اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۶ و ۲۷ بهمن ۱۴۰۴ هتل المپیک – تهران

بسم الله الرحمن الرحیم

ارزیابی سیستماتیک ردپای کربن و بهره‌وری انرژی بر اساس استاندارد ایزو ۱–۱۹۶۹۴: مطالعه موردی در یک کارخانه صنایع لبنی

شیرزاد حسن بگی [۱]، مجید نوری کمری[۲]، سید علی افضلی [۳] حامد غفارنژاد اردهائی[۴]، عرفان غلامزاده[۵]

۱- پژوهشگاه استاندارد ایران ، hassanbegi@standard.ac.ir
۲- پژوهشگاه استاندارد ایران ، m.nouri@standard.ac.ir
۳- شرکت اعتماد پژوهش صنعت البرز، afzalienergyestandard@gmail.com
۴- شرکت االعتماد پژوهش صنعت البرز، hamed.71.eng1@gmail.com
۵- دانشگاه علم و صنعت ایران، gholamzadeh.iam.erfan@gmail.com

کدمقاله: EFAB015831171

اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۶ و ۲۷ بهمن ۱۴۰۴ هتل المپیک – تهران
ISC

چکیده: "صنایع غذایی به عنوان یکی از مصرف‌کنندگان عمده انرژی، نقش مؤثری در انتشار گازهای گلخانه‌ای ایفا می‌کنند. مدیریت مؤثر این چالش، نیازمند یک چارچوب استاندارد و قابل اتکا برای اندازه‌گیری و گزارش‌دهی است. هدف این مطالعه، پیاده‌سازی عملی استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۱۹۶۹۴ (تعیین انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع انرژی‌بر) در یک کارخانه تولید لبنیات و تلفیق نتایج آن با شاخص بهره‌وری انرژی موجود در واحد است. در این راستا، مرزهای سازمانی و عملیاتی تعریف و منابع انتشار مستقیم (دامنه ۱) و غیرمستقیم (دامنه ۲) شناسایی شدند. داده‌های فعالیت سال پایه ۱۴۰۳ شامل مصرف ۲،۲۵۴،۹۹۹ مترمکعب گاز طبیعی، ۴،۴۹۲،۶۸۴ کیلووات‌ساعت برق و ۳۴،۰۰۰ لیتر گازوئیل جمع‌آوری گردید. محاسبات انتشار با استفاده از عوامل انتشار مرجع IPCCو شبکه برق ایران انجام شد. یافته‌ها نشان داد کل انتشار کارخانه ۷،۱۵۳،۵ تن معادل دی‌اکسیدکربن است که ٪۸۰ آن سهم احتراق گاز طبیعی (دامنه ۱) و ٪۲۰ سهم مصرف برق (دامنه ۲) می‌باشد. شاخص انتشار ویژه محصول ۳۵۳ کیلوگرم معادل دی اکسید کربن به ازای هر تن محصول محاسبه شد. تحلیل همزمان این نتایج با شاخص بهره‌وری انرژی واحد (۱۵۳،۹۳٪) حاکی از همبستگی قوی بین اتلاف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای و وجود پتانسیل قابل توجه برای بهبود یکپارچه است. این مطالعه نشان می‌دهد استاندارد ایزو ۱-۱۹۶۹۴ ابزاری کارآمد برای شفاف‌سازی و مدیریت ردپای کربن در صنایع غذایی کشور است. در پایان، راهکارهای عملی همسو با اهداف کربن‌زدایی و بهره‌وری انرژی، شامل بهینه‌سازی سیستم‌های حرارتی و سرمایشی، خرید برق سبز و حرکت به سوی سیستم مدیریت یکپارچه انرژی و کربن ارائه شده است. "

کلید واژه‌ها: ردپای کربن، بهره‌وری انرژی، استاندارد ایزو ۱-۱۹۶۹۴، گازهای گلخانه‌ای، صنایع لبنی، سیستم مدیریت انرژی.

