه تحمیل می‌کند (Heydarzade et al., 2013). با توجه به اسناد بالادستی و الزامات قانونی مانند قانون اصلاح الگوی مصرف و برنامه سوم شهرداری تهران، مدیریت مصرف انرژی به‌صورت جدی توسط اداره کل محیطزیست و توسعه پایدار در ساختمان‌های تحت پوشش مناطق ۲۲ گانه و برخی ساختمان‌های ستادی در حال پیگیری و اجرا است و با اتخاذ سیاست‌های اجرایی در زمینه مدیریت مصرف انرژی، تدوین برنامه اجرایی و همچنین اجرای طرح‌های جامع از جمله بهینه‌سازی مصرف منابع (آب، برق، گاز) در ساختمان‌های شهرداری تهران، ممیزی ساختمان و تعیین نقاط هدر رفت انرژی و اجرای راهکارهای موثر سعی شده تا در کاهش هزینه‌های اقتصادی و ارتقای کیفیت بهره‌وری انرژی موثر باشد(Hesami, 2019).

طی سال‌های گذشته در کشورمان استانداردهای مختلفی مرتبط با برخی مولفه‌های مصرف انرژی در ساختمان تدوین شده است. مهمترین این استانداردها، مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان کشور می‌باشد که به طور کامل دستورالعمل‌های مربوط به پوسته خارجی ساختمان به عنوان مهمترین بخش قابل توجه در ساختمان‌های مرجع را در برمی‌گیرد. همچنین استانداردها و برچسب‌های انرژی مربوط به برخی متعلقات سیستم‌های سرمایش و گرمایش و تجهیزات اداری و غیراداری ساختمان‌ها طی سال‌های گذشته برای تجهیزات مرسوم در سطح کشور تهیه و به روز شده‌اند. علاوه‌بر آن، برچسب انرژی برای لامپ‌ها و بالاست‌های روشنایی تهیه گردیده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مهمترین مزیت استانداردها و برچسب‌های انرژی تدوین شده در سطح کشور، سازگاری آنها با تجهیزات و مصالح مصرفی در داخل کشور و واقعی بودن آنها برای شرایط مذکور می‌باشد (Kordjamshidi, 2019).

تفاوت‌های عملی بین برچسب‌دهی انرژی وسایل برقی و گازی و ساختمان‌ها وجود دارد. محدودیت‌هایی در برچسب‌دهی انرژی ساختمان‌ها در راستای تاثیرپذیری آنها وجود دارد که سبب می‌گردد تا برچسب انرژی ساختمان‌ها توسط کارشناسان متخصص و با تجربه حوزه انرژی و با استفاده از تجهیزات آزمایشگاهی قابل حمل و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی ساختمان انجام پذیرد. به‌دلیل این که هر ساختمان منفرد است، تولید برچسب دقیق نیازمند بررسی‌های دقیقی است که هزینه‌بر بوده، در صورتی که برای محصولات به‌دلیل این که تولید انبوه است بررسی‌ها فقط برای یک محصول انجام و به بقیه تعمیم داده می‌شود. ویرایش اول استاندارد برچسب انرژی ساختمان در سال ۱۳۹۰ و در دو بخش استاندارد برچسب انرژی ساختمان‌های مسکونی به شماره ISIRI 14253 و استاندارد برچسب انرژی ساختمان‌های غیرمسکونی به شماره ISIRI 14254 تدوین و منتشر گردید (Naderimahabadi, 2013). این استاندارد هم ساختمان‌های موجود و هم ساختمان‌های جدیدالاحداث را در بر می‌گرفت. بعد از آن در سال ۱۴۰۱ مجددا استاندارد برچسب انرژی ساختمان بازنگری گردید و دامنه شمول آن فقط ساختمان‌های موجود می‌باشد و ساختمان‌های جدیدالاحداث براساس دسته‌بندی موجود در مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان به سه گروه مشتمل بر ساختمان‌های منطبق با ضوابط مبحث ۱۹ با نام اختصاری EC و ساختمان‌های کم مصرف EC^{+} و ساختمان‌های بسیار کم مصرف EC^{++} تقسیم می‌گردند (Hesami and Mollaei, 2024).

این تحقیق برای اولین بار در سطح شهر تهران در حوزه تعیین رده مصرف انرژی در ساختمان‌های اداری با هدف تعیین میزان اثر بخشی برنامه‌های محیط‌زیست شهرداری تهران در حوزه بهینه‌سازی مصرف انرژی اقدام به بررسی و مقایسه میزان مصارف آب و انرژی در سال ۱۴۰۲ و ۱۴۰۱ در ساختمان‌های تحت پوشش شهرداری تهران شده است. سپس عملکرد این ساختمان‌ها در بخش بهینه‌سازی مصرف انرژی و منابع مورد ارزیابی قرار گرفته و پس از ارزیابی رتبه انرژی ساختمان‌ها (برچسب انرژی) بر اساس استاندارد ۱۴۲۵۴، در نهایت میزان کاهش مصرف انرژی کل ساختمان‌های شهرداری تهران و تاثیر آن در بهبود شرایط محیط‌زیست بررسی شد.

پیشینه پژوهش

بر اساس اطلاعات مندرج در سایت «مدیریت اطلاعات انرژی» دپارتمان انرژی آمریکا، متوسط سالیانه مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان‌های مسکونی این کشور در سال ۲۰۲۳ برابر با ۷۴ کیلووات ساعت بر مترمربع بوده است. این در حالی است که مقدار متوسط شاخص مذکور برای ساختمان‌های اداری این کشور برابر با ۲۰۳ کیلووات ساعت بر مترمربع ارائه شده است. همچنین متوسط مصرف انرژی الکتریکی ساختمان‌های مسکونی و تیپ متوسط ساختمان‌های اداری سیستم تهویه مطبوع در کشور انگلستان به ترتیب برابر با ۳۸ و ۲۲۶ کیلووات ساعت بر مترمربع تعیین شده است. علاوه‌بر آن متوسط سالیانه کل مصرف انرژی تحویلی در ساختمان‌های مسکونی و اداری کشور آمریکا به‌ترتیب برابر با ۱۳۰ و ۳۷۰ کیلووات ساعت در سال بر مترمربع ذکر شد (Vandenbogaerden et al., 2023).

