ممیزی انرژی ساختمان مشخص در اصفهان، تاثیر عوامل مختلف و راهکارهای کاهش تلفات انرژی

مجتبی هادی [۱]، مائده حسامی [۲]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۳/۱۸

چکیده:

انرژی به عنوان یکی از مسائل مهم جامعه بشری دغدغه بسیاری از کشورها است و در این بین، صرفه‌جویی در مصرف انرژی نقش مهمی دارد. مصرف انرژی در ساختمان‌های کشور به عنوان یک بخش غیر مولد، بیشترین سهم را در بین کلیه بخش‌های مصرف به خود اختصاص داده است. مجموعه‌ای از عوامل تعیین کننده میزان مصرف انرژی در ساختمان به این شرح دسته‌بندی می‌گردد[۶]: ۱- شرایط آب و هوایی و اقلیمی محل احداث ساختمان، ۲- مواد و مصالح بکار رفته در پوسته و جداره‌های خارجی ساختمان۳- نوع معماری و سازه ساختمان، ۴- تاسیسات مرکزی ساختمان (گرمایش، سرمایش، تهویه مطبوع و روشنایی) و ۵- لوازم و تجهیزات مصرف کننده (لوازم برقی و تجهیزات اداری). در این پروژه، یک ساختمان در شرایط جغرافیایی معین از نظر بار سرمایی، ممیزی شود تا مقدار تلفات سرمایی آن مشخص و راه‌های صرفه‌جویی آن ارائه شود. بدین منظور، ۶ مورد Qهای برودتی محاسبه می‌شود و سپس بار سرمایی محسوس به دست می‌آید.

کلمات کلیدی:

بهینه سازی مالی، نظریه پرتفوی، مدیریت ریسک، بازار برق، ارزش در معرض خطر شرطی

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان (نویسنده مسئول) mojtaba_hadi60@yahoo.com
۲) دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان maedeh_hesami@yahoo.com

مقدمه

در سال‌های اخیر، به دلیل پیچیدگی و تحولات روز افزون جامعه جهانی، عامل انرژی نقش اساسی در اقتصاد و سیاست هر ملت ایفا می‌کند و پیگیری دقیق آینده بخش انرژی و اتخاذ راهبرد مناسب از ارکان اصلی حفظ ثبات و قدرت سیاسی اقتصادی هر کشور به شمار می‌رود. [۱]. تولید انرژی هزینه زیادی بر پیکر اقتصاد یک کشور تحمیل می‌کند لذا صرفه‌جویی انرژی و یافتن پتانسیل‌های کاهش مصرف انرژی از اهمیت زیادی برخوردار است. اتلاف انرژی در بخش‌های صنعت، کشاورزی، ساختمان‌های اداری و مسکونی و... به طرق مختلف صورت می‌گیرد. با توجه به تراز نامه انرژی کشور، سالانه بیش از ۴۰ درصد مصرف انرژی مستقیما صرف تأمین نیازهای بخش ساختمان می‌گردد[۶]. این در حالی است که اکثر مطالعات انجام گرفته نشان می‌دهد بیش از نیمی از این میزان مصرف به دلایل مختلفی تلف می‌گردد. در واقع، در صورت رسیدگی به وضعیت ساختمان‌ها با اجرای راهکارهای بهینه‌سازی مصرف انرژی، ارتقای کارایی و اصلاح الگوی بهره‌برداری می‌توان با کمتر از نصف این میزان انرژِی مصرفی، آسایش مورد نظر در ساختمان‌ها را فراهم نمود[۳]. در واقع، در اغلب ساختمان‌های موجود، بیش از ۵۰ درصد پتانسیل صرفه‌جویی و کاهش مصرف انرژی قابل دستیابی خواهد بود. در این میان، اتلاف انرژی در اغلب ساختمان‌های دولتی و عمومی در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد و شاید عمده دلیل این ضعف، علاوه بر سایر مسائل و نقاط ضعف مشترک در اکثر ساختمان‌ها، عدم انگیزه کافی و نبود فرد یا افراد متولی برای پیگیری مسائل بهینه‌سازی مصرف می‌باشد. به طور مثال، مصرف انرژی الکتریکی در این ساختمان‌ها زیاد است زیرا هر وسیله الکترونیکی از بین سه حالت *sleep*، *active* و *idle*، اغلب در تمام ساعات تعطیلی اداره در حالت *idle* قرار دارد که در این حالت نیز دارای مصرف انرژی می‌باشد[۷]. در ساختمان‌های مسکونی، اتلاف انرژی سرمایی و گرمایی نسبت به انواع دیگر اتلاف انرژی بیشتر است. در این پروژه با تمرکز بر ساختمان‌های مسکونی سعی شده تا اتلاف بار سرمایی ساختمان مشخصی در اصفهان تعیین تا بتوان با کنترل آن تلفات، بازده انرژی سرمایی را افزایش داد.