مقدمه "تغییر اقلیم به عنوان یکی از چالش‌های حیاتی قرن حاضر، مستقیماً با افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر مرتبط است. در این میان، بخش صنعت و تولید، به ویژه صنایع انرژی‌بری مانند صنایع غذایی و کشاورزی، سهم قابل توجهی در انتشار جهانی این گازها ایفا می‌کنند. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد فعالیت‌های کشاورزی و صنایع غذایی مرتبط، مسئول حدود یک‌سوم از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. از سوی دیگر، تقاضای جهانی برای انرژی، به ویژه انرژی الکتریکی، به سرعت در حال افزایش است که این امر فشار مضاعفی بر زیرساخت‌های انرژی و به تبع آن، بر انتشارات مرتبط وارد می‌سازد. آنچه ضروری است، یک چارچوب استاندارد، شفاف و مبتنی بر علم است که امکان اندازه‌گیری دقیق، پایش مستمر و مدیریت هدفمند ردپای کربن را فراهم آورد. در این راستا، استانداردهای بین‌المللی مانند پروتکل گازهای گلخانه‌ای و استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۱۹۶۹۴ به عنوان سنگ بنای اصلی برای حسابداری و گزارش‌دهی انتشارات در سطح سازمانی مطرح شده‌اند. این استانداردها با تعریف روشمند مرزهای عملیاتی و دسته‌بندی انتشارات به انتشارهای مستقیم (دامنه ۱)، انتشارهای غیرمستقیم ناشی از انرژی (دامنه ۲) و سایر انتشارهای غیرمستقیم زنجیره ارزش (دامنه ۳)، یک زبان مشترک جهانی برای ارزیابی عملکرد زیستمحیطی ایجاد کرده‌اند.

مطالعات متعدد بر اهمیت تفکیک و تحلیل این حوزه‌های انتشار تأکید دارند. برای نمونه، در بخش کشاورزی مشاهده شده است که سیستم‌های متکی بر نهاده‌های مصنوعی (کودهای شیمیایی) اغلب دارای بار انتشار غیرمستقیم بالاتری هستند که ناشی از فرآیند تولید و بسته‌بندی این نهاده‌هاست. از طرفی، در بخش صنعت، انتشارهای غیرمستقیم ناشی از انرژی (دامنه ۲) که عمدتاً از مصرف برق شبکه سرچشمه می‌گیرد، می‌تواند سهم غالب در ردپای کربن یک تأسیسات تولیدی داشته باشد. این موضوع اهمیت شدت کربن شبکه برق محلی را به عنوان یک عامل کلیدی در مدیریت انتشار برجسته می‌سازد. گزارش‌ها حاکی از آن است که میانگین جهانی شدت کربن تولید برق از حدود ۹۰۰ گرم بر کیلووات‌ساعت در دهه ۱۹۹۰ به حدود ۸۰۰ گرم بر کیلووات‌ساعت در سال ۲۰۱۱ کاهش یافته است، اما برای دستیابی به اهداف توافق پاریس، این رقم نیازمند کاهش بیشتر است. "

مواد و روش

روش شناسی علمی تحقیق: این مطالعه با رویکرد موردکاوی مطالعه موردی و به روش توصیفی-تحلیلی انجام شده است. چارچوب نظری و روش‌شناسی تحقیق، مبتنی بر استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۱۹۶۹۴[۵] و با الهام از دستورالعمل‌های پروتکل گازهای گلخانه‌ای [۴] طراحی شده است. هدف این بخش، تشریح دقیق مراحل تعیین مرزها، جمع‌آوری داده‌ها و روش محاسبه انتشار گازهای گلخانه‌ای و شاخص‌های عملکرد در واحد مورد مطالعه است.

۱. واحد مورد مطالعه و تعیین مرزها

مطالعه حاضر در یکی از کارخانه‌های متوسط تا بزرگ تولید محصولات لبنی (شامل شیر پاستوریزه، ماست و سایر فرآورده‌های شیری) در ایران انجام شده است. به دلایل محرمانگی، نام و محل دقیق کارخانه ذکر نمی‌گردد.