در راستای تعهدات اتحادیه اروپایی در کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، مقررات و استانداردهایی در خصوص ساختمان‌سازی در کشورهای عضو این اتحادیه تدوین و طی سالیان متعدد مورد بازنگری قرار گرفته‌اند (Mamak et al., 2021). یکی از مهمترین دستورالعمل‌های تهیه شده در راستای کاهش و بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌ها که در سال ۲۰۰۲ توسط پارلمان اروپا تهیه گردیده، دستورالعمل 2002/91/ EC می‌باشد. این دستورالعمل، کشورهای عضو را موظف به رعایت حداقل‌هایی در خصوص عملکرد ساختمان‌ها از نقطه نظر مصرف انرژی نموده است. در ۱۶ دسامبر سال ۲۰۰۲ دستورالعملی با عنوان کارایی انرژی ساختمان (EPBD) در اتحادیه اروپا تصویب شد و از تاریخ ۴ ژانویه سال ۲۰۰۳ اجباری گردید (D.agostino et al., 2022).

مقرارت ساختمان‌سازی برای انگلستان و ولز در دو بخش ساختمان‌های مسکونی و ساختمان‌های غیرمسکونی تدوین شده‌اند. با توجه به این قوانین بایستی در ساختمان‌سازی، چهار معیار نرخ تولید CO_2، مشخصات عملکردی سیستم‌های تاسیساتی و عایق‌کاری، تعبیه سیستم‌های تهویه مطبوع و حداقل رساندن نرخ مصرف انرژی رعایت شود (Pallis et al., 2021). بررسی وضعیت برچسب انرژی ساختمان‌های بریتانیا نیز نشان می‌دهد که هر چند در شرایط اقلیمی مختلف آن با توجه به قوانین موجود، بازه‌بندی‌های مختلفی در برچسب مذکور مورد استفاده قرار می‌گیرند؛ اما قالب کلی آنها تقریبا یکسان می‌باشند. مهمترین بخشی که در همه این شکل‌های ظاهری برچسب وجود دارد، مقیاس عملکرد کلی ساختمان از نظر مصرف انرژی است که از رده A تا رده G را با خطوط رنگی مشخص نموده و بعضا دارای زیررده‌های رنگی نیز در هر رده می‌باشد (Renuka et al., 2023).

در راستای اجرای تعهدات دستورالعمل EC2002/91 پارلمان اروپا، کشور فرانسه نیز مانند بسیاری از کشورهای عضو اتحادیه اروپا اقدام به تهیه برچسب انرژی برای ساختمان‌ها نموده است. در برچسب انرژی ساختمان‌های این کشور یک رده‌بندی جداگانه نیز برای میزان تولید سالیانه CO_2 به ازای واحد زیربنای ساختمان‌ها بر حسب مترمربع ارائه شده است (Aleksander et al., 2021).

با توجه به قوانین استانی کشور آلمان بیش از ۳۰ نوع برچسب انرژی محلی و منطقه‌ای برای ساختمان‌های موجود تهیه گردیده که هر یک در نوع جمع‌آوری داده، متدولوژی مورد استفاده و اهداف موردنظر متفاوت از سایرین بوده‌اند. اما از سال ۲۰۰۲ با توجه به قوانین جدید ارائه شده توسط اتحادیه اروپا، برچسب واحدی در سطح این کشور جایگزین گردیده است (Elenanikola et al., 2021).

در برچسب انرژی ساختمان‌های کشور ایتالیا، بازه‌بندی رده‌های مصرف انرژی برای مناطق مختلف اقلیمی به‌صورت جداگانه تدوین شده است. طبقه‌بندی ساختمان‌ها در این برچسب از رده A تا رده G است که A مربوط به کمترین و G مربوط به بیشترین شاخص‌های مصرف انرژی می‌باشند (Baglivio et al., 2023).

کشور سوئد از نظر شرایط اقلیمی به دو منطقه اساسی شمالی و جنوبی تقسیم می‌شود که مقررات موجود برای هر منطقه متفاوت می‌باشد (Elenanikola et al., 2021).

سازمان منابع‌طبیعی کانادا، استانداردهای مربوط به ساختمان‌ها را در دو قالب ساختمان‌های مسکونی و غیرمسکونی دسته‌بندی کرده و دستورالعمل‌های مربوطه را ارائه نموده است. ظاهر بخش رده‌بندی این برچسب شبیه به برچسب طیف پیوسته ساختمان‌ها در آلمان می‌باشد، با این تفاوت که به‌جای طیف رنگی از طیف تکرنگ استفاده شده است (Paris et al., 2021).

در سال ۱۹۷۴ برای نخستین بار در کشور آمریکا، استاندارد مصرف انرژی برای ساختمان‌ها در ایالت کالیفرنیا تهیه گردید. پس از آن به منظور گسترش استانداردسازی به ایالات دیگر و تدوین یک استاندارد مناسب کلی، استاندارد ملی این کشور (به‌صورت اختیاری و نه اجباری) تدوین شد که هر چند سال یک بار مورد بازنگری قرار می‌گیرد. با توجه به قوانین فدرال در آمریکا هر ایالت مختار است استاندارد ویژه خود را داشته باشد. با وجود اختیاری بودن استاندارد ساختمان، در حال حاضر کلیه ایالات در آمریکا از استاندارد مصرف انرژی ساختمان‌ها بهره می‌برند. بر اساس نتایج موجود، دو استاندارد ملی ساختمان در آمریکا وجود دارند که در ایالات مختلف از آنها استفاده می‌شود. استاندارد اول، استاندار بین‌المللی کاهش مصرف انرژی (IECC) و استاندارد دوم مربوط به انجمن مهندسان گرمایش، تبرید و تهویه مطبوع آمریکا می‌باشد. هر چند که تهیه برچسب انرژی برای تجهیزات انرژی‌بر داخل ساختمان‌ها از برنامه‌های اصلی ایالات مختلف آمریکا بوده است، اما تدوین برچسب انرژی برای ساختمان‌ها کاری نسبتا جدیدتر می‌باشد (Fakaides et al., 2024).

همچنین آژانس ملی حفاظت از محیط‌زیست آمریکا (EPA) برنامه مشابهی برای ساختمان‌ها داشته است. بر این اساس یک ساختمان مسکونی نوساز جهت دریافت Star Energy باید دو شرط را ارضا نماید. شرط اول این است که حداقل ۳۰ درصد از استاندارد مدل‌سازی انرژی سال ۱۹۹۳ این موسسه، پربازده‌تر باشد و شرط دوم این که حداقل ۱۵ درصد از استاندارد انرژی ایالتی که در آن قرار دارد، پربازده‌تر باشد. برای ساختمان‌های موجود (غیرنوساز) نیز برنامه‌هایی برای دریافت Star Energy وجود دارد که منوط به ارتقای سطح کیفی سیستم‌های گرمایش و تهویه مطبوع ساختمان می‌باشد (Fakaides et al., 2024).