موقعیت جغرافیایی ساختمان

الف)شرایط طرح خارج

ساختمان مورد نظر در اصفهان و در ارتفاع ft ۵۹۷۲ از سطح دریا واقع شده است. بر اساس نشریه ۲۷۱ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، در تابستان و در ساعت ۳ بعد از ظهر دمای خشک آن F ۹۴ و دمای مرطوب آن F ۶۲,۷۲ و همچنین دامنه تغییرات روزانه F ۳۳,۵ می‌باشد که با توجه به نمودار سایکرومتریک[1]

1) Psychrometric charts

رطوبت نسبی برابر با ۱۹,۲۵ درصد و $W=$ ۵۷,۱۶ gr/lb و دمای نقطه شبنم F ۴۵,۹ به دست می‌آید[۲].

ب) شرایط طرح داخل

با استفاده از اطلاعات مراجع موجود[۴]، دمای خشک طرح داخل و میزان رطوبت نسبی برای منزل مسکونی معمولی را می‌یابیم. برای تعیین دمای فضاهای سردنشده مجاور از فرمول" $t_i+(t_0-t_i)\times$ ۰,۶۶۷ =دمای اتاق سرد نشده مجاور" و برای فضاهای سرد نشده در زیر اتاق مورد نظر از فرمول"t_0- ۵ = دمای اتاق سرد نشده زیرین" که t_0 دمای خشک طرح خارج و t_i دمای خشک طرح داخل ساختمان است، استفاده شده است اما به منظور ساده سازی برای تمام مکانهای سرد نشده از میانگین دماهای طرح داخل وخارج استفاده می‌کنیم. نتایج در جدول(۱) آمده است:

جدول۱) شرایط داخل ساختمان

دمای طرح داخل (F)	۷۸	
رطوبت نسبی (٪)	۵۰-۴۵	
نسبت رطوبت ($\frac{gr}{lb}$)	۷۲	
دمای فضاهای سرد نشده (F)	راه پله	میانگین دمای طرح داخل و خارج:۸۶
	هواکش کنار سرویس ها	میانگین دمای طرح داخل و خارج:۸۶
	پارکینگ	میانگین دمای طرح داخل و خارج:۸۶
	سرویس‌های‌بهداشتی و حمام	میانگین دمای طرح داخل و خارج:۸۶

مشخصات جداره ها، درب‌ها و پنجره‌های ساختمان

الف- دیوارهای خارجی: از آجر مجوف "۸ با روکار بیرون، نمای سنگی"۴ و نازک کاری داخلی "۵/۸ و اندود با گچ سبک وزن با ضریب کلی انتقال حرارت $U=0.28(Btu/hr.ft^2.F)$، با وزن مصالح $30\ lb/ft^2$

ب-دیوارهای داخلی: از آجر سفالی"۴ و "۵/۸ اندود با گچ سبک وزن روی یک طرف دیوار با ضریب انتقال حرارت کلی $U=0.35\ (Btu/hr.ft^2.F)$، با وزن مصالح $16\ lb/ft^2$

ج- پنجره‌ها: دو لایه شیشه با فاصله "۱/۲ با ضریب انتقال حرارت کلی $U=0.65(Btu/hr.ft^2.F)$

د – درب‌ها: درب اتاقها تمام چوبی به ضخامت "۲ با ضریب انتقال حرارت کلی$U=0.45\ (Btu/hr.ft^2.F)$ و درب ورودی ساختمان در ورودی راهرو تمام چوبی با ضریب انتقال حرارت $U=0.3(Btu/hr.ft^2.F)$

ه- سقف طبقه آخر: از بتن اندود ماسه و گچ با ضخامت "۸ بدون پلاستر و عایق"۱ روی سطح، با ضریب انتقال حرارت کلی$U=0.23$ به دست می‌آید.

و- سقف و کف(جریان حرارت به سمت پایین): از موزاییک سیمانی با ضخامت"۸ بدون اندود یا با "۱,۲ اندود گچ سبک وزن، با ضریب انتقال حرارت کلی $U=0.39(Btu/hr.ft^2.F)$، با وزن مصالح $79\ lb/ft^2$

ز- سقف و کف(جریان حرارت به سمت بالا): موزاییک سیمانی با ضخامت "۸، گچ سبک وزن با ضریب انتقال حرارت کلی $U=0.52(Btu/hr.ft^2.F)$، با وزن مصالح $79\ lb/ft^2$

برآورد بار سرمایی ساختمان

۱- محاسبه بار سرمایی ناشی از تابش از پنجره ها و شیشه های خارجی (Q_1):

بار سرمایی تابشی از پنجره ها و شیشه های خارجی (Q_1) از طریق رابطه(۱) محاسبه می شود[۵] :

$$Q_1= (Btu/hr.ft^2) \qquad (۱)$$

حرارت اکتسابی خورشیدی(×ضریب تصحیح × ضریب ذخیره(ft^2)× مساحت پنجره یا شیشه

که در آن:

حرارت اکتسابی خورشیدی را برای عرض جغرافیایی اصفهان (۳۲ درجه عرض شمالی) در روز اول مرداد ماه (۲۳ جولای) ساعت ۳ بعد از ظهر از مراجع موجود[۴] به دست می‌آوریم.

ضریب تصحیح، حاصل ضرب ضریب تصحیح قاب فلزی، ضریب تصحیح گرد و غبار، ضریب تصحیح ارتفاع از سطح دریا، ضریب تصحیح نقطه شبنم و ضریب تصحیح برای کرکره و پرده می‌باشد که از جدول ۵-۳ صفحه ۱۹۳ کتاب تاسیسات ساختمانی طباطبایی به دست می‌آید.