۲. جمع‌آوری داده‌ها

کلیه داده‌های مورد نیاز برای سال مالی ۱۴۰۳ به عنوان سال پایه جمع‌آوری شد. منبع اصلی داده‌ها، سوابق و اسناد رسمی عملیاتی و مالی کارخانه بود.

۳. روش‌شناسی محاسبات

محاسبات بر اساس روش مبتنی بر داده‌های فعالیت یا روش فاکتور انتشار که در استاندارد ایزو ۱-۱۹۶۹۴ و پروتکل گازهای گلخانه‌ای به عنوان رایج‌ترین و کاربردی‌ترین روش معرفی شده، انجام گرفت.

۴. کنترل کیفیت داده و عدم قطعیت

برای اطمینان از صحت داده‌های فعالیت، رویه سه‌جانبه‌سازی از طریق مقایسه داده‌های قبض‌ها، گزارش‌های داخلی و صورت‌های مالی انجام پذیرفت.

یافته های تحقیق

کل انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های این واحد در سال پایه ۱۴۰۳، معادل ۷۱۵۳.۵ تن معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه شد. تجزیه و تحلیل این رقم کلی نشان می‌دهد که سهم انتشارهای مستقیم (حوزه ۱) با حدود ۴۵۹۲.۷ تن (معادل ۸۰ درصد کل انتشار)، بسیار غالب است. در مقابل، سهم انتشارهای غیرمستقیم ناشی از انرژی (حوزه ۲) حدود ۲۵۶۰.۸ تن (معادل ۲۰ درصد) برآورد شد. این توزیع کاملاً با ماهیت انرژی‌بر فرآیندهای حرارتی در صنایع لبنی، از جمله پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون و تولید بخار فرآیندی، مطابقت دارد و یافته‌های مطالعات مشابه در سایر کشورها را تأیید می‌کند.

جدول ۱: خلاصه نتایج محاسبات انتشار و شاخص‌های عملکرد

شاخص/منبع انتشار	مقدار عددی	واحد	سهم از کل انتشار
الف) انتشار جزئی			
انتشار از گاز طبیعی	۴،۴۹۸,۵	تن معادل CO_2	۷۸,۳٪
انتشار از گازوئیل	۹۴,۲	تن معادل CO_2	۱,۶٪
انتشار از برق شبکه	۲،۵۶۰,۸	تن معادل CO_2	۲۰,۰٪
ب) انتشار کل و شاخص‌ها			
کل انتشار (دامنه ۱ و ۲)	۷،۱۵۳,۵	تن معادل CO_2	۱۰۰٪
سهم حوزه ۱ (مستقیم)	۴،۵۹۲,۷	تن معادل CO_2	۸۰,۰٪
سهم حوزه ۲ (غیرمستقیم)	۲،۵۶۰,۸	تن معادل CO_2	۲۰,۰٪
شاخص انتشار ویژه محصول(KPI)	۰,۳۵۳	تن معادل CO_2بر تن محصول	-
تولید کل محصول	۲۰،۲۸۹,۹	تن	-
ج) شاخص تکمیلی			
شاخص بهره‌وری انرژی	۱۵۳,۹۳	درصد	-

بحث و نتیجه گیری

این مطالعه با به کارگیری عملی چارچوب استاندارد بین‌المللی ایزو ۱-۱۹۶۹۴ و دستورالعمل‌های پروتکل گازهای گلخانه‌ای ، اقدام به ارزیابی سیستماتیک ردپای کربن یک کارخانه صنایع لبنی در ایران نمود. یافته‌های تحقیق به وضوح نشان داد که کل انتشار گازهای گلخانه‌ای (دامنه ۱ و ۲) این واحد در سال پایه ۱۴۰۳، معادل ۷۱۵۳٫۵ تن معادل دی‌اکسیدکربن بوده است. تحلیل این رقم حاکی از سلطه بی‌چون و چرای انتشارهای مستقیم (دامنه ۲) با سهم ٪۸۰ است که عمده‌ترین سهم آن (٪۳/۷۸ از کل) منحصراً ناشی از احتراق گاز طبیعی در تأسیسات حرارتی کارخانه می‌باشد. شاخص انتشار ویژه محصول نیز ۳۵۳ کیلوگرم معادل CO_2به ازای هر تن محصول محاسبه گردید که می‌تواند به عنوان معیار پایه برای پایش پیشرفت آتی مورد استفاده قرار گیرد. همبستگی قوی این نتایج با شاخص بهره‌وری انرژی (٪۱۵۳٫۹۳) واحد، گواه محکمی بر این اصل است که در صنایع انرژی‌بری مانند لبنیات، مدیریت انرژی و مدیریت کربن دو روی یک سکه هستند؛ به طوری که اتلاف و مصرف ناکارآمد انرژی، مستقیم و بی‌واسطه به افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌انجامد.

