



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



بزرگوار گنجد
مهندسی توسعه

بسم الله الرحمن الرحيم

تعریف بازار محور " ساختمان انرژی صفر ترکیبی " با تاکید بر
توسعه انرژی های تجدید پذیر در بخش کشاورزی ایران

احمد فضلی^۱، حسین مبلی^۲، شاهین رفیعی^۳، مجید خانعلی^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم گرایش انرژی های تجدید پذیر دانشگاه

تهران، Email: Fazli.ahmad@ut.ac.ir

۲- استاد دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، استاد راهنما،

Email: hmobli@ut.ac.ir

۳- استاد دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، استاد مشاور

۴- دانشیار دانشکده گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، استاد مشاور

EFAB01583177



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



وزارت انرژی و آموزش عالی
مرکز ملی بهره وری انرژی

در سال‌های اخیر، مفهوم ساختمان انرژی صفر (NZEB) به‌عنوان یکی از ستون‌های اصلی سیاست‌های کربن‌زدایی و توسعه پایدار معرفی شده است. با این حال، اغلب تعاریف موجود بر مبنای تراز انرژی سالیانه و تمرکز بر تولید انرژی تجدیدپذیر در محل بنا شده‌اند؛ رویکردی که در اقلیم‌های متنوع، نظام‌های انرژی در حال گذار، و شهرهای با محدودیت فضای نصب همچون بسیاری از مناطق ایران، کارایی عملی محدودی دارند. پژوهش حاضر با تحلیل شکاف‌های موجود، مرور انتقادی ادبیات، و تلفیق رویکردهای بازارمحور و فنی، یک تعریف نوآورانه با عنوان ساختمان انرژی صفر ترکیب‌ارائه می‌کند. در این تعریف، وضعیت انرژی صفر می‌تواند از طریق ترکیب بهینه و وزنی سه منبع انرژی شامل: تولید انرژی تجدیدپذیر در محل، خرید گواهی انرژی تجدیدپذیر (REC/I-REC)، و خرید یا تولید گواهی صرفه‌جویی انرژی (ESC) حاصل شود. تعریف پیشنهادی علاوه بر کمیت انرژی، عوامل کیفیت انرژی (اکسرژی)، ارزش زمانی مصرف، ضریب اقلیمی، و ارزش شبکه‌ای را وارد محاسبات می‌کند و ساختمان را بخشی از یک اکوسیستم انرژی-بازار نه یک واحد منفرد در نظر می‌گیرد. بررسی انتقادی ادبیات نشان می‌دهد که رویکرد پیشنهادی نه تنها ضعف‌های تعاریف سنتی NZEB را رفع می‌کند، بلکه موجب توانمندسازی بازارهای تجدیدپذیر، تحریک سرمایه‌گذاری غیرمتمرکز و ارتقای ارزش اقتصادی بهره‌وری انرژی نیز می‌شود.

Net Zero Energy Bulding

Hybrid NZEB

Renewable Energy Certificates

Energy Saving Certificate

کلمات کلیدی:

ساختمان انرژی صفر؛ گواهی انرژی تجدیدپذیر (REC)؛ گواهی کارایی انرژی (EEC)؛ کیفیت انرژی؛ اکسرژی؛ اقلیم ایران؛ بازار انرژی؛ توسعه پایدار، Energy Efficiency Certificates



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
معاونت توسعه
و ارتباطات

در نظام‌های تولیدی کشاورزی سه ویژگی کلیدی باعث می‌شود مدل انرژی صفر سنتی ناکافی باشد: نخست، بارهای لحظه‌ای با شدت بالا که در سردخانه‌ها و سامانه‌های گرمایش گلخانه‌ای مشاهده می‌شود و نیازمند توان لحظه‌ای قابل توجه است؛

دوم، نوسانات فصلی چشمگیر که موجب افزایش چندبرابری بار حرارتی گلخانه در زمستان یا بار گرمایش سالن مرغداری در هفته‌های ابتدایی دوره پرورش می‌گردد؛