از آنجا که حرارت اکتسابی از خورشید تماما به بار حرارتی اتاق اضافه نمی‌شود و فقط درصدی از آن که توسط مواد ساختمانی اتاق جذب و ذخیره می‌شود، به حساب می‌آید، ناگزیر از ضریبی به نام ضریب ذخیره استفاده می‌شود. در محاسبه مقدار تابش ذخیره شده، وزن مواد بکار رفته در ساختمان موثر می‌باشد.

بر این اساس می‌توان برای ساختمان مذکور و برای زیرزمین، طبقه همکف و طبقه اول، Q ها را یافت. (به علت محاسبات فراوان، تنها Q مربوط به طبقه اول در جدول (۲) آمده است.)

جدول۲) محاسبه Q_1 ناشی از تابش

Q_1														
Q_1 (Btu/hr)	مساحت پنجره (ft^2)	ضریب تصحیح نهایی	ضریب ذخیره	حرارت اکتسابی Btu/ $hr.ft^2$	وزن مواد بر فوت مربع کف(lb/ft^2)	جهت پنجره	وزن سقف کف lb/ft)	مساحت کف (ft^2)	وزن دیوارها داخلی lb/f^2)	مساحت دیوارهای داخلی (ft^2)	وزن دیوارها خارجی lb/ft^2) (	مساحت دیوارها خارجی (ft^2)	فضا	
۱۳۵,۲۸	۱۸,۰۶	۰,۶۷	۰,۸۶	۱۳	۱۲۲,۷	شمالی	۹۴,۸۴	۹۹	۱۹	۲۹۶,۴۱	۳۳	۸۸,۸۶	اتاق خواب ۱	طبقه اول
۱۳۵,۲۸	۳۱,۸۹	۰,۶۷	۰,۸۶	۱۳	۱۲۸,۲۹	شمالی	۹۴,۸۴	۱۰۶,۹۳	۱۹	۳۶۹,۹۹	۳۳	۸۸,۸۶	اتاق خواب ۲	
۱۴۲,۳	۲۱,۹۵	۰,۶۷	۰,۵۹	۱۶,۴	۱۴۴,۲۲	جنوبی	۹۴,۸۴	۱۲۹,۸۸	۱۹	۳۶۷,۸۷	۳۳	۸۴,۹۶	اتاق خواب ۳	
۱۴۲,۳	۲۱,۹۵	۰,۶۷	۰,۵۹	۱۶,۴	۱۱۷,۳	جنوبی	۹۴,۸۴	۱۵۵,۸۳	۱۹	۴۰۴,۳۲	-	-	آشپزخانه	
۱۳۷,۴۷	۲۱,۹۵	۰,۶۷	۰,۵۷	۱۶,۴	۸۹,۱۸	جنوبی	۹۴,۸۴	۴۷۶,۶۲	۱۹	۶۷۷,۸۹	۳۳	۱۱۰,۷۹	سالن	
۶۹۲,۶۳	جمع کل													

Q_{1-1} = زیرزمین:۴۱۶,۷۳

Q_{1-2} = طبقه همکف:۶۸۹,۰۴

Q_{1-3} = طبقه اول :۶۹۲,۶۳

$Q_{1-1}+Q_{1-2}+Q_{1-3}$= ۱۷۹۸,۴

راهکارهای کاهش بارسرمایی تابشی:

الف) کاهش تعداد پنجره‌ها و درب‌های شیشه‌ای و همچنین کاهش مساحت شیشه‌های ساختمان

ب) انتخاب شیشه‌های مات و کدر و یا آیینه‌ای برای جلوگیری از تابش به داخل ساختمان

ج) عدم نصب همه پنجره‌ها رو به شمال

د) استفاده از پرده در جلوی شیشه پنجره‌ها و درب‌ها

ه) استفاده از مواد با ضریب ذخیره کمتر در ساختمان

۲- محاسبه بار سرمایی هدایتی از پنجره‌ها و شیشه‌های خارجی (Q_2)

با استفاده از رابطه(۲) می‌توان بار سرمایی هدایتی از پنجره‌ها و شیشه‌ها را یافت[۴]:

$$Q_2= AU(t_0 - t_i) \quad (۲)$$

که در آن، A مساحت پنجره وU ضریب هدایت حرارتی پنجره و t_i دمای خشک طرح داخل و t_0 دمای طرح خارج می‌باشد.

در جدول(۳) محاسبات و مقدار Q_2 برای طبقه اول را مشاهده می‌کنید.