علاوه‌بر EPA، انجمن ساختمان سبز ایالات متحده نیز برنامه‌ای با عنوان مدیریت در طراحی انرژی و محیط‌زیستی ساختمان پیاده نموده است. این برنامه تنها بر عملکرد ساختمان از نظر مصرف انرژی ۳ متمرکز نشده و بر جنبه‌های دیگر نظیر زیبایی و سازگاری با محیط‌زیست نیز توجه دارد. برای دریافت نشان LEED یک ساختمان علاوه‌بر مطابقت با نیازمندی‌های جنبی ذکر شده باید با آخرین استاندارد انرژی ASHRAE نیز مطابقت داشته باشد. همچنین لازم به ذکر است که در صورت دارا بودن بازده بیشتر از حداقل‌های تعیین شده در این استاندارد، ساختمان حتی امتیازهای اضافی نیز دریافت می‌نماید (Carvalho et al., 2024).

در حال حاضر در استرالیا برای ارزیابی مصرف انرژی ساختمان‌ها و رده‌بندی آنها دو استاندارد وجود دارند. استاندارد اول، استاندارد ستاره سبز و استاندارد دوم، استاندارد سیستم ملی رده‌بندی ساختمان‌های استرالیا است که به اختصار Energy NABERS نامیده می‌شود. استاندارد اخیر در گذشته تحت عنوان ABGR شناخته می‌شد. Star Green یک سیستم شناخته شده برای رده‌بندی ساختمان‌ها در استرالیاست که توسط انجمن ساختمان سبز استرالیا (GBCA) تهیه گردیده است. در این استاندارد کارایی بالقوه یک ساختمان (شرایط طراحی و نه واقعی ساختمان) مورد امتیازدهی قرار گرفته و با توجه به امتیاز کسب شده، در محدوده ۱ تا ۶ ستاره به ساختمان تعلق می‌گیرد. علی‌رغم شهرت زیاد استاندارد مذکور، از آنجایی که مبنای آن بر پایه کارایی پیش‌بینی شده ساختمان در مرحله طراحی (و نه بر مبنای وضعیت آن پس از ساخته شدن) می‌باشد، ابزاری مناسب برای رده‌بندی ساختمان‌ها نمی‌باشد (Pegliaro et al., 2021). استاندارد Energy NABERS برخلاف Star Green مصرف انرژی واقعی ساختمان را در حالت عملکردی آن ملاک سنجش قرار می‌دهد. در این استاندارد پارامتر مورد استفاده جهت سنجش مشخصه‌های مصرف انرژی ساختمان بر مبنای واحد سطح آن ارائه می‌گردد. روش اجرای کار بر مبنای اندازه‌گیری بازده انرژی ساختمان و استفاده از ضریب تبدیل گلخانه‌ای جهت وارد نمودن اثرات محیط‌زیستی این مصرف، بنا شده است. به منظور برآورد بازده انرژی ساختمان و عملکرد گلخانه‌ای آن در استاندارد مورد بررسی، اطلاعات مربوط به میزان مصرف حامل‌های مختلف انرژی ساختمان در طول ۱۲ ماه سال موردنیاز می‌باشند. پس از تعیین بازده انرژی یک ساختمان و مقایسه آن با معیارهای مدون، تعداد ستاره‌هایی‌که آن ساختمان اخذ می‌نماید تعیین شده و رتبه‌بندی می‌گردد. در استاندارد مذکور تعداد ستاره‌هایی که به یک ساختمان داده می‌شود، بین ۱ تا ۵ بوده و همان‌طوری که اشاره گردید، نحوه رده‌بندی براساس بازده انرژی و عملکرد گلخانه‌ای ساختمان می‌باشد. در نهایت با توجه به تعداد ستاره‌های تعلق گرفته به یک ساختمان، گواهی بهره‌وری انرژی ساختمان صادر می‌گردد (Fakaides et al., 2024).

در ایران یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف انرژی، شرایط اقلیمی و آب‌وهوای منطقه‌ای است که ساختمان در آن قرار دارد. عواملی مانند دمای هوا، تابش خورشید، رطوبت هوا، سرعت باد، این عوامل بر روی میزان مصرف انرژی تاثیر می‌گذارند. ما در کشوری زندگی می‌کنیم که دارای مناطقی با شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد بنابراین تقسیم‌بندی اقلیمی برای تعیین میزان انرژی مصرف ساختمان و تعیین رده‌بندی انرژی لازم است. کامل‌ترین تقسیم‌بندی اقلیمی آب‌وهوای کشور تقسیم‌بندی هشت‌گانه است که با بررسی تغییرات آب‌وهوایی در تابستان و زمستان به‌دست آمده است (inso.gov.ir,1401).

هر اقدامی برای بازدهی بیشتر به‌عنوان مدیریت انرژی شناخته می‌شود که به‌صورت یک اولویت برای تمامی سازمان کاربرد دارد، زیرا به‌صورت قابل‌توجهی پتانسیل صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به‌دنبال خواهد داشت. کاهش کلی استفاده انرژی به‌خصوص مصرف سوخت‌های فسیلی، یعنی قابلیت اطمینان بیشتر، قابلیت دسترسی انرژی و کاهش هزینه‌های عملیاتی، به غیر از اینها از نظر محیط‌زیستی، مدیریت انرژی برابر با پیامدهای اقتصادی است. دراین مقاله به ارزیابی وضعیت مدیریت انرژی در جهت برچسب انرژی ساختمان‌های تحت تملک شهرداری تهران پرداخته شده است. در این راستا سازمان‌های ملی و بین‌المللی در زمینه تدوین استاندارد، اقداماتی در زمینه تهیه استانداردهای سیستم‌های مدیریت انرژی انجام داده‌اند که مهمترین آنها، استانداردANSI/MSE 2000 استاندارد اروپایی EN16001 و استاندارد بین‌المللی ISO50001 می‌باشد و همچنین در کشور ایران مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان، استاندارد ۱۴۲۵۳ و ۱۴۲۵۴ به عنوان استانداردهایی معتبر در زمینه طراحی و اجرای ساختمان‌ها و همچنین رتبه‌بندی ساختمان‌ها محسوب می‌گردد.