و سوم، پتانسیل حضور فعال واحدهای کشاورزی در بازار انرژی که امکان خرید و فروش هدفمند انرژی را فراهم می‌سازد. این پویایی مصرف و تعامل با شبکه موجب می‌شود تعریف «ساختمان انرژی صفر» در کشاورزی به صورت ایستا قابل تحقق نباشد و باید بر اساس چارچوب «انرژی صفر هیبریدی» بازتعریف شود.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان

مروری بر تعاریف فعلی ساختمان انرژی صفر توسط مراجع معتبر بین المللی

در ادبیات بهینه سازی انرژی ساختمان، مفهوم «ساختمان انرژی صفر» از اواخر دهه ۱۹۹۰ تا امروز مسیر تکامل قابل توجهی را طی کرده و هر یک از مراجع معتبر بین المللی، با توجه به اولویت های سیاستی، فناوریانه و محیط زیستی خود، تعریفی متمایز اما هم پوشان از این مفهوم ارائه کرده اند.

بر اساس استاندارد **ASHRAE 228**، ساختمان انرژی صفر به عنوان ساختمانی تعریف می شود که طی دوره ارزیابی سالانه، انرژی تحویلی آن از شبکه با انرژی تجدیدپذیر تولید شده در محل برابر گردد؛ بنابراین منطق حاکم بر این تعریف، تأکید بر *تراز مستقیم انرژی سایت* و ضرورت تولید انرژی تجدیدپذیر در همان محدوده فیزیکی ساختمان است. این رویکرد، چارچوبی نسبتاً سخت گیرانه ایجاد می کند و اجازه استفاده از گواهی های انرژی تجدیدپذیر خارج از محل را نمی دهد، زیرا ماهیت «خودکفایی انرژی» در سطح سایت زیربنای این تعریف است.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



در نقطه مقابل، وزارت انرژی ایالات متحده (DOE) و آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر (NREL) مفهوم ساختمان انرژی صفر را از زاویه‌ای گسترده‌تر و با چهار طبقه‌بندی مکمل تبیین کرده‌اند. این چهار طبقه‌بندی انرژی صفر سایت، انرژی صفر منبع، صفر هزینه انرژی و صفر انتشار نشان می‌دهند که مفهوم «صفر» می‌تواند بر اساس معیارهای فیزیکی، اقتصادی و زیست‌محیطی تغییر کند. بنابراین، تراز انرژی صفر نه فقط به مقدار انرژی تحویلی و تولیدی، بلکه به کیفیت انرژی، زنجیره تبدیل انرژی اولیه و پیامدهای زیست‌محیطی مصرف آن وابسته است. این رویکرد چندبعدی NREL از مهم‌ترین نقاط عطف در ادبیات این حوزه به شمار می‌آید و به‌ویژه در پژوهش‌های بهینه‌سازی چندمعیاره مورد توجه قرار گرفته است، زیرا امکان مقایسه سناریوهای مختلف را در چارچوبی واحد فراهم می‌آورد.

U.S. Department of Energy
National Renewable Energy Laboratory



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



در اتحادیه اروپا، دستورالعمل عملکرد انرژی ساختمانها (EPBD) مفهوم «ساختمان تقریباً انرژی صفر» را مطرح می کند که نسبت به رویکرد ایالات متحده انعطاف پذیرتر اما الزام آورتر است. براساس این دستورالعمل، ساختمان باید مصرف انرژی بسیار پایینی داشته باشد و بخش قابل توجهی از این انرژی باید از منابع تجدیدپذیر محلی یا «نزدیک محل» تأمین شود. از آنجا که تعیین مقادیر کمی در اختیار کشورهای عضو گذاشته شده، تعریف EPBD در عمل به مجموعه ای از استانداردهای ملی تبدیل می شود. با این حال، روح کلی این تعریف بر کاهش شدید تقاضای انرژی و یکپارچگی سیاست گذاری انرژی در سطح اتحادیه استوار است، که آن را به یکی از موفق ترین چارچوب های قانونی در حوزه بهره وری انرژی تبدیل کرده است.

Energy Performance of Buildings Directive



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



بزرگوار گنبد
موسسه ملی استاندارد
معاونت ملی استاندارد و اندازه گیری

از سوی دیگر، استاندارد بین‌المللی ISO 52000-1 یک چارچوب جهانی برای محاسبه انرژی ورودی و خروجی ساختمان ارائه می‌کند و ساختمان انرژی صفر را بر مبنای موازنه انرژی نهایی تعریف می‌نماید.