جدول۳) محاسبه Q_2 ناشی از هدایت پنجره‌ها و شیشه‌های خارجی

Q_2					
	فضا	**مساحت پنجره (ft^2)**	**ضریب هدایت حرارتی ($Btu/hr.ft^2$)**	**t_i-t_0 (F)**	**Q_2 (Btu/hr)**
طبقه اول	اتاق خواب ۱	۱۸,۰۶	۰,۶۵	۱۶	۱۸۷,۸۲۴
	اتاق خواب ۲	۱۸,۰۶	۰,۶۵	۱۶	۱۸۷,۸۲۴
	اتاق خواب ۳	۲۱,۹۵	۰,۶۵	۱۶	۲۲۸,۲۸
	آشپزخانه	۳۱,۸۹	۰,۶۵	۱۶	۳۳۱,۶۵۶
	سالن	۲۱,۹۵	۰,۶۵	۱۶	۲۲۸,۲۸
				جمع کل	۱۱۶۳,۸۶۴

Q_{2-1} = زیرزمین: ۶۴۴,۳۸۴

Q_{2-2} = طبقه همکف: ۱۰۲۱,۰۷۲

Q_{2-3} = طبقه اول :۱۱۶۳,۸۶۴

$Q_{2-1}+Q_{2-2}+Q_{2-3}=$ ۲۸۲۹,۳۲

۳- بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره‌های خارجی (Q_3)

برای محاسبه بار تشعشعی و هدایتی به طور همزمان از رابطه (۳) استفاده می‌کنیم[۴]:

$$Q_3 = AU\Delta t_e \qquad (۳)$$

که در آن، A مساحت جداره و U ضریب هدایتی جداره و Δt_e اختلاف دمای معادل می‌باشد.

$\Delta t_{\mathrm{e}} = 0.55\frac{\mathrm{R_s}}{\mathrm{R_m}}\Delta t_{\mathrm{em}} + (1 - 0.55\frac{\mathrm{R_s}}{\mathrm{R_m}})\Delta t_{\mathrm{es}}$ برای به دست آوردن اختلاف دمای معادل مقدار اولیه را از مرجع می‌خوانیم و سپس با توجه به اختلاف دمای طرح داخل و دامنه تغییرات روزانه، مقدار تصحیح اولیه را اعمال می‌کنیم و سپس با توجه به رابطه (۴) مقدار نهایی را به دست می‌آوریم[۴]:

$$\Delta t_{\mathrm{em}} = 4.95\Delta t_{\mathrm{es}} = 4.95 \qquad (۴)$$

Δt_{es}که در آن Δt_{e} اختلاف دمای معادل نهایی و Δt_{em} اختلاف دمای معادل برای جداره مورد نظر تحت تابش آفتاب پس از تصحیح مقدماتی و اختلاف دمای معادل برای همان جداره تحت سایه و پس از تصحیح مقدماتی، $\mathrm{R_s}$ حداکثر ماهانه حرارت اکتسابی[۴] خورشید از شیشه در عرض جغرافیایی محل طرح در ماه مورد نظر، و $\mathrm{R_m}$ حداکثر ماهانه حرارت اکتسابی[۴] خورشید از شیشه در عرض جغرافیایی ۴۰ درجه و ماه جولای، اختلاف دمای طرح داخل و خارج برابر است با ۱۶ و با توجه به دامنه تغییرات ۳۳.۵ ،مقدار تصحیح مقدماتی برابر است با ۵.۷۵- ، و برای دیوار شمالی آشپزخانه زیرزمین مقدار اختلاف دمای معادل قبل از تصحیح با توجه به میان یابی، ۱۰.۷ است. پس $\mathrm{R_s}$ برابر است با ۲۲,۴ و $\mathrm{R_m}$ برابر است با ۲۴. در نتیجه، مقدار Δt_{e} برابر می‌شود با ۴,۹۵ درجه‌ی فارنهایت. حال با داشتن مقدار اختلاف دما و همچنین مساحت جداره و ضریب هدایتی جداره، مقدار Q_3 را ۱۹,۹۸۶ به دست می‌آوریم، برای بقیه جداره‌های خارجی در جدول (۴) مقادیر آورده شده است.

جدول٤) محاسبه Q_3 ناشی از تشتعشع و هدایت جداره‌های خارجی

Q_3													
Q_3 $(\frac{Btu}{hr})$	Δt_e (F)	R_m	R_s	Δt_{em} (F)	Δt_{es} (F)	Δt (F)	X	وزن $\frac{lb}{ft^2}$	U $(\frac{Btu}{ft^2.h})$	مساحت (ft^2)	جهت جداره	فضا	
۱۲۳,۱۶	۴,۹۵	۲۴	۲۲,۴	۴,۹۵	۴,۹۵	۱۰,۷	-۵,۷۵	۳۳	۰,۲۸	۸۸,۸۶	شمالی	اتـــــاق خواب ۱	طبقه اول
۱۹۴,۵۶	۸,۵۴	۲۳۳	۲۳۹,۵	۲۰,۱۵	-۶,۵۵	۲۵,۹	-۵,۷۵	۹۴	۰,۲۳	۹۹	سقف		
۱۲۳,۱۶	۴,۹۵	۲۴	۲۲,۴	۴,۹۵	۴,۹۵	۱۰,۷	-۵,۷۵	۳۳	۰,۲۸	۸۸,۸۶	شمالی	اتـــــاق خواب ۲	
۲۱۰,۰۳	۸,۵۴	۲۳۳	۲۳۹,۵	۲۰,۱۵	-۶,۵۵	۲۵,۹	-۵,۷۵	۹۴	۰,۲۳	۱۰۶,۹۳	سقف		
۲۳۴,۷۹	۹,۸۷	۶۹	۳۷,۸	۲۱,۲۷۵	۴,۹۵	۲۷,۰۲	-۵,۷۵	۳۳	۰,۲۸	۸۴,۹۶	جنوبی	اتـــــاق خواب ۳	
۲۵۵,۳۳	۸,۵۴	۲۳۳	۲۳۹,۵	۲۰,۱۵	-۶,۵۵	۲۵,۹	-۵,۷۵	۹۴	۰,۲۳	۱۲۹,۸۸	سقف		
۳۰۳,۳۹	۹,۸۷	۶۹	۳۷,۸	۲۱,۲۷۵	۴,۹۵	۲۷,۰۲	-۵,۷۵	۳۳	۰,۲۸	۱۱۰,۷۹	جنوبی	سالن	
۸۱۳,۸۳	۸,۵۴	۲۳۳	۲۳۹,۵	۲۰,۱۵	-۶,۵۵	۲۵,۹	-۵,۷۵	۹۴	۰,۲۳	۴۱۴,۳	سقف		
۲۲۵۸,۰۲	جمـــع کل												

