پوستهٔ ساختمان مدرسه اولین خط دفاعی در برابر اتلاف انرژی است.

ترازانرژی در مدرسهٔ تراز

قسمت دوم

دوستی مدرسه با محیط‌زیست

محمد تابش، طراح و پژوهشگر در زمینهٔ معماری مدرسه‌ها

اینکه چرا یک مدرسه باید دوست‌دار محیط‌زیست باشد، پرسشی بنیادی است که معمولاً درگیربودن مدیران مدرسه‌ها با موضوعات روزمره، فرصت پرداختن به آن را نمی‌دهد؛ موضوعی که بی‌توجهی به آن می‌تواند بقای یک سرزمین را به تهدید بکشد. شاید اکنون، آنچه مدرسه‌های ما آن را احساس می‌کنند، در تعطیلی به دلیل ناترازی انواع انرژی یا غیرحضوری‌شدن به‌خاطر آلودگی هوا و همچنین قطع برق، آب و گاز در برخی ساعت‌های حضور در مدرسه و مانند آن، محدود باشد، اما بررسی دقیق روندها در این زمینه، نتایجی به‌مراتب سخت‌تر و سنگین‌تر را در آینده به تصویر می‌کشد.

آشنایی با ابعاد فنی حفظ و صرفه‌جویی انرژی در مدرسه

در مقالهٔ پیشین به ضرورت حیاتی توجه به بحران‌های زیست‌محیطی و نقش بنیادین مدرسه در پاسخ به این چالش‌ها، با تأکید بر فرهنگ‌سازی و مشارکت عملی دانش‌آموزان، اشاره و تبیین شد که پرورش فرهنگ دوستی و مراقبت از محیط‌زیست در مدرسه، از طریق مشارکت فعال دانش‌آموزان و مدیریت آگاهانه، ضرورتی انکارناپذیر برای مواجهه با تهدیدهای فعلی و ساختن آینده‌ای پایدار است. همان‌طور که در آن مقاله اشاره شد، مفهوم «مثلث مراقبت» و ترویج آن در مدرسه می‌تواند به تربیت نسلی مسئولیت‌پذیر در قبال مراقبت از خود، جامعه و محیط‌زیست منجر شود.

موضوع این شماره و شمارهٔ آینده در زمینهٔ حفظ انرژی و صرفه‌جویی در آن در ساختمان مدرسه است. در این مقاله بر ابعاد فنی این موضوع، با هدف افزایش آگاهی مدیران مدرسه بر جزئیات علمی، عملی و اجرایی مرتبط با آن، تمرکز و تأکید بیشتری می‌شود. با توجه به اینکه هر فعالیت مدیریتی یا فرهنگی به آگاهی فنی اولیه نیاز دارد، به‌عنوان مقدمه‌ای ضروری، به این ابعاد فنی پرداخته می‌شود و در شمارهٔ بعدی به ابعاد مدیریتی و به‌خصوص بعد فرهنگی مبتنی بر مشارکت عملی دانش‌آموزان اشاره خواهد شد.

اولین اقدام، صرفه‌جویی و تلاش برای حفظ انرژی

در سال‌های گذشته، مدرسه‌های ایرانی با مشکلات گوناگونی در حوزهٔ ناترازی انرژی مواجه بوده‌اند. براساس بررسی‌های انجام‌شده، این ناترازی‌ها نتیجهٔ نبود مدیریت صحیح مصرف انرژی در کنار کاستی‌های زیربنایی موجود در نظام تأمین انرژی است (Farshchi & Ardakani, 2022). همچنین، برخی موضوعات به شکل نوظهوری در روندهای زندگی در مدرسه وارد می‌شوند که ممکن است خواه‌ناخواه عوارض مرتبط با خود را به همراه آورند. مثلاً در گذشته، در بسیاری از مدرسه‌های تهران،

کولر آبی یک وسیلهٔ رایج برای خنک‌کردن فضاها به‌شمار می‌رفت. در حالی که اکنون به شـــکل چشمگیری در بســـیاری از مدرسه‌ها شاهد تغییر در این زمینه و استفاده از کولرهای گازی، سیستم تهویهٔ مطبوع کانالی (داکت اسپلیت)، سردکن (چیلر) و مانند این تجهیزات سرمایشی هستیم که مصرف برق به‌مراتب بالاتری از کولرهای آبی دارند؛ تغییری که شاید در بسیاری از این مدرسه‌ها ضرورت نداشته باشد.