تمایز اصلی ISO در تأکید آن بر مفهوم «مرز تراز انرژی» و ضرورت تفکیک دقیق میان انرژی تحویلی، انرژی صادرشده و نحوه ارزیابی انرژی‌های تجدیدپذیر خارج از سایت است. در این رویکرد، ساختمان زمانی انرژی صفر تلقی می‌شود که موازنه سالانه انرژی تحویلی و انرژی صادرشده به شبکه برابر صفر گردد. این تعریف مزیت استانداردسازی بین‌المللی دارد و برای مقاصد مقایسه‌ای و ارزیابی عملکرد ساختمان‌ها در کشورهای مختلف بسیار مؤثر است.

International Organization for Standardization



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان علمی توسعه

در گزارش‌ها و پروژه‌های پژوهشی آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) به‌ویژه در برنامه‌های Annex 52 و Annex 67، مفهوم ساختمان انرژی صفر با نگاهی سیستمی‌تر و با توجه به تحلیل اکسرژی توسعه یافته است. در این رویکرد، کیفیت انرژی و قابلیت استفاده از آن در کنار کمیت مصرف، اهمیت می‌یابد. بر اساس این مدل، سطوح مختلفی از انرژی صفر شامل حالت‌هایی مبتنی بر تولید تجدیدپذیر در محل، ترکیبی از تولید محلی و خارج از محل، یا حتی جبران انتشار از طریق رویکردهای خارج‌سایتی تعریف می‌شود. این انعطاف‌پذیری امکان می‌دهد ساختمان‌ها بر حسب زمینه اقلیمی، محدودیت‌های طراحی و نیازهای شبکه انرژی منطقه دسته‌بندی شوند؛ به همین دلیل، چارچوب IEA جزو دقیق‌ترین برداشت‌ها از مفهوم «انرژی صفر» در مطالعات سامانه‌های انرژی تلقی می‌شود.

International Energy Agency



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



یکی از سخت‌گیرانه‌ترین تعاریف موجود را ارائه کرده است. در این تعریف، ساختمان زمانی انرژی (ILFI) در نهایت، مؤسسه بین‌المللی آینده صفر تلقی می‌شود که حداقل ۱۰۵ درصد انرژی سالانه خود را صرفاً از طریق منابع تجدیدپذیر در محل تأمین کند و علاوه بر آن، عملکرد واقعی سامانه در دوره‌ای حداقل ۱۲ ماهه اندازه‌گیری گردد. این نگاه کاملاً مبتنی بر عملکرد واقعی با رویکردی آرمان‌گرایانه اما دقیق، خواستار استقلال انرژی کامل و حذف هرگونه اتکای خارج‌سایتی است، به‌گونه‌ای که ساختمان در مقام یک «تولیدکننده واقعی انرژی» عمل کند.

International Living Future Institute
Performance-Based



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



در مجموع، این شش تعریف، طیفی پیوسته از برداشت‌های سخت‌گیرانه تا انعطاف‌پذیر از مفهوم ساختمان انرژی صفر را تشکیل می‌دهند. در قرار دارند که استقلال انرژی فیزیکی در محل را شرط اصلی می‌دانند؛ در حالی که در سمت دیگر، ILFI و ASHRAE یک سر طیف، تعاریف مفهوم «صفر» را در بستری چندلایه و وابسته به سیاست انرژی، ساختار شبکه، کیفیت انرژی و ملاحظات زیست‌محیطی IEA و ISO، NREL نیز نقش میانجی دارد و با تأکید بر کاهش تقاضا و الزام قانونی، پیوند میان بهره‌وری انرژی و سیاست‌گذاری EPBD تفسیر می‌کنند. تعریف منطقه‌ای را تقویت می‌کند.