$$\begin{cases} Q_{3-1} = \text{زیرزمین: } ۶۱۹,۷۴۸ \\ Q_{3-2} = \text{طبقه همکف: } ۴۸۲,۸۶ \\ Q_{3-3} = \text{طبقه اول : } ۲۲۵۸,۰۲ \end{cases} \qquad Q_{3-1}+Q_{3-2}+Q_{3-3} = ۳۳۶۰,۶۳$$

٤- بار سرمایی هدایتی جداره‌ها و پنجره‌ها و درهای داخلی(Q_4)

برای محاسبه این بار از رابطه (۵) استفاده می‌کنیم[۴]:

$$Q_4 = AU\Delta t \qquad (۵)$$

Δtکه در آن A مساحت جداره‌ها و U ضریب هدایتی جداره و t اختلاف دمای دو طرف جداره است. دقت کنید که می‌توان بار سرمایی کف متصل به زمین را نادیده گرفت. نتایج در جدول (۵) آمده است.

جدول۵) بار سرمایی هدایتی جداره‌ها، پنجره‌ها و درب‌های داخلی

Q_4						
$(\frac{Btu}{hr})Q_4$	Δt (F)	U $(\frac{Btu}{ft^2.hr.F})$	مساحت (ft^2)	جدار مورد محاسبه	فضا	
۳۰۲,۴	۸	۰,۳۵	۱۰۸	دیوار غربی	اتاق خواب ۱	طبقه اول
۲۹۹,۳۷۶	۸	۰,۳۵	۱۰۶,۹۲	دیوار مشترک با راه‌پله		
۲۲۸,۱۷	۸	۰,۳۵	۸۱,۴۹	دیوار مشترک با دستشویی		
۳۶۴,۳۲	۱۶	۰,۲۳	۹۹	سقف		
۰	۰	۰,۳۹	۹۹	کف		
۴۱۱,۲۶۴	۸	۰,۳۵	۱۴۶,۸۸	دیوارشرقی	اتاق خواب ۲	
۳۰۷,۲۴	۸	۰,۳۵	۱۰۹,۷۳	دیوار مشترک با حمام		
۲۲۸,۱۷	۸	۰,۳۵	۸۱,۴۹	دیوار مشترک با دستشویی		
۸۹,۲۹	۸	۰,۳۵	۳۱,۸۹	دیوار مشترک با نورگیر		
۳۹۳,۵	۱۶	۰,۲۳	۱۰۶,۹۳	سقف		
۰	۰	۰,۳۹	۱۰۶,۹۳	کف		
۴۶۵,۷	۸	۰,۳۵	۱۶۶,۳۲	دیوار شرقی	آشپزخانه	
۱۹۸,۳۷	۸	۰,۳۵	۷۰,۸۴۸	دیوار مشترک با حمام		
۵۷۳,۴۴	۱۶	۰,۲۳	۱۵۵,۸۲۶	سقف		
۰	۰	۰,۳۹	۱۵۵,۸۲۶	کف		
۳۹۶,۷۳	۸	۰,۳۵	۱۴۱,۶۹	دیوار شرقی	اتاق خواب ۳	
۴۷۷,۹۶	۱۶	۰,۲۳	۱۲۹,۸۸	سقف		
۰	۰	۰,۳۹	۱۲۹,۸۸	کف		
۷۹۳,۳۵	۸	۰,۳۵	۲۸۳,۳۴	دیوار غربی	سالن	
۴۸۶,۱۳	۸	۰,۳۵	۱۷۳,۶۲	دیوار مشترک با راه‌پله		
۲۰۳,۷۸	۸	۰,۳۵	۷۲,۷۸	دیوار مشترک با حمام		
۸۲,۵۱۲	۸	۰,۴۵	۲۲,۹۲	در حمام		
۸۲,۵۱۲	۸	۰,۴۵	۲۲,۹۲	در دستشویی		
۱۹۳,۶۸	۸	۰,۴۵	۵۳,۸	در راه‌پله		
۱۸۱,۳۴	۱۶	۰,۳	۳۷,۷۸	در ورودی		
۱۷۵۳,۹۶	۱۶	۰,۲۳	۴۷۶,۶۲	سقف		
۰	۰	۰,۳۹	۴۷۶,۶۲	کف		
۸٤۸٦,۱۹٤	**جمع کل**					

$$\begin{cases} Q_{4-1} = \text{زیرزمین: } ۲۸۳۱,۲۴ \\ Q_{4-2} = \text{طبقه همکف: } ۴۵۸۵,۷۹ \\ Q_{4-3} = \text{طبقه اول: } ۸۴۸۶,۱۹۴ \end{cases} \qquad Q_{4-1}+Q_{4-2}+Q_{4-3}= \text{ ۱۵۹۰۳,۲۲۴}$$