همان‌طور که در دسترس‌ترین نوع مواجهه با چالش ناترازی انرژی در سطح ملی، بر مبنای تشویق به صرفه‌جویی و حفظ انرژی است، می‌توان پذیرفت که در مدرسه هم از همین رویکرد به‌عنوان رویکرد آغازین در دســـترس بهره‌گیری شود. بدیهی است رسیدن به مدرسه‌ای که بتواند تولیدکنندهٔ انرژی[1] باشد، بسیار ارزشمند است، اما قبل از آن، چیزی که بیشتر در دسترس مدیران مدرسه است، تلاش برای حفظ و صرفه‌جویی در مصرف انرژی است. مدیریت مدرسه در جهت تبدیل آن مدرسه به یک سامانهٔ بزرگ با برچسب انرژی قابل‌قبول و بهره‌ور، می‌تواند اولین گام آن مدرسه برای دوستی و مراقبت از محیط‌زیست باشد.

راهکارهای در دسترس چیست؟

راهکارهای در دســـترس مدیران مدرســـه در موضوع حفظ انرژی و صرفه‌جویی در مصرف آن، در سه دستهٔ کلی، مطابق نمودار، قابل‌تعریف هستند:

چه بســـا مهم‌تریـــن راهکارهایی کـــه باید به آن‌ها پرداخته شـــود، راهکارهای مدیریتی و فرهنگی در جامعهٔ مدرســـه، با تدبیر مدیران و مشارکت دانش‌آموزان آن است که در آینده به آن‌ها پرداخته می‌شود. اما درک راهکارهای فنی، مقدمه‌ای ضروری است که مدیران مدرسه‌ها به‌عنوان شناخت ابزار لازم در این کار، به ورود به آن نیاز دارند. این ورود و توســـعهٔ آگاهی، بهتر می‌تواند زمینهٔ تحقق عینی و عملی راهکارهای بعدی را فراهم کند.

راهکارهای فنی حفظ انرژی

برای دســـتیابی به آســـایش حرارتی[2] و رفع سایر نیازهای مدرسه به انرژی، به کمـــک صرفه‌جویی پایدار، مجموعه‌ای از راهکارهای فنی در زمینهٔ شرایط محیطی مدنظر قرار می‌گیرند. این راهکارها را می‌توان در سه حوزهٔ اصلی بهینه‌سازی پوسته و جداره‌های ساختمان، بهره‌گیری از عوامـــل طبیعی و اقلیمی، و بهینه‌ســـازی دســـتگاه‌ها و تجهیزات و فناوری‌های نوین دسته‌بندی کرد:

الف) بهینه‌سازی پوسته و جداره‌های ساختمان

پوستهٔ ساختمان مدرســـه اولین خط دفاعی در برابر اتلاف انرژی یا ورود ناخواستهٔ سرما یا گرماست. اما چه مواردی در این زمینه نیازمند توجه هستند:

مصالح مورداســـتفاده: دیواره‌ای با جرم بالا با استفاده از مصالحی با ظرفیت حرارتی[3] بالا (مانند بتن، خشت یا آجر ضخیم) در دیوارهای خارجی مدرســـه کمک می‌کند در ســـاعت‌های گرم روز گرما در دیوار ذخیره شود و شـــب‌هنگام به‌تدریج آزاد شود، و برعکس، در زمستان، گرمای داخلی حفظ و آهسته‌آهســـته رها شـــود. همچنین در گزینهٔ دیوار با جرم کم یا دیوارهای ســـبک، افزودن لایهٔ عایق حرارتی[4] (پشم سنگ، ترکیب‌های نمدی یا فوم به‌منظور عایق حرارتی و...) به دیوارهای خارجی یا کف و ســـقف، به‌خصوص بام ســـاختمان مدرسه، از تبادل حرارتی می‌کاهد. در مدرسه‌هایی که هنوز ساخته نشده‌اند، استفاده از مصالح نوین در دیوارچینی، که عایق هستند، مانند هبلکس، لیکا یا سایر مصالح مشابه، نقش محافظت از انرژی، می‌تواند به شکل بسیار مطلوبی به دیوارهایی با ضخامت پایین و جرم سبک سپرده شود