این تنوع تعاریف نه تنها بیانگر پیچیدگی مفهوم انرژی صفر است، بلکه نشان می‌دهد طراحی، ارزیابی و رتبه‌بندی ساختمان‌های انرژی صفر نیازمند رویکردی مقایسه‌ای و چندمعیاره است تا بتواند میان اهداف فناورانه، پایداری و سیاستی توازن برقرار کند



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



بطور کلی تعاریف موجود دارای شکاف‌های زیر است:

- عدم توجه به کیفیت انرژی (اکسرژی).
- نبود سازوکاری برای تلفیق تولید تجدیدپذیر با گواهی‌های انرژی بازارمحور (REC, EEC).
- بی‌توجهی به ارزش زمانی انرژی و هم‌زمانی تولید-مصرف
- عدم سازگاری با اقلیم‌های مختلف و وابستگی شدید به تولید محلی
- نبود رویکردهای انعطاف‌پذیر و چندمنبعی برای کشورهای در حال توسعه.
- فقدان مدل‌های ارزش‌محور که انرژی را تنها بر اساس کمیت ارزیابی نکنند.
- ناتوانی تعاریف رایج در تجاری‌سازی انرژی‌های تجدیدپذیر.
- این شکاف‌ها، ضرورت ارائه یک تعریف جدید را اثبات می‌کنند.



رابطه کلی محاسبه انرژی مؤثر سالانه به صورت زیر تعریف می گردد:

$$E_{\text{eff,annual}} = \sum_{i=1}^n (E_i \times \alpha_i \times \beta_i \times \gamma_i \times \delta_i)$$

$$E_{\text{eff,annual}} = \text{انرژی مؤثر سالانه ساختمان (MWh)}$$

$$i \in \{E_{RE, \text{on-site}}, E_{REC}, E_{EEC}\}$$

$E_{RE, \text{on-site}}$ = انرژی تولیدی تجدیدپذیر در محل

E_{REC} = انرژی معادل خرید گواهی انرژی تجدیدپذیر

E_{EEC} = انرژی معادل صرفه جویی ناشی از گواهی کارایی انرژی

i = EEC یا REC محل، در تولید) انرژی مسیر شاخص

$$E_i = \mathbf{i} \text{ مقدار اسمی انرژی جبرانی مسیر } \left(\frac{\text{MWh}}{\text{year}} \right)$$

$\alpha_i = \mathbf{i}$ ضریب کیفیت انرژی



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



پژوهشگاه دانش‌بنیان
معاونت علمی و فناوری

- β_i = ضریب هم‌زمانی تولید یا صرفه‌جویی با بار ساختمان
- γ_i = ضریب تصحیح اقلیمی متناسب با موقعیت جغرافیایی
- δ_i = ضریب ارزش شبکه‌ای انرژی مسیر i



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



ساختمان زمانی به عنوان Hybrid NZEB احراز می شود که مقدار انرژی مؤثر سالانه آن برابر یا بیشتر از مصرف نهایی سالانه باشد. در این مدل، $E_{eff,annual}$ نمایانگر انرژی مؤثر سالانه ساختمان است و به عنوان شاخص اصلی برای ارزیابی تحقق وضعیت «انرژی صفر ترکیبی» به کار می رود.

این کمیت از تجمیع انرژی های نامی حاصل از مسیرهای مختلف جبرانی شامل تولید انرژی تجدیدپذیر در محل، خرید گواهی انرژی تجدیدپذیر (REC) و خرید یا تولید گواهی صرفه جویی انرژی (EEC)، پس از اعمال مجموعه ای از ضرایب اصلاحی، محاسبه می شود. هر مسیر انرژی با نماد i مشخص شده و سهم آن در تراز نهایی، متناسب با ارزش واقعی اش برای ساختمان و سامانه انرژی کلان تعیین می گردد.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان

"تعریف پیشنهادی ساختمان انرژی صفر"

ساختمان انرژی صفر ترکیبی، ساختمانی است که مجموع انرژی تأمین یا جبران شده از طریق تولید انرژی تجدیدپذیر در محل، خرید گواهی انرژی تجدیدپذیر (REC/I-REC) و خرید یا تولید گواهی صرفه جویی انرژی (EEC/ESC)، پس از تصحیح با ضرایب کیفیت انرژی، ارزش زمانی مصرف، ضرایب اقلیمی و ارزش شبکه‌ای، در پایان یک دوره سالانه برابر یا بیش از انرژی نهایی مصرف شده ساختمان باشد. در این مدل، ساختمان بخشی از یک اکوسیستم انرژی- بازار در نظر گرفته شده و تراز انرژی آن می‌تواند از طریق مشارکت هم‌زمان در منابع محلی و سازوکارهای بازار انرژی حاصل شود.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان
مهندسی توسعه