۵- بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه اتاق‌ها(Q_5)

بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه اتاق‌ها را می‌توان از رابطه (۶) محاسبه کرد[۴]:

$$Q_5= 1.08\times V\times(t_0-t_i)\times BF\times \text{ضریب تصحیح چگالی} \qquad (۶)$$

برای محاسبه بار سرمایی ناشی از تهویه هوا ابتدا باید حجم هوای مورد نیاز تهویه برای هر اتاق را تعیین کنیم، به همین منظور برای فضاهایی مانند اتاق‌ها را که تعداد افراد ساکن در آن مشخص است، می‌توان حجم هوای مورد نیاز اتاق را با توجه به تعداد ساکنان آن مشخص کرد. میزان هوای مورد نیاز برای منزل مسکونی برای هر نفر *20CFM* می‌باشد[۴]. لذا حجم هوای مورد نیاز برای تهویه کل اتاق برابر است با تعداد ساکنان ضرب در۲۰.

برای فضاهایی مانند توالت و حمام وآشپزخانه نیز باید به صورت اجباری هوا را تعویض کرد که تعداد دفعات تعویض هوا مطابق جدول(۶) است:

و حجم هوای مورد نیاز برای تهویه، از رابطه (۷) به دست می‌آید:

$$V = \frac{v*n}{60} \qquad (۷)$$

که در آن V حجم فضا و n تعداد دفعات تعویض هواست.

جدول٦) تعداد دفعات تعویض هوا[٤]

فضا	تعداد دفعات تعویض هوا
حمام	6
توالت	4
آشپزخانه	6

ضریب BF برابر است با ۳. و ضریب تصحیح چگالی برای اصفهان، مقدار ۷۶. محاسبه می‌شود[۴]، در نتیجه برای سالن پذیرایی با فرض سکونت ۵ نفر میزان هوای مورد نیاز تهویه برابر است با *100CFM* و بار سرمایی محسوس ناشی

از تهویه اتاق برابر است با:

$Q_5=1.08\times100\times16\times0.3\times0.76=393.98$ برای بقیه فضاها در جدول(۷) آمده است.

جدول ۷) بار سرمایی ناشی از تهویه هر فضای ساختمان

Q_5									
Q_5	To-Ti	BF	مقدار هوای مورد نیاز برای تهویه	تعداد دفعات تعویض هوا (n)	حجم فضا (Ft^3)	مقدار هوای لازم برای هر نفر(CFM)	تعداد ساکنین	فضا	
۷۸,۵۸	۱۶	۰,۳	۲۰	–	–	۲۰	۱	اتاق خواب ۱	طبقه اول
۹۱,۰۹	۱۶	۰,۳	۱۸,۴۷	۴	۳۴۷,۱۷	–	–	دستشویی	
۷۸,۵۸	۱۶	۰,۳	۲۰	–	–	۲۰	۱	اتاق خواب ۲	
۲۴۷,۰۶	۱۶	۰,۳	۶۲,۷۷	۶	۶۲۷,۷	–	–	حمام	
۱۵۷,۶	۱۶	۰,۳	۴۰	–	–	۲۰	۲	اتاق خواب ۳	
۶۶۲,۸۲	۱۶	۰,۳	۱۶۸,۳۹	۶	۱۶۸۳,۹۹	–	–	آشپزخانه	
۴۷۲,۳۲	۱۶	۰,۳	۱۲۰	–	–	۲۰	۶	سالن پذیرایی	
۱۷۸۸,۰۵	جمع کل								

$$\begin{cases} Q_{5\text{-}1} = \text{زیرزمین: } ۹۹۳,۹۹ \\ Q_{5\text{-}2} = \text{طبقه همکف: } ۱۵۰۲,۷۹ \\ Q_{5\text{-}3} = \text{طبقه اول: } ۱۷۸۸,۰۵ \end{cases} \qquad Q_{5\text{-}1}+Q_{5\text{-}2}+Q_{5\text{-}3}= ۴۲۸۴,۸۳$$

٦- بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخل اتاق(Q_6)

این بار از سه قسمت تشکیل شده است، بار ناشی از ساکنین، بار سرمایی اکتسابی از لامپ‌ها و بـار ناشـی از موتورهـا و وسایل گرمازای داخل اتاق.

بار ناشی از ساکنین عبارت است از بار سرمایی محسوس هر نفر ضرب در تعداد ساکنین به‌دست آمده است.

$$Q_{sp}= q_{sp} \times \text{تعداد} \qquad (۸)$$

بار اکتسابی از لامپ ها در جدول (۸) آمده است.

جدول۸) بار اکتسابی از لامپ‌ها[٤]

نوع لامپ	حرارت اکتسابی از لامپ
فلورسنت	3.4 * 1.25 * قدرت الکتریکی ورودی به لامپ(وات)
لامپ معمولی	3.4 * قدرت الکتریکی ورودی به لامپ(وات)

گرمای محسوس ناشی از هر وسیله گرمازا نیز با توجه مراجع قابل استخراج می‌باشد[۴].