درزها و شکاف‌های بازشوها[5]: تعبیهٔ یک درزگیر ساده در اطراف در و پنجره می‌تواند از هدررفت انرژی جلوگیری کند. تنظیم و کاهش جریان هوای ناخواسته از شـــکاف‌های درها و پنجره‌ها (درزگیری و استفاده از نوارهای درزگیر یا پروفیل‌های لاستیکی) راهکاری کم‌هزینه و مؤثر است.

پنجره‌ها: هر چند تعویض پنجره‌های ناکارآمد پرهزینه است، اما چه بسا در درازمدت می‌تواند از محل صرفه‌جویی در انرژی، هزینهٔ خود را برگردانـــد. پنجره‌هایی با پروفیل آهنی که پـــرت حرارتی بالایی دارند، می‌توانند به پنجره‌هایی با پروفیل یو پی وی سی[6] یا آلومینیوم مجهز به ترمال‌بریک[7] تبدیل شوند و نقش بسیار مهمی در حفظ انرژی ایفا کنند.

طراحی مناسب ورودی‌ها: یکی از مشکلات جدی در مدرسه، ورود و خروج مکرر دانش‌آموزان اســـت که باعث تبادل شدید حرارت فضای داخلی با بیرون می‌شـــود. ایجاد پیش‌فضا یا راهروهای رابط به‌شـــکل مفصـــل بین بیرون و درون، راهکاری مؤثر برای هوابندی و حفظ دمای داخلی مدرسه است.

تلاش برای بهره‌وری بالا و کاهش مصرف، اولین گام هر مدرسه در مسیر دوستی با محیط‌زیست است.

ایجاد یک مفصل بین درون و بیرون، با دو در، جهت هوابندی در محل ورودی مدرسه

انتخاب رنگ و شیشه‌های مناسب: ســـطح خارجی ساختمان مدرسه با رنگ روشن، تابش خورشید را بیشتر بازتاب می‌دهد و گرمای کمتـــری جذب می‌کند. در فضای داخلی نیز رنگ‌های روشـــن، توزیع

نـــور را بهبود می‌دهند و تعـــداد لامپ‌های موردنیـــاز را کم می‌کنند. پیش از این، در مقاله‌های ســـال‌های گذشـــته به برچسب‌هایی که در اصطلاح برچسب‌های خورشیدی (ویندوفیلم سولار[8]) نامیده می‌شوند و همچنین به پرده‌های ضد آفتاب (سان‌اسکرین[9]) ضد اشعهٔ فرابنفش (یو وی) اشـــاره شده اســـت. این برچسب‌ها روی شیشـــهٔ پنجره‌ها و همچنین شیشه‌های شب‌رنگ (رفلکتیو) می‌توانند در اقلیم‌های گرم، اشعهٔ فرابنفش یا بخشی از حرارت نامطلوب خورشیدی را بازتاب دهند. پرده‌های ضدآفتاب هم از عبور اشعهٔ فرابنفش جلوگیری می‌کنند.

بام سبز: ایجاد پوشش گیاهی روی بام، علاوه بر زیباسازی و استفادهٔ مطلوب از فضای بام مدرســـه، نوعی عایق‌بندی طبیعی در ساختمان ایجاد می‌کند و از تأثیر دماهای شـــدید بیرون می‌کاهد؛ هرچند اجرای درست این ایده بسیار اهمیت دارد و نباید به‌گونه‌ای باشد که به آسیب در بام مدرسه و سقف آخرین طبقهٔ آن منجر شود.