مزایای تعریف پیشنهادی ساختمان انرژی صفر

- ساختمان را تنها بر اساس تولید خود ارزیابی نمی کند، بلکه آن را درون یک اکوسیستم انرژی قرار می دهد.
- مرزهای فنی و اقتصادی انرژی های تجدید پذیر را از سقف تولید داخل ساختمان فراتر می برد.
- قابلیت تجاری سازی انرژی تجدیدپذیر را در سطح ساختمان، محله، و حتی شبکه فراهم می کند.
- ساختمان انرژی خالص صفر را از یک «تعریف فنی» به یک مدل بازار محور تبدیل می کند.

به بیان دیگر، ساختمان انرژی صفر دیگر یک مدل فیزیکی - مهندسی نیست؛ بلکه یک مدل اقتصادی - بازاری - تکنیکی است که در آن ساختمان، «مصرف کننده»، «تولید کننده»، و خریدار/ سرمایه گذار در گواهی انرژی به شکل یک واحد ترکیبی عمل می کند.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
معاونت توسعه

یک مرغداری ۲۰ هزار قطعه‌ای واقع در اقلیم گرم خشک به‌عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شد. این واحد با مساحت حدود ۲۵۰۰ مترمربع، مصرف سالانه برق برابر با ۱۸۰ مگاوات ساعت دارد که بخش عمده آن به تهویه، گرمایش و روشنایی اختصاص می‌یابد. الگوی مصرف این مرغداری به‌طور مشخص وابسته به شرایط اقلیمی و ساعات بحرانی تابستان و زمستان است و همین وابستگی ضرورت توجه به ضرایب زمانی، اقلیمی و شبکه‌ای را تقویت می‌کند.

در گام نخست، مرغداری اقدام به نصب یک سامانه فتوولتائیک ۱۰۰ کیلوواتی در سقف و محوطه پیرامونی می‌کند که توان تولید سالانه ۱۶۰ مگاوات ساعت برق را دارد. با این حال، تولید انرژی خورشیدی در ساعات‌های میانی روز متمرکز است و هم‌زمانی محدودی با بارهای عصرگاهی تابستان دارد. بر این اساس، تولید سالانه پس از اعمال ضریب کیفیت انرژی، ضریب ارزش زمانی، ضریب اقلیمی و ضریب ارزش شبکه‌ای، از ۱۶۰ مگاوات ساعت به ۱۱۶.۳ مگاوات ساعت انرژی مؤثر کاهش می‌یابد. این میزان نشان می‌دهد که بخشی از تولید انرژی خورشیدی، به‌رغم ارزش فیزیکی بالا، در تراز نهایی به دلیل ناهم‌زمانی با پیک بار و ارزش شبکه‌ای محدود، تأثیر تعدیل‌شده‌تری دارد.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان ملی تغذیه و امنیت غذایی

برای جبران کمبود انرژی در فصول سرد که نیاز گرمایی افزایش می یابد و تولید خورشیدی به حداقل می رسد، مرغداری اقدام به خرید ۴۰ مگاوات ساعت گواهی انرژی تجدیدپذیر (I-REC) می کند. با توجه به آنکه این انرژی در ساعات پربار زمستان استفاده می شود، ضرایب زمانی و اقلیمی موجب افزایش وزن مؤثر آن در تراز نهایی می گردند. در نتیجه، انرژی مؤثر حاصل از این جریان جبرانی به ۴۶.۲ مگاوات ساعت می رسد. بدین ترتیب، I-REC نه تنها به عنوان پوشش دهنده کمبود تولید محلی عمل می کند، بلکه از منظر ارزش زمانی و اقلیمی نقش تقویتی در کاهش فشار بر شبکه دارد.