با توجه به یافته‌های فوق و در راستای محورهای دوم، سوم، پنجم و ششم همایش ملی بهینه‌سازی مصرف انرژی، پیشنهادات کاربردی زیر در دو سطح فنی-عملیاتی و راهبردی ارائه می‌گردد:

در سطح فنی-عملیاتی، اولویت نخست باید معطوف به بهینه‌سازی سیستم‌های حرارتی به عنوان قلب تپنده انتشار کارخانه باشد. اجرای بازنگری و بازسازی دورهای بویلرها به منظور افزایش راندمان احتراق، عایق‌کاری خطوط انتقال بخار و کندانس، و نصب سیستم‌های بازیافت حرارت از گازهای دودکش برای پیش‌گرمایش آب ورودی، می‌تواند به طور همزمان مصرف گاز طبیعی و انتشار متعاقب آن را به شکل قابل توجهی کاهش دهد.

در سطح راهبردی، پیشنهاد می‌شود کارخانه با استناد به نتایج کمّی این مطالعه، گام‌های بلندمدت‌تری را برنامه‌ریزی نماید. استقرار یک سیستم مدیریت یکپارچه انرژی و کربن بر مبنای استانداردهای ملی و بین‌المللی) مانندایزو ۵۰۰۰۱ و ایزو ۱۴۰۶۴، چارچوبی ساختاریافته برای پایش مستمر، هدف‌گذاری و تحقق بهبودهای مداوم فراهم می‌آورد.

منابع و ماخذ

1. Gerber P, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, et al. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2013.
2. International Energy Agency (IEA). Electricity Market Report 2023: Trends and Forecasts to 2025. 2023.
3. Climate Change Performance Index (CCPI) 2026. Results: Iran. 2025.
4. World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition). 2004.
5. International Organization for Standardization (ISO). ISO 19694-1:2021, Stationary source emissions — Determination of greenhouse gas emissions in energy-intensive industries — Part 1: General aspects. 2021.
6. Zarei M, Ghasemi-Mobtaker H, Kaab A, Rafiee S. Life cycle assessment of dairy production systems in Iran. Journal of Cleaner Production. 2023; 390: 136136.
7. Sabzeh Gh. Energy Optimization in the Dairy Industry to Reduce Greenhouse Gas Emissions (Case Study: Pegah Shoush Dairy Factory) . Third National Conference on Clean Energy and Environment; 2015.

منابع و ماخذ

8. Safarian V. Analysis and Assessment of Greenhouse Gas Emissions in Iran. Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards. 2025; 12(3).
9. Zarghan Arshadi Sh, Fathi B, Masri Gandomkar T. Life Cycle Assessment (LCA) of Dairy Products. University of Mohaghegh Ardabili; 2017.
10. Forleo MB, Palmieri N, Salimei E. The carbon footprint of dairy production systems in Northern Italy: A sensitivity analysis. Science of The Total Environment. 2017; 592: 161-170.
11. IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2019.
12. وزارت نیرو. گزارش بهره‌وری انرژی و عوامل انتشار در بخش نیروگاهی کشور، سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲.
13. سازمان ملی استاندارد ایران. استاندارد ملی ۱۴۲۵۳: سامانه‌های مدیریت انرژی — الزامات با راهنمای بکارگیری. ۱۳۹۹.

تشکر بی پایان از کمیته اجرایی و علمی اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی و همچنین پژوهشگاه و سازمان عالی قدر استاندارد ملی ایران

پایان