مواد و روش‌ها

بررسی اطلاعات عملکردی ساختمان‌های تحت پوشش شهرداری تهران در این پژوهش در دو بخش ساختمان‌های تحت پوشش مناطق ۲۲ گانه و ساختمان‌های ستادی شهرداری تهران صورت پذیرفته است. بر این اساس ۴۵۸ ساختمان اداری در بین مناطق ۲۲ گانه و ۳۸ ساختمان ستادی با میانگین قدمت بالای ۱۵ سال مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

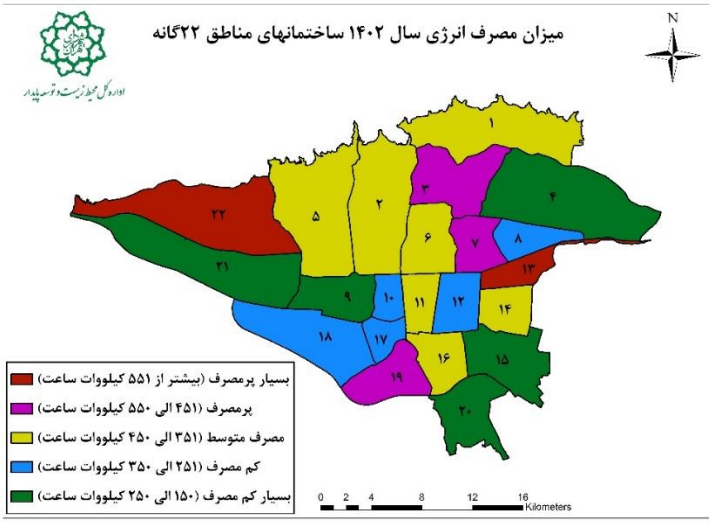
به منظور بررسی میزان مصارف و تعیین سرانه مصرف، اطلاعات مورد نیاز از طریق قبوض برق و گاز از کلیه ساختمان‌های معرفی شده توسط مناطق ۲۲ گانه و ساختمان‌های ستادی در دو سال متوالی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اخذ گردید و عملکرد مناطق در حوزه مصرف حامل‌های انرژی و آب در دو سال مذکور، تحلیل گردید (Egwunatum et al., 2016). سپس بر اساس استاندارد ۱۴۲۵۴ رتبه انرژی ساختمان‌ها محاسبه شد و در نهایت عملکرد کلی مصرف انرژی در دو سال ۱۴۰۲ و سال ۱۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌های موجود بر اساس نتایج عملکردی مجموع ساختمان‌های قرار گرفته در هر منطقه طراحی شده است و وضعیت نهایی مجموع ساختمان‌های واقع شده در هر منطقه را در حوزه مصارف انرژی و برچسب انرژی بیان می‌کند.

- **بررسی وضعیت ساختمان‌های مورد ارزیابی**

از مجموع ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی در این تحقیق ۴۵۸ ساختمان تحت تملک مناطق ۲۲ گانه و ۳۸ ساختمان ستادی هستند و میانگین قدمت این ساختمان‌ها بالای ۱۵ سال می‌باشد. کل زیربنای ساختمان‌ها حدود ۹۱۶۸۸۸ مترمربع (۱۲۸۹۷۹ مترمربع متعلق به ساختمان‌های ستادی و ۷۸۷۹۰۹ متر مربع آن متعلق به مناطق ۲۲ گانه) با مجموع پرسنل شاغل ۲۹۷۴۴ نفر در ۴۹۶ ساختمان تحت پوشش پروژه اصلاح الگوی مصرف انرژی و منابع در سال ۱۴۰۲ بوده‌اند.

- **عملکرد مناطق ۲۲گانه در حوزه مصرف انرژی**

تحلیل‌ها در حوزه مصرف انرژی نشان می‌دهد مناطق ۴، ۲۰، ۱۵، ۹، و ۲۱ از مشترکین کم مصرف، مناطق ۸، ۱۸، ۱۷، ۱۰، ۱۲ از مشترکین معمولی، مناطق ۲، ۱، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۶ و ۵ از مشترکین با مصرف متوسط، مناطق ۳، ۱۹ و ۷ جز مشترکین با مصرف بالا و مناطق ۱۳ و ۲۲ جزو مشترکین پر مصرف محسوب می‌شوند. در نقشه ذیل سرانه مصرف انرژی در ساختمان‌های تحت پوشش به تفکیک مناطق ۲۲گانه نمایش داده شده است.



شکل ۱. میزان مصرف انرژی در ساختمان‌ها به تفکیک مناطق ۲۲ گانه

- **تعیین رده مصرف انرژی ساختمان‌های تحت پوشش**

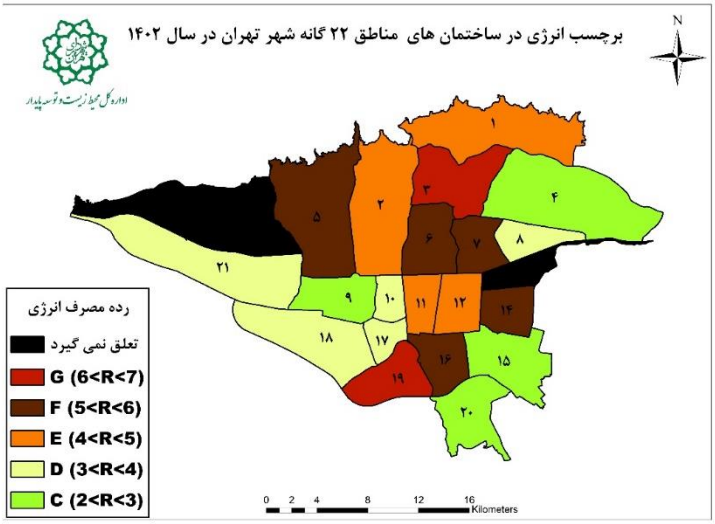
برچسب انرژی ساختمان‌های اداری (ساختمان‌های غیرمسکونی) شهرداری تهران مطابق استاندارد ملی با کد ISIRI 14254 تعیین شده است. یکی از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر میزان مصرف انرژی، شرایط اقلیمی و آب‌وهوای منطقه‌ای است که ساختمان در آن قرار دارد. عواملی مانند دمای هوا، تابش خورشید، رطوبت هوا، سرعت باد و ... بر روی میزان مصرف انرژی تاثیر می‌گذارند. شهر تهران مطابق با جدول استاندارد تقسیم‌بندی اقلیمی مناطق ایران جز مناطق با اقلیم نیمه خشک شناخته می‌شود.