در گام سوم، این واحد یک برنامه بهینه سازی انرژی در سامانه تهویه خود را اجرا می کند که شامل جایگزینی فن های کم بازده با نمونه های پربازده، نصب کنترل دور و بهبود عایق بندی دریچه ها است. صرفه جویی ایجاد شده در نتیجه این مداخله معادل ۲۵ مگاوات ساعت در سال است که واجد شرایط صدور گواهی صرفه جویی انرژی (ESC) می شود. از آنجا که این صرفه جویی عمدتاً در ساعات پربار تابستان اتفاق می افتد، ضریب ارزش زمانی و ضریب ارزش شبکه ای نقش تقویتی مهمی ایفا می کنند و در نهایت انرژی مؤثر این جریان به ۳۱.۱ مگاوات ساعت می رسد. این موضوع نشان می دهد که صرفه جویی انرژی، در چارچوب Hybrid NZEB، صرفاً یک کاهش مصرف نیست، بلکه یک «منبع انرژی مؤثر» است که ارزش زمانی-شبکه ای متمایزی نسبت به تولید انرژی خورشیدی دارد.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



با تجمیع سه جریان جبرانی، مقدار انرژی مؤثر سالانه برابر با ۱۹۳,۶ مگاوات ساعت به دست می آید که از مصرف سالانه واحد (۱۸۰ مگاوات ساعت) فراتر می رود. تراز نهایی مثبت ۱۳,۶ مگاوات ساعت نشان می دهد که مرغداری مذکور، مطابق تعریف ساختمان انرژی صفر ترکیبی، یک واحد **Hybrid NZEB** محسوب می شود. نکته بنیادی در این نتیجه آن است که هیچ یک از جریان های انرژی — چه تولید خورشیدی، چه خرید REC-I، و چه صرفه جویی انرژی — به تنهایی توانایی رساندن واحد به تراز صفر را نداشتند، اما ادغام آن ها در یک نظام وزنی و اصلاحی مشترک، امکان تحقق تراز انرژی پایدار را فراهم کرده است.

این مثال بیان گر آن است که استفاده از چارچوب **Hybrid NZEB** در واحدهای کشاورزی نه تنها امکان پذیر بلکه از منظر اقلیمی، اقتصادی و عملیاتی کارآمدتر از مدل های کلاسیک ساختمان های انرژی صفر است؛ زیرا به جای جایگزینی کامل یک مسیر، از ظرفیت مکمل و هم افزای سه مسیر جبرانی به شکل هم زمان بهره می گیرد



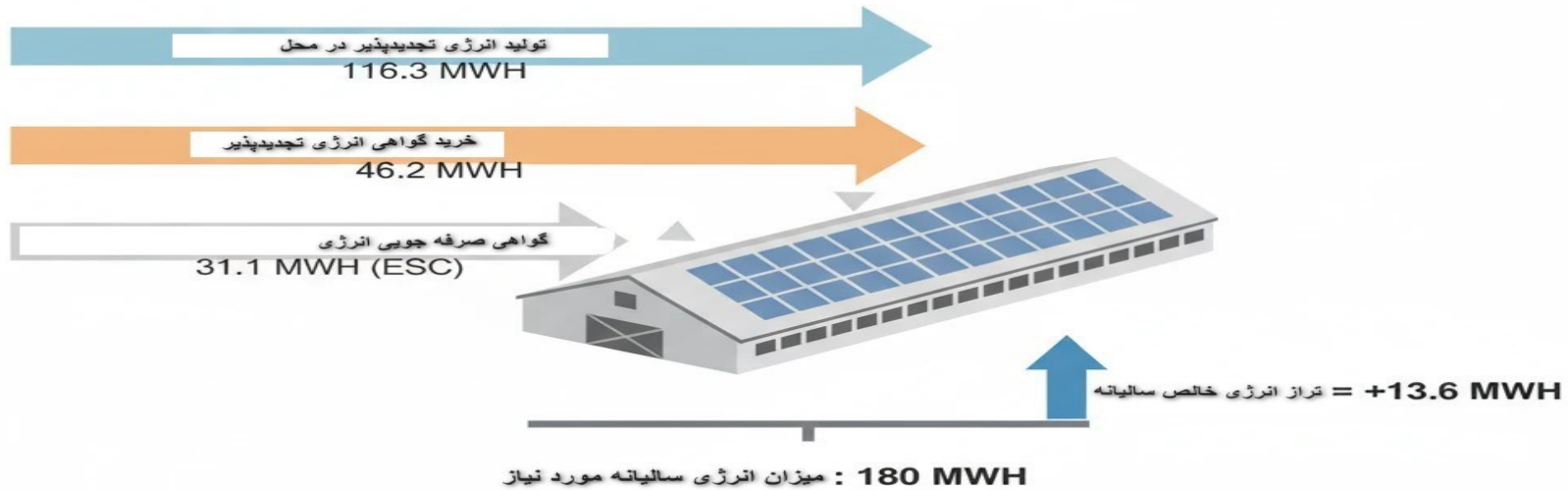
اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
سازمان برنامه ریزی و اقتصاد
کشاورزی، دامپروری و منابع طبیعی