سایه‌اندازی درختان روی ساختمان مدرسه‌ای با پنجره‌های گسترده

ب) بهره‌گیری از عوامل طبیعی و شرایط اقلیمی

همســـویی با طبیعت یا بهره‌گرفتن درســـت از آن می‌تواند نیاز به انرژی‌های فسیلی را به حداقل برساند و به صرفه‌جویی در مصرف این نوع از انرژی منجر شود. در اینجا چند نمونه در این رابطه ذکر می‌شود.

کاشت درخت پیرامون ساختمان مدرسه: درختان خزان‌پذیر در زمســـتان شـــاخه‌هایی بدون برگ دارند و نور خورشید را به درون ساختمان راه می‌دهند، اما در تابســـتان، با برگ‌های متراکم، از تابش مستقیم خورشید و گرم‌شدن بیش‌ازحد کلاس‌ها جلوگیری می‌کنند. در مناطقی با بادهای سرد زمستانی، درختان و درختچه‌ها در جهت باد مزاحم کاشته می‌شوند تا مانع هدررفت گرما یا ایجاد کوران غیرضروری در ورودی‌ها شوند.

بهره‌گیری بهینه از نور و تهویهٔ طبیعی: پژوهش‌ها نشان می‌دهند، با به‌کارگیری نور طبیعی با طراحی نورگیرهای کافی و نصب پنجره‌های چندجدارهٔ بزرگ، نورگیرهای سقفی، استفاده از پرده‌های نورگذر و سایر تمهیدهای مشابه، گاهی نیاز به روشنایی مصنوعی در فضاهای مدرسه، حتی تا ۱۰۰ درصد فضاها، کاهش می‌یابد (Willis, 2022). همچنین، اســـتفاده از تهویهٔ متقاطع (بازکردن هم‌زمان پنجره‌های روبه‌روی هم) در صبح و عصر که دمای هوای بیرون ملایم‌تر است، نیاز به کولر را در برخی از ساعت‌های روز کاهش می‌دهد (Heidari & Sharifi, 2020).

استفاده از عمق زمین: احداث فضاهایی نظیر سالن‌های چندمنظوره یا پلکانـــی (آمفی‌تئاتـــر) در زیرزمین یـــا نیم‌طبقهٔ زیرســـطحی، به خنک‌ماندن آن فضا در تابستان و حفظ گرما در زمستان کمک می‌کند. دمـــای فضاها در عمق خاک ثبات نســـبی دارد و از نیاز به گرمایش و سرمایش می‌کاهد. در برخی مدرسه‌های مناطق کوهستانی، بهره‌گیری از فضاهای نیمه‌مدفون تا ۲۵ درصد در صرفه‌جویی انرژی گرمایشی ـ سرمایشی تأثیرگذار بوده است (Harris & Li, 2025).

لامپ‌های کم‌مصرف، از ساده‌ترین ایده‌ها در صرفه‌جویی

ج) بهینه‌سازی سامانه‌ها و تجهیزات و فناوری‌های نوین

فناوری می‌تواند ابزار سودمند افزایش بازده (راندمان) و کاهش مصرف باشد. آگاهی بیشتر مدیران مدرسه در این زمینه می‌تواند نتیجهٔ عملی مطلوبی در راستای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در پی داشته باشد.

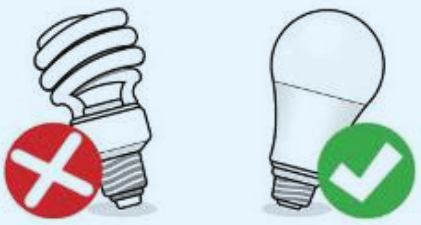
بهینه‌ســـازی تجهیزات سرمایشـــی و گرمایشی: جایگزینی دستگاه‌های قدیمی گرمایشی-سرمایشی با نمونه‌های بازده بالا یا نصب دماپا (ترموستات)های هوشـــمند، به‌طور قابل‌توجهی از مصرف انرژی می‌کاهد. در برخی از موارد، تغییر ســـامانه‌های گرمایشی یا سرمایشی راهگشاست. در شـــهرهای با اقلیم معتدل غیرمرطوب یا حتی برخی از شـــهرهای اقلیم گرم و خشک که تابستان در آن‌ها گرمای شدیدی ندارد، می‌توان به کمک کولر آبی سلولزی سرمایش محیط را تأمین کرد و به استفاده از دستگاه‌های خنک‌کنندهٔ پرمصرف دیگر، همچون انواع کولرهای گازی یا سردکن نیاز نیست.