جدول۹) بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخل اتاق

Q_6												
بار سرمایی کل فضا	بار سرمایی وسیله گرمازا	تعداد وسیله گرمازا	نوع وسیله‌ی گرمازا	بار سرمایی اکتسابی لامپ-ها	برق مصرفی	مساحت کف	مصرف برق $(\frac{W}{ft^2})$	بار محسوس کل ساکنین	بار سرمایی محسوس هر نفر	تعداد ساکن	فضا	
۷۱۹,۹	–	–	–	۵۰۴,۹	۲۹۷	۹۹	۳	۲۱۵	۲۱۵	۱	اتاق خواب۱	طبقه اول
۷۷۴,۱۱	–	–	–	۵۵۹,۱۱	۳۲۸,۸۹	۱۰۹,۶۳	۳	۲۱۵	۲۱۵	۱	اتاق خواب۲	
۱۰۹۲,۳۹	–	–	–	۶۶۲,۳۹	۳۸۹,۶۴	۱۲۹,۸۸	۳	۴۳۰	۲۱۵	۲	اتاق خواب۳	
۵۴۲۴,۷۳	۴۲۰۰	۱	اجاق	۷۹۴,۷۳	۴۶۷,۴۹	۱۵۵,۸۳	۳	۴۳۰	۲۱۵	۲	آشپزخانه	
۳۷۲۰,۷۶۲	–	–	–	۲۴۳۰,۷۶۲	۱۴۲۹,۸۶	۴۷۶,۶۲	۳	۱۲۹۰	۲۱۵	۶	سالن	
۱۱۷۳۱,۸۹	جمع کل											

$$\begin{cases} Q_{6\text{-}1} = \text{زیرزمین: } ۹۷۰۴,۴۷ \\ Q_{6\text{-}2} = \text{طبقه همکف: } ۱۰۵۷۴,۴۵ \\ Q_{6\text{-}3} = \text{طبقه اول: } ۱۱۷۳۱,۸۹ \end{cases} \qquad Q_{6\text{-}1}+Q_{6\text{-}2}+Q_{6\text{-}3}=۳۲۰۱۰,۸۱$$

نتیجه‌گیری

امروزه تولید انرژی یکی از موضوعات چالشی پیش‌روی بشر است به طوری‌که میزان دسترسی به انـرژی و منـابع آن، یکی از عوامل ضروری برای توسعه هر کشور می‌باشد. آلودگی ناشی از منابع سوخت فسیلی و کاهش منابع آن باعث شـده است بشر به دنبال راهکارهایی در جهت تامین انرژی مورد نیاز خود باشد. یکی از موقعیت‌هـای پـیش‌رو، اسـتفاده از منـابع انرژی تجدیدپذیر می‌باشد. با وجود اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر مشکلات سوخت‌های فسیلی را تا حدودی بر طرف می‌کند ولیکن بازده نسبتا پایین آنها در کنار هزینه نسبتا بالای استفاده از این انرژی‌ها، از معضلات پیش‌رو است. با این توضیحات، بهترین و مقرون بصرفه‌ترین راه‌حل پیش‌روی بشر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و اصلاح الگوی مصرف می‌باشـد. تلفـات انرژی و نادرست مصرف کردن انرژی در بخش‌های کشـاورزی، صـنعت، سـاختمان‌هـای اداری و مسـکونی و... بـه طـرق مختلف انجام می‌شود. در میان بخش‌های مختلف، ساختمان‌های مسکونی به علت اینکه غیرمولد بوده و تنها مصرف‌کننده می‌باشند، نقش بسزایی در اتلاف انرژی دارند. برای اینکه بتوان از اتلاف انرژی در ساختمان‌ها مسـکونی جلـوگیری کنـیم، ابتدا می‌بایست تمام مواردی که امکان اتلاف انرژی وجود دارد شناسایی کرد. بدین منظور و با هدف شناخت انـواع اتـلاف انرژی در ساختمان‌های مسکونی و با تمرکز بر بار سرمایی محسوس یک ساختمان در شهر اصفهان، ۶ مورد Q محسـوس را به دست آوردیم. لازم به ذکر است که ساختمان مذکور شامل زیرزمین (دارای آشپزخانه، سالن، حمام و سرویس بهداشتی است)، طبقه‌ی همکف (دارای دو اتاق خواب،حمام و سرویس بهداشتی، آشپزخانه و سـالن پـذیرایی اسـت) و طبقـه‌ی اول (دارای سه اتاق خواب، حمام و سرویس بهداشتی، آشپزخانه و سالن پذیرایی) می‌باشد. در این مقاله، برای هر سـه طبقـه ۶ عدد Q محاسبه کردیم ولیکن به علت طولانی شدن محاسبات و جداول حاصل از محاسبات، تنها جداول مربوط بـه طبقـه اول را ذکر کردیم و برای طبقه همکف و زیرزمین، Qهای کل ذکر شد. شش مورد Q بدست آمده به شرح زیر است:

Q_1= بار سرمایی ناشی از تابش از پنجره‌ها و شیشه‌های خارجی = ۱۷۹۸,۴

Q_2= بار سرمایی هدایتی از پنجره‌ها و شیشه‌های خارجی = ۲۸۲۹,۳۲

Q_3= بار سرمایی تشعشعی و هدایتی جداره‌های خارجی = ۳۳۶۰,۶۳

Q_4= بار سرمایی هدایتی جداره‌ها و پنجره‌ها و درب‌های داخلی = ۱۵۹۰۳,۲۲۴

Q_5= بار سرمایی محسوس ناشی از تهویه‌ی اتاق‌ها = ۴۲۸۴,۸۳

Q_6= بار سرمایی محسوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخل اتاق = ۳۲۰۱۰,۸۱

از مقادیر Q، مشخص است که بیشترین مقدار Q ، مربوط به Q_6 و سپس Q_4 است. یعنـی بـار سـرمایی محسـوس ناشی از ساکنین و وسایل گرمازای داخل اتاق بیشترین تاثیر را دارد و سپس بار سرمایی هدایتی جداره‌ها و درب‌های داخلی در مرحله بعد قرار دارد.

پس می‌توان نتیجه گرفت که برای کاهش میزان تلفات سرمایی، کنترل وسایل گرمازا و ایجاد تهویه مناسب برای خروج گرما و کنترل وسایل گرمازا و الکترونیکی، بسیار موثر است به این صورت که:

الف) از فناوری قطع و وصل خودکار وسایل گرمازا استفاده شود. کنترل وسایل پخت و پز و جلوگیری از روشن بودن بی مورد وسایل گرمایی توصیه می‌گردد.

ب) وسایل گرمازا و الکترونیکی در حالت شمعک(نیمه خاموش) یا حالت *idle* قرار نگرید و در زمان‌های غیرقابل استفاده کاملا خاموش گردند.

ج) نوع تهویه، ابعاد آن، محل و چگونگی قرار گرفتن آن با توجه محل مورد استفاده تهویه و نیاز به جابه‌جایی هوا متغیر می‌باشد. به طور کلی، تهویه می‌بایست به گونه‌ای نصب گردد که عوامل طبیعی از جمله جریان طبیعی هوا، نور خورشید، وزش باد و... عاملی کمک‌دهنده در جهت تهویه بهتر هوای محیط باشد.

د) همان‌گونه که می‌دانید، در لامپ‌های رشته‌ای بیش از ۹۰ درصد انرژی الکتریکی به گرما تبدیل می‌شود و باعث افزایش دمای محیط می‌گردد. همچنین در وسایل مختلف برچسب درجه انرژی میزان مصرف انرژی و بازده وسیله را مشخص می‌کند. لذا استفاده از لامپ‌های فلورسنت و کم مصرف و استفاده از وسایل الکترونیکی با بازده بیشتر و اتلاف انرژی کمتر توصیه می‌گردد.

ه) عایق‌بندی ساختمان در برابر خروج سرما و ورود گرما، مسدود کردن شکاف‌ها، جلوگیری از ورود نور خورشید به داخل ساختمان در زمان اوج تابش با نصب پرده در برابر پنجره‌ها ، استفاده از رنگ روشن در ظریف‌کاری ساختمان، استفاده از مواد با ضریب ذخیره کمتر در ساختمان، اصلاح نوع معماری ساختمان و کاهش تعداد و مساحت پنجره‌ها و.... از جمله راهکارهای کاهش تلفات سرمایی ساختمان می‌باشد.

و) هرچقدر تفاوت دمای دو فضای مختلف ساختمان کمتر باشد، باعث کاهش تلفات بار سرمایی می‌شود. به عبارت بهتر، چنانچه کل ساختمان دارای دمای یکسان و معتدل باشد نسبت به زمانی که قسمتی از ساختمان خیلی گرم و قسمت دیگر خیلی سرد باشد، تلفات بار سرمایی کمتر می‌باشد. لازم به ذکر است که در انجام محاسبات، از اعداد و جداول کتاب محاسبات تاسیسات ساختمانی تالیف و ترجمه سید مجتبی طباطبائی استفاده شده است.

منابع

[۱] حوائجی، زهرا. (۱۳۸۸)، مدیریت و ممیزی انرژی در صنایع، شماره ۴۲ ماهنامه نفت و انرژی.

[۲] شرایط طراحی زمستانی و تابستانی شهرهای ایران، نشریه ۲۷۱ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی سازمان مدیریت و برنامه-ریزی کشور.

[۳] لطفی، رقیه. ستاری، سورنا. حوری جعفری، حامد. (۱۳۸۸)، ممیزی انرژی در سیستم‌های ساختمانی یک رهیافت مهندسی، چاپ اول، انتشارات هزاره سوم اندیشه.

[۴] طباطبائی، سید مجتبی،(۱۳۸۲)، محاسبات تاسیسات ساختمانی، چاپ نهم، انتشارات روزبهان.

[۵] وب‌سایت مهندسان تاسیسات ایران www.hvacportal.ir

[۶] وبلاگ تاسیسات فنی ایران www.tasisat.fani.blogfa.com

[7] A. Schoofs, A.G. Ruzzelli, G.M.P. O'Hare.,(2013),*" Network auditing for low-cost assessment of networked equipment generatedloads in office buildings", Sustainable Computing: Informatics and Systems.*