بر اساس نتایج به‌دست آمده مناطق ۴، ۹، ۱۵ و ۲۰ دارای رتبه C در رده‌بندی مصرف انرژی، مناطق ۸، ۱۰، ۱۷، ۱۸ و ۲۱ دارای رتبه D در رده‌بندی مصرف انرژی، مناطق ۱، ۲، ۱۱و ۱۲ دارای رتبه E ، مناطق ۵، ۶، ۷، ۱۴و۱۶ دارای رتبه F، ساختمان‌های مناطق ۳ و ۱۹ دارای رتبه G و به مناطق ۱۳ و ۲۲ نیز برچسب مصرف انرژی تعلق نگرفته است. به عبارتی از مجموع ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی در سال ۱۴۰۲ به ۹۷ ساختمان برچسب انرژی C، ۹۴ ساختمان برچسب انرژی D، ۹۲ ساختمان برچسب انرژی E، ۱۰۳ ساختمان برچسب انرژی F، ۶۱ ساختمان برچسب انرژیG تعلق گرفته است و به ۴۹ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفته است در حالی که در سال ۱۴۰۱ به ۴۵ ساختمان برچسب انرژی D، ۱۳۱ ساختمان برچسب انرژی E، ۱۴۴ ساختمان برچسب انرژی F، ۱۳۴ ساختمان برچسب انرژی G تعلق گرفته است و به ۴۲ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفت.

مطابق با استاندارد برچسب انرژی در ساختمان‌های غیرمسکونی، رده C، D و E ساختمان‌های کارآمد و رده F و G، ساختمان‌هایی هستند که مطابق با مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان ساخته شده‌اند، یعنی حداقل بهینه‌سازی در آنها رعایت شده است.

- **بررسی وضعیت میزان مصارف انرژی و منابع در ساختمان‌های ستادی شهرداری تهران**

جدول (۱) به مقایسه عملکرد ساختمان‌های ستادی شهرداری تهران در مصرف انرژی و منابع در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ پرداخته است. در این بررسی در مجموع ۳۸ ساختمان ستادی، مصرف انرژی در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۲ کاهش ۸ درصدی داشته است. در مجموع اقدامات بهینه‌سازی انجام شده در این ساختمان‌ها منجر به ارتقا رتبه انرژی ساختمان‌های ستادی از رتبه G به رتبه D است.



شکل۲. عملکرد مصرف انرژی در ساختمان‌های مناطق۲۲گانه مطابق با برچسب انرژی

جدول ۱. اقدامات و دستاوردهای ساختمان‌های ستادی در حوزه بهینه‌سازی مصرف انرژی و منابع

نسبت انرژی	میزان مصرف انرژی ساختمان نسبت به ساختمان ایده‌آل (R)	۳/۹۲	
شاخص مصرف انرژی	(بر حسب کیلووات ساعت بر متر مربع در سال)	۲۹۰/۴۲۹	
کاربری	اداری		
موقعیت مکانی	ساختمان‌های ستادی شهرداری تهران		
اقلیم	بر اساس تقسیم‌بندی ۸ گانه	نیمه خشک	
تعداد ساختمان تحت پوشش	۳۸		
زیر بنای کل	۱۲۸۹۷۹		
تعداد پرسنل	۵۰۱۵		

مجموعه دستاوردهای بهینه‌سازی در سال ۱٤۰۲	
میزان مصرف در سال ۱٤۰۲	برق (کیلووات ساعت): ۱۲۸۹۷۹ گاز (متر مکعب): ۱۰۶۷۸۹۳
تغییرات مصرف انرژی نسبت به سال قبل	۷/۷۳درصد کاهش
سرانه مصرف در سال ۱٤۰۲	برق: ۷۹/۳۱ گاز: ۸/۲۸
تغییرات سرانه مصرف در سال ۱٤۰۲ نسبت به ۱٤۰۱	برق: ۲/۷۳ درصد کاهش گاز: ۷/۳۳ درصد کاهش
تاثیر در انتشار CO_2 ناشی از مدیریت انرژی	بهینه‌سازی : ۲۱۸ تن کاهش

- **بررسی وضعیت میزان مصارف انرژی و منابع در ساختمان‌های شهرداری تهران**

میزان مصارف برق و گاز با توجه به مقادیر ارائه شده در سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ در مجموع ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی در پروژه اصلاح الگوی

مصرف در جدول (۲) نشان داده شده است. منظور از ساختمان‌های تحت پوشش، ۴۵۸ ساختمان تحت تملک شهرداری مناطق ۲۲گانه و ۳۸ ساختمان ستادی شهرداری تهران است.

نتایج به‌دست آمده از مقایسه مقادیر سرانه مصرف حامل‌های انرژی در مجموع ساختمان‌های تحت پوشش مناطق ۲۲ گانه نشان می‌دهد که در حوزه مصرف برق دارای افزایش ۵ درصدی و در حوزه مصرف گاز کاهش سرانه ۱۳ درصدی داشته است. در ساختمان‌های ستادی شهرداری تهران نیز روند کاهشی در سرانه برق و گاز در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ رخ داده است. به عبارتی، کاهش۳ درصدی در سرانه مصرف برق و کاهش ۷ درصدی در سرانه مصرف گاز در بازه زمانی مذکور مشاهده می‌شود. در نهایت در ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی شهرداری تهران تغییرات سرانه در میزان مصرف بر در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱، ۴ درصد افزایش و سرانه مصرف گاز ۱۲ درصد کاهش داشته است.