اســـتفاده از نانومـــواد: بهره‌گیـــری از رنگ‌ها و پوشـــش‌های

خـــاص مبتنی بر فنـــاوری نانـــو در ســـطح‌های بیرونـــی و داخلی، انتقـــال حـــرارت را کمتـــر می‌کنـــد و در عیـــن حـــال از ضخامت دیوارهای عایق‌شـــده می‌کاهـــد. پژوهش‌ها نشـــان می‌دهند که این کار در ســـقف‌ها و دیوارهـــای خارجـــی، در کاهش بار گرمایشـــی و سرمایشی بســـیار مؤثر اســـت (Greenwood & Reynolds, 2024). امـــروزه محصولاتی همچون رنگ‌هایی که به‌عنـــوان عایق حرارت در داخل کشـــور، به کمک فناوری نانو تولید و عرضه می‌شوند، می‌توانند به‌سادگی و با صرف اندک‌هزینه‌ای بیش از یک رنگ معمولی، با ایفای نقش دوگانه، در نهایت به صرفه‌جویی در بهسازی محیط و در ادامهٔ آن در مصرف انرژی منجر شوند.

عایق‌کـــردن کانال‌های تهویـــه و لوله‌ها: هرگونه نشـــتی یا عایق‌بندی‌نکردن کانال‌های تهویه و لوله‌های حامل آب گرم یا سرد، ممکن اســـت به افزایش اتلاف حرارت یا سرمایش منجر شـــود. لازم است این موضوع در زمان بازسازی فضاهای گوناگون مدرسه موردتوجه قرار گیرد.

بهینه‌ســـازی نور مصنوعی و تجهیزات روشنایی: لامپ‌های کم‌مصرف، نوردهی موضعی و استفاده از حسگرهای حرکتی، در کاهش مصرف برق نقش مهمی دارند. کلیـــت این موضوع برای همهٔ مدیران کاملاً شناخته‌شده است. اما تصمیم‌گیری برای انتخاب نوع چراغ‌های روشـــنایی یا تعداد و محل نصب آن‌ها امری فنی اســـت و لازم اســـت مورد توجه بیشتری قرار گیرد. همهٔ چراغ‌های به‌اصطلاح «کم‌مصرف» به یک اندازه کم مصرف نمی‌کنند! شـــاید یک محیط در مدرســـه به شار نوری کمتر و در نتیجه یک لامپ یا چراغ کم‌مصرف‌تر نیاز داشته باشـــد. در اینجا پیشنهاد می‌شود برای آگاهی بیشتر در این زمینه، به مجموعه مقاله‌های رشد مدیریت مدرســـه در سال تحصیلی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ مراجعه شود.



تنظیم و بهبـــود راندمان موتورخانه: تنظیـــم و بهبود راندمان بخش‌های مکانیکی و الکتریکی موتورخانه، از جمله تمیزکردن پالایه‌ها، سرویس منظم پمپ‌ها و اطمینان از کارکرد صحیح مشعل‌ها، در کاهش مصرف سوخت مؤثر است.

نصب یا تقویت ســـامانه‌های بازیافت حرارت (اچ‌آروی)[10] در صورت امکان، نصب یا تقویت ســـامانه‌های بازیافت حرارت در دســـتگاه تهویه، می‌تواند به بازگرداندن بخشی از انرژی دفع‌شده کمک کند. تقویت سامانه‌های بازیافت حرارت، یعنی بهبود کارایی این سامانه‌ها، تا بتوانند گرما یا سرمای بیشتری را از هوای کهنهٔ خروجی بگیرند و به هوای تازهٔ ورودی منتقل کنند. این کار بـــه کاهش مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش و همچنین بهبود کیفیت هوای داخل کمک می‌کند.