جریان انرژی در مرغداری مورد مطالعه برای ساختمان انرژی صفر ترکیبی





اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



تعریف «ساختمان انرژی صفر ترکیبی در بخش کشاورزی ایران، یک تحول مفهومی و عملی مهم ایجاد می کند؛ زیرا واحدهای کشاورزی اعم از گلخانه ها، سالن های دام و طیور، مراکز فرآوری محصولات، سردخانه ها از نظر مصرف انرژی با ساختمان های معمولی تفاوت اساسی دارند. انرژی در کشاورزی نه تنها برای آسایش حرارتی، بلکه برای فرآیندهای تولیدی وابسته به زمان، دما، رطوبت و پیوستگی عملکرد مصرف می شوند. در چنین شرایطی، تعریف سنتی NZEB که صرفاً بر موازنه سالانه انرژی تکیه کرده، به هیچ وجه توانایی پوشش پیچیدگی های انرژی کشاورزی را ندارد.



ISC

اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره‌وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



دانشگاه گیلان

معاونت علمی و فناوری
استادان و اساتید

برگزار کننده
معاونت علمی و فناوری

با توجه به آنکه فعالیت‌های کشاورزی معمولاً به صورت پراکنده در سطح جغرافیا توزیع شده‌اند، رویکرد ساختمان انرژی صفر ترکیبی زمینه ایجاد «رویکرد خوشه‌های ساختمان‌های انرژی صفر بخش کشاورزی» را فراهم می‌کند. در چنین ساختاری می‌توان تولید بیوگاز در یک دامداری را با نیاز گرمایی گلخانه مجاور ترکیب کرد، تولید PV را میان چند مزرعه به اشتراک گذاشت، و صرفه‌جویی انرژی یک سردخانه را در تراز کلی منطقه لحاظ نمود.

این تجمیع چندمنبعی نه تنها امکان تحقق تراز صفر سالانه انرژی را افزایش می‌دهد، بلکه بهبود قابل توجهی در پایداری شبکه و بهره‌وری اقتصادی با رویکرد توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور نیز ارائه می‌دهد.



فهرست منابع :

1. Abhyankar, N., Phadke, A., & Shah, N. (2023). Energy efficiency certificates and building decarbonization. *Energy Policy*, 176, 113523.
2. Attia, S. (2018). *Net zero energy design: A guide for architects*. Springer.
3. BloombergNEF. (2023). *Time-based energy valuation*. BNEF Publications.
4. Gori, V., Marinosci, C., & Causone, F. (2020). Distributed energy systems in buildings. *Renewable Energy*, 160, 1235–1246.
5. Hosseini, S. M., et al. (2022). Barriers to NZEB deployment in Iran. *Energy for Sustainable Development*, 66, 101–115.
6. IEA. (2023). *Net-zero buildings roadmap*. International Energy Agency.
7. IRENA. (2022). *Power market design for renewable integration*. International Renewable Energy Agency.
8. Kastner, I., & Noussan, M. (2021). PV penetration in buildings. *Renewable Energy*, 170, 1321–1334.
9. Kibert, C. (2020). *Sustainable construction*. Wiley.
10. Khatibi, A., & Amidpour, M. (2020). Exergy in Iranian climates. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123–139.
11. Marszal, A. J., et al. (2011). Zero energy building: A review. *Energy and Buildings*, 43(4), 971–979.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



با تشکر از توجه شما