جدول ۲. مقایسه سرانه مصرف کل ساختمان‌های شهرداری تهران در سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲

	حامل‌های انرژی و منابع	سرانه مصرف		درصد تغییرات سرانه
		۱۴۰۲	۱۴۰۱	
		سرانه مصرف	سرانه مصرف	
ساختمان‌های مناطق ۲۲گانه	برق	۵۹/۷۶	۵۷/۱۲	٤/٦٣
	گاز	۱۱/۸۰	۱۳/۵۵	-۱۲/۸۹
	حامل‌های انرژی و منابع	سرانه مصرف		درصد تغییرات سرانه
		۱۴۰۲	۱۴۰۱	
		سرانه مصرف	سرانه مصرف	
ساختمان‌های ستادی	برق	۷۹/۳۱	۸۱/۵۳	-۲/۷۳
	گاز	۸/۲۸	۸/۹۳	-۷/۳۳
	حامل‌های انرژی و منابع	سرانه مصرف		درصد تغییرات سرانه
		۱۴۰۲	۱۴۰۱	
		سرانه مصرف	سرانه مصرف	
مجموع ساختمان‌ها	برق	۷۲/۳۱	٦٩/٦٨	۳/۸۰
	گاز	۱۳/۱۲	۱٤/۹۲	-۱۲/۱٤۰

- **بررسی تاثیرات محیط‌زیستی و اقتصادی بهینه‌سازی مصرف انرژی و منابع در ساختمان‌های شهرداری تهران**

کاهش مصرف انرژی به میزان ۱۰.۳۱۳.۹۹۲ کیلووات ساعت در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در سطح شهرداری تهران منجر به کاهش ۷۸۳۸ تن انتشار گاز CO_2 از دستاوردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های شهرداری تهران است.

به‌علاوه با توجه به انواع کاربری ساختمان و متغیر بودن تعرفه‌های برق و گاز در این ساختمان‌ها، با استفاده از تعرفه میانگین میزان کاهش هزینه‌ها قابل محاسبه است. از آنجایی که ۷۰ درصد از ساختمان‌ها تحت پوشش کد تعرفه (الف ۱– ۲) و ۳۰ درصد آنها تعرفه سایر مصارف کد ۱–۵ را دارند، با احتساب ارزش افزوده، دیماند و ضریب تعدیل میانگین رقمی ۷۷۷ تومان به ازای کاهش هر کیلووات ساعت برق در نظر گرفته شده است. در واقع با کاهش ۵ درصدی در میزان مصرف انرژی، میزان کاهش هزینه صورت گرفته در ۴۹۶ ساختمان تحت پوشش در قسمت حامل‌های انرژی معادل۸.۰۱۳.۹۷۱.۷۸۴ تومان بوده است (Hesami and Mollaei, 2024)

- **بررسی دلایل افزایش میزان مصرف انرژی و منابع در برخی از ساختمان‌های شهرداری تهران**

از دلایل عمده فنی افزایش مصرف حامل‌های انرژی و منابع (آب، برق و گاز) در مجموع ساختمان‌های تحت پوشش پروژه اصلاح الگوی

مصرف در ساختمان‌های شهرداری تهران می‌توان به عدم توجه کافی به موضوعات محیط‌زیستی به ویژه مسایل مرتبط با مصارف حامل‌های انرژی و منابع در بین پرسنل سازمان، عدم همکاری بین بخشی در بین معاونت‌های خدمات شهری و محیط‌زیست و معاونت مالی و اقتصاد شهری در بحث نگهداشت تجهیزات بهینه‌سازی ساختمان و موتورخانه‌ها اشاره داشت. به‌علاوه در جدول (۳) برخی دلایل جزئی افزایش مصرف در ساختمان‌ها در سه حوزه آب، برق و گاز ارائه شده است (Hesami and Mollaei, 2024).

جدول ۳. دلایل افزایش مصارف در ساختمان‌های شهرداری تهران در سال‌های ۱٤۰۱ و ۱٤۰۲

حامل‌های انرژی و منابع	دلایل
برق	استفاده از لامپ‌های رشته ای عدم داشتن برنامه منظم جهت سرویس و نگهداری از تجهیزات سرمایشی موتورخانه‌ها اضافه نمودن تجهیزات برقی از جمله کولر گازی و بخاری برقی
گاز	عدم عایق‌بندی لوله‌ها، اتصالات و دیگ در موتورخانه فرسوده بودن موتورخانه مانند اتصالات، لوله‌ها، پمپ‌ها، مشعل‌ها و دیگ ها بهره‌وری پایین تجهیزات گازسوز

- **اقدامات کلی انجام شده در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی و منابع**

شهرداری تهران با رویکرد کاهش مصرف حامل‌های انرژی و منابع در ساختمان‌ها به منظور دستیابی به کاهش ۱۰ درصدی مصرف انرژی در مجموعه شهرداری تهران اقدامات متعددی را در سه حوزه مصرف آب، برق و گاز به انجام رسانیده که به برخی از آنها به‌صورت اجمالی در ذیل اشاره می‌گردد.

جدول ٤. اقدامات اجرایی در راستای کاهش مصرف حامل‌های انرژی و منابع در ساختمان‌های شهرداری تهران

حامل‌های انرژی و منابع	اقدامات
برق	هوشمندسازی سیستم روشنایی استفاده از تجهیزات خورشیدی جهت تامین برق بخشی از ساختمان‌ها نصب سیستم کنترل هوشمند سرمایشی در موتورخانه ساختمان‌ها حذف لامپ‌های پرمصرف و جایگزینی لامپ‌های کم مصرف نظیر لامپ‌های LED، T8 و ... در صورت وجود بیش از یک آسانسور، تفکیک آسانسورها جهت توقف در طبقات زوج و فرد اصلاح بهای قدرت تمام شده متناسب با مصرف ساختمان پیگیری در راستای انجام مصوبات تفاهم‌نامه منعقده با وزارت نیرو در راستای کاهش مصرف برق در اماکن عمومی و ساختمان‌ها به‌ویژه ساختمان‌های متعلق به شرکت مترو
گاز	به‌روزرسانی سیستم‌های کنترل هوشمند در موتورخانه‌ها معاینه‌فنی موتورخانه‌ها و عایق‌کاری اجزای موتورخانه نصب درهای ورود و خروج اتوماتیک استفاده از شیر ترموستاتیک جهت تنظیم رادیاتورها انجام تعمیرات و بهبود وضعیت چیلرهای جذبی هواگیری پایانه‌های حرارتی

تجهیز ۲۲۶ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند گرمایشی، ۳۲ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند سرمایشی و ۲۱ ساختمان به سیستم کنترل رادیویی پایانه‌های دمنده‌دار و ۴۰۰ ساختمان دارای گواهی معاینه فنی موتورخانه، انجام ممیزی تفصیلی انرژی ۲۵۳ ساختمان و اقدام در راستای پیاده‌سازی نظام مدیریت سبز در ۴۸ ساختمان شهرداری تهران منجر به کاهش مصارف شده است.