دستگاه‌های بازیافت حرارت، خودشان سامانه‌های گرمایشی یا سرمایشی مستقلی نیستند، بلکه به‌عنوان مکمل در کنار دستگاه‌های تهویهٔ مطبوع اصلی کار می‌کنند تا از بار انرژی آن‌ها بکاهند. بنابراین می‌توانند با طیف وسیعی از سامانه‌های گرمایشی و سرمایشی ترکیب شوند. اگر موضوع بهبود کیفیت هوا، آسایش حرارتی و کاهش هزینه‌های انرژی مهم باشد، صرف هزینه برای استقرار اچ‌آروی (حتی در ساختمان مدرسه‌های قدیمی) می‌تواند کاملاً توجیه‌پذیر باشد؛ مشروط بر اینکه پرت یا هدررفت حرارت در پوستهٔ ساختمان و بازشوهای آن به حداقل رسیده باشد. طبعاً استفاده از اچ‌آروی در ساختمان‌هایی که عایق‌بندی ضعیف و درزهای متعدد دارند و اجازهٔ نفوذ بی‌رویهٔ هوای بیرون را می‌دهند، بازدهی کمتری خواهد داشت.

بازبینهٔ (چک‌لیست) فنی راهنمای مدیران

پرداختن به همهٔ مسائل فنی در این رابطه از حوصلهٔ این مقاله خارج است و در عمل هم امکان آن وجود ندارد. بنابراین، می‌توان با ارائهٔ یک بازبینه به‌عنوان ضمیمهٔ مکمل و کاربردی این مقاله، مدیران و گردانندگان مدرسه را بیشتر یاری کرد. این فهرست بازبینه به مدیران مدرسه کمک می‌کند با بررسی دقیق‌تر ابعاد فنی ساختمان مدرسه و تأسیسات آن، اقدامات لازم را برای کاهش مصرف انرژی و هزینه‌ها شناسایی و پیگیری کنند.

نحوهٔ استفاده از بازبینه

ابتدا سه ستون دیگر با عنوان‌های «وضعیت فعلی، اقدام لازم/مسئول پیگیری و نتیجهٔ پیگیری» را به بازبینه اضافه کنید (ما به‌خاطر رعایت کاهش حجم مطالب این کار را نکرده‌ایم). پس از آن، هر مورد را بررسی کنید و در ستون «وضعیت فعلی» یکی از گزینه‌های «مطلوب، نیاز به بهبود، نامطلوب یا بررسی‌نشده» را علامت بزنید. سپس در ستون «اقدام لازم/مسئول پیگیری» اقدامات موردنیاز و فرد مسئول را مشخص کنید. نتیجهٔ هر پیگیری هم در ستون مربوطه درج می‌شود. این کار می‌تواند در بعضی از موارد یک بار برای همیشه و در بیشتر موارد به‌صورت سالانه یا فصلی و در مواردی هم به‌صورت روزانه در مدرسه تکرار شود و نتایج آن ثبت و حتی در وبگاه یا صفحهٔ مدرسه، در شبکه‌های اجتماعی به دانش‌آموزان و اولیا گزارش شود. بنابراین، این جدول با توجه به شرایط هر سطر آن، از نظر دورهٔ بازبینه، می‌تواند به چند جدول جداگانه تقسیم شود. به‌طور کلی لازم است این نوع از جدول‌ها برای هر مدرسه، با توجه به شرایط اقلیمی و اقتصادی آن، بومی شوند. برای دسترسی به جدول رمزینه را پویش کنید.

باید تأکید شود، این بازبینه بیشتر بر ابعاد فنی و تا حدودی مدیریت مصرف در ترکیب با ابعاد فنی صرفه‌جویی در انرژی تمرکز دارد. قطعاً برای دستیابی به نتایج بهتر، اجرای هم‌زمان برنامه‌های فرهنگ‌سازی در مصرف انرژی به کمک مشارکت عملی دانش‌آموزان، ضروری است. در این رابطه، فهرست بازبینهٔ جداگانه‌ای در مقالهٔ بعدی ارائه خواهد شد. در ضمن، مشورت با کارشناسان فنی (تأسیسات، برق و معماری) برای بازبینی، بازطراحی این بازبینه و اجرای برخی موارد پیچیده‌تر، توصیه می‌شود. این بازبینه صرفاً یک ایده است و می‌تواند از نظر موضوعات تخصصی داخل آن بازنگری و بومی‌سازی شود.