شایان ذکر است از دلایل مهم دیگر کاهش سرانه مصرف انرژی و منابع در ۴۹۶ساختمان مورد بررسی شهرداری تهران در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱، می‌توان به سختگیری و نظارت بر اجرای بهینه ابلاغیه‌های فراسازمانی نظیر، نامه دبیرشورای اداری استانداری تهران مبنی بر کاهش مصرف آب تا ۳۰ درصد و بخشنامه دفتر فنی، امور عمرانی، حمل و نقل و ترافیک استانداری تهران در خصوص تامین دمای ساختمان تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد اشاره نمود. همچنین باید توجه داشت با مدیریت مصرف در زمان اوج بار، استفاده از راهکارهای بهینه‌سازی در راستای کاهش مصرف انرژی و در نهایت استفاده از روش‌های نوین هوشمندسازی ساختمان‌ها، می‌توان تا حد زیادی به بهبود رتبه انرژی ساختمان‌ها در شهرداری تهران کمک نمود (Renata et al., 2023).

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در مجموع در ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی شهرداری تهران (۳۸ ساختمان ستادی و ۴۵۸ ساختمان تحت تملک مناطق ۲۲ گانه) در سال ۱۴۰۲، ۸۳۴۵۸۹۳۴۰۰۲ کیلووات ساعت برق و ۱۰۶۸۶۵۲۱ متر مکعب گاز مصرف شده است و در سال ۱۴۰۱ این میزان برای برق ۵۸۳۸۴۴۷۸ کیلووات ساعت و برای گاز ۱۲۵۰۷۴۰۳مکعب بوده است. بر این اساس تغییرات سرانه در میزان مصرف برق در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱، ۴ درصد افزایش و سرانه مصرف گاز ۱۲ درصد کاهش داشته است که در مجموع منجر به کاهش ۵ درصدی در سرانه مصرف انرژی شده است.

کاهش مصرف برق به میزان ۱۰.۳۱۳.۹۹۲کیلووات ساعت در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی در سطح شهرداری تهران منجر به کاهش ۷۸۳۸ تن انتشار گاز CO_2 از دستاوردهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در ساختمان‌های شهرداری تهران است. به‌علاوه میزان کاهش هزینه صورت گرفته در ۴۹۶ ساختمان تحت پوشش در قسمت حامل‌های انرژی معادل۸.۰۱۳.۹۷۱.۷۸۴ تومان بوده است.

در مجموع ۳۸ ساختمان‌ستادی شهرداری تهران روند کاهشی در سرانه مصرف برق و گاز در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ مشاهده شده است. به عبارتی کاهش ۳ درصدی در سرانه مصرف برق و کاهش ۷ درصدی در سرانه مصرف گاز در بازه زمانی مذکور به‌دست آمده است. اقدامات صورت گرفته منجر به اثربخشی مثبت و ارتقا رتبه انرژی ساختمان‌ها از رتبه G در سال ۱۴۰۱ به رتبه انرژیD در سال ۱۴۰۲ شده است.

نتایج به‌دست آمده از مقایسه مقادیر سرانه مصرف حامل‌های انرژی در ۴۵۸ ساختمان تحت پوشش مناطق ۲۲گانه نشان می‌دهد که مصرف برق دارای افزایش سرانه ۵ درصدی و در حوزه مصرف گاز کاهش سرانه ۱۳ درصدی مشاهده می‌شود. مناطق ۹، ۲۰ و ۸ کمترین سرانه مصرف برق و مناطق ۱۲، ۱۵و ۴ کمترین سرانه مصرف گاز را در سال ۱۴۰۲ به خود اختصاص داده‌اند. از سوی دیگر، منطقه ۱۹ بیشترین میزان سرانه مصرف را در بخش برق و منطقه ۲۲ بیشترین سرانه مصرف گاز را در سال ۱۴۰۲ داشته‌اند. مناطق ۴، ۹، ۱۵ و ۲۰ دارای رتبه C در رده بندی مصرف انرژی، مناطق ۸، ۱۰، ۱۷، ۱۸ و ۲۱ دارای رتبه D در رده‌بندی مصرف انرژی، مناطق ۱، ۲، ۱۱و ۱۲ دارای رتبه E، مناطق ۵، ۶، ۷، ۱۴ و ۱۶ دارای رتبه F، ساختمان‌های مناطق ۳ و ۱۹ دارای رتبه G و به مناطق ۱۳ و ۲۲ نیز برچسب مصرف انرژی تعلق نگرفته است. به‌عبارتی از مجموع ۴۹۶ ساختمان مورد بررسی در سال ۱۴۰۲ به ۹۷ ساختمان برچسب انرژی C، ۹۴ ساختمان برچسب انرژی D، ۹۲ ساختمان برچسب انرژی E، ۱۰۳ ساختمان برچسب انرژی F، ۶۱ ساختمان برچسب انرژی G تعلق گرفته است و به ۴۹ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفته است در حالی که در سال ۱۴۰۱ به ۴۵ ساختمان برچسب انرژی D، ۱۳۱ ساختمان برچسب انرژی E، ۱۴۴ ساختمان بر چسب انرژی F، ۱۳۴ ساختمان برچسب انرژی G تعلق گرفته است و به ۴۲ ساختمان برچسب انرژی تعلق نگرفت.

عمده دلایل فنی افزایش مصرف حامل‌های انرژی (برق و گاز) در مجموع ساختمان‌های تحت پوشش پروژه اصلاح الگوی مصرف در ساختمان‌های شهرداری تهران می‌توان به قدمت بالای ساختمان‌ها، عدم توجه کافی به موضوعات محیطزیستی به‌ویژه مسائل مرتبط با مصارف حامل‌های انرژی و منابع در بین پرسنل سازمان، ضعف در تعامل بین بخشی در بحث نگهداشت تجهیزات بهینه‌سازی ساختمان و موتورخانه‌ها اشاره داشت. در این راستا و به منظور تعدیل شرایط فوق اقداماتی صورت گرفته است. از جمله این اقدامات، تجهیز ۲۲۶ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند گرمایشی، ۳۲ ساختمان به سیستم کنترل هوشمند سرمایشی و ۲۱ ساختمان به سیستم کنترل رادیویی

پایانه‌های دمنده‌دار و ۴۰۰ ساختمان دارای گواهی معاینه فنی موتورخانه، انجام ممیزی تفصیلی انرژی ۲۵۳ ساختمان و اقدام در راستای پیاده‌سازی نظام مدیریت سبز در ۴۸ ساختمان شهرداری مناطق ۲۲ گانه است.