توسعهٔ دانش فنی؛ مقدمه‌ای ضروری

همان‌طور که در ابتدا اشاره شد، موضوعات مدیریتی و فرهنگ‌سازی در این زمینه، برای مدیران مدرسه نسبت به موضوعات فنی از اهمیت بیشتری برخوردار است. اما بدون توسعهٔ دانش در ابعاد فنی و عبور از آن به‌عنوان مقدمه‌ای مهم برای ورود به ابعاد مدیریتی و فرهنگی، نمی‌توان مدیریت و فرهنگ‌سازی درست و اصولی را به شکلی ناتمام و نیم‌بند از مدیران مدرسه انتظار داشت. در شمارهٔ بعدی به ابعاد مدیریتی و فرهنگی در مدرسه در این زمینه اشاره می‌شود.

پی‌نوشت‌ها

۱.موضوع تولید انرژی‌های پاک در مدرسه در مقاله‌ای جداگانه در آینده بررسی خواهد شد.

۲. آسایش حرارتی (Thermal Comfort)، به حدود شرایطی اشاره می‌کند که در آن اغلب افراد حاضر در یک فضا از دمای محیط و نحوهٔ توزیع گرما یا سرما احساس رضایت می‌کنند. این رضایت با عواملی مانند دمای هوا، رطوبت، سرعت هوا، میزان فعالیت بدنی و نوع پوشش ارتباط دارد (Olson & Kellum, 2003).

۳. ظرفیت حرارتی (Thermal Capacity)، میزان گرمایی است که هر ماده می‌تواند جذب و ذخیره و سپس در زمان مناسب آزاد کند.

۴. عایق حرارتی (Thermal Insulation)، موادی که مانع تبادل ناخواستهٔ گرما یا سرما هستند.

۵. درها و پنجره‌ها در پوستهٔ ساختمان

6. Unplasticized PolyVinyl Chloride

۷. معنی لغوی آن شکست حرارتی است که از نظر فنی به ایجاد مانع برای انتقال حرارت اشاره می‌کند (Thermal Break).

۸. برچسب شفاف با لایهٔ بازدارندهٔ اشعهٔ ماوراءبنفش و لایهٔ فلزپوش برای دفع حرارت اشعه‌های خورشید.

۹. پردهٔ سان‌اسکرین اشعه‌های مضر فرابنفش را پالایه می‌کند و اجازه می‌دهد مقدار کامل و آرامش‌بخشی از نور خورشید وارد اتاق شود.

10. HRV: Heat Recovery Ventilation

منابع

1. Farshchi, F., & Ardakani, F. (2022). Energy consumption patterns in Iranian public schools: Challenges and opportunities. Journal of Environmental Education, 44(1), 12–20.

2. Greenwood, T., & Reynolds, S. (2024). Emerging trends in energy management for educational buildings post-pandemic. International Journal of Smart Education, 10(2), 87–95.

3. Harris, B., & Li, Z. (2025). Advances in renewable energy integration in school infrastructures. Energy Innovations Journal, 22(3), 210–221.

4. Heidari, A., & Sharifi, M. (2020). Students' involvement in energy saving strategies: Case study of Tehran's public schools. Energy Reports, 6, 558–565. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.12.045.

5.Olson, S., & Kellum, S. (2003). The green school: A guide to creating sustainable schools. New York, NY: Environmental Education Press.

6.Willis, G. (2022). Energy-efficient lighting in educational buildings: A global overview. Energy and Buildings, 264, 112011. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112011.

بام سبز این مدرسه، علاوه بر ایجاد همسانی و هم‌نشینی با محیط پیرامون، ابزاری مناسب برای حفظ انرژی نیز شده است.