طبق بررسی‌های انجام شده علت اصلی افزایش مصرف گاز در سال۱۴۰۲ نسبت به سال قبل، فرسوده بودن تجهیزات موتورخانه‌ها و لوله‌کشی این ساختمان‌ها می‌باشد. با توجه به این موضوع پیشنهاد می‌گردد جهت بهبود رتبه انرژی ساختمان‌ها مواردی چون سختگیری و نظارت بر اجرای بهینه ابلاغیه‌های فراسازمانی، مدیریت مصرف در زمان اوج بار، استفاده از راهکارهای بهینه‌سازی در راستای کاهش مصرف انرژی و در نهایت استفاده از روش‌های نوین هوشمندسازی ساختمان‌ها در اولویت برنامه‌ریزی و اجرا قرار گیرند.

منابع

Elena Nicolae, A., Necula, H., & Carutasiu, B. (2021). Strategies for optimizing energy consumption in buildings, *10International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT* (CIEM).

Fokaides, A., Polycarpou, K., & Kalogirou, S. (2024). The impact of the implementation of the European Energy Performance of Buildings Directive on the European building stock: The case of the Cyprus Land Development Corporation, Journal of Cleaner Production,Volume 411, 20 July 2023, 137345.

Paris Fokaides, A., Polycarpou, K., & Kalogirou, S. (2017).The impact of the implementation of the European Energy Performance of Buildings Directive on the European building stock: The case of the Cyprus Land Development Corporation, Energy Policy, Volume 111, December 2017, Pages 1-8

Baglivo, C., Congedo, P., & Malatesta, N. (2023). Building envelope resilience to climate change under Italian energy policies, Journal of Cleaner Production, Volume 411, 20 July 2023, 137345.

Carvalho, C., Cleto, J., Monteiro, C., Fernandes, J. & Fragoso, R. (2024). Energy Performance Certificates Policy needs and best practices, Fit for 55 package.

D'Agostino, D., Parker, D., Epifani, I., Crawley, D., & Lawrie, L. (2022). How will future climate impact the design and performance of nearly zero energy buildings (NZEBs)?, Energy, Volume 240, 1 February 2022, 122479.

Schito, E., & Lucchi, E. (2023). Advances in the Optimization of Energy Use in Buildings, *Sustainability* 2023, *15*(18), 13541.

Pagliaro, F., Hugony, F., Zanghirella, F., Basili, R., Misceo, M.a, Colasuonno, L., & Del Fatto, V. (2021). Assessing building energy performance and energy policy impact through the combined analysis of EPC data – The Italian case study of SIAPE, *Energy Policy*, *Volume 159*, December 2021, 112609.

Nadri Mahabadi, H., Rizvani, F., Minaei, F., & Nasirif, G. (2013). energy consumption survey and determination of energy labels in 40 office buildings in Tehran, 5th International Conference on Heating, Cooling and Air Conditioning, 7 pages 7081.

Merini, I., Molina-García, A., Socorro García-Cascales, M., Mahdaoui, M., & Mahdaoui, M. (2020). Analysis and Comparison of Energy Efficiency Code Requirements for Buildings: A Morocco–Spain Case Study , *Energies* 2020, *13*(22), 5979.

Vandenbogaerde, L., Verbeke, S., & Audenaert, A. (2023). Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings, *Journal of Building Engineering*, *Volume 76*, 107233.

Dulian, M. (2024). EU Legislation in Progress, European Parliamentary Research Service, 698.901 – January 2024.

Heydarzadeh, M., Hesami, Z., & Mojtahedzadeh, E. (2013). Optimization of energy consumption in office buildings (a case study in Tehran Municipality buildings), Economics and Urban Planning, 4th period, number 16, 74-81.

Shihgar, M. (2016). Ways to optimize energy consumption in buildings, the first international conference on new achievements in science and technology, 12 pages 81.

Kord Jamshidi, M. (2019). Comparison of energy labeling of residential buildings based on two different methods in evaluating the thermal performance of a case sample of residential buildings in Babolsar city, Safeh, period 30, number 89, page 7081-57.

Nekozadeh, M. (2018). Optimization of energy consumption in buildings using building information modeling, the second international conference on building information modeling, 15 pages 7081.

Nik Fitrat, M., Davoudi Azad, H. & Tayibi, M. (2013). Optimizing Energy Consumption in Future Buildings, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development, 11 pages

Mamak, P., kaboni, T., Ballarini, I., & Corrado, V. (2021). Analysing the future energy performance of residential buildings in the most populated Italian climatic zone: A study of climate change impacts, Energy Reports, Volume 7, November 2021, Pages 8548-8560.

Pallis, P., Braimakis, K., Roumpedakis, T., Varvagiannis, E., Karellas, S., Doulos, L., Katsaros, M., & Vourliotis, P. (2021). Energy and economic performance assessment of efficiency measures in zero-energy office buildings in Greece, Building and Environment, Volume 206, December 2021, 10837.

Egwunatum, S., Joseph-Akwara, E., & Akaigwe, R. (2016). Optimizing Energy Consumption in Building Designs Using Building Information Model (BIM), *10International Conference on ENERGY and ENVIRONMENT* (CIEM).

Renuka, S.M., Maharani, C.M., Nagasudha, S., & Raveena, R. (2023).Optimization of energy consumption based on orientation and location of the building, Materialstudy proceedings, 2022, Volume 65, Part 2, 2022, Pages 527-536.

Aleksandar, S., lković, A., Kljajić, M., Kljajić, M., & Macura, D. (2021). Building Energy Performance Certificate—A Relevant Indicator of Actual Energy Consumption and Savings?, *Energies*, *14*(12), 3455.

Hesse, T., & Braungardt, S. (2024). EU 2040 Climate Target: Contributions of the buildings sector. Part 5 of 7 studies on sectoral contributions to the 2040 target, Final report.

Vandenbogaerde, A., Verbeke a b, S., & Audenaert, A. (2023). Optimizing building energy consumption in office buildings: A review of building automation and control systems and factors influencing energy savings, *Journal of Building Engineering , Volume 76*, 1 October 2023, 107233.

hesami, Z., & Mollaei, M. (2024). Report on optimization of energy consumption and resources in buildings of Tehran municipality, 51 pages.

Hesami, Z. (2019). The effectiveness of the implementation of the decree on the modification of the consumption pattern in buildings (a case study of buildings of Tehran municipality), economy and urban planning, first period, first issue, page 52-48.